דוח

היום שבו יוחשך המסך: האם ישראל ערוכה להתמודד עם איום ה EMP (פעימה אלקטרומגנטית)?

אוקטובר 2026

Reichman University
The Nancy and Stephen Grand International Institute for Counter-Terrorism (ICT)

מבוא: איום הפעימה האלקטרומגנטית כאתגר אסטרטגי[1]

הגנת המולדת וביטחונה חיוניים לעוצמתה של ישראל, אשר נבנתה, בין היתר, באמצעות מתן עדיפות להשקעות חדשניות בהתגוננות מפני איומים צפויים, על בסיס ניתוח קפדני של מרחב האיומים המשתנה. סביבת האיום של ישראל מתאפיינת בהסתגלות מתמדת, הן לזהות המשתנה של היריבים והן בשיטות שבאמצעותן עלולים האיומים להתממש, ובכלל זה איומים קינטיים, קיברנטיים, תשתיתיים ותודעתיים. אסטרטגיית הסייבר הלאומית של ישראל לשנת 2025 מגדירה את ההגנה על תשתיות קריטיות, רציפותם של שירותים חיוניים, השפעה זרה עוינת, משברים דיגיטליים לאומיים ואתגרים טכנולוגיים עתידיים כיעדי ליבה של החוסן הלאומי.[2] בתוך מרחב איומים רחב זה, הפעימה האלקטרומגנטית (EMP) נותרה סוגיה שנבחנה באופן מצומצם יחסית והותירה פער מהותי בהגנת התשתיות הקריטיות של ישראל, אף שיש ביכולתה לשבש או לפגוע במערכות אלקטרוניות ובתשתיות חשמל ללא תקיפה קונבנציונלית של היעד הנפגע.[3] סוגיה זו רלוונטית במיוחד לישראל, משום שתפיסת הביטחון הלאומי שלה נשענת במפורש על יכולות טכנולוגיות וקיברנטיות, על הגנת תשתיות קריטיות, על מערכות דיגיטליות מאובטחות ועל היערכות למשברים דיגיטליים לאומיים בלתי צפויים.[4]

בשנים האחרונות, ובמיוחד במהלך סבב העימות האחרון בין ארצות הברית וישראל לאיראן, הופנתה תשומת לב ניכרת למאמציה המתמשכים של איראן לפתח נשק גרעיני. עם זאת, ההתייחסויות הרבות ל"פצצות גרעיניות" לא כללו בדרך כלל את איום הפעימה האלקטרומגנטית. בעידן שבו עוצמתה של מדינת ישראל נשענת במידה רבה על עליונות טכנולוגית, רשתות תקשורת מתקדמות ותשתיות ממוחשבות, מתפתח מתחת לרדאר איום שקט אך הרסני: הפעימה האלקטרומגנטית.

בשונה מחימוש קונבנציונלי שנועד לפגוע פיזית במגוון מטרות - אזרחיות או צבאיות, טקטיות או אסטרטגיות, האיום האלקטרומגנטי מכוון אל "מערכת העצבים" של המדינה המודרנית.[5] מדובר בגל אנרגיה בלתי נראה המסוגל להשבית תחנות כוח, למחוק מאגרי מידע ולנטרל מערכות הגנה קריטיות; בתוך שבריר שנייה הוא עלול להסיג מדינה שלמה עשרות שנים לאחור.[6] שעה שאויביה של ישראל, ובראשם איראן ושלוחיה, בוחנים בקפידה את נקודות התורפה של "אומת הסטארט־אפ", ההיערכות לאיום האלקטרומגנטי חדלה להיות אתגר הנדסי גרידא והופכת לדרישה אסטרטגית קיומית המחייבת שינוי מהותי בתפיסת הביטחון הלאומי.[7]

---

[1] The working group would like to thank Ms. Daniela Halperin for her contributions to this paper.

[2] Israel National Cyber Directorate, *Israel National Cyber Security Strategy* (Israel National Cyber Directorate, 2025), https://www.gov.il/BlobFolder/news/cyber_strategy_2025/he/israel_national_cybersecurity_strategy_feb2025.pdf.

[3] Dr John S. Foster et al., *Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack*, n.d.

[4] Israel National Cyber Directorate, *Israel National Cyber Security Strategy*.

[5] Clay Wilson, *High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and High Power Microwave (HPM) Devices: Threat Assessments*, n.d.

[6] Wilson, *High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and High Power Microwave (HPM) Devices: Threat Assessments*; "High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Effects and Protection | WBDG - Whole Building Design Guide," accessed May 24, 2026, https://www.wbdg.org/resources/high-altitude-emp-effects-protection; Foster et al., *Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack*.

[7] Israel National Cyber Directorate, *Israel National Cyber Security Strategy*.

© International Institute for Counter-Terrorism

בעשורים האחרונים עבר שדה הקרב שינוי דרמטי: הצד המנצח אינו עוד בהכרח זה המחזיק בעוצמת האש הכבדה ביותר, אלא זה השולט בספקטרום האלקטרומגנטי.[8] ככל שהתשתיות הלאומיות ומערכות הלחימה נעשו חכמות יותר, ממוזערות יותר ומקושרות יותר זו לזו ולמערכות נוספות, כך גוברת פגיעותן לסוג החדש יחסית של נשק: פעימה אלקטרומגנטית.[9]

פעימה אלקטרומגנטית היא התפרצות קצרה ועזה של אנרגיה אלקטרומגנטית, המסוגלת לגרום לשיבושים תפקודיים או להרס פיזי מלא של רכיבים אלקטרוניים.[10] מבחינה פיזיקלית, הפעימה יוצרת שדות חשמליים ומגנטיים חזקים, המשרים זרמים גבוהים ומתחים קיצוניים במוליכים כגון כבלי חשמל, אנטנות או שבבים.[11] זהו הרס דיגיטלי שתוצאתו "שרפה" של מעגלים חשמליים עדינים, קריסת שרתים ושיתוק מערכות בקרה, ללא צורך במגע פיזי או בפיצוץ קינטי באתר המותקף.[12]

פעימה אלקטרומגנטית בגובה רב עשויה להיווצר כתוצאה מפיצוץ גרעיני בגובה רב. הערכות טכניות שונות מציבות את טווח הגובה הרלוונטי ב 30–400 קילומטרים מעל פני כדור הארץ, בהתאם למקור ולתרחיש.[13] תוצאותיו של אירוע כזה הן פגיעה ושיבוש של מערכות אלקטרוניות המשמשות בכל התשתיות הקריטיות במדינות מודרניות, שמערכותיהן תלויות זו בזו. במילים אחרות, הקריסה הצפויה תהיה מיידית ורב־ממדית: חשמל, מים, תקשורת, תחבורה, פיננסים, בריאות, סדר ציבורי ועוד. ככלל, היקף הנזק גדל ככל שהמדינה המותקפת מודרנית יותר. הפגיעה במערכות מסוימות עלולה למנוע את השימוש בהן לפרק זמן ממושך, אפילו שנים, ומספר הנפגעים עלול להיות גדול מזה הנגרם באירוע גרעיני.

יש לציין גם את קיומם של כלי נשק אלקטרומגנטיים שאינם גרעיניים (NNEMP), ובהם מגוון פצצות אלקטרוניות (E-bombs) ומחוללי מיקרוגל רבי־עוצמה (HPM), שטווח הכיסוי שלהם מוגבל לקילומטרים ספורים.[14] כלי נשק אלה מאפשרים תקיפה מדויקת וקטלנית למערכות אלקטרוניות, ללא הנזק הסביבתי והרדיולוגי הכרוך בפיצוץ גרעיני.[15] הפשטות היחסית שבהפעלת אמצעים טקטיים אלה, בצירוף האפשרות לשגרם באמצעות פלטפורמות קונבנציונליות כגון טילים או כלי טיס בלתי מאוישים, הופכת אותם לנשק נגיש ואטרקטיבי הן לשחקנים מדינתיים והן לארגוני טרור.

