

# פרק ראשון

מבוא

## רוחב היריעה

1.1 עיון בהחלטת הממשלה, שמכוחה נתכוננה ועדת החקירה, מלמד כי ההחלטה היא בבחינת מעט המכיל את המרובה מאוד. בטיחות האנשים השוהים במבנים או במקומות אחרים המשמשים את הציבור (וזהו הציר המרכזי בהחלטת הממשלה), תושג על-ידי ניטרול הסיכונים השונים הרובצים לפתחם, והסיכונים הם רבים מני ים. הדברים בספר משלי (פרק כ"ח פסוק י"ד) "אשרי אדם מפחד תמיד" מושתתים כנראה על ניסיון חיים שלפיו סכנות רובצות לשלומו של אדם כמעט בכל אשר יפנה. יתכן שראוי ליתן את הדעת דווקא ברוח זה גם להמשכו של הפסוק – "ומקשה לכו יפול ברעה". מכל מקום, גם כשאנו מצטמצמים לתחומי הבנייה, הבנינים, וכינוסים רבי משתתפים של קהל, עדיין רובצים לפתח הציבור אין ספור סיכונים. נזכיר למשל סוגיות הכרוכות ביציבות מבנים; סוגיות הקשורות בקרקע (כגון חללים סמויים, גלישות קרקע, שקיעות דיפרנציאליות, שברים גיאולוגיים, מעברי מים, רעידות אדמה ושיטפונות); טיב חומרים; בטיחות מערכות שונות כחשמל, גז, מעליות; בטיחות אש; סיכוני בריאות; איכות התכנון; איכות הביצוע; כשירותם, הכשרתם והתאמתם של העוסקים במלאכות השונות לעסוק בכך; הדיסציפלינות שצריך לייחד לעוסקים הקשורים בכל אלו; מנגנוני ההיתרים, הבקרה הפנימית, הפיקוח החיצוני והאכיפה; הבחינה וההתאמה של חקיקה ושל נורמות אחרות הקשורות לכל אלו לאור הניסיון המצטבר וההתפתחויות הטכנולוגיות; הבחינה והסקת מסקנות מכשלים ומאסונות העבר, וההתבוננות על הנעשה בעולם בתחומים דומים. כל אלו אינם יותר מדוגמאות אקראיות מתוך ים הנושאים שבהם טמונות אפשרויות לסיכונים. אם רוצים להגיע ל"שלמות בטיחותית" של השימוש במבנים, ושל ציבור גדול המתקהל במקומות פתוחים, יש צורך לבחון אם ועד לאיזו מידה טמון בהם, או בשילוב שלהם, סיכון (בין במעשה בין במחדל) שאיננו מטופל ומנוטרל, ושעקב כך הוא יכול להתממש.

1.2 הוועדה, שהייתה ערה לרוחב יריעת הנושאים הללו, החליטה, סמוך לאחר כינונה, לנסות ולבחון אם יהיה זה מעשי לאתר ולערוך רשימה של כל הסיכונים הרלוונטיים. מטרתה הייתה לבחון סיכונים אלו אחד לאחד, לנפות מהרשימה את הסיכונים "המנוטרלים" על-ידי מערכות נורמטיביות, מקצועיות, פיקוחיות ואכיפתיות מעודכנות וראויות, ולהמשיך ולברוק את הסיכונים שלגביהם באחת או יותר מהמערכות האמורות יש כשלים או נותרו פרצות. נטרול סיכונים אלו, על-ידי איתור הכשלים וסגירת הפרצות הנורמטיביות, המקצועיות או האחרות, היה מותר את הציבור בטוח יותר, והרי זוהי תכלית הקמת הוועדה.

לצורך המיון והסיווג של גורמי הסיכון, כמו גם של כל הפרמטרים הרלוונטיים האחרים, תוכנן על-ידי הוועדה מערך ארגוני-מחשבי שנועד להקיף ולהעלות בחכתו את כל הנדרש. המחשבה הייתה שלאחר שהחומר ייאסף, ירוכז ויסוג לפי נושאו ופריטיו, ניתן יהיה לאתר ללא קושי רב, ותוך שימוש במטריצה שהוכנה לצורך כך, את הסיכונים שאינם מנוטרלים, וכפועל יוצא מכך להחליט, תוך הבאתם בחשבון של הגורמים שיפורטו להלן, מהו היקף הענינים שהוועדה תוכל באופן מעשי לדון בהם. והיה ויתברר שעקב ההיקף הגדול או מסיבות אחרות אין זה מעשי או אפשרי לטפל בכל, כי אז מגמת הוועדה הייתה לטפל בעיקר. במקרה כזה השיקולים שאמורים להנחות את הוועדה הם, בין השאר, הצורך להוציא את מסקנותיה בתוך זמן סביר, וההכרה בכך שעבודתה תהיה יעילה יותר אם המערך הארגוני שלה יהיה מצומצם, דבר שיאפשר למידע שיזרום לוועדה להיות בדיעת הצוות כולו, לפחות ברמה הכללית. "שותפות" זו במידע מבטיחה את עיבודו המלא ואת ניצולו היעיל בהיבטים השונים שבהם עוסקת הוועדה. יתכן שהיקף עבודת הוועדה היה מצדיק הקמת צוות גדול יותר, ואולם אילו החליטה הוועדה לעשות כן, פיזור החומר והמידע היה מחייב עשיית תיאומים בהיקף לא קטן בין הצוותים השונים, דבר שהיה גוזל זמן רב, ואין לדעת אם המידע כולו היה מנוצל ניצול מלא. עוד הביאה הוועדה

בחשבון גם את "מאבק התקציב" שעליו נרמז לעיל, שהקשה ודחה את תחילת עבודת הוועדה עת לא קצרה. היה ברור שידם של "המקציבים" קמוצה למדי, וכי על הוועדה להביא בחשבון גם את הצורך בצמצום הוצאותיה ככל האפשר.

כל השיקולים האלו, שהם בחלקם שיקולים נוגדים, הובילו את הוועדה למסקנה שעליה לחתור להשגת איזון אופטימלי המאפשר הקמת מערך ארגוני קומפקטי ויעיל.

1.3 הוועדה סברה שאפילו יהיה היקף החומר שייכלל "ברשימה המנופה" רב מכדי יכולת ריאלית לטפל בכולו, ואפילו יהיה עליה עקב כך ליצור סדר עדיפויות, ולטפל בעיקר בלבד, גם אז לא תהיה מלאכת המיפוי והניפוי לשווא. זאת משום שבכך תותיר אחריה הוועדה מאגר ממוחשב שיכול לשמש כעזר למטרות שונות בעתיד, אם לבדיקות ובחינות נוספות, אם לצורך הרשויות המבצעות והאחרות שישכילו, כך אנו מקווים, לנתב את דרכן גם לאור נתונים אלו.

## ההחלטה לפרסם דוח ביניים

1.4 בעוד אנו עוסקים בעבודת בראשית זו, נוצרו מגעים בין הוועדה לבין מר אליקים רובינשטיין, היועץ המשפטי לממשלה. מגעים אלו היו תוצאת חומר חקירה שהועבר לרשויות החקירה המשטרתית, שעסקו, ועדיין עוסקות, בהיבטים הפליליים האפשריים הכרוכים באסון ורסאי, שבו קיפחו חייהם 23 איש ואישה, ורבים אחרים נפצעו.

מסתבר שכדי לבחון אם ועד לאיזו מידה נגועים בפלילים מעשיהם של המעורבים בצדדים שונים של "פרשת ורסאי", נזקקה המשטרה לניתוח מקצועי, מדעי והנדסי, של הפעילויות השונות שסבבו את העשייה במבנה שבו שכן אולם ורסאי, החל בשלב התכנון, עבור בביצוע, וכלה באחזקה, ואת התפקוד המקצועי והמינהלי של מתכננים, מהנדסים, אנשי מקצוע אחרים, ורשויות ביצוע למיניהן. לצורך כך פנתה המשטרה לראש המכון הלאומי לחקר הבנייה בטכניון בחיפה, פרופ' דוד ינקלובסקי, אשר מינה את פרופ' יהושע פרוסטיג, איג' סטפן שוורץ וד"ר אריאל הנאור כצוות בודק. צוות זה הגיש למשטרה מחקר רב היקף, בצורת דוח (להלן – דוח המכון הלאומי) בן שני כרכים עבי כרס הכוללים למעלה מ-350 עמודים, ובכלל זה צילומים, שרטוטים, חישובים ונספחים אחרים. טיוטת דוח זה של המכון הלאומי והדוח הסופי שבא בעקבותיו הועברו לוועדה רצוף למכתביו מיום 2.1.2002 ומיום 12.2.2002 של היועץ המשפטי לממשלה.

די בעיון חטוף בדוח המכון הלאומי כדי להבין מה הניע את היועץ המשפטי לממשלה להעביר אותו, סמוך מאוד לאחר קבלתו, לוועדה. הכתוב בו מדיר שינה מעיני קוראיו, זאת נוכח חומרת מסקנותיו ונוכח החשש לגורלם של מבנים אחרים שנבנו בשיטת הפל-קל שתואר להלן. אנו מבקשים להביע את הערכתנו להחלטתו של היועץ המשפטי לממשלה להעביר אלינו את דוח המכון הלאומי מהר ככל האפשר.

מחברי הדוח, שאת שלושתם זכינו לשמוע מעל דוכן העדים, עשו בדוח האמור מלאכת מופת ומלאכת מחשבת של איסוף נתונים מזוויות ראייה שונות, ובהם מינהליות, מקצועיות, הנדסיות ואחרות. את כל הנתונים הרלוונטיים הם שזרו בהגיון שהדריך אותם בדרכם למסקנות המתחייבות. הבחינה נעשתה על-ידם מזוויות ראייה שונות, תוך שימוש במודלים שונים, ותוך הקפדה שלא להזניח כל בדיקה שניתן לעשותה כדי להגיע לחקר האמת. בדוח ביניים זה אנו מתרכזים בהיבט אחד בלבד של דוח המכון הלאומי, הוא ההיבט הנוגע לשיטת הבנייה הידועה כשיטת הפל-קל, ואיננו מתייחסים להיבטים אחרים שלו.

המסקנה המקופלת בכל שורה משורות דוח המכון הלאומי היא שבתכנון ובביצוע הבנייה של הבנין שבו שכן אולם ורסאי בשיטת הפל-קל, היה טמון זרע פורענות שהנביט את האסון שארע. זרע פורענות זה כלל היבטים הנדסיים, נורמטיביים, אכיפתיים, פיקוחיים ואחרים.

1.5 בשיטת הפל-קל על מהדורותיה השונות, שעוד נעמוד עליהן, השתמשו בארץ בבנייה רבת היקף החל משלהי שנות השבעים. ההיקף המדויק של הבנייה בשיטה זו לא נתברר לנו, וגם על כך נעמוד בהמשך. "המספר" שקנה מהלכים כמבטא את היקף הבנייה הזו, בעיקר משום שהוא הוזכר מספר פעמים על-ידי הוגה השיטה, מר אלי רון, הוא בין 2.5 ל-3 מיליון מ"ר. נקדים את המאוחר, ונאמר מיד, וכבר פה, ולו כדי למנוע בהלה מוגזמת, שלא רק שאין אסמכתא מהימנה להיקף הזה של בנייה, אלא – וזהו העיקר, שנוכח העובדה שמדובר בשיטת בנייה שיש בה גוונים ומהדורות, לא כל שנאמר עליו שנבנה בשיטה זו הוא מסוכן. כפי שיתברר להלן, לחלק מהבנייה הודבקה על-ידי ממציא השיטה תווית הפל-קל רק משום שהשתמשו בה בפחי פל-קל בבניית תקרות שהן תקניות בעיקרן. קשה לאמר שבנייה כזו היא כליל השלמות, וגם על כך עוד ידובר בהמשך, ואולם ניתן לומר לגביה כי מדובר בדרגות סיכון שונות מ"שיטת הפל-קל". דוגמא בולטת לכך היא הכללתו של מבנה בנק ישראל בתוך "שלושת מיליון המ"ר" של מבני פל-קל. בהמשך נפרט את המאמץ החקירתי הלא קטן שהושקע על-ידי הוועדה כדי להגיע לחקר האמת בנושא זה. כאן נסתפק בציון התוצאה הסופית של חקירה זו, שהצביעה על כך שזהו אחד המקרים (שהם כנראה לא מעטים) שלהם הודבקה על-ידי ממציא השיטה תווית הפל-קל, רק משום השימוש בפחי פל-קל, על אף שנעדרו ממנה הליקויים העיקריים של שיטת הפל-קל, המתבטאים בהעדר חישוקי גזירה וביציקה במרווחי זמן של התקרה (עניינים שיידונו בהמשך). חמור מזה – אלי רון הפך את בנק ישראל בפרסומים רבים שלו לדוגמא מובהקת לבנייה ציבורית יוקרתית שנבנתה בשיטתו, למרות שכאמור לא כך הוא.

1.6 משלמדנו מה הן התוצאות הקשות שעלולות לנבוע מבנייה הנעשית בשיטת הפל-קל, הגענו למסקנה שלא נוכל להישאר שווי נפש, תוך שאנו ממשיכים במלאכה המתוכננת של איסוף, מיון וסיווג הסיכונים כאילו לא ארע דבר. היה ברור לנו שיש להזעיק בענין זה שמיים וארץ בטרם יארע חלילה אסון נוסף. הדרך הראויה, ואולי גם היחידה, שעמדה בפנינו הייתה להוציא דוח ביניים, לפי סעיף 19א לחוק ועדות חקירה, וכך החליטה הוועדה, בהחלטה פה אחד של חבריה, לעשות. ההחלטה להוציא דוח ביניים נשענה גם על חוסר המעש של כל הרשויות הרלוונטיות. במצב כזה סברנו ש"במקום שאין אנשים השתדל להיות איש", ופרסום דוח ביניים על-ידינו הוא אולי הסיכוי היחיד להניע את גלגלי העשייה הנדרשת.

ככל שהעמיקה הוועדה חקור את נושא הפל-קל, כן נחשפו בפניה הסיכונים לשלמותם הגופנית של המשתמשים בבנינים שנבנו בשיטה זו, הכל כמפורט ומוסבר בדוח זה. לא זו אף זו, התברר שקיימת אפשרות לקיומם של נזקים חבויים במבנים אלו שבדיקה ויזואלית לא תחשוף אותם בהכרח (ראו למשל סעיף 5.4 לדוח זה). עוד התברר שהכשל שיכול שייגרם למבנים שנבנו בשיטה זו הוא כשל המתארע בפתאומיות ובלתי שקדמו לו אותות אזהרה בולטים בדמות סדקים, שקעים, או סימני ליקוי אחרים.

לא הבאנו כאן דברים חלקיים אלו אודות סיכוני שיטת הפל-קל (שיפורטו בהמשך), אלא כדי להבהיר מה עמד בבסיס החלטתנו להוציא מוקדם ככל האפשר את דוח הביניים הזה. סברנו כאמור שלא נוכל להישאר שווי נפש נוכח סיכונים שאם יתממשו יש בהם פוטנציאל רציני לפגיעה בגופם של המשתמשים במבנים שתקרותיהם נבנו בשיטת הפל-קל.

1.7 תכליתו הסופית של דוח זה היא אמנם הגשת המלצות לנקיטת צעדים, שלדעתנו, מפאת דחיפותם, אינם סובלים דחייה עד לפרסום הדוח הסופי. דא עקא, שמטבע הדברים תכלית סופית זו לא תושג אם דוח הביניים לא יכלול שוליים רחבים שבהם תיאורים והסברים על השיטה, פרוט עובדתי רלוונטי, ניתוח מעשים ומחדלים שנעשו, הצגת הבעייתיות ככל שהדברים נוגעים לפרשה, וכל כיוצא בזה עניינים שרק על רקעם יובנו ההמלצות, ושהם הקרקע המצמיחה את המסקנות וההמלצות. יתכן שבדוח הסופי יהיה צורך להרחיב את "השוליים", לקבוע ממצאים סופיים, כמו גם מסקנות לגבי אישים וגופים הנזכרים ב"שוליים" או "בשוליים המורחבים". אם כך יהיה, ואם יתברר ש"פלוני עלול להיפגע מן החקירה או מתוצאותיה", נודיע לו כמובן "במה הוא עלול להיפגע", הכל כאמור בסעיף 15 לחוק ועדות חקירה.

עיקר תכליתו של דוח זה היא "המלצות לנקיטת צעדי ביניים" (סעיף 19(ב) לחוק ועדות חקירה), בעניינים שאינם סובלים דחייה משום החשש שאי נקיטת צעדים יכולה לסכן את שלמותם הגופנית ורווחתם של אנשים לא מעט. משום כך, ומשום שאין בדוח זה קביעת מסקנות סופיות או המלצות כלפי מי מהמעורבים בפרשה הנדונה בו, לא סברנו שיש ליתן לפני פרסומו הודעות לפי סעיף 15(א) לחוק ועדות חקירה. בהקשר זה נפנה גם לסעיף 15(ד) לחוק האמור.

1.8 כאן המקום להעיר שבחינת שיטת הפל-קל מעלה על שולחן הדיונים רעות חולות רבות, והיבטים רבי פנים של נושאים שונים המשיקים לנושא הפל-קל במובנו הרחב. "זיקת העניין" היא לרוב הנושאים הקשורים לעולם הבנייה, ובכללם מחדלי אכיפה ופיקוח, השלכות ההיבט החקיקתי וההיבט המקצועי על פרשת הפל-קל, ענינים הקשורים להטלת אחריות וחלוקתה, הליכי מתן היתרי בנייה או רשיונות עסק, ועוד. אלמלא הצורך הדחוף בהוצאת דוח ביניים, היינו מיטיבים לעשות אילו הגשנו דוח אחד שהיה עוסק בכל ההיבטים הנחוצים. הצגה כזו של הדברים הייתה מדויקת יותר וכוללנית יותר. דא עקא, שמהטעמים שפורטו לעיל, סברנו שאסור שנמתין בנושאי דוח ביניים זה עד להוצאת הדוח המלא של הוועדה.

פיצול דוח הוועדה לדוח ביניים ולדוח סופי, אינו מייתר את הצורך לגעת, ולו "נגיעה משיקה", כבר בדוח הביניים, בנושאים אחרים שיש להם זיקה לשיטת הפל-קל. אלמלא עשינו כך, הייתה הצגת הדברים לוקה בחוסר שלימות. האיזון שעשינו מתבטא בכך שבדוח זה דנו בנושאים בעלי הזיקה "בקצירת האומר" בלבד, ורק עד לאותה מידה הכרחית להצגת תמונה שלמה. אין לראות ב"קצירת אומר" זה את כל "אריכות האומר" שיש לאמר בנושאים האחרים, שעל חלקם בודאי ניתן את הדעת ביתר פירוט בדוח הסופי.

1.9 איננו רוצים להתהדר בנוצות לא לנו. רוב הדברים שנאמרו ויאמרו בדוח זה אינם המצאה שלנו, ואין הם אלא איסוף וקיבוץ של דברים שנלמדו ונאמרו כבר. פתגמו היפה של חנניה רייכמן "מן הים הכללי וטיפה משלי" יאה בהקשר זה, שהרי הכל כבר נאמר, על הכל כבר נכתב, הכל היה ידוע, וכל שאנו עושים פה הוא לחזור פעם נוספת על כל הדברים הללו, אולי תוך כדי הוספת "טיפה משלי". חבל שכל הדברים הידועים הללו לא חלחלו ולא הופנמו ולא דרבנו את הרשויות הנוגעות בדבר, כמו גם גורמים מקצועיים אחרים, להסיק את המסקנות שצריך היה להסיק, הלא הן המסקנות שאנו מסיקים בדוח זה. אילו עשו כך, היו נחסכים חייהם של רבים.

1.10 עוד נתייחס לדוח המכון הלאומי, ואולם לא נוכל לסיים פרק זה מבלי לאמר שהמדיניות הננקטת על-ידי הוועדה היא מדיניות של גילוי מלא וככל האפשר בלתי מסויג, של כל חומר המצוי בפניה. מדיניות זו ניזונה מההבנה העמוקה שאין לנו בחומר זה "אינטרס עצמי": כל שהושם בפנינו נועד לידע את הציבור. אנו רואים עיקרון זה כעיקרון מנחה, שיש לסייגו אך ורק במקרים קיצוניים והכרחיים.

בשל מדיניות זו לא נענינו לבקשת המדינה שלא לאפשר עיון בדוח המכון הלאומי למי שגילה ענין בכך. הייתה אלינו פנייה מאיגוד המהנדסים לבנייה ותשתיות, ולא ראינו סיבה שלא לחשוף את הדוח האמור בפניו. הנימוק שהנושא נמצא בחקירה משטרתית לא תאם את המהות, המדעית-מקצועית בעיקרה, שבדוח.

לא הסתרנו דעתנו זו מב"כ המדינה בעת הדיון שהתקיים בענין זה, ואנו מבקשים לציין בסיפוק ובהערכה שהמדינה הייתה קשובה לעמדתנו, וסופו של דבר נאותה לחזור בה מעמדתה, למעט לגבי קטעים דלי היקף, שאינם חשובים למעיינים, ואשר ד"ר יואב סרנה מטעם איגוד המהנדסים לבנייה ותשתיות הסכים, ובצדק, לאי חשיפתם.

1.11 והערה אחרונה: דוח ביניים זה עוסק לא במעט בחומר הנדסי מדעי שהכרחי להבינו כדי לעמוד על משמעותם המלאה של הנושאים והבעיות שדוח זה מטפל בהם. הצגת חומר זה ב"עגה" המקצועית המלאה, הייתה הופכת אותו לבלתי קריא ובלתי מובן לחלק ניכר מהקוראים, שהם הדיוטות בתחום ההנדסה. כיוון שכך, בחרנו להתנתק מהלשון המקצועית המלאה, לטובת שימוש בשפה השווה לכל נפש. בעשותנו כך פגענו בשוליים בדיוק המדעי, ועל כך אנו מבקשים להתנצל. יהיה זה שכרנו אם עקב כך יבינו רבים יותר את הדוח. מכל מקום, לשם הנוחות, מצאנו לנכון לצרף לדוח זה מילון של המונחים המקצועיים שבהם עשינו שימוש.

# פרק שני

## וזאת תורת התקרות

### פתיח

2.1 חשיבותם של מבנים בחיינו איננה מוטלת בספק. אנו נכנסים למבנים, שוהים בהם, ועושים בהם פעילויות שונות, מתוך אמונה עמוקה שלא טמונה בהם סכנה כלשהי לחיינו או לבריאותנו, ותוך שאנו יוצאים מהנחה, שמבחינתנו היא הנחה שכמעט איננה ניתנת לסתירה, שהמבנה הרלוונטי יציב. ברור איפוא מאליו כי יש להבטיח שיהיה בסיס במציאות לאמונה והנחה אלו.

דוח ביניים זה עוסק בשיטה של בניית תקרות הידועה כשיטת הפל-קל. סברנו שלא ניתן יהיה להבין כהלכה את הבעיות שבה עוסק דוח ביניים זה אלא אם יינתן תיאור והסבר, ולו פשוט (להבדיל מפירוט מדעי), על תורת בניית תקרות בבנינים, ובכלל זה על התכנון, הביצוע והחומרים שלהן.

### תכנון תקרות: עקרונות

2.2 תקרה היא בדרך כלל משטח אופקי שנועד לחפות על החלל שמתחתיו, ובמקרים רבים משמשת היא אף כרצפה לחלל שמעליה. רוב הרצפות אינן מוצבות על גבי הקרקע אלא "מרחפות" דרך קבע מעליה ובמקביל לה. קיבוע טבלת התקרה-רצפה (שתיקרא להלן – תקרה) במצב כזה, מחייב נקיטת אמצעים מתאימים שיגברו על כוח הכבידה ועל כוחות אחרים הפועלים על התקרה. אמצעים אלו כוללים שימוש בשיטות תכנון וביצוע הולמות ובחומרים מתאימים, שיאפשרו לתקרה "לרחף" לבטח תוך כדי תפקוד מלא, תקין ואמין לאורך זמן.

החומרים הנפוצים ביותר לבנייה של תקרות הם בטון ופלדה. מחומרים אלו מרכיבים את מה שמכונה "בטון מזוין", שאיננו אלא מסה של בטון ובתוכה מוטות פלדה בקוטר של כ-8 עד 25 מ"מ ("פלדת הזיון" או בלשון העממית "ברזל"). התקן הישראלי החל על תקרות בטון, לרבות בטון מזוין, הוא ת"י 466 הקרוי "חוקת הבטון" (להלן – ת"י 466).

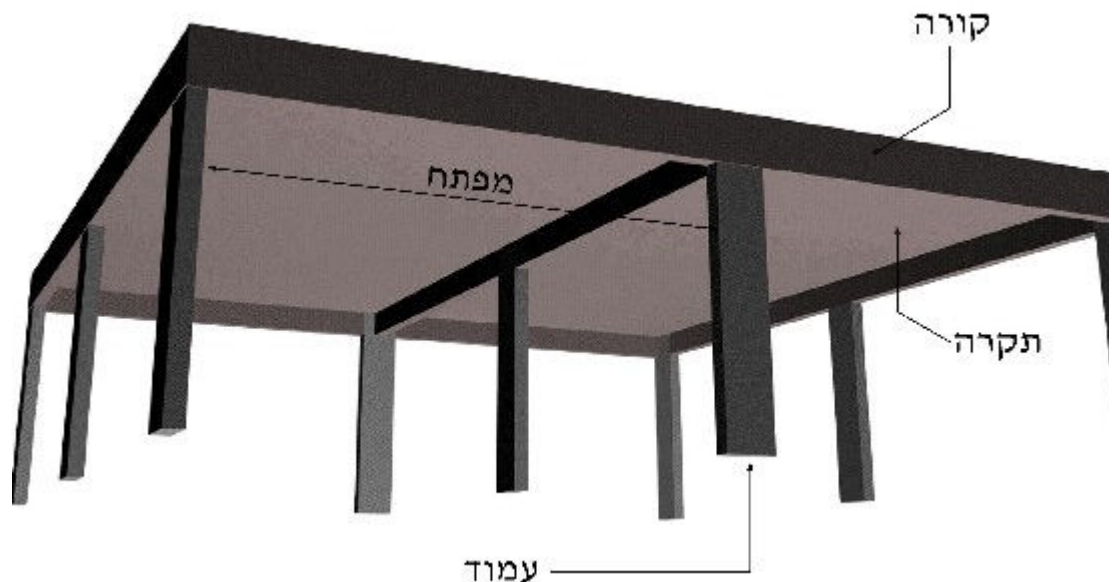
תפקוד תקין של תקרה יתאפשר רק אם היא תהיה מסוגלת לשאת הן את משקלה העצמי והן משקל נוסף המוטל עליה, שהוא פועל יוצא של השימושים הנעשים בתקרה, תוך התחשבות בכוחות שונים העשויים לפעול עליה. על התקרה לעמוד בעומסים סביבתיים, כגון רוח ורעידת אדמה, ובעומסי כבידה – משקלה העצמי, לרבות הריצוף, משקלם של בני האדם המהלכים (או עושים פעילות אחרת כגון ריקודים) עליה, ומשקלם של חפצים מסוגים שונים המוצבים עליה, ובהם רהיטים, ספריות, מכונות, סחורות וכל חפץ אחר, הכל כנובע מהשימוש שנעשה במקום. כל הכוחות והמשקלים האלה מכונים בלשון המקצועית "עומסים".

ברור שכל תכנון של מבנה צריך להתאים לעומסים שעל המבנה לעמוד בהם. נוכח היסוד הבטיחותי החשוב שבכל תכנון כזה, נקבעו לענין זה תקנים מחייבים. על פי תורת התקנים, יש לתכנן ולבצע מבנים כך שיעמדו על תילם ולא יסכנו את

יושביהם, אף כאשר יופעל עליהם עומס מקסימלי חריג שעשוי לפעול על המבנה במהלך שנותיו (בדרך כלל מתכננים מבנים ל-50 שנים). נוכח זאת ונוכח אי ודאויות שונות, נקבע הצורך לקחת בחשבון מקדמי בטיחות כנדרש בתקנים.

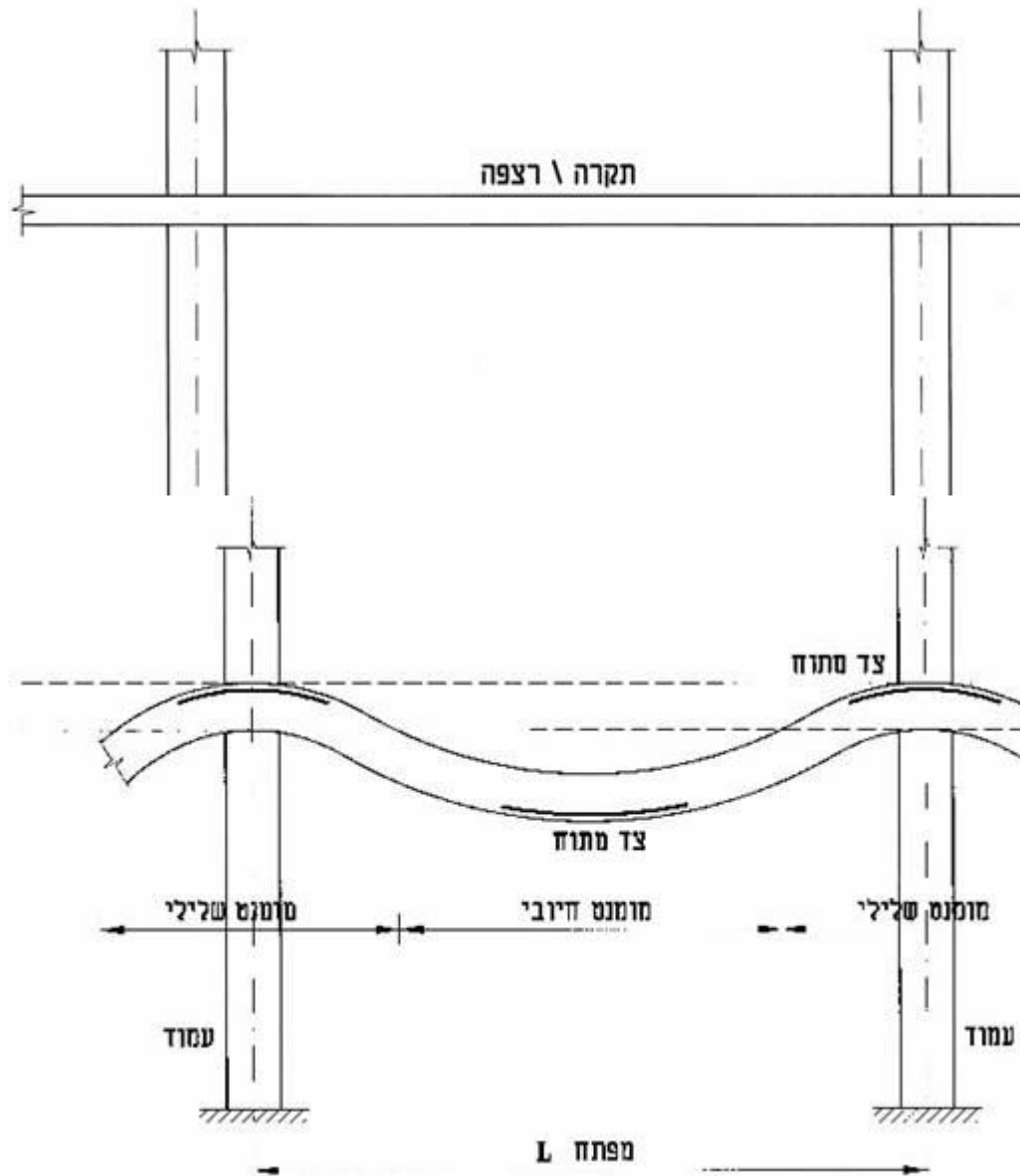
העומס שתקרה יכולה לעמוד בו, קרוי בלשון המקצועית "תסבולת". העומס לפני הוספת מקדמי הבטיחות, הכולל רק את המשקל העצמי של התקרה ואת העומס העשוי לפעול עליה כפועל יוצא של השימוש בה (רהיטים, ריקוד וכיוצא בזה), קרוי בלשון המקצועית "עומס אופייני". העומס הנובע מהשימושים שנעשים, שאינו כולל את המשקל העצמי של התקרה ואת העומסים הקבועים המופעלים עליה (כגון ריצוף ומחיצות), מכונה "עומס שימושי". מצב הכוחות הפנימיים בתקרה הנגרמים מהפעלת עומס קרוי "הטרחה".

2.3 כאמור לעיל, התקרה איננה מונחת על הקרקע. נהפוך הוא, היא "מרחפת". כדי להישאר במצב כזה מבלי ליפול ארצה, היא נדרשת ל"משענת". עמודים אנכיים, קורות אופקיות, קורות נושאים, או שילוב שלהם, הם "המשענת" של תקרה טיפוסית, ואליהם מחוברים החלקים האופקיים של הבנין (תקרות). כל אלה יחד מכונים "שלד הבנין". האזורים שבהם מחוברים החלקים האופקיים לחלקי השלד האחרים מכונים "אזורי ההשענה", ומקום החיבור נקרא "נקודת ההשענה". תיאור סכמטי של הדרך בה מחפה התקרה על החלל שמתחתיה, מוצגת בציור 1.



ציור 1 : תאור סכמטי של תקרה/רצפה ונקודות ההשענה

עומסים המופעלים על תקרה גורמים לשקיעה קלה ולקעירות של האזור המרוחק מנקודות ההשענה, בעיקר בחלק המרכזי שביניהן ("מרכז השדה"). לעומת זאת, עיגון נאות של התקרה לנקודות ההשענה מונע מצב של תזוזת התקרה שמעל נקודות ההשענה. במרבית המקרים מתאפיין האזור הסמוך לנקודות ההשענה בקמירות (ראו ציור 2).



ציור 2 : תאור סכמטי של תקרה ונקודות ההשענה לפני הפעלת עומסים (למעלה) והשקיעות ועיוות הצורה בתקרה בהשפעת העומסים (למטה)

2.4 "כשל" הוא סטייה מהתפקוד המתוכנן. התמוטטות היא מקרה פרטי, חמור וקיצוני, של כשל. תכנון ראוי של תקרה חותר למצב שבו היא תתפקד כראוי (תהיה נוחה לשימוש) ולא תיכשל. עם זאת, תכנון ראוי דורש גם שאף אם התקרה תיכשל, לא יהיה בכך כדי לסכן חיי אדם (דהיינו, לא תיגרם התמוטטות פתאומית, והתמוטטות בשרשרת - על אחת כמה וכמה). מטרת אלו מושגות, בין השאר, על-ידי הבאה בחשבון של מספר תנאים ועקרונות, שהעיקריים שבהם הם אלה:

2.4.1 תכן לעומס הצפוי: כדי שהתקרה לא תתמוטט עקב העומס שהיא נושאת, יש צורך שכושרה לשאת בעומס המתוכנן ("תסבולת") יהיה גדול מההטרחה הצפויה כתוצאה מהעומסים הפועלים בעת השימוש בפועל. העומסים שיש להתחשב בהם בתכן מבנים קבועים בתקנים. הקפדה על תכן המיישם את העקרונות והכללים שבתקנים תביא לכך

שהתקרה תהיה יציבה ולא תמוטט גם בעומסים הגדולים במידה רבה מהעומסים האופייניים, זאת בשל מקדמי בטיחות שהתקנים מחייבים להביאם בחשבון.

2.4.2 מניעת כשל פתאומי: חרף כל אמצעי הזהירות הננקטים בתכנון ובביצוע, יש וקורים כשלים במבנה שנבנה. כשלים אלו יכולים לגרום להתמוטטות. תכנון ראוי צריך למנוע מצב שבו התמוטטות התקרה תהיה פתאומית, שכן מצב כזה אינו מותר זמן לנקיטת צעדים להצלת אדם ואולי גם לתיקון המבנה. הופעת סימני אזהרה בולטים וגלויים לעין (בעיקר שקיעות וסדקים) זמן מספיק לפני התמוטטות, היא איפוא חיונית. תכנון טוב יבטיח שכך יהיה.

2.4.3 מניעת כשל בשרשרת: תכנון ראוי חותר גם לכך שאפילו אם תהיה התמוטטות של מרכיבי התקרה במיקום מסוים, היא תהיה נקודתית וְלא תגרום לשרשרת של כשלים או התמוטטויות בחלקים אחרים של הבניין ובתקרות בקומות נוספות.

התמוטטות של תקרה כתוצאה מ"כשל גזירה" (שמשמעותו תוסבר בהמשך) היא דוגמא למצב שבו נפילת תקרה מפעילה על אזור הנפילה כוח היכול לגרום לעומסים בלתי מתוכננים, ואלו מצדם יכולים לגרום להתמוטטות תקרה נוספת וחוזר חלילה.

2.4.4 תכן לעומסים דינמיים: העומסים השימושיים הפועלים על תקרה (כגון: ריקודים, התעמלות אירובית ומכונות רוטטות) עלולים לגרום לרעידה של התקרה. רעידה זו ממשיכה גם לאחר שהפעלת הכוח נפסקת. את הרעידה נוהגים למדוד על פי מספר התנודות בשניה. כל גוף מתאפיין במספר קבוע של תנודות כאלו ביחידת זמן, ללא קשר לעוצמת הכוח המופעלת עליו ("תדירות עצמית"). כאשר מופעל על גוף ניח כוח שעוצמתו או כיוונו משתנים לאורך זמן ("כוח דינמי") הדבר גורם לרעידה של אותו גוף.

אם יופעל על תקרה כוח חיצוני דינמי שתדירותו דומה לתדירות העצמית של התקרה, "תשתלב" רעידה נוספת זו ברעידה המקורית של התקרה, ותגרום להגברת עוצמתן של הרעידות (התופעה של הגברת הרעידות בדרך זו קרויה "תהודה") והן יכולות להגיע לעוצמה שתערער את יציבותה של התקרה, עד כדי התמוטטותה.

תכנון ראוי של תקרה חותר לכך שהתדירות העצמית שלה (התלויה בעיקר בקשיחות ובמסה של התקרה), תהיה גבוהה בהרבה מהתדירות "המיובאת" שמקורה בפעילות הנעשית על התקרה. השוני בתדירות נועד כאמור למנוע מצבים שבהם "תשתלב" התדירות המיובאת בתדירות העצמית, דבר שיכול לגרום לתהודה העלולה כאמור להביא להתמוטטות התקרה.

2.4.5 מניעת שקיעות: שקיעות גדולות הנגרמות מעומסים יכולות ליצור אי נוחות תפקודית ופגיעה באלמנטים לא קונסטרוקטיביים, כגון מחיצות וקירות בנויים. כיוון שכך, מכתיבים התקנים הרלוונטיים את גודל השקיעות המותרות. תכנון טוב יחתור לכך שהשקיעות שייגרמו כתוצאה מהעומס לא יעלו על המוכתב בתקנים. להשלמת התמונה נאמר שלפי התקן אסור שגודל השקיעה יהיה גדול ממספר מילימטרים בתקרות במפתחים קטנים, וממספר סנטימטרים בתקרות במפתחים גדולים (מפתח הוא המרחק שבין נקודות ההשענה).

2.5 כאשר פועלים על תקרה עמסי כבידה, נוצרות הטרחות באזורים השונים של השדה. ההטרחות במרכז השדה שונות מאלה שבאזורי ההשענה. נסביר את ההבדלים ואת תוצאותיהם והשלכותיהם:

2.5.1 כפיפה במרכז השדה: החלק התחתון והחלק העליון של התקרה מתנהגים באופן שונה זה מזה. במרכז השדה החלק העליון נתון בלחיצה מהצדדים, ההולכת וגוברת ככל שמתקרבים לסביבת אמצע המפתח. לעומת זאת, החלק התחתון נתון במתיחה. נקל להבין זאת אם נדמה את המצב לשני קפיצים הממוקמים אופקית זה על גבי זה. כתוצאה מהפעלת עומס אנכי במצב כזה, הקפיץ העליון נלחץ ומתקצר בעוד הקפיץ התחתון נמתח ומתארך.



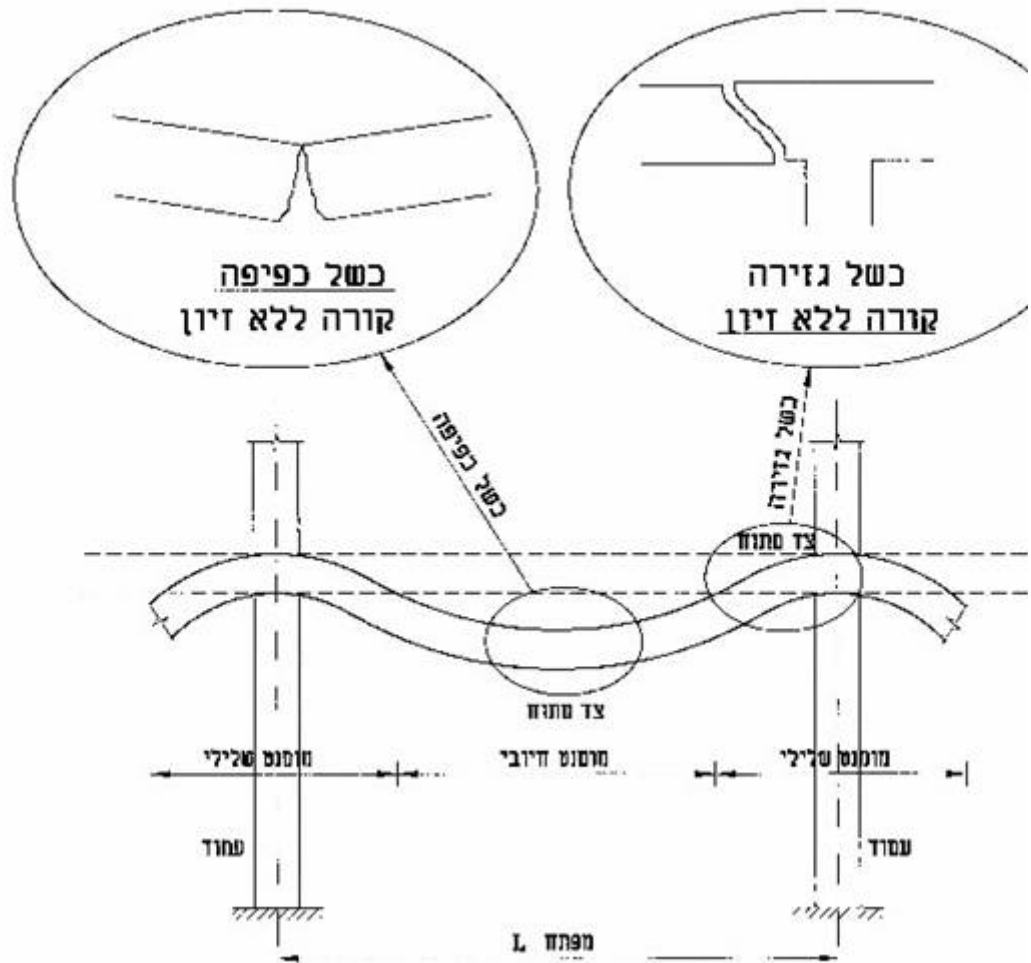
2.5.2 כפיפה באזור ההשענה: באזור ההשענה מתהפך המצב: החלק העליון של התקרה נתון במתיחה ואילו החלק התחתון שלה נתון בלחיצה.

2.5.3 גזירה: גזירה מתרחשת בעיקר באזור ההשענה. באזור זה הלחיצה והמתיחה מתרחשים בקו אלכסוני. לצורך חישובים הנדסיים נוח לעתים להסתכל על תופעת הגזירה כהפעלה של כוח היוצר חיכוך (תנועה בכיוונים מנוגדים) בין שני משטחים אנכיים ("גזירה אנכית"), או לחילופין חיכוך כזה בין שני משטחים אופקיים ("גזירה אופקית" או "דחייה").

2.5.4 גזירה-כפיפה: באזור ההשענה יכולה להיווצר פעולה שיש בה שילוב של המצבים שתוארו בסעיפים 2.5.2 ו-2.5.3.

גזירה אינן גורמות  
נים שהשתמשנו בו

שתחילתו בתחתית



ציור 3: תאור סכמטי של כשל כפיפה במרכז המפתח וכשל בגזירה ליד נקודת ההשענה, העלולים להתהוות בתקרה העשויה מחומר הומוגני

2.6.2 סדק כפיפה באזורי ההשענה: סדק אנכי העובר לכל עוביה של התקרה מעל נקודות ההשענה. תחילתו בפנים העליונות של התקרה והמשכו בהתקדמות כלפי מטה.

2.6.3 סדק בגזירה: סדק אלכסוני החוצה באלכסון את התקרה לכל עוביה באזור ההשענה, וגורם להיפרדותה לשני חלקים בסמוך לעמודים, לקירות נושאים ולקורות (ראו ציור 3).

2.6.4 סדק דחייה: סדק אופקי המופיע בדרך כלל באזורי ההשענה וגורם להיפרדות של חלקי תקרה שונים המונחים זה על גבי זה.

2.7 סדקים המתפתחים בתקרה העשויה מחומר הומוגני אחד, כגון תקרה היפותטית העשויה מבטון בלבד (שאינ בו פלדת זיון) יביאו להתמוטטותה לאחר שיעברו את כל עובי התקרה. התמוטטות זו תהיה פתאומית, ללא סימני אזהרה מוקדמים. בלשון המקצועית נקרא הדבר "כשל פריך". ניתן לדמותו לכלי זכוכית הנשבר באופן פתאומי. אם הדבר קרה עקב סדק כפיפה, תיקרא ההתמוטטות "כשל בכפיפה". אם הדבר קרה עקב סדק גזירה, תיקרא ההתמוטטות "כשל בגזירה".

## שילוב חומרים

2.8 תכנון ראוי, החותר ליצירת תקרה יציבה ובטוחה המשוחררת מסדקים מסוכנים, מחייב שימוש בחומרים או בשילוב של חומרים שיש להם, בין שאר תכונות, גם שתי תכונות עיקריות אלו:

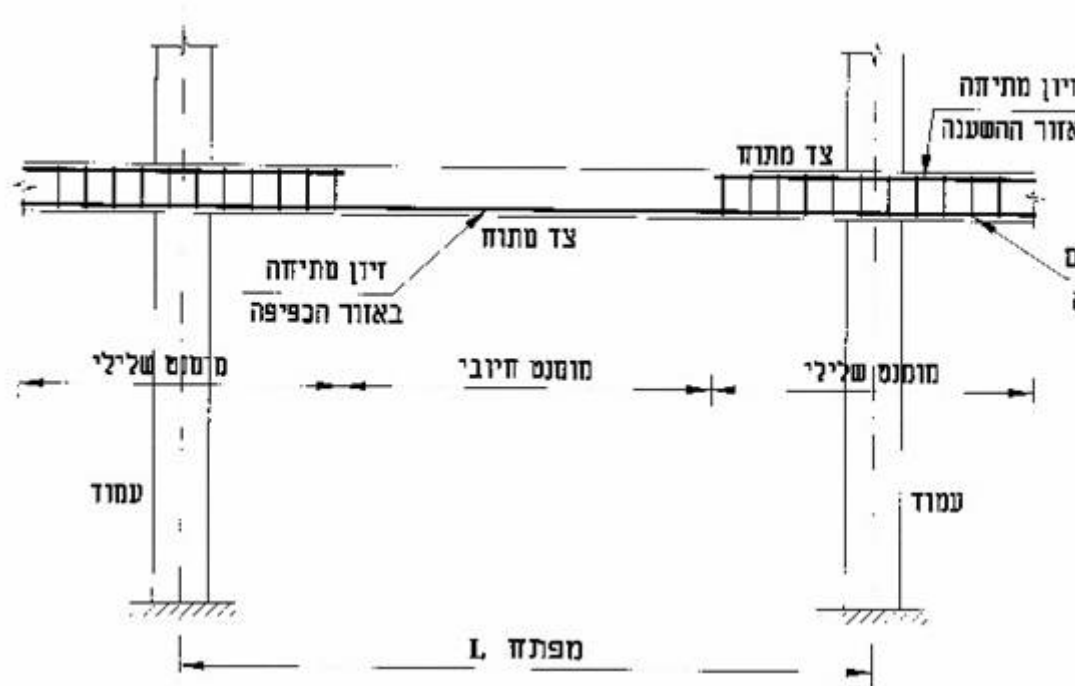
2.8.1 חוזק מספיק ללחיצה ולמתיחה כדי לשאת בעומסים.

2.8.2 יכולת "להימתח" מעבר לגבול האלסטי מבלי "להיקרע" או להישבר. יכולת זו קרויה "משיכות". אלסטיות היא תכונת החומר לחזור למצבו הקודם לאחר שחרור העומס שהופעל עליו וגרם למתיחתו. "הגבול האלסטי" הוא הנקודה שכאשר החומר נמתח מעבר לה הוא לא יחזור לקדמותו אפילו לאחר שחרור העומס.

חשיבותו של החוזק ברורה מעצמה. חשיבותה של ה"משיכות" היא ביכולתה לגרום לכך (בדרך שתפורט בהמשך) שתהליך המסכן את יציבות התקרה, יתגלה ויזואלית עוד קודם להתמוטטות, כך שההתמוטטות לא תהיה פתאומית. האינדיקציה הויזואלית לקיומו של תהליך מסוכן היא בבחינת התראה חשובה המסבה את תשומת הלב אליו, דבר המאפשר לנקוט בצעדים שמטרתם הצלת חיים ואולי גם שיקום המבנה.

2.9 כיצד מושגות בתקרות תכונות אלה של חוזק ומשיכות? הבטון מתאפיין בין השאר בעמידות טובה בכוחות הלחיצה המתוארים לעיל. דא עקא שיכולתו לקבל כוחות מתיחה המתהווים בשעת כפיפת התקרה, מבלי להתבקע, הינה קטנה ביותר. הבטון חלש גם בגזירה. הפלדה לעומת זאת ניחנה ביכולת "משיכות", ובעמידות מצוינת לכוחות המתיחה המופעלים בתקרה.

הבטון המזוין, דהיינו בטון שבתוכו משולבים מוטות פלדה, משלב את תכונות הבטון והפלדה והוא נמצא איפוא אידיאלי למתן מענה לכוחות המופעלים על תקרה (ראו ציור 4).

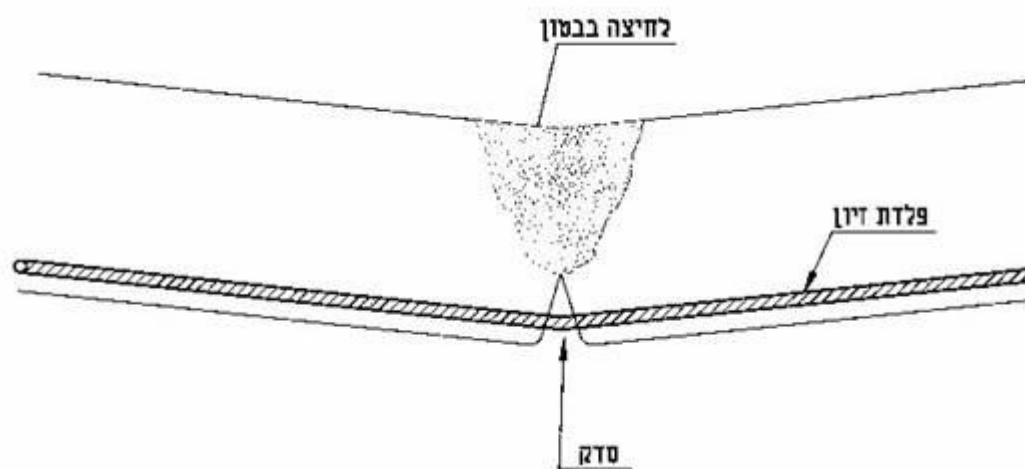


עוד יש לציין שבבטון מזוין העשוי לפי הכללים המקצועיים המקובלים, מוגנת הפלדה מפני קורוזיה (החלדה), זאת משום שהפלדה עטופה מכל עבריה בבטון. בבנייה בבטון מזוין קונבנציונאלי ניתנת איפוא הגנה לפלדה מפני קורוזיה, ללא צורך בהשקעות נוספות, זאת לעומת המצב במבנה העשוי מפלדה חשופה. הצורך בהגנה מפני קורוזיה הוא ברור: קורוזיה פוגעת בפלדה ומפחיתה את יכולתה לשאת בכוחות מתיחה, ובכך עלולה להיפגע יציבות התקרה.

שילוב זה של בטון ופלדה מתאפשר בין היתר גם משום שמקדם ההתפשטות עקב שינויי טמפרטורה זהה בשני חומרים אלו, דבר המונע השפעות בלתי רצויות שהיו קיימות אילו מקדמי ההתפשטות לשינויי טמפרטורה היו שונים.

ההתאמה המושלמת של שני חומרים אלו (ככל שהדבר נוגע להיבטים האמורים) גרמה לבחירת הבטון המזוין כאחד

דה אופקיים והבטון  
%ים את התפתחותם



ציור 5: תאור סכמטי של הכשל באזור הכפיפה במרכז המפתח של תקרה מבטון מזוין

בניין כזו מבטיחה שגם אם התקרה תועמס בצורה קיצונית, אפילו הרבה מעבר לעומסים המתוכננים, עדיין לא תתרחש התמוטטות מיידית. במצב כזה ההטרחה על מוטות הזיון תגרום להם לצאת מהגבול האלסטי של הפלדה (תופעה הקרויה "כניעה") ואזי ניתן יהיה להבחין בגידול בסדיקה בתחתית התקרה ובגידול ניכר בשקיעות. תהליכים אלה יקדימו את ההתמוטטות והם משמשים, כפי שכבר אמרנו, אותות אזהרה לפני שמתרחש אסון. התנהגות מסוג זה, אשר בה מקדימים סימני האזהרה האמורים את ההתמוטטות, היא ביטוי לתכונת "המשיכות" של הפלדה שעליה דיברנו לעיל.

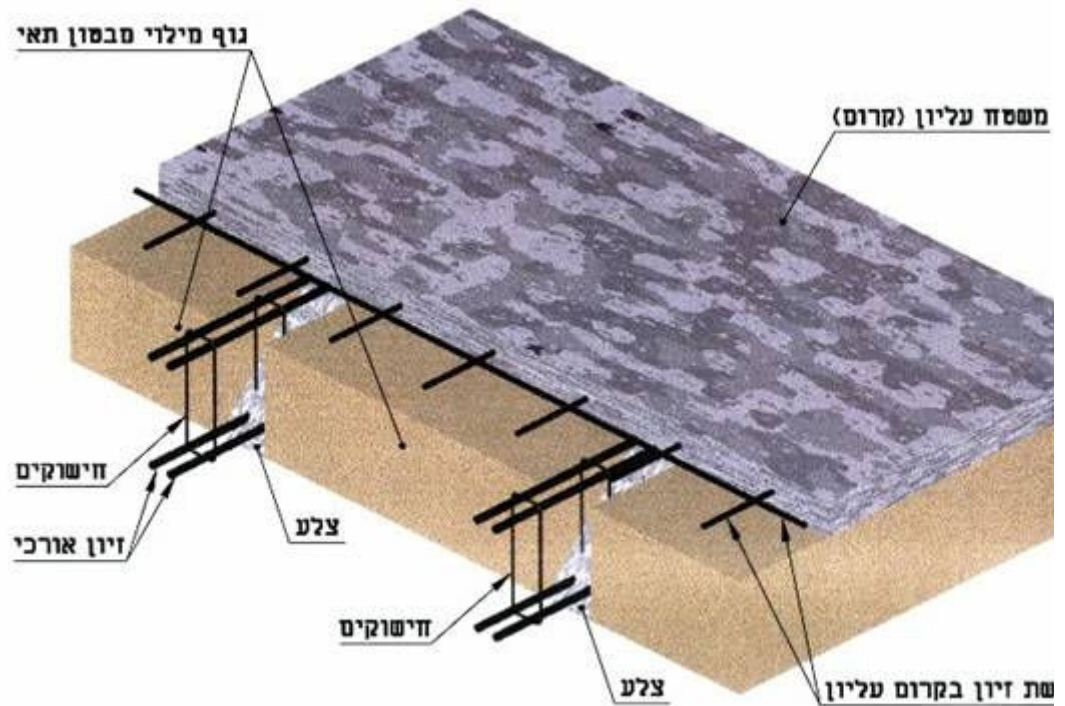
2.10.2 מניעת "כשל בגזירה" באזור ההשענה: כבר אמרנו כי בדומה ליכולתו המוגבלת של הבטון לעמוד במאמצי מתיחה, כך הוא גם מוגבל ביכולתו לעמוד במאמצי גזירה. האזור הקרוב ל"נקודות ההשענה" (מסביב לעמודים או בקרבת קירות נושאים) הוא אזור רגיש ופגיע לכשל בגזירה (במיוחד בתקרת "צלעות" שמהותה תוסבר בהמשך). כדי למנוע כשל כזה, ומאותן סיבות שפורטו לעיל לגבי כשל כפיפה, משלבים בבטון הנמצא באזורים אלו, בעיקר בתקרת צלעות, מוטות פלדה אנכיים או אלכסוניים. פעולה כזו מונעת מצב של כשל פריך בגזירה. שילוב מוטות הפלדה הללו לא יהיה מושלם אם הם לא יעוגנו באופן שימנע את שליפתם מהמקום שבו הוצבו. פירוט בדבר אופן העיגון הנאות יובא בסעיף 2.13 להלן. תכנון נכון של תקרה מבטון מזוין הוא כזה שאם בשל גורמים בלתי צפויים יתרחש כשל, הוא יהיה כשל בכפיפה, שהוא משיך באופיו, ויקדים כשל בגזירה, שהוא פריך באופיו.

## תקרת צלעות

2.11 תקרת בטון יכולה להיות מקשית, היינו עשויה כולה ממשטח בטון מלא ורציף, ואולם היא יכולה גם להיבנות מרצועות בטון (הקרויות "צלעות") שביניהן יש מרווחים נעדרי בטון, ומעליהם שכבה של בטון (קרום עליון). ריכוז הבטון בצלעות מאפשר כיסוי מפתחים גדולים ללא הגדלה בכמות (במשקל) הבטון.

בתקרת צלעות יש חסכון מסוים בבטון, וכנגד זה נדרשת השקעה רבה יותר בעבודה. תקרות מסוג זה תופסות מעמד של כבוד בנוף הבנייה בארץ, בין בבנייה למגורים בין בבנייה הציבורית, במיוחד במבני ציבור ובאולמות, שבהם המפתחים בין העמודים וקורות ההשענה הינם גדולים במיוחד.

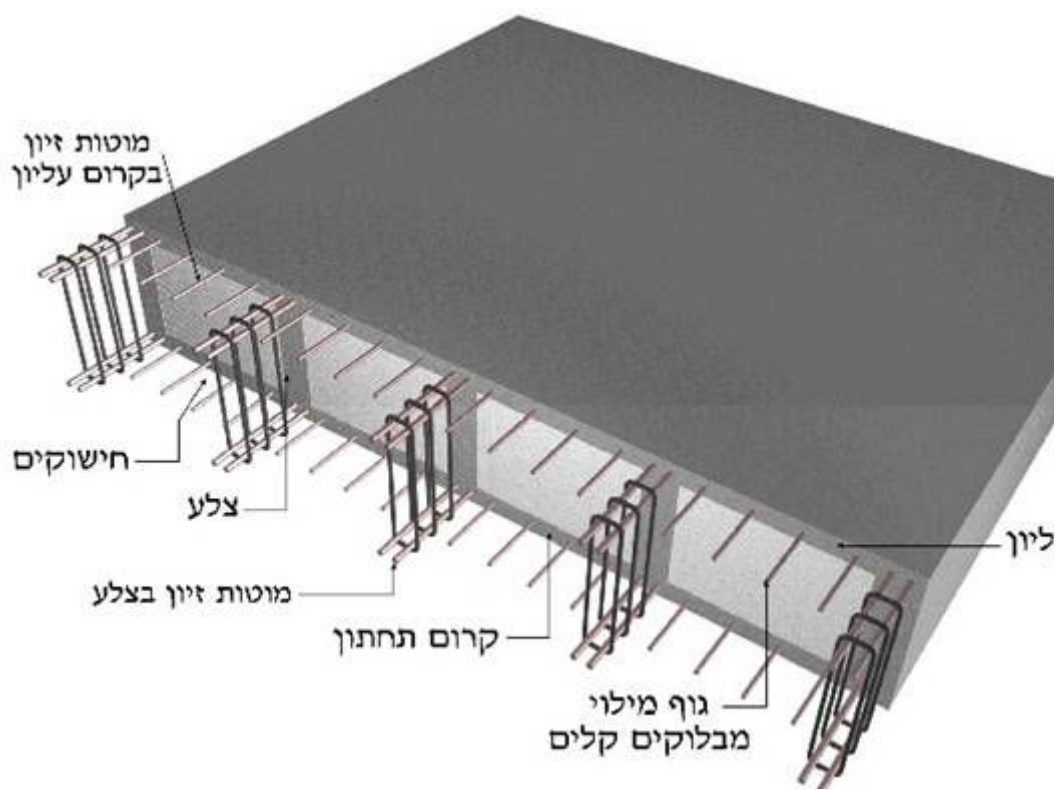
כבר אמרנו שבאזור שבין נקודות ההשענה של תקרת בטון מזוין, מקבל הבטון בחלקה העליון של התקרה את מאמצי הלחיצה, בעוד שהפלדה הממוקמת בחלקה התחתון של התקרה מקבלת את מאמצי המתיחה. במצב כזה ניתן היה תיאורטית ליצור תקרת צלעות נעדרת בטון בחלקה התחתון. דא עקא שתיאוריה זו, אילו יושמה, הייתה יוצרת תקרה נעדרת קשר בין הקרום העליון המקבל את הלחיצה לבין מוטות הפלדה המתוחים בתחתית, נעדרת הגנה על מוטות הפלדה כנגד קורוזיה וללא צורה נאותה. לפיכך פותחה שיטת תקרת הצלעות. בשיטה זו מתרכז הבטון בקרום העליון ובצלעות המונחות לכל משטח התקרה. תקרה כזו קרויה "תקרת צלעות" (ראו ציור 6א). בשיטה זו, במקום שהתקרה תהיה עשויה משטח בטון מלא, היא עשויה צלעות בטון מקבילות זו לזו, שביניהן יש חללים. החללים יכול שלא ימולאו כלל, ויכול שימולאו בחומר מילוי קל מן הבטון [בלוקי בטון חלולים, בלוקים קלים, פוליסטרן מוקצף ("קל-קר") או חומר אחר].



