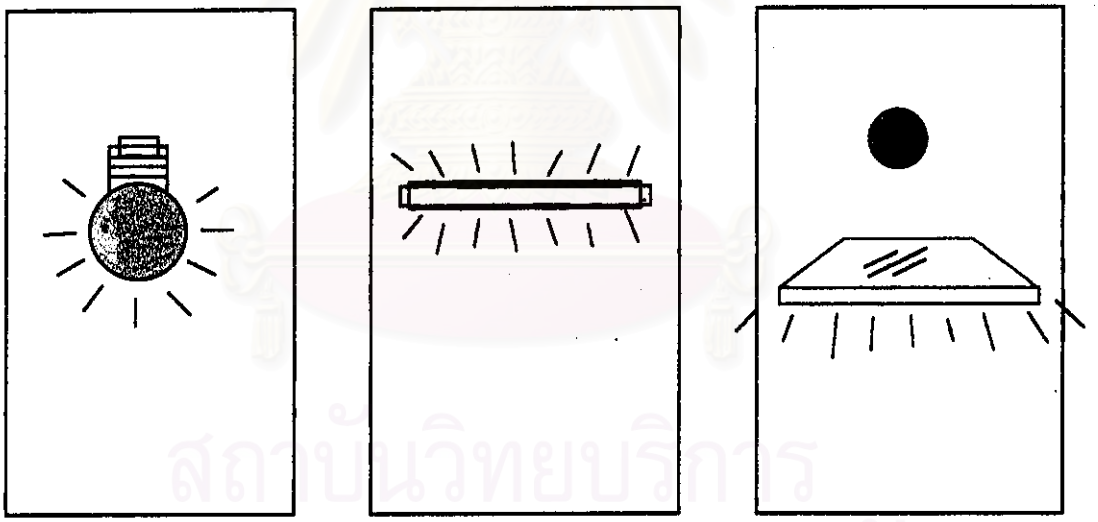
บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 แนวความคิดในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร

ในอดีตแสงธรรมชาติ ได้มีการนำมาใช้เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการออกแบบอาคาร มาเป็นเวลานาน แม้ว่าปัจจุบันจะมีแสงจาก แสงเทียน แสงจากตะเกียง หรือแม้แต่แสงจากหลอดไฟฟ้า เข้ามาแทนที่ แต่คุณภาพของแสงเหล่านี้ก็ยังไม่อาจที่จะเทียบได้กับคุณภาพของแสงจากธรรมชาติ อีกทั้งแสงจากการประดิษฐ์จะเป็นแสงที่ได้จากแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปเป็นหลัก อาทิพลังงานจากซากพืชซากสัตว์ หรือพลังงานจากถ่านหิน ซึ่งในท้ายสุด ก็จะก่อให้เกิดมลพิษคืนสู่ธรรมชาติ แต่หากเรากลับมาพิจารณา ถึงการใช้พลังงานแสง ที่ได้จากแสงอาทิตย์ เราจะพบว่าเป็นพลังงานแสงที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษ และมีให้เราใช้ได้อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามการนำแสงอาทิตย์มาใช้งานในการออกแบบสถาปัตยกรรม เพื่อให้ได้งานสถาปัตยกรรมที่ดีนั้น จำเป็นที่ผู้ออกแบบจะต้องมีความเข้าใจถึงองค์ประกอบต่างๆ ของแสงธรรมชาติอย่างดีเสียก่อน มิเช่นนั้นอาจทำให้การนำแสงธรรมชาติ มาใช้ภายในอาคารนั้น เป็นการบั่นทอนคุณค่าของงานสถาปัตยกรรมลงก็ได้ นอกจากนี้ความแตกต่างของแสงธรรมชาติ ที่ส่องเข้าสู่ภายในอาคาร ตามความแตกต่างของเวลา และสภาพของท้องฟ้า ที่เปลี่ยนแปลงจะให้ความรู้สึกและสีสัน ที่สร้างความรู้ สึกที่พึงพอใจต่อมนุษย์

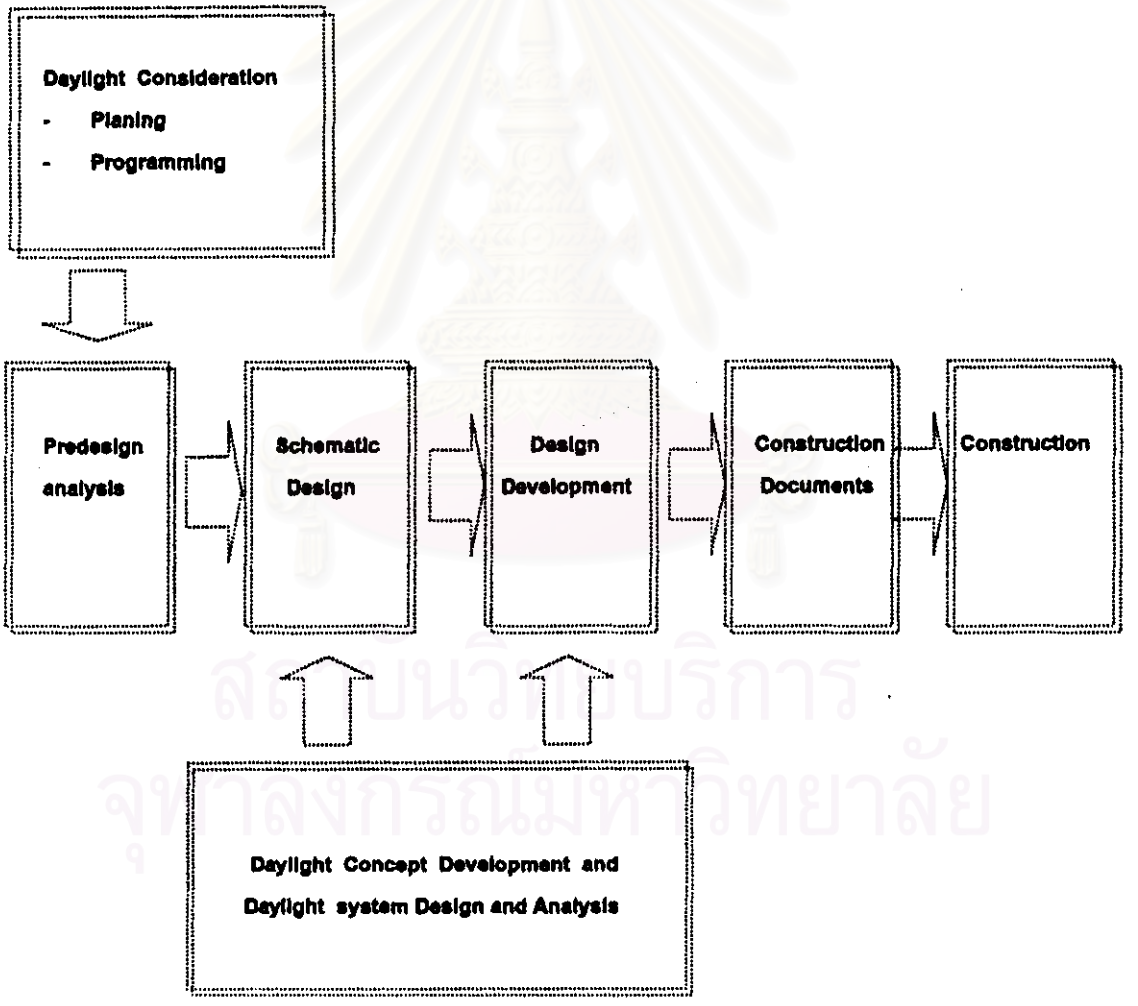


รูป 4.1 เปรียบเทียบค่าการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงในแต่ละประเภท เมื่อเทียบกับแสงธรรมชาติ
ที่มา : Daylighting for Building in the topic II , An Overview of Daylighting : pp. 6

ดังนั้นการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด จึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาถึงคุณสมบัติต่างๆของแสงจากธรรมชาติเสียก่อน ซึ่งในส่วนของวิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาในส่วนของแสงสว่างจากธรรมชาติ และใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์มาคำนวณแสงสว่างธรรมชาติภายในอาคาร ที่สามารถนำมาพัฒนาต่อเนื่องเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ในอนาคต โดยรายละเอียด ของการคำนวณหาความสว่างภายนอกอาคารนั้น จะอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาสมการสำหรับทำนายค่าความส่องสว่างภายนอก

การคำนวณหาปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคาร ด้วยวิธีการคำนวณช่วยให้การหาปริมาณความส่องสว่างภายในเป็นไปด้วยความรวดเร็ว นักวิทยาศาสตร์สามารถ ที่จะนำเอาสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับทฤษฎีในแขนงอื่นๆ ทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ๆอย่างมากมาย แต่ทว่าการใช้วิธีการคำนวณในการอธิบายปรากฏการณ์แสงธรรมชาติ จะถูกจำกัดการใช้งานอยู่อย่างจำกัด เฉพาะกลุ่มบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญทางคณิต ศาสตร์เป็นหลัก บุคคลที่ไม่มีทักษะทางคณิตศาสตร์ที่เพียงพอ ซึ่งเป็นกลุ่มคนกลุ่มใหญ่ ไม่สามารถนำวิธีการดังกล่าวไปใช้งานได้ โดยเฉพาะ สถาปนิก หรือวิศวกรที่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้แสงธรรมชาติ ภายในอาคารโดยตรง ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องมีความเข้าใจในการคำนวณอย่างลึกซึ้ง เพียงแต่ทราบถึงข้อมูลเบื้องต้นก็สามารถสั่งให้คอมพิวเตอร์ หาผลลัพธ์ที่ต้องการ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หรือช่วยในการออกแบบได้ทันที

ขั้นตอนการประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติ ในการออกแบบอาคาร ของสถาปนิก และวิศวกร



แผนภูมิ 4.1 แสดงขั้นตอนการประยุกต์การใช้แสงธรรมชาติ ในการออกแบบอาคาร

ที่มา : สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์, 2539 : 14

4.2 ค่าความส่องสว่างภายนอกของท้องฟ้า อันเนื่องมาจากรังสีดวงอาทิตย์

ในการพิจารณาหาสมการเพื่อใช้ทำนายค่าความส่องสว่างภายนอก จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลระดับความส่องสว่างภายนอก โดยอาศัยขั้นตอนของความสัมพันธ์ของข้อมูล คือค่าความส่องสว่างภายนอกที่ตกกระทบลงบนแนวระนาบ แนวระนาบตั้งทั้ง 8 ทิศ และค่ารังสีรวมที่ตกกระทบลงบนแนวระนาบ เพื่อใช้ในการหาค่าความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ หากพิจารณาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจะพบว่า

Hopkinson, (1966) ได้กล่าวไว้ว่า "การคำนวนปริมาณแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ สามารถทำได้โดยการนำเอาข้อมูล ค่ารังสีรวมที่ตกกระทบในแนวระนาบที่มีการศึกษามากว่า 60 ปี และข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาพยากรณ์สร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติได้"

ค่ารังสีดวงอาทิตย์ที่ได้จากการตรวจวัด เป็นค่าที่มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด เนื่องจากค่ารังสีจากดวงอาทิตย์ที่เวลาใด ๆ เป็นค่าที่ไม่อาจทำนายได้ เนื่องจากมีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าจำนวนมากเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเช่น ค่ารังสี (Extraterrestrial solar radiation) ที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดปีตามวงโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ปริมาณเมฆบนท้องฟ้า ปริมาณไอน้ำและฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศ และลมประจำท้องถิ่น เป็นต้น ด้วยเหตุผลดังกล่าวทำให้การทำนายโดยใช้ข้อมูลทางสถิติหรือการคำนวนโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์อาจให้ผลเฉลยที่มีความแม่นยำไม่เพียงพอ เนื่องจากสมการเหล่านั้นไม่สามารถทำนายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่เกี่ยวข้องเหล่านี้ได้อย่างชัดเจน (Hopkinson, 1966)

4.2.1 สภาพท้องฟ้า

เมื่อพิจารณาการแบ่งประเภทของท้องฟ้า โดยทั่วไปจะพิจารณาจากปริมาณของเมฆในท้องฟ้า ซึ่งมีดัชนีของปริมาณเมฆในท้องฟ้าตั้งแต่ 0 ถึง 10 ซึ่งวิธีการดังกล่าวมีค่าความผิดพลาดสูง

การแบ่งประเภทของท้องฟ้า จะมีวิธีการที่ใช้ในการแบ่งประเภทของท้องฟ้าหลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้คือการแบ่งประเภทของท้องฟ้าจากปริมาณของเมฆในท้องฟ้า

4.2.1.1 สภาพท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆคลุม (Clear Sky)

4.2.1.2 สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky)

4.2.1.3 สภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมด้วยเมฆ จนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงได้ (Overcast Sky)

ในการแยกสภาพท้องฟ้า IESNA (อ้างอิงจาก สุรพงศ์ จิระรัตนนนท์, 2539) ได้แยกสภาพท้องฟ้าโดยใช้วิธีแยกจากรังสีกระจายหารด้วยรังสีรวม ซึ่งจะแยกสภาพท้องฟ้าตามรายละเอียดดังนี้

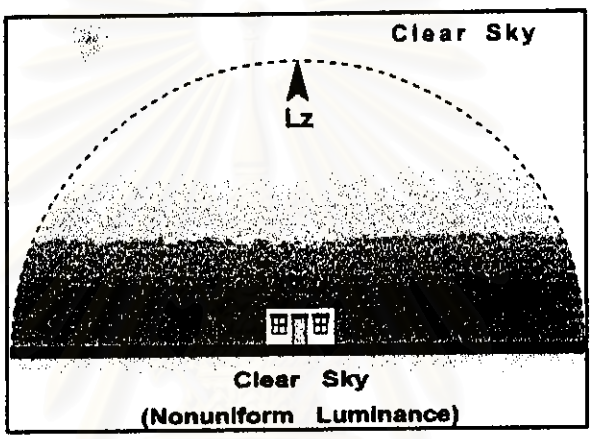
Sky condition	Cloud cover	Sky ratio
Clear	0.0 to 0.3	≤ 0.3
Partly cloudy	0.4 to 0.7	$0.3 < to < 0.8$
Cloudy	0.8 to 1.0	≥ 0.8

ตารางที่ 4.1 แสดงการแบ่งประเภทของสภาพท้องฟ้า

ที่มา : Daylighting for Building in the Tropic 3,1999 : pp.15

4.2.1.1 สภาพท้องฟ้าโปร่งปราศจากเมฆปกคลุม (Clear Sky)

