

17/01/2024

לאשר את התכנית

06/03/2024

ור"ר הועדה למתחמים מועדפים לדיור



גיאופרוספקט  
גיאולוגיה. סביבה. תכנון.

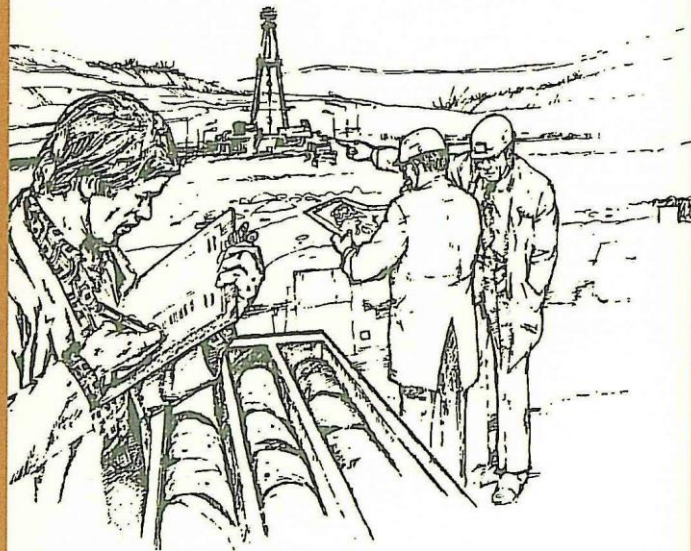


סקר- גיאולוגיה  
סקר גיאולוגיה  
וסיכונים סייסמיים  
כפר ע'ג'ר, תכנית מס'  
תמל/ 1099.



הוכן עבור:

מועצה מקומית כפר ע'ג'ר



ירושלים  
אוגוסט 2022

ת.ד. 3720, ירושלים, מיקוד 91036  
טלפון: 02-6789358 פקס: 02-6781351



## סקר גיאולוגיה וסיכונים סייסמיים כפר ע'ג'ר, תכנית מס' תמל/ 1099.



ירושלים  
אוגוסט 2022



## תוכן עניינים

1	.....תוכן עניינים
I	.....סיכום מסקנות והמלצות
1	.....מבוא
1	.....רקע גיאולוגי וגיאוגרפי
1	.....מבנה גיאולוגי
6	.....סטרטיגרפיה
6	.....חבורת חולה
7	.....תיאור המסלע בשטח האתר
11	.....שיפועי חפירה
11	.....התאמת חומרי חפירה לחומרי גלם
12	.....סיכונים סייסמיים
12	.....העתקים פעילים או חשודים כפעילים
13	.....רעידות אדמה היסטוריות
13	.....רעידות אדמה עכשוויות
17	.....הגדרת סוג ה"קרקע" באתר
18	.....תאוצות קרקע
18	.....תאוצה ספקטראלית
23	.....הגברה של תאוצות הקרקע עקב תנאים גיאולוגיים וטופוגרפיים
24	.....סקרי תגובת אתר שנעשו בעבר
24	.....הגברה טופוגרפית
24	.....התנזלות
24	.....נחשולי ים - צונאמי
26	.....גלישות וכשל קרקע
28	.....ביבליוגרפיה





### רשימת איורים

איור 1 : מפת מיקום..... 2

איור 2 : תצלום אוויר..... 3

איור 3 : מפה גיאולוגית..... 4

איור 4 : מבנים..... 5

איור 5: חתך בזלת עבה צפון הכפר, נחל חצבני..... 7

איור 6: בולדרי בזלת..... 8



איור 7: בור שנחפר ע"י באגר, חרסית בעובי 1 מטר מעל בזלת בלוייה, צולם 500 דרומית לשטח

התכנית..... 8

איור 8: למעלה: אוליבין בזלת, למטה: בולדר בזלת עם בליה בשוליו..... 9

איור 9: בולדרי בזלת, צולם במרכז שטח התכנית..... 10

איור 10: העתקים פעילים..... 15

איור 11: רעידות אדמה..... 16



איור 12: מפת PGA- , תאוצת הקרקע האופקית המקסימלית..... 21

איור 13: מפת תאוצות ספקטראליות..... 22

איור 14 מפת הגברות שתית..... 25

איור 15: מפת סכנה ארצית לגלישות מדרון בישראל..... 27





### רשימת טבלאות

- טבלה 1: מוקדי רעידות אדמה מעל מגניטודה 4 ברדיוס של 100 ק"מ מהאתר. .... 14
- טבלה 2: סיווג הקרקע באתר מתוך תקן 413, גיליון 5. .... 18
- טבלה 3: תאוצות ספקטרליות ..... 20





## סיכום מסקנות והמלצות

1. בחודש יולי 2019 פנתה גב' מיכל דרוין קליינהאוז מחברת גדיש הנדסה, המנהלת את פרויקט תב"ע ישובית הכפר ע'ג'ר עבור מועצה מקומית כפר ע'ג'ר למר דורון בראון, מנכ"ל חברת גיאופרוספקט בע"מ בבקשה להכין סקר גיאולוגיה וסיכונים סייסמיים לתב"ע ראשוני לתחום התוכנית של הכפר ע'ג'ר, תכנית מס' תמל/ 1099.



2. דו"ח זה מבוסס על מקורות ספרות המפורטים בסעיף ביבליוגרפיה, הידע הקיים בחברת גיאופרוספקט, וממצאי סיור בשטח ההרחבה.

3. מטרת עבודה זו היא לסקור את ממצאי המסלע, המבנה הגיאולוגי, ואת האפיון הגיאוטכני של המסלע המופיע באזור התכנית בנוסף, המסמך כולל סקירה של הסיכונים הקשורים ברעידות אדמה.

4. המסלע בשטח התכנית מורכב ממסלעי בזלת קשים בבסיס בעובי גדול מ-30 מטר, מעליהם שכבה של 1-3 מטר המורכבת מבזלת בלוייה, חלשה, פריכה ובולדרים קשים של בזלת



בגדלים של 0.2-2 מטר. בפני בשטח חרסית חומה, רזה עד שמנה, פלסטיות בינונית בעובי 0.2-2 מטר. חתך קרקע/סלע מסוג זה בדרך כלל מאופיין בחדירות נמוכה.

### 5. שיפועי חפירה:

I. סלעי בזלת קשים ומאסיביים ללא קרקע קדומה שיפוע חפירה מומלץ 1H:3V.

II. סלעי בזלת בלויים, שיפוע חפירה מומלץ: 1V:1H.

III. בקרקע, חרסית, רנדזינה. שיפוע חפירה מומלץ: 1V:3H-1V:2H.

### 6. התאמת חומרי חפירה לחומרי גלם:



בדיקה של בולדרי בזלת דרומית לע'ג'ר (גיאופרוספקט 2015) נמצא כי בולדרי הבזלת יכולים לשמש כחומרי גלם לתעשיית הבנייה.

7. סיכונים סייסמיים - רוב רעידות האדמה בישראל והאזור מתרחשות לאורך טרנספורם ים המלח. שטח התכנית ממוקם קרוב יחסית להעתקי הבקע.

8. לפי נתוני המכון הגיאופיסי, ברדיוס של 100 ק"מ, התרחשו ב-100 שנים האחרונות 33 רעידות אדמה במגניטודה גבוהה מ-4, 8 רעידות במגניטודה 5 ומעלה, ורעידת אדמה אחת



במגניטודה 6. המגניטודה הגבוהה ביותר, שנמדדה ברדיוס זה ב-100 השנים האחרונות, היא Md=6 והתרחשה ב-1956 בלבנון, כ-30 ק"מ מהתכנית.



9. לא ידוע בשטח התכנית או בסביבותיה העתקים פעילים או חשודים כפעילים, אין עדויות בשטח לפעילות טקטונית צעירה. התכנית ממוקמת באזור פעיל מבחינה טקטונית, בהמשך הצפוני וההתפצלות של טרנספורם ים המלח (השבר הסורי אפריקאי). ההעתקים המוגדרים כפעילים בקרבת שטח התוכנית הם: העתק יסוד המעלה הנמצא במרחק של כ-24 ק"מ דרומית לשטח התוכנית, העתק הירדן במרחק של כ-27 ק"מ.



10. הגדרת "סוג קרקע" מבחינה סייסמית- כל שטח התכנית מכוסה בשכבה של 0.5-4 מטר חרסית ובזלת בלויה המונחים על בזלת (סלע קשה) בעובי הגדול מ-30 מטר. מכיוון שאין קידוחים בשטח התכנית נעשה הערכה שמרנית מושכלת הכוללת שיכלול החרסית והבזלת הבלויה (דירוג E-D) ובזלת קשה (דירוג A) ונגדיר את סוג הקרקע כ-B.



11. תאוצת קרקע- 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:  $Z=0.25g$  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.



12. הגברת שתית- שטח התכנית ממוקם באזור המוגדר כ"אתר סלע", כך שלפיה לא צפויה בו הגברת שתית. אין סכנת הגברה טופוגרפית.

13. התנזלות- אין סכנת התנזלות.



