

מבט על, גיליון 1189, 9 ביולי 2019

בטיחות כורים גרעיניים

עוזי עילם וגלעד שר

בעקבות סדרת הטלוויזיה "צ'רנוביל" התחדש הדיון הציבורי בדבר הסכנות הטמונות בהפעלת כורים גרעיניים. מאמר זה מתמקד במאות הכורים הגרעיניים הפעילים כיום ברחבי העולם ובעשרות הכורים המצויים בתהליכי הקמה, אך לא ידון בסכנות הגלומות בנשק גרעיני. תיסקרנה הסכנות שנוצרו עקב גילם המתקדם של כורים והאתגרים שבשימוש באנרגיה גרעינית להפקת חשמל. אשר למצב בישראל, תוסבר על מה מבוססת ההערכה כי אין נשקפת סכנה בטיחותית מן הפעילות במרכזי המחקר של הוועדה לאנרגיה אטומית בנחל שורק ובקריה למחקר גרעיני ליד דימונה.

מצב הכורים בעולם

450 כורים גרעיניים פועלים כיום, ו-60 נוספים מצויים בתהליכי הקמה. בראש - ארצות הברית עם 99 כורים פעילים וארבעה כורים בתהליך הקמה. אחריה צרפת, המפעילה 58 כורים ובונה כור נוסף. יפן, אף לאחר האסון בפוקושימה ב-2011, מפעילה 41 כורים ובונה שניים חדשים. סין בונה כיום יותר מכל מדינה אחרת: 20 כורים בתהליכי הקמה. במקביל היא מפעילה 36 כורים גרעיניים. רוסיה מפעילה 36 כורים ועוד שבעה כורים נמצאים בתהליכי הקמה. לדרום קוריאה 25 כורים פעילים ושלושה בהקמה, ולצדה סוגרת הודו את רשימת המדינות המובילות: היא מפעילה 22 כורים ובונה חמישה נוספים. רוב מוחלט של מדינות אירופה אינן מקימות כורים חדשים בעיקר עקב התנגדויות ולחצים פוליטיים.

צ'רנוביל לא לבד

במארס 1979 אירעה תאונה באחד משני הכורים בתחנת הכוח הגרעינית ב-Three Mile Island בפנסילבניה שבארצות הברית. עקב כשל במערכת הקירור המשנית של הכור, הפסיקו לעבוד ה**טורבינות**, ה**גנרטור**, ולבסוף ה**כור** עצמו, והלחץ במערכת הראשית עלה במהירות. בכור היה שסתום שאמור היה להיפתח בעת עליית הלחץ ולהיסגר לאחר ירידתו, אך הוא לא נסגר עם ירידת הלחץ. החיישן דיווח לחדר הבקרה שהמערכת מלאה במים (אף על פי שהיא הלכה והתרוקנה מהם). מערכת קירור החירום בכור עבדה כראוי, אך עקב טעות של המפעיל בחדר הבקרה היא כובתה. בהיעדר מי קירור, עלתה עוד ועוד הטמפרטורה בליבת הכור וכשעתיים לאחר הכשל הראשוני, התפוצצה כיפת הכור ויסודות ה**רדיואקטיביים** השתחררו למערכת. בניגוד לאסון צ'רנוביל שהתרחש שבע שנים לאחר מכן, בזכות התכנון של הכורים האמריקנים וגם אלו של מדינות במערב נכלאו החומרים הרדיו-אקטיביים במבנה המאטם של הכור.

בעקבות התאונה הופקה שורת לקחים, בראש ובראשונה כאלה הקשורים ל**טעויות אנוש** בעת לחץ, וכן כאלו הנוגעים לתפעול הכור ולשינויים טכנולוגיים שיושמו בכורים בתחנות כוח גרעיניות העתידות לקום.

התאונה באפריל 1986 בכור בצ'רנוביל בצפון מערב אוקראינה, הייתה התאונה הגרעינית החמורה ביותר במאה העשרים. בכור מספר 4 חלה עלייה חריגה בטמפרטורה של ליבת הכור שגרמה להתכתה ולפריצת מעטפת ההגנה שלה, תוך-כדי ניסוי לבדיקת פעולתו של הכור כשהוא מקורר בגנרטור החירום. כמה מחדלים גרמו לאסון: תכנון שגוי של הכורים הסובייטיים, אי-עמידה בנהלים, הבנה לא נכונה של המפעילים לגבי המצב ותכנון לקוי של מנגנון הדממת החירום. הניסיונות להדממת הכור לא צלחו, ועליית הטמפרטורה גרמה לשני פיצוצים בליבת הכור, שהותכה. תכנון גרוע של המאטם, שהיה אמור למנוע את יציאת החומרים הרדיו-אקטיביים לאוויר, ושריפה בלתי-נשלטת, גרמו לפיזור של כמות ענקית של החומרים הרדיו-אקטיביים.

