مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (1) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (1) 2015

الجدوى الاقتصادية لاستخدام الخلايا الشمسية ووحدات الديزل لتغذية أحمال مجتمع ريفي معزول

الدكتور جهاد بدور*
هيام حسن**

(تاريخ الإيداع 7 / 8 / 2014. قُبِل للنشر في 14/ 1 / 2015)

□ ملخّص □

هذه المقالة تقدم دراسة متكاملة من الناحية الفنية والاقتصادية لتغذية الأحمال الكهربائية لمجتمع ريفي معزول أو قرية صغيرة معزولة ممثلة بقرية المزرعة التابعة لبلدة نوى الواقعة إلى الشمال الغربي لمحافظة درعا بمسافة تبعد حوالي [Km]30. إن المنهجية المتبعة لهذه الدراسة تهدف إلى المقارنة بين حالتين للأحمال الكهربائية المطلوبة ضمن سيناريو خاص لكل حالة، السيناريو الأول يمثل تغذية الأحمال الخاصة بأنشطة حياتية يومية يقوم بها سكان هذه القرية لحالة مجتمع ريفي نموذجي، السيناريو الثاني إضافة أحمال السقاية للأراضي الزراعية المحيطة إلى السيناريو الأول. لتغذية الأحمال المطلوبة تم إجراء مقارنة بين خيارين، الخيار الأول استخدام خلايا شمسية كمصدر طاقة متجددة، الخيار الثاني استخدام وحدات توليد ديزل كمصدر طاقة تقليدية. تضمنت هذه المقالة إعداد النموذج الرياضي لمنظومة العمل السابقة ومن ثم تحديد حجم هذه المنظومة لكلا من حالتي الأحمال والخيارين السابقين لمصادر الطاقة. إعداد برامج على الحاسوب للدراسة السابقة لسهولة إسقاطها على حالات مشابهة. شمل البحث أيضا دراسة اقتصادية للحالات السابقة تم التعرض من خلالها لحساب الكلفة الثابتة أو كلفة الإنشاء لمكونات منظومة العمل، حساب الكلفة المتغيرة، حساب الكلفة السنوية ومن ثم تقدير كلفة إنتاج الكيلووات الساعي والتوصل إلى تحديد البديل أو الخيار الأجدى اقتصاديا. تم استكمال هذه الدراسة بإلقاء الضوء على حجم مخلفات التلوث الذي يسببه العمل اليومي لوحدات الديزل، إبراز الأهمية الاقتصادية لاستخدام الخلايا الشمسية وخاصة في المواقع المعزولة وفي المجتمعات الريفية والزراعية كخيار اقتصادي وبدون مخلفات ضارة للبيئة.

الكلمات المفتاحية: مصادر طاقة متجددة، طاقة شمسية، خلايا فوتو فولطية، وحدات توليد الديزل،.

* أستاذ مساعد – قسم هندسة القوى الميكانيكية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين–اللاذقية – سورية.
** مشرفة على الأعمال – قسم هندسة القوى الميكانيكية – كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية–جامعة تشرين–اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (1) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (1) 2015

Economical Feasibility for Using Solar Cells and Diesel Units To Supply A Rural Isolated Society

Dr. Jihad Baddour*
Heyam Hasan **

(Received 7 / 8 / 2014. Accepted 14 / 1 / 2015)

□ ABSTRACT □

This paper introduces an integrated study concerning the technical and economical sides for supplying the electrical loads of a rural isolated society or small isolated village represented in Almazraa village relevant to Nawa Town located at the north western of Daraa Governorate at a distance of about 30[Km]. The followed methodology of this study aims at the comparison between two states required electrical loads according to special scenario of each state, the first scenario represents the feeding of special loads of a daily lifetime activity performed by the inhabitants of this village representing a case of typical rural society, and the second scenario adding the loads of irrigation of surrounding agricultural lands to the first scenario. For supplying the required loads then making a comparison between two choices, the first choice is the usage of solar cells as a renewable energy source, while the second choice is the usage of diesel generation units as a traditional energy source. This paper included the preparation of the mathematical model of previous system then to determine the volume of this system for each of the two cases of loads and the previous two choices of energy sources. The preparation of computer programs of previous study because of the easiness of projecting them two similar cases. The research also included an economical study of the previous cases then coming through them into the computation of fixed cost or construction cost, running cost and the annual cost and then estimating the production cost of Kilo Watt-hour and to identify the more economically feasible of choice. Then to complete this study by focusing on the volume mass of contamination wastes caused by the daily work of diesel units and presentation of the economical importance for the usage of solar cells especially in the isolated areas and in the rural and agricultural societies as economical choice and without an environmental damaging wastes.

Key Words: Renewable energy resources, Solar energy, Photovoltaic cells, Diesel generation units.

***Associate Professor, Department of Mechanical Forces Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**
****Work Supervisor, Department of Mechanical Power Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.**

مقدمة:

إن احتياطي الوقود البترولي يتناقص مع مرور الوقت ويقابله زيادة في الطلب على الطاقة الكهربائية، إن تكاليف توليد الطاقة الكهربائية أيضا بازدياد مستمر[1].

إن تكاليف الطاقة الكهربائية ليس فقط من أجل توليدها بل أيضا يضاف اليها تكاليف النقل والتوزيع وهناك تكاليف غير مباشرة لمعالجة التلوث الذي يسببه الأسلوب التقليدي في توليد الطاقة الكهربائية. إن الهدف من هذا البحث هو شرح وتوضيح تقنية مولدات الخلايا الشمسية(Solar cell generators) والوضع الاقتصادي لإنجازها كحلول معاصرة بغية تأمين القدرة اللازمة للمجتمعات النائية والمعزولة عن الشبكة العامة. ثم إجراء مقارنة اقتصادية لحالة استخدام وحدات توليد ديزل (Diesel generator units) مع الأخذ بعين الاعتبار حجم التلوث الذي يسببه هذا الاختيار. في هذا البحث سندرس تغذية الأحمال الكهربائية لقرية المزرعة المعزولة عن الشبكة الكهربائية والتابعة لبلدة نوى الواقعة الى الشمال الغربي من محافظة درعا بمسافة تبلغ [Km] 30، يعمل أهلها بالزراعة وتمتاز باحتياطي جيد للمياه الجوفية.

سيتضمن هذا البحث دراسة منظومة القرية من خلال النموذج الرياضي لمختلف مكونات نظام العمل من أحمال كهربائية ووحدات توليد للطاقة مع ربط ذلك بالمستويات المختلفة للإشعاع الشمسي، والأحمال الكهربائية تم دراستها كأحمال منزلية فقط(Domestic loads) ثم إضافة أحمال السقاية (Irrigation loads) للأراضي الزراعية وإجراء المقارنة بين الحالتين. في هذا البحث تم دراسة الجدوى الاقتصادية من خلال حساب الكلفة الثابتة أو كلفة الإنشاء لمكونات منظومة العمل، حساب الكلفة المتغيرة، حساب الكلفة السنوية ومن ثم تقدير كلفة إنتاج الكيلووات الساعي لإبراز الأهمية الاقتصادية لاستخدام الطاقة الشمسية.

