



הרשות הממשלתית
להתחדשות עירונית

מחזור פסולת הבנייה בהתחדשות עירונית

מצב קיים, הערכת היקף פסולת הבנייה מהריסת מבנים
בעשורים הקרובים והמלצות לקידום הנושא



דצמבר 2021

עורכי המסמך

הרשות הממשלתית להתחדשות עירונית: דוד רוטר וד"ר מיכל שורק
פז כלכלה והנדסה: אינג' שבתאי יוקלה, אדרי' רונית ביטון, אביאל ילינק ומהנדס שלומי קויטל
משרד עצמאי לתכנון עירוני מקיים ויזמות ירוקה: עדי מגר

ועדת היגוי

הרשות הממשלתית להתחדשות עירונית: עינת גנון – סמנכ"לית הרשות הממשלתית להתחדשות עירונית
משרד הבינוי והשיכון: טלי הירש שרמן, ד"ר עמיאל וסל, יונתן אופק, עומרי מזרחי
המשרד להגנת הסביבה: אורי טל

תוכן עניינים

2.....	עורכי המסמך	2
2.....	ועדת היגוי	2
4.....	תקציר מנהלים	4
6.....	מבוא	6
8.....	1. פסולת הבנייה בישראל - רקע	8
8.....	1.1 מהי פסולת בנייה?	8
8.....	1.2 היקפי פסולת הבנייה בישראל	8
9.....	1.3 הליך פינוי הפסולת מהאתר	9
10.....	1.4 אסדרת הטיפול בפסולת הבנייה	10
13.....	2. מחזור פסולת הבנייה	13
13.....	2.1 מחזור פסולת הבנייה – התפיסה בעולם	13
14.....	2.2 מחזור פסולת הבנייה בישראל – הלכה למעשה	14
15.....	2.3 מחזור פסולת באתר ומחוץ לאתר - יתרונות וחסרונות	15
18.....	2.4 אתרים למחזור והטמנה של פסולת בנייה	18
19.....	2.5 שימוש בחומרים ממוחזרים לתשתיות ובנייה	19
21.....	2.6 חסמים לשימוש בחומרי בנייה ממוחזרים	21
23.....	3. הערכת כמות פסולת הבנייה הצפויה בהריסת מבנים בהליכי התחדשות עירונית ...	23
23.....	3.1 מתודולוגיה והנחות יסוד	23
26.....	3.2 הערכת כמות הפסולת – ממצאים וניתוח	26
30.....	4. הרכב ומשקל פסולת הריסה	30
30.....	4.1 השפעת אופן הריסת המבנים על האפשרות למחזור	30
30.....	4.2 הרכב פסולת ההריסה בפרויקטי התחדשות עירונית	30
35.....	4.3 הערכת משקל הפסולת מהריסה	35
39.....	5. מקרה בוחן להערכת כמות הפסולת	39
39.....	5.1 תיאור האתר	39
40.....	5.2 בחינת כמויות הפסולת	40
41.....	5.3 ממצאים	41
42.....	6. סיכום והמלצות	42
44.....	7. רשימת טבלאות ותרשימים	44
45.....	8. רשימת סיורים וראיונות	45

תקציר מנהלים

בתהליכי התחדשות עירונית נהרסים מבנים קיימים ומפנים מקומם למבנים חדשים. בעת ההריסה נוצרת פסולת בנייה בכמות גדולה משמעותית מאשר בפרויקטים של בנייה רגילה. חלק ניכר מפסולת הבנייה ניתן לגרוס ולמחזר לטובת מוצרי בנייה ותשתיות. מכיוון שבשנים ובעשורים הקרובים צפויים להתממש יותר ויותר פרויקטים של התחדשות עירונית ומכיוון שלהיקפי הפסולת הנוצרת יש השלכות סביבתיות מהותיות, נדרשת היערכות לאומית לקידום מחזור הפסולת.

מטרת עבודה זו הינה יצירת תשתית ידע שתאפשר הגדלה של היקפי מחזור הפסולת הנוצרת בתהליכי ההריסה של פרויקטי התחדשות עירונית. לצורך כך בוצעה בחינה של אופן הטיפול בפסולת ואפשרויות המחזור, של התקינה, האכיפה וההתנהלות בשטח ושל כמויות פסולת הבנייה שעתידות להיווצר בתהליכי ההריסה של התחדשות עירונית. על בסיס הסקירה והממצאים, גובשו מספר המלצות לקידום הנושא.

