

שולחן הדיונים

רב־שיח בנושא הקונפליקט סביב אנרגיית הרוח בישראל

גדי הראלי, יעל כהן פארן,
אוהד הצופה, דרור בוימל וניר
פפאי, חצב יפה ואביב רוזן

שולחן הדיונים

הפקת חשמל מאנרגיית הרוח צוברת תאוצה
במדינות רבות. האם זו החלופה המתאימה
ביותר לתנאים במדינת ישראל? |
צילום: Lance Cheung [CC BY 2.0]

רק בגלל הרוח

שרון מרק ושחר בוקמן

היא שמשטר הרוחות אינו קבוע, ובזמנים שלא נושבת רוח הטורבינות אינן מייצרות חשמל. מסיבה זו לא תיתכן התבססות על רוח כמקור אנרגיה בלעדי, והמשק הישראלי ימשיך להתבסס על אנרגיה שמקורה בשַׁרְפַּת דלקים.

אפילו להפקת אנרגיה ירוקה מרוח יש מחיר סביבתי, הנובע מהקצאת שטחים פתוחים, מנזק נופי-חזותי ומפגיעה של להבי הטורבינות בעופות ובעטלפים. במקרה של ישראל מדובר בחשש של ממש, משום שעוברים בה רבים מנתיבי התעופה המרכזיים של ציפורים בעונות הנדידה. כמות הציפורים העוברת מעל ישראל דומה בהיקפה רק לזו העוברת בפנמה, במעבר בין אמריקה הצפונית לדרומית.

זאת ועוד, יש הטוענים שעוצמת הרעש שיוצרות הטורבינות עלולה לפגום באיכות החיים של התושבים שחיים או שעובדים בקרבתן. בעיה נוספת עלולה להיגרם מהווצרות של צלילים בתדרים תת-שמעיים (Infrasound) – שלא ניתנים לשמיעה על-ידי האדם, אך נחשבים גורמי סיכון אפשריים להיווצרות של בעיות בריאות בקרב מי שחשוף להם בהיקפים נרחבים.

אנרגיה מתחדשת, הפחתת זיהום אוויר, נדידת ציפורים, שטחים פתוחים – כולם ערכים סביבתיים חשובים. כיצד ניתן להכריע ביניהם? או שמא ניתן למצוא פשרה בין כל אלה? נקווה שהכתוב בעמודים הבאים – המבוסס על פאנל בנושא שאירחה האגודה לאקולוגיה ולמדעי הסביבה (במאי 2015) – יסייע בגיבוש עמדות מושכלות בנושא.

מקורות

- [1] דולב ש, סגל ג, כהן פארן י ואחרים. 2013. אפס פליטות פחמן בישראל – חזון למשק האנרגיה בשנת 2040. www.energia.org.il/#!zci-download/cx86.
- [2] רודשטיין י. 2007. תכנית אב למשק החשמל 2007–2030. ירושלים.

טורבינות רוח לייצור אנרגיה מתחדשת עומדות בימים אלה במרכז דיון ציבורי ער: התומכים בהקמתן טוענים כי הן יכולות לסייע בצמצום תלותו של משק החשמל בישראל בדלקי מחצבים ולהקטין את זיהום האוויר הנוצר כתוצאה מהפקת אנרגיה. לעומתם, המתנגדים חוששים מהפגיעה האפשרית בנוף, בבעלי חיים (בעיקר בעלי כנף) ואף בבריאות האדם.

מקורות החשמל הקונבנציונליים בישראל מתחלקים כיום באופן כמעט שווה בין שַׁרְפַּת פחם וגז. לפי תחזיות משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים תחול עלייה בשימוש במקורות גז, תוך ירידה בשַׁרְפַּת פחם, ובו־בזמן מתוכננת עלייה הדרגתית בייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים עד ל-10% מכלל הייצור בשנת 2020. לפי הערכת המשרד, יגדל הביקוש לחשמל עד לשנת 2040 ב־74% (ביחס לשנת 2012) ^[1].

תכנית־האב של משרד התשתיות הלאומיות למשק החשמל ^[2] איתרה 14 אתרים ואזורים בישראל בעלי פוטנציאל להקמת חוות רוח בסך 860 מגה־ואט. נוסף על כך, הממשלה מעודדת יזמים פרטיים להשתלב במערכת ייצור החשמל באמצעות הקמת מתקני ייצור בטכנולוגיות שונות, ובכללן טכנולוגיות אנרגיה מתחדשת. עד היום ניתנו אישורים להפעלת שתי חוות של טורבינות רוח – בגלבע וברכס סירין (בהקמה); קיימת חווה בגולן (בתל עסניה) שאושרה תכנית לשדרוגה, וכן ישנה חווה נוספת בגולן (בעמק הבכא) שנמצאת בתהליכי אישור מתקדמים. האישורים ניתנו במסלול של שינוי ייעוד קרקע בוועדות מחוזיות וארציות, וזאת טרם אישור תכנית המתאר הארצית לטורבינות רוח – תמ"א 12/ד/10, באוגוסט 2014.

