

סיכוני רעידות אדמה

יום עיון בנושא שיפור עמידות מפעלי
חומ"ס בפני רעידות אדמה

21 ספטמבר 2015



ד"ר מיכאל דיוויס
אקולוג הנדסה בע"מ

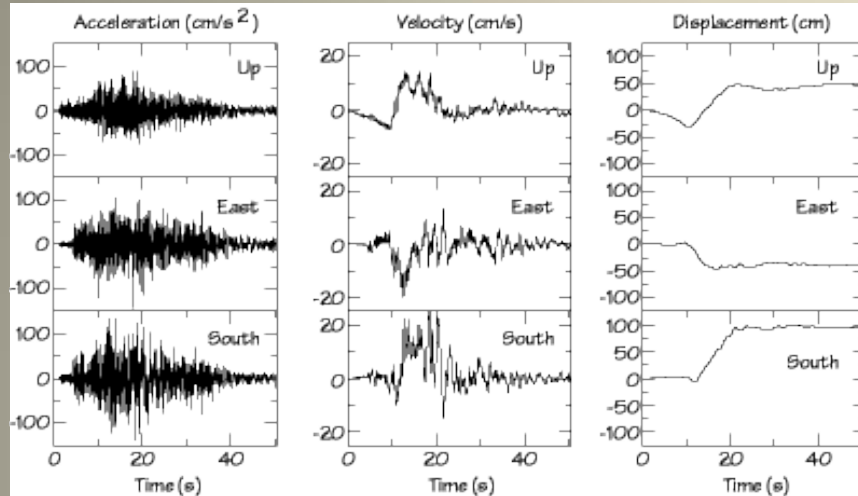
סקר סיכונים סיסמיים - המטרה

- הגדרת הסיכונים הסיסמיים ורמתם באתר/אזור
- עבור מי?

המתכנן ← ייעודי קרקע
המהנדס ← עמידות

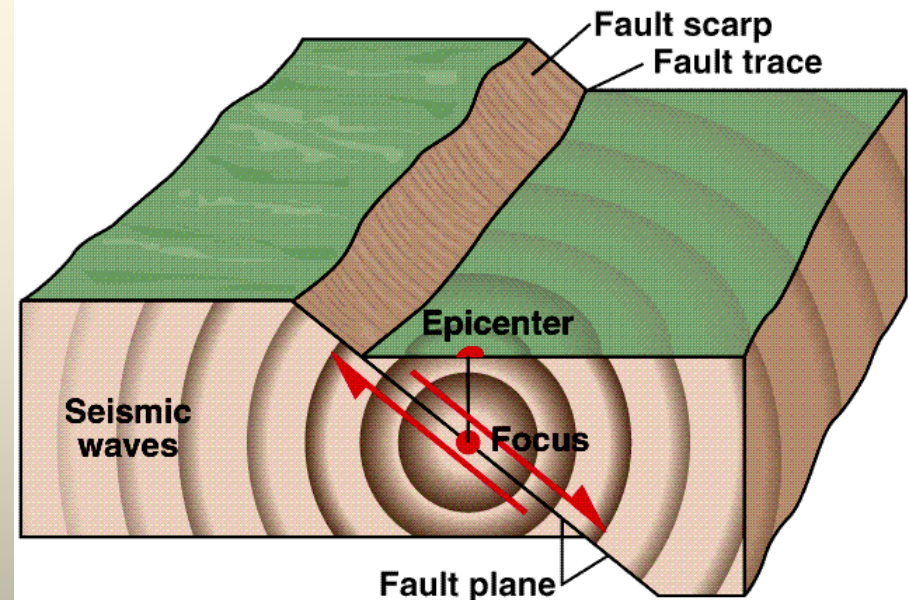
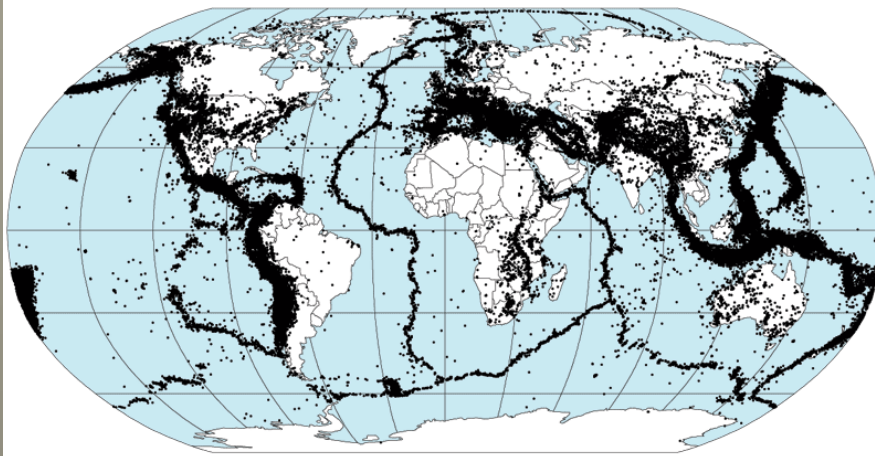
- סיכונים סיסמיים :
 - תנודות הקרקע והגברה
 - קריעת פני שטח
 - התנזלות
 - גלישות מדרון
 - גל צונאמי