14. יציבות מדרונות – הטופוגרפיה הטבעית בתחום התכנון התכנית מתונה ואין סכנת גלישת חומר



## מבוא

בחודש יולי 2019 פנתה גב' מיכל דרוין קליינהאוז מחברת גדיש הנדסה, המנהלת את פרויקט תב"ע ישובית הכפר ע'ג'ר עבור מועצה מקומית כפר ע'ג'ר, למר דורון בראון, מנכ"ל חברת גיאופרוספקט בע"מ, בבקשה להכין סקר- גיאולוגיה וסיכונים סייסמיים לתב"ע ראשוני לתחום התכנון של הכפר ע'ג'ר, תכנית מס' תמל/ 1099.



מטרת עבודה זו היא לסקור את המסלע, את המבנה הגיאולוגי, ואת מגוון הסיכונים הקשורים ברעידות אדמה באזור התוכנית, על מנת להיערך אליהם באמצעות פתרונות תכנוניים והנדסיים. הסקר כולל את גורמי הסיכון הבאים: העתקים פעילים או חשודים כפעילים, תאוצות קרקע והגברתן, יציבות מדרונות והתנזלות, לפי הנחיות של מנהל התכנון מ-2014. עבודת השטח התבצעה בתאריך 22.03.2020.

## רקע גיאולוגי וגיאוגרפי



מפת מיקום ותצלום אוויר מוצגים באיורים 1-2. מפה גיאולוגית מוצגת באיור 3 (סנה ווינברגר, 2003). הכפר ע'ג'ר ממוקם בבקעת חצבני בצפון הארץ בגבול לבנון, חציו בשליטה ישראלית וחציו בשליטת לבנון. בנ.צ.מ. 259060/796020 (איור 1). רום פני השטח באזור התכנית כ-280 מטר מעל פני הים בממוצע, בעל טופוגרפיה מתונה.

## מבנה גיאולוגי



המבנה הטקטוני של בקעת חצבני מוכתב על ידי העתקי טרנספורם ים המלח. באזור זה קיימים חמישה העתקים ראשיים. בקעת חצבני מצויה בבלוק חרמון (איור 4) מערבי בין העתק חצבייאל ממזרח (באזור בקעת אל-מרג' בלבנון), לבין העתק שיאון-רשאיייה ממערב, החוצה את החרמון (סנה ווינברגר, 2003 ב).

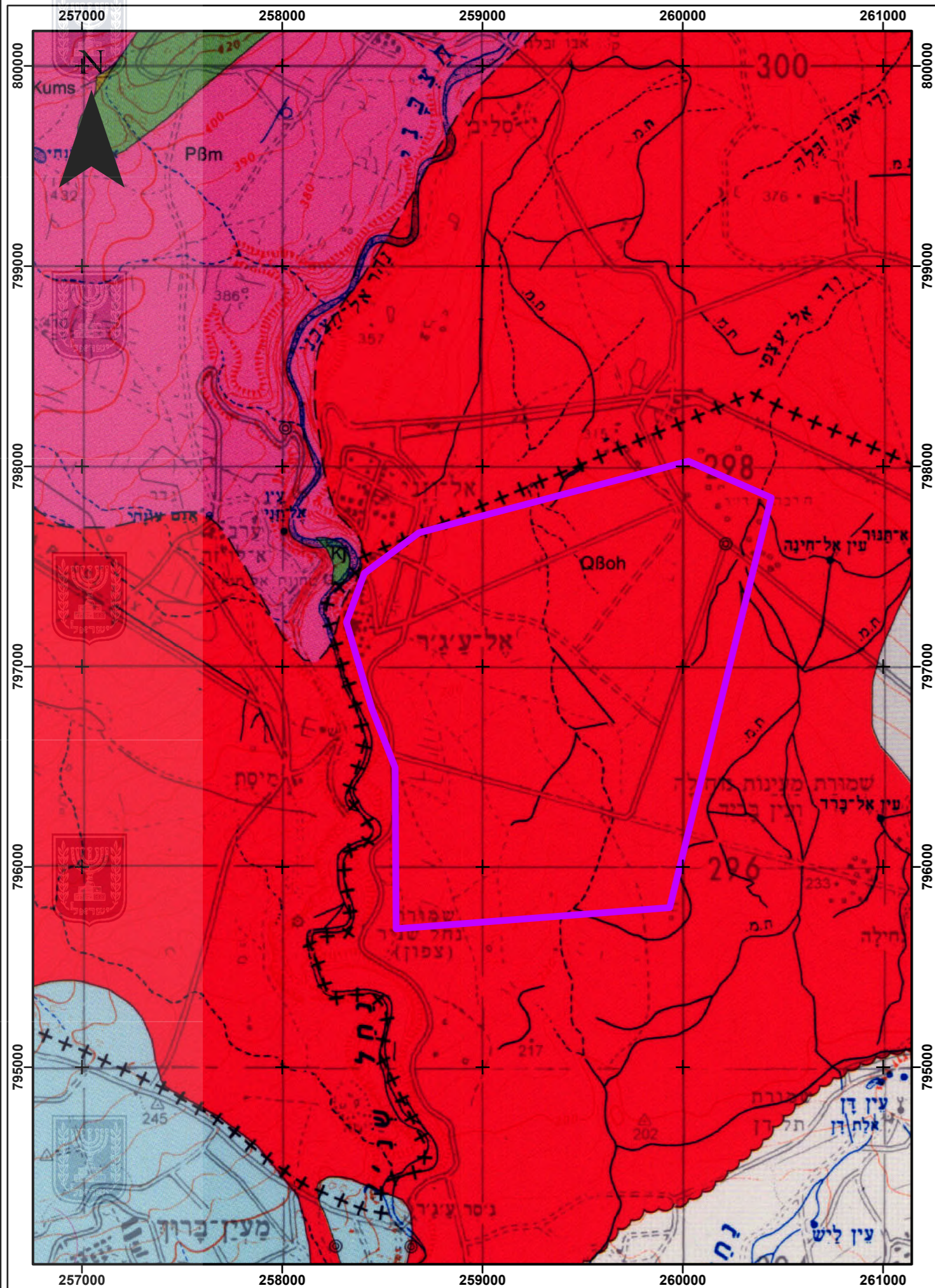






# מפה גיאולוגית

מתוך: המכון הגיאולוגי



THE GEOLOGICAL SURVEY המכון הגיאולוגי  
 JERUSALEM 2003 ירושלים

## מפה גיאולוגית של ישראל GEOLOGICAL MAP OF ISRAEL

SHEET 2-II גליון

### METULLA מטולה

GEOLOGY BY: גיאולוגיה מאת:  
 A. SNEH AND R. WEINBERGER ע. סנה ור. וינברגר

SYSTEM תקופה	SERIES - STAGE סדרה - דרגה	SYMBOL סימן	THICK. m עובי מ' Rift West Rift East	LITHOLOGY מסלע	LITHOSTRATIGRAPHY ליתוסטריגרפיה	
					MAPPING UNITS יחידות מיפוי	GROUP חבורה
QUATERNARY קוורטר	HOLOCENE הולוקן	Qf, Qm, Qc, Qt	0-10	Alluvium, Recent fan, Terrace cgl.	אלוביום, Mallaha Fm., Tufa	HULA חולה Qhu
	PLEISTOCENE פלייסטוקן	Qfgs, Qbg	0-10	Golan flows (Sa'ar flows), Golan flows (Muweissee & En Zivan flows)		
		Qaw, Qboh, Qbod, Qbs, Qes	0-10	En Awwazim flow, Hazbani flows, Dalwe flows, Sherivan Scoria, Si'on Conglomerate		
	PLIOCENE פליוקן	Pβm, Peg	0-10	Meshki Basalt, Egel Gravel	בולת משכי, חלוקי עגל	

### מקרא

גבול הסקר הגיאולוגי



תכנית: רג'ר

גיאופרוספקט

תאריך: 19/06/2023

שרטוט: יוניב

הכין: יונתן

בדק: אליסה

מהדורה: קנימ

1:24,000

שם הקובץ: MINHAL\MASHBASH\HAJER\PLAN\GIS

איור 3





## סטרטיגרפיה

לצורך הערכת סוג המסלע הצפוי באזור התכנית הסתמכנו על סיור שבוצע באזור (איורים 4-9), עבודותיו של דורון מור (1986, 2004) ומפה גיאולוגית (סנה ווינברגר, 2003, איור 3). הסלעים באתר הם סלעי בזלת, השייכים לקילוחי חצבני מגיל פלייסטוקן מחבורת חולה (איורים 3-9).

יחידות המסלע מורכבות מסלעי בזלת קשים בבסיס בעובי גדול מ-30 מטר, מעליהם שכבה של 1-3 מטר המורכבת מבזלת בלוייה, חלשה, פריכה ובולדרים קשים של בזלת בגדלים של 0.2-2 מטר. בפני בשטח חרסית חומה, רזה עד שמנה, פלסטיות בינונית, בעובי 0.2-2 מטר. המגע בין היחידות הוא של קילוחים. ההיסטוריה הגיאולוגית שמסבירה את רצף היחידות היא שקילוחי הלבנה התפרצו בזמנים שונים. בין הקילוחים התפתחה בלייה של פני שטח, והתפתחות של קרקע (חרסית), שכיום בעומק ונקרא קרקע קדומה (פלאוסול). ולכן בתוך המסלע הבזלתי עשויים להימצא אופקים של חרסית ובזלת בלוייה.