إسقاط الضوء على الآثار السلبية للتلوث الناجم من خلال اعتماد وحدات الديزل كخيار مستقل بغرض المقارنة مع مولدات الخلايا الشمسية وتحديد حجم التلوث لمختلف المخلفات الغازية لفترة العمل اليومي.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى معالجة المسائل التالية:

- إقامة مشاريع زراعية في المناطق المعزولة ذات التربة الزراعية الصالحة وتغذية الأحمال الكهربائية المطلوبة من مولدات الطاقة الشمسية ومساهمة هذه المشاريع في زيادة الناتج القومي للبلد.
- تخفيف العبء عن الشبكة الكهربائية العامة والحد من الضياعات في الاستطاعة لهذه الشبكة نتيجة الامتداد الطولي المتزايد لتغذية المناطق الريفية وتقليص العجز في حجم الطاقة المولدة بالمقارنة مع الطاقة المطلوبة.
- الانسجام والتوافق مع التوجه المتبع على الصعيد العالمي بضرورة استغلال الطاقات المتجددة أو الطاقات البديلة وقد تكون أهمها الطاقة الشمسية.

طرائق البحث ومواده:

يبدأ البحث بالحصول على البيانات المناخية والجغرافية للموقع المدروس من مصدرها، هذه البيانات تشمل عمق المياه الجوفية، طبيعة الأرض الزراعية، المجتمع الريفي المدروس، قيم الإشعاع الشمسي. تضمن البحث كذلك إعداد دراسة متكاملة من خلال المحاور التالية:

- تقدير الأحمال الكهربائية لمختلف الأنشطة الحياتية اليومية.
- دراسة المواصفات الفنية لمنظومة العمل من مولدات خلايا كهرضوئية ووحدات توليد الديزل.
- إعداد النمذجة الرياضية لمختلف أجزاء منظومة العمل لسهولة إسقاطها على دراسات مشابهة.
- الدراسة الاقتصادية لمنظومة توليد الطاقة من خلال تحديد الكلفة الثابتة (Fixed cost) ، الكلفة المتغيرة (Running cost) ، الكلفة السنوية (Annual cost) ثم تقدير كلفة إنتاج الكهرباء أو كلفة إنتاج الكيلووات الساعي (Cost of electricity).
- التوصل إلى الاستنتاجات والتوصيات.

اختيار الموقع:

إن القرية المدروسة يعيش فيها حوالي مئة عائلة وتقيم كل عائلة في منزل مستقل، واذا فرضنا متوسط أفراد العائلة الواحدة ستة أشخاص، وبحسب الاستهلاك المتوقع كقيمة وسطية للقدرة الكهربائية المستهلكة خلال يوم واحد تعادل [KWh/man day]1 وذلك بحسب تقديرات الأحمال لمنزل واحد كما هي موضحة بالجدول(1) لمختلف الأحمال مع الفترة الزمنية اللازمة لكل منها مع الافتراض أن عامل التباين 0.8[2].

جدول(1):الأحمال المطلوبة اليومية لعائلة واحدة بعد أخذ عامل الطلب بعين الاعتبار

نموذج الحمولة	استطاعة الحمولة[W]	فترة التشغيل[h]
براد	200	13
إضاءة ذات ترشيد للطاقة	4*15	10
مروحة	1*100	13
TV	50	10
مضخة مياه للاستهلاك المنزلي	250	4

أما نصيب الشخص من الحمولة الكهربائية المصروفة على مضخات المياه من أجل السقاية فتحسب من خلال المساحة المروية من الأراضي الزراعية والتي تقدر بحوالي [Hectare]400، وبالتالي نصيب كل أسرة من الأرض الزراعية يبلغ [Hectare] 4 . إن حجم الماء اللازم للسقاية يحسب من خلال كمية الماء التي يحتاجها متر مربع واحد وذلك بإتباع أسلوب التنقيط بمقدار $3[liter/m^2lday]$ [3]. باعتبار عدد الأيام الفاصلة بين السقاية والسقاية التالية حوالي أربعة أيام فان مساحة الأرض المطلوب سقايتها تعادل ربع المساحة الكلية وان القدرة اللازمة لاستخراج كمية المياه اللازمة للسقاية [KWh/day]420 (استطاعة مستهلكة لعمل المضخة الواحدة [KW]2.2 ، زمن عمل المضخة لليوم [h/day]8 وتدفق المضخة $15.7[m^3/h]$) .

لقد تم دراسة عمل منظومة القرية بسيناريو مزدوج:

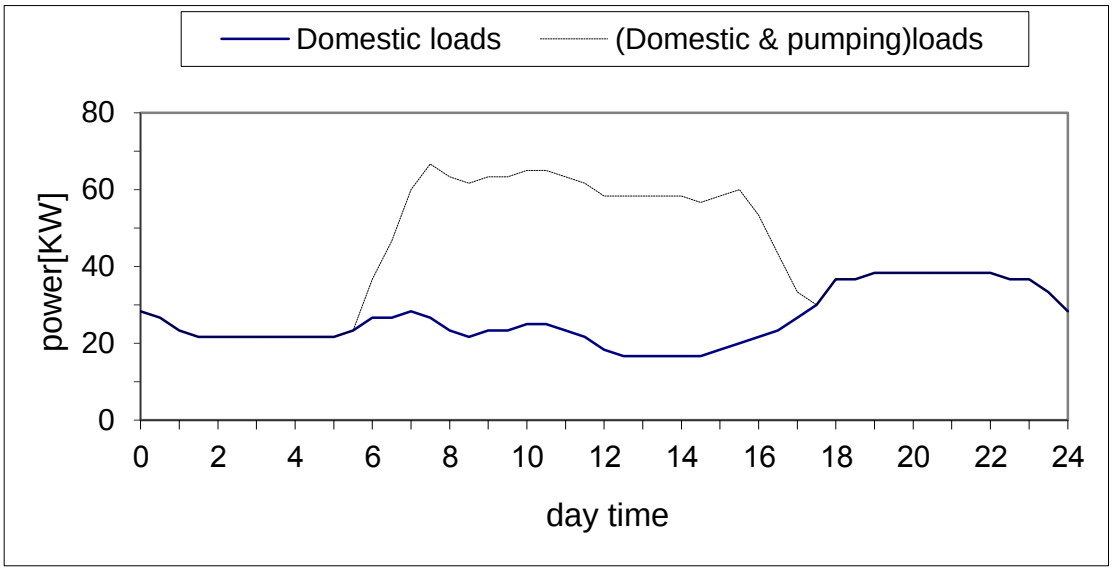
سيناريو(1):الاستطاعة المطلوب تغذيتها تخص الأحمال المنزلية فقط وبقدرة كهربائية تعادل [KWh/day]600

سيناريو(2):الاستطاعة المطلوب تغذيتها تمثل الأحمال المنزلية بقيمة موافقة للسيناريو(1) ويضاف اليها أحمال السقاية بقيم متوسطة ولكامل القرية بما يعادل [KWh/day]420 وبما يتفق مع حجم المياه اللازم للسقاية.

