



## קבוצת קוואנטום – Quantum Group

דו"ח מדידות וסימולציית שדה מגנטי

בתחום תדר רשת החשמל – 50 Hz

**ELF – Extremely Low Frequency**

### כותב הדו"ח:

מלכי אבי – פיסיקאי גרעיני

פיסיקאים מומחים ביעוץ, חיזוי ומדידות קרינה

פיסיקאים מומחים במיגון מפני שדות מגנטיים מרשת החשמל

### יצירת קשר:

052 – 2681834

מספר טלפון ראשי:

077 – 4448686

מספר פקס:

info@quantum-group.co.il

כתובת דוא"ל:

www.quantum-group.co.il

אתר אינטרנט:

עבור: עיריית ראש העין

הנדון: קווי מתח עליון ועל

תאריך: 26 – 1 – 2017

### קבוצת קוואנטום – שירותי החברה

- ייעוץ קרינה
- חיזוי קרינה
- מיגון קרינה
- בדיקות גז ראדון
- בדיקות רמת שדה מגנטי
- בדיקות רמת קרינה סלולרית
- בדיקות קרינה רדיואקטיביות
- בדיקות תרמוגרפיות
- בדיקות זיהום אוויר
- בדיקות רעש תעסוקתיות
- בדיקות רעש סביבתיות



**Quantum Group**  
**Professional Radiation Physicists**

**קבוצת קוואנטום**  
**פיסיקאים מומחים בקרינה**

**לכבוד:**

מר דני גולבארי – מחלקת איכות הסביבה – עיריית ראש העין,  
רחוב שילה 21, ראש העין, מיקוד 4803621.

שלום רב,

**הנדון: עיריית ראש העין – בית ספר חדש,**

**דו"ח מדידות וסימולציית של רמת שדה מגנטי מקווי מתח עליון ועל**

**תוכן עניינים:**

- 3 ..... מבוא
- 5 ..... בית ספר – מדידות רמת שדה מגנטי
- 10 ..... בית ספר – ניטור רמת שדה מגנטי
- 11 ..... סיכום דו"ח
- 13 ..... נספח א': שדה מגנטי – סיכונים, תקנות והמלצות
- 14 ..... נספח ב': שדה מגנטי – מדיניות המשרד להגנת הסביבה
- 18 ..... נספח ג': נתוני מכשיר המדידה
- 19 ..... קבוצת קוואנטום – פרופיל חברה
- 20 ..... קבוצת קוואנטום – אופן יצירת קשר

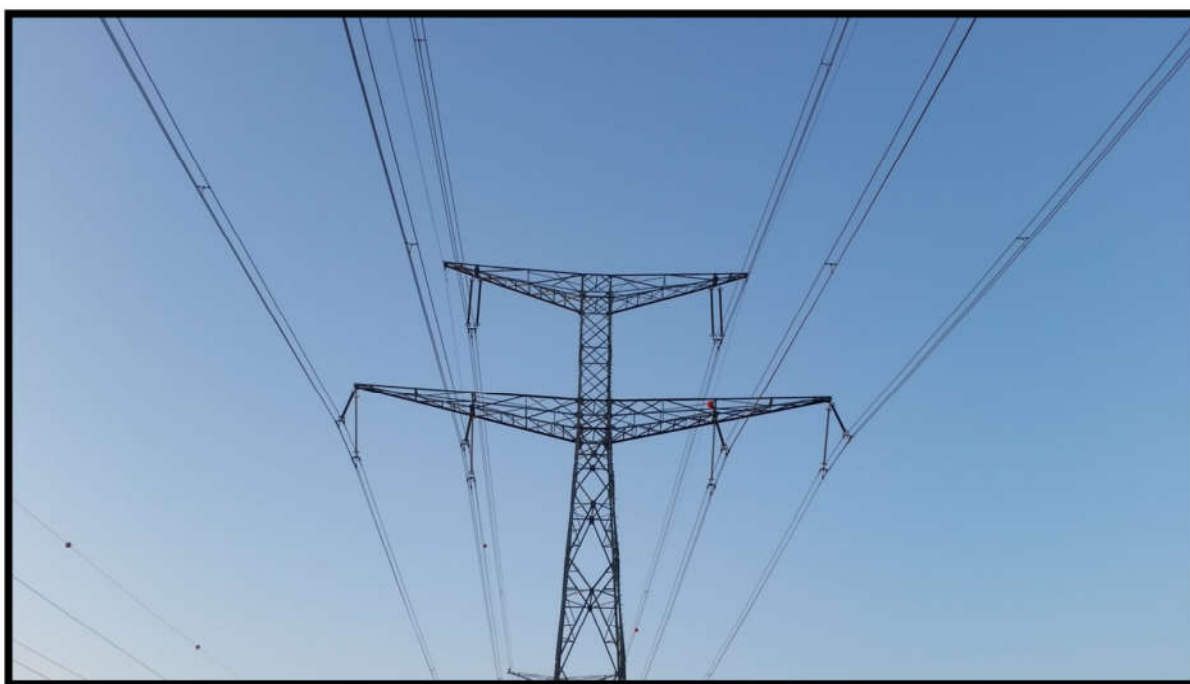
## מבוא:

קבוצת קוואנטום התבקשה ע"י עיריית ראש העין לבצע מדידות, ניטור וסימולציה של רמת השדה המגנטי מקווי מתח עליון ועל הממוקמים בסמוך לבית ספר. מטרת הדו"ח לבדוק שתלמידי בית הספר לא נחשפים לשדה מגנטי מעל המלצות המשרד להגנת הסביבה.

## קו מתח על 400 ק"ו:

- מעגלים: גזר פתח תקווה [שני מעגלים].
- ממוצע זרם לשנת 2014: 250-260 אמפר.
- זרם מרבי 3390 אמפר, זרם אופייני (60%) 2034 אמפר.
- מבנה עמוד – דו זרועי.
- סידור פאזות: לא קיים שיכול פאזות.
- כיוון זרימת אנרגיה במעגלים: מגזר לפתח תקווה [מדרום לצפון].

## תמונה 1: מבנה עמוד 400KV



## קו מתח עליון 161 ק"ו:

- מעגל מזרחי: גזר – אריאל, ממוצע זרם לשנת 2014: 245 אמפר.
- מעגל מערבי: בארות יצחק – אבן העזר, ממוצע זרם לשנת 2014: 72 אמפר.
- זרם מרבי 1140 אמפר, זרם אופייני (60%) 684 אמפר.
- מבנה עמוד – צינור תלת זרועי.
- סידור פאזות: קיים שיכול פאזות.
- כיווני זרימת אנרגיה במעגלים: נכון לעתה מנוגדים.

## תמונה 2: מבנה עמוד 161KV



## בית ספר – מדידות רמת שדה מגנטי:

בשטח שנמדד ישנו כיום בית ספר בתהליכי בנייה מתקדמים. מאחר ושעות הפעילויות העיקריות הן בבוקר, המדידות נערכו בשעות אלו, המייצגות את זמן שהיית התלמידים בבית הספר.

מקורות השדה המגנטי הן קווי מתח עליון 161KV וקווי מתח על 400KV הממוקמים בסמוך.

תמונה 3: בית הספר על רקע קווי המתח



תמונה 4: מרחקים

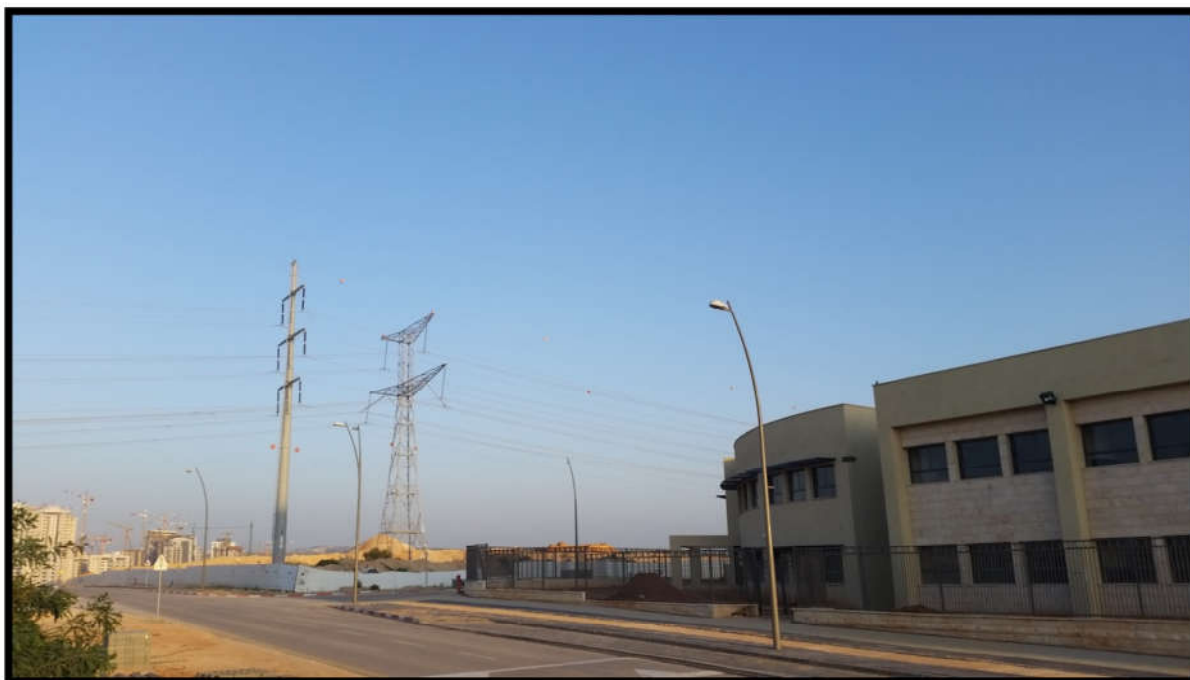
- גדר בית הספר נמצאת במרחק 55 מטר יחסית לקו ציר המתח 161KV.
- קיר בית הספר הקרוב ביותר נמצא במרחק 60 מטר יחסית לקו ציר המתח 161KV.



