

תכנית מתאר כוללנית

נ ש ר - 355-0753905

אפריל 2022

סקר סיכוני רעידות אדמה ראשוני



סקר סיכומי רעידות אדמה ראשוני
עבור תכנית המתאר הכוללת
נשר



עמוד i

יולי 2017, עדכון: אפריל 2022

תוכן העניינים

1	הקדמה	1
1	רקע	1.1
1	תחום התכנית והתנאים הגיאולוגיים והמורפולוגיים בסביבתה	1.2
4	הערכת הסיכונים הסיסמיים באזור התכנית	2
4	קריעת פני השטח כתוצאה מהעתקה	2.1
6	תנאי השתית והגברת תנודות הקרקע	2.2
6	תאוצות אופקיות חזויות על פי ת"י 413	2.2.1
8	הגברת שתית חריגה של התאוצות החזויות	2.2.2
12	גלישת קרקע	2.3
14	התנזלות	2.4
16	הופעת נחשול ים (צונאמי)	2.6
17	מסקנות והמלצות	3
17	סיכום ממצאי הבדיקה והמלצות	3.1
18	הנחיות לתכנון מפורט	3.2
22	מקורות	4





סקר סיכומי רעידות אדמה ראשוני
עבור תכנית המתאר הכוללת
נשר

עמוד ii



יולי 2017, עדכון: אפריל 2022

רשימת איורים

- איור 1 : גבול תכנית נשר על רקע מפה גיאולוגית בקני"מ 1: 50,000
- איור 2 : חתך סטרטיגרפי ומקרא למפה הגיאולוגית באיור 1
- איור 3 : מיקומו המשוער של העתק הכרמל על פי מידע מתת הקרקע באזור התכנית
- איור 4 : חתך תגובת אתר באזור נשר
- איור 5 : מפת פיזור מוקדי רעידות אדמה באזור התכנית, מתוך קטלוג המכון הגיאופיזי
- איור 6 : גבול התכנית על גבי מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות
- איור 7 : שטח התוכנית על רקע מפת סקר מיקרוזונציה
- איור 8 : מפת רגישות לכשל מדרונות
- איור 9 : גבול התכנית על רקע מפת האזורים הרגישים להתנזלות בעמק זבולון
- איור 10 : מפת ריכוז סיכונים סיסמיים על רקע גבול תוכנית נשר
- איור 11 : מפת ריכוז סיכונים סיסמיים וגבול תוכנית נשר על רקע תצלום אויר
- איור 12 : מפת ריכוז סיכונים סיסמיים וגבול תוכנית נשר על תשריט יעודי הקרקע של התכנית .. 21

רשימת טבלאות

- טבלה 1 : תאוצת הקרקע האופקית שגבוהה ממנה אינה צפויה בנשר עבור שתית סלעית
- טבלה 2 : טבלה מסכמת של השלכות ממצאי הבדיקה





1. הקדמה

1.1. רקע

בהנחיות מנהלת מינהל התכנון מיום 10 באפריל 2014 נקבעו סוגי תכניות עבורן יש לבצע סקר סיכומי רעידות אדמה ראשוני, במידה ותכניות אילו ממוקמות באזורי סיכון לפי הגדרתם בהנחיות.

מטרתו של הסקר היא שיפור בסיס הידע לצורך התחשבות בסיכומי רעידות אדמה בפריסת יעודי הקרקע בתכנית, והגדרת הבדיקות המפורטות הנדרשות בשלבי התכנון הבאים.

גורמי הסיכון אותם יש לבחון במסגרת הסקר הינם:

א. קריעת פני שטח כתוצאה מהעתקה

ב. תנאי השתית והגברת תנודות קרקע

ג. גלישות קרקע

ד. התנזלות

כמו כן, מציינות ההנחיות כי באזורים המועדים להצפה מצונאמי רצוי להימנע ככל הניתן מייעוד שטחי קרקע חדשים של מבני ציבור המאכלסים קהל רחב כדוגמת בתי ספר וגני ילדים.

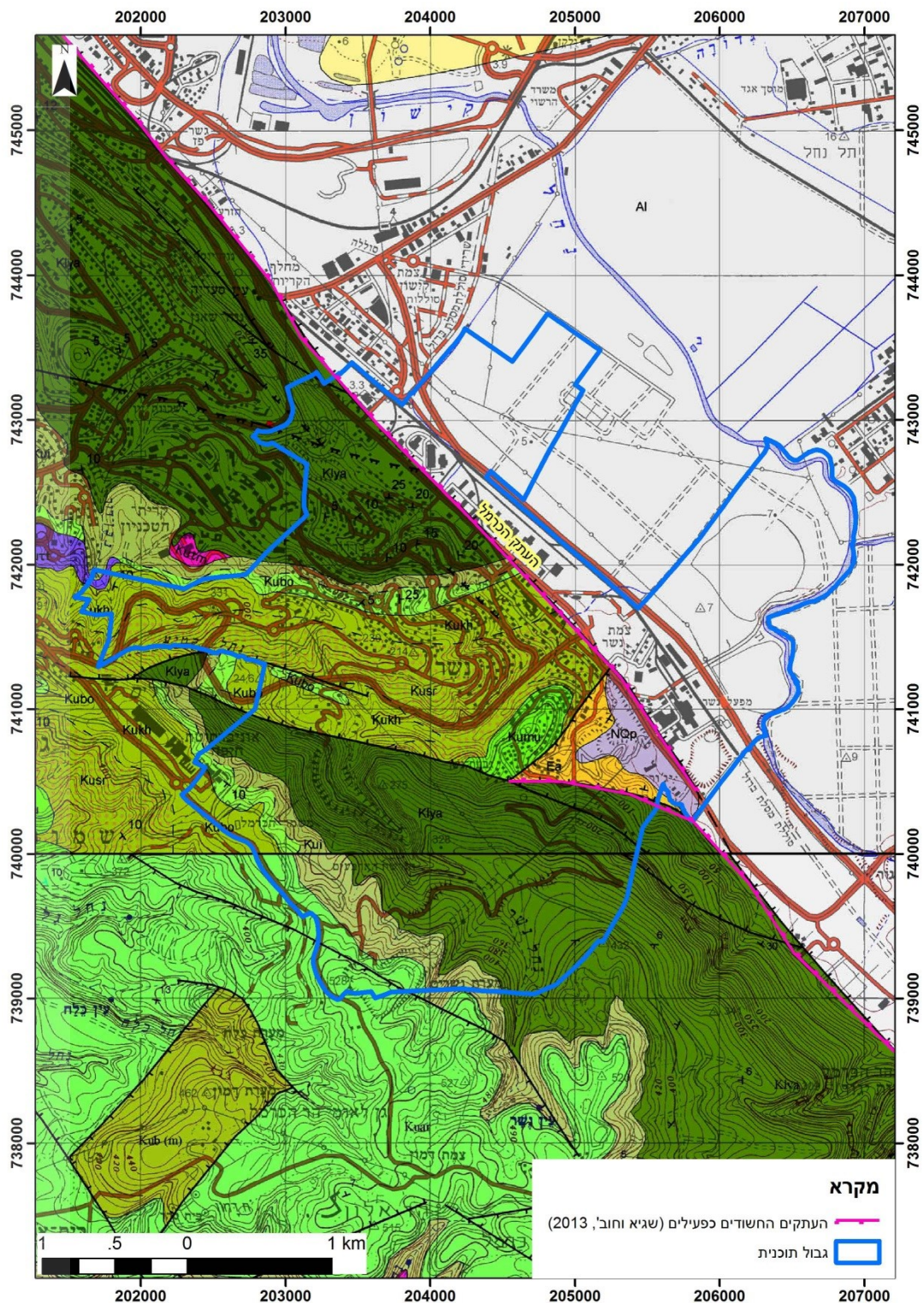
"תכנית המתאר הכוללת נשר" (להלן "התכנית", איור 1) כלולה בסווג התכניות המחויבות בסקר סיכומי רעידות אדמה ראשוני (קטגוריה מס. 1 – תכניות מתאר כוללת בתחום אזור סיכון כמוגדר בהנחיות).

1.2. תחום התכנית והתנאים הגיאולוגיים והמורפולוגיים בסביבתה

תכנית נשר (איור 1) ממוקמת מדרום מזרח לעיר חיפה; חלקה הארי, הדרום מערבי, כולל את מורדותיו הצפון-מזרחיים של רכס הכרמל. הפרש הגבהים בתחום התכנית הוא מעל 450 מ', והוא משתרע על פני מרחק אווירי של פחות מ-3 קמ'. אזור זה מחורץ על ידי נחלים עמוקים המתנקזים לכוון צפון מזרח. חלקה הצפון מזרחי של התכנית הוא מישורי, ומשתרע בתחום עמק זבולון. המעבר בין האזור התלול לאזור המישורי של התכנית הוא חד, ומסמן את מיקומו המקורב של העתק הכרמל (ראה בהמשך).

השתית הטבעית בתחום התוכנית של נשר כוללת כיסוי אלוביוס צפון מזרחית להעתק הכרמל (איור 1). במרבית שטח התכנית, בחלק שמדרום מערב להעתק הכרמל, נחשפים סלעים קרבונטים מחבורת יהודה הכוללים דולומיט, גיר וקירטון. באזור מחצבת נשר בחלקה המזרחי של התוכנית נחשפים סלעי אבן חול גירית מתצורת פלשת המונחים על קירטון מתצורת עדולם.

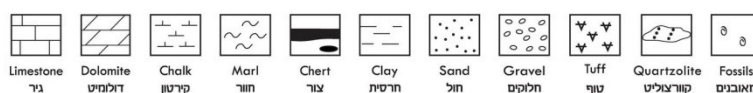




איור 1: גבול תכנית נשר על רקע מפה גיאולוגית בקב"מ 1:50,000 (חלק צפוני: גליון חיפה, קרץ וסנה, 2011; חלק דרומי: גליון עתלית, שגב ושש, 2009).