إن منحني الحمولة للقرية موضوع الدراسة لكلا الحالتين السابقتين موضح بالشكل(1) وبقيم ساعية لكي تعطي الموثوقية المطلوبة في عمل هذه المنظومة[4] . وبما يخص نظام الخلايا الشمسية، إن البيانات المطلوبة ترتبط بشكل أساسي بنموذج أو نوع التطبيقات للطاقة الشمسية[5]. في هذه الدراسة تطبيقات الخلايا الشمسية ستستند على قيم متوسطة ساعية للإشعاع الشمسي، وتم الحصول على بيانات الإشعاع الشمسي للموقع المدروس من خلال محطات الأرصاد الجوية، ومتوسط القيم تم ايجاده لبيانات مأخوذة خلال خمس سنوات متتالية وهي قيم يومية تم تحويلها الى قيم ساعية تقريبية[6]. والبيانات الجغرافية الخاصة بالموقع المدروس موضحة بالجدول(2).

جدول(2):البيانات الجغرافية لموقع الدراسة

الموقع	خط العرض	خط الطول	الارتفاع عن سطح البحر
قرية المزرعة–بلدة نوى–محافظة درعا	$32^{\circ}\ 20'$	$36^{\circ}\ 10'$	300[m]



شكل(1):استطاعة الحمل اليومي للقرية بسيناريو مزدوج(أحمال منزلية، أحمال منزلية + سقاية)

النموذج الرياضي:

1–النموذج الرياضي للإشعاع الشمسي:

إن بيانات الإشعاع الشمسي المتوفرة من قبل محطات الأرصاد الجوية للموقع المدروس هي يومية/d/ مأخوذة من أجل عدة سنوات متتالية /n/، وبالتالي من أجل يوم من السنة /t/ تكون قيمة الإشعاع الشمسي لهذا اليوم $x_{gt}(n,d)[KWh/m^2/d]$ وان متوسط الإشعاع الشمسي لأيام السنة تتعلق بالقيم المأخوذة لعدد السنوات المتتالية وتعطى بالعلاقة[7]:

$$x_{gav}(d)=\frac{1}{n}\sum_{1}^{n}x_{gt}(n,d)\ \ [KWh/m^2/d] \qquad (1)$$

إن متوسط الإشعاع الشمسي بالقيم الساعية $x_h(d,h)$ يمكن إيجاد قيمته التقريبية من خلال معرفة التغيرات اليومية لتوقيت الشروق h_{sr} وتوقيت الغروب h_{ss} للموقع المدروس، وان تحديديهما يمكن التوصل إليه بتطبيق العلاقتين التاليتين[8] :

$$h_{sr}(d) = 12 - 3.82 \cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta) \quad (2)$$

$$h_{ss}(d) = 12 + 3.82 \cos^{-1}(-\tan\phi \tan\delta) \quad (3)$$

حيث: ϕ :خط العرض للموقع المدروس

δ :زاوية ميل الشمس

ولكن δ تعطى بالعلاقة:

$$\delta = 23.45 \ \sin(2\pi \frac{284+d}{365}) \quad (4)$$

حيث:d:ترتيب اليوم المدروس في السنة وذلك بدءا من اليوم الأول

وبالتالي قيمة الإشعاع الشمسي المتوسطة الساعية $x_h(d,h)$ خلال الفترة مابين زمن الشروق $h_{sr}(d)$ وزمن الغروب $h_{ss}(d)$ يمكن ايجادها بتطبيق العلاقة التالية:

$$x_h(d,h) = \frac{\pi}{2} \frac{x_{gav}(d)}{[h_{ss}(d) - h_{sr}(d)} \sin(R_h) \quad (5)$$

حيث:

$$R_h = \pi \frac{[h - h_{sr}(d)]}{[h_{ss}(d) - h_{sr}(d)]} \quad (6)$$

حيث:[hour]h:عدد ساعات النهار باليوم

وبالتالي يمكن صياغة المعادلة (5) للفترة الزمنية خارج ساعات النهار بالشكل:

$$x_h(d,h) = 0.0 \quad where \ [h \le h_{sr}(d) \ or \ h \ge h_{ss}(d)] \quad (7)$$

2-النموذج الرياضي للخلايا الكهرشمسية والمدخرات:

إن عمل مجمعات الخلايا الشمسية (Collection of solar cell) والمدخرات (Batteries) يرتبط بشكل أساسي مع منحني الحمولة ودرجة استقرار عمل النظام. إن تغذية الأحمال المطلوبة بما يتفق مع منحني الحمولة اليومي يمكن تقسيمه إلى ثلاث حالات رئيسية:

حالة(1):حالة انعدام الإشعاع الشمسي وبالتالي يكون مصدر التغذية للحمولة المطلوبة(Load demand) من خلال المدخرات فقط ومعادلة تغذية الحمولة تعطى بالشكل:

$$P_{BD} = P_L \quad (8)$$

حيث: P_{BD} :استطاعة الخرج للمدخرات

P_L :استطاعة الحمولة

إن حجم البطاريات تم حسابه لكي يؤمن الاستقرار والموثوقية لعمل النظام

حالة(2):حالة تغذية الأحمال من قبل مولدات الخلايا الشمسية فقط، حيث استطاعة الخرج اكبر من حجم استطاعة الحمولة المطلوبة، وبالتالي هي حالة موافقة لإجراء شحن للمدخرات، حيث مجمعات الخلايا الشمسية تقوم بتغذية الأحمال الكهربائية المطلوبة وتغذية المدخرات لشحنها ويعبر عن ذلك رياضيا بالشكل:

$$P_{PV} = P_L + P_{BC} \qquad (9)$$

حيث: P_{PV} :استطاعة الخرج للخلايا الكهرشمسية

P_{BC} :استطاعة الشحن للمدخرات

لقد تم حساب حجم الخلايا الشمسية التي تحقق الموثوقية لعمل النظام وتقوم بتغطية الأحمال الكهربائية المطلوبة إضافة إلى حمولة الشحن للمدخرات.

