

מדינת ישראל  
המשרד להגנת הסביבה  
אגף מניעת רעש וקרינה

✉ רח' כנפי נשרים 3, ת"ד 34033, ירושלים 95464 ☎ 02-6495869 📠 02-6495870  
www.sviva.gov.il 🌐

י"ז באלול תשס"ו  
21 בנובמבר 2006  
גרסה 1

## הנחיה 8

### גז ראדון במבנים

#### שאלות ותשובות

#### המטרה

בשש השנים האחרונות, כתוצאה מפרסום כמה מאמרים בעיתונות וחוות דעת מטעם בודקים (שאינן תמיד מקצועיות), התקבל הרושם בציבור שקיימת בעיית ראדון רצינית בממ"דים, והדבר עורר בהלה רבה. מאמרים שכותרתם "ממ"דים במקום סקאדים" משנת 2000 או "לישון עם האויב" משנת 2005, שפורסמו ללא ביקורת מדעית מקצועית, העבירו מידע שגוי ולא מדויק תוך פגיעה באמינות המשרד להגנת הסביבה, ושימשו במה לפרסום של חברות פרטיות. יש לציין שכל הבודקים, שחלקם לצערנו מעבירים מידע שגוי, למדו את הנושא "גז ראדון במבנים" (כולל בממ"ד) באופן מדעי ומקצועי במהלך קורס ההסמכה.

ההסברים שלהלן אמורים לספק מידע לציבור הרחב ותזכורת לחברות המוסמכות לבדיקות ראדון. כדי להבין את הנושא של ראדון בממ"דים, יש להכיר היטב את הנושא הכללי של ראדון במבנים. להלן אוסף שאלות ותשובות בנושא ראדון במבנים ובממ"דים, המבוססות על פניות הציבור למשרד להגנת הסביבה.

#### א. קרינה טבעית

##### 1. מהי "קרינה מייננת" ומהי "קרינה בלתי מייננת"?

קרינה מייננת היא קרינה שהאנרגיה שלה גבוהה מספיק כדי לגרום לשבירת המולקולות לאטומים בודדים ואלקטרונים חופשיים, דהיינו ליון של החומר. שבירת המולקולות האורגניות בגוף האדם עלולה לגרום למחלות, לשינויים גנטיים או לסרטן. ייצור של חלקיקי אלפא (הגרעין של היסוד הליום-4), ביתא (אלקטרון) וגמא (פוטון) מתהליך הדעיכה של יסודות רדיואקטיביים (כמו היסודות הרדיואקטיביים הטבעיים אורניום-238, תוריום-232, אשלגן-40), עם אנרגיה גבוהה מסך היינון, הוא קרינה מייננת.

קרינה היא בלתי מייננת כאשר האנרגיה שלה אינה מספיקה לגרום ליינון החומר. הקרינה של גלי רדיו, טלוויזיה, טלפונים ניידים, קווי מתח גבוה, שנאים, מיקרוגל וכו', המתבצעת על ידי פוטונים (קרינה אלקטרומגנטית), היא בלתי מייננת.

##### 2. מהי "מנת קרינה"?

כשחלקיקי אלפא, ביתא וגמא פוגעים בגוף האדם הם מעבירים את האנרגיה הקינטית שלהם לאיברים השונים: רקמה, ריאות, מעיים וכו'. הנוק הביולוגי תלוי בסוג החלקיק, בכמות האנרגיה האצורה בו ובאיבר הנפגע. מודדים את האפקט הביולוגי של הקרינה באמצעות "מנת הקרינה האפקטיבית" ביחידות של סיוורט.

### 3. מהי "קרינה מייננת טבעית"?

האדם חשוף באופן טבעי לכמה מקורות של קרינה מייננת:

1. הקרינה אלפא, ביתא וגמא של היסודות הרדיואקטיביים הטבעיים, כמו אורניום-238, תוריום-232, אשלגן-40, הנמצאים בקרקע, בחומרי בנייה, באוויר, במים, במזון וכן בגוף האדם.
2. הקרינה הקוסמית המגיעה לכדור הארץ מהשמש ומהחלל. היא כוללת נייטרונים, אלקטרונים, פוטונים, חלקיקים אלמנטריים ויונים כבדים.
3. גז הראדון הנמצא באוויר.

בישראל מנת הקרינה המייננת הטבעית היא כ- 2.4 מיליסיורט/שנה, כאשר חציה נובע מחשיפה לגז ראדון.

### 4. כיצד ניתן למנוע את נזקי הקרינה?

חשיפת האדם לקרינה מייננת גורמת לשני סוגי אפקטים:

1. דטרמיניסטיים (deterministic) – כאשר מנת הקרינה לאדם גבוהה יותר מ- 0.10 סיוורט/שנה אפשר לזהות שינויים ביולוגיים מידיים.
  2. סטוכסטיים (stochastic) - במנת קרינה נמוכה, האופיינית לקרינה הטבעית, לא רואים שינויים ביולוגיים מידיים, אבל קיים סיכון לשינויים גנטיים או לתהליך סרטני המתפתח גם לאחר שנים רבות.
- לפי התקנים לבריאות קרינה, הסיכון הבריאותי יורד כפונקציה של מנת הקרינה, אבל אפילו ברמה הטבעית הנמוכה ביותר קיים סיכון.
- כיוון שבגוף האדם קיימת מערכת חיסונית – המספקת הגנה כנגד נזקי הקרינה ונזקים אחרים – יש חילוקי דעות בין המומחים האם ההערכה התאורטית של הסיכון הבריאותי בתחום הקרינה הנמוכה הטבעית היא אמיתית ומדויקת.
- כדי למנוע את הנזק הפוטנציאלי של הקרינה, יש לפעול לפי העיקרון של "זהירות מונעת", כלומר להקטין את החשיפה של האדם לרמה הכי נמוכה האפשרית, כמובן בתלות בעיקרון של "עלות-תועלת".

### 5. מהו הסיכון הבריאותי בחשיפה לקרינת גמא סביבתית?

האדם נחשף בכל עת לקרינת גמא (פוטונים) מהקרקע ומהחלל (קרינה קוסמית). מקור קרינת גמא מהקרקע הוא מהתפרקות רדיואקטיבית של היסודות מהשרשרות של אורניום-238, תוריום-232 ואשלגן-40. כיוון שהיסודות קיימים בריכוז שונה בכל סוג של סלע, כל סוג קרקע פולט קרינת גמא בעצמה שונה. לפי התקנים של הוועדה הבין-לאומית להגנה מקרינה (International - ICRP Commission for Radiological Protection), הסיכון הבריאותי לאדם הנחשף לקרינת גמא הוא 0.05 למנת קרינה של סיוורט אחד (0.05/Sv).

כל מנה של קרינת גמא ממוצעת מהקרקע או מנה של קרינה מהחלל שווה ל-0.30 מיליסיורט לשנה. לכן, הסיכון הבריאותי יהיה:  $1.5 \cdot 10^{-5}$ . במילים אחרות, צפויים 15 מקרי מוות למיליון כל שנה. אבל, יש לזכור שהחישוב הנ"ל של הסיכון מבוסס על ההנחה (Linear No Threshold) LNT, דהיינו ההנחה שהסיכון המוכר היטב ברמת קרינה גבוהה, יותר מ- 100 מיליסיורט לשנה, שווה לסיכון ברמת הקרינה הנמוכה.

## ב. ראדון – מידע כללי

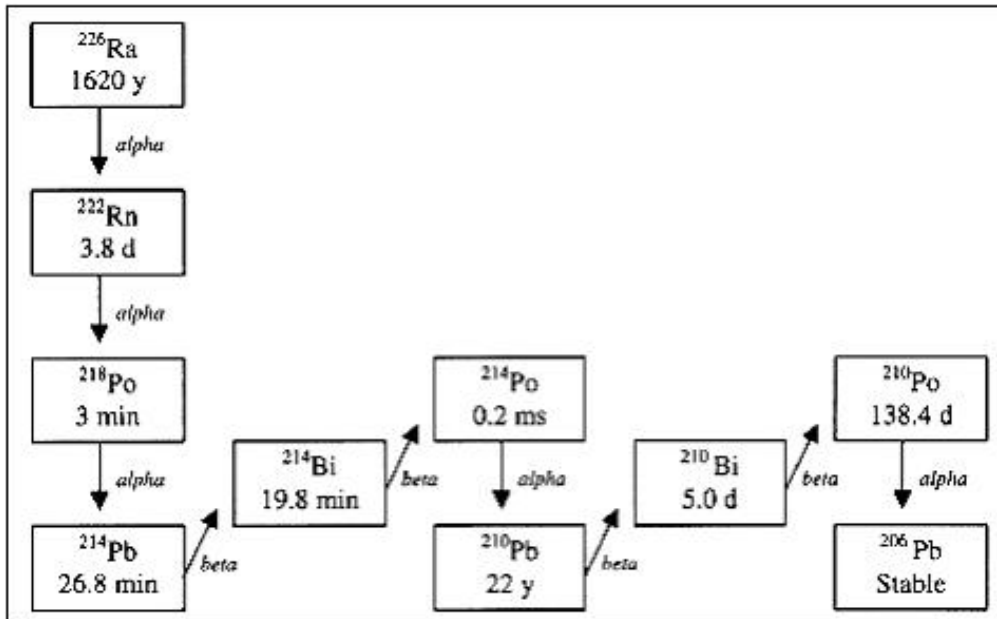
### 6. מהו ראדון?

הראדון הנמדד בבית הוא היסוד ראדון-222 ( $^{222}\text{Rn}$ ), בת של התפרקות רדיואקטיבית של היסוד ראדיום-226 ( $^{226}\text{Ra}$ ). הראדיום הוא אחת הבנות של ההתפרקות הרדיואקטיבית של היסוד אורניום-238 ( $^{238}\text{U}$ ), שקיים בכל סוג של אדמה וכן בחומרי בנייה העשויים מאדמה כמו מלט, בטון, בלוקי בנייה, ריצוף, קרמיקה וכו'.

הראדיום שבתוך הקרקע או בחומר הבנייה מתפרק ומייצר ראדון. הראדון הוא גז אציל, ללא טעם, ריח או צבע. בגלל היותו אציל מבחינת כימית, הוא אינו מתרכב עם יסודות אחרים. לכן הראדון חודר בקלות דרך הקרקע ודרך הנקבוביות של חומרי הבנייה ומתפזר באוויר. כתוצאה מכך, באוויר הפתוח ובכל מבנה קיים ריכוז מסוים של ראדון. ריכוז הראדון הממוצע באוויר הפתוח הוא 5-20 בקרל/מ"ק, בחדר צמוד קרקע - 47 בקרל/מ"ק (לפי סקר ראדון בישראל) ו-20-30 בקרל/מ"ק בקומות העליונות.

אפשר לגלות את הראדון ולמדוד את ריכוזו רק באמצעות גלאים מיוחדים. יחידת המידה בקרל (Bequerel) היא היחידה למדידת האקטיביות של חומר רדיואקטיבי, כאשר בקרל אחד שווה להתפרקות אחת לשנייה. מחצית החיים של הראדון היא 3.8 ימים, כלומר כאשר סוגרים מספר מסוים של אטומי ראדון במכל, מספר זה ירד לחצי אחרי 3.8 ימים.

הבנות קצרות החיים של הראדון (תרשים 1) הן: פולוניום-218 ( $^{218}\text{Po}$ ), עופרת-214 ( $^{214}\text{Pb}$ ), ביסמוט-214 ( $^{214}\text{Bi}$ ) ופולוניום-214 ( $^{214}\text{Po}$ ), וגם הן רדיואקטיביות ופולטות קרינת אלפא, ביתא וגמא.



תרשים 1. השרשרת של ההתפרקות הרדיואקטיבית של ראדיום-226. הזמנים מציינים את מחצית החיים של היסוד. כמו כן מצוינת שיטת התפרקותו (אלפא או ביתא).

