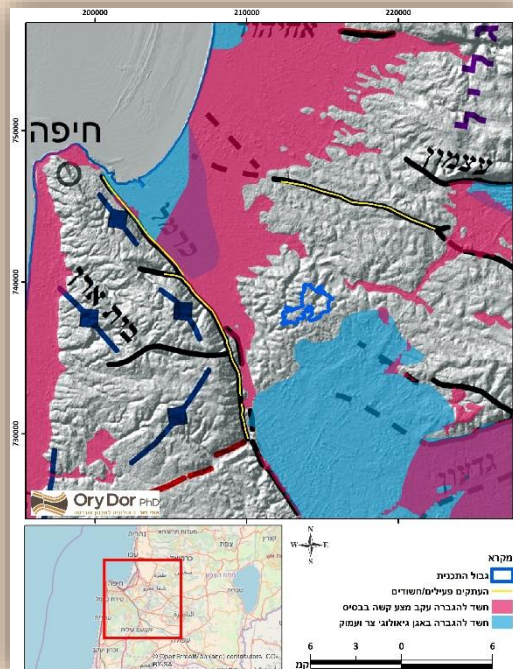




Ory Dor PhD
אורי דור גיאולוגיה לתכנון והנדסה
Geology for Planning and Design

סקר סיכוני רעידות אדמה ראשוני

תכנית מתאר כוללנית- בסמת טבעון
מס' תכנית: 257-0458935



ספטמבר 2018



תוכן העניינים

1	מבוא	1.
1	רקע אירגוני	1.1
1	רקע גיאוגרפי	1.2
3	תנאים גיאולוגיים וגיאוטכניים	2.
3	יחידות הסלע בתכנית ובסביבתה	2.1
3	תנאים גיאוטכניים וסווג הקרקע	2.2
6	תנאים מבניים וסיסמוטקטוניים	3.
6	סביבה מבנית	3.1
8	מקורות סיסמוגניים עיקריים ופעילות סיסמית	3.2
10	סיכוני רעידות אדמה	4.
10	תנודות הקרקע באתר	4.1
10	תנודות הקרקע החזויות בגג שכבת הסלע	4.1.1
10	הגברת שתית	4.1.2
11	הגברת שתית חריגה	4.1.3
13	קריעת פני שטח על גבי העתק פעיל	4.2
13	התנזלות	4.3
14	גלישת מדרונות	4.4
15	נחשול ים/אגם (צונאמי/סייש)	4.5
16	סיכום והמלצות	5.
16	השלכות הממצאים עבור שלבי התכנון	5.1
16	המלצות	5.2
18	רשימת מקורות ספרות	6.





רשימת איורים

- איור 1: גבול התכנית על רקע מפה טופוגרפית בקנ"מ 1:50,000.....2
- איור 2: גבול התכנית על רקע מפה גיאולוגית בקנ"מ 1:200,000.....4
- איור 3: טור סטרטיגרפי אופייני לאזור התכנית.....5
- איור 4: חתכים גיאולוגיים A ו B.....6
- איור 5: גבול התכנית על גבי מפת קונטורים סטרוקטורלית של גג חבורת יהודה.....7
- איור 6: מיקום התכנית על גבי מפה ארצית של מבנים גיאולוגיים.....9
- איור 7: ספקטרום התגובה לתכנון עבור הסתברות של 10% ב 50 שנה.....11
- איור 8: תחום התכנית על גבי מפה ארצית של מבנים גיאולוגיים.....12
- איור 9: גבול התכנית על גבי מפה טופוגרפית, בצירוף סימון אזורים בהם מתקיים פוטנציאל לגלישת מדרון.....15
- איור 10: מפת רגישות לשל מדרונות על גבי תשריט מצב מוצע.....17



רשימת טבלאות

- טבלה 1: תאוצת הקרקע האופקית שגבוהה ממנה אינה צפויה בבסמת טבעון עבור שתית סלעית.....10
- טבלה 2: סיכום ממצאי הסקר הראשוני והשלכות עבור שלבי התכנון.....16





1. מבוא

1.1. רקע אירגוני

מאפייני התכנית

המועצה המקומית בסמת טבעון, בשיתוף פעולה עם מינהל התכנון, מקדמים את הכנתה של תכנית המתאר של הישוב לצורך הגדרת יעודי הקרקע בהיבטים של מגורים, שטחי ומבני ציבור, אזורי תעסוקה ומסחר, שטחים פתוחים ועוד (איור 1). התכנית כוללת שטח מבונה עיקרי במזרחה, ושילוב של שטחים פתוחים עם בנייה כפרית דלילה בחלקיה האחרים.

הנחיות מינהל התכנון וסוג התכנית

סקר זה מתבצע בהתאם להנחיות מינהל התכנון מיום 10.4.2014 להתחשבות בסיכוני רעידות אדמה בתכניות מתאר ובתכניות מפורטות, שמטרתן שיפור בסיס הידע שבידי המתכנן, על מנת לאפשר התחשבות בסיכוני רעידות אדמה במסגרת ההליך הסטטוטורי. ההנחיות מחייבות את המתכנן, עבור סוגים שונים של תכניות באזורי סיכון, בביצוע "סקר סיכוני רעידות אדמה ראשוני" ("screening") הכולל את זיהוי קיומם והערכת חומרתם ופריסתם המרחבית של הסיכון הנוגע לתנודות קרקע והגברות שתית; קריעת פני שטח על גבי העתק פעיל; התנזלות; גלישת מדרון; ונחשול ימי (צונאמי) או אגמי (סייש). מסקנות הסקר משמשות את המתכנן בביצוע פריסה של ייעודי הקרקע באופן שמתאים לפיזור המרחבי והחומרה של הסיכונים, ובניסוח הוראות בתקנון התכנית עבור שלבי התכנון הבאים.

תכנית המתאר של בסמת טבעון (להלן, "התכנית") מסווגת על פי הנחיות מינהל התכנון בקטגוריה 1, "תכניות מתאר כוללניות בתחום אזור סיכון כמוגדר בהנחיות".

1.2. רקע גיאוגרפי

סביבה גיאוגרפית

תכנית המתאר של בסמת טבעון משתרעת לאורך ציר שכוונ צפון מזרח – דרום מערב באזור גבעות טבעון, המפרידות בין עמק זבולון מצפון מערב לעמק יזרעאל מדרום מזרח (איור 1). מדרומה של התכנית נמצאים הישובים אלונים וקריית טבעון, ומצפונה נמצאים הישובים כעביה טבאש ונופית. התכנית מוקפת בשמורות טבע.

מורפולוגיה וניקוז

הטופוגרפיה במרבית תחום התכנית היא גבעית וכוללת שלוחות מעוגלות המופרדות על ידי ערוצים קצרים. בתחום התכנית שני רכסים עיקריים: הרכס המזרחי עליו משתרע עיקר החלק הבנוי של הישוב והמרכז העירוני שלו. בחלקה המערבי של התכנית נמצא רכס קושט, ובהמשכו דרומה נמצאת חרבת בוצין. שיאי הרכסים ברום אופייני של כ-200 מ'. אזור התכנית מנוקז ברובו לאגן נחל ציפורי על ידי מערכת ערוצים מקומית. שוליה הדרומיים והמזרחיים של התכנית מנוקזים לאגן נחל הקישון.



2



2. תנאים גיאולוגיים וגיאוטכניים

2.1. יחידות הסלע בתכנית ובסביבתה

השתית הטבעית בשטח תכנית בסמת טבעון הינה סלעית וכוללת שתי תצורות מגיל איאוקן, חבורת עבדת (איור 2, איור 3):

תצורת מרשה (emr): קירטון מאסיבי לבן, רך, פריך וסדוק. במקומות, הסדקים מלאים בקלציט. במחשופים המופיעים באזור המזרחי של רמת טבעון הסלע מכוסה בקרום נארי בעובי של מספר מטרים. עובי התצורה עד 50 מ' והיא מופיעה ברוב שטח התכנית.



תצורת תמרת (et): גיר עם עדשות צור, עובי מקסימלי 130 מ' – מופיעה באזורים הנמוכים/בערוצים בחלקה הצפוני של התכנית. מונחת בהתאמה בבסיס תצורת מרשה.