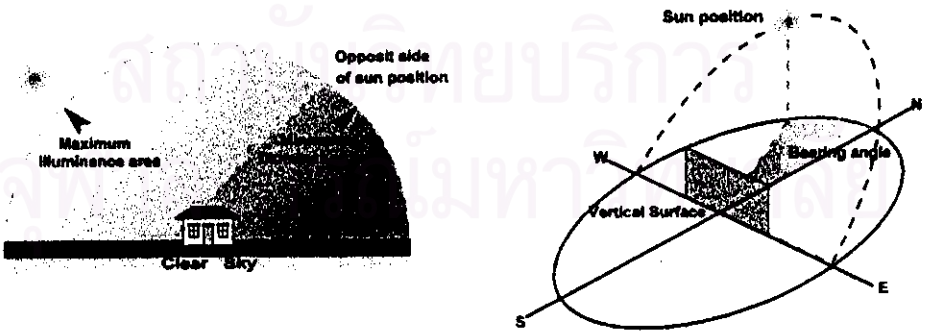
ความสว่างของท้องฟ้า จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ส่วนคือ ความสว่างจากแสงอาทิตย์ตรง (Direct Illumination) และความสว่างของแสงจากการกระจายแสง (Diffuse Illumination) ของท้องฟ้า โดยองค์ประกอบทั้งสองนี้ จะแปรผันตาม ตำแหน่งมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ (Solar Altiude) เป็นหลัก (Prof. Kittler, 1981) ความสว่างของท้องฟ้า จะมีความสว่างในปริมาณที่แตกต่างกัน (Non Uniform Brightness) ซึ่งที่ระดับสูงสุดของท้องฟ้าจะมีค่าความสว่างน้อยกว่าที่ระนาบล่างของท้องฟ้า โดยความสว่างจะเพิ่มมากขึ้น เป็น 3 เท่าที่ระดับระนาบล่างสุดของท้องฟ้า และ ท้องฟ้าประเภทนี้จะมีความสว่างสูงสุด ณ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และ มีความส่องสว่างต่ำสุด ที่ตำแหน่งตรงข้าม กับดวงอาทิตย์ (Prof. Hopkinson and Prof. Moon, 1968)



รูปที่ 4.2 แสดงรูปแสดงท้องฟ้าแบบ Clear Sky

ที่มา : Mechanical and Electrical Equipment for Building : pp. 974

หากพิจารณาแสงกระจายจากท้องฟ้า เพียงครึ่งระนาบของท้องฟ้า จะมีความสว่างอยู่ระหว่าง 3,000 ถึง 20,000 ลักซ์ (เฉลี่ยที่ 10,000 ลักซ์)



รูปที่ 4.3 แสดงท้องฟ้าโปร่ง และมุมแบริ่ง (Bearing Angle)

ที่มา : Mechanical and Electrical Equipment for Building : pp. 974

4.2.1.2 สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky)

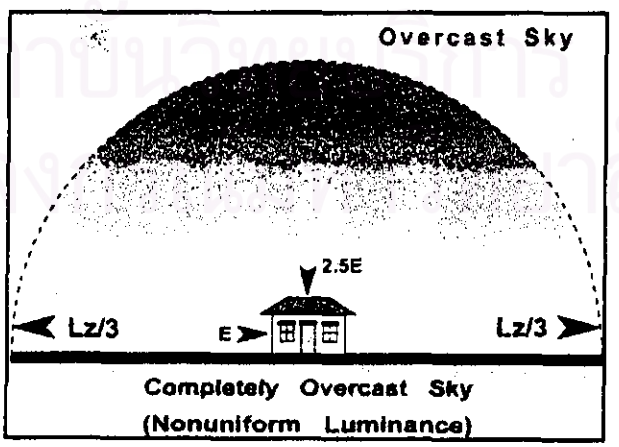
การพิจารณาค่าความสว่างของท้องฟ้าในลักษณะนี้จะทำได้ยาก เนื่องจากปริมาณของเมฆในท้องฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา(Dynamic) และจากข้อมูลสถิติที่ได้มีการรวบรวมไว้ จะพบว่าท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly cloudy sky) จะมีความส่องสว่าง ของท้องฟ้ามากกว่าท้องฟ้าแบบโปร่ง (Clear sky) ประมาณ 10 – 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณแสงที่เพิ่มขึ้น เกิดจากการที่แสงจากดวงอาทิตย์ส่องกระทบก้อนเมฆ และสะท้อนไปมา ระหว่างก้อนเมฆ (Prof. Nakamura and Prof. Oki , 1983)

ความส่องสว่างของพื้นผิวแนวระนาบ เนื่องจากแสงกระจายของท้องฟ้า หากพิจารณาเพียงครึ่งส่วนของท้องฟ้า (Half sky) จะมีความสว่างอยู่ระหว่าง 3,450 ถึง 23,000 ลักซ์

ถึงแม้ว่าท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วนจะให้ปริมาณของแสงมากกว่าท้องฟ้าโปร่ง แต่ในบางกรณีหากกลุ่มเมฆที่เกิดขึ้นเป็นเมฆฝน หรือ มีสีดำทึบ ก็อาจทำให้แสงถูกกั้น หรือถูกดูดซึมมากกว่า ที่จะสะท้อนหรือเกิดการกระจายของแสง ทำให้ค่าความสว่าง ของท้องฟ้ามีค่าลดลง และจากการศึกษา โดยอาศัยดัชนีเมฆ หรือ Cloudy Ratio (The Gillete prediction model, 1985) มาพิจารณาหาความสัมพันธ์ของการส่องสว่างของท้องฟ้า ที่เกิดจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์ และแสงกระจายจากท้องฟ้า จะมีความสัมพันธ์กันของความสว่างเฉลี่ยของระดับระนาบนอนที่ปราศจากสิ่งกีดขวาง

4.2.1.3 สภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมด้วยเมฆ จนไม่สามารถมองเห็นแสงจากดวงอาทิตย์ (Overcast Sky หรือ CIE Sky)

ท้องฟ้าในลักษณะนี้จะเป็นท้องฟ้า ในแถบสแกนดิเนเวียน (Scandinavia) และตอนเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก เช่นประเทศอังกฤษ ความสว่างของท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน จะมีปริมาณความสว่างที่แตกต่างกันมาก (Non-uniform Brightness Distribution) โดยความสว่าง จะเพิ่มมากขึ้นตามระดับความสูงที่เพิ่มขึ้นของท้องฟ้า เมื่อพิจารณาจากระนาบพื้น (Horizon-Brightness) ความสว่างจะเพิ่มมากขึ้นจนถึงระดับสูงสุดของท้องฟ้า ที่ระดับเซนิท (Zenith-Brightness) ที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ ซึ่งจะมีค่ามากกว่าความสว่างที่ระนาบพื้นประมาณ 3 เท่า ค่าความสว่างของท้องฟ้า ที่เกิดขึ้นที่จุดใดๆ จะพิจารณาเฉพาะจากการแปรเปลี่ยนของมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ แต่ไม่พิจารณาจากมุมอัลซิมุทของดวงอาทิตย์



รูปที่ 4.4 แสดงท้องฟ้าแบบ Overcast Sky

ที่มา : Mechanical and Electrical Equipment for Building ,1992, pp. 974

4.3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภายนอกของท้องฟ้า อันเนื่องมาจากแสงกระจายจากดวงอาทิตย์

4.3.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแนวระนาบ

	Date	Time	Global-R	Diffuse-R	Ho	N	S	E	W	SC	SAlt	SAzm	SHr	Stime	Ho	N	S	E	W
104	49	700	13.72	10.14	1085	703	637.9	603.9	466.4	0.74	3.65	-76.42	-82.99	6.47	106	69	63	60	46
104	49	705	19.69	14.56	1603	883	1016	897	471.6	0.73	4.73	-76.06	-81.74	6.55	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	710	27.45	19.52	2200	1144	1313	1223	638.1	0.71	5.90	-75.74	-80.49	6.63	113	69	67	63	33
104	49	715	36.73	24.62	2456	1502	1591	1582	903	0.69	7.07	-75.38	-79.24	6.72	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	720	44.04	29.54	2917	1467	2000	1843	1179	0.67	8.24	-75.03	-77.99	6.80	99	60	69	62	40
104	49	725	51.1	34.06	3446	2166	2352	2327	1334	0.67	9.41	-74.66	-76.74	6.88	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	730	59.79	38.99	4027	2341	2834	2679	1346	0.65	10.57	-74.29	-75.49	6.97	103	60	73	69	36
104	49	735	72.3	43.76	4406	2719	3336	3108	1685	0.61	11.74	-73.91	-74.24	7.05	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	740	89.7	50.41	5226	3027	4024	3676	1506	0.56	12.90	-73.51	-72.99	7.13	104	60	80	77	30
104	49	745	108.1	58.9	5834	3506	4584	4633	2000	0.53	14.06	-73.11	-71.74	7.22	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	750	120.9	62.65	6474	3872	5178	5266	2151	0.52	15.21	-72.71	-70.49	7.30	103	62	83	84	34
104	49	755	130.7	67.65	7210	4111	5745	5803	2127	0.52	16.37	-72.29	-69.24	7.38	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	800	147.5	74.3	7800	4451	6603	6287	2420	0.50	17.52	-71.86	-67.99	7.47	106	60	88	84	33
104	49	805	161.9	79.8	8220	4847	7120	6882	2716	0.49	18.66	-71.42	-66.74	7.55	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	810	179.3	86.4	8930	5094	7740	7460	2769	0.48	19.81	-70.96	-65.49	7.63	106	60	91	88	32
104	49	815	196.2	91.1	9540	5460	8330	8020	3010	0.46	20.95	-70.50	-64.24	7.72	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	820	206.1	95.1	10010	5673	8690	8460	3102	0.46	22.09	-70.02	-62.99	7.80	106	60	95	88	33
104	49	825	226.6	101	10500	6081	9690	9110	3385	0.45	23.22	-69.53	-61.74	7.88	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	830	246.2	107.6	11270	6257	11950	9870	3469	0.43	24.35	-69.02	-60.49	7.97	106	58	111	80	32
104	49	835	265.7	113.1	11830	6544	12680	10150	3625	0.43	25.48	-68.50	-59.24	8.05	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	840	282.3	120.2	12510	6749	12930	10450	3763	0.43	26.60	-67.97	-57.99	8.13	104	56	106	67	31
104	49	845	289.2	125.1	12540	6994	12460	10710	3899	0.43	27.72	-67.42	-56.74	8.22	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	850	278.1	128.6	12840	7220	11730	10580	4120	0.46	28.84	-66.85	-55.49	8.30	100	56	91	82	32
104	49	855	292	136.2	13400	7170	12330	10830	4149	0.46	29.95	-66.28	-54.24	8.38	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	900	298.1	137.9	13670	7310	12010	10710	4229	0.47	31.06	-65.65	-52.99	8.47	99	53	87	76	31
104	49	905	250.2	132.6	13230	7260	10410	9660	4195	0.53	32.16	-65.02	-51.74	8.55	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	910	238.9	139.4	13360	7220	10910	9310	4412	0.56	33.24	-64.36	-50.49	8.63	96	52	78	67	32
104	49	915	352.4	160.8	14840	7650	11110	9940	4748	0.46	34.33	-63.71	-49.24	8.72	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	920	360.7	164.8	14640	8000	9660	9540	4873	0.43	35.41	-63.01	-47.99	8.80	95	52	64	62	31
104	49	925	163.4	116.4	12200	7250	6636	6501	4527	0.71	36.48	-62.29	-46.74	8.88	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	930	141.6	105.9	10620	6035	6071	4335	3967	0.75	37.55	-61.55	-45.49	8.97	99	57	57	41	36
104	49	935	129.7	99.4	9710	6041	5741	3744	3844	0.77	38.61	-60.77	-44.24	9.05	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	940	147.6	115.7	10870	5804	7290	3546	4172	0.78	39.66	-59.97	-42.99	9.13	94	51	63	31	36
104	49	945	163.6	122.7	11220	5890	9240	4450	4590	0.75	40.70	-59.14	-41.74	9.22	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	950	209.9	158.7	14360	6911	12320	6282	5563	0.76	41.74	-58.27	-40.49	9.30	90	44	78	48	36
104	49	955	270.7	178.7	16720	7880	11810	7950	5724	0.66	42.76	-57.37	-39.24	9.38	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	1000	258.9	185	16970	8750	9710	9190	5740	0.71	43.77	-56.43	-37.99	9.47	92	47	62	60	31
104	49	1005	374.9	223.7	19950	10410	13600	11550	6883	0.60	44.78	-55.45	-36.74	9.55	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	1010	376.1	241.6	21770	11100	13780	10380	7740	0.64	45.77	-54.43	-35.49	9.63	90	46	57	43	32
104	49	1015	336.1	248.1	22460	12080	12370	9520	7930	0.74	46.74	-53.37	-34.24	9.72	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	1020	391.6	229	20440	10780	12080	8020	8090	0.58	47.71	-52.27	-32.99	9.80	89	47	53	36	36
104	49	1025	276.9	212.6	21280	10730	10890	5220	7540	0.77	48.66	-51.11	-31.74	9.88	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	1030	334.2	216.6	21880	9910	14630	8520	7620	0.65	49.59	-49.91	-30.49	9.97	100	46	67	39	36
104	49	1035	375.1	274.9	25780	12490	17830	11280	8720	0.73	50.51	-48.65	-29.24	10.05	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	1040	350.6	223.8	21230	11280	15720	9250	8100	0.64	51.40	-47.33	-27.99	10.13	95	50	70	41	36
104	49	1045	310	225.1	21980	11130	12970	9500	7920	0.73	52.28	-46.96	-26.74	10.22	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	1050	297.8	180.3	16840	10280	10340	7460	6919	0.61	53.14	-44.53	-25.49	10.30	92	57	57	41	38
104	49	1055	198.8	153.7	14840	8880	6889	5119	5988	0.77	53.98	-43.03	-24.24	10.38	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	1100	246.4	193	19300	9700	10320	7460	6327	0.78	54.79	-41.46	-22.99	10.47	100	60	63	39	33
104	49	1105	309	228.6	21200	10820	11030	8220	7560	0.74	55.58	-39.82	-21.74	10.55	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	49	1110	311.7	243.5	22390	11550	12540	9380	8030	0.78	56.34	-38.12	-20.49	10.63	92	47	51	39	33
104	49	1115	345	259	23390	12160	13170	9360	8580	0.75	57.07	-36.33	-19.24	10.72	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

ตารางที่ 4.2 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูล กรณีแสงกระจายจากดวงอาทิตย์ (ความสว่างของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนระนาบไม่เกิน 140 ลูเมน/วัตต์)

ที่มา : Ashrae Foundamentals Handbook (SI) , pp. 29.14

หมายเหตุ ข้อมูลของวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2543 (แนวระนาบ ทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก ตะวันตก)

