2024 | العدد 83

دراسات تنموية

التجربة الأسترالية في استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج المحاصيل الزراعية: فرص وتحديات الاستدامة

د. علم الدين بانقا
أ. شريفه حماده

سلسلة دراسات تنموية :

سلسلة تنموية تهدف إلى المساهمة في نشر الوعي بأهم قضايا التنمية عموماً، وتلك المتعلقة بالدول العربية خصوصاً، وذلك بتوفيرها لنصوص المحاضرات، وملخص المناقشات، التي تقدم في لقاءات علمية دورية وغير دورية يقوم بتنظيمها المعهد. ونظراً لحرص المعهد على توسيع قاعدة المستفيدين يقوم بتوزيع إصدارات السلسلة على أكبر عدد ممكن من المؤسسات والأفراد والمهتمين بقضايا التنمية الاقتصادية والاجتماعية، آملين أن تساهم هذه الإصدارات في دعم الوعي بالقضايا الاقتصادية والاجتماعية ونشر الآراء المختلفة للتعامل مع تلك القضايا في الدول العربية.

سلسلة دراسات تنموية
المعهد العربي للتخطيط بالكويت

التجربة الأسترالية في استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج المحاصيل الزراعية: فرص وتحديات الاستدامة

إعداد

د. علم الدين بانقا
أ. شريفه حماده

العدد (83) 2024

المحتويات

المقدمة 1

أولاً: تحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية 4

ثانياً: مصادر المياه في القطاع الزراعي الاسترالي 10

ثالثاً: تحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية للزراعة في أستراليا: المدخلات والتكلفة والمخرجات والفرص المتاحة 13

رابعاً: دراسة حالة: تجربة شركة صندروب فارمسSundrop farms الاسترالية في استخدام الطاقة الشمسية لانتاج المحاصيل الزراعية 21

خامساً: استخدام الطاقة الشمسية في الانتاج الزراعي لتحقيق أهداف التنمية المستدامة في ضوء التجربة الاسترالية 38

سادساً: الخاتمة 48

مقدمة

يُشكّل تأمين الإنتاج الزراعي تحدياً كبيراً في البلدان التي تواجه عجزاً مائياً، خصوصاً إذا كانت تستهدف توفير الأمن الغذائي وضمان الاكتفاء الذاتي لمواطنيها. وتسعى العديد من الحكومات لإيجاد حلول محلية ومكيّفة لهذه الاشكالية، ويمثّل انشاء وحدات تحلية المياه بالطاقة الشمسية احدى هذه الحلول التي يمكن أن تؤمّن الري الفعّال للأرض الزراعية وتدعم الإنتاج الزراعي ومن ثمّ تزيد فرص التشغيل والدخل المستدام للسكان. وتزداد الحاجة الى توفير موارد جيدة للمياه في البلدان العربية في المستقبل القريب بسبب الطفرة الديموغرافية الحالية في العديد منها والتي تسبب ضغطًا إضافيًا على مخزون المياه، فضلاً عن التغيرات المناخية مثل الجفاف والتصحر. وتتطلب مجابهة هذه التحديات توسيع مشاريع تحلية مياه البحر نظرًا لكونها مصدرا آمناً واقتصادياً ومستداماً للمياه في العديد من البلدان.

تاريخياً، كانت تحلية المياه غير مجدية اقتصادياً بسبب استهلاكها العالي للطاقة ونفقاتها الكبيرة. بيد أنه، مع تطور الحلول والتقنيات الجديدة في الثورة الصناعية الرابعة، أصبحت تحلية المياه أكثر جدوى من الناحية الاقتصادية (Rahimi et al., 2021)، حيث استثمرت العديد من الدول بشكل كبير في تكنولوجيا تحلية المياه لتلبية متطلباتها من المياه (Mehling، 2023). فعلى سبيل المثال، تلعب تحلية المياه دوراً حاسما في توفير المياه في المنطقة العربية وبعض أجزاء آسيا، مثل الصين، من خلال العمل كمصدر حيوي لمياه الشرب وتسهيل العمليات الصناعية (Mathaus, 2017). كما تبنت الولايات المتحدة، ذات الخط الساحلي الواسع، ممارسة تحلية المياه، لا سيما في مناطق كاليفورنيا، التي تشهد فترات دورية من الجفاف. وفي الغالب تعتمد الدول المذكورة سابقاً على المياه المحلاة لأغراض الشرب والاستخدام المنزلي (Steffen et al. ، 2018). ومن المتوقع أن ينمو عدد سكان العالم الذين يعتمدون على مياه البحر المحلاة نمواً كبيراً في المستقبل القريب، ويعزى هذا النمو إلى انخفاض تكاليف إنتاج تحلية المياه وتصاعد أسعار المياه في مختلف الدول.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم التجربة الأسترالية في استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج المحاصيل الزراعية بالتركيز على حالة شركة مزارع صن دروب (Sundrop) وتحليل الفرص والتحديات التي واجهت التجربة ومعرفة امكانية تطبيقها في الدول العربية. تتناول هذه الدراسة التجربة الأسترالية من خلال عدة محاور على النحو التالي: المحور الأول يوضح مفاهيم تحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية والطرق الفنية المستخدمة فيها والتي يترتب عليها فاعلية وتكاليف المخرجات المتوقعة، يليها، في الفصل الثاني، بيان مصادر المياه في القطاع الزراعي الاسترالي واستعراض مشاريع تحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية للزراعة في أستراليا ومن ثمّ استقصاء المدخلات والتكلفة المالية والمخرجات الاقتصادية والفرص المتاحة في هذه المشاريع. وفي الجزء الثالث، نركّز على تجربة مزارع Sundrop في أستراليا كدراسة حالة، لتوضيح تحديات عملية تحلية المياه باستخدام الطاقة الشمسية ولتقديم نموذج للابتكارات الحديثة الرائدة في البيئات الزراعية. والجزء قبل الأخير يربط بين استخدام الطاقة الشمسية في الإنتاج الزراعي لتحقيق أهداف التنمية المستدامة، وتختتم الدراسة في الجزء الأخير بالتوصيات.

أهمية الدراسة

تتشكّل أهمية هذه الدراسة من خطورة مشكلة شح المياه التي تعاني منها العديد من دول العالم خصوصاً في المنطقة العربية. ويعيش 3.2 مليار شخص في العالم في مناطق زراعية تعاني من نقص أو ندرة في المياه العذبة بدرجة مرتفعة إلى مرتفعة للغاية، منهم 1.2 مليار شخص - أي ما يقرب من سدس سكان العالم - يعيشون في مناطق زراعية تعاني من نقص شديد في المياه (FAO, 2020). وتزداد مشكلة ندرة المياه سُوءً بسبب التغير المناخي، والتي تجعل من الصعب التنبؤ بكمية المياه العذبة المتاحة. ويفاقم التغير المناخي من ندرة المياه بسبب تناقص مخزون المياه الأرضية مما يعطل النشاط المجتمعي. ومن أجل بناء المنعة والقدرة على الصمود في مواجهة تغير المناخ وخدمة الأعداد المتزايدة من السكان، يجب على صانعي القرار البحث عن سبل جديدة ومستدامة لتوفير المياه الصالحة للشرب والزراعة. وتعتبر مشكلة شح المياه من أكبر التحديات التي تواجه المنطقة

العربية. وتحاول هذه الدراسة استعراض نموذج للممارسات العالمية الرائدة في توفير المياه العذبة للزراعة باستخدام طرق مستدامة من موارد متجددة.

وبالمثل، تتشكل أهمية الدراسة من تركيزها على اشكالية توفير المياه للإنتاج الزراعي لأنه يمثل الجزء الأعظم من استهلاك المياه العذبة في العالم. ويوضح تقرير الأمم المتحدة للمياه في عام 2021 أن نسبة 72% من إجمالي عمليات سحب المياه تستخدم في قطاع الزراعة، وتستخدم نسبة 16% من المياه بواسطة البلديات للمنازل والخدمات، و12% بواسطة قطاع الصناعات (لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية، 2021) (UN-Water, 2021).

وتفتقر المنطقة العربية عموماً الى الأمن الغذائي والمائي ونقص الأراضي الصالحة للزراعة نظراً لأنها تعتمد اعتماداً كبيراً على الأغذية المستوردة لتلبية متطلبات الأمن الغذائي. وعموماً تتزايد مشكلة ندرة المياه في كل قارات العالم، وتتضرر المجتمعات الفقيرة أكثر من غيرها من هذه المشكلة. يعيش حوالي 2.3 مليار شخص في العالم في بلدان تعاني من إجهاد مائي، منهم 733 مليون يعيشون في بلدان تعاني من إجهاد مائي شديد وحرج. (لجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية، 2021) . (UN-Water, 2021) وتنجم مشكلة ندرة المياه من عدة أسباب، نذكر منها على سبيل المثال: تجاوز الطلب على المياه العرض، عدم كفاية البنية التحتية، فشل المؤسسات في تحقيق التوازن والتوفيق بين احتياجات للسكان.

ويمكن أن تلعب التكنولوجيا الحديثة وثورة الاتصالات والبيانات دوراً حاسماً في توفير الإدارة المتكاملة والاستفادة من الموارد المائية من خلال توفير بيانات جيدة ونوعية عنها وعن التكنولوجيات الخضراء والهجينة المستخدمة في توفير المياه لأغراض الزراعة والصناعة وتشجيع النظم الغذائية والاستهلاك المستدامين. وتأتي هذه الدراسة لتوضيح كيفية الاستفادة من الطاقة الشمسية كمصدر مستدام في توفير المياه الصالحة للزراعة وانتاج محاصيل عالية الجودة بأساليب مبتكرة كما في تجربة مزارع صندروب الأسترالية والتي قدمت نموذجاً قابلاً للتطبيق في الدول الأخرى.

كما تتبع أهمية الدراسة من قلة الدراسات الاقتصادية في موضوع استخدام الطاقات المتجددة في القطاع الزراعي وخصوصاً تلك التي تقيّم أفضل الممارسات العالمية وقابليتها للتطبيق في البيئة العربية بطريقة علمية وتحاول تحليل نقاط الضعف والقوة والفرص والتحديات ومن ثمّ تقديم حلول عملية وواقعية لصانعي القرار فيها.

أولاً: تحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية

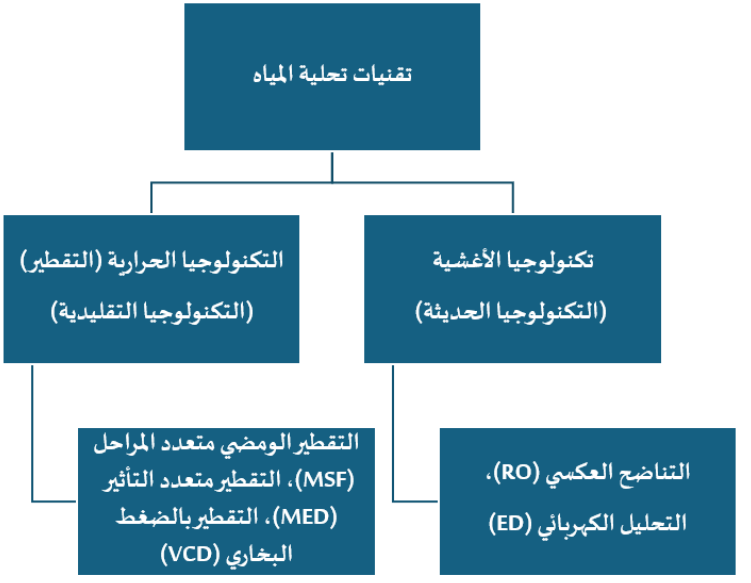
تُعرف عملية تحلية المياه بأنها معالجة المياه المالحة لإنتاج مياه عذبة مناسبة للاستهلاك البشري والاستخدام الزراعي. وتتمحوَر العملية حول إزالة الأملاح والملوثات الأخرى من المياه المالحة والقليلة الملوحة. تستخدم العديد من الأساليب التقنية لتحلية المياه أكثرها شيوعاً التقطير (distillation) والأغشية (membrane) كما هو موضح في الشكل رقم (1). تشبه طريقة التقطير إلى حد كبير الدورة الهيدرولوجية التي تحدث في الطبيعة (Rahman et al. ، 2022). ويتم في هذه الطريقة تسخين الماء المالح حتى يتبخر في الهواء الرقيق، وتستخدم عملية التكثيف لتحويل هذا البخار إلى مياه صالحة للشرب من خلال التخلص من الأملاح والملوثات الأخرى. وفي هذا السياق، غالباً ما يتم استخدام كل من التقطير الوميضي متعدد المراحل Multi-Stage Flash distillation (MSF) و التقطير متعدد التأثيرات Multi-Effect Distillation (MED)) El Kharraz et al. (2023) في عملية التحلية. ويعرف التقطير الوميضي متعدد المراحل (MSF) بأنه تقنية من تقنيات التحلية تعتمد على الحرارة حيث يتم ضخ مياه البحر الواردة الى جهة ذات ضغط أكبر وتسخينها إلى درجة قريبة من الغليان. أما في تقنية التقطير متعدد التأثيرات (MED) فيتم تبخير مياه البحر في مرحلة أو أكثر (حتى 14 مرحلة) عند درجة حرارة منخفضة نسبياً (<70 درجة مئوية) لإنتاج مياه مقطرة نظيفة.

أما الطريقة الثانية من طرق تحلية المياه وهي طريقة الغشاء (membrane) فتستخدم حواجز انتقائية لإزالة الأملاح من الماء بشكل فعال، تعتمد هذه الطريقة على تقنيات التناضح العكسي ((Reverse Osmosis (RO) والتحليل الكهربائي (ED). ويعد مرور المياه المالحة عالية

الضغط عبر غشاء شبه منفذ طريقة حديثة واعدة لتنقية المياه وتمنع مرور أيونات الملح (Hossain et al., 2021). يجب الأخذ في الاعتبار عدد العوامل عند تحديد التقنية المناسبة التي يمكن استخدامها لتحلية المياه في البلد المعيّن، منها على سبيل المثال مستوى ملوحة مياه المصدر وتكلفة الطاقة والحاجة إلى كمية معينة من المياه العذبة. وأصبحت تقنيات تحلية المياه حلاً جذابا لإشكالية ندرة المياه العالمية لكونها أكثر كفاءة وفعالية من حيث التكلفة من الطرق الأخرى (Pye et al. ، 2020).

وتعتبر تحلية المياه بالأغشية خيارًا أكثر كفاءة وفاعلية في استخدام الطاقة مقارنةً بالتحلية الحرارية. وتشكّل تقنية التناضح العكسي حوالي 80% من القدرة المستخدمة في التحلية في العالم، نظراً لكفاءتها العالية في إزالة الأملاح باستهلاك منخفض للطاقة مقارنة بتقنيات التحلية الحرارية مثل MSF وMED، والشكل رقم (1) يبيّن تقنيات تحلية المياه المستخدمة عالمياً.

الشكل رقم (1): تقنيات تحلية المياه



المصدر: ENGIE Impact, 2023

تحلية المياه بالطاقة الشمسية

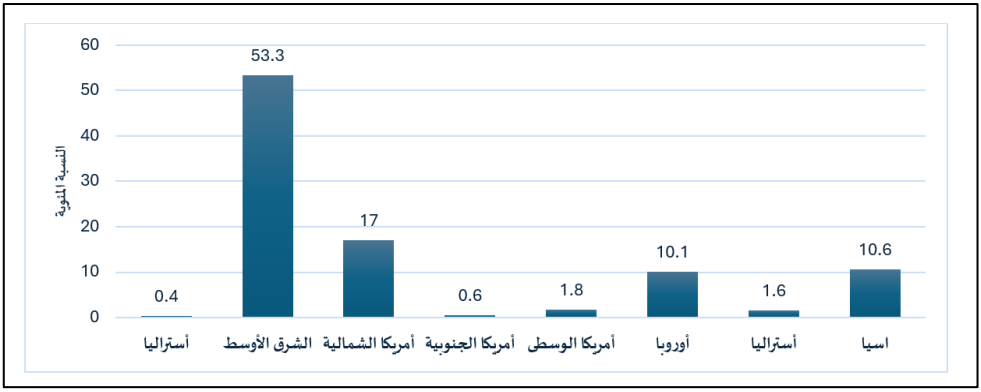
توفر طرق تحلية المياه بالطاقة الشمسية مصدراً وعداً لزيادة إنتاج المياه العذبة في العالم. وتجمع تحلية المياه بالطاقة الشمسية بين تقنيتين مختلفتين: أولاهما تجميع الطاقة الشمسية (من خلال استخدام الألواح الكهروضوئية) مقترنًا بالطريقة الثانية لتحلية المياه مثل التقطير الوميضي متعدد المراحل(MSF) ، أو التبخر متعدد التأثيرات(MED) ، أو التناضح العكسي(RO) . ويساعد استخدام الطاقة الشمسية المتجددة كمصدر إضافي للحرارة في تقليل استهلاك الطاقة من الوقود الأحفوري، مما يقلل بشكل كبير من تكاليف التشغيل ويجعل محطات تحلية المياه التجارية قابلة للاستدامة.

