

حساب الإشعاع الشمسي الساعي بمساعدة الحاسوب

* أ. نبيل شهيد

1. المقدمة

يعتبر حساب الإشعاع الشمسي الساقط على السطوح الخارجية كأسطح المباني وغيرها من الأمور المهمة وخاصة في الحسابات المتعلقة بتكييف الهواء، فمثلاً في موسم التبريد يؤثر الإشعاع الشمسي على حسابات حمل تبريد الحيز لأنه يدخل في حساب درجة حرارة الهواء الشمسية (Sol – Air Temperature) وهي درجة الحرارة المهمة في حسابات الكسب الحراري بالتوصيل عبر الأسطح الخارجية وكذلك يدخل في حساب الكسب الحراري الشمسي المباشر عبر النوافذ والشبابيك الشفافة (الزجاجية مثلاً). أما في موسم التدفئة فإن طرق الحسابات الحديثة تأخذ بنظر الاعتبار تأثير الإشعاع الشمسي باعتباره كسباً حرارياً يساهم في تقليل حمل التدفئة مثل طريقة Degree – Day Method للأساس الثابت وطريقة Variable Base Degree – Day Method للأساس المتغير .

الخلايا الشمسية (Solar Cells) التي تحول الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية. إن حساب الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض عملية ليست بسيطة لأنه يعتمد على الكثير من المتغيرات والعوامل منها مقدار الطاقة الشمسية خارج الغلاف الجوي، والطاقة الشمسية التي تنتشر بسبب اصطدام الإشعاع الشمسي بذرات الهواء الجوي، والزوايا الشمسية وتغيراتها الآتية مع الوقت والموقع..... الخ.

ويظهر تأثير الإشعاع الشمسي بشكل أكبر في الحسابات المتعلقة بالمنظومات الشمسية التي تستخدم مثلاً في عمليات تسخين الموائع وخاصة الماء والهواء في المجمعات الشمسية (Solar Collectors) المستخدمة إما لأغراض التدفئة بالطاقة الشمسية أو في عمليات التجفيف (Drying or Desiccant) أما في مجال توليد الطاقة الكهربائية فيستخدم الإشعاع الشمسي أو الطاقة الشمسية في توليد الطاقة الكهربائية بالأسلوب غير المباشر أو المباشر عن طريق

لذلك يتم التعرف على العوامل التي تؤثر على الإشعاع الشمسي.

2 - تعاريف

• الثابت الشمسي Solar Constant

هو معدل الطاقة الشمسية لوحدة المساحة الساقطة على سطح موضوع بشكل عمودي على مسار الأشعة الشمسية خارج الغلاف الجوي للأرض . وقد ساعد توفر وسائل النقل التي تخلق على ارتفاعات عالية (الطائرات , المناطيد , المركبات الفضائية) ساعد على قياس الثابت الشمسي خارج الغلاف الجوي .

كما أن Thekaekara [1] نشر تقريراً مبيناً من خلال قياساته أن الثابت الشمسي مقداره 1353 وات/م² بنسبة خطأ مقدارها $\pm 1.5\%$ وتم اعتماد هذه القيمة من قبل وكالة (NASA) والجمعية الأمريكية للمواد والاختبارات American Society of Testing and Materials وباستعمال المركبات الفضائية ، قام باحثون عدة بأخذ قياسات أكثر دقة للثابت الشمسي ومنهم Hickey et. al [2] تبني قيمة للثابت الشمسي مقدارها 1373 وات/م² بينما Willson et. al [3] الذي نشر تقريراً أوضح فيه أن مقدار الثابت الشمسي 1368 وات/م² ، أما المركز العالمي للإشعاع World Radiation Center (WRC) فقد تبني قيمة 1367 وات/م² للثابت الشمسي.

• الإشعاع المباشر العمودي

Direct Normal Radiation

الإشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (الثابت

الشمسي) سوف يتأثر أثناء دخوله الغلاف الجوي ويطلق عليه حينئذ الإشعاع المباشر العمودي وهو معدل الإشعاع الشمسي لوحدة المساحة والساقط عمودياً على سطح موجود داخل الغلاف الجوي ويحسب من المعادلة التالية [4]

$$I_{DN} = A \text{Exp} \left(\frac{-P_L}{P_O} \frac{B}{\text{Sin } \alpha} \right) \dots\dots\dots (1)$$