**תמונה 5:** בית הספר על רקע קווי המתח



**תמונה 6:** בית הספר על רקע קווי המתח



**תוצאות מדידות רמת שדה מגנטי:**

בית ספר בתהליך בנייה – ניטור רמת שדה מגנטי מקווי מתח עליון ועל			
יום שישי, תאריך מדידה: 5-2-16, שעת מדידה: 10:30 [mG]	יום חמישי, תאריך מדידה: 4-2-16, שעת מדידה: 19:30 [mG]	יום שישי, תאריך מדידה: 29-1-16, שעת מדידה: 13:45 [mG]	מרחק ביחס לציר קווי המתח העליון 161KV [m]
13	16.8	19	0
8.8	11.5	12	10
5.2	6.8	6.1	20
3.1	4.3	3.1	30
1.9	3.1	1.6	40
1.2	1.9	1.1	50
0.9	1.2	0.5	60
0.65	1.1	0.4	70
0.6	0.85	0.3	80
0.5	0.7	0.2	90
0.4	0.6	0.2	100

- גובה נקודת המדידה היא 1 מטר יחסית לקרקע.
- תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.
- ערכי השדה המגנטי עשויים להשתנות כפונקציה של העומס ברשת החשמל.

**המשך תוצאות המדידות:**

בית ספר בתהליך בנייה – ניטור רמת שדה מגנטי מקווי מתח עליון ועל			
יום חמישי, תאריך מדידה: 17-3-16, שעת מדידה: 08:00 [mG]	יום רביעי, תאריך מדידה: 16-3-16, שעת מדידה: 19:00 [mG]	יום שלישי, תאריך מדידה: 9-2-16, שעת מדידה: 10:00 [mG]	מרחק ביחס לציר קווי המתח העליון 161KV [m]
12.1	15.2	18.1	0
7	9.1	11.2	10
3.3	5	6.2	20
1.9	2.3	3.6	30
1.1	1.2	2.1	40
0.9	1	1.2	50
0.7	0.5	0.9	60
0.6	0.4	0.7	70
0.5	0.3	0.5	80
0.4	0.2	0.4	90
0.3	0.2	0.3	100

- גובה נקודת המדידה היא 1 מטר יחסית לקרקע.
- תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.
- ערכי השדה המגנטי עשויים להשתנות כפונקציה של העומס ברשת החשמל.



**המשך תוצאות המדידות:**

בית ספר בתהליך בנייה – ניטור רמת שדה מגנטי מקווי מתח עליון ועל			
יום חמישי, תאריך מדידה: 24-3-16, שעת מדידה: 9:30 [mG]	יום רביעי, תאריך מדידה: 23-3-16, שעת מדידה: 9:00 [mG]	יום שלישי, תאריך מדידה: 22-3-16, שעת מדידה: 15:30 [mG]	מרחק ביחס לציר קווי המתח העליון 161KV [m]
21	9.3	9.3	0
12.2	6	5.6	10
6.2	2.2	2.2	20
3.5	1.2	1.1	30
2.2	0.9	1	40
1.6	0.8	0.9	50
1.1	0.65	0.7	60
0.9	0.6	0.6	70
0.7	0.5	0.5	80
0.6	0.45	0.4	90
0.3	0.3	0.3	100

