الأكاديمية العربية الدولية

الأكاديمية العربية الدولية

المقررات الجامعية

www.aiacademy.info | care@aiacademy.info

منظـــومات ضـــخ الميـــاه بالطاقة الشمسية للـرى الزراعى

د. ماجـد كرم الدين محمـود
المركز الإقليمى للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة
E-mail:maged.mahmoud@rcreee.org

تشهد العديد من الدول العربية على مدى العقود الأخيرة ارتفاع معدل النمو السكاني والتوسع العمراني والتنمية الإقتصادية مما أدى إلى زيادة الطلب على الغذاء والطاقة.. وذلك بالترافق مع شح المياه. وهناك حاجة لمنظومات فعالة من حيث التكلفة.. موثوق بها ومستدامة على المدى الطويل.. لتأمين احتياجات الري الضرورية في القطاع الزراعي بالعديد من الدول.. ومن أكثرها جدارة حاليا منظومات ضخ المياه بالطاقة الشمسية.

تحتاج المزارع إلي كميات كبيرة من الكهرباء ووقود الديزل لتشغيل مضخات الري.. في الوقت الذي أصبحت فيه منظومات ضخ المياه المعتمدة على المحركات الكهربائية ومن قبلها محركات الديزل – الأكثر شيوعاً – غير مستدامة بشكل متزايد.. نتيجة لارتفاع تكلفة الوقود وعدم استقرار إمداداته. .. كما أن مصاريف النقل والتخزين بجانب أسعار الوقود المتزايدة تعزز من صعوبة الحفاظ على ممارسات الري التقليدية. ومع تمتع الدول العربية بإمكانات متميزة من الطاقة الشمسية.. فان استخدام منظومات الضخ الشمسية في الري الزراعي تصبح هي البديل السليم.

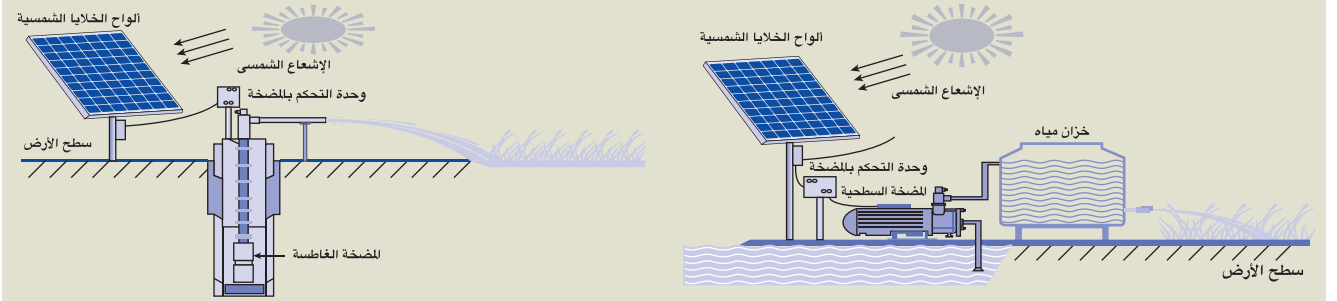
إن استخدام منظومات الضخ الشمسية.. يعكس أهميتها الواضحة التي تفوق أهمية منظومات الديزل من ناحيتي الحماية البيئية وممارسات الزراعة المستدامة. واليوم – ومنذ بداية الزارعة – تسير الطاقة من المصادر الطبيعية والزارعة المستدامة جنبا إلى جنب. ويمثل الغذاء الصحي.. بجانب المياه.. أشياء عالية القيمة ولا تتماشى مع بيئة عالية التلوث. ما نتوقعه من الغذاء أن يكون طازجًا.. نظيفًا.. ومستداما. ونتوقع أيضًا أن ينتج ذلك من ممارسات الزراعة السليمة. وتمثل منظومات ضخ المياه بالطاقة الشمسية جزءا لا يتجزأ من هذه التوقعات. ويعد هذا المقال تقديما مبسطاً حول الموضوع يستند بشكل كبير إلى تقرير متخصص صدر باللغة الإنجليزية من الوكالة الألمانية للتعاون الدولي تحت عنوان "منظومات ضخ المياه بالطاقة الشمسية – دليل إرشادي للتقييم".

