



**משרד החינוך**

**התאמת מערכת החינוך למאה ה-21  
שילוב ציוד תקשורת ומחשבים  
בבתי הספר – השלכות בריאותיות  
ובטיחותיות**

**גרסה 1.01 10.7.2012**

## פתח דבר

החל משנת תשע"א מופעלת בבתי הספר באופן הדרגתי התכנית הלאומית להתאמת מערכת החינוך למאה ה-21. התכנית שמה בבתי הספר את התשתית הבסיסית המאפשרת שימוש בטכנולוגיות מתקדמות בהוראה, למידה והערכה. תשתית זאת כוללת:

1. אינטרנט (מרשתת) בפס רחב
2. מקרן בכל כיתה
3. מחשבים ניידים למורים
4. מערכת קול בכיתה
5. אמצעי החשכה

במסגרת התכנית מופעל גם מחקר מבוקר, שהערכתו מבוצעת על ידי ראמ"ה<sup>1</sup> וכן מסלול לבתי ספר מתקדמים ("מדגימים") הנותן, בנוסף לתשתית הבסיסית, את התוספות הבאות:

1. לוחות חכמים ביחס של 1:3
  2. מחשבים ניידים ביחס של 1:5 לשימוש התלמידים
- הכנסת ציוד התקשורת והמחשבים למוסדות החינוך מעלה שאלות באשר להשלכות הבריאותיות והבטיחותיות הנובעות מהשימוש בו. השלכות אלה מתמקדות בנושאים הבאים:
1. קרינה – שימוש בנתבים אלחוטיים ומחשבים חושף את המשתמשים לקרינה בלתי מייננת.
  2. סוגיות הנוגעות לבטיחות חשמל – ריבוי נקודות חשמל בהתקנה חיצונית מעלה את רמת הסיכון ואת הסיכוי להתחשמלות.
  3. ארגונומיה – שימוש לא מושכל לאורך זמן במקלדת ועכבר וכן ישיבה ממושכת ולא מותאמת מול המחשב עלולים לגרום נזקים לשלד ולשרירים.
  4. בעיות במערכת הראייה – צפייה לאורך זמן במסך מחשב עלולה לגרום להפרעות במערכת הראייה.

במסגרת נייר עמדה זה, ייסקרו הנושאים השונים, וכן יצוינו עקרונות והמלצות מעשיות, על פי עקרון הזהירות המונעת.

נייר העמדה נכתב במסגרת צוות בין משרדי<sup>2</sup> שהוקם בשיתוף משרד החינוך, המשרד להגנת הסביבה ומשרד הבריאות.

<sup>1</sup> רשות ארצית למדידה והערכה

<sup>2</sup> חברי הצוות הבין משרדי:

פרופ' סטיליאן גלברג - ראש אגף מניעת רעש וקרינה, המשרד להגנת הסביבה  
נועם קוריאט - מנהל תחום ארגון וניהול ידע, משרד החינוך  
ד"ר אלי רוזנברג - מנהל המחלקה לבריאות העובד, משרד הבריאות

## קרינה

### מבוא

בנושא זה, הצוות התבסס על נייר עמדה שהוכן על ידי צוות ברשות פרופ' סיגל סדצקי – משרד הבריאות (סדצקי, 2011), והוגש לוועדה משותפת פנים-עבודה לנושא סביבה ובריאות. מדובר על צוות משותף של משרד הבריאות, משרד החינוך, המשרד להגנת הסביבה וחברת החשמל.

קרינה היא אנרגיה המתפשטת במרחב בצורה של גלים או חלקיקים. הקרינה איננה נזקקת לתווך חומרי כלשהו לצורך מעבר דרכו. המונחים המשמשים לאפיין את הקרינה כוללים אורך גל, תדר, שדה מגנטי ושדה חשמלי. ניתן לתאר את מקור הקרינה כבעל הספק הפועל בתחום תדרים מסוים. הקרינה נחלקת לשני תת-סוגים עיקריים - קרינה מייננת (הנפלטת מחומרים רדיואקטיביים) וקרינה בלתי מייננת, כאשר קו הגבול ביניהן הוא אורך הגל של קרינה אולטרה-סגולית (UV). בעוד שהקרינה המייננת היא אנרגטית מספיק כדי להפריד אלקטרון מאטום ואף לשנות את מבנה ה-DNA בגרעין התא, קרינה בלתי מייננת היא בעלת רמות אנרגיה נמוכות מאלה, ולכן אין סכנה שתחולל שינויים גנטיים.

מקורות הקרינה האלקטרומגנטית מתחלקים לשני מקורות עיקריים:

1. מקור טבעי - כגון קרינה קוסמית מהחלל וגז רדון מסלעי יסוד.
2. מקור מעשה ידי האדם - כגון חומרים רדיואקטיביים מלאכותיים, משדרי רדיו (לרבות מוקדי השידור של הרשתות הסלולריות), מיקרוגל, מתקני חשמל.

