



אנרגיה חלופית ושטחים פתוחים



ד"ר עמית מור
שמעון סרוסי
עו"ד יובל לסטר

B E R A C H A
מכון ב"א-ברכה ל"א א"ת
The Beracha Foundation | קרן ברכה
העבודה נערכה בסיוע קרן ברכה

כסלו תשס"ט • דצמבר 2008



אנרגיה חלופית ושטחים פתוחים

כתיבה: ד"ר עמית מור, שמעון סרוסי, עו"ד יובל לסטר

עיצוב הסדרה: אורי קרמן

עימוד: רן גולדבלט

מכון דש"א (דמותה של ארץ) עוסק בגיבוש המלצות למדיניות וכלים לשמירה על השטחים הפתוחים וערכיהם באמצעות צוות חשיבה מקצועי ובין מגזרי, קיום סדנאות וימי עיון, עבודות מחקר יישומי ועריכת סקרי הערכה של משאבי טבע, נוף ותרבות בשטחים הפתוחים.

מכון דש"א

כתובת: רח' הנגב 2 תל אביב, מיקוד 66183.

טלפון: 03-6388700

דוא"ל: edna@deshe.org.il

אתר דש"א: www.deshe.org.il

דצמבר 2008



אקו אנרג'י מ.ס. (2001) בע"מ
יעוץ כלכלי אסטרטגי

בית אקרשטיין, רח' מדינת היהודים 103, ת"ד 4079, הרצליה פיתוח 46140

טל' 09-9579331, פקס' 09-9564255

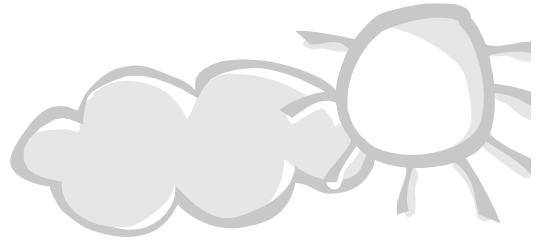
www.ecoenergy.co.il, e-energy@ecoenergy.co.il





3	על העבודה ומטרותיה
4	תמצית מנהלים
10	חלק ראשון: משק החשמל והטכנולוגיות ליצור חשמל
10	פרק 1: משק החשמל בישראל
10	1.1 ייצור חשמל בישראל
12	1.2 הביקוש הנוכחי לחשמל
13	1.3 העלייה בביקוש לחשמל והגורמים לה
15	1.4 ייצור חשמל ע"י יצרנים פרטיים
16	1.5 ביקוש מול היצע קיים
17	1.6 שימור אנרגיה
19	1.7 ניהול ביקושים
21	1.8 הצורך בקביעת תעריפים הכוללים עלויות חיצוניות
21	1.9 הצפי לפיתוח תשתיות חשמל ממקורות קונוונציונאליים
23	פרק 2: האלטרנטיבות לייצור חשמל
24	2.1 הטכנולוגיות האלטרנטיביות לייצור חשמל
25	2.1.1 אנרגיה הידרו-אלקטרית
25	2.1.2 אנרגיה שאובה
26	2.1.3 אנרגיה גיאותרמית
26	2.1.4 אנרגיה מביומאסה
28	2.1.5 אנרגיה מהים
28	2.1.6 אנרגיה מרוח
30	2.1.7 אנרגיה סולארית
33	2.2 ייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בישראל
35	2.3 אנרגיה גרעינית והשימוש האפשרי שלה בישראל
37	חלק שני: אנרגיה חשמלית ושימושי קרקע
37	פרק 3: השימוש בשטחים לייצור ואספקת חשמל
38	3.1 השטח הדרוש לקווי הולכה
39	3.2 השטח הדרוש לייצור אנרגיה מפחם
39	3.3 השטח הדרוש לייצור אנרגיה מגז טבעי
39	3.4 השטח הדרוש לחוות רוח
41	3.5 השטח הדרוש לאנרגיה סולארית
44	3.6 סיכום ביניים
46	3.7 הפוטנציאל לייצור אנרגיה חלופית בשטחים בנויים או בנויים למחצה
50	פרק 4: יעדים לייצור חשמל באנרגיה מתחדשת ותחזית ייצור חשמל בישראל, 2008-2030
50	4.1 יעדים לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בישראל
52	4.2 תחזית יצור חשמל בישראל עד 2030
54	נספחים
I	Executive Summary





על העבודה ומטרותיה

לאחרונה החלו בישראל מהלכים שנועדו לקדם יוזמות לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות בהיקפים נרחבים. מגמה זו לייצור אנרגיה מתחדשת אשר תצמצם את הצורך להשתמש בדלקים פוסיליים הגורמים לזיהום אויר ומגבירים את התופעות השליליות של שינוי האקלים הינה חיונית ומבורכת. ואולם, בצד היתרונות הסביבתיים הברורים, מתקנים לייצור אנרגיה מתחדשת אינם חפים גם מהשפעות שליליות על הסביבה. ההשפעה השלילית העיקרית נובעת מדרישות השטח הניכרות של מתקנים לאנרגיה מתחדשת. רוב היוזמות להקמת מתקנים לאנרגיה סולארית מתוכננות בשטחים נרחבים בלב השטח הפתוח במקומות בעלי רגישות סביבתית גבוהה. מתקנים לניצול אנרגיית רוח מחייבים בהכרח שטחים נרחבים ברוב המקרים בשטחים נישאים בעלי רגישות אקולוגית ונופית. דרישות השטח הגבוהות של ייצור אנרגיה מתחדשת יוצרת לכך איום נוסף על השטחים הפתוחים שגם כך נמצאים במחסור חמור ביותר ועל הערכים הגלומים בהם ובראשם המגוון הביולוגי. המגוון הביולוגי הכולל את כל מערכות החיים והתהליכים הטבעיים ומהווה גם לאדם מקור למזון, לתרופות ולשירותי מערכת אקולוגיים חיוניים נמצא במשבר עולמי המאיים על קיומו. ישראל נתברכה בעושר מיוחד של מגוון ביולוגי בעל חשיבות עולמית ומקומית שגם הוא נמצא תחת איום חמור בשל המחסור הגובר בשטחים פתוחים ובשל הפגיעה הקשה ברציפותם. על פי התחזיות האקולוגיות צמצום וקיטוע נוספים של השטחים הפתוחים שנתרו עלול להביא לאובדן של למעלה ממחצית ממיני הצמחים ובעלי החיים שנתרו כאן, בהם מינים אנדמיים שיצטרפו לרשימת המינים שנכחדו לעד. הפגיעה במגוון הביולוגי מושפעת גם היא מתופעות שינוי האקלים העולמי ואולם, בגבולות המצומצמים של מדינת ישראל ההשפעה החמורה יותר מקורה בפעילות הישירה הגורמת לאובדן וקיטוע של שטחים פתוחים ובתי גידול.

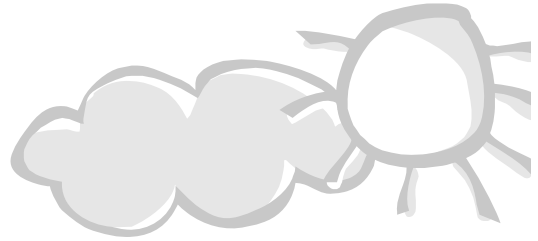
מצב זה יוצר קונפליקט בין שני צרכים סביבתיים חיוניים: בין הצורך לצמצם את השימוש בדלקים פוסיליים וההשפעות השליליות החמורות הנגרמות על ידו, ובין הצורך לשמור מכל משמר על השטחים הפתוחים וערכיהם. התמודדות נאותה עם הקונפליקט מחייבת בחירה שקולה של **טכנולוגיות ומתקנים** שונים לייצור אנרגיה מתחדשת ושל **מיקומם והיקפם** בדרך שתיקח בחשבון את כלל התועלות אל מול המחיר הסביבתי שהן גובות בתחום השמירה על השטחים.

עבודה ראשונית זו נועדה לבחון את ההיקף והאופי של דרישות השטח של הטכנולוגיות והמתקנים השונים לייצור אנרגיה מתחדשת כבסיס לתכנון מושכל שיתחשב במצוקת הקרקע החמורה ובצורך לשמירה מיטבית על השטחים הפתוחים.

יואב שגיא
ראש מכון דש"א







תמצית מנהלים

רקע כללי

משק החשמל בישראל:

1. משק החשמל בישראל מתמודד עם מצב ייחודי בו מצד אחד עליו לתפקד כמשק המספק את הביקוש לחשמל לנפש ברמה דומה לזו של מדינות מפותחות ומצד שני עליו לעמוד בקצב עלייה מהיר של צריכת חשמל הדומה לזה הנצפה במדינות מתפתחות.

2. יכולת ייצור החשמל בישראל נכון לדצמבר 2006 עמדה על כ- 10,899 מגה וואט, ב-58 תחנות ייצור בפריסה ארצית. עלות ייצור החשמל הנוכחית למשק עומדת על כ-4 מיליארד \$ לשנה, שמהווה כ-1% מהתל"ג.

3. תמהיל הדלקים בישראל לייצור חשמל נסמך רובו ככולו על דלקים מאובנים: פחם, גז ונפט. כשבעים אחוזים מהחשמל מיוצרים בתחנות כוח פחמיות. שאר הייצור נעשה ברובו בתחנות כוח קיטוריות, טורבינות גז ובתחנות כוח הפועלות במחזור משולב (מחז"מ), שמרביתן שרפו בעבר סולר או מזוט ובצורה הדרגתית עוברות הסבה לשימוש בגז טבעי.

4. במקביל לעלייה הניכרת בביקוש לחשמל מוקמות גם תחנות כוח נוספות, אך בקצב בו הפער בין הביקוש להיצע נשאר קטן, עובדה שמציבה את משק החשמל בסיכון מתמיד למשברים עקב קשיים לעמוד בביקוש לחשמל.

שימור אנרגיה:

1. המונח שימור אנרגיה כולל שני נדבכים, באחד מושם הדגש על חיסכון באנרגיה ומניעת הבזבז שלה והשני עוסק בהתייעלות בניצולה.

2. מדיניות שימור אנרגיה מושכלת יכולה להוביל לצמצום מצטבר משמעותי (20% ויותר) בשיעור הגידול בביקוש לאנרגיה וזאת מבלי לפגוע בפעילות הכלכלית הקיימת.

3. מגוון הצעדים בהם ניתן לנקוט על מנת להביא לחיסכון באנרגיה הוא עצום, וחשוב להדגיש את היתרון הגדול הטמון בהם: הם יכולים להינקט ללא תלות במרכיבי מדיניות אחרים ומבלי לסתור אותם וזאת בעלויות נמוכות יותר מצעדי מדיניות אחרים שנועדו לספק את ביקושי האנרגיה של השנים הבאות.



ניהול ביקושים:

1. משק החשמל בישראל מתפקד כ"אי אנרגטי" ועל יצרני החשמל הישראליים וחברת החשמל בראשם לספק את כל הביקוש לחשמל במדינה בכל רגע נתון. אין זה יעיל כלכלית להקים רזרבה של תשתית כושר יצור חשמל לשעות שיא ביקוש מעטות שאינה בשימוש במרבית ימות השנה. יתרה מכך, כיוון שהצריכה לנפש גדלה מדי שנה, נדרשים יצרני החשמל להגדיל את יכולת הייצור מידי שנה בהתאם לביקושי השיא וכפועל יוצא להשקיע השקעות גדולות בתשתית ייצור החשמל.

2. על מנת לצמצם עד כמה שניתן את הצורך בהקמת תשתית כזו להגדלת יכולת ייצור החשמל, יש צורך לנהל את הביקוש בצורה כזו שתפחית למינימום את מספר המצבים בהם משק החשמל יידרש לייצור שיא.

3. לשימור אנרגיה ולניהול והסטת ביקושים יכולה להיות תרומה משמעותית במניעת/דחיית הצורך בהקמת תשתיות ייצור חשמל חדשות ולפיכך לפעילות כזו יש השלכות ישירות על שמירת השטחים הפתוחים. בנוסף, כיוון שבכל העת נעשים פיתוחים טכנולוגיים ליעול ייצור האנרגיה והשימוש בה, דחייה כזו תאפשר בעתיד הקמת תחנות כוח בטכנולוגיות יעילות יותר גם מבחינת ניצול השטח.

קביעת תעריפים והפנמת עלויות חיצוניות:

1. רוב ההפחתה בשימוש בחשמל בעולם לא באה מניהול עומסים אלא מהתייעלות של הצרכנים בשימוש בחשמל, שבדרך כלל נוצרת בעקבות מנגנוני פרס/קנס לצרכן ושיטות תיערוף חשמל מתקדמות.

2. הפנמת עלויות חיצוניות בתעריף החשמל ותמחור החשמל בהתאם לעלויות השוליות לא רק יגלמו טוב יותר את מחירו האמיתי, אלא כפי שכבר הוכח במדינות רבות בעולם, העלאת תעריפים היא אמצעי יעיל ביותר להוביל להתייעלות וחסכון באנרגיה.

האלטרנטיבות לייצור חשמל:

1. האלטרנטיבות לייצור חשמל נחלקות בין אלה שהמקורות לייצור חשמל הם מדלקים פוסיליים – פחם, גז ונפט שבאמצעותם מופק רוב החשמל כיום בעולם, לבין קבוצה הכוללת מקורות אלטרנטיביים לייצור חשמל.

2. טכנולוגיות ייצור חשמל ממקורות אלטרנטיביים נחלקות בין שתי קבוצות: אלה שמייצרות אנרגיה אלטרנטיבית **מתחדשת** ואלה שמייצרות אנרגיה אלטרנטיבית **שאינה מתחדשת**, דוגמת אנרגיה גרעינית. המשותף לטכנולוגיות ייצור החשמל בקבוצה הראשונה, היא העובדה שאינם מכלים או שורפים משאבי טבע בכדי לייצר חשמל. הם יוצרים חשמל מניצול משבי רוח, מתנודתיות המים, מקרינת השמש, או מחום גיאותרמי שפולטת האדמה. כיוון שתהליכי ייצור החשמל ממקורות אנרגיה מתחדשים לא כוללים הליך של שריפת דלקים הם גם אינם פולטים גזי חממה.

3. בשנים האחרונות שבה ההתעניינות בנושאי ביטחון האנרגיה והצורך בפיתוח מקורות אנרגיה מתחדשים התעורר מחדש ואף ביתר שאת. הסיבות המרכזיות לכך הן שתיים: שאיפה לביטחון פוליטי-



כלכלי והיבטים סביבתיים-בריאותיים. בנוסף נבחנת רכישת חשמל ממדינות שכנות, שתתאפשר אם וכאשר ייווצרו תנאים גיאופוליטיים מתאימים. בהקשר זה יצויין כי יבוא החשמל ממדינות האזור לא ייתר בהכרח את הקמתן של תחנות כוח נוספות, שבעתיד הנראה לעיין יידרשו כגיבוי מסיבות גיאואסטראטגיות.

יעדים ותחזיות לשימוש באנרגיה מתחדשת

1. חרף החלטת ממשלה שהתקבלה בנובמבר 2002 שקבעה יעד להטמעת אנרגיות מתחדשות בתהליך ייצור החשמל לסך של 2% לפחות מסך ייצור החשמל עד לשנת 2007 והעלאת שיעור זה באחוז כל שלוש שנים, נכון להיום יעד זה רחוק מלהיות מושג. שיעור החשמל המיוצר כיום בארץ ממקורות אנרגיה מתחדשים עומד על כ-0.1%.

2. במאי 2008 הכריז שר התשתיות שהוא מעלה את היעד לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות עד לשנת 2020 ל-10% מסך ייצור החשמל ומשרד התשתיות מתעתד לצאת עם מספר תוכניות מקיפות להגשמת יעד זה.

3. יעדי משרד התשתיות המוצהרים בנוגע לאנרגיות מתחדשות הן שעד שנת 2011-2012 יותקנו כ-600 MW חשמל מאנרגיות מתחדשות. התקנות אלו יתחלקו בעיקרן בצורה הבאה: 300 MW סולארי (250 MW פרויקט אשלים – תרמו-סולארי, 80 MW פוטו-וולטאי באשלים ובית) ו-300 MW מאנרגית רוח (200 MW רמת-הגולן, 50 MW- גלבוע ו-50 MW רמת סירין). נבחנת גם האפשרות לעידוד התקנת תחנות רוח ביתיות בהיקף של עד 50 MW.

4. אנו הערכנו בהתאם כיעדים ברי מימוש התקדמות לקראת ייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת מ-0.1% בשנת 2008 עד 5% בשנת 2015 ומשנה זו ואילך תוספת של 1% לשנה עד ל-10% בשנת 2020 ועד ל-20% בשנת 2030.

5. על פי הערכתנו ייצור החשמל בישראל יגדל מ-53 מיליארד קוט"ש בשנת 2007 לכ-118 מיליארד קוט"ש בשנת 2030. בהתאם לתחזית זו מימוש היעדים יחייב הקמה של תחנות כוח בטכנולוגיות של אנרגיה מתחדשת בהיקף עצום של כ-8,300 מגו"ט עד שנת 2030 וזאת יחסית לכושר ייצור מותקן כולל של 11,000 מגו"ט בשנת 2008.

6. ייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בהיקף זה יחייב שימושי קרקע נרחבים. תידרש עבודה מקיפה כדי לתת ביטוי נפרד לעלויות הקרקעיות של הטכנולוגיות השונות.

אנרגיה ושטחים פתוחים

השימוש בשטחים לייצור ואספקת חשמל:

1. ככלל תשתיות לייצור חשמל מכל סוג הן צרכניות שטח משמעותיות. כאשר מדובר בייצור חשמל בתחנות כוח מרכזיות השטח הנתפס אינו כולל רק את המתחם עליו יושבת תחנת הכוח, אלא כולל גם שימושי קרקע רבים אחרים שפעמים נמצאים גם במרחק של עשרות ואף אלפי קילומטרים מהתחנה.



2. מגוון השימושים לשטחים הנדרשים לצורך הפקת חשמל ברמה המקומית והגלובאלית הופך את החישוב המדויק לשטח אותו כל שיטת חשמל צורכת למורכב וסבוך במיוחד.

3. למרות שייצור עצמי של חשמל והתנתקות עקב כך מקווי הולכה אפשרי, בייחוד כאשר מדובר בייצור חשמל מפאנלים סולאריים או תחנות רוח קטנות המוצבות על גגות בתים, אין זה סביר לפחות בטווח הנראה לעין, שיהיו בישראל יישובים, שכונות או בתי אב רבים שיהיו מנותקים כליל מרשת החשמל הארצית. בהתאם להנחה זו, בכל מקרה יהיה צורך בקווי הולכה. נקודת המוצא לדיון היא ששתי שיטות ייצור החשמל האלטרנטיבית כמו גם הקונוונציונאלית יצרכו מבחינה זו היקפי שטח דומים לתשתית הולכה.

4. תחנות כוח פחמיות וטורבינות הפועלות על גז ומזוט הן צרכניות יעילות יחסית של שטחים, אם לא לוקחים בחשבון את השטחים הנדרשים לכריית הפחם, הגז והנפט. בחינת השטחים הדרושים להפקת חשמל מרוח ומהשמש בהיקפים גדולים מצביעה על צורך בתאי שטח גדולים יותר באופן משמעותי:



שטח נדרש בשיטות שונות של ייצור חשמל

(על בסיס נתונים הרלוונטיים לישראל ותחנות כוח חדישות הפועלות כיום בעולם)

שם התחנה וטכנולוגיית ייצור	הספק מותקן MW/p	ייצור שנתי בפועל באלפי MW/h	שטח התחנה בקמ"ר	שטח נדרש לתחנת כוח של 1,000 MW/p בקמ"ר	חשמל מיוצר בקמ"ר באלפי *MW/h
אורות רבין חדרה – תחנה פחמית***	2,590	19,076	2.024	0.781	9,534
חגית – תחנת מחז"מ (גז)***	660	אין נתונים	0.735	1.11	5,524
2 תחנות תרמו-סולארית מתוכננות באשלים**	160-250 (בין 80 ל-125 כל אחת)	אין נתונים	4	16-25	86-134
תחנה תרמו-סולארית Solar 1 בנבאדה ארה"ב***	75	130	1.619	21.6	130
2 תחנות פוטו-ולטאיות מתוכננות באשלים**	15+15	אין נתונים	0.3-0.6	20	90
תחנה פוטו-ולטאית, (תאי סיליקון רגילים), קיימת בספרד – Beneixama***	20	30	0.5	25	60
תחנה פוטו-ולטאית, (תאי Thin Film בגרמניה Waldpolenz)***	40	40	1.1	27.5	36
תחנת רוח מתוכננת ברמת הגולן***	380	אין נתונים	140	368	†8

* התחשיב מבוסס על הנחה כי תחנות הכוח מופעלות בשיא ההספק בממוצע שנתי שיעור מהזמן כדלהלן: פחם – 85%; גז/מזוט – 70%; רוח – 35%; תרמו סולארי – 24.5%; פוטו-ולטאי – 20.5%.
 ** על פי תנאי המכרז של משרד התשתיות לאתרים המתוכננים באשלים.
 *** על פי פרסומים שונים.

† יודגש כי לגבי חוות רוח מדובר בשטח מנוצל ברוטו, כאשר באותו מרחב יכולים להתקיים שימושי קרקע נוספים, דוגמת גידולים חקלאיים רעייה ואף ישובים קטנים.

