مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٧) العدد(٣) ٢٠٢٣
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (7) No. (3) 2023

التحجيم الأمثل لنظام ضخ مياه يعمل بالطاقة الكهروضوئية

أ.د.م علي أحمد محمود*

أ.د.م علي بديع خضور **

م. سامر محمد حسين ***

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٢/١٠/١٣ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٣/٤/٢٧)

□ ملخّص□

توضح هذه الدراسة التحجيم الأمثل لنظام ضخ مياه يعمل بالطاقة الكهروضوئية يغذي مزرعة ريفية في محافظة طرطوس، حيث يبلغ أعلى معدل لاستهلاك المياه خلال أشهر الصيف حوالي $260\,m^3/day$. تم إجراء التحجيم الأمثل باستخدام برنامج Homer ، يحتاج البئر إلى مضخة غاطسة باستطاعة إجمالية $5.4kw$ و ألواح PV باستطاعة إجمالية مقدارها $11.6kw$ بالإضافة إلى محول (inverter) $6.8\ kw$ و ٩ مدخرات (12 v , 200 Ah).

بلغت كلفة شراء مولد ديزل $ ٣٠٠٠ و هي منخفضة نسبياً إلا أن تكاليف التشغيل مرتفعة جدًا و تبلغ $5688\ \$/yr$. أما بالنسبة لنظام الضخ الكهروضوئي تبلغ كلفة شراء الألواح مع المدخرات و المبدل $31189، في حين تبلغ كلفة التشغيل $1151\ \$/yr$.

كلمات مفتاحية : ألواح كهروضوئية (PV)، ضخ المياه بالطاقة الكهروضوئية، مدخرات، برنامج Homer

* أستاذ في كلية الهندسة التقنية – قسم الأتمتة الصناعية – جامعة طرطوس – سوريا.
**أستاذ في كلية الهندسة التقنية – قسم تقانات الطاقات المتجددة – جامعة طرطوس – سوريا.
*** طالب دراسات عليا (دكتوراه) – كلية الهندسة التقنية – قسم تقانات الطاقات المتجددة – جامعة طرطوس – سوريا.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٧) العدد(٣) ٢٠٢٣
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (7) No. (3) 2023

Optimum sizing for a pv water pumping system

Dr.Eng. Ali ahmad Mahmoud *
Dr.Eng. Ali badi khaddour **
Eng. Samer mohammed hossaien ***

(Received 13/10/2022 . Accepted 27/4/2023)

□ **ABSTRACT**

This study, presenses the optimum sizing of a photovoltaic water pumping system for a rural farm in Tartous, and compartion of the electrical storage to the water storage, where the highest rate of water consumption during in summer is about 260 m^3 / day. Optimized sizing was done using Homer software. The well requires a 5.4 kw submersible pump, 11.6 kw PV, 6.8 kw inverter (1ph) and 9 battaries (12 v, 200 Ah).

The cost of purchasing a diesel generator was 3,000$, which is relatively low, but the operating costs are very high, amounting to 5,688 $/yr. As for the photovoltaic pumping system, the cost of purchasing panels with battaries and the inverter is $31,189, while the operating cost is 1,151 $/yr.

Keywords: PV module,PV water pumping,Batteries,Homer Program.

*Professor – Faculty of technical engineering, Aotumation Department -Tartous University- Tartous- Syria.
** Professor – Faculty of technical engineering, Technologies renewable energy Department -Tartous University- Tartous- Syria.
*** Postgraduate student (PhD) – Faculty of technical engineering, Technologies renewable energy Department -Tartous University- Tartous- Syria.

١- المقدمة:

تعتبر الطاقات المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية بديلاً هاماً للوقود الأحفوري، حيث دفعت مشكلة الاحتباس الحراري الباحثين إلى البحث عن مصادر طاقة صديقة للبيئة والتي يتم استخراجها بشكل رئيسي من مصادر الطاقة المتجددة مثل الشمس والماء والرياح. ... إلخ.

يعمل عدد كبير من المواطنين وخاصة في محافظة طرطوس في مجال الزراعة، كما ينتشر في ريف طرطوس عدد كبير من الآبار المستخدمة في ري المحاصيل الزراعية. استخدمت المضخات الميكانيكية العاملة على الديزل سابقاً لتشغيل هذه الآبار ثم تحول المزارعون إلى استخدام الغاطسات الكهربائية بدلاً من المضخات العاملة على الديزل [١]. مع بداية الحرب التي فرضت على سورية تكبد قطاع الكهرباء خسائر كبيرة أدت إلى حدوث عجز لدى الشبكة الكهربائية في تغطية الأحمال الكهربائية ما تسبب في تخفيض ساعات التغذية الكهربائية، إضافة لوجود العديد من المزارع البعيدة عن الشبكة الكهربائية و يوجد صعوبة في توصيلها إلى الشبكة. كل هذه الصعوبات أدت إلى الاهتمام أكثر باستثمار مصادر الطاقة المتجددة المتوفرة في بلدنا و لعل أهمها هي الطاقة الشمسية نظراً لما تتمتع به سورية من موقع جغرافي مميز يصل فيها عدد الأيام المشمسة إلى ما يزيد عن ٣١٠ يوم مشمس في العام [٢] ، كما تبين الدراسات [3] أن نظم ضخ المياه بالطاقة الشمسية الكهروضوئية مناسبة لري المحاصيل و لتأمين مياه الشرب في المناطق التي لا تتوفر فيها مصادر أرخص للطاقة، كما أن أنظمة الضخ الكهروضوئية يمكن أن تكون أكثر فعالية من حيث التكلفة من محركات الديزل في المناطق البعيدة و الأرياف [5,4].