محطة تحلية المياه الحرارية بالطاقة الشمسية

تتكون محطة التحلية من جزأين (مُجمّع الحرارة الشمسية (solar heat collector) وجهاز التقطير(distiller). ويشار إلى العملية على أنها عملية غير مباشرة إذا كانت الحرارة تأتي من مجمع شمسي منفصل أو من أحواض شمسية منفصلة بينما يشار إليها على أنها عملية مباشرة إذا تم دمج جميع المكونات في محطة تحلية المياه (Kalogirou, 2005). ومن الأمور ذات الأهمية بشكل خاص تحلية المياه المرتبطة بما يسمى بمحطات الطاقة الشمسية المركزة (concentrating solar power (CSP) plants). تقوم محطات الطاقة الشمسية المركزة بجمع الإشعاع الشمسي وتوفير حرارة عالية لتوليد الكهرباء. ولذلك، يمكن ربطها إما بوحدات التحلية الغشائية (مثل التناضح العكسي، RO) أو وحدات التحلية الحرارية.

ولا يزال استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج المياه العذبة يمثّل جزءاً صغيراً من الاستهلاك العالمي، ولكن مع تزايد الطلب على المياه العذبة والتقدم في تكنولوجيا الطاقة الشمسية (مثل أنظمة تخزين الطاقة الكهروضوئية والحرارية عالية التركيز) التي أصبحت ذات جدوى تجارية، فمن المرجح أن تصبح محطات تحلية المياه بالطاقة الشمسية أكثر انتشاراً.

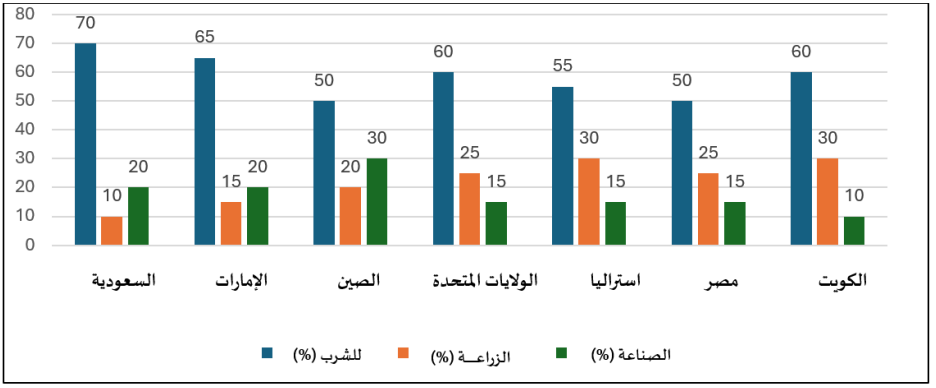
الشكل رقم (2): توزيع القدرة على تحلية المياه في العالم حسب المنطقة (حسب النسب المئوية)



المصدر: Salas, 2023

وفي هذا السياق، تعتبر المياه المحلاة مصدراً صالحاً لأغراض الشرب والزراعة. وتختلف جدوى تحلية المياه باختلاف الدول (Borgomeo and Santos ، 2019). ومن المتوقع أن يشهد سكان العالم الذين يعتمدون على مياه البحر المحلاة نمواً كبيراً بحلول عام 2050. ويعزى هذا النمو إلى انخفاض تكاليف إنتاج تحلية المياه وتصاعد أسعارها في مختلف الدول. الشكل رقم (2) يوضح توزيع القدرة على تحلية المياه في العالم حسب المنطقة، ومن الشكل يتضح أن أكثر من نصف قدرة تحلية المياه العالمية أو ما يعادل نسبة 53.3% تقع في منطقة الشرق الأوسط. ويقع أكبر مشروع للتحلية في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا في عام 2022 في المملكة العربية السعودية بقيمة تجاوزت ثلاثة مليارات دولار أمريكي (Salas, 2023). وأنتجت محطات التحلية في المملكة ما يقرب من 1.9 مليار متر مكعب من المياه في عام 2019. أما الشكل (3) فيوضح استخدامات المياه المحلاة حسب البلد.

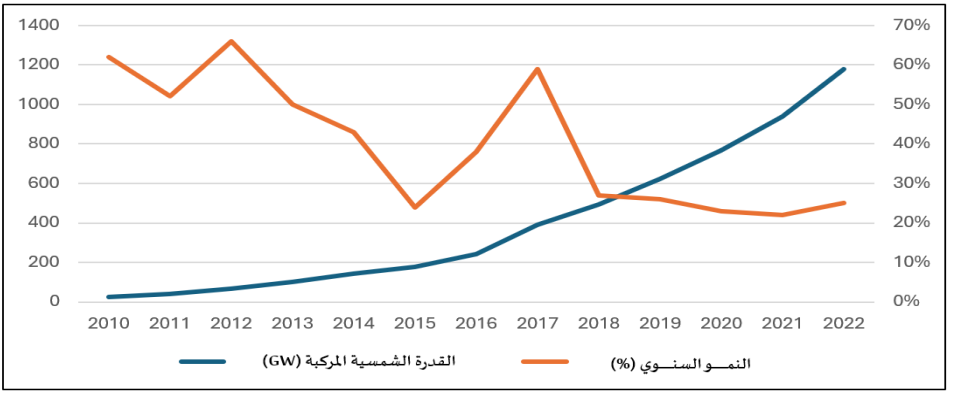
الشكل رقم (3): استخدامات مياه التحلية حسب الدولة



المصدر: تم إعداده من عدة مصادر.

أما الشكل (4) فيعرض نمو مشاريع الطاقة الشمسية على مستوى العالم، في محاولة لتنويع مصادر الطاقة وتقليل اعتمادها على الوقود الأحفوري. ويعتبر استخدام أشعة الشمس لإنتاج الكهرباء بديلاً أكثر اخضرارا من مصادر الطاقة التقليدية، لا سيما في ضوء المساعي للإنتاج واسع النطاق. وتوفر الطاقة الشمسية إمدادات لا نهاية لها لإنتاج الكهرباء .

الشكل رقم (4): نمو مشاريع الطاقة الشمسية على مستوى العالم



المصدر: تم اعداده من عدة مصادر.

تكاليف تحلية المياه

تعتمد تكاليف تحلية المياه على كمية الطاقة ونوع التقنية المستخدمة. وتهيمن تكلفة الطاقة إلى حد كبير على تكلفة تحلية المياه. ولذلك، فإن الجدوى الاقتصادية لتحلية المياه تقوم بشكل أساسي على توافر الطاقة محليا وتكلفتها، وتستند المقارنات بين تقنيات تحلية المياه المختلفة إلى الظروف المحلية وتكاليف نقل مياه التغذية، وتوصيل المياه العذبة إلى المستخدمين النهائيين، والتخلص من المياه المالحة وحجم المحطة. وبخصوص التكاليف الرأسمالية وتكاليف التشغيل والصيانة، فإن المقارنة بين نظامي تحلية المياه الأكثر استخدامًا، وهما RO وMSF، توضح أن المحطات القائمة على تقنية MSF تتطلب رأس مال أعلى بينما يتطلب محطة RO التناضح العكسي تكاليف تشغيل وصيانة أعلى بسبب تعقيد المصنع. وتتفاوت التكاليف الاستثمارية والتشغيلية وفقاً لاختلافات الظروف المحلية (تكلفة العمالة، وسعر الفائدة، وما إلى ذلك). والجدول رقم (1) يوضح ويقارن بين تكاليف تحلية المياه باستخدام تقنيات الطاقة المتجددة في الاتحاد الاوروبي.

الجدول رقم (1): التكاليف المقارنة لتقنيات تحلية المياه المتجددة المعتادة

	القدرة الفنية Technical capacity	الطلب على الطاقة (kWh/m3)	تكلفة المياه (USD/m3)	مرحلة التطور Development Stage
الترشيح الشمسي Solar stills	< 0.1m3 /d	سلبي الطاقة الشمسية Solar passive	1.3–6.5	مرحلة التطبيق Application
الترطيب متعدد التأثيرات بالطاقة الشمسية Solar-Multiple Effect Humidification	1–100 m3 /d	الحرارية :thermal 100الكهربائية electrical: 1.5	2.6–6.5	مرحلة تطبيقات البحث والتطوير R&D Application
التقطير الغشائي الشمسي Solar- Membrane Distillation	0.15–10 m3 /d	الحرارية :thermal 150–200	10.4–19.5	مرحلة البحث والتطوير R&D
التقطير متعدد التأثير بالطاقة الشمسية/ الطاقة الشمسية المركزة Solar/CSP-Multiple Effect Distillation	> 5,000 m3 /d	thermal: 60–70 electrical: 1.5–2	2.3–2.9 (التكلفة المحتملة)	مرحلة البحث والتطوير R&D

مرحلة التطور Development Stage	تكلفة المياه (USD/m3)	الطلب على الطاقة (kWh/m3)	القدرة الفنية Technical capacity	
مرحلة تطبيقات البحث والتطوير R&D Application	BW: 6.5–9.1 SW: 11.7–15.6	electrical: BW: 0.5–1.5 SW: 4-5	< 100 m3 /d	التناضح العكسي الكهروضوئي Photovoltaic Reverse Osmosis
مرحلة البحث والتطوير R&D	BW:10.4–11.7	electrical: only BW:3–4	< 100 m3 /d	عكس التحليل الكهربائي الكهروضوئي Photovoltaic Electrodialysis Reversed
مرحلة البحث والتطوير R&D Application	Units under 100 m3 /d, BW:3.9–6.5 SW:6.5–9.1 About 1,000 m3 /d, 2-5.2	electrical: BW: 0.5–1.5 SW: 4–5	50–2,000 m3 /d	الرياح- التناضح العكسي Wind- Reverse Osmosis
مرحلة البحث الاساسي Basic Research	5.2–7.8	electrical: only SW:11–14	< 100 m3 /d	الرياح - ضغط البخار الميكانيكي Wind- Mechanical Vapor Compression
-	BW: 2.0–3.5	-	-	التحليل الكهربائي للرياح Electrodialysis Wind
-	SW: 3.8–5.7	-	-	التقطير متعدد التأثيرات للطاقة الحرارية الأرضية Multi Effect Geothermal Distillation

المصدر: Papapetrou et al., 2010 and European Union, 2008

ثانياً: مصادر المياه في القطاع الزراعي الاسترالي

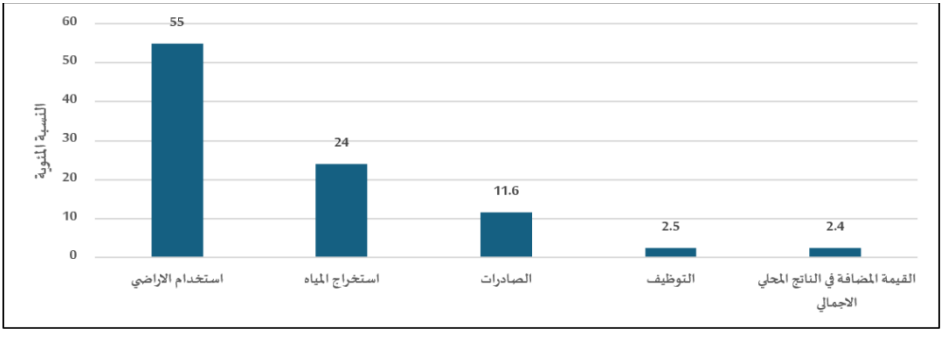
القطاع الزراعي الاسترالي 2023

تتمثّل أهمية الزراعة في الاقتصاد الأسترالي في توفير الأمن الغذائي وفرص التشغيل والتصدير ودعم التنويع الاقتصادي. ويمثل القطاع الزراعي نسبة 55% من استخدام الأراضي الأسترالية (427 مليون هكتار، باستثناء إنتاج الأخشاب، ديسمبر 2020). كما يمثل نسبة 24% من استخراج المياه في استراليا بما يعادل 2,809 جيجا لتر تم استخدمتها في الزراعة في العام 2020-

2021). وتساهم الزراعة بنسبة 11.6% من صادرات السلع والخدمات في الدولة في الفترة 2021-2022؛ كما تساهم بنسبة 2.4% من القيمة المضافة في الناتج المحلي الاجمالي الاسترالي ونسبة 2.5% من اجمالي التوظيف خلال العام 2021. وارتفعت مساهمة الزراعة في العام 2022 إلى نسبة 3.17% من الناتج المحلي، بينما ساهمت الصناعة بنسبة 27.88%، وقطاع الخدمات بنسبة 62.43% والقطاعات الاقتصادية الأخرى بنسبة 6.52%. وتصدر أستراليا للعالم حوالي 72% من القيمة الإجماليـة للإنتاج الزراعي والسمكي والغابي (المصدر: المكتب الأسترالي لاقتصاديات وعلوم الزراعـة والمـوارد، 2023). الشكل رقم (5): مساهمة القطـاع الزراعي في الاقتصـاد الاسـترالي 2021-2022.

مساهمة القطاع الزراعي في الاقتصاد

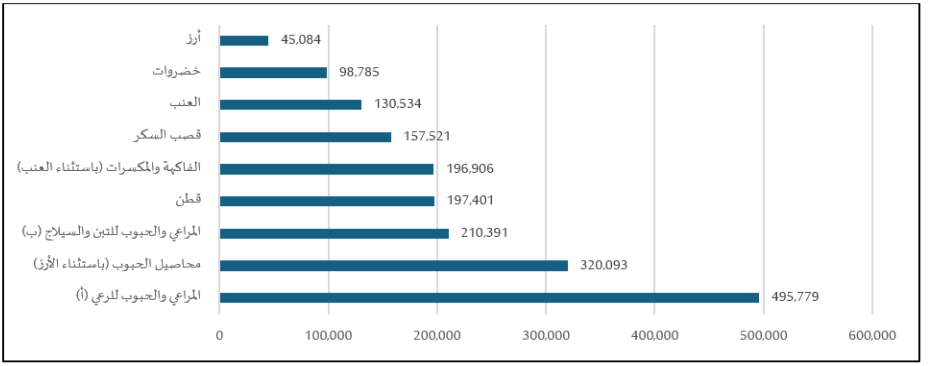
الشكل رقم (5): مساهمة القطاع الزراعي في الاقتصاد الاسترالي 2021-2022



المصدر: تم اعداده من بيانات (Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences (ABARES). (2023).

تشير الإحصائيات الرئيسية للري في استراليا الى استخدام 7.8 مليون ميجا لتر من المياه لري المحاصيل والمراعي في الفترة 2020-2021 (بزيادة 37% عن الفترة 2019-2020)، وقد تم ري 1.9 مليون هكتار من الأراضي الزراعية. الشكل رقم (6) يوضح الأراضي الزراعية المروية لمحاصيل ومراعي مختارة بالهكتار خلال العام 2020-2021.

الشكل رقم (6): الأراضي الزراعية المروية لمحاصيل ومراعي مختارة في استراليا للعام 2020-2021 بالهكتار



تم اعداده من بيانات هيئة الاحصاء الاسترالية 2020-2021 ، Australian Bureau Statistics.

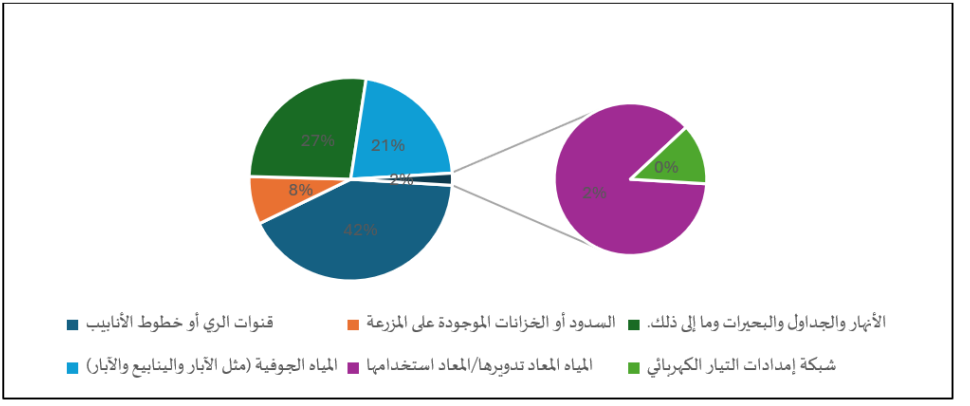
وبخصوص مياه الري المستخدمة خلال الفترة 2020-2021، فقد تم استخدام 5.7 مليون ميغالتر لري المحاصيل (تمثل نسبة 73% من إجمالي المياه المستخدمة) على النحو التالي: 1.3 مليون ميغالتر للقطن (بزيادة 249%)، 1.1 مليون ميغالتر للفواكه والمكسرات (بزيادة 5%)، 795.400 ميجالتر لقصب السكر (بانخفاض 10%)، 516.500 ميجالتر لأشجار العنب (بزيادة 10%)، ومن بين 2.1 مليون ميغالتر المستخدمة في المراعي توزعت الى تغذية 1.4 مليون ميجا لتر للمراعي والحبوب (بزيادة 13%)، 664,700 ميغالتر للمراعي والحبوب المقطوعة للتبن والسيلاج (بزيادة 13%).