השלטונות הסובייטיים החלו לפנות אנשים מהאזור הסמוך לכור רק 36 שעות לאחר התאונה. כחודש לאחר התאונה פונו כל התושבים שחיו ברדיוס של 30 קילומטרים מהכור. רבים מהליקוויטורים, אותם בעלי מקצועות חיוניים שגויסו לטפל בתאונה הקשה ונפגעה, נפגעו גם הם. כמה אלפים מהם – רופאים, מהנדסים, טכנאים, אנשי מערכות האבטחה והביטחון, אנשי תפעול – עלו לישראל במסגרת העלייה הגדולה של יהודי ברית המועצות לשעבר. ב-2001 חוקקה הכנסת את "חוק המנטרלים" (חוק המסייעים לנטרול תוצאות אסון צ'רנוביל, תשס"א-2001), אשר קבע תבחינים להכרה במנטרלים, מעקב רפואי, סיוע בעניינים שונים – אך החוק יושם באופן חלקי ולקוי. המנטרלים בישראל מונים כיום כ-1400 איש ואישה, ובניגוד לחבריהם שנשארו במדינות המוצא של ברית המועצות לשעבר והוכרו כגיבורים, נאלצו אלה שעלו ארצה לפנות שוב ושוב אל בית משפט העליון לאכיפת החוק בעניינים.

27 שנים לאחר אסון צ'רנוביל, במארכ 2011, התרחשה סדרת תאונות בתחנת הכוח הגרעינית בפוקושימה שביפן. שלושה משישה כורים, שתכננה ג'נרל אלקטריק האמריקנית, פעלו שם. פעולתם הופסקה אוטומטית עם התרחשותה של רעידת אדמה, וגנרטורים לשעת חירום נכנסו לפעולה כדי להפעיל את מערכות הקירור והבקרה. הצונאמי שבא לאחר רעידת האדמה קטע את החיבור שבין הכורים לרשת החשמל והציף את חדרי הגנרטורים לשעת חירום. עם הפסקת פעולת הגנרטורים הופסקה פעולת המשאבות החשמליות המזרימות מי קירור לכור, והכורים החלו להתחמם. עקב רעידת האדמה וההצפות באזור הכורים, לא התאפשרה הגעתם של צוותי עזרה חיצוניים. ליבות הכורים הותכו עקב החום האדיר שנוצר בהם. בעת שעובדי התחנה ניסו לקרר את הכורים ולהפסיק את פעולתם, אירעו כמה התפוצצויות מימן. עקב החשש מפני פליטת חומרים רדיואקטיביים לסביבה, פונתה האוכלוסייה מהאזור. לאחר שזרם החשמל לחלק מן הכורים חובר באופן הדרגתי אפשר היה להפעיל את משאבות הקירור האוטומטיות ולקרר את פנים הכורים ואת הבריכות של אחסון מוטות הדלק שסיימו את תפקידם עקב קירורם במי-ים בניסיון למנוע התחממות.

הכורים באתר פוקושימה תוכננו בשעתם לעמוד ברעידת אדמה, תופעה שכיחה ביפן, אך לא בצונאמי רב-עוצמה והרסני. עקב התלות שלה במקורות אנרגיה, אין יפן יכולה לחדול מהפעלתם של הכורים שלא נפגעו, והיא ממשיכה להקים תחנות כוח גרעיניות חדשות.

יתרונותיה של האנרגיה הגרעינית וחסרונותיה

חרף התאונות הקשות, אנרגיה גרעינית נחשבת על פי רוב נקייה, יציבה ומהימנה. המצדדים בשימוש באנרגיה זו טוענים כי עלותה נמוכה יחסית, עיבוד מחדש של הדלק המוקרן מוזיל עוד

את העלויות, היא מספקת בסיס יציב למשק האנרגיה במדינה, ויוצרת רמה נמוכה של זיהום סביבתי תוך ייצור דלק זמין לשנים רבות. עוד מנמקים התומכים כי מדובר במקור אנרגיה מרוכז וחסית למקורות האנרגיה האחרים, המשתלב היטב ברשת חשמל לאומית בטכנולוגיה קיימת ומוכרת. לבסוף נטען, כי רמת החשיפה לקרינה שהאזרח הממוצע מקבל היא מינימלית.