ייצור חשמל מאנרגיית הרוח מצריך רוחות בעוצמה של לפחות 5.5 מטרים לשנייה. עם זאת, הבעיה העיקרית



חוות טורבינות רוח בקליפורניה. ארה"ב שנייה רק לסין ביכולת הייצור של אנרגיית רוח | צילום: גניפר [CC BY-NC 2.0]

כורח השעה – הקמת חוות לייצור אנרגיה מרוח

גדי הרלי

עמית מייסד ומנכ"ל, האגודה הישראלית לאנרגיית רוח (ע.ר.)
gadi.hareli@israwea.org.il

האגודה הישראלית לאנרגיית רוח פועלת בכל החזיתות לקידום התחום בישראל, והיא חברה באיגוד העולמי לאנרגיית רוח (WWEA – World Wind Energy Association). האגודה תזכה לארח השנה בירושלים (26-28.10.2015) את הכנס העולמי לאנרגיית רוח (WWEC – World Wind energy Conference). הכנס יתארח דווקא בישראל כחלק ממדיניות האיגוד העולמי לדלג לסירוגין בין קיום הכנס במדינות מתפתחות (בשנה שעברה התקיים בסין) לבין מדינות שזקוקות לדחיפה כדי לקדם מדיניות תומכת אנרגיית רוח (לפני שנתיים התקיים בקובה).

לפי דו"ח הארגון העולמי לאנרגיית רוח ^[1], הותקנו בעולם עד סוף 2014 מתקנים המספקים חשמל מאנרגיית הרוח בהיקף של 370 ג'יגה-ואט (GW), מהם מתקנים המספקים מעל 50 ג'יגה-ואט ב-2014 (טבלה 1).

סין, שמובילה בכמות ההתקנות והופכת ליצרנית מובילה עולמית, התקינה טורבינות רוח שיכולות לספק כ-115 ג'יגה-ואט. כיום מגיע ייצור אנרגיית הרוח בסין לכ-45% מהייצור של כל שאר העולם (255 ג'יגה-ואט).

הצורך למעבר ללא דיחוי לאספקת חשמל ממקורות מתחדשים נובע לא רק מדילול משאבי הטבע, אלא בעיקר מתופעות שהן תוצאה של השימוש המואץ בדלקי המחצבים בעשרות השנים האחרונות. רמות הפחמן הדו-חמצני הגיעו כבר במחצית המאה הקודמת לרמות שלא שררו בעולם לפחות 650,000 שנים. העלייה ברמת הפחמן הדו-חמצני גורמת גם להתחממות הגלובלית וכתוצאה ממנה לעליית פני הים ולירידה בתבואה, וגם לעלייה בחומציות מי הים.

מרבית אומות העולם בחרו במסלול מואץ לשילוב מקורות אנרגיה מתחדשת במשק האנרגיה שלהן, כחלק מהמלחמה באיומי המשך השימוש בדלקי מחצבים. מדינות שהתברכו במשאבי טבע המאפשרים שימוש באנרגיה הידרו-אלקטרית, אימצו מקור זה. מדינות אחרות בוחרות להשתמש באותם מקורות הזמינים במחוזותיהן. אנרגיית הרוח ואנרגיית השמש הן היחידות המוכרות לנו כיום שניתנות ליישום במדינת ישראל.

במדינת ישראל קיימים מתקני ייצור חשמל בהיקף של כ-13,000 מגה-ואט, ופוטנציאל אנרגיית הרוח מוערך על-ידי האגודה הישראלית לאנרגיית רוח (ISRAWEA) בכ-3,000 מגה-ואט, דהיינו כרבע מכלל אספקת החשמל כיום.

בעוד ברחבי העולם מיושמת בקצב הולך וגדל טכנולוגיית אנרגיית הרוח – מהזולות בחלופות מקורות האנרגיה המתחדשת, ויש מדינות שבהן מקורם של עשרות אחוזים מכלל צריכת החשמל הוא באנרגיית רוח (למשל, 34% בדנמרק, 21% בספרד, ו-20% בפורטוגל), בישראל מתקן אנרגיית הרוח היחידי, שפועל חלקית, הוקם לפני 23 שנים (באלוני הבשן שבגולן).

טבלה 1. הגידול העולמי בייצור אנרגיה מרוח במהלך 2014, ב־12

המדינות המובילות ובשאר העולם

הדירוג ב־2013	המדינה	יכולת הייצור בסוף 2014 (כולל מתקנים שאינם מחוברי רשת) [מגה־ואט]	תוספת הייצור במהלך 2014 [מגה־ואט]	שיעור הגידול ב־2014 [%]
1	סין	114,763	23,350	25.7
2	ארה"ב	65,879	4,854	7.8
3	גרמניה	40,468	5,808	16.8
4	ספרד	22,987	28	0.1
5	הודו	22,465	2,315	11.5
6	הממלכה המאוחדת (UK)	11,998	1,467	13.9
7	קנדה	9,694	1,871	25.9
8	צרפת	9,269	1,042	12.6
9	איטליה	8,663	108	1.3
10	ברזיל	6,182	2,783	81.9
11	שוודיה	5,425	1,050	21.4
12	דנמרק (עד נובמבר 2014)	4,850	78	1.6
	שאר העולם	47,300	7,000 (הערכה)	16.0
	סך הכול	370,000	51,753	16.2

לאנרגיית הרוח יתרונות ביישום במדינות ישראל – שטח הקרקע הנתפס ליחידת אנרגיה קטן ביותר – טורבינות רוח של 3 מגה־ואט עומדת על עשרות מטרים רבועים של קרקע. יתרון נוסף של טורבינות הרוח שרלוונטי לישראל, הוא שזו הטכנולוגיה היחידה שאינה זקוקה למים לשם הפקת האנרגיה. החסמים לכניסת תחום אנרגיית הרוח בישראל מגוונים, אך אחד החסמים הפופולריים במחוזותינו הוא באופן מפתיע למדי ארגוני הסביבה, שמתנגדים להקמת טורבינות רוח מתוך חשש לפגיעה בבעלי כנף. בבואנו לבחון את התועלת בפיתוח משק אנרגיית רוח בישראל, אל מול הנוזק, ולנוכח בחינת החלופה של "עסקים כרגיל" והמשך ואף האצת השימוש בדלקי מחצבים, ובייחוד לאחר תגליות הגז המרעישות, אין לי ספק ביתרונות האנרגיות המתחדשות, ובהן אנרגיית הרוח. אני קורא לארגוני הסביבה השונים, שגם האגודה הישראלית לאנרגיית רוח נכללת בהם, להצטרף ולתמוך בהקמת מתקני אנרגיה מתחדשת ואנרגיית הרוח, תוך שיתוף פעולה ונקיטת אמצעים להפחתת סיכונים לטבע ולסביבה. אין בלִי ספק שבמאזן הסופי נצא נשכרים ככל שנשכיל ונקדים להקים חוות רוח גם בישראל.

