المجلة العربية للعلوم الإنسانية والاجتماعية
Arab Journal for Humanities and Social Sciences

Impact factor isi 1.651

العدد الخامس والعشرون _ حزيران _2024

تقدير وتحليل المتوسط اليومي للإشعاع الشمسي بمحمية الإمام تركي بن عبد الله في المملكة العربية السعودية

Assessment and Analysis of daily average of solar radiation in ITBA - Saudi Arabia

أ.د. أحمد بن عبد الله الدغيري [1]

الملخص.

تعتمد هذه الدراسة على سلسلة من المعادلات الرياضية التي تم استخدامها في حساب المتوسط اليومي لإجمالي الاشعاع الشمسي (الاشعاع الشمسي المباشر والاشعاع الشمسي المبعثر من السماء والاشعاع الشمسي المعكوس من السطح) بأربعة مواقع بمحمية الإمام تركي بن عبد الله بشمالي شرق المملكة العربية السعودية. ولقد تبين من نتائج هذه الدراسة أن فترة التشمس (عدد ساعات السطوع الشمسي) تتزايد تدريجياً بمتوسط يومي يتراوح بين 10.5 ساعات خلال شهر ديسمبر (بداية فصل الشتاء) و 13.5 ساعة خلال شهر يونيو (بداية فصل الصيف).

أظهرت تحاليل التباين المكاني أن جملة الاشعاع الشمسي يتماثل نسبياً بالمواقع قيدالدراسة ، بحيث يتراوح هذا المتوسط بين 518.0 واط/ساعة/م^2 بمحطة الجوف و 595.4 واط/ساعة/م^2 بمحطة حائل. وبتباين المتوسط المتوسط اليومي لإجمالي الاشعاع الشمسي نسبياً خلال فصول السنة، بحيث تتلقى منطقة الجوف خلال فصل الصيف أعلى كمية من الاشعاع الشمسي بمتوسط يومي يعادل 892.0 واط/ساعة/م^2 بينما تتسم بقية المناطق بمتوسطات يومية متجانسة تتراوح بين 765.4 و 765.5 واط/ساعة/م^2.

ويتماثل توزيع المتوسط اليومي لإجمالي الاشعاع الشمسي خلال فصل الخريف مع مثيله خلال فصل الشتاء، بحيث تتلقى منطقة الجوف أقل كمية من إجمالي الاشعاع الشمسي بمتوسط يومي لا يتعدى 609.8 واط/ساعة/م^2، في حين يصل هذا المتوسط أقصاه بما يعادل 637.8 واط/ساعة/م^2 بمنطقة حائل. ولقد تبين أن الاشعاع الشمسي المباشر صافي الاشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض يومياً يتسم بتوزيع متباين نسبياً من فصل لآخر يشكل الاشعاع الشمسي المباشر نسبة قدرها 84.5% بالقيصومة و 84.2% بحائل و 84.3% برفحا والجوف.

الكلمات المفتاحية :

إجمالي الاشعاع الشمسي، الاشعاع الشمسي المباشر، الاشعاع الشمسي المبعثر من السماء، الاشعاع الشمسي المعكوس من السطح، عدد ساعات السطوع الشمسي، محمية الإمام تركي بن عبد الله.

---

(1)– قسم الجغرافيا، كلة اللغات والعلوم الانسانية، جامعة القصيم.

Abstract.

This study is based on a series of mathematical equations that were used in calculating the daily average of the global solar radiation (Direct solar radiation, Scattered solar radiation, and Reflected solar radiation) in four stations located in the Imam Turki bin Abdullah Reserve (Northeastern Saudi Arabia). It was found that the period of insolation (the Number of hours of sunshine) increases gradually with a daily average ranging between 10.5 hours during the month of December (the Beginning of the winter season) and 13.5 hours during the month of June (the Beginning of the summer season).

The analysis of spatial variation showed that the global solar radiation is relatively similar in the studied sites, so that this average ranges between 518.0 Wh/m^2 at Al Jawf and 595.4 Wh/m^2 at Hail station. The average daily average of the global solar radiation varies relatively during the seasons of the year, so that the Al Jawf region receives during the summer the highest amount of global solar radiation with a daily average equivalent to 892.0 Wh/m^2, while the rest of the regions are characterized by homogeneous daily averages ranging between 765.4 and 765.5 Wh/m^2.

The daily average distribution of global solar radiation during the fall season is similar to that during the winter season, so that Al-Jawf region receives the least amount of global solar radiation with a daily average not exceeding 609.8 Wh/m^2, while this average reaches a maximum of 637.8 Wh/m^2 in Hail region. It was found that the Direct solar radiation is the net solar radiation that reaches the earth's surface daily with a relatively varying distribution from one season to another, with 84.5%, 84.2% and 84.3% of the global radiation in Qaysumah, Ha'il, Rafha and Al Jawf, respectively.

Key-Words :

Global solar radiation, Direct solar radiation, Diffused solar radiation, Reflected solar radiation, solar radiation duration, ITBA Nature reserve.

المقدمة

يعد الإشعاع الشمسي أحد المصادر الرئيسة للطاقة المتجددة والصديقة للبيئة. وهو يلعب دوراً فعالاً في نظام الطاقة على سطح الأرض (Despotović, et al., 2015a and 2015b; Freistas, et al., 2015). ومن هذا المنظور، فإن معرفة كمية الإشعاع الشمسي في أي مكان على سطح الأرض يساعد في توقيع وتصميم أنظمة الطاقة الشمسية كموارد طاقة متجددة ويساهم في الإدارة المستدامة لكثير من المواقع الجغرافية.

تشير الدراسات على أهمية علاقات الانحدار الخطي ببن إجمالي الاشعاع الشمسي (H) ومدة السطوع (H_c) لأي موقع على سطح الأرض من جهة، وعلاقات النسبة بين متوسط السطوع الشمسي (S) والفترة القوى له (S_o) (Angström, 1924)، في عام 1940، استطاع Prescott أن يقدم بديلاً لنموذج انغستورAngström حيث اعتمد فيه على تبسيط العلاقة المذكورة واستبدالها بإسهام صفاء السماء وكمية الاشعاع الشمسي خارج الغلاف الجوي (H_o). بالإضافة إلى توفر إمكانيات ووسائل وأجهزة قياس الاشعاع الشمسي بالمحطات المناخية ومراكز البحوث الزراعية والبيئية بمختلف دول العالم. وفي ضل غياب إمكانيات القياس الفعلي للإشعاع الشمسي تم اقتراح العديد من النماذج الرياضية لتقديره وذلك بتطبيق طرق ووسائل كمية مختلفة (Al-Mostefa et al., 2014). وبحسب كثير من الدراسات يلاحظ أن اغلب تلك الوسائل تعتمد في تقديراتها على استخدام عناصر الطقس مثل الرطوبة المسببة (Yang and Koike, 2002; Adaralmola, 2012) والأمطار (Wu et al., 2007; Lu and Scott, 2001) وتلوث الهواء (Zhao et al., 2013) وكمية الضباب في الغلاف الجوي (Tasdemirgolu and Sever, 1991; Badesca and Dumitrescu, 2013). وفي هذا المجال ظهرت العديد من الدراسات التي تناولت تقدير الاشعاع الشمسي لمختلف مناطق العالم كدراسات (Tahas et al, 2011) برومانيا و (Khatib et al., 2012) بماليزيا و (Sabziparva, 2007) بإيران و (Li et al., 2014) بالصين و (Coulibaly and Ouedraogo, 2016) بغانا و (Zell et al., 2015) بالمملكة العربية السعودية.