AVERAGE RAW DATA FROM STATION																		
	Date	Time	Global-R	Diffuse-R	NE	NW	SE	SW	SC	SAlt	SAzm	SHr	Std	Stime	NE	NW	SE	SW
104	38	700	10.67	7.6	525	374.9	383.3	284.5	0.73	2.59	-73.02	-63.00	7.00	6.47	67	48	47	36
104	38	705	17.95	13.2	880	627.7	620.9	474.7	0.74	3.73	-72.69	-61.75	7.08	6.55				
104	38	710	29.36	21.02	1336	901	914	686.8	0.72	4.89	-72.34	-60.50	7.17	6.63	84	43	43	33
104	38	715	34.91	25.61	1710	1159	1162	896	0.73	6.04	-71.99	-79.25	7.25	6.72				
104	38	720	43.29	32.03	2136	1459	1445	1118	0.74	7.19	-71.63	-78.00	7.33	6.80	87	46	46	36
104	38	725	51.72	38.41	2570			1344	0.74	8.33	-71.26	-76.75	7.42	6.88				
104	38	730	60.72	45.12	3040	2106	2032	1594	0.74	9.46	-70.88	-75.50	7.50	6.97	87	47	45	36
104	38	735	69.69	51.55	3464	2475	2336	1906	0.74	10.62	-70.50	-74.25	7.58	7.05				
104	38	740	78.6	58.08	3897	2836	2665	2132	0.74	11.76	-70.10	-73.00	7.67	7.13	87	49	48	37
104	38	745	87.6	64.21	4299	3191	2999	2412	0.73	12.89	-69.69	-71.75	7.75	7.22				
104	38	750	96.6	70	4676	3548	3298	2687	0.72	14.02	-69.27	-70.50	7.83	7.30	87	51	47	38
104	38	755	106.9	75.8	5098	3878	3645	2963	0.71	15.15	-68.84	-69.25	7.92	7.38				
104	38	800	119	82	5563	4165	4028	3231	0.69	16.28	-68.40	-68.00	8.00	7.47	88	51	49	39
104	38	805	128.6	88.3	5973	4434	4373	3472	0.69	17.40	-67.95	-66.75	8.08	7.55				
104	38	810	143.1	95	6446	4726	4765	3743	0.66	18.52	-67.49	-65.50	8.17	7.63	88	50	50	39
104	38	815	153.4	100.9	6874	4996	5059	3991	0.66	19.64	-67.01	-64.25	8.25	7.72				
104	38	820	160.2	105.5	7210	5243	5364	4223	0.66	20.76	-66.52	-63.00	8.33	7.80	88	50	51	40
104	38	825	173.5	109.5	7650	5506	5722	4442	0.63	21.85	-66.01	-61.75	8.42	7.88				
104	38	830	179.9	111.3	7930	5626	5993	4646	0.62	22.96	-65.49	-60.50	8.50	7.97	71	51	53	41
104	38	835	169	111.6	7860	5647	5805	4579	0.66	24.05	-64.95	-59.25	8.58	8.05				
104	38	840	166.5	114.9	7870	5787	6010	4785	0.65	25.15	-64.40	-58.00	8.67	8.13	88	50	52	42
104	38	845	165.1	121.5	8160	6038	6599	5175	0.66	26.23	-63.83	-56.75	8.75	8.22				
104	38	850	209.1	127.8	8550	6254	7160	5512	0.61	27.32	-63.24	-55.50	8.83	8.30	87	49	56	43
104	38	855	230.8	133.9	9060	6534	7690	5756	0.58	28.39	-62.63	-54.25	8.92	8.38				
104	38	900	238.9	139.5	9360	6767	7910	5956	0.58	29.47	-62.00	-53.00	9.00	8.47	87	49	57	43
104	38	905	239.4	145.4	9600	7060	8170	6196	0.61	30.53	-61.36	-51.75	9.08	8.55				
104	38	910	250.1	152.6	9800	7360	8670	6556	0.61	31.59	-60.69	-50.50	9.17	8.63	84	48	57	43
104	38	915	303.6	162.3	10360	7770	9610	7020	0.53	32.64	-59.99	-49.25	9.25	8.72				
104	38	920	332	170.5	11080	8100	10100	7180	0.51	33.68	-59.28	-48.00	9.33	8.80	85	48	59	42
104	38	925	353.6	175.6	11550	8280	10370	7220	0.50	34.72	-58.54	-46.75	9.42	8.88				
104	38	930	325.4	175.8	11620	8140	10280	7120	0.54	35.74	-57.77	-45.50	9.50	8.97	88	46	58	41
104	38	935	315.6	177.3	11590	8070	10430	7280	0.56	36.76	-56.96	-44.25	9.58	9.05				
104	38	940	317.1	180.2	11710	8130	10610	7590	0.57	37.77	-56.15	-43.00	9.67	9.13	86	48	60	42
104	38	945	347.1	184.4	12030	8250	11470	7920	0.53	38.77	-55.30	-41.75	9.75	9.22				
104	38	950	333.5	186	12250	8170	11660	8160	0.56	39.76	-54.41	-40.50	9.83	9.30	88	44	63	44
104	38	955	334.5	189.8	12190	8180	12340	8610	0.57	40.74	-53.49	-39.25	9.92	9.38				
104	38	1000	466.3	209.7	13130	9000	14660	10060	0.43	41.70	-52.54	-38.00	10.00	9.47	84	44	71	49
104	38	1005	594.3	219.3	14560	9590	16360	10400	0.37	42.66	-51.55	-36.75	10.08	9.55				
104	38	1010	472.7	215.9	14250	9320	13980	9740	0.46	43.60	-50.52	-35.50	10.17	9.63	86	43	65	46
104	38	1015	411.9	214.4	13720	9210	13280	9360	0.52	44.52	-49.45	-34.25	10.25	9.72				
104	38	1020	411.9	217	13580	9230	13460	9570	0.53	45.43	-48.34	-33.00	10.33	9.80	83	43	62	44
104	38	1025	455.6	224.5	13910	9550	13870	9920	0.49	46.33	-47.19	-31.75	10.42	9.88				
104	38	1030	440.2	229	13810	9700	13290	9970	0.52	47.21	-45.99	-30.50	10.50	9.97	80	42	58	44
104	38	1035	450.1	235	13780	9920	13450	10180	0.52	48.07	-44.74	-29.25	10.58	10.05				
104	38	1040	448.8	241.8	13740	10140	13560	10410	0.54	48.91	-43.44	-28.00	10.67	10.13	87	42	56	43
104	38	1045	466.3	246.8	13770	10380	13770	10630	0.54	49.73	-42.09	-26.75	10.75	10.22				
104	38	1050	496.9	252.6	13970	10760	14180	11050	0.51	50.53	-40.69	-25.50	10.83	10.30	56	43	58	44
104	38	1055	512.6	254.9	14290	11080	14180	11160	0.50	51.31	-39.23	-24.25	10.92	10.38				
104	38	1100	474.2	252.6	14130	11140	14100	11150	0.53	52.06	-37.71	-23.00	11.00	10.47	58	44	59	44
104	38	1105	531	252.5	14200	11350	14670	11440	0.48	52.79	-36.14	-21.75	11.08	10.55				
104	38	1110	529.7	248.6	14290	11240	14800	11550	0.47	53.49	-34.51	-20.50	11.17	10.63	57	46	59	46
104	38	1115	523.4	243.6	14220	11090	14700	11520	0.47	54.16	-32.82	-19.25	11.25	10.72				

ตารางที่ 4.3 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูล กรณีแสงกระจายจากดวงอาทิตย์
(ความสว่างของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนระนาบไม่เกิน 140 ลูเมน/วัตต์)

ที่มา : Ashrae Foundamentals Handbook (SI) , pp. 29.14

หมายเหตุ ข้อมูลของวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2543

(ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันตกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงใต้ ตะวันตกเฉียงใต้)

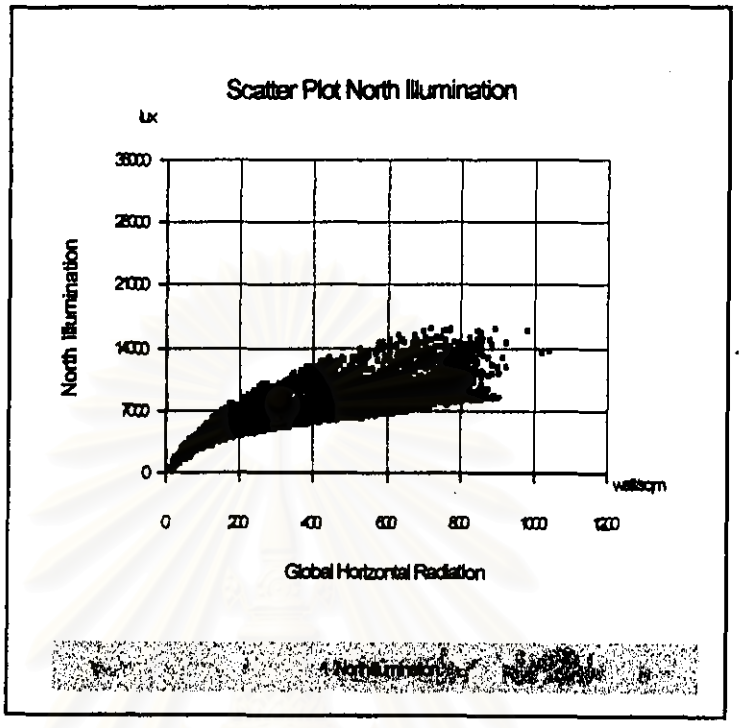
4.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา กรณีแสงกระจาย

จากการพิจารณาแผนภูมิการส่องสว่างของท้องฟ้ากรณีแสงกระจาย(Diffuse Illumination) พบว่ามีข้อสังเกตดังนี้

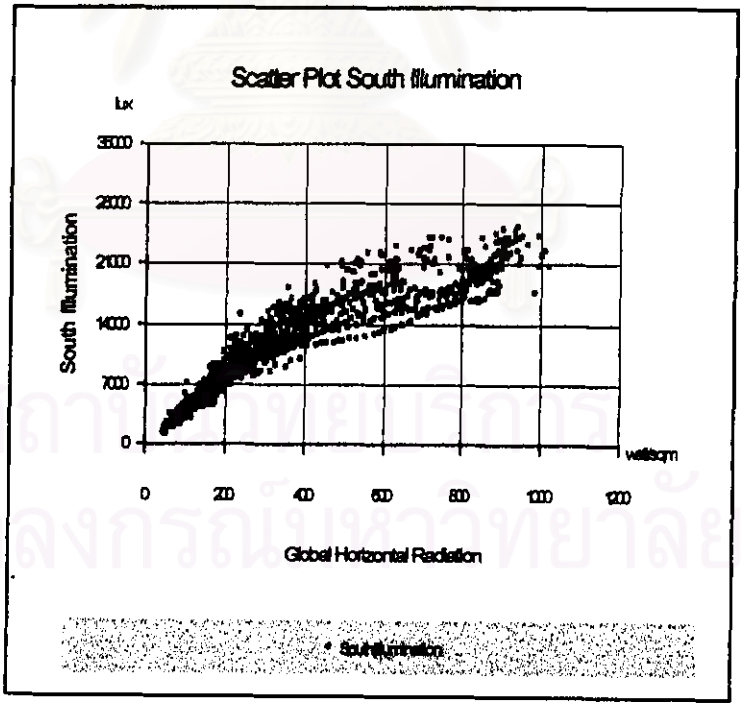
- ☐ ความส่องสว่างทางด้านทิศเหนือ มีความสัมพันธ์กับทิศใต้ ในลักษณะสัมพันธ์โดยตรงโดยที่ค่าความส่องสว่างทางด้านทิศเหนือ มีค่าสูงสุด ประมาณ 16,000 ลักซ์ ขณะที่ความสว่างด้านทิศใต้มีค่าสูงสุด ประมาณ 26,000 ลักซ์ (ค่าความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา)
- ☐ ความส่องสว่างทางด้านทิศตะวันออก มีความสัมพันธ์กับทิศตะวันตก ในลักษณะผกผันโดยที่ค่าความสว่างด้านทิศตะวันออก มีค่าสูงสุดประมาณ 14,000 ลักซ์ ขณะที่ความสว่างทางด้านทิศตะวันตก มีค่าสูงสุดประมาณ 14,500 ลักซ์ (ค่าความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา)
- ☐ ความส่องสว่างทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีความสัมพันธ์กับทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ในลักษณะผกผันโดยที่ค่าความสว่างด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าสูงสุดประมาณ 20,000 ลักซ์ ขณะที่ความสว่างทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ มีค่าสูงสุดประมาณ 21,500 ลักซ์ (ค่าความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา)
- ☐ ความส่องสว่างทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีความสัมพันธ์กับทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในลักษณะผกผันโดยที่ค่าความสว่างด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีค่าสูงสุดประมาณ 15,000 ลักซ์ ขณะที่ความสว่างทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีค่าสูงสุดประมาณ 17,500 ลักซ์ (ค่าความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา)
- ☐ ในขณะที่ความส่องสว่างในระนาบนอน จะมีค่าความส่องสว่างสูงที่สุด ในทุกสภาพท้องฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความส่องสว่างในระนาบตั้ง โดยจะมีค่าความสว่างสูงสุดอยู่ที่ 35,000 ลักซ์ (ในท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน)

เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่าค่าความส่องสว่างในสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) มีค่าความสว่างสูงสุดเมื่อเทียบกับสภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky) และสภาพที่ปกคลุมไปด้วยท้องฟ้าจนมองไม่เห็นแหล่งกำเนิดแสง (Cloudy Sky) ตามลำดับ ทั้งนี้ความแตกต่างดังกล่าวจะอยู่ในค่าเฉลี่ยประมาณ 10 – 16.5 % ในขณะที่สภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมด้วยเมฆจะมีค่าต่ำที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยที่ประมาณ 2,500 ลักซ์

4.3.3 การศึกษารูปแบบการกระจายของแสงในแต่ละทิศ กรณีของแสงกระจาย (DIFFUSE ILLUMINATION)



(ก)



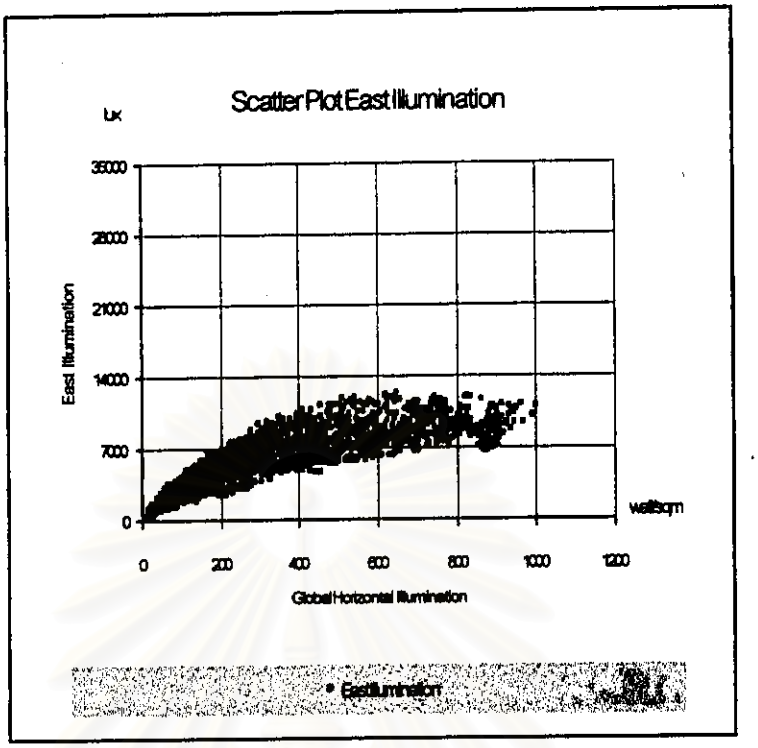
(ข)

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงรูปแบบการกระจายของแสง กรณีของแสงกระจาย

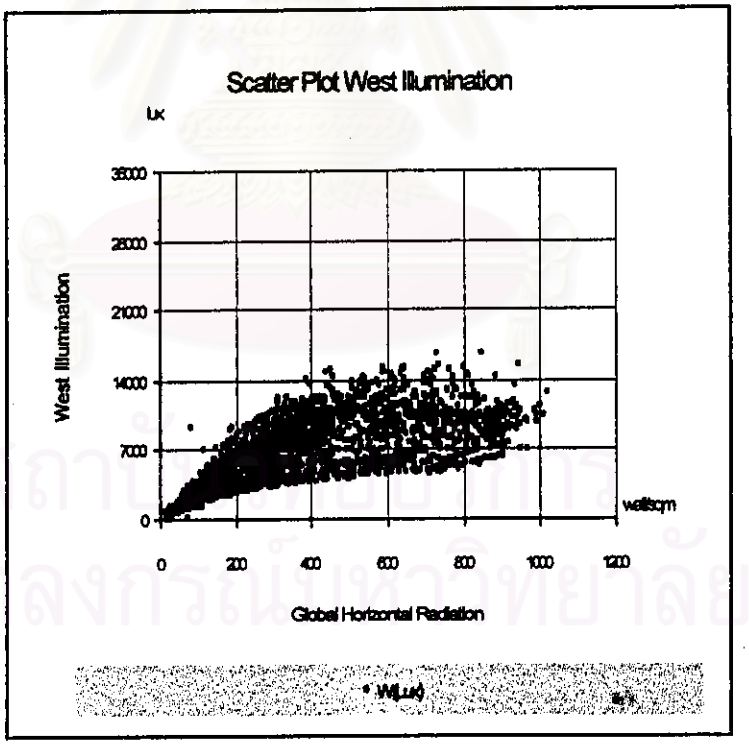
(ก) แสดงรูปแบบการกระจายของแสง ทางด้านทิศเหนือ

