



מיסודם של  
משרד הבינוי והשיכון  
הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל  
הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית

**המכון הלאומי לחקר הבנייה**  
**National Building Research Institute**



**Building Systems Evaluation & Approval Unit** היחידה לבחינה ולאישור של שיטות בנייה חדשות

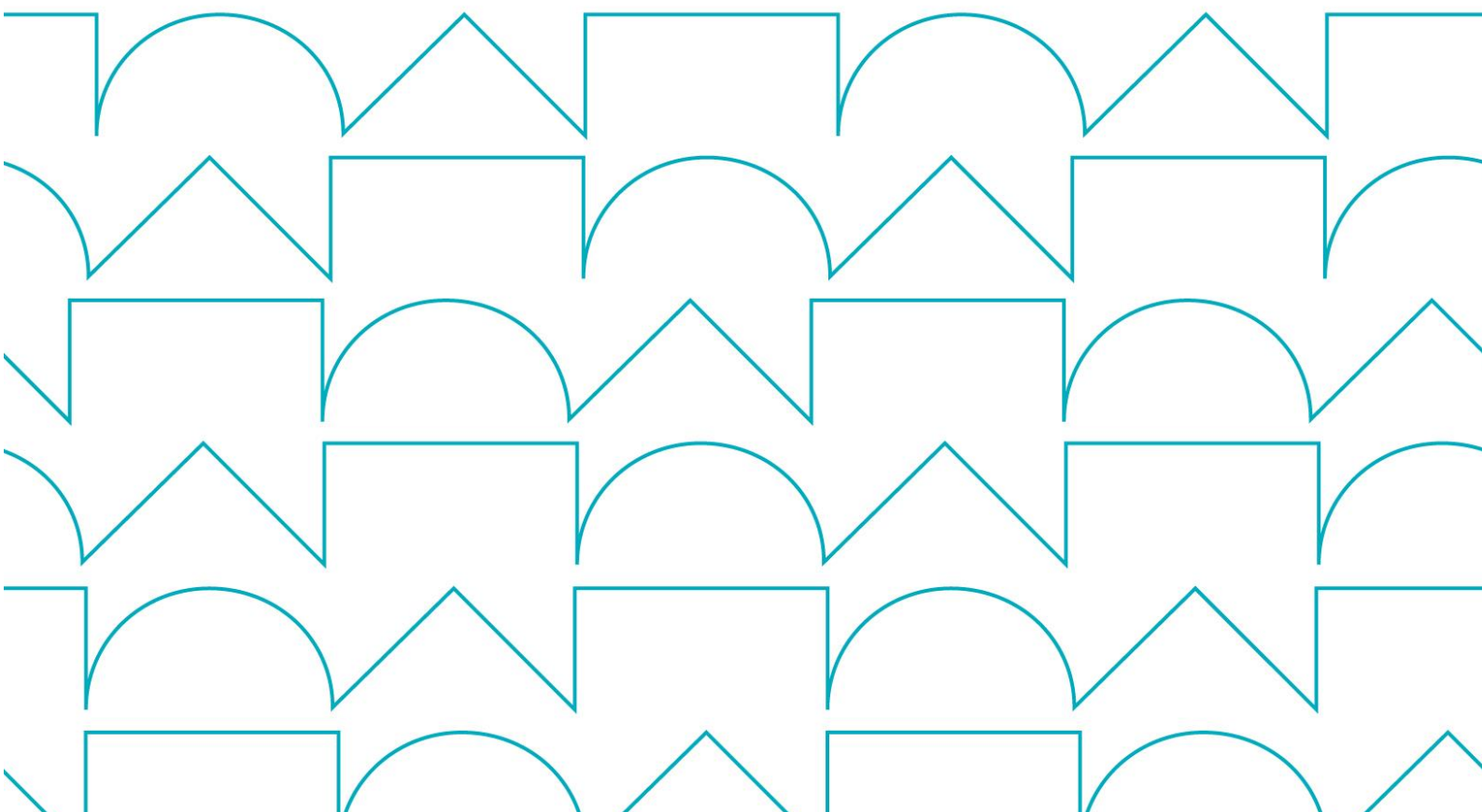
**קירות תומכים מקרקע משוריינת - שיטת "ק.ת.מ."**

**חוות דעת מסכמת**

**מזמין הבדיקה ת.מ.ל. חברה להנדסה ותשתית בע"מ**

**ד"ר גבריאל רביב**

**ד"ר איתי אלקיים**





Founded By  
Ministry of Construction



Technion-Israel Institute of Technology  
Faculty of Civil & Environmental Engineering

מייסודם של  
משרד הבינוי

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל  
הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית

המכון הלאומי לחקר הבנייה

National Building Research Institute



היחידה לבחינה ולאישור של שיטות בנייה חדשות Building Systems Evaluation & Approval Unit

תאריך 31/12/2020

סימוכין ש-021-04

## קירות תומכים מקרקע משוריינת - שיטת "ק.ת.מ."

### חוות דעת מסכמת

מזמין הבדיקה ת.מ.ל. חברה להנדסה ותשתית בע"מ

ד"ר גבריאל רביב

ד"ר איתי אלקיים

דצמבר 2020

חיפה

טבת תשפ"א

למען הסר ספק מודגש בזה כי החוקרים/המומחים ו/או המכון הלאומי לחקר הבנייה ו/או הטכניון ו/או מוסד הטכניון למחקר ופיתוח בע"מ ו/או משרד הבינוי והשיכון לא יהיו אחראים לכל נזק לרכוש ו/או לגוף ו/או להפסד מכל מין וסוג, אשר יגרמו ו/או עלולים להיגרם כתוצאה ישירה ו/או עקיפה, למקבל חוות דעת זו ו/או לצד ג' כלשהו, עקב חוות דעת זו או בהקשר אליה.

חוות דעת זו אינה פוטרת את המתכנן והמבצע מאחריותם על כל מבנה בנפרד. במקרה של עימות משפטי חוות דעת זו תשמש את כל הצדדים. אין להפיץ, לשכפל, לצטט או לפרסם חוות דעת זו, אלא בשלמותה (35 עמודים).

המכון הלאומי לחקר הבנייה, קריית הטכניון, חיפה 3200003, Israel | המכון הלאומי לחקר הבנייה, קריית הטכניון, חיפה 3200003, Israel

Fax: 972-4-8324534 | Tel: 972-4-8292242/3 | e-mail: nbri@tx.technion.ac.il

http://bseu.net.technion.ac.il

## תוכן עניינים

1.	תקציר מנהלים	3
2.	כללי	4
3.	תיאור השיטה	6
3.1.	שיטת התכן של קירות תומכים מקרקע משורינת – שיטת "ק.ת.מ."	6
3.2.	תיאור מרכיבי הקיר	7
3.2.1.	מפתן הפילוס	7
3.2.2.	חזית הקיר	8
3.2.3.	סולמות שריון-עיגון	9
3.2.4.	קרקע המילוי המהודק	10
4.	חוות דעת	10
4.1.	כללי	10
4.2.	שיטת התכן	11
4.3.	קרקע המילוי	13
4.4.	סולמות השריון-העיגון	14
4.5.	רכיבי החזית היצוקים באתר	15
4.6.	חיפוי אבן של קיר החזית היצוק באתר	16
4.7.	ביצוע	16
4.8.	מפרטי ייצור וביצוע מיוחדים	18
4.9.	בקרת האיכות באתר	19
5.	סיכום	20
6.	מראי מקום	21
7.	נספח 1 : פרטי ביצוע אופייניים	22
8.	נספח 2 : מפרט לביצוע של חברת ת.מ.ל. בע"מ	30

## 1. תקציר מנהלים

שיטת ק.ת.מ. לביצוע קירות תומכים מקרקע משוריית נמצאת מזה זמן רב בבחינת היחידה לבחינה ולאישור שיטות בנייה חדשות במכון הלאומי לחקר הבנייה. חוות הדעת הראשונית לשיטה זו ניתנה על ידי צוות המומחים לחוות דעת זו בחודש תשרי תש"ע, אוקטובר 2009. עקב ההפסקה שהייתה במהלך פעילות היחידה, הוחל בביצוע המעקב המדגמי אחרי השיטה בחודש יולי 2017. במסגרת המעקב המדגמי נבחנו שלושה פרויקטים: (1) מתחם אשדור בשכונת המגף בפרויקט חריש; (2) קיר תומך בכביש 18 בביתר עילית; ו-(3) קיר מספר 11 בשכונת מורשת במודיעין. חוות דעת זו בנויה על בסיס חוות הדעת הראשונית, בהתאמות לתובנות שעלו במהלך המעקב המדגמי, ולהתאמות שחלו בתקינה מתאריך פרסומה של חוות הדעת הראשונית. בהזדמנות זו מבקשים כותבי מסמך זה להודות לצוות שהכין את חוות הדעת הראשונית (אינג' סטפן שוורץ ז"ל, פרופ' סם פרידמן, פרופ"ח אסף קלר, ד"ר אריאל הנאור, וד"ר רינה וסרמן), על העבודה הרבה שהשקיעו, ועל התובנות שפורטו בחוות הדעת הראשונית. תובנות אלו היו לעזר רב בהבנת השיטה הנבחנת ובכניסה מוצלחת לתהליך המעקב המדגמי.

להלן מובאים עיקרי החוות דעת המסכמת. יודגש כי לצורך הבנה מלאה של השיטה והתנאים המיוחדים ליישומה יש לקרוא את הדו"ח במלואו.

**תיאור השיטה:** קירות תומכים מקרקע משוריית מסוג "ק.ת.מ." הם קירות תומך מבטון מזוין יצוק באתר, מחופים באבן על פי דרישות תקן ישראלי ת"י 2378 על כל חלקיו, ותוספת שריון הקרקע ע"י "סולמות" עשויים מרשתות פלדה מרותכות ומגולוונות, משוכות בקר, המעוגנות ישירות בחזית הקיר היצוקה באתר.

**דגשים עיקריים:** במהלך ביצוע הקיר יש לתת דגש עיקרי על הנקודות המפורטות להלן. רשימה זו היא חלקית בלבד ונובעת מלקחים שהופקו במהלך המעקב המדגמי; היא אינה מחליפה בכל מקרה את הדרישות המקיפות המפורטות בהמשך מסמך זה:

1. על תכן הקיר להיות מבוסס על תקן ישראלי ת"י 1630 (2000), במהדורתו המעודכנת ביותר. יש לציין כי בנוסף לתכן מרכיבי הקיר יש לכלול גם את בדיקת היציבות הגלובלית של קירות אלה, בכל פרויקט ספציפי. כל זאת בהתאם לסעיף 6.5 בתקן ישראלי ת"י 1630.
2. כל ברזל הזיון של הקיר יהיה מרשתות מרותכות ומגולוונות מפלדה משוכה בקר. הגליון יהיה באמבט אבץ חם על פי דרישת תקן ישראלי ת"י 918, ויבוצע לאחר ייצור הרשת כולל חיתוך וכיפוף.
3. סולמות השריון-עיגון יהיו מרשתות מרותכות ומגולוונות מפלדה משוכה בקר. הגליון יהיה באמבט אבץ חם על פי דרישת התקן ת"י 918 ויבוצע לאחר ייצור הסולמות כולל חיתוך וכיפוף. אין להרשות חיתוך סולמות באתר בכל צורה שהיא.

4. אין להרשות כל פגיעה יזומה בגליון במהלך הביצוע (כגון חיתוך וכיפוף). פגיעה שאינה יזומה, באם קרתה במהלך הטיפול בהובלה, השמה, וכיסוי של הברזל, תתוקן בהנחיתו ובאחריות המהנדס המבצע ועל פי דרישות התקן הבריטי BS EN ISO 1461.
5. במקומות של שינויי כוון בתוואי הקיר, כגון בפינות, יש להבטיח שלא ייווצר מצב של הנחת סולמות שריון-עיגון, שאינם מקבילים זה לזה, ישירות זה על גבי זה. על מנת למנוע מצב כזה, יש לבצע במקרים אלה שכבת מילוי מהודקת בעובי 100 מ"מ לפחות בין סולמות שריון-עיגון אלה. יש לציין כי על מצב זה להיות מתוכנן מראש תוך שינוי במודולציה של תפרי הפסקת היציקה האופקיים בהתאם. אין להשאיר את הטיפול בנושא זה לאלתורים שונים במהלך הביצוע בשטח.
6. במהלך הביצוע בשטח יש להקפיד על ניהול, תיעוד, ובקרת האיכות (ראה סעיף 4.9 במסמך זה). לאחר סיום הפרויקט יפיק המהנדס האחראי לביצוע דו"ח פיקוח המפרט את הממצאים ומאשר את תיקון כל הליקויים.
7. דוגמת מפרט מיוחד של מציע השיטה ת.מ.ל. חברה להנדסה ותשתית בע"מ, בנוגע לביצוע קירות קרקע משוריינת מטיפוס "ק.ת.מ." מצורפת לחוות דעת זו (ראה נספח 2). המפרט המיוחד הוא משלים לדרישות מסמך זה ואינו מהווה בשום מקרה חלופה לאלו המופיעות בו. בכל מקרה של סתירה בין דרישות חוות דעת מסכמת זו לבין דרישות המפרט המיוחד (בכל נוסח שיכול להיות מוצע, אם יוצע, בעתיד) תקבענה דרישות חוות דעת זו.
8. חוות דעת זו אינה מתייחסת ליישום קירות תומכים מקרקע משוריינת מסוג "ק.ת.מ." בתנאים שאינם מתוארים בה, לרבות בתנאים שבהם הם צפויים להיות חשופים להשפעות דינמיות חיצוניות ארוכות טווח, כגון במקרה שבחלקם העליון מותקנות מסילות רכבת. כמו כן מודגש בזאת כי לפי סעיף 2.4 של תקן ת"י 1630, *"התקן אינו כולל הנחיות תכנון למקרים של העמסות מיוחדות (כגון הולם, העמסות דינמיות בתדירויות גבוהות). במקרים אלה, על המתכנן לפנות לתקנים וספרות המקצועית המתאימה."* באחריות המתכנן לוודא עמידה בתנאי זה.
- תוקף חוות הדעת:** תוקפה של חוות דעת זו אינו מוגבל בזמן כל עוד יתקיימו התנאים להלן:

- תישמר רמת התכן והביצוע הנדרשת במסמך זה או רמה גבוהה ממנה.
- השיטה תיבחן על ידי היחידה לבחינה ולאישור שיטות בנייה חדשות, בכל מקום וזמן בהם תמצא לנכון, ותימצא תקינה מבחינת תכנון וביצוע.