בתקווה לראותכם בכנס העולמי לאנרגיית רוח, "לקראת 100% אנרגיות מתחדשות בהרמוניה עם הסביבה", שיתקיים בבנייני האומה בירושלים באוקטובר הקרוב.

מקורות

- [1] World Wide Energy Association (WWEA). 2015. New record in worldwide wind installations. February 5. www.wwindea.org/new-record-in-worldwide-wind-installations.

אין כדאיות כלכלית בשילובם של מקורות מתחדשים להפקת חשמל בישראל מעבר לשיעור של כ־10% מסך תפוקת האנרגיה, ולהקצאת משאבים מצומצמים ביותר להתייעלות בתחום האנרגיה במשק.

ההתמודדות העולמית עם משבר האקלים והצורך להפחית את פליטות גזי החממה, שמקורן בעיקר בייצור חשמל ובפליטות מתחבורה ומתעשייה, הביאו מדינות רבות (בעיקר באירופה) להגדלה דרמטית של חלקה של האנרגיה המתחדשת בתחומן. יש חשיבות רבה להצטרפותה של ישראל למאמץ העולמי להפחתת פליטות גזי חממה: ישראל היא צד באמנת האו"ם למאבק במשבר האקלים, ולפיכך עליה לעמוד במחויבויות הפוליטיות והמוסריות המוטלות עליה מתוקף האמנה. הצטרפותה של ישראל לארגון לשיתוף פעולה ולפיתוח כלכליים (OECD) מחייבת אותה לגבש מדיניות אקלים מוסדרת ולנקוט פעולות של ממש לצמצום

אנרגיית רוח בישראל – חשיבותה, הפוטנציאל להפקתה והדילמה הסביבתית

יעל כהן פארן

הפורום הישראלי לאנרגיה
yael@energia.org.il

הגישה התכנונית הקיימת במשק החשמל בישראל גורסת כי עליו להמשיך ולהתבסס גם בעתיד על דלקי מחצבים מזהמים ומתכלים. יש לכך כמה סיבות: זמינותו הגבוהה ומחירו הנמוך של הגז הטבעי; יציבות אספקתו של הפחם; התפיסה שלפיה

שעה ושעה, אל מול זמינות המקורות המתחדשים. ההדמיה בחנה שילוב של מגוון טכנולוגיות קיימות וזמינות לשימוש בישראל, להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים, ובראשן אנרגיות השמש והרוח.

האופטימיזציה שבוצעה מלמדת כי קיימת התאמה טובה בין שעות השימוש העיקרי באנרגיה לשעות השמש, אך לא בכל עונות השנה. הפקת אנרגיה מרוח, בעיקר בים אך גם ביבשה, מוסיפה את האנרגיה הדרושה לשעות שאנרגיית השמש פוחתת בהן. כך אפשר להקנות לתושבי ישראל ביטחון בתחום האנרגיה ואספקת חשמל סדירה ויציבה ממקורות מתחדשים, ובתוך כך לתת מענה מלא לביקוש השעתי לחשמל בכל שעות היממה. מימושו של פוטנציאל ההתייעלות בתחום האנרגיה במשק במלואו מאפשר לשלב במשק החשמל מקורות מתחדשים להפקת אנרגיה בשיעור של 80% מכלל ייצור החשמל, ללא תוספת עלות ביחס להפקת אנרגיה מדלקי מחצבים.

פוטנציאל מוערך של הפקת חשמל מטורבינות רוח ביבשה ובים

הפקת אנרגיה מרוח בישראל אינה בלתי מוגבלת, בשל אופי השטח, האקלים, וכמובן בשל צפיפות הבנייה ושימושי הקרקע השונים (הצבאיים בעיקר). משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים העריך את הפוטנציאל האפשרי להתקנת טורבינות רוח (עד שנת 2020) בכ-800 מגה-ואט. גורמים שונים מציינים מספרים גבוהים בהרבה (מעל ל-24,000 מגה-ואט). הפורום הישראלי לאנרגיה העריך^[1] כי ניתן להפיק כ-6,800 מגה-ואט רוח ביבשה בכל השטח האפשרי והזמין לכך (מבחינת מהירות רוח, ללא שטחי אש, שטחי שמורות טבע ושטחים מעבר לקו הירוק). הנחת צפיפות הטורבינות שהובאה בחשבון הייתה שמרנית יחסית (צפיפות נמוכה). לצורך הנחות המחקר הובאה בחשבון רק מחצית מהכמות שנמצאה זמינה (3,400 מגה-ואט).

ייצור חשמל מטורבינות רוח בים, ובעיקר בים העמוק, הוא תחום שמתפתח במהירות. הים התיכון לא נחשב עד כה יעד למיזמים מסוג זה, אך באחרונה הוכרו מיזמים להקמת חוות רוח בים התיכון שיפיקו כ-16,000 מגה-ואט. בהתאם לכך נבחן במחקרנו הפוטנציאל להפקת חשמל באמצעות טורבינות רוח מול חופי ישראל (במגבלות נתיבי השיט וצורכי חיל הים). מצאנו כי קיים פוטנציאל משמעותי להפקת חשמל ממקור זה, המאפשר למעשה לספק את מלוא תצרוכת החשמל של ישראל^[1]. עם זאת, בשל מורכבות הקמתן ועלותן הגבוהה, הנחנו כי עד לשנת 2040 יוקמו ארבע חוות בנות 100 קמ"ר כל אחת, בהספק כולל של כ-2,200 מגה-ואט.

משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים לא שותף להערכתנו כי ניתן להפיק בים חלק משמעותי ביותר מאנרגיית



נוסעים לעבר העתיד? | צילום: Kevin Dooley [CC BY 2.0]

פליטת גזי החממה. "תוצר לוואי" של פעולות להפחתת פליטות גזי חממה הוא הפחתת פליטות של מזהמים אחרים, הגורמים לזיהום האוויר, לתחלואה ולתמותה. נוסף על כך, ביסוסו של משק האנרגיה על טכנולוגיות להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים ומקומיים יפחית את תלותה של ישראל במקורות אנרגיה מתכלים וחיצוניים ואת חשיפתה לתנודות במשק הדלקים העולמי, ויגדיל את היציבות והביטחון של תושביה בתחום האנרגיה.

חזון "לקראת אפס פליטות פחמן בישראל"

האם אכן אפשר להסב את משק האנרגיה של ישראל למשק מתקדם, שיתבסס על מקורות מתחדשים בני-קיימא, ושיבטיח לתושבי ישראל ביטחון בתחום האנרגיה, ובתוך כך לצמצם את פליטות גזי החממה ואת זיהום הסביבה? מהי העלות הכרוכה בכך? במטרה לענות על שאלות אלה ולהציב בפני הציבור ומקבלי ההחלטות חזון בר-מימוש למשק אנרגיה בר-קיימא בישראל, ערך הפורום הישראלי לאנרגיה מחקר, שהתפרסם בדו"ח "לקראת אפס פליטות פחמן בישראל"^[1]. המחקר התמקד במשק החשמל, שאחראי לחלק הארי של פליטת גזי החממה בישראל (כ-60%). לצורך המחקר בנינו כלי להדמיית תפוקת החשמל ממקורות מתחדשים עבור שנה שלמה, על בסיס נתוני הביקוש החזוי בכל



לפי בדיקת הפורום הישראלי לאנרגיה, הפוטנציאל להפקת חשמל באמצעות טורבינות רוח מול חופי ישראל גדול מכלל תצרוכת האנרגיה של ישראל

היא, עד כמה תפיסה זאת נכונה ואם ניתן להתמודד עמה. יש לזכור כי המטרה הרחבה שלשמה אנו פועלים היא מניעת משבר האקלים, משבר שיביא שינוי דרמטי בבתי הגידול הטבעיים, גם אלה של בעלי הכנף.

לדעתי, חשיבה יצירתית על פתרונות תביא למציאת שביל הזהב בין ייצור אנרגיה ממקור מתחדש איכותי כמו הרוח, לבין שמירה על ערכי טבע. לדוגמה, עונות הנדידה של ציפורים מוגדרות וברורות, ומסלולי הנדידה ניתנים לזיהוי באמצעות מכ"מים. לכן ניתן, למשל, להפסיק פעילות טורבינות בשעות נדידה, תוך הקמת מנגנון פיצוי ליזמים על אבדן שעות פעילות. מציאת שביל הזהב אינה מובנת מאליה, וצריכים להירתם אליה המאסדר (האחראי למנגנון הפיצוי), גורמי שמירת הטבע והיזמים.

מקורות

[1] דולב ש, סגל נ, כהן פארן י ואחרים. 2013. אפס פליטות פחמן בישראל – חזון למשק האנרגיה בשנת 2040. www.energia.org.il/#!zci-download/. 2040. cx86.

החשמל הדרושה לישראל, אך הוא אינו בוחן מקור זה בצורה מסודרת. להערכתי, ככל שנקדים לבחון לעומק את הפוטנציאל של ניצול אנרגיית הרוח בים כן ייטב. עם זאת, לפני שיוקמו מיזמים להפקת אנרגיית רוח בים יש להקים מיזמים ביבשה כדי שהתעשייה תצבור ניסיון הכרחי (למשל בשילוב אנרגיה שהופקה מרוח ברשת החשמל).

השפעות סביבתיות של הקמת טורבינות רוח

לטורבינות רוח יש, בראש וראשונה, השפעה נופית אדירה. הנוף הפתוח שהטורבינות מוצבות בו, מופר. מאחר שמדובר באזורים נרחבים, להשפעה הנופית ניתן משקל משמעותי בשיקולים על הקמת או אי-הקמת טורבינות רוח. אמנם לא ניתן להתכחש לחשיבות השמירה על השטחים הפתוחים – לנוף הפתוח יש חשיבות – אבל גם נוף עם טורבינות רוח הוא "יפה", הרי היופי בעיני המתבונן.

נושא חשוב וכאוב נוסף הוא הפגיעה בבעלי כנף – ציפורים ועטלפים. אמנם אין לאפשר פגיעה נרחבת בבעלי כנף, אך השאלה

האדם, בייחוד כאלה שנובעות מרעש (בתחום הנשמע) או מגלי קול בתחום התת-שמעי (Infrasound), לטורבינות עלולות להיות השלכות דומות גם על מיני יונקים בישראל.