حيث I_{DN} هو الإشعاع الشمسي العمودي المباشر وات/م² P_L / P_O هو الضغط الجوي في الموقع أو المنطقة إلى الضغط الجوي القياسي

ويمكن حسابه من المعادلة التالية [4] :

$$P_L / P_O = \text{Exp} (- 0.0001184 \text{ Halt}) \dots\dots\dots (2)$$

حيث H_{alt} هو ارتفاع الموقع المراد حساب الإشعاع الشمسي عنده عن سطح البحر (m) A هي شدة الإشعاع الشمسي

B هي معامل تلاشي الإشعاع في الغلاف الجوي

ويمكن حساب كل من (A) و (B) من المعادلتين

التاليتين Joudi [5] :

$$A = 1158 [1 + 0.066 \text{ Cos} (360 N / 370)] \dots\dots\dots (3)$$

$$B = 0.175 [1 - 0.2 \text{ Cos} (0.93 N)] - 0.045 [1 - \text{Cos} 1.95 N] \dots\dots\dots (4)$$

حيث إن N هو ترتيب اليوم في السنة والجدول (1) يعطي رقم اليوم الموصى به [6] .

• الوقت الشمسي Solar Time

وهو الوقت الذي يعتمد على حركة الشمس الزاوية خلال السماء ، أي أن منتصف النهار الشمسي هو عند لحظة عبور الشمس دائرة نصف النهار أو الهاجرة

الجدول (1) رقم اليوم الموصى به [6]

Month	Day No. in the Year
January	17
February	47
March	75
April	105
May	135
June	162
July	198
August	228
September	258
October	288
November	318
December	344

المراد حساب الإشعاع الشمسي عندها.

أما معادلة الوقت (Equation of Time) , (hour)

E وتحسب من المعادلة التالية : [7]

$$E = \sum_{k=0}^5 \left[A_k \cos \left(\frac{2\pi k N_n}{365.25} \right) + B_k \sin \left(\frac{2\pi k N_n}{365.25} \right) \right]$$

(6)

حيث ان A_k, B_k هي ثوابت تعطى من خلال الجدول

رقم (2)

N_n ترتيب اليوم كل أربع سنوات

$N_n=1$ يمثل اليوم الأول من يناير للسنة الكبيسة

$N_n=1361$ يمثل اليوم الحادي والثلاثون من ديسمبر

من السنة الرابعة .

• الإشعاع الشمسي المباشر Beam Radiation

هو الإشعاع الساقط من الشمس على شكل حزمي بدون

أي انتشار أو تبعثر خلال الغلاف الجوي لذلك يكون اتجاهه

الجدول (2) عوامل معادلة الوقت [7]

k	A_k	B_k
0	$2.087 \cdot 10^{-4}$	0
1	$9.2869 \cdot 10^{-3}$	$-1.2229 \cdot 10^{-1}$
2	$-5.2258 \cdot 10^{-2}$	$-1.5698 \cdot 10^{-1}$
3	$-1.3077 \cdot 10^{-3}$	$-5.1602 \cdot 10^{-3}$
4	$-2.1867 \cdot 10^{-3}$	$-2.9823 \cdot 10^{-3}$
5	$-1.51 \cdot 10^{-4}$	$-2.3463 \cdot 10^{-4}$

(Meridian) ولا يتطابق هذا الوقت مع الوقت المحلي

للموقع .

ومن الضروري تحويل الوقت المحلي إلى الوقت الشمسي

لأن كل حسابات الزوايا الشمسية تعتمد على الوقت

الشمسي الذي يمكن الحصول عليه من المعادلة التالية [4]:

$$ST = LT - 1/15 (LS - L)$$

(5)

حيث :

ST (الساعة) الوقت الشمسي

LT (الساعة) ، (1-24) الوقت المحلي

LS الهاجرة القياسية للوقت المحلي أي خط الطول

القياسي الذي اخذ عنده الوقت المحلي

L (Longitude) خط الطول الجغرافي للمنطقة

ثابتاً لا يتغير أثناء مروره بالغللاف الجوي.

الأرضية الشمالي موجب بينما الجنوبي سالب
المعادلة هذه الزاوية من $(-23.45 \leq \delta \leq 23.45^\circ)$ تحسب
الآتية [4,6]:

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{(N - 80)}{370} * 360 \right] \quad (7)$$

• زاوية الميل (Slope Angle (β))

وهي الزاوية المحصورة بين السطح والاتجاه الأفقي
($0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$) , في حالة ($\beta > 90^\circ$) فهذا يعني أن
السطح يكون اتجاهه أو وجهه إلى الأسفل.

