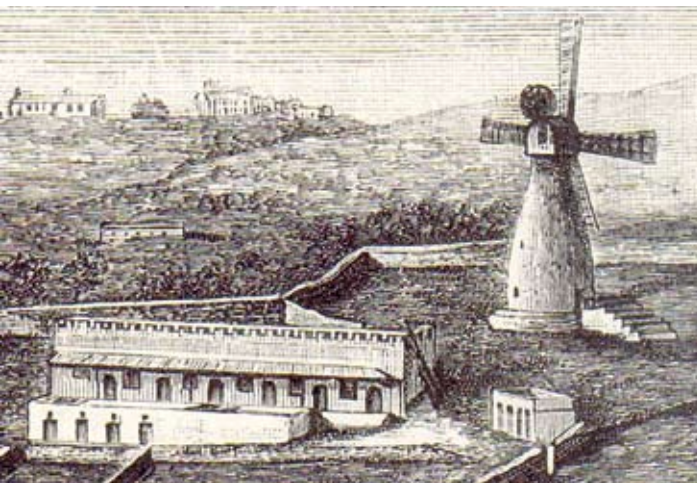


**טחנת
הרוח
ההיסטורית
משכנות
שאננים,
ירושלים**





משכנות שאננים עם טחנת הרוח, סביבות 1860



איור מהספר Diaries of Sir Moses and Lady Montefiore

בשנת 1855 יצא הנדבן הבריטי-יהודי סר משה מונטיפיורי לביקורו הרביעי בארץ ישראל, שהייתה אז חלק מן האימפריה העות'מאנית. בעזרת כספים מעזבונו של יהודה טורא מניו אורלינס, סר מונטיפיורי רכש קרקע מחוץ לחומות ירושלים, ביצר אותה בחומת אבן וקרא לה "כרם משה ויהודית", על שמו ועל שם רעייתו. קרקע זו הייתה לימים השכונה המודרנית היהודית הראשונה בארץ הקודש שהייתה עצמאית למחצה מבחינה כלכלית.

כדי לספק למתיישבים פרנסה, הקים סר מונטיפיורי טחנת רוח. היה זה מגדל מעל 15 מטרים, בנוי אבן שנחצבה במחצבות מקומיות ומצויד במיכון שנחשב מתקדם מבחינה טכנית באותה עת. תומאס ריצ'רד הולמן והחברה המשפחתית שלו - האחים הולמן מקנטרברי שבאנגליה, ייצרו את הציוד המכני של טחנת הרוח, אשר הובא באנייה לנמל יפו ומשם הובל לירושלים על גבי גמלים. הציוד הורכב בסיוע מהנדסים אנגלים ופועלים מקומיים.





מתוך *Illustrated London News*, 1858



**חותם אגודת כרם
משה ויהודית
מונטפיורי בירושלים**



"טחנת הרוח תפקדה בכל פעם שהייתה אפשרות לנצל את אנרגיית הרוח", מסביר דניאל מימראן, מנכ"ל הקרן לירושלים, "ובעזרת השבשבת, כיפת העץ הסתובבה 360 מעלות כדי למקם את הכנפיים בכיוון הנכון ולרתום באופן המיטבי את כוח הרוח."

במשך 18 השנים הבאות, טחנת הרוח של מונטפיורי טחנה את החיטה המקומית וסיפקה קמח ופרנסה לקהילה היהודית הכללית בירושלים ובמיוחד לתושבי משכנות שאננים, השכונה היהודית שמונטפיורי מימן את הקמתה ואשר נבנתה ב-1860 על הקרקע שבבעלותו, בסמוך לטחנת הרוח.



צילום של הכומר ו' א' פארקר, 1932

התחזוקה והתפעול של טחנת הרוח של מונטפיורי פסקו בערך בשנת 1876; טחנה מונעת בקיטור, שלא הייתה תלויה בגחמות הרוח, החלה לפעול במושבה הגרמנית הסמוכה (הממוקמת ברח' עמק רפאים 6) בשנת 1873, ובכך שמה קץ לכדאיות הכלכלית של טחינת קמח בכוח הרוח בירושלים. שתי טחנות רוח סמוכות, שנבנו בידי הכנסייה היוונית אורתודוקסית בשנות ה-50 של המאה ה-19 כדי לספק קמח לעולי הרגל הנוצרים, הפסיקו אף הן לפעול ככל הנראה בשנות ה-70 של אותה מאה. מגדל האבן ששימש את אחת מהטחנות הללו מהווה כיום חלק ממתחם מסחרי בקצה רח' רמב"ן שבמשכנות רחביה.