ייתכן שההשלכות השליליות של טורבינות הן תלויות אתר, אבל נשאלת השאלה היכן בישראל קיים אתר שלא ישפיע על האדם, על ערכי הטבע ועל נופי הבראשית של ישראל. ניסיון לאתר שטחים לקידום אנרגיית רוח על-ידי טורבינות רוח גדולות, צריך להיעשות בתהליך מיפוי שיתחשב במפות הרוח, במגבלות שמציב משרד הביטחון, בשטחי אש, במיקום יישובים (טווח של 1,000–2,000 מטר), בקווי מתח עליון, בשמורות טבע, במגבלות כתוצאה מתכניות מתאר ארציות שונות, ובשטחים חשופים בקנה מידה עולמי מבחינת ערכי טבע (לדוגמה, אזורי מחיה של צבי ארץ-ישראלי ואזורים חשופים לעופות ברמה בין-לאומית).

הפיזור המרחבי המתוכנן של אתרי טורבינות הרוח, שרובו בפריפריה, מצריך הקמת רשת קווי הולכת מתח שלהם השלכות שליליות – נופיות ואקולוגיות. לפיכך, מדינת ישראל קבעה מכסת ייצור של 800 מגה-ואט מאנרגיית רוח, אך התחרות מצד יזמים והקשיים לאתר שטח מתאים יוצרים לחץ גדול ומיותר על המערכת הטבעית, גורמים נזק כלכלי ועוגמת נפש ליזמים ולגורמים המצפים לתשואה כספית, ומעסיקים באופן נרחב ומיותר את מוסדות התכנון והגופים המאסדרים. הגיע הזמן, במקום זאת, לקדם ייצור אנרגיה בשיטות שמתאימות לגודלה של המדינה ולתנאים הגאוגרפיים בה.



שקנאים בתעופה. מדי שנה עוברים בישראל כ-40,000 שקנאים, מתוך אוכלוסייה עולמית של 250,000–300,000 פרטים | צילום: תומס קרומנקר, באדיבות יוסי לשם

אנרגיית רוח ושמירת טבע בישראל – הַיִלְכוּ שְׁנַיִם יַחְדָּו בְּלֹאֵי אֶם נוֹעְדוּ? כנראה שלא

אוהד הצופה

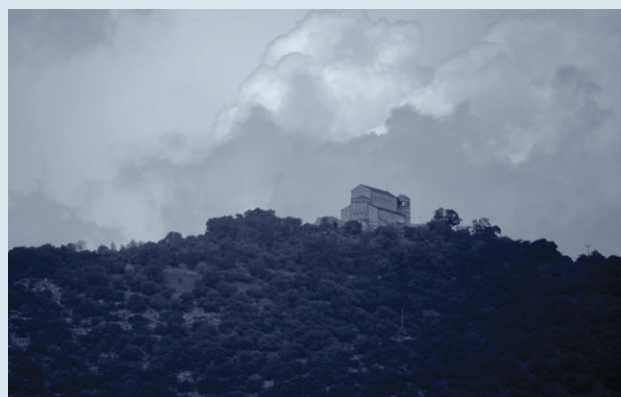
אקולוג עופות, חטיבת המדע, רשות הטבע והגנים
ohad@npa.org.il

קידום ייצור האנרגיה ממקורות מתחדשים ראוי וחשוב מאין כמוהו, ויש לשאוף לקדם שיטות לניצול מקורות אלה, בייחוד כאלה שהן "באמת ירוקות". לכאורה, אנרגיית הרוח היא אחד ממקורות האנרגיה הזמינים והירוקים יחסית. אולם לכל שיטה להפקת אנרגיה יש מחיר סביבתי-אקולוגי, שפעמים רבות אינו מובא בחשבון. יתרה מכך, ניסיון העבר מראה כי חולף זמן ממושך בין פיתוח ויישום בפועל לבין זיהוי מגוון ההשפעות והשלמת מחקרים שיטתיים המסייעים להבנה מעמיקה של ההשלכות של השיטה. תמיד צריכה לשמש כנר לרגלנו הדוגמה של הדי-דייטי: החומר "שהציל את העולם מרעב" בשנות ה-40 וה-50, והעולם עדיין לא מצליח להיפטר משאריותיו במערכת הטבעית ומהשלכותיו הסביבתיות.

להבנתנו ברשות הטבע והגנים, כאשר התקבלה החלטת הממשלה (מספר 4450) מינואר 2009 שקבעה יעד שלפיו 10% מייצור החשמל הכולל בישראל בשנת 2020 יהיה באמצעות אנרגיה מתחדשת, מהם 800 מגה-ואט מהרוח, לא נשקל המחיר הסביבתי-אקולוגי של יישומה של טכנולוגיה זו בשטחה המצומצם של ישראל. כיום קיימת הכרה חד-משמעית בעולם שטורבינות רוח גורמות לעתים מזומנות פגיעה באורגניזמים שונים^[1]. בישראל חולפים כ-500 מיליון עופות בשנה ממעל 540 מינים שונים, וזאת על סמך ההערכה הזהירה ביותר^[2], ועל כן היא נחשבת לאחד מצירי הנדידה הגדולים בעולם. היות שכך, קיים החשש מפגיעה באוכלוסיות אלה של עופות נודדים וכן בעופות יציבים. כמו כן, יש חשש לפגיעה במגוון הייחודי של 32 מיני עטלפי החרקים, שיהיו לה השלכות כלכליות וחקלאיות. נוסף על כך, יש חשש לפגיעה בחיות משק ובבני אדם עקב הסמיכות הרבה של החוות המוצעות למגורי אדם ובעלי חיים. המרחק של 500 מטר מטורבינת רוח ליישוב סמוך, שהתקבל כמוסכמה על-ידי הצוות הבין-משרדי לבחינת תאי שטח בעלי פוטנציאל להקמת חוות טורבינות רוח גדולות בישראל, נמוך מזה המותר בחלק ממדינות העולם, וללא ספק נמוך מהמרחק שהומלץ במחקרים ובמקורות שונים^[3,4]. רשות הטבע והגנים, כגוף האחראי על הגנה על ערכי הטבע המוגנים, חוששת שאם קיימות השלכות פיזיולוגיות על

