الطاقة الشمسية والتنمية المستدامة
مجلة علمية محكمة تصدر عن مركز بحوث ودراسات الطاقة الشمسية

استنباط السنة المناخية النمطية لمدينة تاجوراء

محمد جمعة رحومة، فتحي محمد القماطي، أسماء الرقيعي

مركز بحوث ودراسات الطاقة الشمسية، ص.ب 12932 طرابلس، ليبيا
f_gmatpi@yahoo.com, Mok_jum@yahoo.com

الملخص: تستعرض هذه الورقة النتائج المتحصل عليها للسنة النمطية التصميمية للبيانات المناخية لمدينة تاجوراء. فقد تم في هذه الورقة معالجة البيانات المقاسة المتحصل عليها من محطة البيانات المناخية لمدينة تاجوراء بموقع مركز بحوث ودراسات الطاقة الشمسية لفترة حوالي خمس سنوات. وقد تم دراسة البيانات والتأكد من صحتها ومن ثم معالجتها للحصول على السنة النمطية التصميمية لبعض البيانات المناخية المهمة التي تستخدم في معرفة الأداء لمنظومات الطاقة المتجددة، وتبين من خلال الدراسة أن هناك تقارب كبير بين البيانات المقاسة للسنوات الخمس فيما عدا بيانات الإشعاع الشمسي المنتشر لسنة 2008م التي تم استبعادها والاعتماد على بيانات السنوات الأربع الأخرى في تحديد هذا المتغير.

كلمات استدلالية: *–السنة النمطية التصميمية، البيانات المناخية، معالجة البيانات*

1. المقدمة

تعتبر المعلومات المناخية، والتي من أهمها معلومات الإشعاع الشمسي، حجر الأساس الذي تبنى عليه جميع البحوث والدراسات في مجال الطاقة المتجددة وتطبيقاتها المختلفة؛ فالتصاميم المختلفة وطرق المحاكاة الجيدة والصحيحة لمنظومات الطاقة المتجددة بمختلف أنواعها لا تتأتى إلا بالحصول على المعلومات الدقيقة حول العوامل المناخية في المناطق المستهدفة لاستخدام هذه المنظومات. إضافة لذلك فإن المعلومات المناخية لها أهميتها في الكشف عن التغيرات والظروف المناخية التي تفرضها الطبيعة، والتنبؤ بالظواهر والمتغيرات المناخية في الحياة اليومية. ونظرا لهذه الأهمية البالغة تتأكد ضرورة إعداد بيانات صحيحة ودقيقة وإعطائها حقها من المراجعة والتقييم والمعالجة حتى تكون نتائج البحوث والدراسات وكذلك عمليات التنبؤ المقامة عليها ذات فائدة.

تقدم السنة النمطية للبيانات المناخية عند موقع معين بيانات المتغيرات المناخية لمدة سنة كاملة مبنية على البيانات المقاسة لعدة سنوات. كل يوم في السنة النمطية يتم اختياره من أيام السنوات السابقة باستخدام طرق التحليل الإحصائي، ومن ثم يتم تجميع أيام السنة لتكوين السنة النمطية. عادة ما يتم استخدام بيانات السنة النمطية كأداة لتحجيم ومحاكاة المنظومات أو مقارنتها مع تلك المنظومات العاملة في الظروف الجوية الفعلية. وبذلك من المهم جدا إستنباط بيانات السنة النمطية ليتمكن المهندسون والعاملون في مجال تشغيل وتصميم منظومات الطاقة بمختلف صورها من الحصول على التصاميم الصحيحة وطبقا للتوقعات والتكهنات المقبولة.

وللسنة النمطية عدة استخدامات نذكر منها، على سبيل المثال لا الحصر، أهميتها في تدفئة وتبريد المباني، وتصميم واستخدام منظومات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، والزراعة، وتلوث الهواء والماء، وتحلية المياه. إلخ.

توجد عدّة طرق لاستنتاج بيانات السنة النمطية تم الإشارة إليها في العديد من المراجع، مثل طريقة البيانات المركبة [1]، وطريقة السنة التصميمية [2]، وطريقة السنة المناخية لحسابات الطاقة [3].

