الفصل الثاني

الاستخدام المباشر للطاقة الشمسية – رؤية مناخية

توطئة

إن دراسة الطاقة الشمسية يندرج في نظام الغلاف الجوي – الأرضي ، وميزانيته وتوازنه ، ويُعد العنصر المحوري في الدراسات المناخية الحديثة . وفي الواقع ، تتناول الجامعات في أغلب مقرراتها الدراسية المعتمدة دراسة هذه المفاهيم في مستهل أي دراسة مناخية . ويهدف هذا الفصل إلى إرساء القواعد المعرفية الخاصة بانسياب الطاقة الشمسية لتقدير مدى مساهمة الطاقة الشمسية بصورة مباشرة في مواقع مختارة في الولايات المتحدة الأمريكية .

مقدمة

قد أدت أزمة الطاقة إلى دراسات وتحليلات مستفيضة عن مصادر الطاقة التي يمكن تأمينها للاستفادة منها ، وخلق بدائل للزيت كأحد أهم مصادر الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية . وقد تركزت أغلب تلك الأبحاث على الفحم والطاقة النووية لاعتبارها أكثر البدائل المتاحة إمكانية، على الرغم من الحديث عن أنواع أخرى مثل طاقة الحرارة الأرضية Geothermal Energy، انحدارات درجة حرارة المحيط، الكتلة الحيوية Biomass، الرياح، ولاستخدام المباشر للطاقة الشمسية. وفيما يتعلق بتلك المصادر الثانوية كبدائل للزيت ، فإن طاقة حرارة الأرض هي مصدر الطاقة الوحيد الذي يقع خارج منظومة مجال اهتمام المناخيين ، أما المصادر الأخرى ، فإنها بصورة مباشرة أو غير مباشرة ، فإنها ترتبط بانسياب الطاقة من الشمس وإسهامها في نظام الغلاف الجوي – الأرضي ، وهو ما يُعد محل الاهتمامات الحيوية للمناخيين في الآونة الأخيرة .

ولإلقاء نظرة ثاقبة حول الدور الذي يلعبه المناخ في تقدير مصادر الطاقة ، فإن هذا الفصل يولي اهتماماً جوهرياً للدور المبدئي للمناخيين فيما يتعلق بالاستخدام المأمول لطاقة الشمس . وينبغي الإشارة إلى أنه بطبيعة الحال – الرؤية الشمولية – لاستخدام طاقة الشمس المحتملة يتطلب تعاوناً مشتركاً من جانب العديد من المتخصصين بجانب المناخيين . ومن ثم ، فإن الفيزيائيين والمهندسين المعماريين يركزون على الطريقة المثلى لتجميع الطاقة وسبل تخزينها ، فالمهندس المعماري

يلعب دوراً مهماً في تصميم الوحدة المنزلية لنظام تجميع الطاقة ، و يوفر الاقتصادي البيانات الأساسية لما يتعلق بتكاليف التركيب والصيانة والعوائد المادية من تلك التقنية . وإجمالاً ، فإن العديد من المتخصصين يركزون على التنفيذ الناجح لنظام طاقة الشمس ، ولكن بؤرة هذا النجاح تنحصر في تقييم الاختلافات المكانية للإشعاع الشمسي . وهذا ، ما ينوط بعلم المناخ .

العوامل المؤثرة في توزيع الطاقة الشمسية

يطلق على كمية الطاقة الشمسية التي تخترق طبقات الغلاف الجوي لتصل الأرض في صورة حزمة عمودية الثابت الشمسي solar Constant. ويحدد هذا الثابت الشمسي كمية الطاقة التي يتم تشتتها عن طريق كل من الشمس ومتوسط المسافة بين الأرض والشمس. ومنذ عام ١٩٠٠، كان هناك عدداً من التقديرات لقيمة الثابت الشمسي، وقد خلصت تلك التقديرات إلى أن كميته تتراوح بين١,٩٤ – ٢,٠٠ لانجلي / دقيقة . والانجلي [هو الوحدة الشائعة لقياس الإشعاع الشمسي ويرتبط باسم الرائد الأمريكي لأبحاث الإشعاع الشمسي وهو J.P.Langley] هي وحدة كمية الطاقة الحرارية لكل ك كالوري في السنتيمتر (لانجلي/ك كالوري/سم^{٢}) ، والك كالوري هو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة واحد سنتيمتر مكعب من الماء من ١٥ م – ١٦ م.

وعلى أية حال ، فإن سطح الأرض لا يمثل سطحاً مستوياً بالنسبة للأشعة الشمسية ، كما أن محور الأرض ليس عمودياً على مدار الأرض . وتبعاً لذلك ، فإن هناك العديد من العوامل التي تؤثر في تعديل توزيع ضوء الشمس على سطح الأرض . وتدرس مثل تلك العوامل تفصيلياً في المناخ الفيزيائي، ولكنها لن تناقش هنا تفصيلياً لأننا لن نحتاج إلى التعمق فيها. وبدلاً من التعمق في تلك التفاصيل، فإننا هنا نسلط جُل الاهتمام على المفاهيم الأساسية التي يمكن تطبيقها فيما يتعلق بتوزيع الطاقة الشمسية.

العلاقات الفلكية Astronomic Relationships

يميل محور الأرض بزاوية مقدارها ٢٣,٥ ° عن الوضع الرأسي لمدار الأرض حول الشمس مما يؤثر بشكل مباشر على كل من زاوية الشمس فوق مستوى الأفق ، وطول النهار والليل على مدار السنة . ويعتبر هذان العاملان حاسمان فيما يتعلق بتحديد كمية الإشعاع الشمسي الواصلة لأي موقع على سطح

الأرض . ويتطلب لحساب الاختلافات في كل من هذين العاملين ضرورة توفر معلومات تفصيلية عن ارتفاع الشمس Solar Altitude ، والانحراف الشمسي solar Declination، وزاوية السمت Azimuthal Angle .

والانحراف الشمسي هو المسافة الزاوية لشمالها وجنوبها مروراً بخط الاستواء على الأرض . ويتبع هذا المدار البيضاوي وميل محور الأرض ، أن الشمس تتحرك ظاهرياً بمقدار ٢٣,٥ ° شمالاً و ٢٣,٥ ° جنوباً خلال السنة . وتبعاً لهذه الحركة الظاهرية للشمس، يدون ارتفاع الشمس في السماء عند مستوى الأفق – على دوائر عرض محددة – ثم يزيد ارتفاعها على مدار السنة. ولمحاولة فهم واستيعاب ارتفاع الشمس، فإنه من المفيد الرجوع إلى الشكل التوضيحي (٢-١٠) إذ يقف الراصد الجوي في وسط الكرة محاطاً بالمستوى الذي يمثل الأفق، فتظهر الشمس وكأنها ترتفع فوق مستوى الأفق، وتتحرك الشمس في قوس عبر الكرة السماوية Celestial Sphere، وبالتدريج تنخفض الشمس إلى دون مستوى الأفق. ويستخدم هذا الشكل كمثال لتوضيح مسار الشمس عند دائرة عرض ٦٦,٥ ° شمالاً ، الدائرة القطبية الشمالية . وتبقى الشمس فوق مستوى الأفق خلال الانقلاب الصيفي Solstice Summer، لتصل إلى ارتفاع بزاوية ٤٧ ° وقت الظهيرة.

وفي أثناء الانقلاب الشتوي Solstice Winter ، لا تظهر الشمس فوق مستوى الأفق ، إذ يصبح ارتفاع الشمس صفراً . ويمكن استنتاج زاوية ارتفاع الشمس بسهولة من الانحراف الشمسي وفق المعادلة التالية :

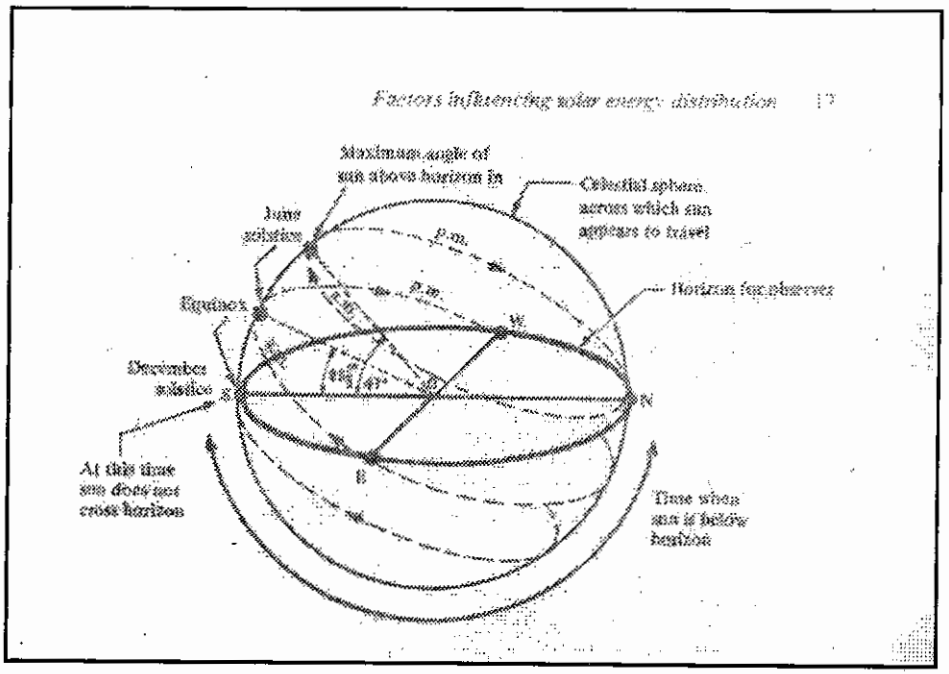
ارتفاع الشمس = ٩٠ ° – (دائرة العرض ± الانحراف الشمسي)

ويتم الجمع أو الطرح في هذه المعادلة الحسابية حينما تكون الشمس في نفس نصف الكرة أو في نصف الكرة الآخر. ويمكن ضرب مثاليين لتوقيت حدوث الانقلاب لتوضيح ذلك .

