



י"ד אב תשע"ז
06 אוגוסט 2017
מס' 145978

לכבוד
מנהל/ות הארגונים

א.ג.ג.,

הנדון: דרגות חשיפה של בטון – בדיקת מפרטי בטון של המתכננים

יש חוסר בהירות בדרגות החשיפה של בטון, הקביעה של המתכננים לגבי דרגות החשיפה לא תמיד מדויקת. אנו ממליצים כי הקבלן, מנהל הפרויקט שלו מהנדס הביצוע שלו יבדקו את דרגות החשיפה של הבטונים ויתאימו אותם להוראות תקן 118. בדיקה זו עשויה לחסוך כסף לקבלן. קבלן, מהנדס ביצוע, מנהל פרויקט או מנהל עבודה המבקשים סיוע של ההתאחדות בנושא דרגות חשיפה של בטונים יכולים לקבל סיוע על ידי קביעת פגישה באגף הטכני. לפגישה צריך להגיע עם תכניות הביצוע, מפרט מיוחד של הבטונים, ופרטים על מיקום המבנה.

1. כללי

תקן 118 ליצור בטון, קובע 11 דרגות חשיפה של בטון. כאשר דרגה אחת מתאימה לבטון במבנה באזורים יבשים, שאין בהם אטמוספירה הגורמת לקורוזיה של בטון לבין דרגת חשיפה 11 המתאימה לבטונים במבנים הנמצאים באתרים עם אטמוספירה מאד קורוזיבית. מבחינת הקבלן ההפרש במחירים בין בטון רגיל (דרגת חשיפה עד 3) לבין בטון עם דרגת חשיפה גבוהה של 10-11 עשוי להגיע לעשרות ואף למאות שקלים למ"ק בטון. בעבר נשלחו לחברים מספר חוזרים בנושא דרגות החשיפה של בטון המסבירים את הבעיה ומחדדים אותה. למרות זאת אני מוצא לנכון לחזר עוד פעם לנושא כי המדובר בהוצאה כספית לא מבוטלת של הקבלן אשר לעיתים קרובות אין בה צורך.



2. מה זה דרגת חשיפה של בטון:

דרגת החשיפה מגדירה את אורך החיים (הקיים) של הבטון בהתחשב בהשפעות החומרים הקורוזיביים באטמוספירה, איתם הוא בא במגע. ובמבטיחה לבטון קיים סביר לאורך זמן על אף האווירה הקורוזיבית בה הוא נמצא.

לדוגמא: בטון הנמצא בפנים המבנה ואינו חשוף לאטמוספירה החיצונית, מספיקה לו דרגת חשיפה מינימלית. לעומת זאת בטון במבנה הנמצא באזור עם המתזז עליו מי ים, יש להגן על הרכיבים החיצוניים של המבנה, הבאים במגע עם אוויר החוץ, (עמודים חיצוניים וקירות חוץ מבטון), על ידי שימוש בבטון בעל דרגת חשיפה גבוהה 7 או 8.

לעומת זאת הבטון של התקרות באותו בניין אינו חייב להיות בדרגת חשיפה גבוהה, (יכול להיות כי דרגת חשיפה 2 או 3) כדי לספק קיים סביר ולעמוד בדרישות התקן.

3. איך מתבצעת הגנה על הבטון מפני אווירה קורוזיבית?

ההגנה בעצם על הזיון של הבטון שלא יחליד. כאשר מתחיל בזיון תהליך של קורוזיה, נפחו גדל פי שלושה, הוא לוחץ על הבטון שמעליו וגורם לסדיקתו ואף להתפוררותו.

המטרה לא לאפשר לחומרים הקורוזיביים להגיע לזיון על ידי מניעת הקרבונציה של הבטון.

זה נעשה בשתי דרכים:

1- הגדלת כמות הצמנט בבטון – דבר המקטינים את שיעור הקרבונציה של הבטון.

2- הקטנת יחס מים צמנט בבטון – דבר המקנה חוזק לבטון.

3- הגדלת עובי כיסוי הבטון על הפלדה.

התקינה בעולם ובישראל קבעו איזה דרגת חשיפה מתאימה לאיזה בטון. **למסמך זה מצורפת טבלה הלקוחה מת"י 118 הקובעת את דרגות החשיפה.**

מהאמור לעיל ברור כי במבנה כלשהו תנאי החשיפה רלבנטיים בלעדית לבטון הנמצא במגע עם אוויר החוץ - דהיינו עמודים וקירות חיצוניים. הבטונים הפנימיים אינם חשופים לתנאים קורוזיביים לכן ניתן להסתפק ברכיבי בטון אלה בדרגת חשיפה נמוכה יחסית (1-4).

יוצא מהכלל לגבי זה הם בטונים המחופים באבן (שיטת ברנוביץ למשל) הנחשבים לבטונים חיצוניים על אף שהם מכוסים באבן.

