

Prof. Konstantin Kovler

Civil Engineer – Consultant in Building Materials, Technology and Radon Mitigation

P.O.B. 8939, Neshar 36800, Israel
Fax: 972-4-8295697
E-mail: cvrkost@technion.ac.il
Tel: 972-4-8216211, 972-4-8292971
Cell: 972-54-4765848

09 פברואר, 2005

פרופ' קונסטנטיין (קוסטה) קובלר

מהנדס אזרחי – יועץ בחומרי בנייה, בטכנולוגיה ובהגנה בפני ראדון

ת.ד. 8939, נשור 36800 ישראל
פקס: 972-4-8295697
ד"א: cvrkost@technion.ac.il
טל: 972-4-8216211, 972-4-8292971
נייד: 972-54-4765848

לכבוד:

אינג' גדעון אירוס

איגוד יצרני בטון מובא

רח' ביאליק 155, רמת גן 52523

א. נ.

הנדון: חוות דעת מומחה על עמידתם של בטונים בדרישות ת"י 5098

בהמשך לפנייתך בנדון, להלן חוות דעת מומחה על עמידתם של בטונים בדרישות ת"י 5098.

נותחו תוצאות הבדיקות של ריכוז היסודות הרדיואקטיביים:

(א) במספר סוגי אגרגט המיוצר היום במחצבות ראשיות שונות בארץ;

(ב) בבטונים העשויים מהם.

האגרגטים שנבדקו מיוצרים בהיקף של מאות אלפי טונות בשנה ומיצגים את חומרי גלם הנפוצים בענף הבנייה בארץ כיום, וכן בעתיד הקרוב.

מסירת דוגמאות האגרגטים ויציקת דוגמאות הבטון היתה באחריותו הבלעדית של המזמין – איגוד יצרני הבטון המובא. הבחירה במקורות האגרגטים ובהרכבי תערובות הבטון נעשתה בהתייעצות עמי. בדיקות הקרינה נערכו בבטונים הנפוצים אשר היה לגביהם חשש שיחרגו מדרישת ת.י. 5098. בכל התערובות השתמשו בצמנט פורטלנד מסוג CEM I 42,5, תוצרת נשר. נוצקו תערובות הבטון בעלות שתי תכולות הצמנט: 450 ק"ג למ"ק (תערובות מס' 1 - 8), 270 ק"ג למ"ק (תערובות מס' 11 - 12) ו-230 ק"ג למ"ק (תערובות מס' 9 - 10).

תערובות הבטון שהוכנו מהאגרגטים הנ"ל ותכולת צמנט של 450 ק"ג למ"ק עונות לדרישות של בטון ב-40 ומעלה, אשר היקפי השימוש בהם בארץ הולכים וגוברים בשנים האחרונות, בצורה משמעותית. תערובות הבטון בעלות תכולת צמנט נמוכות יותר עונות לדרישות של בטון ב-30, הנחשב כיום נפוץ ביותר בענף הבנייה בארץ.

בדיקות תכולת היסודות הרדיואקטיביים נעשו ע"י ספקטרוטרית גאמא במעבדה למדידת קרינה סביבתית של החברה לשרותי איכות הסביבה בהזמנת מנהלת אפר פחם. כמו כן, נעשתה בדיקת קצב שפיעת ראדון לפי שיטת הבדיקה, שאושרה ע"י הממונה על הקרינה המייננת במשרד לאיכות הסביבה, ד"ר ו. שטיינר.