حالة(3):حالة تغذية الأحمال من قبل مولدات الخلايا الشمسية والمدخرات، حيث استطاعة الخرج للخلايا الكهرشمسية تكون أقل من حجم الاستطاعة المطلوبة للأحمال، والتعبير الرياضي لهذه الحالة يأخذ الشكل:

$$P_{PV} + P_{BD} = P_L \qquad (10)$$

3-النموذج الاقتصادي:

إن حساب الكلفة الاقتصادية تمثل العامل الأهم في هذه الدراسة، من خلال حساب الكلفة السنوية ستتم المقارنة بين الخيارين السابقين، وللتوصل الى الكلفة السنوية يتم ذلك بتطبيق العلاقة الرياضية التالية[9]:

[u/Y] (11)

$$C_{tot} = \sum_{t=1}^{n} [(P_{nt} P_{wt})\alpha_t \ + \ E_{th} F_{wh} P_F \ + \ P_{main.t}]$$

P_{nt} [W] :الاستطاعة الاسمية لوحدة التغذية المدروسة t

P_{wt} [u/W] :كلفة واحدة الاستطاعة لوحدة التغذية المدروسة t

α_t :معامل تحويل الكلفة الثابتة أو كلفة الشراء لوحدة التغذية الى كلفة سنوية

$E_{th}[KWh/Y]$:قدرة الحمولة المغذاة سنويا من وحدة التغذية t

$F_{wh}[liter/KWh]$:حجم الوقود اللازم لتوليد واحدة القدرة من وحدة التغذية المستهلكة للوقود

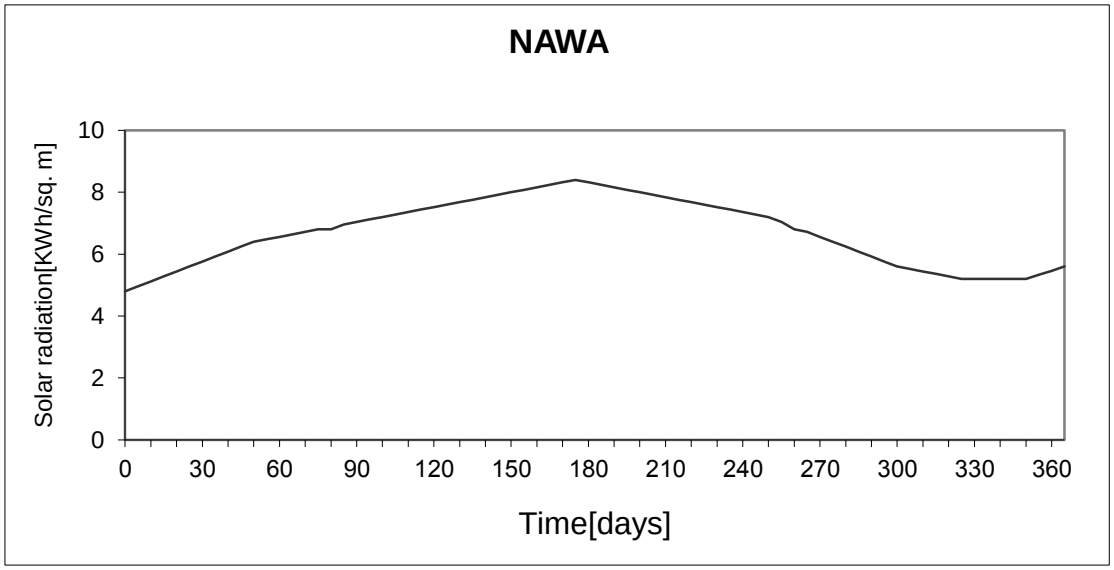
$P_F[u/liter]$:سعر وحدة الحجم من الوقود

$P_{main.t}[u/Y]$:كلفة صيانة سنوية لوحدة التغذية المدروسة t

النتائج والمناقشة:

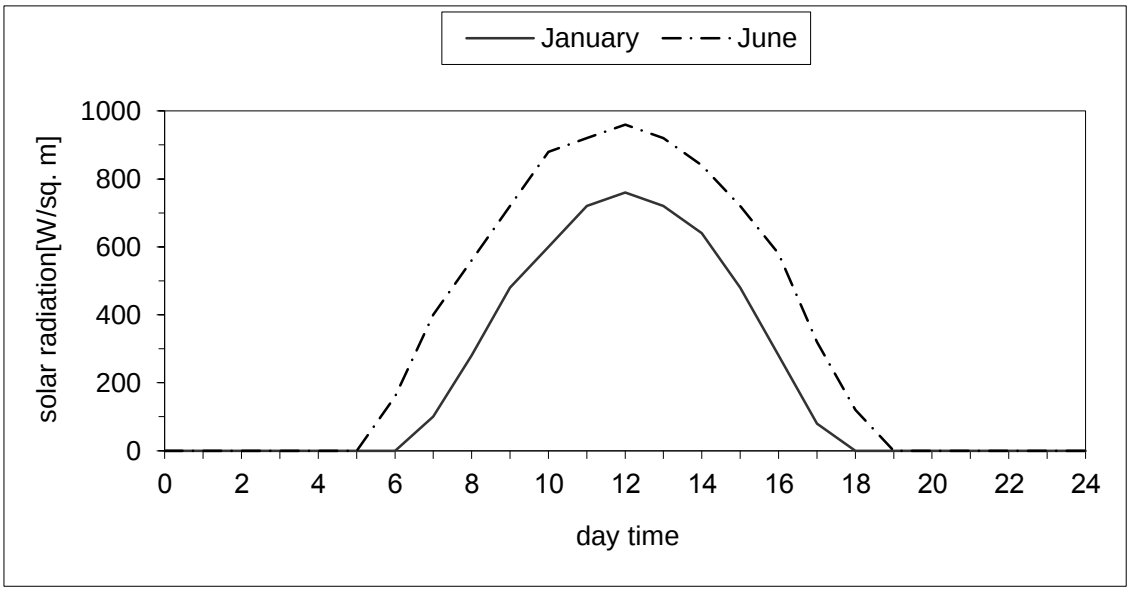
1-نظام الإشعاع الشمسي:

بما يتفق مع النموذج الرياضي (1)equations يمكن استنتاج منحني الإشعاع الشمسي على طول العام والذي يمثل العلاقة بين القيم المتوسطة للإشعاع الشمسي $[KWh/m^2]$ Solar radiation والزمن مقدرا باليوم على مدار السنة كما هو واضح بالشكل(2).



شكل(2):منحني الإشعاع الشمسي بقيم متوسطة يومية للقرية

أما منحني الإشعاع الشمسي اليومي Solar radiation $[W/m^2]$ كقيم متوسطة ساعية وعلى مدار اليوم لمختلف أيام السنة يمكن التوصل اليه أيضا بالاستناد الى النموذج الرياضي وكمثال على ذلك منحني الإشعاع الشمسي خلال فصلي الصيف(شهر حزيران) والشتاء(شهر كانون أول) كما هو مبين بالشكل(3).



شكل(3):منحني الإشعاع الشمسي اليومي بقيم متوسطة ساعية للقرية.