STRATIGRAPHY סטרטיגרפיה

SYSTEM תקופה	SERIES - STAGE סדרה - דרגה	SYMBOL סימן	THICK. m עובי מ'	LITHOLOGY מסלע	LITHOSTRATIGRAPHY ליתוסטרטיגרפיה	
					MAPPING UNITS יחידות מיפוי	GROUP חבורה
QUATERNARY קוורטר	HOLOCENE הולוקן	Al	2+		Alluvium אלוביום	KURKAR כורכר
		Qs	2+		Sand dunes דינות חול	
	PLIO-PLEISTOCENE פליו-פלייסטוקן	Qk	20+		Calcareous sandstone אבן חול גירית	
		NQp	75+		Pleshet Formation תצורת פלשת	
TERTIARY טרטרי	NEOGENE נאוגן	Et			Timrat Fm. ת. תמרת	AVEDAT עבדת
	PALEOGENE פלאוגן	Ea	90+		Adulam Formation תצורת עדולם	
		KTgt	15+		Ghareb & Taqiye fms. תצורת עירב וטקיה	MOUNT SCOPUS הר-הצופים
					Muhraqa Formation תצורת מחרקה	
CRETACEOUS קרטיקון	UPPER עליון	TURONIAN טורון	Kumu	75-80	Shamir Formation תצורת שמיר	JUDEA יהודה
			Kusr	95-120	Khureibe Formation תצורת חרייבה	
		CENOMANIAN קנומן	Kukh	80-110	Tavasim Tuff טוף טווסים	
			Kutt	0-60	Bet Oren 1st, Grephea 1st גיר בית אורן, גיר גרפאה	
			Kubo	10-30	Isfiye Formation תצורת עספא	
			Kui	50-60	Maharal Tuff טוף מהר"ל	
	LOWER תחתון	ALBIAN אלביאן	Kutm	0-40	Yagur Formation תצורת יגור	
			Klya	320+		



GEOLOGICAL LEGEND

Contact between mapping units
Contact between mapping units, inferred
Fault
Fault, throw direction unknown
Fault, inferred
Fault, concealed
Dike
Dip (degrees)

Ruin

מקרא גיאולוגי

מגע בין יחידות מיפוי
מגע משוער בין יחידות מיפוי
העתק
העתק, כיוון זריקה לא ידוע
העתק משוער
העתק מכוסה
דייק
נטייה (מעלות)

ע"י חורבות

איור 2: חתך סטרטיגרפי ומקרא למפה הגיאולוגית באיור 1 (קרץ וסנה, 2011).



2. הערכת הסיכונים הסיסמיים באזור התכנית

2.1. קריעת פני השטח כתוצאה מהעתקה

פעילות סיסמית (רעידת אדמה) על גבי העתקים באה לידי ביטוי בין היתר בתנועה יחסית של הסלעים משני צידי ההעתק תוך כדי סידוק, ריסוק וקריעת סלע. כאשר פעילות זו מצטלבת עם פני השטח מתרחש מעוות היכול להוביל להרס של מבנים הממוקמים על גבי ההעתק או בתחום רצועת הגזירה שלו (שעוביה האפשרי הוא עד מס' מאות מטרים מכל צד של ההעתק).

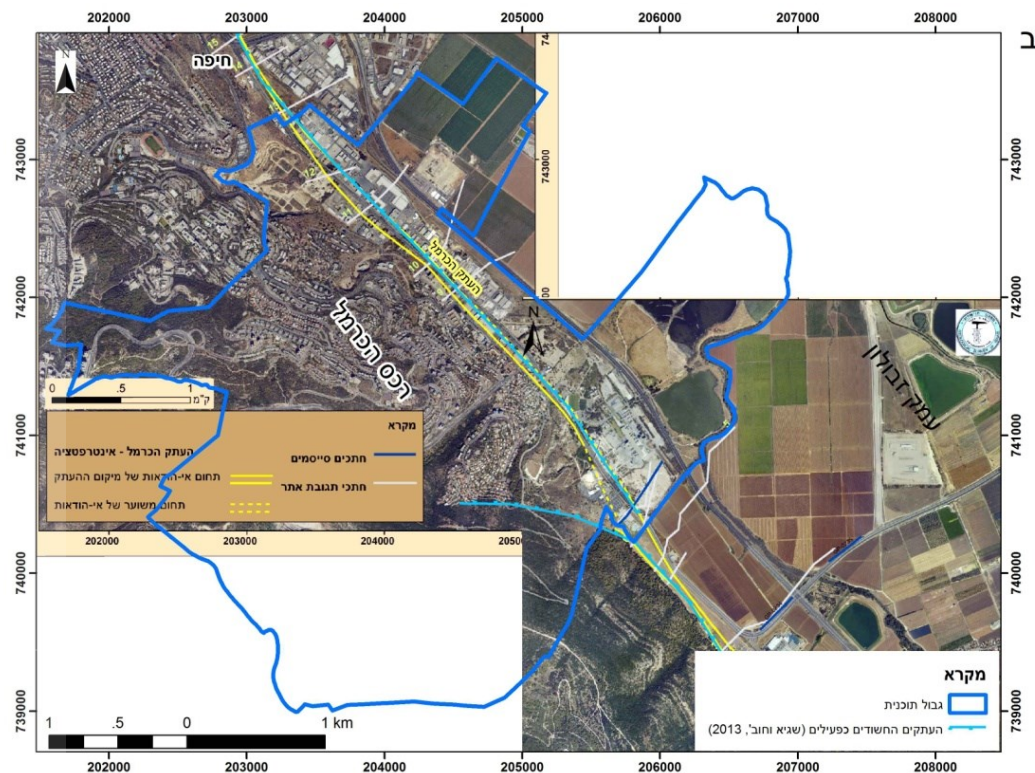
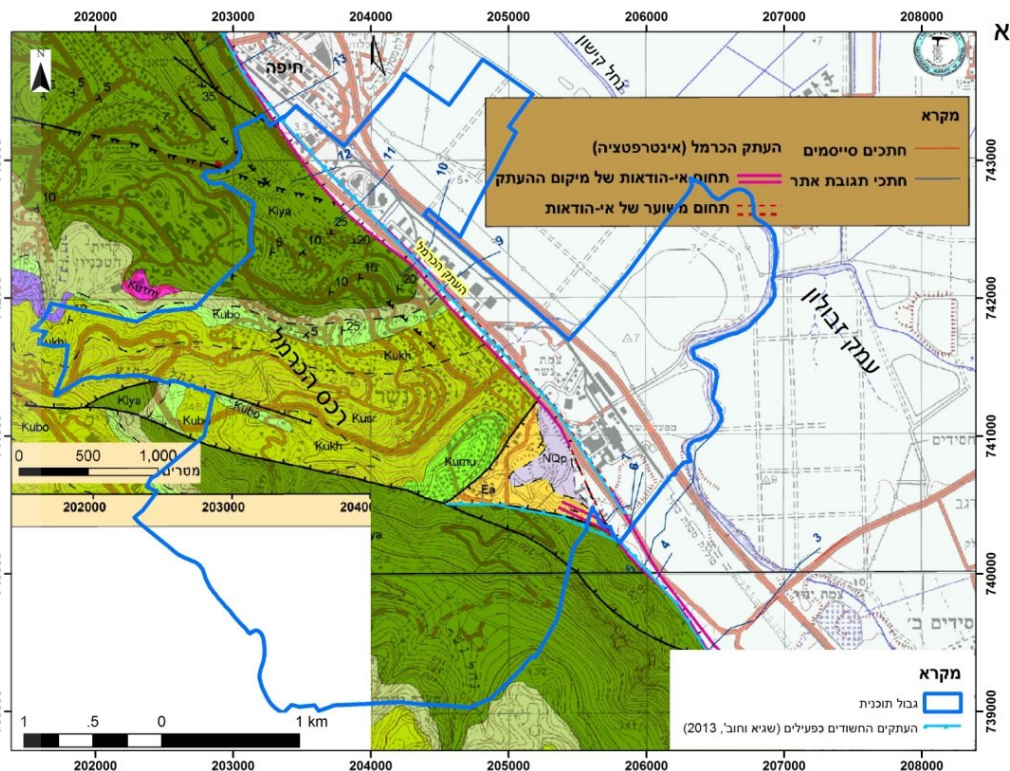
על פי המפה התיקנית של ת"י 413 לנושא הסיכון מקריעת פני שטח (שגיא וחוב, 2013), העתק הכרמל חוצה את שטח התוכנית בכיוון דרום מזרח - צפון מערב (איור 1). בנוסף, בשטח התוכנית יש להעתק הכרמל סעיף הפונה מערבה – העתק נשר. העתק הכרמל והחלק המזרחי של העתק נשר מסווגים כ"העתק חשוד כפעיל".

מידע מפורט ועדכני לגבי התוואי של העתק הכרמל באזור נשר מופיע בסלומון (2013) ובפרסומים הנזכרים בו. מידע ממיפוי גיאולוגי/גיאומורפולוגי בפני השטח ובתוך תעלות, ומידע מתת הקרקע - קידוחים, סקרים סיסמיים בהפרדה גבוהה וסקרי תגובת אתר - אפשרו להתוות רצועה המגדירה את תחום חוסר הוודאות במיקומו של ההעתק: אזור אשר בתחומו נמצא חלקו העליון והרדוד ביותר של ההעתק, ורוחבו נקבע בהתאם למידת ההפרדה ולטווחי השגיאה של שיטות המיפוי בהן נעשה שימוש. איור 3 מציג עבור אזור נשר את תוצאות המיפוי הרב תחומי המשולב ואת תחום חוסר הוודאות במיקום ההעתק, העומד באזור זה על כ 100 מטרים בממוצע. רצועת חוסר הוודאות של העתק הכרמל בתחום תכנית נשר נקבעה בעיקר על פי חתכי תגובת אתר, אשר להם יכולת ההפרדה המרחבית הנמוכה ביותר ובהתאם טווחי השגיאה הגדולים ביותר מבין שיטות המדידה. ממצאי המיפוי מראים כי באזור זה ההעתק, המשמש כהעתק הגבול הדרום מערבי של עמק זבולון, אינו עובר בקו המגע בין סלעי המילוי של העמק לבין מחשופי הסלע הקרבוניטי, אלא קבור מתחת לסלעי המילוי, במרחק ממוצע של מספר עשרות מטרים מצפון מזרח לקו מגע זה. מבנה ההעתק מורכב, וכולל מספר מדרגות סטרוקטורליות המשתרעות על רוחב ממוצע של מס' עשרות מטרים.

הגבול הדרום מערבי של הרצועה הוא קו המגע בין הסלעים האלוביאליים לסלעים הקשים של רכס הכרמל (כפי שמסומן במפה הגיאולוגית, איור 1), והגבול הצפון מזרחי שלה מהווה השלכה מתת הקרקע של ההעתק כפי שנצפה בשיטות המדידה השונות תוך שיקוף מגבלות השיטות וטווחי השגיאה שלהן.

חתך אנכי (חתך מס' 9 באיור 3) מתוך סקר מיקרוזונציה (תגובת אתר) באזור נשר (Zaslavsky et al., 2000) מוצג באיור 4 ומראה את המבנה המסועף של אזור ההעתק הרחב (מעל 350 מ').





