

15/08/2021

מקורות

להפקיד את התכנית

29/11/2021

תכנית מפורטת להסדרת אתר גרנות



סקר סיכונים סיסמי ראשוני

בהתאם להוראת מהנדס ראשי במסמך מס' 312.007 מיום

24.11.11, נספח ב'



בוצע עבור אפשטיין ניהול פרויקטים

פרויקט מס' 1211



מיקום התחנה ברשת ישראל החדשה:

170375/624550

אוקטובר 2019



עמוס שירן בע"מ

הנדסת רעידות אדמה

טל. 072-2506100, פקס 077-4701772

יקנעם מושבה 2060000, office@amoshiran.com

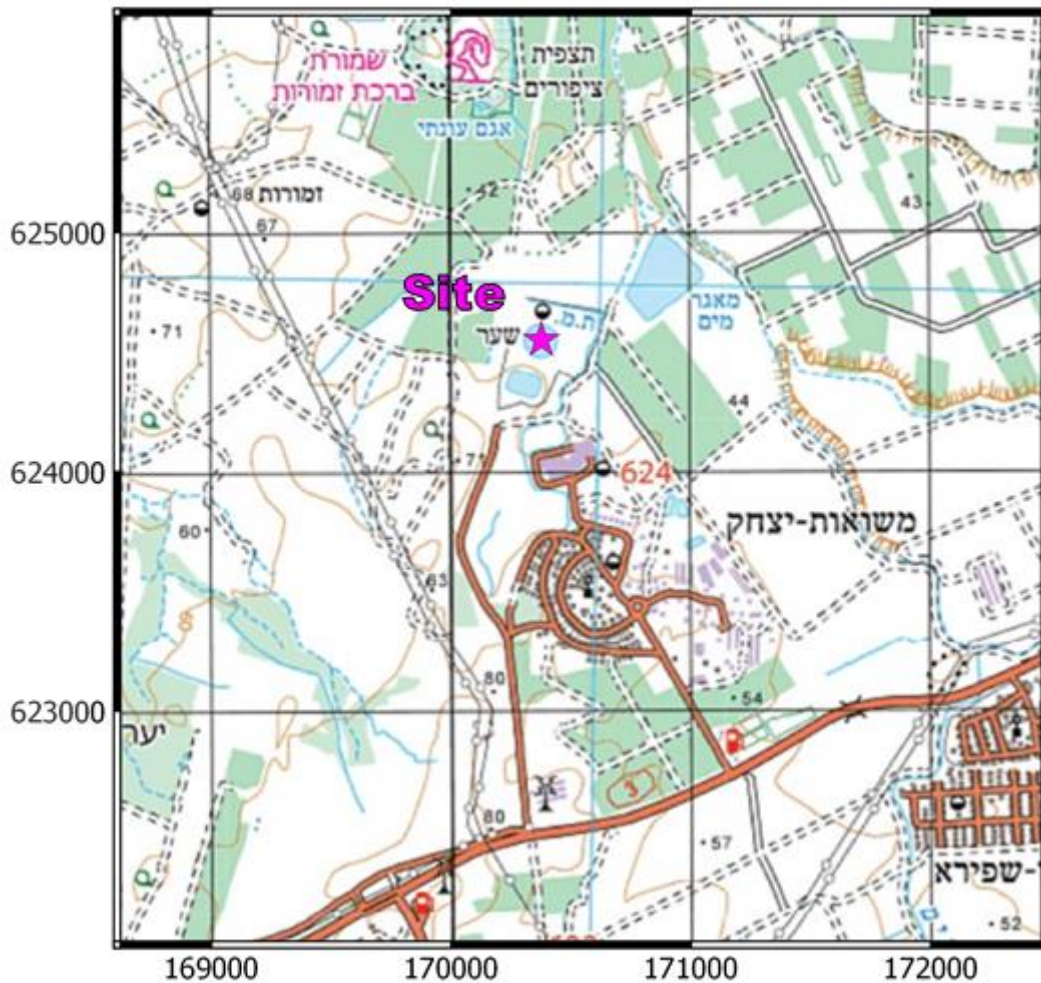


3	11.4.2021	א.ב.ד.			תיקון שם הפרויקט לבקשת הלקוח
2	16.7.2020	א.ב.ד.			תיקון טעות סופר איור 3
1	31.10.2019	א.ב.ד.	ח.א.	ע.ש.	דוח סופי ללקוח
גרסה	תאריך	הכין	בדק	אישר	תיאור השינויים
לקוח אפשטיין ניהול פרויקטים שם הדוח קו שלישי לנגב, תחנת גרנות, סקר סיכונים סייסמי ראשוני מספר פרויקט 1211					
עמוס שירן בע"מ הנדסת רעידות אדמה יקנעם מושבה 2060000 טל. 072-2506100 פקס 077-4701772 office@amoshiran.co.il					



1. תיאור הפרויקט

חברת מקורות מתכננת לשדרג את הקו השלישי לגב. תחנת גרנות נמצאת בתוואי הקטע קד' ביצרון 6 – מאגר נגה, מצפון למושב משואות יצחק בשטחים חקלאיים, בסביבות נ.צ. 170375/624550. האתר כולל מספר מתקנים הנדסיים, וכן מתקנים של שתי מערכות אספקת מים – מערכת מי שפד"ן ומערכת מים שפירים.



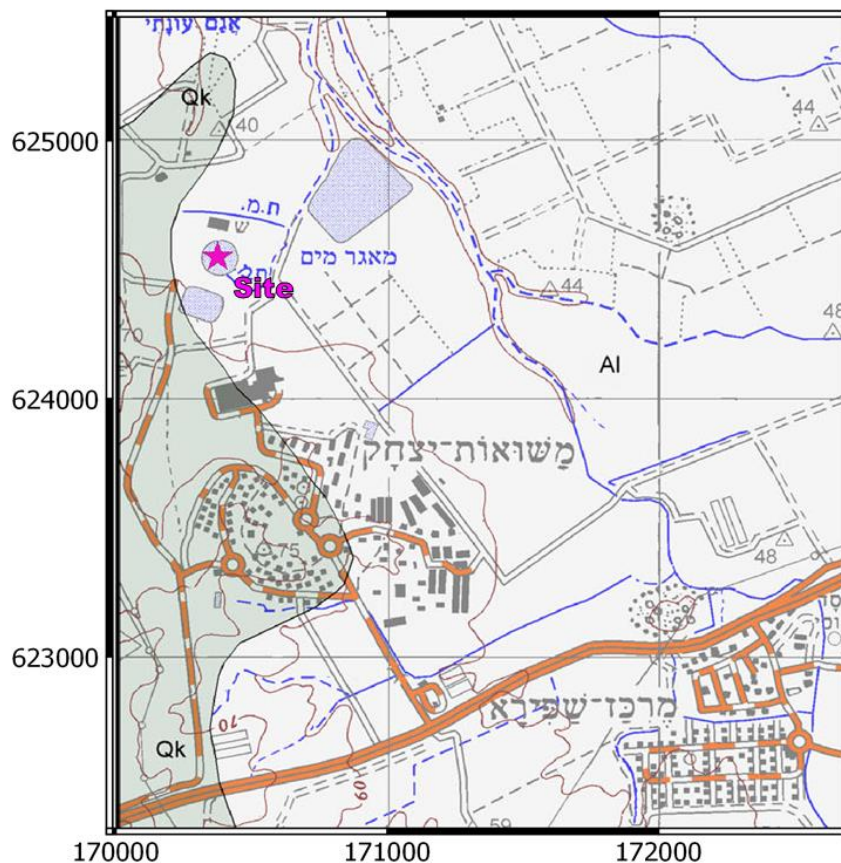
איור 1 – מיקום תחנת גרנות על גבי מפה טופוגרפית.





2. תנאים גיאולוגיים בסביבת האתר

באיור הבא האתר על גבי מפה גיאולוגית. ניתן לראות כי תחנת גרנות נמצאת על שכבת אלוביום הולוקנית מחבורת כורכר.



STRATIGRAPHY סטרטיגרפיה

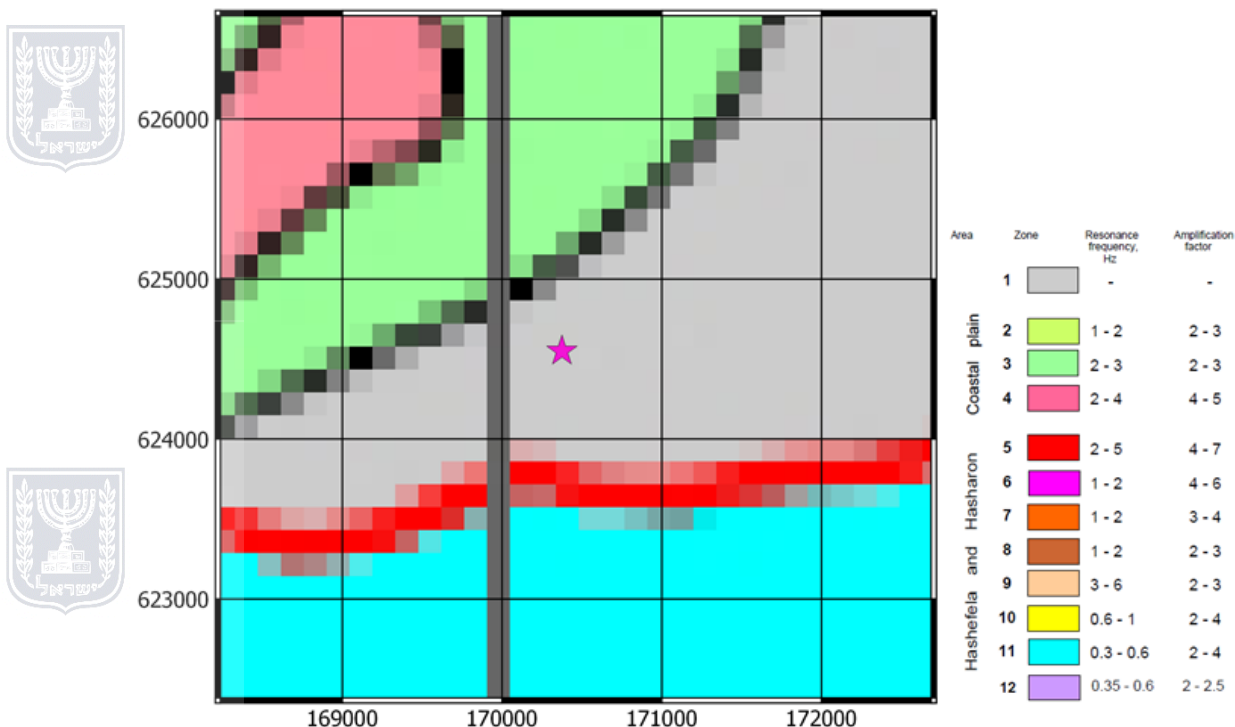
SYSTEM תקופה	SERIES - STAGE סדרה - דרגה	SYMBOL סימן	THICK. m עובי מ'	LITHOLOGY מסלע	LITHOSTRATIGRAPHY ליתוסטרטיגרפיה	
					MAPPING UNITS יחידות מיפוי	GROUP חבורה
QUATERNARY קוורטר	HOLOCENE חולוקן	Al	10+		Alluvium אלוביום	KURKAR כורכר
	PLIO-PLEISTOCENE פליו-פלייסטוקן	Qs	10+		Dune sand דיונות חול	
		Qk*	55+		Calcareous sandstones אבן חול גירית	
 Limestone גיר  Chalk קירטון  Marl חואר  Chert nodules עשדות צור  Gravel חלוקים  Clay חרסית  Sand חול  Cross bedding שיכוב צולב  Fossils מאובנים  Basalt בזלת						

איור 2 – תחנת גרנות על גבי מפה גיאולוגית [גליון גדרה - סנה, 2004].