5. מבט ראשון על הטבלה לעיל מוביל למסקנה חד משמעית כי ייצור חשמל בטכנולוגיות מתחדשות בתחנות מרכזיות צורך שטחים גדולים בהרבה מאלו שצורכות תחנות כוח קונוונציונאליות. אולם ההשוואה כזו אינה פשוטה כלל ועיקר ויש לזכור כי:

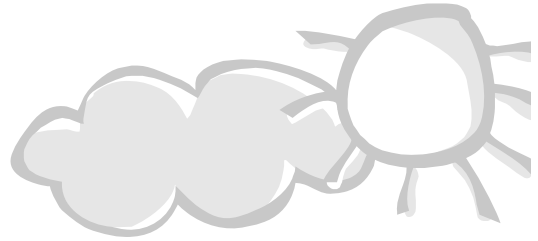


- הטכנולוגיות האלטרנטיביות הן רק בראשית דרכן ויש עוד מקום רב לשיפור גם בהיבט של ניצול שטחים.
- יש לקחת בחשבון את ההשפעות הסביבתיות השליליות שיש לשריפת דלקים פוסיליים לייצור חשמל והקשר שנימצא בניהן לתופעות כמו התחממות גלובאלית, פגיעה במגוון המינים, מדבור ועוד, שלהן השפעה ישירה על שטחים פתוחים.

הפוטנציאל לייצור אנרגיה מתחדשת:

1. אחד היתרונות הבולטים שיש לשיטות מסוימות של ייצור אנרגיה חלופית, נעוץ בעובדה כי ניתן לייצר את החשמל באמצעותן ללא צורך בייעוד שטחים מיוחדים לצורך כך, אלא פשוט ע"י ניצול טוב יותר של קרקע שכבר נעשה בה שימוש.
2. הפוטנציאל להפקת אנרגיה על גגות בתים פרטיים בטכנולוגיות הקיימות מוגבל ביותר ובפירוש לא מדובר על אפשרות לתרומה אסטרטגית למשק החשמל בישראל בטווח הנראה לעין.
3. פוטנציאל גבוה לייצור חשמל סולארי שעשוי להיות לו תרומה משמעותית למשק החשמל, טמון בשימוש בשטחים בנויים ובנויים למחצה בעלי מאפיינים מסחריים וציבוריים.
4. במידה ומדינת ישראל תרצה להגיע לאחוזים משמעותיים של ייצור חשמל מאנרגיות חליפיות, בסדר גודל של 15-20% מכלל ייצור החשמל הצפוי בישראל, יהיה עליה גם לפעול לצמצום פגיעה אפשרית בהיקפם וערכם של השטחים הפתוחים. צמצום הנזק לשטחים הפתוחים יחייב לנקוט בכמה צעדים ובכללם:
 - לפתוח בשורה של צעדים רגולטיביים ותמריצים כלכליים שמטרתם עידוד ייצור חשמל חלופי של יצרנים בינוניים קודם כל על חשבון שטחים בנויים או בנויים למחצה, קרקעות נטושות ומופרות בעלות רגישות סביבתית נמוכה והמרת שימושיים חקלאיים לא כלכליים.
 - לאתר בנגב ובערבה שטחים רחבים בעלי רגישות סביבתית נמוכה המתאימה לייצור חשמל בהיקפים גדולים, (PV או תרמי סולארי), בהיקף של עשרות אלפי דונמים.
 - לבדוק באופן רציני את האפשרות להקים תחנות סולאריות בשטחים מדבריים מחוץ לישראל שישפקו חשמל לישראל, (מצרים – סיני, ירדן - ערבה).
 - לכלול את נושא ערכם וחשיבותם של השטחים הפתוחים וערכי הטבע, הנוף והמורשת הגלומים בהם בשיקולי העלות-תועלת בעת קביעת הטכנולוגיות המתאימות לאנרגיה מתחדשת, מיקומם והיקפם.





חלק ראשון: משק החשמל והטכנולוגיות ליצור חשמל

פרק 1: משק החשמל בישראל

משק החשמל בישראל מתמודד עם מצב ייחודי בו מצד אחד עליו לתפקד כמשק המספק את הביקוש לחשמל לנפש ברמה דומה לזו של מדינות מפותחות ומצד שני עליו לעמוד בקצב עלייה מהיר של צריכת החשמל הדומה לזו הנצפה במדינות מתפתחות. העלייה הגבוהה ברמת החיים, שהביאה את ההכנסה הממוצעת במשק לרמה הקרובה לזו שבמדינות ה-OECD, מכתיבה צריכת חשמל ממוצעת לנפש הדומה ברמתה ואף גבוהה מזו שבמדינות אלו. במקביל צמח במהירות קצב הביקוש לחשמל שהוכתב בעיקרו מהגידול בתוצר ובהכנסה לנפש, מגידול האוכלוסין גבוה עקב גלי העלייה הגדולים וקצב ילודה מהגבוהים במדינות המערב.

לשם המחשה, מאז שנת 1990 צריכת האנרגיה הממוצעת לנפש בישראל צמחה ב-44%, בעוד צריכת האנרגיה הממוצעת לנפש במדינות האיחוד האירופי צמחה רק ב-15%. למצב ייחודי זה יש השלכות ישירות על יציבות משק החשמל בישראל, שנדרש לפיתוח הדרגתי ולעמידה בסיכון מתמיד למשברים שמחייב מציאת פתרונות מיידיים.

1.1 ייצור חשמל בישראל

יכולת ייצור החשמל בישראל נכון לדצמבר 2006 עמדה על כ-10,899 מגה וואט (MW)¹, ב-58 תחנות ייצור בפריסה ארצית². עלות ייצור החשמל למשק בשנה זו עומדה על כ-4 מיליארד \$ לשנה והיוותה כ-1% מהתל"ג.

תמהיל הדלקים לייצור חשמל נסמך רובו ככולו על דלקים מאובנים: פחם, גז ונפט, (להלן גם דלקים פוסיליים), ושתי תחנות הכוח הגדולות בישראל, "אורות רבין" בחדרה ותחנת הכוח ע"ש רוטנברג

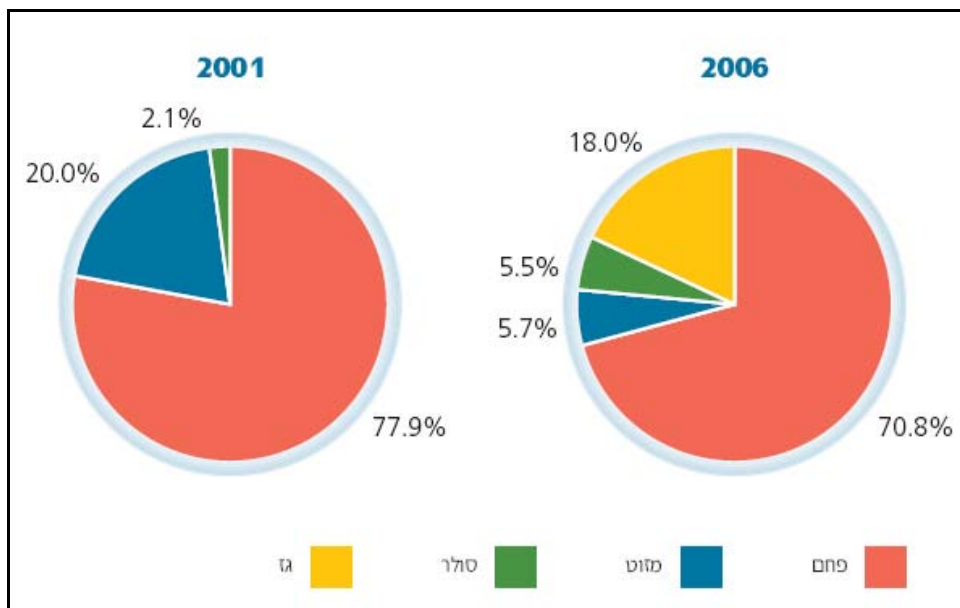
¹ דו"ח פעילות חברת חשמל 2006, ראו **נספח א'** פריסת מערכת החשמל בישראל.
² ראה **נספח ב'** המפרט את תחנות ייצור החשמל בישראל נכון לסוף שנת 2006.



באשקלון, הן תחנות חשמל פחמיות בעלות כושר ייצור כולל של MW 4,840. שתי יחידות אלו מספקות כ-71% מייצור החשמל השנתי בישראל (תרשים 1). שאר הייצור נעשה ברובו בתחנות כוח קיטוריות, טורבינות גז ותחנות כוח הפועלות במחזור משולב (מחז"מ), שמרביתן שרפו בעבר סולר או מזוט ובצורה הדרגתית עוברות הסבה לשימוש בגז טבעי.

במקביל נבנית התשתית שתאפשר את הולכת הגז בצנרת לתחנות הכוח. בעת שיאי ביקוש עדיין מיוצר חשמל בישראל על ידי שריפת סולר ומזוט, שיטה להפקת חשמל שנחשבת ליקרה ולמזהמת במיוחד.

תרשים 1: ייצור החשמל השנתי לפי סוגי דלקים



מקור: דין וחשבון סטטיסטי לשנת 2006 – חברת החשמל.

בעשורים האחרונים נצפית בישראל עלייה מתמשכת ביכולת ייצור החשמל ועל פי נתוני הלמ"ס האחרונים³, סך ייצור החשמל בישראל הסתכם בשנת 2006 בכ-51,811 מיליוני קוט"ש (קילו ואת שעה) - גידול של 4% לעומת שנת 2005⁴. (בשנת 2007 עלה ייצור החשמל על 55,000 מיליוני קוט"ש וצריכת החשמל עלתה ביותר מ-6%).

³ מאזן האנרגיה של ישראל לשנת 2006 – הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.
⁴ פה אולי המקום לציין כי בישראל אובדני החשמל וצריכה עצמית של חח"י עומדים על כ-8% מסך החשמל המיוצר בדומה למערכות חשמל במדינות מפותחות אחרות.



עיקר העלייה ביכולת ייצור החשמל הגיעה בשנים האחרונות מסקטור הגז הטבעי שנחשב לייצור חשמל עם פוטנציאל זיהום נמוך יותר מייצורו מפחם, מזוט או סולר. החשמל שיוצר מגז טבעי בשנת 2006, היווה 17.5% מסך החשמל שיוצר בארץ, לעומת 11.3% בשנת 2005.⁵

במקביל לעלייה בשימוש בגז טבעי נצפית ירידה משמעותית בייצור החשמל ממזוט וסולר, בשנת 2006 פחתה צריכת המזוט לייצור חשמל ב-16.1%, לעומת שנת 2005. חלקו של המזוט בסך התשומות לייצור חשמל ירד מ-9.9% בשנת 2005, ל-8.1% בשנת 2006. החשמל המיוצר מסולר היווה 5.3% מסך החשמל שיוצר בארץ, לעומת 6.0% בשנת 2005.⁶

טבלה 1: ייצור חשמל לפי דלקים

Thousands of t.o.e. (tons of oil equivalent)							אלפי שטע"ן (שווה ערך לטון נפט)
	2006		2005		2004		
	תשומת דלקים	חשמל שיוצר	תשומת דלקים	חשמל שיוצר	תשומת דלקים	חשמל שיוצר	
	Fuel input	Electricity generated	Fuel input	Electricity generated	Fuel input	Electricity generated	
Coal	7,665	3,073	7,633	3,107	7,811	3,173	פחם
Residual fuel oil	627	243	690	311	343	438	מזוט
Gas oil	910	235	1,085	259	1,414	106	סולר
Natural gas	2,021	781	1,476	484	1,080	373	גז טבעי

מקור: מאזן האנרגיה של ישראל לשנת 2006 – הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

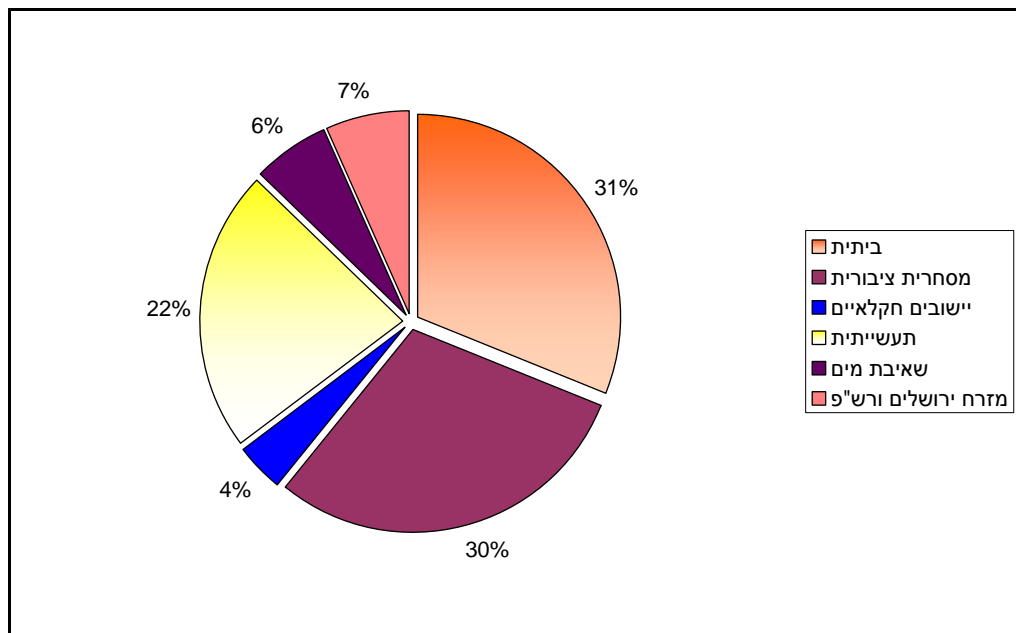
1.2 הביקוש הנוכחי לחשמל

כפי שניתן לראות מתרשים 2 שלהלן הצרכנים המשמעותיים ביותר במשק החשמל הישראלי נכון לסוף שנת 2006 הם המגזר הביתי, המגזר הציבורי-מסחרי והתעשייה שיחד אחראיים על כ-83% מהביקוש לחשמל.

⁵ ש.ש.
⁶ ש.ש.



תרשים 2: צריכת החשמל השנתית על פי סוג הצרכנות באחוזים – 2006



מקור: דין וחשבון סטטיסטי לשנת 2006 – חברת החשמל.

1.3 העלייה בביקוש לחשמל והגורמים לה

יחד עם העלייה הכללית ברמת החיים של תושבי מדינת ישראל וגידול האוכלוסין חלה בשנים האחרונות עלייה משמעותית בצריכת החשמל. על פי נתוני הלמ"ס האחרונים, צריכת החשמל במשק הסתכמה בשנת 2006 ב-45,702 מיליוני קוט"ש - גידול של 3.8%, לעומת שנת 2005. כפי שניתן לראות מטבלה 2 עיקר העלייה נבע מצריכת משקי הבית שעמדה בשנת 2006 על 14,433 מיליוני קוט"ש – עליה של 5.2% לעומת השנה הקודמת. צריכת מפעלי התעשייה גדלה בשנת 2006 ב-1%, לעומת שנת 2005, והסתכמה ב-11,724 מיליוני קוט"ש⁷.

⁷ ש.ם.



טבלה 2: ריכוז צריכת החשמל במיליוני קוט"ש, לפי קבוצות צרכנים

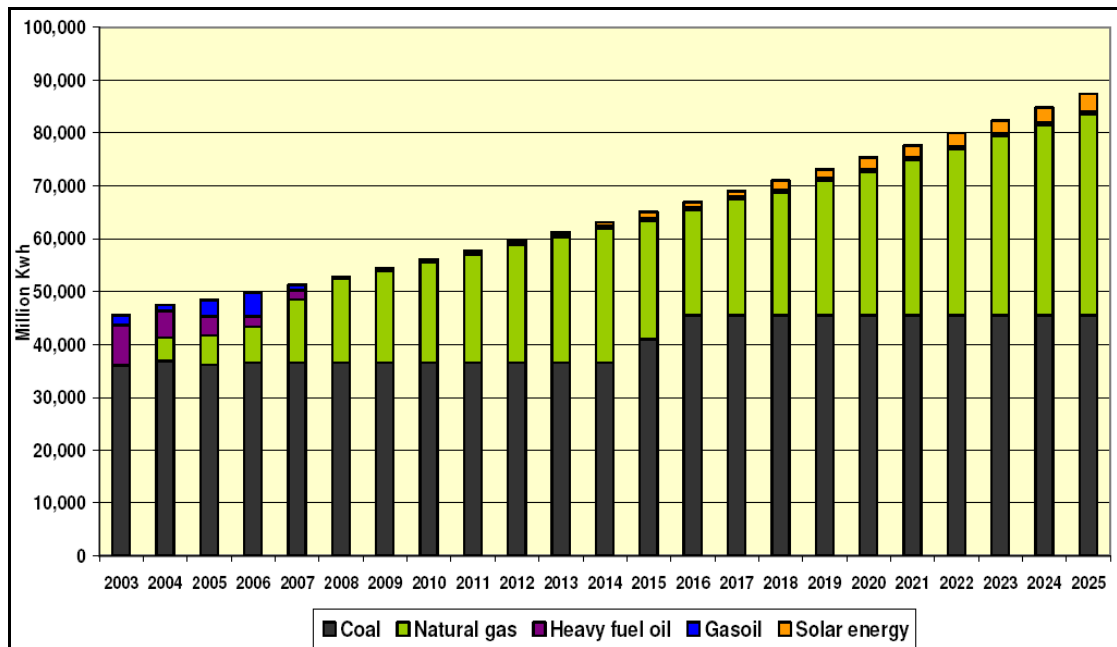
2006	2005	2004	
14,432.9	13,720.2	13,518.1	משקי בית
13,703.5	13,083.1	12,507.4	מסחר ושירותים
11,723.5	11,609.5	11,257.9	תעשייה כולל יצרנים פרטיים
2,837.3	2,707.6	2,727.9	שאיבת מים
1,753.0	1,699.3	1,701.1	יישובים חקלאיים
1,251.3	1,196	1,139.3	צובר
45,701.5	44,015.7	42,851.7	סה"כ

מקור: מאזן האנרגיה של ישראל לשנת 2006 – הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

* צובר: קנייה מרוכזת של חשמל מחח"י (בעיקר לרשות הפלשתינאית) ואספקתו והולכתו למשתמשים באופן עצמאי.

מגמת העלייה בביקוש לחשמל בישראל צפויה להימשך. הערכה שמרנית מצביעה על כך שבתוך 20 שנים סך הביקושים לחשמל יוכפל (תרשים 3). בהתאם לכך תידרש בניה מסיבית של תשתיות חשמל שתענה לביקושי החשמל הצפויים.

תרשים 3: צפי ביקוש לחשמל לפי מקור ייצור 2003-2025



מקור: תחזית אקו אנרגי



הגורמים העיקריים לעלייה בביקוש לחשמל הם:

1. **הגידול בתוצר והעלייה ברמת החיים**: הגברת הפעילות הכלכלית ועליית רמת החיים שמובילה לקנייה מוגברת של מוצרי חשמל בין השאר כאלו שנחשבים לזוללי חשמל כמו מייבשי כביסה ומזגנים.
2. **גידול האוכלוסין**: בישראל ילודה גבוהה באופן יחסי למדינות מערביות אחרות.
3. **הוזלה במחירי מכשור חשמלי ומוצרי חשמל** בשל שיפורים טכנולוגיים.
4. **הסבה למוצרי חשמל**: פעילויות רבות שנעשו בעבר באופן ידני או במכשור המבוסס על דלקים נוזליים מוסבות בהדרגה לחשמל, מטעמי יעילות, נוחות ובטיחות.
5. **שינויי האקלים**: תנודות קיצוניות במזג האוויר, מתורגמות לצריכת חשמל מוגברת לצורכי קירור או חימום בהתאם לעונה. שימוש במזגנים ומקררים בימות הקיץ החמים ובחימום חשמלי בימות החורף הקרים, הם הגורם המשמעותי ביותר ליצירת שיאי ביקוש.
6. **התפלת מים**: התפלת מים צורכת כ-4 קוט"ש להתפלת מ"ק מי ים. בעשור הקרוב מתוכננת הקמתם של מתקני התפלה בהיקף של כחצי מיליארד מ"ק כך שמתקני התפלה הופכים לצרכן חשמל משמעותי, ומשק המים הצורך כיום כ-6% מצריכת החשמל בישראל צפוי להעלות את משקלו היחסי בצריכת החשמל בישראל.

1.4 ייצור חשמל ע"י יצרנים פרטיים

רוב רובו של החשמל בישראל מיוצר על ידי חברת החשמל שהיא חברה בבעלות ממשלתית, אולם בשנים האחרונות החל להתממש "ההסדר ליצרני חשמל פרטיים". הסדר זה מאפשר לפרויקטים, שנבדקו ואושרו על ידי משרד התשתיות ורשות החשמל, לייצר חשמל ולעשות בו שימוש עצמי או למכור אותו לצרכנים סופיים או לרשת החשמל הארצית. יצרני החשמל הפרטיים הראשונים היו פרויקטים של ייצור חשמל מרוח ובהמשך הוחל ההסדר גם על מתקני ייצור משולבים.

בשנת 2005 פרסם משרד התשתיות תקנות המיועדות להסדרת ההתקשרות בין יצרני חשמל פרטיים לבין חברת החשמל כתורת הולכה ואספקה ועל סמך תקנות אלו ביקשו מספר גורמים אישורים להקמת תחנות כוח פרטיות. ביוני 2008 עודכנו תקנות אלה.

חרף חבלי לידה קשים לתוכנית זו בעת האחרונה נצפית עלייה במספר הפרויקטים המתוכננים לייצור חשמל. בשנת 2007 קידם משרד התשתיות רישיונות לייצור חשמל פרטי למפעלי נייר חדרה בטוח הספק שבין 175 ל-230 MW; למפעלי ים המלח בטוח הספק שבין 200 ל-400 MW; לחברת "דליה" שתקים באזור כפר מנחם מפעל לייצור חשמל בהספק של 560 MW. בחלק מהחשמל המיוצר ייעשה שימוש עצמי, חלק ימכר לרשת החשמל וחלקו לצרכני קצה פרטיים.



עוד תחנות כוח שאושרו ונמצאות בשלבים שונים של הקמה הן דוראד של קבוצת זורלו-אדלטק-קצא"א שמתכננת להקים את תחנת הכוח הפרטית הגדולה בישראל (MW 800) במתחם קצא"א באשקלון; מפעלי סולבר (MW 100), אגן כימיקלים (MW 55) שבאשדוד ומתחם מכתשים-אגן שברמת חובב (MW 100).

