

333.7923

31 248 D

3.3

การวิเคราะห์การกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ปริญญาณิพนธ์

ของ

นุสรี รอบรู้

๔-7 พ.ค. 2535

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

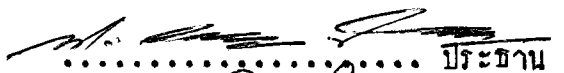
ธันวาคม 2527

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

178365

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตและคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา


..... ประธาน
..... กรรมการ

คณะกรรมการสอบ


..... ประธาน
..... กรรมการ
..... กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้เพราะได้รับความอนุเคราะห์และลงเคราะห์จากหลายฝ่าย ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประเสริฐ วิทยารัฐ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ น้อม งามนิสัย เป็นอย่างสูงที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและให้ข้อคิดเห็นรวมทั้งตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนปริญญานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ มีชัย วรสายัณห์ และอาจารย์จงดี วงศ์พรภักดิ์ ที่ได้ช่วยเหลือด้านคอมพิวเตอร์

ขอขอบคุณ คุณพงศ์กฤษณ์ เสนีวงศ์ ณ อยุธยา ที่ให้ความช่วยเหลือในการทำแผนที่และเจ้าหน้าที่กรมอุตุฯ ที่ได้ช่วยเหลือในเรื่องข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์และเอกสารค้นคว้าในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่ ๆ ที่ให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยมาโดยตลอด

ผู้สื ครอบรู้

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	4
สมมุติฐานของการศึกษาค้นคว้า	4
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	5
ข้อตกลงเบื้องต้น	5
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	29
แหล่งข้อมูล	29
การเก็บรวบรวมข้อมูล	29
การจัดกระทำข้อมูล	30
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	31
4 การวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์ข้อมูล	32
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับความ	
ยาวนานของแสงอาทิตย์	32
วิเคราะห์การกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมง	37
วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์	40
วิเคราะห์ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเดือนที่ได้รับ	
แสงทั้งจากกับช่วงเวลาที่ได้รับแสงเพียง	44
วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในรอบปี	47

บทที่	หน้า
5 อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า สรุปและขอเสนอแนะ	66
อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า	66
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	70
ขอขบถรองในการศึกษา	71
ขอเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป	71
บรรณานุกรม	72
ภาคผนวก	76

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แสดงช่วงความยาวของวันในแต่ละเส้นละติจูด	10
2	แสดงความสมมูลย์ของพลังงานความร้อนบนพื้นโลก	18
3	แสดงค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของนครราชสีมา	33
4	แสดงค่าของพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดและต่ำสุด ในรอบ 5 ปี ค่าของแสงเฉลี่ยต่อตารางเซนติเมตร	35
5	แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ รายเดือนในช่วงปี 2506-2510	41
6	แสดงค่าสหสัมพันธ์และค่าสำคัญของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ กับปริมาณเมฆบนท้องฟ้า	43
7	ทดสอบความแตกต่างของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่าง เดือนที่มีแสงทั้งจากคือเดือนเมษายนและเดือนสิงหาคม กับสถานี ได้รับแสงเพียงคือเดือนธันวาคมและมกราคม	46
8	เปรียบเทียบความเข้มของพลังงานของเดือนที่มีแสงทั้งจากกับเดือนที่ มีแสงเพียงแตกต่างกัน	46

บัญชีภาพประกอบและกราฟ

ภาพประกอบ	หน้า
1 มุมที่แสงอาทิตย์ส่องกระทบพื้นโลกแสดงให้เห็นถึงความเข้มของรังสีบนพื้นโลก	10
2 ปริมาณความร้อนที่โลกได้รับ	12
3 การสูญเสียของพลังงานจากอาทิตย์ที่ส่งมายังโลกโดยการกระจาย การสะท้อน และการดูดซับ	16
4 พลังงานแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดรับได้บนระนาบระดับสำหรับวันที่แสงอาทิตย์จ้า	25
5 พลังงานแสงอาทิตย์แบบทั้งหมดรับได้บนระนาบระดับสำหรับวันที่ท้องฟ้ามีเมฆ	26
6 พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันรับได้บนระนาบระดับที่นอกบรรยากาศใน เมืองต่าง ๆ ในรอบปี	27
7 กราฟแสดงค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเป็นชั่วโมงเฉลี่ย ตลอดปีของ 4 สถานี ตั้งแต่ปี 2506-2510	38

บัญชีแผนที่

แผนที่	หน้า
1 สถานีวัดพลังงานแสงอาทิตย์	53
2 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนมกราคม	54
3 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนกุมภาพันธ์	55
4 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนมีนาคม	56
5 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนเมษายน	57
6 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนพฤษภาคม	58
7 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนมิถุนายน	59
8 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนกรกฎาคม	60
9 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนสิงหาคม	61
10 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนกันยายน	62
11 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนตุลาคม	63
12 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนพฤศจิกายน	64
13 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนธันวาคม	65

ภูมิหลัง

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญ นอกจากจะก่อให้เกิดพลังงานรูปต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก ดวงอาทิตย์ยังส่งความร้อนมาให้โลกอย่างสม่ำเสมอ ตลอดเวลานี้ ทั้งระบบสุริยะจักรวาลได้ก่อตัวขึ้นจนถึงปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมีความเห็นว่า แสงอาทิตย์เป็นตัวการที่ทำให้สารคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนรวมตัวกันเป็นวัตถุอินทรีย์ นอกจากนี้พลังงานหมุนเวียนอื่น ๆ ก็ล้วนเกิดจากอิทธิพลของความร้อนจากแสงอาทิตย์ทั้งสิ้น เช่น ลม ลมพายุ พลังงานน้ำและพลังงานคลื่นในทะเล (Brook. 1953: 80)

ความร้อนหรือพลังงานความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ ถูกส่งมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Munu. 1966:63) ระยะทางเฉลี่ยระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ห่างกันประมาณ 93.5 ล้านไมล์ แสงเดินทางได้ด้วยความเร็วประมาณ 16,000 ไมล์/วินาที ในลักษณะของการแผ่รังสีความร้อน (radiation) โดยไม่ต้องอาศัยตัวนำ แสงอาทิตย์ที่ส่งมาถึงบรรยากาศนอกโลกนั้นมีเพียง $1/2,000,000$ ส่วนเท่านั้น จะเป็นค่าที่สม่ำเสมอเท่ากับ 1.95 แลงเลย์ (langley) ต่อนาที (H. Robinson. 1966:279)

การศึกษาเกี่ยวกับรังสีและการแผ่รังสีนั้น ได้มีการศึกษากันในหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะในคํานงานอุตุณิยมหาวิทยาลัยได้มีการศึกษาเกี่ยวกับรังสีและการแผ่รังสีมาเป็นเวลานานแล้ว แต่เพิ่งจะได้มีการวางหลักเกณฑ์ในการศึกษาขึ้นมาในปี ค.ศ. 1953 นี้เอง โดยคณะกรรมการด้านการเครื่องมือและวิธีตรวจอากาศขององค์การอุตุณิยมหาวิทยาลัยโลก (W.M.O.) ได้ประชุมกันวางระเบียบเกี่ยวกับความประสงค์ในการตรวจวัดรังสีจากดวงอาทิตย์ (solar radiation) และรังสีจากพื้นผิวโลก (terrestrial radiation) ในคํานที่เกี่ยวกับงานอุตุณิยมหาวิทยาลัยไว้ดังนี้คือ

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพลังงานระหว่างโลกกับบรรยากาศและการผันแปรของพลังงานที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาและระยะทาง

2. เพื่อวิเคราะห์เกี่ยวกับความสลับของบรรยากาศ และส่วนประกอบต่าง ๆ ของบรรยากาศ เช่น ฝุ่นละอองและไอน้ำ
3. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการแผ่กระจายและการผันแปรของปริมาณรังสีที่ตกสู่พื้นโลก และรังสีที่แผ่จากพื้นผิวโลกรวมทั้งปริมาณรังสีรวมด้วย
4. เพื่อศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติและประโยชน์ของรังสีในด้านการที่เกี่ยวข้องกับวิชาชีววิทยา การแพทย์ การเกษตร และอุตสาหกรรม

ในค่านอกศูนย์มวิทยุ: การศึกษาเกี่ยวกับรังสีจริง ๆ นั้น มักจะมุ่งไปในรูปของรังสีที่ตกสู่พื้นโลก และรังสีที่แผ่จากพื้นผิวโลกในรูปของพลังงานคลื่นสั้น และพลังงานคลื่นยาว ซึ่งเป็นความสมดุลของพลังงานความร้อนของโลก นอกจากนี้ก็มีการศึกษาคุณสมบัติในการดูดกลืนรังสีของก๊าซชนิดต่าง ๆ ที่เป็นส่วนประกอบของบรรยากาศ เช่น ละอองไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และโอโซน เป็นต้น การศึกษาเกี่ยวกับการแผ่กระจายของรังสีโดยการสะท้อนจากโมเลกุลของก๊าซของเหลวและของแข็งที่มีอยู่ในบรรยากาศ

อย่างไรก็ตามยังมีปัญหาบางประการในงานค่านอกศูนย์มวิทยุ เช่น การนำข้อมูลที่ตรวจวัดได้ในบริเวณหนึ่งไปเกี่ยวข้องกับความรู้ทั่ว ๆ ไป เพื่อที่จะได้ใช้เป็นรากฐานในงานประจำ (ศิริจันทร์ และมานิต ทองประเสริฐ 2522:612)

ขอข่ายศูนย์มวิทยุอาจจะช่วยให้ได้ข้อมูลในด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายภาพรังสีระหว่างแผ่นดินกับอากาศดีขึ้น และในการศึกษาเกี่ยวกับรังสีนี้จำเป็นต้องบันทึกเกี่ยวกับรังสีดวงอาทิตย์ และรังสีจากพื้นผิวโลกตามทฤษฎีซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะต้องได้มาจากสถานีตรวจอากาศจำนวนหนึ่งซึ่งแตกต่างกันทั้งในค่านภูมิประเทศและค่านภูมิอากาศรังสีดวงอาทิตย์นั้นนอกจากจะเกี่ยวข้องกับวิชาต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นแล้วยังเกี่ยวข้องกับงานในด้านสถาปัตยกรรมที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์และวัตถุอีกด้วย (ทวีสิทธิ์ คำรักษ์, วารสารอากาศวิทยา ปีที่ 14 เล่มที่ 1)

พลังงานที่โลกได้รับจริง ๆ นั้นมีปริมาณความร้อนคิดเป็น 0.228 แลงเดย์/นาที่ หรือประมาณ 47 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น (Franklyn. 1975:80) ซึ่งนับว่าได้ว่ามีจำนวนน้อยมากแต่ถ้าสามารถหาวิธีเก็บรวบรวมเอาพลังงานจำนวนนี้ไว้ได้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อ

มนุษย์อย่างมหาศาล พลังงานเหล่านี้จะสามารถใช้ในชีวิตประจำวันของประชากรได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนาจากสถิติซึ่งรวบรวมโดยองค์การสหประชาชาติในด้านการใช้พลังงานของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกนั้นประเทศที่ได้มีการพัฒนาไปมากแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนา ความต้องการของการใช้พลังงานจะเพิ่มมากขึ้นทุกปี แนวโน้มของความต้องการทางพลังงานของประเทศต่าง ๆ ทั้งในด้านการใช้พลังงานและการเสาะแสวงหาแหล่งของพลังงานในสถานที่เหมาะสมทางเศรษฐกิจและสังคมมากยิ่งขึ้นในปัจจุบัน เป็นที่ยอมรับกันทั่ว ๆ ไปว่า วิกฤตการณ์นี้ยังคงเป็นปัญหาอยู่และไม่ทราบว่าจะมีแนวทางแก้ไขให้ดูลงไปได้อย่างไรในอนาคตอันใกล้

ความต้องการทางพลังงานของประเทศไทยมีแนวโน้มว่าจะมีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วประมาณร้อยละ ๑๐ ของพลังงานที่ใช้ในปัจจุบันซึ่งได้มาจากน้ำมันดิบและผลิตภัณฑ์น้ำมัน และต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี ประกอบกับสภาวะการขาดดุลทางการค้าของประเทศในรอบปี 2520 ซึ่งคำนวณแล้วโดยประมาณ มีมูลค่าถึง 22,๐๐๐ ล้านบาท (วารสารธนาคารกรุงเทพ, มิถุนายน 251๐) การพัฒนาแหล่งพลังงานภายในประเทศโดยเฉพาะแหล่งทางพลังงานทดแทนจึงมีความจำเป็นอย่างรีบด่วน ทั้งนี้เพื่อจะได้ช่วยแบ่งเบาภาระความต้องการพลังงานหลักลงบ้าง พลังงานทดแทนจะช่วยให้โครงการพัฒนาชนบทได้มีโอกาสยกระดับฐานะความเป็นอยู่และฐานะทางเศรษฐกิจให้ดีขึ้น ทั้งยังเป็นการประหยัดเงินตราที่จำเป็นต้องใช้ไปในการสั่งซื้อพลังงานจากต่างประเทศเข้ามาอีกด้วย เมื่อพิจารณาถึงแหล่งที่ทิ้งและสภาพภูมิศาสตร์ของประเทศไทยแล้ว ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 5 องศาเหนือ ถึง 21 องศาเหนือ อยู่ระหว่างเส้นแวงที่ 96 องศาตะวันออกถึง 100 องศาตะวันออก สภาพภูมิประเทศประกอบด้วยที่ราบลุ่ม ภูเขา และชายฝั่งทะเลอันยาว (สวาท เสนาณรงค์, 2516:210) สภาพภูมิอากาศและทำเลที่ตั้งเหมาะสมที่จะนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดี เช่น การรวบรวมพลังงานเพื่อผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า เครื่องอบ เครื่องตากแห้ง ผลผลิตจากการเกษตร แต่วิธีการที่เคยใช้อยู่แต่เดิมเป็นแบบการลองผิดลองถูก ยังมีได้นำเอาเทคโนโลยีเข้ามาใช้เพื่อช่วยพัฒนาให้ดีขึ้น ซึ่งน่าจะได้มีการนำเอาวิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพให้มีผู้ให้ความสนใจให้หลักวิชาการคิดหาวิธีรวบรวมพลังงานจากแสงอาทิตย์เอา

ไว้เพื่อใช้ประดิษฐ์เป็นเครื่องมือเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ ดังเช่น การสร้างโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่หมู่บ้านไฮ่สอง จังหวัดเชียงราย ซึ่งเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แห่งแรกในประเทศไทย (วิหกรรมสาร, ตุลาคม 2525)

ดังนั้น การจะนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้ได้ผลมากที่สุดนั้นควรจะเริ่มต้นจากการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งมาถึงตำแหน่งต่าง ๆ บนโลกเพื่อจะได้นำข้อมูลเหล่านั้นมาใช้ประโยชน์ในการสร้างเครื่องมือเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ต่อไป ซึ่งจะช่วยให้การนำพลังงานทดแทนนี้ไปใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ในเชิงเศรษฐกิจต่อไป ซึ่งในการพิจารณาข้อมูลของพลังงานแสงอาทิตย์ที่โลกได้รับนั้นต้องพิจารณาองค์ประกอบทางภูมิศาสตร์ต่าง ๆ มาประกอบด้วย เช่น ฤดูกาล ปริมาณเมฆ และตำแหน่งที่ตั้ง

จุดมุ่งหมายในการศึกษา

1. เพื่อศึกษาการกระจายความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เป็นรายชั่วโมง ในแต่ละวัน
2. เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความแปรปรวนของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประเทศไทยได้รับเป็นรายเดือน
3. เพื่อหาความแตกต่างของค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเดือนที่รับแสงอาทิตย์ทั้งกลางวันและแสงเย็น
4. เพื่อสร้างแผนที่แสดงปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ในประเทศไทยเป็นรายเดือน

สมมุติฐานในการศึกษา

1. ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ ตามสถานีวัดในประเทศไทยจะมีค่าสูงในช่วงเวลา 10 นาฬิกา ถึง 14 นาฬิกา
2. ความแปรปรวนของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะมีมากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม

3. ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงที่ได้รับแสงอาทิตย์ทั้งฉากในเดือนเมษายนและเดือนสิงหาคมกับเดือนที่ได้รับแสงอาทิตย์เฉียงที่สุด คือ เดือนธันวาคม และเดือนมกราคมจะมีค่าความเข้มต่างกันไม่มาก

4. ค่าเฉลี่ยความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของเดือนต่าง ๆ ในรอบปีในประเทศไทยจะมีค่าต่างกันไม่มาก

ความสำคัญและประโยชน์ของการศึกษา

1. ผลของการศึกษา ทำให้ทราบถึงปริมาณความเข้มของการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ประเทศไทยได้รับในแต่ละปีว่าจะมีปริมาณความเข้มมากน้อยเพียงใด ซึ่งสามารถนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการสร้างเครื่องมือเก็บพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ไว้เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาประเทศต่อไป

2. ทำให้ทราบถึงลักษณะการกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์ในรอบปีว่าในช่วงเดือนใดที่ค่าเฉลี่ยของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดและต่ำสุด ซึ่งจะได้นำไปเป็นข้อมูลในการสร้างเครื่องมือที่เหมาะสมตามฤดูกาล

3. ทำให้ทราบถึงลักษณะของความเร็วแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์

4. ผลของการศึกษา จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นของการศึกษาในแขนงวิชาอื่น ๆ

ข้อตกลงเบื้องต้น

1. ข้อมูลช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์เป็นข้อมูลที่กรมอุตุนิยมวิทยาใช้เครื่องมือคอมพิวเตอร์เก็บรวบรวม ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลที่ถูกต้องและเชื่อถือได้

2. ข้อมูลความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 4 สถานี เป็นข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่ของประเทศไทย

3. การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยพื้นฐาน

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Radiation) หมายถึง การส่งผ่านความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยไม่ต้องการตัวกลาง

ค่าคงที่ของแสงอาทิตย์ (Solar Constant) หมายถึง ค่าอัตราพลังงานที่ได้รับบนพื้นที่ 1 หน่วย ที่ตั้งฉากกับรังสีของดวงอาทิตย์ ทำให้บรรยากาศนอกโลกได้รับปริมาณพลังงานความร้อนมีค่าคงที่ เรียกว่า ค่าคงที่ของแสงอาทิตย์ ซึ่งมีค่าโดยเฉลี่ยประมาณ 2 กรัมแคลอรี/ตร.ซม/นาที ($2\text{cal/cm}^2/\text{min}$) หรือเท่ากับ 2 แลงเลขทอนาที

ช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์ (Duration of Sunshine) หมายถึง ชั่วโมงที่มีการส่งแสงของดวงอาทิตย์ ในวันหนึ่ง ๆ ซึ่งจะมีค่าจำกัดขึ้นอยู่กับละติจูดและฤดูกาล

ค่าแลงเลย์ (Langley) หมายถึง ค่าพลังงาน 1 กรัมแคลอรีต่อตารางเซนติเมตรต่อนาที

พลังงานแสงอาทิตย์แบบรวม (Total or Global Solar Radiation) คือ พลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย พลังงานแสงอาทิตย์แบบรังสีตรง (Beam Radiation) และพลังงานแสงอาทิตย์แบบรังสีกระจาย (Diffuse Radiation) ที่ได้รับบนระนาบระดับ (Horizontal surface)

พลังงานแสงอาทิตย์แบบตรง คือ พลังงานที่ได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์ โดยทิศทางของพลังงานจากดวงอาทิตย์มาถึงหน่วยรับบนพื้นโลกไม่เปลี่ยนแปลง

พลังงานแสงอาทิตย์แบบกระจาย คือ พลังงานที่ไม่ได้รับโดยตรงจากดวงอาทิตย์ แต่รับจากตัวกลางที่ขวางกั้นแสงอาทิตย์ อันได้แก่ เมฆ

ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar energy intensities) หมายถึง ค่าของพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่โลกได้รับต่อหน่วยเวลาต่อพื้นที่

ความแปรปรวนของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ หมายถึง ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับในแต่ละหน่วยพื้นที่จะมีค่าไม่สม่ำเสมอในแต่ละเดือน

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

ช่วงเวลา 5-6 ปีที่ผ่านมาชาวโลกได้ให้ความสนใจที่จะหาพลังงานมาทดแทนพลังงานจากน้ำมันซึ่งมีแนวโน้มของราคาสูงขึ้นและอาจขาดแคลนในอนาคตอันใกล้ พลังงานจากดวงอาทิตย์จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากขึ้นในรูปของพลังงานทดแทนเพื่อช่วยลดการขาดแคลนพลังงานไปไต่บ้าง แต่เนื่องจากพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานระดับความเข้มต่ำการนำมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ในทันทีเหมือนที่ไ้รับจากน้ำมันไม่ไ้ต้องมีการเก็บรวบรวมพลังงานไว้ก่อนแล้วถึงเปลี่ยนรูปให้เป็นพลังงานตามความต้องการต่อไป ดังนั้นจึงต้องทำความเข้าใจถึงลักษณะการกระจายของการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ให้ถี่เสียก่อน

การแผ่พลังงานแสงอาทิตย์และการรับพลังงานแสงอาทิตย์ในบรรยากาศรวมทั้งพื้นโลก

เซลเลอร์ (Sellers) ไ้กล่าวถึงการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ว่า ดวงอาทิตย์เหมือนวัตถุสีดำที่มีอุณหภูมิ 6000 องศาเคลวิน รังสีดวงอาทิตย์ที่แผ่ออกมาร้อยละ 99 มีขนาดความยาวคลื่นอยู่ระหว่าง 0.15 ถึง 4.0 ไมครอน ในจำนวนนี้ร้อยละ 9 อยู่ในอุลตราไวโอเลต (0.15-0.4 ไมครอน) ร้อยละ 45 อยู่ในช่วงคลื่นที่ตามนุษย์มองเห็นไ้ (0.4-0.74 ไมครอน) และร้อยละ 46 อยู่ในช่วงอินฟราเรด (มากกว่า 0.74 ไมครอนขึ้นไป) รังสีดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนบรรยากาศของโลกชั้นนอกสุดทั้งหมดนั้นจะมีเพียงร้อยละ 31 ที่ตกลงมายังพื้นโลกโดยตรงที่เหลือร้อยละ 17 จะถูกดูด (absorption) โดยโอโซน เมฆและโมเลกุลของออกซิเจนร้อยละ 30 จะถูกส่งไปนอกโลกโดยการสะท้อน (reflection) และการกระจาย (scattering) โดยเมฆ โมเลกุลของอากาศ ฝุ่น และไอน้ำในบรรยากาศร้อยละ 22 มาถึงโลกในรูปของรังสีท้องฟ้า (diffuse sky radiation) ดังนั้นจะเห็นไ้ว่า รังสี (radiation) จากดวงอาทิตย์จะมาถึงพื้นโลกของเราเพียงร้อยละ 53 เท่านั้น รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงบน

พื้นโลกจำนวนนี้จะไม่ถูกดูดไว้บนผิวโลกทั้งหมด ส่วนหนึ่งจะสะท้อน (reflection) กลับออกไปอัตราส่วนของปริมาณของรังสีดวงอาทิตย์และรังสีท้องฟ้าที่สะท้อนโดยพื้นผิวของโลก ต่อปริมาณทั้งหมดของรังสีที่ตกลงบนพื้นผิวนั้น เรียกว่า อัลเบโด (albedo) ดังนั้น อัลเบโดของพื้นที่ต่าง ๆ บนผิวโลกที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสีและส่วนประกอบของผิวโลกนั้น ๆ วัตถุขาวหรือหิมะสามารถสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ได้น้อยลง ผิวน้ำสะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ได้น้อยแต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับมุมของรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกลงทำมุมกับผิวน้ำ โดยเฉลี่ยแล้วซีกโลกเหนือได้รับรังสีดวงอาทิตย์มากกว่าซีกโลกใต้ประมาณร้อยละ 4.5 เนื่องจากบรรยากาศในซีกโลกเหนือแห้งกว่าซีกโลกใต้ ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ตกลงต้งฉากกับบรรยากาศชั้นนอกสุดนั้นยังเป็นที่สงสัยกันอยู่ว่าจะมีค่าคงที่จริงหรือเปล่า เพราะจากการตรวจที่ผ่านมา และการวัดด้วยดาวเทียมในปัจจุบันนี้ค่าของค่าที่ของดวงอาทิตย์ไม่ตรงกันหรือมีค่าอยู่ระหว่าง 1.90-2.05 แคลอรีต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที ปัจจุบันนี้เรานิยมใช้ค่าคงที่ 1.94 แคลอรีต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที พื้นโลกเมื่อได้รับรังสีดวงอาทิตย์จะอุ่นขึ้น และก็จะเป็แหล่งที่แผ่รังสีออกไปเช่นกัน เนื่องจากอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกมีค่าประมาณ 285 องศาเซลวิน บรรยากาศของโลกยอมให้รังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ผ่านไปได้เกือบหมดจะมีเพียงบางส่วนที่ถูกโอโซนและโมเลกุลของออกซิเจนที่มีอยู่หนาแน่นในบรรยากาศของโลกที่มีความสูงระหว่าง 25-50 กิโลเมตร ถูกเอาไว้บรรยากาศในชั้นนี้จึงมีอุณหภูมิสูงขึ้นตามความสูงสำหรับรังสีคลื่นยาวโลกจะถูกเอาไว้หมด โดยมีไอน้ำเป็นตัวการที่สำคัญรองลงมาเป็คาร์บอนไดออกไซด์ เมฆและไอน้ำ รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงมายังพื้นโลกจะทำให้เกิดขบวนการต่าง ๆ คือ บางส่วนถูกดูด โดยพื้นดินและพื้นน้ำบางส่วนจะถูกใช้ไปในการระเหยของน้ำ บางส่วนใช้ทำให้บรรยากาศใกล้ผิวโลกร้อนขึ้นบางส่วนใช้ในการสังเคราะห์แสงของต้นไม้ต่าง ๆ ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการที่จะหาความสมดุลของความร้อนบนพื้นผิวโลก (Sellers. 1965:24-27)

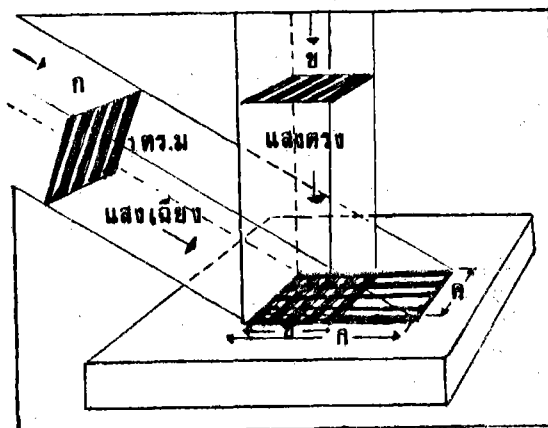
พลังงานความร้อนที่กระจายจากดวงอาทิตย์มายังโลกเรา เรียกว่า รังสีจากดวงอาทิตย์หรือพลังงานจากดวงอาทิตย์ (solar radiation หรือ insolation) ส่วนใหญ่ธรรมชาติทั้งหลายในโลกดำรงอยู่ได้ด้วยพลังงานจากดวงอาทิตย์นี้เอง การกระจายของพลังงานจากดวงอาทิตย์พื้นโลกจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อลมฟ้าอากาศ โดยสรุปแล้วจะเห็นได้ว่า

ว่า ดวงอาทิตย์มีอิทธิพลต่อลมฟ้าอากาศทั้งหมดในโลก

ปานทิพย์ อัมพนาวานิช อธิบายเรื่องรังสีดวงอาทิตย์ที่แผ่กระจายลงมาสู่โลก (incoming solar radiation) และพื้นผิวโลกดูดซับไว้ว่า รังสีดวงอาทิตย์ชนิดนี้มีลักษณะเป็นคลื่นสั้น เมื่อผิวโลกดูดซับรังสีดวงอาทิตย์ไว้และต่อมาถึงอุณหภูมิสูงขึ้น ผิวโลกจะค่อย ๆ แผ่รังสีความร้อนออกมา รังสีความร้อนที่แผ่ออกจากผิวโลก (outgoing radiation) ดังกล่าวนี้นี้มีลักษณะเป็นคลื่นยาว การส่งถ่ายพลังงานจากดวงอาทิตย์มายังโลกและการส่งผ่านจากโลกไปยังอวกาศนั้นเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกัน และซับซ้อนในแต่ละแห่งจะได้รับความร้อนและสูญเสียพลังงานความร้อนแตกต่างกัน บริเวณศูนย์สูตรจะได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์มากกว่าที่จะสูญเสียให้กับอวกาศ แต่ในทางตรงกันข้าม บริเวณขั้วโลกจะสูญเสียพลังงานโดยการส่งกลับไปยังอวกาศมากกว่าที่จะได้รับ (ปานทิพย์ อัมพนาวานิช 2526:273-274)

ลักษณะการกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์ในรอบปี

การศึกษาเกี่ยวกับการรวบรวมข้อมูลของปริมาณความร้อนของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ในแต่ละบริเวณจะได้รับ ในช่วงเวลาที่แตกต่างกันไปในแต่ละชั่วโมงในแต่ละวัน แดนนิลด์ (Dannils) ได้ศึกษาถึงการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์บนพื้นโลกจะขึ้นอยู่กับชั่วโมงของการรับแสงในแต่ละวันในบริเวณเส้นรุ้งที่แตกต่างกัน ความปลดปล่อยของบรรยากาศถ้าท้องฟ้าปลดปล่อยการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ก็จะมีมากที่สุด ณ ที่เส้นศูนย์สูตรในเวลาเที่ยงจะได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์ซึ่งส่งผ่านชั้นบรรยากาศมาโดยตรงด้วยระยะที่สั้นที่สุด ที่เส้นรุ้งทุกเส้นดวงอาทิตย์จะเคลื่อนจากตะวันออกไปทางทิศตะวันตกและส่องแสงด้วยความโค้ง 15 องศา ทุก ๆ ชั่วโมงในตอนเช้าตรู่และบ่ายจัด รังสีจะส่องแสงเป็นบริเวณกว้าง การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์จะลดลงเล็กน้อยในช่วงฤดูหนาว ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (Dannils. 1914:165-167) ดังภาพ ซึ่งอาร์เธอร์ เอ็น สตราเลอร์ (A.N.Strahler) ได้แสดงให้เห็นถึงพื้นที่ของการรับแสง ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของตัวกำเนิดแสง (รูปที่ 1)



ภาพประกอบ 1 มุมที่แสงอาทิตย์ส่องกระทบพื้นโลก แสดงให้เห็นถึงความเข้มของรังสีบนพื้นโลก (A.N.Strahler. 1975:42)

จากภาพประกอบ 1 แสดงมุมของแสงอาทิตย์ซึ่งมีผลต่อความเข้มบนผิวโลก ถ้าแสงตั้งฉากจะส่องแสงลงในพื้นที่น้อย ความเข้มจะมากดัง ก (พื้นที่ ขค) ถ้าแสงเป็นมุมเฉียงจะส่องแสงลงในพื้นที่มากกว่า ความเข้มจะน้อยดัง ข (พื้นที่ กค) (A.N.Strahler. 1975:42)

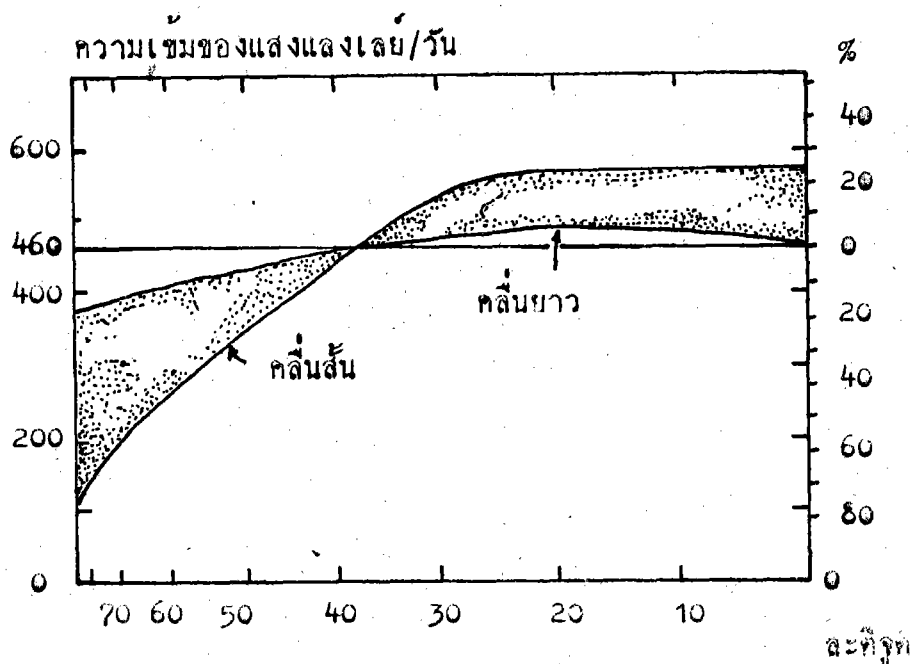
ตาราง 1 แสดงช่วงความยาวของวันในแต่ละเส้นละติจูด

ละติจูด	21 มี.ค.	21 มิ.ย.	23 ก.ย.	22 ธ.ค.
0°	12 ชม.	12 ชม. นท.	12 ชม.	12 ชม. นท.
10°	12 "	12 " 35 "	12 "	11 " 15 "
20°	12 "	13 " 12 "	12 "	10 " 48 "
30°	12 "	13 " 56 "	12 "	10 " 4 "
40°	12 "	14 " 52 "	12 "	9 " 8 "
50°	12 "	16 " 18 "	12 "	7 " 42 "
60°	12 "	18 " 27 "	12 "	5 " 33 "
70°	12 "	2 "	12 "	0 "
80°	12 "	4 "	12 "	0 "
90°	12 "	6 "	12 "	0 "

จากตาราง 1 แสดงความยาวของกลางวันทุกระยะ 10 เส้นรุ้ง แบลร์ (Blair) พบว่า ความยาวของแต่ละวันมีความยาวที่แตกต่างกันโดยที่มีผลโดยตรงจากรับแสงอาทิตย์ในเขตเส้นศูนย์สูตรซึ่งมีกลางวันยาว 12 ชั่วโมง ตลอดการรับแสงจะมีความสม่ำเสมอ ส่วนในเขตเส้นรุ้งที่ 0 มีกลางวันยาวในระยะหนึ่งและสั้นในระยะหนึ่ง ส่วนบริเวณเส้นรุ้งที่ $66\frac{1}{2}$ ระยะกลางวันจะยาวนานที่สุดในฤดูร้อนและน้อยที่สุดในฤดูหนาว (Blair. 1965:70-74)

ปริมาณพลังงานดวงอาทิตย์ที่พื้นโลกได้รับจะผันแปรตามละติจูดและฤดูกาล

อาร์เทอร์ เอ็น สตราเลอร์ (A.H. Strahler) อธิบายเกี่ยวกับปริมาณความร้อนที่โลกได้รับตามละติจูดต่าง ๆ ว่าจะมีลักษณะแตกต่างกัน โดยมากบริเวณละติจูดต่ำจะมีค่าเฉลี่ยของความร้อนที่ได้รับมากกว่าที่สูงเสียไป ส่วนบริเวณละติจูดสูงประมาณความร้อนที่ได้รับจะน้อยกว่าที่สูงเสียไป ภาพประกอบ 2 แสดงระดับละติจูดอยู่ในแนวนอน ส่วนปริมาณความร้อนจะอยู่ในแนวตั้ง และยี่ก้านเฉลี่ย 0 เป็นหลัก ถ้าค่าออกมาเป็นบวก แสดงว่าความร้อนที่สูงเสียไปมีมากกว่าที่ได้รับ เส้นโค้ง คือ พลังงานความร้อนที่โลกได้รับในรูปของคลื่นสั้น ส่วนโค้งแสดงพลังงานความร้อนที่สะท้อนออกมาจากพื้นดิน พื้นที่ระหว่างเส้นโค้ง 2 เส้น แสดงปริมาณพลังงานความร้อนที่เก็บอยู่และที่ขาดไป ประมาณละติจูด 30 องศา ถึงบริเวณศูนย์สูตร เป็นบริเวณที่ได้รับพลังงานความร้อนมากกว่าที่สูงเสียไป และทั้งละติจูด 30 องศา ไปจนถึงขั้วโลกเป็นบริเวณที่ได้รับพลังงานน้อยกว่าที่สูงเสียไป และจะน้อยลงไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งน้อยที่สุดบริเวณขั้วโลก (A.H. Strahler. 1975:126-129)



ภาพประกอบ 2 ปริมาณความร้อนที่โลกได้รับ (Franklyn. 1975:175)

ความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์

รูปแบบของความแปรปรวนของพลังงานจากดวงอาทิตย์ในบริเวณต่าง ๆ

ประเสริฐ วิทยาวัชร โคอ้างถึง พลังงานจากดวงอาทิตย์บริเวณภายนอกบรรยากาศของโลกว่าจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักสองประการ คือ

1. มุมที่พลังงานแสงอาทิตย์ตกลงยังพื้นโลก
2. ระยะเวลาที่พื้นโลกได้รับแสงจากดวงอาทิตย์

แต่เมื่อพิจารณาระยะที่โลกห่างจากดวงอาทิตย์แล้วจะเห็นได้ว่าไม่มีผลมากนัก เช่นช่วงที่โลกได้รับพลังงานมากนั้น เป็นช่วงที่ใกล้เคียงกับจุดที่โลกอยู่ห่างจากดวงอาทิตย์มากที่สุด คือ วันที่ 4 กรกฎาคม จะอยู่ห่างเป็นระยะทาง 152 ล้านกิโลเมตร ส่วนระยะที่ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์น้อยที่สุดนั้นอยู่ใกล้เคียงกับเวลาที่โลกอยู่ใกล้ดวงอาทิตย์มากที่สุดคือ วันที่ 3 มกราคม เป็นระยะทาง 147 ล้านกิโลเมตร ซึ่งเห็นได้ว่าระยะห่างกันเพียง 5 ล้านกิโลเมตร นั้นไม่น่าจะมีผลต่อพลังงานจากดวงอาทิตย์ซึ่งโลกได้รับไม่มากนัก(ประเสริฐ วิทยาวัชร, 2525)

นอกจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะมีผลต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์แล้วแนวการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์และแกนของโลกที่เอียง $23\frac{1}{2}^{\circ}$ องศา ก็จะมีผลต่อปริมาณการรับพลังงานแสงอาทิตย์ ดังที่ อาร์เธอร์ เอ็น สตราเลอร์ (A.N.Strahler) ได้กล่าวถึงตำแหน่งของโลกบนแนวโคจรซึ่งแกนของโลกจะเอียงชี้โลกเหนือเข้าหาดวงอาทิตย์และชี้โลกใต้จะเบนออกจากดวงอาทิตย์ตำแหน่งและวันดังกล่าว เรียกว่า ซัมเมอร์ ซอลสติส (Summer Solstice) วันเริ่มต้นฤดูร้อนสภาพของวันที่ 21 หรือ 22 มิถุนายน กลางวันในซีกโลกเหนือยาวนาน แสงแดดจะไปส่องตอนบริเวณ $23\frac{1}{2}^{\circ}$ องศาเหนือ จากนั้นมาเป็นระยะเวลา 1 เดือน ถึงวันที่ 21-22 ธันวาคม ตำแหน่งของโลกบนวงโคจรจะอยู่ตรงกันข้ามกับตำแหน่งแรกคือชี้โลกเหนือจะเบนออกจากดวงอาทิตย์ ส่วนชี้โลกใต้จะเอียงเข้าหาดวงอาทิตย์วันและตำแหน่งดังกล่าว เรียกว่า วินเทอร์ ซอลสติส (Winter solstice) หรือวันเริ่มต้นฤดูหนาวสภาพของวันเริ่มต้นฤดูหนาวจะมีลักษณะตรงข้ามกันกับวันเริ่มต้นฤดูร้อน ถ้ามองดูโลกจะพบว่ามีความวงกลมแบ่งเขตมืดและเขตสว่าง วงกลมนี้จะอยู่ในลักษณะเอียงระหว่างเส้นอาร์คติกเซอร์เคิล (Arctic circle) $66\frac{1}{2}^{\circ}$ องศาใต้ ระบายของวงกลมนี้จะทำมุมกับแกนโลก $23\frac{1}{2}^{\circ}$ องศาพอดี ลักษณะเช่นนี้จะทำให้เวลากลางวันและกลางคืนไม่เท่ากันในซีกโลกเหนือ กลางวันจะยาวที่สุด ส่วนในซีกโลกภาคใต้จะเต็มวันและแนวของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า ในวันเริ่มฤดูหนาวจะมีลักษณะที่เรียกว่า ตะวันอ้อมขาว ในประเทศไทย จะเห็นแนวของดวงอาทิตย์อยู่ทางขอบฟ้าด้านใต้ในบริเวณจังหวัดพระนครศรีอยุธยาวันดวงอาทิตย์จะอยู่สูงจากขอบฟ้าด้านใต้ประมาณ 55° เส้นทางของดวงอาทิตย์ลักษณะนี้จะมีระยะทางสั้นทำให้ช่วงที่เป็นกลางวันสั้นกว่ากลางคืน