### 7. מהי אקטיביות?

אקטיביות פירושה קצב ההתפרקות הרדיואקטיבית של חומר מסוים. היא נמדדת ביחידות של בקרל (Bequerel).

## 8. מהו ריכוז ראדון

כיוון שמקור הראדון מן הקרקע, כמה אטומי ראדון תמיד קיימים באוויר. בכל שנייה חלק מהם מתפרקים באופן ספונטני. ריכוז אקטיביות הראדון (בקיזור – ריכוז הראדון) מוגדר כמספר ההתפרקות המתבצעות בנפח של מטר מעוקב (קוב), בכל שנייה. לדוגמה, אם במטר מעוקב של אוויר מתפרקים 100 אטומי ראדון בכל שנייה, ריכוז הראדון יהיה 100 בקרל/מ"ק.

## 9. מהי הסכנה הבריאותית בחשיפה לראדון?

כאשר גז ראדון מתפרק באוויר, הבנות שלו יכולות להיכנס לדרכי הנשימה ולריאות. שם הן מתפרקות וגורמות לחשיפה רדיואקטיבית של רקמת הריאות, במיוחד לקרינת אלפא. מסקרים אפידמיולוגיים שנערכו אצל עובדי מכרות ידוע שחשיפה ממושכת לריכוז גבוה של ראדון גרמה לעלייה במקרי סרטן הריאות.

ריכוז הראדון בקרקע הוא גבוה וחדירתו למבנים, דרך תשתית פתוחה לקרקע, יכולה לגרום לריכוז ראדון גבוה ומסוכן במבנים. המקור השני לראדון במבנים הוא פליטתו מחומרי הבנייה. בגלל הסיכון הבריאותי, בכל המדינות המתקדמות קיימת חקיקה הקובעת את ריכוזי הראדון המרביים במבנים.

## 10. איזו אוכלוסייה חשופה לפגיעה מראדון?

האקדמיה למדעים בארצות הברית (National Academy of Science) NAS מינתה את ועדת BEIR (Biological Effects of Ionizing Radiation) לבצע הערכות סיכונים בנוגע לחשיפת האדם לראדון. הסוכנות להגנת הסביבה (Environmental Protection Agency) EPA בארצות הברית פיתחה מודל תאורטי לחשיפת האדם לראדון בהתאם למודלים של ועדת BEIR. לפי מודל זה, הסיכון של אדם למות מסרטן ריאות בגלל חשיפתו לראדון גדל באופן פרופורציונלי למנת הקרינה שהוא סופג. לכן, אין ריכוז ראדון שנחשב בטוח, אפילו לא באוויר הפתוח.

במדינות המתקדמות, לצורך הגנת הציבור והעובדים מפני ראדון, משתמשים בתקנים של הוועדה הבין-לאומית להגנה מקרינה ICRP. בנוגע לראדון, ICRP ממליצה לאמץ את הערכת הסיכונים של ועדת BEIR. בארץ, הוועדה המקצועית-תורתית לבטיחות קרינה בישראל המליצה למשרד להגנת הסביבה לאמץ את התקן ICRP-65.

לפי תקן ICRP-65 הסיכון למות מסרטן ריאות בגלל ראדון הוא 0.0003 לכל חשיפה ל"רמת עבודה לחודש" (Working Level Month) WLM. אחד שווה לאנרגיה של קרינת אלפא מהתפרקות מלאה של ראדון בריכוז של 3,700 בקרל/מ"ק כפול 170 שעות. בנספח א' ניתן לראות כיצד לחשב את הסיכון, כפונקציה של ריכוז הראדון.

הראדון הוא אחד הגורמים לסרטן הריאות, כאשר הגורם הראשי הוא העישון. הסינרגיה בין עישון וראדון, כלומר העישון באוויר עם ריכוז ראדון מסוים, מגדילה באופן משמעותי את הסיכון.

במקרה של חשיפה לראדון, יש לציין שעדיין לא קיימת דיאגנוסטיקה קלינית מיוחדת המאפשרת לזהות את ה"חתימה" הספציפית של הראדון בסרטן, ולהוכיח באופן חד-משמעי שהגורם של הסרטן היה ראדון בלבד. לכן, הערכה של הסיכון הבריאותי הנ"ל אינה מבוססת על מקרי סרטן שזוהו כנגרמים מראדון בלבד, אלא בעלייה בשכיחות מקרי מוות מסרטן ריאות אצל עובדי מכרות שנחשפו לראדון, יחסית למספר המקרים של סרטן זה באוכלוסייה.

לצורך בטיחות קרינה ולמען זהירות מונעת, מביאים בחשבון את הסיכון הבריאותי בחשיפה לראדון במכרות וגם לחשיפות הרבה יותר נמוכות במבנים.

## 11. כיצד מחשבים את הסיכון הבריאותי הנובע מחשיפה לראדון במבני מגורים?

לפי המודל של ICRP (ראו נספח א') מחשבים את הסיכון לפי הנוסחה:  $1.3 \cdot 10^{-6} C(\text{Bq}/\text{m}^3)$

**12. כיצד מחשבים את הסיכון הבריאותי הנובע מחשיפה לראדון במקומות העבודה?**

לפי המודל של ICRP (ראו נספח א') מחשבים את הסיכון לפי הנוסחה:  $4.8 \cdot 10^{-6} C(Bq/m^3)$ .

**13. מהי מנת הקרינה מראדון?**

גז הראדון גורם לחשיפת הריאות לקרינה דרך קרינת אלפא. מנת הקרינה פרופורציונלית לריכוז הראדון, לגורם שיווי המשקל של בנות הראדון באוויר ולזמן החשיפה (ראו נספח א'). לדוגמה, מנת הקרינה השנתית בישראל היא:

1. 0.33 מיליסיורט, באוויר פתוח עם ריכוז של 6 בקרל/מ"ק

2. 0.82 מיליסיורט, במגורים עם ריכוז ממוצע של 47 בקרל/מ"ק בחדר צמוד קרקע

3. 3.5 מיליסיורט, במגורים עם הריכוז המרבי המותר של 200 בקרל/מ"ק

**14. מהי "רמת הפעולה"?**

בכל סוג של קרקע קיים היסוד הרדיואקטיבי אורניום-238 עם זמן מחצית חיים של 4.5 מיליארד שנה, כלומר דומה לזמן הקיום של כדור הארץ. הקרקע מייצרת גז ראדון באופן טבעי והוא נפלט לאטמוספירה. עקב כך, אין אפשרות להקטין את ריכוזו לאפס ולהוריד את הסיכון הבריאותי לאפס. במבנים, כיוון שסוגרים אותם, ריכוז הראדון הנו גבוה יותר מאשר באוויר הפתוח. לכן, כדי למנוע חשיפות גבוהות לראדון יש לקבוע את הרמה המרבית של ריכוזו במבנים, וכך לצמצם את הסיכון הבריאותי. ריכוז זה נקרא "רמת הפעולה", ומעל רמה זו יש לבצע פעולות להקטנת ריכוז הראדון.

למעשה, רמת הפעולה היא ריכוז הראדון המרבי שאושר על ידי המוסד המוסמך במדינה, בהתאם לחישוב של "עלות-תועלת" בחברה. כלומר, מקטינים את רמת הפעולה (ויחד אתה את הסיכון הבריאותי), עד שהעלות לחברה לפעולה זו לא תצדיק את התועלת. אם כדי להבטיח רמת פעולה נמוכה יותר עלות הבנייה תהיה כה גבוהה כך שתמנע את המימון הנדרש למערכת הבריאות, אזי גרום הדבר ליותר מקרי מוות ממחלות אחרות.

לפי תקן ICRP-65 מומלץ לקבוע את רמת הפעולה בין 200-600 בקרל/מ"ק. במדינת ישראל נקבע, על ידי המשרד להגנת הסביבה, ערך מרבי של 200 בקרל/מ"ק, כמו בכל המדינות המתקדמות.

**15. מהי רמת הפעולה להפחתת ריכוז ראדון בישראל?**

המשרד להגנת הסביבה קבע שרמת הפעולה בישראל (ריכוז הראדון המרבי המותר במבני מגורים) תהיה הערך המזערי המומלץ על ידי ה-ICRP, דהיינו 200 בקרל/מ"ק, שנמדד בתנאי מחיה רגילים בטווח זמנים ארוך של שלושה חודשים לפחות. לכן, יש להקטין כל ריכוז העולה מעל לרמת פעולה זו.

## **ג. ראדון בחומרי בנייה**

**16. האם קיים ראדון בחומרי בנייה ולמה?**

כל חומרי הבנייה הבסיסיים (בלוקים לבנייה, בטון, ריצוף, קרמיקה וכו') מכילים אדמה. בכל סוג של קרקע קיימים היסודות הרדיואקטיביים הטבעיים: אורניום-238, אורניום-235, תוריום-232 ואשלגן-40, יחד עם בנות התפרקותם. כל חומר בנייה מכיל את כל היסודות האלה.

גז הראדון (ראדון-222) הוא בת של ראדיום-226, השייך לשרשרת דעיכה של אורניום-238. זמן מחצית החיים של אורניום-238 הוא ארבעה מיליארדי שנים. לכן, כל חומר בנייה יפלוט תמיד ראדון.

### 17. האם קיימים מחקרים על פליטת ראדון מחומרי בנייה?

במשך כ-40 שנה בוצעו מחקרים וסקרים רבים בעולם ובארץ, והתופעה של פליטת ראדון מחומרי בנייה מוכרת היטב. בארץ מבצעים מחקרים ובדיקות יומיומיות במשרד להגנת הסביבה, בטכניון, במרכז גרעיני נחל שורק, באוניברסיטת תל אביב, ובמעבדות המוסמכות, על ידי שיטות בדיקה מוכרות.

### 18. האם קיים תקן לפליטה מרבית של ראדון מחומרי בנייה בארץ?

משנת 2002 קיים תקן ישראלי 5098 שמגביל את החשיפה של האדם בביתו לקרינה של חומרי בנייה: קרינת גמא מהקירות וקרינת ראדון. התקן מגביל את מנת הקרינה ל-0.45 מיליסיורט לשנה על ידי הגבלה על ריכוז החומרים הרדיואקטיביים הטבעיים (ראדיום-226, תוריום-232 ואשלגן-40) בחומרי בנייה. מנה זו היא הרבה יותר קטנה יחסית למנת הקרינה של 2.4 מיליסיורט לשנה שמקבלים מהטבע: קרינה מהקרע, קרינה קוסמית, מראדון, ממזון וכו'. לכן, ריכוז הראדון במבנים מחומרי בנייה, בתנאים של אוורור רגיל (לפחות 0.5 תחלופות אוויר לשעה), הנו מוגבל לפחות מ-10-15 בקרל/מ"ק.

### 19. מהן הנקובויות של חומר הבנייה?

בתוך המסה של כל אבן, חומר בנייה או קרקע קיים נפח ריק, מלא אוויר. הפרמטר "נקבוביות" מודד את היחס בין הנפח הריק והנפח הכללי של החומר. לדוגמה, הנקבוביות של הקרקע הן 5% - 30%, והנקבוביות של הבטון הרגיל הן כ-5%.

### 20. מהי "אמנציה" ומהי "אקסהלציה" של הראדון?

כיוון שבכל אבן קיימת כמות מסוימת של ראדיום-226, כל אבן פולטת ראדון. חלק מהראדון נשאר כלוא בתוך האבן וחלק משתחרר לתוך הנקבוביות ויכול לצאת לאוויר הפתוח. הפרמטר "אמנציה" (emanation) מודד את היחס שבין כמות הראדון הנפלטת לאוויר וכלל הראדון המיוצר באבן, בכל שנייה. לדוגמה, האמנציה של הבטון היא כ-0.05, דהיינו פקטור 95% מהראדון הנוצר בבטון נשאר בתוך הבטון ורק 5% שוחררו ממנו.

