Araid Journal of Science and Technology
Higher Institute of Science and Technology-Shmokh

مجلة الرائد للعلوم والتقنية
المعهد العالي للعلوم والتقنية- الشموخ

مقارنة أداء برنامجي PVSyst و PV*SOL في تصميم وتحليل أنظمة الطاقة الكهروضوئية المستقلة

عبدالباسط نورالدين [1] ,علي ابراهيم كريميد [2] , سالم فرج العربي [3]
[2,1] كلية التقنية الهندسية /جنزور
[3] المعهد العالي للتقنيات الهندسية/بني وليد
عنوان المكلف بالتواصل:E-mail: ababmonualla@gmail.com

ABSTRACT

Given the importance of utilizing alternative energy sources, especially solar energy, for electricity generation, several software tools have been developed to simulate photovoltaic (PV) systems. These tools are employed by researchers, engineers, and investors for purposes such as solar power plant design, feasibility studies, and technical and economic analyses, aiming to avoid system oversizing and ensure reliability.

In this study, a 5 kW standalone solar power system was designed and simulated. Specialized software was utilized for system simulation and the selection of suitable components, with a comparison of the results obtained from different software. Two programs, PVsyst and PV*SOL, were employed in this study. PVsyst is one of the most popular tools for analyzing solar systems due to its ability to simulate performance and assess the financial and environmental benefits of solar projects. On the other hand, PV*SOL is known for providing a 3D visualization of solar systems, which enables more precise analysis of system performance.

When analyzing the performance of solar energy systems using the PV*SOL and PVsyst software, significant differences in the results were observed, which could influence decisions related to the design and operation of these systems. The results indicated that the total annual energy generated using PV*SOL reached 2023 kWh, with a Performance Ratio (PR) of 87.08%. In comparison, the total annual energy generated using PVsyst was 2077.91 kWh, with a PR of 73.79%. These findings highlight the variations between the two programs in terms of calculation methodologies and criteria used to evaluate the performance of solar systems. This underscores the importance of selecting the appropriate tool to achieve accurate results that enhance both the efficiency of design and system operation.

Keywords: *Solar energy, design, simulation, solar radiation, Pvsyst, PV*SOL, inverter, photovoltaic panels, solar batteries*

الملخص (Abstract)

نظرًا لأهمية استغلال مصادر الطاقات البديلة، وخاصة الطاقة الشمسية، في توليد الطاقة الكهربائية تم تطوير العديد من البرامج لمحاكاة الأنظمة الكهروضوئية. تُستخدم هذه الأدوات من قبل الباحثين والمهندسين والمستثمرين لأغراض تصميم محطات الطاقة الشمسية، ودراسات الجدوى، والتحليل الفني والاقتصادي من أجل تجنب حجم النظام الزائد، وضعف الموثوقية. تمت في هذه الدراسة تصميم ومحاكاة منظومة طاقة شمسية مستقلة بقدرة 5 كيلووات. حيث اعتمدت الدراسة على استخدام برمجيات متخصصة لمحاكاة الأنظمة الشمسية واختيار المكونات المناسبة لها، مع مقارنة النتائج المتحصل عليها بين البرمجيات المختلفة. تم استخدام برنامجي PVsyst وPV*SOL ، حيث يُعتبر PVsyst أحد أكثر البرمجيات شهرة في تحليل الأنظمة الشمسية، نظرًا لقدراته على محاكاة الأداء وتحليل الفوائد المالية والبيئية للمشاريع الشمسية. بالمقابل، يتميز PV*SOL بتقديم تصور ثلاثي الأبعاد للنظام الشمسي، مما يسهم في تحليل أدق لأداء النظام.
عند تحليل أداء الأنظمة الشمسية باستخدام برنامجيPV*SOL وPVsyst ، لوحظت اختلافات ملحوظة في النتائج التي قد تؤثر على القرارات المرتبطة بتصميم وتشغيل هذه الأنظمة. أظهرت النتائج أن إجمالي الطاقة المنتجة سنويًا بواسطة برنامج PV*SOL بلغ 2023 كيلووات ساعة ، مع معدل انحراف في الأداء (Performance Ratio - PR) بنسبة 87.08%. أما باستخدام برنامج PVsyst ، فقد بلغ إجمالي الطاقة السنوية المنتجة 2077.91 كيلووات ساعة ، بمعدل انحراف أداء(PR) نسبته 73.79%. تعكس هذه النتائج الفروق بين البرمجيتين من حيث منهجية الحسابات والمعايير المستخدمة لتقييم أداء الأنظمة الشمسية، مما يُبرز أهمية اختيار الأداة المناسبة للحصول على نتائج دقيقة تعزز من كفاءة التصميم والتشغيل.