(ข) แสดงรูปแบบการกระจายของแสง ทางด้านทิศใต้

หมายเหตุ ข้อมูลตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2542-มีนาคม 2543



(ค)



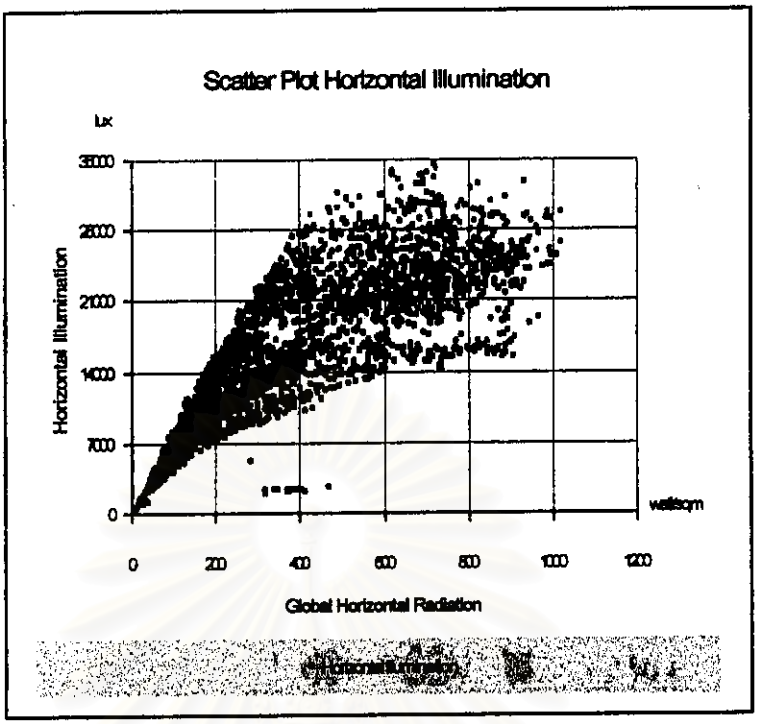
(ง)

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงรูปแบบการกระจายของแสง กรณีของแสงกระจาย (ต่อ)

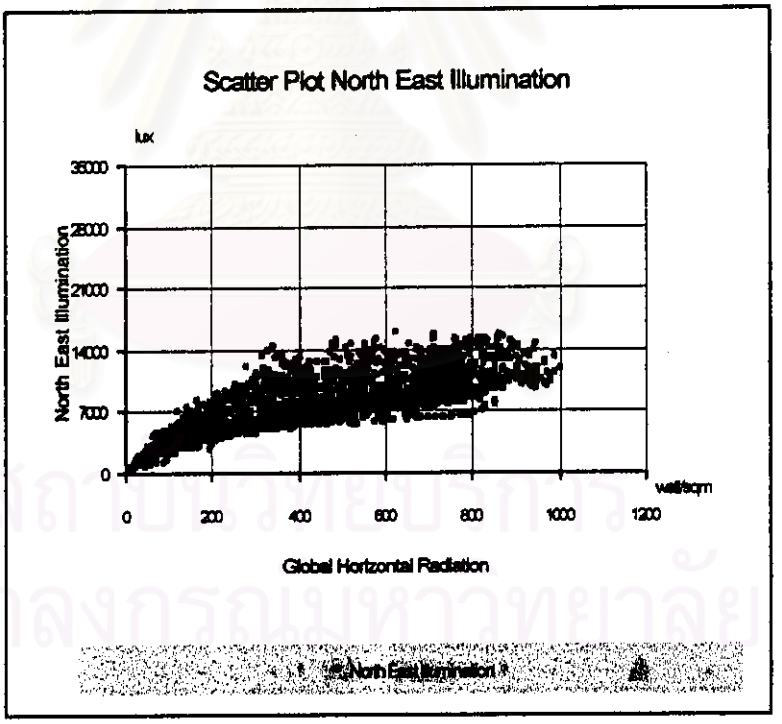
(ค) แสดงรูปแบบการกระจายของแสง ทางด้านทิศตะวันออก

(ง) แสดงรูปแบบการกระจายของแสง ทางด้านทิศตะวันตก

หมายเหตุ ข้อมูลตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2542-มีนาคม 2543



(จ)



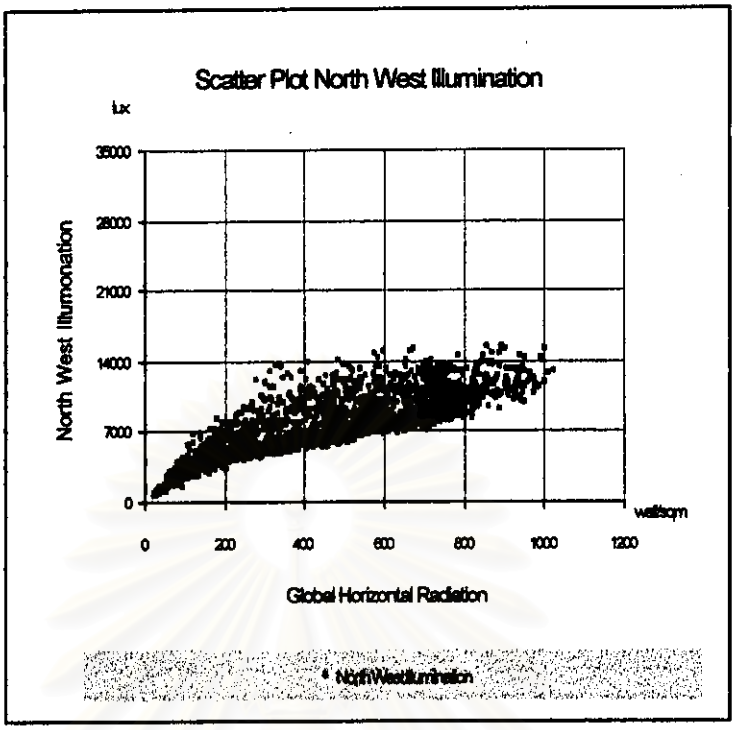
(ฉ)

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงรูปแบบการกระจายของแสง กรณีของแสงกระจาย (ต่อ)

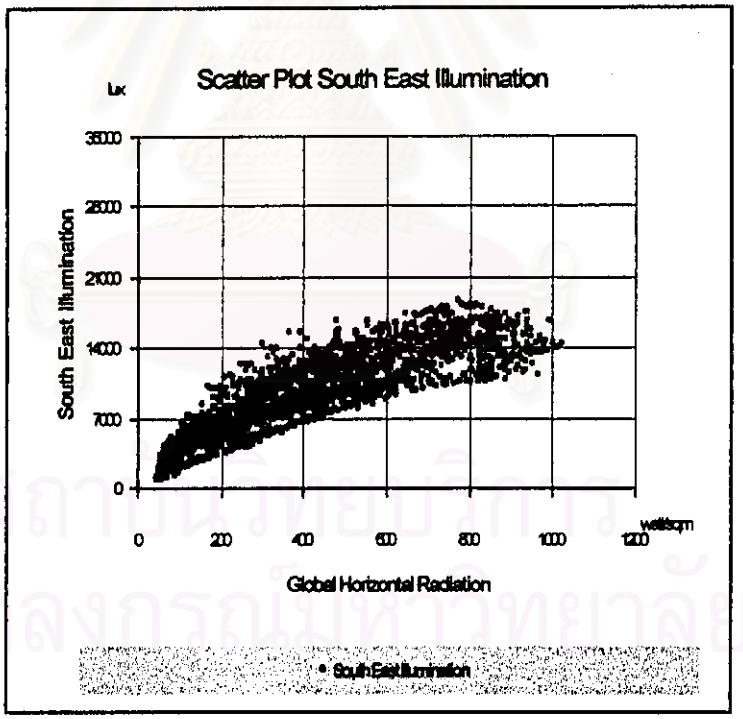
(จ) แสดงรูปแบบการกระจายของแสงในแนวระนาบ

(ฉ) แสดงรูปแบบการกระจายของแสง ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

หมายเหตุ ข้อมูลตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2542-มีนาคม



(ช)



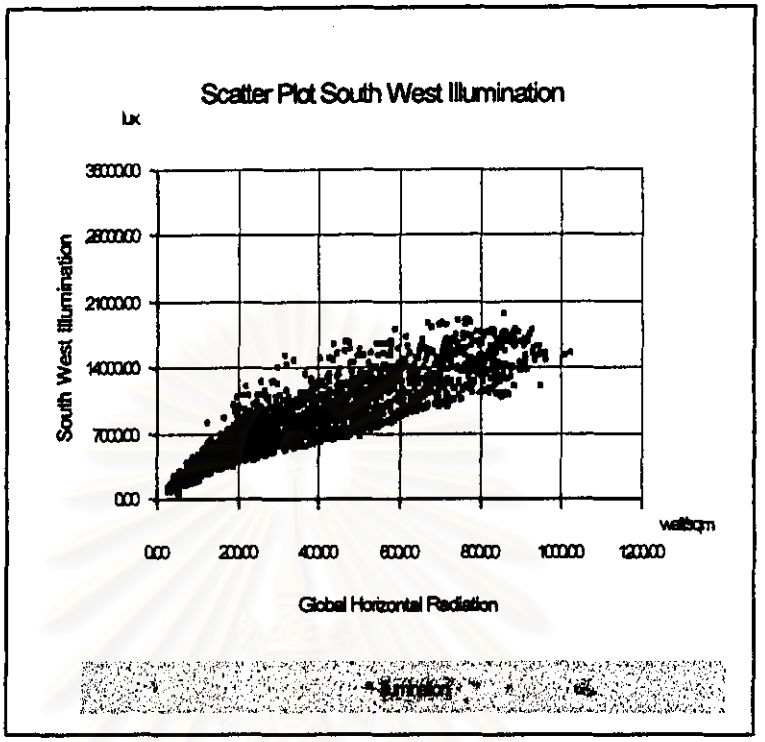
(ซ)

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงรูปแบบการกระจายของแสง กรณีของแสงกระจาย (ต่อ)

(ช) แสดงรูปแบบการกระจายของแสง ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้

(ซ) แสดงรูปแบบการกระจายของแสง ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

หมายเหตุ ข้อมูลตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2542-มีนาคม 2543



(ฌ)

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงรูปแบบการกระจายของแสง กรณีของแสงกระจาย (ต่อ)

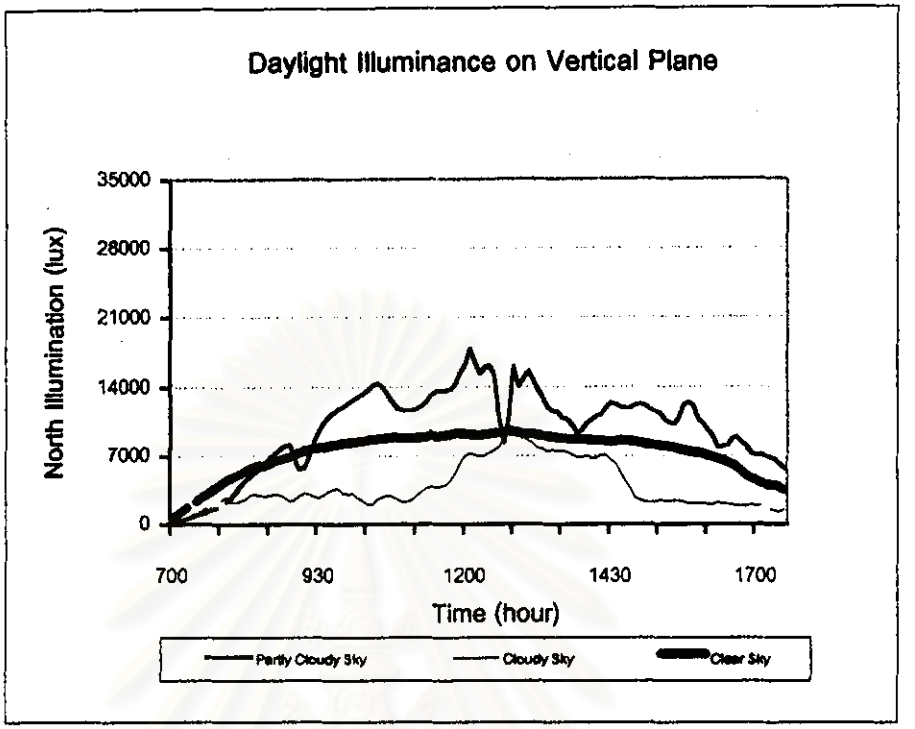
(ฌ) แสดงรูปแบบการกระจายของแสง ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้

หมายเหตุ ข้อมูลตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2542-มีนาคม 2543

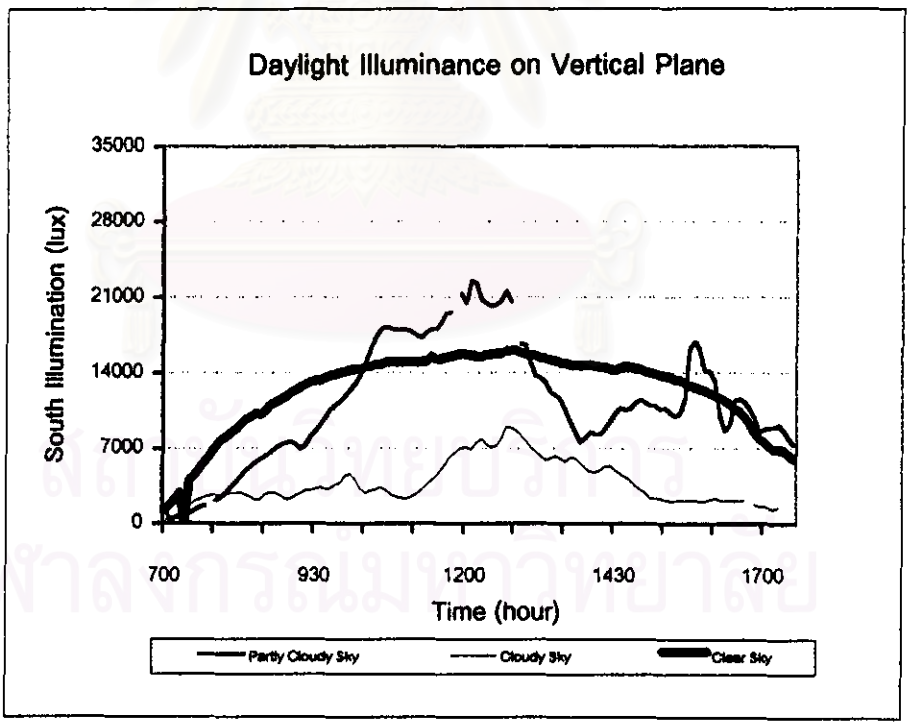
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3.4 การศึกษาความส่องสว่างของท้องฟ้าในทุกสภาพท้องฟ้า