קצב האקסהלציה (exhalation rate) הוא השטף (flux) של אטומי ראדון הנפלטים משטח האבן, והוא נמדד ביחידות של בקרל/מ"ר/שעה. ערכים אופייניים של האקסהלציה מהקרקע הם 20-200 בקרל/מ"ר/שעה, ומבטון 5-10 בקרל/מ"ר/שעה.

### 21. מהו קצב פליטת הראדון מהקירות?

לפי המחקרים שבוצעו, הקצב המרבי של פליטת הראדון בבטון ישראלי מסיבי בעובי של 20 ס"מ (כמו בממ"ד) הוא כ-5 בקרל/מ"ר/שעה. כלומר, משטח של מטר רבוע אחד של קיר ובמשך זמן של שעה אחת, מתפרקים רק חמישה אטומים.

פליטת ראדון מקיר רגיל הבנוי מבלוקים לבנייה (עם חורים), מאושרים לפי תקן ישראלי 5098, היא קטנה פי חמישה, דהיינו כ-1 בקרל/מ"ר/שעה, בגלל המסה הנפחית הקטנה יותר של הקיר.

טיוח וצביעה של הקירות מקטינים את הפליטה.

### 22. מהו ריכוז הראדון בתוך הנקבוביות של הבטון?

ריכוז הראדיום בבטון הישראלי הוא כ-30 בקרל/ק"ג. צפיפות הבטון היא כ-2,300 ק"ג/מ"ק. לכן, ריכוז הראדון הוא 69,000 בקרל/מ"ק. אם האמנציה של החומר היא 0.05, המשמעות היא

שרק פקטור 0.05 מכל הראדון הנוצר בחומר נפלט לנפח הנקבוביות. אם הנקבוביות של החומר היא 0.05, המשמעות היא שרק פקטור 0.05 מנפח החומר הנו ריק. לכן, ריכוז הראדון בתוך הנקבוביות יהיה גם 69,000 בקרל/מ"ק. ריכוז גבוה זה דומה לריכוז הקיים בקרקע.

### 23. מהו ריכוז הראדון בתוך חדר הבנוי בטון?

בגלל מחצית החיים הארוכה של הראדון (3.8 ימים), כמעט כל הראדון הנפלט מהבטון לנפח הנקבוביות שלו מוצא את דרכו החוצה לנפח החדר. בגלל היחס הענק בין נפח הנקבוביות בבטון ונפח החדר, ריכוז הראדון בחדר יהיה הרבה יותר קטן. תהליך זה נקרא "דילול". כדי למדוד את ריכוז הראדון המרבי בחדר, האפשרי בגלל פליטתו מהקירות, יש לסגור את החדר באופן הרמטי. לדוגמה, בחדר בנוי בטון מסיבי סגור הרמטית (ממ"ד) ריכוז הראדון במצב רוויה יהיה כ- 1,500 בקרל/מ"ק.

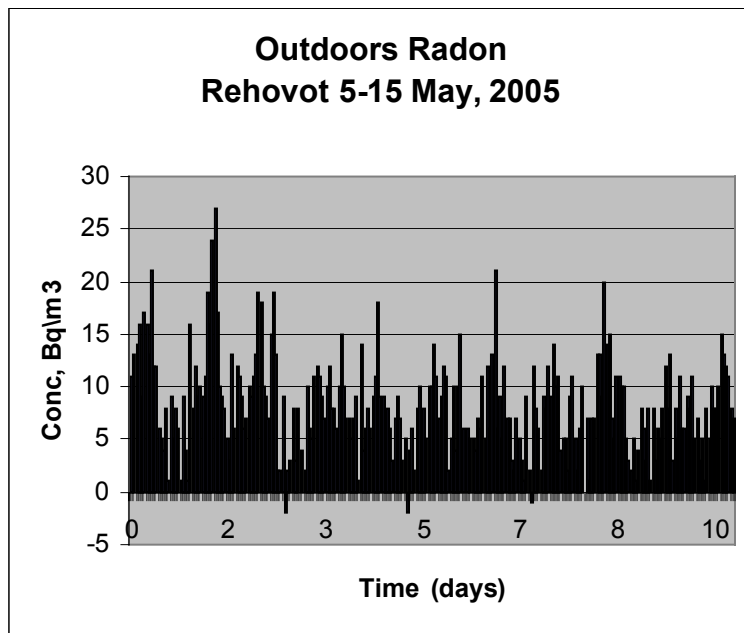
אחרי סגירה הרמטית של החדר, ריכוז הראדון לא עולה לערך המרבי מיד אלא לאט מאוד - בתוך 17 ימים. לכן אין סכנה שאדם יהיה חשוף לריכוז זה. בתנאים של אוורור רגיל, הקיים בכל חדר מגורים, ריכוז הראדון הממוצע יהיה כ-50 בקרל/מ"ק. כלומר, הרבה יותר נמוך יחסית לריכוז המותר של 200 בקרל/מ"ק.

### ד. ראדון באוויר הפתוח, בקרקע ובמבנים

#### 24. מהו ריכוז הראדון באוויר הפתוח?

כיוון שבכל סוג אדמה קיים מספר קטן של כמה חלקים למיליון (parts per million) PPM אורניום-238, ומחצית החיים שלו היא 4.5 מיליארד שנים, האדמה פלטה, פולטת ותפלוט תמיד כמות אדירה של ראדון. למרות זאת, בגלל הנפח הענק של האטמוספירה, ריכוז הראדון באוויר הפתוח נמוך יחסית (דוגמה בתרשים 2). בגלל שינויים בתנאים האטמוספריים, הריכוז עולה בלילה ויורד במשך היום. הוא גם משתנה מאזור לאזור. ממוצע הראדון בדוגמה הוא 8 בקרל/מ"ק.

לפי המדידות נראה שריכוז הראדון הממוצע באוויר הפתוח בישראל הוא בין 5-10 בקרל/מ"ק.

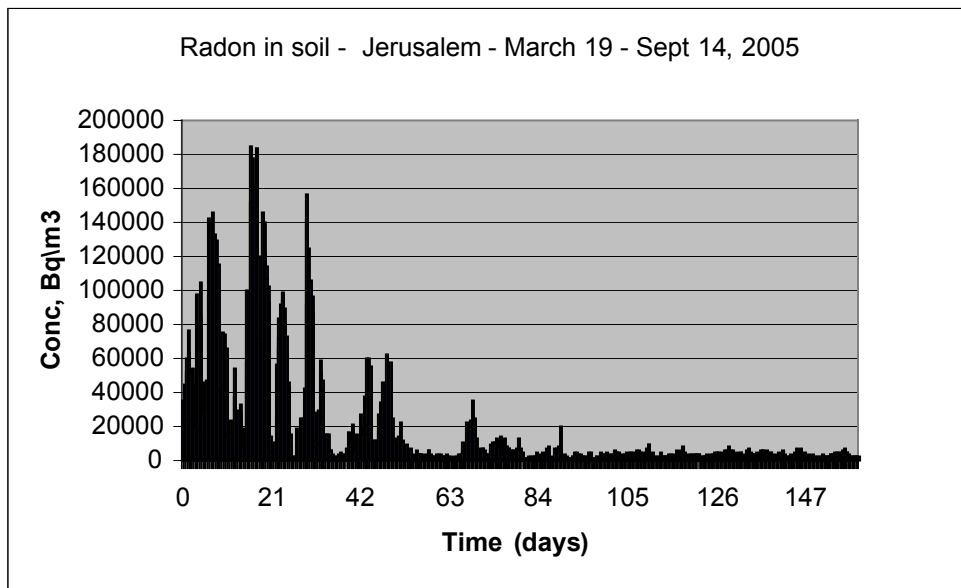


תרשים 2. ריכוז הראדון נמדד באוויר הפתוח בגובה 2 מ' מהקרקע, ברחובות, בין 5-16 במאי 2005

## 25. מהו ריכוז הראדון בתוך הקרקע?

בכל סוג של קרקע קיים אורניום-238, ראדיום-226 וראדון-222. ריכוז הראדון תלוי בריכוז הראדיום, בחדירות הקרקע לגזים ובמזג האוויר. החסימה הטבעית של פני הקרקע עקב גשם, שלג או עלייה של לחץ האטמוספרי גורמת להצטברות הראדון בקרקע ולעליית ריכוזו. כמובן, ריכוז הראדון בקרקע הנו פרופורציונלי לריכוז האב שלו, הראדיום. הוא תלוי בלחות הקרקע ובלחץ האוויר, ובדרך כלל הוא גבוה יותר בחורף מאשר בקיץ.

בארץ, ריכוז הראדון הממוצע במשך השנה משתנה מכמה אלפי בקרל/מ"ק בקרקע החולית על יד הים עד לכמה מאות אלפי בקרל/מ"ק בקרקעות עשירות בראדיום, לדוגמה בשכבת סלע פוספטית מסוג "חבורת הר הצופים", הנמצאת באזורים מסוימים במדבר יהודה או בנגב (דוגמה בתרשים 3).



תרשים 3. ריכוז הראדון נמדד בקרקע בעומק של 1 מ' במערב ירושלים בין 19 במרס – 14 בספטמבר 2005. ריכוז הראדון גבוה הרבה יותר בחורף מאשר בקיץ.

## 26. האם אפשר להקטין את חדירת הראדון מהקרקע למבנים?

כמות הראדון שיכולה לחדור מהקרקע למבנה תלויה בריכוז הראדון בקרקע, חדירות הקרקע ושיטת הבנייה. בדרך כלל הסיבה העיקרית לחדירת ראדון היא פתחים במבנה: סדקים, כניסה של צינורות מים, ביוב, כבלי חשמל וכו', שאפשר לסתום אותם בקלות. אם ריכוז הראדון בקרקע גבוה, החדירה שלו דרך תשתית המבנה (החיבורים שבין הרצפה והקירות) יכולה להיות משמעותית. במקרה זה יש לנקוט בשיטות הגנה לפני הבנייה וגם אחריה.

## 27. מהם מקורות הראדון במבנים?

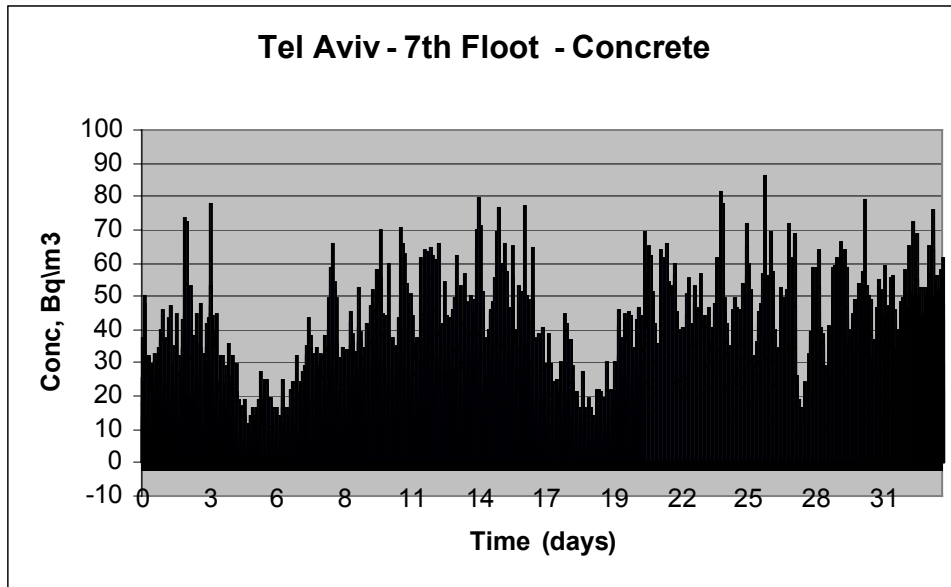
המקור הראשי הוא חדירת ראדון מהקרקע, שיכול לגרום לריכוז גבוה, בעיקר במרתפים וחדרים צמודי קרקע. המקור השני, החלש בהרבה, הוא אמנציה מחומרי בנייה. ריכוז הראדון במבנים הנו פרופורציונלי לעצמת המקור, והפוך פרופורציונלי לקצב האוורור של המבנה. כיוון שכל חומר בנייה המכיל אדמה פולט ראדון, ורמת האוורור במבנים יכולה להיות מוגבלת, ריכוז הראדון במבנים בדרך כלל גבוה יחסית לריכוזו באוויר הפתוח.

