
כור גרעיני ליד הבית?

התכניות להקמת [אסדת לווייתן להפקת גז טבעי בים התיכון](#) יצרו ויכוח ציבורי עז וסוער במהלך השנה האחרונה בישראל. הטענות העיקריות של מתנגדי הקמת האסדה נגעו לסיכונים בריאותיים אפשריים (זיהום אוויר) ולסכנה הפוטנציאלית לסביבה (פגיעה במערכת הימית באזור). לכאורה קשה לחשוב על מאבק סביבתי יצרי יותר מזה שמתקיים בחודשים האחרונים, אולם, מה היה קורה אילו היתה מתקבלת החלטה להקים באזור תחנת כוח המבוססת על אנרגיה גרעינית? מה היתה צפויה להיות תגובת התושבים במקרה כזה? יעל פרג כהן-מינץ מבית הספר הבינתחומי בחנה עם שותפיה את עמדות הציבור בישראל לגבי הקמת תחנת כוח גרעינית ומצאה [שבמקרה של אנרגיה גרעינית](#) הציבור נוקט בגישה נימב"י (נגד מיקום בחצר ביתי): 69 אחוז יתנגדו להקמת כור גרעיני להפקת חשמל בקרבת אזור מגוריהם ורק 28 אחוז יתנגדו לכך אם מיקומו לא יצוין. במקומות אחרים בעולם הגרעין הוא חלק בלתי נפרד ממשק החשמל. ב-2014 עמדה הפקת חשמל מאנרגיה גרעינית על 11 אחוז מסך הייצור העולמי (במקום הרביעי לאחר פחם, גז ומתקנים הידרו-אלקטריים). בשנת 2016 הופקו כך 2606 טרה ואט/שעה (מתוך ייצור גלובלי של כמעט 25 אלף) ו-75 אחוז מהם הופקו במדינות OECD, הארגון שאליו משתייכת גם ישראל. האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה [כינסה לאחרונה שורה של מומחים](#) לרב שיח בסוגיות השונות הקשורות להפקת חשמל מאנרגיה גרעינית. גם אם לעת עתה מדובר בדיון תיאורטי במידת מה - ישראל לא חתומה על האמנה למניעת הפצת נשק גרעיני ולכן לא תוכל לרכוש כור לצרכים אזרחיים מקומץ החברות המוכרות אותם - הרי שמדובר בנושא חשוב שצריך



כור גרעיני. עלויות ההקמה הראשוניות שלהם אמנם גבוהות, אבל עלויות התפעול שלהם נמוכות יחסית והם אמינים באספקה

450 כורים גרעיניים בעולם

[בעולם](#) פועלים כיום כ-450 כורים גרעיניים ב-30 מדינות, ומדינות [נוספות](#) נמצאות בתהליכי תכנון או פיתוח. כ-60 כורים נמצאים בתהליך בנייה ועוד כ-150 כורים מתוכננים ואלו עשויים להגדיל בכשני שלישי את התפוקה הכוללת. יש מדינות התלויות ממש באנרגיה גרעינית: 72 אחוז מהחשמל [בצרפת](#) מגיע מכורים גרעיניים. בהונגריה, בארמניה, בסלובקיה, באוקראינה, בבלגיה, בצ'כיה, בפינלנד, בשבדיה, בשווייץ, בסלובניה, בדרום קוריאה ובבולגריה מופקים 29-54 אחוז מתצרוכת החשמל בכורים גרעיניים. איטליה ודנמרק מייבאות כעשירית מצריכתן מאנרגיה גרעינית שמיוצרת במדינות שכנות. העלויות של הפקת חשמל מאנרגיה גרעינית הן [ממוצעות](#) אך היא נחשבת לפעילות מסוכנת; מאז התאונה ב-1979 באתר Island Mile Three בארה"ב, אנרגיה גרעינית מקושרת לתקלות כמו אלו הידועות בצ'רנוביל ב-1986 ובפוקושימה ב-2011, אף שהראשונה הייתה רשלנות והשנייה שילוב נדיר של תופעות מזג אוויר. להתייחס אליו ברצינות. הכורים הם אכן אתר מסוכן - יש בהם קרינה, כימיקלים רעילים, וחום גבוה - אבל ככל שהם נבנים בהתאם לתקני בטיחות ומופעלים בהתאם לפרוטוקולים שמשתפרים כל העת, הם נותרים מקום בטוח למדי. למעשה בשגרה הרבה יותר אנשים [מתים](#) מזיהום אוויר שמקורו בתחנות כוח פחמיות ואם מודדים מקרי מוות ליחידת ייצור, חשמל מאנרגיה גרעינית [בטוח](#) יותר אפילו מאנרגיית רוח. בכורים מיוצרת פסולת רדיואקטיבית, תאי הדלק עם האורניום יוצאים משימוש אך מוסיפים לפלוט קרינה למשך [שנים רבות](#). חלק מהפסולת הזו ניתן [למחזר](#) ובשאר הפסולת אפשר לטפל באופן בטוח, אם כי הניסיון המצטבר אינו מספק והפתרון המוכר של הטמנה מבוקרת כנראה אינו מושלם. מאידך יש לזכור שגם הפסולת מתחנות כוח פחמיות פולטת קרינה, אולי [לא פחות](#) מכור גרעיני ושיש מודלים שמצביעים על כך שמקרי המוות בעולם [יפחתו](#) עם המעבר ליותר כורים גרעיניים.