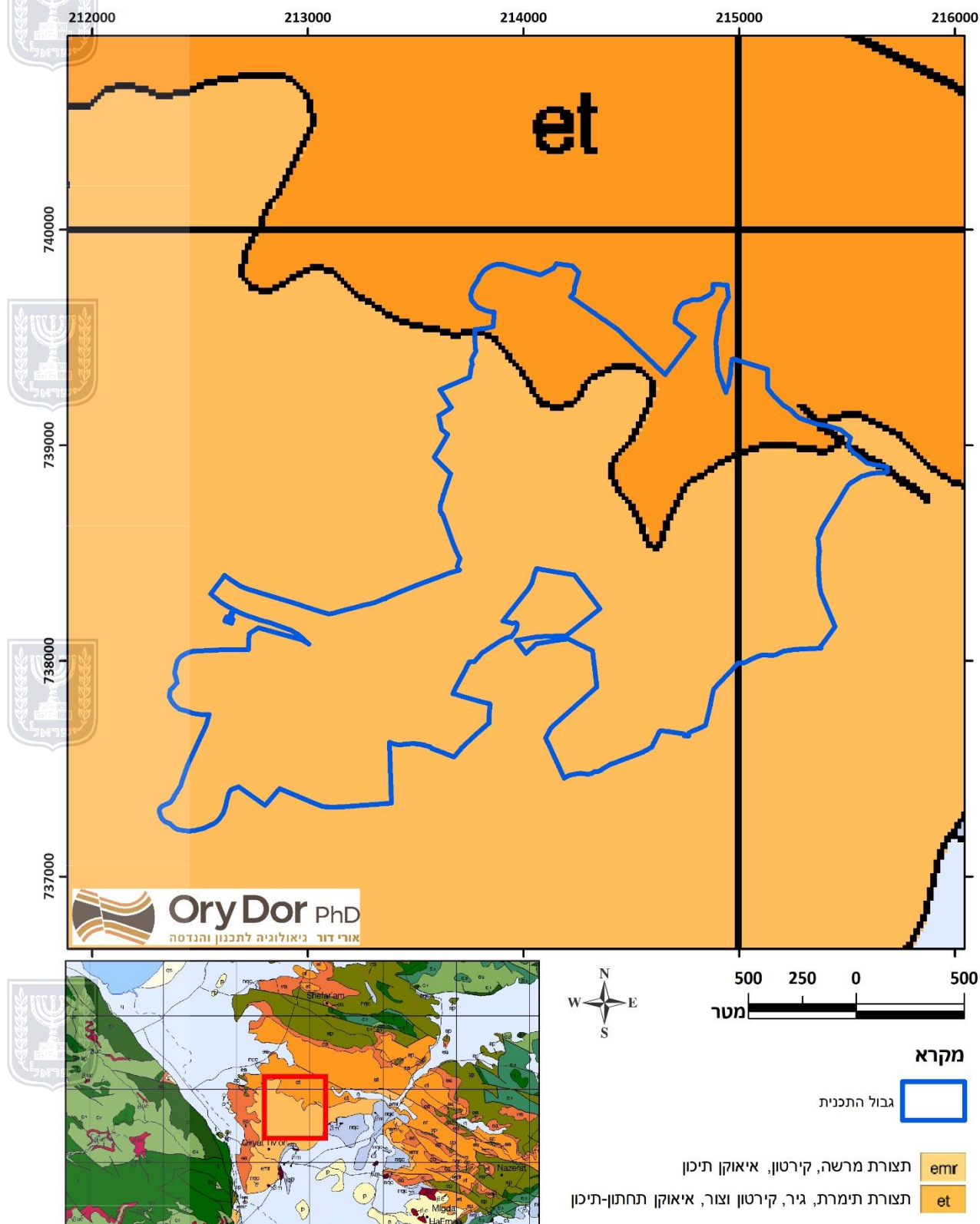
על פי המפה הגיאולוגית בקנ"מ 1:200,000 (איור 2, Sneh et al., 1998) לא מופיעים העתקים בתחום התכנית.

2.2. תנאים גיאוטכניים וסווג הקרקע

סווג הקרקע מתבצע בהתאם לקריטריונים המוגדרים בת"י 413 עבור סוגי הקרקעות השונים (טבלה 1 בתקן). קריטריונים אילו מגדירים מספר קטגוריות (סווגי) קרקע הנבדלות בחוזקה של הקרקע, דרגת לכידותה וכיו"ב.

הכנת הסקר הנוכחי לא כללה ביצוע של קידוחי נסיון לצורך כימות הקריטריונים הנחוצים לסווג הקרקע, אולם, על סמך נסיון קודם בסביבת עבודה זו, ניתן להניח כי סווג הקרקע באזור התכנית הוא B ("סלע", מהירות גלי גזירה $V_{s30}=760$ m/s). במקרים של אופקי גיר קשה (תצורת תמרת), קרומי נארי וכו', עשוי סווג הקרקע להיות A ("סלע קשה", מהירות גלי גזירה $V_{s30}>1500$ m/s).





איור 2: גבול התכנית על רקע מפה גיאולוגית בקב"מ 1:200,000 (Sneh et al., 1998). טור סטרטיגרפי אופייני לאזור התכנית מופיע באיור 3.

SYSTEM תקופה	SERIES - STAGE סדרה - דרגה	SYMBOL סימן	THICK. מ עובי מ'	LITHOLOGY מסלע	LITHOSTRATIGRAPHY ליתוסטראטיגרפיה	
					MAPPING UNITS יחידות מיפוי	GROUP חבורה
QUATERNARY קוורטר TERTIARY טריטרי NEOGENE נאוגן PALEOGENE פליאוגן CRETACEOUS קרטיקון UPPER עליון	HOLOCENE הולוקן	Al	2+		Alluvium, colluvium, soil אלובים, קולובים, קרקע	KURKAR כורכר
	PLEISTOCENE פלייסטוקן	Qc	5+		Terrace conglomerate קונג. טרסות	
		NQa NQp	15+ 8+		Ahuzam Conglomerate קונגלומרט אחוזם	
	PLIOCENE פליוקן	Nz	0-10		Pleshet Formation תצורת פלשת	SAQIYE סקייה
	MIOCENE מיוקן	Nb	1		Bet Nir Conglomerate קונג. בית ניר	AVEDAT עבדת
		Nz	1		Ziqlag Formation תצורת צקלג	
		Emr	50		Maresha Formation תצורת מרשה	
	EOCENE אאוקן	Et	130		Timrat Formation תצורת תמר	MOUNT SCOPUS הר הצופים
		Ea	0-40		Adulam Formation תצורת עדולם	
	PALEOCENE פלאוקן	KTgt	90		Ghareb & Taqiye formations תצורות עירב וטקיה	
	SENONIAN סנון	Kuml	0-10		Mishash Formation תצורת מישאש	JUDEA יהודה
		Kum	40-90		Menuha Fm. תצורת מנוחה	
		Kumh	30-50		Ahihud Mbr. (incl. Kabri Marl) Har Zefat Mbr.	
	TURONIAN טורון	Kub	40-140		Bina Formation תצורת בענה	
		Kuyi	0-50		Yirka Formation תצ. ירכא	
		Kuy	0-150		Yanuh Formation תצ. ינוח	
	CENOMANIAN קנומן	Kusa	150-0		Sakhnin Formation תצורת סחנין	
		Kudr	160		Deir Hanna Fm. תצורת דיר חנא	
		Kudk	40+		Rosh HaNigra & Ya'ara members פרט ראש הנקרה ופרט יערה	
					Karkara Member פרט כרכרה	