สำหรับในวันที่เรียกว่า อีควินอกซ์ (Equinoxes) จะอยู่ในวันที่ 20-21 มีนาคม เป็นวันเริ่มฤดูใบไม้ผลิ และวันที่ 22 หรือ 23 กันยายน คือวันเริ่มฤดูใบไม้ร่วง ในวันที่แสงแดดจะทำมุมกับแกนของโลก 90° องศา ทั้งที่แกนของโลกเอียง หมายความว่า แสงแดดตั้งฉากที่ศูนย์สูตรพอดี ลักษณะเช่นนี้ทำให้วงกลมแบ่งกลางคืนและกลางวันจะผ่านชี้โลกเหนือและชี้โลกใต้พอดี ทำให้กลางวันและกลางคืนเท่ากัน คือมีช่วงละ 12 ชั่วโมง ทุกส่วนของโลก ดวงอาทิตย์จะขึ้นเวลา 6.00 น. และตกเวลา 18.00 น. นอกจากนี้ที่ชี้โลกจะมีสภาพผิดปกติไปจากนี้ คือ ดวงอาทิตย์จะอยู่ในแนวใกล้กับขอบฟ้า ดังนั้นในวันดังกล่าวจะหา

ตำแหน่งละติจูดได้ง่าย โดยการวัดมุมของดวงอาทิตย์ตอนเที่ยงวัน ว่าสูงจากขอบฟ้าเท่าไร นำไปลบ 90 องศา จะได้ตำแหน่งละติจูดที่ต้องการ (A.N.Strahler. 1975:129) เมื่อพิจารณาถึงความแปรปรวนของพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่พื้นโลก จึงจำเป็นต้องนำองค์ประกอบอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย โดยเฉพาะที่สำคัญคือ ปริมาณเมฆในบรรยากาศซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่คงที่ บริเวณที่เป็นทะเลทราย ท้องฟ้า ปราศจากเมฆหมอกสม่ำเสมอ ความแปรปรวน การจะมีน้อยในแต่ละปีหรือแต่ละเดือน แต่ในเขตที่มีความชื้นสูงความแปรปรวนอาจแตกต่างกันมากในแต่ละปีและแต่ละเดือน

จากการศึกษาของ เกษม จันทรแก้ว และคณะ ได้ทำการศึกษาลักษณะอากาศใกล้ผิวดินของป่าดิบแล้งอำเภอบึงขังชัย จังหวัดนครราชสีมา พบว่าพลังงานความร้อนมีความสำคัญต่อสิ่งที่มีชีวิต ทั้งมนุษย์ สัตว์และพืช ความร้อนนี้สิ่งมีชีวิตจะมีความต้องการในปริมาณที่แตกต่างกัน ความร้อนที่สำคัญที่โลกได้รับนั้นคือ ความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งโดยเฉพาะในงานด้านเกษตรกรรมและป่าไม้ จำเป็นต้องอาศัยพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์อย่างมาก และพบว่าความสัมพันธ์ของพลังงานความร้อนของบริเวณที่ศึกษามีผลเกี่ยวเนื่องกับปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า ปริมาณเมฆจะเป็นตัวกำกับ พลังงานแสงอาทิตย์ที่จะตกสู่พื้นดิน วันใดมีปริมาณเมฆมาปกคลุมทั้งบริเวณค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ที่วัดได้ก็จะมีน้อย รูปของกราฟจะลดลงต่ำ ในวันที่ท้องฟ้าปลอดโปร่งกราฟแสดงปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์จะขึ้นสูง (เกษม จันทรแก้ว และคณะ 2517:8-9)

สรุปได้ว่า ปริมาณของพลังงานแสงอาทิตย์ที่พื้นโลกได้รับในแต่ละวันนั้นจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณเมฆ ซึ่งจะเป็นตัวชี้ให้เห็นถึงลักษณะอากาศในวันนั้น ๆ ด้วย

ลิว และจอร์แดน (Liu and Jordan) ได้ทำการศึกษาความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์ โดยรวบรวมข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีวัดหลาย ๆ แห่งทั้งรายชั่วโมงและรายวันเพื่อนำมาหาความสัมพันธ์ ของอัตราส่วนพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมงต่อพลังงานแสงอาทิตย์รายวันของช่วงเวลาในฤดูกาลต่าง ๆ นอกจากนี้ยังได้แสดงให้เห็นว่าองค์ประกอบของการแผ่รังสีที่ตกกระจายในแนวระนาบที่ผิวโลกจะมีความสัมพันธ์ (Correlations) กับค่าการแผ่รังสีนอกบรรยากาศของโลก โดยสร้างเป็นสมการถดถอย

(Simple regression equation) ในรูปของ $y = x_0 + ax_1$ (Lui and Jordan, 1960:134-140)

วิลมอธ และมาร์ค (Willmoth and Mark) ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการส่องแสงของดวงอาทิตย์ในแต่ละวัน ในช่วงปี 1969-1978 (10 ปี) โดยพบว่าดวงอาทิตย์จะมีลักษณะการกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีความแปรปรวนสัมพันธ์กับปริมาณเมฆในท้องฟ้า ค่าของพลังงานที่ได้จะอยู่ระหว่าง 7.3% แมกกีจุก ในฤดูร้อนและ 4.44 แมกกีจุก ในฤดูหนาวซึ่งนับว่าเมฆมีส่วนในการรับพลังงานจากดวงอาทิตย์มาก (Cort, J. Willmoth and Mark, 1979:76-79)

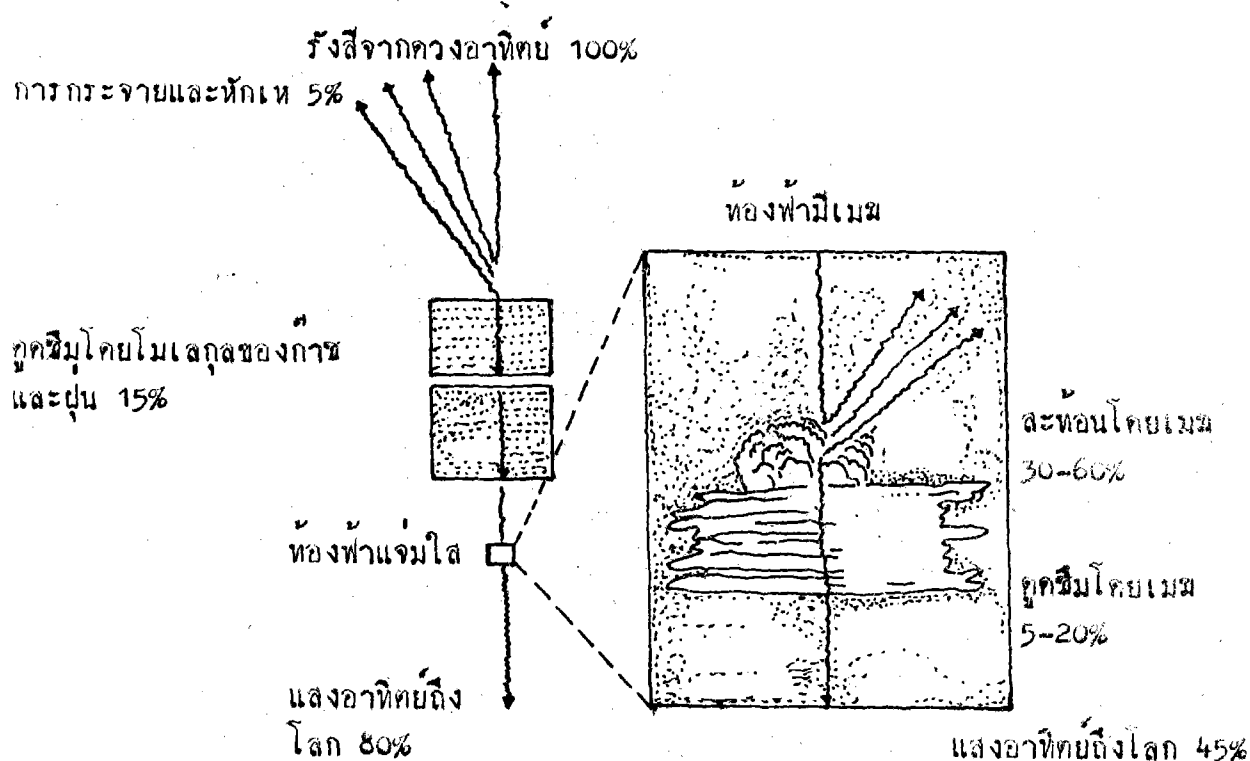
สำหรับประเทศไทยปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ อาจทราบได้หลายวิธีและการหาค่าประมาณจากแผนที่แสดงปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar Radiation Map) ที่ลอฟ (Lo et al) เคยทำไว้ สำหรับบริเวณต่าง ๆ ทั่วโลก การจะนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในวิธีการที่ถูกต่อนั้น จำเป็นต้องรวบรวมข้อมูลเป็นอย่างดี ปัจจุบันประเทศไทยมีสถานีวัดข้อมูลลมฟ้าอากาศอยู่ 51 แห่ง แต่ในจำนวนนี้มีเพียงสถานีเดียวที่ทำการวัดค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ นอกนั้นวัดและจดบันทึกข้อมูลเป็นค่าเวลาที่มีแสงอาทิตย์และปริมาณเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า ดังนั้นการรวบรวมข้อมูลจำนวนช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์ที่วัดได้ในแต่ละสถานีมาทำการวิเคราะห์เพื่อดูลักษณะการกระจายความแปรปรวน ความเข้ม และสร้างแผนที่แสงอาทิตย์เท่าของประเทศไทยเป็นรายเดือนตลอดปีซึ่งจะให้ป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

พลังงานจากดวงอาทิตย์กับจำนวนเมฆบนท้องฟ้า

เบนเนท (Bennett) วิเคราะห์ข้อมูลพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ส่งมายังโลกเราพบว่าเมื่อส่องผ่านชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก พลังงานบางส่วนจะถูกดูดซับไว้และบางส่วนจะถูกสะท้อนออกไปสู่อวกาศในระยะประมาณ 150 กิโลเมตร (95 ไมล์) จากพื้นโลก รังสีจากดวงอาทิตย์ที่แผ่ลงมาจะอยู่เกือบครบ 100% รังสีเอกซ์ และบางส่วนของรังสี

อุลตราไวโอเลตจะถูกบรรยากาศดูดซับไว้ เมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์ส่องลงมาถึงระยะความสูง 88 กิโลเมตร (55 ไมล์) จากพื้นโลก และเมื่อรังสีจากดวงอาทิตย์ส่องผ่านลงมาถึงบรรยากาศชั้นสเตรโทสเฟียร์ โอโซนก็จะดูดซับรังสีอุลตราไวโอเลตไว้ด้วย (Bennett. 1967:41-55)

รูคอฟ (Rudolf) กล่าวว่า รังสีจากดวงอาทิตย์เมื่อส่องผ่านเข้ามาในชั้นบรรยากาศใกล้พื้นผิวโลกโมเลกุลของก๊าซ ผุ่นละออง และเมฆในบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ จะทำให้ความร้อนบางส่วนถูกสะท้อนกลับออกไปในอวกาศและรังสีจากดวงอาทิตย์บางส่วนจะผ่านลงมายังพื้นผิวโลก



ภาพประกอบ 3 การสูญเสียของพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ส่งมายังโลกโดยการกระจาย การสะท้อนและการดูดซับ (A.N.Strahler. 1975:47)

ในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใสไม่ค่อยมีเมฆรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมา 100% จะกระจัดกระจายและสะท้อนกลับออกไปยังอวกาศประมาณ 5% และจะถูกดูดซับไว้โดยไอน้ำ โมเลกุลของอากาศ คาร์บอนไดออกไซด์ ฝุ่น ประมาณอย่างน้อยที่สุด 15% กล่าวโดยสรุปในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส การสะท้อนกลับและการดูดซับรวมกันประมาณ 20% และที่เหลืออีกประมาณ 80% ส่องลงมายังพื้นโลก

แต่ถ้าวันใดมีเมฆมาก เมฆจะเป็นตัวสะท้อนรังสีความร้อนกลับไปยังอวกาศประมาณ 30-60% ของรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่งมา(ภาพประกอบ3)ในขณะเดียวกันเมฆก็จจะถูกบังรังสีความร้อนด้วย ดังนั้นในวันที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมหนาหีบ การสะท้อนความร้อนและการดูดซับความร้อนโดยเมฆแต่เพียงอย่างเดียวจะสูญเสียความร้อนไปประมาณ 35-60% ของรังสีที่ดวงอาทิตย์ส่องลงมา และเหลือเพียง 45%-0% เท่านั้นที่ส่องลงมาถึงพื้นโลก โดยเฉลี่ยแล้วเมฆจะสะท้อนความร้อนกลับประมาณ 21% ของรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมาและจะถูกดูดซับความร้อนไว้ประมาณ 3% ในขณะเดียวกันพื้นผิวโลกทั้งพื้นดินและพื้นน้ำก็สะท้อนรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์กลับไปสู่อวกาศเฉลี่ยแล้วประมาณ 6% (ตารางที่ 2)

สรุปแล้ว รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมา 100% จะถูกบรรยากาศดูดซับไว้ 18% (โดยโมเลกุลของก๊าซ ฝุ่น 15% โดยเมฆ 3%) และจะสูญเสียความร้อนในการสะท้อนรังสีกลับไปยังอวกาศรวมทั้งสิ้นประมาณ 32% ของรังสีที่ได้รับ โดยการกระจาย 5% โดยเมฆ 21% และจากพื้นดินและพื้นน้ำ 6% ที่เหลืออีก 50% จะส่งผ่านมาถึงพื้นโลก อัตราส่วนของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่สะท้อนจากพื้นผิวโลกและบรรยากาศกลับออกไปสู่อวกาศเรียกว่า อัลเบโด โดยปกติค่าอัลเบโดของโลกจะอยู่ระหว่าง 29-34%

วัตถุต่าง ๆ ที่อยู่บนผิวโลกเมื่อได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์จะสะสมความร้อนไว้ จากนั้นวัตถุเหล่านั้นก็จะแผ่รังสีความร้อนออกไปสู่บรรยากาศภายนอก การแผ่รังสีความร้อนของวัตถุต่าง ๆ ออกไปนี้จะออกไปในรูปของคลื่นยาว เช่นเดียวกับพื้นดินและพื้นน้ำ เมื่อได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์มักจะถูกความร้อนเหล่านั้นไว้ และในขณะเดียวกันมันจะ

ส่งความร้อนออกไปในรูปของการแผ่รังสีออกไปยังบรรยากาศภายนอกโลกด้วย ซึ่งเรียกว่า การแผ่รังสีความร้อนของพื้นโลก (Geiger Rudolf. 1971:5-54)

ตาราง 2 ความสมดุลของพลังงานความร้อนบนพื้นโลก

พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ส่งมายังโลก	คิดเป็นร้อยละ
พลังงานจากดวงอาทิตย์ที่ส่งมายังโลกรวมทั้งสิ้น	100
(พิจารณาจากคอนบนสุคของบรรยากาศ)	
การสะท้อนกลับไปยังอวกาศโดยการกระจาย	5
การสะท้อนกลับไปยังอวกาศโดยเมฆ	21
การสะท้อนกลับโดยตรงจากพื้นโลก	<u>6</u>
... รวมการสูญเสียพลังงานความร้อนโดยการสะท้อนกลับ	
ไปยังอวกาศจากพื้นโลก-บรรยากาศทั้งสิ้น	32
การดูดซับความร้อนโดยโมเลกุลของก๊าซ ผุ่น ไอน้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ เมฆ	18
การดูดซับความร้อนโดยพื้นโลก	<u>50</u>
... รวมการดูดซับพลังงานความร้อนและการสะท้อนกลับ	<u>68</u>
... ผลรวมของการดูดซับพลังงานความร้อนและการสะท้อนกลับ	<u>100</u>

กรมอุตุนิยมวิทยา ได้อธิบายถึงลักษณะภูมิอากาศบริเวณชายฝั่งทะเลของประเทศไทยไว้ว่า ลักษณะอากาศทั่ว ๆ ไปของชายฝั่งทะเลที่มีทะเลล้อมรอบแผ่นดินทั้งสามค่านั้น จะอยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งจะพัดมาจากทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งแต่เดือนตุลาคม ถึงเดือนมกราคมและมีลมตะวันตกเฉียงใต้พัดมาตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนกันยายน ในช่วงนี้จะเป็นช่วงที่มีฝนตก ภายในบางแห่ง ดังนั้นถ้าเปรียบเทียบจำนวนวันที่มีฝนตกของจังหวัดชายฝั่งทะเล ซึ่งมี ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ประจวบคีรีขันธ์ จันทบุรี ชลบุรี จะพบว่า มีวันที่ฝนตกมากในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม สำหรับจังหวัดสงขลาจะมีฝน

ตกหนักมากเลยไปถึงเดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนธันวาคมคังนั้นปริมาณเมฆในท้องฟ้าของ จังหวัดชายฝั่งทะเลพบว่า มีเมฆมาก เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม จนถึงเดือนพฤศจิกายน นอกจากนี้ยังมีลมพื้นผิวพัดรุนแรง เริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายนจนถึงเดือนกันยายนยิ่งใกล้ทะเล มากก็มีลมพัดแรงยิ่งขึ้น (อุตุนิยมวิทยา, กรม 2523:5)

จากคำอธิบายเรื่องลักษณะอากาศชายฝั่งทะเลดังกล่าว จึงนำมาเป็นเหตุผลในการพิจารณาความแตกต่างของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ของจังหวัดที่อยู่ในบริเวณชายฝั่งทะเลได้ว่า นอกจากปัจจัยอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ลักษณะภูมิอากาศในบริเวณชายฝั่งทะเลจะเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อปริมาณความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์แต่ละเดือนของสถานที่ตั้งอยู่ชายฝั่งทะเลด้วย

เครื่องมือที่ใช้วัดพลังงานแสงอาทิตย์

โฟลนค์ (Flohn) อธิบายถึงเครื่องมือที่ใช้วัดพลังงานแสงอาทิตย์ว่า ปัจจุบันมีเครื่องมืออยู่หลายแบบซึ่งมีชื่อเรียกดังต่อไปนี้

1. ไพเฮลิโอมิเตอร์ (Pyrheliometer) คือเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดความเข้มของรังสีตกโดยตรงจากดวงอาทิตย์ซึ่งตกลงมาตั้งฉากกับพื้นโลก เครื่องมือชนิดนี้อาจใช้เป็นเครื่องมือมาตรฐาน โดยเทียบกับเครื่องมือชนิดที่มีชื่อเรียกว่า แอคติโนมิเตอร์ (Actinometers)

2. ไพราโนมิเตอร์ (Pyranometer) ซึ่งในสหรัฐอเมริกาเรียกว่า ไพเฮลิโอมิเตอร์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดรังสีจากดวงอาทิตย์ที่ตกลงบนพื้นที่ราบจากมุมที่ปลายกรวยซึ่งมีค่าเท่ากับ 2 หรือใช้วัดปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ที่ได้รับบนวัตถุครึ่งทรงกลมทั้งหมดส่วนใหญ่แล้วเครื่องมือชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ในการวัดดวงอาทิตย์ที่พื้นโลก

3. ราดิโอมิเตอร์ (Radiometer) หรือไพราดิโอมิเตอร์ (Pyradiometer) เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการตรวจวัดทั้งรังสีดวงอาทิตย์และรังสีจากโลกหรือตรวจรังสีรวมทั้งหมดที่ตกลงในพื้นที่ราบ

4. ราดิโอมิเตอร์รวม (Net Radiometer) เป็นเครื่องมือวัดปริมาณรังสีรวมทั้งหมดของรังสีจากดวงอาทิตย์และรังสีจากโลกที่ตกลงพื้นผิวราบ

5. ไพริจีโอมิเตอร์ (Pyrgometer) เป็นเครื่องมือสำหรับปริมาณรังสีของโลกเพียงสิ่งแวดลอม

หน่วยการวัดพลังงานแสงอาทิตย์

การวัดพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นการวัดค่าของพลังงานซึ่งมีหน่วยในการวัดเป็นหน่วยของพลังงานที่ตั้งขึ้นโดยเฉพาะตามปกติแล้วเครื่องมือวัดที่ใช้อยู่ประจำวันจะต้องสอบเทียบกับเครื่องมือมาตรฐานเสียก่อน ความไวของเครื่องมือตรวจวัดนี้อาจคำนวณได้หลายอย่างในรูปของความยาวคลื่นและความต้านไฟฟ้า หรือในรูปของอุณหภูมิ แต่อย่างไรก็ตามค่าที่ได้จากการตรวจวัดจะแตกต่างกันเล็กน้อยเนื่องจากความแตกต่างในระบบการทำงานและความแตกต่างอื่น ๆ ของเครื่องมือที่ใช้เป็นมาตรฐานเครื่องมือตรวจวัดนั้นมีอยู่ 2 ชนิด คือ อังสตรอมไพริลีโอมิเตอร์ (Angstrom Pyrheliometer) และไพริลีโอมิเตอร์มาตรฐานของสมิธโซเนียน (Smithsonian Standard Pyrheliometer.) ซึ่งค่าตรวจวัดจะต่างกันเล็กน้อย ดังนั้นในปี 1956 จากการประชุมเรดิเอชันที่เมืองดาโวส (Davos) ได้ตกลงให้เปลี่ยนมาตราส่วนในการตรวจวัดพลังงานขึ้นมาใหม่ให้เรียกว่า มาตราส่วนอินเตอร์เนชันแนลไพริลีโอมิเตอร์ (International Pyrheliometers Scale) ซึ่งผลที่ได้คือ ทำให้ค่าคัดแก้มของเครื่องมือแบบอังสตรอมส์ และสมิธโซเนียนได้ค่าในแนวเดียวกันทำให้ค่าที่ได้ในการตรวจวัดใกล้เคียงกัน ทั้งค่าที่ได้จากอังสตรอมส์หรืออังสตรอมส์สากลต้องเพิ่มค่าคัดแก้มเข้าไปอีก 1.5% และสำหรับค่าสมิธโซเนียนคัดแก้มออกอีก 2.0%

หน่วยทั่ว ๆ ไปที่นิยมใช้ในการวัดความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ คือ หน่วยแคลอรี/ตร.ซม./นาที หน่วยที่ใช้วัดปริมาณพลังงานรวม คือ หน่วยแคลอรี/ตร.ซม./นาที หรือ คอจัวโมง คอวัน คอปปี เป็นต้น หน่วยที่ใช้นี้ชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แลงเลย์ (Langley) ใช้คำย่อว่า Ly ดังนั้น หน่วยความเข้มของพลังงานก็จะเป็นแลงกเลย์ต่อนาทีบางครั้งในทางอุตุนิยมวิทยาหน่วยของความเข้มของพลังงานใช้หน่วยมิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ค่าความ

แตกต่างในเทอมของแคลอรี (Calories) ไม่มีความสำคัญในงานด้านอุณหพลศาสตร์ ค่าที่ใช้ในการเปลี่ยนหน่วยของการวัดปริมาณพลังงานมีดังต่อไปนี้

1. $\text{Cal min}^{-1} = .0419 \text{ mJ}$
2. $\text{Cal cm}^2 = 1 \text{ Ly mWh}$
3. $\text{mW} = 0.01433 \text{ Cal min}^{-1}$
4. $\text{Cal} = 4.19 \text{ J} \approx 1.163$
5. $\text{J (Joule)} = 0.239 \approx 0.278 \text{ mWh}$

(Flohn, H:1975)

การตรวจวัดพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยนั้น ใช้เครื่องวัดพลังงานแสงอาทิตย์แบบไพโรลิโอมิเตอร์ ซึ่งทำการติดตั้งไว้ 1 เครื่อง ที่กรมอุทกนิยมนวิทยา บางกะปิ กรุงเทพมหานคร ส่วนสถานีอุทกนิยมนวิทยาอื่นเคยมีอยู่ 2 สถานีคือ ที่เชียงใหม่ นครพนม และที่สงขลา แต่ใช้อยู่เพียงระยะสั้น ๆ เครื่องเกิดชำรุดและเนื่องจากเครื่องชนิดนี้ราคาแพงมาก จึงยกเลิกเหลือไว้แต่ที่สถานีอุทกนิยมนวิทยา เพียงเครื่องเดียว ต่อมาในปี 2522 รัฐบาลไทยโดยกรมวิเทศสหการและรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ได้ตกลงนามร่วมกันให้ความช่วยเหลือในโครงการยอเยการประเมินทรัพยากรแสงอาทิตย์และลมขึ้น ตามที่ ศุภพล พิศลบุตร ได้ให้คำชี้แจงถึงโครงการนี้ไว้ว่าจะมีการติดตั้งเครื่องสอบเทียบแบบไพโรลิโอมิเตอร์ ในจังหวัดต่าง ๆ ในประเทศไทยขึ้นใหม่ ซึ่งโครงการนี้จะเริ่มติดตั้งเครื่องขึ้นครั้งแรกที่จังหวัดเลย (ศุภพล พิศลบุตร: ภาควิทยา 2504 เล่ม 3 74-75) แต่ถึงแม้ว่าประเทศไทยมีเครื่องพลังงานแสงอาทิตย์แบบไพโรลิโอมิเตอร์ใช้อยู่เพียงเครื่องเดียว แต่ตามสถานีอากาศเกษตรหรือสถานีอุทกนิยมนวิทยา ธรรมดาที่มีเครื่องมือวัดแสงอาทิตย์แบบคอมเบลล์โตรก (Combell stroke) ใช้วัดความยาวนานของแสงแดด ใสว สุวรรณพงศ์ ได้ให้คำอธิบายถึงเครื่องชนิดนี้ว่า คอมเบลล์โตรก เครื่องมือชนิดนี้ ประกอบด้วยตุ้มแกวเป็นรูปทรงกลมมีโครงสร้างสำหรับสอดกระดาษอำพันน้ำยาเคมี เมื่อพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ส่องลงมาการเผาไหม้บนกระดาษขึ้นอยู่กับความแรงของแสงแดด (ใสว สุวรรณพงศ์ 2509: 122-124)

ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับระยะยาวนานของแสงอาทิตย์

พลังงานแสงอาทิตย์ที่มาถึงพื้นโลกโดยการแผ่รังสีซึ่งอยู่ในลักษณะคลื่นสั้น เช่นเดียวกับคลื่นวิทยุเหล่านี้ ส่งผ่านเข้าสู่บรรยากาศไม่ได้ จึงทำให้บรรยากาศซึ่งเป็นสื่อกลางนั้นร้อนขึ้น ดังนั้น แสงสว่างและความร้อนที่ส่งมาจากดวงอาทิตย์จึงเป็นพลังงานจากดวงอาทิตย์ที่สำคัญ จึงมีการตรวจวัดเพื่อให้เป็นข้อมูลเพื่อการพัฒนาโดยเฉพาะงานด้านการเกษตร สำหรับในประเทศไทย มีการตรวจวัด ณ สถานีต่าง ๆ และมีการตรวจวัดข้อมูลไว้หลายชนิด เช่น

1. ความยาวนานของวัน ระยะความยาวนานของเวลากลางวัน ในวันหนึ่ง ๆ คือนับตั้งแต่ดวงอาทิตย์โผล่ขึ้นจากขอบฟ้าจนถึงเวลาที่ดวงอาทิตย์ลับขอบฟ้าหายไป ระยะเวลายาวนานนี้จะเปลี่ยนแปลงตามละติจูดของตำบลที่จะสามารถคำนวณได้แน่นอนโดยทางดาราศาสตร์ ระยะความยาวนานของกลางวันในประเทศไทยซึ่งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรจึงไม่ค่อยมีความแตกต่างกันมากนักในแต่ละที่ตั้งของสถานีที่ทำการตรวจวัด

2. ระยะความยาวนานของแสงอาทิตย์ ระยะความยาวนานของแสงอาทิตย์ของแต่ละตำบลจะขึ้นอยู่กับความยาวนานของกลางวัน ลักษณะภูมิประเทศและลมฟ้าอากาศ ดังนั้นในบางวันที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมากจะทำให้ระยะความยาวนานของแสงอาทิตย์มีน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ภูมิอากาศในประเทศไทย ซึ่งอยู่ในเขตร้อนชื้น ท้องฟ้ามักจะมีเมฆปกคลุมท้องฟ้าเกือบตลอดเวลา

3. ความเข้มของแสงสว่าง จะขึ้นอยู่กับละติจูดของที่ตั้งของตำบลนั้น ๆ และขึ้นอยู่กับฤดูกาลสำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ในซีกโลกเหนือในฤดูหนาวแสงของดวงอาทิตย์จะส่องถึงฉากกับพื้นที่ในซีกโลกใต้ ทำให้ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในซีกโลกเหนือลดน้อยลง ดังนั้น สถานีที่อยู่ทางเหนือของประเทศไทย เช่น ที่สถานีเชียงราย สถานีเชียงใหม่ ย่อมมีความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์น้อยกว่าจังหวัดทางใต้ของประเทศไทย คือ จังหวัดสงขลา ความเข้มของแสงสว่างของแต่ละสถานีนั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับละติจูดที่ตั้งฤดูกาลแล้วในการพิจารณาต้องนำปริมาณและความหนาแน่นของเมฆหมอก ฝุ่นละอองในบรรยากาศของแต่ละตำบลที่ทำการตรวจวัดเข้ามาร่วมในการพิจารณาด้วย

4. ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ที่พื้นโลกได้รับมีความสัมพันธ์กับมนุษย์ สัตว์และพืช จึงจำเป็นต้องมีการตรวจวัดเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปแต่เนื่องจากสถานีตรวจวัดพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย เคยทำการตรวจวัดที่สถานีจังหวัดนครพนม, จังหวัดเชียงใหม่, จังหวัดกรุงเทพฯ และจังหวัดสงขลาเท่านั้นซึ่งข้อมูลดังกล่าวจึงมีไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงมีวิธีการประเมินค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลระยะเวลาของแสงอาทิตย์จึงเป็นการดี ซึ่งจะสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ได้มาก ดังที่ อังสตรอมส์ (Angstrom) ได้สร้างสมการ อังสตรอมส์ (Angstrom Equation) ขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินค่าความเข้มพลังงานแสงอาทิตย์ดังนี้

$$\frac{R_s}{R_A} = a + b \frac{n}{N}$$

R_s - พลังงานของดวงอาทิตย์ที่วัดได้นอกบรรยากาศ

R_A - Angot valve คือพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกถึงพื้นโลกถ้าหากโลกนี้ไม่มีบรรยากาศ

n - ความยาวนานของแสงอาทิตย์ คือ ผลรวมของระยะเวลาที่แสงอาทิตย์ไหม้กระชายไต้ถูกแก้วในคอมเบลสโตก

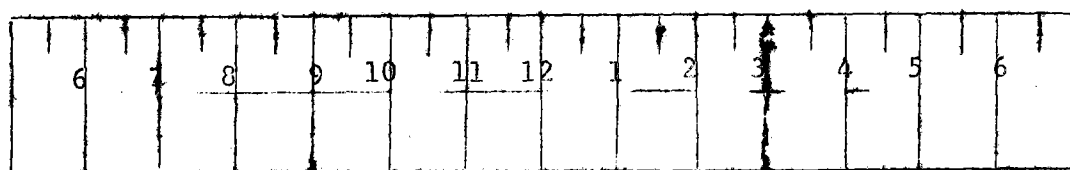
N - ความยาวนานของแสงแดดที่อาจเป็นได้มากที่สุด คือผลรวมของระยะเวลานับแต่กระชายเริ่มไหม้จุดแรก ถึงจุดสุดท้าย รวมตลอดหมกเมฆช่วงที่ถูกเมฆบัง

a, b - เป็นตัวเลขคงที่ของที่ใดที่หนึ่งโดยเฉพาะ (Angstrom. 1924: 90-95)

และเมื่อปี 1975 โฟลคัส (Flocas) ได้ทำการศึกษาลักษณะการแผ่พลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศกรีก โดยยึดสมการของ อังสตรอมส์ เป็นหลักและใช้วิธีสมการถดถอยซึ่งหาได้จากความเข้มของแสงอาทิตย์ในแต่ละสถานีซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาของแสงอาทิตย์ซึ่งได้ค่าสหสัมพันธ์ 0.94-0.99 (Flocas. 1979:47-49)

สำหรับประเทศไทยสามารถหาค่าของพลังงานแสงอาทิตย์จากข้อมูลความยาวนานของแสงอาทิตย์ ได้โดยใช้ข้อมูลที่บันทึกโดยเครื่องคอมเบลสโตก ซึ่งทำการบันทึกได้เป็น

ความยาวนานของแสงในหนึ่งวัน จากภาพที่จะสมมุติว่าเป็นกระดามบันทึก ที่ได้จากเครื่องคอมเบลสโตก



จากภาพหมายความว่า เส้นยาวถึงเส้นยาว (ทางตั้ง) เป็นระยะเวลาหนึ่งชั่วโมง เริ่มตั้งแต่เวลา 06.00 น. ถึง 16.00 น. เส้นทางนอนคือรอยเผาไหม้ของแสงแดดที่ดูแล้วจะเห็นว่ามียอยไหม้อยู่ 5 ช่วงคือ

จาก 07.30 ถึง 10.00 น. รวม 2 ชม. 30 นาที

จาก 10.45 ถึง 12.15 น. รวม 1 ชม. 30 นาที

จาก 13.15 ถึง 14.15 น. รวม 1 ชม.

จาก 14.45 ถึง 15.15 น. รวม 30 นาที

จาก 16.00 ถึง 16.15 น. รวม 15 นาที

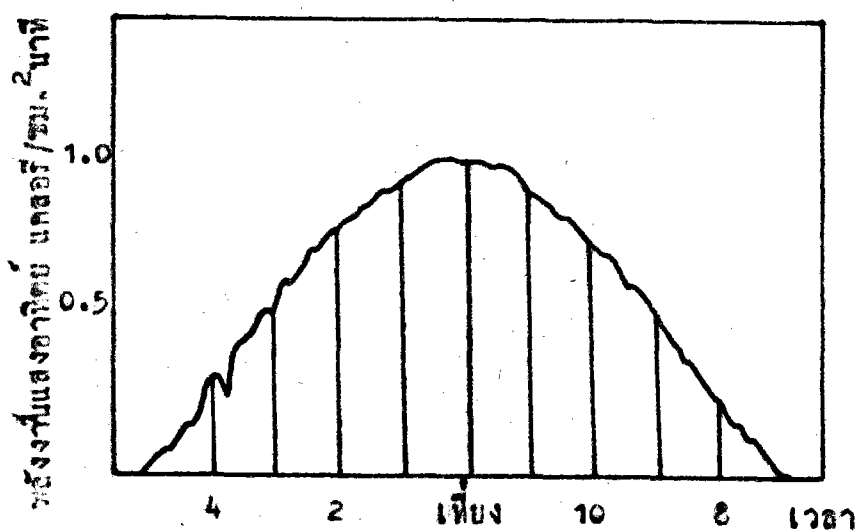
รวมทั้งหมดทั้ง 5 ช่วง ในวันนี้มีความยาวนานของแสงแดด 5 ชม. 45 นาที คิดเป็นชั่วโมงได้ $5\frac{45}{60}$ เท่ากับ $5\frac{3}{4} = 5.75$ ค่านี้คือ n นี่ก็ $n = 5.75$ ชั่วโมงต่อวัน

นับจากจุดแรกที่แดดเริ่มเผากระดามคือ 7.30 น. ถึงจุดสุดท้ายที่แดดเลิกเผากระดามคือ 16.15 น. ถ้าไม่มีเมฆมาบัง โอกาสสูงสุดที่แดดจะเผากระดามให้ไหม้ได้ $8\frac{45}{60}$ เท่ากับ $8\frac{3}{4} = 8.75$ ชม. นี่ก็ว่า m นั่นคือ $m = 8.75$ ชั่วโมงต่อวัน อาจจะใช้วิธีคิดแบบอื่นโดยเริ่มนับในชั่วโมงแรกที่แดดเริ่มเผา แดดมีโอกาสดจะเผาได้เต็มทั้งชั่วโมงเลยคือ เริ่มจาก 7.00 น. เลขที่เคียว คิดว่า m จาก 07.00 น. ถึง 16.00 น. แต่ในที่นี้จะใช้ 8.75

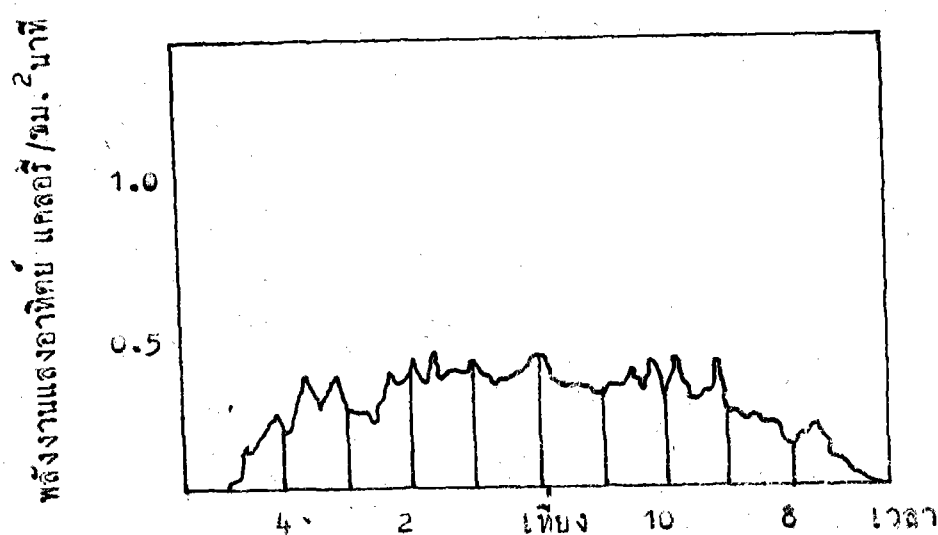
ในการจัดบันทึกข้อมูลและการประเมินค่าทุกครั้ง ลอฟ (LoF) ให้ความสำคัญเห็นว่า ต้องมีการรวบรวมจัดบันทึกข้อมูลอื่น ๆ พร้อมไปด้วยคือ

1. ตำแหน่งและสถานที่ เส้นรุ้ง (Parallel) เส้นแวง (Meridian)
2. ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ ไพรานมิเตอร์ หรือ โพยลิโอมิเตอร์
3. ลักษณะการติดตั้งเครื่องมือ เช่น ติดตั้งบนระนาบระดับ หรือบนระนาบเอียง
4. อุณหภูมิของบรรยากาศ

ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์จกบันทึกได้หลายแบบ เช่น แบบบันทึกต่อเนื่องซึ่งจะแสดงไว้ในภาพประกอบ 4 และภาพประกอบ 5 หรืออาจบันทึกค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาเป็นค่าเฉลี่ยต่อชั่วโมงต่อวัน เป็นต้น



ภาพประกอบ 5 รูปแบบของพลังงานแสงอาทิตย์บนระนาบราบในวันที่ไม่มีเมฆ
(คัดแปลงจาก Lof et al. 1966:76)



ภาพประกอบ 5 รูปแบบของพลังงานแสงอาทิตย์บนระนาบราบในวันที่มีเมฆ (ดัดแปลงจาก Lof et al. 1966:80)

ลอฟ (Lof) ได้รวบรวมข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่วัดได้ที่สถานีต่าง ๆ ทั่วโลก สำหรับประเทศไทย ก็มีที่กรุงเทพฯ และเชียงใหม่ สำหรับสถานที่ที่ไม่มีสถานีวัดก็ใช้วิธีประเมินค่าจากค่าเฉลี่ยกับที่มีสถานีวัด หรืออาจคำนวณได้จากสมการซึ่ง ลอฟ ได้นำข้อมูลดังกล่าวเขียนเป็นแผนที่แสดงการผันแปรของพลังงานแสงอาทิตย์ทั่วโลก (Lof et al. 1966) และ เอกเซล (Exell) ได้ดำเนินการตามแนวความคิดของ ลอฟ โดยเสนอสมการที่จะใช้ในการคำนวณเพื่อหาข้อมูลปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ ดังสมการดังนี้

$$H_{av} = H_o \left(a + b \frac{n}{N} \right)$$

H_{av} หมายถึง ความเข้มของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์

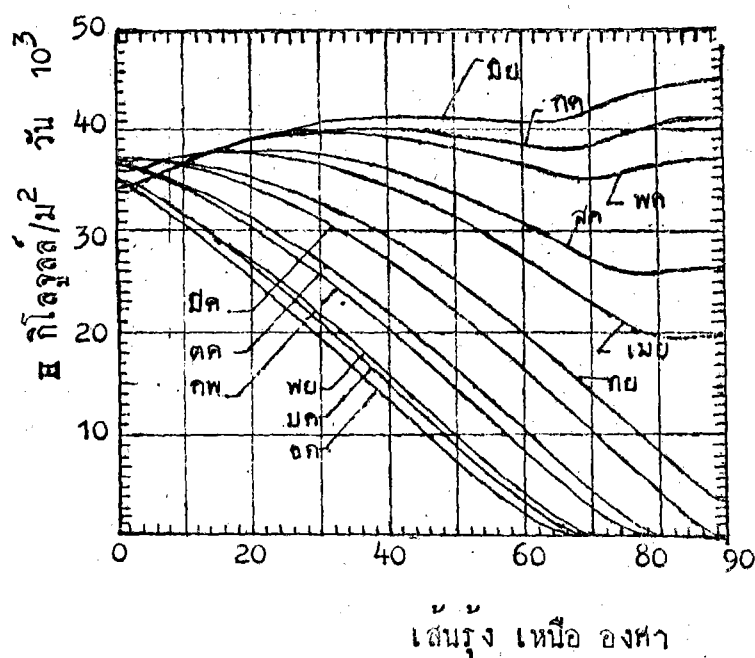
H_o หมายถึง ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ที่นอกบรรยากาศเป็นรายเดือน (ในการคำนวณใช้อ่านค่าได้จากภาพประกอบ 6)

a, b หมายถึง ค่าคงที่

n หมายถึง ค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาที่มีแสงอาทิตย์ในแต่ละวันในรอบเดือน