*الكلمات المفتاحية: الطاقة الشمسية ، تصميم ، محاكاه ، الإشعاع الشمسي ، Pvsyst ، PV*SOL ، العاكس، لوحات الطاقة الشمسية الكهروضوئية، البطاريات الشمسية*

1- المقدمة (Introduction)

في السنوات الأخيرة، لعبت الطاقة المتجددة دورًا حيويًا في إنتاج العديد من الطاقات المستخدمة في العالم، وأصبحت واحدة من أهم مصادر الطاقة المستخدمة لتوليد الكهرباء دون استخدام الوقود الأحفوري، مثل الغاز والنفط والفحم. إن الاعتماد الكبير على هذه المصادر يتسبب في العديد من المشاكل البيئية والصحية والاقتصادية وينتج عن حرق الوقود الأحفوري انبعاثات غازات الدفيئة التي تؤدي إلى تغير المناخ وارتفاع درجات الحرارة وذوبان الجليد القطبي مما يشكل تهديدًا جديًا للحياة على كوكب الأرض وتلعب الطاقة الشمسية دورًا حيويًا في التحول نحو الطاقة النظيفة فهي توفر حلاً فعالًا ومستدامًا لتوليد الكهرباء وتخفيف الاعتماد على الوقود الأحفوري ويمكن للطاقة الشمسية أن تساهم في تقليل الانبعاثات الكربونية والحفاظ على البيئة كما توفر فرصًا اقتصادية جديدة من خلال خلق وظائف في مجالات البحث والتطوير والتركيب والصيانة واستخدام الطاقة الشمسية يسهم في تعزيز استقلالية الطاقة وتقليل التبعية لمصادر الطاقة التقليدية مما يساهم في

تحقيق التنمية المستدامة والازدهار الاقتصادي في مختلف أنحاء العالم [1]. وبالتالي، هناك حاجة إلى تطوير أدوات برمجية قادرة على تحديد خصائص إنتاج الطاقة المحتملة والأداء التشغيلي لأنظمة الطاقة الكهروضوئية. يساعد هذا في مقارنة أداء وتكلفة إنتاج الطاقة لتكوينات النظام المختلفة.أما الطاقات المتجددة الأخرى، فتشمل طاقة الرياح التي تستخدم حركة الرياح لتدوير التوربينات وتوليد الكهرباء. كما تستخدم طاقة الماء لتوليد الكهرباء من خلال سدود الماء والأنهار. وتعتمد طاقة الكتلة الحيوية على استخدام المواد العضوية مثل النفايات الزراعية والحيوانية والنباتية لتوليد الطاقة. وأخيرًا، تستخدم طاقة الحرارة الأرضية الحرارة المخزونة في باطن الأرض لتدفئة وتبريد المباني. تتمتع الطاقات المتجددة بالعديد من الفوائد، منها توفير مصادر طاقة مستدامة ، وتعزيز استقلالية وتنويع مصادر الطاقة، وتوفير فرص عمل جديدة في قطاع الطاقة المتجددة[2] .
في هذا الدراسة قمنا بتصميم منظومة طاقة شمسية بقدرة 5kw ودراسة تفصيلية لها باستخدام برنامج PVsyst وبرنامج PV*SOL ومقارنة النتائج المتحصل عليها .
يوجد العديد من الدراسات السابقة التي تهتم بتصميم وتنفيذ منظومات شمسية لتغذية أحمال المنشأت وهذه الدراسات تغطي مجموعة واسعة من المواضيع والجوانب المتعلقة بتقنيات الطاقة الشمسية واستخدامها في المنشأت. تهدف العديد من الدراسات التحليلية إلى تقييم موثوقية أنظمة تحويل الطاقة الشمسية وتحليل تأثير التغيرات المناخية والظروف الجوية على أدائها ويتم ايضا تحليل البيانات المناخية السابقة وتقدير تأثيرها على إنتاجية الأنظمة الشمسية. بالإضافة إلى ذلك، تشمل الدراسة تحليل تكاليف الاستثمار والتشغيل لأنظمة تحويل الطاقة الشمسية على المدى الطويل. يتم تقدير تكلفة الالواح الشمسية والأجهزة الإلكترونية وأنظمة التخزين والصيانة على المدى الزمني البعيد، ويتم تحديد العوامل التي تؤثر على اقتصادية هذه الأنظمة وتوجيه الجهود لتقليل التكاليف وزيادة الكفاءة وهنا سوف نستعرض بعض الدراسات ومن أبرزها , [3] (أحمد، وأخرون سنة 2019) تناول البحث تحليل تصميم وأداء نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية باستخدام برنامج PVsystلتقييم الأداء والخسائر. أظهرت الدراسة أن نسبة أداء النظام بلغت 75%، مع استخدام 1428 لوحة كهروضوئية من نوع Sharp 175Wp موزعة على مساحة 1858 متر مربع. أسفر هذا التوزيع عن إنتاج طاقة شمسية متصلة بالشبكة بقدرة 346,692 كيلوواط ساعة سنوياً. يؤكد البحث أهمية هذه النماذج في تحسين كفاءة الأنظمة الشمسية وتطوير استراتيجيات استخدام الطاقة المتجددة.. [4] و قدم كل من (داي واخرون سنة 2020) دراسة تصميمً ومحاكاةً لنظام كهروضوئي متصل بالشبكة بقدرة 90 كيلوواط، يتكون من تسعة أنظمة فرعية بقدرة 10 كيلوواط لكل منها. تم تركيب النظام على سطح مبنى العلوم الكهربائية في المعهد الوطني للتكنولوجيا في روركيلا، الهند. استخدم الباحثون برنامج PVsyst 6.70لإجراء المحاكاة، مما ساعد في تحديد المواصفات المثلى للنظام، بما في ذلك الألواح الكهروضوئية، العاكسات، وزاوية الإمالة، إلى جانب التظليل والخسائر.أظهر تحليل الأداء أن إجمالي الطاقة المنتجة من النظام يبلغ حوالي 15.67ميغاواط ساعة سنويًا، مما يبرز الكفاءة الاقتصادية للنظام ودوره في تعزيز استخدام الطاقة المتجددة في المنشآت الأكاديمية. [5] تُظهر دراسة أجراها (سيرفستافا وجير 2016) تحليلًا مفصلًا لتصميم وأداء نظام طاقة شمسية كهروضوئية (PV) متصل بالشبكة في جامعة مادان

موهان مالافيا للتكنولوجيا، جورخبور، الهند. ركزت الدراسة على تحديد الحجم الأمثل للنظام باستخدام برنامج HOMER، مع الأخذ في الاعتبار المخرجات الكهروضوئية والخسائر المتوقعة.وفقًا للمحاكاة، تم تصميم النظام ليضم 2000وحدة كهروضوئية و10 عاكسات متصلة بالشبكة .وبلغ إنتاج الطاقة السنوي حوالي 901.44ميغاواط ساعة، مما يتيح للجامعة تزويد الشبكة بالكهرباء على مدار العام، مع تحسين الكفاءة وتقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية.