לאחרונה פורסם כי גם חברת אינטל ישראל מתכננת להקים תחנת כוח בקרית גת בהשקעה של 100-150 מיליון דולר. מדובר בתחנה בהספק של כ-100 MW, העתידה לספק את צורכי החשמל של החברה במפעליה בקרית גת ובמרכזי הפיתוח ברחבי המדינה. חברת אינטל ישראל נחשבת לאחד הלקוחות הפרטיים הגדולים של חברת החשמל, בהיקף צריכה משוער של 70-80 MW.

יש להניח שמגמה זו של ייצור חשמל על ידי יצרני חשמל פרטיים תלך ותגדל בשנים הבאות ויש לקחת אותה בחשבון בתכנון ארוך הטווח למשק החשמל.

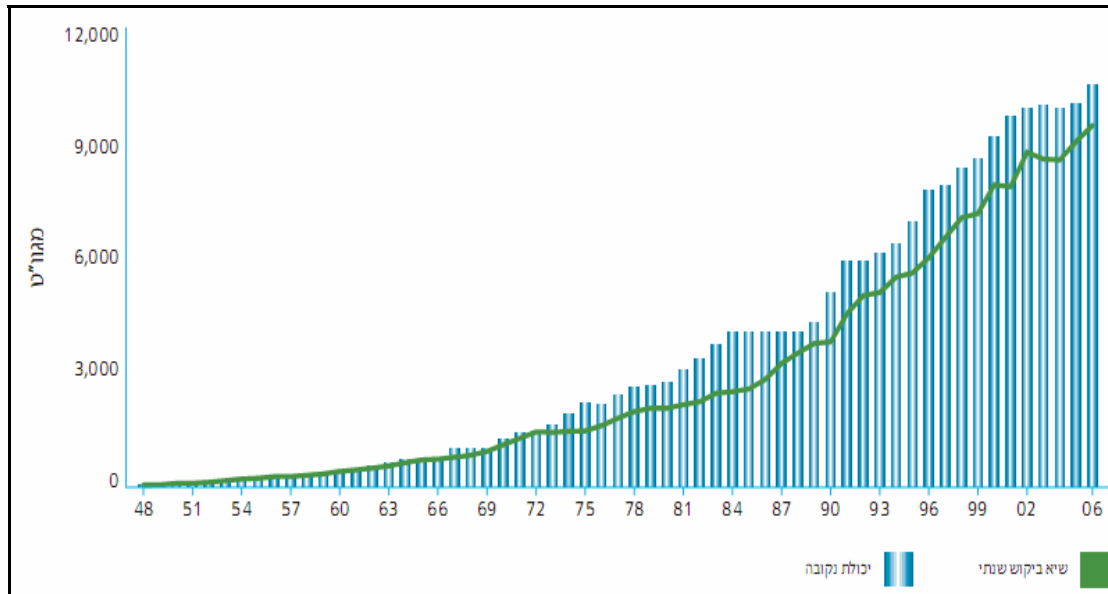
1.5 ביקוש מול היצע קיים

הפער בין יכולת ייצור החשמל לביקוש לו נע בעשרים השנים האחרונות בטווח של 20%-5%. בקיץ האחרון של שנת 2007 נשבר שיא הביקוש שהגיע ל-10,070 MW קרוב מאוד לשיא יכולת ייצור החשמל.

לפיכך, קיים סיכוי גבוהה שבמידה ולא ייבנו במהירות הנדרשת מתקני ייצור חשמל נוספים או יונהגו אמצעים להפחתת הצריכה בשעות שיא הביקוש, הרי ששיאי הביקוש בשנים הקרובות יהיו גבוהים יותר מיכולת הייצור, דבר שיוביל להפסקות חשמל יזומות על ידי חברת החשמל.



תרשים 4: התפתחות שיא הביקוש והיכולת הנקובה, 1948-2006



מקור: דין וחשבון סטטיסטי לשנת 2006 – חברת החשמל.

אחד האתגרים המרכזיים שבפניו משק החשמל הישראלי צריך לעמוד הוא אספקת החשמל בשעות ביקוש השיא. לאורך השנים ראתה חברת החשמל את הפתרון לבעיה זו בהגדלת יכולת הייצור, אולם בשנים האחרונות הולכת ומתבססת בעולם התפיסה שלפני שממהרים ובונים תחנות כוח חדשות, יש מקום קודם כל לשמר אנרגיה ובכלל זה לנהל את הביקוש בצורה מושכלת כפי שיוסבר להלן.

1.6 שימור אנרגיה

המונח שימור אנרגיה כולל שני נדבכים: באחד מושם הדגש על חיסכון באנרגיה ומניעת הבזבז שלה והשני עוסק בהתייעלות בניצולה. תוכנית האב למשק האנרגיה שהוכנה על ידי משרד התשתיות בשנת 2004⁸, כללה פרק נרחב על שימור אנרגיה שהתבסס בין השאר על עבודה השוואתית מקיפה לתוכניות שימור אנרגיה במדינות שונות. צויין, כי **מדיניות שימור אנרגיה מושכלת יכולה להוביל לצמצום משמעותי בקצב גידול הביקוש לאנרגיה וזאת מבלי לפגוע בפעילות הכלכלית הקיימת.**

כשם שמדינות האיחוד האירופי הציבו בפניהם יעד של 20% בחיסכון באנרגיה עד לשנת 2020, כך גם המליצו כותבי הדו"ח כי יעד זה ריאלי ויש לשים אותו בראש סדר העדיפויות הלאומי גם בישראל. השגתו יכולה למנוע או לדחות הקמת תחנות כוח יקרות ולהפחית פליטת מזהמים. לחסכון בהיקף כזה באנרגיה יש השלכות חיוביות ישירות גם ביחס לשמירה על השטחים הפתוחים שכן הוא יביא כאמור

⁸ תוכנית האב למשק האנרגיה - שימור אנרגיה, 2004.



לדחייה בצורך להקים תחנות כוח חדשות, וכשצורך זה יגיע ניתן יהיה לנצל הזדמנויות טכנולוגיות, שתשלנה עד אז, ושיהיו יעילות יותר גם מבחינת ייצור יחידות חשמל ביחס לשטח.

מגוון הצעדים בהם ניתן לנקוט על מנת להביא לחיסכון באנרגיה הוא עצום, וחשוב להדגיש את היתרון הגדול הטמון בהם: **הם יכולים להינקט ללא תלות במרכיבי מדיניות אחרים ומבלי לסתור אותם** וזאת בעלויות נמוכות יותר מצעדי מדיניות אחרים שנועדו לספק את ביקושי האנרגיה של השנים הבאות.

נכון להיום חרף הפוטנציאל הגדול הטמון בפיתוח מדיניות שימור אנרגיה, מדינת ישראל לא נותנת את ההתייחסות הראויה לנושא זה ומחמיצה ככל שהזמן עובר הזדמנויות בתחום. משרד התשתיות יוצא אחת לכמה זמן עם תוכניות שימור אך השפעתן על הצריכה מצומצמת ואינה מספקת. נכון לשנת 2007 התקציב השנתי של משרד התשתיות לשימור אנרגיה היה זעום ביותר ועמד על כ-14 מיליון ₪ כשבפועל נוצל רק חלק מהתקציב. עובדה זו די בה בכדי ללמוד על היעדר התייחסות מספקת של הממשלה לנושא חשוב זה.

צעדים להתייעלות וחיסכון באנרגיה תלויים במידה רבה של חדשנות ויצירתיות. לשם ההמחשה יובאו כאן מספר דוגמאות לפעילויות שניתן לנקוט בהן:

א. גיבוש מגוון של תמריצים כלכליים להחלפת מכשירי חשמל ישנים ולא יעילים בחדשים ויעילים, ביחוד הדבר נכון לגבי מוצרי חשמל זוללי אנרגיה כמו מזגנים, מייבשי כביסה ומקררים כמו-גם החלפת נורות ליבון בנורות חוסכות אנרגיה.

ב. עידוד הקמת מתקנים לניצול חום שיווי בקרב צרכני חשמל גדולים בתעשייה.

ג. שימור אנרגיה במבנים על ידי שילוב טכנולוגיות של בנייה ירוקה, השמת הדגש על בידוד, שימוש בכלים ארכיטקטוניים והנדסיים אחרים שמובילים ליעילות אנרגטית גבוהה של מבנים וקביעת תו תקן לבנייה ירוקה.

ד. מתן תמריצים כלכליים, מענקים והלוואות לצרכני חשמל גדולים בעלי פוטנציאל גבוה לחסכון בחשמל שיפעלו בכיוון זה.

ה. יישום תקינה המחייבת שימוש במכונות ומוצרי חשמל יעילים, פרסום מידע על צריכת האנרגיה של המוצרים השונים וקביעת יעילות מינימאלית למוצרים אלו.

ו. חינוך והסברה לנושא שימור האנרגיה, הצורך בחסכון והתייעלות בשילוב עם מערכת אכיפה טובה יותר.

כלי נוסף שניתן להשתמש בו ליעול משק החשמל בישראל הוא ניהול מושכל של צד הביקוש כפי שיוסבר להלן.



1.7 ניהול ביקושים

בשונה ממדינות אירופה וארצות הברית, משק החשמל בישראל מתפקד כ"אי אנרגטי" ועל יצרני החשמל הישראליים וחברת החשמל בראשם לספק את כל הביקוש לחשמל במדינה בכל רגע נתון. בשעות העומס ובמצבים של ביקוש שיא חברת החשמל אינה יכולה לרכוש חשמל ממדינות שכנות. הצורך בביסוס יכולת לייצור חשמל שתספיק גם לשעות ביקוש השיא, חרף העובדה שאלו מרוכזות במספר מצומצם יחסית של שעות במהלך השנה, (כ-100 שעות⁹), בעיקר בימים שהחום כבד או הקור קיצוני. אין זה יעיל כלכלית להקים רזרבה של תשתית כושר יצור חשמל לשעות שיא ביקוש מעטות שאינה בשימוש במרבית ימות השנה. יתרה מכך, כיוון שהצריכה לנפש גדלה מדי שנה, נדרשים יצרני החשמל להגדיל את יכולת הייצור מידי שנה בהתאם לביקושי השיא וכפועל יוצא להשקיע השקעות גדולות בתשתית ייצור החשמל.

על מנת לצמצם עד כמה שניתן את הצורך בהקמת תשתית כזו להגדלת יכולת ייצור החשמל, יש צורך לנהל את הביקוש בצורה כזו שתפחית למינימום את מספר המצבים בהם משק החשמל יידרש לייצור שיא. אחת השיטות המקובלות בעולם להשגת יעד זה היא על ידי הסטת הביקוש לחשמל משעות העומס לשעות אחרות באמצעות קביעת תעריפים גבוהים בשעות השיא ותעריפים מוזלים בשעות בהן צריכת החשמל יורדת, (בעיקר בלילה). בישראל תעריפים אלו מכונים תעריפי תעו"ז, (תעריף עומס זמן), והם מבוססים על ההנחה שתעריפים גבוהים יותר יגרמו למשתמשים לשנות את הרגלי השימוש שלהם בחשמל לאורך היממה.

להסטת ביקושים יכולה להיות תרומה משמעותית במניעת/דחיית הצורך בהקמת תשתיות ייצור חשמל חדשות ולפיכך לפעילות כזו יש השלכות ישירות על שמירה על השטחים הפתוחים. בנוסף, כיוון שבכל העת נעשים פיתוחים טכנולוגיים ליעול ייצור האנרגיה והשימוש בה, דחייה כזו תאפשר בעתיד הקמת תחנות כוח בטכנולוגיות יעילות יותר גם מבחינת ניצול השטח.

בישראל כ-2,000 לקוחות גדולים המשתמשים בכ-50% מצריכת החשמל במדינה, עליהם מוחל תעריף תעו"ז¹⁰. לקוחות ביתיים יכולים להצטרף באופן וולונטרי לתעריף תעו"ז, אולם נכון להיום מספר קטן ביותר של צרכנים פרטיים הצטרף למסלול תעריפים זה, בין השאר מכיוון שהתמריץ להסטת ביקושים באמצעות תעריפים מוזלים בשעות השפל אינו מספיק, שעות התעריף המוזל אינן נוחות להסטה משמעותית של שימושים, והצטרפות להסדר דורשת תשלום משמעותי לצורך התקנת מונה מיוחד.

חברת החשמל הוסיפה בשנים האחרונות לתעריף התעו"ז מנגנון המכונה "פסגה ניידת". מנגנון זה מבוסס על העובדה שבשעות השיא ייצור החשמל הוא יקר, (ומזהם יותר) בעיקר כיוון שאז נכנסות לפעולה תחנות הכוח הצורכות מזוט וסולר, ולכן נקבע לשעות אלו תעריף נפרד וגבוה יותר. לגופים

⁹ ניהול ביקושים ואספקה, סיכום והמלצות דיון, פורום האנרגיה מס' 8, מוסד שמואל נאמן, הטכניון, 2008.

¹⁰ ש.ם.



שהצטרפו להסדר הפסגה הניידת מודיעה חברת החשמל 4 שעות מראש על "פסגה ניידת" ובשעות אלו אמורים הגופים האלו להפסיק כליל את צריכת החשמל או להפחיתה בצורה משמעותית. בתמורה מקבלים הגופים שהצטרפו להסדר זה הפחתה משוקללת של 4-6% מתעריף התעו"ז¹¹.

מנגנון נוסף לניהול ביקושים מושכל שבו נעשה שימוש בישראל הוא דרישה של חברת החשמל מיצרני חשמל פרטיים ועצמיים להעמיד בשעות השיא את מלא יכולת הייצור שלהם ומכירת העודפים לרשת המרכזית. לשם המחשה, בתי החולים בארץ מחויבים בהחזקת גנראטורים לשעת חירום, במידה והם יפעילו את הגנראטורים הללו בשעות העומס, (ויפוצו בהתאם), תהיה תוספת למערך ייצור החשמל בהתאם לגודל הגנראטור. הסדר זה מכנה חברת החשמל כ"הסדר הגנראטורים" וכלולים בו גנראטורים בנפח ייצור כולל של כ-95 MW. עד כה באירועים של שיא ביקוש הושגה הפקה של כ-50% מיכולת הייצור הזו¹².

הסדר נוסף לניהול ביקושים המיושם בישראל הוא השלה באמצעות ממסרי תת-תדר. בהסדר זה משילים בשעות העומס, באופן אוטומטי, (באמצעות ממסרים), צרכנים הלוקחים חלק בהסדר, ובתמורה אותם צרכנים מקבלים הנחה קבועה של 3% לאורך כל השנה על תעריף החשמל והתחייבות מחברת החשמל שלא יהיו יותר מ-600 דקות של אי-אספקה בשנה. השלה כזו לא צריכה להיעשות באופן מלא, למשל בקניון שלוקח חלק בהסדר זה תורד זמנית עוצמת מיזוג האוויר בשעות העומס. הסדר זה "מייצר" כ-350 MW שניתן להפנותם לביקושים אחרים בשעות השיא.

נכון להיום, מטרת חברת החשמל היא לגייס 400 MW באמצעות המנגנונים הבאים: "פסגה ניידת", "הסדר הגנראטורים" והסדרי השלה חלקיים. ולגייס 600 MW על ידי יישום הסדר "השלת עומסים באמצעות ממסרי תת-תדר"¹³.

ניהול ביקושים מושכל יכול לדחות הקמת תחנות כוח חדשות הצורכות שטחים. פה אולי גם המקום לומר שייצור של אנרגיה סולארית, משתלב, במצבים מסוימים, באופן טבעי עם ניהול ביקושים מושכל מכיוון שיש קורלציה גבוהה בין שעות העומס בצריכת החשמל בקיץ לבין שעות השיא של ייצור החשמל מאנרגיה סולארית.

חשוב גם לציין שבעולם רוב ההפחתה לא באה מניהול עומסים אלא מהתייעלות של הצרכנים בשימוש בחשמל שבד"כ נוצרה בעקבות מנגנוני פרס/קנס לצרכן. כלומר, צרכן שצורך פחות מהרגיל מקבל תמריץ בעוד שצרכן שחרג מהצריכה הממוצעת שלו נקנס. הסדרים מסוג זה נבחנים כיום על ידי משרד התשתיות ורשות החשמל.

¹¹ ש.ם.

¹² ש.ם.

¹³ ש.ם.



1.8 הצורך בקביעת תעריפים הכוללים עלויות חיזוניות

למרבית העוסקים במשק האנרגיה בישראל ברור היום שיש צורך להעלות את מחירי החשמל באופן שישקף טוב יותר את העלויות החיצוניות הקשורות בייצורו. להעלאה כזו יכולה להיות השפעה ישירה גם על חסכון והתייעלות במשק.

עלויות חיזוניות במשק החשמל הם כל אותם עלויות שלא נכללות במלואן בתעריף הנוכחי וביניהן ניתן לציין את העלויות הקשורות למפגעים הבריאותיים שנגרמים כתוצאה מזיהום אוויר שנפלט בתהליך ייצור החשמל, עלויות הטיפול הצפויות בפחמן הדו-חמצני שנפלט מתחנות הכוח וגורם לאפקט החממה וגם עלויות הקרקע שעליהם מוקמים מתקני ייצור החשמל, מתקני הובלת החשמל ובכלל זה חישוב עלויות הקרקע מתחת לקווי הולכה.

הפנמת אותם עלויות חיזוניות בתעריף החשמל לא רק תגלם טוב יותר את מחירו האמיתי, אלא כפי שכבר הוכח במדינות רבות בעולם, **העלאת תעריפי החשמל היא אמצעי יעיל ביותר להוביל להתייעלות וחסכון באנרגיה.**

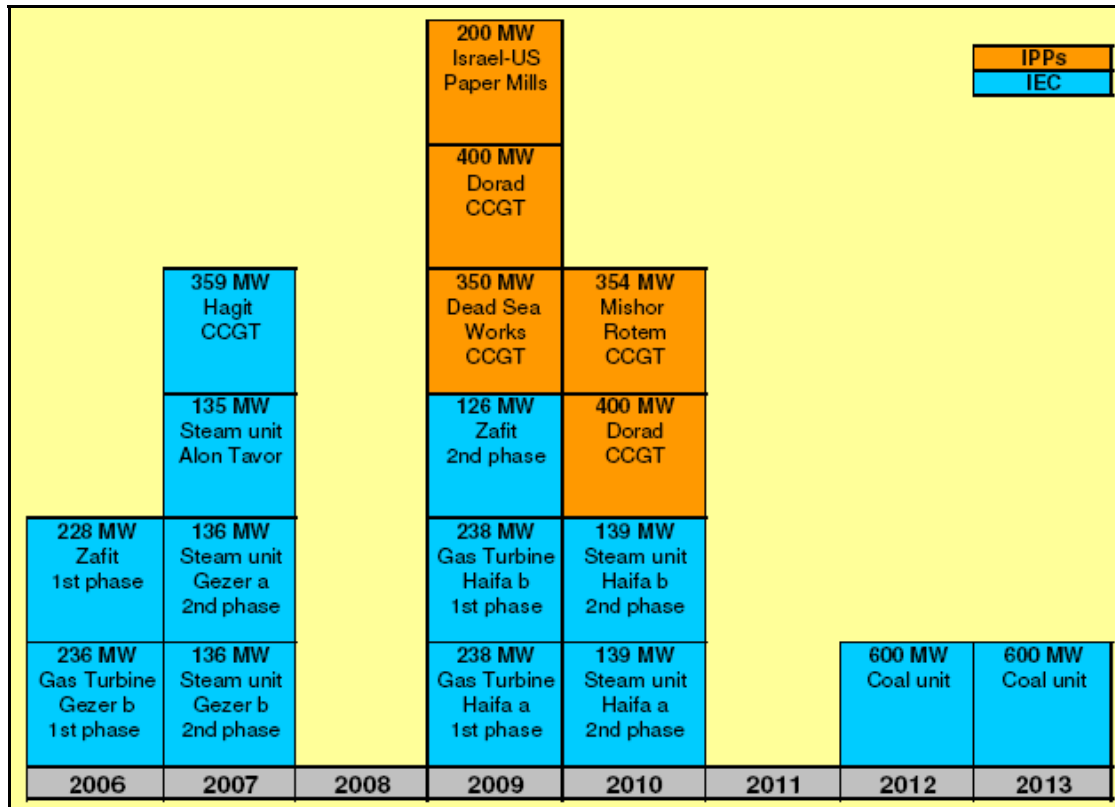
מניסיוןן של מדינות אלו נימצא כי העלאת תעריפי החשמל צריכה להיעשות בצורה דיפרנציאלית כך שבשעות העומס מחירי החשמל יהיו גבוהים יותר ובשעות השפל נמוכים יותר, כך לא רק שהעלויות החיצוניות יבואו לידי ביטוי בצורה טובה יותר אלא זו תהיה דרך להוביל לניהול ביקושים מושכל, שכן ייווצר תמריץ כלכלי לצרכן להסיט את הצריכה שלו משעות השיא לשעות השפל. קיימת גם הסכמה שטוב יהיה לקבוע קריטריונים שקופים וברורים לתעריפי החשמל לטווח של כמה שנים קדימה על מנת שצרכני החשמל הגדולים יוכלו לכלכל את צעדיהם תוך תכנון לטווח ארוך.

1.9 הצפי לפיתוח תשתיות חשמל ממקורות קונוונציונאליים

על מנת לעמוד בביקושים הצפויים לשנים הקרובות פותחה תוכנית במשרד התשתיות להקמת תחנות ייצור חשמל על ידי חברת החשמל ועל ידי יצרנים פרטיים, תוכנית זו שכוללת סך של 5014 MW עד לשנת 2013 מציעה גם בנייה של שתי תחנות כוח פחמיות בהיקף של 600 MW כל אחת, (תרשים 5).



תרשים 5: תוכנית פיתוח משק החשמל של ישראל 2006-2013:



IPPs: יצרני חשמל פרטיים.

IEC: חברת החשמל.

מקור: משרד התשתיות הלאומיות, 2006.