איור 3: מיקומו המשוער של העתק הכרמל על פי מידע מתת הקרקע באזור התכנית (אחרי סלומון, 2013). העתק הכרמל מתוך שגיא וחוב' (2013) מתלכד עם גבולה הצפון מזרחי של רצועת חוסר הודאות במיקום ההעתק. א. על גבי מפה גיאולוגית; ב. על גבי תצלום אוויר.

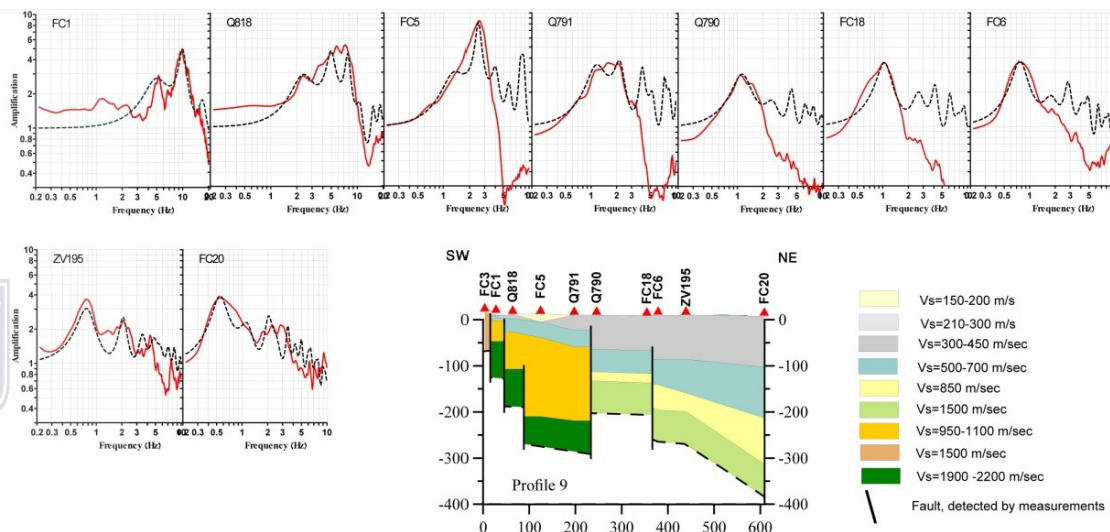


סקר סייסמי רעידות אדמה ראשוני
עבור תכנית המתאר הכוללת
נשר



יולי 2017, עדכון: אפריל 2022

עמוד 6



איור 4: חתך תגובת אתר (Zaslavsky et al., 2000) באזור נשר; יחידות ציריות - מטרים. מיקום החתך: מסומן כ"חחך 9" באיור 3. החתך מציג את המבנה המסועף של אזור ההעתק הרחב של העתק הכרמל באזור נשר. בירוק כהה – קרבותים של חבורת יהודה. מעליהם – חבורת הר הצופים/עבדת וסלעי מילוי צעירים. הגרפים מציגים את ערכי מקדם ההגברה (Amplification) כפי שנמדדו בנקודות המדידה לאורך החתך (משולשים אדומים) – ראה דיון בהמשך.

על פי ת"י 413 (סעיף 202.1.2, גליון תיקון מס' 5) המרחק המינימלי המותר של מבנה מהעתק פעיל או חשוד כפעיל עומד על 15 מטרים. תחום של 200 מ' מכל צד וקצה של העתק פעיל מוגדר כ"אזור העתקה פעילה", בו נדרשת חקירה לצורך מיפוי מדויק ככל הניתן של תוואי ההעתק וענפי המישנה שלו כתנאי לרישוי מבנים הכפופים לת"י 413.

הגבול הצפון מזרחי של רצועת חוסר הוודאות (איור 3) מתלכד עם תוואי ההעתק כפי שהוא מסומן במפת ההעתקים הפעילים/חשודים כפעילים (שגיא וחובי, 2013). על אף הגדרתו של תחום חוסר הוודאות של העתק הכרמל באזור נשר על ידי סלומון (2013), הוחלט, בבירור עם המכון הגיאולוגי, שלא לצמצם את "אזור העתקה פעילה" בנשר ולהגדירה בהתאם למפת ההעתקים הפעילים/חשודים (שגיא וחובי, 2013). הסיבה לכך היא שמרבית המידע לגבי מיקומו של ההעתק מגיע מחתכי תגובת אתר המאופיינים ברמת הוודאות הנמוכה ביותר ובטווחי השגיאה הגדולים ביותר ביחס לשיטות המדידה השונות ששימשו למיפוי מיקום ההעתק. התחום בו נדרשת חקירה כתנאי לרישוי מבנים מוצג באיור 10, איור 11 ואיור 12. בתחום זה מומלץ לבצע חקירות גם כרקע להגדרת יעודי קרקע בתכניות מפורטות, ובהתאם נקבעו בסקר זה (פרק 3) הוראות לתכניות המפורטות.

2.2. תנאי השתת והגברת תנודות הקרקע

2.2.1. תאוצות אופקיות חזיות על פי ת"י 413

טבלה 1 מציגה את תאוצת הקרקע האופקית שגבוהה ממנה אינה צפויה בנשר בזמני חזרה שונים עבור שתית סלעית (סוג קרקע B) על פי רשימת המקדמים הסייסמיים עבור ישובים, הנלוית לגליון תיקון



סקר סיכוני רעידות אדמה ראשוני
עבור תכנית המתאר הכוללנית
נשר



עמוד 7

יולי 2017, עדכון: אפריל 2022

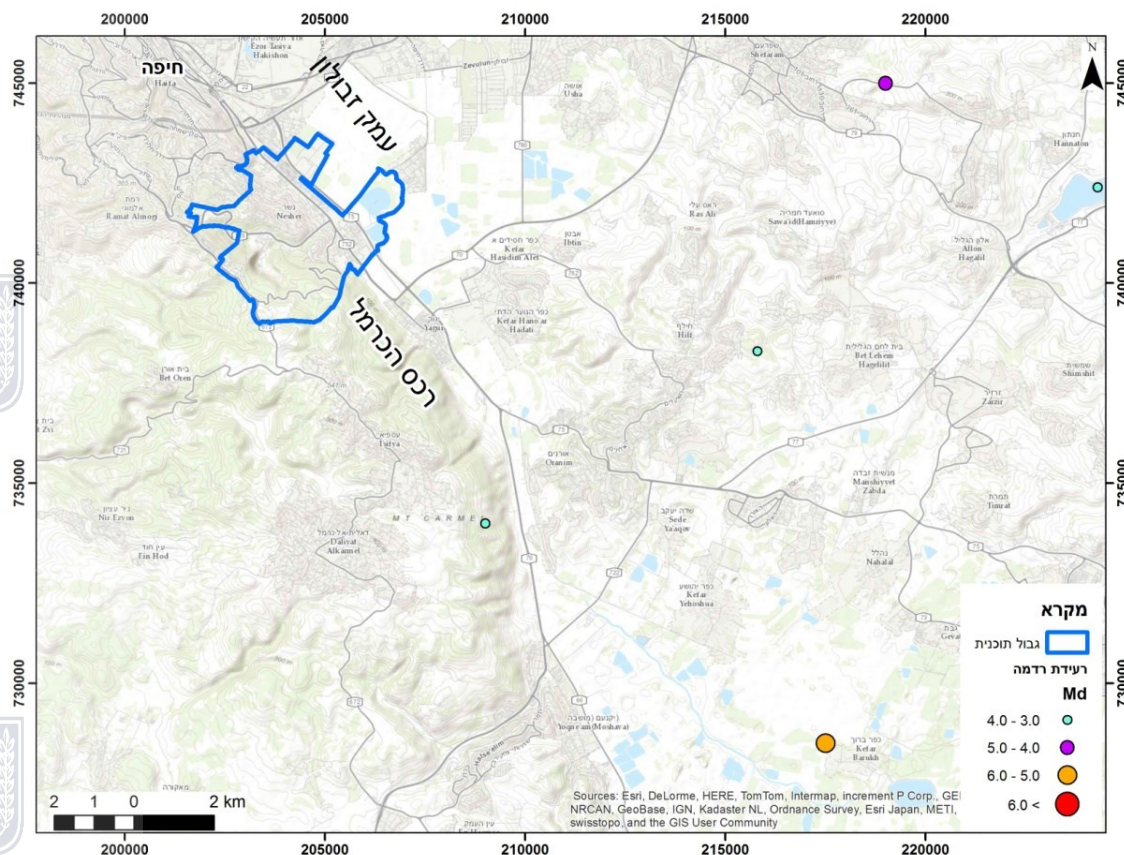
5 לתקן ישראלי 413 (קלר וחוב', 2011). תאוצת התכן עבור בניה סטנדרטית נקבעת לפי רעידת אדמה שתדירותה 475 שנה.

טבלה 1: תאוצת הקרקע האופקית שגבוהה ממנה אינה צפויה בנשר עבור שתית סלעית כתלות בזמן חזרה של רעידת אדמה (קלר וחוב', 2011).

זמן חזרה (שנים)	הסתברות להתרחשות (% ב 50 שנה)	PGA (g)
475	10	0.13
975	5	0.19
2475	2	0.28

פעילות סייסמית

פיזור מוקדי רעידות אדמה לאורך מקטע ההעתק הסמוך לתחום התכנית מופיע באיור 5. ככלל, לא קיים ריכוז מובהק של מוקדי רעידות לאורך ההעתק במקטע הכולל את נשר, אולם לאורך העתק הכרמל בכללותו זיהה שמיר (2007) ליניאציה של הפעילות הסייסמית. רעידת האדמה הגדולה ביותר שהוקלטה מכשירנית מחוץ לבקע ים המלח, בגודל $M=5.3$, התרחשה ב 24.8.1984 באזור כפר ברוך, כ- 17 קמ' מדרום מזרח לתכנית נשר. מיקום הרעידה הוא בתחום רצועת הגזירה המשוערת של מערכת העתקי כרמל-גלבוע (מסומנת באיור 5), אם כי לא ניתן היה לשייך אותה במובהק להעתק ידוע. עדויות פליאויסיסמיות מתוך מערה באזור דניה שבכרמל מצביעות על רעידות אדמה משמעותיות שהתרחשו באזור לפני כ 10,000 שנה ו 5,000 שנה (Braun et al., 2009).