مصادر المياه

تحصّلت المزارع الأسترالية على ما مجموعه 8.1 مليون ميغالتر من المياه في 2020-2021 مأخوذة من مصادر مختلفة على النحو التالي: 3.4 مليون ميجا لتر من قنوات أو خطوط الري (بزيادة 51%)، 2.2 مليون ميغالتر من الأنهار أو الجداول أو البحيرات (بزيادة 55%)، 1.7 مليون ميغالتر من المياه الجوفية (بانخفاض 17%)، 616,900 ميجا لتر من السدود أو الخزانات الزراعية (بزيادة 14%)، 134,700 ميغالتر من المياه المعاد تدويرها أو استخدامها من مصادر خارج المزرعة

(بزيادة 9%)، 20,300 ميغالتر من المدينة أو إمدادات التيار الكهربائي الشبكي (بانخفاض قدره 53%). الشكل رقم (7): مصادر المياه من حيث الحجم بالميغالترات في العام 2020-2021.

الشكل رقم (7): مصادر المياه من حيث الحجم بالميغالترات في أستراليا في العام 2020-2021



المصدر: تم إعداده من بيانات هيئة الاحصاء الاسترالية 2020-2021.

ثالثاً: تحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية للزراعة في أستراليا: المدخلات والتكلفة والمخرجات والفرص المتاحة

تعتبر تحلية المياه في العديد من البلدان القاحلة مثل أستراليا الخيار الأمثل لضمان توافر المياه. وقد واجهت أستراليا أسوأ موجة جفاف خلال الفترة 1997-2010، وقامت بتطبيق عدد من التقنيات لمجابهة نقص المياه بما في ذلك المحافظة على المياه، والاتجار بالمياه، وإعادة تدوير المياه، وجمع مياه الأمطار، وإعادة استخدام المياه الرمادية في الموقع. ومع ذلك، كانت الاستجابة الحكومية الأكبر هي تنفيذ برنامج لإعادة تدوير مياه الشرب وتحلية مياه البحر بقيمة 15 مليار دولار. وشمل ذلك بناء ست محطات رئيسية لتحلية مياه البحر في جميع عواصم ولايات البر الرئيسي الخمس وأربع محطات لإعادة تدوير مياه الشرب في بريسبان. وتم اكمال وتسليم البرنامج الكامل من قبل هيئات المياه في فترة زمنية وجيزة وهي ثماني سنوات. والجدول رقم (2) يوضح أهم وحدات إنتاج مياه التحلية في أستراليا.

الجدول رقم (2): أهم محطات تحلية المياه بأستراليا

اسم محطة الطاقة Plant	القدرة Capacity (megaliters per day)	الوضع الراهن Current status	الموقع location	الاكمال completion
Victorian distillation plant	410	تعمل	VIC	2012
Adelaide distillation plant	300	تعمل	SA	2012
Southern seawater distillation plant (binningup)	270	تعمل	WA	2012
Sydney distillation plant	250	تعمل	NSW	2012
Cape preston (sino iron project, pilbara)	140	تعمل	WA	
Perth seawater distillation plant	130	تعمل	WA	2006
Gold coast distillation plant	125	تعمل	QLD	2009

المصدر: ENGIE Impact, 2023

نظرًا لأن معظم أنحاء أستراليا قاحلة أو شبه قاحلة، تعتمد البلاد بشكل كبير على المصادر الجديدة للمياه الأمر الذي سمح بتركيب العديد من محطات تحلية مياه البحر كثيفة الاستهلاك للطاقة لدعم المجتمعات والصناعات والزراعة. ومن المتوقع أن يزداد هذا في المستقبل. يصل عدد محطات تحلية المياه العاملة في أستراليا إلى ما يزيد عن 1000 محطة، تتراوح أحجامها بين صغيرة (تنتج أقل من 10000 لتر يوميًا – 10 كيلو لتر/يوم) إلى كبيرة جدًا (تنتج أكثر من 250 مليون لتر يوميًا – 250 مل/يوم)، ويستخدم عدد قليل من محطات تحلية المياه في أستراليا لأغراض الزراعة. توفر تحلية المياه في أستراليا فرصاً اقتصادية وإمكانات كبيرة، خاصة في المناطق التي تتمتع بإمكانية الوصول إلى البحر (Crisp 2012, Bell et al 2018).

على الرغم من أن تحلية مياه البحر بالطرق التقليدية توفر الاستفادة من موارد المياه غير المحدودة تقريبًا، إلا أن استخدام الكهرباء من المصادر الأحفورية في هذه التقنية يرتبط بتكاليف عالية واستهلاك مرتفع للطاقة وبالتالي ارتفاع انبعاثات الكربون والأضرار البيئية

المصاحبة. فتكلفة إنتاج المياه المحلاة تتجاوز ضعفين أو ثلاث أضعاف تكلفة إنتاج المياه من المصادر التقليدية (Ziolkowska 2015). فضلاً عن تأثيراتها السالبة على النظام البيئي البحري والاستهلاك العالي للطاقة وما يرتبط بها من انبعاثات غازات الدفيئة.

مزيج الطاقة المتجددة المستخدم في أستراليا

تتمتع أستراليا بالعديد من المزايا الطبيعية التي يمكن استخدامها لإتمام التحول إلى أمن الطاقة بشكل مستقل عن الوقود الأحفوري. توفر الطاقة المتجددة حوالي 35.9% من انتاج الكهرباء في أستراليا في العام 2022. الجدول رقم (3) يوضح توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة في استراليا حسب نوع الوقود 2022، ومنه يتبيّن أن الطاقة الشمسية الكهروضوئية ذات النطاق الواسع توفر نسبة 14% من توليد الكهرباء من مصادر متجددة وتمثّل نسبة 5% من اجمالي التوليد.

الجدول (3): توليد الكهرباء من الطاقة المتجددة في استراليا حسب نوع الوقود 2022

التكنولوجيا	التوليد (جيجاوات/ساعة)	نسبة التوليد المتجدد	النسبة المئوية من إجمالي التوليد	العدد المكافئ من الأسر التي تعمل بالطاقة على مدار العام
Hydro	16,537	19.7%	7.1%	3,598,082
الرياح	29,892	35.6%	12.8%	6,503,905
الطاقة الشمسية الكهروضوئية ذات النطاق الصغير(سقوف المنازل)	21,726	25.8%	9.3%	4,727,168
الطاقة الحيوية	3,181	3.8%	1.4%	692,177
الطاقة الشمسية الكهروضوئية متوسطة الحجم	980	1.2%	0.4%	213,173

التكنولوجيا	التوليد (جيجاوات/ساعة)	نسبة التوليد المتجدد	النسبة المئوية من إجمالي التوليد	العدد المكافئ من الأسر التي تعمل بالطاقة على مدار العام
الطاقة الشمسية الكهروضوئية ذات النطاق الواسع	11,740	14.0%	5.0%	2,554,448
الاجمالي	84,056	100.0%	35.9%	18,288,95

المصدر: Clean Energy Council- 2023

يأتي معظم توليد الكهرباء في أستراليا من المصادر المتجددة من الطاقة الكهرومائية تليها طاقة الرياح وهي ثاني أكبر مساهم للطاقة المتجددة. وتمثل طاقة الرياح والطاقة الكهرومائية معًا أكثر من 90% من الكهرباء المولدة من المصادر المتجددة في أستراليا. وتعد جنوب أستراليا موطنًا لما يقرب من 50% من طاقة الرياح المركبة في أستراليا وتعد منطقة فيكتوريا موطناً لنسبة 22% منها. وتوفر الطاقة الحيوية (أي الطاقة المنتجة من المصادر البيولوجية) معظم الطاقة الأولية في أستراليا المنتجة من مصادر متجددة. وعلى الرغم من أن أستراليا هي القارة التي تتمتع بأعلى متوسط للإشعاع الشمسي لكل متر مربع، الا أن الطاقة الشمسية لا تزال تمثل جزءاً قليلاً جداً من إجمالي إنتاج الطاقة في البلاد.

بينما تكافح أستراليا تغير المناخ من خلال تركيب الطاقة المتجددة على نطاق واسع، يتعين عليها أن تعزز وتوسع هذه الأنظمة لتحقيق العرض المنوط بها، مما يتيح امكانية وجود فترات في المستقبل تكون فيها تكلفة الطاقة الاجمالية مجانية أو حتى سالبة القيمة، فالتحول إلى الطاقة المتجددة يقلل من الاعتماد على المياه للتبريد، كما أنه يخلق فرصة لاستخدام الطاقة الرخيصة التي قد يتم إهدارها أو تقليصها لتشغيل الأنشطة كثيفة الاستهلاك للطاقة. إن استخدام هذه الطاقة غير المستغلة في تحلية المياه و/أو إعادة تدوير المياه يخلق إمكانية الحد من خطر ندرة المياه، مع تقليل احتياجات التخزين والاستثمارات (the Engie Impact report , 2023).

فوائد استخدام مياه التحلية بالطاقة المتجددة في الزراعة في أستراليا:

- توفير الأمن المائي.
- تحسين نوعية المياه فتتحسن إنتاجية المحاصيل.
- تكييف المياه: يمكن تكييف المياه المستخدمة بشكل أكبر عن طريق إضافة الأسمدة و/أو المعادن ("التسميد") مباشرة إلى مجرى الري، وتخصيصها لتناسب المحاصيل الفردية.
- كفاءة استخدام المياه: يرتبط التوسع في استخدام المياه المحلاة لأغراض الزراعة ارتباطاً وثيقاً بتطوير تقنيات الري الموفرة للمياه والمحاصيل ذات القيمة العالية.
- زيادة الإنتاجية الزراعية: تتيح تحلية المياه والمعالجة اللاحقة لها توفير المياه "المناسبة للغرض"، مما يدعم الإنتاجية الزراعية المتقدمة.

وهذا من شأنه أن يؤدي إلى زيادة ربحية الزراعة، مما يساعد على تعويض تكلفة المياه المحلاة.

ومن الدروس المهمة التي يمكن تعلمها من التجربة الأسترالية أهمية تطوير مجموعة من مصادر المياه، بحيث يكون بعضها مستقلاً عن الطقس والمناخ. لذا فإن الأمن المائي لا يتعلق فقط بالاضطرار إلى الاختيار بين تحلية مياه البحر وإعادة تدوير المياه، أو الحفاظ على المياه وإعادة استخدام مياه الأمطار أو الأدوات الاقتصادية . بل ان الحكمة تقتضي الأخذ في الاعتبار كل الخيارات المتاحة.

مدخلات وتكلفة المشروع المالية

يعد رسم خرائط الاحتياجات المائية ومصادر الطاقة المتجددة أداة استراتيجية لتخطيط أنظمة تحلية المياه الجديدة. ويمكن أن تكون تحلية المياه بالطاقة المتجددة احدى أهم عوامل التمكين الرئيسية للنمو المستدام، وخاصة في تلك البلدان التي تعتمد على المياه المحلاة لدعم احتياجات المجتمعات المحلية والاستخدامات الإنتاجية مثل الري الزراعي. وعلى هذا النحو، ينبغي

النظر إلى توليد الطاقة المتجددة باعتباره استثمارًا اقتصاديًا قيمًا يقلل من التكاليف الخارجية، والاجتماعية، والبيئية والتشغيلية. ويرغب واضعو السياسات في الأخذ في الاعتبار فرص السوق المستقبلية والتأثيرات طويلة المدى للخيارات التكنولوجيا المتعددة عند تخطيط قدراتهم وبنيتهم التحتية واحتياجاتهم المستدامة من إمدادات المياه.

نموذج: تكلفة تحلية المياه بالطاقة الشمسية في استراليا

تتكون تكاليف تحلية المياه من الاستثمار الرأسمالي وإجمالي تكاليف التشغيل والصيانة السنوية لكل وحدة من السعة المستخدمة (دولار/ كيلو لتر). وتتأثر هذه التكاليف بشكل كبير بالظروف المحيطة، والتي تختلف بشكل كبير حسب موقع محطة التحلية. الجدول رقم (4) نموذج للتكلفة الرأسمالية المقدرة لبرج طاقة شمسية بقدرة 100 ميجاوات تم إنشاؤه في أستراليا. ويجب أخذ الاعتبارات التالية في احتساب التكاليف:

- جودة مياه التغذية: انخفاض ملوحة مياه التغذية (<3000 ملغم/لتر) يؤدي إلى انخفاض تكاليف التشغيل والصيانة السنوية ويسمح بمعدلات استرداد أعلى، وانخفاض أحجام المحلول الملحي، وانخفاض تكاليف التخلص من المحلول الملحي.
- فرص التخلص من المياه المالحة: تشكل تكاليف التخلص من المياه المالحة في المناطق الداخلية في استراليا ما بين 40% إلى 80% من إجمالي تكاليف نظام تحلية المياه ويمكن أن تشكل عائقًا رئيسيًا لمياه التغذية ذات الملوحة العالية. في المناطق الساحلية، يمكن أن يؤدي تصريف المياه المالحة إلى المحيط إلى تقليل تكاليف التخلص من المياه المالحة بشكل كبير.
- تكاليف التشغيل والصيانة: بالنسبة لتحلية المياه قليلة الملوحة، بالإضافة إلى التكاليف الرأسمالية، فإن تكاليف التشغيل والصيانة تتراوح من 0.32 دولار لكل كيلو لتر إلى أكثر من دولار واحد لكل كيلو لتر (مع مساهمة تكاليف الطاقة بما يصل إلى 50% من هذا المبلغ).

- مصدر الطاقة: على الرغم من أن أستراليا لديها موارد وفيرة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، إلا أن الطاقة المتجددة لا توفر سوى الطاقة المباشرة لوحدات تحلية المياه الصغيرة الحجم في الوقت الحاضر. إن انخفاض تكاليف الطاقة المتجددة يجعل من مزرعة الطاقة المتجددة خيارًا جذابًا. بناءً على التحليل الخاص بالموقع.
- اعتبارات تقلبات أسعار الطاقة.
- التكاليف الأخرى: تتأثر التكلفة أيضًا باستهلاك مياه التغذية وهياكل النقل، بما في ذلك خطوط الأنابيب وحقول الآبار لاستخراج المياه الجوفية، والمسافة من محطة تحلية المياه إلى المستخدم (المستخدمين) النهائيين، وأي متطلبات لمنشأة تخزين المياه المعالجة.

الجدول رقم (4): التكلفة الرأسمالية المقدرة لبرج طاقة شمسية بقدرة 100 ميجاوات تم إنشاؤه في أستراليا

المعدات Equipment area	التكلفة التقديرية بالدولار الاسترالي Estimated cost (A$ million		
	تكلفة الوحدة الواحدة Unit cost	بدون التخزين	مع التخزين
إعداد الموقع والهندسة المدنية	$30 /$kW_{e.net}$	30.0	30.0
الحقل الشمسي Solar Field	$142 /$m^2$	101.8	143.2
البرج Tower	$29 /$kW_{th}$	11.5	14.5
جهاز الاستقبال Receiver	$19 /$kW_{th}$	9.2	9.7
الملح المنصهر و أنظمة التخزين	$12 /$kW_{th}$	12.6	20.8
أنظمة التوربينات (بما في ذلك المولدات)	$424 /$kW_{e.gross}$	46.0	46.6
توليد البخار	$187 /$kW_{e. gross}$	20.6	20.6
مكثف مبرد بالهواء ((ACC Air cooled condenser (ACC)	$371 /$kW_{e. gross}$	40.8	40.8
معدات كهربائية Electrical	$180 /$kW_{e.net}$	18.0	18.0
معدات تحكم Controls	$100 /$kW_{e.net}$	10.0	10.0
الخدمات المسبقة Fore services	$40 /$kW_{e.net}$	4.0	4.0
قطع الغيار (allow 5%) Spares		15.2	17.9

المعدات Equipment area	التكلفة التقديرية بالدولار الاسترالي Estimated cost (A$ million		
	تكلفة الوحدة الواحدة Unit cost	بدون التخزين	مع التخزين
تكاليف المالك ولمقاول Owner & contractor costs (30%)		95.9	112.9
إجمالي التكاليف الرأسمالية		415.8	489.0
التكلفة التأشيرية للمنشأة (المبردة الجافة) Indicative plant cost (dry cooled) $/kW$_e$		4158	4890

المصدر: Hinkley et al., 2011

مخرجات المشروع

النتائج المتوقعة لمشروع تحلية المياه باستخدام مصادر الطاقة الشمسية للزراعة:

- تحسين الأمن المائي وجودته.
- تعزيز الأمن الغذائي.
- تحسين استدامة وربحية أنشطة مستخدمي المياه.
- تعويض تكلفة مشروع تحلية المياه من خلال زيادة الأرباح والإنتاجية.
- تحسين النظام البيئي.