## 28. מהו ריכוז הראדון האופייני במבנים הנגרם עקב פליטתו מחומרי הבנייה?

כדי לענות על שאלה זו יש למדוד את ריכוז הראדון בקומות העליונות, שאליהן לא מגיע ראדון מהקרקע (תרשים 4 מראה ניטור של ריכוז הראדון בבניין בנוי בטון מסיבי, בקומה השביעית, במשך חודש ימים). אפשר לראות בתרשים שינויים בריכוז שבין היום ללילה, וגם שינויים בין



הימים עקב שינויים במזג האוויר. ריכוז הראדון הממוצע באחד החדרים בבניין היה 25 בקרל/מ"ק. ריכוז הראדון הנמדד מחוץ לבניין היה 12 בקרל/מ"ק. לכן, ריכוז הראדון הממוצע הנפלט מחומר הבנייה הוא רק 13 בקרל/מ"ק.



תרשים 4. ריכוז הראדון נמדד בבניין הבנוי בטון מסיבי, בקומה השביעית, בתנאים רגילים, ב-23 באוקטובר–25 בנובמבר 2003.

### 29. האם ריכוז הראדון בחדר הוא קבוע?

האמנציה של ראדון מהקיר היא מקור עם עצמה די קבועה. שינויים קטנים אפשריים בגלל שינויים בפרמטרים הסביבתיים (לחות, טמפרטורה ולחץ אטמוספרי). הפרמטר הדומיננטי הנו קצב תחלופת האוויר. כשקצב האוורור קטן, ריכוז הראדון גדל, וההפך (ראו תרשים 4 והמודל הפיסיקלי בנספח ב'). עקב השינויים האלה, המדידה הנכונה של ריכוז הראדון היא בטווח ארוך, לפחות שלושה חודשים.

### 30. האם הרצפה פולטת פחות ראדון או יותר בהשוואה לפליטה מהקירות?

הרצפה בנויה בטון מסיבי (או בלוקים), שכבת חול וריצוף. הפליטה מהחול (בדרך כלל חול ים) היא אפסית. הריצוף סותם את מרבית הפליטה מהחול ומהבטון. הפליטה מריצוף רגיל (קרמיקה) היא נמוכה יחסית לפליטה מקיר רגיל הבנוי בלוקים או בטון. ריצוף גרניט (תלוי בסוג הגרניט ובעובי) יכול לפלוט יותר ראדון, כמו קיר בטון מסיבי.

### 31. האם הוספת אפר פחם לבטון מגדילה את פליטת הראדון?

תקן 5098 מגביל את תכולת הרדיונוקלידים הטבעיים בקירות. הסיבה העיקרית להכנת תקן 5098 היא הבקשה של התעשייה להוסיף כמות קטנה (כ-10%) של אפר פחם למלט ולבטון, כמו בארצות אחרות. אף על פי שאפר הפחם מגדיל את ריכוז הראדיום בבטון, הפליטה של הראדון קטנה. הסיבה היא שאפר הפחם, המיוצר בטמפרטורה של 2,000 – 3,000 מעלות צלסיוס, מקבל סטרורקטורה מיקרוסקופית קשה, בדומה לזכוכית, שמונעת את בריחת אטומי הראדון מגרגרי האפר.

### 32. מהו ריכוז הראדון בחדר, הנובע מפליטה מחומרי הבנייה?

כשאטומי הראדון יוצאים מהנפח המיקרוסקופי של הנקבוביות בקיר הם מתפזרים בנפח הענק של החדר. ריכוז הראדון בתוך הקיר הנו גבוה, בדומה לקרקע, אבל הוא קטן באופן משמעותי באוויר. באמצעות ההתנגשויות עם המולקולות של האוויר (תהליך הדיפוזיה), הם ממלאים את

כל הנפח שעומד לרשותם, כלומר את כל החדר. חלק מהאטומים מתפרקים באוויר וחלקם יוצאים מהחדר בגלל תחלופת אוויר.

התהליך שקובע את ריכוז הראדון בחדר הוא הרווייה בין קצב הייצור (קצב אקסהלציה מהקירות, הרצפה והתקרה כפול השטח הפולט) וקצב האיבוד (הסכום בין קצב ההתפרקות וקצב תחלופת האוויר בחדר). כיוון שמחצית החיים של הראדון היא די ארוכה (3.8 ימים), קצב ההתפרקות הנו מהיר מאוד (0.00755 לשעה). קצב האוורור, אפילו בתנאים של דלת וחלון סגורים, הנו הרבה יותר גדול, כ- 0.1 לשעה. לכן, האוורור הוא הגורם העיקרי להורדת ריכוז הראדון בחדר.

המודל הפיסיקלי בנספח ב' עונה על שאלה זו באופן מדויק. כעיקרון, ריכוז הראדון פרופורציונלי לקצב האקסהלציה, והפוך פרופורציונלי לקצב תחלופת האוויר. כיוון שקצב האקסהלציה הוא קבוע, ריכוז הראדון יקטן כאשר קצב תחלופת האוויר יגדל.

## ה. הראדון בחדר ממ"ד

### 33. מה זה ממ"ד?

הממ"ד – מתקן מוגן דו-שימושי – הוא חדר שנבנה בכל דירה ובית בישראל אחרי מלחמת המפרץ ב-1992. הממ"ד נועד להגנה מיידית מפני התקפות מהאוויר: הפצצות, רסיסים ובמיוחד גזים רעילים.

הקירות, הרצפה והתקרה בממ"דים בנויים בטון מסיבי בעובי 20-24 ס"מ, והצפיפות הסטנדרטית של הבטון היא 2,350 ק"ג/מ"ק.

האיטום בדלת ובחלון מאפשר לסגור את הממ"ד באופן הרמטי כדי למנוע חדירת גזים בזמן התקפה.

קצב הנשימה של האדם הוא כ- 1 ליטר אוויר לשנייה, דהיינו כ- 3.6 מ"ק אוויר לשעה. קצב הנשימה של משפחה בת ארבע נפשות הוא כ- 14 מ"ק אוויר לשעה. הנפח של הממ"ד, כ- 30 מ"ק, אינו מספק אוויר טרי בכמות הנדרשת לנשימה במשך זמן רב.

בממ"ד סגור, בנוסף לצמצום החמצן באוויר, כתוצאה מהנשימה מצטברים CO<sub>2</sub> ולחות. עקב כך, זמן שהייה של אדם בממ"ד מוגבל לכשש שעות, בהתאם להוראות של פיקוד העורף.

החלון של הממ"ד נסגר באופן הרמטי. את דלת הממ"ד אפשר לסגור בשני מצבים:

1. נעולה – סגורה הרמטית עם תחלופת אוויר אפסית.

2. ללא נעילה - סגורה, אבל לא הרמטית. מצב זה מאפשר תחלופת אוויר נמוכה בממ"ד, פחות מאשר בחדר רגיל סגור.

בנוסף לממ"ד, קיימים כמה סוגים של חדרים מוגנים עם סגירה הרמטית: מתקן מוגן קומתי (ממ"ק) ומקלטים.

לסיכום: אפשר להשתמש בממ"ד כחדר לכל דבר, כאשר הדלת ו/או החלון פתוחים. רק במצב של מלחמה, במקרה של התקפת גזים, יש לשבת בממ"ד כשהפתחים סגורים.

### 34. מדוע ריכוז הראדון בממ"ד סגור הנו כה גבוה?

התשובה היא פשוטה מאוד: בעיקר בגלל חוסר אוורור. בממ"ד סגור הרמטית ההפסד היחיד של הראדון הנו עקב ההתפרקות הרדיואקטיבית. כפי שניתן לראות מהמודל הפיסיקלי שבנספח ב', ריכוז הראדון המרבי בחדר סגור הרמטית יגדל בפקטור  $0.1 / 0.00755 = 13$  יחסית לריכוז בחדר רגיל סגור עם 0.1 תחלופות אוויר לשעה.

## גז ראדון במבנים, שאלות ותשובות - המשרד להגנת הסביבה

בנוסף לאפקט האורור, קצב האקסהלציה של הראדון מהבטון המסיבי של הממ"ד גבוה פי חמישה יחסית לקיר רגיל בנוי בלוקים.

לכן, היחס בין ריכוז הראדון המרבי בממ"ד סגור הרמטית ובחדר רגיל סגור, במצב של שיווי משקל, יהיה גדול מאוד: כ-  $13 \cdot 5 = 65$ .

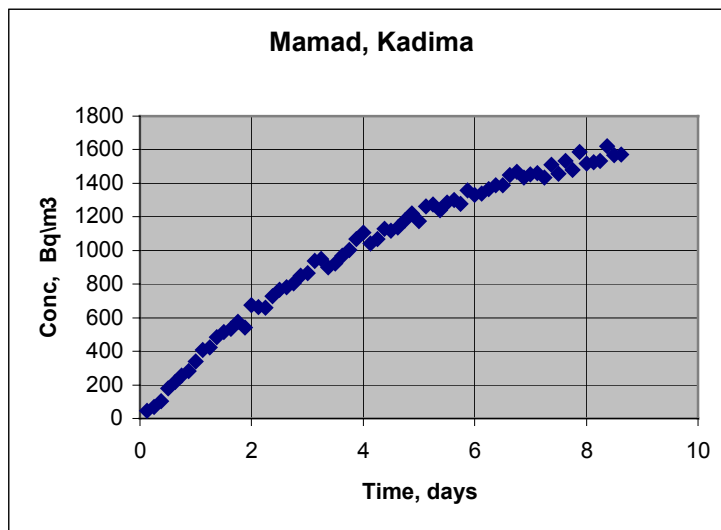
בנוסף, כשקצב איבוד הראדון בחדר סגור הוא קטן, כיוון שקצב תחלופת האוויר קטן יותר, משך הזמן הדרוש כדי להגיע לריכוז מרבי גדל. לדוגמה, כדי להגיע ל- 95% מהערך המרבי, יידרוש 12 שעות בקצב תחלופת אוויר של 0.25 לשעה, ו- 17 ימים במצב של אפס תחלופת אוויר, כלומר סגירה הרמטית (ראו נספח ב').

### 35. מהו משך הזמן הדרוש להתייצבות ריכוז הראדון בממ"ד ובחדר רגיל?

אחרי שסוגרים את הממ"ד באופן הרמטי, ריכוז הראדון מתחיל לעלות. קצב האקסהלציה מהקירות הוא הרבה יותר גבוה יחסית לקצב ההתפרקות הרדיואקטיבי. ריכוז הראדון ממשיך לעלות כ- 13 ימים עד שהוא מגיע ל- 90% מערך הרוויה. בחדר עם סגירה רגילה וקצב אורור של 0.1 לשעה, בגלל הפסד הראדון דרך האורור, ריכוז הראדון מתייצב הרבה יותר מהר – כבר אחרי 23 שעות (תרשים 5 מראה את העלייה של ריכוז הראדון בממ"ד במשך תשעה ימים. ראו את המודל הפיסיקלי בנספח ב').