---

[8] "Electromagnetic Warfare," NATO, NATO, March 22, 2023, https://www.nato.int/en/what-we-do/deterrence-and-defence/electromagnetic-warfare.

[9] Wilson, *High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and High Power Microwave (HPM) Devices: Threat Assessments*; "High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Effects and Protection | WBDG - Whole Building Design Guide."

[10] Wilson, *High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and High Power Microwave (HPM) Devices: Threat Assessments*.

[11] "High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Effects and Protection | WBDG - Whole Building Design Guide."

[12] Wilson, *High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and High Power Microwave (HPM) Devices: Threat Assessments*.

[13] Foster et al., *Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack*; "High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Effects and Protection | WBDG - Whole Building Design Guide."

[14] Foster et al., *Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack*.

[15] "Micro-EMP Weapon System Development and Integration for Autonomous-Vehicle Delivered, Scalable Disruptive Effects 2023 - Office of Research & Innovation - Naval Postgraduate School," accessed May 24, 2026, https://nps.edu/web/research/-/micro-emp-weapon-system-development-and-integration-for-autonomous-vehicle-delivered-scalable-disruptive-effects-2023.

© International Institute for Counter-Terrorism

מקורות איום הפעימה האלקטרומגנטית על מדינת ישראל

אין להתייחס לאיום האלקטרומגנטי על ישראל כאל תרחיש תיאורטי, אלא כחלק מסביבה אסטרטגית רחבה המעוצבת בידי איראן, יכולות הטילים שלה, תוכניתה הגרעינית ורשת שלוחיה האזוריים. איראן מחזיקה בארסנל הטילים הבליסטיים הגדול ביותר במזרח התיכון, הכולל מערכות המסוגלות להגיע לישראל, ותוכנית הטילים שלה הוערכה שוב ושוב כרלוונטית לאפשרות נשיאת מטענים בלתי קונבנציונליים.[16] בהקשר זה, היכולות שצברה טהראן מציבות אתגר משמעותי למערכות ההגנה ולתשתיות הלאומיות של ישראל, בייחוד משום שפעימה אלקטרומגנטית בגובה רב עלולה לשבש או לפגוע במערכות חשמל ואלקטרוניקה על פני אזורים גאוגרפיים נרחבים.

חשש מרכזי הוא שאיראן תמצא בפצצה האלקטרומגנטית דרך לעקוף את המגבלות הדתיות הנוגעות לנשק גרעיני. המנהיג העליון לשעבר של איראן, עלי ח׳אמנאי, הצהיר כי האסלאם אוסר על ייצור, אגירה ושימוש בנשק גרעיני, ותיאר את עצם ההחזקה בו כ״חטא״ וכדבר ״חסר תועלת למעט לצורכי הפחדה ותחושת ביטחון כוזבת״.[17] הצהרות אלה, שהפכו למרכיב מרכזי בדיון על תיק הגרעין האיראני, עוררו גם מחלוקת בשאלה אם הפסיקה אכן ביטאה איסור דתי מחייב או מסר אסטרטגי שנועד להרגיע את הקהילה הבין־לאומית.[18] בהקשר זה, איראן עשויה למסגר שימוש בפעימה אלקטרומגנטית כ״הגנה פעילה״ שנועדה לשבש מערכות חיוניות לקיום החיים מבלי לגרום פגיעה פיזית מיידית בבני אדם, ולהציגו כפעולה שאינה נכללת באיסור המוצהר, אף שהשפעותיה המצטברות עלולות להיות חמורות יותר.[19] דיווחים משנת 2025, שהתבססו על מקורות ישראליים ועל סיקור תקשורתי מאוחר יותר, טענו כי משמרות המהפכה האסלאמית פעלו לפיתוח יכולת EMP שנועדה לשתק את מערכות החשמל, התקשורת וההגנה של ישראל.[20]

המשטר האיראני עשוי לראות בפעימה אלקטרומגנטית גם אמצעי אפשרי לעקיפת המגבלות הבין־לאומיות הנוגעות לנשק גרעיני. השימוש בנשק אלקטרומגנטי המופעל באמצעות פיצוץ גרעיני מורכב מבחינה משפטית, משום שהוא מצוי בממשק שבין דיני הגרעין, דיני החלל והמשפט ההומניטרי הבין־לאומי. סעיף 2(4) למגילת האו״ם אוסר איום בכוח או שימוש בכוח נגד שלמותה הטריטוריאלית או עצמאותה המדינית של מדינה אחרת. אף שתקיפת EMP אינה בהכרח הורגת בני אדם באופן ישיר ברגע הפיצוץ, תקיפה ההורסת או משביתה תשתיות לאומיות של מדינה תיבחן ככל הנראה לפי היקפה ותוצאותיה, ובפרט כאשר השלכותיה דומות לאלה של תקיפה קונבנציונלית; במצב כזה היא עשויה להגיע לכדי הפרה של סעיף 2(4).

---

[16] Elwely Elwelly, "What Are Iran's Ballistic Missile Capabilities?," Aerospace & Defense, *Reuters*, February 4, 2026, https://www.reuters.com/business/aerospace-defense/what-are-irans-ballistic-missile-capabilities-2026-02-26/.

[17] Russ Wellen, "Are Nuclear Weapons Really a 'Big Sin' to Iran's Supreme Leader? - FPIF," *Foreign Policy In Focus*, April 19, 2012, https://fpif.org/are_nuclear_weapons_really_a_big_sin_to_irans_supreme_leader/; Farhad Shahabi Sirjani, "Iran's Nuclear Fatwa," *Iranian Review of Foreign Affairs* 4, no. 2 (2013): 57–80; Holly Dagres, "The Nuclear Fatwa That Wasn't—How Iran Sold the World a False Narrative," *Atlantic Council*, May 9, 2024, https://www.atlanticcouncil.org/blogs/iransource/iran-nuclear-weapons-fatwa-khamenei/.

[18] Dagres, "The Nuclear Fatwa That Wasn't—How Iran Sold the World a False Narrative."

[19] Wellen, "Are Nuclear Weapons Really a 'Big Sin' to Iran's Supreme Leader?"; Dagres, "The Nuclear Fatwa That Wasn't—How Iran Sold the World a False Narrative."

[20] "Israel Stopped Iran Developing Electromagnetic Pulse Weapon | The Jerusalem Post," The Jerusalem Post | JPost.Com, July 26, 2025, https://www.jpost.com/middle-east/iran-news/article-862276.