ومما تقدم فإن كمية الاشعاع الشمسي التي تعبر الغلاف الجوي وتصل إلى سطح الأرض تعد من متطلبات تحديد نوعية مشاريع الطاقة الشمسية وربما أنظمة الري وكذلك مشروعات إنتاج الطاقة الكهربائية كبدائل مطلوبة للطاقة النظيفة المحافظة على البيئة والإدارة المستدامة للموارد البيئية كبدائل مطلوبة للطاقة النظيفة المحافظة على البيئة والإدارة المستدامة للموارد البيئية (Souloukngा et al., 2017).

ونظراً للتقدم التكنولوجي الكبير فإن معرفة كمية الاشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض تتم بواسطة ثلاث طرق هي القياس المباشر المتاح بواسطة الأجهزة بالمحطات المناخية ومخرجات التحليل الرقمي لمرئيات الأقمار الصناعية الراصدة لأحوال الطقس اليومية وتقديرات النماذج الرياضية المناخية (Antonanzas et al., 2013; Ayangma et al., 2008).

وبشكل عام، فقد تزايد الاهتمام بأهمية الاشعاع الشمسي كمصدر للطاقة البديلة الملائمة للبيئة منذ ثمانينيات القرن الماضي، حيث يلحظ أن كثير من الدراسات عمدت إلى تقدير وتحليل الاشعاع الشمسي بالمناطق الجافة وشبه الجافة (Srinivasan et al., 1987) وبالمنطقة العربية (Al-naser, 1989; Al-Riyahi et al., 1990; El-Salam and Sayigh, 1977; Khogali et al, 1989). وتزامناً مع هذا الاهتمام على المستويات المذكورة ظهرفي المملكة العربية السعودية بعض الدراسات المحلية التي سعت إلى تقدير الاشعاع الشمسي (Bahel et al., 1986; Elhadidy and Abdelrahman, 1991; Kiuss et al., 1989) ودراسات اخرى تناولت التحليل المكاني للاشعاع الشمسي كدراسة KACST, 1983 ; (Dogniaux, 1976; SANCCT, 1996) وأخرى ركزت على تأثيرات الاشعاع الشمسي (Elhadidy et al., 1990; El-Shobokshy et al., 1990; Said and Abdelrahman, 1989).

بالإضافة إلى ذلك، هناك العديد من الدراسات غير العربية الأخرى حول الإشعاع الشمسي في المملكة العربية السعودية. منها دراسة Stewart وآخرين في عام 1993 بعنوان "Solar Radiation In Saudi Arabia" التي تناولت دراسة الاشعاع الشمسي بمحطات الرياض والقيصومة والظهران خلال الفترة من يناير 1981م إلى يونيو 1990م. حيث استخدمت تقنيات مركز التطبيقات البيئية ETAC التابع لمصلحة الارصاد الجوي للقوات المسلحة الأمريكية. وقادت نتائج الدراسة إلى تقدير الاشعاع الشمسي اليومي الأقصى والمتوسط والأدنى لفترات زمنية تمتد من ساعتين إلى 15 ساعة/يوم ، وكذلك التوزيع التكراري للإشعاع الشمسي الشهري بالاضافة إلى مقارنة كميات الاشعاع الشمسي اليومي التي تم احتسابها من عدة مصادر على مستوى عدة محطات بالمملكة العربية السعودية. ومن الدراسات الحديثة التي تناولت تحليل الاشعاع الشمسي دراسة Al Dobhani في عام 2014 بعنوان "Effect of Altitude and Tilt angle on Solar Radiation in Tropical Regions" التي اعتمدت على تطبيق نموذج Hotel لتقدير الاشعاع الشمسي للسطح الأفقي وللسطح المائل الثابت وللسطح عند زاوية الميل المثلى في المناطق المدارية. كما تطرقت هذه الدراسة إلى تحليل تأثير الارتفاع على الاشعاع الشمسي وتحليل تباين هدا التأثير مقارنة في مناطق تقع على ارتفاعات مختلفة. ولقد تطرقت هذه الدراسة تحليل تأثير الكتلة الهوائية وميل الأشعة الشمسية على كمية الاشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض. كما أظهرت نتائج هده الدراسة أن عدد من المناطق المضرسة باليمن لها تأثير في زاوية الميل المثلى للسطح خاصة خلال فترات الانقلاب الصيفي والشتوي. و هناك تأثير كبير لعامل الارتفاع بالمنطقة المدارية الوسطى على زاوية ميل الأشعة الشمسية خلال فصل الصيف بسبب الانحراف الكبير لزاوية السمت تصل 47^{o} على السطح الأفقي في منتصف النهار.ومن الدراسات ما نشره Zell وآخرون 2015 بعنوان "Assessment of Solar Radiation Resources in Saudi Arabia"، وهي من الدراسات التي اعتمدت على النتائج الأولى لتقدير الاشعاع الشمسي خلال الفترة من أكتوبر 2013 إلى سبتمبر 2014 في30 محطة بالمملكة العربية السعودية تقع تحت اشراف مدينة

الملك عبد الله للطاقة (KA CARE). وقد عمد الباحثين إلى تحليل الاشعاع الشمسي الأفقي (GHI) والاشعاع المبعثر (DHI) والاشعاع المباشر (DNI). وقد توصلت هده الدراسة إلى تقدير المتوسط اليومي للاشعاع الشمسي المتوسط الأفقي بما يعادل 5700 واط/ساعة/يوم إلى 6700 واط/ساعة/يوم ، بينما تراوح المتوسط اليومي للاشعاع الشمسي المباشر بين 4400 واط/ساعة/يوم و أكثر من 7300 واط/ساعة/يوم. ولقد تبين أن الاشعاع الشمسي يتزايد بالشمال الغربي للمملكة ويصل إلى 6474 واط/ساعة/يوم بالمناطق الغربية ولا يتعدى 5510 واط/ساعة/يوم بالمناطق الشرقية.