במסמך הנוכחי נתייחס למקורות הבאים, מעשה ידי האדם הפולטים קרינה אלקטרומגנטית בסביבת התלמיד:

1. טלפונים ניידים.
2. מערכות רשת מחשבים אלחוטיות, קרי Wi-Fi<sup>3</sup>, WLAN ומחשבים ניידים בשימוש המורים והתלמידים.
3. מתקני חשמל כמו קווי מתח, שנאים ולוחות חשמל הפולטים קרינה מסוג ELF<sup>4</sup>. קרינה זו מתחלקת לשדות חשמליים ולשדות מגנטיים.

<sup>3</sup> סוג של רשת תקשורת אלחוטית המאפשרת למחשבים לתקשר זה עם זה, לשתף מידע ולהתחבר לאינטרנט, על ידי שימוש בקרינת גלי מיקרו. היתרון הבולט בתשתית זו הוא יכולת נידוד פשוטה וזולה יחסית.

<sup>4</sup> Extremely Low Frequency

## טלפונים ניידים

### רקע

הטלפון הנייד מאפשר תקשורת אלחוטית באמצעות קרינה אלקטרומגנטית בתדר של גלי רדיו (RF או Radio Frequency).

במאי 2011 הסוכנות הבין-לאומית לחקר הסרטן (IARC) הגדירה את קרינת הרדיו כ"מסרטן אפשרי" (possibly carcinogenic)<sup>5</sup>. ההגדרה התבססה על ממצאים שנמצאו במחקר שבדק את השפעת השימוש בטלפונים ניידים על התפתחות גידולי מוח ממאירים ושפירים, גידולי עצב השמע וגידולי בלוטת הרוק (INTERPHONE Study Group, 2010). יש לציין כי אוכלוסיית המחקר לא כללה ילדים ובני נוער, הפגיעים יותר לנזקי הקרינה בשל העובדה שגופם מצוי בשלב ההתפתחות (Kheifets et al., 2005).

### המצב במוסדות החינוך בישראל

על פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה בשנת 2010:

#### לוח ג: בעלות על מוצרי תחבורה ותקשורת נבחרים במשקי בית עם וללא ילדים – 2010

עם ילדים (%)			ללא ילדים (%)	סה"כ (%)	
שלושה ילדים ויותר	עד שני ילדים	סה"כ			
96.6	98.1	97.5	87.7	92.1	טלפון נייד אחד לפחות
83.2	89.1	86.9	54.7	69.3	שני טלפונים ניידים ויותר

ל-97.5% ממשקי הבית עם ילדים ול-87.7% ממשקי בית ללא ילדים - היה טלפון סלולרי אחד לפחות. במשקי הבית עם שלושה ילדים ויותר אחוז הבעלות על טלפון סלולרי עמד על 96.6%. (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2010).

השימוש בטלפונים ניידים בקרב ילדים ובני נוער הולך וגובר. מעבר לאפשרות של סכנה בריאותית בשימוש בטכנולוגיה זו, לשימוש בטכנולוגיה השלכות חברתיות והתנהגותיות במסגרת בית הספר.

**החשיפה לקרינה האלקטרומגנטית הנפלטת מהטלפון הנייד איננה נכפית על ידי מערכת החינוך, שכן השימוש בטלפונים ניידים בבתי הספר הוא לטובת הפרט בלבד.**

<sup>5</sup> ארגון זה בוחן את מובחנות הראיות המדעיות שהצטברו במחקרים בבני אדם ובחיות מעבדה כדי לקבוע אם חומר או חשיפה נתונה מחוללים סרטן. דרגת "מסרטן אפשרי" היא שלישית בסולם הסיבתיות לאחר מסרטן ודאי (carcinogenic) ומסרטן קרוב לוודאי (probably carcinogenic); היא נקבעת באחד משני המקרים: כשישנן ראיות מוגבלות שהחומר או החשיפה גורמים סרטן לבני אדם, אף על פי שאין די ראיות מספיקות שהם גורמים סרטן לחיות מעבדה, או כאשר אמנם אין אף ראיות מוגבלות שהחומר או החשיפה גורמים סרטן לבני אדם, אך יש ראיות מספיקות לקשר זה בחיות מעבדה. המונח "ראיות מוגבלות" מציין שהקביעה שיש קשר סיבתי היא אמינה (credible), אך לא ניתן לשלול בבטחה הסבר חלופי.

לפרטים נוספים ראה: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Preamble/CurrentPreamble.pdf>

## עקרונות ודרכי פעולה מומלצות

יש ליישם במסגרת מערכת החינוך את עקרון הזהירות המונעת<sup>6</sup> כפי שהומלץ על ידי משרד הבריאות, המשרד להגנת הסביבה וכל הגופים הבין-לאומיים העוסקים בקשר שבין החשיפה לקרינת רדיו ובריאות, לרבות ארגון הבריאות העולמי. יש לאזן בין בחירת התלמיד והוריו להשתמש בטלפון נייד לבין ההשלכות הבריאותיות והחברתיות של שימוש זה, בעיקר על ידי הקניית הרגלי שימוש נכונים.