سنستعرض في هذا البحث التحجيم الأمثل لنظام ضخ كهروضوئي يؤمن التغذية الكهربائية لمضخة غاطسة موجودة في بئر على عمق $110\ m$ ، يستخدم البئر لتأمين المياه اللازمة لسقاية الأشجار في مزرعة ريفية مساحتها $25000m^2$ بالإضافة لوجود منزلين و حظيرة لتربية المواشي .

٢- أهمية البحث و أهدافه:

يهدف البحث إلى تحديد التحجيم الأمثل لنظام ضخ المياه بالطاقة الكهروضوئية من حيث التكلفة والتلوث. باستخدام برنامج Homer ، بالإضافة إلى إيضاح أهمية استخدام الطاقة المتجددة و كيفية استثمارها و استغلالها خاصة في تطبيقات نظم الضخ الكهروضوئية، كما تكمن أهمية البحث في إيجاد حلول بديلة لتشغيل آبار المياه خاصة مع النقص الكبير الحاصل في تأمين حوامل الطاقة نتيجة الحصار الاقتصادي الذي تتعرض له سورية.

٣- طرائق البحث و مواده:

٣-١ الدراسة المرجعية:

ذكر الباحث Ghoneim [٦] أن أحد أفضل تطبيقات الأنظمة الشمسية الكهروضوئية هو استخدامها كمصدر للطاقة لضخ المياه، كما يمكن للنظام استخدام خزانات المياه بدلاً من البطاريات.

قام الباحث Ajao [7] بإجراء تحليل اقتصادي لتكلفة نظام طاقة هجين (ألواح كهروضوئية + عنفات ريحية) و قارنها مع تكاليف الكهرباء من الشبكة العامة، أشارت النتائج إلى أن النظام الهجين غير مجدي اقتصاديًا، حيث كان زمن استرداد النظام ثلاثة وثلاثين عامًا.

صمم الباحث Salam [8] نظام كهروضوئي يؤمن التغذية الكهربائية لمختبر باستخدام برنامج Homer ، حيث اقترح البرنامج استخدام ألواح / 140 w-12 v/ موصولة على التسلسل للحصول على جهد 24 v بالإضافة لاستخدام أربع مدخرات بجهد 6 v و بسعة 360 Ah ، كما بلغت تكلفة النظام $ ١٣٥٠٠ و بلغت كلفة التشغيل $/year ٨١٧ فيما بلغت كلفة توليد الكيلو وات ساعي : $/kwh ١.٣٥٤.

ناقش Elhassan [9] استخدام برنامج Homer لتصميم نظام هجين مجدي اقتصاديًا مكون من / ألواح كهروضوئية + عنفات ريحية / لتغذية المناطق السكنية في الخرطوم بالكهرباء. كانت الغاية الاستفادة من المساحات الشاسعة للصحراء في السودان بالإضافة إلى أشعة الشمس المتوفرة بكثرة وتصميم طريقة مجدية اقتصاديًا لبناء محطات طاقة شمسية واسعة النطاق. اعتمد الباحث على بيانات متوسط الإشعاع العالمي لوكالة ناسا ، وتم استخدام بيانات القياس الشهرية لمتوسط عوامل الرياح من SEI. تم استخدام برنامج Homer في عملية التصميم والمحاكاة، وأظهرت نتائج المحاكاة أن تصميم نظام هجين (شبكة عامة +مصدر الطاقة المتجددة (RES)) مجدي من الناحية الاقتصادية بالمقارنة مع الشبكة الكهربائية العامة. كان وقت الاسترداد ١٤ عامًا ويمكن تحقيق انخفاض بنسبة ٦٥ ٪ في انبعاثات الغازات الدفيئة.

اقترح Chaichan [10] تشغيل أضواء الطريق باستخدام نظام هجين / ألواح كهروضوئية+الرياح+مدخرات / و مقارنة ذلك بتصميم مماثل قائم على مولد ديزل. استخدم الباحثون برنامج Homer للحصول على التصميم الأمثل للنظام. أظهرت النتائج أن كلفة الكيلو وات ساعي للنظام الهجين هي $/kwh 0.4 . أما بالنسبة لنظام مولدات الديزل، فقد أظهرت النتائج أن كلفة الكيلو وات ساعي هي $/kwh 3.164.

صمم عدد من الباحثين [11] نظامًا شمسيًا كهروضوئياً باستطاعة kw٩ لتشغيل عيادة صحية باستطاعة kwh/day ٤٢.٣٠٧. استخدم الباحثون برنامج Homer لتصميم النظام، و حساب تفاصيل تكاليف مكونات النظام. بينت نتائج المحاكاة أن كلفة النظام الأمثل تبلغ $ $/kwh 0.418 على عكس تكلفة مولد ديزل يقوم بتشغيل نفس الحمل، وهو $ $/kwh 0.5581عند مقارنة النظامين، وجد أنه على الرغم من ارتفاع كلفة إنشاء النظام الكهروضوئي، إلا أنه لا يزال حلاً أكثر جدوى من نظيره الذي يعتمد على الديزل على المدى الطويل بسبب الحجم الكبير لانبعاثات الغازات الضارة وتكاليف الصيانة.

من خلال الدراسات المرجعية التي تم استعراضها لوحظ أن برنامج Homer هو أكثر برامج تحليل الأنظمة استخدامًا عندما يتعلق الأمر بأنظمة الطاقة التقليدية والمتجددة و لمهمة محاكاة هذه الأنظمة مع المدخلات المرغوبة، سيتم استخدام Homer وتحديداً الإصدار التجريبي من البرنامج HOMER Pro® [12].