N หมายถึง ค่าเฉลี่ยความยาวนานของวันที่มีแสงอาทิตย์รายเดือน

(Exell. 1978:73-74)



ภาพประกอบ 6 พลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายวันรับได้บนระนาบระดับที่นอกบรรยากาศ
ในเมืองต่าง ๆ ในรอบปี (ศิริจันทร์ และมานิต ทองประเสริฐ 2523)

ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้สมการในการคำนวณหาข้อมูลปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ โดยยึดสมการของ เอ็กเซล (Exell) ตามที่นักวิชาการหลายท่านได้ให้คำอธิบายถึงลักษณะของพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งงานวิจัยซึ่งได้พยายามรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น และทำการวิเคราะห์พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์แล้วนั้น พอจะสรุปได้ว่า พลังงานแสงอาทิตย์นับว่าเป็นพลังงานที่สำคัญอย่างมหาศาล ถึงแม้ว่า พลังงานที่ส่งมาจากดวงอาทิตย์จะมีค่าเพียง 2 แสงเลี้ยวต่อวินาที และลดน้อยลงเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศ เมฆ ไอน้ำ ฝุ่นละอองและปัจจัยอื่น ๆ อีกก็ตาม พลังงานที่เหลือเหล่านี้ ก็ถือว่าเป็นพลังงาน

ที่มีค่าน่าจะได้มีการเก็บรวบรวมเพื่อใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทนต่อไป สำหรับประเทศไทยความก้าวหน้าและวางแผนในการรวบรวมพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นพลังงานทดแทนนั้นยังอยู่ในขั้นเริ่มต้น อุปกรณ์ การตรวจวัด และเครื่องมือเปลี่ยนพลังงานยังมีไม่เพียงพอและมีราคาสูงมาก ดังนั้น การเตรียมข้อมูลเบื้องต้นที่ถูกต้องและแม่นยำจะช่วยให้ทุนค่าใช้จ่ายและการดำเนินการเป็นไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งข้อมูลดังกล่าวถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการวิเคราะห์วิจัยงานแขนงอื่นต่อไป

วิธีดำเนินการศึกษา

เพื่อให้การศึกษาเป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับ
ขั้นดังนี้

แหล่งข้อมูล

1. กรมอุตุนิยมวิทยา บางกะปิ กรุงเทพฯ
2. สภาวิจัยแห่งชาติ
3. กรมพลังงานแห่งชาติ
4. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตบางมด
5. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. รวบรวมข้อมูลความเข้มเป็นรายชั่วโมงของพลังงานแสงอาทิตย์ประเทศไทย
ตั้งแต่ปี 2506-2510 (5 ปี) ของสถานี
 - เชียงใหม่
 - กรุงเทพฯ
 - นครพนม
 - สงขลา
2. รวบรวมข้อมูลปริมาณเมฆรายวัน ตั้งแต่ปี 2506-2510 (5 ปี) ของสถานี
 - เชียงใหม่
 - กรุงเทพฯ
 - นครพนม
 - สงขลา

3. รวบรวมข้อมูลช่วงเวลาที่มีแสงอาทิตย์ ตั้งแต่ปี 2506-2515 รวม 10 ปี
ของสถานี 16 สถานี ดังต่อไปนี้

เชียงใหม่	เชียงใหม่	นครสวรรค์	เลย	นครพนม
ขอนแก่น	ร้อยเอ็ด	พิษณุโลก	นครราชสีมา	สุรินทร์
จันทบุรี	หัวหิน	อุบลราชธานี	ภูเก็ต	สงขลา
สกลนคร	กรุงเทพฯ	สุราษฎร์ธานี		

การจัดกระทำข้อมูล

1. สร้างแผนที่ประเทศไทย แสดงตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัด ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์, ความยาวนานของแสง, ปริมาณเมฆ จำนวน 16 สถานี
2. นำข้อมูลปริมาณ พลังงานแสงอาทิตย์ รายชั่วโมงของแต่ละสถานีหาค่าเฉลี่ยความเข้มเป็นรายชั่วโมง
3. ใช้สูตรของเอ็กเซลประเมินค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของแต่ละสถานีเป็นรายเดือน (สูตรแสดงไว้ในหน้าที่ 26-27)
4. นำค่าที่คำนวณได้ในข้อ 3 หาค่าเฉลี่ยความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เป็นรายเดือน
5. คำนวณหาค่าสหสัมพันธ์ของค่าปริมาณความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์กับปริมาณเมฆในท้องฟ้า
6. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของแต่ละสถานีในแต่ละเดือน
7. สร้างกราฟแสดงการกระจายความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์
8. สร้างแผนที่แสดงปริมาณความเข้มของแสงอาทิตย์ในประเทศไทยเป็นรายเดือน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. หาค่าเฉลี่ยของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมงและรายเดือน
2. หาค่าความสัมพันธ์ของค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์กับปริมาณเมฆใน

ท้องฟ้า

3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความแปรปรวนของความเข้มของพลังงานแสง

อาทิตย์

การวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งเป็น 5 ตอน ดังนี้

1. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับความยาวนานของแสงอาทิตย์
2. วิเคราะห์การกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมง
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์
4. วิเคราะห์ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเดือนที่ได้รับแสงตั้งจากกับช่วงเวลาที่ได้รับแสงเฉียง
5. วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในรอบปี

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับความยาวนานของแสงอาทิตย์

ค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของแต่ละสถานีในแต่ละช่วงเวลา จะมีความสัมพันธ์กับค่าของระยะความยาวนานของแสงอาทิตย์ ซึ่งค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะประเมินค่าได้จากค่าระยะความยาวนานของแสงอาทิตย์ โดยใช้สูตรของ เอ็กเซล ดังแสดงในตารางที่ 1

ตาราง 3 แสดงค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีนครราชสีมา

เดือน	H_o	a	b	n	N	n/N	H_{av}	แสงเฉลี่ย
มกราคม	29.2	.308	.554	9.3	11.3	.814	22.610	528
กุมภาพันธ์	32.5	.272	.575	9.1	11.6	.784	23.491	560
มีนาคม	35.5	.271	.560	8.7	12.0	.725	24.236	578
เมษายน	37.9	.340	.508	8.5	12.5	.680	25.988	619
พฤษภาคม	37.8	.345	.522	7.9	12.0	.617	25.215	601
มิถุนายน	36.0	.351	.536	6.7	13.0	.515	23.627	568
กรกฎาคม	38.0	.337	.528	6.3	12.9	.488	22.597	539
สิงหาคม	37.9	.346	.533	5.5	12.6	.436	21.920	523
กันยายน	36.5	.316	.605	5.3	12.2	.434	19.650	468
ตุลาคม	32.4	.307	.578	7.8	11.8	.661	22.325	532
พฤศจิกายน	29.8	.329	.581	8.6	11.4	.596	20.123	488
ธันวาคม	28.0	.323	.559	8.8	11.2	.785	21.330	509

จากตาราง 3 แสดงค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีนครราชสีมา เป็นค่าเฉลี่ยรายเดือนในรอบ 5 ปี ตั้งแต่ปี 2506-2510 จะเห็นได้ว่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในสถานีซึ่งไม่มีเครื่องบดรวจวัด ก็จะสามารถหาค่าเฉลี่ยของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ได้โดยการประเมินค่าจากระยะเวลาความยาวนานของแสงอาทิตย์ ซึ่งค่าความเข้มจะมีค่าเฉลี่ยเป็นรายเดือนแตกต่างกันเดือนที่มีค่าความเข้มสูงสุดอยู่ในช่วงเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม ซึ่งมีค่าถึง 578 แสงเฉลี่ย, 619 แสงเฉลี่ย และ 601 แสงเฉลี่ย ตามลำดับ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาความยาวนานของแสงอาทิตย์คือ ในช่วงเดือนเดียวกันมีค่าเฉลี่ยสูงในเดือน มีนาคม เมษายน และพฤษภาคม เช่นเดียวกันคือ มีค่าเฉลี่ย 6.7 ชั่วโมง 8.5 ชั่วโมง และ 7.9 ชั่วโมง ตามลำดับ

ส่วนค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะเวลายาวนานของแสงอาทิตย์ของสถานีอื่น ๆ อีก 17 สถานี ได้แสดงไว้ในภาคผนวก

ดังนั้นจะพบว่าค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละเดือนของ 16 สถานี มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาความยาวนานของแสงอาทิตย์ คือในเดือนใดที่มีความยาวนานของแสงอาทิตย์มีมากก็จะมีค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์สูงด้วย โดยเฉลี่ยแล้วประเทศไทยจะมีค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ ประมาณวันละ 530 แสงเลย ค่าเฉลี่ยตลอดทั้งเดือนจะพบว่าเดือนที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ เดือนเมษายน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์สูงที่สุดเนื่องจากในช่วงเดือนเมษายนซึ่งโลกเหนืออยู่ในช่วงฤดูใบไม้ผลิซึ่งเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม สำหรับประเทศไทยเดือนเมษายนจะได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ในลักษณะลำแสงตั้งฉาก ความเข้มต่อพื้นที่จึงมีค่าสูงระยะความยาวนานของกลางวันจึงมีถึง 12 ชั่วโมง และปริมาณเมฆ หมอกในท้องฟ้าในเดือนเมษายนมีปริมาณน้อยมาก สำหรับเดือนที่มีค่าเฉลี่ยความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำจะอยู่ในช่วงเดือนธันวาคม ซึ่งตรงกับช่วงฤดูใบไม้ร่วงของซีกโลกเหนือ ดังนั้นประเทศไทยจะได้รับลำแสงจากดวงอาทิตย์เป็นลำแสงเฉียงความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีค่าต่ำและจะมีช่วงเวลาที่มีกลางวันสั้นประมาณวันละ 10 ชั่วโมง จึงทำให้ในเดือนธันวาคมมีค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำกว่าเดือนอื่น ๆ จากการวิเคราะห์ได้ค่าเฉลี่ยสูงสุดและต่ำสุดของค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เป็นรายเดือนในรอบ 5 ปี ของทั้ง 16 สถานี ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 แสดงค่าของพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดและต่ำสุดในรอบ 5 ปี
ค่าเป็นแองเงิลต่อตารางเซนติเมตร

สถานี	ค่าสูงสุด	เดือน	ค่าต่ำสุด	เดือน
เขียงราย	625	เม.ย.	429	ธ.ค.
เขียงใหม่	642	เม.ย.	471	ธ.ค.
พิษณุโลก	642	เม.ย.	453	ธ.ค.
เลย	603	เม.ย.	436	ก.ย.
นครพนม	569	เม.ย.	457	ส.ค.
สกลนคร	603	เม.ย.	492	ส.ค.
ขอนแก่น	618	เม.ย.	506	ธ.ค.
ร้อยเอ็ด	629	เม.ย.	491	ธ.ค.
อุบลราชธานี	629	เม.ย.	509	ธ.ค.
นครราชสีมา	619	เม.ย.	468	ก.ย.
สุรินทร์	601	พ.ค.	409	ธ.ค.
นครสวรรค์	624	เม.ย.	474	ก.ย.
กรุงเทพฯ	615	เม.ย.	488	ส.ค.
จันทบุรี	569	มี.ค.	311	ม.ค.
หัวหิน	596	มี.ค.	441	พ.ย.
สุราษฎร์ธานี	600	มี.ค.	403	พ.ย.
ภูเก็ต	622	มี.ค.	453	มิ.ย.
สงขลา	611	เม.ย.	411	พ.ย.

ตาราง 4 พบว่าค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์สถานที่ที่มีค่าสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละสถานีนั้นจะอยู่ในช่วงเวลาที่ไม่ตรงกันทั้งหมด ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเดือนมีนาคม เมษายน และค่าต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน แต่ในบางสถานีจะมีค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในช่วงที่แตกต่างกัน เช่น เร็วกว่า 1 เดือน และช้ากว่า 1 เดือน จึงต้องนำปัจจัยต่าง ๆ มาพิจารณาค้นคว้ากัน สถานีที่ตั้งของสถานีซึ่งอยู่ในลักษณะภูมิประเทศเป็นชายฝั่งทะเล เช่น ที่สถานีทรวอจากาศสงขลา ภูเก็ต สุราษฎร์ธานี ซึ่งอยู่ในแนวละติจูดต่ำกว่าสถานีอื่น ๆ และมีภูมิอากาศที่แตกต่างกัน เพราะได้รับอิทธิพลจากทะเล อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ในช่วงเดือนพฤศจิกายนจะมีฝนตกชุก ท้องฟ้ามีเมฆมากอากาศแปรปรวน จึงมีผลต่อค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ ข้อมูลในตาราง 4 เห็นได้ว่า ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาความยาวนานของแสงอาทิตย์และยังมีผลเนื่องจากปริมาณของเมฆในท้องฟ้าของแต่ละสถานีด้วย พอสรุปได้ว่า

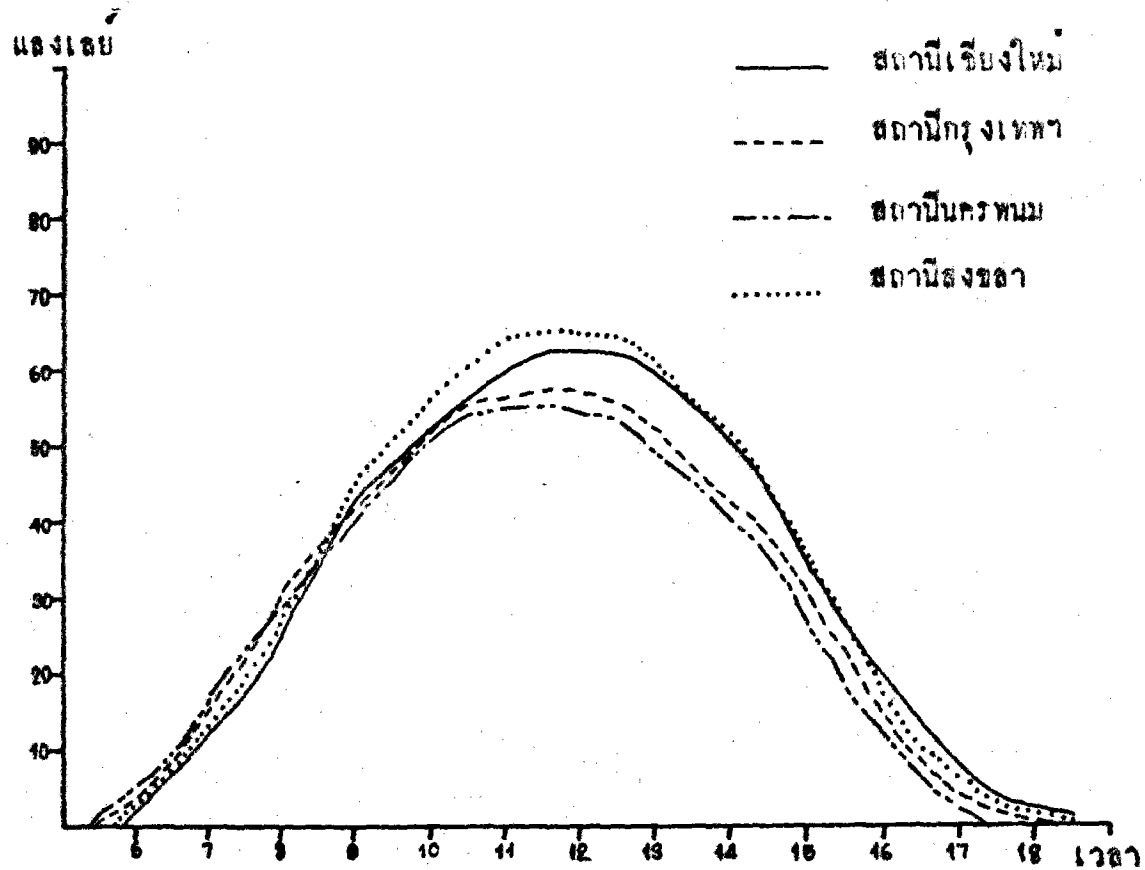
1. พลังงานแสงอาทิตย์แปรผันโดยตรงกับระยะเวลาความยาวนานของแสงอาทิตย์ คือ ในวันที่มีระยะเวลาความยาวนานของแสงอาทิตย์มาก ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะมีมากด้วย เช่น ที่สถานีเชียงใหม่ในเดือนกุมภาพันธ์ มีค่าเฉลี่ยของพลังงานแสงอาทิตย์มีมากที่สุด 9.1 ชั่วโมง มีค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เป็น 507 แล่งเลี้ยวต่อตารางเซนติเมตร และในเดือนกรกฎาคม มีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาความยาวนานของแสงอาทิตย์ 4.5 ชั่วโมง มีค่าเฉลี่ยความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเป็น 491 แล่งเลี้ยวต่อตารางเซนติเมตร จากการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบทั้ง 2 อย่างนี้โดยใกล้ชิดวันต่อวัน พบว่า ยังมีตัวประกอบอีกหลายประการที่ทำให้ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงไปอาทิ ลักษณะลมฟ้าอากาศและสิ่งกีดขวางโดยธรรมชาติของตำบลที่ตั้งสถานี

2. ระยะเวลาความยาวนานของแสงอาทิตย์ ไม่คำนึงถึงระยะยาวของกลางวันเข้ามาเกี่ยวข้องจะแปรผันกับจำนวนเมฆโดยประมาณคือ ถ้าในวันใดมีระยะเวลาความยาวนานของแสงอาทิตย์น้อยชั่วโมงจำนวนเมฆมีมาก เช่น ที่สถานีนครพนมในเดือนมกราคมซึ่งเป็น

เดือนที่มีจำนวนเมฆน้อยที่สุด คือมีค่าเฉลี่ยรายวันเป็นจำนวน 1.6 ส่วนของท้องฟ้า จะมีระยะความยาวนานของแสงอาทิตย์มากที่สุดคือ 0.2 ชั่วโมง และในเดือนกรกฎาคม ซึ่งเป็นเดือนที่มีเมฆมากที่สุด 3.6 ชั่วโมง ความสัมพันธ์ระหว่างระยะความยาวนานของแสงอาทิตย์กับจำนวนเมฆในลักษณะดังกล่าวจะเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดค่าพลังงานแสงอาทิตย์ มีราคาค่อนข้างแพงถ้าหากว่ามีการตรวจวัดจำนวนเมฆและบันทึกผลการตรวจวัดไว้ได้วันละ 5 ครั้ง คือเวลา 07.00 น. 10.00 น. 13.00 น. 16.00 น. และ 19.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่อยู่ในระหว่างดวงอาทิตย์ขึ้นและตก โดยประมาณแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและนำเอาค่านี้ไปคำนวณหาระยะความยาวนานของแสงอาทิตย์ ก็จะได้ออกมาโดยประมาณการคำนวณหาค่าพลังงานแสงอาทิตย์จากประมาณเมฆและระยะความยาวนานของกลางวัน ดังสมการของ เอ็กเซล ซึ่งจะเป็แนวทางเพื่อใช้ในการคิดสร้างเครื่องมือเก็บพลังงานแสงอาทิตย์และสำหรับงานด้านการเกษตรต่อไปได้

วิเคราะห์การกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมง

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังผิวโลกในสภาวะที่ท้องฟ้าแจ่มใสไม่มีเมฆปกคลุม หรือมีเมฆเพียงส่วนน้อย ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่มาถึงผิวโลกจะมีประมาณ 530 แสงเลย จากการวัดปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ด้วยเครื่องไพเอลิโอมิเตอร์ ซึ่งติดตั้งไว้ตั้งแต่เช้าตลอดถึงเย็นในบางวันจะวัดพลังงานแสงอาทิตย์ได้มากกว่า 600 แสงเลย หรืออาจวัดได้ไม่ถึง 500 แสงเลย เนื่องจากมีแก๊สและสิ่งเจือปนต่าง ๆ ในบรรยากาศที่มีการดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ที่โลกได้รับเป็นรายชั่วโมงของสถานีตรวจวัดที่กรุงเทพฯ เชียงใหม่ นครพนม และสงขลา พบว่า ค่าเฉลี่ยของการกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งวันในแต่ละเดือนในรอบ 5 ปี มีลักษณะการกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอคือ เริ่มตั้งแต่ 6.00 น. ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะเพิ่มปริมาณมากขึ้นตามเวลาที่ดวงอาทิตย์เริ่มเคลื่อนตำแหน่งสูงขึ้นจากขอบฟ้า จนถึงเวลา 12.00-13.00 น. ซึ่งเป็นจุดสูงสุดของค่าปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งมายังพื้นโลก และค่าพลังงานแสงอาทิตย์นี้จะค่อย ๆ ลดลง เมื่อเวลาเปลี่ยนไปจนถึงจุดสูงสุดของแต่ละวันในเวลา 18.00 น. ดังนั้นลักษณะของกราฟโค้งคว่ำ ดังกราฟในภาพที่ 7 ซึ่งเป็นกราฟแสดงค่าเฉลี่ยของการกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นรายชั่วโมงตลอดทั้งปี



ภาพประกอบ 7 กราฟแสดงค่าความเร่งของพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเป็นชั่วโมง
เฉลี่ยตลอดปีของ 4 สถานี

จากกราฟ ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ยของลักษณะการกระจายของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมงของสถานีเชียงใหม่ กรุงเทพฯ นครพนม และสงขลา มีความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ที่แตกต่างกัน ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ที่บันทึกไว้ ตั้งแต่ 06.00-18.00 น. ในบางเดือนความเข้มในช่วงเวลา 06.00 น. เกือบจะไม่มี ความเข้มแต่ในบางเดือนความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์สามารถวัดได้มากกว่าหลายเท่าจากกราฟ พบว่า ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีความเข้มตั้งแต่เวลา 06.00 น. ความเข้มจะเพิ่มมากขึ้นตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะสูงขึ้นจนมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 10.00-14.00 นาฬิกา และจะค่อย ๆ ลดต่ำลงหลังจาก 14.00 นาฬิกา ค่าความเข้มจะลดลงจนถึงเวลา 18.00 นาฬิกา ในบางเดือนค่าความเข้มมีมากถึง 9.5 แสงเลย เช่น ในเดือนมีนาคม ณ สถานีสงขลาและในบางเดือนพลังงานแสงอาทิตย์ที่น้อยมากเกือบวัดไม่ได้ เช่น ที่กรุงเทพฯในเดือนมกราคมในเวลา 18.00 นาฬิกา จะวัดค่าความเข้มได้เพียง 1 แสงเลย เท่านั้น

ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมงของสถานีเชียงใหม่ นครพนม กรุงเทพฯ และสงขลา จะเริ่มสูงขึ้นจนมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 10.00-14.00 นาฬิกา ตามสมมุติฐานข้อที่ 1 สาเหตุที่ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ มีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 10.00-14.00 นาฬิกา เนื่องจากมุมและพื้นที่รับแสงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามเวลา เริ่มตั้งแต่รับแสงเฉียงในตอนเช้าตรู่และเมื่อตำแหน่งของดวงอาทิตย์ เคลื่อนตำแหน่งสูงขึ้นจากขอบฟ้า พื้นที่รับแสงจะเกือบเป็นมุมฉากความเข้มของแสงถึงมีเพิ่มมากขึ้น ถ้าพิจารณาจากข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละวันจะพบว่า ช่วงเวลาที่พื้นผิวโลก ได้รับพลังงานมากเพิ่มตั้งแต่ 09.00 จนถึง 15.00 นาฬิกา รวม 7 ชั่วโมง แต่ยอดสูงสุดจะอยู่ในช่วง 10.00-14.00 นาฬิกา ค่าของพลังงานจากดวงอาทิตย์ในช่วงนี้วัดได้เกือบครึ่งหนึ่งของพลังงานที่ได้รับตลอดทั้งวัน สำหรับช่วงเวลาเช้านั้น คือ 05.00 นาฬิกา และตอนพลบค่ำ คือ 18.00 นาฬิกา ค่าความเข้มของพลังงานจะลดลงเหลือน้อยมาก เช่น ในเวลา 05.00 นาฬิกา ของเดือนธันวาคม มกราคม และกุมภาพันธ์ เกือบจะวัดค่าไม่ได้เลย เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์ตั้งฉากอยู่ทางใต้เส้นศูนย์สูตรและในเดือนมิถุนายน เป็นเดือน

ที่จะได้รับพลังงานมากกว่า เพราะช่วงเดือนนี้ในซีกโลกเหนือจะมีกลางวัน ยาวนานที่สุด เช่นเดียวกับ ในเวลา 10.00 นาฬิกา ของเดือนมิถุนายน และกรกฎาคม จะเป็นเดือนที่จะมีความเข้มมากกว่าเดือนอื่น ถ้าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์รายวันของทั้ง 4 สถานี สามารถนำเอาค่าเฉลี่ยรายวัน มาสร้างกราฟเพื่อแสดงปริมาณความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์รายวัน ดังกราฟ ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ความแปรปรวนของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์

ความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าที่บอกให้ทราบถึงความแปรปรวน หรือความไม่สม่ำเสมอของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์กล่าวก็จะทำให้ทราบว่า ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ของแต่ละสถานีในเดือนต่าง ๆ จะมีความแปรปรวนมากน้อยเพียงใด ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์มีมากย่อมแสดงว่าปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนนั้น ๆ จะมีความแตกต่างกันมาก ในทางตรงข้ามถ้าค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์มีน้อยแสดงว่าปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ไม่แตกต่างกันหรือมีความแปรปรวนไม่มาก จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์ ดังตาราง 5

ตาราง 5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์
รายเดือนในช่วงปี 2506-2510

เดือน	เชียงใหม่	นครพนม	กรุงเทพฯ	สงขลา
มกราคม	24.32	13.73	18.61	37.00
กุมภาพันธ์	23.07	20.71	25.79	32.65
มีนาคม	23.11	22.99	19.51	19.56
เมษายน	21.43	22.74	20.85	20.19
พฤษภาคม	29.82	29.21	28.32	28.81
มิถุนายน	36.86	38.13	26.16	31.81
กรกฎาคม	38.70	48.90	28.23	32.80
สิงหาคม	42.72	42.81	22.98	35.28
กันยายน	39.08	35.96	28.71	35.95
ตุลาคม	44.79	24.10	26.34	41.78
พฤศจิกายน	25.47	14.50	22.24	47.32
ธันวาคม	24.86	11.61	22.21	33.66

จากตาราง 5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือน ตั้งแต่ปี 2506-2510 ที่พิจารณาแล้วพบว่าที่จังหวัดเชียงใหม่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนมีค่า ตั้งแต่ 21.43-44.79 เปอร์เซ็นต์ จังหวัดนครพนมมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน ตั้งแต่ 11.61-48.90 เปอร์เซ็นต์ จังหวัดกรุงเทพฯ มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน ตั้งแต่ 18.61-28.32 เปอร์เซ็นต์ และที่จังหวัดสงขลา มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน ตั้งแต่ 19.56-47.32 เปอร์เซ็นต์ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนดังกล่าว มีค่าแตกต่างกันในแต่ละสถานี เช่น ที่จังหวัดเชียงใหม่ มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนมากที่สุดในช่วงเดือนตุลาคมและค่าต่ำสุดในช่วงเดือนเมษายน สำหรับจังหวัดนครพนม มีค่าสัมประสิทธิ์

ความแปรปรวนมากที่สุดในช่วงเดือนกรกฎาคม และมียค่าต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนธันวาคม กรุงเทพฯ มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคม มียค่าต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนมกราคม จังหวัดสงขลา มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนมากที่สุดในช่วงเดือนพฤศจิกายน และมีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม

ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เป็นรายเดือนเป็นไปตามสมมุติฐานข้อที่ 2 คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะมีมากอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม ยกเว้นจังหวัดสงขลาในช่วงเดือนพฤศจิกายนจะเป็นเดือนที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนสูงสุด เนื่องจากจากสาเหตุบางประการดังจะกล่าวต่อไป สำหรับสาเหตุที่ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์มีมากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม เนื่องจากบริเวณที่อยู่ระหว่างเส้นทรอปิค โดยเฉพาะที่ศูนย์สูตรมีเวลาที่ได้รับความเข้มจากพลังงานดวงอาทิตย์มากมีอยู่ 2 ระยะ คือ เดือนมีนาคมและเดือนกันยายนเป็นระยะที่ดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับเส้นศูนย์สูตร ส่วนในเดือนมิถุนายนจะได้รับความเข้มของแสงน้อยกว่าเพราะดวงอาทิตย์เลื่อนไปตั้งฉากกับเส้นทรอปิคออฟแคนเซอร์ ลักษณะความแปรปรวนนั้น จะเห็นได้ว่าพลังงานจากดวงอาทิตย์บริเวณนอกบรรยากาศขึ้นอยู่กับมุมของแสงอาทิตย์ที่ตกบนพื้นผิวโลกกับระยะเวลาที่พื้นโลกได้รับแสงในการพิจารณาความแปรปรวนแสงอาทิตย์ที่พื้นโลกได้รับ จำเป็นต้องนำองค์ประกอบอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องคือ ปริมาณเมฆในท้องฟ้า ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่คงที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเขตที่มีความชื้นสูงในละติจูดต่ำ ประเทศไทยอยู่ในช่วงละติจูด 5 องศา 21 องศาเหนือ ความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีความแตกต่างกันมากในแต่ละเดือนในแต่ละปี สำหรับปริมาณเมฆบนท้องฟ้าบริเวณประเทศไทยนั้น เมฆจะเริ่มก่อตัวตั้งแต่ปลายเดือนกุมภาพันธ์และเพิ่มมากขึ้นในเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นระยะเริ่มต้นฤดูฝน ปริมาณเมฆจะมีความหนาแน่นมากที่สุด ในเดือนสิงหาคมและเดือนกันยายน ดังตารางที่แสดงไว้ในภาคผนวกที่ 31-39 แสดงปริมาณเมฆเฉลี่ยเป็นรายเดือนของทั้ง 16 สถานี จะพบว่าถึงแม้ในวันที่ไม่มีฝนตกแต่ก็จะมีเมฆปกคลุมท้องฟ้าอยู่เป็นประจำซึ่งมีผลให้พลังงานแสงอาทิตย์ถูกปิดกั้นเอาไว้ให้ลงสู่พื้นโลกได้น้อยจึงทำให้อุณหภูมิของอากาศในเดือนสิงหาคม

และกันยายนไม่สม่ำเสมอคือ มีความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละวันมีค่าแตกต่างกัน ดังนั้นเมฆจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่นำมาพิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับปริมาณเมฆบนท้องฟ้าเป็นรายวัน ดังการวิเคราะห์ในตารางที่ 6

ตาราง 6 แสดงค่าสหสัมพันธ์และค่า t ของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์กับปริมาณเมฆบนท้องฟ้า

สถานี	r	t
เชียงใหม่	-.36	5.98**
นครพนม	-.45	8.15**
กรุงเทพฯ	-.16	2.45**
สงขลา	-.52	10.31**
ทั้งประเทศ	-.19	2.89

** มีระดับนัยสำคัญที่ระดับ .01

จากตาราง 6 แสดงค่าสหสัมพันธ์ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์กับปริมาณเมฆบนท้องฟ้ารายวันของสถานีเชียงใหม่ นครพนม กรุงเทพฯ และสงขลา ค่าสหสัมพันธ์ที่ได้จะแตกต่างกันที่สถานีกรุงเทพฯ มีค่าสหสัมพันธ์ -.16 สถานีเชียงใหม่ มีค่า -.36 สถานีนครพนม -.45 และที่สถานีสงขลา -.52 ตามลำดับ และค่าสหสัมพันธ์ของทั้งประเทศ มีค่า -.19 ทุกค่ามีค่าเป็นลบแสดงว่าปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์กับปริมาณเมฆในท้องฟ้า จะมีความสัมพันธ์กันในทางลบคือ เมื่อท้องฟ้ามีเมฆมาก ทำให้ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์น้อย และในวันที่ท้องฟ้ามีเมฆน้อย ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์จะมีปริมาณมากด้วย เมื่อทำการทดสอบนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 พบว่าค่า t ที่คำนวณได้มีมากกว่าค่า t ที่เปิดตาราง ($df = 210$ ที่ $\alpha = .01$, ค่า $t = 1.64$) แสดงว่าปริมาณความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์มีความสัมพันธ์กับปริมาณเมฆในท้องฟ้าจริง คือในวันที่ท้องฟ้ามีปริมาณเมฆมากจะทำให้พลังงานแสงอาทิตย์ที่โลกได้รับจะมีปริมาณน้อยลงดังตารางในภาค

ผนวกที่ 40 แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างของพลังงานแสงอาทิตย์กับค่าปริมาณเมฆเป็นรายวัน

สำหรับสถานีสงขลามีค่าความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดในเดือนพฤศจิกายนซึ่งแตกต่างจากสถานีตรวจวัดอื่น ๆ และค่าสหสัมพันธ์มีค่าสูงกว่าสถานีอื่น ๆ ด้วยนั้น ทั้งนี้เนื่องจากสถานีตรวจวัดที่จังหวัดสงขลาเป็นบริเวณที่มีลักษณะที่ตั้งและลักษณะอากาศประจำท้องถิ่นที่แตกต่างจากสถานีวัดอื่น ๆ กล่าวคือ เป็นบริเวณที่อยู่ติดกับชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกจึงทำให้มีลักษณะอากาศ เฉพาะบริเวณอู่หมื่นก่อนข้างคองที่มีความชื้นสูงฝนตกหนาแน่น เนื่องจากมีลมมรสุมทั้งสองฤดู ซึ่งมีอิทธิพลต่อลักษณะอากาศในบริเวณนี้คือฝั่งตะวันตกได้รับมรสุมตะวันตกเฉียงใต้อย่างเต็มที่ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนกันยายนซึ่งระยะนี้จะทำให้มีฝนตกหนาแน่น นอกจากนี้ลมยังเป็นตัวการที่สำคัญที่สุดในบริเวณนี้ ทำให้สภาวะอากาศไม่แน่นอนในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมอีกระยะหนึ่ง ซึ่งในช่วงนี้จะมีลมกระโชกแรงอากาศแปรปรวนจะพบว่ามีฝนตกชุกในช่วงพฤศจิกายนและธันวาคมอีกด้วยซึ่งลักษณะอากาศดังกล่าวจึงมีผลต่อปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่งมาถึงพื้นโลกซึ่งถูกเมฆปิดกั้นไว้ ดังนั้นสถานีตรวจวัดที่สงขลาจึงมีค่าความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์สูงในเดือนพฤศจิกายน คือมีค่าความแปรปรวน 47.32 และมีค่าสหสัมพันธ์ -0.52 ซึ่งมีค่าสูงกว่าสถานีตรวจวัดอื่น ๆ

การวิเคราะห์ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงที่ได้รับแสงตั้งฉากในเดือนเมษายนและเดือนสิงหาคมกับเดือนที่ได้รับแสงเฉียงสุดคือเดือนธันวาคมและเดือนมกราคม

เนื่องจากบริเวณที่อยู่ระหว่างเส้นทรอปิกโดยเฉพาะที่เส้นศูนย์สูตรช่วงเวลาที่ได้รับพลังงานแสงอาทิตย์มากจะมีอยู่ 2 ระยะ คือเดือนมีนาคมและเดือนกันยายนซึ่งเป็นระยะเวลาที่ดวงอาทิตย์ตั้งฉากกับศูนย์สูตร สำหรับประเทศไทยอยู่สูงจากเส้นศูนย์สูตรขึ้นมาประมาณ 5° ระยะเวลาที่ได้รับแสงตั้งฉากน่าจะอยู่ในช่วงเดือนเมษายนและเดือนสิงหาคม เพราะประมาณเดือนมิถุนายนดวงอาทิตย์จะเลื่อนไปตั้งฉากบริเวณทรอปิกออฟแคนเซอร์ ดังนั้นบริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตรแต่ไม่ถึงเส้นทรอปิกออฟแคนเซอร์ จะมีระยะเวลาที่ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์

สูงสุด 2 ระยะดังกล่าว จากการวิเคราะห์ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เป็นรายเดือนดังที่แสดงไว้ในตาราง 7 ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าสูงด้วยเพราะเป็นช่วงที่จะได้รับแสงเต็มที่ พบว่าค่าความเข้มในเดือนสิงหาคมมีค่าความเข้มโดยเฉลี่ยมีค่าไม่สูงและในบางสถานีจะมีค่าต่ำกว่าเดือนอื่น ๆ อีกด้วย ซึ่งพิจารณาเหตุผลอื่นมาประกอบว่ามีสาเหตุที่ทำให้ค่าเฉลี่ยไม่สูง เพราะว่าในเดือนสิงหาคมเป็นช่วงที่อยู่ในฤดูฝนมีฝนตกชุก ท้องฟ้ามีเมฆมากเกือบตลอดบางวันจะมีฝนตกติดต่อกันเป็นสาเหตุให้ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนสิงหาคมมีค่าต่ำ

จากสมมุติฐานข้อที่ห้าค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเดือนที่ได้รับแสงอาทิตย์เต็มที่ในเดือนเมษายนและเดือนสิงหาคม กับเดือนที่ได้รับแสงอาทิตย์เฉียงที่สุดคือเดือนธันวาคมและมกราคมจะมีค่าความเข้มต่างกันไม่มากพบว่า สำหรับเดือนที่จะได้แสงเฉียงมากที่สุดในรอบปีคือเดือนธันวาคมและมกราคม ดังนั้น ค่าความเข้มของแสงจะมีค่าต่ำในบางสถานีค่าความเข้มค่าไม่ได้อยู่ในเดือนธันวาคม นอกจากนั้นก็ยังมีสถานีภูเก็ต หัวหิน สุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีลักษณะภูมิประเทศติดต่อกับทะเล จึงทำให้ลักษณะภูมิอากาศแตกต่างจากสถานีอื่น ๆ และอิทธิพลของลมมรสุมที่มักจะรุนแรง ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนที่ได้รับลมมรสุมจะมีค่าความเข้มต่ำ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยรวมของทั้งเดือนของทุกสถานี ปรากฏว่าค่าเฉลี่ยของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนธันวาคมและเดือนมกราคมก็เป็นเดือนที่มีค่าความเข้มต่ำ โดยใช้วิธีการทางสถิติวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทิศทางเดียว (F-test) เมื่อทำการทดสอบหาความแตกต่างของค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของเดือนมกราคมและสิงหาคมกับเดือนมกราคมและเดือนธันวาคม ดังตาราง 5

ตาราง 7 ทดสอบความแตกต่างของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ระหว่าง
เดือนที่มีแสงทั้งดวงคือเดือนเมษายนและเดือนสิงหาคมกับเดือนที่ได้รับแสงเฉียง
คือเดือนธันวาคมและมกราคม

แหล่งความแปรปรวน	df	MS.	SS.	F
ระหว่างกลุ่ม	3	16955.97	50867.97	20.31**
ภายในกลุ่ม	68	834.85	56770.12	

** มีนัยสำคัญที่ .01

ผลของการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากตาราง พบว่า เดือนที่ได้รับแสงทั้งดวง
จะมีค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์แตกต่างจากเดือนที่ได้รับแสงเฉียงอย่างมีระดับนัย
สำคัญทางสถิติ .01 และนำค่าเฉลี่ยรายเดือนของเดือนมกราคมและเดือนสิงหาคม
ธันวาคม และมกราคม นำมาเปรียบเทียบเป็นรายคู่ เพื่อดูความแตกต่างโดยวิธีทดสอบของ
เชฟเฟ (Schaffe) ดังแสดงผลในตารางที่ 8

ตาราง 8 เปรียบเทียบความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของเดือนที่มีแสงทั้ง
ดวงกับเดือนที่มีแสงเฉียงแตกต่างกัน

กลุ่มตัวอย่าง	ธันวาคม	สิงหาคม	มกราคม	เมษายน
	x			
ธันวาคม	497.55	501.44	508.38	608.94
สิงหาคม	-	21.89**	28.23**	229.38**
มกราคม	-	-	9.64**	107.50**
เมษายน	-	-	-	100.56**

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 6 พบว่าค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนธันวาคม สิงหาคม มกราคม และเดือนเมษายน จะมีค่าความเข้มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.1 ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนที่มีแสงสว่างมากคือเดือนเมษายนและเดือนสิงหาคม จะมีค่าแตกต่างกับค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนที่ได้รับแสงแดดคือเดือนธันวาคมและเดือนมกราคม