רעידת אדמה – הגדרת התופעה

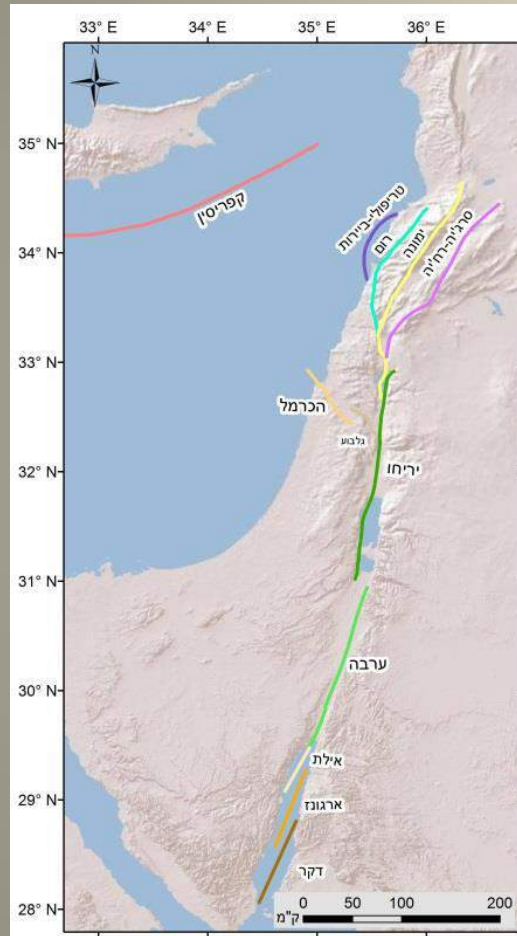


תנודות קרקע בפני השטח שנגרמות עקב שחרור פתאומי של לחץ בקרום כדור הארץ – לרוב בגבולות שבין לוחות טקטוניים. עומק הרעידה – עד כ-20 ק"מ (באזורינו)

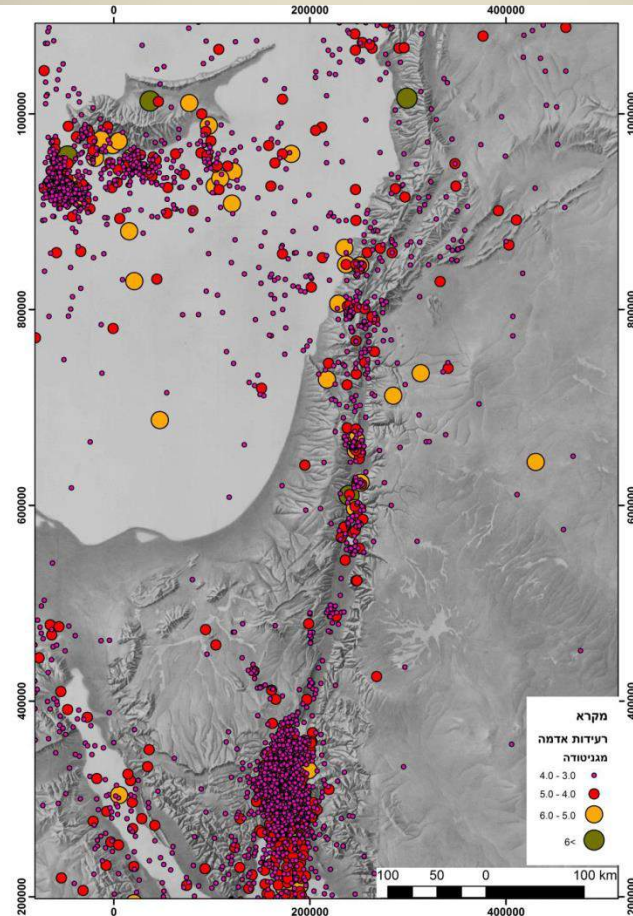
איזורים מועדים לרעידות אדמה
1963 - 1998 358,214 אירועים



