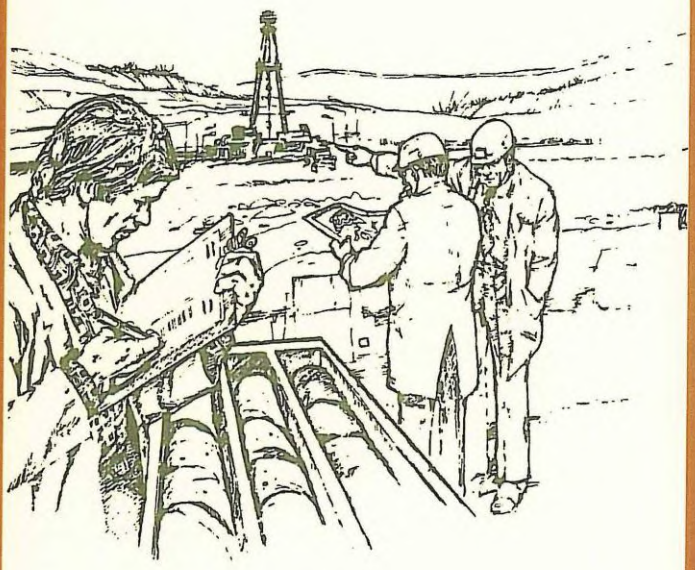
דוח גיאולוגי מוקדם לאחר קידוחים- הוספת נתיב מהיר בקטע בין מחלף נתניה למכון וינגייט

גיאופרוספקט
גיאולוגיה. סביבה. תכנון.
Geology. Environment. Planning.



ת.ד. 9313, ירושלים, מיקוד 9109201
טלפון: 02-6789358, פקס: 02-6781351

מכון התקנים הישראלי
ת"י
ISO 9001
מערכת איכות מאושרת

ירושלים
מרץ 2020

דוח גיאולוגי מוקדם לאחר קידוחים- הוספת נתיב מהיר בקטע בין מחלף נתניה למכון וינגייט

ירושלים

מרץ 2020

GEOPROSPECT 3a Uruguay st., Jerusalem, P.O.B 9313, 91092 • Tel.: +972-2-6789358 • Fax: +972-2-6781351
www.geo-prospect.com • רחוב אורגואי 3א , ירושלים, ת.ד. 9313, 91092 • טלפון: 02-6789358 • פקס: 02-6781351 גיאופרוספקט

תוכן עניינים

תוכן עניינים 1

סיכום מסקנות והמלצות I

מבוא 1

רקע גיאולוגי וגיאוגרפי 1

סטרטיגרפיה 5

יחידות המסלע לאורך הכביש 11

מידע גאולוגי וגיאוטכני בתת הקרקע 13

רגישות לסחיפה: 15

שיפועי חפירה 15

סיכונים סיסמיים 15

רעידות אדמה היסטוריות 16

מוקדי רעידות אדמה 16

הגדרת סוג ה"קרקע" באתר 19

תאוצות קרקע 20

תאוצה ספקטראלית 21

הגברות 25

הגברה של תאוצות הקרקע עקב תנאים גיאולוגיים 25

סקרי תגובת אתר שנעשו בעבר 25

הגברה טופוגרפית 26

העתקים פעילים וחשודים כפעילים 26

התנזלות 26

גלישות וכשל קרקע 31

נחשולי ים - צונאמי 33

ביבליוגרפיה 34

רשימת איורים

איור 1 : מפת מיקום 2

איור 2: מפת מיקום קידוחים על גבי תצלום אויר 3

איור 3: מפה גיאולוגית 4

איור 4: כורכר רמת גן (Qhk). 7

איור 5: חמרת נתניה (Qhh) 7

איור 6: חול (Qs). 8

איור 7: חפירה באלוביום 8

איור 8: חתך סכמתי של יחידות הכורכר בחוף השרון 9

איור 9: חתך גיאולוגי צפון דרום לאורך התוואי 10

איור 10: רעידות אדמה 18

איור 11: מפת -PGA, תאוצת הקרקע האופקית המקסימלית 23

איור 12: מפת תאוצות ספקטראליות 24

איור 13: מפת הגברות שתית 29

איור 14: מפת אזורים המועדים להתנזלות 30

איור 15: מפת סכנה ארצית לגלישות מדרון בישראל 32

רשימת טבלאות

טבלה 1: חלוקה ליחידות לפי USCS..... 12

טבלה 2: חלוקה ליחידות ליתולוגיות וגיאוטכניות ע"ס נתוני SPT. 13

טבלה 3: סיווג ותיאור של קרקעות אורגנית (מתוך Edil, 1997)..... 15

טבלה 4: מוקדי רעידות אדמה מעל מגניטודה 4 ברדיוס של 100 ק"מ מהכביש..... 17

טבלה 5: סיווג הקרקע באתר מתוך תקן 413, גיליון 5..... 20

טבלה 6: תאוצות ספקטראליות 22

<u>סיכום מסקנות והמלצות</u>

1. ביולי 2017 פנו מנהלי הפרויקט מר עופר אגוזי ומר ליאו ניקולאיבסקי מחברת איתם הנדסה בע"מ, מטעם נתיבי ישראל, למר דורון בראון, מנכ"ל חברת גאו-פרוספקט בע"מ, בבקשה להכין דוח גיאולוגיה הנדסית עבור תוואי כביש 2, בין מחלף נתניה למכון ווינגייט. דוח זה עוקב אחר הנחיות מגדיר המשימות של נתיבי ישראל, פרק 13.
2. מטרת עבודה זו היא לסקור את ממצאי הקידוחים, המסלע, המבנה הגיאולוגי, ואת האפיון הגאוטכני של כל אחת מהיחידות המופיעות באזור התוואי. בנוסף, המסמך כולל סקירה של הסיכונים הקשורים ברעידות אדמה.
3. בשלב הנוכחי של הסקר בוצעו 84 קידוחים בעומקים 3-30 מטר, מתוכם 17 קידוחים בעומק 18 מטר ומעלה.
4. על סמך הקידוחים הוכן חתך גיאולוגי לאורך תוואי הכביש. מכיוון שרוב הקידוחים בוצעו על אספלט, החלק העליון של החתך מורכב מאספלט מצעים ומילוי, מתחתם מופיעים חילופים של חול, חול חרסיתי וחרסית חולית (חמרה), ואבן חול קרבונטית (כורכר).
5. <u>סיכונים סייסמיים</u>- תוואי הכביש ממוקם קרוב לחוף הים התיכון, ומרוחק יחסית מהעתקי הבקע. עם זאת, רעידות אדמה יכולות לגרום נזק גם במרחקים של עשרות ואף מאות קילומטרים.
6. לפי נתוני המכון הגיאופיסי, במאה שנים האחרונות ברדיוס של 100 ק"מ ממרכז התוואי, התרחשו 21 רעידות אדמה מעל מגניטודה 4, 5 רעידות מעל מגניטודה *5*, ורעידות אדמה אחת מעל מגניטודה 6. המגניטודה הגבוהה ביותר, ברדיוס זה ב-100 השנים האחרונות, היא Md=6.2 והתרחשה ב 1927 בצפון ים המלח, כ-93 ק"מ מהתכנית.
7. לא ידוע בשטח התכנית או בסביבותיה <u>העתקים פעילים או חשודים כפעילים</u>, אין עדויות בשטח לפעילות טקטונית צעירה. ההעתקים הפעילים הקרובים ביותר לשטח התכנית הם העתקי השוליים המערביים של בקע ים המלח.
8. הגדרת <u>"סוג קרקע" מבחינה סייסמית</u>- על פי נתוני הקידוחים חתך הקרקע לאורך תוואי הכביש מורכבת בעיקר מחול, חול חרסיתי (חמרה) וכורכר בעוביים משתנים. מנתוני SPT הקרקע לאורך כל התוואי מוגדרת כ-D.

9. <u>תאוצת קרקע</u>- מקדם ה-PGA הוא תאוצת הקרקע האופקית המקסימאלית, שלגביה קיימת הסתברות של 2%, 5%, או 10% לקבלת תאוצת שיא בסלע בפרק זמן של 50 שנה. התאוצות הצפויות הינן: Z=0.10-0.11g להסתברות של 2% ב-50 שנה, Z=0.08g להסתברות של 5% ב-50 שנה ו Z=0.06-0.07g להסתברות של 10% ב-50 שנה. מקדם ה-PGA מתייחס למבנים בעלי זמן מחזור אפס. ערך זה לא לוקח בחשבון סוג שתית ולא הגברת שתית בעקבות תנאים גיאולוגיים מסוימים.
10. שטח הכביש נמצא בשטח המסומן כ"אתר קרקע רגיל" במפת הגברת שתית חריגה, כך שלפיה לא צפויה בו הגברת שתית. אין סכנת הגברה טופוגרפית.
11. <u>התנזלות</u>- על פי מפת אזורים המועדים להתנזלות קיים סיכון להתנזלות. לפי נתוני מפלס המים וליתולוגיה מקידוחים האזור עם הרגישות המרבית להתנזלות הוא בין החתכים 244-254, 510-513, 524-573.
12. אין סכנת צונמי באזור התוכנית.
13. <u>יציבות מדרונות</u> – רוב תוואי הכביש עובר באזור בו הטופוגרפיה מתונה למדי ואינו נמצא בסמיכות למדרונות. קיימים אזורים בהם הכביש עובר בסמוך למדרונות טבעיים וקיימת בהם סכנת גלישות וכשל קרקע.

מבוא

ביולי 2017 פנו מנהלי הפרויקט מר עופר אגוזי ומר ליאו ניקולאיבסקי מחברת איתם הנדסה בע"מ, מטעם נתיבי ישראל, למר דורון בראון, מנכ"ל חברת גאו-פרוספקט בע"מ, בבקשה להכין דוח גיאולוגיה הנדסית עבור תוואי כביש 2, בין מחלף נתניה למכון ווינגייט. דוח זה עוקב אחר הנחיות מגדיר המשימות של נתיבי ישראל, פרק 13.

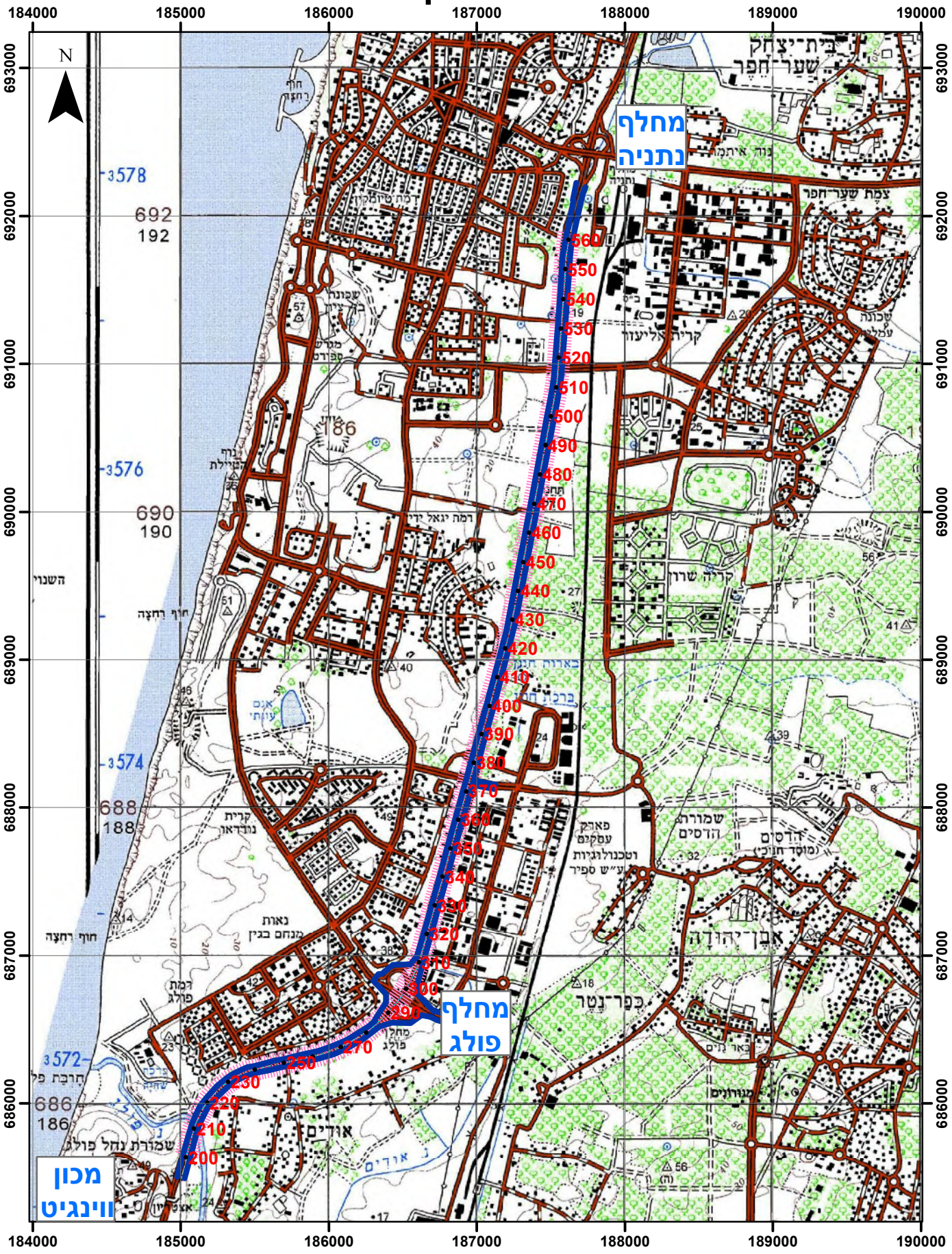
דו"ח זה מבוסס על ממצאי 84 קידוחים גיאוטכניים באורך כולל של 765 מ', שבוצעו במהלך שנת 2019, ופוקחו על ידי חברת איזוטופ. בנוסף מבוסס הדוח על מקורות ספרות המפורטים בסעיף ביבליוגרפיה, נתוני רשות המים, הידע הקיים בחברת גיאו-פרוספקט, וממצאי סיור לאורך תוואי הכביש המתוכנן.