## 2. כללי

בעקבות פניית המציעה - חברת מלאל – פתרונות הנדסיים בע"מ למכון הלאומי לחקר הבנייה בטכניון (להלן "המכון"), בדבר בחינת שיטת בנייה של קירות תומכים מקרקע משוריינת, המכונה שיטת "ק.ת.מ.", המוצעת

על ידה, והעברת הזמנות מתאימות בנדון מאת המציעה למכון, נערכו במכון הלאומי לחקר הבנייה בחינה מקדימה, בחינה יסודית, ומעקב מדגמי של שיטת בנייה זו. חוות דעת זו סוכמה בתום המעקב המדגמי של שיטת הבנייה המוצעת הנ"ל. בחינות אלה נערכו ע"י צוות מומחים אשר מונה לנושא זה, כדלקמן:

#### **צוות מומחים לשלב הבחינה המקדימה והבחינה היסודית:**

אינג' סטפן שוורץ ז"ל – יו"ר הצוות

פרופ' סם פרידמן – חבר צוות

פרופ"ח אסף קלר – חבר צוות

דר' אריאל הנאור – חבר צוות

דר' רינה וסרמן – חברת צוות

#### **צוות מומחים לשלב המעקב המדגמי:**

דר' גבריאל רביב – יו"ר הצוות

דר' איתי אלקיים – חבר צוות

#### **המסמכים הבאים, המצורפים לחוות הדעת או המוזכרים בה מהווים חלק בלתי נפרד ממנה:**

**BS EN ISO 1461, (2009). Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles – Specifications and test methods.**

**FHWA (2001). Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes – Design and construction guidelines. FHWA-NHI-00-043.**

מכון התקנים הישראלי (2017) תקן ישראלי 940 חלק 3.1 : תכן גיאוטכני : קירות תמך – קירות כובד וקירות זיזיים רתומים בקרקע.

מכון התקנים הישראלי (2000). תקן ישראלי – ת"י 1630 : קירות תמך מקרקע משוריינת.

מכון התקנים הישראלי (2012). תקן ישראלי – ת"י 2378 חלק 1 : קירות מחופים באבן טבעית : אבן טבעית לחיפוי ודרישות כלליות ממערכת חיפוי.

מכון התקנים הישראלי (2016). תקן ישראלי – ת"י 2378 חלק 2 : קירות מחופים באבן טבעית : קירות מחופים בקיבוע רטוב.

מכון התקנים הישראלי (2010). תקן ישראלי – ת"י 2378 חלק 3 : קירות מחופים באבן טבעית : קירות מחופים בקיבוע יבש

מכון התקנים הישראלי (2012). תקן ישראלי – ת"י 2378 חלק 4: קירות מחופים באבן טבעית: קירות מחופים בשיטת ההדבקה בשילוב קיבוע מכני

לחוות דעת זו מצורפים שני נספחים: נספח 1 – פרטי ביצוע אופייניים; ונספח 2 – מפרט לביצוע של חברת ת.מ.ל.. במקרה של סתירה או אי התאמה בין הכתוב בחוות דעת זו למתואר בנספחים אלו, אשר הוכנו ע"י נציגי המציעה, הכתוב בגוף חוות הדעת הוא הקובע.

### 3. תיאור השיטה

קירות תומכים מקרקע משוריינת מסוג "ק.ת.מ." במתכונת המתוארת בדו"ח זה מתבססים על ביצוע קירות תמך קונוונציונליים מבטון מזוין יצוק באתר, הכוללים חזית מחופה באבן לקט ושריון הקרקע ע"י "סולמות" עשויים מרשתות פלדה מרותכות ומגולוונות, משוכות בקר, המעוגנות ישירות בחזית הקיר היצוקה באתר. קירות תמך אלה ניתנים להגדרה כקירות תמך קשיחים מקרקע משוריינת.

סולמות הפלדה המרותכים המוזכרים לעיל, המשמשים לשריון הקרקע ולעגון קיר החזית הקונוונציונלית היצוקה באתר של קיר התומך אל הקרקע, עשויים מזוג מוטות פלדה אורכיים במרווחים אופייניים של 150 מ"מ ביניהם, ומוטות רוחביים במרווחים אופייניים של 250 מ"מ. קטרים נפוצים של המוטות האורכיים הם 8 מ"מ עד 12 מ"מ, ושל המוטות הרוחביים 8 מ"מ. מרחקים אופייניים בין צירי סולמות סמוכים בשכבת שריון מסוימת הינם 900 מ"מ, 700 מ"מ או 450 מ"מ. מרחק אופייני בין שכבות השריון השונות לגובה הקיר הינו 600 מ"מ. הקטרים המתאימים של מוטות הפלדה של סולמות השריון, כמו גם המרחקים האופקיים והאנכיים ביניהם צריכים להיקבע בכל פרויקט על סמך חישובי יציבות ותכן מפורטים, בהתאם לדרישות התקנים הישימים, ובהתחשב בדרישות נוספות/משלימות המפורטות בחוות דעת ראשונית זו (ראו להלן), אשר צריכים להתבצע ע"י מהנדס מבנים רשוי ובאחריותו.

רכיבי פלדה שונים, לרבות סולמות שריון מרשתות פלדה מרותכות, משמשים כבר שנים רבות לצורכי שריון קרקע ובמהלך השנים פורסמו גם תקנים בנדון. השימוש בשיטה המוצעת כפוף לצורך להתאים אותה לדרישות התכן והביצוע המפורטות בתקנים הישימים (בעיקר התקן הישראלי ת"י 1630 – קירות תמך מקרקע משוריינת, ו/או התקן הבריטי BS 8006). לגבי נושאים שאינם מכוסים ע"י שני תקנים אלה (לדוגמה, תקנים אלה אינם מתייחסים ספציפית לחישוב ההתנגדות לשליפה של שריון עשוי מרשת פלדה מרותכת או של סולמות פלדה מרותכים), יש להתבסס על המדריך האמריקאי FHWA-NHI-00-043 (2001) של הרשות הפדראלית לכבישים מהירים בארה"ב - FHWA ועל הנחיות נוספות המפורטות בחוות דעת ראשונית זו (ראו סעיף 4 להלן).

תיאור השיטה המובא להלן מבוסס על מסמכים טכניים שהוכנו על ידי החברה מלאל – פתרונות הנדסיים בע"מ, וכן על המעקב המדגמי שבוצע אחרי שלושה פרויקטים כמפורט בסעיף 1 לעיל.

### 3.1. שיטת התכן של קירות תומכים מקרקע משוריינת – שיטת "ק.ת.מ."

קירות תומכים מקרקע משוריינת בשיטת "ק.ת.מ." המיושמים תוך שימוש סולמות שריון-עגון המיוצרים מרשתות מרותכות ומגולוונות מפלדה משוכה בקר, מתוכנים על פי התקן הישראלי לקירות מקרקע משוריינת

- ת"י 1630 ובמקרים בהם התקן הנ"ל אינו מכסה תחום תכנון ספציפי מסוים, נעשה שימוש בתקן הבריטי BS8006. כמו כן, במקרה הצורך נעשה שימוש גם בהנחיות תכנון/מפרטים הכלולים במסמך FHWA-NHI-00-043 (2001) של הרשות הפדראלית לכבישים מהירים בארה"ב (FHWA).

תהליך התכן של קירות "ק.ת.מ." נעשה בהתבסס על תקנים ומסמכים הנ"ל, תוך שימוש בנתונים ישימים בקשר לחומרי הבנייה המשמשים להקמת הקירות, כגון תכונות הקרקע למילוי, תכונות סולמות השריון-העיגון, תכונות הבטון, תכונות אבן הלקט המשמשת לחיפוי הקירות וכו'.

הקיר מורכב משלושה מרכיבים עיקריים :

- חזית הקיר מבטון מזוין קונבנציונלי יצוק באתר עם חיפוי אבן.
  - שריון הקרקע באמצעות סולמות פלדה מגולוונים המשמשים גם לצורך עיגון חזית הקיר היצוקה באתר בתוך קרקע המילוי ;
  - מילוי קרקע בגב חזית הקיר ;
- באופן כללי ניתן לראות את הקיר כמורכב מחזית בטון מזוין מונוליטית קונבנציונלית עם חיפוי אבן, המעוגנת לקרקע באמצעות סולמות פלדה מרותכים ומגולוונים, המעוגנים ישירות בקיר הבטון המזוין והמונחים בשכבות אופקיות על גבי קרקע מילוי מהודקת ומכוסים בקרקע מילוי מהודקת מעליהן. המכלול יוצר חזית מונוליטית מבטון מזוין יצוק באתר עם חיפוי אבן, עם גב "כריך" של קרקע מילוי מהודקת וסולמות שריון-עיגון מפלדה מגולוונת.
- מתייחסים למכלול הקרקע המשוריינת הנ"ל כאל מסה שלמה המסוגלת ליצור התנגדות באמצעות משקלה, כנגד לחצי הקרקע של המילוי הנמצא בגב המסה המשוריינת הנ"ל, כמעין קיר כובד מסיבי מקרקע משוריינת באמצעות סולמות השריון-העיגון מפלדה מגולוונת.

## 3.2. תיאור מרכיבי הקיר

### 3.2.1. מפתן הפילוס

מפתן הפילוס הוא הרכיב הראשון שמבוצע באתר. מפתן הפילוס משמש כיסוד עובר שמטרתו העיקרית היא לשמש בסיס לביצוע חזית הקיר. מפתן הפילוס נוצק ע"ג שכבת בטון רזה בעובי 50 מ"מ.

מפתן הפילוס, מתוכנן לשאת את העומס האנכי הנובע ממשקל חזית הקיר מבטון מזוין היצוקה על גביו (לרבות משקל חיפוי האבן של הקיר) ומעומסים אנכיים נוספים המופעלים על חזית הקיר. לרוב עומסים אלו נמוכים יחסית ולכן רכיב זה אינו מצריך בדרך כלל זיון מסיבי ו/או מידות חריגות. בקרקעות שאינן סלעיות מבוצע מפתן הפילוס ע"ג תשתית קרקע מוחלפת ומהודקת, על פי הנחיות היועץ הגיאוטכני של הפרויקט.



מפתן הפילוס מבוצע באתר מבטון מובא היצוק בתבניות, או כנגד דפנות של תעלה החצובה בסלע יציב. הבטון במפתן הפילוס הינו מסוג ב-20 (לכל הפחות) והזיון שלו, לרבות הקוצים המבטיחים חיבור בין מפתן הפילוס לקיר התומך מבטון מזוין היצוק באתר הוא באמצעות מוטות פלדה מצולעים ומגולוונים.

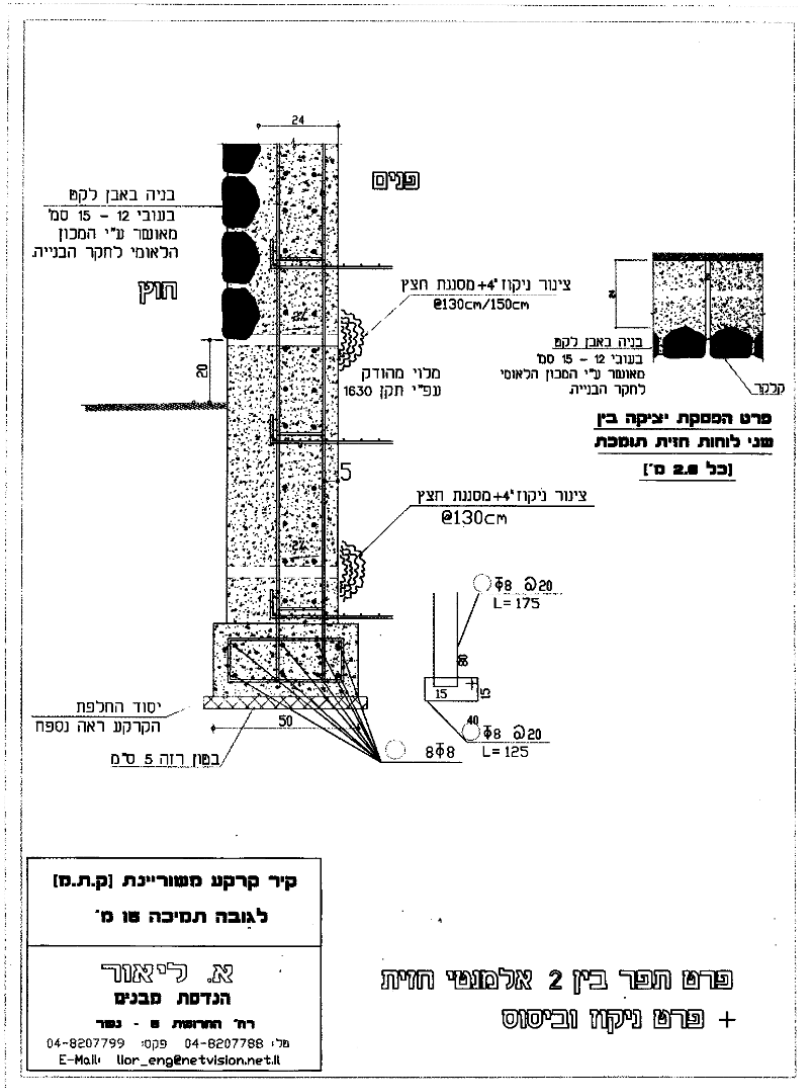
### 3.2.2. חזית הקיר

חזית הקיר הינה מבטון מזוין יצוק באתר עם חיפוי אבן. חזית הקיר נוצקת במקטעים שרוחבם ייקבע על ידי המהנדס המתכנן ובאחריותו, כאשר בין המקטעים מבוצע מישק הפרדה אנכי ברוחב 20 מ"מ, באמצעות התקנת לוח פוליסטירן מוקצף בעובי 20 מ"מ על פני הדפנות הצידיות של המקטעים השונים של קיר התומך. כל מקטע נוצק נדבך על גבי נדבך, כאשר כל נדבך הוא בגובה 600 מ"מ. הקטע הראשון, התת קרקעי של הקיר אינו כולל חיפוי אבן, עד לגובה של 200 מ"מ מפני הקרקע או פיתוח האתר בחזית הקיר. לאור זאת, ובהתחשב בעומק הביסוס של קיר התומך, הנקבע בכל פרויקט בהתחשב בתנאי קרקע השתית באתר, החלק התת קרקעי של הקיר הינו גבוה מ 600 מ"מ. על כן, יש לצקת גם אותו במספר נדבכים, בתלות בעומק הביסוס בפועל של קיר התומך הנדון. בשלב הראשון של ביצוע כל נדבך על קרקעי של קיר התומך נבנית חזית הקיר בגובה 600 מ"מ מאבן. אריחי האבן מחוברים במישקים שביניהם ע"י טיט צמנטי ומעוגנים לקיר באמצעות ווים מפלדה בלתי מחלידה (פלבי"מ) אל רשת הזיון של קיר התומך. יש לתמוך באופן זמני את חזית הקיר הבנויה מאבן, ע"י מערכת תמיכות זמניות מתאימות, על פי קביעתו של המהנדס המתכנן של קיר התומך, זאת על מנת להבטיח את יציבותו במהלך יציקת הבטון בנדבכי הקיר השונים. הבטון בקיר התומך הינו מסוג ב-30. עובי קיר הבטון המזוין היצוק באתר בקטעים העל קרקעיים של הקיר המחופים באבן הינו 240 מ"מ. לעובי זה מתווסף עובי החיפוי מאבן. עובי הקטעים התת קרקעיים של חזית הקיר הינו 350 מ"מ לפחות (ראה ציור 1).