מקורות

- [3] The House of Lords. 2012. Wind turbines (minimum distances from residential premises) Bill [HL]. London: Published by Authority of The House of Lords.
- [4] Thorne B. 2014. The Perception and effect of wind farm noise at two Victorian wind farms – an objective assessment. Noise Measurement Services PTY LTD.
- [1] Schuster E, Bulling L, and Köppel J. 2015. Consolidating the state of knowledge: A synoptical review of wind energy's wildlife effects. *Environmental Management* [online first]. dx.doi.org/10.1007/s00267-015-0501-5.
- [2] Shneur O, Perlman G, Balaban A, et al. 2010. Origin of passerine migratory waves: Evidence from the blackcap at a stopover site. *Israel Journal of Ecology and Evolution* 56: 135–151.



חוות של טורבינות רוח ישנו את מראה הנוף. מה מסמל עבורנו הנוף על פסגות ההרים הללו? מימין למעלה ובכיוון השעון: הר אדיר, התבור, רכס הכרמל | צילומים: אבישי טייכר, דן לזר וחנה ידיב ©

שולחן הדיונים

טורבינות רוח הן טכנולוגיות המנצלות משאב מתחדש – הרוח – לשם ייצור אנרגיה נקייה. תהליך ייצור האנרגיה באמצעות טורבינות אלה אינו כולל שרפת דלקים, ולכן אינו פולט מזהמי אוויר וגזי חממה שגורמים לשינוי האקלים. לאור זאת, תחום האנרגיות המתחדשות מתפתח בקצב מעריכי בעולם, ועתה מגיעים לישראל הניסיונות לפתח את התחום.

מה מקומה של אנרגיית הרוח בישראל?

דרור בוימל* וניר פפאי

אגף שימור סביבה וטבע, החברה להגנת הטבע
drorb@spni.org.il *

גזי חממה מוגבלת בשל גודלה ומספר התושבים בה, שצורכים פחות מ-0.2% מהאנרגיה בעולם (מחושב על בסיס נתוני צריכת האנרגיה הראשונית לשנת 2012) [1]. לכן הפיתוח של אנרגיות מתחדשות בכלל, ואנרגיית רוח בפרט, צריך להיעשות תוך מתן תשומת לב מרבית לפגיעה האפשרית במגוון הביולוגי בישראל. לאור ההיקף החריג של מספר המינים והפרטים שחולפים או שחיים בישראל, חשיבותה במערך העולמי של נדידת הציפורים ומיקומה האסטרטגי מבחינת מגוון ביולוגי – פיתוח אנרגיית הרוח צריך להישאר מוגבל מאוד בהיקפו, ולהיעשות בזירות רבה תוך הימנעות מוחלטת מהקמת טורבינות באזורים הידועים כעמוסים בפעילות של בעלי כנף. כמו כן, בחינת ההקמה באזורים אחרים צריכה להיעשות לאחר ביצוע סקרים מעמיקים בנושא בעלי כנף, ועל ההקמה להיעשות תוך הטמעת הטכנולוגיות המתקדמות ביותר לצמצום נזקים, שימוש בשיטות הפעלה זהירות ביותר והפעלת תכניות ניטור בעלי כנף. לבסוף, יש לקבוע תנאים מחייבים לפירוק טורבינות, אם מצטברות עדויות להיקפי פגיעה משמעותיים.

מקורות

- [1] International Energy Association. 2015. Statistics search. www.iea.org/statistics/statisticssearch. Viewed 26 May 2015.
- [2] Schuster E, Bulling L, and Köppel J. 2015. Consolidating the state of knowledge: A synoptical review of wind energy's wildlife effects. *Environmental Management* [online first]. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-015-0501-5>.

בימים אלה מקודמות עשרות יוזמות להקמת חוות של טורבינות רוח ברחבי הארץ, רובן בצפון הארץ ומיעוטן בדרומה. על אף התדמית הנקייה של טורבינות רוח, פעילותם של מתקנים אלה פוגעת בבעלי כנף, ולכן יש אי-ספור עדויות מרחבי העולם [2]. עדויות אלה, יש לומר, מציגות טווח רחב של היקפי פגיעה בבעלי כנף, שמשתנה בין מדינות, אזורים, חוות טורבינות ולעתים ישנם אף הבדלים בתוך אותה חווה.

החשש מפגיעות אלה גדול משמעותית כאשר מדברים על הקמת טורבינות רוח בישראל, שכן בישראל עובר אחד מנתיבי נדידת הציפורים החשובים, העמוסים והצפופים בעולם. בחודשי הנדידה עוברים בשמי ישראל מאות מיליוני בעלי כנף בדרכם מאפריקה לאירואסיה וחזרה. מעבר למספר החריג של פרטים, יש להדגיש כי בשמי ישראל עובר מגוון יוצא דופן של מיני ציפורים. לצד אלה יש לציין מגוון אדיר של ציפורים קבועות בישראל, וכן מגוון של 32 מיני עטלפים. מעבר לרצון לשמור על מגוון זה, יש לציין כי אמנם פותחו בעולם טכנולוגיות שונות להגנה על בעלי כנף מפני להבי הטורבינות, אך הן בדרך כלל מיועדות למינים או לקבוצות מינים מסוימים בלבד.