حيث تعتمد طريقة تقنية البيانات المركبة على المتوالية الزمنية للتحليل الإحصائي. وبينما تعتبر هذه الطريقة جيدة للمتغير الواحد فإنها غير ملائمة لتركيب البيانات المتعددة للمتغيرات المناخية. الطرق الأخرى المشار إليها أعلاه تستند على اختيار البيانات القصيرة الأمد لتكوين بيانات متعددة السنوات. فمثلا طريقة السنة التصميمية تم تطويرها لتناسب موسم التدفئة (لمدة 9 شهور) في المناطق الباردة. وكل شهر من هذه الشهور التسعة يتم إختياره باستعمال قاعدة بيانات 8 سنوات وذلك باعتبار المتوسط الشهري للإشعاع الشمسي كمعيار أساس والمتوسط الشهري لدرجة الحرارة الشهرية كمعيار ثانوي. أما طريقة السنة المناخية لحسابات الطاقة فهي تشتمل على 12 شهرا يتم إختيارها بشكل منفرد من قاعدة بيانات 30 سنة باستخدام طريقة Sandia والتي تم تطويرها سنة 1978 بمختبرات Sandia في الولايات المتحدة الأمريكية. قام كل من Pissimainis et al, (1988) باستخدام البيانات المناخية المقاسة لمدينة أثينا ولمدة 17 سنة [4]، وقد اعتمدت معايير الاختيار على المتغيرات المناخية التالية:

- درجة حرارة الهواء الجافة (العظمى، الصغرى، المتوسط)
- نقطة الندى (العظمى، الصغرى، المتوسط)
- سرعة الرياح (العظمى، المتوسط)
- القيم اليومية للإشعاع الشمسي الكلي

بينما تضمّنت الدراسة [5] التي أجراها Kalogirou متغيرات إضافية مثل مدة سطوع الشمس، ومعدل الرؤية، ومعدل سقوط الأمطار، وبيانات تساقط الثلوج.

والسنة النمطية للإشعاع الشمسي لأمريكا بدأت باستنباط السنة النمطية الأولى TMY والتي استندت بياناتها على عدد 229 موقعا في الولايات المتحدة الأمريكية وكانت بين عامي 1948 – 1990م. ومن ثم طورت إلى السنة النمطية الثانية TMY2 والتي قامت على عدد 239 محطة للفترة من 1961 – 1990م بحيث احتوت البيانات أيضاً على عنصر الرطوبة النسبية. ومؤخراً طورت إلى TMY3 وشملت 1020 موقعاً في الولايات المتحدة وعدد من الجزر والمناطق المجاورة وكانت للفترة من 1991 إلى 2005م.

وحيث إن ليبيا تفتقر إلى وجود الدراسات والبحوث المتعلقة باستنباط السنة النمطية للمناطق المختلفة بليبيا وخاصة تلك المتعلقة ببيانات الإشعاع الشمسي، وذلك لعدم وجود بيانات مناخية كاملة ومقاسة لسنوات طويلة، وإذا ما استثنينا بيانات الإشعاع الشمسي المسجلة لعدد 16 محطة في الفترة ما بين 1980 إلى 1988 م فإنه لا توجد أي بيانات مقاسة للإشعاع الشمسي بصورة متواصلة ولفترات طويلة. والواقع أن تلك البيانات هي بيانات يومية وليست ساعية وبالتالي فإنها تفتقر إلى حقيقة توزيعها أثناء فترة السطوع (النهار) وهي ميزة مهمة في البيانات المناخية وخاصة عند استخدام برامج المحاكاة.

ونظراً لما تمثله البيانات المناخية التي على صورة قيم ساعية من أهمية خاصة في العديد من الحسابات وخاصة تلك التي تستعمل برامج المحاكاة المتطورة، فقد تم معالجة البيانات المقاسة المتحصل عليها من المحطة المناخية بمقر مركز بحوث ودراسات الطاقة الشمسية بتاجوراء والمسجلة كل 10 دقائق لتصبح على صورة قيم ساعية وذلك باستخدام برنامج حاسوبي تم إعداده بلغة البرمجة الباسكال أعد لهذا الغرض أخذاً في الاعتبار البيانات المفقودة.