לסיכום:

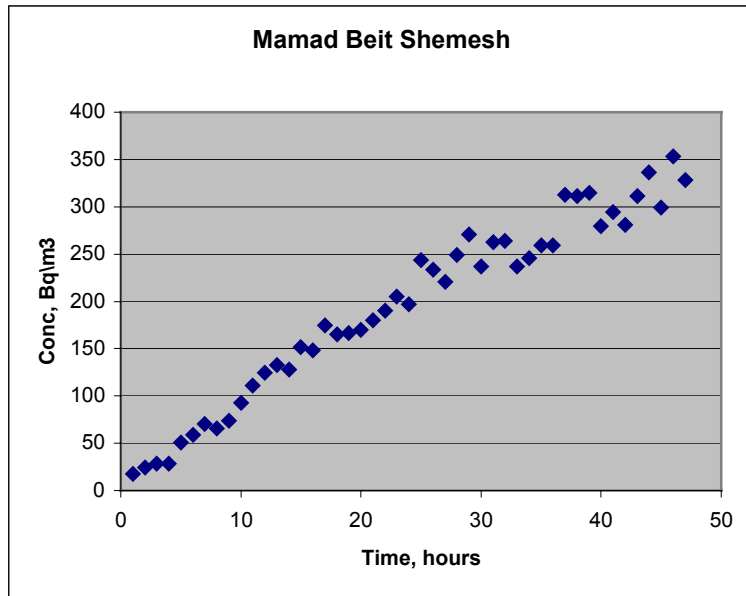
1. בממ"ד: כיוון שלא קיים אורור, ריכוז הראדון מתייצב לאט ועולה לרמה גבוהה.
2. בחדר רגיל: בגלל האורור, ריכוז הראדון מתייצב מהר ונשאר ברמה נמוכה.



תרשים 5. ריכוז הראדון נמדד בממ"ד צמוד קרקע סגור הרמטית במשך תשעה ימים.

### 36. לאיזה ריכוז ראדון נחשף אדם כאשר הוא סגור בתוך ממ"ד?

כפי שהוסבר לעיל, לפי ההוראות של פיקוד העורף אין להישאר בממ"ד יותר משש שעות, לא בגלל רמת הראדון אלא עקב סכנת חנק (תרשים 6 מראה את ריכוז הראדון שנמדד בממ"ד סגור במשך יומיים). אחרי שש שעות, ריכוז הראדון מגיע ל- 60 בקרל/מ"ק, ורק אחרי 24 שעות הוא מגיע לרמת פעולה של 200 בקרל/מ"ק. לכן, ריכוז הראדון בממ"ד סגור, במשך זמן שהייה המותר לאדם, לא יכול להגיע אפילו לרמת הפעולה. בנוסף, בחישוב מנת הקרינה יש להתייחס לריכוז הממוצע, כלומר ל- 30 בקרל/מ"ק.



תרשים 6. ריכוז הראדון שנמדד בממ"ד סגור הרמטית במשך יומיים.

### 37. האם המשרד להגנת הסביבה בדק מהו תחום ריכוזי הראדון בממ"דים?

בשנים 1999-2000 ביצע המשרד להגנת הסביבה כמה מחקרים בנושא ראדון בממ"דים. כתוצאה מכך פיתח המשרד שיטות למדידה של קצב האקסהלציה מחומרי בנייה ובדק את המודל הפיסיקלי המפורט בנספח ב'. מכאן שהתנהגות הראדון בממ"ד מוכרת היטב. בעצם, **מצב זה הוא** המקרה הפרטי שבו רמת האוורור היא אפס במודל הכללי של ראדון בחדר.

בשנת 2003 ביצע המשרד להגנת הסביבה סקר ממ"דים כלל ארצי. נבדקו ממ"דים ברחבי הארץ ובכל הקומות. מבחינת הראדון, המצב בכל הממ"דים היה זהה: ריכוז הראדון הממוצע שנמדד בטווח ארוך של שלושה עד שישה חודשים היה 66 בקרל/מ"ק, כשליש מהריכוז המותר (רמת הפעולה) של 200 בקרל/מ"ק.

בנוסף, נבדקו תכולת הראדיום-226 וקצב האקסהלציה של הראדון מהבטון (וגם מחומרי בנייה אחרים). התכולה המרבית של ראדיום-226 בבטון המיוצר בארץ (על ידי מלט, חול ואגרגטים ממפעלים ומחצבות שונות) היא בין הנמוכות בעולם, כ- 50 בקרל/מ"ק. כיוון שתכולת הראדיום-226 מוגבלת והבטון חייב לעמוד בתקן הישראלי 5, נובע מכך שגם קצב האקסהלציה של הראדון הנו מוגבל.

קצב האקסהלציה נמצא קרוב ל- 5 בקרל/מ"ר/שעה. רמת האוורור במבנים בתנאים רגילים היא 0.5-2 תחלופות אוויר לשעה, עם כ- 0.1 תחלופות אוויר לשעה בתנאים של **חדר הסגור** בלילה. לכן, מהמודל הפיסיקלי שבנספח ב' ומהמדידות בשטח נובע שריכוז הראדון המרבי הצפוי בממ"ד בתנאי מחיה רגילים יהיה פחות מ-100 בקרל/מ"ק.

לסיכום, כאשר בממ"ד לא קיימת חדירה משמעותית מן הקרקע ובתנאי אוורור רגילים, אין לצפות בממ"דים לריכוזי ראדון שאינם תקינים ביחס לרמת הפעולה של 200 בקרל/מ"ק.

### 38. איך בודקים ראדון בממ"דים?

לפי ההנחיות של המשרד להגנת הסביבה ובהתאם לסקרים שבוצעו, אין סיבה לבדוק ראדון בממ"דים עקב חשש לפליטת ראדון מחומרי בנייה. אין גם סיבה לבדוק ממ"ד קומתי, שאליו לא יכול להגיע ראדון מהקרקע. המשרד כמובן אינו מונע את הבדיקות, ואם רוצים לבדוק את הממ"ד, יש לבצע בדיקה ארוכת טווח של שלושה עד שישה חודשים בתנאי מחיה רגילים. כאשר ריכוז הראדון הוא פחות מ-200 בקרל/מ"ק, הממ"ד תקין.

כיוון שהתופעה של הצטברות הראדון בממ"ד סגור הרמטית מוכרת היטב, כמו גם הריכוז הצפוי של ראדון בתנאים פתוחים, אין לבדוק ממ"ד קומתי בתנאים סגורים.

במקרה של ממ"ד צמוד קרקע, יש לבדוק אותו בתנאים סגורים לצורך גילוי מוקדם של חדירה משמעותית של הראדון מהקרקע, כמו בכל חדר אחר צמוד קרקע. במקרה זה, הממ"ד תקין אם ריכוז הראדון הנו פחות מ- 2,000 בקרל/מ"ק, דהיינו הריכוז המרבי במצב הרוויה, הצפוי מהבטון הישראלי. אם מקבלים ריכוז מרבי גבוה יותר, יש להניח שקיימת חדירת ראדון מהקרקע. אם החדירה מהקרקע היא קטנה יחסית, דומה לפליטה מהקירות, יש לצפות לריכוז תקין (פחות מ- 200 בקרל/מ"ק) בתנאים של אוורור רגיל.

כאשר בודקים ממ"ד בדירה צמודת קרקע והוא נמצא תקין, אין להניח מכך שהדירה תקינה. ממ"ד סגור הרמטית מנותק משאר חלקי הדירה, ותמיד קיימת אפשרות לחדירת ראדון מהקרקע בחדר אחר. לכן, מומלץ לבצע בדיקה חוזרת ארוכת טווח בתנאים פתוחים בחדרים המאוכלסים.

### 39. מהן התכונות של חומר הבנייה הקובעות את מידת פליטת הראדון מהקירות?

כל קיר, רצפה או תקרה הבנויים מחומרי בנייה (בלוקים לבנייה, בטון מסיבי, קרמיקה, ריצוף וכו') שמכילים אדמה, פולטים ראדון. קצב הפליטה (האקסהלציה) תלוי בעובי הקיר ובצפיפותו, וגם בתכונות המיקרוסקופיות של חומר הבנייה כמו תכולת הראדיום-226, האמנציה של הראדון לנפח הנקבוביות ומרחק הדיפוזיה של הראדון (ראו נספח ה'). כאשר מכירים היטב את כל התכונות, אפשר לחשב את קצב האקסהלציה הצפוי. אם לא, אפשר למדוד אותו בשיטות המבוצעות על ידי המעבדות המוסמכות על ידי המשרד להגנת הסביבה.

כפי שרואים מנוסחה EI בנספח ה', הפרמטר שקובע את קצב האקסהלציה מהקירות (ולכן את ריכוז הראדון במבנים) הנו תכולת הראדיום-226. בחומר הבנייה הישראלי תכונה זו מוגבלת משתי סיבות:

1. לפי סקר תכולת רדיונוקלידים בחול ובאגרגטים מהמחצבות, באופן טבעי תכולת הראדיום-226 היא קטנה מ-50 בקרל/ק"ג.
2. התקן הישראלי 5098 "תכולת יסודות רדיואקטיביים במוצרי בנייה" משנת 2002, שחל על מוצרי בנייה כבלוקים ובטון, מגביל את תכולת הראדיום.

כתוצאה מכך, קצב האקסהלציה של הראדון מחומרי הבנייה בארץ הנו מוגבל וידוע, כך שאפשר לדעת מהם ריכוזי הראדון שמקורם באמנציה מחומרי הבנייה.

### 40. האם כל הגלאים המודדים את ריכוז הראדון בממ"ד מראים את אותה התוצאה?

כיוון שזמן ההתייצבות של ריכוז הראדון בממ"ד אטום הוא ארוך (כ- 17 ימים), במשך הבדיקה הקצרה של שלושה עד שבעה ימים ריכוז הראדון נמצא בעלייה כמעט ליניארית.

1. הבדיקה המדויקת ביותר היא על ידי גלאי לניטור רציף (CRM), שמבצע דגימות רבות ומאפשר לזהות את כל השינויים בריכוז הראדון.
2. גלאים פסיביים כמו אלקטרט (EL) או גלאי עקבות התפרקות רדיואקטיבי (AT) מבצעים אינטגרציה (הסכום) של הריכוז במשך הבדיקה, ומציגים את ממוצע הריכוז לאורך זמן.
3. גלאי פחם פעיל אינו אינטגרטיבי. כיוון שהוא סופח ראדון והראדון מתפרק בתוך הגלאי, הוא מספק ערך קרוב לריכוז הראדון בסיום הבדיקה.

בודק מוסמך חייב לציין בדוח הבדיקה את סוג הגלאי.

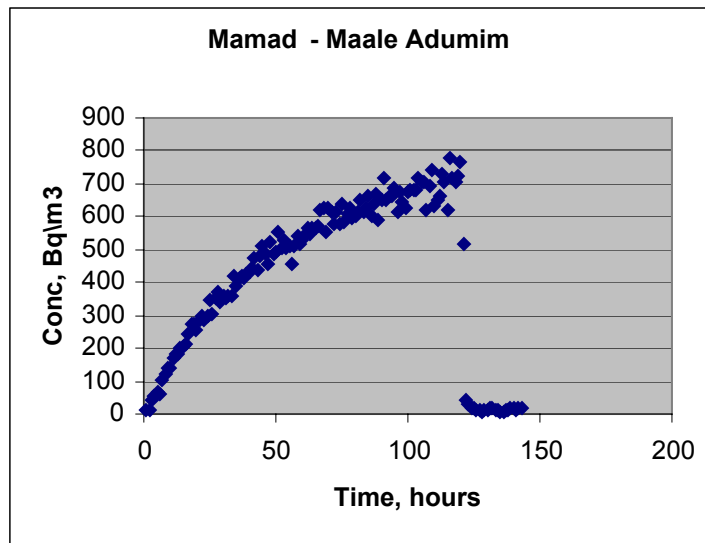
לדוגמה, במדידה של ריכוז הראדון (תרשים 7א) במשך שלושה ימים, גלאי אינטגרטיבי היה מציג כ- 300 בקרל/מ"ק, בעוד גלאי פחם פעיל היה מציג ערך קרוב ל- 600 בקרל/מ"ק.