זיון קיר התומך הינו מרשתות פלדה מגולוונות משוכות בקר, המכופפות בצורה המבטיחה קיום רשת זיון הן בפן החיצוני והן בפן הפנימי של הקיר התומך. מוטות הזיון האנכיים של רשתות הזיון המכופפות בולטים מעל מישקי הפסקות היציקה בין הנדבכים האופקיים של חזית הקיר התומך. המרווחים בין מוטות הרשת הינם 150 מ"מ בכל כוון. קוטר מוטות הזיון של הרשת נקבע על ידי המהנדס המתכנן על סמך חישובי היציבות של הקיר, בתלות בגובהו המתוכנן ועומסי התכן החזויים לפעול עליו.

בנוסף לרשתות הזיון של הקיר התומך, מעוגנים בתחתית כל נדבך של קיר תומך שגובהו 600 מ"מ (גובה הנדבכים שבין מישקי הפסקות היציקה האופקיות לגובה הקיר התומך) סולמות השריון-העיגון המיוצרים מרשתות מרותכות ומגולוונות מפלדה משוכה בקר, הממוקמים לכל רוחבם של נדבכי הקיר התומך הנוצקים באתר, כמפורט בסעיף 3.2.3 להלן.

בחלקו העליון של קיר התומך נוצק נדבך ראש מבטון מזוין, על פי פרטים הנקבעים ע"י המהנדס המתכנן בשיתוף פעולה עם אדריכל הפרויקט. לחילופין, במקרים בהם הדבר נדרש לצורך התקנת תשתיות תת קרקעיות בחלקו העליון של המילוי שבגב הקיר התומך, מבוצע בחלקו העליון של הקיר, קיר תומך זיזי קונבנציונלי מבטון מזוין בגובה מוגבל (בדרך כלל כ- 2.0 מ'), אף הוא מחופה באבן, כמו יתר חלקי הקיר התומך, המעוגן בתחתיתו בקרקע המילוי שמאחוריו, באמצעות סולמות שריון-עיגון כמוזכר לעיל.



ציור 1: קירות תומכים מקרקע משורינת מטיפוס ק.ת.מ., פרטים אופייניים.

### 3.2.3. סולמות שריון-עיון

סולמות השריון-העיון המיוצרים מרשתות פלדה מרותכות ממוטות פלדה מצולעים משוכים בקר, מסופקים לאתר על ידי יצרן מאושר ובעל תו תקן לרשתות פלדה מרותכות המשמשות לבניין. סולמות השריון-העיון עוברים תהליך גלון בטבילה באמבט אבץ חם על פי דרישת התקן ת"י 918 והם מובאים לאתר מכופפים בקצותיהם המיועדים להיות מעוגנים בקיר הבטון המזוין היצוק באתר, על פי דרישת המפרט והתוכניות.

רוחב אופייני של סולמות השריון-העיון הינו 250 מ"מ. אורך הסולמות נקבע על סמך חישובי היציבות והתכן של קירות תומכים קרקע משורינת מהסוג הנדון, בתלות בגובהם. המוטות האורכיים של סולמות השריון-העיון הינם במרווחים אופייניים של 150 מ"מ, והמוטות הרוחביים במרווחים אופייניים של 250 מ"מ. קטרים נפוצים של המוטות האורכיים הם 8 מ"מ עד 12 מ"מ, ושל המוטות הרוחביים 8 מ"מ. הקטרים

הנדרשים של מוטות הזיון בסולמות השריון-העיגון נקבעים על סמך חישובי היציבות והתכן, בתלות בגובה הקיר והעומסים החזויים לפעול עליו.

סולמות השריון-העיגון ממוקמים במרווחים אחידים של 600 מ"מ לגובה קיר התומך ומעוגנים בתחתית כל נדבך יצוק באתר של קיר התומך. המרווחים האופייניים בין סולמות השריון-העיגון בכל מפלס עגינה שלהם נקבעים על סמך חישובי היציבות והתכן של הקירות הנדונים (בדרך כלל 900 מ"מ, 700 מ"מ או 450 מ"מ). סולמות השריון-העיגון הנ"ל כוללים וו תקני בקצה שלהם המעוגן בגב הבטון של קיר התומך. יש למקם את סולמות השריון-העיגון במקומם המיועד בטרם סגירת התבנית ליציקת נדבך הקיר המיועד ליציקה, תוך כדי השחלתם על גבי מוטות הזיון האנכיים של קיר התומך, הבולטים מנדבך הקיר שנוצק בשלב היציקה הקודם.

תכן סולמות השריון-העיגון, לרבות פרטי העיגון שלהם בבטון המזוין היצוק באתר של קיר החזית וקביעת אורכם, הנדרש לצורך הבטחת שריון קרקע המילוי ולעיגון הקיר התומך היצוק באתר אל הקרקע, מושתתים על חישובי יציבות ותוצאות של בדיקות מעבדתיות מתאימות, זאת בהתאם להנחיות התקן הישראלי ת"י 1630 ודרישות נוספות המפורטות בחוות דעת זו (ראו סעיף 3 להלן).

#### **3.2.4. קרקע המילוי המהודק**

קרקע המילוי שמאחורי חזית קיר התומך צריך להיות נקי מחומרים אורגאניים ו/או כל חומר מזיק אחר, ובעל תכונות העומדות במכלול הדרישות הישימות של תקן ישראלי ת"י 1630, לרבות דרישות ביחס לדירוג החומר הגרנולרי ותכונות אלקטרו-כימיות של קרקע המילוי.

מילוי והידוק של קרקע המילוי מבוצע בשכבות, על פי התכנון, לאחר יציקת כל נדבך של חזית הקיר התומך והתקנת סולמות השריון-העיגון. הידוק קרקע המילוי צריך להיות מבוקר. דרגת ההידוק תתאים לדרישות המפורטות בתכניות ו/או במפרט מיוחד של כל פרויקט ספציפי, אך היא צריכה להיות בכל מקרה גבוהה מ-95% מהצפיפות המקסימאלית, בבדיקה לפי Mod.AASHTO.

### **4. חוות דעת**

#### **4.1. כללי**

1. מאחר שמדובר בקיר תומך הבנוי מקרקע משוריינת, יש להיצמד בתכן ובביצוע שלו לתקן ישראלי ת"י 1630 - קירות תמך מקרקע משוריינת. מן הראוי לציין שתקן זה מיועד לקירות תמך מקרקע משוריינת בגובה נמוך ובינוני – עד גובה 8 מ'. תקן זה מבוסס ברובו על התקן הבריטי BS 8006. בנוסף, יש לעמוד בדרישות של תקנים ישראליים ישימים אחרים, לפי העניין, כגון: ת"י 466 - חוקת הבטון, על חלקיו השונים, לגבי קיר התומך היצוק באתר, לרבות מפתן הפילוס, נדבך ראש ו/או קיר תומך קונבנציונלי יצוק באתר בחלקו העליון של קיר תומך קרקע משוריינת; ת"י 4466 - חלק 4 - פלדה לזיון בטון - רשתות מרוחקות, לגבי סולמות השריון-העיגון וזיון רכיבי בטון מזוין יצוקים באתר; ת"י 918 - ציפוי אבץ בטבילה חמה של מוצרי פלדה ומוצרי יצקת ברזל; ת"י 940 - ביסוס מבנים, לגבי ביסוס הקיר; ת"י 2378 - על כל חלקיו, לגבי חיפוי האבן של הקיר וכו'.

2. בתכן קירות תומכים מקרקע משוריית מסוג "ק.ת.מ." המיושמים תוך שימוש בסולמות שריון-עיגון מפלדה מגולוונת, יש להתחשב בתנאי החשיפה והשירות החזויים של רכיביהם השונים, במיוחד של סולמות השריון-העיגון, ובתקופת השירות התכנונית שלהם. תקופת שירות תכנונית מזערית של קירות מסוג זה צריכה להיות 50 שנים. למבנים הנדסיים חשובים, כגון קירות תמך מקרקע משוריית בגובה גדול (קירות בגובה העולה על 8 מ') ו/או קירות המשמשים לתמיכת כבישים, רחבות, מסילות רכבת או מבנים הנדסיים אחרים, יש לקבוע תקופת שירות תכנונית ארוכה יותר בהתאם לטבלה 8 (עמוד 30) בתקן ישראלי ת"י 1630 (2000).
3. ביצוע קיר תומך מקרקע משוריית מסוג "ק.ת.מ." המיושם תוך שימוש בסולמות שריון-עיגון מפלדה מגולוונת, לרבות ביצוע של חזיתות הקיר היצוקים באתר, יתאים גם לדרישות ישימות המפורטות בפרקים המתאימים של מפרט כללי לעבודות בנייה, שבהוצאת הוועדה הבין-משרדית לסטנדרטיזציה של מסמכי חוזה לבנייה ולמיחשובם (הקובץ הכחול). הפרקים הישימים של המפרט הכללי עבור קירות תומכים מקרקע משוריית מהסוג הנדון הינם פרק 01 – עבודות עפר, פרק 02 – עבודות בטון יצוק באתר, פרק 14 – עבודות אבן ופרק 43 – קירות תמך מקרקע משוריית.
4. בסעיפים הבאים, מוצגות התייחסויות נוספות ודרישות מיוחדות, הישימות לקירות המוצעים.

## 4.2. שיטת התכן

1. שיטת התכן שהתקבלה כאוניברסלית לתכן קירות תמך מקרקע משוריית הינה שיטת התכן במצבים הגבוליים (מצב גבולי של שרות ומצב גבולי של הרס), כפי שהיא מתוארת בתקן ישראלי ת"י 1630, והיא תשמש גם לתכן הקירות הנדונים מסוג "ק.ת.מ.". בקביעת עומסי התכן ושילוביהם יש להתחשב, בין היתר, ב:
- יעוד הקיר המתוכנן, המכתיב את העומסים המשתנים השימושיים;
  - תקופת השירות התכנונית של הקיר, המכתיבה, בין היתר, את העומסים הסיסמיים החזויים לפעול על הקיר;
  - סוג קרקע המילוי;
  - שיפוע פני קרקע המילוי;
  - מקדמי בטיחות חלקיים לעומסים ומקדמי שילוב עומסים, המתאימים למצבים הגבוליים השונים הנבדקים;
2. נציג המציעה מסר למכון הלאומי לחקר הבנייה בטכניון חישובי יציבות לדוגמה של קירות תומכים קרקע משוריית מסוג "ק.ת.מ." עבור קירות תמך לשימושים רגילים, בגבהים עד 15 מ'. חישובים אלה נבחנו על ידי צוות המומחים שבחן את שיטת הבנייה המוצעת. גישת התכן והחישובים מקובלים עקרונית, אולם, במסגרת בדיקת היציבות הגלובלית של קירות אלה, יש לבדוק, בכל פרויקט ספציפי, גם את היציבות נגד גלישה כללית של המערכת קיר - קרקע, התלויה, בין היתר, בנתוני השתית שעליה

מתוכנן הקיר להיבנות, כל זאת בהתאם לסעיף 6.5 בתקן ישראלי ת"י 1630. כמו כן, יש להתחשב בכל מקרה בהשפעות חזויות של רעידות אדמה, בהתאם לנספח ח' בתקן זה, התלויות, בין היתר, בתקופת השירות התכנונית של הקיר המתוכנן.

3. בכל במקרה של תכן וביצוע של קירות תומכים קרקע משוריית מסוג "ק.ת.מ." בעלי גובה העולה על 8 מ', ילווה הפרויקט ע"י יועץ מומחה גיאוטכני והתכן יושתת על תוצאות של בדיקות קרקע ישימות שיערכו במסגרת סקר גיאוטכני של קרקע השתית באתר הקמתם.

4. בתכן קירות תומכים קרקע משוריית מסוג "ק.ת.מ." יש להתחשב, בין היתר, גם בדרישות ישימות של תקן ישראלי ת"י 940, בכל הקשור לקביעת תסבולת ההרס בלחיצה של קרקע הביסוס באתר הקמתם.

5. בקביעת הגובה של קירות תומכים מקרקע משוריית מסוג "ק.ת.מ.", לצרכים של חישובי היציבות והתכן שלהם, יש להתחשב בעומק המתוכנן של יסוד – מפתן הפילוס של הקיר, הנקבע על פי כללים המפורטים בסעיף 3.7 – פסקה 2 להלן. גובה קירות אלה נמדד בכל מקרה מתחתית היסוד – מפתן הפילוס שלהם.

