



**חיפוי קירות באבן טבעית: כל מה שצריך לדעת על השיטות המקובלות ליישום**

מאת דינאל שניידר - מהנדס אזרחי MSc

בשנות ה-50 עד 90 נבנו בארץ אלפי דירות בשיטה טרומיט. האיכות? לא ממש... גם בשנות 2000 בונים אלפי דירות באלמנטים טרומיים ומתועשים! האם למדנו לקח מהליקויים?

בעבר, התגלו בעיות רבות בחיבור האלמנטים, במישקים, בעיות אטימות מים, ובעיות מראה. חשוב לציין שבאותה תקופה לא הייתה קיימת סידרת התקנים המודרנית שישנה היום.

בואו נראה מה השתנה מאז :

מהמפרט ה-378 משנת 1994 (הכולל פרק ד' קצר מיועד לשיטה) עד לתקן 2378 חלק 5- תקן הכולל 3 גיליונות תיקון : 2015 ( עם 30 עמודים של תוכן, כנוון ובדיקות תפקוד).



שיטה טרומיט

שיטה מתועשת (למשל "ברטוביץ")

**שיטה מתועשת:** האלמנטים יצוקים באתר בטפסות מתועשות המוצבות במקום המיועד בבניין. במקור, על פי המפמ"כ 378 ובהמשך לשיחתי עם מוטי ברנוביץ עצמו, הכנת המסגרת עם האבנים הייתה צריכה להתרחש בחצר האתר ורק אז להרימה ולהובילה למקום המיועד בבניין. כמו כן, האבנים יהיו כבר מסודרות עם כל האמצעים המיועדים לקיבוען המכני לקראת יציאת הבטון כנגדן.

**שיטה טרומיט:** האלמנטים יצוקים מראש במפעל או באתר בנייה. האבנים מונחות בטפסות, כשיש בהן אמצעים לקיבוען המכני והבטון נוצק כנגדן. בהמשך האלמנטים המחופים מובלים ומורכבים במקום המיועד בבניין.

**פעם נוספת, חשוב לזכור שמאמר זה דן בחלק קטן מהדרישות שבתקן. תמיד יש לקרוא את התקן (המעודכן) במלואו ולעמוד בכל דרישותיו .**

**מידות האבן**

**עובי** נומינלי לא יהיה קטן מ-22 מ"מ ובכל מקרה העובי הנמדד לא יהיה קטן מ-20 מ"מ. באלמנטים מתועשים, אם רוחב האבן גדול מ-370 מ"מ, העובי הנומינלי לא יהיה קטן מ-30 מ"מ.

**שטח האבן** לא יהיה גדול מ-0.50 מ"ר ואורך הצלע לא יהיה גדול מ-800 מ"מ. היחס בין הצלעות לא יהיה גדול מ-1.3 למעט פסי אבן מסביב לפתחים או פסים דקורטיביים. ניתן מידות אחרות ויחס שונה אם מובטחת עמידות האבן בעומסי תכן עם מקדם בטחונות 6. סטיות האבן בהתאם לתקן 2378 חלק 1 המגדיר תכונות האבן.

**בטון קיר הרקע**

ב-30 לפחות, מתאים לדרישות של התקנים 466 ו-1181 .  
המרחקים ( spacers ) יבטיחו שעובי שכבת הבטון מעל זיון הפלדה יהיו לפי תקן 466 חלק 4.

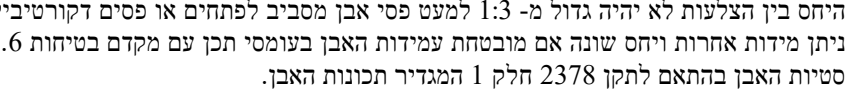
**לפעמים הכשל מתחיל בבטון !**

**כיסוי הבטון לזיון בשל תנאי הסביבה (לפי תקן 466 חלק 1 – גיליון תיקון מס'4) הפנייה לתקן 466 חלק 1 סעיף 6.1.2**

תקן 466 חלק 1 סעיף 6.1.2 טבלה 6.3, קובע את סוג המבנה לפי תנאי סביבה ("דרגת חשיפה"): ישנן 11 דרגות חשיפה מוגדרות בתקן, כאשר **דרגת 1** מתייחסת לרכיב פנים ב"אווירה רגילה" או באזור מדברי, 2 מטר לפחות מעל פני הקרקע (דרגת הקלה ביותר), **דרגת 5** מתייחסת לסביבה ימית במרחקים שונים מהים. ועד **דרגות 9,10,11** סביבה או קרקע אגרסיבית קלה או בינונית או חמורה.