© International Institute for Counter-Terrorism

המשפט ההומניטרי הבין־לאומי מטיל אף הוא מגבלות חמורות על השימוש בפעימה אלקטרומגנטית. אחד מעקרונות היסוד שלו הוא עקרון ההבחנה, המחייב צדדים לסכסוך להבחין בין אובייקטים אזרחיים לבין מטרות צבאיות ולהפנות תקיפות רק נגד מטרות צבאיות.[21] פעימה אלקטרומגנטית בגובה רב תכסה שטח נרחב הכולל מערכות צבאיות ואזרחיות כאחת, ולפיכך תתקשה להבחין בין מטרות צבאיות לבין תשתיות אזרחיות. נוסף על כך, פגיעה בתשתיות קריטיות כגון חשמל, תקשורת, מערכות מים, בתי חולים והפצת מזון עלולה לעורר קשיים מבחינת עקרון המידתיות, אם הנזק האזרחי הנלווה הצפוי יהיה מופרז ביחס ליתרון הצבאי הצפוי.[22] שימוש בפעימה אלקטרומגנטית שמקורה בפיצוץ גרעיני בגובה רב יהיה כפוף גם למגבלות מתחום דיני החלל והניסויים הגרעיניים : אמנת החלל החיצון משנת 1967 אוסרת הצבת נשק גרעיני או נשק אחר להשמדה המונית במסלול סביב כדור הארץ או בחלל, ואילו האמנה לאיסור חלקי על ניסויים גרעיניים משנת 1963 אוסרת ניסויים בנשק גרעיני או פיצוצים גרעיניים אחרים באטמוספרה, בחלל החיצון ומתחת למים.[23]

למרות אי־החוקיות הסבירה של שימוש כזה, העובדה שפעימה אלקטרומגנטית אינה בהכרח גורמת במישרין למות אזרחים באופן מיידי יוצרת קושי ייחודי בגיוס דעת קהל בין־לאומית נגדה. השפעות הפעימה מכוונות בראש ובראשונה למערכות אלקטרוניות וחשמליות, אולם מומחים הזהירו כי תוצאות השיבוש עלולות להתפשט על פני תשתיות קריטיות, ובהן חשמל, תקשורת, תחבורה, פיננסים, שירותי בריאות וסדר ציבורי.[24] הפער בין היעדר קטלניות פיזית מיידית לבין קריסה חברתית מאוחרת עשוי לאפשר ליריב להציג את התקיפה כהרסנית פחות מהשלכותיה האסטרטגיות בפועל.

יכולות השיגור של איראן תומכות באפשרות להביא נשק אלקטרומגנטי לגובה או לטווח הרלוונטיים. ארסנל הטילים הבליסטיים הרחב שלה כולל מערכות ממשפחות שיהאב וקדר, וה־ CSIS מעריך כי טווחו של קדר F הוא כ־1,600 קילומטרים, בעוד שטווחיהם של קדר H וקדר S עומדים על כ־2,000 קילומטרים.[25] סוכנות הידיעות רויטרס דיווחה באופן דומה כי איראן מקיימת מגבלת טווח עצמית של 2,000 קילומטרים — די והותר כדי להגיע לישראל — וכי ארסנלה כולל את שיהאב־3, ע׳דר/קדר, עימאד, סג׳יל, ח׳ורמשהר וח׳ייבר.[26] באוגוסט 2025 נדון בפומבי טיל הרסתאח׳יז בדיווחי מקורות גלויים, לרבות טענות כי הוא מסוגל לשאת ראש קרב גרעיני טקטי וליצור אפקט EMP.[27] דיווחים לאחר מבצע ״עם כלביא״ טענו כי תקיפות ישראליות ואמריקאיות פגעו במאמצים איראניים הקשורים לפיתוח EMP וכלי נשק מתקדמים נוספים.[28]

---

[21] International Committee of the Red Cross, *The Principle of Distinction*, Cyber Operations During Armed Conflict (International Committee of the Red Cross (ICRC), 2023).

[22] Ibid.

[23] "Limited Test Ban Treaty (LTBT)," U.S. Department of State, accessed May 24, 2026, //2009-2017.state.gov/t/avc/trty/199116.htm; "Outer Space Treaty," accessed May 24, 2026, https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/treaties/outerspacetreaty.html?

[24] Foster et al., *Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack*.

[25] Anthony H. Cordesman, *The Iranian Missile Threat*, May 30, 2019, https://www.csis.org/analysis/iranian-missile-threat.

[26] Elwelly, "What Are Iran's Ballistic Missile Capabilities?"

[27] "Iran Update, August 12, 2025," Critical Threats, accessed May 24, 2026, https://www.criticalthreats.org/analysis/iran-update-august-12-2025?utm_source=chatgpt.com; Silvia Boltuc, *Iran's Renewed Military Readiness and the Rastakhiz Missile*, Monitoring & Analysis, August 13, 2025, https://www.specialeurasia.com/2025/08/13/iran-rastakhiz-mssile/.

[28] Jerus. Post JPostcom, "Israel Stopped Iran Developing Electromagnetic Pulse Weapon | The Jerusalem Post."

© International Institute for Counter-Terrorism

מעבר לאיראן עצמה, חזבאללה מהווה וקטור נוסף של דאגה. ארגון הטרור נתפס בהרחבה כשלוחה האזורית המרכזית של איראן במסגרת "ציר ההתנגדות", וארסנל האמ"לח של הארגון כולל רקטות, טילים, מערכות בלתי מאוישות ויכולות נוספות שסופקו או נתמכו בידי איראן.[29] ייתכן שאיראן בחרה לחמש גם את שלוחתה המרכזית בחימושי EMP. אף שאין דיווח עצמאי המאשר כי העברה כזו אכן בוצעה, ההיגיון העומד בבסיסה עולה בקנה אחד עם האסטרטגיה האזורית הרחבה של איראן. אספקת חימוש כזה לחזבאללה תאפשר לאיראן להשתמש בשלוח זה כדי לשבש מכ"מים, מערכות יירוט, תקשורת צבאית וצומתי פיקוד ושליטה. אף שפעולות אלה עשויות להיות מכוונות בתחילה לתשתיות צבאיות, השימוש בהן עלול להביא גם להשבתת תשתיות אזרחיות קריטיות בצפון, לרבות מתקני התפלה ורשתות חשמל אזוריות.

ראוי להדגיש כי היקף ההרס והשיבוש כתוצאה מפעימה אלקטרומגנטית אינו אחיד וניתן להערכה הסתברותית בלבד. רכיבים או מכלולים אלקטרוניים רבים עשויים לשרוד, ואת אלה שנפגעו או נהרסו ניתן יהיה להחליף לאורך זמן. אולם מצב זה אינו חל על רשת החשמל הישראלית הפועלת באופן ייחודי כמערכת אורגנית וממשיכה לתפקד רק כאשר כל רכיביה הקריטיים פועלים כסדרם. שיבוש והרס של רכיבים רבים ברחבי הרשת יגרמו לקריסתה המיידית. הפעלה מחדש בתרחיש כזה תהיה תהליך מורכב וממושך, שיסתבך עוד יותר בשל שיבושן של מרבית התשתיות האחרות. לפני שניתן יהיה להשיב את הרשת לפעולה, צוותים הנדסיים יצטרכו לעבור באופן שיטתי בכל חלקיה, לאתר ולאבחן רכיבים פגומים ולהשיג ולהתקין להם תחליפים. לפיכך, בהיעדר הגנת EMP, כל תקיפה גרעינית, בין שיורטה ובין שלא, תשבית את הרשת לכל הפחות לשבועות רבים, תפגע אנושות ביכולותיה האזרחיות והצבאיות של ישראל ותותיר את המדינה חשופה לאויב.

לבסוף, יש לציין כי נוסף על איום EMP מצד יריב, ישראל חשופה פוטנציאלית גם לאיום טבעי שאינו נובע מפעולה עוינת. סערות גאומגנטיות עוצמתיות עלולות ליצור זרמים מושרים גאומגנטית, הפוגעים בשנאי מתח גבוה וברכיבים אחרים של רשת החשמל או מפחיתים את ביצועיהם.[30] הערכות טכניות של סיכוני סערות גאומגנטיות מציינות כי זרמים מושרים עלולים לגרום להתחממות יתר של שנאי מתח גבוה ולתרום לאובדן חשמל קטסטרופלי.[31]

<u>פגיעות התשתיות הלאומיות של ישראל</u>

ישראל היא מקרה בוחן ייחודי: "אי" אנרגטי וטכנולוגי שמיקומו הפיזי, ריכוז התשתיות שבו ותלותו במערכות מתקדמות, הופכים אותו לפגיע במיוחד לאיום ה EMP. רשת החשמל הישראלית מתוארת בדרך כלל כ"אי חשמלי", משום שאינה מחוברת למערכות החשמל של המדינות השכנות ועליה להישאר עצמאית באספקת הביקוש המקומי לחשמל.[32] לבידוד מבני זה חשיבות רבה, שכן השפעות ה EMP עלולות לשבש או לפגוע במערכות אלקטרוניות, בתשתיות חשמל, בתקשורת ובמערכות קריטיות נוספות התלויות זו בזו.[33]

---

[29] Elwelly, "What Are Iran's Ballistic Missile Capabilities?"