הטיפול בפסולת הבנייה נחלקת למספר שלבים עיקריים: פינוי הפסולת מאתר ההריסה לאתרי מחזור והטמנה, מיון ושטיפה של חומרי הפסולת, מחזור והפקת תוצרים חדשים (לרוב, חומרי בנייה ממוחזרים). עבודת המחזור במפעלי המחזור קשורה בעיקרה בגריסה של חומרי הפסולת המינרליים לגדלים שונים והפקת תוצרים המשמשים את ענף הבנייה, בעיקר לתשתיות, מצעים וחומרי מילוי. במסגרת העבודה נבחנה היתכנות של מחזור פסולת הבנייה כבר באתר ההריסה עצמו, כחלק מתפיסה של כלכלה מעגלית השואפת למניעת בזבז ולניצול משאבים מירבי. הוסק כי לא קיימת היתכנות ביצועית, כלכלית וסביבתית למחזור באתר, אלא בקיום תנאים מאוד מסוימים, שכמעט אינם קיימים באתרי התחדשות עירונית.

כיום קיימים בישראל 36 אתרי מחזור והטמנה ומספר חוקים ותקנות הנוגעות לאסדרת הטיפול בפסולת חלק מהאתרים ייעודיים להטמנה או מחזור וחלקם משלבים הטמנה ומחזור באותו אתר. בנוסף, ישנם 11 אתרי הטמנה מוסדרים לפסולת מעורבת המאושרים לקלוט פסולת בנייה בפריסה ארצית. מרבית החוקים והתקנות נוגעים לנושא הפסולת בכללותו ולא רק לפסולת בנייה ואכיפתם מתבצעת באופן חלקי. בנוסף, קיימים חסמים רבים לשימוש בחומרי בנייה ממוחזרים וחסרים תמריצים לאומיים. עיקרי החסמים נוגעים לאיכות החומר הממוחזר ותדמיתו בשוק, לביקוש נמוך ולהירתמות נמוכה של גופים ציבוריים לרכוש אותו ותקינה מגבילה.

על מנת להבין את פוטנציאל המחזור נדרשה הערכה של הרכב חומרי פסולת ההריסה ושל משקלם היחסי. מחקרים שבוצעו עד כה בישראל התייחסו לפסולת מתהליך הבנייה ולא ניתנה התייחסות נפרדת להרכב פסולת ההריסה. בעבודה זו, על מנת לגשר על פערי הידע הקיים, נסקרו דוגמאות מהעולם, נערכו סיורים באתרי בנייה הנמצאים בשלבי הריסה, והתקיימו ראיונות עם מנהלי פרויקטים, קבלני הריסה, מהנדסים ומנהלי אתרי מחזור. על סמך כלל מקורות המידע, נבחנו רכיבי הפסולת והוערך חלקם היחסי. מכיוון שמרבית המבנים המיועדים להריסה, בהתחדשות עירונית בישראל, נבנו בשנות ה-50 - 70, הרכב החומרים בפרויקטים השונים דומה: כש-80% בטון, 7% בלוקים, 5% ברזל ושיעור נמוך של מרכיבים נוספים כמו גבס, טיח, מלט, פלסטיק, עץ וקרמיקה. נושא משקל הפסולת הכולל הינו קריטי להסדרת התחום. על בסיס הערכת המשקל נקבע מקדם הפסולת ולפיו נקבעים הסכמי פינוי הפסולת לאתרי מחזור, הנדרשים בחוק לצורך קבלת היתר בנייה. ככל ויש פער בין מקדם הפסולת לחישוב לבין הכמות בפועל, גדל הסיכון שבהשלכה פירטית של פסולת בשטחים פתוחים ובזיהום סביבתי. חידוש מרכזי של עבודה זו הוא באיתור פער משמעותי בין מקדם הפסולת המקובל לחישוב (0.5 טון/מ"ר) לבין מקדם רלוונטי לכמות הפסולת המיוצרת בפועל (1.4 טון/מ"ר). הבדיקה נעשתה על סמך ראיונות עם שחקנים שונים בשוק הפסולת ומחקר אקדמי בין - לאומי.