תקן 466 חלק 1, ג"ת 4, לפי טבלה 6.14, קובע את העובי המינימלי של כיסוי הבטון בהתחשב בתנאי סביבה ( "דרגת החשיפה").

שימוש בבטון ב-30 מותר עד דרגה 5 כולל, בסביבה או בקרקע אגרסיבית קלה. שימוש בבטון ב-40 מותר בכל דרגה חשיפה אבל עם עובי כיסוי משתנה בהתאם. ראו מטה **כשל בחיפוי, כשל מערכת**, עקב עובי כיסוי של זיון פלדה לא מתאים.



ברזל במגע עם האריחים, עבר תהליך של קורוזיה, התנפה. במקרה אחד הפיל את האבן, במקרה שני, כאשר ההידבקות הייתה חזקה מאוד, פשוט שבר את האריח.

**עובי כיסוי**, לבטון ב-30, לפי התקנים הנ"ל, נע בין 15 מ"מ ל-30 מ"מ לדרגה 5, לדרגות גבוהות יותר יכול להגיע עד למינימום של 75 מ"מ.

**אביזרי מתכת**

עוגנים (בורג + מיתד או דיבל) הברזים יהיו עשוי פלב"ם 316, המיתדים עשויים נירוסטה 316 או כימי או פוליאמיד (ניילון). הווים לקיבוע האבן לתוך הבטון יהיו עשוי פלב"ם 316. חוזק מתיחה 600 ניוטון לממ"ר.

**מישקים**

**מישק רגיל ("פוגה")**

מוגדר כמרווח בין אריחים, ימולא על ידי כוחלה (תערובת צמנטית מתועשת). יש לתכנן כך שיהיה מישק לפחות בכיוון אחד, לאורך הצלע הארוכה של האבן. רוחב ה"פוגה" לא יהיה קטן מ-6 מ"מ.

אם רוחב המישק הרגיל הוא 10 מ"מ לפחות, ניתן להתחשב בכך לחישוב העברת עומסים אנכיים של משקל האבן. ראו פרטים בתקן, סעיף 4.8.1.

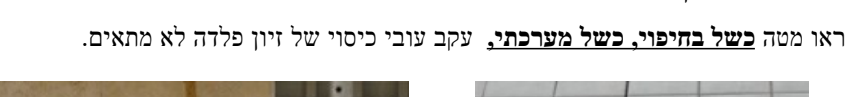
**מישקי התפשטות**

הגדרות: **מישק מבני** – העובר במבנה, העובר בניצבים לשחרור מאמצים במערכת החיפוי ומישק הפנדה- לקבלת שינוי תוויות בין חומרים שונים. ימולאו בחומר מילוי גמיש לפי תקן 1536, ויהיה ממין 20L או L 25, כתלות ברוחב המישק, למרחק ביניהם, לאזור איסטימי וכו'. המישקים יהיו כלהלן:

- לפתות בכל קומה שברבע התחתון של מספר הקומות הכולל של הבניין, ובכל מקרה במרחקים שאינם גדולים מ-4.5 מ', יהיו מישקי בנינים אופקיים ברוחב 12 מ"מ לפחות
- מישקי בנינים אנכיים שרוחבם 12 מ"מ לפחות ייקבעו במרחקים שלא יהיו גדולים מ-8 מ'.
- המרחק בין מישקי ההתפשטות בפני החיפוי של אלמנטים טרומיים לא יהיה גדול מ-8 מ'.

**חתך אופייני של הקיר לפי שיטה מתועשת**

בשני האירורים בהמשך ניתן לראות חתך אופייני כאשר הווים בפאות האבן .