وتشمل خطوات تطوير خطط تحلية المياه بالطرق المستدامة للزراعة المروية ما يلي:

- إشراك أصحاب الأعمال التجارية الزراعية.
- تقييم موارد المياه قليلة الملوحة.
- تقييم خيارات إدارة المياه المالحة.
- النظر في طرق إضافة قيمة جديدة إلى البنية التحتية الحالية.
- تقييم دور السياسات الزراعية.

رابعاً: دراسة حالة: تجربة شركة صندروب فارمسSundrop farms الأسترالية في استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج المحاصيل الزراعية

شركة صندورب فارمس Sundrop Farms هي شركة أسترالية مطورة ومالكة ومشغلة لمنشآت مشتل خضار عالي التقنية يعتمد بشكل أساسي على وفرة ضوء الشمس ومياه البحر المالحة لإنتاج محاصيل ذات قيمة عالية. أتاحت التكنولوجيا المستخدمة في المنشأة تشغيل مرافق إنتاج الأغذية في مواقع غير تقليدية لا تتمتع عادةً بالأراضي الصالحة للزراعة أو مصادر المياه العذبة أو شبكة الطاقة (أراضي صحراوية). ونظرًا لتزايد عدد سكان العالم وارتفاع الضغط على الموارد المحدودة المتاحة، يهدف هذا النموذج الزراعي المبتكر إلى إفادة البشرية بتوفير الغذاء وتعزيز الاستدامة البيئة في الكوكب وتحقيق الأرباح التجارية.

تتمثّل رؤية مزارع صندروب في تحقيق الانتاج الزراعي بفعالية عالية من خلال تقليل الاعتماد على الموارد المستخدمة، بما في ذلك الطاقة والوقود الأحفوري والمياه العذبة. وتهدف الشركة الى ابتكار أساليب غير تقليدية للتمكين من انتاج الغذاء على مدار العام بأقل تكلفة وأقل تأثير بيئي.

يتناول هذا الجزء من الدراسة استعراض التجربة الأسترالية في تحلية مياه البحر بالطاقة الشمسية من خلال التطور التاريخي لشركة صندروب فارمس وواقعها الحالي، يليها تقييم لتجربة الشركة من الجانب المالي والتقني والبيئي والاجتماعي ومن ثم تقييم تجربة الشركة باستخدام التحليل الرباعي (SWOT Analysis). يليه توضيح آفاق تطبيق التجربة في الدول العربية.

1.4 شركة صندروب فارمس: كيف بدأت وإلى أين وصلت؟

عقدت شركة صندروب فارمس شراكة مع سلسلة مراكز تسوق أسترالية كبيرة تدعى (Coles)، تُوفّر الأولى بموجب هذا العقد منتجات عالية الجودة بطريقة متسقة وموثوقة. وتنتج شركة صندروب فارمس أكثر من 15000 طن من الطماطم في العام، وهو ما يغطي 15% من سوق الطماطم في أستراليا.

تأسست شركة Sundrop على مبدأ تخفيف قيود الموارد المطلوبة لزراعة المحاصيل البستانية وخفض التقلبات في الانتاج الزراعي. والشكل رقم (8) يوضح التطور التاريخي لشركة صندروب فارمس ومبادراتها الرئيسية خلال الفترة 2008-2023.

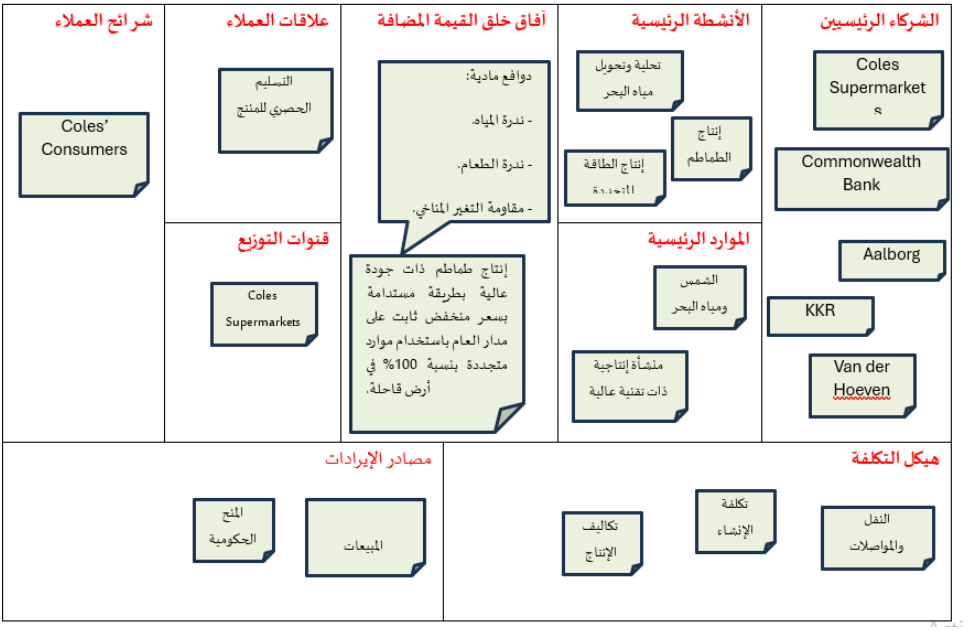
الشكل رقم (8): التطور التاريخي لشركة صندروب فارمس ومبادراتها الرئيسية

المصدر: segra

الشكل رقم (9) يوضح نموذج أعمال شركة صندروب فارمس الاسترالية بالتركيز على توضيح الشركاء الرئيسيين، الأنشطة الرئيسية، آفاق خلق القيمة المضافة، علاقات العملاء، شرائح العملاء، الموارد الرئيسية، قنوات التوزيع، هيكل التكلفة، مصادر الإيرادات.

الشكل رقم (9): نموذج أعمال شركة صندروب الأسترالية

Sundrop Farm Business Model



المصدر: Finch & Beak sustainability strategies

2.4 التقييم الهندسي والتقني

تسمح بيئة المشتل (greenhouse environment) الخاضعة للرقابة بالحد من تعرض المنتجات للآفات الضارة، وتقوم الشركة بزراعة محاصيل عالية القيمة باستخدام مياه البحر وأشعة الشمس، مما يمكّنها من تقديم منتجات خالية من المبيدات الحشرية. تشبه الإجراءات التي

نتبعها المنشأة إلى حد كبير الإجراءات المتبعة في بيئة المختبر العلمي المثالي لضمان عدم تعرض المحاصيل للآفات الضارة أو الملوثات.

وتتركز العمليات الزراعية بالكامل على بيع المنتجات الطازجة. ويقوم فريق البحث والتطوير في المنشأة بالتحقق من جدوى استخدام المنتجات الثانوية، مثل الأملاح والمعادن كمواد مغذية في عملية التسميد لمحاصيل الشركة، بدلاً من البحث عن مصدر دخل إضافي. ويتعين على جميع مشروعات تحلية المياه أن تقوم بتوفير المياه العذبة بطريقة فعّالة من حيث التكلفة، وأن تضمن في الوقت نفسه التخلص الآمن من المحلول الملحي.

يتم ضخ المياه الداخلة باستخدام الكهرباء المستدامة التي تنتجها محطة الطاقة الشمسية المركزة في الشركة، في أنبوب قطره 450 ملم على مسافة 5 كيلومترات إلى وحدة تحلية المياه بالشركة. تتكون محطة الطاقة الشمسية، التي تحيط بالمبنى الذي تبلغ مساحته ثماني هكتارات، من 23000 مرآة تعكس ضوء الشمس. يتم تحويل الحرارة إلى برج للطاقة الشمسية، حيث يتم تحويل مليون لتر من مياه البحر كل يوم إلى مياه عذبة، كما أنه يشغل توربينًا لتوليد الكهرباء. والشكل رقم (10) يوضح نظام عمل المشتل الزراعي (greenhouse) لشركة صندروب فارمس.

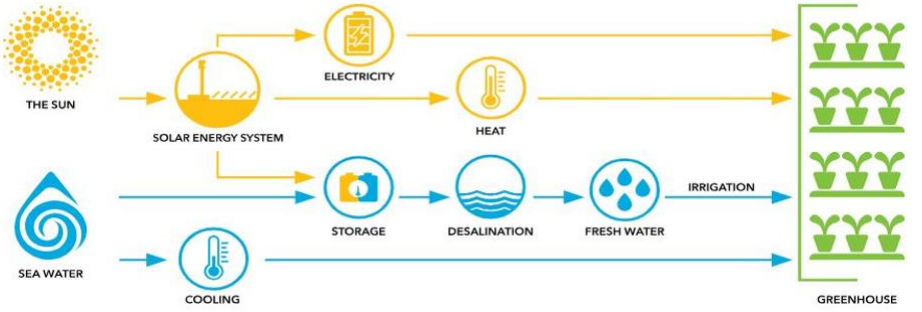
ونظرًا لأن مياه البحر تعتبر مطهرًا طبيعيًا، فيمكن للمزرعة أن تعمل بدون مبيدات حشرية. ويتم نقل المياه عالية الملوحة المتبقية من تحلية المياه إلى البحر. تُستخدم الجاذبية لإعادة المياه على طول المسار نفسه، في أنبوب أكبر، حيث يتم تصريفها في البحر عندما تعود مستويات الملوحة إلى وضعها الطبيعي.

وتستخدم مياه البحر أيضًا لأغراض الري. وباستخدام وحدة تحلية المياه متعددة التأثيرات MED (Multi Effect Desalination)، تتم تنقية المياه لتغذية النباتات وفي نفس الوقت التركيز على ضمان عدم تأثر مستويات الملوحة في الخليج للأسباب البيئية.

أظهرت العديد من الاختبارات أن مياه الخليج على بعد 20 مترًا من نقطة التصريف سجلت نفس مستويات الملوحة مثل المياه على مسافة تصل إلى كيلومتر واحد، مما يدل على مدى سرعة وفعالية نثر الملح.

الشكل رقم (10): نظام عمل المشتل الزراعي لشركة صندروب فارمس

Sundrop's Greenhouse System (Sundrop, n.d).



المصدر: Sundrop website

تحديات الانتقال من مرحلة التأسيس إلى الإنتاج التجاري

استمرت الشركة في المرحلة التجريبية لمدة خمس سنوات، وهي فترة مهمة تضمنت الكثير من المحاولات التجريبية الناجحة والفاشلة تم من خلالها استكشاف أفضل الطرق لجعل المزرعة قابلة للاستمرار تجاريًا. فمنذ مرحلة "المختبر التجاري" الأولية هذه، كان التحدي الأكبر هو تحديد كيفية دمج المنصات التكنولوجية المختلفة، وفي نهاية المطاف، تحويل المشروع التجريبي إلى مشروع يمكن أن يكون مستدامًا اقتصاديًا على نطاق واسع.

تمثل المنشأة الحالية توسعًا بمقدار 100 ضعف عن المنشأة التجريبية التي قامت الشركة بتشغيلها لمدة خمس سنوات. كان ميناء Port Augusta موقعًا مثاليًا بالنسبة للمنشأة

لأنه أحد أكثر الأماكن المشمسة على وجه الأرض، ويتميز برطوبة منخفضة نسبيًا ويقع بالقرب من مياه البحر، وهي عناصر حيوية تتوافق تمامًا مع النظام التكنولوجي للمنشأة.

ومع ذلك، تظل المنشأة متصلة بالشبكة الكهربائية كدعم احتياطي بنسبة 10 إلى 15 بالمائة من احتياجاتها من الطاقة عندما تسوء حالة الطقس فيصبح من الصعب الاعتماد على الطاقة الشمسية فقط. قامت شركة صندروب ببناء مزرعة أخرى في أستراليا، وواحدة أخرى في البرتغال، وثالثة في ولاية تينيسي الأمريكية. وعلى الرغم من عدم استخدام مياه البحر أو أبراج الطاقة الشمسية في كل هذه المزارع، إلا أنها جميعها تستخدم موارد مستدامة.

من التحليل السابق، يتبين أن شركة صندروب فارمس قد نجحت في إنتاج محصول الطماطم بشكل تجاري باستخدام طرق مبتكرة غير تقليدية، مما يمهد الطريق لتطبيق هذا المشروع في مناطق مشابهة من العالم مثل الدول العربية.

استخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية

المزايا

- القابلة لتعديل الحجم: يمكن تركيب الطاقة الشمسية الكهروضوئية كوحدات قائمة بذاتها لتشغيل معدات معينة أو توسيعها لتشمل أنظمة واسعة النطاق للعمليات كثيفة الاستهلاك للطاقة مثل الري.
- الموثوقية: تظل الطاقة الشمسية مصدرًا موثوقًا للطاقة، حيث أن التكاليف المستمرة الوحيدة بعد التثبيت هي تكاليف الصيانة والإصلاح، كما أن الألواح مصممة بحيث تتحمل التآكل في ظل الظروف الجوية المختلفة، مما يجعل تكلفة الطاقة الشمسية أقل من تكلفة الديزل، حيث تبلغ تكلفة الديزل حوالي 238 دولارًا لكل ميجاوات في الساعة اعتمادًا على الحجم والحمولة، فضلاً عن اعتمادها على كفاءة محرك الديزل المستخدم. وفي المقابل، يبلغ سعر التكلفة للطاقة الشمسية حوالي 50 دولارًا أمريكيًا لكل ميجاوات

في الساعة، اعتمادًا على عدد من العوامل مثل الوحدات الكهروضوئية المستخدمة وحجم المنشأة وإنتاجية الطاقة الشمسية الخاصة بالموقع. تتراوح تكلفة الطاقة الشمسية على الأسطح بين 60-120 دولارًا لكل ميجاوات في الساعة، بناءً على حجم النظام ومعدل الخصم.

أوجه القصور

- قيود المساحة: مزارع الطاقة الشمسية هي تطبيقات واسعة النطاق لجمع الطاقة النشطة وتتطلب مساحات واسعة للتركيب. على سبيل المثال، يتطلب توليد 1 ميجاوات من الطاقة، مزرعة للطاقة الشمسية تصل مساحتها إلى 7 أفدنة من الأرض. وهذا يعني أن الأراضي المتاحة، وكذلك التضاريس والنباتات الموجودة تمثل أولويات يؤخذ بها عند تقييم كمية الطاقة التي يمكن أن يوفرها استخدام حلول الطاقة الشمسية الكهروضوئية.
- تباين مستويات إنتاج الطاقة: تتأثر مزارع الطاقة الشمسية سلباً اذا تم تركيبها في مناطق غائمة أو في مرافق بها مستويات أشعة شمسية غير مستقرة. ويمكن أن تصبح مستويات الطاقة الفعلية التي يتم إنتاجها في المنشأة غير متسقة في حالة عدم وجود قدرات تخزينية كافية في مزرعة الطاقة الشمسية.
- ارتفاع قيمة التكاليف الأولية للطاقة الشمسية الكهروضوئية وتخزين الطاقة.

الشكل رقم (11): استخدام الطاقة الشمسية الكهروضوئية: المزايا وأوجه القصور

المصدر: إعداد الباحثين من عدة مصادر.

3.4 التقييم المالي للتجربة

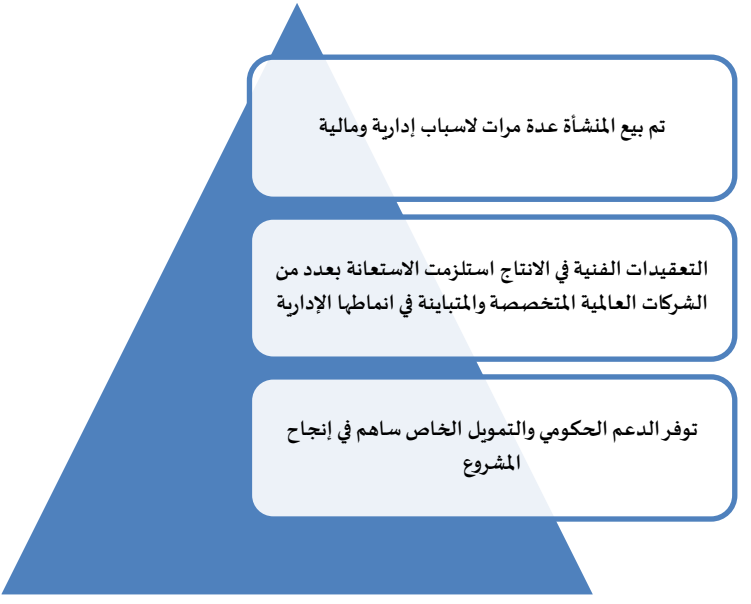
تبلغ تكلفة بناء منشأة Sundrop Farms التجارية حوالي 200 مليون دولار، استثمرت فيها شركة الأسهم الخاصة Kohlberg, Kravis and Roberts (KKR) مبلغ 100 مليون دولار. تنتج المنشأة حوالي 15000-17000 طن من الطماطم سنويًا وأبرمت عقداً للتوريد مع شركة كولز أستراليا (Coles Australia) لمدة 10 سنوات.