לתוכנית זו נלוות תוכנית נוספת של משרד התשתיות שהתפרסמה לאחרונה ועוסקת בייצור חשמל ממקורות מתחדשים כפי שיתואר בפרקים הבאים.

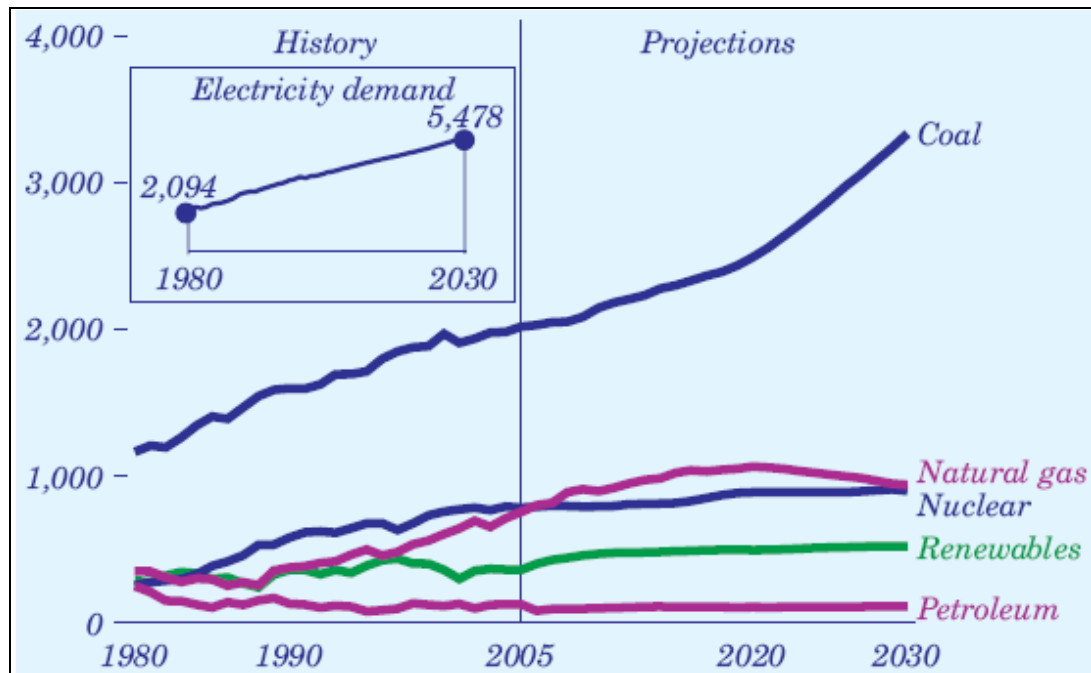


פרק 2: האלטרנטיבות לייצור חשמל

האלטרנטיבות לייצור חשמל נחלקות בין אלה שהמקורות לייצור חשמל הם מדלקים פוסיליים – בעיקר פחם וגז טבעי, שבאמצעותם מופק רוב החשמל כיום בעולם, לבין קבוצה הכוללת מקורות אלטרנטיביים לייצור חשמל. בחלק הראשון של פרק זה נסקור את הטכנולוגיות האלטרנטיביות העיקריות הקיימות כיום לייצור חשמל ובחלקו השני נבחן את היישום של חלקן בישראל.

דלקים פוסיליים ודלקים גרעיניים מתכלים היו ועודם המקור החשוב ביותר לייצור חשמל לאורך כל המאה האחרונה. טכנולוגיית ייצור החשמל ממקורות מתחדשים היחידה, שלה תרומה משמעותית, הייתה זו שמנצלת נהרות ואגמים לייצור אנרגיה הידרו-אלקטרית. על פי רוב הערכות המומחים מגמה זו לא תשתנה במידה מהותית, כפי שניתן לראות בבירור מתרשים 6 שמציג את התחזית של סוכנות האנרגיה האמריקאית לתמהיל מקורות האנרגיה העולמי הצפוי עד לשנת 2030:

תרשים 6: ייצור חשמל לפי סוג מקור, 1980-2030 (מיליארד KW)



מקור: סוכנות האנרגיה האמריקאית, EIA 2008.

משברי הנפט בשנות ה-70 וה-80 של המאה הקודמת ועליית המחירים שנלוותה להם הגבירו את העניין סביב סוגיית ביטחון האנרגיה. תוכניות מחקר ופרויקטי הדגמה לטכנולוגיות אלטרנטיביות לייצור חשמל התחילו במספר מדינות. למרות שנבחנו ופותחו מספר חלופות, למקורות חשמל אלו, כמעט ולא הייתה להן השפעה על תמהיל מקורות ייצור החשמל ולסוג ייצור אנרגיה כזה לא ניתנה קדימות באגינדה הפוליטית של המדינות וגופים בינלאומיים אחרים. כשמחירי הנפט צנחו חזרה בשנות



1980 ניראה היה כי ביטחון האנרגיה שב על כנו וההתעניינות בשיטות הייצור האלטרנטיביות ירדה בהתאם.

בשנים האחרונות שבה ההתעניינות בנושאי ביטחון האנרגיה והצורך בפיתוח מקורות אנרגיה מתחדשים התעורר מחדש ואף ביתר שאת. הסיבות המרכזיות לכך הן שתיים:

א. **שאיפה לביטחון פוליטי-כלכלי:** ביטחון האנרגיה, הצורך בגיוון תמהיל הדלקים, התלות במדינות אחרות כספקיות אנרגיה ועליית המחירים המשמעותית של דלקי המאובנים בשנים האחרונות כל אלו הם ללא ספק הסיבה המרכזית להתעניינות הגוברת בטכנולוגיות חליפיות לייצור חשמל. כיוון ששימוש במקורות אנרגיה חליפיים מגוון את מקורות האנרגיה וכיוון שהמדיניות יוכלו להסתמך ברובן על משאבי טבע המצויים בגבולות מדינתן, הדעה הרווחת היא ששימוש רב יותר במקורות ייצור חשמל מתחדשים יוביל להפחתת התלות במדינות בעלות משטרים לא יציבים מהן מיובאים היום רוב הדלקים הפוסיליים, לירידת מחיריהם ולביטחון כלכלי ופוליטי גדול יותר בהתאם.

ב. **היבטים סביבתיים:** פליטת גזי החממה והזיהום שנוצר בתהליך ייצור החשמל מדלקי מאובנים הובילו מנהיגים פוליטיים במדינות המערב לעודד שימוש במקורות אנרגיה מתחדשים שהשפעתם על הסביבה, הן מבחינת פליטת גזי החממה והן מבחינת הזיהום שהם יוצרים, פחותה לאין שיעור מהטכנולוגיות הקונוונציונאליות לייצור חשמל.

2.1 הטכנולוגיות האלטרנטיביות לייצור חשמל

טכנולוגיות ייצור חשמל ממקורות אלטרנטיביים נחלקות בין שתי קבוצות: אלה שמייצרות אנרגיה אלטרנטיבית **מתחדשת** ואלה שמייצרות אנרגיה אלטרנטיבית **שאינה מתחדשת**.

המשותף לטכנולוגיות ייצור החשמל בקבוצה הראשונה, היא העובדה שאינם מכלים או שורפים משאבי טבע בכדי לייצר חשמל. הם יוצרים חשמל מניצול משבי רוח, מתנודתיות המים, מקרינת השמש, או מחום גיאותרמי שפולטת האדמה. כיוון שתהליכי ייצור החשמל ממקורות אנרגיה מתחדשים לא כוללים הליך של שריפת דלקים הם גם אינם פולטים גזי חממה.

בניגוד לכך, הקבוצה השנייה, המייצרת חשמל ממקורות אנרגיה אלטרנטיביים שאינם מתחדשים, עדיין פולטת גזי חממה אך בכמויות נמוכות בהרבה מפליטת גזי חממה משיטות קונוונציונאליות. קבוצה זו כוללת טכנולוגיות שונות לייצור חשמל כגון שריפת אשפה, ביומאסה או שריפת גזים הנפלטים מאתרי פסולת.

קיים מגוון לא מבוטל של טכנולוגיות לייצור חשמל ממקורות אלטרנטיביים מתחדשים ולא מתחדשים. בעבודה זו, אנו נתרכז בעיקריות שבהן ובייחוד בייצור אנרגיה סולארית ואנרגיה מרוח, שנכון להיום מוערכות כטכנולוגיות האלטרנטיביות בעלות הפוטנציאל הגדול ביותר לייצור חשמל בעולם ובישראל.



2.1.1 אנרגיה הידרו-אלקטרית

בתחנות כוח הידרו-אלקטריות ממירים אנרגיה קינטית הגלומה בתנועה של מים לחשמל. שיטת ייצור זו של אנרגיה מתחדשת היא הנפוצה ביותר, שמייצרת כחמישית מאספקת החשמל העולמית. עד לסוף המאה ה-20 נבנו יותר מ-45,000 סכרים גדולים לייצור חשמל ביותר מ-140 מדינות. חשמל הידרו-אלקטרי מספק יותר מ-90% מהצריכה ב-24 מדינות ויותר מ-50% מהצריכה ב-63 מדינות¹⁴. מחקרים מראים שהפוטנציאל לייצור חשמל הידרואלקטרי גדול בעיקר במדינות מתפתחות באפריקה ואסיה.

אולם חשוב לציין כי מעבר לכך שההסתמכות על מקור חשמל זה היא בעייתית (בעיקר בעיתות בצורת), יש לשיטה זו גם כמה חסרונות סביבתיים משמעותיים. בניהן נצין שהיא דורשת שטחים עצומים, פוגעת בזרימה הטבעית של נהרות וכתוצאה מכך במגוון הביולוגי ובמשאבי טבע ייחודיים. לאחרונה אף נמצא שחומר אורגני נרקב במאגרי המים הללו, ועקב כך נפלטים סוגים שונים של גזי חממה¹⁵. מעבר לכך, פיתוח נוסף של אנרגיה הידרו אלקטרית מוגבל ביותר כיוון שרוב האתרים הטובים לייצור אנרגיה בדרך זו כבר נוצלו. למעשה סביר שבשנים הקרובות צפויה ירידה בעילות של אתרים אלו עקב בצורות¹⁶.

2.1.2 אגירה שאובה

אחת הדרכים להתמודד עם ניהול ביקושים מושכל הוא שימוש בטכנולוגיה שמכונה "אגירה שאובה". הרעיון מאחורי שיטה זו הוא פשוט: ייצור אנרגיה בשעות השפל, (בעיקר בלילה) ומציאת דרכים לאגור אותה עד לשימוש בה בשעות השיא, (בדרך כלל בצהרי היום בימות הקיץ ובערבים בימות החורף). השיטה הנפוצה לביצוע האגירה היא על ידי שאיבת מים ממאגר הנמצא בנקודה נמוכה אל מאגר מים הנמצא בנקודה גבוהה, כששאיבה זו נעשית בשעות השפל, ובשעות העומס "מפילים" את המים ויוצרים חשמל הידרו-אלקטרי. גם לאחר שיכלול איבודי אידוי מי המאגר ואיבודי אנרגיה נוספים, ההערכה המקובלת היא שניתן לקבל בחזרה כ-70-80% מהשקעת החשמל המוקדשת להעלאת המים למפלס העליון. הגורמים המכריעים כלכלית ושאותם יש לקחת בחשבון בטרם מחליטים לצאת לפרויקט כזה הם בד"כ שאלת פערי התעריפים בין שעות השפל לשעות השיא, סוגיית המימון והכדאיות הכלכלית והטופוגרפיה של האתר.

יודגש כי אגירה שאובה אינה מהווה מקור של אנרגיה מתחדשת, דוגמת השמש והרוח, אלא אמצעי לניהול ביקושים בשעות שיא הביקוש.

¹⁴ International Conference for Renewable Energies 2004: Conference Issue Paper (Secretariat of the International Conference ed., 2004), available at:

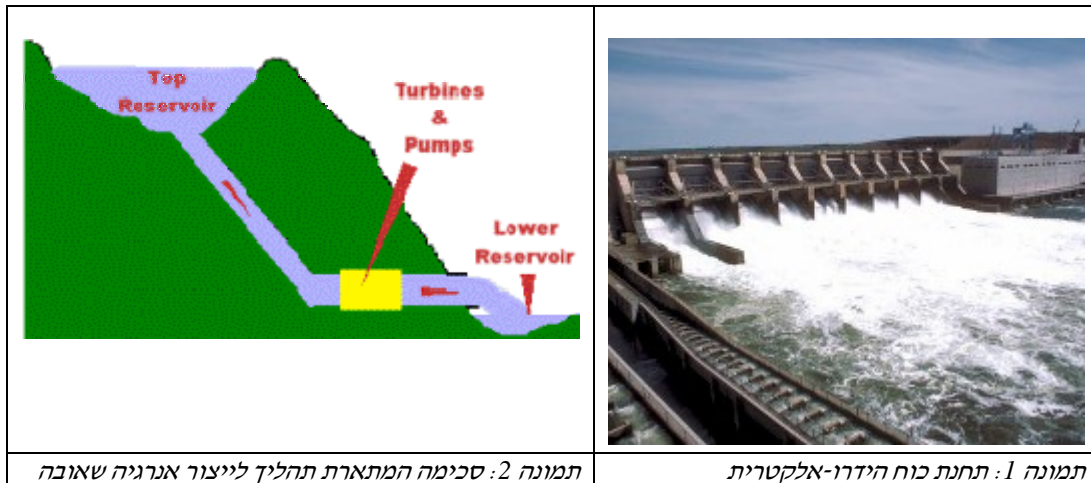
http://www.renewables2004.de/pdf/conference_issue_paper.pdf, (last visited: 29.9.2007), P.30.

¹⁵ Jim Giles (2006), "Methane Quashes Green Credentials of Hydropower", Nature, Vol. 444, pp. 524-525.

¹⁶ Huesemann M.H (2003), The limits of technological solutions to sustainable development. Clean Techn Environ Policy vol. 5 pp. 21-34.



תרשים 7: חשמל הידרו – אלקטרי ואגירה שאובה



2.1.3 אנרגיה גיאותרמית

הפקת חשמל גיאותרמית נעשית על ידי ניצול החום הנפלט מבטן האדמה. היכולת להפיק חשמל בשיטה זו השתפרה בשנים האחרונות בעקבות כמה פריצות טכנולוגיות שאפשרו בין השאר קידוחים בעומק האדמה, היכן שנפלטות כמויות גדולות יותר של קיטור עקב הקרבה למקור גיאו תרמי בבטן האדמה.

לאנרגיה גיאותרמית יש השפעות שוליות על הסביבה והפקתה מתאפשרת רק באזורים גיאוגרפיים בעלי מאפיינים ייחודיים. מסיבה זו חוץ ממקרים יוצאים מהכלל הפוטנציאל להפיק חשמל ממקור זה מוגבל¹⁷ וכיום טכנולוגיה זו תורמת פחות מ-1% מכלל ייצור החשמל בעולם.

אחת החברות המובילות לייצור אנרגיה גיאותרמית היא החברה הישראלית אורמת המקימה תחנות כוח המשתמשות בטכנולוגיות כאלו. בישראל עדיין לא נמצא מקור גיאותרמי מתאים לייצור חשמל.

2.1.4 אנרגיה מביומאסה

הפקת אנרגיה מביומאסה יכולה להיעשות בכמה אופנים:

א. **שריפת ביומאסה מוצקה:** שריפת ביומאסה כדוגמת אשפה אורגנית, שאריות גידולים חקלאיים או שבבי עץ, נחשבת למקור אנרגיה מרכזי בעולם המתפתח. בישראל נעשה שימוש בשיטה זו בעיקר לחימום והפקת קיטור ולא משתמשים בה לייצור חשמל שכן היא נחשבת לשיטה לא יעילה ויקרה.



¹⁷ למידע נוסף על שיטה זו לייצור חשמל: <http://www1.eere.energy.gov/geothermal>, ביקור אחרון: 29.9.2007.



ב. **דלקים ביולוגיים:** גידולים חקלאיים (תירס, קני סוכר, גידולים מהם מופקים שמנים, קיקיון וכו') שמשמשים בעיקר כמקור להפקת אתנול וביודיזל להנעת כלי רכב¹⁸. בישראל מעבר למחקר ופיתוח לא מגדלים גידולים לצורך הפקת דלקים ביולוגיים ובשלב זה גם אין כוונות לעודד גידולים כאלו שצורכים שטחים רבים וכמויות גדולות של מים, (רק לשם המחשה בשיטות חקלאיות יעילות יחסית ניתן לקבל היום רק 3 טון שמן קיקיון מ-10 דונם). פיתוחים שונים בתחום זה, (שחלקם נעשים בישראל), מכוונים לייצור דלקים כאלו ממקורות אורגניים שאינם אכילים, (שאריות גידולי שדה, אצות וכו'), גידולים כאלו לא אמורים לבוא על חשבון שטחי גידול אחרים, ובכל מקרה אין כוונה להשתמש בדלקים אלו כמקור מהותי לייצור חשמל.

ג. **ביו-גז:** בשיטה זו תופסים את הגזים שנפלטים בתהליכים טבעיים של פירוק חומרים אורגניים באתרי פסולת, מכוני ביוב, דשן בעלי חיים וכו', שורפים אותם ובכך מפיקים חשמל. שיטה זו פולטת גזי חממה אך בכמות פחותה מאשר בהפקת חשמל באמצעות שריפת פחם. חסרונה העיקרי הוא ששיטה זו מתאימה לייצור חשמל בהיקפים קטנים יחסית ולא ניתן לספק באמצעותה מעבר לאחוזים בודדים מצריכת החשמל הדרושה למדינה המודרנית.

תרשים 8: חשמל מביו גז וחשמל גיאותרמי

	
<p>תמונה 2: קיטור היוצא מבטן האדמה ומשמש לייצור חשמל גיאותרמי.</p>	<p>תמונה 1: מיכלי ייצור חשמל מביו-גז.</p>

¹⁸ להרחבה בנושא זה ראו דו"ח אקו אנרגיי: דלקים ביולוגיים בישראל, 2007.



2.1.5 אנרגיה מהים

ניצול תנועת גלים, תהליכי גאות ושפל או אנרגיה תרמית מקרקעית הים הן שלוש צורות הפקת חשמל מהים עם פוטנציאל רב שעדיין לא הגיעו לשלב של ייצור מסחרי בהיקפים גדולים. הפוטנציאל להפקת חשמל מהגלים הנשברים לחוף ברחבי העולם נע, לפי נתוני משרד האנרגיה האמריקאי, בין 2 ל-3 מיליון MW¹⁹. שיטת ייצור חשמל זו נמצאת ברובה עדיין בשלבי המחקר והפיתוח.

2.1.6 אנרגיה מרוח

אנרגיה המנצלת את התנועה הסיבובית שנוצרת בעזרת משב הרוח בכדי להמירה לחשמל²⁰. חסרונותיה העיקריים הן שלא כמו שיטות קונוונציונאליות לייצור חשמל שיכולות לספק את החשמל בהתאם לצורך, תחנות רוח מייצרות חשמל בהתאם לעוצמת הרוח בזמן נתון. חסרונות נוספים קשורים לעובדה שתחנות רוח בקרבת ישובים מהוות מטרד רעש, שבשטחים פתוחים תחנות כאלו יכולות להיחשב למפגע נופי ולעיתים אף לפגיעה בציפורים ובנתיבי נדידתם²¹.

למרות חסרונות אלו שיטת ייצור זו נהנית מפריחה מרשימה בשנים האחרונות בעיקר בזכות הכדאיות הכלכלית של שיטה זו ביחס לטכנולוגיות מתחדשות אחרות, עם חוות רוח ב-70 מדינות וקצב גידול שנתי ממוצע של כ-25%. שנת 2007 הייתה שנת שיא מבחינת היקף ההשקעות בהקמת חוות רוח. תעשיית אנרגיית הרוח הקימה בארה"ב MW 5,244, עלייה של 45% באספקת החשמל בשיטת ייצור זו. בדנמרק זה שנים כ-20% מהחשמל מסופק מתחנות רוח, בגרמניה 7% ובספרד ופורטוגל היו בשנת 2007 מספר תקופות זמן בהם סיפקו תחנות הרוח 20% מצריכת החשמל באותן מדינות.

השפעות סביבתיות שליליות של ייצור אנרגיה מרוח:

מכל שיטות ייצור החשמל מאנרגיה מתחדשת, ייצור חשמל מרוח זכה לרוב תשומת הלב בכל הנוגע להשפעותיו השליליות על הסביבה. חוות רוח היא פרויקט תשתית, שהקמתו בשטח רציף ופתוח מהווה במידה רבה הפרה שלו, ופתיחה אפשרית שלו לפיתוח נוסף. מדובר בפרויקט הדורש תשתיות של גישה, קווי הולכה, והקמתו בלב שטח נטול פיתוח מהווה סיכון סביבתי בפני עצמו. טענה זו מקבלת משנה תוקף כאשר מדובר בשטח בעלי חשיבות סביבתית גבוהה.

¹⁹ מידע נוסף על תחום זה ניתן למצוא באתר האינטרנט של משרד האנרגיה האמריקאי: http://www.eere.energy.gov/consumer/renewable_energy/ocean/index.cfm/mytopic=50007, (ביקור אחרון: 29.9.2007).

²⁰ מידע נוסף על שיטה זו לייצור חשמל ניתן למצוא ב: U.S. Dep't of Energy, Wind Power Today & Tomorrow (2003) ניתן להוריד: <http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/34915.pdf>, (נבדק לאחרונה ב-29.9.2007).
²¹ על פי הערכות ארגון אנרגיית הרוח האמריקאי, מתוך 10,000 מיתות ציפורים שנגרמות על ידי האדם ל-1 אחראי מגזר ייצור האנרגיה מרוח.



למרות זאת, במידה ותחנות הרוח ממקומות בצורה מבוקרת הרחק מאזורים בעלי רגישות סביבתית, ערכים נופיים ואקולוגיים גבוהים והרחק מאזורים מאוכלסים, יהיו למיזמים כאלו השפעות מעטות יחסית ומקומיות על הסביבה.