الفكـرة الأسـاسـية

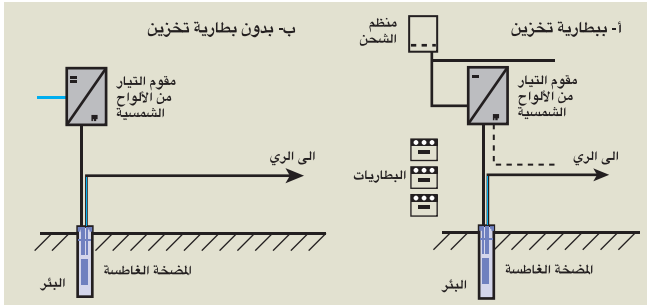
تقع الدول العربية جغرافيا في نطاق الحزام الشمسي العالمي.. ويصل معدل الإشعاع الشمسي سنويًا إلى ما يزيد عن ٢٨٠٠ ك و س/م٢ في بعض الدول. يوفر هذا الكم من الإشعاع الشمسي بجانب المساحات الشاسعة من الصحاري في الدول ظروفًا مثالية لاستخدام الطاقة الشمسية.. حيث تقوم منظومات الخلايا الشمسية المعروفة أيضًا باسم الخلايا الكهروضوئية (الفوتوفلطية).. بتحويل ضوء الشمس مباشرة إلى كهرباء ذات تيار مستمر أو متردد عبر ما يسمى بمقوم التيار Inverter. وفي مصر – علي سبيل المثال – تسطع الشمس في المتوسط من ٣٣٠ – ٣٤٠ يوما سنويا. وينتج عن ذلك معدل إشعاع سنوي للطاقة يصل إلى ١٩٩٠ ك و س/م٢ في عاصمتها القاهرة.. وهي الطاقة المعادلة لحوالي ٢٠٠ لتر/م٢ من الديزل . وفي المانيا.. ينخفض ذلك القدر بمقدار مرتين بسبب قلة الإشعاع خلال فترات الشتاء. وتعتبر منظومة الري باستخدام الطاقة الشمسية من خلال طلمبات طرد مركزى سطحية أو مضخات غاطسة – شكل رقم (١) – منظومة متكاملة توفر المياه العذبة من البئر أو الخزان لاستخدامها في المنازل أو الصناعات أو الزراعة.

الطـاقة الشمسية المتغيرة ومتطلبات الـرى المستقرة

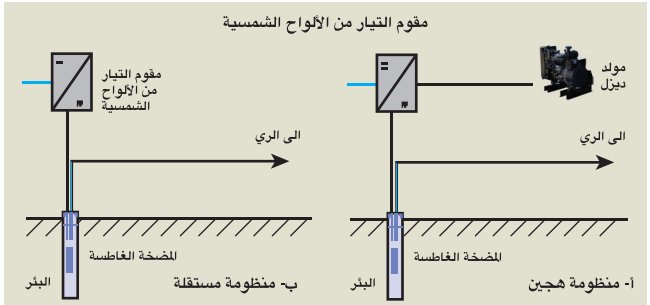
تعتمد ساعات السطوع الشمسي على خط العرض والتاريخ وأحوال الطقس والعلاقة بين الخلايا الكهروضوئية المركبة والأحمال. ومن واقع التجارب العملية.. يتراوح متوسط ساعات السطوع الشمسي اليومية الفعالة بين ٦–٨ ساعات. ولما كانت منظومات الري تتطلب أوقات عمل يومية في حدود ١٦ ساعة وقد تصل في بعض الحالات إلى ٢٤ ساعة.. ولتعويض ذلك الفرق.. يتم إدراج المضخات الشمسية في منظومة الري الشمسية المصممة لتواكب الاحتياجات المحددة. ويتمثل التحدي الذي يواجه كلا من مصممي ومشغلي منظومات الري التي تعمل بالطاقة الشمسية.. في كيفية التنسيق بين الطاقة الشمسية غير الثابتة ومتطلبات الري المستمرة عن طريق وضع تصميم مبتكر.. واستخدام تقنيات



شكل رقم (١) : منظومة رى شمسية بمضخة سطحية وأخرى بمضخة غاطسة



شكل رقم (٢) : منظومات ببطاريات تخزين (أ) وأخرى بدون (ب)



شكل رقم (٣) : المنظومة الهجين (أ) والمنظومة المستقلة (ب)

منظومة الضخ الشمسي. وكلما تم التنسيق بشكل أفضل بين إمداد الطاقة ومتطلبات الري.. زادت المياه وفعالية التكلفة لعملية الري. ومن الممكن استخدام المنظومة المستقلة.. أي دون الحاجة إلى طاقة احتياطية أو مياه وتخزين للطاقة.. وذلك حينما تتماشى أوقات الري المطلوبة مع معدل ساعات سطوع الشمس.. وحينما يكون لجداول الري معدل تدفق مرن. وحينما يستلزم الأمر فترات ري أطول.. يمكن الاتجاه إلي المنظومات الهجينة (المزدوجة) المختلفة.