להלן תוצאות בדיקת תכולת רדיונוקלידים של אגרגטים (טבלה 1) ושל בטונים (טבלה 2):

טבלה 1. תוצאות מדידת תכולת היסודות הרדיואקטיביים, בקרל לק"ג, באגרגטים ובאפר פחם

^{40}K	^{232}Th	^{226}Ra	שם חומר הגלם	שם הדוגמה, מקור	מס'
180.9	245.8	230.4	אפר פחם	South Africa	1
5.9	1.0	25.1	אגרגט גס	VD-6	2
257.1	9.3	7.8	אגרגט גס	KP-23	3
90.9	4.3	4.5	חול	SA-10	4
147.7	12.9	21.3	חול	SR-11	5
263.7	11.5	7.4	אגרגט גס	VC-9	6
11.2	1.4	25.8	אגרגט גס	VK-3	7
21.9	1.1	42.0	אגרגט גס	FA-19	8
25.0	1.9	40.5	אגרגט גס	HR-14	9
9.8	1.1	32.2	אגרגט גס	HC-17	10

הערה: לפי דו"ח המעבדה למדידת קרינה סביבתית של החברה לשרותי איכות הסביבה, "אי-הוודאות היחסית היתה - $\pm 10\%$ כאשר גורם הכיסוי הוא $(k = 2)$, המתאים לרמת סמך של 95%".

טבלה 2. מדידת תכולת היסודות הרדיואקטיביים, בקרל לק"ג, בדוגמאות הבטון עם וללא אפר הפחם

^{40}K	^{232}Th	^{226}Ra	מקור חול	מקור אגרנט גס	סימון תערוכת בטון	תכולת מוסף מינרלי (אפר פחם), ק"ג למ"ק	תכולת צמנט	מס' תערוכת
53.9	7.6	34.0	SR-11	VD-6	VD-0	0	450	.1
55.2	8	32.9	SR-11	VK-3	VK-0	0	450	.2
57.3	8.4	34.0	SR-11	HR-14	HR-0	0	450	.3
45.7	9.8	34.4	SR-11	HC-17	HC-0	0	450	.4
67.3	16.0	43.9	SR-11	VD-6	VD-150	150	450	.5
52.0	12.8	38.4	SR-11	VK-3	VK-150	150	450	.6
56.0	12.9	37.6	SR-11	HR-14	HR-150	150	450	.7
53.3	15.4	40.2	SR-11	HC-17	HC-150	150	450	.8
69.2	11.9	32.8	SR-11	VD-6	VD-150-2	150	230	.9
67.7	12.2	32.6	SR-11	VK-3	VK-150-2	150	230	.10
54.5	11.6	37.8	SR-11	HR-14	HR-150-2 (418)	150	270	.11
55.5	11.3	42.1	SR-11	HC-17	HC-150-2 (419)	150	270	.12

לאחר עיון בתוצאות הבדיקה הגעתי למסקנות הבאות:

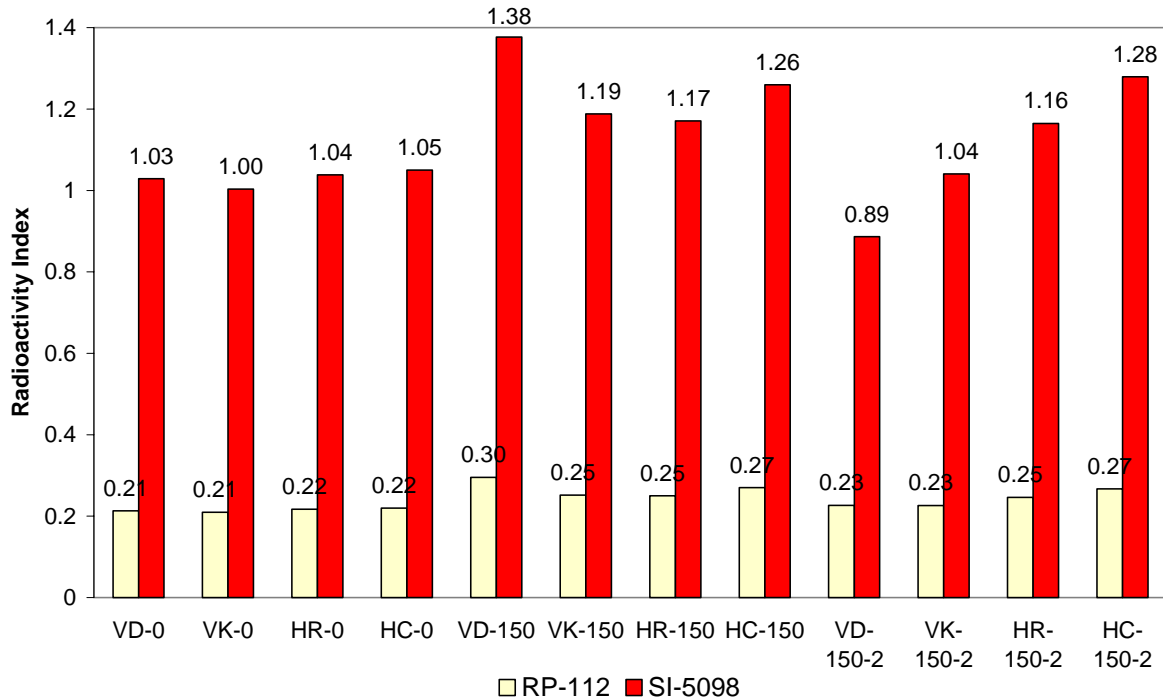
תוצאות בדיקת קצב שפיעת הראדון

כידוע, עמידות מוצרי בנייה בדרישות התקן הישראלי 5098 נקבעת לפי אינדקס הקרינה, אותו מחשבים על סמך בדיקות תכולת הרדיונוקלידים בחומר טחון, בהנחה שקצב שפיעת הראדון הוא מרבי (הנקבע בתקן לפי ערך האמנציה של 0.05). במקרה זה אין צורך בבדיקות שפיעת הראדון ממוצר בנייה. בהלקח בחשבון את קצב שפיעתו האמיתי של הראדון, יש לבצע בדיקה של אמנציה הראדון מהמוצר במעבדה ולחשב אינדקס קרינה מדויק יותר. בעבודה הנוכחית נעשו בדיקות קצב שפיעת הראדון מדוגמאות בטונים עם וללא אפר הפחם. תוצאות המדידה והחישוב הראו שערך האמנציה של כל סוגי הבטון היה 0.05 בקירוב, לכן התחשבות בערך האמנציה האמיתי אינה משנה דבר. יש לציין שבעבודת מחקר שבוצעה לאחרונה בטכניון [1] התקבלו תוצאות דומות בבטונים המכילים אפר פחם בכמויות שונות, מ-0 ועד 300 ק"ג למ"ק. בפרט, נתגלה שבתכולות אפר נמוכות ערך האמנציה הנמדד היה גבוה במעט מ-0.05, אך בתכולות אפר גבוהות הוא ירד לכ-0.04. השינויים הלא-משמעותיים בערך האמנציה הנמדד בבטון אינם גורמים לשינוי

ערך האמנציה הנקבע סופית לחישוב אינדקס הקרינה, משום שבת"י 5098 קיימות 3 רמות של ערך האמנציה בלבד : 0.05 ; 0.03 ו-0.01, ויש לעגל את תוצאות החישוב אליהן.

תוצאות חישוב אינדקס הקרינה לדוגמאות הבטון לפי ת"י 5098

עמידת הבטונים שנבדקו בעבודה הנוכחית בדרישות ת"י 5098 נקבעה לפי צפיפות החומר אשר הייתה כ- 2,400 ק"ג למ"ק בכל התערובות (מלבד התערובות מס' 9 בעלת צפיפות של כ-2,300 ק"ג למ"ק) ולפי עובי המוצר של 0.24 מ'. תוצאות החישוב לפי ת"י 5098 (המסומנות "SI-5098") מוצגות בצוור 1. ראוי להזכיר כאן שמוצר בנייה נחשב פסול לשימוש, כאשר אינדקס הקרינה גבוה מ-1.



צוור 1 – אינדקס הקרינה של הבטונים

ניתן לראות שערכי האינדקס הגבוהים מעל 1, ללא שום מקדם בטחון, פוסלים לשימוש את מוצרי הבטון, אשר מהווה חומר בנייה נפוץ ביותר בארץ ובעולם – דבר שאין לו הצדקה כלכלית וחברתית. ברור שמשק הבנייה בתנאים אלה לא יוכל להתקיים. בהקשר זה יש לציין שענף הבנייה משתמש גם בבטונים כבדים יותר, עד כדי 2,700 ק"ג למ"ק, אשר בודאי יחרגו מהתקן. במצב הנוצר ודאי הדבר שהתקן יאסור שימוש בבטונים המכילים אפר פחם בכמויות נמוכות יחסית (150 ק"ג למ"ק) ואפילו ללא אפר פחם.

