

מדינת ישראל  
משרד החינוך  
המינהל לפיתוח מערכת החינוך  
אגף א' בינוי ותקצוב

טז' אלול תשע"ח  
(גרסה 2.0 עדכון 27/8/18)

הנדון: נוהל הנדסי לשדרוג עמידות בתי הספר לרעידות אדמה

שלום רב,

לאור בניסתו לתוקף של ת.י 413/3 מצורף להלן הנחיות מעודכנות של תהליכי הבדיקה והתכנון של בתי ספר קיימים. ההנחיות המעודכנות מתבססות על התקן הישראלי החדש 413/3 והשלמות הנדרשות לפי הניסיון שהצטבר בפרויקט הנוכחי.

מצ"ב נוהל השדרוג הכולל הנחיות הנדסיות לאופן הגשת האבחון הראשוני וכן 3 נספחי עזר.

בברכה,

אילנית שושני, מנהלת אגף א' בינוי ותקצוב

העתק: מהנדסים יועצים: גדעון זולקוב וירון אופיר, ענת מזרחי- אגף א' בינוי ותקצוב

תוכן העניינים

1	מבוא
2	תכן תפקודי
3	הליך הבדיקה / אבחון, התכן והדו"חות הנדרשים
3.1	כללי
3.2	רמות ביצוע הבדיקה / אבחון
3.3	הנחות יסוד:
3.4	האנליזה המבוצעת
3.5	הנחיות התאמה והשלמה להליך האבחון לפי ת"י 413/3 עבור תכן שדרוג מבני חינוך
3.5.1	הנחיות כלליות לפי ת"י 413/3
3.5.2	פרק ג' - הנחיות לרמת המידע לפי ת"י 413/3
3.5.3	הנחיות השלמה והתאמה לאנליזה לפי ת"י 413/3
3.6	תכן השדרוג
3.7	תכנון מפורט
4	רמות תפקוד וקריטריוני תכן
5	הגדרת עומסים ונתוני קרקע
5.1	עומסים גרביטציוניים
5.2	עומסים סיסמיים
5.2.1	הגדרת הסיכון הסימני
5.2.2	ספקטרומי תכן
5.2.3	אקסלרוגרמות
5.2.4	סקר אתר ספציפי והתייחסות לסיכונים סיסמיים נוספים
5.3	אינטראקציית קרקע- מבנה (Soil-Structure Interaction, SSI)

מדינת ישראל  
משרד החינוך  
המינהל לפיתוח מערכת החינוך  
אגף א' בינוי ותקצוב

נספח 1 – הגדרת הסיכון מתנודות קרקע צפויות באתרי ביה"ס בישראל.

נספח 2 – תכונות חומרים

נספח 3 – גליון עזר לקביעת ספקטרום התכן לפי ת.י 413.

**מדינת ישראל**  
**משרד החינוך**  
**המינהל לפיתוח מערכת החינוך**  
**אגף א' בינוי ותקצוב**

**1 מבוא**

נוהל הנדסי זה לאבחון ותכן השדרוג של מבני חינוך מתבסס על ת"י 413/3, ומספק הנחייה והכוונה ליישומו, תוך הוספת השלמות והתאמות נדרשות על מנת ששדרוג בתי הספר הקיימים יבטיח השגת רמת הבטיחות הנדרשת להצלת חיי הילדים והצוות.

תקן ישראלי 413 חלק 3 (413/3) פורסם ביולי 2017. תקן זה הוא חלק מסדרת תקני התכן לעמידות ברעידות אדמה, ותוכנו הערכה ושיפור של עמידות מבנים קיימים ברעידות אדמה. התקן מבוסס על תקן אירופאי מקביל (EC8- , design of structures for earthquake resistance, assessment and retrofitting of buildings – Part 3)

תקן ישראלי 413/3 חל על מבנים שונים, ובהם מבני ציבור (כגון בתי ספר) העשויים מבטון מזוין, פלדה, קירות מילוי מבני, קירות מילוי מבטון שאינו מזוין, רכיבים מבטון טרומי, רכיבים מבטון דרוך.

התקן כולל את הפרקים הבאים:

- פרק ב' – דרישות תפקוד וקריטריוני התאמה
- פרק ג' – מידע לצורך הערכת המבנה
- פרק ד' – הערכת עמידות המבנה
- פרק ה' – החלטות בנוגע להתערבות מבנית
- פרק ו' – תכן ההתערבות המבנית לשיפור העמידות הסיסמית
- פרק ז' – השלמת ההנחיות ההנדסיות לשיפור עמידות של מבנה קיים:
  - o נספח א' – מבנים מבטון מזוין
  - o נספח ב' – מבני פלדה
  - o נספח ג' – קירות מילוי
  - o נספח ד' – הערכת עמידות מקורבת כללית של מבנה קיים – אבחון ראשוני

התקן מאפשר שימוש ב- 2 גישות תכן: תכן מבוסס כוח (באופן דומה לגישה המוצגת בת"י 413) ותכן תפקודי מבוסס הזזות (גישה מתקדמת המקובלת בתקינה הבינ"ל המובילה). **בחירת גישת התכן תיקבע בשיתוף משרד החינוך ותיעשה ע"ס שיקולים הנדסיים ועלויות ביצוע.**

**2 תכן תפקודי**

ההתפתחות הגדולה שהתרחשה בעולם בעשור וחצי האחרונים בפיתוח שיטות להערכת עמידות ונזק במבנים ברעידות אדמה ואסונות טבע אחרים קשורה להיקפי ההרס הולכים וגדלים שנובעים מאסונות אלה. גידול האוכלוסין והתפתחות מטרופולינים צפופים מהווים חלק מהסיבות להחרפת הבעיה. מסיבה זאת ממשלות, גורמים פיננסיים כלל עולמיים, וגופים ציבוריים שונים משקיעים משאבים רבים במחקר המדעי בנושא זה ונושאים הקשורים אליו. במסגרת זאת נעשו ונעשים ניסיונות אינטנסיביים לאתר **קשרים בין התפתחות הנזק לבין התנהגות המבנים ברעידות אדמה.**

לפני ההתפתחות שחלה בתחום הערכת העמידות התמקדו התקנים לרעידות אדמה במבנה עצמו (structure) ובהצלת חיי אדם בלבד. שיקולים פיננסיים כמו הרצון לקבל הערכות נזק גם לרכוש וציוד (nonstructural) של בעלי עניין, כחברות ביטוח ושיקולים אחרים נוספים, כמו הצורך להשאיר מערכות חיוניות מתפקדות בבתי חולים וכד', הביאו להתפתחות התכן הנדסי התפקודי (Performance-Based Engineering (PBE).

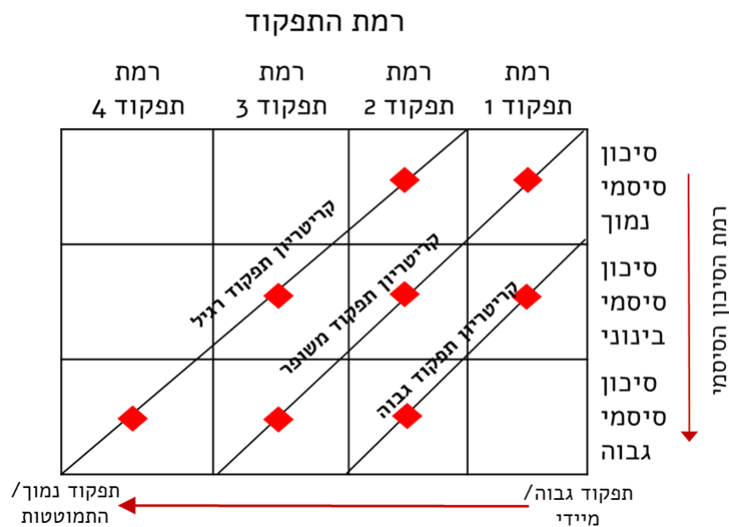
ניתן לחלק את ההשלכות של רעידת אדמה לשלוש קטגוריות: בטיחות לחיים (Life Safety), אובדן פיננסי ישיר לרכוש ולמבנה (Capital Losses), ואובדן הכנסות עתידיות כתוצאה מאי תפקוד עקב הרעידה (Functional losses). התכן התפקודי מנסה להתחשב בבטיחות לחיים והאובדן הפיננסי והתפקוד ע"י מציאת קשרים ישירים בין מספר רמות נזק צפויות ברעידות אדמה בעוצמות מוגדרות, המגדירות רמות תפקוד במבנה, לשלוש קטגוריות אלה.