• الزاوية الساعية (Hour Angle (ω))

تمثل الإزاحة الزاوية للشمس إلى شرق أو غرب دائرة
نصف النهار , Meridian وتنتج هذه الزاوية من دوران
الأرض حول محورها 15° كل ساعة وتكون هذه الزاوية
سالبة صباحاً وموجبة بعد الظهر وتحسب كالاتي [4,6]:

$$w = 15 (ST - 12) \quad (8)$$

• زاوية الارتفاع الشمسية

Solar Altitude Angle (α)

وهي الزاوية المحصورة بين الإشعاع الشمسي المباشر
الساقط على السطح والمستوى الأفقي للسطح وتحسب من
المعادلة الآتية [4,6] :

$$\sin \alpha = \cos \varphi \cos \delta \cos \omega + \sin \varphi \sin \delta \quad (9)$$

• زاوية السقوط

Incident Angle (θ)

وهي الزاوية المحصورة بين الإشعاع الشمسي المباشر
الساقط على السطح والمستوى العمودي على السطح

• الإشعاع الشمسي المنتشر Diffuse Radiation

هو الإشعاع الشمسي الساقط من الشمس والذي
ينتشر ويتبعثر ويتغير اتجاهه أثناء مروره بالغللاف الجوي .
ينقسم الشعاع المنتشر إلى جزئين , الأول هو الشعاع المنتشر
في السماء والثاني هو الشعاع المنعكس من محيط السطح
(الأرض مثلاً).

• الإشعاع الشمسي الكلي

Total Solar Radiation

هو مجموع الإشعاع الشمسي المباشر والمنتشر.

3 - اتجاه وحساب الإشعاع المباشر

Direction and Calculation
of Beam Radiation

العلاقات الهندسية بين اتجاه أي سطح نسبة للأرض
(Orientation) وبين اتجاه الشعاع الشمسي المباشر
الساقط من الشمس (اتجاه الشمس نسبة إلى السطح) يمكن
بإيها أو توصيفها بدلالة بعض الزوايا المبينة ومنها :

• زاوية خط العرض (Latitude Angle (φ))

وتمثل الموقع الزاوي للسطح شمال أو جنوب خط
الاستواء, يكون اتجاه نصف الكرة الأرضية الشمالي موجباً
بينما الجنوبي سالباً.

• زاوية الانحدار الشمسي

Solar Declination Angle (δ)

وتمثل الموقع الزاوي للشمس عند منتصف النهار
الشمسي نسبة إلى خط الاستواء, يكون اتجاه نصف الكرة

$$I_d = I_{DN} [C Yd + 0.5 \rho_g (C + \sin \alpha)] \quad \dots\dots\dots(13)$$

حيث يحسب المعامل Yd كما يلي [8]:

$$Yd = 0.45 \quad \text{if} \quad \cos \theta \leq -0.2 \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$Yd = 0.55 + 0.437 \cos \theta + 0.313 (\cos \theta)^2 \quad \text{if} \quad \cos \theta \geq -0.2 \quad \dots\dots\dots(15)$$

وبالنسبة لـ (ρg) والذي هو معامل الانعكاسية الأرضية يعطي قيماً مقدارها 0.2 للأرض الاعتيادية أو الزراعية , أما الأرض المغطاة بالثلج فتكون قيمة الانعكاسية [4]Lunde 0.8

أما C فهو معامل الإشعاع المنتشر أو Diffuse Radiation Factor ويحسب من المعادلة الآتية [5] :

$$C = 0.0965 [1 - 0.42 \cos (360 N/370)] - 0.0075 [1 - \cos (1.95N)] \dots\dots(16)$$
 حيث الإشعاع الشمسي الكلي يكون:

$$I_t = I_b + I_d \quad \dots\dots\dots(17)$$

5 - البرنامج الحاسوبي Software

تم تطوير برنامج حاسوبي بلغة Visual Basic [8] برنامجاً عاماً لحساب الإشعاع الشمسي الكلي الساعي ومكوناته لأي موقع ولأي يوم في السنة (على فرض أن اليوم مشمس لا تتخلله أي غيوم) , ويعتمد هذا البرنامج على الكثير من المعلومات المدخلة التي يعطيها المستخدم للبرنامج لكي ينفذ ويحسب الإشعاع المطلوب ومن هذه المعلومات :