עיקר ההשפעות השליליות הן רעש, נצפות גבוהה, שימוש בשטחי קרקע, פגיעה בציפורים ובתוואי נדידה:

א. **רעש:** תחנות רוח יוצרות שני סוגי רעש: רעש אווירודינמי כתוצאה ממעבר האוויר דרך להבי תחנת הרוח ורעש מכני כתוצאה מתנועת החלקים השונות מהם מורכבת התחנה. משתנים שונים משפיעים על עוצמת הרעש, (למשל טופוגרפיה) ושיפורים טכנולוגיים של השנים האחרונות מפחיתים רעשים אלו למינימום. במדינות רבות יש תקנות ברורות לגבי עוצמת הרעש המותרת ומרחק הצבת התחנות מיישובים.

ב. **נצפות:** השפעת תחנות הרוח על הנוף היא זו המעוררת מחלוקת יותר מכל. הנוכחות הפיסית של תחנות הרוח, שיכולות להיות עצומות במימדיהן, זוכה לביקורת בייחוד כאשר התחנות מקומות באזורים בעלי מאפייני נוף ייחודיים. ניתן להפחית את ההשפעה הנופית על ידי תכנון נכון. מחקרים שונים הראו כי גישות הציבור לתחנות הרוח חלוקות, חלק מהציבור רואה בהן פצע קשה בנוף בעוד אחרים רואים בהם תוספת מבורכת לנוף. לדעות של אנשים על תחנות הרוח יש כמובן קשר ישיר ליחסי הגומלין בין תחנות הרוח לאוכלוסייה שמארחת אותם.

ג. **פגיעה בציפורים ובתוואי נדידה:** תחנות רוח יכולות להשפיע על תוואי הנדידה של ציפורים כמו גם לפגוע בהן פיסית כתוצאה מהתנגשות שלהן עם להבי המתכת של תחנות הרוח. בחירה מבוקרת של חוות הרוח הרחק מתוואי נדידה יכולה לצמצם למינימום השפעה כזו. תחנות הרוח ב-Tarifa שבדרום ספרד הן דוגמא רעה להקמת חוות רוח בתוואי נדידה מרכזי לאורך הגבול המערבי של הים התיכון.

חוות רוח בים והיבטים סביבתיים:

לכאורה בישראל, שלה שטחי חוף גדולים יחסית, ניתן היה להציב תחנות רוח בים ובכך לצמצם הפרעות סביבתיות, (רעש, נצפות ופגיעה בציפורים), אולם גם הצבת תחנות רוח בים משפיעה על הסביבה. חוות רוח הנצפות מהחוף נתפשות על ידי חלק מהאוכלוסייה כיוצרות פגיעה חזותית, כך גם חלק מתוואי הנדידה של ציפורים מצוי מעל הים. נוסף על כך, מסקנות בדיקה שנערכה בשנת 2004 בהזמנת משרד התשתיות הצביעו על כך שאין הצדקה כלכלית להצבת טורבינות רוח מול חופי ישראל.²² הבדיקה הדגישה גם את הבעייתיות שבתחרות עם שימושים רבים אחרים על השטח הימי בקרבת החופים.

²² ד"ר אלי בן-דב ואח' (2002), בחינת היתכנות הקמת חוות רוח בים – דו"ח מסכם למחקר, ניתן להוריד את המסמך מאתר מוסד שמואל נאמן:

http://www.neaman.org.il/publications/publication_item.asp?fid=488&parent_fid=0&iid=2287, כניסה

אחרונה: 14.5.08



ייצור מבוזר של אנרגיית רוח בהיקפים קטנים:

אחד השווקים המתפתחים בשנים האחרונות בתחום ייצור האנרגיה המתחדשת בהיקפים קטנים הוא ייצור מבוזר בתחנות רוח קטנות שאותם ניתן להציב גם על גגות ובחצרות בתים. סוג טורבינות ייחודי המתאים יותר לייצור בהיקפים קטנים הן הטורבינות הוורטיקאליות (ראו תרשים 9). טורבינות רוח אלו יעילות במיוחד כאשר הן מונחות על גורדי שחקים שם הרוחות המניעות אותן לא רק מגיעות אל חזית הטורבינה אלא גם ובעיקר לאורכה, (רוח שמגיעה למשל מתחתית גורד השחקים). היתרון של טורבינות אלו מבחינת ניצול השטח הוא היכולת להציב אותם בשטחים בנויים ובנויים למחצה ובכך נמנע הצורך מלספק להן שטחים ייעודיים, תחנות אלו יכולות לייצר כמויות קטנות יחסית של חשמל.

תרשים 9: אנרגיית רוח

	
<p>תמונה 2: תחנת רוח לייצור חשמל בהיקפים גדולים (5 MW).</p>	<p>תמונה 1: תחנת רוח וורטיקאלית לייצור חשמל בהיקפים קטנים</p>

2.1.7 אנרגיה סולארית

קיימות שיטות שונות לייצור חשמל מאנרגיית השמש. שתי השיטות הנפוצות ביותר הן ייצור חשמל מקומי מבוזר מתאים פוטו-ואלטאיים וייצור חשמל בתחנות כוח פוטו-ואלטאית ותרמו-סולאריות גדולות.

ייצור חשמל מתאים פוטו-ואלטאיים (PV):

שיטה המנצלת את האנרגיה מקרני השמש המגיעות לכדור הארץ וממירה אותן ישירות לחשמל. ככלל, האנושות עדיין לא מנצלת את האנרגיה המגיעה מהשמש בצורה יעילה. כמות האנרגיה המגיעה מהשמש לכדור הארץ ב-40 דקות היא שוות ערך לצריכת האנרגיה הנוכחית העולמית במשך כל השנה. חסרונותיה העיקריים היו ונשארו העלות של ייצור החשמל והקושי לאגור אנרגיה זו על מנת שיהיה






ניתן להשתמש בה בלילה ובימים מעוננים. חומר הגלם העיקרי שנעשה בו שימוש לבניית פאנלים סולאריים הוא הסיליקון. בתנאי מעבדה דווח על יכולת המרה של 30% מאנרגיית השמש המגיעה לפאנל לחשמל, (יש דיווחים גם על יותר מכך), אולם בפאנלים שנמצאים בייצור תעשייתי יכולת ההמרה עומדת כיום על 15%-7. פאנלים כאלו יכולים לייצר חשמל גם בימים מעוננים, וככלל גם במדינות בהן אין קרינת שמש גבוהה (כדוגמת גרמניה ויפן), יש לטכנולוגיות אלו פוטנציאל רב. הטכנולוגיות החדשניות המדוברות ביותר בתחום זה הן:

א. **Thin Film PV**, (סרטים פוטו-ואלטאיים דקים): מדובר בחומר מיוחד שיוצר תאים פוטו-ואלטאיים עם אחוזי נצילות אנרגיה גבוהה תוך שימוש מופחת באופן משמעותי במשאבים מאלו שבתאי סיליקון רגילים, עובדה שמוזילה את עלויות הייצור שלהם. יתרון נוסף שיש לסרטים אלו הוא גמישותם והיכולת להניחם כמעט על כל משטח. בעולם יש כבר היום מספר תחנות כוח המייצרות חשמל תוך שימוש בטכנולוגיה זו.

ב. **תאים פוטו-ואלטאיים בעלי נצילות גבוהה במיוחד**: בתאים כאלו נעשה שימוש היום בעיקר בלויינים ואחוזי נצילות אנרגיה יכולים להגיע בהם ל- 40%-30 וזאת ביחס ל-15%-7 בתאים פוטו-ואלטאיים רגילים. בעולם אין עדיין תחנות כוח המייצרות כמות מסחרית של חשמל תוך שימוש בטכנולוגיה זו בעיקר עקב המחיר הגבוה לייצור פאנלים כאלו.

ג. **תאים פוטו-ואלטאיים מרוכזים**: בטכנולוגיה זו מראות רבות מרכזות את השמש לתאים פוטו-ואלטאיים אחדים, היתרון המרכזי בשיטה זו הוא שנחסך הצורך בייצור המון תאים פוטו-ואלטאיים ובכך נחסכות גם עלויות הייצור. בעולם אין היום תחנות כוח המייצרות כמות מסחרית של חשמל תוך שימוש בטכנולוגיה זו, אולם לאחרונה דווח כי באוסטרליה מתוכננת לקום תחנה המבוססת עליה בהיקף ייצור חסר תקדים של 154 MW, ומחקר נרחב בתחום זה מתבצע גם במרכז למחקר אנרגיית השמש בשדה בוקר.

תרשים 10: טכנולוגיות פוטו - ואלטאיות

		
<p>תמונה 3: תאי פוטו-ואלטאיים מסיליקון</p>	<p>תמונה 2: תאי Thin Film PV</p>	<p>תמונה 1: תאים פוטו-ואלטאיים מרוכזים.</p>



אנרגיה תרמו-סולארית:

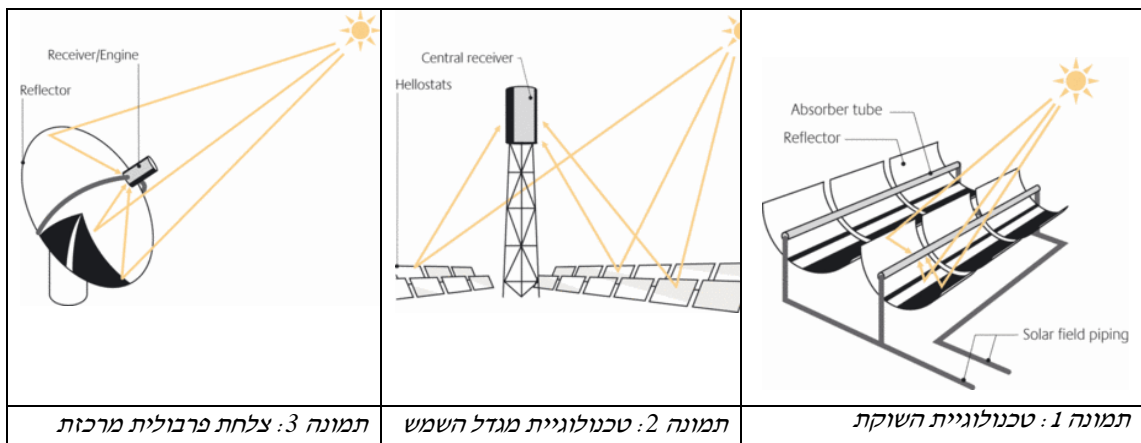
השימוש הפשוט והנפוץ בשיטה זו הוא לחימום מים בדודי שמש כתחליף לחימום באמצעות חשמל או גז. שימוש בשיטה זו להפקת חשמל בהיקפים גדולים הוא פיתוח ישראלי שנוסה לראשונה במדבריות קליפורניה בשנות ה-80 על ידי חברת לוז. אנרגיה תרמו-סולארית מופקת היום בשלושה סוגי טכנולוגיה עיקריים:

1. **טכנולוגיית "השוקת":** בטכנולוגיה זו מראות במבנה פרבולי נפרשות על שטח מישורי נרחב, עוקבות אחר השמש, קולטות את קרניה וממקדות אותן בצינור נירוסטה העובר במרכזן. הצינור הטבול במים מוליך שמן מיוחד שחמום עולה עד 350-450 מעלות צלזיוס, הגורם לרתיחת המים ולייצור קיטור המניע טורבינה לייצור החשמל. בשיטה זו נעשה שימוש מסחרי למעלה מ-25 שנה במדבריות קליפורניה על-ידי החברה הישראלית "סולל", ממשיכתה של לוז. סולל חתמה לאחרונה על חוזה הקמת חוות סולאריות כאלו בארה"ב ובספרד. מדובר בטכנולוגיה שצורכת שטח רב יחסית בסדר גודל של 1,800 דונם ל-100 MW. טכנולוגיה זו מוגבלת מבחינת יכולת המיקום שלה כיוון שהיא דורשת שטחים ישרים על מנת שיהיה ניתן לעקוב אחר השמש בצורה האופטימאלית.

2. **טכנולוגיית קולט מרכזי (מגדל שמש):** בטכנולוגיה זו מרכזים את קרני השמש לנקודה יחידה באמצעות מראות שעוקבות אחרי תנועת השמש בשני צירים. במרכז שדה המראות יש מגדל ואל ראשו מרוכזות קרני השמש. ריכוז קרני השמש בנקודה יחידה יכול ליצור חום של יותר מ-1,000 מעלות צלזיוס המנוצל להפקת חשמל.

3. **צלחת פרבולית מרכזת:** בטכנולוגיה זו נבנית צלחת פרבולית ששטחה בין 70 ל-400 מטרים (כמו צלחת לווין גדולה), שעוקבת אחרי השמש בשני צירים ומרכזת את קרניה לקולט שמוצב במוקד הפרבולה. טכנולוגיה זו עדיין אינה בשימוש מסחרי.

תרשים 11: טכנולוגיות תרמו - סולריות



חסרונותיהם העיקריים של שיטות אלו היו ונשארו העלות של ייצור החשמל והעובדה שעדיין יש קושי לאגור את האנרגיה הנצברת בשעות היום ולצרוך אותה בשעות החשיכה או בימים בהם העננות גבוהה, ²³ אולם פתרונות לבעיה אחרונה זו מתחילים להסתמן. טענה מקובלת כנגד הפוטנציאל של תחנות אלו נוגע לעובדה שכיוון שיכולת האגירה מוגבלת, בכל מקרה יש צורך לבנות תחנות כוח קונוונציונאליות בהספק דומה על מנת לספק חשמל בימים מעוננים ובלילה. טענה זו נכונה רק במידה מסוימת שכן מבחינה עקרונית ניתן להפעיל את הטורבינות שבתחנות אלו גם על ידי גז טבעי ולכן מספיק שיימצאו מצבורים כאלו בקרבת התחנות על מנת שיהיה ניתן לספק חשמל מתחנות אלו לאורך כל ימות השנה.

ייצור אנרגיה PV בהיקפים קטנים:

ככלל הטכנולוגיה הפוטו-וולטאית אינה מחייבת הקמת תחנות כוח מרכזיות כלל, (למרות שזה אפשרי), וזה גם יתרונה המרכזי. ניתן להציב פאנלים כאלו בשטחים בנויים ושטחים בנויים למחצה. הטכנולוגיות המתקדמות היום, (בעיקר זו של ה-Thin Film) מאפשרות הצבת פאנלים אלו כמעט על כל משטח. עובדה זו היא שהובילה מספר לא מבוטל של מדינות לצאת בתוכניות מקיפות לעידוד גגות סולאריים: בארה"ב רצה כבר שנים תוכנית שיזם ממשל קלינטון בשם "מיליון גגות סולאריים". במדינת קליפורניה מזה למעלה משנה פועלת תוכנית בשם דומה "Million Solar Roofs". ביפן קיימת תוכנית ל-70,000 גגות סולאריים. בגרמניה תודות לתמריצים מטעם הממשל הותקנו כבר למעלה מ-400,000 גגות סולאריים על בתים פרטיים ובתי עסק בעלי יכולת ייצור כוללת של כ-MW3,000. תודות למונים דו כיווניים ייצור חשמל כזה יכול לתרום לכלל תשתית החשמל במדינה.

הצבת פאנלים בצורה כזו עדיין נחשבת בעולם ליקרה ועל מנת להחדירה החלו במדינות רבות להקים מערכות סבסוד גבוהות. בגרמניה ובספרד סבסוד זה מגיע ליותר מ-50 יורו-סנט לקוט"ש.

במדינות צפוניות, כולל יפן, טכנולוגיה תרמו-סולארית איננה באה בחשבון כיוון שאין בהן מספיק קרינה סולארית והשטחים שם הם לא בגדר מדבריות. כלומר תאי ה-PV הם הדרך היחידה שיוכלו לייצר חשמל סולארי ולפיכך רוב הכספים מושקעים לכיוון הטכנולוגיה הזו.

2.2 ייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בישראל

בנובמבר 2002 קיבלה ממשלת ישראל החלטה שקבעה יעד להטמעת אנרגיות מתחדשות בתהליך ייצור החשמל. בהחלטה זו נקבע כי שיעור ייצור החשמל מאנרגיות מתחדשות יגיע ל- 2% לפחות מסך ייצור החשמל בשנת 2007. עוד נקבע שהשיעור יעלה באחוז כל שלוש שנים עד לרמה של 5% מסך ייצור החשמל בשנת 2016. נכון להיום יעד זה רחוק מלהיות מושג.

²³ מידע נוסף על שיטת ייצור חשמל זו ניתן למצוא באתר האינטרנט: <http://www.solarpowerconference.com>, ביקור אחרון: 1.7.08.



שיעור החשמל המיוצר כיום בארץ ממקורות אנרגיה מתחדשים עומד על כעשירית האחוז. רוב החשמל מאנרגיה מתחדשת מיוצר בפרויקטים קטנים, במספר אתרים זעירים ומנותקים. במאי 2008 הכריז שר התשתיות שהוא מעלה את היעד לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות עד לשנת 2020 ל-15-20% מסך הייצור החשמל וכי משרד התשתיות מתעתד לצאת עם מספר תוכניות מקיפות להגשמת יעד זה.

חשמל מרוח: בישראל חשמל מרוח מופק ברמת הגולן על-ידי חברת "מי גולן" בהספק כולל של 6 MW (מ-10 תחנות רוח), ועל-ידי חברת "רוחות גולן" בהספק של 0.2 MW. בימים אלו חברת מי גולן מרחיבה את יכולת ייצור החשמל הנוכחית מ-6 ל-12 MW על ידי החלפת תחנות הרוח הקיימות בעלות יכולת ייצור של 600 KW כל אחת בכאלו בעלות כושר ייצור של 1.5 MW. באפריל 2008, חתמו חברת מי גולן וחברת האנרגיה האמריקאית AES על שותפות שלפיה מתוכננים לקום 150 תחנות רוח בשטח של כ-140 קמ"ר ברמת הגולן. פרויקט זה מתוכנן להיות בעל הספק כולל של 380 MW, וגם ביחס לחוות רוח מקבילות בעולם ייחשב לגדול. הטורבינות יוקמו בעיקר במטעים פרטיים והן אינן אמורות להגביל את החקלאות סביבן.

מקומות נוספים בארץ שבהן יש פוטנציאל לייצור אנרגיה מרוח ושמש הנתשתיות וגופים נופים בוחנים היתכנותם הם הגליל ורמת סירין, (קיימת תוכנית תקפה לשני אתרים אלו). משרד התשתיות בוחן גם הסדרה ועידוד הפקת אנרגיה מרוח מיחידות קטנות לשימוש ביתי לייצור חשמל על גגות בתים פרטיים. משמעות ההסדרה הינה קביעת תעריף אטרקטיבי של ייצור חשמל ביתי, לכמות התחלתית של עד-50 MW שיופקו מכ-20,000 יחידות ייצור קטנות. במידה ויצליח הפרויקט, יוגדל היקף התוכנית. התעריף שיקבע יהיה למעשה דומה לרגולציה שהונהגה ביולי 2008 בתחום ה-PV הביתי והמסחרי עם התאמות לפרויקטי רוח זעירים. רשות החשמל מתכננת לפרסם תקנות לפרויקטי הרוח לקראת סוף שנת 2008.²⁴ משרד התשתיות הלאומיות שואף לייצור כ-100 MW של אנרגיות מתחדשות בפרויקטים זעירים, (רוח ו-PV).

חשמל מאנרגיה הידרו-אלקטרית: עקב מיעוט מקורות המים בישראל הפוטנציאל לייצור חשמל הידרו-אלקטרי נמוך מאוד. חשמל הידרו-אלקטרי מופק במספר אתרים בצפון הארץ, ובהם כפר-הנשיא, גשר-שניר ובית-שאן. בסך הכול מופק באתרים האלה חשמל בהספק מותקן כולל של 5.5 MW. מזה שנים, עלו הצעות שונות לתעלת הימים שהצביעו על הפוטנציאל להפקת אנרגיה בהיקף של 300 עד 700 מגו"ט תוך ניצול הפרשי גובה בין ים המלח לים האדום או לים התיכון. אולם רעיונות אלו רחוקים עדיין ממימוש.

אגירה שאובה: קיימות מספר יוזמות להקמת מתקנים לייצור חשמל באמצעות אגירה שאובה, כולל יוזמה להקמת מתקן באזור מנרה בגליל העליון. בפרויקט שותפות חברת אלקטרה, החברה לפיתוח הגליל והמועצה האזורית גליל עליון. הפרויקט אמור לספק 300 MW חשמל הידרואלקטרי לרשת

²⁴ הודעת דובר משרד התשתיות 15.04.2008, אתר משרד התשתיות הלאומיות כניסה אחרונה: 14.5.08



הארצית באמצעות שתי ברכות אגירה חדשות שנבנות לצורך העניין והוא נסמך על תעריף התעו"ז שמעודד פיתוח של פרויקטים כאלו. פרויקטים נוספים מקודמים באזור הארבל, הכרמל ומדבר יהודה.

חשמל מביו-גז: הפקת אנרגיה מגז הנפלט מפסולת נעשית בארץ כיום בשלושה אתרים – אתר דודאים בנגב, אתר חירייה וקיבוץ עברון – ומיוצר בהם חשמל בהספק כולל של 5.1 MW. בימים אלו שוקד משרד התשתיות על הגדלת הרישיונות לייצור חשמל מפסולת ל-10 MW, אולם חשמל מביו-גז אינו צפוי להוות מקור משמעותי לייצור חשמל בישראל.

חשמל סולארי מתאים פוטו-ואלטאיים: אנרגיה סולארית מתאים פוטו-ואלטאיים מופקת בארץ במספר אתרים קטנים שעל פי רוב מנותקים מרשת החשמל הארצית. משרד התשתיות הלאומיות מעריך את היקף ההפקה של אנרגיה זו ב-1.5 MW. באפריל 2008 פרסם משרד התשתיות מכרז להקמת תחנת כוח סולארית פוטו-ואלטאית שעתידה להיות מוקמת במתחם אשלים בנגב בהספק ייצור כולל של 15 MW עם אפשרות הרחבה ל-15 MW נוספים. משרד התשתיות נערך לרפורמה שתעודד התקנת תאים פוטו-ואלטאיים בהספק כולל של 50 MW על גגות בתים במשך 7 שנים וזאת במקביל לפרסום קביעת התעריפים להחזר תשלום על ייצור חשמל ביתי. על פי התוכנית, הוגדרה כמות מוגבלת של מתקני PV שיוקמו באופן מדורג בכ-25 אלף בתי אב ועוד כמה עשרות בתי עסק.

