



אנרגיה וסביבה

דו-שימוש בקרקע חקלאית לייצור חשמל פוטו-וולטאי סיכום והמלצות דיון פורום אנרגיה 50

פרופ' גרשון גרוסמן
נעמה שפירא



תכנון
ארוך טווח

תעשייה
וחדשנות

תשתיות
פיזיות

בריאות

הון
אנושי

השכלה
גבוהה

חברה

חינוך

כלכלה

מדע
וטכנולוגיה

יולי
2021

מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית



דו-שימוש בקרקע חקלאית לייצור חשמל פוטו-וולטאי

סיכום והמלצות דיון
פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן
מיום 06/04/2021

נערך על ידי:
פרופ' גרשון גרוסמן
נעמה שפירא

יולי, 2021

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן, מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור.

הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחבר/ים ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן.

עו"ד אהרוני אורלי – יועצת רגולציה ומדיניות אקלים
פרופ' איזנברג חנון – מנהל מרכז המחקר בנוה יער, מכון וולקני
פרופ' אילון אופירה – ראש צוות אנרגיה וסביבה, מוסד שמואל נאמן
מר אמויאל רענן – מנהל אגף בכיר לתכנון ופיתוח הכפר, משרד החקלאות
מר בוימל דרור – מנהל תחום תכנון, החברה להגנת הטבע
מר בן-שלום ג'רמי – ממונה תכנון סביבתי, אגף תכנון סביבתי ובנייה ירוקה, המשרד להגנת הסביבה
פרופ' גרוסמן גרשון – ראש פורום אנרגיה, מוסד שמואל נאמן
ד"ר דולב שחר – יחידת המדען הראשי, משרד האנרגיה
מר דרסלר רן – יועץ למינהל התכנון
ד"ר הרמן יעל – ראש תחום טכנולוגיות ואנרגיות מתחדשות, המדען הראשי, משרד האנרגיה
ד"ר ויטושקין ילנה – המכון להנדסה חקלאית, מכון וולקני
מר וייס בר – ראש תחום אגרי-וולטאי, שיכון ובינוי אנרגיה
ד"ר טייטל מאיר – המכון להנדסה חקלאית, מכון וולקני
ד"ר יחיא איברהים – מו"פ המשולש
גב' לביא-אפרת יעל – בעלת מיזם Helianthus - sun farming
מר מילר דובי – יו"ר, קיבוץ מעלה גלבע
ד"ר פרידמן גדעון – מ"מ המדען הראשי וראש אגף מחקר ופיתוח, משרד האנרגיה
מר קסל אלון – חברת דוראל
גב' קפלן פנינה – אגף תכנון סביבתי ובנייה ירוקה, המשרד להגנת הסביבה
ד"ר רווה ערן – מרכז מחקר גילת, מכון וולקני
גב' שמש אביבה – יועצת מדיניות אקלים וקיימות
מר שניר חגי – מנהל שירות ההדרכה והמקצוע, משרד החקלאות
גב' שפירא נעמה – צוות אנרגיה וסביבה, מוסד שמואל נאמן

הבעת תודה

המחברים מודים למרצים על המידע שהציגו ולכלל משתתפי הפורום על תרומתם לדיון הפתוח.

3.....	רשימת משתתפי הפורום
5.....	תקציר מנהלים
8.....	1. הקדמה
9.....	2. רקע
10.....	3. מידע: דו-שימוש בקרקע חקלאית לייצור חשמל פוטו-וולטאי
19.....	4. דיון
26.....	5. סיכום והמלצות
28.....	נספח 1: תוכנית פורום האנרגיה

העניין בנושא האגרי-וולטאי נולד בעקבות המעבר המתחייב לאנרגיות מתחדשות בהיקף ניכר אל מול מחסור בשטחי קרקע. מחסור זה, יילך ויגבר בשנים הבאות הן בשל השלכות משבר האקלים – תהליך המדבור, התייבשות ומחסור במים, והן בשל גידול האוכלוסין הצפוי. קרקע היא משאב סופי, בפרט במדינה קטנה כמדינת ישראל. במדינות המפותחות שטחים מתאימים רבים כבר נתפסו על ידי שימושים של נדל"ן וחקלאות, ויזמים של מתקני אנרגיה סולרית נאלצים לפנות לפתרון של דו-שימוש, שהוא גם פתרון אקולוגי יותר, וגם פתרון כלכלי יותר.

שימוש משולב של חקלאות וייצור אנרגיה מתחדשת מייצל את השימוש במשאב הקרקע ונותן מענה להתחממות הגלובלית על ידי אדפטציה והפחתת פליטות, תוך פוטנציאל למתן ערך בתחומים נוספים, ובהם חיזוק החקלאות לצורכי ביטחון תזונתי וחיסכון במים.

עד עתה ראינו בעיקר מתקנים פוטו-וולטאיים שבאו במקום החקלאות, אבל סביר להניח שמעכשיו נראה רק מתקנים משולבים, ואלה יהיו התוכניות שיוקדמו. ככל שיצטבר ידע בנושא וניתן יהיה לגבש קריטריונים שעונים הן על ההיבט האנרגטי והן על ההיבט החקלאי – כולל המשך הגידול החקלאי לאורך כל חיי הפרויקט ומניעת פגיעה בפוריות הקרקע – יהיה קל יותר לקדם מתקנים כאלו בשטחים חקלאיים.

הבסיס לאגרי-וולטאי הוא המשחק בין כמות הקרינה והטמפרטורה לכמות הפוטוסינתזה. מחקרים מראים כי הקשר בין פוטוסינתזה (כאינדיקציה לכמות האנרגיה והסוכר שהצמח יכול להפיק) לקרינת השמש הוא קשר חיובי ישר, עד גבול מסוים, וקיים כמעט בכל הצמחים ובמיקומים שונים בעולם. הטכנולוגיות האגרי-וולטאיות השונות צריכות לממש את האיזון הנכון. בנוסף, מתוצאות של פיילוטים שנעשו בארה"ב ובצרפת עולה כי הפרקטיקה האגרי-וולטאית מאפשרת שיפור ביעילות השימוש במים, ושיפור ביעילות ייצור האנרגיה, כמובן בתלות בסוג הצמח ובאקלים המקומי. לכן חשוב לנסות גידולים שונים בישראל, ולהגיע למסקנות מושכלות למה זה מתאים ולמה פחות, ומתוך כך גם ניתן יהיה להסיק את פוטנציאל ייצור החשמל בשטחים חקלאיים בישראל.

השיקולים לקידום המתקנים האגרו-פוטו-וולטאיים, בדומה למתקנים פוטו-וולטאיים קרקעיים, כוללים את היקף הפריסה, גובה המתקנים והשפעתם על ההיבטים הנופיים, והשפעת הגידור, ככל שיידרש, על ההיבטים האקולוגיים. עולה מכך שנדרש שיקול דעת רחב הכולל היבטים של חקלאות, נוף, אקולוגיה, ניקוז, חיבור לחשמל ועוד. מכאן שנדרש עדיין לשקול כל מקרה לגופו ולבדוק האם המאפיינים של המתקן מתאימים למיקום, בהליך של תוכנית. זאת, בניגוד למסלולים למתן היתרים למתקנים פוטו-וולטאיים, שלמעשה לגביהם יש הנחה שהשימוש של המתקן הפוטו-וולטאי משתלב או נלווה לשימוש המאושר בקרקע (למשל, שטח ביעוד של תעשייה) ולפיכך מתאפשרת גם הקמת המתקן הפוטו-וולטאי.

למרות היתרונות הברורים, יישום נרחב של הפרקטיקה האגרי-וולטאית מחייב התייחסות למספר סוגיות ובהן: התמודדות עם החשש לנטישת החקלאות לטובת שימוש מסחרי, שאלות של צדק חלוקתי בהקשר לחלוקת משאב הקרקע, שיקולים באסדרת תעריף החשמל, סתירה בין שימוש דואלי לעקרונות הקצאת קרקע חקלאית בישראל, היבטים תכנוניים, והרצון לשמור על השטחים החקלאיים כחלק ממערך השטחים הפתוחים וככאלה שמשמשים בסיס למגוון הביולוגי.

לאחרונה, משרד האנרגיה ביחד עם משרד החקלאות, עובדים על פיתוח רגולציה לתחום, בשאיפה לייצר רגולציה פונקציונלית – המתמקדת בתוצאה הרצויה, תוך סימון יעדים מוגדרים (למשל, מזעור הפגיעה בחקלאות), אך מאפשרת גמישות ביצועית.

המלצות פורום האנרגיה להמשך הטיפול בסוגיה של דו-שימוש בקרקע חקלאית לייצור חשמל פוטו-וולטאי:

1. **ראייה מתכללת** – לצורך קידום מהיר ויעיל של הנושא נדרש גוף שיתכלל את כל התהליכים והשיקולים. יש להבטיח שהרגולציה המתגבשת לא תייצר בירוקרטיה מכבידה ומסורבלת, אך תתן מענה המתכלל את נקודות המבט של בעלי העניין השונים באופן נכון ומאוזן.

2. **עיגון סטטוטורי לשימוש אגרי-וולטאי** – נדרשת הגדרת שימוש אגרי-וולטאי נרחב, שייקבע במסגרת החלטות מועצת מקרקעי ישראל, בהיקפים הנדרשים, עם הגדרות שמתאימות לשימוש זה, למשל בנושא היקף התשלום. ההתאמה צריכה לבוא לידי ביטוי גם במסגרת תמ"א ייעודית. נדרשת התייחסות נפרדת לשלב הבחינה המקדמית (ביצוע הפיילוטים בתחום), ולשלב היישום הנרחב.

3. **הבטחת המשך קיומה של החקלאות** – יש לבחון יישום מנגנוני אכיפה ומנגנוני שוק שונים שבאמצעותם יובטח המשך קיומה של החקלאות בפרויקטים אגרי-וולטאיים לטווח הארוך. בין היתר ניתן לבחון:

- שימוש בסנקציות קיימות בדין – אכיפה, בקרה בשטח, סיום הסכם חכירה.
- הצבת רף נורמטיבי של יבול, בהתאם לסוג הגידול. הצבת רף כזה יכול שתעשה באמצעות מדדי כמות, אך גם באמצעות מדדי איכות (צבע פרי, ריכוז סוכר, חומצות שומן ועוד).
- קביעת תעריף חשמל המותנה בקיום גידול חקלאי, בהיקף שייקבע (פיקוח רגולטורי מובנה).
- מתן מתריצים ליישום חקלאות מיטבית, לדוגמא, באמצעות קביעת תו איכות לביצוע פרויקט אגרי-וולטאי שיהווה חלק מהציון לפרויקט במכרזים עתידיים.

4. **תשתיות משק האנרגיה** – יש להבטיח את שילוב המתקנים האגרי-וולטאיים בתשתיות משק האנרגיה:

- יש לוודא שרשת ההולכה לא מהווה מגבלה לפיתוח פרויקטים אגרי-וולטאיים, באמצעות מתן עדיפות לפרויקטים כאלה ברשת, או באמצעות תעריף חשמל שיאפשר לפרויקטים לכלול אגירה.
- יש להבטיח ניצול מיטבי של רשת ההולכה וצמצום הצורך בפריסת קווי מתח חדשים.
- יש לבחון שימוש דואלי גם בשטחים שיעודם שונה לאנרגיה במסגרת תמ"א 41.

5. **היבטים מרכזיים להתייחסות לקראת ביצוע הפיילוטים האגרי-וולטאיים:**

- היבטים תכנוניים – מומלץ לאפשר קיום פיילוטים לא רק באתרי המו"פ של משרד החקלאות, אלא גם באמצעות יזמים פרטיים במקומות אחרים המתאימים מבחינה תכנונית. כל זאת בהיקפים קטנים.
- היבטים סביבתיים – מומלץ לבחון את ההיבטים הסביבתיים (שמירה על שטחים פתוחים, מגוון ביולוגי, היבטים אקולוגיים) בזמן ביצוע הפיילוטים, ובתוך כך לבחון את סוגיית הגידור בצורה משמעותית, ולחפש חלופות (טכנולוגיות ואחרות) לגידור. מומלץ שבתהליך בחינת הפרויקטים האגרי-וולטאיים ישבו, לצד נציגי משרדי האנרגיה והחקלאות, גם נציגים של המשרד להגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים, שיוכלו לשקף את הנושאים האקולוגיים והסביבתיים.

- תעריף חשמל – מומלץ לקבוע תעריף חשמל נורמטיבי לשלב הפיילוטים כדי לאפשר יישום פרקטיקות מיטביות, וכן לאפשר ביצוע מגוון פרויקטים בהיבט של סוגי גידולים נבדקים, אזורים שונים בארץ (כולל מרכז הארץ), וטכנולוגיות שונות.
- מחקר ופיתוח – מומלץ להקצות מימון ציבורי (למשל, מטעם המדענים הראשיים של משרדי האנרגיה והחקלאות) לבחינה המחקרית של הפרויקטים, כדי להבטיח קבלת תוצאות מדעיות ובלתי תלויות. כיוון שהנושא האגרי-וולטאי זוכה להתעניינות גוברת בכל העולם, הקצאת משאבים למו"פ יכולה לתרום לפיתוח מואץ של התחום בישראל, ולהוות את הבסיס לפיתוח טכנולוגיות ישראליות חדשניות שניתן יהיה בהמשך לשווק גם ברחבי העולם.

6. **צדק חלוקתי** – יש להבטיח צדק חלוקתי והגדלת "מעגל הנהנים" בתחום האגרי-וולטאי, בין היתר באמצעות מכרזים.

7. **שיפור הממשק החקלאי** – לאחר הוכחת היתכנותו הכלכלית של היישום האגרי-וולטאי, יש לבחון האם פרויקטים אלו יכולים להוות הזדמנות ליישום פרקטיקות חדשות לשיפור הממשק החקלאי, למשל תמיכה בבריאות הקרקע או מניעת סחף קרקע, שעל אף חשיבותן, כיום אין דרך טובה לתמרץ אותן.

מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית, במסגרת פעילותו בתחום האנרגיה, מקיים מפגשי "פורום אנרגיה" המוקדשים לדיון בנושאים בעלי חשיבות לאומית בתחום. בפורום האנרגיה מתקיים דיון ממוקד בנושאים מוגדרים, בהשתתפות צוות מומחים המוזמנים לפי הנושא. המטרה היא להתרכז בשאלות רלוונטיות ומוגדרות, לתאם בין הגורמים ולהגיע להמלצות על דרכי פעולה לקידום הנושא, שניתן להציג בפני מקבלי החלטות.

המפגש הדין בנושא: "דו-שימוש בקרקע חקלאית לייצור חשמל פוטו-וולטאי", התקיים ב-06 לאפריל 2021 באופן מקוון. השתתפו בו מומחים בתחום מהיבטיו השונים, וכן נציגים של הממסד הציבורי. המשתתפים בפורום, שנבחרו בקפידה הודות למומחיותם, מהווים, ללא ספק, קבוצה ייחודית ובעלת ידע מקצועי ראשון במעלה בתחום.

בחלקו הראשון של המפגש הציגו חלק מהמשתתפים מצגות בנושא הדיון על היבטיו השונים. מצגות המשתתפים אשר אושרו על ידם לפרסום נמצאות באתר מוסד שמואל נאמן: <http://neaman.org.il/Energy-Forum-Meetings>. בחלק השני התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. בפני משתתפי הדיון עמדו מספר שאלות, שהוכנו מראש, כמפורט בתוכנית הפורום (נספח 1). תמצית הדיונים מסוכמת בדו"ח להלן, וכמו בדיונים הקודמים, הוא יוגש למקבלי ההחלטות במטרה להביא אל סדר היום את מכלול השיקולים והפעולות הנדרשות על מנת לבחון את האפשרויות השונות לדו-שימוש בקרקע חקלאית לייצור חשמל פוטו-וולטאי.

העניין בנושא האגרי-וולטאי נולד בעקבות המעבר המתחייב לאנרגיות מתחדשות בהיקף ניכר אל מול מחסור בשטחי קרקע. מחסור זה, יילך ויגבר בשנים הבאות הן בשל השלכות משבר האקלים – תהליך המדבור, התייבשות ומחסור במים, והן בשל גידול האוכלוסין הצפוי. קרקע היא משאב סופי, בפרט במדינה קטנה כמדינת ישראל. במדינות המפותחות שטחים מתאימים רבים כבר נתפסו על ידי שימושים של נדל"ן וחקלאות, ויזמים של מתקני אנרגיה סולרית נאלצים לפנות לפתרון של דו-שימוש, שהוא גם פתרון אקולוגי יותר, וגם פתרון כלכלי יותר. הדגש באגרו-פוטו-וולטאי הוא השימוש הכפול – גם אנרגיה וגם חקלאות, כדי למקסם את התנובה החקלאית שעל פיה החקלאי נמדד, ואף יתכן שבעתיד הרגולציה תקבע מדדים של כמות ואיכות יבול.

עד עתה ראינו בעיקר מתקנים פוטו-וולטאיים שבאו במקום החקלאות, אבל סביר להניח שמעכשיו נראה יותר ויותר מתקנים משולבים, ואלה יהיו התוכניות שיוקדמו. ככל שיצטבר ידע בנושא וניתן יהיה לגבש קריטריונים שעונים הן על ההיבט האנרגטי והן על ההיבט החקלאי – כולל המשך הגידול החקלאי לאורך כל חיי הפרויקט ומניעת פגיעה בפוריות הקרקע – יהיה קל יותר לקדם מתקנים כאלו בשטחים חקלאיים.

הבסיס לאגרי-וולטאי הוא השאלה האם צמחים יכולים לחיות בצל, או בצל חלקי? מחקרים מראים כי הקשר בין פוטוסינתזה (כאינדיקציה לכמות האנרגיה והסוכר שהצמח יכול להפיק) לקרינת השמש הוא קשר חיובי ישר, עד גבול מסוים, וקיים כמעט בכל הצמחים ובמיקומים שונים בעולם. מכך נוכל להסיק שבצמחים מסוימים הורדה בכמות הקרינה לא תגרום לאיבוד בפוטוסינתזה, או רק לאיבוד מועט. ההבנה, בעיקר בישראל החמה, היא שאם מקררים במקצת, זה יכול לתרום לרמת הפוטוסינתזה לעומת חשיפה לשמש ישירה. לסיכום, המשחק בין כמות הקרינה והטמפרטורה לכמות הפוטוסינתזה מהווה את הבסיס לאגרי-וולטאי, והטכנולוגיות השונות צריכות לממש את האיזון הנכון.

באגרי-וולטאי יש גם שיפור ביעילות השימוש במים, כמובן בתלות בסוג הצמח ובאקלים המקומי. בנוסף, יש גם שיפור ביעילות ייצור האנרגיה – הצמח מבצע נשימה תאית שמייצרת אדי מים שמורידים את טמפרטורת הסביבה מתחת לפנלים הפוטו-וולטאיים, מה שמביא לקירור הפנלים עצמם וזה יכול להביא לשיפור בייצור החשמל של 1-3%, כיוון שמעל 25 מעלות, ועם העלייה בטמפרטורה, יעילות הפנלים יורדת.

השיקולים לקידום המתקנים האגרו-פוטו-וולטאיים, בדומה למתקנים פוטו-וולטאיים קרקעיים, כוללים את היקף הפריסה, גובה המתקנים והשפעתם על ההיבטים הנופיים, והשפעת הגידור, ככל שיידרש, על ההיבטים האקולוגיים. עולה מכך שנדרש שיקול דעת רחב הכולל היבטים של חקלאות, נוף, אקולוגיה, ניקוז, חיבור לחשמל ועוד. מכאן שנדרש עדיין לשקול כל מקרה לגופו ולבדוק האם המאפיינים של המתקן מתאימים למיקום, בהליך של תוכנית. זאת, בניגוד למסלולים למתן היתרים למתקנים פוטו-וולטאיים, שלמעשה לגביהם יש הנחה שהשימוש של מתקן פוטו-וולטאי משתלב או נלווה לשימוש המאושר בקרקע (למשל, שטח ביעוד של תעשייה) ולפיכך מתאפשרת גם הקמת המתקן הפוטו-וולטאי.

3. מידע: דו-שימוש בקרקע חקלאית לייצור חשמל פוטו-וולטאי

בחלק זה של הדו"ח ניתנת תמצית המידע שהוצג על ידי חלק מן המשתתפים, כל אחד לפי בחירתו ומומחיותו. קבצי המצגות שהוכנו על ידי הדוברים מוצגים, כאמור, באתר מוסד שמואל נאמן (<http://neaman.org.il/Energy-Forum-Meetings>). מטבע הדברים, קיימת חפיפה מסוימת בין הדוברים השונים, אולם עורכי הדו"ח החליטו להביאם כאן כפי שהוצגו ובאותו הסדר (ראה תוכנית הפורום בנספח 1). מידע זה חשוב ומהווה בחלקו בסיס לדיון הפתוח שהתקיים לאחר מכן, כפי שמובא בפרק 4.

בר וייס – ראש תחום אגרי-וולטאי, שיכון ובינוי אנרגיה¹

מדע האגרי-וולטאי ויישומו

העניין באגרי-וולטאי נולד בשל מחסור בשטחי קרקע. שטח הוא משאב סופי ובכל המדינות המפותחות שטחים מתאימים רבים כבר נתפסו על ידי שימושים של נדל"ן וחקלאות, ויזמים של אנרגיה סולרית נאלצים להשתמש בפתרון של דו-שימוש, שהוא גם פתרון אקולוגי יותר, וגם פתרון כלכלי יותר. הדגש באגרו-פוטו-וולטאי הוא השימוש הכפול – גם אנרגיה וגם חקלאות, כדי למקסם את התנובה החקלאית שעל פיה החקלאי נמדד, ואף יתכן שבעתיד הרגולציה תקבע מדדים של כמות ואיכות יבול.

הטכנולוגיות האגרי-וולטאיות מתחלקות לשלוש משפחות, כאשר המטרה היא לחלק את האור בין שני השימושים, ויש דרכים שונות להתמודד עם זה:

- פיצול ספקטרלי (ספקטרום האור) – לתת לצמח את אורכי הגל הדרושים לו וכך גם לפנלים הסולריים. ברוב הפתרונות הקיימים כיום בשיטה הזאת, זה בא אחד על חשבון השני – כאשר הצמח צומח בצורה טובה, ייצור החשמל הפוטו-וולטאי הוא מאוד נמוך, ולהיפך.
- פיזור אור (רציפות פנלים) – מאפשרים את כניסת האור אל הצמח, באמצעות אי-רציפות של הפנלים².
- דינמיות (טראקרים) – ככל שהמכניקה יותר דינמית ויותר מורכבת, יש פיזור אור יותר גדול³.

לדעתי, הפתרון המוצלח ביותר שמוצע כיום נמצא בין הטכנולוגיה הדינמית לטכנולוגיית הפיזור – והכיוון הוא One axis tracker.

הבסיס לאגרי-וולטאי הוא השאלה האם צמחים יכולים לחיות בצל, או בצל חלקי? על פי עבודות של קבוצת המחקר של Barron-Gafford⁴, הקשר בין פוטוסינתזה (כאינדיקציה לכמות האנרגיה והסוכר שהצמח יכול להפיק) לקרינה הוא קשר חיובי ישר (ככל שעולה רמת הקרינה גדלה כמות הפוטוסינתזה) אך זה עד לכמות קרינה מסוימת שהחל ממנה יש רוויה וכמעט אין גידול בכמות הפוטוסינתזה. הקשר הזה קיים כמעט בכל הצמחים ובמיקומים שונים בעולם, רק שכמות הפוטוסינתזה וכמות הקרינה בה ישנה רוויה משתנים מצמח

¹ בנוסף לתפקידו בשיכון ובינוי, בר וייס הינו חוקר כלכלת האגרי-וולטאי באוניברסיטת תל אביב, וחבר צוות NZO במרכז השל

² לדוגמא: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/key-topics/integrated-photovoltaics/agrivoltaics.html>

³ לדוגמא: <https://remtec.energy/en/agrovoltaiico>

⁴ כאן: <https://www.barrongafford.org/agrivoltaics.html>

לצמח. מכך נוכל להסיק שבצמחים מסוימים הורדה בכמות הקרינה לא תגרום לאיבוד בפוטוסינתזה, או רק לאיבוד מועט. הקשר בין טמפרטורה לפוטוסינתזה מאופיין בעקומת פעמון שמייצגת את מרבית הצמחים (כאשר לכל צמח יש טווחי טמפרטורות ופוטוסינתזה שונים). ההבנה, בעיקר בישראל החמה, היא שאם מקררים קצת זה יכול לתרום לרמת הפוטוסינתזה לעומת חשיפה לשמש ישירה. לסיכום, המשחק בין כמות הקרינה והטמפרטורה לכמות הפוטוסינתזה מהווה את הבסיס לאגרי-וולטאי, והטכנולוגיות השונות צריכות לממש את האיזון הנכון.

באגרי-וולטאי יש גם שיפור ביעילות השימוש במים, כמובן בתלות בסוג הצמח ובאקלים המקומי. בניסוי שביצעה קבוצת המחקר של Barron-Gafford באריזונה התאפשרה הפחתה של כ-30% בכמות ההשקיה. ובנוסף, נצפה גם שיפור ביעילות ייצור האנרגיה – הצמח עושה נשימה תאית שמייצרת אדי מים שמקררים את טמפרטורת הסביבה מתחת לפנלים, מה שמביא לקירור הפנלים עצמם וזה יכול להביא לשיפור בייצור החשמל של 1-3%, כיוון שמעל 25 מעלות, ועם העלייה בטמפרטורה, יעילות הפנלים יורדת.

במחקרים של הקבוצה שבדקו גידולים שונים התקבלו תוצאות מאוד חיוביות במדדים של תוספת יכולת חקלאי ויעילות השימוש במים ברמה של עשרות ומאות אחוזים, אך עדיין ישנה שונות גדולה בין גידולים שונים, גם אם מאותה משפחה.

משתמשים הרבה בתחום במדד שנקרא GCR (Ground Coverage Ratio) – אחוז כיסוי הקרקע. אך מחקר⁵ שבדק את הנושא הצביע על כך שאחוז הכיסוי כשלעצמו אינו הפרמטר היחיד ולאופן שבו משתמשים בפנלים הדינמיים (Tracking policy) ישנה השפעה גדולה על התוצאות, כאשר השאלה המרכזית תהיה כמות הקרינה המועברת ולא אחוז הכיסוי, שוב עם תלות גדולה בסוג הגידול ובאקלים.

מושג נוסף בתחום הוא LER (Land Equivalent Ratio) – שבעזרתו מודדים את תוספת היבול החקלאי והאנרגטי (היקף הביומסה וייצור החשמל) בשדה אגרי-וולטאי לעומת גידול בשמש ישירה ובצפיפות מלאה של פנלים סולריים:

$$LER = \frac{Biomass (AGV)}{Biomass (Full Sun)} + \frac{Electric production (AGV)}{Electric production (Full Density)}$$

טכנולוגיות שונות מביאות לתוצאות שונות לפי עונות הגידול, ואנחנו צריכים לשאוף למצב שבו המדד שיתקבל יהיה מעל ערך של 1 (כך שעל אף שתהיה ירידה יחסית ביבול, התוספת של ייצור חשמל סולרי תהפוך את השימוש האגרי-וולטאי לכדאי), ולהציב יעדים בהתאם.

⁵ 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.

רן דרסלר – יועץ למינהל התכנון

הליכי תכנון למתקנים אגרו-פוטו-וולטאיים

הדיון במועצה הארצית לתכנון ובנייה ביום 10/11/2020 התקיים סביב הנושא של שינוי היעד הממשלתי של ייצור אנרגיות מתחדשות, שעלה מ-17% ל-30% עד שנת 2030. חברי המועצה הארצית סברו כי לא ניתן לאפשר שינוי כל כך משמעותי בהתאם לתרחיש של 'עסקים כרגיל', מבחינת היקף הקצאת הקרקע למתקנים פוטו-וולטאיים, ועל כן יש להגבילו. לפיכך, התקבלה החלטה שבה נקבע, בפעם הראשונה, יעד כמותי של עד 20 אלף דונם למתקנים קרקעיים עד 2030. עם זאת, מאחר שהיעד לא יושג, ככל הנראה, באמצעות גגות, מאגרים ודו-שימוש לסוגיו, יש לבחון שילוב מתקנים במרחבים חקלאיים.

השיקולים לקידום המתקנים האגרו-פוטו-וולטאיים, בדומה למתקנים פוטו-וולטאיים קרקעיים, כוללים את היקף הפריסה (היקפים משמעותיים), גובה המתקנים והשפעתם על ההיבטים הנופיים, והשפעת הגידור, ככל שיידרש, על ההיבטים האקולוגיים (מסדרונות אקולוגיים ורציפות השטחים הפתוחים). עולה מכך שנדרש שיקול דעת רחב שכולל היבטים של חקלאות, נוף, אקולוגיה, ניקוז, חיבור לחשמל ועוד. מכאן שנדרש עדיין לשקול כל מקרה לגופו ולבדוק האם המאפיינים של המתקן מתאימים למיקום, בהליך של תוכנית. זאת, בניגוד למסלולים למתן היתרים למתקנים פוטו-וולטאיים, שלמעשה לגביהם יש הנחה שהשימוש של המתקן הפוטו-וולטאי משתלב או נלווה לשימוש המאושר בקרקע (למשל, שטח בייעוד של תעשייה), ולפיכך מתאפשרת גם הקמת המתקן הפוטו-וולטאי. יצוין כי בהתאם, אושרו ככל שהתאפשר, מסלולים להיתרים למתקנים פוטו-וולטאיים, כמו לדוגמה במאגרים ובחניונים, ובקרב, עם אישורה של תמ"א 2/10/ד/10, גם בשטחי מחלפים ובתי עלמין. המרחב החקלאי לא עונה לקריטריונים אלה, ולכן קידום של מתקנים אגרו-וולטאיים ידרוש הכנת תוכנית.

בכדי לקדם את התחום, ובהתאם לפנייה של משרד החקלאות למינהל התכנון, תקודם תמ"א מפורטת למתקנים אגרו-וולטאיים ב-14 אתרי מו"פ של משרד החקלאות בכל הארץ, שתאפשר להתחיל עריכת ניסויים בתחום. בנוסף, ובהתאם למיזם שמקדמים משרד החקלאות ומשרד האנרגיה, תיבחן האפשרות לכלול בתמ"א גם שטחים שייבחרו בהתאם לקריטריונים שנכללו במיזם שפורסם על ידי משרדים אלה.

עד עתה קודמו תוכניות למתקנים פוטו-וולטאיים קרקעיים שבאו במקום החקלאות, אבל ניתן לשער כי בהדרגה יוגשו יותר ויותר תוכניות למתקנים משולבים. ככל שיצטבר ידע בנושא וניתן יהיה לגבש קריטריונים שעונים הן על ההיבט האנרגטי והן על ההיבט החקלאי – כולל המשך הגידול החקלאי לאורך כל חיי הפרויקט ומניעת פגיעה בפוריות הקרקע – יהיה קל יותר לקדם תוכניות למתקנים אלו בשטחים חקלאיים.

העבודה שאציג היום היא חלק מעבודה שנעשית במרכז השל לקיימות תחת תוכנית NZO⁶, שמטרתה להציב חזון ישים לאיפוס פליטות ומעבר לאנרגיות מתחדשות בישראל בהקדם, לצורך התמודדות עם השלכות משבר האקלים.

שימוש משולב של חקלאות ופנלים פוטו-וולטאיים מאפשר הפחתת פליטות תוך מתן ערך בתחומים נוספים; חיזוק החקלאות לצרכי ביטחון תזונתי, חיסכון במים, וניצול מיטבי של משאב הקרקע (Land use) – סוגיות המצויות בליבת ההשלכות הנובעות ממשבר האקלים. למרות היתרונות הברורים, והחשיבות בשימוש יעיל ומיטבי במשאב הקרקע לטובת חקלאות וייצור אנרגיה, קיימת עדיין מורכבות רגולטורית ביישום שימוש דואלי כזה. המורכבות נובעת מכך שמדובר בריבוי תחומים שנמצאים לא פעם בקונפליקט.

הבטחת המשך קיומה של החקלאות מתחת לפנלים סולריים, התמודדות עם החשש לנטישת החקלאות לטובת שימוש מסחרי, שאלות של צדק חלוקתי בהקשר לחלוקת משאב הקרקע, השיקולים באסדרת תעריף החשמל, סתירה בין שימוש דואלי לעקרונות הקצאת קרקע חקלאית בישראל, היבטים תכנוניים, הרצון לשמור על שטחים פתוחים ומסדרונות אקולוגיים, כל אלה, צריכים לקבל מענה המתכלל את נקודות המבט השונות באופן נכון ומאוזן.

היקף הקרקע החקלאית בישראל עומד על כ-4.35 מיליון דונם וכמחצית משטח זה מוסדר במסגרת משטר הנחלות. עיקרון מרכזי במשטר הקרקעות בישראל נגזר מחוק יסוד: מקרקעי ישראל, לפיו אין בעלות בקרקע חקלאית והיא מוכרת לצורך עיבוד חקלאי בלבד. כלומר, לא ניתן להחכיר את הקרקע לשימושים אחרים, העיקרון הזה מוצא ביטוי גם בחוקים אחרים^{7,8}. עם השנים בשל משברים בענף החקלאות, התקבלו החלטות שאיפשרו שימושים אחרים. בין היתר, נקבע כי ניתן להקים "מפעל" (תעסוקה) גם במסגרת קרקע שייעודה חקלאי. חלק מהחלטות אלה נבחנו במסגרת עתירות לבג"ץ, בהן נטען כי מדובר בהטבה לא מידתית לסקטור מסוים, על חשבון משאב השייך לכלל.

במסגרת עתירות אלה, הוכרע כי החרגה במדיניות החכרת קרקע חקלאית חייבת להביא בחשבון את עיקרון הצדק החלוקתי – בהינתן העובדה כי משאב הקרקע הינו משאב מוגבל השייך לציבור כולו, לא ניתן לתת הטבות למגזר מסוים, המגזר החקלאי. קרקע חקלאית מוכרת מלכתחילה בסכומים נמוכים, מתוך רצון לאפשר שימוש לטובת חקלאות ולא לשימושים מסחריים. במענה לקושי הזה, יש להבחין בין ההלכות שנקבעו לגבי צדק חלוקתי לבין שימוש אגרי-וולטאי, הן מבחינת מהות ההטבה והן מבחינת ההיקף שלה. מבחינה מהותית, השימוש אמנם כולל היבטים מסחריים, אבל ממשיך לאפשר קיומה של חקלאות להבדיל משינוי ייעוד שכולו לטובת שימוש מסחרי בקרקע. בנוסף, הצורך הציבורי בשימוש כזה וההטבה הגלומה בו, עשויים לתת מענה לקשיים בהם נמצאים חקלאים והחקלאות בישראל מזה שנים רבות, לסייע להתחדשות ישובים הסובלים מנטישה של הדור הצעיר, וכמובן לספק את הצורך בקרקעות לטובת אנרגיה מתחדשת. כלומר, במבחן היקף ההטבה אל מול

⁶ <https://www.nzo.org.il/>

⁷ חוק ההתיישבות החקלאית (סייגים לשימוש בקרקע חקלאית ובמים), תשכ"ז-1967, סעיפים 1,2

⁸ חוק התכנון והבנייה, תשכ"ה-1965, סעיף 156

הצורך בה, נראה כי קיימת הצדקה לאפשר שימוש דואלי בקרקע חקלאית. בנוסף, ניתן כמובן לבחון אפשרויות להגדיל את מעגל הנהנים, באמצעות מכרזים על קרקעות שאינן מוכרות כחלק מקרקע משבצת.

אחד החששות המרכזיים של משרד החקלאות הוא הפגיעה בחקלאות, ראשית בהיבט של הפחתה בהיקף היבול, כיוון שכיום עדיין לא ברור לאיזה גידולים זה מתאים ולאיזה פחות, ויש לוודא שגם אם תהיה פגיעה היא תהיה מינורית. המענה לחשש זה הוא בהפעלת פילוטמים בתחום, וזה כבר מתחיל להיות מיושם. היבט נוסף הוא החשש מפגיעה במוטיבציה להשקיע בחקלאות בהינתן האפשרות להרוויח מייצור אנרגיה – איך מבטיחים שתמשיך להתקיים חקלאות מתחת לפנלים הסולריים?

כיום הרגולציה מאפשרת שימוש אגרי-וולטאי על גבי בריכות דגים וגגות חממות, בתנאי שהתקבל אישור משרד החקלאות לכך שהקמת המתקן לא תפגע בהמשך השימוש החקלאי.⁹ צריך לבחון האם בעזרת המודל הזה ניתן לעשות שימוש נרחב יותר לשימוש דואלי בקרקע חקלאית, אך נראה שהיקף הקרקע הנדרש יחייב רגולציה מקיפה יותר.

בתמצית, ההמלצות שלנו הן:

- הגדרת שימוש אגרי-וולטאי נרחב, שייקבע במסגרת החלטות מועצת מקרקעי ישראל, בהיקפים הנדרשים, עם הגדרות שמתאימות לשימוש זה, למשל בנושא היקף התשלום.
- ההתאמה הזאת צריכה לבוא לידי ביטוי גם במסגרת התכנונית, בתמ"א 10/ד / 2 / 10 או במסגרת תמ"א ייעודית.
- הבטחת המשך קיומה של החקלאות באמצעות:
 - אכיפה, בקרה בשטח, סיום הסכם חכירה, שימוש בסנקציות קיימות בדיון.
 - הצבת רף נורמטיבי של יבול, בהתאם לסוג הגידול.
 - תעריף חשמל מותנה בקיום גידול חקלאי, בהיקף שייקבע (פיקוח רגולטורי מובנה).
- הבטחת צדק חלוקתי, הגדלת "מעגל הנהנים" בין היתר באמצעות מכרזים.
- שימוש דואלי בשטחים חקלאיים שייעודם שונה לאנרגיה במסגרת תמ"א 41, כלומר, לא רק לקחת מהחקלאות לטובת האנרגיה, אלא גם לעשות שימוש בכיוון הפוך.
- בחינת האפשרות להענקת זכויות בתלת ממד, בהתאם לתיקון 33 לחוק המקרקעין, תשכ"ט-1969.

⁹ תמ"א 10/ד / 2 / 10, סעיפים 7.4, 7.24, פרק 7.3 להחלטות מועצת מקרקעי ישראל.

יעל לביא-אפרת – בעלת מיזם Helianthus - sun farming¹⁰

הזדמנויות חקלאיות ואקולוגיות בשילוב מערכות אגרי-וולטאיות

מטבע הדברים, מערכות אגרי-וולטאיות יכולות להוות איום על הסביבה, הנוף והאקולוגיה, אך הן יכולות גם להוות הזדמנות לחקלאות ולאקולוגיה.

שינויי האקלים מציבים אתגרים מאוד גדולים לחקלאות^{11,12}, ביניהם, התדרדרות מצב הקרקע שהיא בעלת השפעות על הנושא של ביטחון תזונתי ועל עצם הקיום של החקלאות. והשאלה היא בעצם איך עושים חקלאות שהיא סביביתית יותר, ותומכת במשאבי הטבע והקרקע, כדי שהיא תהיה בת-קיימא ופורייה לטווחי זמן ארוכים. לדוגמא, ארגון המזון והחקלאות של האו"ם מחפש אחר דרכים שיהוו גם הפחתה משמעותית של פליטות גזי חממה ממגזר החקלאות אבל גם ישפרו את החוסן של החקלאות^{13,14}. גם בישראל עוסקים בנושא הזה, עם עבודה שנעשית במשרד החקלאות¹⁵, שכרגע ממפה את פערי הידע אך עדיין לא מציעה פרקטיקות מיטביות.

בהיבט של אנרגיה – בישראל מתקיים תהליך של העלאת יעדי האנרגיות המתחדשות מצד אחד, כאשר השמש היא מקור האנרגיה המתחדשת הכמעט בלעדי הרלוונטי, ומהצד השני המועצה הארצית לתכנון ובנייה משקפת תובנה שמצביעה על כך שהשימוש הקרקעי חייב להיות מוגבל.

הסיפור של החקלאות והחקלאים הוא לא פשוט – כמדיניות, אנחנו רוצים להבטיח חוסן חקלאי ועמידות למצבי משבר, היערכות לשינויי אקלים, קידום ממשקי סביבה והעדפת הטווח הארוך על פני הטווח הקצר, וכן הגנה על הקרקע החקלאית מפני פיתוח. אך באותו הזמן קשה מאוד להיות חקלאי – התנודתיות הכלכלית היא מאוד גדולה ושולי הרווח מאוד קטנים, החקלאות עוברת תהליכי תיעוש וירידה בכדאיות, בפרט לחקלאי הקטן, ומתחיל להיות יתרון משמעותי לגודל, פריון הקרקע נמצא בירידה, התשומות הנדרשות הן יקרות, והתהליכים כרוכים בנזקים, לדוגמא, מריסוס, דישון ועוד.

האם האגרי-וולטאי הוא פתרון הקסם לכל הבעיות האלה? ברוב הדגמים המוכרים כיום מדובר על קונסטרוקציות מאוד גדולות, ולאגרי-וולטאי יש גם מחיר:

- משרד החקלאות מודאג מהנושא, ובצדק לטעמי, כיוון שהמחקר החקלאי שנעשה בכל העולם מציג תוצאות מעורבות ולא עיקביות – עם תלות גבוהה בגידולים ובאזורי הגידול. האם החקלאים יעדיפו בסוף לגדל חשמל? ומעבר לכך ישנו גם חשש מסטגנציה ביחס לקונסטרוקציה וקושי בהגמשת ושינוי פרקטיקות חקלאיות.

¹⁰ תכליתו של המיזם הינה למצוא פתרונות אקולוגיים וסינרגטיים למערכות אגרי-וולטאיות.

¹¹ IPCC (2019). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.*
<https://www.ipcc.ch/srccl/>

¹² EEA (2019). *Climate Change and adaptation in the agriculture sector in Europe.*
<https://www.eea.europa.eu/publications/cc-adaptation-agriculture>

¹³ <http://www.fao.org/gacsa/en/>

¹⁴ Miralles-Wilhelm, F. (2021). *Nature-based solutions in agriculture – Sustainable management and conservation of land, water, and biodiversity.* Virginia. FAO and The Nature Conservancy.
<http://www.fao.org/3/cb3140en/cb3140en.pdf>

¹⁵ משרד החקלאות ופיתוח הכפר (2020). היערכות חקלאות ישראל לשינוי האקלים.
https://www.moag.gov.il/shaham/ProfessionalInformation/Pages/haklaut_israel_Climate-change.aspx

- פגיעה נוספת היא בכל ההיבט הנופי, כולל גם פגיעה בערכי מורשת, תרבות, פנאי ונופש.
- פוטנציאל לפגיעה אקולוגית משמעותית – גם בהיבט של הגידור, שאולי יוכל להפטר באמצעות פתרונות אבטחה טכנולוגיים, וגם בהיבט של העמקת חדירה והתבססות של מינים פולשים, כגון עופות, על גבי הקונסטרוקציה.
- חשש לשינוי במשטרי הזרימה והנגר הן מעל הקרקע והן בתת הקרקע (בביסוס הקונסטרוקציה).
- פגיעה צפויה כתוצאה מתשתיות נלוות, כגון, קווי מתח, אגירה, דרכי שירות.
- חשש לסחף תכנוני – ששטחים שיאושרו לשימוש דואלי (חקלאי והנדסי) יהוו פתח להצמדות דופן עתידיות של מתקנים הנדסיים.
- סוגיית תפקוד בסוף חיי המתקן – פינוי, גריטה.

את הנושא של הערך והתפקוד של הנוף החקלאי לא ניתן לבטל – מדובר על נוף מאוד מגוון, שמשתנה עם העונות, וכולל גם אלמנטים של מים, כגון, מעיינות ונחלים, עוצמות פריחה גדולות של הגידול החקלאי ובשוליי השטח.

האתגרים וההזדמנויות מסמנים מצבים בהם המערכת האגרי-וולטאית יוצרת מצב של מיקרו-אקלים שבפני עצמו מהווה כלי אדפטציה (הסתגלות) וחוסן חקלאי עבור החקלאים. זאת גם הזדמנות לתמרץ פעילויות שאין להן מקור תמיכה, כגון, המעבר לחקלאות בת-קיימא שכיום אין מי שיממן אותו. קשירת האגרי-וולטאי ליצירת חקלאות איכותית וסביבתית יותר יוצרת מכפיל כוח לתועלת הסביבתית שניתן להפיק.

תנאי הסף לאגרי-וולטאי הוא השימוש החדש אינו זר לחקלאות ולא פוגע בה – ההזדמנות היא השימוש החדש הוא נלווה ופונקציונלי לחקלאות עצמה. יתכן אף השימוש החדש משפר את החקלאות עבור גידולים שסובלים משינויי האקלים, והמערכת האגרי-וולטאית יכולה להוות עבורם פתרון לעודפי קרינה וחום, אידי (evaporation) ודיות (transpiration), ייעול השימוש במשאבים, שיפור במדדים החקלאיים של יבול ו/או איכות.

אגרי-וולטאי הוא קשר קלאסי של מים-אנרגיה-מזון-אקולוגיה, ואם נעשה את זה בדרך נכונה – נמנף את התנאים שהוא יוצר ככלי לאדפטציה, נמזער את ההפרעה לעיבוד, נצמצם את החתימה הנופית והפגיעה ברצף השטחים הפתוחים, ונבסס את רשת הביטחון שההכנסה הזאת מעניקה לחקלאי – מדובר על פוטנציאל מאוד גדול.

הפיתוחים שרואים היום הם רק תחילת הדרך, צריך לחשוב על פתרונות יצירתיים יותר – מערכות ניידות, מתקפלות, עונתיות, משולבות באגירה, מוסוות נופית – וכך נוכל להגיע לתוצרים שפגיעתם תהיה הרבה יותר קטנה. ואם נקשור אותם נכון רגולטורית, זאת תהיה הזדמנות גם לחוסן חקלאי וגם לשיפור סביבתי מהותי בחקלאות. יש כר נרחב במסלולי היתר לפי תמ"א 1 לקיים פיילוטים, ואנחנו נדרשים להסיר חסמים כדי שנוכל להתחיל לצבור מידע וללמוד ממנו.

ד"ר יעל הרמן – ראש תחום טכנולוגיות ואנרגיות מתחדשות, המדען הראשי, משרד האנרגיה

סקירה בינלאומית של התקנות APV¹⁶ בעולם, ועקרונות מתווה משרד האנרגיה למכסות

החקלאות באירופה היא דבר מאוד חשוב כאשר כמחצית משטחי היבשת מנוהלים על ידי חקלאים, עם מיליוני מועסקים בתחום והכנסות של מאות מילארדי אירו. אירופה מסתכלת על הפוטנציאל של החקלאות ושואפת להפוך אותה למערכת מזון בת-קיימא ומאופסת אנרגטית. זאת, כאשר אחת ההצעות לחלוקת התקציב של ה-European Green Deal היא הקצאת 40% מהתקציב להפחתת השפעות האקלים לסקטור החקלאות, כדי לפתח טכנולוגיות ופתרונות במגוון נושאים, בהם גם האגרי-וולטאי.

היתרונות של האגרי-וולטאי כוללים גם שיפור בתנובה החקלאית, גם חיסכון במים וגם ייצור חשמל ירוק¹⁷. בנוסף לכך, האגרי-וולטאי מגוון את מקורות ההכנסה של החקלאים ומקטין את הסיכונים שלהם, מייעל את השימוש במשאב הקרקע ונותן מענה להתחממות הגלובלית על ידי אדפטציה והפחתת פליטות, עקב השימוש באנרגיית השמש לייצור חשמל.

התקנות של מערכות אגרי-וולטאיות בעולם התחילו כבר בתחילת המאה ה-21, אבל רק בשנים האחרונות הנושא צבר תאוצה, ולוקח הרבה שנים עד שהמידע מתגבש ומתבהר. בתוכנית הפיילוטים שאנחנו מתכננים אנחנו לוקחים בחשבון לפחות שלוש שנים עד לקבלת תוצאות ראשוניות, וצופים שנוכל למנף את הנושא רק לקראת 2030. יש כיום בעולם מעל אלפיים מתקנים אגרי-וולטאיים בהיקף של כ-3 ג'יגה-ואט, בסין, יפן ודרום קוריאה, אבל גם בארה"ב ובאירופה, בהובלת צרפת ואיטליה. כיום מדובר בעיקר על הקמת מתקנים קטנים, למעט בסין שבה עושים הכל בגדול – למשל, ראינו פרויקט מעניין שבו לקחו שטח מדברי חסר שימוש והשביחו את הקרקע לגידול של גוג'י-ברי בשילוב עם מתקן פוטו-וולטאי של 1 ג'יגה-ואט.

מתוצאות של הרבה פיילוטים וניסויים שנעשו בצרפת בחברת Sun'Agri¹⁸ התקבלו התוצאות הבאות: הורדת הטמפרטורה בשיא החום בכ-5 מעלות, העלאת הטמפרטורה בכ-3 מעלות בשיא הקור, והקטנת צריכת מים בכ-30%. כמובן שיש מגוון תוצאות לפי המקרים השונים – הם טוענים לשיפור באיכות היין, ולכך שזה מביא לחקלאות מיטבית כיוון שהקונסטרוקציה יכולה לסייע בפרישת רשתות והשקייה, וכן להעלאת התנובה בגידולים מסוימים (למשל, תפוחי אדמה, לעומת גידול חיטה שם התנובה דווקא ירדה). לכן מאוד חשוב לנסות גידולים שונים ולהגיע למסקנות מושכלות למה זה מתאים ולמה פחות.

בצרפת יש מכרזים של אגרי-וולטאי תחת המטרייה של חדשנות – 45% מהציון להצעה נקבע על פי החדשנות של הפרויקט והתאמתו למארג הניסויים המבוצעים בתחום, ו-55% מבוסס על מחיר ייצור החשמל – ושם רואים שהמחיר שמתקבל לאגרי-וולטאי הוא דומה מאוד למחיר של ייצור חשמל בגגות גדולים, כאשר המחיר לפוטו-וולטאי קרקעי הוא נמוך בכ-30%. אם ניקח את המחירים הצרפתיים ונתאים אותם לישראל, שבה יש 30% יותר קרינת שמש, נראה שהמחירים שהתקבלו בישראל במכרזים של סוף 2019 היו דומים למחירים בצרפת בגגות גדולים ובפוטו-וולטאי קרקעי, 23 ו-16-15 אג' לקוט"ש, בהתאמה. אך לגבי אגרי-וולטאי – בהליך התחרותי

¹⁶ APV - Agricultural Photovoltaics

¹⁷ <https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2020/04/SolarPower-Europe-webinar-How-solar-can-contribute-to-a-sustainable-European-Agricultural-policy-.pdf>

¹⁸ <https://sunagri.fr/en/>

בצרפת התקבל מחיר של 23 אג' לקוט"ש, ולצער, בישראל בפילוט הכי מתקדם במעלה גלבוש שקיבל מכסת חלוץ של 10 מגה-ואט, נקבע להם תעריף לפי המכרז האחרון של גגות גדולים של 18.8 אג' לקוט"ש.

לאחר השלב של הפיילוט והמחקרים, הצרפתים מפתחים שיטה כדי להבטיח את התפוקות החקלאיות. השיטה מעניקה חותמת איכות לפרויקט אגרי-וולטאי לפי שלביו: (1) תוכנית פיתוח הקרקע, (2) ביצוע התוכנית - ההתקנה, ו-(3) תפעול הפרויקט. אם תונהג שיטה דומה בישראל, ויזם יחוייב להציג תעודת איכות כזאת כדי להשתתף במכרזים, יהיה בכך אלמנט שמבטיח שמירה על החקלאות.

בשנה האחרונה משרד האנרגיה ביחד עם משרד החקלאות, עובדים על פיתוח רגולציה לתחום, והשאיפה היא לייצר רגולציה פונקציונלית, כזו שמתמקדת בתוצאה הרצויה. לא להנחות את היזם באיזה אופן (גבהים, אחוזי כיסוי ועוד) לבצע את הפרויקט, אלא להצביע על יעדים מוגדרים מראש, למשל, אי-פגיעה בחקלאות, או פגיעה באחוזים מסוימים בלבד.

במקביל, משרד האנרגיה מציע מיזם לבחינה של פרויקטים אגרי-וולטאיים. יזמים יוזמנו להציע הצעות לפרויקטים שונים – גידולים שונים, טכנולוגיות שונות, אזורים שונים – על פני מספר רב של חלקות ניסוי של עד 15 דונם כל חלקה. ההצעות יבחנו על ידי ועדה משותפת של המדען הראשי במשרד האנרגיה ויחידות התכנון של משרד האנרגיה ומשרד החקלאות, כאשר המכסה הכוללת של הקרקע למיזם כולו עומדת על כאלף דונם. כל הפרויקטים יטופלו יחדיו בכל ההיבטים של רגולציה, מינהל התכנון, רשות מקרקעי ישראל, ורשות החשמל שתקבע את תעריף החשמל המיוצר.

לאחר מצגות המשתתפים התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג, ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. הדיון התמקד בשאלות:

- מהם השיקולים הרלוונטיים מבחינת זמינות וניצול הקרקע?
- מה ניתן לומר לגבי אספקטים נופיים של הדו-שימוש?
- מה ידוע ומה ניתן ללמוד לגבי שימוש דואלי בעולם?

דברי המשתתפים מובאים כאן בסדר בו נשמעו וללא עריכה, לאחר שעברו ביקורת על ידי אומריהם.

דרור בוימל: הסוגיה האקולוגית, שכמעט ולא קיבלה ביטוי בדיון היום, היא מאוד חשובה לנושא האגרי-וולטאי משתי סיבות: הראשונה, ישראל הינה בעלת חשיבות עולמית בנושא של מגוון ביולוגי, וככזו יש לה תפקיד מאוד חשוב בשמירה על המגוון הביולוגי בשטחה. הסיבה השנייה הינה השטחים הפתוחים שהינם מוגבלים – השטחים המוגנים, קרי שמורות טבע ויערות, הם ליבות שמירת הטבע בישראל, אך הם אינם יכולים להתקיים ללא הרצפים של השטחים הפתוחים/החקלאיים. כלומר, לשטחים החקלאיים תפקיד חשוב בסוגיות המגוון הביולוגי, הרציפות של השטחים הפתוחים, קישוריות ומסדרונות אקולוגיים. מכאן, שהסוגיה האקולוגית צריכה להיות חלק מהדיון על פתרונות אגרי-וולטאיים כאלה ואחרים.

אנסה להדגיש את הסוגיה הזאת באמצעות תהליך שמתרחש כיום במינהל התכנון לגיבוש התוכנית האסטרטגית 2040¹⁹. בפרק בתוכנית שעוסק בשטחים הפתוחים ברור לכל בעלי העניין שמדובר בסוגיה של רב-תפקודיות. יש לנו מעט שטחים פתוחים שצריכים לתת מענה להרבה תפקודים – חקלאות, אקולוגיה, שמירת טבע, פנאי ונופש, נוף, וניהול נגר, כאשר עכשיו מצטרף לכל אלה גם היבט האנרגיה.

בנושא של אגרי-וולטאי, צריך להוסיף על התפקוד החקלאי והאנרגטי גם את הסוגיה האקולוגית. משרד האנרגיה צריך לקחת בחשבון את הנושא, ובמחקרים שמבוצעים יש לבחון גם את הסוגיה האקולוגית. הנקודה הזאת חשובה כי מדובר על דריסת רגל משמעותית בשטחים הפתוחים – אם עד היום הוקצו כ-70 אלף דונם לאנרגיה סולרית על שטחים פתוחים, כאשר אנחנו מדברים על אגרי-וולטאי אנחנו בהחלט יכולים להגיע גם למאות אלפי דונמים, ובהיקפים כאלה ההיבט האקולוגי עשוי להפגע קשות אם הוא לא ילקח בחשבון בצורה משמעותית וזהירה.

נקודות שצריכות להלקח בחשבון בהקשר האקולוגי:

- קישוריות – ברגע שעוברים משדה פתוח למערכת אגרי-וולטאית מגודרת, אנחנו בבעיה. כדי שהשטח יוכל לספק את המימד האקולוגי צריך למצוא את הפתרונות והדרכים לאפשר אגרי-וולטאי ללא גידור. כרוכות בכך גם סוגיות ביטוחיות ובטיחותיות שצריך למצוא להן פתרון.
- מינים פולשים – קונסטרוקציה בשטח פתוח מושכת מינים פולשים ומינים מתפרצים שדוחקים מינים מקומיים וגם את זה צריך לנסות למנוע.

¹⁹ https://www.gov.il/he/departments/guides/madr_strategic_plan_2040

- טיוב הממשק האקולוגי של המערכת החקלאית.

מבחינת תכנון – מכיוון שמדובר בהיקפים מאוד גדולים, וכיוון שמדובר בתהליך שמשנה משמעותית את השטח הפתוח ואת הנוף, זה לא יכול להיות מבוצע בתהליך של פטור אלא חייב להתבצע בתהליך של תוכנית.

צריך להתקדם בזירות וסבלנות – צריך לוודא שאנחנו לא מייצרים פגיעות בלתי הפיכות, לא בחקלאות, לא באקולוגיה ולא בנוף.

ד"ר ערן רוה: תוצאות של ניסויים שנעשו בעולם לא בהכרח רלוונטיים לתנאים של ישראל, לחיוב ולשלילה. כמות המשתנים שמשפיעים על הכלכליות ועל היכולת לשימור הפן החקלאי היא מאוד גדולה, ויכול להיות אפילו שבשנה מסוימת הפנלים הסולריים ישפרו את הגידול החקלאי ובשנה אחרת יפגעו בו. אם רוצים שהפנלים הסולריים לא יהיו במקום החקלאות אלא כתוספת, חייבים שכל הנושא של מודל התשלום יהיה מבוסס על ההיתכנות הכלכלית של החלק החקלאי. כלומר, אם יזם התקין פנלים סולריים שפגעו ביבול החקלאי אז זה יבוא לידי ביטוי בתשלום בגין החשמל כך שלא יהיה כלכלי עבורו לעשות את זה. אנחנו, כעובדי משרד החקלאות, נוכל כנראה להמליץ על מספר גידולים שההיתכנות בהם גבוהה, אבל בסופו של דבר כל חקלאי יצטרך להחליט מה לגדל מתחת לפנלים ומה לא, ואם יהיה גידול שיש לו היתכנות לא נוכל לשלול זאת בגלל שאנחנו לא בדקנו את זה. בנוסף, בהמשך למה שדרור בוימל אמר, הנושא של אגרי-וולטאי לא צריך לבוא על חשבון האקולוגיה והסביבה.

ד"ר גדעון פרידמן: שמענו הרבה הסתייגויות על האגרי-וולטאי, אבל בסוף צריך להחליט – הפעילות של האדם מייצרת השפעות על הסביבה ואנחנו צריכים לבחור מה נכון לעשות. אנחנו משתדלים שההחלטות שלנו יהיו מבוססות ידע, אבל לא תמיד זה כך במאת האחוזים ולפעמים עושים גם שגיאות. כרגע יש לחץ גדול בעולם בשל שינויי האקלים להפחית את פליטת גזי החממה, וזה אחד הנושאים שהוא בעדיפות, ואנחנו צריכים להחליט על מה אנחנו מוותרים. אין ארוחות חינם.

אני מציע שנרכז את הדיון בבבחירה בין אלטרנטיבות, במה עדיף על פני מה, ולא במה צריך לעשות או לא. האם עדיף להתקין פנל פוטו-וולטאי על גג בניין, שדה חקלאי או שדה פתוח? אי אפשר גם וגם, אין דבר כזה. אחת האלטרנטיבות היא לא לייצר אנרגיה מתחדשת, אלא להמשיך ולייצר את החשמל באמצעות דלקים פוסיליים. אין אפשרות גם לייצר אנרגיה נקייה, גם לא לפגוע באקולוגיה, גם שזה יהיה כלכלי וכו'. צריך לדון על האלטרנטיבות כפי שהן כיום, לא כפי שהן אולי יהיו בעוד עשר ועשרים שנה. אנחנו צריכים לקבל החלטות היום, כאשר חלקן פחות מבוססות. אני חושב שהאלטרנטיבה האגרי-וולטאית היא אלטרנטיבה מאוד אטרקטיבית ביחס לאלטרנטיבות אחרות, משום שזה מאפשר כלכליות של האנרגיה המתחדשת תוך כדי פגיעה מינימלית בערכים אחרים, אבל יתכן שכן תהיה פגיעה.

אני מציע לא לערבב את הדיונים על אקולוגיה ומגוון ביולוגי בנושא האגרי-וולטאי באופן כללי, אלא אם כן זאת נקודה שהיא ספציפית קשורה לאגרי-וולטאי, אלא לעשות את הבדיקה בהקשר של מערכות פוטו-וולטאיות בכלל. אני לא פוסל את הצורך לבדוק השפעות אקולוגיות של שדות פוטו-וולטאיים, אבל גם ככה קשה לקדם את הנושא האגרי-וולטאי בגלל אלף סיבות אחרות. לכן צריך לבדוק את הנושא של חקלאות בנפרד, והנושאים של אקולוגיה, מגוון ביולוגי ומינים פולשים יבחנו בנפרד בהתייחס לשדות פוטו-וולטאיים בכלל.

אין לנו זמן, אנחנו צריכים לעשות דברים יחסית מהר. אנחנו רוצים להגיע ל-30% אנרגיה מתחדשת בשנת 2030, זה דורש שטחים מאוד גדולים, והחלק החקלאי יהיה כנראה רכיב לא זניח בדבר הזה. לעניין הפיילוטים שיבוצעו באלף או אלפיים דונם, לא נכון לומר שמדובר פה בשטחים גדולים, אלא בשטחים מזעריים – זה אלף או אלפיים מתוך 4 מיליון דונם שדות חקלאיים, מתוך 20 מיליון דונם של מדינת ישראל, ומתוך מאות אלפי דונמים שאנחנו נזדקק להם כדי לעמוד ביעדים יותר אגרסיביים בעתיד. לכן אלף דונם זה מספרים קטנים, ואם תהיה פגיעה נכיל אותה, לא תהיה פגיעה קטסטרופלית, חשוב לאפשר להתקדם עם זה במהרה. חלק מההחלטות יהיו מבוססות על מידע חלקי, אבל נתקדם, נלמד ונשתפר.

פנינה קפלן: כל יוזמה ששמה רגל על שטחים פתוחים צריכה להתייחס להיבט של שמירה על שטחים פתוחים, מגוון ביולוגי, היבטים אקולוגיים. גם ביוזמות שחושבים שהן מבורכות יותר או פחות, חייבים להתייחס להיבטים הסביבתיים. הדבר נכון במיוחד בישראל שבה גם השטח הרבה יותר קטן מכל הדוגמאות שראינו בעולם, וגם כיוון שישראל מהווה hot spot עולמי של מגוון ביולוגי. כל דונם של שטחים פתוחים הוא מאוד יקר לנו. אני שמחה לשמוע שבמחקר יתייחסו להיבטים האקולוגיים.

צריך להסתכל על האגרי-וולטאי במסגרת הרחבה יותר של כל הדו-שימוש. גם אם אנחנו רוצים לבדוק ולבחון ולקדם את האגרי-וולטאי, צריך עדיין לראות איפה זה נמצא מבחינת סדרי עדיפויות מכל הדו-שימוש. חשוב להגיד באופן מאוד ברור שעדיין אגרי-וולטאי מבוצע בשטחים חקלאיים פתוחים, ולכן העדיפות היא לקדם פוטו-וולטאי על שטחים מבונים – גגות וחזיתות של מבנים, שטחים מופרים, אזורי תעשייה, גגות של חממות ומאגרי מים.

הייתי ממליצה שבועדה שהוזכרה מוקדם יותר לבחינת הפרויקטים האגרי-וולטאיים ישב, לצד נציגי משרד האנרגיה והחקלאות, גם נציג של המשרד להגנת הסביבה, שיוכל לשקף את הנושאים האקולוגיים והסביבתיים.

ד"ר איברהים יחיא: תודה למשרד החקלאות ומשרד האנרגיה על התמיכה שלהם במחקרים מדעיים חדשים. מזה ארבע שנים, הקבוצה שלי במו"פ המשולש יחד עם הקבוצה של ד"ר מאיר טייטל ממכון וולקני, מבצעים מחקרים בתחום האגרי-וולטאי, בודקים ניצול אנרגיה סולרית בחממות והגענו לתוצאות יפות. עד כה לא נתקלנו בפגיעה ביבול חקלאי, אלא להיפך. אני מאמין שבשנה הקרובה יהיו תוצאות שיאפשרו קידום הנושא תוך הצגת מענה לצורכי החקלאי וצורכי האנרגיה ובלי לפגוע בנוף או בשטחים הפתוחים. אנחנו בתחילת הדרך, אבל אנחנו לא היחידים בעולם שעוסקים בכך, ושווה מאוד לקדם את הנושא. אנחנו כמרכז מפתחים עכשיו טכנולוגיה חדשנית, שאנחנו מקווים שתשמש לא רק אותנו בישראל, אלא שניתן יהיה גם לשווק אותה ברחבי העולם. אני מבקש שמשרד החקלאות ומשרד האנרגיה יקצו יותר משאבים על מנת לאפשר למדענים ולחוקרים לקדם את הנושא במהרה. זה נושא חם בכל העולם וצריך לתת למדענים הזדמנות להשתלב בזה.

רענן אמויאל: בניגוד למה שאולי השתמע, אין הרבה שטחים חקלאיים. בסוף, כשאנחנו רוצים לייצר מזון לשנים ארוכות קדימה, אנחנו צריכים שטחים גדולים לטובת חקלאות. הארץ שלנו קטנה ואנחנו צריכים למצוא פתרונות שבהם החקלאות לא נפגעת, ונשמר הפוטנציאל של הייצור החקלאי. עם כל הרצון הטוב, נשמח לקחת חלק בנושא האגרי-וולטאי, בתנאי שהייצור החקלאי לא יפגע. לצד החששות אנחנו אף רוצים לקוות שזה יתרום לחקלאות, אם בשיפור היבול או בביסוס כיוונים ופיתוחים חדשים, ואולי גם יתרום לכלכליות שלה. לפני בחינת ההיבטים הסביבתיים והאנרגטיים יש עוד דרך ארוכה של פיילוטים וניסיונות, ואנחנו לא נוותר על השלב הזה. צריך להבין באיזה היקפים זה יעשה, באיזה תנאים. אנחנו לא נתייחס רק להיבט של היבול אלא לכל ההיבט

התכנוני, ואנחנו לא ניתן יד חופשית. צריך לזכור שמדובר על מתקנים שיוקמו ל-25 שנה, והחקלאות בצורותיה המשתנות, צריכה להמשיך להתקיים לאורך הזמן הזה.

אחד המכשלות שכרגע מונעות את היציאה שלנו לדרך היא הנושא של התכנון והבנייה. יש לנו קושי לקדם את הפיילוטים, ואני מקווה שמינהל התכנון יעזור לנו לקדם את זה, ולא רק באתרי המו"פ של משרד החקלאות, אלא גם באמצעות יזמים פרטיים במקומות אחרים.

לצד כל זאת, נצטרך לעבוד עם רשות מקרקעי ישראל על הנושא של רגולציה כדי להבטיח את המוטיבציה החקלאית למרות ההיבט הסולרי. מוטיבציה שאנחנו מקווים שתשאר לאורך זמן, אבל זה מהווה אתגר. הנושא של פיקוח ובקרה הדוקה לא יחזיק מעמד לאורך זמן, אנחנו צריכים לדאוג לייצר את המוטיבציה.

דובי מילר: אנחנו, במעלה גלבוע, קיבוץ שמתפרנס לא רע מחקלאות ומתכוון להמשיך בכך, חושבים שהשילוב של חקלאות ואנרגיה הוא לטובת שני הנושאים. אנחנו לומדים את הנושא הרבה שנים ואני לא ספקן. במעלה גלבוע לא התקנו מערכות פוטו-וולטאיות קרקעיות בשל השיקול החקלאי. היכולת של חקלאים להתמודד עם בעיות החקלאות כשזה משולב באנרגיה, גדלה בצורה משמעותית. כמובן שזה צריך להעשות כמו שצריך.

בעניין של צדק חלוקתי – זה לא סוד שלחקלאים קטנים מאוד קשה לשרוד כיום, והרבה פעמים חקלאים אחרים, במקרה הטוב, או גופים אחרים, משתלטים על השטחים שלהם, והשילוב של חקלאות ואנרגיה יוכל להחזיר חלק מהחקלאים האלה לתמונה.

לצערי, אין היום גוף שמתכלל את הנושא האגרי-וולטאי, אלא כל גורם בוחן את הנושא מהפרספקטיבה שלו. רשות החשמל מגדירה תעריף, שצריך להיות או מאוד ציוני או עם כיסים מאוד עמוקים כדי לעמוד בו. רשות מקרקעי ישראל התחילה בכיוון נכון אבל היום אנחנו תקועים שם, עברנו את כל הרגולציה של התכנון – ועדה מחוזית ומקומית, ועדה לשמירה על קרקע חקלאית ושטחים פתוחים (ולקחש"פ) והיום אנחנו בשלב היתרי הבנייה, אבל אי אפשר עדיין לעלות על השטח בגלל גורמים כאלה ואחרים. אין מי שיושב מלמעלה ומציע למשל להעלות את התעריף כדי לתמרץ את התחום, או דוחף אסדרה שבאמצעותה ניתן יהיה להתקדם עם הפרויקטים. משרד החקלאות צריך לשמור על החקלאות ורשות החשמל צריכה לשמור על מחירים נמוכים של חשמל, אבל נדרש גוף שיתכלל את כל השיקולים כי אחרת לא נצליח להתקדם עם הנושא.

ד"ר מאיר טייטל: הרושם הוא שכל אחד מנסה לשמור על הפינה שלו – אקולוגיה, חקלאות, אנרגיה – וכל הדברים חשובים וצריך להתייחס אליהם, אבל אנחנו לא הולכים כרגע לכסות את כל השטחים החקלאיים בפנלים בלי שום בקרה. מצד שני, דיברו על אלף דונם שמוקדשים לפיילוטים. כולם מבינים שאם לא נעשה בדיקות בצורה מסודרת, אם לא נבצע ניסויים, לא נגיע לשום מקום. נוכל להמשיך לדבר על זה אבל לא יהיה לנו בסיס נתונים שבאמצעותו נוכל לקבל החלטות נבונות והחלטות שימנעו שגיאות בעתיד. לכן, הנושא של אלף דונם, אולי לא יתן מענה מלא לבחינת כל הסוגיות שעלו כאן, אבל לחלקן נוכל להתייחס גם בעתיד. בשלב הראשון חשוב להקים פיילוטים באזורים שונים, על שטחים לא מאוד גדולים ולבדוק באמת את האספקטים של אנרגיה וההשפעה על הגידולים החקלאיים.

דרור בוימל: האמירות שלי מקודם התייחסו כמובן לשלב של ביצוע בקנה מידה גדול, ולא לשלב הפיילוטים שהם כמובן מבורכים וחשובים. אבל, כמובן שהמעבר לקנה המידה הרחב יחייב התייחסות משמעותית לסוגיה

האקולוגית. אפשר לבחור ללכת עם הראש בקיר ולהתעלם מהסוגיה האקולוגית עכשיו ולהתמודד איתה חזיתית רק בהמשך, וראינו את משרד האנרגיה עושה דברים כאלה בעבר וזה לא עבד. ולעומת זאת אפשר ללכת ביחד, כי הכיוון של אגרי-וולטאי הוא חשוב וחיובי, וככה כל אחד לא ישיג את המאה אחוז שלו, אבל כן תהיה התייחסות ושמירה על האינטרסים והצרכים של הצדדים האחרים בשטחים הפתוחים והחקלאיים.

ד"ר מאיר טייטל: אנחנו לא בחנו את הנושא של השטח הפתוח אלא רק את הנושא של פוטו-וולטאי על חממות. נעשתה המון עבודה ב-3-4 שנים האחרונות בעולם בתחום הזה, כאשר איטליה מובילה את התחום עם הרבה מאוד מחקרים, יש עבודות כאלה גם בצרפת ויפן, וזה נהפך לתחום בוער מבחינת מחקר עם הרבה מאוד פרסומים על יישומים שונים של פוטו-וולטאי על חממות – תאים שונים, סידור שונה.

ד"ר איברהים יחיא: ראשית, יש לנו תעריף חשמל פוטו-וולטאי ממש מבזה של כ-17 אג', שאינו מאפשר בכלל להכנס לשטחים פתוחים ולחקלאות, וגם אין אסדרה ייחודית לנושא של אגרי-וולטאי. לכן קנה המידה הרחב בכלל לא רלוונטי כרגע. מצד שני, אם מסתכלים רק על הנושא של חממות בערבה שבחודשי הקיץ בכלל לא מתקיימת בהם חקלאות, אך זה המקום הנכון לנצל בו את אנרגיית השמש לייצור חשמל, אז ניתן להבין שיש מקומות ספציפיים שבהם החקלאות לא נפגעת והנוף לא נפגע, ואפשר לנצל אותם, אך יש לכך חסמים. צריך להקים גוף עליון שיפקח ויוכל לתת מענה לכל הצרכים.

דרור בוימל: המלצות שלי לקובעי המדיניות: (1) לבחון את הסוגיות האקולוגיות בזמן הפיילוטים, (2) לבחון את סוגיית הגידור בצורה משמעותית, ולחפש חלופות לגידור, חלופות טכנולוגיות או אחרות.

ד"ר יעל הרמן: אחד הדברים החשובים הוא לכוון לרגולציה פונקציונלית – לכוון למה שצריך ולא איך. האגרי-וולטאי, כמו תחומים טכנולוגיים אחרים, הוא כר פורה ליצירתיות וצריך לאפשר זאת. הרגולציה צריכה לסמן מטרות – שלא תהיה פגיעה בתוצר, שלא תהיה פגיעה באקולוגיה או במגוון הביולוגי, ולהשאיר גמישות ביצועית.

דבר נוסף, צריך לכוון לכך שזה דו-שימוש והשטחים לא יבואו על חשבון שטחים שמיועדים לשימושים קרקעיים אחרים ויעשו התקזזויות. העניין פה הוא שאם זה עובד בדו-שימוש זה מאה אחוז טוב לנו, ואם זה לא עובד אז זה מאה אחוז רע, שלא תהיה "מסחרה" על אחוזי השימוש בקרקע.

בנוסף, יש לשאוף לפיילוטים מגוונים ולכן כדאי לא להגביל את תעריף החשמל. משרד החקלאות, לפני שיוצאים למכרזים גדולים, היה רוצה לראות מגוון של ניסויים, גם בגידולים שלא הצליחו במדינות אחרות. כדי שאפשר יהיה לעשות את זה צריך הרבה פיילוטים קטנים וצריך שהתעריף לא יהיה הסיבה שמניעה את היזם, באופן כזה שתעריף נמוך יאפשר רק גידולים מסוימים. אולי נדרשת התערבות של משרד האוצר כדי להבטיח תעריף שהוא לא גבוה אבל הוא בר-קיימא.

פרופ' אופירה אילון: צריך לבחון את הרגולציה העתידית בכלים של RIA (Regulatory Impact Assessment), ואפשר לעשות הערכה כזאת אם עושים חיזוי של התועלות והעלויות הסביבתיות והכלכליות, למשל, הפחתת פליטות גזי חממה, שיפור איכות האוויר ועוד.

בר וייס: חשוב לאפשר פיילוטים בשטחי המשבצת החקלאיים של היישובים ולא רק בשטחי המו"פ של משרד החקלאות. חשוב שיזמים יעשו פיילוטים בשטחי המו"פ בגלל הידע המקצועי ולא בגלל המונופול שלהם על השטחים לפיילוטים, אבל שיתאפשר לעשות גם בשטחים אחרים, כמובן, בשטחים שמתאימים מבחינה תכנונית.

צריך להתנות את הפיילוטים ביצירת שיתופי פעולה מחקריים בלתי תלויים, עם חוקרים מהאוניברסיטאות או עם המו"פים היישומיים, ועדיף שהכסף לא יהיה 'צבוע' כדי שלא יהיה מקום לטעון שהיזמים היטו את התוצאות, ולכן עדיף שהתקציב יבוא מהמדען הראשי.

לגבי התעריף – אנחנו נמצאים בקשר עם אחת החברות הכי טובות בעולם לתחום הזה, ואנחנו לא נצליח להביא אותם לישראל עם התעריף הקיים, וגם אם הם יבואו בחינם לא נצליח עם התעריף הזה לבנות את מה שהם היו רוצים שנבנה. המכרזים התעריפיים של האנרגיה הסולרית הקרקעית, בלי או עם אגירה, לא משקפים מחירים אמיתיים, דבר שנובע מעודף תחרותיות ושיקולים פיננסיים של החברות, ויש ספק אם הפרויקטים בכלל יוכלו לצאת לפועל. לכן, לא הגיוני לצפות מיזמי האנרגיה שיבצעו את הפרקטיקות המיטביות של אגרי-וולטאי, כלומר, לא לפגוע בחקלאות אלא לשפר אותה ולהביא טכנולוגיות מתקדמות מחו"ל, בתעריף הנמוך של כ-18 אג' לקוט"ש. שווה לעשות תעריף נורמטיבי לשלב הפיילוטים כדי לאפשר פרקטיקות מיטביות שבלעדיהן האגרי-וולטאי יכשל.

יעל לביא-אפרת: אחת משאלות המדיניות היא השאלה האם ניתן להשיג הישגים חקלאיים, לא רק במדדי כמות אלא גם במדדי איכות (צבע פרי, ריכוז סוכר, חומצות שומן ועוד), וגם לאפשר שילוב פרקטיקות חקלאיות שהיום אין דרך טובה לתמרץ אותן. ברמת מדיניות, אם ניתן לנצל את ההזדמנות הזאת שאגרי-וולטאי נותן כך שהתוכנית של הפרויקט שתוגש תכלול גם תוכנית חקלאית ליישום פרקטיקות חדשות לשיפור הממשק החקלאי, למשל תמיכה בבריאות הקרקע או מניעת סחף קרקע, אז אולי ניתן להשיג עוד יעדים שהם לא בהכרח באים לידי ביטוי באחוזי תנובה, אבל הם מאוד חשובים ולא מתומרצים מספיק. בהנחה שהאגרי-וולטאי יהיה כלכלי בפני עצמו, שגם זה בסימן שאלה, ניתן להשתמש בו כמנוף ליעדים חקלאיים רחבים.

ד"ר מאיר טייטל: קובעי המדיניות נדרשים לקבל החלטה מיידית שתאשר הקמה של פיילוטים ניסויים בנושא האגרי-וולטאי, כי כרגע האישור לקידום פיילוט, במקרה הטוב ביותר, ינתן בעוד חצי שנה מהיום. צריך לקצר את הזמן שלא יקח חודשים אלא שבועות, במקרה הגרוע, כדי שנוכל להתחיל לעבוד.

ד"ר גדעון פרידמן: אני מצטרף למה שמאיר טייטל אמר. די מקובל לראות בישראל כאחת המדינות עם הרגולציות הכבדות ביותר ועם הבירוקרטיות המסורבלות ביותר, ולפיכך, מדינת ישראל הגדירה לעצמה, ובצדק, יעדים להפחתת רגולציה. צריך להזהר שלא נקלע למצב שבו מרוב עודף מוטיבציה של הרגולטורים השונים נקבל עודף רגולציה, ואנחנו בהחלט מתקדמים בכיוון הזה. היום למעשה אין על החקלאי שום פיקוח, הוא יכול להחליט מה לגדל ואם לגדל בכלל, במגבלות מאוד מצומצמות. ועכשיו אנחנו מתחילים לחשוב על כל מיני מגבלות שטובות לסביבה וטובות למדינה אבל צריך להזהר מכך ולהשתדל לצמצם את הרגולציה למינימום האפשרי. צריך לבנות מנגנוני שוק שהם אלה שיעודדו את הדברים המרכזיים שאנחנו מעוניינים בהם, גם אם לא נשיג את כל המטרות שלנו. התהליכים צריכים להיות מהירים עם רגולציה מינימלית.

דובי מילר: היום, המגבלה המרכזית בפרויקטים פוטו-וולטאיים היא רשת ההולכה, ויש שתי חלופות לפתרון העניין – או לתת עדיפות לפרויקטים כאלה ברשת ההולכה, או לתת תעריף כזה שיאפשר לפרויקט לכלול גם

אגירה. במצב הנוכחי, שאף אחת מהחלופות לא מיושמת, גם אם יאשרו פרויקטים תוך חצי שנה (מה שנשמע לי מאוד אופטימי), לא נוכל להפעיל אותם, כי לא ניתן יהיה להוליך את החשמל.

ד"ר ערן רווה: הטכנולוגיה של הפנלים הפוטו-וולטאיים מתקדמת במהירות. אם בהתחלה היו פנלים סטטיים ועכשיו יש פנלים שיודעים לעקוב אחרי השמש, אז השלב הבא הוא פנלים שיודעים לקלוט אורכי גל באופן סלקטיבי, ובעצם להעביר לצמח את אורכי הגל שבהם הוא משתמש לגדילה ולהשתמש לאנרגיה רק באורכי הגל שהצמח לא משתמש בהם. אלו דברים שפעם היו נחשבים דמיוניים או לא כלכליים כי מאוד יקר לייצר אותם, ועכשיו הם הופכים להיות הסטנדרט המקובל. כל מה שקיים היום, בטוח יהיה יותר כלכלי בעתיד וזאת סיבה טובה למה לא להחמיץ את הרכבת, אלא להתחיל לרוץ עם כל הפיילוטים האלה.

שימוש משולב של חקלאות וייצור אנרגיה מתחדשת מייעל את השימוש במשאב הקרקע ונותן מענה להתחממות הגלובלית על ידי אדפטציה והפחתת פליטות, תוך פוטנציאל למתן ערך בתחומים נוספים, ובהם חיזוק החקלאות לצורכי ביטחון תזונתי וחיסכון במים.

למרות היתרונות הברורים, יישום נרחב של הפרקטיקה האגרי-וולטאית מחייב התייחסות למספר סוגיות ובהן: התמודדות עם החשש לנטישת החקלאות לטובת שימוש מסחרי, שאלות של צדק חלוקתי בהקשר לחלוקת משאב הקרקע, שיקולים באסדרת תעריף החשמל, סתירה בין שימוש דואלי לעקרונות הקצאת קרקע חקלאית בישראל, היבטים תכנוניים, והרצון לשמור על שטחים פתוחים ומגוון ביולוגי.

לאחרונה, משרד האנרגיה ביחד עם משרד החקלאות, עובדים על פיתוח רגולציה לתחום, בשאיפה לייצר רגולציה פונקציונלית – המתמקדת בתוצאה הרצויה, תוך סימון יעדים מוגדרים (למשל, מזעור הפגיעה בחקלאות), אך מאפשרת גמישות ביצועית.

המלצות פורום האנרגיה להמשך הטיפול בסוגיה של דו-שימוש בקרקע חקלאית לייצור חשמל פוטו-וולטאי:

1. **ראייה מתכללת** – לצורך קידום מהיר ויעיל של הנושא נדרש גוף שיתכלל את כל התהליכים והשיקולים. יש להבטיח שהרגולציה המתגבשת לא תייצר בירוקרטיה מכבידה ומסורבלת, אך תתן מענה המתכלל את נקודות המבט של בעלי העניין השונים באופן נכון ומאוזן.
2. **עיגון סטטוטורי לשימוש אגרי-וולטאי** – נדרשת הגדרת שימוש אגרי-וולטאי נרחב, שייקבע במסגרת החלטות מועצת מקרקעי ישראל, בהיקפים הנדרשים, עם הגדרות שמתאימות לשימוש זה, למשל בנושא היקף התשלום. ההתאמה צריכה לבוא לידי ביטוי גם במסגרת תמ"א ייעודית. נדרשת התייחסות נפרדת לשלב הבחינה המקדמית (ביצוע הפיילוטים בתחום), ולשלב היישום הנרחב.
3. **הבטחת המשך קיומה של החקלאות** – יש לבחון יישום מנגנוני אכיפה ומנגנוני שוק שונים שבאמצעותם יובטח המשך קיומה של החקלאות בפרויקטים אגרי-וולטאיים לטווח הארוך. בין היתר ניתן לבחון:
 - שימוש בסנקציות קיימות בדין – אכיפה, בקרה בשטח, סיום הסכם חכירה.
 - הצבת רף נורמטיבי של יבול, בהתאם לסוג הגידול. הצבת רף כזה יכול שתעשה באמצעות מדדי כמות, אך גם באמצעות מדדי איכות (צבע פרי, ריכוז סוכר, חומצות שומן ועוד).
 - קביעת תעריף חשמל המותנה בקיום גידול חקלאי, בהיקף שייקבע (פיקוח רגולטורי מובנה).
 - מתן מתריצים ליישום חקלאות מיטבית, לדוגמא, באמצעות קביעת תו איכות לביצוע פרויקט אגרי-וולטאי שיהווה חלק מהציון לפרויקט במכרזים עתידיים.
4. **תשתיות משק האנרגיה** – יש להבטיח את שילוב המתקנים האגרי-וולטאיים בתשתיות משק האנרגיה:
 - יש לוודא שרשת ההולכה לא מהווה מגבלה לפיתוח פרויקטים אגרי-וולטאיים, באמצעות מתן עדיפות לפרויקטים כאלה ברשת, או באמצעות תעריף חשמל שיאפשר לפרויקטים לכלול אגירה.
 - יש להבטיח ניצול מיטבי של רשת ההולכה וצמצום הצורך בפריסת קווי מתח חדשים.
 - יש לבחון שימוש דואלי גם בשטחים שיעודם שונה לאנרגיה במסגרת תמ"א 41.

5. היבטים מרכזיים להתייחסות לקראת ביצוע הפיילוטים האגרי-וולטאיים:

- היבטים תכנוניים – מומלץ לאפשר קיום פיילוטים לא רק באתרי המו"פ של משרד החקלאות, אלא גם באמצעות יזמים פרטיים במקומות אחרים המתאימים מבחינה תכנונית.
- היבטים סביבתיים – מומלץ לבחון את ההיבטים הסביבתיים (שמירה על שטחים פתוחים, מגוון ביולוגי, היבטים אקולוגיים) בזמן ביצוע הפיילוטים, ובתוך כך לבחון את סוגיית הגידור בצורה משמעותית, ולחפש חלופות (טכנולוגיות ואחרות) לגידור. מומלץ שבתהליך בחינת הפרויקטים האגרי-וולטאיים ישבו, לצד נציגי משרדי האנרגיה והחקלאות, גם נציגים של המשרד להגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים, שיוכלו לשקף את הנושאים האקולוגיים והסביבתיים.
- תעריף חשמל – מומלץ לקבוע תעריף חשמל נורמטיבי לשלב הפיילוטים כדי לאפשר יישום פרקטיקות מיטביות, וכן לאפשר ביצוע מגוון פרויקטים בהיבט של סוגי גידולים נבדקים, אזורים שונים בארץ (כולל מרכז הארץ), וטכנולוגיות שונות.
- מחקר ופיתוח – מומלץ להקצות מימון ציבורי (למשל, מטעם המדענים הראשיים של משרדי האנרגיה והחקלאות) לבחינה המחקרית של הפרויקטים, כדי להבטיח קבלת תוצאות מדעיות ובלתי תלויות. כיוון שהנושא האגרי-וולטאי זוכה להתעניינות גוברת בכל העולם, הקצאת משאבים למו"פ יכולה לתרום לפיתוח מואץ של התחום בישראל, ולהוות את הבסיס לפיתוח טכנולוגיות ישראליות חדשניות שניתן יהיה בהמשך לשווק גם ברחבי העולם.

6. **צדק חלוקתי** – יש להבטיח צדק חלוקתי והגדלת "מעגל הנהנים" בתחום האגרי-וולטאי, בין היתר באמצעות מכרזים.

7. **שיפור הממשק החקלאי** – לאחר הוכחת היתכנותו הכלכלית של היישום האגרי-וולטאי, יש לבחון האם פרויקטים אלו יכולים להוות הזדמנות ליישום פרקטיקות חדשות לשיפור הממשק החקלאי, למשל תמיכה בבריאות הקרקע או מניעת סחף קרקע, שעל אף חשיבותן, כיום אין דרך טובה לתמרץ אותן.

נספח 1: תוכנית פורום האנרגיה

13:00 פתיחה – פרופ' גרשון גרוסמן

13:10 בר וייס, שיכון ובינוי

מדע האגרי-וולטאי ויישומו

13:20 רן דרסלר, יועץ למינהל התכנון

הליכי תכנון למתקנים אגרו-פוטו-וולטאיים

13:30 עו"ד אורלי אהרוני, יועצת רגולציה ומדיניות אקלים

אגרי-וולטאי – מפת דרכים לרגולציה

13:40 יעל לביא-אפרת, בעלת מיזם Helianthus - sun farming

הזדמנויות חקלאיות ואקולוגיות בשילוב מערכות אגרי-וולטאיות

13:50 יעל הרמן, ראש תחום טכנולוגיות ואנרגיות מתחדשות, המדען הראשי, משרד האנרגיה

סקירה בינלאומית של התקנות APV בעולם, ועקרונות מתווה משרד האנרגיה למכסות

14:30 דיון פתוח, תוך התמקדות בשאלות:

- מהם השיקולים הרלוונטיים מבחינת זמינות וניצול הקרקע?
- מה ניתן לומר לגבי אספקטים נופיים של הדו-שימוש?
- מה ידוע ומה ניתן ללמוד לגבי שימוש דואלי בעולם?

מפגשי פורום האנרגיה של מוסד נאמן (www.neaman.org.il)

פורום האנרגיה ה-49: שילוב מימן במשק האנרגיה	2021
פורום האנרגיה ה-48: אנרגיה בעיר חכמה	2020
פורום האנרגיה ה-47: מערכות פוטו-וולטאיות משולבות אגירה לייצור חשמל מאנרגיית השמש	2019
פורום האנרגיה ה-46: הפקת אנרגיה מפסולת	
פורום האנרגיה ה-45: חסמים וזרזים להקמת מתקני ייצור חשמל פרטיים בישראל	2018
פורום האנרגיה ה-44: שיקולים סביבתיים, כלכליים וביטחוניים במיקום אסדת הטיפול בגז ממאגר לויתן	
פורום האנרגיה ה-43: הסרת הבידוד האנרגטי מעל ישראל	
פורום האנרגיה ה-42: היבטים פסיכולוגיים והתנהגותיים של חיסכון באנרגיה	
פורום האנרגיה ה-41: רכב היברידי וחשמלי	2017
פורום האנרגיה ה-40: גז טבעי לתחבורה בישראל	
פורום האנרגיה ה-39: מיקרוגרید ורשת חשמל חכמה בעידן של ייצור מבזר ואנרגיות מתחדשות	
פורום האנרגיה ה-38: צעדים ליישום לאחר אישור מתווה הגז בישראל	2016
פורום האנרגיה ה-37: ביטחון באספקת אנרגיה בישראל	
פורום האנרגיה ה-36: התייעלות אנרגטית בישראל: שדרוג מערכות	
פורום האנרגיה ה-35: אגירת אנרגיה בייצור חשמל	2015
פורום האנרגיה ה-34: ייצור משולב של חום וחשמל	
פורום האנרגיה ה-33: הרפורמה במשק החשמל בישראל	
פורום האנרגיה ה-32: ניצול מיטבי של הגז הטבעי המקומי, לרבות סוגיית הייצוא	2014
פורום האנרגיה ה-31: ביומסה לאנרגיה בישראל	
פורום האנרגיה ה-30: חשמל מאנרגיה סולארית בישראל	2013
פורום האנרגיה ה-29: עיר חכמה	
פורום האנרגיה ה-28: תחבורה יבשתית בת קיימא: היבטי אנרגיה וסביבה	
פורום האנרגיה ה-27: רשת חשמל חכמה כמנוע צמיחה לתעשייה בישראל	
פורום האנרגיה ה-26: ניצול פצלי שמן בישראל	2012
פורום האנרגיה ה-25: משק האנרגיה בישראל - חזון 2028	
פורום האנרגיה ה-24: אנרגית שמש לבנייני מגורים בישראל	
פורום האנרגיה ה-23: ניצול אנרגיית הרוח בישראל	2011
פורום האנרגיה ה-22: תחנת כוח גרעינית בישראל	
פורום האנרגיה ה-21: שיפוץ אנרגטי של בניינים	
פורום האנרגיה ה-20: מערכות פוטו-וולטאיות מחוברות-רשת למגזר הביתי והמסחרי	
פורום האנרגיה ה-19: חיסכון באנרגיה במערכות תאורה	2010
פורום האנרגיה ה-18: מיזוג אוויר סולארי בישראל	
פורום האנרגיה ה-17: השלכות חדירת גז טבעי למשק האנרגיה של ישראל	
פורום האנרגיה ה-16: רשת חשמל חכמה	
פורום האנרגיה ה-15: התייעלות אנרגטית ברשויות המקומיות בישראל	2009
פורום האנרגיה ה-14: רכב חשמלי והיברידי	
פורום האנרגיה ה-13: תחנות כוח סולאריות בישראל	
פורום האנרגיה ה-12: אנרגיה במשק המים	2008
פורום האנרגיה ה-11: בנייה חסכונית באנרגיה	
פורום האנרגיה ה-10: השפעות בריאותיות וסביבתיות של השימוש בגז טבעי בישראל	
פורום האנרגיה ה-9: מקומה של ישראל בשוק הביואתנול העולמי	
פורום האנרגיה ה-8: ניהול ביקושים ואספקה	2007
פורום האנרגיה ה-7: בידולקים להפקת אנרגיה	
פורום האנרגיה ה-6: חיסכון במערכות מיזוג אוויר	
פורום האנרגיה ה-5: צורכי המחקר באנרגיה חלופית בישראל	
פורום האנרגיה ה-4: אנרגיית השמש להפקת חום	
פורום האנרגיה ה-3: הפקת אנרגיה מפסולת	2006
פורום האנרגיה ה-2: מערכות משולבות ליצירת חום וחשמל (קוגנרציה)	
פורום האנרגיה ה-1: חשמל ממערכות פוטו-וולטאיות	

אנרגיה וסביבה



מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית

טל. 04-8292329 | פקס. 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 3200003
www.neaman.org.il