לעומת היתרונות שמונים התומכים בשימוש באנרגיה גרעינית, החסרונות הבולטים שרואים בה מתנגדיה הם בראש וראשונה איום מתמיד לסביבה: היא פולטת קרינה שיכולה להזיק ולגרום לסרטן, פסולת הדלק הגרעיני עלולה לזהם את מי התהום, ונדרשים פתרונות אחסון ארוך טווח עבור הדלק שהוקרן. בנוסף, מתקני האנרגיה הגרעינית מהווים מטרה לפגיעה בתשתיות המדינה, והדלק המוקרן עלול לשמש לייצור נשק אטומי.

כורים גרעיניים – פתרון ביניים

הפיתוח המסיבי של מקורות חלופיים לאנרגיה ייקח שנים רבות, ויעבור זמן רב עוד יותר עד שהטמעתם של מקורות אלה תאפשר לספק את הצריכה הגואה ולהציע פתרונות אנרגיה כלכליים. מבט מפוכח על מאזן מקורות האנרגיה בעולם מצביע על חשיבות האנרגיה הגרעינית כפתרון ביניים זמין ואמין.

עיקר תשומת הלב של תומכים ומתנגדים כאחד, מופנית אל כורי הכוח ולדרכים להבטיח את פעולתם ללא תקלות. הכורים החדשים הנבנים בימים אלה, מדור שלישי ולאחרונה גם דור רביעי, בטוחים יותר. הם גם יעילים וכלכליים יותר מהכורים מהדורות הקודמים.

המתנגדים מוסיפים וטוענים כי כורים אזרחיים יעברו הסבה לכורים "צבאיים", תוך מיצוי הפוטנציאל מתוך הדלק המוקרן ושימוש בו כחומר לפצצות גרעין. הסבה כזו אפשרית מבחינה תיאורטית, ואולם היא אינה מעשית ואינה כלכלית, מכמה סיבות: נדרש לשם כך לבנות מפעלים כימיים בהשקעה עתירת הון; מהלך כזה אינו ניתן להסתרה; הוא מפר את האמנה למניעת תפוצה גרעינית NPT. מחברי מאמר זה אינם מכירים ולו מקרה אחד של הסבה כזו.

בעיה מדאגה נוספת היא הטיפול בדלק המוקרן, שמכיל איזוטופים בעלי קרינה גבוהה ופליטת חום שחובה לנטרלם, ואשר כמויותיו המצטברות מהוות סיכון כשלעצמן. קיימים איזוטופים שמחצית אורך החיים שלהם היא עשרות שנים. אם יימשך התהליך של אימוץ רחב של האנרגיה הגרעינית, עד להגעה לרמה מספקת, יעילה וכלכלית של אנרגיה חלופית בעוד שנים, כאמור, יהיה האחסון יעד הכרחי לטיפול.

מקובל לראות בארבעים שנה מחזור חיים שלם של כור גרעיני. ואולם באמצעות שיפורים ושדרוגים ניתן להכפיל את אורך החיים של כור מבלי לפגוע בבטיחותו.

הבטיחות בישראל

הפעילות המעשית בתחום הגרעין נעשית במרכזי המחקר של הוועדה לאנרגיה אטומית בנחל שורק ובקרית למחקר גרעיני ליד דימונה. נסיר דאגה ונדגיש: אין בפעילות המחקרית, לא בדימונה ולא בשורק, רמת סיכון דומה לזו הקיימת בכורי הכוח להפקת חשמל. ואף אם יתרחשו תקלות, אין בשום פנים להשוות את חומרתן הצפויה לזו של אלה שהוזכרו לעיל. תשומת לב

מיוחדת ניתנת לאחסון בטוח והמשך קירור של הדלק שסיים את תפקידו, הממשיך לפלוט קרינה וחום.

כמות החומר הבקיע בכור בדימונה קטנה בשני סדרי-גודל מזו של כור להפקת חשמל בעל הספק של 1000 מגה-וואט, ובמרכז בשורק – עוד פחות, כ-5 מגה-וואט. את הכור בדימונה, הבנוי בתוך מאטס, מתחזקים ומשדרגים עד ליום שבו יודמם, ויוחלף במערכת גרעינית חדשה. מתבצעת בו בשגרה ובאורח סדיר הדממה לצורך בדיקות ותחזוקה. במסגרת זו, הוחלפו בעבר חלקים רבים כמו שסתומים, צנרת של מי קירור ועוד. מצבו של מיכל הפלדה אשר בו נמצאים מוטות הדלק הגרעיני, והסופג אף הוא "הפצצה" של נויטרונים, נבדק בכל מחזור תחזוקה. ביום שאנשי הכור יגיעו למסקנה שהמיכל עלול לסכן את בטיחות הכור, יושבת הכור כולו.