Zaslavsky et al. (2003) אפיינו את אזור השפלה וחילקו אותו לתתי-אזורים בעלי חתך קרקע טיפוסי. חלוקה זו התבססה על המפה הגיאולוגית של ישראל ודוחות גיאולוגיים, וכן על מדידות גיאופיסיות של המכון הגיאופיסי ב-650 קידוחים. מאיור 3 ניתן לראות כי האתר ממוקם בתת-אזור 1. לפי Zaslavsky תת-אזור זה מאופיין בשכבה עליונה של חמרה וחול בעובי משתנה של 5-7 מ' ($V_s=250$ m/sec). הרפלקטור הינו כורכר ($V_s=700$ m/sec) ומופיע בעומק משתנה של החל מפני השטח ועד 7 מ'. בטבלה 1 ניתנות הצפיפות ומהירות מעבר גלי הגזירה בשכבות הקרקע הרלוונטיות.



איור 3 – האתר ע"ג מפת חלוקה לתתי-אזורים בעלי חתך קרקע טיפוסי שונה (Zaslavski et al., 2003).



Material	Depth 0-50 m	
	Vs m/s	ρ g/cm ³
Sand, Loamy Sand	250	1.6
Loam	350	1.7
Calcareous Sandstone	700	1.9

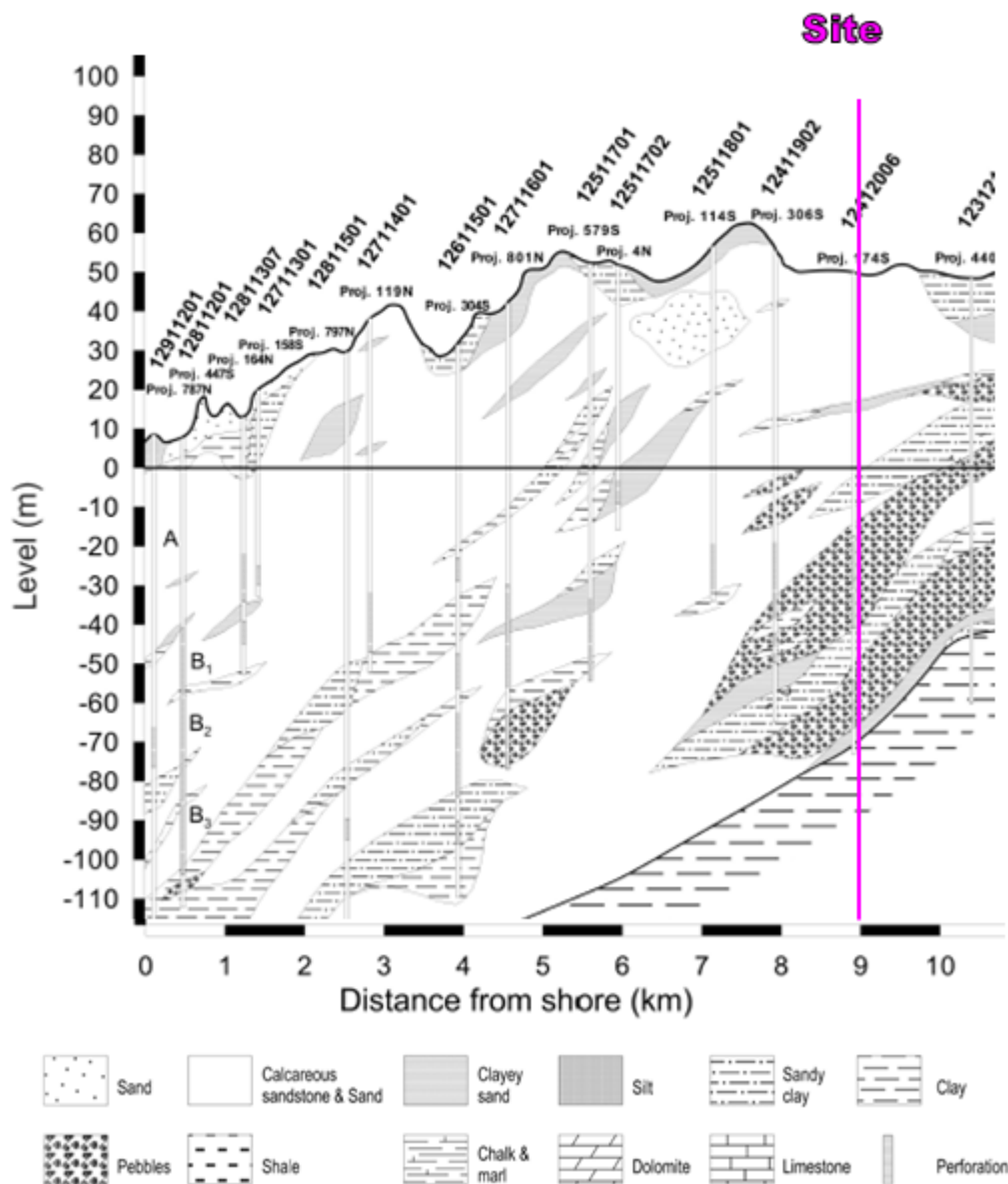
טבלה 1 – צפיפות ומהירות מעבר גלי הגזירה בשכבות הקרקע בתת-איזור 1 (טבלה 3, Zaslavski et al., 2003).





על החתכים העמוקים באזור ניתן ללמוד מאטלס חתכים גיאולוגיים ומפות פירוס של תת אקוויפרים באקוויפר החוף של רשות המים [דבורי וחוברין, 2014]. האתר ממוקם על גבי חתך 111, ובמרחק של כ- 9 ק"מ מזרחית מהים. באיור הבא ניתן לראות את האתר מסומן על גבי חתך 111. שכבות הקרקע בחתך מופיעות בטבלה 2.

Geological Cross Section - Strip 111



איור 4 – תחנת גרנות על חתך גיאולוגי עמוק [דבורי וחוברין, 2014].





שכבה	עובי [מ'], בקירוב
כורכר	35
חול חרסיתי	עדשה
כורכר	20
חרסית חולית	10
כורכר	5
חלוקים	25
חרסית חולית	10
חלוקים	20
חול חרסיתי	5
תצורת יפו	-

טבלה 2 – חתך עמוק באתר לפי נתונים שנלקחו מחתך 111 באטלס החתכים הגיאולוגיים [דבורי וחובריו, 2014].