توضح هذه الدراسة أهمية استخدام البرمجيات المتقدمة لتصميم الأنظمة الكهروضوئية وتحليل أدائها في تحقيق استدامة الطاقة بالمؤسسات الأكاديمية.[6] و قدم كل من (ميلوسافليفيتش و اخرون، 2015) دراسة أجريت على نظام طاقة شمسية متصل بالشبكة بقدرة 2كيلوواط في كلية العلوم في صربيا ركزت على تقييم الأداء تحت الظروف المناخية الحقيقية. شملت الفترة الزمنية من 1يناير 2013 إلى 1 يناير 2014، وغطت البيانات المتنوعة مثل الإشعاع الشمسي، درجة الحرارة المحيطة، سرعة الرياح، والطاقة الكهربائية المنتجة. أظهرت النتائج أن كفاءة الطاقة السنوية لمحطة الطاقة الشمسية كانت 10.07٪ لعام 2013، مع انخفاض في الكفاءة كلما ارتفعت درجات الحرارة المحيطة. كما بلغ متوسط نسبة الأداء السنوية 93.6٪، ومعامل القدرة السنوي 12.88٪، ما يدل على أن دمج الطاقة المتجددة في شبكة النقل الكهربائية كان فعالًا.[7] قدم كل من (براساد و اخرون، 2015) ، بحث.يناقش هذا البحث الذي أجراه كل من (براساد، راجيش، وريدي) تصميم ومحاكاة نظام للطاقة الشمسية متصل بالشبكة بقوة 12.4 كيلو وات. يقيّم البحث نسبة الأداء التي بلغت 83.2% ومعدل إنتاج الطاقة. كما يستعرض البحث إمكانات لوحة الطاقة الشمسية المختارة، والعوامل المختلفة المؤثرة على النظام مثل زاوية الميلان، واستخدام مخطط سانكي لتوضيح خسائر إنتاج الطاقة، بالإضافة إلى رسم تخطيطي لقوة وتوزيع درجة حرارة نظام الطاقة الشمسية باستخدام برنامج PVsyst . [8]قام كل من (كومار، وأخرون في عام 2014) دراسة حول محطة طاقة شمسية بقدرة 20 كيلو وات ذروة على سطح منشأة صناعية في الهند. يسلط هذا المشروع الضوء على بعض الخصائص البارزة للطاقة الشمسية المتصلة بالشبكة، والأداء التشغيلي، والحسابات الاقتصادية كما يصف البحث أيضًا إعداد نظام الخلايا الشمسية الكامل الذي يشتمل على وحدة العاكس وحقل الألواح الشمسية ونظام تعقب ذروة قدرة إخراج الطاقة (MPP) والتحكم الحاسوبي بالنظام، ويمتد الحديث ليشمل صيانة ألواح الخلايا الشمسية.[9] تقدم دراسة قام بها (دوندريا وآخرون، 2018) استخدام برامج محاكاة مختلفة، بما في ذلك PV*SOL و SISIFO و SolarGIS و PVGIS لتحليل أداء نظام طاقة شمسية متصل بالشبكة بقوة 6.4 كيلو وات يتكون من وحدات أحادية البلورية على سطح المبنى قادر على توفير الكهرباء. يبلغ العائد السنوي للطاقة 1528.12 كيلو وات ساعة/كيلو وات ذروة. وهذا يعني أن تركيب نظام متصل بالشبكة يعد مؤشرا جيدا في المنطقة الوسطى من الهند. تبلغ نسبة الطاقة التي يتم تغذيتها بالشبكة حوالي 85.30% سنويًا، ونسبة الأداء جيدة بشكل معقول حيث تصل إلى 75.01%.

تظهر مراجعة الأدبيات، إن مصادر الطاقة المتجددة تعتمد بشكل كبير على المناخ، مما يؤدي إلى تذبذبات كبيرة في الإنتاج. بالإضافة إلى ذلك، هناك العديد من العوامل التي تؤثر على الإشعاع الشمسي بالنسبة لأنظمة الطاقة الكهروضوئية (PV). مثل السحب والظل من جهة أخرى،

أصبحت أدوات البرمجيات الخاصة بالطاقة المتجددة شائعة إلى حد كبير لأنها تقدم معلومات أولية حول التكلفة التقريبية وبيانات الإنتاج. يتمثل العامل الأهم هنا في معرفة أي برنامج أداءه أفضل في أي منطقة. بالإضافة إلى ذلك، يُعد قرب نتائج برامج المحاكاة من البيانات الفعلية من حيث موقع المحطة مؤشرًا مهمًا للأداء والمقارنة.