المثال الأول : عند دائرة عرض ٦٦,٥ ° شمالاً في ٢٢ ديسمبر حينما تتعامد الشمس على النصف الجنوبي

ارتفاع الشمس = ٩٠ ° – (٦٦,٥ ° + ٢٣,٥ °) = صفراً

(شكل ٢ – ١) يوضح حركة الشمس الظاهرية عند الدائرة القطبية . مع الأخذ في الاعتبار أن الراصد الجوي يقف في وسط الكرة



أما في ٢١ يونيو تتعامد الشمس في نصف الكرة الشمالي عند دائرة عرض ٢٣,٥° شمالاً { مدار السرطان }

ارتفاع الشمس = ٩٠° – (٦٦,٥° – ٢٣,٥°) = ٤٧°

المثال الثاني : عند دائرة عرض ٥٠° شمالاً في ٢٢ ديسمبر حينما تتعامد الشمس على نصف الكرة الجنوبي { مدار الجدي }

ارتفاع الشمس = ٩٠° – (٥٠° – ٢٣,٥°) = ١٦,٥°

أما في ٢١ يونيو حينما تتعامد الشمس في نصف الكرة الشمالي

ارتفاع الشمس = ٩٠° – (٥٠° – ٢٣,٥°) = ٦٣,٥°

هذا ، وقد تم توضيح ارتفاع الشمس عند القطب وعند دائرة عرض ٥٠° شمالاً في الشكل (١ – ٢) .

ويمكن تقدير طول الفترة الزمنية التي تبقى خلالها الشمس في السماء واستنتاجه من شكل (١–٢).

ففي الاعتداليين Equinoxes ،حينما يكون طول النهار وطول الليل متعادلين على الأرض ، فإن مدار الشمس يشطره أفق الراصد . وفي شهر ديسمبر ، تلامس الشمس الأفق وبالتالي لا يكون هناك ساعات نهار فعلية ، بينما في حالة الانقلاب الصيفي في يونيو ، فإن الشمس لا تغرب . وهكذا، فإنه عند الدائرة القطبية، تتراوح ساعات النهار بين صفر و٢٤ ساعة، أما عند دائرة عرض ٥٠° شمالاً كما هو في المثال الثاني، فإن طول النهار في يوم ٢١ يونيو يبلغ حوالي ١٦ ساعة، مقابل ٨ ساعات في ٢٢ ديسمبر.

إن طول النهار في غاية الأهمية لتحديد كمية وكثافة الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض . هذا وعلى نفس القدر من الأهمية ، فإن تقدير تأثير زاوية ارتفاع الشمس الذي يمكن تحديده وفق قانون لامبرت لزاوية الجيب Lambert's cosine Law . ويحدد هذا القانون كثافة أو تدفق الطاقة على سطح الأرض من خلال زاوية الجيب المحصورة بين دائرة العرض وبين زاوية اتجاه سقوط الأشعة . ولكي يسهل التطبيق، فأنه يمكن تعديل هذه المعادلة بحيث تصبح المعلومة الوحيدة المطلوبة هي ارتفاع الشمس وتصبح المعادلة على النحو التالي:

$$I = i . \sin \beta$$

حيث I = كثافة الإشعاع على سطح الأرض .i =الكثافة الأصلية لحزمة الشمس β = ارتفاع الشمس ويوضح شكل (٢–٢) هذه المعادلة ، كما يظهر الرسم البياني الأساس العلمي والمنطقي لهذه المعادلة . وتوضح التطبيقات التالية كيفية استنتاج قيمة (I) أي كثافة الإشعاع الشمسي على سطح الأرض في ثلاثة مواقع في الاعتداليين .

وفي كل مثال تكون قيمة الكثافة الأصلية لحزمة الشمس (i.) = ١

عند خط الاستواء: ارتفاع الشمس = ٩٠° أي أن β = ٩٠°

كثافة الأشعة عند سطح الأرض = الكثافة الأصلية لحزمة الشمس (i.) = ١ زاوية السمت ٩٠°

١ = ١ * ١ = ١

عند دائرة عرض ٦٠° شمالاً فإن ارتفاع الشمس = ٦٠

i. sin = I = ٣٠° = ١ * ٠,٥ = ٠,٥

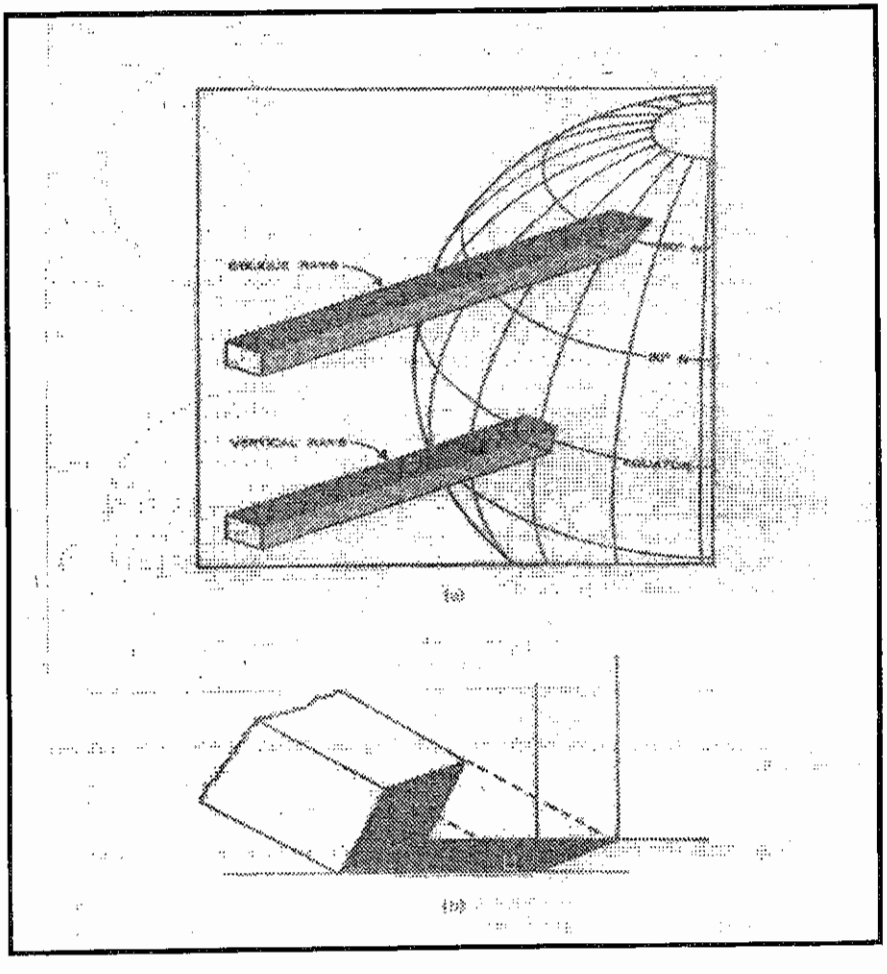
ويمكن ملاحظة تناقص كثافة الإشعاع الشمسي مع تناقص ارتفاع الشمس. وعند دائرة٦٠° شمالاً كما في المثال السابق ، إن كثافة الأشعة تعادل ½ مثيلتها عند خط الاستواء . أما عند القطبين في نفس الوقت ، حينما يكون ارتفاع الشمس صفراً ، فإنه لا تسقط أي أشعة شمسية على الأرض . إن حركة الشمس الظاهرية للشمس تعني أن زاوية السمت (الزاوية المحصورة بين الشمال الجغرافي وبين سقوط حزمة الأشعة الشمسية على السطح الأفقي) تختلف على مدار الوقت . عند الظهيرة ، تبلغ زاوية السمت تبلغ ١٨٠° (وتشير إلى الجنوب) في نصف الكرة الشمالي ، بينما في نصف السماء الشرقي ، فإنها تختلف ما بين ١٨٠° – ٣٦٠° . وفي الواقع ، فإنه بضرب مثال آخر عند دائرة عرض ٥٠° شمالاً في أثناء الاعتداليين ، فإن الشمس تشرق بزاوية سمت ٩٠° ، ويبلغ أقصى ارتفاع لها عند زاوية سمت ١٨٠° ، وتغرب الشمس بزاوية سمت ٢٧٠° .

وإذ تعتبر العوامل السابقة هي الركيزة الأولية في تقدير إمكانيات استخدام الطاقة الشمسية، إلا إنه يمكن تجاهلها عند استنتاج المعاملات الرياضية ووصولاً للبيانات اللازمة لتقدير طاقة الرياح. وهناك العديد من المصادر المتاحة لمثل تلك التطبيقات العملية. ويعد من أهمها الرسوم البيانية التي توضح مخططات الشمس، وبمجرد فهم هذا التصور التوضيحي لتلك المسارات، يصبح من السهل استخدامها. وتبدو الشمس ظاهرياً أنها متحركة في سماء الأرض كما يتضح في تلك المخططات البيانية لمسار الشمس. ويتكون هذا المخطط من دائرة ، محيطها يمثل الأفق ، بينما مركزها السمت فوق الرأس مباشرة [وهو ما يطلق عليه أن الشمس في كبد السماء] كما يتضح في شكل (٢-١٢) .

ولكي يمكن تحديد أي موقع في السماء فإننا نحتاج إلى زاوية السمت والارتفاع . وفي مخطط مسار الشمس ، فإن تمثيل السمت يكون بالزاوية من صفر -٣٦٠° حول الدائرة . ويتم حساب الزاوية من اتجاه الشمال الذي يمثل (صفر °) ثم تتدرج الزاوية في اتجاه عقارب الساعة . أما نقطة أو موقع ارتفاع الشمس يتم تحديده من خلال عدد من الدوائر متحدة المركز ويكون الأفق الذي يمثل (صفر °) إلى السمت التي تمثل ٩٠° كما يتضح في شكل (٢-٢ب) .