**מדינת ישראל**  
**משרד החינוך**  
**המינהל לפיתוח מערכת החינוך**  
**אגף א' בינוי ותקצוב**

רמות התפקוד מתייחסות לרכיבים המבניים ולרכיבים לא-מבניים. רכיב נחשב למבני אם הוא חלק ממערכת הנושאת לכוחות אנכיים או אופקיים. כל שאר הרכיבים במבנה ייחשבו כלא מבניים. בתקינה הבינלאומית השונה ניתן למצוא התייחסויות והגדרות שונות לרמות תפקוד עיקריות בזמן ולאחר רעידה.

עיקרון התכן התפקודי מוצג בצורה גראפית פשוטה באיור 1. כל משבצת אדומה מייצגת קומבינציה מסוימת של רעידה בסיכון מסוים, בעלת סיכוי חזרה מסוים, ורמת תפקוד נדרשת. באיור מוצגים קריטריוני תפקוד עבור מבנים בתפקוד רגיל, מבנים בתפקוד משופר (כמו שנדרש מבתי ספר), ומבנים בתפקוד גבוה (לדוגמה, תחנות כוח). לדוגמה – ניתן להגדיר למבנה רגיל קריטריון שיבטיח לא יותר מתיקונים ספורים בלבד ברעידות תכופות, וכן "בטיחות חיים" לשוהים בו ברעידה בינונית, ומניעת התמוטטות ברעידה חזקה מאוד. המבנה נבדק באנליזה לכל השילובים של רמות התפקוד והסיכון הנכללים תחת אותו קריטריון תפקוד (קו אלכסוני שחור באיור 1), והחמור מבניהם קובע את התכן. באופן דומה ניתן להגדיר דרישות חמורות יותר למבנה חשוב, כך שרעידה תכופה לא תפריע להמשך תפקוד, ברעידה בינונית ניתן יהיה להמשיך לתפקד בו לאחר תיקונים ברמת אחזקה מקומית, וברעידה חזקה המבנה יהיה רחוק מספיק מהתמוטטות ובטוח לחיי אדם.

מעבר להגדרת רמות שונות, התכן התפקודי מאפשר למתכנן להעמיק עד כדי הבנת תרחישי הכשל ואופן התהוותם, ולכן כאשר בסיס התכנון נהיר לו, הפתרונות הנבחרים לשדרוג יהיו מתאימים יותר למניעת הכשלים.



איור 1. המחשה גראפית לרעיון התכן התפקודי. יצוין כי ההגדרות הספציפיות לרמות התפקוד וכן לרמות הסיכון הסיסמי בנוהל זה הן כפי שמובא בפרק 4 לנוהל זה.

### 3 הליך הבדיקה / אבחון, התכן והדו"חות הנדרשים

#### 3.1 כללי

הליך הבדיקה והתכן יבוצע ע"פ המוגדר בת"י 413/3 ולפי השלבים הכלליים הבאים:

1. הגדרת רמות התפקוד וקריטריון התכן, בהתאם לפרק 4 להלן.
2. הגדרת עומסי התכן, בהתאם לפרק 5 להלן.
3. בהתאם לרמות התפקוד והעומסים שהוגדרו, בדיקת רכיבי המבנה במצב הקיים, וזיהוי מנגנון הכשל הצפוי. ראה הנחיות כלליות לתכן בפרק 3 להלן.
4. בהתאם למנגנון הכשל שזוהה, בחינת חלופות להתערבות מבנית לשיפור העמידות הסיסמית, לרוב חישוב ראשוני והשוואת עלויות בבסיסית, ולאחר מכן תכן מפורט בהתאם לחלופה הנבחרת. ראה הנחיות כלליות לביצוע בפרק 3 להלן.

**מדינת ישראל**  
**משרד החינוך**  
**המינהל לפיתוח מערכת החינוך**  
**אגף א' בינוי ותקצוב**

**3.2 רמות ביצוע הבדיקה / אבחון**

הבדיקה תבצע בשתי רמות:

A. דו"ח אבחון ובדיקות מבניות, קרקע ואנליטיות ראשוניות **לרמת 30% תכנון** - ביצוע בדיקה ברמה זו נועד לצורך ברור מצב העמידות הקיים באופן מקורב, אך ריאליסטי ואומדן עלות ביצוע גס, כך שיהיו בליים למזמין לקבל החלטה מושכלת לגבי הצורך לביצוע שדרוג ודרך/דרכים לביצועו. **בשלב זה יבוצעו בדיקות מבניות, חישובי יסודות ורכיבים מבנים ובדיקות קרקע באתר ובמעבדה לצורך הבנת המצב המבני.** שלב זה מהווה את הבסיס לקבלת החלטות לגבי המשך הטיפול וכבסיס לשלב התכנון המפורט. עבודת התכנון הכלולה במסגרת 30% תכנון כוללת (פירוט **בנספחים א', ב בנוהל התמחור**):

- קבלה ולימוד התוכניות והחומר המתועד הקיים
- מדידה
- דו"ח יועץ קרקע. **תנאי הכרחי לאישור האבחון בשלב 30%**
- חישוב יסודות ורכיבים מבניים עיקריים. **תנאי הכרחי לאישור האבחון בשלב 30%**
- ביצוע סקירות שטח במבנה ע"י המתכנן המבני, ודו"ח בדיקה ע"י מעבדה מבנית. **תנאי הכרחי לאישור האבחון בשלב 30%.**
- אומדן ראשוני גס לעלות מוערכת של הביצוע. **תנאי הכרחי לאישור האבחון בשלב 30%.**

האבחון יכלול:

1. **קבלה ולימוד התוכניות והחומר המתועד שקיים לביה"ס הנסקר.**
2. **סקירות שטח וחישובים בבניין שיתבצעו ע"י המתכנן ומעבדה מבנית (לפי ההנחיות ב ת"י 413/3):**  
הבדיקות המפורטות תבצענה ע"י מעבדה מבנית מוסמכת לרמת מידע מינימאלית של KL1 עפ"י ת"י 413/3, או גבוהה יותר, אם התקבלה הנחייה לכך ממשרד החינוך ( פירוט בסעיף 3.5.2 להלן).  
הסקירה תכלול בדיקה ויזואלית מקיפה של הרכיבים המבניים בבניין הנבדק וסימונם על גבי התוכניות. יש להצטייד בתוכניות לפני הגעה לסיור. תוכנית מינימום תהיה סריקה מתוכניות הגשה, או תוכנית מודד. לצורך הבדיקה בשטח יצטייד המתכנן באמצעי מדידה (מד טווח לייזר/סרט מדידה ארוך וכד'), במקדחה (עדיף נטענת) ועדיף שיצטייד גם במכשיר לאיתור פלדה (סקאנר). המתכנן יבדוק התאמת הגיאומטריה בשטח לתוכנית ההגשה, או תוכנית המודד הקיימת. הבדיקה תזהה אם בוצע שינוי מבני, אם נוספו אגפים או אם נבנו חלקים חדשים. כמו כן תבוצע בדיקה מדגמית להשוואת המידות בין התוכניות לקיים בשטח. בסיור ישלים הצוות תוכניות וחתכים עדכניים ברמת סקיצה ברורה. הצוות יאתר את המערכת המבנית (כולל תפרי הפרדה בין תתי מבנים, במידה ויש) ויכין בשטח תוכניות, חתכים ומבטים עיקריים ברמת דיוק של  $\pm 10\%$  ס"מ לרכיבי השלד העיקריים הכוללים את כל חלקי המערכת הנושאת לרבות פאנלי בני. הסקיצות צריכות להיות ברמת הפירוט המינימאלית שתאפשר למהנדס המתכנן להכין מודל מבני שמייצג בצורה אמינה את המבנה. המתכנן יבחן בשטח את ההשפעה הצפויה על הבניין הנבחן מהקשה אפשרית באירוע סיסמי מבניינים סמוכים, תוך רישום המרחק ביניהם. במידה ומפלסי התקרות במבנים סמוכים אינם זהים יהיה צורך להתייחס לכך באופן מיוחד במודל המבני ובשדרוג המוצע. המתכנן יבצע הבחנה ברורה של רכיבים מבניים ראשיים ורכיבים משניים. בסקירות יתועד וירשם מצב המבנה. במידת הצורך יבוצעו קידוחים לרכיבים שלא ברורה תכולתם (בתיאום עם נציגי ביה"ס, יש להצטייד בחומר המתאים לסתימת החורים), למשל כדי לברר האם קיר מסוים יצוק בטון או בנוי. בבדיקה כזו תאופיין בניית פאנלי הבני כולל: שיטת הביצוע (בשטרבות, או בנפרד מהשלד), קיומן של חגורות אנכיות ואופקיות בבניה, אופן החיבור לשלד, איכות הטיט במישקים האופקיים והאנכיים ונוכחות סדיקה במצב הקיים. הצוות יתעד במספר תמונות את חזיתות המבנה ורכיביו העיקריים. בעזרת הסקאנר תירשם ע"ג הסקיצות הערכת פריסת ברזלי הזיון ובהערכת קטריו, במידת האפשר, ברכיבי הבטון המרכזיים. **בדיקה חיונית הינה קיומה או אי קיומה של רצפת בטון מתחת לריצוף בקומת קרקע. על המעבדה המבנית שתישכר לצורך השלמת הסקר לברר זאת באמצעות בורסקופ.** במידה וקיימים ליקויים נראים לעין במערכת המבנית ובלאי מבני הם יתועדו גם. הצוות יתעד גם את אופן עיגון הציוד הקריטי בביה"ס, כמו: שרתי מחשבים, ארונות החשמל, בטריות

**מדינת ישראל**  
**משרד החינוך**  
**המינהל לפיתוח מערכת החינוך**  
**אגף א' בינוי ותקצוב**

גיבוי וגנראטור חירום. הסקירות יתועדו בפורמט דיגיטאלי לשימוש המתכנן במשרד. המידע יועבר גם למשרד החינוך כנספח לדו"ח האבחון.

אין התחייבות של משרד החינוך למימון המסגרת התכנונית, מעבר ל-30% שתוקצבו להקדמת התכנון, במידה ויוחלט על אי ביצוע השדרוג (לדוגמא: הריסה ובנייה חדשה). לפיכך במסגרת עבודת סקירה ראשונית, המתקצבת במסגרת הקדמת התכנון, יעביר המתכנן חוות דעת ראשונית למצב המבנה. תכולת העבודה של האדריכל/ית לא כלול במסגרת 30% (הקדמת כספי תכנון-נספח ב' בנהל התמחור)

- B. דו"ח אבחון מפורט: - **לביצוע רק לאחר אישור בכתב ממשרד החינוך לדו"ח 30% תכנון**. הדו"ח המוגש יהיה בהיר ויסכם את הליכי האבחון והבדיקות שנעשו למבנים השונים בבית הספר. הדו"ח יאיר ליקויים ונקודות בעיתיות וייתן המלצות קונקרטיות להמשך פעולה כך שתהייה למשרד החינוך תמונה מציאותית של מצב עמידות המבנה, הליקויים המרכזיים הקיימים והבנה לגבי אפשרויות השדרוג המומלצות והוא יוכל לקבל החלטות על המשך הטיפול ואף להעריך את סדר הגודל הגס של עלויות הטיפול. הדו"ח יכלול:
1. תיאור עיקרי נתוני המבנה בליוי תוכניות וחתכים ומספר תמונות להמחשה.
  2. ממצאי הסקר הוויזואלי ועיקרי ממצאי הבדיקות המבניות ובדיקות המעבדה.
  3. תקציר הממצאים, כולל עמוד הערכת עמידות כמותית וסיכום תמציתי של הערכת עמידות וכיווני שדרוג מנומקת וכיווני שדרוג.
  4. הנחות יסוד לבדיקות האנליטיות.
  5. הגדרות העומס הסטטי והסימני.
  6. תיאור גרפי ברור של המודל המבני עם התייחסות לתתי המבנה השונים המופרדים בתפר (במידה ויש)
  7. תיאור האנליזה ועיקרי התוצאות רק בצורה גרפית!! (לא להעביר טבלאות עם תוצאות)!!!
  8. תיאור מתווי השדרוג שנבחנו ראשונית ותוצאות עמידותן.
  9. אישור עקרוני של מנהל/ת בית ספר למתווה/ים השדרוג.
  10. השוואת חלופות כולל אומדן עלויות לחלופות.
  11. מתווה חישובים נדרשים, בדיקות קרקע ובדיקות מבניות נוספות מוצעות, במידה ונדרש.
  12. סיכום והמלצות להמשך כולל:
    - a. משמעות הנדסית לביצוע שינויים מבניים במידה ונדרש.
    - b. משמעות כספית לביצוע שינויים מבניים במידה ונדרש, לרבות טיפול בבילאי בקונסטרוקציה.
    - c. משמעות לו"ז לביצוע שינויים מבניים במידה ונדרש.
    - d. מסקנות כלליות אשר עולות מהבדיקה.
    - e. מהלכים הנדסיים להמשך עבודה בבניין, כולל שלבי עבודה, ופירוט כיצד מתוכננות העבודות להשתלב במקביל להמשך פעולת הבית ספר (למעט במקרה של השבתה כללית).
    - f. הדו"ח יכלול הדגמת פרטי שדרוג ראשוניים נדרשים וכן את נספחי החישובים והסברים לביאור הממצאים.

העברת דו"ח אבחון תמציתי מנומק הכרחית לצורך אישור העבודה ע"י משרד החינוך כדי להתקדם להמשך התכנון המפורט ולהכנת חומר למכרז. אישור מהנדס יועץ לדו"ח אבחון הנדסי מפורט הוא תנאי הכרחי לאישור חומר למכרז ולאישור מסגרת לביצוע, כולל תכנון ופיקוח, בפרויקט מעבר להקדמת כספי תכנון.

### 3.3 הנחות יסוד:

הבדיקות האנליטיות הן בד"כ בתנאי אי-ודאות ולכן על המתכנן לפרט בצורה בהירה ושקופה את הנחות שהוא לוקח בחשבון, לגבי, הביסוס, תסבולת הקרקע, נתונים גיאומטריים של המערכת המבנית, קיומם של עמודי יסוד, תכונות וחוזקי החומרים, האופן בו בוצעו פרטי החיבור בין הרכיבים וכד'. בגלל תנאי אי הודאות המתכנן ייקח בחשבון טווח אפשרי של שונות בערכים שהוא מניח, ויבדוק את רגישות תוצאות האנליזה להנחות השונות. לדוגמא: במידה והקרקע היא חרסית המתכנן חייב לקחת בחשבון שבחורף היא עלולה להיות רכה ובקיץ קשה מאוד. אם לא ידוע סוג פלדת הזיון, ושנת ההקמה היא עד סוף שנות ה-70 של המאה הקודמת יש לקחת בחשבון שהיא עלולה להיות מפותלת ולא משיכה (ראה תכונות להערכה בנספח 2), וכד'. השדרוג המוצע חייב יהיה לתת מענה לטווח הנחות האפשרי.