[30] Morgan Rivers et al., "Global Transformer Overheating from Geomagnetic Storms," arXiv:2403.18070, preprint, arXiv, December 9, 2024, https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.18070.

[31] Ibid.

[32] "Securing Israel's Electricity System: Renewable Energy, Decentralization, and Climate Security," accessed May 24, 2026, https://www.inss.org.il/publication/electricity-system/.

[33] Foster et al., *Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack*.

© International Institute for Counter-Terrorism

בעוד שמדינות גדולות מבחינה גאוגרפית מסוגלות לספוג נזק אזורי ולהסתמך על סיוע מאזורים שכנים, ישראל פועלת כמערכת סגורה ומרוכזת. היעדר העומק האסטרטגי של ישראל מזוהה זה זמן רב כמאפיין יסוד של סביבת הביטחון הלאומי שלה. מאפיין זה הופך תקיפת EMP לאיום בעל פוטנציאל הרס לאומי, שבו פגיעה במספר מצומצם של צמתים מרכזיים עלולה לתרום לקריסה מערכתית רחבה. לנוכח הקרבה והקישוריות ההדדית של התשתיות הקריטיות בישראל, תקיפות EMP עלולות לחולל כשלים מתגלגלים במגזרים נוספים.[34]

ישראל היא מן המדינות הצפופות בעולם ביחס שבין גודל האוכלוסייה לשטח, כאשר נתוני הבנק העולמי מצביעים על צפיפות של כ־455 תושבים לקילומטר רבוע בשנת 2023.[35] רבות מהתשתיות המרכזיות של המדינה מרוכזות לאורך רצועת החוף של הים התיכון: מקורות העוסקים בתכנון הימי בישראל מציינים כי באזור החוף מצויים נמלים, תחנות כוח חופיות, מתקני התפלה ותשתיות ביטחוניות.[36] לפיכך, תקיפה אלקטרומגנטית אחת בגובה רב מעל מרכז ישראל, או סדרת תקיפות טקטיות נגד מתקני אנרגיה, עלולות לפגוע בתפקוד הלאומי באמצעות פגיעה בצמתים התומכים בחשמל, תקשורת, מים, תחבורה, מענה חירום ורציפות מסחרית. היעדר העומק האסטרטגי משמעו שכמעט שום אזור בישראל לא יישאר מבודד מפעימה רחבת היקף, בייחוד כאשר בסיס התשתיות מרוכז גאוגרפית ותלוי הדדית מבחינה תפקודית.

תשתית החשמל בישראל

סביר להניח שרשת החשמל הישראלית תהיה יעד מרכזי בכל תקיפה איראנית הכוללת שימוש בפעימה אלקטרומגנטית. בהקשר זה, שנאי מתח גבוה ומרכזי בקרת SCADA הם רכיבים רגישים במיוחד, משום שפעימות אלקטרומגנטיות עלולות להשרות מתחים וזרמים מזיקים בקווי חשמל, במערכות בקרה ובתשתיות אלקטרוניות מחוברות.[37] פגיעה בשנאים גדולים עלולה להיות הרסנית במיוחד, שכן שנאי מתח גבוה ומתח עליון הם גדולים מאוד, קשים לשינוע וקשים להחלפה במהירות. מאחר ורשת החשמל בישראל פועלת כמערכת מקושרת, שיבוש של מספר רכיבים קריטיים עלול להפוך את השיקום למורכב, בייחוד אם גם התקשורת, התחבורה, אספקת הדלק ומערכות הבקרה נפגעות.

קריסת רשת החשמל צפויה לגרום באופן מיידי ל"אפקט דומינו", לרבות השבתה או שיבוש חמור של מתקני התפלה ומערכות ביוב, בשל חיוניותה להפעלת תשתיות מים ושפכים. לכך חשיבות מיוחדת בישראל, שבה התפלה היא מקור מרכזי למי שתייה: קרוב ל־90 אחוזים מהמים המותפלים מיוצרים בחמישה מתקני התפלת מי ים, ומים מותפלים מספקים חלק ניכר מצורכי מי השתייה הלאומיים.[38]

---

[34] Ibid.

[35] "World Development Indicators | DataBank," accessed May 24, 2026, https://databank.worldbank.org/reports.aspx?country=ISR&source=2&.

[36] Technion: Israel Institute of Technology, *Israel Marine Plan* (The Klutznick Center for Urban and Regional Studies, 2015), https://msp-israel.net.technion.ac.il/files/2015/12/MSP_plan.compressed.pdf.

[37] Wilson, *High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and High Power Microwave (HPM) Devices: Threat Assessments*; Foster et al., *Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack*.

[38] Ido Avgar, *Israeli Water Sector—Key Issues*, n.d.

© International Institute for Counter-Terrorism

מערכת הבריאות בישראל

בתי החולים בישראל מתקדמים מבחינה טכנולוגית, אך התקדמות זו היא גם נקודת תורפה. ציוד מציל חיים כגון מכונות הנשמה, מכשירי דיאליזה, מערכות ניטור וטכנולוגיות בחדרי ניתוח תלוי בחשמל, במיקרואלקטרוניקה ובמערכות תקשורת. בהיעדר הגנה מתאימה — כגון מיגון, סינון, הגנה מפני נחשולי מתח ומערכות גיבוי מוגנות - מכשירים ורשתות אלה עלולים להפסיק לפעול או לספוג נזק קבוע.[39] השבתת מערכות התקשורת של מגן דוד אדום, המשטרה ופיקוד העורף תפגע אף היא ביכולות התיאום והחילוץ, שכן מד״א פועל בשיתוף עם פיקוד העורף, צה״ל וגופי חירום נוספים בעתות חירום לאומיות.

המגזר הציבורי בישראל

חוסנה של החברה הישראלית הוכח מעבר לכל ספק בעמידותה בשנתיים וחצי האחרונות לנוכח הטבח שבוצע ביישובי עוטף עזה, וכן לנוכח תקיפות טילים וכלי טיס בלתי מאוישים ברחבי המדינה. אולם האתגרים הללו אינם דומים ואינם ברי השוואה לאתגר הכרוך בהתמודדות עם תוצאותיה של תקיפה אלקטרומגנטית, שבה מושבתות תשתיות קריטיות ונפגעים היסודות הטכנולוגיים המתקדמים של הכלכלה, הצבא והחברה האזרחית.

מעמדה של ישראל כ״אומת הסטארט־אפ״ ותלותה בטכנולוגיה מגבירים עוד יותר את חשיפתה. סוכנות הידיעות רויטרס תיארה את ישראל כאחד ממרכזי הטכנולוגיה המובילים בעולם, כאשר מגזר הטכנולוגיה אחראי לחלק משמעותי מן התוצר הלאומי ומן התעסוקה.[40] המשמעות המעשית היא שתקיפה אלקטרומגנטית לא תאיים רק על ״תשתיות קריטיות״ במובן המופשט, אלא גם על המערכות היומיומיות שבאמצעותן ישראל מתפקדת: תשלומי שכר, יישומוני בנקאות, מסופי כרטיסי אשראי, ציוד בבתי חולים, ניהול תנועה, רשתות סלולריות, שירותי ענן, מערכות שיגור כוחות חירום והפלטפורמות הדיגיטליות המשמשות משרדי ממשלה וגופי ביטחון.