אתגר נוסף של העבודה היה, להעריך את כלל כמות פסולת הבנייה הצפויה להתקבל בעשורים הקרובים, בישראל, מהריסת מבנים בפרויקטי התחדשות עירונית. בדיקה זו התבססה על מאגר התכניות של הרשות הממשלתית להתחדשות עירונית ועל סדרה של הנחות מימוש שגובשו על בסיס הערכות וניסיון הרשות. כך, נבחנו כ-700 מתחמי התחדשות, בתוספת של פרויקטי תמ"א 38/2 בהיקף הצפוי, וכומתה הפסולת הצפויה הן על ציר הזמן עד שנת 2040 והן בפריסה גיאוגרפית, עפ"י מחוזות. יש להדגיש שעבודה זו מתייחסת לפסולת המתקבלת בתהליך ההריסה בלבד.

מהניתוח עולה כי עם השנים, צפוי גידול בכמות הפסולת, בהתאם לעלייה הצפויה בהיקף אישור תכניות להתחדשות ומימושן. סך פסולת הבניין מהריסה הצפויה להתקבל בתהליכי התחדשות עירונית עד שנת 2040 נאמדת בכ- **18.5 מיליון טון**, ממנה כ-13 מיליון טון מפרויקטי פינוי בינוי, וכ-5.5 מיליון טון מפרויקטים במסגרת תמ"א 38/2. זאת, מעבר לפסולת הבנייה שתיווצר בהליכי הקמת הבניינים החדשים שייבנו תחת אלה שנהרסו. מתודולוגיית הבדיקה מאפשרת הבחנה בין המחוזות השונים, תוך התייחסות של הנחות המימוש לתנאי השוק. הבדיקה מצביעה על כך שחלקם של מחוזות מרכז ותל אביב בסך הפסולת הצפויה הוא הגדול ביותר וההסבר נעוץ בכך שבמחוזות אלה מתרכזים מירב הביקושים, ערכי הקרקע גבוהים דיים והם אלה המניעים את כוחות השוק לקידום תכניות התחדשות. בהתאמה, בשל ערכי הקרקע הנמוכים במחוזות צפון ודרום, והעובדה שכיום אין כדאיות כלכלית ואין מימוש תכניות לפינוי בינוי, חלקם של מחוזות אלה בסך הפסולת נמוך. בהמשך לתשתית הידע והתחזיות ולאור ממצאי העבודה גובשו מספר המלצות עיקריות לקידום הטיפול בפסולת ומחזור:

- קידום שינוי מקדם חישוב הפסולת המקובל כיום, לצורך התקשרות עם אתרי מחזור. שינוי כזה ישפיע באופן מיידי על היקף הפסולת המועברת לאתרי מחזור ויצמצם את ההשלכה הלא חוקית בשטחים פתוחים.
- גיבוש כלי ניהול ייעודיים להסדרת פינוי וטיפול בפסולת מאתרי התחדשות עירונית. ניהול הפסולת יכול לכלול חישוב כמויות, אפיון הפסולת, בחינת חלופות לפירוק והפרדה באתר, לאופן הטיפול וכיו"ב.
- פיתוח כלים שונים ואפליקציות להנגשה ועידוד המחזור. לדוגמה, כלי לחישוב כמויות הפסולת באתרי ההתחדשות או אפליקציה להנגשת מידע ביחס למפעלי מחזור ועפ"י רדיוסים של מרחק שיקבעו.
- גיבוש ופרסום הנחיות מקצועיות לגבי הריסת מבנים באופן שיאפשר הפרדה במקור, ככל הניתן, לזרמים שונים של פסולת בנייה (זרם מינרלי, עץ, פלסטיק, מתכות וכו') ולא למנטים מבניים.
- גיבוש כלי תמרוץ לשימוש בחומרים ממחוזרים בבנייה ותשתיות.

הליכי התחדשות עירונית מאפשרים תוספת של יחידות דיור לצד שיפור איכות המגורים והסביבה העירונית. בתהליכי התחדשות עירונית, מבנים ישנים שלרוב אינם מתאימים עוד לצרכי ההווה ושלא עומדים בתקינה הנדרשת, נהרסים ומפנים מקומם לבנייה חדשה. כך למעשה, נעשה שימוש מיטבי בקרקע אשר תורם להחייאת המרקם הבנוי, נוצר מלאי דיור חדש תוך ניצול יעיל של השטח הקיים זאת לצד שדרוג המרחב הציבורי והתשתיות לרווחת התושבים.