חשמל תרמו סולארי: חרף הפוטנציאל הרב שיש במדינת ישראל לייצור אנרגיה מהשמש, ולמרות העבודה שישנן מספר חברות ישראליות שנחשבות כמובילות בתחום זה, נכון להיום אין בישראל ייצור חשמל מטכנולוגיות אלו. במרץ 2008 פרסם משרד התשתיות שלב מקדים למכרז למיון מציעים להקמת שתי תחנות תרמו-סולאריות גדולות במתחם שהוצע על ידי מנהל מקרקעי ישראל סמוך ליישוב אשלים, בהספק מצרפי מקסימאלי של 250 MW. תחנות אלו אמורות להיות מוקמות על שטח כולל של 4,000 דונם. משרד התשתיות פרסם את כוונתו להקים תחנת כוח סולארית תרמית נוספת באתר תמנע בדרום הערבה בהיקף של 150-200 MW. כמו-כן במאי 2008 פרסם המשרד את כוונתו לפרסם 10 מכרזים להקמת תחנות כוח סולאריות בין השנים 2010-2020 בנגב ובערבה.

כיום יעדי משרד התשתיות המוצהרים בנוגע לאנרגיות מתחדשות הן שעד שנת 2011-2012 יותקנו 600 MW חשמל מאנרגיות מתחדשות. התקנות אלו יתחלקו בצורה הבאה: 300 MW סולארי (250 MW פרויקט אשלים – תרמו-סולארי, 50 MW פוטו-וולטאי באשלים ובית) ו-300 MW מאנרגית רוח (200 MW רמת-הגולן, 50 MW-גלבע ו-50 MW רמת סירין).

2.3 אנרגיה גרעינית והשימוש האפשרי שלה בישראל

אנרגיה גרעינית היא אמנם שיטת הפקת חשמל אלטרנטיבית אך היא אינה אנרגיה מתחדשת שכן בהליך הפקתה נעשה שימוש בחומרי גלם טבעיים מתכלים כגון אורניום או פלוטוניום. חרף עובדה זו, מכיוון שסקירה זו נוגעת כמעט בכל הטכנולוגיות האלטרנטיביות לייצור חשמל, ראוי לייחד לטכנולוגיה זו פרק קצר.



הייצור של חשמל בכורים גרעיניים אחראי לכ-17% מכלל ייצור החשמל בעולם. בשנת 2005, 16 מדינות הסתמכו על מקור זה שייצר עבורן 25% או יותר מכלל ייצור החשמל בתחומן. נכון לדצמבר 2005, פעלו ברחבי העולם 443 כורים גרעיניים ו-24 נוספים היו בשלבי הקמה שונים.

כמה מרכיבים גורמים בשנים האחרונות להתעניינות מחודשת בטכנולוגיה זו בניהם נציין את התייעלות טכנולוגיית ייצור החשמל בכורים קיימים, העלייה במחירי הדלק הפוסילי, החשש של מדינות שונות בדבר אי-יכולתן לספק בטחון אנרגטי בתחומן והצורך להפחית את פליטת גזי החממה שנלווה לעובדה שבהליך ייצור החשמל מגרעין לא נפלטים גזי חממה.

הסיכונים הכרוכים בייצור חשמל בכורים גרעיניים:

ייצור חשמל בכורים גרעיניים הוא עסק מורכב ביותר שדורש תחזוקה שוטפת והקפדה מיוחדת על הוראות בטיחות. בתפעול הכורים קיים סיכון מתמיד לעובדים וחשש מזיהום סביבתי חמור כתוצאה מדליפת חומרים רדיואקטיביים. התמודדות מורכבת נוספת קשורה בסילוק מבוקר של הפסולת הרדיואקטיבית ובטיהור הקרקע כאשר הכור סיים את פעילותו. חשש נוסף קשור לפרוליפרציה, קרי, הפצה לא מבוקרת של טכנולוגיה גרעינית שעלולה להגיע לידיים הלא נכונות, כשלכל זה מתלווה החשש המתמיד מתקיפות טרור. קושי נוסף הנלווה להקמת הכורים קשור לעלויות הביטוח של כורים אלו. נכון להיום אין אף חברת ביטוח שמוכנה לקחת על עצמה אחריות זו ולפיכך הממשלות במדינות בהן פועלים הכורים הן שנושאות בעלויות אלו.

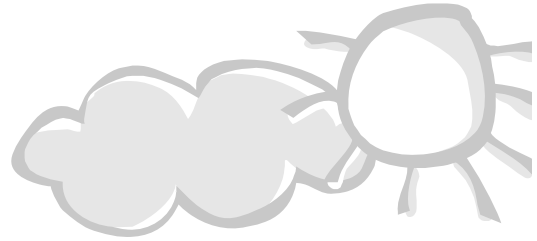
בישראל ישנם מספר מאפיינים ייחודיים שאף מגבירים את הסיכונים המתוארים לעיל:

- שטח המדינה קטן דבר המגביל משמעותית את יכולות ההטמנה של הפסולת הגרעינית ואת המרחק הנדרש מיישובים מאוכלסים.
- בעיות הביטחון באזור והסכנה המוגברת לפעולות טרור במתקני גרעין.

הפוטנציאל להפקת אנרגיה מגרעין בישראל:

ממשלת ישראל שריינה אתר בסמוך לשבטה בנגב לצורך הקמת תחנת כוח גרעינית במידה והדבר יתאפשר בעתיד. באתר זה ניתן יהיה להקים תחנות כוח בהיקף כולל של בין 1500 ל-3000 MW. להערכתנו, אם תחליט ממשלת ישראל להקים תחנת כוח כזו, הדבר יארך בין 15 ל-20 שנים. הסיבה לכך נעוצה במכלול של בעיות גיאופוליטיות וסביבתיות הכרוכות בהקמת תחנות בטכנולוגיה זו. בכללן ניתן לציין את הקושי הכרוך במציאת ספק שיהיה מוכן לבנות בישראל תחנת כוח גרעינית, בעוד הממשלה איננה חתומה על אמנת אי-הפצת נשק גרעיני, (Nuclear Non-Proliferation Treaty – NPT), התנגדות של מדינות ערב, התנגדות אזרחים בכלל ואזרחים שוחרי סביבה בפרט ועוד. בכל מקרה, בשל הפוטנציאל המוגבל שצויין לעיל של היכולת המותקנת האפשרית בישראל, שימוש בטכנולוגיה זו בטווח הנראה לעין, הגם שעשוי לגוון את מקורות אספקת האנרגיה, לא יהווה מקור בעל משמעות אסטרטגית למשק האנרגיה.





חלק שני: אנרגיה חשמלית ושימושי קרקע

פרק 3: השימוש בשטחים לייצור ואספקת חשמל

בפרקים הקודמים עסקנו בתיאור משתנים שונים במשק החשמל הישראלי ובטכנולוגיות האלטרנטיביות לייצור חשמל הקיימות כיום, כל זאת מבלי להתייחס בהרחבה לסוגיית שטחי הקרקע שתשתיות חשמל אלו דורשות, בפרק זה נפנה את הזרקור לבחינת שאלה זו.

רוב הדיון הנוכחי סביב שאלת השימוש בטכנולוגיות מתחדשות לייצור חשמל מתרכז בשאלת העלות הכלכלית והסביבתית שלהן ולהצדקות והכדאיות להעניק סובסידיות גבוהות על מנת לאפשר להן לתפוס פלח משמעותי בתמהיל הדלקים לייצור חשמל. סוגיה הזוכה להתייחסות פחותה בהרבה נוגעת לצורך בקרקעות לפריסת תשתיות כאלו. הסיבה שהעיסוק בסוגיה זו מופחת נובעת ככל הנראה מכך שברוב המדינות שעסקו בפיתוח תשתיות כאלו בעולם הרחב, (למשל ארה"ב, ספרד, גרמניה, סין אוסטרליה וכו'), אין מחסור כה קיצוני בשטחים ולפיכך השאלות הקשורות בכך לא זכו להתייחסות מרובה. במדינת ישראל, לעומת זאת, מצוקת השטחים הפתוחים חמורה במיוחד ולכן חשוב לכלול את ההיבט הקרקעי ואת ערך הקרקע בשיקולים באשר להיקף ולאופי השימוש בטכנולוגיות אלו לייצור חשמל.

ככלל, תשתיות לייצור חשמל מכל סוג הן צרכניות שטח משמעותיות. כאשר מדובר בייצור חשמל בתחנות כוח מרכזיות השטח הנתפס אינו כולל רק את המתחם עליו יושבת תחנת הכוח, אלא כולל גם שימושי קרקע רבים אחרים שפעמים נמצאים גם במרחק של עשרות ואף אלפי קילומטרים מהתחנות עצמן, כגון:

- שטחי הקרקע אותם תופסים קווי הולכת החשמל, (קווי מתח).
- שטחי הקרקע בהן מצויות תשתיות הולכה ושנוע כגון צינורות גז ונפט, מסוע לפחם וכד'.
- שטחי הקרקע עליהם מוצבים תחנות שנאים בנקודות שונות בארץ.
- שטחי הקרקע בהן ממוקמות דרכי הגישה אל תחנות הכוח, השנאים, קווי המתח וכו'.



- שטחי הקרקע בהן מוצבים המתקנים להשמלת מקור ייצור החשמל, דוגמת בתי זיקוק או תחנות לקליטת גז טבעי נוזלי.
 - שטחי הקרקע בהם מאוחסנים מקורות ייצור החשמל, (שטחי אחסון לפחם, גז טבעי נוזלי ונפט).
 - השטחים הנדרשים לסילוק הפסולת שנלוות לייצור החשמל, בייחוד כאשר מדובר בפסולת גרעינית מתחנות כוח גרעיניות, או באפר פחם מתחנות כוח פחמיות.
 - השטחים הנדרשים על מנת לכרות את משאבי הטבע שבעזרתם מפיקים חשמל, כמו למשל שטחי מכרות פחם, שדות הגז או הנפט.
- מגוון השימושים לשטחים הנדרשים לצורך הפקת חשמל ברמה המקומית והגלובאלית הופך את החישוב המדויק לשטח אותו כל שיטת חשמל צורכת למורכב וסבוך במיוחד. אנו ננסה כאן להמחיש עד כמה שניתן את דרישות השטח של האופנים השונים של ייצור חשמל שהם הרלוונטיים ביותר למדינת ישראל.

3.1 השטח הדרוש לקווי הולכה

בחינת השטח אותם תופסים קווי הולכת החשמל בישראל מציבה קשיים שונים. ראשית, כיוון שרוב קווי המתח בישראל מצויים מעל הקרקע בגובה רב יחסית קשה לקבוע האם מדובר בתפיסת שטחים במובן הטהור של המילה. שנית, הקושי לחשב את שטח הקווים נובע גם מכך שישנם קווים כפולים או צמודים. למשל קו KW 161 שצמוד לקו KW 400. כמו כן קשה לקבוע מהו השטח ש"נתפס" – האם רצועת איסור הבנייה, או שמא זו רצועה שבכלל מגינה על השטח הפתוח כזה. בנוסף קשה לקבוע במדויק מה רוחב השטח אותם תופסים קווי ההולכה וזאת מכיוון שאם נצרף את הקווים ליחידה אחת נגלה שקוטרם יהיה לכל היותר כמה עשרות סנטימטרים, מאידך אם ניקח את שטח הפנים הרחבי של קווי ההולכה, נמצא שמדובר במספר מטרים לא מבוטל. לצורך עבודה זו נסתפק בלציין את אורכם של קווי ההולכה המרכזיים בישראל נכון לשנת 2007 כעולה מנותני חברת החשמל המוצגים בטבלה 3:

טבלה 3: אורך כולל של קווי מתח בהספקים שונים, (2007):

קו המתח העליון (הספק ב-KW)	מספר הקווים הפרוסים	אורך כולל בק"מ
110	17	138.9
161	328	4,194.3
400	21	727.7

מקור: נתוני מכון דש"א.

למרות שייצור עצמי של חשמל והתנתקות עקב כך מקווי הולכה אפשרי, בייחוד כאשר מדובר בייצור חשמל מפאנלים סולאריים או תחנות רוח קטנות המוצבות על גגות בתים, אין זה סביר לפחות בטווח



הנראה לעין, שיהיו בישראל יישובים, שכונות או בתי אב רבים שיהיו מנותקים כליל מרשת החשמל הארצית. בהתאם להנחה זו, בכל מקרה יהיה צורך בקווי הולכה. נקודת המוצא לדיון היא ששתי שיטות ייצור החשמל האלטרנטיבית כמו גם הקונוונציונאלית יצרכו מבחינה זו את אותו היקף שטח לתשתית הולכה.

אולם יש גם לקחת בחשבון את העובדה שבמידה ויוקמו תחנות כוח בהיקף גדול באזורים מבודדים, יהיה צורך להקים או לשדרג את קווי ההולכה הקיימים ולקחת בחשבון את השטח הנוסף שיתפסו בהתאם. למשל, ספק אם קווי ההולכה ברמת הגולן יוכלו לשאת תוספת מתוכננת של MW 380 מתחנות הרוח שיוצבו שם, כמו גם הספק מותקן של תחנת כוח בטכנולוגיית אגירה שאובה המתוכננת לקום באצבע הגליל, ללא שדרוג חלק מקווי המתח. הערה זו רלוונטית גם לתשתיות חשמל נלוות נוספות כמו שנאים, דרכי גישה וכו'. כמות השטחים הנוספים הנדרשים להקמת תחנות כוח כאלו תלויה במשתנים רבים ולא ניתן לחשבה במסגרת עבודה זו.

3.2 השטח הדרוש לייצור אנרגיה מפחם

תחנות כוח פחמיות הן צרכניות יעילות יחסית של שטחים, אם לא לוקחים בחשבון את השטחים הנדרשים לכריית פחם. לשם המחשה גודל השטח עליו מוצבת תחנת הכוח "אורות רבין" בחדרה שהיא בעלת כושר ייצור של MW 2,590, עומד על כ-1,577 דונם, דהיינו כ-60.9 דונם במוצע לייצור MW 100 חשמל. לשם השוואה לפי הערכות משרד התשתיות יידרש שטח גדול פי 30, כ-1,800 דונם, להפקת 100 MW בתחנות תרמו-סולאריות בנגב ובערבה.

3.3 השטח הדרוש לייצור אנרגיה מגז טבעי

תחנות כוח המייצרות חשמל מגז טבעי גם הן צרכניות יעילות יחסית של שטחים, אם לא לוקחים בחשבון את השטחים הנדרשים להפקת גז משדות והשטחים הנדרשים לטיפול בו ולהולכתו בצינורות. לשם המחשה היקף שטח תחנת הכוח "חגית" הפועלת בטכנולוגיית מחזור משולב ובעלת כושר ייצור של MW 660 עומד על כ-741 דונם, דהיינו כ-112 דונם לייצור MW 100. יצויין כי כושר הייצור בתחנה זו יוכפל בשנים הקרובות דבר שיקטין פי שניים את השטח הנדרש למגהוואט מותקן.

3.4 השטח הדרוש לחוות רוח

חוות רוח המייצרות חשמל בהיקף גדול תופסות מרחבי שטח עצומים. אולם התחנות עצמן יושבות רק על פחות מאחוז אחד משטח החווה כולה, (ראו תרשים 12), גם אחרי לקיחה בחשבון של דרכי גישה ומבנים נדרשים אחרים לתפעול. עובדה זו, מאפשרת לבצע שימושי קרקע אחרים בשטח שבין תחנות הרוח, (למשל גידול גידולים חקלאיים או מרעה). בנוסף, ניתן לומר כי חוות רוח הן דווקא אחת משיטות ייצור החשמל ממקורות מתחדשים היעילות יותר מבחינת ניצול השטח. בהתאם לכך יהיו כאלו שיאמרו שלחוות רוח השפעה מועטה על השטחים הפתוחים בתנאי שהן מרוחקות מאתרי טבע ומורשת וממערכות אקולוגיות רגישות.



תרשים 12: תחנת רוח בשוודיה



מתמונה זו ניתן לראות כי השטח אותו תופסות התחנות, (כולל דרכי הגישה אליהן), קטן ביחס לשטח בו היא פרוסה.

ארגון אנרגיית הרוח האמריקאי העריך כי על מנת לספק 15% מצריכת החשמל בארה"ב יהיה צורך בשטח של 0.6% משטחה של ארה"ב, (לא כולל אלסקה), כשמתוך שטח זה תחנות הרוח ודרכי הגישה להן יתפסו רק 5% ובשאר השטח יהיה ניתן לגדל גידולים חקלאיים ולבצע שימושי קרקע אחרים. כפי שכבר צוין לעיל חישוב זה אינו כולל את היקף השטח הדרוש להנחת תשתיות להובלת החשמל שמיוצר בתחנות הרוח האלו. בהקשר זה מעניין לציין כי כיוון שבארה"ב מרבית החשמל המיוצר בתחנות רוח המצויות באזורים מבודדים נדרשות כיום מדינות שונות בארה"ב שבהן ממוקמות חוות הרוח לעבות את התשתיות הקיימות בתחומן על מנת שיהיה ניתן לשנע את החשמל המיוצר בהן.



בטבלה 4 מתואר השטח הכולל אותו תופסות מדגם של חוות רוח גדולות בעולם (חלקן בשלבים שונים של הקמה):

טבלה 4: חוות רוח ושטח:

שטח נדרש לתחנת כוח של 1,000 MW/p - בקמ"ר	מספר תחנות רוח	שטח בקמ"ר	יכולת מותקנת ב-MW/p	מדינה	שם התחנה ושנת הקמה
368	150	140	380	ישראל	מי גולן – AES (מתוכננת)
120	68	18	150	נורווגיה	Smøla Wind Farm (2005)
43.75	134	7	160	ניו זילנד	Tararua Wind Farm (2007)
404	70	65	161	ארה"ב	Wildorado Wind (2007) Ranch
885	128	173	192	אוסטרליה	Waubra Wind Farm (בבניה)
171	140	55	322	סקוטלנד	Whitelee Wind Farm (בבניה)
153	127	35	229	ארה"ב	Wild Horse Wind (בבניה) Farm
243	107	39	160.5	ארה"ב	Desert Sky Wind Farm
192	55	17	91	אוסטרליה	Wattle Point Wind (2005) Farm
574	209	120	209	ארה"ב	Roscoe Wind Farm
258	421	190	735.5	ארה"ב	Horse Hollow Wind (2006) Energy Center

כפי שניתן לראות בבירור בטבלה זו ישנו שוני גדול בין החוות השונות באשר להיקף השטח הנדרש לייצור יחידת חשמל. המשתנים העיקריים הקובעים זאת הם עוצמת הרוח ובהתאם יכולת ייצור החשמל על פני זמן וכן גם סוג הטכנולוגיה בה נעשה שימוש.

3.5 השטח הדרוש לאנרגיה סולארית



ככלל מערכות מבוזרות קטנות-בינוניות מחוברות רשת אינן צריכות לתפוס כלל שטחים פתוחים. מערכות אלו יכולות להיות מוקמות על גגות בתים, מעל חניונים, בצידי מבנים ובמקומות רבים נוספים



מנצלות טוב יותר את הקרקע. בכך הפקת אנרגיה בצורה זו לא רק שאינה תופסת שטחים פתוחים אלא היא יכולה להוביל לצמצום הפגיעה בהם. הטכנולוגיה העדיפה בהקשר זה לייצור חשמל היא הפוטו-ואלטאית כיוון שפאנלים כאלו אפשר להניח כמעט בכל מקום ובכל זווית והם מייצרים חשמל ישירות לרשת בשונה מטכנולוגיות סולאריות אחרות (תרשים 13).

בישראל קיים פוטנציאל גדול לניצול שטחים בנויים לצורך הנחת פאנלים סולריים. ניצול שעות השמש המגיעות לאורך מרבית ימות השנה בשטחים בנויים יכול לתרום תרומה משמעותית לאספקת החשמל בישראל. בשטחים כאלו ניתן לכלול בתים פרטיים, (חד קומתי קומתיים ורבי קומות), בניינים ציבוריים, (משרדי ממשלה, מוסדות לימוד, בתי חולים, בתי כלא וכו'), חניונים, מתקני ספורט, קניונים, מבני תעשייה, חממות ושטחים חקלאיים ועוד.

תרשים 13: טכנולוגיות פוטו - ואלטאיות

	
<p><i>PV כקירוי לחניון פתוח</i></p>	<p><i>PV Thin Film על גג סופרמרקט בארה"ב</i></p>

הפקת חשמל סולארי בתחנות כוח מרכזיות עם הטכנולוגיות הקיימות, צורכת שטחים גדולים בהרבה בהשוואה להפקתו בתחנות כוח קונוונציונאליות. נבחין כאן בין תחנות כוח פוטו-ואלטאיות לתחנות כוח תרמו-סולאריות.