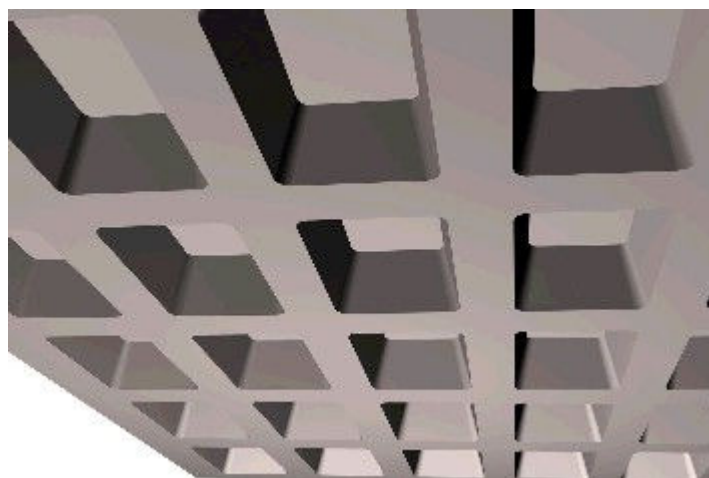
ציור 6 א': תקרת צלעות בחתך "T"

2.12 התקרה הנפוצה ביותר שנבנתה בשיטה זו, עוד קודם לשימוש הנפוץ למדי שנעשה בשיטת הפל-קל, הייתה תקרת צלעות בחתך "T" הכוללת משטח בטון עליון הנמצא על גבי צלעות הבטון. בתחתית הצלעות משולבים מוטות פלדה אופקיים. כדי להבטיח את עמידות התקרה מפני "כשלי כפיפה" (ראו ציור 6א). גם במשטח הבטון העליון משולבים מוטות פלדה, בעיקר מעל אזורי ההשענה. נוסף לכך משולבים בצלעות באזורי ההשענה מוטות פלדה אנכיים, והם מעוגנים במוטות הפלדה שבתחתית הצלע וחובקים אותם. כאמור, תפקיד זיון אנכי זה הוא להבטיח את עמידות התקרה מפני "כשלי גזירה" שהם פתאומיים באופיים, בכך שהוא מקבל על עצמו את תוספת מאמצי הגזירה בצלעות מעבר לתסבולת הבטון לגזירה.

לצד התקרות בחתך "T" היו מוכרות, גם בטרם באה לעולם שיטת הפל-קל, תקרות בחתך "I". השוני העיקרי ביניהן הוא שבחתך I קיימת תוספת של משטח בטון בתחתית התקרה (ראו ציור 6ב).



את הצלעות ניתן לבנות בצורה חד-כיוונית או דו-כיוונית. צורה אחרונה זו קרויה "תקרת ערוגות" (ראו ציור ג6).



ציור ג6: תקרת צלעות דו-כיוונית (תקרת ערוגות)

2.13 הזיון לגזירה נעשה על-ידי שילוב בבטון של מוטות אנכיים או אלכסוניים בדידים, או של רשתות מרותכות תעשייתיות.

בתקן הישראלי ת"י 466, הזיון לגזירה מתבטא בשזירה אנכית (או אלכסונית) של מוטות פלדה בצלעות, כשכל זיון אנכי מעוגן כהלכה בזיון האופקי התחתון, לבל יישלף מהבטון העוטף אותו עקב הכוחות הפועלים, או עקב מצבור תהליכים המתרחשים עם הזמן. בשיטה הקונבנציונאלית נעשה העיגון על-ידי כיפוף תחתית הזיון האנכי אל מתחת למוטות הזיון האופקי התחתון, וכיפוף חלקו העליון של הזיון האנכי מעל למוטות הזיון האופקי העליון. המוטות האנכיים ביחד עם הווים האופקיים שלהם יוצרים צורת חישוקים, ומכאן שמם. גם כאשר משתמשים ברשתות מרותכות כזיון לגזירה (שיטה שאינה מצויה בת"י 466), העיגון הכרחי, והוא פועל כהלכה אם המוט האופקי התחתון של הרשת מצוי במפלס התחתון של הצלע, מתחת למוטות האופקיים המשמשים כזיון לכפיפה. דרישה מפורשת כזו מופיעה למשל בתקן האמריקאי לבטון. עד מאי 1996 חייב התקן הישראלי שילוב מוטות פלדה כאמור (זיון לגזירה) בתקרת צלעות רק קרוב לאזורי ההשענה, ואולם מאז תיקונו בחודש מאי 1996 מחייב התקן שילוב כזה בכל השטח של תקרת צלעות.

נראה שלא ניתן לקרוא תיגר על עקרון השזירה של מוטות פלדה בבטון (כזיון לגזירה) כמתואר לעיל, בלי לסכן את יציבות המבנה. התקררות המקשיות (היצוקות משטח בטון מלא) ותקררות הצלעות למיניהן הוכיחו את יעילותן במשך דורות בעולם כולו. התכנון והביצוע שלהן מפורטים, למיטב ידיעתנו, פרוט מלא בתקנים רלוונטיים בכל ארץ מפותחת. גם בת"י 466, הקיים עשרות שנים, הקרוי "חוקת הבטון", באים לידי ביטוי העקרונות שפורטו לעיל.

2.14 את כל הדברים הללו אנו מבקשים לסייג בהבהרה אחת: יש מצבים שבהם חישובים סטטיים מראים שזיון אנכי בצלעות אינו נחוץ, משום שהבטון עצמו יכול לעמוד במאמצי הגזירה המתוכננים גם ללא זיון כזה. אלו הם מצבים שבהם ערך התכן של המאמץ לגזירה קטן מ- $d1T$   $d1T$  מבטא את חוזק התכן המקסימלי של הבטון לגזירה, בהעדר זיון לגזירה). כדי לתת לקורא מושג מה הם בדרך כלל אותם מצבים שבהם הבטון לבדו יכול לעמוד במאמצי הגזירה, נביא את המקרים השכיחים. אחד מהם הוא מצב שבו העומסים הם נמוכים, למשל בתי מגורים בעלי מפתחים קטנים של עד כארבעה מטרים. דוגמה אחרת היא מקום שבו מותקנות צלעות רחבות מאוד באזורי ההשענה. יתכנו גם מקרים אחרים.

יש קובעי נורמות בעולם, שלא ראו צורך בהוספת שולי ביטחון במקרים אלה, ולכן הם אינם מחייבים התקנת זיון אנכי, במקום שהחישוב מראה שאין צורך בכך בעומסים ובנתונים המובאים בחשבון. מדיניות זו נוהגת למשל בארה"ב ובקהילייה האירופית (יצוין שהתקנים שנבדקו על ידינו בארה"ב ובאירופה מתייחסים לתקרת צלעות בחתך T). לעומת זאת, התקן הישראלי חייב מאז ומתמיד זיון אנכי בצלעות באזורי המומנטים השליליים (בדרך כלל סמוך לאזור ההשענה), וחובה זו הורחבה כאמור בשנת 1996 לכל אורך הצלעות. אנו מניחים שהדבר נעשה למשנה ביטחון. מי שקבע את נורמת התקינה בארץ העדיף שזיון אנכי מינימלי יותקן גם ב"מצב חישובי" שאינו נזקק לזיון כזה.

2.15 החריג שבו די בבטון כדי לעמוד במאמצי גזירה, אינו פוגע בגישה ההנדסית הבסיסית כפי שהובאה לעיל. הוגה שיטת הפל-קל, אלי רון, ראה בו אמנם "אסמכתא" לכך שאין צורך בזיון אנכי, אולם לא רק שמסקנה זו אינה נכונה, אלא שנראה לנו שלא נחטא לאמת אם נאמר שרוב המבנים שנבנו בשיטת הפל-קל (רובם המכריע על-ידי או בסיוע חברת פל-קל) אינם נכללים כלל ועיקר בחריג זה. הטעם הוא שהיתרון הדומיננטי של שיטת הפל-קל, כפי שהוצג בציבור, הוא ביכולת ליישם שיטה זו בתקררות במפתחים גדולים ובעומסים גבוהים, מקרים שעליהם בודאי לא חלים החריגים האמורים, ושבהם בודאי דרוש זיון לגזירה.

בדיקה אקראית שנערכה לבקשתנו בעשרים ושלושה מבנים שתקררותיהם נבנו בשיטת הפל-קל אכן מראה כי הערכים המחושבים בחלק ניכר של התקררות עלו על הערכים שבהם הבטון עצמו יכול לעמוד במאמץ הגזירה (היינו, עלו על  $d1T$ ). ריכוז ממצאי בדיקה זו מצוי בטבלה המצורפת כנספח ג לדוח זה. ועוד: אחד מעיקרי השיטה, כפי שהוצגו על-ידי הוגיה, הוא שערך התכן לתסכולת הבטון לגזירה בשיטת הפל-קל, גבוה בהרבה מהערך הקבוע בת"י 466. הערך הקבוע בתקן נע בין 1.0 לבין 1.4 מגפ"ס (10–14 ק"ג/סמ"ר) לבטון מסוג ב-30 (שהיה סוג הבטון במרבית תקרות הפל-קל), הכל בהתאם למרכיבים הרלוונטיים, בעוד ששיטת פל-קל מתעלמת מכך ומביאה בחשבון ערך 1.8 מגפ"ס (18 ק"ג/סמ"ר). בדרך זו מצטמצם במידה ניכרת מרווח הבטיחות לגזירה שנקבע בתקן הישראלי.

יתכן שהמבנים שבהם הצורך בזיון אנכי לגזירה נובע מזהירות המחוקק, להבדיל מצורך הנדסי, ושבהם לא נעשה זיון כזה, לא חטאו לתורה ההנדסית, ואולם הם חטאו בודאי באי ציות למצוות ת"י 466 שחייב גם במצבים אלו זיון אנכי מינימלי.

2.16 בין כך בין אחרת, שיטת הפל-קל קראה תיגר על העקרונות הללו, בכל הנוגע לצורך בזיון גזירה המעוגן כהלכה. שיטה זו (שבעצם היא מגוון שיטות עליהן נעמוד בהמשך, שיש לכולן מכנה משותף עיקרי אחד) סטתה מעקרונות אלו ומעקרונות אחרים שגם בהם נדון בהמשך. בחלק מהמקרים היא עשתה כן בלי לקרוא לילד בשמו, ותוך התיימרות שאין מדובר בסטייה כזו.

## הנורמות החלות על תקרות מבטון מזוין

2.17 לפי חוק התכנון והבניה, התשכ"ה-1965, כל הקמה של בנין טעונה היתר בנייה, ועל ההיתר להיות בהתאם לתקנות שיתקין שר הפנים ולתכניות החלות על הנכס. התקנות שהותקנו לענין זה הן תקנות התכנון והבניה (בקשה להיתר, תנאיו ואגרות), התש"ל-1970 (להלן – תקנות בקשה להיתר). בתוספת השניה לתקנות אלה (להלן – התוספת השניה) מפורטות דרישות טכניות החלות על מי שמתכנן ומקים בנין.

כבר הזכרנו לעיל (סעיף 2.2) את חוקת הבטון המגובשת בת"י 466. סעיף 5.02 (ד) לתוספת השניה מחייב את השימוש בת"י 466 כל אימת ששלד בנין בנוי מבטון. בלשון הסעיף:

"אם שלד הבנין בנוי מבטון לא מזוין, בטון מזוין, בטון דרוך ובטון טרום, הוא יתוכנן וייבנה בהתאם לתקן ישראלי ת"י 466".

בשל חשיבותם נביא כאן את הנוסח המלא של סעיפים 5.02 ו-5.03 לתוספת השניה, העוסקים בשלד בנין ובשיטת בנייתו, והמצויים בסימן ב' לתוספת השניה שכותרתו "שלד הבנין":

### "שלד בנין ומקדם בטון

5.02 (א) כל בנין יהיה בעל שלד.

(ב) שלד יתוכנן וייבנה באופן שתימנע פגיעה כלשהי במצבו התקין של הבנין, לרבות התהוות מצב גבולי.

(ג) מילוי הוראות סעיף קטן (ב) יובטח באמצעות מקדם הבטון שנקבע בתקן, ובאין תקן – בחוות דעת של בעל הכשרה מקצועית מתאימה בענין הנידון שהוסמך לכך מטעם שר הפנים.

(ד) אם שלד הבנין בנוי מבטון לא מזוין, בטון מזוין, בטון דרוך ובטון טרום, הוא יתוכנן וייבנה בהתאם לתקן ישראלי ת"י 466.

### שיטת בנייה

5.03 שיטת בנייה תהא מבוססת על חישובים סטטיים ומבחנים הנדסיים ויתקיימו לגביה תנאים אלה:



(1) החישובים הסטטיים יוכיחו כי נעשה בהם ניתוח ברור על פעולת הכוחות המתהווים בשלד על-  
 העמסים ונתמלאו הדרישות הקונסטרוקטיביות לגבי השלד תוך מתן הדעת על תכונות חמרי  
 ידי  
 הבנייה ;

(2) קיים ניסיון הנדסי לגבי השיטה המוצעת ; באין ניסיון כאמור, ימציא האחראי על ביצוע השלד  
 דעת של בעל הכשרה מקצועית מתאימה בענין הנדון שהסמיכו לכך שר הפנים, כי השיטה  
 חוות  
 האמורה ראויה לשימוש".

נעיר כאן כי בעוד שסעיף 5.02(ג) משתמש במונח "מקדם בטחון" הרי ת"י 466 משתמש במונח "מקדם בטיחות".

בהמשך אנו נלך בעקבות ת"י 466 בענין זה.

2.18 עינינו הרואות שבלי לגרוע מחובת הכפיפות לת"י 466 בבניית שלד מבטון, הרי ששיטת בנייה של שלד צריכה  
 להתבסס על חישובים סטטיים ומבחנים הנדסיים, וצריך שיהיה לגביה ניסיון הנדסי.

מתקין התקנות אינו מתעלם מכך שהתפתחות והתקדמות בחומרים ובידע יכולים "ליצור" שיטות חדשות, שמטבע  
 הגדרתן כחדשות, אינן ממלאות את התנאי של קיום ניסיון הנדסי, הוא גם איננו חשוד כמי שמבקש לבלום התפתחות  
 שיש בה

תרומה חיובית של שיטות בנייה. עם זאת, מתקין התקנות ער לכך ששיטה שלא נוסתה ולא הוכיחה את עצמה בעבר,  
 יכולה להיות נגועה בפגמים, ובעקבות כך להמיט אסון, הן על העוסקים בבנייה במהלך הבנייה והן על הדורים  
 והמשתמשים האחרים במבנה לאחר הקמתו. כדי לאזן בין שני ההיבטים, היבט ההגנה על הציבור מפני השיטה הבלתי  
 נודעת והיבט השאיפה שלא לבלום התפתחות שיטות חדשות מועילות ותורמות לכל, נמצא בדין הפתרון שבא לידי  
 ביטוי בסעיף 5.03(2) הנ"ל. באין ניסיון קודם, כך נאמר שם, יש להמציא "חוות דעת של בעל הכשרה מקצועית  
 מתאימה... שהסמיכו לכך שר הפנים, כי השיטה האמורה ראויה לשימוש".

אילו הוראות הדין הרלוונטיות לענייננו היו מצטמצמות לאמור בתקנות בקשה להיתר בלבד, לא ניתן היה לחרוג בשום  
 נסיבות מהתקן שנקבע, ואולם ניתן היה לקבל אישור לשיטת בנייה חדשה. אולם מסתבר שההגיון שהנחה את מתקין  
 התקנות בכל הנוגע לשיטות בנייה, הנחה באופן דומה גם את קובעי התקן בכל הנוגע לסטייה מהתקן. סעיף 1.3 לת"י  
 466 מאפשר חריגה מהנחיות התקן "בתנאי שאושרו על-ידי מי שהוסמך מטעם שר הפנים לבדוק שיטות תכן או שיטות  
 ביצוע חריגות ולתת חוות דעת על כך".

התוצאה היא שבניית תקרות הבטון כפופה אמנם לתקן, ואולם התקן עצמו מתיר חריגה ממנו אם יינתן לכך אישור, הכל  
 כקבוע בסעיף 1.3 לת"י 466.

מהבחינה המעשית כל הניתוח המשפטי הזה הוא, ככל שהדברים מתייחסים לעבר, ניתוח עקר, משום שהסיפא לסעיף  
 5.03(2) לתוספת השניה הייתה בבחינת הלכה (וביתר דיוק: דין) ואין מורין כן. משרד הפנים גורס כי נעשה בה שימוש  
 פעם אחת ויחידה במשך כל שנות קיומה של הוראת דין זו. אחרים שהעידו בפנינו גרסו שלא נעשה בה שימוש כלשהו.

2.19 תחת זאת, התפתחה פרקטיקה שכל המעונינים ידעו עליה, וכל העוסקים במלאכה, כולל משרדי הממשלה  
 (ובכלל זה משרד הבינוי והשיכון – שעסק בעצמו בבנייה בהיקפים ניכרים), אימצו אותה. לפי פרקטיקה זו "בעל  
 ההכשרה המקצועית המתאימה" שהכתוב (בסעיף 5.03) עוסק בו הוא המכוון הלאומי לחקר הבנייה בטכניון (ובשמו  
 הקודם התחנה לחקר הבנייה) (לעיל ולהלן – המכון הלאומי).

במכתב מיום 24.2.2002, שהופנה אלינו על-ידי פרופ' רחל בקר מהמכון הלאומי, זאת במענה לפנייתנו לציבור להביא בפנינו כל חומר רלוונטי, היא מתארת את "ההשתלשלות ההיסטורית" שהביאה להכרת הכל בעובדה שהמכון הלאומי הוא הרשאי לאשר שיטות חדשות. פרופ' בקר מספרת כי מאז 1975 "הוכנו (על-ידי המכון) למעלה מ-150 חוות דעת מלאות על שיטות בנייה חדישות, רכיבים וחומרי בנייה שעברו בהצלחה את תהליך הבדיקה. יחד עם זאת, ראוי להדגיש כי יותר מ-100 שיטות נפסלו סופית משום שיזמיהן לא הצליחו לפתור בהן בעיות יסודיות וליקויים מובנים".

בשל חשיבותם של התיאורים והעובדות המובאים במכתבה של פרופ' בקר, הוא מצורף כנספח ד לדוח זה.

2.20 במכתב האמור מובהר שההיבטים הנכללים בבדיקת המכון הלאומי הם: "בטיחות ושמישות קונסטרוקטיבית, בטיחות אש, בריאות ובטיחות המשתמש, איכות אויר הפנים, מניעת בעיות רטיבות, נוחות תרמית ושימור אנרגיה, נוחות אקוסטית, נוחות התפעול, קיום לטווח ארוך של הבנינים, אפשרות לתחזוקה וכדומה".

לא כל בקשת אישור שיטה נכנסת ישירות ל"טרקלין הבדיקה". קודם לכן נעשית בדיקה מקדימה, ורק העומד בה עובר לשלב של בדיקה כוללת. "רק לאחר שהוכח כי כל פרטי השיטה... מבטיחים שבנינים שייבנו בה יתפקדו כהלכה בתנאי הארץ מכין הצוות דו"ח חוות דעת מפורט. הדו"ח כולל תיאור מפורט של כל פרטי השיטה ושרטוטים נילווים ברמת פירוט גבוהה, רשימה מפורטת של נקודות מיוחדות שיש להקפיד עליהן במהלך התכנון והביצוע, נקודות מיוחדות לבדיקה במהלך בקרת האיכות ואבטחתה, והסתייגויות לגבי יישומים מסוימים אם ישנן כאלה".

לא בכדי הבאנו בגוף דברינו קטעים אלה ממכתבה של פרופ' בקר, זאת בנוסף לצירופו כנספח לדוח זה. אי אפשר שלא להתרשם בחיוב מדרך טיפולו של המכון בבקשות אישור לשימוש בשיטות חדשות, והכל במגמה להוציא חוות דעת שלמה ככל האפשר בנושא חשוב זה, שהרי שיטה חדשה לא בדוקה הנכנסת לשימוש יכולה לגרום לקיפוח נפש.

2.21 ככל שהדברים נראים לנו עתה, יהיה עלינו להידרש בדוח הסופי לפרשת השיטות החדשות, שהוסדרה על דרך של מנהג שלא קיבל את עיגונו הפורמלי בדיון. אולם בדוח ביניים זה אנו מצמצמים לסיכוי שיטת הפל-קל, ובתת-פרק זה של הדוח אנו עוסקים בהיבט הנורמטיבי. לצורך המצומצם הזה נוכל לאמר, מבלי ששמענו שיש מי שחולק על כך, שלא ניתן לחרוג מת"י 466 בבניית תקרות בטון, זולת אם ניתן להריגה זו אישור כדיון, הכל בדרך שהוסברה לעיל. כפי שעוד יפורט, אישור לא ניתן לשיטת הפל-קל, לא במובנו הנורמטיבי המלא, גם לא "בריכוך המינהגי" שהיה מקובל, ושעל פיו די היה באישור שניתן על-ידי המכון הלאומי לחקר הבנייה.

# פרק שלישי

## תקרות בשיטת הפליקל

### תולדות שיטת הפליקל לדורותיה ולכל מהדורותיה

#### רקע והתפתחות השיטה

3.1 בשיטת הפל-קל שבה עוסק דוח ביניים זה שולבו בתקרת צלעות קופסאות פח הידועות בכינוי פל-קל. במהלך השנים פותחו מספר גרסאות של שילוב כזה:

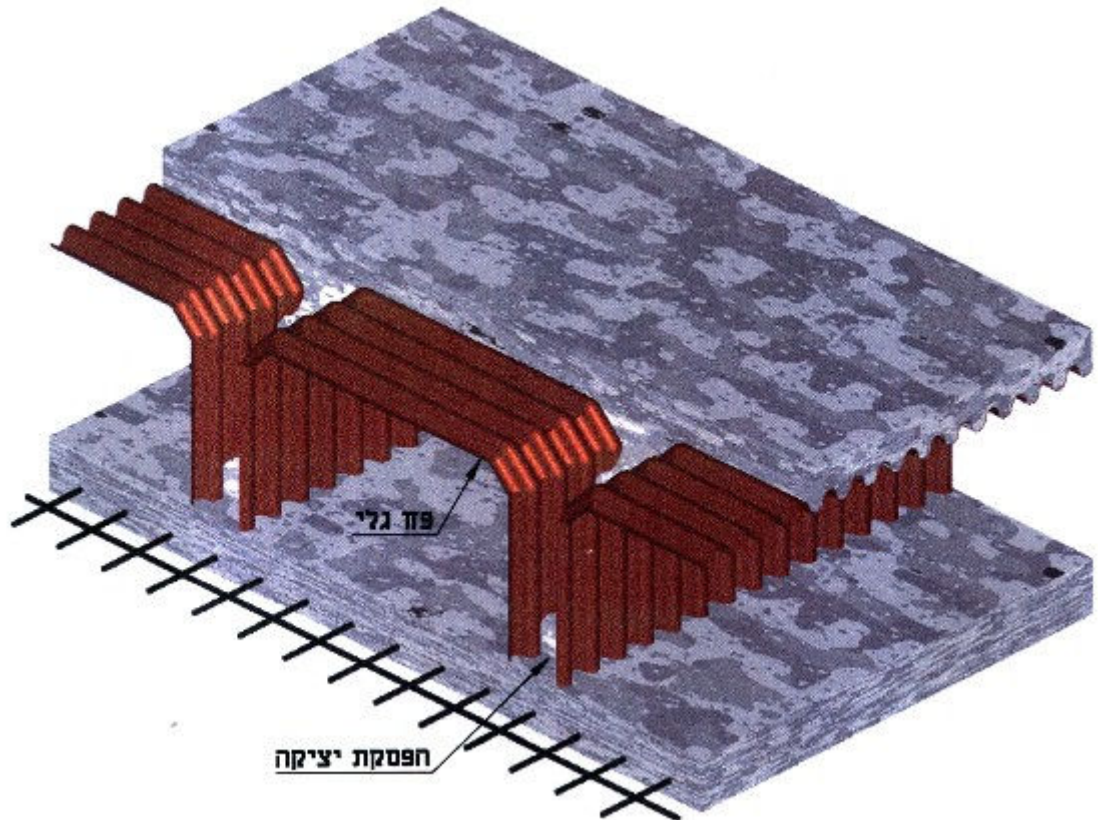
3.1.1 תקרה בחתך T, שבצלעותיה יש חישוקים וזיון אופקי תקניים, ובתחתיתה שכבת בטון דקה, שאינה קונסטרוקטיבית, שבה ננעצו הפחים;

3.1.2 תקרה בחתך I שבצלעותיה יש חישוקים תקניים;

3.1.3 תקרה בחתך I שבצלעותיה אין חישוקים (ראו ציור 7 בעמוד הבא);

3.1.4 תקרה בחתך I שבצלעותיה יש חישוקים שאינם עונים לדרישות התקן הישראלי, אם מפאת צורתם או עיגולם, או שהמרווחים שביניהם הם גדולים מדי, או מכל סיבה אחרת. גרסאות אלה מתחלקות איפוא לשתי קבוצות: באלה המתוארות בפסקאות 3.1.1 ו-3.1.2 יש חישוקים (זיון לגזירה) והן תקניות. באלה המתוארות בפסקאות 3.1.3 ו-3.1.4 אין זיון תקין לגזירה, בין אם אין חישוקים כלל, ובין אם יש חישוקים בדידים או רשת מרוכת אך אלה אינם בהתאם לדרישות התקן.

אנו מבקשים להדגיש כי כאשר אנו מדברים בדוח זה על שיטת הפל-קל ופגמיה, כוונתנו היא אך ורק לשיטה שבה נבנו תקרות בצורות המנויות בפסקאות 3.1.3 ו-3.1.4, זאת חרף העובדה שהשימוש היום-יומי הנפוץ במונח "שיטת הפל-קל" כולל את כל הגרסאות, וזהו גם השימוש שעשה בדרך כלל הוגה השיטה, מר אלי רון, בביטוי זה.



ציור 7: תקרת פל-קל בחתך I ללא חישובים בצלעות

### 3.2 להלן נתאר בקצרה את עיקרי התפתחות השימוש בפחים בבניית תקרות:

במהלך שנות ה-70 החלו להשתמש במבנים שונים בארגזים מפח גלי, בצורת האות "ח", כאמצעי ליצירת החללים שבין הצלעות בתקרות אלה. בניית התקרה בשיטה זו מתחילה ביציקה של שכבת בטון דקה ביותר, לא קונסטרוקטיבית, שעליה הונחו או שבה ננעצו דפנות הארגזים. שכבה זו כללה רשת זיון מינימלית, והיא לא נועדה לשמש כאלמנט קונסטרוקטיבי. הבנייה שמרה על כל החללים המקובלים בבנייתן של תקרות צלעות, לרבות הנחת מוטות זיון אופקי בתחתית הצלעות, שילוב זיון אנכי בצלעות וחישובו בזיון האופקי התחתון, וזיון אופקי עליון. בשל כך, אין הכדל עקרוני בין גרסה זו לבין תקרת צלעות רגילה בחתך T הבנויה על פי דרישות התקן. לכן, "השיוך" של גרסה זו על-ידי חברת פל-קל הנדסה בע"מ לשיטת הפל-קל, רק בשל השימוש בארגזים מפח גלי, איננו נכון.

בשלהי שנות השבעים הגה אלי רון, שהיה אז מהנדס ראשי למבנים במע"צ, שיטה חדשה ליציקת תקרות. שיטה זו, על כל גווניה ומהדורותיה, נודעה לימים כשיטת הפל-קל. היא הוצגה כשיטה החוסכת זמן, עבודה וחומרים, ובכך חסכונית מבחינה כלכלית.

עיקריה של שיטה זו, בקליפת האגוז, הם: שימוש בפח הארגז כתחליף לזיון לגזירה, וכתחליף לזיון העליון.

ה"הגיון" בהמרת הזיון הקונבנציונאלי הדרוש הן לגזירה והן לחיזוק הקשר בין קרומי הבטון, בדפנות הפח, התבסס, ככל הנראה, על כך שבשני המקרים מדובר באלמנט פלדה אנכי שתחתיתו בקרום התחתון. הגליות של דפנות הארגז הייתה אמורה להבטיח את היצמדותן לבטון שבו ננעצה תחתיתן, ולמנוע את שליפתן מן הבטון.

## תיאור שיטת הפל-קל – מהדורה ראשונה

3.3 כאמור, עיקר שיטת הפל-קל נעוץ בשימוש בפח הגלי כאלמנט קונסטרוקטיבי המחליף את הזיון האנכי ואת הזיון העליון בתקרת צלעות. אפיונים נוספים של מהדורת הפל-קל הראשונה התבטאו באלה:

3.3.1 חתך התקרה הנו חתך I, במקום חתך ה-T. זוהי תקרה בעלת שני קרומים, עליון ותחתון, בעלי עובי דומה (בסביבות 5–6 ס"מ כל אחד), עם צלעות ביניהם (ראו ציור 7);

3.3.2 זיון אופקי המושם בפלטת הבטון התחתונה, בצורה של רשת זיון מתועשת, תחת הנחתו כמוטות ברידים בתחתית הצלעות;

3.3.3 העדר חישוקים לצורך זיון לגזירה;

3.3.4 ערך התכון של הבטון לתסבולת הבטון לגזירה (שהוא ערך מספרי המייצג את עמידות הבטון למאמצי הגזירה הפועלים עליו) הוגדל ל-1.8 מגפ"ס (18 ק"ג לסמ"ר) תחת ערכים של 1.0 עד 1.4 מגפ"ס (10 עד 14 ק"ג לסמ"ר) הקבועים בת"י 466;

3.3.5 העדר רשת זיון בקרום העליון;

3.3.6 החל משנת 1984 או 1985 בוטל השימוש ב"צלע מחלקת" בתקרה חד-כיוונית. צלע מחלקת היא צלע המונחת בניצב לצלעות האחרות, ותפקידה לאזן עומסים שאינם פרושים באופן אחיד על התקרה, על-ידי העברת עומסים המרוכזים במקום אחד, לצלעות השכנות.

היתרונות בשיטת הפל-קל לעומת שיטת הבנייה של תקרת צלעות קונבנציונאליות, כפי שהוצגו על ידי הוגה השיטה, אלי רון, הם בכיטול הצורך בהקמת מערך זיון מסובך של חישוקים ומוטות אלכסוניים בצלעות, דבר שחסך זמן עבודה רב. לכך יש להוסיף את כיטול הצורך ברשת זיון עליונה. יתרון נוסף בשיטה זו הוא בהיותם של בלוקי המילוי קלים ביותר, וניתנים להעמסה זה על גבי זה בשעת ההובלה, דבר המוזיל אותה. יתרון נוסף לכאורה הוא היכולת להשתמש בשיטה זו בצורה חסכונית במפתחים גדולים. יתרון אחר מתבטא בנכונות של חברת פל-קל ליטול על עצמה את תכנון התקרות, דבר שחסך זמן וכסף למתכננים.

### אופן הביצוע

3.4 השימוש בארגזים הפתוחים בצידם התחתון הכתיב שיטת ביצוע השונה מזו הנהוגה בתקרה רגילה. בעוד שבתקרת צלעות רגילה הוכן ונבדק מערך הזיון של התקרה בטרם יציקה, ורק לאחר מכן נעשתה היציקה כולה, הרי שבשיטת הפל-קל נעשתה היציקה בשני שלבים לפחות, כפי שמפורט להלן:

3.4.1 תחילה הונחה רשת זיון תחתונה.

3.4.2 לאחר מכן נוצקה שכבת בטון שעובייה על פי רוב כ-5–6 ס"מ (בגרסה של חתך ה-T – סעיף 3.1.1 לעיל – לא עלה עובי שכבה זו על כ-2.5 ס"מ).

3.4.3 על גבי שכבת הבטון שנוצקה, הוצבו, מיד לאחר יציקתה, ארגזי הפל-קל, ופתחם כלפי מטה. חלקם התחתון של דפנות פחי הפל-קל ננעץ בשכבת הבטון. חשוב לציין שהצבת הפחים הייתה חייבת להיעשות בהתאם לקבוע בתוכנית התקרה, ובכלל זה במרווחים מתאימים שבהם נוצקו מאוחר יותר הצלעות המתוכננות.

3.4.4 במקביל לנעיצת הפחים או לאחר סיומה, בוצעה השלמה של יציקת התקרה. יש שהדבר נעשה ביציקה אחת, שבה נוצקו הן הצלעות והן קרום הבטון העליון, ויש ששלב זה פוצל לשתי יציקות: בראשונה נוצק בטון עד למחצית גובה הצלעות לצורך עיצוב הצלעות, ואילו בשנייה נוצק הבטון שהשלים את הצלעות ויצר את קרום הבטון העליון.

להשלמת התמונה נציין שהיו מקרים בודדים שבהם הובאו לאתר הבנייה אלמנטים טרומיים (משטחים מוכנים מראש) של הקרום התחתון, שבהם כבר טובעו הפחים ואף נעשתה יציקה עד אמצע גובה הצלע. אלמנטים טרומיים אלה הונחו במקום התקרה באתר הבנייה ועליהם הושלמה יציקה של הצלעות ושל פלטת הבטון העליונה.

3.5 כאמור, תורת הבנייה מכירה באפשרות של בניית תקרת צלעות חד-כיוונית, או דו-כיוונית. שיטת הפל-קל הלכה אף היא בעקבות כך, ואיפשרה את בניית שני סוגי התקרות. בבניית תקרות פל-קל חד-כיוונית הונחו ארגזי הפל-קל אחד לאחר השני, כך שיצרו מעין "מנהרה" של פח, מקצה תקרה אחד למשנהו. ה"מנהרות" מוקמו במקביל ובמרווחים זו מזו לצורך יצירת צלעות הבטון ביניהן.

בתקרות פל-קל דו-כיוונית היה צורך בסגירת צדדי ארגו הפח הפתוחים באחד מכיווני הצלעות. הסגירה בפח גלי אינה אפשרית משום שהיא לא תיצור אטימה הרמטית, והבטון יחדור לחלל הארגזים. לכן סגירה זו נעשתה בפח שטוח. כושר ההידבקות של פח שטוח לבטון הוא אפסי. ההידבקות, שהיא פרובלמטית גם כשמדובר בפח גלי, הופכת איפוא להיות בתקרה דו-כיוונית פרובלמטית עוד יותר, בשל השימוש בפח שטוח.

### שיטת הפל-קל – גרסאות נוספות

3.6 בעקבות ביקורות קשות שהוטחו בשיטת הפל-קל במהלך השנים, ובעקבות טענות להיותה בלתי תקינה, נעשו על-ידי חברת פל-קל שני מקצי שיפורים:

3.6.1 בתחילת שנות ה-90 הוסף מה שמתיימר להיות זיון לגזירה, זאת על-ידי החדרת "סולם רשת מרוכנת" לצלעות. סולם זה הוכנס לצלעות לאחר יציקתה של השכבה הראשונה, מבלי שהוא עוגן בזיון התחתון. בהעדר עיגון כזה אין לראות בו מרכיב שניתן להתחשב בו כזיון לגזירה.

3.6.2 ככל הנראה במהלך שנות ה-90 הוספה רשת זיון עליונה, שמיועדת למנוע סדקים בקרום העליון שדרכם יכולים לחזור מים.

3.6.3 בשנת 1996, בעקבות תיקון ת"י 466 והכללת החובה לשלב זיון לגזירה לכל אורך הצלעות (ולא רק באזורי ההשענה כפי שהיה קודם לכן) הוכנסו לשימוש מה שהתיימרו להיות חישוקים בצורות שונות, ובהם חישוקים שצורתם  $\Delta$  בודדים או קשורים במארג "אומניה". אולם גם חישוקים אלו לא עוגנו כראוי לזיון התחתון, ולכן לא יכלו למלא את ייעודם לקבל את כוחות הגזירה.

## **בחינה עיונית (ללא עריכת ניסויים) של שיטת הפל-קל**

3.7 לא תמיד יש צורך בעריכת ניסויים לשם קביעת איכותה של שיטת בנייה חדשה. לעתים ניתן לחשב או להעריך את איכותה של שיטת בנייה כבר מתוך בחינה הנדסית מדעית תיאורטית של מרכיביה. בחינה ראשונית כזו צריכה להעריך גם את דבר אפשרות ביצועה של השיטה, הלכה למעשה, "בתנאי השטח" הקיימים בבנייה.

נראה הדבר שבחינה כזו (להלן – בחינה עיונית) הייתה אפשרית ככל שהדבר נוגע לשיטת הפל-קל עוד בטרם נעשה בה שימוש. נסביר את דברינו:

3.7.1 העדר זיון לגזירה: כבר אמרנו כי כשל גזירה הוא מהחמורים בכשלים הידועים בבנייה. המדובר הוא בכשל פריך (המתרחש בפתאומיות ללא סימנים חיצוניים מוקדמים), העשוי לגרום כשל שרשרת כתוצאה מן העומסים המתהווים בהתמוטטות פתאומית של תקרה עליונה על רעותה התחתונה, והמשך בתקרות נמוכות יותר. כדי למנוע ככל האפשר כשל גזירה, מחייב התקן הישראלי (ובכפוף לאמור לעיל בסעיף 2.14 – גם התקנים במקומות אחרים כמו ארה"ב, אירופה ורוסיה) שילוב של זיון לגזירה בתקרת צלעות, לפחות באזורים הסמוכים לאזורי ההשענה (באזורי מומנטים שליליים), שהם האזורים הרגישים ביותר לכשל בגזירה, זאת תוך עיגון כהלכה בזיון האופקי.

לזיון האנכי יש שני תפקידים: האחד, למנוע את השפעתו ההרסנית מאוד של "כשל גזירה", והשני, "למסמר" את קרומי הבטון האופקיים הנמצאים האחד למעלה והשני למטה מהצלעות (אשר בשיטת הפל-קל נוצקו שלא באופן רצוף), באופן שהם לא ייפרדו ולא תיווצר דלמיניציה (היינו היפרדות) בין השכבות. פשיטא, שהיפרדות השכבות וניתוק הצלעות משכבת הבטון יכולה להביא להרס של התקרה ולהמיט אסון.

דפנות ארגזי הפל-קל אינן יכולות להוות תחליף לזיון הגזירה, ולו משום שהן אינן מעוגנות כהלכה, שהרי נעיצת הפח בבטון היא נעיצה רופפת מדי. בגרסה מאוחרת יותר של שיטת הפל-קל הוספו אמנם "סולמות" לצלעות על מנת שישימשו זיון לגזירה, אלא ש"הסולמות" לא היו מעוגנים לזיון התחתון, ולא יכלו למלא תפקיד של זיון לגזירה.

נעיצת דפנות הפח בבטון אמורה הייתה להיות בעומק של 1.5 עד 2 ס"מ, ואולם עומק זה איננו מספיק, לפי עדות מומחים, לשם יצירת הידבקות שתוכל לעמוד כנגד הכוחות הפועלים לשליפת הדפנות מהבטון. לא זו אף זו, בלשון עדות ששמענו מפי מומחה "..." הבטון מצטמק בשפות העליונות, באותו מקום שהפלדה חודרת לבטון.... נוצר סדק דק כתוצאה מהצטמקות הבטון, נוצרת הפרדה תוך כדי תהליך ההתקשות של הבטון. להפרדה הזו יש עומק מסוים, מעומק מסוים... אתה יכול לסמוך אולי על ההידבקות המלאה, אבל בוודאי לא בשפה העליונה ששם הייבוש הוא חריף יותר מלכתחילה". במילים אחרות, שוליו העליונים של הבטון שבתוכו ננעצות דפנות הפח נוטות "לסגת" במקצת מההיצמדות למתכת בחלק העליון שלו, כך שבחלק זה בוודאי ובודאי שאין הצמדה בין הפח לבטון, דבר המקטין עוד יותר את שטח הנעיצה האפקטיבי. נציין במאמר מוסגר שבפועל פעמים רבות לא עלה עומק הנעיצה על 0.5 ס"מ. נוסף ונאמר שכמפורט להלן, תהליך של קורוזיה גורם לכך שבמשך הזמן, אפילו הייתה נעיצה טובה, ההידבקות לבטון נחלשת בשל התפוררות המתכת עקב הקורוזיה.

3.7.2 ערך תכן תסכולת הבטון לגזירה: לצורכי חישוב יצאו מתכנני שיטת הפל-קל מהנחה שערך התכן לתסכולת הבטון לגזירה עבור בטון מסוג ב-30 הוא 1.8 מגפ"ס (18 ק"ג/סמ"ר), ערך גבוה בהרבה מהמותר ב"ת" 466, שהוא 1.0 עד 1.4 מגפ"ס (10 עד 14 ק"ג/סמ"ר). יש בכך כדי להקטין במידה משמעותית את מקדמי הבטיחות לגזירה המקופלים בערכים הנקובים בתקן.

3.7.3 איכות פלדה ירודה: איכות ועובי פח קופסאות הפל-קל נחותים לעין ערוך מהפלדה המשמשת לזיון בשיטה הקונבנציונאלית, כך שאפילו היה מדובר באלמנט קונסטרוקטיבי, לא הייתה איכות הפלדה מספקת למטרה זו.

3.7.4 קורוזיה: הסביבה שבה מבוצעת פעילות היציקה היא סביבה רווית מים בשל מעורבות של מים בתהליך היציקה. נוסף לכך יש חשש להיקוות של מים או אדי מים בתוך החללים שאותם תוחמים הפחים, בין כתוצאה מחדירת מים במהלך יציקת התקרה, בין מחדירה מאוחרת יותר של מי גשמים או של מים שנוזלו עקב קלקול בצנרת מים או בצנרת ביוב, משטיפת רצפות ומסיבות אחרות.

מקובל על הכל כי בדרך כלל בטון העוטף פלדה, מונע ממנה לעבור תהליך של קורוזיה (החלדה). פלדת הזיון שבה משתמשים בתהליכי הבנייה הרגילים לא תינזק איפוא כל עוד כולה נתונה ועטופה בבטון כפי שנדרש בבנייה תקינה. אף אלי רון כתב באחד ממאמריו (עיתון "מבנים", גיליון II, 1995) ש"כאשר הזיון נחלד הוא מתנפח... ולכן חייבים לתת כיסוי תקני לזיון למניעת התפתחות קורוזיה...". לעומת זאת, בשיטת הפל-קל רק חלק מפחי הפל-קל בא במגע עם הבטון ומוגן על-ידו (גם זאת כפי שכבר ראינו לא בהצמדה מלאה), ואילו חלקו האחר (הפנימי) של הפח, חשוף. התוצאה היא שיש אפשרות שפחי הפל-קל, כולם או חלקם, יותקפו בתהליך של קורוזיה, כתוצאה מרטיבות ולחות המתהווים בחללים המתוחמים על ידי הפח. תהליך זה הוא "תהליך סרטני" בגוף פחי הפלדה, ההולך ומפורר אותם, וכפועל יוצא מכך מחליש אותם עד כדי ביטול מלא של "התכונות הקונסטרוקטיביות" שלהם (אפילו בהנחה שהיו כאלו).

3.7.5 החלשת קרום הבטון התחתון: עובי קרום הבטון התחתון היה על פי רוב כ-5-6 ס"מ. זוהי השכבה שצריכה לשאת במאמץ ובמעמסת כוחות המתיחה. הנעיצה של פחי הפל-קל לתוך שכבה זו חורצת בה חריצים שתוצאתם היא דילול יכולת הנשיאה שלה. "הפרפורציה החלקית" המתהווה בקרום הבטון עקב נעיצה מסיבית זו, יוצרת משטח דמוי טבלת שוקולד שיש בה חריצים, ומן המפורסמות הוא שחריצים אלו מחלישים את הטבלה.

3.7.6 חשש מדלמיניציה: בשעת יציקה של תקרה הבטון הוא רטוב ובמצב נוזלי. לאחר היציקה מתרחשת ריאקציה כימית, שהצמנט והמים משמשים רכיבים שלה, שבמהלכה הופך הבטון לחומר קשוי. תהליך זה בשלביו הראשונים נקרא התקשות, ובלשון עממית הוא קרוי "התייבשות". להקלת הקריאה ברוח זה על-ידי מי שאינם אנשי מקצוע, נקרא לו התקשות הבטון.

כלל גדול הוא שיציקת בטון לשם הקמת "רכיב" כלשהו (בין תקרה, בין עמודים, בין אחרת) צריכה להיעשות בהינף ביצוע אחד. הטעם הוא שאחת מתכונות הבטון היא הידבקות מוגבלת, או חוסר יכולת הידבקות מלאה, של בטון שהתקשה לבטון "רטוב". כלומר, מגבלה של הידבקות מונעת את היווצרותה של מקשה אחת בין בטון ש"התקשה" לבין בטון "רטוב".

תהליך ההתקשות של הבטון הוא מהיר מאוד, וככל שחולף זמן רב יותר בין מועד סיום יציקה אחת לבין יציקה נוספת האמורה להתחבר ליציקה הראשונה, כן פוחתים הסיכויים ליצירת רכיב בטון שהוא מקשה אחת. בימים חמים ההתקשות מהירה עוד יותר.

שיטת הפל-קל מחייבת יציקות בשלבים (ראו סעיף 3.4 לעיל). תחילה יש ליצוק את השכבה הראשונה ולנעוץ בה את הפחים. לאחר מכן יש ליצוק את השכבה השנייה (הכוללת את הצלעות) ולאחר מכן את השכבה השלישית. תהליך הנעיצה גוזל זמן, והחשש להתקשות (בודאי ביום חם) הולך וגובר ככל שתהליך זה ארוך יותר. די בפער של שעות אחדות בין כל שתי יציקות כדי ליצור "קו הפרדה" בר ניתוק קל בין שתי השכבות. החשש לפרימה ולהפרדות של "קו הפרדה" האמור הוא גדול מאוד, זאת נוכח כוחות המתחה והדחייה הפועלים בעוצמה רבה, בעיקר במפגש שבין הצלע לבין הקרום התחתון בסמיכות לאזורי ההשענה. חרף חשש זה, לא כללה השיטה אמצעי ליצירת חיבור נאות בין שכבות הבטון שנוצקו והתקשו בזמנים שונים.

**3.7.7 נזקים מצטברים:** אנו מבקשים לסייג במידת מה את שיכול להתפרש כנובע מהמושג "כשל פריך". האופייני לכשל כזה הוא, כפי שכבר נאמר, פתאומיות הופעתו, ללא סימנים מקדימים. אך אין להסיק מכך שלכשל מסוג זה לא קודמת הצטברות בתוככי התקרה של נזקים בלתי נצפים (להלן – נזקים מצטברים). הצטברות של נזקים מסוג זה, מעבר לרמה קריטית מסוימת, עלולה לגרום להתפשטות מהירה של סדק, והתוצאה היא כשל פריך.

נזקים מצטברים יכולים להיות מסוגים שונים, ובהם היפרדות הדרגתית של קרומי הבטון מהצלעות (דלמינציה), סדקי גזירה בצלעות וקורוזיה של פחי הפל-קל.

בתקרות בכלל, ובתקרות פל-קל בכלל זה, עשויים להיגרם נזקים מצטברים, בין היתר, בשל העמסת התקרה מעבר לגבול האלסטי שלה (ראו סעיף 2.8.2 לעיל). במצב כזה, גם לאחר שחרור העומס שהופעל על התקרה, היא לא תחזור למצבה הקודם, וכתוצאה מכך יתהוו נזקים פנימיים בתקרה.

מצבים אפשריים שבהם עשויים להיגרם נזקים מצטברים הם למשל, בזמן בניית המבנה כאשר נוצקת תקרה מעל לתקרה קיימת הנמצאת מתחתיה (במצב זה, התקרה הקיימת צריכה לשאת הן את הטפסות והן את משקל התקרה הנוצקת, ראו סעיף 3.10 להלן), או במקרה של אולם שמחות שבו העומס גדל בזמן התקהלות חריגה, ופוחת לאחר מכן.

תופעה זו של נזקים נסתרים מצטברים הנה חמורה במיוחד בתקרות פל-קל נוכח זאת, שכפי שראינו לעיל, תקרות אלה נעדרות תכונה בסיסית וחשובה הטבועה בתקרות תקינות מבטון מזוין, היא תכונת ההתראה המוקדמת הניתנת על-ידי סדקים ושקיעות המופיעים במצב של "חולי", והולכים וגדלים עם הזמן עוד בטרם התמוטטות. בתקרות בטון מזוין תהליך "הבשלתם" של כשלי בנייה הוא ארוך והוא ילווה בדרך כלל בשקיעה וסדיקה גלויים לעין. במבנים שנבנו באופן תקין תחשוף סקירה ויזואלית, במרבית המקרים, את התפתחותו של כשל, דבר שיאפשר לבצע פעולות מונעות אסון. לא כן בתקרות שנבנו בשיטת הפל-קל. הן עלולות להיראות תקינות לחלוטין מבחינה ויזואלית גם כשאינן כאלה, זאת בשל תכונת חוסר המשיכות של הבטון שאינו נפגם חיצונית לפני ההתמוטטות. אופי הכשל של תקרות הפל-קל הוא כזה שהן יוכרעו בשבריר של שנייה. במצב כזה קיים סיכון נוסף והוא שהתוצאה ההרסנית לא תיחדד לתקרה שהתמוטטה בלבד, אלא גם לחלקי בנין אחרים, זאת עקב פעולת שרשרת שתוצאותיה מי ישרון. אסון ורסאי המחיש זאת.

**3.7.8 סיכונים הנובעים מדרך הביצוע:** נוסף על הסיכונים שפורטו לעיל, הנובעים מעיקרי התכנון של שיטת הפל-קל, ניתן היה מלכתחילה לדעת שבדרך הביצוע שלה טבועים סיכונים נוספים, וזאת מסיבות אלה:

א. נעיצה בלתי מבוקרת של הפחים: פחי הפל-קל ננעצים לתוך שכבת הבטון התחתונה שזה עתה נוצקה, על-ידי פועלים הדורכים ברגליהם על פחים אלו. מקומות הדריכה הם אקראיים. במקום אחד הדריכה מסיבית יותר, ובאחר קלה יותר. התוצאה היא חשש לנעיצה בלתי שווה ובלתי אחידה.

ב. רוחב הצלעות: מקומות הנחת הפחים אינם מסומנים מראש. נוסף לכך, זרימת הבטון הנשפך ביציקה השניה לאחר נעיצת הפחים ומשקלו, יכולים להטות את הפחים ממקומם. כל הטיה כזו משמעותה הקטנה או הגדלה של הצלעות או של המרווחים בין הצלעות. תזוזת פחי הפל-קל ממקומם בכל "ההמולה" האמורה מתבקשת כמעט מאליה, נוכח העובדה שהדבר היחיד המייצב את הפחים הוא היותם נעוצים בבטון, ואולם הבטון בשלב זה הוא רטוב ואין בו כדי לקבע את הפחים. הסדירות של צלעות הבטון, בעיקר מבחינת אחידות רוחבן, אך גם מבחינת אחידות המרווחים שביניהן, חשובה ליציבות התקרה. תוספת אי סדירות בכל אלו יוצרת מצב שבו ההטרחות לדחייה ולגזירה גבוהות במידה רבה מההטרחות שהתקבלו במודל החישובי שעמד לנגד עיניו של המתכנן.

ג. חדירת בטון לחללים: הבטון הנשפך מסיבית לאחר נעיצת הפחים בשכבה הראשונה, יכול לחדור אל מתחת לדפנות הפחים, לתוך החללים שבקופסאות הפח. חללים אלו נועדו, כזכור, להיות ריקים. כניסה בלתי מתוכננת של בטון לתוכם יכולה ליצור "חלקי צלעות" שונים, וכן להגביר עומס עקב משקלו של הבטון שנוסף לתקרה באופן לא מתוכנן.



ד. עיוות הפחים: תהליך הדריכה על הפחים לצורך נעיצתם ושפיכת בטון לאחר מכן, יכולים לערער את "השלמות הגיאומטרית" של הפחים שנועדו להיות ולהישאר דמויי האות 'ח'. עקב כך הדפנות של פחים אלו יכולות ליצור "פיסוק" באופן שקצותיהן יתרחקו זו מזו, או ליצור מצב הפוך כאשר קצותיהן מתקרבות זו לזו. התקרבות כזו יכולה להגיע עד להיצמדות של קצות הפחים, באופן שלא יהיה כלל בטון באזור המפגש שבין הצלע לבין הקרום התחתון. מצב זה קרוי "צלע ברוחב 0".

ה. איכות הבטון: מלאכת היציקה של בטון איננה נשלמת עם שפיכת הבטון. בבטון השפוך יש בועות אוויר ואי הומוגניות של מרכיביו. "הרמונית הבטון" שאליה חותרים מושגת על-ידי ריטוט (ויברציה), דחיסה ויישור של הבטון באמצעות מכשירים מיוחדים. בטון שאינו עובר תהליך כזה הוא בטון באיכות ובחוזק נמוכים יותר, ומראהו כמראה גבישי חצץ וגושי חומר המודבקים זה לזה, לעומת מראהו ההומוגני מאוד של בטון שבו הושגה "הרמונית הבטון" הנדרשת.

בדוחק הזמן המעיק על יוצקי קרום הבטון התחתון שבשיטת הפל-קל, ובמעברים הצרים שבין הפחים, אין זה פשוט כלל ועיקר להפעיל כהלכה את כל הנדרש לשם יצירת אותה "הרמונית בטון", אם כי שמענו בחלק מהעדויות שיש טענה שחרף הקושי, הדברים בוצעו כהלכה. אנו ערים לכך שקושי זה טבוע בכל תקרת צלעות, אלא שבתקרה רגילה קושי זה עומד לעצמו, ואילו בתקרת פל-קל הוא מתווסף לליקויים האחרים. בנסיבות כאלו, ובמסגרת הצטברות הגורמים השליליים, יש לקושי זה משקל גדול יותר.

3.8 יצוין שהליקויים והפגמים האמורים, ולפחות החשש מפני אפשרות קיומם של ליקויים ופגמים כאלו, קיימים וישימים בכל הגוונים והמהדורות של שיטות הפל-קל שנמנו לעיל, אך לא בגרסאות שבהן פחי הפל-קל הם חומר מילוי בלבד שאיננו משתתף בחישובי הקונסטרוקציה. בגרסאות אלה מרכיבים, כזכור, זיון אנכי לגזירה המעוגן ומחושק לזיון האופקי התחתון. כבר אמרנו שיש להתייחס לתקרה הנבנית בדרך זו כאל תקרה הנבנית בשיטת צלעות רגילה, אולם דברים אלו נאמרים בסייג שגם בתקרה כזו יכולים לדבוק חלק מהליקויים שהוזכרו לעיל (כגון רוחב בלתי אחיד של צלעות ומרווחים, כניסת בטון ל"אזורי הריק"). עם זאת, חששות אלו מצומצמים יותר בסוג זה של תקרות, משום שעצם קיום זיון אנכי מחושק לזיון האופקי התחתון מייצב את הפחים ומקשה עליהם את התזוזות, שהן מצדן יוצרות את אי הסדירות שעליה דיברנו. כאמור, פרט לגרסאות אלה, שהכללתן במקבץ מהדורות הפל-קל היא מלאכותית ולא נכונה, כל החששות שנמנו לעיל ישימים לכל המהדורות והגוונים האחרים. יכול אמנם שעוצמת החששות תהיה שונה ממהדורה למהדורה, ואולם סביר להניח שהפערים יהיו שוליים. נחזור ונאמר שהעדר זיון אנכי מעוגן לזיון התחתון משותף לכל המהדורות, וזהו הפגם הבסיסי בשיטה. לפגם בסיסי זה נוספים ליקויים אחרים המשותפים לכל הגוונים והמהדורות, ובהם חשש מדלמיניציה, אי סדירות הצלעות והמרווחים, "הפיסוק" ו"ההיצמדות" של דפנות הפח, מילוי מלא או חלקי של "חללי הריק" שבתוך קופסאות הבטון, קורוזיה וכל שאר החששות שנמנו לעיל. (חלק מתופעות אלא התגלו בבדיקת תקרות בנק ישראל – ראו סעיף 3.28 לדוח זה).

3.9 די בבחינה עיונית של מרכיבי שיטת פל-קל כדי להגיע למסקנה שטמון בה חשש רציני מאוד לקיום זרע פורענות. אנו אומרים את הדברים בלשון המעטה, אך לאמיתו של דבר נראה לנו שלגבי חלק מהמרכיבים מדובר בהרכבה למעלה מחשש, והדברים מתייחסים בראש ובראשונה לצורך בזיון אנכי לגזירה המעוגן בזיון האופקי התחתון.

חשוב להדגיש שהבחינה האמורה ומסקנותיה היא בחינה עיונית של נתוני שיטת הפל-קל, ללא עריכת ניסויים וללא לימוד ובחינה של כשלים, מצד אחד, ושל לקחים מהתבוננות מבנייה שנעשתה, מצד שני. בחינה עיונית כזו הייתה יכולה והייתה צריכה להיעשות לפני עשיית שימוש בשיטה, ואין צריך לאמר שמסקנותיה היו ברורות. במילים אחרות, "בחינה עיונית" היא לבדה, וללא בדיקות נוספות, מאפשרת את הצפייה מראש של אותם ליקויים שפורטו לעיל. בחינה כזו מביאה למסקנה שטמון בשיטה סיכון. בחינה כזו אכן נעשתה על-ידי מהנדסים רבים ועל-ידי המכון הלאומי לחקר הבנייה, ועל כך ידובר בהמשך.

עד כמה נכונה מסקנתנו זו תעיד העובדה שהוועדה לכשל מבנים שהוקמה על-ידי לשכת המהנדסים ובדקה את נושא הפל-קל עוד בשנת 1987 (ראו סעיף 6.3 לדוח זה) הגיעה, בעיקר מכוח בחינה ובדיקה עיוניים, למרבית המסקנות הכלולות כאן.

להתעלמות מעקרון הצפייה יש מסקנות במישורים שונים של הטלת אחריות על הגורמים המעורבים.

## אישוש מסקנות "הבחינה העיונית" – כשלים עד אסון ורסאי

3.10 למרבה הצער הוכיחה המציאות העגומה מהר מאוד, ועוד זמן רב לפני אסון ורסאי, ש"החששות העיוניים" שפורטו לעיל מתממשים הלכה למעשה. הכוונה היא למקרים של תקלות והתמוטטויות שאירעו במבנים שבהם נעשה שימוש בשיטת הפל-קל, בדרך כלל במהלך הבנייה.

הפגמים הטמונים בשיטת הפל-קל לא ייחשפו בהכרח בטרם יתממש הסיכון הטמון בה. הטעם לכך הוא שבהרבה מקרים אין גילוי חיצוני שיעיד על קיומו של סיכון או נזק מתפתח. החשיפה הלכה למעשה של ליקויי שיטת הפל-קל, ואישוש "החששות העיוניים", יכולים, איפוא, להיעשות רק אם וכאשר ממומש הסיכון ותקריות מתמוטטות או לפחות נהרסות, כך שניתן לבחון את תוכני התקריות.

להלן נסקור מספר מקרים שבהם אירעו התמוטטויות וחשיפות כאמור, ונבחן מה ניתן ללמוד מהם לענייננו. לפני כן, ולצורך הבנת הדברים, נסביר בקצרה את תהליך ההכנה הקודם ליציקה של תקרות. לפני יציקת תקרה יש להכין את "המצע" שעליו היא תתבצע. לצורך זה מעמידים על הקרקע, או על התקרה שנוצקה בקומה הקודמת ("התקרה הנושאת"), מערכת של עמודים העשויים בדרך כלל מצינורות מתכת שעליהם מונח ונקשר משטח העשוי בדרך כלל מעץ (מערכת העמודים והמשטח קרויה "טפסות"). העמודים אמורים להיות מחוזקים באופן שיהיו מסוגלים לקבל, נוסף על עמסי הכבדה האנכיים, כוחות אופקיים שיכול שיופעלו על הטפסות. כאשר גובה הקומה שעל התקרה הנושאת הוא יותר מגובה של קומה רגילה, נבנית מערכת מרחבית של תומכים (מגדלים מרחביים) המצטיינת בכושרה לעמוד גם כנגד כוחות אופקיים.

על משטח העץ מניחים ומסדרים את הזיון ולאחר מכן יוצקים את הבטון. הטפסות נשארות במצבן זה מספר ימים כקבוע בתקן (בין 7 ל-21 ימים), ולאחר מכן הן מוסרות והתקרה נושאת את עצמה.

העומסים המופעלים על התקרה הנושאת בעת יציקת התקרה החדשה עלולים להיות גבוהים מן העומסים הרגילים שלהם מתוכננת התקרה הנושאת, דבר המחייב נקיטה באמצעים שימנעו, ככל האפשר, נזק לתקרה הנושאת.

אחד הנזקים שמפניהם יש להיזהר הוא התמוטטות טפסות, דבר שיכול לגרום בעקבותיו לנפילת הבטון של התקרה החדשה על התקרה הנושאת, וליצירת עומס מוגבר עליה. העומס המוגבר הוא תוצאת התאוצה הכרוכה בנפילה כזו של בטון. העומס המוגבר יכול לגרום להתמוטטות התקרה הנושאת, ואף לכשל בשרשרת משמעותית בו תקרות אחרות.

נזקים כאלו צריך למנוע בין השאר באמצעות שני אלה:

- א. תכנון הטפסות בדרך ראויה, על פי התקנים המחייבים.
- ב. יישום קפדני של תקני הבנייה הרלוונטיים לתקריות. התקנים מביאים בחשבון שולי ביטחון רחבים למדי, היכולים לקלוט ללא נזק עומסים מוגברים מהעומסים המתוכננים. הקפדה כזו מגבירה את ההסתברות שגם אם יהיה כשל בטפסות, הוא לא יגרור בעקבותיו את התמוטטות התקרה הנושאת, ובודאי לא כשל בשרשרת.

3.11 הבאנו את תיאור תהליך ההכנה והיציקה משום שמתוך הכשלים בבנינים שבהם הייתה מעורבת שיטת הפל-קל, שלושה ארעו בעת יציקת התקריות ובהם התמוטטו גם הטפסות וגם התקרה הנושאת, שהייתה תקרת פל-קל (זאת בנוסף להתמוטטות התקרה החדשה). התמוטטויות אלו נוגעות לדיונו בשני ענינים, האחד נוגע לחשיפת "מעיי" התקריות, כך שניתן היה לבדוק את תוכן, והשני מתייחס לעמידותה של תקרת הפל-קל בעומסים שהופעלו.

3.11.1 ב-30.7.87 ארעה התמוטטות במבנה חניון תת-קרקעי דו-קומתי במתחם בורסת היהלומים ברמת-גן, אשר נבנה בשיטת הפל-קל. ההתמוטטות ארעה בעת יציקת התקרה העליונה של החניון. התקרה הנושאת (תקרת הביניים של החניון) הייתה אמורה להיות נסמכת על-ידי קירות נושאים בכל היקפה. קירות אלו בפועל לא הוקמו עד ליום האירוע (כנראה

באישור המתכנן) ובמקומם הועמדו טפסות ששימשו כתמיכות זמניות. מסיבה לא ברורה, בזמן היציקה של התקרה העליונה, טפסות אלו היו חסרות באחת הפינות של התקרה הנושאת, ולפיכך היא התמוטטה בפינה זו. התקרה הנושאת הייתה תקרה מצולבת שבצלעותיה לא היה זיון לגזירה (חישוקים). בזמן היציקה פעל על התקרה הנושאת עומס שהיה גבוה ב-36% מהעומס המתוכנן. בהתמוטטות נהרג אדם אחד.

ככשל זה נחשפו לעיני ציבור המהנדסים, בפעם הראשונה, תוככי תקרת פל-קל. בחינת התקרה חשפה תופעות של צלעות ברוחב משתנה, החל מרוחב צלע "0", התנתקויות של הקרום התחתון משאר התקרה, ושליפה של מוטות זיון שלא הגיעו לכניעה כלל. על תופעות אלה דיווחו החוקרים מטעם אגף הפיקוח על העבודה במשרד העבודה והרווחה, אשר ביקרו במקום בסמוך להתרחשות הכשל. וכך הם כתבו, בין היתר, בדוח חקירת התאונה:

2. בעת פיזור בלוקי פלדה (קופסאות פח) לא הקפידו לשמור מרחק של 10 ס"מ ביניהם כפי שתוכנן. לכן במקומות מסוימים המרחק הוקטן כמעט עד לאפס... במקומות מסוימים המרחק בין הקופסאות הוגדל במידה מופרזת בקצה המודול שכשל עד 42-43 ס"מ...  
3. במודולים הסמוכים למקום הכשל נשלפה השכבה התחתונה של התקרה."