אם כן, ישנה חשיבות לשמירה על המגוון הרב של בעלי הכנף היציבים והחולפים בישראל, שעולה בסדרי גודל על שטחה או על מספר תושביה. חשיבות זו מגובה במחויבות שנובעת מאמנות שונות שישראל חתומה עליהן, ובהן אמנת המגוון הביולוגי ואמנת המינים הנוודים, ומגובה בהצטרפותה של ישראל להסכם לשמירה על מיני העטלפים באירופה. מנגד, יכולתה של ישראל לתרום תרומה משמעותית להפחתת

איזון נופי ותפקודי בין תשתיות מלאכותיות לתשתיות טבעיות

חצב יפה

אדריכל נוף ומוסמך בנייה ירוקה בתשתיות ENV-SP
hatzavy@new-commons.com

נקודת המוצא של אדריכלי הנוף, כשהם נקראים להיות חלק ממזים פיתוח, הוא שתפקידם לגשר בין הפיתוח לסביבה. זאת מכיוון שסידודת הכלים המקצועיים העומדים לרשותם מגיעים מעולם הטבע לשירות האדם (עיצוב בעזרת קרקע, מים, צמחייה). כאדריכל נוף, מטרת עבודתי היא העלאת איכות החיים של ההקהילה שאני מעצב ומתכנן עבורה.

תשתיות (Infrastructure – תת-המבנה) כשמן כן הן, והן

הבסיס למערכות המאפשרות לנו חיים מודרניים ברמת פיתוח גבוהה. תשתיות מספקות חשמל ומים, מסדירות ביו, ומאפשרות חופש תנועה לסחורות וליוממות, יכולת התפרנסות וייצור וגם העברת מידע. הן גם גורם קריטי לבריאות הציבור במרקמים עירוניים ועוד.

לפעמים אנו מבחינים בקיומן במרחב (קווי מתח, כבישים, טורבינות רוח), לפעמים הן מוסתרות מתחת לאדמה (קווי מים, גז, תקשורת), ולפעמים אנו מעדיפים לשכוח מקיומן (מכני טיהור שפכים). הן מתפרסות בתוך העיר ומחוצה לה, ואין ספק בנחיצותן לקיום מערך חיים מפותח ולאיכות חיים מודרנית. **טורבינות רוח הן ביטוי נוסף, ויש שיאמרו אסתטי ופואטי, לעירוניות ולנוף עירוני.** זהו חלק אינטגרלי מהעורף המרחבי של העיר (ה-hinterland, מרחב האספקה, ותחום ההשפעה ויחסי הגומלין של העיר), שבלעדיו לא יתאפשר קיומם של עירוניות אינטנסיבית וצפופה או פרברים המתפרסים במרחב.

במבחן המציאות, רוב הדוגמאות אינן חד-משמעיות, ותמיד ישנם מתחים פנימיים במשוואת הקיימות (חברה-סביבה-משאבים). לכן, עלינו למפות את החלופות העומדות לרשותנו, ולהחליט על חלופת הפיתוח רק לאחר שאנו באמת מבינים את המחירים הסביבתיים והחברתיים של המיזם. יש להמשיך לחשוב בצורה יצירתית איך לשלב בין המערכות כדי להביא לתוצאה מיטבית.

בשנים האחרונות חלה קפיצה בכמות ובאיכות המתודולוגיות להערכת קיימות במיזמים מרחביים של נוף ותשתית. כלים, כגון Envision (תקן קיימות לתשתיות) ו-Sites (תקן לפיתוח נופי בר-קיימא), מאפשרים למתכננים ולמעצבים למפות את נקודות החוזק והחולשה של מיזמים, ומאתגרים אותנו בשיפור התוצאה הסופית שהיא מיזם בר-קיימא.

לאחרונה התפרסמו מספר חקרי מקרה, שריכזתי כחלק מעבודתי באוניברסיטת הארוורד בתכנית המחקר Zofnass Program for Sustainable Infrastructure, הממפים את אופי הקיימות של מיזמי תשתית גדולים באמריקה הלטינית לפי מתודולוגיית Envision. מופיעים שם גם שני מיזמים של טורבינות רוח באורוגוואי ובפרובליקה הדומיניקנית, וניתן ללמוד מהם על האתגרים שבפיתוח בר-קיימא במיזמים מסוג זה^[1,2].

מקורות

- [1] Inter-American Development Bank. 2014. Harvard case studies. www.iadb.org/en/structured-and-corporate-finance/scf-360awards/publications-case-studies,18732.html.
- [2] Zofnass Program for Sustainable Infrastructure. www.research.gsd.harvard.edu/zofnass.

תשתיות מסוג זה מתוכננות ומוקמות בדרך כלל בשטחים הפתוחים של הנוף העורפי. גישות מתקדמות באדריכלות נוף מסתכלות על נופים מעין אלה כעל **תשתיות נופיות** חשובות ביותר (Landscape Infrastructure) – נוף המכיל תשתיות טבעיות ומלאכותיות המקיימות ביניהן מערכת יחסים ואיזונים, בעלות איכויות תפקודיות ותרבותיות, כדוגמת שירותי מערכת, ערכיות נופית ואקולוגית ועוד. לא מפתיע שנוצרים קונפליקטים לגבי שאלת פיתוחם של נופים אלה.

לכן, קיים צורך לאזן את צורכי הפיתוח עם צורכי התשתיות הטבעיות הקיימות. תשתיות טבעיות חשובות אלה מכילות בתי גידול ומערכות אקולוגיות המספקים שירותי מערכת חשובים לאדם, כדוגמת מערכות ניקוז והשהיה לנגר, שימור קרקעות, מזון וסיבים, טיהור מים, קשירת חנקן ולכידת פחמן. נוסף על כך, הנוף הטבעי הוא בעל ערך ומטען תרבותי עבור החברה והקהילה, כדוגמת ערכי נוף ומורשת.