אין להשתמש בפתרונות טכנולוגיים המאפשרים לשבש את הקליטה בבתי הספר, כדי לא למנוע לחלוטין שימוש בטלפון הנייד, וכן כדי לא ליצור מצב שבו השימוש במסגרת מערכת החינוך כרוך בחשיפה גבוהה לקרינה המאפיינת מצב של קליטה לא טובה.

דרכי פעולה מוצעות:

1. יישום תכנית מותאמת-גיל להקניית ידע, שמטרתה הקניית הרגלי שימוש נכונים ומושכלים בטלפון הנייד. התכנית תכלול בין היתר את המרכיבים הבאים: הסבר על הקרינה הנפלטת מן המכשיר ודרך התפשטותה, הסכנות הטמונות בשימוש במכשיר, עקרון הזהירות המונעת, חשיבות קיצור משך השיחה, העדפת שליחת מסרון במקום שיחה, שימוש באוזניות, אי-שימוש בזמן נהיגה, הבעייתיות בשימוש לילי בהקשר לשינה.
2. יש להעריך את יעילות תכנית הלימוד על ידי בחינת רמת הידע לפני ביצוע התכנית ולאחריה.
3. יש לאפשר הצבת טלפונים ניידים לשימוש התלמידים בבתי הספר כדי לאפשר קשר גם שלא באמצעות טלפון נייד.
4. יש להקים אזורי דיבור בטלפון הנייד בדומה לאזורים המיוחדים לעישון סיגריות; זאת על מנת להגביל את השימוש בו ואת נזקיו הסביבתיים-חברתיים ולהקנות הרגלים מאוזנים לשימוש.
5. יש לשים שילוט ברור בבית הספר באזורים שבהם אסור להשתמש בטלפון נייד כמו כיתות הלימוד, מעבדות, מסדרונות וכן לסמן אזורים שבהם מותר להשתמש במכשיר הנייד.
6. יש להקפיד כי המורים ישתמשו בטלפון הנייד אך ורק בחדר המורים ו/או באזורי הדיבור שיועדו לכך.
7. יש לאסור באופן מוחלט את השימוש בטלפונים ניידים (כולל שימוש בדיבוריות ואוזניות) על ידי תלמידים, מורים ונהגים בהסעות של תלמידים, פרט למצבי חירום.
8. אין להתקין מכשירי שיבוש קליטה של טלפונים ניידים בשטח בית הספר.

<sup>6</sup> עקרון הזהירות המונעת טוען שישנה חובה לנקוט אמצעי זהירות גם כאשר לא הוכח באופן מדעי מובהק שקיים קשר סיבתי בין תופעה מסוימת לבין היווצרות נזק לבריאות.

## מערכות Wi-Fi, WLAN ומחשבים ניידים בשימוש המורים והתלמידים

### רקע

ארגון התקשורת הבין-לאומי (International Telecommunication Union), שהוא גוף של ארגון האומות המאוחדות (UN), קבע יעד להכניס בכל בתי הספר בעולם גישה לידע בעזרת טכנולוגיות תקשורתיות מהירות (High-speed information and technology communication).

קיימות שתי דרכים ליישום יעד זה: תקשורת קווית ו/או תקשורת אלחוטית באמצעות שימוש בנתבים (Routers) ומחשבים ניידים המתקשרים ביניהם בעזרת רשתות אלחוטיות (Wi-Fi, WLAN). החלופה השנייה כרוכה בחשיפה לקרינת רדיו.

התקן אלחוטי (נתב, מחשב בעל התקן Wi-Fi וכדומה) המשדר בהספק של פחות מ-100 מיליוואט, פטור מקבלת היתר לפי חוק הקרינה הבלתי מייננת תשס"ו-2006 בשל השפעתו המוגבלת על מערכות ביולוגיות.

שיטת השידור של רשת אלחוטית מאפשרת למכשיר אחד לשדר בו-זמנית, כאשר המכשירים האחרים "עומדים בתור" לקבלת זכות שידור, כך שבפועל לא כל ההתקנים משדרים בו-זמנית. עם זאת, ייתכן שמכשירים ינסו לשדר בו-זמנית ויווצרו התנגשויות.

