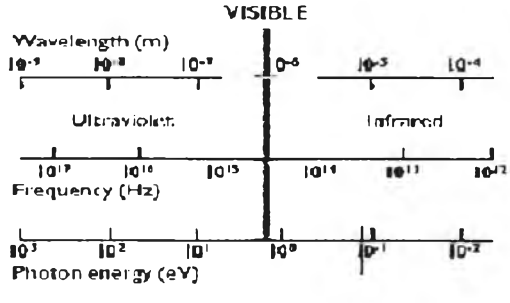
บทที่ 2

การศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

พลังงานแสงอาทิตย์เป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกเป็นอย่างมาก เนื่องจากจะช่วยควบคุม อุณหภูมิที่ผิวโลก และช่วยทำให้เกิดระบบนิเวศน์วิทยา นอกจากดวงอาทิตย์แล้วยังมีดวงดาวอื่นๆ ในระบบสุริยจักรวาลอีกที่ส่งพลังงานในรูปแบบต่างๆมายังโลก เช่น คลื่นรังสีเอ็กซ์(X-Ray) คลื่นวิทยุ แต่ถึงอย่างไรก็ตามพลังงานที่โลกได้รับส่วนใหญ่ (95 เปอร์เซ็นต์) มาจากดวงอาทิตย์ ในรูปของแสงธรรมชาติ(ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็คโทรนิคและคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, 2540) อย่างไรก็ตามแสงธรรมชาตินั้นเป็นเพียงส่วนหนึ่งของคลื่นรังสี ที่โลกเราได้รับเท่านั้นส่วนที่สำคัญในคลื่นรังสีนี้ ประกอบด้วยคลื่นรังสีอินฟราเรดและคลื่นรังสีอุลตราไวโอเล็ต ซึ่งบางครั้งส่งผลที่ไม่น่าพึงพอใจให้กับสิ่งมีชีวิตบนโลก นับว่าเป็นสิ่งที่ดีที่แสงจากดวงอาทิตย์ที่สามารถนำมาใช้ได้นั้นอยู่ในช่วงที่สามารถมองเห็นได้ซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ $2*10^{-7}$ ถึง $2*10^{-6}$ เมตร ช่วงคลื่นดังกล่าวสัมพันธ์กับความถี่และพลังงาน คลื่นที่มีช่วงสั้นจะมีความถี่และมีพลังงานมากกว่า

รูปที่ 2.1 ความยาวคลื่นแสงในช่วงต่างๆ



ที่มา : "Photovoltaics Program." 1998. [Online]. Avaliable :
http://www.eren.doe.gov/pv/

จากรูปที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่าช่วงคลื่นแต่ละช่วงซึ่งมีความยาวคลื่นที่แตกต่างกันจะให้พลังงานในระดับที่ต่างกัน ช่วงคลื่นของแสงสีแดงจะให้พลังงานน้อยกว่าช่วงคลื่นของแสงสีม่วง ช่วงของรังสีเหนือม่วง(Ultraviolet) นั้นเป็นช่วงของคลื่นแสงที่ให้พลังงานมากกว่าพลังงานของแสงที่ตาสามารถมองเห็นได้ ในลักษณะเดียวกัน ช่วงของรังสีอินฟราเรด(Infrared) นั้นเป็นช่วงของคลื่นแสงที่ให้พลังงานน้อยกว่าพลังงานของแสง ในช่วงที่สายตาสามามองเห็นได้

2.1 โลกและดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยจักรวาล ประกอบขึ้นด้วยกลุ่มก๊าซร้อนที่มีความหนาแน่นสูงรวมตัวกันเป็นรูปทรงกลม โดยจะปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสงซึ่งแสงจากดวงอาทิตย์จะเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในรูปของคลื่นที่มีความยาวแตกต่างกัน ความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน ช่วยให้ทราบถึงระดับพลังงานที่ได้รับจากการแผ่รังสีที่แตกต่างกันด้วย แม้ว่าดวงอาทิตย์จะปลดปล่อยพลังงานจำนวนมากให้กับระบบสุริยจักรวาล แต่โลกซึ่งเป็นดาวบริวารดวงที่สาม ของระบบสุริยจักรวาลกลับได้รับเอาพลังงานดังกล่าวมาเพียงเล็กน้อย คือ ประมาณ 1,367 วัตต์ต่อตารางเมตร (Friedrich S. and Thomas E. , 1996.) พลังงานจำนวนดังกล่าวเป็นพลังงานโดยเฉลี่ยซึ่งโลกได้รับจากดวงอาทิตย์ เนื่องจากการโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์นั้นเป็นการโคจรในลักษณะที่ไม่เป็นวงกลมโดยมีค่าเปลี่ยนแปลงประมาณ 1.7 เปอร์เซ็นต์ และระยะห่างเฉลี่ยระหว่างโลกและดวงอาทิตย์มีค่าประมาณ $1.495 * 10^{11}$ เมตร ดังนั้นค่าความเข้มของรังสีที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่งหน่วยเหนือบรรยากาศโลกในเวลาที่ต่างกันจึงมีค่าไม่เท่ากัน (จงจิตร์ หิรัญลาภ. รศ. ดร. , 2541) อย่างไรก็ตามหลังจากที่มีการสะท้อนและดูดกลืนโดยชั้นบรรยากาศของโลก แล้วพลังงานส่วนที่เหลือมาสู่พื้นโลกก็ยังมีปริมาณมาก โดยประมาณได้ว่าพลังงานที่โลกเราได้รับจากแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังพื้นโลก ในแต่ละนาทีนั้นยังมากกว่าปริมาณพลังงานที่ถูกใช้ไปในโลก ภายในช่วงระยะเวลา 1 ปี ดังนั้นแสงอาทิตย์จึงสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนได้ในอนาคต

รูปที่ 2.2 การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์

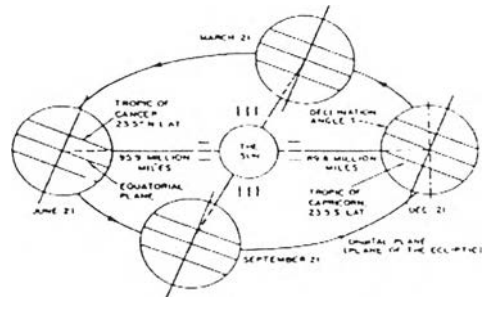


Fig. 2 The Earth's Motion around the Sun*

ที่มา : American Society of heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. 1989 ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS. Atlanta : 1986.

2.1.1 ประเภทของรังสีที่ผิวโลกและมวลอากาศ

รังสีตรง (Beam or Direct Radiation) คือ รังสีที่มาจากดวงอาทิตย์โดยตรงและตกลงบนผิวรับแสง มีทิศทางแน่นอนที่เวลาหนึ่งเวลาใด ทิศทางของรังสีตรงอยู่ในแนวลำแสงอาทิตย์ รังสีกระจาย (Diffuse Radiation) คือ รังสีอาทิตย์ส่วนที่ถูกสะท้อนจากบรรยากาศของโลกและวัตถุต่างๆ ที่อยู่ในทางเดินของแสงก่อนตกกระทบพื้นผิวรับแสง รังสีกระจายนี้มาจากทุกทิศทุกทางของท้องฟ้า รังสีรวม (Total or Global Radiation) คือ ผลรวมของรังสีตรงและรังสีกระจายที่ตกกระทบผิวรับแสง ในกรณีที่ผิวรับแสงเป็นพื้นเอียง รังสีรวมจะประกอบด้วยรังสีตรงจากท้องฟ้า รังสีกระจายจากท้องฟ้าและผิวโลก เรียกรังสีรวมนี้เรียกว่าโททอลเรดิเอชั่น (Total Radiation) สำหรับกรณีผิวรับแสงเป็นพื้นราบ รังสีรวมจะมาจากครึ่งทรงกลมของท้องฟ้าไม่มีส่วนที่มาจากผิวโลก เรียกรังสีรวมในกรณีว่ากโลบอลเรดิเอชั่น (Global Radiation)

มวลอากาศ (Air Mass; m) คือ สัดส่วนของความหนาของบรรยากาศที่รังสีตรงส่องผ่านต่อความหนาของบรรยากาศเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งตรงศีรษะ นอกบรรยากาศกำหนดให้มวลอากาศเท่ากับ 0 สำหรับที่ระดับน้ำทะเล ถ้ามุมซีนิท (Zenith) มีค่าระหว่าง 0 องศา ถึง 70 องศา ค่ามวลอากาศสามารถหาได้จากสมการความสัมพันธ์

$$m = \sec \theta_z$$ (Duffie, J.E. and Hanson, K.J. , 1991)

แผนภูมิที่ 2.1 การดูดซับรังสีของบรรยากาศชั้นต่างๆของโลก

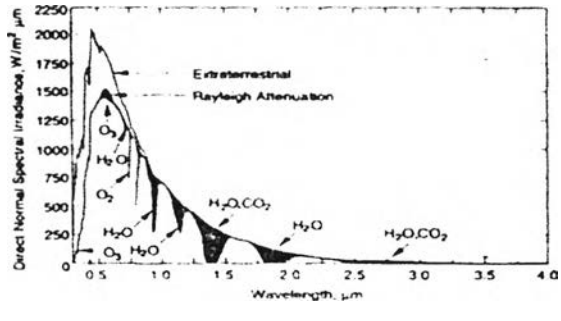


Figure 2.1 An example of the effects of Rayleigh scattering and atmospheric absorption on the spectral distribution of beam irradiance. [1]

ที่มา : Friedrich Sick and Thomas Erge. **Photovoltaics in Buildings.** Glasgow : Bell & Bain. 1996.