**מדינת ישראל**  
**משרד החינוך**  
**המינהל לפיתוח מערכת החינוך**  
**אגף א' בינוי ותקצוב**

- הגדרת העומס הסטטי: המתכנן יפרט את אופן הערכת העומסים הקבועים, הנוספים והשימושיים. העומס השימושי יבטא הערכה ריאליסטית של עומסים צפויים בזמן לימודים בביה"ס.
- קריטריון התכן: קריטריון SD להצלת חיי הילדים, ברעידת אדמה. ראה פירוט בפרק 4,
- עומס סיסמי: יילקח לפי סיכון סיסמי של רעידה בעלת הסתברות של 5% ב- 50 שנה להתרחשות רעידה חזקה ממנה. ראה פירוט בפרק 5.

### 3.4 האנליזה המבוצעת

1. **ביצוע אנליזה:** הבדיקות תכלולנה את הסעיפים הבאים הגדרת צורת המידול האנליטי תהיה מותאמת לבעיה הספציפית, במצב הקיים וכן עבור מתווה/מתווי השדרוג האפשריים. האנליזות תהיינה פשוטות ככל הניתן, עם עדיפות לאנליזות דו-מימדיות פשוטות, אך כאלה שיביאו לידי ביטוי נכון את הפיתול ושאר הגורמים שמשפיעים על הערכת עמידות ריאליסטית של המבנה הנבדק. אנליזות מתקדמות יבוצעו לפי הצורך, ובתיאום עם מהנדס-יועץ משרד החינוך, למבנים ורכיבים שנדרשה לגביהם בדיקה כזו.

- **בניית מודל גיאומטרי** (בעדיפות דו-מימדי לכל כיוון) שמייצג את המערכת המבנית, או אף רק חלק אופייני מייצג שלה, אם ניתן. מכיוון שקיים קשר ישיר בין נזק המתפתח במבנה לעיבורים וההזזות המתפתחות ברכיביו, הערכת הקשיחות של רכיבי הבטון בהתחשב בסדיקה. בהיעדר אנליזה מדויקת יותר של רכיבים סדוקים מבטון מזוין, לצורך החישוב של קשיחות החתך לכפף ולגזירה, ניתן יהיה להשתמש בנספחים שבתקן 413,3/1 או להיעזר בספרות המקצועית העדכנית (כמו טבלה 5-10 במסמך ASCE 41-13, או תקן מקובל אחר). ניתן לקבוע את הקשיחות בהתחשב במחצית קשיחות החתך הלא סדוק.

- **אנליזה לעומסי כבידה ואנליזה לינארית**, סטטית שקילה או מודאלית, לעומסי רעידת אדמה אך ללא כל מקדמי הקטנה (ז"א  $K=1$  לפי ת"י 413). במידה וקיימת אי רגולריות במבנה, כמוגדר בסעיפים 4-1.1.1.1.2.4, בתקן ASCE 41, לא ניתן להשתמש באנליזה לינארית. במקרה כזה ניתן להוסיף רכיבים בשדרוג, כך שהם יבטלו את אי הרגולריות כדי שניתן יהיה לעמוד במגבלות השימוש באנליזה לינארית לפי סעיפים 2.4.1.1.2.4, או שיש לעבור ולבצע אנליזה לא-לינארית. **החלטה על ביצוע אנליזה לא-לינארית תיקבע בשיתוף עם משרד החינוך.**

**בדיקת הסטות בין-קומתיות:** ובחינת עמידה בדרישות ההסטה הבין-קומתית בת"י 413 (אין צורך להכפיל ב-K, שכן ערכו שווה ל-1).

2. **בדיקת רכיבי המבנה:** הדרישה (מתוך אנליזה ללא מקדמי הקטנה) והקטנה במקדמי הקטנה ספציפיים המתואמים לכל אחד מהרכיבים הנבדקים (ראה תקן ASCE 41). לכל רכיב עיקרי במבנה תיבדק התסבולת בפועל לכפיפה, לגזירה, ללחיצה ולמתיחה (במידה ונוצרת) עבור יחסי ההטרחות הצפויים עבורו באירוע סיסמי, כפי שהתקבל באנליזה. התסבולת תחושב לפי מיטב הידע הקיים בתחום בזמן הבדיקה (state of the art) לפי תקן מתאים או לפי ספרות מקצועית עדכנית. בשלב זה המתכנן יחשב את היחס בין הדרישה הסיסמית ותסבולת הרכיב. יחס זה ייקרא Demand Capacity Ratio = DCR. כאשר היחס גדול מ-1.0 הרכיב אינו עמיד לעומס הסיסמי הנבדק. ציוני העמידות ירוכזו בטבלה.

- **קביעת תרחישי הכשל הצפויים במצב הקיים וכיווני השדרוג:** מבחני העמידות שיבוצעו לרכיבים המבנים העיקריים יהיו חלק מרכזי בקביעת מידת העמידות הכללית של המבנה. תרחישי הכשל יוערכו ותיכתב הערכת עמידות מילולית והערכה לכיוון או כיווני השדרוג שנדרשים. **העברת חוות דעת מנומקת זו הכרחית לצורך אישור העבודה ע"י משרד החינוך.**

- **בית ספר טרומי:** יטופלו מבנים טרומים שנבנו לפני שנת 1990 בלבד. מבנה טרומי יוגדר כמבנה שמעל ל- 50% משטח חתך אופקי של הקירות/הפאנלים והעמודים הנושאים שלו להטרחות כבידה ורעידות אדמה וכן מעל 50% מרכיבי התקרה שלו מורכבים מרכיבי בטון שנוצקו במפעל לבטון טרום, או בחצר בית הספר ולא נוצקו במקומם הסופי. משרד החינוך הכין הנחיות תכן מיוחדות עבור טיפוס טרומי מסוים בן 12 כיתות שנמצא במספר רשויות. מתכנן המשדרג בית ספר מבטון טרום יפנה למהנדס יועץ של משרד החינוך לקבלת הנחיות מתאימות. **יצוין כי ההנחיות הקיימות מהוות טיוטה להנחיה בלבד, וזאת תעודכן בהמשך לאחר קבלת המלצות ועדה מיוחדת לנושא שמוקמת ע"י ועדת ההיגוי הבין משרדית לרעידות אדמה.**

**מדינת ישראל**  
**משרד החינוך**  
**המינהל לפיתוח מערכת החינוך**  
**אגף א' בינוי ותקצוב**

**3.5 הנחיות התאמה והשלמה להליך האבחון לפי ת"י 413/3 עבור תכן שדרוג מבני חינוך**

**3.5.1 הנחיות כלליות לפי ת"י 413/3**

- I. יש להשתמש בגישת הפעולה הסיסמית המלאה ( $K=1$ ) לפי דרישות סעיף 2.2.1 בת"י 413/3.
- II. לצורך קביעת עמידות אלמנטים בהטרחות הפועלות עליהן, יש לסווג את הרכיבים לרכיבים "משיכים" ורכיבים "פריכים" לפי סעיף 2.2.1 בת"י 413/3. ניתן להשתמש בהנחיות סעיף 7.5.1.2 במסמך 41-13 ASCE להגדרה וסיווג הרכיבים כמשיכים ("deformation controlled") או פריכים ("force-controlled").
- III. לצורך קביעת עמידות אלמנטים בהטרחות הפועלות עליהן, יש לבדוק שהדרישה אינה גדולה מהתסבולת.
- IV. בהתאם לסעיף 2.2.1 בת"י 413/3 יש להימנע משברים פריכים באלמנטים שהם חלק ממערכת השלד לנשיאת עומסים אנכיים.
- V. חישוב התסבולת של רכיבים משיכים או פריכים ייעשה תוך שימוש בערכים ממוצעים של תכונות החומר, ולפי הבדיקות והחקירה שנעשתה בנושא ע"י המעבדה המבנית. יש להתייחס למקדמי האמינות לפי סעיף 3.5 בת"י 413/3.