כבר בשלב זה הובהר למפקחים הפגם הבסיסי ביותר בשיטה:

"הדבר מראה שאין חיכוך מספיק בין שכבות הבטון ולפי דעתנו יש לבצע קשר בין שכבות הבטון בעזרת עוגנים ולזרו את התהליך בין יציקת השכבות למינימום וזאת על מנת למנוע התקשות הבטון".

הכשל ברמת-גן הדליק נורות אדומות בעיני מהנדסים בכירים רבים ובעיני חוקרים בכירים בטכניון. דוגמא בולטת לכך באה בתגובתו של פרופ' משה עדין, מהנדס וחוקר מוביל בתחום, שאף העיד בפנינו, שכתב לאחר אירוע זה ולנוכח מה שנחשף בתוככי התקרה, שהוא לא רואה אפשרות שיוציא חוות דעת חיובית על השיטה אף אם ניסויי מעבדה יפיקו את התוצאות המעולות ביותר.

3.11.2 ב-17.12.91 התמוטט גג של מבנה תעשייה חד-קומתי באזור התעשייה סגולה בפתח תקוה. במהלך יציקת הגג התמוטטה מערכת הטפסות, שהוקמה ככל הנראה באופן לא תקני, ועמה הגג שנוצק באותה עת, וכן התמוטטה התקרה הנושאת. הגג והתקרה הנושאת היו תקרות חד-כווניות שנבנו בשיטת הפל-קל. גם בהתמוטטות זו נהרג אדם אחד.

בדוח של חוקרי אגף הפיקוח על העבודה לגבי מקרה זה נכתב:

"החישוקים היו מברזל רגיל במקום ברזל מצולע לפי שמתוכנן, ולא היה קשר בינם לבין רשתות הזיון... שתי שכבות בטון (התחתונה והעליונה) בתקרת הקרקע נפרדו, דבר המצביע על כך שלא היה קשר ברזלי מספיק ביניהן... בעת היציקה הבטון חדר לתוך הארגזים".

3.11.3 ב-30.11.94, בעת יציקת גג בחניון על-קרקעי בן שלוש קומות באשקלון, שנתמך על תקרה נושאת באמצעות מגדלים מרחביים, חלה התמוטטות של מגדלי התמיכה ושל התקרה הנושאת. התמוטטות התקרה הנושאת המשיכה וגרמה לכשל בשרשרת של תקרת ביניים נוספת בקומה התחתונה. כל תקרות החניון היו תקרות פל-קל.

מקרה זה נחקר ביסודיות על-ידי המכון הלאומי לחקר הבנייה, ומסקנותיו היו שהכשל נגרם כתוצאה מכשל התקרה הנושאת ולא כתוצאה של כשל בטפסות. גם דוח החקירה של אגף הפיקוח על העבודה הגיע למסקנה כי:

"ללא צל של ספק, מערכת הטפסות לא היתה סיבה להתמוטטות של תקרת הגג ורק תכנון ושיטת היציקה שלה גרמה להתרחשות האירוע".

בסיכום הדוח צוין בין היתר:

1. בשיטת פל-קל במתכונת שיושמה באתר הקמת החניון אין אפשרות להבטיח רוחב צלעות אחיד, כאשר במקום 10 ס"מ כמתוכנן, רוחבן בפועל היה 6 ס"מ ופחות;
2. הזיון שניתן בצורת רשת מרוחקת אנכית להגברת כושר הגזירה של הצלעות, לא עזר במאומה בגלל חוסר עיגון בשכבה התחתונה והעליונה.

בניגוד למקרה הראשון, הרי ששני המקרים האחרים מוליכים בהסתברות גבוהה למסקנה ששיטת הפל-קל תרמה לעצם ההתמוטטות של התקרות הנושאות. טפסות אינן מתמוטטות בבת אחת וכולן יחדיו. לכן העומס הדינמי שהופעל על התקרה הנושאת היה אמנם גדול מהמתוכנן, ואולם עדיין מתון מספיק כדי שתקרה הבנויה לפי התקן, שיש בה זיון לגזירה, לא הייתה קורסת במצב כזה, בודאי שלא הייתה קורסת בקריסה פריכה וטוטלית.

3.12 כדי להיחלץ ממלתעות המסקנות המוסקות מכשלים אלו, ביקש אלי רון, הוגה השיטה, לראות את "האשם" במערכת הטפסות, ולא בשיטת הפל-קל. אפילו נצא מההנחה שהצדק הוא במקרים אלה עם אלי רון, גם אז לא תימלט השיטה מהפגם שדבק בה, שהרי תהיה אשר תהיה הסיבה שהתחילה את השרשרת, האופן שבו הגיבו תקרות הפל-קל הנושאות על ההתמוטטות מוכיח כי הן לא עמדו במבחן הבסיסי שתקרה מתוכננת כהלכה צריכה לעמוד בו. כאמור, במקרה של התמוטטות של מערכת טפסות, מופעל על התקרה הנושאת עומס גבוה יותר מהעומס המופעל עליה בעת היציקה, וזאת כתוצאה מהאפקט הדינמי של הנפילה. עם זאת, אין מדובר בעומס החורג בצורה משמעותית מהעומס בשעת היציקה, שכן התמוטטות מערכת טפסות היא בעיקרה התמוטטות הדרגתית, והתאוצה שצובר הבטון הטרי בנפילתו איננה גדולה. בנסיבות אלו, החבטה שספגו התקרות התחתונות מנפילת התקרות העליונות לא הייתה צריכה לגרום להן לכשל בגזירה, שהביא מצדו להתמוטטות פתאומית וטוטלית, דבר שמצדו גרם כשל בשרשרת.

הנה כי כן, אפילו בהנחה שתחילתו של הכשל הייתה בהתמוטטותה של מערכת הטפסות, כטענת אלי רון, נכשלה תקרת הפל-קל הנושאת בכשל גזירה. נמצא כי זרע הפורענות שהוסק בבחינה העיונית אכן התממש, וכי תקרות פל-קל אינן מתנהגות כפי שתקרה מתוכננת כראוי אמורה להתנהג.

3.13 נוסף על המקרים האמורים של כשלים במהלך היציקה, ארעה התמוטטות גם שלא בשעת יציקת תקרה. המקרה ארע ב-3.9.95 במבנה תעשייה בן שלוש קומות באשדוד, שבו נבנתה גם קומת גלריה בחלק משטח הקומה הראשונה. בכשל זה התמוטטו כל שלושת המפלסים, ונהרג אדם אחד. חוקרי אגף הפיקוח על העבודה לא יכלו לקבוע אם שרשרת ההתמוטטות החלה בתקרת הגג או בגלריה. ההתמוטטות חשפה גם פה את תוככי התקרות, ומסתבר שגם כאן נחשפו פגמים ובהם: יציקה בלתי אחידה, כשההידבקות בין הקרום התחתון והצלעות אינה טובה, או אף לא קיימת כלל, עקב יציקה בשני שלבים; רוחב צלעות משתנה (בין 4 ל-15 ס"מ); החדרה בלתי אחידה של פחי הפל-קל לקרום התחתון (בין 0.5 ל-2 ס"מ) וליקויים נוספים. גם אם הייתה בכשל זה הצטברות של ליקויים אחרים, סביר להניח כי לשיטת הפל-קל, הן בתכנון והן בביצוע, הייתה תרומה להתרחשות ההתמוטטות בשרשרת כפי שארעה.

כשל נוסף שהובא לידיעת הוועדה ארע בתחילת שנת 2000 בתקרת חניון תת-קרקעי בגבעתיים. במקרה זה, כתוצאה מחדירת גלגל של משאית אשפה לשכבת הבטון העליונה, נוצר כשל מקומי אשר גרר קריסה כללית של מערכת התקרה בהיקף די גדול ממוקד הנזק ומעין כשל שרשרת. השכבה התחתונה של התקרה "התקלפה" ונוצרה סכנה לנפילתה. מאחר וקטע התקרה שניזוק היה במצב גבולי של הרס, התקבלה הצעתו של המהנדס שבדק את התקרה להרוס אותה ולבנות במקומה תקרה חדשה בשיטה הרגילה. כן נעשה תיעוד מדורג של הריסת התקרה, בלווי מכון התקנים, אשר הוציא על כך דוח. בהריסה מתועדת זאת נתגלו, כבמקרה של הכשל ברמת-גן, תוככי תקרת הפל-קל. גם כאן נחשפו פגמים כמו בריחה וסטייה של פחים ממיקומם המתוכנן, היצרות של צלעות עד כדי סגירה מוחלטת תוך יצירת נתקים ברציפות הצלעות, אי אחידות בבטון ובטון מפורר, וסימנים לסדקי גזירה בקצות הצלעות.

ידועים לנו עוד שלושה כשלים שבהם הייתה מעורבת שיטת הפל-קל, ואלה הם: התמוטטות בכני ברק (ב-1987) של תקרה שנוצקה, בלי שהתמוטטות זו גרמה להתמוטטות התקרה הנושאת; התמוטטות בחולון (ב-1987) שם שתי תקרות

מקשיות התמוטטו ונפלו על תקרת פל-קל שהתמוטטה אף היא (ראו תמונה מס' 1 בעמוד הבא); כשל ברחובות (ב-1997) שם נתגלו סדקים שחייבו חיזוק של מבנה.

אין ראיות או ממצאים שמהם ניתן להסיק שיש קשר בין כשלים אחרונים אלו לשיטת הפל-קל.



תמונה 1 :

צורת ההתמוטטות של המבנה בחולון אשר בו רואים כיצד הקרומים התחתון נפרד מהצלעות

3.14 צריך להדגיש שככל הידוע לנו אין בארץ רישום מרכזי של כשלים. יתכן, איפוא, שהיו עוד כשלים שאיננו יודעים עליהם. עם זאת, באה בפנינו עדות של מר פיטר מגנוס, מנהל אגף הפיקוח על העבודה במשרד העבודה והרווחה. במסגרת תפקידו חוקר אגף זה תאונות עבודה. לדברי מר מגנוס, תאונות שבהן מעורבת התמוטטות בית או חלקו של בית הן נדירות מאוד, ואינן מגיעות אפילו לכדי עשרות במשך שנים רבות. בהנחה שעדותו תואמת את המציאות, אי אפשר להתעלם מכך ששמונה הכשלים האמורים, שהם אחוז משמעותי מכלל ההתמוטטויות, היו בבנינים שבתקריתיהם מעורבת שיטת הפל-קל.

לסיכום, בחינת הכשלים שנסקרו לעיל מספקת תמיכה, אישוש וחיזוק למסקנות ש"החישוב העיוני" לבדו, די היה בו כדי להגיע אליהן.

## **אישוש מסקנות "הבחינה העיונית" – כשל מבנה ורסאי**

3.15 אולם השמחות ורסאי התמוטט ביום 24.5.01, בעיצומה של חתונה שנערכה במקום. אסון ורסאי הוא הבולט בין כשלי הפל-קל שנתגלו. ההיקף הרחב של ההרס, היותו הרס בשרשרת, ובעיקר מספר הקורבנות שהוא גבה, הפכו אותו למקרה הראוי לבחינה נפרדת.

כבר הזכרנו בהקשר זה את חקירת מומחי המכון הלאומי לחקר הבנייה בטכניון, שנעשתה לפי הזמנת המשטרה, ואת הדוח רב ההיקף והאיכות שהוגש על-ידם. חקירה בהיקף ובעומק כזה מאפשרת לא רק הצצה לנעשה בתוך תקרת הפל-קל, אלא בחינה מעמיקה מאוד של כל הנתונים הרלוונטיים. כפי שנראה, יש בממצאים שנתגלו כדי לאשש כל אחד ואחד מ"החששות העיוניים".

צוות החוקרים מטעם המכון הלאומי חקר את הכשל במשך כ-7 חודשים והגיש דוח מסכם בחודש דצמבר 2001. למרות אי דיוקים קלים פה ושם, הצליח דוח זה, לדעתנו, לקלוע אל המטרה בניחוח הבעיות העיקריות של שיטת הפל-קל.

#### להלן נביא תמצית קצרה של עיקרי דוח המכון הלאומי:

לפי האמור בדוח המכון הלאומי, מדובר במבנה שיועד לתעשייה, ובו קומת מקלט תת-קרקעי, קומת חניון תת-קרקעי, קומת כניסה ושלוש קומות מעליה. אולם ורסאי נמצא בקומה העליונה במבנה זה, שמידותיו בתכנית המבנה הם כ- 20 X 60 מ' בקירוב. תקרות הבנין (להוציא תקרת המקלט) בנויות בשיטת "פל-קל" ועוביין 6+33+6=45 ס"מ. מדובר בתקרות ערוגות דו-כיווניות ודו-קרומיות, ועל פי נתונים הכלולים בתכנית הבנין, לא תוכנן כל זיון גזירה בצלעותיהן. התקרות נשענות על עמודים מבטון מזוין במודול עיקרי של 10.6 X 9.6 מ'. גרעיני המבנה עשויים ברובם מקירות בני (מילוי בלוקים). הבנין מבוסס על כלונסאות קטני קוטר (35 ס"מ) קדוחים בשיטת ההקשה. לא נתברר אם נערך סקר קרקע בקשר עם בניית המבנה, אולם הוברר שהוא לא תוכנן לשאת כוחות אופקיים (בעיקר הדברים אמורים לגבי רעידת אדמה). תכן שלד הבנין בוצע ככל הנראה בשנת 1987, ובנייתו הייתה ברובה בשנים 1988 ו-1989.

3.16 מומחי הטכניון אספו חומר וריכוזו מידע על גיאומטריית המבנה, אלמנטי השלד, פרטי זיון ושלבי הביצוע מתוך אלה:

3.16.1 סטים חלקיים של תכניות אדריכלות וקונסטרוקציה שאותרו.

3.16.2 חישובים סטטיים חלקיים שנמסרו לעיריית ירושלים, שנמצאו במשרדי מתכנני השלד השונים ובמשרדי האדריכל.

3.16.3 עדויות שניתנו במשטרה על ידי מפתח שיטת הפל-קל, מתכנני הבנין (אדריכל ומתכנני השלד), קבלן הבנין, המפקח הצמוד על ביצוע התקרות מטעם חברת פל-קל, המהנדסים האחראים על ביצוע השלד, בעלי אולם השמחות, מתקין התקרה האקוסטית, אורחים שהשתתפו בחתונה, אדם ששהה בקומה שמתחת לאולם ורסאי בזמן ההתמוטטות וקבלן ההריסות שביצע את הריסת המבנה לאחר האסון.

3.16.4 תעודות אספקת בטון, תעודות אספקת פחי פל-קל, מידע של ספק משאבת הבטון לאתר.

3.16.5 צילומי אויר מתאריכים שונים בזמן הבנייה.

3.16.6 סרטי וידאו מהחתונה שהתקיימה בערב ההתמוטטות ומאירוע שהתקיים יום קודם לכן.

3.16.7 רישום של תנאי מזג האויר (טמפרטורה ולחות) בשלבים השונים של הבנייה כפי שנמסר ע"י השירות המטאורולוגי בבית דגן.

3.16.8 סקירה של סדרת ניסויים שבוצעה במחלקת הבדיקות של התחנה לחקר הבנייה בטכניון בשנים 1979, 1980, 1982, ו-1985 המתייחסות לסכימות של תקרות חד-כיווניות במהדורות שונות של שיטת הפל-קל (ראו סעיף 4.4 להלן).

3.16.9 דוחות בענין כשלים והתמוטטויות של תקרות פל-קל בשנים 1987 (שתי התמוטטויות), 1991, 1994, 1995 (שתי התמוטטויות), 1996 ו-1998.

3.17 חוקרי המכון הלאומי ביקרו מספר פעמים באתר המבנה לאחר ההתמוטטות, ערכו בו צילומים רבים, ואף נטלו ממנו מדגמי בטון קשוי, מדגמי מוטות זיון בודדים ורשתות עיגון וכן מדגמי פח של גופי המילוי. חלק מהמדגמים נבדק

במעבדה של המכון הלאומי וחלקם במכון המתכות הישראלי בטכניון. במעבדת המכון הלאומי נבדקו התכונות המכניות של מוטות הזיון והרשתות: חוזק והתארכות בשבר של פלדת הזיון, וכן החוזק ללחיצה של מדגמי הבטון הקשוי. נוסרו גם קטעי תקרה שמהם ניתן ללמוד על כשלים שהתפתחו באלמנטים השונים של התקרה. במכון המתכות הישראלי נבדקו התכונות המכניות, הכימיות והמטלורגיות של מוטות הזיון הבודדים, של רשתות העיגון ושל ארגזי הפח. עיקר הבדיקה מתמקד בעמידות של הפח בקורוזיה בתנאים שונים לאורך זמן.

3.18 החוקרים ערכו אנליזה ממוחשבת (אלסטית-ליניארית) בשיטת האלמנטים הסופיים לרצפת אולם ורסאי. המודל לאנליזה כולל שש וריאציות, המסומנות באותיות A-F. בכל הוריאציות הונחו שתי הנחות יסוד: פחי הפל-קל משמשים כגופי מילוי בלבד חסרי כל תרומה מבנית (הנחה מחמירה) ויציקת התקרה מבוצעת בשלב רציף אחד (הנחה מקלה). ראויות לציון וריאציות A ו-C כמפורט להלן:

3.18.1 מודל A מתייחס למצב התכנוני התיאורטי. על פי מודל אנליטי זה היה צריך מתכנן השלד הסביר לפעול. תוצאות החישוב על פי מודל זה מראות שמאמצי הגזירה המרביים בצלע הקריטית, גדולים למעלה מפי שניים ממאמץ הגזירה המותר על פי התקן הישראלי הרלוונטי.

3.18.2 מודל C מתייחס לביצוע בפועל של התקרה, הכולל אי התאמות גיאומטריות לתכנון, (בעיקר מדובר בשוני שבין הביצוע לבין התכנון של המיקום והמידות של הכותרת מעל עמוד 16) וכן אי התאמה של העומסים בפועל לעומת העומסים המתוכננים. החישוב על פי מודל זה מראה שמאמצי הגזירה המרביים בצלע הקריטית גדולים כמעט פי שלושה ממאמץ הגזירה המותר על פי התקן הישראלי הרלוונטי.

מתוך התוצאות האנליטיות עולה כי ההתמוטטות נגרמה עקב היעדר זיון לגזירה בצלעות התקרה.

המומחים ערכו חישוב ראשוני מקורב להערכת ההגברה הדינמית עקב הריקודים. מן החישוב עולה שהעומס הסטטי השקיל שפעל בזמן הריקודים לפני האסון הגיע ככל הנראה לכמחצית מהעומס השימושי הנדרש בתקן הישראלי לאולמות אירועים.

הצילומים של האזורים שכשלו (שבר אלכסוני של הצלעות בסמוך לכותרות העמודים) וצילומי הוידאו של נפילת התקרה (נפילה אחידה אופקית) מאמתים את התוצאות האנליטיות.

חקירת מכון המתכות הישראלי של קצבי הקורוזיה (גלובלית ולוקלית) של הפח הגלי, במים ובאווירה לחה, מראה שאורך חיי הפח קצר בהרבה מאורך החיים הנדרש ממבנה בטון מזוין (לפי בדיקות שנעשו, אורך חיי הפח בתנאים אלה מוערך ל-18 שנים, לעומת אורך החיים הנדרש מבטון מזוין שהוא 50 שנים). תוצאה זו אינה רלוונטית כאשר מניחים שהפח אינו משמש כאלמנט מבני.

בניגוד לטענות וגרסאות שהושמעו בציבור במשך זמן, הדגישו מומחי המכון הלאומי כי מעולם לא הוסר אף עמוד אשר תמך את רצפת אולם ורסאי, ולא הורד אף אלמנט תומך אחר.

3.19 במהלך עבודתם חשפו המומחים את קיומם של ליקויים רבים בהליכי רישוי בנייה, שהיו יכולים להוות תמרורי אזהרה ולמנוע את האסון. העיקריים שבהם הם אלה:

3.19.1 התעלמות עיריית ירושלים ממבנה גדול ההולך ומוקם ללא היתרי בנייה ובשלב מאוחר יותר מופעל ללא היתר איכלוס.

3.19.2 אי דיווח מטעם האדריכל, מתכנן השלד והאחראי לביצוע השלד, על הבנייה הלא חוקית, לרשויות.

3.19.3 בניית מבנה על ידי קבלן שאינו בעל סיווג מתאים (בחלק מן הזמן חסר סיווג כלל).

3.19.4 בנייה בסטיות וחריגות משמעותיות מהיתר הבנייה, שניתן במהלך הבנייה.

3.19.5 הגשת בקשה למתן תעודת גמר חתומה ע"י האדריכל והמהנדס האחראי לביצוע למרות כי שני אלו ידעו היטב שהבנין נבנה עם סטיות וחריגות ניכרות מהיתר הבנייה, ושהקומות העליונות של הבנין נועדו לשמש כאולמות שמחות, ולא כאולמות תעשייה בלתי מוגדרת כפי שהוצהר ואושר.

3.19.6 ביצוע שינויים במבנה (כגון התקנת ריצוף חדש על גבי ריצוף קיים, בניית מחיצות והסרתן) ללא יעוץ וליווי הנדסי.

3.19.7 התעלמות של בעלי האולם מהתראות ואותות אזהרה שונים אשר העידו על הכשל הקרב.

מומחי המכון הלאומי הגיעו למסקנה כי שיטת הפל-קל היא שיטת בנייה מסוכנת ולקויה ביסודה. היא אינה עומדת בדרישות ת"י 466 לתקרות בטון מזוין, אלא התקן חל עליה רק בתנאי שגופי המילוי מפח גלי משמשים כטפסה בלבד ליצירת החללים ואין להם שום תפקיד מבני. במקרה כזה חלות עליה דרישות אחרות שהחשובות שבהן הן התכנן לגזירה, תנאי ביצוע שיבטיחו שרוחב צלעות יהיה כמתוכנן ואת הידבקות הקרום התחתון. מאחר שבתנאי ביצוע שבהם יוצקים את הקרום התחתון לפני הנחת גופי המילוי לא ניתן להבטיח את ההידבקות המלאה בין הצלעות לקרום, יש לתכנן את התקרה כולה כ"תקרת מקשר" לפי פרק 4 בת"י 466.

ניסויים מסוימים וכן עובדת קיום תקרות פל-קל בשטח רב, מעידים כי פעולה מבנית של הפח ושל המערכת כולה אפשרית, בתנאים מסוימים, אולם תנאים אלה לא נבדקו ולא הובהרו מעולם. אין כל אפשרות לדעת בוודאות אילו מבין תקרות הפל-קל הקיימות, אם בכלל, ממלאות את התנאים והן בעלות רמת בטיחות נאותה, ואילו מהן עומדות על סף התמוטטות.

3.20 אלו הם כאמור עיקרי הדברים שבהם דן דוח המכון הלאומי. כפי שכבר אמרנו, הדוח עוסק גם בהיבטים שאינם "היבטי פל-קל". בדוח ביניים זה, שאיננו דן אלא בנושאי הפל-קל, לא נתייחס לדברים שאינם קשורים ישירות לשיטה זו.

3.21 הטבלה שלהלן, שהוכנה על פי נתונים מתוך דוח המכון הלאומי, מראה את העומסים על רצפת אולם "וורסאי" בהתאם להנחות של מתכנני המבנה, לעומת העומסים כפי שהיו בפועל בעת האירוע ולעומת העומסים הנדרשים בתקנים (הערכים נקובים בק"ג/מ"ר).

| עומס אופייני שנלקח ע"י מתכנני המבנה (כפי שעולה מהחישוב הסטטי שנמצא בעיריית ירושלים) | עומס תכנן שנלקח ע"י מתכנני המבנה (עומס אופייני מוכפל במקדמי בטיחות חלקיים לעומס) | עומס אופייני מרבי בפועל | עומס אופייני תיקני (לרצפת אולם ארועים) |                            |
|---|--|-------------------------|--|----------------------------|
| 450   | 630  | 480                     | 480                                    | משקל עצמי                  |
| 0   | 0  | 440                     | 250                                    | ריצוף + מילוי              |
| 0   | 0  | 160                     | 50                                     | תקרה אקוסטית מערכות וכיו"ב |
| 750   | 1,200  | 200                     | 500                                    | שימושי                     |
| 1,200   | 1,830  | 1,280                   | 1,280                                  | סה"כ                       |

עיון בטבלה מראה שהבנין קרס בעומס הקרוב מאוד לעומס האופייני המתוכנן, דבר שאסור שיקרה במבנה המתוכנן כהלכה. הדבר מראה לכאורה כי הבנין עמד על כרעי תרנגולת, וכי תכנונו היה לקוי בכך שבגבולות הסמוכים לעומס האופייני המתוכנן הוא קרס.

מהדוח עולה כי פחי הפל-קל, שכל עיגונם מתבטא בנעיצתם בשכבת בטון דקה, נשלפו מתוך הבטון, לא היוו זיון לגזירה, סדקי גזירה ניכרים נוצרו לפחות בסמוך לחלק מנקודות ההשענה, סדקים כאלו נמצאו גם בתקרות אחרות שלא קרסו באותו בנין, הקרווזה אכלה בכל פה חלקים ניכרים מפחי הפל-קל, וקרומי הבטון נמצאו מופרדים זה מזה בשל אי הידבקות טובה בשעת יציקתם. עובדות אלו נראו בבירור, ואף הונצחו בצילומים שנעשו, הממחישים היטב את הממצאים המזעזעים



שנחשפו במקום. מצאנו לנכון לצרף לדוח זה מספר צילומים שימחישו את הממצאים החמורים שנחשפו במקום (ראו תמונות מס' 2 ו-3 בעמוד הבא).



תמונה 2 : כשל בגזירה בצלעות בסמוך לעמוד



תמונה 3 :

היפרדות הקרום התחתון וחשיפת הצלעות שבתקרה ; ניתן לראות בברור את אי האחידות ברוחב הצלעות

### 3.22 להשלמת התמונה נביא להלן מספר ציטוטים מהאמור בדוח המכון הלאומי :

3.22.1 "כשל בגזירה בייחוד בהיעדר זיון לגזירה מסוג כלשהו בצלעות, כביישום ברצפת אולם ורסאי, הוא כשל פריך המלווה באובדן פתאומי ומוחלט של כושר הנשיאה של הצלעות. כשל מסוג זה מוביל לכשל בשרשרת, שבמהלכו כשל של צלע בודדת מתפשט במהירות לצלעות שכנות ומביא להתמוטטות פתאומית וללא אזהרה ממשית של אזורים נרחבים ברצפה, כפי שאכן ארע באולם ורסאי..." (עמ' II לתקציר).

3.22.2 "בדיקה אנליטית של מאמצי הגזירה בצלעות רצפת אולם ורסאי, בהתבסס על מספר מודלים חישוביים, העלתה כי מאמצי הגזירה לפי כל המודלים האנליטיים עלו במידה רבה... על חוזק התכן בגזירה של הבטון בצלעות... הניתוחים האנליטיים התבססו על המידות התיאורטיות של הצלעות בהתאם לתכניות ואינם לוקחים בחשבון ליקויי ביצוע, כגון הצרות ברוחב הצלעות וליקויים אחרים העלולים לגרום להגדלה נוספת של מאמצי הגזירה... התחשבות בליקויים נוספים אלה בניתוחים החישוביים הייתה רק מחמירה את תוצאות האנליזה, החמורות בלאו הכי" (עמוד III לתקציר).

3.22.3 "רצפת אולם ורסאי לא כשלה כתוצאה מחריגות הבנייה השונות או כתוצאה של שקיעות מערכת הביסוס של עמודי הבנין ו/או כתוצאה של פיצוץ או חבלה" (עמוד III לתקציר).

3.22.4 "לשיטת הבנייה פל-קל במתכונת שיושמה בבנין הנדון בכלל וברצפת אולם ורסאי בפרט, אין כל גיבוי אנליטי או ניסויי. מעצם טבעה השיטה אינה עומדת בקריטריונים הנדסיים בסיסיים מקובלים, אינה עומדת בדרישות תקנים ישראליים ו/או תקנים זרים ישימים כלשהם, ואינה מאפשרת פיקוח נאות להבטחת התאמת הביצוע לתכן..." (עמוד IV לתקציר).

3.22.5 "מאפיינים מבניים בסיסיים של שיטת בנייה פל-קל במתכונת שיושמה במבנה הנדון, וגם במתכונות שונות אחרות, כגון היעדר קשר נאות ועיגון בין חלקי המערכת, היעדר כל משיכות, ולמעשה פריכות מובהקת, היעדר יכולת למנוע כשל בשרשרת, היעדר יכולת להבטיח התאמת הביצוע לתכן, בעיות קיים וכו', עלולים לגרום להתפתחות נזקים מבניים נסתרים ברצפות/תקרות פל-קל, אשר אינם ניתנים לזיהוי בבדיקות ויזואליות, ובמקרים מסוימים אף לא בבדיקות לא פולשניות..." (ההדגשה לא במקור) (עמוד IV לתקציר).

3.22.6 "ליקויים מבניים נסתרים חמורים אובחנו במקומות שונים בבנין הנדון, בקטעי רצפות שלא התמוטטו, הן בתחום אולם ורסאי והן באולם "אצולת ירושלים", באזורים שבהם בבדיקה ויזואלית חיצונית לא אובחנו ליקויים חמורים בולטים לעין... הליקויים המבניים הללו כללו היעדר קשר והפרדת הקרום התחתון של הרצפה מצלעותיה, סדיקה אלכסונית חמורה של צלעות הבטון שנמצאו בתהליך של כשל בגזירה מאחורי דפנות הפח של גופי מילוי פל-קל, וכן סדיקה אופקית בחיבורים בין הצלעות לקרום העליון של הרצפה. ממצאים אלה תואמים את מנגנוני הכשל החזויים של רצפות פל-קל בדרך כלל והם נמצאים בהתאמה לממצאים שאובחנו בקטעי הרצפות שהתמוטטו ולניתוחים האנליטיים שבוצעו במהלך חקירת הכשל הנדון..." (עמוד IV לתקציר).

3.22.7 "הצטברות מים בחללי רצפות הבנין הנדון בכלל ובחללי רצפת אולם ורסאי בפרט, כתוצאה של חדירת מים לחללים אלה במהלך הקמת הבנין ובהמשך עקב השימוש בו, גרמו לקרוויה מזוהזת של גופי המילוי מסוג פל-קל, שיוצרו מפחי פלדה בלתי מוגנים בפני קרוויה. באתר התמוטטות הבנין נמצאו גופי מילוי פל-קל רבים במצב קרוויה מתקדם ואף במצב איכול מלא..." (עמוד V לתקציר).

3.22.8 "...מודגש בזה שמתכונת רצפות פל-קל שיושמה בבנין הנדון הייתה שונה באופן מהותי ובסיסי מכל מתכונת של רצפות פל-קל אשר נוסו בעבר במחלקת הבדיקות של התחנה לחקר הבנייה בטכניון... מפתח שיטת הבנייה הנדונה, מהנדס אליהו רון, היה כבר מודע בשנת 1987 לבעייתיות הבנייה הנדונה ולסיכונים הרבים הכרוכים ביישומה... הדבר הובהר לו בצורה בלתי משתמעת לשתי פנים על-ידי אנשי מקצוע בלתי תלויים שונים וביניהם מומחי התחנה לחקר הבנייה בטכניון..." (פסקה 5 לסעיף 2.5.2 לדוח).

3.22.9 "הכשל מאופיין במספר תופעות שלכל אחת מהן בנפרד ולשילובן יכולה להיות משמעות באשר לסיבות וגורמי הכשל ולתהליך התרחשותו. תופעות אלו כוללות (ללא סדר כלשהו):

- קילוף של הקרום התחתון של התקרה באזורים הסמוכים לעמודים ולנקודות וקווי השענה אחרים;
- גזירה של צלעות באותם אזורים, שלעתים מלווה בקילוף של הקרום העליון;
- שליפה של מוטות זיון מן הבטון וקילוף רשתות זיון תחתונות מן הקרום התחתון...
- חפייה בלתי מספקת של רשתות זיון על-פי ת"י 466;
- צלעות עם פח שטוח (לא פח גלי) בכיוון מזרח-מערב;

- רוחב משתנה של צלעות בטון ועיוות צורת הצלעות;
- אי הידבקות גופי מילוי של פחים אל הבטון;
- חוסר הידבקות של בטון הצלעות אל בטון הקרום התחתון."

(סעיף 3.1.2 לדוח)

3.22.10 "פירוט הממצאים המובאים בצילומים 3.33–3.39:

- צילום 3.33 א' מראה את הפן העליון של גוף המילוי לאחר ניסור הקרום העליון של טבלת הבטון והסרתו. ניתן לראות רווח בין גוף המילוי לקרום העליון. כמו כן ניתן להבחין בהעדר הידבקות בין הפח לבטון הקרום העליון..."
- "צילום 3.34 מראה את ניתוק גוף המילוי מן הקרום העליון. ניתוק זה נגרם עקב שקיעת הצלע וניתוקה מן הקרום העליון - השקיעה שנתגלתה בתחתית התקרה לא נראתה בפניה העליוניים.
- צילום 3.35 מראה סדק גזירה אלכסוני ברוחב של יותר מ-2 ס"מ באחת הצלעות התחומות על-ידי דופן פח גלי. ניתן גם לראות את סימני החלודה מן הפח על בטון הצלע, דבר המצביע על העדר כל הידבקות בין הפח לבטון.
- צילום 3.36 מראה את המשך סדק הגזירה כסדק הפרדה בין הצלע לקרום העליון. גם סדק זה... הוא ברוחב כ-2 ס"מ...
- צילומים 3.37-3.39 מראים את מפגש הצלע שממול הצלע שתוארה לעיל... עם הצלע הניצבת לה, שהייתה תחומה בפח שטוח. ניתן להבחין בהפרדה של הקרום התחתון מן הצלע האורכית (בעלת פח גלי), והמשך סדק ההפרדה אל תוך דופן הצלע הרוחבית. ניתן גם להבחין בחלודה על פני הקרום התחתון, דבר המעיד על חדירת רטיבות דרך הרצפה..."

(סעיף 3.1.4 לדוח)

3.22.11 "לסיכום:

- הרצפה כשלה כתוצאה מכשל גזירה של הצלעות... עקב העדר זיון לגזירה בצלעות.
- דפנות גופי המילוי המלבניים העשויים פח גלי בכיוון הצר של הרצפה ופח מישורי בכיוון השני לא מנעו את כשל הרצפה בגזירה.
- קיום של זיון גזירה תקני... תוך הבטחת רוחבן המתוכנן של הצלעות, סביר כי היה מונע את הכשל".

(סיכום פרק 5, בעמ' 5.3)

3.22.12 "תכן רצפות פל-קל עם זיון כפיפה מפוזר בקרומי הרצפה, ללא כל דרישות ביחס לקיום זיון כפיפה בצלעות עצמן, הינו בסתירה לדרישות תקן ישראלי 466.

תכן רצפות פל-קל ללא זיון בכל שטח הטבלה העליונה (הקרום העליון) הינו בסתירה לדרישות תקן ישראלי 466..."

3.22.13 "ביצוע ובקרת ביצוע של רצפות פל-קל... והתאמתה לתכניות היא לפעמים משימה בלתי אפשרית, בין היתר עקב מגבלות מובנות של שיטת הבנייה הנ"ל. הדבר בא לידי ביטוי בליקויי ביצוע אופייניים של רצפות אלה כדלקמן:

- היעדר אחידות בעובי הקרומים, הן הקרום התחתון והן הקרום העליון.
- העדר כל שליטה ממשית על גיאומטריית צלעות הרצפה (רוחב הצלעות, מיקומן, מישוריותן וכו').
- היעדר עובי כיסוי מתאים על מוטות הזיון, הן בקרום התחתון והן בקרום העליון...
- היעדר יכולת להבטיח את רוחב הצלעות, את מיקום הפחים... ופרמטרים אחרים בעלי משמעות מבנית חשובה ביותר.

אין חישוקים וזיון גזירה בצלעות הסמוכות לכותרות העמודים ו/או בקטעים אחרים של הצלעות.

מאפייני שיטת בנייה פל-קל.... גורמים לכך שתקלות ו/או אירועים בלתי מתוכננים ובלתי צפויים מסוגים שונים, העלולים להתרחש במבנים, הן במהלך הקמתם והן בתקופת השימוש בהם, מביאים להתמוטטות בשרשרת של הבניינים הנבנים בשיטה זו, כמו שהדבר התרחש בבנין הנדון, כאשר כשל מקומי של רצפת אולם ורסאי היה מלווה בהרס והתמוטטות כללית של רחבת הריקודים של אולם ורסאי ושל שלוש רצפות פל-קל שמתחתיה".

(סעיף 6.1.2.2 לדוח)

3.23 הנה כי כן, ממצאי אסון ורסאי כפי שנחשפו, פורשו ותוארו על-ידי צוות מומחים נכבד של הטכניון, אישור את רובם ככולם של החששות הכלולים "בבחינה העיונית".

## **בדיקות אל-הרס ובדיקות פולשניות מינימליות – עוד אישור של "הבחינה העיונית"**

3.24 כבר אמרנו שיכול שתקרה תכיל בתוכה את זרעי הפורענות העלולים להנביט אסון ביום מן הימים. לצד זה, אפשרות הבדיקה של הנעשה בתוכן של תקרות מוגבלת מאוד, משום שמשעה שהן "נאטמות" לאחר היציקה ולאחר השלמת שאר עבודות הבנייה, אין אפשרות לבדוק זאת ביסודיות בלי להרסן או בלי לעשות בדיקות פולשניות. אפשרות ממשית לבדוק את פנים התקרות קיימת רק במקרה של כשלים מלווים בהרס, ש"תוצר לוואי" שלהם הוא מתן אפשרות לחשיפת פנים התקרות.

אין זה מעשי, גם לא נכון, להרוס תקרות רק כדי להיווכח מה מסתתר בתוכן, כשם שיהיה זה לא נכון (בלשון המעטה) לנתח אוכלוסייה רק כדי לבחון אם היא בריאה או חולה. נוכח ההשלכות המשמעותיות מאוד שיהיו לפעולות הריסה או תיקון של תקרות פל-קל, אם יתברר שיש צורך בכך, וכן כדי לקבל אישור נוסף "לחששות העיוניים", מעבר למה שנבחן והוסק מבדיקה של מבני פל-קל שבהם היו התמוטטויות, בחנו אם ניתן לעשות בדיקה נוספת שתאשש או תשלול אותם. מצאנו שקיימת אפשרות לביצוע בדיקות אל-הרס או בדיקות פולשניות מינימליות, שיש בהן כדי ליתן תמונה אמינה למדי על פנים התקרות בלא להצריך את "פתיחתן". כיוון שכך, החליטה הוועדה שבטרם תסיק את מסקנותיה, היא תבחן נדבך נוסף של בדיקות.

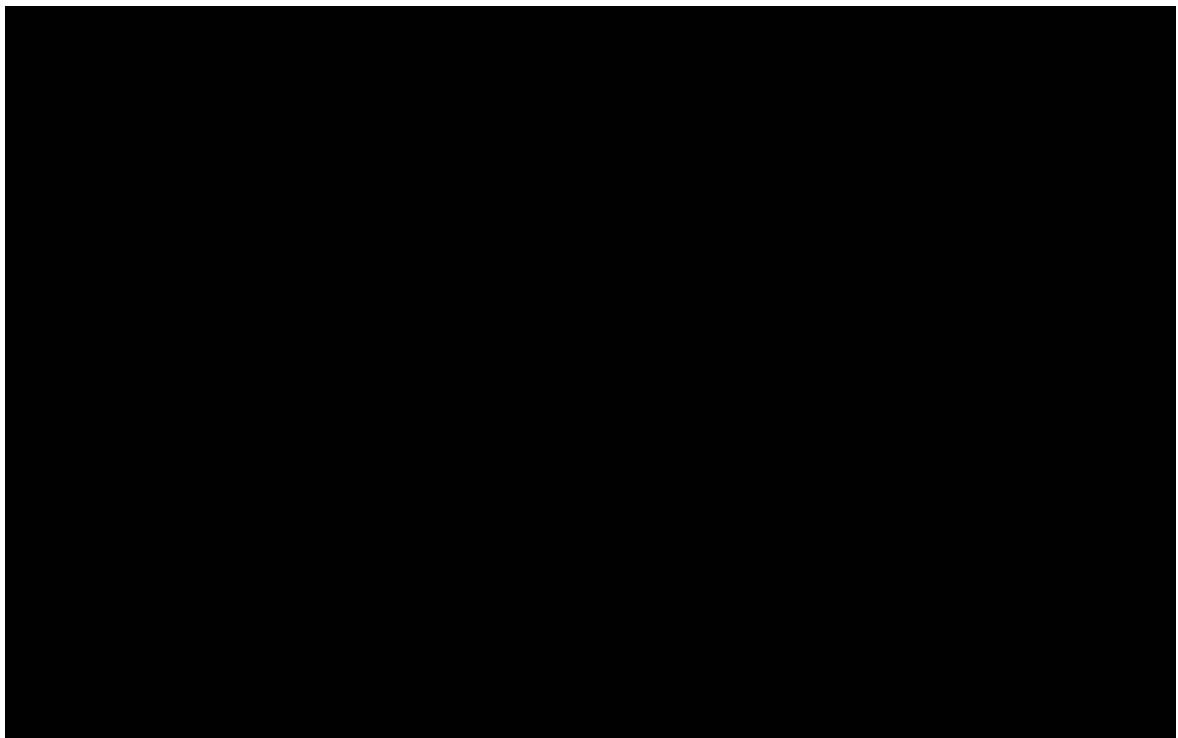
הוועדה מצאה כי, במגבלות שעליהן עוד ידובר, ניתן להגיע לממצאים עובדתיים על הנעשה בתוככי התקרה, גם מצילומים ומבדיקות הדמיה, שהן בדיקות "אל-הרס". בענין זה שמעה הוועדה מספר עדויות מפי אנשים העוסקים בבדיקות כאלה: גבי שואף וד"ר יוסף שואף מחברת גבי שואף בע"מ, ד"ר אורי בסון מחברת גיאוסנס – המרכז לגיאופיסיקה סביבתית והנדסית בע"מ, בני ברייטמן מהמכון למחקר גרעיני בנחל שורק, וכן פסח עמיחי מחברת מורקס בע"מ.

מעדויות שואף ובסון נמצאו למדים כי הם כבר הוזמנו על-ידי בעלי מבנים לא מעטים לערוך בדיקות אל-הרס במבניהם שנבנו בשיטת הפל-קל. בבדיקות השתמשו בשיטות הדמיה שונות, וביניהן, צילום רנטגן (בדיקה רדיוגרפית), צילום תרמי, בדיקות אולטרסוניות ורדאר חודר קרקע. כן נעשה שימוש בצילום במצלמה בורוסקופית המספקת צילום וידאו של פנים התקרה. המצלמה מוחדרת לתוך החלל הפנימי של התקרה דרך קדח צר. עוד נבדקו מדגמים של גלילים קטנים שנקדחו והוצאו מצלעות התקרה.

מהעדויות עלה כי לצורך ביצוע בדיקות של תקרות יש צורך במומחיות הנדסית. לפיכך, ומאחר שאלו שבאו בפנינו אינם בעלי הכשרה בתחום הנדסת מבנים, הם נדרשים לליווי צמוד של מומחה הנדסי שידריך וינחה את פעולותיהם, ויפרש את אשר עולה מבדיקות ההדמיה.

3.25 איננו רואים צורך להאריך בדברים ולהביא את כל פרטי הבדיקות בכל אתרי הבנייה שאודותם הועד בפנינו. די אם נציין את עיקרי הממצאים החוזרים על עצמם בתקרות הפל-קל השונות שנבדקו:

- 3.25.1 אי סדירות ברוחב הצלעות: למשל בתקרה שתוכננה לצלע ברוחב 10 ס"מ, נמצאו צלעות שרוחבן נע בין 0 לבין 40 ס"מ, תוך שינויים גיאומטריים עצומים לאורכה של צלע אחת. ממצאים דומים נמצאו בחלק נכבד של התקרות.
- 3.25.2 חדירת בטון ל"חללים" שבתוך קופסאות הפח: בתקרות רבות נמצא שכמות גדולה של בטון חדרה לאזורי החללים שבין הצלעות, שעל פי התכנון אמורים היו להיות חללי אוויר.
- 3.25.3 היעדר זיון אנכי (זיון לגזירה): בחלק מהתקרות שעל פי התוכניות אמור היה להימצא בהם זיון אנכי (ולו בלתי מעוגן), נמצאו צלעות שבהן לא אותר זיון זה.
- 3.25.4 היעדר עיגון נאות של הזיון האנכי: במקרים שבהם על פי התוכניות היה שימוש בזיון אנכי, על פי רוב נמצא כי הוא איננו מעוגן כיאות בזיון התחתון. הצילומים הראו כי רגלי הזיון האנכי הונחו על גבי הזיון האופקי, לא חבקו אותו מלמטה, ואף לא ענו על התנאי (שמצוי בתקן האמריקאי ביחס לזיון לגזירה ברשתות מרותכות) של הימצאות הזיון האופקי של הרשת האנכית במפלס הנמוך מהזיון האופקי לכפיפה.
- 3.25.5 דלמינציות: במרבית התקרות נמצאו סדקי דלמינציה בחלק מהצלעות. בחלק מהמקרים הדלמינציה הייתה לאורכה של צלע אחת, ובמקרים אחרים בכמה צלעות. היקף הבדיקות הקשה על היכולת לגזור מהן מסקנות סטטיסטיות באשר להיקף הדלמינציות בתקרות.
- 3.25.6 סדקי גזירה: במספר מקומות נצפה סדק גזירה, באמצעי הדמיה.
- 3.25.7 קורוזיה: קורוזיה חמורה, עד כדי התפוררות הפח, נמצאה רק בתקרות שחשיפתן למים הייתה מוגברת, כדוגמת רצפה של מתקן לרחיצת מכוניות, רצפת מפעל שבו קווי ייצור המלווים בשימוש רב במים, או רצפת מטבח. בתקרות אחרות נמצאו על פי רוב סימנים של קורוזיה קלה.



תמונה 4: צילום מתוך חלל הארגז המראה את עיוות דופן הפח וחדירת בטון לחלל

- 3.26 מבין השיטין של העדויות שבאו בפנינו מפי העוסקים בתחום זה של בדיקות אל-הרס, וביתר שאת מעדויות אינג' סטפן שוורץ ואלי רון, הועלו ספקות באשר לקיומה של התאמה מלאה בין ממצאי הבדיקות שהצביעו על דלמינציות ובין המציאות. כך למשל, טוען אלי רון שמה שמפורש על-ידי עורכי הבדיקות כדלמינציה בקו החיבור בין שכבות הבטון שנוצקו בשלבי היציקה השונים, איננו לאמתו של דבר דלמינציה, כי אם שינוי גוון הנובע מכך שמדובר בשתי יציקות

שונות. בטענתו התייחס רון לממצאי הבדיקות שערך שואף לגבי מבנה הקאנטרי קלאב במודיעין, שבו נמצאו דלמינציות בהיקף נרחב.

סברנו שראוי שנבחן אם ניתן לאשר את גרסת אלי רון בנקודה זו ובנקודות אחרות. לשם כך, ולבקשת אלי רון ובמסגרת חקירתו בועדה, נערך ביום 31.5.02 ביקור מטעם הוועדה באתר הבנייה של הקאנטרי קלאב במודיעין. לא עלה בידי הנוכחים באותו ביקור להגיע למסקנות חד-משמעיות בשאלה אם מה שנחזה בבדיקה להיות דלמינציה, היא אכן דלמינציה במציאות. עם זאת, נציין שגליל שהוצא מאחת מצלעות התקרה נבחן על-ידי איש המכון הלאומי לחקר הבנייה, אינג' סטפן שוורץ, ולדבריו "אין ביכולתי לקבוע בוודאות האם במקרה הנדון אכן מדובר בדלמינציה, אם כי אני בהחלט נוטה לקבל טענה זו". בבדיקה בורוסקופית במקום שממנו הוצא הגליל שנבדק כאמור נמצאה דלמינציה.

כדי לאסוף מידע נוסף בנושא זה, נערך ביקור גם במבנה בראשון לציון, שבמהלכו נערכו בדיקות על-ידי שואף. אינג' שוורץ, שהשתתף בביקור, העלה על הכתב את הממצאים האלה:

"...בבדיקה ויזואלית ראשונית לא אובחנו בפני או בתחתית הרצפה הנ"ל סימנים של נזקים מבניים (סדיקה או כפף יתר)...ברצפה הנדונה אותרו לדברי מר שואף סימנים רבים של דלמינציה בין הקרום התחתון של הרצפה לצלעותיה. במהלך הסיור הוצג למשתתפי הסיור מקום בו הוצא גליל בטון מתחתית אחת הצלעות של הרצפה הנדונה, במקום בו אובחנה קודם לכן דלמינציה, באמצעות צילום בורוסקופי בתוך קדח קטן קוטר. דפנות קידוח הגלעין הנ"ל היו גלויות במהלך הסיור הנ"ל וניתן היה לאבחן בבירור בכל היקפו בסדק אופקי ברוב כ-2 מ"מ, בין הקרום התחתון של הרצפה לצלע הנדונה. אין כל ספק בכך שבמקרה הנדון מדובר בשבר גזירה אופקית (דחייה), שהתפתח בחתך הנדון כתוצאה של מאמצי גזירה, הגבוהים מתסכולת הגזירה של מישק המיקשר הקיים באזור זה של הרצפה, בין הבטון בקרום התחתון לבטון בצלע הנדונה. בנוסף לאיתור סדקי גזירה אופקית כמפורט לעיל, אובחנו באחת מצלעות הרצפה הנ"ל גם סדקי גזירה אלכסוניים. סדקים אלה אובחנו בשיטת בדיקה פולשנית, באמצעות צילום רדיוגרפי מדגמי של מספר צלעות ברצפה זו. ממצא זה הוא אמין, אם כי הוא מדגמי בלבד."

ולסיכום הדברים כותב אינג' שוורץ:

"ניתן לסכם התייחסותי לבניין הנדון בקביעה, שממצאי הבדיקות שבוצעו ברצפת "פל-קל" הנדונה מאמתים את הקביעות של ועדת החקירה ההנדסית, אשר חקרה את אסון התמוטטות מבנה "ורסאי", בקשר להיות שיטת בנייה "פל-קל", על מתכונותיה השונות, ובמיוחד במתכונת הדו-כיוונית הנשענת על עמודים בדלים, שיטת בנייה לא ראויה ומסוכנת. כמו כן, מוכיח המקרה הנדון את חשיבותן של הבדיקות הלא-הורסות והפולשניות ברצפות/תקרות אלה, לצורך איבחון מצבן, והיעדר כל אפשרות לאיבחון אמין של מצבן ללא בדיקות כאלה."

מסתבר, איפוא, שהמעט שאפשר לאמר הוא שיש הסתברות גבוהה להתאמה בין הממצאים המתגלים בבדיקות האל-הרס ובבדיקות הפולשניות המינימליות, לבין המציאות בכל הנוגע לדלמינציה. הקושי בקביעה חד-משמעית של ממצא דלמינציה איננו רק בשל איכותה של הבדיקה, אלא הוא נובע בעיקרו מכך שקשה לאשר או לשלול באופן מוחלט קיומה של דלמינציה גם בבחינה ויזואלית רגילה של חתך בתקרה. נראה כי זיהוי אמין של דלמינציה, שלעיתים מתבטאת בהפרדות מזערית בין שכבות בטון (שעשויה להיות בסדר גודל של עשיריות המילימטר ואף פחות מכך), מחייב שימוש באמצעים אחרים בעלי דיוק רב יותר.

3.27 לסיכום נוכל לאמר שהעובדות שנאספו על ידינו אינן מספיקות כדי לקבוע ממצאים ומסקנות מוחלטים באשר למידת הדיוק של בדיקות האל-הרס. לקביעת ממצאים מוחלטים, בעיקר בדלמינציה מזערית, יהיה צורך בשיטות ובדרכים אחרות. עם זאת, הממצאים והמסקנות שפורטו לעיל מספיקים כדי שהם יובאו בחשבון כנדבך נוסף המאפשר, בסבירות

מתקבלת על הדעת, את העובדה שהחוליים השונים שעליהם הצבענו בבחינה העיונית, אכן מתקיימים הלכה למעשה בפנים התקרות הנדונות, גם אם אין להם כל אינדיקציה חיצונית.

3.28 בדיקה נוספת הקשורה לנושא זה, היא בדיקה שנעשתה במבנה בנק ישראל בירושלים. בדיקה זו נעשתה נוכח העובדה שבפני הוועדה הועלו גרסאות נוגדות בדבר השיטה שבה נבנו התקרות במבנה זה, מפי מתכנן הקונסטרוקציה שלו, המהנדס אוסקר סירקוביץ'-סער, שהעיד בפני מליאת הוועדה, ומפי אלי רון.

המהנדס סירקוביץ'-סער העיד שהוא השתמש בפחי פל-קל כחומר מילוי בלבד ולא כאלמנט קונסטרוקטיבי. לשיטתו הושם בתקרות בנק ישראל זיון לגזירה שעוגן כנדרש בזיון האופקי התחתון. לעומתו העיד אלי רון בפני אוספי החומר כי הבנין (לפחות בקומותיו העליונות) נבנה בשיטת פל-קל "המלאה", היינו ללא חישוקים מעוגנים בזיון האופקי התחתון, וללא זיון בקרום הבטון העליון.

כבר אמרנו ש"פער הסיכונים" בין תקרה שזיקתה היחידה לפל-קל היא היותה משתמשת בקופסאות הפח כחומר מילוי בלבד, לבין תקרה שבה מככת שיטת הפל-קל במלואה, דהיינו השיטה שבה פחי פל-קל מהווים חלק מהקונסטרוקציה, ללא זיון נוסף לגזירה, הוא פער גדול מאוד לרעת האחרונה.

הוועדה ראתה חובה לעצמה להביא לידיעת נגיד בנק ישראל את דבר קיום שתי הגרסאות. הטעם לכך הוא שהוועדה סברה, במקרה זה וגם במקרים אחרים, שאין היא יכולה לשמור בידיה מידע היכול להאיר את עיני המעונינים על סיכון שיש במבנה המוחזק על-ידם, וכי מן הראוי שהמידע יועבר אליהם לכל פעולה שהם ימצאו לנכון לנקוט בה. במקרה קונקרטי זה של בנק ישראל, ולנוכח פער גרסאות עובדתיות קיצוני כל-כך מצד אחד, והשלכות חמורות שיכול שיהיו לפער זה מצד שני, תהתה הוועדה אם לא יהיה זה נכון מצד הבנק לבדוק את המציאות ההנדסית.

אכן כך החליט בנק ישראל לעשות, ובעקבות זאת נערכה במבנה הבנק ביום 8.7.2002 בדיקת אל-הרס על-ידי חברת גבי שואף. הפרוגרמה לבדיקות הוכנה על-ידי אינג' אליעזר שמיר מבכירי מהנדסי הקונסטרוקציה, ששירותיו נשכרו על-ידי בנק ישראל, ובידיעת ד"ר איתי לויתן (יועץ לוועדה). הבדיקה הראתה כי הצדק הוא עם המהנדס סירקוביץ'-סער. יצוין שימים אחדים לפני שבוצעה הבדיקה בבנק ישראל, העיד אלי רון בפני הוועדה כולה. נמסר לו במהלך עדותו שבדיקה כזו אמורה להיות מבוצעת על-ידי בנק ישראל. בפנינו לא חזר אלי רון על הגרסה שהעלה בפני אוספי החומר, והוא העדיף לאמר שאיננו זוכר אם בבנק ישראל השתמשו בחישוקים אם לאו.

את ממצאי הבדיקה שנערכה בבנק ישראל ואת מסקנותיה, העלה אינג' שמיר על הכתב במכתב שהוא שיגר ביום 18.7.2002 לבנק ישראל, שהעתק ממנו הועבר אלינו. במכתב זה נכתב, בין השאר:

"...בכל הצלעות שנבדקו נמצא זיון לגזירה כנקוב בתכניות... זיון גזירה זה כולל חישוקים ומוטות מכופפים (פיגורות) גם יחד. זיון המתחה מרוכז בתוך הצלעות וחבוק בחישוקים.  
 "...מאחר והבדיקות נעשו על פני 4 שטחי בדיקה בשטח כ: 25 מ"ר כל אחד, שנבחרו באקראי... ומאחר ונמצאת קורלציה בין הממצאים לבין תכניות הביצוע... ניתן לדעתי להסיק כי 4 הדגימות שבוצעו מייצגות נאמנה את התקרה... זו להערכת אמינות מספקת.  
 מאחר והממצאים בתקרה העליונה הם כפי שתואר לעיל, נראה לי כי אין צורך להמשיך ולבדוק תקרות במפלסים נמוכים יותר, שכן על-פי העדות [של אלי דוק] הסיכוי הגבוה יותר לשינויים המקסימליים היה צריך להיות בתקרות העליונות, ומתברר כי בתקרה העליונה ביותר לא נמצאו שינויים עקרוניים..."

בכל הפרסומים של חברת פל-קל, שבהם "מתפארת" החברה באיכות ובבטיחות שיטת הפל-קל, תוך שהיא מפנה לתפוצתה הרבה, היא הפנתה לבנק ישראל, כמעט כ"ספינת הדגל" המעידה על מרכולתה. עינינו הרואות שהפניה זו הייתה



רחוקה מלהיות מדויקת, שכן הפרסומים ביקשו לשכנע את הצרכנים ביתרונות שיטת העדר החישוקים, ובנק ישראל אינו דוגמא לכך.

לא נצא ידי חובת סיום הדיון בממצאי הבדיקה בבנק ישראל, אם לא נעיר שגם חוליים אחרים של שיטת הפל-קל אותרו בבנק ישראל, ובהם קורוזיה של הפחים, פגמים בגיאומטריה הצלעות, רוחב צלעות בלתי אחיד וחדירת בטון לחללים שבין הצלעות. גם על השלכותיהם של פגמים אלו דן אינג' שמיר במכתבו הנ"ל.

3.29 בנותנו חשיבות, גם לצורך המשך הטיפול במכשלת תקרות הפל-קל, לאפשרות של בדיקות אל-הרס ולדיוק שבהן, וביודענו שיש אמצעי בדיקה כזו גם למרכז למחקר גרעיני בנחל שורק, פנינו ביום 4.6.2002 למרכז במכתב המובא כנספח ה' לדוח זה. בעקבות מכתב זה קוימה ביום 26.6.2002 פגישה עם מר בני ברייטמן, ראש מדור רדיוגרפיה במרכז למחקר גרעיני. באותה פגישה התברר שיש בידי המרכז ציוד וידע שיכול שיתרום לחשיפת הנתונים הדרושים בתוככי התקרות, ואולם עד לעריכת ניסוי בדיקה בתקרות או בתקרה לא ניתן להגיע למסקנות סופיות אם ובאיזו מידה יכול המרכז לתרום לבעיה זו.

3.30 בפגישה עם מר ברייטמן למדנו שגם חברת מורקס 71 בע"מ (להלן – מורקס) עוסקת בבדיקות אל-הרס. הזמנו מיד את נציג החברה, מר פסח עמיחי, ושמענו ממנו שמורקס עוסקת בסוגים שונים של בדיקות אל-הרס בפלדה ובבטון. השיטה שמורקס משתמשת בה היא השיטה הרדיוגרפית (בקרני גמא), שאיננה בנויה לסריקה של משטחים גדולים. בדיקה אחרת היא בדיקה פרופומטרית המאתרת ברזלי זיון במבנים, אלא שאמינותה של בדיקה זו אינה גבוהה. שיטה נוספת שבה משתמשת חברה זו היא שיטה המושתתת על עקרון אולטרסוני, ועוד היא משתמשת בבדיקת וידאוסקופ המבוססת על חדירה לחלל המצולם.

עד היום לא ביצעה מורקס בדיקה כלשהי הקשורה לפל-קל, ואולם היא מעריכה כי תוכל להתארגן לבדיקה כזו תוך ניצול ושילוב כל שיטותיה.

## מסקנות ביניים

3.31 משהגענו עד הלום, נעשה אתנחתא קלה, אך נדרשת, במטרה לערוך סיכום ביניים של הדברים שנאמרו עד כה.

שיטת הפל-קל, על כל גווניה ומהדרותיה (להוציא הגרסאות שבהן השימוש בפחים נעשה לצורך מילוי בלבד), היא שיטה חדשה, שלא היה לגביה ניסיון מוכח, שיש בה מרכיבים החורגים מתקן ישראלי ת"י 466, ושדי היה בבחינה תיאורטית של מרכיביה כדי להוכיח שיש בה ליקויים העלולים להניב כשלי בנייה. אפילו לא כך, ודאי שהיה "בבחינה העיונית" למעלה מהדרוש כדי להצביע בוודאות על כך שהשיטה נעדרת ביסוס מקצועי הנדסי מספיק. במילים אחרות, המינימום שאפשר לאמר הוא שאף איש מקצוע רציני שהיה צריך ליתן אישור לשימוש בשיטה זו לא יכול היה לתיתו, זאת בהעדר תשתית מספקת שתוכיח שהיא איננה מסוכנת.

זאת לזכור בהקשר זה: כמו במקרה של החדרה לשוק של תרופה חדשה, וכמו בעניינים רבים אחרים הכרוכים בשלמותו הגופנית של הציבור, הכלל הוא שאין עושים ניסיונות על גופו של הציבור, אין מהמרים על תוצאות שלא הוכח שהן נעדרות סיכון, ואין מכניסים לשימוש תרופה, מצרך, שיטה או שירות, או כל דבר אחר, שלא הוכח שהוא נקי מחשש פגיעה בציבור. בענין זה נקודת המוצא היא שכל שיטה, מצרך ושירות כאלה חשודים בפגיעה בציבור, כל עוד לא הוכח ההיפך.

3.32 זוהי מסקנת ביניים בלבד, משום שהיא "הורכבה" רק מאלמנטים אלו:

3.32.1 "הבחינה העיונית" של נתוני שיטת הפל-קל, שדי בהם כדי להטיל על כל המבקש להשתמש בה חובת צפייה מראש של התוצאות המסתברות משימוש בשיטה זו.



3.32.2 בחינת המצב הפיסי של התקרות שנבנו לפי שיטה זו, ככל שהן נפערו וחשפו את תוכניהן עקב כשלים שקדמו לאסון ורסאי (סעיפים 3.11 עד 3.13 לדוח זה).

3.32.3 בחינת מצב התקרות שנחשפו עקב ההרס במבנה אולם ורסאי. בחינה זו כוללת הן את התקרות שקרסו, הן את אלו שטרם קרסו, שגילו שכל פגעי השיטה ממושטים בהם כמחלה ממאירה הממתינה להתפרצותה (סעיפים 3.14 עד 3.22 לדוח זה).

3.32.4 בחינה בשיטות "אל-הרס" ושיטות פולשניות מינימליות של תקרות שנבנו בשיטת פל-קל (סעיפים 3.24 עד 3.26 לדוח זה).

קו המחשבה המקופל במסקנת הביניים הוא שהמציאות שהתגלתה כאמור בפסקאות 3.32.2 עד 3.32.4 לעיל, הוכיחה את נכונות "הבחינה העיונית" שפסקה 3.32.1 לעיל מדברת בה.