## חבורת חולה

### בזלת משכי (גיל פליוקן)

אלקלי אוליבין- בזלת (לא נמצאו פירוקלסטים) מקורה בכפר משכי בלבנון, הבזלת זרמה במקביל לערוץ החצבני של היום, גיל הקילוחים הינו 2.5-3 מיליון שנה. אורך מהלכה החשוף כ-36 ק"מ, רוחבה המקסימלי בצפון כ- 2 ק"מ ובדרום כחצי ק"מ. כ-2 ק"מ צפונית מזרחית ממטולה ובגובה כ- 430 מטר מעל פני הים נעלמת כנראה בזלת זו מתחת לבזלת חצבני.



### בזלת חצבני (גיל פליוקן)

אלקלי אוליבין- בזלת, מקור הבזלת נמצא בגבעת מזרעת דרג'ת, כחמישה ק"מ מצפון לכפר ע'ג'ר, והיא מכסה את את בזלת משכי, הקדומה לה. גיל הקילוחים במקומות שונים באזור משתנה בין 0.89+0.14 לבין 1.62+0.28 מיליון שנה (מור, 2014).





## תיאור המסלע בשטח האתר

כ-500 מטר דרומית לקו הכחול נמצאו בולדרים של סלעי בזלת, בקוטר של 150-30 ס"מ, אשר נחפרו בעזרת מחפר מעומק של מטרים בודדים (איור 5). תאור פטרוגרפי של המסלע:

אוליבין בזלת אפורה, כחלחלה, טרייה, חזקה מאוד, איזוטרופית, צפופה, לא זיקולרית, (ללא קלציט או זאווליט), חללים בגודל עד 3 מ"מ בנפח של פחות מ-1%. גבישי אוליבין, בקוטר עד 2 מ"מ, חלקם טריים וחלקם מחומצנים (איור 7). בשולי הבולדרים קיימת בלייה בעובי של כשלושה ס"מ



המתבטאת בצבע בהיר, גבישי אוליבין מחומצנים וחוזק מופחת (איור 8). חתך קרקע/סלע מסוג זה בדרך כלל מאופיין בחדירות נמוכה.



איור 5: חתך בזלת עבה צפון הכפר, נחל חצבני.





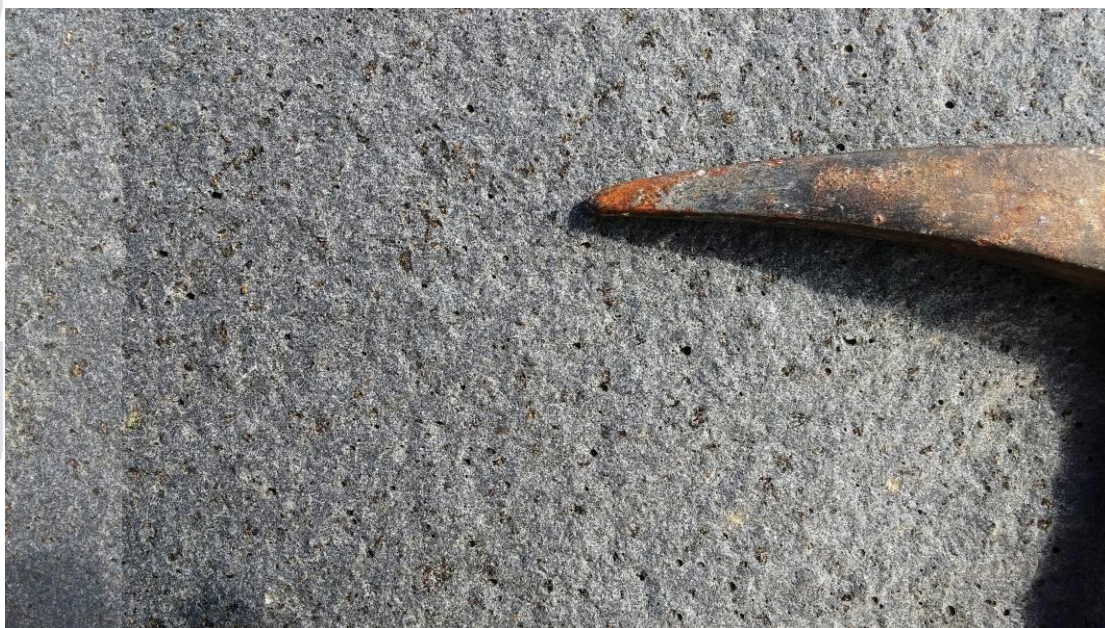
איור 6: בולדרי בזלת.



איור 7: בור שנחפר ע"י באגר, חרסית בעובי 1 מטר מעל בזלת בלוייה, צולם 500 דרומית לשטח

התכנית.





איור 8: למעלה: אוליבין בזלת, למטה: בולדר בזלת עם בליה בשוליו.





איור 9: בולדרי בזלת, צולם במרכז שטח התכנית.





## שיפועי חפירה

1. סלעי בזלת קשים ומאסיביים ללא קרקע קדומה: שיפוע חפירה מומלץ 3V:1H.
2. סלעי בזלת בלויים, שיפוע חפירה מומלץ: 1V:1H.
3. בקרקע, חרסית, רנדזינה. שיפוע חפירה מומלץ: 1V:3H-1V:2H.



## התאמת חומרי חפירה לחומרי גלם

בדיקה של בולדרי בזלת דרומית לע'ג'ר (גיאופרוספקט, 2015) נמצא כי בולדרי הבזלת יכולים לשמש כחומרי גלם לתעשיית הבנייה. מומלץ לקחת בחשבון את השימושים השונים של חומרי החפירה, במאזני החפירה והמילוי. על מנת לבדוק את התאמות הסלעים לחומרי גלם, יש לבצע בדיקות מעבדה מתאימות (לדוג' בדיקות צפיפות, ספיגות, גריסות ושחיקות) לסלעים משטח ההרחבה.





## סיכונים סייסמיים

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



## העתקים פעילים או חשודים כפעילים

שגיא וחובריו, 2019

התכנית ממוקמת באזור פעיל מבחינה טקטונית, בהמשך הצפוני וההתפצלות של טרנספורם ים המלח (השבר הסורי אפריקאי). ההעתקים המוגדרים כפעילים בקרבת שטח התוכנית (איור 13) הם: העתק יסוד המעלה הנמצא במרחק של כ-24 ק"מ דרומית לשטח התוכנית, העתק הירדן במרחק של כ-27 ק"מ.



ההעתקים החשודים כפעילים הקרובים ביותר לתכנית הינם: ממערב העתקי תל חי הנמצא במרחק של 5 ק"מ מערבית לשטח התוכנית. והעתק שיאון הנמצא במרחק של 5 ק"מ מזרחית לשטח התוכנית. אזור התכנית ממוקם בעמק שתחום בין ההעתקים האלה.

על פי מפת ההעתקים הפעילים והחשודים כפעילים בישראל (שגיא וחובריו, 2019), **בתוך תחום התכנית אין העתקים פעילים או חשודים כפעילים**. העתקים חשודים כפעילים, שמעמדם נבדק במכון הגיאולוגי, כפי שנעשה כאן, אינם מהווים מגבלות בניה לפי תקן 413. לפי הסיוור בשטח התכנית, אין סימנים להעתקה צעירה בשטח, אך השטח הינו מעובד ברובו.





## 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 הסיסמי ההיסטורי (בין היתר: Marco et al, 2003; Guido Boni and Comastri, 2005; Ambraseys et al, 2009; Kagan et al. 2011; Zohar et al, 2017). במחקרים הנ"ל מתועדות רעידות אדמה רבות בצפון הארץ וחלקן הוערכו כחזקות ממגניטודה 6.



למשל, בשנים 363, 500/502, 746/749, 1202, 1546, 1759, 1837, 1927 לספירה. רעידות אילו גרמו בין היתר להרס והרג רב בערים צפת (שנהרסה כליל ב 1837 ברעידה שהביאה לאלפי הרוגים), טבריה, בית שאן, בניאס, עכו, שכם, צור ודמשק. רעידות קטנות יותר גם גרמו לנזקים בצפון הארץ למשל ב: 853, 1287 ו 1366 לספירה. מפולות סלעים או גלישות מתועדות בספרות בשנים 853 בטבריה, 1202 בעמק הבקע, 749 אום אל-קנאטיר (גולן) ועוד. סימן-טוב (2009), בעבודתו על מפולות סלעים באזור הכפר ראמה, מציין שמפולות סלעים גדולות תועדו בצפון הארץ אף ברעידות אדמה היסטוריות בעצמה נמוכה.



## רעידות אדמה עכשוויות

מתחילת המאה ה-20 ועד הווה תועדו ע"י מכשירי מדידה רעידות אדמה "עכשוויות". לפי נתוני המכון הגיאופיסי, ברדיוס של 100 ק"מ, התרחשו 33 רעידות אדמה במגניטודה גבוהה מ-4, 8 רעידות במגניטודה 5 ומעלה, ורעידת אדמה אחת במגניטודה 6. המגניטודה הגבוהה ביותר, שנמדדה ברדיוס זה ב-100 השנים האחרונות, היא Md=6 והתרחשה ב-1956 בלבנון, כ-30 ק"מ מהתכנית (טבלה 1, איור 14).





טבלה 1: מוקדי רעידות אדמה מעל מגניטודה 4 ברדיוס של 100 ק"מ מהאתר, בין השנים 1900-2020.

