

תקינה כפעילות מניעתית לצמצום קורבנות רעידות אדמה ו-NATECH's*



מאת: ד"ר אפרים לאור, מומחה להתמודדות עם מצבי חירום קיצוניים, ראש המגמה ל"גיאוגרפיה של אזורי אסון" באוניברסיטת חיפה ויו"ר ארגון F.I.R.S.T המאגד את יחידות החילוץ ההתנדבותיות. לשעבר ראש ועדת ההיגוי הממשלתית להערכת לרעידות אדמה.

רעידת אדמה הינה תופעת טבע שכיחה בקרום כדור-הארץ, שאיננה פוסחת על ישראל ושכנותיה. מעשי אדם ומחדליו הופכים אותה לאסון-פתע-רב-נפגעים [אפר"ן].

מדינת ישראל נערכת לתרחיש, שלפיו נזקי רעידת אדמה ימריאו לממדים הגדולים בשניים או שלושה סדרי גודל מכושר המענה המבצעי השיווי המרבי של הממסד הישראלי, כמתואר בטבלה שמשמאל. מדינות שהותקפו על ידי רעידות אדמה חזקות סבלו קורבנות ונזקים גדולים. גורלנו עלול להיות דומה למה שסבלו המדינות הנסקרות בטבלה שלמטה:

מגוון שדות	השקע סכנת נזקים	הנזק נזקים	לפני נזקים
יחידת הקבורה	220-250 ליום	14,000	
קניין דו-קומי	רובנות מרובות	4,000	
רפואות, מלון	כאמור רב	11,000	
מלון, אזורי רפואה	מלונות רחוקים	190,000	
מבנים עומדים		10,000	
מבנים עם נזק כבד	רפואות רבות	20,000	
מבנים עם נזק קל		104,000	

סוג השירות	תיאור הנזק
ברעידת האדמה במקסימום-סיטי 1985	
בתי חולים	קרסו 3 בתי חולים, וניזוקו רבים מ-281 מתקני הרפואה (ממרפאה עד בית חולים) בעיר. 28% מהמיטות (5,000 מיטות מתוך 17,870) הושבתו.
בתי ספר	137 בתי ספר קרסו, ועוד 301 בתי ספר ניזוקו.
שווקים	14 שווקים (5%) קרסו, ועוד 46 שווקים (16%) ניזוקו.
מערכת אספקת המים	נגרמו 117 פריצות במערכות מים ראשיות, ועוד 2,800 פריצות במערכות מים משניות. 45% מהאוכלוסייה נותקה ממים זורמים.
מערכת החשמל	40% מהאוכלוסייה נותקה מחשמל.
תקשורת	נותקה 70% מהתקשורת המקומית, ו-95% מהתקשורת לחו"ל.
בנקים	10% מהבנקים הפסיקו לתת שירות לאוכלוסייה.
כבישים ראשיים	ב-40% מהכבישים נוצרו שיבושים.
ברעידת האדמה ביפן 1995	
מגורים**	בזירת האפר"ן נפגעו 248,412 מבני מגורים, ובהם 448,928 יחידות דיור. 55,000 (מתוך 400,000 בסה"כ) קרסו בעיר קובה בלבד.
בתי חולים	4 (מתוך 180 באזור הרעש) נהרסו כליל***. רק 4 בתי חולים לא נפגעו כלל. בנוסף, נפגעו גם כ-50% מ-1,810 המרפאות באזור.
בתי ספר	440 הושבתו (מספר לא נקוב קרסו) 180 בתי ספר תוקנו תוך 7 ימים, ואחרים שלא קרסו - תוך 8-14 יממות.
מערכת אספקת המים	950,000 משקי בית ב-Hyogo נותקו ממים זורמים (2,280,000 תושבים).
מערכת חשמל****	20% מהמערכות הושבתו, ותוקנו תוך 6 יממות. עקב כך, 2,600,000 לקוחות נותקו ממקורות כוח. רוב הלקוחות חוברו מחדש תוך 70 שעות, ואספקת החשמל חודשה במלואה תוך 7 יממות.
ברעידת האדמה בטיוואן 1999	
מבנים	5,000 מבנים קרסו; למעלה מ-8,000 קרסו חלקית; עוד 70,000 ניזוקו בדרגות שונות. תושבים שוכנו ב-2,000 מבנים יבילים שהובאו מיפן, וכן שיכון זמני בדיור ממשלתי פנוי.
בתי חולים	בזירה פעלו 4,375 מתקנים רפואיים, מהם 165 בתי-חולים. חלקם ניזוקו נזקים מבניים וחלקם בצידוד רפואי ומשקי. למשל: בי"ח מרכזי ירד ל-10% מיכולתו בעת שיא הדרישה לשרותיו. החזרת השירותים ארכה שבועות עד חודשים רבים.
מערכת אספקת המים	קרסה.
מערכת החשמל	עשרות רבות של תחנות השנאה, תחנות משנה וקווי הולכת מתח גבוה קרסו או ניזוקו. כתוצאה מכך נגרמה הפסקת חשמל במרכז טיוואן ובצפונה. המערכת תוקנה תוך מספר שבועות.
כבישים	45 ק"מ בכביש ראשי + קטעים קטנים בכבישים אחרים קרסו. ב-400 ק"מ בכבישים נגרמו שיבושי תנועה בגין נזקים
גשרים	10% מתוך מאות גשרים קרסו, ניזוקו או נחסמו לתנועה מוטורית. שיקום הנזק ארך חודשים רבים.

* Natural and Technological Disasters ** במועד רעידת האדמה, קובה היתה בית ל-1,400,000 נפש. *** Kobe Municipal West Civic Hospital בן 7 קומות קרס כליל ולא תוקן. **** הספק ייצור החשמל בזירת האפר"ן פחת ב-2,836 מגוואט, מתוך ייצור שנרתי בהיקף של 12,700 מגוואט. מתוך 64 יחידות ייצור ב-21 אתרים שונים; ניזוקו 20 יחידות ב-10 אתרים. הנזק העיקרי נגרם לדודי הקיטור ולצינורות להולכת קיטור. יחידות הייצור הגדולות לא ניזוקו. לעומת זאת, יחידות הייצור הקטנות ניזוקו, בכלל זה 50 תחנות משנה ו-112 קווי השנאה.



זו רעה לאין-שיעור מאשר לחיות עם בניינים מסוכנים וחומרים מסוכנים. הצבת קריטריונים וסטנדרטים ראויים, המתחשבים במציאות ממשיית, בניגוד לווירטואלית - כפי שיומחש בהמשך - עשויים לאפשר לאוכלוסייה ליהנות מכל העולמות: למצות סגולות חיוביות המגולמות בקיום מבנים ומתקני תעשייה, ולעקר במידה רבה את פוטנציאל הנזק המגולם בהם.

בידינו לשנות את המצב הנוכחי מקצה לקצה. תקינה איכותית, שחוכמתה וגאונותה נסתרת במוחות כותביה ותוצאתה מפורטת, פשוטה, ברורה להבנה וליישום, תעמיד בישראל מבנים עמידים וקורבנות מעטים בלבד בהתחולל רעידת אדמה חזקה.

חברי ועדת ההיגוי הממשלתית להיערכות לרעידות אדמה [להלן: 'ועדת ההיגוי'] גורסים, שהפקת תקן סייסמי איכותי מהווה אחת מהפעילויות המועילות, המהירות והזולות לצמצום קורבנות אפר"ן בגין רעידת אדמה. תובנה זו משתקפת בהיקף התקנים שלה המופקים ביוזמתה, בהמרצתה לפעולה מהירה ובתמיכה כספית שלה למכון התקנים. 'ועדת ההיגוי' פועלת להפקת תקנים חדשים ולהשבחה מתמדת של תקנים קיימים, כפי שמשקף בטבלה זו:

לקחים היסטוריים מלמדים על ההכרח לנקוט פעולות דרסטיות לצמצום שיעור הקורבנות והיקף הנזק. אחד המכשירים המועילים היא בנייה עמידה, שראשיתה בתקינה ההולמת לנסיבות.

תקינה לעמידות סייסמית מפרידה בין חיים למוות, כפשוטו. הניסיון מלמד שכ-70% מקורבנות רעידת אדמה נגרמים מקריסת מבנים ואבזרים נתיקים המצויים במבנים, במתקני תעשייה ובתשתיות פיזיות וכן מהרעלות בעקבות פריצת חומרים מסוכנים ממכלים.

תקינה מהווה עבור אנשים מן השורה מורה דרך ומצפן 'לעשה' ו'אל תעשה': בייזום, רישוי, תכנון, בנייה, פיקוח, הפעלה, תחזוקה וגריטה. תקינה מסרטטת גבול חד בין מתכננים, מבקרים ומבצעים ישירים והגונים, לכאלה שאינם ישירים והגונים. ברם, כל תקינה, האיכותית ביותר, חסרת-תועלת בהתמודדות עם סוטים מקריטריונים וסטנדרטים, רשלנים ופושעים קוטלי אדם. למזלנו, מרבית המתכננים והמבצעים הם ישרי דרך ואחראים למעשיהם.

לכאורה יכולנו לחסוך כ-70% מהקורבנות על ידי הימנעות מבניית מבנים, כי אז היו נזקי רעידות האדמה בטלים בשישים. כך בוודאי באשר למתקני תעשייה שמעבדים חומרים מסוכנים. ברם ככל הנראה, חלופה

ת"י 413 חלק 2 - תכן לעמידות מבנים ברעידות אדמה: מבנים הנדסיים

חלק התקן	נושא התקן	שלב נוכחי	תקנים זרים כבסיס
2.0	כללי	פורסם	אמריקני: ASCE 7
2.1	מערכות מדפי אחסון מפלדה	פורסם	אמריקניים: ASCE 7, ANSI MH16.1 (RMI)
2.2	מכלים לאחסון נוזלים על הקרקע	אושר בוועדה טכנית	אמריקניים: ACI, API, AWWA אירופי: Eurocode 8-4
2.3	מכלים מוגבהים לנוזלים ולגזים הכולל גם מכלים כדוריים ואופקיים	פורסם לביקורת הציבור	אמריקניים: ASCE 7, ACI, NEHRP אירופי: Eurocode 8-4 הודי: IITK-GSDMA אמריקני: ASME BPV
2.4	צנרת	בדיונים בוועדת מומחים	אמריקניים: ASCE 7, NEHRP, ALA אירופי: Eurocode 8-4 בין-לאומי: ISO 23469, יפני
2.5	מבנים טמונים בקרקע	טיוטה בהכנה	אמריקניים: ASCE 7, NEHRP, ALA בין-לאומי: ISO 23469

נשענים תקנים. הדבר בעל חשיבות יתרה כאשר מעתיקים תקנים שהופקו בחו"ל, בדרך ל"גיור כהלכה". פעמים רבות נשמע: אימצנו קריטריונים וסטנדרטים מחמירים ביותר - סטנדרטים אמריקניים!

הפקת תקנים והטמעתם הינה פעולה ממסדית מהותית, מכוונת ומעצבת, בעלת השלכות רחוב משמעותיות, המחייבת ידיעה רחבה והתעמקות בעובדות היסוד, הנחות היסוד והנחות העבודה שעליהן

ובכן, להלן דוגמה לסטנדרטים אמריקניים:

Even Worse Than Worst-Case

- If terrorists ever strike major chemical plants, the damage could be far greater than depicted in worst-case scenarios.
- Under U.S. Environmental Protection Agency rules, a facility's worst-case scenario is limited to the single largest container of the most dangerous chemical onsite. For example, General Chemical Corp. in Newark lists the release of 211,000 pounds of Oleum, fuming sulfuric acid, as its worst-case scenario.
- Based on modeling software, that amount of Oleum could travel a radius of 11 miles at a potentially lethal
 - ❖ But the total inventory of Oleum is listed at 5 million pounds, and the plant also houses 125,000 pounds of nitric acid.
 - ❖ The rules for determining the single worst-case scenario do not take into account the possibility that terrorists could cause a breach of multiple containers.
 - ❖ Other worst-case scenario examples: The city's Kensico water treatment unit in Valhalla cites 2,000 pounds of chlorine, but 360,000 pounds of the chemical are kept onsite.
 - ❖ When companies submitted worst-case scenarios to the EPA, they were allowed to run their postulated accident through different software packages and guidance tables. The companies were allowed to submit the scenario that gave the lowest release distance and the smallest amount of population at risk.
 - ❖ Most plans regarding a 180,000-pound rail car of chlorine — considered to be "immediately dangerous to life or health" in concentrations of 10 parts per million — list a worst-case scenario distance of 14 miles.
 - ❖ But in a 1998 report published by the Chlorine Institute, the strength of

אנסה לתמצת מתוך שני הקטעים:

● במקרה של פיגוע חבלני היקף הנזק יעלה על החזוי ב-WCS.

● מפעל, לפי חוקי ה-EPA, חייב לתכנן [Design] מענה ל-WCS מוגבל למכל היחיד הגדול ביותר של החומר המסוכן ביותר באתר.

● חברת General Chemical בניו-ארק נהגה על פי החוק והכינה מענה לדליפה של Oleum [חומצה גפרתית $H_2S_2O_7$] ממכל של 211,000 פאונד, כ- 100 טון.

● כמות זו, לפי תוכנות חיזוי סיכונים, עלולה להימצא בריכוזים קטלניים עד 17 ק"מ ממקור הדליפה ולסכן, במקרה של מטרופולין ניו-ארק, כ- 5,000,000 אנשים.

● ברם, מה שבאמת מאוחר באתר הינם 5,000,000 פאונד (כ- 2,250 טון) חומצה גפרתית, ועוד 125,000 פאונד (60 טון) חומצה חנקתית.

● חוקי EPA מתעלמים מאפשרות של פגיעה בו-זמנית במכלים רבים בעת פעילות חבלנית עוינת.

● חוקי EPA מתירים שימוש בתוכנות מגוונות לחישוב סיכונים ומאפשרים להגיש לאישורה את התרחיש המציג את מקדם הסיכון הנמוך ביותר ואת המספר הנמוך ביותר של אוכלוסייה בתחומי אזור הסיכון.



לא זאת אף זאת: בבואנו להעתיק מאחרים, יש להחליט: במה לבחור?

בעולם רווחים תקנים רבים, בקרב אלה שסבלו מפגיעת רעידת אדמה ואלה שמחולל-נזק זה פסח עליהם. הדילמה: האם לבחור בתקן איטלקי? הודי? יפני או אמריקני? ושאל בחלקים מתוך כולם? או להפיק תקן בכוחות עצמנו, כפי שנהגנו ביחס למפעלים קיימים? *ראו טבלה זו.

טבלה 4

Comparison of design requirements US vs. Japan

Design codes/standards	United States	Japan
- Seismic risk	<ul style="list-style-type: none"> No federal requirement 475-yr EQ, up to 2475-yr EQ Land use restrictions in near-fault zones in California Law triggered by modification or construction of new plants 	<ul style="list-style-type: none"> Nationally regulated 0.3 g (50 -100-yr EQ), up to 0.6 g (500-1000-yr EQ) Performance-based design standards Stricter regulations for To-Nankai/Nankai region Law triggered by modification or construction of new plants
- Flood risk	<ul style="list-style-type: none"> No federal requirement Generally outside 100-yr floodplain Law triggered by modification or construction of new plants 	<ul style="list-style-type: none"> Generally outside 100-yr floodplain Law triggered by modification or construction of new plants
- High winds	<ul style="list-style-type: none"> No federal regulation Design to withstand the 50-yr event plus importance factor (equivalent to 500-yr event) Some land use restrictions in coastal zones 	<ul style="list-style-type: none"> Nationally regulated Wind loads are performance based Generally designed to withstand the 100-500-yr event Land use restrictions