การเปลี่ยนแปลงความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของเดือนต่าง ๆ ในประเทศไทยจะมีค่าแตกต่างกันไปมาก

ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตกลงมายังผิวโลกนั้นจะมีค่าไม่เท่ากันตามแนวละติจูดและฤดูกาล ถ้าไม่คำนึงถึงบรรยากาศ พลังงานแสงอาทิตย์เกือบจะมีค่าคงที่ในบริเวณศูนย์สูตร ทั้งนี้เพราะมีระยะเวลากลางวันเท่ากันตลอดปีคือ 12 ชั่วโมง ค่าความยาวนานของกลางวันจึงมีผลต่อความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ และลักษณะความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะเพิ่มขึ้นเมื่อละติจูดลดลง นอกจากนี้ยังมีผลมาจากมุมของแสงอาทิตย์ที่ตกลงมายังผิวโลก ซึ่งพื้นผิวต่าง ๆ จะมีอัตราการสะท้อนแสงไม่เท่ากัน และขึ้นอยู่กับปริมาณเมฆ ในการพิจารณาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้รับในแต่ละเดือนในแต่ละสถานีทั้งหมด 16 สถานี พบว่า มีค่าความแตกต่างของพลังงานแสงอาทิตย์แตกต่างกันไม่มาก คือจะอยู่ในช่วงความเข้ม 0-160 แสง/ตร.ม. เป็นส่วนใหญ่ สาเหตุที่แต่ละสถานีมีค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละเดือนแตกต่างกัน เนื่องจากมุมของการรับแสงของแต่ละสถานีจะขึ้นอยู่กับฤดูกาลต่าง ๆ ความยาวนานของวัน ปริมาณเมฆ และลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ที่ตั้งของสถานีตรวจวัดซึ่งมีที่ตั้งแตกต่างกัน จากการหาค่าผลต่างของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของแต่ละสถานีในเดือนต่าง ๆ จังหวัดที่มีค่าความแตกต่างของพลังงานแสงอาทิตย์มากกว่าสถานีอื่น คือสถานีที่อยู่ติดต่อกับชายฝั่งทะเล ได้แก่ สถานีหัวหิน สงขลา ภูเก็ต และสุราษฎร์ธานี เนื่องจากอิทธิพลของลมและลมมรสุม เดือนที่มีค่าความแตกต่างสูงคือ เดือนเมษายนซึ่งมีค่าความแตกต่างสูงกว่าเดือนอื่น ๆ เพราะในเดือนเมษายนเป็นช่วงที่มีพายุไต้ฝุ่น ค่าแสงจากดวงอาทิตย์เป็น

ลำแสงตรง เพราะอยู่ในช่วงที่ดวงอาทิตย์ตั้งฉากบริเวณประเทศไทย ดังนั้นในเดือนเมษายนปริมาณความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีค่าสูงกว่าทุกเดือน

สำหรับค่าเฉลี่ยของเดือนอื่น ๆ นั้นจากการพิจารณาพบว่า จะมีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันแตกต่างกันอยู่ในเกณฑ์ 0-160 เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นเพื่อแสดงให้เห็นชัดเจนว่าค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละเดือนจะมีค่าความเข้มแตกต่างกันไม่มาก ได้ทำแผนที่แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าไว้ทั้ง 12 เดือน ของสถานีต่าง ๆ ทั้ง 10 สถานี โดยใช้ค่าเฉลี่ยความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ที่คำนวณได้จากสูตรของเอ็กเซล เพื่อครอบคลุมพื้นที่ของประเทศไทย ดังได้แสดงไว้ในแผนที่ที่ 2 ถึง 10 ทั้งนี้ในการทำแผนที่แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าทั้ง 12 เดือนนั้น มีหลักเกณฑ์ในการลากเส้น โดยที่ไม่คำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ มาเกี่ยวข้อง เพราะค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่คำนวณได้นั้นเป็นค่าที่ได้จากการคำนวณสูตรของ เอ็กเซล เส้นแสงอาทิตย์เท่าแต่ละเส้นนั้นจะมีค่าต่างกันเท่ากับ 20 แสงเฉลี่ย ในบางเดือนค่าของพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าต่างกันก็จะทำให้เส้นแสงอาทิตย์เท่าค่อนข้างห่างกันมาก

เดือนมกราคม (แผนที่ที่ 2) ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สถานีตรวจวัดในจังหวัดนครพนม มีค่าเท่ากับ 536 แสงเฉลี่ย ในช่วงเดือนนี้ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีตรวจวัดอื่น ๆ จะมีค่าไม่ต่างกันมากนักเพราะในเดือนมกราคมเป็นช่วงที่ท้องฟ้าโปร่งมีเมฆปกคลุมท้องฟ้าไม่มาก ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ 400-540 แสงเฉลี่ย/วัน/เดือน

เดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน พฤษภาคม (แผนที่ที่ 3,4,5,6) เดือนกุมภาพันธ์มีค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดที่สถานีตรวจวัดพลังงานแสงอาทิตย์ที่จังหวัดพิษณุโลก มีค่าเท่ากับ 589 แสงเฉลี่ย ในเดือนนี้ทั่วทุกภาคของประเทศจะย่างเข้าสู่ฤดูร้อน ในระยะนี้ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าสูง คือ ในเดือนเมษายนจะมีค่าสูงถึง 600 แสงเฉลี่ยขึ้นไป เกือบทุกสถานี ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะยังคงอยู่จนกระทั่งย่างเข้าเดือนพฤษภาคม เนื่องจากในระยะนี้ดวงอาทิตย์เคลื่อนผ่านเส้นศูนย์สูตรขึ้นไปทางเหนือและส่องแสงตั้งฉากกับละติจูดที่ตั้งของประเทศไทยทำให้อากาศร้อนอบอ้าว โดยเฉพาะเดือนเมษายนเป็นเดือนที่ร้อนอบอ้าวที่สุด เพราะยังไม่มีฝน ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะ

ค่อย ๆ อ่อนกำลังลงและค่อนข้างแปรปรวน จนเมื่อย่างเข้าช่วงเปลี่ยนฤดูลมมรสุมในตอนกลางฤดูร้อนช่วงเดือนมีนาคม เมษายน จนถึงเดือนพฤษภาคม จะมีลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีกำลังแรงขึ้น และพัฒนาแทนที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงนี้ จะเริ่มมีฝนตกบ้างเล็กน้อย ช่วยคลายความร้อนอบอ้าวลงได้บ้าง ซึ่งช่วงปลายเดือนพฤษภาคม ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตรวจวัดได้ตามสถานีต่าง ๆ จะมีค่าลดลงด้วย เนื่องจากท้องฟ้าเริ่มมีเมฆฝนก่อตัวปิดกัน พลังงานแสงอาทิตย์ที่จะลงมาถึงพื้นโลก

เดือนมิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม กันยายน (แผนที่ที่ 7, 8, 9, 10) ช่วงเดือนดังกล่าวจะอยู่ในช่วงฤดูฝนของประเทศนับตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมเป็นต้นไป ประเทศไทยตอนบนจะได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งนำความชื้นจากทะเลเข้าสู่ฝั่งทำให้เกิดฝนตก จนถึงสิ้นเดือนตุลาคม ยกเว้นประเทศไทยภาคใต้ฤดูฝนจะยืดต่อไปจนถึงเดือนพฤศจิกายน ทำให้ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเดือนดังกล่าวที่ทำการตรวจวัดได้นั้นมีค่าลดลงจากเดือนพฤษภาคม เดือนมิถุนายนของจังหวัดในภาคใต้อาจมีช่วงอากาศแล้งเกิดขึ้นเป็นครั้งคราว ดังนั้นความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าเพิ่มขึ้นบ้างอยู่ในเกณฑ์ 450-550 แสงเฉลี่ย/วัน/เดือน ค่าสูงสุดของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนมิถุนายนมีค่าสูงสุดเท่ากับ 592 แสงเฉลี่ย ที่สถานีตรวจในจังหวัดร้อยเอ็ด ในช่วงเดือนกันยายน เป็นช่วงที่มีฝนตกชุกมากที่สุด พบว่าค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตรวจวัดได้ ของทุกสถานีมีค่าต่ำ สถานีที่มีค่าสูงสุดทำการตรวจวัดได้มีค่าเท่ากับ 542 แสงเฉลี่ย ในจังหวัดสุรินทร์และสถานีอื่น ๆ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ 400-540 แสงเฉลี่ย/วัน/เดือน ในตอนปลายของฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ คือระหว่างเดือนกันยายนถึงตุลาคมในตอนบนของประเทศและระหว่างเดือนตุลาคมถึงธันวาคมในภาคใต้ของประเทศมักเกิดพายุไต้ฝุ่นหรือพายุโซนร้อน เคลื่อนที่ผ่านจากทะเลจีนใต้เข้ามาในประเทศไทย เฉลี่ยปีละ 3-4 ลูก ทำให้มีปริมาณฝนตกมากขึ้นในฤดูฝน มีพายุลมแรงซึ่งมีผลให้ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ที่วัดได้นั้นมีค่าลดลงด้วย

เดือนตุลาคม (แผนที่ที่ 11) ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีตรวจวัดต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ 400-550 แสงเฉลี่ย/วัน/เดือน ค่าสูงสุดของเดือนนี้อยู่ที่สถานีตรวจวัดในจังหวัดสกลนครมีค่าเท่ากับ 557 แสงเฉลี่ย พิจารณาค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์

ของทุกสถานแล้วพบว่าค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ยังไม่มากขึ้นจากเดือนที่แล้วมากเท่าใดนักเนื่องจากฤดูฝนยังไม่สิ้นสุด ทั้งที่อยู่ตอนปลายของฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้แล้วก็ตาม โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดในภาคใต้ในช่วงเดือนตุลาคมนี้ยังมีฝนตกเนื่องจากพายุคีเปรสชั่น หรือพายุโซนร้อนเคลื่อนที่ผ่านจากทะเลจีนใต้เข้ามาในประเทศไทยเป็นครั้งคราว ทำให้ฤดูฝนในภาคใต้อาจออกไปอีก มีผลให้ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าอยู่ในเกณฑ์ดังกล่าวแล้ว

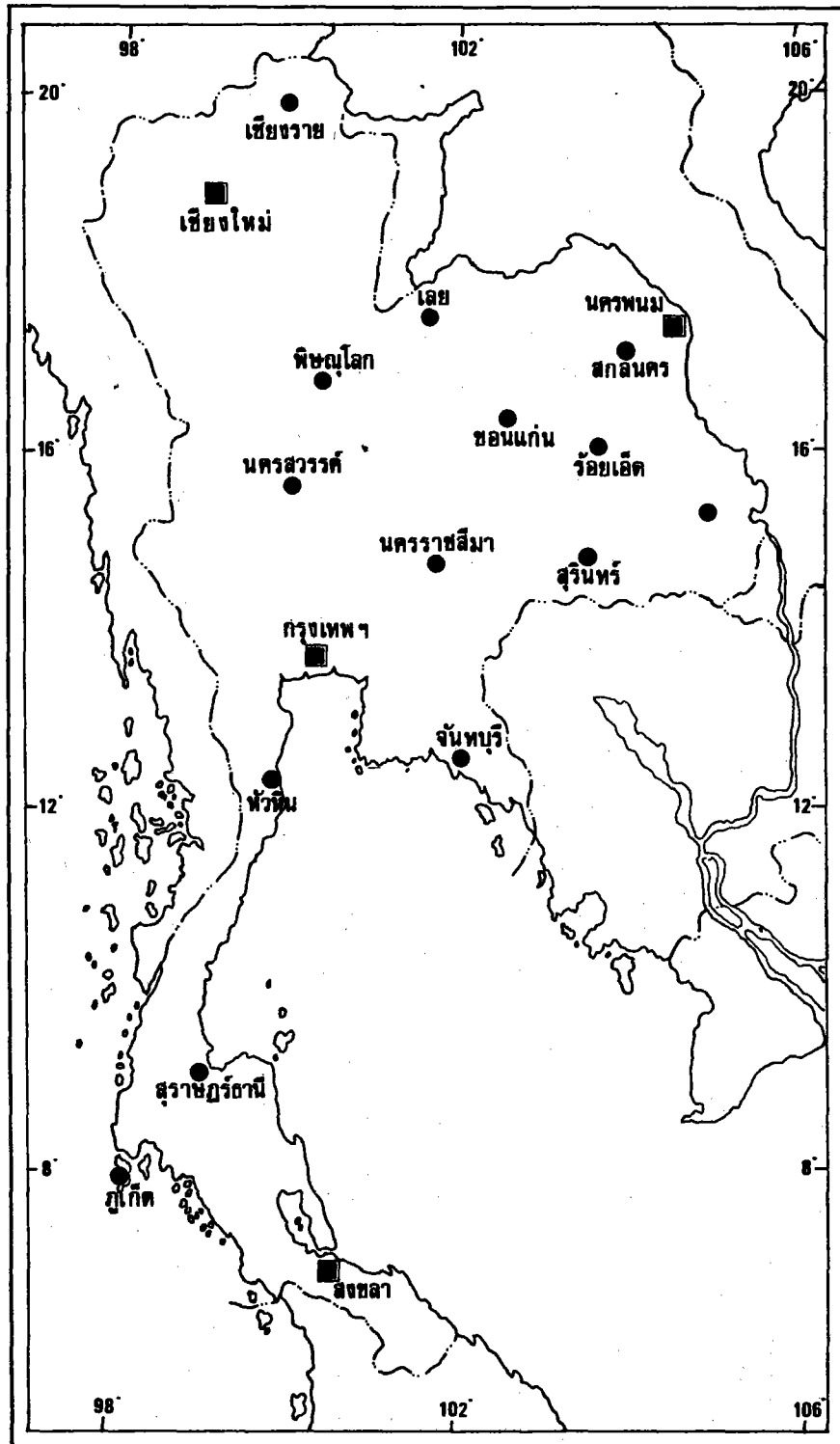
เดือนพฤศจิกายน ธันวาคม (แผนที่ที่ 12, 13) ทั้งแต่กลางเดือนพฤศจิกายน จนถึงเดือนมกราคม เป็นเวลาประมาณ 3 เดือน ในระยะนี้ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงโดยทั่วไปอากาศค่อนข้างหนาวเย็น โดยเฉพาะในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อุณหภูมิจะลดต่ำกว่าในภาคอื่น ๆ ส่วนในภาคใต้อุณหภูมิลดเพียงเล็กน้อย ไม่มีฝน ท้องฟ้าปราศจากเมฆ ยกเว้น ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของคาบสมุทร ตั้งแต่จังหวัดชุมพรไปที่ได้รับฝนบ้าง ลักษณะดังกล่าวมีผลให้ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ตรวจวัดได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นบ้างแต่ไม่มากนัก เนื่องจากเป็นช่วงที่ประเทศไทยได้รับแสงเฉียงจากดวงอาทิตย์ซึ่งตั้งฉากที่เส้นศูนย์สูตร ทำให้ค่าความเข้มของแสงอาทิตย์มีค่าไม่สูงอยู่ในเกณฑ์ 400-540 แสงเลย/วัน/เดือน มีค่าสูงสุดที่สถานีตรวจในจังหวัดสุรินทร์

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนต่าง ๆ ในประเทศไทย ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พบว่า ในเดือนมกราคม ค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าประมาณ 537 แสงเลย จังหวัดที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดขอนแก่นส่วนจังหวัดอื่น ๆ ที่มีค่าน้อยลงมากตามลำดับ ส่วนค่าต่ำสุดอยู่ในภาคเหนือเมื่อเริ่มเข้าสู่เดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม จนกระทั่งเมษายน ค่าเฉลี่ยความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าสูงขึ้นตามลำดับ ดังเช่น ในเดือนเมษายน พบว่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าเฉลี่ยสูงสุดถึง 653 แสงเลย ซึ่งเป็นช่วงฤดูร้อนและได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ในลักษณะลำแสงเกือบตั้งฉากและเมื่อเข้าสู่เดือนพฤษภาคม มิถุนายน ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะเริ่มลดลงต่ำกว่าในช่วงฤดูร้อน เพราะในช่วงนี้เป็นช่วงฤดูฝนในบางจังหวัดที่มีปริมาณฝนตกมากปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ก็จะลดน้อยลงด้วย ดังนั้น ในช่วงเดือนดังกล่าว

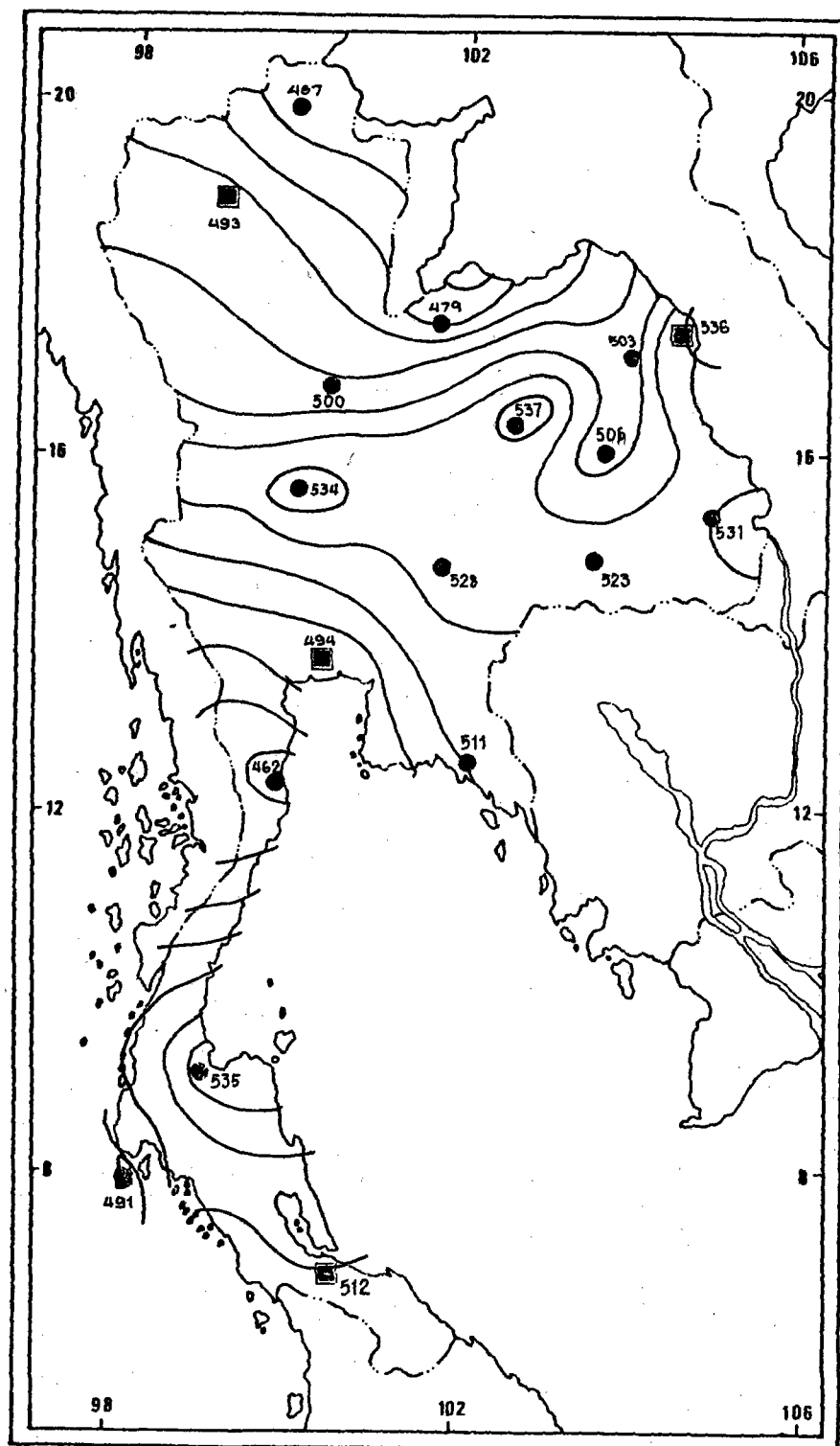
จะพบว่าเส้นแสงอาทิตย์เท่าจะมีมากเพราะค่าจะใกล้เคียงกันมากทั่วทุกภาคของประเทศไทย จนถึงปลายฤดูฝนและเริ่มต้นฤดูหนาวค่าเฉลี่ยของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีต่าง ๆ ในช่วงเดือนนี้จะมีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยอีกครั้ง เนื่องจากในช่วงฤดูหนาวของประเทศไทยท้องฟ้าจะโปร่งปราศจากเมฆ ถึงแม้ว่าปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ที่โลกของเราได้รับจะอยู่ในลักษณะแสงเฉียงก็ตามแต่ในบรรยากาศที่ปราศจากเมฆหมอกบดบังไว้ ทำให้แสงส่วนใหญ่มาถึงพื้นโลกได้เต็มที่ ดังนั้น ค่าเฉลี่ยที่คำนวณได้มีค่าสูงขึ้นเล็กน้อยจากช่วงฤดูฝน และลักษณะของเส้นแสงอาทิตย์เท่าในช่วงเดือนดังกล่าวจะแตกต่างกันไม่มากนัก ค่าสูงสุดประมาณ 535 แสง/ลบ. และค่าต่ำสุดประมาณ 400 แสง/ลบ.

พิกัดสถานีตรวจอากาศ

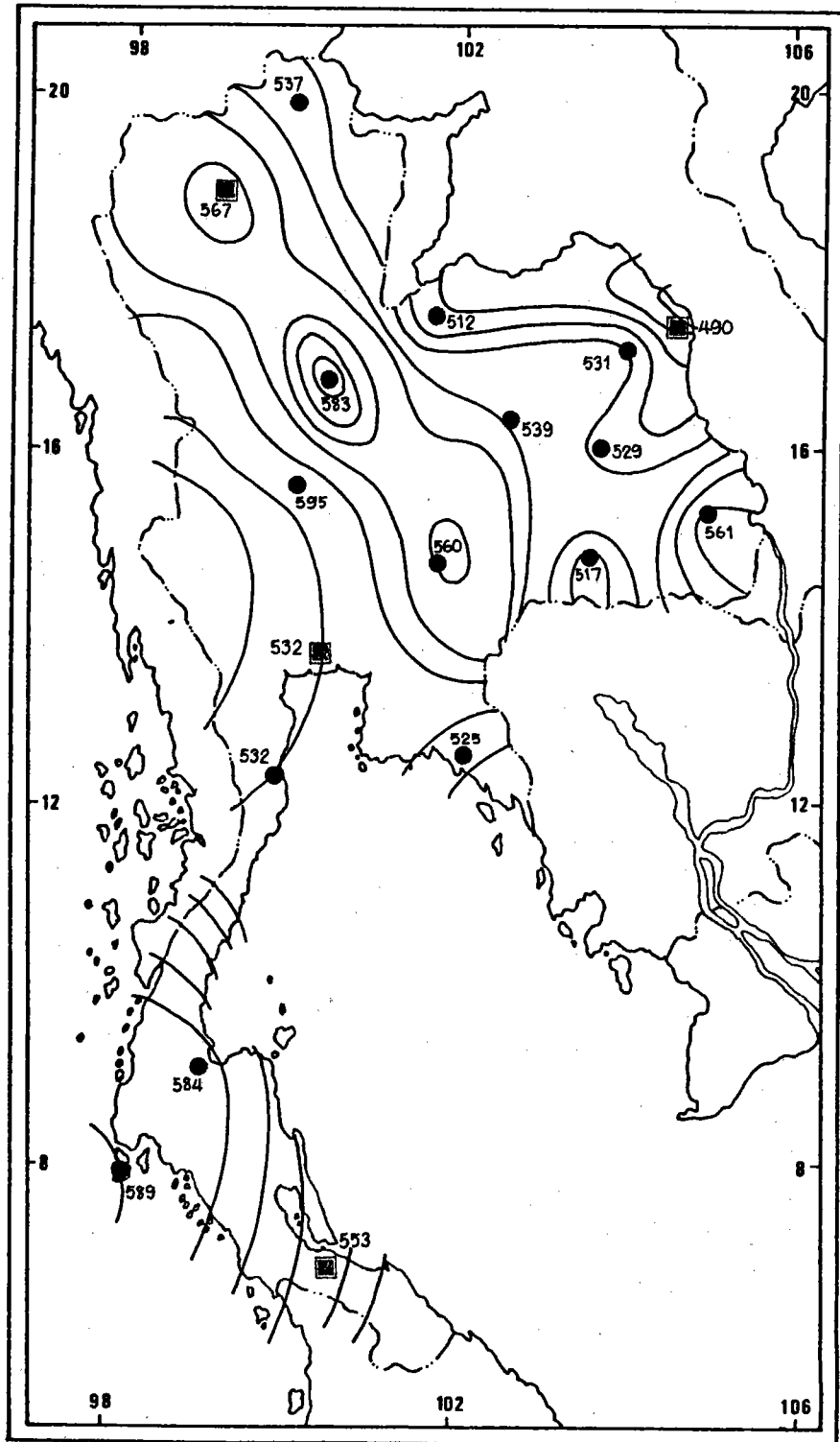
ลำดับที่	สถานี	ละติจูด	ลองจิจูด	ความสูงจากระดับน้ำทะเล(ม)
1	เชียงใหม่	19.53	99.50	394.28
2	เชียงใหม่	18.47	98.59	313.13
3	พิษณุโลก	16.49	100.16	44.11
4	เลย	17.27	101.44	258.75
5	นครพนม	17.25	104.47	140.00
6	สกลนคร	17.09	104.08	171.00
7	ขอนแก่น	16.26	102.50	164.63
8	ร้อยเอ็ด	16.03	103.41	140.00
9	อุบลราชธานี	15.15	104.52	123.00
10	นครราชสีมา	14.58	102.05	107.53
11	สุรินทร์	14.53	103.30	146.81
12	นครสวรรค์	15.48	100.10	34.00
13	กรุงเทพฯ	13.44	100.30	2.30
14	จันทบุรี	12.36	102.07	3.00
15	หัวหิน	12.36	99.57	5.00
16	สุราษฎร์ธานี	9.07	99.21	10.00
17	ภูเก็ต	7.54	98.24	1.83
18	สงขลา	7.12	100.36	4.00



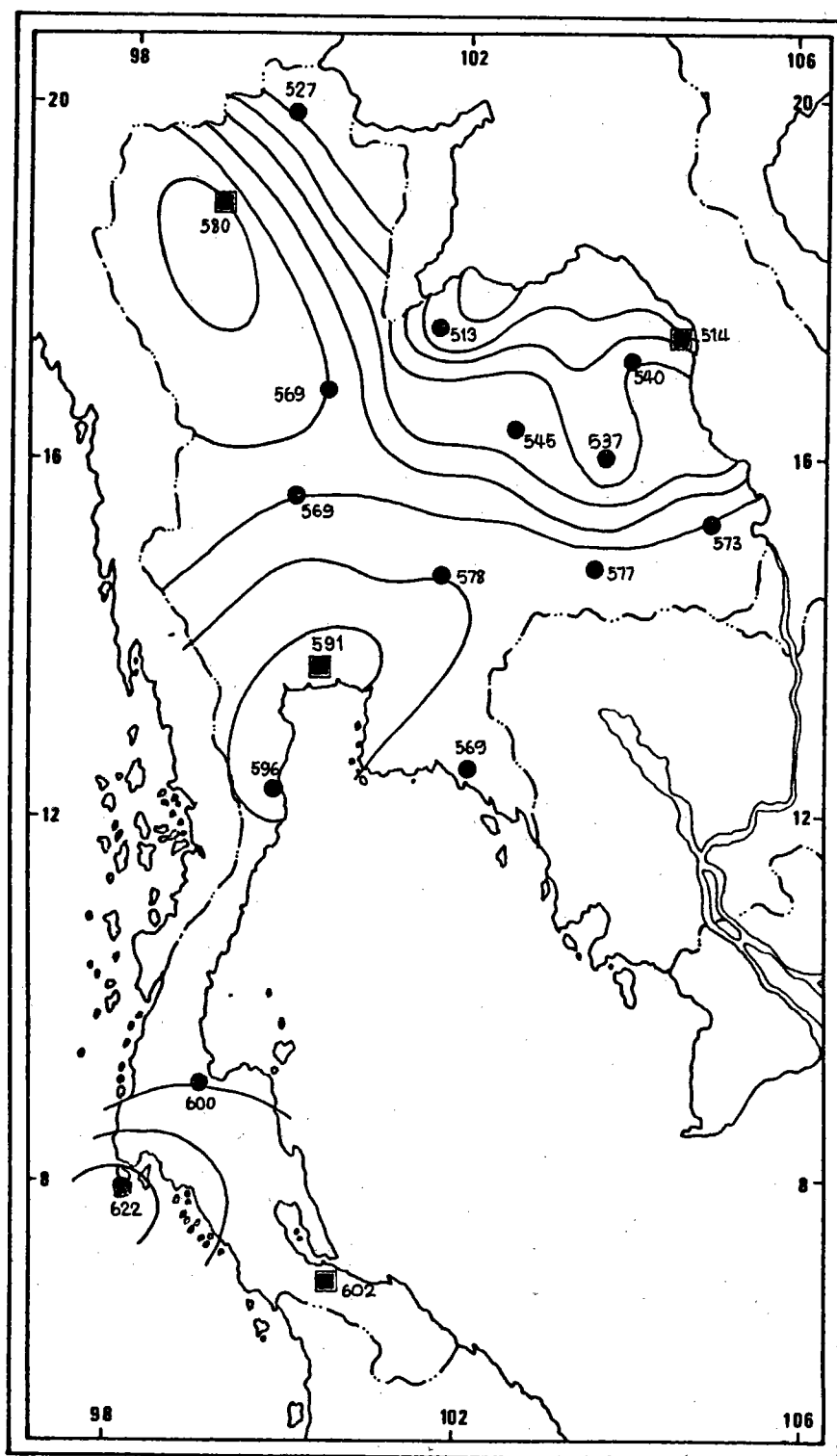
แผนที่ที่ 1 แสดงสถานีวัดพลังงานแสงอาทิตย์



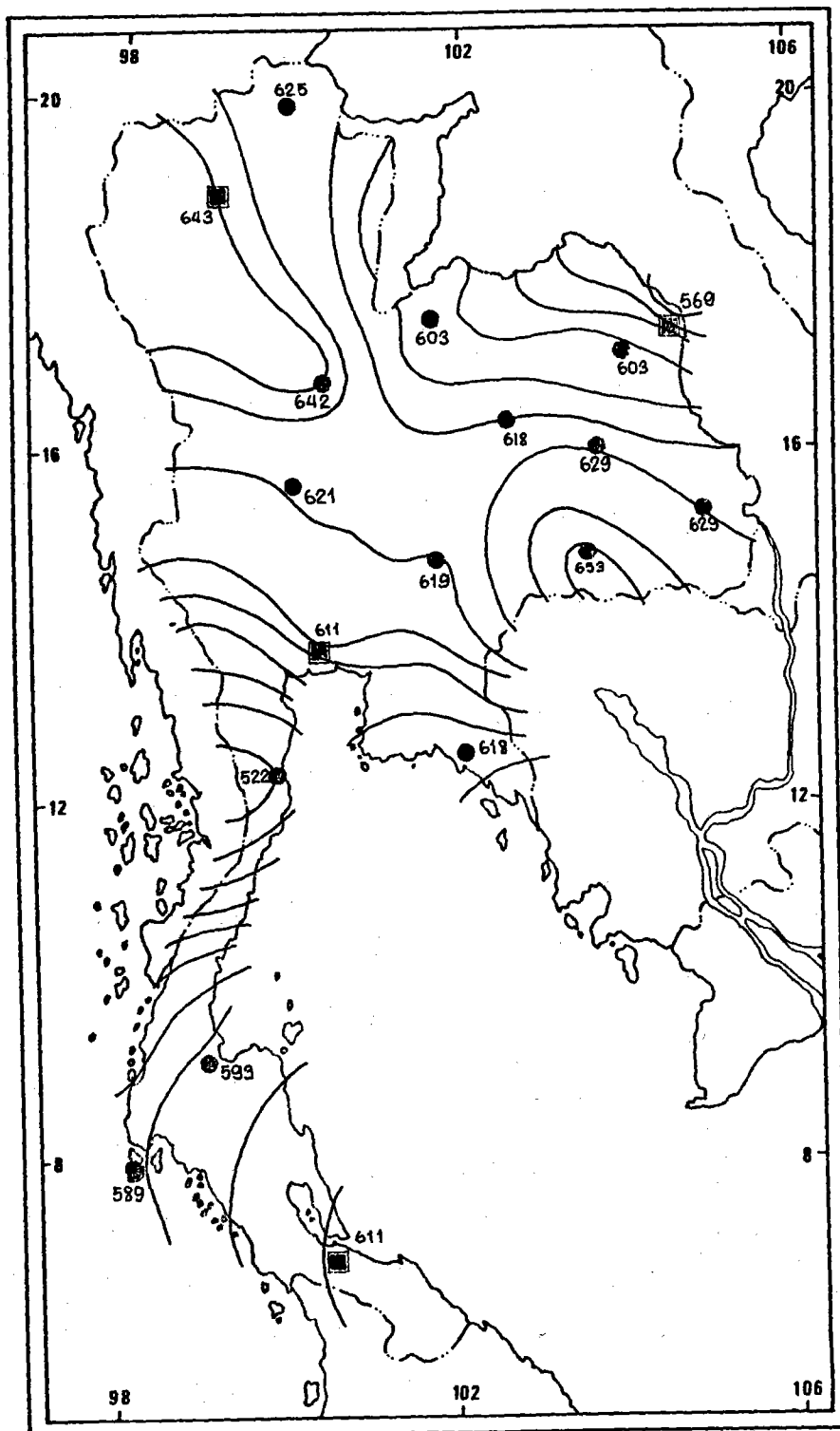
แผนที่ที่ 2 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนมกราคม



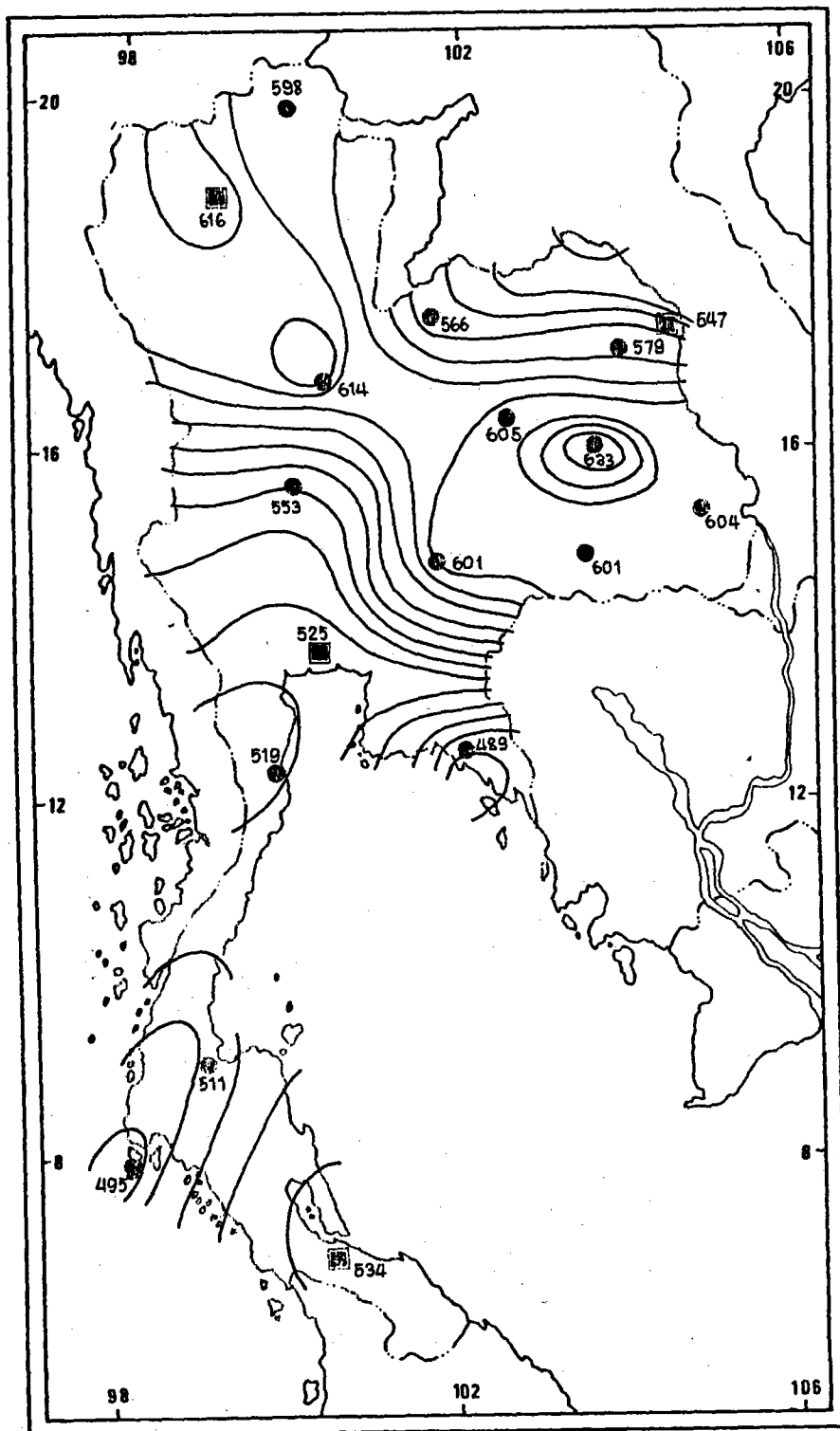
แผนที่ที่ 3 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนกุมภาพันธ์



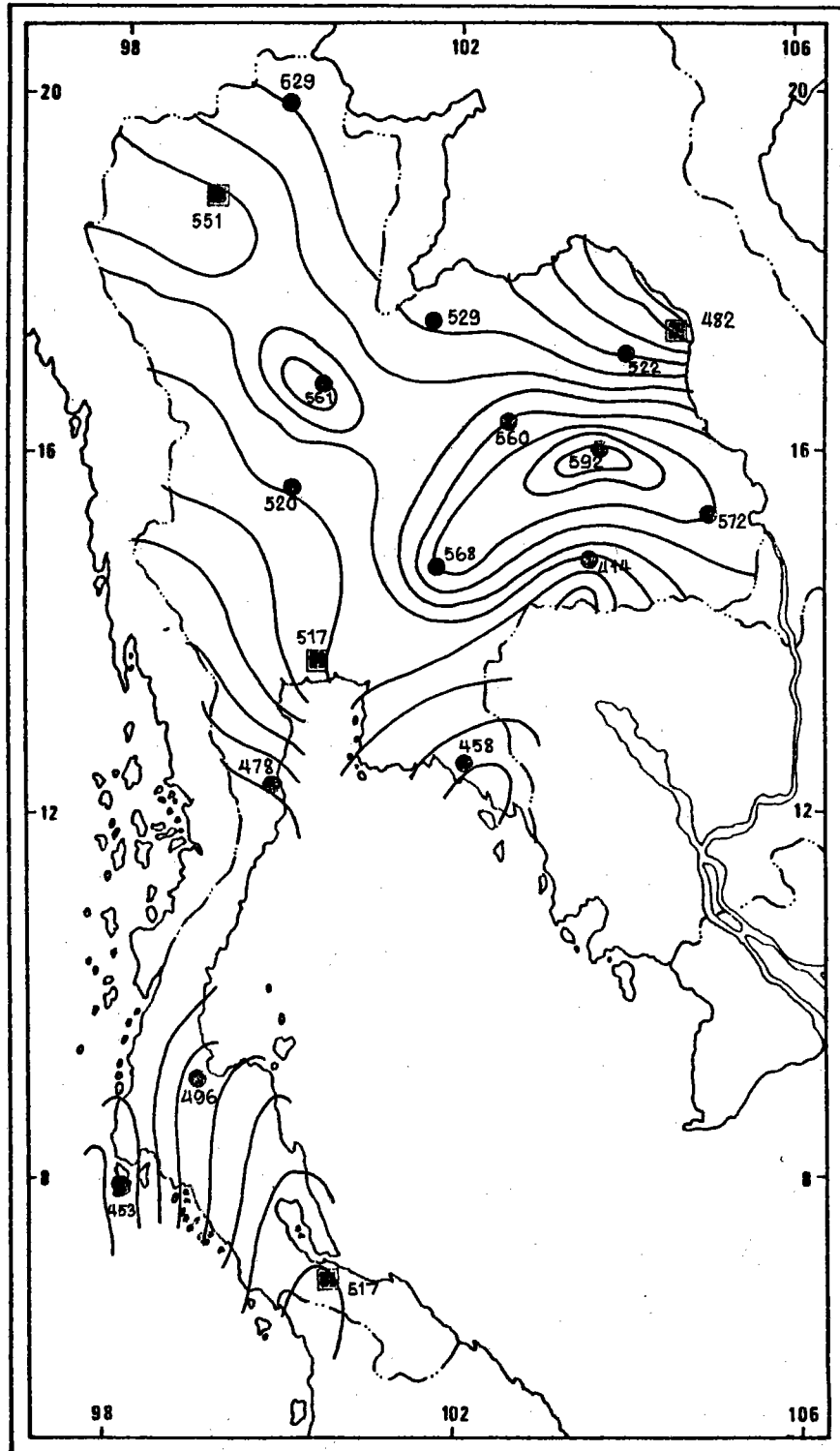
แผนที่ที่ 4 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนมีนาคม



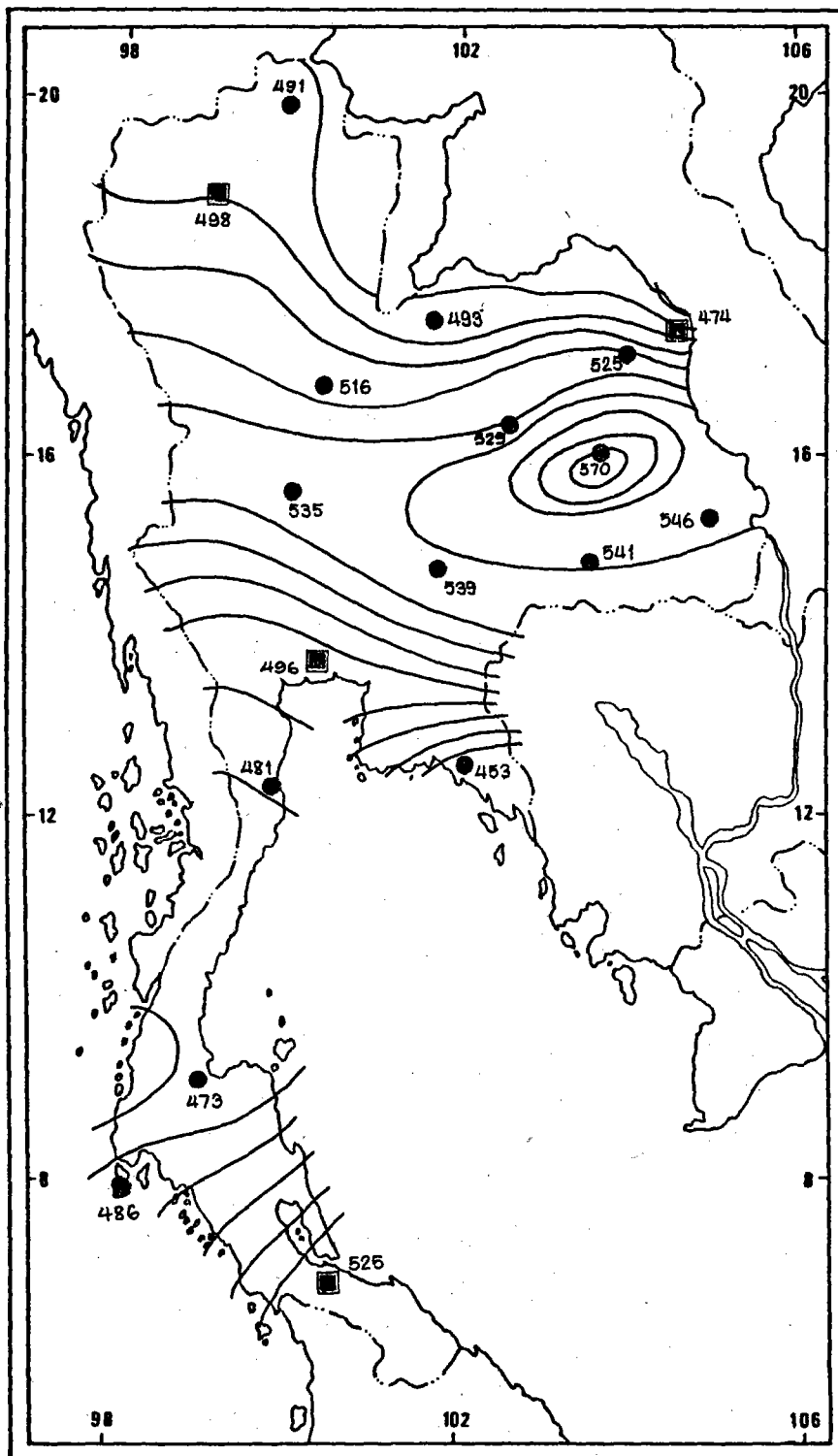
แผนที่ที่ 5 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนเมษายน



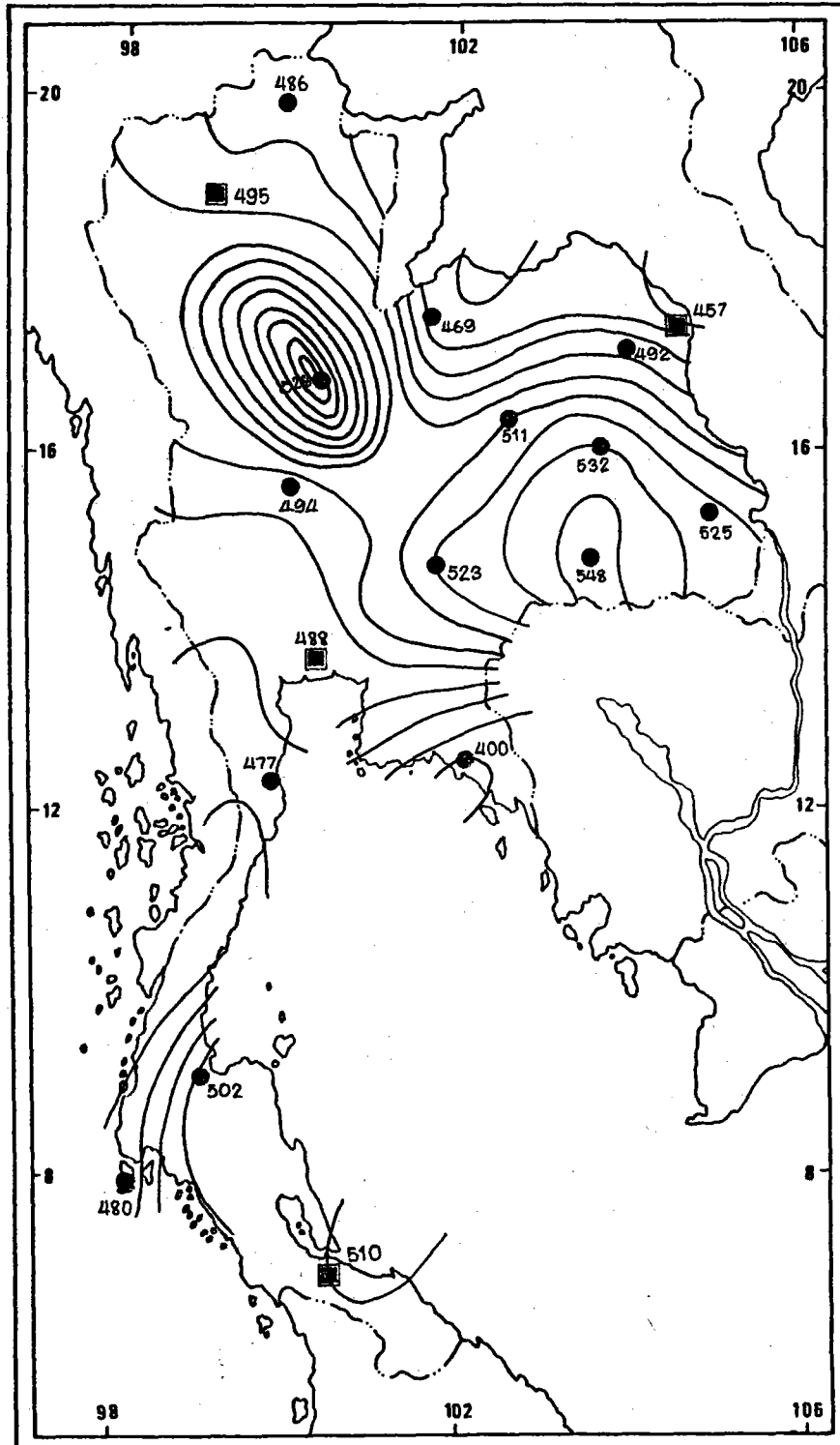
แผนที่ที่ 6 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนพฤษภาคม



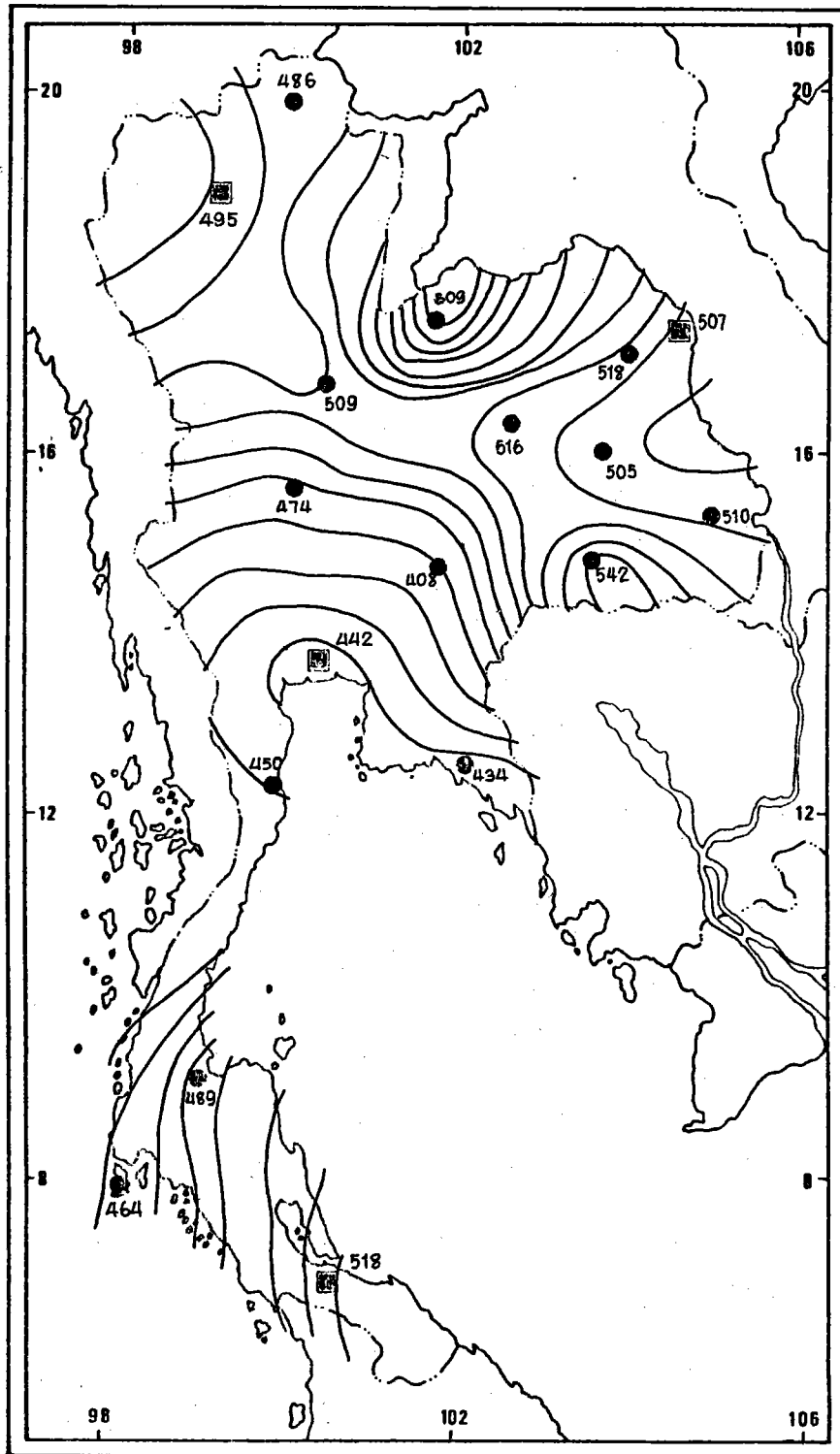
แผนที่ที่ 7 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนมิถุนายน



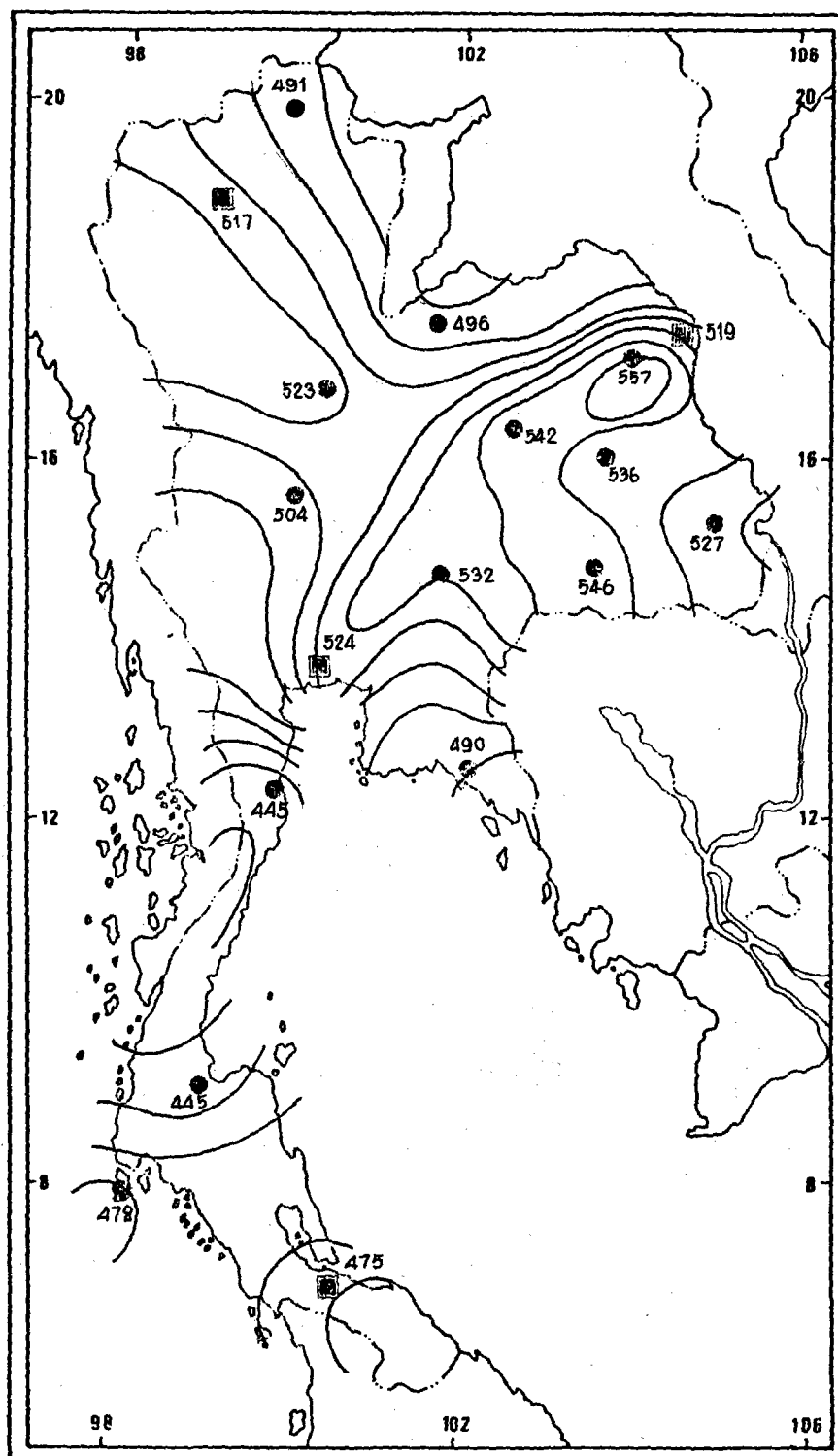
แผนที่ที่ 8 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนกรกฎาคม



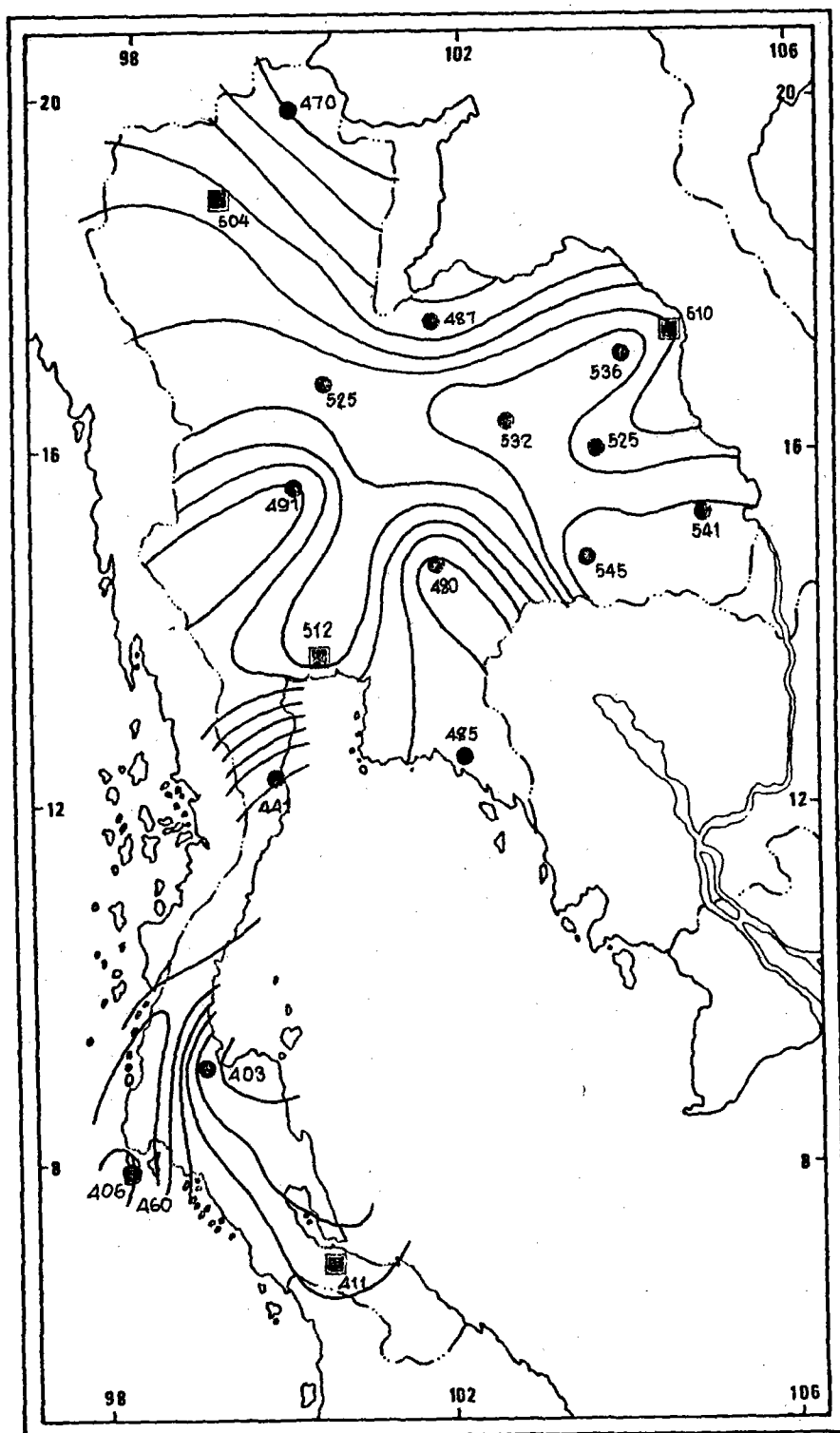
แผนที่ที่ 9 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนสิงหาคม



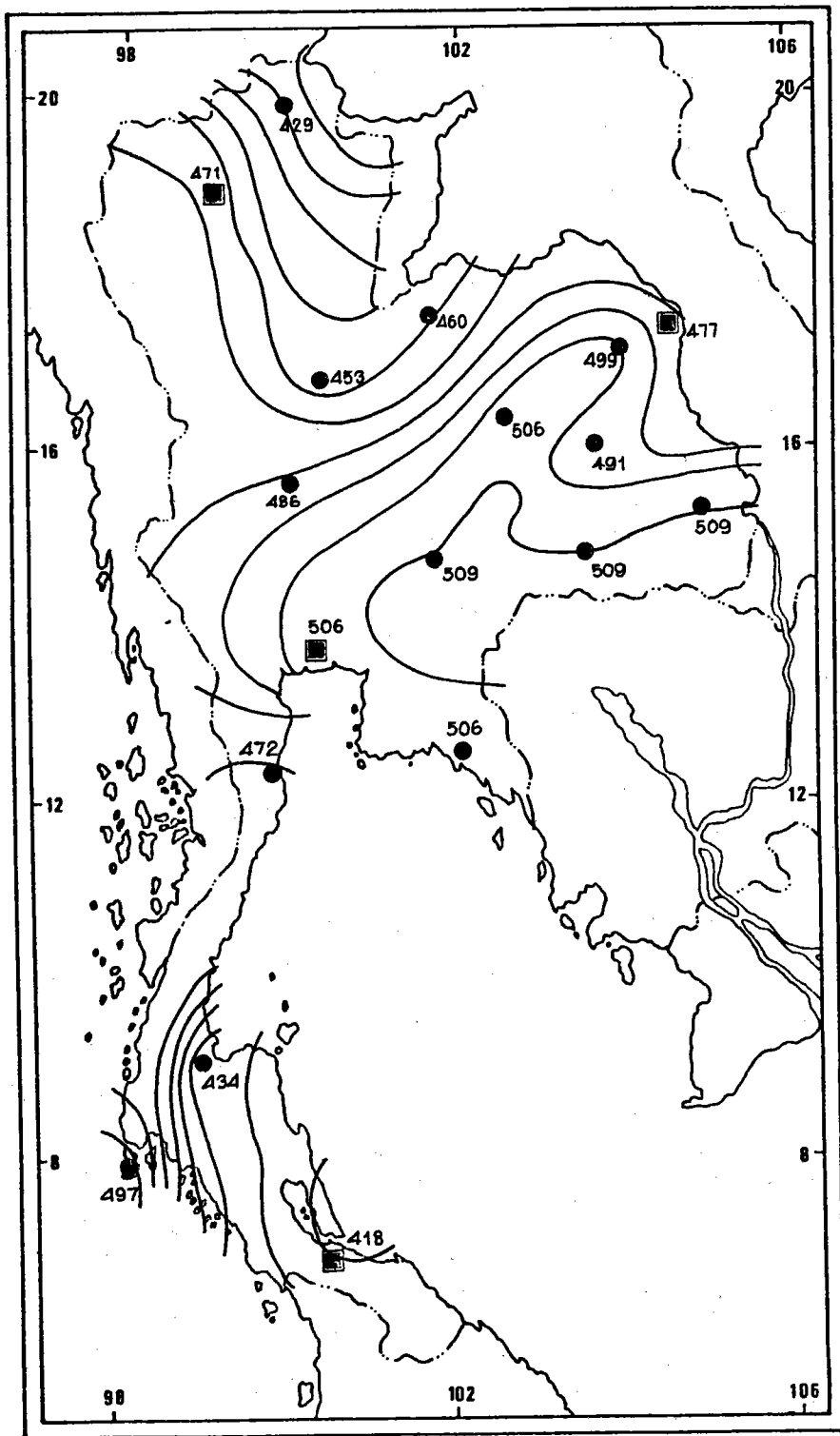
แผนที่ที่ 10 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเอียงกันยายน



แผนที่ที่ 11 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนตุลาคม



แผนที่ที่ 12 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนพฤศจิกายน



แผนที่ที่ 13 แสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเดือนธันวาคม

อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า สรุป และข้อเสนอแนะ

การอภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า จะอภิปรายในหัวข้อต่อไปนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับความยาวนานของแสงอาทิตย์
2. การกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมง
3. สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์
4. ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเดือนที่รับแสงทั้งจากกับช่วงที่ได้รับ

แสงเฉียง

5. ค่าเฉลี่ยของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในรอบปี

1. ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับความยาวนานของแสงอาทิตย์

ค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประเทศไทยได้รับในแต่ละสถานะนั้นจะมีค่าสัมพันธ์กับค่าความยาวนานของแสงอาทิตย์ซึ่งค่าความยาวนานของแสงอาทิตย์นี้จะมีค่ามากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับละติจูดที่ตั้งของสถานีวิจัยต่าง ๆ จากการวิเคราะห์แล้วพบว่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์สูงสุดอยู่ในเดือนเมษายนซึ่งได้รับแสงเกือบทั้งจาก และมีค่าความยาวนานของแสงสูงด้วยเช่นกัน สำหรับสถานีใดที่ไม่สามารถวัดค่าความเข้มของพลังงานดวงอาทิตย์ได้ที่สามารถคำนวณหาค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ ได้จากค่าความยาวนานของแสงอาทิตย์ที่สถานีตรวจอากาศในประเทศไทยสามารถเก็บข้อมูลได้ พบว่าค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์มีความสัมพันธ์กับค่าความยาวนานของแสงอาทิตย์ในแต่ละเดือนคือเดือนใดที่มีค่าความยาวนานของแสงอาทิตย์มีมาก ก็จะมีค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์สูงด้วย

2. การกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมง

พลังงานแสงอาทิตย์ที่ผิวโลกได้รับในช่วงเวลาต่าง ๆ จะผันแปร เป็นปฏิกาดผกผันกับละติจูดและแปรผันตามกับช่วงเวลาผิวโลกได้รับแสงอาทิตย์ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ควบคุมเวลา

ที่ผิวโลกจะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ได้แก่ ละติจูดของพื้นที่และปริมาณเมฆในท้องฟ้า ซึ่งมีผลทำให้การกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอไม่แตกต่างกันมากนัก ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาและตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ซึ่งค่าความเข้มสูงสุดในแต่ละวันจะอยู่ในช่วงเช้าตั้งแต่ 10 นาฬิกา จนถึง 14 นาฬิกา และค่าความเข้มจะค่อย ๆ ลดลงตามเวลาและตำแหน่งการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ในท้องฟ้า

3. สัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์

จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละเดือนในรอบปี ปรากฏว่า ความแปรปรวนของปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ของแต่ละสถานีตรวจวัดได้และคิดเป็นค่าเฉลี่ยรายเดือนจะมีความแปรปรวนแตกต่างกันคือ สถานีตรวจวัดเชียงใหม่ มีค่าความแปรปรวนมากที่สุดในเดือนตุลาคมและมีค่าความแปรปรวนต่ำสุดอยู่ในเดือนเมษายน สถานีจังหวัดนครพนม มีค่าความแปรปรวนมากที่สุดในเดือนกรกฎาคม และต่ำสุดอยู่ในเดือนธันวาคม สถานีสงขลามีค่าความแปรปรวนมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน และค่าต่ำสุดอยู่ในเดือนมีนาคม ดังนั้นจะเห็นว่าค่าความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์ของทั้ง 4 สถานี พิจารณาแล้วจะอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงพฤศจิกายน ค่าความแปรปรวนจะไม่มากนัก ในการพิจารณาค่าความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์จำเป็นต้องหาองค์ประกอบอื่น ๆ มาประกอบด้วย ได้แก่ ปริมาณเมฆ ซึ่งเป็นตัวแปรไม่คงที่ ในเดือนที่อยู่ในช่วงฤดูฝนค่าความแปรปรวนจะมีความแตกต่างมากกว่าในช่วงฤดูหนาว ที่ตั้งของสถานีวัดก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ค่าความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์แตกต่างกันด้วย จะแยกอภิปรายเป็นข้อ ๆ ใ้ดังนี้

1. ค่าความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยรายเดือนจะมีค่าต่างกันเพราะในเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นเดือนเริ่มต้นฤดูฝน จนถึงเดือนพฤศจิกายน ท้องฟ้าจะเริ่มมีเมฆปกคลุม ดังนั้นในช่วงระยะเวลาดังกล่าวจึงมีปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์ไม่สม่ำเสมอ ค่าความแปรปรวนจึงมีค่ามาก

2. ในช่วงกลางเดือนพฤศจิกายนจนถึงต้นเดือนมีนาคม ประเทศไทยอยู่ในอิทธิพล

ของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดจากบริเวณความกดอากาศสูงในประเทศจีนเป็นลมหนาวและแห้งพัดเข้าปกคลุมบริเวณประเทศไทยทำให้ลมฟ้าอากาศของประเทศไทยส่วนใหญ่ในช่วงนี้มีฝนตกน้อย ท้องฟ้าโปร่งอุณหภูมิลดต่ำ ลักษณะดังกล่าวจึงมีผลต่อค่าปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอ ทำให้มีค่าความแปรปรวนน้อย สำหรับสถานีตรวจวัดที่ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่งตะวันออกของภาคใต้ ในช่วงดังกล่าวท้องฟ้าจะมีเมฆมาก และอาจมีฝนตกเนื่องจากอิทธิพลของดีเปรสชัน ทำให้ค่าความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์มีมากที่สุดในเดือนพฤศจิกายน

3. ความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์เฉลี่ยตลอดปีของทั้ง 4 สถานี จะมีค่าต่างกันไม่มาก ทั้ง ๆ ที่ลักษณะภูมิประเทศของทั้ง 4 สถานีนั้นแตกต่างกัน แต่เนื่องจากตั้งอยู่ในแนวละติจูดที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นค่าเฉลี่ยของค่าความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์จึงมีค่าแตกต่างกันไม่มาก

4. ความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเดือนที่รับแสงตั้งฉากกับช่วงที่ไ้รับแสงเฉียง

ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์คือ ค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ที่สามารถวัดค่าได้ที่ผิวโลก โดยใช้นิยาม 1 ใกล้เคียงหรือต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที จากการวิเคราะห์ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละเดือนในช่วงเดือนที่ไ้รับแสงตั้งฉากกับเดือนที่ไ้รับแสงเฉียง ปรากฏว่า ค่าของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าแตกต่างกันคือค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะอยู่ในช่วงเดือนธันวาคมและมกราคม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าของมุมที่รับแสงจากดวงอาทิตย์ ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่ามากที่สุดเมื่อดวงอาทิตย์ส่องแสงตั้งฉาก ณ พื้นที่นั้น และพลังงานจะลดลงเป็นปฏิกิริยาตรงกับค่าของมุมแสงอาทิตย์คือ มุมยิ่งน้อยลงพลังงานที่ไ้รับก็น้อยตามไปด้วย วันที่แสงอาทิตย์ส่องแสงตั้งฉากในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย ในรอบหนึ่งปี ท่าบดต่าง ๆ ในประเทศไทยจะมีโอกาสที่ดวงอาทิตย์ส่องแสงตั้งฉาก 2 ครั้ง โดยที่แสงอาทิตย์เริ่มส่องแสงตั้งฉากจากใต้สุดของประเทศไทย เลื่อนขึ้นไปทางเหนือเรื่อย ๆ จากนั้นแสงอาทิตย์ตั้งฉากเลยภาคเหนือของประเทศไทยขึ้นไปและกลับมาตั้งฉากที่ละติจูด 21 องศาเหนือ เหนือสุดของภาคเหนือที่

อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงรายอีกครั้ง แล้วแนวแสงทั้งฉากจะค่อย ๆ เลื่อนลงสู่ภาคใต้ของไทยอีกครั้ง จากนั้นแสงอาทิตย์จะเลื่อนแนวทั้งฉากต่อไปยังเส้นศูนย์สูตรลงสู่ซีกโลกใต้ ซึ่งเป็นช่วงที่ประเทศไทยได้รับแสงอาทิตย์เฉียงมากขึ้น ในช่วงฤดูหนาวประมาณ เดือนธันวาคมและมกราคม

5. ค่าเฉลี่ยของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนต่าง ๆ ในประเทศไทยจะมีค่าแตกต่างกันมาก

จากผลการวิเคราะห์หาค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของแต่ละสถานี พบว่าค่าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประเทศไทยได้รับจะลดลงตามค่าละติจูดที่เพิ่มขึ้นไปทางเหนือของประเทศ ซึ่งมีผลถึงความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ตกมายังตำแหน่งที่ทำการตรวจวัดและยังขึ้นอยู่กับปริมาณเมฆ ลักษณะอากาศรวมทั้งลักษณะตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดอีกด้วย สำหรับสถานีตรวจวัดพลังงานแสงอาทิตย์บริเวณจังหวัดในภาคใต้ในช่วงเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม และมกราคม จะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 400-500 แสง/วัน/เดือน เมื่อเข้าสู่เดือนมีนาคม และเดือนเมษายน จะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์เพิ่มมากขึ้น คือจะได้รับพลังงานในระดับ 500-600 แสง/วัน/เดือน จากนั้นปริมาณการได้รับพลังงานแสงอาทิตย์น้อยลงและน้อยที่สุดในเดือนมิถุนายน เนื่องจากตำแหน่งการส่องแสงของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนมิถุนายนซึ่งดวงอาทิตย์ส่องแสงทั้งฉากบริเวณละติจูด $23\frac{1}{2}^{\circ}$ องศาเหนือ ทำให้ได้รับแสงเฉียงมากที่สุด ประกอบกับมีเมฆในท้องฟ้าปกคลุมมากจึงทำให้พลังงานแสงอาทิตย์ส่องถึงพื้นโลกได้น้อย สำหรับสถานีตรวจวัดในภาคเหนือ รูปแบบการได้รับพลังงานแสงอาทิตย์จะแตกต่างจากภาคใต้ ทั้งรูปแบบและปริมาณที่ได้รับ เช่น บริเวณสถานีตรวจวัดที่เชียงรายในช่วงเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม มกราคม และกุมภาพันธ์ เป็นช่วงที่ภาคเหนือได้รับแสงอาทิตย์เฉียงมาก ในขณะที่ดวงอาทิตย์ส่องแสงทั้งฉากทางซีกโลกใต้ พลังงานแสงอาทิตย์บริเวณภาคเหนือมีค่าประมาณ 450-500 แสง/วัน/เดือน ในบางเดือนจะได้รับเพิ่มขึ้นและมากที่สุดในเดือนเมษายนถึง 625 แสง/วัน/เดือน ซึ่งเป็นช่วงที่ดวงอาทิตย์ทั้งฉากในภาคเหนือ และเนื่องจากปริมาณเมฆในท้องฟ้าในช่วงเดือนดังกล่าวมีปริมาณน้อย ส่วนภาคอื่น ๆ พบว่า ปริมาณพลังงานแสงอาทิตย์จะมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่างละติจูด

ที่ 5 องศาถึง 21 องศาเหนือ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัด และภูมิอากาศใกล้เคียงและคล้ายคลึงกันมีผลให้ค่าความแตกต่างของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนต่าง ๆ มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

ผลการวิเคราะห์การกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย สรุปผลได้ดังนี้

1. จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานแสงอาทิตย์กับระยะยาวนานของแสงอาทิตย์ ผลปรากฏว่า ในกรณีที่มีข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์มีไม่เพียงพอสามารถประเมินค่าได้จากระยะยาวนานของแสงอาทิตย์โดยใช้สูตรของเอ็กเซล และพบว่าค่าพลังงานแสงอาทิตย์จะมีความผันแปรโดยตรงกับระยะความยาวนานของแสงอาทิตย์และแปรผกผันกับปริมาณเมฆในท้องฟ้า
2. จากการวิเคราะห์การกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์เป็นรายชั่วโมง ผลปรากฏว่า ค่าของพลังงานแสงอาทิตย์จะมีลักษณะการกระจายโดยเริ่มตั้งแต่ 05.00 นาฬิกา ความเข้มจะเริ่มสูงขึ้น ๆ จนกระทั่งมีค่าสูงสุดในช่วงเวลา 10.00-14.00 นาฬิกา หลังจากนั้นจะค่อยลดลงจนถึง 18.00 นาฬิกา ของแต่ละวัน
3. จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในเดือนที่ได้รับแสงทั้งนากับเดือนที่ได้รับแสงเฉียง
 ผลปรากฏว่า ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงเดือนเมษายนและเดือนสิงหาคมซึ่งเป็นช่วงที่ได้รับแสงอาทิตย์ทั้งนาก จะมีค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์แตกต่างกับในช่วงเดือนธันวาคม และเดือนมกราคม โดยใช้ F-test วิเคราะห์ค่าความแตกต่าง ผลปรากฏว่า ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ของทั้ง 2 ช่วงมีความแตกต่างกันจริง แต่ค่าความแตกต่างกันไม่มากนัก
4. จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์เป็นรายเดือน ผลปรากฏว่า เดือนที่มีค่าความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์มากจะอยู่ในช่วงเดือน

ผลปรากฏว่า เดือนที่มีค่าความแปรปรวนของพลังงานแสงอาทิตย์มากจะอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม ยกเว้นสถานีสงขลา ซึ่งอยู่ในเดือนพฤศจิกายน บริเวณนี้อยู่ในอิทธิพลของลักษณะอากาศแบบชายฝั่งทะเลและลมมรสุม ผลปรากฏว่า ค่าเฉลี่ยของพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทยเป็นรายเดือนจะมีค่าไม่ต่างกันมากนัก ซึ่งแสดงเส้นแสงอาทิตย์เท่าเป็นรายเดือนของ 18 สถานี

ขอบกพร่องในการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ขอบกพร่องดังนี้คือ

1. เนื่องจากข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ที่กรมอุตุนิยมนิยาม รวบรวมไว้นั้นมีเพียง 5 ปี ของ 4 สถานีเท่านั้น ถึงแม้ว่าจะสามารถประเมินค่าได้จากข้อมูลระยะยาวนานของแสงอาทิตย์ ได้ก็ตาม แต่ยังขาดรายละเอียดความเข้มรายชั่วโมง ซึ่งต้องใช้วิธีการยุ่งยากและค่าที่ได้เป็น ค่าโดยประมาณ ซึ่งในการวิเคราะห์ในบางหัวข้อจำเป็นต้องใช้รายละเอียดของข้อมูลมากขึ้น ผลที่ได้จึงมีขอบกพร่อง
2. ข้อมูลระยะยาวนานของแสงอาทิตย์มีเพียง 18 สถานี ในการสร้างแผนที่แสดง เส้นเท่าของแสงอาทิตย์จึงมีช่วงห่างของข้อมูลมาก
3. ในการศึกษาโดยใช้ค่าระยะความยาวนานของแสงซึ่งวัดได้จากเครื่องคอมเบลสโตก โดยอ่านค่าจากรอยไหมบนกระดาษเวลาใดมีแสงน้อยก็ไม่สามารถอ่านค่าได้ ทั้งที่ในช่วงนั้นก็มี แสงอาทิตย์ทำให้ในการคำนวณค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้สูตรของ เอ็กเชล นั้น ไม่สามารถครอบคลุม ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมดได้จึงทำให้ค่าที่คำนวณได้นั้น ไม่สมบูรณ์นัก

ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป

1. ควรจะได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ของพลังงานแสงอาทิตย์กับอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน
2. ควรจะได้มีการศึกษาถึงความแปรปรวนของผลผลิตทางการเกษตร กับพลังงานแสงอาทิตย์
3. ควรจะมีการศึกษาเพื่องานด้านอื่น ๆ นำเอาพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้ประโยชน์ต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- ณรงค์ ปิยะพันธุ์ "รังสีจากดวงอาทิตย์" วารสารอากาศวิทยา 3:7-20 กรกฎาคม
กันยายน 2516.
- คุณพล พิศลบุตร "การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย" วารสารอากาศวิทยา
2:40-41 พฤษภาคม-สิงหาคม 2524
- ทวีสิทธิ์ คำรักษ์ "ความรู้เกี่ยวกับพลังงานแสงอาทิตย์" วารสารอากาศวิทยา 2:1-8
เมษายน-มิถุนายน
- บุญ วิษะรังสรรค์ "การใช้ประโยชน์ของแสงอาทิตย์เพื่อการพัฒนา" วิศวกรรมสาร
12:89-93 ตุลาคม 2525
- ประเสริฐ วิทยาวัตร "ลักษณะการกระจายของพลังงานดวงอาทิตย์ที่สถานีกรุงเทพฯ"
เอกสารประกอบคำบรรยายภาคทางวิชาการ สมาคมภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทยประจำปี
2525
- ปานทิพย์ อ้วนวานิช ภูมิศาสตร์กายภาพ มหาวิทยาลัยรามคำแหง 2520, 508 หน้า
- "ภาวะน้ำมัน" วารสารธนาคารกรุงเทพ มิถุนายน 2516 หน้า 40
- ศิริจันทร์ และมานิต ทองประเสริฐ พลังงานแสงอาทิตย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2523, 612 หน้า
- สวาท เสนาณรงค์ ภูมิศาสตร์ประเทศไทย พิมพ์ครั้งที่ 2 ไทยวัฒนาพานิช 2516,
- ไสว สุวรรณพงศ์ คู่มือตรวจอากาศตรวจอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพฯ 2509,

- A.A.Flocas, Estimation and prediction of global solar radiation over Greece. Solar Energy 24:63-70(1980)
- A. Mani and O. Chacke, Solar Radiation Climate of India Solar Energy 14, 139-156 (1970)
- A.K. Angstrom, Solar and terrestrial radiation Q.J.R. Meteor. Soc. 50. 121, (1924)
- Arthur N. Strahter Physical Geography 3rd, John Wiley and Son, Inc.London. 70 p.
- Blair, Weather Element Prentice-Hall, Inc, Englewood Cleff, New jersey, 1956, 70 p.
- B.Y.H. Luiland Jordan, The interlationship and characteristic distribution of direct, diffuse and total solar radiation. Solar Energy 4(2), 1-((1960)
- C.E.P. Brooks and N. Carruthers, Handbook of Statistical Methods in Meteorology, Cht. 16, Her Majesty's Stationery Office, London (1953)
- Cort J. Willmotl and Mark T. Vernon, Solar Climates of the Conterminous United States:A Preliminary investigation Solar Energy 24:295-303, 1980
- Daniel, D. Huraey, Ir. Earth Water Wind and Sun our energy Alternatives 1964. 165-167 p.
- Exell, Daniel L. The Atmospheric Radiation of Thailand Solar Energy 21(3):73-79 1978
- Franklyn Cole, Introdudion to Meteorology, 2 nd edition, John Wiley and Sons, New York, 1975, 175 p.
- G.O.G. Lof et al., World Distribution of Solar Radialion report No.21, Engineering Experimental Station, University of Wiscousin (1966)
- I. Bennett, Frequency of Daily Isolation in Anglo Noth America during June and December. Solar Energy 11 41-55 (1967)

Munu, R.E. (1966), Edscriptive Micrometeorology, Academic Press, New York and London.