הסף המותר לחשיפה לקרינה בתדרי רדיו על פי הנחיות המשרד להגנת הסביבה מוצג בטבלה הבאה:

רמות חשיפה מרביות מותרות לקרינה

רמות חשיפה מרביות מותרות לחשיפה רצופה וממושכת (10% מסף החשיפה הבריאותי)			רמות חשיפה מרביות מותרות (30% מסף החשיפה הבריאותי)			הקרינה הנוצרת ממקור הקרינה תחום התדרים
צפיפות הספק (W/m <sup>2</sup> )	שדה מגנטי (A/m)	שדה חשמלי (V/m)	צפיפות הספק (W/m <sup>2</sup> )	שדה מגנטי (A/m)	שדה חשמלי (V/m)	
-	0.5	8.7	-	1.5	26.1	100kHz – 150kHz
-	0.073/f	8.7	-	0.219/f	26.1	0.15MHz – 1MHz
-	0.073/f	8.7/√f	-	0.219/f	26.1/√f	1MHz – 10MHz
0.2	0.023	8.85	0.6	0.04	15.33	10MHz – 400MHz
f/2000	0.00115√f	0.435√f	3f/2000	0.002√f	0.753√f	400MHz–2000MHz
1	0.051	19.29	3	0.0885	33.37	2GHz– 300GHz

ניתן לראות כי בתחום התדרים של רשתות אלחוטיות, שהוא תדר שמעל 2GHz, נקבע סף צפיפות הספק של 1 וואט למ"ר לחשיפה רצופה וממושכת.

ניתן לחשב את צפיפות ההספק באמצעות הנוסחה הבאה:  $P/4\pi R^2$ , כאשר P הוא ההספק המשודר, ו-R הוא המרחק בין הציוד המשדר לנקודה שבה מחשבים את צפיפות ההספק. לדוגמה - אם ההספק הוא

0.1

100 מיליוואט (0.1 וואט), והמרחק הוא 0.5 מטר, אזי החשיפה היא  $0.0318 = \sqrt{4\pi \cdot 0.5^2}$  וואט למ"ר. לכן כבר במרחק של חצי מטר מנתב משדר בהספק זה, החשיפה היא בתחום המותר (יש לציין שהוא נמוך מהרף המותר גם במרחקים קצרים יותר).

באפריל 2009 אימץ הפרלמנט האירופי את החלטת האיחוד האירופי ENVI/6/65496 ברוב של 559 למול 22 בנושא חששות בריאותיים הקשורים לקרינה אלקטרומגנטית (EMF). בהחלטה הוצהר כי הטכנולוגיה האלחוטית הכוללת טלפונים ניידים, Wi-Fi, Bluetooth וטלפונים אלחוטיים פולטת קרינה אלקטרומגנטית, וייתכן שהיא מהווה סכנה לבריאות האדם. אותה החלטה מציינת כי קיימת חשיבות שבתי ספר יהיו "נקיים", ככל האפשר, מקרינה אלקטרומגנטית.

### המצב בעולם

מדינות רבות בעולם עושות שימוש נרחב בתקשורת אלחוטית (טלפונים, מחשבים ורשתות Wi-Fi). לפיכך אין זה פלא שגם מערכות החינוך ברחבי העולם נשאבו במהרה למגמה טכנולוגית זו. מדינות אלו כוללות את רוסיה, צרפת, גרמניה, אירלנד, פינלנד, מקדוניה, צ'כיה, שווייץ, בריטניה, ספרד, הודו, יפן, ישראל, אוסטרליה, אוסטרליה, אוסטרליה, ניו-זילנד, איטליה, סין, קנדה, ארה"ב ואחרות.

הסוכנות להגנה בריאותית HPA (Health Protection Agency) באנגליה החלה לבדוק את רמת הקרינה בשימוש ברשתות אינטרנט אלחוטיות ובשימוש במחשבים ניידים בבתי ספר<sup>7</sup>. על פי ממצאיה, 15 סוגי מחשבים ניידים הנפוצים בשימוש במוסדות חינוך אנגליים, עומדים באמות המידה שנקבעו. יש לציין כי גם אמות המידה עצמן נבחנות, וטרם התקבלו מסקנות סופיות.

כמו כן, עיקר השימוש בבתי הספר נעשה במקומות קבועים ומוגדרים מראש, קרי שולחנות בית הספר. לכן אין צורך בתקשורת ניידת, ואפשר להסתפק בתקשורת ניחת דרך חוטים.

בקטלוגיה שבספרד פרוסה רשת אלחוטית בבתי הספר בשכבות הגיל של חט"ב. קיימת רשת אלחוטית גם בשכבת הגיל של בית הספר היסודי, אך לא בפריסה מערכתית.

