

חשמל ממקורות אנרגיה ירוקה ומתחדשת

דף מידע מאת: ד"ר אלכס טורצקי

מבוא

במאמר יוסברו מקורות אנרגיה אלטרנטיביים המאפשרים להפיק חשמל לצריכה ביתית ותעשייתית בשיטות המנצלות אנרגיות מתחדשות וירוקות. קיימת התייחסות ליתרונות וחסרונות וסיכוני בטיחות לייצור חשמל מאנרגיה סולרית, רוח, קבלים (מצברים) וגרעינית.

אנרגיות נוספות הקיימות ומתפתחות בישראל, הן ניצול האנרגיה שטמונה בפסולת, שמן צמחים וכד'.

המצב הקיים:



שיפור באיכות האוויר ומחסור באנרגיה חשמלית אפשר לפתור רק על ידי שימוש באנרגיות חלופיות. במדינת ישראל מתכננים לייצר עד שנת 2016 עד 5% מהאנרגיה חשמלית בעזרת מקורות נקיים ומתחדשים. רמת הבטיחות בתחנות להפקת חשמל מאנרגיות כמו רוח וסולרי נמוכות יחסית בגלל תהליכי ייצור קצרים יותר.

אנרגיה סולרית

אנרגיה זו נחשבת למקור האנרגיה החלופי הטוב והנקי ביותר והיא נמצאת בשפע, עד פי 10,000 מהתצרוכת העולמית הנוכחית, וצריך רק למצוא דרכים יעילות להשתמש בה.

מדינת ישראל היא אחת מהמדינות המתקדמות בניצול אנרגיית השמש, אבל בשנים האחרונות היא מפגרת אחרי מדינות מפותחות שאפשרות ניצולת השמש נמוכה בהרבה.

החלוקה הבסיסית לשימוש באנרגיה סולארית היא:

- קולטי שמש, ההופכים אנרגיית שמש לאנרגיית חום (דודי שמש, הפעלת טורבינות).
- מחזירי שמש על דוד קיטור אשר מייצר בהמשך אנרגיה דרך הפעלת טורבינה וגנרטור (איור 3).
- תאי שמש – תאי פוטו-וולטאי, ההופכים אנרגיית שמש ישירות לאנרגיה חשמלית (איורים 1,2).
- מערכות פוטו-כימיות שבהן אנרגיית השמש יוצרת פעילות כימית, לדוגמה שחרור גז אשר יכול להיות חומר בעירה.

מבנה התא הפוטו-וולטאי ואופן הפעולה

תא פוטו-וולטאי הוא התקן להפקת אנרגיה חשמלית על ידי קליטת קרינה אלקטרומגנטית.

התא הפוטו-וולטאי הנפוץ ביותר בנוי משתי שכבות צורן שבכל אחת קיימים עקבות של יסוד נוסף. לצורך הדוגמה: בשכבה העליונה העקבות הן של היסוד ארסן ובתחתונה של היסוד בורון. לאטום צורן ארבעה אלקטרונים ברמה החיצונית והוא יוצר קשרים קוולנטיים עם ארבעה אטומי צורן אחרים. לארסן חמישה אלקטרונים ברמה החיצונית, כך שישנו אלקטרון "מיותר" בשכבה העליונה, אשר לא משתתף במבנה של הצורן. לכן ניתן לומר ששכבה זו היא שלילית למחצה.

לבורון שלושה אלקטרונים ברמה החיצונית, כך שנוצרים "חורים" במבנה הצורן ברמה החיצונית. לכן ניתן לומר ששכבה זו חיובית למחצה. משום כך ישנה משיכה כימית בין השכבות, כאשר אלקטרון הארסן שואף להגיע אל "חורי" הבורון.

כאשר גלים באורך המתאים נקלטים בשכבה העליונה, האלקטרונים ה"מיותרים" שבה משתחררים ממשיכת הגרעין והופכים חופשיים. המשיכה הרבה של השכבה התחתונה גורמת לאלקטרונים החופשיים לנוע מהשכבה העליונה דרך המוליך אל השכבה התחתונה. הדבר יוצר יונים חיוביים (קטיונים) של ארסן בשכבה העליונה, ויונים שליליים (אניונים) של בורון בשכבה התחתונה. עובדה זו גורמת למשיכה בין היונים ובעקבות כך למסירת אלקטרונים מהשכבה התחתונה אל העליונה. מעגל זה יימשך כל עוד מקור האור זמין.