2-تصميم مولدات الخلايا الشمسية والمدخرات:

إن تصميم مولدات الخلايا الشمسية والمدخرات يتبع الى طبيعة وحجم الأحمال المطلوبة، إن حجم مولدات الخلايا الشمسية سيحدد من أجل تغذية مركزية لكامل القرية، أما حجم المدخرات فسيحدد من أجل كل منزل لتغطية

أحماله بشكل مستقل ولكي تكون تحت الإشراف المباشر لأجل المراقبة والصيانة ولضمان موثوقية العمل لكل مستهلك على حدة. وكما ذكرنا في بداية هذا البحث تم دراسة عمل منظومة القرية بسيناريو مزدوج وسوف نقوم بحساب حجم مولدات الطاقة الكهربائية من اجل كل سيناريو على حدة:

2-1-سيناريو (1):

-حساب حجم الخلايا الشمسية:

من خلال الجهد المعمول به ضمن القرية بقيمة [V]110 ، اذا أخذنا بعين الاعتبار الجهد الإضافي لحصول شحن للمدخرات وهبوط الجهد على الديود الموصول مع الخلايا الشمسية يصبح جهد الخرج للخلايا الشمسية [10] [V]130. إن قيمة الإشعاع الشمسي (Solar radiation/SR/) تدخل في حساب حجم الخلايا الكهرشمسية ولضمان موثوقية العمل للخلايا الشمسية نعتمد في الحساب اقل قيمة للإشعاع الشمسي على مدار العام بقيمة $5.14[KWh/m^2/day]$ وهي تناسب الإشعاع الشمسي لشهر كانون الثاني كما هو موضح بالشكل(3). والقيمة السابقة تعادل زمن اشعاع شمسي بمعدل تام (One sun=100% SR) وبالتالي حجم الاستطاعة التصميمية للخلايا الكهرشمسية[11]:

$$P_{PV1} = \frac{E_{L1}}{t_d \ \eta_{PV}} \tag{12}$$

E_{L1}=600[KWh/day] :قدرة الحمولة المطلوبة حسب السيناريو (1)

t_d =5.14[h/day] :فترة زمنية مقابلة للحد الأدنى للإشعاع الشمسي

η_{PV}=0.80 : مردود الطاقة المفيدة الناتجة من الخلية

$$P_{PV1} = \frac{600[KWh/day]}{5.14[h/day]*0.80} = 146[KW]$$

عدد وحدات الخلايا الشمسية اللازمة لتوليد الاستطاعة السابقة:

$$N_{module1} = \frac{P_{PV1}}{P_{module}} = \frac{146[KW]}{80[W]} = 1824[Module] \tag{13}$$

P_{module} :استطاعة الخرج بقيمة متوسطة لوحدة توليد الخلايا الشمسية

المساحة المقابلة للاستطاعة السابقة وحسب المواصفات الفنية لوحدة توليد الخلايا الشمسية (جدول(3)):

$$A_{PV1} = N_{module1} * A_{module} = 1824[Module]*0.8[m^2/Module] = 1459[m^2] \tag{14}$$

جدول(3):بيانات مولدات الخلايا الشمسية (One Module)

التيار[A]	3.1	الطول [mm]	1271
الجهد[V]	43	العرض [mm]	642
الاستطاعة[W]	100	المساحة [m^2]	0.8
مردود الاشعاع الشمسي الوارد على الخلية[%]	15	الوزن [Kg]	9.0
مردود الطاقة المفيدة الناتجة من الخلية[%]	80	الوزن [Kg]	9.0
العمر[Y]	30	الكلفة [$/W]	1

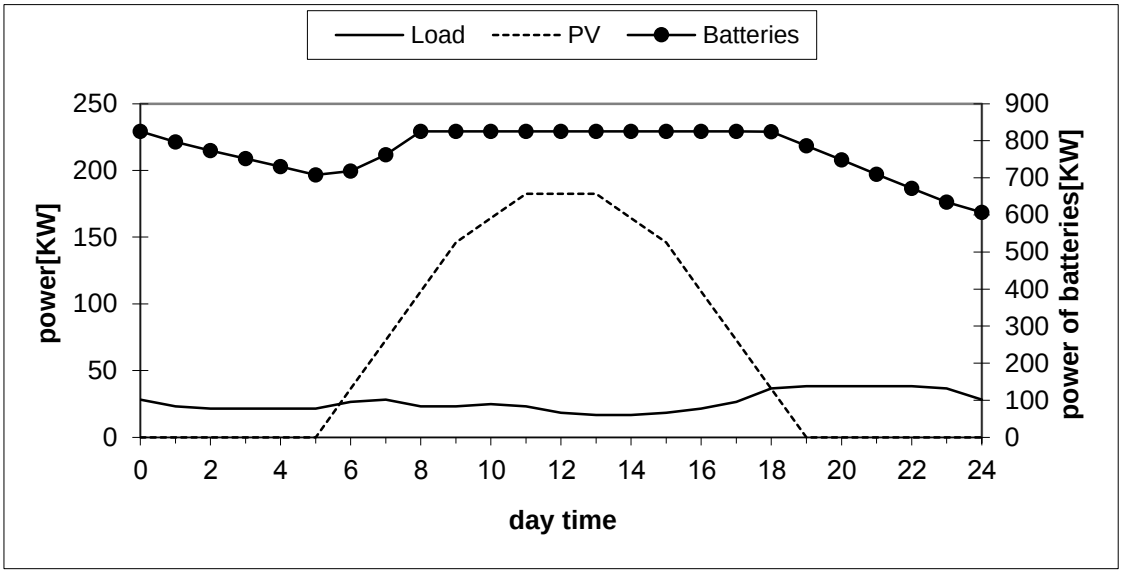
-حساب عدد البطاريات:

إن حساب عدد البطاريات يتم من أجل كامل الحمولة المطلوبة، وهذا يعني أن المدخرات يمكن أن تغطي كامل الحمولة ليوم واحد وذلك لزيادة الموثوقية والاستقرار لعمل المنظومة. إن إيجاد عدد المدخرات اللازمة لتغذية أحمال منزل واحد يتم من خلال حجم القدرة الممكن تقديمها للحمولة من قبل كل بطارية وهي تعادل [Wh]2750 ، وهذه القيمة نتجت من خلال الفرق بين القدرة المخزنة لحالة الشحن التام والموافق لجهد الخلية [V]2.2 وحالة التفريغ التام والموافق لجهد الخلية [V]1.7 وسعة المدخرة الواحدة [Ah]100 وبالتالي عدد المدخرات اللازم لكل منزل[11]:

(15)

$$N_B = \frac{E_L}{E_B} = 6000[Wh]/2750[Wh] = 3\,[Batteries]$$

إن المنحنيات البيانية التي توضح آلية عمل المنظومة من استطاعة الأحمال واستطاعة الخرج للخلايا الشمسية وأيضا تفريغ وشحن المدخرات موضحة بالشكل(4).



شكل(4):منحني الخرج للخلايا الشمسية ومنحني الحمولة وعملية شحن وتفريغ البطاريات من اجل السيناريو(1).