أداء شركة صندروب فارمس في الأسواق المالية

خسرت شركة صندروب مبلغ 2.26 مليون دولار في عام 2017، ومبلغ 1.6 مليون دولار في عام 2016. وفي عام 2017، أنفقت الشركة 2.7 مليون دولار على الرسوم المهنية والاستشارية، بزيادة أكثر من 1.5 مليون دولار عن العام السابق، وبمبلغ أكثر بكثير مما أنفقته على دفع أجور الموظفين. تم بيع المنشأة عدة مرات لأسباب ادارية ومالية (انظر الشكل رقم (12)). أشارت بعض

التقارير المالية إلى أن الأداء السلبي للمنشأة قد أثر على قيمتها السوقية، وقد نفى المدير السابق للشركة (Steve Marafiote) ضعف الأداء وأكد أن أداء المنشأة جيدًا وأن الإنتاجية تتزايد بمرور الزمن. تم بيع المصانع التجريبية للشركة في ولاية تينيسي الأمريكية (Tennessee) والبرتغال قبل إتمام صفقة شركة Morrison and Co. والشكل رقم (12) يوضح بعض الحقائق والاعتبارات حول أداء شركة صندروب فارمس المالي والاداري.

الشكل رقم (12): اعتبارات حول أداء شركة صندروب فارمس المالي والاداري



المصدر: إعداد الباحثين.

استحوذت مجموعة Centuria Capital Group على مزارع Sundrop في عام 2022 مقابل 70 مليون دولار أسترالي، حيث تم إجراء عملية الاستحواذ من خلال اتفاقية خارج السوق مع البائع وهو شركة موريسون (Morrison & Co. Growth Infrastructure Fund). وكانت شركة موريسون (Morrison & Co) قد استحوذت على شركة صندروب فارمس في عام 2019.

الدعم الحكومي ودعم المؤسسات المالية الخاصة لشركة صندروب فارمس:

تتلقى شركة صندروب فارمس الدعم المالي الحكومي حيث تم اعتماد الشركة من قبل رئيس وزراء جنوب أستراليا. وكانت مؤسسة تمويل الطاقة النظيفة (CEFC) The Clean Energy Finance Corporation من أوائل الداعمين للمشروع، حيث التزمت بدور ممول الديون الأساسي للشركة.

وصف الرئيس التنفيذي لشركة صندروب فارمس، فيليب سومويبر، هذا الالتزام بأنه لا يقدّر بثمن في تمكين الشركة من التفاوض لاحقًا على تمويل نمو رأس المال من شركة الاستثمار العالمية Kohlberg Kravis Roberts (KKR). وتتمتع أستراليا باقتصاد شفاف ومستقر يساعد على سهولة ممارسة الأعمال التجارية، والحصول على الدعم القوي من الحكومة المحلية وحكومة الولاية، كل ذلك أدى إلى تسهيل عمل الشركة.

ويوضح التحليل السابق أن شركة صندروب فارمس تواجه تحديات إدارية معقّدة ومخاطر مالية انعكست سلباً على أدائها في سوق المال الا أن توفر التمويل الحكومي ساعد في تخفيف التحديات المالية. وعموماً لا يقلّل ضعف الأداء المالي للشركة، إن وجد في بعض الأعوام المالية السابقة، من نجاح التجربة لأن الإنتاج الزراعي في العديد من دول العالم يحتاج للدعم الحكومي ليكون قادراً على المنافسة السوقية كما هو الحال في أوروبا، فالهدف من الإنتاج هو توفير الأمن الغذائي والاكتفاء الذاتي من المحاصيل الغذائية في الدولة، فتفتح تجربة شركة Sundrop Farms المجال واسعاً لإمكانية توفير السلع الزراعية محلياً وتصديرها مستقبلاً في بيئات لا تصلح للزراعة.

4.4 التقييم الاجتماعي والبيئي

أنتجت شركة Sundrop Farms أيضًا قدرًا كبيراً من الدعاية الإيجابية للمجتمع المحلي في جنوب أستراليا. ولم يقتصر الأمر على إثارة صيت على المستوى العالمي (حيث ظهرت العديد من

المنشورات الدولية حول تجربة الشركة)، ولكن على المستوى الوطني أيضاً حيث تابع الشعب الأسترالي افتتاح المزرعة وسط صيت إعلامي كبير بحضور رئيس وزراء جنوب أستراليا في ذلك الحين، ومع كون مزارع صندروب تمثل معيار الابتكار في الطاقة الشمسية المتجددة، فقد وضعت ولاية بورت أوغوستا منذ ذلك الحين نفسها على أنها "عاصمة الطاقة المتجددة في أستراليا".

وفي الوقت الحالي، تعد المدينة بورت أوغوستا موطنًا لعدد من مبادرات الاستدامة، بما في ذلك مزرعة بونجالا للطاقة الشمسية، ومشروع الطاقة الشمسية الكهروضوئية التابع لشركة Nexif Energy، وZIMEC Battery، ومؤخرًا مجمع الطاقة المتجددة التابع لشركة DP Energy. وتعطي هذه الأنشطة قيمة مضافة كبيرة للمدينة التي كانت تغطيها ذات يوم طبقات قذرة من الرماد الناتج عن محطات توليد الطاقة التي عفا عليها الدهر.

توفير فرص العمل

وجد عدد من السكان ممن فقدوا وظائفهم في المحافظة الأسترالية الجنوبية عملاً في شركة Sundrop Farms، التي وظّفت ما يصل إلى 300 شخص أثناء مرحلة البناء والتأسيس وما بين 160 إلى 200 في مرحلة التشغيل، مع العلم أن المحافظة تعاني من ارتفاع البطالة مقارنة بغيرها، فتتجاوز نسبة البطالة فيها 8% في العام.

وفي الجانب البيئي، يسمح نظام شركة مزارع Sundrop بإنتاج أكثر من 15000 طن من الطماطم المستدامة سنويًا (تباع في مراكز تسوق كولز Coles في جميع أنحاء أستراليا)، ويوفّر النظام 2 مليون لتر من الديزل و15000 طن من ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالمزارع التقليدية. فمن خلال اتباع نهج مستدام في زراعة المشاتل الزراعية (Greenhouse)، تستخدم شركة Sundrop تكنولوجيا متقدمة لزيادة جودة المنتج واتساقه، وتقليل الآثار البيئية بشكل كبير.

ويوضح التحليل السابق أن شركة صندروب فارمس هي شركة رائدة عالمياً في خدمة القضايا البيئية، ومواجهة الأحوال المناخية السالبة، وتحسين سُبل الحياة على الكوكب، ودعم القضايا الاجتماعية والتنموية والأمن الغذائي.

5.4 التحليل الرباعي لشركة صندروب الاسترالية (SWOT analysis)

أولاً: نقاط القوة

المحافظة على موارد المياه العذبة

من خلال إنتاج المياه العذبة بدلاً من استهلاكها، يقلل نظام مزارع Sundrop من اعتماد الزراعة على احتياطيات المياه الجوفية والسطحية المحدودة. فالمياه العذبة التي تنتجها عملية التحلية بالمنشأة هي مياه نقية ومقطرة، دون الحاجة إلى المعالجة الكيميائية. وتهدف الشركة لجعل الزراعة أكثر مرونة في مواجهة تغير المناخ من خلال استخدام أشعة الشمس الوفيرة في الصحراء، بالإضافة إلى استخدام مياه البحر المنقولة عبر الأنابيب لإنتاج الغذاء في البيئات القاحلة.

انخفاض التكاليف التشغيلية

يحمي نظام مزارع Sundrop تكاليف تشغيل المزرعة من التقلبات السوقية مثل أسعار المياه والطاقة. وبما أنه يعتمد على المدخلات الطبيعية الوفيرة والمتجددة، فإنه لا يحمي المستهلكين من تقلبات الأسعار فحسب، بل يعمل أيضًا على تحسين اقتصاديات المنشاة.

تقليل استخدام المبيدات الحشرية

يستخدم نظام مزارع Sundrop المياه المالحة لتنقية الهواء المتدفق إلى المشتل الزراعي (Greenhouse)، مما يقلل الحاجة إلى المبيدات الحشرية. علاوة على ذلك، فإن الشركة تستخدم حشرات طبيعية مفيدة للسيطرة على الآفات الضارة، مما يسمح بالحصول على منتجات صحية وغير قابلة للرش.

خفض الطلب على الوقود الأحفوري

على عكس البيوت الزجاجية التقليدية، التي تستهلك كميات كبيرة من موارد الوقود الأحفوري لتبريد وتدفئة وتشغيل بيئاتها المتعددة، تستخدم مزارع صندروب ضوء الشمس

كمصدر رئيسي للطاقة. وتستخدم الطاقة الحرارية الشمسية الفعالة لتوليد الكهرباء والتحكم في المناخ.

الاستخدام الفعال للأراضي المهملة

يتيح نظام مزارع Sundrop تحويل الأراضي التي تعتبر عادة غير مناسبة للزراعة أو البستنة إلى محور للإنتاج المُركّز الذي سيضاعف الانتاج ما بين 15-30 مرة أكثر من الإنتاج المعتاد لكل هكتار.

خلق فرص العمل الخضراء

يقوم كل هكتار من المشتل الزراعي لشركة Sundrop Farms greenhouse بتوظيف وتدريب ما بين 5 إلى 10 أشخاص بشكل مباشر على أحدث الممارسات الدولية، مما يخلق فرص عمل خضراء طويلة الأجل في مناطق من العالم قد لا تكون موطنًا لصناعة البستنة عالية القيمة.

توفير منتجات لذيذة بشكل طبيعي

تُمكّن الأساليب الزراعية لشركة صندروب فارمس من إنتاج محاصيل صحية وذات مذاق مفضّل للمستهلك من الفواكه والخضروات الغنية بالفيتامينات والمعادن والألياف، والقليلة الدهون والاملاح.

تستخدم المزرعة تقنية (Greenhouse) مما يُمكّنها من الانتاج على مدار العام وتغطية شح الوارد في الاسواق الأسترالية في فترة الشتاء. ففي تلك الفترة على وجه الخصوص، توجد فجوة بين العرض والطلب وما ستفعله مزارع Sundrop هو سد هذه الفجوة.

تقليص استخدام الموارد

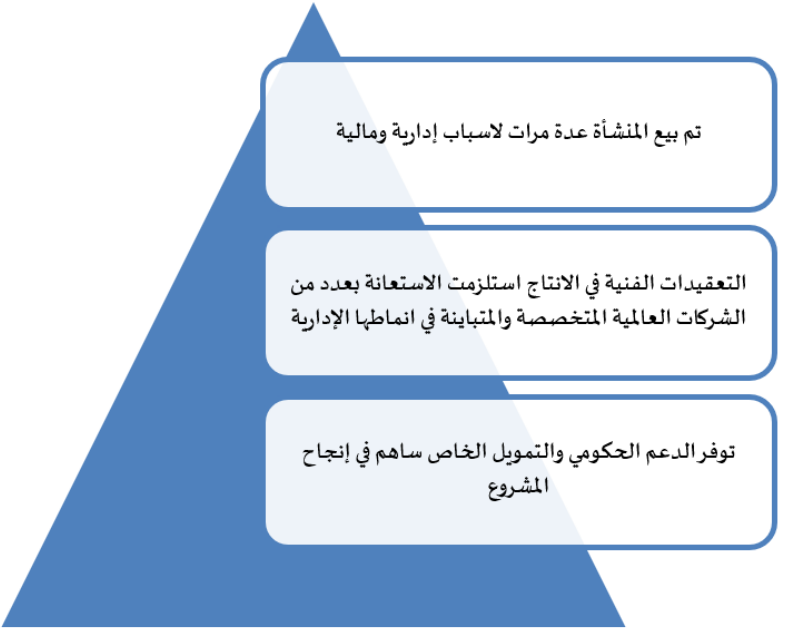
تتم زراعة نباتات طماطم Sundrop بطريقة مائية، خالية من التربة، في محلول مائي تغذيه قشور جوز الهند الغنية بالمغذيات.

توفير فضاء للتعاون العالمي بين المختصين ورجال الأعمال:

تمثل شركة صندروب فارمس بوتقة أو منصة للتعاون العالمي بين العديد من أصحاب الرؤى ورجال الأعمال والمتخصصين في مجال البيئة. قامت شركة Sundrop Farms بتجنيد متخصصين عالميين في مرافق المشتل الزراعي منهم على سبيل المثال: شركة دانماركية متخصصة في الطاقة المتجددة؛ شركة هولندية متخصصة في البيوت البلاستيكية ذات التقنية العالية؛ وشركة أمريكية تنتج أنظمة تجميع الطاقة الشمسية.

خلق الدعاية الايجابية للمجتمع المحلي وجلب الاهتمام العالمي بمنطقة جنوب استراليا.

الشكل رقم (13): بعض نقاط القوة والضعف في نظام عمل شركة صندروب فارمس الاسترالية



المصدر: إعداد الباحثين

ثانياً: نقاط الضعف

ارتفاع تكلفة الانشاء

على الرغم من أن تشغيل مزارع Sundrop يعتبر رخيصاً نسبيًا، إلا أن إنشاء المزرعة نفسها يكلّف الكثير من المال.

صعوبة الإنشاء في الدول النامية

على الرغم من أن مزارع صندروب تبدو مثالية للبلدان النامية، حيث إنها رخيصة التشغيل، وتنتج المياه العذبة، وتستخرج الملح من مياه البحر، وما إلى ذلك، إلا أن بناءها مكلف للغاية. فإذا كان بناء المزارع مكلفًا، فسيكون من الصعب بناء مزارع شركة Sundrop في البلدان النامية.

صعوبة توفير المتطلبات الفنية للمزارع في بعض البلدان ذات الدخل العالي

على سبيل المثال: تحتاج المنشأة إلى توفير مساحات شاسعة لعمل الألواح الشمسية، بالإضافة إلى ضرورة توفر الكفاءات الفنية.

اعتراضات بيئية حول مشكلة التخلص من المياه المالحة عالية التركيزوكمية الطاقة المطلوبة لانتاج المياه العذبة:

اعترض علماء البيئة على تحلية المياه بسبب كمية الطاقة التي يتطلبها إنتاج المياه الصالحة للشرب، ومشكلة التخلص من المياه المالحة عالية التركيز التي يتم رميها مرة أخرى في المحيط، والتي يمكن أن تكون مالحة للغاية بمرور الوقت بحيث لا يمكن للحياة البحرية أن تعيش فيها. بيد أن مدير المنشأة سومويبر يبيّن أن نظامهم لا ينتج عنه مياه ذات مستويات عالية من الملوحة. ويتم خلط مياه البحر المبردة من نظام تبريد المشتل الزراعي مع مياه البحر الدافئة المرتفعة الملوحة في خزان كبير مبطن لتصريفها مرة أخرى إلى المحيط.

ارتفاع مستوى المخاطر المالية

ارتفاع مستوى المخاطر المالية انعكس سلباً على توفير التمويل للمشروع. رفضت شركة KKR المالية مستوى المخاطرة التي يشكلها مشروع صندروب، بسبب وجود عدد من الشركات غير الأسترالية التي تعمل معًا في المشروع، والتي لديها أنظمة تحكم خاصة بها، بالإضافة إلى التعقيد الفني للمشروع وصعوبة فهم التداخل بين المشاركين المختلفين فيه. كما وأصرت شركة KKR على وجود نقطة واحدة فقط للمساءلة.

ارتفاع تكاليف إنتاج الطماطم مقارنة مع المزارع التقليدية

يرى أصحاب المزارع التقليدية أنه من غير المرجح أن تكون عمليات المشتل الزراعي (greenhouse) في مزارع Sundrop قادرة على زراعة الطماطم بتكلفة أقل من المزارع التقليدية لأن تكاليف الصيانة والتشغيل للزراعة تحت الزجاج أكثر بكثير. فتبلغ تكلفة إنتاج الكيلو الواحد في الهواء الطلق حوالي 65 سنتًا في مقابل واحد دولار أسترالي للكيلو الواحد المزروع في البيوت الزجاجية. ويقول فولي من أكاديمية كاليفورنيا للعلوم: "إن الطماطم باهظة الثمن ذات التقنية العالية المستخرجة من الصحراء لن تكون في متناول يد الجميع على الإطلاق، كما أنها لن توفر التغذية الحقيقية التي يحتاجها الناس".