- ترتيب اليوم في السنة (N)
- ارتفاع الموقع المراد حساب الإشعاع الشمسي عنده عن

وتحسب من المعادلة التالية [4,6] :

$$\begin{aligned} \cos \theta = & \sin \delta \sin \varphi \cos \beta - \sin \delta \cos \varphi \sin \beta \cos \gamma \\ & + \cos \delta \cos \varphi \cos \beta \cos \omega \\ & + \cos \delta \sin \varphi \sin \beta \cos \gamma \cos \omega + \cos \delta \sin \beta \sin \gamma \sin \omega \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(10)$$

وللأسطح العمودية (β = 90°) تتحول المعادلة إلى:

$$\begin{aligned} \cos \theta = & - \sin \delta \cos \varphi \cos \gamma + \cos \delta \sin \varphi \cos \gamma \\ & \cos \omega + \cos \delta \sin \gamma \sin \omega \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(11)$$

حيث Surface = γ هي زاوية قوس السماء للسطح Azimuth Angle -180 ≤ γ ≤ 180 وتكون هذه الزاوية للأسطح المواجهة للجنوب , (γ = 0) أما للأسطح الغربية فتكون موجبة وللأسطح الشرقية تكون سالبة .

الإشعاع الشمسي المباشر I_b يمكن حسابه كالتالي:

$$I_b = I_{DN} \cos \theta \quad \dots\dots\dots(12)$$

4- حساب الإشعاع الكلي

Calculation of Total Radiation

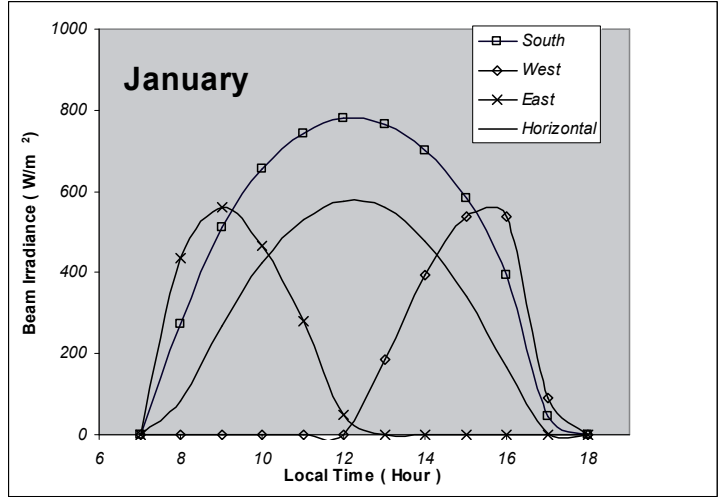
من المعروف أن الإشعاع الشمسي الكلي يتكون من جزئين هما الإشعاع المباشر والإشعاع غير المباشر أو المنتشر لذلك فإن مقداره هو حاصل جمع هذين الجزئين. الإشعاع المنتشر له مركبتان هما مركبة الإشعاع المنتشر في السماء ومركبة الإشعاع المنتشر والنتاج من الإشعاع المنعكس من الأرض وكما هو مبين بالمعادلة (13):

تقنيات الطاقة

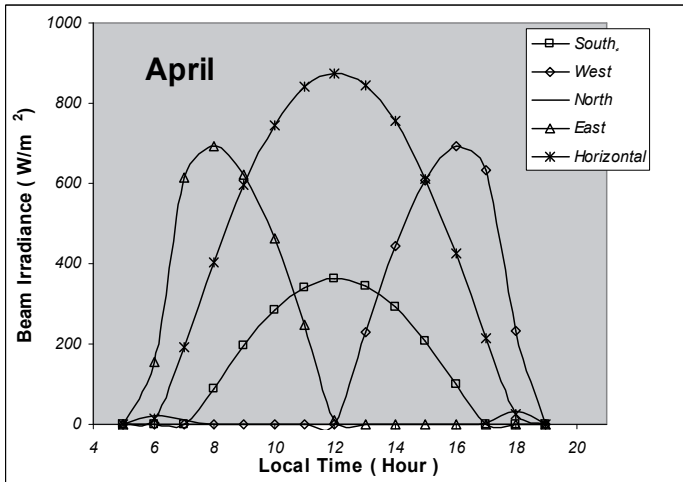
شمسي لا تتخلله أي غيوم , و الجدران تكون كلها عمودية ($\gamma = 0$) كما انه لا يوجد أي تأثير للتظليل (Shading) من الأشجار والبنيات المجاورة على الإشعاع الشمسي الساقط على الجدران.