شكل (٢-٢) : (أ) تناقص زاوية الشمس يؤدي إلى تناقص كثافة الإشعاع

(ب) تباين توزيع كثافة الإشعاع الشمسي على سطح الأرض

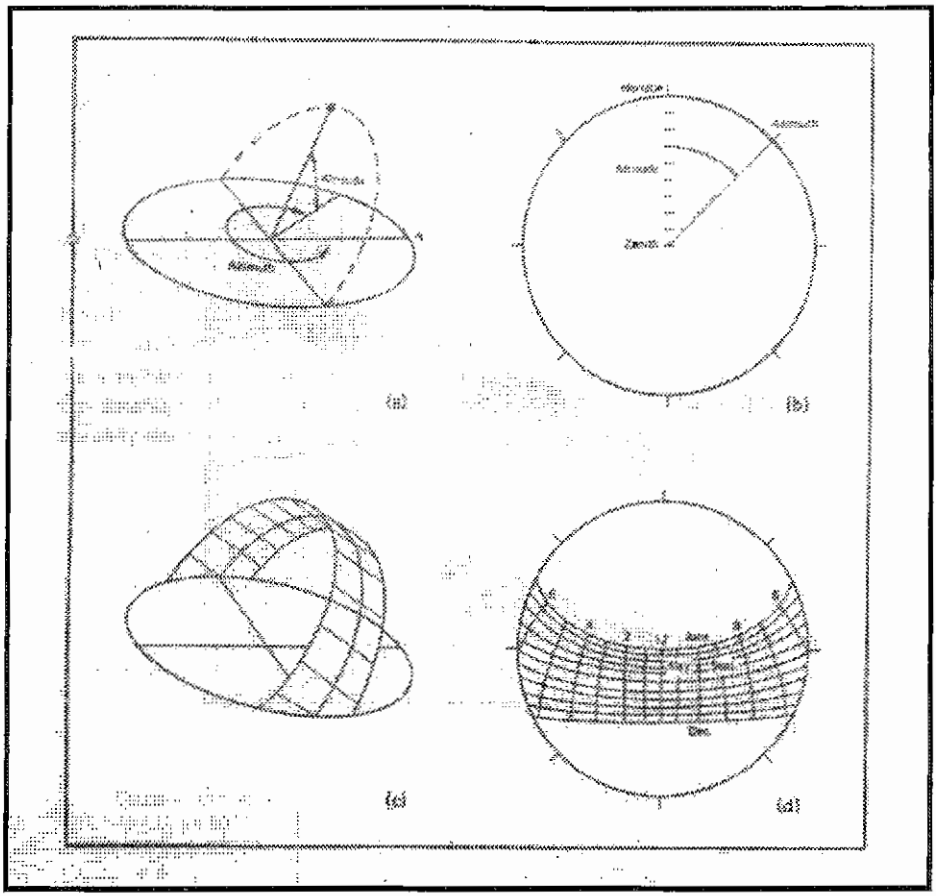


ويتضح مسار الشمس عبر السماء من خلال عدد من الخطوط التي تبدأ من الجانب الشرقي للدائرة الذي يمثل الشروق وينتهي عند الجانب الغربي الذي يمثل الغروب . ويمثل أقصى خط شمالي مسار الشمس في ٢٢ يونيو أي في الانقلاب الصيفي ، يقابله أقصى خط جنوبي في مسار الشمس في ٢٢ ديسمبر أي الانقلاب الشتوي . وفيما بين هذين الخطين (الانقلابين) يوجد العديد من الخطوط الأخرى التي توضح مسارات الشمس في السماء على مدار السنة . ويمثل كل خط منها مسار الشمس لمدة يومين فقط من السنة ، واليوم الأول يمثل مسار الفترة من يناير إلى يونيو ، حينما يتحرك مسار الشمس إلى أبعد نقطة شمالاً يومياً ، والثاني حينما يتحرك مسار الشمس من يونيو إلى ديسمبر في أثناء حركة مسار الشمس في طريق عودتها جنوباً (شكل٢- ٣ج) . ويعكس أقصر تلك الخطوط {عبر مسار الشمس }عدد ساعات النهار. وتُظهر شروق الشمس حوالي الساعة ٦ صباحاً ، ثم تعبر من الشمال إلى الجنوب عند منتصف النهار ،لتغرب حوالي الساعة ٦ مساء . ويطلق على ذلك التوقيت الشمسي Solar Time الذي يختلف اختلافاً طفيفاً عن التوقيت المحلي Local Time ، و يتجاهل المخطط الشمسي مثل تلك الاختلافات لأنها لا تكاد تذكر . ويوضح شكل (٢-٣د) المسار الشمسي عبر السماء لتوضيح السمت والارتفاع .

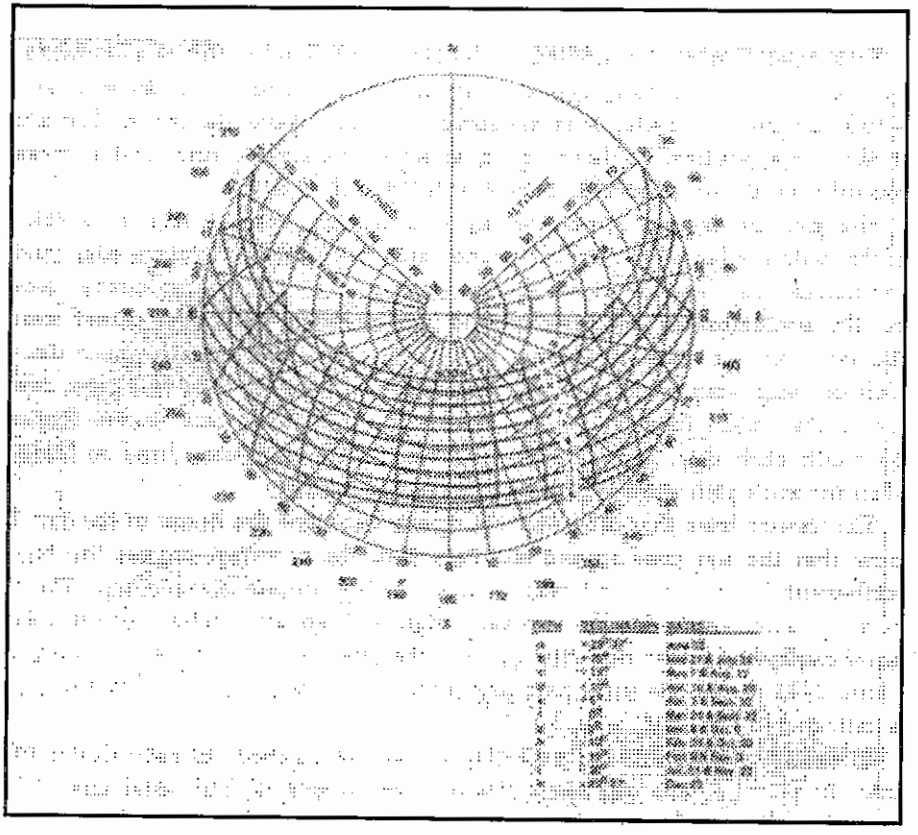
ونظرياً ، فإن مختلف مخططات مسار الشمس تمثل درجة واحدة من درجات ارتفاع الشمس . وعملياً، يمكن إدراك ارتفاع الشمس من خلال ملاحظة عدد أقل من الخطوط. وعند إعداد الخرائط الشمسية Solar charts فإن كل ٤ درجات ارتفاع يمثلها خطاً واحداً، ويعد ذلك كافياً للاستخدامات العملية. ويضرب شكل (٢-٤) نموذجاً كاملاً لمخطط مسار الشمس عند دائرة عرض ٤٠ درجة شمالاً .

ويمكن أيضاً استنتاج أو تقدير مسار الشمس من خلال الرجوع إلى جداول منشورة. ويعد أحد أهم تلك الجداول ما نجده في التقويم الأمريكي American Ephemeris، والتقويم البحري Nautical Almanacأو غيرها. وإجمالاً يمكن القول بأن، البيانات الضرورية قد أصبحت متاحة بالفعل، ويمكن الحصول عليها بسهولة، مما لا يستدعي إجراء أي عمليات حسابية طويلة ومعقدة عند تقدير علاقات الأرض / الشمس.

شكل (٢-٣) : تفسير مخطط مسار الشمس



شكل (٢-٤) مخطط مسار الشمس عند دائرة عرض ٤٠ درجة شمالاً



دور الغلاف الجوي

إن المكونات الغازية التي تحيط بالأرض تسهم بشكل أساسي في تعديل انسياب الطاقة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض. فحينما تخترق أشعة الشمس الأجزاء العليا من الغلاف الجوي ، فإنها لا تختلف كثيراً بسبب شدة خلخلة تلك الغازات . وعلى أية حال ، فإن نسبة ضئيلة من تلك الحزم الإشعاعية تصطدم بالجزيئات مما يُحدث آثاراً ذات أهمية واضحة . ولعل من أبرزها الأضواء القطبية، تلك الستائر الضوئية التي تمتد ما بين ١٢٥-٦٠٠ ميل (٢٠٠-٩٦٥ كم) فوق سطح الأرض، وتتكون من جزيئات تلمع وتتوهج حينما ترتطم بالأشعة الشمسية. وحينما تتوغل أكثر الأشعة الشمسية في الغلاف الجوي ، فإن الحزم الشمسية تصل إلى أجزاء

أخرى تصبح عندها الغازات أكثر كثافة مما يسمح بحدوث تعديلات جوهرية في الأشعة الشمسية. ويمكن حصر العمليات التي تتعرض لها الأشعة الشمسية فيما يلي:

١ – الامتصاص: تتعرض الأشعة الشمسية ذات الموجات القصيرة مثل الأشعة فوق البنفسجية (طول موجاتها أقل من ٠,٣ ميكرون) لعملية الامتصاص Absorption بواسطة طبقة الأوزون . أما موجات الطاقة الطويلة (٠,٩–٢,١ ميكرون) فيتم امتصاصها بشكل أساسي بواسطة غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء .

٢ – التشتت : إن الجسيمات العالقة وجزيئات الغاز الموجودة في الهواء تُعرض ضوء الشمس لعملية التشتت Scattering في جميع الاتجاهات . ويصل بعض تلك الأشعة الضوئية إلى الأرض وبعضها الآخر يرتد إلى الفضاء. وتعتبر عملية التشتت والانعكاس سبب ضعف كمية الأشعة الشمسية الواصلة للأرض .

٣ – الانعكاس: إن كمية الطاقة التي تنعكس إلى الفضاء الخارجي تتوقف على كل من غطاء السحب وطبيعة سطح الأرض التي تسقط عليه أشعة الشمس الضوئية. ويعد كل من التوهج، العتمة الدائمة، قمم السحب، الثلج، الأسطح الصحراوية في مجملها مؤشرات واضحة لعملية الانعكاس Reflection لضوء الشمس. ويطلق على هذا الضوء المنعكس (المرتد) الألبيدو . ويعتبر هذا الانعكاس البسيط بالإضافة إلى صور الانعكاسات الأخرى مضافاً لها مساهمة عملية التشتت هي الأكثر تأثيراً في كمية الإشعاع الواصل للأرض وهي ما يطلق عليه الألبيدو الكوكبي . هذا ولو قدرنا اعتبارياً أن كمية الأشعة الواصلة إلى قمة الغلاف الجوي تعادل ١٠٠ وحدة ، نجد أن :

- يتم امتصاص ١٧ وحدة بواسطة غاز الأوزون، وبخار الماء، وقطرات الماء، وغاز ثاني أكسيد الكربون.
- يتم انعكاس ٣٠ وحدة إلى الفضاء الخارجي ، منها ٢٣ وحدة بواسطة السحب و ٧ وحدات بواسطة سطح الأرض فيما يطلق عليه الألبيدو.

- يتم تشتيت ٦ وحدات لتعود ثانية إلى الفضاء الخارجي بواسطة الجزيئات الغازية وجزيئات الغبار ، وعليه يعادل الألبيدو الكوكبي Planetary Abedo ٣٠ وحدة انعكاس + ٦ وحدات تشتت = ٣٦ وحدة

وهكذا فإن ٥٣ وحدة تحجب من الوصول إلى سطح الأرض. وهذه الوحدات المفقودة (٥٣ وحدة) تعني أن هناك ٤٧ وحدة باقية (من إجمالي ١٠٠ وحدة افتراضية) تمثل إجمالي الطاقة التي تدخل فعلياً السطح. ومن ثم ، فإن أقل من نصف طاقة الشمس تصل إلى الحدود الخارجية للغلاف الجوي ، وهي كمية الطاقة المتاحة لسطح الأرض فعلياً .

هذا وعند وصف التغيرات التي تطرأ على الطاقة المتدفقة ، فإن هناك العديد من المفاهيم المعبرة عنها . إذ يمكن تحديد القيمة العددية لكمية الضوء التي تمايزت بالامتصاص والتشتت من خلال ما يطلق عليه بمعامل التمايز Extinction Coefficient . وبالمثل مصطلح التعكير Turbidity الذي يتعلق بشفافية الغلاف الجوي. وينصب هذا المصطلح على تغير الضوء المرئي بواسطة الغبار، والطلح (حبوب اللقاح)، والجسيمات العالقة بالهواء. وتختلف عكارة الغلاف الجوي من مكان إلى آخر ومن فصل إلى آخر . وقد أتضح على سبيل المثال ، أن متوسط عكارة cP(القارية القطبية) لكتل الهواء الشتوية هي أقل تعكيراً منmT (البحرية المدارية) خلال فصل الصيف . وإن الأيام السديمية Hazy Days (هي أيام ذات سحب غبارية دقيقة وشفافة) في الصيف مقارنة بالأيام الشتوية تعكس الاختلافات في درجة تعكير الغلاف الجوي . وهناك طريقة أخرى لوصف دور الغلاف الجوي في تغير انسياب الطاقة الشمسية وهو ما يُطلق عليه العمق البصري Optical Depth أو السمك البصري Optical Thickness للغلاف الجوي. ويقاس السمك البصري من خلال التناقص التراكمي للتدفق الشمسي وهو ما يرتبط جزئياً بقانون بير Beer's Law، وهو قانون أطلق في القرن التاسع عشر نسبة إلى العالم الفيزيائي الألماني أوجست بير August Beer . ويقدم هذا القانون صياغة رياضية لطول الحزمة الشمسية خلال الغلاف الجوي . ويتضح في شكل (٢-٢) أن طول حزمة أشعة الشمس حينما ينخفض ارتفاع الشمس في السماء تكون الأشعة مائلة فتكون أطول من تلك التي تخترق الغلاف الجوي حينما تكون الشمس أكثر ارتفاعاً في السماء وأن الأشعة تسقط بزاوية تقترب من ٩٠ درجة (الوضع العمودي).

إن التأثيرات التي تضعف ضوء الشمس حينما ينخفض ارتفاع الشمس في السماء يمكن إدراكه على سبيل المثال وقت الغروب حينما تتعرض بعض الأشعة الضوئية للتشتت مما يؤدي إلى تلون السماء بالألوان التي تميل للقرمزي والأحمر وغيره .

وهكذا فإن كل من العوامل السابقة تسهم في تناقص كمية ضوء الشمس المتاح في مركز تجميع طاقة الشمس Solar Energy . إن الموقع النسبي للشمس في السماء بالإضافة إلى التغيرات التي تطرأ على الأشعة الشمسية كنتيجة لحالة الغلاف الجوي تُحدث اختلافات واسعة في الاستخدام المحتمل للإشعاع الشمسي كمصدر للطاقة الباقية والدائمة .

توزيع الإشعاع الشمسي في الولايات المتحدة الأمريكية

نماذج إقليمية Macro patterns

بدون الغلاف الجوي، يصبح من السهل حساب كمية الإشعاع التي تصل إلى سطح الأرض. ويمكن باستخدام العوامل الفلكية الأساسية تحديد كمية الطاقة الواصلة إلى كل دائرة عرض كما يتضح في جدول (٢-١). ويشير الجدول إلى الاختلافات البارزة التي تحدث في أثناء شهور الشتاء حينما تكون زاوية ميل الشمس صغيرة (قريبة من مستوى الأفق) ، ويقصر طول النهار في العروض العليا . إنه في يوم ٢٢ ديسمبر على سبيل المثال، تبلغ كمية الطاقة المتاحة عند دائرة عرض ٦٠ درجة شمالاً ٠,٠٥ ك كالوري / سم ^{٢} ، وتقل هذه الكمية كثيراً عن ١٠/١ الكمية الواصلة لدائرة عرض ٢٠ درجة شمالاً إذ تبلغ ٠,٦٢ ك كالوري / سم ^{٢} . وعلى النقيض من ذلك ، في ٢٢ يونيو ، فإن طول النهار في المناطق القطبية حيث ينخفض الفرق في كمية الطاقة عند ٦٠ درجة شمالاً (١,٠١ ك كالوري / سم ^{٢}) فتزيد قليلاً عن مثيلتها على دائرة ٢٠ درجة شمالاً (٠,٩٦ ك كالوري / سم ^{٢}) .

إن هذه الصورة البسيطة تتغير بدرجة كبيرة حينما نأخذ في الحسبان دور الغلاف الجوي .إذ يمكن نظرياً حساب مقدار التعديل أو التغيير في حزمة أشعة الشمس بواسطة الغلاف الجوي باستخدام المعادلات السابقة ، ولكن نتائج تلك المعادلات تصبح أقل ثقة مقارنة بالنتائج التي نحصل عليها من القياس المباشر . ولسوء الحظ ، على الرغم من كون الإشعاع الشمسي يتم رصده عبر العديد من السنوات ، فجدير بالذكر أن شبكة الرصد الأمريكية قد تم تحسينها ، ولكنها غير

كافية مقارنة بتلك الشبكات على المستوى العالمي . ومما يدعو إلى ضرورة تطوير الوسائل التكنولوجية لرصد الإشعاع الشمسي في الولايات المتحدة الأمريكية، أن الهيئة القومية للمحيطات والغلاف الجوي، بالتعاون مع هيئة تطوير بحوث الطاقة، قد قامت حديثا بإنشاء شبكة كثيفة من محطات الرصد.