למרות שמספרן הולך וגדל בשנים האחרונות עדיין מספר תחנות הכוח הסולאריות הפוטו-ואלטאיות לייצור חשמל הוא קטן יחסית. טבלה 5 מרכזת את התחנות הגדולות (חלקן בשלבים שונים של הקמה):

טבלה 5: תחנות כוח PV ושטח:



שם התחנה ושנת הקמתה	טכנולוגיה	מדינה	יכולת מותקנת ב-MW/p	שטח בדונמים	שטח נדרש לתחנת כוח של 1,000 -MW/p בקמ"ר
Nellis Solar Power Plant (2007)	Silicon solar cells	ארה"ב	14	567	40
Serpa solar power plant (2007)	Silicon solar cells	פורטוגל	11	600	55
Moura photovoltaic - (בבניה) power station (2010)	Silicon solar cells	פורטוגל	62	1,300	21
Parque Solar Hoya de (2007) Los Vincentes	Silicon solar cells	ספרד	23	1,000	43.4
Beneixama photovoltaic (2007) power plant	Silicon solar cells	ספרד	20	500	25
Planta Solar de (2007) Salamanca	Silicon solar cells	ספרד	13.8	360	26
The Trujillo project (2008 – בבניה)	Silicon solar cells	ספרד	20	1,000	50
GM-Zaragoza (בבניה)	Thin Film	ספרד	12	185	15.4
Erlasee Solar Park (2007)	Silicon solar cells	גרמניה	12	770	64
Rote Jahne Solar Park (2007)	Thin Film	גרמניה	6	67	11
Waldpolenz Solar Park (בבניה)	Thin Film	גרמניה	40	1,100	27.5

מטבלה זו ניכר שיש שוני רב בין התחנות השונות ובין הטכנולוגיות השונות.

גם מספרן של תחנות הכוח לייצור חשמל תרמו-סולארי בעולם הוא קטן יחסית אך מספרן הולך וגדל בשנים האחרונות.

טבלה 6 מרכזת את התחנות הגדולות (חלקן בשלבים שונים של הקמה):

טבלה 6: תחנות כוח תרמו-סולאריות ושטח:

שם התחנה ושנת הקמתה	טכנולוגיה	מדינה	יכולת	שטח	שטח נדרש
---------------------	-----------	-------	-------	-----	----------



לתחנת כוח של 1,000 MW/p - בקמ"ר	בדונמים	מותקנת ב- MW/p			
18	1,800	100	ישראל	שוקת	הערכת משרד התשתיות (ע"ב קרינת שמש בנגב ובערבה)
18.3	6,475	354	ארה"ב (קליפורניה)	שוקת	Solar Energy Generating Systems (1991)
21.6	1,619	75	ארה"ב (נבדה)	שוקת	Nevada Solar One (2007)
42	23,310	553	ארה"ב (קליפורניה)	שוקת	Mojave Solar Park (מתוכנן)
27.5	7,689	280	ארה"ב (אריזונה)	שוקת	Solana solar power (מתוכנן) plant
14.6	2,590	177	ארה"ב (קליפורניה)	שוקת	Carrizo Solar Farm (מתוכנן)
34	-	-	ארה"ב (קליפורניה)	מגדל שמש	Solar power tower (הערכה ע"פ פרויקטים מתוכננים)

ניכר כי גם בטכנולוגיה התרמו-סולארית יש הבדלים בין תחנה לתחנה, השוני נעוץ בסוג הטכנולוגיה, בקרינת השמש ובתנאים פיסיים נוספים במקום בו מוצבת התחנה.

3.6 סיכום ביניים

בהתבסס על הנתונים שהוצגו לעיל נציג בטבלה 7 שלהלן אומדן לניצול שטח בטכנולוגיות שונות שהוא רלוונטי לנתונים הפיסיים של מדינת ישראל:



טבלה 7: שטח נדרש בשיטות שונות של ייצור חשמל

(על בסיס נתונים הרלוונטיים לישראל ותחנות כוח חדישות הפועלות כיום בעולם)

שם התחנה וטכנולוגיית ייצור	הספק מותקן MW/p	ייצור שנתי בפועל באלפי MW/h	שטח התחנה בקמ"ר	שטח נדרש לתחנת כוח של 1,000 MW/p בקמ"ר	חשמל מיוצר בקמ"ר באלפי *MW/h
אורות רבין חדרה – תחנה פחמית***	2,590	19,076	2.024	0.781	9,534
חגית – תחנת מחז"מ (גז)***	660	אין נתונים	0.735	1.11	5,524
2 תחנות תרמו-סולארית מתוכננות באשלים**	160-250 (בין 80 ל-125 כל אחת)	אין נתונים	4	16-25	86-134
תחנה תרמו-סולארית Solar 1 בנבאדה ארה"ב***	75	130	1.619	21.6	130
2 תחנות פוטו-ולטאיות מתוכננות באשלים**	15+15	אין נתונים	0.3-0.6	20	90
תחנה פוטו-ולטאית, (תאי סיליקון רגילים), קיימת בספרד – Beneixama***	20	30	0.5	25	60
תחנה פוטו-ולטאית, (תאי Thin Film בגרמניה Waldpolenz)***	40	40	1.1	27.5	36
תחנת רוח מתוכננת ברמת הגולן***	380	אין נתונים	140	368	†8

* התחשיב מבוסס על הנחה כי תחנות הכוח מופעלות בשיא ההספק בממוצע שנתי שיעור מהזמן כדלהלן: פחם – 85%; גז/מזוט – 70%; רוח – 35%; תרמו סולארי – 24.5%; פוטו-ולטאי – 20.5%.
 ** על פי תנאי המכרז של משרד התשתיות לאתרים המתוכננים באשלים.
 *** על פי פרסומים שונים.

† יודגש כי לגבי חוות רוח מדובר בשטח מנוצל ברוטו, כאשר באותו מרחב יכולים להתקיים שימושי קרקע נוספים, דוגמת גידולים חקלאיים רעיה ואף ישובים קטנים.



מבט ראשון על טבלה 7 מוביל למסקנה חד משמעית כי ייצור חשמל בטכנולוגיות מתחדשות בתחנות מרכזיות צורך שטחים גדולים בהרבה מאלו שצורכות תחנות כוח קונוונציונאליות. אולם כפי שכבר נדון ההשוואה אינה פשוטה כלל ועיקר. נוסף לכך גם מספר שיקולים נוספים:

א. הטכנולוגיות האלטרנטיביות הן רק בראשית דרכן ויש עוד מקום רב לשיפור גם בהיבט של ניצול שטחים:

בימים אלו ניכר כי מדינות וחברות רבות הפנימו את הצורך הדוחק להפחית עד כמה שניתן את התלות בדלקים פוסיליים ובהתאם לכך ההשקעות במציאת חלופות והפיתוחים הטכנולוגיים הצפויים ישנו לבל היכר את מפת השיקולים הנוכחית ובכלל זה אלו הקשורים להיקף השטח שתחנות אלו צורכות. היעילות בניצול אנרגיה סולארית השתפרה בצורה משמעותית בשנים האחרונות: יכולת הנצילות המקסימאלית של תא פוטו-וולטאי בתנאי מעבדה עמדה עד לא מזמן על 18%, אולם בסוף שנת 2006 הכריזה חברת Boeing על כך שהצליחה לפתח תא פוטו-וולטאי בעל יכולת נצילות של יותר מ-40%. על פי משרד האנרגיה האמריקאי נצילות כזו יכולה להוביל לעלות ייצור חשמל של 8-10 סנט ל-קוט"ש, מחיר שנמוך משמעותית מהעלות הנוכחית של ייצור חשמל בשיטה זו, כמו גם לצמצום השטח הדרוש להפקת החשמל. כך גם כאשר מדובר בתחנות רוח, אם לפני שנים ספורות היכולת המקסימאלית לייצור חשמל מתחנת רוח בודדת עמדה על כ-500 KW, היום תחנות רוח יכולות להפיק 2 MW כל אחת, וטורבינות הרוח הגדולות בעולם מספקות כבר 5 ו-6 MW.

ב. ההשפעות הסביבתיות השליליות שיש לשריפת דלקים פוסיליים לייצור חשמל בהקשר של שטחים פתוחים:

ההשפעות על בריאות הציבור שיש לשריפת פחם ומזוט לצורך ייצור חשמל אולי ברורות לאזרח הישראלי, אך יש לזכור שלתרומתן להתחממות הגלובאלית יש השפעות עקיפות גם על השטחים הפתוחים בעולם. התחממות כדור הארץ יוצרת תופעות עולמיות של המסת קרחונים, עליית מפלס הימים, תנאי אקלים קיצוניים, ומידבור, תופעות שלכולן השפעה ישירה על היקף השטחים הפתוחים. ישראל היא אומנם שחקנית זניחה בכל הקשור לתרומתה להתחממות הגלובאלית, אך אין היא פטורה מנקיטת מדיניות למניעת פליטת גזי חממה, למשל על ידי דחיית בנייתן תחנות כוח פחמיות ובדרך זו למנוע פגיעה או צמצום השטחים הפתוחים בעולם.

3.7 הפוטנציאל לייצור אנרגיה חלופית בשטחים בנויים או בנויים למחצה:

כאמור אחד היתרונות הבולטים שיש לשיטות מסוימות של ייצור אנרגיה חלופית, נעוץ בעובדה כי ניתן לייצר את החשמל בעזרתן ללא צורך בייעוד שטחים מיוחדים לצורך כך, אלא פשוט ע"י ניצול טוב יותר של קרקע שכבר נעשה בה שימוש. בפרק זה אנו נבחן פוטנציאל זה בכל הקשור לייצור אנרגיה סולארית בשטחים בנויים או בנויים למחצה.



תחילה נבחין בין שני סוגי שטחים הניתנים לניצול: הקבוצה הראשונה כוללת גגות של בתי תושבים והקבוצה השנייה כוללת שטחים אחרים בעלי אופי ציבורי ומסחרי וכוללת גגות של בתי מסחר, בתי ספר, בתי חולים, חניות מקורות, גגות קניונים גגות האנגרים, מבנים חקלאיים וכדומה.

א. פוטנציאל ייצור אנרגיה סולארית בגגות של בתי תושבים:

ביולי 2008 הצטרפה ישראל לשורה ארוכה של מדינות המעודדות ייצור ביתי של חשמל על ידי הנחת פאנלים סולאריים על גגות, תוך הבטחה להחזר כספי עד לאיפוס המונה בסכום של פי 4 ממחיר קנייה רגיל של חשמל. (חשמל סולארי נמכר לרשת בכ-2 ש"ל לקוט"ש בעוד קניית חשמל "רגיל" מחברת החשמל עולה כ-0.5 ש"ל לקוט"ש).

משרד התשתיות הגביל תמריצים אלו לכ-50 MW מותקן בבתים פרטיים ועסקים ומעריך כי בשנים הקרובות יותקנו על כ-25,000 גגות פאנלים סולאריים. לפעילות זו יש יתרונות רבים אך מבחינת תרומה למשק החשמל בכללותו היא בעלת פוטנציאל נמוך יחסית ומבחינת יעילות כלכלית היא נחשבת ליקרה. נמחיש טענה זו גם בתחשיב כלכלי פשוט:

הנחות הבסיס לחישוב: על מנת שמשק בית ממוצע יאפס את חשבון החשמל שלו הוא יידרש להציב על גג ביתו בין 1.5-3 KW מותקן. עלות התקנה של KW פאנלים סולאריים עומדת על כ-5,500 יורו.

כעת נבחן תסריט מאוד אופטימי החורג בצורה משמעותית מזה של משרד התשתיות: במידה והצרכן יבחר להתקין 3 KW על גג ביתו, (משרד התשתיות העריך התקנה ביתית ממוצעת של פחות מ-2 KW), ובמידה ו-100,000 בתי אב בישראל יעשו כמותו, (פי 4 מהערכות משרד התשתיות), סה"כ יכולת ייצור החשמל המותקנת תעמוד על לא יותר מ-300 MW וזאת בעלות של כ-1,650 מיליון יורו. יש לזכור, כי מדובר על יכולת ייצור שיא של חשמל סולארי דבר שכמעט לא קורה לאורך השנה והייצור בפועל עומד על כ-20.5%. כלומר לכל היותר מדובר פה על תרומה הדומה לזו של תחנת כוח בינונית קטנה. בפירוש לא מדובר על תרומה משמעותית למשק החשמל בישראל שכאמור צפוי להידרש לכמויות גדולות בהרבה.²⁵

ב. פוטנציאל ייצור אנרגיה בשטחים בנויים ובנויים למחצה בעלי מאפיינים ציבוריים:

עיקר הפוטנציאל לייצור חשמל סולארי שתהיה לו תרומה משמעותית למשק החשמל ביעילות כלכלית גבוהה יחסית, הוא שימוש בשטחים בנויים ובנויים למחצה בעלי מאפיינים ציבוריים, מסחריים וחקלאיים. ישנן מספר סיבות מדוע רצוי לעודד סוג כזה של ייצור חשמל:

²⁵ על אף שייצור חשמל מרוח על גגות פרטיים בישראל שונה בכמה מאפיינים, גם דרך ייצור חשמל זו לא תביא לתרומה משמעותית למשק החשמל בישראל בטווח הנראה לעין.



1. מדובר על שטחים בעלי רגישות סביבתית נמוכה שהם גדולים יותר ולפיכך הפוטנציאל להפיק חשמל גדול יותר. בנוסף היתרון לגודל מצדיק שימוש בטכנולוגיות חדישות ויעילות יותר, (גם מבחינת ניצול שטחים).

2. האינטרס לבניית הספק מותקן אינו צריך להיות מוגבל לצריכה ולפיכך רצוי ליצור תמריץ להתקין הספק ייצור שיעלה על הצריכה. כך למשל כדאי יהיה להתקין פאנלים סולאריים על גג בית ספר שבו הצריכה בחודשי הקיץ מצומצמת בזמן שאין לימודים, בשל תמריץ כלכלי למכור את עודף החשמל לחברת החשמל. בדרך זו יהיה ניצול יעיל יותר של השטח שינבע לא רק מהעובדה שיעשה שימוש בטכנולוגיות טובות יותר אלא מכיוון שיהיה אינטרס לנצל את השטח עד תומו. כך למשל יהיה אינטרס לא רק לכסות את הגג של בניין המשרדים אלא גם לבנות פאנלים על קירות הבניין כפי שנעשה במקומות שונים בעולם.

נציין, להמחשה, תחשיב המבוסס על טכנולוגיה סולארית חדשנית שנעשה בה שימוש כבר היום בגרמניה ובמדינות נוספות המכונה ה-Thin Film. בשדה בהיקף ייצור של 40 MW שנחשב לאחד הפרויקטים הגדולים והמתקדמים בעולם בתחום זה, נמצא כי עלות KW מותקן הגיעה ל- 3,250 יורו.



1. מבלי להיכנס לשאלות טכניות ורק לשם המחשה ניתן לכאורה להציב פאנלים כאלו למשל כקירוי אחד החניונים לטווח ארוך בנתב"ג, כך שמעבר להצלת המכוניות שבמקום יהיה ניתן בה בעת לייצר חשמל לשימוש ישיר של שדה התעופה: מנתונים שהפקנו בשיתוף עם מכון דש"א עולה כי אחד מבין החניונים הרבים בנתב"ג תופס שטח של כ-70 דונם בהם ניתן להפיק כ-7 MW שהם שווי ערך לכ- 2,300 גגות של בתים פרטיים בהנחה אופטימית שכל גג יתקין 3 KW.

2. מבלי להיכנס לשאלות טכניות ורק לשם המחשה ניתן להציב פאנלים כאלו למשל על גג אחד ההאנגרים בנתב"ג. מנתונים שהפקנו בשיתוף מכון דש"א עולה ששטח הגג של אחד ההאנגרים בנתב"ג הוא כ-35 דונם שבהם ניתן להציב פאנלים בהספק של כ-3.5 MW שווי ערך לכ-1,150 גגות בתים פרטיים בהנחה אופטימית שכל גג יתקין 3 KW.

חישובים דומים יכולים להיעשות גם לגבי שטחים חקלאיים נטושים בעלי רגישות סביבתית נמוכה, גגות וקירות של קניונים, האנגרים חקלאיים, גגות של בתי חולים וכו'.



תרשים 14: טכנולוגיות פוטו – ואלטאיות בתחנות גדולות

	
<p>גג של בית מסחר בארה"ב המכוסה בפאנלים מסוג <i>Thin Film</i>.</p>	<p>ייצור חשמל סולארי בהיקפים גדולים בטכנולוגיית <i>Thin Film</i> בגרמניה</p>

במידה ומדינת ישראל תרצה להגיע לאחוזים משמעותיים של ייצור חשמל מאנרגיות חליפיות, בסדר גודל של 15-20% מכלל ייצור החשמל הצפוי בישראל, יהיה עליה לפעול לצמצום פגיעה אפשרית בהיקפם וערכם של השטחים הפתוחים. צמצום הנזק לשטחים הפתוחים יחייב לנקוט בכמה צעדים ובכללם:

לפתוח בשורה של צעדים רגולטיביים ותמריצים כלכליים שמטרתם עידוד ייצור חשמל חלופי של יצרנים בינוניים קודם כל על חשבון שטחים בנויים או בנויים למחצה, קרקעות נטושות ומופרות בעלות רגישות סביבתית נמוכה והמרת שימושיים חקלאיים לא כלכליים.

1. לאתר בנגב ובערבה שטחים רחבים בעלי רגישות סביבתית נמוכה המתאימה לייצור חשמל בהיקפים גדולים, (PV או תרמי סולארי), בהיקף של עשרות אלפי דונמים.
2. לבדוק באופן רציני את האפשרות להקים תחנות סולאריות בשטחים מדבריים מחוץ לישראל שישפקו חשמל לישראל, (מצרים – סיני, ירדן - ערבה).
3. לכלול את נושא ערכם וחשיבותם של השטחים הפתוחים וערכי הטבע, הנוף והמורשת הגלומים בהם בשיקולי העלות-תועלת בעת קביעת הטכנולוגיות המתאימות לאנרגיה מתחדשת, מיקומם והיקפם.



פרק 4: יעדים לייצור חשמל באנרגיה מתחדשת ותחזית ייצור חשמל בישראל, 2008-2030

בחלק זה יוצגו יעדים להחדרת אנרגיה מתחדשת בישראל. נציין כי האיחוד האירופי הנחה את מדינות האיחוד להפיק 20% מהחשמל ממקורות מתחדשים עד שנת 2020 ובית הנבחרים בארה"ב מקדם חוק לפיו 15% מן החשמל בארה"ב ייוצר ממקורות מתחדשים גם כן עד שנת 2020.

4.1 יעדים לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בישראל:

החלטת ממשלה בישראל מחייבת ייצור של 2% חשמל ממקורות מתחדשים בשנת 2007 ו-5% בשנת 2016, בפועל ייצור החשמל ב-2007 עמד על 0.1%. במאי 2008 העלה שר התשתיות את הרף וקבע יעד של 10% חשמל נקי עד שנת 2020.

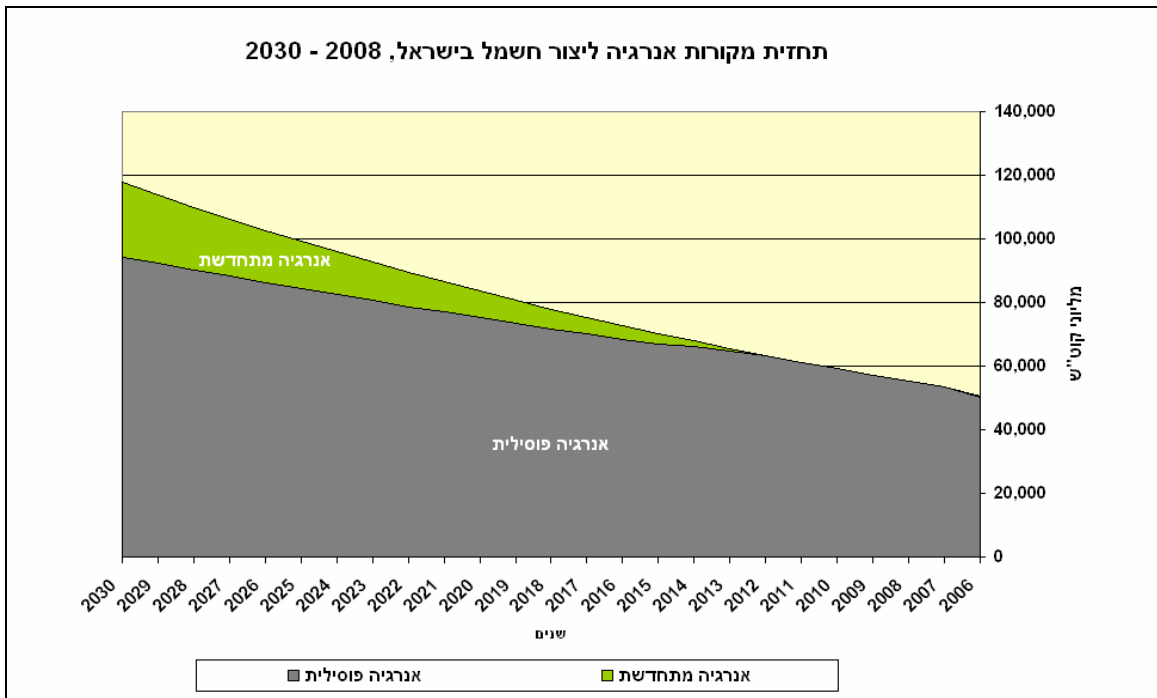
משרד התשתיות פרסם לאחרונה מכרזים בינלאומיים בשיטת ה-BOT באתר אשלים בנגב, לייצור חשמל סולרי תרמי בהיקף 250 מגו"ט עד 2012 ועוד כ-15 עד 30 מגו"ט חשמל סולרי פוטו וולטאי מרוכז באותו אתר. כמו כן נקבעה מכסה לייצור חשמל פוטו וולטאי מבוזר על גגות בתים בהיקף של 50 מגו"ט נוספים. התפתחות זו רחוקה עדיין מן היעדים שנקבעו בהחלטת הממשלה.

אנו הערכנו בהתאם כיעדים ברי מימוש התקדמות לקראת יצור חשמל מאנרגיה מתחדשת מ-0.1% בשנת 2008 עד 5% בשנת 2015 ומשנה זו ואילך תוספת של 1% לשנה עד ל-10% בשנת 2020 ועד ל-20% בשנת 2030.

תרשימים 15 ו-16 להלן מציגים את תחזיות אקו אנרגי לייצור חשמל בישראל ולמקורות אנרגיה פוסילית ומתחדשת לייצור חשמל בשנים 2008-2030.