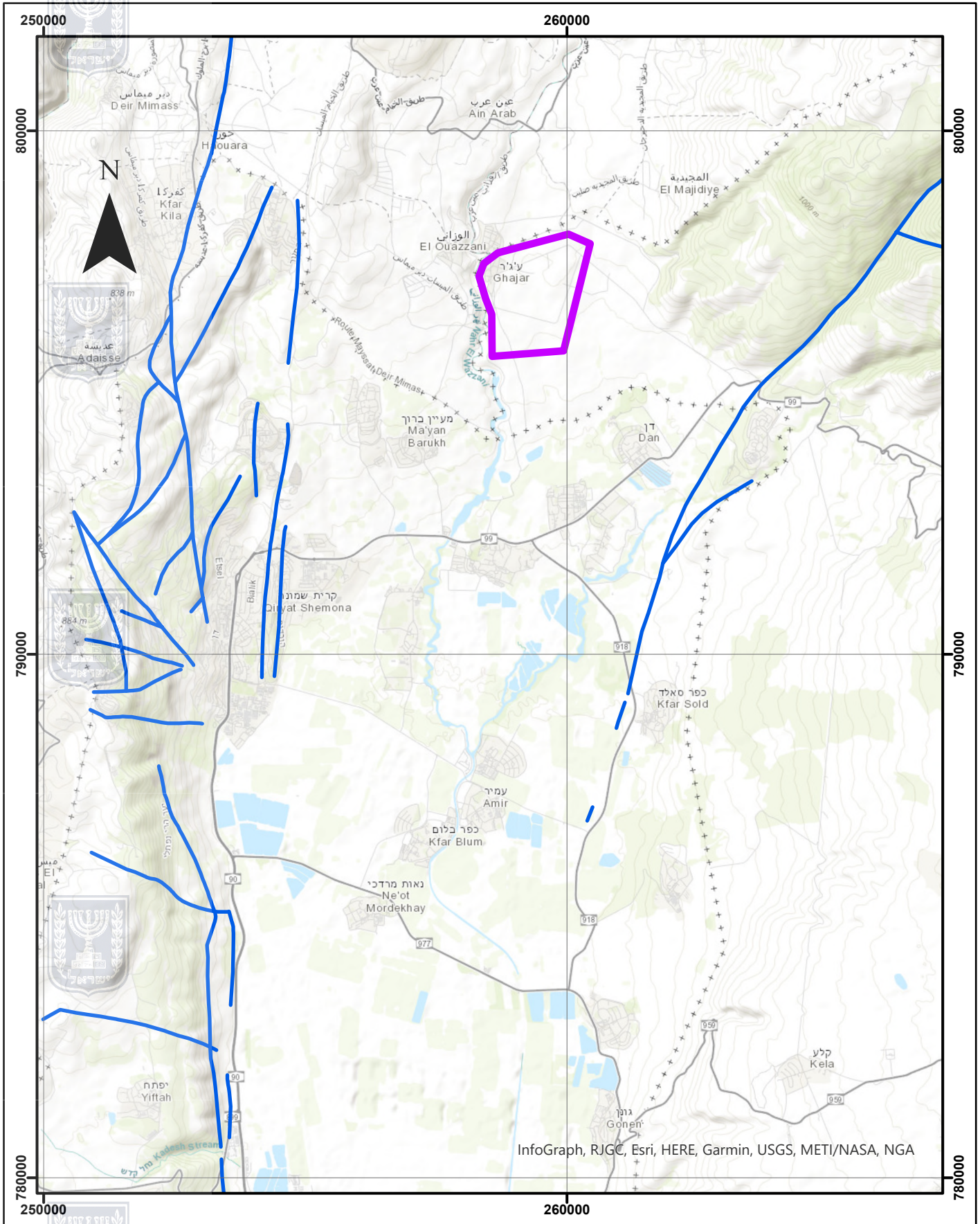
המגניטודה ניתנת בסקלה Md (Duration Magnitude) (המכון הגיאופיסי לישראל).

מרחק מ"ק	Y	X	אזור	עומק מ"ק	Md מגניטודה	תאריך
53	845979	236908	E.Mediter.Sea	10	4.7	10/06/1907
53	845979	236908	E.Mediter.Sea	10	5	22/06/1907
53	845979	236908	E.Mediter.Sea	10	5.2	22/07/1907
66	857983	283911	Yamune	10	5	10/07/1910
83	734983	312918	W.Sirhan	10	5.7	27/02/1924
11	801972	247911	Lebanon	10	4.7	24/09/1927
65	744968	218919	Galilee	10	4.2	27/01/1940
77	722972	237918	Galilee	10	4.7	10/09/1943
64	734072	247218	Hula-Kinneret	10	4.1	07/10/1944
31	767975	246917	Hula-Kinneret	10	4.2	15/09/1947
30	805972	228919	Lebanon	10	6	16/03/1956
30	805972	228919	Lebanon	10	5.5	16/03/1956
89	711979	284918	Northern-Jordan	10	5.5	03/11/1957
11	789974	265914	Yamune	10	4.7	23/09/1964
95	890982	246910	E.Mediter.Sea	10	4.7	26/03/1968
50	845980	246910	Roum	10	4.6	16/04/1971
41	756978	265921	Hula-Kinneret	10	4.1	07/09/1971
4	800978	255914	Roum	10	4.1	08/11/1971
51	745978	255923	Hula-Kinneret	10	4.2	02/09/1973
68	862933	273586	Roum	5	4.9	03/06/1983
80	728489	218242	Carmel-Tirza	12	5.3	24/08/1984
8	792686	264782	Roum	0	4.4	18/10/1984
61	822863	202634	E.Mediter.Sea	12	4.1	02/10/1989
83	829077	335087	Palmira	1	4.6	18/10/1991
62	858584	260141	Roum	7	4.2	09/03/1992
45	841550	252395	Roum	0	4.3	12/11/1993
48	845162	254329	Roum	2	4.1	03/12/1996
69	863094	236747	E.Mediter.Sea	5	5.5	26/03/1997
48	845256	252910	Roum	3	5.2	26/03/1997
71	852908	213988	E.Mediter.Sea	8	4.1	08/02/1999
19	795695	239142	Lebanon	0	4.3	11/02/2008
21	803512	238214	Lebanon	3	4.9	15/02/2008
19	804549	240744	Lebanon	0	4.2	17/04/2009
46	751296	254684	Hula-Kinneret	4	4.1	04/07/2018





מפת העתקים פעילים וחשודים כפעילים

המכון הגיאולוגי



InfoGraph, RJGC, Esri, HERE, Garmin, USGS, METI/NASA, NGA

**מקרא**  
 העתקים   
 העתק חשוד כפעיל 

גבול הסקר הגיאולוגי 



**רג'ר**

תכנית:



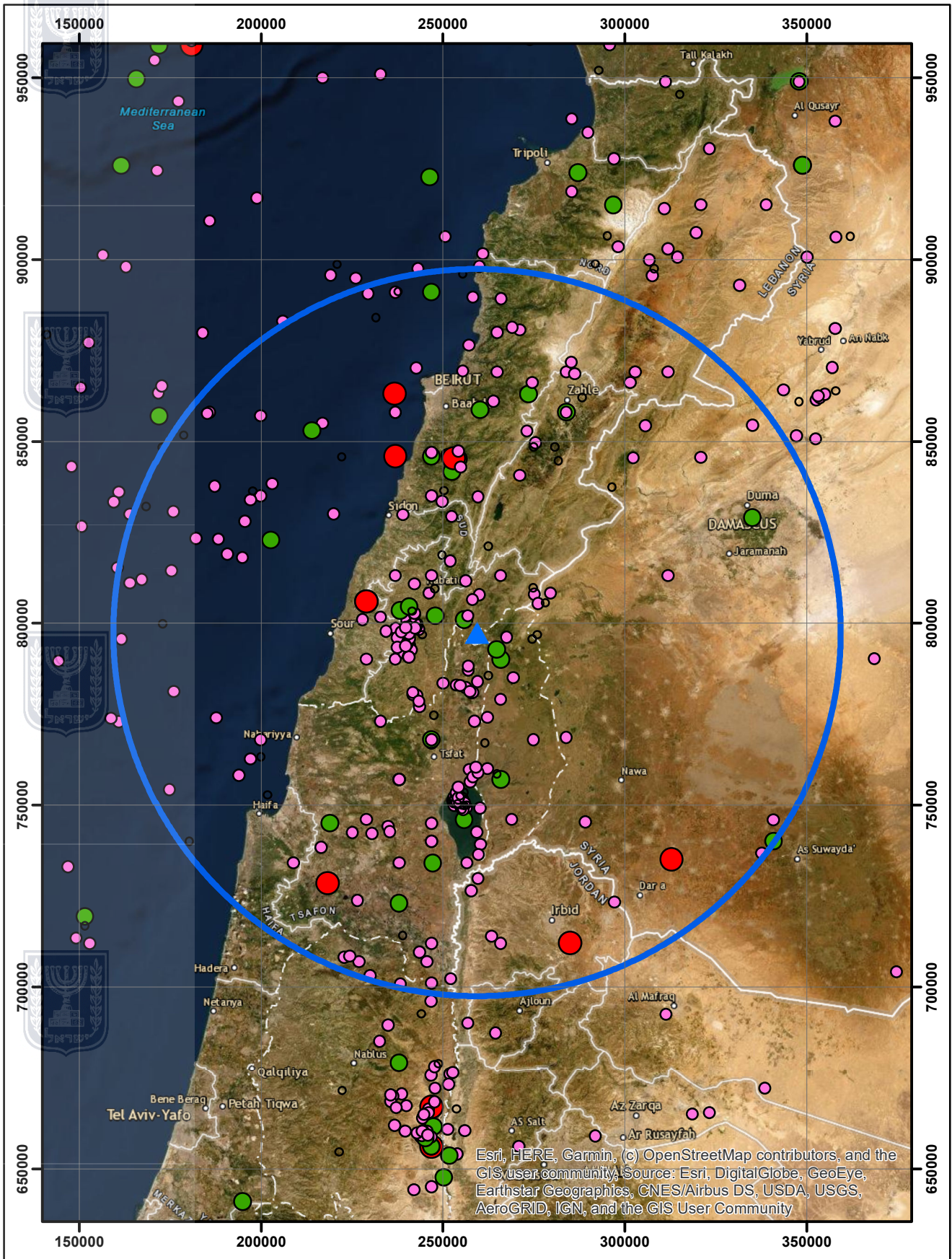
תאריך: 19/06/2023	שרטט: יניב	הכין: אליסה	בדק: מורבר	מהדורה: קנימ:
				1:100,000