عينات النتائج للإشعاع الشمسي المباشر (Beam Irradiance) والإشعاع الشمسي الكلي (Total Irradiance) أخذت للعاصمة طرابلس التي تقع على خط عرض 32.9° وخط طول 13.8° لثلاثة أشهر مختلفة خلال السنة هي شهر يناير وأبريل ويوليو وحسب أرقام الأيام في السنة المبينة لكل شهر (الجدول 2).

ويبين الشكل (1) تغير الإشعاع الشمسي المباشر ساعيا لشهر يناير حيث يلاحظ أن الإشعاع الشمسي المباشر للواجهات الجنوبية (South) يكون أكبر ما يمكن بينما لا



الشكل (1) الإشعاع الشمسي المباشر (ساعيا) لشهر يناير



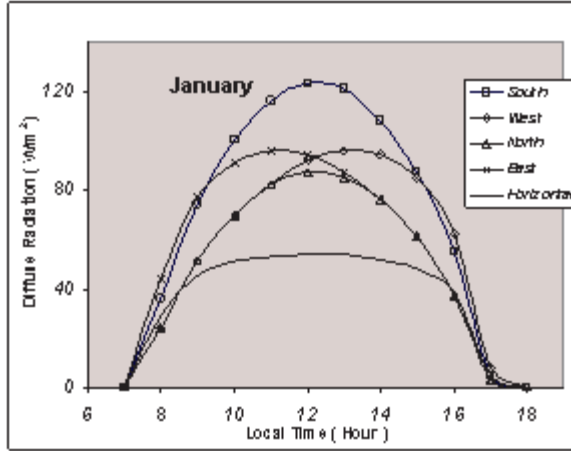
الشكل (2) الإشعاع الشمسي المباشر (ساعيا) لشهر أبريل

- مستوى سطح البحر (H_{alt})
- خط الطول القياسي للموقع (LS)
- خط الطول الحقيقي للموقع (L)
- خط العرض للموقع الذي يحدد زاوية خط العرض (ϕ)
- زاوية ميل السطح (β)
- زاوية قوس السماء للسطح (γ)
- انعكاسية الأرض (ρ)

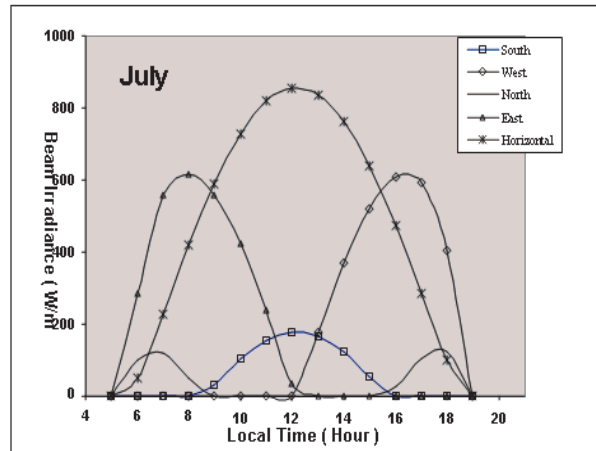
6 النتائج والمناقشة

Results and Discussion

النتائج التي تم الحصول عليها اعتمدت على بعض الفرضيات ومن أهم هذه الفرضيات أن الحسابات اعتمدت على يوم



كل (4) الإشعاع الشمسي المنتشر (ساعيا) لشهر يناير



شكل (3) الإشعاع الشمسي المباشر (ساعيا) لشهر يوليو

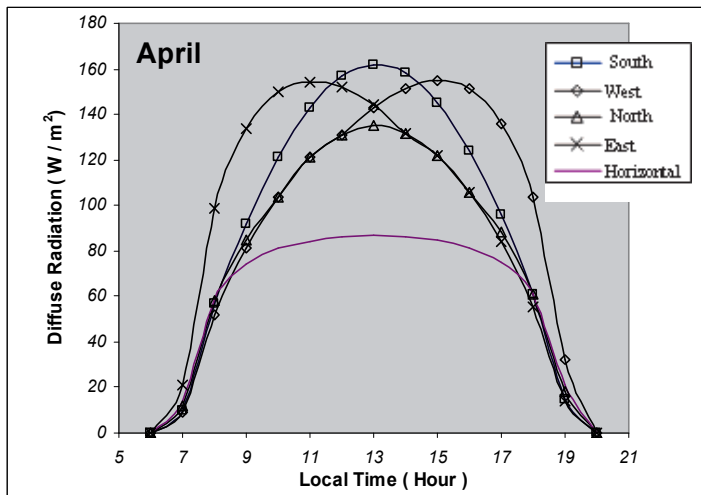
والتأخرة من النهار وكذلك يلاحظ أن الإشعاع الشمسي الساقط على الواجهات الأفقية يزداد ويكون الأكبر أما نظيره على الواجهات الجنوبية فيقل كثيرا عن قيمته العالية في شهر يناير ويزداد الفرق بين إشعاعي هاتين الواجهتين كلما تقدمنا إلى الأشهر الساخنة وهذا الأمر واضح جدا من خلال