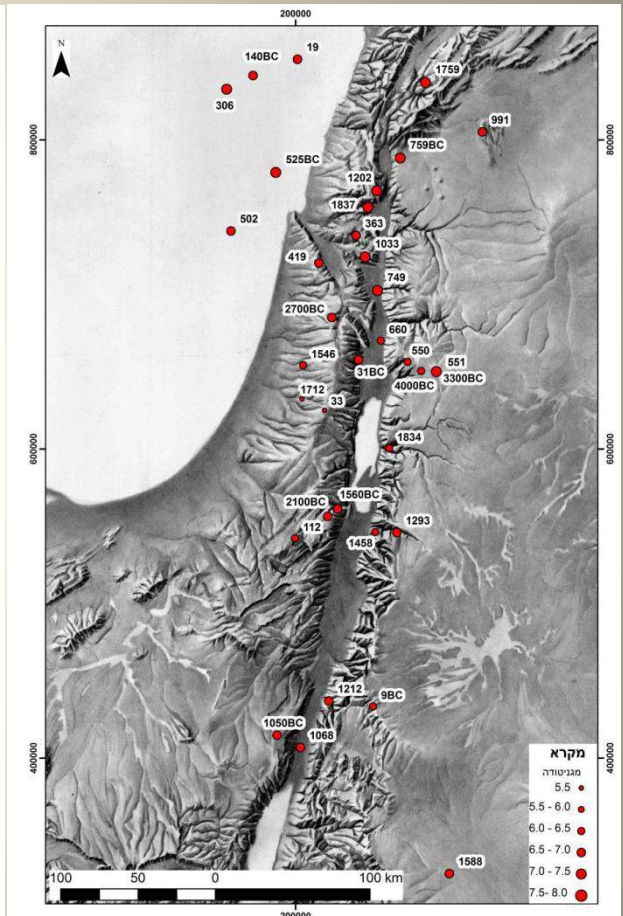
רעידות אדמה בישראל



העתקים ראשיים במרחב
הישראלי

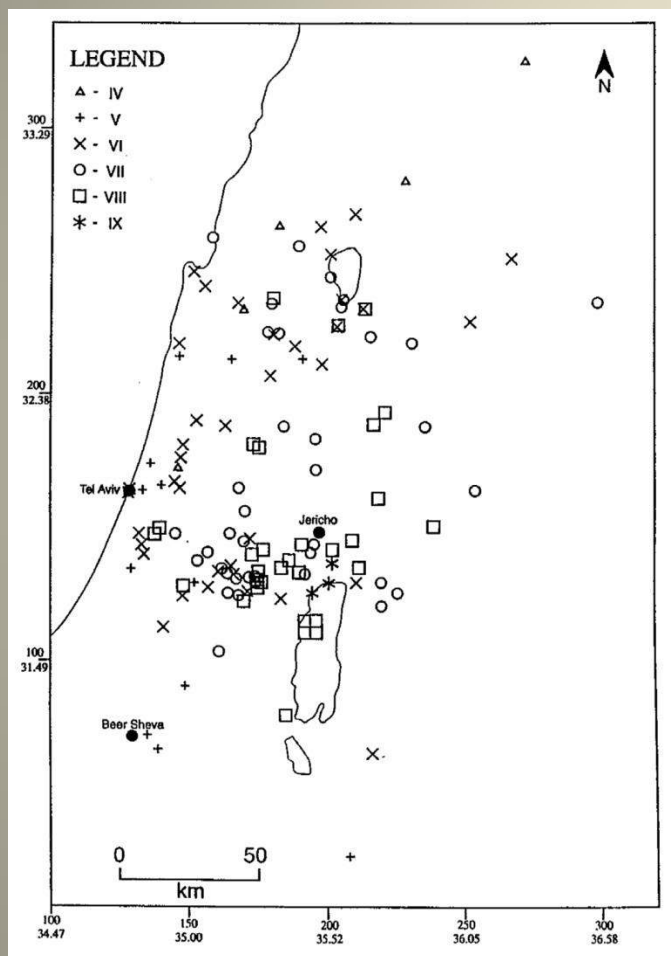


פעילות סיסמית מדודה
(100 שנה)
קטלוג המכון הגיאופיזי לישראל



פעילות סיסמית ממקורות
היסטוריים-4,000 שנה
(Migowski et al., 2004)

רעידת אדמה אחרונה עם נפגעים



- יריחו, 1927
- עוצמה – 6.3 בסולם ריכטר
- 300 הרוגים, 1000 פצועים בא"י ועבר הירדן



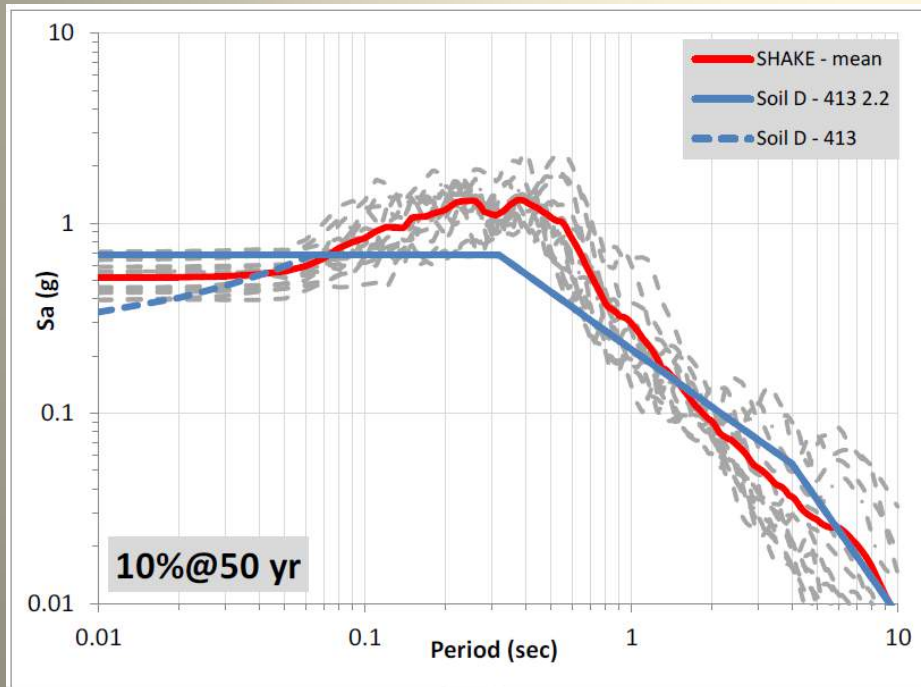
(אבני, 1999)