לפני השיפוץ שנערך בשנת 2012

לאורך מרבית המאה ה-20, מגדל טחנת הרוח של מונטפיורי שימש ציון דרך בירושלים, אמנם ציורי אך מוזנח ונטוש. אולם ב-1948, ממש לפני נסיגת הבריטים מארץ ישראל שהייתה נתונה לשליטתם בימי המנדט, ארגון ההגנה הקים עמדה צבאית על גג המגדל.

מספרים שהנציב העליון הבריטי, שיצא מתפילת יום א' בכנסייה סמוכה, הבחין בתוספת והורה לפוצץ את המגדל כולו. אולם רצה הגורל וחיילי ההנדסה הקרבית שהוטלה עליהם המשימה היו במקור מראמסגייט, העיירה האנגלית שמונטפיורי התגורר בה כמעט חמישים שנה, וכשהם ראו את שם עירם מתנוסס על השלט לצד שמו של מונטפיורי, הם 'פירשו מחדש' את ההנחיות להרוס את המגדל והסתפקו בפיצוץ ההרחבה שעל גגו.

ב-1967, לאחר איחוד ירושלים במלחמת ששת הימים, הקרן לירושלים העניקה למגדל המוזנח של טחנת הקמח שיפוץ ראשוני, שכלל את תיקון אבני המגדל והתקנת גג חדש, כיפת נחושת וכנפיים למראית עין (אף כי הן היו קבועות ולא זזו). בשנת 1982 נפתח מוזיאון קטן בתוך המבנה. השיפוץ הבא התבצע בשנת 2000, לאחר שהתגלו סדקים במבנה ובכיפה והכנפיים החלו להתפורר ולסכן את המבקרים במקום. המבנה חוזק, והכנפיים הסמליות והכיפה הוחלפו. באותה העת, הקרן לירושלים החלה במסע גיוס כספים שבסופו טחנת הרוח תחזור לקדמותה כפי שהייתה בשנת 1857.



פיצוץ הכיפה על ידי הבריטים, 1948



בלי כיפה, בשנת 1955



הכניסה לטחנת הרוח עם הסמל של מונטיפיורי

בשנת 2006 גיבשו הקרן לירושלים ונוצרים למען ישראל מאמסטרדם תכנית לשחזר את פעולת טחנת הרוח של מונטיפיורי במגדל הישן. הקרן לירושלים קיבלה על עצמה את האחריות לביצוע פרויקט השיפוץ וגייסה את הכספים הדרושים מנוצרים למען ישראל, ממשרד ראש הממשלה, ממשרד התיירות ומעיריית ירושלים.