يكون هناك أي إشعاع شمسي مباشر للواجهات الشمالية (North) وأيضا يلاحظ أن الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على الواجهات الشرقية East يظهر في بداية النهار ويصل إلى أقصى قيمة له في الساعات الأولى من النهار ويضمحل ويتلاشى بعد ذلك وعلى العكس من ذلك فإن الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على الواجهات

الغربية (West) يكون أقصى ما يمكن عند الساعات المتأخرة من النهار بينما لا تكون له أي قيمة قبل منتصف النهار .

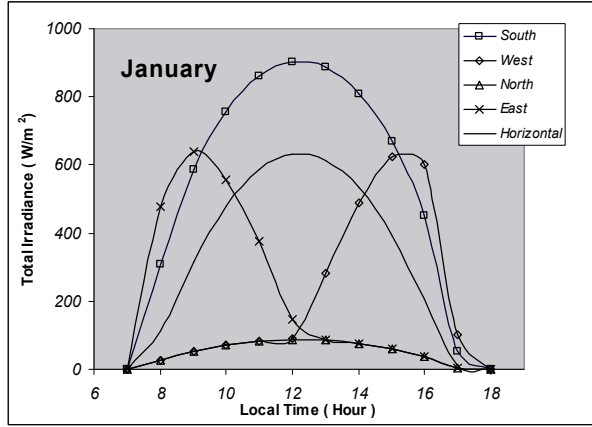
الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على الواجهات الأفقية (Horizontal) يتخذ نفس طور تغير الإشعاع الشمسي المباشر الساقط على الواجهات الجنوبية ولكنه أقل منه في القيمة.

الشكل (2) يبين تغير الإشعاع الشمسي المباشر ساعيا لشهر أبريل (April) ويتبين أن هناك إشعاعا شمسيا مباشرا ضئيلا ساقطا على الواجهات الشمالية في الساعات الأولى

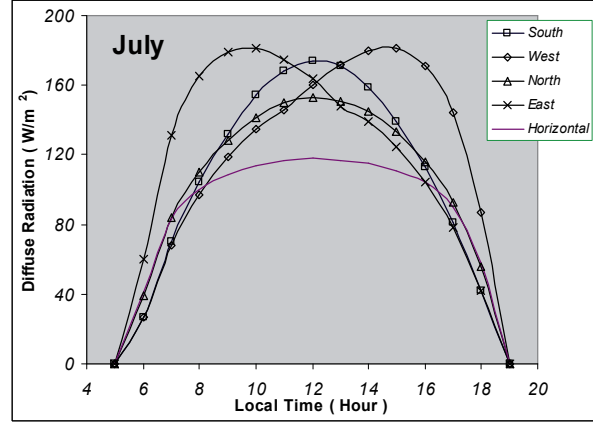


شكل (5) الإشعاع الشمسي المنتشر (ساعيا) لشهر أبريل

تقنيات الطاقة



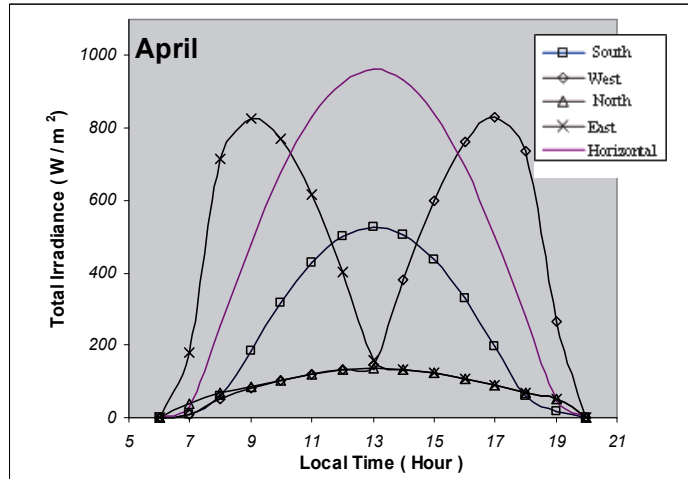
الشكل (7) الإشعاع الشمسي الكلي (ساعيا)
لشهر يناير