تصنيفات المنظومات

– المنظومات ذات بطاريات التخزين والتي بدون بطاريات التخزين:

يمكن تزويد منظومات الضخ الشمسية ببطاريات لزيادة أوقات عمل المضخة حتى تصل إلى ٢٤ ساعة كأحد الحلول المستقلة. ويمكن شحن البطاريات لتخزين الكهرباء المنتجة خلال ساعات السطوع الشمسي لاستخدامها خلال الساعات التي لا تسطع فيها الشمس – شكل رقم (٢). وتتطلب المنظومات المستخدمة دون بطاريات أو منظومات التخزين الأخرى عملية هجينة وذلك إذا ما احتاج قطاع الري إلي مياه تفوق تلك التي يتم توفيرها خلال ساعات سطوع الشمس.. أو إذا كان الري مطلوبا خلال فترة غياب الإشعاع الشمسي. وبالنسبة للمنظومات المتساوية من حيث القدرة الشمسية المركبة واحتياجات المضخة من الطاقة.. فيمكن استخدام بطارية صغيرة نسبيًا لتخزين الطاقة التي لا تكفي لتشغيل المضخة في الصباح والمساء. ويمكن استخدام تلك الطاقة فيما بعد لإطالة فترة تشغيل المضخة. ولا تزداد فترة التشغيل من خلال هذه المنظومة بدرجة كبيرة.. ولكن تتحسن كفاءة المنظومة ككل. وفي المنظومات المستقلة ذات بطاريات التخزين كبيرة السعة.. ومع وجود كميات هائلة من الطاقة الشمسية.. يمكن أن يصل تشغيل المضخة إلى ٢٤ ساعة. ويتم تخزين الطاقة الشمسية إما في بطاريات تخزين أو تستخدم في تشغيل المضخة مباشرة حينما تكون الطاقة الشمسية كافية لتشغيل المضخة. أما أثناء الليل.. او في حالة عدم وجود طاقة شمسية كافية.. فيتم تشغيل المضخة من خلال طاقة البطاريات. وتستمر فترة تشغيل المضخة طالما كان الإشعاع الشمسي كافيًا أو طاقة البطارية متوفرة. ويتحدد الري وفقًا لتصميم المنظومة الشمسية وسعة البطاريات.. ولكن يعيب تلك المنظومات التكاليف الباهظة للبطاريات ومنظومات الشحن وكذلك محدودية فترة الحياة للبطاريات (قصر عمر البطاريات).

– المنظومات المستقلة:

بالنسبة للمنظومات المستقلة.. فإن الطاقة الشمسية تعتبر هي المصدر الوحيد للطاقة.. وتعد المنظومات المستقلة للري المباشر من أبسط الطرق لتركيب منظومة ضخ شمسي.. حيث يتم توصيل المضخة مباشرة بمقوم تيار Inverter الطاقة الشمسية. ويبدأ العمل صباح كل يوم حينما يكون إنتاج الطاقة الشمسية أعلى من الحد الأدنى المطلوب من الطاقة لتشغيل المضخة. وتعمل المنظومة الشمسية على تشغيل المضخة طالما كان هناك معدل إشعاع كاف. ويتوقف عمل المضخة قبل الغروب حينما يكون إنتاج الطاقة الشمسية أقل من الحد الأدنى المطلوب لتشغيل المضخة. ويختلف معدل تدفق المياه خلال اليوم وفقًا للإشعاع الشمسي. وخلال العام.. تتغير كمية المياه تبعًا لنمط الإشعاع الشمسي اليومي والموسمي.