กรณีของแสงกระจาย (Diffuse Illumination)



(ก)



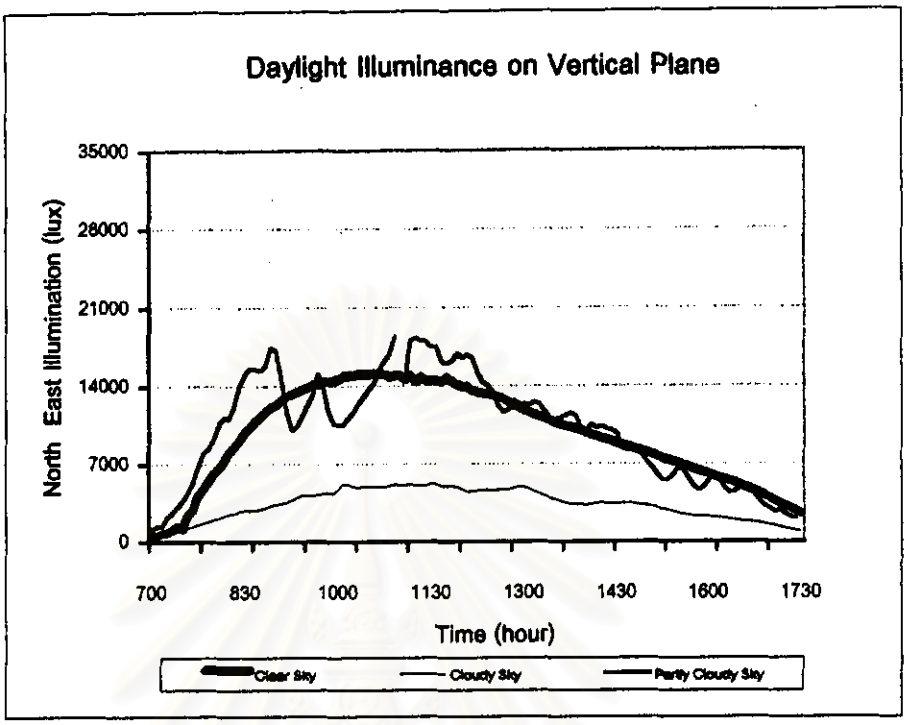
(ข)

แผนภูมิที่ 4.3 แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้าในทุกสภาพท้องฟ้า กรณีของแสงกระจาย

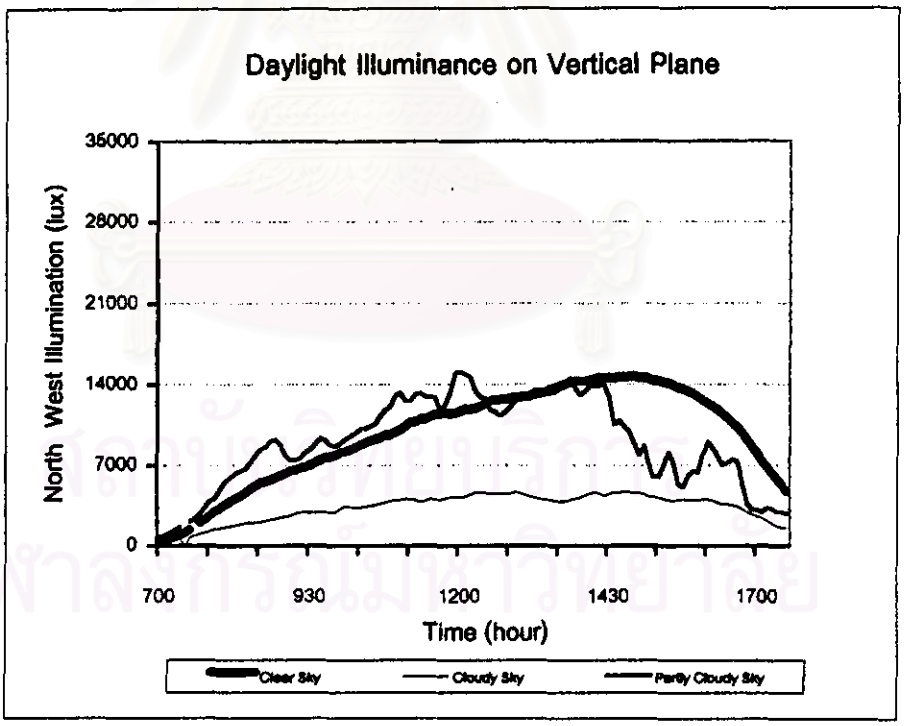
(ก) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ทิศเหนือ

(ข) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ทิศใต้

หมายเหตุ ข้อมูล ณ. วันที่ 2ก.พ.(Clear sky) 5ก.พ.(Partly Cloudy sky)10 ก.พ.(Cloudy sky) 2543



(ฆ)



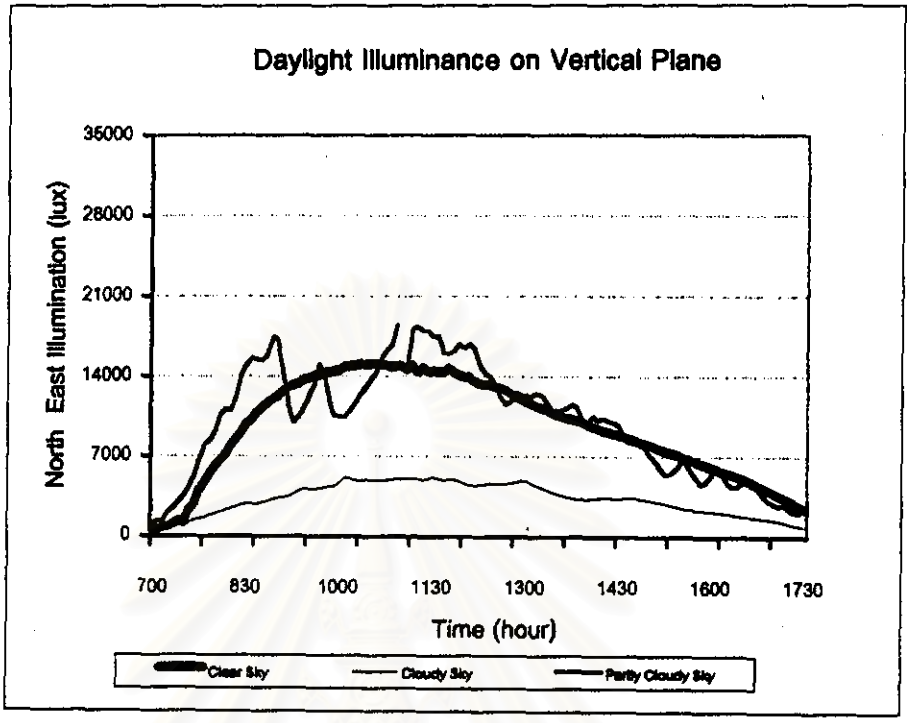
(ฉ)

แผนภูมิที่ 4.3 แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้าในทุกสภาพท้องฟ้า กรณีของแสงกระจาย(ต่อ)

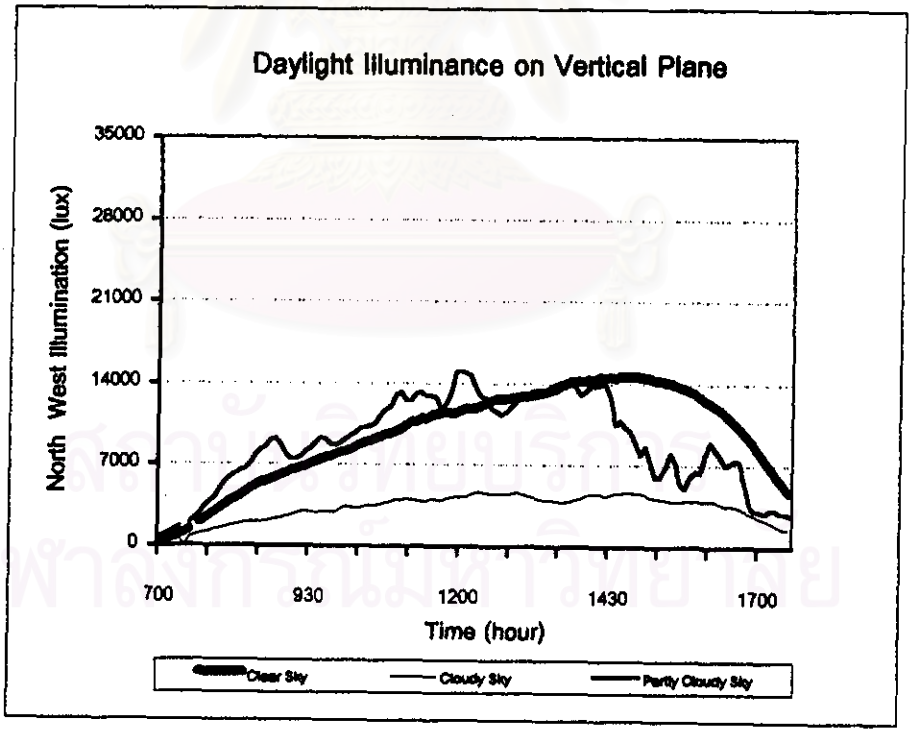
(ฆ) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

(ฉ) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

หมายเหตุ ข้อมูล ณ. วันที่ 2ก.พ.(Clear sky) 5ก.พ.(Partly Cloudy sky)10 ก.พ.(Cloudy sky) 2543



(ฆ)



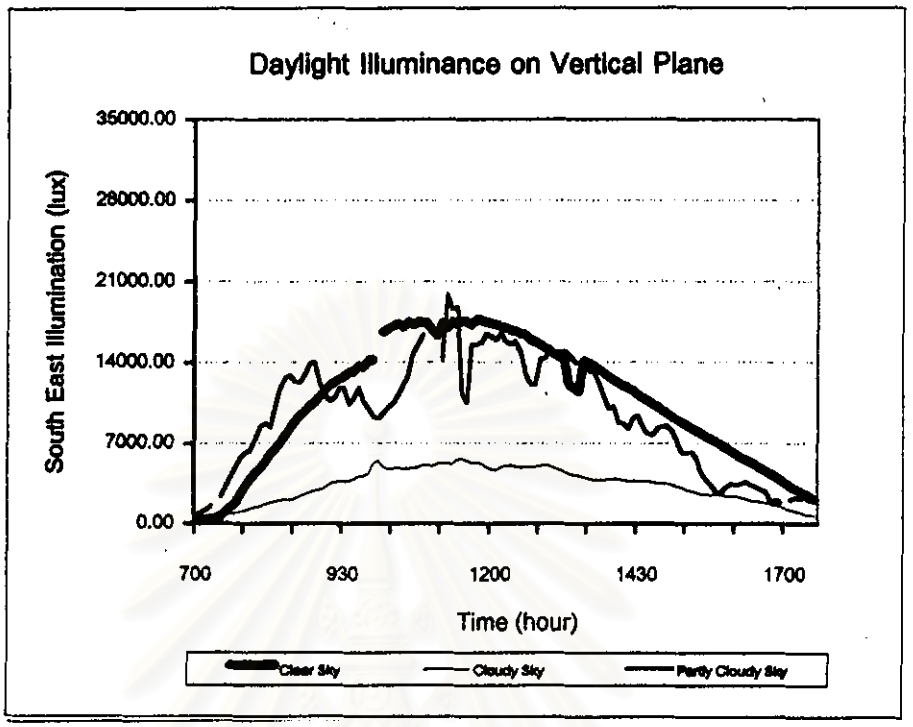
(ง)

แผนภูมิที่ 4.3 แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้าในทุกสภาพท้องฟ้า กรณีของแสงกระจาย(ต่อ)

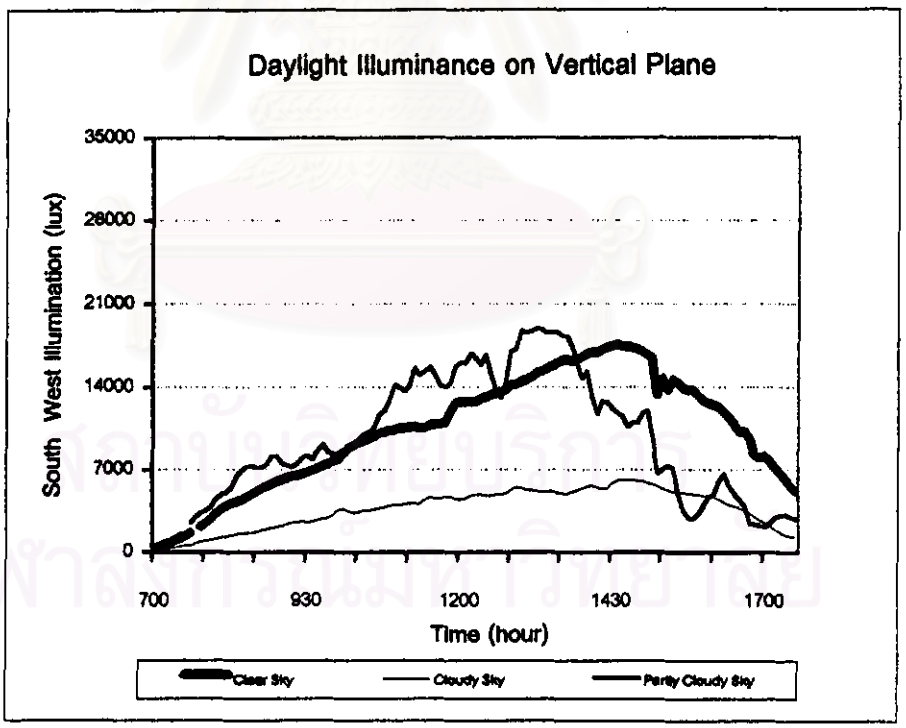
(จ) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

(ฉ) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

หมายเหตุ ข้อมูล ณ. วันที่ 2ก.พ.(Clear sky) 5ก.พ.(Partly Cloudy sky)10 ก.พ.(Cloudy sky) 2543



(ช)



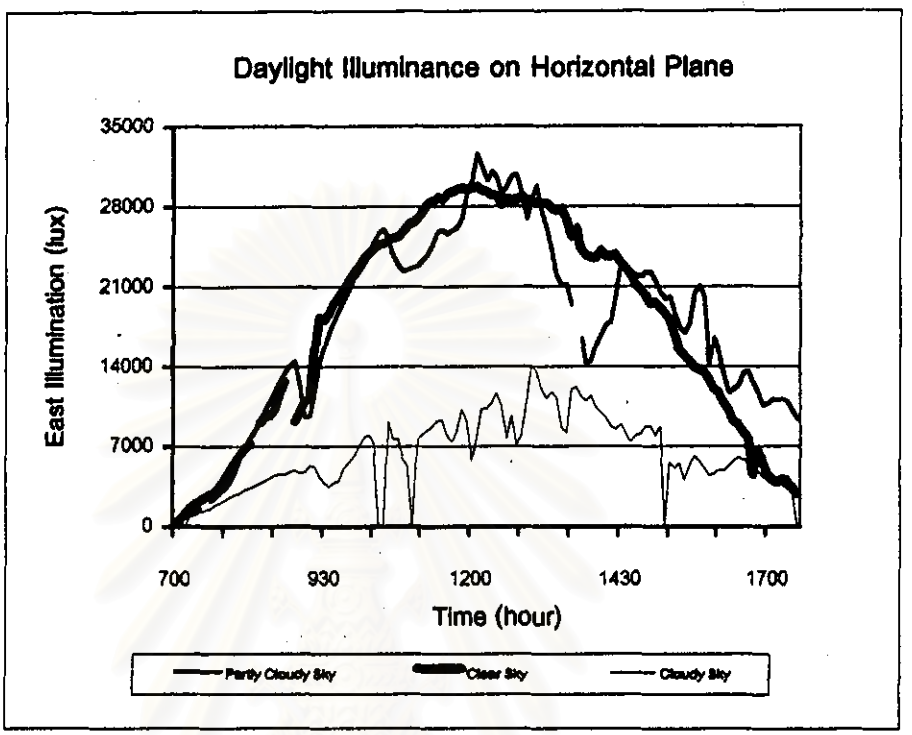
(ช)