רקע גיאולוגי וגיאוגרפי

מפת מיקום ואורתופוטו מוצגים באיורים 2-1. מפה גיאולוגית מוצגת באיור 3 (ש.אילני, 1985).

תוואי הכביש נשען על הכביש הקיים ומתחיל במחלף נתניה ומסתיים ליד מכון ווינגיט. תוואי הכביש משתרע באזור מישור החוף ברום שנע בין ~10-40 מטר מפני הים, מבנה אזור מישור החוף כולל רצועות ארוכות בעלות כוון כללי צפון-דרום ומאופיין ברכסי כורכר המשתרעים בכיוון מקביל לכיוון קו החוף. רכסים אלה בנויים בעיקר מחול בעל דרגות ליכוד שונות. החומר המלכד הינו קרבונטי (גירי) ומקורו בהמסת צדפות ושטיפת תרכיזי קרבונט לתוך החתך החולי. הרכס המערבי מצוי בקו החוף ומאופיין בטופוגרפיה מצוקית בכיוון מערב. הרכס המזרחי מצוי ממזרח לכביש מס' 2 או בסמוך לו (ראה סימון Qhk במפה הגיאולוגית, איור 3). והופעתו בפני השטח אינה רציפה. בין שני רכסי הכורכר קיים אזור מישורי המכונה "אבוס" או "מרזבה" המורכב מיחידות של אלוביום, חול וחול חרסיתי (חמרה) אך במקומות בהם שררו תנאי ניקוז גרועים יתכנו שכבות של חרסית שמנה עד חרסית אורגנית. נחל פולג חוצה את הכביש באזור החתכים 214-212. זרימת הנחל בעבר הייתה חסומה על ידי רכס הכורכר ובאזור שררו תנאי ביצה בהם התפתחו קרקעות חרסיתיות ואורגניות. תופעות שקיעה וקונסולידציה משמעותית ידועים מפרויקט כביש 2 באזור פולג.

מפת מיקום



מקרא

מיקום התכנית

220 חתכי כביש ומיספור

גיאופרוספקט ניאולוניה. סביבה. תכנון.	תכנית: נתיב מהיר נתניה- וינגייט					
תאריך: 26/06/2018	שרטט: יונתן	הכין: יונתן	בדק: אופיר	מהדורה:	קנ"מ: 1:35,000	
איור 1	שם הקובץ: L:\Company\WH\NETIVEY AYALON\Nativ mahir NETANYA WINGATE\PLAN\GIS\FIG_1_Mikum_N-W.mxd					

שטח התכנית ומיקום קידוחים שבוצעו על גבי תצ"א

מקרא:

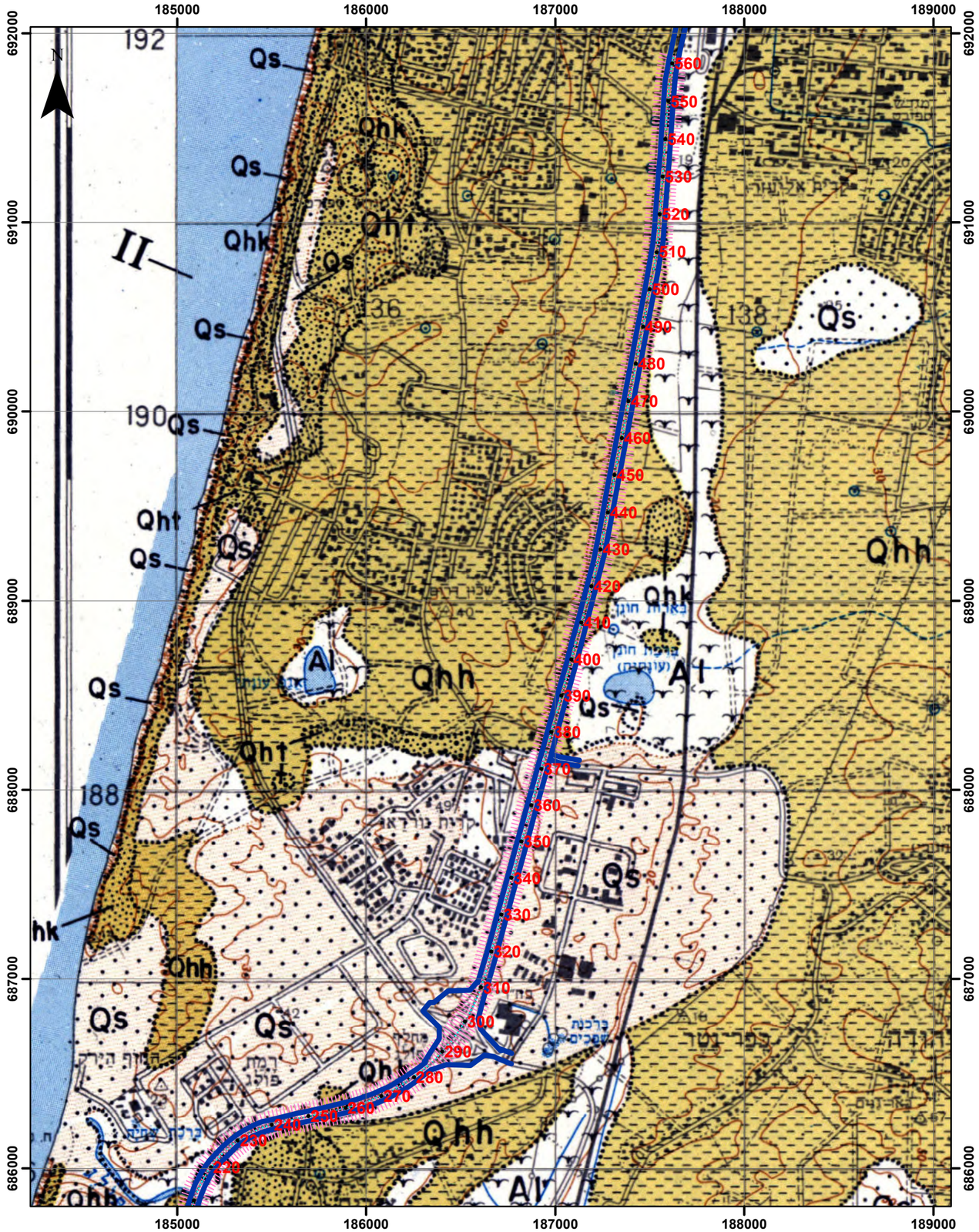
- קידוחים שבוצעו
- קידוחי מים
- קו כחול

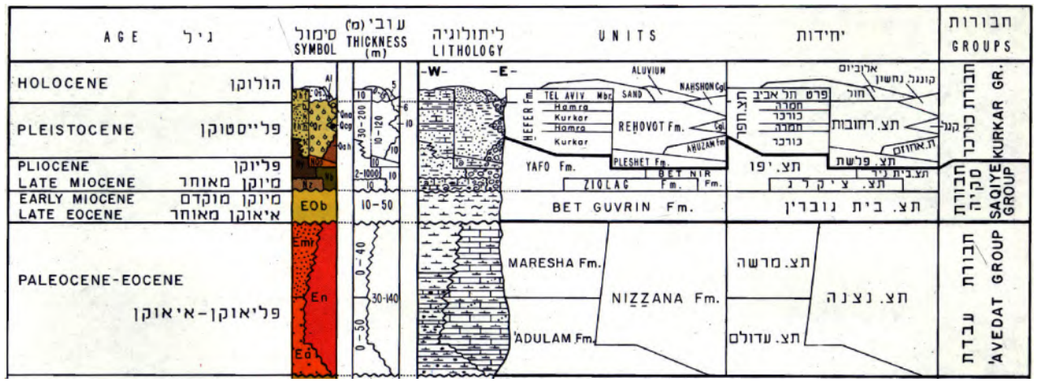
ניאופרוספקט ניאולוניה. סביבה. תכנון.	תכנית: נתיב מהיר נתניה- ווינגיט					
תאריך: 03/03/2020	שרטט: יונתן	הכין: יונתן	בדק: אופיר	מהדורה:	קנ"מ: 1:20,000	
איור 2	שם הקובץ: NETIVEY AYALON\Nativ mahir NETANYA WINGATE\PLAN\GIS\FIG_2					

מפה גיאולוגית

מתוך: המכון הגיאולוגי

ש.אילני 1985





מקרא

מיקום התכנית

220 חתכי כביש ומיספור

ניאופרוספקט ניאולוגיה. סביבה. תכנון.	תכנית: נתיב מהיר נתניה- וינגייט				
תאריך: 01/03/2020	שרטט: יונתן	הכין: יונתן	בדק: אופיר	מהדורה:	קנ"מ: 1:25,000
שם הקובץ: Company\WHINETIVEY AYALON\Nativ mahir NETANYA WINGATE\PLANIGIS\FIG_3_Geologic_N-W1.mxd		איור 3			

סטרטיגרפיה

המסלע והקרקעות המרכיבים את הרצף הסטרטיגרפי לאורך תוואי הכביש ובסמוך לו בנוי מיחידות צעירות מגיל פליו-פלייסטוקן עד הולוקן, ראה מפה גיאולוגית באיור 3, איורים 4-8 וחתך לאחר קידוחים באיור 9. חבורת כורכר מונחת באי התאמה על חבורת סקיה מגיל פליוקן עד איאוקן מאוחר וזו מונחת על חבורת עבדת מגיל פליאוקן-איאוקן.

להלן תיאור החבורות מלמטה למעלה:

חבורת עבדת

בנויה מתצורות עדולם ומרשה אשר כוללות בעיקר קרטונים ואבני גיר עם עדשות צור בחלק התחתון. עובייה הכולל יכול להגיע ל-140 מטרים.

חבורת סקיה

כוללת מלמטה למעלה את תצורת בית גוברין אשר בנויה קרטון חרסיתי או חווארי, תצורת ציקלג אשר בנויה מגיר ביוקלסטי במקומות חולי ותצורת יפו אשר בנויה בעיקר מחרסית חולית ימית. עובייה הכולל יכול להגיע עד 100 מטרים.

חבורת כורכר

מונחת על גבי מישור ארוזיבי בעל נטייה כללית מתונה מערבה והיא כוללת אלוביום, דיונות חול, כורכר (אבן חול גירית) וחמרה. באזור הכביש, על פי חתכים גיאולוגים (רשות המים, השרות ההידרולוגי, אתגר הנדסה 2014) עובייה נע בין 120 ל-150 מטר.

הכביש והמבנים הנלווים לו יושבים כולם על חבורת כורכר ולא חודרים מתחתיה. חבורת כורכר כוללת את תצורת חפר ואת חולות התערוכה וחולות תל אביב. איור 9 מציג חתך לאורך התוואי לאחר קידוחים ואיור 8 מציג מבנה גיאולוגי סכמתי באזור מישור החוף באזור נתניה לאורך חופי השרון, אשר מייצג את תת הקרקע באזור הכביש. באזור זה חבורת כורכר כוללת את תצורת חפר ומעליה את התצורות הבנויות מדיונות החול. להלן תיאור היחידות מלמטה למעלה:

<u>תצורת חפר</u>

תצורת חפר מורכבת מ:

כורכר רמת גן (Qhk)* - 0-30 מ בנוי משכבות דקות של אבן חול קרבונטית בעלת הופעה לווחית עם ליכוד בחוזק משתנה (איור 4).

פרט נחשולים - 0-3 מ שכבה אי רגולרית של אבני חול אפורות וחרסיות. מכונה פלאוסול.

כורכר דור (Qhk)* - 5-15 מ. בנוי משכבות דקות של אבן חול עם ליכוד קרבונטי, פריכה (איור 4).

