

## סיכונים וניתוח קרינה אלקטרומגנטית

### דף מידע מאת: ד"ר אלכס טורצקי

#### הקדמה

כל אדם נחשף בחיי היומיום במידה זו או אחרת לשדות אלקטרומגנטיים הנובעים ממקורות טבעיים או מלאכותיים והמופיעים בתדרים שונים.

אחד הסממנים של הקדמה הטכנולוגית הוא ריבוי של מקורות קרינה מסוגים שונים המקיפים אותנו. הקרינה נחלקת לשני סוגים עיקריים: קרינה מייננת וקרינה לא מייננת. קו הגבול ביניהן הוא אורך הגל של קרינה אולטרא סגולית (UV) הקרינה המייננת המוכרת ביותר היא הקרינה הרדיואקטיבית, שהשפעותיה הביולוגיות והסביבתיות מוכרות היטב. רוב מקורות הקרינה בסביבתנו הקרובה שייכים לקרינה הלא מייננת שהיא הקרינה האלקטרו מגנטית. על קרינה זו נמנים משדרי רדיו, ממסרים סלולאריים, מכשירי מכ"מ, ציוד חשמלי והקרינה הנפלטת מקווי מתח חשמלי ושנאים.

במאמר נעזרים בכתבה של "א. מ. נ. מכון לבדיקות קרינה ובריאות סביבתית בע"מ".

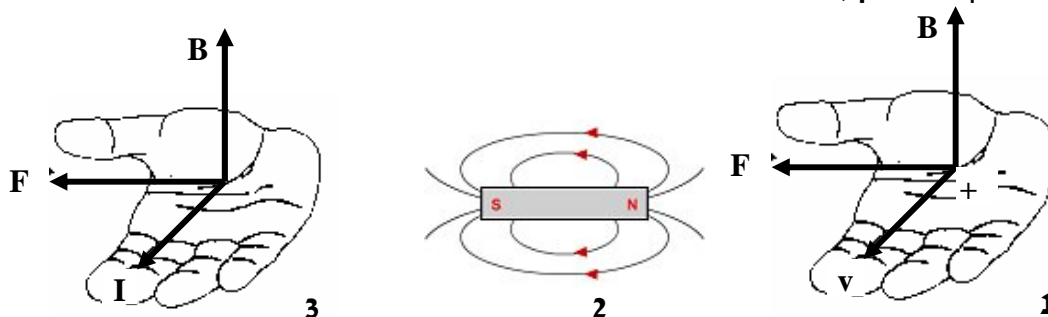
#### מהי קרינה אלקטרומגנטית

קרינה אלקטרו מגנטית היא קרינת אנרגיה שנוצרת כתוצאה משינויים של מטען חשמלי. שינויים כאלה מייצרים שדה חשמלי ושדה מגנטי המתפשטים במרחב ויוצרים את הקרינה. לקרינה יש מספר מאפיינים שיפורטו בהמשך. הקרינה משמשת להעברת אינפורמציה ממקום למקום או נוצרת על ידי מקורות אנרגיה כגון חברת החשמל. הקרינה האלקטרו מגנטית מתפשטת במהירות האור.

לקרינה האלקטרו מגנטית מספר מאפיינים: תדירות הקרינה, אורך גל, עוצמת שדה, והספק. תדירות הקרינה נמדדת ביחידה של מחזורים בשנייה הנקראת הרץ. לקרינות הנפוצות יש תדירות גבוהה ולכן משתמשים ביחידות של קילו הרץ, מגה הרץ וג'גה הרץ (קילו=אלף, מגה=מיליון, ג'גה= מילארד) אך הגל הוא דרך אחרת להביע את התדירות. תדירות גבוהה משמעותה אורך גל קצר ולהפך. אורך הגל נמדד במטרים ולקרינות הנפוצות יש טווח המשתרע בין אלפי מטרים למספר מילמטרים. עוצמת השדה של הקרינה נמדדת ביחידות של וולט למטר. נהוג יותר להביע את עוצמת הקרינה על פי ההספק או צפיפות ההספק. צפיפות ההספק נמדדת ביחידות של ואט למטר ריבועי.