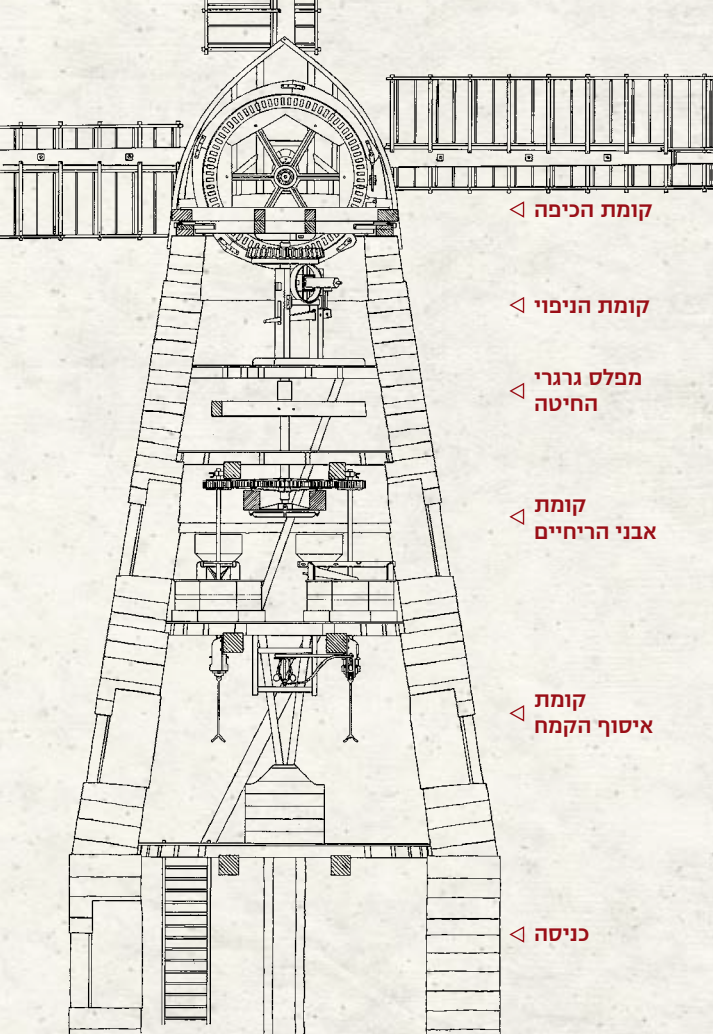
במקביל, נוצר קשר עם בן למשפחת הולמן, שבנתה את הציוד לטחנה ב-1857, והתוכניות המקוריות אותרו בספרייה הלאומית בלונדון. ציוד חדש לטחנת הקמח יוצר בהולנד והובל לישראל, ונבנתה טחנת רוח חדשה ופועלת תחת פיקוח של המהנדסים המומחים לענייני טחנות רוח, וילם דייקסטרה ואריין לונט. הכיפה והכנפיים של טחנת הרוח של סר משה מונטיפיורי הותקנו בסופו של דבר ב-25 ביולי 2012.

אחרי שעמד ריק במשך יותר ממאה שנה, גם החלל הפנימי שופץ. ישנם חמישה שלבים עיקריים בתהליך הטחינה, מלמטה למעלה וחוזר חלילה: הרמה, ניפוי וטחינת גרגרי החיטה, ואז איסוף והורדה של הקמח ואריזתו למכירה או לצריכה.

גרגרי החיטה מורמים מהרצפה אל קומת הכיפה בעזרת מערכת הרמת שקים של גלגלי עץ מכניים ושרשראות. בקומת הכיפה תכולת השקים מרוקנת אל תוך כלי קיבול גדול, דמוי משפך, וממנו עוברים הגרגרים דרך נפה ופיר אל תוך מכל איסוף. לאחר מכן מועברים הדגנים אל לוח ונטחנים בין אבני הריחיים.

לפני אריזתו בשקים, עובר הקמח תהליך ניפוי בעזרת בד סינון. תהליך זה מפריד את הקמח מהסובין ומשאר הגרעינים שלא נטחנו.

עם השלמת תהליך הניפוי, הקמח מועבר דרך צינור אל מכל איסוף ומשם לשקי קמח בקומה התחתונה של הטחנה.



קומת הכיפה

קומת הניפוי

מפלס גרגרי החיטה

קומת אבני הריחיים

קומת איסוף הקמח

כניסה



טחנת הרוח של מונטפיורי



טחנת מונטיפיורי החדשה, המהווה שחזור של הטחנה מ-1857, נחנכה באוגוסט 2012 ושק הקמח הראשון יוצר במאי 2013. טחנת הרוח של מונטיפיורי, ששבה לימי גדולתה, פועלת עתה על בסיס קבוע באותו אופן שבו עבדה בימים עברו, אך בתוספת אופציונלית של גיבוי חשמלי למנגנון הטחינה (שטרם הותקן בעת פרסום חוברת זו).

המבקרים מוזמנים להיכנס לטחנת הרוח ולצפות בסרטון קצר שמסביר על בניית הטחנה, אשר הניעה את התהליך ההיסטורי של היציאה מן החומות והקמתה של ירושלים המודרנית. בימים בהם הטחנה טוחנת חיטה, תהיה אפשרות לרכוש קמח במקום.