2.1.2 เวลาสุริยะ (Solar Time)

เวลาสุริยะ คือ เวลาที่แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า เช่น เวลาเที่ยงสุริยะ คือ เวลาที่ดวงอาทิตย์ข้ามเส้นเมอริเดียน (Merridian) ของตำแหน่งที่สังเกตเวลาสุริยะต่างจากเวลามาตรฐานท้องถิ่นเกิดขึ้นเนื่องจาก การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์จะมีช่วงระยะเวลาที่แกนของโลกเบนเข้าหาดวงอาทิตย์และเบนออกจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อเวลาการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ข้ามเส้นเมอริเดียนของตำแหน่งที่สังเกต และตำแหน่งของเส้นเมอริเดียนที่ใช้ในการอ้างอิงเวลาสุริยะแตกต่างจากเส้นเมอริเดียนที่ใช้ในการอ้างอิงเวลามาตรฐานท้องถิ่น โดยดวงอาทิตย์จะใช้เวลาประมาณ 4 นาทีต่อการเปลี่ยนแปลง 1 ลองจิจูด (Duffie, J.E. and Hanson, K.J. , 1991) ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสุริยะและเวลามาตรฐานท้องถิ่นสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

AST = LST + ET + 4(LSM - LON) (American Society of heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 1989)

โดยที่ AST คือ เวลาสุริยะ(Apparent Solar Time)

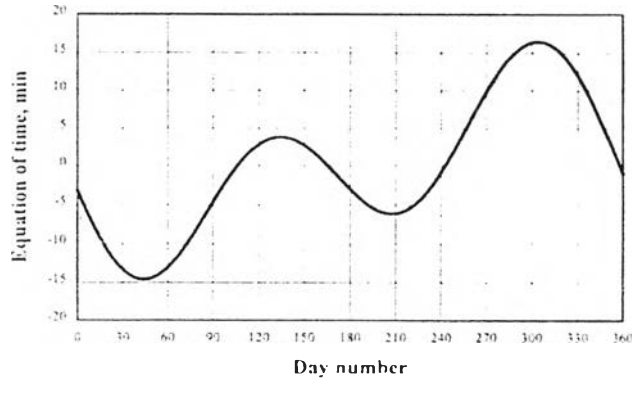
ET คือ สมการเวลา, มีหน่วยเป็นนาที

LSM คือ ตำแหน่งของเส้นเมอริเดียนซึ่งใช้คำนวนมาตรฐานเวลา

LON คือ เส้นลองจิจูดของสถานที่ตั้ง

LST คือ เวลามาตรฐานของท้องถิ่น

แผนภูมิที่ 2.2 สมการเวลา(ET)ในหน่วยนาที



รูปที่ : ร. สมการเวลา E ในหน่วยนาที

ที่มา : จงจิตร์ หิรัญลาภ. **กระบวนการพลังงานแสงอาทิตย์ในรูปความร้อน**. กรุงเทพมหานคร : คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2541. (อัดสำเนา)

2.2 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ คือ การนำเทคโนโลยีเกี่ยวกับวัสดุสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) มาใช้ในการเปลี่ยนแสงสว่าง(รังสีดวงอาทิตย์)ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current) โดยปรากฏการณ์โฟโตโวตาอิก (Photovoltaic Phenomenon หรือ PV Phenomenon) คำว่า "โฟโต้(Photo)" มาจากรากศัพท์ภาษากรีกว่า "ฟอส(Phos)" ซึ่งหมายถึงแสง ส่วนคำว่า "โวท์(Volt)" ได้รับการขนานนามตามชื่อของ อเลสซานโดร โวลต้า(Alessandro Volta) (1745 - 1827) ซึ่งเป็นผู้ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้า ดังนั้นคำว่า "โฟโต้โวลทาอิค(Photovoltaics)" จึงหมายถึงแสงและกระแสไฟฟ้า สำหรับ "เซลล์แสงอาทิตย์" นั้นเป็นที่คุ้นเคยกันสำหรับนำไปใช้ในฐานะแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้า สำหรับอุปกรณ์หลายๆอย่าง เช่น เครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือหรือแม้กระทั่งการผลิตพลังงานสำหรับจ่ายให้กับเครื่องปั๊มน้ำ(Photovoltaics Program, 1998.) นอกจากนั้นยังอาจได้เห็นการนำ เซลล์แสงอาทิตย์ มาใช้เป็นองค์ประกอบส่วนต่างๆของอาคารเพื่อใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับจ่ายให้กับอุปกรณ์ต่างๆของอาคาร ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากพลังงานจากดวงอาทิตย์นั้นเป็นพลังงานที่มีค่าใช้จ่ายต่ำหรือไม่มีค่าใช้จ่ายเลย

แม้ว่าแนวความคิดเกี่ยวกับเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะได้รับการพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ.1939 แล้วก็ตามแต่ก็ยังไม่มีคำอธิบายที่ชัดเจนเกี่ยวกับการเปลี่ยนพลังงานจากแสงอาทิตย์เป็นพลังงานไฟฟ้า ในช่วงหลังของทศวรรษที่ 20 เทคโนโลยีเกี่ยวกับ เซลล์แสงอาทิตย์ ได้ถูกนำมาศึกษาจนเป็นที่เข้าใจและสามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนและเป็นรูปธรรมมากขึ้น แต่เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการผลิตนั้นมีราคาสูงดังนั้นการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้จึงอยู่ในวงจำกัดโดยใช้กันเฉพาะในยานอวกาศเท่านั้น (Photovoltaics Program, 1998.)

2.2.1 ความเป็นมาของเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ ได้รับการค้นพบในปี 1839 โดย เอ็ดมอนด์ เบคเคอเรล(Edmond Becquerel)นักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส (Friedrich S. and Thomas E. , 1996) ซึ่งได้ทำการศึกษาพบว่า วัสดุบางชนิดเมื่อได้รับแสงสว่างจะสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ จากปรากฏการณ์ดังกล่าว เฮ็นริช เฮอร์ท (Heinrich Hertz) ได้นำมาทำการศึกษาต่อในทศวรรษที่ 70 (Photovoltaics Program, 1998.) โดยทำการศึกษาวัสดุที่มีสถานะเป็นของแข็ง เช่น เซเลเนี่ยม (Selenium) ซึ่งหลังจากนั้นไม่นานเซลล์แสงอาทิตย์แบบเซเลเนี่ยมก็สามารถนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ โดยในขั้นต้นนั้น เซลล์แสงอาทิตย์ ที่ได้จะมีประสิทธิภาพเพียง 1 – 2 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น แต่จาก

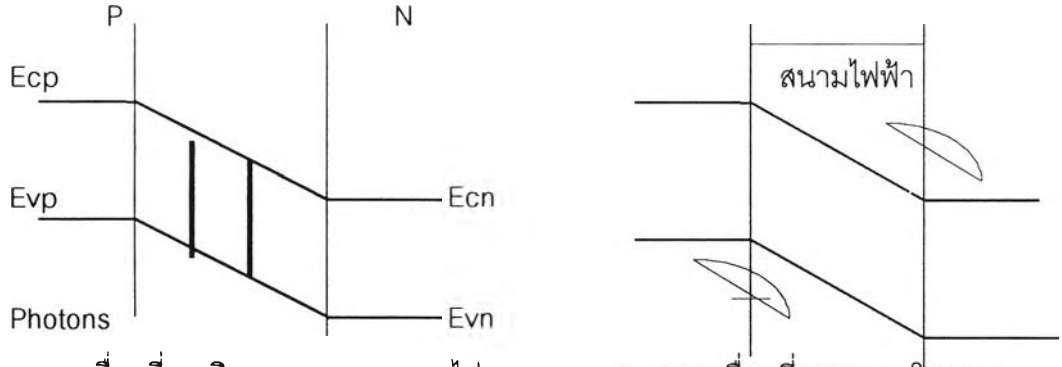
การนี้ได้มีผู้นำ เซเลเนี่ยม ไปใช้ในการถ่ายภาพโดยนำไปใช้สำหรับเครื่องวัดแสง ก้าวที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์ ในเชิงพาณิชย์เกิดขึ้นในช่วงทศวรรษที่ 40 และช่วงต้นทศวรรษที่ 50 เมื่อขบวนการโซคาร์ลสกี้ (Czochralski) ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อการผลิตผลึกซิลิคอน (Crystalline Silicon) ที่มีความบริสุทธิ์มากและในปี 1954 กลุ่มนักวิทยาศาสตร์ที่ศูนย์วิจัยเบลล์ (Bell Laboratories) ได้ใช้ขบวนการโซคาร์ลสกี้ในการพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอนขึ้นมาเป็นครั้งแรก ซึ่งเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ได้มีประสิทธิภาพสูงถึง 4 เปอร์เซ็นต์

2.2.2 การทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์

หลักการของปรากฏการโฟโตโวตาอิก เริ่มต้นด้วยปรากฏการณ์ขบวนการทางกายภาพของ ของเซลล์แสงอาทิตย์ ที่ทำการเปลี่ยนแสงสว่างเป็นกระแสไฟฟ้า ในแสงอาทิตย์นั้นมีหน่วยพลังงานซึ่งเรียกว่า โฟตอน (Photons) ซึ่งเต็มไปด้วยพลังงานในปริมาณที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับช่วงความยาวคลื่นของคลื่นแสง เมื่อโฟตอนในแสงอาทิตย์กระทบกับอีเลคตรอน (Electron; -ve) ผิวหน้าของเซลล์แสงอาทิตย์ โฟตอนเหล่านั้นอาจถูกสะท้อนกลับและบางส่วนอาจถูกดูดกลืนไว้ ในขณะที่บางส่วนคาจถูกส่งผ่านไป เฉพาะโฟตอนที่มีช่วงพลังงานที่เหมาะสมเท่านั้นจึงจะถูกดูดกลืนไว้โดยอีเลคตรอนและทำให้อีเลคตรอนดังกล่าวหลุดจากอะตอม (Atom) ในสารกึ่งตัวนำออกไปเคลื่อนที่อย่างอิสระในเนื้อสาร (กฤษณพงศ์ กีรติกร, 2521) หากพิจารณาในลักษณะของการเปลี่ยนระดับพลังงานของอีเลคตรอน อีเลคตรอนยกระดับพลังงานของตัวเองจากระดับ วาเล็นซ์แบน (Valence band; VB) ไปยังคอนดัคชั่นแบนด์ (Conduction band; CB) และกลายเป็นพาหะไฟฟ้าลบ (-ve charge carrier) ด้วยการกระตุ้นอีเล็คตรอนดังกล่าวนอกจากจะก่อให้เกิดอีเล็คตรอนใน คอนดัคชั่นแบนแล้ว ยังสร้างให้เกิดพาหะไฟฟ้าบวกคือ โฮลล์ (Hole; +ve) ในวาเล็นแบนด์ด้วย โดยโฟตอนที่มีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับช่องว่างพลังงาน (Energy Gap) ของสารกึ่งตัวนำเท่านั้นที่จะถูกดูดกลืน (ดูรูปที่ 2.2) จากนั้นพาหะไฟฟ้าทั้งสองชนิดคือ อีเลคตรอนในคอนดัคชั่นแบนด์และโฮลด์ในวาเล็นซ์แบนด์ ถูกกวาดด้วยสนามไฟฟ้าภายในเซลล์บริเวณรอยต่อให้เคลื่อนที่ไปในทิศที่แน่นอน การเคลื่อนที่ของพาหะดังกล่าวเป็นการดริฟท์ (Drift) ในสนามไฟฟ้า เมื่อพาหะเคลื่อนที่ออกนอกรอยต่อเข้าสู่เนื้อวัตถุ (Bulk Material) ของเซลล์ พาหะจะเคลื่อนที่ต่อไปด้วยการแพร่ (Diffusion) เนื่องจากไม่มีสนามไฟฟ้านอกบริเวณรอยต่อ (ในกรณีปกติ) จะมีการสูญเสียพาหะไปส่วนหนึ่งเมื่อมีการรวมตัว (Recombination) ของพาหะชนิดตรงข้าม และมีการจับ (Trap) พาหะด้วยดีเฟค (Defect) ในเนื้อวัตถุและบริเวณผิวพาหะที่เคลื่อนที่ออกมานอกเซลล์จะไหลผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ต่ออยู่ภายนอกเป็นกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรและนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้และด้วยการใช้ เซลล์แสงอาทิตย์ ในปริมาณที่ต้องการเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าสำหรับจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าจึงมีความเป็นไปได้สูง