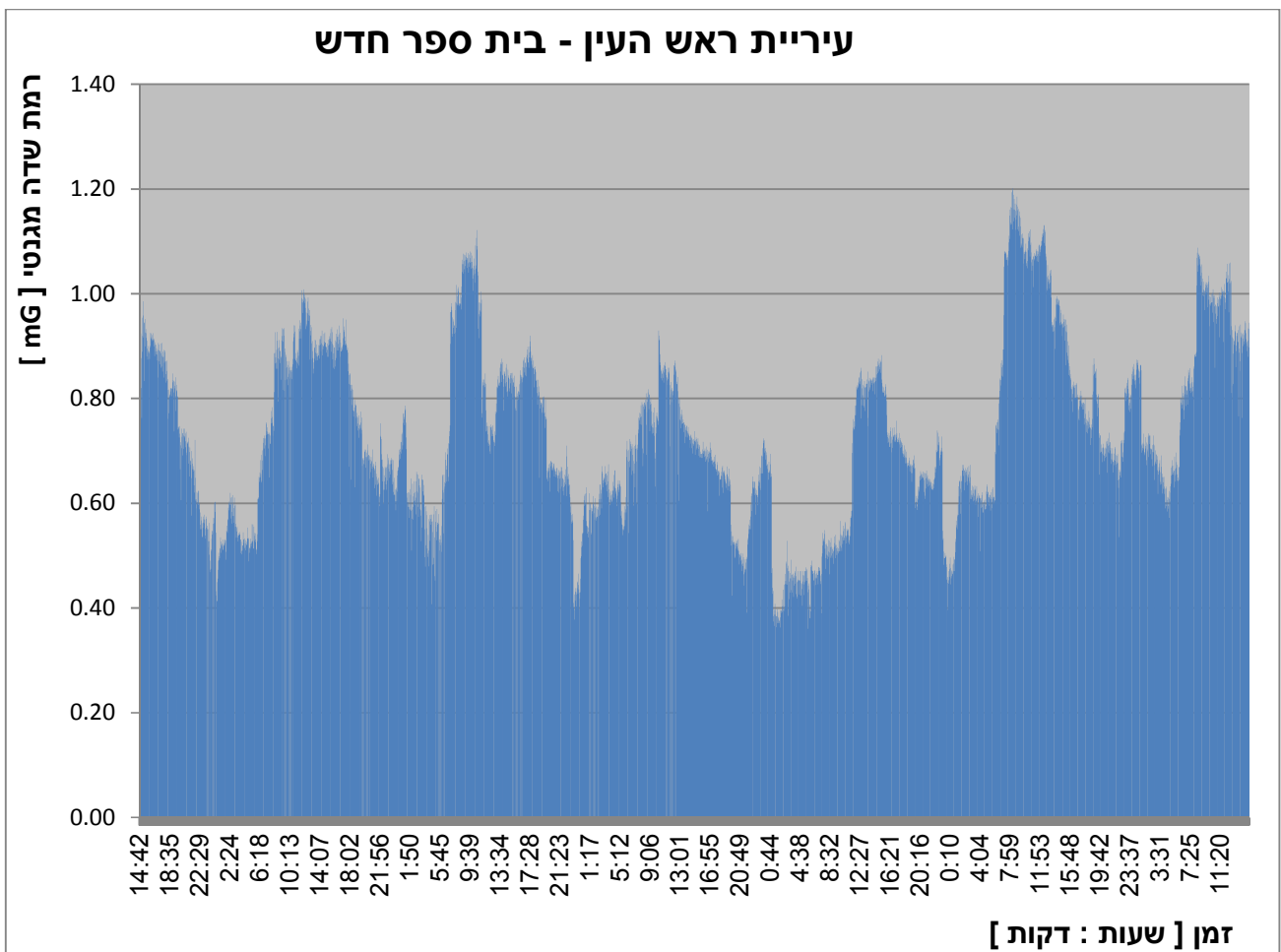
- גובה נקודת המדידה היא 1 מטר יחסית לקרקע.
- תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.
- ערכי השדה המגנטי עשויים להשתנות כפונקציה של העומס ברשת החשמל.

## בית ספר – ניטור רמת שדה מגנטי:

מצ"ב גרף ניטור רמת השדה המגנטי מקווי מתח על 400KV וקווי מתח עליון 161KV. הניטור בוצע בבית הספר החדש, קומה שניה ובכיתה הכי סמוכה לקווי המתח הנ"ל (ראה תמונות 23 ו-24).