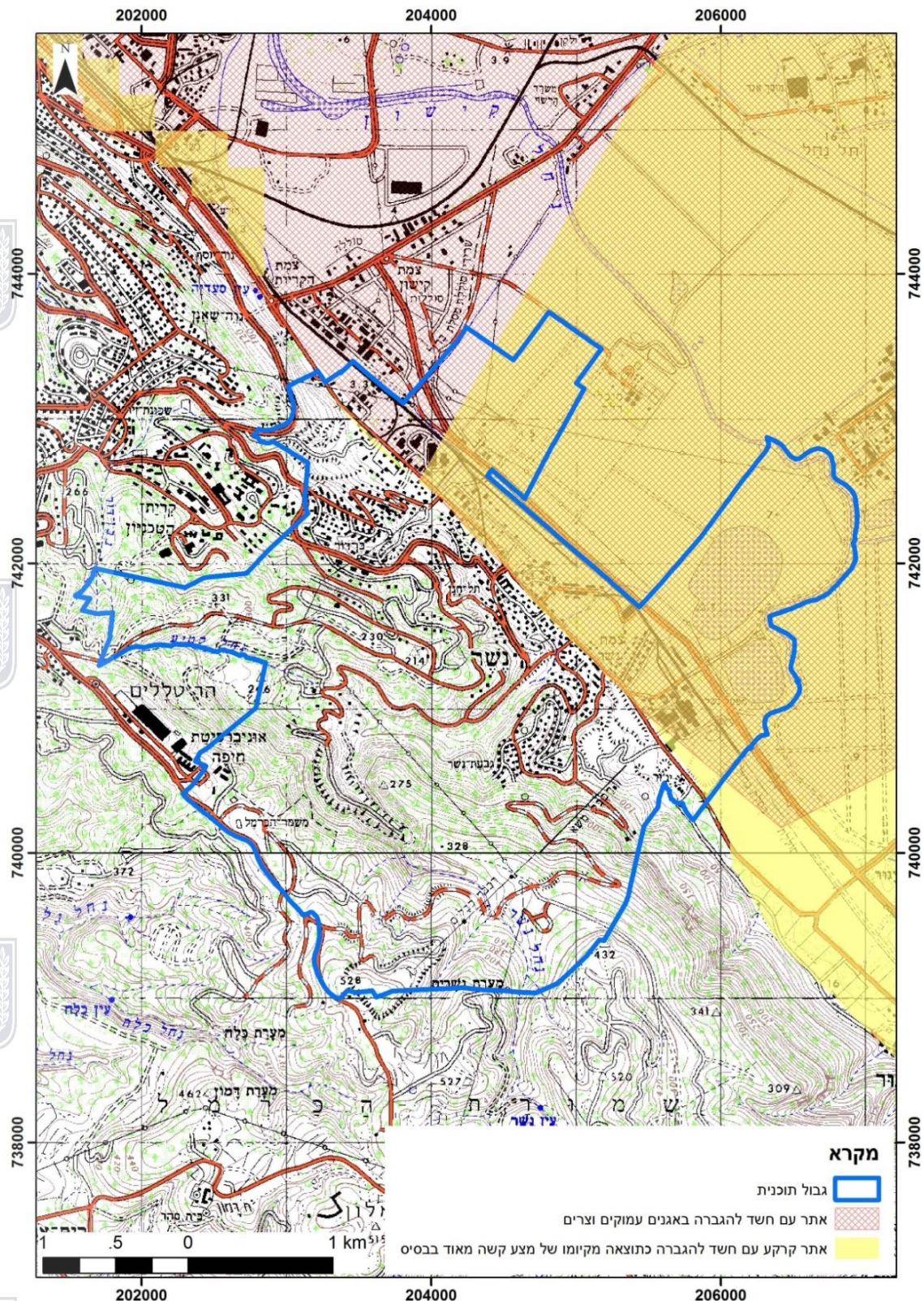


איור 5: מפת פיזור מוקדי רעידות אדמה באזור התכנית, מתוך קטלוג המכון הגיאופיזי. רעידת האדמה המסומנת בעיגול כתום בחלק השמאלי התחתון – אזור כפר ברוך - התרחשה ב 24.8.1984 באזור וגודלה $M=5.3$. זוהי רעידת האדמה הגדולה ביותר שהוקלטה עד כה מכשירנית מחוץ לבקע ים המלח.

2.2.2. הגברת שתית חריגה של התאוצות החזויות

בזמן רעידת אדמה, תאוצות הקרקע החזויות עבור תשתית סלעית קשה עלולות להיות מוגברות במעבר אל היחידות הרכות שמעליהן עקב ירידה חדה במהירות הגלים, ולעבור החזרה והגברה נוספת כתוצאה מכליאת הגלים הסיסמיים בגבולות אגן סגור שקירותיו קשיחים (למשל על ידי העתקים המפרידים חומר מילוי רך באגן מהסלעים התוחמים אותו). ההגברה עשויה להעלות משמעותית את ערך התאוצה בפני השטח ביחס לערכה בגג הסלע הקשה בעומק.

איור 6 מראה את התוכנית על גבי מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות (מתוך גבירצמן וזסלבסקי, 2009). על פי איור זה, חלקה הצפון מזרחי של התוכנית כולל אזורים עם חשד להגברה חריגה כתוצאה מקיומו של מצע קשה מאוד בבסיס. החשד להגברה במקרה זה נובע מקיומו של המגע בין יחידות סלע רכות שאינן צפופות (כגון אלוביום) ליחידות סלע קשות וצפופות (כגון סלעי הגיר הקשים של חבורת יהודה). בחפיפה ובנפרד מאזורים אילו, ברוב השטח הנמצא על גבי הבלוק היורד של העתק הכרמל (מצפון מזרח להעתק), יש חשש להגברה חריגה כתוצאה מקיומו של אגן צר ועמוק, שהעתק הכרמל מהווה את גבולו הדרום מערבי בתת הקרקע.



איור 6: גבול התכנית על גבי מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות (מתוך גבירצמן וזסלבסקי, 2009).



סקר סיכומי רעידות אדמה ראשוני
עבור תכנית המתאר הכוללת
נשר



עמוד 10

יולי 2017, עדכון: אפריל 2022

על פי תקן ישראלי (ת"י) 413, גליון תיקון מס' 5, סעיף 202.2.3, יש לבצע סקר תגובת אתר באחד מן המקרים הבאים:

- באזורים בהם הקרקע מסווגת כ F; הקריטריונים הגיאולוגיים-גיאוטכניים לסווג קרקע כ F מצוינים ב ת"י 413, גליון תיקון מס' 5, סעיף 202.2.1 (ניתן להגדיר את סוג הקרקע רק באמצעות סקר קרקע. ללא התוויה אחרת סקר זה מתבצע בשלב היתרי הבניה).
- עבור מבנים מקבוצת חשיבות א¹ באזורים שבהם לפי מפת "האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות" (נספח ט בתקן; חלק ממפה זו מופיע באיור 6), יש חשד להגברות שתית חריגות עקב המצאות סלע בסיס קשה מאוד או עקב השפעת אגן.

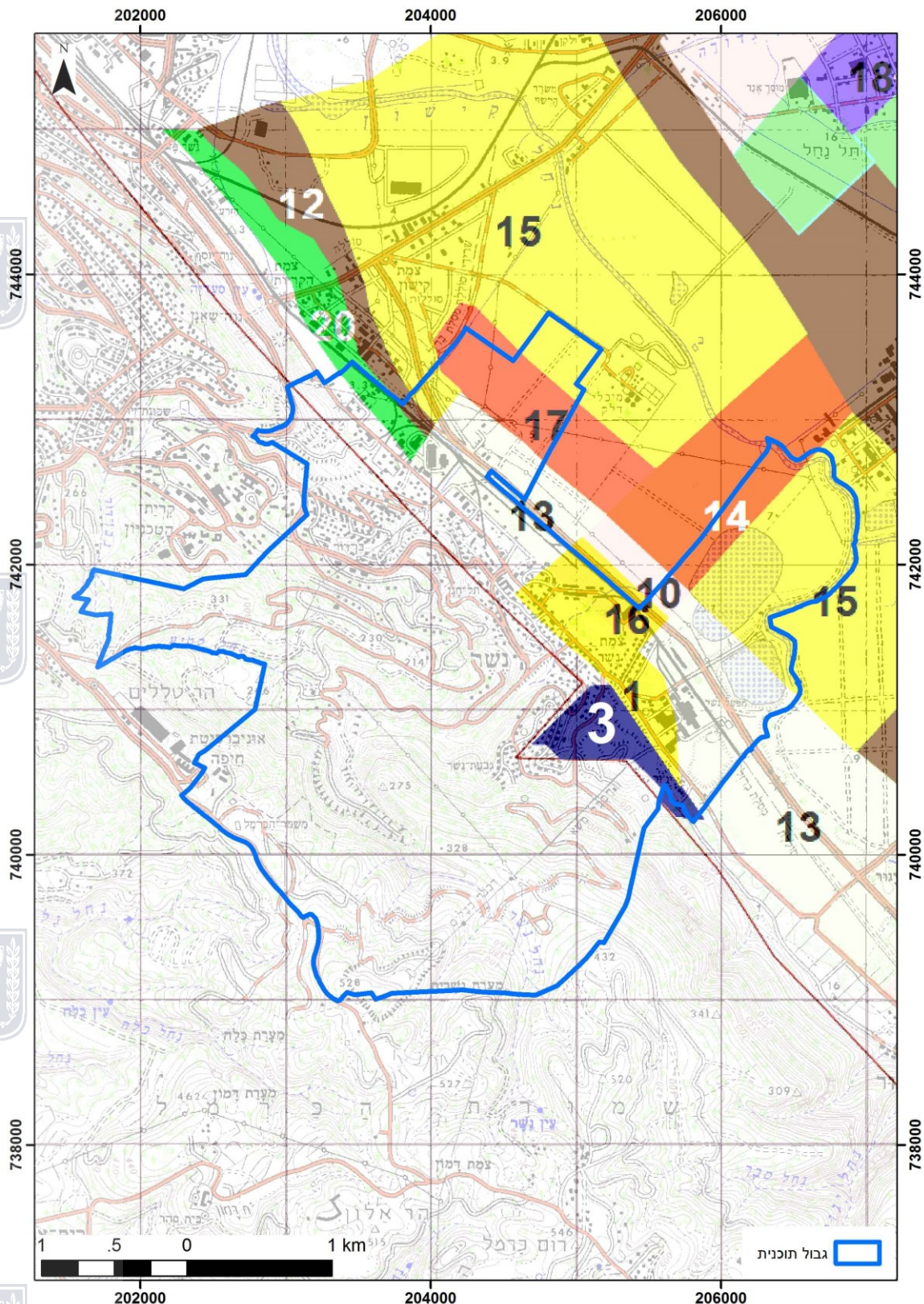
בשטח תוכנית נשר נערך במסגרת פרויקט "Microzoning of the earthquake hazard in Israel" סקר מיקרוזונציה לקביעת תגובת האתר של אזור גרבן הקישון בסמיכות להעתק הכרמל. (Zaslavsky et al., 2008). סקר זה מורכב משלושה שלבים:

- שלב ראשון - מדידות אמפיריות של התדירות הדומיננטית ושל ההגברה היחסית של השתית;
- שלב שני - איסוף וניתוח החומר הגיאולוגי המצוי על האזור, בנית מודל גיאולוגי של תת הקרקע בשטח התוכנית וחלוקתו לאזורים בעלי מאפיינים דומים; ו
- שלב שלישי - עריכת מודל אנליטי חד מימדי אשר חוזה את ספקטרום התגובה בכל אתר בזמן רעידת אדמה.