2. البيانات المناخية المقاسة

البيانات المقاسة من المحطة المناخية بموقع المركز تقع على خط طول ودائرة عرض (32° 815', 13°) 438' على التوالي. والبيانات المقاسة هي: الأشعة تحت الحمراء، الأشعة فوق البنفسجية، درجة حرارة الهواء

الجوي، الرطوبة النسبية، الإشعاع الشمسي الكلي على السطح الأفقي، الإشعاع الشمسي المباشر، الإشعاع الشمسي المنتشر، الإشعاع الشمسي على السطح المائل بزاوية خط العرض، مدة سطوع الشمس، سرعة الرياح، واتجاه الرياح. وهي بيانات مقاسة كل 10 دقائق. وفي هذه الدراسة تم أخذ البيانات التالية فقط في عين الاعتبار وهي: درجة حرارة الهواء الجوي، الرطوبة النسبية، الإشعاع الشمسي الكلي على المستوى الأفقي، الإشعاع الشمسي المنتشر، سرعة الرياح، وفترات سطوع الشمس. والبيانات التي تم دراستها هي فقط للفترة من 2004 إلى 2008م.

3. البيانات المناخية المفقودة

والحقيقة أنه حتى في الفترة المقاسة فإن بعض البيانات مفقودة نظراً لانقطاع التيار الكهربائي عن محطة القياس بالإضافة إلى بعض الأسباب الأخرى، وتم استبعاد بعض البيانات للشك في دقتها. والجدول 1، يبين البيانات المفقودة خلال السنوات الخمس المقاسة.

الجدول 1: البيانات المناخية المفقودة خلال فترة القياس

	2004	2005	2006	2007	2008
1		0	0	0	13
2		0	4	0	0
3		0	0	1	1
4	12	0	0	2	0
5	5	0	0	0	1
6	0	0	0	2	0
7	0	0	0	0	8
8	1	0	0	1	1
9	30	4	0	2	0
10	0	2	1	6	7
11	0	0	1	0	0
12	0	7	0	3	1
المفقود باليوم	48	13	6	17	32

وتمثل البيانات المفقودة حوالي 11% من البيانات المقاسة وهي تعتبر نسبة مرتفعة إلا أنها تعتبر مقبولة بالنظر إلى ندرة البيانات المقاسة بليبيا وخاصة تلك المتعلقة بالإشعاع الشمسي، وإلى أهمية البيانات المقاسة بالنسبة إلى البيانات المتحصل عليها من الأقمار الصناعية وغيرها. كما أنه في هذه الدراسة لم يتم التعامل مع البيانات المفقودة كحسابها أو تعويضها ببيانات أخرى وإنما تركت كما هي.

4. السنة المناخية النمطية

تم في هذه الدراسة استخدام طريقة السنة التصميمية (Design year) التي استخدمها (Klein et al., 1976) لمعالجة البيانات المناخية المقاسة للحصول على السنة المناخية النمطية لتاجوراء. وتعتمد الطريقة على اختيار البيانات المناخية للسنة الأقرب إلى متوسط البيانات المناخية لنفس الساعة وهكذا تكرر لكل ساعة. وقد تم أخذ كل من الإشعاع الشمسي على المستوى الأفقي ودرجة حرارة الهواء الجوي كمعيار لاختيار القيمة النمطية كما هو مبين بالمعادلة التالية:

$$\Delta E_i = (|Ht_i - \overline{Ht}| + |Ta_i - \overline{Ta}|) \qquad (1)$$

$$\overline{Ht} = \frac{\sum_{i=2004}^{i=2008} Ht_i}{5} \qquad (1\text{-a})$$

$$\overline{Ta} = \frac{\sum_{i=2004}^{i=2008} Ta_i}{5} \qquad (1\text{-b})$$

حيث إن:

ΔE_i مقدار الانحراف عن القيمة المتوسطة.

Ht_i الإشعاع الشمسي الكلي الساعي على السطح الأفقي للسنة i.

$\overline{Ht}$ متوسط الإشعاع الشمسي الكلي الساعي للسنوات الخمس.

Ta_i درجة حرارة الهواء الجوي الساعية لسنة i.

$\overline{Ta}$ متوسط درجة حرارة الهواء الجوي الساعية للسنوات الخمس.