טחנת הרוח של סר משה מונטיפיורי במשכנות שאננים היא ציון דרך היסטורי מרכזי ואלמנט בולט בקו הרקיע של ירושלים. שיקומה הוא סמל להמשך קיומה של ירושלים: מיזוג בין ישן לחדש; היסטוריה עשירה ומפוארת ועתיד מזהיר עוד יותר.

לשעות הפתיחה של טחנת הרוח, אפשר לפנות בטלפון 02-6230323.

במשכנות שאננים קיימים מרכז כנסים בינלאומי משגשג ובית הארחה שהוקמו על ידי הקרן לירושלים.



היסטוריה של טחנות רוח וטורבינות רוח

טחנות רוח הולנדיות: ההולנדים, שחיים בקרבת הים או מתחת לגובה פני הים בארץ שטוחה וסחופת רוחות, היו הראשונים שרתמו את כוחה של הרוח כדי לנקז אדמה בשנת 1408. עד שנת 1508, לפחות כמה מאות טחנות ניקוז (poldermolens) פעלו בשטחה של הולנד של ימינו. בשנת 1594, קורנליאס קורנליזון בנה את המנסרה הראשונה בהולנד שהופעלה בכוח הרוח. השגשוג

בטחנות כאלה איפשר את תור הזהב ההולנדי - הבולטות של הולנד במאה ה-17 בבניית אניות, בסחר בתבלינים ובדיג הרינג. באותה התקופה אמסטרדם אסרה על ייבוא עצים שמנוסרים בעזרת כוח הרוח עד שנת 1630; מנסרה בכוח הרוח במימון הולנדי הוקמה בקרבת לונדון בשנת 1663, אבל נהרסה בידי נסרי עץ אנגלים שחששו מפני תחרות שתזיל את מחירי הניסור. בשנת 1730, באזור זאאן שמצפון לאמסטרדם, הוקם מה שניתן לכנות אזור התעשייה הראשון באירופה, כ-250 מנסרות רוח ניסור עצים לתעשיית הספנות והבנייה (גזעי העץ הובלו על פני נהר הריין ברפסודות או

ששונעו באניות דרך הים הבלטי). באמצע המאה ה-19, ממש לפני תחילת השימוש בקיטור המוסק בפחם, ההולנדים הפעילו כ-9,000 טחנות רוח ששימשו לטחינת דגנים, ניקוז אדמות, ניסור עצים, הפקת שמנים, הפקת עיסת תאיית לייצור נייר, עיבוד טבק, ייצור פיגמנטים של צבע ועוד.



המכונות הראשונות המונעות בכוח הרוח: טחנות הרוח הראשונות הידועות לנו טחנו חיטה במאה העשירית לספירה בסיסטאן, כיום במזרח איראן. בטחנות הרוח בסיסטאן היו מפרשים שחברו למדחף אנכי, שיטה לא יעילה מספיק כדי לרתום את אנרגיית הרוח. טחנות רוח שארבעת המפרשים שלהן מחוברים למרכז גלגל של ציר אופקי הופיעו לראשונה בצפון

מערב אירופה בסביבות שנת 1150, בעיקר באזורים שלא היו בהם נחלים שזרמו במהירות ולכן לא הייתה בהם גישה לכוח המים. טחנות רוח אירופיות ראשונות אלה היו טחנות עמוד, שבהן כל גוף הטחנה, יחד עם המפרשים, ניצב על גבי עמוד אחד וכל הטחנה כולה הסתובבה כדי לפנות אל כיוון הרוח. טחנות רוח קבועות בעלות כיפות מסתובבות (כזו של מונטיפיורי) עם ארבעה מפרשים הופיעו ככל הנראה במאה ה-14. השבשבת האוטומטית, מדחף קטן המורכב מאחורי הכנפיים העיקריות ובזווית ישרה להן, נרשמה כפטנט בשנת 1745 באנגליה (בטחנת מונטיפיורי יש מדחף כזה).