שם הקובץ: **איור 10**  
 MINHALMASHBASHIGHAJER\PLANIGIS

# מפת מוקדי רעידות אדמה 1900-2020

תכנון ותוכן: 24/07/2020 10:32:24 סקר גיאולוגי וסיכונים סייסמיים

באדיבות המכון הגיאופיסי



Esri, HERE, Garmin, (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS user community. Source: Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

## Earthquakes (MD)

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

מיקום התכנית  
רדיוס 100 ק"מ

## מקרא



	תכנית: רג'ר			
	מרהדורה: קנימ: 1:1,500,000	בדק: מוברא	הכין: יונתן	שרטט: ויקה
שם הקובץ: MINHAL\MASHBASH\GHJER\PLAN\GIS			תאריך: 23/03/2020	
				<b>איור 11</b>



## 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 2 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 מצוין 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".

כל שטח התכנית מכוסה בשכבה של 0.5-4 מטר חרסית ובזלת בלויה, המונחים על בזלת קשה בעובי הגדול מ-30 מטר. מכיוון שאין קידוחים בשטח התכנית נעשה הערכה שמרנית מושכלת הכוללת שיכלול החרסית והבזלת הבלויה (דירוג E-D) ובזלת קשה (דירוג A), הנחה כי ייתכן וקיימים קרקעות קדומות (פליאוסול) בתת הקרקע בעובי 1-2 מטר, אך רוב בחתך יהיה בזלת קשה. ומכאן הוגדרה הקרקע כסוג כ-B.



טבלה 2: סיווג הקרקע באתר מתוך תקן 413, גיליון 5.

סוג הקרקע באתר	תיאור	מהירות גל הגזירה ב-30 מ' העליונים של קרקע השתית (מטר לשנייה)	התנגדות בבדיקת החדרה תקנית (SPT) <sup>(N)</sup>	חוזק גזירה לא מנוקז (קילופסקל) <sup>(A)</sup>
		$\bar{V}_s$	$\bar{N}$	$\bar{S}_u$
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 אנליזות תגובת אתר ספציפית כמפורט בסעיף 202.2.3.			
<b>הערות לטבלה:</b>				
(א) במקרה של אי-התאמה בין בדיקת $\bar{N}$ ל- $\bar{S}_u$ , 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), היינו  $Z=0.25g$ . התאוצות מחושבות ע"י

קובץ אקסל באתר האינטרנט של מכון התקנים הישראלי להסתברות של 10% ב-50 שנה (Assaf

(Klar, Technion, 2011), (מפה באיור 15). מקדם זה מצביע על רמת סיכון גבוהה.

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 שמשמשים בהם לחישובים הנ"ל:

$Z =$  תאוצת השיא האופקית הצפויה של הסלע.



$S_s =$  מקדם תאוצה ספקטראלית אופקית, למערכות בעלות ריסון של 5%, על סלע עבור זמן מחזור קצר.

$S_1 =$  מקדם תאוצה ספקטראלית אופקית, למערכות בעלות ריסון של 5%, על סלע 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 16. בטבלה 3 מוצגות התאוצות הספקטראליות המחושבות מתוך קובץ אקסל המופץ ע"י מכון התקנים בצירוף לתקן 413, לפי



קואורדינטות של שטח התוכנית וסוג הקרקע (נכתב ע"י Assaf Klar, Technion, 2011). התאוצות מחושבות לזמני מחזור שונים, ולסוגי שתית A ו-B.





