

## נועם סגל

בית הספר לקיימות, המרכז  
הבינתחומי הרצליה

## איתן קוכמן

בית הספר לקיימות, המרכז  
הבינתחומי הרצליה



בניית יחידה רביעית בכור גרעיני לייצור חשמל במדינת ג'ורג'יה (ארה"ב) | NRC, flickr CC-BY-2.0

[תוכן זה הוא חלק מרב-שיח. לחצו כאן לדיון המלא](#)

## תעשיית הגרעין בעולם

30 באפריל, 2018

גיליון אביב 2018 / כרך 9(1)

תעשיית הגרעין בעולם היא תעשייה מזדקנת, המצויה בפרשת דרכים. השימוש באנרגיה גרעינית לצרכים אזרחיים החל בשנות ה-50 של המאה ה-20, במקביל למרוץ החימוש הגרעיני. בשנות ה-60 וה-70 התרחבה תעשיית הגרעין, ומאות כורים להפקת חשמל הוקמו במדינות שונות. בעשורים האחרונים התהפכה המגמה בעקבות תקלות ותאונות בכורים גרעיניים, לצד התנגדות ציבורית גוברת ועלויות תפעול והקמה שהלכו ותפחו. התקלה ב-Three Miles Island בארה"ב (1979) הביאה לביטול פרויקטים גרעיניים רבים במדינה זו. גם לאסון צ'רנוביל (1985) היו השלכות דומות, ובעקבותיו נבלמה תעשיית הגרעין באירופה, ולא הוקם בה כור חדש כבר כמה עשרות שנים. התחדשות העניין של מדינות בעולם באופציה הגרעינית בעשור הקודם ("הרנסנס של הגרעין") נבלמה אף היא בעקבות אסון פוקושימה שביפן (2011).

## תמונת מצב

כיום פעילים בעולם 403 כורים גרעיניים ב-31 מדינות, מספר הנמוך ב-35 מהשיא שנרשם ב-2002. כמחצית מהכורים הפעילים כיום החלו לפעול לפני יותר מ-30 שנה, וצפויים לצאת בהדרגה מכלל פעולה. למעשה, מספר הכורים שצפויים להיסגר בעשור הבא בשל גילם גדול פי ארבעה ממספר הכורים החדשים שאמורים לקום בתקופה זו [4]. בשמינית מהכורים בעולם שהקמתם החלה מאז 1977, הופסקו העבודות בשלבים שונים. יותר משני שלישים מהפרויקטים סובלים מעיכובים ניכרים בהקמה. מספר הכורים שנמצאים בשלבי הקמה הולך ויורד, ומרבית הבנייה החדשה היא באסיה ובמזרח אירופה: מחצית מ-80 הכורים שבנייתם החלה בעשור החולף נמצאים בסין. לפתחן של הממשלות ניצב אתגר משמעותי נוסף בדמות 270,000 מ"ק של פסולת גרעינית ו-90,000 טונות דלק גרעיני משומש, המאופסנים במתקני אחסון זמניים [5]. רק לאחרונה הושלמה הקמת מתקן ראשון לאחסון ארוך טווח של פסולת גרעינית בפנילנד בעלות של 3.5 מיליארד אירו. אפשר לאחסן בו 6,500 טונות פסולת גרעינית בעומק של 450 מטר.

## מועדון הגרעין

אף שכורים גרעיניים מותקנים כאמור ב-31 מדינות בעולם, הרי ש-70% מההספק הגרעיני המותקן נמצא בשטחן של חמש מדינות בלבד: ארה"ב, צרפת, רוסיה, סין ודרום קוריאה. יתרה מכך, ארה"ב וצרפת מחזיקות לבדן ב-50% מהספק הגרעין העולמי. תרומת היחסית של תעשיית הגרעין לתפוקת החשמל העולמית מצטמצמת אף היא: מ-17.5% ב-1996 ל-10.5% בלבד ב-2016 [1]. לאחר אסון פוקושימה הודיעו מספר מדינות על צמצום השימוש בגרעין, ואילו מדינות אחרות, דוגמת גרמניה ושווייץ, החליטו לסגור לחלוטין את כל הכורים שבתחומן. מנגד, 20 מדינות, ובהן ישראל, מצרים וירדן, בוחרות תוכניות לשימוש באנרגיה גרעינית להפקת חשמל [6]. בפועל, רק שלוש מדינות שלא היו בהן כורים פעילים מקימות כיום כורים גרעיניים: איחוד האמירויות, ברוס ונגלדש; ב-30 השנים האחרונות החלו לפעול כורים לראשונה בארבע מדינות נוספות בלבד: סין, איראן, מקסיקו ורומניה.

גם מצבן של כמה מיצרניות הכורים הגדולות הורע בשנת 2017: בצרפת נאלצה הממשלה לחלץ את יצרנית הכורים הלאומית Areva מפשיטת רגל, בד בבד עם קידום חקיקה להפחתת ייצור החשמל במדינה מגרעין; בארה"ב הופסק הסיוע הממשלתי לכורים כושלים כלכלית, ויצרנית הכורים הגדולה בעולם, חברת ווסטינגהאוס האמריקאית, הודיעה על פשיטת רגל; בדרום קוריאה החליטה חברת KEPCO המקומית לפנות לתחום האנרגיה המתחדשת ולשווקי יצוא לאחר סגירת הכור הוותיק במדינה, והכרזת הממשלה על עידן חדש ללא גרעין.

