



הנדסת קרקע וביסוס: זליו דיאמנדי בע"מ

יולי 2023

## כרמל, 72 יח"ד - בדיקה גיאולוגית אתרית

### 1. כללי

כחלק מהליך קידום עבודות פיתוח ותכנון הביסוס ל-72 יח"ד ביישוב כרמל, התבקשו לבדיקה גיאולוגית של ארבעה תאי שטח הפזורים ברחבי הישוב בהן מתוכננות עבודות פיתוח ובינוי. מטרת הבדיקה, בחינה ואפיון של מרכיבי פני ותת-הקרקע בתאי השטח הנ"ל. בהגדרה נקבע כי בשלב הנוכחי, העבודה לא תכלול חקירת שתית שבסיסה ביצוע קידוחי ניסיון.

לביצוע הבדיקה הועמדו לרשותנו תוכנית מדידה כללית לתכנון הישוב כרמל, קנ"מ 250:1. העבודה כללה:

- איסוף חומר רקע כללי מעבודות גיאולוגיות אזוריות<sup>1</sup>, ומידע מעבודות שונות אחרות.
- ביקור באתר, מיפוי מחשופים בתאי השטח השונים (אזורי תכנון) וביצוע מדידות שדה.
- ריכוז ממצאי הבדיקה לדו"ח בליווי תצלומים.

### 2. האתר (תרשים 1)

מאחר והמגרשים הנסקרים פזורים ברחבי הישוב, נקבעה על ידי אדריכל התוכנית, גבירצמן אדריכלים, חלוקת ל-4 אזורי תכנון:

אזור תכנון 1: 6 מגרשים הממוקמים בצפון מזרח הישוב. כללית ניתן לתחום את השטח בין קווי האורך 217580 במערב ו-217700 במזרח ובין קווי הרוחב 593460 בדרום ל-593535 בצפון. מדרום תחום האתר בדרך עפר ומצפון בדרך הביטחון ההיקפית של הישוב. עיקר השטח במצב טבעי עם הפרות קלות. בפניו חורש עצי אקליפטוס.

פני השטח משתפלים במתינות יחסית לצפון מזרח. הרום במעלה בתחום שבין +735 (דרום מזרח) ל-+745 (דרום מערב), בעוד שבמורד הרום בתחום שבין +738 (צפון מערב) ל-+733 (צפון מזרח).

בהתבסס על  $\pm 0.00$  של המבנים המתוכננים באזור זה עבודות הפיתוח יכללו חפירה/חציבה לעומק עד 3 מטר ומילוי מקומי לגובה כ-2 מטר.



<sup>1</sup> סנה ע., רוט י., 2012, המפה הגיאולוגית של ישראל, גליון חברון, קנ"מ 1:50,000, המכון הגיאולוגי.



**אזור תכנון 2** - ממוקם בצפון מערב הישוב, נ.צ.מ. 217425/593450. באזור זה 16 מגרשים (15 מהם במקבץ ומגרש בודד הממוקם בריחוק מה מהם למזרח, נ.צ.מ. 217650/593400). כללית ניתן לתחום את אזור תכנון 2 בינות לכביש מס' 17 החוצה במערב השטח (מעברו אזור מלאכה תעשייה) ובין כביש מס' 10 החוגר את האזור מדרום, מזרח וצפון. פני השטח נוטים לצפון מערב, הרום בתחום שבין כ-750+ לכ-730+.

מהיות האזור מבונה פניו מופרים מעט עקב מעורבות האדם. בשטח מבנים המיועדים להריסה/פינוי, מתקנים משטחי ספורט, שבילים פנימיים, קירות תמך נמוכים, מסלעות (טיב לא ידוע) ומטבע הדברים ריבוי בתשתיות תת ועל קרקעיות.



אזור תכנון 2 - מימין, מבט לדרום מזרח מנ.צ. 217440/593440, במגרשים המיועדים לבינוי וסביבתם פזורים מבנים ומתקנים, לצידם מערכת שבילים ודרכים פנימיות כמו גם ריבוי בתשתיות על ותת קרקעיות. משמאל, מקומית תחת מילוי המתנשא לגובה עשרות ס"מ עד כמטר וחצי, נחשפים סלעי השתית הטבעית שעיקרם גיר דולומיטי קשה.

**אזור תכנון 3** - ממוקם במרכז הישוב, נ.צ.מ. 217515/593020. באזור זה 6 מגרשים (5 מגרשים במקבץ ומגרש בודד בריחוק מה לצפון, נ.צ.מ. 217540/593120) הממוקמים מצפון ודרום מערב למפגש כביש מס' 3 את כביש מס' 13.