ניתן להשתמש באנרגיה הנוצרת זה כאשר מחברים למוליך מכשיר חשמלי כלשהו.

תחנת כוח פוטו-וולטאי

המרה ישירה של אנרגיית השמש לחשמל נעשית באמצעות תא פוטו-וולטאי (תא שמש), איור 2, שהוא תא אשר עשוי, לרוב, מסיליקון בטכנולוגיה של ייצור שבבים שבנוי מסרט מוליך למחצה הנתון בין שתי אלקטרודות. בחשיפה לאור האלקטרונים ניתקים ממקומם ויוצרים תנועה חשמלית. הניצולת של תא כזה היא נמוכה, (כ-15%) ומחירו יקר, בשל טכנולוגיית הייצור המורכבת שלו. (דוגמה של תחנה כוח ראו באיור 1).

במרכז הלאומי לאנרגיית השמש באוניברסיטת בן גוריון, נערכים מחקרים בתחום הסולרי-תרמי והפוטו-וולטאי, העוסקים בין השאר בתא פוטו-וולטאי מבוסס פחמן, ובייצור חשמל פוטו-וולטאי באמצעות שימוש במראה מרכזת גדולה. הציפיות הן שמחקרים אלו יבשילו בעשור הבא לכדי מערכות זולות והמוניות לייצור חשמל מאנרגיית שמש.

הפקת חשמל באמצעות תא שמש (תא סולרי)

בשיטה זאת הופכים את אנרגיית השמש (אנרגיה סולרית) לאנרגיה חשמלית. כיצד? אור השמש פוגע בתא, המורכב משני חומרים מסוימים שונים, הצמודים זה לזה. פגיעת אור השמש בתא גורמת לפליטה של אנרגיה חשמלית. כאשר מחברים מוליכים חשמליים לשני החומרים האלה מקבלים זרם חשמלי, כמו בסוללה.

תאורה של תאי שמש ניתן לראות בטרמפיאדות, בשלטי דרכים ובמחשבוני-כיס.



איור 1. תחנת כוח הנבנית על ידי ישראל בארה"ב בהספק 100 MW

יתרונות וחסרונות

היתרונות העיקריים של האנרגיה הסולרית:

- עצמאות בהפקת חשמל, חוסר תלות במקורות דלק מתכלים ובמדינות המפיקות אותם, כמו גם התלות בעליית מחירי הדלקים.
 - הפקת אנרגיה נקייה שאיננה פוגעת בסביבה.
 - אנרגיית השמש אינה מתכלה כמו מקורות אנרגיה המתבססים על דלק.
- החסרונות העיקריים של האנרגיה הסולרית כיום:
- מחירה הגבוה (פי כ-4 ממחיר הפקת אנרגיה רגילה), אם כי יש לציין שהפער הצטמצם ככל שיכלו מקורות הדלק.
 - הפקת אנרגיה לא סדירה בימים מעוננים ובלילה.
 - צורך בשטחים רבים יחסית לשטח בהפקת החשמל בשיטה הישנה.

אנרגיה סולרית מהגג

לאחרונה פורסם מידע על רעפים שיפיקו גם אנרגיית חום וגם אנרגיה חשמלית לתצרוכת ביתית.