חמרת נתניה (Qhh)* - 1-5 מ. שכבה לא רגולרית של חמרה (אבן חול חרסיתית) אדומה (SC).

כורכר תל אביב (Qht) - 1-2 מ. בנויה מאבן חול קרבונטית בעלת ליכוד חזק. קשה. מונחת במגע אירוגלרי מעל החמרה.

*במפה הגיאולוגית אין אבחנה בין הפרטים, אלא רק בין חמרה לכורכר.

<u>תצורת רחובות (Qhr)</u>

תצורת רחובות מורכבת מ:

חולות התערוכה-בנויה מחול מיוצב, מלוכד במקצת עם שרידי צמחים וחרסים.

תצורת חולות חדרה-כוללת דיונות חול נודדות. במקומות לא קיימים כלל.

<u>דיונות חול (Qs)-</u> חול ללא קוהזיה (SP).

<u>אלוביום</u> (Al)

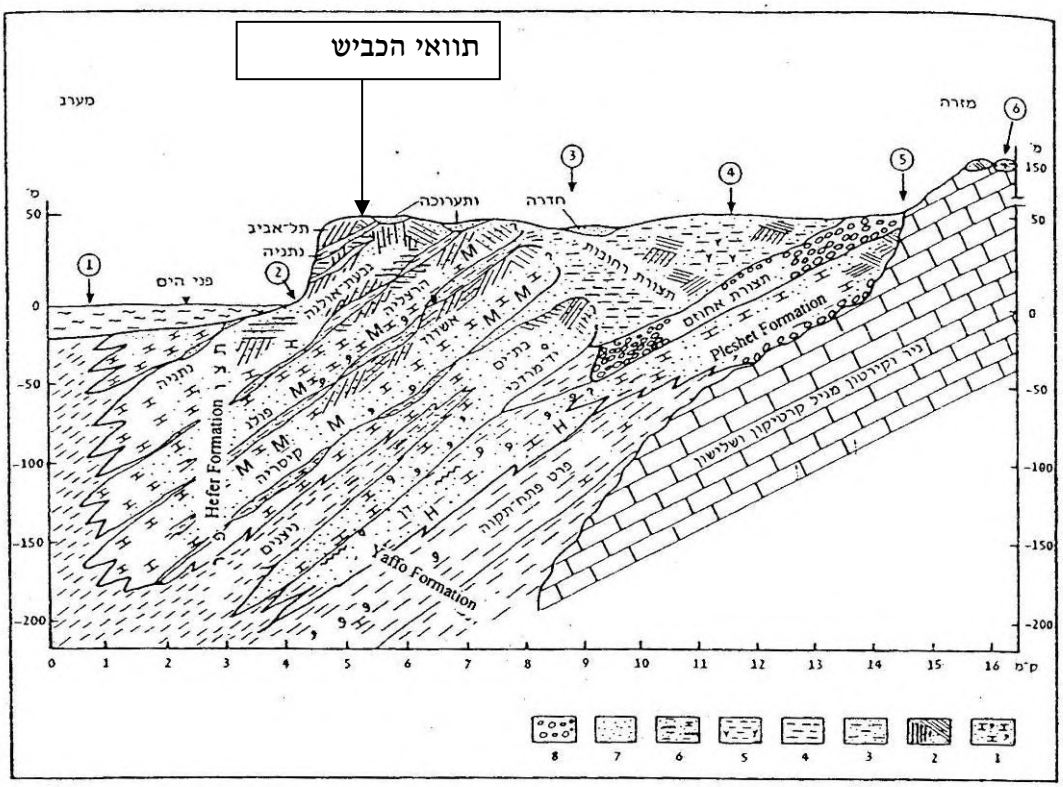
מורכב בדרך כלל מחרסית וטין ממוצא יבשתי, במקומות עם שאריות חומר אורגני, במקומות עם חלוקים (CH, CL,SP,GC). עובי בין 1 ל 10 מטרים.

איור 4: כורכר רמת גן (Qhk). מימין מצוק כורכר מכוסה נארי, מונח מתחת לשכבת חמרה. משמאל: מצוק כורכר משוכב, לווחי, עם ליכוד בחוזק משתנה. הצילומים צולמו מזרחית לחתכים 200-201.

איור 5: חמרת נתניה (Qhh), צולם צפון מערבית לחתך 223.

איור 6: חול (Qs). צולם דרום מזרחית לחתך 283.

איור 7: חפירה באלוביום, צולם מזרחית לחתך 385.



1) Kurkar – limy sandstone, bioclastic limestone and beachrock (marine origin).
2) Kurkar Eolinite – limy sandstone with cross-layering (inland origin).
3) Hamra – silty-clayey sandstone.
4) Marine clays – fine grain clays (deposited in marine environment).
5) Alluvial clays – fine grain clay with relicts of organic material.
6) Alternating Silt, clay and limy sandstone (all marine origin).
7) Sand dunes – pure clean sand, typical grain size 0.2mm.
8) Conglomerate – limestone and chert gravel.

איור 8: מבנה גיאולוגי סכמתי באזור מישור החוף, חתך סכמתי של יחידות הכורכר בחוף השרון – השתרעות תצורת חפר (כוללת את הפרטים/אופקים קיסריה, פולג, אשדוד, הרצליה, גבעת אולגה, נתניה ותל אביב) ותצורת רחובות. (מתוך הגיאולוגיה והגיאומורפולוגיה של השרון ומדפו הים תיכוני, גבירצמן גדליהו, 1990).

חתך אורך גיאולוגי

מתכנן	הידרוסקופ
מזמין	מקורות - רקיעים
שם הפרויקט	כרם 2
שם השכבה	חתך אורך גיאולוגי
קנ"מ	1:2,000
תאריך	10/2021
גרסה	1

נתיב: מודל כרם 2 מקורות - רקיעים

יחידות המסלע לאורך הכביש (איור 9)

בשלב הנוכחי של הסקר בוצעו 84 קידוחים בעומקים 3-30 מטר, מתוכם 17 קידוחים בעומק 18 מטר ומעלה. תוצאות סקר הקידוחים ו-10 קידוחי מים סמוכים הושלכו על גבי חתך גיאומטרי (איור 9). מיקומם מוצג על גבי תצלום אוויר באיור 2.

תוואי הכביש עובר במישור החוף באזורי החשיפה של יחידות הכורכר והחמרה (פרטים שונים), אלוביום וחולות. להלן מתוארת הליתולוגיה לאורך התוואי על סמך נתוני קידוחים (הקידוחים שבוצעו וקידוחי מים סמוכים).

ממצאי הקידוחים תומכים בתיאור הגיאולוגי של הדוח הראשוני. מרבית התוואי עובר על גבי חילופין של חולות חרסית וסילט, המכילות חמרה, ויחידה של סילט, חרסית וכורכר ימי, והוא כולל שינויים לטרליים רבים. המסלע שנחדר בקידוחים חולק לארבע יחידות (מלמטה למעלה) (חלוקה לפי כימיה, מינרלוגיה ופרמטרים פיסיקליים):

1. חול עד חול טיני, כולל כורכר
2. חול חרסיתי – חרסית חולית כולל חמרה
3. חרסית
4. מילוי מצע ואספלט.

1. חול עד חול טיני, כולל כורכר (Qk, Qs). היחידה בנויה מחול עד חול טיני, חום בהיר, צהבהב, דק, ללא פלסטיות עד נמוך, לא מלוכד עד ליכוד נמוך, במקומות עם צרורות (עד 40%) דקים וגסים של אבן חול קרבונטית. לפי USCS היחידה מייצגת יחידות הבאות SP, SM, SP-SM (עובר נפה 200, %-12>, LL-0-25.5, PL-4>) (טבלה 2).

בחתכים 210-484 היחידה מצויה בחלק העליון של החתך ומחתך 484 צפונה היחידה נמצאת מופיעה כעדשות. עובי היחידה בקידוחים מגיע עד 30 מ' (KB-61, KB-63).

2. חול חרסיתי – חרסית חולית כולל חמרה (Qh). היחידה בנויה משכבות חול חרסיתי עד חרסית חולית עם חילופים ביניהם, חום עד אדמדם, פלסטיות נמוך עד בינוני-גבוה. לפי USCS היחידה מייצגת יחידות הבאות SC, CL, SC-CL, SM-SC (עובר נפה 200, %-12>, LL-25.5-50, PL-4>).

בחתכים 210-484 היחידה מצויה מתחת לחולות ומחתך 484 צפונה היחידה נמצאת בחלק העליון של החתך, היחידה מופיעה גם כעדשות. עובי היחידה בקידוחים מגיע עד8.5 מ' (KB-64), אנו מניחים שצפונית לחתך 573 היחידה מגיעה עד לעובי 20 מ' ומכילה בתוכה עדשות של חול וחרסית.

3. יחידת חרסית בתוך החמרה (Qh). היחידה בנויה מחרסית שמנה, חום עד חום כהה, פלסטיות גבוה. לפי USCS היחידה מייצגת יחידות הבאות CH, CL-CH (עובר נפה 200,% -50>, 50<-LL). נחשפה ב-10 קידוחים מתוך 84, בעיקר בחתכים 474-523 כעדשה בתוך החמרה. עובי היחידה משתנה בין 1.9 מ' (KB-46) עד 6.5 מ' (G-2).

4. מילוי, מצע ואספלט

69 קידוחים התחילו באספלט. עובי האספלט משתנה בין 0.11 (KB-15) עד 0.36 מ' (PS-1). עובי האספלט המצע והמילוי משתנה בין 0.25 מטר (KB-27) ל-7 מ' (KB-80). המצע מורכב לרוב מאבן גרוסה או כורכר. המילוי מורכב לרוב מחול טיני עד חרסיתי עם צרורות.

טבלה 1: חלוקה ליחידות לפי USCS.

יחידות	פרט	USCS	עובר נפה	פלסטיות		תיאור
				LL	PI	
חול	חול, כורכר	SP, KURKAR	<5	אין	אין	חול צהבהב, דק, ממוין גרוע, עם עד כ- 2% תלכידי כורכר מזוותים, קשים.
	חול סילטי וחרסיתי	SM	>12	<25.5	<4	חול סילטי וחרסיתי (צהבהב, לבן) עם יותר מ- 12% סילט ועד כ- 2% תלכידי כורכר.
חול חרסיתי - חרסית חולית	חול חרסיתי	SC	12-50	25.5-50	>7	חול חרסיתי (אדום, צהוב, חום) עם 12-40% של חרסית בעלת פלסטיות נמוכה ועד כ- 2% תלכידי כורכר.
	חרסית חולית	CL	>50	<50	-	חרסית סילטית עד חולית, רזה בגוון חום בהיר
חרסית	חרסית	CH	>50	>50	-	חרסית חומה שמנה.

מכיוון שרוב הקידוחים נקדחו על הכביש הקיים החתך במטרים העליונים מורכב מאספלט, מילוי ומצעים (לטובת החתך הגיאולוגי אוחדו ליחידה אחת- מילוי). מתחת לשכבת המילוי קיימים חול, חמרה וכורכר ובמקומות גם עדשות חרסית.

להלן תיאור המסלע מתחת לשכבת המילוי לפי חתכים מדרום לצפון:

210-234: חול בעובי עד 5 מטר ומתחתיו חול בליכוד קרבונטי (כורכר).

234-294: חול בעובי עד 12 מטר המונח מעל חול חרסיתי עד חרסית חולית (חמרה) בעובי עד 9 מטר ומתחת חול עד חול קרבונטי.

294-487: חול בעובי עד 23 מטר המונח מעל יחידת חול וחול בליכוד קרבונטי (כורכר) עם עדשות של חול חרסיתי עד חרסית חולית (חמרה).

בין החתכים 381-395 קיימת עדשת חרסית בעומק 10 מטר ובעובי 6.5 מטר.

בין החתכים 474-487 קיימת ככל הנראה עדשת חרסית מתחת לשכבת מי התהום, השכבה מופיעה בקידוח KB-41 וצפונה. מכיוון שמדרום לקידוח זה אין קידוחים עמוקים, אנו משערים ששכבה זו קיימת גם דרומה מקידוח KB-41.

487-524: חול חרסיתי עד חרסית חולית (חמרה) בעובי עד 8 מטר, המונחת מעל עדשת חרסית בעובי עד 6 מטר, המונחת מעל חול חרסיתי עד חרסית חולית (חמרה). בין החתכים 510-514 עדשות חול.

524-574: חילופים של חול וחול חרסיתי עד חרסית חולית (חמרה). במקומות חול קרבונטי בעומק 9 מטר.

574-626: חול חרסיתי עד חרסית חולית (חמרה). בקידוח KB-71 קיימות 2 עדשות חרסית בעובי 3-4 מטר, השתרעות עדשות אלו צפונה ודרומה לא ידועה.