#### מונחים

**שדה מגנטי** – עוצמתו –  $F$  – שדה ווקטורי הקיים סביב מגנט טבעי, זרם חשמלי, מטען חשמלי הנמצא בתנועה. יחידת מדידה של עוצמה השדה המגנטי, טסלה (Tesla),  $T$ , קיימת יחידה קטנה יותר ומקובלת יותר, שהיא גאוס  $G$  (Gauss),  $1G = 10^{-4}T$ . קווי שדה מגנטי לאולם לא חותכים זה את זה. קווי שדה הם קווים סגורים וכוח לורנץ (כוח לורנץ) הוא הכוח הפועל על מטען חשמלי עקב נוכחותם של שדה חשמלי ושדה מגנטי) משנה את התנועה של חלקיק מטען  $q$ , אך אינו משנה את גודל המהירות. באיור 1 ניתנים קווי תנועה של מרכיבים שונים של שדות הנגרמות על ידי מטען חשמלי- $q$ , ומייצר זרם- $I$  ומתח- $v$ .



**באיורים 1, 3 – ציוני כיווני השדה מגנטי בעזרת כלל הימנית. באיור 2 – קווי שטף מגנטי.**

**שדה חשמלי – עוצמתו- B** – כשעל מטען המצוי בנקודה במרחב פועל כוח חשמלי, אומרים שבנקודה קיים שדה חשמלי.

השדה החשמלי הוא וקטור. כיוונו של וקטור השדה החשמלי בנקודה מסוימת נקבע ככיוונו של הכוח החשמלי שיפעל על מטען נקודתי חיובי שיוצב בנקודה זו, ראה איור.

**יחידות השדה החשמלי:**

$$B = \frac{F}{q \times v} \quad B = \frac{V}{m} \text{ (וולט למטר)} \quad B = \frac{N}{q} \text{ (ניוטון לקולון) וכן}$$

### ספקטרום הקרינה האלקטרו מגנטית

ספקטרום הקרינה האלקטרו מגנטית מיצג את כל תחום אורכי הגל בין אם הם מתגלים לעינינו (בתחום הנראה ובלתי נראה) או באמצעות מכשירים שונים.

### מקורות של קרינה אלקטרו מגנטית:

- תנורי מיקרוגל ומכשירי חשמל ביתיים (ראה טבלה),
- מסכי מחשב וטלוויזיה,
- חדרי מחשבים ושרתי מחשבים,
- קווי מתח חשמלי ושנאים שסביבם יש קרינה בתדירות נמוכה מאוד של 50 הרץ,
- מערכות חימום ריצפתי הפועלות על חשמל,
- ציוד חשמלי וכבלי חשמל,
- משדרי רדיו של תחנות שידור כגון קול ישראל בגלים בינוניים,
- משדרי רדיו של תחנות רדיו בגלים קצרים,
- משדרים של שרותי תקשורת שונים כגון מכשירי זימון ומכשירי קשר ברשתות כלישה (רשת קשר המנוהלת דרך תחנה ראשית),
- תחנות ממסר של טלפונים ניידים,
- עורקי מיקרוגל המשמשים לתקשורת, לדוגמה בין ממסרי טלפון למרכזיה ראשית יותר,
- מכשירי מכ"מ המשתמשים בקרינה לגילוי עצמים במרחב.

השלכות הקרינה האלקטרו מגנטית על הסביבה והשפעות ביולוגיות ואפידמיולוגיות של הקרינה מחלקים את הקרינה לשני סוגים ראשיים:

- קרינה מייננת שהיא בעלת אנרגיה גבוהה מספיק "לקרוע" אלקטרון מהאטום ולהפוך אותו ליון ומקורה בעיקר בריאקציות גרעיניות,
- קרינה לא מייננת שאין לה את היכולת לעשות זאת ועליה נמנית הקרינה האלקטרו מגנטית.

שני הסוגים נבדלים בעיקר בתדירות שלהם. ככל שאורך הגל קצר יותר הקרינה יותר אנרגטית.