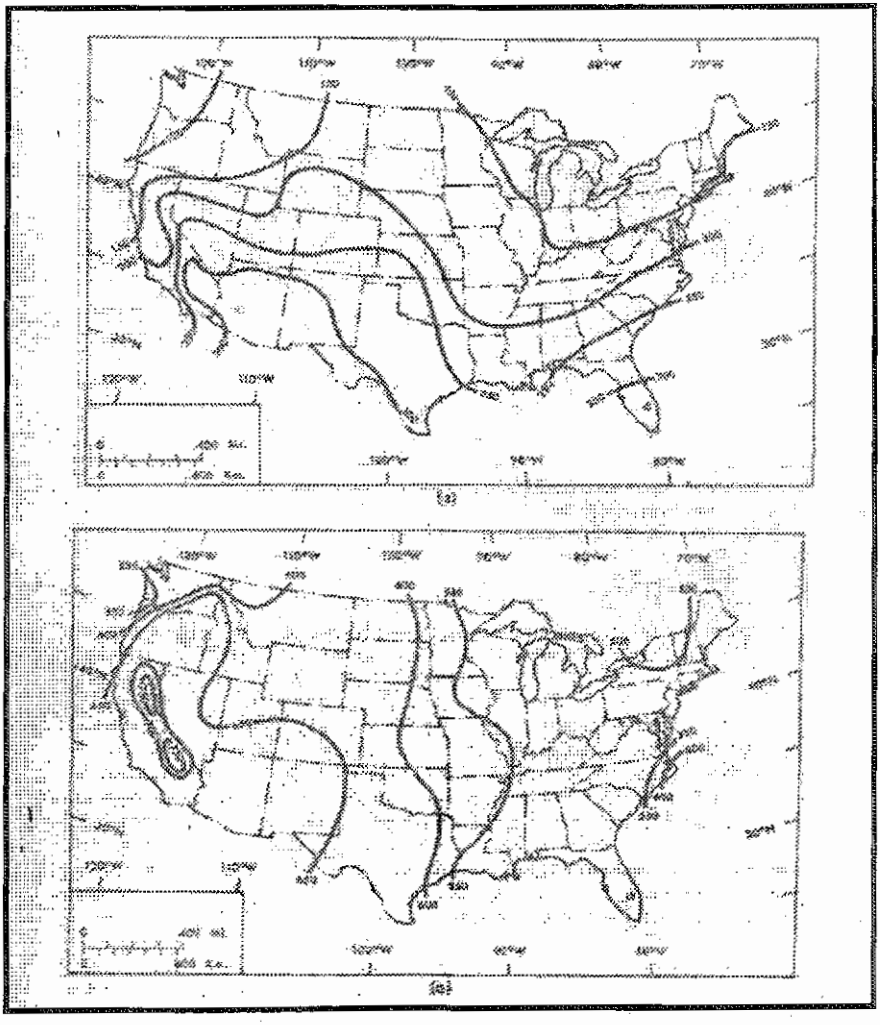
ويمكن عند مناقشة العلاقة بين الأرض والشمس، أن نفترض أن توزيع الطاقة الشمسية يرتبط أساسا بدوائر العرض. ويبدو ذلك واضحا بالنسبة لشهر يوليو (شكل٢- ٥ب). إذ يمكن ملاحظة تناقص المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي خلال شهر يوليو وفقا لخطوط الطول ، فترتفع القيم في منطقة كاليفورنيا – نيفادا بينما تنخفض القيم بالاتجاه نحو المحيطات . ويتضح هذا التوزيع جزئيا في شكل (٢-٦) الذي يوضح النسبة المئوية لسطوع الشمس الممكن في يناير ويوليو . ويقيس هذا دور وتأثير الغلاف الجوي في تعديل وتغيير حزم الأشعة الشمسية ، وربما تلعب الغيوم دورا أساسيا في ذلك ، إذ تؤدي إلى تناقص الأشعة بكمية ينبغي أخذها في الاعتبار . وفي مدينتي دينفر وفيلادلفيا ، يبلغ إجمالي ساعات سطوع الشمس الممكنة في منتصف شهر يناير يبلغ ٩,٥ ساعة . ويبلغ المتوسط الفعلي للسطوع ٥,٧ ساعة فقط من تلك الساعات ، ويبلغ ٤,٣ ساعة في فيلاديلفيا .

وعند مقارنة شكل (٢-٥) مع شكل (٢-٦)، يمكن أن نضع تفسيرا للمناطق التي يصل إليها الإشعاع الشمسي بصورة حادة. إن تقع أقل قيم الإشعاع الشمسي في الشمال الغربي وكذلك المنطقة المحيطة بالبحيرات العظمى وإلى جنوبها الشرقي حيث يبلغ معدل المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي في مدينة بتسبرج في يناير لتبلغ ١٠٠ لانجلي ،ويتضح أن هذه المناطق تستقبل أقل من ٣٠% من ساعات سطوع الشمس الممكنة كما في شكل (٢-٦) .

وتختفي هذه الاختلافات بشكل أو بآخر في الخرائط العامة التي تمثل المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي في الولايات المتحدة الأمريكية في سنة ما كما يتضح في شكل (٢-٧) .

شكل (٢-٥) : أ : المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي في يناير (لانجلي)

ب : المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي في يوليو (لانجلي)

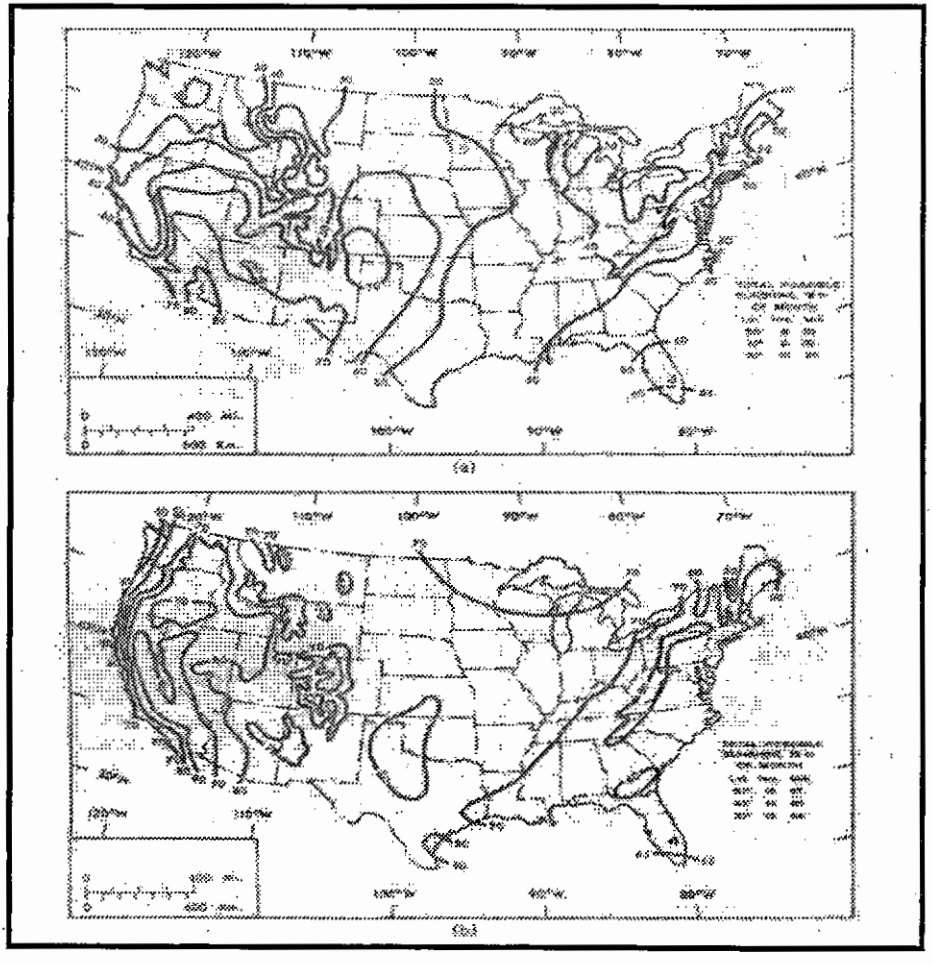


إذ تعكس مثل تلك الخرائط صورة مدمجة تقريبية للطاقة الشمسية المحتملة، ويتضح ذلك عند مقارنتها بخرائط توزيع القيم الشهرية. ويدفعنا ذلك إلى ضرورة شرح وتحليل كل منهما تحليلاً دقيقاً ومتعمقاً لفهم مدلول هذه الخرائط بدقة، وماهية

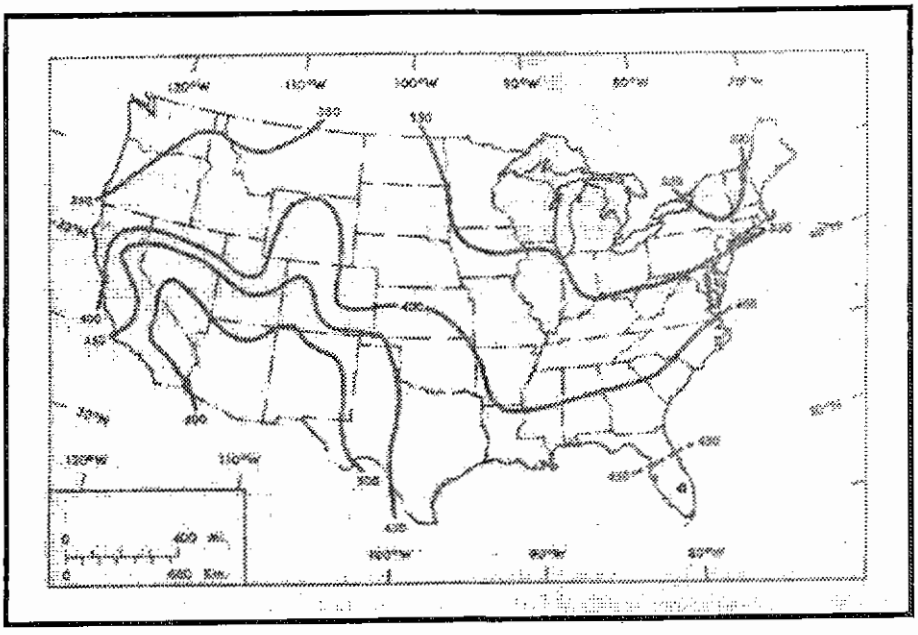
قيم المتوسط ؟ ويجدر التنويه، إلى أن المتوسط هو أحد مقاييس النزعة المركزية التي تتجاهل الاختلافات في القيم. ثانياً ، فيمكن أن تعطي الخريطة السنوية انطباعاً شديد العمومية . وهكذا فإن الدراسات المتعمقة تحتاج إلى تحليلات على نطاق أوسع.