אפשר להניח, שמומחים יודעים לחשב סיכונים בקירוב דומה לחישובים של 'ועדת רזמוזין', 1976, שהתיימרה לחשב סיכון לחיים, תחלואה, פגעים גנטיים ונזקים פיננסיים בגין הפעלת כורי כוח גרעיניים. הוועדה חזתה:

- 10 מקרי מוות אחת ל- 30,000 שנים;
 - 1000 מקרי מוות אחת ל- 1,000,000 שנים;
 - 1000 מקרים של פגעים גנטיים אחת ל- 10,000,000 שנים;
 - ונזק בהיקף של 100,000,000 דולר אחת ל- 600 שנים.
- התחזית הזו התמצתה עד 1982,
- כ- 6 שנים לאחר הגשת הדוח;
 - כ- 4 שנים לפני אסון צ'רנוביל.

יש להקפיד שהמוצרים המופצים לשוק יהיו פרקטיים, פשוטים, זולים, אפשריים ליישום ואטרקטיביים.

ברצוני להתעכב על ייצור הידע בנושא הנידון:

כחוקר, אני מודע לנטייה לייצר מוצרים איכותיים שיעמדו בשיפוט של עמיתים למקצוע;

כמתאם פעולות הממשלה להיערכות לרעידות אדמה אני מודע לכך, שכל עיכוב בהנחלת ידע טוב במשהו מקודמו, מגלם בתוכו פוטנציאל לגרום לחללים, פצועים ופליטים, מעבר לבלתי נמנע;

כפי שניתן לראות בטבלה למעלה, התקנים מעידים על הנחות עבודה שונות במדינות שונות.

אימוץ חבילת תקנים ממדינה כלשהי לכל התחומים - לתעשייה, למבני ציבור ומבני מגורים, לגשרים וכו' - מזכה בכך שהמסמכים השונים הם קונסיסטנטיים, דהיינו: העקרונות נשארים שווים, ומי שיועד להשתמש בתקן למבנים יקל עליו לעבוד עם התקן למתקנים תעשייתיים. מאידך, אם בוחרים בשעטנו תקנים ממקורות שונים, פוגמים בדרך הטבע בסטנדרטיזציה, הבסיס הלוגי שעליו נשענים התקנים. ובעניין המכשולים לעדכון תקן - שעטנו כבר אמרנו? מה נכון? - לא ברור, ואין בחירה אחת טובה.

בשנים האחרונות הרבו רשויות הממשל וגורמים עסקיים לערוך סקרי סיכונים, ככונה לצמצם נזקים ממחוללי סיכון, תוך אימוץ תקנים זרים לתעשייה. במקרה הטוב, הם הסתמכו על קריטריונים וסטנדרטים בלתי רלוונטיים לזירת צפון מדינת ישראל בעת הנוכחית. פרמטרים שמתעלמים מסיכונים רעידות אדמה [התנזלות, הגברה, מדרונות, שברים פעילים], צונמי, טרור ומלחמה, הולמים אולי נסיבות בהולנד, שוויץ, קוסטה-ריקה השלווה וארה"ב עד שנת 2000. למשל, הסקר האינטגרטיבי של TNO נופל בקטגוריה זו.

ניסיון לטעון לסיכונים מחושבים' הוא בלתי אחראי.

ניסיון להצדיק כיווני פעולה לפי מבחן ההסתברות להתרחשות אפר"ן הוא מוטעה. יש לבחור כיווני פעולה לפי אומדן הנזק ולא לפי הסתברות התרחשותו, ועל פי מחיר הטעות ולא תבחין אחר. די באירוע חד-פעמי, כדוגמת רעידות האדמה שנזכרו או כדוגמת התאונה הכימית בבופאל, הודו [1984], כדי להסיג את מדינת ישראל שנים לאחור.

* פרופ' א. ורשבסקי, פרופ' ד. ינקלבסקי, "שיטה להערכה של מיוגן מועדף בפני רעידות אדמה של מיכלי נוזלים בעלי סיכון סביבתי (ויישומו למיכלי דלק וחומרים רעילים)", בהזמנת משרד התשתיות הלאומיות, הזמנה מס' 22-02-005.