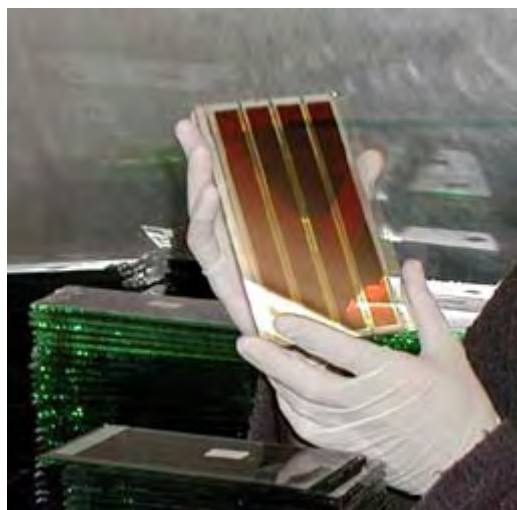
הפקת אנרגיית חום מהשמש לתצרוכת ביתית מוכרת לנו בעיקר מדודי השמש המותקנים על גגות הבתים. כמו כן נעשו כבר ניסיונות להפיק אנרגיה חשמלית לתצרוכת ביתית באמצעות התקנת תאי שמש על הגג, לשם "גלגול" ישיר של אנרגיית קרינה של השמש לאנרגיה חשמלית. כעת אנו מתבשרים על רעפים שיפיקו גם אנרגיית חום וגם אנרגיה חשמלית לתצרוכת ביתית. רעפים אלה הם פרי המצאתו של מעצב תעשייתי אוסטרלי בשם סבסטיאן בראט (Braat).

ברעפי הפלסטיק של בראט משולבים תאי שמש וכלי מים. בין 12% ל-18% מאנרגיית הקרינה הפוגעת ברעפים מתגלגלת לאנרגיה חשמלית באמצעות תאי השמש המותקנים בהם. שאר האנרגיה הופכת לאנרגיית חום, העוברת אל המים ומחממת אותם. המים המתחממים מעבירים את אנרגיית החום שלהם, באמצעות מיתקן מעביר חום, לדוד המים החמים שבשימוש הבית.

האנרגיה החשמלית המתקבלת מתאי השמש כזרם ישיר מועברת אל ממיר, ההופך אותה לזרם חילופין המתאים לשימוש הבית. במהלך שעות היום מופקת אנרגיה חשמלית עודפת על זו שהבית זקוק לה. היתרה מועברת לרשת החשמל. בחישוב כללי, כאשר המשתמש בחשמל בבית צורך אנרגיה חשמלית בכמות גדולה מזו שמפיקים רעפי החשמל שלו - הוא מחויב בתשלום לחברת החשמל. כאשר מתרחש ההפך, כלומר כאשר כמות האנרגיה החשמלית שמפיקים הרעפים גדולה יותר מזו שצורך המשתמש, אזי המשתמש מקבל זיכוי מחברת החשמל.

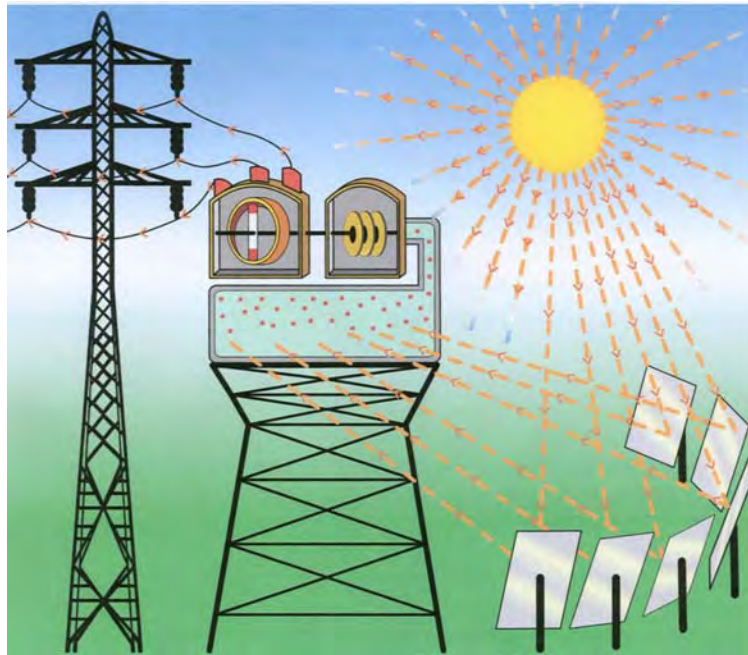
בראט טוען שיש צורך בכ-200 רעפים כדי להגיע להספק מירבי של 1.5 קילוואט חשמל במהלך היום (ההספק משתנה במהלך היום, עקב שינוי מיקומה של השמש בשמיים). אספקת האנרגיה הכללית שמספק מיתקן זה עולה על דרישות צריכת האנרגיה של בית ממוצע בן שלושה חדרי שינה באזור הפרברים (באוסטרליה כמובן).