**41. כמה זמן נשאר הראדון בממ"ד לאחר פתיחתו?**

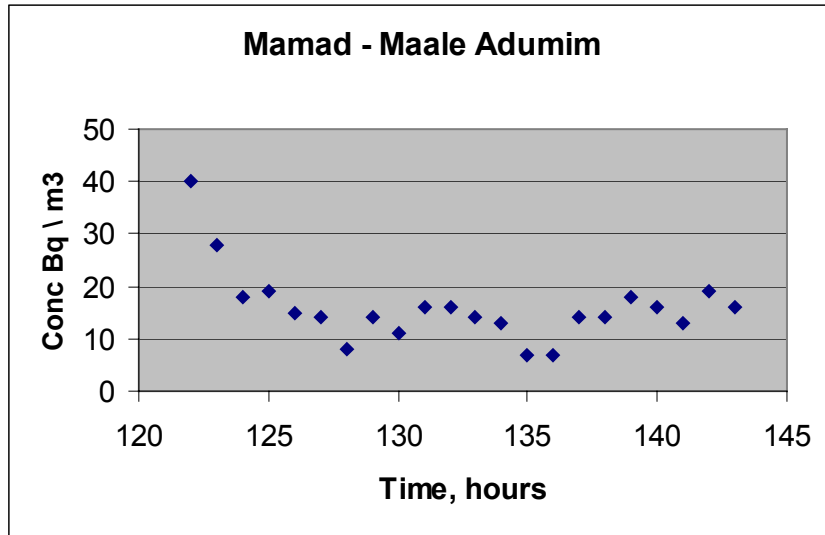
נניח שממ"ד מסוים היה סגור הרמטית כמה ימים. פליטת הראדון (אקסהלציה) מהקירות, מהתקרה ומהרצפה בממ"ד היא נמוכה יחסית, ועליית הריכוז אטית (תרשימים 5 או 6). כשפותחים את הדלת, אפילו כאשר החלון נשאר סגור, רוב הראדון זורם החוצה לתוך הדירה. הראדון הוא גז והוא ממלא את כל נפח הדירה העומד לרשותו, בדיוק כמו כל גז אחר (גז אפייה או בושם). אבל, יש לזכור שכמות הגז היא קטנה מאוד. לדוגמה, בריכוז המרבי המותר במגורים, 200 בקרל/מ"ק, במטר קוב של אוויר מתפרקים רק 200 אטומים של ראדון. עם פתיחת הדלת, חוק הדיפוזיה של הגזים (Fick law) יגרום לזרימת האטומים של הראדון בין המולקולות של האוויר, מריכוז גבוה לריכוז נמוך. כיוון שמקדם הדיפוזיה של הראדון באוויר גבוה, משך זמן הערבוב קצר. בנוסף, כיוון שהנפח של הדירה הוא גדול יחסית לנפח של הממ"ד, ריכוז הראדון בסוף התהליך, גם בממ"ד וגם בדירה, יהיה קטן. תהליך זה נקרא "דילול". משך זמן הדילול של הראדון בממ"ד שהיה סגור זמן רב דומה לזמן התפוגגות ריח בושם באוויר.

תרשים 7א מראה את ריכוז הראדון הנמדד כל שעה בממ"ד שהיה סגור הרמטית במשך חמישה ימים. במצב סגור, עליית הריכוז, לפי פונקציה אקספוננציאלית (EXP) עד לערך כ- 700 בקרל/מ"ק, אופיינית לאקסהלציה של הראדון מהקירות (ראו הסברים בנספח ב'). אחרי פתיחת הדלת, במשך שעה, ריכוז הראדון יורד מ- 768 ל- 40 בקרל/מ"ק ואחר כך לרמה נמוכה מאוד הקיימת בדירה. כפי שרואים בתרשים 7ב (פרט של תרשים 7א), שעתיים אחרי פתיחת הממ"ד ריכוז הראדון חוזר לרמה האופיינית בדירה, 14 בקרל/מ"ק בממוצע.

אם פותחים גם את החלון, התהליך מהיר יותר.



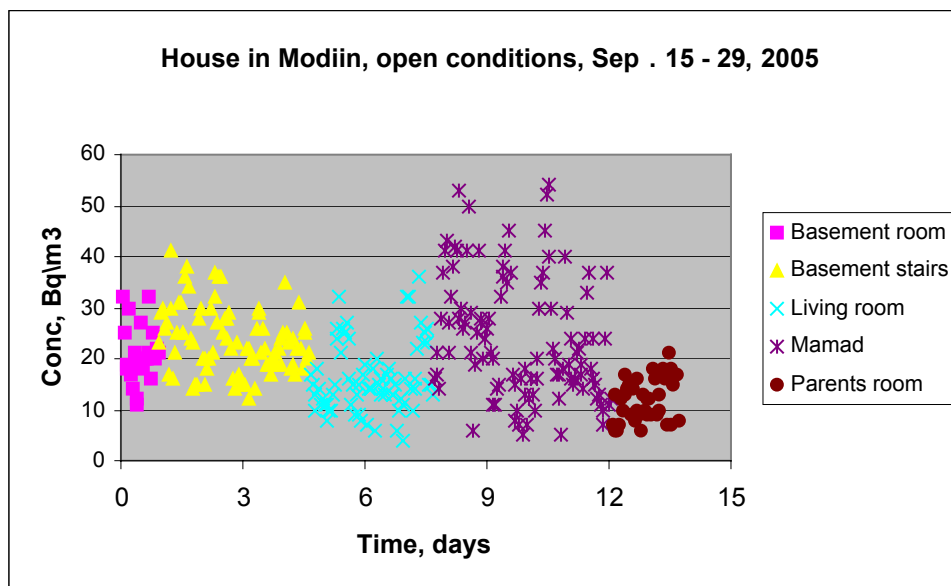
תרשים 7א. ניטור רציף של ריכוז הראדון בממ"ד כל שעה, במשך חמישה ימים, במצב סגור ואחר כך במצב פתוח.



תרשים 7ב. ניטור של ריכוז הראדון בממ"ד כל שעה, שעתיים אחרי פתיחתו (פרט של תרשים 7א).

**42. מהו ריכוז הראדון בממ"ד בתנאי מחיה רגילים?**

כאשר משתמשים בממ"ד כמו בכל חדר אחר, רמת האוורור שלו דומה לרמת האוורור של הדירה, בדרך כלל בין 0.3-0.5 תחלופות אוויר לשעה בממוצע של 24 שעות. רמת אוורור זו אינה מאפשרת לריכוז הראדון לעלות עד לערכים הגבוהים שיימצאו בממ"ד סגור הרמטית למשך זמן רב. תרשים 8 מראה ניטור רציף של ריכוז הראדון בחדרים שונים באותו בית, בתנאי מחיה רגילים.



תרשים 8. ניטור רציף של ריכוז הראדון כל שעה בחדרים שונים של אותו בית. כל החדרים הם צמודי קרקע, חוץ מחדר ההורים שבקומה העליונה.

כצפוי, ריכוז הראדון בממ"ד (הבנוי בטון מסיבי ועם חלון אטום) גבוה יחסית לחדרים האחרים (עם חלונות רגילים וקירות הבנויים מבלוקים חלולים). עליית הריכוז נגרמת בשעות הלילה, כאשר סוגרים את הבית ורמת האוורור קטנה. למרות זאת, בתנאים רגילים ריכוז הראדון בממ"ד יישאר נמוך מ-50 בקרל/מ"ק, כלומר פי ארבעה פחות מרמת הפעולה של 200 בקרל/מ"ק, רמה הדורשת פעולות שיפור.

**43. האם במצב פתוח ריכוז הראדון בממ"ד גבוה יותר מאשר בשאר חלקי הדירה?**

כל הקירות של הדירה פולטים כמות קטנה של ראדון. על אף שקצב הפליטה מיחידת שטח של קיר הממ"ד (הבנוי מבטון מסיבי) גבוה יחסית לחדר רגיל (הבנוי מבלוקים), שטח הקירות בממ"ד קטן הרבה יותר יחסית לשטח קירות החדרים האחרים בדירה. לכן, מקור הראדון (קצב הפליטה מיחידת שטח כפול השטח) בממ"ד הנו נמוך יחסית לשאר חלקי הדירה. בנוסף, תהליך הדיפוזיה של אטומי ראדון בתוך המולקולות של האוויר גורם להשוואת הריכוז בכל החדרים בתוך זמן קצר. לפי המדידות בתנאים פתוחים, ריכוז הראדון בכל הדירה יהיה אחיד.

#### 44. האם ריכוז הראדון הנו גבוה יותר בממ"ד?

יש הטוענים שריכוז הראדון בממ"ד עשוי להיות גבוה יותר מזה שבחדר רגיל כיוון שקצב האקסהלציה (הפליטה) מקיר בטון מסיבי גבוה יחסית לקיר הבנוי בלוקים. בנוסף, יש הטוענים שגז הראדון נשאר בתוך הממ"ד כי הוא "גז כבד". טענה זו אינה לוקחת בחשבון את חוקי הדיפוזיה של ראדון באוויר.

האקסהלציה של קיר הממ"ד גבוהה בערך פי חמישה משל קיר רגיל בנוי בלוקים. לכן הממ"ד מייצר פי חמישה יותר אטומי ראדון יחסית לחדר רגיל באותן מידות.

המסה של אטומי ראדון (222) גדולה פי שמונה יחסית למסה של מולקולה "ממוצעת" באוויר (29), ביחידות של מסה אטומית. למרות זאת, האנרגיה הקינטית שלהם תלויה רק בטמפרטורה, שהיא שווה. קצב ההתנגשויות הגבוה ביניהם גורם לדיפוזיה מידית של אטומי ראדון בתוך האוויר. המהירות של אטומי ראדון ומולקולות האוויר, בטמפרטורה רגילה של  $20^{\circ}\text{C}$  היא כ-170 ו-480 מ"שנייה, בהתאמה. מרחק הדיפוזיה של הראדון באוויר הנו כ-20 מ'. ערך הדיפוזיה הוא המרחק ממקור הראדון אשר בו 63% מאטומי הראדון מפורקים.

לכן, בהתאם למידות האופייניות של הדירות בארץ, אין מניעה לאטומי הראדון להגיע לכל פינה בדירה. כתוצאה מכך האטומים של הראדון המיוצרים בממ"ד מתפזרים בכל החדרים האחרים, וההפך. לפי בדיקות ארוכות טווח בתנאים פתוחים, נמצא שריכוזי ראדון באותה דירה, שנמדדו בנפרד בכל החדרים, שווים.

#### 45. מדוע בדיקה ארוכה בממ"ד יכולה להציג ריכוז ראדון גבוה יותר מהנמדד בשאר הדירה?

מבצעים בדיקות ארוכות טווח במשך שלושה עד שישה חודשים, כאשר הגלאי נמצא בתוך הממ"ד. הגלאי לטווח ארוך (מסוג אלקטרט או עקבות גרעיניות) הנו גלאי אינטגרטיבי - הוא "זוכר" את כל ריכוזי הראדון בזמן הבדיקה ומספק את הריכוז הממוצע.

כשמתמשים בממ"ד כחדר לכל דבר, ריכוז הראדון הנמדד בו דומה לזה שבשאר החדרים בדירה. אבל, כשסוגרים את הממ"ד באופן הרמטי למשך זמן משמעותי במהלך הבדיקה, הגלאי ימדוד ריכוז גבוה יחסית לריכוז שהאדם נחשף אליו באמת. מצב זה יכול לקרות כאשר משתמשים בממ"ד כמחסן או פשוט סוגרים אותו לתקופת זמן. כמובן, ריכוז הראדון הנמדד במצב זה אינו מייצג את תנאי המחיה הרגילים של האדם.