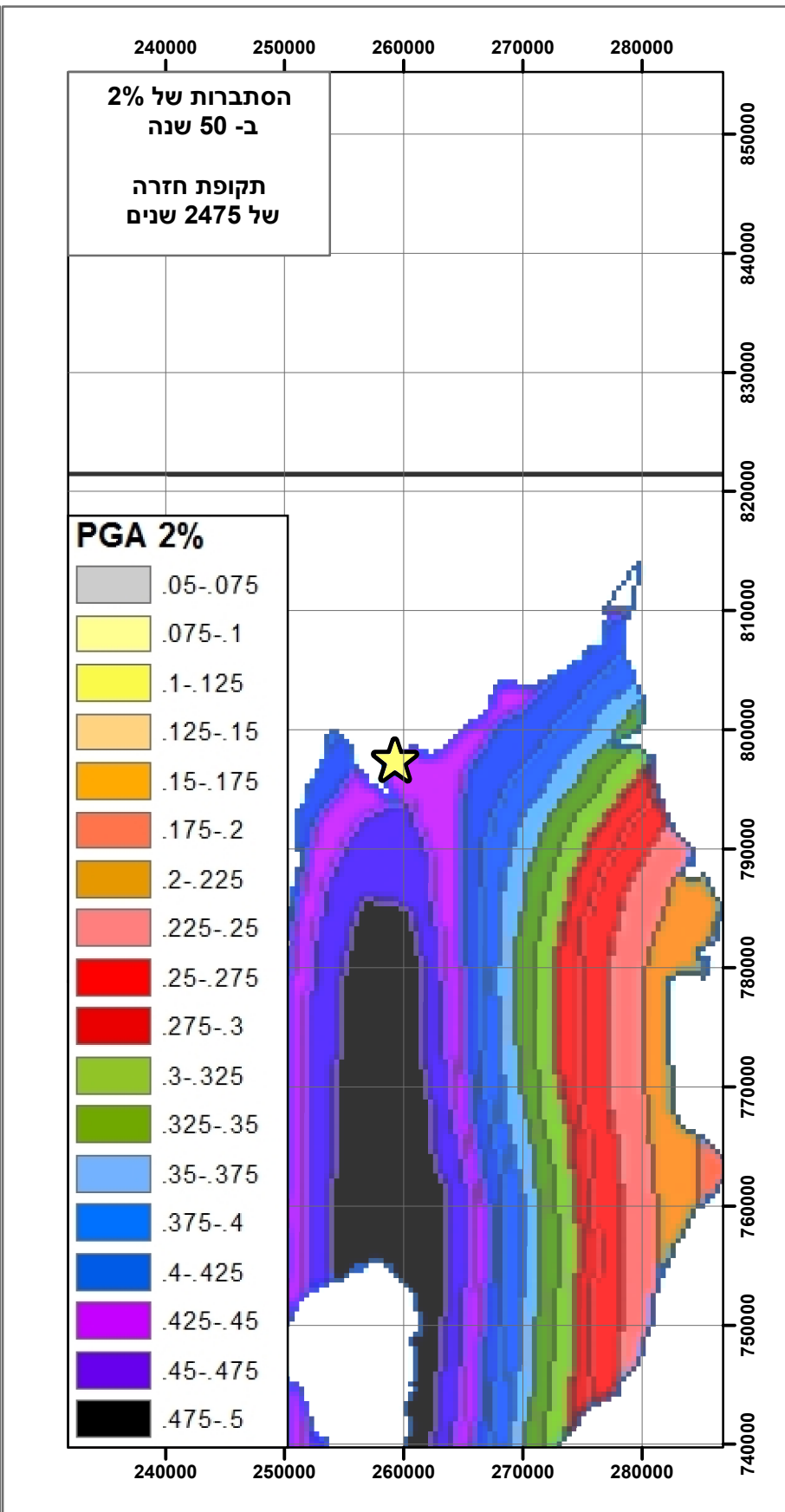
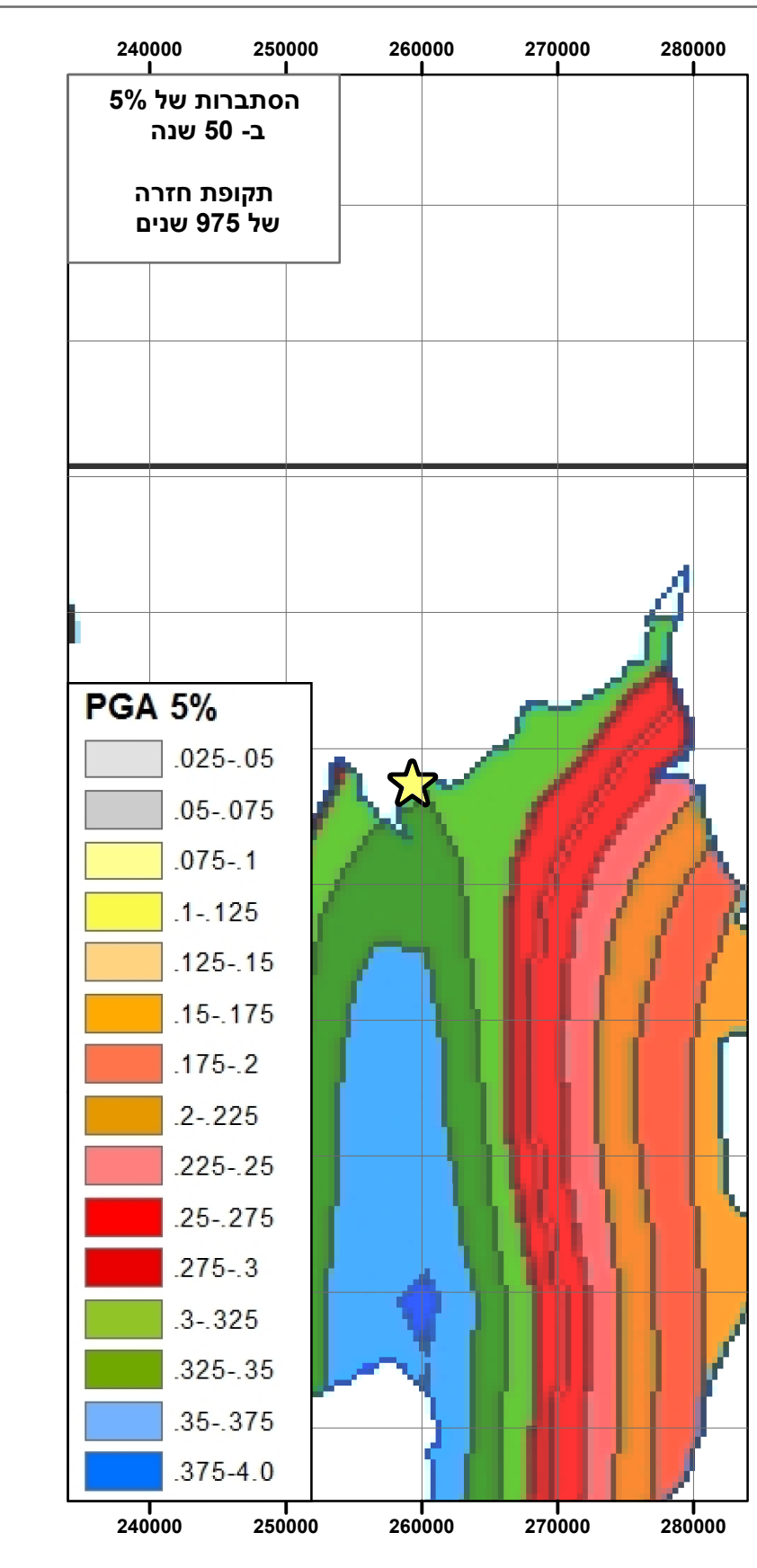
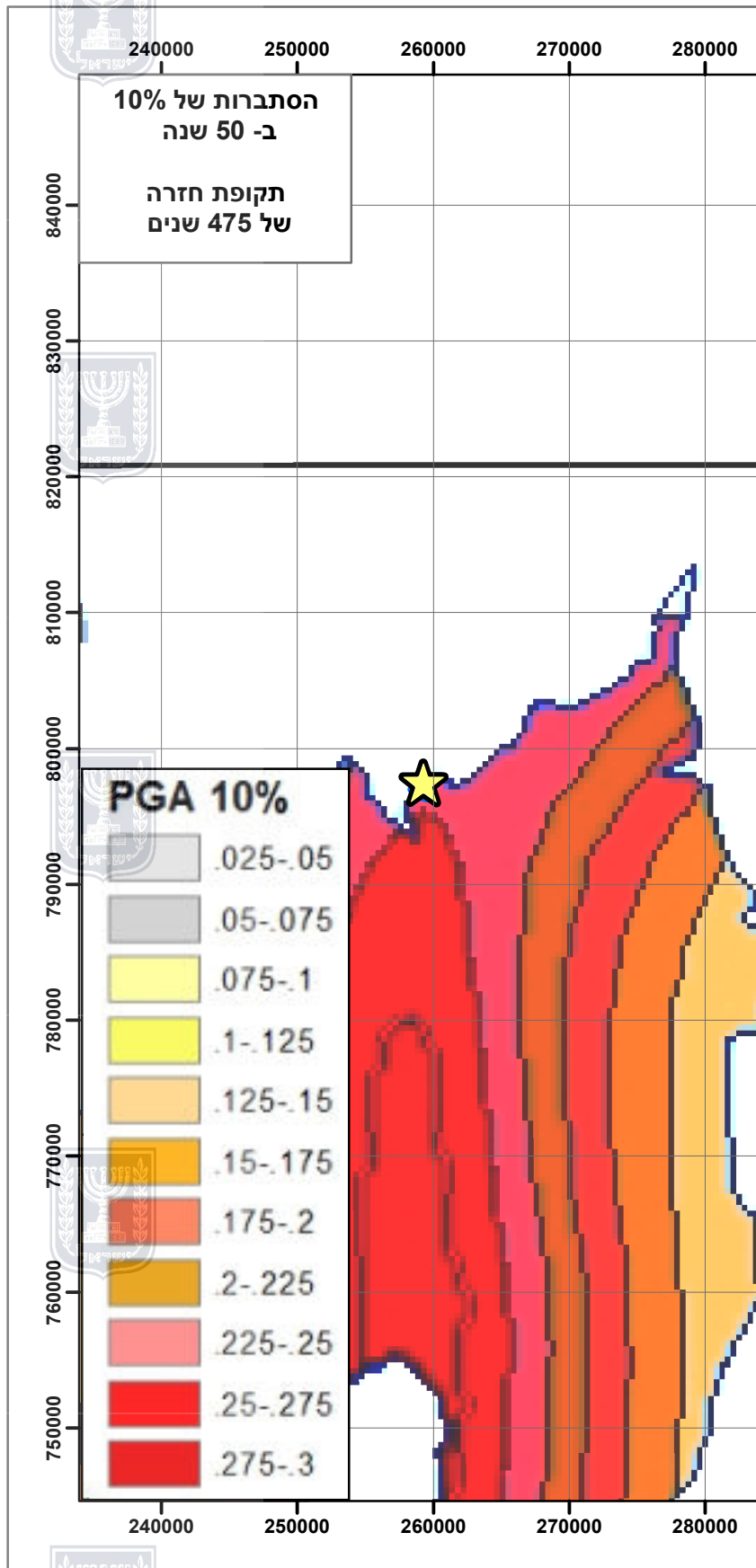
טבלה 3: תאוצות ספקטראליות (מחושב מתוך אסף קלר, טכניון, 2011, דף עזר לחישוב ספקטרום עפ"י מיקום האתר וסוג הקרקע – גליון 5 של ת"י 413).

הסתברות ב-50 שנה															סוג שתית
10%					5%					2%					
SD1	SDs	Z	Ss	S1	SD1	SDs	Z	Ss	S1	SD1	SDs	Z	Ss	S1	
0.09	0.49	0.25	0.61	0.12	0.13	0.65	0.32	0.81	0.16	0.19	0.90	0.44	1.12	0.24	<b>A</b>
0.12	0.61	0.25	0.61	0.12	0.16	0.81	0.32	0.81	0.16	0.24	1.12	0.44	1.12	0.24	<b>B</b>