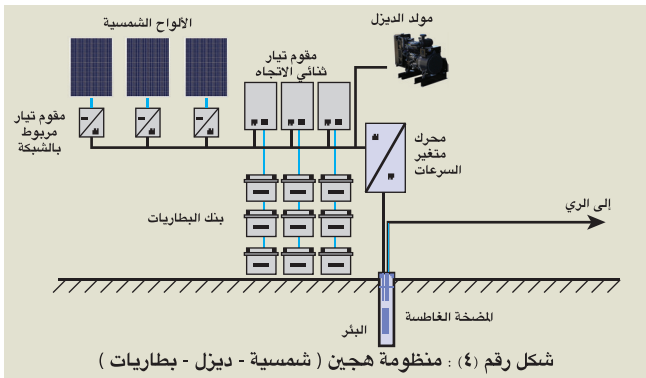
– المنظومات الهجين:

أما الحلول الهجينة.. فتصف المنظومات التي تجمع بين الطاقة الشمسية ومصادر الطاقة الأخرى مثل مولدات الديزل أو طاقة الرياح أو الشبكة العامة. وبالرغم من أنه يتم توفير نسبة محدودة من متطلبات الطاقة الكلية من خلال الألواح الشمسية.. إلا أنه تكون هناك وفورات كبيرة في الوقود وفي التكلفة.. إضافة إلى خفض تكلفة الصيانة والإحلال لمولدات الديزل حيث تقل أوقات التشغيل اليومية. ومن اليسير وضع المنظومات الهجين التي تسمح بعملية التحويل داخل المزارع القائمة.. حيث يتم فقط إضافة المنظومة الشمسية إلى البئر. وتقوم منظومة الطاقة الشمسية خلال ساعات سطوع الشمس بتشغيل المضخة بنفس فكرة المنظومة المستقلة. فخلال الري.. تقوم المنظومة الشمسية بتشغيل المضخة مباشرة عند معدلات التدفق المتغيرة وفقًا للإشعاع الشمسي المتوفر. وإذا لم تكن الطاقة الشمسية متوفرة.. تتحول المنظومة إلى تشغيل مولد الديزل. ويمكن أن يتم التحويل يدويًا أو أتوماتيكيا. ويكون زمن تشغيل منظومة الري مستقلا عن عملية الضخ بالطاقة الشمسية. وتتحقق الوفرة في الوقود ومن ثم في التكلفة.. بناء على أوقات الري اللازمة وزمن تشغيل المنظومة الشمسية التي تم تصميمها.

يمكن تصميم المنظومة الهجين مع البطاريات لتوفير ١٠٠٪ من الطاقة الشمسية.. مع تواجد مولد الديزل كمساعد احتياطي من أجل المحاصيل الهامة. وهذه المنظومة مصممة بشكل طبيعي لتوفير نسبة مقبولة من المشاركة الشمسية. ويتم توفير نسبة كبيرة من المشاركة الشمسية من خلال المنظومة الشمسية مع وجود مولد الديزل الذي يعمل في الفترات التي لا يوجد فيها إشعاع شمسي لفترات طويلة أو الفترات التي يقل فيها الإشعاع الشمسي. وتعمل المنظومة الشمسية خلال أوقات الري على تشغيل المضخة مباشرة عن طريق المقوم الشمسي.. وإذا لم تتوفر الطاقة الشمسية أو كانت هناك نسبة قليلة لا تكفي لتشغيل المضخة.. فتعمل الطاقة المختزنة في البطاريات على تشغيل منظومة الري. ويجب أن تكون البطاريات عند أقصى مستوى للشحن من خلال المنظومة الشمسية أو مولد الديزل أو كلاهما. ويكون وقت تشغيل منظومة الري مستقلا عن تشغيل المنظومة الشمسية. وتعتمد الوفرة المحققة في الوقود و التكاليف على أوقات الري اللازمة وأوقات عمل كل من المنظومة الشمسية والبطاريات.

– منظومات ضخ لبئر واحدة أو آبار متعددة:

وفيها.. تستخدم مضخة غاطسة واحدة مع منظومة شمسية واحدة مغمورة في البئر. وبالنسبة للآبار المتعددة.. يتم ربط المضخات والآبار معا بشبكة صغيرة بوحدة إمداد طاقة مركزية أو غير مركزية . ويلاحظ.. أنه في المنظومات الصغيرة (حتى ٥ ك وات) ذات مناسيب الضغط العالية (٨٠–٣٠٠ م) ومعدلات التدفق المنخفضة (حتى ١٠ م٣/ساعة).. تكون المضخات الحلزونية ذات فائدة كبيرة بالنسبة لتطبيقات المضخات الشمسية.. ويمكن أن يعمل هذا النوع من مضخات الإزاحة الموجبة مع السرعات المنخفضة. ويمكن استخدام نطاق القدرة الذي توفره الخلايا الكهروضوئية في الضخ بكفاءة عالية. ومع ذلك.. يجب إحلال الجزء الثابت بالمضخة الحلزونية بصورة دورية. وبالنسبة لمعدلات التدفق الأعلى.. فإن مضخات الطرد المركزي هي الحل الأقل كلفة. وتتضمن المكونات أيضا .. المقوم الشمسي للمضخة أو محرك السرعة المتغيرة الذي يتيح تشغيل المضخة من خلال ناقل الحركة متغير السرعة لتغطية معدل التدفق في نطاق واسع وذلك بتشغيل المضخة عند معدل تردد منخفض.. ثم القدرة على الوصول إلى تردد عال