- הניטור בוצע בתאריך 2-8-16 (שעה 14:42) ועד לתאריך 8-8-16 (שעה 15:11).
- הניטור בוצע בסביבות 60 מטר יחסית לציר קווי המתח העליון.
- ממוצע ערך רמת השדה המגנטי שנמדד במשך 6 ימי הניטור: **0.7 מיליגאוס**.

## גרף ניטור רמת השדה המגנטי:



- תוצאות המדידות נכונות למקום וזמן המדידה.
- ערכי השדה המגנטי עשויים להשתנות כפונקציה של העומס ברשת החשמל.

**תמונה 7:** קווי המתח על רקע בית הספר



**תמונה 8:** תמונת תקריב של מערכת המדידה



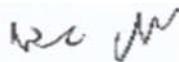
## סיכום דו"ח:

- ערך רמת השדה המגנטי הממוצעת שנמדדה באזור גדר בית הספר בסביבות  $1.2 \text{ mG}$  (פחות מ-  $4 \text{ mG}$ ).
- לבקשתו של מר פול זליג, ממונה קרינה לא מייננת מטעם המשרד להגנת הסביבה, בוצע ניטור של רמת השדה המגנטי בתקופת שיא הקיץ (חודש אוגוסט) המייצג שיא בצריכת החשמל. הניטור בוצע בכיתה הקרובה ביותר לקווי המתח. ערך רמת השדה המגנטי הממוצעת לאורך תקופת הניטור היה פחות מ-  $0.7$  מיליגאוס.
- לסיכום, רמות השדה המגנטי שנמדדו ברחבי בית הספר החדש עומדות בהמלצות המשרד להגנת הסביבה למקום חינוך.

קבוצת קוואנטום תשמח לעמוד לרשותכם במידת הצורך.

בכבוד רב,

מלכי אבי – מנכ"ל קבוצת קוואנטום



## נספח א': שדה מגנטי – סיכונים, תקנות והמלצות

- ארגון הבריאות העולמי (WHO) קבע כי רמת החשיפה הרגעית המרבית המותרת של בני-אדם לשדה מגנטי משתנה בתדר 50 הרץ הינה **2000 מיליגאוס**. קביעה זאת מסתמכת על המלצות ICNIRP (ועדה בינלאומית מקצועית להגנה מקרינה בלתי מייננת) משנת 2010 שקבעו ערכי סף לחשיפת הציבור לשדה מגנטי בתדר נמוך. יש לציין כי הקביעה של ICNIRP אינה מבדילה בין חשיפה רגעית לחשיפה ממושכת (המלצות אלו מעדכנות את ההמלצה לסף של 1000 מיליגאוס משנת 1998). זוהי גם ההמלצה של המשרד להגנת הסביבה בישראל עבור חשיפה רגעית.
- הארגון הבינלאומי לחקר הסרטן (IARC) קבע בשנת 2001 כי מתקני חשמל החושפים את הציבור **לאורך זמן** (חשיפה ממושכת) לשדה מגנטי ממוצע (על פני 24 שעות) העולה על **2 מיליגאוס** הינם גורם אפשרי לסרטן (Possible Carcinogenic). קביעה זאת מבוססת על מחקרים שהראו כי בקרב ילדים החשופים **לאורך זמן** לשדה מגנטי שמעל 3-4 מיליגאוס, אחוז החולים בלוקמיה (סרטן הדם) היה גבוה פי **אחד וחצי** מאשר בקרב ילדים החשופים לשדה מגנטי בעוצמה נמוכה יותר.
- ממחקרים שבוצעו בנושא זה בעולם ומהניסיון שנצבר לאחר ביצוע מדידות ברחבי הארץ, ניתן ללמוד שהחשיפה הממוצעת בתוך מרבית בתי המגורים בארץ ובעולם, היא בין 0.4 מיליגאוס ל-1 מיליגאוס.
- ניתן למצוא הסברים נוספים בנושא זה באתר האינטרנט של קבוצת קוואנטום,

<http://www.quantum-group.co.il>

## נספח ב': שדה מגנטי – מדיניות המשרד להגנת הסביבה

כ"א טבת תשע"ד  
24 דצמבר 2013

האגף למניעת רעש וקרינה – המשרד להגנת הסביבה

### הגבלת החשיפה לשדה מגנטי כתלות במשך החשיפה

סביב מתקני חשמל נוצר שדה מגנטי. סוג זה של קרינה הוגדר על ידי ארגון הבריאות העולמי כ"מסרטן אפשרי". ככל שהזרם העובר במתקן גבוה יותר כן גדל השדה המגנטי הנוצר סביב המתקן.