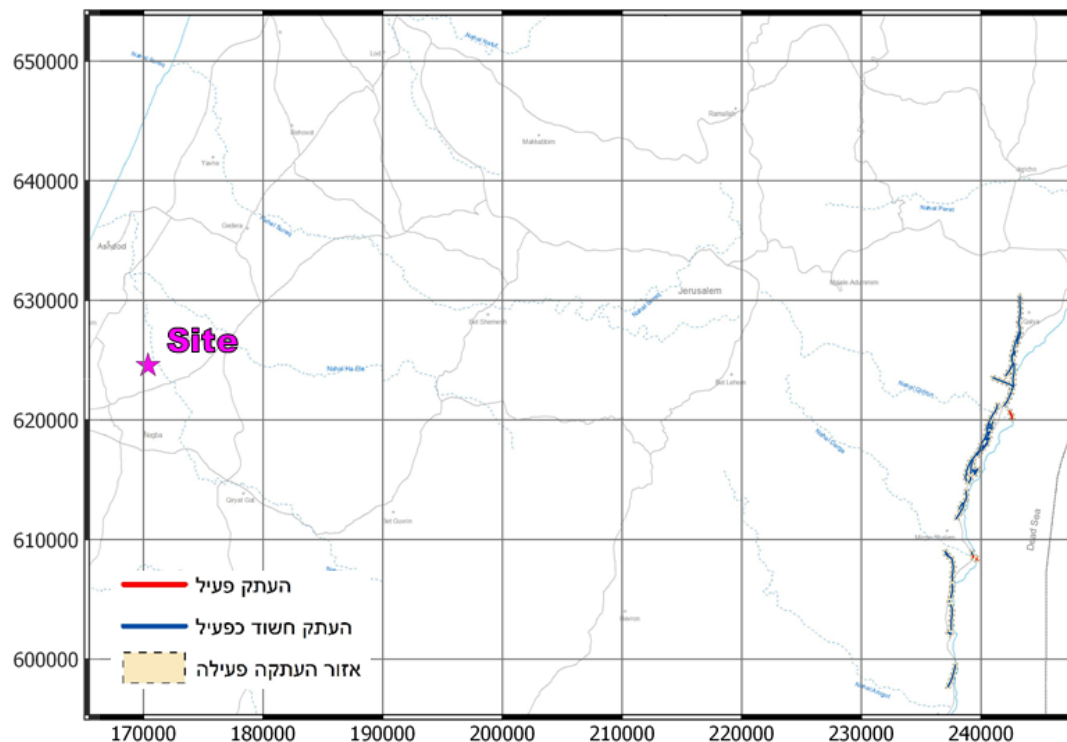




3. האתר על גבי מפות סיכונים

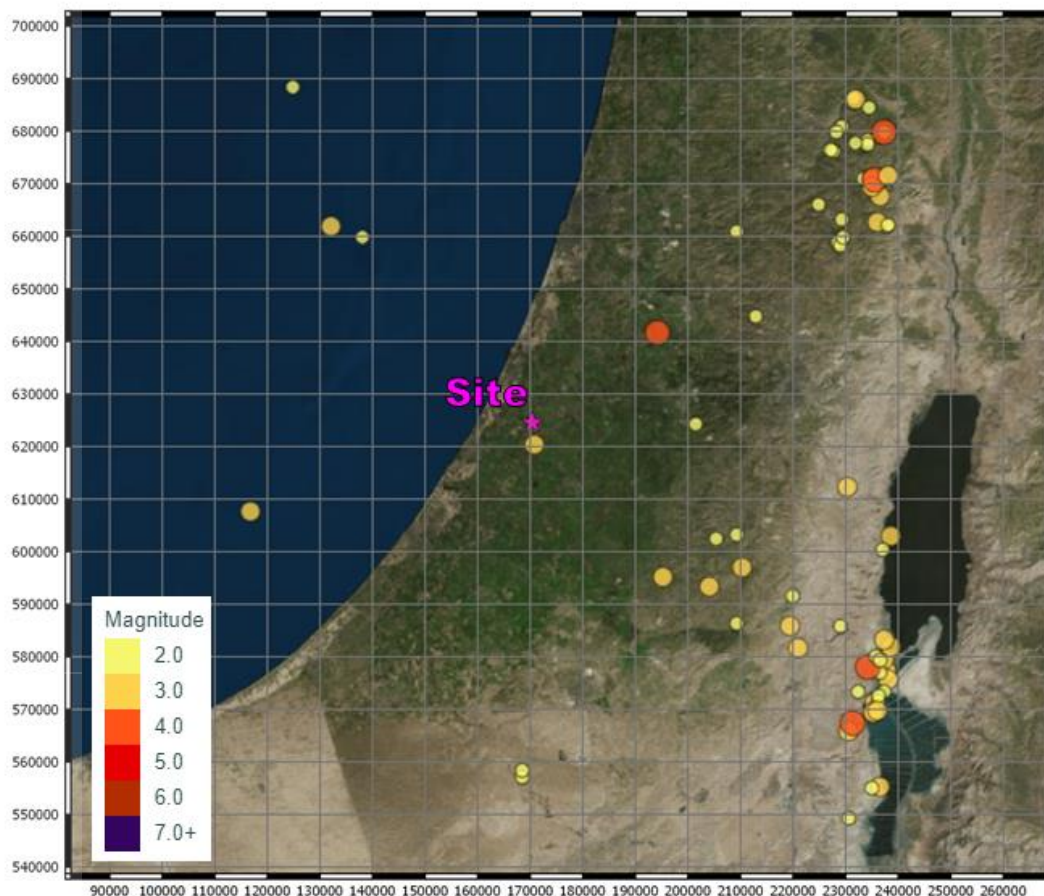
א. העתקים פעילים וקריעת פני שטח

בהתאם למפת העתקים פעילים וחשודים כפעילים (המכון הגיאולוגי, 2017) אין חשש מקריעת פני השטח באתר. פעילות סיסמית בחמישים השנים האחרונות וברדיוס של כ-50 ק"מ באזור האתר מתוארת באיור 6.



איור 5 – האתר על גבי מפת העתקים פעילים וחשודים כפעילים (מפת העתקים פעילים וחשודים כפעילים, המכון הגיאולוגי, 2017).





איור 6 – האתר על גבי מפת מוקדי רעידות אדמה והמגניטודה שלהן בחמישים השנים האחרונות וברדיוס של כ-50 ק"מ מאזור האתר (אתר המכון הגיאופיסי, 2019).

ב. תאוצות קרקע בהתאם לת"י 413 (ללא תגובת אתר)

התאוצות הצפויות באתר ללא תגובת אתר (תאוצה בסלע מסוג B) עפ"י ת"י 413 מוצגות בטבלה

הבאה:

2%@50years			5%@50years			10%@50years			נקודת ציון מרכזית (במערך קואורדינטות חדשות)		שם היישוב
S1	Ss	Z	S1	Ss	Z	S1	Ss	Z	623500	170800	משואות יצחק
0.07	0.30	0.12	0.05	0.21	0.09	0.04	0.16	0.07			

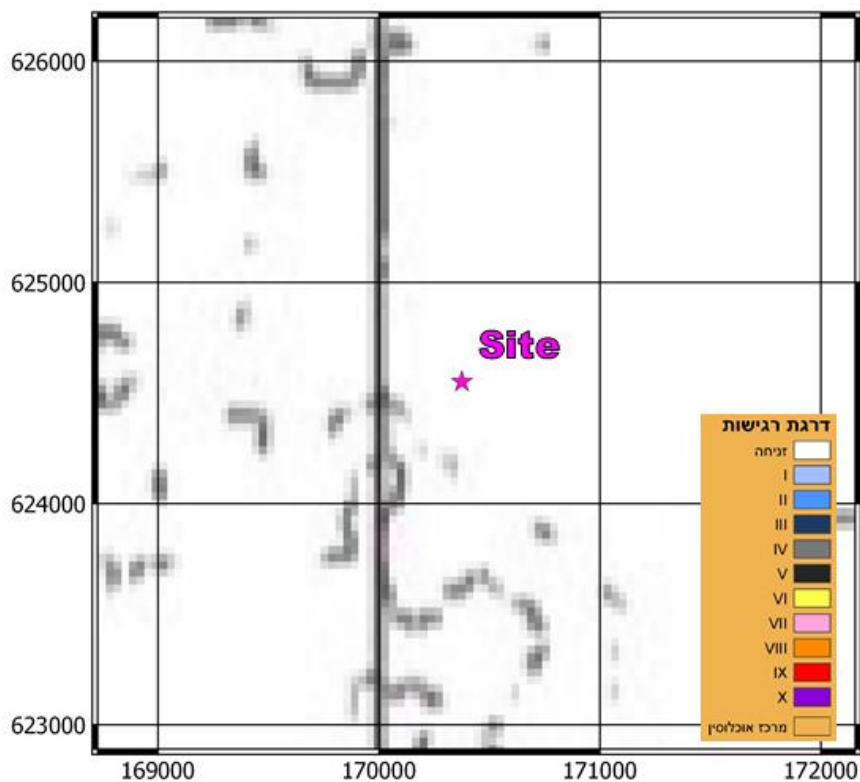
טבלה 3 – תאוצת הקרקע התקנית באתר ללא תגובת אתר (ת"י 413 ג"ת 5).





ג. גלישות קרקע

באיור 7 ניתן לראות את מיקום האתר על גבי מפת האזורים בהם קיימת סכנה לגלישת מדרונות (כץ ואלמוג, 2006). האתר נמצא באזור בו דרגת הרגישות הינה זניחה, כלומר, לא קיימת סכנת גלישת קרקע באתר.



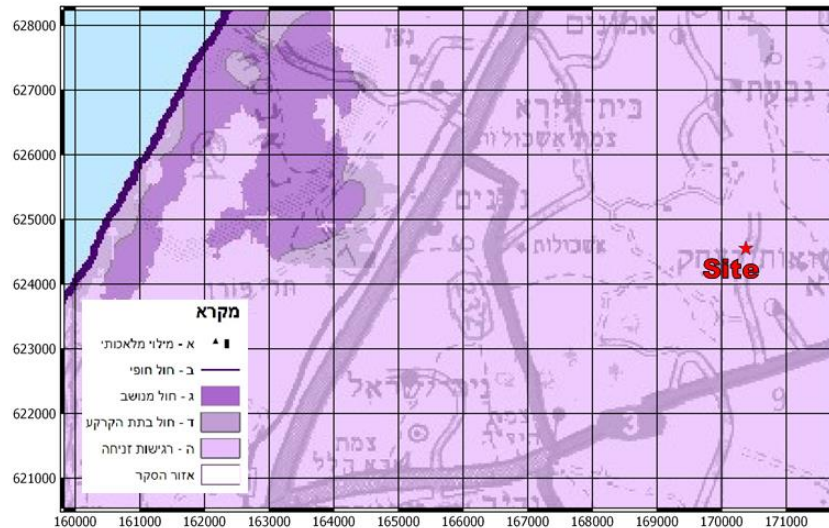
איור 7 – רמת הסיכון לגלישת מדרונות באתר (מפת סכנה ארצית לגלישות מדרון בישראל - גיליון מרכז, כץ ואלמוג 2006).





ד. התנזלות

על פי מפת האזורים בהם קיים פוטנציאל התנזלות, גיליון דרום (סלמון וחובריו, 2008), ראה איור 8, האתר נמצא באזור ה'. אזור ה' מוגדר כאזור רגישות זניחה: "האזורים במישור החוף שבהם העומק למפלס היחוס של אקוויפר החוף גדול מ-20 מ', ללא תלות בגיאולוגיה של פני השטח". לפיכך, אין חשש להתנזלות.