แผนภูมิที่ 4.3 แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้าในทุกสภาพท้องฟ้า กรณีของแสงกระจาย(ต่อ)

(ช) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ทิศตะวันออกเฉียงใต้

(ช) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ทิศตะวันตกเฉียงใต้

หมายเหตุ ข้อมูล ณ. วันที่ 2ก.พ.(Clear sky) 5ก.พ.(Partly Cloudy sky)10 ก.พ.(Cloudy sky) 2543



(ฌ)

แผนภูมิที่ 4.3 แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้าในทุกสภาพท้องฟ้า กรณีของแสงกระจาย(ต่อ)

(ฌ) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ในแนวระนาบ

หมายเหตุ ข้อมูล ณ. วันที่ 2ก.พ.(Clear sky) 5ก.พ.(Partly Cloudy sky)10 ก.พ.(Cloudy sky) 2543

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4 การศึกษาความส่องสว่างภายนอกของท้องฟ้า อันเนื่องมาจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์

4.4.1 การศึกษาความส่องสว่างจากดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบบนแนวระนาบ

AVERAGE RAW DATA FROM STATION																				
	Date	Time	Global-R	Diffuse-R	Ho	N	S	E	W	SC	SAlt	SAzm	SHr	Stime	Ho	N	S	E	W
104	19	700	7.64	5.64	821	330.6	368.6	440.4	262.7	0.78	2.04	-66.25	-62.13	6.62	107	43	51	58	34
104	19	705	11.63	8.66	1151	452	524.3	641.7	416.6	0.74	3.17	-67.91	-60.88	6.61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	710	14.77	10.84	1445	603.3	806	876	566	0.73	4.29	-67.56	-79.63	6.69	96	41	56	69	38
104	19	715	17.53	12.91	1299	744	973	1067	673.5	0.74	5.40	-67.21	-78.38	6.77	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	720	21.22	16.57	2261	919	1260	1351	849	0.73	6.52	-66.84	-77.13	6.85	107	43	58	66	40
104	19	725	30.01	21.46	3124	1266	2100	1800	1234	0.71	7.63	-66.47	-75.88	6.94	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	730	42.72	29.34	4260	1664	2456	2585	1644	0.69	8.73	-66.08	-74.63	7.02	100	39	56	66	38
104	19	735	58.14	38.44	5674	2100	3409	3974	2000	0.66	9.84	-65.65	-73.38	7.11	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	740	71.4	46.02	6859	2405	4231	4945	2291	0.64	10.94	-65.27	-72.13	7.19	93	34	58	69	32
104	19	745	85.3	53.4	8030	2696	5316	6142	2607	0.63	12.03	-64.85	-70.88	7.27	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	750	103.2	63.26	9910	3140	6653	8200	3046	0.61	13.13	-64.42	-69.63	7.36	96	30	66	79	30
104	19	755	121.4	71.2	11340	3515	8030	10040	3336	0.59	14.21	-63.98	-68.38	7.44	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	800	141.4	80.2	12690	3897	9150	12370	3660	0.57	15.30	-63.52	-67.13	7.52	91	28	66	87	25
104	19	805	152.2	83.6	13790	4217	9930	13910	3731	0.55	16.38	-63.05	-65.88	7.61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	810	162.1	88.6	14770	4472	10440	15000	3883	0.55	17.45	-62.58	-64.63	7.69	91	26	64	83	24
104	19	815	166.6	91	15260	4712	10530	15410	3984	0.55	18.53	-62.07	-63.38	7.77	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	820	162.6	91.7	14960	4907	9870	14190	4102	0.56	19.59	-61.55	-62.13	7.86	82	30	61	87	25
104	19	825	164.6	107.5	17520	5506	10660	15510	4527	0.58	20.65	-61.02	-60.88	7.94	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	830	168.1	107.4	18420	5670	11680	16260	4710	0.57	21.71	-60.48	-59.63	8.02	99	30	62	87	25
104	19	835	210.2	114.2	20560	6084	14300	21500	5221	0.54	22.76	-59.91	-58.38	8.11	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	840	263.1	127	26300	6832	18190	26770	5747	0.48	23.80	-59.33	-57.13	8.19	100	26	69	102	22
104	19	845	289.3	130.4	28910	6975	22040	31110	5917	0.45	24.84	-58.74	-55.88	8.27	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	850	299.2	131.6	29930	7250	22920	32010	6079	0.44	25.87	-58.12	-54.63	8.36	100	24	77	107	20
104	19	855	300.5	130.4	31356	7130	23470	31530	6208	0.43	26.89	-57.46	-53.38	8.44	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	900	313.3	135	32000	7270	25890	33510	6419	0.43	27.91	-56.83	-52.13	8.52	102	23	83	107	20
104	19	905	353.6	143.8	35920	7660	29140	37210	6927	0.41	28.91	-56.15	-50.88	8.61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	910	360.8	153	39000	7940	31390	39770	7150	0.40	29.91	-55.45	-49.63	8.69	102	21	82	104	19
104	19	915	391.4	160.8	41200	8420	32010	40270	7540	0.41	30.91	-54.73	-48.38	8.77	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	920	380.3	160.9	37500	8520	27930	33230	7710	0.50	31.88	-53.98	-47.13	8.86	104	24	78	92	21
104	19	925	403.7	162.8	41250	8940	28790	34760	7750	0.48	32.86	-53.21	-45.88	8.94	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	930	326.4	162.3	33620	8810	24360	27310	7960	0.56	33.83	-52.41	-44.63	9.02	103	27	76	84	24
104	19	935	360.4	204.5	37850	9220	27080	29760	8370	0.57	34.78	-51.59	-43.38	9.11	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	940	354.1	219.1	36540	10360	25220	28990	8760	0.62	35.72	-50.73	-42.13	9.19	103	29	71	79	25
104	19	945	324.8	232.4	33650	10940	22500	22460	9360	0.72	36.65	-49.85	-40.88	9.27	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	950	255.1	204.7	26340	10540	14130	15460	9370	0.80	37.57	-48.94	-39.63	9.36	103	41	55	61	37
104	19	955	288.8	231.6	29410	10940	14850	13650	10810	0.91	38.47	-48.00	-38.38	9.44	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	1000	265	216.1	27370	9930	14200	12310	10760	0.82	39.37	-47.02	-37.13	9.52	103	37	54	48	41
104	19	1005	290	223.7	30000	9710	16120	13470	10710	0.77	40.24	-46.01	-35.88	9.61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	1010	332.9	252.4	35320	11000	17300	14670	11530	0.76	41.11	-44.97	-34.63	9.69	106	33	52	44	35
104	19	1015	362.2	273.2	37881	12060	25840	16290	12490	0.75	41.95	-43.88	-33.38	9.77	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	1020	343.6	259.6	36230	11710	22460	15610	12030	0.76	42.76	-42.77	-32.13	9.86	106	34	65	46	37
104	19	1025	366.5	256.6	36600	12210	25320	17000	12730	0.70	43.59	-41.61	-30.88	9.94	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	1030	360.4	258.7	35620	12360	21000	15000	12600	0.74	44.39	-40.41	-29.63	10.02	102	36	60	43	37
104	19	1035	270.2	213.8	26270	11000	15980	13210	11870	0.79	45.16	-39.17	-28.38	10.11	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	1040	293.1	231.7	31080	11110	17610	13340	11660	0.79	45.91	-37.89	-27.13	10.19	106	38	60	46	41
104	19	1045	405.3	267	42500	11870	22000	21000	13400	0.66	46.65	-36.57	-25.88	10.27	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	1050	491.2	280.5	53280	10910	25000	25090	13530	0.57	47.35	-35.20	-24.63	10.36	108	22	51	51	28
104	19	1055	469.4	293	49650	9500	27000	22450	13820	0.62	48.04	-33.79	-23.38	10.44	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	1100	294.2	229.8	31480	8490	20000	12590	12000	0.76	48.70	-32.33	-22.13	10.52	107	29	66	43	41
104	19	1105	232.1	181.2	24230	7660	15200	11620	10290	0.76	49.33	-30.83	-20.88	10.61	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
104	19	1110	232.6	178.5	24250	8950	14220	11070	9600	0.77	49.94	-29.28	-19.63	10.69	104	38	61	46	41
104	19	1115	166.2	141.6	17000	6350	8670	8735	8170	0.84	50.52	-27.69	-18.38	10.77	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

ตารางที่ 4.4 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูล กรณีแสงตรงจากดวงอาทิตย์
(ความสว่างของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนระนาบไม่เกิน 140 ลูเมน/วัตต์)

ที่มา : Ashrae Foundamentals Handbook (SI) , pp. 29.14

หมายเหตุ ข้อมูลของวันที่ 19 มกราคม 2543 (แนวระนาบ ทิศเหนือ ได้ ตะวันออก ตะวันตก)

AVERAGE RADIATION STATION																			
	Date	Time	Global-R	Diffuse-R	NE	NW	SE	SW	SC	SAlt	SAzm	SHr	Stime	Std	Stmo	NE	NW	SE	SW
104	20	700	8.19	5.936	365	274.9	512.1	337.9	0.7248	2.04	-66.46	-62.20	6.52	7.00	6.47	45	34	63	41
104	20	705	14.65	10.24	642.5	392	982	519.8	0.6696	3.16	-66.12	-60.95	6.60	7.08	6.55				
104	20	710	25.69	16.76	1075	592.4	1012	805	0.8549	4.28	-67.78	-79.70	6.69	7.17	6.63	42	23	40	31
104	20	715	37.71	24.42	1604	832	2739	1136	0.8476	5.40	-67.42	-78.45	6.77	7.25	6.72				
104	20	720	52.56	32.96	2312	1150	4219	1641	0.8269	6.51	-67.05	-77.20	6.85	7.33	6.80	44	22	80	31
104	20	725	71.7	44.09	3436	1253	6184	2290	0.8149	7.63	-66.66	-75.95	6.94	7.42	6.88				
104	20	730	84.4	51.76	4442	2111	7920	2849	0.8132	8.73	-66.29	-74.70	7.02	7.50	6.97	53	25	94	34
104	20	735	78.5	48.09	5010	2411	8450	3189	0.8871	9.84	-65.90	-73.45	7.10	7.58	7.05				
104	20	740	87.6	47.18	6033	2755	9562	3571	0.8388	10.94	-65.49	-72.20	7.19	7.67	7.13	69	31	109	41
104	20	745	106.2	51.72	7550	3073	12000	4083	0.476	12.04	-65.07	-70.95	7.27	7.75	7.22				
104	20	750	129.7	57.24	9180	3376	13500	4566	0.4413	13.13	-64.64	-69.70	7.35	7.83	7.30	71	26	104	36
104	20	755	147.3	60.71	10430	3670	14690	4903	0.4122	14.23	-64.19	-68.45	7.44	7.92	7.38				
104	20	800	160.9	63.15	11200	3994	16523	5322	0.3925	15.31	-63.74	-67.20	7.52	8.00	7.47	70	24	103	33
104	20	805	174.6	65.66	11670	4122	16950	5666	0.3761	16.39	-63.27	-65.95	7.60	8.08	7.55				
104	20	810	189.7	66.64	12820	4313	21450	6028	0.3618	17.47	-62.78	-64.70	7.69	8.17	7.63	67	23	113	32
104	20	815	210.1	72.2	13560	4551	22956	6454	0.3436	18.55	-62.29	-63.45	7.77	8.25	7.72				
104	20	820	231.5	78	14520	4786	24500	6874	0.3263	19.61	-61.77	-62.20	7.85	8.33	7.80	63	21	108	30
104	20	825	249	79.3	15090	4954	27663	7200	0.3165	20.66	-61.25	-60.95	7.94	8.42	7.88				
104	20	830	264.1	82.4	15410	5103	28653	7460	0.312	21.73	-60.70	-59.70	8.02	8.50	7.97	58	19	108	28
104	20	835	281.4	84.3	15870	5288	30210	7800	0.2996	22.78	-60.14	-58.45	8.10	8.58	8.05				
104	20	840	296.2	86.3	16240	5451	32560	8100	0.2894	23.83	-59.56	-57.20	8.19	8.67	8.13	54	18	108	27
104	20	845	316.9	88.4	16490	5637	35460	8420	0.279	24.87	-58.97	-55.95	8.27	8.75	8.22				
104	20	850	337	90.6	16880	5832	38560	8800	0.2688	25.90	-58.35	-54.70	8.35	8.83	8.30	50	17	114	26
104	20	855	356.4	94	17070	6044	41250	9150	0.2637	26.93	-57.72	-53.45	8.44	8.92	8.38				
104	20	900	371.4	98.1	17050	6217	43250	9450	0.2641	27.95	-57.06	-52.20	8.52	9.00	8.47	48	17	116	25
104	20	905	387.2	102	17090	6363	45213	9800	0.2634	28.96	-56.38	-50.95	8.60	9.08	8.55				
104	20	910	405.9	106.3	17160	6562	45610	10160	0.2619	29.96	-55.69	-49.70	8.69	9.17	8.63	42	16	112	26
104	20	915	423.2	109.1	17150	6731	44320	10550	0.2578	30.96	-54.97	-48.45	8.77	9.25	8.72				
104	20	920	440.6	113.5	17190	6901	46520	10990	0.2576	31.94	-54.22	-47.20	8.85	9.33	8.80	39	15	106	25
104	20	925	463.9	116.1	17010	7070	46550	11430	0.2602	32.92	-53.45	-45.95	8.94	9.42	8.88				
104	20	930	472.3	122.8	16900	7270	47580	11950	0.26	33.88	-52.65	-44.70	9.02	9.50	8.97	36	16	101	25
104	20	935	479.7	125.7	16410	7250	52360	12300	0.262	34.84	-51.83	-43.45	9.10	9.58	9.05				
104	20	940	496	129.8	16430	7450	53240	12910	0.2617	35.79	-50.98	-42.20	9.19	9.67	9.13	33	15	107	29
104	20	945	510.4	133.3	16380	7600	54230	13400	0.2612	36.72	-50.10	-40.95	9.27	9.75	9.22				
104	20	950	520.6	137	16120	7750	55260	13970	0.2631	37.64	-49.19	-39.70	9.35	9.83	9.30	31	15	106	27
104	20	955	537	136.6	15900	7830	54230	14450	0.2547	38.55	-48.25	-38.45	9.44	9.92	9.38				
104	20	1000	556.1	139.9	15690	7910	56000	15060	0.252	39.44	-47.27	-37.20	9.52	10.00	9.47	28	14	101	27
104	20	1005	573.1	139.9	15490	8040	57640	15720	0.2441	40.33	-46.26	-35.95	9.60	10.08	9.55				
104	20	1010	582.9	139.3	14970	8140	58963	16220	0.239	41.19	-45.22	-34.70	9.69	10.17	9.63	28	14	101	28
104	20	1015	597.2	139.9	14620	8190	60120	16820	0.2343	42.04	-44.14	-33.45	9.77	10.25	9.72				
104	20	1020	609.1	142.8	14310	8370	62310	17360	0.2344	42.88	-43.02	-32.20	9.85	10.33	9.80	23	14	102	29
104	20	1025	627.5	143.6	14000	8460	66360	18210	0.2292	43.69	-41.87	-30.95	9.94	10.42	9.88				
104	20	1030	636.3	144.6	13570	8530	65660	18830	0.2273	44.49	-40.67	-29.70	10.02	10.50	9.97	21	13	103	30
104	20	1035	642.6	146.3	13230	8620	64000		0.2276	45.27	-39.43	-28.45	10.10	10.58	10.05				
104	20	1040	657.9	148.8	12970	8760	64040	20730	0.2262	46.02	-38.15	-27.20	10.19	10.67	10.13	20	13	97	32
104	20	1045	666.6	149.3	12720	8860	63270	21390	0.2239	46.76	-36.83	-25.95	10.27	10.75	10.22				
104	20	1050	660.5	149.4	12550	9080	63000	22220	0.2196	47.47	-35.46	-24.70	10.35	10.83	10.30	18	13	83	33
104	20	1055	692	153.1	12470	9330	62260	23030	0.2212	48.16	-34.04	-23.45	10.44	10.92	10.38				
104	20	1100	700	156.7	12210	9360	61410	23600	0.2239	48.83	-32.59	-22.20	10.52	11.00	10.47	17	13	89	34
104	20	1105	705	158.2	11890	9440	60200	24400	0.2244	49.47	-31.06	-20.95	10.60	11.08	10.55				
104	20	1110	721	160.1	11600	9690	60220	25360	0.2221	50.08	-29.53	-19.70	10.69	11.17	10.63	16	13	84	35
104	20	1115	721	165.2	11670	9940	58270	26070	0.2291	50.66	-27.93	-18.45	10.77	11.25	10.72				