# פרק רביעי

## "סיגור" על שיטת הפל-קל

### פתיח

4.1 ראינו כי, די בפגמים שעלו "בבחינה העיונית" (להלן – "הפגמים העיוניים") כדי להוביל למסקנה ששיטת הפל-קל על כל גווניה ולכל מהדורותיה, היא שיטה מסוכנת, ולפחות שיטה פסולה ובלתי תקנית. אם צריך תניא דמסייע לכך, הרי שזה נמצא הן בכשלים שאירעו במבני פל-קל, הן בממצאי אסון ורסאי, והן בבדיקות האל-הרס, הכל כאמור בסעיף 3.32 לעיל.

חרף הכוח המצטבר המשכנע למדי של כל אלו, אין די בהם בלבד כדי להגיע למסקנה סופית. לפני כן יש לשמוע מה יש למעורבים בעשייה (מהנדסים שתכננו מבנים לפי שיטה זו, כמו גם הוגה השיטה – מר אלי רון) לאמר. לשם כך יזמה הוועדה עדויות של מהנדסים כאלו. ניתן היה לצפות שכל אלו "יסגורו" על השיטה, ולכן כינינו אותם "בעגה המקצועית" של הוועדה "הסניגורים". הוועדה ראתה צורך לבחון גם נקודות ראייה אחרות, אם ישנן כאלו. כן בחנו את הניסויים שנערכו בשיטה זו בטכניון ושבתוצאותיהם נתלה מר אלי רון. ביקשנו לשמוע גם מה אומר ד"ר אורי קורין, עורך הניסויים הללו. כל אלו מסרו עדויות, דבריהם נשקלו בכובד ראש, ורק לאחר כל זאת הגענו למסקנה סופית. את כל דברי "הסיגור" הללו נביא עתה.

### טענות מהנדסים שעשו שימוש בשיטה

4.2 הפנייה הכללית של הוועדה לציבור בבקשת למסור עדות או מידע לא הניבה תוצאות של ממש ככל שהדבר נוגע למהנדסים שתכננו בשיטת הפל-קל ושהיו מוכנים להגן עליה. לפיכך סברנו שטוב נעשה אם נזמין לעדות, מיוזמתנו שלנו, מספר מהנדסים שהיו מעורבים בתכנון שלד שבו נעשה שימוש באחת מהמהדורות של שיטת פל-קל. אכן עשינו כך, ובמסגרת זו שמענו את עדויותיהם של 17 מהנדסים כאלה. אין צורך שנוזכיר אותם בדוח זה בשמותיהם, משום שהחשוב לענייננו אינו זהותם (מה עוד שמדובר בבחירה כמעט אקראית מתוך מספר גדול יותר של מהנדסים שהיו מעורבים בתכנון לפי שיטת הפל-קל) אלא גישתם, וזאת כדי להבין מה הניע אותם לפעול בשיטה זו. מסתבר שאין בהם גם אחד המוכן להכשיר או להצדיק את השיטה כמכלול, להבדיל מנכונות כולם להצדיק את עצמם.

הטענות המרכזיות של המהנדסים שהשתמשו בשיטת הפל-קל היו אלה:

4.2.1 הוצג בפניהם על-ידי הוגה השיטה, מר אלי רון, שהיה לו מוניטין כמהנדס ראשי של מע"צ לשעבר, מה שהם כינו "אישור הטכניון" לשיטה.

4.2.2 השיטה פועלת ומופעלת בהיקף גדול בלי שמי מהרשויות המופקדות על כך מוחות או מונעות את השימוש בה.

4.2.3 מר אלי רון שכנע אותם שמדובר בתכנון ראוי. יצוין שברבים מן המקרים חברת פל-קל שבבעלותו ובשליטתו של אלי רון היא שעסקה בתכנון התקרות ובפיקוח על בנייתן.

4.2.4 בדיעבד מסתבר שרוב התקרות שנבנו בשיטה זו לא קרסו, וניתן להסיק מכך שאין מדובר בשיטה חסרת בסיס לחלוטין.

נעיר מיד על הנימוק האחרון שראיה בדיעבד זו איננה יכולה להיות הצדק לשימוש בשיטה. אפילו יש ממש בטיעון זה, אין הוא מועיל ככל שהדבר מתייחס לבנייה חדשה שטרם בוצעה, ועל אחת כמה וכמה שאין הוא מועיל כשמדובר בבחינת הדברים בזמן אמת. לא זו אף זו, אותם מהנדסים שהעידו ושנשאלו על-ידינו במפורש אם היום היו מתכננים תקרות בשיטת הפל-קל, השיבו שלא היו עושים כן.

בהמשך נתייחס למסקנות ולהשלכות שראוי להסיק מהעובדה שרוב תקרות הפל-קל לא התמוטטו עד כה. כאן נדגיש שמבין כל המהנדסים שמסרו את עדותם, לא נמצא גם אחד (למעט ממציא השיטה, המהנדס אלי רון), שהיה מוכן להצדיק את השימוש בשיטת הפל-קל. "סניגור" ממגזר זה לא מצאנו איפוא.

## ניסויי מבדקת הטכניון ועמדת ד"ר קורין

4.3 בטרם נגבש את דעתנו במסגרת חיפושנו אחר מליצי יושר לשיטת הפל-קל (לבלי נחמיץ כל דעה כזו), הוסבה תשומת לבנו לד"ר אורי קורין, איש הטכניון לשעבר (שיצא בינתיים לגמלאות). מסתבר שבשנים 1978 עד 1985 הוא ערך בארבע הזדמנויות שונות סדרת ניסויים הנוגעים לשיטה זו. הדוחות של ד"ר קורין בדבר הניסויים, תוצאותיהם והמלצותיו שלו, הופצו (כנראה על-ידי אלי רון) ברבים. העתקים הוגש לועדה.

כבר ציינו שמהנדסים שעשו שימוש בשיטת הפל-קל הצדיקו את מעשיהם, תוך שהם מסתמכים על מה שהם ראו כאישור שהטכניון נתן לשימוש בשיטה זו. הכוונה היא לאותם ניסויים שעשה ד"ר קורין, ולמסקנותיו מניסויים אלו כפי שנרשמו בדוחותיו. מר אלי רון הגדיל עשה וטען שהוא ראה בחוות דעת ד"ר קורין על הניסויים שנעשו, אישור לפי סעיף 1.3 לת"י 466 (ראו לענין זה סעיפים 2.18 עד 2.20 לדוח זה).

הניסויים נעשו לפי הזמנת מר רון, שפנה בשם מחלקת עבודות ציבוריות – מע"צ (שבה היה עד 1982 מהנדס ראשי לבנייה) במשרד הבינוי ושיכון, למבדקת הטכניון (ולא לתחנה לחקר הבנייה – הוא המכון הלאומי לחקר הבנייה בשמו הקודם). מבדקה זו עסקה בעריכת בדיקות של חומרי בנייה לפי הזמנות מהציבור הרחב.

4.4 ההזמנות לעריכת הניסויים לגבי שיטת הפל-קל נעשו ב-7.12.78, ב-24.8.80, במועד בלתי ידוע (תוצאות ניסוי זה פורסמו בדוח מינואר 1982) וב-5.6.82. הדוחות הנוגעים לניסויים אלו (הקרויים בדוחות גם "חקירות") נושאים, כסדרם, את התאריכים יוני 1979, דצמבר 1980, ינואר 1982 ו-22.2.85. דוחות אלו מצוים בידי הועדה ופתוחים לעיון. נזכיר חלק מן הדברים שבהם:

4.4.1 דוח של ד"ר קורין מיוני 1979 נרשם בין השאר, בפרק המסקנות:

- 8.1" בתקרות עם מילוי ארגזי פח גלי חלולים אין צורך ברשת זיון עליונה לצורך מניעת סדקי התכווצות בבטון או לצורך תסבולת שכבת הכיסוי מעל הארגזים בין הצלעות.
- 8.2 בהתחשב בתסבולת הגזירה של הצלעות בתקרות עם ארגזי פח גלי חלולים (33 ק"ג לסמ"ר) ובמקדם בטיחות של החומר 1.5 המומלץ ע"י התקן, מאמץ התכן, עבור בטון מסוג ב-300 בתקרות הנ"ל הוא 21 ק"ג לסמ"ר. בהתחשב בסטיות צפויות באתרים לגבי רמת הבצוע במעבדה מומלץ להקטין ערך זה ב-15% בקרוב ולהעמיד את מאמץ התכן לגזירה, לבטון ב-300 בתקרות צלעות עם מילוי ארגזי פח גלי ל-18 ק"ג לסמ"ר. יש לציין שבתנאי עומס

מחולק, מאמץ הגזירה בבטון בצלעות, בהגיע התקרה למצב גבולי, קטן מהמאמץ המותר לפיכך אין הכרח בתוספת חישובים לקבלת מאמצי הגזירה בצלעות.

8.3 תסכולת תקרות צלעות עם מלוי ארגזי פח גלי חלולים, בלי רשת זיון עליונה מעל ארגזי המילוי וכלי חישובים או מוטות כפופים תואמת את ההתנגדות הצפויה של תקרות צלעות על-פי התקן ת"י 466 החדש מתאריך ספטמבר 1975."

4.4.2 בדוח קורין מדצמבר 1980 נאמר שמטרת הניסוי שנערך הייתה לבחון "תקרות קרום הכוללות ארגזי פח גלי וצלעות בטון יצוקות... התקרות כוללות את כל הזיון המבני ונדרשת רק השלמת יציקת הבטון... כוחות הגזירה בצלעות מתקבלים על-ידי הבטון ועל-ידי חישובי פלדה. ניתן להניח שגם ארגזי הפח הגלי משתפים פעולה בקבלת כוחות הגזירה בצלעות. מטרת החקירה היא לבדוק את תסכולת הגזירה של תקרות קרום לאחר השלמת היציקה, עם זיון מיוחד לקבלת כוחות גזירה וללא זיון מיוחד לקבלת כוחות גזירה (בהנחה שהפחים יתרמו גם הם לקבלת כוחות הגזירה)". הניסוי נערך על ארבע תקרות קרום טרומיות, ששתיים מהן היו עם זיון גזירה ושתיים ללא זיון גזירה.

בין מסקנות ניסוי זה נכללו אלה:

9.7" תרומת זיון הגזירה להגדלת מאמץ הגזירה הממוצע בעת הופעת הסדק הראשון ובזמן הכשל הוא 6.5 ק"ג לסמ"ר, ו- 6.3 ק"ג לסמ"ר בהתאמה, שהוא מאמץ הנמוך מתחום הדיוק של המדידה.

...

9.9 ביחסי המידות הנוכחיים של הקרום והיציקה המשלימה אין למעשה צורך בתוספת זיון גזירה להבטחת התסכולת הדרושה של החתך בכפיפה ובגזירה כאחד. ניתן להמנע משמוש בזיון גזירה תוך חסכון כלכלי רב בפלדת זיון ובשעות עבודה הדרושות לסדור הזיון, כתוצאה משתוף הפחים המכופפים בקבלת כוחות הגזירה.

...

9.13 החקירה הראתה שאין צורך באביזורים לחיבור הקרום היצוק אל התקרה המשלימה - חישובים, מסבכים או אמצעים אחרים. התסכולת הנדרשת של התקרה מושגת על-ידי התנגדות הבטון עצמו לגזירה.

9.14 לאור הממצאים ניתן לסכם ולקבוע את היעילות הכלכלית, והבטיחות המבנית של אלמנטי קרום הכוללים ארגזי פח גלי בתוספת יציקה משלימה, כאמצעי מבני לקרוי מפתחים לנשיאת עומסים המקובלים במבני ציבור ובמבני תעשייה.

9.15 כאן המקום לציין שתוצאות חקירה זו יושמו מיד לאחר השלמת הבדיקות בבנין הדאר בשקמונה, חיפה. נצול הממצאים של החקירה, הביא לחסכון בחמרים ושעות עבודה והביא לחסכון כלכלי משמעותי בעלויות ההקמה של המבנה."

4.4.3 בדוח קורין מינואר 1982 נאמר שהניסוי נערך כדי לבחון את "תכונות ההמשכיות של תקרות קרום עם מילוי ארגזי פח גלי". בניסוי השתמשו בארבע תקרות טרומיות, ללא זיון גזירה עם מילוי ארגזי פח.

בין המסקנות שבדוח, כפי שפורסמו, כלולות אלה:

א. התקרות הנ"ל מתנהגות בהתאם לנדרש בתקרות מומשכות לפי התקן הישראלי 466 על שני חלקיו.

...

ד. מערכת הסדיקה שהתפתחה בתקרות התאימה למערכת סדיקה על תקרה נמשכת. הסדקים הראשונים הופיעו כתוצאה מהמומנטים השליליים המקסימליים באזור הסמך האמצעי. המשך הסדקים תאם את גידול המומנטים באזורי התקרה השונים.

ה. הכשל הופיע באזור הסמך האמצעי וצורתו היתה לכאורה צורה של כשל גזירה. ניתוח מאמצי המתיחה בפלדה המשוכה ומאמצי הלחץ בבטון באזור המומנט השלילי, הראה שלמעשה היה החתך נתון כולו למצב מאמצים גבולי”.

4.4.4 דוח על ניסוי נוסף הוא מיום 22.2.85, ובין מסקנותיו נאמר:

”המסקנה שניתן להסיק מסדרת הניסויים הנוכחית היא, שתקרת צלעות עם מילוי ארגזי פח גלי מצטיינות בשיתוף פעולה רוחבי, אפילו ללא שימוש בצלע מחלקת. בתקרות אלו ניתן לבטל את הצלע המחלקת המקובלת בתקרת צלעות, ולהסתמך על כושר ההעברה הרוחבי של התקרה, לנשיאה של עומסים מרוכזים על גבי צלעות בודדות”.

4.5 להשלמת התמונה נאמר שהדף הפותח של כל אחד מהדוחות כלל את השם של ”מוסד הטכניון למחקר ופתוח בע”מ”, וכן את השם ”התחנה לחקר הבנייה – מחלקת הבדיקות”. כן מצוין שם ”מוסמכת לפי חוק התקנים, תשי”ג (1953)”.

נדגיש פעם נוספת כי ”התחנה לחקר הבנייה” הוא השם הקודם של המכון הלאומי לחקר הבנייה דהיום. אנו רואים צורך להדגיש זאת נוכח העובדה שכפי שנאמר בסעיף 2.19 לעיל, מוסד זה הוכר ברבים, באופן מעשי, כמי שמוסמך ליתן אישורים לאימוצה של שיטת בנייה חדשה שאין לגביה ניסיון בארץ. שמענו גם רבות על פעילותו הברוכה, רבת ההיקף ורבת המוניטין של המכון הלאומי לחקר הבנייה (בשמו הנוכחי כמו גם בשמו הקודם), הן בתחום המחקר הן בתחומים אחרים. נוכח כל אלו, אין זה בלתי אפשרי שמהנדס מן השורה, הרואה רק את דוחות הניסויים על המסקנות הכלולות בו, ושאיןנו בקיא ”בלבירנטיים המוסדיים” ובמבנה הפנימי של פעילויות הטכניון ומוסדותיו, יתרשם שהמכון הלאומי לחקר הבנייה (בכינויו כיום) הוא זה שהוציא את הדוחות האמורים, על המסקנות וההמלצות הכלולות בהם.

המעמד, המוניטין והיוקרה שרכש מכון זה, כמי שעל פיו יישק דבר בכל הקשור לגיטימיות שבשימוש בשיטות חדשות, יכלו להשליך על המשקל שכל מעיין בדוחות יתן לאמור בהם. מדובר במסקנות שנוסחו בצורה נחרצת מאוד, שכלל מכירות בשיטת הפל-קל כשיטה הממלאת את דרישות תקן ישראלי ת” 466, שאיננה מחייבת שילוב זיון אנכי לגזירה, שאינה מחייבת גם זיון אופקי עליון, ושיש בה אף ויתור על שילוב צלע מחלקת הנוצקת בניצב לתקרת צלעות חד כיוונית.

נוכח כל הנסיבות הללו, סברנו שטוב שנשמע את עדותו של ד”ר קורין, שמא יהיו בה דברים שיאירו את שיטת הפל-קל באור שטרם נחשף בפנינו.

4.6 ד”ר קורין, שהעיד בפנינו ביום 18.4.2002, סיפר כי בין שאר עיסוקיו בטכניון הוא עבד במבדקה לחומרי בנין. מבדקה זו פועלת בנפרד מהמכון הלאומי לחקר הבנייה (שהיה ידוע קודם לכן בכינויו ’התחנה לחקר הבנייה’). עיסוקה של המבדקה היה בעשיית בדיקות של חומרי בנייה לפי הזמנת מי מהציבור הרחב. הדוח של המבדקה למזמין התייחס לתוצאות הבדיקה בתנאים המדויקים והמתוחמים של עשייתה, שעיקריה הוגדרו על-ידי המזמין, זאת להבדיל ממתן אישור לשימוש בחומר חדש או בשיטה חדשה, דבר שכלל לא היה בסמכות המבדקה. לא זו אף זו, מי שהיה בא למבדקה ומבקש אישור לשיטת בנייה (להבדיל מעריכת ניסוי ספציפי וקונקרטי), היה מופנה למכון הלאומי לחקר הבנייה. מתן אישורים מסוג זה לא היו בתחום הסמכות והעשייה של המבדקה. על המבנה והסמכויות של המכון הלאומי ושל המבדקה שמענו דברים באותה רוח גם מאנשי טכניון אחרים שהעידו בפני הוועדה.

ד”ר קורין העיד בפנינו שבאחד הימים פנה אליו מר אלי רון ואמר לו, בלשונו של ד”ר קורין, שיש בידו שיטה ”שהוא רוצה לבדוק, לא לאשר... אני יכול לבוא ולאמר את זה, בשום פנים בכל השלבים של עבודה עם אלי רון, מעולם לא אישרתי לו את שיטת הבנייה, הוא קיבל תוצאות בדיקה, הוא קיבל המלצות שאולי על חלק מהם אני מצטער... בשום פנים לא אמרתי לאלי רון שיש לו אישור של שיטת הבנייה... הוא לא דיבר אפילו על אישור...”. נוסף ונאמר שיש בפנינו ראיות על כך שכבר ב-1983 הבהיר ד”ר קורין שהניסויים שערך אינם מהווים אישור לפל-קל כשיטה.

בהמשך הבהיר ד"ר קורין שהיה מדובר בשורה של בדיקות "תמיד בתקרות צלעות, התנהגות של תקרות צלעות עם מילוי של ארגזי איסכור". ד"ר קורין הוסיף ואמר שבכל הבדיקות "הזיון או מוטות הזיון נמצאים בתוך הצלעות". מעולם לא היה מדובר על רשת פרושה שהיוותה תחליף לזיון בצלעות עצמן. ברוב המקרים הבדיקות נעשו באלמנטים טרומיים ה"מיוצרים בצורה יותר קפדנית, יש להם מקדמי ביטחון יותר ברורים... עשויים יותר טוב, הפיקוח עליהם הוא יותר טוב". מה שנחזה בדוחות הניסויים שהוציא ד"ר קורין כאישורים, לא היה יותר ממה שכינה ד"ר קורין המלצה. "זו המלצה שלי...".

ד"ר קורין הועמד במהלך חקירתו על כך שאופן הצגת ההמלצות בדוחות היה יכול להטעות את הקורא, באופן שהוא יחשוב שמדובר באישור שניתן, והוא הודה ש"הייתי אומר שמישהו יכול אולי לטעות... זה היה ניסוח גורף".

ד"ר קורין נשאל אם ידע שאלי רון עושה שימוש ב"המלצות" ככאישורים, ואישר שידע זאת. הוא הסכים שבמצב כזה היה עליו להתערב למען יפסק שימוש לא ראוי זה בהמלצותיו, ואולם הוא לא התערב מעבר להפניית תשומת לבו של אלי רון לכך. אלי רון ידע שלא מדובר באישור, וכי המבדקה כלל לא יכולה ליתן אישורים.

עוד הבהיר ד"ר קורין בעדותו שהוא לא היה נותן היום אישור לעבוד בשיטת הפל-קל. נוסף ונאמר שלדבריו הוא הבהיר שאין מדובר באישור שיטת בנייה כבר בשלבים הראשונים שלאחר פרסום תוצאות הניסויים.

להשלמת התמונה נדגיש שגרסתו של אלי רון מנוגדת בפרטים עובדתיים רבים לעדותו של ד"ר קורין.

אין זה מתפקידנו לקבוע מי מהשניים דובר אמת, ואין גם צורך שנעשה כן בכל הקשור לדוח הביניים הזה. החשוב לענייננו הוא שגם ד"ר קורין, שעליו תולה אלי רון במידה רבה את יהבו בכל הנוגע לתשתית ההנדסית לשיטת הפל-קל, איננו שותף לדעתו של אלי רון. בהקשר זה נדגיש שגם ד"ר קורין אמר שהוא לא היה משתמש בשיטה זו היום, אי אפשר ליתן לדבריו אלה משמעות אחרת מהמשמעות הפשוטה שהוא איננו "סניגור" של שיטת הפל-קל.

## **ניסויי מבדקת הטכניון אינם אישור שיטת הפל-קל**

### שיקולים עקרוניים

4.7 חרף עמדתו הברורה של ד"ר קורין, סברנו שראוי יהיה לבחון אם הניסויים שהוא ערך, הם עצמם, במנותק ממה שאומר היום ד"ר קורין, "מסנגרים" על שיטת הפל-קל. לכאורה ניתן היה להשיב בחיוב על שאלה זו, שהרי מהמעט שכבר נאמר על ידינו אודותם ומעיון בדוחות על הניסויים עצמם עולה, שבחלק משמעותי של המקרים תוצאות הניסויים הצביעו על רמת עמידות מרשימה של התקרות שנוסו. דא עקא שזהו המצב רק לכאורה, ועיון מעמיק בניסויים ובסובב אותם מביא למסקנה אחרת.

נקודת המוצא הידועה והמוכרת בכל דיסציפלינה היא שאין מגיעים למסקנה על היעילות והתפקוד התקין של מוצר או של שיטה על בסיס ניסוי מעבדתי אחד, זאת אפילו נלוו לניסוי זה עוד שניים או שלושה ניסויים. לא זו אף זו, ככל שהסיכון שיכול לנבוע או להיות כרוך במוצר או בשיטה גדול יותר, כך תקף כלל זה יותר, ומטיל חובה כבדה יותר על עורכי ניסויים למיניהם. דוגמא יפה לכך היא דוגמא שכבר ניתנה על-ידינו, של הרצון להחדיר לשימוש תרופה חדשה. גם הדיוטות יודעים אילו משוכות קשות יש לעבור עד שמאושרת תרופה: בדיקות עיוניות, מחקרים וניסויים בבעלי חיים, ניסויים מבוקרים בבני אדם, משך הסתכלות ארוך ומעקב על "התוצאות שאחרי". הטעם לכך הוא שגופו של אדם יכול להיפגע עקב נטילת תרופה שיעילותה ותקינותה לא נבחנו ושלא הוכח לגביה באופן חד-משמעי שאין נובעת ממנה סכנה. הניסיון מראה שגם אחרי שתרופה עברה את כל המשוכות הללו, יתכן וטמונים בה סיכונים שלא נתגלו בתהליך זה. התלידומיד שהמיט אסון על הורים וילדים רבים הוא רק דוגמא אחת לכך.

ביתו של אדם הוא מבצרו לא רק במשמעות ביטוי זה במקורו האנגלי, אלא גם בצפייתו של כל אדם לחוש ולהיות בטוח בביתו. בית שמתמוטט יכול להמיט אסון כבד על משפחה או משפחות שלמות, או על קהל מבקרים גדול באותו בית, הכל לפי טיבו וטבעו של הבית. הזכרנו כבר את מקדמי הבטיחות שהדין מחייב להביאם בחשבון כשמדובר ביציבותו של בית (ראו למשל סעיף 5.02 לתוספת השניה לתקנות בקשה להיתר). הדין צופה מצבי חירום כגון רעידות אדמה, ומחייב להביא גם אותם בחשבון. מקורה של גישה נורמטיבית זו הוא בדיעה הבסיסית שביתו של אדם הוא אחד מהמצרכים נעדרים התחליף שהאדם נזקק להם, שעלותם לכל אדם היא גדולה מאוד, ושהפגיעה במשתמשים במבנים היא פטלית במקרה של ערעור יציבות והתמוטטות.

איננו סבורים שמידת הזהירות הננקטת כשמבוקש להחדיר שיטת בנייה הנוגעת ליציבות הבנין צריכה להיות קטנה מהמידת הננקטת לגבי תרופה חדשה שמבקשים להחדיר לשוק.

4.8 שיטת הפל-קל באה לעשות מהפכה בתהליכי הבנייה, הכוללת מרכיבים אלה: הסרה של חישוקי גזירה (כשכשל בגזירה הוא כשל פריך מהקשים שיכול שיהיו בבנין, כפי שכבר הסברנו) על-ידי שימוש בדפנות קופסאות פח, שאיש לא חישב את טיבן, אורך חייהן והתנהגותן במצבים שונים לאורך עשרות שנות קיום הבנין כאלמנט מבני נושא לגזירה; ביטול זיון אופקי בקרום הבטון העליון; המרת הזיון האופקי התחתון מזיון המרוכז בצלעות לזיון המפוזר בכל שטח הקרום התחתון בלי זיקה ישירה לצלעות; ויצירת צלעות שיש אפשרות סבירה שיהיו בלתי אחידות, בעלות רוחב ומשקל משתנים, ושהמרווחים ביניהן אינם קבועים.

ביצוע מהפכה כזו על בסיס של 3-4 ניסויים בכל אחד מארבעת מחזורי הניסויים שנעשו במבדקה, הוא דבר בלתי אפשרי, בלתי נכון ואין הדעת סובלתו. בענין זה ראוי להביא מדבריו של אחד המהנדסים שהעיד בפנינו ואמר: "קביעת מאמצים בבטון מזוין, היא תוצאה של תהליך ארוך על בסיס הסתברותי לפעמים עם מאות ניסויים. לקבוע מאמץ תכן על בסיס ניסיון אחד או שניים או שלושה, זה בניגוד לכל העקרונות... אף מהנדס לא יכול להסתמך על דוח של בן-אדם אחד עם ניסוי מצומצם כזה. כל מהנדס אחראי, לא תלוי באיזה רמה, היה צריך להבין מקריאת הדוחות שאסור להסתמך על הממצא שבדוח". לדברים אלו במלוא משמעותם אנו מצטרפים.

הדברים קשים ונכונים שבעתיים נוכח העובדה שאין התאמה בין החומרים והתנאים ששררו בניסויים לבין אלו הקיימים במציאות בשדה הבנייה. המעבדה היא "סטטילית", כל שנעשה בה, נעשה בשובה, בנחת, בעדינות ותוך הקפדה על דיוק בכל צעד. לעומת זאת, שדה הבנייה הוא שדה דינמי מאוד, מאופיין בעבודה גסה ומופעל על-ידי פועלים רבים, בחלקם הגדול פועלים פשוטים שאינם בקיאים ברזי מקצוע ההנדסה. הוסף לכך את השימוש בחלק משמעותי מהניסויים בתקריות טרומיות מבטון מזוין, זאת לעומת שפיכת הבטון הבלתי מסודרת, הגורמת לתזוזות ארגזי הפל-קל בתקרה, הפסקות בעבודה, התקשות הבטון, חוסר שליטה על הנעשה, ובכלל זה על סדירות הזיון בטרם יציקה, והוסף לכך מפתחים בגדלים שונים, עומסים מתוכננים שונים ונתונים אחרים שלא את כולם מנינו, והרי לפניך זירה השונה לחלוטין מזו השוררת במעבדה.

לכל אלו יש להוסיף את הצורך לוודא את עמידות התקרה ואת עמידות מרכיביה לאורך עשרות שנים כנגד קורוזיה וכנגד מצבים מתפתחים רבים אחרים.

אחרי כל אלו, להסיק מאותם מתי מעט ניסויים אישור ל"תרופת פלא" חדשה בעולם הבנייה, ולהביא בעקבות כך למצב שציבור גדול מאוד של אנשי מקצוע חש עצמו בלתי מאוים מהשימוש בה, אינו מעשה רציני ואינו מעשה אחראי.

4.9 אין אנו צריכים להחליט אם כל אותם מהנדסים מתכננים שהשתמשו בשיטת פל-קל, הטוענים היום שסמכו כשעשו כן על ה"אישורים" כביכול של הטכניון, יכלו לעשות כן זאת נוכח הבסיס שעליו מושתתות ההמלצות שבדוחות הניסויים. עובדה היא שכנגד אלו היו מהנדסים רבים מאוד, בתוכם מהשורה הראשונה של המקצוע, שראו אף הם את ה"אישורים", ואולם הבינו שאין בהם ממש, וחלק משמעותי מהם יצא חוצץ נגד הניסיון לראות בהם אסמכתא לבנייה.

כך למשל, המהנדסת קלאודיה ריינהורן, הממלאת תפקיד של קונסטרוקטור ראשי בצה"ל, סרבה לאמץ בצה"ל את השיטה הזו. לדבריה, "אנו בדקנו את נושא הפל-קל ולא קיבלנו תשובות, ולכן לא הכנסנו את השיטה לשימוש בצה"ל". יתירה מזו, היא סיפרה שאלי רון אמר ש"אין צורך בחישוקים משום שהפחים מהווים תחליף לחישוקים. אני לא הסכמתי לכך ולכן השיטה לא נכנסה לצה"ל".

גם אינג' א. גורביץ, שירש את תפקידו של אלי רון כמהנדס ראשי של מע"צ ב-1983, כתב לנו שבשנת 1983 קיים דיון מעמיק בנושא שיטת תקרות פל-קל. בדיון השתתפו אינג' אלי רון, ד"ר קורין, אינג' משה שנבל ואינג' גורביץ. בדיון התבקש אלי רון להציג את העקרונות של שיטת פל-קל, מאחר שעקרונות השיטה לא היו ידועים. "במהלך הדיון הועלו שאלות נוקבות לגבי כל שלבי תכנון והקמת תקרות פל-קל. בעקבות הדיון הנ"ל הוצאתי הנחייה האוסרת תכנון וביצוע תקרות בשיטת פל-קל בבנייני הממשלה". בהמשך המכתב נאמר ש"בעקבות ההנחיה הזאת מאז 1983 ועד לפירוק אגף בניית מוסדות הממשלה במע"צ בשנת 1995 – לא ניבנה אף מטר רבוע אחד בשיטת פל-קל".

נסכם איפוא בשני אלו:

- א. גם ניסויי מבדקת הטכניון אינם יכולים "לסנגר" על השיטה.
- ב. חרף "כוח השכנוע" של דוחות הניסויים, היו מהנדסים רבים ומוסדות גדולים, שבחנו את הנושא והגיעו למסקנה שמדובר בשיטה לא בטוחה.

#### שיטת הפל-קל והטכניון – היסקים

4.10 ד"ר קורין עצמו, שעדותו בפנינו עשתה רושם מהימן, ואשר חש שהוא נפל "בפח" (תרתי משמע), מעריך שהכתבים שיצאו מתחת ידו והנחזים להיות "המלצות" לשיטה כולה, חורגים מכוונתו שלו להביע דבר אחר לחלוטין. כוונתו לא הייתה אלא לאמר שהניסויים, בתנאים ובאופן שבהם נערכו, הביאו לתוצאות שתאר. כוונתו לא הייתה לעשות אקסטרפולציה מניסוי זעיר אחד לכלל משק הבנייה. המבדקה שבה עבד גם לא הייתה רשאית, כזכור, ליתן אישורים כאלו. למרבית הצער, הלשון שננקטה על-ידו הייתה גורפת מדי, והיה בה יסוד מטעה. בכך מכיר גם ד"ר קורין.

קשה להניח שאלי רון עצמו האמין באמת ובתמים שהדוחות על הניסויים הם אישורים בכלל, ואישורים לפי סעיף 5.03 לתוספת השניה בפרט.

נציין כי ב-1985, סמוך לאחר סיום הניסויים, פנה אלי רון אל ד"ר עמי גלזמן, בעל משרד יעוץ לתכנון הנדסי, כדי לקבל את חוות דעתו המקצועית. בחוות דעתו מ-14.5.85 מתייחס ד"ר גלזמן למסקנות ניסויים אלה. הוא מדגיש את המגבלות שלהם באי אחיזתם החוקית בת"י 466, כולל נושא העדר החישוקים בצלעות. המלצתו לגביהם הייתה כלהלן:

"בהתחשב בכל האמור לעיל, בתוצאות הניסויים והמלצות התחנה לחקר הבנייה, ובחוות דעת של המשתמשים בשיטה הנדונה, נראה שיש מקום להמליץ על השמוש בפחי "פלקל" כמלוי בתקרות, אולם, יחד עם זאת, כדי לנצל את כל היתרונות, על המפעל לפנות לוועדת התקן 466, או לוועדת התקינה המרכזית כדי לקבל הכשר תקני להקלות המתבקשות משמוש בשיטה זאת."

עולה, איפוא, שכבר בשלבים מוקדמים שלאחר עריכת הניסויים ידע אלי רון מיועץ שאליו פנה, כי שיטתו נוגדת את הוראות ת"י 466. אין הוא יכול להיתמם כאילו היה בטוח שבעצם עריכת הניסויים וקבלת הדוחות אושרה שיטתו.

מסתבר גם שאלי רון פעל רבות בשנים שלאחר ביצוע הניסויים לשם השגת אישורים מהמכון הלאומי לחקר הבנייה (להבדיל מדוחות המבדקה). לא יתכן שהיה עושה זאת אילו סבר שיש בידו אישור כנטען על-ידו. לא זו אף זו, לאורך שנים היו מגעים רבים בינו לבין המכון הלאומי בקשר לאישור לפי סעיף 5.03, משאת נפשו של אלי רון. מגעים אלו ודברים ברורים שנאמרו לאלי רון על-ידי בכירי הטכניון, שוללים כל אפשרות שלא ידע שאין בידו אישור. הסברו של אלי רון בעת



עדותו בפנינו, כאילו חש "אילוץ" מטעמים מסחריים לקבל אישור נוסף של הטכניון, אינו עומד במבחן ההגיון. אילו העריך אלי רון ש"האישור" שיש בידו הוא אישור הטכניון, היה מתריס כנגד מפעילי "האילוץ" המסחרי: מה לכם כי תפעילו עלי לחץ, ראו, יש בידי כבר אישור מטעם הטכניון.

פרוט מלא של מגעים אלה ניתן במכתבה של פרופ' רחל בקר, המצורף כנספח ד לרוח זה. למען שלמות התמונה לא יהיה זה מיותר להביא גם כאן את הדברים הנוגעים לענייננו. וכך נאמר בנושא זה במכתב האמור:

3". הטיפול בבדיקת שיטת "פל-קל" במכון בשנים 1987 עד 1988 :

אינג' אלי רון פנה למכון לבדיקת שיטת הבנייה פל-קל לצורך חוות-דעת עליה בפעם הראשונה בחודש במרץ 1987.

בעקבות פנייתו הטלפונית והבהרות לגבי התהליך כמפורט לעיל, זומנה ישיבה ראשונה, שהתקיימה במכון ב-8.4.87 (למיטב זכרוני השתתפו בישיבה זו גם פרופ' מ. עדין ופרופ' ח. יגרמן). בישיבה הועבר לידנו תיק השיטה, יחד עם מכתב מיום 25.3.87. התיק כלל: מסמכים של אינג' רון לתיאור השיטה כפי שהיא מוצעת בפועל בבנינים, דו"חות של בדיקות מעבדה שונות שבוצעו לפי הזמנתו של אינג' רון במכון התקנים (שנים 86–1985), דו"ח ניסוי שבוצע ע"י ענף ביצורים במפקדת קצין הנדסה ראשי (שנת 1984), דו"ח של יועץ פרטי בנושא קורוזיה אטמוספירית (שנת 1982), ארבעה דו"חות של המבדקה בדבר חקירת תכונות קונסטרוקטיביות של תקרת פל-קל (שנים 1979 עד 1985), דו"ח של המבדקה על בדיקות אקוסטיות של תקרת פל-קל (שנת 1981), דוחות פנימיים של מע"צ על תקרת פל-קל (שנים 1979–1981), ומאמרים שונים, אשר נכתבו ע"י אינג' אלי רון (ולעיתים עם שותפים לעט), ונועדו לדבר בשבחה של השיטה... בסיכום המכתב המלווה את התיק מציין אינג' רון: "לאור הנאמר לעיל אנו מבקשים לקבל אגרמה [אישור שיטת בנייה חדשה] על מנת שנוכל להגדיל את השימוש בתקרות איכות פל-קל בארץ ובחור"ל". משפט זה מעיד לדעתי על הכרותו של היזם עם מערכות לבדיקות שיטות בנייה חדשות בחור"ל, ועל הכרותו בעובדה שחוות דעת, שמכין המכון בעקבות בדיקה של שיטה חדשה, מקובלת כמכשיר להבטחת יישום רחב של השיטה בישראל. לא ברור לנו מדוע, כמהנדס ראשי במע"צ, לא פנה למכון כבר בתום פיתוח שיטתו בסוף שנות ה-1970, ובמקום זאת בחר אז לבצע בדיקות שונות במכון התקנים ובמבדקה (בהזמנת מע"צ), על דעת עצמו וללא התייעצות עם גורמים מקצועיים מוסמכים.

כבר בישיבה זו הוצגו בפני אינג' אלי רון ספקות לגבי שני נושאים עיקריים:

א. ההתנהגות הקונסטרוקטיבית של התקרה - הוטל ספק ביחס להסברים שהוצעו ע"י אינג' אלי רון לגבי העברת הכוחות הפנימיים ותפקיד הפחים בשיתוף הפעולה בין חלקי התקרה השונים. הספק העיקרי שהובע בישיבה הוא לגבי הסיכוי לאיחוי בין השכבה התחתונה הנוצקת ראשונה, לבין הבטון הנוצק בצלעות הצרות לאחר הנחת הפחים. באופן מיוחד הודגש כי התפר הקר הנוצר במקום עלול להיות חלש מאוד ולא להיות מסוגל להעביר כוחות דחייה, ובהעדר חישובים אין מי שיעביר כוחות אלה. לטענה זו הוא השיב כי הפחים מחליפים את החישובים, וכי נעיצת רגליהם לתוך בטון השכבה התחתונה לעומק של 0.5 ס"מ מספקת כדי לעגנם שם. הסבריו נשענו על גליות הפחים והעברת כוחות מרחבית בין הפח לבטון הצלעות תוך כדי תהליך הכפף. הובהר לו כי מוטל ספק ביחס לטיעונו לגבי שיתוף הפעולה של הפחים ותפקודם כחלק ממערכת העברת הכוחות, ונקבע כי לפני שניתן יהיה להמשיך בבדיקה כוללנית של השיטה, נושא זה ייבדק היטב ע"י מומחי המכון מתחום הקונסטרוקציות. בנוסף לכך הובהר כי ללא חישובים בצלעות תקרתו אינה עומדת בדרישות התקן הישראלי ת"י 466, ולכן כל עוד לא הוכח שגירסתו נכונה, עליו לבנות לפי התקן, שהוא תקן מחייב בישראל.

ב. הסיכון לקורוזיה של הפחים - הוטל ספק בעמידות הפחים בפני קורוזיה בהיותם ללא גיליון או צבע מגן כלשהו, בעוד שהבטון דבוק להם מצד אחד בלבד, והם חשופים לאוויר שבחלל התקרה מצידם האחר. הובהר כי אם הפחים אינם משמשים להעברת כוחות, אלא אך ורק כגופי מילוי ותבנית בעת היציקה - אין לכך חשיבות, אך אם הפחים אמורים לתרום לתסכולת התקרה - הם חייבים להיות בעלי אורך חיים ארוך, כאורך חיי המבנה, מבלי לעבור קורוזיה. לטענה זו השיב אינג' רון כי יש בידו חומר מקצועי מארה"ב המעיד כי פחים הצמודים לבטון מצד אחד בלבד אינם צריכים הגנה בפני קורוזיה, היות שהדבקה לבטון מקנה הגנה פסיבית, המונעת התפתחות הקורוזיה. הוא התבקש להעביר את החומר שאמור להוכיח את טיעונו. יחד עם זאת הובהר לו מייד כי אם יסתבר (בבדיקה שתיעשה ע"י תת-הצוות שיטפל בנושא הקונסטרוקטיבי) שהפחים אכן יכולים להעביר את הכוחות, ואם המאמר האמריקאי לא ישכנע בצדקת טיעונו, יהיה הכרח להשתמש בפחים מוגנים בפני קורוזיה, וזאת משום שאין כל אפשרות לבצע בדיקות מואצות אמניות מספיק להסקת מסקנות אחרות תוך פרק זמן קצר יחסית.

בעקבות ספקות אלה בנושאים מהותיים ביותר של השיטה, הובהר מיידית כי במהלך הבדיקה הראשונית נתייחס תחילה רק אליהם, והיה ויסתבר שהספקות יתבררו והנושאים יבואו על פתרונם, ניתן יהיה לעבור לבדיקה יסודית יותר של השיטה בכללותה, כולל בכל היבטים האחרים שנועדו להבטיח את תקינותה (בטיחות אש, בידוד אקוסטי, מניעת בעיות רטיבות).

מכתבנו לאינג' רון מיום 26.4.87 מבהיר את שלביות התהליך שנוזקק לו בבדיקת שיטתו, קובע את עלותו, ומבקש שיעביר את כל יתר המסמכים שפירט במכתבו ובמהלך הישיבה, ואשר רק חלקם היה מצוי בתיק שהשאיר בידיו.

אינג' רון הזמין את הבדיקה והעביר את החומר הנוסף שנדרש.

כל החומר שבתיק נלמד ע"י חברי צוות הבדיקה. הצוות הגיע למסקנות:

- בדו"ח יועץ הקורוזיה ובמאמר מארה"ב אין כל ביסוס או חיזוק כלשהו לטיעוניו של אינג' רון ביחס להגנת הפחים בפני קורוזיה ע"י בטון שדבוק אליהם מצד אחד בלבד. לדעת הצוות: אם הפחים משתתפים בתסכולת התקרה - הם מחייבים הגנה בפני קורוזיה.
- הבדיקות, שנעשו במבדקה ובמכון התקנים, אשר בוצעו בסוף שנות ה-1970 וראשית ה-1980 (לפי תוכניות בדיקות שאינג' רון קבע ללא התייעצות עם אנשי מקצוע ברי-סמכא בתחום הקונסטרוקציות), לא היו רלוונטיות לבדיקת השתתפות הפחים בתסכולת תקרת הפל-קל כפי שהיא מבוצעת בשטח (כל הבדיקות בוצעו על רכיבים שחלקם התחתון, הכולל את ארגזי הפח, עשוי מקרומים טרומים. הבטון, שנוצק בחלק הטרומ, נוצק תחילה בעובי של 2.5 ס"מ, הונחו הזיון והפחים, ונוצקה שכבה נוספת של 2.5 ס"מ, אשר עלתה בנוסף לכך עד לגובה של כ-10 ס"מ בתוך הצלעות במהלך יציקה רצופה).
- אין בממצאי הבדיקות שנעשו במבדקה כל ביסוס לטיעוניו של אינג' רון בדבר השתתפות הפחים בתסכולת התקרה כאשר היא מבוצעת על פי הפרטים האופייניים לתקרות פל-קל.
- אי לזאת, הצוות אינו יכול להתייחס לבדיקות שמתוארות בדוחות הנ"ל ולמסקנותיהם כחלק מהמסמכים הרלוונטיים לקביעת חוות דעתו על השיטה שהוכנסה לבדיקה.

תגובות הצוותים והשגותיהם על החומר שהועבר נמסרו לאינג' רון בישיבות עבודה שהתקיימו בשני הנושאים בנפרד. בישיבות אלה התגלעו חילוקי דעות מהותיים בין חברי הצוותים לבין אינג' רון, כאשר האחרון טוען שאינו מסכים עם מסקנות הצוותים, אך אינו מביא הוכחות מתאימות לטיעוניו.

בתום הדיונים בנושא הקורוזיה סוכמה עמדתנו במכתבנו מיום: 12.6.87. מכתב זה חוזר ומבהיר כי משום שלגירסתו של אינג' רון הוא מעוניין להתחשב בפחים בקביעת תסכולת התקרה, ומעוניין בביצוע בדיקות קונסטרוקטיביות להוכחת אפשרות זו, עליו להבטיח את הקיים של הפחים ולהגן עליהם בפני קורוזיה, הגנה שאינה מוקנית למיטב ידיעתנו ע"י הידבקות הבטון מצד אחד בלבד. כמו כן מודגש במכתב כי "הרגישות להתפתחות קורוזיה גדולה במיוחד בחלק הפח שמצוי מייד מעל לאזור המעוגן בטבלת הבטון התחתונה". מובהר כי אין אפשרות מעשית לבצע בדיקות מואצות בזמן סביר לבדיקת גירסתו ביחס לקיים של הפחים הבלתי מוגנים, ולכן יש להשתמש בפחים מוגנים בפני קורוזיה, ולבצע כל ניסוי קונסטרוקטיבי בהמשך באמצעות פחים מוגנים באופן שיוצק ע"י המזמין, ויימצא מתאים מבחינת דרישות הקיים. על אף בקשתנו המפורשת, אינג' רון לא העביר לנו כל הצעה להגנה על הפחים.

הדיונים בנושא ההתנהגות הקונסטרוקטיבית היו ממושכים יותר, והתקיימו מספר דיונים בהם אינג' רון חזר והסביר את גירסתו. חברי הצוות שטיפלו בנושא הקונסטרוקטיבי הקשיבו לטיעוניו, אך לא השתכנעו בצדקתם [הם טענו מנגד כי לצורך העברת הכוחות בין הפחים לבין הבטון דרוש עיגון משמעותי יותר מאשר הטמנה של הפחים בעומק של מ"מ ספורים בתוך הבטון, ולכן השיטה על אופן ביצועה המעשי אינה מתאימה לקונספט המוצג ע"י היזם (היה ברור לשני הצדדים שהטמנה עמוקה יותר אינה אפשרית הן משום ששכבת הבטון היא בעובי 5 ס"מ בלבד וכוללת רשת זיון, והן משום שהטמנה עמוקה יותר חורצת את הבטון ומחלישה את הטבלה התחתונה)]. חברי הצוות חזרו וטענו כי העדר שיתוף פעולה בין השכבות עלול להוביל לכשל פריץ ומסוכן בתקרה, ולכן כל עוד לא הוכחה גירסת המזמין עליו לבצע את התקרות לפי התקן. מכיון שאינג' רון לא היה מוכן להכיר בחולשת גירסתו והמשך לטעון לצדקתה, הוחלט לברר את האפשרות לפתח מערך ניסויים מתאים לבחינתה. הוסבר לו כי הכנת תוכנית ניסויים מעבדתית, שניתן יהיה להסיק ממנה מסקנות ברורות לגבי שיטתו על אופן יישומה בבניין אמיתי, מחייבת בפני עצמה מחקר מעמיק במיוחד (במהלך הישיבות הובהר לאינג' רון מדוע הבדיקות המעבדתיות שביצע בזמנו במבדקה אינן מתאימות כלל לביורור הנושא, ומדוע תוצאותיהן אינן מעידות כלל על איכות השיטה כפי שהוא בונה בה בפועל).

בתום הדיונים בנושא ההתנהגות הקונסטרוקטיבית סוכמה עמדתנו במכתבנו מיום: 5.7.87. מכתב זה חוזר ומבהיר בצורה חד-משמעית כי התקרה, באופן שהיא מבוצעת בשיטת פל-קל, אינה עומדת בדרישות התקן המחייב ת"י 466 (תוך פירוט כל הסעיפים בהם היא חורגת מדרישות התקן). המכתב קובע ש"בחינה ניסויית של כל החריגות מדרישות התקן תדרוש עבודת מחקר ניכרת" של מחלקת הקונסטרוקציות במכון, וכי הכנת תוכנית ניסויים רלוונטית אינה מיידית, ותוגש למזמין רק לאחר ליבון ודיון יסודי במחלקה. בהתאם לכך המכתב קובע שכל עוד לא הוכח שגירסתו של אינג' רון קבילה "אין הכשר לדעתנו לביצוע מבנים בחריגה מדרישות התקן" ולכן עד להוכחה כזו "חלים גם על תקרות הצלעות האלה כל הכללים של סעיף 23.2 בת"י 466". בנוסף נאמר במכתב כי כל עוד משתמשים בפחים שאינם מוגנים "אין להתחשב בהם כמרכיב בתסכולת התקרה גם אם תתקבל תוצאה חיובית" בניסויים קונסטרוקטיביים.

חברי צוות הבדיקה במחלקת קונסטרוקציות קיימו דיונים פנימיים לגבי אופי הניסויים, אך טרם הגעתם למסקנה כלשהי ארע מקרה התמוטטות בבניין ברמת גן בו יושמה תקרת פל-קל. בעקבות סיור במקום של פרופ' משה עדין והדברים שראה בתקרות, הוא הסיק כי "אף אם ניסוי מעבדה יפיק את התוצאות המעולות ביותר" הוא לא יוכל לחוות דעה חיובית על השיטה.

בעקבות ממצאים חדשים אלה סוכמה עמדתנו הסופית, ובמכתבנו מיום 19.10.87 אנו קובעים כי "אין אפשרות להוכיח באמצעות ניסוי מעבדה כי השיטה מבטיחה עמידות בדרישות למצב גבולי של הרס, ולכן יש לשנות את פרטי השיטה". משום שבמצב דברים זה לא היה טעם להמשיך בבדיקה כוללנית של השיטה בכל ההיבטים האחרים (בטיחות אש, בידוד אקוסטי,

מניעת בעיות רטיבות), הודענו שבזה הסתיים השלב הראשון של בדיקת השיטה והמזמין נדרש לשלם רק חלק מהסכום שנקבע בתחילה כתקציב המוערך עבור התהליך המלא של הבדיקה.

במכתב נוסף מ-12.2.1988 מאשר פרופ' עדין, לפי בקשתו של אינג' רון, כי לדעתו גופי המילוי מפל-קל אינם נחותים מגופי מילוי אחרים הנמצאים בשימוש בישראל, בתנאי שמשמשים בהם בתקרת צלעות קונבנציונלית ותקנית לפי כל דרישות ת"י 466, והוא מצטט להדגשה: "גופי המילוי יהיו יציבים, עד כדי שיקבלו את העומסים, העשויים לפעול עליהם בעת היציקה. אין מתחשבים בהם בקביעת תסכולת התקרה".

הנחתנו ותקוותנו בשלב זה הייתה כי אינג' רון הכיר בטעותו, וכי מעתה ואילך יבצע את התקרות תוך הקפדה על כל הכללים בת"י 466, כשהוא ישתמש בארגזי הפל-קל כגופי מילוי בלבד. תקווה זו התבדתה, כאשר הגיע לידעתנו כי אינג' רון ממשיך להפיץ מסמכים פרסומיים של השיטה, אשר מעידים על המשך החריגות מת"י 466, וכי הוא אף טוען שהשיטה נבדקה ע"י הטכניון, וע"י כך מטעה את הציבור לחשוב שהשיטה החריגה עמדה בהצלחה בבדיקה במכון הלאומי לחקר הבנייה.

בהתייעצות עם גורמים משפטיים הבינונו שבהיות תהליך הבדיקה שמקיים המכון בלתי מחייב מבחינה סטטוטורית, הרי הבדיקה שאנו מבצעים עבור היזם, לפי בקשתו ובאמון מלא בינו לבינינו, מונעת מאיתנו לפרסם ולפרט את ממצאי הבדיקה ברבים. יחד עם זאת, חרדנו לבטיחותן של תקרות המבוצעות בשיטה זו. ולכן, ב-19.4.88 שלח ראש המכון מכתב לסגן ראש אגף תכנון והנדסה במשרד הבינוי והשיכון, בו הוא מבהיר כי "שיטת פל-קל אומנם נבדקה אצלנו על פי בקשתו של אינג' רון, אך נמצאה לא מתאימה לשימוש בפרטיה הנוכחיים". המכתב מציין גם כי הכישלון של שיטה זו בבדיקה "מוכיח שוב עד כמה נחוצה בדיקת חובה של כל שיטה חדשה לפני שילוכה בבנייה". העתק המכתב הופנה ליו"ר אגודת הנדסה אזרחית בהתאחדות המהנדסים. לא ידוע לנו האם מקבלי המכתב עשו בו שימוש כלשהו באותה תקופה.

בחודש יולי 1988 פנה אלינו אינג' רון שנית, והפעם בבקשה שנבדוק תיקונים ושיפורים שהוא מציע בשיטה על מנת להביאה למצב שתענה על דרישות התקן המהותיות. לאחר שהציג בפני פרופ' משה עדין גירסה חדשה של השיטה, הכוללת עיגון הפחים בכטון של הטבלה התחתונה, התקיימה ב-7.7.88 ישיבה עם חברים נוספים מצוות המכון. בישיבה זו הוצג בפנינו פרט עיגון מתועש מרשת פלדה מרותכת וכפופה לצורת חישוק פתוח, אשר אמור להוות תחליף למערך החישוקים הרגיל, ולאפשר ע"י כך את העברת הכוחות בין חלקי התקרה השונים ללא צורך בהסתמכות על הפחים. סוכם כי החומר יועבר בצורה מסודרת בכתב, ועל בסיסו תוכן הצעת תקציב הבדיקה הפיתרון המוצע. טיטוט המכתב שהכינוי בענין לא הודפסה סופית משום שאינג' רון לא שלח את החומר שהיה אמור להעביר, ובמקום זאת הודיע לי כעבור מספר ימים שהוא מבטל את הפנייה ומבקש שלא לשלח לו כל הצעה בנושא (רישומי השיחה וטיטוט המכתב מצויים אצלנו). לדעתי יש לאירוע זה חשיבות מיוחדת, היות שפנייתו לבדיקת הצעת שיפור מעידה על מודעותו של אינג' רון לבעייתיות של השיטה, ולצורך למצוא לכך פיתרון הולם. תמוהה בעיני חרשתו על פנייה זו וביטול התהליך טרם התחלתו.

באותו זמן לערך, ובמקביל לפעילות זו, קיימה התאחדות המהנדסים וועדה לבדיקות כשל מבנים. בדו"ח, שהכינו בכפירור 1988, התייחסה בממצאיה גם לשיטת פל-קל. ב-12.9.89 פנה אלינו יו"ר הוועדה, אינג' גוראל, וביקש את ה"דוחות והמחקרים" שלנו על השיטה (כניראה בעקבות העתק מכתבנו מיום 19.4.88 בדבר אי התאמת השיטה לשימוש בפרטיה הנוכחיים). בגלל המגבלות שחלות עלינו מלהפיץ לאחרים מכתבים שנועדו למזמין הבדיקה, השבנו לאינג' גוראל, במכתב מיום 21.9.89, כי אין באפשרותנו להעביר לו את המכתבים ששלחנו לאינג' רון ללא הסמכתו של המזמין, והיצענו לו לפנות אל אינג' רון ולבקש הסכמה לכך על מנת שנוכל להעביר אליו את כל החומר. יחד עם זאת, למען הסר ספק, חזרנו והבהרנו במכתב כי חזרנו בפני אינג' רון את דעתנו על התקרות וכי הודענו לו על "התנאים לחישובן וביצוען כדי שיעמדו בדרישות ת"י 466".

מכאן ואילך לא היה למכון הלאומי לחקר הבנייה כל קשר לשיטת פל-קל, עד לפנייה חוזרת של אינג' רון אליו בשנת 1996.

#### 4. הטיפול בבדיקת שיטת "פל-קל" במכון בשנים 1996-1997:

בספטמבר 1995 פנה אינג' רון לוועדה הטכנית 101 של מכון התקנים בבקשה להכיר בשיטתו כמסגרת חוקת הבטון (ת"י 466). הוועדה העבירה את הנושא לוועדת מומחים 101.01. ב-15.1.96 סיכם פרופ' משה עדין, בשם וועדת המומחים 101.01 לחוקת הבטון, את מסקנותיה של הוועדה הנ"ל ביחס לתקרות פל-קל. במכתב זה חוזר ומבטא את כל ההסתייגויות הקודמות מן השיטה, כפי שבאו לידי ביטוי במכתבי המכון הלאומי לחקר הבנייה ובדו"חות של התאחדות המהנדסים, ומסכם: "חברי הוועדה אינם מקבלים את הערכות אינג' א. רון ביחס לתסכולת ולתפקוד התקרות לפי שיטת 'פל-קל' כמוצהר על ידו".

באפריל 1996 פנה אינג' רון למכון הלאומי לחקר הבנייה בבקשה להתחיל מחדש בטיפול בבדיקת שיטתו, אשר לדבריו הוכיחה עצמה על אף ההשגות והספקות שהועלו ע"י צוות הבדיקה משנת 1987 וע"י כל הגורמים האחרים שנגעו בנושא. במכתב הפנייה הוא מציין "יש חשיבות מרובה לעריכת ניסויים בתקרות פל-קל במסגרת המכון הלאומי לחקר הבנייה".

בישיבה רבת משתתפים שהתקיימה בחדרו של ראש המכון טען אינג' רון כי המכון טועה לכל אורך הדרך בהבנת שיטתו, ופוסל אותה שלא בצדק. הוא הבהיר שהוא מעוניין לשכנע את הצוות של המכון בצדקת גירסתו ולקבל בסופו של התהליך "אגורנט" (דו"ח חוות-דעת) על השיטה. הוא הציג מחדש את תפיסתו לגבי השתתפות הפחים בתסכולת התקרה, ודרש שהמכון יכין עבורו תוכנית ניסויים שיעודה בירור הסוגיה שבמחלוקת, כאשר הוא מתחייב לשאת בכל ההוצאות של הכנת התוכנית וביצוע הבדיקות. הובהר לו מחדש כי גירסתו לגבי התנהגות התקרה ורמת הבטיחות שלה אינה מקובלת על חוקרי המכון, וכי הכנת תוכנית ניסויים מעבדתיים לבירור הנושא מורכבת מאוד. באופן מיוחד הוסבר שאפילו אם יסתבר בניסוי כי, בגלל גורמי

חיזוק אקראיים, הכשל מתרחש בעומס גדול יחסית, אין בכך כדי להעיד על ההתנהגות בפועל בבניין. הובהר שאופי הכשל (פריץ או משיך) צריך להיות הגורם הקובע בניסוי, ולא בהכרח העומס בו יתרחש.

ב-20.5.96 שלח ראש המכון לאינג' רון הצעת התקציב עבור הניסויים.

ב-3.6.96 שלח ראש המכון לד"ר י. סרנה, יו"ר האגודה להנדסה אזרחית, מכתב המתריע על כך שאינג' רון מפיץ שמועה מטעה כאילו שיטתו נבדקה בטכניון ואושרה.

ב-8.7.96 נשלחה הודעת התארגנות של המכון, כולל חשבונית ראשונה על מקדמה לקראת תחילת הניסויים.

ב-11.9.96 התקיימה במכון ישיבה חוזרת עם אינג' רון לצורך היכרות עם ד"ר א. הנאור, אשר החליף בינתיים את פרופ' מ. עדין כמועמד לניהול מערכת הניסויים. יש לזכור שעד מועד זה אינג' רון לא שילם את המקדמה עפ"י החשבונית שנשלחה אליו, ולכן לא הוחל בבניית מערך הניסויים. בישיבה הובהרה מחדש המורכבות של מערכת הניסויים, בעייתיות הסקת המסקנות מהם, והתנאים לכך שתוצאותיהם ישמשו לאישוש או להפרכה של טיעוני היזם. בהתאם למכתב הסיכום של ישיבה זו: "לאור הדיון העלה אינג' רון את האפשרות למקד את בדיקת השיטה לא בשיטה המקורית, אלא בשיטה משופרת העשויה לתת פתרון לנושא הפרדת הקרום התחתון, וכמו כן אפשרות למחשבה מחודשת בשיטת הבדיקה בכללה".

למרות זאת, לפי בקשתו של אינג' רון, התקיימה ב-30.9.96 ישיבה נוספת שנועדה לחזור ולדון בבדיקה של שיטת פל-קל המקורית. בישיבה זו סוכם שאל צוות הבדיקה של המכון יצורף מלווה מטעם לשכת המהנדסים. כמו כן סוכם על ביצוע הבדיקות בשני שלבים.

ב-17.10.96 נשלח מכתב מהמכון המפרט את סדרי התשלום בהתאם לשלכיות הבדיקות, וכן התרעה על כך שעדיין לא שולמה החשבונית שנשלחה בחודש יולי (דבר המעכב התחלת ההיערכות לביצוע הבדיקות), ובקשה לתגובה מיידית. עד ה-12.11.96 לא הגיעה כל תגובה או תשלום. המכון החליט בשלב זה על הפסקה חד-משמעית של המשך הטיפול בבדיקת שיטת פל-קל. לאינג' רון נשלחה ביום זה הודעה על הפסקת הטיפול בשיטתו, וביטול ההיערכות לביצוע הניסויים, כולל ביטול החשבונית המקורית ודרישה לתשלום מופחת שיכסה אך ורק את הטיפול שנעשה עד אז.

במקביל לפעילות זו התקיימו באותה עת דיונים משפטיים, בביהמ"ש המחוזי בתל-אביב: אינג' רון נגד ועדת האתיקה - וועדה לבדיקת כשל מבנים של התאחדות המהנדסים. אינג' רון ביקש וזכה לדחייה של הדיון לאוקטובר 1996, בטענה ש"המכון הלאומי לחקר הבנייה החל בביצוע ניסוי לאישור השימוש בתקריות בעלות של כ-650,000 ₪. לו יצליח הניסוי, יתייתר הדיון בפני ועדת האתיקה...". עו"ד גיצלטר, שייצג את ועדת האתיקה, פנה אלינו ב-4.10.96 בשאלה האם אינג' רון אכן שילם עבור הבדיקה. לאחר התייעצות עם הגורם המשפטי של הטכניון השבנו לו כי על כך נוכל לענות רק לבית המשפט עצמו. לא ידוע לנו כיצד הסתיים הטיפול בנושא בבית המשפט, אשר כלל לא פנה אלינו בנושא.

ב-25.12.96 פנה אלינו אינג' רון שוב, והפעם בבקשה להכנת חוות דעת על תקרת צלעות אשר תענה על כל דרישות התקן הישראלי ת"י 466, ואשר בה ארגזי פל-קל משמשים כגופי מילוי בלבד, ואין להם כל תפקיד מבני.

ב-2.6.97 הוכן עבורה דו"ח מפורט שמספרו: (002) 4.3-027 יישום - 331, ושם השיטה בו: שיטת "פל-קל התקנית". הדו"ח כולל בפרק א' הסבר מפורט לגבי פרטי הביצוע של תקרת צלעות תקנית מסוג זה, ובפרק ב' - חוות דעת, הכוללת 10 סעיפים מפורטים, המבהירים את התנאים והדרישות המחייבים הקפדה בזמן התכנון והביצוע על מנת שהשיטה אכן תתאים לבניית תקרת צלעות תקנית.

מן הראוי להדגיש כי השיטה המתוארת בדו"ח זה אינה דומה כלל ועיקר לשיטת פל-קל המקורית, כפי שהוצעה ע"י אינג' רון בפניותיו הקודמות, ולפחות עד אמצע 1997 בנייה עם ארגזי פל-קל לא נעשתה כניראה לפי הפרטים שבדו"ח זה.