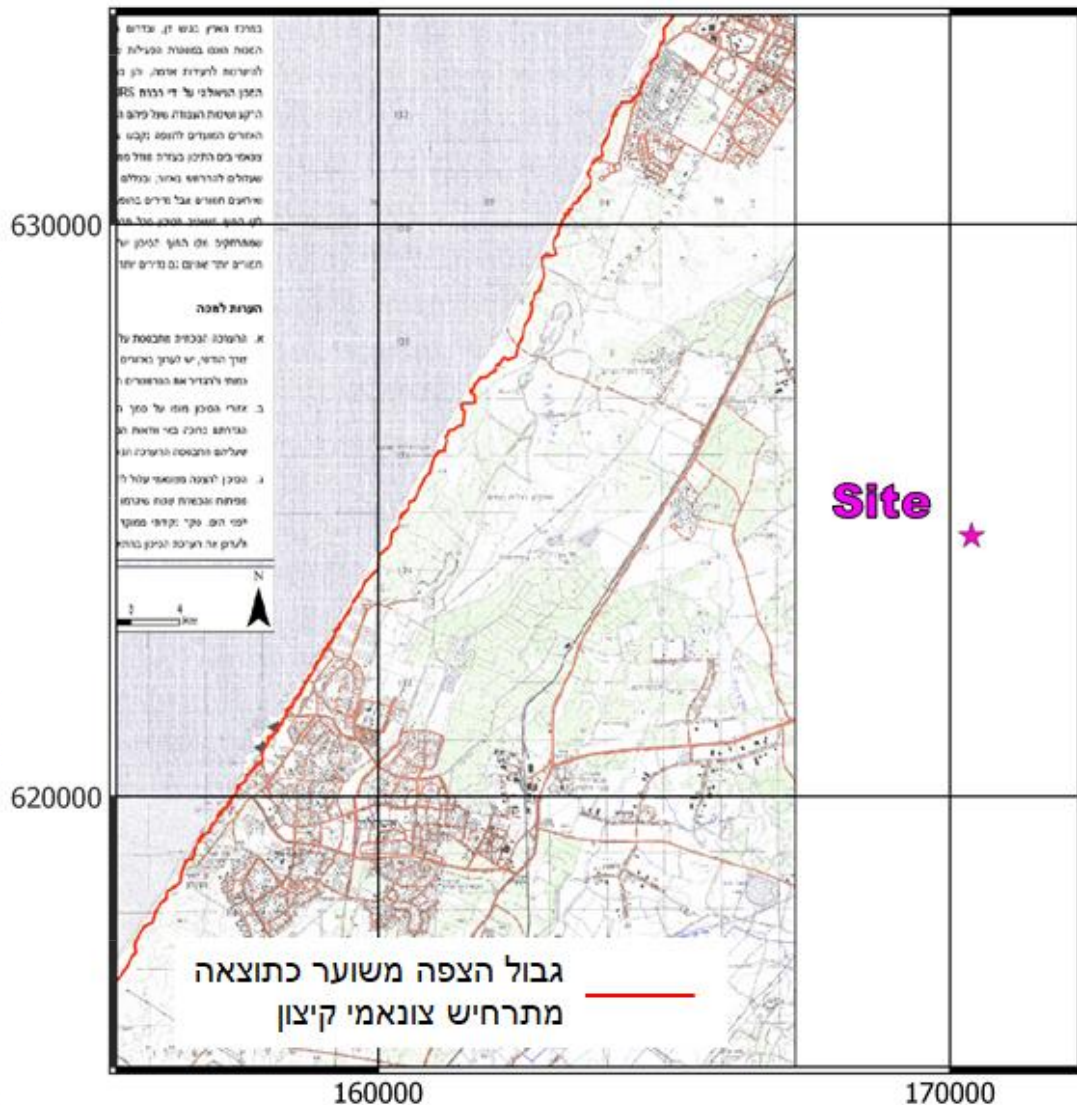


איור 8 – האתר על גבי מפת האזורים בהם קיים פוטנציאל התנזלות, גיליון דרום (סלמון וחובריו, 2008).



ה. צונאמי

האתר נמצא במרחק ניכר מגבול אזור ההצפה המשוער כתוצאה מתרחיש צונאמי קיצון. לפיכך אין סכנה מצונאמי.

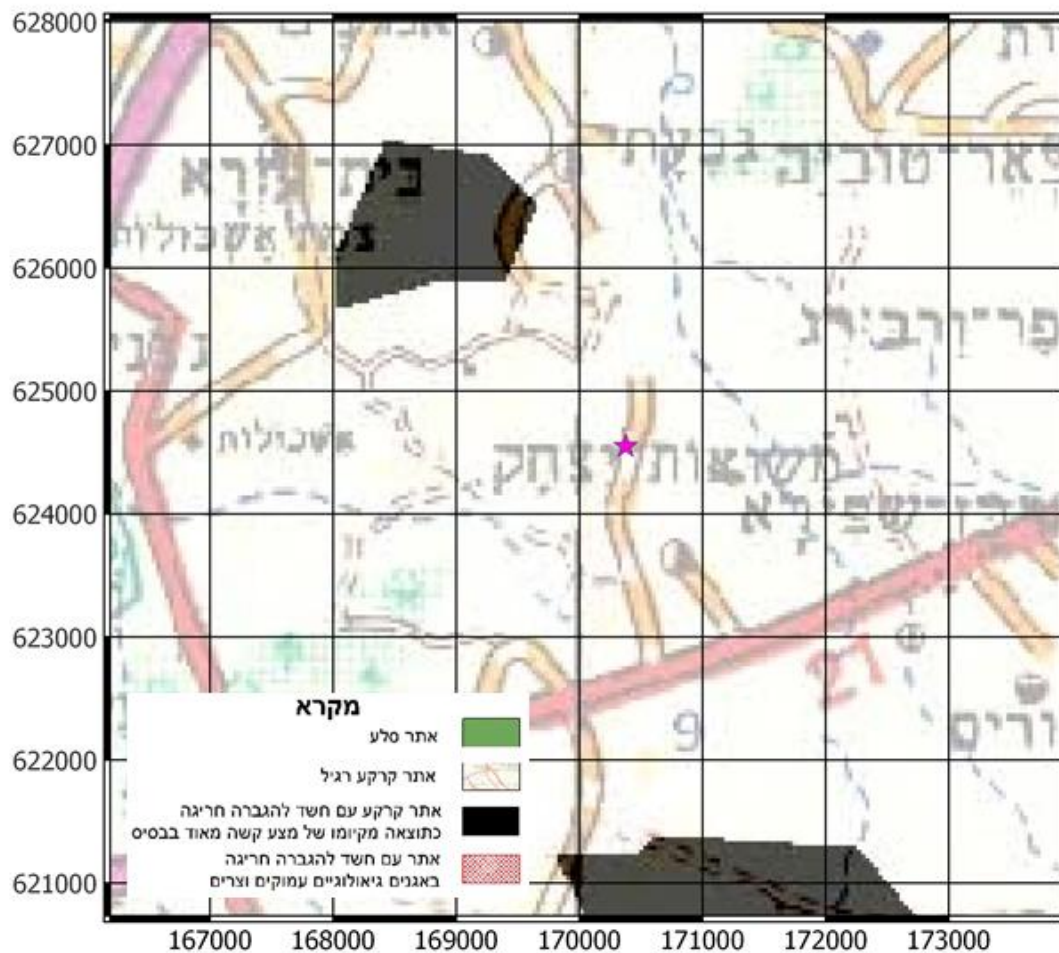


איור 9 – האתר ביחס למפת גבול הצפה משוער כתוצאה מתרחיש צונאמי קיצון (סלמון, 2009).



ו. הגברות שתית חריגות

בהתאם למפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות (המכון הגיאופיסי והמכון הגיאולוגי, 2009), האתר הינו אתר קרקע רגיל.



איור 10 – האתר על גבי מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות (המכון הגיאופיסי והמכון הגיאולוגי, 2009).





4. סיכום

באתר תחנת גרנות, הנמצאת בתוואי צנרת הקו השלישי לנגב בקטע קד' ביצרון 6 – מאגר נגה, אין חשש לסיכון הגברות שתית חריגות, גלישת מדרון, התנזלות, קריעת פני שטח וצונאמי.

התחנה הוגדרה על ידי מקורות כפרויקט ארצי ברמת חשיבות גבוהה. התחנה נמצאת בתוואי צינור בעל ספיקה מעל 10,000 קוב ליום, והוגדרה רמת תפקוד 3 על ידי מקורות, כלומר חשיבות סיסמית קריטית. לפיכך, בהתאם ל"הנחיות מקורות לביצוע סקר אתר לרעידות אדמה" של יחידת שרותי הנדסה במקורות (אב-13411, 13.4.2011), יש לבצע סקר סייסמי מפורט הכולל תגובת אתר.



מומלץ כי הסקר הסיסמי המפורט יכלול:

- קביעת תנודות הקרקע בסלע הבסיס המבוססת על אנליזה הסתברותית (PSHA) ומביאה לידי ביטוי את ההשפעות האפשרויות של המקורות הסיסמיים הכוללים העתקים פעילים ואזורים סיסמוגניים על האתר, ראה סעיף 1.1 להנחיות מקורות "הנחיות לביצוע סקר אתר לרעידות אדמה", המופיע בנספח א'.
- סקר תגובת האתר לקביעת הגברות הקרקע מסלע הבסיס לפני השטח, סעיף 1.2 בהנחיות מקורות.



גורם הסיכון	סטטוס	חקירה נדרשת
הגברות שתית חריגות	אין סיכון	-
גלישת מדרון	אין סיכון	-
התנזלות	אין סיכון	-
קריעת פני שטח	אין סיכון	-
צונאמי	אין סיכון	-



טבלה 4 – סיכום ממצאי הבדיקה.





5. המלצות להוראת התוכנית

5.1. יש לבצע סקר תגובת אתר ספציפי אשר יכלול אנליזה הסתברותית לסיכונים סיסמיים (Probabilistic Seismic Hazard Analysis, PSHA) בהתאם לסעיף 1.1 להנחיות מקורות "הנחיות לביצוע סקר אתר לרעידות אדמה" (ראה נספח א'), ואנליזה לחישוב תגובת האתר בהתאם לסעיף 1.2 בהנחיות.

5.2. ספקטרום התגובה לתכנון יקבע בהתאם לסקר תגובת האתר הספציפי ויוצג כחלק מחישובי היציבות המבניים של מתכנן התחנה, במקום הספקטרום המוגדר בת"י 413 סעיף 202.3. ספקטרום התגובה לתכנון יקבע לרמת תפקוד 3 (קריטית), כלומר עבור הסתברות של 5% לחמישים שנה.



5.3. במידה ובאתר יוקם מתקן חומ"ס, יש לתכננו עבור הסתברות של 2% לחמישים שנה.

5.4. יש לבחון יציבות מדרונות קיימים, חפירות או מבני תמך בעומס הסיסמי המוגדר כתאוצת קרקע אופקית לתכנון בסקר תגובת האתר הספציפי.



מקורות

דבורי, נ.צ., אלעד, מ., שוער, נ. (2014). אטלס חתכים גיאולוגיים ומפות פירוס של תת אקוויפרים באקוויפר החוף. אתגר א. הנדסה, השירות ההידרולוגי, רשות המים.

המכון הגיאולוגי והמכון הגיאופיסי (200). מפת האזורים החשודים בהגברות שתית חריגות- דברי הסבר, דו"ח GSI/15/2009.

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

סלמון, ע. (2009). מפת האזורים המיועדים להצפה מצונאמי באזור אשדוד-אשקלון. המכון הגיאולוגי.

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

סנה, ע. (2004). מפה גיאולוגית של ישראל, גדרה גיליון 10-II. המכון הגיאולוגי.

שגיא, א., סנה, ע., רוזנזפט, מ., ברטוב, י. (2013). מפת העתקים פעילים וחשודים כפעילים. המכון הגיאולוגי, דוח GSI/02/2013.

ת"י 413 (2016).

Zaslavsky, Y., Shapira, A., Gorstein, M., Kalmanovich, M., Giller, V., Livshits, I. et al (2003). Local site effect of Hashefela and Hasharon regions. The Geophysical Institute of Israel, Report No. 569/313/03.