الشكل (6) الإشعاع الشمسي المنتشر (ساعيا)
لشهر يوليو

للواجهات الجنوبية وكما مبين بالأشكال (5), (6) وخاصة في شهر يوليو حيث تكون أقصى قيمة لهذا الإشعاع للواجهات الأفقية. الإشعاع الكلي (Total Irradiance) يمكن إيجاده

الشكل (3) الذي يبين تغير الإشعاع الشمسي ساعيا لشهر يوليو وكذلك يلاحظ أن عدد ساعات سقوط الإشعاع الشمسي المباشر على الواجهات الشمالية سوف تزداد في الساعات الأولى والمتأخرة من النهار وكذلك تزداد قيمته نسبياً.



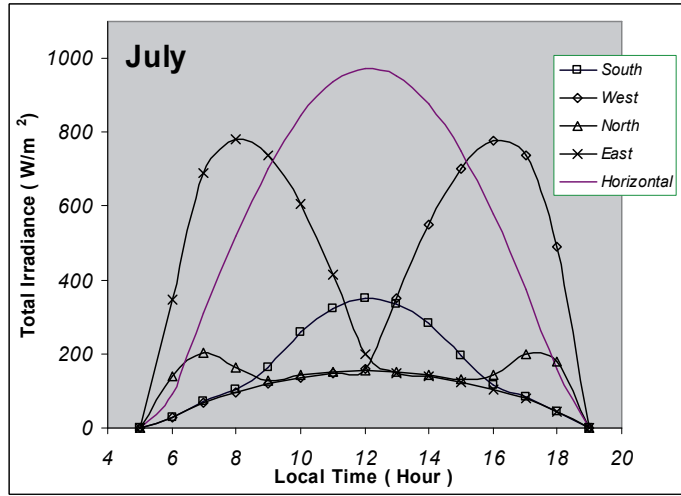
الشكل (8) الإشعاع الشمسي الكلي (ساعيا)
لشهر إبريل

الشكل (4) يظهر تغير الإشعاع الشمسي المنتشر خلال ساعات النهار لشهر يناير وبين أن الواجهات الجنوبية يكون فيها هذا الإشعاع أكبر ما يمكن وكذلك فإن الواجهات الشمالية يكون لها نصيب من هذا الإشعاع بينما لا يكون لها أي إشعاع مباشر كما هو مبين من خلال الشكل (1).

وكلما تقدمنا في أيام السنة نلاحظ أن الإشعاع المنتشر للواجهات الأفقية سوف يزداد على حساب الإشعاع المنتشر

حتى يكون أكبر من إشعاع الواجهات الجنوبية في شهر يوليو كما مبين بالشكل رقم (9).

الإشعاع المرتبط بالواجهات الشرقية والغربية أيضا يزداد كلما اتجهنا من الأشهر الباردة إلى الأشهر الساخنة وتحقق هذه الواجهات أكبر قيمة من قيم الإشعاع الكلي في شهر أبريل وشهر يوليو بينما لا يكون مقدارها أعظم أو أكبر في شهر يناير وهذا واضح من خلال الأشكال (7,8,9).



الشكل (9) الإشعاع الشمسي الكلي (ساعيا) لشهر يوليو

7- الاستنتاجات Conclusions

- من أهم الاستنتاجات التي تم الحصول عليها هي:
 - كلما اتجهنا من موسم الشتاء (الأشهر الباردة) باتجاه موسم الصيف (الأشهر الساخنة) فإن الإشعاع الشمسي المباشر والكلي المرتبط بالواجهات الأفقية والشرقية والغربية سوف يزداد على حساب قيم الإشعاع المرتبط بالواجهات الجنوبية وللإستفادة من هذه الحالة يفضل أن تكون مساحة الواجهات الجنوبية أكبر للإستفادة من الطاقة الشمسية في موسم التدفئة
 - المجمعات الشمسية Solar Collectors تكون زاوية ميلانها كبيرة نسبة أثناء الشتاء إضافة إلى ذلك فإن تقليل مساحات الواجهات الأفقية (السقوف) والشرقية وزيادة مساحة الواجهات الشمالية يؤدي إلى تقليل الطاقة الشمسية في موسم التبريد.