רוב המערכות שנבנו בעשורים האחרונים מבוססות על רכיבים אלקטרוניים צפופים, מהירים ומקושרים במידה רבה, המגדילים את היעילות אך גם יוצרים נקודות כשל משמעותיות. בהקשר זה, ״עיוורון אלקטרומגנטי״ לא יתבטא רק באובדן זמני של מספר מכשירים; משמעותו עלולה להיות שחיילים אינם יכולים לקבל מידע מבצעי עדכני, בתי חולים אינם יכולים להסתמך על מערכות תמיכת חיים אלקטרוניות, אזרחים אינם יכולים לתקשר עם בני משפחותיהם, עסקים אינם יכולים לבצע עסקאות והמדינה מתקשה להעביר הנחיות לציבור.

<u>השלכות ביטחוניות</u>

האיום האלקטרומגנטי אינו אתגר טכני בלבד למגזר הציבורי האזרחי; הוא מהווה איום ישיר על ״מרכז הכובד״ של צה״ל, על יכולת שרותי הבטחון לשמור על הסדר הציבורי ועל יכולת ההרתעה של ישראל. העליונות הצבאית הישראלית נשענת במידה רבה על מודיעין, עליונות טכנולוגית, עוצמה אווירית, פיקוד ושליטה מהירים והיכולת

[39] Wilson, *High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) and High Power Microwave (HPM) Devices: Threat Assessments*; Foster et al., *Report of the Commission to Assess the Threat to the United States from Electromagnetic Pulse (EMP) Attack*.

[40] Steven Scheer, "Google Acquisition Target Wiz Another Fruit of Israel's Military Intelligence," Deals, *Reuters*, July 17, 2024, https://www.reuters.com/markets/deals/google-acquisition-target-wiz-another-fruit-israels-military-intelligence-2024-07-17/.

© International Institute for Counter-Terrorism

לנהל מבצעים מתואמים במספר זירות וממדים.[41] בהקשר זה, נטרול רכיבים אלקטרוניים ישנה מן היסוד את האיזון האסטרטגי, משום שהוא עלול לנטרל את המערכות המאפשרות לישראל לאתר איומים, לעבד מידע, להעביר פקודות, לתאם כוחות ולבצע תגובות צבאיות מהירות.

השפעה על מערכות יירוט אוויריות

מערכות ההגנה הרב-שכבתיות של ישראל - כיפת ברזל, קלע דוד וחץ - נשענות על מכ״מים, חיישנים, מערכות ניהול קרב, ארכיטקטורת פיקוד ושליטה ויחידות מחשוב מהירות.[42] פעימה אלקטרומגנטית שתופעל לפני מטח טילים או במהלכו עלולה אפוא לאיים לא רק על משגרים בודדים, אלא גם על שרשרת הגילוי, העקיבה, התקשורת וניהול הקרב הרחבה שבה תלוי היירוט. ללא מכ״מים ומערכות ניהול קרב מתפקדים, יעילותם של טילי היירוט תפחת במידה ניכרת, ורקטות או טילים קונבנציונליים ייהנו מסיכוי גבוה יותר לחדור את מערכי ההגנה האווירית של ישראל.

יתרה מזו, מערכות ההגנה מפני טילים היעילות ביותר של מדינת ישראל אינן מספקות מענה מלא לטילים שמטרתם ליצור פעימה אלקטרומגנטית, שכן עצם הצלחת היירוט של ראש קרב גרעיני פירושה פיצוץ גרעיני בגובה רב. פיצוץ כזה יוצר ממילא פעימה אלקטרומגנטית עוצמתית, שבהיעדר מיגון תשבית מיידית, בין היתר, את רשת החשמל של ישראל ותגרום לכשלים מתגלגלים ברוב התשתיות הקריטיות האחרות. במילים אחרות, אף שמדינת ישראל הצטיידה במיירטים מן המתקדמים בעולם, כל יירוט מוצלח של ראש קרב גרעיני טקטי ייצור שדה EMP.

השפעה על מערכי הפיקוד והשליטה הכלליים

כצבא מודרני, צה״ל פועל באמצעות מערכות דיגיטליות צפופות של פיקוד, שליטה, תקשורת, מחשוב, מודיעין, תצפית וסיור. במשך לפחות עשרים השנים האחרונות ביקש צה״ל לבנות ״מערכת של מערכות״ בתחומים אלה, המאפשרת פעילות צבאית יעילה יותר.[43] תקיפה אלקטרומגנטית שתפגע בתקשורת בכל הרמות - מן המטה הכללי ועד לכוחות הלוחמים בשטח - עלולה לפגוע ביכולתו של צה״ל לשמר תמונת מצב מבצעית משותפת, לתאם אש, להכווין סיוע אווירי ולסנכרן תמרון. ללא מערכות לוויין, קשר רדיו ומחשבי פיקוד ושליטה, ייאלצו מפקדים בשטח לפעול במודעות מצבית מצומצמת ובעצמאות רבה יותר, בתנאים הדומים לבידוד מבצעי יותר מאשר ללחימה רשתית משולבת.

השפעה על כלי טיס בלתי מאוישים

כלי טיס בלתי מאוישים מהווים נקודת חשיפה נוספת. הם נעשו רכיב מרכזי באיסוף מודיעין מודרני, בתצפית, ברכישת מטרות ובתקיפה, אך תלויים בתקשורת, באלקטרוניקה מוטסת, במערכות ניווט, בחיישנים ובמעגלי

---

[41] Office of the IDF Chief of the General Staff, *The IDF Strategy* (Israel Defense Forces, 2016), https://www.inss.org.il/he/wp-content/uploads/sites/2/2017/04/IDF-Strategy.pdf?

[42] "Rafael: DAVID's SLING - Long Range Air & Missile Defense," *Rafael*, n.d., accessed May 24, 2026, https://www.rafael.co.il/system/medium-long-range-defense-davids-sling/; AJC, "7 Things You Need to Know About Israel's Iron Dome Defense System," March 2, 2026, https://www.ajc.org/news/7-things-you-need-to-know-about-israels-iron-dome-defense-system.

[43] Henry S. Kenyon, "Israel Targets Network Centricity," AFCEA International, May 1, 2005, https://www.afcea.org/signal-media/international/israel-targets-network-centricity.

© International Institute for Counter-Terrorism

בקרה. תקיפה אלקטרומגנטית עלולה לגרום לאובדן שליטה, לשיבוש קישורי נתונים, לכשל חיישנים, לכשל ניווט או לאובדן הפלטפורמה, בהתאם לעוצמת הפעימה ולרמת המיגון של המערכת. מאחר שתפיסת ההרתעה של ישראל תלויה לא רק בספיגת תקיפות אלא גם בתגובה מהירה ועוצמתית, פגיעה בכלי טיס בלתי מאוישים, בתקשורת אסטרטגית, בפעילות חיל האוויר ובמערכות פיקוד ושליטה עלולה לעכב או להחליש את יכולתה לבצע מתקפת נגד.