ตารางที่ 4.5 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์ข้อมูล กรณีแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (ความสว่างของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนระนาบไม่เกิน 140 ลูเมน/วัตต์)

ที่มา : Ashrae Foundamentals Handbook (SI) , pp. 29.14

หมายเหตุ ข้อมูลของวันที่ 29 มกราคม 2543

(ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันตกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงใต้ ตะวันตกเฉียงใต้)

4.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา กรณีแสงตรงจากดวงอาทิตย์

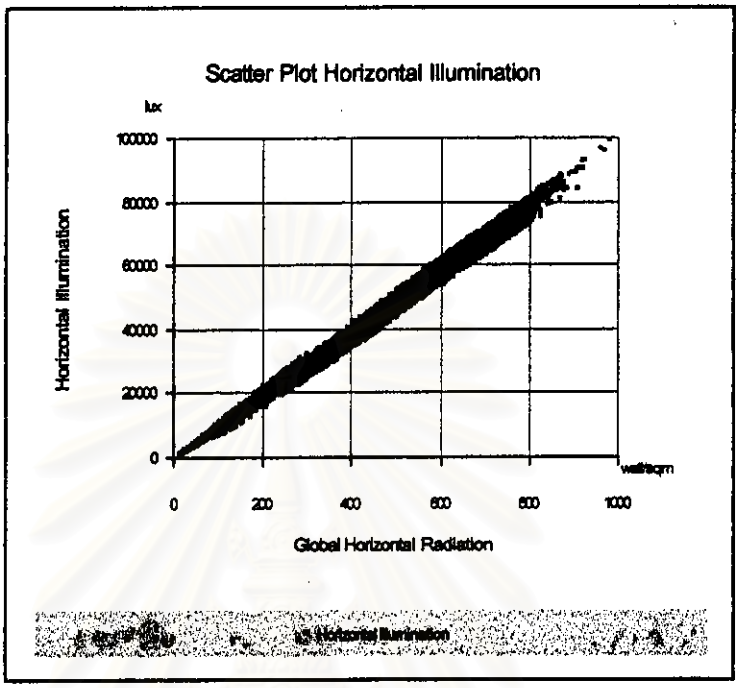
จากการพิจารณาแผนภูมิการส่องสว่างของท้องฟ้า กรณีแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Solar Illumination) พบว่ามีข้อสังเกตดังนี้

- ☐ ความส่องสว่างทางด้านทิศใต้ มีความสัมพันธ์กับแนวระนาบ ในลักษณะสัมพันธ์โดยตรงโดยที่ค่าความส่องสว่างทางด้านทิศเหนือ มีค่าสูงสุด ประมาณ 66,000 ลักซ์ ขณะที่ความสว่างในแนวระนาบมีค่าสูงสุด ประมาณ 113,000 ลักซ์ (ค่าความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา)
- ☐ ความส่องสว่างทางด้านทิศตะวันออก มีความสัมพันธ์กับทิศตะวันตก ในลักษณะผกผันโดยที่ค่าความสว่างด้านทิศตะวันออก มีค่าสูงสุดประมาณ 64,000 ลักซ์ ขณะที่ความสว่างทางด้านทิศตะวันตก มีค่าสูงสุดประมาณ 60,500 ลักซ์ (ค่าความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา)
- ☐ ความส่องสว่างทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีความสัมพันธ์กับทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในลักษณะผกผันโดยที่ค่าความสว่างด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีค่าสูงสุดประมาณ 75,000 ลักซ์ ขณะที่ความสว่างทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีค่าสูงสุดประมาณ 77,500 ลักซ์ (ค่าความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษา)
- ☐ ในขณะที่ความส่องสว่างในระนาบนอน จะมีค่าความส่องสว่างสูงที่สุด ในทุกสภาพท้องฟ้าเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความส่องสว่างในระนาบตั้ง โดยจะมีค่าความสว่างสูงสุดอยู่ที่ 135,000 ลักซ์ (ณ สภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง)

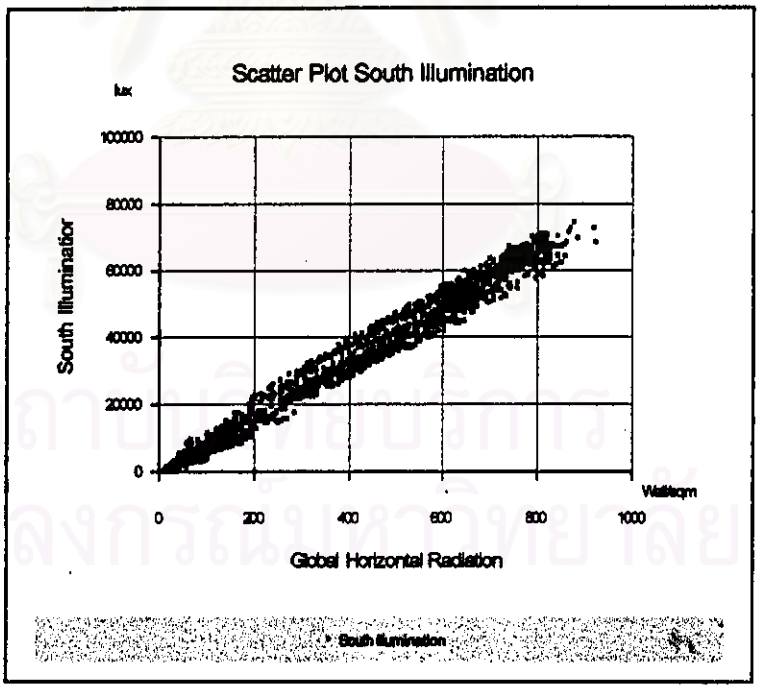
เมื่อพิจารณาโดยรวมพบว่าค่าความส่องสว่างในสภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky) มีค่าความสว่างสูงสุดเมื่อเทียบกับสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) และสภาพที่ปกคลุมไปด้วยท้องฟ้าจนมองไม่เห็นแหล่งกำเนิดแสง (Cloudy Sky) ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.3 การศึกษารูปแบบการกระจายของแสงในแต่ละทิศ กรณีของแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (DIRECT SOLAR ILLUMINATION)



(ก)



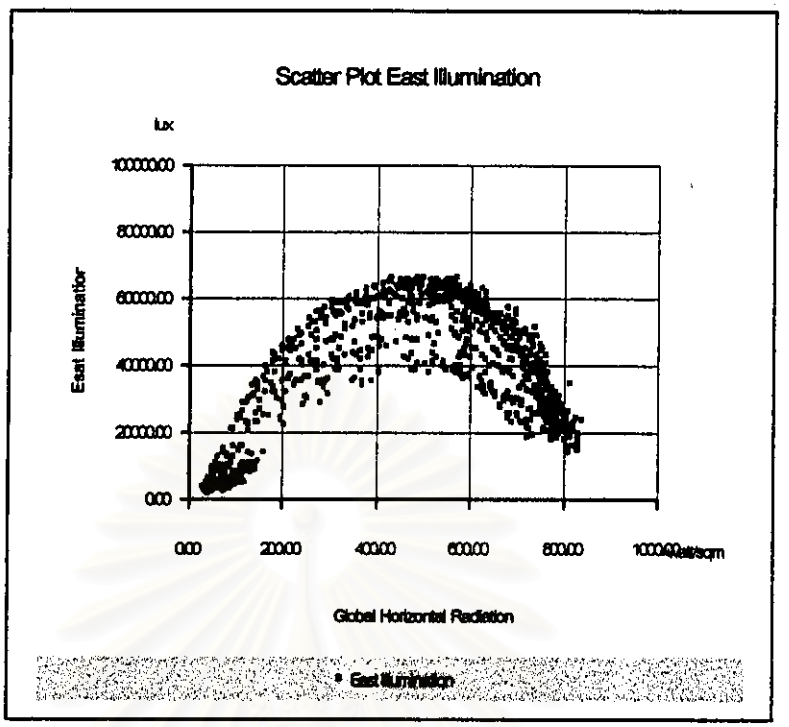
(ข)

แผนภูมิที่ 4.4 แสดงรูปแบบการกระจายของแสง กรณีแสงตรงจากดวงอาทิตย์

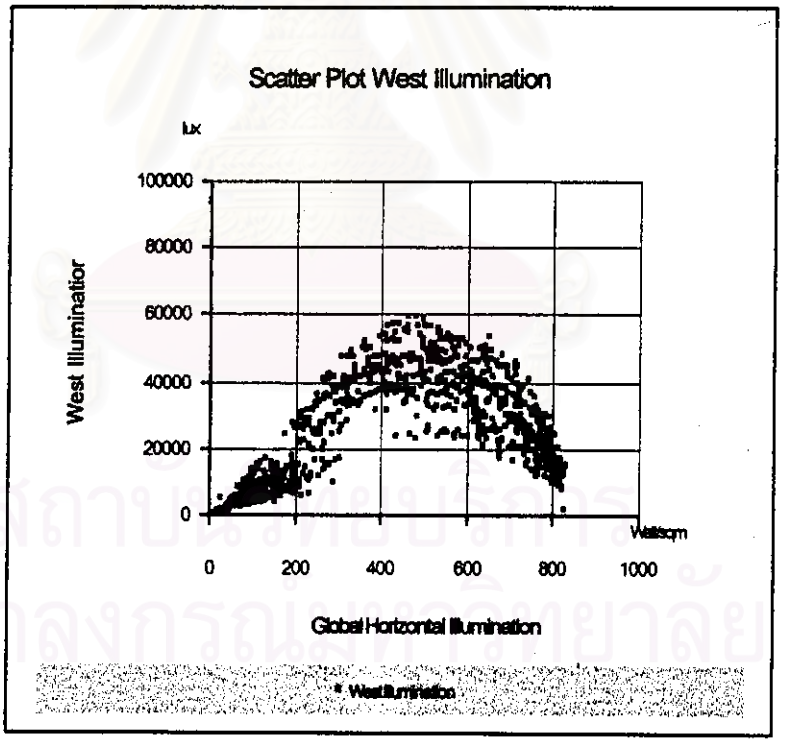
(ก) แสดงรูปแบบการกระจายของแสง ในแนวระนาบ

(ข) แสดงรูปแบบการกระจายของแสง ทางด้านทิศใต้

หมายเหตุ ข้อมูลตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2542-มีนาคม 2543



(ค)



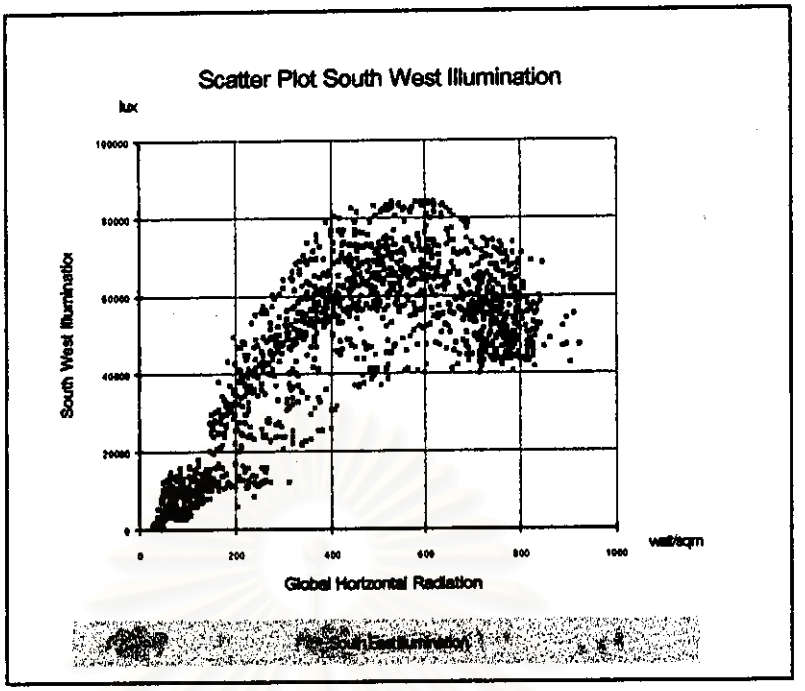
(ง)

แผนภูมิที่ 4.4 แสดงรูปแบบการกระจายของแสง กรณีแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (ต่อ)

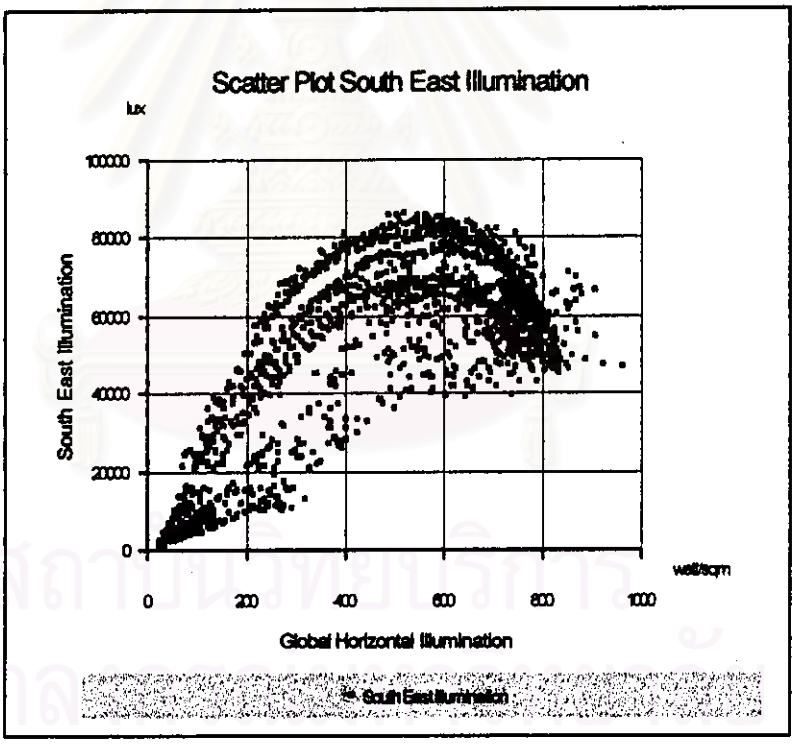
(ค) แสดงรูปแบบการกระจายของแสง ทางด้านทิศตะวันออก