איור 7 מציג את תחום התוכנית על רקע חלוקת שטח סקר המיקרוזונציה לאזורים לפי תדר תהודה ומקדם הגברה אופייניים. התאוצה הספקטרלית הצפויה בחלקי הסקר השונים משקפת הגברה בפקטור של בין 3 ל 5.4 של תדר התהודה הדומיננטי עבור כל אזור ביחס לתאוצה הצפויה עבור אותו זמן מחזור בזמן חזרה של 475 שנה על שתית סלעית. מודל תת הקרקע וספקטרום התגובה האופייני עבור כל אחד מן האזורים מופיע בטבלה 2 ואיור 22 (בהתאמה) של (Zaslavsky et al., 2008).

נתוני הגברה בטווח זה או גבוהים ממנו נצפו לאורך החתך המופיע באיור 4 – ראה שם ערכי הגברה (Amplification) עבור תחנות המדידה השונות לאורך החתך.

¹ "מבנים בעלי חשיבות ציבורית גבוהה, האמורים לתפקד עם מערכותיהם בעת רעידת אדמה ולאחריה: מבני תחנות כח, בתי חולים, תחנות מכבי אש, תחנות משטרה, מרכזות טלפון, תחנות עזרה ראשונה (לרבות כניסות ומעברים, וכן מבני שירות ומיכלי המים המשרתים אותם)"



איור 7: שטח התוכנית על רקע מפת סקר מיקרוזונציה (Zaslavsky et al., 2008). מודל תת הקרקע וספקטרום התגובה האופייני עבור כל אחד מן האזורים מופיע בטבלה 2 ואיור 22 (בהתאמה) של Zaslavsky et al. (2008).

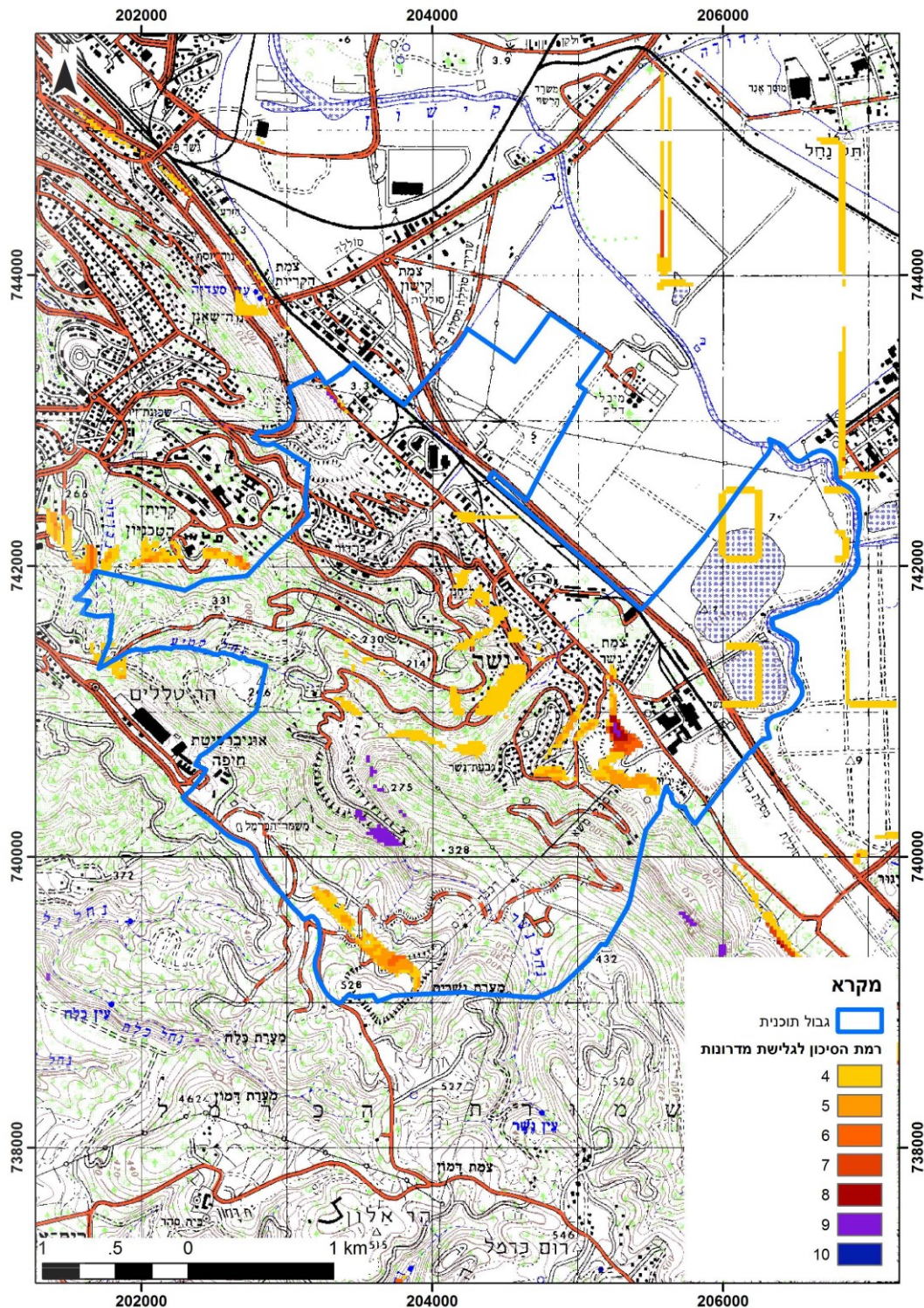
2.3. גלישת קרקע

גלישת קרקע מתרחשת כאשר מסת סלע/קרקע מתנתקת מסביבתה לאורך מישור גזירה וגולשת במורד מדרון כתגובה לכוח הכבידה. אירועי גלישה רבים מתרחשים כתגובה למעבר גלים סיסמיים בזמן רעידת אדמה והחלשת מישורי הכניעה. במקרים רבים מסת הסלע הגולשת עוברת מעוות הפוגע במבנה הפנימי שלה. מבנה הממוקם על גבי מסת סלע הגולשת כתגובה לרעידת אדמה צפוי, במקרים רבים, לעבור הרס קטסטרופלי.

כך ואלמוג (2006) פיתחו שיטה להערכת רגישות השתית לגלישת מדרון. לפי שיטתם, הרגישות תלויה בסוג המסלע, במבנה הגיאולוגי (נטיית סלע הבסיס) ובנטיית המדרון. לפי שיטתם של כך ואלמוג (2006), שיפוע של פחות מ 5° מוגדר כשיפוע זניח בו אין רגישות לכשל מדרון עבור כל סוגי הסלעים.

איור 8 מציג את שטח התוכנית על גבי מפת רגישות לכשל מדרונות (כך ואלמוג, 2006). על פי איור זה בחלקה הדרום מערבי של התוכנית פזורות רצועות בהן דרגת הרגישות היא בינונית עד גבוהה. הנקודות בעלות הרגישות הגבוהה ביותר הן: המקטע המצוקי של נחל נשר (דרגה 9), מצוקים במורדות המזרחיים של גבעת נשר (דרגה 7-9) ובמחצבה נטושה בחלקה הדרומי של התוכנית (דרגה 7). בחלק המזרחי של התוכנית פזורות רצועות בהן דרגת הרגישות אינה זניחה – טיבן אינן ברור והן ככל הנראה נובעות מארטיפקט במפה.

חשוב להדגיש כי קנה המידה של מפת הרגישות לכשל מדרון הינה 1: 200,000, והיא מבוססת על חיתוך של מספר מאגרי מידע בקני"מ שונים, כולל מפה טופוגרפית בקני"מ 1: 50,000. קבועי המרחק של האלמנטים הגיאולוגיים והמורפולוגיים המשפיעים על הווצרות גלישות, ובכלל זה מתלולים מלאכותיים, הם במקרים רבים קטנים משמעותית מאילו הניתנים לייצוג במפות ברמת הפרדה ארצית. בהתאם, יש לראות באזורי הסיכון הכלולים במפה באיור 8 סימון כללי לאזור בו קיימת התכנות לגלישה.



איור 8: מפת רגישות לכשל מדרונות (כץ וחוב, 2008). סקאלת הצבעים מתייחסת למקרא בפינה הימנית התחתונה, סולם דרגת הרגישות הינו יחסי. הרצועות המאורכות של אזורי סיכון במזרח התכנית נובעות מארטיפקט מיפוי.