אולם, לפרויקטי התחדשות עירונית יש גם השלכות סביבתיות. בפרויקטים אלה נוצרת כמות פסולת גדולה משמעותית מפרויקטים של בנייה חדשה המוקמים על קרקע פנויה, שמקורה בהריסת המבנים הקיימים. מכאן שישנה חשיבות גדולה לטיפול מיטבי בפסולת הבנייה. פסולת בנייה ניתן להפריד, לגרוס ולמחזר את מרביתה לטובת בנייה ותשתיות. ניתן לעשות בה שימוש למצעים שונים כגון לכבישים, לשבילים, לריצוף חניות ומדרכות ועוד, וכן להכנת מוצרי צנרת, אגרגטים מבטון ממוחזר ומוצרים חדשים נוספים. מוצרי בנייה נפוצים אשר ניתן לעשות בהם שימוש חוזר הם לבנים, אבנים, אריחי ריצוף ועוד.

למחזור פסולת הבנייה ישנו ערך סביבתי וחברתי הכולל צמצום השלכת פסולת בשטחים הפתוחים, הפחתת שיעורי הטמנת הפסולת והפחתת הצורך בכרייה של חומרי גלם חדשים. מחזור פסולת הבנייה מסייע לצמצום ייצור של חומרי בנייה ולכן מסייע בצמצום פליטות גזי חממה מתהליכי הייצור. הטמנת פסולת בנייה באתרים מורשים מהווה חלופה אחרונה ואינה החלופה המומלצת בשל הבזוז במשאבים ובחומרים.

על כן, הגדלת שיעור המחזור של פסולת הבנייה כתוצאת מתהליכי התחדשות עירונית הינו יעד חשוב בראייה לאומית, בעיקר על רקע הצפי לגידול במספר המבנים שיעברו התחדשות עירונית בעשורים הקרובים ובכמויות הפסולת שעתידות להיווצר.

מטרת העבודה הינה יצירת תשתית ידע שתאפשר הגדלה של היקפי מחזור הפסולת הבנייה הנוצרת בתהליכי ההריסה של פרויקטי התחדשות עירונית. לצורך כך בוצעה בחינה של אופן הטיפול בפסולת ואפשרויות המחזור, של התקינה, האכיפה וההתנהלות בשטח ושל כמויות פסולת הבנייה שעתידות להיווצר בתהליכי ההריסה של התחדשות עירונית. על בסיס הסקירה והממצאים, גובשו מספר המלצות לקידום הנושא.

מבנה העבודה שוזר בתוכו בדיקות וניתוחים כמותיים, סקרי ספרות ואיסוף מידע, תוך ניסיון להתמקד באתגרי פסולת הבנייה מהריסה בהתחדשות עירונית בישראל אך כחלק מקונטקסט רחב יותר של כלל תחום פסולת הבנייה.

הפרק הראשון בעבודה הינו פרק רקע שמטרתו לספק תמונת מצב באשר לפסולת הבנייה בישראל, לרבות התייחסות להיקפים, לתהליכי פינוי פסולת, לאפשרויות טיפול ולרגולציה הקיימת כיום בישראל.

הפרק השני מתמקד במחזור פסולת הבנייה. הוא סוקר בקצרה את התפיסה של ניהול הפסולת במדינות מפותחות בעולם ומתאר את הליך מחזור פסולת הבנייה בישראל. בפרק זה נסקרים אתרי המחזור הקיימים, תהליכי המחזור המבוצעים, השימושים האפשריים בחומרים הממוחזרים ואיכות החומרים, וכן מועלים הכשלים והחסמים העיקריים לשימוש בחומרים הממוחזרים. בנוסף, הפרק כולל בחינה של היתרונות והחסרונות לביצוע הליך המחזור באתר ההריסה עצמו ביחס לביצועו במתקן מחזור ייעודי מחוץ לאתר.

הפרק השלישי עוסק בהערכת כמות הפסולת הצפויה להתקבל כתוצאה מהריסת מבנים בהתחדשות עירונית עד שנת 2040 ובחלוקה למחזות. בגוף הפרק מפורטים המתודולוגיה והנחות היסוד שגובשו לצורך הבדיקה ומוצגים ומנותחים ממצאיה. יש לציין שזוהי בדיקה ראשונה מסוגה ומהווה את אחד

מחידושי העבודה. בנוסף, יש להדגיש שעבודה זו מתייחסת לפסולת המתקבלת בתהליך ההריסה בלבד ואליה מתווספת פסולת הנוצרת בתהליך הבנייה החדשה.