פני השטח משתפלים כללית לדרום דרום מערב. הרום בתחום שבין 747+ לכ-737+. מהיות המגרשים המיועדים לפיתוח ובינוי בסמוך לשטחים מבונים בפני השטח הפרות קלות תוצר למעורבות האדם. בולטות חציבות לגובה עד גדול מ-4 מטר באזור מפגש כביש 13 את כביש מס' 3 ומילוי לגובה עשרות ס"מ עד כ-2 מטר שבוצע במקומות ליצירת משטחים מיושרים.



אזור תכנון 3 – מבט על קיר חיצוב המתנשא לגובה עד גדול מ-4 מטר באזור מפגש כביש מס' 3 ו-13. בפני קיר החיצוב נחשפים סלעי השתית הטבעית השולטים באזור שעיקרם גיר דולומיטי עד דולומיטי גירי, קשה.

**אזור תכנון 4** - ממוקם לאורך שלוחה מאורכת ששדרת בכיוון כללי מערב-מזרח החוצה בדרום מזרח הישוב (מחוץ לגדר ודרך הביטחון ההיקפית הנוכחית), נ.צ.מ. 217775/592650. באזור זה

31 מגרשים בהם יבנו 42 יח"ד צמודות קרקע. רום פני השטח לאורך שדרת השלוחה נע מכ-727+ במערב לכ-707+ במזרח. רום המדרון הצפוני בגבול המגרשים לצפון נע מכ-725+ (פינה צפון מערבית של מגרש 554) לכ-703+ (פינה צפון מזרחית של מגרש 1-295). רום מפנה המדרון הדרומי בגבול המגרשים לדרום בתחום שבין 720+ (פינה דרום מערבית של מגרש 277) לכ-703+ (פינה דרום מזרחית של מגרש 292).

כלל אזור תכנון 4 במצב טבעי, להוציא קטע דרך עפר החוצה לאורך שדרת השלוחה. בכלל השטח נחשף רצף סלעי משקע שעיקרם גיר דולומיטי עד דולומיט גירי, קשה.



אזור תכנון 4 - מימין, מבט למזרח מגבול השטח למערב. בפני שדרת השלוחה והמדרונות המשתפלים לצפון ודרום נחשפים סלעי השתית הטבעית שעיקרם גיר דולומיטי עד דולומיט גירי, קשה. משמאל, חשיפה של סלעי השתית הטבעית לצד הדרך הכבושה החוצה לאורך שדרת השלוחה.

### 3. תת-הקרקע (תרשים 1)

#### 3.1 טור הסלעים

על מרכיבי פני ותת הקרקע באתר הנסקר ניתן לעמוד מבצבוצים ומחשופי סלע הנפוצים בפני השטח ומבחינת קירות חיצוב נמוכים שהתקבלו, במקומות, לאורך מערכת הדרכים החוצה את הישוב ובינות למגרשים.

תחת מעטה דק של קרקע בהרכב חרסית רזה עד שמנה, חומה עם צרורות עובי מחסר עד עשרות ס"מ, שולט טור סלעי משקע שעיקרו: גיר דולומיטי עד דולומיט גירי, לבנבן-אפרפר עד צהבהב, דק עד בינוני גביש, קשה, חוזק גבוה (תצורת בענה-גיל טורון). במסת הסלע יש וחלים מעברים לגיר דולומיטי בלוי, גיר קרטוני כמו גם לקרטון ורבדי חואר בין שכבת. הסלעים משוכבים דק עד עבה (0.2-0.8 מטר), סדוקים אנכית עד תת אנכית. בטבלה 1 שלהלן מוצג טור הסלעים המסייע בהכרה אזורית של תת-הקרקע (באפור רלוונטי לאתר הנסקר).

#### טבלה 1: טור הסלעים בתחומי האתר הנסקר והסביבה הקרובה

גיל	תצורה	סימול	עובי* מ'	תיאור	שונות
הווה		q	0-1	חרסית, צרורות ושברי סלע	בכיסים ולאורך סדקים פתוחים העובי עשוי לגדול.
טורון	בענה	Kub	>90	גיר עד דולומיט גירי, לבן אפרפר במקומות צהבהב, דק עד בינוני גביש, קשה, חוזק גבוה, משוכב, בחלק העליון יש ולוכד שברי/עדשות צור.	הופעה מדורגת, מקומית מעט טרשית.
	ורדים	Kuw	>70	דולומיט צהבהב אפרפר, מקומית מגוון ברוד דק עד בינוני גביש, קשה, חוזק גבוה	נחשפת בריחוק מה מדרום לכרמל בוואדי א-תיעלה. עשויה להופיע בשטח הישוב בעומק גדול מ-40 מטר מתחת לסלעי תצורת בענה.