בשווייץ, בתי הספר מקבלים חיבור חנם לאינטרנט בפס רחב רק עבור רשת קווית. לפרטים ראו ב:

<http://www.swisscom.com/en/ghq/internet-for-schools/internet-access/requirements.html>

בשנים האחרונות הפכה סוגיית השימוש ב-Wi-Fi ותקשורת סלולרית לנושא חם וסלע מחלוקת בין חוקרים בתחומים שונים וכן בקרב המגזר הציבורי. נראה כי על אף ההמלצות של סוכנות HPA, ישנן מדינות הכוללות את צרפת (בחלק מהחבלים), קנדה ורוסיה **הממליצות** להחרים כליל את השימוש ב-Wi-Fi (בפועל ייתכן שיש שימוש בבתי ספר ברשתות אלחוט) בשל חששות לבריאות הציבור ובמיוחד לצעירים שבהם (European Parliament Committee on the Environment, 2010; International Commission for Electromagnetic Safety (ICEMS) 2008; Bio-Initiative Report, 2007). מדינות אחרות כגון שווייץ, סין ואוסטרליה אינן אוסרות על השימוש אך נוקטות משנה זהירות ופועלות על פי עקרון ALARA<sup>8</sup> המחמיר. קבוצה שלישית של מדינות, ביניהן גרמניה, אוסטרליה, צרפת (בחלק מהחבלים) וישראל בחרו להטיל הגבלות על שימוש בתשתית Wi-Fi. קבוצה רביעית של מדינות, הכוללת את רוב המדינות בעולם, ביניהן ספרד וארה"ב, נוקטות מדיניות

<sup>7</sup> קישור: [http://journals.lww.com/health-physics/Abstract/2011/06000/Assessment\\_of\\_Exposure\\_To\\_Electromagnetic\\_Fields.4.aspx](http://journals.lww.com/health-physics/Abstract/2011/06000/Assessment_of_Exposure_To_Electromagnetic_Fields.4.aspx)

<sup>8</sup> ALARA- As Low As Reasonably Achievable

"עסקים כרגיל" לאור היעדר הוכחה חד-משמעית להשפעה שלילית מהחשיפה (Roche & Markov, 2004). לסיכום אפשר לומר שהשימוש ב-Wi-Fi נמשך, פרט למקומות מסוימים במדינות שבחרו להחרים את התשתית עקב גישה מחמירה.

### המצב במוסדות החינוך בישראל

בדומה למתרחש בעולם כולו, גם בבתי הספר בישראל קיימת מגמה הולכת וגוברת של שימוש במחשבים ניידים וברשת האינטרנט. בתי ספר רבים מאמצים את הדרך האלחוטית כדרך הגלישה הנבחרת. השימוש ברשתות אלחוטיות חושף את אוכלוסיית התלמידים לקרינה אלקטרומגנטית.

יש לזכור כי אוכלוסיית התלמידים המורכבת מילדים ובני נוער היא אוכלוסייה ייחודית במאפייניה, מה שמחזק את הצורך לנקוט זהירות משנה לגביהם:

- ככלל, עבור רוב החומרים המסרטיים, לרבות קרינה מייננת, ועבור רוב סוגי הסרטן קיים קשר הפוך בין הגיל בעת החשיפה לבין הסיכון לתחלואה. לכן יש להתייחס לאוכלוסייה זו כאל אוכלוסייה רגישה בהשוואה לאוכלוסייה המבוגרת.
- לאוכלוסיית התלמידים קיים צפי לשנות חיים רבות, שבהן עלולות להתפתח מחלות עם זמן חביון ממושך.
- אוכלוסיית התלמידים **מחויבת** להימצא בשטח בית הספר **על פי חוק** לימוד חובה, התש"ט-1949. יתר על כן, במרבית המקרים לתלמידים ולהוריהם אין יכולת בחירה של מוסד הלימודים וכיתות הלימוד.

### עקרונות והמלצות לפעולה

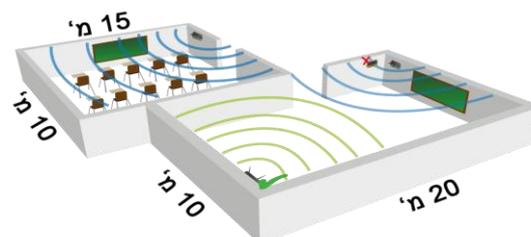
קיימת חובה מוסרית, ערכית ומשפטית של מערכת החינוך והמדינה להגן על בריאות תלמידיה. מחקרים אפידמיולוגיים חלוקים ביניהם לגבי מידת הסיכון הקיימת בחשיפה לקרינה אלקטרומגנטית. הם אף יתקשו להכריע בזמן הקרוב, וייתכן שיכריעו רק כשיצטברו 10-15 שנות חשיפה, כאשר ניתן יהיה לעמוד על תופעות עם זמן חביון או חשיפה ארוכים.

על רקע זה נכון לאמץ את **עקרון הזהירות המונעת** בנושא מערכות מחשב אלחוטיות ולמזער את החשיפה לקרינת Wi-Fi, כפי שאומץ בחוק הקרינה הבלתי מייננת תשס"ו-2006 ובדומה לעקרונות שעליהם התבססו הנחיות משרד הבריאות והמשרד להגנת הסביבה לגבי טלפונים ניידים וטלפונים אלחוטיים. בנוסף, קיימות דרכים בטוחות ליצירת תקשורת בין מחשבים אשר אינן מצריכות חשיפה לקרינת RF. למשל, שימוש בטכנולוגיה קווית על ידי חיבור ישיר לשקע אינטרנט ייעודי.