2.4. התנזלות

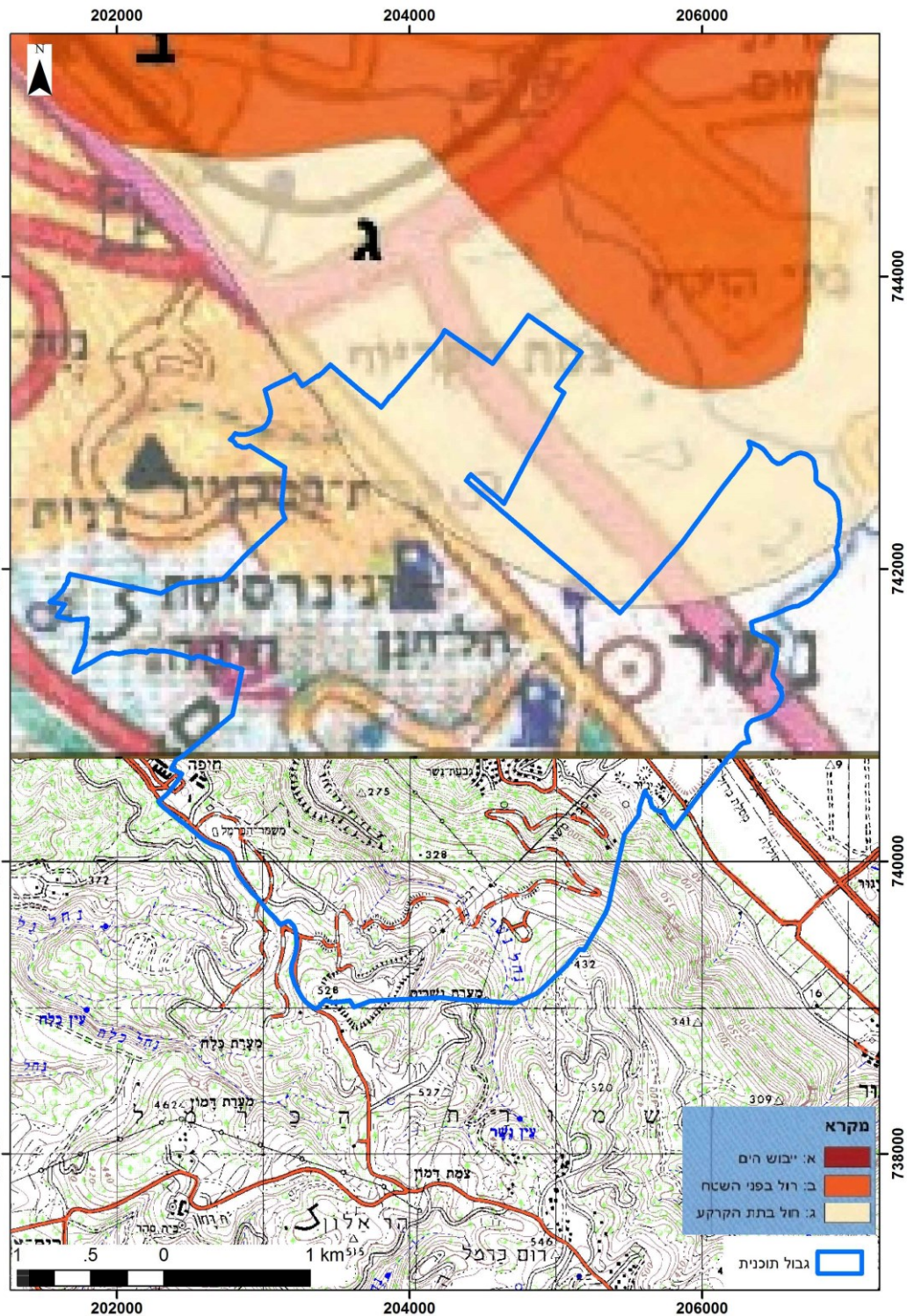
התנזלות קרקע מתרחשת כאשר גלים סיסמיים בעלי רמת תאוצה העוברת סף קריטי מתקדמים בקרקע בעלת מבנה גרגירי-נקבובי לא מלוכד, רוויה במים. כאשר תנודות הקרקע מעלות משמעותית את לחץ הנוזל בנקבים הקרקע מאבדת מהחוזק שלה ומתנהגת כנוזל, כלומר אינה יכולה לתמוך במבנים המבוססים בתוכה. פוטנציאל התנזלות קרקע קיים באזורים בהם קיימים אופקי משקעים חוליים או חוליים-טיניים ומפלס מי התהום מצוי ברום הרדוד מ- 20 מטר מתחת לפני השטח (סלומון וחובי, 2008).

בהתאם לכך, בבחינת מיון ראשונית (screening) של הסיכון להתנזלות, נבדק כי מתקיימים במצטבר התנאים בשלושת ההיבטים הבאים:

- **היבט סיסמי:** קירבה למקורות סיסמוגניים בעלי פוטנציאל לרעידות אדמה משמעותיות, כלומר, היתכנות לתנודות קרקע חזקות מספיק באתר
- **היבט הידרוגיאולוגי:** קיומם של מי תהום בעומקים רדודים מ 20 מ'
- **היבט גיאולוגי/גיאוטכני:** קיומם בחתך, עד 20 מ' עומק, של משקעים גרנולריים צעירים, תחוחים ובלתי מלוכדים (קוהזיה נמוכה מאוד/אפסית).

על פי נתוני הרקע הגיאולוגי, בחלק התכנית הנמצא צפונית מזרחית לקו המגע של קרקעות העמק ומחשופי הסלע מתקיימים או עשויים להתקיים במצטבר שלושת תנאי הסף הנדרשים להתרחשותה של התנזלות. במצב זה יש לבצע בדיקה של חתך הקרקע עבור כל היתר על מנת לבחון את עמידתו בקריטריונים הגיאוטכניים הכמותיים להתרחשותה של התנזלות, אפיון האופקים הרגישים במידה וימצאו כאילו, ופיתוח הנחיות ביסוס מתאימות.

פרידמן וחובי (2007) בחנו את הפוטנציאל להתנזלות בעמק זבולון. בשלב ראשון בוצעה חלוקה של שטח העמק לאזורי סיכון בהתבסס על ניתוח נתונים גיאולוגיים. על פי עבודתם, חלקו הצפון מערבי של שטח התוכנית ממוקם באזור רגישות ג', הכולל חול בתת הקרקע, המועד להתנזלות. בהתאם לצפיפות המרחבית של הנתונים מתת הקרקע, תתכן שגיאה של כ 100 מ' בגבול אזור הרגישות. בכל מקרה זהו מיפוי אזורי, בקני"מ נרחב, ולצורך הערכת הסיכון להתנזלות ופיתוח הנחיות ביסוס מתאימות בקנה המידה ההנדסי יש לבצע בדיקה על סמך מידע ספציפי לאתר.



איור 9: גבול התכנית על רקע מפת האזורים הרגישים להתנזלות בעמק זבולון (פרידמן וחוב', 2007).



2.5. הופעת נחשול ים (צונאמי)

נחשול ים מתרחש כאשר תנועה פתאומית של קרקעית הים, כתוצאה מהסטה על העתק או מגלישת קרקע, גורמים לגלים בעלי אורך גל גדול. כאשר הגל מתקרב ליבשה אורכו מתקצר והאמפליטודה שלו גדלה, והוא יכול להציף שטחים נרחבים. הנזק של הצפה במהלך צונאמי מתבטא בחדירת מי הים ליבשה וגם בהסעה וגריפה של סחופת ושברי עצמים ופגיעה במבנים המצויים בקרבת החוף. לפי סימולציות שערכו סלמון וחובי (2009) הצפת צונאמי לאורך חופי ישראל עלולה לפגוע בשטחים המצויים עד כ 500 מטר מקו החוף. בסביבת נחלים הנשפכים לים עלול הצונאמי לכסות את שטחי ההצפה של הנחל ולחדור כ 3 ק"מ במעלה הערוץ.

סלמון (2009) על סמך Thio (2009) הציג הערכות ראשוניות לגבול ההצפה המשוער כתוצאה מתרחיש צונאמי קיצון לאורך מס' רצועות חוף. גבול ההצפה נקבע על ידי הרצת מגוון תרחישים, חלקם קטנים ושכיחים וחלקם גדולים ונדירים. יש להדגיש כי זוהי הערכה איכותית והיא אינה הסתברותית! גבול ההצפה בתרחישים אילו אומץ על ידי ועדת ההיגוי הבינמשרדית לרעידות אדמה כ"מסגרת להיערכות לצונאמי" (אבי שפירא, יולי 2013).

תחום ההצפה על פי תרחישי המסגרת להיערכות באזור נמל הקישון ונחל הקישון ממוקם מעל קילומטר וחצי מצפון לגבול התכנית. עם זאת יש להדגיש כי תחום השגיאה על גבול ההצפה הוא משמעותי כיוון שמבוסס על הנחות יסוד בעלות משרעת שונות רבה שרק חלק ממנה בא לידי ביטוי בתוצאות התרחישים עצמם, וכי מיפוי גבול ההצפה תלוי במידה רבה במודל טופוגרפי שאינו ברזולוציה ובדיוק המתאימים לתכנון הנדסי.

מודלים חישוביים (Thio, 2009, גלנטי וחובי, 2009, 2010) של אירועי צונאמי קיצוניים מראים על אפשרות של גלי צונאמי בחופי ישראל שיגיעו לגובה של מספר מטרים ולעיתים אף לכ- 10 מטרים. זמן החזרה של אירועים מסוג זה אינו ידוע, אולם במקרים אילו תיתכן חדירה של גל הצונאמי במעלה נחל הקישון מס' קילומטרים במעלה הערוץ. שוליה הצפון מזרחיים של התכנית, הנמצאים מעט יותר מ 2 קמ' דרומית לנמל הקישון, נמצאים מתחת לרום של 10 מ', והם מהווים ככל הנראה חלק מפשט ההצפה של הנחל (יש לקבוע זאת על סמך מדידות מדויקות). בתרחשי צונאמי קיצון אזורים אילו עשויים להיות מוצפים.

3. מסקנות והמלצות

3.1. סיכום ממצאי הבדיקה והמלצות

גורמי הסיכון עבורם מתקיימים תנאי סף בתחום התוכנית של העיר נשר הם: קריעת פני שטח, הגברת שתית, גלישת מדרון, התנזלות (איור 10, איור 11 ואיור 12) ויתכן שגם צונאמי. טבלה 2 להלן מסכמת את ההשלכות וההמלצות הנוגעות לכל אחד מגורמי הסיכון.

קריעת פני שטח: רצועה ברוחב 200 מ' מכל צד של העתק הכרמל (כולל רצועת חוסר הוודאות במיקומו)

הגברת שתית: בחלקה הצפון מזרחי של התוכנית, מצפון מזרח להעתק הכרמל

התנזלות: בחלקה הצפון מזרחי של התוכנית

גלישת מדרון: אזורים המפוזרים בעיקר בחלקה הדרום מערבי של התוכנית

צונאמי: צפון מזרח התכנית, גבולות לא ברורים (אירוע קיצוני). בתחום פשט ההצפה של נחל הקישון עד רום 10 מ'.

טבלה 2: טבלה מסכמת של השלכות ממצאי הבדיקה.