2. برمجيات الطاقة المتجددة (Renewable Energy Software)

تعد النمذجة والمحاكاة أداة رقمية يمكن استخدامها لتحليل اي نظام أوالتنبؤ بسلوكه قبل إنشائه أو تركيبه على أرض الواقع. ونتيجة لزيادة الاهتمام بأنظمة الطاقة المتجددة وبالتزامن مع تطور علم النمذجة والمحاكاة أدى ذلك إلى إيجاد واعتماد مجموعة متنوعة من الأدوات البرمجية التي يمكن استخدامها في تصميم وتحليل ومحاكاة والتخطيط الاقتصادي للأنظمة ودراستها قبل تطبيقها على أرض الواقع. أصبحت النمذجة والمحاكاة ممارسة عالمية متبعة في مختلف القطاعات، مما أدى إلى توفر برامج هندسية بأسعار منخفضة وسهلة التعلم. وقد تم تطوير عدد من هذه البرامج للتغلب على التحديات المتعلقة بتحقيق التصميم الأمثل وتحديد الحجم المناسب لمشاريع الطاقة المتجددة مما ساهم في تجنب بعض التكاليف المالية الزائدة للنظام. نستعرض في هذه الدراسة أكثر البرامج الهندسية استعمالا في نمذجة ومحاكاة أنظمة الطاقة المتجددة، وما يميز كل برنامج عن الآخر. اخترناها لهذه الدراسة برنامجي PVSyst، وPV*SOL . يوضح الجدول (1)خصائص البرامج المختارة وفقًا لمعايير مختلفة [10]

1- برنامج (PVsyst)

PVsyst عبارة عن حزمة برامج لدراسة وتحديد حجم وتحليل بيانات الأنظمة الكهروضوئية الكاملة. تم تطوير PVsyst بواسطة الفيزيائي السويسري أندريه ميرمود والمهندس الكهربائي ميشيل فيلوز. يعتبر هذا البرنامج معيارًا لتصميم ومحاكاة الأنظمة الكهروضوئية في جميع أنحاء العالم. يعمل PVsyst تحت أي نظام تشغيل Windows ويستورد بيانات الإشعاع من قواعد بيانات PVGIS وNASA. يستخدم برنامج PVsyst لتصميم الأنظمة الكهروضوئية المتصلة والمنفصلة عن الشبكة الكهربائية، بنوعيها التيار المتناوب (AC) و التيار المباشر(DC) ، ويدرس التقييم الاقتصادي وحسابات تأثير الظل بالأبعاد الثلاثة D3 كما ويستخدم هذا البرنامج في حسابات تصميم العاكس وتوزيع الألواح الشمسية على العاكس بحيث تظهر جميع اقتراحات التصميم الممكنة، فيما يلي أهم الجوانب التي يحاكيها البرنامج:

- ❖ القدرة على تحليل عناصر الطاقة الشمسية حسب منطقة المشروع والمدينة التي يقع فيها.
- ❖ القدرة على حساب الأحمال الكهربائية وتحليل منحنى الحمل طول العام للمنشأة.
- ❖ يتيح اختيار الألواح الشمسية حسب المعايير والمواصفات العالمية.
- ❖ تصميم وتحجيم المصفوفة الشمسية.
- ❖ تحجيم وتصميم العاكسات الشمسية ومنظمات الشحن.
- ❖ تحجيم وتصميم أنظمة التخزين بالبطاريات.

تحجيم وتصميم منظومات الطاقة الشمسية المختلفة : منظومة طاقة شمسية متصلة و مستقلة عن

الشبكة (تتضمن النظام الشمسي والبطارية).

2-2 برنامج PV*SOL

برنامج PV*SOL هو برنامج خاص بتخطيط وتصميم ومحاكاة الأنظمة الكهروضوئية، وقد تم تطويره بواسطة شركة Valentin Software. يعتمدPV*SOL على بيانات من Meteonorm وخدمة الأرصاد الجوية الألمانية. يستخدم برنامج PV*SOL لتصميم ومحاكاة جميع أنواع الأنظمة الشمسية (الأنظمة الصغيرة والمتوسطة والكبيرة)، إذ يساعد هذا البرنامج في إظهار المشاكل التي يمكن مواجهتها بالمشروع في سبيل إيجاد الحل المناسب وتعديله على البرنامج قبل البدء في تنفيذ المشروع على أرض الواقع. بالإضافة الى أنه يمكن من خلال برنامج PV*SOLإعداد تقارير عن المشروع بدقة متناهية، يمكن تكوينها والتعديل عليها من أجل سلامة مخطط النظام الشمسي، فيما يلي أهم الجوانب التي يحاكيها البرنامج:

- ❖ استيراد بيانات الطقس في موقع مشروع النظام الشمسي.
- ❖ يتيح تحديد أبعاد المبنى المستخدم في المشروع بدق عالية.
- ❖ يتيح تحديد نوع وموديل اللوح المراد تركيبه بالمشروع.
- ❖ تحديد المسافات بين الألواح الشمسية وطريقة تركيبها بحيث لا تتأثر بالظل.
- ❖ التحليل الاقتصادي للمشروع.
- ❖ تقدير مساحة مقطع الكابلات الكهربائية.
- ❖ يتيح عرض تقرير فني ومالي كامل بشكل احترافي عن النظام الشمسي من أجل عرضه للعملاء.
- ❖ يتيح إنتاج تقرير مفصل عن الطاقة المنتجة من المحطة.
- ❖ يتيح عمل دراسة مالية لمعرفة فترة استرداد رأس المال من المحطة وسعر الطاقة المنتجة.