מידע גאולוגי וגיאוטכני בתת הקרקע

על סמך החלוקה ליחידות ליתולוגיות שבוצעה ע"י איזוטופ, נאספו נתוני SPT מהקידוחים עבור כל יחידה. על סמך ממוצע בדיקות SPT בכל יחידה (N- מספר ההקשות בפעם השנייה והשלישית) הוגדרה סוג הקרקע- טבלה 1.

טבלה 2: חלוקה ליחידות ליתולוגיות וגיאוטכניות ע"ס נתוני SPT.

יחידה	ממוצע SPT	מספר בדיקות SPT	סווג ע"פ ת.י. 413 תיקון 5	סווג ע"פ ת.י. 413 תיקון 1
מילוי	29	17	D	S2
חול	21	266	D	S2
חרסית	20	36	D	S2
חמרה	23	96	D	S2
כורכר	43	47	D	S1

לאורך תוואי הקו האדום בנ.ת.ע., הוגדרו מאפיינים גיאוהנדסיים של סוגי המסלע שאותרו בקידוחים שנערכו. המאפיינים מוצגים לסוגי המסלע הבאים:

- יחידות הקרקע (חול פריך וחרסיות לסוגיהם השונים).
- יחידות כורכר.

ההגדרות נעשו ע"פ שיטת הסווג של USCS (טבלה 1).

לאורך תוואי הקו האדום בנ.ת.ע., הוגדרו מאפיינים גיאוהנדסיים של סוגי המסלע שאותרו בקידוחים שנערכו. לגבי הכורכר בקו האדום יצא דוח נפרד שנערך עבור נ.ת.ע. הדוח הוא GFR שהוכן ע"י ישראל קיסר מ ,G.Y.A ומשה קציר (2003).

תכולת קרבונט נבדקה במדגמי SPT שנאספו במהלך הקידוח לצורך קבלת נתונים מייצגים. הטווח של תכולת הקרבונט נע בין 10% ביחידות של חול עם תלכידי כורכר ועד ל 45% בשכבות של כורכר מסיבי שכולו מלוכד. הטווח השכיח הוא 25%-35%. תכולת הקרבונט של שכבות הכורכר המצויות לאורך קטע המנהרה של הקו האדום נעים בין 10%-50% וגודל הגרגר הוא בין 0.06 מ"מ ו- 2 מ"מ ולכן ההגדרה של המסלע הינה: "אבן חול מלוכדת על ידי קרבונט" – "Calcareous Sandstone".

הכורכר, ע"פ דוח זה, מחולק ל-4 קטגוריות:

K1	חול פריך עם 10-20% תלכידי כורכר בקוטר 1-3 ס"מ מפוזרים בתוכו.
K2	חילופין של שכבות דקות (עובי 1-2 ס"מ) של חול פריך וכורכר לווחי פריך. הכורכר יכול להופיע בשכבות אופקיות או בשיכוב צולב בהופעה פריכה. כמו כן בהופעה של עורקים מלוכדים, כעין אצבעות במבנה דמוי "חלת דבש".
K3	חילופי שכבות של כורכר קשה, מוצק, לווחי, בעובי של 2-15 ס"מ, עם אופקי חול פריך.
K4	סלע כורכר תת מוצק (לחיצה בלא כלוא 0.5MPa - 20MPa) או סלע כורכר לא תלכידי, מוצק (לחיצה בלא כלוא מעל ל- 20MPa).

לוגים מפורטים הכוללים תוצאות מעבדה וסיווג קרקע מופיעים בדוח איזוטופ- כביש 2 הוספת נתיב מהיר בקטע בין מחלף נתניה למכון וינגייט 19.02.2020.

תופעות שקיעה וקונסולידציה משמעותית ידועים מפרויקט כביש 2 באזור פולג.

מבדיקות מעבדה לתכולת חומר אורגני בקידוחים בהם התגלתה חרסית, עולה כי תכולת החומר האורגני נעה בין 2.24-5.23%. לפי Edil, 1997 ערכים אלו מייצגים קרקע שאינה אורגנית. לפיכך סביר להניח שלא יתפתחו תופעות שקיעה וקונסולדיציה כתוצאה מתכולת חומר אורגני בחרסית.

טבלה 3: סיווג ותיאור של קרקעות אורגנית (מתוך Edil, 1997).

Table 6.3.3: Classification and Description of Organic Soils (after Edil, 1997)

Organic Content (Test Method : ASTM D2974)	Description
< 5 %	Little effect on behavior; considered inorganic soil.
6 ~ 20 %	Effects properties but behavior is still like mineral soils; organic silts and clays.
21 ~ 74 %	Organic matter governs properties; traditional soil mechanics may be applicable; silty or clayey organic soils.
> 75 %	Displays behavior distinct from traditional soil mechanics especially at low stress.

רגישות לסחיפה:

חול וקרקע חולית, כולל חמרה, הינם חדירים למים, ובעלי רגישות לסחיפה. לפיכך התוואי כולו רגיש לסחיפה וכן לכשל של מדרונות מלאכותיים, במידה ותתבצענה חפירות.

שיפועי חפירה

התצורות עליהם יושב התוואי הן בעלות חוזק נמוך, אלסטיות נמוכה, רגישות גבוהה למים וצפיפות נמוכה. שיפוע חפירה מומלץ מקסימלי הוא 1:1 או שיפוע מתון יותר.

סיכונים סיסמיים

רוב רעידות האדמה בישראל והאזור מתרחשות לאורך טרנספורם ים המלח (לצורך העניין "הבקע"). תוואי הכביש ממוקם מרוחק יחסית מהעתקי הבקע. עם זאת, רעידות אדמה יכולות לגרום נזק גם במרחקים של עשרות ואף מאות קילומטרים. מידת והיקף הנזק של רעידה עתידית נבחנו בפרק זה בעזרת סקירת רעידות היסטוריות שפקדו את האזור, הפעילות הסיסמית העכשווית באזור, העתקים פעילים וחשודים כפעילים באזור, תאוצות צפויות, סקירת הגברה חריגה של גלים סיסמיים, תאוצות ספקטראליות, סיכון להתנזלות ולצונאמי, ויציבות מדרונות בעת רעידת אדמה.

רעידות אדמה היסטוריות

רעידות אדמה "היסטוריות" תועדו במסמכים ע"י אנשים שחיו בזמן הרעידה ולאחר מכן, ו/או באתרים ארכיאולוגיים, ולא ע"י מכשירי מדידה.

מחקרים רבים עוסקים בפיענוח של התיעוד הסייסמי ההיסטורי באלפי השנים האחרונות בישראל וסביבתה (בין היתר: Amiran et al, 1994; Guidoboni and Comastri, 2005; Ambraseys et al, 2009; Kagan et al. 2011). רעידות אדמה חזקות שגרמו להרס רב באזור קיסריה, רמלה, לוד ואזור אשדוד-עזה מתועדות בשנים 127, 303, 746/7, 1033, 1293, 1068, 1170, 1546, 1834 לספירה. ההרס נגרם ע"י תאוצות קרקע גבוהות או גלי צונאמי. למשל רעידת האדמה של 1068 לספירה תועדה במקורות השונים ככזו שבה כל הבתים ברמלה התמוטטו ובנוסף היו גלים גבוהים לאורך החוף (צונאמי). בסה"כ באירוע הזה דווח על כ 15,000 נפגעים בכל הארץ. ממצאים אלה ממחישים את העובדה המוכרת ממקרים רבים בעולם, שאתרים מרוחקים מהעתקים נפגעים בזמן רעידות אדמה בשל תנאים מקומיים, תופעה המכונה תגובת אתר.

מוקדי רעידות אדמה

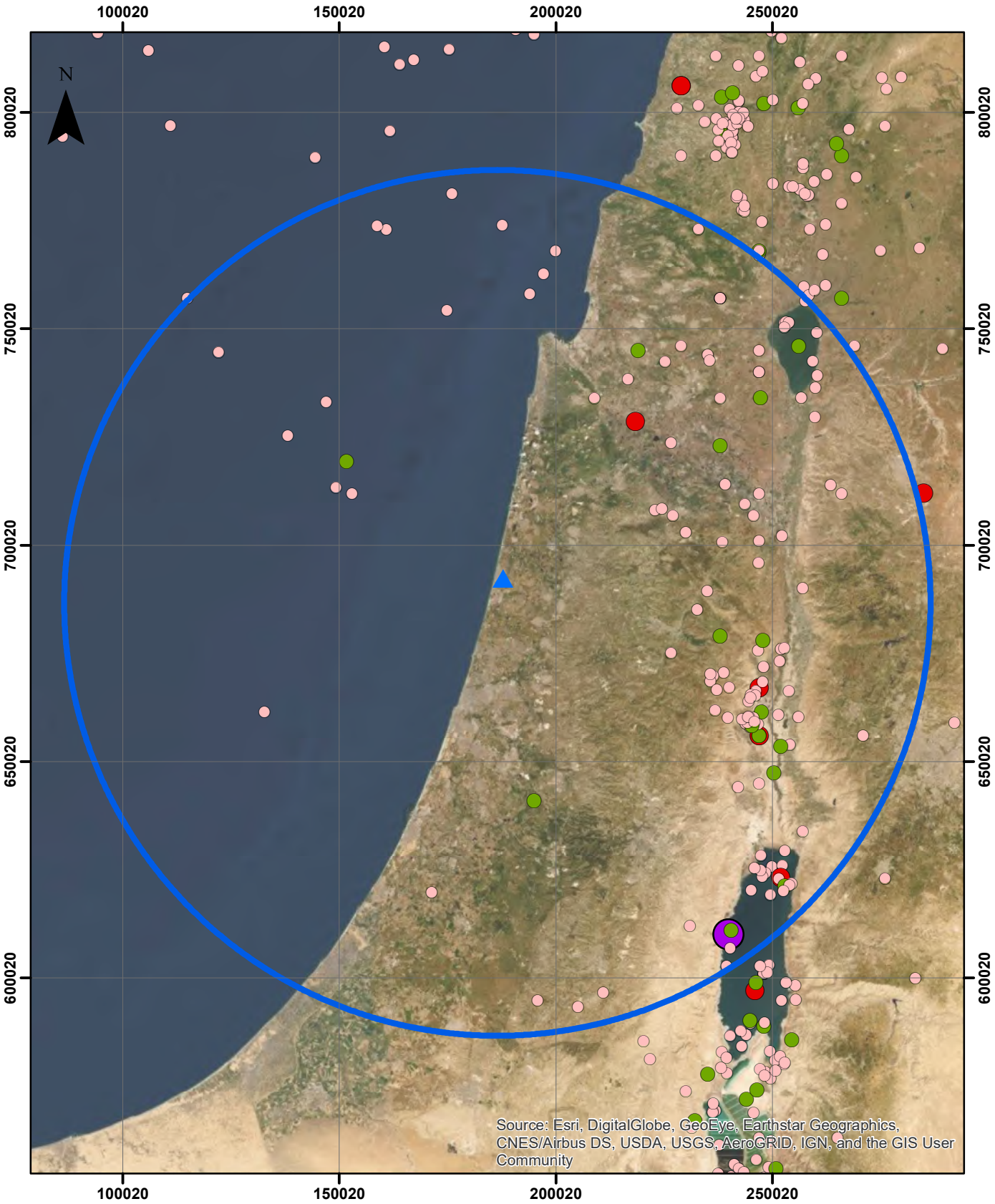
מתחילת המאה ה-20 ועד ההווה תועדו ע"י מכשירי מדידה רעידות אדמה "עכשוויות". לפי נתוני המכון הגיאופיסי, ברדיוס של 100 ק"מ, התרחשו ב100 שנים האחרונות 21 רעידות אדמה מעל מגניטודה 4, 5 רעידות מעל מגניטודה *5*, ורעידות אדמה אחת מעל מגניטודה 6. המגניטודה הגבוהה ביותר, שנמדדה ברדיוס זה ב-100 השנים האחרונות, היא Md=6.2 והתרחשה ב 1927 בצפון ים המלח, כ-93 ק"מ מהתכנית (טבלה 3, איור 10).

טבלה 4: מוקדי רעידות אדמה מעל מגניטודה 4 ברדיוס של 100 ק"מ מהכביש, בין השנים 1900-2016. המגניטודה ניתנת בסקלה Md (Duration Magnitude) (המכון הגיאופיסי לישראל).