ثالثاً: الفرص

- ارتفاع الطلب العالمي على مخرجات التجربة والاهتمام العالمي بها.
- وجود الدعم المالي من الحكومة الأسترالية.
- سهولة ممارسة أنشطة الاعمال في استراليا.
- سهولة الحصول على الأراضي بأقل تكلفة.
- توفر السوق المحلي: أوضحت سلسة أسواق كول الأسترالية أن الطماطم تعد واحدة من أفضل 10 خطوط بيع للسوبر ماركت يتنامى الطلب عليها بسرعة عالية.

- إمكانية إنتاج محاصيل أخرى غير الطماطم بتكلفة أقل: تعتبر الطماطم محصولاً باهظ الثمن مقارنة بالمحاصيل الغذائية الأساسية مثل الذرة والأرز، والتي توفر سبل العيش الأساسية في بعض البلدان، حيث يمثل الأمن الغذائي مشكلة حادة.

رابعًا: التهديدات

- ارتفاع المنافسة السوقية على منتجات الشركة في السوق المحلي.
- المنافسة العالمية والمقدرة على الاستمرار في الابتكار.
- التأثير السلبي للعوامل المناخية.

6.4 آفاق التطبيق في الدول العربية

تمثل الأرض الأسترالية الترابية الجافة المحيطة بمنشأة مزارع Sundrop نموذجًا للتحديات التي يواجهها المزارعون في البلدان ذات الأراضي القاحلة والمناخات الحارة. ولا يدعم هذا النوع من التربة إلا القليل من نباتات شجيرة الملح، وهي شجيرات خضراء توجد في الصحاري.

شرعت شركة مزارع صندروب الأسترالية في العثور على نموذج عمل مستدام للزراعة، يعالج إشكالية ندرة موارد المياه والأراضي والطاقة، فقامت الشركة بإنتاج منتجات زراعية ذات جودة عالية وبأسعار تنافسية وهي أفضل لبيئة كوكب الأرض والمجتمع المحلي. ويؤكد الخبراء مثل مهندس الإضاءة والمخترع السابق في الشركة أنه إذا نجحت هذه التكنولوجيا في أستراليا، فيمكن أن تعمل في أي مكان في العالم خصوصاً في البيئات القاحلة، مثل الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

تعتبر الأنظمة المتكاملة التي تستخدمها شركة صندروب فارمس، والتي تستخدم الطاقة الشمسية لتشغيل مرافق تحلية المياه للاستخدام الزراعي، ذات فائدة كبيرة في الصحاري التي تعاني من ندرة المياه والأجزاء شبه القاحلة من العالم. تعد منطقة شمال إفريقيا والشرق الأوسط وأجزاء معينة من أمريكا الجنوبية أيضًا أماكن ممتازة لاعتماد هذه التجربة الواعدة بسبب أشعة الشمس الوفيرة وقربها من المحيطات أو المياه المالحة. وعلى الرغم من أن النفقات الأولية لتركيب أنظمة تحلية المياه التي تعمل بالطاقة الشمسية قد تبدو مرتفعة، إلا أن المزايا طويلة الأجل توفّر فرصاً

أكثر من مجرد تعويض النفقات. وتنطوي هذه المبادرات على إمكانية تحقيق الاستقرار في إمدادات المياه الزراعية، وتقليل الاعتماد على مواسم الأمطار وتضاؤل طبقات المياه الجوفية. بالإضافة إلى ذلك، فإن مصدر الطاقة الرئيسي، أشعة الشمس، متوفر مجانياً في الدول العربية. كذلك، فإن نفقات التشغيل لا تكاد تذكر. وتوفّر مثل هذه المشاريع فرص عمل جديدة وتنشر أساليب زراعية صديقة للبيئة. وخلاصة القول إنه إذا تم تنفيذ نظام شركة مزارع صندروب الاسترالية على نطاق واسع في الدول العربية، فمن الراجح توفير مستقبل زراعي أكثر أماناً في الغذاء والماء.

خامساً: استخدام الطاقة الشمسية في الانتاج الزراعي لتحقيق أهداف التنمية المستدامة في ضوء التجربة الأسترالية

تُعد الطاقة الشمسية من بين الحلول المقترحة الأكثر كفاءة للحد من الآثار الاقتصادية والبيئية لاستخدام الطاقة ومن ثمّ تحقيق أهداف التنمية المستدامة. وتُمثّل التجربة الأسترالية نموذجاً رائداً في توفير مصادر طاقة نظيفة وبأسعار معقولة للاستخدام الزراعي بدلاً من محطات توليد الطاقة التقليدية التي تعمل بالوقود الأحفوري. وتتحقق العديد من أهداف التنمية المستدامة من خلال هذه التجربة خصوصاً في نموذج شركة صندروب فارمس. يتناول هذا الجزء من الدراسة ارتباط التجربة الاسترالية بأهداف التنمية المستدامة التالية (وفقاً لارتباطه بالدراسة): الهدف السادس وهو ضمان توافر المياه والصرف الصحي وإدارتها المستدامة للجميع، الهدف الثاني وهو القضاء على الجوع وتحقيق الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة، الهدف السابع وهو الطاقة النظيفة بأسعار معقولة، الهدف الثامن وهو تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، وتوفير العمل اللائق للجميع، الهدف الثالث عشر وهو اتخاذ إجراءات عاجلة لمكافحة تغير المناخ وآثاره، و الهدف الرابع عشر وهو الحفاظ على المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة والهدف الخامس عشر وهو حماية واستعادة وتعزيز الاستخدام المستدام للنظم البيئية الأرضية.

1.5 الهدف السادس من أهداف التنمية المستدامة: ضمان توافر المياه والصرف الصحي وإدارتها المستدامة للجميع

ظل العالم خارج المسار الصحيح لتحقيق الهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة والذي يرمي إلى ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع بحلول عام 2030 وتفاقم الوضع بظهور جائحة "كوفيد_19"، خصوصاً بالنسبة للغاية رقم (6.4) المتعلقة بزيادة كفاءة استخدام المياه والهدف الفرعي رقم (6.4.2) المتعلق بحجم الإجهاد المائي (سحب المياه العذبة كنسبة من موارد المياه العذبة المتاحة). تسعى الغاية 6.4 إلى: "زيادة كفاءة استخدام المياه في جميع القطاعات زيادة كبيرة وضمان سحب المياه العذبة وإمداداتها على نحو مستدام من أجل معالجة شح المياه، والحد بدرجة كبيرة من عدد الأشخاص الذين يعانون من ندرة المياه بحلول عام 20230. يرصد المؤشر 6.4.2 مقدار المياه العذبة التي تسحبها جميع الأنشطة الاقتصادية، مقارنة بمجموع موارد المياه العذبة المتاحة. ويشار إلى الإقليم الذي يسحب 25 في المائة أو أكثر من موارده العذبة المتجددة بأنه "يعاني من إجهاد مائي". ويشير تقرير الأمم المتحدة للعام (2021) الى الاستخدام غير المستدام للمياه في منطقتي شمال أفريقيا وغرب آسيا. وعموماً تسحب بلدان كثيرة في العالم كل مواردها المائية المتجددة (بنسبة 100%) في كل عام أو حتى أكثر من ذلك (ما يصل إلى 1000%)، وتعتمد على الموارد غير المتجددة لتلبية احتياجاتها من المياه. والجدول رقم (5) يبيّن موقف الدول العربية من المؤشرات العالمية للهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة بالتركيز على حجم الاجهاد المائي. ويعكس هذا الجدول مستوى الاجهاد المرتفع في الدول العربية بمتوسط بلغ 74% مقارنة بمتوسط عالمي بلغ 18.4% في عام 2018. وتوضح هذه البيانات الحاجة الماسة إلى ايجاد سبل بديلة مستدامة لمصادر المياه في المنطقة العربية. وتوفر تقنيات تحلية المياه بالطاقة المتجددة بديلاً واعداً في هذا المجال.

يمكن أن تتجاوز قيمة مؤشر الإجهاد المائي (في هدف التنمية المستدامة 6.4.2) نسبة 100% في بعض البلدان بسبب عدة عوامل نذكر منها على سبيل المثال: الإفراط في استخراج المياه الجوفية غير المتجددة (مثل طبقات المياه الجوفية الأحفورية) التي لا تتجدد بانتظام مما يؤدي إلى

أرقام في سحب المياه تتجاوز الإمدادات الطبيعية المتجددة. بالإضافة الى الاعتماد على تحلية مياه البحر أو إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في بعض البلدان. وتحتسب المياه التي يتم الحصول عليها من هذه المصادر في أرقام السحب وليس في موارد المياه العذبة المتجددة، مما يؤدي إلى أن تكون نسبة السحب إلى الموارد أكبر من 100% وبالمثل يؤدي سوء الإدارة وعدم الكفاءة في ممارسات إدارة المياه في دول أخرى، إلى تجاوز عمليات سحب المياه الحدود المستدامة للموارد المتجددة. والجدول الرقم (5) يشير الى أن العديد من الدول العربية تعاني من الإجهاد المائي بنسبة تزيد عن 100%، مثل المملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة والكويت وليبيا واليمن وذلك لأنها تستخرج كميات كبيرة من المياه الجوفية غير المتجددة وتستثمر بكثافة في تحلية المياه لتلبية احتياجاتها من مطالب المياه.

الجدول رقم (5): البيانات القُطرية عن المؤشرات العالمية للهدف 6 من أهداف التنمية المستدامة في الدول العربية

الدولة	الهدف: 6.4.2 حجم الإجهاد المائي، سحب المياه العذبة كنسبة من موارد المياه العذبة المتاحة (%) في عام 2018
شمال افريقيا وغرب آسيا	74
الجزائر	138
البحرين	134
مصر	117
العراق	47
الأردن	100
الكويت	3851
لبنان	59
ليبيا	817
المغرب	51
عُمان	117
قطر	431

الدولة	الهدف: 6.4.2 حجم الإجهاد المائي، سحب المياه العذبة كنسبة من موارد المياه العذبة المتاحة (%) في عام 2018
السعودية	993
فلسطين	63
السودان	119
سوريا	124
تونس	96
الإمارات	1667
اليمن	170

المصدر: الأمم المتحدة (2021)، تقرير التقدم المحرز في هدف التنمية المستدامة رقم 6.

أوصت الأمم المتحدة بتبني العديد من السياسات والاجراءات للعودة المسار الصحيح للوصول إلى الهدف 6 بحلول عام 2030. تشمل هذه السياسات زيادة الاستثمار في توفير المياه وبناء القدرات على مستوى القطاعي، وتشجيع الابتكار في مصادر المياه والعمل القائم على الأدلة والبيانات، وتعزيز التنسيق والتعاون بين جميع القطاعات، اشراك أصحاب المصلحة، واعتماد نهج أكثر تكاملا وشمولية لإدارة المياه. الشكل رقم (14) يوضح استخدام الطاقة المتجددة في الانتاج الزراعي لتحقيق اهداف التنمية المستدامة.

الشكل رقم (14): استخدام الطاقة المتجددة في الانتاج الزراعي لتحقيق اهداف التنمية المستدامة

المصدر: اعداد الباحثين

وتعتبر تجربة شركة مزارع صندروب الأسترالية في توفير المياه بالطاقة الشمسية للإنتاج الزراعي تجربة رائدة في هذا المجال مما يتطلب تسليط الضوء عليها وتقييمها. يقوم نموذج عمل شركة صندروب فارمس على التكامل بين الثلاثي: الناس، الكوكب، الأرباح. فتعمل الشركة على مراعاة هذه الجوانب الثلاث في كل أنشطة الشركة وعملياتها. ولأجل بناء واقع مشرق، تساهم الشركة في تحقيق الأهداف التالية: المحافظة على المياه العذبة، خفض استخدام الوقود الاحفوري، ممارسة الزراعة المستدامة، تعزيز الابتكار والتكنولوجيا الحديثة، إعادة تشكيل المستقبل العالمي نحو الأفضل.

الشكل رقم (15): مساهمة شركة صندروب فارمس في تحقيق أهداف التنمية المستدامة

المصدر: موقع شركة صندروب فارمس https://www.sundropfarms.com/our-difference/

2.5 الهدف الثاني من أهداف التنمية المستدامة: القضاء على الجوع وتحقيق الأمن الغذائي والتغذية المحسنة وتعزيز الزراعة المستدامة

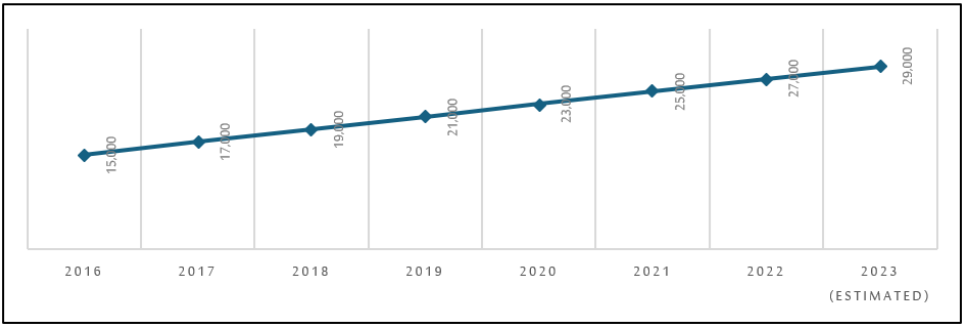
أوضحت الأمم المتحدة الحاجة الماسة إلى تغيير عميق في نظام الأغذية والزراعة العالمي لمجابهة خطر الجوع وتحقيق الأمن الغذائي. ففي عام 2022، كان حوالي 9.2 في المائة من سكان العالم يواجهون الجوع المزمن، أي ما يعادل حوالي 735 مليون شخص - أي أكثر بـ 122 مليون شخص عما كانوا عليه في عام 2019. ولتحقيق القضاء على هذه المخاطر بحلول عام 2030، دعت الأمم المتحدة الى اتخاذ إجراءات منسقة عاجلة لمعالجة أوجه عدم الاستدامة الغذاء، وتحويل النظم الغذائية، والاستثمار في الممارسات الزراعية المستدامة (United Nation, 2024).

بالإضافة إلى الأحداث العالمية الأخيرة مثل جائحة كوفيد_19، فإن عوامل أخرى مثل تغير المناخ والنزاعات والقضايا الهيكلية مثل الفقر وانعدام المساواة تزيد من عبء تحقيق الأمن الغذائي وتحسين التغذية في المنطقة العربية. لذلك، خلص شركاء الأمم المتحدة إلى أنه من غير المرجح أن تحقق المنطقة العربية الهدف الثاني من أهداف التنمية المستدامة والمتمثل في القضاء على الجوع بحلول عام 2030 (FAO, 2023). يجب على المنطقة العربية النهوض بنظم أغذيتها الزراعية لضمان الأمن الغذائي والتغذية الكافية للجميع، ولكي تكون هذه الأنظمة مستدامة اقتصادياً وشاملة وتعود بأثر إيجابي على المناخ والبيئة.

وتمثل التجربة الأسترالية في انتاج المحاصيل باستخدام الطاقة الشمسية نموذجاً عالمياً ناجحاً قابلاً للتطبيق في الدول ذات البيئات القاحلة المماثلة مثل الدول العربية. طوّرت Sundrop Farms، منهجية مبتكرة لممارسة الزراعة المستدامة في المناطق الجافة في أستراليا. نجحت الشركة في دمج الكهرباء المنتجة باستخدام الطاقة الشمسية والمياه المالحة لتطوير نظام زراعي مبتكر يعالج بفعالية قضايا نقص المياه وقيود الطاقة. ترتكز الشركة في عملها على استخدام برج شمسي كبير يستقطب ضوء الشمس ويحوّله إلى طاقة حرارية. يتم، بعد ذلك، استخدام هذه الطاقة لغرض تسخين المياه المالحة المستخرجة من خليج سبنسر المجاور. مع ارتفاع درجة حرارة المياه المالحة، فإنها تخضع للتبخر، وتنتج المياه العذبة عن طريق عملية تحلية المياه. يتم استخدام المياه العذبة في وقت لاحق للري الزراعي، وبالتالي إنشاء مصدر مياه موثوق به وسليم بيئيا، بغض النظر عن العوامل المناخية الخارجية.

تنتج شركة صندروب فارمس مجموعة متنوعة من السلع الزراعية، واستهلت الشركة بزراعة الطماطم ثم التوسع لاحقاً في أصناف المحاصيل الأخرى (Zou et al.، 2021). والشكل رقم (16) يبيّن انتاج الشركة خلال الفترة 2016-2023. وتستخدم الشركة التكنولوجيا المتقدمة للمشاتل الزراعية (Advanced Greenhouse Technologies) لزراعة مجموعة متنوعة من المحاصيل، مثل الفلفل والخيار، دون الاعتماد على التربة أو المياه العذبة أو الوقود الأحفوري. تعتبر أساليب الزراعة البيئية في مزارع صندروب مثالية للتطبيق في العديد من الدول العربية.