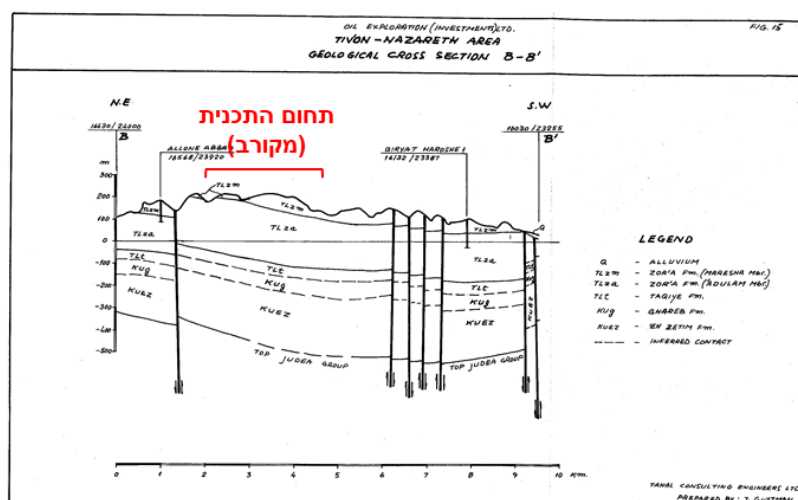
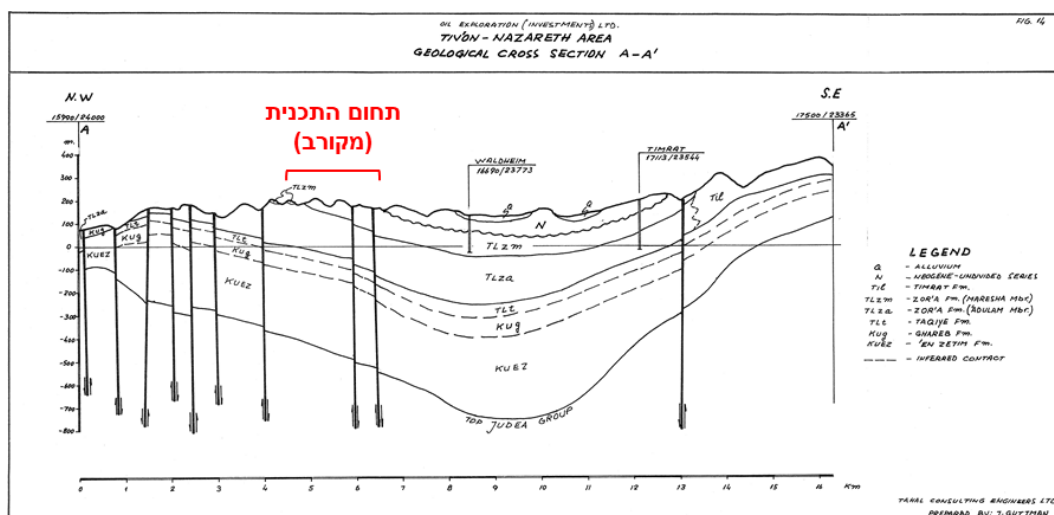
איור 3: טור סטראטיגרפי אופייני לאזור התכנית (מתוך מפה גיאולוגית בקב"מ 1:50,000, גליון שפרעם; סנה, 2008). התצורות המופיעות בשטח התכנית מודגשות במלבן כחול.

3. תנאים מבניים וסיסמוטקטוניים

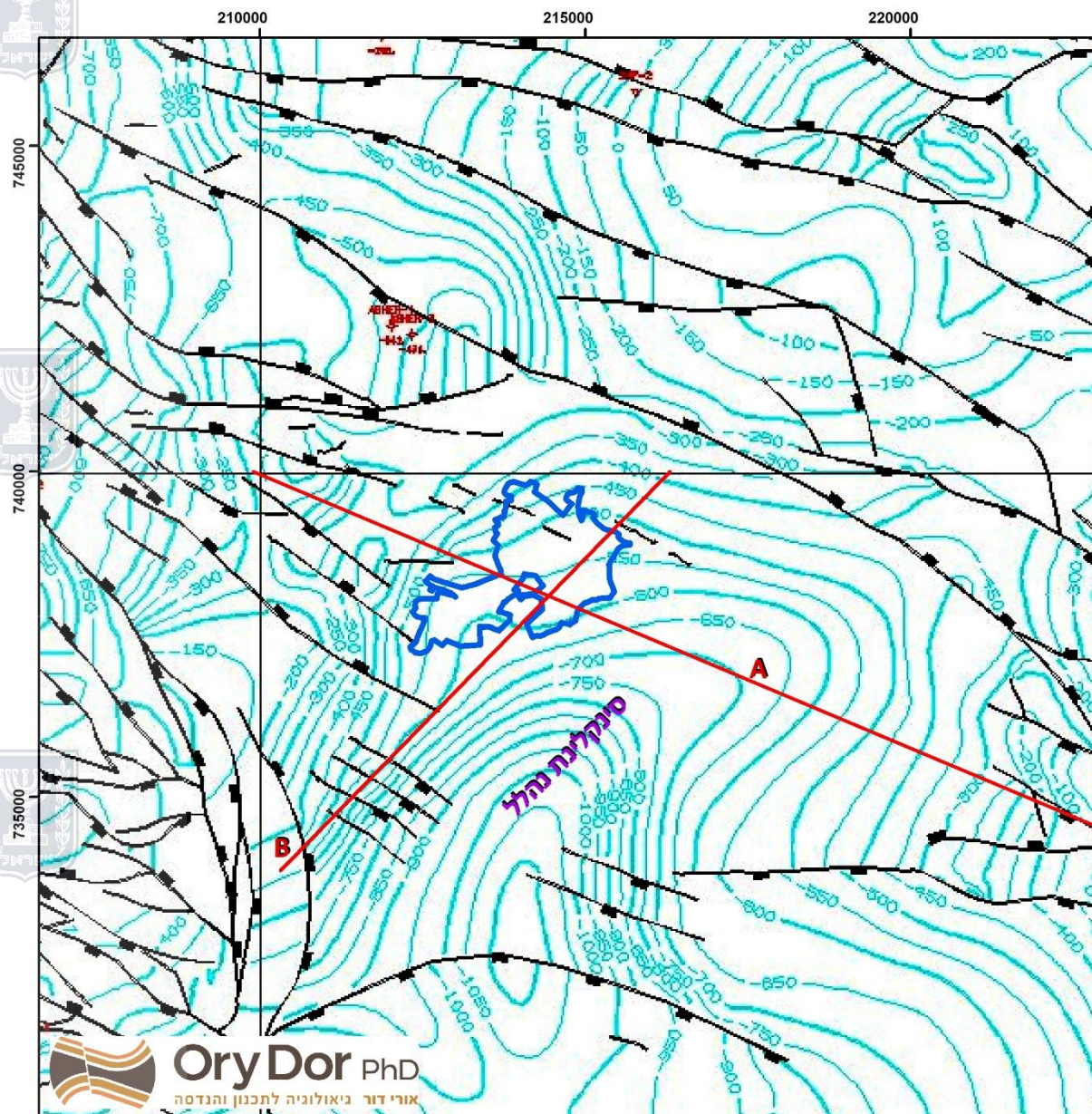
3.1 סביבה מבנית

המבנה הגיאולוגי הראשי באזור התכנית הוא סינקלינל (קער) נהלל (גוטמן, 1984). חתך רוחב גיאולוגי AA' חוצה את סינקלינל נהלל בניצב, וחתך BB' עובר במקביל לציר הסינקלינל (איור 4, איור 6). גיל מערכת הקמטים אליה משתייכת סינקלינל נהלל הוא אאוקן תיכון עד אאוקן עליון (גוטמן, 1984). השיכוב באזור התכנית נוטה כ 15° לכיוון דרום מערב (סנה, 2008). מבנה סינקלינל נהלל ויחסו לחתכים הגיאולוגיים מוצג על גבי מפה סטרוקטורלית של גג חבורת יהודה באיור 5. בהתאם לחתכים ולמפה הסטרוקטורלית, עובי החתך שמעל חבורת יהודה (חבורות הר הצופים + עבדת, ראה איור 3) באזור התכנית הוא כ 500 - 600 מ'.

האזור הסובב את גבעות טבעון עליו ממוקמת התכנית נטוע במערבו של אזור העמקים הכולל מערכת שבירה צפופה המציגה עדויות רבות לפעילות גזירה אנכית ואופקית בפליוקן-פלייסטוקן, ובמקומות גם עדויות לפעילות נאוסטקטנית (ולד, 2016). פעילות טקטונית צעירה מאפיינת גם את דרומו של עמק זבולון, ממערב לתכנית, וכמובן גם את אזור המיפוי הגזירה של העתק הכרמל, ממערב לתכנית. באזור התכנית, כאמור, לא ניכרים העתקים משמעותיים על פי המיפוי הגיאולוגי הקיים.



איור 4: חתכים גיאולוגיים A ו B (ראה מיקום באיור 5). מתוך גוטמן (1984). תצורות מרשה (Tlzm) ועדולם (Tlza) מקבילות לתצורות מרשה (emr) ותימרת (et) של Sneh et al. (1998) המופיעות באיור 2.



מקרא

גבול תכנית

חתכים גיאולוגיים (גוטמן, 1984)

איור 5: גבול התכנית על גבי מפת קונטורים סטרוקטורלית של גג חבורת יהודה (מתוך Fleischer and Gafsoy, 2003). חתכים גיאולוגיים A ו B מופיעים באיור 4.