מונחי כוח רוח: במובנה הצר, טחנת רוח היא מנגנון לטחינת דגנים המונע בכוח הרוח, אולם לעתים קרובות המושג מציין כל מנגנון שהופך את אנרגיית הרוח לאנרגיה סיבובית. טורבינת רוח היא לרוב מנגנון שהופך אנרגיית רוח לחשמל, וחוות רוח היא שורה של טורבינות רוח.

וואט באוהיו בשנת 1888. החשמל הוזן לתוך סוללות, ואלה סיפקו חשמל לתאורה ולמנועים החשמליים באחוזתו של בראש. בעשור האחרון של המאה ה-19 ובעשור הראשון של המאה ה-20 פול לה קור הדני ביצע מבדקי מנהרות רוח, בנה טורבינות רוח בעלות ארבעה וחמישה להבים והכשיר "חשמלאי רוח". בתום מלחמת העולם הראשונה, כאשר מחירי הנפט צנחו, טורבינות רוח בהשראתו של פול לה קור סיפקו כמות נכבדה של חשמל לחוות בדנמרק. בשנות ה-30 בברית המועצות שתי טורבינות רוח קטנות (1). מגה-וואט) סיפקו חשמל לרשת החשמל. בשנות ה-30 בארה"ב, האחים ג'ייקובס ייצרו ומכרו - בעיקר לחוואי המערב התיכון - אלפי טורבינות רוח בעלות שלושה להבים. ב-1941 בוורמונט שבארה"ב טורבינת רוח גדולה מאוד - 1.250 מגה-וואט - חוברת לראשונה לרשת החשמל. בשנת 1945 אחד הלהבים נשבר, והוחלט שלא משתלם לתקנו. ב-1957 בדנמרק נעשה ניסיון חדשני בטורבינת רוח בעלת הספק של 2. מגה-וואט. עורך הניסוי היה יוהאנס יול, שהיה תלמיד של פול לה קור בשנת 1904, והוא החל בייצור חשמל. לאחר עשר שנות פעולה ללא תקלות, אחד המסבים נשבר והוחלף רק ב-1975.

ההתעניינות בייצור חשמל לא-פחמני ובהפקת חשמל גרעינית גברה באופן דרמטי לאחר חרם הנפט של מדינות אופ"ק בשנת 1973 ועליית מחירי הנפט פי שלושה. מחשש שמא דנמרק תקים כורים גרעיניים, המורים בבית הספר הדני האלטרנטיבי טווינד החליטו בסוף 1974 לנסות לבנות טורבינת רוח גדולה כדי להוכיח שיש עתיד גם באופציה לא-גרעינית. טורבינת הרוח טווינד, שבנתה רובה ככולה באופן התנדבותי, לא זכתה ליותר מדי



משאבת הרוח האמריקנית: בשנת 1854 בארה"ב, דניאל האלאדיי פיתח משאבת מים לא-יקרה וקלת משקל יחסית, שכנפי העץ שלה מונעות בכוח הרוח, במטרה שתשמש שאיבת מים מבארות בחוות משפחתיות, בחוות בקר ובצדי הדרכים (לרכבות הקיטור). הייצור ההמוני של משאבת הרוח של האלאדיי בגרסותיה השונות אפשר את ההתיישבות החקלאית בסוף המאה ה-19 באזורים היבשים יותר של צפון אמריקה, דרום אמריקה, אוסטרליה ודרום אפריקה. בשנת 1900, מיליוני חוואים היו תלויים לחלוטין במשאבות כאלה. בשנות ה-30 של המאה ה-20, המשאבות החשמליות החלו להחליף את משאבות הרוח האמריקניות, בשל הפעלתן הזולה והיעילה שהתאפשרה לאחר פרישה ארצית של רשת החשמל. כמו כן, החלו להופיע משאבות אמיונות המונעות בדלק. בשנות ה-60 של המאה ה-20 כבר כמעט ולא ניתן היה למצוא טחנות רוח שעדיין ממלאות את אותו תפקיד תעשייתי ונראה היה שלרתימת כוח הרוח לצרכיו של האדם אין עתיד.

אולם כיום, הודות לטכנולוגיה וליזמות הדנית, אנרגיית הרוח המיתרגמת לייצור חשמל בשבוע אחד גדולה מהאנרגיה השנתית ששימשה לכל המטרות גם יחד לפני שנת 1995; ובין השנים 2008-2014 הותקנו יותר מתקנים לניצול אנרגיית הרוח מכפי שהיו קיימים לפני שנת 2000.