٣-٢ مكونات نظام الضخ:

يمكن وصف نظام الضخ بمكوناته الأساسية على النحو التالي:

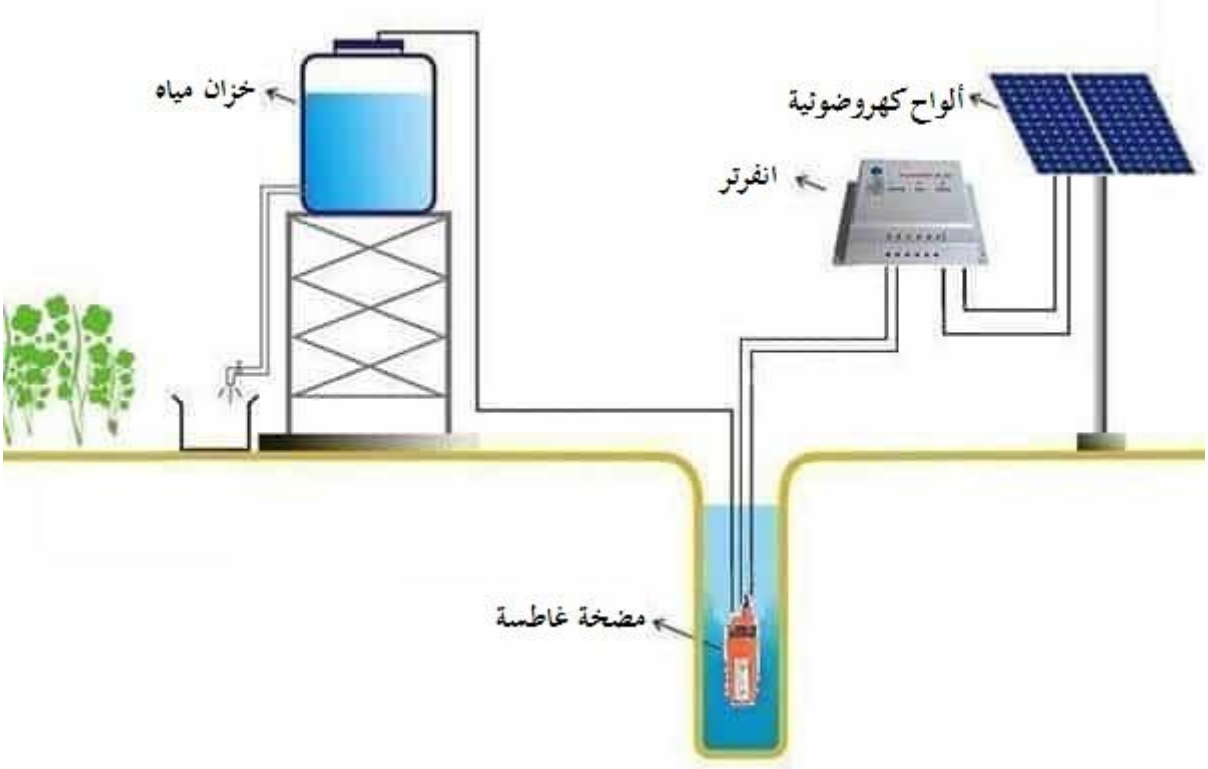
- مضخة الماء، وهي أهم عنصر في النظام. اختيار استطاعة المضخة بشكل صحيح ضروري لتلبية متطلبات الري، تختلف أنواع المضخات حسب مكان تركيبها وكيفية استخدامها، تم اقتراح مضخة طرد مركزي غاطسة في هذا البحث.

❖ مصدر الطاقة يوفر تيار متناوب لتشغيل مضخة المياه، يمكن استخدام أي مصدر للطاقة، حيث يمكن استخدام مولدات الديزل أو منظومة طاقة شمسية كهروضوئية، علماً أن مولدات الديزل تنتج التيار المتناوب مباشرة، أما الألواح الكهروضوئية تحتاج إلى مبدل (انفرتر) لتحويل التيار المستمر إلى متناوب.

❖ نظام التخزين يمكن أن يكون نظام كهربائي (مدخرات) أو نظام مائي (خزان مياه).

❖ يمكن أن يكون نظام الري حديث (شبكة أنابيب) أو أي نظام مشابه (من صهاريج التخزين) الذي يمكن استخدامه للري الفعلي للمحاصيل، هذا في حال تم استخدام النظام للأغراض الزراعية كالعادة. أما إذا لم يكن الغرض منه زراعيًا، فيمكن استبداله بنظام توصيل للتطبيقات السكنية.

يبين الشكل (١) مكونات نظام ضخ لمياه الكهروضوئي



الشكل (١) مكونات نظام ضخ المياه الكهروضوئي

٣-٣ اختيار التصميم الأنسب:

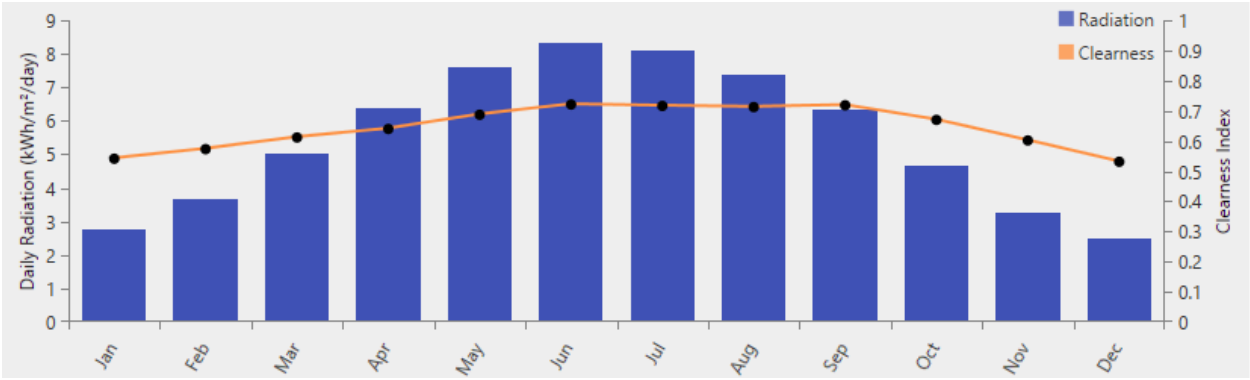
يتم اختيار التصميم الأنسب المطلوب لتشغيل المضخة من خلال اتباع الخطوات التالية:

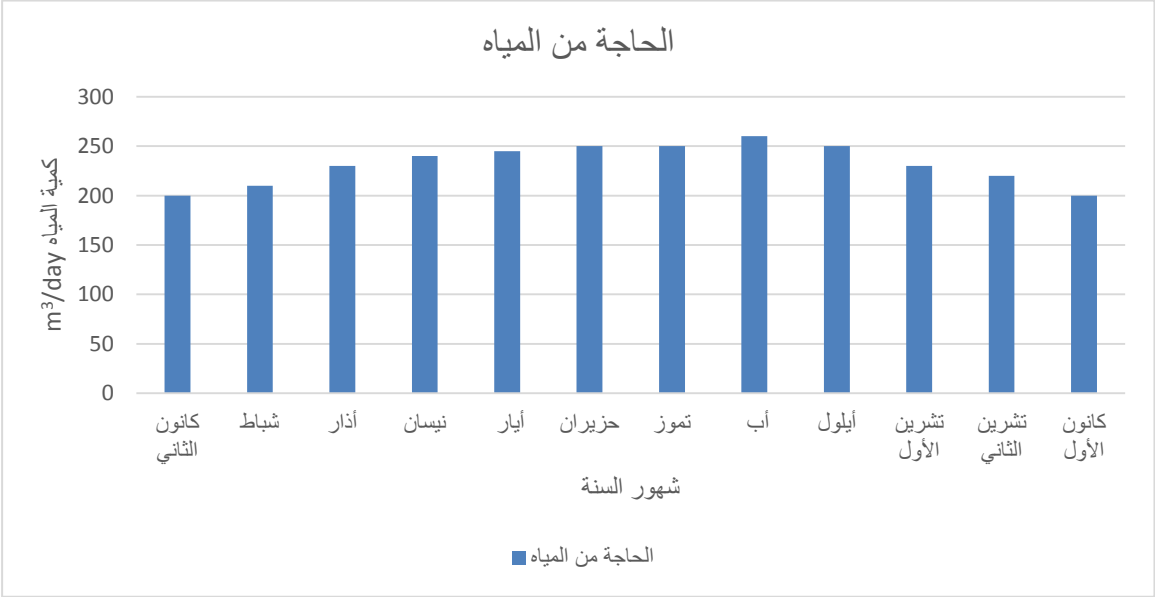
❖ تفاصيل الموقع: تقع المزرعة في ريف محافظة طرطوس و تضم بئر مياه، كما أن خطوط الطول و العرض للموقع هي (34.53°N , 35.53°E).

❖ بيانات الإشعاع الشمسي: اعتمدت بيانات شدة الإشعاع الشمسي للموقع المدروس بالاعتماد على قاعدة بيانات خاصة ببرنامج Homer بناءً على إحداثيات الموقع المدروس ويوضح الشكل(٢) بيانات شدة الإشعاع الشمسي لأشهر السنة للموقع المدروس و التي ستصل في شهر حزيران إلى $8.1\ kwh/m^2/day$ كمتوسط شهري للإشعاع الشمسي.

الشكل(٢) متوسط شدة الإشعاع الشمسي لأشهر السنة للموقع المدروس.

❖ تحديد الحاجة من المياه: المضخة تستخدم لسقاية الأشجار و تأمين المياه لمنزلين و حظيرة مواشي، كما أنه لا يتم تحديد الطلب على المياه كل يوم ولكن هناك تقلبات تحدث على أساس شهري كما هو موضح في الشكل(٣)، و عند تفاوت الكمية يجب أن نعتمد الكمية الأكبر التي نتوقع أن نستهلكها و التي هي $Q =$ $.260\ m^3/day$





الشكل (٣) الحاجة من المياه m^3/day في السنة

❖ حساب ارتفاع الضاغط الديناميكي(Total Head Dynamic (THD:

عمق البئر $110\ m$

ارتفاع الخزان عن سطح الأرض 2 m

الضياعات الناتجة عن الاحتكاك و عن وجود الأكواع تؤخذ عادة بنسبة 7% من الارتفاع الكلي:

$$112 \times 0.07 = 7.84\ m$$

و بالتالي يكون ارتفاع الضاغط الكلي:

$$TDH = 110 + 2 + 7.84 = 119.84 \approx 120\ m$$

❖ **تحديد استطاعة المضخة:**

يمكن حساب قدرة المضخة من خلال تطبيق العلاقة التالية [6] :

$$P = \frac{TDH \times Q \times \rho \times g}{\eta} \quad [1]$$

P : الاستطاعة الكهربائية المطلوبة للمضخة.