יש להדגיש שהחישובים הנזכרים כאן מתייחסים לבית פרטי בעל גג משל עצמו, ולא לבניין מגורים משותף. עם זאת, גם בנייני מגורים משותפים יוכלו לחסוך אנרגיה באמצעות רעפים כאלה. שימוש נרחב בטכנולוגיה לא-מזדמת זו יתרום להפיכת העולם שלנו ל"רוק" יותר.



איור 2. תא שמש

הפקת חשמל מאנרגיית סולרית על ידי תחנת כוח סולרית – קיטורית ראה בתמונה הבאה:



איור 3. תחנת כוח חשמלי מאנרגיית סולרית- קיטורית

לצורך השוואה - להלן נתוני הספק של מכשירים חשמליים נפוצים בבית:

- נורות ביתיות: 10-150 וואט.
- תנור אפיה: 2000-2500 וואט.
- מחשב וצג: 100-300 וואט.
- טלוויזיה: 80-200 וואט.
- צריכה של דירת 4 חדרים ממוצעת בשעות השיא: 10,000 וואט.
- שיא צריכת החשמל של מדינת ישראל: 9,400,000,000 וואט או 9,400 מגה-ואט (נרשם ב-22/8/2006)

אנרגיית רוח

אנרגיית הרוח (WIND ENERGY) היא כיום מקור האנרגיה החלופי המתפתח ביותר. מאנרגיית הרוח ניתן לייצר חשמל במתקנים מיוחדים, הנקראים **טורבינות רוח**.

ייצור חשמל מאנרגיית רוח בישראל נעשה ברובו בחוות רוח (איור 4) בגולן, שהוקמה כמיזם פרטי ומייצרת חשמל בכושר של 6 מגה ווט. ההספק הכולל של כל החווה כ- 12 מיליון קוואט"ש בשנה, כמות מספקת לצריכה של כ- 2700 בתים ובחסכון של 12000 טון פחם בשנה. קיים פוטנציאל לאנרגיית רוח גם בהרי אילת, מפרץ אילת, הרי הנגב, דרום מזרח הרי יהודה (ראו איור 6). ניסיון להפקת אנרגיית רוח קיים ברמת הגולן כבר כ- 10 שנים.

תנאי הרוח בישראל דומים לתנאים במדינות כמו גרמניה ודנמרק. האחרונה מייצרת כבר עד 20% מצריכת החשמל מתחנות רוח (ביחד דנמרק וגרמניה יחד מייצרות 50% מאנרגיית הרוח בעולם). תחנות רוח קיימות בכל אירופה, בצפון אמריקה וביפן.

יתרונות הפקת חשמל מאנרגיית רוח

זה אמצעי זול מאוד להפקת חשמל, מכיוון שלא נדרש שום דבר כדי להפעיל את הרוח. הרוח מושפעת מהאנרגיה הסולרית (כשהאוויר מתחמם אוויר אחר תופס את מקומו ונוצרת רוח). למעשה, הדבר היחיד שצריך לשלם עליו הן הטורבינות והקמת התחנות של הטורבינות. אבל ההשקעה הראשונית הזאת היא מאוד כדאית, כי התהליך והתפעול

השוטף יעיל מאוד וכל מה שצריך לעשות זה לפקח על חלוקת האנרגיה וטיפול בה. עלויות נוספות הן תחזוקה שוטפת ותיקון תקלות מאחר שכמות התקלות יחסית נמוכה עלות התחזוקה השוטפת נמוכה גם היא. (לפי ויקיפדיה). הפעלת הטורבינות כדאית גם ביעילות נמוכה, בגלל מחירי עידוד והטבות שונות לייצור חשמל מאנרגיית הרוח. קובעי מדיניות תעריפי החשמל מכירים בערך הסביבתי של ייצור אנרגיה נקייה, ומוצאים דרך לסבסד אותו. עוד יתרון גדול הוא, שאנרגיה חלופית זו בכלל לא מזהמת את הסביבה ולא מבזבזת מחצבים מתכלים בשבילה (כמו תחנות כוח ששורפים בהם פחם, נפט, גז וכו'). גם כמות הסיכונים במערכות אלה נמוכה יחסית, מצב שמגביר את רמת הבטיחות בתחנות כח אלה.