דוגמה לקרינה מייננת היא קרינת הרנטגן והקרינה הרדיו אקטיבית. קרינה זו מקובלת כגורם מסרטן ודאי ועל כן אין חילוקי דעות. המצב פחות ברור לגבי הקרינה האלקטרו מגנטית, שהשפעתה האפשרית, היא:

- חימום רקמות בגלל ספיגת אנרגיה
- שברים ב-DNA,
- יצירת מוטציות גנטיות,
- השפעה על מנגנונים בתוך התא,
- שינויים בחדירת סידן לתאים,
- שינויים בכמות ובהרכב הלימפוציטים (המגנים מפני זיהומים).

השפעות בריאותיות של מתקני חשמל, קווי מתח נמוך וגבוה ושנאים על אוכלוסייה הנמצאת בקרבתם נחקרים בעיקר באמצעות סקרים אפידמיולוגיים. מחקרים שנעשו על חשיפה לשדות ELF ו-VLF מצביעים על אפשרות של קיום השפעות בלתי רצויות על הבריאות.

לפני כשלוש שנים הכריז הארגון הבינלאומי לחקר הסרטן על קרינה אלקטרומגנטית וסביבת קווי מתח כ"גורם מסרטן אפשרי בבני אדם". להכרזה זו הייתה חשיבות עצומה, הוא פרץ את סכר ההתעלמות ממחקרים רבים שמסקנתם אחת – קרינה אלקטרומגנטית מסוכנת לבני אדם (ראה מאמר "השפעה קרינה אלקטרומגנטית", ד"ר אלכס טורצקי)

[http://www.osh.org.il/uploadfiles/d\\_1665\\_hashpaot\\_krina.pdf](http://www.osh.org.il/uploadfiles/d_1665_hashpaot_krina.pdf)

הרעש העצום שעוררה ההכרזה נבע בעיקר מהעובדה שברוב מדינות המערב התקנים לקרינה אלקטרומגנטית עדיין מיושנים ועומדים על 1000 מיליגאוס. בעקבות המחקרים המדעיים שתוצאותיהם מצביעות על אפשרות של קיום השפעות בלתי רצויות על בריאות האדם גם ברמות הנמוכות מ-1000 מיליגאוס, קבע המשרד לאיכות הסביבה סף חשיפה נמוך מ-1000 מיליגאוס.

### נוצמות שדה אלקטרומגנטי שנפלטות מצידו חשמלי ביתי ראה בטבלה 1:

הנתונים לפי: Federal Office of Radiation Safety, Germany 1999, from WHO internet site "Electromagnetic Fields at home", December 2002." WHO: What are electromagnetic fields"

טבלה 1

שדה במרחק 1 מ' (mG)	שדה במרחק 30 ס"מ (mG)	שדה במרחק 3 ס"מ (mG)	סוג ציוד
0.1 – 0.3	0.1 - 70	60 – 20000	מייבש שיער
0.1 – 0.3	0.8 - 90	150 – 15000	מכונת גילוח
1.3 - 20	20 - 200	2000 – 8000	שואב אבק
0.2 – 2.5	5 - 20	400 – 4000	מנורות פלורוצנט
2.5 - 6	40 – 80	730 - 2000	תנור מיקרוגל
0.1 +	10	160 - 560	מקלט רדיו
0.1 – 1.5	0.4 - 20	25 - 500	טלוויזיה
0.1 – 0.4	1.5 - 5	10 - 500	תנור אפייה
0.1 – 1.5	1.5 - 30	8 - 500	מכונת כביסה
0.1 – 0.3	1.2 - 3	80 - 300	מגהץ
0.7 - 3	6 - 30	35 - 200	מדיח כלים
-	0.1 +	5 - 300	מחשב
0.1 – 1.5	0.4 - 20	5 - 17	מקרר

בטבלת 2 צוינו עוצמות שדה חשמלית הנפלטת ממכשירי חשמל ביתיים במרחק 30 ס"מ.