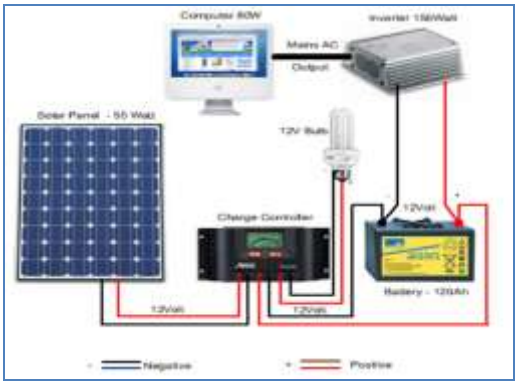
جدول 1: الميزات الرئيسية لأدوات البرمجيات المختلفة للأنظمة الكهروضوئية PVsyst و PV*SOL

التصنيف	النوع	PVSYST	PV*SOL
	أنظمة الطاقة شمسية مستقلة (Off-Grid)	✓	✓
	أنظمة الطاقة شمسية متصلة بالشبكة (On-Grid)	✓	✓
نظام المحاكاه	أنظمة مضخات الريّ (Pump systems)	✓	
	أنظمة هجينة مع مولد (Backup-Generator)	✓	✓
	أنظمة متصلة بالشبكة مع نظام حراري		✓
	أنظمة محطات شحن السيارات الكهربائية المتصلة بالشبكة		✓
	قاعدة بيانات الطقس	✓	✓
تحليل الموقع	تحليل بيانات التضاريس	✓	✓
	إعدادات درجة حرارة الموقع	✓	✓

	تصميم المباني ثلاثية الأبعاد (3D)	✓	✓
التصميم	التصوير الجوي / الخرائط الجغرافية	✓	✓
	تحميل صورة من الخريطة	✓	✓
	تحليل التظليل بسبب المباني المجاورة	✓	✓
النتائج المعطى	شهري (Monthly)	✓	✓
	كل ساعة (Hourly)	✓	✓
	أرض (Ground)	✓	✓
	السطح (Roof)	✓	✓
نظام تركيب الألواح	Roof integrated	✓	✓
	Facade integrated	✓	✓
	متعقب لشمس (Solar Tracker)	✓	✓
	توقعات استرداد التكلفة	✓	✓
إدارة التمويل	تمويل مباشر	✓	✓
	قرض/ تأجير/ رهن عقاري	✓	✓
انبعاثات تم تجنبها	ثاني أكسيد الكربون	✓	✓
نظام التشغيل	Windows / MACOS / Linux	✓	✓

3- مكونات النظام الشمسي المستقل (PV system Configuration)

يتكون النظام الشمسي المستقل من مجموعة متكاملة من المكونات التي تعمل معًا لتوليد وتخزين واستخدام الطاقة الشمسية بفعالية، دون الحاجة إلى الاتصال بشبكة الكهرباء العامة. يعتمد تصميم النظام على مجموعة من العوامل مثل الموقع الجغرافي، الظروف المناخية، والطلب على الطاقة. وفيما يلي المكونات الرئيسية للنظام الشمسي المستقل الموضح بالشكل (1).



الشكل1: الشكل العام للنظام الشمسي المستقل

3-1 الألواح الشمسية (Photovoltaic Panels)

الألواح الشمسية هي المكون الأساسي في النظام، حيث تقوم بتحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية من خلال التأثير الكهروضوئي. تصنع الألواح عادةً من السيليكون، إما بلوري أو غير بلوري. يعتمد عدد وحجم الألواح على كمية الطاقة المطلوبة، وكمية الإشعاع الشمسي المتاحة في الموقع.

2-3 العاكس (Inverter)

يحول العاكس الطاقة الكهربائية الناتجة عن الألواح الشمسية من تيار مستمر (DC) إلى تيار متردد (AC)، وهو الشكل الذي تستخدمه معظم الأجهزة الكهربائية. في الأنظمة المستقلة، يتم استخدام عاكس لتشغيل الأجهزة الكهربائية المنزلية.

3-3 منظم الشحن (Charge Controller)

يعمل منظم الشحن على حماية البطاريات من الشحن الزائد أو التفريغ العميق، مما يحسن من عمر البطارية ويضمن كفاءتها. يقوم المنظم بتنظيم كمية الكهرباء التي يتم إرسالها إلى البطاريات أو إلى الأجهزة الكهربائية حسب الحاجة.

4-3 البطاريات (Batteries)

تلعب البطاريات دورًا حيويًا في تخزين الطاقة التي يتم إنتاجها خلال النهار لاستخدامها أثناء الليل أو خلال الأيام التي تكون فيها الشمس غير متوفرة بكميات كافية. هناك أنواع مختلفة من البطاريات مثل بطاريات الرصاص الحمضية أو بطاريات الليثيوم أيون، ويتم اختيار النوع بناءً على كفاءة التخزين والمتانة المطلوبة.

5-3 لوحة التحكم (Control Panel)

تعتبر لوحة التحكم المركزية بمثابة وحدة التحكم الذكية في النظام، حيث توفر المعلومات حول إنتاج الطاقة، الشحن، وتوزيع الطاقة بين البطاريات والأحمال المختلفة. بعض الأنظمة المتقدمة تحتوي على إمكانيات مراقبة عن بُعد.

6-3 الأحمال الكهربائية (Electrical Loads)

تشمل الأحمال الأجهزة الكهربائية المختلفة التي يتم تشغيلها بواسطة النظام الشمسي، مثل الإضاءة، الأجهزة المنزلية، مضخات المياه، وأنظمة التبريد. يعتمد تصميم النظام على تحديد الطاقة المطلوبة لتلبية هذه الأحمال بشكل مستمر.