6. במקרים בהם מתוכנן להתבצע בחלקו העליון של קיר תומך מקרקע משוריית מהסוג הנדון קיר תומך רגיל בגובה מוגבל מוגדר (בדרך כלל בגובה שאינו עולה על 2 מ'), שמאחוריו מילוי בלתי משוריין (דבר הנדרש לעתים במקומות בהם מתוכננת התקנת תשתיות תת קרקעיות בחלקו העליון של המילוי שמאחורי הקיר), יש לתכן קיר תומך זה על פי כללי תכן מקובלים, הישימים לגבי קירות כאלה. בנוסף לכך, יש להתחשב במכלול ההשפעות של קיר תומך זה על הקיר מקרקע משוריית שמעליו הוא אמור להיבנות. השפעות אלה כוללות תוספת עומסים אנכיים מרוכזים ו/או מפורשים בפירוש לא אחיד, וכן תוספת עומסים אופקיים מרוכזים בחלקו העליון של הקיר מקרקע משוריית הנדון. עומסים נוספים אלה גורמים להגדלת ההטרחות של רכיבי החזית ושל סולמות השריון-העיגון בחלקו העליון של הקיר התומך מקרקע משוריית הנדון.

7. במהלך התכן של קירות מקרקע משוריית מסוג "ק.ת.מ." יש להעריך את התזוזות הכלליות וההבדליות החזיות, האופקיות והאנכיות גם יחד, בשילובי עומסים ישימים במצב גבולי של שרות של קירות אלה, כל זאת על פי סעיפים 6.5.4 (יציבות פנימית) ו- 6.6.3 (יציבות חיצונית). בהסתמך על הערכת ערכי תזוזות אלה, התלויים, בין היתר, בגובה הקיר המתוכנן, בקשיחות הקיר היצוק באתר, בעומסים הפועלים עליו, בתנאי השתית באתר הקמת הקיר וכו', יש לתכן את פרטי הזיון והעיגון של רכיבי החזית היצוקים באתר ואת סולמות השריון-העיגון. כמו כן, יש לתכן פרטי פינה ופרטי חיבור בין קירות אלה למבנים קשיחים יותר, הסמוכים אליהם (במידה שיש כאלה). כל זה צריך להיעשות על מנת למנוע נזקים ו/או כשלים אפשריים של רכיבי החזית היצוקים באתר של קירות אלה, העלולים להיגרם כתוצאה מתזוזות הבדליות. יש לקבוע ערכים גבוליים של התזוזות המוזכרות לעיל, תוך התחשבות ביעוד הקיר המתוכנן ובמאפייניו. בהקשר זה מן הראוי לציין שלאור העובדה שבשיטת הבנייה הנדונה יש שימוש בקיר בטון מזוין מונוליטי קשיח בחזית הקיר, עלולים קירות אלה

להיסדק במידה זו או אחרת כתוצאה של העמסתם ע"י עומסים אופקיים העולים על המוערך במהלך התכן, בגלל הקשיחות הגבוהה של הקיר, ו/או עקב תזוזות הבדליות בין הסמכים האופקיים של קיר החזית (נקודות העיגון של סולמות השריון-העיגון).

### 4.3. קרקע המילוי

1. התקן הישראלי ת"י 1630 מאפשר את השימוש במצע סוג א', או מצע סוג ב' ללא צורך בבדיקות נוספות מעבר לבדיקות הרגילות הנדרשות לגבי מצעים מסוג זה. ניתן גם להשתמש בחומר נברר או בקרטון במקרים מסוימים, בתנאי שגבולות הסומך ותכולת הרטיבות במצע רוויה יספקו את דרישות התקן, ושיבוצו בדיקות בכל פרויקט לקביעת זווית חיכוך אפקטיבית וקוהזיה אפקטיבית של קרקע המילוי, ולקביעת מקדם חיכוך ו/או מקדם הדבקה בין הקרקע לבין השריון. בהתבסס על ניסיון מעשי מתמשך (לדוגמה, Anderson, 2012) שנוקים רציניים יכולים להתפתח בקירות תומכים מסוג - Mechanically Stabilized Earth Walls MSEW, שאליהם שייכים גם הקירות המוצעים, כתוצאה מתזוזות הבדליות משמעותיות. תופעות כאלו מתרחשות, בדרך כלל, כתוצאה מניקוז בלתי מספק, הגורם להתפתחות לחצים הידרוסטטיים על חזיתות הקיר, או מפעילות הקרקע שמאחורי הקיר. לכן, דרושה שמרנות יתר בבחירת קרקע המילוי עבור קירות קרקע משוריינת מהסוג הנדון, ומומלץ לאמץ את הדרישות הישימות בנדון של AASHTO, המפורטות בדו"ח שהוכן על ידי Task Force 27 (AASHTO-AGC-ARTBA, 1990), כדלקמן :

- אחוז עובר נפה 4" : 100%
- אחוז עובר נפה 40# : 0% - 60%
- אחוז עובר נפה 200# : 0% - 15%
- אינדקס פלסטיות  $6 \geq$ .
- זווית חיכוך פנימית בבדיקה **לגזירה** ישירה על קרקע העוברת נפה 10#, מהודקת ל- 95% מהצפיפות היבשה המרבית, המתקבלת בבדיקת סטנדרד פרוקטור, לאחר הרוויה :  $\phi \geq 34^\circ$ .

2. על המתכנן להתחשב בצרכי הניקוז של קירות תומכים מקרקע משוריינת מהסוג הנדון, במיוחד במקרים בהם חומר המילוי אינו חומר גרנולרי נקי מחומר דק (חומר העובר נפה 200#). הדבר נדרש על מנת למנוע התפתחות לחצים הידרוסטטיים משמעותיים ע"ג חזיתות של הקירות הנדונים. על כן, יש לכלול צינורות ניקוז בקוטר וכמות מתאימים בחזית הקיר. כמו כן, יש לבצע נקזים גרנולריים מתאימים בתוך המילוי, בצמוד לצינורות הניקוז הנ"ל, לצורך הבטחת ניקוז נאות של המים היכולים להצטבר בקרקע המילוי.

3. לגבי התכונות הכימיות והאלקטרו-כימיות של קרקע המילוי, יש להיצמד לדרישות ומגבלות המפורטות בתקן הישראלי ת"י 1630.

4. בהתאם לדרישות התקן הישראלי ת"י 1630, יש להדק את קרקע המילוי ל- 95% לפחות מהצפיפות היבשה המרבית שנקבעת במעבדה, בבדיקת הידוק לפי מודיפייד אאשטו (ASTM-D 1557).

#### 4.4. סולמות השריון-העיגון

1. אורך סולמות השריון – העיגון בתוך קרקע המילוי בניצב לקיר החזית יהיה לפחות בהתאם לנקוב בטבלה 15 בתקן ישראלי ת"י 1630, וכל סולם יהיה באורך של 3.0 מ' לפחות בתוך הקרקע. לאורך זה יש להוסיף את אורך העיגון של הסולם בקיר הבטון המזוין של חזית הקיר התומך. במקרה שהקיר הינו קיר רגיל בגובה מעל 1.5 מ', התומך קרקע אופקית, אורך סולמות השריון-העיגון יהיה אחיד לכל גובה הקיר, והוא לא יפחת מ- 0.7 פעמים גובה הקיר H (הגובה נמדד מתחתית מפתן הפילוס עד ראש הקיר), ולא יהיה פחות מ- 3.0 מ'. שימוש בסולמות שריון – עיגון באורך קטן מ-0.7H (אבל לא קטן מ- 3.0 מ') בחלק התחתון של הקיר, יתאפשר בהתאם למסמך זה, בתנאי שהמתכנן יוכיח שכל דרישות היציבות סופקו.
2. כל סולם שריון - עיגון יהווה יחידה רציפה שלמה, באורך הנדרש על פי התכנן. אין לבצע חפיות לאורך סולמות השריון-העיגון.
3. התכונות של סולמות שריון-עיגון יענו על כל הדרישות השימויות המפורטות בתקנים הישראליים ת"י 1630 ות"י 4466 – חלקים 4 ו-5, ע"פ העניין.
4. סולמות שריון – עיגון (כמו גם כל מוטות ורשתות הזיון של קירות תומכים קרקע משורינת מסוג "ק.ת.מ.") צריכים להיות מצופים באבץ לצורך הגנתם פני שיתוך. **ציפוי האבץ/הגלון של רכיבי פלדה אלה יבוצע באמצעות טבילתם באמבט אבץ חם, לאחר גמר ייצורם (כולל חיתוך וכיפוף).** גלון סולמות השריון-העיגון ועובי של ציפוי האבץ שלהם יתאימו לדרישות המפורטות בתקן ישראלי ת"י 918. עובי מזערי של ציפוי האבץ על גבי כל חלקי סולמות השריון-העיגון, כאשר הם צפויים להימצא בתנאי חשיפה רגילים המוגדרים בתקן ישראלי ת"י 1630 (טבלה 6 בתקן), יהיה 70 מיקרומטרים לפחות.
5. הקטרים הנדרשים של מוטות הפלדה בסולמות השריון – העיגון יקבעו בכל מקרה ע"י המתכנן ובאחריותו, על סמך חישובי יציבות וחוזק, ותוך התחשבות בתנאי החשיפה החזויים של רכיבים אלה ובתקופת השירות התכנונית של הקירות הנדונים. חישובים אלה צריכים להיות מושתתים על נתוני חוזק אופייני של סולמות השריון – העיגון, תוך התחשבות במקדמי בטיחות חלקיים לחוזק חומרים -  $f_m$  ומקדם בטיחות חלקי המתייחס לחומרת הכשל (ההשלכות הכלכליות) -  $f_a$ , כמפורט בת"י 1630. לקטרים הנדרשים של מוטות הפלדה השונים הנקבעים על סמך חישובי היציבות והחוזק השימיים, יש להוסיף את העובי המוקרב בכל פן של רכיב פלדה החשוף לשיתוך, בהתאם לדרישות המפורטות בטבלה 6 בת"י 1630. במקרים בהם צפויים תנאי חשיפה לשיתוך חמורים יותר מאלה המצוינים בתקן ישראלי ת"י 1630, יש להגדיל את העובי המוקרב בכל פן של רכיב פלדה החשוף לשיתוך, בהשוואה לערכים הנקובים בטבלה 6 בת"י 1630.

6. ההתנגדות לשליפה של סולמות שריון הקרקע תקבע על סמך חישובי יציבות מתאימים, על פי דרישות המפורטות בתקן ישראלי ת"י 1630 (2000), תוך התחשבות במקדם חיכוך בין קרקע המילוי לסולמות השריון, התלוי, בין היתר, בזווית החיכוך הפנימית של קרקע המילוי. מומלץ לבצע ניסויי שליפה מתאימים לקביעת ההתנגדות לשליפה של סולמות השריון, תוך שימוש בחומרי המילוי שאמורים לשמש בפועל לביצוע קירות תומכים קרקע משוריינת מסוג "ק.ת.מ." בפרויקטים ספציפיים, לפני תחילת ביצועם, במיוחד כשהם מוגדרים כמבנים מקטגוריה 2 או 3, על פי הגדרות הכלולות בת"י 1630.

#### 4.5. רכיבי החזית היצוקים באתר

1. תכן הרכיבים מבטון מזויין יצוק באתר של חזית הקיר צריך להתבצע תוך התחשבות במכלול ההטרחות הצפויות לפעול על חזית הקיר (עומסי הקרקע המתאימים, כולל עומסים נוספים עקב רעידות אדמה, לחצים הידרוסטטיים של מים במקרים ישימים, עומסים שימושיים, עומסים נוספים הנובעים מקיום מבנים הנדסיים שונים מעל ו/או בסמוך לקיר וכו'), בהנחה שסולמות השריון-העגיון מהווים סמכים אופקיים אלסטיים של מערכת חזית הקיר. בחישובי היציבות יש לקחת בחשבון אפשרות של הזזות הבדליות בין נקודות העגיון ו/או בין רכיבי הקיר למבנים הנדסיים סמוכים אליהם. עוביים של רכיבי הבטון המזוין של קיר התומך וכמויות הזיון בהם יעמדו בדרישות המזעריות המפורטות בתקן ישראלי ת"י 466 על חלקיו השונים.
2. חיבור סולמות השריון - העגיון לרכיבי החזית היצוקים באתר של קיר התומך מתבצע באמצעות עיגונם הישיר ברכיבי הבטון המזוין של קיר התומך. תכן העגיון צריך להתבצע בהתאם לשיטות תכן מתאימות ומוכרות, תוך מילוי כל הדרישות הישימות לגביהם, המפורטות בתקן ישראלי ת"י 466 חלק 1.
3. כל סולמות השריון-העגיון כמו גם כל מוטות ורשתות הזיון של רכיבי הבטון המזוין של קירות התומכים המבוצעים בשיטת "ק.ת.מ." צריכים להיות מצופים באבץ, כאשר הציפוי מבוצע **לאחר ייצורם (לאחר ריתוך, חיתוך וכיפוף)**. עובי מזערי של ציפוי האבץ ע"ג רכיבים אלה יהיה כנקוב בסעיף 4.4 – פסקה 4 לעיל.
4. על פי המתואר בסעיף 4.3 – פסקה 2 לעיל, יש לכלול ברכיבי החזית היצוקים באתר של קיר התומך צינורות ניקוז בקוטר ובכמות מתאימים, על מנת להבטיח אפשרות של ניקוז נאות של קרקע המילוי.
5. החזית של קירות התומכים בשיטת הבנייה הנדונה כוללת חיפוי אבן, כחלק אינטגרלי של קיר התומך היצוק באתר. חיפוי האבן של קיר התומך יעמוד בדרישות המפורטות בסעיף 4.6 להלן. בקביעת עוביים הכולל של קירות התומכים הנדונים יש להתחשב, בין היתר, גם בקיום חיפוי אבן על פניהם. כמו כן, יש להקפיד על קיום הדרישות המזעריות ביחס לעובי כיסוי הבטון על גבי מוטות הזיון של רכיבי הבטון המזוין היצוקים באתר, בהתחשב בתנאי החשיפה החזויים/המתוכננים של הקירות הנדונים, כמפורט בתקן ישראלי ת"י 466 – חלק 1. בכל מקרה לא יפחת עובי כיסוי הבטון של רשתות זיון הקיר בצד הפונה לקרקע המילוי מ- 50 מ"מ ואילו עובי כיסוי הבטון של רשתות הזיון הצמודות



לחיפוי האבן של חזית הקיר התומך לא יפחת בשום מקרה מ- 30 מ"מ. העובי המתאים של כיסוי הבטון יובטח באמצעות מרווחונים עשויים מבטון.