אנרגיה בלתי נדלית ב-2030

כורים גרעיניים הם יעילים יותר משיטות קונבנציונליות אחרות להפקת אנרגיה, יש צורך בפחות דלק (אורניום לעומת פחם למשל), ובהשקעת מאמצים קטנים יחסית בהשגתו, כדי לייצר אותה כמות חשמל. הם גם מזהמים פחות בייצור – ככל שהדבר אמור בפליטות גזי חממה. עלויות ההקמה הראשוניות שלהם אמנם גבוהות, אבל עלויות התפעול שלהם נמוכות יחסית והם אמינים באספקה. אם ייצור אנרגיה מתחדשת תלוי בגורמי מזג האוויר, כור גרעיני יכול לפעול שנה ברציפות ללא הפרעה וטווח השימוש שלו ארוך משל רוב המתחרים. אולם, הצורך לטפל בפסולת הגרעינית לטווח ארוך מאוד מגדיל את כלל העלויות: יש להקים מתקן ייעודי, לשנע הפסולת אליו ולאבטח אותו כדי למנוע זליגת קרינה או אף גניבתה למטרות טרור. כריית האורניום עצמו והפקתו הם תהליכים מזהמים ושינועו לכור הוא תהליך מורכב בשל צעדי הבטיחות הכרוכים בו. האורניום הוא מקור דלק מתכלה והרזרבות שלו יספיקו ל-70 עד 80 שנים בקצב השימוש הנוכחי, אך פריצות דרך טכנולוגיות יכולות לשנות את התמונה. כך קורה עם פיתוח של כורים מדגם חדש המבוססים על היסוד [טוריום](#) שהוא נפוץ יותר. דרך אחרת שמציתה את הדמיון עוד יותר היא השימוש בהיתוך גרעיני – התהליך ההפוך לביקוע אטומי או השילוב של גרעיני מימן להפקת הליום, בדומה למתרחש בשמש (או בפצצת מימן). חברה בריטית בשם Energy Tokamak צופה כי [כבר ב-2030](#) יוכל תהליך



במקרה של אנרגיה גרעינית הציבור נוקט בגישה נימב"י (נגד מיקום בחצר ביתי): 69 אחוז יתנגדו להקמת כור גרעיני להפקת חשמל בקרבת אזור מגוריהם. תצלום: thomas millot - unsplash

אפשר גם בישראל?