4- تصميم ومحاكاة منظومة الطاقة الشمسية (design and simulation of pv system)

1-4 حساب كمية الطاقة المستهلكة في اليوم(Wh/day)

لحساب قيمة الاستهلاك يجب حصر الأجهزة المراد تشغيلها وتحديد قدرة كل جهاز بالوات و الجدول (2) يوضح المستهدف من الأحمال في التصميم.

جدول2: الأحمال المستهدفة

العينة	العدد	الحمل بالواط (WATT)	أجمالي الحمل بالواط	عدد ساعات العمل	الحمل الاجمالي
الانارة	8	15 W	120 W	10 h	1200 Wh
تلفاز	1	135 W	135 W	12 h	1620 Wh
Router	1	15 W	15 W	24 h	360 Wh
الثلاجة	1	150 W	150 W	12 h	1800 Wh
					5 kw/day

مجموع الاحمال بالواط 315w، وبضرب قدرة كل جهاز في عدد ساعات العمل اليومية نستنتج من خلال الجدول أن اجمالي الحمل 5000 Wh/day و الذي سوف يتم الاعتماد عليه لتصميم منظومة شمسية.

2-4 تصميم المنظومة بأستخدام برنامج (PV SYST)

الشكل (2) يوضح المنطقة او المدينة المستهدفة و مكان المنظومة الشمسية وهي مدينة جنزور باستخدام البرنامج (PV SYS) وهو من أفضل برامج تصميم منظومات الطاقة الشمسية.

الشكل2: موقع المنظومة

-الشكل (3) يوضح الواجهة التي يتم من خلالها أدراج قيم الاحمال و أنواعها.

الشكل3: واجهة عرض الاحمال المستهدفة

بعد أدراج الاحمال نقوم بتشعيل النظام فتظهر لنا واجهة أختيار الاجهزة كما في الشكل (4) حيث تم اختيار اجهزة التخزين وهي البطاريات و من ثم نختار الالواح كما في الشكل (5).

الشكل4: يبين واجهة أختيار نوع البطارية

الشكل5: واجهة أختيار نوع اللوح.

الشكل (6) بالضغط على زر التشغيل (Run) يقوم البرنامج بأظهار النتائج النهائية للتصميم في صورة تقرير.

الشكل6: مرحلة إظهار النتائج

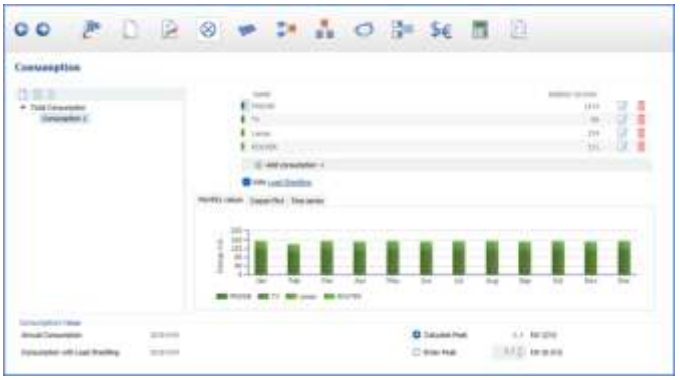
3-4 تصميم المنظومة بأستخدام برنامج (PV*SOL)

برنامج PV*SOL هو أداة فعالة لتصميم وتحليل أنظمة الطاقة الشمسية الكهروضوئية. يمكن استخدامه لتصميم منظومات الأحمال بقدرة 5 كيلوواط , وخطوات التالية توضح مراحل التصميم منظومة أحمال باستخدام PV*SOL. الشكل (10) يوضح واجهة فتح البرنامج وأنشئ مشروعًا جديدًا وهذه الواجهة تظهر عند بدء تشغيل برنامج (PV*SOL) لأول مرة.

يتم في الشكل (7) تحدد الموقع الجغرافي للمنطقة و يمكنك إدخال الإحداثيات الجغرافية أو اختيار الموقع من الخريطة.

الشكل7: واجهة إدخال بيانات الموقع

من خلال الشكل (8) يمكن أدخل بيانات الأحمال الكهربائية التي تحتاج إلى تغذيتها بالطاقة الشمسية. يمكنك إدخال الأحمال اليومية بالواط أو بالكيلوواط ساعة.



الشكل8: واجهة إدخال بيانات الأحمال

من خلال الواجهه و الموضحة بالشكل (9) نختار نوع وعدد الألواح الشمسية التي تريد استخدامها في النظام. يمكن للبرنامج اقتراح الألواح المناسبة بناءً على البيانات التي أدخلتها.

الشكل9: واجهة اختيار الألواح الشمسية

الشكل (10) تُستخدم لإدخال تفاصيل البطاريات المستخدمة في النظام، مثل السعة والجهد وعدد البطاريات.

الشكل10: واجهة اختيار البطارية

5- النتائج (Results)

5-1 إجمالي الطاقة المنتجة :

من خلال النتائج، نجد أن إجمالي الطاقة المنتجة باستخدام برنامج PV*SOL يبلغ kwh/year 2023 اما إجمالي الطاقة المنتجة تم الحصول عليها من برنامج PVsyst والتي بلغت kwh/year 2077.91، يعكس هذا الفرق في الطاقة المنتجة والعائد السنوي و معامل الأداء كفاءة أعلى للنظام المصمم بواسطة PVsyst في توليد الطاقة كما موضح في الدول(3).