شكل (٢-٦) : أ : النسبة المئوية لضوء الشمس الممكن في يناير بالساعة في محطات مختارة

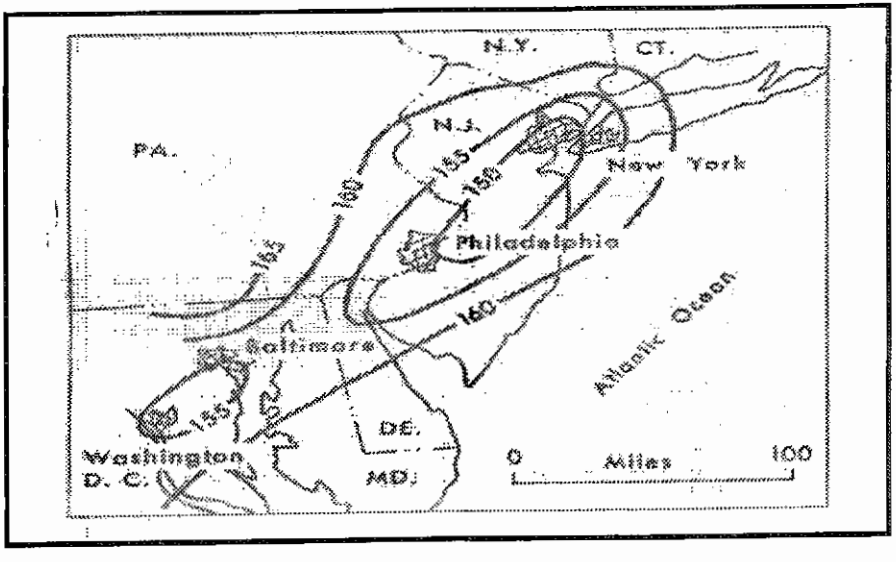
ب : النسبة المئوية لضوء الشمس الممكن في يوليو بالساعة في محطات مختارة



شكل (٢-٧): المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي (لانجلي) على مدار السنة



شكل (٢-٨) المعدل اليومي لإجمالي الإشعاع الشمسي (وات / م٢)



المصدر : Atwater & ball

جدول (٢-١) الإجمالي اليومي للإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض (ك ك كالوري / سم $^{-٢}$)

دائرة العرض درجة	٢١ مارس	٦ مايو	٢٢ يونيو	٨ أغسطس	٢٣ سبتمبر	٨ نوفمبر	٢٢ ديسمبر	٤ فبراير
٩٠ شمالاً	------	٠,٨٠	١,١١	٠,٧٩	------	------	------	------
٨٠	٠,١٦	٠,٧٨	١,٠٩	٠,٧٨	٠,١٦	------	------	------
٧٠	٠,٣٢	٠,٧٧	١,٠٤	٠,٧٦	٠,٣١	٠,٠٢	------	٠,٠٢
٦٠	٠,٤٦	٠,٨٣	١,٠١	٠,٨٣	٠,٤٦	٠,١٥	٠,٠٥	٠,١٥
٥٠	٠,٥٩	٠,٨٩	١,٠٢	٠,٨٩	٠,٥٩	٠,٣٠	٠,١٨	٠,٣٠
٤٠	٠,٧١	٠,٩٤	١,٠٢	٠,٩٣	٠,٧٠	٠,٤٤	٠,٣٣	٠,٤٥
٣٠	٠,٨٠	٠,٩٦	١,٠٠	٠,٩٥	٠,٧٩	٠,٥٨	٠,٤٨	٠,٥٩
٢٠	٠,٨٧	٠,٩٥	٠,٩٦	٠,٩٤	٠,٨٦	٠,٧١	٠,٦٢	٠,٧١
١٠	٠,٩١	٠,٩٢	٠,٩٠	٠,٩١	٠,٩٠	٠,٨١	٠,٧٦	٠,٨٢
صفر	٠,٩٢	٠,٨٦	٠,٨١	٠,٨٦	٠,٩١	٠,٩٠	٠,٨٧	٠,٩٠
١٠	٠,٩١	٠,٧٨	٠,٧١	٠,٧٨	٠,٩٠	٠,٩٦	٠,٩٦	٠,٩٦
٢٠	٠,٨٧	٠,٦٨	٠,٥٨	٠,٦٧	٠,٨٦	٠,٩٩	١,٠٣	١,٠٠
٣٠	٠,٨٠	٠,٥٦	٠,٤٥	٠,٥٦	٠,٧٩	٠,٩٩	١,٠٧	١,٠٠
٤٠	٠,٧١	٠,٤٣	٠,٣١	٠,٤٢	٠,٧٠	٠,٩٧	١,٠٩	٠,٩٨
٥٠	٠,٥٩	٠,٢٨	٠,١٧	٠,٢٨	٠,٥٩	٠,٩٣	١,٠٩	٠,٩٤
٦٠	٠,٤٦	٠,١٤	٠,٠٥	٠,١٤	٠,٤٦	٠,٨٧	١,٠٨	٠,٨٧
٧٠	٠,٣٢	٠,٠٢	------	٠,٠٢	٠,٣١	٠,٨٠	١,١١	٠,٨١
٨٠	٠,١٦	------	------	------	٠,١٦	٠,٨١	١,١٧	٠,٨٢
٩٠ جنوباً	------	------	------	------	------	٠,٨٣	١,١٨	٠,٨٣

نماذج متوسطة Mesopatterns

دعونا نفترض أن هناك شخصا في نيوجرسي يرغب في إنشاء وحدة شمسية لتجميع أشعة الشمس وكان لديه الخيار أن يضعها في أي مكان في الولاية . ويتضح من توزيع المعدل اليومي للإشعاع الشمسي كما في شكل (٢-٧) أن الاختلافات في الإشعاع الشمسي تبدو في حدودها الدنيا . ويعتبر ذلك مضللا ،فقد أوضح كل من أتوتر وبول Atwater & Ballأن هناك اختلافات إقليمية واضحة في الإشعاع الشمسي في هذه الولاية وغيرها من الولايات الشرقية. قد أظهر الباحثان باستخدام محصلة بيانات نموذج الإشعاع الشمسي، إلى أي مدى هناك اختلافات بارزة في الإشعاع الشمسي في مناطق صغيرة نسبيا. وعلى سبيل المثال في شكل (٢-٨) ، يتضح أن المناطق المجاورة لولاية نيوجرسي (وهي ولاية صغيرة المساحة) ، تختلف فيها القيم بنسبة ١٠% . وقد لا يظهر مثل هذا الاختلاف في القيم بصورة تفصيلية فيما بين فيلاديفيا ، نيويورك ، وواشنطن كما في شكل (٢-٨) ، وربما تكون الاختلافات بين القيم ضئيلة لدرجة يصعب حسابها ، وذلك لكون تأثيرات الإشعاع الشمسي لم تؤخذ في الحسبان وليست ضمن مدخلات نموذج الإشعاع . إن التناقص الواسع في الإشعاع الشمسي بين فيلادلفيا وسواحل ولاية نيوجرسي، مقارنة بتلك بين نيويورك والساحل هي في مجملها اختلافات تعكس تأثيرات المناطق متوسطة المساحة . وتُظهر مثل تلك الصورة المخاطر الدراماتيكية التي يتضمنها تقدير الإشعاع الشمسي ، حتى وإن كان ذلك على أساس التقديرات السنوية ، حيث يمثل خطأ واحداً بقيمة معينة بين محطتين يفصل بينهما ٥٠٠ كيلومتراً كمحطتين للرصد الجوي . ونخلص مما سبق، إلى أن التوزيع المكاني لإجمالي الإشعاع الشمسي يتأثر بنفوذ الأراضي الساحلية Costal-Inland، والاختلافات بين المدن والمناطق الريفية Urban – Rural .ومن ثم يصبح الاعتماد على نماذج ذات مساحات محدودة غير مجدياً، ويصبح الحل المثالي هو تحليل البيانات على مستوى تفصيلي Micro scale.

النماذج التفصيلية Micro patterns

إذ ربما التحليلات التالية لتوزيعات الطاقة الشمسية قد توفر لنا قاعدة استرشادية لكمية الطاقة المتاحة ، فإن الاستخدام الأمثل لهذه الطاقة يعتمد على اختيار موقع إنشاء محطات الطاقة الشمسية الذي يتيح تحقيق الاستخدام الأمثل لها .

ويعتمد هذا في جزء كبير منه على الخصائص التفصيلية للسطح المعرض للإشعاع الشمسي .

إن الوسائل والطرق المتبعة للاستفادة من الطاقة الشمسية المتاحة يعد بعضها فعالاً بينما بعضها الآخر قد يكون غير فاعلاً . إن الأنظمة التي قد يطلق عليها غير فاعلة Passive Systems هي تلك التي تعتمد على الخصائص التفصيلية للبيئات Microenvironments مثل الاعتماد على الطاقة الشمسية المجمعة بواسطة الامتصاص أو السقوط على الأسطح مباشرة. وتختلف مثل تلك الأنظمة عن الأنظمة الفاعلة Active Systems التي قد تكون أحد أشكالها تجميع الطاقة الشمسية الواصلة إلى السطح ثم يتم تجميعها بواسطة نظام تجميع الطاقة ثم تنتقل لتصبح في صورة طاقة يمكن الاستفادة منها، ومن أمثلتها أنظمة تسخين المياه " السخانات ".

الأنظمة غير الفاعلة

يمكن التعبير عن الأنظمة غير الفاعلة بمصطلح " التصميم بالمناخ design with Climate ". الذي يعتمد في مضمونه على أنه بعد الأخذ في الاعتبار خصائص المناخ ، يصبح من الممكن تصميم المبنى بحيث يعظم من شأن التأثيرات الإيجابية الممكنة من خلال توكيد العناصر الإيجابية وإبرازها وصولاً إلى المنزل المريح . وترتبط الراحة بالمنزل ولحدٍ بعيدٍ بالخصائص الحرارية لمواد البناء، التي تتأثر مباشرة بالإشعاع الشمسي. ويصبح لدى المهندسين المعماريين عدداً من الخيارات لوضع تصميماً مثالياً للمنزل، ومن الطبيعي أن يتحكم الموقع الجغرافي وظروف المناخ في اختيارهم.

قد يكون الإشعاع الشمسي غير مرغوباً فيه في بعض المواقع الجغرافية، بينما في مواقع أخرى يكون مرغوباً وبشدة. ولتحديد التصميم الأمثل لابد أن نأخذ في الاعتبار عدة عوامل :

أ – مادة البناء

إن كمية الطاقة المطلوبة للحفاظ على درجة الحرارة داخل المنزل تعتمد على الظروف المناخية ومواد بناء الحوائط . وفي وقتنا الحاضر ، فإن البيوت سابقة التجهيز ومواد البناء شائعة الاستخدام ،لا تراعي أحياناً خصائصها الحرارية

الطبيعية . ويتفق هذا بالطبع مع الفلسفة القائلة بأن وسائل التدفئة والتبريد الصناعية تحل مشكلات المباني السكنية وغيرها بمجرد إمدادها بالطاقة. ويعد هذا عين الخطأ، إذ أنه عند تطبيق بعض المبادئ البسيطة يمكن تحديد السمك المثالي ومواد البناء الملائمة لكل مناخ.