סיכונים סיסמיים

- תנודות הקרקע והגברה
- קריעת פני שטח
- התנזלות
- גלישות מדרון
- גל צונאמי

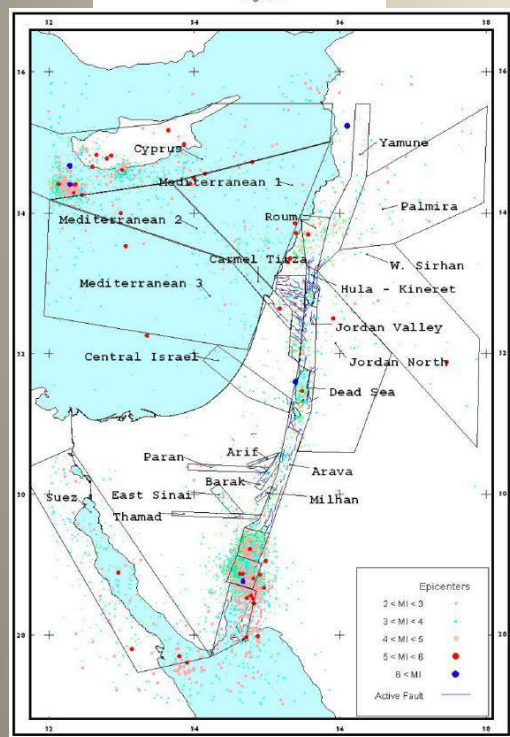
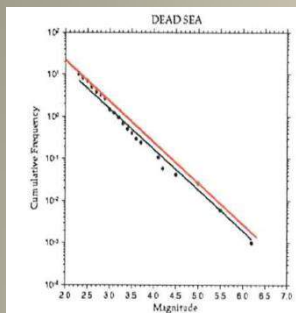
תנודות קרקע לתכנון

- תנודות קרקע לתכנון באתר: לרוב ניתן כספקטרום תאוצות בדרגת ריסון 5%
- התנודות ניתנות עבור הסתברות (זמן חזרה) מסוימת

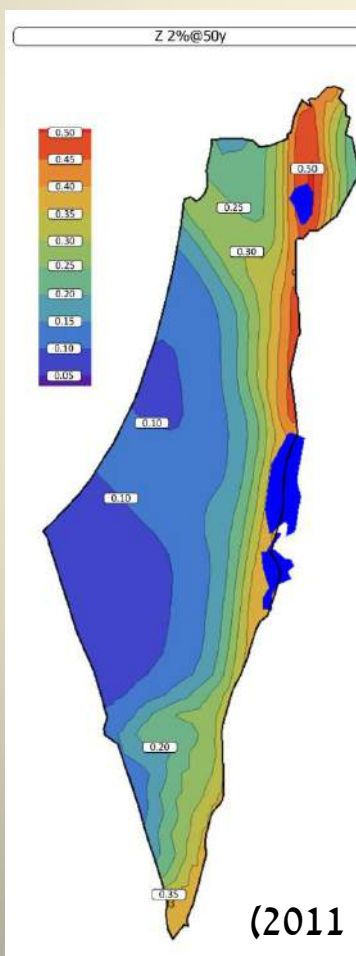


תקן 413 – עמידות מבנים לרעידת אדמה

- מספק תנודות תכן לכל נקודה בישראל בהסתברויות של 2%, 5%, 10% בחמישים שנה
- עבור חמישה סוגי סלע/קרקע



(שפירא וחובריו, 2002)



(קלר וחובריו, 2011)

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

(ת"י 413, תיקון 5)