جدول3: أهم القيم والنتائج المتحصل عليها من برنامجيّ Pvsyst و PVSOL

المعطيات	PV*SOL	**PVsyst**
إجمالي الطاقة المنتجة (Produced energy)	2023 kwh/year	2077.91 kwh/year
العائد السنوي المحدد (Spec. Annual Yield)	1524.30kwh/kwp	1794.02 kwh/kwp
الإشعاع الشمسي العالمي الأفقي (GHI)	1792.81 kwh/m^2	1774.0 kwh/m^2
معامل الأداء (PR%)	%87.08	*%*73.79
معامل كسر الطاقة الشمسية (SF%)	%100	*%97.28*

يظهر الرسم البياني في الشكل (11) مقارنة كمية الطاقة المنتجة شهرياً بواسطة نظام الطاقة الشمسية باستخدام برنامجين PVsyst و PV*SOL يشير هذا الرسم البياني إلى الأداء الشهري لكل برنامج من حيث كمية الطاقة المنتجة بالكيلوواط ساعة (kWh) .

الشكل11: يوضح كمية الطاقة المنتجة المتحصل عليها من PVsyst و PV*SOL

من خلال الشكل (18)، يمكننا استنتاج أن هناك تقارباً عاماً في تقديرات كمية الطاقة المنتجة بين البرنامجين PVsyst و PV*SOL على مدار السنة. ومع ذلك، يظهر تفوق طفيف لبرنامج PVsystفي بعض الأشهر، مما قد يعكس دقة أو خصائص مختلفة في حساب

2-5 أداء برنامج PVSyst

- ❖ أظهر برنامج PVSyst فعالية في محاكاة وتحليل الأنظمة الكهروضوئية المستقلة. يوفر البرنامج دقة عالية في تقدير حجم المكونات مثل الألواح الشمسية، البطاريات، ومنظمات الشحن.
- ❖ تميز PVSyst بقاعدة بيانات شاملة تحتوي على بيانات دقيقة للأرصاد الجوية بالإضافة إلى بيانات تفصيلية للمكونات مثل الألواح والبطاريات، مما ساهم في تحسين دقة التصميم.
- ❖ يُظهر البرنامج بيانات شاملة حول أداء النظام في فترات زمنية مختلفة، حيث يمكن الحصول على تقييم اقتصادي مفصل مع تقارير شهرية وسنوية توضح كفاءة إنتاج الطاقة.
- ❖ في PVSyst، تمت محاكاة الأنظمة بناءً على ظروف تشغيل واقعية مثل ساعات الذروة الشمسية واستهلاك الطاقة اليومي، مما يجعله مثاليًا للمشاريع الكبيرة والمعقدة.

3-5 أداء برنامج PV*SOL:

- ❖ يوفر PV*SOL أداءً جيدًا في تحليل الأنظمة الكهروضوئية المستقلة، مع تركيز أكبر على سهولة الاستخدام وسرعة توليد النتائج.
- ❖ يمكن للمستخدمين في PV*SOL الحصول على تمثيل مرئي للنظام الذي تم تصميمه، مما يسهل تحديد مواقع المكونات واختبار البدائل المختلفة.
- ❖ يتميز البرنامج بسهولة المحاكاة المرئية ثلاثية الأبعاد (3D)، مما يسمح بتحديد المواقع المثالية للألواح الشمسية على أسطح المباني أو في المناطق المفتوحة.

- ❖ PV*SOL أكثر ملاءمة للمشاريع الصغيرة والمتوسطة أو التطبيقات التي تحتاج إلى تحليل سريع وسهل دون الحاجة إلى تفاصيل عميقة.

4-5 مقارنة الأداء:

- ❖ يتميز PVSyst بالدقة العالية في التحليل والقدرة على تقديم تقارير تفصيلية بما في ذلك التحليل الاقتصادي، مما يجعله مثاليًا للمشاريع الضخمة أو الصناعية.
- ❖ في المقابل، يقدم PV*SOL واجهة سهلة الاستخدام وتصميمًا مرئيًا ثلاثي الأبعاد، مما يجعله خيارًا مثاليًا للمشاريع الأصغر أو المتوسطة التي لا تتطلب عمق تحليل كبير.
- ❖ من حيث الكفاءة والدقة، يتفوق PVSyst في المشاريع الكبيرة والمعقدة التي تتطلب تفاصيل دقيقة وتحليل اقتصادي شامل.

6-الاستنتاج (Conclusion)

يلعب دورًا أساسيًا في تحسين PV*SOL وPVsystإن استخدام أدوات المحاكاة مثل تصميم الأنظمة الشمسية، حيث يُمكّن الباحثين والمهندسين من دراسة جميع جوانب أداء الأنظمة بفعالية ودقة. هذه الأدوات لا تقتصر على تقديم تحليل تقني فقط، بل تتعداه إلى تقديم تحليل اقتصادي وبيئي شامل، ما يتيح اتخاذ قرارات مدروسة تتماشى مع الأهداف الاقتصادية والبيئية للمشاريع.

إن قدرة هذه البرمجيات على نمذجة الأنظمة الشمسية بناءً على الظروف المناخية والموقع الجغرافي تُسهم في تحقيق تصميم أمثل يرفع من كفاءة الإنتاجية ويقلل من الهدر الطاقوي. كذلك، فإن التقارير التفصيلية التي تقدمها هذه الأدوات تساعد في تحديد الفوائد طويلة الأمد، بما في ذلك تقليل تكاليف التشغيل والصيانة، وزيادة العائد الاستثماري على المدى البعيد.