הפרק הרביעי עוסק בהערכת הרכב פסולת הבנייה ובמשקלה. הרכב הפסולת מושפע מסוג המבנה, תקופת הבנייה ואופן ההריסה. לאפיון הרכב הפסולת ומשקלה יש חשיבות בקידום תהליכי הטיפול בפסולת ובפיתוח מוצרי מחזור. הערכת משקל הפסולת ביחס לשטחי ההריסה (טון למ"ר) היא הבסיס לקביעת מקדם הפסולת, לפיו מחויבים קבלני ההריסה להסכם פינוי עם אתרי מחזור. דיוק ועדכון מקדם הפסולת הוא אחד מהצעדים המשמעותיים הנדרשים לקידום הטיפול בפסולת הבנייה בישראל. בפרק זה נסקרים שיטות חישוב ומפתחות מקובלים בארץ ובעולם. על בסיס ועל בסיס סקרים, שאלונים וראיונות עם גורמים רלוונטיים בשטח, גובשה המלצה לקביעת מקדם פסולת חדש.

הפרק החמישי מציג מקרה בוחן של אתר הריסה במתחם טיפוסי להתחדשות עירונית. מטרת הפרק הינה להדגים הליך ממשי של הריסה ופינוי ולתקף את שיטת החישוב ואת מקדם הפסולת שתוארו בפרק הרביעי.

הפרק השישי הינו פרק סיכום והמלצות, המתמקד באתגרי פסולת הבנייה באתרי ההתחדשות העירונית. בפרק זה מתוארים ממצאי העבודה העיקריים ומוצעות מספר המלצות לגיבוש כלים ונהלים לקידום מחזור פסולת הבנייה בפרויקטים של התחדשות עירונית.

1. פסולת הבנייה בישראל - רקע

פרק זה יסקף תמונת מצב באשר לפסולת הבנייה בישראל. הפרק בוחן מהי פסולת בנייה, סוקר את היקפי פסולת הבנייה הנוצרת בישראל, את ההליך הנהוג לפינוי הפסולת מהאתר, וההתייחסות בחקיקה ובתקינה הישראלית לאופן הטיפול בפסולת ולאפשרות לעשות בה שימוש חוזר.

1.1. מהי פסולת בנייה?

ככלל, פסולת הבנייה מורכבת מחומרים ומוצרים אשר שימשו במקור לבניית אלמנטים שונים במבנים ובתשתיות וכן מאריזות של אותם חומרים ומוצרים נלווים אחרים. פסולת הבנייה נוצרת כתוצאה מפעולות בנייה שונות, ביניהן חדשה, הריסת מבנים, עבודות שיפוץ, עבודות עפר ויישור קרקע, סלילת כבישים ומדרכות, עבודות תחזוקה, הנחת תשתיות והחלפתן ועוד. מרכיביה של פסולת הבנייה כוללים חומרים שונים, ביניהם: בלוקים, גושי בטון, אבן, ברזל בניין, אספלט, מרצפות, לוחות גבס, פלסטיק, זכוכית, עץ, אדמה, סלעים וכן, שאריות תוספי בנייה שונים. לרוב מדובר בחומרים מינרליים אינרטיים הניתנים למחזור ולשימוש חוזר. חלקים אחרים בפסולת הבנייה שאינם אינרטיים (כגון ברזל, עץ ונייר) ניתנים אף הם למחזור וממוחזרים כיום בישראל בהיקפים משמעותיים.

למעשה, אין כיום הגדרה אחידה לפסולת בנייה. לשם קבלת רישיון עסק מהמשרד להגנת הסביבה, מוגדרת פסולת בנייה כ"חומרים ושיירי חומרים המשמשים לבנייה או שמשתמשים בהם בקשר לעבודות בנייה, לרבות ערמות אדמה וחלקי הריסות של מבנים"¹. פסולת בנייה נכללת גם תחת הגדרה של 'פסולת יבשה' קרי, פסולת גושית, פסולת בנייה, פסולת אינרטיה, גרוטאות וצמיגים, ופסולת שאינה מכילה מרכיבים אורגניים רקבוביים. בתקן 5281 בנייה בת קיימה מוגדרת פסולת בנייה כ"חומר פסולת שנוצר עקב תהליך הבנייה, וכולל פסולת מהריסה של מבנים קודמים, פחת של חומר שהותקן במבנה, אריזות ותוצרים אחרים של תהליך הבנייה"². על פי דו"ח מבקר המדינה לשנת 2021, כ-40% מפסולת הבנייה מקורה בבנייה חדשה, 38% ממנה בעבודות שיפוץ של מבנים קיימים, 17% בהריסת מבנים וכ-5% בעבודות תשתית³.