שנת הרעידה	מגניטודה (Md)	X(ITM)	Y(ITM)	עומק (ק"מ)	אזור	מרחק מהכביש(ק"מ)
1903	5.6	247	667	10	E.Shomron	63.89
1927	6.2	240	610	10	Dead-Sea-Basin	93.23
1927	4.2	240.5	611	10	Dead-Sea-Basin	92.71
1928	5.5	247	656	10	E.Shomron	67.98
1930	4.2	247	656	10	E.Shomron	67.98
1940	4.2	219	745	10	Galilee	67.60
1940	4.2	247	656	10	E.Shomron	67.98
1943	4.7	238	723	10	Galilee	63.82
1944	4.1	247.3	734.1	10	Hula-Kinneret	77.92
1973	4.2	256	746	10	Hula-Kinneret	92.20
1977	4.1	238	679	10	E.Shomron	52.47
1984	5.3	217.5	728.5	12	Carmel-Tirza	52.90
1985	4.8	250.24	647.49	15	Jordan-Valley	74.90
1988	4.1	246.96	677.91	12	E.Shomron	61.49
1994	4.1	246.7	661.4	18	E.Shomron	65.50
2004	5.1	251.84	623.12	18	Dead-Sea-Basin	91.04
2004	4.7	251.83	653.53	14	Jordan-Valley	73.40
2006	4.4	245.23	658.35	0	E.Shomron	65.37
2007	4.3	252.88	621.29	10	Dead-Sea-Basin	93.06
2007	4.2	194.85	640.93	13	Judea-Samaria	45.93
2011	4.2	151.58	719.3	27	E.Mediter.Sea	47.89

מפת מוקדי רעידות אדמה 1900-2016

באדיבות המכון הגיאופיסי



מקרא

מיקום התכנית

רדיוס 100 ק"מ

Earthquakes (MD)

- 3.0 - 4.0
- 4.0 - 5.0
- 5.0 - 6.0
- 6.0 - 7.0

תכנית: נתיב מהיר נתניה- וינגייט						גיאופרוספקט ניאולוניה. סביבה. תכנון.
תאריך: 23/02/2020	שרטט: יונתן	הכין: יונתן	בדק: אליסה	מהדורה:	קנ"מ: 1:1,250,000	
איור 10	שם הקובץ: Company\WH\NETIVEY AYALON\Nativ mahir NETANYA WINGATE\PLAN\GIS\FIG8_mokdim_N-W.mxd					

הגדרת סוג ה"קרקע" באתר

על פי תקן 413, תכן עמידות מבנים לרעידות אדמה, יש לסווג את סוג ה"קרקע" בשטח התוכנית כדי לחשב את מקדמי התאוצה הספקטראלית וכדי להעריך אם צריך לערוך סקר תגובת אתר ספציפי. בסעיף 202.2 של התקן, טבלה 1 (טבלה 4 בדו"ח זה), מופיעות הגדרות סוגי ה"קרקע" ומצוין שכדי לקבוע באופן מפורט, יש לערוך בדיקות של: מהירות גלי גזירה ב-30 המטרים העליונים של קרקע השתית, בדיקת התנגדות בהחדרה תקנית SPT וחוזק גזירה לא מנוקז. התקן מציין שהחישוב יעשה "בשקלול השכבות השונות ועוביין כמפורט בטבלה 1, אלא אם נדרש לסווג את הקרקע באתר כ-F. אם יש שכבת קרקע שעובייה גדול מ-3 מ', המפרידה בין תחתית היסודות ובין הסלע, הקרקע באתר לא תסווג A או B".

הסיווג חולק על פי היחידות הגאוטכניות המתוארות לעיל, על בסיס הרכבן עד בסיס המידע או עד 30 מ' אם יש מידע. הגדרת סוג הקרקע מבוססת על נתוני SPT ממוצעים ועל המהירות הסיסמית של יחידות דומות בעזרת שימוש בנתונים ממחקרים שנערכו על יחידות אלו ב-30 מטרים העליונים, (Zaslavsky, et al., 2004; Hofstetter et al., 2013; Bauer et al. 2007). יש לציין כי בוצעו רק 2 קידוחים לעומק 30 מטרים, עובי היחידות בשאר החתך היינו משוער על סמך קידוחי מים וחתכים של רשות המים.

החתך מורכב ברובו מחול וחמרה בסיווג D (טבלה 1) בחלק העליון של החתך קיים מילוי מלאכותי (אספלט ומצעים) במקומות קיימים גם חרסית סיווג D וכורכר שעל פי ממוצע ה- SPT מהקידוחים מסווג באזור העבודה כ-D, על ניתן להגדיר את סיווג הקרקע לאורך כל התוואי כסיווג D.

לפי תקן 413 (2013; ותיקון 6, 2016) סעיף 202.2.1.ג.1. קרקע באתר תסווג **F** כאשר: "קרקע העלולה להגיע לכשל או להתמוטטות בהשפעת עומס סיסמי, כגון קרקע העלולה להתנזל וחרסית רגישה". בפרק התנזלות בדו"ח זה ניתן לראות שבחלק נכבד של תוואי הכביש ישנו סיכון להתנזלות. אך, בתיקון 6 מצוין שבמבנים מקבוצת חשיבות ג בלבד, ניתן לחלופין לקבוע את ספקטרום התכן לפי סוג קרקע E מוכפל במקדם 2. כבישים ומחלפים אינם נכללים במבנים של תקן 413. אין תקן רעידות אדמה מותאם לכבישים בישראל. על המהנדס להשתמש בתקנים בינלאומיים לחישוב התכן. ערכי הספקטרום שניתנים כאן הם להערכה בלבד.

טבלה 5: סיווג הקרקע באתר מתוך תקן 413, גיליון 5.

סוג הקרקע באתר	תיאור	מהירות גל הגזירה ב-30 מ' העליונים של קרקע השתית (מטר לשנייה) $\overline{V_s}$	התנגדות בבדיקת החדרה תקנית (SPT)(א) $\overline{N}$	חוזק גזירה לא מנוקז (קילופסקל)(א) $\overline{S_u}$
A	סלע קשה	> 1500	-	-
B	סלע	760 - 1500	-	-
C	קרקע צפופה מאוד או סלע רך	360 - 760	> 50	> 100
D	קרקע קשיחה	180 - 360	15 - 50	50 - 100
E	חרסית רכה (ראו גם סעיף 202.2.1)	< 180	< 15	< 50
F	תנאים לסיווג ראו בסעיף 202.2.1 ג. במקרה זה יש לעשות אנליזת תגובת אתר ספציפית כמפורט בסעיף 202.2.3.			

הערות לטבלה:

(א) במקרה של אי-התאמה בין בדיקת $\overline{N}$ ל- $\overline{s_u}$, תסווג הקרקע באתר לפי הקרקע הרכה יותר.

(ב) במבנים מקבוצות חשיבות ב ו-ג הממוקמים באזור החשוד בהגברות חריגות, כמוצג במפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות (נספח ט) ואשר עבורם לא נעשה סקר תגובת אתר ספציפי, תסווג הקרקע בדרגת קשיחות פחותה ברמה אחת מזו המתקבלת על פי הקריטריונים בטבלה (לדוגמה, סוג קרקע C יוגדר כסוג קרקע D).

תאוצות קרקע

מקדם ה-PGA הוא תאוצת הקרקע האופקית המקסימלית, שלגביה קיימת הסתברות של 2%, 5%, או 10% לקבלת תאוצת שיא בסלע בפרק זמן של 50 שנה. מקדם זה דרוש לתכנון מבנים לפי ת"י 413. מקדם תאוצת הקרקע האופקית המקסימלית (PGA), משתנה בין Z=0.07g בקצה הצפוני של הכביש לבין Z=0.06g בקצה הדרומי. התאוצות מחושבות ע"י קובץ אקסל באתר האינטרנט של מכון התקנים הישראלי להסתברות של 10% ב-50 שנה (Assaf Klar, Technion, 2011), (מפה באיור 11). מקדם זה מצביע על רמת סיכון נמוכה.

מקדם ה-PGA מתייחס למבנים בעלי זמן מחזור אפס. ערך זה לא לוקח בחשבון סוג שתית ולא הגברת שתית בעקבות תנאים גיאולוגיים מסוימים.

תאוצה ספקטראלית

לפי ת"י 413 גיליון מס' 5 משולב יש לחשב את מקדמי התאוצה הספקטראלית האופקית. מקדם זה הינו קורלטיבי ל-Z אך נותן הערכה יותר טובה לתנועה של מבנה בזמן רעידת אדמה.

ניתן לחשב מקדמי תאוצה לזמני מחזור שונים. תאוצה ספקטראלית לוקחת בחשבון את סוג הקרקע אך לא הגברה בשל תנאים גיאולוגיים כגון אגנים צרים ועמוקים או סדימנט רך מעל בסיס קשה. התכן מתבסס, לפי תקן 413, על ערכים המתאימים להסתברות של 10% ב-50 שנה (תקופת חזרה של כ-475 שנה).

להלן רשימת הפרמטרים שמשתמשים בהם לחישובים הנ"ל:

Z = תאוצת השיא האופקית הצפויה של הסלע (סוג C ו-D).

Ss= מקדם תאוצה ספקטראלית אופקית, למערכות בעלות ריסון של 5%, על סלע (סוג C ו-D)) עבור זמן מחזור קצר

S1= מקדם תאוצה ספקטראלית אופקית, למערכות בעלות ריסון של 5%, על סלע (סוג C ו-D)) עבור זמן מחזור של שניה אחת

S_{d1},S_{ds}=מקדמי תאוצות התכן הספקטריות בהשפעת תנאי הקרקע

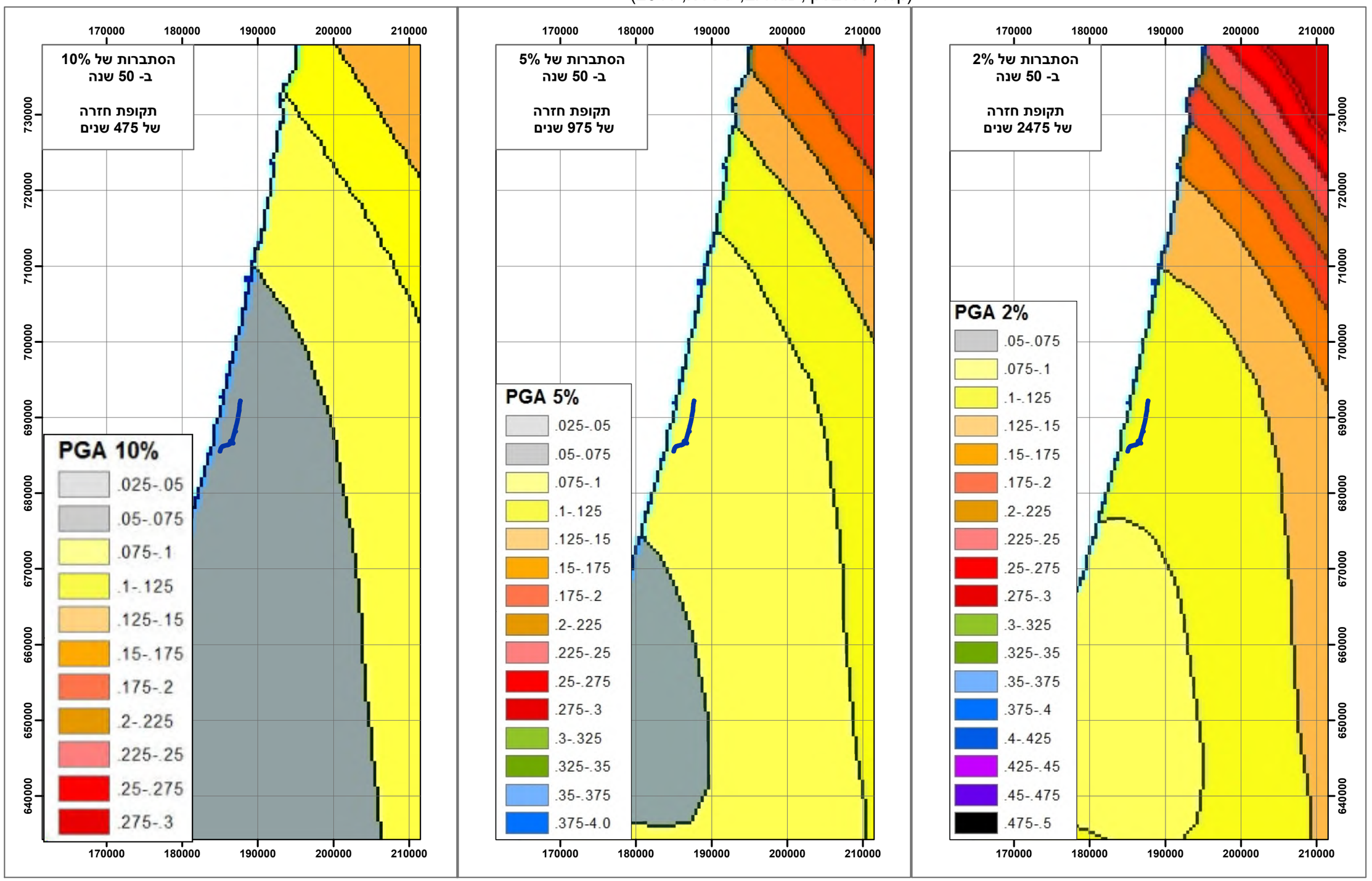
מפה של תאוצות ספקטראליות ומיקום שטח התוכנית מוצגת באיור 12. בטבלה 5 מוצגות התאוצות הספקטראליות המחושבות מתוך קובץ אקסל המופץ ע"י מכון התקנים בצירוף לתקן413, לפי קואורדינטות של שטח התוכנית וסוג הקרקע (נכתב ע"י Assaf Klar, Technion, 2011). התאוצות מחושבות עבור הקצה הצפוני והקצה הדרומי של התוכנית, לזמני מחזור שונים, ולסוגי שתית C, D ו-E.