נספח א'



הנחיות לביצוע סקר אתר לרעידת אדמה

ד"ר יוסי רייכמן

חברת מקורות

יוני 2014





חברת המים הלאומית

הנחיות לביצוע סקר אתר

לרעידות אדמה

ד"ר יוסי רייכמן

יוני 2014



1.0 סקר תגובת אתר

סקר תגובת אתר נועד בכדי לקבוע את התנודות הצפויות להיווצר בפני הקרקע באתר הנבדק (האתר). התנודות באתר יכולות להיות מתוארות באמצעות היסטורית תנודות של רעידת אדמה או באמצעות ספקטרום תגובה. עוצמת התנודות מושפעת מעוצמת הרעידה באזור ההעתק הפעיל (המקור), מהניחות בעוצמת הגלים המתרחש בין המקור לבין האתר, ומהגברת התנודות עקב התווך בין הסלע מתחת לקרקע באתר לבין פני הקרקע באתר.



יש לבצע סקר תגובת אתר במקרים הבאים:

- האתר מרוחק מרחק של עד 10 ק"מ מהעתק פעיל (ראה פרק 3.0).
- הקרקע באתר מוגדרת על פי הגדרות ת"י 413 כקרקע F ובמקרה של מתקנים חשובים במיוחד כקרקע E
- ניתן לצפות לרעידות אדמה בעלות משך ארוך באתר. רעידת אדמה בעלת משך ארוך היא רעידת אדמה שצפויה להמשך מעל 30 שניות.
- כאשר המתקן הוא בעל חשיבות רבה. ניתן לקבוע את חשיבות המתקן על פי השיטה המוצגת בעבודה "דו"ח מסכם – דירוג סיכוני מקורות". בעבודה זו חולקו מתקני מקורות ל 5 דרגות על פי מהנדסי המים המרחביים. קריטריון נוסף הוא הספיקה הממוצעת העוברת דרך המתקן. הערכה ראשונית לחשיבות המתקן ניתן לקבוע על פי רשימת הספיקות היומיות הממוצעות הבאה:



○ קווי הולכה

1. מעל 15000 קוב ליום

2. מעל 5000 קוב ליום

3. מעל 500 קוב ליום

4. מעל 100 קוב ליום

5. פחות מ 100 קוב ליום





○ מתקני שאיבה ובריכות מים

1. מעל 10000 קוב ליום

2. מעל 5000 קוב ליום

3. מעל 1000 קוב ליום

4. מעל 200 קוב ליום

5. מתחת ל 200 קוב ליום



- עבור מתקנים בעלי חשיבות 1 ו 2 יבוצע סקר אתר בכל המקרים. עבור שאר המתקנים יבוצע סקר אך ורק במקרה שהם מקיימים את התנאים שנזכרו לעיל.

ניתן לחלק את סקר תגובות האתר לשני חלקים:

(1 קביעת תנודות הקרקע בסלע הבסיס

(2 קביעת הגברות הקרקע מסלע הבסיס לפני השטח



ניתן לבצע את החלק הראשון בלבד כאשר נדרש לדעת בצורה טובה יותר את התנודות בסלע מאשר המידע המופיע במפת התקן, החלק השני בלבד כאשר יש באתר קרקעות רגישות אשר עלולות להגביר את תנודות הקרקע באופן חריג ונתוני ההגברה המופיעים בתקן אינם מספקים מידע מספיק או את שני החלקים של הסקר כאשר יש צורך לבדוק את שתי ההשפעות.



עבור מתקנים מרמת חשיבות 1 ו 2 יש לבצע את שני הסקרים. עבור שאר המתקנים יש לבצע את בדיקת התנודות בסלע כאשר המתקן נמצא במרחק של פחות מ 10 ק"מ מהעתק פעיל. יש לבצע את החלק השני העוסק בהגברות קרקע עבור קרקעות מסוג F I E או על פי בקשת המזמין.

ניתן לבצע את הסקרים בשני שלבים: (1 סקירת מיון ראשונית, (2 בדיקה כמותית של פוטנציאל הסיכון הסיסמי והשפעותיו. ניתן להשלים את הסקירה באופן מוצלח גם ללא ביצוע אחד השלבים בהתאם לנסיבות. לדוגמא: אם בשלב הסקירה הראשונית שנעשתה מתברר שבעבר נעשתה סקירה כמותית (מפורטת) באתר עצמו או באתר הנמצא בקירבת מקום ונמצא שאין סיכון סיסמי באתר. לעומת זאת עשוי להיות מידע מוקדם שבאתר קיים סיכון סיסמי ובמקרה זה אין צורך לבצע את הסקירה הראשונית וניתן לגשת מייד לביצוע הבדיקה הכמותית.





1.1 קביעת תנודות הקרקע בסלע הבסיס

המטרה של סקר זה היא להביא לידי ביטוי את ההשפעות האפשריות של המקורות הסיסמיים הכוללים העתקים פעילים ואזורים סיסמוגניים על האתר סלע הבסיס באתר

קביעת תנודות הקרקע תהיה מבוססת אנליזת סיכונים סיסמיים אזורית. בביצוע אנליזה זו יש להתחשב בנושאים הבאים:

1. בתצורה הטקטונית באזור,

2. בגיאולוגיה

3. במידת הסיסמיות באזור

4. תקופות החזרה של רעידות אדמה והמגניטודה שלהם על העתקים פעילים באזור ועל אזורים שבהם ידוע על פעילות סיסמית אך לא ברור היכן ממוקמים ההעתקים.

5. המאפיינים של ניחות תנודות הקרקע ביחס למרחק ממקור רעידת האדמה

6. השפעות הגברת הרעידה עקב קירבה להעתק פעיל

7. וההשפעה של מצב תת הקרקע באתר

השפעת הניחות על התנודות תיוצג באמצעות פונקציות ניחות המתאימות לכל הפרמטרים שצוינו לעיל.

השפעת קירבה להעתק (Near Fault Effect) על ספקטרום התגובה האופקי כוללת:

א. הגברה של תאוצות הקרקע עקב הקרבה להעתק פעיל

ב. אפקט הכיווניות: אפקט זה מגביר את תנודות הקרקע עבור זמן מחזור של 0.5 שנייה ומעלה כאשר הקריעה של ההעתק מתרחשת בכיוון האתר הנבדק.

ג. אפקט הכיוון אשר מגביר את תנודות הקרקע בכיוון שהוא ניצב לקו ההעתק עבור זמן מחזור של 0.5 שנייה ומעלה





ספקטרום התגובה המקומי המבוסס על סיכון יקבע באחת משתי השיטות הבאות:

ספקטרום התגובה המקומי יקבע על פי:

הגיאולוגיה, הסיסמיות הקיימת באזור, קצב החזרה של רעידות אדמה והמגניטודה המקסימלית של רעידות האדמה בהעתקים פעילים ידועים ובאזורים סיסמיים. כמו כן על פי פונקציות הניחות, השפעות של קירבת העתק פעיל על תנודות הקרקע והשפעת מצב תת הקרקע באתר על התנודות.



ספקטרום התגובה יקבע על פי שילוב בין שתי השיטות:

1. שיטה היסטברותית

2. שיטה דטרמיניסטית

שיטה הסתברותית

השיטה ההסתברותית מבוססת על סיכון הכשל של המבנה הנבחן. הסתברות המטרה באנליזת הסיכונים היא היסטברות של 2% ל 50 שנה. יש לציין ששיטה זו שונה מהשיטה שהייתה מקובלת המבוססת על הסתברות של התרחשות רעידת אדמה מעל עוצמה מסויימת כגון בת"י 413 בעלת 10% הסתברות ל 50 שנה.



השיטה לביצוע אנליזה זו מוצגת ב פרק 21.2.1.2 בתקן ASCE7 מהדורת 2010

שיטה דטרמיניסטית

השיטה הדטרמיניסטית מבוססת על ספקטרום בעל רמת ודאות של 84% בכיוון של התגובה המקסימלית בכל זמן מחזור. כאשר משתמשים עבור כל זמן מחזור בערך הגבוה ביותר שמתקבל עבור כלל ההעתקים והאזורים הסיסמיים שבסביבת האתר.



אולם הערכים המתקבלים באנליזה זו לא יהיו קטנים יותר מאשר הערכים המוצגים בציר 22-2.1 בתקן ASCE7 מהדורת 2010

ספקטרום התגובה לתכן

ספקטרום התגובה בסלע המשמש לתכן (לקביעת ה TH עבור אנליזת תגובת אתר) יקבע כנמוך יותר בין הספקטרום ההיסתברותי לדטרמיניסטי.





1.2 קביעת הגברות הקרקע מסלע הבסיס לפני השטח

1. יש להכין לפחות 5 היסטוריות תאוצות קרקע בסלע (TH) אשר תואמות אירועים בעלי מאפיינים דומים לאלה של האתר הנבדק, הכוללים מגניטודה ומרחק של האתר הנבדק מההעתק.
2. תאוצות אלה יותאמו לספקטרום התגובה האופייני לאתר בסלע. ניתן להכין ספקטרום תגובה זה על פי ההנחיות המופיעות בתקן או על פי השיטה המוצגת בפיסקה 1.1 לקביעת תנודות הקרקע בסלע הבסיס על פי סקר סיכוני אתר במידה ובוצע.
3. ה TH שיבחרו עשויות להיות מבוססות על אירועים אמיתיים שהתרחשו בעבר באתרים דומים או שניתן לייצר TH מתאימים באופן סינטיטי
4. את כל רשומת ה TH יש להכפיל במקדם (SF) כך שהערך הממוצע של הערכים הספקטראליים של ספקטרום התגובה של כל TH בתחום התדרים בעל העניין לצורך אנליזת המבנה יותאם לערך הספקטראלי המתקבל מסעיף 2.
5. תכונת האתר לצורך קביעת הגברות הקרקע יהיו מבוססות:
 - a. על מהירויות הגל בקרקע בתחום העיבורים הנמוכים.
 - b. על יחסי מעוות מאמץ לא לינאריים של הקרקע או יחסים לינאריים שווי ערך.
 - c. על משקל המרחבי של הקרקע.
6. מהירויות הגל בקרקע יתקבלו מתוך מדידות באתר או מתוך מדידה של קרקעות דומות בקירבת האתר
7. יחסי מאמץ מעוות לא לינאריים או יחסים לינאריים שווי ערך והמשקל המרחבי יקבעו על פי בדיקות מעבדה של הקרקעות באתר, או על סמך פרסומים של יחסים אלה, שפורסמו בספרות עבור קרקעות בעלות תכונות דומות לאלה שיש באתר.
8. יש לקחת בחשבון בקביעת יחסי מאמץ מעוות והמשקל המרחבי את חוסר הוודאות בתכונת האלה ולייצג אותו באמצעות תחום של יחסים. כלומר יש להכין סידרה של יחסי מאמץ מעוות עבור תחום הערכים האפשרי באתר ולבצע את החישוב עבור סידרה זו.