الشكل رقم (16): انتاج مزارع صندروب بالأطنان خلال الفترة (2016-2023)



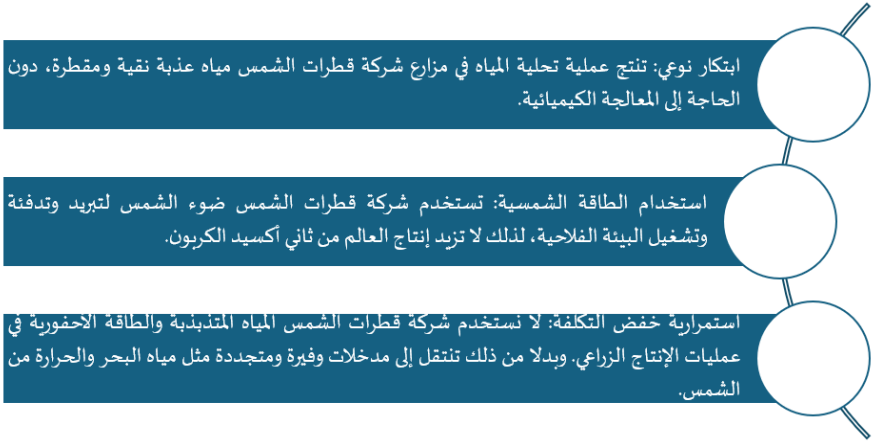
المصدر: تم إنشاؤه بوسطة الباحثين من عدة مصادر.

3.5 الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة: الطاقة النظيفة بأسعار معقولة : ضمان حصول الجميع على الطاقة الحديثة والموثوقة والمستدامة وبأسعار معقولة

إن ضمان حصول الجميع على الكهرباء بأسعار معقولة بحلول عام 2030 يعني الاستثمار في مصادر الطاقة النظيفة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحرارية. يعتبر توسيع البنية التحتية وتطوير التكنولوجيا لتوفير الطاقة النظيفة في جميع البلدان النامية هدفاً حاسماً يمكن أن يشجع النمو الاقتصادي ويساعد على نظافة البيئة. أدت الأزمات العالمية الأخيرة إلى عودة دعم الوقود الأحفوري، حيث ارتفعت قيمة الدعم الى الضعف بين عامي 2020 الى 2021. وفي عام 2021، أنفقت الحكومات على المستوى العالمي ما يقدر بنحو 732 مليار دولار في دعم الفحم والنفط والغاز، وهو ما يقرب من ضعف المبلغ الذي تم إنفاقه في عام 2020 والذي بلغ 375 مليار دولار. وتشير الأمم المتحدة الى أهمية تسريع الامداد الكهربائي، وزيادة الاستثمارات في الطاقة المتجددة، وتحسين كفاءة استخدام الطاقة، ووضع سياسات تمكينية وأطر تنظيمية لضمان حصول الجميع على الطاقة بحلول عام 2030.

وتقدم التجربة الأسترالية نموذجاً رائداً في استخدام الطاقة الشمسية بالاستفادة من الابتكارات الحديثة والتطور التقني والاستعانة بأفضل الخبرات والكوادر العالمية في هذا المجال. والشكل رقم (17) يوضح مميزات الانتاج الزراعي لشركة مزارع صندروب باستخدام الطاقة المتجددة والتي تتمثّل في تطوير ابتكار نوعي بإنتاج مياه عذبة نقية ومقطرة بالطاقة الشمسية دون الحاجة إلى المعالجة الكيميائية للأغراض الزراعية، استخدام الطاقة الشمسية في تبريد وتدفئة وتشغيل البيئة الفلاحية، لذلك لا تزيد إنتاج العالم من ثاني أكسيد الكربون، استمرارية خفض التكلفة الانتاجية باستخدام مدخلات وفيرة ومتجددة مثل مياه البحر والحرارة من الشمس.

الشكل رقم (17): مميزات الانتاج الزراعي لشركة قطرات الشمس



المصدر: موقع شركة قطرات الشمس: https://www.sundropfarms.com/our-technology/

4.5 الهدف الثامن من أهداف التنمية المستدامة: تعزيز النمو الاقتصادي المطرد والشامل والمستدام، والعمالة الكاملة والمنتجة، وتوفير العمل اللائق للجميع

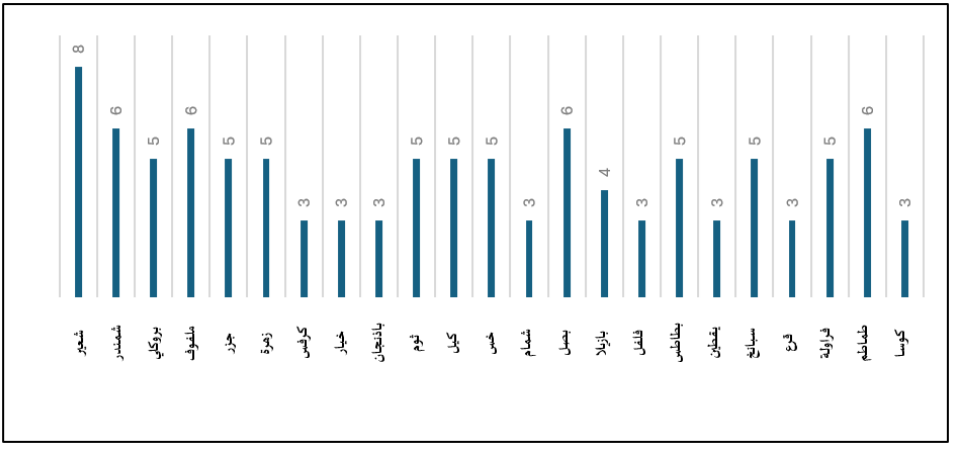
إن استمرار الافتقار إلى فرص العمل اللائق، وعدم كفاية الاستثمارات العامة والخاصة، وقلة الاستهلاك الخاص يؤدي إلى تفاقم الأزمات الاقتصادية والاجتماعية. ولا يزال خلق فرص العمل الجيدة يشكّل تحدياً كبيراً لجميع الاقتصادات العالمية تقريباً. تشير تجربة شركة صندروب

الأسترالية إلى إمكانية توفير فرص عمل كبيرة ذات انتاجية عالية في القطاع الزراعي، بالإضافة الى امكانية تعزيز الانتاج الزراعي والتصدير.

تُمكّن الأساليب الزراعية لشركة صندروب فارمس من إنتاج محاصيل بستانية ذات جودة عالية على مدار السنة. ويوفّر استخدام المياه المحلاة فرصاً لتوسيع خيارات المحاصيل المنتجة فضلاً عن العديد من المزايا الأخرى نذكر منها على سبيل المثال: تحسين صحة التربة عن طريق وقف تراكم الآفات ومسببات الأمراض النباتية، وتقليل احتمال فشل المحصول الزراعي (Ahdab et al.، 2021) والمساعدة على تنويع المحاصيل ومن ثمّ امكانية تلبية احتياجات الأسواق المحلية مما يحسّن دخل المزارعين ويعزز صحة البيئة، ويعزز النمو المستدام من خلال زيادة فرص التنويع الزراعي. كما هو موضح في الشكل رقم (18).

خلق فرص العمل: عادةً ما يوظف كل هكتار في مزرعة صندروب عدد 10 أشخاص، مما يعني خلق فرص عمل خضراء طويلة الأجل في الأسواق الجديدة.

الشكل رقم (18): محاصيل صالحة للنمو بالمياه المحلاة: تحمل الملوحة (dS/m)



المصدر: تم انشاؤه بوسطة الباحثين من عدة مصادر

5.5 الهدف الثالث عشر من أهداف التنمية المستدامة: اتخاذ إجراءات عاجلة لمكافحة تغير المناخ وآثاره والهدف الرابع عشر: الحفاظ على المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة

مع ارتفاع انبعاثات الغازات الدفيئة، يحدث تغير المناخ بمعدلات أسرع بكثير مما كان متوقعا، ومن الواضح أن آثاره باتت محسوسة في جميع أنحاء العالم. إذا ترك تغير المناخ دون رادع، فسوف يؤدي إلى تراجع الكثير من التقدم الذي تم إحرازه على مدى السنوات الماضية في مجال التنمية. كما أنه سيؤدي إلى هجرات جماعية تؤدي إلى عدم الاستقرار والحروب. وفي الفترة بين عامي 2010 و2020، شهدت المناطق شديدة الهشاشة، والتي تضم ما يقرب من 3.3 إلى 3.6 مليار شخص، معدلات وفيات بشرية أعلى بمقدار 15 مرة بسبب الفيضانات وحالات الجفاف والعواصف مقارنة بالمناطق ذات الهشاشة المنخفضة جداً. وأصبحت الحلول المعقولة التكلفة والقابلة للتطوير متاحة الآن لتمكين البلدان من تحقيق قفزة نحو اقتصادات أنظف وأكثر مرونة ومنخفضة الكربون.

تقدم شركة صندروب فارمس نموذجاً رائداً في مكافحة تغير المناخ وآثاره حيث تبّنت الشركة مبدأ: "الطبيعة شريكاً وليست مورداً ". تعمل الشركة على جعل الزراعة أكثر مرونة في مواجهة تغير المناخ من خلال استخدام أشعة الشمس الوفيرة في الصحراء، وكذلك مياه البحر المنقولة عبر الأنابيب، لإنتاج الغذاء في البيئات القاحلة. يقول الرئيس التنفيذي فيليب سومويبر: "تنتج مزرعتنا أكثر من 15000 طن من الطماطم كل عام". وهذا يمثل 15 في المائة من سوق الطماطم الأسترالية. تتم زراعة نباتات الطماطم بطريقة مائية (hydroponically)، خالية من التربة، في محلول مائي تغذيه قشور جوز الهند الغنية بالمغذيات. ويتم ضخ المياه الداخلة باستخدام الكهرباء المستدامة التي تنتجها محطة الطاقة الشمسية المركزة لدينا. ونظرًا لأن مياه البحر تعتبر مطهرًا طبيعيًا، فيمكن للمزرعة أن تعمل بدون مبيدات حشرية. ويتم نقل المياه عالية الملوحة المتبقية من تحلية المياه إلى البحر. وتستخدم الجاذبية الأرضية (Gravity) لإعادة المياه على

طول المسار نفسه، في أنبوب أكبر، حيث لا يتم تصريفها في البحر الا عندما تعود مستويات الملوحة إلى وضعها الطبيعي.

6.5 الهدف الخامس عشر من أهداف التنمية المستدامة: حماية واستعادة وتعزيز الاستخدام المستدام للنظم البيئية الأرضية

تسعى الأمم المتحدة في هذا الهدف الى حماية واستعادة وتعزيز الاستخدام المستدام للنظم البيئية الأرضية، ومكافحة التصحر، ووقف وعكس اتجاه تدهور الأراضي ووقف فقدان التنوع البيولوجي.

أظهرت تجربة شركة صندروب فارمس الأسترالية امكانية زراعة منتجات لذيذة وشهية دون الحاجة إلى الوقود الأحفوري وكميات هائلة من المياه العذبة وآلاف الأفدنة من الأراضي الزراعية المستخدمة. وتمثل التجربة كسر لاعتماد الزراعة على الموارد المحدودة. وعلى هذا النحو تساهم هذه التجربة الرائدة في تحقيق الهدف الخامس عشر من أهداف التنمية المستدامة المتعلق بحماية واستعادة وتعزيز الاستخدام المستدام للنظم البيئية الأرضية، ومكافحة التصحر، ووقف تدهور الأراضي وعكس مساره، ووقف فقدان التنوع البيولوجي.

6. الخاتمة

تعتبر تحلية المياه بالنسبة للعديد من البلدان القاحلة، الخيار الأخير المتاح لضمان توافر المياه العذبة. وعلى الرغم من أن تحلية مياه البحر توفر الاستفادة من موارد المياه غير المحدودة تقريبًا، إلا أن التقنيات المستخدمة والتي تعتمد على استخدام الكهرباء من المصادر الأحفورية ترتبط بتكاليف عالية واستهلاك مرتفع للطاقة وبالتالي ارتفاع انبعاثات الكربون. الا أن تقنية تحلية المياه بالطاقة الشمسية توفر نهجاً جديداً واعداً ومستداماً يساعد على مواجهة تحديات نقص المياه في العالم،

وعلى الرغم من أن استخدام الطاقة الشمسية لإنتاج المياه العذبة لا يزال يمثّل جزءاً صغيراً من الاستهلاك العالمي الا أن تزايد الطلب على المياه العذبة والتقدم في تكنولوجيا الطاقة الشمسية (مثل أنظمة تخزين الطاقة الكهروضوئية والحرارية عالية التركيز) جعلت هذه المشاريع ذات جدوى اقتصادية كبيرة، ومن المرجح أن تصبح محطات تحلية المياه بالطاقة الشمسية أكثر انتشاراً.

استعرضت هذه الدراسة التجربة الأسترالية في تحلية المياه بالطاقة الشمسية لما تتمتع به من العديد من المزايا الطبيعية التي تمكّنها من اتمام التحول إلى أمن الطاقة بشكل مستقل عن الوقود الأحفوري. توفر الطاقة المتجددة حوالي 35.9% من انتاج الكهرباء في أستراليا في العام 2022. ومن الدروس المهمة التي يمكن تعلمها من التجربة الأسترالية أهمية تطوير مجموعة من مصادر المياه، بحيث يكون بعضها مستقلاً عن الطقس والمناخ. وأعطت تجربة مزارع شركة Sundrop نموذجاً عالمياً رائداً وقدمت منهجية مبتكرة لممارسة الزراعة المستدامة في المناطق الجافة في أستراليا، ونجحت Sundrop Farms في دمج الكهرباء الشمسية والمياه المالحة لتطوير نظام زراعي مبتكر يعالج بفعالية قضايا نقص المياه وقيود الطاقة. مما يضمن إمدادات ثابتة من المياه. ويمهد الطريق لمستقبل تزدهر فيه الزراعة دون استنفاد موارد الأرض المحدودة.

ويتعين على صناع السياسات في الدول العربية أن يأخذوا في الاعتبار الخيارات التكنولوجية المختلفة لتحلية المياه وأن يبنوا قراراتهم على مصادر الطاقة المتجددة المتاحة محلياً خصوصاً الطاقة الشمسية باعتبارها من واحدة الحلول الرئيسية في المناطق القاحلة والتي تتمتع بإمكانات واسعة النطاق للطاقة الشمسية. وتظل طاقة الرياح ذات أهمية خاصة في مشاريع تحلية المياه بالأغشية في المجتمعات والأراضي الساحلية.

المراجع الإنجليزية

Ahdab, Y. D., Schücking, G., Rehman, D., & Lienhard, J. H. (2021). Cost-effectiveness of conventionally and solar-powered monovalent selective electrodialysis for seawater desalination in greenhouses. Applied Energy, 301, 117425. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117425 .

Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences (ABARES). (2023). "Snapshot of Australian Agriculture 2023 - ABARES Insights"., https://daff.ent.sirsidynix.net.au/client/en_AU/search/asset/1034541/00.

Australian Bureau Statistics, Water Use on Australian Farms 2020-21. https://www.abs.gov.au/statistics/industry/agriculture/water-use-australian-farms/latest-release#:~:text=Australian%20farms%20sourced%20a%20total,or%20pipelines%20(up%2051%25).

Bell E M, Stokes-Draut J R and Horvath A 2018 Environmental evaluation of high-value agricultural produce with diverse water sources: case study from Southern California Environ. Res. Lett. 13 25007.

Borgomeo, E., & Santos, N. (2019). Towards a new generation of policies and investments in agricultural water in the Arab region: fertile ground for innovation. Background paper prepared for the high-level meeting on agricultural water policies and investments. International Water Management Institute (IWMI).

Clean.Energy.Council,.2023. Clean Energy Australia Report 2023. April. https://assets.cleanenergycouncil.org.au/documents/Clean-Energy-Australia-Report-2023.pdf.

Crisp G J 2012 Desalination and water reuse-sustainably drought proofing Australia Desalin. Water Treat. 42 323–32.

El Kharraz, J., Ahmed, M., Daghari, I., & Laqbaqbi, M. (2023). Desalination for Agriculture: Is It Affordable? Biosaline Agriculture as a Climate Change Adaptation for Food Security, 377–395. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24279-3_16 .

Engie impact. (2023). Using Spilled Energy to Combat Water Scarcity, White Paper., April. https://assets.engieimpact.com/20221025_Curtailed-Energy-for-Water-Desalination-V2-1-2.pdf.