โดยทั่วไปเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้ในปริมาณที่น้อยหาก ต้องการใช้สำหรับอุปกรณ์ต่างๆ นั้นจำเป็นต้องใช้หลายๆเซลล์มาเชื่อมต่อกัน เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าให้ได้ในปริมาณที่ต้องการ

รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนสถานะของอิเลคตรอนและการเคลื่อนที่ของพาหะ

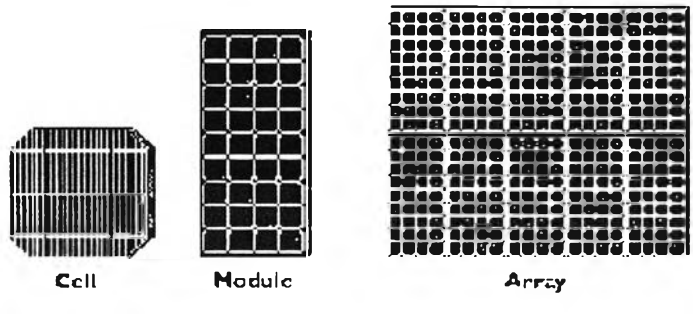


ก. แสดงการเคลื่อนที่ของอิเลคตรอนจาก VB ไป CB เมื่อมีโฟตอนที่มีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับ Eg มากระทบ

ข. การเคลื่อนที่ของพาหะโดยการดริฟท์

ที่มา : กฤษณพงศ์ กีรติกร. Solar Energy and Applications. **รายงานการสัมนา Solar Energy and Applications**. 12-16 ธันวาคม 2521 ณ.สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขตธนบุรี กรุงเทพฯ.

รูปที่ 2.4 รายละเอียดเกี่ยวกับขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์

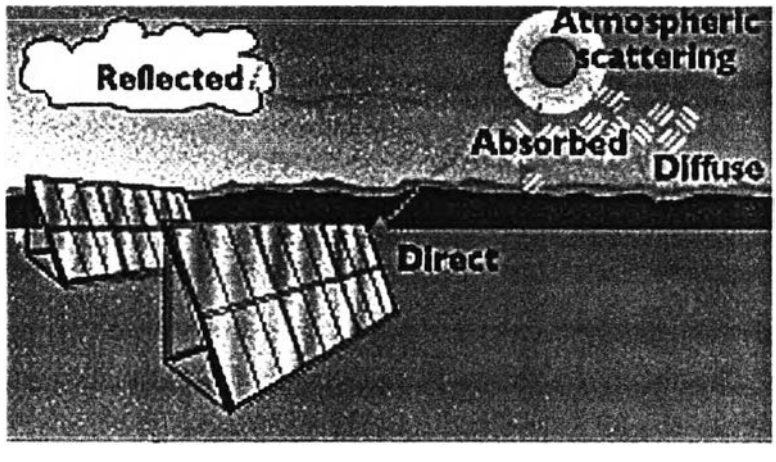


ที่มา : "Photovoltaics Program." 1998. [Online]. Avaliable : http://www.eren.doe.gov/pv/

เซลล์แสงอาทิตย์โดยทั่วไปจะถูกจัดไว้เป็นกลุ่ม โดยที่แต่ละเซลล์จะมีขนาด 0.5 นิ้วถึง 4 นิ้ว และสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 1 ถึง 2 วัตต์ต่อเซลล์ ดังนั้นการเชื่อมต่อกันเป็นกลุ่มของเซลล์จะช่วยให้สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้พอเพียงต่อการใช้งานของอุปกรณ์ต่างๆ โดยทั่วไปหนึ่งกลุ่มจะประกอบด้วยเซลล์ประมาณ 36 เซลล์ การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์เป็นกลุ่มๆนั้นไม่เพียงแต่ช่วยให้ได้กระแสไฟฟ้าในปริมาณที่มากขึ้นเท่านั้น แต่ยังช่วยให้การขนส่งเป็นไปได้โดยสะดวกยิ่งขึ้น

ระบบของ เซลล์แสงอาทิตย์จะต้องประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ เพื่อทำให้ เซลล์แสงอาทิตย์สามารถที่จะรับแสงได้นอกจากนั้นยังมีองค์ประกอบอื่นอีก เช่น การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้รับจากระบบให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งสามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางกว่า ทั้งหมดที่กล่าวถึงนี้รวมเรียกว่า The Balance of System (BOS) ซึ่งหมายถึงองค์ประกอบของระบบทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นที่ดิน ราคาอุปกรณ์ประกอบต่างๆทั้งนี้ไม่รวมราคาของเซลล์แสงอาทิตย์ (Photovoltaics Program, 1998)

รูปที่ 2.5 ภาพแสดงการสะท้อนและดูดกลืนรังสีในชั้นบรรยากาศ



ที่มา : "Photovoltaics Program." 1998. [Online]. Avaliable :
http://www.eren.doe.gov/pv/

[illegible]

จากภาพแสดงให้เห็นว่าชั้นบรรยากาศของโลกและเมฆบนท้องฟ้าได้ทำการสะท้อน ดูดกลืนและกระจายรังสีดวงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังพื้นโลกดังนั้นเราจึงสามารถใช้แสงอาทิตย์เพื่อเป็นพลังงานได้

2.2.3 วัสดุที่ใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell Material)

การเลือกวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิต เซลล์แสงอาทิตย์สำหรับระบบ เซลล์แสงอาทิตย์ นั้นมีความสำคัญมาก เนื่องจากวัสดุดังกล่าวจะถือเป็นองค์ประกอบหลักของระบบ เซลล์แสงอาทิตย์ ในการเลือกวัสดุมาใช้นั้นจะคำนึงถึงวัสดุที่มีความสามารถในการปลดปล่อยกระแสอีเล็คตรอนให้แก่วงจร เพื่อในที่สุดก่อให้เกิดเป็นกระแสไฟฟ้า แม้ว่าจะมีวัสดุที่มีคุณลักษณะดังกล่าวมากมายเพียงใดก็ตามแต่ในการนำมาใช้นั้นมีสิ่งที่ต้องให้ความคำนึงถึงดังนี้คือ ผลข้างเคียงอันอาจเกิดขึ้นจากการใช้วัสดุดังกล่าว ควรมีการคำนึงถึงสภาพแวดล้อม ความมีพิษของวัสดุและความสามารถในการนำกลับมาใช้งานอีกครั้ง (Recycle) ภายใน 1 เซลล์จะประกอบขึ้นด้วยวัสดุหลายๆชนิดตามประโยชน์ใช้สอย โดยที่ผิวโลหะที่อยู่ด้านบนสุดจะทำหน้าที่สะสมอีเล็คตรอนจากชั้นวัสดุสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) เพื่อส่งต่อเป็นกำลังไฟฟ้าออกมานอกระบบ ผิวสัมผัสด้านหลังใช้เพื่อให้ระบบครบวงจร กระจกหรือวัสดุโปร่งใสที่ครอบอยู่ด้านบนมีหน้าที่ช่วยปกป้องผิวของเซลล์แสงอาทิตย์จากมลภาวะที่มีอยู่ในสภาพแวดล้อม และเพื่อให้ผิวเซลล์สามารถเก็บประจุจากแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพการเคลือบผิวของวัสดุโปร่งใสด้วยสารป้องกันการสะท้อนจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญและควรกระทำ ในปัจจุบันมีสารหลายชนิดที่มีคุณสมบัติในการที่จะนำมาผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ได้ ได้แก่

ซิลิกอน

ซิลิกอนไม่ใช่สารกึ่งตัวนำที่สามารถดูดแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด อินไดเร็คแก็บ (Indirect Gap) (การยกระดับของอิเลคตรอนจากวาเล็นซ์แบนด์ไปคอนดัคชั่นแบนด์ นอกจากการดูดโฟตอนแล้วยังต้องมีการเปลี่ยนโมเมนตัมของอิเลคตรอน) และสามารถดูดโฟตอนที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 1.1 ไมโครเมตร (สอดคล้องกับค่าช่องว่างพลังงาน 1.12 อีเล็คตรอนโวลท์ของซิลิกอน) (กฤษณพงศ์ กีรติกร, 2521)

กัลเลี่ยมอาเซนาย

กัลเลี่ยมอาเซนาย เป็นสารกึ่งตัวนำชนิด ไดเรคแก็บ (Direct Gap) จึงเหมาะสมในการดูดโฟตอนของแสงอาทิตย์กว่าซิลิกอน และสามารถดูดโฟตอนซึ่งมีความยาวคลื่นต่ำกว่า 0.9 ไมโครเมตร (สอดคล้องกับช่องว่างพลังงาน 1.35 อีเล็คตรอนโวลท์) ลงไปได้ (กฤษณพงศ์ กีรติกร,

2521) นอกจากนั้นคุณสมบัติทางไฟฟ้าของกัลเลี่ยมอาเซนายที่อุณหภูมิสูงดีกว่าซิลิกอน ทำให้กัลเลี่ยมอาเซนายเป็นสารกึ่งตัวนำที่เหมาะสมที่จะใช้ทำโซลาเซลล์ซึ่งใช้กับระบบรวมแสง

แคดเมี่ยมซัลไฟด์

แคดเมี่ยมซัลไฟด์ เป็นสารกึ่งตัวนำที่เชื่อกันว่าจะใช้ทำเซลล์แสงอาทิตย์ราคาถูกได้แต่ในปัจจุบันยังประสบปัญหาเรื่องไม่สามารถผลิตสารซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนกันอย่างสม่ำเสมอ และความไม่เสถียร (Instability) ของสารในขณะใช้งาน

2.3 องค์ประกอบของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

โดยทั่วไประบบ เซลล์แสงอาทิตย์ จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ

1. เซลล์แสงอาทิตย์
2. ระบบประกอบ (Balance of System, BOS.)