טבלה 6: תאוצות ספקטראליות (מחושב מתוך אסף קלר, טכניון, 2011, דף עזר לחישוב ספקטרום עפ"י מיקום האתר וסוג הקרקע – גליון 5 של ת"י 413).

מקטע:			דרומי- חתך 201	צפוני- חתך 563	נחל פולג
סוג שתית:			D	D	E
הסתברות בחמישים שנים	10%	Z	0.06	0.07	0.06
		S_S	0.15	0.16	0.15
		S_1	0.04	0.05	0.04
		S_{DS}	0.24	0.26	0.35
		S_{D1}	0.11	0.11	0.15
	5%	Z	0.08	0.08	0.08
		S_S	0.19	0.21	0.20
		S_1	0.06	0.06	0.06
		S_{DS}	0.31	0.33	0.49
		S_{D1}	0.14	0.14	0.2
	2%	Z	0.10	0.11	0.10
		S_S	0.26	0.28	0.26
		S_1	0.08	0.08	0.08
		S_{DS}	0.42	0.43	0.64
		S_{D1}	0.18	0.19	0.27

מיקום התכנית ע"ג מפת תאוצות קרקע

מפת מקדם התאוצה האופקית המקסימלית(PGA), המכון הגיאופסי
(קלר, זסלבסקי, מאירוב, שפירא, 2011)



N

0 5 10 20

קילומטר

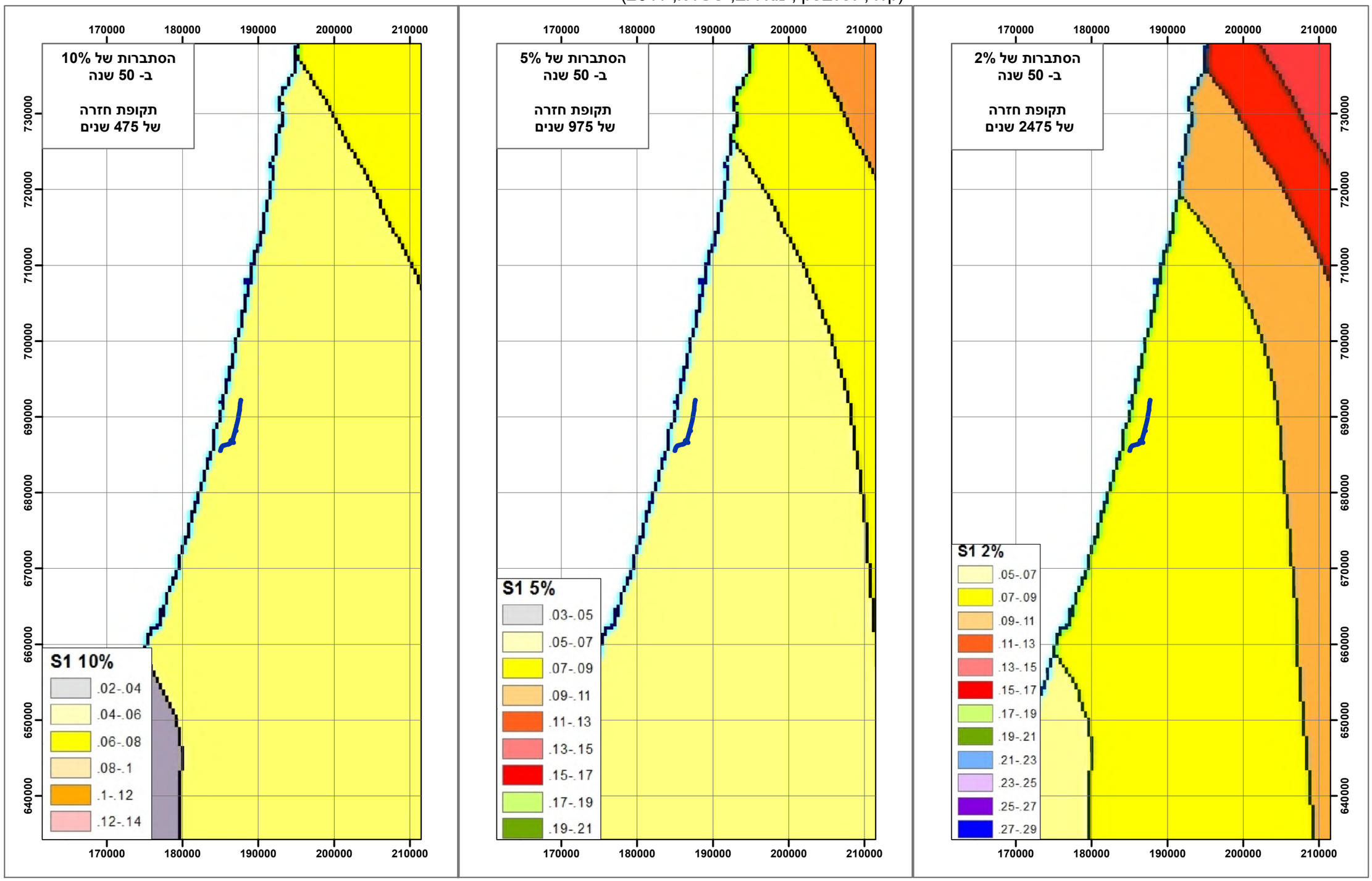
מקרא

מיקום התכנית

גיאופרוספקט גיאולוגיה. סביבה. תכנון.	תכנית: נתיב מהיר נתניה- וינגייט
תאריך: 25/02/2020	שרטט: יונתן
הכין: יונתן	בדק: אופיר
מהדורה:	קנ"מ: 1:500,000
איור 11	שם הקובץ: Company\WHNETIVEY AYALON\Nativ mahir NETANYA WINGATE\PLAN\GIS\FIG9_PGA_N-W.mxd

מיקום התכנית ע"ג מפת תאוצות ספקטרליות

מפת מקדם התאוצה הספקטרלית, המכון הגיאופסי
(קלר, זסלבסקי, מאירוב, שפירא, 2011)



מקרא

מיקום התכנית

0 5 10 20
קילומטר

תכנית: נתיב מהיר נתניה- וינגייט					
תאריך: 25/02/2020	שרטט: יונתן	הכין: יונתן	בדק: אופיר	מהדורה:	קנ"מ: 1:500,000
איור 12	שם הקובץ: Company\WH\NETIVEY AYALON\Nativ mahir NETANYA WINGATE\PLAN\GIS\FIG10_Spectral_Maps_N-W.mxd				

ניאופרוספקט
ניאולוגיה. סביבה. תכנון.

הגברות

הגברה של תאוצות הקרקע עקב תנאים גיאולוגיים

ידוע שתנאי קרקע ומבנה גיאולוגי עשויים להגביר (או לעיתים להפחית) את תנודות הגלים הסיסמיים ולכן חייבים להתחשב בהם בשלבי התכנון והבנייה. הקרקע במקרים אלה מגיבה כמגבר, אשר תכונותיו תלויות בספקטרום הגלים הסיסמיים, שמגיעים ממוקד הרעידה ובאופיין של השכבות בתת הקרקע הרדוד (עשרות עד כמה מאות מטרים), בפרט כאשר שכבות של סלעים רכים (בעלי מהירויות סיסמיות נמוכות) מונחות על גבי סלעים קשים (בעלי מהירויות סיסמיות גבוהות) (לוי וחובריו, 2012). מבנה כזה גורם לתהודה של הגלים הסיסמיים בשכבה העליונה הרכה, ולהגברה עד לדעיכתם. גורמי הגברה נוספים הם: מבנה מרחבי של השכבות בתת הקרקע (בצורת אגן או תעלה), טופוגרפיה הררית או מצוקית, וכדומה. ניתוח הנזקים ברעידות אדמה, כולל הניסיון שנצבר בישראל באירועים היסטוריים, מראה כי תגובת האתר היא אחד הגורמים המשפיעים ביותר על היקף וחומרת הנזק (לוי וחובריו, 2012). ככלל, הגברת האתר בשל תנאי שתית מתרחשת כאשר עובי הסלע הרך הוא מעל 3 מ', ומגיעה למקסימום כאשר עובי החתך הרך הוא 30 מ', אך קיימות גם הגברות אשר מקורן ברפלקטורים עמוקים יותר, עד 500 מ' (גבירצמן, 2004).

לפי מפת הגברות שתית (גבירצמן וזסלבסקי, 2009) של המכון הגיאולוגי והמכון הגיאופיסי (איור 13) הכביש ממוקם באזור המוגדר כ "קרקע רגיל", כך שלפיה **לא צפויה בו הגברת שתית.** מפה זו הוכנה בקנה מידה 1:200,000 ואינה מתאימה לתכנון מפורט. במידה ויבוצע באזור התוכנית סקר תגובת אתר ספציפי תוצאותיו יגברו על ממצאי מפת ההגברות.

סקרי תגובת אתר שנעשו בעבר

לא בוצע סקר תגובת אתר בתחום התכנית, לפי האתר של המכון הגיאופיסי (http://www.gii.co.il).

בוצע סקר בפרדס חנה-חדרה-בנימינה (2009) של זסלבסקי וחוב', המכון הגיאופיסי.

מסקר תגובת אתר בחדרה-בינימינה (Zaslavsky, 2009) שיא תהודה ראשון הינו של רפלקטור של סלע קשה הנמצא בעומק רב (חבורת יהודה). השיא השני הינו תוצר של יחס מהירויות בין אלוביום לבין יחידת ביניים קשה (חבורת כורכר).

ספקטרום תגובה של תאוצות המבוסס על מודל תת-הקרקע בחדרה-בינימינה עולה על הערכת הספקטרום ע"י ת"י 413 בתווך של 0.2 עד 1 שנייה בעשרה מתוך עשרים ושלושה תתי-איזורים בסקר.

הגברה טופוגרפית

הניסיון מלמד שמבנים טופוגרפיים מסוימים עלולים להגביר את התנודות הסיסמיות ובעיקר במבנים טופוגרפיים גבוהים וצרים. בבסיס המדרונות בד"כ יש הפחתה של תנודות הקרקע (לוי וחובריו, 2012; Lee et al., 2009). עקב מיקום התכנית על טופוגרפיה מתונה, לא צפויה הגברה טופוגרפית.

העתקים פעילים וחשודים כפעילים

לא ידועים בשטח התכנית או בסביבותיה העתקים פעילים או חשודים כפעילים.

ההעתקים הפעילים הקרובים ביותר לשטח התכנית, על פי מפות ההעתקים הפעילים והחשודים כפעילים (שגיא וחובריו, 2017) הם העתקי השוליים המערביים של בקע ים המלח, באזור בקעת הירדן במרחק של כ-60 ק"מ. במרחק של כ 43 ק"מ צפונית לקצה הצפוני של התוואי, עובר העתק הכרמל/יגור אשר מוגדר כחשוד כפעיל.

אין עדויות בשטח לפעילות טקטונית צעירה.

התנזלות

התנזלות היא תופעה בה תשתית חולית, שאינה מלוכדת, רוויה במי תהום רדודים, מאבדת את חוזקה בנוכחות תאוצות סיסמיות גבוהות ומתנהגת כנוזל בזמן רעידה. כתוצאה מכך הקרקע מאבדת מיכולתה לתמוך במבנים ותשתיות, והם נוטים על צדם או שוקעים בזמן רעידת אדמה. קיום התנזלות תלוי בשלושה תנאים: קרקע חולית לא מלוכדת, מי תהום רדודים (עד 20 מ' לפי Idriss and Boulinger, 2006) ותאוצות סיסמיות משמעותיות.

באזור התוואי, טווח תאוצות הקרקע הצפויות בהסתברות של 10% ל-50 שנה נמצא בתחום הרגיש להתנזלות. כמו כן התנזלויות התרחשו בעולם במקומות המרוחקים מרחק דומה לזה של מישור החוף ממערכת העתקי ים המלח.

במפת רגישויות מסכמת להתנזלות (איור 14), מתוך סלמון וחובריו 2008 הוגדרו אזורי רגישות לפי הצלבת המידע הגיאולוגי, ההידרולוגי והסיסמי במישור החוף. להלן ההגדרות בסדר יחסי יורד, מהחמורה לקלה:

<u>רגישות א', גבוהה:</u> אזורי מילוי מלאכותי בים, שבהם נעשו פעולות בינוי ופיתוח, כולל הנמלים בחיפה ואשדוד, מתקני חברת החשמל בחיפה, חדרה, תל-אביב, אשדוד ואשקלון, המרינות בהרצליה, תל-אביב, אשדוד ואשקלון, ומבנים ותשתיות חופיות אחרים.