ρ: كثافة الماء $(998 kg/m^3)$.

g: ثابت الجاذبية (9.81).

TDH : ارتفاع الضاغط الديناميكي.

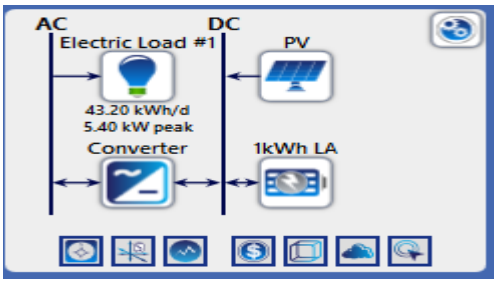
Q : معدل التدفق (m^3/s).

η : هي كفاءة المضخة (٦٥٪).

يبلغ إجمالي ارتفاع الضاغط الديناميكي $118\ m$ ومعدل التدفق الأقصى $260\ m^3/day$، بالتعويض في المعادلة [1] تكون استطاعة المضخة المطلوبة 5.4 kw وبالتالي سنختار مضخة باستطاعة 7[HP].

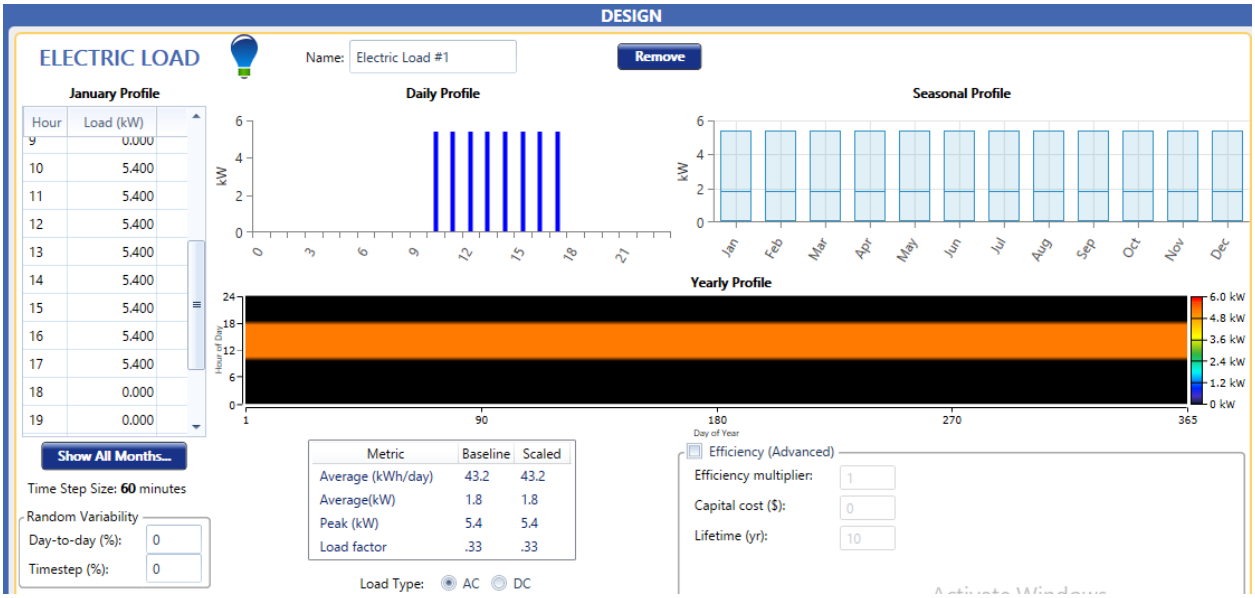
❖ **تحجيم النظام الكهروضوئي:**

بناءً على استطاعة المضخة يمكن تحديد الألواح الكهروضوئية المطلوبة باستخدام برنامج Homer، وكما هو موضح في الشكل (٤) الذي يبين جميع المكونات الكهربائية لنظام الضخ.



الشكل (٤) رسم تخطيطي لمكونات نظام الضخ باستخدام برنامج Homer

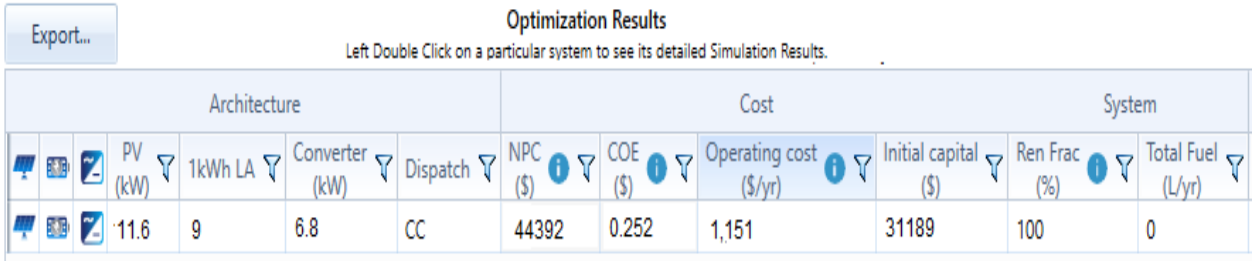
تم إدخال بيانات الإشعاع الشمسي الموضحة سابقاً في الشكل (٢) مع بيانات الحمل اليومي في Homer كما هو موضح في الشكل (٥). ويمكن ملاحظة أن المضخة تعمل لمدة ٨ ساعات يوميًا من الساعة ٩ صباحًا حتى الساعة ٥ مساءً، والهدف هو الاستفادة من الإشعاع الشمسي قدر الإمكان في وضح النهار.