เซลล์แสงอาทิตย์ จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และส่วนเชื่อมต่อ จะทำหน้าที่เชื่อมต่อ เซลล์ ต่างๆเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าในปริมาณที่ต้องการ เนื่องจากไฟฟ้าที่ได้รับจากระบบ เซลล์แสงอาทิตย์ จะเป็นไฟกระแสตรงแต่อุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่จะใช้ไฟกระแสสลับ ดังนั้น อินเวอร์เตอร์ จึงเป็นอุปกรณ์ที่จะทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ระบบที่กล่าวถึงดังกล่าวนี้เป็นเพียงระบบง่ายๆที่สามารถอยู่ได้ด้วยตนเอง โดยไม่มีการเชื่อมต่อกับระบบสายส่งกระแสไฟฟ้า ระบบดังกล่าวถูกเรียกว่า" สแตนอโลน (Stand - Alone System)" แต่ถึงอย่างไรก็ตามหากมีความจำเป็นที่จะต้องใช้กระแสไฟฟ้าในเวลากลางคืน แบตเตอรี่ (Battery) สำหรับเก็บประจุไฟฟ้าก็ถือเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่มีความสำคัญ

2.3.1 แบตเตอรี่

สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่มีความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ในทันที เช่น ไฟแสงสว่างสำหรับถนนจำเป็นจะต้องมีแบตเตอรี่ซึ่งเป็นอุปกรณ์สำหรับเก็บไฟฟ้าดังกล่าวไว้ใช้ในเวลาที่ต้องการ ข้อเสียของการนำแบตเตอรี่มาใช้คือกระแสไฟฟ้าประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ถูกสะสมอยู่จะไม่สามารถนำมาใช้ได้ (Friedrich S. and Thomas E. ,1996) เป็นการทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมของระบบลดลง นอกจากนั้นยังจะต้องเสียเงินให้กับระบบเพิ่มขึ้น ระบบดังกล่าวต้องการการดูแลรักษาที่มากขึ้น ต้องการพื้นที่สำหรับการติดตั้งมากขึ้นและแบตเตอรี่จะมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ถึง 10 ปี เมื่อถึงกำหนดเวลาจะต้องมีการเปลี่ยนใหม่ซึ่งจะต้องเสียค่าใช้จ่าย

รูปที่ 2.6 ระบบแบตเตอรี่ประกอบกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์

Figure 7.1 Different lead-acid battery models (NAPS).

ที่มา : Friedrich S. and Thomas E. **Photovoltaics in Buildings.** Glasgow : Bell & Bain. 1996.

สำหรับระบบ เซลล์แสงอาทิตย์ ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น ระบบ ส่วนเชื่อมต่อ นั้น ระบบต่างๆที่กล่าวมาแล้วข้างต้นยังไม่เพียงพอจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเพิ่มองค์ประกอบอื่นๆเข้าไปอีก เช่น ระบบติดตามดวงอาทิตย์ เครื่องปรับสภาพกระแสไฟฟ้า (Power Conditioner) ฯลฯ เพื่อช่วยให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.2 ระบบเคลื่อนที่ติดตามดวงอาทิตย์.

โดยทั่วไประบบติดตามดวงอาทิตย์จะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

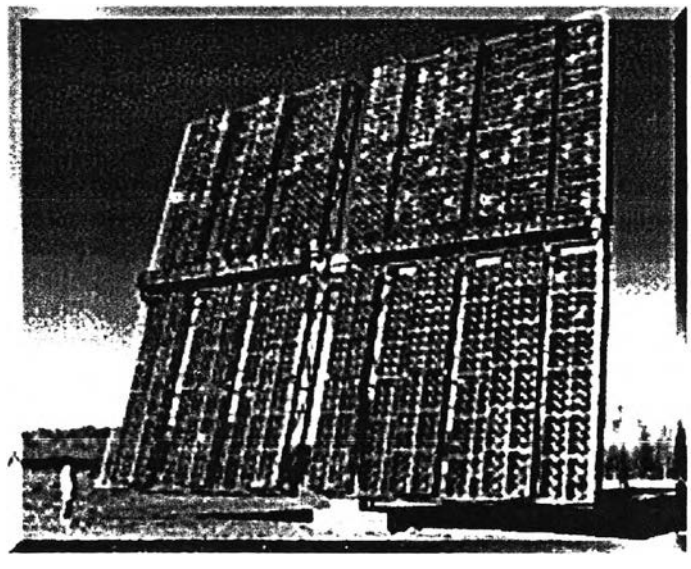
1) ระบบการเคลื่อนที่ติดตามในทิศทางเดียว (One - Axis)

2) ระบบการเคลื่อนที่ติดตามใน 2 ทิศทาง (Two - Axis)

ระบบการเคลื่อนที่ติดตามในทิศทางเดียว โดยทั่วไปเป็นระบบที่ได้รับการออกแบบ ให้เคลื่อนที่ติดตามดวงอาทิตย์ จากทิศตะวันออกไปสู่ทิศตะวันตก ในทิศทางปกติที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนผ่าน ระบบดังกล่าวนี้นิยมใช้กับ ระบบแฟลทเพลทและระบบ คอนเซ็นทเรเตอร์

ระบบการเคลื่อนที่ติดตามใน 2 ทิศทาง ระบบดังกล่าวนี้เป็นระบบเคลื่อนที่ติดตามที่นิยมใช้กับ ระบบคอนเซ็นทเรเตอร์ เนื่องจากระบบนี้ไม่เพียงแต่เป็นระบบที่สามารถเคลื่อนที่ติดตามดวงอาทิตย์ จากทิศตะวันออกไปสู่ทิศตะวันตกเท่านั้น แต่ยังสามารถเคลื่อนที่ในทิศทางเหนือใต้เพื่อให้ เซลล์แสงอาทิตย์ อยู่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับดวงอาทิตย์มากที่สุด

รูปที่ 2.7 ระบบเซลล์ที่มีระบบติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์



ที่มา : "Photovoltaics Program." 1998. [Online]. Avaliable :
http://www.eren.doe.gov/pv/

2.3.3 เครื่องปรับสภาพกระแสไฟฟ้า

เครื่องปรับกระแสไฟฟ้า คือเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยทั่วไปเครื่องปรับกระแสไฟฟ้า จะทำหน้าที่ต่างๆดังนี้

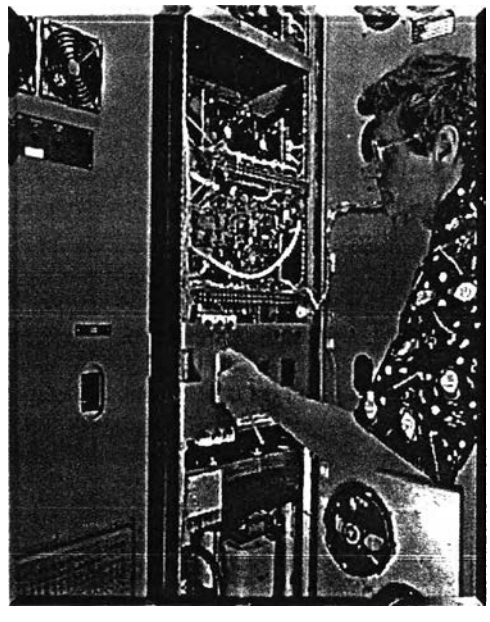
1. ทำหน้าที่ในการจำกัดและควบคุมแรงดันไฟฟ้าและปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จะจ่ายออก
2. ทำหน้าที่แปลงกระแสไฟฟ้าจากกระแสตรงที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับเครื่องใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไป

3. ทำหน้าที่ปรับไฟฟ้ากระแสสลับให้เข้าได้กับอุปกรณ์ภายในระบบ

4. ทำหน้าที่ป้องกันระบบจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้นระหว่างที่มีการซ่อมแซม

โดยทั่วไปชนิดของระบบปรับกระแสไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับความต้องการต่างๆของผู้ใช้ อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรง จะต้องการเครื่องควบคุมกระแสไฟฟ้าเพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้า ขาออกให้คงที่ สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับต้องการเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) เพื่อการแปลงไฟฟ้ากระแสตรงจากระบบ เซลล์แสงอาทิตย์ ให้เป็นไฟฟ้ากระแสสลับ

รูปที่ 2.8 เครื่องปรับกระแสไฟฟ้าที่ได้รับจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อการใช้งาน



ที่มา : "Photovoltaics Program." 1998. [Online]. Avaliable :

http://www.eren.doe.gov/pv/

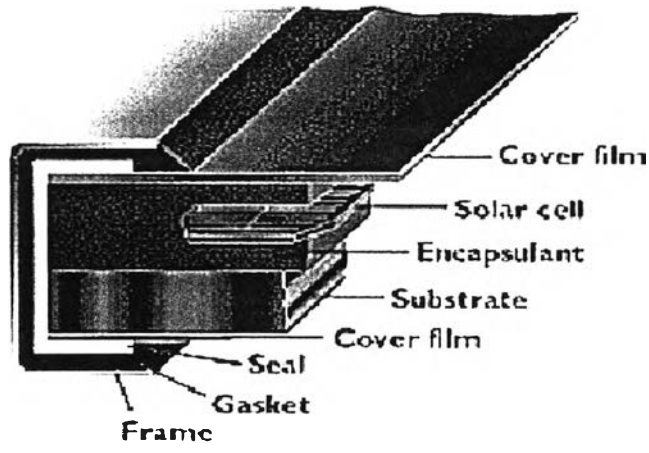
2.4 รูปแบบของระบบเซลล์แสงอาทิตย์

2.4.1 ระบบแฟลตเพลท (Flat Plate System)

ระบบแฟลตเพลทเป็นระบบที่นิยมใช้กันมากเซลล์ของเซลล์แสงอาทิตย์ จะยึดติดบนโครงสร้างที่มีพื้นผิวเรียบและในบริเวณด้านหน้าของเซลล์จะปิดทับด้วยวัสดุโปร่งใสเพื่อเป็นการปกป้องผิวของวัสดุจากสภาพแวดล้อม

ระบบแฟลตเพลท ประกอบขึ้นด้วย แผ่นโลหะรองด้านหลังพร้อมการยึดติดกับส่วนของโครงสร้างฐาน ในชั้นถัดมาเป็นชั้นของ เซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งยึดติดกับแผ่นดังกล่าว จากนั้นจึงปิดทับด้านบนด้วยวัสดุโปร่งแสงพร้อมกับวัสดุกันการรั่วซึมของน้ำโดยรอบ

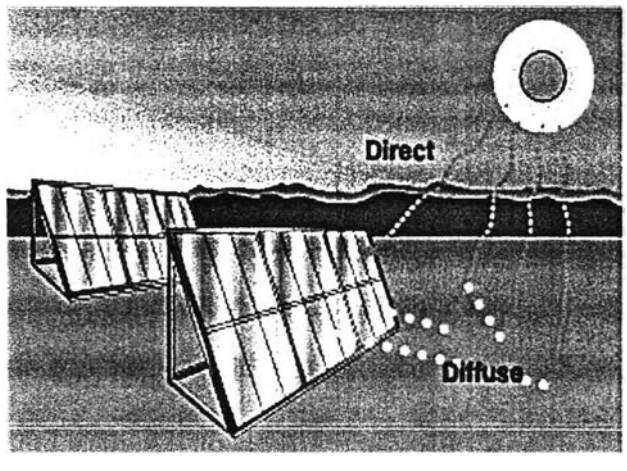
รูปที่ 2.9 รายละเอียดของระบบแฟลตเพลท



ที่มา : "Photovoltaics Program." 1998. [Online]. Avaliable :
http://www.eren.doe.gov/pv/

