

# אגרו-וולטאי

## פרק ב' - מצב קיים בישראל והמלצות

דצמבר 2024

## מסמך זה נכתב על ידי צוות NZO במרכז השל.

**מרכז השל לקיימות** מפתח ומיישם את חזון הקיימות: חברה צודקת ומלוכדת, כלכלה חסונה ודמוקרטית, וסביבה יצרנית ובריאה לכל תושביה. המרכז מחבר בין ידע רעיוני לידע מעשי, מפיץ את סיפור הקיימות בדרכים יצירתיות, ומסייע לסוכני שינוי מכל המגזרים לקדם תהליכי שינוי משמעותיים בישראל.

**פרויקט NZO** (שמשמעותו Net ZerO Emissions) הוקם במרכז השל בשנת 2019, במטרה להאיץ את המעבר של מדינת ישראל למשק מבוסס אנרגיה מתחדשת. הצוות כולל מומחים מתנדבים מתחומים שונים המסייעים בפיתוח מודלים, כלים והמלצות למעבר מהיר לאנרגיות מתחדשות, תוך שמירה על ביטחון אנרגטי ובהתבסס על הנחות שמרניות. במקביל לכך, חברי הצוות מבצעים עבודת שטח לזיהוי חסמים במעבר לאנרגיה מתחדשת. הפרויקט משרטט מפת דרכים למעבר משק האנרגיה הישראלי לאנרגיה מתחדשת, בעזרת שורת מחקרים, ניירות עמדה ועבודות שטח יישומיות. לפרטים נוספים: <https://heschel.org.il/nzo>

אנו מודים לקרן פאי על התמיכה שאיפשרה את ביצוע המחקר.

רבים וטובים תרמו ידע ותובנות לעבודה. תודתנו העמוקה על הנכונות והשותפות.

להארות וליצירת קשר: יובל-תמר הפלר, מרכזת תחום אגרי-וולטאי, צוות NZO במרכז השל  
[yuval-tamar@heschel.org.il](mailto:yuval-tamar@heschel.org.il)

## תוכן עניינים

1.....	1. רקע.....
1.....	1.1 ייצור סולארי בדו שימוש בישראל.....
2.....	1.2 אגרי-וולטאי: מושגים בסיסיים.....
2.....	תכנון המערכת האגרי-וולטאית חייב להתחשב בצורכי הגידולים, כגון:.....
4.....	1.3 פוטנציאל ייצור האנרגיה במערכות אגרו-וולטאיות.....
5.....	1.4 הזדמנויות מפיתוח התחום האגרו-וולטאי בישראל.....
8.....	2. אגרו-וולטאי בישראל: מצב קיים.....
8.....	2.1 תכנון סטטוטורי.....
9.....	2.1.1 תוכנית הפיילוטים והאתגרים ביישומה.....
10.....	2.2.2 שינוי מס' 24 לתמ"א 1 - מתקנים אגרו וולטאיים.....
12.....	2.1.3 תכניות למתקנים אגרו וולטאיים המקודמות במחוזות (יולי 2024):.....
12.....	2.1.4 מתקנים אגרו-וולטאיים פעילים בישראל (פיילוטים ומסחריים):.....
13.....	2.2 רשות מקרקעי ישראל (רמ"י).....
15.....	2.3 מדיניות החשמל.....
16.....	2.3 שמירה על השטחים החקלאיים ובטחון המזון.....
17.....	3. מחקרים בנושא אגרו-וולטאי: אתגרים ומסקנות.....
17.....	4. אתגרים וחסמים לקידום אגרו וולטאי בישראל.....
20.....	5. המלצות לקידום תחום אגרו-וולטאי בישראל.....
29.....	סיכום.....
30.....	ביבליוגרפיה.....
33.....	נספחים.....
33.....	נספח 1 - סקירה של המחקרים הבולטים המתבצעים בנושא אגרו וולטאי.....

## 1. רקע

הביקוש לאנרגיה גדל בהתמדה, לצד גידול האוכלוסייה. במקביל, הצורך להפחית את פליטות גזי החממה מחייב מעבר לאנרגיה נקייה ובת קיימא. אתגר זה חריף במיוחד בישראל, בה קצב גידול האוכלוסייה הוא הגבוה בעולם המערבי, לחצי הפיתוח על מיעוט השטחים הפתוחים הינם גדולים, ושינויי האקלים הצפויים באזור מציבים אתגרים לשימור החקלאות ולבטחון המזון לאוכלוסיית הגדלה. **אגרו-וולטאי** (APV, Agrivoltaics) היא מערכת טכנולוגיה המאפשרת לשלב ייצור חשמל באמצעות פאנלים סולאריים וגידול חקלאי על אותה חלקת אדמה, מה שמסייע בהפחתת התחרות על השימוש בקרקע. ישראל, עם תנאים אקלימיים מתאימים, ריבוי לחצים על השטחים הפתוחים וצורך לשמר ולשפר את החקלאות, מהווה זירה בעלת פוטנציאל משמעותי לפיתוח תחום האגרו-וולטאי. נייר זה נועד לתת תמונת מצב עדכנית, נכון לדצמבר 2024, של תחום האגרו-וולטאי בישראל, לאחר שבסקירה קודמת נבחנו המדיניות והתמריצים הכלכליים בהם נוקטות מדינות מובילות בתחום בעולם<sup>1</sup>. המסמך סוקר את היתרונות, ההזדמנויות והאתגרים לקידום מערכות אגרו וולטאי בישראל, מצביע על הפוטנציאל הטמון בהן, ומשרטט את תמונת המצב הנוכחית בתהליך התאמתן למציאות בישראל. לבסוף, ניתנת שורת המלצות מעשיות כיצד לקדם טכנולוגיה זאת בישראל.

### 1.1 ייצור סולארי בדו שימוש בישראל

הצורך הדחוף להפחית את התלות האנרגטית בדלקים מאובנים, הביא למעבר כלל עולמי לאנרגיות מתחדשות, ובכלל זה לפריסה מאסיבית של אנרגיה סולארית ברחבי העולם<sup>2</sup>. בישראל, אנרגיה סולארית מהווה את פוטנציאל האנרגיה המתחדשת המרכזי<sup>3</sup>. מתקנים פוטו-וולטאים קרקעיים מהווים כיום את מקור האנרגיה הזול ביותר, עקב ירידת המחיר של המרכיב העיקרי שלהם- פאנלים סולאריים<sup>4</sup>, אך הם עתירי מקום, ומהווים שימוש לא יעיל לקרקע שבמדינת ישראל הינה כאמור משאב במחסור. לכן, יש לתעדף הקמת מערכות פוטו-וולטאיות בדו-שימוש.

לשימוש הדואלי בקרקע יתרונות רבים: הוא מאפשר לייצר חשמל לצד **שמירה על השימוש העיקרי** בשטח, כמו חקלאות, גגות מבנים, מאגרי מים וחניונים. הוא מאפשר **חיסכון ברשת החשמל**: כאשר המתקנים ממוקמים קרוב לאזורי הביקוש, הם מצמצמים את איבודי החשמל

<sup>1</sup> פרק א' - צעדי מדיניות לקידום פרויקטים אגרו-וולטאיים בעולם. ספטמבר 2024

<sup>2</sup> International Energy Agency (IEA). Renewables 2022. Paris. 2022.

<sup>3</sup> תוכנית NZO פרק א': 95% חשמל ממקורות מתחדשים בישראל עד 2050, ינואר 2021

<sup>4</sup> European Commission. Factsheet: Revision of the EU Electricity Market Design; European Commission: Brussels, Belgium, 2023.

במקטעי הולכה והשנאה. כמו כן, הוא תורם ל**ביזור ייצור החשמל** על ידי יצירת מקורות ייצור מגוונים המפחיתה את הסיכון לתקלות במקטעי הרשת עקב פגעי מזג האוויר או מצבי חירום ביטחוניים. במקרים של ניתוק מהרשת, ניתן להמשיך ל**ייצר ולצרוך חשמל באופן עצמאי** במתקנים דואליים במידה ונעשה שימוש בטכנולוגיות כמו מהפכים (ממירים) היברידיים, אגירה ומערכת ניהול מקומית מתאימה.

יחד עם זאת, למערכות בדו-שימוש קיימים גם חסרונות כמו עלויות הקמה גבוהות ביחס למתקנים קרקעיים. כמו כן, קיים קושי במימוש הפוטנציאל של שטחים דואליים בשל חסמים רגולטוריים וקשיים בגיוס בעלי הנכסים לשיתוף פעולה. ולבסוף קיימת גם **מורכבות תפעולית** - יצירת הספק דומה דורשת ריבוי מתקנים קטנים, בניגוד למתקנים קרקעיים המייצרים יותר חשמל בפחות מתקנים.

העדיפות הראשונה להקמת מתקנים סולאריים בדו-שימוש היא כמובן בתחומי המרחב המבונה, אך על מנת להגיע ליעדי הפחתת פליטות משמעותיים, ואף לאיפוס הפליטות, יש צורך לשלב מערכות פוטו-וולטאיות בשטחים נוספים<sup>6</sup>. הטכנולוגיה האגרו-וולטאית מהווה את הפוטנציאל הגבוה ביותר לדו-שימוש מחוץ לתחומי המרחב המבונה. האתגר המרכזי שהיא מציבה הינו השילוב של ייצור אנרגיה עם חקלאות, באופן שימנע פגיעה בתוצרת החקלאית.

## 1.2 אגרי-וולטאי: מושגים בסיסיים

מערכות אגרו-וולטאיות (APV) משלבות גידולים חקלאיים עם פאנלים סולאריים במגוון תצורות. בישראל, הפאנלים יכולים להיות מותקנים מעל הגידולים או בין השורות. בעולם, המערכות כוללות לעיתים גם שילוב של בעלי חיים כחלק מתצורות חקלאות משולבת (כגון במרעה של כבשים או בקר). בישראל חממות ומבנים חקלאיים אחרים אינם נחשבים כאגרי-וולטאי, והתקנות לגביהן הן נפרדות, וזאת בניגוד למדינות אחרות בעולם.

תכנון המערכת האגרי-וולטאית חייב להתחשב בצורכי הגידולים, כגון:

- דרישות התאורה, תגובה לצל, והתאמה לרמות שונות של קרינה<sup>7</sup>.
- שינוי טמפרטורה ולחות, וצמצום איבוד מים על ידי אידוי<sup>8</sup>.

<sup>5</sup> תוכנית NZO פרק ב': פוטנציאל ייצור החשמל הסולארי, יולי 2021

<sup>6</sup> הגדלת יעדי ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות לשנת 2030. רשת החשמל. אוגוסט 2020

<sup>7</sup> Magarelli, A.; Mazzeo, A.; Ferrara, G. Fruit Crop Species with Agrivoltaic Systems: A Critical Review. *Agronomy* **2024**, *14*, 722.

<sup>8</sup> Aghaei, M., & Moazami, A. (Eds.). (2024). *Solar Radiation: Enabling Technologies, Recent Innovations, and Advancements for Energy Transition*. BoD—Books on Demand.

- התאמת הגידולים לפי נתיבים פוטוסינתטיים (מנגנוני הצמחים לקליטת פחמן דו-חמצני ליצירת סוכרים): C3, C4 ו-CAM. לדוגמא, גידולים רבים מסוג C3, כמו חיטה ותפוז"א, רגישים פחות לרמות קרינה נמוכות ולכן מתאימים במיוחד<sup>9</sup>.

המערכת צריכה להתחשב גם באופטימיזציה של היצור הסולארי: שטח הפאנלים הכולל, זווית ההתקנה ביחס לשמש, וגובה הפאנלים מהקרקע, שבתורו משפיע על יכולת השימוש במכונות חקלאיות ועל חשיפת הצמח לאור.

## ניתן לסווג מערכות אגרו-וולטאיות לפי גובה ההתקנה:

### 1. מערכות מוגבהות:

- פאנלים המותקנים בגובה שמעל 2.10 מטרים.
- מתאימות לגידולים מגוונים כמו תפוחי אדמה, תירס, וענבים, אבוקדו, הדורים ותפוחים.
- יקרות ומורכבות יותר להקמה, אך מספקות צל מותאם.

### 2. מערכות נמוכות:

- הפאנלים מותקנים בגובה נמוך בין השורות, או מעל שטחי מרעה.
- מתאימים לגידולים שאינם זקוקים לאור רב.
- זולות ופשוטות יותר.
- עיבוד חקלאי עלול להיות יותר מורכב<sup>10</sup>.

## מאפיינים טכנולוגיים של מערכות סולאריות<sup>11</sup>:

### • מערכת חד-צירית או דו-צירית:

מערכות בהן הפאנלים מותקנים על צירים, המאפשרות הפניית הפאנלים אל קרינת השמש במהלך היום ולאורך השנה, ובכך משפרות את יעילות הפקת האנרגיה, ובמקביל מאפשרות להתאים את אחוז ההצללה הנובעת מהפאנלים לגידולים השונים.

<sup>9</sup> Mahendra, S.; Ogren, W.L.; Widholm, J.M. Photosynthetic Characteristics of Several C3 and C4 Plant Species Grown Under Different Light Intensities 1. *Crop Sci.* **1974**, *14*, 563–566.

<sup>10</sup> Soto-Gómez, D. (2024). Integration of Crops, Livestock, and Solar Panels: A Review of Agrivoltaic Systems. *Agronomy*, *14*(8), 1824. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081824>

<sup>11</sup> Trommsdorff, M.; Dhal, I.S.; Özdemir, Ö.E.; Ketzner, D.; Weinberger, N.; Rösch, C. Agrivoltaics: Solar Power Generation and Food Production. In *Solar Energy Advancements in Agriculture and Food Production Systems*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2022.

Reker, S.; Schneider, J.; Gerhards, C. Integration of Vertical Solar Power Plants into a Future German Energy System. *Smart Energy* **2022**, *7*, 100083.

- **פאנלים ביפציאליים:**  
פאנלים הקולטים קרינה משני הצדדים (ישירה מהשמש, ומוחזרת מהקרקע והסביבה) ומשפרים את ניצול האור לאורך כל היום.
- **פאנלים חצי-שקופים:**  
פאנלים המאפשרים מעבר של אורכי גל מסוימים התואמים את צורכי הגידולים, ובכך ממזערים את השפעת ההצללה.

### 1.3 פוטנציאל ייצור האנרגיה במערכות אגרו-וולטאיות

האילוצים החקלאיים (המכתיבים היבטים כמו גובה המערכת והמרווח בין הפאנלים) עשויים להפחית את הצפיפות של הפאנלים על השטח, ולהגדיל את כמות הדונמים הנדרשת למגה-וואט מותקן לעומת מתקנים קרקעיים. במתקנים קרקעיים יחס ההתקנה המקובל היום הוא של כ-8-10 דונם למגה-וואט למתקן קרקעי סטנדרטי. במתקנים אגרו-וולטאיים, ההערכות לפוטנציאל התקנה נעות סביב 11-15 דונם למגה-וואט מותקן בשטחים חקלאיים, בתלות בסוג הגידולים והשיטות שבהם נעשה שימוש (לדוגמה, גידולים נמוכים כמו גידולי מספוא דורשים פחות התאמות מאשר עצי פרי). משמעות הדבר כי נדרשים שטחים גדולים יותר על מנת לייצר אותה כמות אנרגיה. במקביל, הפגיעה הפוטנציאלית בייצור החקלאי עלולה להעלות צורך לשטחי חקלאות רבים יותר על מנת לספק ביטחון תזונתי לאורך שנים. שטחים אלו נגרעים משטחים פתוחים בפועל, או משטחי אש שמופשרים לצורך העניין במקום לשטחים פתוחים. השטח הנדרש למערכות APV תלוי בטופוגרפיה של השטח, בסוג הגידולים, במבנה המערכת, ועוד. להלן כמה היבטים מרכזיים המשפיעים על פוטנציאל ייצור האנרגיה והחקלאות במערכות אלו:

#### 1. עיצוב המערכת:

- צפיפות הפאנלים, מרחק בין שורות, כיוונית הפאנלים והגובה משפיעים גם על ייצור האנרגיה וגם על התפוקה החקלאית. מערכות דינמיות, כמו פאנלים נעים (טרקרים), מאפשרות אופטימיזציה טובה יותר של הצללה ופיזור אור שמש.
- אחוז כיסוי הפאנלים על הקרקע (GCR) הינו משתנה משמעותי במשוואה. נכון להיום, הגישה הינה ש-GCR לכל היותר 40% הוא כלל אצבע במערכות האגרו וולטאיות על מנת לשמור על תפוקה חקלאית טובה<sup>12</sup>.

#### 2. אגרונומיה:

סוג הגידול ואינטנסיביות הגידול משפיעים על פוטנציאל הייצור הסולארי והחקלאי גם יחד. המחקר האגרונומי בתחום האגרו-וולטאי הינו בראשיתו. מחקרים ראשוניים העלו למשל כי:

<sup>12</sup> Dupraz, C. (2023). Assessment of the ground coverage ratio of agrivoltaic systems as a proxy for potential crop productivity. *Agroforestry Systems*, 1-18.

- גידולים כמו חיטה או שעורה, דורשים שטחים רחבים אך אינם רגישים לתנאי צל.
- גידולים אינטנסיביים כמו ירקות יכולים להניב תפוקה גבוהה גם בשטחים קטנים יחסית, בתנאי שהצל מותאם לצורכיהם.

### 3. שטח הדרוש לתחזוקה ולציוד:

- מערכות מוגבהות: מאפשרות מעבר של כלים חקלאיים גדולים. גובה זה מבטיח גם פיזור אחיד יותר של אור לצמחים ומעניק גמישות בבחירת הגידולים.
- מערכות נמוכות: עשויות להפחית את הנגישות לציוד חקלאי עקב הקרבה של הפאנלים לקרקע ועל כן לבעיות בתפעול ותחזוקה. כמו כן, עשויות לגרום לצל לא אחיד בשטח החקלאי המעובד.
- יש חשיבות גבוהה לתכנון מתאים של המתקנים כדי למזער שטח לא מנוצל (למשל שבילים, עמודים, ואזורי תמיכה). ההערכה היא ששטח זה נע בין 5%-30% בהתאם לסוג המערכת<sup>13</sup>.

## 1.4 הזדמנויות מפיתוח התחום האגרו-וולטאי בישראל

לישראל יש הזדמנות ייחודית להפוך למובילה עולמית בתחום האגרו-וולטאי, בזכות האקלים הים-תיכוני והמדברי המאופיין בקרינת שמש גבוהה, בשילוב עם פעילות חקלאית ענפה ותעשיית אגרוטק מתקדמת. שטחיה המוגבלים של המדינה מחייבים פתרונות חדשניים לשימוש יעיל בקרקע, ודווקא אתגר זה יוצר פוטנציאל ייחודי לפיתוח מערכות מתקדמות המשלבות ייצור אנרגיה חכמה וחקלאות בת קיימא. בנוסף, שיתופי פעולה בין המגזר החקלאי, מגזר האנרגיה והאקדמיה תורמים למחקר, פיתוח ויישום טכנולוגיות מותאמות לתנאים מקומיים, חדשנות שעשויה לא רק לשפר את יעילות הייצור ולמזער את ההשפעות על הגידולים, אלא גם למצב את ישראל כגורם מוביל בזירה הבינלאומית.

### 1.4.1 תרומה פוטנציאלית של אגרו וולטאי בהיבט החקלאי

- **דו שימוש קרקעי:** במדינה כמו ישראל הסובלת ממצוקת קרקעות, היכולת לנצל את אותה חלקת קרקע לשימוש כפול היא בעלת משמעות גדולה<sup>14</sup>. טכנולוגיה זאת מציעה פתרון

<sup>13</sup> Dupraz, C. (2023). Assessment of the ground coverage ratio of agrivoltaic systems as a proxy for potential crop productivity. *Agroforestry Systems*, 1-18.

<sup>14</sup> Pascaris, A.S.; Schelly, C.; Burnham, L.; Pearce, J.M. Integrating Solar Energy with Agriculture: Industry Perspectives on the Market, Community, and Socio-Political Dimensions of Agrivoltaics. *Energy Res. Soc. Sci.* **2021**, *75*, 102023

Valle, B.; Simonneau, T.; Sourd, F.; Pechier, P.; Hamard, P.; Frisson, T.; Ryckewaert, M.; Christophe, A. Increasing the Total Productivity of a Land by Combining Mobile Photovoltaic Panels and Food Crops. *Appl. Energy* **2017**, *206*, 1495–1507.



לשימוש כפול בקרקע, על ידי שילוב ייצור חשמל וחקלאות, וכך מפחיתה את התחרות על הקרקע.

- **חיזוק החקלאים:** האגרו-וולטאי תורם משמעותית לחוסן הכלכלי של חקלאים בכך שהוא מציע להם מקור הכנסה נוסף, שאינו תלוי בגידולים חקלאיים בלבד. חקלאים יכולים להפיק הכנסה משני מקורות - הן מחקלאות, והן מייצור חשמל ומכירתו. הייצור הכפול מצמצם את התלות של החקלאים בשוק המסורתי ומגביר את היציבות הכלכלית שלהם, במיוחד בשנים שבהן מתרחשות פגיעות אקלימיות קשות<sup>15</sup>.
- **אימוץ נרחב של אגרו-וולטאי עשוי להעצים את היכולת הכלכלית של המגזר החקלאי כולו.**
- **חדשנות טכנולוגית:** מקדם פיתוח טכנולוגי מותאם תנאים אקלימיים ישראלים, תורם לשיפור היעילות החקלאית ותומך במוניטין הבינלאומי של ישראל כחדשנית בתחומי החקלאות והאנרגיה.
- **שיפור היבול והתייעלות חומרים:** נושא זה נמצא בחיתוליו ודורש עוד העמקה מחקרית, אבל כבר כיום ישנם מחקרים (בעולם) המצביעים כי בחלקות אגרו ניתן להגדיל את התפוקה החקלאית בגידולים מסוימים בתנאי אקלים מסוימים. כמו כן מחקרים מצאו כי הן מאפשרות הפחתת צריכת המים והדשנים<sup>16</sup>.
- **שמירה על המיקרו-אקלים:** הפאנלים הסולאריים מספקים הגנה לצמחים מפני תנאי אקלים קשים כמו ברד וקרינה חזקה. הם יוצרים מיקרו-אקלים מוצל יותר, שמסייע להורדת טמפרטורות הקרקע ולהפחתת איבוד מים מהקרקע ומהצמחייה, במיוחד באזורים חמים ויבשים. תנאים אלו תורמים גם לשיפור בריאות הקרקע, ולהתאמת מערכות חקלאיות לאתגרים האקלימיים העתידיים<sup>17</sup>.
- **שיפור תנאי עבודה:** APV משפר את תנאי העבודה של החקלאים בשדה, הודות להצללה והפחתת חשיפה לקרינה חזקה.
- **עידוד טכנולוגיות חקלאיות:** אגרו-וולטאי מביא נקודות חשמל לשטחים שלפני כן לא היה בהם חשמל, ומאפשר בכך ישום של טכנולוגיות מתקדמות חדשות בשדה.

<sup>15</sup> Ahmed, M. S., Khan, M. R., Haque, A., & Khan, M. R. (2022). Agrivoltaics analysis in a techno-economic framework: Understanding why agrivoltaics on rice will always be profitable. *Applied Energy*, 323, 119560.

<sup>16</sup> Weselek, A., Ehmann, A., Zikeli, S., Lewandowski, I., Schindele, S., & Högy, P. (2019). Agrophotovoltaic systems: applications, challenges, and opportunities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39, 1-20.

<sup>17</sup> Roxani, A., Zisos, A., Sakki, G. -K., & Efstratiadis, A. (2023). Multidimensional Role of Agrovoltatics in Era of EU Green Deal: Current Status and Analysis of Water-Energy-Food-Land Dependencies. *Land*, 12(5), 1069. <https://doi.org/10.3390/land12051069>

- **הגדלת השטח החקלאי המשמש לחקלאות:** אגרו וולטאי יכול לספק פתרון משמעותי לשיקום קרקעות חקלאיות שאינן מנוצלות כיום לחקלאות עקב כלכליות מוגבלת ו/או מחסור במים, ועל ידי כך לסייע להעלאת ייצור המזון.

#### 1.4.2 תרומה פוטנציאלית של אגרו וולטאי בהיבט האנרגטי

- **ייצור אנרגיה מתחדשת:** מאפשר ייצור חשמל נקי ומסייע במעבר לאנרגיה מתחדשת.
- **ביזור מקורות יצירת אנרגיה:** מאפשרת ביזור של תשתיות ייצור חשמל, מה שמקטין תלות בתחנות כוח מרכזיות, ומגביר את אמינות אספקת החשמל.
- **שיפור ביצועי הפאנלים:**<sup>18</sup> הצללת הפאנלים על הקרקע באזורים אגרו-וולטאיים יוצרת מיקרו-אקלים קריר יותר, מה שמסייע בקירור הפאנלים עצמם. ירידת הטמפרטורה הזו משפרת את יעילות הפאנלים ואת תפוקת החשמל, שכן ביצועי הפאנלים משתפרים בתנאי חום נמוכים יותר.
- **מקדם אגירה:** מערכות אגרו-וולטאיות עשויות להשתלב עם טכנולוגיות אגירת אנרגיה, כמו סוללות, על מנת לאגור חשמל עודף המיוצר בשעות השיא ולהשתמש בו בשעות ביקוש גבוהות. שילוב זה תורם ליציבות אנרגטית ולמיצוי מיטבי של החשמל המיוצר.

## 2. אגרו-וולטאי בישראל: מצב קיים

ההכרח להטמיע טכנולוגיה אגרו-וולטאית על מנת לאזן בין הצורך לעבור ליצור חשמל מאנרגיות מתחדשות מצד אחד, ולשמר את הביטחון המזון מהצד השני, הועלה משנת 2019 על ידי צוות NZO וכן על ידי גורמים אחרים. בהחלטת הממשלה מס' 465 מיום 25.10.2020 לעניין קידום אנרגיה מתחדשת במשק החשמל, נקבע יעד של 30% ייצור חשמל באנרגיה מתחדשת. כמו כן הוחלט על קידום צעדים לעידוד הקמת מתקני ייצור באנרגיה מתחדשת בשטחים מבוזרים ובדו-שימוש בקרקע. באשר לאגרו-וולטאי, מיעוט הידע הקיים הכתיב מדיניות זהירה. בחודש יוני 2023 אושרה "תוכנית הפיילוטים" במהלך משותף של משרד החקלאות, משרד האנרגיה ובמימון מתקציב של המדענית הראשית. במקביל קודמו מספר פרויקטי אגרו-וולטאים חלוציים, בעיקר בשטחי קיבוצים ובחוות חקלאיות מחקריות. במקביל, מקדמת המועצה הארצית את תמ"א 24/1 למתקנים אגרו-וולטאים לצורך הסדרה תכנונית של מתקנים אגרו וולטאים.

להלן יסקרו היבטים הנוגעים לקידום התחום בישראל היום.

<sup>18</sup> [Benefits of Agrivoltaics Across the Food-Energy-Water Nexus, NREL, Sept. 11, 2019](#)

Kumpanalaisatit, M., Setthapun, W., Sintuya, H., Pattiya, A., & Jansri, S. N. (2022). Current status of agrivoltaic systems and their benefits to energy, food, environment, economy, and society. Sustainable Production and Consumption, 33, 952-963.

## 2.1 תכנון סטטוטורי

הרגולציה הישראלית בתחום האגרו-וולטאי נמצאת בשלבי פיתוח. משרדי ממשלה ורשויות ממשלתיות כגון מנהל התכנון, משרד החקלאות, רשות החשמל ורשות מקרקעי ישראל מעורבים בתהליכים הללו, כאשר קיימות מגבלות על שינויי יעוד קרקע. נכון להיום, נעשו מספר צעדים משמעותיים לקידום מתקנים אגרו וולטאיים מבחינה תכנונית:

- אושרה תוכנית מתאר ארצית למתקני מחקר ופיתוח אגרו-וולטאיים - תמ"א 15/ד/10
- מקודמת תמ"א למתקנים אגרו וולטאיים - תמ"א 24/1.
- מקודמות תכניות מפורטות למתקנים אגרו וולטאיים במחוזות.

על אף שהתחום טרם הבשיל, מדיניות מנהל התכנון היא מתן עדיפות למתקנים אגרו-וולטאיים על פני מתקנים פוטו וולטאיים קרקעיים, וזאת בשל העדיפות למתקני דו שימוש המאפשרים ניצול מיטבי של משאב הקרקע<sup>19</sup>. יחד עם זאת, אמנם כבר ב-2023 אושרה תמ"א 15/ד/10 המאפשרת הקמת פיילוטים בהליך של היתר בניה, אך בפועל, נכון להיום, קמו 8 פיילוטים בלבד.

### 2.1.1 תוכנית הפיילוטים והאתגרים ביישומה

'תוכנית הפיילוטים' (תמ"א / 10 / ד / 15) היא תוצר עבודה של צוות משימה ממשלתי בין-משרדי<sup>20</sup>, ומטרתה לספק נתונים אודות השפעת טכנולוגיות שונות על הגידולים החקלאיים ועל המערכות האקולוגיות בשטחים החקלאיים בישראל, במגוון אזורים בעלי מאפיינים אקלימיים, גיאוגרפיים, חקלאיים ואקולוגיים שונים.

התוכנית אושרה ב-31.8.23, וכוללת כ-140 אתרים למחקר ופיתוח בפריסה ארצית, באזורים שנמצאו מתאימים מבחינה מחקרית ותכנונית. החלקות הנכללות בתוכנית נועדו להציג שילובים מגוונים של גידולים חקלאיים וטכנולוגיות סולאריות, תוך בדיקת השפעת הצללה והפריסה של הפאנלים על התפוקה החקלאית. במסגרת התוכנית, כלל הנתונים האגרונומיים, האנרגטיים והכלכליים הנוגעים לפיילוטים אמורים להיות חשופים למשרדי הממשלה ולשמש למחקר. זוהי תוכנית פורצת דרך בהיקפה ברמה העולמית, שנועדה לייצר בסיס נתונים רחב ומהימן לשם קבלת החלטות מושכלת לגבי פיתוח האגרו-וולטאי בישראל בהמשך.

עם זאת, בפועל, התוכנית נתקלת בקשיים משמעותיים, ורבים מהפיילוטים טרם יצאו לפועל. בין הסיבות לכך:

<sup>19</sup> מכתב ליו"ר רשות החשמל אמיר שביט, 'יעדי אנרגיה מתחדשת לשנת 2035', מנכ"ל מנהל התכנון, 6 בנובמבר 2024

<sup>20</sup> דו"ח מסכם: הצוות הבין משרדי לגיבוש המלצות לצעדים הנדרשים להקמת מתקנים אגרו-וולטאיים פברואר 2023

1. עיכוב בקבלת היתר בנייה - הפרויקטים נדרשים בתיאומים רבים אישורים מרשות החשמל, ומשרדי ממשלה שונים כמו משרד החקלאות ומשרד האנרגיה על מנת לקבל היתר בניה מהועדה המקומית. עיכובים בירוקרטיים אלה מעכבים את תחילת העבודות בשטח.
2. דחיית בקשות החיבור לרשת החשמל: רבים מהפרויקטים לא קיבלו את אישור חברת החשמל לחיבור הפיילוט לרשת החשמל, עקב עומסים על רשתות ההולכה והחלוקה באזורים בהם הם מוקמים. רק מעטים מהאתרים קיבלו אישורי חיבור, כאשר הסוגיה של בקשות חיבור לא קיבלה התייחסות במסגרת האסדרה<sup>21</sup> לפיילוט, כגון הגדרת תערוף לפיילוט בבקשות חיבור לרשת. יש לציין שרשות החשמל התייחסה לנושא זה במסגרת שימוע<sup>22</sup> לעדכון האסדרה לפרוייקטי חלוץ והדגמה לאגריוולטאי מ 11/2024.
3. חשש של החברות הפרטיות מחשיפת המידע המחקרי לציבור - חברות פרטיות המשתתפות בפרויקטים חוששות לחשוף נתונים בשל שיקוליים מסחריים ותחרותיים. זאת, למרות שמטרת התוכנית היא להנגיש את המידע לציבור כדי לקדם מחקר אקדמי ותכנון מדיניות מבוססת נתונים.
4. חוסר כדאיות כלכלית של התעריף המובטח - התעריף המקורי שהוצא למתקנים (20.93 אג' לקוט"ש) נמצא לא רווחי עבור מרבית הפרויקטים, מה שהוביל לעיכוב משמעותי במימושם. לאחרונה אומנם נפתח מסלול עם תעריף גבוה יותר (כ-30 אג' לקוט"ש), אך הוא מוגבל בהיקפו (עד 630 קוט"ש)<sup>23</sup>, מה שלא מאפשר רווחיות בקנה מידה רחב.
5. קידומן במקביל של תוכניות בהיקף מסחרי נרחב (מעל 250 דונם) - במקביל לקידום הפיילוט, המדינה מאפשרת את כניסתם של פרויקטים אגריוולטאיים מסחריים גדולים ורווחיים הרבה יותר לשוק, דבר שהופך את הפיילוט לפחות אטרקטיביים כלכלית.
6. איחוד חלקות ניסויי - נכון להיום, חלק מחלקות הפיילוט אוחדו, ובוצעו בפועל במקבצים אחידים, מה שהוביל למגבלות בגיוון סוגי הגידולים ותנאי הקרקע שנבדקו. מצב זה עלול להגביל את היכולת להעריך את השפעת מערכות אגרו-וולטאיות על מגוון רחב של תנאים חקלאיים.

העיכוב בהקמתם של מתקני הפילוט, ועימם הנתונים אודות ההשפעה של מערכות אגרו-וולטאיות על גידולים שונים באיזורים האקלימיים השונים בישראל, מותיר חוסר ודאות באשר לישימות

<sup>21</sup> החלטת רשות החשמל משיבה מס' 620 - החלטה מס' 62003 - קביעת אסדרה לייצור חשמל בטכנולוגיה פוטו-וולטאית במתקני חלוץ אגרו וולטאיים, מיום 13.12.2021

<sup>22</sup> עדכון האסדרה לפרוייקטי חלוץ בטכנולוגיה אגריוולטאית, 11/2024. במסגרת השימוע מוצע לשלם למתקנים שיוקמו ללא אישור חיבור לרשת, על פי היקף החשמל אשר שהמתקן יפיק, וללא תלות בחיבור לרשת.

<sup>23</sup> [רשות החשמל, ישיבה מס' 681 מיום 10.01.2024](#)

ולתועלת של שילוב בין מערכות סולאריות וגידולים חקלאיים בתנאי האקלים והסביבה הייחודיים של ישראל. דבר זה מעב את קידום תוכנית המתאר הארצית שאמורה להסדיר את הקמתם של מתקנים מסחריים (מבחינת מיקום, היקף, אופי ההליך ותנאיו).

## 2.2.2 שינוי מס' 24 לתמ"א 1 - מתקנים אגרו-וולטאיים

המועצה הארצית לתכנון ולבנייה, בתוקף סמכותה על פי סעיף 50 לחוק התכנון והבנייה, הנחתה על הכנת שינוי מס' 24 לתמ"א 1 במטרה להסדיר תכנונית מתקנים אגרו-וולטאיים. התכנית כוללת קביעה של הכללים והמנגנונים (הליכי תכנון ייעודיים) לתכניות ולהיתרים למתקנים אגרו-וולטאיים, על מנת לאפשר, לעודד ולתעדף את הקמתם על פני מתקנים פוטו וולטאיים קרקעיים, וזאת לטובת עמידה ביעדי הממשלה ליצור אנרגיות מתחדשות.

לעת כתיבת מסמך זה התכנית נמצאת בשלבי הכנה. התכנית נערכת בימים אלו במסגרת ועדת העורכים של תמ"א 10 (עד כה התקיימו שלוש ועדות עורכים, האחרונה ב-20.11.24). בהמשך, הוולנת"ע תשמש כוועדת ההיגוי של התמ"א. התוכנית תכלול הוראות לתנאים לקידום תוכניות והיתרים למתקנים אגרו-וולטאיים.

### הוראות התמ"א יכללו התייחסות להיבטים הבאים:

1. **דרישות תכנון ורישוי:** קביעת הליכי תכנון ורישוי בהתאם לגודל, מיקום, השפעה וסוגי הטכנולוגיות במתקנים, בשילוב פעילות חקלאית.
2. **שימור פעילות חקלאית:** קביעת קריטריונים ומנגנונים להבטחת שימור התפוקה החקלאית לאורך חיי המתקן, כולל מעקב ובקרה.
3. **מאפיינים פיזיים:** הגדרת מאפייני המתקנים כך שיאפשרו עיבודים חקלאיים מגוונים, בהתאם להתפתחויות טכנולוגיות ולידע שיצטבר ממתקני חלוץ.
4. **שיקולים סביבתיים:** תכנון המתקנים יתבסס על שיקולים סביבתיים מגובשים שיבחנו בעת קידום התכניות וההיתרים.

במסגרת הדיונים בוועדת העורכים של תמ"א 10 עולות סוגיות להם טרם ניתן מענה סביב ההיבט של הבטחת ביטחון מזון, שימור תפוקת התוצרת החקלאית, מעקב ובקרה על האמור לעיל.

נושאי ליבה נוספים שנמצאים בבחינה:

- **סוגיית קידום תכניות למתקנים אגרו-וולטאיים במחוזות מרכז ותל אביב** – עקב פגיעה פוטנציאלית בשטחים פתוחים ונוף.
- **הגדרת מהות התהליך התכנוני** – אילו מתקנים דורשים תכנית מפורטת ואילו ניתן לקדם באמצעות היתר בנייה בלבד.

- **רגולציה למעקב, פיקוח ובקרה** – תפקידי משרד החקלאות בנושא זה.
- **מתקנים אגרו-וולטאיים במרקם חופי** – עם דגש על השפעות כמו קיטוע שטחים פתוחים, בעיקר במסדרונות אקולוגיים.
- **גידור** – הסוגיה עולה בעיקר בגלל קיטוע שטחים פתוחים (בייחוד במסדרונות אקולוגיים)
- **מתקנים במכלולים נופיים** – תוך שמירה על ערכי נוף וסביבה.
- **קידום מתקנים אגרו-וולטאיים במסדרונות אקולוגיים ארציים (תמ"א 26/1)** – בחינת התאמות תכנוניות ותפעוליות.

### 2.1.3 תכניות למתקנים אגרו וולטאיים המקודמות במחוזות (יולי 2024):

כבר היום פרוייקטים אגרו-וולטאים שאינם נכללים במסגרת הפיילוטים, מקבלים אישורי הקמה במוסדות התכנון, אך המסלול לכך אינו מיטבי. ראו בטבלה 1 פירוט של התוכניות, נכון ליולי 2024.

מחוז	שלב ראשון	החלטה להפקדה	אישור
צפון	15 יוזמות	נטועה אלקוש מיצר קבוצת כנרת	מעלה גלבע בית העמק משמר הירדן
דרום	23 יוזמות	תקומה ניר גלים עלומים ניר חי"ן	אילות
חיפה	יוזמה אחת		גן השומרון (כפר פינס (ערר)
ירושלים		בקוע	
סה"כ	39	9	6

מקור הטבלה: מינהל התכנון, יולי 2024

לשם הסדרת מסלול תכנוני נדרש כאמור תיקון לתמ"א 1 לאגרוולטאי, ועל כך שוקדים במרץ בשנתיים האחרונות ממתן ההוראה להכנת התמ"א במועצה הארצית (החלטה מס' 680 מיום 6.12.2022).

### 2.1.4 מתקנים אגרו-וולטאיים פעילים בישראל (פיילוטים ומסחריים):

נכון לדצמבר 2024, במגזר הקיבוצי ובמכוני המחקר קיימים כבר מספר מתקנים אגרו-וולטאיים פעילים, המספקים מצע לניסויים אשר בודקים יתרונות כמו שיפור המיקרו-אקלים סביב הצמחים ויעול הצריכה של מים ודשנים. להלן רשימה חלקית של פרויקטים קיימים, אשר שצפויה להתעדכן עם התקדמות התחום:

- מעלה גלבוץ (דוראל): הקמה ב 2022, 150 דונם, 8 גידולים, הספק צפוי 10MWp.
- קיבוץ רבדים (דוראל): הקמה ב2023, 150 דונם, 4 זני אבוקדו, הספק מותקן 10 MWh.
- בר-אילן (דוראל): הקמה ב2021, 3 מחזורי גידול בשנה, גידולי שדה, הספק 60kWp.
- קיבוץ גבת (צבאר סולאר): גידולי שדה (חמניות).
- מו"פ רמת נגב (אגרייליט): 2024, כרם ענבים, כדונם.
- מכון ערבה: 2021, גד"ש, חלקה ניסויית.
- מושב ישע (אנלייט): 16 דונם, גד"ש
- מכון וולקני: מתקן ניסויי קטן, הדורים
- פרויקט בהקמה בקיבוץ הגושרים (דוראל): גפנים
- פרויקטים נוספים: עין כרמל (אנלייט) 15 דונם, כפר קרע ועוד.

## 2.2 רשות מקרקעי ישראל (רמ"י)

רשות מקרקעי ישראל (רמ"י) היא גוף ממשלתי המופקד על ניהול קרקעות המדינה, המהוות כ-93% מכלל הקרקעות בישראל.

בשנת 2022, אישרה רמ"י מכסה ייעודית של 500 דונם ליישוב עבור פרויקטים אגרו-וולטאיים (נוהל 37.21B)<sup>24</sup>. מכסה זו ניתנה באופן ייחודי לאגרו-וולטאי, כך שהיא אינה באה על חשבון מכסת הייצור הקרקעי המסורתית ואינה פוגעת במכסת התעסוקה החקלאית המוקצת ליישובים. בכך רמ"י מאפשרת ליישובים לשלב ייצור אנרגיה סולארית במקביל לשימוש חקלאי, תוך שמירה על זכויותיהם בתחומים האחרים. הפרויקטים כרוכים בתשלום שנתי לרמ"י, העומד על כ-60 אלף ש"ח למגוואט מותקן (DC), לתקופת החוזה של 25 שנים. זהו תשלום נמוך משמעותית מהתשלום עבור מתקנים סולאריים קרקעיים, העומד על 200,000 ש"ח למגה-וואט מותקן<sup>25</sup>, ולכן לא בהכרח מהווה נטל מכריע בהקמת פרויקט, ובכך מאפשר ליזמים וליישובים להתקדם ביישום המודלים האגרו-וולטאיים.

בהחלטה מספר 5292 של הנהלת רמ"י, שנדונה ב-22.6.2022, נקבעו עקרונות להסדרת מיזמים אגרו-וולטאיים:

- חוזים ארוכי טווח: ההסכמים יערכו לתקופות ממושכות, תוך הבטחת יציבות ההשקעות.
- אזורים גאוגרפיים מועדפים: צפון ודרום הארץ, ללא הכללת אזור המרכז.
- בחינה תכנונית מקדימה: יש לוודא שהאתר המוצע אינו מיועד לפיתוח עתידי.

<sup>24</sup> קישור להחלטת רמ"י 2024

<sup>25</sup> החלטה 5130 של רמ"י <https://www.gov.il/he/pages/hanhala-5130>

- **מכסה ייעודית:** הוקצתה מכסה נוספת של 500 דונם למיזמים אגרו-וולטאיים מעבר למכסה הסולארית הרגילה.
- **חקלאות פעילה:** המיזמים יוקמו רק בגידולים חקלאיים אינטנסיביים, כגון מטעים.
- **עיבוד קרקע בנחלה:** הותר שימוש אגרו-וולטאי בעורף חלקה א' במושבים, בשטח של עד דונם אחד לנחלה.

בהחלטה שנכנסה לתוקף ביולי 2023, תוקנו סעיפי נוהל 7.3.14 בנוגע להסדרת מיזמים אגרו-וולטאיים בקרקע חקלאית:

- **חוזים מותאמים:** רק בעלי הסכמים חקלאיים ארוכי טווח יוכלו להקים מיזמים, כולל הסכמי משבצת, מטעים ובתי ספר חקלאיים. חוזים קצרים ועונתיים אינם מאפשרים הקמת מיזם.
- **מגבלת שטח:** גודל המיזם המירבי נקבע ל-500 דונם, שאינם נספרים במכסת התעסוקה של היישוב.
- **אישור ושמירה על זכויות:** העסקה תיערך מול בעל הזכויות בהסכם המקורי, ללא אפשרות להעברת זכויות או השכרת משנה.
- **פיקוח על פעילות חקלאית:** משרד החקלאות אחראי לפיקוח והגדרת קריטריונים לחקלאות מקבילה, וכן רשאי להפסיק מיזם במקרה של הפסקת עיבוד חקלאי.

**להלן התקנות המרכזיות הנוגעות למיזמים אגרו-וולטאיים במשבצות חקלאיות, כפי שהוגדרו בנוהל 37.21B:**

1. **הגדרת מיזם אגרו-וולטאי:** מיזם אגרו-וולטאי מוגדר כפרויקט המוקם בקרקע חקלאית ומשלב ייצור חשמל מאנרגיה סולארית עם פעילות חקלאית פעילה במקביל. מיזמים אלה מיועדים להבטיח שמירה על השימוש החקלאי תוך אפשרות הפקת חשמל סולארי מהשטח.
2. **תנאים לאישור המיזם:** הפרויקט חייב להתקיים בתוך גבולות המשבצת הקיימים של היישוב החקלאי, תוך הבטחה שהשימוש החקלאי בשטח נשמר. כמו כן, יש להגיש אישור של הסדרת השימושים והבטחת עיבוד השטח. העברת זכויות או חכירת משנה במיזם זה אסורה, כך שרק היישוב או אגודתו יהיו הבעלים בפועל של המיזם.
3. **פיקוח על פעילות חקלאית מקבילה:** משרד החקלאות מפקח על קיום פעילות חקלאית מקבילה בשטח המיזם, ומוסמך לקבוע הגבלות לגבי סוגי הגידולים שניתן לשלב לצד המערכת הסולארית. במקרה שבו יופסק השימוש החקלאי, רמ"י רשאית לדרוש את הפסקת הפרויקט ולקבל את הקרקע חזרה.



4. **שימושים ותחזוקת הקרקע:** הקרקע חייבת לשמש למטרות החקלאיות המוצהרות בלבד, ואין לשנות את ייעודה או לבצע בה כל שימוש שאינו חקלאי ללא אישור מתאים. כמו כן, במידה והקרקע תחדל לשמש לצרכי המיזם, היא תוחזר ריקה לרשות מקרקעי ישראל בהתאם לסעיפי הפיצוי הקבועים.
5. **הגבלת שטח למיזם יחיד:** השטח המירבי שמיזם אגרו-וולטאי יכול לכלול בכל יישוב עומד על 500 דונם. השטח לא ייחשב במלואו במכסת השטח המוקצה לתעסוקה, אלא רק במקרים מסוימים, בהתאם להוראות הנוהל.
6. **שטח משותף ביישובים בקו עימות:** ביישובים הנמצאים באזור קו עימות, ניתן ליצור מיזם אגרו-וולטאי משותף שיכלול עד 1,500 דונם. המיזם יוכל להיות משותף ל כמה יישובים על בסיס חלוקה תכנונית ובהתאם להמלצות משרד הנגב, הגליל והחוסן הלאומי.

## 2.3 מדיניות החשמל

מתקנים אגרו וולטאים מוגדרים כדו-שימוש. מתוך כך, מתקנים אגרו-וולטאיים במתח נמוך (בהיקף של עד 630 ק"ו מותקן) זכאים לתעריפים המובטחים לכלל המתקנים בדו שימוש. מתקנים גדולים יותר הינם במתח גבוה ומוקמים תחת אסדרת השוק, ובדרך כלל ילוו במערכת אגירה. דבר זה אמנם מקנה גמישות ומאפשר למקסם את התעריף המתקבל, אך במקביל מציב את המתקנים האגרו-וולטאים בנחיתות ביחס למתקנים סולאריים קרקעיים או דו שימוש אחר, כיוון שהוצאות ההקמה גבוהות יותר בטכנולוגיה זו.

### מדיניות החשמל נכון לדצמבר 2024:

- **עדכון תעריפים למתקני PV בדו-שימוש, והארכת תוקפם:** בהתאם להחלטת רשות החשמל, תוקף התעריפים למתקנים סולאריים בדו-שימוש הוארך עד ל-31 בדצמבר 2026, ועודכנו מדרגות התעריף<sup>26</sup>. חשוב לציין כי תעריפים אלו אינם צמודים למדד, מה שמייצר אתגרים בתנאים של אינפלציה.
- **המסלול הירוק למתקנים משולבי אגירה:** רשות החשמל פרסמה שימוע להרחבת המסלול המהיר לחיבור מתקני PV ואגירה לרשת החלוקה<sup>27</sup>. על פי ההצעה, מתקנים שגודלם עד 630 ק"ו אך מתחייבים שלא להזרים לרשת יותר מ 15 קילוואט, או מתקנים בהיקף של עד 8 מגה-וואט המיועדים לצריכה עצמית, יקבלו תשובת מחלק חיובית אוטומטית. דבר זה מקל על חיבור מתקנים באזורים בהם רשת ההולכה עמוסה.

<sup>26</sup> להחלטת רשות החשמל, ישיבה מס' 681 מיום 10.01.2024

<sup>27</sup> לשימוע - הרחבת המסלול מהיר לחיבור מתקן ייצור בטכנולוגיה פוטו וולטאית או מיתקן אגירה

- הפחתת תעריף למתקני אגרו-וולטאי ללא פעילות חקלאית: פורסם לשיתוף ציבור כי מתקני אגרו-וולטאי שאינם מקיימים פעילות חקלאית מלאה על פי הסטנדרטים של משרד החקלאות, יזכו לתעריף מופחת<sup>28</sup>.

## 2.3 שמירה על השטחים החקלאיים ובטחון המזון

משרד החקלאות פועל להבטיח את המשך היצור החקלאי ואת בטחון המזון. צוות בין משרדי<sup>29</sup> שכלל בין היתר את משרדי החקלאות, האנרגיה, הגנת הסביבה ושורה של משרדים ושל גופים רגולטורים אחרים, גיבש שורת המלצות במטרה למנוע פגיעה נרחבת בחקלאות עקב הקמת מתקנים אגרו-וולטאים.

### המלצות עיקריות של הצוות הבין-משרדי:

#### 1. מדד להמשך קיום פעילות חקלאית:

- דרישת תפוקה מינימלית של 70% מהיבול המקורי (הכנסה או טון תוצרת לדונם), עם אפשרות להתאמה עתידית בהתאם למחקרים.

#### 2. הקמת יחידת פיקוח:

- כפיפות למשרד החקלאות.
- פיקוח באמצעות ביקורות, ניטור טכנולוגי ומעקב אחרי יבולים ותפוקה.
- יישום סנקציות כלכליות במקרי הפרה.

#### 3. חובות דיווח:

- חקלאים יחויבו להגיש תכנית חקלאית, כולל תרחיש להחלפת גידול.
- דיווח מאומת על הכנסות והוצאות חקלאיות בנפרד מהמתקן הסולארי.
- ניטור השקיה וקרינת אור, עם העברת נתונים לגורמי הפיקוח.

#### 4. סנקציות כלכליות:

- במקרה של ירידה מתמשכת בתפוקה, על פי המלצות יחידת הפיקוח.

בהתאם להמלצת הדו"ח של הצוות הבין משרדי, בימים אלו מוקמת יחידת פיקוח ובקרה תחת משרד החקלאות. יחידה זו תפעיל את מנגנון הבקרה והאכיפה שיבטיח את המשך הפעילות החקלאית במיזמים אגרו-וולטאיים. במקביל, המשרד מקדם את פיתוח המושג "חקלאות מיטבית", שיכלול קריטריונים ברורים להערכת ייצור חקלאי בתנאים של הצללה חלקית, תוך הסתמכות על ידע אגרונומי ומחקר מתפתח.

<sup>28</sup> לשימוע - קביעת הפחתת תעריף למתקנים אגרו וולטאיים שאינם מקיימים פעילות חקלאית  
<sup>29</sup> דו"ח מסכם: הצוות הבין משרדי לגיבוש המלצות לצעדים הנדרשים להקמת מתקנים אגרו-וולטאיים, פברואר 2023

### 3. מחקרים בנושא אגרו-וולטאי: אתגרים ומסקנות

כיום מתקיימים מחקרים מועטים בלבד בנושא אגרו-וולטאי בישראל. התפתחות התהליכים עד כה מצביעה על כמה תחומים מרכזיים הדורשים תשומת לב.

בראש ובראשונה, **היבטים האגרונומיים והכלכליים** במחקרים נבדקים כמעט באופן בלעדי על ידי החברות הפרטיות, מה **שמגביל את נגישות הנתונים לציבור**. בנוסף לכך, תחומים חשובים אחרים אינם מקבלים מענה מספק במחקר:

**היבטים חברתיים**: מלבד עבודת מחקר אחת המתבצעת בימים אלו על ידי עמותת סיכוי אופוק, אין מספיק מחקרים העוסקים בהשפעות ובמשמעויות החברתיות של פרויקטים אגרו-וולטאיים.

**היבטים סביבתיים ואקולוגיים**: קיימים פערים במחקר, ובמיוחד **בחוסר במחקרים** הבוחנים את השינויים תחת הפאנלים עצמם. כמו כן, ישנו מחסור במחקרים הבוחנים את השפעת התאורה, הצללה ותשתיות נלוות למערכות האגרו-וולטאיות, על המערכת האקולוגית המקומית.

**נצפות נופית**: עד כה, כלל לא נערכו מחקרים בנושא זה, אף על פי שהחתימה הנופית של פרויקטים אגרו-וולטאיים צפויה להיות משמעותית, ולעיתים גבוהה יותר משל מתקנים קרקעיים, ולכן השפעת הפרויקטים על הנוף היא חשובה ורלוונטית לאישורם וקבלתם הציבורית.

סקירה של המחקרים הבולטים שבוצעו בעבר או נמצאים בשלבי ביצוע נכון להיום נמצאת בנספח מספר 1.

## 4. אתגרים וחסימים לקידום אגרו-וולטאי בישראל

התרחבות משמעותית של אגרו-וולטאי בישראל מחייבת מתן מענה למספר אתגרים מרכזיים. ראשית, החדשנות הקיימת בתחום ומשך הזמן הארוך הנדרש לבסס מחקר חקלאי, פוגשים את הצורך לקדם אנרגיה מתחדשת לעמידה ביעדי המדינה להפחתת פליטות גזי חממה. המחסור במחקרים ומידע משפיע על המחסור ברגולציה ברורה כפי שפורט לעיל. כמוכן תהליכי אישור ביורוקרטיים מורכבים, מכבידים על יזמים וחקלאים ומעכבים את קידום הפרויקטים. בנוסף, קיימים חסימים הנובעים מחשש של הרגולטורים שיעשה ניצול בלתי הולם של הקרקע, שעלול לפגוע בתפוקה החקלאית או ליצור התנגשות אינטרסים בין ענפי החקלאות וייצור האנרגיה. מעבר לכך, תשתיות הולכת החשמל מאזורי הפריפריה בהם נמצא עיקר פוטנציאל היצור, אל אזורי הביקוש במרכז, אינן מותאמות לקליטת היקפי הייצור המבוקשים, ודורשות שדרוג משמעותי. מצד היזמים, פרויקטים קטנים יחסית (מתחת ל-150 דונם) מעוררים חששות בנוגע לכדאיות הכלכלית שלהם.

להלן פירוט של האתגרים המרכזיים המונעים כיום את מימוש הפוטנציאל של תחום זה:

- **חוסר במידע ומחקר:** תחום האגרו-וולטאי בישראל נמצא בשלבים מוקדמים של פיתוח, עם מספר פיילוטים מצומצם שעדיין לא הבשילו לכדי הסקנת מסקנות נרחבות. כתוצאה מכך, חסר ידע מבוסס בנוגע לאפקטיביות של השיטה בתנאי האקלים והחקלאות המקומיים, כמו גם הבנה מעמיקה של השפעותיה האגרונומיות, הכלכליות והאקולוגיות. חוסר זה מקשה על מקבלי החלטות, רגולטורים וחקלאים להעריך את הפוטנציאל המלא של הטכנולוגיה, ולתכנן באופן מושכל את הטמעתה בשטח.
- **מדיניות ורגולציה:** האתגר הרגולטורי בישראל מתבטא בצורך בהגדרה ברורה של מסגרת מדיניות האגרו-וולטאי, כדי לאפשר תכנון אפקטיבי בכל ועדה מקומית. נכון להיום, קיימת אי בהירות בהנחיות לרשויות המקומיות, ואין מסלול מוסדר המאפשר הקמת מתקנים באופן מובנה.
- **חוסר כדאיות כלכלית:** התקנת מערכות אגרו-וולטאיות דורשת השקעה כספית גבוהה יותר מאשר מערכות סולאריות קרקעיות או פעילות חקלאית בלבד. מתקנים בינוניים אינם נהנים מהתעריפים בהסדרת הדו-שימוש, אך נאלצים להתמודד עם ההשקעות הגבוהות הנדרשות למתקנים לתכנון והקמה, כמו גם עם עלויות תחזוקה ותפעול.
- **קשיים בחיבור לרשת החשמל:** רשת החשמל הנוכחית בישראל מציבה אתגר משמעותי עבור יישום מתקני אגרו-וולטאי, במיוחד באזורים פריפריאליים שבהם קיבולת הרשתות מוגבלת. חיזוק התשתיות האזוריות הוא אמנם פתרון מיידי, אך נדרשת גישה רחבה יותר: תכנון והתאמת רשת החשמל כך שתוכל לתמוך באופן אסטרטגי בפיתוח מערכות אגרו-וולטאיות.

- **פוטנציאל להשפעה שלילית על בעלי חיים וצמחים מקומיים:** תשתיות המערכת והמערכת עצמה, כולל הגידור המתלווה אליה, עלולות לשנות את תנאי המחיה של מיני צמחים ובעלי חיים מקומיים, ולהשפיע על המערכת האקולוגית בשטח. שינוי זה יכול להוביל להפרעות במארג האקולוגי המקומי, כולל שינוי בפעילות חרקים, ציפורים ומינים נוספים.
- **חשש מפגיעה בביטחון המזון:** פרויקטים אגרו-וולטאיים עשויים להשפיע על ביטחון המזון אם הם אינם מתוכננים ומנוהלים כראוי. הסיכון נובע ממספר גורמים: צמצום שטחים חקלאיים זמינים, ירידה בתפוקת גידולים, שינוי בתמהיל הגידולים, תלות במערכות טכנולוגיות (כמו השקיה מדויקת ובקרה אקלימית) ועוד.

### אתגרים לחקלאים:

- **חוסר היכרות עם הטכנולוגיה:** כדי שהטכנולוגיה האגרו-וולטאית תשתלב בהצלחה בשטחים החקלאיים, יש צורך בהעמקת הידע בקרב חקלאים ומנהלים חקלאיים. חקלאים רבים אינם מכירים את היתרונות של השיטה או את הדרכים לשילובה בחקלאות באופן מיטבי.
- **יכולת מימון:** לחקלאים, במרבית המקרים, אין את האפשרות לגייס ההון הנדרש להקמת מערכות אגרי וולטאיות בהיקף משמעותי. כתוצאה מכך, ומפערי הידע בתחום האנרגיה, החקלאים מקימים מערכות סולאריות בשיתוף פעולה עם חברות אנרגיה מתחדשת. הפער ביכולת המימון ובידע בתחום האנרגיה, מביא לכך שלחברות האנרגיה ישנו יתרון מובנה בשותפות עם החקלאים. מצב זה עלול לפגוע בחלקאים ובחקלאות.
- **התאמה מקומית:** הצלחת המערכות תלויה בתנאי האקלים המקומיים ובהתאמה לגידולים ובתכנון נכון של המערכות, הכולל גובה הפאנלים, מרווחי השורות ושימוש בפתרונות טכנולוגיים נוספים. הדבר דורש מומחיות שאינה נמצאת תמיד אצל החקלאי.
- **אתגרים טכנולוגיים ומורכבות תפעולית:** ניהול ותפעול מערכת אגרו-וולטאית דורש תכנון מותאם ומיומנות גבוהה כדי למקסם את יעילות הפאנלים והחקלאות גם יחד. האתגרים כוללים תיאום מערכות השקיה, בחירת יבולים מתאימים, הגנה מפני שחיקת הקרקע, ניהול הצללה נכונה, ושילוב טכנולוגיות מתקדמות – כל זאת תוך התחשבות בתנאים החקלאיים ודרישות האנרגיה במקביל.
- **הגבלות על סוגי הגידולים:** לא כל סוגי הגידולים מתאימים למערכות אגרו-וולטאיות, מאחר שלחלק מהצמחים יש דרישות אור גבוהות יותר. גידולים שאינם מותאמים לתנאים של הצללה חלקית עלולים לסבול מירידה בתפוקה. החקלאים ידרשו לערוך התאמות, ותתכן פגיעה ברמה הלאומי.

- **חשש מפגיעה בנגישות לציוד חקלאי:** הפאנלים והמבנים הנלווים עלולים להגביל את תנועת הציוד החקלאי, במיוחד בכלים גדולים כמו טרקטורים ומכונות. הדבר עלול להעלות את עלויות התפעול ואת הזמן הנדרש לביצוע פעולות חקלאיות, ולעיתים לדרוש התאמות מיוחדות.
- **היתכנות ליישום בשטחים קטנים** - הקמת מתקנים אגרי וולטאיים מבוצעת במקרים רבים ע"י חברות יזמיות בתחום האנרגיה המתחדשת. חברות אלו מרכזות את המאמצים בהקמת מתקנים גדולים, וקיים סיכון שחקלאים פרטיים ישארו מאחור בהשתלבות בתחום האגרי וולטאי.

## 5. המלצות לקידום תחום אגרו-וולטאי בישראל

כפי שהוצג לעיל, תחום האגרו-וולטאי בישראל נמצא בצעדיו הראשונים, ולו פוטנציאל גדול אך גם חסמים משמעותיים. לפיכך, אנו ממליצים על שלביות בקידום האגרו-וולטאי בישראל: בשלב הראשון יוקמו מתקנים המשלבים מחקר אינטנסיבי, במקביל לבניית מסד נתונים רחב ברמה הארצית ותוך דגש על תכנון מותאם לתנאים המקומיים. בשלב זה יושם דגש על שיתוף פעולה בין חקלאים, יזמים, חוקרים וגופי ממשל- הן בהיבטים חקלאיים והן בהיבטים הסביבתיים. מסד נתונים זה יהווה בסיס לבניית תוכנית עבודה רחבה יותר על ידי הצוות הבינמשרדימשרד החקלאות, מבוססת מחקר יישומי וניטור, לשם פיתוח בר קיימא, תוך הבטחת איזון בין ייצור אנרגיה מתחדשת, שמירה על שטחים פתוחים והמשך השימושים החקלאיים בקרקע.

להלן שורת צעדים שיישומם יאפשר לנצל את מלוא הפוטנציאל של האגרו-וולטאי ולתרום הן לאספקת אנרגיה מתחדשת והן לשימור קרקעות חקלאיות:

### כללי

1. **מיפוי פוטנציאל השטח המתאים לאגרווולטאי:** יש לבצע מיפוי כלל ארצי של היקף השטח המאפשר מערכות אגרו-וולטאיות (תוך שקלול כלל השיקולים הסביבתיים והחקלאיים), תוך בחינת התפוקה החקלאית והאנרגטית הצפויה ביחס למאפיינים מקומיים (מאפייני הקרקע המקומית, תנאי האקלים לרבות קרינת שמש ועוד). המיפוי יכלול סיווג ותעדוף שטחים על פי קריטריונים סביבתיים, חקלאיים ונופיים וימקד יזמים לשטחים בהם ניתן לשלב מערכות אגרו-וולטאיות מבלי לפגוע באופן משמעותי במאזן האקולוגי הקיים או בפעילות החקלאית הקיימת. בנוסף, מיפוי זה יהווה בסיס לתכנון פיתוח רשת החשמל, כפי שיפורט להלן.

2. **הגדרת יעד אגרו-וולטאי ממשלתי:** הצבת יעד כמותי (שטח והספק) להקמת פרויקטים אגרו-וולטאיים עד לשנת 2030, 2040 ו-2050, המבוסס על מיפוי הפוטנציאל שתואר לעיל, ויצירת תכנית ממשלתית להשגתו.
3. **הקמת צוות עבודה בין משרדי:** יש להקים צוות בין-משרדי, המורכב מנציגים משרדי החקלאות, האנרגיה, הגנת הסביבה, רשות החשמל, נגה, רשויות התכנון וגופי מחקר, אשר יבחן בצורה שוטפת את המחקר ואת ההתפתחויות בתחום, ויגבש המלצות לשימור ושיפור התפוקה החקלאית. צוות זה יוכל לבחון פרקטיקות בינלאומיות ולפתח כלים שיבטיחו את ההצלחה של פרויקטים אלו בטווח הארוך, תוך צמצום הפגיעה בביטחון מזון. על מנת להבטיח עבודה אפקטיבית, יש לקבוע מנגנון עבודה שוטף ולא להסתפק בעדכונים רבעוניים בלבד. על המנגנון לכלול הצפת חסמים מהשטח, הגדרת משימות ותחומי אחריות ברורים בין המשרדים, וכן דיווח פנים-משרדי (בכל משרד) על סוגיות שטופלו במסגרת פעילות הצוות.
4. **פיתוח רשת החשמל:** מגבלות רשת ההולכה והחלוקה מהווה חסם מרכזי לקידום התחום האגרו-וולטאי בישראל. נדרש לתכנן ולפתח את רשת ההולכה בראייה צופת עתיד במטרה לאפשר הקמת מתקנים אגרו-וולטאיים בהיקף נכבד ובכל האזורים שימצאו מתאימים לכך. לשם כך, יש להכין תכנית סדורה לשילוב היקפים גבוהים של פרויקטים אגרו-וולטאיים בהתאם למיפוי פוטנציאל כפי שתואר בסעיף 1. בנוסף, יש לייצר פתרונות אשר יאפשרו שילוב ברשת החלוקה של מתקנים במתח נמוך הצפויים לקום במושבים. תוכניות אלו צריכות לתת מענה למיצוי פוטנציאל היצור, וכן לשיקולים סביבתיים ונופיים של פיתוח רשת ההולכה והחלוקה במרחב הכפרי.
5. **תכנון רשת החלוקה:** מומלץ לקדם פיילוטים של תכנון של רשת החלוקה במספר יישובים במרחב הכפרי הכוללים ייצור אנרגיה בדי שימוש בשטח הבנוי והחקלאי: הפיילוטים יסייעו לפתח מודל לתכנון ופיתוח תשתיות החשמל ביישובים כפריים, הנותן מענה לפיתוח תשתיות החשמל במרחב הכפרי, על מנת לאפשר חיבור מתקנים אגרו וולטאיים בהיקף נרחב לרשת החשמל. המודל יתמקד בהשקעות נדרשות לפיתוח הרשת, פתרונות לניהול עומסים, איזון ייצור וצריכה, אגירת אנרגיה מקומית, ושילוב מערכות חכמות לניהול רשתות, וייתחס גם להבטים הסטטוטוריים של יישומם בשטח.
6. **תעדוף מתקנים העשויים לתמוך בבטחון מזון:** מערכות אגרו-וולטאיות יכולות לתרום משמעותית לחקלאות ולחקלאים, בתנאי שהן מתוכננות ומותאמות למיקום, לסוגי הגידולים ולאופן ההקמה. עם זאת, כיום קיים מחסור בידע ובמחקרים המספקים אפיון מעמיק של התקנות אלה. לכן, יש לתעדף מחקרים שמטרתם לזהות את התנאים המיטביים להתקנות

אגרו-וולטאיות שניבו ערך מוסף חיובי לחקלאות, תוך הערכת הפוטנציאל החקלאי והאנרגטי שלהן.

### היבטים כלכליים

7. **בדיקה כלכלית מקיפה למתקנים אגרו-וולטאיים בגדלים שונים:** יש לבצע ניתוח כלכלי מקיף של פרויקטים אגרו-וולטאיים, שיבחן את הכדאיות הכלכלית של מתקנים אלו בהשוואה למתקנים פוטו-וולטאיים אחרים בדו-שימוש (כגון על גגות, מאגרים). הבדיקה תכלול הערכת עלויות הקמה, תחזוקה, ותפעול, לצד ניתוח תועלות כלכליות, חברתיות וסביבתיות, כגון שימור קרקע חקלאית וביטחון תזונתי. מוצע כי הבדיקה תערך בשלושה חתכים: מתקנים קטנים - במתח נמוך (עד 630 ק"ו), מתקנים בינוניים (1.5-630 מ"ו), ומתקנים גדולים. חלוקה זו מתבססת על החסמים המוכרים ממתקנים אחרים בדו-שימוש. ממצאי הבדיקה ישמשו בסיס לקביעת תעריפים ייעודיים ותמריצים מותאמים.
8. **תמיכה כלכלית בחקלאות בת קיימא:** יש להקצות תמיכות יעודיים למתקנים המשלבים חקלאות בת-קיימא, חיסכון במים ושיפור ביטחון תזונתי.

### היבטים סביבתיים

9. **גידור:** גידור, לרבות גידור המבוסס על פאנלים סולאריים, עשוי ליצור "חסמים אקולוגיים" הפוגעים בדפוסי נדידה, רבייה, ובגישה למקורות מזון ומים של בעלי חיים. ככל שחסם זה לא יפתר, אנו ממליצים שלא לאשר הקמת גידור, אלא אם כן הוא נדרש עבור הגידול החקלאי ובתנאי שייבנה בהתאם למפרט אקולוגי המבטיח מעבר חופשי של בעלי חיים.
10. **הקמת מתקנים אגרו-וולטאים באזורים ערכיים:** לאור חשיבות השמירה על השטחים הפתוחים להתמודדות עם משבר האקלים ומשבר המגוון הביולוגי, אנו ממליצים כי לא יוקמו מתקנים אגרו-וולטאיים, לכל הפחות, בשטחים המוגדרים כמסדרונות אקולוגיים ארציים בהתאם לתיקון 26 לתמ"א 1 (וזאת בהתאם לעקרונות האקולוגיים המופיעים במתודולוגיה שאושרה על ידי ועדת העורכים לתמ"א ולחשיבות השמירה על רציפות תנועה ומעבר המינים). כמו כן, יש לבחון במשנה זהירות האם להקים באזורים בעלי חשיבות משמעותית לרצף השטחים הפתוחים מבחינת שמירה על המגוון הביולוגי או שמירה על הנוף הפתוח ונצפות משבילי טיול ומוקדי תירות.
11. **הכרה בתרומת APV לסביבה ושילובה בתוכניות תמיכה סביבתיות:** פרויקטים של אגרו וולטאי עשויים להציע במקרים מסוימים תועלות סביבתיות כמו שיפור תכולת המים בקרקע, שיפור פוריות הקרקע, והשפעה חיובית על המגוון הביולוגי<sup>30</sup>. יש לשלב פרויקטים אלה במנגנוני תמיכה סביבתיים קיימים כמו חקלאות פחמן (Carbon Farming), להעניק

<sup>30</sup> NYSERDA Environmental Research Program



הקלות במס פחמן או תמריצים דומים למערכות המפחיתות את פליטת גזי החממה ומגדילות את קיבוע הפחמן בקרקע.

12. **שיקום:** שילוב מנגנוני תמיכה בחקלאים ויזמים שיפעלו למען שיקום שטחים מופרים שאינם בשימוש חקלאי כיום כדוגמת חוק שיקום הטבע של האיחוד האירופי. זאת בשימת לב שהשטח אינו מיועד לשיקום חזרה לטבע.

### **נתונים ומידע**

13. **יצירת בסיס נתונים ומנגנון פיקוח לאומי:** יצירת בסיס נתונים ומנגנון פיקוח לאומי: יש להקים מערכת איסוף נתונים לאומית שתאסוף, תנתח ותנטר נתונים מכל תוכנית מפורטת או פיילוט. המערכת תתמקד במדדים כגון תפוקות אנרגיה וחקלאות, השפעות על המגוון הביולוגי, תועלות כלכליות, ותשואות חקלאיות, לצד נתונים על צריכת מים במתקנים אגרו-וולטאיים. נתונים אלו ישמשו להבטחת עמידה ביעדי התכנון, להתאמות רגולטוריות וליצירת תמונת מצב מקיפה ומדויקת. מנגנון זה יאפשר הערכה שוטפת של הצלחת המתקנים לאורך זמן ויתרום לשיפור מתמיד.

14. **שיתוף המידע:** מומלץ להנגיש את המידע למקבלי החלטות, הציבור, כולל חקלאים, ויזמים, באמצעות מסדי נתונים מונגשים, פרסומים, פלטפורמות דיגיטליות וכנסים מקצועיים, כדי לעודד שקיפות, למידה ושיתוף פעולה בפיתוח התחום.

15. **שיתוף ציבור:** יש לקיים שיתופי ציבור להצגת מצאים ולהנחלת הידע הקיים לציבור, בדגש על קהל יעד פוטנציאלי להקמת פרויקטים אגרו-וולטאיים כגון תושבי מושבים, קיבוצים, והחברה הערבית והבדואית. מפגשים אלו יסייעו גם בהצפת חסמים ייחודיים לאוכלוסיות שונות.

### **היבטי מחקר וחדשנות**

16. **תמיכה במחקר וחדשנות:** תחום זה עדיין מתפתח, ונדרש מחקר נוסף להערכת ההשפעות החקלאיות של המערכת. רצוי להקצות תקציביים למחקרים תיאורטיים ומעשיים לבחינת היבטים שונים של פרויקטים אגרו-וולטאיים, במטרה לייצר פרקטיקות בסטנדרט גבוה ליישום פרויקטים אלו בארץ. יש לעודד מחקר ופיתוח (מו"פ) בטכנולוגיות המשלבות אגרו-וולטאי, כדי לשפר את היעילות החקלאית. יש לקדם פיתוחים טכנולוגיים מותאמים לאקלים הישראלי, לצד קידום מחקרים שיסייעו לאמוד את ההשפעה של השיטה על החקלאות המקומית. יש להשקיע במחקר ופיתוח של טכנולוגיות אגרו-טק ואנרגי-טק מתקדמות התורמות לפרויקטים אגרו-וולטאיים, מתוך אינטרס לאומי לחיזוק תעשיית

ההיי-טק ולפיתוח כלים מתקדמים בעלי פוטנציאל השתלבות במגוון פרויקטים אגרו-וולטאיים בעולם.

17. **תמיכה במחקר סביבתי:** יש לשלב תוכניות מחקר וחדשנות ולתעדף איסוף נתונים על תועלות סביבתיות כמו קיבוע פחמן והתייעלות מים.

### היבטים רגולטורים

18. **שלביות:** קידום תוכניות במוסדות התכנון (עבור מתקן של 500 דונם) יערכו מתוך גישה זהירה ובמקביל לבניית מסד הנתונים כאמור בסעיפים קודמים: מומלץ כי בשלב הראשון יינתן היתר בניה לשלב א'- מתקנים עד 150 דונם. תנאי להיתר בניה לשלב ב' הינו אישור משרד החקלאות לכך המתקן פועל ביעילות החקלאית ואישור רט"ג לביצוע דרישותיהם מבחינת שימור רציפות אקולוגי ומגוון ביולוגי.

19. **שטח בקרה:** תוכנית להקמת מתקן אגרו-וולטאי תכלול חלקת ביקורת שתהווה 4% משטח המתקן, בה יבוצע עיבוד חקלאי זהה לזה המתבצע במתקן, אך ללא התקנת מתקנים פוטו-וולטאיים. הבקרה תהיה חקלאית וגם אקולוגית.

20. **קידום מתנים במסלול של היתר בניה:** לאור ההשפעה הנופית והסביבתית של מתקני אגרווולטאי וההבדל בתשתיות ההנדסיות בין מתקנים במתח נמוך למתח גבוה ומתקנים עם / בלי אגירה, אנו ממליצים לבצע את ההבחנות הבאות (בתנאי GCR וסוגי גידול משתנים):

הספק המתקן	מיקום	דרישות הנדסיות	הליך תכנוני	הערות
מתח נמוך	צמודת דופן בחלקה א'	ללא צורך בחדר חשמל	היתר בנייה	גם מע' אגירה בהיתר בלבד. כ-12 דונם.
מתח נמוך	לא צמוד דופן	ללא צורך בחדר חשמל	תוכנית מפורטת	בדומה לחממות
מתח גבוה	צמוד\שאינו צמוד דופן	חדר חשמל תשתיות מורכבות	תוכנית מפורטת	שטח - מעל 12 דונם.

21. **הבחנה בין גובה מתקנים אגרו-וולטאיים:** יש לפתח מדיניות שתוכל להבחין בין מתקנים הדורשים קונסטרוקציות גבוהות לבין אלו הכוללים בינוי נמוך בלבד. הבחנה זו תאפשר להתאים את הדרישות הרגולטוריות והתכנוניות לכל סוג מתקן.

22. **עדכון הנחיות משרד החקלאות:** תחום האגרוולטאי הוא תחום חדשני ומתפתח, שבו פרטי היישום והדרישות הספציפיות צפויים להתבהר בשנים הקרובות עם צבירת ניסיון בפרויקטים מגוונים. לכן, מומלץ להימנע מהגדרת קריטריונים נוקשים במסגרת התמ"א בסוגיות שבהן קיימת כיום אי ודאות משמעותית, כגון: גובה המערכות הפוטו-וולטאיות, אחוזי כיסוי השטח, ולקבוע הגדרות אלו באמצעים אחרים כגון נספח לתמ"א ולאפשר עדכון תקופתי לנספח.

23. **נספח סביבתי נופי:** במסגרת תכנון מתקנים אגרו-וולטאיים, יש לצרף לתכנית נספח נופי סביבתי אשר ייערך בהתאם להנחיות של המשרד להגנת הסביבה. במקרים שבהם התכנית צמודת דופן באזור שאינו בעל רגישות נופית סביבתית גבוהה, ניתן להסתפק בניתוח צפייה ונצפות. ככל והמתקן המוצע במסדרון אקולוגי ארצי, מחוזי או מקומי בתוכנית יש לדרוש הכנת נספח זה ובחינת השפעת המתקן על רצף השטחים הפתוחים ושמירה על המגוון הביולוגי ונדרש אישור הולקחש"פ למתקן בתחומו.

24. **שיתוף ציבור בתכנון פרויקטים אגרו-וולטאיים:** יש להקים מנגנון שיתוף ציבור ייעודי לתחום האגרו-וולטאי, שיבטיח קיום מפגשים פתוחים עם חקלאים, תושבים מקומיים ויזמים. שיתוף הציבור יכלול איסוף משוב מקומי לשיפור ההתאמה לצרכים הספציפיים של הקהילה והשטח.

25. **מתן אפשרות להמרת המכסה מקרקעי לאגרו-וולטאי:** נכון למועד כתיבת העבודה, לכל ישוב חקלאי נתונה מכסת סולארי העומדת על 250 דונם במקסימום, אליה מתווספת מכסה ייעודית למיזם אגרו-וולטאי של עד 500 דונם (על פי הוראות רמ"י). אנו מציעים לאפשר להמיר את מכסות המתקנים הקרקעים למתקני אגרו וולטאי.

## **היבט חקלאי**

26. **יצירת מדריך אגרו-טכני לאגרו-וולטאי:** יש לגבש מדריך ישראלי רשמי המתעדכן תדירות, הכולל הנחיות קונקרטיות להקמת מתקני אגרו-וולטאי בישראל. המדריך יכלול: הנחיות טכניות בהתאם לצורכי הגידולים והפעילות החקלאית (גובה הפאנלים, מיקום והתקנה, יחס כיסוי קרקע); הנחיות לניהול מים וניקוז, שימור יבול, התאמה לסוגי גידול; דרישות הנדסיות (ביסוס ותמיכה, שימוש בחומרים); הנחיות סביבתיות, תפעול ותחזוקה, תקני בטיחות אנרגיה ועוד.

27. **העמקת הידע בקרב חקלאים:** חקלאים רבים אינם מכירים את היתרונות של השיטה או את הדרכים לשילובה בחקלאות באופן מיטבי. לכן, יש להרחיב את התכניות להכשרה המיועדות לסייע לחקלאים להבין כיצד לשלב את המערכות באופן יעיל ורווחי.

28. **יצירת תשתית תמיכה לחקלאים:** יש ליצור מנגנוני תמיכה שיספקו לחקלאים ייעוץ טכני וכלכלי בנוגע להקמת והפעלת מתקנים אגרו-וולטאיים, במטרה למקסם את הרווחיות ולמזער את הסיכונים.

29. **הפרדה מבנית ופיקוח על היזמים הפרטיים:** לשם הבטחת שותפות הוגנת ויעילה בין חקלאים ליזמים בפרויקטים אגרו-וולטאיים, מומלץ להקים מסגרת משפטית ייעודית, בתמיכת הממשלה, שתספק לחקלאים הגנה משפטית והכוונה מקצועית בפרויקטים אגרו-וולטאיים. מטרת המסגרת היא להבטיח שהחקלאים ייהנו מהכנסות הוגנות מהחשמל המיוצר על אדמותיהם ולמנוע ניצול פוטנציאלי במערכות יחסים עם יזמים פרטיים.

30. **מדדי הצלחה ברורים:** יש להגדיר קריטריונים ברורים למדידת הצלחת הפרויקטים אגרו-וולטאיים, שיבטיחו השפעה חיובית גם על הייצור החקלאי. דוגמא:

נושא	היבטים שנבדקים	מדדים בהם נעשה שימוש בספרות	מקור
תפוקה חקלאית	כמות ואיכות היבול (טון לדונם), השפעה על רווחיות	השוואת תשואה: $\Delta$ תשואה = תשואה_אחרי - תשואה_לפני; ניתוח כלכלי של עלות-תועלת (ROI).	Barron-Gafford et al. (2019), <i>Nature Sustainability</i>
מיקרו-אקלים	שינוי בטמפרטורת הקרקע והאוויר, רמת לחות קרקע	שימוש בתחנות מטאורולוגיות למדידת טמפרטורה ולחות	Barron-Gafford et al. (2019), <i>Nature Sustainability</i>  Hassanpour Adeh et al. (2018), <i>Scientific Reports</i>
בריאות הצמח	קצב הופעת עלים על צמחים, מספר עלים לאורך כל עונת הגידול.	מדידות מחזוריות, ANCOVA, חיישני טמפרטורה	Marrou, H et al. (2013), <i>Agricultural and Forest Meteorology</i>

Weselek et al. (2019), <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>  Hassanpour Adeh et al. (2018), <i>Scientific Reports</i>	מדד WUE (Water Use Efficiency): WUE = יבול / צריכת מים; חיישנים למעקב אחר לחות הקרקע.	יעילות השימוש במים, צריכת מים עבור דונם יבול	<b>שימוש במים</b>
Amaducci et al., 2018	חישוב ספיגת חנקן והשפעתו הפוטוסינתזה	יעילות ניצול דשנים, ירידה בצריכת דשנים	<b>שימוש בדשנים</b>
Weselek et al. (2019), <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>	ניתוח נתונים היסטוריים של עונות גידול; מעקב אחרי נתונים פנומולוגיים (Phenology).	שינוי בזמני השתילה, הקציר/קטיף ומשך עונת הגידול	<b>עונתיות יבול</b>
Sekiyama & Nagashima (2019), <i>Environments</i>	ניסויי שדה להשוואת ביצועים של גידולים שונים.	התאמת גידולים לסביבה האגרו-וולטאית (לדוגמה, הזקוקים להצללה חלקית)	<b>התאמת גידולים</b>
Valle et al., (2017), <i>Applied energy</i>  Dupraz et al. (2011), <i>Renewable Energy</i>	ניתוח קרקע למדידת pH, חומרים מזינים ואחוז חומר אורגני.	שימור או שיפור איכות הקרקע, אחוז חומר אורגני	<b>חוזק הקרקע</b>

Dinesh, H., & Pearce, J. M. (2016), <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>	ניתוח תפוקות יבול במערכות Polyculture לעומת Monoculture.	גיוון של גידולים באותו שטח (Polyculture) וקצב החלפת גידולים.	<b>מגוון גידולים</b>
Weselek et al. (2019), <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>	ניטור פעילות מאביקים באמצעות מצלמות או מלכודות; מדדי אבקה לפי כמות פרי פר פרח.	שיפור/ירידה בפעילות מאביקים בעקבות השינויים בסביבה החקלאית	<b>השפעה על האבקה</b>
Sekiyama & Nagashima (2019), <i>Environments</i>	סקרים עם חקלאים על קשיי תפעול; מדידת זמן עבודה והתייעלות לוגיסטית.	התאמה או אתגר בשימוש במכונות חקלאיות באזור בו מוצבות המערכות הפוטו-וולטאיות	<b>שימוש במכונות חקלאיות</b>
Ağır, S. et al., (2023), <i>Economic Research Center</i>  Schindele et al., (2020)  Sekiyama & Nagashima (2019), <i>Environments</i>	סקרים ושאלונים מובנים; ניתוח איכותני של ראיונות עומק.	עמדות כלפי המערכת, תפיסת שיפור בתפוקה ורווחיות, שביעות רצון מתפעול המערכת	<b>שביעות החקלאים רצון</b>
Dupraz et al. (2011), <i>Renewable Energy</i>	חישובי רווחיות: ROI = (רווח נקי / השקעה כוללת) × 100%; ניתוחי תרחישים.	רווחיות כללית, עלויות תפעול, החזר השקעה (ROI)	<b>היתכנות כלכלית</b>

Weselek et al. (2019), <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i>			
Dupraz et al. (2011), <i>Renewable Energy</i>  <i>Hassanpour Adeh et al., 2018</i>	הערכת ביצועים טכנולוגיים באמצעות מדדי יעילות; פיילוטים לבדיקת טכנולוגיות חדשות.	הצלחה בשילוב טכנולוגיות קיימות, חדשנות טכנולוגית	<b>יישום טכנולוגיות</b>
Barron-Gafford et al., (2019)  Malu et al., (2017)  Ağır, S.et al., (2023), Economic Research Center  Sekiyama & Nagashima (2019), <i>Environments</i>	סקרים בקרב קהילות; ניתוח של פעילות כלכלית וסוציולוגית מקומית.	שיפור כלכלי לאזור, השפעה על תחושת שייכות ומעורבות קהילתית	<b>השפעה קהילתית</b>

## סיכום

טכנולוגיית האגרו-וולטאי מציעה מענה אפשרי לצורך ההולך וגובר באנרגיה נקייה במקביל לשמירה על הקרקעות החקלאיות המוגבלות במדינה, תוך ניצול התנאים האקלימיים הייחודיים של ישראל. לכן, על אף שהתחום האגרו-וולטאי בישראל נמצא בשלבי התפתחות ראשוניים, הוא מעורר עניין רב, תקוות כמו גם חששות.

נייר עמדה זה מציע המלצות לקידום מדיניות זהירה אך תומכת, לקידום תהליך הפיתוח וההטמעה של התחום. ישום נכון יסייע לישראל לעמוד ביעדיה לייצור אנרגיה מתחדשת, במקביל לשימור הקרקעות החקלאיות, ולהתמודד עם אתגרי האקלים המקומיים והעולמיים.



## ביבליוגרפיה

Aghaei, M., & Moazami, A. (Eds.). (2024). Solar radiation: Enabling technologies, recent innovations, and advancements for energy transition. BoD–Books on Demand.

Ağır, S., Güre, P. D., Şentürk, B., & Güre, D. (2023). Agropv's Potential Opportunities and Challenges in a Mediterranean Developing Country Setting: A Farmer's Perspective. Economic Research Center.

Amaducci, S., Yin, X., & Colauzzi, M. (2018). Agrivoltaic systems to optimise land use for electric energy production. Applied energy, 220, 545-561.

Barron-Gafford, G. A., Minor, R. L., Allen, N. A., Cronin, A. D., Brooks, A. E., & Pavao-Zuckerman, M. A. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. Nature Sustainability, 2(9), 848–855. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>

Benefits of agrivoltaics across the food-energy-water nexus. (2019). National Renewable Energy Laboratory (NREL).

Dinesh, H., & Pearce, J. M. (2016). The potential of agrivoltaic systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54, 299-308.

Dupraz, C., Marrou, H., Talbot, G., Dufour, L., Nogier, A., & Ferard, Y. (2011). Combining solar panels and food crops for optimizing land use: Towards new agrivoltaic schemes. Renewable Energy, 36(10), 2725–2732. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>

Dupraz, C. (2023). Assessment of the ground coverage ratio of agrivoltaic systems as a proxy for potential crop productivity. Agroforestry Systems, 1–18. <https://doi.org/10.1007/s10457-023-00797-7>

European Commission. (2023). Factsheet: Revision of the EU electricity market design. European Commission: Brussels, Belgium.

Hassanpour Adeh, E., Selker, J. S., & Higgins, C. W. (2018). Remarkable agrivoltaic influence on soil moisture, micrometeorology and water-use efficiency. PloS one, 13(11), e0203256.

International Energy Agency (IEA). (2022). Renewables 2022. Paris.

Kumpanalaisatit, M., Setthapun, W., Sintuya, H., Pattiya, A., & Jansri, S. N. (2022). Current status of agrivoltaic systems and their benefits to energy, food, environment, economy, and society. Sustainable Production and Consumption, 33, 952–963. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.07.009>

Magarelli, A., Mazzeo, A., & Ferrara, G. (2024). Fruit crop species with agrivoltaic systems: A critical review. Agronomy, 14(5), 722. <https://doi.org/10.3390/agronomy14050722>

Mahendra, S., Ogren, W. L., & Widholm, J. M. (1974). Photosynthetic characteristics of several C3 and C4 plant species grown under different light intensities. Crop Science, 14(5), 563–566.

Malu, P. R., Sharma, U. S., & Pearce, J. M. (2017). Agrivoltaic potential on grape farms in India. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 23, 104-110.

Marrou, H., Guilioni, L., Dufour, L., Dupraz, C., & Wery, J. (2013). Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels?. Agricultural and Forest Meteorology, 177, 117-132.

Valle, B., Simonneau, T., Sourd, F., Pechier, P., Hamard, P., Frisson, T., ... & Christophe, A. (2017). Increasing the total productivity of a land by combining mobile photovoltaic panels and food crops. *Applied energy*, 206, 1495-1507.

Reker, S., Schneider, J., & Gerhards, C. (2022). Integration of vertical solar power plants into a future German energy system. *Smart Energy*, 7, 100083. <https://doi.org/10.1016/j.segy.2022.100083>

Roxani, A., Zisos, A., Sakki, G.-K., & Efstratiadis, A. (2023). Multidimensional role of agrovoltatics in the era of the EU Green Deal: Current status and analysis of water–energy–food–land dependencies. *Land*, 12(5), 1069. <https://doi.org/10.3390/land12051069>

Sekiyama, T., & Nagashima, A. (2019). Solar sharing for both food and clean energy production: Performance of agrivoltaic systems for corn, a typical shade-intolerant crop. *Environments*, 6(6), 65. <https://doi.org/10.3390/environments6060065>

Soto-Gómez, D. (2024). Integration of crops, livestock, and solar panels: A review of agrivoltaic systems. *Agronomy*, 14(8), 1824. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081824>

Trommsdorff, M., Dhal, I. S., Özdemir, Ö. E., Ketzer, D., Weinberger, N., & Rösch, C. (2022). Agrivoltatics: Solar power generation and food production. In *Solar energy advancements in agriculture and food production systems*. Academic Press.

Weselek, A., Bauerle, A., Hartung, J., Zikeli, S., Lewandowski, I., Högy, P., & Ohl, C. (2019). Agrophotovoltaic systems: Applications, challenges, and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 105, 33–50. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.048>

## נספחים

### נספח 1 - סקירה של המחקרים הבולטים המתבצעים כיום/ בוצעו בעבר בנושא אגרו וולטאי

חוקר	מוסד	נושא	מטרה מרכזית	הערות
ד"ר נורית גל, ד"ר תניב רופא בהובלת וד"ר חלי הירש	סיכוי אופוק	חברתי, כלכלי	זיהוי חסמים כלכליים וחקלאיים בחברה הערבית וגיבוש המלצות.	
	מכון מיג"ל ומו"פ צפון	אגרונומי, סביבה, טכנולוגי	לבחון את ההשפעות האקולוגיות-פיזיולוגיות בעקבות ההתקנות של פאנלים במטע נקטרינה על הצימוח, על כמויות הפרי ואיכותו ועל צריכת המים בעקבות ההצללה.	מטע נקטרינה
נעם תל ורד בהנחיית ד"ר רם פישמן	אוניברסיטת תל אביב	מיפוי + פיתוח כלי GIS	מיפוי פוטנציאל שטחים	התיחסות לשכבת גידולים בלבד. <b>המחקר התחיל אך כיום אינו ממשיך.</b>
לירז כברה, יוחאי כרמל ותמר קיסר	מכון דשא+ טכניון+ אוניברסיטת חיפה	אקולוגי	השפעות APV על יונקים, חרקים, צומח	מטעים נשירים בגולן, מחקר המשך במעלה גלבע
אופיר רובנשטיין	בן גוריון + פקולטה לחקלאות	חברתי, שירותי, מערכת, כלכלי	CBA ניתוח עלות תועלת של אגרו	1. נבדק על חממות ולא אגרו קלאסי. 2. תוצאות הראו שהחקלאים יזניחו את החקלאות. 3. מחקר המשך - קשר

ספציפי בין גידולים לאחוז כיסוי.				
אבוקדו וגד"ש. המחקר בודק כיצד אגרו משפיע על חרקים מעל ומתחת לפאנלים.	בוחנים האם APV הוא בר קיימא	אגרונומי, סביבתי, שירותי מערכת	מיג"ל	ליאורה שלתיאל
אבוקדו וגד"ש. המחקר מתבצע בשלוש מקומות שונים בכל חלקת מחקר: מישאר, שוליים ולב חלקה. 5 קבוצות חרקים.	השפעות APV על היבול מהיבטים שונים, על חרקים ומאביקים. בדיקת השפעות סביבתיות.	אגרונומי, סביבתי, שירותי מערכת, אקולוגי	אוניברסיטת תל אביב- המעבדה האנטומולוגי ת לאקולוגיה יישומית - מוזיאון הטבע	גלעד בן צבי ואביב אשר
הדרים ואבוקדו.	השפעות אגרו על פרפרים ומאביקים	אקולוגי, סביבתי ושירותי מערכת	אוניברסיטת בן גוריון	ירון זיו
	השפעות אגרו על הסביבה מהיבטים שונים, בדיקת השפעת אגרו על מגוון שיטות גידול, תפוקת יבול ועוד.	אגרונומי, סביבתי, שירותי מערכת	מכון ערבה	טלי זהר
	סוגי פאנלים על חממות, והשפעתם על היבול	טכנולוגי	מכון וולקני	
	בדיקת מוטיבציית חקלאים לאימוץ APV	התנהגות צרכנית	אוניברסיטת תל אביב (תזה)	בר וייס
	גד"ש	אגרונומי	בר אילן	דוראל וקקל