הקונפליקטים הערכיים באים לידי ביטוי בשאלות: איך תשפיע הקמת תשתיות חדשות על אופי המערכות הטבעיות הקיימות? מה צריכה להיות מחויבותנו לשימור מינים שקיימים באתר? מהו הנוף החשוב לנו לשימור? האם התוצר של ההקמה יחזק את האקולוגיה שאנו מעריכים ורוצים לשמר, או יפגע בה? האם ביכולתנו לפצות על פגיעה במערכת אקולוגית על-ידי תכנון מערכת אקולוגית חדשה?

גישת התשתיות הנופיות מעודדת שילוב מאגבר בין המערכות ליצירת תוצר מיטבי ובר-קיימא לסביבה שהוא משרת – למשל, הקמת תשתית לאנרגיה מתחדשת על שטחים מופרים או שיקום נופי של שטחים אלה, המעצים מערכות טבעיות קיימות.

אנרגיית רוח – מקור הולם לאנרגיה מתחדשת גם במדינת ישראל

אביב רוזן

הפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה וחלל,
הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל
aerosen@technion.ac.il

לנוכח החסמים הבירוקרטיים העצומים הקיימים בישראל, אותם יזמים מקימים חוות רוח במקומות אחרים בעולם. במהלך השנים השתפרה פלאים טכנולוגיית ייצור החשמל באמצעות טורבינות רוח, ויכולת הייצור של טורבינה אופיינית עומדת על מספר מגה-ואט. יש התולים תקוותם בטכנולוגיות מהפכניות שיובילו לטורבינות שיתפסו פחות מקום ושטח. לדעתי אלה תקוות שווא. התפתחות החיים על פני כדור הארץ התאפשרה מאחר שצפיפות אנרגיית הרוח ליחידת שטח, כמו גם אנרגיית השמש, נמוכות. לכן, כדי להפיק כמויות משמעותיות של אנרגיה, שיהיו מסוגלות לספק את צורכי בני האדם, יש צורך בטורבינות גדולות, זאת בדומה לחוות סולריות התופסות שטח נרחב. בהקשר לכך יש לשים לב שבמקרה של אנרגיית שמש קיים ניצול של כל שטח החווה, ולא ניתן להשתמש בו למטרות אחרות. טורבינות רוח "לוכדות" את אנרגיית הרוח גבוה מעל הקרקע,

אנרגיית הרוח ביססה את עצמה בעולם כמקור אנרגיה מתחדשת משמעותי ביותר. לצערי לא כך הוא המצב במדינת ישראל, שהחווה היחידה הקיימת בה (הממוקמת בתל עסניה שבגולן) נחנכה לפני למעלה מעשרים שנה. בקרב יזמים מקומיים קיימים עניין רב ונכונות להקמת חוות רוח בישראל, אך בסופו של דבר,

כתוצאה מהשימוש במקורות אנרגיה שונים. לסיכום, את ההשלכות השונות של הקמת חוות רוח לייצור חשמל ושל הפעלתן צריך לבדוק בצורה שקולה. אין פתרון אידיאלי לבעיית הפקת האנרגיה, ותמיד תהיה לה עלות סביבתית. העולם החליט על מעבר לניצול אנרגיות מתחדשות, כאשר אנרגיית הרוח ממלאת תפקיד משמעותי בהחלטה. אין כל הצדקה לאי-הצטרפות למגמה זאת.

מקורות

- [1] Erickson WP, Johnson GD, and Young DP. 2005. A Summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. USDA Forest General Technical Report PSW-GTR-191.
- [2] Hung C. 2010. Environmental impacts of renewable energy – An overview of life cycle results (Master's thesis). Trondheim: Norwegian University of Science and Technology.
- [3] Jacobson MZ. 2009. Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security. *Energy and Environmental Science* 2: 148-173.

והמרחק בין טורבינה לטורבינה בחוות רוח מודרנית גדול (מאות רבות של מטרים), ולכן למעלה מ-90% משטח חוות טורבינות הרוח ניתנים לניצול למטרה אחרת, כמו חקלאות, נוף טבעי ועוד. בהינתן מציאות זו ברור כי יש להקים את חוות טורבינות הרוח באופן ידידותי לסביבה תוך ניסיון להימנע ככל אפשר מפגיעה בנוף ובציפורים, ולהקטין מאוד את מפגעי הרעש. מחקרים שבוצעו במדינות שונות הצביעו על כך שאנרגיית הרוח ידידותית לסביבה יותר משיטות הפקת האנרגיה המסורתיות, ואף ידידותית לסביבה יותר מרוב האנרגיות המתחדשות האחרות [2, 3]. יש הטוענים כי מדינת ישראל ייחודית בכך שעוברות דרכה ציפורים נודדות רבות, ולכן אין להקים בה טורבינות רוח כדי לא לפגוע באותן ציפורים. טענות כאלה מצביעות על חוסר שיקול דעת כאשר בוחנים את העובדות והניסיון בעולם – מספר הציפורים שייפגעו מטורבינות רוח שיוקמו בישראל צפוי להיות קטן בכמה סדרי גודל ממספר הציפורים שנפגעות בישראל כל שנה מכל אחד מהגורמים הבאים (בנפרד): בניינים, כבלי חשמל, כלי רכב ועוד [1]. מחקרים שבוצעו בעולם הצביעו על כך שעל כל ציפור הנפגעת מטורבינת רוח, ישנן יותר מאלף ציפורים הנפגעות מחתולים [1]. צמצום הפגיעה בציפורים חשוב, אך לא פחות חשוב מצמצום הפגיעה באנשים



אנרגיית הרוח בפעולה | צילום: Alex Berger [CC BY-NC 2.0]