4. מי קובע בפועל בתכניות העבודה, מה דרגת החשיפה של בטון במבנה?

על פי ההיגיון ההנדסי מתכנן שלד המבנה אמור לקבוע בתכניות את תנאי החשיפה של הבטון.

על פי אותו היגיון הנדסי לא יתכן כי כל הבטונים במבנה יהיו בדרגת חשיפה אחת-גבוהה.

אם תגלה במפרט המיוחד של הבטון כי כל הבטונים של המבנה הם בדרגת חשיפה גבוהה, זה סימן מובהק כי מי שקבע את דרגת החשיפה לא התעמק בתקן או לא התעמק בתיפקוד המבנה.



לאחרונה פנתה אלי ד"ר גלית אגרנטי מהמכון הלאומי לחקר הבנייה בטכניון ופרשה לעיני עובדה בה היא נתקלת. במקרים רבים פונים אליה קבלנים עם מפרטים של בטון. היא מגלה כי המתכנן קבע דרגות חשיפה גבוהות לבטונים של המבנה, שלא בהתאם לדרישות התקן, כדי להיות על הצד הבטוח.

יש להתאים את דרגת החשיפה של הבטון לאזור בו נמצא המבנה וגם לרכיבי המבנה השונים על פי מגעם עם האטמוספירה החיצונית. כאשר המבנה נמצא באזור קורוזיבי, חשוב לקבוע דרגת חשיפה גבוהה לבטונים החיצוניים (קירות חוץ ועמודים) ודרגת חשיפה נמוכה לבטונים בפנים המבנה (קירות פנים, קירות גרעין, תקרות, וכדומה).

צריך לזכור כי המדובר על רוב הבטונים במבנה בשיעור המתקרב ל 80%.

5. מה הסיבה שחלק מהמתכננים קובעים דרגת חשיפה גבוהה, שלא על פי הוראות התקן:

יש מספר סיבות אפשריות:

- כאשר המתכנן אינו בטוח, או אינו מכיר טוב את התקן, הוא קובע דרגת חשיפה גבוהה כדי להיות על הצד הבטוח.
- כאשר המתכנן רוצה לקבל בטון חשוף הוא דורש דרגת חשיפה גבוהה לבטון כי קל יותר לקבל בטון חשוף באיכות טובה, כאשר כמות הצמנט בבטון גבוהה.
- כאשר למתכנן חשוב שהבטון יהיה אטום למים, הוא דורש בטון עם מקדם חשיפה גבוה ובכך הוא מבטיח תכולת צמנט גבוהה בבטון דבר המסייע במידה רבה לאטימות הבטון לחדירת מים.
- יש מקרים שהמתכנן דרש בטון עם דרגת חשיפה גבוהה בבטון של מעביר מים (הקבור כולו באדמה ואין מגע עם האטמוספירה) כדי להיות בטוח שהבטון במעביר המים אטום למעבר מים.

6. מסקנות

ממקרים אלה אני למד כי לא כל המתכננים הפנימו את משמעותם של דרגות החשיפה, חלקם משתמשים בהם למטרות שאינן קשורות לקיים. במקרים אחרים הם לא מתעמקים בהוראות התקן וקובעים דרגות חשיפה גבוהות לבטונים המחויבים בדרגות חשיפה נמוכות. מעשית הדבר בא לידי ביטוי במפרט המיוחד של המכרז (מפרט הבטון) או בכתב הכמויות.

בחברות גדולות, מהנדס הביצוע של הפרויקט עובר על המפרט של הבטון ומתקן את דרגות החשיפה על פי הוראות התקן, תוך תיאום עם המתכנן ושיכנועו.

7. תרגיל לדוגמא:

במבנה בן 5,000 מ"ר, שכמות הבטון בו כ 2000 מ"ק, הנמצא באזור במרחק של 150 מ' מהים, נדרש בטון בעל דרגת חשיפה של 8 בגלל הקרבה לים ובגלל הסיכון של התזת מי ים. קביעה זו פירושה כי הקבלן משלם תוספת של 400,000 ₪ לבטונים לעומת מבנה רגיל.

בדיקת התכניות מגלה כי כל המרתפים אינן חשופים להתזת מי ים בהיותם תת קרקעיים, וכל התקרות אינם צריכות להיות בדרגת חשיפה 8 אל אולי דרגת חשיפה

3.



כמות בטון שעבורו יש לקבוע דרגת חשיפה נמוכה על פי התקן, מוערכת ב- 80% מכלל הבטונים שבמבנה, התשלום המיותר לבטון הוא 320,000 ₪. במילים אחרות בדיקת התכניות והמפרט על ידי מהנדס הביצוע של הפרויקט בהשקעה של מספר שעות (10 שעות – 20 שעות) יכולה לחסוך מאות אלפי שקלים.