בישראל, כמו במדינות רבות אחרות, לא נקבע עדיין בחקיקה סף מחייב לחשיפה כרונית לשדה מגנטי שמקורו במתקני חשמל. חשיפה כרונית, או חשיפה רצופה וממושכת, **מוגדרת** כחשיפה של מעל 4 שעות בכל יממה ומעל 5 ימים בשבוע. מגורים, משרדים, מוסדות חינוך, מבני מסחר ותעשייה וכדומה נחשבים מקומות שהחשיפה בקרבם היא חשיפה כרונית.

לצורך תכנון הנדסי של מערכות חשמל בסביבת שימושי קרקע לשהות ממושכת, לצורך מתן היתרי הקמה והפעלה למתקני חשמל, לצורך פרשנות של תוצאות מדידות סביב מתקני חשמל וכו', יש לקבוע מדד כמותי. בהתחשב במידע הקיים, בפרקטיקה במדינות מפותחות ובסף הקרינה שחברות החשמל במדינות המפותחות מתחייבות לו באופן וולונטרי, הציעו **משרדי הבריאות והגנת הסביבה את הערך של 4 mG כסף לממוצע ביממה בתנאים של צריכת חשמל אופיינית מרבית.**

הערך הזה מתבסס על העדר חשש לתחלואה בחשיפה לשדה מגנטי שבממוצע שנתי אינו עולה על 2 מיליגאוס והסטיסטיקה המראה שהיחס בין הזרם הממוצע ביום בשעת צריכת שיא הוא גבוה פי 2 מזרם בממוצע השנתי.

**ביום של צריכת שיא טיפוסית קיים ניצול של 60% מיכולת מערכת החשמל** (יש מתקנים שהאחוז בהם שונה). אם זרם החשמל בזמן המדידה ידוע או נמדד, יש לנרמל את התוצאה של מדידת החשיפה לפי היחס בין הזרם המרבי היכול לעבור דרך המתקן, לזרם שעבר בו בזמן המדידה. לא תמיד אפשר למדוד או להעריך את הזרם העובר במתקן בזמן ביצוע מדידה של החשיפה לשדה מגנטי. בהעדר נתון זה, כאשר מקור החשיפה הוא מתקן בתוך בניין, הפעלת כל מתקני החשמל העיקריים בבניין, כגון מערכת מיזוג האוויר, תהווה ייצוג מספיק לקיום התנאי של עומס מרבי בעת המדידה.

יש מקומות שהחשיפה בהם היא בהגדרה חשיפה על פני 24 שעות ביממה, כמו החשיפה בבית. עם זאת, יש מקומות שהחשיפה בהם היא מוגבלת וזמן החשיפה מוגדר, כמו מקומות עבודה, אמצעי תחבורה ציבורית ופרטית, אזורי מעבר וכו'. למרות שאין עדות מובהקת לסוג הקשר בין זמן החשיפה להשפעת החשיפה על הבריאות, מוצע לנקוט את עקרון הזהירות המונעת (Precautionary principle) ולהניח שקיים קשר ישיר וליניארי בין משך החשיפה לעצמתה. בהנחה זו ניתן להשתמש במדד של 4 mG בממוצע ביממה בה הצריכה מרבית, לצורך הערכת רמת החשיפה כתלות במשך החשיפה.

ההצעה להלן משמשת מידע מנחה, תוך הפעלת שיקול דעת של כל מי שמתכנן קרבה בין אזור מאוכלס למתקן חשמל, בכל מקרה לגופו. לדוגמה, **מומלץ לא להשתמש בסוג זה של ממוצע בכל הקשור לחשיפה במוסדות חינוך שלומדים בהם ילדים שמתחת לגיל 15**. במקרה זה יש לתכנן כך שבכיתות הלימוד הקרינה לא תעלה באף מקום ישיבה על 4 מיליגאוס.