ระบบ แฟลตเพลท เป็นระบบที่ง่ายต่อการออกแบบและการประกอบติดตั้ง เพราะเป็นระบบที่ไม่ต้องการอุปกรณ์พิเศษมากนัก นอกจากนั้นระบบนี้ยังสามารถที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้แม้ว่าจะไม่ได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์(Photovoltaics Program, 1998)

รูปที่ 2.10 การทำงานของระบบแฟลตเพลท



ที่มา : "Photovoltaics Program." 1998. [Online]. Avaliable :
http://www.eren.doe.gov/pv/

จากภาพแสดงให้เห็นว่าระบบ แฟลตเพลท สามารถที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าได้จากแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และแสงที่สะท้อนจากสภาพแวดล้อม

ระบบ แฟลตเพลท สามารถที่จะผลิตกระแสไฟฟ้าปริมาณมากตามที่ต้องการ โดยการเพิ่มจำนวนเซลล์(Photovoltaics Program, 1998)ซึ่งด้วยวิธีการดังกล่าวนี้ทำให้ต้องใช้พื้นที่และคอลเลคเตอร์ (Collector) เป็นจำนวนมาก ดังนั้นหากต้องการลดพื้นที่ดังกล่าวลง สามารถทำได้โดยการใช้อุปกรณ์พิเศษต่างๆช่วยเช่น การใช้ระบบเคลื่อนที่ติดตามดวงอาทิตย์ (Solar Tracking) และระบบรวมแสงจากดวงอาทิตย์เพื่อให้ส่องตรงลงมายังเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งอาจเรียกระบบดังกล่าวนี้ว่า "ระบบคอนเซ็นทเรเตอร์ (Concentrator System)"

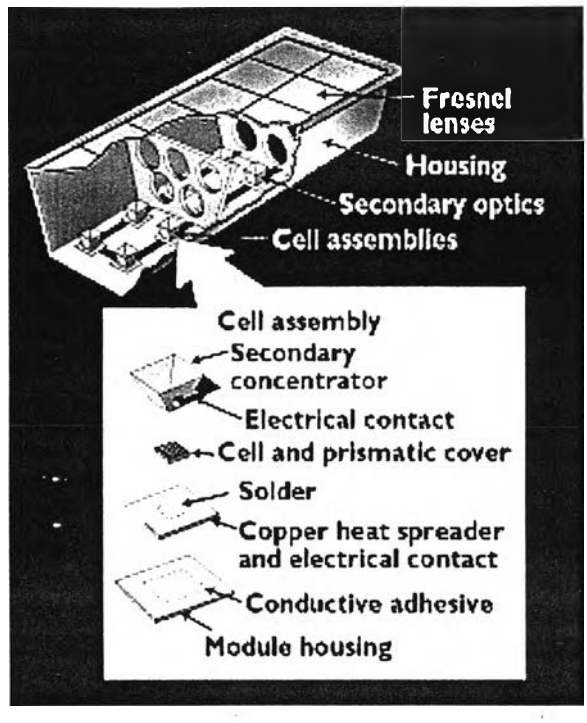
2.4.2 ระบบคอนเซ็นทเรเตอร์

เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ แนวทางหนึ่งซึ่งสามารถกระทำได้คือการรวมแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ให้ส่องตรงไปยัง เซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งระบบ คอนเซ็นทเรเตอร์ จะประกอบขึ้นด้วย เลนซ์ ซึ่งทำหน้าที่รวมแสง เซลล์แสงอาทิตย์และกล่องสำหรับบรรจุ นอกจากนั้นยังมีระบบรวบรวมแสงอีกชั้นหนึ่งเพื่อให้แสงที่รวบรวมได้ในชั้นแรกส่องตรงไปยัง เซลล์แสงอาทิตย์ ดูรูป 2.10

วัตถุประสงค์หลักของการพัฒนาระบบ คอนเซ็นทเรเตอร์ เพื่อลดพื้นที่ผิวของเซลล์แสงอาทิตย์ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการผลิต เซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีราคาค่อนข้างสูง จึงเกิดความคิดที่จะใช้เลนซ์และกล่องบรรจุซึ่งมีราคาถูกกว่าเพื่อการรวบรวมแสงให้ส่องตรงไปยัง เซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่ที่จำกัดเพื่อให้ได้กระแสไฟฟ้าในปริมาณที่มากที่สุด

อย่างไรก็ตามด้วยวิธีดังกล่าวมีข้อด้อยดังนี้คือ เลนซ์รวมแสงที่นำมาใช้นั้นมีราคาสูงกว่ากระจกหรือพลาสติคที่ใช้ในระบบ แฟลตเพลท และในการใช้ระบบนี้ให้ได้ผลนั้นจำเป็นต้องมีการติดตั้งระบบติดตามดวงอาทิตย์ เพื่อให้เซลล์ได้รับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ตลอดเวลา นอกจากนั้นยังมีผลกระทบด้านอื่นๆอีก เช่น ผลกระทบจากความร้อนซึ่งเกิดขึ้นในระบบซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของ เซลล์แสงอาทิตย์

รูปที่ 2.11 ระบบคอนเซ็นทเรเตอร์

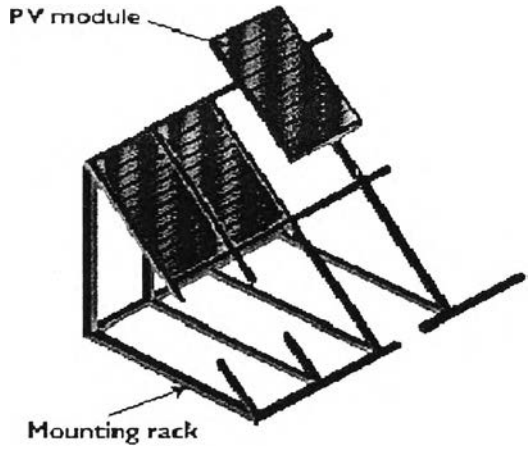


ที่มา : "Photovoltaics Program." 1998. [Online]. Avaliable :
http://www.eren.doe.gov/pv/

2.5 โครงสร้างของระบบเซลล์แสงอาทิตย์ (Mounting Structure)

ระบบโครงสร้างเพื่อการติดตั้ง เซลล์แสงอาทิตย์ นั้นจำเป็นจะต้องมีความแข็งแรงสามารถรองรับน้ำหนักของระบบ เซลล์แสงอาทิตย์ ที่ได้รับการออกแบบไว้ได้ และจะต้องมีความทนทานต่อกระแสลม ฝน ลูกเห็บและสภาวะการณ์ที่เลวร้ายอื่นๆ ในบางกรณีระบบโครงสร้างเพื่อการติดตั้ง ได้รับการออกแบบให้สามารถติดตามการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ได้ สำหรับระบบติดตายนั้นจะนิยมใช้กับระบบแฟลทเพลทและโดยทั่วไปจะเอียงแผง เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นมุมที่คงที่มุมหนึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตำแน่งของเส้นละติจูด ของสถานที่ซึ่งจะทำการติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ (สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว, 2526)

รูปที่ 2.12 ระบบโครงสร้างสำหรับติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์



ที่มา : "Photovoltaics Program." 1998. [Online]. Avaliable :
http://www.eren.doe.gov/pv/

2.6 การประยุกต์ใช้ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับอาคาร (Building-Integrated PV System)

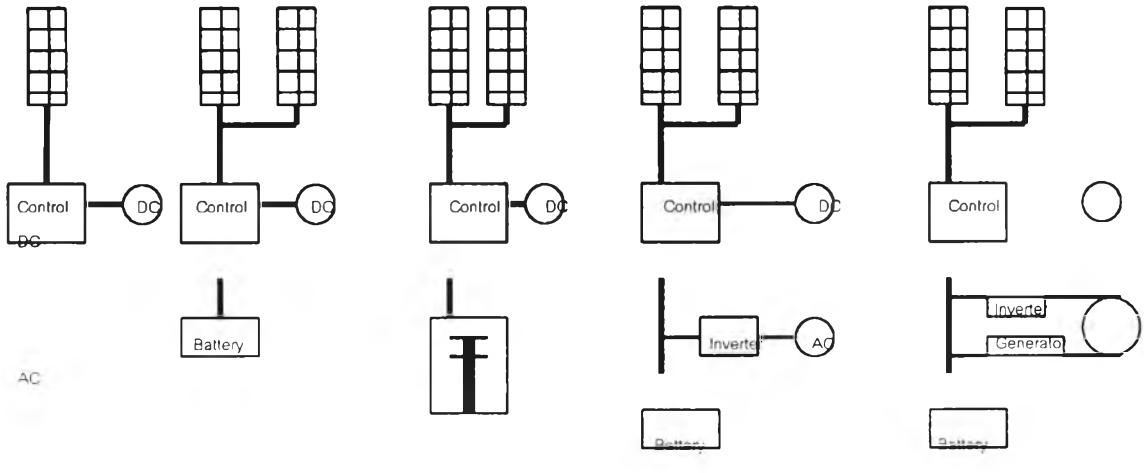
ในปัจจุบันมีการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกใช้งานกับอาคารในฐานะแหล่งกำเหนิดพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารนั้นๆโดยเฉพาะอาคารที่อยู่ห่างไกลจากระบบสาธารณูปโภคของรัฐ ในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้งานกับอาคารในฐานะแหล่งกำเหนิดพลังงานนั้นมีความจำเป็นจะต้องทราบถึงความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารและระบบที่จะนำมาใช้กับอาคารนั้นว่าจะเป็นอาคารที่ใช้ระบบเซลล์แสงอาทิตย์เพียงอย่างเดียว (Stan Alone System)หรือมีการนำกระแสไฟฟ้าจากแหล่งอื่นมาใช้ร่วมด้วย (Hybrid System) เพื่อสามารถออกแบบระบบให้สนองตอบความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าของอาคารได้อย่างพอเพียง เนื่องจากเซลล์แสงอาทิตย์สามารถทำการผลิตกระแสไฟฟ้าได้เฉพาะในเวลาที่มีแสงจากดวงอาทิตย์เท่านั้น ดังนั้นในบางช่วงเวลาที่แสงจากดวงอาทิตย์มีน้อยกระแสไฟฟ้าที่ได้รับจากระบบอาจมีไม่เพียงพอสำหรับการใช้สอยดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีระบบผลิตกระแสไฟฟ้าสำรองเพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้