הגברה סיסמית וסקר תגובת אתר

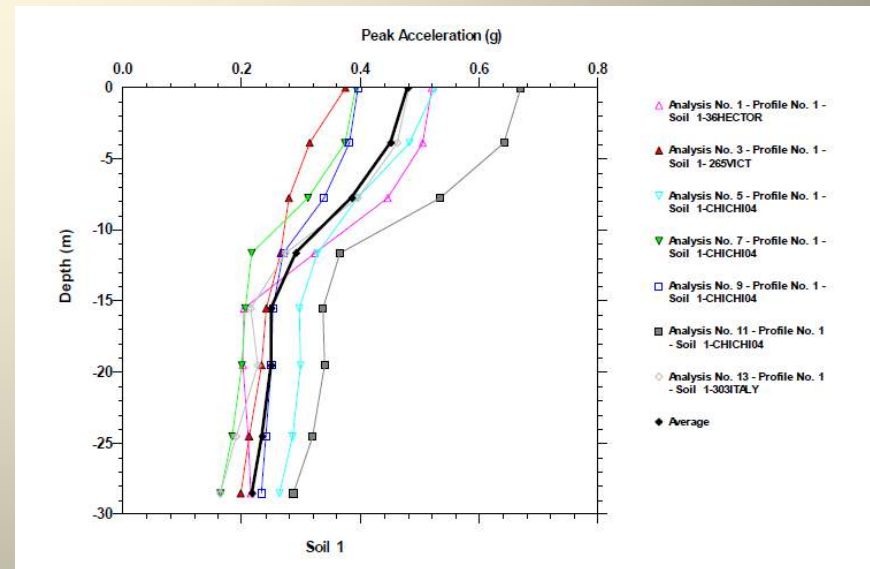
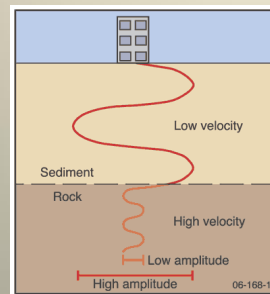
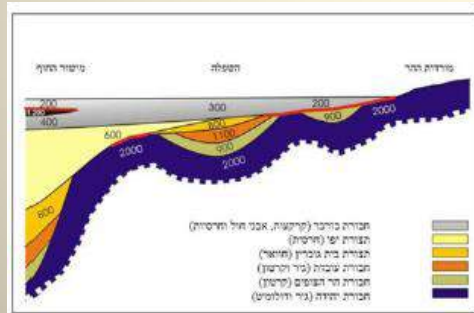
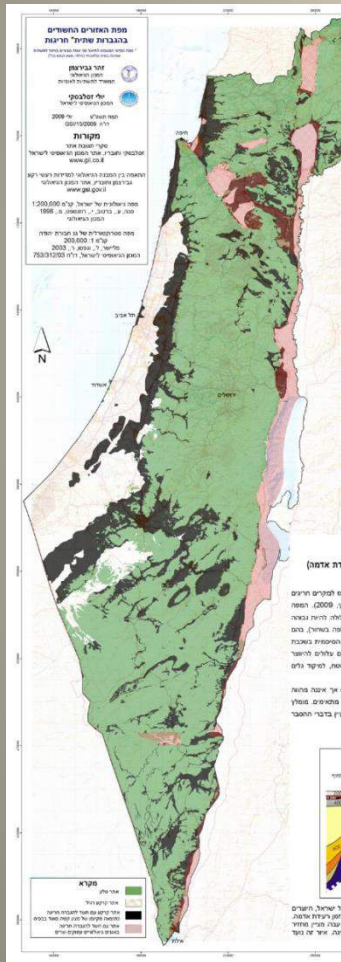
• הגברה סיסמית – הגברת התנודות כתוצאה מכליאת גלים בתוך קרקע רכה שמונחת מעל סלע קשה או בתוך אגן ארוך וצר.

• ניתוח של תגובת הקרקע:

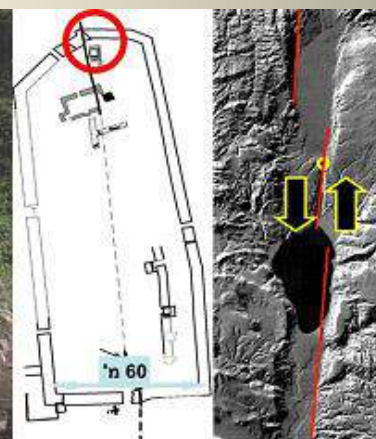
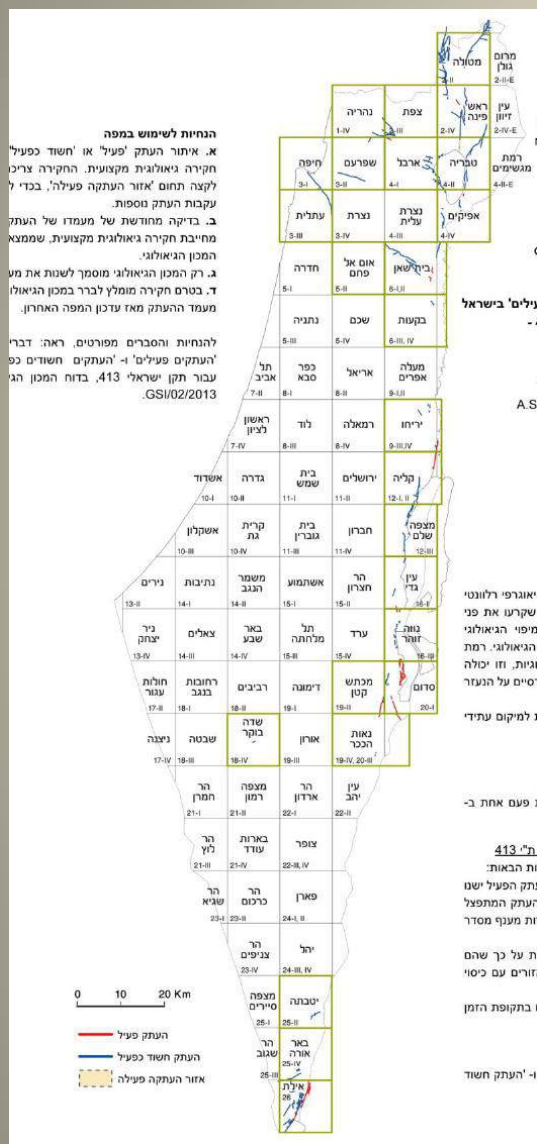
I. אמפירית – מדידה של רעשי רקע