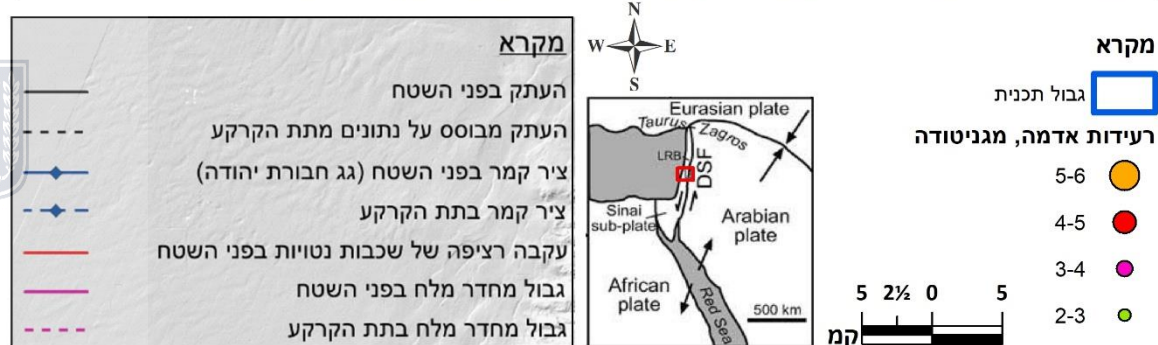
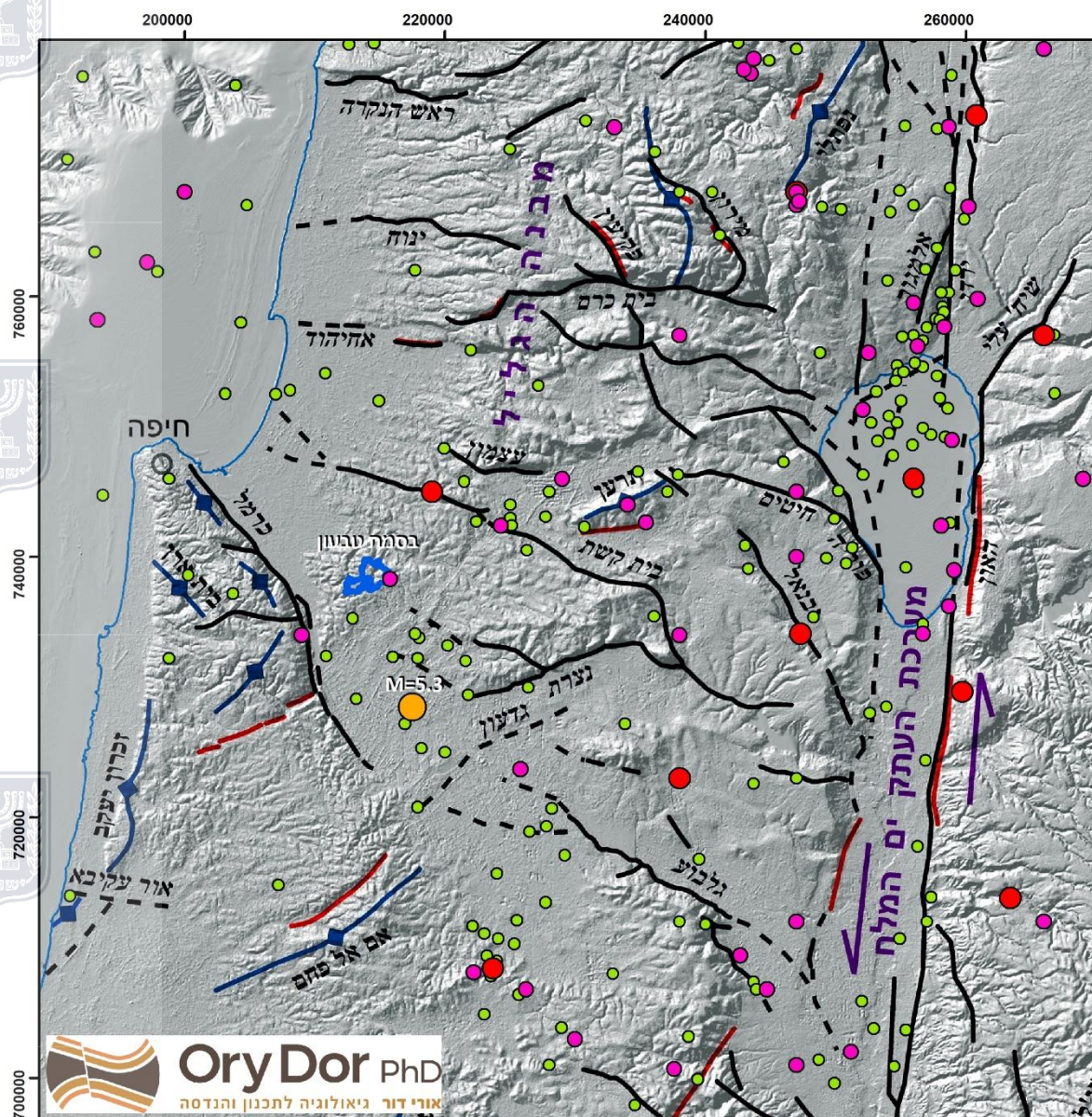
3.2 מקורות סיסמוגניים עיקריים ופעילות סיסמית

העתק הכרמל: אזור הגזירה גילבוע-כרמל הינו מקור מישני לסיכון סיסמי ברמה הארצית, אולם לנוכח קירבתו לאזור התכנית (כ 4 קמ'), תרומתו לסיכון הינה משמעותית. על פי מדידות עדכניות, להעתק זה קצב תנועה שנתי אופקי-שמאלי ואנכי של 0.7 מ"מ ו 0.6 מ"מ, בהתאמה (Sadeh et al., 2012).

להעתק הכרמל אזור גזירה רחב הבא לידי ביטוי בקיומם של העתקי מישנה רבים ופעילות סיסמית המתפרשת לאורך ההעתק על פני אזור שרוחבו כ 10 קמ' (שמיר, 2007). איור 6 מראה כי לאורך אזור הגזירה גילבוע-כרמל הוקלטה מכשירנית פעילות סיסמית אינטנסיבית יותר מאשר לאורך מערכת העתקי ים המלח באזור שממזרח לתכנית (ובכלל זה רעידה של $M=5.3$ שהתרחשה ב 1984 בסמיכות לכפר ברוך, מסומנת באיור 6). עדויות פליאויססמיות 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). לפי הערכות עדכניות (למשל, דור ודייויס, 2014), המגניטודה המקסימלית על העתק הכרמל היא $M=7.3$.

באזור גבעות טבעון מתרחשת ירידה חדה כלפי צפון מערב בשכיחות מוקדי רעידות האדמה, ויתכן בהתאם כי זהו אזור מעבר בין שני מקטעי העתק/אזור השתרעות של קרעי רעידות אדמה. רעידת אדמה אחת במגניטודה $M=3.3$ התרחשה ב 1991 סמוך לגבולה המזרחי של התכנית (איור 6). הקשר בין רעידה זו להעתק ידוע אינו ברור, ויתכן שהתרחשותה מעיד על קיומו בתת הקרקע של העתק פעיל טקטונית שטרם מופה.

טרנספורם ים המלח: המקור הסיסמוגני העיקרי לרעידות אדמה גדולות בעלות השפעה אפשרית על אזור התכנית הוא מערכת העתקי ים המלח, הממוקמת כ 40 קמ' ממזרח לתכנית. מערכת העתקי ים המלח מפרידה בין לוח ערב לתת-לוח סיני, תוך שהיא מחברת בין אזור הפתיחה (האוקיאנוס העוברי) של הים האדום לבין אזור ההתנגשות בדרום-מזרח טורקיה. לאורך המערכת מתרחשת תנועה אופקית שמאלית; סמני הסטה גיאולוגיים מראים כי התנועה האופקית שהחלה במיוקן לפני כ 20 מיליון שנה הצטברה לכדי כ 105 קמ' של הסטה יחסית בין הלוחות (Quennell, 1959). ב 2000 השנים האחרונות התרחשו לאורך מערכת העתקים זו כ 25 רעידות אדמה שגודלן $M>7$ (Ben-Menahem, 1991).



איור 6: מיקום התכנית על גבי מפה ארצית של מבנים גיאולוגיים (מתוך (Sneh and Weinberger, 2014) בצירוף מוקדי רעידות אדמה מתוך קטלוג המכון הגיאופיזי. במסגרת הקטנה: מערכת העתקי ים המלח (Dead Sea Fault - DSF) והקשרה הטקטוני האזורי; מסגרת אדומה מסמנת את תחום מפת המבנים המוצגת באיור זה.



4. סיכוני רעידות אדמה

4.1. תנודות הקרקע באתר

4.1.1. תנודות הקרקע החזיות בגג שכבת הסלע

מודל סיסמוטקטוני

תנודות הקרקע בגג שכבת הסלע הקשה – הבסיס להערכת התכן הסיסימי התיקני עבור המבנים הכלולים בתכנית – מחושבות באמצעות מודל סיסמוטקטוני הסתברותי המשכלל את תרומתם של המקורות הסיסמוגניים בעלי השפעה אפשרית על האתר: העתקים ו/או מקורות פוליגוניים, על סמך המאפיינים שלהם (מגניטודות המקסימום, זמני חזרה, קצבי הסטה, מרחק מהאתר). עיקר המקורות המשפיעים על התכנית תוארו בפרק הקודם.