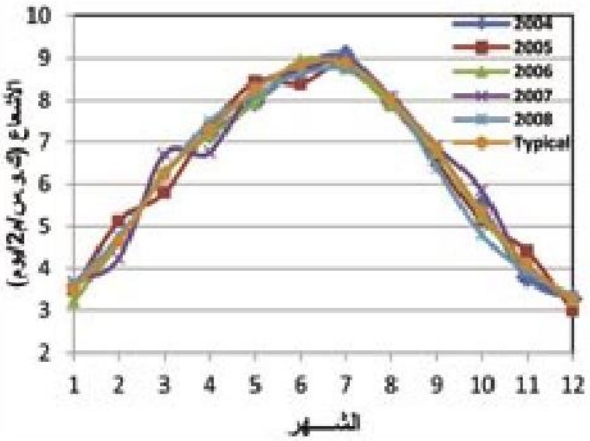
وبالتالي سيتم اختيار القيمة النموذجية لكل ساعة التي تعطي أقل قيمة انحراف Δ_i. حيث تم لهذا إعداد برنامج حاسوبي يقوم بقراءة البيانات الساعية للسنوات الخمس (على هيئة أعمدة) لعدد 8760 صفا تمثل عدد الساعات في السنة، وبتطبيق المعادلة (1) يمكن الحصول على السنة النمطية من خلال البيانات المقاسة لتلك السنوات.

5. النتائج والمناقشة

تم الحصول على السنة المناخية النمطية من خلال البيانات المناخية المقاسة لفترة خمس سنوات لمدينة تاجوراء. وقد تم التأكد من أنه في كل ساعة هناك على الأقل ثلاث سنوات للمقارنة (نظراً لوجود بيانات مفقودة). الشكل 1 يبين السنة التصميمية للإشعاع الشمسي الكلي بالمقارنة بالسنوات المقاسة.

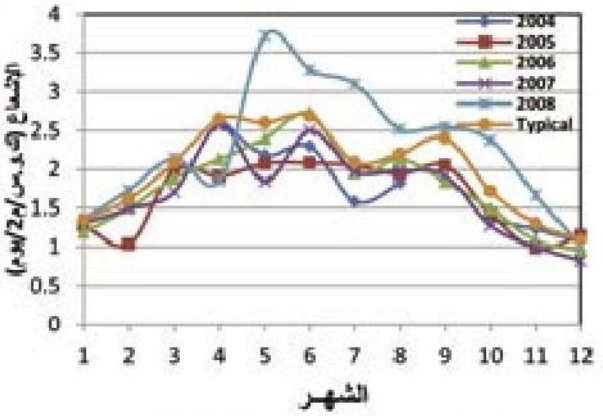
نلاحظ من خلال الشكل 1 التوافق الكبير بين السنة التصميمية والقياسات بمتوسط انحراف معياري لا يتعدى 4%، بينما وجد أن أقصى انحراف معياري شهري كان في شهر فبراير بما لا يتجاوز 6.9%. كما وأن أدنى قيمة للمتوسط الشهري للإشعاع الشمسي الكلي على السطح الأفقي كانت في شهر ديسمبر بحوالي 3.26 ك.و.س/م^2/يوم بينما كانت أقصى قيمة في شهر يوليو تعادل 8.9 ك.و.س/م^2/يوم، وهي عالية جداً وتعبر عن تمتع المنطقة بمعدلات إشعاع مرتفعة وخاصة في فترات الصيف وبالتالي فهي مناسبة للعديد من التطبيقات منها تحلية المياه بالطاقة الشمسية وتبريد المباني.

الشكل 2 يوضح السنة النمطية للإشعاع الشمسي المنتشر بالإضافة إلى السنوات الخمس المقاسة.



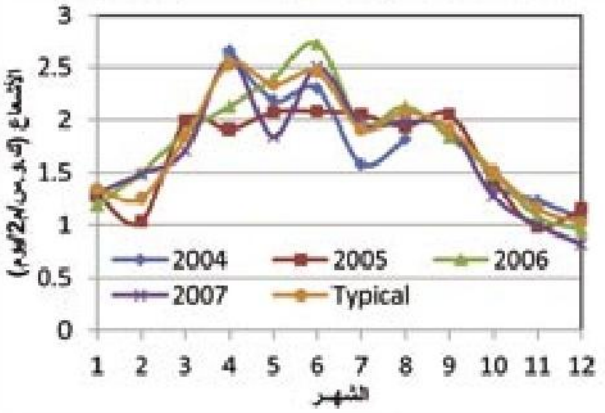
الشكل 1: السنة النمطية للإشعاع الشمسي الكلي

نلاحظ أن البيانات المقاسة للإشعاع الشمسي المنتشر لسنة 2008 غير منطقية بالمقارنة بباقي السنوات، وبالتالي فقد تم استبعادها في حالة الإشعاع المنتشر فقط ومعالجة البيانات لباقي السنوات للحصول على السنة التصميمية للإشعاع المنتشر كما هو مبين بالشكل 3. وقد تبين أن متوسط قيمة الانحراف المعياري بين القيم لا تتجاوز 18.6%. وترجع قيمة الانحراف المعياري المرتفعة نتيجة إلى التباين الواضح في انتشار كميات السحب ونسبة بخار الماء في الجو في السنوات المقاسة.