יש לקחת בחשבון כי הצעד המשלים לבדיקה הוא תיאום עם המתכנן שיתקן את דרגות החשיפה לפי הוראות התקן מן הראוי לציין כי לא ניתן לבדוק במעבדה את דרגת החשיפה של בטון שהתקשה. הקביעה של דרגת החשיפה היא על פי הזמנת הבטון ותעודת המשלוח של מפעל הבטון.

8. מה כדאי לעשות?

1. לבדוק כל פרויקט מול המפרט של הבטונים ולוודא כי אין הגזמה בדרגת החשיפה.

2. לתאם עם המתכנן ולסכם איתו את השינויים הדרושים בדרגות החשיפה של הבטונים השונים בבניין בהסתמך על הוראות התקן. קבלן שאין לו מהנדס ביצוע או שאינו יכול לבצע בדיקה זו, עדיף שיקבל שירות ממהנדס הבקיא בדרישות התקן. בכל מקרה עדיף לבדוק ולנסות לחסוך כסף במקום לזרוק את הכסף ללא מטרה. **בשימוש בצמנט מיותר.**

הטבלאות של התקן לגבי דרגות החשיפה מצורפות למסמך זה לידיעתכם. כאשר מול כל דרגת חשיפה מצוינת כמות מינימלית של צמנט למ"ק בטון. וכן מצוין חוזק הבטון שכמות הצמנט מתאימה לו.

9. סיוע האגף הטכני בהתאחדות:

כיוון שיש חוסר בהירות בדרגות החשיפה של בטון, אנו ממליצים כי הקבלן, מנהל הפרויקט שלו מהנדס הביצוע שלו יבדקו את דרגות החשיפה של הבטונים שקיבלו מהמתכנן ויתאימו אותם להוראות תקן 118. בדיקה זו עשויה לחסוך כסף לקבלן.

קבלן, מהנדס ביצוע, מנהל פרויקט או מנהל עבודה המבקשים סיוע של ההתאחדות בנושא דרגות חשיפה של בטונים יכולים לקבל סיוע על ידי קביעת פגישה באגף הטכני בהתאחדות בוני הארץ. לפגישה צריך להגיע עם תכניות הביצוע, מפרט מיוחד של הבטונים, ופרטים על מיקום המבנה.



ד"ר. חברה לשרותים בענף הבניה בעמ' 19.01.2015. תקן זה נועד לשימוש אישי בלבד. אין לעולם להעתיק, להפיץ או לשכפל בגלל דרך שהיא. כל הנושאים שמורות למכון התקנים הישראלי

טבלה 11 - היחס המקסימלי מים:צמנט ותכולת הצמנט המינימלית בהתאם לדרגת החשיפה^(א)

דרגת חשיפה	תיאור תנאי הסביבה של המבנה או רכיבי המבנה ^(ב)	יחס מקסימלי מים:צמנט	תכולת צמנט מינימלית ^(ג) (ק"ג למ"ק)	דרגת חוזק (סוג הבטון) ^(ד)	
1	רכיב פנים ב"אווירה רגילה", או רכיב חוץ באזור מדברי, 2 מ' לפחות מעל פני הקרקע	0.70	230	ב-20	
2	רכיב חוץ	0.60	270	ב-30	
3	פני רכיב (פנים או חוץ)				במגע עם מים שאינם אגרסיביים או עם קרקע שאינה אגרסיבית (ועד 2 מ' מעליה), או באווירה לחה
4	רכיב חוץ				אם $1 < R < 2$, 2 מ' לפחות מעל לקרקע
5	סביבה ימית	0.55	320	ב-30	
6	(הים התיכון)	0.45		ב-40	
7	בנייה ימית	0.45		ב-40	
8	(הים התיכון וים סוף)	0.45	350	ב-40	
9	סביבה או קרקע	0.50	320	ב-40	
10	אגרסיביות	0.45		ב-40	
11	(ראו טבלות 1, 2)	0.45	350	ב-40	

הערות לטבלה:

(א) המתכנן יכול לשקול את החמרת הדרישות הנקובות בטבלה.

(ב) R בטבלה זו מסמן את מרחק הרכיב משפת הים התיכון הקרובה ביותר, בקילומטרים.

(ג) תכולת הצמנט המינימלית מתאימה לשימוש במיני הצמנט שלגביהם יש ניסיון בשימוש בארץ, המפורטים בסעיף 5.1.2. עבור צמנטים אחרים תיקבע התכולה המינימלית בהתאם לעקרון התפקוד השקיל (ראו סעיף 5.2.5.3).