עמית מור, שמעון סרוסי ויובל לסטר מחברת אקו אנרג'י לייעוץ כלכלי אסטרטגי מדגישים כי פיתוח משק החשמל העתידי צריך להיעשות בצורה אסטרטגית. שילוב של אנרגיה גרעינית מחייב בדיקת היתכנות טכנית-כלכלית, ארוכה יחסית, שתיעשה בצורה ניטרלית, שקופה ובשיתוף הציבור: "הקמת כורים גרעיניים אזרחיים לייצור חשמל בישראל, תהיה מיזם תשתית לאומי מן הגדולים שהמדינה ידעה. הממשלה תידרש לגייס תשומות ומשאבים ולפעול בנחישות מול התנגדות מבית ומחוץ כדי לקדמו במשך תקופה של יותר מעשור עד למימושו", הם אומרים. נועם סגל ואיתן קוכמן מבית הספר לקיימות במרכז הבינתחומי הרצליה מצביעים על כך שסקטור ייצור החשמל באמצעות כורים גרעיניים דווקא הולך וקטן, מסיבות כלכליות או מסיבות של תחרות מול אנרגיה מתחדשת. מדינות מעטות בלבד רואות באנרגיה גרעינית חלק מסל הכלים שלהן לאיפחות (mitigation) פליטות גזי חממה. "עלויות ההקמה והתפעול הגבוהות והצורך להגדיל את ההשקעה ברכיבים שונים של בטיחות ואבטחה יגרמו להעדפת החלופות הזולות והזמינות יותר להפקת חשמל בישראל - תמהיל של אנרגיה מתחדשת וגז טבעי - שהסיכון מהן לאדם ולסביבה נמוך משמעותית" הם אומרים. לעומתם ברכה חלף, המדענית הראשית של משרד האנרגיה מדגישה כי הביקוש לאנרגיה צפוי להוסיף ולגדול וכי אנרגיה גרעינית צפויה להיות חלק מהמענה לכך בעשרות השנים הקרובות. "לכן על משק האנרגיה המקומי להישאר ערוך לאפשרות למימוש חלופה זו באמצעות שמירה על ידע, כוח אדם מקצועי ובחינת אתרים להקמת כורים", היא מציינת ומדגישה גם את הניסיון של לפחות 15,000 שנות עבודה בהפעלת כורים, שהוביל לפיתוח קריטריונים מחמירים בבטיחות.

כור על אי מלאכותי?

שחר סולר, ראש אגף תכנון סביבתי ובנייה ירוקה במשרד להגנת הסביבה, מסביר כי המשרד "טרם גיבש עמדה בנושא ייצור חשמל מכורים גרעיניים, מכיוון שנושא זה לא

נמצא על שולחן הממשלה או מוסדות התכנון". סולר מדגיש את העדר המידע הקונקרטי שיכול לתמוך בבחירת אתר ספציפי אפילו כשהדיון הוא תיאורטי. עמיתו במשרד, פרופ' סטיליאן גלברג, ראש אגף מניעת רעש וקרינה, דווקא רואה את היתרונות הסביבתיים העקרוניים: "אנרגיה גרעינית היא יציבה, זמינה, ונקיה בהרבה ממקורות מתכלים אחרים". גלברג מציין את הדוח של ועדת האו"ם לבטיחות בקרינה אטומית, שבו נקבע כי החשיפה לקרינה מייננת משימוש בפחם גדולה משמעותית מזאת של כלל הפעולות הכרוכות בייצור חשמל מאנרגיה גרעינית. כדי להתמודד עם המגבלות בשל אי-החתימה על האמנה הבינלאומית מציע גלברג שני פתרונות יצירתיים: הקמת כור על ספינה מחוץ למים הטריטוריאליים של ישראל או שימוש בכורים קטנים שנחשבים בטוחים במיוחד (אלו כורים שגודלם כגודל מקרר, הם פועלים שנים בודדות, מייצרים חשמל עבור 50-60 אלף בתים, ומאפשרים הפקה מבוזרת ללא צורך בקווי הולכה). יונתן אייקנבאום מגרינפיס ישראל רואה בחלופת הגרעין שילוב בעייתי במיוחד עבור ניהול הסיכונים. "בטווח הארוך, הפסולת הגרעינית תשפיע על הדורות הבאים לעשרות או מאות שנים ובטווח הקצר, על אף סיכויי הנמוכים, תאונה גרעינית תביא לאסון עצום", הוא אומר. "אופיו הריכוזי של ייצור האנרגיה הגרעינית מקשה על השגת שקיפות ושיתוף ציבור בתהליך קבלת ההחלטות ולכן עדיף שלא לממש אותה בישראל". אכן, ארגון גרינפיס מוביל בעולם את [ההתנגדות](#) לאנרגיית הגרעין, עמדה אליה מצטרפים ארגוני סביבה אחרים, כולל ארגון הסביבה של האו"ם שדחה לאחרונה [חסות](#) של התאגדות תעשיית הגרעין האזרחית לאחד מכינוסיו. אולם בעולם שמבקש לאזן, ובאופן דחוף, בין אספקת אנרגיה לבין התמודדות עם שינוי האקלים, הדיון על עצם השילוב של אנרגיה גרעינית והיקפה בתמהיל ייצור החשמל הוא עדיין רלבנטי וראוי שגם בישראל יקחו את האפשרות הזאת בחשבון. בעקבות הכתבה ב"זווית" הסיפור פורסם גם ב-[ynet](#)