אם אדם נמצא בסמוך למתקן חשמל זמן של T שעות מידי יום, החשיפה בסמוך למתקן החשמל הינה  $B_W$  והחשיפה בשאר הזמן ביממה הינה  $B_0$ . סך כל החשיפה הממוצעת שלו לאורך כל היממה הינה:

$$B_{\text{ממוצע}} = \frac{B_W \cdot T + B_0 \cdot (24 - T)}{24}$$

למרות שהחשיפה של אדם שלא נמצא בסמוך למתקן חשמל אינה עולה לרוב על 0.4 מיליגאוס, יש לקחת בחשבון שחשיפה זו הינה 1 mG בממוצע. לכן:

אם יש מדידה אמינה של קרינת הרקע, וזו עולה על 1 mG, יש להשתמש בתוצאת המדידה. **לפי המלצה משותפת של משרדי הבריאות והגנת הסביבה**, החשיפה הממוצעת ביום עם צריכת חשמל טיפוסית מרבית חייבת להיות נמוכה מ-4 מיליגאוס:

$$B_0 = 1 \text{ mG} \quad , \quad B_{\text{ממוצע}} < 4 \text{ mG}$$

לכן, אם ידוע זמן השהייה, בשעות ביממה, בסמוך למתקן חשמל, יש להגביל את החשיפה, במיליגאוס, ל:

$$B_W < \frac{72}{T} + 1$$

אם ידועה רמת הקרינה  $B_W$ , בעקבות חישוב או בעקבות מדידה ונרמול לזרם מרבי, יש להגביל את זמן השהייה ל:

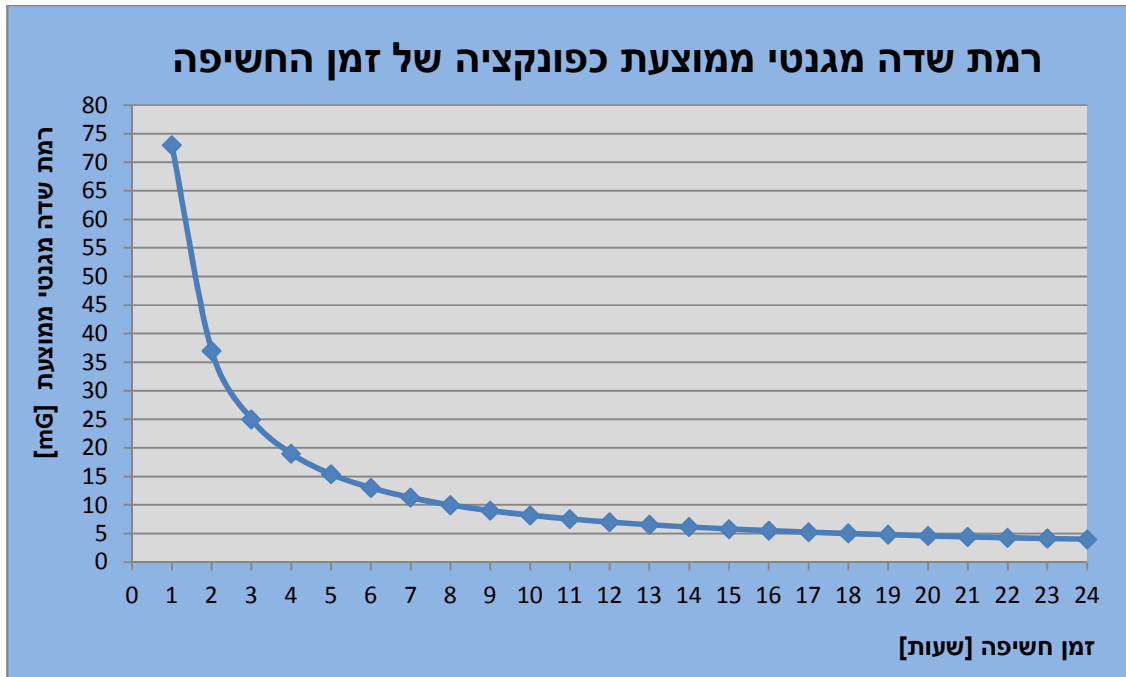
$$T < \frac{72}{B_W - 1}$$

בשיקולים אלו ההתייחסות היא לחומרה, מבלי להביא בחשבון את החשיפה הנמוכה בימי המנוחה ובסופי השבוע וזאת כדי לקיים את **עקרון ההיזהרות**.

ערכים אלו הינם בסיס בקביעת הצורך לטפל בהפחתת החשיפה סביב מתקנים קיימים.