\* עובי על בסיס אינפורמציה מעבודות אזוריות. באפור רלוונטי לאתר



סלעי תצורת בענה - גיר דולומיטי, קשה, חוזק גבוה מקומית בינוני גבוה. הסלעים משוכבים עד עבה (80-20 ס"מ) סדוקים אנכית עד תת אנכית. בפני השטח ההופעה מדורגת מקומית מעט טרשית. מימין, חשיפה בפני קיר חיצוב סמוך לנ.צ. 217515/592995. משמאל, בהופעה מדורגת משטחית בפני המדרונות הטבעיים כשבינות לסלעים מתפתח כיסוי קרקע דק בהרכב חרסית שמנה עד רזה חומה, עס/בלי מרכיב אבני - תקריב סמוך לנ.צ. מנ.צ. 217540/593040.

### **3.2 סידוק**

בסלעי תצורת בענה נמדדו שני כיוונים ראשיים:  $100^{\circ}-090^{\circ}$ ,  $170^{\circ}-160^{\circ}$  וכיוון שלישי רנדומלי. הסידוק אנכי עד תת אנכי, בדרך כלל סגור. בסמוך לפני השטח, יש ומתפתח סידוק פתוח (10-1 ס"מ). לאורך הסדקים הפתוחים תיתכן חדירה של חרסית לעומק. מילוי משני של קלציט, מריחות לימוניט ומנגן בפני מישור הסידוק שכיחים.

### **3.3 נטייה**

נטיית השכבות האזורית לצפון מערב בשיעור של  $5^{\circ}-8^{\circ}$ . עם זאת, כתוצאה מהפרעות מקומיות יתכנו שינויים הן בשיעור והן בכיוון הנטייה.

### **3.4 העתקה**

בתחומי האתר הנסקר וסביבתו הקרובה לא ידוע על חציית העתקים ראשיים או גדולים. גם עבודות אזוריות שללו חציית העתקים שכאלה את המרחב. על פי מפת העתקים הפעילים והחשודים בפעילות צעירה בישראל (רוזנזפט, שגיאה וחובריהם 2019, עדכון 11.2022) מפה הנספחת לת"י 413, כלל שטח היושב כרמל כמו גם הסביבה הקרובה "נקיים" מההעתקים שכאלה.

### **3.5 מי-תהום**

מידע אזורי מצביע על כך שמי תהום רגיונליים מצויים בעומק ניכר, עומק שאינו רלוונטי לפיתוח ולביסוס המתוכננים. מעיון במפה טופוגרפית, קני"מ 1:50,000 לא אותרו מעיינות בשטח התוכנית.

### **3.6 סביבה סיסמית**

על פי נספח ג' לתקן הישראלי 413, תאוצה השיא האופקית הצפויה, Z, הוגדרה באזור הנבדק כ-0.11. זוהי תאוצת הקרקע האופקית המכסימלית שלגביה קיימת הסתברות של 10% לקבלת תאוצה חזקה ממנה, בסלע, בפרק זמן של 50 שנה. ערך זה משמש כידוע לצורך תכנון הנדסי ומובא בעיקר לצורך ניתוח יציבות.

### 3.7 תופעות פני שטח



מספר תופעות פני שטח נצפו במקומות באזורי התכנון הנסקרים: **מילוי לא מבוקר** - בהרכב עפר, גרס, צרורות, שברי וגושי גיר, קרטון גירי כמו גם מעט פסולת בניין ואחר נפוץ בעיקר בשטח אזורי תכנון 2 ו-3. הערום לגובה עשרות ס"מ עד גדול מ-2 מטר.

**כיסוי קרקע דק** - הופעה בין גושית וכתמים. ההרכב חרסית רזה עד שמנה, אפרפרה עם צרורות ושברי גיר וגיר קרטוני. עובי מחסר עד עשרות ס"מ. מקומית, בכיסים ולאורך סידוק פתוח העובי עשוי לגדול.