(From: Federal Office for Radiation Safety, Germany 1999)

טבלה 2

Electric appliance	Electric field strength (V/m)
Stereo receiver	180
Iron	120
Refrigerator	120
Mixer	100
Toaster	80
Hair dryer	80
Color TV	60
Coffee machine	60
Vacuum cleaner	50
Electric oven	8
Light bulb	5
<b>Guideline limit value</b>	<b>5000</b>

### המלצות לחשיפת הציבור לשדות מגנטיים בתדר הרשת 50 הרץ (ELF)

בהתבסס על ההמלצות של ארגון הבריאות העולמי (WHO) קבע המשרד לאיכות הסביבה סף חשיפה בריאותי לשדה מגנטי 1000 מיליגאוס ולשדה חשמלי 5000 וולט למטר. סף זה מתייחס לחשיפה אקוטית קצרת מאוד ואינו מתייחס לסיכונים אפשריים בעקבות חשיפה ממושכת.

הארגון הבינלאומי לחקר הסרטן (IARC) קבע ב-2001 כי מתקני חשמל החושפים את הציבור לאורך זמן לשדה מגנטי העולה על 2 מיליגאוס הם "גורם אפשרי לסרטן" (Possible Carcinogenic). המשרד לאיכות הסביבה פועל על פי עיקרון הזהירות המונעת ואחת ממטרותיו העיקריות היא למזער ככל האפשר, באמצעות הטכנולוגיות הקיימות ובעלות סבירה, את חשיפת הציבור לקרינה אלקטרומגנטית ולצמצם את השטח שבו חלות מגבלות בניה בגלל הקרינה. רמת השדה האופיינית אינה עולה על 0.4 מיליגאוס. החל מ-2001 המשרד לאיכות הסביבה

המליץ לכל בנייה החדשה כך שלא יגרמו לחשיפת הציבור לשדה מגנטי העולה על 10 מיליגאוס בממוצע על פני 24 שעות ביממה. במקביל מונתה ועדת מומחים לנושא קביעת חשיפות מרביות לשדות מגנטיים מרשת החשמל. ועדת המומחים סיימה את עבודתה במרץ 2005, ולאור עמדת הוועדה, המשרד ממליץ על נקיטת הפעולות הדרושות להשגת הפחתה משמעותית של מספר התושבים בכלל וילדים בפרט החשופים דרך קבע ואף באורח

זמני לעוצמות ממוצעות של שדה מגנטי מרשת החשמל הגבוהות מהערכים שהוזכרו בספרות המקצועיות כעלולים לגרום לתוספות סיכון בריאותיות.

תחנות השנאה (טרנספורמציה) רבות נבנות בקרבת בתי מגורים. המשרד לאיכות הסביבה אינו קובע מיקום של מתקני השנאה, אלא ממליץ לתכננם ולהפעילם בהתאם לעקרונות שנקבעו על ידי ועדת המומחים.

המשרד ממליץ לגורמי תכנון ולחברת החשמל לבצע, לפני הפעלת המתקן, הערכת סיכונים ולחשב רמות השדה המגנטי הצפויות ממתקן השנאה או לבצע מדידות שדה מגנטי עוד לפני אכלוס המבנים. מצורף קובץ הנחיות טכניות לחדרי שנאים.

לשאלות ולהסברים נוספים בנושא קרינה אלקטרומגנטית ניתן לפנות למרכזת פניות הציבור באגף מניעת רעש וקרינה, גב' חני גולוב בטלפון 02 - 6495839, פקס 02 - 6495870 ובדואר אלקטרוני [chanaig@sviva.gov.il](mailto:chanaig@sviva.gov.il)

## ניתוח תוצאות רמות קרינה ELF מסקנות והמלצות

במדינת ישראל אין תקן המגביל את רמת השדה המגנטי המותר.

מסקנות יתבססו על המלצות המשרד לאיכות הסביבה וארגון הבינלאומי לחקר הסרטן, חשוב לציין כי בהעדר תקן המלצה של המשרד הממונה היא שקובעת.