وعلى الرغم من أن العديد من مواد البناء يمكن استخدامها في كثير من المناطق المناخية في ولاية نيوإنجلند وكذلك الولايات الجنوبية الغربية ، ولكن طريقة البناء نفسها مختلفة تماما فيما بين تلك الولايات.

ولفهم كيفية تفاعل المبنى مع المناخ الخارجي ، فإنه من الضروري الأخذ في الحسبان عدد من خصائص الطاقة . وبشكل أساسي ، ينصب التركيز على انسياب الطاقة من الحوائط والأسطح سواء من حيث كمية تلك الطاقة أو الفترة الزمنية التي تستغرقها في التدفق . ويمكن حساب تدفق الطاقة من مادة البناء من المعادلة التالية :

$$Q = K \backslash X A \Delta T$$

حيث: K = خصائص التوصيل لمادة البناء X =سمك المبنى A = مساحة السطح

ΔT = الاختلاف في درجة الحرارة بين جانبي الحائط

هذا، وفي حالة ما إذا كانت الحوائط تتكون من أكثر من طبقة من مواد البناء، يصبح من الضروري استخدام المعادلة التالية: $Q = U A \Delta T$

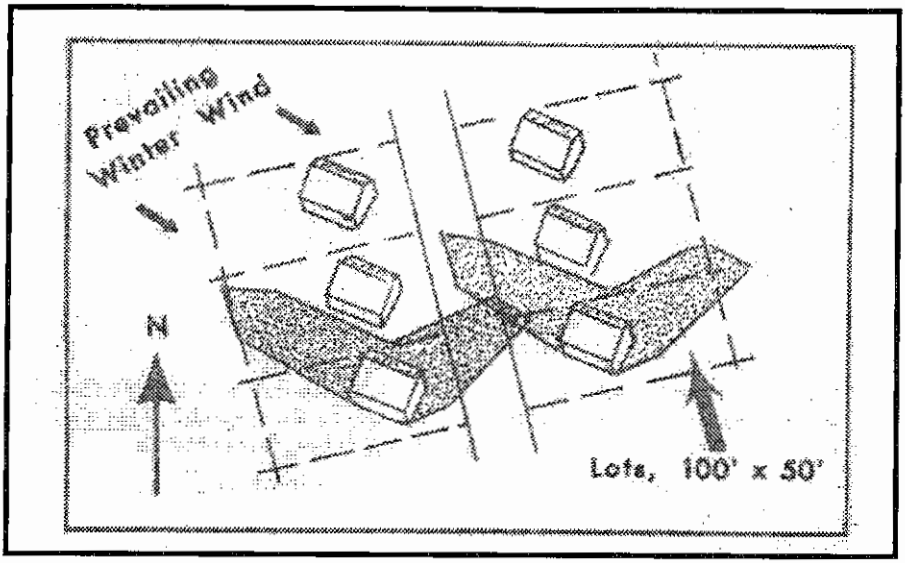
حيث U = التبادلية بين خصائص كل طبقة على حدة وبين مساحات الهواء في الحائط أو السقف ، وحينما تستخدم العديد من الطبقات بمواد بناء مختلفة ، فينبغي الحصول على قيمة U ، هذا ومن الملائم أن نوضح الخصائص الحرارية في هذه المعادلة ، وهو ما يعبر عنه بقيمة R أي الاحتفاظ بالحرارة Heat Resistance، وهي غالبا ما تشير إلى التبادلية U . وتختلف قيم R بدرجة كبيرة كما يتضح فيما يلي :

مادة البناء / الطبقات	قيمة R الاحتفاظ بالحرارة
مادة كلفانية (مطلية بالزنك) فوق الفتحات	٠,٦ درجة
مادة كلفانية (مطلية بالزنك) بارتفاع بوصة فوق سطح عازل	٣,٦ درجة
مادة كلفانية (مطلية بالزنك) بارتفاع ٣-٥ / بوصة من نشارة الخشب وتحتوي في داخلها على مادة كلفانية	١٠,٥ درجة

هذا ، وبينما يعتبر معدن الزنك بمثابة فرن في المناخ الحار ، فإن إجراء بعض التعديلات في البناء واستخدام مواد بناء معينة قد يؤدي إلى تغيير الصورة بأكملها .

وعند دراسة العلاقة بين مواد البناء وبين انسياب الحرارة ، يمكن أن نأخذ في الاعتبار عاملاً آخر على قدر كبير من الأهمية ، ألا وهو انتقال الحرارة عبر المبنى الذي لا يتم بشكل فجائي ، ولكن هناك دائماً بعض الوقت بين درجة الحرارة العظمى في الخارج وبين درجة الحرارة العظمى داخل المبنى . ويمكن أن تتراوح هذه المسافة الزمنية بين ٣ ساعات في حالة الحوائط الرقيقة التي تتكون من طبقتين منفصلتين بفراغ يشغله الهواء، وبين على الأقل ٨ ساعات في حالة الحوائط الأرضية المضغوطة بسمك ٣٠٠ ملليمتر. هذا وينبغي التنويه، إلى أنه ليس فقط الفرق في الفجوة الزمنية تلك، وإنما هناك أيضاً انخفاض في حدة التطرف في درجة الحرارة داخل المبنى مقارنة بالمناخ في خارج المبنى.

شكل (٢-٩) واجهة المباني والفراغات البينية فيما بين الكتل السكنية لتفادي تأثير الظل والرياح شتاءً وتوضح المساحة المظللة مساحة الظل في أثناء الانقلاب الشتوي



- الواجهات

إن طول الفترة الزمنية التي يتعرض خلالها المبنى لأشعة الشمس المباشرة ، أو تلك التي يغطي الظل خلالها المبنى تؤثر بصورة مباشرة في كمية الأشعة النافذة إلى المبنى . حيث يعتبر موقع الظل وامتداده انعكاسا لزاوية ارتفاع الشمس في السماء، ويمكن حسابها مباشرة لأي مبنى معروف المساحة. ولسوء الحظ، أن الكتل السكنية خاصة تلك ذات التكلفة الإنشائية المنخفضة أو المتوسطة، أن يكون التوجه العام لدى المهندسين أن تصطف المباني في خطوط متجانسة في بؤر تمثل مجمعات سكنية. ويحدث ذلك فعليا في المناطق السكنية التي يغلب عليها شكل الصفوف المتراصة للمباني . ويعد إجراء أي تعديل ولو طفيف على واجهات المباني ، يمكن أن يعظم الاستفادة من الطاقة الشمسية إلى حدودها القصوى . ويتضح ذلك على سبيل المثال في شكل (٢-٩) الذي يبين إنشاء المباني في صفوف محددة بحيث يصبح موقع كل مبنى خارج منطقة الظل التي يحدثها المبنى المجاور له خلال شهور الشتاء. وإن مثل تلك التعديلات تسهم لحد بعيد في السماح بتوغل الأشعة الشمسية داخل المبنى حينما تشتد الحاجة إليها خلال شهور الشتاء . وينبغي

أن تؤخذ اتجاهات الرياح السائدة عند تصميم واجهات المباني السكنية. وفي المناخ البارد ، ينبغي أن يؤخذ اتجاه الرياح السائدة في الحسبان لأن الأسطح تفقد حرارتها بفعل تيارات الهواء الباردة . وهكذا ، فإن واجهات المباني التي يوضحها شكل (٢-٩) تظهر كيفية تقليص المساحة المواجهة من أي بناية لرياح الشتاء الباردة بحيث تصبح في حدودها الدنيا . وبينما نحرص على تجنب التعرض للتبريد بفعل الرياح Chilling Wind في المناخ البارد ، فإن نسيم الهواء يصبح محبباً ومرغوباً بشدة في المناخ المداري الرطب . ومن ثم ، فإن واجهات المباني في ذلك المناخ لابد أن تكون حوائطها عالية حتى تتعرض المساحة الأكبر منها للرياح السائدة .

٣ – فتحات الحوائط

تعتبر النوافذ والأبواب والشرفات هي فتحات في السطح الخارجي للمبنى ، ويجب أخذها في الحسبان بعناية لعلاقتها بالإشعاع الشمسي داخل المسكن . وإن مثل تلك الفتحات لابد أن يُراعى في تصميمها علاقتها بالرياح السائدة في الإقليم المناخي إنه في كل من العروض الباردة والأخرى الدفيئة الجافة ، يجب تقليص حجم فتحات الحائط . ويصبح تقليصها في المناخ الأبرد أمراً شديد الأهمية خاصة على الجانب الذي لا يستقبل أشعة الشمس المباشرة ، إذ أن مثل تلك الفتحات وظيفتها الأولية هي كونها نقاط للتخلص من الحرارة الداخلية . وعليه يجب أن تضيق تلك الفتحات في واجهات الحوائط التي تقع في مهب الرياح السائدة شتاءً ، خاصة وأن الحدود القصوى لتسرب الهواء تقع حول النوافذ وإطارات الأبواب . ويصبح ضرورياً في المناخ الحار الجاف حجب ضوء الشمس من الخارج، وينبغي أن تضم الحوائط المواجهة للشمس في أثناء النهار الطويل الحد الأدنى من الفتحات. ويراعى عند إنشاء البيوت التقليدية في مثل ذلك المناخ أن تبنى بحوائط سميكة وفتحات نوافذ ضيقة، وغالبا ما تكون البيوت متقاربة للتمتع بالظل البيني بأقصى درجة ممكنة.