การประยุกต์ใช้งานเซลล์แสงอาทิตย์กับอาคารนั้นสามารถทำได้หลายลักษณะและมีการใช้อุปกรณ์ประกอบต่างๆเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของระบบไม่ว่าจะเป็นเครื่องควบคุมระบบ หม้อแปลงไฟฟ้า เครื่องปั่นไฟเป็นต้น โดยวิธีการนำอุปกรณ์ต่างๆมาใช้ร่วมกันนั้นสามารถทำได้หลายลักษณะทั้งนี้ขึ้นกับการออกแบบระบบ ดูรูปที่ 2.14

รูปที่ 2.13 การประยุกต์ใช้เซลล์แสงอาทิตย์กับอาคาร

ที่มา : "Photovoltaics Program." 1998. [Online]. Avaliable : http://www.eren.doe.gov /pv/

รูปที่ 2.14 ลักษณะการทำงานของระบบไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์



2.7 ข้อควรคำนึงในการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์

แม้ว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะได้รับการพัฒนามาเป็นเวลายาวนาน แต่การนำมาประยุกต์ใช้งานกับอาคารนั้นยังนับได้ว่าเป็นสิ่งใหม่ ดังนั้นในการออกแบบเกี่ยวกับระบบเซลล์แสงอาทิตย์ผู้ออกแบบจึงควรให้ความสำคัญกับรายละเอียดต่างๆ เพื่อความสมบูรณ์ของระบบ โดยมีข้อควรพิจารณาดังนี้ คือ

1. สภาพที่ตั้งและลักษณะของอาคาร เนื่องจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์เป็นระบบที่ต้องการสถานที่ติดตั้ง ซึ่งแสงจากดวงอาทิตย์สามารถส่องถึงได้มากและในระยะเวลายาวนานที่สุด โดยพื้นที่ดังกล่าวจะต้องมีปริมาณที่มากเพียงพอสำหรับระบบเซลล์ ทั้งนี้เพราะระบบเซลล์แสงอาทิตย์ที่เล็กที่สุดและเหมาะสมสำหรับการลงทุนนั้นอยู่ที่ 1 KW. (Friedrich, S. , and Thomas E. , 1996)
2. การใช้ที่ดินและข้อบัญญัติในการออกแบบก่อสร้าง ก่อนการออกแบบระบบเซลล์แสงอาทิตย์ควรมีการพิจารณาถึงลักษณะการใช้พื้นที่ เนื่องจากการติดตั้งระบบใกล้กับอาคารสูง อาจมีปัญหาเกี่ยวกับเงาของอาคารที่สูงกว่าทอดมายังบริเวณที่ระบบติดตั้งอยู่
3. การลงทุน ในปัจจุบันราคาของระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นยังสูงอยู่มากประกอบกับราคาค่าไฟฟ้ายังไม่สูงมากนัก เมื่อทำการเปรียบเทียบแล้วพบว่าราคาค่าไฟฟ้าที่ได้รับจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นมีค่าสูงมาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานจากเซลล์แสงอาทิตย์อย่างกว้างขวาง
4. ความแข็งแรงของระบบ เนื่องจากระบบเซลล์แสงอาทิตย์จะต้องติดตั้งอยู่ภายนอกอาคารจึงต้องมีการคำนึงถึงแรงกระทำตามธรรมชาติ เช่น แรงลม ฝน ฟ้าผ่า นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงการรั่วซึมของระบบ เพื่อความคงทนของระบบ
5. การบำรุงรักษา แม้ว่าระบบเซลล์แสงอาทิตย์นั้นเป็นระบบที่ไม่จำเป็นต้องบำรุงรักษาเลย แต่ในทางปฏิบัตินั้นบางครั้งจำเป็นจะต้องบำรุงรักษา ดังนั้นในการออกแบบจึงควรมีการพิจารณาถึงแนวทางสำหรับการบำรุงรักษาด้วย

2.8 ฝุ่นละอองในอากาศ

ฝุ่นประกอบด้วยละอองของอินทรียสารและอนินทรียสาร ซึ่งถูกทำให้ฟุ้งกระจายจากพื้นดินขึ้นไปแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศที่อุณหภูมิและความดันปกติ มีลักษณะเป็นทั้งอนุภาคของแข็ง

และของเหลว โดยมีขนาดตั้งแต่ 0.0002 ไมครอน ไปจนถึงขนาดใหญ่กว่า 500 ไมครอน และจะสามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้เป็นระยะเวลาตั้งแต่ไม่กี่วินาที จนกระทั่งเป็นระยะเวลาหลายๆเดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นละอองและความหนาแน่นของมวลสารของฝุ่นละอองนั้น โดยฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กและมีความหนาแน่นของมวลสารน้อยจะสามารถแขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานกว่า นอกจากนั้นฝุ่นละอองที่มีความหนาแน่นของมวลสารน้อยและมีขนาดเล็กยังสามารถแพร่กระจายได้ไกลกว่า ฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน จะมีการเคลื่อนที่แบบบราวเนี่ยน (Brownian Motion) ซึ่งเกิดจากการชนกันของโมเลกุล

ตารางที่ 2.1 ขนาดทั่วไปของอนุภาคมวลสาร

สาร	ขนาดใหญ่ที่สุด (ไมครอน)	ขนาดเล็กที่สุด (ไมครอน)
ละอองน้ำ	500	40
ผงถ่านหิน	250	25
ฝุ่น	200	20
ฝุ่นโรงถลุงเหล็ก	200	1
ผงซีเมนต์	150	10
เถ้า	110	3
เกสรดอกไม้	60	20
หมอก	40	1.50
สปอร์ต้นไม้	30	10
แบคทีเรีย	15	1
ยากำจัดแมลงแบบผง	10	0.40
สีพ่น	4	0.10
สม็อก	-	0.001
ควันบุหรี่	1	0.01
ควันน้ำมัน	1	0.03
ควันซิงค์ออกไซด์	0.3	0.01
ไวรัส	0.05	0.003

ที่มา : ธีระพงษ์ แก้วจรูญ. **การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ศึกษาการกระจายตัวของฝุ่นละอองในเขตราษร์บูรณะ**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2538.

แผนภูมิที่ 2.3 ลักษณะเฉพาะของอนุภาคขนาดต่างๆจากแหล่งที่มาต่างๆกัน

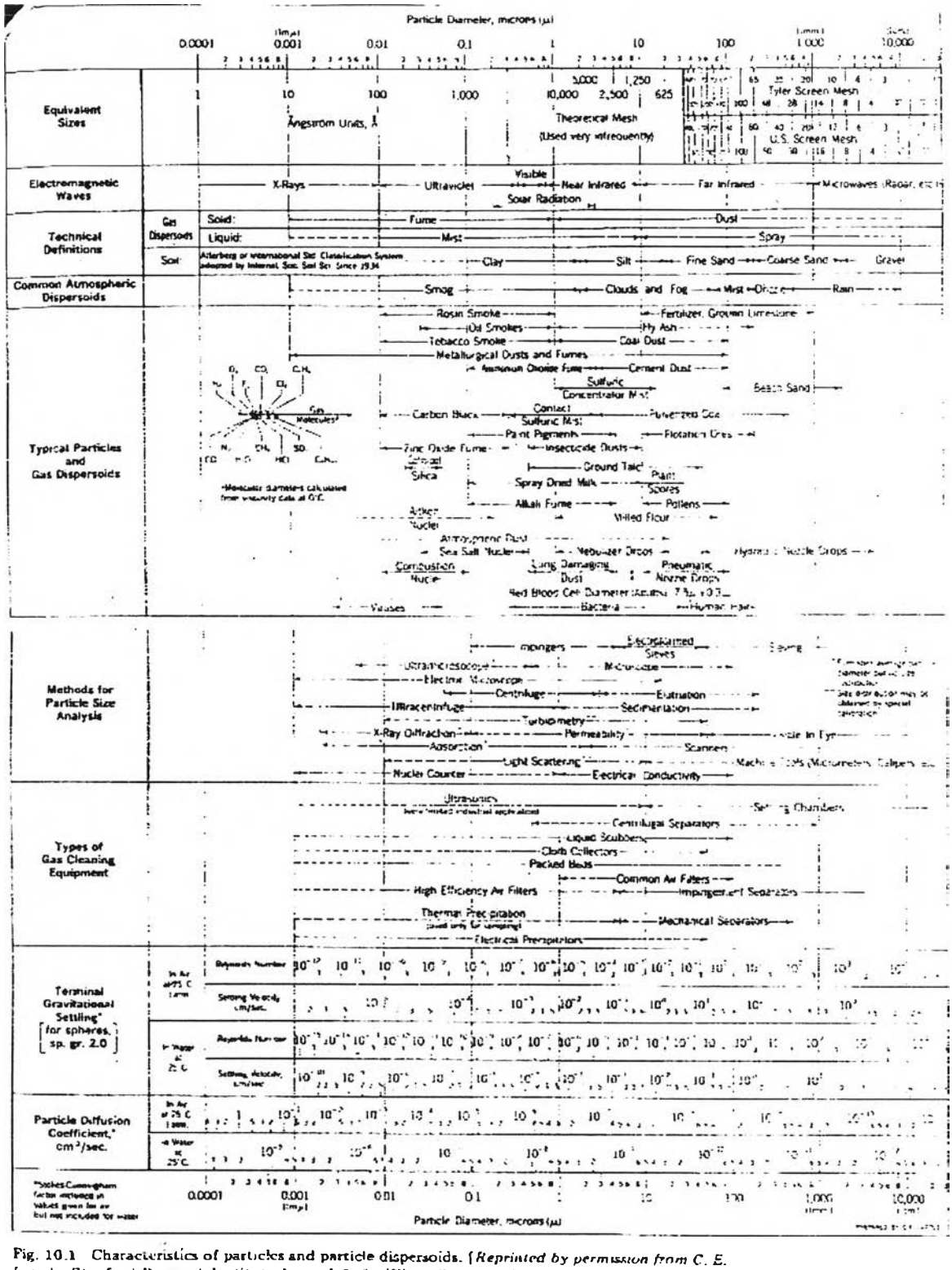


Fig. 10.1 Characteristics of particles and particle dispersoids. [*Reprinted by permission from C. E. Lapple, Stanford Research Institute Journal*, 5, 94 (*Third Quarter, 1961*).]