شكل رقم (٤) : منظومة هجين (شمسية - ديزل - بطاريات)

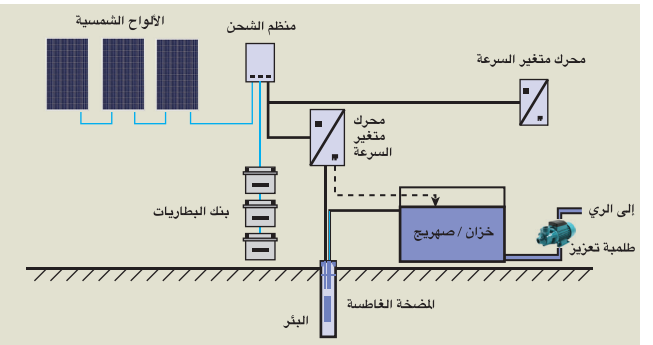
لتوليد الحد الأقصى من الطاقة مع إمكانية تحقيق تتبع نقطة القدرة القصوى Max Power Point Tracking (MPPT) داخليًا وخارجيًا ومجمع سلاسل الالواح إذا ما احتاجه المقوم الشمسي.

-منظومات مع أو بدون تخزين المياه:

تقوم المنظومات التي تتضمن خزانات مياه.. بتخزين فائض المياه الذي يتم ضخه خلال الساعات التي تسطع خلالها الشمس في صهاريج. وعند الاحتياج إليها خلال الساعات التي لا تسطع فيها الشمس.. يتم إمداد المياه من خلال هذه الخزانات إما بواسطة مضخات التعزيز الصغيرة (خزان على المستوى الأرضي) أو من خلال القوة الجاذبة (خزانات على مستوى عال).. وتكون فترة تشغيل منظومة الري مستقلة عن عمليات الضخ. ويتم ضخ الاحتياجات اليومية من الري إلى صهريج على منسوب مرتفع ثم يتم تحرير المياه تحت ضغط مستمر بناء على الجاذبية (ولا توجد مضخة تعزيز). وتتشابه عملية الضخ والنمط اليومي من معدل تدفق المياه إلى الخزان مع المنظومات المستقلة للري المباشر . وتتطلب هذه المنظومة أداء عاليًا.. حيث تعمل المضخة بقدرة عالية خلال ذروة الإشعاع الشمسي. وإذا ما كان حجم البئر محدودًا.. فلا يمكن مد كمية المياه خلال ساعات سطوع الشمس.. وبالتالي يكون مقدارها غير كاف للتخزين. ولذا.. فانه عند تصميم مزارع جديدة.. يتعين قياس معدل تدفق سحب المياه من كل بئر بدقة. وكقاعدة عامة تقريبية.. فإن نسبة الفدان إلى البئر الجوفي في حالة الأراضي الصحراوية المستصلحة.. هي ١٠٠ فدان لكل بئر (الفدان هو وحدة مساحة في مصر =٢٤ قيراط= ٤٢٠٠ م٢= ٠,٤٢ هكتار). ولايمكن زيادة معدل تدفق هذه الآبار بسبب بعض الأحوال المحيطة مثل ملوحة المياه الجوفية. ومن العوامل الأخرى التي تحد من ذلك أيضا.. عدم وجود مساحة خالية لتركيب الألواح الشمسية.

وتعتمد المساحة المروية لكل بئر على أداء الآبار.. والمحاصيل واحتياجاتها من المياه.. وتقنية الري.. والعديد من المؤشرات الأخرى. وعادة ما يختلف أداء البئر واحتياجات المزروعات من المياه خلال العام.