تُظهر الدراسة أهمية استخدام هذه البرمجيات في توجيه القرارات المتعلقة بالاستثمار في الطاقة المتجددة، حيث تُبرز الفروقات في الكفاءة والعائد الاقتصادي لكل برنامج. فعلى سبيل المثال، يُظهر PVsyst تفوقًا في المشاريع الضخمة التي تتطلب تحليلات اقتصادية دقيقة وتقارير شاملة، بينما يتميز PV*SOL بسهولة الاستخدام والمرونة، مما يجعله خيارًا مثاليًا للمشاريع الصغيرة والمتوسطة التي تتطلب تحليلات أسرع وأقل تعقيدًا.

علاوة على ذلك، يعكس استخدام هذه الأدوات الالتزام بتحقيق الاستدامة، حيث يُسهم في تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة التقليدية المكلفة والضارة بالبيئة، مع تعزيز مساهمة الأنظمة الشمسية في الحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري.

في النهاية، يُعتبر دمج أدوات المحاكاة في تخطيط وتصميم الأنظمة الشمسية خطوة محورية نحو مستقبل يعتمد بشكل أكبر على الطاقة النظيفة، مما يدعم الجهود العالمية لتحقيق التنمية المستدامة وتحسين كفاءة استهلاك الطاقة.

7- التوصيات (Recommendations)

1. اختيار البرنامج بناءً على حجم المشروع:

- ❖ إذا كان المشروع كبيرًا ومعقدًا، مثل المشاريع الصناعية أو الحقول النفطية، يوصى باستخدام PVSyst نظرًا لدقته العالية في التحليل وتوفيره لتقارير اقتصادية مفصلة.
- ❖ أما إذا كان المشروع متوسط الحجم أو صغيرًا، مثل تصميم أنظمة للأبنية السكنية أو التجارية، فإن PV*SOL يوفر أدوات مناسبة مع تجربة استخدام مبسطة وسرعة في التقييم.

2. التدريب على البرامج:

يوصى بتدريب المهندسين والمصممين على استخدام البرنامجين، حيث يمكن استخدام PVSyst في المراحل الأولية للتخطيط والتحليل، بينما يتم استخدام PV*SOL لتقديم العروض البصرية والمخططات النهائية للعملاء.

3. استخدام التقارير الاقتصادية:

يفضل الاعتماد على التحليل الاقتصادي المقدم من PVSyst لتقييم جدوى المشاريع الكهروضوئية على المدى الطويل، حيث يوفر البرنامج حسابات دقيقة لفترة استرداد رأس المال والعائد على الاستثمار.

4. التوسع في استخدام المحاكاة ثلاثية الأبعاد:

بالنسبة للمشاريع التي تعتمد على تحسين وضع الألواح الشمسية لتجنب الظلال والعقبات، يوصى بالاستفادة من ميزة المحاكاة ثلاثية الأبعاد التي يقدمها PV*SOL لتحسين التصميم.

5. التحسين المستمر للنماذج:

ينبغي للمستخدمين متابعة تحديثات البرامج باستمرار للحصول على أحدث البيانات وتحسين دقة التقديرات، خاصة في المناطق ذات التغيرات المناخية الكبيرة.

المراجـــــع (References)

[1]. المنظمة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA): موقع المنظمة الدولية للطاقة المتجددة يوفر مجموعة واسعة من التقارير والمعلومات حول الطاقات المتجددة .يمكنك زيارة الموقع على الرابط التالي: https://www.irena.org

[2]. الوكالة الدولية للطاقة (IEA): الموقع الرسمي للوكالة الدولية للطاقة يوفر تقارير مفصلة وإحصاءات حول الطاقات المتجددة وتكنولوجيات الطاقة المتجددة .يمكنك زيارة الموقع على الرابط التالي : https://www.iea.org

[3]. Ahmed, O. A., Habeeb, W. H., Mahmood, D. Y., Jalal, K. A., & Sayed, H. K. (2019). Design and performance analysis of 250 kw grid-connected photovoltaic system in iraqi environment using pvsyst software. Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEEI), 7(3), 415-421.

[4]. Dey, D., & Subudhi, B. (2020). Design, simulation and economic evaluation of 90 kW grid connected Photovoltaic system. Energy Reports, 6, 1778-1787.

[5]. Srivastava, R., & Giri, V. K. (2016). Design of grid connected PV system using PVsyst. i-Manager's Journal on Electrical Engineering, 10(1), 14.

[6]. Milosavljević, D. D., Pavlović, T. M., & Piršl, D. S. (2015). Performance analysis of A grid-connected solar PV plant in Niš, republic of Serbia. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 44, 423-435.

[7]. Prasad, B. K. K., Reddy, K. P., Rajesh, K., & Reddy, P. V. (2020). Design and simulation analysis of 12.4 kWp grid connected photovoltaic system by using PVsyst software. International Journal of Recent Technology and Engineering, 8(5), 2859-2864.

[8]. Kumar, K. A., Sundareswaran, K., & Venkateswaran, P. (2014). Performance study on a grid connected 20 kWp solar photovoltaic installation in an industry in Tiruchirappalli (India). Energy for Sustainable Development, 23, 294-304.

[9]. Dondariya, C., Porwal, D., Awasthi, A., Shukla, A. K., Sudhakar, K., SR, M. M., & Bhimte, A. (2018). Performance simulation of grid-connected rooftop solar PV system for small households: A case study of Ujjain, India. Energy Reports, 4, 546-553.

[10]. https://solarabic.com