במסגרת בדיקת מקורות הקרינה של שדות מגנטיים פוטנציאליים נמצאו הממצאים, לדוגמה:

1. בצמוד למבנה או מתחתיו ממוקם חדר שנאים המהווה מקור לשדות מגנטיים.
2. המלצת המשרד לאיכות הסביבה לחשיפה מרבית של הציבור הרחב לשדות מגנטיים ELF היא כדלקמן:
  - א. במקום שהשהיה רציפה רמת הסף המומלצת עד 4 מיליגאוס ל- 24 שעות.
  - ב. במקומות שהשהיה קצרה כגון: מרפסת, מעבר, מחסן וכו' רמת הסף המומלצת עד 300 מיליגאוס.
  - ג. ליד שולחן פינג פונג ובעמדת שומר נמדד שדה מגנטי גבוה מ- 4 מיליגאוס מאחר והעובדים שוהים ליד שולחן פינג פונג זמן קצר ההתייחסות תהיה לרמת סף של 300 מיליגאוס (שהייה קצרה).
  - ד. עמדת שומר השהייה כ- 8 שעות, השומרים אינם קבועים ולכן ההתייחסות תהיה לרמת סף מומלצת של 12 מיליגאוס.



## נספחים

### חוק הקרינה הבלתי מייננת אושר בכנסת (11/1/2006)

**הכנסת אישרה בישיבתה (20/12/2005) את חוק הקרינה הבלתי מייננת. מטרת חוק הקרינה: להגן על הציבור ועל הסביבה מפני השפעות מזיקות של חשיפה לקרינה בלתי מייננת, הנפלטת מאנטנות סלולאריות, אנטנות רדיו, קווי מתח גבוה, מתקני חשמל ולייזרים**

קרינה בלתי מייננת היא אנרגיה שנפלטת ממקורות טבעיים, או שנוצרת במהלך הפעלתם של מקורות מלאכותיים, והיא פועלת ומשפיעה בצורות שונות על המערכות הביולוגיות של בני-האדם. חלק מהשפעות אלה אובחנו כבר כמזיקות על-ידי מומחים, לרבות מומחי הועדה הבינלאומית להגנה מקרינה בלתי מייננת. ההצעה נוגעת לקרינה הנפלטת מאנטנות סלולאריות, אנטנות רדיו, קווי מתח גבוה, מתקני חשמל ולייזרים. בשנים האחרונות מצוי נושא הקרינה הבלתי מייננת על סדר היום הציבורי. הציבור מוטרד מאוד מהגידול המשמעותי במספר המיתקנים והמכשירים הפולטים קרינה בלתי מייננת, ההולכים ומוקמים חדשות לבקרים מעל בתים פרטיים ומבני ציבור. החוק החדש מסדיר את העיסוק במקורות קרינה, וכן את העיסוק במתן "שירות קרינה" - כלומר ביצוע מדידות של קרינה בלתי מייננת והערכה של רמות החשיפה של בני אדם והסביבה לקרינה, וזאת כדי להבטיח מיומנות ורמה מקצועית נאותה של נותני השירות. החוק קובע איסורים, חובות והוראות בתחומי הרישוי, האכיפה, הפיקוח, הענישה, והטלת האגרות. על פי החוק החדש ידרש היתר להקמת מקור קרינה, אשר יינתן רק לאחר שינקטו כל האמצעים הדרושים להגבלת רמת החשיפה של בני אדם והסביבה לקרינה הצפויה. הצעת החוק אושרה בכנסת ביולי 2005 ובממשלה בתאריך 11/12/2005 (המשרד לאיכות הסביבה)

### מיגון נגד קרינה

לפי: <http://bedikot-krina.allbiz.co.il>



במידה ונמצא כי רמת הקרינה גבוהה או חורגת מהתקן קיימות שתי אפשרויות:  
1. פנייה עם דו"ח הבדיקה המפורט והרשמי (חתום ע"י בודק מוסמך) לגורם המפעיל את מקור הקרינה או למשרד לאיכות הסביבה בבקשה לטיפול במפגע הסביבתי. זהו תהליך ארוך הדורש זמן ואנרגיה.

2. פתרון מהיר יותר הוא ע"י התקנת מערכת מיגון המפחיתה משמעותית את רמת הקרינה אליה נחשפים.