#### 4.6. חיפוי אבן של קיר החזית היצוק באתר

1. התקן הישראלי לקירות תומכים מקרקע משוריינת ת"י 1630 (2000) אינו דן בנושא חיפוי אבן לקירות תומכים מקרקע משוריינת. לעומת זאת התקן הישראלי ת"י 940 חלק 3.1 (2017) "תכן גיאוטכני: קירות תמך – קירות כובד וקירות זיזיים רתומים בקרקע", מתייחס לחיפוי האבן על גבי קירות התמך. ניתן, איפוא, לגזור גזירה שווה בנדון גם לקירות התומכים בשיטת ק.ת.מ. ולפיכך חיפוי האבן בקירות תומכים מקרקע משוריינת מטיפוס ק.ת.מ. ייעשה בהתאם לתקן ישראלי ת"י 940 חלק 3.1 (2017). יודגש בזאת שעל פי דרישות התקן (ראה שם עמוד 22) – "חיפוי באבן טבעית בחזית קיר התמך ייעשה לפי אחת השיטות המפורטות בתקן הישראלי ת"י 2378 על חלקיו".
2. לפיכך חיפוי האבן בקירות תומכים מקרקע משוריינת בשיטת ק.ת.מ. (נשוא חוות דעת זו) ייעשה בכפיפות לתקן הישראלי 2378 על כל חלקיו.
3. במפרט מיוחד ובמפרט/נוהלי בקרת איכות של קירות תומכים מקרקע משוריינת מסוג "ק.ת.מ." יש לפרט, בין היתר, גם את מכלול הדרישות בנושא של בקרת איכות אבן החיפוי ואופן ביצוע החיפוי.

#### 4.7. ביצוע

1. ביצוע של קירות תומכים מקרקע משוריינת מסוג "ק.ת.מ." היצוקים באתר בשיטות בנייה קונבנציונליות, המיושמים תוך שימוש בסולמות שריון-עיגון המיוצרים מרשתות פלדה מרותכות מצולעות משוכות בקר, המוגנות בפני שיתוך (קורוזיה) ע"י ציפוי (גלוון) באמבט אבץ חם, יהיה בהתאם לדרישות בסיסיות המפורטות להלן. בנוסף לכך ביצועם יהיה על פי הדרישות השימוש המפורטות בתקן ישראלי ת"י 1630 ו/או דרישות נוספות המפורטות במפרט כללי לעבודות בנייה שבהוצאת הועדה הבין-משרדית לסטנדרטיזציה של מסמכי חוזה לבנייה ומיכונם (הקובץ הכחול), במיוחד בפרקים 01, 02, 14 ובפרק 43 של מפרט כללי זה, כמפורט בסעיף 3.1 – פסקה 3 לעיל ו/או בהתאם לדרישות מיוחדות נוספות שיוגדרו ע"י המתכננים של קירות אלה ויפורטו בתכניות ובמפרטי ביצוע מיוחדים שיוכנו על ידם ובאחריותם.
2. תחתית היסוד - מפתן הפילוס של הקיר יהיה בעומק הנדרש בהתאם לגובה הקיר ותנאי השתית הקיימים באתר הקמתו, אשר יקבעו על פי כללים המפורטים בתקן ישראלי ת"י 1630. עומק זה יהיה לפחות 600 מ"מ מפני הקרקע בקדמת חזית הקיר, למעט במקרים המתוארים בסעיף 6.4.2 של התקן הנ"ל.
3. בזמן הביצוע של חזית הקיר יש להקפיד הקפדה יתרה לנושאים שלהלן:

— יש לבצע תמיכות זמניות מתאימות ויציבות בחזית הקיר, על מנת לאפשר בניית החזית מאבן בנדבכים שגובהם 600 מ"מ, כמו גם תבניות מתאימות ויציבות בגב הקיר, על מנת לאפשר את

ביצוע היציקה של נדבכי הקיר השונים. התמיכות הנ"ל מיועדות, בנוסף לתמיכה זמנית של חזית האבן, גם לשמירה על אנכיות או על שיפוע המתוכנן של חזית הקיר.

- יש להקפיד על שימוש באבנים העומדות בכל הדרישות והמגבלות המפורטות בסעיף 4.6 לעיל. קשירת האבן תבוצע באמצעות אביזרים מיוחדים מפלדת אל-חלד מסוג AISI 316 בקוטר 3.5 מ"מ לפחות.
- יש להקפיד ולהשתמש אך ורק ברשתות זיון ומוטות זיון מצופים באבץ (מגולוונים) כזיון קירות תומכים מהסוג הנדון, כמפורט בסעיף 3.5 לעיל. עובי מזערי של ציפוי האבץ על גבי כל חלקי סולמות השריון-העיון, כאשר הם צפויים להימצא בתנאי חשיפה רגילים המוגדרים בתקן ישראלי ת"י 1630 (טבלה 6 בתקן), יהיה 70 מיקרומטרים לפחות.
- אין להתחיל בביצוע מילוי מאחורי חזית הקיר בטרם הגיע הבטון הנוצק בנדבך נתון של קיר החזית ל- 70% לפחות מחוזק האופייני של הבטון בנדבך הקיר הנדון.
- יש להקפיד ולנקות היטב את מישקי הפסקות היציקה בין נדבכי הקיר השונים, בטרם הרכבת סולמות השריון-העיון מעל למישק הפסקת היציקה ולפני סגירת התבנית ליציקת נדבך נוסף של הקיר.
- יש להשחיל את סולמות השריון-העיון על גבי מוטות הזיון האנכיים של קיר התומך הבולטים מעל מישק הפסקת היציקה של נדבך הקיר שנוצק בשלב היציקה הקודם.
- יש להקפיד הקפדה יתרה על עובי כיסוי בטון על גבי זיון הקיר, הן בגב הקיר והן בצד הפונה לחזית הקיר, מאחורי חיפוי האבן של חזית הקיר. עובי מזערי של כיסוי הבטון יהיה כמצוין בתכניות המוצגות בנספח 1 להלן. במקרה של בניית קירות תומכים מהסוג הנדון באזורים בעלי תנאי פריזה חמורים, יש להגדיל את עובי כיסוי הבטון על גבי זיון הקיר, בהתאם לדרישות המפורטות בת"י 466 – חלק 1. יש לשמור על עובי כיסוי נדרש באמצעות "מרווחונים" בעלי מידות מתאימות, העשויים מבטון.
- במהלך יציקת הנדבכים השונים של קירות התומכים הנדונים יש להקפיד על ציפוף נאות של הבטון הנוצק, תוך שימוש במרטטים מתאימים.
- 4. הנחת סולמות השריון/העיון על פני קרקע המילוי ועיוגונם בתוך קיר התומך יבוצעו בהתאם למפורט בתכניות הביצוע והמפרט המיוחד של כל פרויקט ספציפי, תוך הקפדה יתרה על:
  - השחלת סולמות השריון-העיון ע"ג מוטות הזיון האנכיים של קיר התומך הבולטים מעל מישק הפסקת היציקה בפני נדבך הקיר שנוצק בשלב היציקה הקודם ועיוגונם בתוך קיר הבטון המזוין הנוצק בעומק העיוגון המתוכנן ;
  - פריסה ישרה של סולמות השריון-העיון, יישורם ומתיחתם התחילית לאחר חיבורן אל רשת הזיון של חזית הקיר ;

5. אין לאפשר העברה ישירה של שום כלי עבודה כבדים (כגון משאיות, טרקטורים, מכבשים וכו') במהלך ביצוע הקירות, על סולמות השריון – העיגון. יש לדחוף את המילוי לכיסוי סולמות השריון-העיגון, כך שהם יהיו מכוסים בלפחות 200 מ"מ קרקע בזמן העמסת המילוי ע"י כלי העבודה.
6. במקומות של שינויי כוון בתוואי הקיר, כגון בפינות, יש להבטיח שלא ייווצר מצב של הנחת סולמות שריון-עיגון שאינם מקבילים זה לזה, ישירות אחד על גבי השני. על מנת למנוע מצב כזה, יש לבצע במקרים אלה שכבת מילוי מהודקת בעובי 100 מ"מ לפחות בין סולמות שריון-עיגון אלה. **יש לציין כי על מצב זה להיות מתוכנן מראש תוך שינוי במודלציה של תפרי הפסקת היציקה האופקיים בהתאם. אין להשאיר את הטיפול בנושא זה לאלתורים שונים במהלך הביצוע בשטח.**

#### 4.8. מפרטי ייצור וביצוע מיוחדים

1. לכל פרויקט יש להכין מפרטי ביצוע מיוחדים, אשר יכללו את כל הדרישות והנהלים הישימים לגבי כל שלבי הביצוע של קירות תומכים מקרקע משוריינת מסוג "ק.ת.מ." המיושמים תוך שימוש סולמות שריון-עיגון מפלדה מגולוונת מהסוג המפורט בחוות דעת זו. מפרטים אלה צריכים לכלול גם נהלים מפורטים לבקרת איכות של כל המוצרים, החומרים ותהליכי העבודה שישמשו לבניית הקירות, כולל הגדרת דרישות לגבי פיקוח צמוד על הביצוע של קירות אלה ולגבי סוגי בדיקות איכות הייצור והביצוע והיקפם.
2. הקמת קירות תומכים מקרקע משוריינת מסוג "ק.ת.מ." המיושמים תוך שימוש סולמות שריון-עיגון מפלדה מגולוונת מהסוג המפורט בחוות דעת זו צריכה להתבצע על ידי חברות קבלניות רשומות ורשויות כחוק שיש להן נוהלי אבטחת איכות מבוקרים, כדוגמת מערכות אבטחת איכות המבוססות על תקן ישראלי ת"י 9001.
3. מפרט מיוחד בנוגע לביצוע קירות קרקע משוריינת מטיפוס "ק.ת.מ.", המוזכר בפסקה 1 לעיל, מצורף לחוות דעת זו (ראה נספח 2). המפרט המיוחד הוא משלים לדרישות מסמך זה ואינו מהווה בשום מקרה חלופה לאלו המופיעות בו. בכל מקרה של סתירה בין דרישות חוות דעת מסכמת זו לבין דרישות המפרט (בכל נוסח שיכול להיות מוצע, אם יוצע, בעתיד) תקבענה דרישות חוות הדעת המסכמת.
4. במפרטי ביצוע מיוחדים ובנוהלי אבטחת ובקרת איכות ביצוע קירות תומכים מקרקע משוריינת מסוג "ק.ת.מ.", המיושמים תוך שימוש בסולמות שריון-עיגון מפלדה מגולוונת מהסוג המפורט בחוות דעת זו, יש לכלול, בנוסף למכלול הדרישות הכלולות במפרטים ובדרישות בקרת איכות הקיימים של המציעה, גם הנחיות מתאימות בקשר לאופן ההתקנה והחיבור של סולמות השריון-העיגון וחיבורם לחזית הקירות הנדונים, על פי המפורט בסעיפים 4.5 ו- 4.7 לעיל.
5. במפרטי ביצוע מיוחדים ובנוהלי אבטחת ובקרת איכות ביצוע קירות תומכים מקרקע משוריינת מסוג "ק.ת.מ.", המיושמים תוך שימוש בסולמות שריון-עיגון מפלדה מגולוונת מהסוג המפורט בחוות דעת זו, יש לכלול, בנוסף למכלול הדרישות הכלולות במפרטים ובדרישות בקרת איכות הקיימים של

המציעה, גם הנחיות מתאימות בקשר למכלול הדרישות בנושא של אבטחת איכות ובקרת איכות אבן החיפוי ואופן ביצוע החיפוי, כמוזכר בסעיף 4.6 לעיל.

#### **4.9. בקרת האיכות באתר**

תהליך הביצוע באתר יבוקר ויתועד על ידי המהנדס האחראי לביצוע. דוחות הבקרה בתהליך יפרטו את הממצאים, יורו על תיקון הליקויים במידת הצורך, ויתעדו את הפעולות המתקנות שננקטו. כל הליקויים יתוקנו עד לאישור הסופי של המבנה.

בתהליך הביצוע יש לערוך את הבדיקות הבאות:

- אישור שתית הקרקע לביסוס מפתן הפילוס, הכולל בין היתר אישור חשיפת הסלע, סימון ומדידות, הגעה לגובה הדרוש, ואישור סופי של יועץ הקרקע.
  - אישור ספק ברזל הזיון וסולמות השריון-עיגון
  - בדיקה בתהליך של משלוחי ברזל הזיון וסולמות השריון-עיגון: בדיקת תכונות מכאניות ובדיקת הגליון.
  - בדיקת אבן החיפוי: בדיקת התאמת האבן לתקן ישראלי ת"י 2378 חלק 1, בדיקת התאמת ביצוע עבודות האבן לתקן ישראלי ת"י 2378 חלק 2.
  - בדיקה מקדימה לאישור חומר המילוי והתאמתו לדרישות תקן ישראלי ת"י 1630.
  - בדיקות הבטון הטרי על פי תקן ישראלי ת"י 26, בדיקות בטון קשוי במידת הצורך על פי דרישות המהנדס האחראי לביצוע והמהנדס המתכנן.
  - בדיקות בתהליך של האלמנטים הנוצקים, הכוללות בין היתר מדידה לאימות המיקום, בדיקת הברזל והטפסות, בדיקת אשפרת הבטון, ומעקב אחרי נטילת הבטון הטרי ותוצאת הבדיקה עבור כל אלמנט.
  - בדיקת שכבות המילוי, הכוללת בין היתר אישור תקינות השכבה הקודמת, בדיקת פיזור שכבת המילוי, בדיקת מעבדה לצפיפות ותכולת הרטיבות של השכבה לאחר סיום פעולת ההידוק.
- יש להקפיד על ניהול מערך הבדיקות בתיק ניהול האיכות. זאת על מנת לאתר ולתקן אי התאמות באופן מובנה. לאחר סיום הפרויקט יפיק המהנדס האחראי לביצוע דו"ח פיקוח המפרט את הממצאים ומאשר את תיקון כל הליקויים.