חסרונות של טורבינות רוח

פגיעה בנוף, בבעלי חיים, רעש, הפרעות לשידורי רדיו וטלוויזיה, תפיסת שטחים נרחבים, שינועים בעוצמת הרוח ובכוונים..בדיקות מצביעות על כך שההפרעות שיוצרות טורבינות הרוח קטנות לעומת היתרונות.



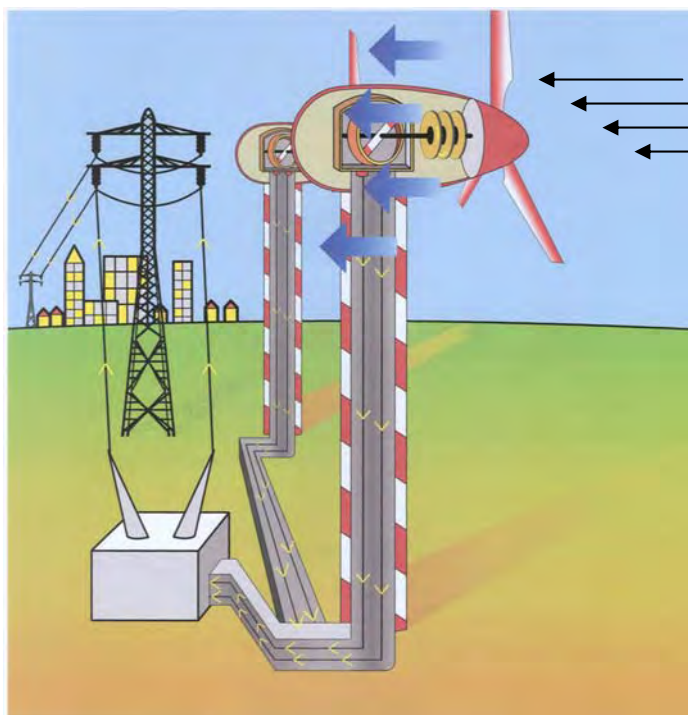
איור 4. חוות טורבינות רוח

הפקת אנרגיה

טורבינת רוח (איור 5), היא מדחף המשמש להמרה של אנרגיית רוח לאנרגיה חשמלית.

אנרגיה המופקת מרוח היא אנרגיה שמנצלת את התנועה של הרוח בקו ישר (אנרגיה קינטית) וממירה אותה לאנרגיה זמינה (עבודה). קיימות דרכים שונות לנצל את האנרגיה הזמינה, בהתאם לתוצאה הנדרשת. אנרגיה מכנית סיבובית - סיבוב הרוטור של טורבינת רוח - יכול להפוך גם לאנרגיה חשמלית באמצעות גנרטור המונע על ידי טורבינה.

הפקת חשמל מאנרגיית הרוח היא הדרך הזולה ביותר, בהשוואה למחירי השוק של הפקת החשמל מאנרגיות אחרות. לדוגמה, עלות הצבת טורבינה כ- 1/2 מיליון דולר, תקופת החזר השקעות כ- 4-7 שנים. פוטנציאל ייצור החשמל באנרגיית הרוח, יחסי למהירות הרוח בחזקה שלישית.



איור 5. תהליך הפקת אנרגיה מהרוח



איור 6. מפת מקורות אנרגיית רוח בישראל

אנרגית קבל

חברת הזנק מטכסס (EESstor) פיתחה טכנולוגיה חדשה לאחסון אנרגיה לשימוש ברכבים חשמליים ובהמשך אף לאתרי ייצור חשמל בהיקף גדול.