המודל הסיסמוטקטוני הלאומי נכלל בת"י 413 (קלר וחוב', 2011). מודל זה מבוסס על החלוקה לאזורים סיסמוגניים של Shamir et al. (2001) ועל הפרמטריזציה שלהם על פי Shapira and Hofstetter (2002). המודל כולל שילוב של קצבים סיסמיים מדודים והיסטוריים, ייצוג המקורות הסיסמוטקטוניים כפוליגונים, וייצוג רעידות אדמה בנקודות. מודל זה סובל ממספר חסרונות מהותיים (הערכת חסר של קצבי תנועה, היעדר מקורות קווים – העתקים, שימוש במשוואת ניחות בודדת, וכיו"ב). בימים אילו מתבצע מאמץ מחקרי לצורך החלפתו במודל עדכני התואם את הסטנדרטים הבינלאומיים בתחום (למשל, Avital et al., 2017).

תאוצת שיא הסתברותית בגג הסלע

טבלה 1 מציגה את תאוצת הקרקע האופקית שגבוהה ממנה אינה צפויה בבסמת טבעון בזמני חזרה שונים עבור שתית סלעית (סוג קרקע B) על פי רשימת המקדמים הסיסימיים עבור ישובים, הנלווית לגיליון תיקון 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 בבסמת טבעון עבור שתית סלעית כתלות בזמן חזרה של רעידת אדמה (קלר וחוב', 2011).

זמן חזרה (שנים)	הסתברות להתרחשות (% ב 50 שנה)	PGA (g)
475	10	0.14
975	5	0.20
2475	2	0.28

על גבי השתית הסלעית בחלק משטח התכנית מופיעות קרקעות בעובי משתנה, אולם יש להניח כי חתך הקרקע ב-30 המטרים העליונים הוא סלעי ברובו.

4.1.2. הגברת שתית

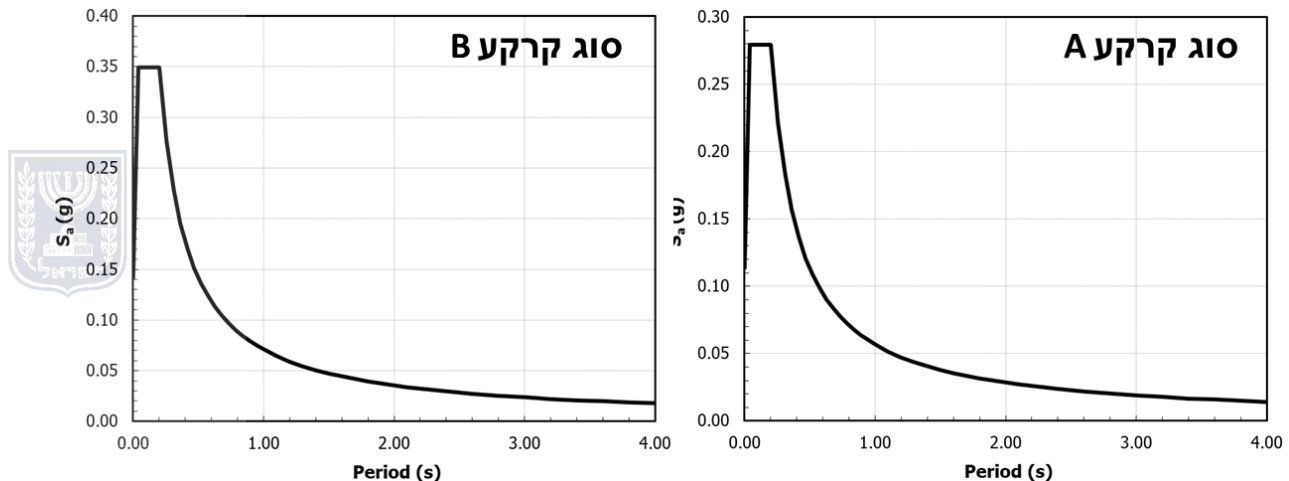
סוג הקרקע

כאמור בסעיף 2.2, סוג הקרקע הצפוי במרבית תחום התכנית, על פי מידע כללי, הוא ככל הנראה B. אופקי גיר ו/או קרומי נארי שיתכן וימצא, עשויים להעלות את סוג הקרקע ל A.



ספקטרום התגובה ותאוצות ספקטרליות

ספקטרום התגובה לתכנון בהסתברות של 10% ב 50 שנה (ההסתברות התיקנית לבנייה) עבור רמת ריסון של 5% בנצ. 738500/214500 במרכז התכנית מוצג באיור 7. מוצגות ספקטרה עבור סוגי קרקע A ו B, לפי גליון חישוב של ת"י 413, בהתאם לצפי לסוג הקרקע בתחום התכנית. יש לחשב את ספקטרום התגובה עבור כל היתר לפי מיקומו ולפי סוג הקרקע בפועל.



איור 7: ספקטרום התגובה לתכנון עבור הסתברות של 10% ב 50 שנה (ההסתברות התיקנית לבנייה) ורמת ריסון של 5% עבור סוגי קרקע A ו B, לפי גליון חישוב של ת"י 413, עבור נצ. 738500/214500. יש לחשב את ספקטרום התגובה עבור כל היתר לפי מיקומו ולפי סוג הקרקע בפועל.



4.1.3 הגברת שתית חריגה

הגורמים להגברת שתית חריגה

בזמן רעידת אדמה, תאוצות הקרקע החזויות עבור תשתית סלעית קשה עלולות להיות מוגברות במצב של מעבר חד בין הסלע לשכבות בליה/קרקע/סלע רך שמעליו עקב ירידה חדה במהירות הגלים, וכתוצאה מהתאבכות בונה הנגרמת מהחזרות של הגלים הן מפני השטח והן מהמגע בין הסלע הקשה לשכבות שמעליו (תהודה). הגברה חריגה יכולה להתרחש גם 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.