## 5. סיכום

שיטת הבנייה המוצעת של קירות תומכים מקרקע משוריינת מסוג "ק.ת.מ.", המיושמת תוך שימוש בסולמות שריון-עיגון מפלדה מגולוונת מהסוג המפורט בחוות דעת זו, נבחנה ע"י צוות מומחים שהתמנה במכון הלאומי לחקר הבנייה, במסגרת בחינת שיטת בנייה זו. בחינה זו הסתמכה, בין היתר, על בחינת המסמכים הטכניים שהוגשו לבחינה ע"י המציעה, וכן על מעקב מדגמי אחרי תכן וביצוע של שלושה פרויקטים כאמור בסעיף 1. לאור ממצאי בחינה זו, גיבשו חברי צוות המומחים שבחנו את שיטת הבנייה הנדונה את דעתם ביחס אליה. לדעת צוות מומחים זה שיטת בנייה זו, במתכונותיה המתוארות בחוות דעת זו, מתאימה ליישום בתנאים רגילים החזויים בישראל.

חוות דעת זו, לרבות דעת המומחים שבחנו את שיטת הבנייה הנדונה ביחס להתאמת השיטה ליישום בתנאים רגילים החזויים בישראל, מתייחסת ליישום שיטת בנייה זו בקירות תומך מקרקע משוריינת בגובה עד 15 מ', תוך שימוש בסולמות שריון-עיגון מפלדה מגולוונת מהסוג המתואר בחוות דעת זו בלבד. בהקשר זה מן הראוי לחזור ולהדגיש שהתקן הישראלי ת"י 1630 מיועד לקירות תומכים מקרקע משוריינת בגובה של עד 8 מ'. מעבר לגובה זה צריך יועץ מומחה בעל ניסיון בתכן וביצוע בקירות תומכים קשיחים מהסוג הנדון ללוות את התכן, את בחירת פרמטרי התכן של המילוי וכן את הביצוע של הקירות הנדונים, זאת בנוסף לקיום מכלול הדרישות וההנחיות הכלולות בחוות דעת זו.

חוות דעת זו אינה מתייחסת ליישום קירות תומכים מקרקע משוריינת מסוג "ק.ת.מ." בתנאים שאינם מתוארים בה, לרבות בתנאים שבהם הם צפויים להיות חשופים להשפעות דינמיות חיצוניות ארוכות טווח, כגון במקרה שבחלקם העליון מותקנות מסילות רכבת.

חוות דעת זו מתייחסת ליישום שיטת הבנייה המוצעת, תוך שימוש ברכיבי חזית יצוקים באתר של הקירות התומכים, העשויים מבטון מזויין והכוללים חיפוי אבן המבוצע במהלך הקמת הקירות, כחלק אינטגרלי שלהם, על פי דרישות המפורטות בסעיפים 4.6 ו-4.7 לעיל. חוות דעת זו אינה מתייחסת לאפשרויות יישום השיטה תוך שימוש ברכיבי חזית אחרים, לרבות רכיבים מחופים בחומרים אחרים ו/או בשיטות חיפוי אחרות.

בתכן וביצוע של קירות תומכים מקרקע משוריינת מסוג "ק.ת.מ.", יש להיצמד לדרישות הישימות המפורטות בתקנים ומפרטים כלליים ישימים, במיוחד לדרישות המפורטות בתקן ישראלי ת"י 1630 (ו/או במדריך FHWA-NHI-00-043, לפי הצורך – ראה סעיף 3 – תאור השיטה לעיל), כמו גם לדרישות נוספות, המפורטות בחוות דעת ראשונית זו.

תוקפה של חוות דעת זו אינו מוגבל בזמן כל עוד יתקיימו התנאים להלן:

1. תישמר הרמה הנדרשת במסמך זה או רמה גבוהה ממנה.
2. השיטה תיבחן על ידי היחידה לבחינה ולאישור שיטות בנייה חדשות, בכל מקום וזמן בהם תמצא לנכון, ותימצא תקינה מבחינת תכנון וביצוע.

## 6. מראי מקום

Anderson, P.L., Gladstone, A., and Sankey, E. (2012) "State of the practice of MSE wall design for highway structures", GeoCongress, ASCE, Oakland CA, 443–462.

AASHTO-AGC-ARTBA Joint Committee (1990). Subcommittee on New Highway Materials, Task Force 27 Report, pp 5-38.

BS EN ISO 1461, (2009). Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles – Specifications and test methods.

FHWA (2001). Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes – Design and construction guidelines. FHWA-NHI-00-043.

U.S. Dept. of Transportation (1996). Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes; Design and construction guidelines. Publication FHWA-SA-96-071.

מכון התקנים הישראלי (2017) תקן ישראלי 940 חלק 3.1 : תכן גיאוטכני : קירות תמך – קירות כובד וקירות זיזיים רתומים בקרקע.

מכון התקנים הישראלי (2000). תקן ישראלי – ת"י 1630 : קירות תמך מקרקע משורינת.

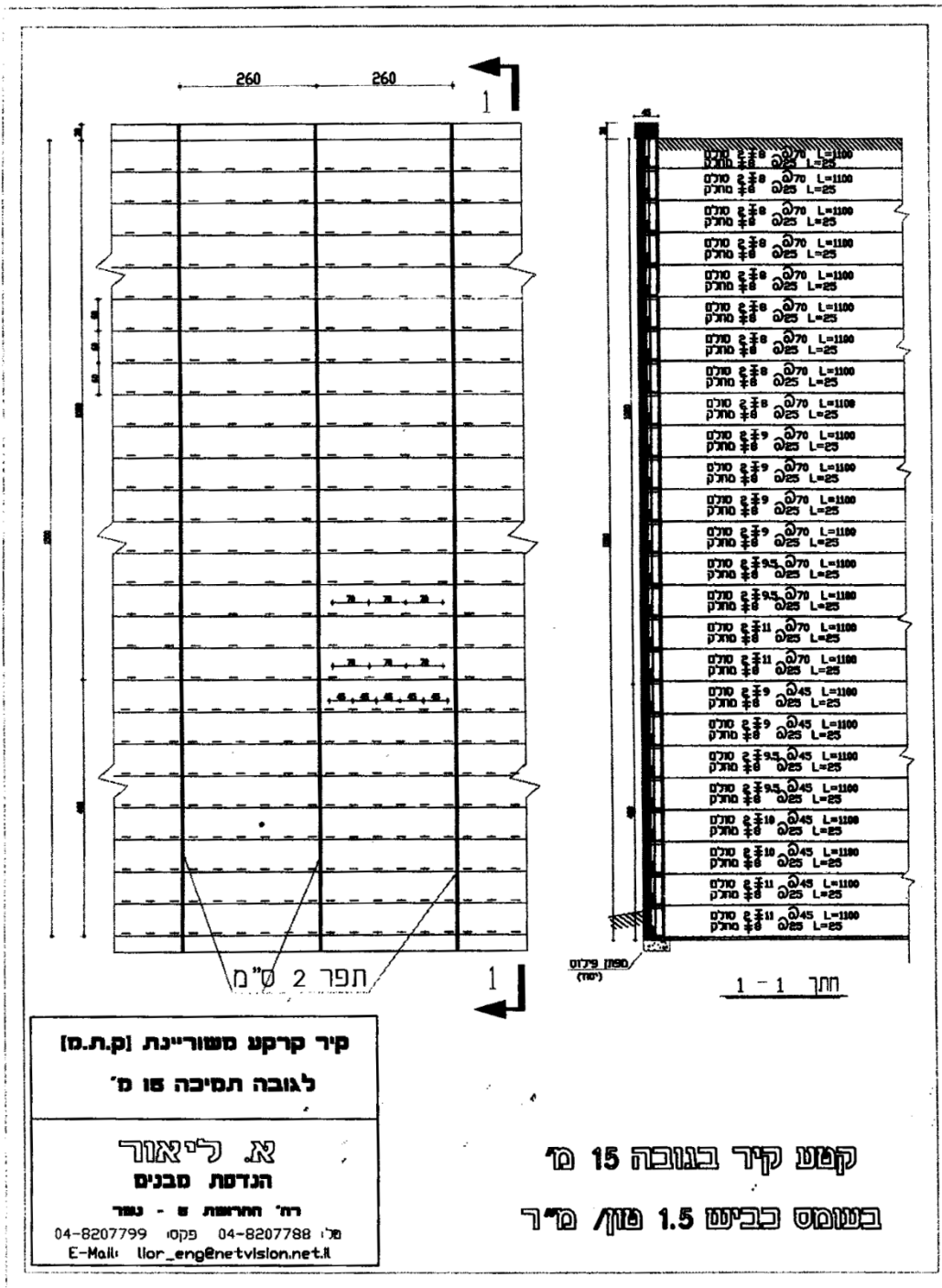
מכון התקנים הישראלי (2012). תקן ישראלי – ת"י 2378 חלק 1 : קירות מחופים באבן טבעית : אבן טבעית לחיפוי ודרישות כלליות ממערכת חיפוי.

מכון התקנים הישראלי (2016). תקן ישראלי – ת"י 2378 חלק 2 : קירות מחופים באבן טבעית : קירות מחופים בקיבוע רטוב.

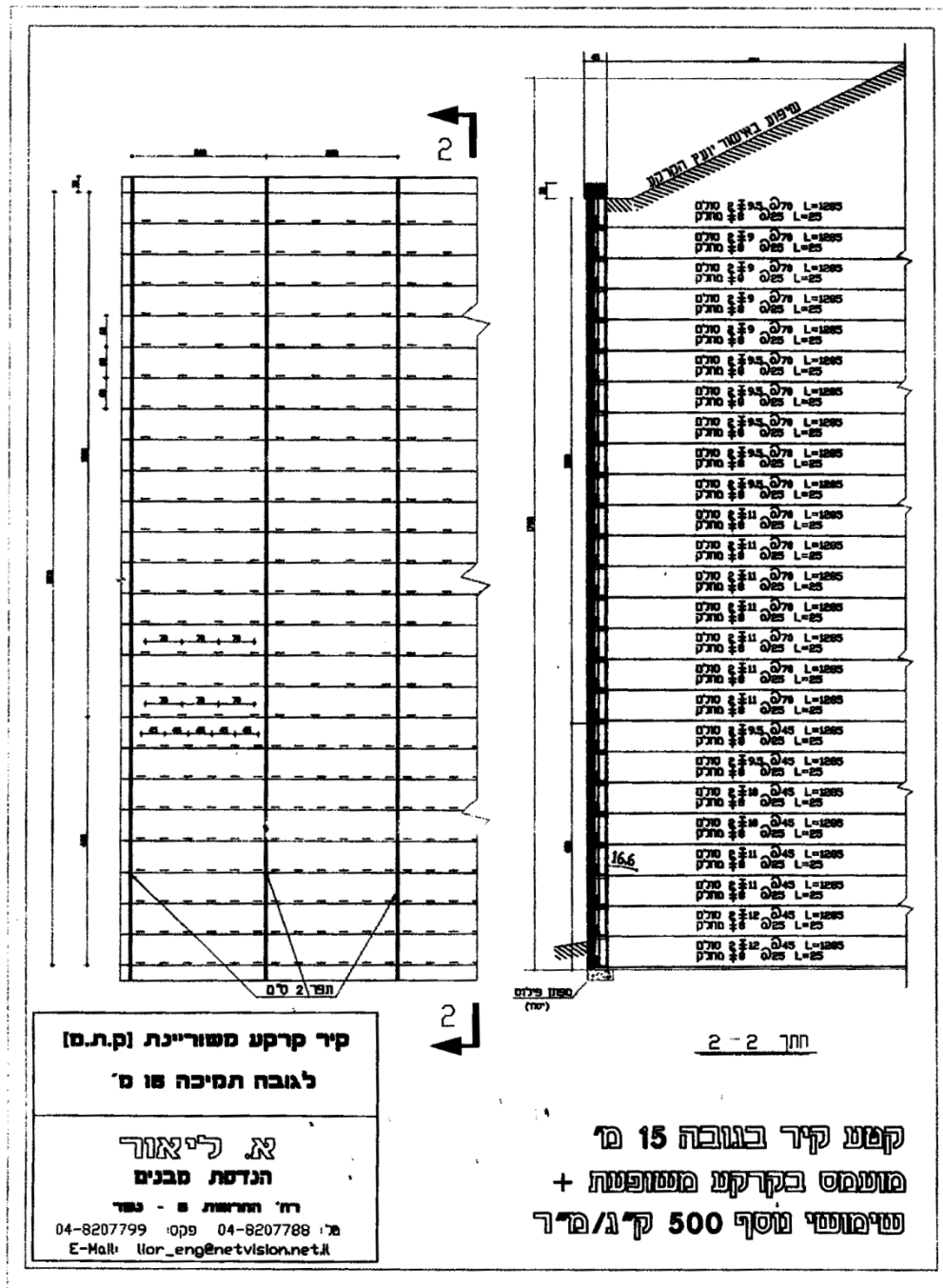
מכון התקנים הישראלי (2010). תקן ישראלי – ת"י 2378 חלק 3 : קירות מחופים באבן טבעית : קירות מחופים בקיבוע יבש.

מכון התקנים הישראלי (2012). תקן ישראלי – ת"י 2378 חלק 4 : קירות מחופים באבן טבעית : קירות מחופים בשיטת ההדבקה בשילוב קיבוע מכני.