אימוץ טכנולוגיה קווית על פני אלחוטית ייצר איזון בין הצרכים, התועלות והסכנות הבריאותיות האפשריות מחשיפה לשימוש ב-Wi-Fi ו-WLAN באוכלוסייה בעלת מאפיינים ייחודיים שעליה נכפית חשיפה.

דרכי פעולה מוצעות:

- יש להנחות בצורה עקרונית את מערכת החינוך כי יש להעדיף טכנולוגיות קיימות בטוחות ופשוטות יחסית, כגון חיבור ברשתות קוויות אשר ממוקמות לדוגמה בעמדת המורה או בעמדות תלמידים שצמודות לקיר, ככל שניתן, לעומת הכנסת טכנולוגיית תקשורת מחשבים אלחוטית כגון Wi-Fi ו-WLAN.
- יש להנחות ביצוע בדיקת קרינה בכל בתי הספר בטרם התקנת ציוד התקשורת והמחשבים ולאחריה. יש לבצע את הבדיקה כאשר הציוד מופעל בכל בית הספר.
- במקרים שבהם לא הייתה אפשרות להתקין תקשורת קווית, ולכן הותקנה תקשורת אלחוטית, אם נמצא תלמיד בעל רגישות יתר לקרינת RF - תטפל מערכת החינוך במקרה באופן פרטני.
- בבתי ספר קיימים עבור עמדות שנמצאות באמצע הכיתה - יש להשתמש בחיפוי הכבלים על גבי הרצפה באמצעות תעלות רצפה בעלות חתך עגול רחב מאוד כדי למנוע מעידות, כל עוד אין הפעולה יוצרת בעיה בטיחותית.
- באזורים כדוגמת חדר מורים, ספרייה ואולם הרצאות שבהם קיימת בעיה בטיחותית להתקין רשת קווית, תותקן רשת אלחוטית בהתאם להנחיות ולהמלצות במסמך זה, תוך כדי מזעור רמת הקרינה, ככל שניתן.
- בבתי ספר חדשים, יש להתקין רצפה צפה וכן כבלי תקשורת וחשמל לכל עמדה בכיתה.
- אם בכיתה נעשה שימוש בהתקני קצה בעלי יכולת שידור וקליטה אלחוטית, יש לעשות שימוש במערכות תקשורת אלחוט מנוהלות ולהגדיר כי עוצמת השידור תרד למינימום הנדרש באופן אוטומטי בהתאם לעוצמת המכשירים הפעילים ולצריכת השירותים, וכן שנקודות גישה שאינן בשימוש יכובו אוטומטית על ידי מערכת הבקרה.
- במקרים שבהם בית הספר החליט לעשות שימוש ברשת אלחוטית, יש להקפיד לצייד כל חדר, מסדרון או כיתה בבית הספר בלפחות נתב (Router) אלחוטי אחד, ולא פחות מנתב אחד לכל 150 מ"ר שאינם מופרדים על ידי קירות (ראה תרשים 1 להלן). אם מתקיימים יותר מנתב אחד בחדר, יש להקפיד להתקין אותם באזורים שונים של החדר, כלומר לא סמוכים זה לזה. כמות נקודות הגישה תהיה בהתאם לכיסוי המרחבי, כך שתימצא לא פחות מנקודת גישה אחת לכל 150 מ"ר. כמו כן, ייקבע מספר נקודות הגישה על פי מספר המשתמשים הצפוי, כך שתהיה לא פחות מנקודת גישה אחת לכל 25 משתמשים, גם אם אלו פרוסים על 150 מ"ר או פחות.



תרשים 1: התקנת נתבים בכיתה

9. יש להגדיר תכנית להקניית ידע והתנהגות מושכלת בנושא קרינת רדיו (רשתות אלחוטיות, טלפון אלחוטי וכו') בשימוש הביתי בקרב התלמידים. כדי להגביר את רצינות ההתייחסות לנושא בטיחותי זה, ממליצים לבחון את רמת הידע בקרב התלמידים.