**תשתיות תת ועל קרקעיות** - יודגש כי דו"ח זה אינו מתיימר לאתר ולמפות תוואים על ותת קרקעיים. מטבע הדברים אזורי תכנון 2 ו-3 נחצים על ידי תוואים שכאלה. יש לקחת בחשבון הפרת פני השטח עד בסיס החפירה/חציבה לתוואי/יסוד המבנה.

**עתיקות** - דו"ח זה אינו עוסק בהיבטים הקשורים בעתיקות/ארכיאולוגיה, תחום שאינו מתחום עיסוקנו או המטלה לה נדרשנו. למקרה שיתגלו באתר עתיקות או בורות (מים, אחר) תידרש התייחסות נקודתית לטיפול בהם.

### 4. תנאים גיאוהנדסיים (תרשים 1)

ממצאי השדה הביאו לקביעה כי בשטח התוכנית והסביבה הקרובה לה שולטת יחידה גיאוהנדסית ראשית אחת - סימול I.

**יחידה גיאוהנדסית I**, שתית סלעית קשה. עיקרה רצף סלעי משקע בהרכב: גיר דולומיטי עד דולומיטי גירי, קשה, חוזק גבוה, מקומית בינוני גבוה. במסת הסלע יש וחלים מעברים לגיר דולומיטי בלוי, קרטון גירי, וחואר בין שכבתי (תצורת בענה). מרכיבי יחידה זו נחשפים בפני או בסמוך לפני השטח בכל שטח המגרשים הנסקרים, מקומית תחת מילוי רדוד וכיסוי קרקע עליון דק עד חסר.

לאור עבודות העפר החזויות, עיקר חומרי הבניה שיתקבלו יהיו מרכיבי יחידה גיאוהנדסית I. בטבלה 2 שלהלן מובא סווג ואפיון ראשוני של היחידות שנקבעו.

### טבלה 2: סווג ואפיון יחידות גיאוהנדסיות

I	יחידה גיאוהנדסית סימול יח' גיאולוגית
(Kub)	הרכב
גיר דולומיטי עד דולומיטי גירי, קשה, חוזק גבוה, מקומית בינוני עד גבוה. הסלעים משוכבים דק עד עבה. בפני השטח בהופעה מדורגת מעט טרשית. בליה והמסה (עד לכדי חול קרבונטי), סידוק פתוח. יתכנו מעברים לקרטון גירי וחואר בין שכבתי.	תופעות ייחודיות
מתאים	התאמה כשתית
דחפור מצויד במעקר ופטיש. לחילופין פיצוץ	תנאי חפירה/חציבה
מכונת כלונסאות ייעודית לקדיחת הקשה בסלע קשה – "מיקרופייל"	תנאי קדיחה
4 : 1 (אופקי: אנכי)	שיפוע אפשרי <sup>2</sup> לחפירה/ חציבה
מתאים, תתקבל אבן גדולה מהמותר	התאמת חומר למילוי

**הערה:** נדרש מיתון שפת חציבה ל-1:1 במעבר בין שתית סלעית לכיסוי קרקע/סלע בלוי והרחקת גושי סלע רופפים מפני ושפת חציבה.

<sup>2</sup> שיפוע אפשרי הינו שיפוע המוערך על ידי הגיאולוג על בסיס התנהגות המרכיבים השונים בטבע ואין לראות בו שיפוע תכנוני. שיפוע תכנוני לביצוע נקבע על ידי גורמי התכנון ההנדסיים (יועץ קרקע וביסוס, יועץ תכן מיסעות), תוך לקיחה בחשבון גורמים שאינם עומדים לנגד עיני הגיאולוג.