סף הקרינה עליו מתבסס ת"י 5098 הינו מרוחק מהמציאות ונוגד את עקרונות התקינה שאושרו באירופה [2] לפיהם :

"(23) The purpose of controls is to restrict the highest individual doses. Therefore, the dose criterion used for national controls should be chosen in a way that **the majority of normal building materials** on the market fulfill the requirements."

לפי [2], המשמש מעין "תקן על" במדינות האיחוד האירופי, הממליץ כיצד יש לקבוע, או להתאים את התקנים הלאומיים במדינות אירופה, כל מדינה רשאית לקבוע את תוספת המנה השנתית מעל קרינת גמא

מחוץ למבנה בטווח 0.3 – 1.0 מיליסיברט. אולם יש לציין כי מרבית המדינות באירופה טרם אימצו את המלצת "תקן העל" מסיבות כלכליות-חברתיות ותוספת מנת הקרינה המרבית הנהוגה בהן אינה נופלת מתחת ל-1.0 מיליסיברט לשנה.

בהשוואה למסמך [2] ת"י 5098 מחמיר באופן ברור את מצב מוצרי הבטון והופכם לבלתי עמידים בתקינה. תוצאות חישוב אינדקס הקרינה של הבטונים שנבדקו בעבודה הנוכחית מובאות בצירוף 1, הן לפי ת"י 5098 (SI-5098) והן לפי [2] (RP-112). ניתן לראות שכל הבטונים שנבדקו בעבודה הנוכחית יעמדו ללא דופי בדרישות המקובלות באירופה. לפיכך, נוצר מצב אבסורדי שמוצרים זהים עומדים בדרישות התקנים באירופה, אך נפסלים לחלוטין משימוש בענף הבנייה בארץ.

בעיניי, מצב זה נובע מסיבות אחדות, שבהן (א) בחירה שגויה של קרינת הרקע בתקן הישראלי המתבססת על הבלוק האפור בעל הצפיפות הנמוכה יחסית כמוצר ייחוס המייצג את מסת החומר בבניין, בעוד שמסת החומר העיקרית בבניינים היא הבטון הקונסטרוקטיבי בעל הצפיפות הגבוהה בהרבה; (ב) בהכללת שפיעת הראדון בתוך נוסחאות המודל עליו מתבסס ת"י 5098; ו-ג) בהגדרה פשטנית של חדר טיפוסי במבנה מגורים בישראל הבנוי מאותם רכיבי הבנייה בכל קירותיו, בתקרה וברצפה. כמו-כן, לא נעשתה הערכה של עלות מול תועלת ביישום התקן בארץ.

סיכום

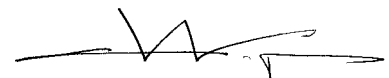
תוצאות העבודה מצביעות על כך שיש להקפיד את ת"י 5098 לאלתר ולהתחיל בהקדם האפשרי ברביזיה, כדי להתאימו למצב התקנים באירופה ולהבטיח את יישומותו של התקן בענף הבנייה בארץ.

מקורות מידע

[1] ק. קובלר, א. פרבלוב, שפיעת ראדון במוצרי בנייה מאפר פחם, דו"ח מחקר 017-734, 2004, המכון הלאומי לחקר הבנייה, טכניון, חיפה.

[2] 'Radiological Protection Principles Concerning the Natural Radioactivity of Building Materials', Radiation Protection 112 (European Commission, Directorate-General, Environment, Nuclear Safety and Civil Protection, 1999).

בכבוד רב,



קוסטה קובלר
מהנדס-יועץ

העתק: מר עמרי לולב, מנהלת אפר הפחם