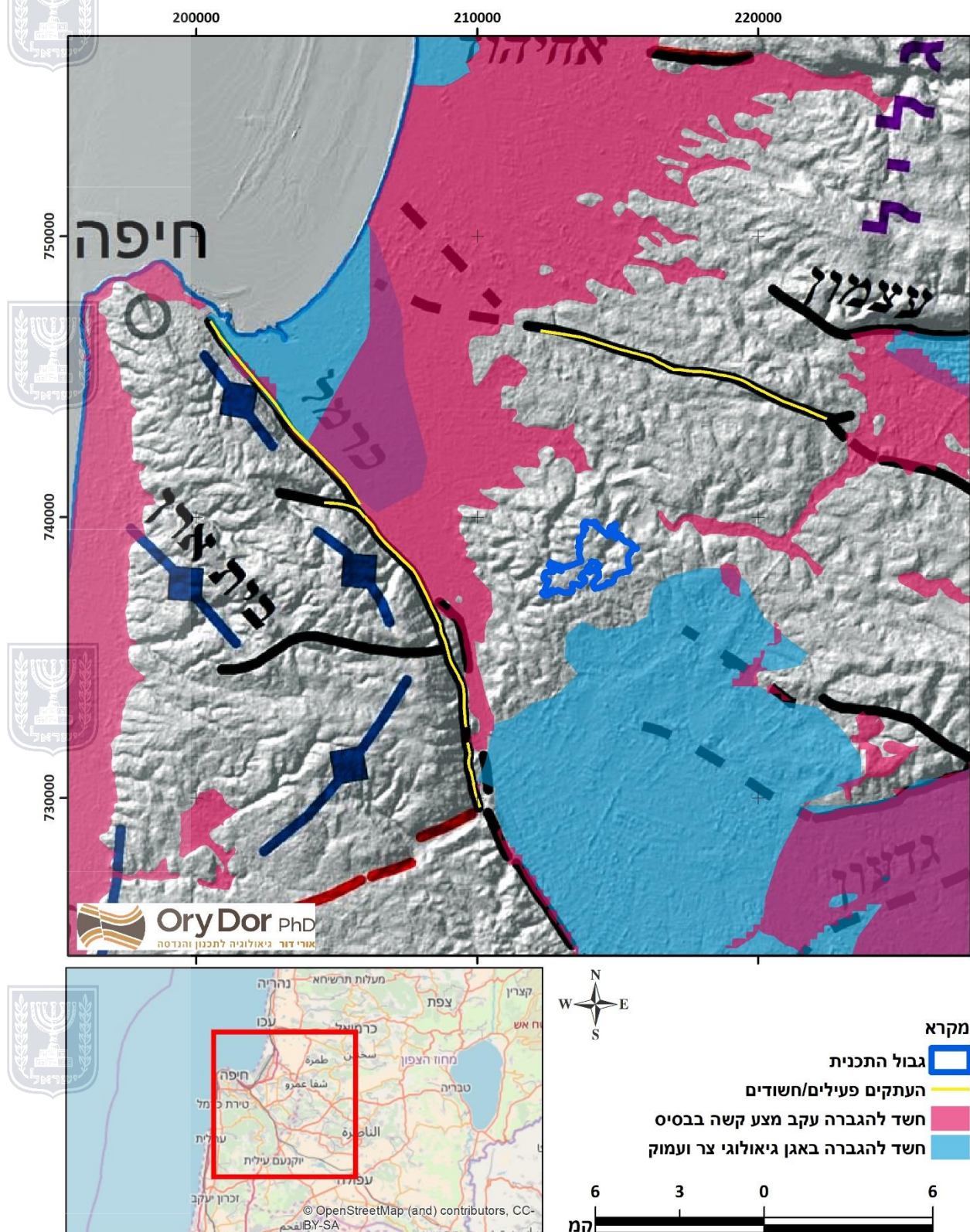
הגברת שתית חריגה באזור התכנית



התכנית ממוקמת כאמור (פרק 2) בסביבה סלעית. על אף קיומם האפשרי של כיסי קרקע שהמגע שלהם עם סלע האם מתאפיין לעיתים בניגוד גיאוטכני חריף, הם אינם מהווים מקור לסיכון להגברה חריגה לאור תפוצתם הספורדית, עומקם הרדוד בד"כ, וההיתכנות הגבוהה להסרתם בשלבי הפיתוח.

על פי מפת האזורים החשודים בהגברת שתית חריגה (איור 8; גבירצמן וזסלבסקי, 2009), לא מתקיים בתחום התכנית ובסביבתה סיכון להגברת שתית חריגה. התכנית ממוקמת בלב אזור סלעי המוגדר כ"אתר קרקע רגיל" בו לא צפויה הגברה חריגה כתוצאה מקיומו של מצע קשה. המגע בין סלעי הקירטון-חואר של חבורות עבדת והר הצופים לבין סלעי הגיר של חבורת יהודה נמצא בעומק של כ 600 מ' (איור 4, איור 5) ולכן לא גורם להגברה באזור התכנית (אם כי, אין לשלול הגברה כתוצאה מאפקטים טופוגרפיים. לא ניתן לכמת סוג זה של הגברה באמצעים הרלוונטיים לשלב הסטטוטורי).





איור 8: תחום התכנית על גבי מפה ארצית של מבנים גיאולוגיים (מתוך Sneh and Weinberger, 2014) בצירוף התחומים בהם מתקיים חשד להגברה חריגה כתוצאה מקיומו של מצע קשה בבסיס ובתוצאה מקיומו של אגן צר ועמוק (מתוך גבירצמן וזסלבסקי, 2009). אזורים בהם מתקיימים גורמי סיכון אילו מקיפים את אזור התכנית (בעמק יזרעאל ועמק זבולון) אולם לא כלולים בתחומה. בנוסף, מוצג התוואי של העתקים פעילים / חשודים (שגיא וחוב', 2016).



4.2 קריעת פני שטח על גבי העתק פעיל

רקע

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).

תקני בנייה העוסקים בנושא ההעתקה הפעילה, ובכלל זה ת"י 413, מגדירים "אזור העתקה פעילה" הכולל את תוואי ההעתק כפי שמופיע במפות בקנ"מ אזורי (במקרה של ישראל – 1:50,000) וחציץ (באפר) בן מספר עשרות עד מאות מטרים מכל צד וקצה של ההעתק (בישראל – 200 מ') בו קיימת חובת בדיקה ומיפוי בקנ"מ מקומי של ההעתק וענפי המישנה שלו. עוד קובעים התקנים, כי אין לבנות על גבי ההעתקים שמופו ובמרחק ביטחון (setback) מהם המשקף את חוסר הוודאות במיפוי ובמיקום הקרע העתידי. בישראל מרחק זה עומד על 15 מ'.

קיימים מקרים הנוגעים לסוגי קרקע וסוגי בינוי מסויימים, בהם מתירים התקנים בנייה על גבי עקבת ההעתק הפעיל/חשוד.

מיקום התכנית ביחס להעתקים פעילים/חשודים תיקניים

על פי המפה התיקנית של ת"י 413 לנושא הסיכון מקריעת פני שטח (איור 8; שגיא וחוב', 2013, עדכון 2016), אין בתחום התכנית העתקים פעילים / חשודים כפעילים. ההעתק הפעיל / חשוד כפעיל הקרוב ביותר לתחום התכנית הינו העתק הכרמל, הנמצא במרחק של כ 4 קמ' מגבול התכנית. בהתאם לכך, אין בתחום התכנית חובות בדיקה והגבלות בניה בכל הנוגע לקריעת פני שטח כתוצאה מהעתקה.

הסיכון מהעתקים ניאוטקטוניים שאינם תיקניים

בתחום התכנית ובסביבתה הקרובה לא מוכרים העתקים שפועלים במסגרת תהליכים טקטוניים עכשוויים ("העתקים רבעוניים").

4.3 התנזלות

רקע

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 שבקרבתם יש מקור סיסמוגני משמעותי (באופן טיפוסי עד עשרות קמ'), ובהם קיימים אופקי משקעים חוליים או חוליים-טיניים צעירים ומפלס מי התהום מצוי ברזוד מ- 20 מטר מתחת לפני השטח (סלומון וחוב', 2008).

פוטנציאל ההתנזלות באזור התכנית

בבחינת מיון ראשונית (screening) של הסיכון להתנזלות, עולה כי מתקיימים התנאים בהיבטים הבאים:

היבט סיסמי: על פי יחסים אמפיריים, במרחק של התכנית מהעתק הכרמל ומבקע ים המלח (4 קמ' ו 40 קמ', בהתאמה), המקורות הסיסמוגניים העיקריים המשפיעים עליו, תתכן התנזלות בהתרחש רעידות אדמה בינוניות וחזקות (Wang, 2007).

היבט הידרוגיאולוגי: המסלע ברוב אזור התכנית אינו משמש כאקוויפר (קירטון).

היבט גיאולוגי/גיאוטכני: השתית באזור התכנית סלעית, ואינה כוללת אופקים גרנולריים תחומים.





בתכנית מתקיים אם כן התנאי הסיסמי להתרחשותה של התנזלות. התנאי ההידרולוגי והגיאוטכני לא מתקיימים בתחום התכנית, ועל כן לא מתקיים בה פוטנציאל להתנזלות.

4.4. גלישת מדרונות

רקע

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.



הערכת הפוטנציאל לגלישת מדרון מתבססת על שיכלול של חוזק הסלעים (בעיקר דרגת הלכידות), נטיית המדרון, נטיית השיכוב, והתאוצה הצפויה באתר כולל מרכיב ההגברה, היכן שרלוונטי. בהערכת הסיכון עבור מבנה/פיתוח ספציפי יש לשכלל גם את הגורמים הנ"ל בהתייחס למפלס ומסלע פני השטח לאחר עבודות הפיתוח, ולשינוי בעומס על המדרון כתוצאה מעבודות הפיתוח והבינוי.

מפת הסיכון הארצית לכשל מדרון (כץ ואלמוג, 2006) – מציגה דרגות רגישות לכשל על סמך שיכלול של הגורמים הגיאולוגיים על בסיס מסדי נתונים בקנ"מ 1:200,000, ואת התאוצה הקריטית לכשל עבור כל דרגת רגישות.

גורמי הסיכון לגלישת מדרונות באזור התכנית

המסלע באזור התכנית מכיל אופקים של קירטון רך. שיפועי המבנה והשיכוב בתכנית מתונים עד בינוניים (איור 1, איור 2). כתוצאה משילוב של גורמים אילו, יש לצפות לדרגת רגישות נמוכה-בינונית ברחבי התכנית. מאחר והמסלע אינו הטרוגני, השינוי המרחבי בדרגת הרגישות יהיה מושפע בראש ובראשונה משיפוע המדרון.



מיקום אזור סיכון ביחס לתחום התכנית

איור 9 מציג את מיקומה של התכנית ביחס לאזורי הסיכון לגלישת מדרון שמופו על ידי כץ ואלמוג (2006). על פי מפה זו, ברחבי התכנית מופיעים אזורים רבים בהם דרגת הרגישות לכשל מדרון הינה נמוכה-בינונית (4-6).