**7.נספח 1: פרטי ביצוע אופייניים**







קיר קרקע משוריינת (ק.ת.מ.)  
לאובה תמיכה 50 ס"מ

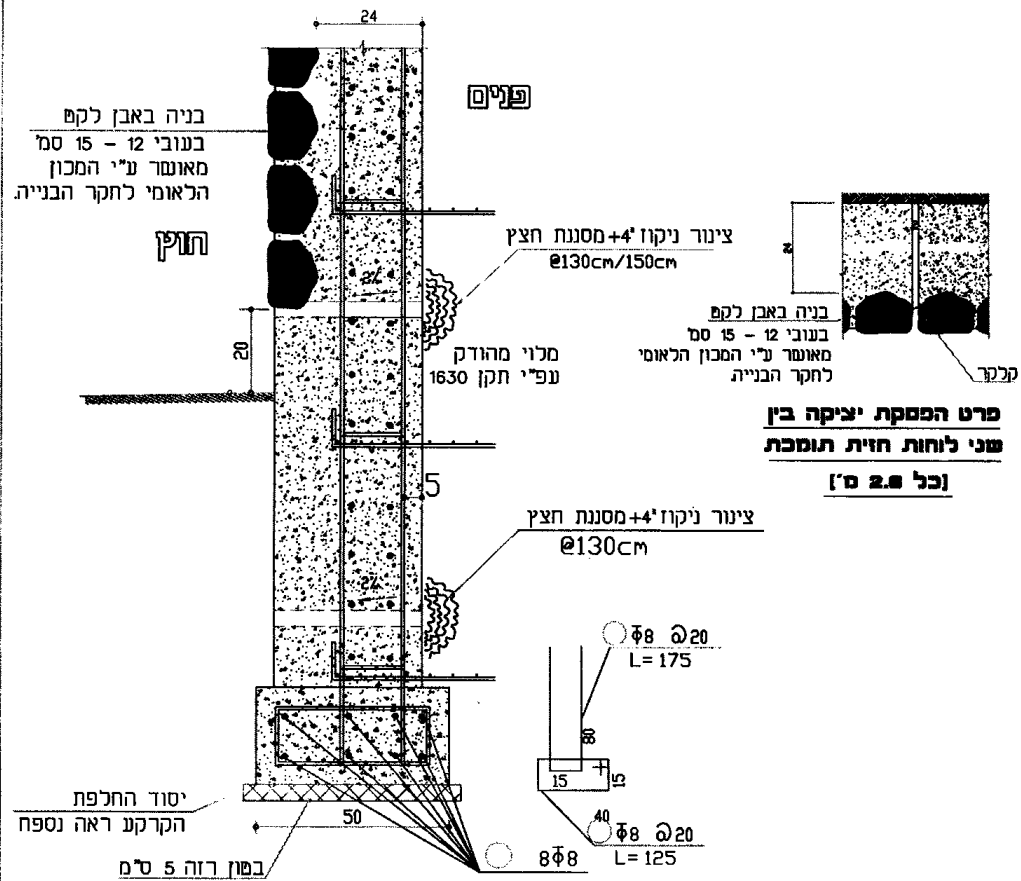
**א. לייאור**  
הנדסת מבנים

רח' התרומות 8 - נמר

טל: 04-8207799 פקס: 04-8207788

E-Mail: lior\_eng@netvision.net.il

קומת קיר בגובה 15 מ'  
מועמס בקרקע מעופפת +  
טעימותי מוסף 500 ק"ג/מ"ר



קיר קרקע משוריינת [ק.ת.מ]

לגובה תמיכה 10 מ'

א. ליאור  
הנדסת מבנים

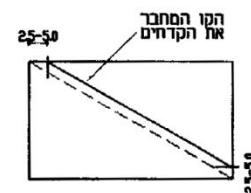
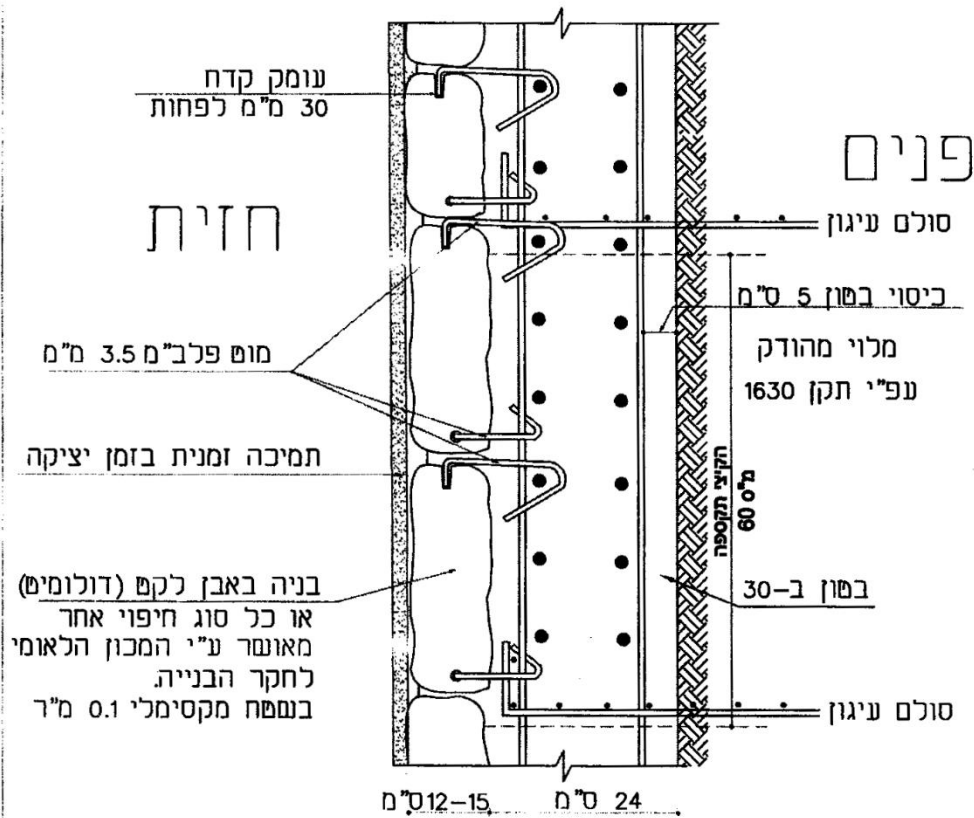
רח' החירות 5 - נשר

מלי 04-8207788 פקסי 04-8207799

E-Mail: lior\_eng@netvision.net.il

פרט תפר בין 2 אלמנטי חזית

+ פרט ניקוז וביסוס



נפ"י ת"י 2378 אבן עששית פניה פחות מ-0.1 מ"ר תקוער בשתי נקודות.

### קדחים באבן

פרט אופייני לעיגון אבן חזית בבטון  
(נפ"י ת"י 2378)

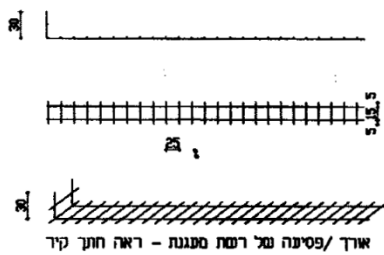
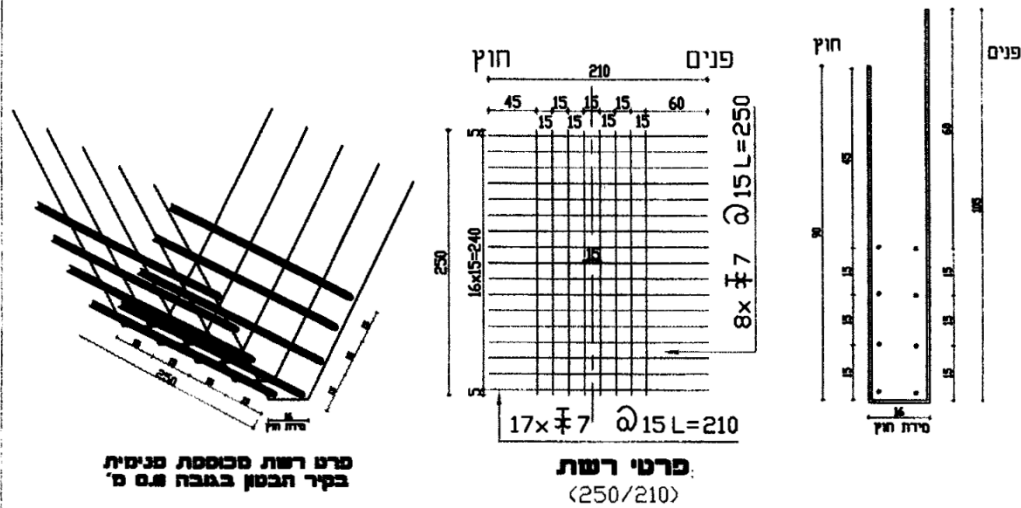
קיר קרקע משוריינת (ק.ת.מ.)

לגובה תמיכה 10 מ'

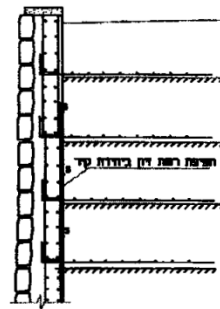
א. לראור  
הנדסת מבנים

רח' החורשות 5 - נמר

טל' 04-8207788 פקס: 04-8207799  
E-Mail: llor\_eng@netvision.net.il



פרט מולם עיגון בקרקע



קיר קרקע משוריינת (ק.ת.מ.)  
לגובה תמיכה 0.6 מ'

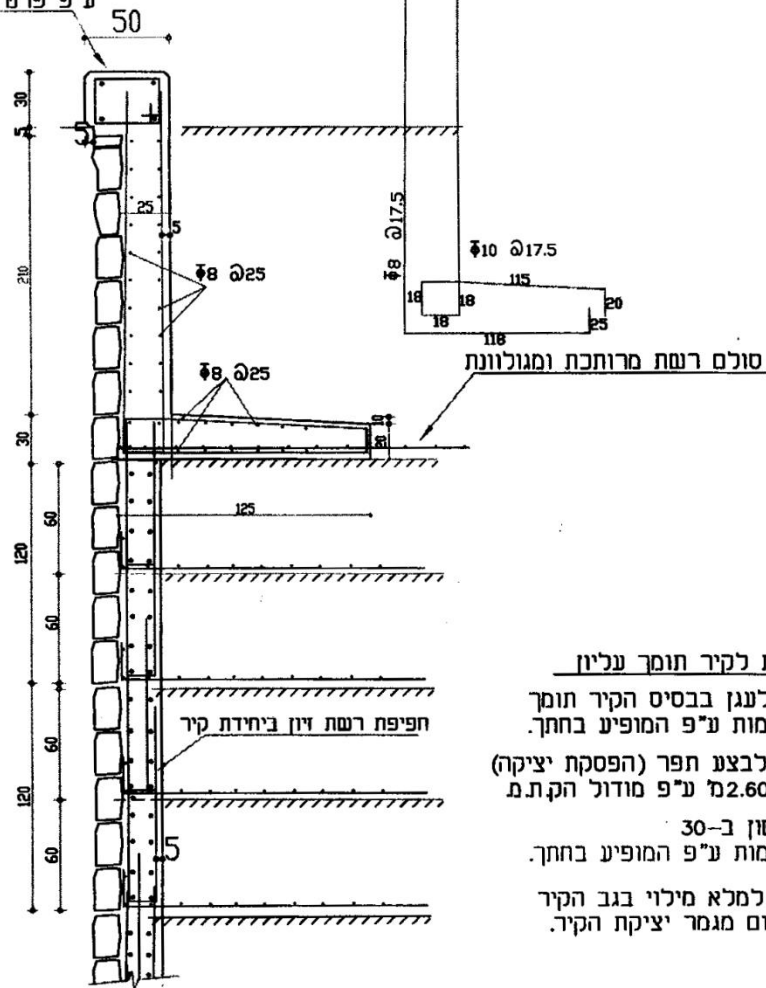
א. לראור  
הנדסת מבנים

רח' התרבות 5 - נמר

טל' 04-8207788 פקס' 04-8207799  
E-Mail: llor\_eng@netvision.net.il

פרטי רשת פנימית מוכנסת  
בקיר בטון בגובה מזחולרי 0.6 מ'  
(וברחוב 2.5 מ')

פרם ראש קיר  
ע"פ פרם אד"כ"י



#### הערות לקיר תומך עליון

1. יש לעגן בבסיס הקיר תומך סולמות ע"פ המופיע בחתך.
2. יש לבצע תפר (הפסקת יציקה) כל 2.60 מ' ע"פ מודול הק.ת.מ.
3. הבסון ב-30 סולמות ע"פ המופיע בחתך.
4. אין למלא מילוי בגב הקיר 14 יום מגמר יציקת הקיר.

קיר קרקע משוריינת (ק.ת.מ.)

לגובה תמיכה 10 מ'

א. לייאור  
הנדסת מבנים

רח' החורמות 8 - נמר

טל' 04-8207788 פקס' 04-8207799  
E-Mail: llor\_eng@netvision.net.il

פרם ראש קיר (ללא סולמות עיגון)

למעבר מערכות



**8.נספח 2: מפרט לביצוע של חברת ת.מ.ל. בע"מ**

# ת.מ.ל. T.M.L. חברה להנדסה ותשתית בע"מ

## Engineering Co. Ltd

יום רביעי 16 ספטמבר 2020

### מפרט לביצוע קיר קרקע משורינת אתר מורשת מודיעין.

#### תיאור מרכיבי הקיר ושלבי הביצוע.

1. מפתן הפילוס הוא האלמנט הנושא את החזית של הקיר התומך המבוצע בשיטת קת"מ.

מפתן הפילוס יוצק בבטון בהתאם לפרט המשורטט בתכנית, היציקה כנגד דפנות סלע "בריא".

שכבת השריון הראשונה תותקן לצורך הגברת החיכוך מעל שכבת חומר גרנולרי מישרת בעובי מינימלי. בהעדר שתית סלע יש לקבל הנחיות מיועץ הביסוס.

#### 2. חזית הקיר –

חזית הקיר התומך בשיטת קת"מ מבוצעת מיציקה באתר של בטון מזויין כנגד תבנית אחורית וחזית בנויה מאבן בהתאם לסוג האבן שתבחר על ידי אדריכל הנוף ותבנה על פי הפרטים המיוחדים הנמצאים בתוכניות הפרויקט ( בפרויקט מודיעין מורשת אבן חאמי ).