II. אנליטית – סימולציה של רעידות אדמה מוקלטות בבסיס חתך הקרקע.

מבוצע כאשר הקרקע מסווגת כ-F (חרסיות פלסטיות, חרסיות אורגניות, פוטנציאל להתנזלות) או אם המבנה חשוב וצפויה הגברה.



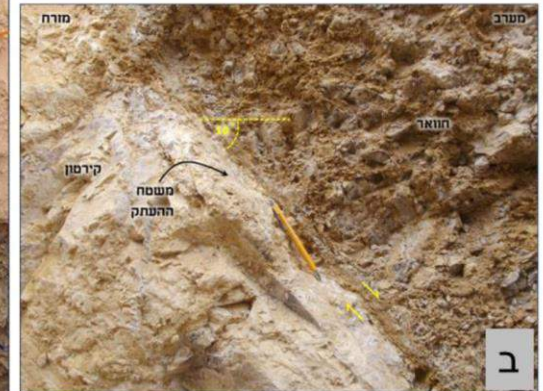
קריעת פני שטח



(מצד עטרת, הירדן ההררי)

קריעת פני שטח

- איסור בנייה סמוך לתוואי העתקה פעילה
- בתשתיות קוויות (צנרת) לפעמים אין ברירה



צינור נפט חוצה תוואי של העתק גדול באלסקה
תוכנן להסטה אופקית של 6 מ' והסטה אנכית של 1.5 מ'
ב-2002 הצינור שרד הסטה אופקית של 4.3 מ' והסטה
אנכית של 0.8 מ'

התנזלות

- איבוד חוזק בקרקעות רוויות מים בעקבות הגדלה פתאומית של לחץ מי החללים בקרקע
- הקרקע מתנהגת כזורם
- מתרחשת לרוב בחולות טיניים לא מלוכדים



תופעות התנזלות



(sand boil)



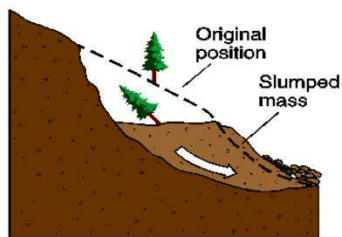
(lateral spread)



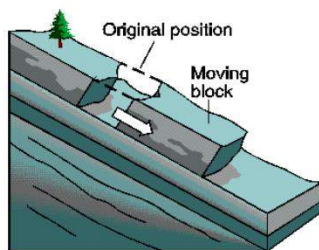
(buoyancy)

סיכוני התנזלות בישראל

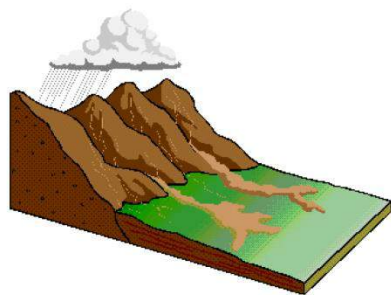
גלישת מדרון



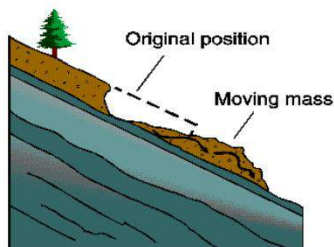
ב. גלישה רוטציונית (Slump)