כאמור, המסלע החשוף בתחום תוכנית בסמת טבעון הוא קירטון וגיר (איור 2, איור 3). השיפועים המירביים בתחום התוכנית לפי מפת המדידה שנתקבלה מהמזמין הינם 28°-24°. על פי כץ ואלמוג (2006) תאוצת הקרקע הקריטית לקירטון בשיפועים אלו היא 0.25g ולגיר 0.35g. תאוצות אלו גבוהות מתאוצת התכן לבניה סטנדרטית (זמן חזרה 457 שנים, טבלה 1). עבור קירטון התאוצה הקריטית נמוכה מהתאוצה הצפויה בזמן חזרה של 2475 שנים (טבלה 1), המשמשת כתאוצת התכן עבור מבנים בדרגת חשיבות גבוהה, מתקני חומרים מסוכנים וכו'.

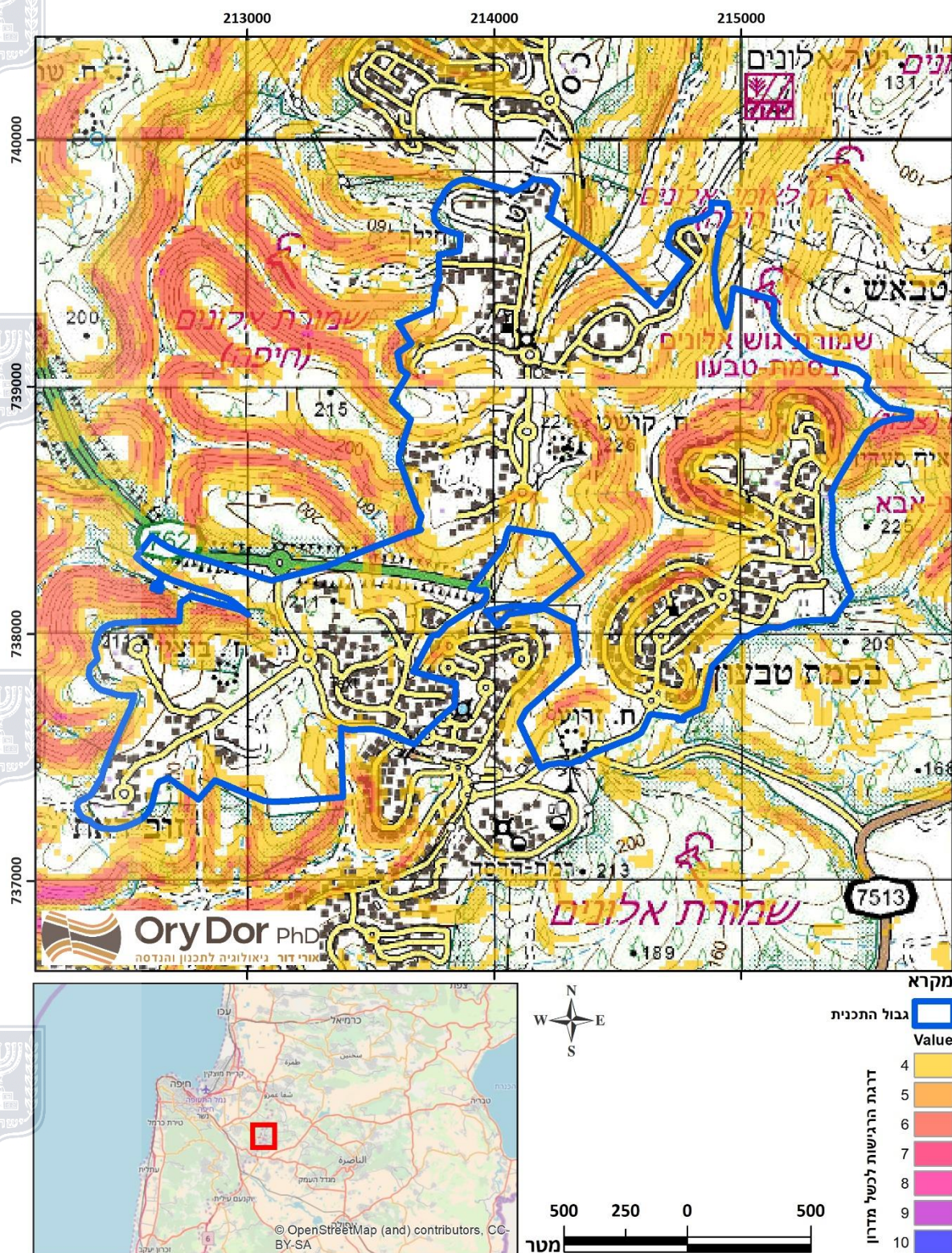
חשוב להדגיש כי קנה המידה של מפת הרגישות לכשל מדרון הינה 1:200,000, והיא מבוססת על חיתוך של מספר מאגרי מידע בקנ"מ שונים, בין היתר מפה גיאולוגית בקנ"מ של 1:200,000 (Sneh et al., 1998; איור 2) ומפה טופוגרפית בקנ"מ 1:50,000. יש להתייחס לסימון כאל אינדיקציה כללית לקיומו של סיכון באזור מסויים.



קביעת דרגת הסיכון היחסית בתחום התכנית: דרגת הסיכון נקבעת כאמור לפי שלושה מרכיבים - שיפוע המדרון, חוזק הסלע, ושיפוע המיבנה (בעיקר נטיית השיכוב). על סמך המפות וההתכנים ברמת ההפרדה האזורית עליהם מבוסס דו"ח זה, בסוג הסלע ושיפוע השיכוב אין שינויים משמעותיים ברחבי התכנית. השינויים בדרגת הסיכון היחסית ברחבי התכנית נובעים אם כך בראש ובראשונה משינויים מרחביים בשיפוע המדרון. האזורים הרגישים ביותר נמצאים באזור הבנוי של הישוב ובשוליו.

לאור קירבתה של התכנית להעתק הכרמל, ומפאת הסיכוי לתאוצות קרקע גבוהות בתחומה במקרה של רעידת אדמה על העתק זה, יש להקפיד על יישום אמצעי ייצוב מדרון מתאימים ברחבי התכנית ובפרט על גבי מדרונות ששיפועם גדול מ 10° (ערך תחתון לגלישות עבור סלע זה על פי כץ ואלמוג, 2006).





איור 9: גבול התכנית על גבי מפה טופוגרפית, בצירוף סימון אזורים בהם מתקיים פוטנציאל לגלישת מדרון לפי דרגות רגישות (מתוך כץ ואלמוג, 2006).

4.5. נחשול ים/אגם (צונאמי/סייש)

לאור רום התכנית ומרחקה ממקווה מים גדול (ים/אגם), לא מתקיים בתחומה סיכון להצפה של צונאמי/סייש.

5. סיכום והמלצות

5.1 השלכות הממצאים עבור שלבי התכנון

טבלה 2 להלן מסכמת את עיקרי הממצאים של הסקר הראשוני לזיהוי סיכונים ראשוניים בתחום תכנית המתאר של בסמת טבעון, ואת השלכותיהם עבור שלבי התכנון והרישוי.

