

الأيكولوجية والبيئة

مجلة العلوم والسياسة البيئية

ترجمة: هيثم أبو عواد



الألواح الكهروضوئية على أسطح رياض الأطفال في سديروت. يُستخدم ربح إنتاج الكهرباء للعناية بالزراعة في المساحات المفتوحة في الأحياء القديمة. وتم تنفيذها كجزء من مشروع "زراعة مساحات مفتوحة خاصة" بتمويل وزارة حماية البيئة | تصوير: عوز شختر

عوفري فرايباخ

ايكوتريرز المحدودة

يعاري جينوت

قسم التقنيات الرقمية والمعلومات،

وزارة حماية البيئة

جيل برواكتور

الفرع المختص بشؤون المناخ، وزارة حماية البيئة

رون كامرا

ايكوتريرز المحدودة

جانيا جوتمان

قسم الطاقة والمناخ بوزارة حماية البيئة

الطاقة من أجل منطقة تكوما – اقامة منشآت الطاقة الشمسية في منطقة تكوما لأجل الاستقلالية في الطاقة: تحليل جغرافي – طاقي – واقتصادي

عدد ربيع 2024 / المجلد 15 / (1) الإصلاح الاقتصادي والتنمية المستدامة في النقب الغربي 2024 / 5/31

نظرة سريعة

- يشهد قطاع الطاقة الإسرائيلي المركزي في السنوات الأخيرة عمليات لامركزية في إنتاج الكهرباء وتخزينها.
- هذه اللامركزية تسمح للمستوطنات بالاقتراب وحتى الوصول إلى الاستقلالية في مجال الطاقة، مما يخلق عنصرًا من الحصانة للطاقة التي تصبح ذات أهمية خاصة في أوقات الطوارئ. للسلطات المحلية دور مهم في قطاع الطاقة هذا الذي لا يقوم على الهرمية. بمصدر الطاقة
- يعرض المقال منهجية جديدة، وأدوات تنفيذ، وطبقات معلومات جغرافية تم تطويرها لصالح التخطيط للاستقلالية في الطاقة المعتمدة على المنشآت الكهروضوئية مزدوجة الاستخدام (على الأسطح أو المناطق المظللة باللوحات الشمسية). كما يعرض المقال إسهام هذه المنهجية الممكنة في منطقة تكوما.
- يمكن تشكيل جهود إعادة الإعمار والتطوير في منطقة تكوما بطريقة تقود المنطقة إلى واقع جديد - استقلالية وحصانة في الطاقة قائمين على إنتاج الطاقة من الشمس مع الحفاظ على المنشآت البيئية والزراعة.
- يحدد المقال مستوى الدعم الحكومي المطلوب لتحقيق هذا الرؤية، بالإضافة إلى تعزيز السياسات المتعلقة بالتسعير والتنظيم والتخطيط.

نظام البيئة والمجتمع

الملخص

التحدي الرئيسي والمتعدد الأبعاد في خطط تطوير منشآت الطاقة من مصادر متجددة هو السعي لتحقيق أكبر قدر ممكن من المنشآت المثبتة، مع ضمان الأمن الطاقي والحفاظ على المناطق المفتوحة والمنشآت البيئية الحساسة. يمكن صياغة استراتيجية تقدم حلاً لهذا التحدي المعقد من خلال دراسة تجمع بين التحليل الجغرافي، الطاقي، والاقتصادي لمنشآت الطاقة داخل المستوطنات والمدن. يقدم هذا المقال نموذجًا متعدد التخصصات كقاعدة لتعزيز دور السلطات المحلية والمستوطنات في منطقة تكوما كلاعبين جدد في مجال الطاقة من مصادر متجددة.

النموذج "مصمم" خصيصًا لخطة استراتيجية إعادة الإعمار وتطوير منطقة تكوما لتمكين إنتاج أقصى قدر من الطاقة الشمسية في استخدام مزدوج، مع الحفاظ على الطابع الزراعي والمناطق المفتوحة الواسعة في المنطقة. بالإضافة إلى ذلك، يتيح النموذج حساب القدرة التخزينية المطلوبة لتحقيق الاستقلالية في الطاقة (قدرة المستوطنة على توفير معظم احتياجاتها في الطاقة بنفسها) والسمود الطاقي (قدرة المستوطنة على تلبية احتياجاتها الأساسية من الطاقة بدون الاعتماد على الشبكة في أوقات الطوارئ) للمستوطنات في المنطقة.

من تحليل الخصائص المدروسة، يتبين أن الإمكانات في الطاقة الشمسية في المنطقة تصل إلى حوالي 577 ميجاواط، وهو ما يعادل تقريبًا نصف قدرة محطة الطاقة الكبيرة "رابندر" التي تمت الموافقة على إنشائها مؤخرًا في وسط البلاد. القدرة والسعة التخزينية المطلوبة لتحقيق استقلالية طاقيّة قصوى هي 162 ميجاواط. ان اقامة منشآت بهذا الحجم سيؤدي إلى استقلالية طاقيّة كاملة لمعظم المستوطنات بتكلفة إجمالية تبلغ حوالي 4.3 مليار شيكل، وهو أقل بمليار شيكل عن البديل القائم على الطاقة من الوقود الأحفوري. ان متوسط تكلفة الاستقلالية في الطاقة للفرد سنويًا يبلغ حوالي 3,000 شيكل، ومتوسط الوسيط حوالي 2,200 شيكل، لمدة 25 عامًا.

لجعل هذا المشروع مجديًا للمستثمرين، يتطلب دعم الحكومة بنسبة 20% من تكلفته.

ان اقامة المنشآت التي ستغطي 20% من الطلب على الطاقة سيكلف حوالي مليار شيكل. ويمكن توسيع استخدام هذا النموذج ليشمل مناطق أخرى في البلاد، وخاصة لدعم إعادة الإعمار وتطوير مستوطنات خط المواجهة في الشمال.

المقدمة

غالباً ما تتم عمليات صنع القرار في مجال الطاقة من وجهة نظر الاحتياجات الوطنية ومن وجهة نظر اقتصادية، مع إيلاء اهتمام أقل في بعض الأحيان للاحتياجات المحلية. وهكذا، على سبيل المثال، يجري تنفيذ مشاريع كبيرة للطاقة المتجددة في منطقة تكوما باستخدام مصادر أرضية (الشمس والرياح) من خلال ترخيص الأراضي. وقد يؤثر ذلك على حوالي 8% من مساحة منطقة تكوما وفقاً للخطة الاستراتيجية لمديرية التخطيط، وهي مساحة تعادل حوالي 15% من الأراضي الزراعية في المنطقة. بالإضافة إلى ذلك، يُخطط لاستخدام مزدوج للأراضي لإنتاج الطاقة الشمسية والزراعة (مصدر زراعي-فوتوفولطي).

منذ اندلاع حرب "الدرع الحديدي **דיפת ברזל**"، تركّز الإعلام والأكاديميا وصناع القرار على ثلاث اتجاهات رئيسية في مجال الطاقة من مصادر متجددة. يمكن استغلال هذه الاتجاهات لصالح تشكيل مستقبل الطاقة في منطقة تكوما مع التركيز على الاحتياجات المحلية:

1. التحول إلى سوق لامركزي للطاقة من مصادر متجددة: تتميز إسرائيل بنظام مركزي لإنتاج الطاقة يعتمد على عدد قليل نسبياً من المواقع ذات القدرة الإنتاجية العالية. هذا الوضع يجعلها عرضة للتهديدات في الطاقة، بما في ذلك تهديد الصواريخ والقذائف، الكوارث الطبيعية وتغير المناخ، التهديدات السيبرانية والاضطرابات الكهرومغناطيسية. هناك طريقتان رئيسيتان للتعامل مع هذه التهديدات: التحول إلى إنتاج كهرباء لامركزي بالقرب من مناطق الاستهلاك، وتنويع مصادر الطاقة.
2. الاستقلالية والحصانة في الطاقة: النقاشات النشطة في وسائل الإعلام حول انقطاعات الكهرباء الطويلة (سيناريو "العمتة") جعلت الرأي العام يدرك إمكانية أن ينتج كل مواطن أو منزل أو بلدة، الطاقة الخاصة لتحقيق الحصانة الطاقوية. ويمكن لكل منزل أو بلدة توفير احتياجاتهم في الطاقة الكاملة من خلال تحقيق الاستقلالية في الطاقة.
3. السلطة المحلية كلاعب رئيسي في مجال الطاقة المتجددة في ديسمبر 2023. وافقت وزارة الداخلية ووزارة الطاقة والبنية التحتية على السماح للسلطات المحلية بإقامة شركات للطاقة من مصادر متجددة. كانت مدينة أوفاكيم أول من بادر بتوقيع اتفاق لإقامة هذه الشركة في منطقتها بالتعاون مع شركة خاصة.



"تركيب ألواح شمسية على سطح مبنى - توليد طاقة من مصادر متجددة وتوفير ظل فوق ملعب رياضي في موشاف تسروفا | مقدمة من شركة الطاقة E.D.I."

توضح هذه الاتجاهات الثلاثة الحاجة إلى تقييم إمكانيات المدن والمستوطنات في إسرائيل لتوفير احتياجاتها في الطاقة بالكامل من مصدر متجدد. لا يزال حجم البحث في مجال الاستقلالية في الطاقة الشمسية محدودًا، وذلك لأن معظم الدول المتقدمة لديها مزيج من مصادر الطاقة المتجددة التي تشمل الطاقة من الرياح والمياه والكتلة الحيوية.

يضع المقال مستوطنات منطقة تكوما في المقدمة كعامل تغيير في مجال الطاقة، من خلال صياغة رؤية جديدة للطاقة في المنطقة وهي استقلالية طاقة تعتمد على الطاقة الشمسية، بقيادة السلطات المحلية، المستوطنات أو المجتمع المحلي. ولتعزيز هذه الرؤية، تم تطوير نموذج جغرافي، طاقي، اقتصادي والذي:

أ. يدرس قدرة مستوطنات تكوما على تلبية احتياجاتها في الطاقة بالكامل من خلال لامركزية إنتاج الكهرباء داخل المناطق المبنية.

ب. يقيم الآثار الاقتصادية لاستقلالية طاقة بنسبة 100% تعتمد على الطاقة الشمسية والتخزين، مع مقارنة البديل القائم على الوقود الأحفوري.

ج. يحدد مستوى الدعم المطلوب من الدولة لإقامة المنشآت المستقلة مع ضمان الربحية للمشروع.

د. يميز الأنواع المختلفة من المستوطنات التي يمكنها تحقيق هذه الاستقلالية.

النموذج المقدم في هذا المقال سيساعد في تركيز عمليات اتخاذ القرارات بناءً على الاحتياجات المحلية، لصالح جميع الأطراف في المنطقة، مع تعزيز المجتمعات المحلية والحفاظ على الأراضي الزراعية والمفتوحة في هذه المنطقة.



"ألواح فوتوفولتائية (شمسية) على أسطح مباني زراعية في كيبوتس روحمة | تصوير: شحر موتولا"

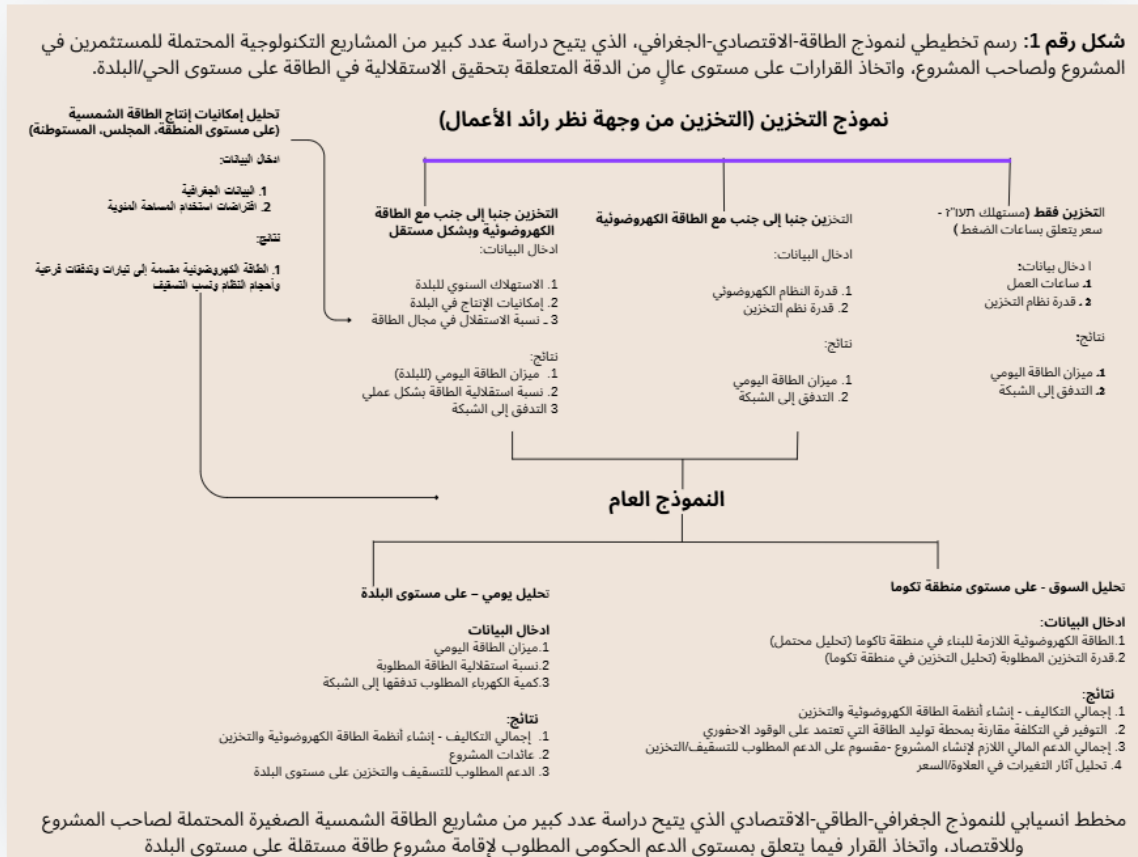
الأساليب المستخدمة في الدراسة

مصطلحا "الاستقلالية في الطاقة" و"الصمود أو مرونة النظام الطاقوي" يفتقران إلى تعريف متفق عليه. تركز هذا الدراسة على الاستقلالية في الطاقة التي تم تعريفها على أنها قدرة كل تجمع سكني على تلبية جميع احتياجاته للطاقة اليومية من خلال منشآت شمسية موزعة في المناطق المبنية، مع استخدام سعة تخزينية تتناسب مع الطلب في ساعات الظلام. وفي حالات الطوارئ، من المتوقع أن يكون الطلب على الطاقة أقل بكثير من الطلب في الأوضاع الطبيعية.

استخراج البيانات الجغرافية ومعالجتها

تم تكييف قواعد البيانات المتاحة التي تستخدم طبقات المعلومات الجغرافية القطرية ([7017]) التابعة لمركز الخرائط الإسرائيلي، من خلال نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتطبيقها في مجال الطاقة. ويؤثر نوع البناء على مساحة السطح المتاحة لتثبيت الألواح الشمسية (انظر الملحق 1)، بينما يؤثر إجمالي مساحة الأسطح على القدرة الإنتاجية، وبالتالي فإنه يحدد درجة الاستقلالية في الطاقة للمستوطنة مع وجود سعة تخزينية كافية.

1. **النموذج الطاقوي (الشكل 1)**: لكل مستوطنة تم بناء ميزانية طاقة تفحص استهلاك الطاقة الساعي للبلدة مقارنة بإمكانات الإنتاج الساعية من خلال المنشآت الشمسية والتخزين.
 2. **النموذج الاقتصادي (الشكل 1)**:
 3. تحليل الجدوى الاقتصادية لمنشآت الطاقة الشمسية (حسب قدرة الإنتاج المتوقعة) ومنشآت التخزين النموذجية من منظور المستثمرين في المشروع.
 4. تحليل على مستوى المنطقة: تم تحليل التكاليف والفوائد على مستوى المنطقة للانتقال إلى الطاقة المتجددة، بما في ذلك تقدير التكاليف الخارجية الناتجة عن تلوث الهواء وغازات الاحتباس الحراري، وتقييم الدعم الحكومي المطلوب لتحقيق الإمكانات الشمسية الكاملة واقامة مرافق التخزين.
- لمزيد من التفاصيل، انظر الملحق 1.



شكل رقم 1: رسم تخطيطي لنموذج الطاقة-الاقتصادي-الجغرافي، الذي يتيح دراسة عدد كبير من المشاريع التكنولوجية المحتملة للمستثمرين في المشروع ولصاحب المشروع، واتخاذ القرارات على مستوى عالٍ من الدقة المتعلقة بتحقيق الاستقلالية في الطاقة على مستوى الحي/البلدة.



حقل شمسي أرضي بالقرب من موشاف سدي تسفي. تصوير: جانيا جوتمان

نتائج

تطوير الأدوات الجغرافية والطاقة المتاحة والتي يمكن الوصول إليها

يمكن الوصول إلى نتائج الدراسة الجغرافية لمنطقة تكوما ومدينة نتيفوت على الإنترنت، من خلال "موقع الخرائط الحكومي" في الطبقة ["إمكانات إنتاج الطاقة المتجددة"](#) التي تتيح عرض المساحة والاستخدام والارتفاع لكل مبنى ومجمع (المساحة المحيطة باستخدام معين والمتعلقة به مثل ساحة المدرسة). يمكن الوصول إلى تقسيم كمية الكهرباء التي يمكن إنتاجها عن طريق التقسيم إلى أنواع مختلفة من المباني على الموقع الإلكتروني لوزارة حماية البيئة تحت عنوان ["أداة حساب إمكانات الطاقة المتجددة ذات الاستخدام المزدوج - منطقة تكوما"](#)

بلغ إجمالي إمكانات الطاقة الشمسية ذات الاستخدام المزدوج في منطقة تكوما حوالي 577 ميغاوات. وتعادل هذه الطاقة ضعف الاستهلاك الذاتي للمنطقة، وللمقارنة، تعادل نحو نصف قوة محطة كهرباء الرينديير، وهي محطة تعمل بالغاز تمت الموافقة على بنائها وسط البلاد في أبريل الماضي. 2024. 84% من إمكانات الطاقة الشمسية في منطقة تكوما موجودة فوق المباني الصناعية والتجارية والخدمية (32%)، ومزارع الألبان وأقفاص الدجاج (23%)، والملاعب الرياضية، وأفنية المؤسسات العامة ومواقف السيارات التي تتطلب أسقفًا (17%) والمباني السكنية (12%). ومن ناحية أخرى، على المستوى الوطني، فإن 80% من إمكانات الطاقة موجودة في المباني السكنية. ولتلبية 100% من الاستهلاك خلال ساعات عدم إنتاج الطاقة الشمسية، يلزم توفر سعة تخزينية (حجمية) تبلغ حوالي 856 ميغاوات في الساعة وقوة تبلغ حوالي 162 ميغاوات.



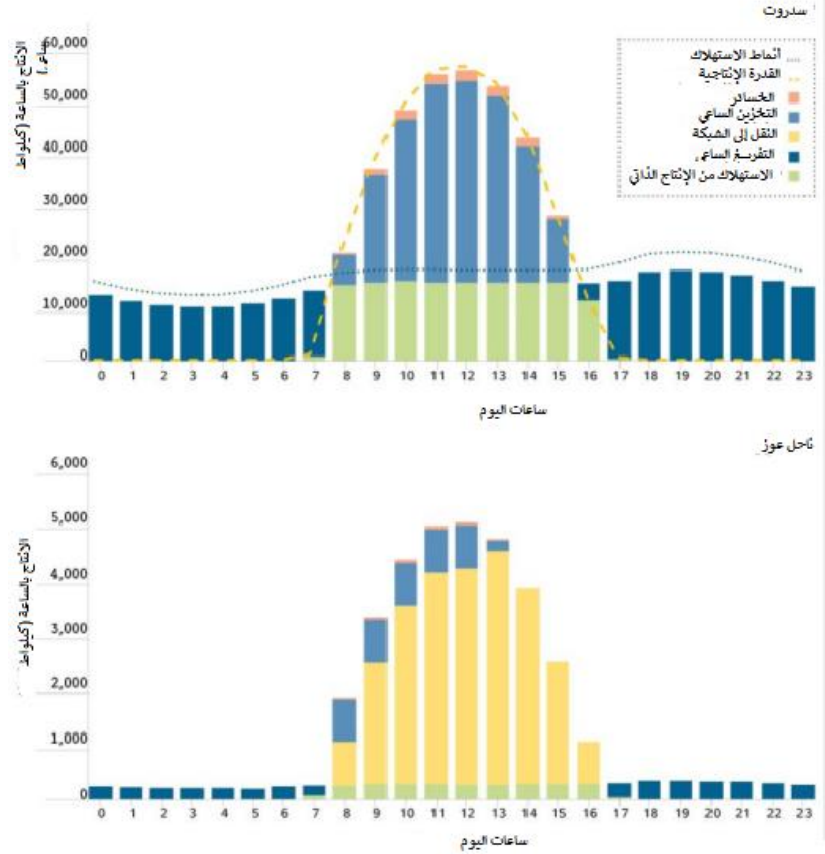
تم دمج الألواح الشمسية المزودة بتقنية BIPV كدرايزين في أحد الفنادق في هولندا بإذن من إسرائيل BIPV و Solarinnova

إمكانية تحقيق الاستقلالية في الطاقة بنسبة 100% اعتمادًا على الطاقة الشمسية في مستوطنات تكوما

من تحليل ميزان الطاقة (الشكل 2) يظهر أن 80% من المستوطنات في منطقة تكوما يمكنها تحقيق استقلالية كاملة في الطاقة - أي تلبية 100% من احتياجاتها من الطاقة دون الاعتماد على الشبكة. كما أن 9% يمكنها تلبية 70% من احتياجاتها من الطاقة، و8% ستصل على الأقل إلى 50%، بينما 3% ستبلي أقل من 50% من احتياجاتها (الشكل 3). بالإضافة إلى ذلك، من المهم أن نشير إلى أننا ركزنا على إنتاج الكهرباء

في المناطق المبنية فقط، ولم تأخذ بالاعتبار الإنتاج في الاستخدام المزدوج في الأراضي الزراعية وعلى أسوار المستوطنات، مما قد يؤدي إلى نسب أعلى من الاستقلالية في الطاقة.

الشكل 2. نشاط النظام الشمسي ونظام التخزين في نموذج مستقل دون التغذية من الشبكة في يوم شتوي نموذجي مقسم إلى 24 ساعة - مقارنة بين مستوطنة مدينية (سدبروت) ومستوطنة ريفية (ناحال عوز).
فمن الصباح حتى وقت متأخر من بعد الظهر، 8-16، هناك إنتاج للطاقة الشمسية حيث يتم استهلاك جزء منها، ويتم شحن البطارية بجزء آخر، بينما يتم تحويل الفائض إلى الشبكة إذا كان هناك إنتاج زائد. ومن بعد الظهر حتى الصباح، من الساعة 17 حتى الساعة 7، يكون الاستهلاك الطاقى منخفضاً والاستهلاك يكون عن طريق تفريغ البطارية من أنظمة التخزين.



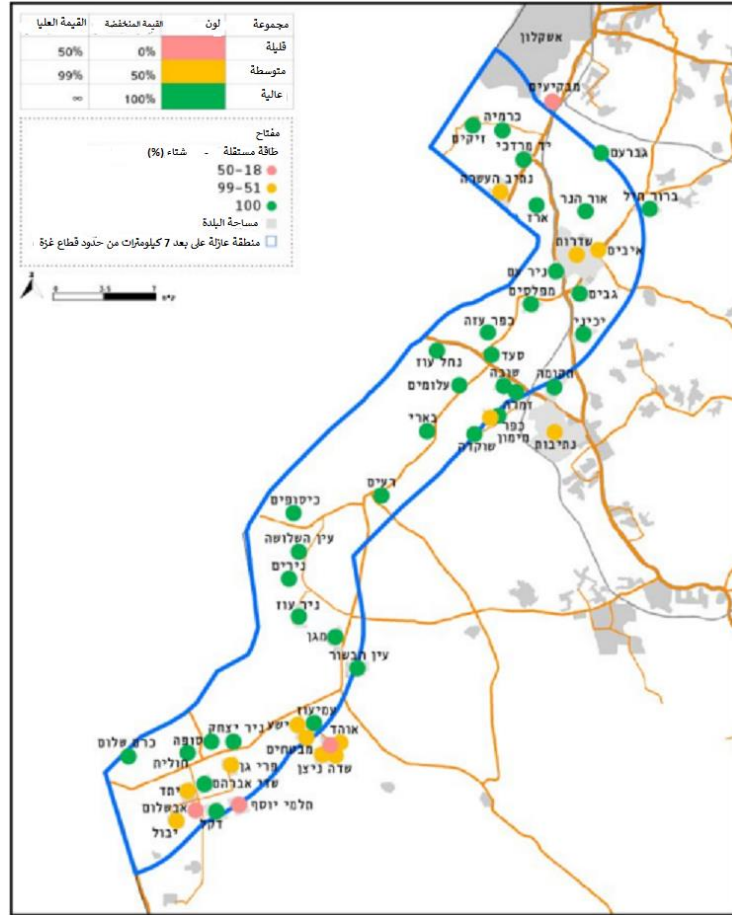
الشكل 2. نشاط المنشآت الشمسية ونظام التخزين في نموذج مستقل دون التغذية من الشبكة في يوم شتوي نموذجي مقسم إلى 24 ساعة - مقارنة بين مستوطنة مدينية (سدبروت) ومستوطنة ريفية (ناحال عوز).

فمن الصباح حتى وقت متأخر من بعد الظهر، 8-16، هناك إنتاج للطاقة الشمسية حيث يتم استهلاك جزء منها، ويتم شحن البطارية بجزء آخر، بينما يتم تحويل الفائض إلى الشبكة إذا كان هناك إنتاج زائد. ومن بعد الظهر حتى الصباح، من الساعة 17:00 حتى الساعة 07:00 يكون الاستهلاك الطاقى منخفضاً والاستهلاك يكون عن طريق تفريغ البطارية من منشآت التخزين.

الشكل 3. النسبة المئوية للطاقة المستقلة حسب المنطقة

المستوطنات باللون الاخضر يصل فيها استقلال الطاقة إلى 100%، والمستوطنات باللون الاصفر يصل إلى 70-100%، وفي المستوطنات باللون الاحمر يصل استقلال الطاقة إلى أقل من 50%.

بيانات رسم الخرائط: مركز بنتال لرسم الخرائط في إسرائيل. معالجة وإنتاج: مركز المعلومات الجغرافية. نموذج الطاقة والاقتصاد: EcoTraders



الشكل 3

نسبة استقلال الطاقة حسب المنطقة

في المستوطنات باللون الاخضر يصل استقلال الطاقة إلى 100%، وفي المستوطنات باللون الاصفر يصل إلى 70-100%، وفي المستوطنات باللون الاحمر يصل استقلال الطاقة إلى أقل من 50%.

بيانات رسم الخرائط: مركز بنتال لرسم الخرائط في إسرائيل. معالجة وإنتاج: مركز المعلومات الجغرافية. نموذج الطاقة والاقتصاد: EcoTraders

كم تكلف استقلالية الطاقة على مستوى البلدة؟

تعتمد تكلفة اقامة جميع المنشآت المطلوبة في البلدة على حجم المنشآت فيها، وبنسبة المنشآت الشمسية التي تتطلب بناء مخصص (مما يضاعف تكلفة المشروع) وبحجم وحدة التخزين المقدرة. على سبيل المثال، في مقارنة بين سدبروت وناحال عوز، يبلغ إجمالي إمكانات إنتاج الطاقة 96.6 و9.3 ميغاواط، ويتطلب تخزيناً بقدر 50 و0.8 ميغاواط، واستثماراً رأسمالياً يبلغ حوالي 312 و28 مليون شيكل في المنشآت الشمسية، وحوالي 346 و6 مليون شيكل في منشآت التخزين، وحوالي 89 و6 مليون شيكل في التظليل، بإجمالي 1,200 و3,700 شيكل للفرد سنوياً، لمدة 25 عاماً، على التوالي. الرصيد المتبقي من التكلفة مطلوب على مدى عمر المنشآت لصيانتها، وبلغ حوالي 58 مليون شيكل و3.5 مليون شيكل للمنشآت الشمسية وحوالي 55 و1 مليون شيكل لمنشآت التخزين، على التوالي.

سديروت	ناحال عوز
96.6	9.3
50	0.8
312	28

إجمالي إمكانات إنتاج الطاقة (ميغاواط)
 تخزين بقدر (ميغاواط)
 منشآت شمسية بملايين الشواكل

6	346	منشآت التخزين بملايين الشواكل
6	89	منشآت التظليل بملايين الشواكل
3700	1200	إجمالي للفرد بالسنة بالشيكول
3.5	58	صيانة المنشأة بملايين الشواكل
1	55	صيانة منشأة التخزين بملايين الشواكل

وُجد أن منشآت التظليل ومنشآت التخزين تتطلب دعماً حكومياً، بينما يمكن تحقيق معظم المشاريع دون دعم حكومي. تركيب المنشآت لتوفير 20% فقط من الطاقة في حالات الطوارئ أو في سيناريو الظلام الكامل سيكلف حوالي 20% من المبالغ المفصلة أعلاه، مما يعني أن تكلفة منشآت التخزين لمدينة سديروت ستكون حوالي 68 مليون شيكل (مقابل 346 مليون شيكل) كاستثمار رأسمالي لإقامة المنشآت، وتكلفة صيانتها على مدى حياتها ستبلغ حوالي 11 مليون شيكل إضافية. يمكن العثور على ملخص التكاليف لكل تجمع سكني، بما في ذلك التكلفة لكل فرد على مدار سنوات المشروع، في الملحق 2. متوسط تكلفة الاستقلالية الطاقوية لكل فرد سنوياً يقدر بحوالي 3000 شيكل، والوسيط (هو الرقم الذي يفصل النصف الأعلى من العينة أو المجتمع عن النصف الأدنى) حوالي 2200 شيكل، لمدة 25 عاماً.

ما هي تكلفة الاستقلالية الطاقوية على مستوى المنطقة؟

نتائج التحليل الاقتصادي على مستوى المنطقة تُظهر أن إجمالي تكاليف الإقامة والصيانة على مدار 25 عاماً تبلغ حوالي 4.3 مليار شيكل. تكاليف المنشآت الشمسية تُقدّر بحوالي 1.4 مليار شيكل (0.4 للصيانة)، وتكلفة التخزين حوالي 1.3 مليار شيكل (0.4 للصيانة)، وتكلفة الإقامات 0.4 مليار شيكل، وتكاليف التراخيص والبنية التحتية حوالي 0.4 مليار شيكل. تركيب المنشآت الشمسية على الأسطح التي تتجاوز مساحتها 70 متراً مربعاً (حجم الأسطح الذي أخذ في النموذج) يُعدّ مُجدياً للمستثمر ولا يتطلب دعماً حكومياً. لتحقيق ربحية مقبولة - عائد سنوي بنسبة 14% للمنشآت الشمسية و10% لمنشآت التخزين - يُطلب دعم حكومي بمقدار 373 مليون شيكل للمباني و477 مليون شيكل للتخزين (دعم بنسبة 40%).



أحواض زراعة الطاقة الشمسية والجدران المغطاة بالنباتات التي تساعد على عزل المبنى. مبنى المكاتب في برشلونة بإذن من إسرائيل BIPV و Solarinnov

نقاش واستنتاجات

بناء قاعدة معرفية استعداداً "للعصر الذهبي" للمدن كلاعبين جدد في مجال الطاقة

إن إمكانية تأثير المدن في مجال الطاقة المتجددة آخذة في التسارع. ومع ذلك، فإن البحث العلمي الذي يركز على المدينة كلاعب جديد في الساحة الطاقوية - غير واسع. إن الازدهار الذي يميز النماذج وإتاحة المعلومات على مستوى المنزل الفردي، مثل أداة مشروع Sunroof من شركة Google وأداة RVO لحكومة هولندا، لم يجد بعد تعبيراً موازياً على مستوى الحكومة المحلية. في عام 2022، تم تطوير مؤشر

في وزارة الطاقة يسمح بتتبع تحقيق إمكانات الاستخدام المزروح في كل سلطة محلية، بهدف تحفيز السلطات على استغلال إمكانات أراضيها. ان الأداة المعروضة في هذا المقال تتيح، على مستوى السلطة المحلية، التخطيط واتخاذ قرارات عملية فيما يتعلق بالاستقلالية الطاقوية، بما في ذلك الجوانب الاقتصادية.

نوعية التجمعات السكنية كعامل تنبؤ للاستقلالية الطاقوية المعتمدة على الطاقة الشمسية

أظهرت دراسة في الولايات المتحدة أن البلدات التي تعتمد حتى الآن على 100% من الطاقة من مصادر متجددة (مصادر متنوعة، وليس فقط الشمس) تتميز بحجم صغير نسبيًا يتراوح بين 800-50,000 نسمة، وهو مقياس يناسب في معظمه منطقة تكوما (أكبر بلدة في المنطقة، هي نتيغوت، وتعد حوالي 37,000 نسمة، و20% من البلدات هي أقل من 800 نسمة). بالإضافة إلى ذلك، أظهرت دراسة عن الجدوى الاقتصادية للاستقلال الطاقوي في البلدات النائية في الصين حسابًا اقتصاديًا مماثلًا فيما يتعلق بسنوات الاسترداد ومستوى الدعم الحكومي المطلوب.

يمكن لسديروت أن تصل إلى 87% من الاستقلال الطاقوي في الشتاء، حيث يشمل الاستهلاك المدني أيضًا استهلاك المنطقة الصناعية للمدينة، بينما يمكن لنتيغوت أن تصل إلى 100%، بشرط تغطية مساحات عامة كبيرة موجودة في المدينة. نصف البلدات التي لديها مساحة 20-50 متر مربع للشخص يمكن تركيب ألواح شمسية عليها بحيث يمكنها الوصول إلى الاستقلال الطاقوي المعتمد على الشمس، في حين أن جميع البلدات في المنطقة التي تبلغ مساحة السطح فيها للشخص 50 مترًا مربعًا وما فوق لديها إمكانية تلبية جميع متطلباتها الطاقوية (بما في ذلك متطلبات المناطق الصناعية) من الأسطح.

على مستوى المنطقة، يمكن للمنطقة بأكملها أن تحقق الاكتفاء الذاتي من الطاقة، بل وتصدر حوالي نصف إنتاجها خارج المنطقة. ويوضح الشكل 3 أن نوعية المستوطنات التي لا تستطيع تلبية الطلب من خلال الطاقة الشمسية المستمدة من أراضيها، هي بشكل رئيسي القرى الزراعية الصغيرة التي تضم عددًا قليلًا من المباني العامة والصناعية والتجارية.



مظلة شمسية تمت إقامتها في مشتل علاجي تابع لبلدية كفر سابا، بالتعاون مع جامعة تل أبيب وبتنويل من الاتحاد الأوروبي. بجانب المظلة تم تركيب نظام رشاشات يعمل بواسطة الكهرباء الشمسية ويُنتج "ضبابًا" لتبريد محيط المظلة | بإذن من شركة Israel BIPV و-Solarinnova.

تكلفة خيار تحقيق الاستقلال في مجال الطاقة بطرق متنوعة، مقابل خيار الوقود الأحفوري.

أظهرت الأداة التي تم تطويرها في إطار هذه الدراسة أن تكلفة إقامة منشآت الطاقة الشمسية وبطاريات التخزين على مستوى كل قرية وبلدة، وعلى مستوى المنطقة بأكملها، ليست قليلة. ومع ذلك، مقارنة بالاعتماد على الوقود الأحفوري بقدرة 577 ميغاواط، فإن إقامة منشآت الطاقة الشمسية وبطاريات التخزين في منطقة تكوما سيؤدي إلى تحقيق توفير كبير يتجاوز تكاليف إنشائها وتشغيلها، إضافةً إلى الفوائد التي ستعود على القرية من الاستقلال في مجال الطاقة وعلى المستثمرين من الأرباح الناتجة عن تشغيل هذه المنشآت، وعلى الأمن الطاقوي واللامركزية في مصادر الطاقة".

يعود سبب هذا التوفير إلى تقليل الإنتاج في المحطات التقليدية، وقيمتها 5.2 مليار شيكل - أي أكثر بمليار شيكل تقريبًا من تكاليف إقامتها. يتضمن هذا التوفير حوالي 0.9 مليار شيكل من الاستثمارات برأس مال بناء المحطات، وحوالي 0.1 مليار شيكل من تشغيل وصيانة المحطات، و1.8 مليار شيكل في تكاليف الوقود، و2.4 مليار شيكل في التكاليف الخارجية للتلوث الهوائي وانبعثات الغازات الدفيئة.

تم حساب هذا التوفير على أساس أن الطاقة الاتية من مرافق التخزين تحل محل المنشآت التي تعمل في ساعات الذروة، وأن الطاقة المنبعثة مباشرة من المنشآت الشمسية إلى الشبكة تحل محل الإنتاج في المنشآت التي تعمل خارج ساعات الذروة.

قد تشكل مستوطنات منطقة "تقومها" نموذجًا يُحتذى به في السنوات القادمة وإلهامًا في مجال التحول على عدة أصعدة، بما في ذلك التحول المديني - الطاقوي وتطبيق فعلي لنموذج السلطات المحلية كمنتجين مستهلكين للطاقة (prosumers).

الأدوات التي تم تطويرها، والتي تجمع بين المعلومات الجغرافية الخاصة بكل مستوطنة على حدة، بالإضافة إلى المعلومات الطاقوية والاقتصادية، تسمح بوضع قدرة السلطات المحلية والمستوطنات في منطقة "تقومها" على تلبية طلب الطاقة بالكامل على طاولة المناقشات، من خلال نموذج يضمن مشاركة المدن والمستوطنات في الأرباح المحتملة. الدعم الحكومي المطلوب سيسرع في تنفيذ المشروع فعليًا، وقد تم إثبات جدواه الاقتصادية مقارنة بخيار الوقود الأحفوري، حيث تبلغ التكلفة حوالي مليار شيكل. يمكن تحقيق إنتاج طاقة كبير بل وحتى فائض طاقي عبر لاعبين محليين جدد، مع الحفاظ على الإنتاج الزراعي والمساحات المفتوحة.

إن الأدوات التي تم تطويرها، والتي تجمع بين المعلومات الجغرافية الخاصة بكل بلدة وأخرى بالإضافة إلى معلومات الطاقة والمعلومات الاقتصادية، تجعل من الممكن أن تضع على طاولة المناقشة قدرة السلطات المحلية والمستوطنات في منطقة تكوما على تزويد حاجتها للطاقة بالكامل، من خلال نموذج يضمن مشاركة المدن والبلدات أيضاً في الأرباح المحتملة. إن الدعم الحكومي المطلوب سيعزز التنفيذ الفعلي للمشروع، وقد تم إثبات جدواه الاقتصادية، مقارنة ببديل الوقود الأحفوري، والذي يبلغ حوالي مليار شيكل ومن الممكن توليد الطاقة، بل وحتى إنتاج فائض كبير من الطاقة، من خلال اللاعبين المحليين الجدد، مع الحفاظ على الإنتاج الزراعي والمساحات المفتوحة.

مقורות

1. גינות י. שכבת פוטנציאל להפקת אנרגיה מתחדשת. אתר המפות הממשלתי.
2. המרכז למיפוי ישראל. 2016 בנט"ל – בסיס הנתונים הטופוגרפי הלאומי, חוברת הדרכה.
3. ויינשטוק ד ואלרן מ. 2016. ביטחון מערכת החשמל בישראל: הצעה לאסטרטגיה רבתי. המכון למחקרי ביטחון לאומי. מזכר. 152.
4. מדר ד. 2023. חוסן אנרגטי בישראל – רשת חשמל ריכוזית אל מול רשת חשמל מבוזרת – סקירת הסיכונים. SP Interface .
5. מנהל התכנון ורשות מקרקעי ישראל. 2024. תוכנית אסטרטגית נגב מערבי וחבל התקומה – סקר מצב קיים, הצגה לוועדת עורכים.
6. משרד האנרגיה. 2022. מדד רשויות מקומיות לאנרגיה מתחדשת בדו-שימוש.
7. פרואקטור ג, גינות י, תמיר ע ואחרים. 2020. הערכת פוטנציאל הייצור הסולרי במרחב הבנוי בישראל. המשרד להגנת הסביבה.

8. Burke MJ and Stephens JC. 2017. Energy democracy: Goals and policy instruments for sociotechnical transitions. Energy Research and Social Science 33: 35–48.

9. Byrne J, Taminiau J, Kurdgelashvili L, and Kim KN. 2015. A review of the solar city concept and methods to assess rooftop solar electric potential, with an illustrative application to the city of Seoul. Renewable and Sustainable Energy Reviews 41: 830–844.

10. Capellán-Pérez I, De Castro C, and Arto I. 2017. Assessing vulnerabilities and limits in the transition to renewable energies: Land requirements under 100% solar energy scenarios. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 77: 760–782.
11. Chen X, Xiao J, Yuan J, et al. 2021. Application and performance analysis of 100% renewable energy systems serving low-density communities. *Renewable Energy* 176: 433–446.
12. Colmenar-Santos A, Reino-Rio C, Borge-Diez D, and Collado-Fernández E. 2016. Distributed generation: A review of factors that can contribute most to achieve a scenario of DG units embedded in the new distribution networks. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 59: 1130–1148.
<https://magazine.isees.org.il/?p=58000>
13. DeRolph CR, McManamay RA, Morton AM, and Nair SS. 2019. City energysheds and renewable energy in the United States. *Nature Sustainability* 2(5): 412–420.
14. Project Sunroof.
15. Parag Y and Sovacool BK 2016. Electricity market design for the prosumer era. *Nature Energy* 1(4): 1–6.
16. Platt R, Straw W, Aldridge J, and Williams J. 2014. *City energy: A new powerhouse for Britain*. Institute for Public Policy Research.
17. 2024. Overzicht geschikte daken voor zonnepanelen per regio.
18. Shaviv E, Parag Y, Teschner N, and Zemah-Shamir S. 2022. Would you add some kWhs to your food order? A forward-looking perspective on the energy landscape disruption portrayed by future actors in a distributed system. *Energy Research and Social Science* 94: 102877.
19. Van de Ven DJ, Capellan-Peréz I, Arto I, et al. 2021. The potential land requirements and related land use change emissions of solar energy. *Scientific Reports* 11(1): 1–12 .

מאמר המציג בצורה קולחת את המעבר משוק אנרגיה היררכי לשוק "שטוח" מרובה שחקנים ומבוזר, שהרשויות המקומיות ממלאות בו תפקיד משמעותי.

Shaviv E, Parag Y, Teschner N, and Zemah-Shamir S. 2022. Would you add some kWhs to your food order? A forward-looking perspective on the energy landscape disruption portrayed by future actors in a distributed system. *Energy Research and Social Science* 94: 102877.

דו"ח שמקדם שיח על אודות חוסן אנרגטי ורציפות תפקודית במשק האנרגיה לנוכח איומים ביטחוניים. הדו"ח נכתב טרם אירועי אוקטובר, 2023 אך הרלוונטיות נעשתה ברורה הרבה יותר אחריהם.

מדר ד. 2023. חוסן אנרגטי בישראל – רשת חשמל ריכוזית אל מול רשת חשמל מבוזרת – סקירת הסיכונים. *SP Interface*.

מסמך מדיניות המדגים שגם בטרופולין תל-אביב ניתן לוותר על הקמה של תחנת כוח הפועלת על

דלקי מחצבים בלב אזור מגורים לטובת מערכות מבוססות אנרגיה ממקורות מתחדשים.

פרואקטור ג, קדם י, גוטמן ג', ואחרים. 2023. השגת ביטחון אנרגטי והגנה על בריאות הציבור בגוש דן – תוכנית ליישום פתרון מבוסס אגירה ואנרגיה מתחדשת מבוזרת בגוש דן. המשרד להגנת הסביבה.