تحاول الدراسة الحالية تقدير المتوسط اليومي لإجمالي الشمسي (الاشعاع المباشر I_D والاشعاع المبعثر I_d والاشعاع المعكوس I_r) الواصل إلى الطبقة السطحية في محمية الإمام تركي بن عبد الله الملكية بشمالي شرق المملكة العربية السعودية باستخدام بيانات أربعة مواقع (محطات مناخية) هي رفحا (40362) والقيصومة (40373) وحائل (40394) والجوف (40361). وقد تم تقدير المتوسط اليومي لإجمالي الاشعاع الشمسي الواصل لهذه المحمية من خلال سلسلة من المعاملات الرياضية

منطقة الدراسة

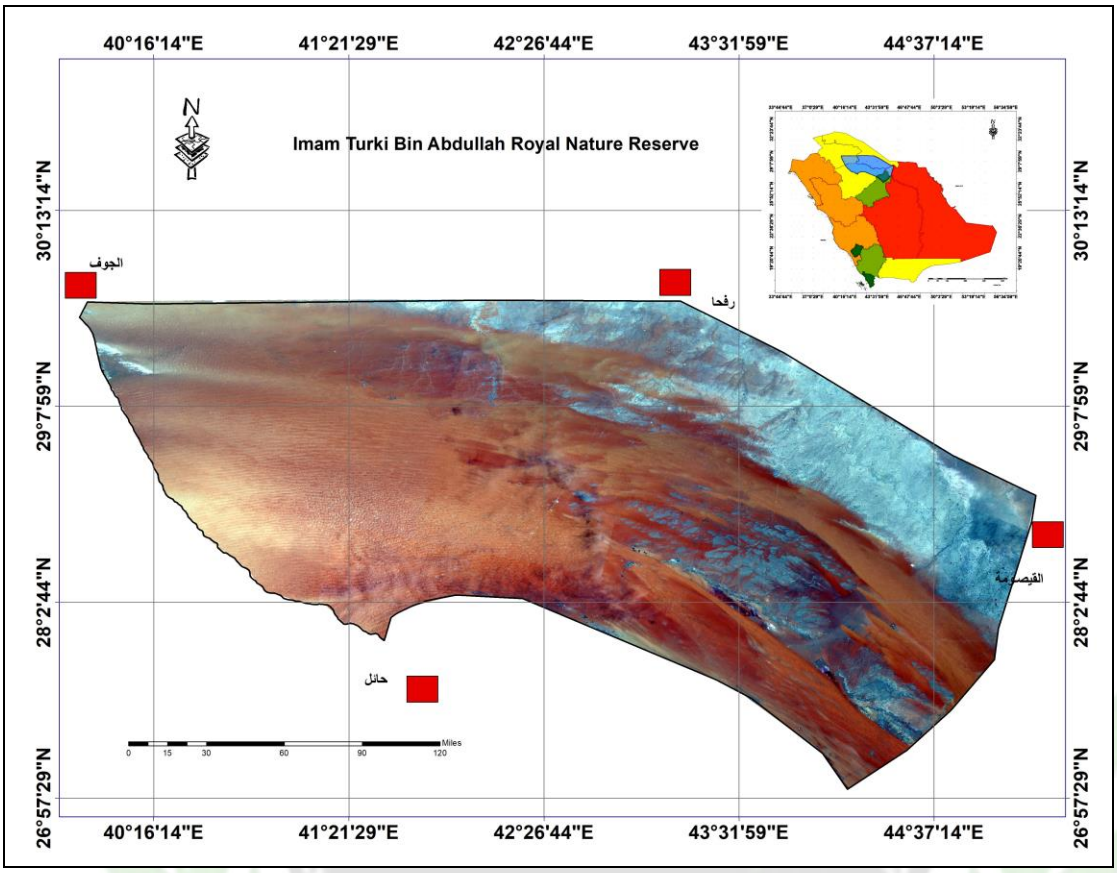
تشغل منطقة الدراسة أجزاء من شمال ووسط وشرقي المملكة العربية السعودية وتتحلق حول حدودها منطقة اربع محطات مناخية من جهات مختلفة هي : (الجدول 1) و (الشكل 6).

تهدف الدراسة الحالية إلى تقدير الاشعاع الشمسي ، ودراسة تباينه المكاني و تحليل التغيرات الفصلية له من خلال بيانات المحطات المجاورة لمحمية الإمام تركي بن عبد الله الملكية.

الجدول 1 : الاحداثيات الجغرافية للمواقع المدروسة

رقم المحطة	اسم المحطة	دائرة العرض (شمالا)	خط الطول (شرقا)	الارتفاع (متر)
40362	رفحا	29°39'17"	43°29'41"	444.1
40373	القيصومة	28°19'08"	46°07'49"	357.6
40361	الجوف	29°47'19"	40°05'55"	668.7
40394	حائل	27°26'04"	41°41'28"	1001.5

ISSN: 2709-5312



الشكل 1 : مواقع المحطات قيد الدراسة في محمية الإمام تركي بن عبد الله الملكية

منهجية الدراسة

حاولت هذه الدراسة تقدير إجمالي الإشعاع بالاعتماد على عدد من المعاملات الرياضية ، وفقا للدراسة (Liu & Jordan, 1962)

$$I_T = I_D + I_d + I_r \ (Wh/m^2)$$

حيث أن:

I_T يمثل إجمالي الاشعاع الشمسي (واط/م^2)

I_d يعبر عن الاشعاع الشمسي المبعثر من السماء (واط/م^2)

I_D يعبر عن الاشعاع الشمسي المباشر (واط/م^2)

I_r يمثل الاشعاع الشمسي المعكوس من السطح (واط/م^2).

ويتم حساب هذه المعاملات بالاعتماد على مجموعة من المتغيرات هي كما يلي:

1- تقدير الاشعاع الشمسي المباشر Direct Solar Radiation (I_D)

يحسب الاشعاع الشمسي المباشر من خلال المعادلة التالية : (Liu & Jordan, 1962)

$$I_D = I_{DN} \cos\theta \ (Wh/m^2)$$

وفيه θ هي زاوية السقوط الشمسي Incident Angle ويتم حسابها من خلال المعادلة التالية : (Kaldellis & Zafirakis, 2012)

$$\theta = \text{ArcCos}\psi \ [\cos\psi \cos\gamma_s \sin\beta + \sin\psi \cos\beta]$$

حيث أن :

γ_s : زاوية السمت الشمسي الأفقية Solar Azimuth . وتكون هذه الزاوية المواجهة للجنوب تساوي $\gamma = 0$ ، أما للأسطح الغربية فتكون موجبة وللأسطح الشرقية سالبة وهي تتراوح بين $-180^o \leq \gamma \leq +180^o$. ويتم حساب زاوية السمت الشمسي الأفقية من خلال:

$$\gamma = \text{Arc Sin} \ [(\cos\delta \sin\omega) / \cos\psi] \ \text{(Duffie and Beckman, 2013)}$$

حيث أن:

ψ : زاوية الارتفاع الشمسي Sun Altitude ، ويتم استخلالها من خلال :

$$\psi = \text{Arc Sin} \ [\cos\phi \cos\delta \cos\omega] + [\sin\phi \sin\delta]$$

حيث أن:

β : زاوية الميل المثلى للسطح Slope Angle وهي $\beta = 0$ للأسطح العمودية. وللأسطح غير العمودية ويتم احتسابها من خلال المعادلة التالية : (Gunerham & Hepbasli, 2007)

$$\beta = z = 90^o - \psi$$

حيث أن:

z هي زاوية السمت الرأسية ، وتحتسب من خلال:

$$z = 90^o - \psi \ \text{(Duffie and Beckman, 2013)}$$

حيث إن:

ø : زاوية خط العرض لموقع المكان.