European Union, 2008, ADIRA Handbook, A guide to desalination system con cepts, Euro-Mediterranean Regional Programme for Water Management (MEDA), ISBN 978-975-561-311-6. http://wrri.nmsu.edu/conf/conf11/2008_adira_handbook. pdf.

Finch & Beak sustainability strategies, accessed on 20/12/2023 at: 15:05 pm. https://www.finchandbeak.com/1285/6-ingredients-leapfrog-sustainable-innovation.htm.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture. Rome. https://doi.org/10.4060/cb1447en.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). https://www.fao.org/newsroom/detail/un-report-warns-of-accelerating-food-insecurity-in-the-arab-region-due-to-global-crises/ar.

Hinkley, J., B. Curtin, J. Hayward, A. Wonhas, R. Boyd, C. Grima, A. Tadros, R. Hall, K. Naicker, A. Mikhail (2023)., "Concentrating solar power – drivers and opportunities for cost-competitive electricity", CSIRO Energy, Australia.

Hossain, Md. S., Shajid, S., & Karim, Md. R. (2021). Numerical investigation to assess the techno-economic feasibility of solar central receiver system for off-grid power in Saint Martin's Island, Bangladesh. Energy for Sustainable Development, 65, 63–76. https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.09.008.

Kalogirou, S.A., 2005, Seawater desalination using renewable energy sources, En ergy & Combustion Science 31 (2005) 242–281.

Mathews, J. A. (2017). Global Green Shift: When Ceres Meets Gaia. In Google Books. Anthem Press.

https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=sL41DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=solar-Powered+Desalination+for+Agricultural+Use:+A+Case+Study+of+Sundrop+Farms+in&ots=_8y6aNYbuH&sig=iN498xE4aqXNkaRwRkTsCgY7LaA .

Mehling, H. (2023). Use of Phase Change Materials for Food Applications—State of the Art in 2022. Applied Sciences, 13(5), 3354. https://doi.org/10.3390/app13053354 .

Papapetrou, M. et al., 2010, Roadmap for the development of desalination powered by renewable energy, Promotion of renewable energy for water desalination. http:// wrri.nmsu.edu/conf/conf11/prodes_roadmap_online.pdf.

Pye, J., Lovegrove, K., Gauche, P., & Mehos, M. (2020, August 1). Chapter 4 Solar Thermal Energy. Www.osti.gov. https://www.osti.gov/servlets/purl/1721777 .

Rahimi, B., Afzali, M., Farhadi, F., & Alamolhoda, A. A. (2021). Reverse osmosis desalination for irrigation in a pistachio orchard. Desalination, 516, 115236. https://doi.org/10.1016/j.desal.2021.115236 .

Rahman, M. M., Khan, I., Field, D. L., Techato, K., & Alameh, K. (2022). Powering agriculture: Present status, future potential, and challenges of renewable energy applications. Renewable energy, pp. 188, 731–749. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.02.065 .

Salas, E. B. (2023). *Global share of water desalination capacity 2022, by region*, Statista. https://www.statista.com/statistics/1379757/global-water-desalination-capacity-share-by-region/

Segra.com (2017). Overview of Sundrop Farms Redefining sustainable greenhouse production of fresh fruits and vegetables, https://2017.segra.com.au/perch/resources/steve-marafiote-2017.pdf

Steffen, W., Vertessy, R., Dean, A., Hughes, L., Bambrick, H., Gergis, J., & Rice, M. (2018, November 12). Deluge and drought: Australia's water security in a changing climate. APO. https://apo.org.au/node/202981

Sundrop Farms website: https://www.sundropfarms.com/.

United nation (2021): https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2021/12/SDG-6-Summary-Progress-Update-2021_Version-July-2021_AR.pdf

United nation (2024): https://www.un.org/en/exhibits/page/sdgs-17-goals-transform-world.

UN-Water, 2021 : https://www.unwater.org/water-facts/water-scarcity.

UN-Water, 2021 : https://sdg6data.org/en/indicator/6.4.2

Ziolkowska J R 2015 Is desalination affordable? Regional cost and price analysis Water Resour. Manage. 29 1385–97.

Zou, M., Zhang, Y., Cai, Z., Li, C.-X., Sun, Z., Yu, C., Dong, Z., Wu, L., & Song, Y. (2021). 3D Printing a Biomimetic Bridge-Arch Solar Evaporator for Eliminating Salt Accumulation with Desalination and Agricultural Applications. 33(34), 2102443–2102443. https://doi.org/10.1002/adma.202102443 .

صدر عن هذه السلسلة :

1 - مواءمة السياسات المالية والنقدية بدولة الكويت لظروف ما بعد التحرير
د. يوسف الابراهيم ، د. أحمد الكواز

2 - الأوضاع والسياسات السكانية في الكويت بعد تحريرها
د. ابراهيم العيسوي (محرر)

3 - إعادة التعمير والتنمية في الكويت
د. عمرو محي الدين

4 - بعض قضايا الإصلاح الاقتصادي في الأقطار العربية
د. جميل طاهر ، د. رياض دهال ، د. عمادالامام

5 - إدارة الموارد البشرية وتخطيط التعليم والعمالة في الوطن العربي
د. محمد عدنان وديع

6 - حول مستقبل التخطيط في الأقطار العربية
د. ابراهيم العيسوي

7 - مشاكل التعليم وأثرها على سوق العمل
د. محمد عدنان وديع

8 - أهداف التنمية الدولية وصياغة السياسات الإقتصادية في الدول العربية
د. علي عبد القادر علي

9 - تحديات النمو في الاقتصاد العربي الحديث
د. عماد الإمام

10 - هل تؤثر السياسات الاقتصادية الكلية على معدلات نمو الدول العربية؟
د. علي عبد القادر علي

11 - الصيرفة الإسلامية : الفرص والتحديات
د. محمد أنس الزرقا

12 - دور التجارة العربية البينية في تخفيف وطأة النظام الجديد للتجارة
اعداد : د. محمد عدنان وديع ، تحرير : أ. حسان خضر

13 - العولمة وقضايا المساواة في توزيع الدخل في الدول العربية
اعداد : د. علي عبد القادر علي

14 - السياسات الكلية وإشكالات النمو في الدول العربية
اعداد : أ. عامر التميمي ، تحرير : د. مصطفى بابكر

15 - الجودة الشاملة وتنافسية المشروعات
اعداد : أ.د. ماجد خشبة ، تحرير : د. عدنان وديع

16 - تقييم أدوات السياسة النقدية غير المباشرة في الدول العربية
إعداد: د. عماد موسى، تحرير : د. أحمد طلفاح

17 - الأضرار البيئية والمحاسبة القومية المعدلة بيئيا : إشارة لحالة العراق
إعداد: د . أحمد الكواز

18 - نظم الإنتاج والإنتاجية في الصناعة
إعداد: م . جاسم عبد العزيز العمّار، تحرير: د. مصطفى بابكر

19 - اتجاهات توزيع الإنفاق في الدول العربية
إعداد: د . علي عبدالقادر علي، تحرير: د. رياض بن جليلي

20 - هل أضاعت البلدان العربية فرص التنمية؟
إعداد: د . أحمد الكواز

21 - مأزق التنمية بين السياسات الاقتصادية والعوامل الخارجية
إعداد: د . أحمد الكواز

22 - التنمية وتمكين المرأة في الدول العربية
إعداد: د .علي عبد القادر

23 - العولمة والبطالة: تحديات التنمية البشرية
إعداد: د .محمد عدنان وديع

24 - اقتصاديات التغير المناخي: الآثار والسياسات
إعداد: د .محمد نعمان نوفل

25 - المرأة والتنمية في الدول العربية: حالة المرأة الكويتية
إعداد: د .رياض بن جليلي

26 - البطالة ومستقبل أسواق العمل في الكويت
إعداد: د .بلقاسم العباس

27 - الديموقراطية والتنمية في الدول العربية
إعداد: د .علي عبدالقادر علي

علم الدين بانقا

شريفه حماده

28 - بيئة ممارسة أنشطة الأعمال ودور القطاع الخاص
إعداد: د .أحمد الكواز

29 - تأثير سياسات الترويج للاستثمار الأجنبي المباشر على قدرة الدول العربية في جذب هذه الاستثمارات لتحقيق أهدافها التنموية
إعداد: أ .منى بسيسو

30 - الاصلاح الضريبي في دولة الكويت
إعداد: د .عباس المجرن

31 - استهداف التضخم النقدي: ماذا يعني لدول مجلس التعاون؟
إعداد: د .وشاح رزاق

32 - الأزمة المالية الدولية وإنعكاساتها على دول الخليج
إعداد: د .وشاح رزاق
د .إبراهيم أونور
د .وليد عبد مولاه

33 - استخدام العوائد النفطية
إعداد: د .محمد إبراهيم السقا

34 - السوق الخليجية المشتركة
إعداد: د .أحمد الكواز

35 - الاقتصاد السياسي لعدم المساواة في الدول العربية
إعداد: د .علي عبدالقادر علي

36 - الضرائب، هبة الموارد الطبيعية وعرض العمل في الدول العربية ودول مجلس التعاون
إعداد: د. بلقاسم العباس
د. وشاح رزّاق

37 - إندماج إقتصادي إقليمي أم دولي: الحالة العربية
إعداد: د. أحمد الكواز

38 - التجارة البينية الخليجية
إعداد: د. وليد عبدمولاه

39 - تطوير الأسواق المالية التقييم والتقلب اعتبارات خاصة بالأسواق الناشئة
إعداد: أ. آلان بيفاني

40 - تقييم التجربة التنموية لدول مجلس التعاون الخليجي
إعداد: د. أحمد الكواز

41 - قياس كفاءة بنوك دول مجلس التعاون الخليجي
إعداد: د. إبراهيم أونور

42 - مُحددات الاستثمار الأجنبي المباشر الداخل إلى الدول العربية
إعداد: د .وليد عبد مولاه

43 - رأس المال البشري والنمو في الدول العربية
إعداد: د . بلقاسم العباس
د. وشاح رزاق

44 - لماذا لم تتحول أغلب البلدان النامية إلى بلدان متقدمة تنموياً؟
إعداد: د . أحمد الكواز

45 - حول حل معضلة بطالة المتعلمين في البلدان العربية
إعداد: د . حسين الطلافحه

46 - سجل التطورات المؤسسية في الدول العربية
إعداد: د . حسين الطلافحه

47 - المسؤولية الاجتماعية ومساهمة القطاع الخاص في التنمية
إعداد: د . وليد عبدمولاه

48 - البيئة الاستثمارية ومعوقات نمو المنشآت الصغيرة والمتوسطة: حالة دولة الكويت
إعداد: د . ايهاب مقابله

49 - التدريب أثناء الخدمة لشاغلي الوظيفة العامة: دراسة حالة لواقع التجربة الكويتية
إعداد: د . فهد الفضالة

50 - التكامل الاقتصادي: آليات تعزيز التعاون الاقتصادي العربي
إعداد: د . نواف أبو شمالة

51 - وكالات التصنيف الائتماني: عرض وتقييم
إعداد: د . أحمد الكواز

52 - دراسة تحليلية لأبعاد التحديات التي تواجه المشروعات الصغرى والصغيرة والمتوسطة ودور مؤسسات الدعم الفني
إعداد: د . إيهاب مقابله

53 - واقع المخاطر الإجتماعية في الجمهورية اليمنية
إعداد: د . محمد باطويح د. فيصل المناور

54 - تجارب تنموية رائدة - ماليزيا نموذجاً
إعداد: د. فيصل المناور د .عبدالحليم شاهين

55 - Small and Medium Enterprises in Lebanon: Obstacles and Future Perspectives
Issue: Omar Malaeb

56 - مؤشرات تقييم الآثار الاقتصادية والاجتماعية للمشروعات الصغرى والصغيرة والمتوسطة والخدمات المقدمة لها
إعداد: د. إيهاب مقابله

57 - بناء القدرات المؤسسية للوحدات المحلية
إعداد: د. فيصل المناور
أ. منى العلبان

58 - الدور التنموي للسياسات الصناعية الحديثة في ضوء الممارسات الدولية الرائدة: متطلب التحول الهيكلي لاقتصادات الدول العربية
إعداد: د. نواف أبو شماله

59 - التجربة الماليزية في إدارة الأزمات: مقاربة في الاقتصاد السياسي
إعداد: د. فيصل المناور
أ. منى العلبان

60 - تطوّر الإنتاجية ومساهمتها في النمو الإقتصادي لدول مجلس التعاون الخليجي
إعداد: د. محمد لزعر

61 - تطوير المؤسسات العربية من منظور اقتصاد المعرفة
إعداد: د. علم الدين بانقا
د. محمد عمر باطويح

62 - الإصلاح الإداري مدخلاً لتصويب المسار التنموي : تجارب دولية
إعداد: أ. عمر ملاعب

63 - مخاطر الهجمات الالكترونية (السيبرانية) وآثارها الاقتصادية: دراسة حالة دول مجلس التعاون الخليجي
إعداد: د. علم الدين بانقا

64 - دراسة تحليلية لسياسات وآليات تنمية قطاع المشروعات المتناهية الصغر والصغيرة والمتوسطة: حالة المملكة الأردنية الهاشمية
إعداد: د. إيهاب مقابله

65 - الدوافع والاحتياجات المهنية حسب مدركات المتدربين المشاركين في البرامج التدريبية بالمعهد العربي للتخطيط

إعداد: د. فهد الفضالة

66 - أهمية تطوير مناهج وأساليب التعليم والتعلّم بالنسبة للعملية التنموية - مع التركيز على منهج مونتيسوري

إعداد: أ. نبيله بيدس

67 - دور مؤسسات العمل العربي المشترك والمؤسسات الإنمائية والتمويلية العربية في الحد من الفقر متعدد الأبعاد في الدول العربية - نظرة تحليلية

إعداد: د. نواف أبو شماله

68 - مؤشرات تقييم أداء مؤسسات التمويل الأصغر: دراسة تطبيقية لحالة المؤسسة الفلسطينية للإقراض والتنمية " فاتن"

إعداد: أ.د. إيهاب مقابله
أ. محمد عواوده

69 - تقييم فعالية تطبيقات سياسات سوق العمل النشطة وغير النشطة في الدول العربية: إسقاطات على تداعيات أزمة كوفيد - 19 على أسواق العمل

إعداد: د. محمد عمر باطويح
أ. مريم بوزبر

70 - العدالة الاجتماعية كمدخل لتحقيق التنمية: دراسة في السياق العربي المقارن مع الاستئناس بالتجربة الماليزية

إعداد: أ. إسماعيل قادير

71 - The Importance of Arab Parents' Perspective in Shaping and Developing ECE Methodologies to Increase Economical Efficiency and Social Consistency: The Montessori Method of Education

Issue: Nourhan Zehnie

72 - فعالية دور سياسات سوق العمل في الدول العربية: إسقاطات على تداعيات أزمة كوفيد - 19

إعداد: د. نواف أبو شماله

73 - التطور التاريخي لنظريات النمو والتنمية في الفكر الاقتصادي

إعداد: د. عبد الحليم شاهين

74 - متطلبات تطبيق إدارة الجودة الشاملة في القطاع العام مع التركيز على التجربة اليابانية

إعداد: أ.د. فيصل المناور
د. منى العلبان
أ. عبدالله الدويلة

علم الدين بانقا

شريفه حماده

75 - أهداف التنمية المستدامة في الدول العربية: فجوة التخطيط والتمويل والبيانات
إعداد: أ.د. وليد عبدمولاه

76 - دور برامج الحماية الاجتماعية في إدارة الأزمات بالتركيز علي جائحة COVID-19
إعداد: أ.د. فيصل المناور
د. منى العلبان

77 - مداخل التنويع لمصادر تمويل التعليم في الدول العربية في ضوء الممارسات الدولية الرائدة
إعداد: د. نواف أبو شماله

78 - الذكاء الاصطناعي ومستقبل سوق العمل المصري
إعداد: أ. فيروز عطية

79 - دور الشركات العائلية في التنمية المستدامة في الدول العربية
إعداد: د. علم الدين بانقا

80 - منهجيات اختيار العناقيد الصناعية المؤهلة للتطوير: الاسهامات الفكرية والتطبيقية بين فضاءات الجغرافيا والاقتصاد والسلع
إعداد: أ.د. نواف أبو شماله

81 - The Balanced Planning for Economic and Social Development: A case Study of China's Special Economic Zones
Issue: Leen Redwan

82 - تطبيقات الذكاء الاصطناعي وسوق العمل
إعداد: أ.د. فيصل المناور
أ. أسماء مجدي

الآراء الواردة في هذا الإصدار تعبر عن رأي المؤلف وليس عن رأي المعهد

المعهد العربي للتخطيط بالكويت

صندوق البريد 5834 صفاة 13059 دولة الكويت

: 24844061 (965) 24843130 : (965)24842935

: api@api.org.kw - www.arab-api.org

تابعونا: