

## אנרגיה סולארית – העמוד המרכזי לאנרגיה בת קיימא בישראל

### מדוע יש צורך באנרגיה סולארית?

מרבית ייצור החשמל בעולם בעשרות השנים האחרונות התבסס על דלקים פוסיליים (מחצביים) כפחם, מוצרי נפט וגז. בדלקים אלו אגורה אנרגיה שמשחררת בעת שריפתם (בצורת חום) והיא מומרת לחשמל. הבעיה היא שלא רק האנרגיה משתחררת בעת שריפתם, אלא גם זיהום אוויר וגזי חממה. זיהום האוויר פוגע ישירות בסביבה ובבריאות הציבור. גזי החממה הנפלטים הולכים ומצטברים באטמוספירה מאז המהפכה התעשייתית, והם גורמים לשינוי האקלים ולהתחממות הגלובלית. העליה בריכוז גזי החממה באטמוספירה והעליה בטמפרטורת כדור הארץ הן שתי עובדות מדעיות נמדדות שאין עליהן עוררים, ואלפי מחקרים ואישושים המצויים בקונצנזוס מדעי רחב ביותר מראים ביניהם קשר סיבתי. נזקי שינוי האקלים כבר ניכרים בישראל ובכל העולם, ותחזיות מדעיות מראות כי הם ילכו ויחריפו. בין הנזקים ניתן להזכיר התייבשות ופגיעה במשק המים, מדבור, עליה בשכיחות של אירועי מזג אוויר קיצוניים (בין אם גלי חום בקיץ או סופות בחורף), שינוי בתפוצה הגיאוגרפית ובשכיחות של מחלות שונות, עליה בגובה פני הים והצפת אזורי חוף, פגיעה בתשתיות, ירידה ביכולת לייצר מזון, פגיעה בטבע, עלייה בחומציות של האוקיינוסים ופגיעה בדגה, גלים של פליטי אקלים החוצים גבולות בחיפוש אחר פרנסה וחיים, הפיכת אזורים רבים בעולם לבלתי ראויים למחייה, ועוד. נזקים אלה יגבו מחיר הולך ועולה בחיי אדם, וכן בפגיעה כלכלית אדירה בתל"ג העולמי.

אנרגיה סולארית אינה שורפת דלק, אינה פולטת גזי חממה וממירה את אנרגיית השמש לחשמל לשימוש האדם. לפיכך היא נחשבת כעמוד תווך מרכזי בהתמודדות עם שינוי האקלים ועם הצורך להפחית בצורה משמעותית את הפליטות האנושיות של זיהום אוויר וגזי חממה.

### מדוע עד כה לא היה ייצור חשמל סולארי בכמות משמעותית בישראל?

בעיית שינוי האקלים והצורך לעבור ממקורות אנרגיה מתכלים ומזהמים למקורות של אנרגיה מתחדשת ידועים כבר שנים רבות. עם זאת, לא היה עד כה מעבר משמעותי לאנרגיה מתחדשת (בעיקר סולארית) כמקור האנרגיה העיקרי בתמהיל הדלקים הישראלי. לכל מקור אנרגיה יש יתרונות וחסרונות. יתרונותיה העיקריים של האנרגיה הסולארית הם הסתמכות על מקור אנרגיה מתחדש (השמש), הפחתה משמעותית של הזיהום ונזקיו, צמצום התלות בייבוא דלק (עוד טרם שנמצא הגז הישראלי), ביזור ייצור האנרגיה ולפיכך הגברת החוסן האנרגטי, ועוד. עם זאת לאנרגיה הסולארית היו גם חסרונות ובהם יעילות נמוכה, מחיר יקר, צורך בשטחים רבים, אי זמינות בשעות הלילה ובחלק מימי החורף, ועוד. מסיבות אלה, על אף היותה של מדינת ישראל מדינה שטופת שמש, היא לא לקחה בחשבון בצורה רצינית את האנרגיה הסולארית כחלופה משמעותית.

## מה השתנה כיום ומדוע ניתן להתבסס על אנרגיה סולארית כעוגן לכלכלה דלת פחמן ובת קיימא?

התפתחויות טכנולוגיות ויישום מסחרי של טכנולוגיה סולארית פוטו-וולטאית הביאו לשיפורים רבים. יעילות הפאנלים עלתה (כמות החשמל המופקת בשנה מכל מטר של מתקן), המחיר ירד, טכנולוגיות אגירת חשמל התפתחו ואותרו בישראל שטחים מבונים רבים שמתאימים (בשימוש דואלי) לייצור חשמל סולארי. כל אלו הופכים את האנרגיה הסולארית לא רק לחלופה שאפשר לשקול, אלא לחלופה טובה וראויה מבחינה סביבתית וכלכלית כאחד, שיכולה להפוך להיות העמוד המרכזי לאנרגיה בת קיימא בישראל.

## מהי יעילות התאים הפוטו-וולטאים היום?

יעילות התאים הפוטו-וולטאים תלויה כמובן ביצרן, בטכנולוגיה, במיקום ההתקנה, בשעה ובעונה (הקובעים את כמות קרינת השמש), ועוד. ככלל אצבע וכהנחת עבודה מקובלת כיום הנחה שדרוש בארץ שטח נטו של 5 מ"ר לכל קילוואט מותקן (8 מ"ר ברוטו כולל תשתיות ו"ברזלים"). מכל קילוואט פוטו-וולטאי מותקן ניתן לייצר חשמל בכמות של 1,680 קוט"ש<sup>1</sup>.

## כמה שטח זמין בישראל?

בעבודה שבוצעה על ידי רשות החשמל<sup>2</sup> נלקח יחס המרה לשטח מעט יותר שמרני מהנ"ל: 11 דונם למגה-וואט מותקן בשטחים קרקעיים ו-9 דונם למגה-וואט בשטחים דואליים (כלומר 9 מ"ר לקילוואט). שטחים דואליים הם שטחים דו שימושיים כגון גגות של בתים, מבנים מסחריים, וכדומה שיכולים לשמש גם כשטח להתקנת מתקנים פוטו-וולטאיים. הצפי של רשות החשמל הוא שעד סוף העשור יחס זה עוד ילך וישתפר בשל שיפור ביעילות התאים, ויגיע ל-9.4 דונם למגה-וואט מותקן במתקנים קרקעיים ו-7.5 דונם בשטחים דואליים. בהתאם להערכה זו דרושים לצורך עמידה ביעד של 30% ייצור באנרגיה מתחדשת בשנת 2030 שטחים בהיקף של כ-100,000 דונם, ואילו הפוטנציאל עומד על כ-180,000.

עבודה אחרת של המשרד להגה"ס<sup>3</sup> שבדקה אף היא את פוטנציאל השטחים לייצור חשמל סולארי בשטח הבנוי בישראל העריכה כי כבר כיום יש מספיק שטח על גבי מבנים ושטחים מבונים אחרים (גגות מבנים, חזיתות מבנים, מאגרי מים, כבישים, חניות, ועוד) כדי לייצר 46% מצריכת החשמל בישראל וזאת ללא ניצול שטחים פתוחים, כלומר הפוטנציאל הוא להספק מותקן של 18 ג'יגה-וואט שיכולים לייצר כ-30 טרה-וואט שעה בכל שנה. הערכת המשרד להגה"ס לשנת 2030 מראה פוטנציאל גדול יותר של חשמל סולארי בהספק מותקן של 24 ג'יגה-וואט ובהיקף ייצור שנתי של 38 טרה-וואט שעה, כלומר 43% מצריכת החשמל הצפויה בשנה זו.

<sup>1</sup> המידע התקבל בתודה מאלון תמרי מאיגוד החברות לאנרגיה ירוקה בישראל.

<sup>2</sup> הגדלת יעדי ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות לשנת 2030, טיוטה לעיון הציבור, רשות החשמל, יוני 2020.

<sup>3</sup> הערכת פוטנציאל הייצור הסולארי במרחב הבנוי בישראל, המשרד להגנת הסביבה, ינואר 2020.

ההערכה לשנת 2050 היא כמובן עם שולי אי וודאות רחבים יותר, והיא נאמדת ב 81-43 ג'יגה-וואט שמייצרים 131-63 טרה-וואט שעה, שהם 83%-40 מצריכת החשמל הצפויה. יש לציין כי קיימים שטחים זמינים והסדרות בהיקפים שונים גם לאנרגיה סולארית קרקעית, לאנרגיית רוח ולמתקני ביוגז, שמן הראוי שיהיו חלק מתמהיל האנרגיה של ישראל. כך, בצד העדיפות הברורה למתקנים פוטו-וולטאים בשטחים דואליים, הפוטנציאל לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בישראל גדול אף יותר. זאת ועוד, העבודות שהוזכרו כאן בוצעו בהנחת הגידול הצפוי בצריכת החשמל בישראל ללא עמידה ביעדי ההתייעלות האנרגטית של המדינה. אותו היקף ייצור סולארי הממצה את הפוטנציאל שלו ימלא, כמובן, נתח גדול עוד יותר מסך ייצור החשמל בישראל אם תתבצע בישראל תכנית משמעותית להתייעלות ולחיסכון באנרגיה לכל הפחות בהתאם ליעדי הממשלה, הצנועים ואולי אף יותר.

### מה לגבי המחיר?

השיפור הטכנולוגי והעליה בהיקף הייצור המסחרי בעולם הביאו לירידה משמעותית בעלות ההתקנה של מערכות פוטו-וולטאיות. כך, בניתוח כלכלי שבוצע במסמך של רשות החשמל (ה"ש 2 לעיל) ניתן לראות כי בין 2010-2020 חלה ירידה בעלות של וואט מותקן מ-3.5 דולר לערך לכדולר אחד. בהתאמה, חלה גם ירידה בתעריפי האסדרה של המדינה למתקנים אלו מכ-201 אגורות לקוט"ש בשנת 2008 לכ-36 בשנת 2019. פירוש הדבר הוא שחשמל פוטו-וולטאי הפך להיות זול ותחרותי בהשוואה לטכנולוגיות אנרגיה אחרות, והמדינה צריכה להשקיע הרבה פחות משאבים לצורך העמידה ביעדים. ניתוח עלות-תועלת שבוצע במסמך זה מראה כי אם משקללים את כלל העלויות של אנרגיה סולארית כגון הקמת המתקנים, שיפור התשתיות ברשת ההולכה והחלוקה, וכדומה, אל מול החיסכון הנובע מכך כגון צמצום בהקמת תחנות כוח קונבנציונליות, חיסכון בעלויות דלקים, ועוד, עמידה ביעד של 30% אנרגיה מתחדשת בשנת 2030 יביא לעלות עודפת למשק החשמל של כ-4 מיליארד ₪ בשנה שהם פחות מ-1% מכלל עלויות משק החשמל, כלומר תוספת העלות הנדרשת להגדלת היעד היא מזערית. עם זאת, יש לזכור כי חישוב זה לא כלל עדיין את העלויות החיצוניות הנגרמות מנזקי הזיהום. אם מכלילים (בשלב השני במסמך) גם גורם זה כבר מקבלים חיסכון כספי של 8 מיליארד ₪! כך, אנרגיה סולארית פוטו-וולטאית היא נכונה סביבתית, משתלמת כלכלית ואפשרית מבחינת שטח!