ω : زاوية الوقت الشمسي ، وتحتسب من خلال المعادلة التالية :

$$\omega = 15 \ (LAT - 12) \ \text{(Messenger \& Vente, 2003)}$$

حيث إن :

LAT يعبر عن التوقيت المحلي للموقع (المكان) (ساعة) Local Apparent Time.

δ : يعبر عن زاوية انحراف الشمس عن خط الاستواء ، ويتم التحصل عليها من خلال: (Kolagirou, 2013)

$$\delta = 23.45^o \text{Sin} \left[(360)\left(\frac{284 + n}{365}\right)\right]$$

حيث أن n يعبر عن الرقم الجولياني لليوم في السنة.

I_{DN} : يمثل الاشعاع الشمسي المباشر العمودي Direct Normal Solar Radiation ، ويتحسب من خلال :

$$I_{DN} = A/\exp(B/\text{Sin}\ \psi) \ \ (Wh/m^2) \ \text{(Lunde, 1980)}$$

حيث أن:

A الأشعة الشمسية المرئية عندما تكون كتلة الهواء الجوي تساوي صفر ، ويتم حسابة من خلال:

$$A = 1147.59 + 57.5 \text{ Sin } [0.01743 n + 1.47822] \text{ (Wh/m}^2\text{)}$$

و B يعبر عن معامل كسوف الطقس الجوي وهو يساوي :

$$B = 0.16395 + \text{Sin } [0.0202 n + 4.0131]$$

2- تقدير الاشعاع الشمسي المبعثر من السماء (I_d) Diffuse Solar Radiation from a clear sky

يتم حساب الاشعاع الشمسي المبعثر من السماء من خلال :

$$I_d = I_{DN} C F_{ss} \text{ (Wh/m}^2\text{) (Liu \& Jordan, 1962)}$$

حيث إن :

I_{DN} الاشعاع الشمسي العمودي المباشر Direct Normal Radiation.

C : معامل تشتت الأشعة الشمسية وهو يساوي :

$$C = 0.1207 + 0.0179 \text{ Sin } [0.020 n + 3.9799]$$

Fss : يعبر عن معامل الزاوية المحصورة بين السطح المستقبل للأشعة الشمسية والسماء و يساوي :

$$F_{ss} = (1 + \text{Cos}\beta)/2$$

3- تقدير الاشعاع الشمسي المشتتة والمنعكسة من الأرض

Solar radiation diffused and reflected from ground (I_r)

ويحتسب من خلال :

$$I_r = I_{TH} \rho F_{sg} \text{ (Wh/m}^2\text{) (Jakhrani et al., 2013)}$$

حيث أن :

I_{TH} : الأشعة الشمسية الساقطة على السطح العاكس لها ، وهي تساوي :

$$I_{TH} = I_{DN} (C + \text{Sin}\psi) \text{ (Wh/m}^2\text{)}$$

ρ : معامل الانعكاس للسطح وهو يساوي 0.2 بالنسبة للمناطق المدارية الحارة والرطبة و 0.5 بالنسبة للمناطق المدارية الجافة و 0.9 بالنسة للأراضي التي تغطيها المثالج (Muneer, 2004).

F_{sg} : معامل الزاوية المحصورة بين السطح المستقبل للأشعة المنعكسة وسطح الانعكاس و يساوي :

$$F_{sg} = (1 - \text{Cos}\beta)/2 \text{ (Jakhrani et al., 2013)}$$

النتائج والمناقشة

يمكننا تلخيص النتائج التي توصلت إليها هذه الدراسة في :

1- تحليل التباينات المكانية لعدد ساعات السطوع الشمسي

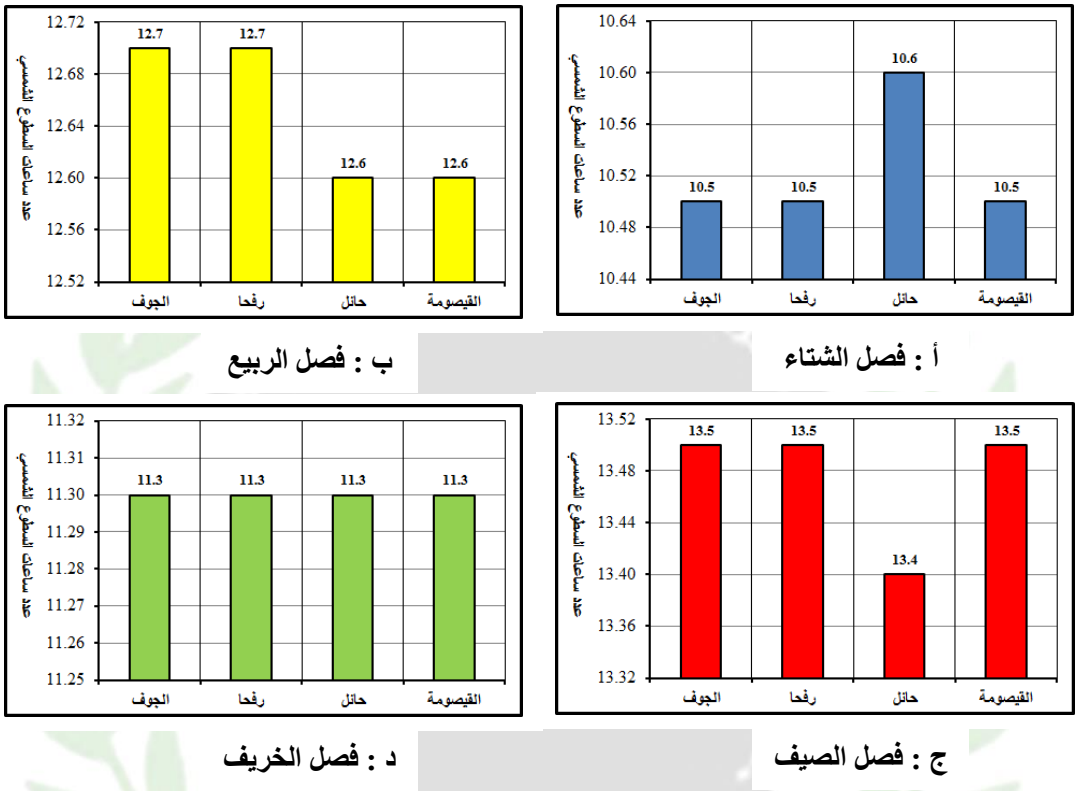
هنالك ارتباط بين كمية الاشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض وعدد ساعات السطوع الشمسي، أظهرت النتائج ان هناك نوع من التجانس بين التوزيع المكاني ومدة الاشعاع الشمسي بمحطات المحمية كما توضحه قيم معامل التباين التي لم تتعد 1% بالنسبة للتوزيع الشهري بالمحطات الأربع يساوي 11% بالنسبة للتوزيع الشهري بنفس المحطة الجدول 2 والشكل2. ويتضح من بيانات هذا الجدول أن مدة التشمس تتزايد تدريجياً من شهر ديسمبر (بداية فصل الشتاء) إلى أن تصل أقصاها خلال شهر يونيو (بداية فصل الصيف).

الجدول 2 : عدد ساعات السطوع الشمسي النظري بالمحطات المدروسة

الشهر	القيصومة	حائل	رفحا	الجوف	المتوسط	الانحراف المعياري	معامل التباين
يناير	10.4	10.4	10.3	10.3	10.4	0.06	0.01
فبراير	11.0	11.1	11.0	11.0	11.0	0.05	0.00
مارس	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	0.00	0.00
أبريل	12.7	12.7	12.8	12.8	12.8	0.06	0.00
مايو	13.4	13.4	13.5	13.5	13.5	0.06	0.00
يونيو	13.8	13.7	13.9	13.9	13.8	0.10	0.01
يوليو	13.6	13.6	13.7	13.7	13.7	0.06	0.00
أغسطس	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	0.00	0.00
سبتمبر	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	0.00	0.00
اكتوبر	11.3	11.3	11.2	11.2	11.3	0.06	0.01
نوفمبر	10.5	10.6	10.5	10.5	10.5	0.05	0.00
ديسمبر	10.2	10.3	10.1	10.1	10.2	0.10	0.01
المتوسط	**12.0**	**12.0**	**12.0**	**12.0**	------	------	------
الانحراف المعياري	**1.31**	**1.27**	**1.38**	**1.38**	------	------	------
معامل التباين	**0.11**	**0.11**	**0.11**	**0.11**	------	------	------

ISSN: 2709-5312

وبنظره شاملة يلاحظ إن متوسط عدد ساعات السطوع الشمسي يتراوح خلال فصل الشتاء بين 10.5 و 10.6 ساعات وبين 12.6 و 12.7 ساعات خلال فصل الربيع وبين 13.4 و 13.5 ساعة خلال فصل الخريف.



أ : فصل الشتاء ب : فصل الربيع

ج : فصل الصيف د : فصل الخريف

الشكل 2 : متوسط عدد ساعات السطوع الشمسي النظرية بالمحطات المناخية المدروسة.

2

- تحليل التغيرات الفصلية لإجمالي الاشعاع الشمسي

تظهر نتائج التحاليل أن المتوسط اليومي لإجمالي الاشعاع الشمسي بالمواقع قيد الدراسة يتراوح بين 518.0 واط/ساعة/م^2 بمحطة الجوف و 595.4 واط/ساعة/م^2 بمحطة حائل (الجدول 3) و (الشكل 3). في حين يصل المتوسط اليومي لإجمالي الاشعاع الشمسي خلال فصل الربيع أقصاه بما يعادل 779.1 واط/ساعة/م^2 بالجوف و أدناه بما يعادل 711.0 واط/ساعة/م^2 في رفحا. وتتلقى منطقة الجوف خلال فصل الصيف أعلى كمية من إجمالي الاشعاع الشمسي بمتوسط يومي يعادل 892.0 واط/ساعة/م^2 بينما تتسم بقية المناطق بمتوسطات يومية متجانسة تتراوح بين 765.4 و 765.5 واط/ساعة/م^2. ويتماثل توزيع المتوسط اليومي لإجمالي الاشعاع الشمسي خلال فصل الخريف مع مثيله خلال لفصل الشتاء، بحيث تتلقى منطقة الجوف أقل كمية من إجمالي الاشعاع الشمسي بمتوسط يومي لا يتعدى 609.8 واط/ساعة/م^2. في حين يصل هذا المتوسط أقصاه بما يعادل 637.8 واط/ساعة/م^2 بمنطقة حائل.