2-2-سيناريو(2):

-حساب حجم الخلايا الشمسية:

حجم الاستطاعة للخلايا الشمسية بما يناسب الحمولة لكامل القرية بحسب السيناريو(2):

$$P_{PV2} = \frac{E_{L2}}{t_d\ \eta_{PV}} \qquad (16)$$

E_{L2}=1020[KWh/day]:قدرة الحمولة المطلوبة حسب السيناريو (2)

$$P_{PV2} = \frac{1020[KWh/day]}{5.14[h/day]*0.80} = 248[KW]$$

عدد وحدات الخلايا الشمسية اللازمة لتوليد الاستطاعة السابقة:

$$N_{module2} = \frac{P_{PV2}}{P_{module}} \quad (17)$$

$$N_{module2} = \frac{248[KW]}{80[W]} = 3100\,[Module]$$

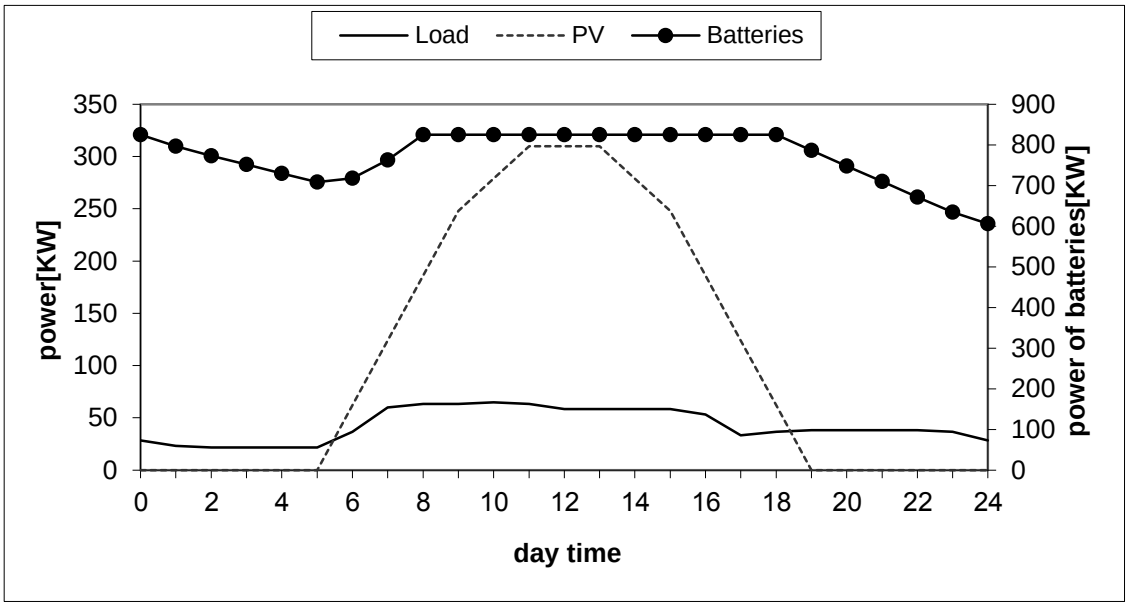
المساحة المقابلة للاستطاعة السابقة:

$$A_{PV2} = N_{module2} * A_{module} \quad (18)$$

$$= 3100 * 0.8 = 2480[m^2]$$

-حساب عدد البطاريات:

على اعتبار عمل مضخات السقاية يقع ضمن الفترة الزمنية للإشعاع الشمسي وبشكل يتفق مع الطبيعة ذات التغير المتواتر للإشعاع الشمسي، وبالتالي المدخرات ستغذي الأحمال المنزلية فقط خلال فترة غياب الإشعاع الشمسي وهذا يتفق مع السيناريو(1). المنحنيات البيانية الموافقة لعمل المنظومة موضحة بالشكل(5).



شكل(5):منحني الخرج للخلايا الشمسية ومنحني الحمولة وعملية شحن وتفريغ البطاريات من اجل السيناريو(2).

3-تصميم وحدات توليد الديزل:

إن حجم وحدات الديزل لتوليد الطاقة الكهربائية اللازمة لتغذية الأحمال المطلوبة بما يتفق مع السيناريو(1) يعادل وحدتان باستطاعة خرج تعادل [75[KW لكل منهما، بحيث تؤدي الى عمل مستقر للمنظومة. ومن أجل السيناريو(2) يبقى حجم مولدات الديزل للطاقة الكهربائية ثابت لأن مضخات المياه ستقاد ميكانيكيا باستخدام محركات ديزل أيضا، وحسب استطاعة المضخات فانه سيلزم محركات ديزل لقيادتها ميكانيكيا باستطاعة [50[KW ووحدات ديزل احتياطية بنفس الاستطاعة[12].

4-الدراسة الاقتصادية:

إن الدراسة الاقتصادية تهدف الى اجراء مقارنة في كلفة توليد واحدة القدرة من خلال استخدام نموذجين في توليد الطاقة الكهربائية:

النموذج الأول:استخدام مصادر الطاقة المتجددة ممثلة بالخلايا الكهرشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية بالإضافة الى البطاريات كنظام بديل عند غياب الإشعاع الشمسي.

النموذج الثاني: استخدام وحدات توليد الديزل للطاقة الكهربائية لتغذية الأحمال الكهربائية المطلوبة من أجل السيناريو (1) وإضافة مجموعة محركات ديزل للقيادة الميكانيكية لمضخات المياه من أجل السيناريو (2).

من خلال الاستطاعة المغذاة من قبل مولدات الطاقة الكهربائية للأحمال المطلوبة وأيضا قيم كلفة الشراء أو الكلفة الثابتة (Fixed cost) لأنظمة توليد الطاقة وأيضا كلفة الصيانة أو الكلفة المتغيرة (Running cost) يمكن تحديد كلفة واحدة القدرة الكهربائية (Cost of KWh) من أجل كل سيناريو على حدة.

4-1-سيناريو (1):

-مولدات الخلايا الشمسية:

من كلفة الخلايا الكهرشمسية بما فيها أجهزة الحماية والتوصيلات الكهربائية والمبدلات وقالبات التيار حسب الجدول(3)، وثمن المدخرات وتكاليف الصيانة السنوية لها كما هو موضح بالجدول(4)، يمكن ايجاد قيمة الكلفة السنوية المكافئة وبما يتفق مع الدراسة السابقة للنموذج الاقتصادي:

$$C_{PB1} = P_{PV1} * P_{WPV} * \alpha_{PV} + P_{main.PV} + N_{B1} * P_B * \alpha_B + P_{main.B} \qquad (19)$$

حيث:

$P_{PV1} = 146000[W]$:استطاعة الخلايا الكهرشمسية من أجل السيناريو (1)

$P_{WPV} = 1[\$/W]$:كلفة شراء واحدة الاستطاعة للخلايا الكهرشمسية(الجدول(2))

$\alpha_{PV} = 0.072$:معامل تحويل الكلفة الثابتة(كلفة الشراء) للخلايا الشمسية الى كلفة سنوية(معدل الفائدة 6% والعمر الاقتصادي [Y]30)

$P_{main.PV}[\$/Y]$:كلفة صيانة سنوية للخلايا الشمسية(تهمل)

$N_{B1} = 300[Batteries]$:عدد المدخرات اللازمة من أجل سيناريو (1)