מדובר במצבר "קבל על" היברידי המבוסס על אבקות Barium-Titanate שביצעו עולים בהרבה על אלה של מצברי יון-ליתיום המצויים כבר בשוק. עוצמתו היא פי 10 מזו של מצברי עופרת - חומצה בחצי מהעלות, וללא צורך בחומרים רעילים.

אם טכנולוגיה זו אכן תוכיח עצמה, יהיו לכך השלכות מרחיקות לכת בתחומים רבים. בדומה לקבלים רגילים, קבלי העל (Ultra Capacitors) מאחסנים אנרגיה בשדה חשמלי בין שני מוליכים עם רווח קטן ביניהם. וכאשר הם מחוברים למקור מתח, נבנה מטען חשמלי על כל מוליך כזה. לקבלי על יש יתרונות על פני מצברים אלקטרו כימיים מסורתיים, לדוגמה, הם מסוגלים לקלוט ולשחרר מיטעני חשמל במחזוריות אינסופית למעשה ועם בלאי מזערי.

כיום כושר אחסון האנרגיה שלהם עדיין נמוך ביותר, בהשוואה למצברים הקיימים. לכן קבלי על המסוגלים לשחרר ולקלוט פרצי אנרגיה מהירים הם משלימים אידיאליים למצברים או לתאי דלק של רכב חשמלי בהאצה או האטה, או לניצול אנרגיית עצירת הרכב.

החברה מטכסס פיתחה קבל על בארכיטקטורה שמתגברת לכאורה על המגבלות של התקנים קיימים: זהו קבל על קראומי עם Barium-Titanate Dielectric או מבודד, המסוגל לייצר אנרגיה ספציפית גבוהה באופן יוצא דופן ביחידת מסה נתונה, ובפועל: 280 ואט/שעה לקילוגרם. בהשוואה ל - 120 ואט במצברי ליתיום ו- 32 במצברי עופרת. הפוטנציאל הוא להתאים את הרכב האבקות הללו באופן המאפשר גידול של מתח הקבל פי אלף לשטחים של 1200-3500 וולט ואף מעל לכך, (ראו איור 7). החברה אומרת שהיא תתחיל לייצר מצברים של 15 כבט"ש לרכבים חשמליים קטנים (עם זמן טעינה של 10 דקות) ותעבור בהמשך לגדולים יותר. עלות החשמל החזויה לנסיעה של 500 מ"ל - 9 דולר, לעומת עלות של 60 דולר למנוע בעירה פנימית. שאלת מפתח היא יכולת החברה להבטיח ייצור של האבקות הללו בטוהר וביציבות הנדרשים.



איור 7. קבלי על קראומיים

הכוח הגרעיני

תהליך המתרחש בתחנת כוח גרעינית דומה למתרחש בתחנת כוח קונבנציונלית המפיקה חשמל באמצעות פחם, גז, סולר וכד', בהבדל אחד: חומרי הדלק המשמשים את התחנה הם חומרים-רדיואקטיביים. סוגי הדלק המקובלים הם אורניום (יסוד הקיים בטבע) או פלוטוניום (יסוד שנוצר בתנאי מעבדה).

לב התחנה הוא מיכל הלחץ של הכור שבמרכזו ליבה. בליבה מותקנים מוטות בקרה, שהכנסתם והוצאתם מווסתים את שיעור הביקוע הגרעיני.



איור 8. תחנת כוח גרעינית (לפי וויקיפדיה)

בעולם פועלות כ- 400 תחנות כוח גרעיניות המייצרות כ- 15% מתצרוכת החשמל העולמית. צרפת מפיקה כ- 70% מתצרוכת החשמל שלה בתחנות כוח גרעיניות; בלגיה – כ- 65%; ארצות-הברית – כ- 20%.

הבעיות הסביבתיות והבטיחותיות הקשורות בתחנות כוח גרעיניות הן:

- סכנה להתרחשות תאונה גרעינית.
- דליפה של קרינה רדיואקטיבית.

במסגרת סיכוני בטיחות אפשר לציין את אסון צ'רנוביל (ראה [כתבה בנושא](#)).