**3.5.2 פרק ג' - הנחיות לרמת המידע לפי ת"י 413/3**

- I. רמת המידע הנדרשת היא רמה מוגבלת **KL1**, למעט מקרים בהם משרד החינוך דורש אחרת.
- II. **מקדם אמינות**. חילוק במקדם האמינות לרמת המידע לא תמיד שמרנית, לדוגמא, הקטנת חוזק הבטון עלולה לשנות תרחיש כשל באנליזה ולהראות תחך משיך יותר, לכן תיערך בדיקת רגישות להשפעת ההקטנה הנדרשת לחוזק שהתקבל לחוזק חלקי מקדם האמינות וכפול מקדם האמינות. במידה וההקטנה לא שמרנית, ייעשה שימוש בערך החוזק ללא הקטנה.

**3.5.3 הנחיות השלמה והתאמה לאנליזה לפי ת"י 413/3:**

- I. על פי סעיף 2.2.1 סעיף קטן (2), עמידה בדרישות התקן נבדקת לעמידה בפעולה הסיסמית המלאה ( $K=1$ ), תוך עמידה בקריטריון **SD** ל-5% ב-50 שנה (טבלה 2 בתקן), כמוסבר בפרק 5 להלן וסעיף 4.2 בתקן, כאשר מקדמי ההקטנה יהיו לרכיבים בודדים ולא מקדם אחד לכל הבניין, זאת ע"ב הטבלאות המתאימות ב-41 ASCE בגרסתו המעודכנת.
- II. אנליזה לא-ליניארית: משרד החינוך שומר לעצמו הזכות לדרוש שינוי קריטריון תכן לרמת תפקוד DL (ראה פרק 4 להלן), כדי להשתמש באנליזה לא-ליניארית. הנ"ל יתבקש כאשר אנליזה ליניארית לא צפויה לייצג תגובה ריאליסטית (חריגות רגולריות, מבנים טרומיים, ו/או כאשר ההתערבות המבנית לפי פרק ה' בתקן (סעיף 5.1.3) נעשית ע"י תוספת רכיבים בעלי יכולת לספיגת אנרגיה, כגון משככים או בידוד בסיס וכד') ו/או במקרים אחרים לפי הצורך. יש לשים לב כי הנ"ל מחייב גם העלאת רמת המידע.
- III. הערכת תסבולות רכיב בטון מזוין תיבדק לפי תוכנה לחישוב חתכי בטון אשר לוקחת בחשבון אינטראקציה בין סוגי ההטרחות השונות (למשל תוכנת RESPONSE 2000 אשר מתבססת על Modified Compression Field Theory ונמצאה כבעלת אמינות גבוהה לחישוב מבטון מזוין. התוכנה ניתנת להורדה בחינם דרך רשת האינטרנט בקישור: <http://www.ecf.utoronto.ca/~bentz/home.shtml>, ובהתאם ליחסי ההטחה הצפויים בעמיסות הסיסמיות הרלוונטיות, וכן הדרישות בפרק הבטון בתקן האירופאי EC 8 ו/או במסמך 41 ASCE.
- IV. אינטראקציית קרקע-מבנה: חיונית במקרה שהקרקע רכה (בעלת סיווג D-F). קרקעות מסוג אלו לא מטופלות בצורה מספקת בת"י 413/3 ובתקן האירופאי. לפיכך, המתכנן מופנה לחישוב לפי ההנחיות המופיעות במסמך 41 ASCE לגבי נושא soil-structure interaction. ראה גם סעיף 5.3 לנוהל זה.
- V. דגשים ספציפיים לפרטי ביצוע נפוצים ולדגשים לפיקוח עליון באתר כמו שימוש בחומרים מתאימים לעיגון קוצים, הקפדה על כיפוף חישובים ב-135 מעלות, ביצוע שגמים, ביצוע דריכות מקומיות בין חדש לישן, הקפדה על התקנה נכונה של FRP וכו'.



**מדינת ישראל**  
**משרד החינוך**  
**המינהל לפיתוח מערכת החינוך**  
**אגף א' בינוי ותקצוב**

VII. **הולם סייסימי בין מבנים** – בתי ספר רבים ברחבי הארץ מורכבים מתתי מבנים המופרדים באמצעות מישקי הפרדה. במקרים רבים מדובר בתוספות בנייה שנבנו בזמנים שונים. כל אחד מתתי המבנים או מהאגפים המופרדים במישק הפרדה הינו בד"כ עצמאי ויש לו תכונות דינמיות שונות בד"כ. בעת רעידת אדמה תתרחש תנועה אופקית של כל אחד מתתי המבנים, אשר רק במקרים נדירים מאוד היא תהיה באותה הפאזה. בכל שאר המקרים עלולים תתי המבנים בתנועתם לסגור על פער רוחב מישק הפרדה שביניהם ולהתנגש זה בזה. על כן רוחב מישק הפרדה צריך להיות גדול יותר ממידת סכום התזוזות האופקיות המרביות בתנועה של כל אחד מתתי המבנים או האגפים הסמוכים כדי למנוע התנגשות ביניהם. במסגרת הליך שדרוג בית הספר יש לבדוק היטב את הנושא תוך התחשבות בכל הפרמטרים המשפיעים על תזוזת המבנה. במידה ומוצאים שרוחב מישק הפרדה הקיים אינו מספק יש להרחיב את המישק תוך מתן פתרון הולם גם לנושא האיטום (ע"י חומרים גמישים מתאימים).

VII. **קירות מילוי (קירות בני)** – גם כאשר קירות המילוי ומחיצות נחשבים בתכן של מבנה חדש כרכיב לא מבני (כלומר שאינו חלק מהמערכת הנושאת לכוחות אופקיים), הם עשויים לתרום לתסבולת הסיסמית של המבנה, וכן הם עלולים לגרום להשפעות לא רצויות על המבנה, כגון אי סדירות אופקית או אנכית, עמודים קצרים, וריכוזי כוחות גזירה בעמודים. על כן קיימת חשיבות רבה להתייחסות לקירות המילוי בעת בניית המודל האנליטי. אופן המידול המוצע בת"י 413 חלק 3 נספח ג' (לחלופין ניתן להיעזר ולחשב גם באמצעות מסמך ASCE 41 או FEMA 306) מאפשר שימוש במודל מפושט הכולל אלכסוני לחיצה שקילים לצורך הדמיית קיר הבני. יש להבטיח שהקירות אינם נכשלים במישורם בהתאם לחוזק המחושב בהתאם למפורט בתקן, שכן במקרה של כשל צפויות להתפתח גם השפעות מסדר שני. יתר על כן, יש להבטיח את יציבות קיר הבני כנגד כוחות מחוץ למישורו. קירות בני עם תמירות גדולה מ-15 (התמירות מחושבת כיחס שבין מידת הקיר הקטנה, מבין אורך הקיר או גובה הקיר, לבין עוביו) מחייבים טיפול למניעת כשל בניצב למישור הקיר. דוגמאות לשיטות לשיפור תפקוד קירות הבני מפורטות בסעיף ג-2.3 בת"י 413 חלק 3.

VIII. **קירות "דבש"** – בתקופה שבין שנות ה-30 לשנות ה-70 של המאה הקודמת, נבנו בארצנו במספר אזורים מבנים רבים וביניהם גם בתי ספר שבהם קירות המבנה במעטפת החיצונית וחלק מהקירות הפנימיים עשויים "קירות דבש" הייחודיים לישראל. קירות אלו מתאפיינים בתכולת פלדה נמוכה עד אפסית ותכונות מכניות נחותות עקב תכולת צמנט נמוכה והרכב דירוג אגרגאטים אשר אינו יוצר פעולת מטריצת צמנטית יעילה. בעת אירוע סיסמי התנוודות הצפויות להתפתח בקירות, הקשיחים מאוד במישורם, מאמצי גזירה וכן מאמצי לחיצה ומתיחה העולים על תסבולתם. כשל בקירות עקב הטרחת סיסמיות עלול לגרום לכך שהקירות לא יהיו יותר מסוגלים לשאת בעומסי הכבידה, וכתוצאה מכך היווצרות של כשלים מקומיים במבנה, עד כדי סכנת הידרדרות לכשל כללי במבנה. חשיבות רבה למהנדס המתכנן שדרוג של בית הספר אשר קיימים בו קירות "דבש" לעיין במסמך המתאר מחקר שנעשה בנושא בשנת 2013, כולל תיאור של מודל אנליטי לחישוב תסבולת קירות ה"דבש": "התנהגות קירות דבש טיפוסיים בישראל ברעידות אדמה והתווית גישות לשדרוג הסיסימי". ראה קישור מצורף:

<https://drive.google.com/file/d/1OloeNvD1ZGzrz3WWbn7JHb5p4mRCjfu8/view?usp=sharing>,  
בתקופה זו נערך מחקר חדש בטכניון בנושא, לכשיפורסם תועבר הודעה בנושא.