الشكل (٥) بيانات الحمل

توضح نتائج المحاكاة المبينة في الشكل (٦) أنه تم اختيار ألواح كهروضوئية باستطاعة ١١.٦ كيلو واط، ومبدل ٦.٨ كيلو واط، و ٩ مدخرات (٢٠٠ أمبير، ١٢ فولت) كمكونات للنظام. كنظام مستقل، سيكون مصدر الطاقة هذا كافياً لضخ الكمية المطلوبة من المياه مع نسبة صغيرة من الكهرباء الزائدة. يمكن استبدال المدخرات بخزان مياه، مما يجعل النظام بدون تخزين كهربائي.

بالإضافة لبيانات الحمل، تم استخدام الإشعاع الشمسي للموقع المحدد الشكل(٢)، كما تم تضمين حساب التكاليف الحقيقية للنظام بما في ذلك التركيب والصيانة، تظهر المحاكاة النظام الأمثل كما هو موضح في الشكل(٦).



الشكل (٦) نتائج المحاكاة وفق برنامج Homer

٣-٤ طرق التخزين الممكنة:

٣-٤-١ التخزين الكهربائي:

كما هو واضح من نتيجة المحاكاة المبينة في الشكل (٦) فقد اختار البرنامج ٩ مدخرات قادرة على تأمين التغذية الكهربائية للنظام لمدة ٤ ساعات في حال الطقس الغائم و ذلك اعتماداً على المعادلة التالية [13]:

$$\text{عدد ساعات التشغيل} = \frac{N \times (E \times V)}{P}$$

N : عدد المدخرات - E : سعة المدخرة - V: جهد المدخرة – P: الاستطاعة الكهربائية للمضخة.

$$\text{عدد ساعات التشغيل} = \frac{9(200Ah \times 12)}{5332W} = 4.05 \approx 4\ hour$$

و بالتالي لمعرفة عدد المدخرات اللازمة لتغطية الحمل في حال استمرار الطقس الغائم لمدة يومين نطبق العلاقة التالية:

$$E_{2days} = 5332 \times 8 \times 2 = 85.312\ kwh$$

يمكن حساب عدد السلاسل الموصولة على التفرع من العلاقة التالية باعتبار جهد النظام 48 v و عمق التفريغ للمدخرات 80% [13]:

$$\frac{85112\ wh}{48\ \times 200} \times 0.8 = 7.09 \approx 7$$

تضم كل سلسلة ٤ مدخرات و ذلك للحصول على جهد 48 v فيكون العدد الكلي للمدخرات:

$$7 \times 4 = 28 \text{ مدخرة}$$

من الناحية الاقتصادية يعتبر هذا الخيار على مدار ٢٠ عام مكلف اقتصادياً مع الأخذ بالاعتبار تكاليف الصيانة و الاستبدال.

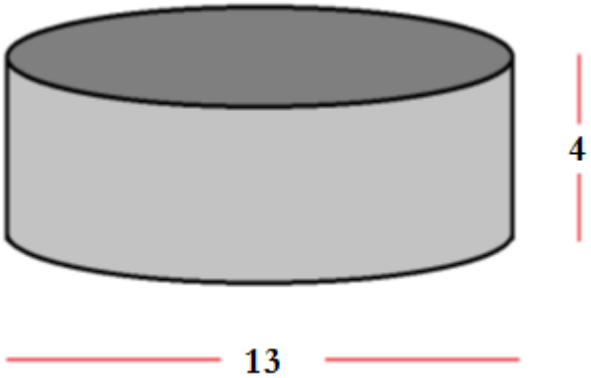
٣-٤-٢ التخزين المائي:

يتم تحديد حجم الخزان بنفس مبدأ تحديد عدد المدخرات، بحيث يستطيع تأمين المياه ليومين غائمين، حجم المياه المطلوب تخزينها [14] هو:

$$2 \times 260 = 520\ m^3$$

الخزان عبارة عن شكل أسطواني أبعاده كما هو موضح في الشكل (٧) وعلى افتراض أن ارتفاعه ٤ أمتار يكون حجم التخزين:

$$V\ = r^2\ \times\ h\ \times\ \pi$$



الشكل (٧) خزان المياه

حيث:

V: الحجم بالمتر المكعب.

r: نصف القطر بالمتر.