ومن متطلبات المنظومات المعتمدة على تخزين المياه.. أن تكون تضاريس الأرض ملائمة لكي تتماشى مع فكرة المنظومة المستقلة ذات الخزانات والصهاريج ذات المستوى المرتفع أو الأرضية.. وأن يسمح أداء البئر بضخ ما يكفي من الاحتياجات اليومية الكلية خلال ساعات سطوع الشمس.. وأن يفي ارتفاع الخزان بمتطلبات ضغط منظومة الري. وتتميز هذه المنظومة.. بأن تكلفة تخزين المياه فيها أقل من تكلفة تخزين البطاريات.. وأنه ليس هناك حاجة لمنظومة تحكم بعينها.. فضلا عن ثبات الضغط لشبكة منظومة الري وعدم الحاجة لمضخة تعزيز في حالة الخزانات المرتفعة.. وأن جدول الري مستقل عن نمط الضخ الشمسي (استقلالية الري عن تغيرات الطاقة الشمسية).. وهي ميزة هامة.



شكل رقم (٥) : الضخ أثناء النهار من خلال الألواح الشمسية وبطاريات الشحن

ويوضح الجدول رقم (١) مقارنة بين بعض المنظومات من حيث تكلفة المكونات واعمال التركيب.

تصميم المزارع والآبار القائمة والجديدة

عندما يتم تطبيق منظومات الطاقة الشمسية على المزارع المتواجدة بالفعل.. فإن تصميم المنظومة المنفذة قد لا يكفل استعادة التكلفة إلى أقصى حد نتيجة للرغبة في استغلال المكونات المملوكة في الوقت الحالي مثل المولدات والمضخات. لذا.. فان الحلول الوسط تكون مطلوبة. وهكذا.. يتم تصميم المنظومة الشمسية في كثير من الأحيان كمكون إضافي للوفر في الوقود وذلك من خلال تركيب منظومة هجين.. أو منظومة مستقلة ذات بطاريات تخزين.

أما تصميم مزارع ومنظومات ري جديدة.. فانه يتيح الفرصة لوضع تصميمات ذات كفاءة وجدوي اقتصادية. وتتسم نسبة الفدان المروي لكل بئر بالمرونة.. وبإمكانية التكيف مع جداول الري المطلوبة ومع أداء البئر. ويمكن من خلال المزارع الجديدة تحقيق فكرة البئر الواحد.. وبخاصة إذا كانت الأحوال في الموقع (مثل المسافات وإمكانية الوصول إلى البئر) لا تسمح بمجموعة من الآبار. لكن.. يمكن الاستفادة من إمكانيات الطاقة الشمسية على أكمل وجه من خلال فكرة الآبار المتعددة بجانب إدراج أفكار التخزين الخاصة بالتخزين تحت الأرض.. والتخزين فوق مستوى سطح الأرض.. أو التخزين على مستوى عال.

اعتبارات واجبة

تساعد المعلومات الدقيقة التي تتوفر لمصمم المنظومة على اختيار المنظومة الأكثر ملاءمة في المرحلة المبكرة لتنفيذ المشروع.. واستثمار أقصى حد للميزانية المتوفرة لتحقيق الاستخدام الأمثل للمنظومة.. أو تركيب منظومة مستقلة تمامًا تحل محل مولدات الديزل القائمة.. أو البدء بمنظومة صغيرة.. مع إمكانية تحديثها فيما بعد.. أو استخدام أقصى مساحة متوفرة لمصفوفة الخلايا الشمسية.

وفي كل الأحوال.. فانه من الضروري تحديد: أحوال البئر/أو المزرعة القائمة أو تصور عن المزرعة الجديدة – بيانات المشروع الأساسية كالموقع والاتجاه الجغرافي – المساحة الخالية للتركيبات الشمسية – الآبار وخصائصها ومعلومات عن جودة المياه – مولدات الديزل (النوع والحجم واستهلاك الوقود) – خصائص المضخات المتواجدة أو التي سيتم شراؤها – جدول الري المطلوب وما إذا كان النمط يوميا أو موسميا – الضغط المطلوب لمنظومة الري أو ارتفاع خزان المياه لمنظومات التخزين.

ومن شأن توافر هذه المعلومات بالاضافة الي التصميم الأمثل للمشروع.. المساعدة علي:

فحص الأساليب التي يمكن من خلالها خفض معدل تدفق المياه في إطار المنظومة الحالية – فحص الأرض والتربة فيما يتعلق بملاءمة الأساسات – تحديد متطلبات تركيب مصفوفة الخلايا الكهروضوئية وترتيبات مصفوفة الخلايا واختيار المقوم Inverter المناسب المتوافق مع الشبكة وفكرة المنظومة مع وتحديد أبعاد السلسلة حتى تتوافق مع متطلبات المقوم – وضع مواصفات واختيار مضخة ملائمة تناسب حجم المياه وتصميم خطوط المياه – تصميم بنك البطاريات إذا ما كانت حلول البطاريات مطلوبة – تحديد أدوات السلامة اللازمة (ضد الصعق والجهد الزائد) – تحديد المكونات المكملة اللازمة (أنابيب مرور الأسلاك – الأسلاك – أنابيب الحماية) – تحديد منظومة التحكم للمنظومات الهجين الديزل – تقدير اقتصاديات المشروع ورأس المال والتكاليف.