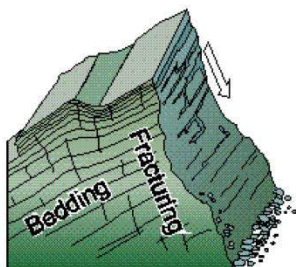
א. גלישת סלע על מישור שטוח



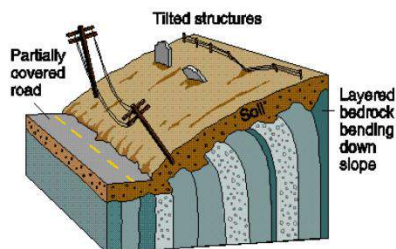
ד. זרימת רסק/קרקע רוויה למים



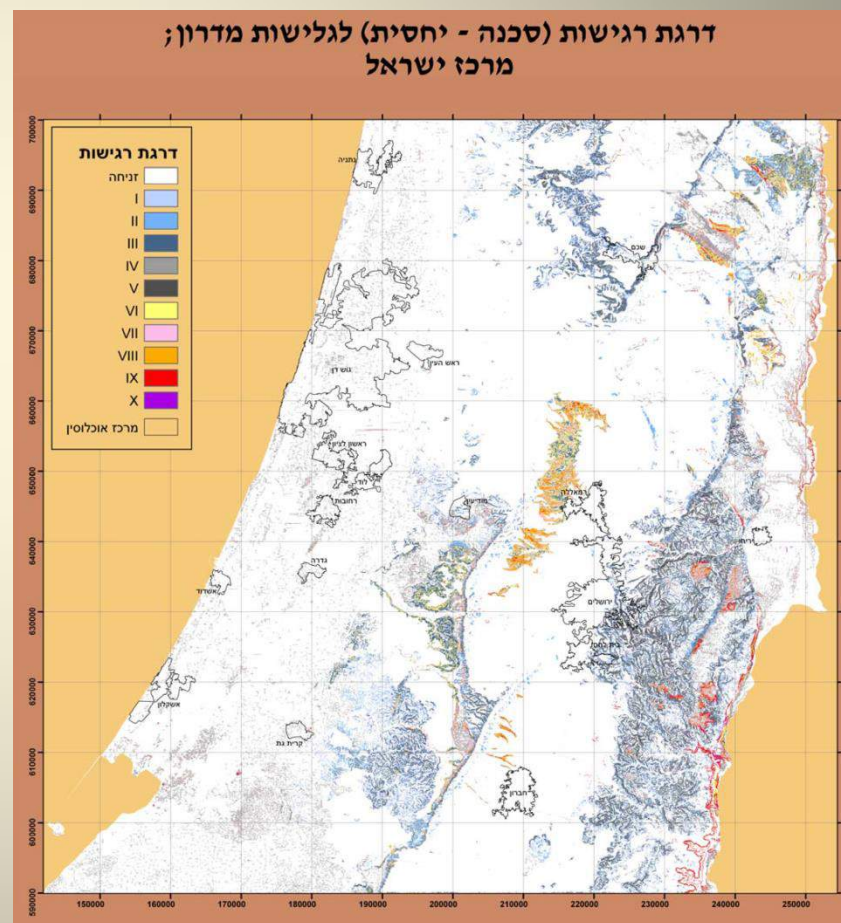
ג. זרימה של קרקע על מישור שטוח



ו. נפילה של גושי-סלע מתוך יחידת סלע סדוקה, החשופה במדרון תלול

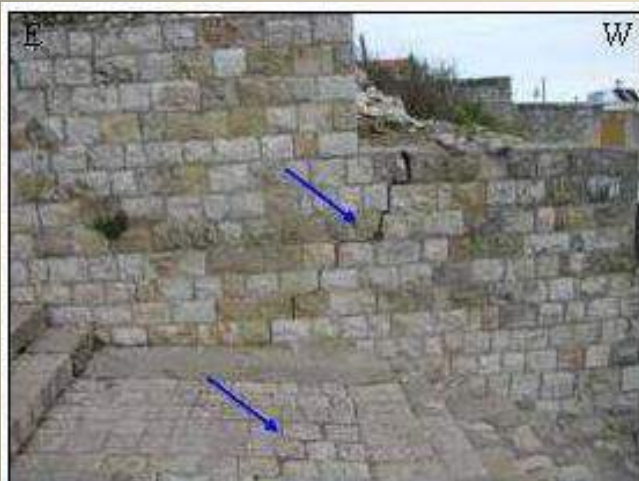


ה. זחילה של קרקע במורד מדרון



(כץ וחוברין, 2008)