h: الارتفاع بالمتر

$$V\ = 6.5^2\ \times 4\ \times\ \pi = 530\ m^3$$

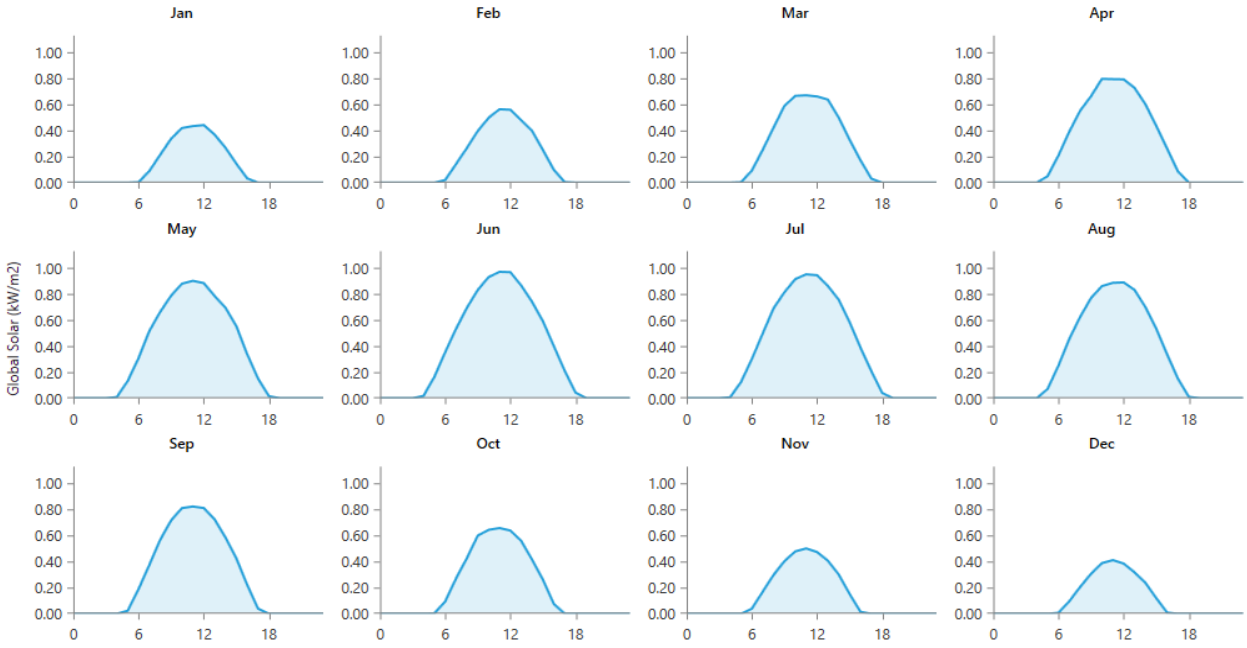
تبلغ كلفة بناء الخزان حوالي 7445.5 $ (الملحق ١)

٤- النتائج و المناقشة:

تم إجراء تحجيم نظام ضخ المياه بالطاقة الكهروضوئية على نطاق واسع وتحليله اقتصاديًا، تظهر نتائج عمليات المحاكاة التي تم إجراؤها باستخدام برنامج Homer إمكانات كبيرة في تصميم الأنظمة الكهروضوئية، على الرغم من ارتفاع التكاليف التأسيسية للأنظمة الكهروضوئية مقارنة بالديزل.

من الناحية الاقتصادية، بلغت كلفة المدخرات التسع التي تم اختيارها في برنامج Homer 11875 دولارًا على مدار ٢٠ عامًا (بما في ذلك تكلفة الاستبدال والصيانة). كما تم إجراء مقارنة بين التخزين الكهربائي و التخزين المائي بحيث يتم تأمين المياه في ظل وجود يومين غائمين، بالنسبة للتخزين الكهربائي هناك حاجة لاستخدام ٢٨ مدخرة بتكلفة ٣٦٩٤٤ دولار وهي أكبر بكثير من تكلفة بناء خزان مياه (التخزين المائي).

خرج الألواح الكهروضوئية يتغير كل شهر، كما هو مبين في الشكل (٨)، حيث حدثت ذروة إنتاج الطاقة في حزيران وتموز وأب، بينما كانت أقل استطاعة ناتجة خلال شهري كانون الأول و الثاني. وبالمثل، أظهر الطلب على المياه نفس دورة التباين تقريبًا كما هو موضح في الشكل (٣).



الشكل (٨) الخرج الكهربائي للألواح الكهروضوئية

٤-١ تكلفة النظام:

تعتبر تكلفة النظام الكهروضوئي مقبولة عند مقارنتها بالأنظمة التقليدية و خاصة مولدات الديزل التي تتميز بتكلفة تشغيل سنوية عالية كما هو موضح في الشكل (٩).

Export...

Optimization Results

Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.

Architecture			Cost				System		Gen				
	Gen (kW)	Dispatch	NPC ($)	COE ($)	Operating cost ($/yr)	Initial capital ($)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Hours	Production (kWh)	Fuel (L)	O&M Cost ($/yr)	Fuel Cost ($/yr)
	6.00	CC	$76,534	$0.375	$5,688	$3,000	0	4,700	2,920	15,768	4,700	526	4,700

الشكل (٩) نتيجة محاكاة استخدام مولد الديزل باستخدام برنامج Homer

على الرغم من أن كلفة شراء مولد الديزل تبلغ $ ٣٠٠٠ و هي منخفضة نسبياً إلا أن تكاليف التشغيل مرتفعة جدًا و تبلغ $5688/yr.أما بالنسبة للنظام الكهروضوئي تبلغ كلفة شراء الألواح مع المدخرات و المبدل $31189 كما هو مبين في الشكل (٥)، في حين تبلغ كلفة التشغيل $1151/yr، كما هو موضح قي الجدول (١)

الجدول (١): مقارنة بين منظومة ضخ شمسية كهروضوئية و مولد ديزل

	منظومة ضخ شمسية كهروضوئية	مولد ديزل
الكلفة التأسيسة	31189 $	3000 $
كلفة التشغيل	1151$/yr	5688 $/yr

٤-٢ التلوث البيئي:

تُظهر نتائج الدراسة البيئية التي تم حسابها باستخدام برنامج Homer أن استبدال مولد الديزل بنظام ضخ كهروضوئي سيحمي البيئة من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وتشمل هذه الانبعاثات المبينة في الشكل (١٠) كميات مختلفة من الغازات الضارة، هي على الشكل التالي: 12303 Kg/yr من ثاني أكسيد الكربون و 77.6 Kg/yr من أول أوكسيد الكربون و 3.38 Kg/yr من الهيدروكربونات غير المحترقة و 0.470 Kg/yr من الجسيمات الدقيقة و 30.1 Kg/yr من ثاني أكسيد الكبريت و 72.9 Kg/yr من أكاسيد النتروجين.