# מיקום התכנית ע"ג מפת תאוצות קרקע

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



מקרא



מיקום התכנית



תכנית: רג'ר



1:550,000

מחזור: קנימי

תאריך: 27/01/20

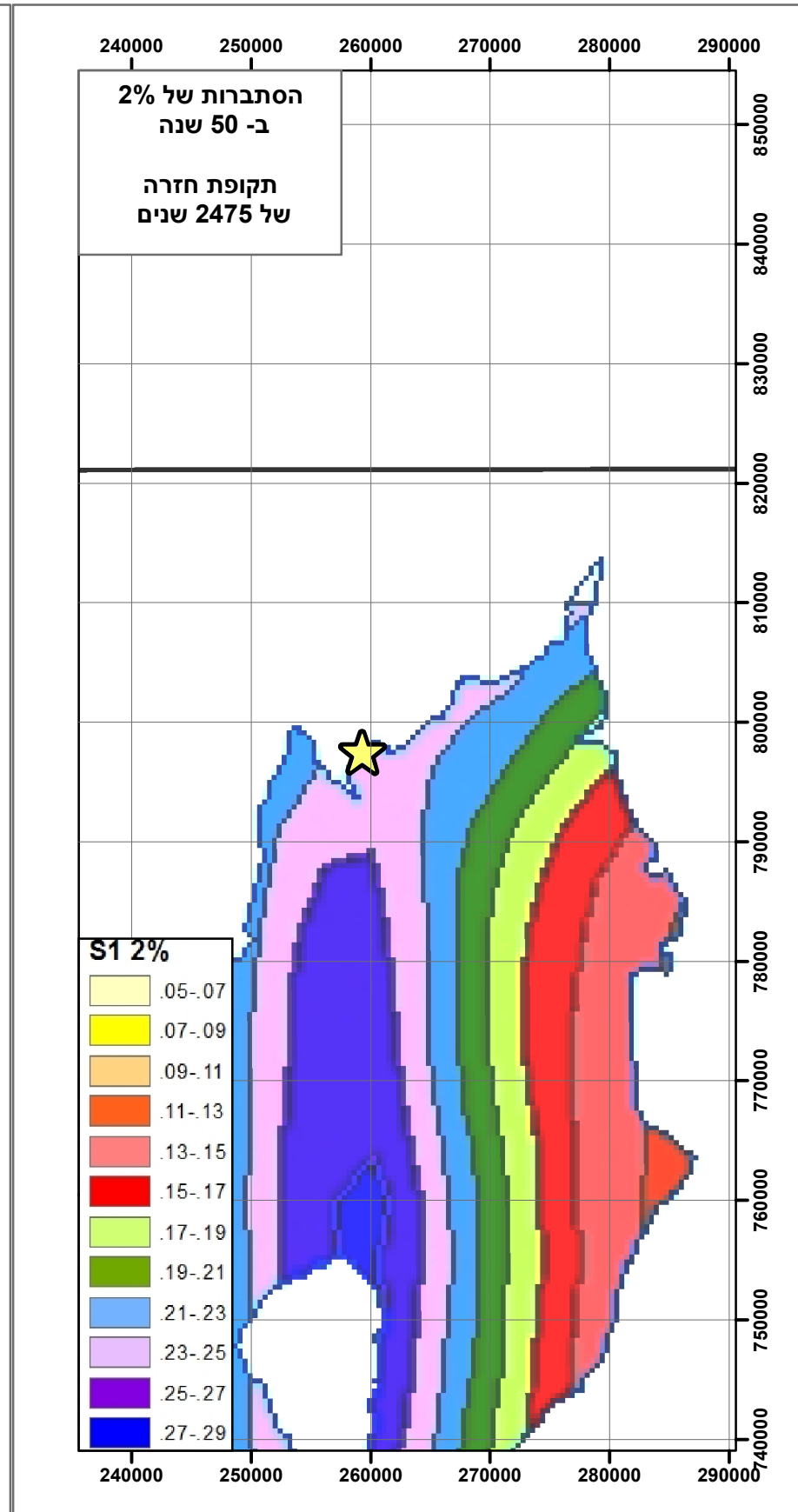
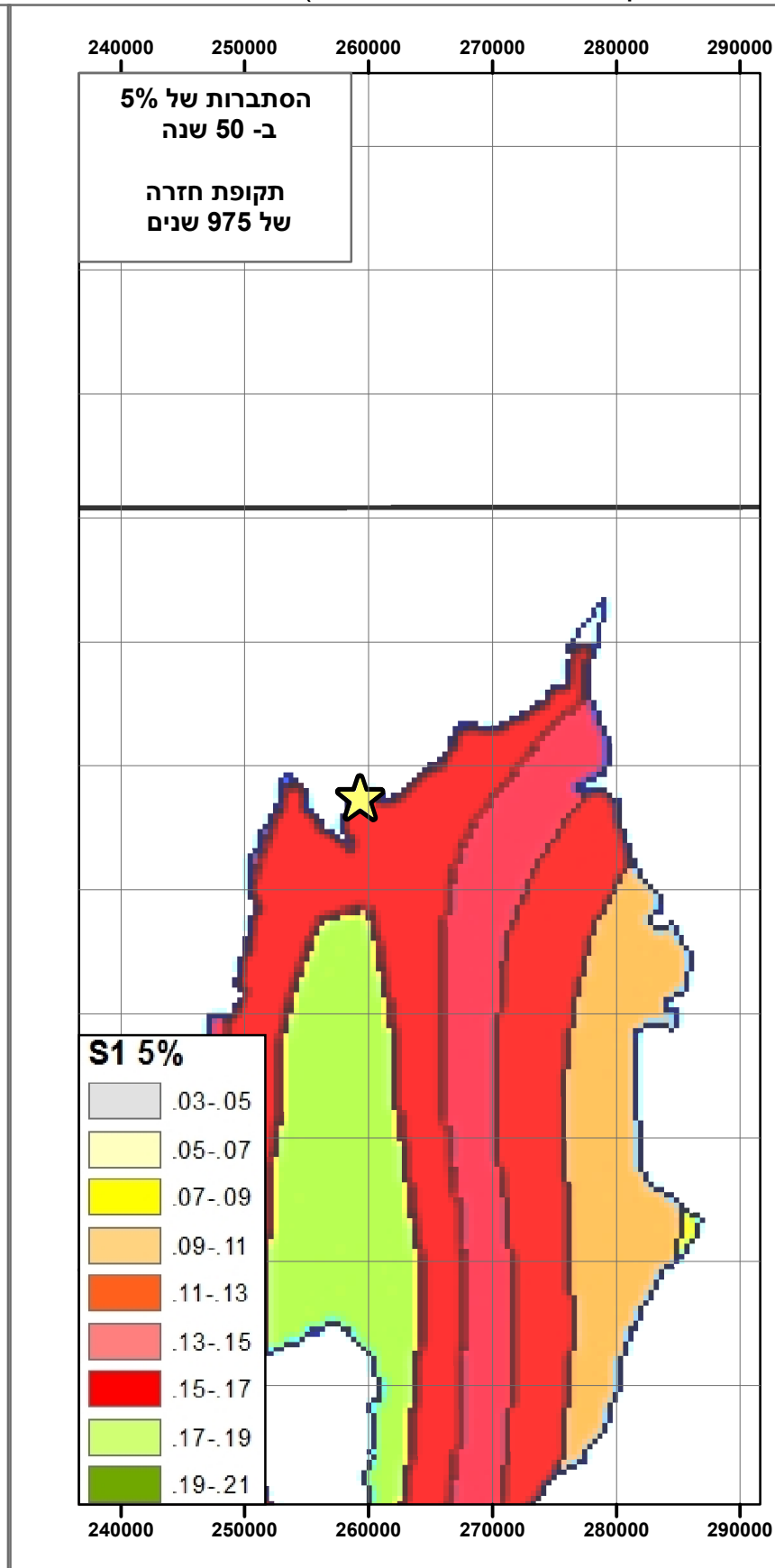
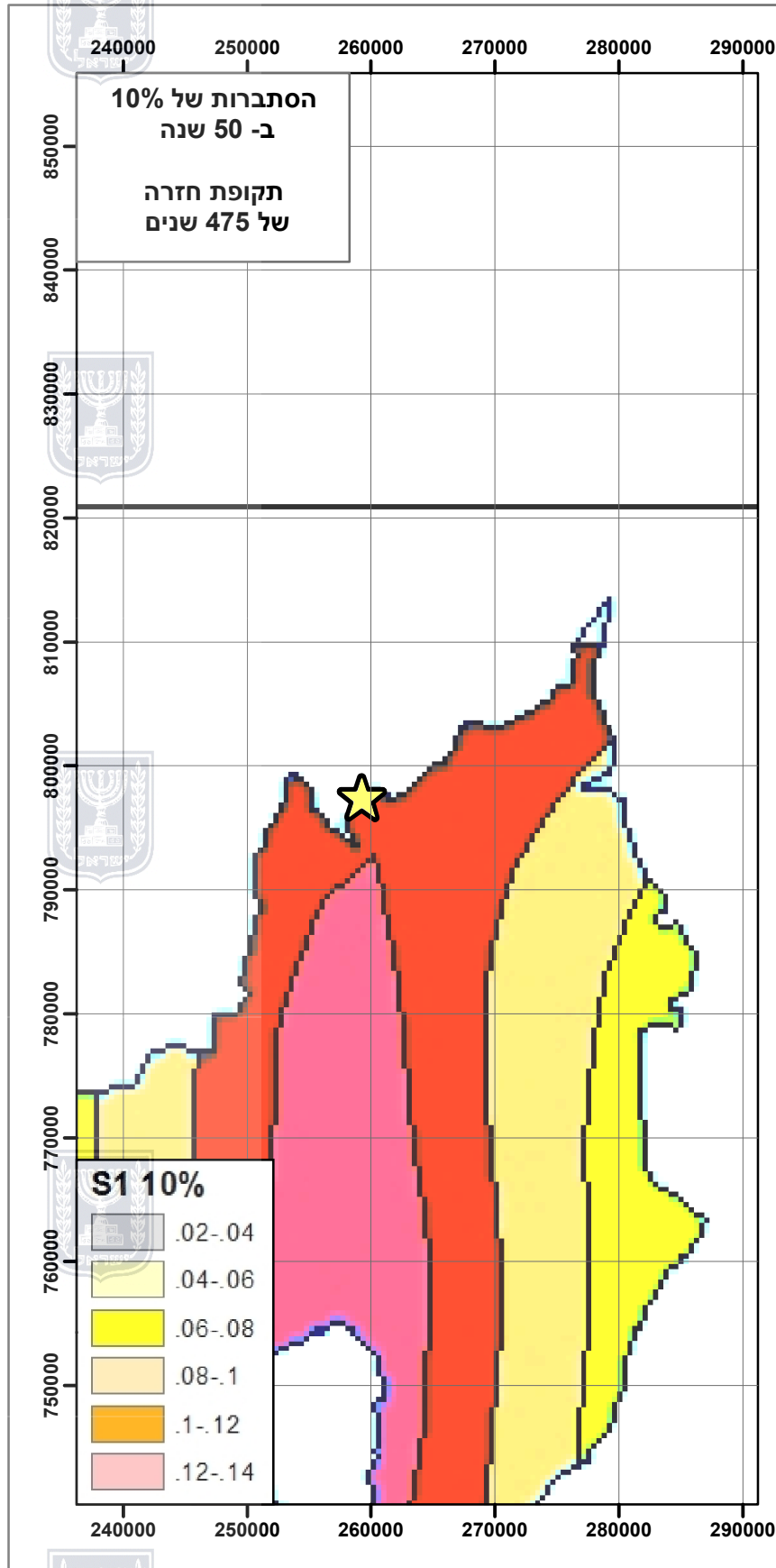
שם הקובץ: MINHAL\MASHBASH\HAJER\PLAN\GIS