(ง) แสดงรูปแบบการกระจายของแสง ทางด้านทิศตะวันตก

หมายเหตุ ข้อมูลตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2542-มีนาคม 2543



(จ)



(ฉ)

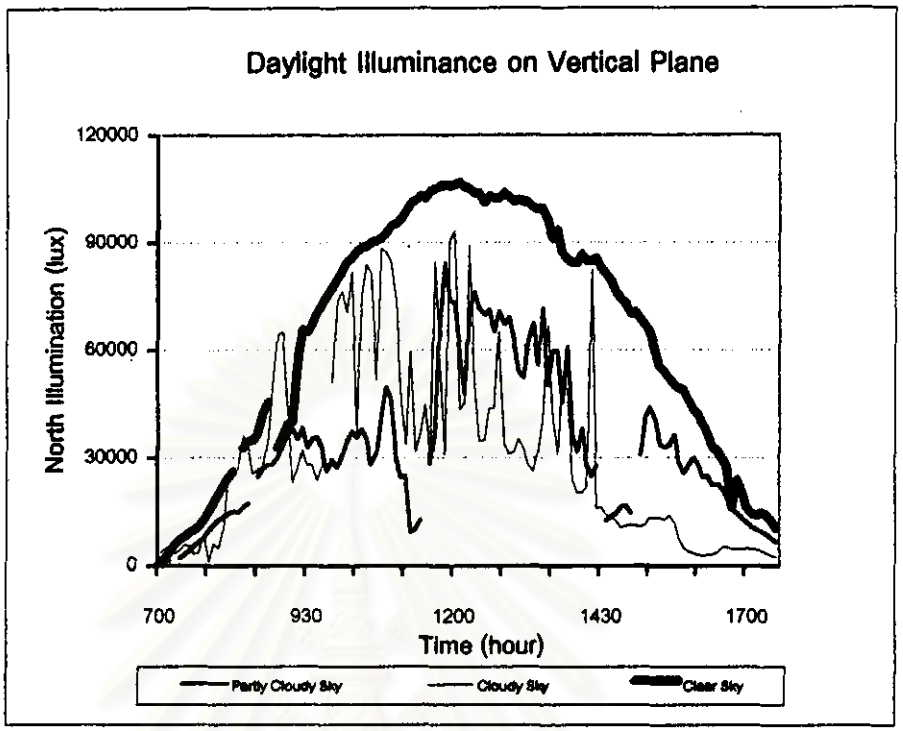
แผนภูมิที่ 4.4 แสดงรูปแบบการกระจายของแสง กรณีแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (ต่อ)

(จ) แสดงรูปแบบการกระจายของแสง ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

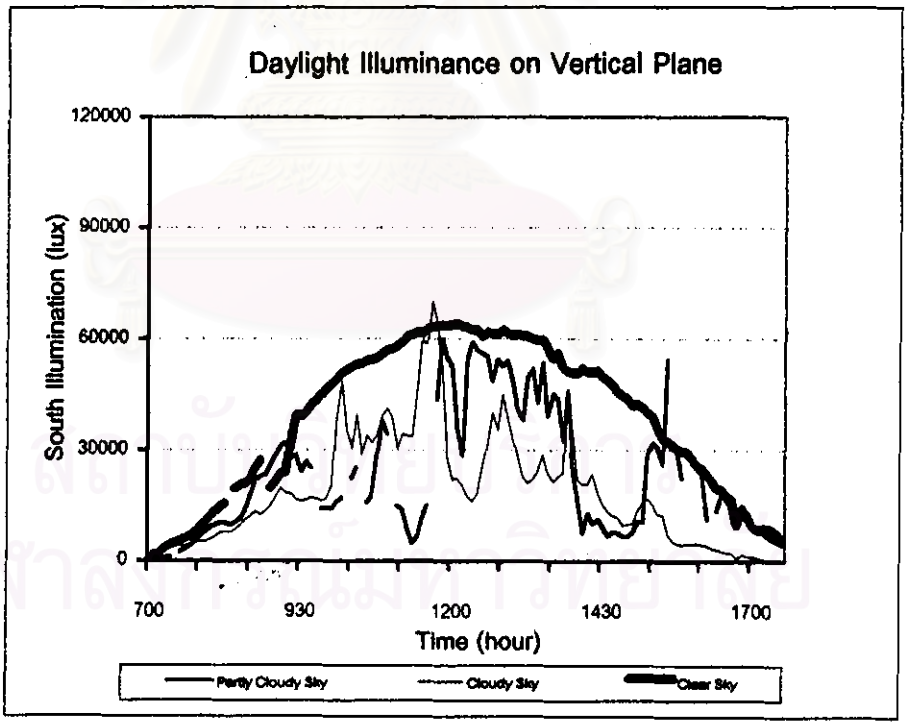
(ฉ) แสดงรูปแบบการกระจายของแสง ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้

หมายเหตุ ข้อมูลตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2542-มีนาคม 2543

4.4.4 การศึกษาความส่องสว่างของท้องฟ้าในทุกสภาพท้องฟ้า กรณีของแสงตรง (Direct Solar Illumination)



(ก)



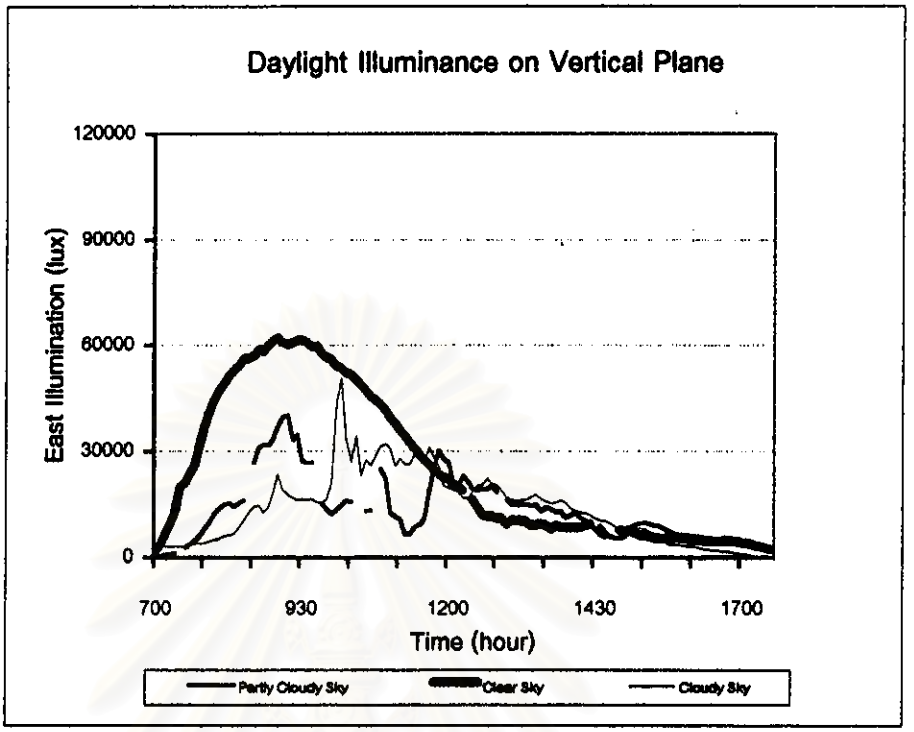
(ข)

แผนภูมิที่ 4.5 แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้าในทุกสภาพท้องฟ้า กรณีของแสงตรง

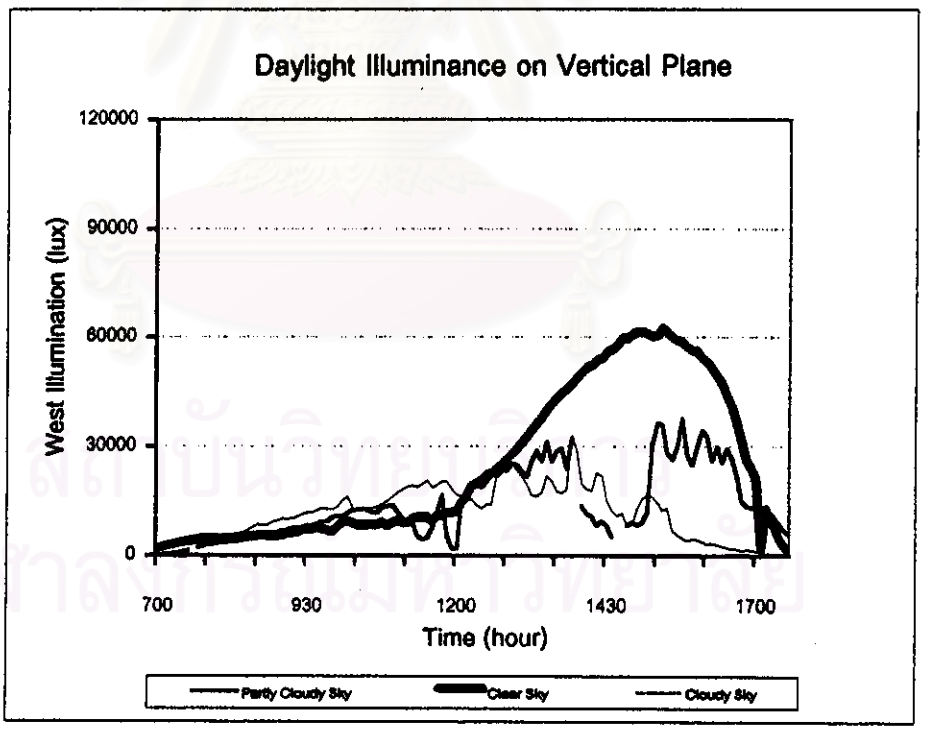
(ก) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ในแนวระนาบ

(ข) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ทิศใต้

หมายเหตุ ข้อมูล ณ. วันที่ 14ม.ค.(Clear sky)15ม.ค.(Partly Cloudy sky)22ม.ค.(Cloudy sky) 2543



(ค)



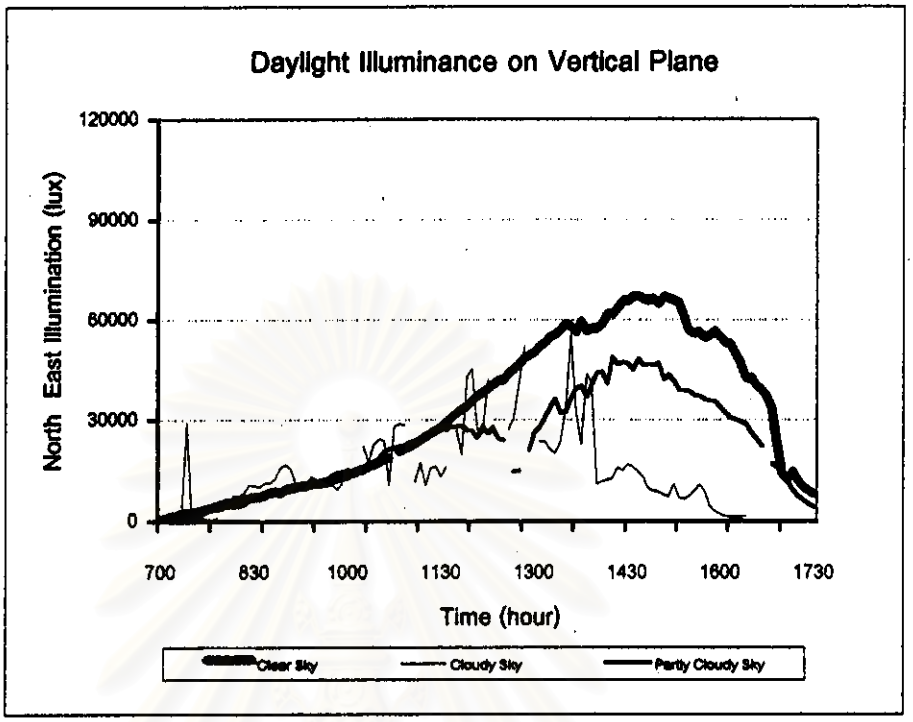
(ง)

แผนภูมิที่ 4.5 แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้าในทุกสภาพท้องฟ้า กรณีของแสงตรง (ต่อ)

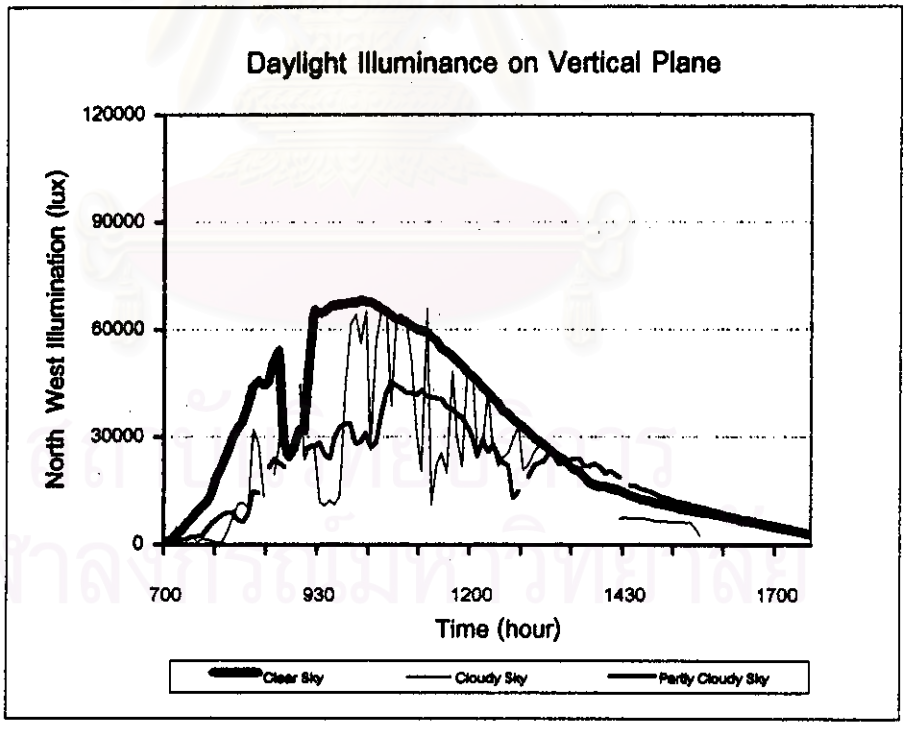
(ค) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ทิศตะวันออก

(ง) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ทิศตะวันตก

หมายเหตุ ข้อมูล ณ. วันที่ 14ม.ค.(Clear sky)15ม.ค.(Partly Cloudy sky)22ม.ค.(Cloudy sky) 2543



(จ)



(ฉ)

แผนภูมิที่ 4.5 แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้าในทุกสภาพท้องฟ้า กรณีของแสงตรง (ต่อ)

(จ) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ทิศตะวันตกเฉียงใต้

(ฉ) แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ทิศตะวันออกเฉียงใต้

หมายเหตุ ข้อมูล ณ. วันที่ 14ม.ค.(Clear sky)15ม.ค.(Partly Cloudy sky)22ม.ค.(Cloudy sky) 2543