ที่มา ทรงวุฒิ ศรีสว่าง. **การกำจัดเถ้าลอยด้วยเครื่องสครับเบอร์แบบหมุนวน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2540

2.8 แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง

แหล่งกำเนิดของฝุ่นละอองในอากาศ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ฝุ่นละอองที่เกิดจากธรรมชาติ (Natural Particle)

จะมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศและฤดูกาล ฝุ่นละอองดังกล่าว เช่น เถ้าจากการระเบิดของภูเขาไฟ เถ้าจากการเกิดไฟไหม้ป่า ละอองเกสรดอกไม้ ลมพายุ การเน่าเปื่อยผุพังของซากสิ่งมีชีวิตอีก

2. ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากแหล่งชุมชน

เป็นฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆที่มนุษย์สร้างขึ้น (Man – made Particle) เป็นฝุ่นละอองที่เป็นตัวการสำคัญในการทำลายบรรยากาศ และมีองค์ประกอบทางเคมีที่มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศส่วนใหญ่มักจะมีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน และสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้เป็นระยะเวลายาวนาน

3. ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นจากแหล่งกสิกรรม

โดยส่วนใหญ่จะมีแหล่งกำเหนิดจากโรงเลี้ยงสัตว์ปีก นอกจากนั้นการเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตรก็เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิด ฝุ่นละอองในบรรยากาศ

2.9 ผลกระทบของอนุภาคฝุ่นละอองต่อสิ่งแวดล้อม

1. ผลกระทบต่อวัตถุ

เป็นการยากที่จะประมาณความเสียหายของวัตถุที่เกิดจากฝุ่นละออง เนื่องจากความเสียหายที่เกิดขึ้นไม่มีความชัดเจน ประกอบกับมีตัวแปรอย่างอื่นซึ่งต้องนำมาประกอบการพิจารณาเพื่อทราบถึงสาเหตุความเสียหาย

2. ผลกระทบต่อสุขภาพ

ฝุ่นละอองสามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยผ่านระบบทางเดินหายใจ ซึ่งฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน สามารถเข้าสู่ร่างกายและสะสมภายในปอดจนอาจก่อให้เกิดโรคปอดได้ สำหรับฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า 10 ไมครอน ระบบภายในร่างกายสามารถจับและขจัดออกไปได้ก่อนที่จะเข้าสู่ปอด

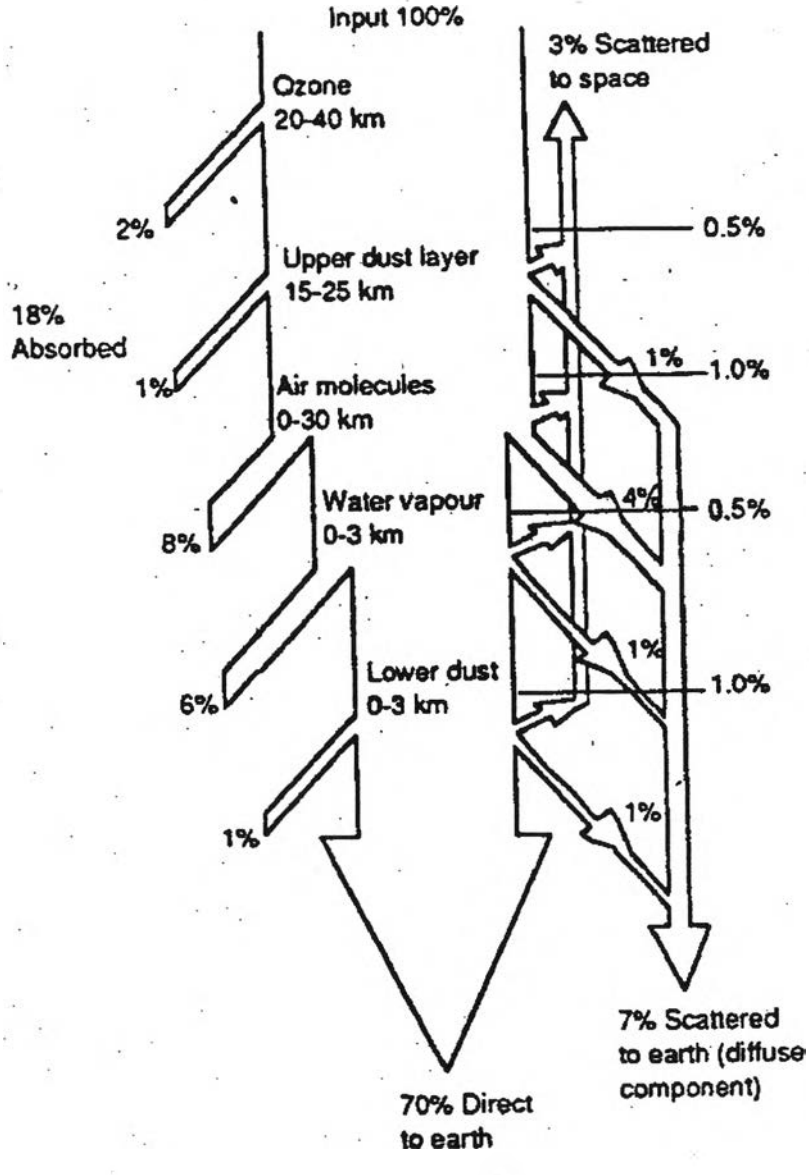
3. ผลกระทบต่อพฤกษชาติ

อนุภาคของฝุ่นละอองสามารถส่งผลกระทบต่อการทำงานของปากใบพืชได้ นอกจากนั้นฝุ่นปริมาณมากซึ่งจับอยู่บนใบพืชยังเป็นตัวการที่สำคัญที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบการสังเคราะห์แสงของพืช นอกจากนั้นยังอาจส่งผลกระทบด้านเคมีต่อความเป็นกรดเป็นด่างของดิน

4. ผลกระทบต่อความเข้มแสงอาทิตย์

หากในบรรยากาศถูกปกคลุมด้วยฝุ่นละอองเป็นจำนวนมาก จะทำให้ความเข้มของแสงอาทิตย์ที่ส่องลงมายังพื้นดินมีปริมาณลดลง จากการศึกษาจำนวนอนุภาคของฝุ่นและค่ารังสีดวงอาทิตย์ พบว่า ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงในทางตรงกันข้ามกับความเข้มข้นของฝุ่นละออง (ทรงวุฒิ ศรีสว่าง, 2540)

รูปที่ 2.15 อิทธิพลของฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศต่อรังสีดวงอาทิตย์



ที่มา : S.R. Wenham, M.A. Green, M.E. Watt, **Applied Photovoltaics.** Australia : Centre for Photovoltaic Devices and System, 1997.

I 18702806

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์โดยประมาณระหว่างความเข้มข้นของละอองลอยในอากาศ กับระดับรังสีสัมพัทธ์ของแสงอาทิตย์

Aerosol Concentration μg/m^3	Solar Radiation Total	% of Volume for 100 μg/m^3 Ultraviolet
50	105	104
100	100	100
200	95	92
400	90	77

ที่มา : ทรงวุฒิ ศรีสว่าง. **การกำจัดเถ้าลอยด้วยเครื่องสครับเบอร์แบบหมุนวน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2540.

2.10 ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละออง

ฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศจะเกิดการเคลื่อนย้าย กระจายหรือตกค้าง ขึ้นอยู่กับสภาพทางอุตุนิยมวิทยา ลักษณะทางกายภาพหรือสภาพแวดล้อมและกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นในบริเวณนั้นๆ

1. สภาพทางอุตุนิยมวิทยา

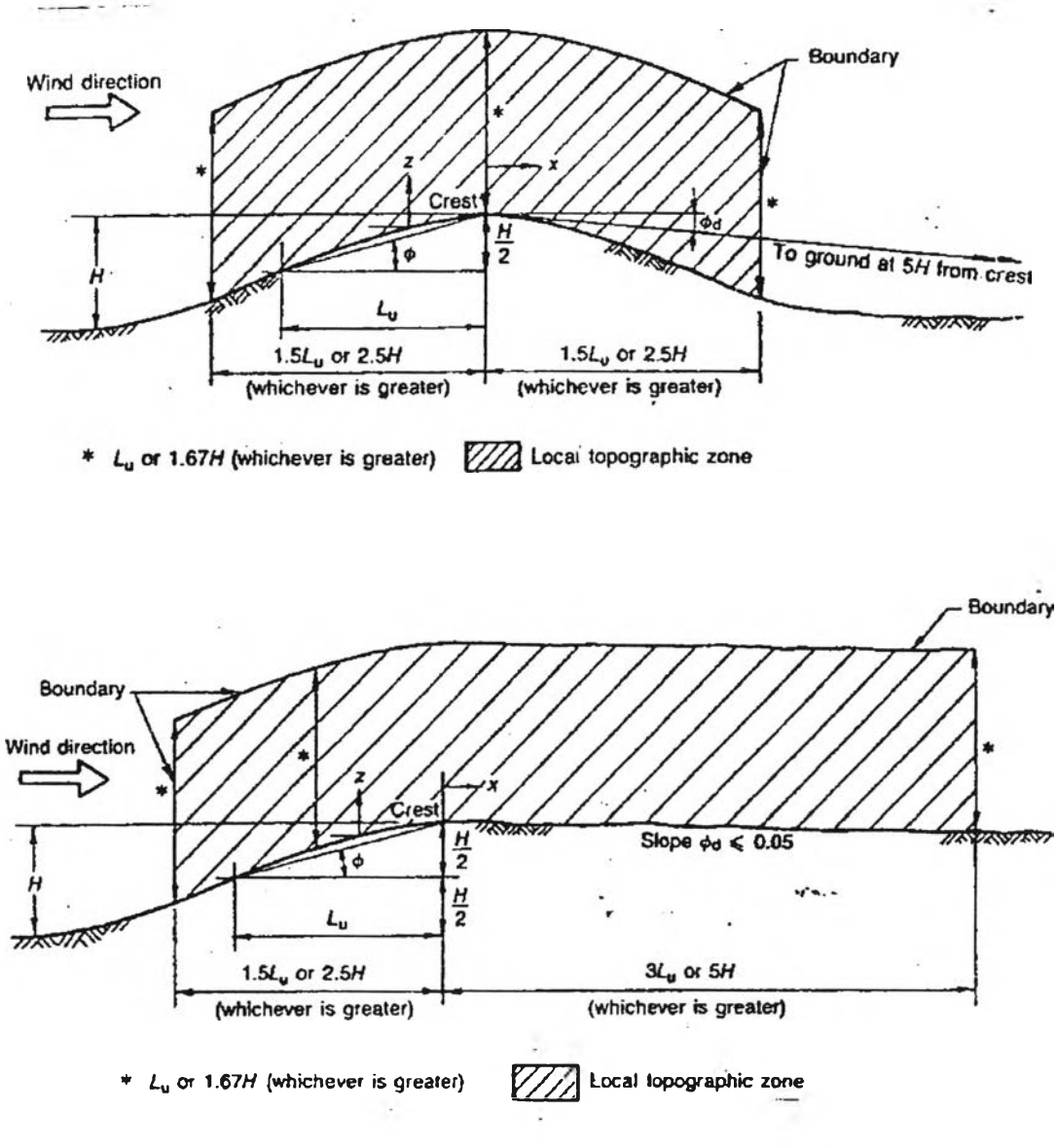
บริเวณที่มีลมพัดจะทำให้ฝุ่นละอองเกิดการฟุ้งกระจาย บริเวณซึ่งมีฝนตกจะไม่มีการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองเนื่องจากน้ำฝนจะชะล้างฝุ่นละอองซึ่งแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศให้ตกลงสู่พื้นดิน