1.2. היקפי פסולת הבנייה בישראל

על פי נתוני המשרד להגנת הסביבה⁴, היקף פסולת הבנייה שנוצרה בישראל בשנת 2019 עמד על כ-6.2 מיליון טון. לפי הערכת המשרד, כמות הפסולת גדלה בכל שנה ב 1%-2%. חלק מהפסולת, כ-55%, (כ-3.4 מיליון טון) נקלטה במתקני המחזור וכ-48% ממנה (כ-3 מיליון טון) שווקה מחדש בפועל. שיעור מחזור הפסולת נמצא בעלייה משמעותית בשנים האחרונות. שיעור הפסולת שנקלטה במתקני המחזור בשנת 2019 היה כמעט כפול משיעור בשנת 2014. יתר על כן, גם הביקוש לחומרים ולמוצרים ממוחזרים נמצא בעלייה. שיעור פסולת הבנייה הממוחזרת ששווקה בפועל בשנת 2019 היה גבוה פי ארבעה משיעור הפסולת ששווקה בשנת 2014. יחד עם זאת, שיעור מחזור פסולת הבניין בישראל עדיין נמוך משמעותית ביחס למדינות האיחוד האירופי, שבחלקן כבר עבר את ה-90%. על פי

¹ מפרט אחיד לפריט 5.1.1 אשפה ופסולת - קבלת רישיון עסק מהמשרד להגנת הסביבה (קישור)

² ת"י 5281 - חלק 2: בנייה בת-קיימה ("בנייה ירוקה") דרישות לבנייני מגורים (קישור)

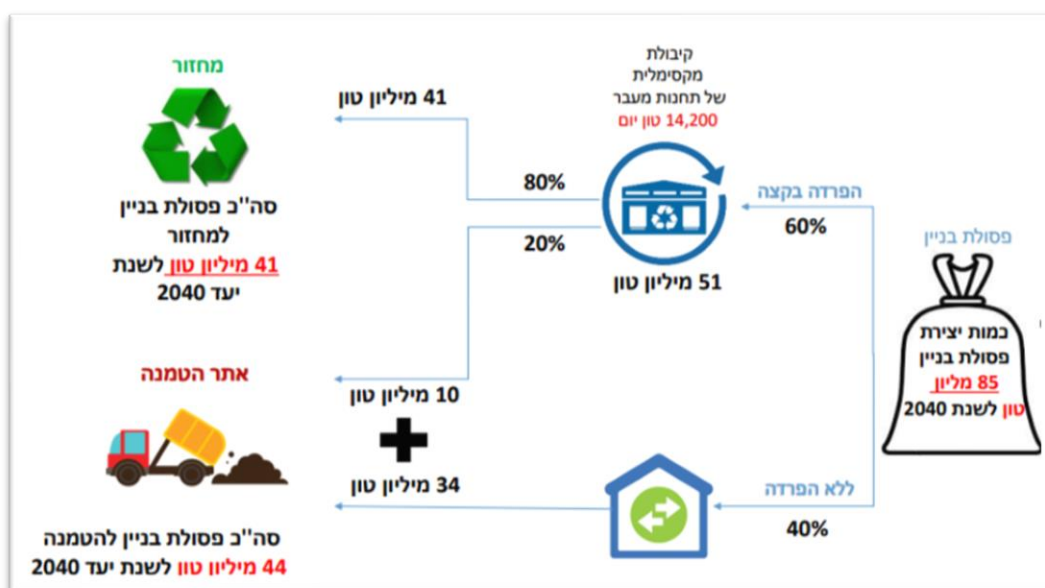
³ מבקר המדינה, דו"ח ביקורת שנתי 71(ג): הטיפול בפסולת בנייה, 2021 (קישור)

⁴ ליאור שמואלי, מיפוי חסמים לשימוש בחומרים ממוחזרים מפסולת בנייה בענף הבנייה והסלילה בישראל והמלצות לפתרונות, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה ואדם טבע ודין, 2020 (קישור)

הערכת המשרד להגנת הסביבה, כ-45% מפסולת הבנייה אינה נקלטת במתקני המחזור. חלק ממנה, כ-10% (0.6 מיליון טון), מועברת להטמנה וכ-35% (2.2 מיליון טון) ככל הנראה מושלכת בשטחים פתוחים.