ويلاحظ.. أن توفر المساحة يعتبر أول متطلبات تركيب المنظومة الشمسية. كما تظهر الحاجة لفحص مولدات الديزل الحالية للتأكد من أنها تسمح بالتحكم التلقائي.. ومن ثم دمجها في منظومة التحكم ككل. ومن الممكن تحقيق استخدام ١٠٠٪ من الطاقة الشمسية لبعض المزروعات إذا ما كان الري مطلوبا فقط خلال ساعات النهار. وإذا دعت الحاجة لإحلال المضخات في الآبار القائمة.. فيجب انتقاء المضخات عالية الكفاءة ذات النطاق الواسع لإمكانية ضبط التردد. وتتيح تلك المضخات استخدام محركات السرعة المتغيرة والتي تسمح ببداية سلسة.. و لايكون على مولدات الديزل توليد طاقة كبيرة للتغلب على العزم عند بدء تشغيل المضخة. وفي المزارع القائمة ذات الآبار المتعددة المرتبطة بالفعل بشبكة يحركها مولد ديزل صغير.. تتوفر العديد من حلول كفاءة التكلفة والوقود بإضافة منظومة الخلايا الكهروضوئية المرتبطة بالشبكة (حتى ٣٠٪ من الطلب الكلي). واعتمادًا على نمط الطلب.. يمكن تحقيق وفر في الوقود بنسبة تتراوح بين٥ –١٥٪. وإذا ما كان العاكس المرتبط بالشبكة يسمح بإدارة فعالة من خلال موفر الوقود.. فيمكن تحقيق مشاركة شمسية أعلى ووفر أكبر في الوقود.. فعواكس الشبكة القياسية مصممة من أجل ربط مستقر بالشبكة. وبدلا من الطاقة المباشرة إلى المضخة أو إلى أيّ آلة أخرى.. يتم تصميم العواكس لتغذية شبكة الكهرباء. وهكذا.. فإن محولات الشبكة تعتبر الأكثر ملاءمة للمنظومات الهجينة حيث أنها تغذي طاقة الخلايا الشمسية إلى شبكة مولد الديزل بتردد وجهد ثابتين.

ولتفعيل حلول استخدام منظومات الري الشمسية ذات الأداء الأمثل والجدوي الاقتصادية وتركيبها في المزارع المصممة حديثًا مع مراعاة امكانية التوسع في

جدول رقم (١): مقارنة بين بعض المنظومات من حيث تكلفة المكونات بالنسبة للتكلفة الاجمالية (٪)

المنظومة	الخلايا والهيكل	البطاريات	المقومات والقطع الاضافية	تخزين المياه	التحكم والأسلاك	التركيب
الري المباشر المستقلة	٥٧	–	٢١	–	١١	١١
الري المباشر المستقلة مع بطاريات تخزين	٣٨	٣٥	١٤	–	٧	٦
ذات خزانات المياه المرتفعة	٤٥	–	١٧	٢١	٧	١٠
المستقلة مع التخزين الأرضي ومضخة التعزيز	٤٦	١٤	١٧	٧	٧	٩

المستقبل.. فيتعين أخذ المعايير التالية في الاعتبار:

استخدام تقنيات الري المتاحة الأكثر كفاءة مع وضع هدف لتقليل استهلاك المياه – اختيار المضخات ذات الكفاءة مع محرك السرعة المتغيرة والتي تسمح بالتشغيل خلال نطاق واسع من معدل التدفق – الاحتفاظ بمساحة خالية بجوار الآبار و/أو مولدات الديزل لإتاحة التركيبات الشمسية (تقدر المساحة المطلوبة بحوالي من ٨–١٠ م٢/ك وات بحد أقصى من الطاقة الشمسية) – تجنب زيادة حجم مولدات الديزل واستخدام مجموعة من مولدات الديزل (الحمل الأساسي– الحمل الأعلى) مع خيار التحكم الخارجي بدءا من وحدات مولد ديزل كبيرة الحجم.