חברת בדיקות קרינה-קובי זהבי מציעה ללקוחותיה פתרונות מיגון לתחום ה-ELF. החברה עובדת עם שותף אסטרטגי מהמובילים בתחום, המתמחה במיגון נגד קרינה בארונות חשמל, כבלי חשמל, לוחות חשמל, שנאים ומיגון לחדרים עם חימום תת רצפתי. אנו מתחייבים להוריד את רמת הקרינה המגנטית לסף המומלץ ע"י המשרד לאיכות הסביבה. לרשות החברה צוות מיומן של עובדים עם ניסיון בעבודות מיגון של למעלה מ-10 שנים. בשנה האחרונה בוצעו מספר רב של התקנות במוסדות, מפעלים, משרדים ובתים.

### אנו משתמשים בשיטת מיגון המבוססת על שימוש בחומר מיגון מיוחד Nano Tech Innovation

יתרונות:

מצטיין בכושר בליעה גבוה של השדה ממגנטי מצטיין

ברמה גבוה של השדה המגנטי  $\mu = 70000$  עובי שכבה 0.6 מ"מ בלבד, משקל נמוך, נוח לעבודה, זמן התקנה קצר



ניתן למגן עד לרמות נמוכות של 2-3 מיליגאוס. ראה מיגון חדר שנאיים:



## מידע חשוב

### המשרד לאיכות הסביבה



משרד ממשלתי הממונה על איכות הסביבה בישראל. אחראי, בין היתר, על הסמכת מוודים לקרינה, גז ראדון וכו', לפיתוח דרכי פעולה, תקנים וקדימויות להגנת הסביבה. ניתן למצוא באתר המשרד מידע על נושאים סביבתיים כרעש, אנרגיה, קרינה ורשימת בודקים מוסמכים.

<http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=HomePage>

### הוועדה הבינ"ל להגנה מפני קרינה בלתי מייננת (ICNIRP)



גוף בלתי תלוי תפקיד הגוף לרכז את המידע ולייעץ לגבי האפשרות לקיום סיכונים בריאותיים שבחשיפה לקרינה בלתי מייננת.

<http://www.icnirp.de>

### הסוכנות הבינ"ל לחקר הסרטן (IARC)



ארגון זה הינו חלק מארגון הבריאות העולמי. בין מטרות הארגון זיהוי הגורמים לסרטן במטרה שניתן יהיה לנקוט כנגדם בצעדי מניעה. מטרותו הינה זיהוי הגורמים לסרטן על-מנת שניתן יהיה לנקוט. גוף זה עוסק במחקר של גורמים סביבתיים המשפיעים על הסיכוי לחלות בסרטן. זאת, מתוך הנחה כי כ-80% ממקרי הסרטן נובעים מגורמים סביבתיים.

<http://www.iarc.fr>

### הארגון הבינ"ל להגנה מפני קרינה (IRPA)



יוצר תקשורת בין גופים שונים מרחבי העולם בנושאי הגנה מפני קרינה ובמימון מחקרים. כמו כן מקיים הגוף כנסים שנתיים ותומך במחקרים בתחום ובקביעת תקנים רלוונטיים.

<http://www.irpa.net>



### ארגון הבריאות העולמי

הארגון משתייך לאו"מ ואחראי על הבריאות העולמית. מטרתו להביא לרמה הגבוהה ביותר של בריאות פיזית ברחבי העולם.

<http://www.who.int/en>

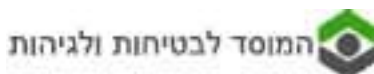


### המשרד לאיכות הסביבה האמריקאי

המשרד לאיכות הסביבה האמריקאי (EPA) הוקם במטרה לשמור על בריאות המין האנושי ועל-מנת להגן על הסביבה העולמית הטבעית: אוויר, ים ויבשה. המשרד מספק שירותי מחקר ולימוד. המשרד אחראי גם לקביעת תקנים למגוון תוכניות סביבתיות.

[www.epa.gov](http://www.epa.gov)

### המוסד לבטיחות וגהות



גוף ציבורי שמטרתו לקדם את תנאי הבטיחות בעבודה והגהות המקצועית כמוגדר בחוק. הגוף יוזם: הסברה והדרכה, עריכה ופרסום של מחקרים, סיוע בבחירת נאמני בטיחות, ועוד.

<http://osh.org.il/homepage.asp>

## דוגמה של מכשיר למדידת רמות קרינה אל"מ

מד קרינה ELF+VLF דיגיטלי