השפעה על החברה בכללותה

ההשלכות האסטרטגיות יחצו את גבולות שדה הקרב. החוסן החברתי בישראל תלוי בחלקו באמון הציבור בכך שהמדינה מסוגלת לאתר איומים, להזהיר את האוכלוסייה, ליירט תקיפות נכנסות, לקיים שירותים חיוניים ולהשיב את החיים למסלולם גם בעיצומו של עימות מתמשך. פורטל החירום והיישומון הרשמי של פיקוד העורף מספקים התרעות בזמן אמת, הנחיות ומידע מציל חיים המותאם למיקום, וממחישים את מרכזיותה של התקשורת הדיגיטלית להגנת האוכלוסייה.[44] במידה ותקיפת EMP תגרום לכשל נרחב בגישה לאינטרנט, ברשתות הסלולר, באמצעי השידור, ביישומוני החירום או בערוצי התקשורת הרשמיים, תיפגע קשות יכולתה של המדינה להעביר הנחיות ולהרגיע את הציבור. בנסיבות כאלה, השפעתה הפסיכולוגית של התקיפה האלקטרומגנטית עלולה להיות חשובה לא פחות מהשפעתה הטכנית: אזרחים שאינם יכולים ליצור קשר עם בני משפחותיהם, לקבל הנחיות מפיקוד העורף, לבצע תשלומים, לקבל שירות רפואי או להבין את היקף מצב החירום עלולים לחוות אי־ודאות, בהלה ואובדן אמון ביכולת המדינה.

במכלול הדברים, יש להבין את הפעימה האלקטרומגנטית כאיום בו־זמני על ההרתעה, על הרציפות המבצעית ועל החוסן הלאומי. היא עלולה לפגוע ביכולת צה״ל לאתר וליירט איומים נכנסים, לשבש את רשתות הפיקוד הדרושות לפעולה צבאית מתואמת, לפגוע ביכולות כלי הטיס הבלתי מאוישים והמודיעין, לעכב אפשרויות למתקפת נגד ולערער את מערכות התקשורת שעליהן נשען החוסן האזרחי. התוצאה לא תהיה רק הפסקת חשמל זמנית, אלא זעזוע אסטרטגי למערכות שבאמצעותן ישראל נלחמת, מושלת, מתקשרת ומשמרת את אמון הציבור בזמן מלחמה.

<u>שיטות אפשריות למענה ולהיערכות</u>

ההתמודדות עם האתגרים שמציב איום EMP מחייבת שילוב של הנדסה קשיחה, תכנון תשתיות מושכל ושינוי בתפיסת ההפעלה של מערכות קריטיות. לנוכח הקושי למנוע פיצוץ של התקן EMP, המטרה אינה בהכרח למנוע את הפעימה עצמה, אלא להבטיח שמערכות חיוניות ימשיכו לפעול או ישוקמו במהירות. מחקרים טכניים בנושא מצביעים על מיגון, סינון, הגנה מפני נחשולי מתח, הארקה ובידוד חשמלי כאמצעי הגנה מרכזיים, בעוד שתכנון חוסן רחב יותר יכול לתמוך בתהליך ההתאוששות.[45]

הקשחת מערכות אלקטרוניות

קו ההגנה הראשון הוא הקשחת רכיבים אלקטרוניים באמצעות הגנה פיזית, סינון ודיכוי נחשולי מתח. כלובי פאראדיי וצורות אחרות של מיגון אלקטרומגנטי מגינים על מערכות רגישות באמצעות תחימתן במחסומים

[44] "National Emergency Portal," accessed May 24, 2026, https://www.oref.org.il/eng?utm_source=chatgpt.com.

[45] *Strategies, Protections, and Mitigations for the Electric Grid from Electromagnetic Pulse Effects*, nos. 15–35582 (Idaho National Laboratory, 2016), https://inldigitallibrary.inl.gov/content/uploads/50/2026/04/INL-EXT-15-35582.pdf; "High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Effects and Protection | WBDG - Whole Building Design Guide."

© International Institute for Counter-Terrorism

מוליכים המפחיתים את חדירת האנרגיה האלקטרומגנטית. הנחיות להגנה מפני HEMP מזהות מיגון אלקטרומגנטי, סינון ייעודי ל־HEMP והגנה מפני נחשולי מתח כשלוש טכנולוגיות המיתון המרכזיות, הנתמכות בהארקה נכונה ובמקום הנדרש גם בבידוד חשמלי.[46] מיגון שתוכנן כראוי והגנות מסוג כלוב פאראדיי נחשבים יעילים נגד EMP, בייחוד במרכזי בקרה, תחנות משנה קריטיות, מבנים ונכסים אחרים החיוניים לשיקום.[47] יש לציין כי העלות והמורכבות של אמצעי הגנה מסוג זה עשויות להיות מתונות יחסית. לדוגמה, ניתן ליישם אמצעים מסוימים בעלות זניחה יחסית, באמצעות עדכון מפרטי רכש והתחלת רכישתם של רכיבים מוקשחים במסגרת רכש חדש ומחזורי שדרוג שוטפים.[48]

שינויים מבניים בתשתיות

שכבת הגנה שנייה היא תכנון תשתיות המצמצם את התלות בנתיבי הולכה ותקשורת פגיעים. תקשורת בסיבים אופטיים עדיפה בהקשרים קריטיים רבים, משום שהסיבים מעבירים מידע באמצעות אור ולא באמצעות זרם חשמלי, ובכך מפחיתים את החשיפה לזרמים מושרים בתווך התקשורת עצמו ; עם זאת, מעטפת מתכת, מערכות הספק, מגברים וציוד קצה נלווים עדיין עשויים לדרוש הגנה.[49] יש גם לבזר יותר את רשת החשמל באמצעות מיקרו־רשתות המבוססות על ייצור מבוזר ובו בין השאר אנרגיה סולארית ואגירת סוללות. מיקרו־רשתות יכולות לפעול באופן עצמאי מן הרשת הראשית, והן יכולות להוות אמצעי לשימור רציפות החשמל במתקנים קריטיים כגון בתי חולים, מתקני טיפול במים ותשתיות חיוניות נוספות, בעת קריסה רחבה של הרשת.[50] מבחינת ישראל, משמעות הדבר היא שבתי חולים, מרכזי פיקוד לשעת חירום, מתקני טיפול בשפכים, מתקני התפלה וצומתי תקשורת מרכזיים אינם יכולים להיות תלויים אך ורק בתפקודה הרציף של רשת החשמל הלאומית.

יתירות: טכנית ופיזית

יש להבטיח יתירות גם באמצעות מלאי אסטרטגי של רכיבים קריטיים. בכלל זה יש לשמור מלאי של שנאים חלופיים, כרטיסים אלקטרוניים, רכיבי מערכות בקרה, ציוד תקשורת וחלקי חילוף נוספים במתקני אחסון מוגנים, כדי שניתן יהיה לשקם במהירות מערכות שנפגעו. עדות בקונגרס על סיכוני EMP והפרעות גאומגנטיות הדגישה כי שנאים חלופיים חיוניים להתאוששות מאירועים המשפיעים על הרשת, והנחיות עדכניות של EPRI מזהות באופן דומה אגירת רכיבים חלופיים ונהלי הפעלה לשעת חירום כחלק מתכנון ההתאוששות לאחר HEMP.[51]

---

[46] "High Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Effects and Protection | WBDG - Whole Building Design Guide."

[47] *Strategies, Protections, and Mitigations for the Electric Grid from Electromagnetic Pulse Effects*.

[48] Koza et al., *Electric Infrastructure Protection (EPRO) Handbook IV*, 21.

[49] R. Horton, *High-Altitude Electromagnetic Pulse and the Bulk Power System: Potential Impacts and Mitigation Strategies*, no. 3002014979 (Electric Power Research Institute, 2019).