## תחרות מול אנרגיה מתחדשת

נוסף על עלויות הקמה ותפעול הולכות וגדולות מתמודדת לאחרונה תעשיית הגרעין עם אתגר חדש: אנרגיה מתחדשת. מבין המדינות השותפות להסכמי פריז, רק שש הציעו במסגרת תוכניותיהן הלאומיות להפחתת פליטות גזי חממה להרחיב את השימוש בגרעין (ברוס, סין, יפן, טורקיה, בנגלדש ואיחוד האמירויות). לעומתן, 111 מדינות ציינו במפורש תוכניות להרחיב את השימוש במקורות אנרגיה מתחדשים כאמצעי הפחתה [2]. יצוין כי תחשיבים שונים מלמדים כי לאנרגיה הגרעינית מִדְרָךְ פחמן בלתי מבוטל אם המדידה מתבצעת לאורך מחזור החיים של הכור והדלק הגרעיני. עם זאת, חשוב לציין שתחנות גרעיניות מספקות אנרגיה לאורך כל שעות היממה, בניגוד למקורות המתחדשים. התחזיות הן כי ייצור האנרגיה מגרעין יגדל בשנים הקרובות בשיעור נמוך מ-2% בשנה (בעיקר בשל החלפת כורים ישנים בכורים חדשים ויעילים יותר), ואילו תרומת הגרעין לייצור אנרגיה בעתיד תנוע בין 3% ל-7% (לעומת כ-10% כיום). עיקר הגידול בהפקת החשמל מגרעין יהיה בסין, בעוד שבאירופה צפוי חלקו לרדת בכ-30%.



כריית מנהרה במתקן הראשון מסוגו לאחסון ארוך טווח של פסולת גרעינית. במתקן, שבפינלנד, ניתן לאחסן 6,500 טונות פסולת גרעינית בעומק של 450 מטר | צילום: Posiva Oy

## הפעלת כורים גרעיניים קטנים

אחד הפתרונות לאתגרים שתעשיית הגרעין ניצבת בפניהם כיום הוא כורים גרעיניים קטנים (Small Modular Reactors). מדובר בכורים קומפקטיים בהספק קטן (300 מגה-ואט ומטה) ובייצור המוני, שמוצגים כחלופה מקומית (ואף ביתית) זולה ובטוחה יותר מהכורים הגדולים המוכרים. כורים אלה נבחנו לראשונה בארה"ב בשנות ה-40 של המאה ה-20, ומספר קטן של כורים אזרחיים מסוג זה הופעל שם במחצית שנות ה-60. הם לא זכו להצלחה, ונסגרו בשל העלויות הגבוהות: גם עלות ההקמה והתפעול הייתה גבוהה בהרבה מהתחזיות המקוריות, וגם עלות הפקת האנרגיה נמצאה גבוהה פי שלושה מזו שבתחנה פחמית. ניסיונות לפתח כורים קטנים במדינות אחרות (דוגמת הודו) נתקלו בקשיים דומים, ולא צלחו. גורמים שונים בתעשייה ממשיכים לקדם את הרעיון, אך חלק מיצרניות הכורים הגדולות הודיעו כי בכוונתן להפחית את ההשקעה בפיתוח כורים מסוג זה [3].

## ישפעת מצב תעשיית הגרעין על ישראל

מצב תעשיית הגרעין העולמית והגורמים לנסיגתה המתמשכת עשויים ללמד על האפשרות להקים בישראל תחנה גרעינית בעשורים הקרובים. מלבד האתגרים הגיאופוליטיים האזוריים והבין-לאומיים, נדמה כי האתגר העיקרי הוא עלויות ההקמה והתפעול הגבוהות, שממשיכות להאמיר עם השנים, ובפרט הצורך להגדיל את ההשקעה ברכיבים שונים של בטיחות ואבטחה. מנקודת מבט זו, קשה שלא להתרשם מהחלופות הזולות והזמינות יותר להפקת חשמל בישראל, בתמהיל של אנרגיה מתחדשת וגז טבעי, שהסיכון הנשקף מהן לאדם ולסביבה נמוך משמעותית.

## מקורות

1. BP. 2017. Statistical review of world energy. London: BP Group
2. International Atomic Energy Agency. 2017. Nuclear power and the Paris Agreement. [www.bit.ly/paris-agreement-IAEA](http://www.bit.ly/paris-agreement-IAEA)
3. Cooper M. 2014. Small modular reactors and the future of nuclear power in the United States. *Energy Research and Social Science* **3**: 161-177
4. Schneider M, Froggatt A, Hazeman J, et al. 2017. [The world nuclear industry status report 2017](#)
5. World Nuclear Association. 2016. [International nuclear waste disposal concepts](#)
6. World Nuclear Association. 2017. [Emerging nuclear energy countries](#)