9. כאשר נמצא שעומק הסלע באתר הוא עמוק מאוד ולכן לא ניתן לקבוע את כל שכבות הקרקע עד לסלע. ניתן לבנות מודל של הקרקע עד העומק שבו שכבות הקרקע ידועות.

10. במקרה כזה יש לזהות את תכונות הקרקע עד לעומק שבו הקרקע הופכת להיות קרקע מסוג S ומטה כפי שמוגדר בת"י 413. בשלב ראשון יש לבנות ספקטרום תגובה לקרקע הבסיס הידועה, ספקטרום זה יהיה מבוסס על הנחיות התקן. הספקטרום יבנה כך שיהיה ספקטרום תגובה בסיסי בסלע אשר יתוקן עבור סוג הקרקע המהווה בסיס למודל (לפחות S) באמצעות מקדמי הקרקע F_v ו F_a . עבור ספקטרום זה (ולא הספקטרום בסלע) יוכנו לפחות 5 TH כפי שצויין בסעיף 1.



11. ה TH שהוכנו בסעיפים 1-10 ישמשו כאות כניסה למודל הקרקע שנבנה.

12. תוך שימוש בשיטות חישוב מקובלות המתייחסות לתכונות הקרקע הלא לינאריות כלא לינאריות או כלינאריות שוות ערך (כגון תוכנת SHAKE) יחושבו ה TH בפני השטח הנובעות מה TH בבסיס המודל (סלע או קרקע קשיחה אחרת – ראה סעיף 9). עבור כל TH (TH_b) בבסיס המודל יחושב TH בפני השטח (TH_s).



13. עבור כל אחת מה TH_s יחושב ספקטרום תגובה של 5% ($SA_{s,i}$) עבור תחום זמני המחזור הרצוי.

14. עבור כל זמן מחזור בכל TH (עם אינדקס i) (באינטרוולים של 0.05 שנייה) יחושב היחס בין התאוצה הספקטרלית בפני הקרקע לבין התאוצה הספקטרלית בבסיס $AF(T)$.



15. עבור כל זמן מחזור הערך של התאוצה הספקטרלית לתכן יחושב ע"י הכפלת ספקטרום התגובה בבסיס SA_b בממוצע של ערכי $AF_i(T)$

כאשר n הוא מספר ה TH ששימשו לצורך האנליזה.





2.0 יציבות מדרונות

בדיקת יציבות מדרונות באתר תתחלק לשני שלבים: שלב סינון ראשוני, ובדיקה יסודית. המטרה של שלב הסינון הראשוני היא לסנן אתרים להם סיכון נמוך לגלישת קרקע. אם הסינון הראשוני מראה בוודאות שבאתר הנבדק אין סיכון לגלישת קרקע אזי אין צורך בבדיקה נוספת. במידה ולא ניתן בוודאות שאין סיכון לגלישה יש צורך לבצע בדיקה מפורטת הכוללת חישובים של יציבות המדרון.

בנושא יציבות מדרונות יש לבחון את הנושאים הבאים:

(1) שיפוע המדרון

(2) מידת השלמות של הסלע במדרון

(3) קרקע שעברה או לא עברה קונסולידציה

(4) כמות הרטיבות בקרקע

(5) האם הקרקע מכילה חרסית שמנה

בסקירה הראשונית יש לבדוק את הנושאים הבאים:

(1) האם ניתן לזהות סימנים גלישות קרקע באתר הנבדק או בקרבת מקום (במעלה או במורד המדרון). בבדיקה זו יש לבדוק מידע גיאולוגי שפורסם ושלא פורסם, מפות גלישות קרקע במידה וקיימות ותצלומי אוויר. יש לבחון האם קיימים באתר תוואי קרקע שניתן לשייך אותם לגלישת מדרונות כגון: מדרונות תלולים, תעלות, ניקוזים חסומים וכו' להעריך האם ניתן לשייך אותם לגלישות.

(2) האם פני השטח מעידים על הימצאות מים תת קרקעיים (כגון מעיינות או חילחול) באתר עצמו או במעלה המדרון. הימצאות של מים תת קרקעיים על מדרונות עלולה להעיד על פוטנציאל לגלישת קרקע. הופעת מים על פני השטח עלולה להעיד על הימצאות שכבות קרקע שעלולות להוות פוטנציאל לקרע בקרקע ומשטח גלישה.

(3) האם צורות קרקע פגיעות קיימות באתר. צורות קרקע פגיעות כוללות: מדרונות תלולים, חריצים בקרקע הכוללים קרקע רכה. צוקים אשר נחתכים על ידי נחלים או ואדיות או ע"י גלי ים. כמו כן צוקים שהחלק התחתון שלהם הוסר מסיבות שונות



עלולים להיות נתונים לסיכון. ניתן לקבל נתונים אלה בצילומי אויר, מפות טופוגרפיות ברמה טובה מאוד, או מסיורי שטח.

(4) על פי תוכנית פיתוח השטח האם שינויי זרימה עלולים להגדיל את הסיכון של גלישת מדרון.



3.0 זיהוי העתק פעיל והשפעותיו

הדו"ח לזיהוי העתק פעיל והשפעותיו יכלול את הסעיפים הבאים:

א תיאור כללי של האתר שיכלול:

1 המטרה תחום ותיאור של הבדיקות המוצעות

2 תצורה גיאולוגית וטקטונית של האזור כולל סיסמיות והיסטוריה של רעידות אדמה



3 תיאור האתר הנבדק כולל תיאור הביקורים שבוצעו באתר. התיאור יכלול מידע על יחידות גיאולוגיות, על אזורים עם שטח מיושר או עם מילוי, צמחייה, מבנים קיימים ואלמנטים אחרים להשפיע על בחירות שיטת הבדיקה וניתוח התוצאות.

4 שיטות החקירה:



i. סקר של ספרות מפורסמת ושאינה מפורסמת, מפות, ותיעוד לגבי היחידות הגיאולוגיות, העתקים, מחסומים של מי תהום, וגורמים נוספים

ii. ניתוח תלת מימדי של תצלומי אויר והדמיות אחרות לשם זיהוי טופוגרפיה שקשורה להעתק, צמחיה, ושינויים אופייניים בקרקע. האזור הנבדק בדרך כלל יהיה מעבר לאזור האתר הנבדק.

iii. בדיקת פני הקרקע: הכוללת מיפוי של היחידות הגיאולוגיות והקרקע (התכסית) מאפיינים גיאומורפולוגיים ופני השטח, מעיינות, תזוזות





של מבנים מתוכננים עקב תזוזת העתק גם באתר עצמו וגם בסביבות האתר

iv. בדיקת תת הקרקע:

a. ביצוע שוחות וחפירות נוספות לצורך קבלת אבחון מפורט

ומדויק של שכבות גיאולוגיות חשופות, קרקעות ומבנה

הקרקע יבוצעו עד לעומק מתאים ויתועדו בצורה יסודית

Taylor and Cluff, 1973, Heathway and Leighton, 1979,

McCalpin, 1996)



b. יבוצעו קידוחים ושוחות בדיקה בכדי לאפשר איסוף מידע על

היחידות הגיאולוגיות ומי תהום באתר. יש לבצע מספיק

קידוחים במרחקים מתאימים בכדי לאפשר ניתוח מבוסס של

הנתונים

c. בדיקות CPT (Grant et al. 1997, Edelman et al. 1996) יבוצעו

בצירוף קידוחים מתועדים באופן רציף בכדי לקבל קורלציה

בין תוצאות ה CPT לבין הקרקעות באתר. מספר הקידוחים

ומהמרחק בין בדיקות ה CPT צריך להיות מספיק בכדי לקבל

הדמייה מתאימה של שכבות הקרקע באתר.



v. בדיקות גיאופיסיות: הבדיקות הגיאופיסיות הן בדיקות לא ישירות

אשר דורשות ידיעה של התנאים הגיאולוגיים באתר בכדי לקבל

פיענוח אמין. לא ניתן לסמוך אך ורק בדיקות גיאופיזיות ללא סיוע של

ידע מוקדם על הגיאולוגיה באתר (Chase and Chapman, 1976).

בדיקות גיאופיזיות לבדן מעולם לא הוכחו או הפריחו הימצעות של

העתק או נתונים על פעילות צעירה. יש לתאר את סוג הצידוד

והשיטות שמשמשים בהם גם מידע תומך (California board of

registration for Geologists and Geophysicists, 1993), ניתן להשתמש

בשיטות הבאות לצורך ביצוע הבדיקות הגיאופיזיות.



a. High resolution seismic reflection (Stephenson et al., 1995,

McCalpin 1996)

b. Ground penetrating radar (Cai et al. 1996)





c. Seismic refraction, magnetic profiling, electrical resistivity
(McCalpin 1996)

vi. קביעת גיל ההעתק. בכדי לקבוע את גיל ההעתק יש צורך לקבוע את גיל היחידות הגיאולוגיות והקרקות באתר (Pierce, 1986, Birkeland et al. 1991, Rutter and Catto, 1995, McCalpin, 1996a) השיטות לקביעת התאריך של שכבות הקרקע כוללות:



a. בדיקה רדיומטרית (בעיקר 14C)

b. Soil profile development

c. בלייה של סלעים

d. Land form development

e. קורלציה בשכבות בין סלעים מינרלים ומאובנים.



f. שיטות נוספות הכוללות: תיעוד היסטורי, tephrochronology, fault scrap modeling, thermoluminescence, lichenometry, paleocomagnetism, dendrochronology.

vii. יש לבצע בדיקות נוספות כאשר נדרשות בדיקות למבנים או בניינים קריטיים. בדיקות אלה כוללות:

a. ביצוע סקירה באמצעים אוויריים כגון מטוסים או לוויינים.

b. מדידות גיאודטיות או מדידת עיבורים.

c. מעקב אחרי מיקרוסמיות.