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	12,303	kg/yr
Carbon Monoxide	77.6	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	3.38	kg/yr
Particulate Matter	0.470	kg/yr
Sulfur Dioxide	30.1	kg/yr
Nitrogen Oxides	72.9	kg/yr

الشكل (١٠) كمية الغازات المنبعثة سنوياً عند استخدام مولد الديزل

٥- الاستنتاجات و التوصيات:

تُعد أنظمة ضخ المياه بالطاقة الشمسية الكهروضوئية حلاً عملياً و اقتصادياً لمشاريع الري في الساحل السوري بالنظر إلى موقعها الجغرافي و أيضاً في ظل أزمة المشتقات النفطية التي تمر بها سورية. تم إجراء التحجيم الأمثل لنظام ضخ كهروضوئي باستخدام برنامج Homer و ذلك من أجل تشغيل مضخة غاطسة استطاعتها 7 HP مركبة ضمن بئر عمقه 110 m لتأمين احتياج يومي من المياه حوالي 260 m^3/day.

تظهر النتائج المبينة سابقاً أن الحلول القائمة على الطاقة الشمسية الكهروضوئية أكثر فعالية من حيث التكلفة الاقتصادية من الحلول التي تعمل بالديزل، كما أن الاعتماد على النظام الكهروضوئي في تشغيل المضخة يحمي البيئة من الغازات الضارة الناتجة عن حرق الوقود وكذلك التوفير في ثمن المشتقات النفطية.

لذا يوصى من الناحية الاقتصادية و البيئية بالتوجه للاستثمار في مجال الطاقات المتجددة ولاسيما الكهروضوئية.

٦- المراجع:

[1] Abu-Aligah ,M. (2011) .*Design of Photovoltaic Water Pumping System and Compare it*
with Diesel Powered Pump. Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, Vol 5, No. 3, pp.273-280.

[2] Scientific Studies and Research Senter (SSRC).

[3] Kelly, E; Gilbertson, C; Sheikh ,A ; Steven ,D; Dubowsky, S. (2010).*On the feasibility of solar-powered irrigation*. Renewable and Sustainable Energy Reviews;14:2669-82.

[4] Ahmad, A; Zafar, Kh.(2015). *Design & Simulation of Photovoltaic water pumping system and MPPT Algorithm in Simulink*. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering 5.4. 539-543.

[5] Hammad, B; Al-Abed, M; Al-Ghandoor, A.(2017). *Modeling and analysis of dust and temperature effects on photovoltaic systems performance and optimal cleaning frequency*. Jordan case study, Renewable and Sustainable Energy Reviews.

[6] Ghoneim, A.(2006). *Design optimization of photovoltaic powered water pumping system.* Energy Conversion & Management. Vol. 47, No. 11-12, pp. 1449–1463.

[7] Ajao, K; Oladosu, A.(2011). *Using HOMER power optimization software for cost benefit analysis of hybrid-solar power generation relative to utility cost in Nigeria*. International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences, Vol. 7, No. 1.

[8] Salam, M; Aziz, A; Alwaeli, H; Kazem, A.(2013). *Optimal sizing of photovoltaic system using HOMER for Sohar, Oman*. International Journal of Renewable Energy Research, Vol. 3, No. 2.

[9] Elhassan, A; Zain, M.(2012). *Design and performance of photovoltaic power system as a renewable energy source for residential in Khartoum*. International Journal of the Physical Sciences, Vol.7, No. 25, pp. 4036-4042.

[10] Chaichan, M. T; Kazem, H. A; Mahdy, A. M; Al-Waeely ,J. A. A. *Optimal sizing of a hybrid system of renewable energy for lighting street in Salalah-Oman using Homer software*.International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS), Vol.2, No. 5, pp. 157-164, 2016.

[11] Kazem, H. A; Ali, S; Alwaeli ,A. H. A; Mani, K; Chaichan, M. T. (2013). *Life-cycle cost analysis and optimization of health clinic PV system for a rural area in Oman.* Proceeding of the World Congress on Engineering. London.

[12] HOMER PRO. HOMER Energy (Version 3.5.2) [Computer application software], 2014. Retrieved from http://www.homerenergy.com/.

[13] ربيع، سامر. (٢٠١٧)، تصميم نظام ضخ كهروضوئي و دراسة الجدوى الاقتصادية. مجلة جامعة البعث- المجلد ٣٩، العدد٥٢، ٤٦.

[14] الكود العربي السوري لتصميم و تنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة - الملحق (٧)، الخزانات.

٧- الملاحق:

الملحق (١) كلفة بناء خزان المياه

المادة	كل ٤ م (قطر) × ١ م (ارتفاع)	الكلفة بالليرة السورية	الكلفة بالدولار
اسمنت	٣٠	$30 \times 22500 \times \frac{13}{4} \times 4 = 8775000\ s.p$	$ ٢١٩٣
رمل	٤ أمتار	٢٢٥٠٠٠٠٠	$ ٢٦٢.٥
حديد	$\frac{1}{16}$ طن	2 طن $= ٢ \times ٣٥٠٠٠٠٠ = ٧٠٠٠٠٠٠\ sp$	$ ١٧٥٠
أجور يد عاملة	١٠٠٠٠٠٠	$1000000 \times \frac{13}{4} \times 4 = 13000000\ sp$	$ ٣٢٥٠
المجموع		$29822000\ sp$	$ 7445.5