גורם סיכון	בתוכנית מפורטת	בתכנית מתאר
קריעת פני שטח	המלצות לתכנון הנדסי בשלב היתרי הבניה	הנחיות לתכניות מפורטות
קריעת פני שטח	ביצוע סקר בתחום תכנית מפורטת שישלול קיום של העתקים פעילים או יאפשר מיפוי של מיקומם המדויק ככל שמתאפשר משיטות המדידה המתאימות ביותר לשטח הנתון. על פי תוצאות המיפוי יש לקבוע בהוראות התכנית כאזור אסור בבניה את תחום חוסר הוודאות בו נמצא תוואי העתק הכרמל כולל חציץ בן 15 מטר מכל צד של אזור זה. ממצאי הסקר ישמשו לקביעת הנחיות תכנוניות.	עבור תכניות מפורטות באזור החשוד בהגברה חריגה יקבע מהנדס בעל רישיון בתחום הנדסת הקרקע והביסוס, או קונסטרוקטור, הנחיות תכנוניות ושיטות ביסוס ובניה על פי סקרי תגובת אתר / מיקרוזונציה זמינים לתא השטח הנתון.
הגברת שתית	סקר תגובת אתר מסויים עבור מבני ציבור קולטי קהל ו/או מבנים האמורים לתפקד עם מערכותיהם בעת רעידת אדמה. עבור שאר המבנים – חישוב הגברה לפי התנאים הגיאולוגיים-גיאוטכניים בתחום ההיתר.	פיתוח הנחיות תכנוניות ושיטות ביסוס ובניה שימנעו התנזלות/יבטיחו יציבות המבנה על פי מידע גיאוטכני וגיאואידרולוגי ספציפי לתחום ההיתר.
התנזלות	הטמעתם של אמצעי ייצוב המדרון במסגרת תכנונית הפיתוח וכתנאי להיתרי הבניה.	הצגת אמצעים לייצוב המדרון תוך התייחסות לשיפוע, למאפיינים הגיאוטכניים של הסלע (בין היתר סוג וחוזק הסלע, נטיית השיכוב), לתכן הסיסמי



סקר סיכומי רעידות אדמה ראשוני
עבור תכנית המתאר הכוללת
נשר

עמוד 18



יולי 2017, עדכון: אפריל 2022

(ספקטרום התגובה ו/או תאוצת השיא בפני השטח) ולבינוי המתוכנן.		
באזורים המועדים להצפה מצונאמי רצוי להימנע ככל הניתן, כחלק ממכלול שיקולי התכנון, מייעוד שטחי קרקע חדשים למבני ציבור המאכלסים קהל רחב כדוגמת בתי ספר וגני ילדים.		צונאמי



3.2. הנחיות לתכנון מפורט

בהתאם לממצאים הנ"ל אנו ממליצים כי פיתוח עתידי בתחום התכנית יהיה כפוף להנחיות הבאות.

1. כללי: תכנית מפורטת הכוללת היקף בינוי משמעותי או תכניות להתחדשות עירונית, מבנה ציבור גדול, מרכז מסחרי, אזור תעסוקה, תיירות, תעשייה ואחסנה וכל מבנה המשמש לשהייה ממושכת ו/או תוספת משמעותית של שטחי בניה עפ"י שיקול דעת מוסד תכנון, תחויב בביצוע בדיקות מפורטות בהתאם לסיכון/סיכונים הסיסמיים/שזוהו/ו בתחומה ולפי ההוראות המפורטות בהמשך. הסקרים וחוות הדעת שיבוצעו מכוחן של הנחיות אילו יוגשו למוסדות התכנון, והמתכננים יצהירו כי התכנון הטמיע את מסקנותיהם. גבולות אזורי הסיכון אליהם מתייחסות ההנחיות מופיעים באיור 10, איור 11 ואיור 12.

2. קריעת פני שטח

2.1 תנאי להפקדתה של תכנית מפורטת כאמור לעיל בתחום המסומן כ"אזור החשוד בהעתקה פעילה", יהיה ביצועו של סקר לאיתור המיקום המדויק של ההעתק ושל ענפי המישנה שלו בתחום האזור החשוד, ככל שמתאפשר משיטות המדידה המתאימות ביותר לשטח הנתון (מיפוי קרקעי / קידוחים / רפלקציה סיסמית / תעלות / תגובת אתר וכיו"ב). על פי תוצאות המיפוי יש לקבוע בהוראות התכנית כאזור אסור בבנייה את תחום חוסר הוודאות² בו נמצא תוואי העתק הכרמל (וענפי המישנה שלו החשודים כפעילים – במידה וימצאו) כולל חציץ בן 15 מטר מכל צד של אזור זה. התכנית תכלול הצגה של הבינוי המתוכנן על רקע ממצאי המיפוי.

2.2 תנאי למתן היתר בניה ו/או פיתוח יהיה אישור גיאולוג על הטמעת ממצאי הבדיקות, כאמור לעיל, בתכנית.

3. הגברה חריגה

3.1 עבור תכניות מפורטות באזור החשוד בהגברה חריגה יקבע מהנדס בעל רישיון בתחום הנדסת הקרקע והביסוס, או קונסטרוקטור, הנחיות תכנוניות ושיטות ביסוס ובנייה על פי סקרי תגובת אתר / מיקרוזונציה זמינים לתא השטח הנתון. במידה ולא קיימים



² תחום חוסר הוודאות: אזור אשר בתחומו נמצא חלקו העליון והרדוד ביותר של ההעתק, ורוחבו נקבע בהתאם למידת ההפרדה ולטווחי השגיאה של שיטות המיפוי בהן נעשה שימוש. יש לאשר את שיטות וממצאי המיפוי עם המכון הגיאולוגי.



סקר סיכומי רעידות אדמה ראשוני
עבור תכנית המתאר הכוללת
נשר

עמוד 19



יולי 2017, עדכון: אפריל 2022

סקרים קודמים, ההנחיות יתבססו על מקדמי הגברה ותדירויות דומיננטיות שיחושבו לפי מידע ספציפי לתחום התכנית ובהתאם לאופי המבנים המתוכננים.

3.2 תכנית מפורטת לתוספת בניה משמעותית בתחום האזור החשוד בהגברה חריגה, שתוצא מכוחה של תכנית זו, תכלול את ההנחיות הבאות:

3.2.1 תנאי למתן היתרי הבניה יהיה גיבוש תכן סיסמי (ספקטרום תגובה) ושיטות בניה וביסוס על פי סוג הקרקע על ידי מהנדס בעל רישיון בתחום הנדסת הקרקע והביסוס, או קונסטרוקטור, לפי מידע גיאולוגי גיאוטכני והידרוגיאולוגי המאפיין את תחום ההיתר.

3.2.2 תנאי למתן היתר בניה עבור מבני ציבור קולטי קהל בהיקפים משמעותיים ו/או מבנים האמורים לתפקד עם מערכותיהם בעת רעידת אדמה, ו/או מבנים שפגיעתם בעת רעידת אדמה עשויה לגרום להשפעה סביבתית קטלנית, לפי שיקול דעת מהנדס הועדה המקומית, יהיה סקר תגובת אתר מסויים על פי ההנחיות המפורטות בנספח ה' של ת"י 413 גליון תיקון 5, או על פי ההנחיות בגירסה העדכנית של התקן לעת הפקדת התכנית.

4. התנזלות

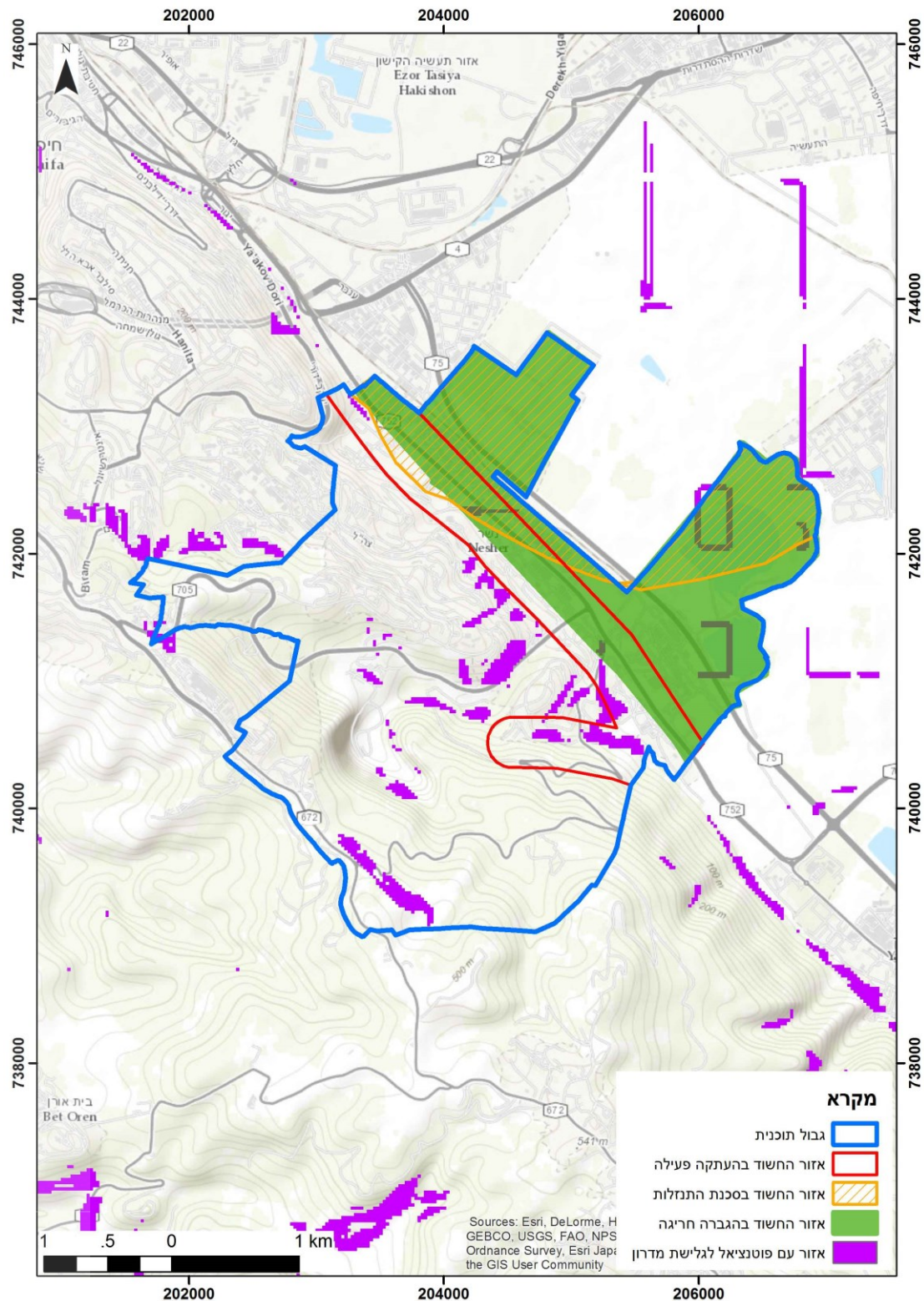
תכנית מפורטת לתוספת בניה משמעותית בתחום האזור החשוד בסכנת התנזלות, שתוצא מכוחה של תכנית זו, תכלול את ההנחיה הבאה:

תנאי למתן היתר בניה בתחום האזור החשוד בסכנת התנזלות יהיה ביצועה של בדיקה לשלילת הסיכון מהתנזלות ברעידת תכן הסתברותית שתקבע לפי רמת הסיכון של המבנה. במידה ולא ניתן לשלול את הסיכון, יש לזהות את האופקים הרגישים להתנזלות בתת הקרקע, ולהעריך את מקדם הביטחון שלהם להתנזלות ואת ההטרחות הצפויות על המבנה בגין אירוע התנזלות על סמך נתונים גיאוטכניים מתחום ההיתר, בהתאמה להנחיות תיקניות. יש לקבוע את תכן המבנה ואמצעי הביסוס בהתאם לממצאי הבדיקה על מנת להבטיח את יציבות המבנה באירוע ההתנזלות.