5 מסקנות

i. הימצאות ומיקום (או העדרו) של העתקים מסוכנים באתר או בקירבתו והגיל של ארועים קודמים בהעתק זה.

ii. קביעת סוג ההעתק ואופי התזוזה הצפויה בו, כולל הערכה כמותית של התזוזה.





iii. פילוג של העתקה ראשונית ומשנית (רוחב אזור ההעתק) ותזוזות קרקע הקשורות להעתק

iv. ההסתברות של תזוזות ברמות שונות בהעתק. אומנם לא ניתן לקבוע באופן מטמתי את התזוזות העתידיות. אולם ניתן לקבוע למשל שתזוזות ברמה X הן בעלות סיכוי גבוה, ברמה Y בעלות סיכוי בינוני וברמה Z בעלות סיכוי נמוך.



v. כמו כן יש לציין את רמת הוודאות בתוצאות האנליזה והמגבלות של האנליזה.

6 המלצות

i. מרחק מומלץ של המבנה מקו ההעתק מסוכן. המרחק המומלץ תלוי בד"כ באיכות המידע ובסוג ומידת המורכבות של ההעתק הקיים בשטח. בכדי לקבוע את המרחק המומלץ כאשר משתמשים בשיטות לא ישירות או על ידי ניתוח (כגון קידוחים או CPT) יש להניח שהאזור בין הקידוחים הוא גם אזור העתק אלה עם כן קיים מידע נוסף המאפשר לקבוע את מיקום ההעתק בצורה מדויקת יותר. יש להתייחס לדרישות התקן בקביעת מרחק זה.



ii. נקיטה בפעולות נוספות כגון: חיזוק יסודות, תכנון הנדסי, וחיבורים גמישים לצנרת כדי לקבל פיתול ותזוזות העתק (Lazarte et al. 1994)

iii. הערכת סיכון של המתקן המתוכנן.

iv. מגבלות הבדיקה והמלצה לבדיקות נוספות אם צריך.



7 מקורות

- i. תיעוד מלא של מקורות מצוטטים
- ii. תמונות או הדמיות – רשימה, מידע, קנה מידה, מקור ומיספור.
- iii. מקורות נוספים: כגון קידוחים, מזכרים פנימיים וכו'.

8 הדמיות וציורים

i. מפת מיקום





ii. מפת פיתוח שטח

iii. מפה גיאולוגית

iv. חתכים גיאולוגיים

v. לוגים של קידוחים

9 נספחים : הכוללים מידע תומך שלא כלול בפרקים הקודמים.



4.0 מראי מקום

CGS, 2008, SP117, "GUIDELINES FOR EVALUATING AND MITIGATING SEISMIC HAZARDS IN CALIFORNIA", California Geological Service. 2008

CGS 2002, NOTE 49, "Guidelines for Evaluating the Hazard of Surface Fault Rupture". California geological Service, 2002

ASCE, 2010, American Society of Civil Engineers, ASCE 7-10, "*Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*", Reston, VA, 2010.



AASHTO, 2010, "AASHTO LRFD Bridge Design Specification" American Association of State Highway and Transportation Officials, 2010

Bishop, A.W., 1955, The use of the slip circle in the stability analysis of earth slopes: *Geotechnique*, v. 5, n. 1, p. 7-17

Boore, D.M., Joyner, W.B., and Fumal, T.E., 1993, Estimation of response spectra and peak accelerations from western North American earthquakes – an interim report: U.S. Geological Survey Open-File Report 93-509, 72 p.

Boore, D.M., Joyner, W.B., and Fumal, T.E., 1994, Estimation of response spectra and peak accelerations from western North American earthquakes – an interim report: U.S. Geological Survey Open-File Report 94-127, 40 p.



Boore, D.M., Joyner, W.B., and Fumal, T.E., 1997, Equations for estimating horizontal response spectra and peak acceleration from western North American earthquakes – a summary of recent work: *Seismological Research Letters*, v. 68, n. 1, p. 128-153.

Bray, J.D. —Chapter 14: Simplified Seismic Slope Displacement Procedures,|| *Earthquake Geotechnical Engineering*, 4th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering - Invited Lectures, in *Geotechnical, Geological, and Earthquake Engineering Series*, Pitilakis, Kyriazis D., Ed., Springer, V. 6, p. 327-353, 2007.

Carrara, A., 1983, Multivariate models for landslide hazard evaluation: *Mathematical Geology*, v. 15, n. 3, p. 403-426.





Carrara, A., Cardinali, M., Detti, R., Guzzetti, F., Pasqui, V., and Reichenbach, P., 1991, GIS techniques and statistical models in evaluation landslide hazards: *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 16, n. 5, p. 427-445.

Clark, B.R., Leighton, F.B., Cann, L.R., and Gaffey, J.T., 1979, Surficial landslides triggered by seismic shaking, San Fernando earthquake of 1971: Menlo Park, California, Final Technical Report to U.S. Geological Survey Contract 14-08-001-16810, 42 p.

Coppersmith, K.J., 1991, Seismic source characterization for engineering seismic hazard analyses: *Proceedings, Fourth International Conference on Seismic Zonation*, Stanford, California, v. 1, p. 3-60.



Cotecchia, V., 1978, Systematic reconnaissance mapping and registration of slope movements: *International Association of Engineering Geologists Bulletin*, n. 17, p. 5-37.

Evernden, J.F. and Thomson, J.M., 1988, Predictive model for important ground motion parameters associated with large and great earthquakes: *U.S. Geological Survey Bulletin* 1838, 27 p.

Fumal, T.E., and Tinsley, J.C., 1985, Mapping shear-wave velocities of near-surface geologic materials, *in* Ziony, J.I., editor, *Evaluating earthquake hazards in the Los Angeles region – an earth-science perspective*: U.S. Geological Survey Professional Paper 1360, p. 127-149.



Goodman, R.E., and Seed, H.B., 1966, Earthquake-induced displacement in sand embankments: *Proceedings of the American Society Civil Engineers, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, v. 92, n. SM2, p. 125-146.

Harp, E.L., Keefer, D.K., and Wilson, R.C., 1980, A comparison of artificial and natural slope failures, the Santa Barbara earthquake of August 13, 1978: *California Geology*, v. 33, p. 102-105.

Harp, E.L., Wilson, R.C., and Wieczorek, G.F., 1981, Landslides from the February 4, 1976, Guatemala earthquake: *U.S. Geological Survey Professional Paper* 1204-A, 35 p.

Hendron, A.J., Jr., Cording, E.J., and Aiyer, A.K., 1980, Analytical and graphical methods for the analysis of slopes in rock masses: *U.S. Army Waterways Experiment Station Tech. Report GL-80-2*, Vicksburg, Miss.



Hoek, E. and Bray, J.W., 1981, *Rock slope engineering*, revised 3rd edition: Institute of Mining and Metallurgy, London, 358 p.

Kachadoorian, R., 1971, An estimate of the damage, *in* The San Fernando, California, Earthquake of February 9, 1971: *U.S. Geological Survey Professional Paper* 733, p5.

Kane, W.F. and Tehaney, J.M., editors, 1995, *Foundation upgrading and repair for infrastructure improvement*: American Society of Civil Engineers, Geotechnical Special Publication No. 50, 120 p. Keefer, D.K., 1984, Rock avalanches caused by earthquakes – source characteristics: *Science*, v. 223, n. 4642, p. 1288-1290.



Keefer, D.K. and Carlton, L.H., editors, 1995, *Landslides under static and dynamic conditions – analysis, monitoring, and mitigation*: American Society of Civil Engineers, Geotechnical Special Publication No. 52, 128 p.



Keefer, D.K. and Tannaci, N.E., 1981, Bibliography on landslides, soil liquefaction and related ground failures in selected historic earthquakes: U.S. Geological Survey Open-File Report 81-572, 39 p.

Keefer, D.K., Wieczorek, G.F., Harp, E.L., and Tuel, D.H., 1978, Preliminary assessment of seismically induced landslide susceptibility *in* Proceedings, Second International Conference on Microzonation: San Francisco, California, v. 1, p. 279-290.

Kramer, Stephen and Siddharthan, Raj, editors, 1995, Earthquake-induced movements and seismic remediation of existing foundations and abutments: American Society of Civil Engineers, Geotechnical Special Publication No. 55, 148 p.



Manson, M.W., Keefer, D.K., and McKittrick, M.A., compilers, 1991, Landslide and other geologic features in the Santa Cruz Mountains, California, resulting from the Loma Prieta Earthquake of October 17, 1989: California Department of Conservation, Division of Mines and Geology Open-File Report 91-05.

McCrink, T.P., 1995, Ridge-top landslides triggered by the Northridge Earthquake *in* The Northridge, California, Earthquake of 17 January 1994: California Department of Conservation, Division of Mines and Geology Special Publication 116, p. 273-287.

Morgenstern, N.R. and Price, V.E., 1965, The analysis of the stability of general slip surfaces: *Geotechnique*, v. 15, n. 1, p. 79-93.



Morton, D.M., 1971, Seismically triggered landslides in the area above the San Fernando Valley in The San Fernando, California, Earthquake of February 9, 1971: U.S. Geological Survey Professional Paper 733, p. 99-104. and related ground failures in selected historic earthquakes: U.S. Geological Survey Open-File Report 81-572, 39 p.

Morton, D.M., 1975, Seismically triggered landslides in the area above the San Fernando Valley in Oakeshott, G.B., editor, San Fernando, California, earthquake of February 9, 1971: California Department of Conservation, Division of Mines and Geology Bulletin 196, p. 145-154.

Nelson, C.V. and Christenson, G.E., 1992, Establishing guidelines for surface fault rupture hazard investigations – Salt Lake County, Utah: Association of Engineering Geologists, Proceedings, 35th Annual Meeting, p. 242-249.



Pike, R.J., 1988, The geometric signature: Quantifying landslide-terrain types from digital elevation models: *Mathematical Geology*, v. 20, n. 5, p. 491-511.

Rathje, E.M., Abrahamson, N.A., and Bray, J.D., 1998, Simplified frequency content estimates of earthquake ground motions: *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, v. 124, n. 2, p. 150-159.

Rib, H.T. and Liang, T., 1978, Recognition and Identification *in* Schuster, R.L. and Krizek, R.J., editors, Landslides – analysis and control: Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report 176, p. 34-80.

Rogers, J.D. and Olshansky, R.B., 1992, Science versus advocacy – the reviewer's role to protect the public interest: Association of Engineering Geologists, Proceedings, 35th Annual Meeting, p. 371-378.



Sarna, S.K., 1973, Stability analysis of embankments and slopes: *Geotechnique*, v. 23, n. 3, p. 423-433.



Sarna, S.K., 1979, Stability analysis of embankments and slopes: Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Geotechnical Engineering Division, v. 105, n GT12, p. 1511-1524.