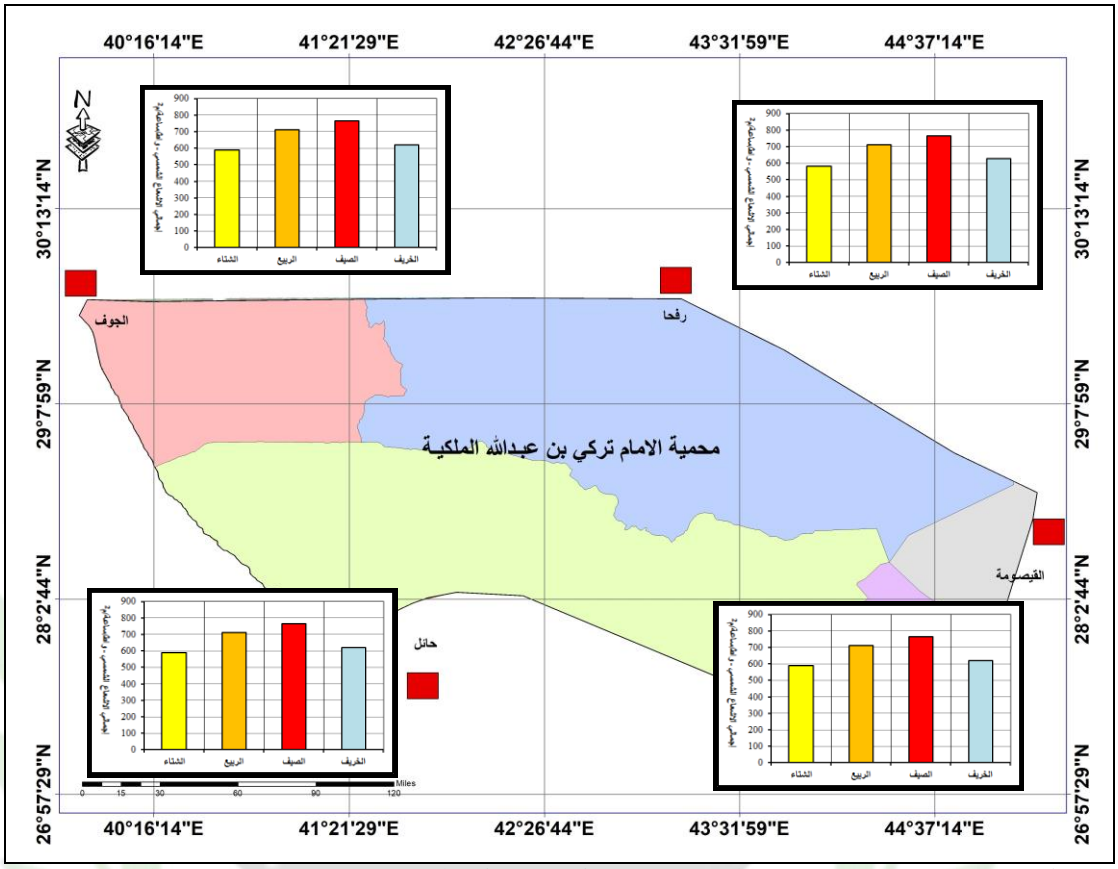
ISSN: 2709-5312

الجدول 3 : التوزيع الشهري والفصلي لإجمالي الاشعاع الشمسي (واط/ساعة/م^2)
بالمحطات فى محمية الامام تركى بن عبدالله الملكية

الفصل	المحطة	القيصومة		حائل		رفحا		الجوف	
	الشهر	IT	%	IT	%	IT	%	IT	%
الشتاء	ديسمبر	574.0	32.5	581.8	32.6	573.8	32.8	477.0	30.7
	يناير	572.9	32.4	579.3	32.4	562.8	32.2	497.7	32.0
	فبراير	620.4	35.1	625.2	35.0	613.1	35.0	579.4	37.3
	المتوسط	**589.1**	**33.3**	**595.4**	**33.3**	**583.2**	**33.3**	**518.0**	**33.3**
	المجموع	**1767.3**	**100**	**1786.3**	**100**	**1749.7**	**100**	**1554.1**	**100**
الربيع	مارس	662.4	31.0	664.8	31.0	658.6	30.9	668.2	28.6
	أبريل	713.4	33.4	714.4	33.4	711.8	33.4	783.6	33.5
	مايو	762.7	35.7	762.7	35.6	762.5	35.7	885.6	37.9
	المتوسط	**712.8**	**33.3**	**714.0**	**33.3**	**711.0**	**33.3**	**779.1**	**33.3**
	المجموع	**2138.5**	**100**	**2141.9**	**100**	**2132.9**	**100**	**2337.4**	**100**
الصيف	يونيو	787.1	34.3	786.7	34.3	787.6	34.3	942.0	35.2
	يوليو	776.2	33.8	776.0	33.8	776.4	33.8	915.2	34.2
	أغسطس	733.2	31.9	733.9	32.0	732.1	31.9	818.7	30.6
	المتوسط	**765.5**	**33.3**	**765.5**	**33.3**	**765.4**	**33.3**	**892.0**	**33.3**
	المجموع	**2296.5**	**100**	**2296.6**	**100**	**2296.1**	**100**	**2675.9**	**100**
الخريف	سبتمبر	679.4	36.6	681.3	35.6	676.4	35.9	703.8	38.5
	اكتوبر	636.2	34.3	640.1	33.4	630.2	33.5	606.6	33.2
	نوفمبر	540.8	29.1	592.4	31.0	575.9	30.6	519.1	28.4
	المتوسط	**618.8**	**33.3**	**637.9**	**33.3**	**627.5**	**33.3**	**609.8**	**33.3**
	المجموع	**1856.4**	**100**	**1913.8**	**100**	**1882.5**	**100**	**1829.5**	**100**

3- تحليل التغيرات الفصلية للاشعاع الشمسي المباشر

يعرف الاشعاع الشمسي المباشر بأنه الفرق بين إجمالي الاشعاع الشمسي من جهة ومجموع الاشعاع الشمسي المبعثر والمعكوس، من جهة ثانية. ويعتبر الاشعاع الشمسي المباشرهو صافي الاشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض يومياً. ويتراوح الاشعاع الشمسي المباشر بين 496.0 واط/ساعة/م^2 بالجوف و 512.7 واط/ساعة/م^2 بحائل خلال فصل الشتاء وبين 592.2 واط/ساعة/م^2 بالجوف و 612.5 واط/ساعة/م^2 بالقيصومة خلال فصل الربيع وبين 605.3 واط/ساعة/م^2 بالقيصومة و 632.7 واط/ساعة/م^2 برفحا والجوف خلال فصل الصيف وبين 503.2 واط/ساعة/م^2 واط/ساعة/م^2 بالقيصومة و 540.2 واط/ساعة/م^2 بحائل خلال فصل الخريف. وبشكل عام يمثل الاشعاع الشمسي المباشر من إجمالي الاشعاع الشمسي نسبة قدرها 84.5% بالقيصومة و 84.2% بحائل و 84.3% برفحا والجوف.



الشكل 3: معدلات الاشعاع الشمسي خلال فصول السنة بمحطات منطقة الدراسة

ومن خلال ما تقدم، نجد أن نسبة الاشعاع الشمسي المبعثر تفوق نظيرتها للاشعاع الشمسي المعكوس، بحيث تتراوح بين 8.6% بالقيصومة و 8.7% من إجمالي الاشعاع الشمسي بالجوف وحائل ورفحا، بينما يمثل الاشعاع الشمسي المعكوس نسبة قدرها 6.9% بالقيصومة و7.0% في رفحا والجوف و 7.1% بحائل.

ISSN: 2709-5312

الجدول 4 : المتوسط اليومي للاشعاع الشمسي (واط/ساعة/م^2)
الساقط على السطح الأفقي بالمحطات المدروسة

المحطة		الاشعاع المباشر	الاشعاع المبعثر	الاشعاع المعكوس	إجمالي الاشعاع
		I_D	I_d	I_r	I_T
القيصومة	الشتاء	507.9	47.8	33.3	589.0
	الربيع	612.5	66.7	58.2	737.4
	الصيف	605.3	66.3	58.0	729.6
	الخريف	503.2	48.9	35.5	587.6
حائل	الشتاء	512.7	48.5	34.1	595.4
	الربيع	594.1	64.2	55.6	714.0
	الصيف	632.6	70.3	62.6	765.5
	الخريف	540.2	54.9	42.9	637.9
رفحا	الشتاء	504.2	47.0	32.1	583.3
	الربيع	592.4	63.7	54.8	710.9
	الصيف	632.7	70.2	62.5	765.4
	الخريف	532.8	53.6	41.2	627.5
الجوف	الشتاء	496.0	46.4	31.8	574.2
	الربيع	592.2	63.7	54.8	710.7
	الصيف	632.7	70.2	62.4	765.3
	الخريف	532.2	53.5	41.1	626.7

المصدر من انجاز معد البحث

الخلاصة

توصلت هذه الدراسة إلى مجموعة من النتائج تتلخص فيما يلي :

1- تقدير إجمالي الاشعاع الشمسي بمواقع مختلفة من محمية الإمام تركي بن عبد الله الملكية.