وينطبق هذا النموذج على العديد من الشوارع الضيقة في الكثير من الدول العربية كما هو موضح في شكل (٢-١٠) . أما في المباني الحديثة ، فإن الفتحات في الجوانب والحوائط المعرضة لأشعة الشمس ينبغي حمايتها بتركيب الشيش . وعادةً ما يقفل هذا الشيش نهاراً ، ويفتح بعد الغروب للسماح بتوغل النسيم البارد .أما في المناطق الدفيئة الرطبة ، تصبح الفتحات مرغوبة بشدة . وثانية ، فإن المعمار التقليدي يستند على قاعدة تصميم مناسبة تسمح بأن تكون جوانب المبنى

مفتوحة من الداخل أو على الأقل يمكن فتحها باستخدام الشيش المتحرك كما يتضح في شكل (٢-١٠) .

٤ – شكل المبنى

تؤثر أبعاد الاتساع والارتفاع في عملية التبريد أو التسخين داخل المبنى . إذ ينبغي في الأقاليم المناخية الباردة الاحتفاظ بالدفء الداخلي، أما في الأقاليم المناخية الدفيئة الجافة، ينبغي أن تكون مساحة الأسطح الخارجية المعرضة للإشعاع الشمسي في حدودها الدنيا، وتصبح الوحدات السكنية المندمجة هي الأفضل وظيفياً. أما فيما يتعلق بالواجهات الشمسية [تلك التي تستقبل الشمس عند الشروق والغروب] ، فإن الشكل الأمثل للمباني هو الذي يتم تصميمه وفقاً لمختلف الظروف المناخية

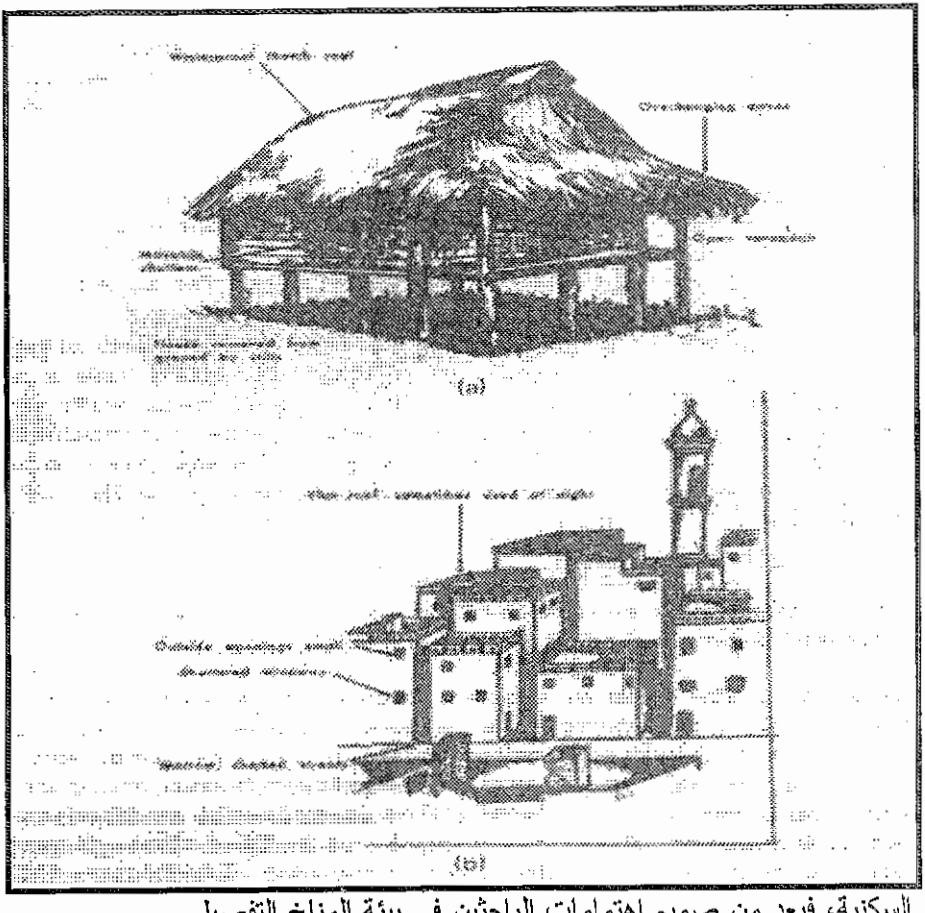
٥ – لون طلاء السطح

يعتبر اللون عاملاً مهماً في تحديد العاكسية النسبية لأسطح المباني . إذ تصبح الألوان القاتمة مرغوبة في المناطق الباردة لأنها تمتص الطاقة . أما في المناطق المعتدلة، التي تتمتع باختلافات فصلية واضحة في كمية الإشعاع الشمسي، يصبح استخدام الألوان المتوسطة فعالا للأسطح المعرضة للشمس سواء في الصيف أو الشتاء. أما الأجزاء الداخلية للمباني التي تتعرض فقط للشمس بزاوية ميل منخفضة [قريبة من مستوى الأفق] شتاءً، يصبح طلائها بالألوان القاتمة مرغوباً. وفي النطاقات الدفيئة الجافة ذات ضوء الشمس الكثيف ، تصبح الألوان الباهتة أكثر ملائمة . ويعتبر التناقض الحاد بين المناطق المضيئة والأخرى الواقعة في الظل من الأمور العادية في تلك المناطق حيث أن انعكاس اللون الفاقع يعطي تدرجاً لونياً غير مستساغ من الناحية الجمالية. وحيثما تسود الظروف الدفيئة الرطبة، تكون الألوان الفاتحة مناسبة أكثر، إذ تمتص الألوان كمية منخفضة من الطاقة الشمسية، وفي نفس الوقت لا تكون متوهجة كما يتضح في جدول (٢-٢). ولقد أستخدم المهندسون المعماريون المعاصرون معظم هذه المبادئ الأساسية عند وضع تصميماً للبيوت الشمسية.

شكل (٢-١٠) : تصميم منزل تقليدي أ : في منطقة مدارية رطبة

ب : في صحراء مدارية

وفي الواقع، إن مثل تلك الأفكار قد درست بعناية وقتلت بحثاً في العديد من الأبحاث والدوريات العلمية. بينما إنشاء الطرق وتصميم البنايات السكنية وغير



السكنية، فيعد من صميم اهتمامات الباحثين في بيئة المناخ التفصيلي.

أما بيوت الشمس غير الفاعلة Passive Solar Homes غالبا ما يتم بحثها في سياق دراسة الإشعاع الشمسي وعلاقته بالعمل المعماري Architectural Framework .

جدول (٢-٢) ألوان الطلاء المرغوبة في مواقع مختارة في أمريكا الشمالية

الموقع	الألوان المرغوبة
مينا بوليس	متوسطة: الأسطح المعرضة لأشعة الشمس مظلمة: الأجزاء الداخلية أو الأسطح الواقعة في الظل صيفا
مدينة نيويورك	متوسطة: أغلب الأسطح مظلمة: الأجزاء الداخلية أو الأسطح الواقعة في الظل صيفا مضيئة : الأسطح العلوية- الرووف
فينكس	أبيض مشع: الأسطح المعرضة لأشعة الشمس مظلمة: حيثما يحدث انعكاس خارجي، مثل الطوابق تحت سطح الأرض التي لا يصلها ضوء الشتاء
ميامي	الألوان المشرقة البراقة تناسب الخصائص الإقليمية الألوان البستيلية الفاتحة والبراقة حيث تعكس جميع المباني ألوان الطلاء البراقة سواء الأسطح الداخلية أو تلك الخارجية

النماذج الفاعلة Active Systems

إن هناك العديد من الدراسات والمحاضرات التي تنصب حول النماذج المختلفة التي يمكن استخدامها في تجميع الطاقة الشمسية. وتركز تلك الدراسات في المقام الأول على المدخلات المناخية Climatic Inputs، بالإضافة إلى الطاقة الشمسية المتاحة ، والحجم المثالي ومواقع أسطح تجميعها . وفي الواقع ، إن حساب التكلفة الاقتصادية لاحتياجات التدفئة والتبريد ، يمكن أن تكون الأساس الذي يُرتكز عليه عند تحديد المواقع المثلى لتركيب الوحدات الضخمة لتجميع طاقة الشمس مع تقدير الأحجام النسبية لأسطح التجميع اللازمة لتوليد كمية محددة من الطاقة .

هذا وقد تم إرساء ذلك المفهوم بواسطة العاملين في معمل الطاقة الشمسية Solar Energy Laboratory في جامعة ويسكونسن Wisconsin University في مدينة ماديسون Madison . وقد تم عرض نتائج دراساتهم في هذا الفصل بهدف توضيح إلى أي مدى تتحكم الأسس الجغرافية في تفعيل الطاقة الشمسية . ويوضح شكل

(٢-١١) على سبيل المثال، المعدل السنوي لإجمالي السيولة المدخرة نتيجة استخدام أنظمة تجميع الطاقة الشمسية على أساس تقدير التكلفة الاقتصادية بحوالي ١١٠ دولار / متر مربع. ولكي نحسب تلك القيم ، فإنه من الضروري الإلمام بعدد من المتغيرات ، وهي في هذه الحالة ، تعني تكلفة الوقود ، والعائد السنوي لرأس المال المدفوع . ويظهر ذلك التوزيع كمية الوقود المستخدم (وفقا لعامل درجة الحرارة)، وكفاءة نظام تجميع طاقة الشمس.

إذ نجد أدنى كلفة في الجنوب حيث تنخفض تكلفة الوقود نتيجة ارتفاع درجة الحرارة . أما المنطقة الثانية في الترتيب التصاعدي في كلفة الوقود المستخدم هي منطقة الشمال الغربي حيث درجة الحرارة معتدلة والسحب الكثيفة تحول دون تجميع أشعة الشمس . أما أعلى كلفة نجدها في تلك المناطق الداخلية القارية حيث الشتاء البارد والسماء الصحو التي تخلو من السحب . وتعد مثل تلك الأبحاث واحدة من بين العديد من الدراسات التي تهتم ببحث الاستخدام المباشر للطاقة الشمسية.

شكل (٢-١١)كمية المدخرات النقدية الناتجة عن تطبيق نظام التسخين الشمسي في مواقع أمريكية مختارة . مع ملاحظة تثبيت سعر الوقود وتكلفة أنظمة تجميع طاقة الشمس في جميع الولايات