(ד) דרגת חוזק הלחיצה הנקובה בעמודה זו מובאת למידע בלבד, והיא דרגת החוזק הנמוכה ביותר שיכולה להתקבל מהרכב בטון העומד בדרישות ליחס מים:צמנט מקסימלי ולכמות צמנט מינימלית. עמידה בדרישות ליחס מים:צמנט מקסימלי ובדרישה לכמות צמנט מינימלית עשויה לחובל בדרך כלל לסוג בטון בעל דרגת חוזק גבוהה מהנקוב בעמודה זו.

3. 5. שיטות תכנון תפקודיות

ניתן להשתמש בשיטות תכנון תפקודיות בהתייחס לקיים, לצורך קביעת הדרישות המתייחסות לתנאי הסביבה במונחים של אמות מידה לתפקוד. הנחיות לשימוש בשיטת תכנון תפקודית חלופית בהתייחס לקיים ניתנות בנספח ג.



ת.ב. חברה לשרותים בענף הבניה בעמ 19.01.2015. תקן זה נועד לשימוש אישי בלבד. אין לעולם להעתיק, להפיץ או לשנפל בכל דרך שהיא. כל הזכויות שמורות למכון התקנים הישראלי

טבלה 3 - דרגות חשיפה

דרגת חשיפה	תיאור תנאי הסביבה של המבנה או רכיבי המבנה ^(א)
1	רכיב פנים ב"אווירה רגילה", או רכיב חוץ באזור מדברי, 2 מ' לפחות מעל פני הקרקע
2	רכיב חוץ כאשר $R > 2$, 2 מ' לפחות מעל לקרקע
3	פני רכיב (פנים או חוץ) במגע עם מים שאינם אגרסיביים או עם קרקע שאינה אגרסיבית (ועד 2 מ' מעליה)
4	רכיב חוץ אם $1 < R < 2$, 1 מ' לפחות מעל לקרקע
5	סביבה ימית (הים התיכון) אם $0.2 < R < 1$, חשוף לרוח מהים או כאשר $R < 0.2$, מעל גובה 30 מ' מעל לקרקע
6	כאשר $R < 0.2$, עד גובה 30 מ' מעל לקרקע - חשוף לרוח מהים, אך לא להתזה ישירה של מי-ים
7	בנייה ימית (הים התיכון וים סוף) בתוך הים, בעומק גדול מ-2 מ'
8	באזור התזת מי-ים, או בתוך הים, בעומק עד 2 מ'
9	אגרסיביות קלה
10	קרקע אגרסיביות בינונית
11	אגרסיביות ^(ב) אגרסיביות חמורה (בסביבה כזאת חייב הרכיב בצפוי מגן מפריד)

הערות לטבלה:
 (א) R מציין את מרחק הרכיב משפת הים התיכון הקרובה ביותר, בקילומטרים.
 (ב) רמת האגרסיביות תיקבע בהתאם למפורט בטבלות 1 ו-2.

בעמודה הימנית בטבלה 3 מצויות דרגות החשיפה, ובעמודה השמאלית מוגדרים תנאי הסביבה שהמבנה או רכיביו חשופים להם. בטבלה זו מתייחס המושג "אווירה רגילה" לחלל פנימי שהלחות היחסית הממוצעת בו אינה גבוהה מ-60%. כאשר הלחות הממוצעת גבוהה מזה, ייחשב גם רכיב פנים כ"רכיב חוץ". "אזור מדברי" הוא אתר שהלחות היחסית הממוצעת בו היא בתחום 30% - 50%. רכיב פנים החשוף לאוויר החיצוני (בסככה, בחניון פתוח וכדומה) דינו כרכיב חוץ. בדרגת חשיפה 3 כלולים גם יסודות ומסדים ללא אטימה, מקלטים ובכרות למים מתוקים. בדרגות חשיפה 7, 8 כלולים גם רכיבי מבנה הנמצאים במגע עם מי תהום מלוחים או מי-ים, בעומק המתאים. דרגת החשיפה **תוחמר** אם בתקופת הבנייה נחשף המבנה או הרכיב לתנאים גרועים יותר למשך זמן ארוך מ-6 חודשים (כגון: אם אינו מטווח או אינו מחופה במשך תקופה כזו).

4.2. סיווג הבטון הטרי

4.2.1. דרגות סומך

מסווגים את הבטון הטרי, בהתאם לסומך שלו, לבטון בעל דרגת סומך כנקוב בטבלות 4, 5, 6 או 7. **הערות:**
 1. דרגות הסומך המפורטות בטבלות 4 עד 7 נקבעו בשיטות בדיקה שונות, שאינן קשורות באופן ישיר זו לזו.
 2. ראו הנחיות נוספות ליישום שיטות דירוג הסומך בסעיף 5.4.1.
 3. עבור בטון המיועד לחיות מצופף באמצעים מיוחדים, כגון אמצעי הידוק לעבודות עפר, דרגות הסומך אינן מסווגות.