גלישות מדרון בצפת



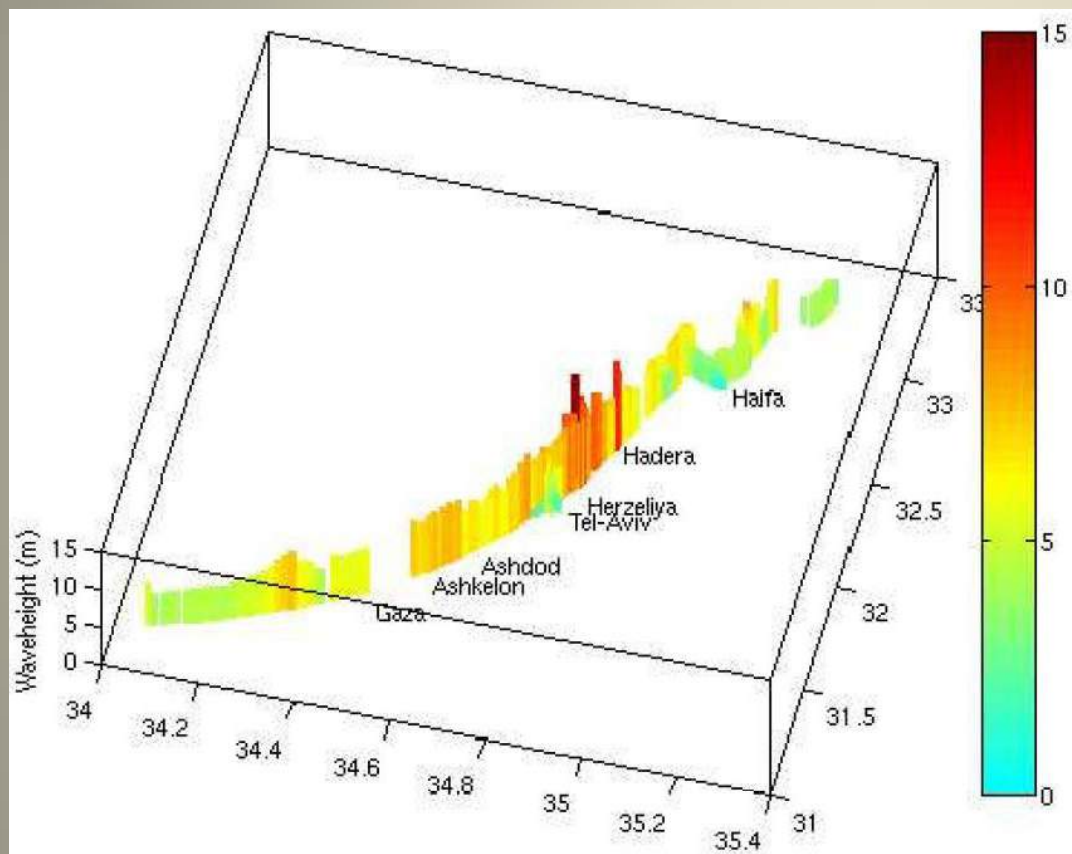
(אתר המכון הגיאולוגי הישראלי)

גל צונאמי

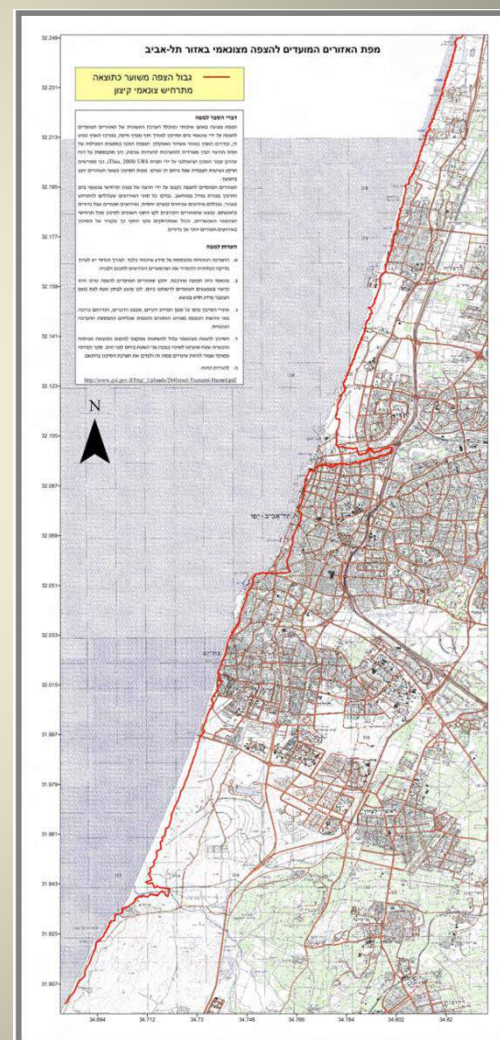
- גל ימי שנוצר עקב רעידת אדמה בקרקעית הים או עקב גלישה תת-ימית, שלרוב נגרמת עקב רעידת אדמה סמוכה. לגלי צונאמי יכולת לפלוש מאות מטרים ואף קילומטרים אל תוך היבשה ולהציף שטחים נרחבים לאורך החוף.
- מאז המאה השנייה לפנה"ס פקדו את חופי מזרח הים התיכון 21 אירועי צונאמי.
- אזורי שפכי הנחלים מועדים במיוחד להצפות משמעותיות
- זמן ההתרעה לפגיעת גל צונאמי בחופי ישראל נע בין שעה וחצי במקרה של רעידת אדמה בכרתים לבין כ-10 דקות במקרה של גלישה גדולה מול חופי ישראל



גובה הצפה



גובה הצפה מקסימלי. תרחיש רעידת אדמה $M=8.4$
בכרתים (גלנטי וחובריו, 2008)



(סלומון, 2009)

מערכת התראה

- מערכת ארצית להתרעה מפני רעידות אדמה ("תרועה") וצונאמי ("מים אדירים") נדונה בועדת השרים לעניין ההיערכות לטיפול ברעידות אדמה, וקבלה תוקף של החלטת ממשלה ביום 07.06.2012
- המערכת הארצית עתידה להיות מורכבת מרשת חיישנים הפרוסים במרחב אשר יחד יספקו התרעה קצרת מועד של רעידת אדמה (התרעה אפקטיבית של 1-30 שניות).
- המערכת אמורה להיות מבצעית ב-2016 אבל זה יידחה. העברת ההתרעה תנוהל ע"י פיקוד העורף

תודה