דו"ח שהוצג על ידי חברת 'אביב' במסגרת דיון בוועדת התכנון המחוזית תל אביב, בדצמבר 2020, התמקד באופן פרטני במטרופולין ת"א- מחוזות ת"א ומרכז. על פי הדו"ח, סך כל פסולת הבניין העתידית הצפויה במטרופולין ת"א עד שנת 2040 תעמוד על כ-85 מיליון טון, כאשר 28% ממנה תיווצר מהריסת מבנים (כ-24 מיליון טון), 43% משיפוץ מבנים ו-29% מבנייה של מבנים חדשים. בתרחיש שהוצג בדו"ח, כ-60% מסך פסולת הבנייה (כ-51 מיליון טון) צפויים להיקלט במתקני מחזור פסולת בנייה ומתוכם, בפועל, כ-41 מיליון טון (48%) ימוחזרו. שאר הפסולת תפונה לאתרי הטמנה⁵.

תרשים 1: צפי להתפלגות פסולת בנייה למחזור והטמנה במחוזות מרכז ות"א לשנת 2040



מקור: מצגת בעריכת גורדון אדריכלים במסגרת תכנית אסטרטגית לתשתיות והנדסה (מנהל התכנון)

1.3 הליך פינוי הפסולת מהאתר

בפרויקטי התחדשות עירונית שלב הריסת המבנים מקדים את עבודות הבנייה החדשה. שלב הריסת המבנים הינו מאתגר לאור העובדה שהמבנים ממוקמים בלב שכונות ובסמיכות למבני מגורים מאוכלסים ולמבני ציבור פעילים. הליך פינוי הפסולת בשלב ההריסה שונה מהליך הפינוי בשלב ההקמה. בשלב ההריסה, כמות הפסולת היוצאת מהאתר מדי יום גדולה מאד וקצב הפינוי מהיר. כיוון שהריסת המבנים מתבצעת בזמן קצר יחסית ובאמצעות כלים מכניים הנמצאים בתוך האתר, ישנה תנועה ערה של משאיות סביב האתר לטובת פינוי הפסולת. במקביל להריסת המבנים, מתבצע פינוי של פסולת הבנייה על ידי קבלני פינוי פסולת העובדים תחת קבלן ההריסה או הקבלן הראשי בפרויקט. קבלני פינוי הפסולת נושאים בעלויות השינוע ובעלות

⁵ תכנית אסטרטגית לתשתיות הנדסיות ולתחבורה למטרופולין ת"א, דצמבר 2020, גורדון אדריכלים וחברת אביב.

הקליטה באתרי המחזור וההטמנה שבהם מטופלת הפסולת. השיקולים הכלכליים לטיפול בפסולת בנייה עבור קבלני פינוי הפסולת נגזרת ממחירי הסולר ומושפעת ממרחקי השינוע מאתר ההריסה ועד לאתר הטיפול. לכך מתווספים תשלום בכניסה לאתר הנקבע עפ"י משקל הפסולת במשאית ותשלום היטל הטמנה עבור פסולת שאינה ניתנת למחזור.

תהליך האיסוף והפינוי של פסולת הבניין והטיפול בה הוא תהליך מורכב בו שותפים מספר גורמים: קבלני בנייה, קבלני הריסה וקבלני שיפוצים, קבלני פינוי ומובילי פסולת בנייה, בעלי מפעלי מחזור או אתרי סילוק פסולת בנייה ועוד. במצב הנוכחי, שחקנים רבים במערכת האיסוף, הפינוי והטיפול בפסולת הבניין אינם מפקחים ועל כן המעקב והבקרה על אופן הטיפול בפסולת לוקים בחסר. חלק ממובילי פסולת הבנייה אינם מורשים וחלק גדול מפסולת הבנייה מפונה לשטחים פתוחים או לאתרים פיראטים שאינם מוסדרים. תופעה זו נועדה לחסוך את מרכיב תשלום דמי הכניסה למפעלי המחזור. מצב זה, בו קיימת כדאיות כלכלית להשלכת הפסולת בשטחים פתוחים, מקשה על מובילי פסולת הפועלים באופן חוקי, מכיוון שעליהם להתחרות בפעילות פיראטית שעלויותיה נמוכות. המצב הרגולטורי הקיים והשוק הפרטי הפועל בו, לא מצליחים למגר את ההשלכה הבלתי חוקית של פסולת הבניין בשטחים פתוחים, ויש צורך בהתערבות רגולטורית בכדי לפתור את כשל השוק.