[50] Steven Curtis and Peter D. Rocha, "Microgrids for the 21st Century: The Case for a Defense Energy Architecture," *Joint Force Quarterly*, no. 112 (n.d.), accessed May 25, 2026, https://ndupress.ndu.edu/Media/News/News-Article-View/Article/3678506/microgrids-for-the-21st-century-the-case-for-a-defense-energy-architecture/.

[51] *THE EMP THREAT: EXAMINING THE CONSEQUENCES: Hearing before the COMMITTEE ON HOMELAND SECURITY*, United States House of Representatives 112 Congress (2012), https://www.govinfo.gov/content/pkg/CHRG-112hhrg80856/html/CHRG-112hhrg80856.htm; Horton, *High-Altitude Electromagnetic Pulse and the Bulk Power System: Potential Impacts and Mitigation Strategies*.

© International Institute for Counter-Terrorism

יש לצרף ליתירות הטכנית גם יתירות אנלוגית. כוחות הביטחון, שירותי החירום, בתי חולים, רשויות מקומיות ומפעילי תשתיות חיוניות צריכים להיות מאומנים לתפקד בתנאי "מסך חשוך", בין היתר באמצעות מפות נייר, יומנים ידניים, נהלי הפעלה שאינם דיגיטליים, משמעת קשר בסיסית ושיטות ניווט שאינן תלויות ב־GPS או בלוויינים. הנחיות המשרד לביטחון המולדת של ארצות הברית לצמצום נזקי EMP מדגישות את חשיבותם של תכנון רציפות, הכשרה, נהלי גיבוי ותרגילים חוזרים לעובדים האחראים למתקנים מוגנים ולפעולות חירום.[52] אין לראות בכך דחייה של המודרניזציה הטכנולוגית, אלא הכרה בכך שבעולם התלוי יותר ויותר במערכות דיגיטליות, חוסן מחייב יכולת לפעול כאשר השכבה הדיגיטלית אינה אמינה או אינה זמינה.

שיתוף פעולה בין המגזר הציבורי למגזר הפרטי

המענה לאתגר EMP אינו יכול להיות באחריות הצבא בלבד. ההקשחה צריכה להיות מעוגנת ברגולציה לאומית, ברישוי, בתקני תשתית ובהיערכות המגזר הפרטי. יש לחייב חברות המפעילות תשתיות קריטיות בתחומי החשמל, המים, הגז, הבנקאות, התקשורת, הבריאות והתחבורה לעמוד בתקני חוסן מוגדרים כתנאי להפעלת שירותים חיוניים. לפיכך, יש לראות בהקשחת תשתיות קריטיות מפני EMP אתגר מערכתי כולל, שכן תקיפה כזו עלולה לפגוע בו־זמנית ברשתות חשמל, במערכות תקשורת, בתהליכי טיפול במים, באלקטרוניקה ובמערכות תחבורה.[53]

כדי לעודד מעורבות ציבורית־פרטית בהתמודדות עם איום אפשרי זה, על המדינה ליצור תמריצים וחובות להגנת המגזר הפרטי. בנקים, חברות תקשורת, מרכזי נתונים, בתי חולים, ספקי דלק ומפעילי לוגיסטיקה אינם שחקנים שוליים בתרחיש EMP; הם שחקנים מרכזיים במערכת. הבנה רחבה יותר של איומי HEMP במגזר הפרטי עשויה להוביל להקשחה ולהיערכות הגנתית משופרות, ואילו תיאום בין הצבא, תעשיית החשמל, הסוכנויות הרלוונטיות וכוחות ההצלה חיוני לצמצום הנזק ולהאצת ההתאוששות מתקיפה אפשרית.

האתגר הפסיכו־פוליטי

העלות והמורכבות הכרוכות בהגנת רשת החשמל מפני EMP הן מתונות. למעשה, ניתן לנקוט אמצעי הגנה מסוימים בעלות זניחה, כגון עדכון פשוט של מפרטי הרכש. גישות אחרות, שכבר יושמו בידי מספר חברות הולכה בארצות הברית, אף הוכחו כבעלות עלות שלילית, כאשר רכיבים מוקשחים מפני EMP הציגו עלויות נמוכות במידה ניכרת בהשוואה לציוד הישן.

על בסיס שנים של שיתוף פעולה עם חברת החשמל לישראל, משרד האנרגיה, הסוכנות להפחתת איומים של משרד המלחמה האמריקאי (DTRA) ו EIS Council ובעלי עניין נוספים, קיימות גישות ישירות וזולות להגנת רשת החשמל ומערכות קריטיות אחרות, מרביתן מתועדות, ורבות כבר מיושמות באזורים שונים בעולם.

---

[52] *Electromagnetic Pulse Shielding Mitigations Best Practices for Protection of Mission Critical Equipment*, with Pauline Paki et al. (Department of Homeland Security (DHS) Science and Technology Directorate (S&T) and the Cybersecurity & Infrastructure Security Agency (CISA), 2022), https://www.dhs.gov/sites/default/files/2022-09/22_0902_st_emp_mitigation_best_practices.pdf.

[53] Harry R. Luzetsky, "EMP Hardening of Critical Infrastructure," *Homeland Defense & Security Information Analysis Center* 9, no. 1 (2025), https://hdiac.dtic.mil/articles/emp-hardening-of-critical-infrastructure/.

© International Institute for Counter-Terrorism

בארצות הברית פועלות יותר משישים חברות הולכה גדולות בעלות תוכניות הגנה מפני EMP, וחלקן מתקדמות במידה ניכרת ביחס לצעדים הראשוניים שננקטו בישראל.

אף על פי כן, נותרת השאלה מדוע לא נעשה יותר כבר עתה. לאחר עשרות שנות ניסיון בהתמודדות עם טילים, רקטות ואיומים קינטיים אחרים, הגנה קונבנציונלית מפני טילים נתפסת כיום כחיונית. אולם בהתמודדות עם האיום האלקטרומגנטי ניצבים מקבלי ההחלטות בפני סכנה חדשה, בלתי מוכרת ושטרם נחוותה. בתרחיש כזה קבלת ההחלטות נוטה להיות איטית בשל גורמים אחדים שניתן לסכמם כ"הטיית הנורמליות". משמעות הדבר היא שכאשר איום טרם התממש, קשה לעיתים ליצור מוטיבציה פוליטית לפעול, בייחוד בדמוקרטיה שבה מקבלי ההחלטות פועלים במחזורים פוליטיים קצרים. כאשר מדובר באיום קיומי אך מובן במידה מועטה כמו EMP, גם המודעות והדאגה הציבוריות שעשויות להניע פעולה נוטות להיות מוגבלות.

<u>המלצות מדיניות</u>

איום EMP מחייב מענה לאומי הרואה בחוסן רכיב ליבה של ההגנה הלאומית. מאחר שהשפעות הפעימה עלולות לפגוע בו־זמנית בפעילות הצבאית, במענה החירום, בתשתיות האזרחיות, בתקשורת הציבורית וברציפות הכלכלית, אין להותיר את ההיערכות לפתרונות טכניים נקודתיים או לתכנון מגזרי מבודד. בטווח הקצר מומלץ כי ישראל תקדם שלוש מטרות מובחנות אך קשורות זו בזו: (1) הקמת גוף תיאום מרכזי לטיפול באיום; (2) השקעה באמצעי הקשחת תשתיות; ו־(3) חיזוק היתירות האנלוגית הקיימת.