Sarna, S.K. and Bhawe, M.V., 1974, Critical acceleration versus static safety factor in stability analysis of earth dams and embankments: Geotechnique, v. 24, n. 4, p. 661-665.

Seed, H.B., 1967, Slope stability during earthquakes: Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Engineering Division, v. 93, n. SM4, p. 299-323.

Seed, H.B., 1968, Landslides during earthquakes due to soil liquefaction: Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Engineering Division, v. 94, n. SM5, p. 1053-1122.



Seed, H.B., 1987, Design problems in soil liquefaction: American Society of Civil Engineers, Journal of Geotechnical Engineering, v. 113, n. 8, p. 827-845.

Seed, H.B. and Martin, G.R., 1966, The seismic design coefficient in earth dam design: Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Engineering Division, v. 92, n. SM3, p. 25-58.

Skempton, A.W., 1985, Residual strength of clays in landslides, foliated strata, and the laboratory: Geotechnique, v. 35, n. 1, p. 3-18.

Sowers, G.F. and Royster, D.L., 1978, Field investigation in Schuster, R.L., and Krizek, R.J., editors, Landslides – analysis and control: Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Special Report 176, p. 81-111.



Spencer, E., 1967, A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces: Geotechnique, v. 17, n. 1, p. 11-26.

Spencer, E., 1981, Slip circles and critical shear planes: Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Geotechnical Engineering Division, v. 107, n. GT7, p. 929-942.

Spittler, T.E. and Harp, E.L., 1990, Preliminary map of landslide features and coseismic fissures triggered by the Loma Prieta earthquake of October 17, 1989: California Department of Conservation, Division of Mines and Geology Open-File Report 90-6, map scale 1:48,000.

Taylor, F. and Brabb, E.E., 1986, Map showing the status of landslide inventory and susceptibility mapping in California: U.S. Geological Survey Open-File Report 86-100.



Terzaghi, K., 1950, Mechanism of landslides in Paige, S., editor, Application of Geology to Engineering Practice, Berkey Volume: Geological Society of America, p. 83-123.

Terzaghi, K., 1962, Stability of steep slopes on hard, unweathered rock: Geotechnique, v. 12, n. 12, p. 251-270. Terzaghi, K., Peck, R.B., and Mesri, G., 1995, Soil mechanics in engineering practice: John Wiley & Sons, New York, 592 p.

Turner, A.K. and Schuster, R.L., editors, Landslides – Investigation and mitigation: Transportation Research Board, National Research Council, Special Report 247, 672 p.

Turner, J.P., editor, 1995, Performance of deep foundations under seismic loading: American Society of Civil Engineers, Geotechnical Special Publication No. 51, 88 p.



U.S. Army, Office of the Chief Engineers, 1982, Engineering and design – stability of earth and rockfill dams: Engineering Manual, EM-1110-2-1902, Washington, D.C.



Wieczorek, G.F., Wilson, R.C., and Harp, E.L., 1985, Map of slope stability during earthquakes in San Mateo County, California: U.S. Geological Survey Miscellaneous Investigations Map I-1257-E, scale 1:62,500.

Wilson, R.C. and Keefer, D.K., 1985, Predicting areal limits of earthquake-induced landsliding in Ziony, J.I., editor, Evaluating earthquake hazards in the Los Angeles region – an earth-science perspective: U.S. Geological Survey Professional Paper 1360, p. 317-345. Wolfe, J., 1975, More on registration: California Geology, v. 28, p. 155-156. Yeats, R.S.,

Sieh, K.E., and Allen, C.R., 1997, The geology of earthquakes: Oxford University Press, 568 p.



Youd, T.L., 1980, Ground failure displacement and earthquake damage to buildings: American Society of Civil Engineers, Proceedings of the Specialty Conference on Civil Engineering and Nuclear Power, v. 2, p. 7-6-1 to 7-6-26.

Youd, T.L., 1984, Recurrence of liquefaction at the same site: Proceedings, Eighth World Conference on Earthquake Engineering, San Francisco, California, v. 3, p. 231-238

Youd, T.L., and Hoose, S.N., 1978, Historic ground failures in northern California Triggered by earthquakes: U.S. Geological Survey Professional Paper 993, 177 p., map scale 1:250,000.

Youd, T.L., 1991, Mapping of earthquake-induced liquefaction for seismic zonation: Proceedings of the Fourth International Conference on Seismic Zonation, Stanford, California, v. 1, p. 111-138.



Allen, C.R., 1975, Geologic criteria for evaluating seismicity: Geological Society of America Bulletin, v. 86, p. 1041-1056.

Birkeland, P.W., Machette, M.N., and Haller, K.M., 1991, Soils as a tool for applied Quaternary geology: Utah Geological and Mineral Survey Miscellaneous Publication 91-3, 63 p.

Bonilla, M.G., 1970, Surface faulting and related effects, in Wiegel, R.L., editor, Earthquake Engineering, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, p. 47-74.

Bonilla, M.G., 1982, Evaluation of potential surface faulting and other tectonic deformation: U.S. Geological Survey Open-File Report 82-732, 58 p.



Bonilla, M.G. and Lienkaemper, J.J., 1991, Factors affecting the recognition of faults in exploratory trenches: U.S. Geological Survey Bulletin 1947, 54 p.

Cai, J., McMecham, G.A., and Fisher, M.A., 1996, Application of ground-penetrating radar to investigation of near-surface fault properties in the San Francisco bay region: Bulletin of the Seismological Society of America, v. 86, p. 1459-1470.

California Department of Conservation, Division of Mines and Geology DMG Notes:

* DMG Note 41 — General guidelines for reviewing geologic reports, 1998.

* DMG Note 42 — Guidelines for geologic/seismic reports, 1986.



* DMG Note 44 — Recommended guidelines for preparing engineering geologic reports, 1986.



California Department of Conservation, Division of Mines and Geology, 1997, Guidelines for evaluating and mitigating seismic hazards in California: Special Publication 117, 74 p.

California State Board of Registration for Geologists and Geophysicists, 1993, Guidelines for geophysical reports, 5 p.

Carver, G.A. and McCalpin, J.P., 1996, Paleoseismology of compressional tectonic environments, in McCalpin, J.P., editor, Paleoseismology: Academic Press, p. 183-270.



Chase, G.W. and Chapman, R.H., 1976, Black-box geology — uses and misuses of geophysics in engineering geology: California Geology, v. 29, p. 8-12.

Edelman, S.H. and Hognin, A.R., 1996 (in press), Cone penetrometer testing for characterization and sampling of soil and groundwater, in Morgan, J.H., editor, Sampling Environmental Media ASTM STP 1282; American Society for Testing Materials, Philadelphia, Pennsylvania.

Grant, L.B., Waggoner, J.T., Rockwell, T.K., and von Stein, C., 1997, Paleoseismicity of the North Branch of the Newport-Inglewood Fault Zone in Huntington Beach, California, from cone penetrometer test data: Bulletin of the Seismological Society of America, v. 87, no. 2, p. 277-293.



Hart, E.W. and Bryant, W.A., 1997 (revised), Fault-rupture hazard zones in California: California Department of Conservation, Division of Mines and Geology Special Publication 42, 38 p. (Revised periodically; information on state law and zoning program for regulating development near hazardous faults.)

Hart, E.W. and Williams, J.W., 1978, Geologic review process, California Geology, v. 31, no. 10, p. 235-236.

Hatheway, A.W. and Leighton, F.B., 1979, Trenching as an exploratory tool, in Hatheway A.W. and McClure, C.R., Jr., editors, Geology in the siting of nuclear power plants: Geological Society of America Reviews in Engineering Geology, v. IV, p. 169-195.



Lazarte, C.A., Bray, J.D., Johnson, A.M., and Lemmer, R.E., 1994, Surface breakage of the 1992 Landers earthquake and its effects on structures: Bulletin of the Seismological Society of America, v. 84, p. 547-561.

McCalpin, J.P., editor, 1996a, Paleoseismology: Academic Press, 588 p.

McCalpin, J.P., 1996b, Field techniques in paleoseismology, in McCalpin, J.P., editor, 1996a, Paleoseismology: Academic Press, p. 33-83.

McCalpin, J.P., 1996c, Paleoseismology in extensional environments, in McCalpin, J.P., editor, 1996a, Paleoseismology: Academic Press, p. 85-146.



National Research Council, 1986, Studies in geophysics — active tectonics: National Academy Press, Washington, DC, 266 p. (Contains several articles evaluating active faulting.)



Pierce, K.L., 1986, Dating methods, in Studies in geophysics — active tectonics: National Academy Press, Washington, DC, p. 195-214.

Rutter, N.W. and Catto, N.R., 1995, Dating methods for Quaternary deposits: Geological Society of Canada, Geotext 2, 308 p.

Sherard, J.L., Cluff, L.S., and Allen, C.R., 1974, potentially active faults in dam foundations: Geotechnique, Institute of Civil Engineers, London, v. 24, no. 3, p. 367-428.



Slemmons, D.B., 1977, State-of-the-art for assessing earthquake hazards in the United States: Report 6, faults and earthquake magnitude: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station Miscellaneous Paper S-73-1, 129 p. with 37 p. appendix.

Slemmons, D.B. and dePolo, C.M., 1986, Evaluation of active faulting and associated hazards, in Studies in geophysics — active tectonics: National Academy Press, Washington, DC, p. 45-62.

Stephenson, W.J., Rockwell, T.K., Odum, J.K., Shedlock, K.M., and Okaya, D.A., 1995, Seismic reflection and geomorphic characterization of the onshore Palos Verdes Fault Zone, Los Angeles, California: Bulletin of the Seismological Society of America, v. 85, p. 943-950.



Taylor, C.L. and Cluff, L.S., 1973, Fault activity and its significance assessed by exploratory excavation, in Proceedings of the Conference on tectonic problems of the San Andreas Fault System: Stanford University Publication, Geological Sciences, v. XIII, September 1973, p. 239-247.

Utah Section of the Association of Engineering Geologists, 1987, Guidelines for evaluating surface fault rupture hazards in Utah: Utah Geological and Mineral Survey Miscellaneous Publication N, 2 p.

Wallace, R.E., 1977, Profiles and ages of young fault scarps, north central Nevada: Geological Society of America Bulletin, v. 88, p. 1267-1281.



Weldon, R.J., II, McCalpin, J.P., and Rockwell, T.K., 1996, Paleoseismology of strike-slip tectonic environments, in McCalpin, J.P., editor, Paleoseismology: Academic Press, p. 271-329.

Yeats, R.S., Sieh, K.E., and Allen, C.A., 1997, Geology of earthquakes: Oxford University Press, New York, NY, 576 p.