الشكل 2: السنة النمطية للإشعاع المنتشر

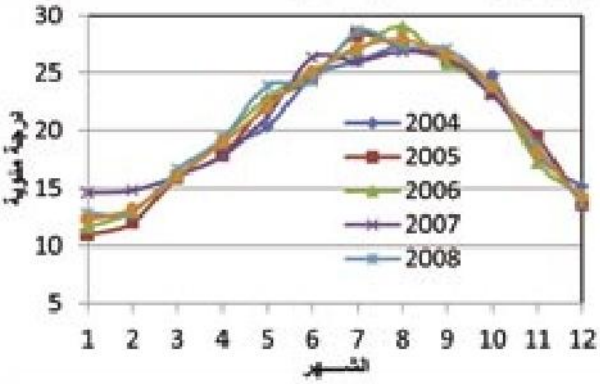
من خلال الشكل 3 يمكن ملاحظة أن أعلى معدلات الإشعاع المنتشر هي ما بين شهر 4 إلى 6 حيث بلغت أعلى قيمة للإشعاع المنتشر إلى الإشعاع الكلي في شهر يناير 38%، بينما كان أدنى معدل في شهر أغسطس بنسبة 21% من الإشعاع الكلي. وكقيم مطلقة وصل أعلى معدلات إشعاع منتشر في شهر 5 إلى 2.527 ك.و.س/م^2/يوم بينما كان أدنى معدل أشعاع شمسي منتشر في شهر ديسمبر بـــ 1.019 ك.و.س/م^2/يوم.



الشكل 3: السنة النمطية المعدلة للإشعاع الشمسي المنتشر

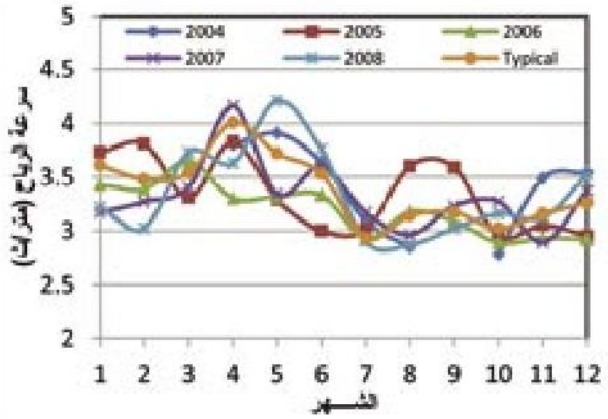
أما فيما يتعلق بدرجات الحرارة، فإن الشكل 4 يبين نمط درجات الحرارة النموذجية للسنة النمطية، حيث يتضح من خلال الشكل التوافق الجيد بين السنة النمطية

والبيانات المقاسة بمتوسط انحراف معياري لا يتعدى 2.1%. كما أن أعلى معدل لمتوسط درجات الحرارة اليومي للشهر كان في شهر أغسطس بحوالي 28 درجة مئوية بينما كان أدنى معدل لدرجة الحرارة في شهر يناير بحوالي 12.3 درجة مئوية.



الشكل 4: درجات الحرارة النموذجية للسنة النمطية

وبالنسبة للرياح هي أيضاً من العوامل المهمة في إنتاج الطاقة الكهربائية أو الميكانيكية والتي تعتمد على سرعة الرياح، فإنه من واقع القياسات المتحصل عليها يتبين أن المنطقة لا تتمتع بمعدلات رياح مرتفعة حيث لا يزيد معدلها السنوي عن 3.35 متر/ث على مستوى قياس 10 امتار، إلا انه يمكن أن تكون مناسبة عند ارتفاعات عالية فوق 70 متراً. الشكل 5 يبين القيم النمطية لمعدلات الرياح الشهرية للسنة النمطية والسنوات المقاسة.