## 5. סיכום

- בישוב כרמל, בארבעה אזורי תכנון הפזורים ברחבי הישוב ובשוליו, מתוכננות עבודות פיתוח ובינוי של 72 יח"ד. בדיקה גיאולוגית-גיאואנדסטית שבוצעה באזורי התכנון הללו מעלה כי בכולן בפני או בסמוך לפני השטח שולטת יחידת גיאואנדסטית ראשית אחת (סימול I) עיקרה גיר דולומיטי עד דולומיט גירי, לבנבן אפרפר עד צהבהב, דק עד בינוני גביש, קשה, חוזק גבוה (תצורת בענה).
- בפני השטח ובינות לסלעי יחידה גיאואנדסטית I יש ומתפתח כיסוי קרקע דק בהרכב חרסית שמנה עד רזה עם מרכיב אבני. עובי מחסר עד עשרות ס"מ, בכיסים שבינות לסלעים ולאורך סידוק פתוח יש והעובי גדל.
- עיקר חומרי הבניה שיתקבלו בחציבה לאורך תוואי הכביש ובשטח המגרשים המיועדים לפיתוח ובינוי, יהיו מרכיבי יחידה גיאואנדסטית I.
- השתית הטבעית יציבה ומהווה יסוד מתאים. תידרש התייחסות נקודתית בקטעי חצייה של כיסי חרסית שמנה ומילוי שנערם במקומות (בעיקר באזור תכנון 2 ומקומית באזור תכנון 3).
- מרכיבי יחידה גיאואנדסטית I ניתנים לחציבה בכלים מכניים מצוידים במעקר ופטיש פניאומאטי ו/או בפיצוץ. קדיחה באמצעות מכות כלונסאות ייעודית לקדיחת הקשה בסלע – מיקרופייל.
- חומרי החפירה/חציבה שיתקבלו מיחידה גיאואנדסטית I יתאימו למילוי (תתקבל אבן בגודל גדול מהמותר) ויש לבחון התאמתם לשמש כחומר גלם לגריסה לאגרגט, מצע או מילוי נבר (בכפוף לביצוע בדיקות מעבדה ועמידה בדרישות הסף התכנוניות).
- בכל קטע של חפירה/חציבה נדרש מיתון של שפת החציבה לשיפוע של לפחות 1:1. סילוק/מיתון הכיסוי העליון/מילוי מקומי, במידה וקיים, והרחקת גושי סלע רופפים/תלושים משפת החציבה או טיפול בקיר החיצוב למניעת התפתחות דרדרת/נתק אבני אל החציבה.
- בקטעים קצרים מסיביים וקרסטיים ובקטעים בהם חלים מעברים תכופים בין מסלע קשה לרך (גיר דולומיטי/קרטון/חול קרבונטי) יתקיים קושי ביצירת מדרון חצוב אחיד-רגולרי.
- למילוי, רצוי להימנע משימוש בקרקע העליונה, בחומר בלוי ובחואר.
- הפרעות במבנה, קימוט, העתקים קטנים שלא אותרו במהלך הסקר (בהעדר ביטוי בפני השטח לקיומם), כיסי חרסית, חואר וחול, עלולים לחייב טיפול נקודתי נוסף.
- יש לקחת בחשבון כי במסלע הקשה מיחידה גיאואנדסטית I, השילוב בין מערכות הסידוק לשכוב יוצר מבנה בלוקי גושי (פריזמות), במקומות גושים גדולים בנפח של עד כ-0.3 מ"ק. הנ"ל, עם הזמן, עלול לפתח דרדרת אבנית אל החציבה מקירות חיצוב גבוהים.
- בחינת השדה כמו גם עבודות מיפוי אזוריות שללו חציית העתקים ראשיים או גדולים את המרחב הנסקר. העתקים "תוך תצורתיים" (לא ברי מיפוי) בעלי זריקה קטנה, עשרות ס"מ, ורצועת השפעה/חצייה צרה, מוכרים. יודגש כי השפעתם קטנה ביותר עד זניחה וכי הם פעלו בעבר הגיאולוגי הרחוק.
- על פי מפות ההעתקים הפעילים והחשודים בפעילות צעירה בישראל, מפה הנספחת לת"י 413, המרחב הנסקר וסביבתו הקרובה אינם נחצים על ידי העתקים שכאלה.

- מי תהום מצויים בעומק רב, עומק שאינו רלוונטי לפיתוח ולביסוס. עם זאת, תיתכן הופעת מים שעונים על גבי שכבות אטימות (חרסית, חואר) בעיקר לאחר אירועי גשם חזקים או כתוצאה ממעורבות האדם (דליפות מצנרת, השקיה).
- למטרות ביסוס יש לקחת בחשבון:
  - שתית סלעית קשה בעלת חוזק גבוה, מקומית בינוני גבוה.
  - כיסוי קרקע דק.
  - נקודתית הפרות קלות של פני השטח הטבעיים בעיקר על ידי ערום עפר, גרס, שברי סלע ואחר לגובה עשרות ס"מ עד גדול מ-2 מטר.
  - למקרה שתיקבע שיטת ביסוס רדודה תידרש בחינת תחתית ודפנות היסודות החפורים/חצובים וביצוע קידוחי גישוש לשלילת חללים מתחתם.

  
 גיא-לוג שירותים גיאוטכניים בע"מ