$P_B = 60[\$]$:سعر البطارية الواحدة

$\alpha_B = 0.102$:معامل تحويل كلفة شراء المدخرات(الكلفة الثابتة) الى كلفة سنوية(معدل الفائدة 6% والعمر الاقتصادي [Y]10)

$P_{main.B} = 360[\$/Y]$:كلفة صيانة سنوية للمدخرات تؤخذ كنسبة من كلفة الشراء 2% [13]

وبالتالي:

C_{PB1} =12708[$/Y]

كلفة إنتاج واحدة القدرة[14]:

$$CE_{PB1} = \frac{C_{PB1}}{E_{Load}} \quad (20)$$

حيث: $E_{Load}[KWh/Y]$:قدرة الأحمال المطلوبة خلال عام

CE_{PB1} =12708/219000=0.058[$/KWh]

جدول(4):بيانات المدخرات

n [Y]	الكلفة[$/Battery]	السعة [Ah]
15	60	100

-وحدات توليد الديزل:

الكلفة السنوية المكافئة لوحدات توليد الديزل:

$$C_{D1} = P_{D1} * P_{WD} * \alpha_D + E_{Dh1} * F_{Wh} * P_F + P_{main.D} \quad (21)$$

حيث:

$P_{D1} = 150[KW]$:الاستطاعة الاسمية لوحدات الديزل حسب السيناريو(1)

$P_{WD} = 300[\$/KW]$:سعر وحدة الاستطاعة لوحدات الديزل(الجدول(5))

$\alpha_D = 0.203$:معامل تحويل كلفة الشراء(الكلفة الثابتة) الى قيمة سنوية(معدل الفائدة 6% والعمر الاقتصادي 6[Y])

$E_{Dh1} = 219000[KWh/Y]$:قدرة الأحمال المغذاة من وحدات الديزل خلال عام

$F_{Wh} = 0.3[liter/KWh]$:حجم الوقود اللازم لتوليد واحدة القدرة(الجدول (5))

$P_F = 1[\$/liter]$:سعر وحدة الحجم من الوقود

$P_{main.D} = 900[\$/Y]$:تكاليف صيانة سنوية تؤخذ كنسبة من التكاليف الأساسية 2% [15]

وبالتالي:

C_{D1}=75735[$/Y]

كلفة إنتاج واحدة القدرة:

$$CE_{D1} = \frac{C_{D1}}{E_{Load1}} \quad (22)$$

CE_{D1} =75735/219000=0.345[$/KWh]

جدول(5):بيانات وحدات الديزل

الوقود[l/KWh]	العمر [Y]	الكلفة[$/W]	القدرة[KJ/KWh]	الاستطاعة[KW]
0.3	6	300	10900	25

4-2-سيناريو (2):

مولدات الخلايا الشمسية:

من أجل هذا السيناريو سيتم تغذية الأحمال المنزلية وأحمال السقاية من خلال تشغيل المضخات اللازمة. ولحساب قيمة الكلفة السنوية نجد أن:

$$C_{PB2} = P_{PV2} * P_{WPV} * \alpha_{PV} + P_{main.PV} + N_{B2} * P_B * \alpha_B + P_{main.B} \quad (23)$$

حيث:

$P_{PV2} = 248000[W]$:استطاعة الخلايا الكهرشمسية من أجل السيناريو (2)

$N_{B2} = 300[Batteries]$:عدد المدخرات اللازمة من أجل سيناريو (2)

وبالتالي:

C_{PB2}=20052[$/Y]

كلفة إنتاج واحدة القدرة:

$$CE_{PB2} = \frac{C_{PB2}}{E_{Load}} \quad (24)$$

CE_{PB2} = 20052/372300=0.053[$/KWh]

-وحدات توليد الديزل:

إن عدد الوحدات اللازمة للتشغيل الميكانيكي لمضخات السقاية تمثل مجموعة محركات ديزل باستطاعة 50[KW] ومجموعة مماثلة احتياطية بالإضافة الى الوحدات اللازمة من أجل التغذية الكهربائية للأحمال المنزلية بما يتفق مع السيناريو (1) وبذلك يصبح مجموع استطاعة وحدات الديزل اللازمة 250[KW] وبالتالي:

الكلفة السنوية المكافئة لوحدات الديزل(مولدات + تشغيل ميكانيكي):

$$C_{D2} = P_{D2} * P_{WD} * \alpha_D + E_{Dh2} * F_{Wh} * P_F + P_{main.D} \quad (25)$$

حيث:

$E_{Dh2} = 372300[KWh/Y]$:قدرة الأحمال المغذاة من وحدات الديزل خلال عام

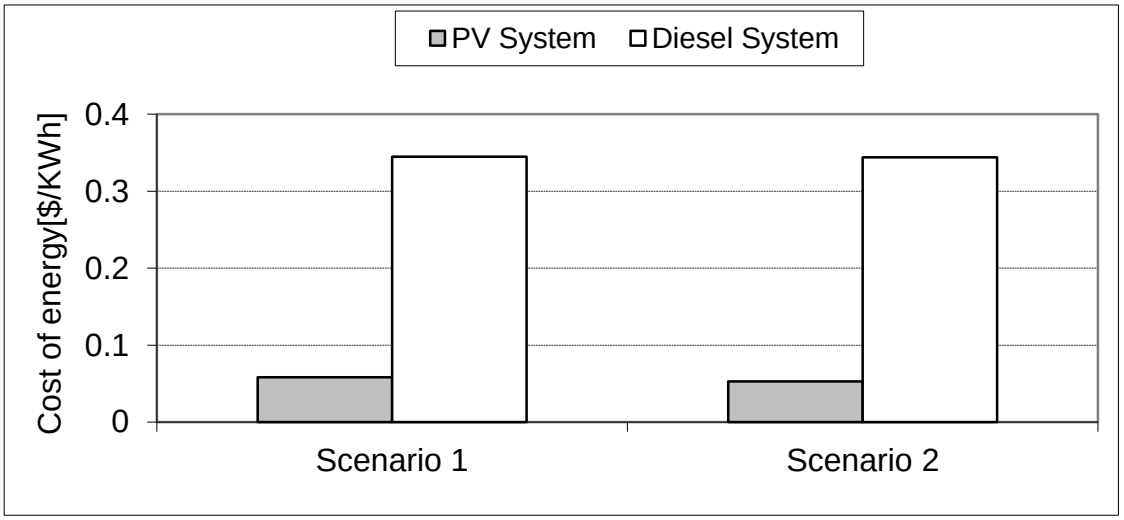
C_{D2} =128415[$/Y]

كلفة إنتاج واحدة القدرة:

$$CE_{D2} = \frac{C_{D2}}{E_{Load2}} \quad (26)$$

CE_{D2}=128415/372300=0.344[$/KWh]

إن نتائج الدراسة الاقتصادية السابقة وبغاية المقارنة بين حالتي استخدام الخلايا الشمسية كمصدر للطاقة المتجددة ووحدات الديزل كمصدر تقليدي للطاقة موضحة بالشكل(6).