כפי שכבר נאמר בסעיף 1 לעיל, לא קיים בישראל מעקב אחרי הביצוע של שיטות בנייה נושאות חוות-דעת, ואין מנגנון להבטחה שהפרטים המופיעים בחוות הדעת אכן מקוימים. באופן מיוחד יש להדגיש כי, כל עוד אין למכון מעמד סטטוטורי, מידע על ממצאים כלשהם בהקשר זה, אפילו אם קיימים במקום כלשהו, אינו מתנקז חזרה אליו. כתוצאה מכך, גם לגבי תקרות פל-קל, אין למכון כל מידע אם אחרי אמצע 1997 יושמו הפרטים שבדו"ח המוזכר לעיל, או שבפועל המשיכו לבנות תקרות עם ארגזי פל-קל על פי פרטים לקויים, בלתי תקינים ומסוכנים".

עד כאן ציטוט ממכתבה של פרופ' רחל בקר לוועדה. העובדות, השתלשלות המאורעות ופעילותו של אלי רון כפי שתוארו במכתב זה, מבהירים חד-משמעית שאלי רון ידע לבטח שהדוחות על הניסויים שאותם הציג כאישורי הטכניון, לא רק שאינם כאלו, אלא שאין הם מעידים אלא על תגובות החומרים הקונקרטיים בנתונים הקונקרטיים של הניסויים.

4.12 להשלמת הנאמר במכתבה של פרופ' רחל בקר, עלינו אף לציין שבמכתבו מיום 11.8.96 שהופנה אל פרופ' משה עדין מהמכון לחקר הבנייה, הודיע אלי רון כי "אני מעלה בכתב את שדנו בפגישתנו האחרונה על מנת שלדעתך, תקרות פל-קל החדשות תהיינה תקניות מראשיתן ועד סופן...". באותו מכתב מפרט אלי רון אחת לאחת את מילוי דרישות התקן

לגבי החישוב הסטטי, עובי התקרה, מבנה תקרת הצלעות, קיומן של צלעות מחלקות, טבלות עליונה ותחתונה, גופי מילוי ופרטי הזיון, הכוללים הכנסתם של חישוקים שיקיפו את הזיון התחתון.

4.13 נראה לנו שדי היה בכך כדי שלא נוכל לראות בתוצאות הניסויים חומר המלמד סניגוריה על השיטה. ואולם אם צריך תניא דמסייע לכך, נצטט דברים שנרשמו בדוח המכון הלאומי. וכך נאמר שם, בין השאר, בענין זה:

”ב.2.3.4 הערכת הרקע הניסויי/נסיוני של השיטה

אף אחד מן הניסויים אינו תואם את מתכונת השיטה כפי שיושמה בבניין ”ורסאי”, וזאת מן ההיבטים הבאים:

- כל הניסויים בוצעו על מדגמים עם צלעות בכוון אחד עם גופי מילוי מפח גלי. אין ניסוי הכולל צלעות בשני כוונים או ניסוי הכולל צלעות עם דפנות מפח שטוח.
- בניסויים בהם המדגמים כללו קרום תחתון (ניסויים 2-4) הקרום התחתון נוצק כיחידה טרומה עם הפחים וכמחצית גובה הצלע. באף ניסוי לא נוצק הקרום התחתון לבר ולאחר מכן, בהפרש זמן, הנחת הפחים ויציקה משלימה, כפי שהדבר נעשה בפועל.
- הניסויים בוצעו בתנאי מעבדה. בשום ניסוי לא נעשה ניסיון לדמות את אופן ואיכות הביצוע בפועל או לבדוק את השפעתו של פרמטר חשוב זה.
- לא בוצע שום ניסוי מבוקר, עם דגמי בקרה הדומים לדגמי הניסוי אך ללא גופי מילוי מפח, וזאת במטרה לבדוק ישירות את השתתפות הפח בקבלת כוחות הגזירה, בהשפעת פרמטרים כגון מומנט חיובי ושלילי; בטון בצלעות ורוחבו; חישוקים וכמותם (ראו הערות פרטניות בייחס לניסוי הבודד שבדק צלעות עם חישוקים – ניסוי 2).
- קיים רק ניסוי אחד עם מדגמים בהשענה מומשכת (עם מומנט שלילי) ועם קרום תחתון. ניסוי זה אינו מדמה את מתכונת יישום ”ורסאי”, ולמרות שבוצע בתנאי מעבדה, הוא יכול להיחשב ככישלון (ראו ניתוח פרטני של ניסוי מס. 3 להלן).

להלן התייחסות פרטנית לכל ניסוי בנפרד, הן לניסוי לגופו והן באשר למשמעותו לגבי שיטת ”פל-קל” במתכונת ”ורסאי”.

ב.2.3.4.1 ניסוי מס. 1, 1979

הניסוי הוא של צלעות ללא קרום תחתון. אחת ממטרות הניסוי היא לעמוד על שיתוף הפעולה של הפח בנשיאת הגזירה, אולם לא זו בלבד שמטרה זו הוחטאה לחלוטין, אלא שהמסקנות כוללות הצהרות ומסקנות שגויות ומסוכנות, וזאת בנימוקים הבאים:

- בניסוי כפי שנערך, אין כל אפשרות להפריד את השפעת הפח מפעולת צלע הבטון בלבד. התוצאה של תסבולת שבר של 33.1 ק”ג/סמ”ר הייתה יכולה להתקבל גם על ידי צלעות הבטון ללא פח בכלל (אך עם הזיון האורכי). ערכי החוזק המובאים בת”י 466 ב- $d1T$  (ללא זיון גזירה) הם של חוזק תכן וכוללים מקדם בטיחות לחומר הלוקח בחשבון את אופי הכשל הפריך. מניסויים עולה שמקדם בטיחות זה הוא בתחום של 2.2-2.5. עבור המדגמים שנבדקו, עם אחוז זיון אורכי של 1.5%-1%, (לא ברור מה הזיון בדגם מס. 2),  $2kg/cm^2 = 14-12$   $d1T$ , כלומר, מאמץ הכשל בגזירה הצפוי לבטון ללא פחים נע בתחום 24-35 ק”ג/סמ”ר, והמאמץ שנמדד נופל בתחום זה. כדרישת מינימום להשגת המטרה המוצהרת של הניסוי היה צורך לבדוק מדגם בקרה הדומה בכל מאפייניו לדגם שנבדק, אך ללא גופי מילוי מפח. הדבר לא נעשה.
- ההמלצות מפעילות מקדמי בטיחות לחומר שגויים ומסוכנים. לא ברור מניין נלקח המקדם של 1.5 (אולי מנוסח ישן של התקן). לא קיים כלל בתקן מקדם בטיחות לחומר בגזירה. מקדם הבטיחות בלחיצה בנוסח 1987 של התקן הוא 1.85. בנוסף יש להפעיל מקדם התנהגות של 1.2 עבור כשל פריך (סעיף 4.2.3.1.3), כלומר מקדם של 2.22, וזאת עבור כשל פריך בלחיצה, לא בגזירה!

- לא ברור כיצד על סמך בדיקת שני מדגמים בלבד, בתנאים מאוד מסוימים ניתן בכלל להגיע למסקנה כללית לגבי חוזק התכן בגזירה. ההמלצה של 18 ק"ג/סמ"ר, המתיימרת לכלול מקדם בטיחות לתנאי ביצוע לקויים היא שגויה ומסוכנת. לאור האמור לעיל יש לאמץ את ערכי dI לפי ת"י 466 ולהתעלם מן הפת. בודאי שלא ניתן להשתמש בערכים אלה ביישומים שאינם דומים כלל למדגמים שנבדקו.
- המסקנה לגבי התאמת התסבולת לת"י 466 אינה ברורה ומטעה. מסקנה זו מתייחסת, ככל הנראה, לכך שהתסבולת בכפיפה שנמדדה, תואמת את התסבולת המחושבת לפי ת"י 466. מסקנה זו היא טריוויאלית, שכן אין שום מאפיין של השיטה שיכול להשפיע על התסבולת בכפיפה של המדגמים שנבדקו. מאידך, ניתן לפרש את המשפט כהרשאה להימנע מרשת זיון עליונה (שתפקידה בקרת סדיקה ואין לה השפעה על התסבולת בכפיפה) ולהימנע מחישוקים בצלעות במידה והחישוב לפי ת"י 466 מראה שהם דרושים.

ב.2.3.4.2. ניסוי מס. 2, 1980

- אין ספק שבניסוי זה יש לפח תרומה לתסבולת בגזירה. אחרת אי אפשר להסביר חוזק כשל בשיעור של כ-60 ק"ג/סמ"ר. אפילו בהפעלת מקדם בטיחות לחומר של 2.5-3 מתקבל תכן של מעל 20 ק"ג/סמ"ר. חוזק כזה קיים ללא זיון גזירה, לפי ת"י 466, רק לבטון מסוג ב-60. גם אי-הפרדת מישק היציקה המשלימה עם האלמנט הטרום מעיד על שיתוף פעולה כזה.
- עם זאת, יש לציין שהעומס הופעל קרוב מדי לסמך ותוצאות שונות היו מתקבלות עם הפעלה במרחק של פעמיים-שלוש פעמים עובי התקרה. כמו כן עקב חגורת הקצה הצרה (ברוחב 10 ס"מ) גופי המילוי הגיעו למעשה עד לסמך ולכן יכלו לשאת את הגזירה באופן ישיר, ללא העברה באמצעות הבטון.
- מאחר שלא דווח על כשל או נזק לפחים, מתקבל הרושם שהכשל בסופו של דבר היה בבטון, כלומר בשלב כלשהו הייתה החלקה בין הבטון לפחים ולא ברור באיזה שלב ובאלה תנאים.
- ההמלצה שאין צורך בזיון גזירה היא גורפת ומסוכנת. ההגבלה "ביחסי המידות הנוכחיים של הקרום והיציקה המשלימה" אינה ברורה (איזה מידות?). גם לא ברור מניין המסקנה שזה הפרמטר הקובע את תחום החלות של תוצאות הניסוי (מה למשל עם אופן השענה, יחסי גובה/מפתח וכו' וכו').
- המסקנה ביחס למקדמי הבטיחות לעומס אופייני חסרת משמעות, שכן הבדיקות מיועדות לתת מידע ביחס לתנאים כלליים, לא לפרוייקט ספציפי עם עומסים נתונים.
- ההערה ביחס להשפעת נעיצת הפחים בקרום התחתון על התסבולת בגזירה היא נכונה בעיקרה, כפי שנדון בהקשר הבסיס העיוני. כפי שצוין שם, באזורים של מומנט חיובי, כפי שהיה בתנאי הניסוי הנוכחי, הקרום התחתון נלחץ אל הצלעות, דבר המסייע לפעולה זו (כמו גם למניעת הפרדת מישק היציקה).

ב.2.3.4.3. ניסוי מס. 3, 1982

כאמור, ניסוי מס. 3 הוא היחיד הכולל קרום תחתון בקונפיגורציה של טבלה מומשכת. התוצאה היא למעשה כשלון חרוץ ומן הדין היה שתדליק נורה אדומה באשר להתנהגות מערכת התקרה הנדונה באזור של מומנט שלילי. אפילו בתנאי מעבדה מערכת שתוכננה לכשל משיך בכפיפה כשלה באופן פריך בגזירה, תוך הפרדת היציקה המשלימה מן האלמנט הטרומ, וזאת למרות שהאלמנט הטרומ הבטיח את העיגון הטוב ביותר של הפח לבטון שניתן להשיג. הדו"ח כלל אינו מתייחס לתופעה חמורה זו הכוללת בתרשים 3 (הלקוח מן הדו"ח). מן התוצאות ברור שהפחים לא השתתפו משמעותית בנשיאת הגזירה, אפילו בבדיקות במפתח בודד עם מומנט חיובי בלבד. התוצאות לגבי חוזק הכשל בזירה הן בתחום שניתן לצפות עבור צלעות ללא זיון גזירה. כל המסקנות המצוטטות הן שגויות או מטעות, להלן התייחסות פרטנית:

- התקן 466 ברוחו, לפחות, אם לא כלשונו, דורש שתקרות שתוכנו לכשל בכפיפה ייכשלו באופן משיך, תוך יצירת פרקים פלסטיים בסמכים פנימיים ובשדות. זה לא היה המצב בניסוי.
- תוצאות הניסויים בבדיקה בהשענה דו-פרקית בפירוש סותרות את התוצאות של ניסוי 2 - אותו החתך אך בהשענה של שדות בודדים. שם הכשל היה משיך וחוזק הגזירה בכשל היה 60 ק"ג/סמ"ר (לעומת 36 ק"ג/סמ"ר בניסוי 3). הסיבה להבדיל היא, כפי הנראה, ערעור ההידבקות של הפחים בעת הניסוי המוקדם במערכת המומשכת.

- ההשוואה בין התסבולת בכפיפה ובגזירה של הטבלה המומשכת למפתחים הבדידים חסרת משמעות. התסבולת בכפיפה תלויה בכמות הזיון בעוד התסבולת בגזירה של המפתחים הבדידים צריכה להיות גבוהה מזו של הטבלה המומשכת, וזאת הן עקב התנהגות הקרום התחתון שצוינה לעיל, והן עקב העדר מומנט בשילוב עם גזירה.
- מערכת הסדיקה באזור המומנט השלילי בפירושו לא תואמת התנהגות צפויה של טבלה מומשכת מתוכננת כראוי. לא צריכים להתפתח סדקי גזירה ובוודאי שלא סדקי הפרדת השכבות.
- ההערה המתייחסת לכשל שהוא "לכאורה" בגזירה היא דוגמה להונאה עצמית. נכון אמנם שהכשל התחיל בכפיפה, ולכן הגיעו הפלדה והבטון לגבול חוזק התכן שלהם, אולם העדר המשיכות בנוסף לצורת הסדקים מעידים על כשל הנשלט על ידי גזירה, ולא על כשל בכפיפה.
- כמוזכר, בהתייחס לניסוי 2, מקדם הבטיחות לעומס המתוכנן אינו רלוונטי ומטעה. הוא יוצר את הרושם שהמערכת הנדונה, ככלל, נותנת רמת בטיחות גבוהה, בזמן שהתוצאה נובעת פשוט מן ההבדל הטבעי בין חוזק התכן לחוזק חומרים ורכיבים בפועל בהתחשב במקדמי הבטיחות המובנים.

ב.2.3.4.4. ניסוי מס. 4, 1985

כאמור, ניסוי זה נועד לבדוק את השפעת העדר צלע מחלקת על חלוקת העומס לרוחב התקרה. חלוקה רוחבית של העומס בטבלה תאית דו-קרומית הבנויה נכון, בפעולת פירנדל, מקובלת ולכן ניתן לקבל את התוצאות, למרות שקשה להשליך מניסוי במפתח של 5.7 מ' למפתחים בסדר גודל של למעלה מ-10 מ'.

עד כאן ציטוט מדוח המכון הלאומי בענין הניסויים שערך ד"ר קורין במבדקת הטכניון. דעות דומות הושמעו בפני הוועדה על-ידי אנשים ברי סמך, ובהם פרופ' משה עדין ואינג' אליעזר שמיר.

אלי רון טען שהוא עצמו עשה ניסויים נוספים. דוח המכון הלאומי התייחס גם לניסויים אלו, וכך נאמר בו בנושא זה:

ב.2.3.4.5. ניסויים נוספים

- כאמור לעיל, לא נמצא תיעוד לניסוי ההידבקות בין פח לבטון, אולם לפי הנתונים שמביא בעל השיטה עצמו (חוזק הידבקות בין 1 ל-5 ק"ג/סמ"ר), יש להזניח בתכן הידבקות כלשהי.
- הנתונים של ניסויי מדגמים עם צלעות ברוחב 0' שנמסרו על ידי בעל השיטה מאוד מוגבלים וגם כוללים סתירות. המדגמים הם קטנים מאוד ולכן הנושאים של תנאי ביצוע: הזזת הפחים, תפר קר בין הקרום התחתון לצלעות, אי חדירת פחים וכו' אינם קיימים.
- אם נקבל את הנתונים שמעיד הנחתום על עיסתו, הרי שיש לקבל את התוצאה והמסקנה שמביא בעל השיטה שאכן יש שיתוף פעולה בין גופי המילוי לקרום הבטון בקבלת הגזירה בניסוי הנדון. כפי שהוסבר לעיל, שיתוף פעולה כזה אפשרי בתנאים מסוימים, בעיקר כאשר מובטחת נעיצת הפחים בבטון הקרום התחתון והידבקות משמעותית בין הפח לבטון.
- לגבי הניסוי בהשענה דו-פרקית כבר הוסבר שבתנאים אלה הקרום התחתון נלחץ אל גופי המילוי וכך משפר את שיתוף הפעולה ביניהם.
- ניסויי המדגם כזו מטעה. כאן הקרום התחתון הלחץ אינו מחובר אל קצות גופי המילוי אלא אל מלוא שטח הפנים שלהם, כולל צלעות בטון ברוחב מסוים (כ-5 ס"מ), ולכן הבעיה הקריטית של הפרדת הקרום התחתון באזור מומנט שלילי, לא מתעוררת. למעשה זוהי חזרה על הניסוי בהשענה פשוטה – גם כאן הקרום המחובר אל קצות גופי המילוי מתוח ולכן נלחץ אל גופי המילוי. המומנט המרבי ליחידת עומס הוא כמעט זהה בשני המקרים ומתחלק בין הקרום באותה הצורה. ההבדל היחיד הוא שכוח הגזירה המרבי

הוא באותו חתך בו קיים המומנט המרבי, דבר שאינו קיים בהשענה פשוטה (שם כוח הגזירה המרבי ליד הסמך, במקום שמומנט הכפיפה קטן).

#### ב.2.3.4.6 ניסיון עם תקרות פל-קל

אין ספק שלכמות התקרות שיושמו ולמספר המהנדסים שאמצו את השיטה ויישמו אותה, יש משמעות, וזאת בהתחשב בכך שהאחריות על תקינות המבנה ובטיחותו היא בסופו של דבר של מהנדס השלד. עובדת קיום התקרות ותפקודן, כשלעצמה, אינה מהווה הוכחה לתקינות השיטה ובטיחותה, אולם היא מהווה הוכחה לאפשרות של תפקודה בתנאים מסוימים. שאלת השאלות היא: א) מהם התנאים לתפקוד המערכת; ב) כיצד ניתן לוודא אם תקרה קיימת ממלאת את התנאים האלה אם לאו.

בהקשר זה יש לציין כי העמסת ניסיון איננה מהווה הוכחה לתפקוד ובטיחות השיטה שבה מדובר. העמסת ניסיון בודקת למעשה את קשיחות המערכת ואת יכולתה לשאת את העומס שהופעל בניסוי. התנאים הרשומים בתקן להצלחת הניסוי מוגדרים באמצעות הכפף האלסטי והכפף השיורי לאחר הסרת העומס (כפף פלסטי). אין הבדיקה אומרת דבר על מקדם הבטיחות בפועל שבו נישא העומס הנדון ואין היא מתאימה כלל לבדיקת חוזק בגזירה, שהוא הנושא המרכזי בשיטה הנדונה. בכלל, העמסת ניסיון רלוונטית אך ורק לאופני כשל משיכים. כאשר אופן הכשל פריך, העמסת ניסיון או שתגרום לכשל טוטלי של המבנה, או שלא תראה דבר. לעובדה שאף תקרת "פל-קל" לא התמוטטה בעת העמסת ניסיון, יש, אולי, משמעות משנית, בדומה למשמעות של כמות התקרות שנבנו ושמתפקדות עד היום, אולם אין בה כדי להוכיח את תקינות השיטה או את מידת בטיחות התקרות שנבדקו לכשל בגזירה. יתרה מזאת, עצם הבדיקה עלולה לגרום נזק מבני בלתי נראה לעין, נזק שעלול להוביל לכשל עתידי".

#### ביקורת

4.14 לא נצא ידי חובת סיום פרשת ניסויי הטכניון אם לא נעיר שנוכח היוקרה והמעמד שרכש לו המכון הלאומי לחקר הבנייה, ונוכח ידיעתו שהציבור נותן ערך לאישורים המוצאים על ידו, הייתה זו חובתו להביא בדרך יעילה ומועילה לידיעת ציבור המעוניינים, שמה שמוצג על-ידי אלי רון כאישור המכון הלאומי, איננו כזה. נקיטה בדרך זו הייתה מתבקשת אפילו במקרה של מתחזה המתיימר להציג אישור שאין לו בסיס. על אחת כמה וכמה היא מתחייבת כשאין מדובר במתחזה שהפיק מסמך מזויף, אלא בתקלה רשלנית במוסד הטכניון. תקלה זו, שתוקנה רק ב-1988, איפשרה הוצאת דיווחים על ניסויים שיש בצידם מה שניתן לטעון שהוא אישור.

## **סינוור עצמי של אלי רון**

4.15 היחיד מבין אלו שהתייצבו והעידו (במליאת הוועדה ובפני אוספי החומר) שסינוור באופן מלא על שיטת הפל-קל, הוא הוגה השיטה אלי רון. אנו מדגישים עובדה זו נוכח היותה בולטת על רקע מאמצי הוועדה לאתר אנשים שיסנגרו על השיטה, אם יש כאלו. הטעם לרצון הוועדה לבחון דעות של "סינוורים" ניזון מחובתה וכוונתה למצות את "האמת ההנדסית", ואין לך דרך טובה לעשות כן, מלבחון לעומק עמדות נוגדות. מבין כל אלו שנענו לפניות הוועדה לציבור, ולפניותיה הישירות לגופים ומוסדות, לא נמצא, למיטב הסריקה והבדיקה שעשינו, גם אחד שיסנגר על השיטה כולה, זולתי מר אלי רון. בהעדר "סינוורים מתנדבים" זימנו מיוזמתנו מספר עדים שהיה מקום להניח שיסנגרו על השיטה, הכל כמפורט לעיל, וגם ביניהם לא נמצא איש שעשה כן.

אנו מבקשים לדייק ולהדגיש שיש להבחין בין השיקולים שיש להפעיל במצב הקיים לאחר שנבנו, לפי הנטען, מיליוני מטרים מרובעים בשיטת הפל-קל, ובין השיקולים המנחים לצורך מתן אישור לשימוש בשיטת הבנייה. במצב הקיים, בו כאמור נטען לקיומם של מיליוני מטרים מרובעים שנבנו בשיטה זו, השאלה הניצבת בפני הציבור היא - מהי השקעת המשאבים המינימלית שתאפשר להבטיח מינימום מתקבל על הדעת של ביטחון.



כשאנו אומרים שאיש זולתי אלי רון לא סינגר על השיטה במלואה, כוונתנו שלא מצאנו איש שטען שאילו ניצבה עתה בפניו השאלה אם לבנות בנייה חדשה לפי שיטת פל-קל, היה בוחר לעשות כן. אנו ערים לכך שבענינים שבמדע אין התהליך הדמוקרטי חל בהכרח, ויש שדעת יחיד מוכחת כנכונה, חרף "הרוב הדמוקרטי" שסתר דעה זו. למרות זאת, אנו סבורים שאי אפשר שלא ליתן משקל לעובדה שלא נמצא בין מומחי ההנדסה גם אחד שהתייצב בפנינו ותמך בשיטה.

בהיות אלי רון סניגור יחיד של השיטה, ולא פחות מכך, בהיותו "בעל ענין" בנושא, הורינו לאוספי החומר להעניק לו במה נרחבת מאוד להצגה, הסברה, והנמקה של עמדתו. הוא העיד בפניהם, בנוכחות ד"ר איתי לויטן, מהנדס יועץ לוועדה, ובנוכחות עו"ד רמי קרגולה שייצג אותו, וגם בנוכחות מזכירתו רינה ים, במשך חמש ישיבות שהסתכמו יחדיו ב-40 שעות (!). לאחר מכן, וחרף העובדה שנראה שהוא מיצה את כל שיש לו לאמר, אישרנו את בקשתו, והוא התייצב והעיד גם בפני מליאת הוועדה ביום 4.7.2002. חוששים אנו שגם לאחר כל אלו לא עלה בידי "הסניגוריה" הזו למוטט את התשתית הנובעת מ"הבחינה העיונית", המאוששת על-ידי כשלים שהיו ועל-ידי בדיקות אל-הרס.

4.16 נראה לנו שכבר הבאנו בדו"ח תשובה מלאה לכל הטענות שהעלה אלי רון. חרף זאת, נחזור ונמקד את הדין בטענותיו העיקריות גם כאן:

4.16.1 טענת החתך המרוכב: עמדתו (ואולי ביתר דיוק אחת מעמדותיו) של אלי רון בפני אוספי החומר, הייתה שאין מדובר כלל ועיקר בתקרת צלעות, אלא בתקרה מרוכבת, המורכבת משני קרומי בטון (עליון ותחתון), כשבתווך ביניהם ניצבים גופי פלדה הקשורים כ"עבותות" בלתי ניתקים לקרומים אלו. ההגיון של אלי רון בהצגת עמדה זו, כמו גם היתרון שהוא מבקש להשיג, במישור הדין, נעוץ באותו סעיף 5.03 לתוספת השניה לתקנות בקשה להיתר, שנדון בסעיף 2.18 לעיל, אשר מחייב את קיום ת"י 466 כל אימת שמתכננים ובונים שלד מבטון. אם אין שיטה זו כפופה לת"י 466, פשיטא שאין היא מפרה אותו. במישור ההנדסי היתרון שבהצגת עמדה זו נובע מכך שלכאורה, אליבא דאלי רון, מודל החתך המרוכב מבטל את החשיבות שבהקפדה על רוחב צלעות, ומבטל את הצורך בזיון אנכי באמצעות חישובים או מוטות אלכסוניים, שהם מהחמורים שבפגמים שעליהם הצבענו.

בצורה ובאופן הקיצוניים שבהם מוצגת עתה העמדה של אלי רון, הרי שמדובר בעמדה חדשה שלו, השונה מהעמדה שהציג בעבר, כמפורט בדוח זה. באופן טבעי ישאל השואל: אם מדובר בתקרה מרוכבת שמרכיביה הם שני קרומים וקופסאות פח ביניהם, על שום מה יש לצקת בה צלעות בטון. תשובת מר רון על כך היא שהבטון נועד... להשיג אפקט פסיכולוגי. אם ירדנו לסוף דעתו, הרי שכוונתו היא שהציבור (ואולי אפילו ציבור המהנדסים המקצועיים) יחוש "אי נוחות" נוכח תקרה נעדרת צלעות או מקשת בטון. עומס היתר שיוצר בטון בלתי נחוץ, כמו גם השקעה כספית בלתי נחוצה, מוצדקים אליבא דמר רון כדי להסיר "אי נוחות" נפשית זו וכדי להפיס את דעת הכל.

הקו הדומיננטי בגישתו של אלי רון בשני העשורים של מאבקו למען שיטת פל-קל, היה הקו שהדגיש שתקרת פל-קל היא תקרת צלעות. תקצר היריעה מאיזכור עשרות, ואולי מאות, המקומות שבהם נאמרו הדברים על-ידי אלי רון במפורש או במשתמע. די להזכיר את פניותיו הרבות למכון הלאומי לחקר הבנייה (גם בשמו הקודם: התחנה לחקר הבנייה), שנועדו כולן לקבלת אישור לפי סעיף 1.3 לת"י 466 לבניית תקרת צלעות הסוטה מתקן זה. גם ניסוי ד"ר קורין במבדקת הטכניון (ראו סעיף 4.4 לדוח זה) נועדו לדבריו אלי רון למטרה דומה. עוד צריך להזכיר את הפרסומות שעשה אלי רון ואת המאמרים שהוא כתב, שבהם מקופל במפורש או במשתמע המצג שמדובר בתקרת צלעות לפי ת"י 466.

אמת שלצד זה טען אלי רון, בהקשרים נדירים למדי, במפורש או במשתמע, שמדובר בתקרה מרוכבת שבה מתקבלים כוחות הגזירה על-יד פח דפנות ארגזי הפל-קל. פרופ' רחל בקר מהטכניון מסרה לנו טיוטת מאמר שהועבר למכון הלאומי לחקר הבנייה על-ידי אלי רון עוד בשנת 1987, שבה הוא הציג, לפחות באופן חלקי, עמדה זו.

את כל אלו אמרנו רק כדי להבהיר שעמדתו המשתנית של אלי רון מודרכת מהיתרונות והחסרונות שבהצגת עמדתו בכל זמן נתון. לעצם הנושא, אין לנו ענין לחייב את אלי רון להיות כפוף ל"הודאותיו" שמדובר בתקרת צלעות. כיוצא בזה, אין אנו מבקשים להטיל עליו מגבלה של מניעות בהצגת עמדותיו. הטעם הוא שועדת החקירה לא נתכונה כדי לבחון את מעשיו של אלי רון, אלא כדי לבחון את בטיחותם של מבנים המשמשים את הציבור. לצורך כך, מה לנו עמדותיו של אלי רון כפי שנאמרו במועד אחד, מה לנו עמדותיו כפי שנאמרו או כפי שהן נאמרות עתה. החשוב לנו הוא קביעת האמת ההנדסית. אפילו טעה אלי רון כשהציג את מרכולתו כתקרת צלעות, לא היה בכך כדי לשחרר אותנו מהחובה לבחון אם טענתו הנוכחית צודקת, שהרי אם היא צודקת אין סיכון בתקריות הפל-קל, ובא לציון גואל.

חוששים אנו אבל שגם טיעונו הנוכחי, כמו זה המושתת על היות תקרות הפל-קל תקרות צלעות, דינו לדחייה, והטעמים הם רבים, ובחלקם זהים לטעמים בשלם נדחית "עמדת תורת הצלעות" שלו.

אין בחוק או בתקן הישראלי הגדרה של תקרה מרוכבת, ואולם שמענו מפי מומחים שתקרה כזו מורכבת משני קרומי בטון (עליון ותחתון) כשבתוך ביניהם מצויים רכיבי פלדה המחברים את הקרומים. במקרה כזה התקרה כולה תתנהג כמקשה אחת. בענייננו המדובר הוא על שיתוף הפעולה בין פחי המילוי העשויים מפלדה לבין הבטון העוטף אותם.

התנאי הבסיסי להתנהגות התקרה כמקשה אחת אינו מתמלא בענייננו, הן משום הנעיצה הבלתי מספקת של דפנות הפח בקרום הבטון התחתון, הן בשל העיגון הלקוי של הפח בקרום הבטון העליון, והן בשל כך שהפח אינו מעוגן או מחובר בצורה כלשהי לבטון בדופן החתך, הכל כמוסבר לעיל. משמעותם של דברים אלה היא, שקרום הבטון התחתון, הצלע והקרום העליון מחד גיסא, ופחי המילוי מאידך גיסא, עובדים בנפרד, ולא כחתך אחד כפי שמניח "המודל המרוכב" של שיטת הפל-קל. לכך ניתן להוסיף את העובדה שקופסאות הפח עצמן אינן צמודות זו לזו ואינן יוצרות את הרצף הנדרש לפעולה מרוכבת. הן מונחות "בטור אורכי" חוליות חוליות אחת מאחורי השנייה, כשבנקודת המגע בין שתי קופסאות יש חפיפה בלתי מחוברת של פח על פח (למניעת קו הפרדה "בלתי פחי" בנקודת החיבור).

די היה בכך כדי לשלול את טענת "המרוכבות" של התקרה. ואולם, אף כאן "נתוני השטח" מוסיפים ומפריכים את המודל. מתוך בחינת הכשלים שבהם התמוטטו תקרות פל-קל, כבר ראינו שהצורה שבה נכשלו תקרות אלה הייתה של כשל בגזירה. העובדה שלא נראו בשטח פחים שנקרעו מצביעה על כך שהם לא השתתפו בנשיאת כוח הגזירה, ומוכיחה שהגזירה התקבלה על-ידי צלעות הבטון בלבד ולא על ידי הפחים. די במה שנאמר עד כה כדי לדחות את טענת החתך המרוכב של אלי רון.

פרוט נרחב של טיעוני אלי רון ושל נימוקים בשלם נדחים טיעונים אלו, מצויים בחוות דעת שביקשה הוועדה מפרופ' יהושע פרוסטיג, והשמורה בחזקת הוועדה ועומדת (כמו שאר החומרים שבידינו) לרשות המבקשים לעיין בה. נעיר כאן שגם אם היה ממש בטענתו של אלי רון שתקרת פל-קל פועלת כחתך מרוכב, היה עליו לקבל אישור לשימוש בשיטת בנייה חדשה זו לפי סעיף 5.03 לתוספת השנייה לתקנות בקשה להיתר.

4.16.2 הטענה להגנת הבטון מפני קורוזיה של הפחים: מאחר שהפח של ארגזי הפל-קל מהווה, אליבא דשיטת הפל-קל, אלמנט קונסטרוקטיבי מרכזי בבניית התקרה, קיימת חשיבות עליונה לעמידותו על פני השנים. לטענת אלי רון, הבטון האופף את הפח מצידו החיצוני מספק לפח הגנה מספקת מפני קורוזיה. בטיעונו זה מסתמך אלי רון, בין היתר, על מאמר שכתבה צלינה שתיל. גב' שתיל נחקרה בועדה בנושא זה והבהירה שהיא לא ניסחה את הדברים המיוחסים לה. לדבריה אלי רון עשה כן. בין כך בין אחרת, מסתבר שאלי רון הבטיח בזמנו לחוקרי המכון הלאומי לחקר הבנייה להציג להם אסמכתאות מדעיות שמהן עולה שהפח מוגן מפני קורוזיה, וכזאת לא עשה. לא זו אף זו, המציאות הוכיחה שיש וקורוזיה תוקפת את פחי הפל-קל עד כדי התפוררות מוחלטת שלהם. אנו מוכנים לקבל שיש מקרים לא מעטים שבהם קורוזיה לא תקפה את פחי הפל-קל, והדבר נבע כנראה מסביבה נעדרת מים, ואולם בין כך בין אחרת, על עצם העדר ההגנה מפני קורוזיה לא ניתן לחלוק. מסקנה זו מבוססת כאמור לא רק על בדיקת תקרות שנבנו בשיטת הפל-קל, אלא בעיקר על תורה מדעית מבוססת ומושרשת שכל המומחים ששמענו תומכים בה.

4.16.3 הסתמכות על ניסויי קורין: חלק נכבד בטענות אלי רון מבוססות על ניסויי קורין. עד כמה לא ניתן להסיק מניסויים אלו את שמבקש אלי רון להסיק, הובהר והוסבר בהקשרים שונים בדו"ח זה, ואין לנו אלא להפנות למקומות אלו (ראו בעיקר סעיף 4.13).

נוסיף ונחזור ונאמר שרבים מאוד מעמיתיו של אלי רון דחו את ההצעה לאמץ את שיטת הפל-קל, חרף הניסויים וחרף ניסיונות אלי רון לשכנע אותם, תוך שהוא נעזר בתוצאות הניסויים. בין אלו נחזור ונמנה את האחראית הראשית על הקונסטרוקציה בצה"ל, ואת יורשו של אלי רון כמהנדס ראשי של מע"צ. שני אלו הוציאו הנחיה מפורשת שאין לבנות לפי שיטה זו.

4.16.4 העובדה כי תקרות הפל-קל עומדות במשך שנים רבות: גם לנקודה זו אנו מתייחסים בדוח זה לא מעט. לעובדה שרוב תקרות הפל-קל שנבנו לא קרסו, ולכל שנובע מכך לגבי המשך הטיפול בנושא, אנו נתייחס בפרקים השיערי והעשירי. כאן נחזור ונאמר רק את אלו:

- א. גם היום, וחרף הניסיון שנרכש, לא התייצב בפנינו אף מהנדס מומחה שטען שנוכח ניסיון זה אפשר להמשיך ולבנות בשיטת פל-קל.
- ב. חלקים ניכרים של בניית פל-קל נעשו כשהניסיון שנצטבר היום לא היה בפני המתכננים. ממילא, ואפילו היה ממש בטיעון זה ככל שמדובר בבנייה חדשה, הטיעון לא היה אפשרי בזמן אמת.
- ג. בהמשך נמליץ לקחת בחשבון את העובדה שרוב תקרות הפל-קל לא התמוטטו בעת שבוחנים אם ועד לאיזו מידה צריך לבצע הריסות, חיזוקים ותיקונים של תקרות קיימות. תנאי מוקדם לכך הוא חקירה ודרישה (ולו ניסיונית) שתאפשר לאמוד את התרומה של אלמנטים לא תקינים לעמידותה.

4.16.5 שיטת הפל-קל והתקן האמריקאי: כבר בסעיף 2.14 של דוח זה הבהרנו שיש מצבים שבהם חישובים סטטיים מורים שאין חשש מכשל בגזירה. המצבים הללו הם בעיקרם בנייה עם מפתחים קטנים, וכן שימוש בצלע רחבה. התקן האמריקאי (בניגוד לתקן הישראלי) איננו מחייב זיון אנכי לגזירה באזורי ההשענה במקרים כאלו.

מקרה פרטי של כלל זה הוא כאמור מקרה בו הצלע רחבה. התקן האמריקאי מס' ACI 318 (1989) גורס כי הרחבת הצלע על-ידי מילוי החלל שלידה בחומר החזק מהבטון שבו השתמשו (בתקן מצוין חרסית קלויה או בטון) יכולה להיות מובאת בחישוב מאמצי הגזירה. המשמעות היא שרואים צלע כזו כרחבה, מחשבים את מאמצי הגזירה לפי זה, ומשחררים מחובת זיון אנכי לגזירה מקום שאין חשש לסיכוני גזירה.

מכאן ועד למסקנה שתקן זה דומה לשיטת הפל-קל, ולכן שיטת הפל-קל איננה מסוכנת, רב המרחק.

4.16.6 הסתמכות על ניסויי העמסה: ניסוי העמסה נותן אינדיקציה לגבי קשיחות התקרה בכל הקשור לשקיעות במרכז המפתח כתוצאה מהכפיפה. אין בו כדי לאתר בעיה הקשורה בהעדר זיון לגזירה בסמוך לנקודות ההשענה, שהן נקודות התורפה בפל-קל. זאת ועוד, ניסויי העמסה על גבי תקרת פל-קל יכולים לגרום לנזקים מצטברים (כמשמעותם בסעיף 3.7.7 לעיל), שאומנם אינם גורמים להתמוטטות מיידיית אולם גורמים להיחלשות התקרה. הנזק המצטבר הוא מטבעו כזה שאיננו מאפשר להחיל עליו את הכלל של מה שהיה הוא מה שיהיה. הטעם הוא ש"מה שיהיה" יכול להתבטא בעומס שישפיע על תקרה שצברה בינתיים נזקים באופן שונה מההשפעה שהייתה לאותו עומס בטרם צבירת הנזקים.

4.16.7 שיטת הפל-קל אינה הסיבה לכשלים שהיו: טיעון חוזר ונשנה של אלי רון הוא שלמרות העובדה שמבני פל-קל היו מעורבים במספר כשלים, הרי אף לא אחד מהם נגרם בשל הפל-קל. בכל המקרים, כך טוען אלי רון, הסיבות להיווצרות הכשל לא נבעו מליקוי כלשהו של שיטת הפל-קל.

בטיעון זה מסיט אלי רון את הדיון ממסלולו הענייני למסלול שהוא בעיקרו פורמלי. הטיעון לוקה בפגם הגיוני בכך שהוא שם את הדגש רק על הגורם המיידני לכשל (שנהוג לכנותו כ"טריגר"), ולא על הקשר הסיבתי-משפטי.

לגבי חלק מהכשלים יש ויכוח בין אלי רון לבין מומחי אגף הפיקוח על העבודה ומומחים אחרים, ובהם המכון הלאומי לחקר הבנייה, מה היה הגורם המיידני לכשלים אלו. כך למשל טוען אלי רון לגבי כשל המבנה באשקלון (ראו סעיף 3.11.3 לדוח זה), שבסדר הזמנים של הכשל קדמה קריסת הטפסות להתמוטטות התקרה. האחרים שמנינו לעיל טוענים שהתמוטטות התקרה (פל-קל) היא שהביאה לקריסת הטפסות. כפי שעולה מהאמור לעיל, לא ראינו צורך להכריע במחלוקת זו, והנחנו לצורך הויכוח (אם כי לא הסכמנו לכך), שאלי רון צודק. הטעם הוא, כפי שהסברנו לעיל, שאפילו בהנחה זו עדיין יש קשר סיבתי בין הנזק שארע לבין ליקויי שיטת הפל-קל. אלמלא ליקויים אלו, ספק אם התקררות היו מתמוטטות, ובודאי שלא בצורה הקיצונית שבה התרחש ההרס.

אמור מעתה שלא זיהוי הטריגר הוא המכתיב מהו הקשר הסיבתי. הקשר הסיבתי המשפטי יכול להתקיים אפילו הסיבה, או אחת הסיבות לכשל או לתאונה, איננה הגורם המיידני לאירוע התאונה או הכשל.

על הקשר הסיבתי המשפטי אמר כב' השופט זוסמן בע"א 704/71 זכאריה אגבריה נ. דוד המאירי ואח' (פד"י כו(1) 743 בעמ' 744) דברים אלה:

"הקשר הסיבתי המשפטי אינו כקשר סיבתי פילוסופי שהיה זוקף את כל החטאים שבעולם לחובתו של האדם הראשון... קשר סיבתי משפטי נקבע על-ידי תהליך של בחירה מתוך ה- *causa sine qua non*. אלו צריכות מיון כדי לגלות מתוכן אותם הגורמים אשר מפאת תכונתם משמשים יסוד להתלת חבות, שכן כללי הקשר הסיבתי המשפטי אינם מיועדים להסביר אירועים, כי אם לקבוע איזהו המעשה (או המחדל) הגורר אחריו אחריות. מבחינה פילוסופית פעלו שני גורמים שגרמו לתאונה... מעשיהם של כל אחד מן השניים הוא בבחינת *causa sine qua non* האם נוצר עקב כך גם קשר סיבתי בין כל אחד משני הגורמים לבין התאונה?"

מכאן שאין בהכרח זהות בין מה שנחזה להיות גורם, או אחד הגורמים להתחלת השרשרת הנסיבתית שבסופה מתרחשת תאונה, לבין מה שהדין רואה אותו כגורם (או לפחות משתתף) בסיבה שגרמה לתאונה. אין גם זהות הכרחית בין הגורם שהיה טריגר לתאונה לבין זה שהדין רואה אותו כמקור וסיבה (או אחת הסיבות) לתאונה.

בחינת הכשלים, כפי שנעשתה על ידינו, נותנת דעתה לסיבה ולמסובב המשפטיים בכל הכשלים שנדונו, ואין בטיעון הגורף והכללי שהעלה אלי רון כדי לשנות מקביעה זו.

4.16.8 נטל ההוכחה: נימוק נוסף השזור בין שאר נימוקי אלי רון הוא הנימוק שלא הוכח שהשיטה לא טובה. טיעון זה מעמיד את הפירמידה על ראשה. אנו אומרים לא פעם בדוח זה ששימוש בשיטת בנייה חדשה, או בנייה החורגת מהתקן, אסורים בתכלית האיסור אם אין ביטחון מלא שהסטייה אינה מסכנת חיי אדם. הנטל להוכיח זאת מוטל על המבקש לסתות מהמוכר ומהמותר. תפישת העולם של אלי רון שכל עוד לא יוכח ששיטתו רעה - היא טובה, היא תפיסה עולם מופרכת ומסוכנת.

4.17 אלי רון הציע לנו שנורה על עריכת ניסוי שיאפשר השוואה בין תקרת פל-קל לבין תקרה רגילה בתנאים שווים. לדעתו ניסוי כזה יוכיח שתקרות פל-קל אינן נופלות בביצועיהן מתקרות רגילות.

לדעתנו, בהעדר ביסוס עיוני לשיטת הפל-קל אין טעם לערוך ניסוי באופן "עיוור" שאינו מוגדר על ידי בסיס עיוני כזה. גם אלי רון לא הציג בפנינו בסיס כזה. יש בידינו די ממצאים, לרבות ממצאים אמפיריים, כדי לשלול בתוקף את המשך הבנייה בשיטה הזו. אולם מאחר ונבנו כבר מבנים רבים בשיטה זו, אנו סבורים כי עשוי להיות טעם לעריכת ניסויים לבחינת עמידותם של המבנים הקיימים, במטרה לקבוע את מידת הבטיחות בהמשך השימוש בהם. בהמשך נמליץ כי ייבחן אם ועד כמה יש בתקרות הפל-קל "תרומה משוערת" (כמשמעות ביטוי זה בהמשך). בחינה כזו, שממילא יהיה צורך לעשותה, היא מענה נאות למשאלתו של אלי רון לעריכת ניסוי להוכחת עמידותן של תקרות הפל-קל.

4.18 הנה כי כן, אין בטיעונו של אלי רון דבר שיערער את מסקנותינו בדבר הסיכון הטבוע בשיטת הפל-קל.

# פרק חמישי

## המסקנות לגבי שיטת הפליקה

### כללי

5.1 במהלך דיוננו בפרקי הדוח הקודמים, גלשנו, ככל שהדבר נדרש או התבקש, מהקשר הדברים שנדון באותם מקומות, לעבר מסקנות חלקיות או מסקנות ביניים שהייתה בהן הבעת דעה "לכאורית" על הפגמים הטבועים בשיטת הפל-קל. נמנענו מלחרוץ את דין המסקנות באותם שלבים של הדיון כדי לא להקדים ולהגיע למסקנות סופיות בטרם נבחן את "הסינגור" האפשרי על השיטה.

עתה, משבחנו את "הסינגור", המצומצם מאוד בהיקפו ובמשקלו, נוכל להגיע למסקנות הסופיות בכל הנוגע לשיטה, למגרעותיה ולליקוייה.

נדגיש כי המסקנות בהקשר זה מתייחסות אך ורק לבחינת השאלה האם ניתן ומותר היה להשתמש בשיטת הפל-קל כשיטה לתכן תקרות. מסקנותינו לגבי שאלה זו יוצגו מן ההיבט המשפטי ומן ההיבט ההנדסי.

5.2 יובהר כי שאלה זו שונה לחלוטין, ונפרדת לחלוטין, מהשאלה איך לנהוג לאחר מעשה (פוסט פקטום) בבנינים שכבר נבנו בשיטה זו. הטעם לכך הוא שמערך השיקולים הניצב בפני מי שצריך להחליט אם לתקן או להרוס מבנים קיימים שונה, שכן לא רק שמשאבים עצומים כבר הושקעו בהקמת המבנים, אלא שמדובר בדרך כלל במבנים שאוכלסו וצוידו והם משמשים את דייריהם למדור או לתעשייה או לכל יעוד אחר. בנסיבות אלו שומה על מי ששוקל כיצד לנהוג במבנים כאלו, להביא בחשבון גם את השאלות הכלכליות, החברתיות וההנדסיות הכרוכות במציאות שנוצרה. בענין זה נדון בפרקים התשיעי והעשירי.

### ההיבט המשפטי

5.3 ההיבט המשפטי, הוא ההיבט התוהה אם הייתה בשימוש בשיטת הפל-קל הפרת תקן, שהיא הפרת דין, זאת משום שסעיף 5.02(ד) לתוספת השניה לתקנות בקשה להיתר (שצוטט בסעיף 2.17 לדוח זה) מחייב שימוש בתקן ישראלי ת"י 466 כשמדובר בתקרות המנויות בסעיף זה. נוכח העובדה ששיטת הפל-קל כוללת קופסאות פח המוצבות מצד אחד בין הצלעות, והמצויות מצד שני בין הקרומים, הועלתה סברה שהתקרה איננה נלכדת בגדר התקרות שעליהן חל הסעיף. בקיצוניותה טענה זו גורסת שבשל עובדה זו המדובר הוא בתקרה מרוכבת ולא בתקרת צלעות. לטענה אחרונה זו, שהועלתה על-ידי אלי רון, כבר התייחסנו (ראו סעיף 4.16.1 לעיל).

בדוח המכון הלאומי יש התייחסות להיבט זה, ואחד המבחינים המוצעים בו כמבחן שיכריע בשאלה זו, הוא מבחן התפקוד של פחי הפל-קל. אם הם משמשים למילוי בלבד - התקרה נלכדת בסעיף. אם לעומת זאת מקבלים הפחים תפקיד קונסטרוקטיבי – כי אז אין הסעיף חל, והכל מהטעמים שפורשו שם.

לענין המסקנות שלהן אנו נדרשים בדוח זה, אין צורך בהכרעה פרשנית בנקודה זו, משום שבין מדובר בשיטת צלעות בין מדובר בתקרה מרוכבת, יש צורך בקבלת אישור לשיטה ו/או לסטייה מהתקן, ואישור כזה לא ניתן. חרף זאת נאמר שאנו

נוטים לדעה שסעיף 5.02 (ד) לתוספת השניה חל על תקרות פל-קל, זאת מתוך ההנחה שת"י 466 חל על שלד בנין הבנוי מבטון לא מזוין, בטון מזוין, בטון דרוך ובטון טרום.

אנו מוכנים להניח שייטכנו מקרי גבול שבהם תהיה ההכרעה בשאלה אם מדובר בתקרת בטון אם לאו, לא קלה. מקרי גבול כאלו הם נחלת הגדרות משפטיות רבות, אולם אין בהם כדי להשליך על הדרך הפרשנית שבה יש לפרש את ההגדרות הללו. מכל מקום, לא זהו המקרה בענייננו.

אמרנו שאין צורך שנכריע במחלוקת הפרשנית, שכן בין אם מדובר בתקרת בטון שסעיף 5.02 חל עליה, בין מדובר בתקרת בטון מרוכבת, הרי שאישור לא ניתן לשיטה או לחריגה מן התקן, והבטיחות היא מהן והלאה, הכל כפי שכבר פורש על-ידינו.

## ההיבט ההנדסי

5.4 מכל שנכתב עד כה, נראה לנו שנוכל לאמר ללא היסוס שאלו הם הפגמים בשיטת הפל-קל והסיכונים הנובעים מהם:

5.4.1 אין עיגון מספק בין דפנות הפח לקרום הבטון התחתון ולזיון שבתוכו, כפי שמקובל בזיון לגזירה שאותו אמורות דפנות הפח להמיר.

כתוצאה מכך:

א. יש חשש שתקרות כאלו נעדרות, באופן מלא או חלקי, יכולת עמידה בפני מאמצי גזירה.

ב. יש חשש להתפתחות סדקים באזורים הקרובים לנקודות ההשענה, וכן לשבר פריך פתאומי וללא אזהרה מוקדמת.

ג. יש חשש להתמוטטות התקרה ולכשל בשרשרת של תקרות נוספות וחלקי מבנה אחרים כתוצאה מכך.

ד. יש חשש לחיבור לקוי בין הצלעות לבין קרום או קרומי הבטון, לדלמינציות (הפרדה בין הקרומים) ולהתמוטטות של התקרה כתוצאה מכך.

5.4.2 יש חשש לחיבור לקוי בין שכבות הבטון בקרומים שנוצקו במרווחי זמן זה מזה. החשש נובע מתכונת הבטון הטרי שלא "להידבק" עד כדי יצירת מקשה אחת עם שכבות יצוקות אחרות שהתקשו, או שהחל בהן תהליך של התקשות. מצב זה של יציקת שכבות במרווח זמן זו מזו דומה, אם כי לא זהה, לשיטה מוכרת של יציקת תקרה שבה נוצקת שכבת תקרה עליונה על שכבה יצוקה וקשויה. שיטה זו (הקרויה תקרת מקשר) מוסדרת בחלק נפרד של ת"י 466, הוא חלק 4 שבו. חלק זה של התקן מניח "תסבולת" נמוכה לגזירה אופקית (דחייה), וכדי להתגבר על כך הוא מחייב הגברת החישוקים לעומת תקרה הנוצקת בשלב אחד.

כוחות "הגזירה האופקית" שתוארו לעיל מתבטאים יותר בתקרות המורכבות משני קרומים נעדרי הידבקות מספקת ביניהם. הסיכון שבהינתקות הקרומים זה מזה, תוך התמוטטות הקרום התחתון, הוא סיכון ממש מאוד בתקרות כאלה. התוצאה מחיבור לקוי כזה יכולה להיות דלמינציה, ועל תוצאות הדלמינציה כבר דובר לעיל.

5.4.3 צלעות הבטון אינן זהות ברוחבן, ואינן "מלבניות" בצורתן. תופעה זו נובעת, לעיתים כמעט בהכרח, מאי הדיוק הטבוע בשיטת העבודה, זאת נוכח העובדה שאת השיטה מיישמים הלכה למעשה בתהליכי בנייה הרחוקים מ"הסטרייליות" המאפיינת מעבדה. עבודות הבנייה מתאפיינות הן בגסות העשייה והן במעורבות של פועלים רבים (פעמים רבות שאינם דוברי שפה אחת), חלקם בלתי מקצועיים. לתוך גורמי בסיס אלו צריך להוסיף, ככל שמדובר בשיטת הפל-קל, את הצורך לבצע את סידור ארגוני הפח על שכבת הבטון הטרייה במהירות רבה בטרם יתקשה הבטון. אין צריך להכביר מילים כדי לתאר את תחושת קוצר הזמן העומד לרשות העוסקים במלאכה כדי להשלימה, זאת בטרם יחל תהליך ההתקשות של הבטון. הכוח המצטבר של כל הגורמים הללו גורם לכך שהארגזים מוזזים ממקומם, אם בשל הבטון שנשפך, אם בשל מגעים לא זהירים, אם מחמת נעיצה לא מספקת בבטון השכבה הראשונה, אם מחמת העובדה שנעיצת הפחים היא בבטון "נוזלי" שאינו יכול, במצבו זה, לייצב את הפחים ולמנוע תזוזות שלהם לכיוונים שונים, ואם מסיבות אחרות.

כתוצאה מכך, התקרה שאותה יוצקים איננה אחידה בצורתה, והמרווחים הלא שווים שבין הצלעות גורמים לכך שחלק מהצלעות הן רחבות וחלקן צרות, עד כדי צלעות ברוחב "0".

5.4.4 יש חשש לחדירת בטון ל"חללי הריק" שבתוך קופסאות הפח. תופעה זו נובעת מאי ייצוב הפחים "הפוסקים" או "המצמידים" את דפנותיהם, ואף מאפשרים זרימת בטון לחללי הפנים שלהם.

התוצאה היא הגברת עומסים בלתי מבוקרת מעבר לעומסים שנלקחו בחשבון בחישובי תכן התקרה, וחלוקתם הבלתי שווה בין חלקי תקרה שונים.

5.4.5 יש חשש לחדירת מים ואויר לח, לחללי הקופסאות, ולגרימת קורוזיה של הפח, כך שאפילו יש בפח יסוד קונסטרוקטיבי, יסוד זה נחלש, ויכול אף להיעלם כליל בשלבי ההתפוררות הסופיים של הפח עקב קורוזיה (השווה לממצאי בניין ורסאי בנקודה זו, סעיף 3.22.7 לדוח זה).

5.4.6 האחיזה של פחי הפל-קל בבטון אינה טובה. כתוצאה משיטת נעיצת פחי הפל-קל, עומק הנעיצה, היציקה בשלבים והקורוזיה, פחי הפל-קל אינם מעוגנים כהלכה לבטון בקרום התחתון. פגם זה חמור במיוחד בתקרת ערוגות. תקרה כזו הבנויה בשיטת פל-קל כוללת בהכרח פח ישר "בשתי" או "בערב" של הערוגות (ראו סעיף 3.5 לדוח זה), ולית מאן דפליג שההיצמדות של פח כזה לבטון היא אפסית ואין להביאה בחשבון. התוצאה היא שגורם "ההידבקות" שאיננו מספיק אפילו כשמדובר בפח גלי (סעיף 3.7.1 לדוח זה) נשלל כמעט לחלוטין כשמדובר בפח ישר שאינו גלי.

תוצאת אי ההידבקות יכולה להיות שליפת הפח מנעיצתו החלקית בקרום התחתון, על כל הנובע מכך הן לענין כשל אפשרי בגזירה, הן בניתוק מלא או חלקי של שכבות התקרה זו מזו, הכל כפי שכבר הוסבר.

5.4.7 אין זיון עליון כנדרש בתקן. כתוצאה מכך יכולים להיווצר סדקי הצטמקות. סדקים אלו יכולים לפגום בפעולה המכנית של הקרום העליון, וכן הופכים אותו לחדיר למים היכולים לגרום להתפתחות קורוזיה, הכל כמפורט לעיל.

5.4.8 איכות הפלדה של הפחים נחותה לעומת פלדת הזיון המקובלת, ולדבר זה השלכה על איכות הזיון לגזירה, אפילו בהנחה שיש בדפנות הפח תרומה כלשהי לזיון זה.

5.4.9 אין צלע מחלקת בתקרה חד-כיוונית. דבר זה מקשה על פיזור עומסים לצלעות אחרות, דבר שמצדו עלול לגרום להצטברות עומסים במקום אחד, על כל הסיכונים הכרוכים בכך.

5.4.10 היחלשות הקרום התחתון ויכולתו לעמוד בכוחות הדחייה, עקב חריצתו על-ידי נעיצת הפחים בו.

5.4.11 חשש להצטברות נזקים בתקרה. תקרת פל-קל עשויה לצבור נזקים מסוגים שונים, ובהם היפרדות הדרגתית של קרומי הבטון מהצלעות, סדקי גזירה בצלעות וקורוזיה של פחי הפל-קל. נזקים אלה עלולים להיגרם, בין היתר, עקב העמסת התקרה מעבר לגבול האלסטי שלה, כגון בזמן התקהלות חריגה, או בזמן הפעלת עומסים חריגים על תקרה נושאת בעת יציקת תקרה חדשה.

הסיכון הקיים בתקרות שנבנו בשיטת הפל-קל איננו מתבטא רק בחוליית שתוארו לעיל, אלא גם במה שניתן אולי לכנות כ"מצג שווא כוזב" שתקרות כאלה עושות. הן עשויות להיחזות כבנויות לתלפיות וללא רבב, למרות שבתוכן הן לקויות. סיכון היתר שב"מצג השווא" האמור נובע מכך שתקרת פל-קל נעדרת תכונה בסיסית וחשובה הטבועה בתקרות בטון מזוין, היא תכונת ההתראה המוקדמת. מטעם זה, סקירה ויזואלית של תקרות שנבנו בשיטת הפל-קל, לא תחשוף במקרים רבים התפתחות תהליכי כשל, המתרחשים בתוככי התקרה.

## הערות אזהרה לגבי בדיקות

5.5 הבדיקות המקובלות לתקרות תקניות אינן תמיד יעילות לאפיון מצבן של תקרות פל-קל ולאיתור הנזקים בהן. גורם זה צריך להיות מובא בחשבון בהקשרים שונים ובתוכם:

5.5.1 בדיקה ויזואלית, שהיא בדיקה מקובלת בתקרות רגילות, יכולה להטעות כשמדובר בתקרת פל-קל, משום שגם אם היא תראה תקינה וללא סדקים או שקעים, יכול שמראה זה לא יהיה אלא "מצג שווא" שמאחוריו מסתתרים נזקים מצטברים.

5.5.2 מן העובדה שעד כה לא התמוטטה התקרה, לא בהכרח ניתן להסיק שמה שהיה הוא שיהיה. אפשר שמסתתרים בתקרה נזקים מצטברים, שטרם "הבשילו" לכדי כשל מלא, ואין לכך גילוי חיצוני.

לא זו אף זו, גם העובדה שעומסים שהועמסו, או פעילויות שנעשו בעבר, לא גרמו לכשל, איננה בהכרח הוכחה לכך שגם בהקשר זה מה שהיה הוא שיהיה.

5.5.3 בדיקה יכול שתזעזע שיווי משקל מסוים הקיים בתקרה, ויכול שזעזוע זה יהיה ההדק שיפעיל נזקים חבויים, או נזקים מצטברים. צריך לכן להיות זהירים בבחירת שיטות הבדיקה או התיקון של תקרות פל-קל (לבל תוכרע התקרה בשל היותה עתירת נזקים מצטברים).

## סיכום

5.6 אין צורך ואין אפשרות לקבוע בוודאות שבכל מקרה קונקרטי ימומשו כל הסיכונים הנובעים או האפשריים הכלולים במסקנות אלו. די בכך – וכך אנו עושים – שנקבע שיש חשש אמיתי הטבוע בשיטת הפל-קל שהסיכונים הללו, כולם או מקצתם, יתממשו בהקשרים שונים של תקרות שונות. המעט שניתן לאמר הוא, איפוא, שאין ביטחון שסיכונים אלו, כולם או חלקם, לא יתממשו, ופועל יוצא מכך הוא שהסיכון תלוי ועומד ואין לדעת אם ומתי הוא יתממש. הסיכון התממש באופן מלא במבנה אולם ורסאי, הן בחלקים שהתמוטטו, והן באחרים שעמדו אמנם על תילם, אך תוככי התקרות שנחשפו עם קילוף הקרום התחתון, חשפו את קיומם של כל הסיכונים הללו.

לסיכום, חשוב לציין שהפגם הבסיסי בשיטת הפל-קל הוא העדר זיון מתאים לגזירה, והעדר קשר נאות בין הקרומים. די בפגם זה כדי להביא לתוצאות ההרסניות המתוארות בדוח זה. כל הפגמים הנוספים הטבועים או הנלווים לשיטה או לביצועה מחמירים את המצב, ואולם המצב הוא חמור מאד אפילו אם כל הפגמים האחרים לא היו קיימים.

נקדים כבר פה את המאוחר ונאמר שדווקא בשל היות הפגם הבסיסי ממוקד כל-כך, ניתן אולי לחשוב על פתרונות חיזוק שיתקנו את הפגם הבסיסי של העדר זיון לגזירה מעוגן. הסרת פגם כזה יכול שתמתן מאד את כל שאר "תוספי הפגמים" שפורטו לעיל. ואולם כל זאת – בהמשך.



# פרק שישי

## הבנת פגמי השיטה ב"זמן אמת"

### והתהודה הציבורית

6.1 די היה בכל שנאמר בפרקים הקודמים, ובמסקנתנו כי על פגמי שיטת הפל-קל ניתן היה וצריך היה לעמוד כבר מיומה הראשון של השיטה, כדי להביא לכך שכל הגורמים שעליהם הוטלה חובת עשייה על פי דין (אשר יפורטו בפרק השביעי להלן), יכירו בכך ויעשו את כל הנדרש לשם הפסקת השימוש בשיטה ולשם בדיקת המבנים שנבנו בה עד אז.

ציפייה זו לעשייה מתחזקת שבעתיים נוכח העובדה כי התראות על הליקויים שבשיטת הפל-קל והיותה בלתי מאושרת לשימוש, פורסמו כמעט מעל כל במה אפשרית. כפי שנראה בפרק זה, ההכרה בפגמי השיטה וההתראות מפני השימוש בה, הופצו בדרכים שונות לכלל הגורמים הרלוונטיים – איגודים מקצועיים, רשויות ציבוריות, ואף לציבור הרחב. על רקע פרסום והתראות אלה בדבר פגמיה של שיטת הפל-קל, מתעצם מחדלם של כל אותם גופים שהחוק הטיל עליהם את החובה של נטרול סכנות מעין אלה. כפי שנראה בפרק השמיני, מחדלים של גורמים אלה איפשרו את המשך השימוש בשיטה בהיקפים נרחבים למרות פגמיה ואי אישורה על פי דין.

6.2 העיסוק בבחינת שיטת הפל-קל ובניסיון למנוע את השימוש בה, תפס מקום נכבד בפעילותם של גורמים מקצועיים ובהם הטכניון, ארגוני המהנדסים ונציגיהם, מכון התקנים ומיטב המהנדסים, והדברים זכו לתהודה בקרב הציבור המקצועי ובקרב הציבור הרחב. בפרק זה נסקור חלק מן הפעילות של הקהילה המקצועית ומן התהודה הציבורית שהייתה בקשר לשיטת הפל-קל, וזאת עוד לפני אסון ורסאי.