סיבה אחרת לקבלת ריכוז ראדון גבוה בממ"ד בטווח ארוך היא חדירת ראדון מהקרקע. מיקום החדירה יכול להיות בממ"ד עצמו (בגלל פגם בבנייה או ריכוז ראדון גבוה מאוד בקרקע) או בחדר אחר בדירה. במצב הזה יש לבדוק את כל החדרים בדירה על ידי בדיקה קצרה בתנאים סגורים. בממ"ד צמוד קרקע, כדי לגלות חדירת ראדון אפשרית מהקרקע יש לבצע בדיקה קצרת טווח בתנאים סגורים. אם ריכוז הראדון הנמדד גבוה יחסית לריכוז הצפוי מחומר הבנייה, לפי החישוב בנספח ב', קיימת חדירת ראדון מהקרקע.

#### 46. מתי כדאי לצבוע את קירות הממ"ד כנגד פליטת הראדון?

פליטת הראדון מחומרי בנייה היא הרבה יותר נמוכה יחסית לחדירתו האפשרית מהקרקע, דהיינו כ-1 בקרל/מ"ר/שעה מקיר רגיל וכ-5 בקרל/מ"ר/שעה מקיר בטון. בתנאים של אוורור רגיל, בין 0.5-2 תחלופות אוויר לשעה ביום וכ-0.1 תחלופות אוויר במשך סגירת הדירה בלילה, מצב שקיים בדרך כלל בכל דירה, ריכוז הראדון בדירה לא יכול לעבור את רמת הפעולה של 200 בקרל/מ"ק (ראו נספח ב').



לכן, כדי לבדוק אם הממ"ד תקין, יש לבצע בדיקה ארוכת טווח בתנאי מחיה רגילים.

למרות זאת, קיימים חדרים מיוחדים שבהם רמת האוורור אינה מספקת, לדוגמה חדרים תת-קרקעיים בלי אוורור, עם מערכת אוורור פנימית שאינה מחליפה את האוויר באוויר טרי חיצוני וכו'. במצבים אלה צביעת הקירות בצבע מיוחד שמקטין את פליטת הראדון יכולה להיות פתרון פשוט והכרחי. לפני הצביעה יש לוודא שהצביעה היא אכן:

1. יעילה להקטנת האקסהלציה של הקיר (על ידי בדיקה במעבדה מוסמכת)

2. מיועדת למקומות מגורים ואינה פולטת חומרים רעילים

יש לבצע את הצביעה לפי הוראות בטיחות עבודה ספציפיות לצבע (לפי data sheet).

#### 47. האם צביעת הממ"ד מקטינה באופן משמעותי את ריכוז הראדון?

חברות פרטיות ממליצות לצבוע את קירות הממ"ד בצבע מיוחד כדי להקטין את פליטת הראדון. כדי לבדוק את הצורך בצביעה:

1. יש לבצע בדיקה ארוכת טווח בתנאים רגילים.

2. אם תוצאת הבדיקה הארוכה אינה תקינה, יש לוודא שמקור הראדון הוא אקסהלציה מהקירות של הממ"ד ולא חדירה מהקרקע.

כיוון שהבדיקה הנ"ל מתבצעת בתנאים פתוחים, יש לוודא שלא קיימים מקורות ראדון בחדרים האחרים של הדירה. רק אם ריכוז הראדון הנמדד עולה על 200 בקרל/מ"ק והראדון נובע רק מהקירות, יש צורך לצבוע את הקירות. מצב זה יכול להתקיים במרתפים הבנויים מבטון מסיבי עם רמת אוורור כמעט אפסית.

בדירות רגילות עם רמת אוורור רגילה, סביר להניח שריכוזי הראדון בממ"ד לפני הצביעה ואחריה יהיו דומים וברמה תקינה, כך שאין צורך של ממש בצביעה (ראו נספח ג').

#### 48. האם כדאי לצבוע את הממ"ד לשם "זהירות מונעת"?

חברות פרטיות העוסקות בבדיקת ראדון ומציעות פתרונות להקטנתו במבנים, ממליצות לצבוע את הממ"ד בצבע מיוחד נגד ראדון, גם כאשר ריכוז הראדון הנו תקין (פחות מ- 200 בקרל/מ"ק בתנאים רגילים), לשם "זהירות מונעת", כדי להקטין את הסיכון הבריאותי (ראו נספח א'). ההחלטה של דיירי הבית אם לצבוע את הממ"ד או לא, חייבת להיות על פי שיקול של עלות-תועלת.

איטום קיר הבטון של הממ"ד על ידי צבע מיוחד נגד ראדון מקטין בדרך כלל את פליטת הראדון (קצב האקסהלציה) מהקיר לרמה של כ-10% עד 20%, דהיינו לקצב האקסהלציה האופייני לקיר בחדר רגיל הבנוי בלוקים. אפשר למדוד את היחס הנ"ל על ידי שתי בדיקות של ריכוז ראדון בממ"ד בתנאים סגורים הרמטית, לפני הצביעה ואחריה.

יש לזכור שלא חיים בממ"ד בתנאים סגורים הרמטית. לכן, כדי למדוד את השיפור האמיתי יש למדוד את ריכוז הראדון בממ"ד בתנאי מחיה רגילים, על ידי שתי בדיקות ארוכות טווח בתנאים פתוחים, לפני הצביעה ואחריה. בבדיקות האלה בדרך כלל לא רואים את השיפור כי מקור הראדון בממ"ד הנו חלק קטן יחסית ממקור הראדון של כלל הדירה. נספח ג' מציג שיטה מדויקת כדי להעריך את השיפור. לדוגמה, אם ריכוז הראדון הנמדד בממ"ד בתנאים פתוחים הוא 60 בקרל/מ"ק והצביעה עשויה להקטין אותו ל- 40 בקרל/מ"ק, יש לשקול את כדאיות הצביעה.

#### 49. מדוע אומרים שקיימת בעיית ראדון בממ"דים?

מבצעים בדיקות ראדון במבנים על ידי בדיקות קצרות של שלושה עד שבעה ימים בתנאים סגורים, ובדיקות ארוכות טווח של שלושה עד שישה חודשים בתנאים פתוחים. הבדיקות הקצרות מיועדות להתבצע רק בחדרים צמודי קרקע כדי לגלות חדירת ראדון מהקרקע. אין סיבה לבצע בדיקות קצרות בקומות העליונות, שבהן אין אפשרות לחדירת ראדון מהקרקע. אם רוצים לבדוק ראדון בקומות העליונות, יש לבצע בדיקה ארוכה. לכן בודקים ריכוז ראדון בממ"ד סגור רק כאשר הוא צמוד קרקע, במטרה לגלות חדירת ראדון מהקרקע.

נניח שבודקים ריכוז ראדון בתנאים סגורים בממ"ד ובחדר רגיל המנותקים מהקרקע, כלומר מקור הראדון הוא פליטה מהקירות בלבד. במצב הזה ריכוז הראדון בממ"ד יהיה משמעותית גבוה יחסית לחדר הרגיל, בגלל פליטת ראדון גבוהה יותר מהבטון ובגלל הסגירה ההרמטית.

לצערנו, החל משנת 1999 חברה פרטית שמבצעת בדיקות ראדון פרסמה בעיתונות כמה פעמים את התופעה הנ"ל כ"בעיית גז ראדון בממ"ד", אף על פי שריכוז הראדון בחדרים שנבדקו בתנאים פתוחים היה נמוך ותקין. חברה זו ביצעה בדיקות ראדון בממ"דים סגורים גם בקומות העליונות, בניגוד להנחיות המפורטות בהיתר שלה. לכן היא דיווחה לדיירים על ריכוז ראדון גבוה שאינו רלוונטי ולא מתאים לתנאי מחיה רגילים בממ"ד. עם זאת, היא נמנעה לפרסם את העובדה שריכוז הראדון הנבדק בממ"דים מנותקים מהקרקע בתנאים פתוחים הנו נמוך ותקין.

המלצות אלה, שהן חסרות בסיס מדעי-מקצועי, פורסמו בעיתונות במשך השנים, והצליחו לטעת בציבור תחושה שקיימת בעיית ראדון רצינית בממ"דים, וכי אסור להשתמש בממ"ד כחדר לילדים ויש לצבוע אותו בצבע נגד ראדון. כל זה התפרסם בניגוד למדיניות המשרד להגנת הסביבה, המבוססת על מחקרים ותקנים.

#### 50. האם ריכוז הראדון בממ"ד מסוכן לילדים?

כמצוין לעיל, אותה חברה שפרסמה את "בעיית הראדון בממ"ד" טענה כי מסוכן להשתמש בממ"ד כחדר ילדים, ולכן המליצה לצבוע את הממ"ד בצבע נגד ראדון.

כאמור, לפי המחקרים האפידמיולוגיים שבוצעו, אין רואים עלייה בתחלואה אצל הילדים בגלל ראדון בריכוזים הקיימים בחדרי ממ"ד. לפי ההמלצות של ICRP, WHO ו-EPA, בשום מדינה לא נדרשת רמת פעולה מיוחדת, נמוכה יותר, עבור הילדים.

בנוסף, ריכוז הראדון בממ"ד, כשנמדד בתנאים רגילים, אינו שונה מבשאר החדרים בדירה.

#### 51. האם הבודקים עלולים לגרום להטעיית הציבור?

יש בודקים מוסמכים שמבצעים בדיקות ריכוז ראדון בממ"דים בתנאים סגורים גם בקומות העליונות בניגוד להנחיות המפורטות בהיתר שלהם, ובכך מטעים את הדיירים. לדוגמה:

1. הבודק לא מעביר לדייר, לפני ביצוע הבדיקה, את ההנחיות של המשרד להגנת הסביבה בנוגע לאופן ביצוע הבדיקה, כנדרש בהיתר. מסמך זה מציין שיש לבדוק ממ"ד בתנאים פתוחים, חוץ מממ"ד צמוד קרקע (שבו קיים חשש לחדירת ראדון מהקרקע).
2. במקרה של ממ"ד קומתי, הבודק ממליץ לדייר לבדוק אותו על ידי בדיקה ארוכת טווח במשך שלושה עד שישה חודשים בתנאים פתוחים בהתאם להנחיות. אבל כאשר הדייר רואה בזאת עיכוב גדול ומעוניין לקבל את התוצאה מהר יותר, הבודק מבצע את הבדיקה הקצרה בתנאים סגורים, "באחריותו של המזמין". לכן, ייתכן שהדייר יקבל תוצאה גבוהה, אבל בלתי רלוונטית לשימוש בממ"ד. אחר כך, הבודק ממליץ לדייר לצבוע את הממ"ד, גם כן "באחריותו שלו".
3. הבודק מבצע בדיקת קצרה של שלושה עד שבעה ימים בתנאים סגורים. בבדיקה זו אמור להתקבל ריכוז ראדון גבוה מ-200 בקרל/מ"ק. לפי ההנחיות, בבדיקה זו ריכוז הראדון המרבי המותר הוא 2,000 בקרל/מ"ק, אבל הבודק נותן לדייר מידע שקרי האומר שרמת הפעולה היא 200 בקרל/מ"ק, ערך שלא מתאים לבדיקה קצרה אלא לבדיקה ארוכה בתנאים פתוחים.
4. הבודק אומר לדייר שהקיר של הממ"ד "פולט גז רדיואקטיבי מסוכן" וממליץ לצבוע את הממ"ד בכל מקרה, לשם "זהירות מונעת". הוא לא מסביר שהקרקע עצמה פולטת ראדון,

ולכן תמיד יהיה ראדון באוויר. הוא לא מסביר שגם כל הקירות האחרים בדירה פולטים גז ראדון, המתפזר בכל הדירה. לכן, צביעת הממ"ד בלבד לא תביא להקטנה משמעותית של ריכוז הראדון בממ"ד.