## חשיפה לקרינה בתדר רשת החשמל (ELF)

### רקע

עדויות מדעיות ממגוון רחב של עבודות מדעיות בבני אדם ובחיות מעבדה הצביעו על חשד לסרטן הדם (לויקמיה) בקרב ילדים שנחשפו לקרינה משדות מגנטיים מסוג ELF. בולטים שלושה ניתוחי העל (Meta-analyses) של גרינלנד ושות' מארה"ב (Greenland et al., 2000) ואלבום ושות' משוודיה (Ahlbom et al., 2000) ושל חפץ ושות' מארה"ב שהתפרסם בשנת 2010 (Kheifets et al., 2010). המחקר של גרינלנד שקלל 12 מחקרים ומצא יחס סיכון צולב של 1.68 לחלות בלויקמיה בילדים שנחשפו לשדות מגנטיים הגדולים מ-0.3  $\mu\text{T}$  (3 מיליגאוס) בהשוואה לילדים שנחשפו לשדות קטנים מ-0.1  $\mu\text{T}$ , לאחר תקנון לגיל ומין. אלבום ושות' מצאו יחס סיכון צולב של 2.00 לחלות בלויקמיה בילדים שנחשפו לשדות מגנטיים השווים או הגדולים מ-0.4  $\mu\text{T}$  (4 מיליגאוס) בהשוואה לילדים שנחשפו לשדות קטנים מ-0.4  $\mu\text{T}$ , לאחר שתקנונו לגיל, מין, מעמד חברתי-כלכלי ומגורים במזרח/מערב גרמניה. בניתוח העל העדכני ביותר, זה של חפץ ושות' משנת 2010, שקללו שבעה מחקרים שהתפרסמו לאחר שנת 2000, ונמצא יחס סיכון צולב של 1.44 כשהשוו ילדים עם חשיפה לשדות מגנטיים השווים או הגדולים מ-0.3  $\mu\text{T}$ , לעומת ילדים שנחשפו לשדות קטנים מ-0.1  $\mu\text{T}$ .

לאור תוצאות ניתוחי העל הראשונות, כבר בשנת 2001 הגדירה הסוכנות הבין-לאומית לחקר הסרטן (IARC) את השדות המגנטיים הנוצרים מ-ELF כמסרטן אפשרי (possibly carcinogenic) (ראה פירוט בהערה 5 בעמוד 4). מסקנה זו אוששה על ידי ניתוח העל של חפץ ושות' משנת 2010.

### המצב במוסדות החינוך בישראל

החשיפה ל-ELF במוסדות החינוך בישראל נובעת ממתקני החשמל הבאים: קווי מתח עיליים ותת-קרקעיים העוברים בסמוך למוסדות החינוך, גומחות (פילרים) ושנאים הנמצאים בסמוך למוסדות החינוך, לוחות חשמל ראשיים ומשניים, מעגלי מזגנים תלת-פאזיים ונקודות שבהן קיימת זליגת מתח בין האפס להארקה בתוך מוסדות החינוך.

המשרד להגנת הסביבה מאשר במוסדות חינוך חשיפה של עד 4 מיליגאוס, כאשר מובא בחשבון זמן חשיפה של 8 שעות ביממה לאורך כל השנה. למשרד הבריאות בקליפורניה קיימת תכנית דומה לניטור והפחתת החשיפה במוסדות החינוך, המידע זמין באתר הבא: <http://www.ehib.org/emf>.

מבדיקות המשרד להגנת הסביבה והגופים שבפיקוחו עולה שחשיפות חריגות ל-ELF קיימות באחוז קטן של כיתות לימוד ובאחוז קטן משטח מוסדות החינוך: ב-20% ממוסדות החינוך שנבדקו, לפחות בכיתה אחת הייתה חשיפה מעבר למותר על פי המלצות המשרד. לרוב, מקור החשיפה הוא במתקני החשמל הפנימיים כמו לוחות חשמל ומעגלים לחלוקת חשמל בתוך המבנה.

## עקרונות והמלצות לביצוע

בדומה לנימוקים שהובאו בפרק הקודם על קרינת רדיו, מוסכם כי יש להשתמש בעקרון הזהירות המונעת ולהוריד את חשיפת התלמידים ובאי המוסד החינוכי למינימום האפשרי, תוך כדי מציאת איזון בין רמת הסיכון בחשיפה לבין תועלת המתקן לבין העלות הכלכלית והחברתית של שינוי תשתיות. בהתאם לכך, יש להתייחס באופן שונה להקמת תשתיות חדשות (בהקמה או בתכנון) לעומת שינוי תשתיות קיימות.

דרכי פעולה מוצעות:

1. בהתקנת מערכת חדשה ו/או בתחזוקת מערכת קיימת במוסד חינוכי או בסביבתו, הגוף האחראי על המערכת (חברת החשמל ו/או משרד החינוך - אגף הבינוי) ידאג שהמערכת תותקן ותתוחזק באופן שהקרינה בסביבתה תהיה מזערית על פי הטכנולוגיה העדכנית הזמינה ביותר.

2. ניטור מוסדות קיימים :

א. המשרד להגנת הסביבה פועל באופן שוטף לניטור רמות הקרינה בבתי הספר. הוא מעביר את תוצאות הבדיקות למשרד החינוך.