שרטוט: יונתן

איור 12

### מיקום התכנית ע"ג מפת תאוצות ספקטרליות

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



**מקרא**

מיקום התכנית



תכנית: רג'ר



מחזור: 1:550,000	קניין: מורכב	שטח: יונתן	תאריך: 27/01/20
שם הקובץ: MINHAL\MASHBASHIGHAJER\PLAN\GIS			איור 13



## הגברה של תאוצות הקרקע עקב תנאים גיאולוגיים וטופוגרפיים

(site effect, site amplification)

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 17) שטח התכנית ממוקם באזור המוגדר כ"אתר סלע", כך שלפיה לא צפויה בו הגברת שתית.





מכיוון שיחידות סלע רכות המונחות על יחידות סלע קשות עשויות להגביר גלים סייסמיים, מומלץ לבנות ישירות על סלע (שהוגדר לעיל סוג שתית B). לכן, במידת האפשר יש להסיר את יחידת הכיסוי. במידה ויתגלה שעובייה גדול, אזי יש לפעול לפי ההנחיות, כתלות בסוג השתית שייקבע.

### סקרי תגובת אתר שנעשו בעבר



לא בוצע סקר תגובת אתר בתחום התכנית, לפי האתר של המכון הגיאופיסי (<http://www.gii.co.il>). הסקר הקרוב ביותר בוצע במרחק 6 ק"מ בקרית שמונה (2002) ע"י זסלבסקי וחוב', המכון הגיאופיסי. אזור הסקר אינו רלוונטי לשטח התכנית.

### 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).



שטח התוכנית נמצא באזור בעל שיפועים נמוכים ולא בפסגת ההר, ולכן אין חשש להגברה טופוגרפית.

### התנזלות

התנזלות היא תופעה בה תשתית רכה, שאינה מלוכדת (למשל חול), 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 צידם או שוקעים בזמן רעידת אדמה. קיום התנזלות תלוי בשלושה תנאים: קרקע לא מלוכדת, מי תהום רדודים (עד 20 מ' לפי Idriss and Boulanger, 2006) ותאוצות סיסמיות משמעותיות.



באזור התכנית לא קיימת סכנת התנזלות.

### נחשולי ים - צונאמי

אין סכנה מצונאמי באזור התוכנית, בשל הפרשי הגובה והמרחק הרב מהים ומכל מקור מים גדול אחר.



שטח התכנית ע"ג מפת האזורים החשודים  
בהגברות שתית חריגות

מתוך: גבירצמן, ז., זסלבסקי, י., 2009



מפה מקורית הוכנה: 1:200,000



**מקרא**

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

גבול הסקר הגיאולוגי



תכנית:  
**רג'ר**

**גיאופרוספקט**  
גיאולוגיה, סביבה, תכנון.

תאריך: 19/06/2023	שרטוט: יניב	הכין: אליסה	בדק: מבורא	מהדורה: קנימ:	1:50,000
-------------------	-------------	-------------	------------	---------------	----------

שם הקובץ: MINHAL\MASHBASH\GHAJER\PLAN\GIS			<b>איור 14</b>	
-------------------------------------------	--	--	----------------	--



## 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. הטופוגרפיה באזור התכנית מתונה ואין סכנת גלישת חומר. מערבית לשטח התכנית על גדות נחל שניר קיים אזור בעל סכנה לגלישת חומר, כיוון הגלישה יהיה לנחל ולא לשטח התכנית. הכתוב לעיל מתייחס לשיפועים הטבעיים.







## ביבליוגרפיה

- גבירצמן, ז. (2004), הגברת תנודות הקרקע בשפלה: הקשר האימפירי בין מדידות תהודה באעשי רקע למבנה הגיאולוגי. המכון הגיאולוגי. דו"ח GSI/17/2004.
- גבירצמן, ז, זסלבסקי, י. 2009 א, מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות. המכון הגיאולוגי והמכון הגיאופיסי לישראל, דו"ח TR-GSI/12/2008.
- גבירצמן, ז. וזסלבסקי, י. 2009 ב, מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות, דברי הסבר. המכון הגיאולוגי והמכון הגיאופיסי לישראל. דו"ח GSI/15/2009.
- כץ, ע. ואלמוג, ע., 2006, מפת סכנה ארצית לגלישות מדרון בישראל; גליון צפוני, קנ"מ 1:200,000, דו"ח מס' GSI/38/2006.
- כץ, ע. וכרובי, א., (2003), הערכת הסכנה לגלישת מדרון בזמן רעידת אדמה, חלק א: גליון צפת (ישראל 1:50,000, גליון III-2). דו"ח המכון הגיאולוגי. GSI/25/03.
- 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" GSI/21/2012, המכון הגיאולוגי, ירושלים.
- מור, ד., 1986. הגולן – הוולקניזם ברמת הגולן. המכון הגיאולוגי, דו"ח GSI/5/86.
- מור, ד., 2014. הגולן – ארץ הרי הגעש. הוצאת אקדמון, האוניברסיטה העברית ירושלים. הוצאה שנייה, התשע"ד.
- מכון התקנים הישראלי (2013), גליון התיקון מס' 5 לת"י 413- תכן עמידות מבנים לרעידות אדמה.
- סנה, ע., וינברגר, ר., 2003 א. מפה גיאולוגית של ישראל 1:50,000. גליון מטולה. המכון הגיאולוגי, ירושלים.
- סנה, ע., וינברגר, ר., 2003 ב. המיפוי הגיאולוגי של גליון מטולה 1:50,000 – השלכות לחלוקה הסטרטיגרפיה ולמערך ההעתקים סביב עמק החולה. המכון הגיאולוגי, דו"ח GSI/7/2003.
- קלר, א., זסלבסקי, י., מאירוב, ט., שפירא, א., (2011), מפות תאוצה ספקטראלית לשימוש בת"י 413 גליון תיקון 5. המכון הגיאופיסי דו"ח מס' 522/599/11, הטכניון – המכון הלאומי לחקר הבניה, דו"ח מס' 2012938-1.





- שגיא, א., רוזנזפט, מ. (2019), עדכון מעמד העתקים במפת העתקים פעילים וחשודים כפעילים לשנת 2019 עבור תיקון 6 לתקן ישראלי 413. דוח המכון הגיאולוגי GSI/04/2019.



- Ambraseys, 2009, Earthquakes in the Mediterranean and Middle East: a multidisciplinary study of seismicity up to 1900, New York, Cambridge University Press, 947 p.
- 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.
- Hough, S. E., Altidor, J. R., Anglade, D., Given, D., Janvier, M. G., Maharrey, J. Z., & Yong, A. (2010). Localized damage caused by topographic amplification during the 2010 My] 7.0 Haiti earthquake. Nature Geoscience, 3(11), 778-782.
- 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.
- Kebeasy, T. R. M., Husebye, E. S., & Hestholm, S. (2008). Are Rock Avalanches and Landslides Due to Large Earthquakes or Local Topographic Effects? A Case Study of the Lurøy Earthquake of August 31, 1819, A 3D Finite Difference Approach. In Earthquake Monitoring and Seismic Hazard Mitigation in Balkan Countries (pp. 271-289). Springer Netherlands.
- Lee, S. J., Komatitsch, D., Huang, B. S., & Tromp, J. (2009). Effects of topography on seismic-wave propagation: An example from northern Taiwan. Bulletin of the Seismological Society of America, 99(1), 314-325.
- Marco, s., Hartal, M., Hazan, N., Lev, L., Stein, M., 2003, Archeology, history and geology of the A.D. 749 earthquake, Dead Sea transform





- McCrink, T. P., Wills, C. J., Real, C. R., & Manson, M. W. (2010). Effects of topographic position and geology on shaking damage to residential wood-framed structures during the 2003 San Simeon earthquake, western San Luis Obispo County, California. *Earthquake Spectra*, 26(3), 779-802.
- Salamon, A. Rockwell, T., Ward, S.N., Guidoboni, E., and Comastri, A., 2007, Tsunami hazard evaluation of the eastern Mediterranean: historical analysis and selected modeling. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 97, No. 3, pp. 705-724.