### 3.6 תכן השדרוג

התכן ייעשה לפי סעיפים (ה), (ו), (ז) בת"י 413/3, בתוספת ההנחיות שלהלן:

- **תכנון חלופות שדרוג\***: על בסיס תיקון ושיפור המודלים ששימשו להערכת העמידות. מתווה השדרוג צריך להיבחר באופן שיהווה את השיפור הישיר והאפקטיבי ביותר האפשרי לבעיה הנתונה. שיקולים כמו ביטול אקסצנטריות (לדוגמה ע"י חיבור "הכם" בין תתי מבנים), הפחתת עומס סיסמי, שדרוג תסבולת לרכיבים קיימים באמצעים שונים עשויים להיות עדיפים על תוספת רכיבים חיצוניים, אם הם אפשריים ליישום. במידה והמתכנן נאלץ לתכנן תוספת רכיבי הקשחה חיצוניים, יש לתכנן פרטים אשר יבטיחו את העברת הכוחות לרכיבים אלו באירוע סיסמי החל מ"הזזה אפס". בשלב זה שמתכננים ראשונית את השדרוג, יש להתבסס על עקרון התכן לתסבולת. רמת המשיכות התכנונית תושג על ידי סכמה סטטית ופרטי זיון שיבטיחו את התנהגות המבנה. השימוש במקדם ההקטנה מתבסס על יכולת המבנה לפתח מפרקים פלסטיים ולקיים את כולם ביחד

**מדינת ישראל**  
**משרד החינוך**  
**המינהל לפיתוח מערכת החינוך**  
**אגף א' בינוי ותקצוב**

באופן שלא ייווצר בו כשל פריך העלול לסכן את יציבותו. בשדרוג ברכיבי פלדה או יריעות FRP וכדומה יובטחו אותם עקרונות.

\* יצוין כי בחינת בניה חדשה במקום ביה"ס ישן תיעשה רק במקרים יוצאי דופן, בהם משה"ח ישוכנע מעל כל צל של ספק כי יש לכך רלוונטיות מבחינת עלות תועלת. בחינה כזו תיעשה רק לאחר אישור משרד החינוך לבחינה זו. במסגרת זאת יוצגו מתווי שדרוג אפשריים, מול הריסה ובניה מחדש לאישור יועץ המשרד.

- **תכנון השדרוג ייעשה בשאיפה כדי שההפרעה למהלך התקין של בית הספר לא יפגע**, או יפגע באופן המינימאלי האפשרי. יש לשאוף להפרעה מינימלית לפעילות מערכות קיימות כמו מערכת הביוב, קווי בזק, חשמל וכו'. יעשה מאמץ לנתב את פעולות השדרוג אשר מחייבות פינוי לחופשת הקיץ ותקופות החגים. לצורך כך המתכנן יתאם עם הרשות את המועד האחרון הנדרש להגשת חומר למרכז (לאחר בדיקת יועץ משה"ח) לפני חופשת הקיץ, על מנת לעמוד ביעד זה. במקרים בהם היקף השדרוג גדול ולא ניתן לבצע את כולו במהלך חופשת הקיץ יש לבצע עבודה במשמרת שנייה במהלך תקופת הלימודים, במגבלות הנחיות הבטיחות של משרד החינוך, במשולב עם שדרוג במקטעים (אינקרמנטלי) בתקופת ימי החול בחגים ליציקות או התקנות שמחייבות מספר ימי עבודה רצופים. בעיקרון יבוצעו ראשית השדרוגים המהותיים ביותר והשאר בעקבותיהם, בדירוג, על פי האילוצים הקיימים ובתזמון כזה שלא יחייב השבתת בית הספר. לפירוט אופני השדרוג האינקרמנטלי ניתן לעיין במסמך FEMA 395 שניתן להורדה באתר הבא:

[www.fema.gov/media-library/assets/documents/5154?id=1980](http://www.fema.gov/media-library/assets/documents/5154?id=1980)

- **בנוסף לשדרוג המבני, יבטיח המתכנן חיזוק ועיגון פאנלי בניה ורכיבים לא מבניים בחדרי המדרגות, המסדרונות והמעברים בבית הספר.** הפעולות שניקטו יבטיחו מעבר בטוח, ללא סכנה של נפילת חפצים ורכיבים (כמו שלטים או אביזרים תלויים) שיסכנו את ילדי בית ספר במנוסתם החוצה בשעת חרום. יוגדר עיגון גם לרכיבים לא מבניים חיוניים אחרים כמו מערכות מחשב/מזג אוויר וכד'.
- בבתי ספר בהם מותקנות, או מתוכננות להיות מותקנות מערכות התרעה לאירוע סיסמי, יש להתחשב במרחקי המילוט בתרחישי רעידות אפשריים ולשלב בתכן השדרוג אזורי מעבר וכינוס בטוחים לתרחישים השונים.
- **השוואת חלופות שדרוג:** כולל השוואה איכותית, אומדנים כמותיים ראשוניים והמלצה על פתרון נבחר. הפתרון יכלול הגדרה והקצב לשיקום בלאי בקיים במידה ונדרש.
- תיאום ואישור עקרוני של מתווה/מתווי שדרוג מוצע/ים מול מנהל/ת ביה"ס או גורם מוסמך מטעמו. **אישור ההנהלה בכתב למתווה השדרוג, הכרחית לצורך קבלת הרשאת ביצוע לשדרוג.**
- **הגדרת תוכנית חישובים, בדיקות מבניות ובדיקות קרקע לצורך תכנון מפורט:** בשלב זה, שהערכת העמידות וכיווני השדרוג ידועים, ניתן להגדיר סט בדיקות מצומצם ויעיל שיתרכז באותם רכיבים שהוערכו כבעייתיים כך שהתוצאות ישפכו אור על הסוגיות והנתונים שלא ברורים ומשמעותיים לאימות הערכה ולצורך השדרוג. הבדיקות יכללו בדיקות הורסות ובדיקות בלתי הורסות בכמות המתאימה לגודל ואופי המבנה הנבדק ורמת התייעוד הקיימת לגביו. כפי שמוגדר בפרק ב בת"י 413/3. הבדיקות יבוצעו ע"י מעבדות מוסמכות לבצע את סוגי הבדיקות הספציפיות שנדרשות למפרט הבדיקות ע"י הרשות הממשלתית להסמכת מעבדות. הבדיקות ההורסות ברכיבי בטון יבוצעו בזהירות, רק לאחר שהמקום סומן ע"י המתכנן ואחרי בדיקת סקאנר לפלדה. הבחינה תכלול בחינת אופי בניית פאנלי הבני, מצבם העכשווי של הפאנלים ומשקי הפרדה ביניהם, ואופני חיבורם לשלד הבניין.