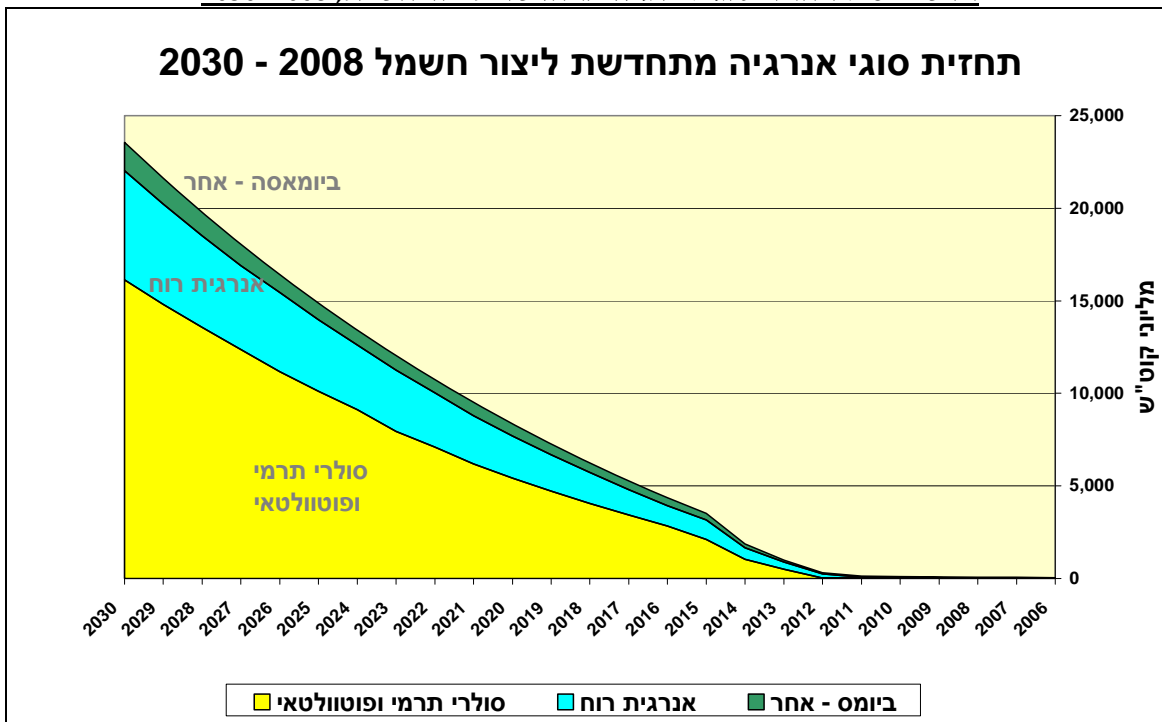


תרשים 15: תחזית מקורות אנרגיה ליצור חשמל בישראל, 2008-2030



המקור: תחזית אקו אנרג'י, אפריל 2008

תרשים 16: תחזית סוגי אנרגיה מתחדשת ליצור חשמל, 2008-2030



המקור: תחזית אקו אנרג'י, אפריל 2008



4.2 תחזית יצור חשמל בישראל עד 2030

לצורך הערכת ההיקף הנדרש של אנרגיה מתחדשת בסל הדלקים לייצור חשמל, הנחנו קצב גידול רב שנתי ממוצע של 3.5% לשנה בביקוש לחשמל בישראל. על פי הערכה זו ייצור החשמל בישראל יגדל מ-53 מיליארד קוט"ש בשנת 2007 עד 59 מיליארד קוט"ש בשנת 2010, 83 מיליארד קוט"ש בשנת 2020 וכ-118 מיליארד קוט"ש בשנת 2030.

תרחיש צמיחה זה מניח יישום אגרסיבי של מדיניות שימור אנרגיה בקצב של כ-1% לשנה (כ-25% תוך 20 שנה). חשוב להדגיש כי שיעור צמיחה של 3.5% יכול שיהיה קטן מהשיעור שייצפה בפועל וזאת, בין היתר, מהסיבות הבאות:

ביקוש גבוה לחשמל לצורך התפלת מים, כנגזר מהתוכנית הלאומית להקמת מתקני התפלה בהיקף של 700 מיליון מ"ק עד שנת 2020, (נדרשים כ-4 קוט"ש חשמל להתפלת מ"ק מים). תוכנית ההתפלה תביא להכפלת משקל צריכת האנרגיה של סקטור המים בישראל מכלל צריכת האנרגיה (כ-6% בשנת 2006);

מימוש תוכנית החדרה אינטנסיבית של רכב חשמלי לישראל, אשר ע"פ אומדן זהיר ידרוש הקמתן של תחנות כוח בהספק מותקן של כ-1,500 MW, (בעומס ממוצע של כ-70% מהזמן), שידרשו להסבת כמחצית מכלי הרכב הקל בישראל לחשמל;

שינויים אקלימיים בשל התחממות כדור הארץ, העלולות לגרום לתופעות אקלים קיצוניות ולעלייה בטמפרטורה הממוצעת, ולפיכך לשימוש מוגבר במזגנים שמהווים בימי הקיץ אחוז ניכר מצריכת החשמל בישראל.

מתחזית זו, גזרנו בהתאם ליעדים שנקבעו ולפי הערכות העדכניות של אקו אנרג'י את כמות יצור החשמל שיידרש מאנרגיה מתחדשת וכן את התפלגות היצור מאנרגיה סולרית תרמית ופוטו ולטאית, מאנרגית רוח ומביומאסה ומקורות אחרים, במיליוני קוט"ש ובמגוון מותקן. תמצית כמות יצור החשמל וההתפלגות המקורות מתחדשים, מוצגים בטבלה 8 להלן:



טבלה 8: תחזית ייצור חשמל 2007-2030

										מליוני Kwh
בינוסה - אחר		אנרגית רוח		סולרי תרמי ופוטוולטאי		מדה: אנרגיה מתחדשת			ייצור חשמל	
MGW מותקן	מליוני Kwh	MGW מותקן	מליוני Kwh	MGW מותקן	מליוני Kwh	MGW מותקן	מליוני Kwh	אחוזים	מליוני Kwh	
										בפועל
5	34	5	16	0	0	10	50	0.1%	50372	2006
5	35	6	18	0	0	11	53	0.1%	53394	2007
										תחזית
7	49	12	35	9	20	28	104	0.2%	59199	2010
50	352	362	1,055	981	2,109	1,393	3,516	5.0%	70310	2015
95	668	773	2,255	2,475	5,428	3,343	8,351	10.0%	83506	2020
127	893	1,326	3,868	4,178	10,116	5,631	14,877	15.0%	99179	2025
219	1,531	2,019	5,890	6,037	16,138	8,274	23,559	20.0%	117794	2030

המקור: אומדני אקו אנרגי, אפריל 2008.

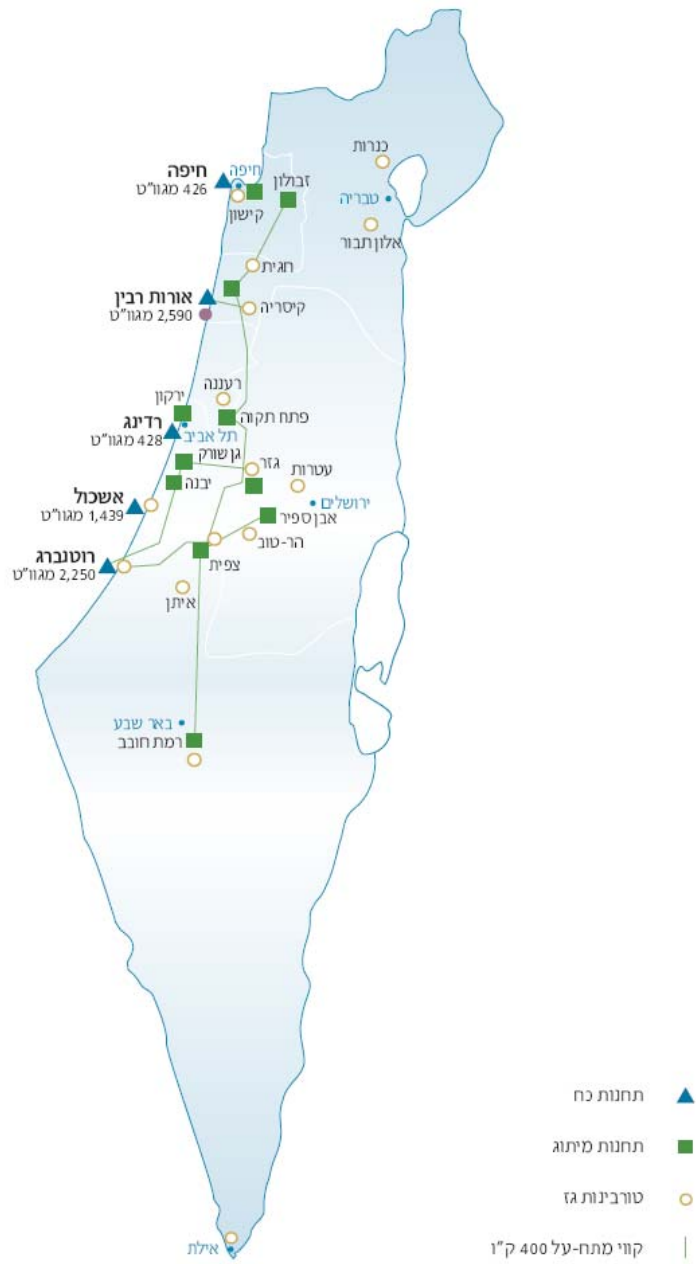
בהתאם לתחזית זו מימוש היעדים יחייב הקמה של תחנות כוח בטכנולוגיות של אנרגיה מתחדשת בהיקף עצום של כ- 8,300 MW עד לשנת 2030, ותחייב הקצאת קרקע בהיקף של 150-200 קמ"ר, רובה בנגב. הקמה בהיקף כזה תיעשה יש מאין וכל זאת יחסית לכושר ייצור מותקן כולל באנרגיות פוסיליות של 11,000 MW בשנת 2008.

תרחיש זה מתבסס על ההנחה שכל החשמל הנצרך בישראל ייוצר בישראל וישראל תישאר במעמדה כאי אנרגטי. בתרחיש אחר, על פיו התנאים הגיאופוליטיים יאפשרו ייבוא חשמל בהיקף של 15% מהצריכה,²⁶ ממדינות שכנות ולכן יתאפשר מימוש יעד נמוך יותר של שימוש בתחנות כוח של אנרגיות מתחדשות להספקת 20% מהחשמל המיוצר בישראל. על פי תרחיש זה תתחייב הקמתן של תחנות כוח באנרגיות מתחדשות בהיקף כושר ייצור של כ- 7000 MW.

התחזית לוקחת בחשבון שיפורים טכנולוגיים וירידת עלויות של תחנות הכוח המתחדשות שיביאו לעליית הניצולת השנתית בהיקף של 1% לשנה עד שנת 2020 ושל 2% לשנה בשנים 2020-2030, התפתחות המניחה הבשלה של טכנולוגיות לאגירת חום בתחנות הכוח הסולאריות תרמיות (דוגמת טכנולוגית molten salt) וכן הבשלתן של טכנולוגיות פוטו-וולטאיות מרוכזות ואחרות. לגבי טורבינות הרוח התחזית מניחה התייעלות של 1% לשנה לאורך כל התקופה.

²⁶ בהתאם להמלצות תוכנית האב למשק האנרגיה (2004)





²⁷ מקור: דו"ח פעילות חברת חשמל 2006.



נספח ב': יחידות ייצור חשמל נכון לסוף 2006²⁸:

סוג היחידה	האתר	מספר יחידות	כושר ייצור מותקן (במגאוט)
תחנות כוח קיטוריות			
תחנות כוח דו-תכליתיות			
	אורות רבין (מאור דוד א, ב)	6	2,590
	רוטנברג	4	2,250
		10	4,840
	אשכול	4	912
		14	5,752
תחנות כוח דו-תכליתיות (פחם ומזוט)			
תחנת כוח דו-תכליתיות (גז טבעי ומזוט)			
סה"כ תחנות כוח דו-תכליתיות			
תחנות כוח מופעלות במזוט			
	חיפה	4	426
	רידינג	2	428
	אשכול	2	150
		8	1,004
סה"כ ת"כ מופעלות במזוט			
סה"כ תחנות כוח קיטוריות			
טורבינות גז			
טורבינות גז תעשייתיות			
	רמת חובב	2	200
	"צפית	2	220
	אלון תבור	2	220
	אילת	1	34
	עטרות	2	68
	"גזר	4	592
טורבינות גז סילוניות			
	הרטוב	1	40
	איתן	1	40
	רעננה	1	11
	קיסריה	3	130
	חיפה	2	80
	כינרת	2	80
	אורות רבין	1	15
	רוטנברג	2	40
	"אשכול	1	10
	אילת	2	65
		29	1,845
סה"כ טורבינות גז			
טורבינות גז במחזור משולב			
	רמת חובב	1	335
	חגית	2	660
	"אשכול	1	377
טורבינות גז המיועדות לפעול בעתיד במתכונת של מחזור משולב			
	צפית	1	248
	אלון תבור	1	240
	גזר 3	1	206*
	גזר 4	1	206*
סה"כ טורבינות גז במחזור משולב וטורבינות המיועדות לפעול בעתיד במתכונת של מחזור משולב			
		8	2,272
סה"כ יחידות ייצור בחברה			
ייצור על ידי יצרנים פרטיים שבפיקוח החברה (אתגל אשדוד בע"מ)			
		1	26
סה"כ כולל יצרנים פרטיים שבפיקוח החברה בנכוי יחידות מחז"מ גזר 3 ו-4 שלב א' שלא נכללות בכושר הייצור.			
		60	10,899
		(2)	(412)
סה"כ כולל יצרנים פרטיים שבפיקוח החברה			
		58	10,487

²⁸ מקור: דו"ח פעילות חברת חשמל 2006.



3. Even though self production of electricity and disconnection from transmission lines is possible, particularly in relation to the production of electricity from solar panels or small wind turbines located on the roofs of houses, it is untenable at least in the foreseeable future, that there will be many villages, neighborhoods or households in Israel that will be totally disconnected from the national electricity grid. Based on this assumption, in any event transmission lines will be necessary. The starting point for the discussion is that the two methods for producing alternative electricity as well as the conventional method will in this respect need similar land areas to the transmission infrastructure.
4. Coal-fired power plants and turbines operating on gas and heavy crude are relatively efficient consumers of land, if the land needed to mine the coal, gas and oil are not taken into account. An assessment of the area needed for the large scale production of electricity from wind and sun points to the need for significantly greater land areas:



4. The declared Ministry of Infrastructure targets regarding renewable energy are that by 2011-2012 approx. 600 MW of electricity from renewable energy will be installed. This installation will be divided mainly as follows: 300 MW solar (250 MW Ashalim project – thermo-solar, 80 MW photo-voltaic in Ashalim and domestic) and 300 MW from wind energy (200 MW Golan Heights, 50 MW Gilboa and 50 MW Sirin Heights). Also under examination is the possibility of promoting the installation of small scale wind turbines in the scope of up to 50 MW.
5. Based on achievable targets we estimated the progress towards electricity production from renewable energy from 0.1% in 2008 to 5% in 2015 and from this year on an additional 1% per year up to 10% in 2020 and 20% in 2030.
6. According to our estimate electricity production in Israel will grow from 53 billion KWh in 2007 to approx. 118 billion KWh in 2030. According to this estimate, achieving the targets will necessitate the establishment of power plants using renewable energy technology in the huge magnitude of some 8,300 MW by 2030, and this in relation to the overall installed production capacity of 11,000 MW in 2008.
7. The production of electricity in this scope from renewable energy will require the use of expansive land areas. An in-depth study is needed to reflect separately the land costs of the various technologies.

III. Energy and open land areas

The use of land to produce and supply energy

1. As a rule, the infrastructure for producing electricity of all types requires significant area. In the case of electricity production in main power plants the occupied area does not only include the land on which the power plant is located, but also the use of many other areas often located at distances of tens and even thousands of kilometers from the power plant.
2. The myriad uses of land required to produce electricity on the local and global level renders the accurate calculation of area needed by each electricity producing method especially complex and complicated.



Alternatives to electricity production

1. The alternatives to electricity production are divided between those where the source for electricity production derives from fossil fuels – coal, gas, and oil - from which most of the world's electricity is currently produced, and a group that includes alternative sources for electricity production.
2. Electricity production technologies using alternative sources fall into two groups: those which produce **renewable** alternative energy and those which produce **non-renewable** alternative energy, such as nuclear energy. Common to the energy production technologies in the first group is the fact that they do not consume or burn natural resources in order to produce electricity. They generate electricity by utilizing wind sources, fluctuations of water, sunrays, or geothermal heat emitted by the earth. Because electricity production processes from renewable energy sources do not include a fuel combustion process, they do not emit greenhouse gases.
3. In recent years interest in energy security and the need to develop renewable energy sources has been rekindled, with even greater intensity. There are two main reasons for this: aspiration for political-economic security and environmental-health aspects. In addition the purchase of electricity from neighboring countries is being explored, a scenario which will be feasible if and when the suitable geopolitical conditions are created. In this context it should be noted that the import of electricity from countries in the region will not necessarily obviate the need to establish additional power plants, as in the foreseeable future they will be necessary as a backup for geopolitical reasons.

II. Targets and forecasts for the use of renewable energy

1. Despite the decision taken by the government in November 2002, stipulating the target for assimilating renewable energy in the electricity production process at the amount of at least 2% of the total electricity produced by 2007, and increasing this rate by one percent every three years, to date this ta
2. rget is far from being reached. The rate of electricity currently being produced in Israel from renewable energy sources is approx. 0.1%.
3. In May 2008 the Minister of Infrastructure announced that he was raising the target for the production of electricity from renewable sources by 2020 to 10% of the total electricity produced and the Ministry of Infrastructure plans to issue several comprehensive plans to achieve this target.



independent of and without contradicting other policy components, at lower costs than other policy measures meant to meet the energy demands of the coming years.

Demand side management

1. The electricity economy in Israel operates as an “energy island”, with the Israeli electricity producers, led by Israel Electric Corporation, having to supply all the demand for electricity at any given time. It is not financially viable to build a reserve of electricity production capacity infrastructure for the few peak demand hours, with such infrastructure remaining unused most days of the year. Moreover, because the per capita demand grows every year, electricity producers are required to increase the production capacity every year in accordance with the peak demand and as a result are required to make large investments in the electricity producing infrastructure.
2. In order to reduce as far as possible the need to establish the required infrastructure to increase electricity production capacity, it is necessary to manage demand in such a manner as to reduce to a minimum the number of instances in which the electricity economy is required to produce at peak capacity.
3. Energy conservation and the management and regulation of demand can make a significant contribution to preventing/postponing the need to establish new electricity producing infrastructure and subsequently these steps have direct implications for preserving open areas. In addition, because technological developments are continuously being made to render the production and use of electricity more efficient, such a delay will facilitate the future establishment of power plants based on more efficient technology, also in terms of area utilization.

Setting tariffs and internalizing external costs

1. Most of the reduction in electricity use around the world does not derive from load management but from the more efficient use of electricity by the consumer, generally due to a reward/penalty mechanism for the consumer and advanced electricity tariff regimens.
2. Internalizing external costs in electricity tariffs and electricity pricing according to the marginal costs will not only better reflect its real price, but as already proven in many countries around the world, raising the tariff is the most efficient means to achieve energy efficiency and saving.



Executive Summary

I. General background

The electricity sector in Israel

1. The electricity economy in Israel is faced with a unique situation in which it has to function as an economy which supplies the per capita electricity demand at a rate similar to that in developed nations. At the same time, it has to keep pace with the rapid growth in electricity consumption, which is similar to that observed in developed countries.
2. The electricity production capability in Israel as at December 2006 was approx. 10,899 MW in 58 power stations spread across the country. The current cost of electricity production to the economy is approx. \$ 4 billion per year, which is 1% of the GNP.
3. In Israel the fuel mix for the production of electricity is largely based on fossil fuels: coal, gas and oil. About 70% of the electricity is produced in coal-fired power plants. The rest is produced mainly in steam power plants, gas turbines and in combined cycle power plants, most of which previously burned diesel or heavy crude before switching to natural gas.
4. In tandem with the considerable increase in demand for electricity, additional power plants are being established, but at a rate at which the gap between demand and supply remains small, leaving the electricity economy at constant crisis risk due to difficulties in meeting the demand for electricity.

Energy conservation

1. The term energy conservation comprises two elements, the first emphasizing saving energy and preventing the waste of energy while the second deals with enhanced efficiency in its use.
2. An astute energy conservation policy can lead to a significant cumulative reduction (20% and more) in the rate of growth in demand for energy, without harming the existing economic activity.
3. There is a myriad of energy-saving measures that can be taken, and it is important to underscore the great advantage they embody: these measures can be taken



Renewable Energy and Open Spaces

Dr. Amit Mor

Mr. Shimon Seroussi

Adv. Yuval Laster

December 2008

OLI is a professional institute operating in the framework of the Society for the Protection of Nature in Israel (**SPNI**) – Israel's leading environmental NGO. **OLI** surveys and evaluates natural and cultural resources, and develops policy recommendations and tools for open space preservation in Israel.

2 Hanegev St., Tel Aviv 66186, Israel
Tel: 972-3-6388700 Fax: 972-3-5374302
sagiyoav@zahav.net.il
www.deshe.org.il



Financial & Strategic Consulting
Ackerstein Building, 103 Medinat Hayehudim Street, POBox 4079
Herzliya Pituach, 46140, Israel
Tel.: 972-9-957-9331 Fax: 972-9-956-4255
www.ecoenergy.co.il, e-energy@ecoenergy.co.il



OLI - Open Landscape Institute



• Executive Summary •

Renewable Energy and Open Spaces



Dr. Amit Mor
Mr. Shimon Seroussi
Adv. Yuval Laster

B E R A C H A
קוֹן בְּרַכָּה | The Beracha Foundation | صندوق براكا
The study was supported by the Beracha Foundation

December 2008