الشكل 5: معدلات سرعة الرياح لمدينة تاجوراء

يتضح من خلال بيانات السنة التصميمية أن أعلى معدلات سرعة رياح كان في شهر أبريل بمعدل 4.01 متر/ث، بينما كانت أقل معدلات سرعة رياح في شهر يوليو بمعدل 2.93 متر/ث.

6. الخلاصة والتوصيات

تم في هذه الورقة معالجة البيانات المناخية المقاسة لخمس سنوات من المحطة المناخية الواقعة بمركز بحوث ودراسات الطاقة الشمسية بغية الحصول على السنة النمطية للبيانات المناخية. فقد تم إعداد البرامج الحاسوبية اللازمة لمعالجة البيانات التي كانت كل 10 دقائق لجعلها علي هيئة متوسط ساعي ومن ثم إعداد برنامج أخر خاص بمعالجات السنة النمطية. وقد تبين من خلال النتائج المتحصل عليها للسنة النمطية أن البيانات المناخية للسنوات المقاسة متقاربة حيث إن مقدار الانحراف المعياري بين قيم السنة النمطية والبيانات المقاسة كان صغيراً جداً، وبالتالي فإن السنة النمطية تمثل واقعية أكثر. وهنا يمكن القول بأنه أصبح لدينا سنة نمطية تصميمية للبيانات المناخية لمدينة تاجوراء من خلال بيانات مقاسة من محطة قياس مناخية أرضية يمكن استخدامها في تصميم وتقييم الأداء لمنظومات الطاقة الشمسية والطاقة المتجددة، وبالتالي يمكن اعتبارها كأساس للسنة النمطية (TMY) وذلك بتطويرها مع السنين القادمة بعد تجميع سنوات كافية من القياس لكافة العناصر المناخية. كما تم أيضاً إضافة السنة المناخية النمطية إلى البرنامج الحاسوبي المعروف (TRNSYS) لاستخدامها في دراسة الأداء الحراري لمنظومات الطاقة الشمسية.

وقد خلصت الدراسة إلى بعض التوصيات الهامة منها:

1. البيانات المناخية هي بيانات أساسية قيمة ومهمة جداً لكافة الدراسات التصميمية المتعلقة بمنظومات الطاقة المتجددة، وبالتالي يجب الاهتمام بقياسها ومراقبتها ومعايرة أجهزتها دورياً للحصول على بيانات ذات مصداقية عالية.

2. في حالة عدم توفر بيانات مناخية مقاسة فإنه يوصى باستخدام البيانات المناخية المتحصل عليها من الأقمار الصناعية في تحديد السنة النمطية للبيانات المناخية لمناطق متفرقة من ليبيا.
3. إدماج دراسات المتغيرات المناخية في الأبحاث التطبيقية والاهتمام بالمناخ المحلي كعامل أساس ومهم في عملية وضع الدراسات والأبحاث العلمية لتطوير الدراسات التطبيقية المستخدمة في مجال الطاقات المتجددة.
4. تشجيع إقامة محطات مناخية والإكثار منها في العديد من مناطق ليبيا لتسهيل مهمة جمع البيانات المناخية المحلية لأهميتها في الكشف عن الظروف المناخية المفاجئة.

7. المراجع

[1]. Hall, I.; Prairie, R.; Anderson, H.; Boes, E. (1978). Generation of Typical Meteorological Years for 26 SOLMET Stations. SAND78-1601. Albuquerque, NM: Sandia National Laboratories.

[2]. Klein (1976) in Duffie, J. A. and W. A. Beckman (1991) "Solar Engineering of Thermal Processes": John Wiley &Sons, INC., pp 918.

[3]. Crow L.W. Development of hourly data for weather year for energy calculations (WYEC), including solar data, at 21 stations throughout the U.S. ASHRAE Trans, 87(Part 1):896–906, 1981.

[4]. Pissimanis, G. K., G. Karras, V. Notaridou and K. Gavra (1988) The generation of a "typical meteorological year" for the city of Athens. Solar Energy 40, 405-411.

[5]. Siurna, D.L.; D'Andrea, L.J.; Hollands, K.G.T. (1984). "A Canadian Representative Meteorological Year for Solar System Simulation." Proceedings of the 10th Annual National Conference of the Solar Energy Society of Canada; August 2-6, 1984, Calgary, Alberta; pp. 85-88.