من خلال جمع الإشعاع المباشر مع الإشعاع المنتشر (Diffuse Irradiance) لذلك تكون له قيمة معينة ولو كانت قليلة خلال ساعات النهار المختلفة وكما واضح من الأشكال (7,8,9) على النقيض من الإشعاع المباشر التي يمكن أن لا تكون له قيمة خلال ساعات النهار بسبب تأثير الاتجاهات وتغيير الزوايا الشمسية خلال الساعات المختلفة من النهار.

الشكل (7) يبين أن أعلى إشعاع كلي يكون مرتبطا بالواجهات الجنوبية (South) لشهر يناير بينما أقل إشعاع يكون للواجهات الشمالية وكلما اتجهنا من الأشهر الباردة إلى الأشهر الساخنة يزداد الإشعاع الشمسي المرتبط بالواجهات الأفقية (Horizontal) حتى يكون الفرق قليل جدا بين الإشعاع الكلي للواجهات الأفقية مع إشعاع الواجهات الجنوبية وهذا واضح من الشكل (8) لشهر أبريل ويستمر الإشعاع الشمسي للواجهات الأفقية بالازدياد

3. Wilson ,Gulkis , Janssen , Hudson , Chapman , Science , 211 ,700, 1981 .” Observations of Solar Irradiance Variability .”
4. Lunde , P. J. , “ Solar Thermal Engineering – Space Heating and Hot Water System “, John Wiley and Sons , New York, (1980).
5. Joudi , K.,A., “ Some Aspects of Solar Irradiance Calculation “, Proceeding of the 3rd Arab International Solar Energy Conference , edited by N., I., Al-Hamdani, S.A. Naman , S. M. Aliwi, W.Y. Saman, and A.A. Akrawi , Solar Energy Research Center , Baghdad, (Feb. 1988).
6. Duffie, J.A. ,and Beckman, W.A. “ Solar Engineering of Thermal Processes “, John Wiley and Sons , New York, (1980).
7. Lamm, L.O. ,” A New Expression for the Equation of Time “ , Solar Energy, 26, pp. 456, (1981).
8. Nabeel Sh. Dhaidan, “ Application of a Solar Assisted Heating and Desiccant Cooling Systems for a Domestic Building in Baghdad” , M.Sc. Thesis , University Of Baghdad (1999).

- الإشعاع الشمسي المباشر للواجهات الشمالية يكون قليلاً جداً أو معدوماً في الأشهر الباردة وتزداد قيمته وفترات ظهوره كلما اتجهنا إلى الأشهر الساخنة في حين توجد قيم للإشعاع الشمسي المنتشر بينما يكون الإشعاع الكلي لهذه الواجهات هو الأقل طوال أيام وشهور السنة.

8 - المراجع References

1. The kaekara , M.P., Solar Energy , 18 ,309 (1976) . “ Solar Radiation Measurement: Techniques and Instrumentation “.
2. Hickey, Alton , Griffin , Jacobowitz , Pelligrino , Maschhoff , Smith , Vonder Harr, Solar Energy , 28 ,443 (1982) , . “ Extraterrestrial Solar Irradiance Variability : Two and One – Half Years Measurements from Nimbus 7.”

ملخص

تضمن البحث حساب الإشعاع الشمسي المباشر Beam Irradiance وغير المباشر Diffuse Irradiance والكلي Total Irradiance الساقط ولجميع الاتجاهات . تم تطوير برنامج حاسوبي عام لإجراء الحسابات لأي موقع ولأي مدينة ولأي يوم مشمس على مدار السنة.

بينت النتائج التي تم الحصول عليها لمدينة طرابلس $Longitude = 13.8$, $Latitude = 32.9$ أن السطوح الشرقية تستقبل الإشعاع الشمسي قبل غيرها من السطوح.

وكذلك فإن الواجهات الجنوبية تستقبل أكبر كمية من الإشعاع خلال الأشهر الأولى من السنة وتقل هذه الكمية كلما تقدمت أيام السنة وفي المقابل تزداد كمية الإشعاع للواجهات الأفقية والشرقية والغربية بينما تبقى الواجهات الشمالية محتفظة بأقل كمية من الإشعاع طوال أيام السنة .