N. Robinson (Ed.), Solar Radiation 279-281, Elsevier, Amsterdam, London N.Y. (1966)

Sellers, J. The distribution of Solar Radiation over the earth's surface Solar Energy 22, 105-111 (1979)

ภาคผนวก

ตาราง 9 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีเขียงราย

เดือน	H_o	a	b	n	N	n/N	H_{aV}	แสงโดย
ม.ค.	27	.308	.554	8.3	11.0	.754	19.6	467
ก.พ.	31	.272	.575	9.1	11.5	.791	22.5	537
มี.ค.	34.9	.271	.560	7.8	12.0	.650	22.1	527
เม.ย.	37.9	.340	.508	8.3	12.0	.691	26.2	625
พ.ค.	38	.345	.522	7.4	13.1	.564	25.0	596
มิ.ย.	39	.551	.536	5.4	13.3	.406	22.2	529
ก.ค.	38.9	.337	.528	4.5	13.2	.363	20.6	491
ส.ค.	38	.346	.533	4.6	12.8	.359	20.4	486
ก.ย.	36	.319	.605	5.7	12.3	.463	21.6	515
ต.ค.	31.8	.307	.578	6.9	11.7	.589	20.6	491
พ.ย.	27.9	.322	.581	2.3	11.2	.651	19.73	470
ธ.ค.	26	.325	.559	7.2	10.3	.660	18.0	429

ตาราง 10 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีเชียงใหม่

เดือน	H_0	a	b	n	N	n/N	H_aV	แสงโดย
ม.ค.	27.3	.308	.554	9.0	11.1	.810	20.659	493
ก.พ.	31.0	.272	.575	9.9	11.5	.860	23.761	567
มี.ค.	35.0	.271	.560	9.1	12.0	.758	24.341	580
เม.ย.	37.9	.340	.508	9.2	12.6	.730	26.940	642
พ.ค.	39.0	.345	.522	7.9	13.0	.607	25.812	616
มิ.ย.	38.9	.351	.536	6.0	13.2	.454	23.119	551
ก.ค.	38.9	.337	.528	4.9	13.1	.374	20.790	498
ส.ค.	38.0	.346	.533	4.8	12.8	.375	20.743	495
ก.ย.	35.9	.319	.605	6.1	12.3	.495	22.703	529
ต.ค.	32.0	.307	.578	7.5	11.7	.641	21.677	517
พ.ย.	28.0	.329	.581	8.2	11.2	.732	21.120	504
ธ.ค.	26.0	.323	.559	8.6	11.0	.781	19.749	471

ตาราง 11 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีวิทยุโลก

เดือน	H_0	a	b	n	N	n/N	H_{av}	แสงเฉลี่ย
ม.ค.	28.5	.308	.554	8.6	11.1	.774	20.998	500
ก.พ.	34.5	.272	.575	8.9	11.5	.773	24.718	589
มี.ค.	35.5	.271	.560	8.6	12.0	.716	23.854	569.2
เม.ย.	37.9	.340	.508	9.3	12.6	.730	26.940	642
พ.ค.	38.2	.345	.522	8.2	13.0	.630	25.741	614
มิ.ย.	38.3	.351	.536	6.5	13.2	.492	23.543	561
ก.ค.	38.2	.337	.528	5.7	13.1	.435	21.647	516
ส.ค.	37.9	.346	.533	7.3	12.8	.570	24.627	587
ก.ย.	36.2	.319	.605	5.5	12.3	.447	21.337	509
ต.ค.	32.4	.307	.578	7.5	11.7	.641	21.95	523
พ.ย.	28.6	.329	.581	8.5	11.2	.758	22.004	525
ธ.ค.	25.2	.323	.559	8.5	11.0	.772	19.014	453

ตาราง 12 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีเลย

เดือน	H ₀	a	b	n	N	n/N	H _a V	แสงเลย
ม.ค.	28.0	.308	.554	8.3	11.2	.741	20.118	479
ก.พ.	31.2	.272	.575	8.4	11.6	.724	21.474	512
มี.ค.	35.1	.271	.560	7.6	12.0	.633	21.954	523
เม.ย.	38.0	.340	.508	8.0	12.5	.640	25.274	603
พ.ค.	38.3	.345	.522	6.8	12.9	.527	23.749	566
มิ.ย.	38.3	.351	.536	5.6	13.1	.427	22.209	529
ก.ค.	37.2	.337	.528	5.4	13.0	.415	20.687	493
ส.ค.	36.0	.346	.533	4.8	12.7	.377	19.689	469
ก.ย.	32.0	.319	.605	5.1	12.2	.418	18.300	436
ต.ค.	32.0	.307	.578	6.9	11.8	.584	20.825	496
พ.ย.	28.8	.329	.581	7.4	11.3	.654	20.418	487
ธ.ค.	27.0	.323	.559	7.8	11.1	.702	19.316	460

ตาราง 13 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีกรพนม

เดือน	H_o	a	b	n	N	n/N	H_aV	แสงเฉลี่ย
ม.ค.	28.2	.308	.554	8.2	11.2	.732	22.476	536
ก.พ.	31.5	.272	.575	7.7	11.6	.663	20.576	490
มี.ค.	35.5	.271	.560	7.2	12.0	.600	21.548	514
เม.ย.	37.5	.340	.508	7.3	12.5	.584	23.875	569
พ.ค.	38.3	.345	.522	6.3	12.9	.488	22.969	547
มิ.ย.	38.4	.351	.536	4.3	13.1	.328	20.229	482
ก.ค.	38.3	.337	.528	4.5	13.0	.346	19.904	474
ส.ค.	37.9	.346	.533	3.8	12.7	.299	19.153	457
ก.ย.	36.9	.319	.605	5.2	12.2	.426	21.281	507
ต.ค.	32.5	.307	.578	7.4	11.8	.627	21.755	519
พ.ย.	28.9	.329	.581	8.0	11.3	.707	21.379	510
ธ.ค.	27.0	.323	.559	8.3	11.1	.747	19.995	477

ตาราง 14 แสดงกราฟการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีทดลอง

เดือน	H_o	a	b	n	N	n/N	H_aV	แสงเฉลี่ย
ม.ค.	28.3	.308	.554	9.0	11.2	.803	21.305	508
ก.พ.	31.9	.272	.575	8.6	11.6	.741	22.268	531
มี.ค.	35.2	.271	.560	8.0	12.0	.666	22.667	540
เม.ย.	37.8	.340	.508	8.1	12.5	.648	25.295	603
พ.ค.	38.4	.345	.522	7.1	12.9	.550	24.272	579
มี.ย.	38.6	.351	.536	5.3	13.1	.404	21.907	522
ก.ค.	38.6	.337	.528	5.8	13.0	.446	22.098	525
ส.ค.	38.0	.346	.533	4.7	12.7	.370	20.641	492
ก.ย.	36.1	.319	.605	5.7	12.2	.467	21.715	518
ต.ค.	32.3	.307	.578	8.5	11.8	.720	13.358	557
พ.ย.	28.9	.329	.581	8.7	11.3	.769	22.420	535
ธ.ค.	29.0	.323	.559	9.0	11.1	.810	20.946	499

ตาราง 15 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีขอนแก่น

เดือน	H_o	a	b	n	N	n/N	H_aV	แสงเฉลี่ย
ม.ค.	28.4	.308	.554	9.8	11.2	.875	22.514	537
ก.พ.	31.5	.272	.575	9.0	11.6	.775	22.605	539
มี.ค.	35.5	.271	.560	8.0	12.0	.666	22.860	545
เม.ย.	37.8	.340	.508	8.5	12.5	.680	95.909	618
พ.ค.	38.2	.345	.522	7.9	12.9	.612	25.382	605
มิ.ย.	38.2	.351	.536	6.5	13.1	.496	23.502	560
ก.ค.	38.2	.337	.528	6.0	13.0	.416	22.171	529
ส.ค.	38.0	.346	.533	5.2	12.7	.409	21.431	511
ก.ย.	36.0	.319	.605	5.7	12.2	.467	21.655	516
ต.ค.	32.8	.307	.578	7.9	11.8	.669	22.752	542
พ.ย.	28.6	.329	.581	8.8	11.3	.778	22.337	532
ธ.ค.	27.0	.323	.559	9.2	11.1	.828	21.218	506

ตาราง 16 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีร้อยเอ็ด

เดือน	H_0	a	b	n	N	n/N	H_aV	แสงเฉลี่ย
ม.ค.	28.6	.308	.554	8.8	11.2	.785	21.246	506
ก.พ.	32.0	.272	.575	8.5	11.6	.732	22.172	529
มี.ค.	34.5	.271	.560	8.2	12.0	.683	22.520	537
เม.ย.	37.8	.340	.506	8.8	12.5	.704	26.370	629
พ.ค.	39.0	.345	.522	8.3	12.9	.643	26.545	633
มิ.ย.	39.1	.351	.536	6.9	13.0	.530	24.831	592
ก.ค.	39.1	.337	.528	6.7	12.9	.519	23.891	570
ส.ค.	38.0	.346	.533	5.7	12.6	.452	22.302	532
ก.ย.	35.5	.319	.605	5.6	12.2	.459	21.182	505
ต.ค.	32.6	.307	.570	7.8	11.8	.661	22.463	536
พ.ย.	29.0	.329	.501	6.5	11.4	.745	22.093	525
ธ.ย.	27.2	.323	.559	6.7	11.2	.776	20.504	491

ตาราง 17 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีอุบลราชธานี

เดือน	H_o	a	b	n	N	n/N	H_aV	แสงเฉลี่ย
ม.ค.	29.0	.308	.554	9.4	11.3	.831	22.282	531
ก.พ.	32.1	.272	.575	9.3	11.6	.801	23.515	561
มี.ค.	35.8	.271	.560	8.6	12.0	.716	24.056	573
เม.ย.	37.8	.340	.508	8.8	12.5	.704	26.370	629
พ.ค.	38.0	.345	.522	7.9	12.8	.617	25.348	604
มิ.ย.	38.0	.351	.536	6.8	13.0	.523	23.990	572
ก.ค.	38.0	.337	.528	6.5	12.9	.503	22.898	546
ส.ค.	37.9	.346	.533	5.6	12.6	.444	22.062	525
ก.ย.	36.2	.319	.605	5.5	12.2	.450	21.403	510
ต.ค.	32.1	.307	.578	7.8	11.8	.661	22.118	527
พ.ย.	29.2	.329	.581	8.8	11.4	.771	22.686	541
ธ.ค.	28.0	.323	.559	8.8	11.2	.785	21.330	509

ตาราง 18 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีนครราชสีมา

เดือน	H_o	a	b	n	N	n/N	H_{av}	แสงเฉลี่ย
ม.ค.	29.2	.308	.554	9.2	11.3	.814	22.161	528
ก.พ.	32.5	.272	.575	9.1	11.6	.784	23.491	560
มี.ค.	35.8	.271	.560	8.7	12.0	.725	24.236	578
เม.ย.	37.9	.340	.508	8.5	12.5	.680	25.978	619
พ.ค.	37.8	.345	.522	7.9	12.8	.617	25.215	601
มิ.ย.	38.0	.351	.536	6.7	13.0	.515	23.827	568
ก.ค.	38.0	.337	.528	6.3	12.9	.488	22.597	539
ส.ค.	37.9	.346	.533	5.5	12.6	.436	21.920	523
ก.ย.	36.5	.319	.605	5.3	12.2	.434	19.65	468
ต.ค.	32.4	.307	.578	7.8	11.8	.661	22.235	532
พ.ย.	29.8	.329	.581	8.6	11.4	.596	20.123	480
ธ.ค.	28.0	.323	.559	8.8	11.2	.785	21.330	509

ตาราง 19 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีสุรินทร์

เดือน	H_o	a	b	n	N	n/N	H_aV	แสงเฉลี่ย
ม.ค.	29.5	.308	.554	8.9	11.3	.787	21.947	523
ก.พ.	29.7	.272	.575	8.9	11.6	.767	21.689	517
มี.ค.	36.0	.271	.560	8.6	12.0	.716	24.190	577
เม.ย.	37.7	.340	.508	9.5	12.5	.710	27.373	653
พ.ค.	37.8	.345	.522	7.9	12.8	.617	25.215	601
มิ.ย.	27.9	.351	.536	6.6	13.0	.507	17.374	414
ก.ค.	37.9	.337	.528	6.4	12.9	.496	22.697	541
ส.ค.	37.8	.346	.523	6.2	12.6	.492	22.991	545
ก.ย.	36.9	.319	.605	6.0	12.2	.491	22.732	542
ต.ค.	33.5	.307	.578	7.7	11.8	.652	22.909	546
พ.ย.	30.0	.329	.581	8.5	11.4	.745	22.855	545
ธ.ค.	28.0	.323	.559	8.8	11.2	.785	21.530	509

ตาราง 20 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีนครสวรรค์

เดือน	H_o	a	b	n	N	n/N	H_aV	แสงแดด
ม.ค.	29.0	.294	.507	9.0	11.3	.796	22.392	534
ก.พ.	32.1	.292	.506	9.1	11.3	.805	22.448	535
มี.ค.	35.5	.272	.566	8.5	12.0	.708	23.881	569
เม.ย.	37.8	.278	.564	9.1	12.5	.728	26.028	621
พ.ค.	38.0	.286	.526	7.9	12.8	.617	23.200	533
มิ.ย.	38.2	.336	.435	6.3	13.0	.484	21.802	520
ก.ค.	39.0	.332	.488	5.8	12.9	.449	22.444	535
ส.ค.	38.0	.333	.479	5.6	12.6	.444	20.735	494
ก.ย.	36.5	.307	.538	5.4	12.2	.442	19.885	474
ต.ค.	33.0	.314	.507	7.6	11.8	.644	21.136	504
พ.ย.	29.5	.312	.505	8.7	11.4	.763	20.585	491
ธ.ค.	27.8	.322	.519	8.9	11.2	.794	20.407	486

ตาราง 21 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีกรุงเทพฯ

เดือน	H_0	a	b	n	N	n/N	H_aV	แสงโดย
ม.ค.	29.8	.294	.503	9.1	11.4	.798	20.722	494
ก.พ.	33.0	.292	.506	8.9	11.7	.760	22.326	532
มี.ค.	36.1	.272	.566	8.8	12.0	.733	24.796	591
เม.ย.	37.8	.278	.564	8.8	12.4	.709	25.622	614.4
พ.ค.	37.8	.286	.526	7.2	12.7	.566	22.064	525
มิ.ย.	37.9	.332	.485	6.4	12.9	.496	21.700	517
ก.ค.	37.9	.332	.488	5.7	12.8	.445	20.813	496
ส.ค.	37.9	.333	.479	5.4	12.5	.432	20.813	488
ก.ย.	34.0	.307	.538	5.4	12.2	.442	18.523	442
ต.ค.	36.3	.314	.507	6.8	11.8	.576	21.998	524
พ.ย.	38.9	.312	.505	8.4	11.5	.730	21.477	512
ธ.ค.	28.9	.322	.519	9.0	11.3	.796	21.245	566

ตาราง 22 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีจันทบุรี

เดือน	H_o	a	b	n	N	n/N	H_{aV}	แสงโดย
ม.ค.	30.1	.294	.503	9.0	11.5	.782	13.075	311
ก.พ.	33.0	.292	.506	8.7	11.7	.743	22.042	525
มี.ค.	36.5	.272	.566	8.1	12.0	.675	23.870	569
เม.ย.	37.2	.270	.564	8.3	12.4	.665	24.377	581
พ.ค.	37.8	.286	.526	6.1	12.7	.480	20.354	485
มิ.ย.	37.8	.332	.485	4.7	12.9	.364	19.222	458
ก.ค.	37.8	.332	.488	4.5	12.8	.351	19.024	453
ส.ค.	37.9	.333	.479	4.3	12.5	.344	18.865	450
ก.ย.	36.8	.307	.538	4.3	12.2	.352	18.266	434
ต.ค.	34.5	.314	.507	6.8	11.8	.576	20.900	490
พ.ย.	29.9	.312	.505	8.4	11.5	.730	20.351	485
ธ.ค.	29.0	.322	.519	9.0	11.4	.789	21.213	506

ตาราง 23 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีวัดดิน

เดือน	Ho	a	b	n	N	n/N	HaV	แสงเฉลี่ย
ม.ค.	30.1	.294	.503	8.0	11.4	.701	19.390	462
ก.พ.	33.0	.292	.506	8.9	11.7	.760	22.326	532
มี.ค.	36.4	.272	.566	8.8	12.0	.733	25.002	594
เม.ย.	37.2	.278	.564	8.8	12.4	.709	21.902	522
พ.ค.	37.8	.286	.526	7.0	12.7	.551	21.766	519
มิ.ย.	37.8	.332	.485	5.3	12.9	.410	20.066	478
ก.ค.	37.0	.332	.488	5.3	12.8	.414	20.186	481
ส.ค.	37.9	.333	.479	5.1	12.5	.408	20.027	477
ก.ย.	36.7	.307	.536	4.7	12.2	.385	18.866	450
ต.ค.	34.5	.314	.507	5.3	11.8	.449	18.686	445
พ.ย.	31.0	.312	.505	6.5	11.5	.565	18.517	441
ธ.ค.	29.0	.322	.519	8.5	11.3	.752	20.656	492

ตาราง 24 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีสุราษฎร์ธานี

เดือน	H_o	a	b	n	N	n/N	H_{aV}	แสงเฉลี่ย
ม.ค.	32.0	.294	.503	9.4	11.6	.810	22.445	535
ก.พ.	34.8	.292	.506	9.3	11.4	.815	24.512	584
มี.ค.	36.9	.272	.566	8.7	12.0	.725	25.170	600
เม.ย.	37.8	.278	.564	8.3	12.3	.674	24.877	593
พ.ค.	37.2	.286	.526	6.9	12.5	.552	21.440	511
มิ.ย.	37.0	.332	.485	6.0	12.6	.476	20.825	496
ก.ค.	37.1	.332	.488	5.2	12.5	.416	19.848	473
ส.ค.	37.1	.333	.479	6.0	12.2	.491	21.079	502
ก.ย.	36.9	.307	.538	5.6	12.1	.462	20.500	489
ต.ค.	34.6	.314	.507	5.2	11.7	.444	18.653	445
พ.ย.	32.2	.312	.505	4.9	11.6	.422	16.900	403
ธ.ค.	31.0	.322	.519	6.0	11.7	.512	18.219	434

ตาราง 25 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีภูเก็ต

เดือน	H_o	a	b	n	N	n/N	H_{av}	แสงเฉลี่ย
ม.ค.	31.5	.294	.503	8.3	11.6	.715	20.589	491
ก.พ.	34.0	.292	.506	9.8	11.4	.859	24.706	589
มี.ค.	37.0	.272	.566	9.2	12.0	.766	26.105	622
เม.ย.	37.5	.278	.564	8.3	12.3	.674	24.680	589
พ.ค.	37.4	.286	.526	6.4	12.5	.512	20.766	495
มิ.ย.	36.0	.332	.485	5.1	12.6	.404	19.005	453
ก.ค.	37.0	.332	.488	5.6	12.5	.448	20.373	486
ส.ค.	37.0	.333	.479	5.7	12.3	.442	20.154	480
ก.ย.	36.6	.307	.538	5.0	12.1	.413	19.474	464
ต.ค.	35.2	.314	.507	5.9	11.7	.504	20.047	478
พ.ย.	32.2	.312	.505	6.6	11.6	.568	19.282	460
ธ.ค.	31.0	.322	.519	7.9	11.7	.675	20.842	497

ตาราง 26 แสดงการประเมินค่าของพลังงานแสงอาทิตย์ของสถานีสงขลา

เดือน	H_o	a	b	n	N	n/N	H_aV	แสงโดย
ม.ค.	33.0	.294	.503	8.3	11.7	.709	21.470	512
ก.พ.	34.2	.292	.506	9.1	11.9	.764	23.207	553
มี.ค.	37.0	.272	.566	8.7	12.0	.725	25.246	602
เม.ย.	37.4	.278	.564	8.8	12.2	.721	25.605	611
พ.ค.	36.6	.286	.526	7.7	12.4	.620	22.403	534
มิ.ย.	36.0	.332	.489	6.9	12.5	.552	21.669	517
ก.ค.	36.7	.332	.488	6.8	12.4	.548	21.990	525
ส.ค.	35.8	.333	.479	6.8	12.3	.552	21.387	510
ก.ย.	37.8	.307	.538	6.3	12.1	.520	21.710	518
ต.ค.	35.0	.314	.507	6.0	11.9	.504	19.933	475
พ.ย.	32.0	.312	.505	5.3	11.8	.449	17.239	411
ธ.ค.	30.5	.322	.519	5.7	11.7	.487	17.529	418

ตาราง 27 แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมงของ
สถานีเชียงใหม่ (แปลงเลข)

เวลา เดือน	0600 0700	0700 0800	0800 0900	0900 1000	1000 1100	1100 1200	1200 1300	1300 1400	1400 1500	1500 1600	1600 1700	1700 1800
ม.ค.	.3	6.72	23.4	31.15	52.47	60.4	64.2	61.2	55.2	39.3	22.7	7.9
ก.พ.	.5	8.8	26.6	44.7	49.1	69.0	73.8	72.3	62.4	46.3	27.7	9.4
มี.ค.	1.3	11.0	27.8	43.7	47.5	65.5	70.0	17.1	56.8	41.7	24.5	8.2
เม.ย.	2.3	15.5	33	49.8	63.3	70.4	71.5	65.1	54.1	35.8	20.4	8.2
พ.ค.	6.0	21.6	35.9	53.2	63.5	69.6	70.8	64.8	52.8	38.9	22.7	10
มิ.ย.	5.5	18.9	33.8	47.5	55.4	57.8	59.3	66.8	51.8	39.0	24.8	11
ก.ค.	5.0	17.4	32.5	48.2	56.2	63.2	60.6	55.8	49.5	37.3	23.7	11
ส.ค.	1.9	10.0	24.2	37.4	47.6	50.2	51.9	48.3	43.7	31.1	19.9	8
ก.ย.	1.7	8.8	24.1	37.8	46.8	48.8	54.4	49.5	43.3	28.5	15.7	4
ท.ค.	1.8	11.8	26.4	40.63	52.4	60.7	63.1	59.7	46.1	20.7	14.9	5
พ.ย.	2.0	13.4	31.8	46.4	58.9	64.3	65.5	59.9	49.0	33.6	16.8	2
ธ.ค.	.93	10.0	24.5	40.1	52.0	59.2	60.1	55.8	47.0	31.1	17.7	3

ตาราง 28 แสดงค่าเฉลี่ยความชื้นของพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมงของสถานี
กรุงเทพฯ (แดงโดย)

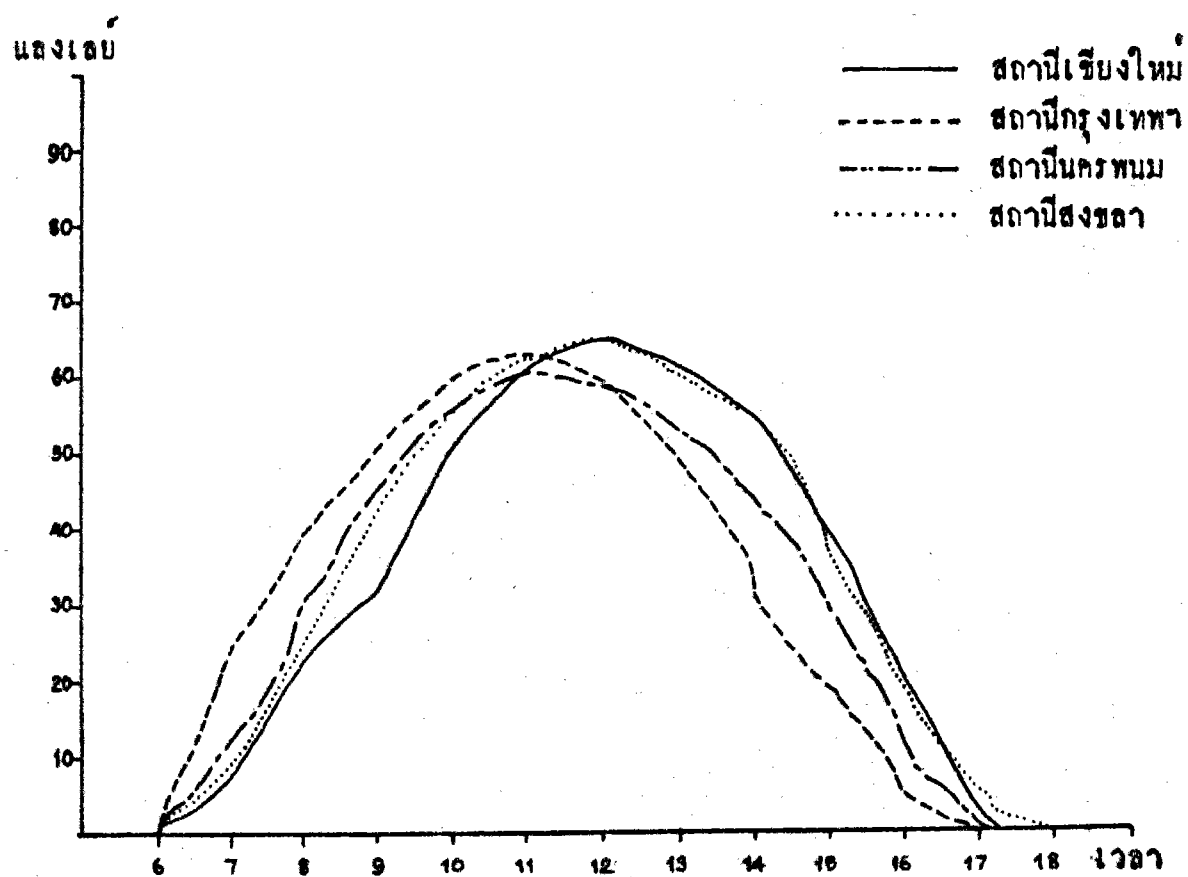
เวลา เดือน	600 700	700 800	800 900	900 1000	1000 1100	1100 1200	1200 1300	1300 1400	1400 1500	1500 1600	1600 1700	1700 1800
ม.ค.	.6	24.2	39.5	50.7	60.0	63.0	59.6	49.4	31.6	19.6	5.6	.1
ก.พ.	.7	8.6	23.8	38.2	52.0	55.6	60.3	59.8	51.4	32.0	21.4	7.1
มี.ค.	2.2	12.4	28.5	42.5	54.6	63.3	64.0	64.8	54.3	41.6	25.3	7.1
เม.ย.	4.3	18.3	35.5	49.5	60.6	66.9	67.5	62.8	53.2	35.7	21.1	8.2
พ.ค.	5.4	17.9	30.4	48.3	52.5	56.5	55.5	50.8	41.4	30.0	16.6	6.2
มิ.ย.	5.7	18.5	32.3	44.1	50.2	54.9	52.5	48.5	42.1	25.8	19.2	9
ก.ค.	4.7	15.6	30.8	42.9	51.5	54.1	53.9	48.1	42.1	32.0	19.4	8
ส.ค.	3.3	14.2	27.4	39.6	48.9	52.8	53.3	48.6	39.5	29.0	16.5	6
ก.ย.	3.2	14.0	29.7	37.1	49.1	50.9	47.5	44.4	42.0	29.1	13.9	4
ต.ค.	3.5	14.5	29.6	43.6	51.6	55.9	55.3	48.3	40.2	28.1	14.4	3
พ.ย.	3.0	15.5	33.0	44	56.9	62.3	59.7	46.5	41.1	28.8	13.2	2
ธ.ค.	1.3	17.7	33.7	44.8	55.4	58.0	61.3	55.2	44.1	28.4	12.9	1

ตาราง 29 แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมงของ
สถานีนครพนม (แลงเลเย)

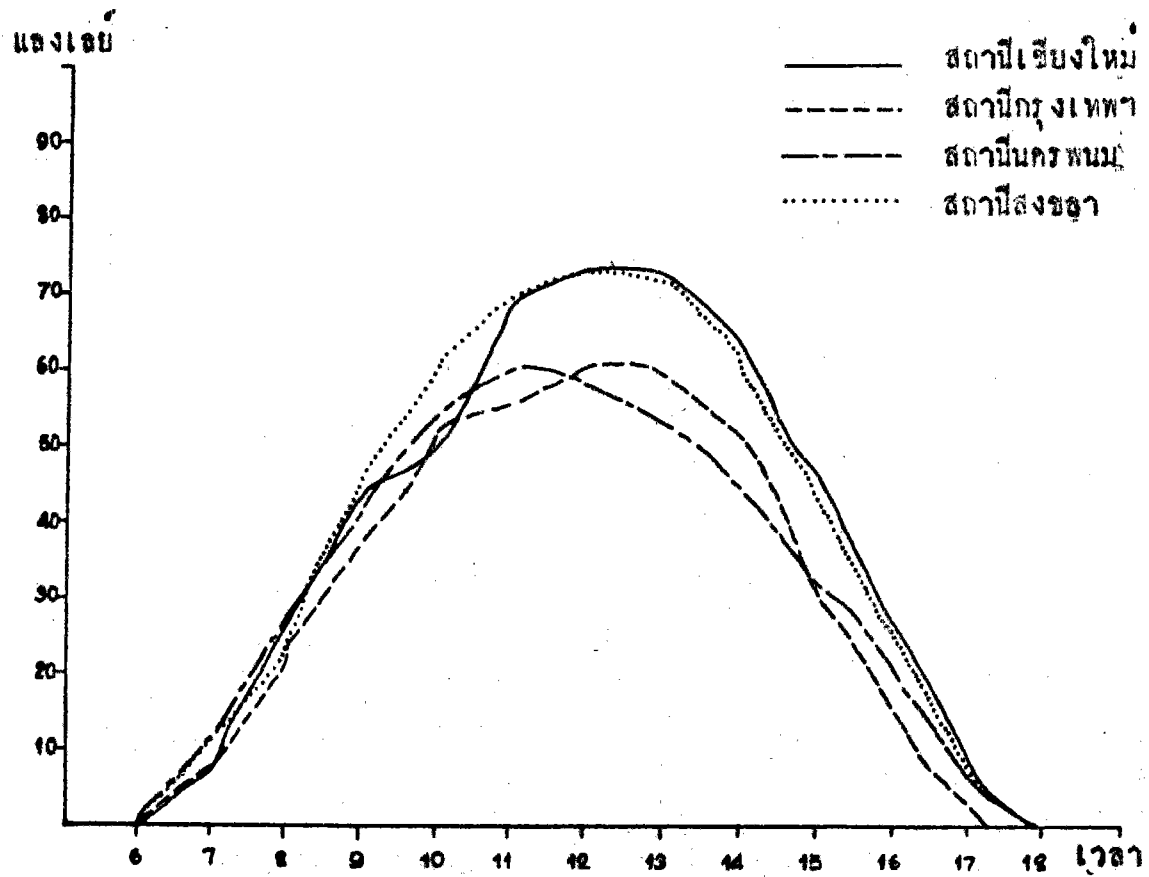
เวลา เดือน	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 - 1000	1000 - 1100	1100 - 1200	1200 - 1300	1300 - 1400	1400 - 1500	1500 - 1600	1600 - 1700	1700 - 1800
ม.ค.	1.2	12.7	30.1	45.1	55.7	60.7	59.5	53.3	44.0	29.8	13.7	1.6
ก.พ.	1.2	12.2	28.5	42.9	54.6	60.6	58.7	53.6	44.2	31.5	16.2	3.3
มี.ค.	3.2	15.1	30.4	37.0	54.4	59.6	59.1	53.2	42.0	29.4	14.9	3.0
เม.ย.	6.6	19.9	34.0	47.0	56.5	60.4	56.8	49.7	41.6	29.2	15.2	3.9
พ.ค.	7.6	19.6	32.5	45.0	52.7	56.9	55.7	50.8	42.0	28.8	16.7	5.7
มิ.ย.	4.3	11.5	21.8	29.5	45.6	41.8	41.1	38.2	31.4	23.6	12.1	4.9
ก.ค.	5.4	16.0	27.1	35.7	43.5	47.5	47.5	43.4	37.0	27.7	15.0	5.8
ส.ค.	5.2	14.9	26.5	36.0	44.1	50.0	50.1	47.6	39.7	27.8	16.8	6.1
ก.ย.	4.7	16.3	29.7	41.4	50.0	53.8	52.2	47.7	38.8	27.5	15.2	3.0
ต.ค.	6.7	22.8	38.7	42.3	58.2	59.7	55.7	49.7	39.8	26.5	13.2	.8
พ.ย.	4.7	19.8	35.4	48.2	54.8	60.4	57.6	50.6	39.3	25.1	8.7	.6
ธ.ค.	1.9	15.4	19.4	46.6	55.1	58.7	57.6	50.6	40.4	25.5	.6	.6

ตาราง 30 แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์รายชั่วโมงของ
สถานีสงขลา (แดงเคียว)

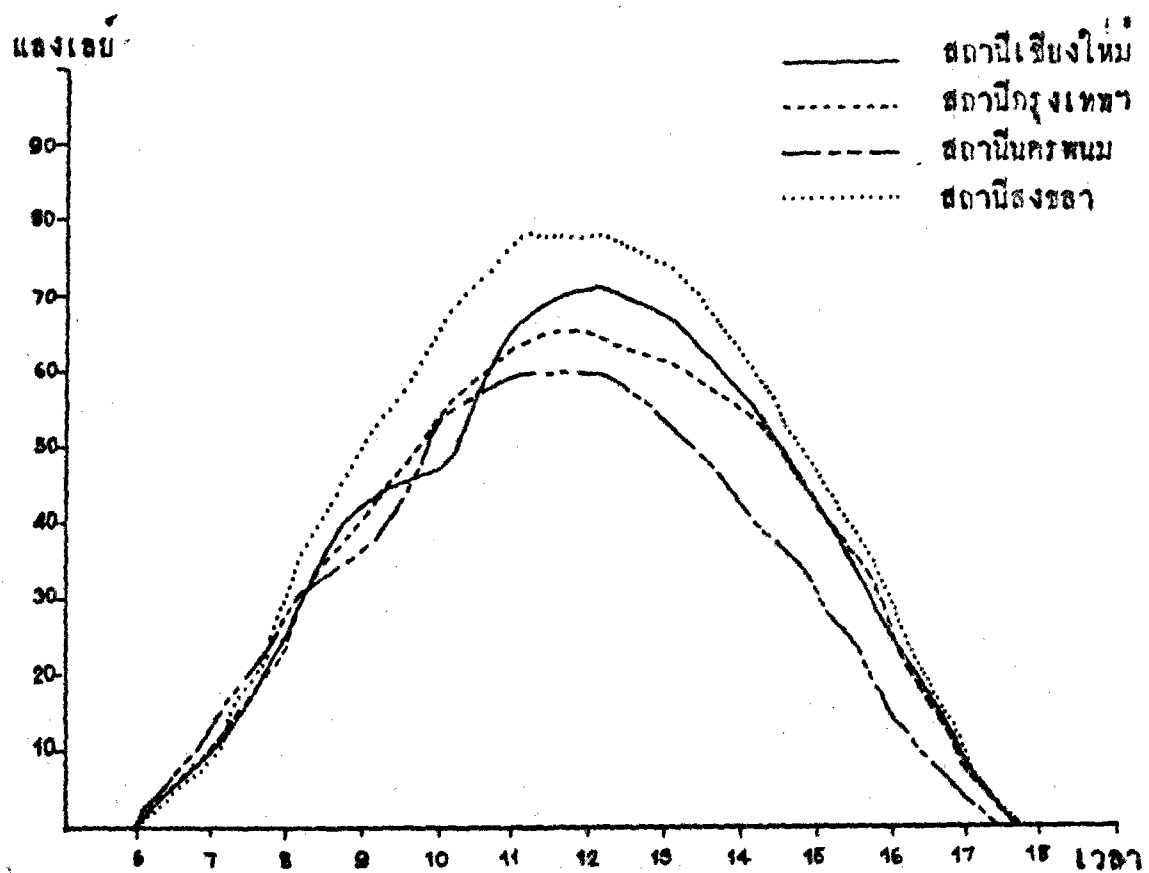
เวลา เดือน	600 - 700	700 - 800	800 - 900	900 - 1000	1000 - 1100	1100 - 1200	1200 - 1300	1300 - 1400	1400 - 1500	1500 - 1600	1600 - 1700	1700 - 1800
ม.ค.	2.0	9.1	25.6	42.4	55.1	63.5	65.2	60.0	50.5	36.1	20.9	6.1
ก.พ.	1.0	12.0	24.1	46.6	61.1	69.4	73.9	71.6	59.4	44.5	26.9	9.5
มี.ค.	1.5	10.0	34.1	52.4	67.3	77.5	77.9	78.4	61.3	46.0	27.7	9.7
เม.ย.	3.5	15.1	39.5	56.6	70.6	77.9	78.8	73.9	61.4	43.5	18.9	7.2
พ.ค.	4.3	15.6	36.2	50.9	61.7	63.7	63.8	59.6	51.0	33.4	19.2	7.0
มิ.ย.	4	16.4	27.4	46.2	57.0	62.8	64.3	58.1	49.7	38.9	19.3	7.1
ก.ค.	3.0	15.0	32.6	46.7	56.7	60.2	62.5	58.9	67.7	24.4	11.7	8.1
ส.ค.	1.4	12.8	20.2	44.4	55.1	60.6	50.4	49.3	39.1	29.4	16.0	5.9
ก.ย.	2.3	14.0	31.0	47.9	58.4	64.2	60.9	57.0	47.7	31.9	18.0	5.4
ต.ค.	2.8	15.8	29.8	45.0	55.2	63.1	65.0	56.5	44.1	20.3	14.9	3.3
พ.ย.	2.7	12.1	26.6	37.1	46.9	52.4	53.8	49.7	39.0	22.8	11.2	2.5
ธ.ค.	1.0	9.4	23.3	38.1	47.6	53.7	62.0	45.3	36.3	25.6	12.8	3.4



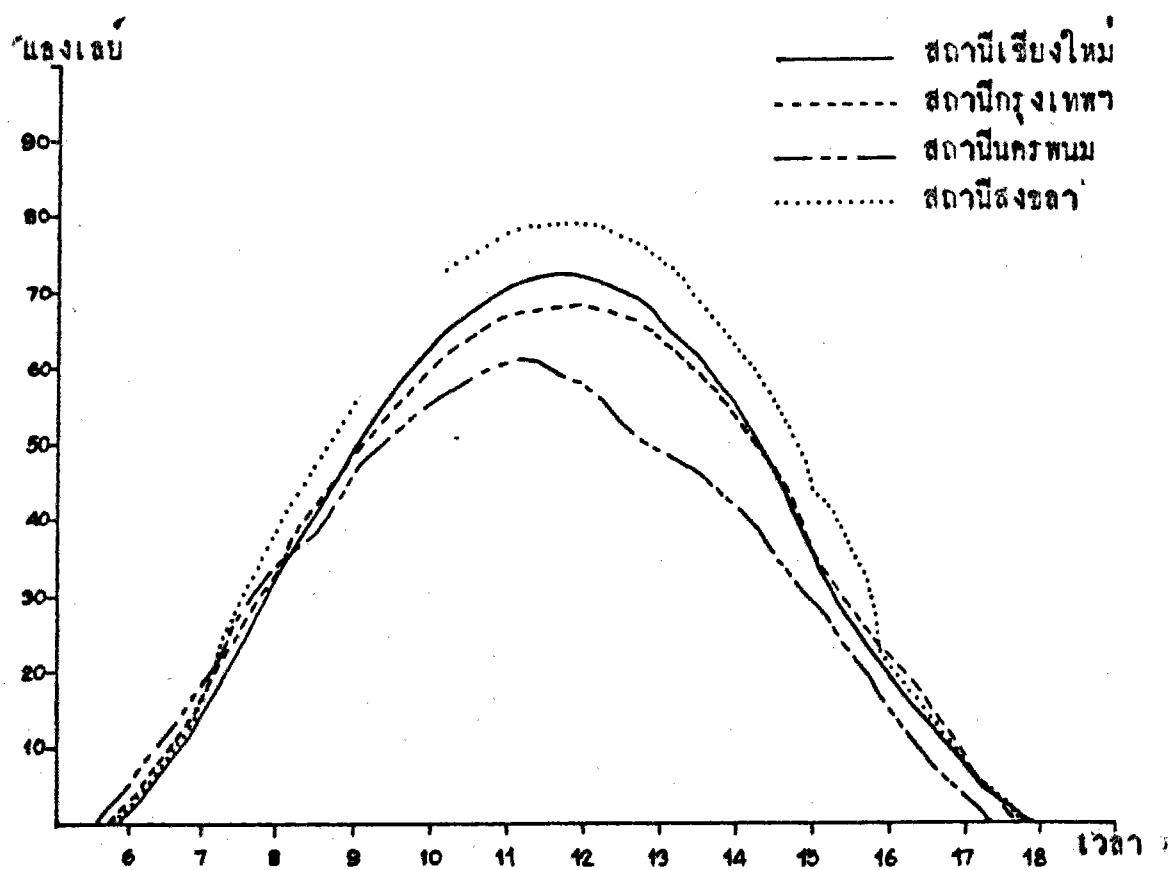
ภาพประกอบ 7 กราฟแสดงค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเป็นชั่วโมง
เฉลี่ยของเดือนมกราคม ถึงกันยายน 2506-2510