وفي كل الأحوال.. فانه من الضروري استخدام برامج متخصصة من أجل تمثيل دقيق لمنظومات الطاقة الشمسية القياسية.. وكذلك المدخلات الخاصة بحساب البئر الواحدة. ويجب الأخذ في الاعتبار.. خصائص المضخة وجدول الري اللازم.

ومن الضروري الانتباه إلى تصميم وسلامة الهيكل المعدني للمنظومة والذي يلعب دورًا هامًا وحاسما في عمر المنظومة وسلامة التشغيل. ويجب أن يكون الهيكل آمنا ومستقرا.. وأن يتم التصميم بناء على وزن الألواح وأحوال الرياح بالمشروع واستخدام مواد تقاوم الأحوال البيئية المحلية وأن تكون مضادة للتآكل لكي يصمد لفترة حياة تفوق عشرين عامًا. وبناء على الخبرات طويلة الأمد في أوروبا.. فإن أفضل خيار هو الحديد المجلفن والفولاذ الذي لا يصدأ والألومنيوم القائم على استخدام الوصلات الملولبة مع مسامير الفولاذ. ويجب ضمان أن يكون خليط المواد آمنا حتى نتجنب التآكل الكيميائي نتيجة التلامس (مثل

شكل رقم (٦)
رشاشات رى محورى تعمل بالطاقة الشمسية

مسامير الفولاذ مع حلقات الفولاذ).

وجدير بالذكر.. أن هناك خيار آخر مثير للاهتمام.. وخاصة فيما يتعلق بالمزارع الجديدة.. أو المزارع التي تحتوي على مشروعات أخرى بجانب الزراعة.. وهو استخدام هيكل المنظومة الشمسية كمظلة على سبيل المثال للمركبات أو مواد الزراعة. ومن المهم بالنسبة للمظلات.. أن تخلق فائدة اقتصادية عن طريق الاستخدام وفائدة مزدوجة مثل استخدام الألواح الشمسية المولدة للكهرباء كأسطح وغطاء للسقف أو تظليل خزان المياه لتقليل التبخر. وهناك خيار آخر جاذب للغاية بالنسبة لاستخدام الخلايا الكهروضوئية في الري.. وهو دمج الخلايا الكهروضوئية والزراعة في نفس قطعة الأرض فيما يطلق عليه _ الخلايا الكهروضوئية الزراعية" APV. ومن خلال تلك الفكرة.. يتبلور المفهوم التكنولوجي للحصاد المزدوج وذلك من خلال تركيبات الألواح الكهروضوئية على ارتفاع ٣–٦ م. ومن خلال هذا النهج التكنولوجي.. يتم استخدام ودمج تقنيات جديدة.. بجانب تمكين المزارعين من زارعة أراضيهم مع إنتاج الطاقة المتجددة. وهكذا.. تتيح تلك الفكرة إزالة الصراع على استخدام الأراضي بين صناعة الطاقة والإنتاج الزراعي باستخدام المساحة المتاحة أسفل التركيبات الشمسية.. بالاضافة إلي خفض الإشعاع الشمسي والتبخر في الخلايا الكهروضوئية وهو شيء إيجابي بالنسبة لنمو العديد من الفواكه والمحاصيل.

ويجب مراعاة العواصف الرملية والغبار وما تسببه من ترسب للأتربة على سطح الخلايا الشمسية.. ففي مصر – على سبيل المثال – يؤدي ترسب الغبار على أسطح الألواح الموجهة نحو الجنوب بزاوية ميل ٣٠° إلى فقد في الطاقة بنحو ٢٠٪. وبوجه عام يوصى بتنظيف الألواح شهرياً وفقًا للأحوال البيئية.. وفحص المنظومة كل ستة أشهر.

وأخيرا.. ولضمان أداء أعلى للمنظومة بعد انقضاء فترة من الوقت.. يجب أن يتفق كل من المستهلك والمورد مسبقًا على العمر الافتراضي المتوقع لمكونات المنظومة المختلفة حيث أن عدم التوافق بين التصميم والمكونات يمكن أن يؤدي إلى تكاليف لا حاجة لها.. فكل م٣ من المياه لايتم ضخه يوفر طاقة. وبالنسبة لمنظومات الضخ الشمسية.. فإن كفاءة الري والمضخات والمحركات.. تمثل عوامل مهمة في تحديد الحجم الأمثل للمنظومة الشمسية. وكلما انخفضت الطاقة الكهربائية اللازمة للمضخة.. انخفض حجم المنظومة الشمسية المطلوبة وبالتالي تنخفض الاستثمارات.