5. הבדק מספר לדייר ש"מאות או עשרות אלפים מתים כל שנה בגלל ראדון", אבל לא מסביר שנתונים אלה מגיעים מסקרים שנערכו בקרב אוכלוסייה של עובדי מכרות, שם ריכוז הראדון גבוה, ולא בקרב דיירי בתים.
6. הבדק מציע להשתמש בצבע לאיטום הקירות עם גורם איטום גבוה (נמדד בתנאים הרמטיים), אבל לא מסביר שבתנאים פתוחים גורם האיטום יהיה פחות יעיל (ראו חישוב של גורם האיטום בנספח ג').

לסיכום, לפני ביצוע הבדיקה מומלץ לקרוא את הפרטים בנושא ראדון באתר האינטרנט של המשרד להגנת הסביבה.

## 1. פתרונות להפחתת ריכוז הראדון

### 52. איך אפשר להפריד בין פליטת הראדון מהקירות וחדירתו מהקרקה?

בדרך כלל, בקומות עליונות המנותקות מהקרקה מקור הראדון הוא אמנציה מחומר הבנייה בלבד. מקור זה הנו חלש (ראו נספח ב'), כך שבתנאים של אוורור רגיל ריכוז הראדון נמוך ותקין.

בחדרים צמודי קרקע, בנוסף לאמנציה מהקירות, קיים גם פוטנציאל לחדירת ראדון מהקרקה. תרשים 9 מראה דוגמה של השתנות הריכוז בחדר צמוד קרקע שבו קיימת חדירה רבה מהקרקה. כמות הראדון החודרת ומועדי הזמן תלויים בהפרשי לחץ האוויר בין הקרקע והחדר. העצמה של המקור הקרקעי יכולה להיות, במקרים מיוחדים, משמעותית. אפשר לראות מתרשים 8 שריכוז הראדון היה נמוך יחסית במשך חודש נובמבר, אבל עלה בתחילת חודש דצמבר, כנראה כיוון שהאוורור פחת עקב סגירת החלונות.

בדיקת הריכוז על ידי גלאי פסיבי מציגה רק את ממוצע ריכוז הראדון במשך זמן הבדיקה. אפשר לקבל אינדיקציה על הנוכחות של מקור קרקעי אם ריכוז הראדון הנמדד גבוה יחסית לריכוז הצפוי מחומר הבנייה. שיקול זה מדויק רק אם מבצעים בנוסף בדיקה מדויקת של קצב תחלופת האוויר וקצב האקסהלציה מהקירות (ראו נספח ב').

כאשר מודדים רק את ריכוז הראדון בחדר אין אפשרות להעריך את עצמת המקור ללא מדידה של קצב תחלופת האוויר. רמת האוורור משפיעה באופן משמעותי על ריכוז הראדון בחדר. קצב תחלופת אוויר נמוך יגרום לריכוז גבוה, ולהפך. לכן, כדי להעריך באופן אמיתי את עצמת מקור הראדון יש למדוד את קצב תחלופת האוויר בחדר. נספח ד' נותן את הנוסחאות הרלוונטיות, לפי המודל הפיסיקלי בנספח ב'.

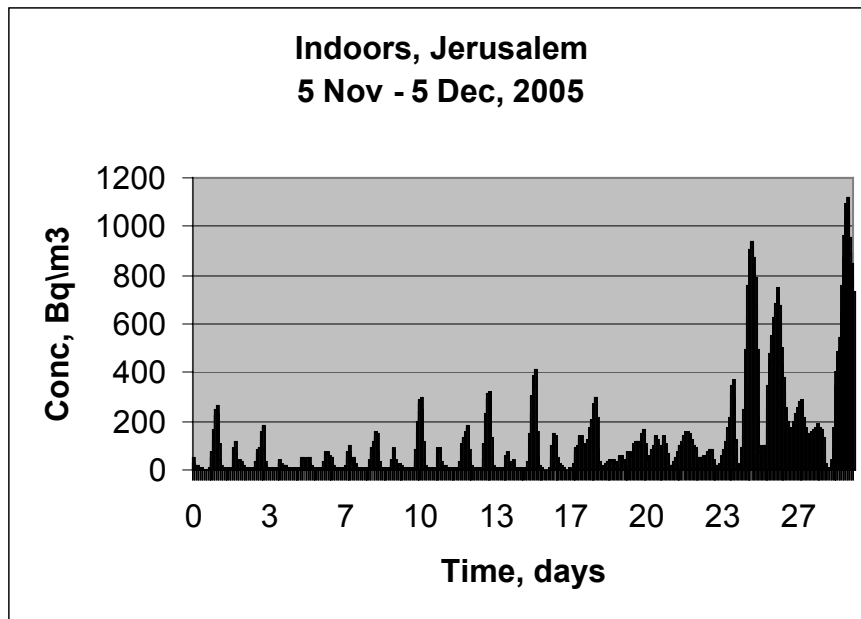
כדי להפריד בין שני המקורות יש להשתמש בהבדלים הפיסיקליים ביניהם:

1. הפליטה מחומר הבנייה (קצב האקסהלציה) היא מקור קבוע בזמן. אחרי שסוגרים את החדר, ריכוז הראדון עולה כפונקציה אקספוננציאלית, בהתאם לתרשים 5 ולמודל בנספח ב'. במשך הימים הבאים ריכוז הראדון עולה בלילה ויורד ביום, בגלל שינויים בקצב תחלופת האוויר (ראו תרשים 4).

2. כעיקרון, החדירה מהקרקה אינה מקור קבוע (ראו תרשים 8). למרות זאת, בפרקי זמן מסוימים היא יכולה להיות קבועה. העצמה שלה חזקה יותר ותלויה בהפרש הלחצים של האוויר בחדר ובקרקה. הראדון הקרקעי חוזר חזק יותר כאשר בחדר קיים לחץ שלילי (תת-לחץ), כלומר לחץ קטן יותר יחסית לקרקע. הפרשי הלחצים האלה משתנים במשך היממה, בגלל שינויים של לחץ אטמוספרי וגם בגלל שינויים פתאומיים במזג האוויר.

כדי לגלות את המקור הקרקעי בשיטה מדויקת יותר, יש לבצע בדיקה של ריכוז הראדון בחדר בתנאים סגורים על ידי גלאי לניטור רציף (Continuous Radon Monitor) CRM. גלאי זה מודד את ריכוז הראדון כפונקציה של זמן המדידה, לדוגמה כל שעה. הנוכחות של המקור הקרקעי

מופיעה בתרשים המדידה כעליות וירידות (Peak) חזקות (ראו תרשים 8), מעבר לריכוז הספציפי שלו בגלל חומר הבנייה (ראו תרשים 4). ניתן להעריך את הריכוז הספציפי לחומר הבנייה אחרי בדיקה של האקסהלציה מהקירות ושל קצב תחלופות האוויר.



תרשים 9. ניטור רציף של ריכוז הראדון בחדר רגיל צמוד קרקע, כל שעה, במשך 30 ימים. העליות בריכוז במשך הלילה הן אינדיקטיביות לחדירת הראדון מהקרקע.

## ז. מדיניות המשרד להגנת הסביבה בנוגע לראדון

### 53. מה זה "אזור מועד לראדון"?

בסקר ראדון ארצי שנערך ב-1998 מדד המשרד להגנת הסביבה ריכוז ראדון ממוצע של 47 בקרל/מ"ק, וקבע אזורים "מועדים" לראדון: ירושלים, מעלה אדומים, ערד וכרמיאל. באזורים אלה ריכוז הראדון עולה פי עשרה על הממוצע הארצי (יותר מ-470 בקרל/מ"ק) ביותר מ-1% מהבתים. הסיבה היא חדירת ראדון מקרקע עשירה באורניום, ולכן עשירה בראדון. אזור כזה נקרא זה גם "אזור רגיש לראדון" או "אזור תג"ר" (תוחלת גבוהה לראדון).

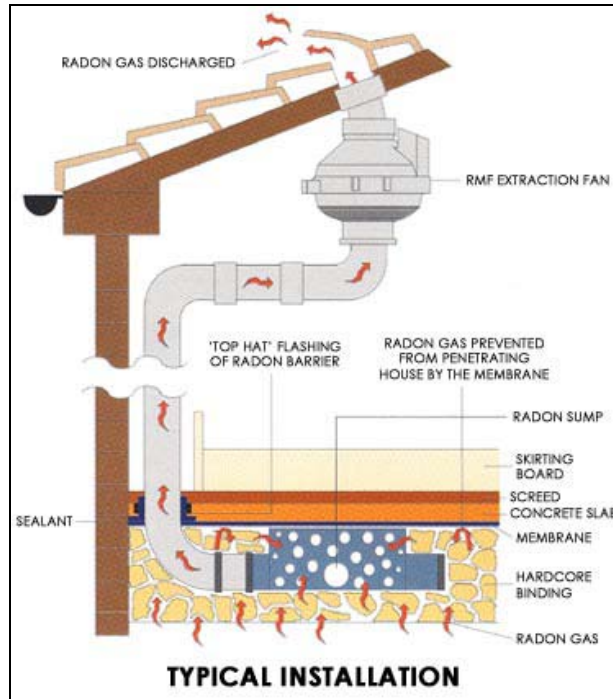
באזורי תג"ר, הראשות המקומית דורשת מהקבלנים לבנות בתים המוגנים מפני חדירת ראדון מהקרקע, כלומר לבצע "פרט ראדון". הרשות גם מחייבת את הקבלנים לבדוק את ריכוז הראדון בכל הבתים החדשים לפני האכלוס.

### 54. מה זה "פרט ראדון"?

פרט ראדון הוא מערכת להגנת המבנים מפני חדירת ראדון מהקרקע (תרשים 10 מראה את העיקרון). המערכת "משחררת" את הראדון מתחת ליסודות של הבית, ולכן מונעת את חדירתו לבית.

בהתחלה מתקינים את הפרט בצורה של אוורור "פסיבי" של יסודות המבנה, ללא המפות. בשיטה זו מבצעים דילול טבעי של ריכוז הראדון תחת תשתית המבנה. אם ריכוז הראדון בקרקע גבוה מאוד, הגנה פסיבית אינה מספיקה והראדון יכול לחדור למבנה. במצב זה יש להפוך את המערכת למערכת "אקטיבית", דהיינו להתקין מפוח בצינור העולה ולהפעיל אותו 24 שעות ביממה. כמובן שאם המפוח יפסיק לעבוד יחדור הראדון שוב למבנה.

גז ראדון במבנים, שאלות ותשובות - המשרד להגנת הסביבה



תרשים 10. העיקרון של "פרט ראדון".

#### 55. איך מקבלים מידע על ראדון?

רוב האנשים אינם מודעים לכך שגז הראדון הוא חלק בלתי נפרד מקרינה מייננת טבעית. המידע שהבודקים המוסמכים יכולים או מוכנים לספק אינו תמיד משביע רצון. גז הראדון קיים באוויר הפתוח ובמבנים ואין אפשרות להקטין את ריכוזו לאפס. בנוסף, בהתאם לסקרים הבריאותיים שבוצעו עד היום, אין ודאות שהוא מסוכן בריכוז הנמוך. בהתאם למדיניות של הוועדות הבין-לאומיות לבטיחות קרינה, יש למנוע ריכוזים העולים על רמת הפעולה.

לכן אנו ממליצים לקרוא את חומר ההסבר באתר האינטרנט של המשרד להגנת הסביבה או להשתמש בקישורים לאתרים האחרים, לדוגמה האתר של ה-EPA בארצות הברית, NRPB באנגליה, ו-WHO וכו'. כתובת האתר של המשרד להגנת הסביבה היא [www.sviva.gov.il](http://www.sviva.gov.il). לשאלות בנוגע לשירות בדיקת ראדון, אנו ממליצים לפנות למשרד. לבירורים נוספים אפשר לפנות אל:

ד"ר ויקטור שטיינר  
ממונה קרינה מייננת טבעית  
אגף מניעת רעש וקרינה  
טל' 02-6495875  
נייד 050-6233107  
דואר אלקטרוני: [victors@sviva.gov.il](mailto:victors@sviva.gov.il)