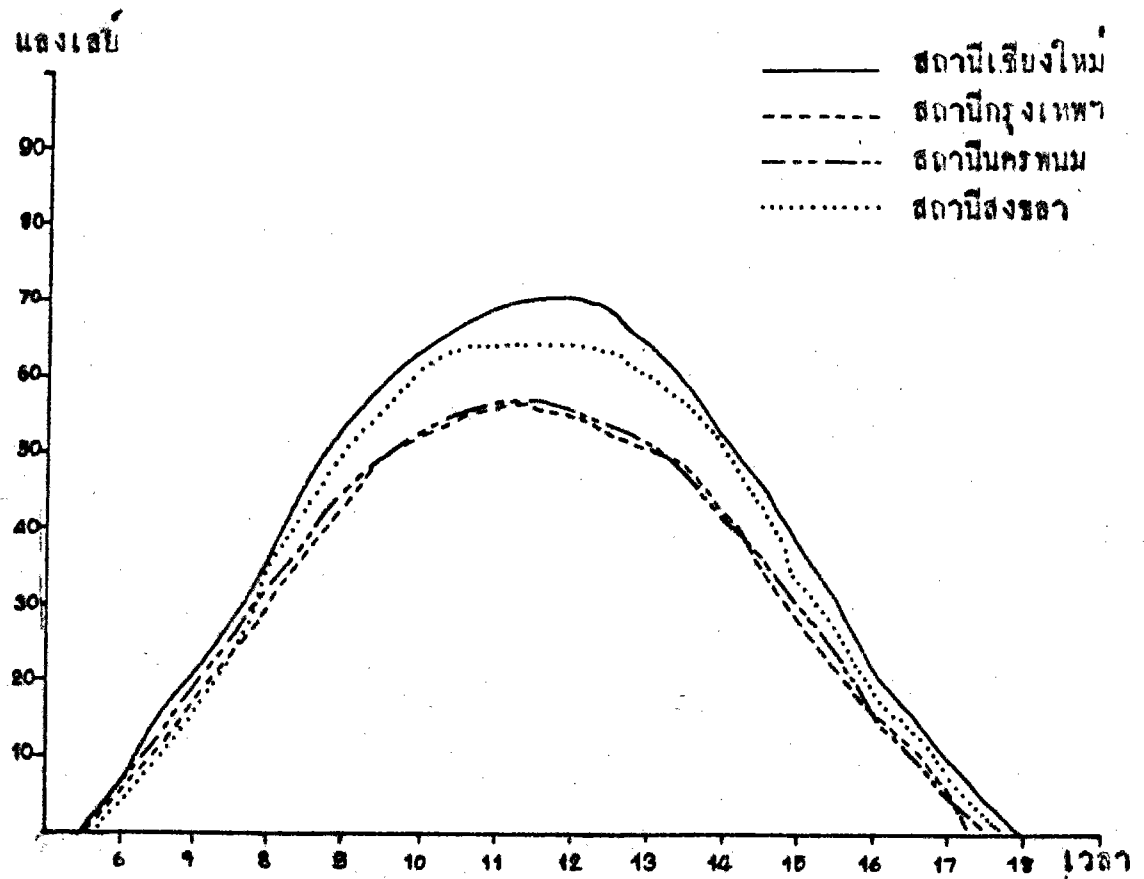
ภาพประกอบ 9 กราฟแสดงค่าความเริ่มของพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเป็นชั่วโมง
เฉลี่ยของเดือนกุมภาพันธ์ ตั้งแต่ปี 2506-2510



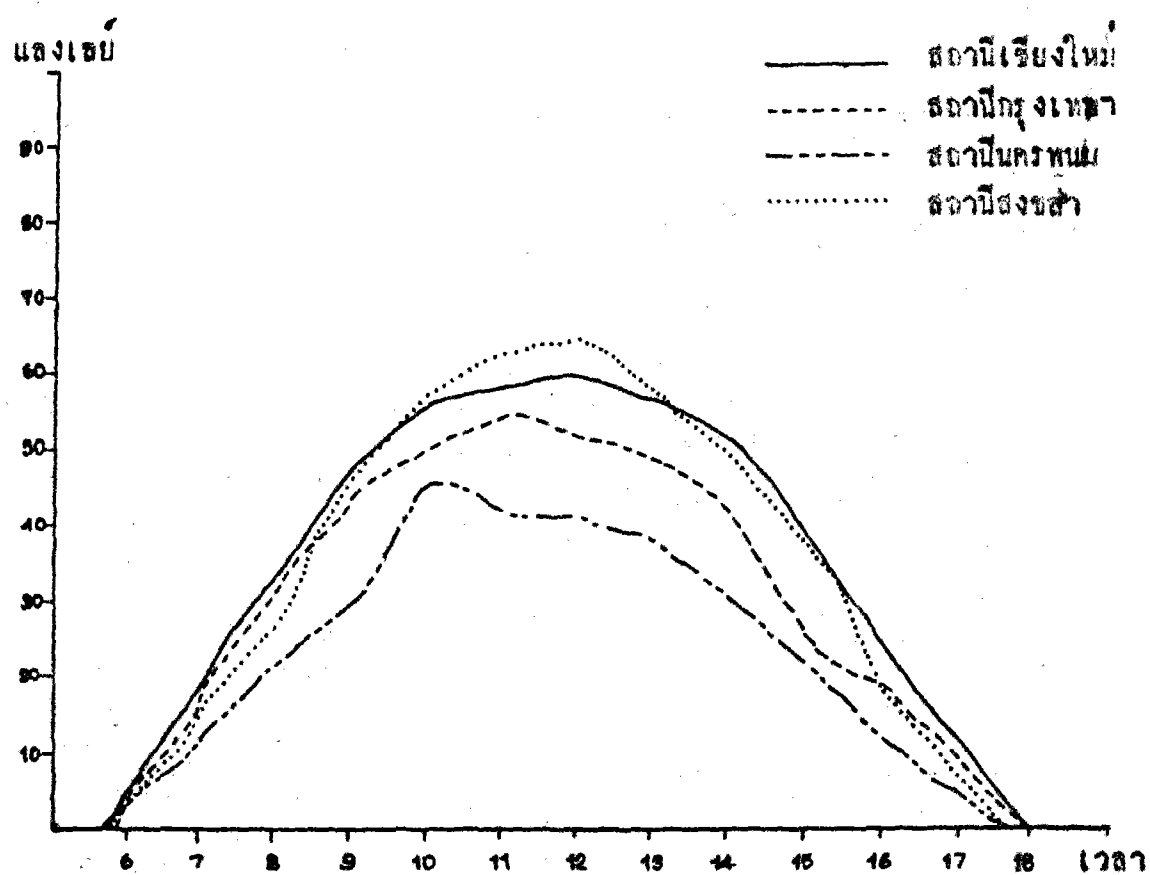
ภาพประกอบ 10 กราฟแสดงค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเป็นชั่วโมง
เฉลี่ยของเดือนมีนาคม ทั้งในปี 2506-2510



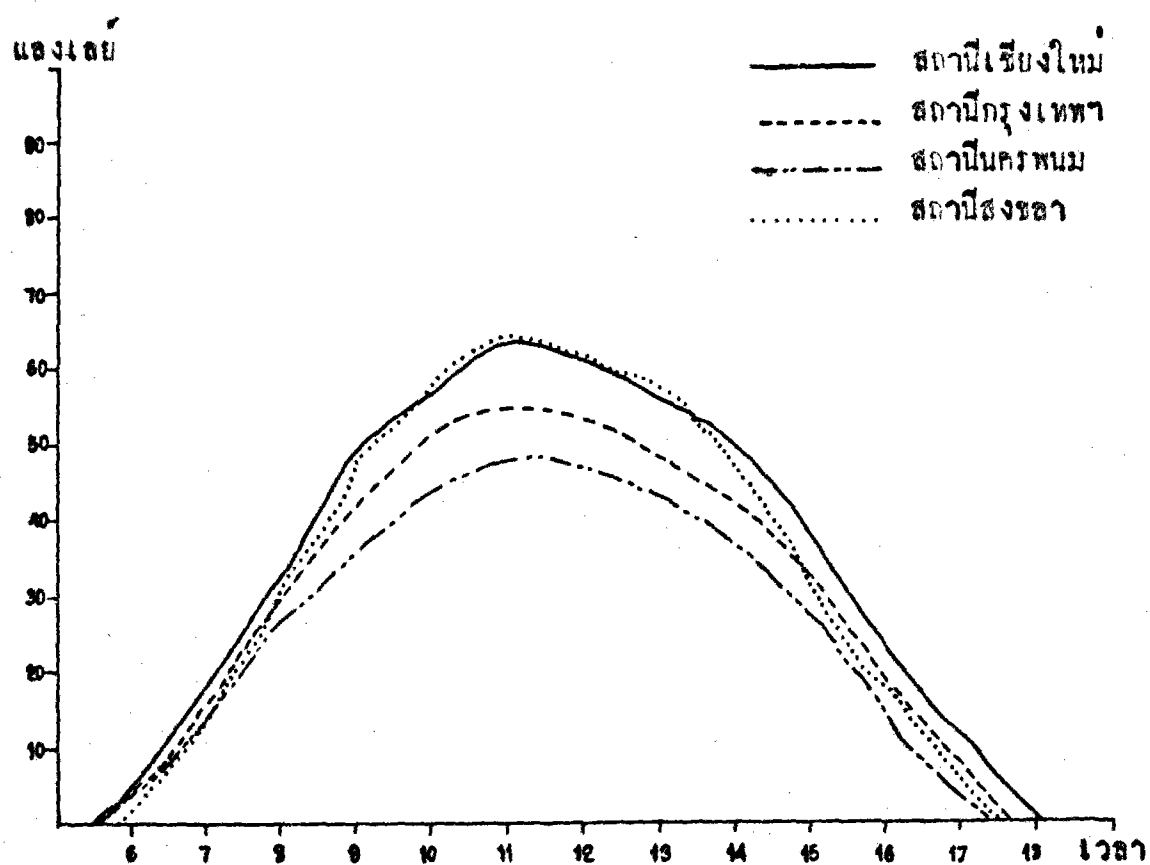
ภาพประกอบ 11 กราฟแสดงค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเป็นชั่วโมง
เฉลี่ยของเดือนเมษายน ตั้งแต่ปี 2506-2510



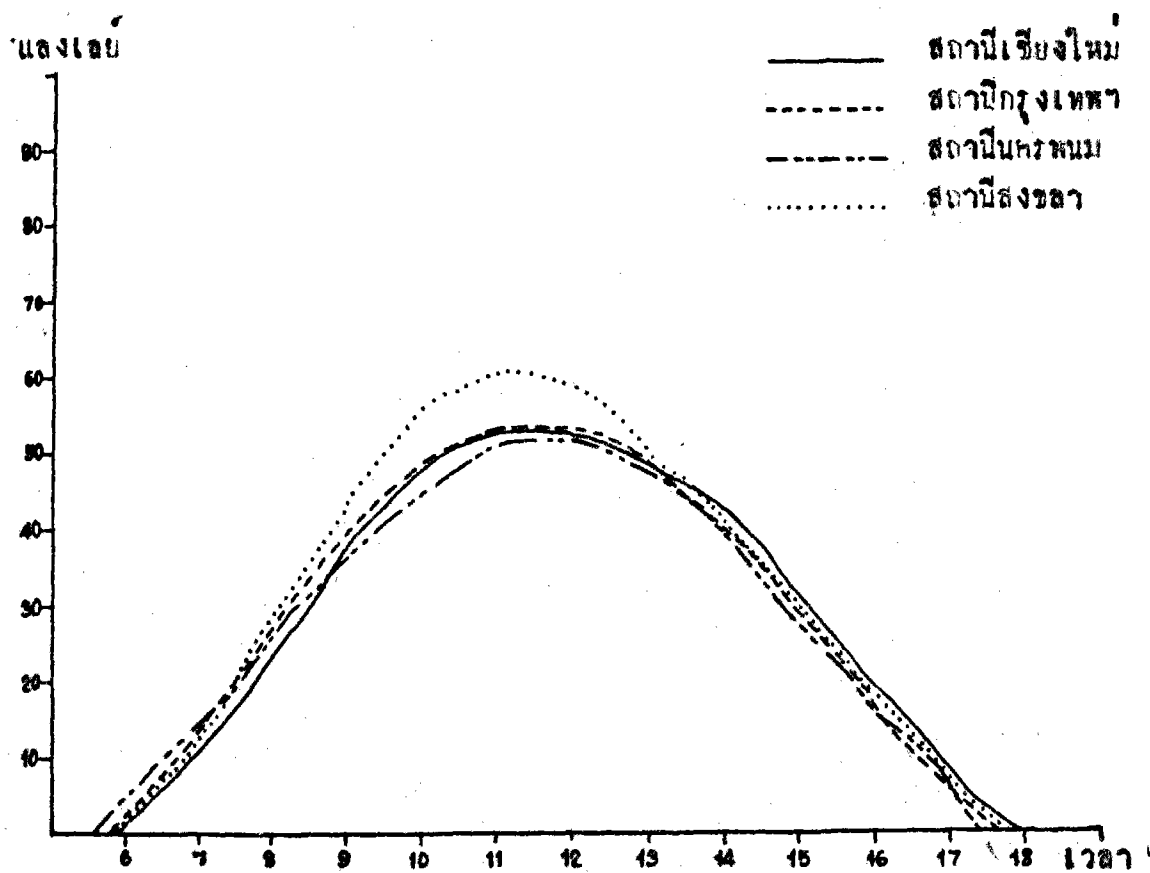
ภาพประกอบ 12 กราฟแสดงค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเป็นชั่วโมง
เฉลี่ยของเดือนพฤษภาคม ตั้งแต่ปี 2506-2510



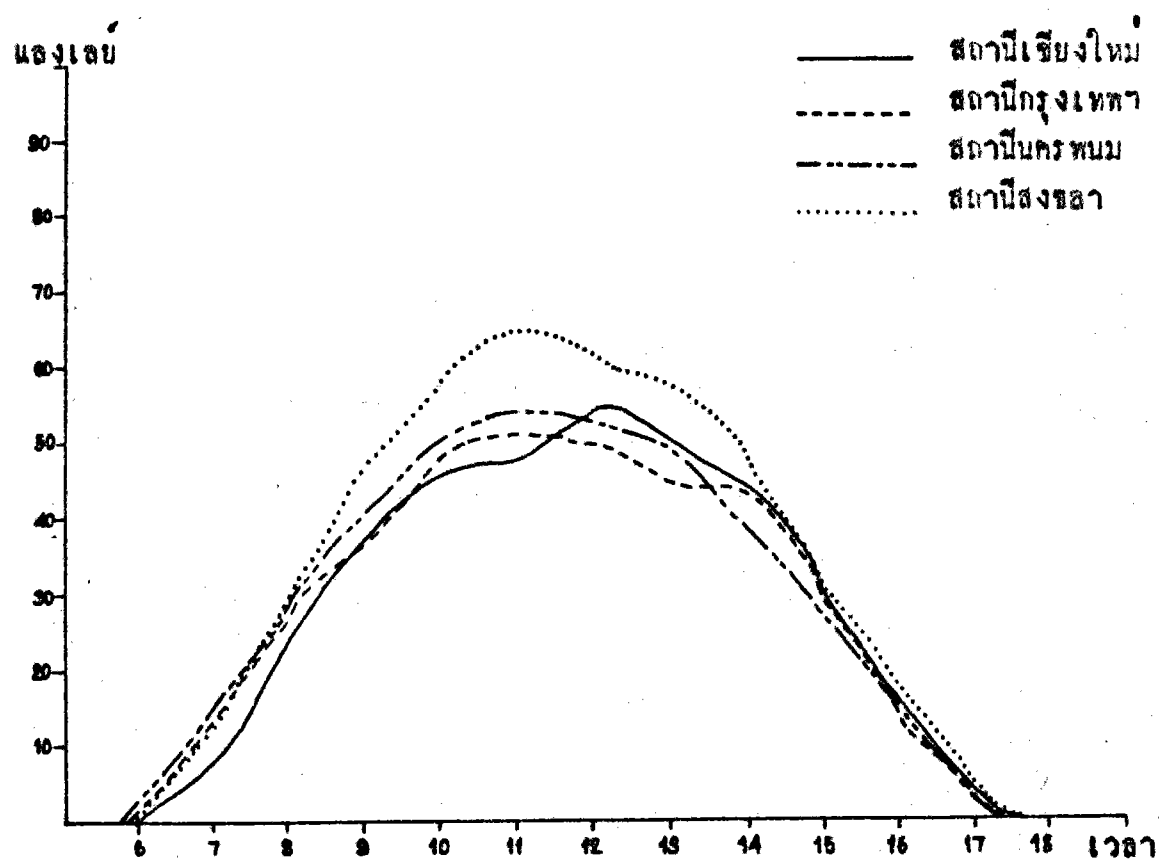
ภาพประกอบ 13 กราฟแสดงค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเป็นชั่วโมง
เฉลี่ยของเดือนมิถุนายน ทั้งในปี 2506-2510



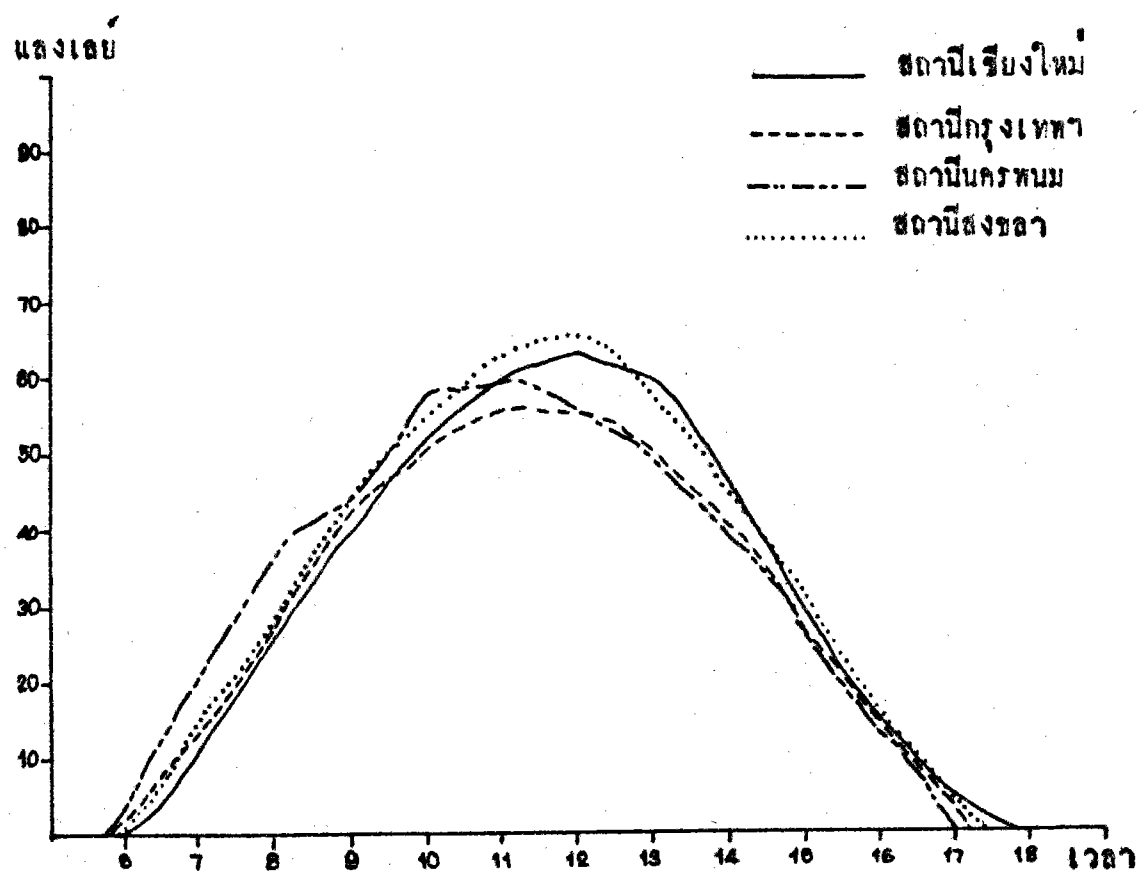
ภาพประกอบ 14 กราฟแสดงค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเป็นชั่วโมง
เฉลี่ยของเดือนกรกฎาคม ตั้งแต่ปี 2506-2510



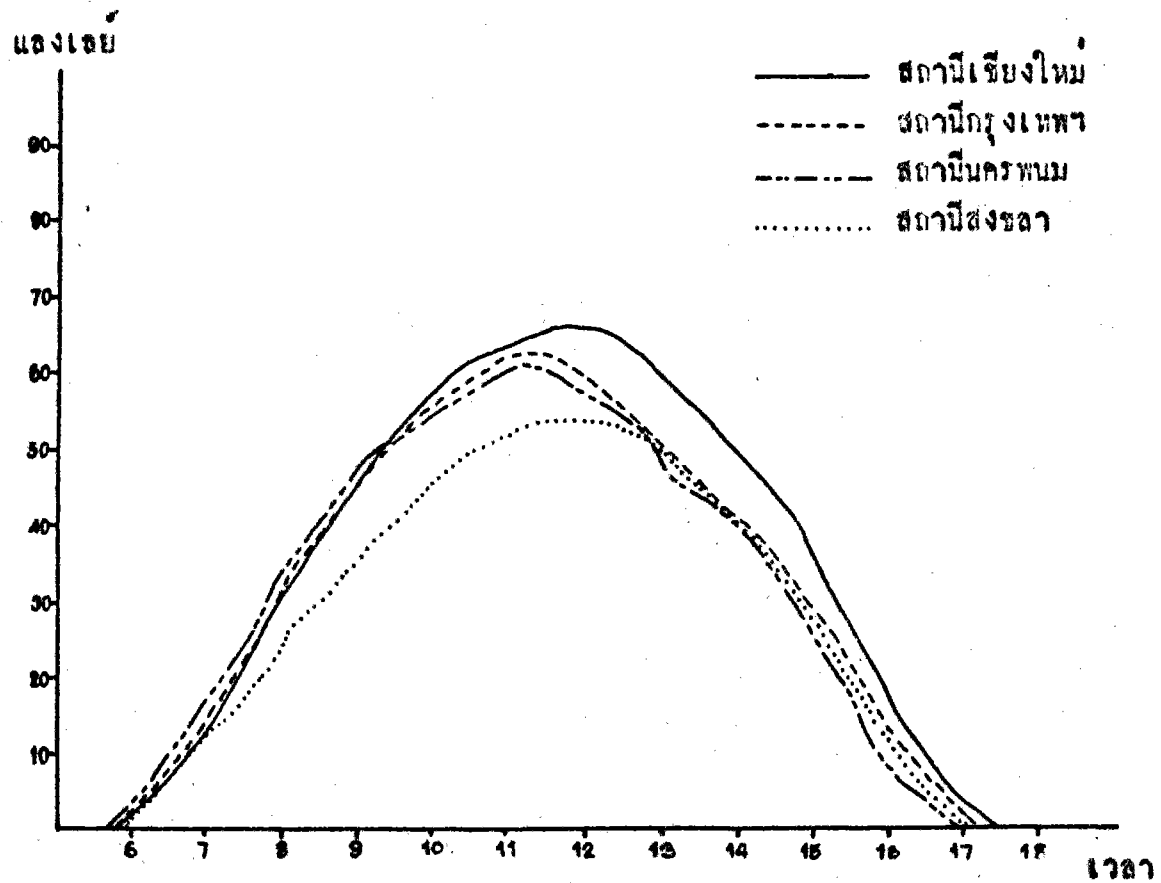
ภาพประกอบ 15 กราฟแสดงค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเป็นชั่วโมง
เฉลี่ยของเดือนสิงหาคม ตั้งแต่ปี 2506-2510



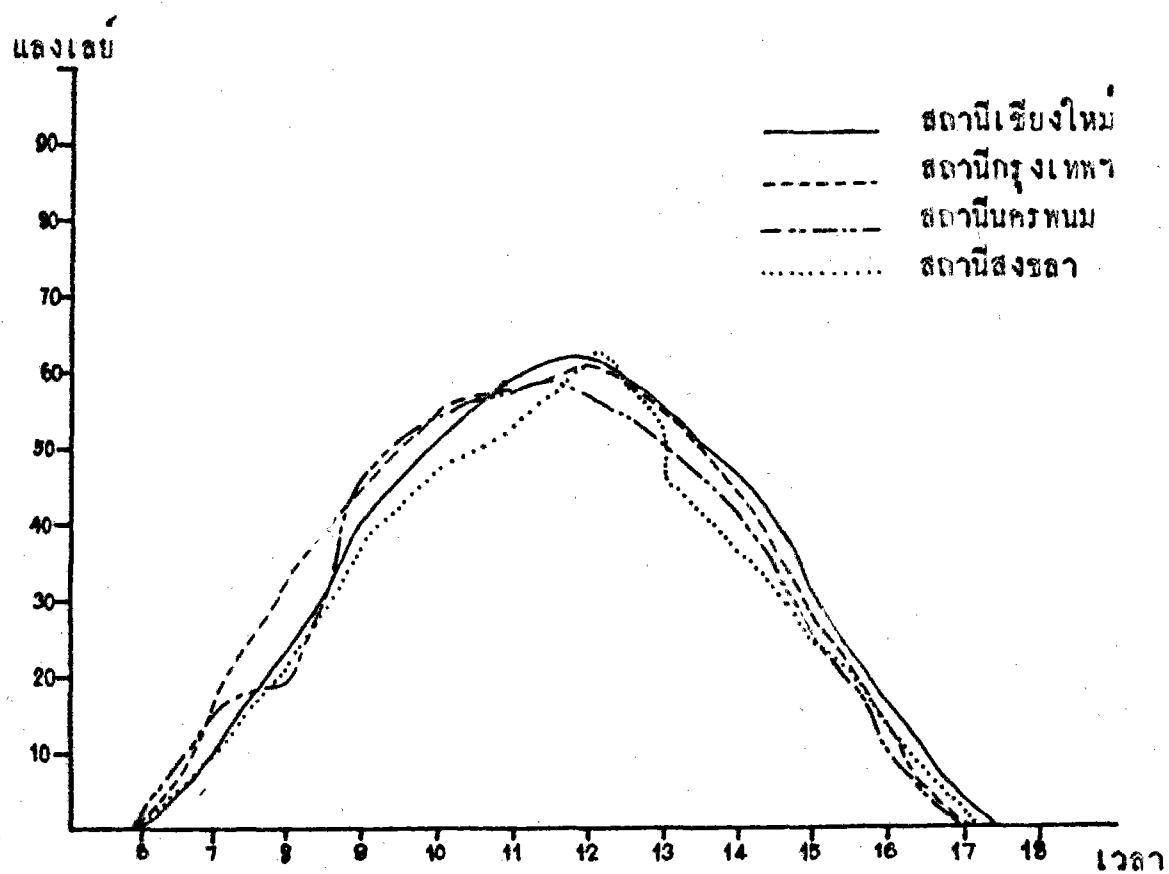
ภาพประกอบ 16 กราฟแสดงค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเป็นชั่วโมง
เฉลี่ยของเดือนกันยายน ตั้งแต่ปี 2506-2510



ภาพประกอบ 17 กราฟแสดงค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเป็นชั่วโมง
เฉลี่ยของเดือนตุลาคม ตั้งแต่ปี 2506-2510



ภาพประกอบ 16 กราฟแสดงค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเป็นชั่วโมง
เฉลี่ยของเดือนพฤศจิกายน ตั้งแต่ปี 2506-2510



ภาพประกอบ 19 กราฟแสดงค่าความชื้นของพลังงานแสงอาทิตย์เวลาเป็นชั่วโมง
เฉลี่ยของเดือนธันวาคม ตั้งแต่ปี 2506-2510

ตาราง 31 แสดงค่าเฉลี่ยรายวันของพลังงานแสงอาทิตย์, ระยะเวลาของแสงอาทิตย์
และจำนวนเมฆของสถานีเชียงราย, เชียงใหม่ จำแนกเป็นรายเดือนในคาบ 5 ปี
(2506-2510)

สถานี	เชียงราย			เชียงใหม่		
	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะนา วของแสง	จำนวน เมฆ	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะนา วของแสง	จำนวน เมฆ
มกราคม	467	8.3	2.0	493	9.0	2.0
กุมภาพันธ์	537	9.1	2.3	567	9.9	2.6
มีนาคม	507	7.8	2.1	580	9.1	2.9
เมษายน	625	8.3	3.9	643	9.2	3.7
พฤษภาคม	575	7.4	5.6	616	7.9	5.9
มิถุนายน	529	5.4	6.9	551	6.0	6.7
กรกฎาคม	491	4.5	7.0	498	4.9	7.0
สิงหาคม	486	4.6	7.2	495	4.8	7.1
กันยายน	515	5.7	6.56	529	6.1	6.6
ตุลาคม	491	6.9	5.0	517	7.5	5.4
พฤศจิกายน	470	7.3	3.5	504	8.2	4.2
ธันวาคม	429	7.2	3.2	471	8.6	4.1

ตาราง 32 แสดงค่าเฉลี่ยรายวันของพลังงานแสงอาทิตย์, ระยะเวลาของแสงอาทิตย์ และจำนวนเมฆของสถานีพิษณุโลก, เฉลย จำแนกเป็นรายเดือนในคาบ 5 ปี (2506-2510)

สถานี	พิษณุโลก			เฉย		
	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะเวลา ของแสง	จำนวน เมฆ	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะเวลา ของแสง	จำนวน เมฆ
มกราคม	500	8.6	3.5	479	8.3	2.1
กุมภาพันธ์	589	8.9	4.0	512	8.4	2.3
มีนาคม	569	8.6	3.8	513	7.6	2.6
เมษายน	642	9.3	4.6	603	8.0	3.6
พฤษภาคม	614	8.2	6.0	566	6.8	5.3
มิถุนายน	561	6.5	6.8	529	5.6	6.0
กรกฎาคม	516	5.7	7.1	493	5.4	6.5
สิงหาคม	527	7.3	7.2	469	4.8	6.5
กันยายน	509	5.5	6.8	436	5.1	6.0
ตุลาคม	525	7.5	5.4	496	6.9	4.2
พฤศจิกายน	525	8.5	4.1	487	7.4	3.0
ธันวาคม	453	8.5	4.0	460	7.8	2.8

ตาราง 33 แสดงค่าเฉลี่ยรายวันของพลังงานแสงอาทิตย์, ระยะเวลาของแสงอาทิตย์ และจำนวนเมฆของสถานีนครพนม, สกลนคร จำแนกเป็นรายเดือนในคาบ 5 ปี (2506-2510)

สถานี	นครพนม			สกลนคร		
	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะนาน ของแสง	จำนวน เมฆ	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะนาน ของแสง	จำนวน เมฆ
มกราคม	536	8.2	1.8	506	9.0	2.7
กุมภาพันธ์	490	7.7	2.9	531	8.6	3.3
มีนาคม	514	7.2	3.1	540	8.0	3.2
เมษายน	569	7.3	3.7	603	8.1	4.3
พฤษภาคม	548	6.3	5.4	579	7.1	5.9
มิถุนายน	482	4.3	6.3	522	5.3	6.5
กรกฎาคม	747	4.5	6.7	525	5.8	6.5
สิงหาคม	457	3.8	6.5	492	4.7	6.8
กันยายน	507	5.2	6.0	516	5.7	6.1
ตุลาคม	519	7.4	3.7	557	8.5	4.3
พฤศจิกายน	510	8.0	2.6	535	8.7	3.4
ธันวาคม	477	8.3	2.4	499	9.0	2.5

ตาราง 34 แสดงค่าเฉลี่ยรายวันของพลังงานแสงอาทิตย์, ระยะเวลาของแสงอาทิตย์
และจำนวนเมฆของสถานีขอนแก่น, ร้อยเอ็ด จำแนกเป็นรายเดือนในทศวรรษ 5 ปี
(2506-2510)

สถานี เดือน	ขอนแก่น			ร้อยเอ็ด		
	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะเวลา ของแสง	จำนวน เมฆ	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะเวลา ของแสง	จำนวน เมฆ
มกราคม	537	9.8	2.2	506	8.8	2.0
กุมภาพันธ์	539	9.0	2.9	529	8.5	2.8
มีนาคม	545	8.0	3.0	537	6.2	2.3
เมษายน	618	8.5	3.7	629	8.8	4.2
พฤษภาคม	605	7.9	5.2	633	8.3	5.7
มิถุนายน	560	6.5	5.9	592	6.9	6.1
กรกฎาคม	529	6.0	6.3	570	6.7	6.7
สิงหาคม	511	5.2	6.6	532	5.7	6.8
กันยายน	516	5.7	6.9	505	5.6	6.3
ตุลาคม	542	7.9	4.2	536	7.8	4.5
พฤศจิกายน	532	8.8	3.2	525	6.8	3.1
ธันวาคม	506	9.2	3.1	491	8.8	3.0

ตาราง 35 แสดงค่าเฉลี่ยรายวันของพลังงานแสงอาทิตย์, ระยะเวลาของแสงอาทิตย์ และจำนวนเมฆของสถานีอุบลราชธานี, นครราชสีมา จำนวนปีเป็นรายเดือนในทศวรรษ 5 ปี (2506-2510)

สถานี	อุบลราชธานี			นครราชสีมา		
	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะเวลา ของแสง	จำนวน เมฆ	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะเวลา ของแสง	จำนวน เมฆ
มกราคม	531	9.4	2.7	528	9.2	2.6
กุมภาพันธ์	561	9.3	3.8	560	9.1	3.8
มีนาคม	573	8.6	4.2	578	8.7	4.2
เมษายน	629	8.8	4.7	619	8.5	5.0
พฤษภาคม	604	7.9	5.5	610	7.9	5.8
มิถุนายน	572	6.8	6.0	568	6.7	6.3
กรกฎาคม	546	6.5	6.4	539	6.3	6.7
สิงหาคม	525	5.6	6.6	523	5.5	6.9
กันยายน	510	5.5	6.2	468	5.3	6.6
ตุลาคม	527	7.8	4.7	532	7.8	5.3
พฤศจิกายน	541	6.8	3.6	480	6.6	4.0
ธันวาคม	509	8.8	3.3	509	8.8	3.4

ตาราง 36 แสดงค่าเฉลี่ยรายวันของพลังงานแสงอาทิตย์, ระยะเวลาของแสงอาทิตย์ และจำนวนเมฆของสถานีสุรินทร์, นครสวรรค์ จำแนกเป็นรายเดือนในทศวรรษ 5 ปี (2506-2510)

สถานี เดือน	สุรินทร์			นครสวรรค์		
	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะเวลา ของแสง	จำนวน เมฆ	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะเวลา ของแสง	จำนวน เมฆ
มกราคม	523	6.9	3.1	534	9.0	3.2
กุมภาพันธ์	517	8.9	4.2	535	9.1	3.9
มีนาคม	577	6.6	4.5	569	6.5	4.2
เมษายน	653	9.5	5.3	621	9.1	4.6
พฤษภาคม	601	7.9	6.0	553	7.9	5.7
มิถุนายน	414	6.6	6.4	520	6.3	6.4
กรกฎาคม	541	6.4	6.9	535	5.8	6.8
สิงหาคม	548	6.2	7.1	494	5.6	6.8
กันยายน	542	6.0	6.8	474	5.4	6.8
ตุลาคม	546	7.7	5.7	504	7.6	5.7
พฤศจิกายน	545	8.5	4.6	491	8.7	4.4
ธันวาคม	509	6.8	4.0	486	6.9	4.2

ตาราง 37 แสดงค่าเฉลี่ยรายวันของพลังงานแสงอาทิตย์, ระยะเวลาของแสงอาทิตย์ และจำนวนเมฆของสถานีกรุงเทพฯ, จันทบุรี จำแนกเป็นรายเดือนในคาบ 5 ปี (2506-2510)

สถานี	กรุงเทพฯ			จันทบุรี		
	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะเวลา ของแสง	จำนวน เมฆ	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะเวลา ของแสง	จำนวน เมฆ
มกราคม	494	9.1	5.3	511	9.0	4.0
กุมภาพันธ์	532	8.9	4.8	525	8.7	5.3
มีนาคม	591	8.8	5.0	569	8.1	5.6
เมษายน	611	8.8	5.9	581	8.3	6.2
พฤษภาคม	525	7.2	6.4	489	6.1	6.8
มิถุนายน	517	6.4	6.6	458	4.7	7.1
กรกฎาคม	496	5.7	7.2	453	4.5	7.4
สิงหาคม	488	5.4	7.1	450	4.3	7.4
กันยายน	442	5.4	7.2	434	4.3	7.3
ตุลาคม	524	6.8	6.4	490	6.8	6.3
พฤศจิกายน	512	8.3	5.1	485	8.4	5.0
ธันวาคม	506	8.6	4.4	506	9.0	4.1

ตาราง 39 แสดงค่าเฉลี่ยรายวันของพลังงานแสงอาทิตย์, ระยะเวลาของแสงอาทิตย์
และจำนวนเมฆของสถานีภูเก็ต, สงขลา จำแนกเป็นรายเดือนในทาบ 5 ปี
(2506-2510)

สถานี	ภูเก็ต			สงขลา		
	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะเวลา ของแสง	จำนวน เมฆ	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะเวลา ของแสง	จำนวน เมฆ
มกราคม	491	8.3	4.2	512	8.3	6.0
กุมภาพันธ์	509	9.0	4.1	553	9.1	5.7
มีนาคม	622	9.2	4.6	602	8.7	5.5
เมษายน	589	8.3	5.4	611	8.8	5.9
พฤษภาคม	495	6.4	5.7	534	7.7	6.8
มิถุนายน	453	5.1	6.5	517	6.9	6.8
กรกฎาคม	486	5.6	6.6	525	6.8	6.8
สิงหาคม	400	5.7	6.7	510	6.8	7.0
กันยายน	464	5.0	6.6	510	6.3	6.7
ตุลาคม	478	5.9	6.4	475	6.0	6.8
พฤศจิกายน	460	6.6	5.6	411	5.3	6.2
ธันวาคม	497	7.8	4.9	418	5.7	5.9

ตาราง 39 แสดงค่าเฉลี่ยรายวันของพลังงานแสงอาทิตย์, ระยะเวลาของแสงอาทิตย์ และจำนวนเมฆของสถานีภูเก็ต, สงขลา จำแนกเป็นรายเดือนในทาบ 5 ปี (2506-2510)

สถานี	ภูเก็ต			สงขลา		
	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะเวลา ของแสง	จำนวน เมฆ	พลังงาน แสงอาทิตย์	ระยะเวลา ของแสง	จำนวน เมฆ
มกราคม	491	8.3	4.2	512	8.3	6.0
กุมภาพันธ์	589	9.8	4.1	553	9.1	5.7
มีนาคม	622	9.2	4.6	602	8.7	5.5
เมษายน	589	8.3	5.4	611	8.8	5.9
พฤษภาคม	495	6.4	5.7	534	7.7	6.8
มิถุนายน	453	5.1	6.5	517	6.9	6.8
กรกฎาคม	486	5.6	6.6	525	6.8	6.8
สิงหาคม	480	5.7	6.7	510	6.8	7.0
กันยายน	464	5.0	6.6	518	6.3	6.7
ตุลาคม	478	5.9	6.4	475	6.0	6.8
พฤศจิกายน	460	6.6	5.6	411	5.3	6.2
ธันวาคม	497	7.8	4.9	418	5.7	5.9

ตาราง 40 แสดงค่าพลังงานแสงอาทิตย์และปริมาณเมฆรายวันทั้ง 12 เดือน
ของสถานีกรุงเทพฯ ในช่วงปี พ.ศ. 2506-2510