ב. משרד החינוך יערוך מיפוי של כלל בתי הספר וגני הילדים שבהם קיימות כיתות צמודות ללוח חשמל (בין שהלוח מותקן במעטפת הפנימית ובין שבמעטפת החיצונית של הכיתה) באמצעות מנהלי אגפי החינוך ברשויות המקומיות ובעלויות על מוסדות החינוך. המיפוי ייערך על פי דיווח של אנשי האחזקה במוסדות החינוך. רשימת המוסדות תועבר למשרד להגנת הסביבה לצורך מתן עדיפות לבדיקת רמות הקרינה במוסדות האלו.

ג. המשרד להגנת הסביבה ייתן עדיפות לבדיקות במקומות שבהם ידוע על לוחות חשמל בקירות הצמודים לכיתות לימוד.

3. טיפול במפגע שיימצא :

א. לאחר שתימצא בעיה על ידי המשרד להגנת הסביבה, היא תדווח לאגף הבינוי במשרד החינוך. הדיווח יכלול את תיאור המפגעים, דרכי הטיפול המומלצות לטווח המידי (לרבות המלצה מפורטת על הצורך בהרחקת תלמידים מהמפגע) ודרכי הטיפול לתיקון הבעיה. משרד החינוך יפעל להסדרת הטיפול בטווח המידי וכן להעברת הפניה לבעלות המוסד החינוכי או לחברת חשמל, כדי שאלו יפעלו להסדרה סופית של המפגע.

ב. הבעלות על המוסד החינוכי תזמן חשמלאי של הבעלות על המוסד, חברת חשמל או הרשות המקומית בהתאם למיקום הבעיה ("לפני" או "אחרי" שעות החשמל, בהתאמה). החשמלאי יפתור את הבעיה או על ידי בדיקה ותיקון של הזליגה בין האפס והארקה, שינוי חיווט הלוחות או על ידי הזזת הלוח.

ג. הרשות המקומית או הבעלות על המוסד החינוכי תעדכן את מנהל בית הספר ואת משרד החינוך על הטיפול במפגע.

ד. לאחר סיום הטיפול הנושא ידווח למשרד להגנת הסביבה על ידי משרד החינוך.

ה. המשרד להגנת הסביבה יבצע מדידות חוזרות לאחר תיקון הליקוי.

4. אין לאפשר טעינת התקני קצה, כגון טלפונים ניידים, בכיתה. יש להגדיר אזורים מיוחדים לטעינת מכשירים מחוץ לכיתה, כאשר המרחק בין עמדת הטעינה לעוברים והשבים יעמוד על 3 מטרים לכל הפחות.

5. אם מותקנים מחשבים נייחים בכיתה, על ספק הכוח של המחשב להיות מרוחק לפחות מטר אחד מהתלמידים ומהמורה.

6. יש להגדיר תכנית להקניית ידע והתנהגות מושכלת בנושא קרינה אלקטרומגנטית בשימוש הביתי בקרב התלמידים. כדי להגביר את רצינות ההתייחסות לנושא בטיחותי זה, ממליצים לבחון את רמת הידע בקרב התלמידים.

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2010), סקר הוצאות משק בית

סדצקי, ס. (2011). נייר עמדה בנושא קרינה אלקטרומגנטית בסביבת התלמיד

Ahlbom, A., Day, N., Feychting, M., Roman, E., Skinner, J. et al (2000), *A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukemia*, *Br J Cancer. Sep*;83(5):692-8.

Greenland, S., Sheppard, A.R., Kaune, W.T., Poole, C., Kelsh, M.A. (2000), *A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia*. Childhood Leukemia-EMF Study Group. *Epidemiology* 11:624-34.

INTERPHONE Study Group. (2010). *Brain tumour risk in relation to mobile telephone use: results of the INTERPHONE international case-control study*, *Int J Epidemiol*.

Kheifets, L., Ahlbom, A., Crespi, C.M., Draper, G., Hagihara, J., et al. (2010). *Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukemia*, *Br J Cancer*. 28;103:1128-35.

Kheifets L, Repacholi M, Saunders R, van Deventer E (2005) *The Sensitivity of Children to Electromagnetic Fields*. *Pediatrics* Vol. 116 No. 2 August 1, pp. e303-e313.

Swerdlow, A.J., Feychting, M., Green, A.C., LeekaKheifets, L.K., Savitz, D.A. (2011). *Mobile phones, brain tumors, and the interphone study: where are we now*, *Environ Health Perspect*, 119:1534-8.

Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–102. Accessed on 8/1/12 at the following site: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsGroupOrder.pdf>.

Bio-Initiative Report, 2007, *A Rationale for a biologically-based public exposure standard for electromagnetic fields (ELF and RF)*.

European Parliament Committee on the Environment, Public Health and Food Safety (2010) *Mid-term review of the European Environment and Health Action Plan 2004-2010*.

International Commission for Electromagnetic Safety (ICEMS) (2008) *The Venice Resolution* June 2008.

Swiss Federal Office for the Environment, Reichenbach, A., 2005, *Electrosmog in the Environment*.

WHO, 2008, *Electromagnetic fields, Standards and guidelines*