6.3 לאחר שארעו מספר כשלי בנייה, הקימה לשכת המהנדסים, האדריכלים והאקדמאים במקצועות הטכנולוגיים בישראל ע"ר (להלן – לשכת המהנדסים), ב-30.8.87 ועדה לבדיקת כשל מבנים (להלן - הוועדה לכשל מבנים). חברי ועדה זו היו המהנדסים נ. גוראל (יו"ר), נ. ברזיק, פרופ' טצה, א. לויתן, א. מילר, ק. מינץ, י. סרנה וי. שמעוני. בדוח שהוצא ב-16.12.87 על-ידי הוועדה נאמר, בין השאר, ש"ברוב מקרי הכשל שהובאו בפני הוועדה, היו מעורבות תקרות בשיטת פל-קל". לא היו אמנם בידי הוועדה נתונים מספיקים כדי לקבוע אם הכשלים נגרמו עקב השיטה הזו "ואולם הוועדה איתנה בדעתה כי מחובתה להתריע על כך כי שיטת פל-קל אינה מעוגנת בתקנים ישראליים או בתקנים ידועים אחרים...". לדוח האמור צורף נספח שעניינו "תקרות לפי שיטת פל-קל". בנספח זה עמדו מחברי הדוח על כך ששיטת הפל-קל אינה ממלאת אחר חלק מדרישות ת"י 466, והיא גם לא אושרה בידי מי שהוסמך לאשר שיטות בנייה חריגות.

על פי דוח הוועדה לכשל מבנים, בין דרישות התקן שלא מולאו נמנות אלה:

- ... 1.3 בניגוד לנדרש בתקן, ממליצים לפי שיטת "פל-קל", לא לבצע צלעות מחלקות.
- 1.4 בניגוד לנדרש בתקן, ממליצים לפי שיטת "פל-קל", לא לתת רשת זיון בטבלה העליונה.
- 1.5 בניגוד לנדרש בתקן, מביאים בחשבון לפי שיטה זו את ארגזי הפחים בחישוב תסכולת התקרה.
- 1.6 לפי שיטת "פל-קל", בדרך כלל אין צורך בחישוקים בצלעות. בתקן מוגדרים תנאים על פיהם יש להתקין חישוקים בצלעות.
2. הטיב הסופי של התקרות לפי שיטת "פל-קל" תלוי במידה רבה בטיב הביצוע שקשה להשיגו בתנאי האתר.

2.1 עקב אופן הנחת הפחים והצורך להחדרתם בבטון הטרי במהירות מירבית - קשה להבטיח רוחב צלע כנדרש (נתגלו מקרים של רוחב צלע קרוב לאפס). רוחב הצלע לא ניתן לבקרה גם לאחר פירוק הטפסות.

2.2 בעת הנחתם של ארגזי הפחים קשה לבדוק ולוודא את מידת חדירתם ולהדבקותם לשכבת הבטון התחתונה (נתגלו מקרים - לאחר שנפרדה שכבת הבטון התחתונה - שעומק החדירה היה מזערי).

.... 3.

3.1 אין חיבור טוב ומובטח (לפעמים אין חיבור כלל), בין שכבת הבטון התחתונה המכילה את הזיון העיקרי של התקרה, לבין הבטון של הצלעות.

3.2 אין אפשרות לבדוק את מבנה התקרה בשלמותה לפני היציקה.

3.3 במקרים שהוועדה דנה בהם, נתגלו תופעות של התקלפות מלאה של שכבת הבטון התחתונה. עובדה זו מעוררת חששות לגבי עמידות התקרה בעומסים דינמיים.

מסקנות הוועדה לכשל מבנים הופצו על-ידי לשכת המהנדסים לגופים ולרשויות שונים וביניהם - שר הבינוי והשיכון, שר העבודה, שר הפנים, רשם הקבלנים, מע"צ, יו"ר מרכז השלטון המקומי, מכון התקנים, ארגון מהנדסי הערים, אגודה להנדסה אזרחית, מועצת ההנדסה והאדריכלות, מרכז ארגוני הקבלנים והבונים, ואף פורסמו בפברואר 1988 בעיתונות המקצועית.

6.4 ביום 19.4.88 שלח ראש התחנה לחקר הבנייה, פרופ' א. ורשבסקי, מכתב לסגן ראש האגף לתכנון והנדסה במשרד הבינוי והשיכון שבו נאמר, בין השאר, ששיטת הפל-קל נבדקה על-ידי התחנה לחקר הבנייה, ונמצאה "לא מתאימה לשימוש בפרטיה הנוכחיים". בהמשך המכתב נאמר ש"ההודעה המנומקת על כך נמסרה למר א. רון ביולי 1987 תוך הדגשת הצורך בתיקונים ושינויים... לצערנו לא התייחס מר רון להודעה זו...".

6.5 לשכת המהנדסים עקבה אחרי הפרסומים והפרסומת לשיטת פל-קל בעיתונות המקצועית, וטרחת לבוא בדברים עם עורכי העיתונים הללו כדי להניעם להביא לידיעת הציבור את הדברים כהווייתם. כך למשל, כתב יו"ר הוועדה לכשל מבנים, אינג' נ. גוראל, למנכ"ל מרכז הבנייה הישראלי, במכתב מיום 27.11.88, שחרף העובדה שמרכז הבנייה התבקש לפרסם בבולטין שלו "מספר נקודות לגבי שיטת פל-קל", הוא לא עשה כן. תחת זאת, "המשיכו להופיע פרסומים של שיטת פל-קל העלולים לדעתנו להטעות את הציבור".

נוכח עובדה זו ביקשו חברי הוועדה לכשל מבנים להביא לידיעת מרכז הבנייה שהם "נחושים בדעתם שהענין הציבורי מחייב שמרכז הבנייה, כגוף שהפצת מידע הוא מעיקרי תפקידו, יפרסם את המידע שהעברתי אליך במכתבי...".

6.6 לשכת המהנדסים ביקשה בתחילת 1989 ממספר עורכי עיתונים מקצועיים לפרסם בעיתוניהם הודעה שסוכמה עם חברת פל-קל (אלי רון), והייתה על דעתה. ההודעה מציינת שהוועדה לכשל מבנים הביעה בשעתו הסתייגויות משימוש בתקרות פל-קל "במתכונת... כפי שהיא הוצגה על-ידי מפיצה, בהיותה נוגדת את הוראות חוקת הבטון ת"י 466, וגם לא אושרה על-ידי גורם המוסמך לאשר חריגות...". ועתה היא "מסכימה... עם חברת פל-קל שאין מניעה משימוש בארגזי פחים מסוג פל-קל כגופי מילוי בלבד בתקרת צלעות", בתנאי שיוקפד על "מידות ומרחק בין הצלעות וסידור הזיון והחישוקים שבהם, הכל כנדרש בת"י 466 חלק 2 סעיף 22.2", וכן ש"ארגזי הפחים אינם מיועדים להשתתף בנשיאת העומסים ו/או בקביעת התסבולת של תקרות כאלה...". אין צריך לאמר שהפצת ידיעה כזו בקרב חוגי המקצוע היא רבת משמעות ורבת ערך.

6.7 אגף הפיקוח על העבודה במשרד העבודה והרווחה חקר ארבעה ממקרי הכשל שאירעו בתקרות פל-קל, שהיו בהם נפגעים. על הנאמר בדוחות שהכין כבר עמדנו בדוח זה (ראו סעיף 3.11 לעיל). בהקשר זה נוסף, כי כבר בדו"ח החקירה הראשון מיום 30.9.87, המתייחס לכשל ברמת-גן, מצביעים החוקרים על חלק מהפגמים עליהם עמדנו בדו"ח זה, וביניהם הבעיה של אי אחידות ברוחב הצלעות, היעדר קשר מספק בין שכבות התקרה, חשש לקורוזיה של הפחים, והצורך

בשימוש בזיון לגזירה. במסקנות דוח החקירה מיום 2.11.92 המתייחס לכשל בפתח-תקרה נמצא כי שיטת הפל-קל היא שהביאה להתמוטטות. כן הומלץ להעביר את דוח החקירה לבדיקה על ידי מוסד מוסמך, כגון הטכניון.

6.8 בחלק ממקרי הכשל הוזעקה יחידת החילוץ של פיקוד העורף לנסות ולהציל את מי שנלכדו במבנים שתקריותיהם התמוטטו. בעקבות זאת פנה ראש מחלקת התגוננות אוכלוסיה בפיקוד העורף אל מנכ"ל משרד הפנים, המכון הלאומי לחקר הבנייה ולשכת המהנדסים, בבקשה לבחון את שיטת הפל-קל ואף לפסול אותה עקב רמת בטיחות בלתי מספקת.

6.9 במכתביו אל יו"ר הוועדה הטכנית במכון התקנים מיום 28.12.95 ומיום 15.1.96 הודיע פרופ' משה עדין, כיו"ר ועדת המומחים לחוקת הבטון, כי לאחר שהוועדה בחנה את טענותיו של אלי רון בנושא שיטתו על כל ההיבטים המקצועיים, היא הגיעה למסקנה כי "אין ועדת המומחים רואה כל אפשרות להכיר בתקריות אלה כמתאימות לדרישות חוקת הבטון, התקן הישראלי ת"י 466 על כל חלקיו הרלבנטיים – ובוודאי לא כתקרת צלעות לפי חלק 2 של התקן, או בכל צורה אחרת, לפי אינטרפרטציה שנותן לה אינג' אלי רון".

6.10 ביום 3.6.96 שלח ראש המכון הלאומי לחקר הבנייה, פרופ' שיינמן, לד"ר יואב סרנה, יו"ר האגודה להנדסה אזרחית, מכתב המתריע על כך שאלי רון מפייץ שמועה מטעה כאילו שיטתו נבדקה בטכניון ואושרה. מכתב זה הועבר ביום 8.7.96 על ידי ד"ר יואב סרנה להתאחדות הקבלנים "על מנת להזהיר את ציבור הקבלנים".

6.11 ביום 27.6.96 פנה איגוד המהנדסים (על-ידי ד"ר יואב סרנה) למשרד הפנים, והעביר אליו העתקים ממכתבי המכון הלאומי לחקר הבנייה (פרופ' שיינמן) ומכון התקנים (פרופ' משה עדין וד"ר אורי הרמל). במכתב נאמר שמכתבים אלו מצביעים על כך ש"השימוש בתקרה מסוג פלקל הינו שלא בהתאם לת"י 466" וש"תקריות אלו מהוות סכנה לבטיחות הציבור". הנמען התבקש במכתב זה "לפעול על בסיס הסמכויות הניתנות בידך על מנת למנוע את השימוש בתקריות פלקל עד למועד שבו יושלם ניסוי...".

6.12 ביום 4.8.96 הופץ חוזר מנכ"ל משרד הפנים הממוען לכל הרשויות המקומיות ובו הודעה בדבר שיטת בנייה מסוכנת. בחוזר זה נקבע, כי נוכח החובה לתכנן ולבנות שלד מבטון בהתאם לת"י 466 ומאחר שתנאי להוצאת היתר בנייה ולקבלת טופס 4 הנו עמידה בתקנות התכנון והבניה, ומאחר שנקבע ששיטת הפל-קל איננה עונה לדרישות ת"י 466, הרי שאין לתת היתר ואין לתת טופס 4 לבנין שנבנה בשיטה האמורה.

חוזר המנכ"ל מיום 4.8.96 מצורף כנספח 1 לדוח זה.

6.13 באמצע שנת 1998, לאחר הבדיקה שנערכה מטעם המכון הלאומי בתקרת מבנה ברחובות, פנה ראש המכון דאז, ד"ר בן בסט, אל משרד הפנים והביא בפניו את הממצאים המוכיחים כי תקרות הבנויות בשיטת הפל-קל אינן עומדות בקריטריונים הנדסיים בסיסיים ומהווים סכנה לציבור.

6.14 ביום 5.8.98 הוצא חוזר מנכ"ל נוסף של מנכ"ל משרד הפנים, שהופץ אף הוא לכלל הרשויות המקומיות, ובו נאמר:

"אני חוזר לנאמר בחוזר מנכ"ל מס' 11/96 מיום 4 באוגוסט 1996 בו הוכרזה שיטת "פל-קל" כשיטת בנייה מסוכנת. מדובר היה בשיטת בנייה שהתפתחה בארץ של תקרות צלעות עם טבלה תחתונה ותבניות פח. השיטה נקראה שיטת "פל-קל" על שם החברה שפיתחה אותה. החוזר ציין כי השיטה אינה עונה לדרישות ת"י 466 ואין לתת היתר ואין לתת טופס 4 לבנין שנבנה באותה שיטה.

יצוין שקיימים בנינים שונים בארץ שניבנו בשיטה זו, לפני ההודעה בחוזר המנכ"ל מלפני שנתיים שאף הם עלולים להיות מסוכנים...

בכל מקרה של מבנה שנבנה בשיטה זו, יש לדאוג מידית לבדיקה ויזואלית לגילוי ראשוני של בעיות ולחייב את הבעלים והמחזיקים של הבנין לקבל יעוץ הנדסי מתאים וכמובן לפעול בהתאם לממצאים".

חוזר המנכ"ל מיום 5.8.98 מצורף כנספח ז לדוח זה.

6.15 לתהודה בקרב הקהילה המקצועית, ובקרב משרדי הממשלה הרלוונטיים, יש להוסיף אף את הידיעות שהופיעו בעיתונות הכללית בדבר כשלים שארעו בבנינים שבהם נבנו תקרות פל-קל. בין פרסומים אלה אפשר להזכיר שתי כתבות שפורסמו לאחר הכשל באשדוד: כתבה בעיתון "ידיעות אחרונות" (מיום 4.9.95), שהדגישה כי זוהי ההתמוטטות הרביעית של מבנה שנבנה בשיטת הפל-קל, וכתבה בעיתון "הארץ" (מיום 7.9.95) שבה הובאו דבריו של יואב סרנה כי ועדת מומחים מטעם הלשכה בדקה כשל מבנים, והגיעה למסקנה כי זו שיטה מסוכנת, ואינה עומדת בתקן הישראלי. כתבה נוספת שנוכיר, שפורסמה ב"ידיעות אחרונות" במוסף מיום 31.3.00, מציינת כי שורת תקרות שנבנו בשיטה זו התמוטטו, וכי צמרת מומחי בנייה מהטכניון, ממכון התקנים, ממשרד הפנים, ממשרד השיכון וממשרד התעשייה והמסחר התריעו שהשיטה מסוכנת ואסורה לשימוש, אך אלי רון ממשיך לבנות.

6.16 אמור מעתה, שהסיכונים הטמונים בשיטת הפל-קל והיותה שיטת בנייה שלא קיבלה אישור מוסמך, ואשר איננה תקנית, הגיעו הן לתודעת הגורמים המקצועיים והממשלתיים, והן לידיעת הציבור בכללותו.

# פרק שביעי

## סמכויות וחובות הנוגעות לבניה

7.1 המערכת הנורמטיבית החותרת למצב שבו תהיה הבנייה נעדרת סיכונים, מתחלקת בעיקרה לשתי זרועות. האחת, מטפלת בפונקציות העוסקות בבנייה (היזום, בעל המבנה, בעלי המקצוע השונים המעורבים בבנייה כגון מתכננים, מבצעים, ומפקחים), ואילו השנייה עוסקת ברשויות שלטון שונות (הן רשויות השלטון המרכזי והן רשויות השלטון המוניציפלי) שמטרתן העיקרית היא הכוונה, הסדרה, פיקוח, בקרה ואכיפה.

אין זה המקום לערוך מחקר מלא על כל הוראות הדין הרלוונטיות לנושא. נסתפק בהבאת ההוראות העיקריות המתייחסות לבעלי התפקידים ולגופים השונים הקשורים לתחום שבו עוסק דוח זה, והכל כדי להדגיש שבפני כל אלה לא ניצבו רק הנורמות ההנדסיות המקצועיות, שדי היה בהן כדי להנחותם בדרך הנכונה, ולא רק התהודה הציבורית שפורטה בפרק הקודם, אלא גם חובות, סמכויות ומטלות שהדין כפה עליהם.

## בעלי המקצוע ובעלי המבנים (המגזר הפרטי)

### מתכננים

7.2 מתוך בעלי המקצוע השונים, בעל המקצוע העיקרי (גם אם לא היחיד) הנוגע לענייננו הוא מתכנן שלד הבנין.

תקנה 1 לתקנות התכנון והבניה (בקשה להיתר, תנאיו ואגרות), התש"ל-1970 (לעיל ולהלן – תקנות בקשה להיתר), קובעת כי "מתכנן שלד הבנין" הוא "מי שהורשה להגיש חישובים סטטיים לרשות מוסמכת על-פי תקנות המהנדסים, ושחתם על הבקשה להיתר ועל נספחיה כאחראי לתכנון שלד הבנין נושא הבקשה ולביצוע פיקוח עליון על הקמתו". נזכיר כי תקרה היא חלק משלד הבנין.

תפקידיו של מתכנן שלד הבנין כוללים הכנה והגשה לרשות מוסמכת של חישובים סטטיים, שהם "חישובים הנדסיים שיש בהם להוכיח את יציבותו של בנין ויציבות ביסוסו" (תקנה 1 לתקנות בקשה להיתר).

המתכנן אחראי גם לביצוע פיקוח עליון על הקמתו של השלד, מתחילת עבודות הבנייה ועד להשלמתן. פיקוח עליון זה כולל, בין היתר, גם חובה לקיים ביקורת על אופן ביצוע האלמנטים הראשיים של השלד בכל קומה ומתן אישור ליציקת התקרות או הרכבתן בכל קומה בנפרד (תקנות התכנון והבניה (פיקוח עליון על הבנייה), התשנ"ב-1992. בנוסף, מכין מתכנן שלד הבנין את תוכניות הביצוע המפורטות, שעל פיהן מבוצעת הבנייה בפועל.

7.3 החובה הכללית והבסיסית החלה על מתכנן שלד הבנין היא לתכנן את השלד על פי מיטב הידע המקצועי הקיים, במימונות וברמה מקצועית ראויה. נוסף על חובה בסיסית זו, מצויות בדין חובות שונות הקובעות באופן מפורש את המותר והאסור בתכנון שלד הבנין. נעמוד כאן אך על החובות העיקריות הקבועות בהם:

7.3.1 הבטחת מצבו התקין של הבנין: תכנון שלד הבנין צריך להיעשות כך שתימנע פגיעה כלשהי במצבו התקין של הבנין, לרבות התהוות מצב גבולי. דהיינו, שלא ייגרם מצב שבו עומסים הצפויים לפעול על המבנה יביאו למצב העלול לפגוע במצבו התקין של השלד או לגרום, בין השאר, לאבדן יציבותו, לשבר או לדפורמציה גבולית. על המתכנן להבטיח זאת באמצעות הבאה בחשבון של מקדם הבטחון שנקבע בתקן, ובאין תקן - בחוות דעת של בעל הכשרה מקצועית מתאימה בענין הנידון שהוסמך לכך מטעם שר הפנים (סעיף 5.02 לתוספת השניה לתקנות בקשה להיתר, לעיל ולהלן – התוספת השניה).

7.3.2 שימוש בשיטות בנייה העונות לכל דין: שיטת הבנייה של שלד הבנין צריך שתהא מבוססת על חישובים סטטיים ומבחינים הנדסיים ויתקיימו לגביה שני תנאים מצטברים: האחד, החישובים הסטטיים יוכיחו כי נעשה בהם ניתוח ברור של פעולת הכוחות המתהווים בשלד כתוצאה מפעולת העומסים הצפויים עליו, תוך מתן הדעת על תכונות חמרי הבנייה. השני, כי קיים לגבי השיטה ניסיון הנדסי, ובאין ניסיון כזה, קיימת חוות דעת של בעל הכשרה מקצועית בענין הנדון ששר הפנים הסמיכו לכך, המאשרת כי השיטה ראויה לשימוש. אם שלד הבנין בנוי מבטון (על סוגיו), יש לתכננו ולבנותו בהתאם לתקן ישראלי ת"י 466 (סעיפים 5.03 ו-5.02(ד) לתוספת השניה).

7.3.3 שימוש בחומרי בנייה תקינים בלבד: שלד הבנין, וכל רכיב או חלק בו, ייבנה מחומרים תקינים בלבד (סעיף 5.05 (א) לתוספת השניה). אם נבנה חלק כלשהו מהשלד מחומרים שאינם בהתאם לתקן או על-פי שיטת בנייה שאינה ממלאת אחר הוראות הדינים הרלוונטיים, מטילות התקנות חובה על הריסתו של אותו חלק או על תיקונו.

7.3.4 עריכת חישובים סטטיים בהתאם לכל דין: על מתכנן השלד לערוך את החישובים הסטטיים לפי הכללים והרמה המקצועית הנהוגים בזמן הכנת התכנון ובהתאם להוראותיו של כל דין רלוונטי (סעיף 15.02(3) לתוספת השניה). עליו להגיש חישובים חדשים במקרה שחלו שינויים מהותיים, וחישובים סטטיים מתוקנים אם חלו שינויים לא מהותיים, ועליו להודיע כי יש ברשותו, ואף להציג אם יידרש לעשות כן, תוכניות קונסטרוקציה של המבנה כפי שבוצע בפועל (סעיף 15.03(4) לתוספת השניה, ותקנה 21 לתקנות בקשה להיתר).

7.3.5 הבטחת התאמת ביצוע השלד לבקשה ולתקנות: על מתכנן השלד לבצע פיקוח עליון על ביצוע השלד, על מנת להבטיח כי ביצוע השלד יתאם את הבקשה והמיפרט שאושרו, ואת תקנות בקשה להיתר (הצהרת מתכנן שלד הבנין, טופס 4 לתוספת הראשונה לתקנות בקשה להיתר. מתן הצהרה זו מהווה תנאי למתן תעודת גמר לבנין).

7.4 כאמור, מתכנן השלד (יחד עם אחרים, אשר את חובותיהם לא הזכרנו) אחראי לקיום ההוראות המפורטות בתוספת השניה, והוא ישא באחריות לנזקים שיגרמו כתוצאה מאי קיומן של הוראות אלה (תקנה 17(ג) לתקנות בקשה להיתר). תקופת אחריותו של המתכנן לסיכונים הנובעים מתכנונו, הנה בהתאם לדיני ההתיישנות הכלליים (האזרחיים והפליליים).

לא פרטנו אלא את עיקרי המטלות והחובות המוטלות על מתכנני שלד הבנין, ואולם די באלו כדי להצביע על כובד משא האחריות המוטלת על המהנדסים וההנדסאים מתכנני השלד.

### הבעלים והמחזיקים במבנה

7.5 הבעלות במקרקעין וההחזקה בהם מטילה חובה על הבעלים והמחזיקים למנוע סיכונים ונזקים העלולים להיגרם מהם לאחר (סעיפים 35 ו-36 לפקודת הנזיקין [נוסח חדש]; ראו למשל ע"א 145/80 ועקנין נ' המועצה המקומית בית שמש, פ"ד לז(1) 113). על פי חוקי העזר לדוגמא לענין מבנים מסוכנים, חייב בעליו של בנין להחזיקו במצב המבטיח את שלום המחזיקים בו ואת שלום הציבור. כן מחייבים חיקוקים אלה בעל בנין או מחזיק בו להודיע מיד לראש הרשות המקומית אם הוא חושש כי הבנין מהווה סכנה למחזיקים בו או לציבור (חוק-עזר לדוגמה לעיריות (הריסת מבנים מסוכנים), התשל"ב-1972; חוק-עזר לדוגמה למועצות מקומיות (הריסת מבנים מסוכנים), התשל"ב-1972). חוקי-עזר אלו אומצו כלשונם על ידי מספר רשויות מקומיות, ואחרות ערכו בהם מספר שינויים.

## רשויות מפקחות ואוכפות דין

### כ ל י

7.6 הדין מכיל מארג צפוף למדי של הוראות המעניקות לרשויות הציבוריות כוחות וסמכויות לפעול לקיום הוראות הדין הנוגעות לבנייה בכלל, ובתוך כך גם להיבטי הבטיחות של המבנים - הן בטרם בנייה, הן במהלכה, והן לאחר סיומה ולאורך חיי המבנה. נכון לקרוא לתוך הסמכה כזו גם חובה להפעיל את הסמכות כדי להשיג את מטרת ההסמכה (ראו, למשל, בג"ץ 297/82 עזרא ברגר נ' שר הפנים, פ"ד לז(3) 29).

כפי שנראה להלן, הסמכויות בתחום הבנייה מתחלקות, בין מוסדות ובעלי סמכות מקומיים (ועדות מקומיות לתכנון ולבנייה, מהנדסי רשות מקומית ומהנדסי וועדות מקומיות, ראשי רשות מקומית), בין האחראים לפיקוח ואכיפה פרטניים על המבנים הנבנים והבנויים בתחומם, ובין משרד הפנים האחראי לביצועו של חוק התכנון והבניה, התשכ"ה-1965 (להלן – חוק התכנון והבניה) על מטרותיו.

### ועדות מקומיות לתכנון ולבנייה

7.7 סעיף 27(א) לחוק התכנון והבניה קובע:

”מתפקידה של הוועדה המקומית ושל כל רשות מקומית במרחב תכנון הכולל תחום של יותר מרשות מקומית אחת להבטיח את קיומן של הוראות חוק זה וכל תקנה על פיו”.

פשיטא, שמכוח סעיף זה חייבת הוועדה המקומית בין היתר, באכיפתן של כל הוראות החוק והתקנות החלות על תכנון שלד הבנין.

אין לבנות מבנה או חלק ממנו, ואין להתחיל בבנייה, בלא לקבל היתר בנייה מאת רשות הרישוי המקומית (הכוללת את יו"ר הוועדה המקומית ומהנדס הוועדה), או הוועדה המקומית. היתר בנייה יכול להינתן, אך ורק אם הבקשה להיתר הנה בהתאם להוראות המפורטות בתוספות השניה. כל היתר בנייה מותנה בתנאי כי העבודה תבוצע בהתאם להוראות התוספת השניה (תקנה 17 לתקנות בקשה להיתר).

7.8 בנייה ללא היתר, ובנייה או שימוש בסטיה מהיתר, מהוות עבירה (סעיף 204 לחוק התכנון והבניה). כאמור, הועדות המקומיות הן האמונות על אכיפתו של החוק והתקנות על פיו. במסגרת ההליך הפלילי בגין בנייה ללא היתר או בסטיה ממנו, ראשי בית המשפט ליתן צווים אופרטיביים שונים באשר לבנין כגון: צו הריסה, צו לשינוי המבנה, צו סגירה, צו איסור שימוש, צו להתאמת הבנייה או השימוש להיתר או כל צו אחר שייראה לבית המשפט (סעיף 205 לחוק התכנון והבניה).

בסמכותם של יושב ראש הוועדה המקומית ושל מהנדס העיר להוציא צו הפסקה מינהלי המורה על הפסקת עבודות בנייה הנעשות ללא היתר או בסטיה מהיתר (סעיף 224 לחוק התכנון והבניה). יושב ראש הוועדה המקומית מוסמך להוציא צו הריסה מינהלי המורה על הריסתו של בנין או חלק ממנו, שהוקם או שהוחל בהקמתו ללא היתר או בסטייה ממנו (סעיף 238 לחוק התכנון והבניה). סנקציות מינהליות אלה ניתנות להפעלה במהלך הבנייה או סמוך לסיומה.

### מהנדס הרשות המקומית ומהנדס הוועדה המקומית

7.9 מהנדס הרשות המקומית ומהנדס הוועדה המקומית הם נושאי משרה בגופים שבהם הם מועסקים. מבחינת תוכן הדברים צריך לראות את סמכויותיהם כסמכויות נוספות או מקבילות של הרשויות הציבוריות הרלוונטיות. חרף זאת,

ובעקבות הפרדת הסמכויות בדין, ראינו לנכון לדון בסמכויות מהנדסים אלו בנפרד מהנורמות החלות על הגופים שבהם הם נושאי תפקיד.

מהנדס הרשות המקומית ממלא תפקידי מפתח בתחום אישור הבנייה והפיקוח על תכנונה וביצועה. כאשר הרשות המקומית היא גם ועדה מקומית (לפי סעיף 18 לחוק התכנון והבניה), משום שמרחב התכנון כולל רק רשות מקומית אחת, הוא נושא בשני "כובעים" עיקריים: האחד, הוא תפקידו כמהנדס הרשות המקומית ואילו השני הוא תפקידו כמהנדס הוועדה המקומית לתכנון ולבנייה.

חוק הרשויות המקומיות (מהנדס רשות מקומית), התשנ"ב-1991 (להלן – חוק מהנדס הרשות) קובע בסעיף 2 לו, כי "לכל רשות מקומית יהיה מהנדס".

תחום תפקידיו וסמכויותיו של מהנדס הרשות המקומית כולל את תכנון העיר, הפיקוח והרישוי, הבנייה הציבורית וכן העבודות הציבוריות המבוצעות על-ידי הרשות המקומית או מטעמה (סעיף 5 לחוק מהנדס הרשות). הגדרתו של המונח "תכנון העיר" כוללת, מלבד הכנת תוכניות מתאר, וכן יתר התוכניות הדרושות לרשות המקומית לצרכי תכנון תחומה, גם בקרת תוכניות המוגשות על-ידי יזמים אחרים למוסדות תכנון לפי חוק התכנון והבניה (סעיף 1 לחוק מהנדס הרשות).

7.10 חוק התכנון והבניה, תקנות בקשה להיתר וכן תקנות אחרות בתחום התכנון והבניה מעניקים שפע סמכויות למהנדס הוועדה המקומית. להלן נמנה מקצת מסמכויותיו השייכות לעניינו:

7.10.1 בדיקת הבקשה להיתר: אם הבקשה להיתר תואמת את הוראות תקנות בקשה להיתר ודרישות נוספות, על המהנדס לאשר זאת בכתב (תקנה 15(א) לתקנות בקשה להיתר).

7.10.2 סמכות לדרוש מסמכים נוספים להבהרת הבקשה: מהנדס הוועדה המקומית רשאי לדרוש מעורך הבקשה להיתר נספחים להבהרתה של הבקשה או לשם בדיקתה. בין היתר, רשאי מהנדס הוועדה לדרוש תוצאותיו של סקר קרקע, הגדרת טיבם וסוגם של חומרי הבנייה, חזוקם המינימלי והתאמתם לתקן ומפרטיהם. כן רשאי הוא לדרוש תוכניות בנייה וחישובים נוספים על אלו שכבר הוגשו לוועדה (תקנה 11 לתקנות בקשה להיתר).

7.10.3 בדיקה כי הבנייה בוצעה בהתאם להיתר ולתקנות לצורך מתן תעודת גמר: חובה מרכזית המוטלת על מהנדס הוועדה המקומית היא לבדוק את התאמת הבנייה שנעשתה להוראות ההיתר ותקנות בקשה להיתר. אם לדעתו קיימו הוראות אלה, עליו ליתן לבעל ההיתר תעודת גמר חתומה בידו. אין ליתן תעודת גמר בטרם מסר מתכנן שלד הבנין הודעה בכתב שקיימת תכנית קונסטרוקציה מעודכנת ושהיא נמצאת במשמורתו במקום שיפרט בהודעה. כן רשאי המהנדס לדרוש, כי תוכנית הקונסטרוקציה תוצג לפניו לפני מתן תעודת הגמר (תקנה 21 לתקנות בקשה להיתר).

מכאן ניתן ללמוד כי על מהנדס הוועדה המקומית מוטלת, בין השאר, אחריות לבדוק ולוודא הן את התאמת הבקשה להיתר - לתכניות, לתקנות, לתקנים ולכל דין רלוונטי אחר, והן את התאמת הבנייה שבוצעה בפועל - להיתר הבנייה, ולתקנות.

## ראש הרשות המקומית

7.11 חובת הטיפול במבנים העלולים להוות סכנה: בין סמכויותיה של עירייה או מועצה מקומית נמנית אף הסמכות לצוות על הריסתם של בנינים מסוכנים (סעיף 249(13) לפקודת העיריות [נוסח חדש]; סעיף 146(8) לצו המועצות המקומיות (א), התשי"א-1950; סעיף 140א לצו המועצות המקומיות (ב), התשי"ג-1953; סעיף 63(א)(8) לצו המועצות המקומיות (מועצות אזוריות), התשי"ח-1958). בסעיף 7.5 לעיל הזכרנו את חוקי העזר שהותקנו לענין זה (להלן – חוקי העזר). חוקי העזר קובעים כי ראש הרשות יורה למהנדס שמונה לענין זה לערוך מזמן לזמן, סקר על בנינים העלולים להוות סכנה למחזיקים בו או לציבור. במקרה שהתקבלה הודעה על מבנה כאמור, עליו להורות למהנדס לבצע את הבדיקה



מיידית. במקרה שנמצא בדין וחשבון שהגיש המהנדס, כי בנין מהווה סכנה כאמור, רשאי ראש הרשות לדרוש מבעל הבנין לבצע עבודות דרושות המפורטות בחוות דעתו של המהנדס, באופן ובתוך התקופה שנקבעו בהודעה.

במקרה שבעל בנין לא מילא אחר הוראה זו, רשאית הרשות המקומית לבצע את העבודות ולגבות מבעל הבנין את הוצאות הביצוע (סעיף 3 לחוקי העזר). אם המהנדס אישר, לאחר בדיקה, כי בנין נתון במצב שיש בו משום סכנה תכופה למחזיקים בו או לציבור, רשאי ראש הרשות, באישורו של הממונה על המחוז, לבצע את העבודות הדרושות לשם הריסת הבנין ולגבות את הוצאות הביצוע מאת בעל הבנין (סעיף 4 לחוקי העזר). לראש המועצה ולמהנדס נתונה הרשות להיכנס, בכל עת סבירה, לכל בנין כדי לברר את מצב הבנין או כדי לבצע עבודות (סעיף 6 לחוקי העזר).

7.12 סמכות רישוי ופיקוח על עסקים: ראש הרשות המקומית או מי שהוא הסמיכו לכך, הגו בעל הסמכות ליתן רישיון עסק לעסקים הטעונים רישיון עסק לפי חוק רישוי עסקים, התשכ"ח-1968 (להלן – חוק רישוי עסקים). חוק זה בא להבטיח מספר מטרות, וביניהן הבטחת בטיחות הנמצאים במקום העסק או בסביבתו, וקיום הדינים הנוגעים לתכנון ולבנייה (סעיף 1 לחוק רישוי עסקים). חלק מהעסקים שעליהם חל החוק, טעונים חידוש רישיון עסק מדי תקופה.

ראש הרשות מוסמך להוציא צו הפסקה מינהלי לגבי עסק, אשר יש לו יסוד סביר להניח לגביו כי עשה שימוש בעסק טעון רישוי ללא רישיון או היתר זמני או שלא קיים תנאי מתנאי הרישיון או הוראות תקנות רלוונטיות (סעיף 20 לחוק רישוי עסקים). הצו יעמוד בתוקפו 30 יום. לצורך המשך תוקפו, יש להגיש כתב אישום, ובית המשפט מוסמך להאריך את הצו.

7.13 ראינו אם כן, כי לבעלי התפקידים השונים ברשויות המקומיות ולמוסדות התכנון המקומיים, מוקנות סמכויות רבות של פיקוח ואכיפה, שמטרתן הבטחת בטיחותה של הבנייה החדשה והקיימת.

## שר הפנים ומשרדו

7.14 סעיף 265 לחוק התכנון והבניה קובע:

“שר הפנים ממונה על ביצוע חוק זה, והוא רשאי להתקין תקנות... בכל הנוגע לביצוע חוק זה, ובין השאר בענינים אלה:

- (1) הנוהל בבקשות להיתרים ובמתן היתרים...
- (2) קביעת תנאים להיתרים הבאים להבטיח ביצוע יעיל של חוק זה;
- (3) הפקדת תשריטים... וחשובים סטטיים ומתן כל ידיעה אחרת הדרושים לוועדה המקומית בקשר לעבודה או לשימוש הטעונים היתר...
- (6) דרכי בנייתם של בנינים...
- (7) מראם החיצוני של בנינים, יציבותם...
- (12) בטיחות של... המשתמשים בהם, או המזדמנים אליהם;
- (23) מניעת הביצוע של עבודה או שימוש במקרקעין, ללא היתר או שלא בהתאם להיתר;
- (24) בדיקת חמרים המשמשים או שנועדו לשמש לבנין, בין שנקבע להם תקן רשמי ובין שלא נקבע...
- (32) כללים בדבר פיקוח וביקורת במקום בנייה ודיווח על ביצוע עבודה”.

לפי סעיף 28 לחוק התכנון והבניה רשאית ועדה מחוזית, שנציגו של שר הפנים הוא יושב הראש שלה (סעיף 7 לחוק), להורות לוועדה מקומית לפעול ככל שנדרש על-ידי החוק, ואם לא עשתה כן – ליטול לעצמה את סמכויותיה.

די באמור בסעיף 265 הנ"ל כדי להצביע על מרכזיותו של שר הפנים בכל הנוגע לתכנון ולבנייה של מבנים, על היקפן הנרחב של סמכויותיו בכל הסובב תחום זה, ובכל הנוגע לדרכי הביצוע של הפיקוח וכל כיוצא בזה. הכוח הניתן לוועדה מחוזית לפעול במקום הוועדה המקומית, מוסיף למשרד הפנים נדבך נוסף של מעורבות בענף התכנון והבניה.

נראה לנו שלא יתכנו חילוקי דעות אמיתיים בשאלת מרכזיותו של שר הפנים בכל הקשור לתכנון ולבנייה. אכן, גם שר הפנים הכיר בכך בהקשרים שונים. כך למשל כתב ביום 17.4.88 שר הפנים דאז (אריה דרעי) לי. רז, יו"ר לשכת המהנדסים והאדריכלים בישראל, ש"שר הפנים אחראי על פי חוק התכנון והבניה לטיב העבודה בארץ".

# פרק שמיני

## מחדלים בהפעלת הכוחות

### והסמכויות

### פתיח

8.1 ראינו עד כה, כי ליקויי שיטת הפל-קל היו גלויים וברורים, הן לציבור המקצועי, הן לכלל הגורמים הסמוכים לעשייה המקצועית. ראינו גם, כי בידי גורמים שונים היו הסמכויות, ואף הוטלו עליהם חובות מפורשות להפעיל את סמכויותיהם וכוחותיהם, בין השאר, כדי למנוע בנייה לקויה ומסוכנת. נוכח שילוב זה – של ידיעה וחובה – קמה הציפייה לנקיטת כל הצעדים הנדרשים על ידי הגורמים השונים עליהם הוטלו חובות על פי דין. דברים אלו נכונים שבעתיים נוכח העובדה שהמידע על השימוש בשיטת הפל-קל ופגמיה היה לנחלת הכלל (כפי שהראינו בפרק השישי).

כפי שנראה להלן, נתברר לצערנו, כי ציפייה לחדוד ומציאות לחדוד. בדיקת המעשים שנעשו בפועל מלמדים על חוסר עשייה כמעט מוחלט, לא רק לפני אסון ורסאי אלא אף לאחריו. מציאות זו, היא שהובילה אותנו למסקנה, כי יש הכרח בהוצאתו של דוח ביניים זה. נפנה עתה לבחינת המעשים והמחדלים של הגורמים השונים בקשר לשימוש בשיטת הפל-קל.

### המתכונים

8.2 אילו היו המטלות שהוטלו על מתכנני שלד הבנין (שפורטו בסעיף 7.3 לעיל), כמו גם האחריות הכרוכה בהן, מופנמות על-ידי כל מתכנן, כי אז הוא לא היה עושה שימוש בשיטת הפל-קל. בהעדר מתכננים שיעשו בה שימוש, השיטה כולה הייתה גוועת. מסתבר שלא כל מתכנני השלד הפנימו את כובד האחריות ואת מהות המטלות שבהן הם מחוייבים. היו כאלו שלא הקפידו על מילוי חובותיהם, ואימצו בתכנונם את שיטת הפל-קל. כל אלו נושאים באשם הראשוני, ככל שהדבר נוגע לבנייה בשיטת הפל-קל.

8.3 ראינו חלק מהמהנדסים הללו בעת מתן עדויותיהם בפני הוועדה, חלק אחר התייצב ומסר עדות בפני אוספי החומר, ויש כמובן חלק נוסף (והוא ככל הנראה החלק הגדול), שלא נחקר. כפי שכבר אמרנו, לא שמענו מאף מהנדס אחד (להוציא הוגה השיטה, מר אלי רון) שהוא מוכן להמשיך ולתמוך בשיטה גם כיום (ראו סעיף 4.2 לדוח זה). ואולם מבחנם של מתכננים אינו בחכמה שלאחר מעשה, אלא בחכמה בשעת מעשה.

8.4 עוד נדון בהמשך במחדלן של הרשויות המפקחות ואוכפות החוק, ואולם מחדלן של אלו אינו גורע מאשם של מהנדסים והנדסאים שחטאו. אי אפשר להתעלם בענין זה מהאמת הבסיסית, והיא, שרשלנותן ואוזלת ידן של הרשויות האוכפות והמפקחות היא באי לכידת הפועלים בדרך מקצועית פסולה, ואילו אשם של המתכננים מתבטא בכך שהם לא תכננו כהלכה, ובכך הם ביצעו מעשה פסול. כדי לסבר את האוזן, ניתן להביא דוגמא מ"שוטרים וגנבים". השוטר שאינו לוכד גנב הוא אולי רשול, ואולם האשם העיקרי עדיין רובץ לפתחו של הגנב. אין ברצוננו חלילה להשוות את המתכנן לגנב, והדוגמא באה רק להבליט את "פער האחריות" בין מי שלא קיים את החוק לבין מי שהתרשל באי לכידתו.

8.5 התכנונים הפסולים של מתכנני השלד לוו בחלק מהמקרים בחתימות על אישורי שווא, שבהם אישרו שהם ביצעו את תכנון הקונסטרוקציה על קרבה ועל כרעיה, בעוד בפועל תכנן מהנדס חברת פל-קל את התקרה.

שומה היה על מתכנן שלד ראוי לשמו, להימנע מלהשתמש בשיטה שדי היה "בבחינה העיונית" כדי לפסלה, והדברים נכונים שבעתיים כשבחינה זו אוששה על-ידי נדבכים מוצקים אחרים (ראו סעיפים 3.7 עד 3.13 לדוח זה). לא זו אף זו, הייתה בציבוריות המקצועית מודעות מלאה לפסול שבשיטה, וככל שמדובר במהנדסים, הרי שכבר ביום 20.12.87 התריעה הוועדה לכשל מבנים של לשכת מהנדסים, כי שיטת הפל-קל איננה מעוגנת בתקנים ישראליים או תקנים ידועים אחרים.

8.6 כבר הזכרנו (ראו סעיף 4.9 לדוח זה) שהיו הרבה מתכננים שנמנעו מלהשתמש בשיטה חרף ניסיונות השכנוע של מר אלי רון, וחרף תוצאות ניסויי מבדקת הטכניון. זה המקום שבו נביא לידי ביטוי את התרשמותנו החיובית מאותם מהנדסים שהפעילו נכונה את שיקול דעתם המקצועי בזמן אמת, ונמנעו מלהשתמש בשיטה זו. הזכרנו גם, כקרה אור בשממון העשיה, את פעילותם של קבוצת אנשי מקצוע מהטכניון וקבוצת מהנדסים מהמגזר הפרטי הלא – אקדמאי. חלק מפעילותם שנועדה לעצור את הבנייה בשיטת הפל-קל פזורה לאורך דוח זה, וחלקה רוכז בפרק השישי.

## **רשויות מקומיות, ועדות מקומיות לתכנון ובנייה ומהנדסיהן**

8.7 בישראל קיימות עשרות רבות של ועדות מקומיות (בין הפועלות בתחומי רשות מקומית אחת, בין בתחומי מספר רשויות מקומיות), וכן גם עשרות רבות של מהנדסי ועדות מקומיות ורשויות מקומיות. לא יכולנו כמובן להזמין את כולם להעיד בפנינו. תחת זאת הזמנו נציגים מן הרשויות הגדולות, הבינוניות והקטנות.

בחינת הכוחות והסמכויות שניתנו בדין לוועדות הללו, כמפורט בפרק השביעי לעיל, מראה שחלק מהכוחות והסמכויות הוענקו למהנדס הוועדה. חרף זאת, לענייננו יש לראות את השניים כאחד לצורך בחינת הפעילות של הוועדות המקומיות בנושא הפל-קל. הטעם לכך הוא שהסמכויות ניתנו למהנדסי הוועדות (והרשויות המקומיות) כדי לאפשר להם ולוועדות להשיג את התכלית החקיקתית העומדת ביסוד הקמתן של הוועדות, היא התכלית של הנהגת משטר וסדר בתכנון ובביצוע של הבנייה בתחומי התכנון של כל ועדה.

8.8 מהחומר הנמצא בדינו ניתן להסיק בנקל שהוועדות כשלו בנושא הפל-קל (כמו גם בהרבה מאוד נושאים הנוגעים לתכנון ולבנייה, שעליהם ניתן את הדעת בדוח הסופי). לא רק שהיה בידהן מידע על סיכוני שיטה זו לכל המאוחר במועד הוצאת החזר הראשון של משרד הפנים (בשנת 1996), אלא שהיה חוזר שני ב-1998, והייתה תהודה ציבורית לנושא הפל-קל בקרב חוגים מקצועיים, שמהנדסי הוועדות נמנו עליהם. קשה מאוד לסבור שהיה גורם כלשהו המעורב בבנייה, בין מקרב הרשויות, בין מקרב המהנדסים, שלא היה מודע לפחות לכך שיש בעיה בנושא הפל-קל. חרף זאת, התמונה הכללית שנחשפה בפנינו (שיש לה רק חריגים שניתן למנותם על אצבעות כף יד אחת) היא תמונה של חוסר מעש הן מצד הוועדות המקומיות והן מצד מהנדסיהן.

מסתבר שאין רישום מדויק של המבנים שתקרתייהם נבנו בשיטת הפל-קל. לפי תקנה 2(א) לתקנות בקשה להיתר יחד עם סעיף 15.00 לתוספת השניה, היה על כל מגיש של בקשה לקבלת היתר בנייה, לצרף נתונים, מסמכים ותשריטים שונים, ובהם חישובים סטטיים לשלד הבנין (החישובים ההנדסיים המוכיחים את יציבות הבנין המתוכנן ויציבות ביסוסו). יתירה מכך, לפי תקנה 11(ב) לתקנות האמורות יכול היה מהנדס הוועדה מקומית לתבוע בנוסף לכך דיווחים או נתונים נוספים. מהראיות שהובאו בפנינו עולה כי כמעט אף רשות לא ניצלה כוחות וסמכויות אלו, וכפועל יוצא מכך כמעט איש לא הקפיד על בדיקה ובחינה של חישובי הקונסטרוקציה, ובחלק מהמקרים לא הייתה בקרה אפילו על עצם הגשתם.

החישובים הסטטיים לא תמיד מוגשים, ואם הם מוגשים לא בהכרח הם מלאים, ובין אם הם מלאים בין לאו – במקרים רבים הבנייה שנבנתה כפועל לא תואמת אותם. מציאות עגומה זו איננה קיימת רק לגבי החישובים הסטטיים, אלא גם לגבי תכניות הבנייה ותוכניות אחרות. שמענו שהסיבות לכך יכולות להיות שונות ומשונות, ובהן שינויים שלא דווחו, הכללת

נתונים לא אמיתיים בתכנית ההגשה, סטייה מתכניות מאושרות שהמבצעים, בין בעצה אחת עם המתכננים ובין על דעת עצמם, עשו במהלך עבודת הבנייה, וסיבות אחרות.

8.9 ככל שהעלינו בבדיקתנו, גם אחרי חוזרי מנכ"ל משרד הפנים (שהכריזו ב-1996 וב-1998 על שיטת הפל-קל כשיטת בנייה מסוכנת), כמעט ואיש לא בדק את החישובים הסטטיים שהיה צריך להגישם (ושיתכן שהיה ניתן לדלות מתוכם מהי שיטת הבנייה שבה עומדים להשתמש); לא ביקש הצהרה שהבנין לא ייבנה בשיטת הפל-קל; לא היתנה בהיתר הבנייה שאין להשתמש בשיטת הפל-קל; לא פיקח בשטח שהשיטה איננה מופעלת; לא טרח לברר בטרם ניתנו תעודת גמר הבנייה ואישורי האכלוס אם הבית נבנה בשיטה זו; גם לא התעניין בנושאים אחרים הכרוכים בכל אלו. התנהגות כזו תמוהה מעיקרה, ואולם היא איננה ניתנת להסבר כלשהו כשגם אחרי חוזרי משרד הפנים לא נעשה דבר. ודוק: סכנת פל-קל מתייחסת לא רק לבנייה עתידית, אלא גם לבנייה שהושלמה בעבר. הועדות והמהנדסים ידעו לפחות "בתקופת חוזרי המנכ"ל" שמדובר בבנינים שיכול שיהיו מסוכנים, אך הם לא עשו פעולה כלשהי לאיתורם, לבדיקתם, ולהסקת המסקנות שהיו מתחייבות מכל אלו. עיון בסמכויותיהם כפי שפורטו לעיל יראה שהייתה זו לא רק סמכותם, אלא אף חובתם, ליטול משימה זו על עצמם.

8.10 משנשאלו אותם מהנדסים או נציגי הרשויות שהתייצבו להעיד מדוע נהגו כך, ומה פשר המחדלים הללו, הם השיבו שהם לא ידעו כיצד לפעול, שהם חיכו להנחיות, ושאינן להם כוח אדם ותקציבים לא לעריכת הבדיקות הדרושות, לא לקיום פיקוח על שיטות הבנייה, ולא להעסקת כוח אדם מקצועי ומספיק.

באקורד צורם, שיש בו אולי יותר מכל כדי להמחיש את כל שאמרנו בנושא זה, נציין שהיו כאלה, שבתשובה לשאלה מדוע נהגו כפי שנהגו גם אחרי שהם קיבלו את חוזרי המנכ"ל מ-1996 ו-1998 (שאסרו על שימוש בפל-קל) ענו שהם לא התייחסו ברצינות לאמור בחוזרים. גישה כזו מסבירה אולי את חוסר המעש של הרשויות, שאימצו להן שגרת עבודה המתעלמת ממצבי סיכון שאליהם הופנו במיוחד.

8.11 החומר המצוי בפנינו כולל לא מעט דוחות וביקורות על פעילותן של רשויות מקומיות וועדות מקומיות. בכל אלו בולטת תופעה של מחדלי עשייה, מחדלי פיקוח ומחדלי אכיפת החוק. בכל אלו יהיה צורך לטפל, ככל הנראה בדוח הסופי. ובכל זאת, פטור בלא כלום אי אפשר גם בדוח ביניים זה. נביא כדוגמא בלבד דברים שכתבו מבקרת עיריית ירושלים בדוח שהוגש על-ידה והמתייחס לשנים 1998-1999, ומבקר המדינה בדוח הביקורת על השלטון המקומי מיוני 2002. דברים אלו אינם נוגעים אמנם ישירות לנושא הפל-קל, אולם יש בהם כדי להסביר לפחות חלק מהמחדלים בנושא הפל-קל.

8.12 דוח הביקורת של מבקרת עיריית ירושלים מתייחס אומנם לעיריית ירושלים, אולם הדברים הנאמרים בו אופייניים לפעילות של רוב הרשויות המקומיות. וכך נאמר, בין השאר, בדוח זה:

2". בין המחדלים והליקויים העוברים כחוט השני בדו"חות הנ"ל, ראויות לציון בעיקר התופעות הבאות:

2.1 העדר המקצועיות ואי ידיעת חוק התכנון והבניה ותקנותיו בתחומים הנוגעים לעבודתה היומיומית והשוטפת של המחלקה לפיקוח על הבנייה. המחלקה אינה פועלת למניעת התחלות בנייה טרם מתן היתר בנייה. לשיטת מר ד"ב די בהחלטה של הוועדה המחוזית לענין אישור תב"ע, או בהחלטה של הוועדה המקומית לענין מתן היתר, כדי להתיר התחלות בנייה מבלי שניתן עדיין היתר. בתגובתו להערות הביקורת, התייחס מר ד"ב להליך המתחייב אחרי הדיון בוועדות, לצורך מתן ההיתר ליזם, כאל "הליך טכני" בלבד.

2.2 פרקי הזמן הארוכים, לעיתים עד שנה, בין ביקור לביקור באתרי בנייה בכלל, ובאתרים בהם אותו עבירות בנייה ו/או שהוצא צו הפסקת עבודה בפרט. פרקי זמן אלה מנוצלים לעיתים להפרת צווים מינהליים להפסקת בנייה או לביצוע חריגות. ביקורים תכופים של הפקחים עשויים למנוע או לעצור ביצוען או המשך ביצוען של עבירות בנייה ובכך לסייע בקיומו של שלטון החוק.

- 2.3 המלצה להענות חיובית לבקשות המופנות לבית המשפט לצמצום צווים טרם קבלת היתר בנייה, דבר המביא לביצוע בנייה ללא היתר "בחסות בית המשפט".
- 2.4 מתן טופס 4 או תעודת גמר גם במקרים בהם בוצעו עבירות בנייה בנכס, זאת בניגוד להוראות חוק התכנון והבניה ותקנותיו.
- 2.5 אי נקיטת אמצעי אכיפה העומדים לרשות הפיקוח למניעת המשך קיומן של עבירות בנייה.
- 2.6 הענות לבקשות שונות של יזמים להתלייה ו/או לאי נקיטת צעדי אכיפה, מבלי לוודא בשטח את אמיתות טענותיהם, ובכך להכשיל את רשויות התביעה.
- 2.7 העלמות תיקי פיקוח ו/או מסמכים מתוכם, באופן המונע בקרה מלאה על הליכי הפיקוח.
- 2.8 מתן הוראות לגניזת תיקים שנושאים עבירות בנייה, ובכך למנוע המשך הטיפול בהם, מהלך הנותן "הכשר" לעבירות בנייה.
3. לדעת הביקורת, ריבוי התלונות המתקבלות במשרד מבקרת העירייה והמורשה לטיפול בתלונות הציבור והנטיה הרווחת בקרב הציבור כי עבריינות בנייה משתלמת, במיוחד לאור אזלת ידם של גורמי האכיפה, מחייבים את העירייה להציב בין משימותיה העיקריות והמיידיות את הגברת אמון הציבור בגורמי הפיקוח על הבנייה. אין כל ספק כי משימה זו קשה לביצוע, כאשר אמון הציבור בגורמי האכיפה הולך ופוחת. על העירייה להשקיע מאמצים רבים ולקבל החלטות אמיצות שישלבו שינויים אישיים ומערכתיים כאחד, כדי להבריא את המערכת ולבנות מנגנון אכיפה אמין ומקצועי, שיפעל ללא ליאות ליישום שלטון החוק.
- לדעת הביקורת, המצב הנוכחי לא רק מגביר את עבריינות הבנייה, מיטיב עם העבריינים ואינו ממצה עמם את הדין, אלא אף גורם לפגיעה מתמדת בעובדים טובים ואמינים, על לא עוול בכפם, רק בשל השתייכותם למחלקה לפיקוח על הבנייה."

8.13 ברוח הביקורת של מבקר המדינה על השלטון המקומי מיוני 2002 נאמר:

"הביקורת העלתה, כי בשלבי טרום רישוי וטרום בנייה לא הקפידו הוועדות המקומיות, במקרים רבים, על כך, שהבונים ימציאו להן את כל התיעוד שנקבע בחוק ובתקנות. נמצא, כי בחישובים הסטטיים שהוגשו לוועדות חסרו חישובים ליסודות, לעמודים, לעומס רוח ולרעידות אדמה, נתונים על בדיקות קרקע ומאמצים מותרים לביסוס, וכמו כן חישובים של חיזוקים ביסודות ובעמודים במקרים של תוספות בנייה. בתיקי הבנייה חסרו מסמכים מהותיים, וביניהם: כתבי מינוי של אחראי לביקורת הביצוע, הסכמים עם מעבדות מאושרות בדבר ביצוע בדיקות של החומרים והמוצרים המשמשים לבנייה וכן הודעות מטעם הבונים לוועדות על מועד התחלת הבנייה.

לגבי הפיקוח במהלך הבנייה העלתה הביקורת, כי הוועדות לא הקפידו על קבלת התיעוד הבא: אישורי מודדים בדבר התאמת מיקום הבניין לקבוע בהיתר; דיווחי האחראים על הביקורת בגמר כל אחד מחמישה שלבים במהלך הבנייה; מעקב אחר ביצוען של בדיקות מעבדה מאושרת של חומרי בנייה ומוצרי בנייה של השלד וכן של חומרים ומוצרים של מתקני תברואה ואופן התקנתם.

הוועדות המקומיות לא הפעילו פיקוח פיזי מקיף שיטתי ואפקטיבי באתרי הבנייה ובאזורים השונים של מרחבי התכנון המקומיים. הפיקוח במהלך הבנייה בוצע באופן מקרי או בעקבות תלונות. בהעדר פיקוח כאמור, לא איתרו הוועדות בנייה בלא היתר או בסטייה מהיתר. נמצאו מקרים לא מעטים, בהם נתנו הוועדות היתרי בנייה בדיעבד. הוועדות לא נקטו במקרים רבים צעדים נגד עברייני בנייה.

בדרך כלל הותירו הוועדות המקומיות את עיקר הפיקוח על הבנייה לגמר הבנייה, לאחר שהוגשו להן בקשות למתן אישורים לחברת החשמל ולספק המים בדבר חיבור הבנינים לרשתות החשמל והמים, ו/או לאחר הגשת בקשות לתעודת גמר. בשתי ועדות מקומיות כלל

לא נתבקשו ולא ניתנו תעודות גמר ובוועדה שלישית הוגשו בקשות וניתנו תעודות גמר לגבי מספר קטן של בנינים בלבד.

## שר הפנים ומשרדו

8.14 ניתן היה לצפות שהועדות המקומיות, מהנדסי הועדות הללו ושר הפנים, יפעלו כמתחייב מהוראות הדין, שחלקן הובא לעיל. בתוך כך ניתן היה לצפות ששר הפנים ומשרדו יהיו עם "יד על הדופק" בכל הנוגע לעניינים הנמצאים בתחום הסמכויות שהוענקו להם, ושהם יהיו מעודכנים בכל הנעשה, ובכל הנדרש להיעשות, בענף זה. קשה לתאר איך בכלל יכול שר הפנים לקיים את חובותיו כממונה על ביצוע חוק התכנון והבנייה וכבעל סמכויות רחבות כל-כך להתקין תקנות וכללים בתחום זה, בלי שהוא ידאג לארגן את משרדו באופן שיאפשר לו לחוש ולדעת את הצרכים והמצוקות של הבונים והמעוניינים האחרים בשדה התכנון והבנייה. בין היתר הוא צריך להיות מודע לצרימות, לחריגות, למחדלים, להתפתחויות, לנסיגות, לחידושים ולקשיים ולכל כיוצא בזה בכל הנוגע לתכנון ובנייה, שהרי מכל אלה יילמד, בין השאר, הצורך בשינויים ובקביעת כללים.

8.15 ביקשנו לעמוד על האופן והדרך בהם ארגן שר הפנים את משרדו, ואיזה "משושים" הוא שלח לזירת העשייה, והכל כדי לחוש את הנעשה ואת שצריך לעשות. לשם כך זימנו את מנכ"ל משרד הפנים, מר מרדכי מרדכי, לעדות, והוא אכן התייצב בפנינו לישיבה שקיימנו ביום 15.5.2002. בישיבה זו הוא נשאל על-ידינו בוואריאציות שונות האם נוכח העובדה שבחוקים שונים, ובראשם חוק התכנון והבנייה, משרד הפנים הוא גוף שמרכז את הנושא, "איך משרד הפנים רואה את עצמו, האם הוא מבין שהוא מרכז נושא וצריך לטפל בו, ואם כן איך הוא מתארגן כדי לרכז את הנושא הזה". על כך השיב מר מרדכי שמשרד הפנים רואה את עצמו "כגורם מנחה, כגורם שקובע מדיניות, לא כגורם מבצע ולא כגורם מפקח". ענייני הביצוע והפיקוח הוטלו לדעתו על הועדות המקומיות.

נוכח תשובה זו הוא נשאל על-ידינו איך נקבעת המדיניות, שהרי כדי להתקין תקנות צריכה מן הסתם להיעשות עבודה יסודית, ובכלל זה קיום קשר עם הנעשה בשטח, איתור הצרכים, התקלות, הכשלים והבעיות, עדכון המידע על חומרים חדשים ושיטות חדשות וכל כיוצא בזה. כל אלו מחייבים התארגנות שתאפשר ביצוע משימות אלו, ומר מרדכי נשאל אם יש התארגנות כזו. את תשובתו ביקש מר מרדכי לבסס על הנחות ולא על עובדות. אנו לעומת זאת ביקשנו ממנו לבסס את תשובתו על עובדות ולא על הנחות היפותטיות. בלשון שאלתנו: "איך עושים את זה, מי עושה את זה... האגף הולך ברחוב?... פתאום מתברר, אתה יודע פל-קל, מי מביא, איך הדברים האלה נולדים, מי יודע שיש צורך בדבר? שיטות חדשות? אתה יודע אם בכלל יש אגף או גוף, אדם, קבוצת אנשים... מישהו נתן דעתו לכך שצריך שיהיה דבר כזה?" על כל אלו השיב מר מרדכי שהוא יכול רק להניח מה המצב העובדתי, ולא לתאר עובדות.

הוספנו ושאלנו, ולו כדי לסבר את האוזן, מה יהיה המצב אם "יש כשלי בנייה שמתארעים, יש אסונות, יש דברים שלא הסתיימו באסון, אלא רק בכשל הנדסי... יש מבנים מסוכנים. ריכוז נושאים כאלה היה יכול להעלות שיש בעיות... מישהו צריך לרכז את זה, האם קונצפטואלית המשרד ערוך ופועל כדי להיות עם יד על הדופק, כדי שהוא יוכל לתכנן את המהלכים של הנחיות וכל כיוצא בזה?". על כך ניתנה תשובה חד משמעית: "התשובה היא לא" (!). מנכ"ל משרד הפנים הסכים אמנם שצריך היה להיות משרד שיעסוק בכך, ואולם בפועל אין כזה. הוא המשיך ואמר שחרף היות משרד הפנים המשרד המוביל בענין התכנון והבנייה, לא משרד הפנים הוא המשרד שהיה צריך לטפל בנושאים אלו, אלא הועדות המקומיות. תשובה זו סתרה במידה מסוימת את הסכמתו שצריך שיהיה משרד על שירכז את הנושאים הללו, והוא נשאל מיהו לדעתו משרד זה. תשובתו הייתה שאם מדובר בשיטות בנייה "זה יכול להיות משרד המסחר והתעשייה שאחראי לזה,

על התקינה של הדברים האלה... או משרד השיכון". על כך הוא נשאל "רק לא משרד הפנים?", והשיב: "לא... כי משרד הפנים נותן את הכיוונים... אינני חושב שבפיקוח על הבנייה, על שיטות הבנייה, זה צריך להיעשות על-ידי משרד הפנים".

8.16 גם אנו שותפים לדעתו של המנכ"ל שאין זה מתפקידו של משרד הפנים לפקח על חריגתו של בנין מגבולות התב"ע שלו, ולא על רמת פיקוח כזו נשאל המנכ"ל. ואולם השאלות שהפנינו אליו התייחסו לרמות עקרוניות של חקיקה, אכיפה, פיקוח והסדרה של משק הבנייה. כך למשל הופנתה תשומת לב המנכ"ל לכך ש"בשלב מסוים משרד הפנים גילה את ענין הפל-קל, ופתאום... בניגוד לעמדה שאתה הצגת עכשיו, שזה לא עניינו של משרד הפנים, הוא שלח מכתבים, חוזרי מנכ"ל קוראים לזה, בשתי הזדמנויות שונות, בפער של שנתיים... לכל הגופים המתכננים והעוסקים... באישור תכניות: ... הרף, אל תגעו בזה. זה אינדיקציה להבנה של משרד הפנים שכן מצפים ממנו לפעילות שתגיב או תענה על דרישות כפי שמתהוות מדי פעם נוכח מציאות שמשתררת בענף הבנייה". על כך השיב מנכ"ל משרד הפנים "יש פה משהו שעלול להיות מסוכן לציבור, אני יודע עליו, קודם כל אני מיידע...: תדעו לכם, ששיטה זו וזו לא תואמת את התקנים". בתשובה לשאלה אישר המנכ"ל שעובדה זו נודעה למשרד באופן מקרי ואז הוחל על ידיעה זו הכלל של "לא תעמוד על דם רעך". המנכ"ל נשאל האם במשלוח הודעה כזו "נסתיים התפקיד?", והשיב: "כן, כן", והסיבה היא שאין יכולות למשרד לנהוג אחרת. "למשרד אין משאבים... אמרנו לרשויות שיטת פל-קל היא שיטה מסוכנת, יש 276 רשויות... אין לו (למשרד) יכולת ביצועית לפקח על דברים כאלה... ולכן הוא התריע... לגורמים הלוקלים... ואמר להם... הפקחו עין, וזה אחריותכם מבחינתנו.. התפיסה של המשרד... הייתה שהוא לא צריך לעשות את הפיקוח הזה". בהמשך אישר המנכ"ל שהוא חושב שתפיסת משרד הפנים היא נכונה, וכי "אם זה שיטת בנייה, לדעתי משרד התעשייה והמסחר צריך להוציא את החוזר לרשויות ולא משרד הפנים".

8.17 הפנינו את תשומת לב המנכ"ל לכך שאיש לא נטל על עצמו לטפל בנושא שחוזרי משרד הפנים הגדירו אותו כמצב מסוכן, ותהינו אם בנסיבות כאלו לא היה מן הראוי שמשרד הפנים יפעיל את הכלל של "במקום שאין אנשים השתדל להיות איש", זאת בדרך של יזום החלטת ממשלה, תהליך חקיקתי, ארגוני, מינהלי, או משהו אפקטיבי אחר. לשאלה כמעט רטורית זו השיב המנכ"ל שאכן כך היה צריך להיעשות במדינה מתוקנת, ואולם כך לא נעשה.

באותם ענינים ממש העידה בפנינו גם היועצת המשפטית של משרד הפנים, עו"ד שרית דנה. אין צורך שניכנס לפרוט עמדתה. די שנאמר שבענינים הנוגעים לדוח ביניים זה תאמה עדותה באופן כללי את עמדת המנכ"ל מר מרדכי. היא ניסתה אמנם להתלות באילנות ראויים של תפישה קונצפטואלית ושל דרכי ארגון ראיות, ואולם נראה לנו שלא נחטא לאמת אם נאמר שבכל הנוגע לטיפול משרד הפנים ב"פרשת" הפל-קל, גם היא אישרה שיתכן שהטיפול היה שגוי.

8.18 לא בכדי הארכנו במקצת בהבאת מובאות מדברי המנכ"ל. הטעם הוא שחששנו שאם לא נעשה כן, לא נצליח להעביר את רוח הדברים העומדים ביסוד הגישה שהוצגה על-ידי מנכ"ל משרד הפנים. יכולנו להמשיך ולהביא עוד כהנה וכהנה מעדות המנכ"ל, ויתכן שנאלץ לעשות כן בדוח הסופי, ואולם נראה לנו שלצורך דוח ביניים זה די במה שהבאנו כדי לגרום להרמת גבה. הגע בנפשך, חוק התכנון והבניה המרכזי של המדינה קבע את שר הפנים כממונה על ביצועו. הוא העניק לשר ולוועדות המחוזיות והמקומיות "שיניים" בהקנותו להם סמכויות רבות היקף בכל הנוגע לעשייה, לטיפול, למעקב, לדיווח, לפיקוח ולבקרה בכל הקשור להיתרי בנייה, תכנון בנייה וביצועה של בנייה. והנה השר האחראי על ביצוע החוק ובעל סמכויות רבות היקף אלו יודע כי מתבצעת בנייה בשיטה שיש בה סכנה. הנושא נשקל במשרדו, כעולה ממכתב מיום 7.6.96 שנשלח על-ידי מנהל האגף להנחיות תכנון אל היועץ המשפטי של המשרד (נספח ת לדוח זה). במכתב זה נאמר, בין השאר:

"התפתחה בארץ שיטת בנייה (הנקראת) פל-קל... בעבר יתכן שהיתה מידת אי בהירות אם שיטת פל-קל עומדת בדרישות ת"י 466... הנושא נדון במכון התקנים, במכון הלאומי לחקר הבנייה של הטכניון, ובאגודה להנדסה אזרחית של לשכת המהנדסים והאדריכלים. כל המומחים המוכרים לי בדיעה שהשיטה אינה עונה לדרישות ת"י 466..., הגיעה אלי פנייה מהאגודה להנדסה אזרחית לפעול כדי למנוע את השימוש בתקרות פל-קל עד לאחר השלמת הניסוי...".



הכותב שואל את היועץ המשפטי של משרד הפנים בסוף מכתב זה "מה המחויבות שלנו לנקוט פעולה כאשר כבר היום היו מספר מקרי כשל והדעה הרווחת היא שהשיטה מהווה סכנה לבטיחות הציבור. מה הסמכות שלנו...?" (ההדגשות לא במקור).

זמן קצר לאחר מכן (ב-4.8.96) יצא חוזר מטעם מנכ"ל משרד הפנים לראשי העיריות והמועצות המקומיות והאזוריות (נספח ו לדוח זה) המביא לתשומת לבם ששיטת פל-קל איננה עומדת בת"י 466 והאוסר מתן טופס 4 לבנין שנבנה בשיטה זו. חוזר מנכ"ל נוסף נשלח ב-5.8.98 (נספח ז לדוח זה). על תוכן חוזרים אלה כבר עמדנו בסעיפים 6.12 ו- 6.14 לדוח זה.

8.19 למשרד הפנים נודע, איפוא, שמדובר בבנייה מסוכנת, הוא בודאי ידע שיש לפחות חשש שהסיכון יכול להתממש ולגרום לנזק לדרים ולמשתמשים במבנים אלו. נוכח כל אלו, כל שהוא עשה לפני אסון ורסאי הוא לשלוח את שני החוזרים שהוזכרו לעיל. מעדות המנכ"ל לא ניתן אלא להסיק שמשרד הפנים לא עקב, לא עשה בירורים, לא בחן אם יש צורך בפעולה נוספת, לא שקל הפעלת חירום של חלק מסמכויותיו כדי ליצור משטר מחייב של בקרה, בדיקה והסקת מסקנות על מסוכנותם של מבנים. כללו של דבר, פרט למשלוח שני החוזרים, הוא לא עשה דבר! עד כמה נכונים דברים אלו תעיד העובדה שלא נעשה מעקב על-ידי משרד הפנים אפילו כדי לוודא שחוזרי המנכ"ל התקבלו אצל נמעניהם, שלא לדבר על יישומם.

## הפעילות לאחר אסון ורסאי

### כ ל י

8.20 אסון ורסאי היה קו פרשת מים חד, ברור וכואב. ה"כתובת על הקיר", פינתה את מקומה למראות המחרידים של ציבור חוגגים שנבלע במעמקי רצפה שקרסה, כשכתוצאה מכך נספו רבים, ועוד יותר רבים נפגעו בגופם ובנפשם.

לא ניתן להבין, ובודאי לא לסלוח, על קוצר ידו והשגתו של מי שראה את תוצאת הבלהות של סיכונים שהתממשו ולא הסיק מכך מסקנות לעתיד לבוא.

כששאלנו נציגי רשויות וגופים, כמו גם אנשים פרטיים, שצריך היה לצפות שהם יחוו חובת עשייה (למשל נציגי משרד הפנים, רשויות מקומיות, ועדות מקומיות ומהנדסים שתיכננו בשיטת פל-קל), מה נעשה על-ידם לאחר אסון ורסאי, כמעט ולא זכינו לקבל תשובה מספקת. המקסימום שעשו הרשויות היה יצירת ניירת של התכתבות שיש בה במקרה הטוב הפניית תשומת לב, מתן הוראות מה "האחרים" (לא הרשויות) צריכים לעשות, ואולי גם "איומים" בנקיטה באמצעים. אי אפשר שלא להתרשם שהגישה הכללית הייתה גישה של ריכוז ניירת שמטרתה ניסיון לגבות ולנקות את הרשויות הללו מפני האחריות המוטלת עליהם, יותר מאשר עשייה תכליתית.

8.21 עצוב מאוד לצפות במצב שבו אפילו העוצמה יוצאת הדופן של אסון ורסאי לא הניעה איש לקום ולעשות מעשה לפתרון הבעיה. לכל היה ברור שהבעיה מתייחסת הן לסיכון החבוי במבנים רבים מאוד, והן לקושי באיתור ובשליטה על מבנים אלה הפזורים על כל חלקי הארץ כשהבעלות עליהם איננה מרוכזת אלא מפוזרת בידי קהל גדול של אנשים. אילו היה מדובר בתקלה ממוקדת, במבנה או במספר מבנים בודדים, לא הייתה סיבה שלא להשאיר את הטיפול בפתרון הבעיה בידי מי שאחראי להיווצרותה של הבעיה. ענייננו שונה בכך שבמצב היום ניצבת בעיה שהיא בהיקפה ובפיזור בעיה ארצית, שיכולת ההתמודדות בה (בריכוז הידע, בעריכת המחקרים הדרושים, ובמציאת הפתרונות הדרושים, ובכל עניינים כיוצא בזה) תהיה יעילה יותר ומעשית יותר על ידי ריכוז המאמצים תחת הנהגה שתחקור את שצריך להיעשות ותפקח על העשייה, כל זאת מבלי לפגוע באחריות המוטלת על כל מי שגרם להיווצרותה של הבעיה. הדברים נכונים שבעתים, כשפתרון בר ביצוע מיידי אינו בהישג יד, וכשיש חשש שהיעדר תקציבים ואמצעים בידי מהנדסים "קטנים" או בעלי בתים

זוטרים, יכול להביא למצב שבו היעדר המעש שאפיין את הטיפול בנושא עד כה, יאפיין גם את ההתנהגות העתידית של האחרים לדבר.

המדובר הוא, איפוא, במשימה ארצית שצריכה להיות מובלת ומאורגנת (לא בהכרח ממומנת) על-ידי גוף מרכזי שרק הממשלה, באמצעות מי ממשרדיה, יכולה להקימו ולקיימו. ואולם כזאת לא נעשה, לא על-ידיה, ואף לא על-ידי אחרים שגם עליהם מוטלות גם חובות גם אחריות.

להסרת ספק אנו מבקשים להבהיר כי האמור פה לא נועד לשחרר מי מהנושאים באחריות מאחריותם, תהא האחריות אשר תהא.

להלן נתייחס למעשים ולמחדלים של הגורמים השונים לאחר אסון ורסאי.

### המתכננים

8.22 שאלנו את המהנדסים שתכננו בנינים בשיטת הפל-קל, שהתייצבו להעיד בפנינו, אם הם נקטו לאחר הבנייה, ולפחות לאחר אסון ורסאי, בצעדים לבדיקה ולתיקון המצב בבנינים אלה. קשה לאמר שזכינו לתשובות מספקות. חלקם ענו שלא ראו צורך בכך, וחלקם סיפרו שהם בדקו את מצבם של המבנים שנבנו בשיטת הפל-קל, אם מיוזמתם אם ביוזמת בעלי המבנים. רובם ככולם לא התייחסו כלל להמלצות הראשוניות לבדיקת תקרות פל-קל שהוציאו הגופים המקצועיים המובילים (ראו סעיף 8.30 להלן), והסתפקו בבדיקות ויזואליות, אשר כבר הובהר שאינן מספיקות לבדיקת בטיחותן של תקרות הפל-קל. בחלק מהמבנים נעשתה בדיקת העמסה, שאף היא נאסרה באותן המלצות בשל הסיכון הכרוך בכך. בחלק קטן של המקרים שמענו שנקטו פעולות חיזוק המבנים.

8.23 לנו נראה שניתן היה לצפות ליתר פעילות ממי שנוכח שיש חשש שחלק בנין שהוא תכנן לוקה בהעדר יציבות בשל אותו תכנון. לאחר אסון ורסאי הדברים נכונים שבעתיים. נוסף על ההיבט המוסרי שהיה צריך להניע מתכננים כאלו לגלות יתר פעילות, הרי שיש למחדל בתחום זה גם היבט משפטי שיכול שיהא לרועץ למהנדסים אלו ביום מן הימים.

### הרשויות המקומיות, הוועדות המקומיות ומהנדסיהן

8.24 רוב מחדלי הוועדות המקומיות ומהנדסי הערים לפני אסון ורסאי, כפי שפורטו על-ידינו לעיל (סעיפים 8.8 עד 8.13), ממשיכים להתקיים גם לאחר האסון. היו אמנם רשויות מקומיות שעשו ניסיונות לאתר מבני פל-קל, וגם לבקש חוות דעת על יציבותם, ואולם קשה לאמר, כתמונה כללית, שנעשו פעילויות שיש בהן פתרון, בין פתרון לתיקון וחיזוק ככל שהמצב מחייב, בין פעילות של איסור בשימוש במבנים עקב היותם מסוכנים.

8.25 בהעריכנו את הקושי הכרוך במלאכת האיתור, סברנו שבעקיפין נחיש אולי את הטיפול הנדרש לבעיה ציבורית רחבת היקף זו, על-ידי שנתבע, מכוח סמכותנו בחוק ועדות חקירה, דיווח מלא על מבני הפל-קל שנבנו. שיגרנו לכן לכל הרשויות המקומיות (265 רשויות), מכתבי דרישה למסור לנו את המידע הנחוץ. ברוב המקרים הניע מכתב זה את הגלגלים הדרושים. עד כה, קיבלנו תשובות (חלקן רק לאחר תזכורת) מלמעלה מ-200 רשויות. חלק ממקבלי המכתבים ערכו בדיקות, פנו לאדריכלים ולמקורות מידע אחרים, אולי גם נברו בארכיונים, וסופו של דבר השיבו לנו תשובה. בחלק מהתשובות נאמר שבתחום הרשות שמדובר בה לא נבנו מבני פל-קל, בתשובות אחרות ניתן פירוט שכלל גם דיווח על צעדים שנקטו.

להשלמת התמונה בדבר התשובות שקיבלנו מן הרשויות השונות, נציין כי הצעדים המעשיים שנקטו על-ידי הרשויות היו בדרך כלל מינימליים, אם בכלל. חלק מהרשויות תבעו מבעלי המבנים אישורים הנדסיים על מצב המבנה, ואזי הסתפקו

במקרים רבים באישור יציבות שנתן המהנדס המתכנן בלי להרהר אחריו, זאת חרף העובדה שמסקנות הבדיקה לא התבססו על חומר מקצועי מספיק. בחלק מהמקרים הסתפקו הרשויות בבדיקה ויזואלית.

המדובר במאות תשובות שכללו נתונים ועובדות בעלי מגוון ופיזור גדולים למדי. במקרים שבהם חשנו שהתשובה מצביעה על אי הבנת הכותב את הסיכון שבו נתון המבנה או המבנים המדווחים, חזרנו והפנינו את תשומת הלב לסיכון שבדבר, תוך שאנו מדגישים שאין בידינו לתרום בכל הקשור להקטנת הסיכון. עם זאת, הבהרנו הבהר היטב שעל הרשות מוטלת חובה לנקוט בצעדים המתחייבים ממצב המבנה. שמענו על מתי מעט מקומות שהוצא לגביהם צו סגירה ועל מקרים מעטים עוד יותר שצו כזה בוצע, ואולם לא שמענו על התארגנות לתיקון המצב הכללי.

תגובה כללית למדי שבה נתקלנו בתחום זה היא של אבדן עצה וחוסר ישע, הניזונים מחוסר ידיעה כיצד לנהוג במצב הקשה שבו מבנים נמצאים בשימוש, מצד אחד, ומכך שאין לגופים שמדובר בהם ידע או כלים לקבוע את מידת הסכנה, ואת הדרכים לתיקון המצב, מצד שני.

8.26 נביא מקצת מתחנות גורמים מקצועיים וניהוליים ברשויות המקומיות לקבלת עזרה והנחיות בכל הנוגע לבעיות שבהן הם נתקלו:

8.26.1 ב-16.1.2002 כתב מר עדי אלדר, יו"ר מרכז השלטון המקומי וראש עיריית כרמיאל, מכתב לשר הפנים בו נאמר שלאחר אסון ורסאי "התעורר הצורך הדחוף בבדיקות פרטניות של עמידות המבנים... שנבנו בשיטת פל-קל", דא עקא ש"עד היום אין הנחיות ברורות לבדיקה מעשית בשטח", דבר הגורם לכך שלא ניתן "לוודא איזה מבנה יציב ואיזה מבנה זקוק לחיזוק, או להריסה. אבקש להתריע על מצב זה, ומבקש שתוצאנה הנחיות מדויקות לבדיקה וזאת לפני שיקרה מה שיקרה" (ההדגשות לא במקור).

העתק מכתב זה הועבר גם אלינו.

8.26.2 ב-3.3.2002 כתב אדריכל שטרית, מהנדס העיר ירושלים, מכתב למר מרדכי מרדכי, מנכ"ל משרד הפנים, שבו הוא מציין שחרף מכתבים קודמים ששלח "עד היום אנו ממתינים להתייחסות מתאימה". בהמשך הוא מאזכר את חוזרי מנכ"ל משרד הפנים מ-1996 ו-1998 ומפרט קשיים משפטיים שהוא רואה בכל הנוגע למניעת בנייה בשיטת פל-קל, ובאי מתן טופס 4 לבנייני פל-קל. בהמשך הוא אומר "לא ידוע לי על צעדים כלשהם שנקטו על-ידי משרד הפנים כדי לגרום להפסקת הבנייה בשיטת פל-קל מעבר למשלוח חוזרי מנכ"ל אלו... לעניות דעתי אכיפת שיטת בנייה כזו או אחרת, שעיקרה אכיפת ההיבטים הקונסטרוקטיביים, כרוכה בשינוי חקיקה ובשינוי דרמטי של מערך הפיקוח על הבנייה... משמעות אכיפה מעין זו הינה הצמדת מהנדס בנין לכל יציקת בטון... לכל הנחת ברזל זיון... לבדיקת טיב הברזל...".

הכותב מציין שעד מועד כתיבת המכתב לא הגיעו לרשויות המקומיות הנחיות כיצד לנהוג. עם זאת, ערכה עיריית ירושלים בדיקות ויזואליות בבנייני פל-קל, והיא גם ריכזה חומר רלוונטי על בניית פל-קל בתחומה.

בנסיבות אלו של גישוש באפלה, מבקש מהנדס העיר ירושלים לקבל "הנחיות ברורות" בשאלות שנתרו ללא מענה, ובהן האם מבני פל-קל שנבנו לפני הוצאת החוזר הראשון של מנכ"ל משרד הפנים (4.8.96) "מוגדרים כמסוכנים, ואם כן מה דרגת הסכנה בהם", איך יש לנהוג בבנינים שנבנו לאחר מכן, אילו בדיקות ניתן לעשות "בכדי לברר את מצבן ההנדסי", אילו חיזוקים צריך לעשות כדי להחזיר את היציבות לבנינים אלו. המכתב מסתיים במילים אלו: "עיריית ירושלים סבורה כי בחלוף תשעה חודשים מאז אסון ורסאי - הבקשה למענה מייד, חד וברור, לשאלות המועלות במסמך זה, הינה סבירה".

בתזכורת מיום 29.4.2002 ששלח אדריכל שטרית למנכ"ל משרד הפנים צוין כי המכתב מ-3.3.2002 נכתב "מתוך מבוכה ומצוקה ומתוך מחשבה שמשרדך צריך לשמש עמוד האש לפני המחנה".

העתקי מכתבים אלה נשלחו גם לשר הפנים וליועצת המשפטית של משרד הפנים.

8.26.3 מהנדס הוועדה לתכנון ובנייה, מעלה נפתלי, כתב אלינו ביום 14.3.2002 וביקש, בין השאר, "להנחות אותנו כוועדה מקומית לתכנון ובנייה כיצד לפעול ולאיזה גופים לפנות לטיפול בבעיה זו".

משרדי הממשלה: משרד הפנים, משרד התעשייה והמסחר, משרד הבינוי והשיכון

8.27 אי אפשר יהיה לחוש בגודל המחדלים של הגופים המעורבים מבלי שנתאר תחילה חלק מהמעשים שנועדו להניע את הגופים הציבוריים, כולם או מקצתם, לפעול:

8.27.1 פחות מחודש לאחר אסון ורסאי (ב-19.6.2001) נשלח למר מרדכי מרדכי, מנכ"ל משרד הפנים, מכתב מאת אינג' פטר מגנוס, מפקח עבודה ראשי במשרד העבודה.

במכתב זה מציין מר מגנוס שהוא נטל חלק בשלבים הראשונים של חקירת אסון ורסאי. מסקנתו היא ש"קיימת סכנה מוחשית להתרחשות נוספת של קריסה, הן מנסיבות דומות לאלה שאירעו באסון ורסאי והן ברעידת אדמה". הוא מוסיף וכותב שנוכח הקושי "שעל-פי הבנתי לא ניתן לאתר מתוך תכניות ההגשה לרשויות המקומיות את המבנים שנבנו בשיטת פל-קל... הריני מציע שמשרד הפנים, בהיותו מופקד על חוק התכנון והבניה, יערוך תכנית להתמודדות עם הנושא...". בתכנית המוצעת: איתור הבנינים בהם השתמשו בפל-קל, מיונם לפי השימוש (אולמות שמחה, תעשייה, בתי-ספר, משרדים, בתי מגורים וכו'), עריכת בדיקה ויזואלית או אחרת, וביצוע חיזוקים מקום שיש צורך בכך. את מכתבו מסיים מר מגנוס באומרו ש"נראה לי שלאור האסון שארע, אחריותו המקצועית והמוסרית של הממסד (היא) למנוע את התאונה הבאה, ונראה לי שרק פעולה מטעם הממשלה בקווים שהתוויתי יכולים להוביל לפתרון כולל" (ההדגשות לא במקור).

נראה הדבר שהשכל הישר והאחריות הציבורית היו מחייבים את הרשויות לפעול כך גם ללא פניית מר מגנוס. עיון בהמלצותינו (ראו פרקים תשיעי ועשירי לדוח זה) מראה כי הן קרובות לשכל הישר שהדריך את כותב מכתב זה.

8.27.2 "הפעילות" של משרד הפנים, בין שמקורה במכתב זה ובין אחרת, התבטאה בהוצאת חוזר מנכ"ל (מספר 3/01 מיוני 2001) בו נאמר, בין השאר, ש"התוצאות הטרגיות של אסון ורסאי, כמו גם של אסונות אחרים שאירעו, מעלות את החשיבות בהתארגנות מוקדמת מתאימה שעשויה אולי לקדם, את הרעה טרם בואה" (ההדגשה במקור).

ההתארגנות, שהיא, כפי שכבר אמרנו וכפי שעוד נאמר, כורח המציאות, מתבטאת לפי המשך האמור בחוזר זה בבקשה לרשויות המקומיות "לבדוק אולמות מסוג זה על מנת לאתר ליקויי בטיחות, אם ישנם כאלה, ולפעול בהתאם". סתם הכתוב ולא פירש את עיקר העיקרים, מהי הקונקרטיזציה שכולם מבקשים לדעתה, של "לפעול בהתאם".

באותו חוזר נאמר גם שהממשלה החליטה "להטיל על שר הפנים, להנחות את הרשויות המקומיות לבדוק את המבנים המשמשים לציבור, וכל הנוגע להיבט הבטיחות שלהם". לא שמענו על פעילות מצד משרד הפנים ליישום הנדרש, פרט לניסיון של העברת הנטל לגוף אחר, כמפורט בהמשך.

8.27.3 במכתב מיום 24.6.2001 שכתב שר הפנים לשרת התעשייה והמסחר, סיפר שר הפנים לשרת התעשייה והמסחר שיש אליו פניות (אלא מה?) מ"רשויות מקומיות וגורמים אחרים בבקשה דחופה לקבל הנחיות מקצועיות בנוגע לבדיקת מבנים שנבנו בשיטת פל-קל וחיזוקם". בהמשך נאמר "...קיימת אי בהירות באשר לדרך שיש לבדוק את יציבותם של מבנים שנבנו בשיטת פל-קל ובנוגע לאפשרויות חיזוקם". בהמשך מובעת דעתו של שר הפנים כי "הסמכות המקצועית לקבוע מפרטים וכללים טכניים של תהליך עבודה מסורה בידי מכוני התקנים והסמכות לקבוע תקן רשמי מסורה לך. לפיכך הנני מבקש שתורי לממונה על התקינה במשרדך ולמכון התקנים הישראלי להקים ועדת מומחים שתפעל בדחיפות המתבקשת להכין הנחיות לבדיקת עמידותם של מבנים שנבנו בשיטת פל-קל והדרכים לחיזוקם".

השר אינו שוכח לציין בסוף מכתבו את התרומה הנכבדה המוצעת על-ידי משרדו, היא התרומה "להפיץ הנחיות אלו לכלל הרשויות המקומיות והועדות המקומיות לתכנון ולבניה". במילים אחרות, משרד הפנים מוכן יהיה לבצע את פעילות הדוור.

חוששים אנו שנשתכח משר הפנים שהוא האחראי ובעל הסמכות להסדרת נושא הבנייה בכללותו, דבר שקודמו קיבל כמובן מאליו, והעולה באופן מפורש מהוראות חוק התכנון והבניה (ראו סעיף 7.14 לעיל). בתור שכזה אי אפשר שלא לראות אותו כגורם מרכזי במחדל שלא מנע את התפשטותה של השיטה חרף ידיעתו הברורה שמדובר בשיטה מסוכנת לפחות משעה שהוציא את חוזר המנכ"ל הראשון בשנת 1996.

מכון התקנים הוא כמובן מוסד חשוב מאוד בהתוויית איכויות מחייבות או בלתי מחייבות. בסעיף 2א לחוק התקנים, תשי"ג-1953, נאמר:

"מטרת המכון היא תקינה והבטחת רמה נאותה של טיב המצרכים, אם בקביעת תקנים ואם בדרך אחרת, ורשאי הוא, בין השאר, לערוך מחקרים, סקרים ובדיקות של חמרים, מוצרים ומיתקנים, לאשר מיפרטים וכללים טכניים ולעודד את השימוש בהם, ולקיים השגחה על ייצור מצרכים בהתאם לכללים שקבע וכן לעסוק באיסוף מידע, מיונו והפצתו".

אמירה שהפתרון האירגוני והביצועי של הפרובלמטיות רבת ההיקף הקשורה לבנייה בשיטת פל-קל היא ענין למכון התקנים, כשכל שנותר למשרד הפנים כמשרד האחראי על הבנייה הוא לדוור את החומר שיוכן על-ידי מכון התקנים מיוזמתו שלו או של אחר (ועל כל פנים, לא כיוזמה של משרד הפנים), מעידה על אי הבנת השר את תפקיד משרדו, או ניסיון "להעביר את הכדור למגרש אחר".

8.27.4 ביום 30.7.2001 הקים סגן שרת התעשייה והמסחר "ועדה לבדיקת עמידותם של מבנים שנבנו בשיטת פל-קל ולבחינת הדרכים לחיזוקם" (להלן – ועדת הבדיקה). הוועדה הורכבה במתכונתה הראשונית מה"ה גרישה דייטש – הממונה על התקינה במשרד התעשייה והמסחר, מר דוד פילזר – מנהל אגף תקנות והנחיות בנייה במשרד הפנים, ואדר' יוסף ששון – מנהל האגף לתיאום וחקר הנדסי במשרד הבינוי והשיכון.

בכתב המינוי נדרשו ועדת הבדיקה "להתקשר באופן דחוף" עם גוף מומחה שיפעל בנושא פל-קל...", ובתוך כך "יעבד שיטה לבדיקת מידת הסיכון" של מבני פל-קל, וכן "יציע לוועדה הנחיות מפורטות כיצד לטפל במבנים הקיימים המהווים סיכון". מטלות אחרות הן לפקח על ביצוע המטלות הללו "ולהבטיח סיום שלב בחינת שיטות הבדיקה באופן מעשי ולקבוע דרכי טיפול מומלצות עד ליום 30.11.01. סיום בחינת עקרונות תיקון וחיזוק של תקרות קיימות, לרבות בדיקה ניסויית של דגמים עד ליום 31.3.02". על הוועדה הוטל להגיש "מסקנות כוללות" עד יום 15.4.02.

יש לנו ספק רב אם הרכב ועדת הבדיקה תואם את המטלות המוטלות עליה. הא ראייה לכך, שועדה זו סברה שהיא נדרשת להקמתה של "תת-ועדה" מקצועית, שתייעץ לה. לא זו אף זו – המטלות שהוטלו על הוועדה בכתב המינוי שלה, הנן חלק אחד בלבד מתוך כלל העשייה הנדרשת. למרות זאת, לא מצאנו אף גורם אחר שראה עצמו אחראי, ופעל לקידום של כל אותן פעולות נוספות שיש הכרח לבצען באופן מידי (וביניהן, הנחיה, עזרה ואף בקרה על איתור מבנים; הנחיה בדבר הפעולות שיש לנקוט מיד לאחר 'גילוי' כי תקרות מבנה מסוים נבנו בשיטת הפל-קל, ובכלל זה פעולות בדיקה ראשוניות, פעולות חיזוק או מניעה אחרת ועוד). על אף האמור, אילו היו מבוצעות, ולו המטלות שהוטלו על ועדת הבדיקה, בזמנים שנקבעו בכתב המינוי הראשוני, הייתה זו "אתחלתא דגאולה" לחילוץ הנושא הרלוונטי מתהום אי העשייה.

הניסיון עד כה הראה שאין מדובר ביותר מהתחלה שאין לה לא המשך ודאי לא סוף. מנכ"ל משרד הפנים קבל, לאחר שנודע לו על הרכב הוועדה שמינה סגן שר התעשייה והמסחר, על העדר נציגי הוועדות המקומיות ומהנדסי העיר בוועדה. יצוין שגם הוא הרהר בהתאמת חלק מחברי ועדת הבדיקה לתפקיד שיועד להם. הסתייגותו באשר לצורך בהגדלת חברי הוועדה נתקבלה, והוועדה הורחבה על-ידי הכללת נציגי מרכז השלטון המקומי ומהנדסי העיר בוועדה. שינוי זה בהרכב ועדת הבדיקה נעשה רק ביום 21.1.2002 לאחר המועד שבו היא הייתה אמורה לסיים את המטלה הראשונה שלה, וסמוך למועד שנקבע לסיום המטלה השניה.

8.28 ביקשנו לעמוד על שלבי הפעילות של ועדת הבדיקה, ולצורך כך פנינו ביום 22.4.02 ליו"ר הוועדה, אשר נאות להעביר אלינו ביום 5.5.2002 חמישה פרוטוקולים מחמש ישיבות של הוועדה, שבהן הושמעו הערכות, הצעות ודעות. בישיבה האחרונה (שנתקיימה ב-1.5.2002) נתקבלה, בין השאר, החלטה "לכנס נציגי גופים הנדסיים מקצועיים, להטיל עליהם תוך זמן קצוב (כחודש) להכין מפרט אפיונים לביצוע הפעולות... הנדרשות לטיפול בתקרות פל-קל כולל: 1. הגדרות הנדסיות של הכשל. 2. שיטות בדיקה ללא הרס (הקיימות או כאלה שניתן לפתחן). 3. הגדרת שיטות חיזוק. 4. פיקוח על ביצוען של שלושת הפעולות שלעיל. קשה לראות מקריות בין קבלת החלטות אלו במועד שבו נתקבלו, לבין דרישתנו לדעת מה נעשה בוועדת הבדיקה עד כה.

סגן שרת התעשייה והמסחר, שמינה את ועדת הבדיקה, "עדכן" ב-28.4.2002 (לאחר חלוף המועד שנקבע לסיום כל פעילותה) "את מועד הגשת מסקנותיה של הוועדה עד ליום 15.11.02".

ביום 4.7.2002 שמענו את עדותו של מנכ"ל משרד התעשייה והמסחר, מר אמיר חייק. למנכ"ל נתלווה מר דייטש, יו"ר ועדת הבדיקה. ניצלנו הזדמנות זו כדי להתעדכן בנעשה בוועדה, ונתברר לנו שועדת הבדיקה ממתינה למידע מועדת משנה שהיא מינתה. לדברי מר דייטש המידע אמור להגיע בימים הקרובים.

עינינו הרואות איך אט אט נמוגה פעילות שהייתה אמורה להיות דחופה ביותר, איך יורדת היררכית העשייה מדרג לדרג ומועדה לוועדה, איך פעילות ועדת הבדיקה משתרעת על ישיבות פזורות לאורך חודשים, ואיך קרוב לשנה לאחר יזום הקמתה לא נעשה דבר ממשי.

8.29 לעומת אי העשייה הכללית, ראויים לציון אנשי המכון הלאומי לחקר הבנייה בטכניון (לעיל ולהלן – המכון הלאומי). אלו המשיכו במעורבותם, וביתר שאת, לאחר האסון. לא היה כמעט גורם רלוונטי שאלי לא פנו בניסיון להניע את המערכות הציבוריות לנקוט ביוזמות הנדרשות לתיקון המצב, הכל לשווא.

ביום 27.6.2001 כתב פרופ' ינקלבסקי, ראש המכון הלאומי, לשר הפנים. את מכתבו פתח פרופ' ינקלבסקי באומרו שאסון ורסאי חשף את ליקויי שיטת פל-קל "והעלה את הצורך לבחון את התקרות הקיימות על מנת לוודא שלא תתרחשנה

התמוטטויות נוספות". בהמשך נאמר שאי בקיאות בבדיקות (כגון עשיית ניסויי העמסה) יכולה היא עצמה לגרום לאסון. כיוון שכך, "יש צורך בגיבוש כללים מפורטים שימשו לקבלת החלטות נכונות... אני פונה אליך... בבקשה לקדם בדחיפות את הטיפול בנושא על מנת שנצליח למנוע מבעוד זמן נזקים וכשלים נוספים".

גישת ההימנעות מעשייה של משרד הפנים, שכבר תוארה, הומחשה פעם נוספת במענה מיום 5.7.2001 ששלח שר הפנים למכתב זה. השר מציין בתשובתו ש"גם אלינו" פנו רשויות וגורמים אחרים "בבקשה דחופה" לקבל הנחיות לבדיקת מבנים. ואולם "משרדנו אינו מעורב בתחום של שיטות הבנייה ובטיחות הבנייה הקיימת. הסמכות המקצועית לקבוע מפרטים וכללים טכניים... מסורה בידי מכון התקנים הישראלי". לכן, כך נאמר בהמשך, נעשתה פנייה לשר התעשייה והמסחר בבקשה להורות לממונה על התקינה ולמכון התקנים להקים ועדת מומחים. בסוף תשובתו מביע השר את שמחתו על שהמכון ביחד עם מהנדסים בכירים שוקדים על "הכנת הנחיות ראשוניות לציבור מהנדסים בנושא זה. הנחיות אלו עשויות להיות תשובה חשובה לועדת המומחים".

חוששים אנו שנשתכח משר הפנים סעיף 265 לחוק התכנון והבניה, הקובע אותו כממונה לביצוע החוק (ראו סעיף 7.14 לדוח זה). שר הפנים גם לא היה ער לכך שגם אם פעילות מכון התקנים יכולה לתרום בשלב זה או אחר לעשייה הנדרשת, לא מכון התקנים הוא הגורם המרכזי. הטעם לכך הוא שפעילותו של מכון התקנים היא פעילות מקצועית, בחלקה בלתי מחייבת כלל ועיקר. כך למשל רק מכוח תקנה שהתקין שר הפנים (סעיף 5.03 לתוספת השניה) הפך תקן ישראלי ת"י 466 למחייב בבניית תקרות בטון, וצריך לזכור שבהטילו חובה לבנות בדרך מסוימת אין שר הפנים מוגבל לתקנים שאושרו על-ידי מכון התקנים.

8.30 ביום 9.7.2001 הוציאו המכון הלאומי, איגוד המהנדסים לבנייה ותשתיות, איגוד מהנדסי המבנים בארגון העצמאיים והאגודה להנדסה אזרחית בלשכת המהנדסים, חוזר בן שלושה עמודים שכותרתו "המלצות ראשוניות לבחינה הנדסית של תקרות (או רצפות) קיימות באולמות ובמבני ציבור". כשמו של החוזר - כן הוא. יש בו הנחיות ראשוניות של "עזרה ראשונה" לבדיקת תקרות פל-קל (מסמך זה מצורף כנספח ט לדוח זה).

המעין ברשימת הגופים שטרחו ועמלו והוציאו "עזרה ראשונה" זו סמוך כל-כך לאחר אסון ורסאי, יתרשם אל נכון מההיעדרות הרועמת של רשויות הממשל המופקדות על הבנייה, מרשימה זו.

8.31 ב-12.7.2001 שלח המכון הלאומי מכתב לשלושה שרים, שר הבינוי והשיכון – מר נתן שרנסקי, שרת התעשייה והמסחר – גב' דליה איציק, ושר הפנים – מר אלי ישי. במכתב מוצע שכדי לקדם פתרון לבעיית תקרות הפל-קל, יוקם "צוות יעודי במכון לחקר הבנייה, אשר יפעל בחסות ובמימון משרדי הממשלה שלכם...". בהמשך נאמר ש"בחינת שיטות בדיקה ללא הרס באופן מעשי וקביעת דרכי טיפול... עשויה להימשך 4 חודשים (בהערכת עלות ראשונית של כ-400,000 ש"ח) בחינת עקרונות תיקון וחיזוק ... תארך כשמונה חודשים (בהערכת עלות משוערת של כ-600,000 ש"ח)".

כפי שיתברר מהמלצותינו בדוח זה, אין "פתרון מדף" מן המוכן לתיקון נזקי הפל-קל. כל בר-בי-רב מביין שתחילתה של כל פעילות מתקנת צריכה להיות באיסוף חומר, בחקירה ובבדיקה. פעולות אלו דחופות מאוד והיה צריך להתחיל בהן מיד. לפי הצעת המכון היה צורך במליון ש"ח בלבד למטרה זו.

השרים דחו למעשה את הצעת המכון הלאומי, משום שהם ראו בהקמת ועדת הבדיקה הבין-משרדית שהוזכרה לעיל פתרון. הם הניחו שהוועדה תתקשר בשלב כלשהו עם המכון ועם אחרים. כזכור, עד היום, מקץ כשנה, לא חלה התקדמות כלשהי בנושא זה. זאת ועוד, כל העיכוב שבהקמת ועדת הבדיקה, השלמת מינוי חבריה, כינוסה, מציאת התקציב שיקציבו משרדים שונים, ובקיצור – כל הבירוקרטיה על כל תופעותיה, הייתה נמנעת, אילו פעל משרד הפנים כמיניסטרוני בנייה כמצופה ממנו על פי החקיקה, או אילו היה קם מיניסטרוני אחר המופקד על הבנייה, שהיה פועל כהלכה. למיניסטרוני כזה היה אל נכון תקציב ומנגנון ניהולי ומחקרי מתאים, שניתן היה להשתמש בו "מן המדף" גם למשימות מסוג זה.

8.32 ביום 4.1.2002 כתב פרופ' ינקלבסקי, ראש המכון הלאומי, הפעם לח"כ משה גפני, יו"ר ועדת הפנים של הכנסת. במכתב זה הייתה התייחסות לדיון שהתקיים ב-20.11.01 בועדת הפנים, שבו הוזמן להשתתף גם פרופ' ינקלבסקי. זה כתב במכתבו שהוא יצא מהדיון "בתחושה שהדברים נפלו על אוזניים קשובות, וכי ועדת הפנים נרתמת לטיפול באוזלת היד המדאיגה...", ואולם "מאז חלפו ארבעים יום וארבעים לילה ודבר לא נעשה...". פרופ' ינקלבסקי מגלה בהמשך את צפונות לבו באומרו: "לא אסתיר ממך כי שנתי נודדת בלילות מדאגה לנוכח אוזלת היד וחוסר האחריות שמגלה המערכת השלטונית. עדיין אין גוף ממלכתי כלשהו המכיר באחריות ובצורך בבחינה ובטיפול בשלושה מיליון מ"ר של תקרות קיימות מסוג פל-קל. אלה הם אוזלת יד וחוסר אחריות מתמשכים לאורך שנים מאז התריעו המכון הלאומי לחקר הבנייה וגופים מקצועיים נוספים על ליקויים חמורים בשיטת פל-קל, אולם התרעות אלה לא הביאו לצערי לנקיטת צעדים מתאימים על-ידי מי שהיה אמור לעשות זאת...".

למכתב זה צורפה תמצית מן הדברים שהשמיע פרופ' ינקלבסקי בדיון בועדת הפנים ביום 20.11.2001, ובה בין השאר דברים אלה:

"...סברתי שיש צורך מידי בגיבוש שיטות בדיקה מתאימות (לא הרסניות) לתקרות קיימות, על מנת לזהות את הליקויים... ושיטות חיזוק מתאימות לתקרות פל-קל... לפיכך פניתי בחודשים יוני-יולי 2001 לשר הפנים - המופקד על חוק התכנון והבניה, לשר הבינוי והשיכון - שהוא בעיני ראש מיניסטריון הבנייה... ולשרת התמ"ס שמשרדה ממונה על מכון התקנים... שר הפנים השיבני כי משרד הפנים אינו אחראי לשיטות בנייה ולבטיחות הבנייה הקיימת. נדהמתי למקרא התשובה. האמנם? האם שיטות בנייה ובטיחות הבנייה אינם חלק מחוק התכנון והבניה? היתכן כי אף משרד ממשלתי אינו אחראי לשיטות הבנייה ולבטיחות הבנייה הקיימת? ... היום כמחצית השנה ויותר מאז המכתבים ומאומה לא נעשה... פצצת הזמן מתקתקת וסביר כי אירוע כשל נוסף יתרחש, אולם החידלון בלתי מתקבל על הדעת וחוסר המעש אינו עומד במבחן התבונה..." (כל ההדגשות לא במקור).

אין לנו אלא להוסיף את הסכמתנו לכל הדברים הללו.

## פעילות הרשויות ביחס לסוגי מבנים המשמשים את הציבור

### כ ל י

8.33 מבנים המשמשים קהל רב פרושים בכל רחבי הארץ והם כוללים טרמינלים לתעבורה יבשתית, אווירית וימית, קניונים, אצטדיונים, בתי קולנוע ותיאטראות, דיסקוטקים וכל כיוצא בזה. לא ראינו מקום, גם לא יכולת, לבחון לצורך דוח ביניים זה את המצב העובדתי ביחס לשיטת הפל-קל בכל סוג כזה של מבנים, שכן המדובר הוא בהיקף גדול של בנינים, והדבר היה מצריך זמן רב. ואולם העיקר הוא שגם אם היינו מקדישים זמן לאיסוף מידע כזה, לא היה בכך כדי לשנות מן המסקנות וההמלצות שיובאו בסוף הדוח. התמונה הכללית המפורטת בדוח זה חלה על המבנים כולם.

חרף גישה עקרונית זו, סברנו שראוי שנבחן אם ועד לאיזו מידה נעשו מעשים או מחדלים בקשר לשיטת הפל-קל, לגבי מבנים המשמשים את הציבור ובמיוחד, בנינים המשמשים משרדי ממשלה ומוסדות ציבור, בתי ספר וגני ילדים, וכן בתי חולים ומוסדות בריאות, שבהם יש יחוד בכך ששוהים בהם מי שזקוקים להגנה מיוחדת והם מוגבלים ביכולת לדאוג לעצמם.

### מבנים המשמשים את משרדי הממשלה

8.34 כבר ציינו, כי תחילת "פיתוחה" של שיטת הפל-קל הייתה בתקופה שבה מר אלי רון שימש כמהנדס ראשי למבנים במע"צ. בתפקידו זה, הוא הביא לבניית מבני ציבור רבים שבבעלות משרדי ממשלה וגורמים ציבוריים אחרים, שבהם נעשה שימוש בפחים, ואף הזמין את הניסויים שערך ד"ר אורי קורין ממבדקת הטכניון (ראו סעיפים 4.3 ו-4.4 לדוח זה).

מבנים אלה, או חלקם, פורסם פעמים רבות כי הם נבנו בשיטת הפל-קל. תשובת מע"צ לפנית הוועדה הייתה, כי אין בידיה תוכניות ומידע לגבי מבנים שבנתה, ומכאן שאין באפשרותה לומר אלו מהמבנים שהיא בנתה נבנו בשיטת הפל-קל. היה זה אך מתבקש, כי לאחר שהתבררו ונודעו ברבים פגמי השיטה, ועל אחת כמה וכמה לאחר אסון ורסאי, הגוף שהיה אחראי לבנייה זו יזום איתור ובדיקה של כל המבנים שנבנו על ידו, על מנת לאתר את אלה שבהם השתמשו בפחי פל-קל, ועל מנת לאתר מתוכם את אלה, שבהם השימוש לא היה כחומר מילוי בלבד, אלא כאלמנט קונסטרוקטיבי. לפיכך, שבנו ופנינו למנכ"ל מע"צ, תוך שהבאנו לתשומת ליבו, את הברור מאליו, כי מדובר בחובה ראשונית המוטלת על הגורם שבנה את הבנינים, וכי לדעתנו מחויב גורם זה בעשיית כל מאמץ, לרבות מעקב אחורנית, לצורך איתורן של תקרות אלה. סופה של פניה זו, שמע"צ מבצעת כיום מאמץ מרוכז, העתיד להסתיים בימים הקרובים, לבחינת כל המבנים שנבנו על ידה בתקופה הרלבנטית, על מנת לאתר את אלו מביניהם שנבנו בשיטת הפל-קל. משינופו המבנים הרלבנטים מכל המבנים, יהיה צורך לשלבם במהלך הבדיקה והתיקון הכללי שעליו אנו ממליצים בהמשך.

8.35 עם פירוק יחידת המבנים במע"צ בשנת 1993, הועברה האחריות לטיפול במבנים אלה ליחידת נכסי הדיור הממשלתי באגף החשב הכללי במשרד האוצר. מנהל יחידה זו, מר גבי שוחט, העיד בפנינו, וממנו למדנו כי יחידה זו מטפלת בהקצאת מבני משרדים למשרדי הממשלה השונים, בין על דרך של שכירות, בין על דרך של הקמת מבנים. הוא נשאל אם ועד לאיזו מידה עוסקת יחידתו באחזקה ובטיפול שוטף במבני המשרדים. מהתשובות שניתנו לנו קשה לתחום קו ברור בין מה שעושה היחידה בתחום זה, לבין מה שעושים המשרדים השונים. ואולם יהא הדבר אשר יהא, אין ספק שהיחידה הייתה מודעת לנושא הפל-קל.

מר שוחט אמר בראשית עדותו בנושא זה שהוא הניח שאין משרדי ממשלה שנבנו בשיטת פל-קל, ואולם עד מהרה הסתבר שהייתה זו אמירה נמהרת מדי, ואכן מר שוחט אישר שהיחידה מחזיקה בנינים שנבנו בשיטת הפל-קל. מר שוחט נשאל איזו פעילות נעשתה כדי לאתר, ואם יש צורך – לחזק או לעשות פעולות אחרות במשרדים שתקריותיהם נבנו בשיטה זו. תשובתו הייתה ש"אנחנו גיבשנו מתודולוגיה איך לגשת". הוא נתבקש לפרט מהי מתודולוגיה זו, והשיב שהמתודולוגיה היא ש"אנחנו הולכים לבדוק מבנים...", ואולם בפועל לא יצא הדבר מהכוח אל הפועל, בין השאר משום שלא נמצאו תכניות המבנים הללו. סופו של דבר אישר העד ש"עדיין לא עשינו כלום", והשלב שבו נמצאת היחידה הוא "עדיין לנסות לגבש תכנית איך לאתר". מדברים נוספים של העד נמצאנו למדים שהיחידה לא ניסתה, ולו על דרך של פנייה למשרדים השונים, לקבל מידע מהמשרדים המחזיקים במבנים, ומר שוחט חזר ואמר "...גיבוש המתודולוגיה היא תנאי הכרחי כדי לבצע את הענין ויש פה תהליך של אישור המתודולוגיה על-ידי הגורמים הנוגעים בדבר, ובכלל זה אישור תקציבים לענין הזה הוא לא דבר פשוט".

עוד אמר מר שוחט, כהצדקה לחוסר המעש מצד היחידה שלו, שאין בידו תכניות של רבים מבנייני המשרדים, וכי מאמץ שהוא עשה להשיג מידע ותכניות לא עלה יפה. הערנו לו שבידינו שלנו עלה לאתר את כלל המשרדים שנבנו על-ידי מע"צ, וכי נעשית עתה פעולה, על-ידי המהנדס הראשי של מע"צ לשעבר, לשם "חילוף" מבני הפל-קל מבין כלל בניית המשרדים.

8.36 המסקנות עולות מעצמן מכל הדברים הללו. יחידה שהייתה צריכה לאסוף נתונים על מבני פל-קל, שבהם שוהים עובדי מדינה ואולי גם רבים אחרים, עוסקת עדיין ב"גיבוש מתודולוגיה". הבאנו לידיעת העד מידע שנתגלגל לידינו ממקורות חיצוניים לוועדה, אודות המחלקה לחקירת שוטרים שפינתה את משרדיה שתקריותיהם נבנו לפי שיטת פל-קל. אין צריך לאמר שבהעדר בדיקה ונתונים יתכן שיש מבנים רבים אחרים באותו מצב.

יש לזכור שאיתור מבני פל-קל הוא רק השלב הראשון. השלב החשוב הוא בדיקת המבנים ובמידת הצורך גם תיקון. לכל אלו אין בשלב זה אפילו ניסיון לגבש מתודולוגיה.

מחדל רועם !



בתי-ספר וגני ילדים

8.37 משרד החינוך מופקד על החינוך בישראל, ובמסגרת זו הוא מעניק אישורים לכ-4,000 בתי-ספר וכ-12,000 גני ילדים בכ-246 רשויות מקומיות, ומפקח עליהם. החלוקה "הקניינית", כמו גם השליטה והפיקוח על כל אלו, איננה ברורה כלל ועיקר. מסתבר ש"הזכות הקניינית" בבתי הספר השונים מצויה בידי העיריות והמועצות המקומיות, ואולם המימון להקמת המבנים השונים וכן ההיתרים לשימוש בהם למטרותיהם החינוכיות, מוענקים על-ידי משרד החינוך. האחזקה ותיקוני המפגעים נופלים כנראה אי שם בקו תפר שלא הוגדר ולא הוברר כהלכה בין משרד החינוך לבין הרשויות המקומיות. אומר בענין זה מר שמחה שניאור, סמנכ"ל ומנהל מינהל הפיתוח במשרד החינוך:

"אני אומר לכם במלוא האחריות... אני אומר לכם ההגדרה, היא מעורפלת. למרות שכל אחד נאחז בצד שלו, חוזר מנכ"ל מגדיר כך וכך אחריות כך וכך, להערכתו בין השיטין המערכת אין קו ברור מה אחריות מהנדס העיר, מה אחריות מנהל מינהל החינוך, מה אחריות המנהלת... הוועדה צריכה לתת את הדעת על כל מבני הציבור במדינה, איך לעשות שלא יקרו דברים ואיך שלא יהיו אחריות שיפלו בין הכיסאות... אני מציע שאחריות והגדרות ברורות, ושלטון מקומי לא יכול להתנער, ומשרד החינוך לא יתנער, ומשרד השיכון לא יכול להתנער. הכל לפי דעתי זה מהות, זה התפוקה הכי טובה של הוועדה המכובדת הזאת, משום שזה הוועדה ב level הכי גבוה שיכול לעשות את זה... בסוף עדיין הערפול נמצא, אולי הוועדה המכובדת הזאת, מתוקף הסטטוס שלה, יכולה להגדיר את זה בצורה יותר סטטוטורית..."

ומוסיף ואומר על כך מר צדקה, מנהל אגף בטחון בטיחות ושעת חירום במשרד החינוך:

"מה שאני עושה בתור גוף ממשלתי שיש לשרת החינוך את האחריות המיניסטריאלית, הגלובלית, הסוחפת, שהכל צריך להיות כהלכתו. אז קודם כל אני מנחה באמצעות חוזרי מנכ"ל, שבית ספר צריך להיות א' ב' ג' ד'..."

"אחריות ישירה, כמו שאני רואה את זה, שהעברתי לנמענים, לכל מהנדס רשות, ראש רשות, מנכ"ל רשות, מנהל מחלקת חינוך ברשות, הוראות עשה, בתור מנחה מקצועי של משרד ממשלתי, אלה ככה צריך לשמור על בטיחותם של הילדים. הנחת היסוד היא שאנשים מאוד אינטליגנטים, ממלאים תפקידים נאמנה, קודם כל מבצעים."

"אז אני מסייע על פי התקציב שהמדינה מעמידה לרשותי, ועושה את המיטב ואת המירב באותו תקציב, קטן יותר או גדול יותר, לסייע לרשויות לתיקון מפגעי הבטיחות. עדיין זה עלות מזערית מהעלות הנדרשת בפועל."

הפנינו את תשומת לב מר צדקה להחלטת ממשלה לפיה בתקציב משרד החינוך לשנת 2002 ואילך, ייקבע סעיף תקציבי ייעודי לתיקון ליקויי בטיחות ולהסרת מפגעים בטיחותיים, שאינם במסגרת האחזקה השוטפת. לשאלה אם הדבר נעשה על-ידי המשרד, השיב מר צדקה שהחלטה זו "לא באה לידי ביטוי". שאלנו מי בכל זאת דואג לכך שתלמידי בתי הספר לא יינזקו מפגעי בטיחות שיכול שיהיו קיימים במבני בתי הספר. על כך השיב העד שהרשות המקומית, שהיא הבעלים על מוסדות החינוך, מטפלת בכך.

8.38 זוהי הראייה של העיריות והרשויות המקומיות כבעלי מוסדות החינוך הללו כוללת גוונים של גישות. כך למשל אמר מהנדס אחת המועצות האזוריות ש:

"מבני חינוך – לאחר ביצוע הבקרה של יועצי הבטיחות מטעם משרד החינוך, הם מכינים דוחות של ליקויי הבטיחות, בדרך כלל לא מדובר בליקויים של תכנון ובנייה, ואנחנו צריכים לוודא שהליקויים תוקנו. יועצי הבטיחות הם חיצוניים לרשות. הם באים כל שנה."

ומהנדס אחר אומר:

"משרד החינוך אומר שהוא מקצה את הכסף, הוא מאשר פרוגרמה, ולאחר הבנייה אנחנו אחראים כבעלי המבנה. יחד עם זה יש להם חוזר מנכ"ל לנושא הבטיחות. מעמדו לא ברור, משום שהוא קובע למהנדס העיר דברים, למרות שמהנדס העיר לא מכותב לו.

אני לא יודע לפי איזה סמכות חוקית משרד החינוך יכול לקבוע הוראות למהנדס העיר."

8.39. כל הדברים הללו לא נאמרים בדוח ביניים זה כממצאים סופיים, אלא כחומר רקע בלבד לעיקר, שיפורט בהמשך. הנושא של בטיחות מוסדות חינוך וכל הכרוך בכך יידון בנפרד בדוח הסופי.

החשוב לענין דוח ביניים זה הוא שגם משרד החינוך, גם הרשויות, ידעו (ובמקרה הנוח ביותר להם היו צריכים לדעת) הן על כך שיש מוסדות חינוך רבים שנבנו בשיטת הפל-קל, והן ששיטה זו עלולה להיות מסוכנת (לפי פרסום שנעשה ב"מעריב" ב-15.11.2001 יש אלפי מבנים של מוסדות חינוך, ספריות ציבוריות, אולמות ספורט ומתנסים שנבנו בשיטת הפל-קל). דברים אלו היו חייבים להיות ידועים, לפחות בחלקם, עוד לפני אסון ורסאי. לאור חוזרי מנכ"ל משרד הפנים שנשלחו לכל הרשויות המקומיות ב-1996 וב-1998, ולאור השיח הציבורי המקצועי שנישא מעל כל במה מקצועית (ראו פרק שישי לדוח זה), אין ספק שהסיכון הנובע מבניית פל-קל היה בהישג ידם ובידיעתם של מהנדסי העיר והוועדות המקומיות והאחרות, שהן הרשויות מעניקות היתר הבנייה, הרשויות אוכפות החוק, נותנות רשיונות לפי חוק רישוי עסקים, ומפקחות ואוכפות את הדין בהקשרים רלוונטיים רבים. מצד שני, כל אלו ידעו שאחוז מסוים מבין מאות אלפים, אם לא יותר, של תינוקות של בית רבן יושב ולומד בצל קורת ותקרת פל-קל.

8.40. כזה היה המצב לפני אסון ורסאי, ומסתבר שלמרבית הצער לא חל בו שינוי מהותי גם לאחר מכן. כדי לבחון איך פעלו הרשויות לאחר האסון, פנינו למספר רשויות מקומיות כדי לברר מהו ההיקף המספרי של מבני הפל-קל המשמשים בתי ספר ומוסדות חינוך הנמצאים בתחומי שיפוטן, מהו מקור הידיעה של הרשויות על היקף זה, ואילו פעולות ננקטו לאחר איתור מוסדות אלה כדי לנטרל את הסיכון הנובע משימוש במבנים אלו.

המכנה המשותף של כל התשובות היה שלא היה בידי אף אחת מהרשויות, אפילו בשלב זה, מידע עצמאי ואמין על מוסדות חינוך הבנויים בשיטת הפל-קל. התוצאה היא שיכול ויש מוסדות חינוך הבנויים בשיטה זו, ואין המשרד והרשויות יודעים עליהם דבר עד עצם היום הזה.

8.41. הכוחות והסמכויות שהיו בידי משרד החינוך והרשויות המקומיות הם כמעט בלתי מוגבלים, החל מזכויות קניין במישור המשפט הפרטי, וכלה בסמכויות רחבות מאוד בשדה המשפט הציבורי. לא זו אף זו, משרד החינוך מכתוב, בעיקר באמצעות חוזרי המנכ"ל, נורמות בטיחות המתייחסות גם למבנים. הוא המשרד המקציב כספים לבנייה, ועל פיו יישק דבר בענין זה לפחות בכל הנוגע לאישור תכניות הבנייה, ולבדיקת התאמת המבנים שנבנו לייעודם כמוסדות חינוך.

לכל הגופים הללו יש מנגנונים מינהליים ענפים, ובעצם הם היחידים שיכלו לרכז פעילות כוללנית. הפעילות שהתבקשה הייתה למצער לוודא שלא תהיה בנייה חדשה מפל-קל, לקבל ולרכז מידע בדבר כל מבני מוסדות החינוך שכבר נבנו בשיטה זו, לערוך בדיקה מקצועית מיידית על הסיכון שיש בהם, לתקן מייד את הטעון תיקון, ולמנוע את השימוש במה שטרם תוקן או שלא ניתן לתיקון.

חובתן של הרשויות המקומיות, בעלות המבנים הללו, ברורה ונובעת מהיותן אחראיות לכך שלא תצא תקלה לתלמידי בתי הספר מרכושן שלהן. חובות אחרות שלהן נובעות מתפקידן הציבורי.

משרד החינוך והרוב המכריע של הרשויות המקומיות לא מילאו את חובותיהם בענין זה.

### בתי-חולים ומוסדות בריאות

8.42. כפי שנתנו דעתנו לבתי ספר ולגני ילדים, כן ראוי שניתן דעתנו לבתי חולים ומוסדות בריאות אחרים, שאף לאוכלוסייתם ייחד: החולים שוהים בהם בדרך כלל שלא מבחירתם החופשית, הם במידה רבה חסרי ישע באותה שעה, והמדינה אחראית למתן שירותי בריאות נאותים לאוכלוסייה, ובכלל זה תקינות המבנים שבהם הם ניתנים. רוב רובם של בתי החולים ומוסדות הבריאות האחרים, נמצאים בבעלותם או בשליטתם של המדינה ושל קופות החולים.

הזמנו לחקירה נציגים משני גופים אלו (מתוך קופות החולים, נציג של שירותי בריאות כללית) כדי לקבל מידע אם ועד לאיזו מידה פשה נגע הפל-קל למבנים האמורים, ואם כן - מה נעשה כדי לתקן את המעוות.

#### א. משרד הבריאות

8.43 מפי מר יהודה רון ואינג' דני בר-און, שניהם מבכירי העוסקים בענייני תכנון ובנייה של בתי-חולים במשרד הבריאות, הבינונו כי בתי החולים הממשלתיים בארץ נבנים ישירות על-ידי משרד הבריאות, או (והמדובר הוא בדרך כלל בהרחבות והשלמות) על-ידי בתי החולים עצמם, הנעזרים בתרומות או בקרנות מחקר לצורך זה. בבנייה אחרונה זו בתי החולים הם אוטונומיים לגמרי או קרוב לכך, ומידת השליטה של הנהלת משרד הבריאות על הנעשה, וכן רמת הידע שלו על הנעשה, הן אפסיות. הדברים שונים מטבע הדברים כשמדובר בבנייה הנעשית על-ידי משרד הבריאות ישירות, ואולם גם אז מי שמחזיק בידו את עיקר המסמכים הרלוונטיים הקשורים למבני בתי החולים (תכניות וכיוצא בזה) הם בתי החולים עצמם. כשמדובר בבנייה ישנה, לא תמיד יש בידי העוסקים במלאכה תכניות מלאות.

הן מר רון והן מר בר-און העידו בפנינו שבזמן בניית בתי החולים הם לא ידעו כלל שיש בעיה בשיטת הפל-קל. מר רון שמע עליה לראשונה בהקשר להוספת קומה בבנין בית-חולים מסוים, כשהמתכנן התייעץ עמו אם לבנות את התקרה בשיטת הפל-קל אם לאו. באותו מקרה נבנתה בסופו של דבר תקרה רגילה.

כשפרצה לציבוריות תודעת הסיכון שבפל-קל, לאחר אסון ורסאי, למדו הכל, ובכלל זה משרד הבריאות, על דבר הסיכון.

8.44 בדרך הטיפול של משרד הבריאות חל פיצול בין בתי החולים הממשלתיים לבין בתי החולים האחרים. לבתי החולים הממשלתיים הפיץ אינג' בר-און כבר ביום 3.6.2001 מכתבים ובהם ביקש ש"בתאום עם רכזי הפרוייקטים של מינהל התכנון ובשיתוף עם מהנדסי הבנין/אדריכלים, אשר פעלו במוסדכם, לאתר ולהצביע על סיכונים אפשריים על מנת שנוכל להיערך בהתאם...".