วันที่	มกราคม		กุมภาพันธ์		มีนาคม		เมษายน	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	249.53	5.6	469.79	4.6	524.55	2.3	476.07	6.0
2	222.73	4.6	350.78	4.1	36.56	2.6	516.21	5.0
3	170.19	5.4	277.14	3.1	285.60	2.1	536.57	4.5
4			504.50	2.1	424.74	4.3	461.55	5.8
5	461.11	4.5	450.90	3.9	267.64	4.0	267.96	5.5
6	462.52	4.6	285.02	3.5	315.86	5.1	457.55	4.9
7	437.76	4.4	446.92	5.1	439.06	4.0	555.37	4.6
8	455.93	5.5	357.05	3.3	490.12	5.6	548.66	7.1
9	430.04	3.6	416.00	4.0	342.92	3.0	553.80	6.5
10	297.44	2.8	243.26	4.5	336.17	4.5	353.23	4.5
11	466.53	4.8	346.97	3.9	431.75	4.3	575.30	4.0
12	451.96	3.9	170.88	4.0	441.65	4.9	445.79	5.0
13	439.78	1.9	428.15	4.3	439.27	4.4	445.79	6.3
14	440.10	2.1	331.54	5.1	331.05	3.6	341.53	5.4
15	444.41	3.4	187.56	4.6	539.95	4.3	302.12	4.0
16	414.26	4.5	491.75	5.3	409.81	5.3	375.61	5.0
17	413.55	4.6	461.94	4.0	501.23	5.6	510.70	4.8
18	411.92	2.8	305.31	5.0	381.06	4.3	594.13	3.8
19	407.61	4.0	140.47	4.1	504.26	4.5	438.38	3.6
20	325.86	5.2	325.23	3.6	557.77	5.0	153.71	2.8
1	310.50	3.0	264.47	5.3	533.15	5.4	407.85	3.6
2	328.85	2.4	268.20	6.0	443.11	3.9	576.19	3.5
3	334.53	2.3	387.32	5.1	502.79	3.4	490.47	3.6
4	394.31	3.5	242.55	4.5	541.28	4.9	403.25	4.1
5	64.38	4.9	417.38	5.0	457.40	4.8	314.23	3.4
6	305.73	4.8	476.17	3.9	327.25	5.5	226.95	5.0
7	224.88	4.5	236.53	5.8	508.70	6.0	422.82	5.2
8	314.40	4.5	456.11	5.0	553.21	3.3	395.93	6.2
9	427.11	4.9	471.85	5.3	536.37	5.6	414.67	5.1
10	473.08	5.4			500.97	5.1	201.73	3.9
	460.65	5.3			538.27	4.9		

ตาราง 40 (ต่อ)

วันที่	พฤษภาคม		มิถุนายน		กรกฎาคม		สิงหาคม	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	275.51	4.4	408.35	7.0	397.31	7.6	402.75	7.6
2	310.54	4.6	130.57	7.1	368.74	7.4	423.54	7.5
3	178.80	5.3	273.56	7.3	344.51	7.0	394.54	7.8
4	144.29	6.4	325.12	7.4	395.75	7.9	392.67	7.5
5	453.91	4.1	389.75	7.0	260.52	8.0	355.92	7.5
6	373.76	3.6	373.27	5.9	209.84	8.0	394.85	7.3
7	115.31	5.3	551.67	5.6	495.58	7.6	373.75	7.4
8	362.96	4.3	392.90	6.3	305.46	7.0	439.77	7.9
9	331.30	4.9	432.46	7.8	369.14	6.3	195.60	7.9
10	188.31	4.1	402.75	7.5	355.43	6.3	201.28	7.6
11	486.65	5.1	361.09	7.0	537.29	6.4	325.04	7.0
12	454.96	4.3	431.67	6.0	451.13	7.3	385.95	7.4
13	443.59	3.3	520.04	5.0	526.16	7.4	316.75	7.3
14	425.47	5.9	434.99	6.4	435.96	6.4	347.30	7.2
15	327.47	3.5	401.36	6.1	344.86	6.9	486.63	6.5
16	468.85	3.6	360.07	8.0	289.64	7.0	158.10	5.8
17	619.81	3.9	537.71	7.0	361.09	7.0	416.82	6.8
18	460.64	4.4	510.73	6.4	387.33	6.6	382.70	6.9
19	579.28	5.3	461.90	6.0	357.77	7.8	396.67	7.3
20	595.68	7.5	433.60	6.0	405.19	6.8	369.95	6.5
21	559.71	7.3	452.76	6.6	373.41	7.6	331.57	6.9
22	432.71	5.5	523.08	5.9	408.68	7.8	358.07	7.4
23	451.16	5.3	412.75	7.5	428.42	7.5	387.31	7.5
24	498.58	6.6	531.04	7.4	373.12	7.6	407.96	7.8
25	482.33	7.5	273.40	6.6	324.81	7.8	454.16	7.5
26	465.78	7.5	407.86	7.5	445.54	7.9	465.76	7.3
27	384.09	6.0	367.51	7.0	329.35	7.8	553.19	6.8
28	374.25	6.9	261.39	6.8	362.32	7.9	478.20	7.5
29	323.97	6.8	197.80	7.3	382.69	6.9	460.62	7.5
30	343.25	6.8			449.53	7.0	462.27	7.4
31	349.87	6.4			308.40	6.4	512.46	7.0

ตาราง 40 (ต่อ)

วันที่	กันยายน		ตุลาคม		พฤศจิกายน		ธันวาคม	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	204.05	7.3	193.01	7.5	375.00	6.8	378.83	4.4
2	354.28	7.6	404.81	8.0	239.54	6.5	373.40	6.0
3	301.09	7.1	432.10	7.9	290.37	6.0	344.65	6.4
4	125.27	7.0	207.87	7.8	369.83	7.0	348.20	5.1
5	290.20	8.0	247.65	7.5	326.70	7.5	201.94	4.6
6	364.05	7.5	370.97	8.0	411.94	7.5	268.68	3.9
7	357.53	7.1	273.83	7.5	410.87	6.9	292.68	3.6
8	309.92	6.9	329.11	5.6	373.67	6.5	352.28	5.5
9	125.06	7.6	255.86	6.9	316.10	6.8	385.21	5.5
10	349.73	7.8	320.62	6.8	390.21	6.6	275.53	5.1
11	381.96	7.4	370.94	6.5	426.19	5.4	335.72	6.8
12	325.54	7.5	333.60	4.8	399.30	6.5	317.13	3.1
13	245.30	7.1	273.77	6.5	244.52	6.5	343.35	2.5
14	303.76	6.8	323.87	6.5	372.66	5.6	364.01	3.3
15	274.94	7.3	297.39	6.6	441.73	5.8	338.22	3.6
16	274.44	6.5	302.50	6.4	299.30	5.9	326.31	4.9
17	234.34	6.1	291.27	7.0	265.89	5.6	213.60	4.5
18	329.12	7.3	204.76	5.4	340.15	5.5	261.41	3.5
19	275.20	6.8	344.47	5.3	401.90	5.1	350.22	3.2
20	263.56	7.3	328.20	6.3	213.92	5.0	298.25	2.6
21	360.54	6.9	84.92	4.6	366.90	6.5	339.42	5.1
22	500.44	6.5	265.77	5.3	384.36	4.0	390.90	2.1
23	504.50	7.9	369.50	5.4	379.32	6.5	349.04	2.3
24	482.57	7.6	382.90	5.4	290.01	6.5	342.79	4.4
25	366.94	7.0	343.60	7.1	222.64	6.0	357.74	3.5
26	426.53	7.5	372.92	7.1	356.35	7.6	196.74	4.5
27	462.27	7.1	340.03	7.1	267.02	5.5	249.53	6.0
28	379.94	6.9	372.50	7.4	236.05	5.0	115.80	5.6
29	452.29	7.5	364.15	7.3	279.99	5.5	344.30	3.4
30	471.21	7.5	376.48	7.6	297.06	5.1	110.68	2.3
31			346.85	6.4			270.77	2.9

ตาราง 40 (ต่อ)

วันที่	มกราคม		กุมภาพันธ์		มีนาคม		เมษายน	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	426.40	5.3	370.71	6.3	474.30	6.5	267.62	4.9
2	313.64	5.6	399.83	5.9	450.30	5.4	501.00	4.5
3	355.50	6.0	407.20	3.5	450.09	5.0	491.66	4.4
4	464.23	5.6	435.63	5.1	522.51	4.5	500.27	3.9
5	466.41	3.9	411.43	5.3	402.49	3.1	452.61	4.0
6	450.97	3.9	330.56	6.9	465.92	4.9	525.71	4.0
7	459.44	4.0	301.71	6.0	550.87	4.1	494.92	4.5
8	420.12	2.9	365.24	5.5	505.76	3.4	494.34	6.1
9	404.67	3.0	477.39	3.1	482.47	6.4	501.66	5.0
10	433.41	2.6	230.49	6.0	355.16	7.1	507.09	3.9
11	430.15	3.0	101.33	7.5	406.39	6.1	451.24	4.6
12	450.42	3.0	429.06	6.3			194.97	5.4
13	390.30	3.0	400.00	5.1	400.64	3.4	228.17	6.6
14	423.30	3.5	439.01	5.0	472.09	2.8	503.20	6.6
15	445.75	3.9	470.59	4.0	463.49	3.1	513.04	6.3
16	452.50	3.1	475.33	4.1	424.02	3.6	501.48	5.6
17	397.73	5.0	447.26	5.0			562.22	5.3
18	337.05	6.0	461.06	4.5	435.00	5.0	580.94	5.9
19	242.95	7.3	401.27	5.4	469.23	5.9	507.00	5.5
20	445.15	6.6	355.43	5.6	475.52	5.9	600.16	5.0
21	447.42	5.1	310.57	6.9	400.47	4.6	509.19	6.9
22	302.36	4.6	409.14	4.6	506.70	5.8	386.01	6.5
23	377.70	3.9	401.42	4.1	393.01	4.9	532.00	7.3
24	409.70	3.0	475.50	5.3	247.90	5.6	564.09	7.1
25	423.45	4.0	409.47	4.6	315.70	6.6	543.00	6.0
26	440.34	4.9	490.27	5.9	342.42	5.6	390.51	7.3
27	366.23	2.6	511.39	5.3	442.31	5.8	507.00	7.0
28	490.56	1.5	503.61	4.4	213.32	4.1	459.47	7.3
29	509.20	1.3	472.42	5.5	419.09	6.1	299.46	6.8
30					491.26	4.5	355.66	6.8
31	501.00	2.5			499.69	4.8		

ตาราง 40 (ต่อ)

วันที่	พฤษภาคม		มิถุนายน		กรกฎาคม		สิงหาคม	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	505.52	6.3	563.74	5.4	416.93	7.0	457.76	5.7
2	499.39	7.1	562.40	5.0	401.38	6.8	276.90	6.5
3	496.13	7.0	473.97	7.5	96.25	7.5	423.04	6.8
4	329.03	7.4	525.02	7.0	145.11	7.4	333.98	7.0
5	403.65	7.4	127.23	6.6	217.04	7.1	264.72	8.0
6	394.39	7.5	384.55	6.9	271.20	6.9	306.36	7.9
7	295.57	7.6	468.52	7.0	266.82	6.9	460.96	7.5
8	405.99	7.8	463.65	6.5	465.29	6.4	425.48	7.1
9	322.13	8.0	517.49	6.4	376.19	7.0	349.49	7.6
10	331.14	7.5	438.09	6.9	287.13	7.5	289.07	7.8
11	116.93	7.0	613.05	6.4	405.18	7.0	336.75	7.8
12	468.28	7.4	503.92	6.0	208.92	8.0	578.28	7.9
13	279.89	7.5	535.08	6.5	521.95	7.3	495.06	7.6
14	304.00	7.8	498.00	7.0	362.15	7.0	526.98	8.9
15	399.31	7.3	394.65	7.0	412.97	7.3	364.26	7.9
16	432.01	7.4	467.39	6.8	573.44	6.5	218.68	7.8
17	539.82	6.9	306.70	7.0	520.47	5.3	479.28	7.1
18	350.62	7.1	441.73	6.8	567.01	6.5	498.57	6.5
19	467.14	7.1	495.56	5.8	328.37	7.5	583.50	6.8
20	449.87	7.3	391.30	7.8	309.53	7.6	455.77	7.1
21			292.57	8.0	302.64	7.9	506.68	6.8
22	429.86	7.3	383.76	7.6	600.08	7.5	350.30	7.3
23	270.64	7.4	325.04	7.0	515.62	6.6	335.35	7.5
24	360.04	7.8	393.73	7.3	522.19	7.1	307.97	7.9
25	165.73	7.9	460.07	7.0	296.87	7.6	338.28	7.8
26	294.50	7.9	154.52	8.0	256.57	7.5	408.44	7.0
27	292.39	7.5	150.45	7.8	493.38	7.1	213.31	7.9
28	527.08	7.3	200.14	6.9	423.79	5.5	264.30	7.9
29	602.03	6.5	105.00	7.0	615.51	5.1	406.24	7.5
30	506.09	6.3	355.32	7.0	516.82	6.0	474.78	7.5
31	499.47	6.9			522.10	7.1	303.60	7.4

ตาราง 40 (ต่อ)

วันที่	กันยายน		ตุลาคม		พฤศจิกายน		ธันวาคม	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	295.56	7.6	343.47	8.0	448.23	5.0	262.03	4.3
2	471.29	7.0	375.14	7.6	280.05	7.0	363.97	5.1
3	392.20	6.1	302.31	7.6	384.08	7.1	266.33	7.5
4	343.80	6.4	206.56	7.9	475.50	7.4	407.62	4.6
5	117.36	7.0	299.27	7.5	398.12	4.8	372.14	5.3
6	353.21	7.0	465.85	6.5	345.92	6.3	426.06	2.9
7	322.03	7.3	367.03	6.6	348.36	6.1	429.79	2.5
8	316.68	6.8	467.36	6.8	420.62	5.0	403.55	2.6
9	313.75	6.9	226.31	7.9	396.31	6.4	472.82	2.6
10	364.01	7.1	484.19	6.5	168.33	7.8	462.51	1.3
11	472.11	7.1	314.49	7.3	292.08	7.8	447.40	2.0
12	227.60	7.6	292.79	6.9	282.49	8.0	405.18	3.3
13	267.71	7.6	403.24	7.5	416.77	7.0	365.14	5.9
14	377.58	7.4	470.40	7.0	474.53	5.6	423.06	5.9
15	206.49	7.9	300.45	7.5	421.68	5.9	443.10	5.4
16	535.71	7.8	332.92	7.3	493.14	7.0	348.83	5.0
17	512.37	7.4	499.71	6.8	338.35	7.4	348.35	6.3
18	458.45	7.5	315.31	6.5	208.67	8.0	361.90	6.8
19	451.71	7.3	491.27	7.1	338.11	7.6	445.56	4.6
20	312.62	7.6	537.53	5.9	291.23	7.1	442.06	3.3
21	181.07	7.6	397.64	7.3	370.16	6.3	495.00	1.0
22	308.80	7.9	230.36	7.1	444.09	4.4	443.44	2.5
23	99.63	8.0	497.27	6.9	465.52	5.0	433.03	2.5
24	115.87	8.0	127.24	7.4	408.34	3.1	428.50	2.3
25	435.33	7.6	377.80	6.8	483.25	2.9	459.53	1.6
26	343.23	6.7	439.55	6.6	485.75	1.8	470.64	3.0
27	359.70	7.8	424.91	6.4	402.36	1.4	416.91	1.8
28	320.77	7.9	406.40	6.6	433.86	4.4	571.96	2.9
29	232.46	7.8	408.17	6.6	411.68	6.5	468.20	1.8
30	442.77	7.8	512.57	6.3	300.17	6.1	467.70	3.5
31			529.92	5.1			446.93	1.9

ตาราง 40 (ต่อ)

วันที่	มกราคม		กุมภาพันธ์		มีนาคม		เมษายน	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	456.81	2.0	473.40	4.3	419.42	4.5	402.20	6.0
2	444.65	3.5	355.68	4.1	522.93	3.0	546.23	5.0
3	414.69	4.8	376.76	5.0	557.51	5.0	527.47	5.1
4	455.03	4.8	354.53	5.9	474.17	5.0	541.03	4.5
5	422.97	3.9	463.31	4.9	571.40	4.6	510.40	5.0
6	345.58	3.1	409.86	3.5	527.24	4.0	566.28	5.0
7	387.54	3.6	499.87	4.5	257.00	7.6	537.31	5.5
8	440.16	2.6	454.73	4.8	444.97	6.9	443.35	6.9
9	218.10	6.1	446.82	4.6	526.81	5.5	510.75	5.6
10	314.48	7.6	418.19	5.5	495.30	4.6	544.28	5.9
11	376.69	5.0	27.93	6.9	476.07	5.5	600.66	6.0
12	452.76	4.0	460.51	5.1	449.29	6.0	499.95	7.1
13	472.48	4.3	407.15	6.0	534.20	6.6	282.67	6.3
14	471.20	3.9	407.38	6.4	484.81	5.8	550.53	6.1
15	413.94	3.4	377.81	5.5	429.55	6.4	581.05	6.1
16	509.38	2.0	468.85	4.6	320.37	7.1	517.87	6.4
17	474.71	3.3	479.82	6.5	416.88	4.0	575.38	6.1
18	512.13	0.9	500.75	6.0	373.76	5.6	430.36	5.4
19	487.36	4.4	453.07	5.0	466.10	5.6	584.56	5.0
20	430.36	6.0	512.62	5.9	464.80	5.8	196.50	6.1
21	496.71	2.4	487.45	5.3	451.47	6.3	553.20	6.0
22	472.09	0.4	511.57	5.5	482.31	5.3	541.61	3.9
23	371.90	1.0	475.01	6.0	424.35	6.3	548.11	4.3
24	331.21	2.9	294.43	7.0	474.20	5.5	562.14	5.5
25	270.26	0.0	454.47	5.6	490.44	5.0	598.60	6.1
26	493.61	0.9	311.22	6.8	511.48	4.6	525.70	6.9
27	461.69	2.0	275.75	7.9	650.54	4.0	597.86	4.9
28	464.70	1.9	380.02	6.9	549.15	2.6	575.14	4.0
29	399.49	4.9			525.93	5.0	611.93	4.5
30	294.98	5.8			430.62	5.6	609.96	3.0
31	434.10	5.0			515.29	6.1		

ตาราง 40 (ต่อ)

วันที่	พฤษภาคม		มิถุนายน		กรกฎาคม		สิงหาคม	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	474.46	5.0	289.75	7.5	554.35	5.3	372.47	6.0
2	556.90	6.0	424.93	7.6	506.11	5.0	492.06	6.5
3	444.55	7.1	536.64	7.0	419.01	5.0	455.77	7.4
4	469.65	7.3	407.15	6.6	571.41	2.6	431.41	7.3
5	441.00	7.4	312.70	7.6	470.06	5.0	402.50	6.8
6	230.53	7.4	410.62	7.0	417.60	7.3	514.73	6.9
7	420.75	7.0	363.20	6.9	410.77	7.0	375.95	7.7
8	302.54	7.3	397.56	7.4	434.76	7.0	237.61	7.9
9	563.05	6.6	430.37	6.6	490.00	6.4	495.33	6.3
10	544.02	6.9	346.97	7.9	301.96	7.6	497.40	7.0
11	515.29	6.4	302.30	7.6	424.11	7.4	545.64	6.6
12	609.82	5.0	283.40	7.8	307.83	7.8	416.76	6.9
13	363.60	7.5	321.79	7.8	245.39	8.0	400.51	7.3
14	279.00	7.1	326.58	7.6	470.58	7.1	329.58	7.6
15	573.48	5.3	379.70	7.4	475.75	7.0	207.05	7.6
16	475.90	6.3	406.23	7.3	300.24	7.5	331.54	7.6
17	299.87	7.9	349.98	7.0	463.41	7.4	457.63	6.0
18	376.68	7.5	343.62	7.8	513.35	5.6	391.22	7.3
19	572.55	5.4	312.04	8.0	500.79	7.0	372.37	7.9
20	382.36	7.1	320.77	7.9	503.72	5.0	256.35	7.0
21	344.04	7.3	300.50	7.9	597.95	5.0	290.00	7.4
22	522.93	7.1	252.62	8.0	430.62	6.9	203.30	7.6
23	363.22	7.1	312.06	8.0	410.99	7.5	306.12	7.1
24	463.00	7.6	134.54	7.8	206.00	7.9	360.00	7.8
25	490.67	7.3	267.94	6.0	252.19	7.9	490.24	7.1
26	405.25	7.4	470.22	5.4	299.62	7.0	324.40	7.4
27	397.00	7.6	527.24	5.9	165.34	7.0	399.75	7.1
28	301.17	8.0	522.36	6.6	333.73	8.0	370.27	7.1
29	174.83	7.9	130.04	7.5	300.83	7.6	206.00	7.4
30	379.10	7.9	336.98	7.5	433.07	7.4	399.43	7.4
31	303.41	7.6			470.30	7.0	379.22	7.4

ตาราง 40 (ต่อ)

วันที่	กันยายน		ตุลาคม		พฤศจิกายน		ธันวาคม	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	470.97	6.8	481.24	7.0	350.54	6.6	406.80	5.4
2	254.42	7.6	466.65	6.6	380.50	6.5	471.29	5.4
3	441.37	7.6	171.03	7.0	474.22	6.5	470.96	5.8
4	426.21	7.5	282.50	6.9	353.70	6.0	440.37	6.9
5	379.70	7.1	319.60	7.4	403.33	6.1	431.03	5.0
6	353.71	7.9	431.90	7.1	530.92	6.4	351.26	6.0
7	472.81	7.4	446.03	7.0	515.80	6.1	400.51	5.1
8	514.47	7.3	356.23	7.4	515.00	6.1	400.51	5.1
9	401.76	7.6	233.53	6.9	449.52	6.6	390.01	6.9
10	344.53	7.6	450.30	6.0	442.00	4.4	414.06	6.1
11	450.22	7.4	407.63	7.5	532.02	7.3	463.92	6.6
12	401.20	6.4	312.29	7.4	497.66	5.3	350.65	7.0
13	505.55	6.0	515.29	6.6	534.23	3.4	446.84	6.1
14	03.00	7.6	397.00	6.8	510.31	3.3	406.30	4.6
15	210.02	7.8	305.70	6.0	533.96	3.5	419.22	4.5
16	336.90	6.1	400.43	5.4	449.37	5.5	469.33	5.9
17	191.30	6.9	462.03	6.0	352.40	6.4	235.31	6.5
18	320.29	7.5	379.20	7.0	371.65	6.1	455.93	5.4
19	221.50	6.0	364.48	5.5	410.90	6.6	464.15	4.9
20	310.12	7.6	430.84	4.0	367.53	6.3	460.97	1.6
21	227.61	7.9	463.31	5.4	490.01	5.4	306.37	6.4
22	200.11	7.9	366.94	6.9	503.92	5.4	371.09	5.0
23	270.83	7.3	322.70	7.1	427.12	4.2	469.22	3.1
24	231.41	7.3	329.92	7.0	336.64	2.9	405.67	3.3
25	220.07	7.3	367.03	6.0	511.57	2.0	460.04	5.6
26	310.10	6.9	225.16	6.6	404.11	4.1	470.51	4.4
27	345.50	7.0	419.00	6.0	426.06	5.4	407.93	3.1
28	373.02	7.0	330.40	6.0	511.00	4.3	450.00	5.3
29	367.00	7.3	316.44	7.1	502.54	4.5	474.60	5.5
30	323.75	6.0	290.01	7.3	496.36	4.4	407.45	4.9
31			343.47	6.3			460.41	4.0

ตาราง 40 (ต่อ)

วันที่	มกราคม		กุมภาพันธ์		มีนาคม		เมษายน	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	503.43	2.1	474.69	5.9	533.97	3.1	513.43	6.1
2	500.10	2.0	413.00	5.0	134.00	5.5	367.60	6.5
3	475.35	5.0	447.90	7.0	519.60	6.1	607.62	3.8
4	465.61	5.9	477.02	6.6	550.46	2.9	543.12	4.6
5	465.25	4.0	455.30	4.0	531.07	1.4	403.96	5.4
6	422.47	3.9	214.37	6.6	566.45	2.0	560.00	6.0
7	470.52	3.1	405.26	4.0	531.05	2.0	513.50	5.0
8	469.07	4.9	406.00	3.4	579.45	1.9	544.37	5.5
9	433.29	6.0	472.33	2.0	450.43	4.3	594.30	5.1
10	443.35	6.0	426.30	3.9	467.23	5.4	552.04	6.0
11	422.02	5.3	436.71	3.9	533.41	4.1	500.22	6.6
12	424.20	3.9	440.33	3.9	426.22	4.1	510.44	7.0
13	433.22	4.0	362.00	5.9	285.50	6.5	450.47	6.9
14	460.39	4.4	464.30	5.6	506.19	5.0	517.04	6.1
15	353.21	5.4	371.10	5.3	460.32	5.6	551.93	5.3
16	420.03	5.5	403.70	5.9	539.17	4.0	411.43	5.5
17	447.09	4.9	220.41	5.5	439.52	4.6	577.11	5.3
18	419.09	6.0	340.46	3.6	510.49	4.5	543.72	5.0
19	429.22	5.4	441.30	4.5	560.52	3.4	335.04	6.2
20	449.52	4.0	445.77	5.4	509.36	4.0	506.04	6.5
21	410.17	3.6	416.23	6.0	545.90	4.6	551.37	7.0
22	432.54	5.9	200.32	6.4	223.70	5.4	500.37	6.9
23	415.90	5.6	519.92	5.5	532.33	5.5	435.22	6.0
24	433.20	6.1	226.07	7.0	559.54	4.0	560.70	6.0
25	359.14	5.4	204.30	7.3	560.43	4.0	339.00	6.5
26	340.60	5.6	413.30	5.0	592.02	3.3	565.00	6.4
27	401.61	6.0	449.57	4.6	463.00	5.5	624.43	6.1
28	280.94	7.0	490.69	4.4	460.53	6.3	600.56	6.9
29	342.60	6.3			449.42	5.0	364.50	5.5
30	452.04	5.6			409.32	6.0	505.34	6.3
31	433.14	6.6			551.67	5.5		

ตาราง 40 (ต่อ)

วันที่	พฤษภาคม		มิถุนายน		กรกฎาคม		สิงหาคม	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	545.66	6.5	572.77	7.1	411.32	7.0	504.67	6.9
2	490.12	6.6	547.30	6.5	406.72	7.0	510.73	7.3
3	430.91	6.8	500.43	7.4	331.39	6.0	410.19	7.0
4	366.20	7.4	524.72	7.4	421.50	7.5	317.01	6.0
5	367.11	6.0	410.90	7.6	307.56	7.5	353.22	7.6
6	331.53	7.5	242.21	7.4	531.29	6.0	375.47	7.0
7	303.91	7.9	334.69	7.0	570.95	6.5	507.90	6.9
8	300.43	7.9	430.40	6.9	430.96	6.9	510.50	7.6
9	373.20	7.5	525.62	7.3	510.06	7.1	307.60	7.8
10	520.25	7.0	593.65	6.1	514.73	6.5	322.71	6.0
11	384.88	7.6	577.32	5.9	556.95	6.3	528.70	7.6
12	566.20	5.6	463.75	6.4	599.33	6.0	304.76	7.0
13	571.64	5.1	402.74	6.9	445.53	7.5	331.51	7.8
14	573.75	5.6	440.40	7.4	402.00	7.4	447.67	7.9
15	362.63	7.5	414.70	6.9	359.15	7.5	191.01	7.0
16	441.96	7.0	500.21	6.0	400.42	7.5	400.21	7.4
17	307.42	7.0	497.76	7.0	407.20	7.4	262.93	6.0
18	250.75	7.9	479.65	7.0	429.54	7.6	452.05	7.4
19	472.57	7.1	400.79	7.6	365.67	7.5	462.42	7.9
20	437.66	7.4	595.37	6.0	373.27	7.0	510.07	7.3
21	391.13	6.0	375.19	6.9	377.50	7.3	475.10	6.0
22	323.74	7.5	417.10	7.4	430.04	7.4	503.08	7.4
23	339.41	7.9	394.60	7.5	362.41	7.4	334.90	7.6
24	257.66	7.9	333.16	7.3	442.37	6.0	346.47	7.5
25	349.21	7.6	499.61	7.4	310.43	7.4	319.11	7.9
26	341.92	7.0	434.35	7.0	373.51	7.0	425.39	7.5
27	370.43	7.4	470.77	7.1	305.64	7.9	467.07	7.0
28	236.04	7.6	509.36	6.1	219.00	8.0	290.67	6.0
29	513.75	7.3	474.13	6.9	147.60	7.6	312.29	6.0
30	369.70	7.6	331.73	6.0	412.20	7.3	392.43	7.5
31	406.07	7.5			515.07	7.0	351.92	6.0

ตาราง 40 (ต่อ)

วันที่	กัญชายน		ตุลาคม		พฤศจิกายน		ธันวาคม	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	295.17	7.8	462.57	6.5	433.59	6.0	336.54	6.5
2	391.85	7.5	432.07	7.3	512.37	2.6	362.00	6.1
3	425.97	7.2	479.10	6.4	510.30	2.9	305.95	6.5
4	431.99	7.6	418.81	7.0	470.34	3.0	401.24	6.6
5	370.09	7.6	425.60	7.5	517.42	5.5	413.15	5.3
6	461.45	7.6	305.13	7.6	507.25	2.0	443.90	7.0
7	499.39	7.3	634.76	7.4	495.77	3.5	207.77	5.3
8	373.27	7.3	364.76	7.4	405.97	2.8	362.70	6.1
9	331.95	8.0	377.32	7.3	471.61	2.6	412.01	5.6
10	362.94	7.9	340.91	7.9	462.44	3.6	405.52	5.6
11	342.58	6.7	447.09	7.5	439.50	5.3	449.70	6.4
12	475.60	7.0	421.10	5.9	475.09	4.4	447.30	5.8
13	409.24	7.6	434.41	4.4	410.02	4.9	309.63	6.6
14	372.79	7.5	370.03	6.4	301.37	5.9	419.62	6.3
15	381.06	7.2	542.74	5.6	376.52	6.0	201.44	7.0
16	440.94	7.0	319.60	5.0	204.92	6.1	201.42	7.4
17	526.18	6.5	400.01	7.0	447.09	5.0	300.72	6.9
18	207.69	8.0	492.63	6.0	431.92	6.3	355.34	6.1
19	319.37	7.0	321.06	6.5	321.06	6.6	420.33	5.6
20	259.69	7.3	463.16	5.6	451.55	6.1	349.73	6.5
21	321.70	7.2	475.94	5.1	405.94	5.6	410.60	6.3
22	562.97	6.1	525.62	5.4	312.52	6.1	379.46	6.6
23	584.84	5.1	360.40	6.9	409.73	2.5	353.10	5.4
24	596.24	4.0	79.26	0.0	424.12	5.5	310.86	6.1
25	502.72	5.0	323.74	7.0	427.05	5.0	405.93	6.1
26	560.07	6.0	413.07	7.0	300.45	6.0	395.10	7.4
27	550.53	5.5	364.47	5.6	234.67	7.5	104.51	0.0
28	304.73	7.5	472.59	6.0	391.67	5.4	361.03	7.1
29	341.04	7.3	396.74	6.0	422.00	4.9	432.00	5.0
30	419.54	7.2	490.02	5.5	291.75	6.0	470.30	4.0
31			420.13	6.0			433.06	4.0

ตาราง 40 (ต่อ)

วันที่	มกราคม		กุมภาพันธ์		มีนาคม		เมษายน	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	309.66	5.1	230.40	7.0	495.25	4.5	563.27	2.6
2	276.07	7.0	329.80	6.0	470.57	5.1	576.47	2.0
3	423.00	5.0	476.08	5.5	460.29	6.4	539.42	2.8
4	310.57	7.0	459.50	2.6	335.69	5.5	537.70	3.6
5	329.11	7.5	497.76	2.0	492.03	5.1	507.77	5.4
6	270.59	6.0	430.96	3.0	220.02	6.1	401.53	6.5
7	466.25	5.4	417.36	4.0	312.26	7.0	467.79	6.5
8	335.05	6.9	470.44	3.5	465.01	6.3	514.40	6.1
9	495.05	5.0	527.32	3.0	491.42	6.0	550.12	5.6
10	430.71	4.3	475.26	2.0	406.30	5.0	476.04	5.5
11	400.49	3.5	420.16	4.1	430.01	6.0	497.77	5.9
12	460.76	3.1	416.95	4.0	407.35	5.4	555.41	5.0
13	465.13	2.4	491.90	2.9	404.69	5.0	512.43	6.0
14	435.72	4.3	490.47	3.1	441.27	6.3	256.24	6.6
15	434.10	4.0	507.04	4.0	403.41	6.5	370.87	6.0
16	469.33	5.6	510.30	3.5	450.40	5.6	406.25	6.0
17	477.12	5.1	492.22	4.5	461.53	4.0	530.12	5.0
18	474.21	5.0	144.53	5.1	296.30	5.0	524.55	6.1
19	307.00	6.0	470.45	5.6	531.29	3.4	572.39	3.6
20	332.60	7.5	470.74	5.1	551.05	3.5	520.14	4.9
21	348.34	6.9	00.31	5.3	239.64	4.1	430.03	7.0
22	431.06	4.3	202.05	4.4	510.07	4.3	503.93	6.0
23	240.39	6.6	522.59	3.4	505.09	5.4	415.29	6.0
24	250.00	6.0	392.93	5.5	522.94	4.0	390.00	6.5
25	372.54	7.5	392.93	5.5	547.05	5.6	350.54	6.5
26	447.91	6.0	445.46	5.9	392.35	5.0	491.22	5.3
27	467.46	5.4	445.46	6.5	511.32	5.3	536.40	6.1
28	471.77	4.0	309.21	6.5	462.50	3.0	449.09	6.6
29	475.02	5.3			525.13	3.4	568.90	6.1
30	400.90	4.1			519.99	4.1	573.04	5.1
31	394.13	6.6			537.54	4.0		

ตาราง 40 (ต่อ)

วันที่	พฤษภาคม		มิถุนายน		กรกฎาคม		สิงหาคม	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	560.52	5.1	500.36	5.9	527.31	7.1	417.68	7.5
2	521.79	5.5	249.27	7.4	156.32	7.6	301.77	7.8
3	494.19	6.4	241.33	7.6	525.85	6.1	293.37	8.0
4	553.76	6.8	304.06	6.9	547.20	5.3	406.02	7.6
5	459.76	7.3	381.00	7.1	450.12	6.1	328.86	7.9
6	437.81	7.0	420.74	7.4	521.07	6.0	307.40	7.9
7	197.07	7.6	354.16	7.4	399.75	6.8	319.14	8.0
8	250.75	7.4	313.08	6.8	286.06	7.3	387.58	8.0
9	254.57	7.4	391.53	6.9	301.72	6.9	433.20	7.8
10	281.60	7.4	477.93	7.1	423.22	7.1	444.67	7.6
11	535.67	6.4	412.75	6.9	442.30	6.9	466.56	7.1
12	459.33	7.0	421.67	7.0	509.60	6.0	444.49	7.4
13	478.59	7.3	524.06	6.9	276.58	7.0	316.34	7.0
14	470.06	7.4	359.08	7.5	180.94	7.9	353.45	7.0
15	260.55	7.6	522.51	6.6	294.51	8.0	409.74	7.3
16	430.73	7.3	469.22	6.4	189.21	8.0	388.63	7.6
17	404.28	7.6	518.86	5.9	425.49	8.0	314.56	8.0
18	402.09	7.4	260.21	6.9	402.57	7.6	316.59	7.9
19	491.50	7.4	469.35	6.5	550.61	5.4	284.52	8.0
20	400.25	6.8	506.84	6.5	544.70	7.1	356.24	7.8
21	500.99	6.9	594.13	6.0	526.09	7.6	290.94	7.6
22	294.74	7.5	601.63	4.1	560.27	7.0	136.42	7.9
23	430.27	7.3	502.37	4.3	332.69	7.4	324.00	7.6
24	455.44	6.9	490.93	6.8	365.39	7.5	429.55	7.3
25	346.09	7.3	467.65	7.3	200.05	8.0	296.30	7.1
26	427.73	6.9	534.04	6.9	376.77	7.7	240.80	7.3
27	540.23	5.3	502.52	6.5	197.00	7.9	346.15	8.0
28	472.25	6.8	451.46	7.1	413.31	7.6	375.80	7.3
29	474.44	5.8	509.45	7.0	462.28	7.1	363.44	7.4
30	546.95	4.9	446.58	7.3	401.51	7.0	200.99	7.6
31	460.04	7.0			504.74	7.1	377.58	7.5

ตาราง 40 (ต่อ)

วันที่	กันยายน		ตุลาคม		พฤศจิกายน		ธันวาคม	
	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ	ปริมาณ พลังงาน แสงอาทิตย์	ปริมาณ เมฆ
1	206.39	8.0	100.13	7.9	396.25	3.1	361.35	6.6
2	243.90	7.9	110.32	8.0	512.13	3.6	391.64	5.1
3	467.22	6.4	530.60	6.3	514.63	3.1	311.44	4.9
4	403.61	5.9	346.47	6.9	531.10	2.3	409.07	3.4
5	411.60	7.5	266.90	7.0	400.82	4.1	452.52	3.1
6	292.23	7.6	256.83	7.6	500.79	3.6	470.19	3.5
7	413.67	7.3	205.76	7.6	455.65	4.6	479.41	4.4
8	512.06	6.0	305.71	6.9	227.94	4.6	359.70	4.0
9	356.97	6.6	444.50	5.0	303.03	6.3	474.14	3.0
10	201.75	7.0	104.33	7.9	402.74	5.0	469.04	3.4
11	433.04	7.5	136.64	7.3	206.89	5.5	417.53	3.6
12	304.15	7.1	323.43	6.5	214.04	6.0	446.12	2.5
13	334.30	7.3	346.49	5.0	199.20	6.0	475.02	2.4
14	453.90	7.3	432.73	6.0	402.75	5.5	524.69	2.0
15	361.03	7.1	470.95	6.1	402.76	5.0	404.19	2.3
16	303.99	6.6	502.31	6.9	356.70	5.0	440.02	5.6
17	342.10	7.0	498.25	6.9	225.24	5.5	456.51	4.5
18	393.49	7.5	400.75	5.9	455.70	4.1	450.00	5.9
19	330.73	7.4	507.30	6.5	376.99	3.6	434.41	5.4
20	200.25	7.5	506.10	5.0	400.04	4.0	550.21	4.3
21	311.56	7.5	494.42	6.8	453.32	3.1	447.90	3.9
22	309.10	7.1	200.34	7.0	457.50	3.4	475.40	3.0
23	377.17	7.3	304.00	7.0	438.72	4.0	570.51	3.0
24	211.04	8.0	360.07	6.6	453.34	4.0	559.35	3.0
25	315.46	7.6	400.45	6.3	420.74	4.3	470.40	4.1
26	290.70	7.9	526.66	5.3	405.90	5.3	543.33	3.3
27	450.02	7.1	465.50	5.1	315.31	6.5	590.70	2.8
28	389.43	6.9	523.66	3.4	306.51	6.5	594.77	3.2
29	365.19	7.5	462.04	4.4	206.47	6.4	572.00	2.6
30	429.31	7.3	377.01	5.0	303.12	6.0	423.90	3.4
31			495.00	4.0			450.31	4.0

การวิเคราะห์การกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

บทคัดย่อ
ของ
ผุ่สกี รอดบรู๋

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
ธันวาคม 2527

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์การกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์ลักษณะการกระจายของพลังงานแสงอาทิตย์ในประเทศไทย วิธีการที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลค่าความยาวนานของแสงอาทิตย์รายวัน ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์รายวัน จากกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 18 สถานี เป็นเวลา 5 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2506-2510 แล้วนำข้อมูลไปวิเคราะห์ลักษณะการกระจายความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์

ผลของการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1. ลักษณะการกระจายความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ประจำวัน มีค่าสูงในช่วงเวลา 10 นาฬิกาถึง 14 นาฬิกา
2. ค่าความแปรปรวนของความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์มีมากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม
3. ค่าความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในช่วงที่ได้รับแสงอาทิตย์ทั้งดวงในเดือนเมษายนและเดือนสิงหาคม กับเดือนที่ได้รับแสงอาทิตย์เฉียงที่สุด คือ เดือนธันวาคม และเดือนมกราคมจะมีค่าความเข้มต่างกันไม่มาก
4. ค่าเฉลี่ยความเข้มของพลังงานแสงอาทิตย์ในแต่ละเดือนมีค่าต่างกันไม่มาก

ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF SOLAR ENERGY IN THAILAND

AN ABSTRACT

BY

PUSSADEE RAUERHOO

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University

December, 1984

Analysis of the distribution of solar energy in Thailand.

The main purpose of this study was to analyze the distribution of solar energy in Thailand. The research of this study was to collect the daily duration of sunshine and the intensity of solar energy data from 1963 to 1967 for 18 stations operated by Meteorological Department. The data were analyzed in forms of pattern of intensity and relative variability.

The results of the study were:

1. The daily distribution of solar energy was high between 10.00 to 14.00 o'clock.
2. Monthly relative variability of solar energy was higher from May to October.
3. The intensity of solar energy in the period of the sun's rays strike vertically in April and August compared to slanting rays in December and January was not significantly different.
4. The average of the intensity of solar energy in each month of Thailand was not significantly different.