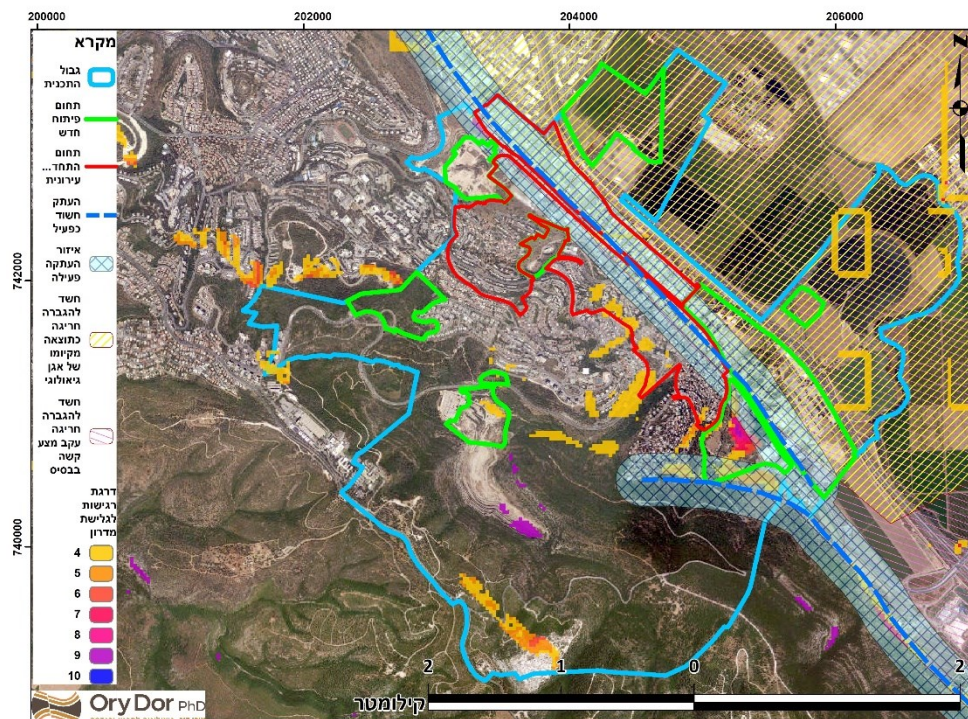
5. גלישות קרקע

בתכנית מפורטת באזורים בהם קיים פוטנציאל לגלישת מדורן ובסביבתם כאמור בסעיף 1 לעיל, וכן באזורים בהם קיימים מתלולים מלאכותיים בעלי גובה משמעותי, תידרש התכנית, כתנאי להפקדתה, להציג אמצעים לייצוב המדרון תוך התייחסות לשיפועו, למאפיינים הגיאוטכניים של הסלע (בין היתר סוג וחוזק הסלע, נטיית השיכוב), לתכן הסיסמי (ספקטרום התגובה ו/או תאוצת השיא בפני השטח) ולבינוי המתוכנן. במידה ולא יהיה בידי המתכנן את כלל המידע הנדרש לצורך תכנון אמצעי הייצוב, תידרש התכנית בביצוע חוות דעת של מהנדס/גיאולוג המתמחה בתחום יציבות המדרונות. חוות הדעת ותכנון אמצעי ייצוב המדרון יתבצעו בהתאם להנחיות התיקניות.

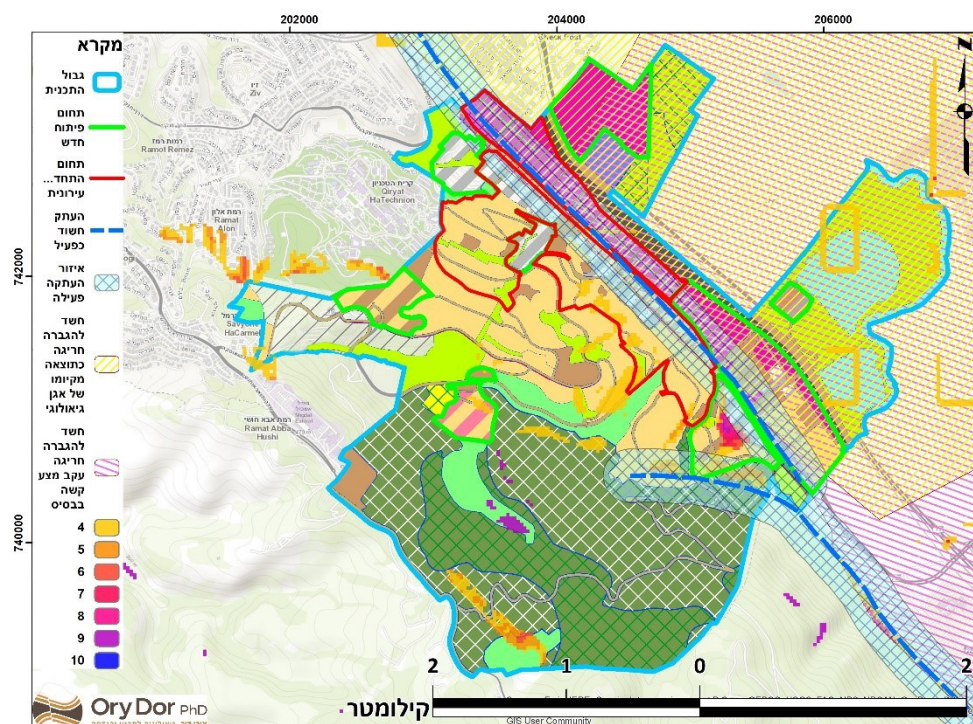
הוראות התכנית יכללו את הנחיות הבאות: תנאי להוצאת היתרי הבניה ו/או היתר פיתוח יחייב את הטמעתם של אמצעי ייצוב המדרון במסגרת התכנון.



איור 10: מפת ריכוז סיכונים סיסמיים על רקע גבול תוכנית נשר. הרצועות הסגולות (סיכון לגלישה) במזרח התכנית נובעות ככל הנראה מארטיפקט מיפוי.



איור 11: מפת ריכוז סיכונים סיסמיים וגבול תוכנית נשר על רקע תצלום אוויר. הרצועות הכתומות (סיכון לגלישה) במזרח התכנית נובעות ככל הנראה מארטיפקט מיפוי.



איור 12: מפת ריכוז סיכונים סיסמיים וגבול תוכנית נשר על תשריט יעודי הקרקע של התכנית. הרצועות הכתומות (סיכון לגלישה) במזרח התכנית נובעות ככל הנראה מארטיפקט מיפוי.



4. מקורות

גבירצמן, ז., זסלבסקי, י. (2009). מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות (מפה ודברי הסבר). המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מס. GSI/15/2009.

כץ, ע., אלמוג, ע. (2006). מפת סכנה ארצית לגלישות מדרון בישראל; גיליון צפוני, קנ"מ 200,000:1. המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מס. GSI/36/2006.

סלומון, ע. (2013). מיקומו של העתק הכרמל בין יגור לנמל חיפה על פי מידע מתת הקרקע. דו"ח מכון גיאולוגי מס' GSI/01/2013.

סלמון, ע. (2009). מפת האזורים המועדים להצפה מצונאמי לאורך חופי הים התיכון של ישראל במפרץ חיפה, גוש דן, אשדוד ואשקלון. דוח המכון הגיאולוגי, GSI/24/2009.

סלמון, ע., צביאלי, ד., רוזנזפט, מ., להמן, ט., היימן, א., אברמוב, ר. (2008). האזורים במישור החוף של ישראל בהם נדרשת חקירת הסיכון להתנזלות. המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מס. GSI/34/2008.

פרידמן, ס., סלמון, ע., צביאלי, ד., ביטון, ר. וכץ, ע. (2007). הערכה גיאוטכנית של פוטנציאל ההתנזלות בעמק זבולון. המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מס. GSI/09/2007.

קלר, א., זסלבסקי, י., מאירוב, ט., שפירא, א. (2011). מפות תאוצה ספקטרלית לשימוש בת"י 413 גליון תיקון 5. המכון הגיאופיסי לישראל, דו"ח מס. 522/599/11.

קרץ, י., סנה, ע. (2011). מפה גיאולוגית של ארץ ישראל בקנה מידה 1:50,000, גליון I-3, חיפה. המכון הגיאולוגי לישראל.

שגב, ע. ושש, א. (2009). מפה גיאולוגית של ארץ ישראל בקנה מידה 1:50,000, גליון III-3, עתלית. המכון הגיאולוגי לישראל.

שגיא, א., סנה, ע., רוזנזפט, מ., וברטוב, י. (2013). מפת 'העתקים פעילים' ו- 'העתקים חשודים' כפעילים בישראל. המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מספר GSI/02/2013.

שגיא, א., סנה, ע., רוזנזפט, מ., וברטוב, י. (2016). עדכון מעמד העתקים במפת 'העתקים פעילים' וחשודים כפעילים עבור תיקון 6 לתקן ישראלי 413 לשנת 2016. המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מספר GSI/17/2016.

Braun, Y., Kagan, E., Bar-Matthews, M., Ayalon, A., Agnon, A., 2009. Dating speleoseismites near the Dead Sea Transform and the Carmel Fault: Clues to coupling of a plate boundary and its branch. Isr. J. Earth Sci.; 58: 257–273. DOI: 10.1560/IJES.58.3-4.257.



סקר סיכומי רעידות אדמה ראשוני
עבור תכנית המתאר הכוללת
נשר

עמוד 23



יולי 2017, עדכון: אפריל 2022

Sneh, A, Bartov, Y., Weissbrod, T. and Rosensaft, M. (1997). Geological map of Israel (1:200,000, 4 sheets) Geological Survey of Israel.

Thio, H. K., 2009. Tsunami hazard in Israel. Prepared for the Geological Survey of Israel by URS (United Research Services) Corp., Pasadena, CA, USA
http://www.gsi.gov.il/Eng/_Uploads/264Israel-Tsunami-Hazard.pdf.



Zaslavsky, Y., Shapira, A., Leonov, J. and Peled, U., (2000). Site response and seismic hazard assessment for Nesher Israel Cement Enterprises, Haifa, The Geophysical Institute of Israel, Report 548/30/00.

Zaslavsky, Y., et al. (2008). Empirical determination of site effects for seismic hazard assessment in Kishon Graben area near the Carmel Fault. The Geophysical Institute of Israel. No 510/389/08.