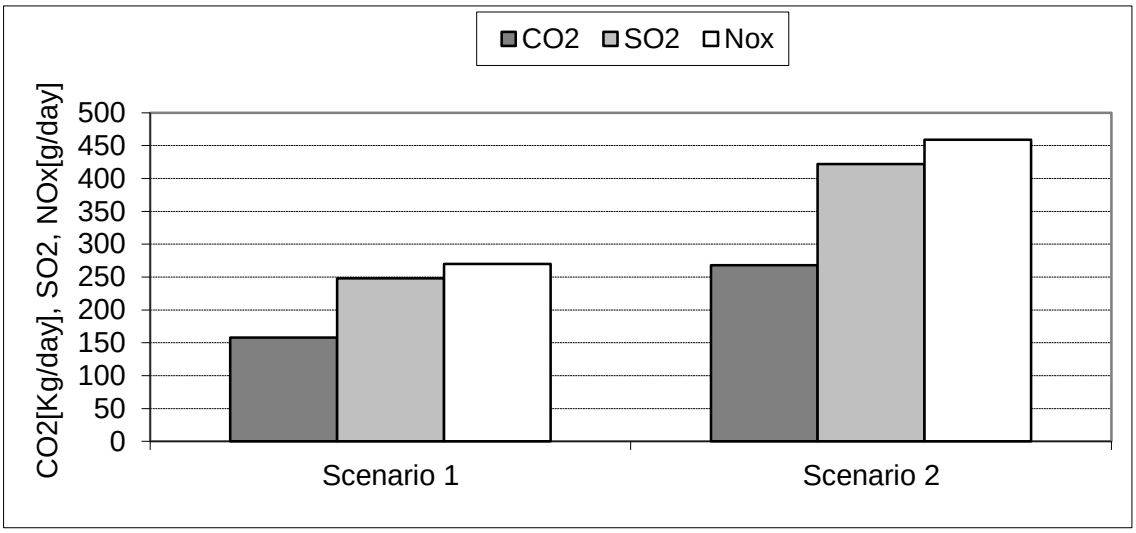


شكل(6):المقارنة في كلفة توليد القدرة بين الخلايا الشمسية ووحدات الديزل.

5-دراسة التلوث:

إن اعتماد الأسلوب التقليدي في تغذية أحمال القرية موضوع هذه الدراسة ممثلا باستخدام محركات ديزل لقيادة وحدات التوليد(Generator units) أو لقيادة مضخات السقاية (Diesel pump) يترافق معه إنتاج غازات ملوثة للبيئة ممثلة بغاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2، ثاني أوكسيد الكبريت SO_2، أكاسيد النتروجين NO_x وأيضا الغبار(Dust). إن حجم التلوث اليومي من المخلفات السابقة وبحسب القيم القياسية لوحدات الديزل المستعملة ومن أجل كل سيناريو على حدة موضحة بالشكل(7)، [16].

إن المخلفات السابقة لها ضرر كبير على البيئة بشكل عام وعلى الإنسان بشكل خاص وهذا التلوث تحتاج معالجته الى تكاليف كبيرة غير مباشرة تضاف الى التكاليف السابقة وهذا مايزيد من عدم الاقتصادية لإتباع هذا الأسلوب كمصدر للطاقة.



الشكل(7):مخلفات التلوث اليومي من تشغيل وحدات الديزل لتقديم الطاقة اللازمة للأحمال المطلوبة.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

* اعتماد النماذج الرياضية (للاشعاع الشمسي وللخلايا الكهرشمسية والمدخرات) في عملية تصميم مكونات منظومة العمل من مولدات الطاقة والعوامل الأخرى المحيطة وايجاد الحجم الاقتصادي لها الذي بموجبه يمكن تغطية الأحمال المطلوبة عند أقل التكاليف.

* بينت الدراسة الاقتصادية أن كلفة إنتاج القدرة الكهربائية من أجل الأحمال المنزلية فقط وباستخدام الخلايا الشمسية أقل بحوالي 82% بالمقارنة مع وحدات الديزل. وفي حال اضافة أحمال السقاية الى الأحمال المنزلية فكانت كلفة إنتاج القدرة الكهربائية من خلال استخدام الخلايا الشمسية أقل بحوالي 84% بالمقارنة مع حالة استخدام وحدات الديزل.

* تحديد كتلة الغازات الملوثة للبيئة، الناتجة عن استخدام الديزل لكلا الحالتين.

التوصيات:

* دعم وتعميق الأبحاث المتعلقة بالطاقات المتجددة لتوليد الطاقة الكهربائية.

* نشجيع ودعم استخدام الخلايا الكهرشمسية، من خلال تبيان الأثر الايجابي البيئي والاقتصادي لاستخدامها.

* دراسة أنظمة هجينة لتولبد الطاقة الكهربائية.

المراجع:

[1] United Nations, Energy statistics yearbook, New York, 1992

[2] S. Pettersson, "Loads analysis and forecasting", Mcs GRaW-Hill, Book Company, Inc.

[3] مسعود صبيح، "الدراسة الفنية والاقتصادية لاستخدام الطاقة الشمسية لتغذية مزرعة معزولة" مجلة بحوث جامعة حلب، العدد/41/ ، 2004.

[4] S. Rahman, "Photovoltaic and demand side management", IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 8, No.3, September 1993, PP.(491-497)

[5] G. Martin, "Solar cells, Operating Principles, Technology and System Applications", Library of Congress Cataloging in Publication Data, Chap.12.

[6]بيانات الأرصاد الجوية لبلدة نوى

[7] M. Ibrahim, "Performance analysis and sizing of integrated renewable energy system" 14 TH European photovoltaic solar energy conference, spain, 4Jul. 2000, PP.1500-1505.

[8] M. Ritzau, "Technisch – Wirtschaftliches Substitutionspotential regenerative" IEAEW, Achen, Germany 1999.

[9] E. El-Sayed, "Reliability and economic analysis of wind turbine generator system" Renewable Energy Conf. & Workshop, 14-18 April 1996, Egypt, PP.297-312.

[10] M. Sabyh & A. Mahmoud, "Application of renewable photovoltaic energy source in a typical society", Renewable Energy Conf. & Workshop, 14-18 April 1996, Egypt, PP.155-166.

[11] A. Rajvaashi, "Development of renewable energy technologies for Third World", Solar Energy, Vol.46, No.1, 1997, PP.41-51.

[12] C. Jito, "Hybrid power system operational test results", USA 2002.

[13] J. Manwell, "Lead acid battery storage model for hybrid energy system", Solar Energy, Vol.50, No.5, 1993, PP.399-405.

[14]عامر العبد الله، "الاقتصاد الهندسي" ، منشورات جامعة حلب، 2000

[15] L. Freris, "Dynamic of an isolated power system supplied from diesel and wind ", IEE Proceedings, Vol.130, Dec. 1999.

[16] S. Soliman & N. Helwa, "Isolation over India- Daily Totals of solar Radiation at 23 Sites" Engineers India, Vol.64, Part IDGE, 3 june 2011, PP. 129-136.