טבלה 2: סיכום ממצאי הסקר הראשוני והשלכות עבור שלבי התכנון

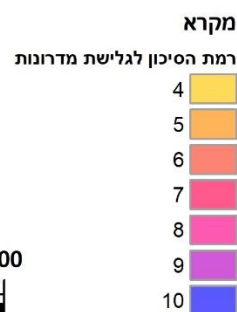
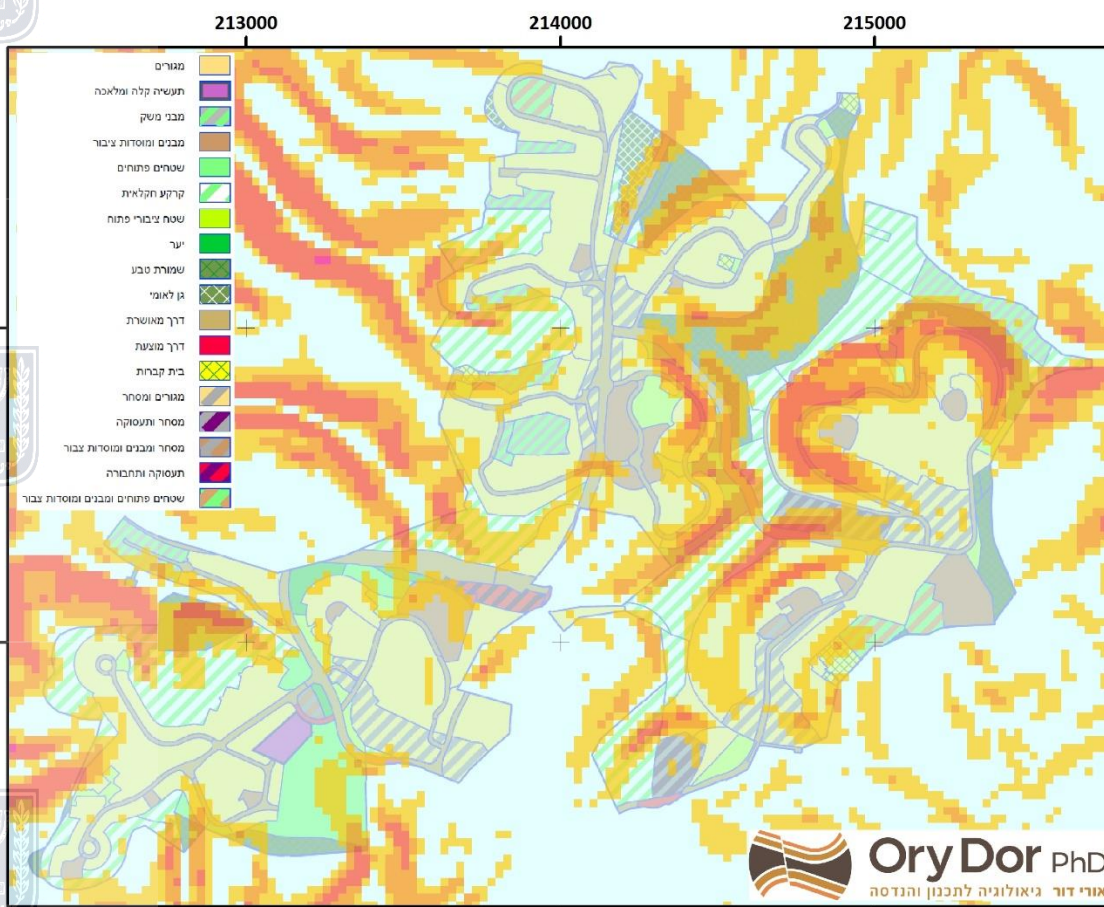
גורם סיכון	ממצאים עבור אזור התכנית	השלכות לתכנון המפורט	השלכות לשלב הרישוי
תנודות קרקע	תאוצת שיא של 0.14g עבור בנייה סטנדרטית (רמת סיכון תיקנית של 10% ב 50 שנה); לא צפויה הגברת שתית והגברה חריגה כתוצאה מקיומו של מצע קשה.	אין	אימות התנאים הגיאולוגיים לפי נתונים משטח ההיתר ופיתוח תכנון סיכומי מתאים
קריעת פני שטח	לא מתקיים סיכון	אין	אין
התנזלות	לא מתקיים סיכון	אין	אין
גלישת מדרון	דרגת רגישות נמוכה-בינונית במספר אזורים בתכנית	תכניות מפורטות למתחמי בנייה חדשים ו/או היקפי בנייה ו/או פיתוח משמעותיים במרקם הקיים, באזורים בהם שיפוע המדרון עולה על 10°, נדרשות בהטמעה של אמצעים לייצוב המדרון בתכניות הפיתוח בהתאם לתנאים הגיאולוגיים	במדרונות ששיפועם מעל 10° יש להציג במסגרת התכנית להיתר אמצעים לייצוב המדרון בהתאם לתנאים הגיאולוגיים בתחום התכנית ובמדרון שמעליה ומתחתיה.
הצפת נחשולים	לא מתקיים סיכון	אין	אין

איור 10 מציג את אזורי הסיכון לגלישת מדרון על גבי תשריט מצב מוצע של התכנית.

5.2 המלצות

בהתאם לממצאי הסקר, ההמלצה היא כי תכנית מפורטת הכוללת בינוי, שתוצא מכוחה של תכנית זו, תכלול את ההנחיות הבאות:

- תנאי למתן היתרי הבניה יהיה גיבוש תכנון סיכומי על בסיס מקדמים המתאימים לסווג הקרקע באתר, על ידי מהנדס בעל רישיון בתחום הנדסת הקרקע והביסוס, או קונסטרוקטור. סווג הקרקע יקבע בהתאם לתנאי הקרקע לפי מידע גיאולוגי-גיאוטכני המאפיין את תחום ההיתר. סעיף זה אינו חל על בקשות להיתר בניה מסוג "עבודה מצומצמת".
- תנאי למתן היתר בנייה במדרונות ששיפועם מעל 10° יהיה הטמעה במסגרת תכנית הפיתוח של אמצעים לייצוב המדרון בהתאם לתנאים הגיאוטכניים ולפוטנציאל לגלישת מדרון בתחום התכנית ובמדרון שמעליה ומתחתיה. 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. ממצאי חוות הדעת ישולבו במסמכי התכנית.



איור 10: מפת רגישות לכשל מדרונות (אחרי כץ וחוב', 2006) על גבי תשריט מצב מוצע.



6. רשימת מקורות ספרות

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

גוטמן, י. (1984). מיפוי גיאולוגי של אזור טבעון - נצרת, קנ"מ 1:50,000. דו"ח תה"ל, תל אביב.

דיוויס, מ. ודור, א. (2014). פיתוח מודל סיסמוטקטוני מודולרי לישום בהערכה של סיכונים סיסמיים בישראל. פרויקט מחקר עבור משרד הבינוי והשיכון (קול קורא 2012), הוועדה הבין משרדית להיערכות לרעידות אדמה.

ולד, ר. (2016). פענוח התפתחותו הטקטונית של הגליל התחתון מהגידוע האוליגוקני ועד למעוות המיוקני-פליוקני באמצעות מידע גיאולוגי וגיאופיסי מתת-הקרקע. דו"ח מכון גיאולוגי מס' GSI/15/2016.

כץ, ע. ואלמוג, ע. (2006). מפת סכנה ארצית לגלישות מדרון בישראל: גיליון צפוני, קנ"מ 1:200,000. המכון הגיאולוגי לישראל, דו"ח מס. GSI/38/2006.

סלמון, ע., צביאלי, ד., רוזנפוט, 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.

סנה, ע. (2008). מפה גיאולוגית של ישראל, קנ"מ 1:50,000, גליון 3-II, שפרעם. המכון הגיאולוגי לישראל.

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.

שגיא, א., סנה, ע., רוזנפוט, 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., רוזנפוט, 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.

שמיר, ג. (2007). פיזור מוקדים ומנגנוני רעידות אדמה לאורך העתקי גילבוע - כרמל. דו"ח מכון גיאולוגי מס' GSI/02/2007.

תקן ישראלי ת"י 413 (1995), וגליון תיקון מס' 5 (2013). תכן עמידות מבנים ברעידות אדמה. מכון התכנים הישראלי.

Avital, M., Davis, M., Dor, O., & Kamai, R. (2017). The Effect of Alternative Seismotectonic Models on PSHA Results—a Sensitivity Study for the Case of Israel. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. doi.org/10.5194/nhess-2017-281.

Ben-Menahem, A. (1991). Four thousand years of seismicity along the Dead Sea rift. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, Volume 96, Issue B12, P. 20195-20216.

Braun, Y., Kagan, E., Bar-Matthews, M., Ayalon, A., & Agnon, A. (2010). 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., Volume 58, P. 257-273.

Fleischer, L., and Gafsou, R. (2003). Top Judea Group - digital structural map of Israel, The Geophysical Institute of Israel, Report 753/312/03.

Quennell, A. M. (1959). Tectonics of the Dead Sea rift. In Proceedings of the 20th international geological congress, Mexico. P. 385-403.

Sadeh, M., Hamiel, Y., Ziv, A., Bock, Y., Fang, P., & Wdowinski, S. (2012). Crustal deformation along the Dead Sea Transform and the Carmel Fault inferred from 12 years of GPS measurements. Journal of Geophysical Research, 117(B8), B08410. doi:10.1029/2012JB009241.





Shamir, G., Y. Bartov., A. Sneh., L. Fleisher., V. Arad., and M. Rosensaft, (2001) Preliminary seismic zonation in Israel, GSI Rept. 12/2001 and GII No. 550/95/01.

Shapira, A., & Hofstetter, A. (2002). Seismicity parameters of seismogenic zones. Shapira, A. An updated map of peak ground accelerations for the Israel Standard, 413, 1-15.

Sneh, A, Bartov, Y., Weissbrod, T. and Rosensaft, M. (1998). Geological map of Israel (1:200,000, 4 sheets) Geological Survey of Israel.

Sneh, A., and Weinberger, R. (2014). Major Structures of Israel and Environs, scale 1:500,000. Isr. Geol. Surv.



Wang, C-Y. (2007). Liquefaction beyond the near field. Seismological Research Letters, 78 (5): 512-517.