### מהי אגירה?

חשמל הוא מוצר מיוחד. הביקוש לחשמל תלוי ביום, בשעה, במצב הכלכלי, בעונה, במזג האוויר, ועוד. באופן זה הביקוש עשוי להשתנות מרגע לרגע והוא נע בין ביקוש שפל, ביקוש ממוצע וביקוש שיא. ייצור החשמל ואספקתו צריכים להגיב בכל רגע ורגע לביקוש, כאשר אם ייצור החשמל נמוך מהביקוש נוצרים מחסור ופגיעה באספקת החשמל, ואם הייצור גדול מהביקוש אזי נוצר בזבז. ניהול המערכת במקורות חשמל קונבנציונליים היה פשוט יחסית שכן ניתן בזמן תגובה קצר יחסית להדליק או לכבות תחנות כוח (מעבר לעומס בסיס שפעל

בקביעות בטכנולוגיות כגון הפחם שאינן גמישות להפעלה וכיבוי תדירים). במובן זה אנרגיה סולארית יצרה אתגר לניהול מערכת החשמל. לאנרגיית השמש הנופלת על כדור הארץ פרופיל משלה, וייצור החשמל מהשמש תלוי רק בו ולא ברצונות האנושיים. כך, מיצרים יותר חשמל סולארי בצהרים לעומת הבוקר ואחה"צ, מיצרים יותר חשמל סולארי בקיץ לעומת החורף ולא מיצרים כלל חשמל סולארי בלילה. על מנת לאפשר הסתמכות משמעותית על חשמל סולארי בכמות ובאמינות הדרושות בשעות היממה ובעונות השונות היה צורך לפתח טכנולוגיות אגירה שיקלטו עודפי חשמל סולארי בשעות שבהם הוא מיוצר מעל לביקוש, ויספקו אותו לרשת בשעות שבהן הביקוש עולה והייצור יורד. כיום, זמינות טכנולוגיות אגירה שונות כגון אגירה בחוות סוללות או אגירה שאובה. באגירה שאובה מוקמים מאגר עליון של מים ומאגר תחתון. בשעות של עודף חשמל נשאבים המים במשאבות חשמליות מהמאגר התחתון למאגר העליון, ובשעות של מחסור בחשמל מופלים המים מלמעלה למטה דרך טורבינה ומייצרים חשמל. כך, ניתן כיום להגדיל משמעותית את יעדי הייצור באנרגיה מתחדשת, כאשר מתקני אגירה שונים צריכים להילקח בחשבון כחלק ממשק החשמל וכחלק מתמהיל הדלקים. כמובן שבדומה לשיפור הטכנולוגי ולירידה בעלויות של מתקנים פוטו-וולטאיים צפוי שיפור דומה גם בטכנולוגיות האגירה שיקלו מאד על יישום אנרגיה מתחדשת, שהוא כאמור אפשרי וכלכלי כבר היום.

### המלצות להמשך פיתוח משק אנרגיה בר קיימא

1. הגדלת יעדי האנרגיה המתחדשת של ישראל ל- 50% בשנת 2030. יעד זה מתבסס על פוטנציאל שטחים דואליים שיאפשר 46% מייצור החשמל (בהתאם לבדיקת המשרד להגה"ס) בתוספת שטחים פתוחים למתקנים קרקעיים ולטורבינות רוח.
2. בחינה מחודשת של הצורך בבניית תוספת ייצור חשמל בגז טבעי, ועצירת התחנות המיותרות. בפרט יש לתכנן ולבנות מערכות אגירה במקום תחנות כוח פיקריות.
3. הפסקה של פיתוח מקורות אנרגיה פוסיליים נוספים כגון פצלי שמן או קידוחי גז ונפט מזהמים.
4. יישום תכנית משמעותית של התייעלות וחיסכון באנרגיה.
5. הגדלת היעדים מעבר ליעדי 2030 ולקראת כלכלה דלת פחמן בשנת 2050 תצריך מספר פעולות נוספות:

- א. המשך פיתוח רשת ההולכה כך שתהיה מסוגלת לקלוט חשמל משדות קרקעיים שיוקמו לאחר (וגם במקביל) למיצוי השטחים הדואליים.
- ב. המשך פיתוח, תכנון ויישום מערכות אגירה.
- ג. מיפוי ואיתור שטחים קרקעיים מתאימים להמשך פיתוח משק החשמל.