<u>רגישות ב', בינונית:</u> אזור חול חופי, משתרע לאורך קו החוף, מקו המים ועד לבסיס צוק החוף או עד לחזית הדיונות המערביות ביותר. מתקני תשתית רבים לאורך החוף מבוססים על גבי חול זה.

<u>רגישות ג', נמוכה:</u> אזורי חול מנושב רבוד ודיונות מתקופת ההולוקן, רגישים כאשר העומק למפלס הייחוס של מי התהום קטן מ- 20 מ'. ראוי לציין כי כאשר חול מסוג זה רבוד על-גבי תשתית כורכר וחמרה עתיקים יותר הנמצאים מעל מפלס מי התהום, הוא אינו רגיש להתנזלות.

<u>רגישות ד', נמוכה מאד:</u> אזורים בהם עלול להימצא חול מהפליסטוקן התיכון או המאוחר בפני השטח או בתת-הקרקע בין שכבות הכורכר או כחמרה קלה, דלת חומר דק. דרגת רגישות זו כוללת את כל האזורים בהם העומק מפני השטח למפלס הייחוס של אקוויפר החוף קטן מ 20- מ', ללא תלות בגיאולוגיה של פני השטח.

<u>רגישות ה', זניחה:</u> כל האזורים במישור החוף שבהם העומק מפני השטח למפלס הייחוס של אקוויפר החוף בשנים 5-1934 גדול מ- 20 מ', ללא תלות בגיאולוגיה של פני השטח.

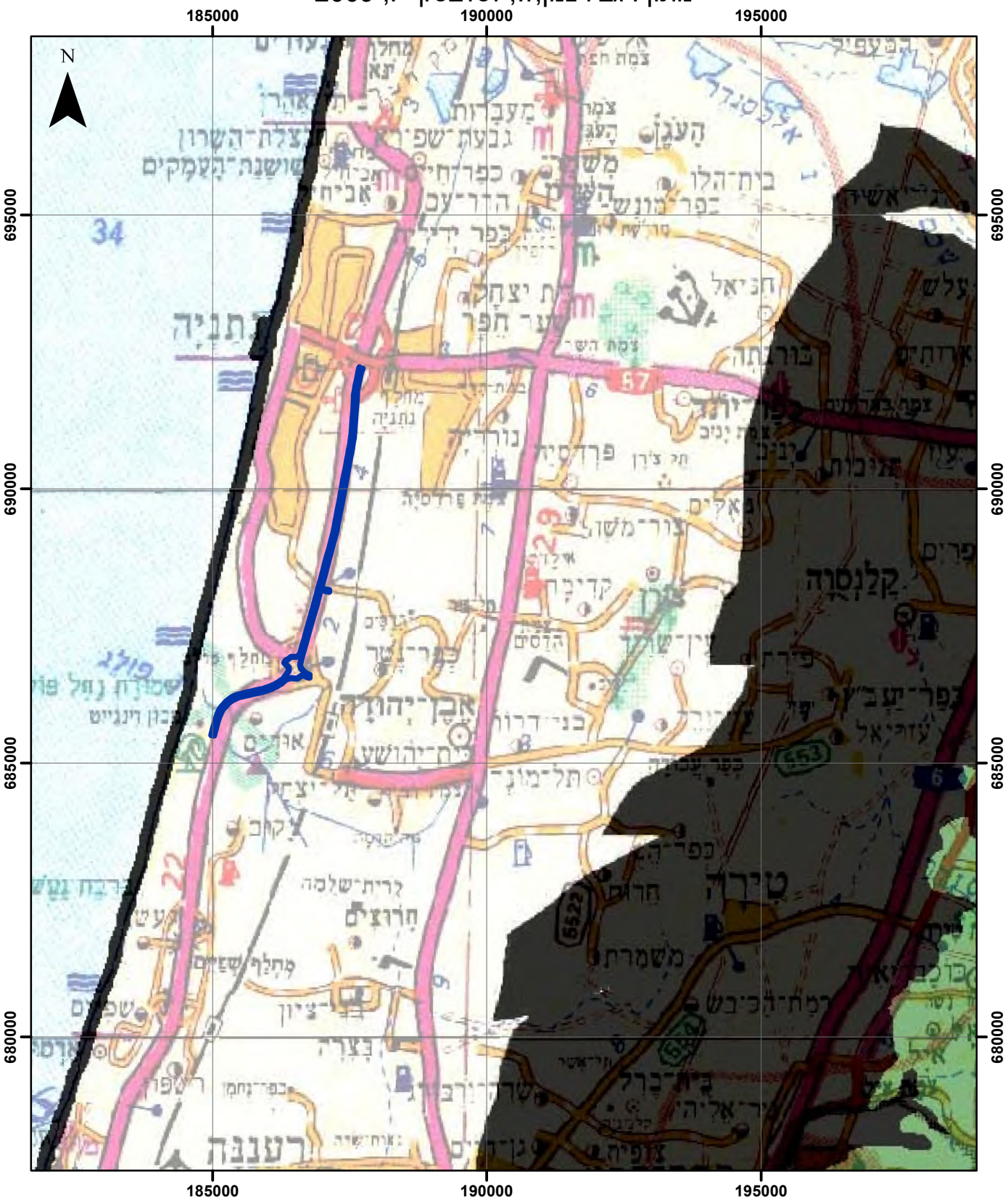
על פי מפת רגישויות מסכמת להתנזלות (איור 14), מתוך סלמון וחובריו 2008, מרבית תוואי הכביש עובר באזור רגישות ד', רגישות נמוכה מאוד, אזור בו עלול להמצא חול פלייסטוקני בתת הקרקע ושבו העומק מפני השטח למפלס הייחוס של אקוויפר החוף קטן מ- 20 מ'. מפלס המים שנקבע כמייצג לצורך הערכת רגישות להתנזלות הוא המפלס הגבוה ביותר שנמדד במאה השנים האחרונות.

ממפלסי המים בקידוחים והחתך הליתולוגי (איור 9) נתייחס לסכנת התנזלות לפי חתכי כביש לפי הגדרות רגישות של סלמון וחובריו 2008:

מחתך	עד חתך	מי תהום רדודים מ-20 מטר	סוג קרקע רווי	סכנת התנזלות
200	244	יש	אבן חול קרבונטית	נמוכה מאוד
244	254	יש	חול	נמוכה
254	290	יש	חמרה	נמוכה מאוד
290	304	יש	אבן חול קרבונטית	נמוכה מאוד
304	363	אין	אבן חול קרבונטית וחמרה	זניחה
363	404	יש	חמרה	נמוכה מאוד
404	448	אין	חמרה	זניחה
448	510	יש	חמרה	נמוכה מאוד
510	513	יש	חול וחמרה	נמוכה
513	524	יש	חמרה	נמוכה מאוד
524	573	יש	חול ואבן חול קרבונטית	נמוכה
573	626	יש	חמרה	נמוכה מאוד

שטח התכנית ע"ג מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות

מתוך: גבירצמן,ז., זסלבסקי י., 2009



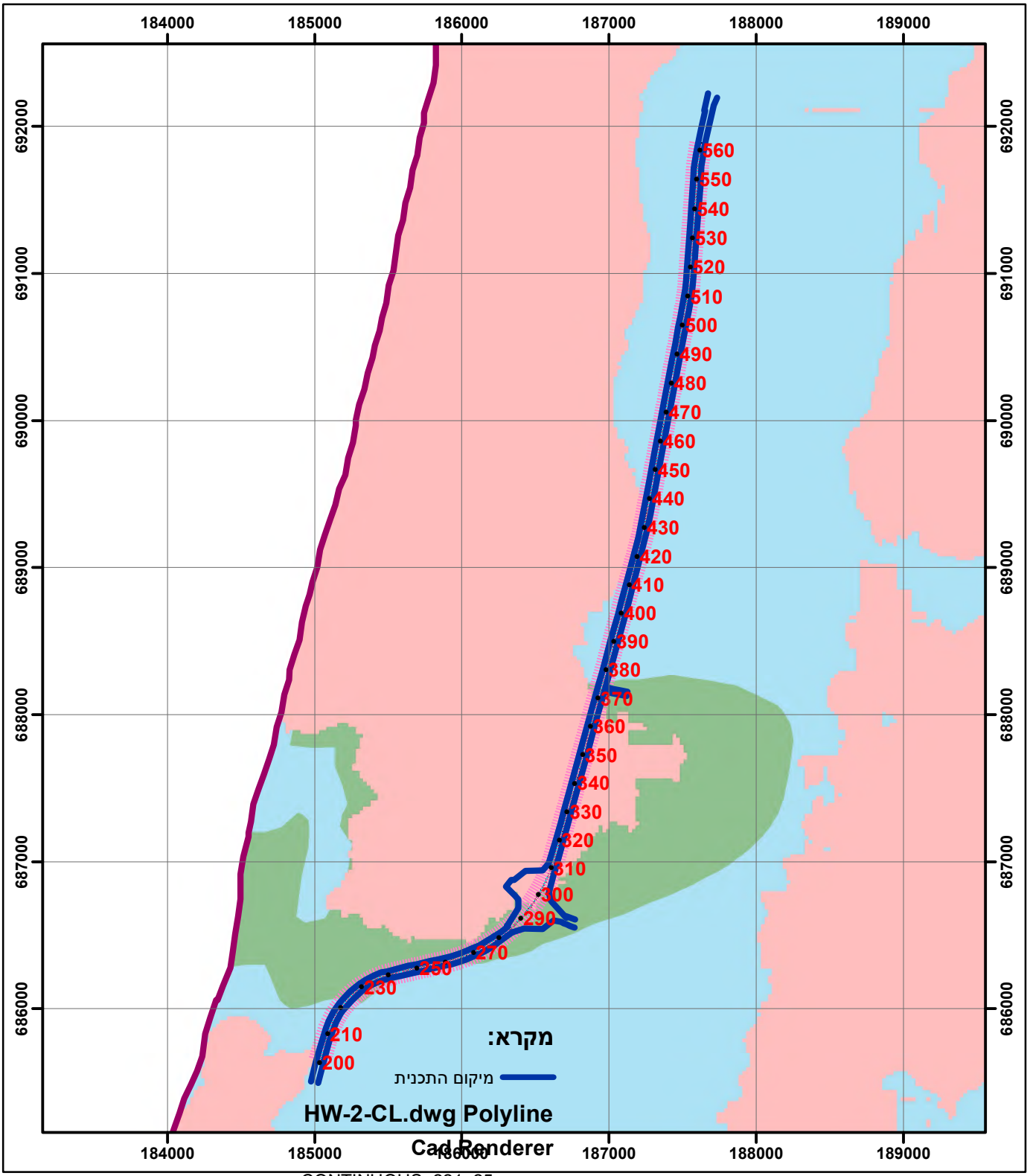
מקרא

- אתר סלע
- אתר קרקע רגיל
- אתר קרקע עם חשד להגברה חריגה כתוצאה מקיומו של מצע קשה מאוד בבסיס
- אתר עם חשד להגברה חריגה באגנים גיאולוגיים עמוקים וצרים

גיאופרוספקט ניאולוניה. סביבה. תכנון.	תכנית: מחלף שילת					
תאריך: 23/02/2020	שרטט: יונתן	הכין: יונתן	בדק: אופיר	מהדורה:	קנ"מ: 1:100,000 מפה מקורית הוכנה: 1:200,000	
איור 13	שם הקובץ: L\Company\WH\NETIVEY AYALON\Nativ mahir NETANYA WINGATE\PLAN\GIS\FIG11_SHATIT_N-W.mxd					

מפת אזורים המועדים להתנזלות

סלמון וחובריו (2008 המכון הגיאולוגי) ופרידמן וחובריו (2007)



גיאופרוספקט גיאולוגיה. סביבה. תכנון.	תכנית: נתיב מהיר נתניה- וינגייט					
תאריך: 23/02/2020	שרטט: יונתן	הכין: יונתן	בדק: אופיר	מהדורה:	קנ"מ: 1:38,326	
איור 14	שם הקובץ: Company\WH\NETIVEY AYALON\Nativ mahir NETANYA WINGATE\PLAN\GIS\FIG12_hitnazlut_N-W.mxd					