**אזהרה:** אין להשתמש בנוסחאות אלו עבור זמן שהייה נמוך משעה ביממה ועבור חשיפה של פחות מ-1 מיליגאוס

**גרף:** רמת שדה מגנטי ממוצעת מומלצת כפונקציה של זמן החשיפה





**טבלה:** רמת שדה מגנטי ממוצעת מומלצת כפונקציה של זמן החשיפה

רמת שדה מגנטי ממוצעת [ mG ]	זמן חשיפה [שעות]
73.0	1
37.0	2
25.0	3
19.0	4
15.4	5
13.0	6
11.3	7
10.0	8
9.0	9
8.2	10
7.5	11
7.0	12
6.5	13
6.1	14
5.8	15
5.5	16
5.2	17
5.0	18
4.8	19
4.6	20
4.4	21
4.3	22
4.1	23
4.0	24

## נספח ג': נתוני מכשיר המדידה – מכשיר מדידה תוצרת חברת אארוניה



SPECIFICATIONS	
NF - 3020	סוג מכשיר
37321	מספר מכשיר
21.8.2018	תוקף כיול מכשיר
Frequency range	10Hz to 400KHz
Typical level range E-Field	0.1V/m to 5000V/m
Typical level range H-Field	1pT to 100000nT
Typical accuracy	3%



**Quantum Group**  
**Professional Radiation Physicists**

**קבוצת קוואנטום**  
**פיסיקאים מומחים בקרינה**

### קבוצת קוואנטום – פרופיל חברה

קבוצת קוואנטום הוקמה ע"י קבוצת פיסיקאים מומחים בקרינה ומנוהלת ע"י מלכי אבי – פיסיקאי גרעיני בהכשרתו מאוניברסיטת תל-אביב ובר אילן. הקבוצה משלבת ידע תיאורטי מעמיק עם ניסיון מעשי רב שנים שאין מקביל לו בנוף הישראלי ועומדת בסטנדרטים גבוהים ברמה בינלאומית. אנשי הקבוצה השתתפו במחקרים בנושא גז ראדון אשר הוצגו בכנסים ישראליים ובינלאומיים.

קבוצת קוואנטום מהמובילות בתחום הקרינה בישראל. הקבוצה בעלת ניסיון רב בבדיקות ומדידות קרינה, ייעוץ קרינה, חיזוי קרינה, מתן פתרונות לבעיות קרינה ומתמחה בהתקנת מיגון מפני קרינה. לרשות הקבוצה עומדים מכשירי מדידה חדשים ומדויקים שעוברים כוילים ואישורים כל שנה במעבדות מוסמכות בארץ ובחו"ל.

קבוצת קוואנטום בעלת היתרים ממשרד הכלכלה והמשרד להגנת הסביבה:

- מדידת קרינה מייננת – מעבדה מוסמכת לביצוע בדיקות קרינה סביבתיות ותעסוקתיות מחומרים רדיואקטיביים, מכונות רנטגן, מאיצים, מכשירים פולטי קרינה מייננת וכו'.
- מדידת קרינה מייננת – מדידת ריכוז רמת גז ראדון הנובע מהקרקע, מחומרי בנייה וממים.
- מדידת קרינה בלתי מייננת – מדידת רמת שדה מגנטי מרשת החשמל ומדידת רמת הקרינה מהרשת הסלולרית.

קבוצת קוואנטום פועלת במגזר הפרטי, הציבורי והביטחוני, ומספקת שירותים מקיפים בנושא הקרינה. כל פרויקט מבוצע ע"י צוות מקצועי ומלווה ביחס אישי ואדיב.

קבוצת קוואנטום מתכננת עבור לקוחותיה פיתוחים ייחודיים המותאמים במיוחד עבורם. מדיניות זו הופכת את קבוצת קוואנטום לשותף אסטרטגי ללקוחותיה ותורמת להצלחתם.

קבוצת קוואנטום תשמח לעמוד לרשותכם במידת הצורך.

בכבוד רב,

מלכי אבי – מנכ"ל קבוצת קוואנטום

## קבוצת קוואנטום – אופן יצירת קשר:

- כתובת ראשית: רחוב היובל 4א', רעננה, 4340103
- מספר טלפון ראשי: 052 – 2681834
- מספר פקס: 077 – 4448686
- כתובת דוא"ל: [info@quantum-group.co.il](mailto:info@quantum-group.co.il)
- קרינה בלתי מייננת: כתובת אתר אינטרנט: [www.quantum-group.co.il](http://www.quantum-group.co.il)
- קרינה מייננת: כתובת אתר אינטרנט: [www.nuclear.co.il](http://www.nuclear.co.il)