הקמת גוף תיאום לאומי להתמודדות עם אתגר התקיפה האלקטרומגנטית

על ישראל להקים גוף תיאום לאומי ייעודי האחראי להכנת המדינה לאיומי EMP. גוף זה צריך לפעול לרוחב מערכת הביטחון, המועצה לביטחון לאומי, שירותי החירום, משרדי הממשלה האזרחיים, הרשויות המקומיות ומפעילי התשתיות הקריטיות. סמכויותיו צריכות לכלול הערכת איומים, תכנון היערכות לאומית, תרגילים בין־סוכנותיים, מיפוי תשתיות ופיתוח תקני חוסן מחייבים למגזרים קריטיים. עליו גם להגדיר "תקן חוסן אלקטרומגנטי" לאומי לשירותים חיוניים. תקן כזה צריך לזהות אילו מתקנים מחייבים הקשחה, אילו מערכות זקוקות ליכולת גיבוי, אילו מפעילים חייבים להחזיק חלקי חילוף מוגנים ואילו מגזרים נדרשים להציג תוכניות רציפות בתנאי "מסך חשוך". המטרה אינה לרכז את ניהולן של כל התשתיות, אלא להבטיח שלמדינה יהיה מנגנון סמכותי אחד לתיאום ההיערכות במערכת אקולוגית מפוצלת הכוללת גורמים אזרחיים, צבאיים ופרטיים. הביצוע, תוך הבטחת תקצוב הולם, צריך להינתן בידי מנהלת משותפת שתורכב משני הגופים המנהלים ומפעילים את רשת החשמל: חברת החשמל וחברת נוגה.

השקעה בהקשחה

על ישראל להשקיע בהקשחת מערכות אלקטרוניות קריטיות, תוך מתן עדיפות לתשתיות חשמל, מתקני פיקוד ושליטה, תקשורת חירום, בתי חולים, מערכות מים ושפכים, מרכזי נתונים, תשתיות הגנה אווירית ומערכות פיננסיות מרכזיות. יש לראות בהקשחה השקעה לאומית ביכולת השרידות, ולא שדרוג טכני הנתון לשיקול דעת. עלות שילוב ההגנה מפני EMP בעת בנייה, החלפת מערכות או מודרניזציה של תשתיות צפויה להיות נמוכה בהרבה מעלות שיקומם של שנאים שנהרסו, מערכות בקרה שנפגעו, רשתות תקשורת שהושבתו או מתקני חירום שנפגמו לאחר תקיפה. לפיכך, על ישראל לשלב השקעה ציבורית ישירה, תקנים מחייבים, דרישות רכש ותמריצים למפעילים פרטיים בתחומים כגון בנקאות, תקשורת, לוגיסטיקה, בריאות, דלק ושירותי ענן. יש לציין כי הידע ליצירת תכנית הקשחה מדורגת קיים ונגיש וכי ניתן ללמוד כל כך מניסיונן של עשרות חברות חשמל אמריקאיות שכבר נקטו צעדים בעניין זה.

© International Institute for Counter-Terrorism

חיזוק היתירות האנלוגית בכלל המערכת

על ישראל לחזק את היתירות האנלוגית בצבא, בשירותי החירום, ברשויות המקומיות, בבתי החולים, בקרב מפעילי תשתיות ובמערכות אזרחיות חיוניות. משמעות הדבר היא הבטחת יכולתם של מוסדות הליבה להמשיך לתפקד כאשר מערכות דיגיטליות, ניווט לווייני, רשתות סלולריות, פלטפורמות ענן, מערכות תשלום אלקטרוניות ומערכות פיקוד ממוחשבות נפגעות או אינן זמינות.

יש למסד יתירות אנלוגית באמצעות הכשרה, תרגילים, רכש ונהלי הפעלה. כוחות החירום צריכים לתרגל בקביעות מענה בתנאי "מסך חשוך"; בתי חולים צריכים לקיים נהלי רציפות ידניים לטיפול קריטי; רשויות מקומיות צריכות להיות מסוגלות להפיץ הנחיות לציבור ללא פלטפורמות דיגיטליות; ויחידות צבאיות צריכות לשמר יכולת לפעול תחת קישוריות מצומצמת.

סיכום

האיום האלקטרומגנטי אינו עוד תרחיש ספקולטיבי או רחוק. הוא מייצג אתגר ממשי ומתפתח המכוון לאחת מנקודות התורפה המרכזיות של ישראל: תלותה בטכנולוגיה, בקישוריות ובתשתיות מתקדמות. ככל שישראל מתקדמת יותר אל עידן הבינה מלאכותית, אוטומציה, מערכות פיקוד ממוחשבות וקישוריות בכל הממדים, כך יחמירו ההשלכות של הותרת תחום זה ללא הגנה מספקת. תקיפת EMP תעקוף את ההשקעה ההיסטורית של ישראל במיגון חזק מפני איומים קינטיים. היא עלולה להשבית במהירות תשתיות קריטיות ולערער את יסודות ההייטק שעליהם נשענות כלכלת ישראל, עוצמתה הצבאית ורציפותה החברתית.

דחיפותו של אתגר זה גוברת לנוכח הסביבה האסטרטגית המקיפה את ישראל. איראן ושלוחיה ממשיכים לשפר יכולות שנועדו לנצל את תלותה הטכנולוגית של ישראל, בעוד שהמערכות האזרחיות התומכות בחוסן הלאומי עדיין אינן ערוכות במידה מספקת לשיבוש אלקטרומגנטי רחב היקף. ייתכן שצה"ל מסוגל להגן על חלק מנכסיו האסטרטגיים, אך היערכות צבאית בלבד אינה מספיקה. העורף האזרחי, החשמל, המים, התקשורת, הפיננסים, שירותי הבריאות, שירותי החירום ומערכות המידע לציבור הם התשתית שעליה תלויה בסופו של דבר גם הרציפות הצבאית.

לפיכך, יש להבין את ההגנה על "מערכת העצבים" האלקטרונית של ישראל כדרישת ליבה של הביטחון הלאומי. כדי להתמודד עם פגיעות זו, הצעד הבא והחיוני לביטחונה הלאומי של ישראל הוא הגנת רשת החשמל והמערכות החיוניות הקשורות אליה מפני EMP - תהליך שכבר החל, ושיש להשלימו בדחיפות. אין מדובר רק בשאלה של הנדסה, תשתיות או ניהול חירום, אלא בשרידות וברציפות מדינתית. מדינות השורדות זעזועים אסטרטגיים הן אלה המזהות איומים מתפתחים בשלב מוקדם ובונות חוסן לפני התקיפה הראשונה. איום EMP מציב בפני ישראל אתגר חמור, אך גם הזדמנות. באמצעות השקעה בתיאום, בהקשחה, ביתירות ובהיערכות אזרחית־צבאית, יכולה ישראל לחזק לא רק את חדשנותה הטכנולוגית, אלא גם את שרידותה הלאומית בעידן הדיגיטלי.

© International Institute for Counter-Terrorism

נספח א

רשימה חלקית של התורמים למסמך:

- **ד״ר אודי גנני,** עמית המכון למדיניות נגד טרור, לשעבר מנכ״ל תע״ש וסמנכ״ל העמותה לביטחון רשת החשמל
- **סא״ל (במיל.) ד״ר אורי בן יעקב,** חוקר בכיר ומנהל תפעול ראשי, המכון למדיניות נגד טרור.
- **ד״ר אל״מ (מיל׳) אורי ניסים לוי,** מומחה להגנה גרעינית
- **תא״ל (במיל.) איתן יריב,** מפקד מערך כוחות הנ״מ, לשעבר
- **מר גילי שנהר,** יועץ בכיר בתחום מוכנות והתמודדות עם מצבי אסון
- **מר נפתלי גרנות,** עמית המכון למדיניות נגד טרור, לשעבר סגן ר׳ המוסד
- **ד״ר שלמה ולד,** עמית מחקר בכיר במכון האנרגיה, תחבורה ואקלים, של JRC

© International Institute for Counter-Terrorism