החזית מחולקת למקטעים, כך שכל מקטע יהיה ברוחב 2.60 מטר, תפרים אנכיים יבוצעו מפוליסטירן מוקצף ( קל-קר בעובי 2 – 1 ס"מ ). אחת לשלושה קטעים ( כ 7.80 מטר או לפי המסומן בתוכניות ).  
ניתן לצקת את חלקו התחתון של הקיר הנמצא מתחת למפלס הפתוח הקדמי של הקיר, בבטון מזויין ללא חיפוי באבן. ( ראה פרט בתוכניות ) בחלק זה של הקיר יהיה מבנה החזית זהה לחלקים האחרים פרט לחיפוי האבן אך כולל את כל הזיון הנדרש (רשתות וכדומה).

עובי הקיר המזוין היצוק באתר בקטעים העל קרקעיים במידה ולא יהיה בעל חזית אבן כאמור יהיה בעובי 24 ס"מ לפחות. בקטע הקיר המזוין בקטע בו אין חיפוי באבן תבוצע "משענת" בהתאם לפרט המשורטט בתוכנית על המשענ תשען שורת האבן הראשונה.

לחילופין יתווסף לעובי הקיר בגין עובי אבן החיפוי 120 ועד 150 מ"מ כך שיתקבל קיר ברוחב כללי של 350 מ"מ ויותר שעליו תשען שורת האבן הראשונה. ( על פי הפרט שבתוכנית הקיר ).



# ת.מ.ל. T.M.L. חברה להנדסה ותשתית בע"מ

## Engineering Co. Ltd

יציקת הקיר באתר בכל גובה תתבצע בשלבים מבטון ב 30 שקיעה 5 כאשר כל שלב כולל יציקה של קטע קיר בגובה של 60 ס"מ בלבד, על פי הפירוט בתוכניות הביצוע, הבטון יהודק בריטוט ידני מתאים באמצעים אשר ימצאו מתאימים לקבלת בטון מצופף כהלכה מבלי לפגוע בחזית הקיר, במידת הצורך יבוצע תמוך לחזית הקיר בשיטה אשר תקבע באתר.

בכל קטע יצוק יותקן זיון פנימי המורכב מרשת מכופפת בהתאם לפרטים המשורטטים על גבי התוכנית, בחזית הקיר לכל גובהה. יש לצקת בטון בטיב העונה לדרישות המפרט הכללי לבטון מסוג ב- "30 שקיעה 5"

### 3. שלבי הביצוע לאחר היציקה ואופן הטיפול בבטון היצוק:

3א. למחרת היום יפורקו התבניות המותקנות בגב הקיר היצוק.  
3ב. אשפרה תעשה בהתאם לתקן 466 והוראות ה "ספר הכחול", ההשקיה תבוצע במשך 3 ימים רצופים.

3ג. חומר המילוי בהתאם למפורט בהמשך מצע נברר או בהתאם לדרישות המהנדס, החומר יפוזר ויהודק בשכבות כאמור, החומר יפוזר עד למרחק של 30 ס"מ מגב הקיר היצוק.

ההידוק במרחק של כ 1.00 ועד 1,20 מטר מגב הקיר יבוצע באמצעות מכש ידני ( מכבש בומג גלילים או שווה ערך, או פלטה ויברציונית בעלת כושר הידוק זהה).

לחילופין ניתן לבצע את ההידוק במכש בו נעשה שימוש אך ללא ויברציה על ידי שמונה מעברי מכש.

### 4. תפרים והפסקות יציקה –

יבוצעו בהתאם לשרטוט הפריסה שבתכניות.

### 5. ניקוז הקיר.

הנקזים יבוצעו באמצעות צינור PVC בקטר של 4", הנקז הראשון יותקן בין 30 ל 40 ס"מ מעל מפלס הפיתוח המתוכנן או בהתאם למפורט בתכנית, יתר הנקזים יותקנו במרחקים אופקי של 2.60 מטר ובהפרש גובה של 1.20 מטר זה מזה.

# ת.מ.ל. T.M.L. חברה להנדסה ותשתית בע"מ

## Engineering Co. Ltd

6. הזיון.

בקטע קיר הבטון שבחזית תותקן רשת מכופפת ( חישוק ) ברוחב של 16 ס"מ בהתאם לפרט המובא בתכנית, על גבי הרשת יותקנו שומרי מרחק כך שהרשת תתרחק מהתבנית לכל הפחות 5 ס"מ באמצעות שומרי מרחק מתאימים בקוטר 10 ס"מ. ובגב האבן במרחק של 3 ס"מ לכל הפחות. הרשת תהיה רשת בהתאם לתקן רשתות מרותכת מפלדה משוכה בקר על פי תקן ישראלי 4466/4 בקוטר קבוע של 7 מ"מ, או בקוטר 8 מ"מ בהתאם לרשום בתוכניות כול ברזל זיון הקיר יגולוון באבץ חם בעובי 80 מיקרון לכל הפחות בהתאם לתקן ישראלי 918.

בחלקו העליון של הקיר יותקן קיר כובד במידות המשורטטות בתכנית כאשר האבן ושכבת הבטון המותקנת תונח על גבי משטח מיושר ומהודק משכבה של חומר גרנולרי בטיב המוגדר בהמשך ( קיימת בתוכניות ההגדרה המדויקת ביחס לטיב החומר בו נעשה שימוש). מעל שכבת הבטון הראשונה שתונח על גבי המילוי כאמור בעובי של כ 10 סנטימטר תותקן רשת פלדה מלאה במידות המסומנות בתוכנית ומעליה יבנה קיר הכובד במידות שנרשמו בתוכניות.

### סולמות שיריון הקרקע.

יותקנו סולמות פלדה מגולוונים ברוחב 25 ס"מ, בקוטר של 8 ועד 12 מ"מ. הסולמות עשויים מקטעי רשת מרותכת מפלדה משוכה בקר בהתאם לתקן ישראלי 4466/4 כאמור לעיל בקצה הסולם יבוצע כיפוף באורך של 30 סנטימטר, הסולמות יגולוון בהתאם לדרישות תקן 918 הסולמות יותקנו עד למיקומם מעבר לרשת האנכית על פי המפורט בתוכניות, רוחב "הסולם" 25 ס"מ כאשר קוטר המוטות האורכיים יהיו בקטרים משתנים בין 8 ועד 12 מ"מ ואילו המוטות הרוחביים ( המקשרים ) יהיו בקוטר קבוע של 8 מ"מ ובמרחק קבוע על פי המפורט בתוכניות – זה מזה אורך וקוטר הסולמות משורטט על גבי תוכניות. במצב של סלע כפי שיוגדר על ידי יועץ הקרקע ניתן על פי התקן לצמצם את רוחב המערכת ( חציבה, חומר גרנולרי, ושיריון ) כאשר מחציתו העליונה של הקיר בכל מקרה ברוחב 0.7 H, ולכול הפחות 3.00 מטר. 0.25 H הבאים שוב במקרה של סלע יבוצעו ברוחב של 0.55 H מגובה הקיר ואילו הרבע התחתון יתבצע ברוחב של 0.4 H שוב אדגיש הקביעה כי הקרקע היא סלע תהיה על ידי יועץ הקרקע בלבד.

המרחק בין "קצה הסולמות ( כיפוף של 30 סנטימטר בקצה סולם) העיגון לבין גב האבן לא יפחת מ 3 סמ'. סולמות העיגון יותקנו במרווחים אחידים של 60 סמ' ומעוגנים בתחתית כול נדבך יצוק באתר של הקיר. סולמות השיריון יותקנו במקומם המיועד בטרם סגירת התבנית, תוך השחלתם אל מעבר לרשתות הזיון האנכיים לא תותר בשום מקרה חפייה בין סולמות במישור האורך. הסולמות יהיו בהתאם לאורך המסומן בתוכניות.

# ת.מ.ל. T.M.L. חברה להנדסה ותשתית בע"מ

## Engineering Co. Ltd

הסולמות יותקנו כאשר הם ישרים למלוא אורכם לפני הכיסוי בחומר המילוי.  
רשתות הזיון יאוחסנו סמוך למקום התקנתם כאשר הם מסומנים בהתאם  
לקוטרם אורכם ומיקום התקנתם בהתאם לתוכניות המפורטות.

### 7. חומר ותהליך המילוי

על גבי "הסולמות" יותקנו שכבות מילוי של חומר מילוי המתאים לדרישות תקן 1630 סוג החומר הנדרש יהיה על פי הרשום בתוכניות. מילוי נברר או מצע "ב" בהתחשב גם בדרישות יועץ הקרקע.  
המילוי יעמוד כמו כן בדרישות האלקטרוכימיות כפי שצוין בתקן. המילוי יכסה את השיריון לכל אורכו בתוספת 50 ס"מ. עובי השכבות המהודקות לא יעלה על 20 ס"מ.  
רוחב נוסף מעבר לתחום הסולמות במידה והוא יידרש על ידי מתכנן הקיר ו/או מהנדס הכביש ו/או מתכנן הפיתוח המילוי יתבצע בשכבות מקבילות לחומר המילוי המתבצע בתחום הקיר המשוריין. ( יודגש כי ההערה האחרונה אינה קיימת במסגרת דרישות תקן ).  
המילוי יהודק לרמת הידוק כפי שיקבע בהתאם לטיב החומר בו יעשה שימוש. אך בכול מקרה לא יפחת מ 95% mod.aashto  
אין להתחיל בביצוע המילוי בגב הקיר בטרם הגיע הבטון היצוק בנדבך נתון ל 70% לפחות מחוזק האופייני של הבטון בנדבך הקיר הנדון.  
אין לאפשר העברה ישירה של שום כלי עבודה כבדים ( כגון משאיות, טרקטורים מכבשים ודומה ) על סולמות השיריון טרם כיסויים בשכבת מילוי.  
במהלך ביצוע הקירות כאשר כבר הותקנו סולמות השיריון אופן כיסוי הסולמות יעשה על ידי דחיפת המילוי אל מעל הסולמות לכול הפחות בעובי של 20 ס"מ  
טרם תותר תנועה מעל הסולמות. ההליך יחזור על עצמו עד למפלס כיסוי הרשת העליונה המותקנת בקיר הכובד.  
ההליך הנ"ל יחזור על עצמו עד למפלס תחתית קיר הכובד המותקן בחלקו העליון של הקיר המשוריין.

# ת.מ.ל. T.M.L. חברה להנדסה ותשתית בע"מ

## Engineering Co. Ltd

### 8. קיר הכובד –

יש להתקין בתחתית קיר הכובד רשת מרותכת ומגולוונת לפי תקן 4466/4 כאמור לעיל בהתאם לקטרים למפלס לאורך ולריווח המצוין על גבי התוכניות הרשתות ברוחב קבוע של 2.50 מטר. יש להקפיד על התקנת הרשת אל בסיס קיר הכובד.

בחלק התחתון של הקיר יש לבצע יציקה ברוחב המתוכנן בהתאם לתכניות בעובי 10 סמ". על גבי הבטון היצוק תותקן רשת מרותכת ומגולוונת בהתאם לרשום לעיל ולמידות המצוינות על גבי התוכניות.

בחלקו העליון של הקיר יבנה קיר כובד מבטון בחוזק ב 30 כאשר בחזית הקיר תותקן האבן כאמור מקדם על גבי הרשת האופקית המגולוונת כאמור בסעיפים קודמים ובאורך המצוין בתכניות יותקנו 3 שכבות של חומר גרנולרי בהתאם לתקן ישראלי 1630 בעובי כללי של 60 סמ" מהודקים בשלש שכבות לרמת צפיפות של לכל הפחות 95%.

מעל אותה המפלס המוגדר לעיל יותקן חומר מילוי בהתאם להוראות בתוכניות מהנדס הכבישים או הפיתוח.. החומר יפוזר ויהודק כאמור בסעיף קודם

### 9. פרוגרמה לבדיקות.

#### הקדמה.

בקרת האיכות + אבטחת האיכות תתכנן את תכנית הבדיקות לרבות טבלה בה יצוינו כמות הבדיקות והפנייה אל התקנים והמפרטים המתייחסים לביצוע הקיר בפרויקט הנדון.

1. יש לבצע מדידת חזית הקיר ומפלס תחתית היסוד, המדידה תתבצע על ידי מודד מוסמך, ובה ייבדק מפלס היסוד בהתאמה לגובה ולתוואי המתוכנן צפיפות המדידה לכל הפחות כל 10 מ"א. כמו כן יתבצעו על ידי המודד בדיקות נוספות במהלך הביצוע בכל 1.80 מטר גובה קיר בנוי המדידות יתבצעו ב 3 צירים X.Y.Z הבדיקות הנוספות במהלך הביצוע כל 1.80 מטר. במקביל תבוצע בדיקה של מפלסי הסולמות.

2. בתום ישור תעלת היסוד תילקח בדיקת צפיפות כל 20 מטר לפחות, דרגת הצפיפות הנדרשת בהתאם לחומר הקיים בשתיית התעלה. התעלה לפני ביצוע יציקת היסוד.

במידה והשתית הינה סלע לא נדרשת בדיקת צפיפות.

# ת.מ.ל. T.M.L. חברה להנדסה ותשתית בע"מ

## Engineering Co. Ltd

3. עם הספקת סולמות הפלדה תבוצע בדיקה מדגמית של חלקי סולם, הבדיקה תעשה לעובי הגיליון וכמו כן יספק הקבלן תעודות בדיקה של מפעלי הפלדה בתוקף המתייחסים לטיב רשתות הזיון המיוצרים על ידה. כך יבוצע גם בהמשך הביצוע.

4. בדיקת בטון תתבצע בהתאם לתקן.

5. בדיקות הידוק המילוי וטיב המילוי יהיו בתאם לדרישות תקן ישראלי 1630 לסוג העבודות הרלוונטי.  
יבוצעו בדיקות צפיפות בכל שכבה מהודקת לפחות 3 בדיקות לשכבה ויחסית לשטח המהודק. עבור שטח מהודק של 300 מ"ר או פחות 3 בדיקות.

כמות הבדיקות –  $N=0.007 \cdot A$   
כאשר N מספר מעוגל שלם של בדיקות נדרשות  
A השטח המהודק במ"ר.

עבור שטח של 1000 מ"ר 7 בדיקות. עבור שטח של 450 (3.15) 3 בדיקות.

תעודות הבדיקה ישויכו לאתר, קטע קיר ומפלס המילוי שבו בוצעה הבדיקה.

רשם – מיכאל לוי.