2. ลักษณะทางกายภาพหรือสภาพแวดล้อม

ลักษณะทางกายภาพจะมีผลอย่างมากต่อลักษณะการเคลื่อนที่และความแรงของลม (ดูรูป 2.16) โดยในบริเวณที่เป็นแอ่งไม่มีลมพัดผ่านจะมีการสะสมของฝุ่นละออง ขณะที่บริเวณซึ่งมีความลาดเอียงและมีลมเข้าปะทะอย่างสม่ำเสมอจะมีการสะสมตัวของฝุ่นละอองน้อยกว่า นอกจากนั้นคุณสมบัติของดินยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเกิดและแพร่กระจาย

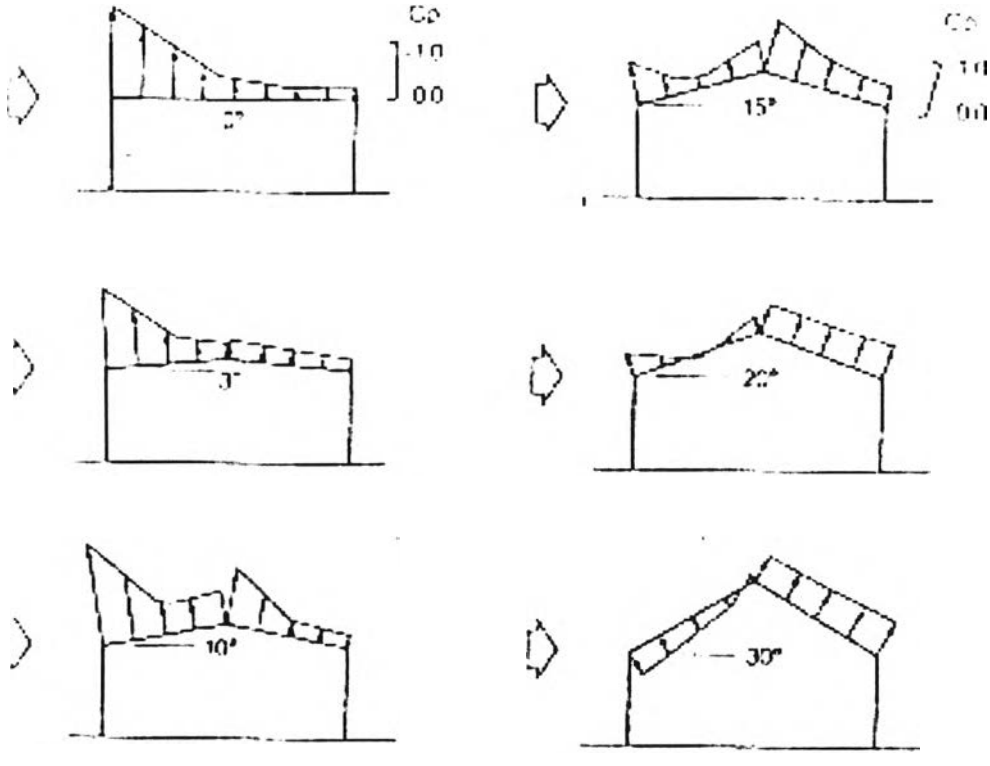
ของฝุ่นละออง โดยดินที่มีความชื้นสะสมอยู่มากจะไม่ก่อให้เกิดฝุ่นละอองขณะที่ดินซึ่งแห้งจะก่อให้เกิดฝุ่นละอองมากกว่า

รูปที่ 2.16 ลักษณะของพื้นที่ซึ่งมีผลกระทบต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของลม



ที่มา : American National Standards Institute, **ANSI Structure.** New York : American Institute of Engineer. 1986.

รูปที่ 2.17 สัมประสิทธิ์แรงดันลมต่อความลาดเอียงของหลังคาลักษณะต่างๆ



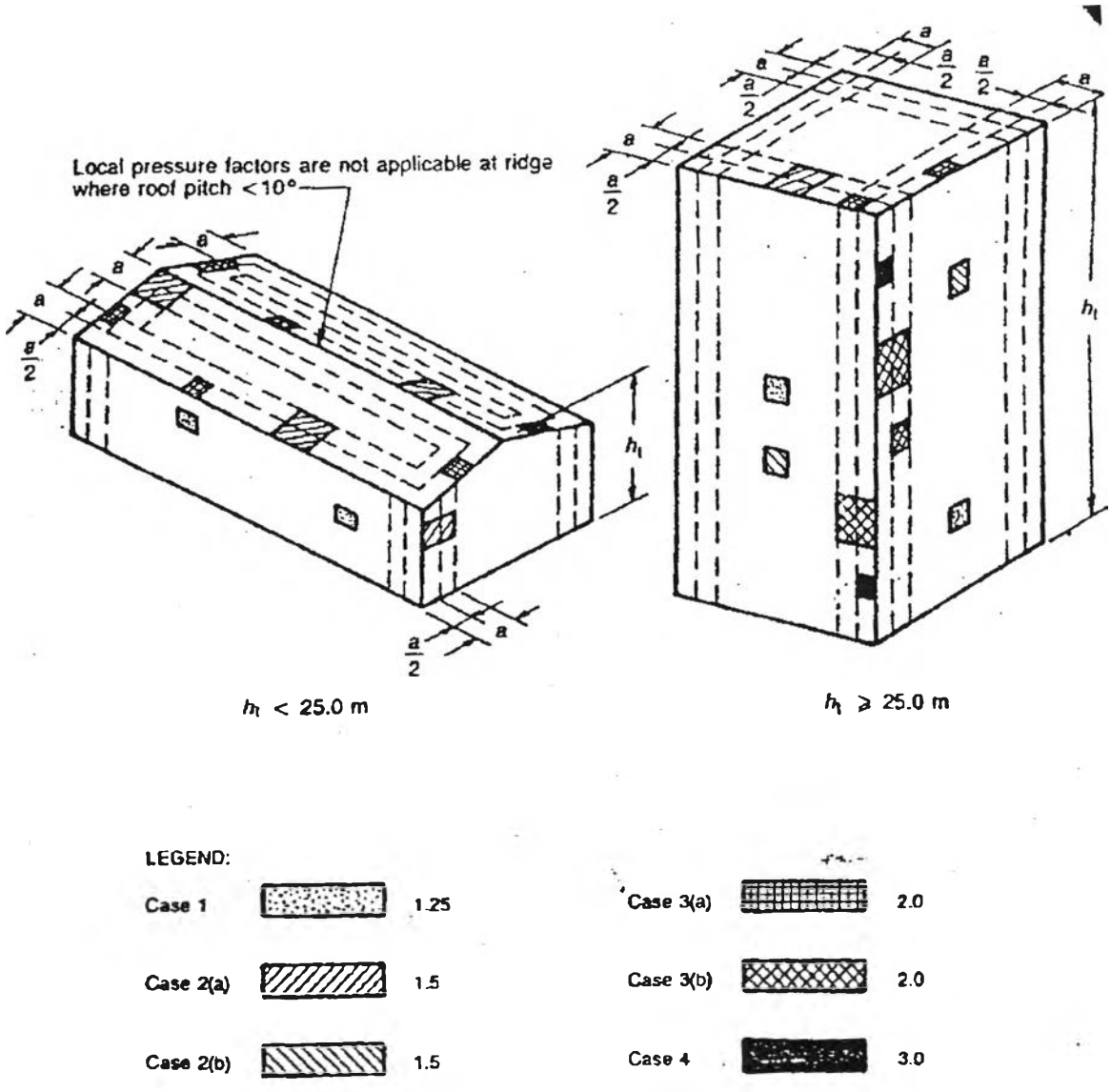
ig. 9 Pressure Coefficients on the Roof of a Low-rise Building (Holmes 1986)

ที่มา : American Society of heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. 1989 ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS. Atlanta : 1986.

จากภาพจะพบว่าที่ความลาดเอียง 30 องศา แรงดันลมบริเวณด้านปะทะจะมีค่าเป็นบวก

ในอาคารเดียวกันแรงลมที่กระทำต่อตำแหน่งต่างๆของอาคารจะมีความแรงไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดที่นำมาพิจารณา เนื่องจากรูปร่างลักษณะของอาคารจะมีผลกระทบต่อทิศทางการเคลื่อนที่ของลมทำให้ในบางจุของอาคารได้รับแรงกระทำจากลมมากกว่าดังรูปที่ 2.17 ซึ่งแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของแรงกระทำจากลมที่กระทำต่อส่วนต่างๆของอาคาร

รูปที่ 2.18 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ของแรงกระทำในส่วนต่างๆของอาคาร



ที่มา : American National Standards Institute, **ANSI Structure**. New York : American Institute of Engineer. 1986.

3) กิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้น

ลักษณะของกิจกรรมเป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งส่งผลต่อการเกิดและแพร่กระจายของฝุ่นละออง โดยในบริเวณที่มีการสัญจรของยานพาหนะจำนวนมากหรือบริเวณที่มีการทำอุตสาหกรรม จะมีปริมาณฝุ่นละอองมากกว่าบริเวณซึ่งเป็น ที่พักอาศัย

ตารางที่ 2.3 แสดงการแพร่กระจายของฝุ่นละออง

Radious (μm)	Displacement (cm.)	Terminal Velocity (cm. / sec.)
0.05	3.70 * 10 ^ -3	8.71 * 10 ^ -5
0.1	2.01 * 10 ^ -3	2.27 * 10 ^ -4
0.2	1.30 * 10 ^ -3	6.85 * 10 ^ -4
0.5	7.43 * 10 ^ -4	3.49 * 10 ^ -3
1.0	5.06 * 10 ^ -4	1.29 * 10 ^ -2

ที่มา : วิชัย อนุรักษ์ฤานนท์. การหาปริมาณธาตุที่มีในฝุ่นแขวนลอยในอากาศโดยใช้เทคนิคนิวตรอนแอกติเวชั่น. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2537.

จากตารางที่ 2.3 จะพบว่าฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กจะมีระยะการแพร่กระจายที่ไกลกว่าฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่และฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กจะมีระยะเวลาที่ลอยตัวปะปนอยู่ในอากาศเป็นระยะเวลาที่นานกว่าฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่