### 3.7 תכנון מפורט

תכנון שדרוג מפורט יכלול הפקת משמעויות מהבדיקות באתר, השלמת נתונים מהשטח ועדכון החישוב במידת הצורך וביצוע אנליזות מפורטות, לפרטים מחברים וכד'. לביקורת משרד החינוך יועברו תוכניות ברמת מכרז. ההערות שיינתנו במסגרת זו ממוקדות בתחום השדרוג לרעידות אדמה ואינן מתיימרות להוות דו"ח ביקורת מקיף ועקבי שמתייחס לכל הפרטים, אפשרויות הביצוע, או טיפול בבלאי המבני, שצריך להיות מטופל גם הוא במסגרת זו. יובהר כי תכנון השדרוג הינו באחריות המתכנן המבני. יודגש כי אישור יועץ משה"ח אינו מהווה תחליף לאישורים הנדרשים עפ"י כל דין.

לצורך התכנון המפורט והכנת תוכניות למכרז יהיה צורך להשלים את השירותים הבאים:

#### 1. תוכניות מדידה של מודד מוסמך, כולל:

- a. תוכניות מפורטות של כל קומה ותכנית גג בק.מ. 1:100. כולל סימון כיתות האם ותפרי הפרדה בין תתי מבנים (במידה ויש).

**מדינת ישראל**  
**משרד החינוך**  
**המינהל לפיתוח מערכת החינוך**  
**אגף א' בינוי ותקצוב**

- b. כל חזיתות המבנה.
- c. 3 חתכים לרוחב או לאורך המבנה לפחות. לפחות חתך אחד יעבור דרך חדר המדרגות.
- d. תכניות מפורטות כוללות סימון כל האלמנטים של הבניין ושורות המידות עבורם. חתכים וחזיתות כוללים סימון מפלסים.
- e. תוכנית פיתוח כולל קווי גובה לצורך הגשה בקנ"מ 1:250 לפחות.
- f. סט תוכניות של תכניות המדידה בק.מ. 1:100 חתום ע"י מודד מוסמך.
- g. התכניות הנ"ל, אך בקבצים DWG ו-PDF להעברה למתכננים.
- מודגש בזאת כי תכניות המדידה צריכות להיות איכותיות וכוללות את מירב המידע שנאסף ע"י המודדים בבית הספר כדי לשרת את צרכי התכנון האדריכלי וההנדסי בשלבים הבאים.
2. **דו"ח ביסוס** (לפי הגדרות ופרמטרים הנדרשים **בנספח 1 לנוהל זה** והגדרות נוספות של המתכנן). יועץ הקרקע יחווה דעתו באם נחוץ סקר אתר.
3. **דו"ח סקר אתר וסיכונים סיסמיים**, במקומות הנדרשים לכך לפי ת"י 413 ו/או נדרשו ע"י היועץ הסיסמי. (לפי הגדרות **בנספח 1 לנוהל זה**).
4. **דו"ח מעבדה מוסמכת לבדיקות המבניות**.
5. **תוכנית הגשה אדריכלית מקוצרת מבוססת על גבי תוכניות המדידה ותוכניות המהנדס לשדרוג כולל:**
- a. תכנית העמדה עליה מסומנים תתי המבנים המטופלים
- b. תוכניות המפלסים, שני חתכים עיקריים ניצבים לפחות וכל חזיתות המבנה. על גבי התוכניות יסומנו רכיבי השדרוג בצורה ברורה **בצבעים לפי מקרא**. כל רכיבי הבטון והפלדה יסומנו בממדיהם הנכונים במיקומים הספציפיים שלהם באופן מופרד ושונה ולא באופן כללי ולא ברור. אם מטופלים יסודות יש להראות גם את זה (במקווקו מתחת לקרקע) בתוכנית ההגשה ע"ג תוכנית קומת הקרקע והחזיתות. יריעות FRP יסומנו גם הן בצבע מיוחד ובמימדים הנכונים. אם רכיב מוסתר ע"י חיפוי אדריכלי, הוא יסומן במקווקו ויצוין בתוכנית ובחתכים/חזיתות.
- c. יש לדאוג ששדרוגים בחזיתות יתוכננו כך שיאפשרו לפחות 15% שטח אור משטח הרצפה לכל כיתה.
- d. מכיוון שחובה להנגיש את בתי הספר עד 2021 יש לדאוג במסגרת פרויקט זה לפחות להנגשה בסיסית בכל בית ספר על פי הנחיות משרד החינוך. זה כולל:
- i. פיר מעלית בבניין מרכזי אחד בבית הספר במידה ולא קיים. בשלב זה רק הפיר ללא המעלית. פיר המעלית יכול לשמש לשדרוג הסיסמי, אם הוא מועיל, ואם לא-הוא יופרד במישק לפי הגבלות התקינה הישראלית בנושא (5 ס"מ לפחות בכל מקרה).
- ii. התאמת תאי שירותים נגישים לנכים במידה ולא קיימים, מינימום אחד לנשים ואחד לגברים.
- iii. תקצוב הנגשה מטופל בנפרד מפרויקט זה. הנגשה פרטנית לנכים שלומדים בבית ספר מסוים לא נכללת במסגרת זאת.
6. **כל עבודות חיזוק המבנה ועבודות הבנייה יבוצעו ויעמדו בהנחיות הבטיחות בנוהל שהפיץ מנהל אגף בטיחות ארצי של משרד החינוך: "עבודות בניה שדרוג לרעידות אדמה ושיפוצים במהלך לימודים במוסד חינוך"** בגרסתו המעודכנת. הנוהל מפורסם באתר של אגף הביטחון והבטיחות של משרד החינוך ובאתר מנהל הפיתוח של המשרד. **יש להדגיש את הנושאים הבאים:**
- a. ילווה את תהליך התכנון והבנייה בשטח **"עורך מבדקי בטיחות מוסדות חינוך"**, מחזיק תעודה בתוקף. יועץ זה יהיה הגורם המקצועי בשטח שילווה את הקבלן ואת האדריכל והמהנדס למתן פתרונות והתאמות הקשורות לבטיחות המבנה כמוסד חינוכי בהתאם לדרישות המשרד. הנחיות אלו כוללות: מתן הנחיות ופיקוח בהיבטי מעקות, ביטול "אפקט סולם", מניעת החלקה, מונעי טריקת דלתות. דלתות מוגנות בטיחותית כמוגדר בתקן ישראלי 6185 ודרישות נוספות רלוונטיות.
- b. בתהליך ניהול פרויקט של חיזוק מבנים או שיפוץ עמוק, **מחויבות מעורבות של מנהל בטיחות מוסדות חינוך ברשות המקומית**. תפיסת האחראיות במהלך הפרויקט מתחילה בתכנון, דרך מעבר על התוכניות, ליווי תהליך הבנייה במהלך העבודות בשטח. עורך מבדקי הבטיחות ינחה את מנהלי בתי ספר כיצד לצמצם סיכונים ויתדרך את הקבלן ומנהלת בית הספר באשר לבטיחות בשטח ובאתר העבודה. למנהלי בתי הספר, תדרוך קבלנים וכל הקשור בכך, בהיות הפרויקט מבוצע בתחומי הרשות המקומית. **יש לערב את הקב"ט הרשותי בפרויקט מסוג זה ולקבל ממנו הנחיות בהתאם.**

**מדינת ישראל**  
**משרד החינוך**  
**המינהל לפיתוח מערכת החינוך**  
**אגף א' בינוי ותקצוב**

- c. בנוסף לכך עורך מבדק בטיחות מוסדות חינוך יסייע באישורי בטיחות ככל שיידרש בהתקנת רכיבים שנוספו למבנה במסגרת השדרוג הסיסמי (אלכסוני פלדה/בליטות בטון וכד') ויוודא שאלו אינם מהווים מפגע בטיחותי. עליו להנחות את המהנדס/האדריכל איך לטפל להקטנת המפגע במידה וכן. יודגש שאין כוונה במסגרת פרויקט זה לטפל בכל מפגעי הבטיחות ההיסטוריים של בית ספר.
7. המהנדסים ואדריכלים מתבקשים לנסות ולייצר פתרון שדרוג אלגנטי המתאים בצורה אופטימאלית למקרה הנדון, אסטטי ואינו פוגע לא פונקציונאלית ולא בחזות הכללית של בית ספר. טיפול אדריכלי צנוע בחזיתות שנפגעו רצוי ויתוקצב במסגרת הפרויקט, בכפוף לאישור אגף א' בינוי ותקצוב.
8. **הגשות:**
- d. תוכניות חיזוק חתומות ע"י המתכנן ב-3 עותקים: משה"ח, רשות והמתכנן.
- e. אומדן תקציבי לפרויקט מוגבל להיקף העבודות המוגדר בנוהל זה. המסגרת הסופית לתקצוב השדרוג תקבע לאחר קבלת אומדן חתום ע"י מנהל פרויקט **שחייב להיות מהנדס או הנדסאי בניין רשוי בלבד** ובעל ניסיון בפיקוח ותמחור פרויקטים בתחום שדרוג מבנים לרעד"א. האומדן יהיה חתום ע"י מהנדס הרשות ויוגש לאישור מהנדס יועץ של משרד החינוך. יודגש כי לא יתקבל שינוי לאומדן לאחר אישור מהנדס יועץ.
- f. הגשת 2 גרמושקות לאישור מנהלת אגף בינוי במנהל הפיתוח במשה"ח ומהנדס יועץ. עותק אחד ישמר במשרד החינוך ועותק אחד ברשות.
- g. תוכנית התארגנות, כיתות חלופיות אם נדרש, כולל כל הנלווה להפעלתם הבטוחה והתקנית, שלבי עבודה, לו"ז מפורט לשלבי ביצוע. כל הנ"ל חייב להיות מתואם עם בית הספר ועם הרשות המקומית. **במידה והרשות מעוניינת להכשיר מבנה חלופי לטובת פרויקט השדרוג עליה לעמוד בתנאים הבאים:**
- i. המבנה החליפי יהיה בבעלות הרשות.
  - ii. שנת הקמה לאחר 1980, ואישור מהנדס מבנים שהמבנה עמיד לפי ת.י 413
  - iii. לפחות 5 ביה"ס מיועדים לפרויקט השדרוג ברשות, לפי רשימה מעודכנת של ועדת ההיגוי לרעידות אדמה.
  - iv. אושרו לרשות לפחות 2 פרויקטי שדרוג לרעידות אדמה המחייבות פינוי ביה"ס לשנת לימודים.
  - v. התחייבות ראש הרשות להעמדת המבנה המשופץ לטובת פרויקט השדרוג עד לסיום אחרון בתי הספר שברשות.

ללא נתונים אלא לא יינתן אישור לתוכניות המכרז ולא יאושר ע"י משה"ח שחרור התקציב למימון התכנון, הבדיקות ועבודות הביצוע.

#### 4 רמות תפקוד וקריטריוני תכן

- ת"י 413/3 מתייחס ל-3 מצבי נזק שונים במבנה (ראה סעיף 2.1 בתקן לפירוט רמות הנזק):
- א. נזק קרוב להתמוטטות (NC- Near Collapse)
  - ב. נזק משמעותי (SD- Significant Damage)
  - ג. נזק מוגבל (DL- Damage Limitation)

בטבלה 1 המובאת בתקן מוגדר קריטריון התכן עבור סוגי מבנים מקבוצות חשיבות שונות, ולפי רמת התפקוד הרצויה. במקרה של שדרוג מבני חינוך (מבנים מקבוצת חשיבות ב) לעמידה בעומסי רעידות אדמה יש לתכנן בהתאם לקריטריון הבא (הנלקח מטבלה 1): **רמת תפקוד SD ברעידת אדמה בעלת תקופת חזרה של 975 שנה (5% הסתברות להופעת רעידה חזקה ממנה ב- 50 שנה).** יודגש כי קריטריון זה הינו קריטריון בסיסי. במקרים מיוחדים תתכן דרישה של משרד החינוך לעמידה בקריטריון אחר.

**מדינת ישראל**  
**משרד החינוך**  
**המינהל לפיתוח מערכת החינוך**  
**אגף א' בינוי ותקצוב**

**5 הגדרת עומסים ונתוני קרקע**

**5.1 עומסים גרביטציוניים**

יש לבצע את הבדיקות יתוכננו לפי העומסים האופייניים המוגדרים בת"י 412, ובהתאם לת"י 109 (משקלי חומרי בניה ורכיבים מבניים), ת"י 466 (חוקת הבטון חלקים 1-4), ות"י 1225 (מבני פלדה, חלקים 1-4), וכן כל התקנים המאוזכרים בתקנים אלה. כמו כן יקפידו המתכננים על תכן נאות למצב גבולי של שירות לפי המוגדר בסעיף 6 בת"י 466, בדגש על:

- הקפדה על מידות מינימאליות לרכיבי בטון (לפי סעיפים 6.1, 6.5, 6.7 בת"י 466)
- ביסווי מתאים לפלדת הזיון בבטון (לפי סעיפים 6.2, 6.6 בת"י 466)
- חישוב הסדיקה וצמצומה (לפי סעיף 6.3 בת"י 466)
- הגדרת תנאי חשיפה מתאימים לבטון (כנדרש בת"י 118 בגרסתו העדכנית)

**5.2 עומסים סיסמיים**

**5.2.1 הגדרת הסיכון הסיסמי**

בתכן יש להתייחס לרמות סיכון ע"פ המוגדר בקריטריון התפקוד הסיסמי (פרק 4). עיקר ההתייחסות, לפיכך, היא לאירוע הסיסמי הבא: אירוע שלו הסתברות של 5% ב-50 שנה להתרחשות רעידה חזקה ממנו (המקביל לתקופת חזרה של 975 שנה).

**5.2.2 ספקטרומי תכן**

למטרות אבחון התנהגות המבנה ותכן השדרוג יש להשתמש בספקטרום תכן לפי הנחיות ת"י 413 (ראה נספח 3 לנוהל זה). יודגש כי יש להשתמש בספקטרום תכן "נקי", כלומר מופשט ממקדמים (כגון מקדמי הקטנת הכוח, מקדמי חשיבות וכו').

**5.2.3 אקסלרוגרמות**

במקרה של שימוש באנליזה לא-ליניארית בזמן, יש לקחת בחשבון:

- אם משתמשים בסט של 3-6 רעידות מותאמות לאתר, יש להתייחס לערכי מקסימום (מעטפת מבין כל הרעידות) של תגובת המבנה המקסימלית בזמן.
- אם משתמשים בסט של 7 או יותר רעידות מותאמות לאתר, יש להתייחס לערכים ממוצעים (של כל הרעידות) של תגובת המבנה המקסימלית בזמן.

בכל מקרה, יש לבחור ולהשתמש ברעידות המותאמות לאתר ולסיכון הסיסמי הצפוי, ע"פ הנחיות יועץ קרקע מומחה בנושא.

**5.2.4 סקר אתר ספציפי והתייחסות לסיכונים סיסמיים נוספים**

הגדרות סיכונים סיסמיים (site specific) הנדרשים להתייחסות בסקר אתר מיוחד - ראה נספח מספר 1 לנוהל זה (נספח קרקע).

**5.3 אינטראקציית קרקע- מבנה (Soil-Structure Interaction, SSI)**

ע"מ להעריך את תגובות המבנה בזמן רעידת אדמה באופן ריאליסטי, יש להתחשב באינטראקציית קרקע-מבנה, במיוחד בהימצאות קרקעות רכות. נושא אינטראקציית הקרקע-מבנה אינו מטופל במסגרת התקן הישראלי או האירופאי, ולכן ניתן להשתמש בהנחיות פרק 8 במסמך ASCE 41-13 או פרק 19 בתקן ASCE 7-10.

**מצורפים בנפרד:**

נספח 1- הגדרת הסיכון מתנודות קרקע צפויות באתרי ביה"ס בישראל.

נספח 2- תכונות חומרים

נספח 3- גליון עזר לקביעת ספקטרום התכן לפי ת.י 413.