2- تحليل التباينات المكانية لإجمالي الإشعاع الشمسي بمواقع مختلفة من محمية الإمام تركي بن عبد الله الملكية..

3- تحليل التغيرات الفصلية للاشعاع الشمسي بمواقع مختلفة من محمية الإمام تركي بن عبد الله الملكية.

وبمقارنة نتائج الدراسة مع الاعمال المنجزة على مستوى المملكة العربية السعودية والتي عنيت بتقدير الاشعاع الشمسي في بعض المواقع نجد أن نتائج هذا البحث أظهرت منهجية تم فيها تقدير وتحليل المتوسط اليومي لأنواع الاشعاع الشمسي اليومي في محمية الامام تركي بن عبدالله الملكية حيث لا يرتبط توزيع الاشعاع بالخصائص الجغرافية للمكان لأنه يعتمد على

تغير زوايا سقوط الاشعاع الشمسي على سطح الأرض مع تغير الزمن. ومن هذا المنطلق فإن منهجية هذه الدراسة يمكن تطبيقها على محميات أخرى يقدر فيه الاشعاع الشمسي بمختلف أنواعه لأي توقيت من زمن السطوع الشمسي. وعليه فقد تبين أن المتوسط اليومي لإجمالي الاشعاع الشمسي في محمية الامام تركي بن عبدالله الملكية يصل أقصاه خلال فصل الربيع بما يعادل 779.1 واط/ساعة/م^2 بالجوف، وأدناه بما يعادل 711.0 واط/ساعة/م^2 في رفحا. وتتلقى منطقة الجوف خلال فصل الصيف أعلى كمية من إجمالي الاشعاع الشمسي بمتوسط يومي يعادل 892.0 واط/ساعة/م^2 بينما تتسم بقية المناطق بمتوسطات يومية متجانسة تتراوح بين 765.4 و 765.5 واط/ساعة/م^2.

كما أن الاشعاع الشمسي المباشر يتراوح بين 496.0 واط/ساعة/م^2 بالجوف و 512.7 واط/ساعة/م^2 بحائل خلال فصل الشتاء وبين 592.2 واط/ساعة/م^2 بالجوف و 612.5 واط/ساعة/م^2 بالقيصومة خلال فصل الربيع وبين 605.3 واط/ساعة/م^2 بالقيصومة و 632.7 واط/ساعة/م^2 برفحا والجوف خلال فصل الصيف وبين 503.2 واط/ساعة/م^2 واط/ساعة/م^2 بالقيصومة و 540.2 واط/ساعة/م^2 بحائل خلال فصل الخريف.

وبالتالي، نجد أن نسبة الاشعاع الشمسي المبعثر تفوق نظيرتها للاشعاع الشمسي المعوس، بحيث تتراوح بين 8.6% بالقيصومة و 8.7% من إجمالي الاشعاع الشمسي بالجوف وحائل ورفحا، بينما يمثل الاشعاع الشمسي المعكوس نسبة قدرها 6.9% بالقيصومة و7.0% برفحا والجوف و 7.1% بحائل.

شكر وتقدير

تشكر هيئة محمية الامام تركي بن عبدالله الملكية على جهودهم في دعم هذه المشروع البحثي، والدعم المتواصل لكافة الباحثين

المراجع :

- Adaramola, M. S. (2012). **Estimating global solar radiation using common meteorological data in Akure, Nigeria**. *Renewable Energy, 47,* 38–44.

- Al Dhobhani, A.M.S. (2014). **Effect of altitude and tilt angle on solar radiation in tropical regions**, *Journal of Science and Technology*, Vol.**(19)**, No. 1, pp. 96-109.

- Al-Mostafa, Z. A., Maghrabi, A. H., & Al-shehri, S. M. (2014). **Sunshine-based global radiation models: A review and case study**. *Energy Conversion and Management, 84,* 209–216.

- Alnaser, W. E., (1989). **Empirical Correlation for Total and Diffuse Radiation in Bahrain**, *Energy*, Vol. **14**, No. 7: 409-414.

- Angström, A. (1924). **Solar and terrestrial radiation. Report to the international commission for solar and atmospheric radiation**. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, ***50***, 121-126.

- Antonanzas-Torres, F., Caoizares, F., and Perpillon, O. (2013). **Comparative assessment of global irradiation from a satellite estimate model (CM SAF) and on-ground measurements (SIAR): A Spanish case study**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 21*, 248–261.

- AI-Riahi, N. AI-Hamdani, and Tahir, K. (1990). **Contribution to the Study of the Solar Radiation Climate of the Baghdad Environment**, *Solar Energy*, Vol. **44**, No. 1: 7-12, 1990.

- Ayangma, F., Nkeng, G. E., Bonoma, D. B., and Nganhou, J. (2008). **Evaluation du potentiel en énergie solaire au cameroun: cas du nord Cameroun**. *African Journal of science and technology*, **9**, 32-40.

- Badescu, V., and Dumitrescu, A. (2013). **New models to compute solar global hourly irradiation from point cloudiness**. *Energy Conversion and Management*, **67**, 75-91.

- Bahel, V., R. Srinivasan, and Bakhsh, H. (1986). **Solar Radiation for Dhahran, Saudi Arabia**, *Energy*, Vol. **11**, No. 10: 985-959.

- Coulibaly, O., & Ouedraogo, A. (2016). **Correlation of global solar radiation of eight synoptic stations in Burkina Faso based on linear and multiple linear regression methods**. *Journal of Solar Energy*, Article ID 7870907.

- Despotović, V. and Nedic, V. (2015a) : **Comparison of optimum tilt angles of solar collectors determined at yearly, seasonal and monthly levels**, *Energy Conversion and Management*, Vol. **(97)**, pp. 121-131.

- Despotovic, M., Nedic, V., Despotovic, D., and Cvetanovic, S. (2015b). Review and statistical analysis of different global solar radiation sunshine models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **52**, 1869-1880.

- Dogniaux, R., (1976). **Distribution du Rayonnement Solaire en Arabie Séoudite** (Distribution of Solar Radiation in Saudi Arabia), *Heliotechnique and Development*, Vol. **1**, Edited by M. A. Kettani and J. E. Soussou, Development and Analysis Associates, pp. 124-134, 1976.