נתקבלו תשובות שונות מבתי חולים. עיינו באותן תשובות שהעתקן הועבר אלינו, והתרשמותנו היא שלא נעשה מספיק מאמץ כדי לאסוף את המידע הדרוש בהיבטים ההנדסיים ובהיבטים רלוונטיים אחרים. חוות הדעת שקיבלו בתי חולים ממהנדסים שאליהם פנו לא היו מלאות, אם בשל בדיקות לא מספיקות שעשו אותם מהנדסים, אם משום שלא היו עובדות מוצקות שמהן ניתן להסיק מהי דרגת הסיכון שיש, אם יש, בתקריות שמדובר בהן. משרד הבריאות לא תבע מבתי החולים לעשות בירורים נוספים, וגם הוא עצמו לא עשה את המאמץ שהתבקש ממנו נוכח החסר הגדול בהעברת מידע מלא מבתי החולים אליו. בין השאר הוא לא הפעיל את סמכותו למען השלמת המידע החסר, והעיקר: הוא לא נקט בצעדים לתיקון המעוות.

בהנחה שהמידע שנאסף עד כה הוא מלא לפחות בכך שהוא כולל את כל תקרות הפל-קל בבתי החולים (וכאמור איננו בטוחים בכך), כי אז הבעיה העיקרית היא בבית החולים בנהריה, שבו נבנו בשיטת הפל-קל למעלה מ-13,000 מ"ר של תקרה המשמשת גג לאזורים שבהם ניתן טיפול רפואי.

מר יהודה רון אמר לנו שהייתה פנייה ממשרד הבריאות למשרד האוצר להקצאת תקציב מיוחד לשם תיקון תקרה זו (הערכות שקיבל נעות סביב סכום של 10 מיליון ש"ח), ואולם תקציב כזה לא הוקצה. משרד הבריאות עצמו לא הקצה ממקורותיו הוא כספים לשם חיזוק התקרה, וכך נותר הסיכון בעינו ללא טיפול.

אמרנו במהלך הדיון, ואנו חוזרים ואומרים זאת גם כאן, שנראה הדבר שגישה "אדישה" כזו לבעיה שיכול שיהיו כרוכים בה חיי אדם, איננה מובנת. המינימום שהיה נדרש בטרם תינקט גישה "אדישה" כזו הוא ברור מלא ויסודי של מידת הסיכון שיש בתקרה. אם בדיקה כזו תראה שהסיכון הוא מידי, יהיה צורך בפעולה דחופה של פינוי המבנה ושל תיקונו. אם לעומת זאת הסיכון מתון יותר, יכול שסדרי עדיפויות יכתבו תוואי אחר. מה שברור הוא שאי עשיית דבר הוא שווה ערך לעצימת עיניים בכל הנוגע לסיכון ולעוצמתו.

בנוסף לבית החולים בנהריה, כולל המידע שנאסף בנייה נוספת שנעשתה בפל-קל. אין צורך שנביא כאן פרוט מלא שלה. בהנחה שהמידע הוא נכון ומלא, לרוב מדובר בשטחי תקרה קטנים יותר. עם זאת, אי אפשר לאמר שהדבר מצדיק התעלמות מסיכון אפשרי, שכן גם התמוטטות של שטח קטן יכולה לגרום לפגיעה מרובה.

8.45 לבתי החולים שאינם ממשלתיים לא שלח משרד הבריאות מכתב בנוסח שנשלח לבתי החולים הממשלתיים. לפי עדות מר יהודה רון במכתב ששלח מנכ"ל משרד הבריאות לבתי החולים הלא ממשלתיים, יש הפניית תשומת לבם של בתי-חולים אלו לבעיית הפל-קל, ולכך שצריך להסיר את המכשלה ככל שהיא קיימת. בתי חולים אלה לא נתבקשו להעביר מידע למשרד הבריאות, גם לא לדווח על פעילותם. משרד הבריאות מצדו לא עשה דבר מעבר למשלוח המכתב האמור. מן העדות ניתן היה להבין כי הסיבה למדיניות זו של משרד הבריאות היא חששו שמא התערבות יתר מצדו תביא לדרישה מצד בתי החולים הלא ממשלתיים לתקציב תיקון.

8.46 משרד הבריאות פועל בשני מישורים, האחד "כבעל בית" של בתי החולים הממשלתיים, והשני כמיניסטרוני בריאות, הנושא באחריות הממלכתית הכוללת להבטחת בריאות תושבי המדינה. נראה הדבר שלענין דו"ח ביניים זה יש לפחות מכנה משותף בין שני המישורים, וכוונתנו לחובתו של משרד הבריאות להסיר מכשלות ממערכת הבריאות, כשהוא יודע על קיומן. ככל שהמכשלה עלולה לגרום לנזק גדול יותר, כך נדרשת פעולה דרסטית ומהירה יותר ממשרד הבריאות.

נראה הדבר שלאחר אסון ורסאי הסכנה הייתה מוחשית מכדי לאפשר למשרד הבריאות לנהוג ב"עצימת עיניים" או להסתפק בפעילות מצומצמת שאינה כוללת הנהגה ואכיפה של תוואי שיש בו בירור עובדתי מלא של הסיכון, ותוואי של הסרת הסיכון, הכל כמתחייב מעוצמתו של הסיכון ומסדרי עדיפויות אחרים שיש להביאם בחשבון.

#### ב. קופות החולים

8.47 מטעם שירותי בריאות כללית (להלן – הקופה) העיד בפני אוספי החומר מר יצחק מרום, מנהל תשתיות ובינוי של הקופה. מסתבר שיש קווי דמיון מסוימים בין פעילות משרד הבריאות לפעילות הקופה בכל הנוגע להקמתם של בתי חולים או חלקים מהם. שניהם עוסקים בבנייה ישירה, שניהם מותירים אוטונומיה מסוימת לבתי החולים. כשעוסקים בתי החולים של הקופה בבנייה, אין התערבות משמעותית מצד מרכז הקופה.

הקופה לא ידעה דבר על בעיה הקיימת בשיטת הפל-קל, וכפי שהבינונו פעילותה בנושא זה החלה רק לאחר אסון ורסאי. מהתיאור שניתן על-ידי מר מרום עולה כי משהחלה פעילות הקופה היא הייתה יסודית למדי. תחילה ביררה הקופה מהי תקופת הזמן הרלוונטית לבניית הפל-קל, וכשהתברר שיש בנושא זה דעות שונות, היא העדיפה לראות את התקופה הרלוונטית כמתחילה במועד המחמיר ביותר (שנת 1975). הקופה פנתה לכל בתי החולים וחייבה אותם לבדוק עד תום את קיום פל-קל במבנייהם, תוך שהם נעזרים במהנדסים ותוך שכל ספק פורש לחומרה. היה מעקב מלא אחרי בתי החולים כדי לוודא שהם משיבים תשובות לשאלות הקופה.

אם הבינונו נכון את דברי עד זה, אותר מספר קטן של מבנים שנבנו בשיטת הפל-קל. אלו נבדקו והשימוש בהם הוכפף לתוצאת חוות דעת מקצועיות.

8.48 המשותף למשרד הבריאות ולקופה הוא שבשני המקרים לא הייתה מסננת מקצועית מספקת שבלמה בנייה בשיטת הפל-קל בזמן האמת של תהליך הבנייה. עם זאת משעה שהתחוויר הסיכון, פעלה הקופה בצורה נמרצת.

בעיית הפל-קל הייתה ידועה בחוגים מקצועיים ובהמשך הזמן אף מעבר לכך, והיה מקום לצפות שאלו המפקדים על הבנייה יהיו מודעים לה. הדברים נכונים שבעתיים כשלכל אחד מאלו עומד ייעוץ מקצועי פנימי וחינוכי.

# פרק תשיעי

## עת לעשות – הפעילות הנדרשת

### פתיח

9.1 נראה שמן הסקירה שבדוח זה, כמו גם ממסקנותיו, עולה בברור, כמעט בבחינת הדבר מדבר בעד עצמו, שאין להתיר כל בנייה חדשה בשיטת הפל-קל. השאלה העומדת לפנינו עתה היא שונה לחלוטין, והיא נובעת מן המציאות שנוצרה, של בנייה נרחבת מאוד בפל-קל במגורים ולשימושים שונים, ציבוריים ופרטיים. התעלמות ממציאות זו על דרך של איסור שימוש או הריסה, לא רק שתגרום סבל ותשבש את מהלך החיים התקין של אלפי אנשים, אלא גם תוריד לטמיון הון עתק שהושקע בבנייה זו, זאת נוסף על השקעות שנעשו לאחר שהושלמה הבנייה (התקנות של תקרות אקוסטיות, מתקנים, מערכות חשמל, תקשורת ומחשוב וכל כיוצא בזה). האינטרס הציבורי מחייב אפוא לעשות את כל האפשר כדי להביא את המירב מתוך הבנייה הקיימת לרמת בטיחות המאפשרת המשך שימוש, בין בדרך של חיזוק ותיקון, בין בדרך של שינוי יעוד, זאת לבד ממקרים שבהם ייקבע שאין צורך באלה.

החתימה להכשרת הבנייה הקיימת איננה משאלת לב כלכלית-חברתית נעדרת תקווה במציאות. יש לה עוגן נושא תקווה, שגם עליו עמדנו לא אחת בדוח זה. הכוונה היא לכך שרוב רובם של מבני הפל-קל לא קרסו, למרות שחלקם נבנה לפני כעשרים שנה, ולמרות שבחלקם נעשה שימוש הכרוך בהפעלת עומסים בלתי מבוטלים.

עוגן נושא תקווה זה הוא אמנם עוגן עובדתי, ואולם הוא נתון בערפל סמיך מאוד של אי וודאות האופפת את כל התחומים הרלוונטיים. אין אנו יודעים מה הם כל הבניינים שבתקרותיהם השתמשו בשיטת פל-קל, ברוב המקרים אין אנו יודעים באיזה מהדורת פל-קל השתמשו במבנים שאותרו או יאותרו, מה מצב "תוך התקרה", ובכלל זה מצב הקורוזיה וגיאומטרית הצלעות והחישוקים (קיומם, טיבם, פיזורם וסוגם), וכך האם ועד לאיזו מידה לוקים המבנים בנוזקים מצטברים (מהסוג הנדון בסעיף 3.7.7 לדוח זה). כמו כן אין לנו נתונים המאפשרים לערוך חישוב תיאורטי שיאפשר לבחון אם התקרה אמורה לעמוד במאמצי הגזירה. חישוב תיאורטי כזה נעשה על בסיס התכניות הרלוונטיות של כל מבנה, כשהוא מביא בחשבון את כל הנתונים הרלוונטיים כגון עומסים, גודל מפתחים ותקרות נמשכות (להלן – חישוב הגזירה).

גם בהנחה שנגיע אל יעד הידיעה של כל הגורמים הללו, איננו יודעים בוודאות אם ובאילו שיטות ראוי להשתמש כדי לתקן את הליקויים שייחשפו. נוכח המאפיינים המיוחדים של הנושא הנדון, אין "פתרון מדף" לחוליים. פתרון כזה צריך להיות מעובד ולהיות מותאם לכל אחד ממצבי התקרות הקונקרטיות, כמו גם למהדורות הפל-קל שבהן השתמשו בכל מבנה.

הקושי הראשוני בהשגת המטרה של הכשרה רבה ככל האפשר של מבנים שבהם יש תקרות פל-קל נעוץ באי הידיעה האופפת את הנושא כולו, והמכבידה על היכולת לגבש מדיניות ולקבל החלטות. אמור מעתה שתנאי אין בלתו לגיבוש מדיניות ולקבלת החלטות, שמטרתן הסופית היא הכשרת בנייה קיימת (בין בתוספת תיקונים וחיזוק ובין בלעדיהם), הוא פיזור רב ככל האפשר של הערפל שתואר לעיל.

היה זה טוב אילו הפסיפס שממנו מורכב הערפל היה מהסוג שועדת חקירה יכולה לפזרו, תוך הסקת מסקנות מהנתונים שבפניה. המצב איננו כזה. כל שיכולה וצריכה ועדת חקירה לעשות בשלב זה, לנוכח המחדלים שנעשו ולנוכח המציאות שנחשפה, הוא לקבוע אם יש סיכוי להגיע למצב קרוב ככל האפשר לוודאות המאפשר קבלת החלטות, ובאיזו דרך יש לנקוט לשם כך מכאן ואילך, וכן לקבוע את אופי וטיב ההחלטות שיש לקבל. כך בדעתנו לעשות.

9.2 אחד הדברים החשובים שלא ניתן לעשות במצב זה של חוסר וודאות, הוא לשקול אפשרות של סיכון מחושב, היינו סיכון שחברה יכולה להחליט שעדיף לחיות עמו מאשר לשאת בעלות כלכלית כבדה כדי להסירו. כשמדובר בדיוור, שהוא אחד מהמוצרים היסודיים והדומיננטיים שלהם נזקק כל אדם, וכשמדובר בסיכון היכול להיות קטלני, לא ניתן לשאת מצב של אי וודאות, שהוא בעצם מצב של הימור על חייו ורווחתו של הציבור הרלוונטי.

חברה תרבותית ואחראית אינה יכולה לסבול שימוש במבנים שאינם בטוחים או ללא מקדמי בטיחות, או אפילו עם מקדמי בטיחות צרים מדי. במבנה שיציבותו תלויה על בלימה, כל סטייה מהעומסים המתוכננים עלולה להוביל לכשל ולהתמוטטות, והכל צפוי ואפשרי. עם זאת, לא מן הנמנע הוא שכאשר חברה ניצבת בפני בנייה רבת היקף שכבר נעשתה, היא תעדיף ירידה מרמת מקדמי הבטיחות המקובלים על פני השקעות ענק בתיקונים, חיזוקים, ואולי אפילו הריסה ובנייה מחדש. ברור שהעדפה כזו תיתכן רק אם עדיין נותרה במבנה רמת בטיחות מתקבלת על הדעת. כדי לסבר את האוזן, ניתן להביא דוגמא ממצב שבו רמת הבטיחות האופטימלית מביאה בחשבון סיכון של פגיעה ביציבות דירות מגורים שתדירות הופעתו היא אחת ל-100 שנים, ואילו הרמה הנוכחית "נוגסת" במכסת השנים ומעמידה אותה על אחת ל-80 שנים. במקרה כזה יכול שחברה תסכים להסתפק במקדמי בטיחות קטנים יותר כפתרון סביר, שחליפו הקיצוני הוא השקעות ענק בהריסה ובבנייה מחדש, והפחות קיצוני הוא השקעות רבות היקף בביצוע פעולות חיזוק ותיקון.

אמור מעתה שמידע שיאפשר מתן ערכים מדויקים פחות או יותר לרמת הבטיחות של כל אחד מסוגי תקרות הפל-קל (שבהם נדון בהמשך), יאפשר לערוך שקלול של הסיכונים, ובעקבות כך יקל על קביעת דרך ההתנהגות הראויה. התוצאה במקרה כזה יכולה להיות גם הורדה מסוימת במעטפת הבטיחות, כנגד חסכון בהשקעות בתיקון (בין בדרך של הריסה ובנייה מחדש, בין בדרך של שיפור וחיזוק). צריך לזכור שהשגת רמת בטיחות נאותה איננה מלווה בהכרח בנגיסה במקדמי הבטיחות, שהרי יתכן ויש גם גורמים אחרים שיכולים להוסיף לכושר העמידות של מבנה.

לצד השיקולים ההנדסיים, שהם עיקר השיקולים שיישקלו במתן ערך לרמת הבטיחות, יש מערכות רבות אחרות של שיקולים רלוונטיים, שגם אותם יש לשקול בשיקול הכללי של איזו דרך לבחור ובאיזה סדר עדיפויות לבחור. בין שיקולים אלו גם השיקול איזה שימוש נעשה במבנה, שהרי אין מבנה המשמש בית-ספר או גן ילדים, כמבנה המשמש מחסן לחומרים, ובית חולים שבו נמצאים דרך קבע אנשים חסרי ישע אינו דומה למתנ"ס הנמצא בשימוש חלקי בלבד, ובשעת דחק ניתן לצמצם או אפילו למנוע לתקופת מה את השימוש בו.

פועל יוצא מכל האמור לעיל הוא שגישה רציונלית תחתור להשגת פתרון רק לאחר שיפוזר ערפל אי הוודאות מעל הפרמטרים והגורמים שצריך להביאם בחשבון, בין פרמטרים הנדסיים מקצועיים, בין סוציאליים, בין כלכליים, בין אחרים. בכך נדון עתה.

## המשימות העיקריות

9.3 להלן נמנה את המשימות העיקריות אשר יש לבצע על מנת לצמצם את אי-הוודאות ועל מנת לקדם את הליכי הבדיקה והתיקון, והכל כדי לאפשר טיפול בסוגיית הבנייה הקיימת בשיטת הפל-קל. השתדלנו להביא את המשימות, פחות או יותר, לפי הסדר הכרונולוגי לביצוען. היקף המשימות הוא גדול והוא כולל פעילויות נלוות ומובנות מאליהן. האמור פה

איננו מתיימר איפוא לכלול את כל המשימות שאותן יידרש הגוף המארגן לבצע, אלא את העיקריות שבהן. בפרק הבא, הפרק העשירי, נדון בשאלה מי (ומתי) צריך לבצע משימות אלו.

### 9.3.1 איתור מבני הפל-קל

נראה שראש וראשון לכל טיפול הוא השגת מידע מלא ואמין על כל המבנים שתקריתיהם נבנו בשיטת הפל-קל (שייקראו להלן בקיצור – מבני פל-קל). מידע כזה הכרחי לא רק כדי שלא לפסוח על אף מבנה הטעון בדיקה, אלא גם כדי שהארגון שעליו תוטל משימת העשייה (ארגון שעליו נמליץ בהמשך), ידע אל נכון בפני מה הוא ניצב, מבחינת היקף העשייה, הזמן והתקציב המשוערים הנדרשים, קביעת סדרי עדיפויות הטיפול, ומבחינות רבות אחרות.

ההיקף המדויק של בנית תקרות במהדורות הבעייתיות של שיטת הפל-קל לא נתברר. נזרקו אמנם מספרים (ובהם "המפורסם" ביותר שלושה מיליון מטרים מרובעים), ואולם איש לא בדק אם המדובר במספרים ריאליים. כבר הערנו שיהא המספר אשר יהא, הוא כולל את גרסאות הפל-קל שבהן שולבו חישובי גזירה תקינים, שהן המהדורות הלא מסוכנות. נראה שנתח זה מכלל בניית מה שמכונה פל-קל איננו מבוטל כלל ועיקר. יהא המספר המדויק של השטח הכללי שנבנה בשיטה זו אשר יהא, ברור שמדובר בהיקף בנייה גדול.

מלאכת האיתור המלא של כל מבני הפל-קל איננה קלה כפי שהיא הייתה צריכה להיות אילו המופקדים על המלאכה בזמן אמת, היו ממלאים כל אחד את חלקו באופן מלא ובאמונה.

אילו הוגשו החישובים הסטטיים במלואם יחד עם הבקשות להיתר בנייה, או אילו תבעו הרשויות מתן דיווחים או נתונים על שיטות הבנייה (ולא היה זה מוגזם לצפות שלפחות משעה שהיה ידוע על הסיכון שבבניית פל-קל, כך ייעשה), כי אז לא היה קושי לאתר מתוך היתרי כל ועדה מקומית את מבני הפל-קל. אנו מניחים שהדוח הסופי שנגיש יחשוף את שהחל להיחשף בפנינו עוד בטרם הושלמה המלאכה, והוא שהמלך עירום גם בתחום זה.

יהיו הסיבות אשר יהיו, עובדה היא שרק במקרים נדירים מאוד, אם בכלל, ניתן לאתר מתוך נתוני הוועדות המקומיות את מבני הפל-קל. אין צריך לאמר שהדברים נכונים, וביתר שאת, בכל הנוגע לאיתור מהדורת הפל-קל שבה השתמשו בכל מבנה שאותר כמבנה פל-קל.

בנסיבות אלו, יש כאמור צורך בריכוז אמין ומלא של כל בניית הפל-קל. נתונים חלקיים על בנייה זו מסר אלי רון בחקירתו במשטרה. נתונים נוספים נאספו על ידנו (ראו סעיף 8.25 לדוח זה). את כל אלה מיינו, סיווגנו, וריכזנו ברשימה המצורפת כנספת י לדוח זה. רשימת מבנים זו, הגם שאינה מלאה, ואין ודאות כי כל הנתונים שבה נכונים, תקל בודאי על מלאכת האיתור. אולם ברור שיהיה צורך בפעולות ובצעדים נוספים להשלמת הרשימה, עד להשגת מידת וודאות מקסימלית.

### 9.3.2 זיהוי מהדורת הפל-קל

המידע לא יהיה מלא ללא קביעת מהדורת הפל-קל שבה נבנתה כל תקרה במבנה שאותר או שיאותר. כפי שהוסבר בדוח זה, המהדורה יכולה להכתיב את רמת הסיכון, כמו גם את דרך התיקון. מלאכת האיתור צריכה אפוא להיות מלווה גם בזיהוי "המהדורות".

### 9.3.3 חישוב גזירה תיאורטי

נדבך חשוב בפיזור ערפל אי הוודאות, הוא בדיקת תכניות הבנייה ועריכת "חישוב הגזירה" (כמשמעותו בסעיף 9.1 לעיל). חישוב זה יתן בידי העוסקים במלאכה נתון התחלתי רב ערך אודות הסיכון שבו נמצא כל מבנה. נקל להבין שאם החישוב

התיאורטי הזה יצביע מכוחו הוא בלבד כי מבנה מסוים נתון בסיכוני יציבות, יהיה צורך להיפנות ולטפל בו בקדימות מתאימה.

כדי להתרשם אם ועד לאיזו מידה יש חשיבות למידע שיאסף בדרך זו, ביקשנו מד"ר איתי לויתן, היועץ ההנדסי של הועדה, לערוך מספר חישובי גזירה לגבי מבני פל-קל שנתונייהם היו בידינו. הוא אכן עשה כך, והסתבר שבבדיקת אקראי כזו בקרב עשרים ושלושה מבנים נמצאו שישה מבנים (!) שבהם הצביעו החישובים על סיכוני יציבות משמעותיים מאוד. הערכים של מאמצי הגזירה במקרים אלו, היו קרובים לנתוני אולמי ורסאי. הבאנו כמובן נתונים אלו לידיעת הנוגעים בדבר. הטבלה המסכמת את חישובי הגזירה צורפה כנספח ג לדוח זה.

דוגמאות אלו ממחישות עד כמה חשוב להשיג את נתוני חישוב הגזירה אודות מבני הפל-קל. על עריכת חישוב הגזירה תקל מאוד תכנית מעודכנת של כל מבנה. יהיה אפוא צורך, במסגרת איסוף הנתונים, לקבל מידע מלא אודות פרטי תכניות הבנייה של כל מבנה פל-קל. לפרטים אלו חשיבות גם למטרות אחרות של העשייה המתוכננת, ובכלל זה לצורך השגת מידע קונקרטי על כל תקרה, וכן לצורך השיקולים באיזה דרך וצורת תיקון או חיזוק יש לבחור.

#### 9.3.4 פיתוח תורת "התרומה המשוערת"

כאמור, העובדה שרוב רובן של תקרות הפל-קל לא התמוטטו מצביעה על אפשרות שניתן למצוא פתרונות שיכשירו את הבנייה על-ידי תוספת חיזוקים או עשיית תיקונים, או על-ידי שינוי יעוד המבנה להקטנת העומסים השימושיים המותרים בו. אפשרות זו מתחזקת נוכח העובדה שעל מספר רב של מבנים חלפו שנים רבות ללא פגע, חרף העובדה שהם נשאו בעומסים משמעותיים מאוד.

ניתן לשער שהסבר חלקי לתופעת העמידות (לפחות עד כה) של רוב תקרות הפל-קל נעוץ בנגיסה הנעשית במידה זו או אחרת במקדמי הבטיחות הגדולים שהתקנים מחייבים להביאם בחשבון בכל שלד בנין. הסבר אחר, שגם דוח המכון הלאומי העלה אותו כאפשרות, נעוץ באלמנטים שונים בשיטת הפל-קל, שיתכן שיש להם תרומה כלשהי ליציבות התקרות. יתכנו גם הסברים אחרים. גורמים אלה או חלקם, ואולי גם גורמים אחרים, יכולים סטטיסטית לחבור יחדיו ולפצות על החסרים שמקורם בשיטה הלקויה, ולהסביר את עמידותן (עד כה) של רוב תקרות הפל-קל (להלן – "התרומה המשוערת").

האמור פה איננו צריך להתפרש כקביעה שלנו שהגורמים שנמנו לעיל, הם שביסוד התרומה המשוערת. כל שנאמר על ידנו בהקשר זה איננו יותר מהעלאת השערה או העלאת אפשרות, שלא נבחנו ולא נבדקו. אולם, אפילו מצוים גורמים אלו, כולם או מקצתם ביסוד התרומה המשוערת, אין בהכרח בכל אלו כדי להסיר את רוע הגזירה (תרחי משמע) ובכלל זה את האפשרות שעקב העדר זיון לגזירה, הסיכון של כשל פריך בגזירה נשאר שריר וקיים. הטעם לכך הוא שלא רק שאין לנו ידיעה ואין לנו ביטחון שכל הכוחות והגורמים הללו פועלים כולם בכל תקרה קונקרטית להגברת יציבותה, אלא גם משום שמבנים שבהם הייתה נגיסה במקדמי הבטיחות הם בניינים מסוכנים. אמנם נגיסה מזערית איננה משליכה באופן ממשי על הבטיחות, אולם כיוון שאיננו יודעים את גודל הנגיסה בכל מקרה ומקרה, ובודאי שאיננו יודעים את "ההצטברות הסטטיסטית" של שאר הגורמים, איננו יודעים גם את מידת הסיכון בכל אתר ואתר. במצב כזה, ונוכח ליקויי שיטת הפל-קל, צריך להניח, עד שלא יתברר אחרת, שאין מדובר בנגיסה שולית.

לכך יש להוסיף שיתכן שבשל ליקויי השיטה יתפתחו במשך הזמן נזקים מצטברים, שהשפעתם תגבר ככל שיחלוף הזמן. פועל יוצא מכך הוא שלא ניתן להסיק שמה שהיה הוא שיהיה, ושכוחות ועומסים שהתקרות עמדו בהם בעבר, לא ישפיעו באופן הרסני על התקרות בעתיד (ראו סעיף 3.7.7 לדוח זה).

בנסיבות כאלו ובמסגרת המאמצים לפיזור ערפל אי הוודאות, הדבר המתבקש הוא לנסות ולצמצם למינימום אי בהירות זו, גם, ואולי בעיקר, בתחום זה. הגברת הוודאות בתחום זה תאפשר שיקול רציונלי בדרכי הפתרון האפשריים, שאחד ממרכיביהם יכול להיות נטילת סיכון מחושב מסוים. הדרך להשגת מטרה זו תכלול, לפי המצופה, ניסיון לתת ערך לתרומה



המשוערת. אם תימצא דרך ליתן ערך כזה לכל קבוצת תקרות בעלות אפיונים דומים, יהיה זה פשוט יחסית לבדוק אם, ועד לאיזו מידה, ניתן לסמוך על התרומה המשוערת.

הקושי בהשגת המידע על התרומה המשוערת נעוץ בכמות הגדולה של נעלמים ושל משתנים לא מעטים, שיש להביאם בחשבון. כל מבנה ותקרה הם ייחודיים מבחינת הרכבם של "המשתנים" הללו. אלו כוללים את מהדורת הפל-קל, את גודל המפתחים, את העומסים המתוכננים לעומת העומסים הפועלים, את מצב הקורוזיה, את צורתן הגיאומטרית של הצלעות, את אי הסדירות במרווחים שבין הצלעות, את איכות ההידבקות של הבטון בין שכבה לשכבה, את צורת ודרך הזיון האופקי והאנכי (זיון גזירה), את הנזקים המצטברים וטיבם, את מידת הסדיקה ומידת השקיעה, ולא מנינו אלא חלק מן המשתנים שיש להביאם בחשבון. לצד אלו צריך לנסות וליתן ערך לתרומה המשוערת המיוחדת לכל מהדורות הפל-קל, ובכלל זה למהדורות הכוללות רשתות תחתונות, סולמות, מה שמכונה חישוקי אומניה, זיון עליון, וכל כיוצא בזה. מתקבל על הדעת שמתן ערך לתרומה משוערת זו היא מלאכה קשה, משום שהיא כוללת סתירה פנימית מסוימת. מחד גיסא יש צורך בכימות ובמתן ערך שיש בו מידה של ודאות ודיוק, ומאידך גיסא מדובר כאמור במספר גדול של אי ודאויות שככל שניתן לצפות, יישארו בחזקת אי ודאות גם לאחר בדיקות נוספות. שאלנו לכן כמה מהעדים שהתייצבו בפנינו אם ניתן יהיה לדעתם לכמת הלכה למעשה את התרומה המשוערת לגבי כל קבוצת מבנים בעלי אפיונים זהים, או דומים. היו כאלו שהיו פסימיים מאוד לגבי האפשרות להגיע לכימות, ולו "כימות פרקטי" או "כימות מסתבר", של תרומה משוערת זו. היו לעומת זאת כאלו שסברו שהדבר אפשרי.

יתכן שהפתרון שיסתמן יחייב יצירת קבוצות מבנים רבות, כשבכל קבוצה יקטן מספר המשתנים, יתכן גם ששולי הביטחון שיהיה צורך לקחת בחשבון בכל ערך כמותי שיינתן לקבוצת מבנים, יהיו רחבים מאוד (כדי לחפות על חוסר הוודאות), יתכן אפילו שיהיה צורך לגבי חלק מהמבנים להעריך את התרומה המשוערת בנפרד לכל מבנה (זאת בשל הגורמים המשתנים המיוחדים שבו). אולם בכפוף לכל אלו, וחרף כל הקשיים, צריך לעשות את מירב המאמץ כדי להגיע לתוצאות שניתן יהיה לעשות בהן שימוש לצרכים שמדובר בהם. מה שברור הוא שכדי להגיע לתוצאות מעשיות, יהיה צורך, בנוסף לעריכת מחקר עיוני, גם, ואולי בעיקר, בעריכת ניסויים.

ממצאים בתחום זה הם קריטיים בשיקולי הכשרת תקרות פל-קל. הקטנת אי הוודאות בתחום זה היא קרדינלית, ופועל יוצא מכך הוא שהמאמץ צריך להיעשות בכיוון זה הוא מאמץ עילאי. צריך לזכור שאין מדובר במחקר תיאורטי המתנהל על מי מנוחות, שניתן לפרוס אותו על פני תקופה ארוכה. הצורך בהבהרת המצב בנקודה זו הוא בעל קדימות עליונה, ותשומת לבם של אלו שיעסקו במלאכה מוסבת לכך. פועל יוצא מכך הוא שיתכן שיהיה צורך בקביעת שלבים במחקר או בניסויים, שבמסגרתם תידרש תשובה ולו תשובת ביניים מעשית, פחות מדויקת בזמן קצר יותר, הכל לפי איכות התשובה ודחיפות הנושא.

### 9.3.5 קביעת סדר הטיפול על פי מיון ראשוני

אין אפשרות, ואין גם צורך, שנפרט בדוח זה את כל ומלוא "גורמי העדיפות" שידריכו את העוסקים במלאכה, בקביעת סדר העדיפויות בטיפול בתקרות הפל-קל. מטבע הדברים המדובר הוא ברשימה גדולה מאוד של גורמים, היכולה להשתנות ממקום למקום. כך למשל, יכול שמבנה בית חולים במקום פלוני יחייב פעילות תיקון דחופה בשל מצבו ההנדסי ובשל היותו בית חולים יחיד באזור גיאוגרפי גדול, בעוד שבית חולים אחר שנמצא באותו מצב הנדסי, אך באזור שבו יש מספר גדול של בתי חולים, יסווג במקום "נחות" יותר בסדר העדיפויות.

אמרנו ש"גורמי העדיפות" יכולים להיות רבים מאוד. הם יכללו אל נכון את תוצאות הבדיקות היוזואליות, שינויי ייעוד שיש להם השלכות על עומסים מתוכננים, שינויים ותוספות שנעשו במבנה, "היסטוריה" מכבידה של פגעים, תנאי קרקע מכבידים (אזורי שטפונות, רעידות אדמה, וכיוצא בזה גורמים היוצרים תוספת סיכון לתקרות הבנויות מפל-קל), ולא מנינו אלא מעט מזעיר ממערכת גורמים עניפה יותר שיכול שתהיה ישימה לגבי מבנים שונים.

החשוב הוא, שהארגון שיטפל בדבר ייעזר בנתונים הכלליים הנכללים ב"משימות" שפורטו עד כה, יוסיף עליהם את הגורמים הרבים הנוספים, שרק את חלקם מנינו לעיל, ולאור כל אלו יקבע את סדר העדיפויות של הטיפול במבנים.

קביעת סדר עדיפויות היא הכרח בל-יגונה, משום שלפי הצפוי היקף המלאכה שאותה יהיה צורך לעשות יהיה גדול מיכולת הביצוע המיידית (הן של הגוף המארגן, הן של הגורמים העוסקים במלאכה בשוק כולו). במצב כזה מן ההכרח ליתן קדימות לטיפול במבנים השונים, וקדימות זו תקבע על ידי הגוף המארגן, תוך שהוא נותן דעתו להיבטים ההנדסיים ולהיבטים החברתיים והאחרים שחלקם צוינו לעיל.

המיון הראשוני יפלוט חוצה מטבע הדברים מבנים שאין צורך לעשות בהם תיקונים או חיזוקים. כל יתר המבנים יחייבו את המשך הבחינה באופן פרטני לכל מבנה, והדבר יחייב, כפי שהמצב נראה היום, בדיקה באמצעות שיטות אל-הרס.

### 9.3.6 פיתוח תורת הבדיקה

יצירת וודאות לגבי המצב הקונקרטי של כל תקרה אינה קלה, משום שפנים התקרה הוא נסתר ואין לדעת את אשר טומנת התקרה בתוכה ללא "פלישה" אליה. פלישה של ממש איננה מעשית משום שמקופל בה הרס, לפחות חלקי, לא רק של התקרה, אלא גם של מה שנסמך אליה, כגון תקרות אקוסטיות, ריצוף, מערכות חשמל ותקשורת, וכל כיוצא בזה.

עם זאת, קבלת נתונים בדבר מצב התקרות הינה חיונית, משום שבלעדיהם לא ניתן במקרים רבים להגיע לחקר דרגת הסיכון, ובעיקר למידת התיקון והחיזוק הנדרשת ולאופן ביצועם, כמו גם לבחינת החלופה שאיננה מזקיקה התערבות כלשהי.

בדיקות האל-הרס יהיו כנראה בבדיקות הכרחיות במסגרת פרויקט תיקון וחיזוק תקרות הפל-קל, שהרי בלעדיהן אי אפשר יהיה לקבוע לא את "הדיאגנוזה" קרי: את מצב "החולי" של התקרה, גם לא את אמצעי הריפוי. כבר אמרנו שבדיקות אלה, אינן כליל השלמות מבחינת אמינות תוצאותיהן, ואולם לצד זה התייחסנו ליתרונות ולחסרונות שבשיטת האל-הרס (ראו סעיף 3.26 לדוח זה). נראה שבמאזן הכללי יתרונותיה של דרך זו עולים על חסרונותיה. הדברים נכונים שבעתיים נוכח מגוון דרכים ואמצעים העומדים לפי שיטה זו בפני המעוניין, דבר המאפשר שילוב אמצעים, והכל כדי ליתן תמונה נאמנה למדי של המצב.

נוכח החשיבות שבבדיקות אלו, הן בשלב איתור תקרות הפל-קל, הן בשלב קביעת מצבן הקונקרטי של התקרות, נראה שיהיה צורך להשקיע לא מעט מאמצים מחקרניים ואחרים כדי לשפר ולהוזיל את השיטה הזו ואת כל שכלול בה. הובאו לתשומת לבנו מספר חברות העוסקות בכך. לחלקן יש ניסיון בבדיקת תקרות פל-קל. פרוט על סוגי הבדיקות ועל העוסקים במלאכה הידועים לנו ניתן בסעיפים 3.24, 3.29 ו- 3.30 לדוח זה.

### 9.3.7 קביעת דרך התיקון לפי המצב הקונקרטי של כל תקרה

הממצאים על-פי האמור לעיל (ובכלל זה חישוב גזירה על פי המצב של המבנה בפועל ובדיקות אל-הרס) יאפשרו לבחור את דרך התיקון של כל תקרה תוך התאמת דרך התיקון למצב הקונקרטי של התקרה. כיוון שלא מצאנו "פתרון מדף" לחולי תקרות הפל-קל, וכיוון שיהיה צורך בבחינת הליקויים כדי להתאים להם שיטות תיקון וחיזוק שינטרלו את הליקויים האמורים, וכיוון ששיטות אלו מופעלות על מבנים המצויים בסיכון, צריך להסיר חשש מתקלות במהלך ביצוע התיקון או אחריו. במצב כזה נראה לנו שראוי יהיה ששיטת תיקון לא תיושם בטרם ינתן לה היתר על ידי הגוף המארגן או על ידי מי שהוא יורה.

בין שאר עניינים שהגוף המארגן יצטרך לתת עליהם את דעתו, נמצאת גם המדיניות שיש לנקוט בה לגבי מבנים שבהם כבר נעשו תיקונים או חיזוקים לתקרות פל-קל.

## 9.3.8 פיתוח תורת התיקון

תפקיד הגוף המארגן יהיה לרכז את שיטות התיקון השונות, לבחון את הצעות התיקון שיבואו בפניו, ולפתח, ככל שיהיה צורך בכך, שיפורים לשיטות הקיימות וגם שיטות חדשות. למותר לציין שמהדורות הפל-קל, כמו גם מצב קונקרטי של כל תקרה, ובכלל זה תקרה נמשכת, גודל מפתחים, עומסים צפויים וכל כיוצא בזה, יכולים להכתיב שיטה או שיטות תיקון המותאמות לכל מצב קונקרטי נתון.

חשוב להדגיש שתיקון או חיזוק הוא התערבות ב"מארג הקונסטרוקטיבי" של הבניין, לפיכך מוצע כי לא ניתן יהיה לעשותו ללא קבלת היתר בדרך שתיקבע.

"פתרון מדף" לא קיים כאמור בשלב זה. לעומת זאת קיים נסיון מה בתיקון תקרות פל-קל. בנסיבות אלה סברנו שנכון יהיה לרכז ולהביא בפני הציבור את דרכי התיקון הידועות עתה. לצורך כך שאלנו רבים מהמומחים שהתייצבו בפנינו אילו דרכי תיקון ידועות להם או עולות בדעתם. את עיקרי התשובות שקיבלנו נפרט להלן:

א. נוכח מרכזיותו ומיקודו של הפגם העיקרי בשיטת הפל-קל, הוא הפגם של העדר זיון לגזירה (בנוסף להעדר אמצעי למניעת דלמינציה), פתרון שיפתור באופן מלא או חלקי בעיה זו, יפתור גם את עיקר הבעיה.

באופן טבעי עולה על הדעת לצורך כך הפתרון של "תחליף" לזיון האנכי החסר, ואכן חלק גדול מהמומחים העלה דרך זו. בשיטה זו ה"תחליף" לחישוק הם יתדות ברזל המושחלות לכל עובי התקרה לאחר שנקדחו בה חורים. יתדות אלו מחוזקות ומיוצבות משני צידיה של התקרה (במגוון של דרכי חיזוק), והן עוברות דרך הצלעות - לפי גרסה אחת, או בצידן - לפי גרסה אחרת. הן גם מונעות היפרדות השכבות בינן לבין עצמן ובינן לבין הצלעות. יש גרסה המשתמשת בדבק מיוחד (מסוג אפוקסי) לצורך החיבור של היתדות לצלע כאשר הן מועברות בתוכה.

המגרעת בשיטה זו היא עלותה הגבוהה כשמדובר בשטח שרוצף או בשטח שאליו הוצמדה תקרה אקוסטית. הפירוק וההתקנה מחדש של כל אלו (ובמיוחד של ריצוף) כרוכה לא רק בעלות גבוהה יחסית אלא גם בהרס, ובפניו המבנה מריהוט, ציוד או מכונות (לפי המקרה).

מקצת המומחים שהעידו בפנינו סברו שלאחר פעולה כזו חוזק התקרה יהיה כחוזקה של תקרה שבה הושמו מלכתחילה חישוקי גזירה תקינים, ואילו אחרים סברו שהיא לא תדמה לעולם לתקרה תקינה בעלת חישוקי גזירה תקינים מקוריים. היה גם מי שטען שתיקון מסוג זה נושא בתוכו סכנה ליציבות.

שיטה זו כבר נוסתה, ועל פי הערכה שהובאה בפנינו עלותה הישירה, ללא פרוק והרכבה, עומדת על עשרות בודדות של דולרים למ"ר.

ב. שיטה אחרת היא הוספת קורות אופקיות של מוטות פלדה מתחת לתקרה. קורות אלו ננעצות בנקודות ההשענה ומשמשות תמיכה לתקרה הפגומה. החסרון של שיטה זו הוא בפגם האסתטי הטבוע בה, זאת עקב הנמכת תקרת החדרים הנמצאים מתחת לתקרה הנתמכת.

גם בשיטה זו כבר נעשה שימוש, ולפי העדויות ששמענו עלותה היא עשרות בודדות של דולרים למ"ר.

ג. שיטה נוספת היא שיטה של דריכה של התקרה על-ידי העברת כבלי פלדה ומתיחתם.

ד. עוד שיטה גורסת הצמדת לוחות פלדה לכל אורך הצלעות. פעולה זו גורמת לכך שחוזקן של הצלעות ויכולתן לעמוד במאמצי הגזירה גדלים לאין ערוך - עד כדי מניעת הסכנה של כשל בגזירה.

קושי הביצוע של שיטה זו נובע מהצורך לחשוף את פנים התקרה, דבר שלא תמיד אפשרי. עלותה, לפי שהועד בפנינו, נעה בין 150 דולר למ"ר לבין 300 דולר למ"ר.

ה. שיטה אחרת, בעלת הגיון דומה, היא חיזוק באמצעות רצועות מחומרים מרוכבים בעלי קשיחות גבוהה (למשל סיבי פחמן במטריצת אפוקסי). רצועות אלו מוצמדות או מודבקות מתחת לתקרה ולצידי הצלעות, באזורי ההשענה.

ו. תקרה מקשית (העשויה מיציקת לוח תקרה רצוף בטון), לוקה פחות בחשש גזירה, ולכן מייתרת פעמים רבות את הצורך בזיון גזירה. כיוון שכך, ניתן אולי לחשוב על הזרקת בטון למרווחים שבין הצלעות במטרה ליצור צלעות רחבות או אפילו תקרת מקשית. הקושי הוא בתכונת אי ההידבקות כהלכה של הבטון הטרי לבטון שנתקשה, דבר המחייב טיפול מיוחד לחיבור בין היציקה החדשה לישנה. קושי אחר נובע מהעומס שיתווסף עקב תוספת הבטון. שיטה זו לא נוסתה, והיו ששללו אותה בכל מכל כל, ואולם היו גם שראו דרך זו כאפשרית, ולפחות כדרך שיש לחשוב על פיתוחה.

ז. האופציה של בניית תקרה אחרת, בין תוך הריסת קודמתה (כמו שנעשה בחניון בגבעתיים) בין כתוספת לה (כמו שנעשה בקניון ברחובות), קיימת כמעט תמיד. לעתים היא הכרחית ואפילו כדאית.

ח. דרך אחרת שהוצעה היא הקטנת מפתחים על-ידי הוספת עמודים או קורות. המגרעת בשיטה זו היא החשש ביצירת סיכון אחר, הוא סיכון של יצירת אזורים רגישים לגזירה ליד נקודות ההשענה החדשות. העלות של שיטה זו לפי העדויות, היא בין 15 ל-30 דולר למ"ר.

אנו נמנעים מלהמליץ על איזו מהשיטות האמורות. איננו מומחים בנושא זה, ומצד שני לא באו בפנינו חוות דעת שמהן ניתן להסיק שיש היום דרך סלולה ובטוחה לתיקון או לחיזוק תקרות פל-קל. על כל אלו יש להוסיף שנראה שאין תרופת פלא שתתאים לכל התקרות בכל המצבים. קרוב לוודאי ששיטת התיקון או החיזוק תוכתב, בין השאר, על-ידי מצב כל תקרה.

אנו אף רחוקים מלקבוע שהדרכים שפורטו לעיל הן כל הדרכים האפשריות ואין בלתן. יתכן שיימצאו דרכים נוספות, או שדרכים קיימות ישופרו. חלק ממטלות מטה העשייה (כמשמעותו בפרק הבא) יהיה לקדם גם אפשרות כזו.

### 9.3.9 הדרכה והסמכה

עקב השוני הרב בין שיטת פל-קל והשיטות המקובלות לבניית תקרות, יש צורך בהתמחות מיוחדת לפני שניגשים לבדיקה ולתיקון תקרות כאלו. על בסיס תורות הבדיקה והתיקון שנזכרו לעיל יהיה על מטה העשייה לדאוג להפצת הידע לבעלי המקצוע, ולהסמכתם לעסוק בכך, כולל באמצעות ספרות עזר והשתלמויות מיוחדות שיגנו את הכלים הנחוצים לטיפול בתקרות פל-קל.

## סיכום וריכוז

9.4 ביצוע כל המשימות הללו יצריך סמכויות ויהיה כרוך בפעילות רבה ומגוונת, אשר אין סיבה שנפרטה כאן, ולו בשל היקפה הרחב מאוד. עם זאת, ראינו לנכון לרכז כאן את עיקרי הפעילות כפי שהיא נראית בפנינו כבר עתה, ושאותה יידרש להנהיג הגוף המארגן, שהמלצתנו לגבי הרכבו וסמכויותיו תובא בפרק הבא, ואשר ייקרא כבר כאן "מטה העשייה":

- 9.4.1 פיתוח תורה והתוויית הדרך לאיתור ולסיווג תקרות פל-קל והכנת רשימה של כל התקרות שנבנו בשיטת הפל-קל למהדורותיה. לצורך כך, מטה העשייה יוכל לנקוט בצעדים אלה:
- א. היעזרות ברשימת מבני הפל-קל שבנספח י לרוח זה.
  - ב. בחינת ישימותן של שיטות אל-הרס לצורך קביעה אם תקרה נתונה היא תקרת פל-קל אם לאו. כפי ששמענו בדיקות אלה אינן יקרות באופן יחסי. יתכן גם שניתן לשלב בבדיקה כזו קבלת נתונים על מהדורת הפל-קל.
  - ג. הטלת חובת דיווח שעל פרטיה נעמוד בהמשך (ראו סעיף 10.7 להלן), ואיסוף הדיווחים שיידרשו.
- 9.4.2 קביעת סדר עדיפויות בטיפול במבנים הן מההיבט המקצועי (היקף הסיכון בתקרות השונות), הן מהיבטים חברתיים ואחרים.
- 9.4.3 פיתוח תורה שתאפשר לקבוע את היציבות בפועל של התקרות במטרה ליתן ערך המבוסס על הגיון הנדסי ל"תרומה המשוערת", תוך סיווג הוריאציות השונות של תקרות (מבחינת מצבן בפועל: קורוזיה, גיאומטרית צלעות, חישוקים וכו') למספר סוגים. לכל וריאציה יינתן ערך התואם את המצב הריאלי של התקרות הנמנות על אותו סוג.
- אנו חוזרים ואומרים שהבדיקות שיש לעשותן בהקשר זה נראות לנו חשובות וצריך ליתן להן קדימות בסדר הפעולות, משום שיכול שתוצאותיהן יכתיבו חלק ניכר מדרכי העשייה הכלליים.
- 9.4.4 קביעת הדרכים והאמצעים של בדיקות אל-הרס המותרות בשימוש, דרכי הפרשנות של ממצאי הבדיקות ודרכי ביצוען של הבדיקות. בחינה, בדיקה ומחקר במטרה למצוא אמצעים נוספים לשם ביצוע בדיקות אל-הרס, ובמטרה לשפר ולהתאים את הקיים.
- 9.4.5 בחינה, בדיקה ומחקר במטרה לקבוע את דרכי תיקון תקרות הפל-קל, ואת התאמת דרכי התיקון למצב כל תקרה, כולל שיפור והוספה על דרכי התיקון הידועות היום.
- 9.4.6 הכנת מפרטים וספרות הדרכה לאנשי המקצוע ועריכת קורסים מתאימים, על בסיס תורת הבדיקה (סעיף 9.3.6 לעיל) ותורת התיקון (סעיף 9.3.8). מטה העשייה יתן דעתו לסוגיית ההסמכה לעריכת בדיקות ותיקונים בתקרות פל-קל.
- 9.4.7 קביעת הצעדים שבהם יש לנקוט כדי לתקן או לחזק את התקרות. מומלץ כי התיקון ייעשה רק על-ידי מי שהוסמך לכך, ורק בשיטה שקיבלה את אישור מטה העשייה או את אישורו של מי שהוא הסמיך לכך והפועל לפי הנחיותיו. הטעם לכך הוא שמדובר בתקרות שיש בהן ליקוי, והעשייה החופשית בהן, מבלי שעשייה זו נבחנה מקצועית, יכולה להיות הרסנית ומסוכנת.
- 9.4.8 פיתוח מתודולוגיה להבטחת האיכות של התהליך, המתבססת על בדיקות מדגמיות.

# פרק עשירי

עת לעשות – מטה העשייה

## הקמת מטה פרויקט ארצי לטיפול במבני הפליקה

10.1 בפרק התשיעי דנו בעיקר הדברים שיש לעשותם, וקבענו שקבלת ההחלטות על העשייה הנדרשת מותנית בהצגתה בפני המחליטים של מסכת עובדתית-רלוונטית אמינה שרק היא תאפשר קבלת החלטות רציונליות. הפרק עסק בשאלה מה הם המרכיבים של ערפל אי הוודאות ומהן המשימות שביצוען יאפשר לפזר ערפל זה ולטפל במבני הפל-קל הקיימים. השאלות מי יטפל בהסרת הערפל ובשאר משימות, יקבל את ההחלטות המתחייבות מהעובדות שנחשפו ושייחשפו, ולאחר מכן ינווט ויכוון את כל העשייה הנדרשת, יידונו בפרק זה.

10.2 נוכח ההיקף הגדול של העשייה הצפויה, הן בתחום המינהלי והן בתחום המקצועי וההנדסי, נוכח גודל ההוצאה האפשרית, ונוכח הפטליות שיכול שתהיה תוצאת ליקויי תקרות הפל-קל, אם יתממשו אפילו רק חלק מהסיכונים או אם יתקבלו החלטות שגויות במהלך העשייה הנדרשת לתיקון המצב, אנו ממליצים בפני הממשלה על הקמתו של פרויקט בהיקף ארצי שיופעל על-ידי מטה מיוחד שינהיג וינווט פרויקט זה (שייקרא להלן - מטה העשייה).

10.3 ההיבט הדומיננטי של פעולת מטה העשייה הוא ההיבט המקצועי ולכן הוא צריך לכלול את מיטב הכוחות המקצועיים הקיימים בארץ. במהלך בדיקותינו וחקירותינו עמדנו מקרוב על כוחות אלו, ובנותנו את דעתנו גם להיקף הרחב של המטלות המקצועיות וגם לרמה הנדרשת, נראה לנו שהטוב ביותר הניתן להשגה הוא הקמת מטה שקדודיו הם אלה: נציג המכון הלאומי לחקר הבנייה בטכניון שיהיה היו"ר, נציג מכון התקנים, נציג ארגוני המהנדסים ונציג פיקוד העורף בצה"ל. שמענו כי נוצרו מגעים לשיתוף פעולה בין המכון הלאומי לחקר הבנייה לבין מכון התקנים, ואם אכן זוהי המציאות, לא נותר אלא לצרף אליהם את השאר. בצד הפעילות המקצועית יארגן מטה העשייה גם את ההיבט המינהלי. המלצותינו אלו מבוססות על ההכרה שגוף כזה צריך להיות על טהרת המקצועיות, מנוטרל ומשוחרר מגישות לחצים והשפעות פוליטיות ואחרות, כמו גם מתכונת ה"שב ואל תעשה" שאפיינה את הגורמים המטפלים עד כה.

פועל יוצא מכך הוא שמטה העשייה יכלול שתי מחלקות, האחת מקצועית הנדסית, והשניה מינהלית שתרכז את העבודה המינהלית רבת ההיקף, הסובבת את העבודה המקצועית. מטה העשייה לא יוכל לפעול ללא תקציב, כוח אדם, מינהלה וכל כיוצא בזה. הוועדה אינה נוקטת עמדה בשאלה איזו זיקה מנהלית תהייה למטה העשייה. לעומת זאת, ברור שיש להקנות למטה העשייה ולפרוייקט כולו מעמד סטטוטורי, תוך הענקת אותן סמכויות ותוך הקמת אותה מסגרת שיאפשרו לו לפעול ביעילות. על הממשלה יהיה לקבוע איזה משרד יהיה אחראי על ביצוע האמור לעיל. אנו מניחים שהממשלה תחליט את אשר תחליט גם בהתבסס על בחינת המעשים והמתדלים של המשרדים בפרשה זו עד כה.

מה שברור הוא, שכשאנו אומרים "עת לעשות" הכוונה היא - לעשות עכשיו ומיד!

10.4 מטה העשייה יפעל ככל שיהיה צורך לשם השגת המטרות שהוצבו בפניו, הכל כנובע מהאמור בדוח זה. היקפן וטיבן של הפעילויות הנדרשות להיעשות בעת הזו, ברורות ועולות מהאמור בדוח זה, ואנו בטוחים שמטה העשייה ישכיל להפעיל את כל אלו בדרך שתצעיד אותו להשגת המטרה. אנו גם מניחים שעצם העשייה תכתוב פעילויות או המשך

פעילויות נגררות או חדשות. הגם שלא מצאנו להידרש לכל פרטי ופריטי העשייה הנדרשת, עמדנו בפרק התשיעי על עיקרי הדברים הידועים כבר עתה.

10.5 איננו ממליצים שמטה העשייה יעשה בעצמו את כל העבודה שיש לעשותה. לא בכדי כינינו את הגוף שלפי המלצתנו ירכז וינהיג את העשייה, בשם מטה. למטה העשייה לא נועד, לפי המלצתנו, תפקיד של ביצוע, אלא הוא יפעל בחלק הארי של המקרים כגורם המטיל משימות, מתקצב, מאשר ומפקח על ביצוען. כל הפעילות שלפי המוצע תיעשה על ידו, נועדה רק כדי לכוון, לנווט ולהנהיג את העשייה. גורמים מן השוק הפרטי על מגוון העיסוקים הכרוכים בעשייה הנדרשת, הם שיבצעו את מלאכת הבדיקה, התיקון, התכנון והחיזוק הנחוצים והנדרשים. האמור כאן לא בא לשחרר את גורמי השוק הפרטי מלפעול על פי ההכוונה וההנהגה של מטה העשייה או לגרוע מן המטלות שהוטלו במפורש על מטה העשייה.

10.6 את הסמכויות שהוטלו על מטה העשייה ברוח זה הוא יהיה רשאי לבצע באמצעות בני אדם או גופים שהוסמכו לכך על-ידו, בין גופים קיימים, בין שיקומו בעתיד, ובכלל זה הרשויות המקומיות, מהנדסיהן וועדות לתכנון ובניה.

בעניינים מקצועיים יוכל המטה להתקשר עם גורמי מחקר (למשל הטכניון ואוניברסיטאות אחרות). הואיל והגופים שמקרבם ימונו חברי מטה העשייה הם גופים בעלי מוניטין, ידע ונסיון מהטובים שיש בארץ, לא יהיה זה מעשי וראוי למנוע ממטה העשייה להיזקק לחוות דעת, מחקרים וכיוצא בזה שייעשו על ידי הגופים האמורים, זאת כל אימת שהמטה יהיה סבור שהדבר נחוץ, תורם או מועיל.

## סמכויות וכלים לביצוע

10.7 נוכח כל האמור לעיל, נראה שיהיה צורך להעניק למטה העשייה את הסמכויות ואת כלי הביצוע שיפורטו להלן:

10.7.1 אנו ממליצים כאמור על הטלת חובת דיווח. חובה זו (כמו גם חובות אחרות המפורטות ברוח זה) יכולה להישען על תקנות שיתקין שר הפנים מכוח סמכותו לפי סעיף 265 לחוק התכנון והבניה, ויכול גם שתצריך חקיקה מיוחדת. את חובת הדיווח יש להטיל על הבעלים, היזמים ועל כל מהנדס שתכנן או שהיה שותף לתכנון או לביצוע של תקרת פל-קל, וכן על כל קבלן או קבלן משנה שביצע עבודה כזו. עוד יהיה חייב בדיווח גם כל מי שיש לו מידע על תקרה כזו, אלא אם ידוע לו שדיווח כזה כבר נעשה על-ידי מי מהגורמים שנמנו לעיל.

הדיווח יכלול את כל הפרטים הרלוונטיים, ובכלל זה מועד הבנייה, השימושים שנעשו במבנים מאז נבנו ועד עתה, השינויים שנעשו במבנה מאז נבנה, וסדקים ופגמים אחרים הנצפים בתקרות או בסביבותיהם.

נוכח העובדה שיש חשיבות ל"מהדורת" הפל-קל בה נעשה שימוש, כמו גם לכל שינוי בה (למשל קיום חישוקי "Λ" או סוג אחר של מה שמכונה חישוקים), צריך הדיווח לכלול גם נתונים אלה: חתך התקרה, פרטי זיון, מפתחים, עומסים, האופן המדויק של הביצוע, הצגת עותק מתוכניות הביצוע, וכל נתון אחר שיקבע מטה העשייה.

10.7.2 המהנדסים שהיו מעורבים בתכנון תקרות הפל-קל יחויבו בחוק לבדוק בתוך זמן קצר שייקבע את התקרות ולתת דיווח על מצבן, בצרוף לחוות דעת מקצועית על מה שנראה להם מצב תקרות אלו. חוות דעת זו תהיה מבוססת על הידע המקצועי של כל מהנדס, אולם מטה העשייה יהיה רשאי להוסיף הנחיות ודרישות בכל הנוגע לאופן וצורת הבדיקה. אין צריך לאמר שתשומת לב מהנדסים אלו תוסב לאחריות שהם נוטלים על עצמם במתן חוות דעת זו.

נבצר ממהנדס ליתן דיווח כזה משום שהמהנדס לא ניתן להשגה, או נפטר, או לא כשיר ליתן דיווח כזה, יודיעו הבעלים מיד למטה העשייה על עובדה זו, והם יבצעו את הבדיקה באמצעות מהנדס אחר שיוסמך לכך על ידי מטה העשייה.

10.7.3 יש להטיל איסור בדין על עשיית פעולות תיקון או חיזוק או בדיקה שלא קיבלה את אישור מטה העשייה או את אישורו של מי שהוסמך על-ידי המטה והפועל לפי הנחיותיו. הטעם לכך הוא שמדובר בתקרות שיש בהן ליקוי, והעשייה החופשית בהן, מבלי שהעשייה נבחנה מקצועית, יכולה להיות הרסנית ומסוכנת.

10.7.4 יש להקנות למי שמטה העשייה יורה זכות כניסה וזכות לערוך בדיקות בחצרים פרטיים, כשהדבר הכרחי לשם הוצאתם לפועל של המטלות שהוטלו על המטה. הדרך להבטיח את זכויות המעוניינים תובטח כמובן בהוראת דין מתאימה.

10.7.5 יהיה צורך לקבוע בדין הוראות אם ועד לאיזו מידה ובאיזה תנאים יהיה בכוחם של ממצאי מטה העשייה והנחיותיו כדי לחייב בעלי זכויות ומעוניינים אחרים לפעול לפיהם.

10.7.6 נוכח אפשרות שיהיו כאלו שינסו, מסיבות שונות, לחמוק ממילוי חובות שתוטלנה עליהם, בין חובת דיווח, בין חובות אחרות, צריך שההסדר הנורמטיבי יכלול כוחות כפיה וענישה מרתיעים.

10.7.7 יש לערוך בחקיקה התאמות שיאפשרו למטה העשייה לפעול לצד רשויות התכנון והבניה ורשויות מוסמכות אחרות, כך שתהיה סינכרוניזציה בלתי מופרעת ביניהם.

10.8 איננו סבורים שראוי יהיה שאנו נתערב, ולו על דרך של המלצה, בשאלה על מי להטיל את המימון של כל העשייה הזו. נעיר רק שאנו רחוקים מלהניח שעול זה צריך להיות מוטל על הציבור כולו, בודאי לא במלואו. האחרים ש"מועמדותם" צריכה להיבחן הם הוגי השיטה, המתכננים שתכננו לפיה, היוזמים, הבעלים ואולי דיסציפלינות אחרות שהיו מעורבות בעשייה.

## הבהרה

10.9 להסרת ספק מודגש ששום דבר האמור בדוח זה לא יתפרש כמשחרר מחובה או מאחריות אדם, גוף או מוסד ציבורי או פרטי שיש עליו חובה או אחריות כלשהי בנושא הפל-קל. פועל יוצא מהאמור לעיל הוא שהנושא בחבות או באחריות כזו ימשיך לשאת בה גם לאחר הוצאת דוח זה, כפי שהוא היה נושא בה אלמלא הוצא.

בהקשר לאמור כאן מוסבת תשומת לבם של כל הנוגעים בדבר (ובכללם מהנדסים, בעלי מבנים, מחזיקים ורשויות למיניהן) לכל הנאמר בדוח זה על הסיכון הקיים במבני פל-קל. בכלל זה יש לתת את הדעת לכך שעשויים להימצא מבני פל-קל שיציבותם תלויה על בלימה. מצבים אלה יכולים להיחשף על ידי חישובי גזירה פשוטים (ראו סעיף 9.3.3 לעיל), בבדיקות אל-הרס, ובמקרים מסוימים אף בבדיקות ויזואליות. טוב יעשו כל הנושאים באחריות כאמור לעיל, אם ינקטו מיידית בצעדים המתחייבים הן לחשיפת המצב והן למניעת הסיכון, אם על ידי הקטנת עומסים, אם על ידי מניעת שימוש, אם בכל דרך אחרת כמתחייב מהמצב הספציפי של כל תקרה.

## הדחיפות בעשייה

10.10 "ההתארגנות הנורמטיבית" דהיינו, תיקוני החקיקה הנדרשים (בין חקיקה ראשית ובין חקיקת משנה) ו"ההתארגנות התקציבית והמינהלית" – דהיינו, תקצוב הסכום הנדרש לפעולת המטה והעמדת כח אדם וכלי ביצוע אחרים לרשותו, יצריכו זמן. כנגד זה, כבר הדגשנו את דוחק הזמן ודחיפות העשייה, זאת בשל קיומן האפשרי של "פצצות מתקתקות" בדמות מיליוני מ"ר של תקרות שנבנו בשיטת פל-קל, ועל רקע אי העשייה עד כה. בנסיבות אלו, אין לתת לזמן לחלוף ללא מעש בתקופת ההתארגנות. המלצתנו היא, שיעשה מאמץ עליון ליישום מהיר של כל האמור פה, ובכלל זה של הקצאה מיידית של תקציב מתאים, ולו להתארגנות המטה. לא בחנו את גובה התקציב הנדרש, ואולם ברור שמדובר בכמה מיליוני ש"ח. אלו מבינינו הבקיאים יותר בהערכות מסוג זה, סבורים שחמישה מיליון ש"ח הוא המינימום הדרוש.