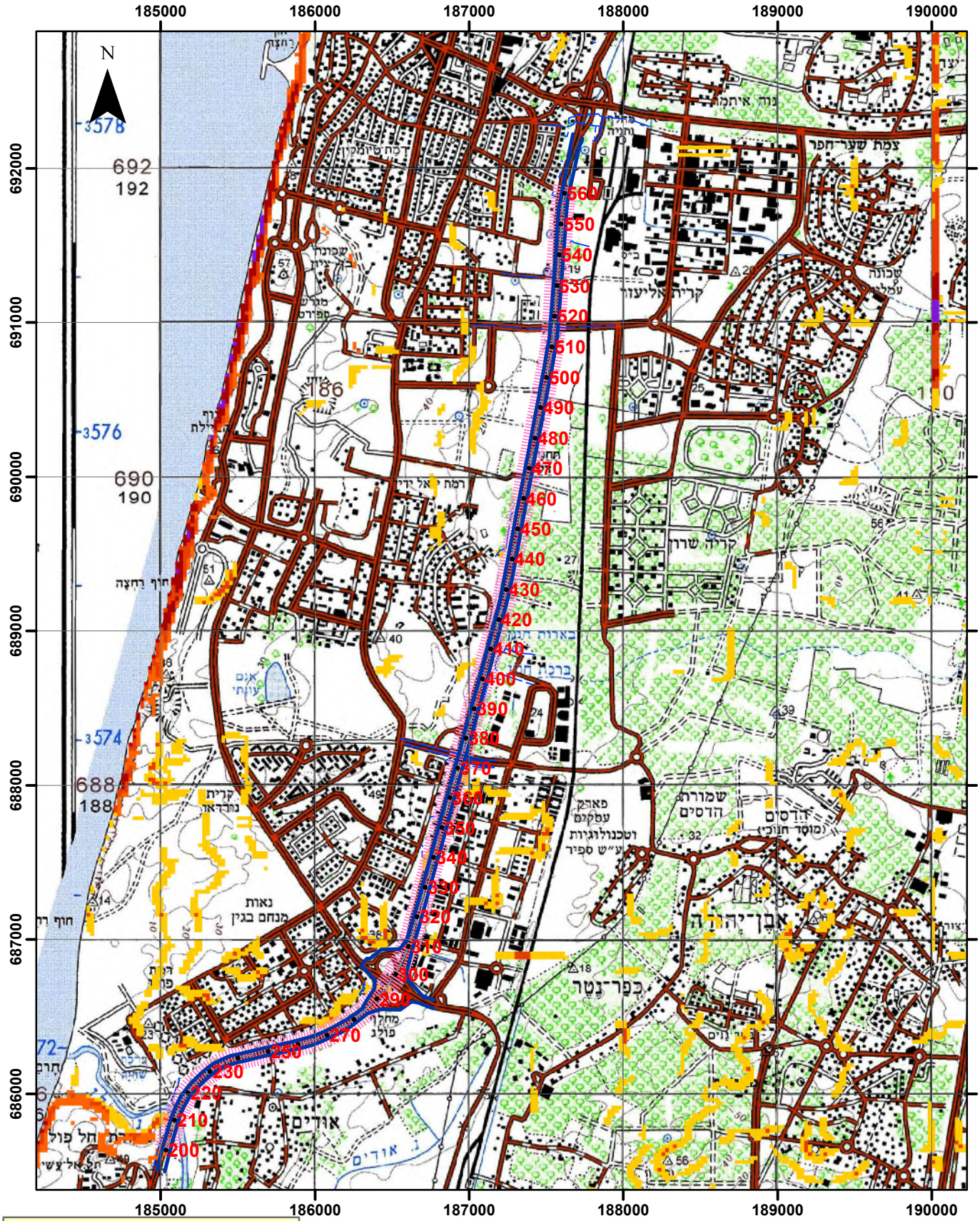
גלישות וכשל קרקע

תנועה מהירה של סלעים או קרקע במורד מדרונות (גלישת מדרון), המתרחשת בעת רעידות אדמה היא תופעה הרסנית המוכרת מרעידות אדמה בעולם וגם מדווחת מרעידות היסטוריות בארץ (כץ, 2004). גלישות והתמוטטויות נגרמות על ידי כמה גורמים: שיפוע המדרון, החוזק הגיאוטכני של הסלע, אי רציפויות בסלע כגון שיכוב, סידוק וקארסט. רעידות אדמה ואירועי גשם חזקים יכולים לגרום לגלישות, אך אינם מהווים תנאי לגלישות. לפי מפת סכנה ארצית לגלישות-מדרון בישראל בקנ"מ 1:200,000 (כץ, 2012 המכון הגיאולוגי). הערכה לגבי סיכוני הגלישה האפשריים בתכנית מתבצעת על ידי ניתוח תנאי המדרון, המבנה הגיאולוגי וסוג היחידות הגיאוטכניות. באזור התכנית קיימים אזורים מועדים לסכנת גלישות קרקע וכשל מדרון בעת רעידות אדמה (איור 15).

1. בחתכים 200-204 קיימת סכנת גלישת מדרון של 6 מתוך 10, באזור זה הכביש מוגבה מפני השטח.
2. בחתכים 207-209 קיימת סכנת גלישת מדרון של 4 מתוך 10, באזור זה הכביש מוגבה מפני השטח.
3. בחתכים 208-209 בחלקם המערבי קיימת סכנת גלישת מדרון של 7 מתוך 10, באזור זה הכביש מוגבה מפני השטח.
4. בחתכים 261-292 במרחק של 90-15 מטר מהכביש קיימת סכנת גלישה של 4 מתוך 10.
5. בחתכים 292-295 קיימת סכנת גלישת מדרון של 4 מתוך 10, הסכנה היא בשטח מחלף פולג.
6. בחתכים 335-342 קיימת סכנת גלישת מדרון של 4 מתוך 10.
7. בחתכים 368-371 קיימת סכנת גלישת מדרון של 4 מתוך 10.

מפת סכנה ארצית לגלישות מדרון בישראל

מתוך: עודד כץ 2012



מקרא

דרגת רגישות

4

5

6

7

מיקום התכנית

220 חתכי כביש ומיספור

תכנית: נתיב מהיר נתניה- וינגייט					גיאופרוספקט גיאולוגיה. סביבה. תכנון.
תאריך: 23/02/2020	שרטט: יונתן	הכין: יונתן	בדק: אופיר	מהדורה:	קנ"מ: 1:35,000 מפה מקורית הוכנה: 1:200,000
איור 15			שם הקובץ: Company\WH\NETIVEY AYALON\Nativ mahir NETANYA WINGATE\PLAN\GIS\FIG13_Stability_N-W.mxd		

נחשולי ים - צונאמי

כל חופי ישראל הינם באזור שצונאמי עלול להגיע אליו. (Salamon et al.2007) הראו שרעידות אדמה משני מקורות עלולים ליצור גל צונאמי שיגיע לחופי ישראל: 1) רעידות אדמה חזקות במגניטודה 8 לערך שמקורן בקשת ההלנית ואולי אף בקשת הקפריסאית. 2) גלישות תת ימיות שנגרמו בעקבות רעידת אדמה שמקורה במערכת ההעתקים של בקע ים המלח.

סכנת הצונמי בישראל מוערכת עד לגובה 5 מ' מעל פני הים.

בעבודה Tsunami hazard in Israel שפרסם פרופסור Hong Kie Thio מה URS עבור המכון הגיאולוגי ב-2009 הוצגו מודלים החוזים התפשטות פוטנציאלית של גל צונאמי לתוך היבשה במקרה של רעידת אדמה חזקה (מעל מגניטודה של 8.2). באזור תוואי הכביש לא נעשתה עבודה מפורטת לגבי פוטנציאל התפשטות הצונאמי אולם במודלים שהוצגו מדרום ומצפון, בדרום השרון ובמערב הכרמל, נראה כי גובה הגל יכול להגיע לגובה של כ 3-5 מטרים. בעבודתם של Salamon et al., 2007 הוצגו מספר תרחישים לפיהם גלים בגבוה של 1-3 או 4-6 מטרים עשויים לפגוע לאורך כל חופי ישראל.

תוואי הכביש עובר בגובה טופוגרפי שבין 14-40 מטרים במקטע בין מחלף נתניה למחלף פולג ובין 10 מטר באזור נחל פולג ל-29 מטרים בין מחלף פולג לווינגיט.

ביבליוגרפיה

איזוטופ, 2020. כביש 2: הוספת נתיב מהיר בקטע בין מחלף נתניה למכון וינגייט.

אילני, ש. (1985). מפה גיאולוגית, גליון נתניה, 1:50,000. המכון הגיאולוגי.

גבירצמן, ג., 1990, הגיאולוגיה והגיאומורפולוגיה של השרון ומדפו הים תיכוני.

גבירצמן, ז., 2004, הגברת תנודות הקרקע בשפלה: הקשר האמפירי בין מדידות תהודה ברעשי רקע למבנה הגיאולוגי, המכון הגיאולוגי.

גבירצמן, ז., זסלבסקי, י., (2009). מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות. המכון הגיאולוגי והמכון הגיאופיסי לישראל, דו"ח TR-GSI/12/2008 ו-GSI/15/2009 .

כץ, ע., הכט, ה., אלמוג, ע., 2008. מפת האזורים בהם קיימת סכנה לגלישת מדרונות. מתוך דו"ח GSI/08/2008, המכון הגיאולוגי, ירושלים.

לוי, צ., סלמון, ע., הוילנד, ש., חמיאל, י., כץ, ע., אקרמן, ב., 2012, תרחישי נזק מרעידות אדמה בישראל כבסיס לתרגיל החרום הלאומי "נקודת מפנה 6", המכון הגיאולוגי.

מכון התקנים הישראלי (2013, 2016), ת"י 413 - תכן עמידות מבנים ברעידת אדמה, מהדורה משולבת של התקן מיוני 1995 ועדכוניו ותיקון מ-2016.

סלמון, ע., צביאלי, ד., רוזנזפט, מ., טניא, ל., היימן, א., אברמוב, ר. (2008), האזורים במישור החוף של ישראל בהם נדרשת חקירת הסיכון להתנזלות. מכון גיאולוגי, GSI/34/2008.

פרת, א. ואלמגור, ג., 1996. סיכונים לאורך מצוק השרון. המכון הגיאולוגי, דו"ח GSI\5\96, ירושלים.

קלר, א., זסלבסקי, י., מאירוב, ט., שפירא, א., (2011), מפות תאוצה ספקטראלית לשימוש בת"י 413. המכון הגיאופיסי דו"ח מס' 522/599/11, הטכניון –המכון הלאומי לחקר הבניה, דו"ח מס' 2012938-1.

רשות המים, השרות ההידרולוגי, (2016). דוח התפתחות ניצול ומצב מקורות המים בישראל עד סתיו 2014.

רשות המים, השרות ההידרולוגי, אתגר הנדסה (2014). אטלס חתכים גיאולוגיים ומפות פירוס של תת אקוויפרים באקוויפר החוף.

שגיא , א. עדכון מעמד העתקים במפת 'העתקים פעילים וחשודים כפעילים' עבור תיקון 6 לתקן ישראלי 413 לשנת 2016. המכון הגיאולוגי, דוח מס' GSI/2016/17.

תמ"א 34ב/4. מפה מס' 2 – גיליון 2.1 מפת אזורי פגיעות מי תהום.

Ambraseys, 2009, Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900, New York, Cambridge University Press, 947 p.

Amiran, D.H.K., Arieh, E. Turcotte, T. 1994. Earthquakes in Israel and adjacent areas: Macroseismic observations since 100 B.C.E., Israel Exploration Journal, 44 (3-4): 260-305.

ent Agency, 1997. 1997 NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings, (in press) Washington, D. C., Developed by the Building Seismic Safety Council (BSSC) for the Federal Emergency Management Agency (FEMA).

Guidoboni, E. and Comastri, A., 2005, Catalogue of earthquakes and tsunamis in the Mediterranean area from the 11th to the 15th century, Italy: INGV-SGA.

Gvirtzman G. (1980). Possible correlation between the Kurkar-Hamra cycles of the Quaternary of the Coastal Plain of Israel and the global-oceanic-climatic oxygen isotope cycles. In Program and Abstracts, 37th Bat-Sheva Seminar on approaches and methods in paleoclimatic research with emphasis on aridic areas. Jerusalem and Rehovot Oct (pp. 46-47).

Gvirtzman, G., Shachnai, E., Bakler N. Ilani, S., 1984. Stratigraphy of the Kurkar Group (Quaternary) of the coastal Plain of Israel, Geological Survey of Israel, current Research 1983-4, p70-82.

Idriss, I. M. and Boulanger, R. W., 2006. Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 26: 115-130.

Kagan, E., Stein, M., Agnon, A., and Neumann, F., 2011, Intrabasin paleoearthquake and quiescence correlation of the late Holocene Dead Sea: Journal Of Geophysical Research-Solid Earth, v. 116.

Zaslavsky, Y., et al. 2003. Local site effect of Hashefela and Hasharon regions. The Geophysical institute of Israel. Report No 569/313/03.

Zaslavsky, Y. and the site effect group (2009). Site specific Earthquake Hazards assessment using ambient noise measurements in Hadera, Pardes Hanna, Binyamina and Neighboring Settlements, Prepared for - The Earth Science Research Administration, The Ministry of Energy & Infrastructure. 526/473/09