- Duffie, J. A. and Beckman, W. A. (2013) : **Solar engineering thermal processes**, Jhon Wiley and Sons, New York, USA.

- Elhadidy, M. A.; Abdel-Nabi, D.Y. and Kruss, P.D. (1990). **Ultraviolet Solar Radiation at Dhahran, Saudi Arabia,** *Solar Energy*, Vol. **44**, No. 6: 315-319.

- Elhadidy, M. A., and Abdel-Nabi, D.Y. (1991). **Diffuse Fraction of Daily Global Radiation at Dhahran, Saudi Arabia,** *Solar Energy,* Vol. **46**, No. 2: 89-95.

- E1-Salam, E. M. and Sayigh, A.M. (1977). **Estimation of Diffuse Solar Radiation in the Arabian Peninsula**, Radiation *in the Atmosphere*, Edited by H.-J. Bolla, Science Press, Princeton, NJ, pp. 607-610.

- El-Shobokshy, M. S.; Al-Tamrah, S.A. and F. M. Hussein, F.M. (1990). **Inhalable Particulates and Meteorological Characteristics of the City of Riyadh**, Saudi Arabia, *Atmospheric Environment*, Vol. **24B**, No. 2: 261-265.

- Freitas, S., Catita, C., Redweik, P., & Brito, M. (2015). **Modelling solar potential in the urban environment: State-of-the-art review**. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *41*, 915–931.
- Gunerham, H. and Hepbasli, A. (2007). **Determination of the optimum tilt angle of solar collectors for building applications**, *Building and Environment*, vol. **(42)**, No. 2, pp. 779-783.

- Jakhrani, , A. Q. ; Samo, S. R. ; Rigit, A.R.H. and Kamboh, S.A. (2013). **Selection of models for calculation of incident solar radiation on titled surfaces**, *World Applied Sciences Journal*, Vol. **(22)**, No.9: 1334-1343.

- Kaldellis, J. and Zafirakis, D. (2012). **Experimental investigation of the optimum photovoltaic panels tilt angle during summer period**, *Energy*, Vol. **(38)**, No. 1: 305-314.

- Kalogirou, S.A. (2013). **Solar Energy Engineering : processes and systems**, California Academica Press, USA.

- Khatib, T., Mohamed, A., Sopian, K. & Mahmoud, M. (2012). **Solar energy prediction for Malaysia using artificial neural networks**. *International Journal of Photoenergy*, Article ID 419504.

- Khogali, A.; Ramadan, M.R.L.; Ali, Z.E.H. and Fattah, Y.A. (1983). **Global and Diffuse Solar Irradiance in Yemen,** *Solar Energy*, Vol. **31**, No. 1: 55-62.

- Kiuss, P. D.; Bahel, V.; Elhadidy, M.A. and D. Y. Abdel-Nabi, D.Y. (1989). **Estimation of Clear Sky Solar Radiation at Dhahran, Saudi Arabia**: **ASHRAE A, B, and C Technique,** *ASHRAE Transactions*, Vol. **95**, Part 1, pp. 3-13.

- Li, H., Cao, F., Wang, X., & Ma, W. (2014). **A temperature-based model for estimating monthly average daily global solar radiation in China**. *The Scientific World Journal*, 2014, 9.

- Liu, B. and Jordan, R. (1962). **Daily insolation on surfaces tilted toward the Equator**, *ASHRAE Transactions*, vol. **(67)** : 526-541.

- Liu, D. L., & Scott, B. J. (2001). **Estimation of solar radiation in Australia from rainfall and temperature observations**. *Agricultural and Forest Meteorology*,*106*(1), 41-59.

- Lunde, P. J. (1980). **Solar thermal engineering : Space heating and hot water system**, Jhon Wiley and Sons, New York, USA.

- Messenger, R. A. and Vente, J. (2003). **Photovoltaic systems engineering**, CRC Press, Boca Rato, U.S.A.

- Prescott, J. (1940). **Evaporation from a water surface in relation to solar radiation**. *Transactions of the Royal Society of South Australia*, **64**, 114-118.

- Sabziparvar, A. A. (2007). **General formula for estimation of monthly mean global solar radiation in different climates on the south and north coasts of Iran**. *International Journal of Photo Energy*, Article ID 94786.

- Said, S. A., and Abdelrahman, M.A. (1989). **Energy Efficiency of a Building in the Eastern Province of Saudi Arabia: Parametric Analysis with DOE 2.1A,** *ASHRAE Transactions*, Vol. **95**, Part 1, pp. 147-152.

- Saudi Arabian National Center for Science and Technology. (1983). **Saudi Arabian Solar Radiation Atlas**, Riyadh, Saudi Arabia.

- Srinivasan, R.; Bahel, V. and Bakhsh, H. (1987). **Comparison of Models for Estimating Solar Radiation in Arid and Semi-Arid Regions**, *Energy*, Vol. **12**, No. 2, pp. 113-116.

- Stewart, D.A. ; Dubel, H.P. and Levitt, L.J. (1993). **Solar radiation in Saudi Arabia**, Technical Report RD-WS-93-6, US Army Missile Command, Redstone Arsenal Alabama.

- Soulouknga, M.H. ; Coulibaly, O. ; Doka, S.Y. and Kofan, T.C. (2017). **Evaluation of global solar radiation from meteorological data in the Sahelian zone of Chad**, Renewables: Wind, Water and Solar, Vol. (**4**), Issue 4; 10 pages.

- Tahâş, S. V., Ristoiu, D., & Cosma, C. (2011). **Trends of the global solar radiation and air temperature in Cluj-Napoca, Romania (1984–2008).** *Romanian Journal of Physics*, *56*, 784–789.

- Taşdemiroğlu, E., & Sever, R. (1991). **An improved correlation for estimating solar radiation from bright sunshine data for Turkey**. *Energy Conversion and Management*, *31*(6), 599–600.

- Wu, G., Liu, Y., & Wang, T. (2007). **Methods and strategy for modeling daily global solar radiation with measured meteorological data (A case study in Nanchang station, China)**. *Energy Conversation Management*, *48*(9), 2447-2452.

- Yang, K., & Koike, T. (2002). **Estimating surface solar radiation from upper-air humidity**. *Solar Energy*, **72**(2), 177-186.

- Zhao, N., Zeng, X., & Han, S. (2013). **Solar radiation estimation using sunshine hour and air pollution index in China**. *Energy Conversion and Management*,**76**, 846-851.

- Zell, E. ; Gasim, S. ; Wilcox, S. ; Katamoura, S. ; Stoffel, T. ; Shibli, H. ; Engel-Cox, J. and Al Subaie, M. (2015). **Assessment of solar radiation resources in Saudi Arabia**, *Science Direct*, Solar Energy 119 (2015), pp. 422-438.