טורבינות רוח: הניסיונות הראשונים להפיק חשמל מכוח הרוח החלו כעשר שנים לאחר שאדיסון פיתח את הנורה החשמלית. צ'ארלס בראש בנה טורבינת רוח בעלת הספק של 0.12 מגה-

שהתקינה אבל במקביל היא גם בעלת טביעת הרגל הפחמנית הגדולה בעולם - פליטת גזי החממה שלה הכפילה את עצמה פי 4 מאז אמצע שנות ה-80. ארה"ב, המדינה השנייה בגודלה במספר טורבינות הרוח שבשטחה וגם השנייה בעולם בפליטת גזי החממה, מייצרת כ-4% מהחשמל שלה באמצעות טורבינות רוח. בדנמרק, היקף החשמל השנתי המיוצר באמצעות רוח מקביל לכשליש מצריכת החשמל השנתית, השיעור הגבוה ביותר מבין כל המדינות. תעריפי החשמל בדנמרק הם גם הגבוהים באירופה - כאשר כוח הרוח אינו מספיק עליהם לייבא חשמל, לעתים בעלות גבוהה, ולהפך - בתקופות של רוחות עזות, דנמרק נאלצת לפעמים ממש למסור חשמל לשכנותיה.



אנרגיה מתחדשת בישראל: חוות הרוח הראשונה בישראל החלה לפעול ב-1992 בגולן. בשנת 2010 הוכרז על תכניות להקמת טורבינות רוח נוספות בגולן וכן להקמת חוות רוח בקרבת אילת, אך התכניות טרם יצאו לפועל. ישראל הציבה לעצמה יעד לייצר 10% מהחשמל שלה באמצעות אנרגיה מתחדשת עד שנת 2020; עם זאת בשנת 2014, האנרגיה המתחדשת - בעיקר הסולארית, ייצרה כ-2% מהיקף ייצור החשמל בישראל.

**חוברת זו הופקה לזכרו של מר ארנסט פיטרי
(1917-2012), רופא ו"מענטש".**

עידוד ממשלתי או תמיכה ממסדית, והקמתה עלתה כחצי מיליון דולר. יוזמת טווינד יצרה אווירה של ניסויים שיתופיים "מהשטח" בדנמרק בתחום טורבינות הרוח. בשנת 1976, כריסטיאן רייסנר הדני חיבר את טורבינת הרוח הביתית שיצר לרשת החשמל הביתית שלו, וגילה שמונה החשמל שלו זז אחורנית.

בסוף שנות ה-70 בארה"ב, משאבים ממשלתיים לא-מבוטלים הופנו לחקר טורבינות הרוח. ב-1979 החלה לפעול טורבינת הרוח האמריקנית הגדולה הראשונה מאז טורבינת ורמונט בשנות ה-40. עלות הקמתה הייתה מיליוני דולרים, והיא פורקה כעבור שנתיים. בתחילת שנות ה-80 תקנות המס והחוקים בקליפורניה תמרצו מימון

והקמה של חוות רוח. אלפי טורבינות רוח הוקמו, כמחציתן על בסיס הדגם הדני. תמריצי המס בארה"ב השתנו ב-1986 ונתנו עדיפות לחשמל המיוצר מדלק, ובכך הקיץ הקץ על השגשוג הקצר של אנרגיית הרוח, אולם הייצור הבינלאומי של טורבינות רוח כבר יצא לדרכו והדגם הדני הוכח כאמין.

שנת 2014: מדיניות המעודדת הקמת טורבינות רוח מונעת עתה בעיקר מהחשש מפני שינוי אקלימי קטסטרופלי. מחירי החשמל המיוצר בכוח הרוח ירדו באורח ניכר מאז שנות ה-80, אולם מחירי החשמל המיוצר באנרגיה סולארית ירדו בקצב מהיר עוד יותר. החברה המובילה בעולם לייצור טורבינות רוח היא החברה הדנית וסטאס. סין מובילה בעולם במספר טורבינות הרוח