**ג1 – 11 בפאת אבן הנמצאת בקצה קיר הרקע** – מבט מחוץ  
**ג2 – 11 בפאת אבן שאינה נמצאת בקצה קיר הרקע** – מבט מחוץ

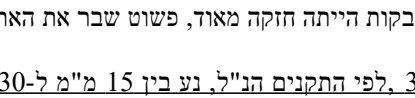
באזור הבא, ניתן לראות חתך אופייני כאשר הווים הנמצאים בגב האבן.



**שילבי ביצוע של שיטה מתועשת (ווים בפאות האבן)**



סידור האבנים במסגרת



סידור הווים

**נקודות לציין על מנת להבטיח איכות ובטיחות**

- קשה להבטיח את האטימות בפני מים, דרך המישקים. כמו כן, יש להשתמש בבטון צפוף על מנת למנוע חדירות מים.
- בשיטה מתועשת, בקיבוע בגב האבן, יש לקבע היטב את העוגנים על מנת למנוע תלישה בעת היציקה.
- ישנה בעיה בביצוע בידוד תרמי חיצוני בגשרי קור של הבניין. יש צורך בפתרון על מנת להבטיח עמידות בתקן לבידוד תרמי ת"ג 1045.
- יש לדאוג לתערובת הבטון מתאימה בכל שיטה. בשיטה המתועשת, יש לדאוג בין היתר שלא תהיה תסרגציה של הבטון מאחורי האבן – ראו תמונה. ואם כשל כזה מתגלה, מדובר על כשל מערכתי, לפחות עד שיתגלה כנקודתי בלבד, אחרי מיפוי יסודי של כל החזיתות ולכל גובה הבניין.



- בשיטה מתועשת אין צורך בפיגומים. לתקונים והשלמות יש להשתמש בבמות הרמה או פיגומים תלויים.
- בדרך כלל שיטה מתועשת מתחילה מהקומה הראשונה ולכן יש צורך בשיטת חיפוי אחרת בקומת קרקע. במגורים מקובל להשתמש בשיטת אופציות: "שיטה בהדבקה ישירה בשילוב קיבוע מכאני" או ב"שיטה רטובה".
- קבורה איכות טובה מאפשרת בדיקה לפני היציקה. כך ניתן לראות את העוגנים לפני יציאת הבטון.
- לגבי שיטה טרומיט, ניתן להתארגן במפעל ולייצר כמות גדולה של אלמנטים. במקביל יש להתארגן באתר מבחינת לוגיסטיקה על ידי מספיק מקום לאחסון ושינוע של האלמנטים לפני הרכבתם.
- היתרון הגדול של השיטה המתועשת היא הרכבת אבן ביחד עם יציאת הבטון.

**בדיקות אב-טיפוס של אלמנט טרומיט:**

כמו בכל שיטות חיפוי אחרות, יש להכין קיר אב-טיפוס מחופה ששטחו כ-12 מ"ר:

- בוטנים חוותית את סידור האבנים על גבי הספסה, את ווי הקיבוע, ובעיקר את המצאות המרחקים
- לזוודא המצאות של עיגון העוגנים אל הבטון
- בתום בדיקות הכנה ובלבד ובכפוף לאישור הנדסי, יוצקים את הבטון כנגד האבן

**בדיקת אב-טיפוס של אלמנט מתועשת:**

מכיוון קיר אב-טיפוס מחופה ששטחו כ-12 מ"ר, כולל פתח לחלוץ:

- מסדרים את האבנים לפי התכנון כולל העוגנים ומרחקים.
- בודקים שהושמו הסרגלים להבטחת רוחב המישקים והשושם חומר מילוי מתאים (מסטיק) פוליאוריטני או סיליקוני לשמירת מיקום ווי הקיבוע בזמן יציאת הבטון.
- בודקים המצאות המרחקים המתאימים המיועדים להבטיח כוונת הבטון כנדרש
- בהמשך מרכיבים את הספסה הפנימית ויוצקים את הבטון בתוך.

**המשך יבוא !!!**

צוות מיסטר פיקס