תרשים 2: הליך התקשרות עם אתר טיפול בפסולת כתנאי למתן היתר בנייה



מקור: <http://www.greenet.co.il> Greenet

1.4. אסדרת הטיפול בפסולת הבנייה

הטיפול בפסולת הבנייה מוסדר באמצעות מספר חוקים ותקנות אשר כל אחד עוסק בנדבך מסוים של התחום. רוב החוקים והתקנות נוגעים לנושא הפסולת בכללותו ולא עוסקים בפסולת בנייה בלבד. כך למשל ישנם חוקים ותקנות העוסקות בין היתר במניעת מפגעים, איסור השלכת פסולת במתקנים שאינם מורשים, עידוד השימוש בחומרים ממוחזרים, נהלים לשינוע ולטיפול בפסולת וכיו"ב. ככלל, האחריות לפיתוח מדיניות הגנת הסביבה ולקביעת תקנים וסדר קדימות בתחום הינה בידי המשרד להגנת הסביבה, אך ריבוי החוקים והתקנות יוצר מצב בו האחריות מתחלקת בין שחקנים שונים, לא תמיד ברור מי הגורם האחראי, והאכיפה מתבצעת באופן חלקי. להלן סקירה של החוקים והתקנות העיקריות שעוסקות בנושא:

1. **חוק שמירת הניקיון, התשמ"ד-1984 (להלן - חוק שמירת הניקיון)**⁶: עוסק בין היתר באיסור השלכת פסולת בנייה ברשות הרבים, בצורך בהכרזה על אתרים מוסדרים ובסדרי הוצאת צווים לשמירת הניקיון. בחוק לא הוסדרה באופן מלא זהות הגורם האחראי לפינוי פסולת הבנייה.
2. **החוק למניעת מפגעים, התשכ"א-1961, והתקנות למניעת מפגעים (מניעת זיהום אויר וריח בלתי סבירים מאתרים לסילוק פסולת), תשנ"ב-1990**⁷: על פי התקנות, מפעיל אתר לסילוק פסולת יתחזק את האתר ויפעילו באופן שימנע זיהום אויר וריח בלתי סבירים מהאתר וינקוט אמצעים הדרושים למניעת זיהום אויר וריח בלתי סבירים.
3. **תקנות רישוי עסקים (תחנת מעבר לפסולת), התשנ"ח-1998**⁸: התקנות מגדירות אתרים לטיפול ולסילוק פסולת וקובעות דרישות לבניית תחנות מעבר לפסולת, להפעלת תחנה ולטיפול בפסולת ומניעת מפגעים.
4. **תקנות התכנון והבנייה (בקשה להיתר, תנאים ואגרות), תש"ל-1970, סעיף 16ג**⁹: תנאי לקבלת היתר בנייה הינו פינוי פסולת בנייה או טיפול בה עוד במהלך העבודה ומיד לאחר השלמת הבנייה. ברשויות מקומיות מסוימות, קיימות התניות נוספות כגון אישור התקשרות עם אתר טיפול או סילוק פסולת מאושר או עם חברת מחזור המאושרת על ידי המשרד להגנת הסביבה וציון כמויות הפסולת המשוערת להריסה.
5. **הצעת חוק שמירת הניקיון (תיקון מס' 24 - טיפול בפסולת בנייה), התשע"ט-2018 פורסמה ע"י הממשלה ב- 31.10.18 הייתה מצויה בהכנה לקריאה שנייה ושלישית בוועדה (תיקון שהוגש לחוק בכנסת ה- 20 אך לבסוף לא קודם. בימים אלה נבחן מחדש)**¹⁰: תיקון לחוק שמירת הניקיון (טיפול בפסולת בנייה) שמטרתו הסדרת שוק ההובלה והטיפול בפסולת בנייה על ידי יצירת קשר ישיר בין יצרן הפסולת למתקן מורשה לטיפול בפסולת אשר יוודא כי הפסולת אכן תגיע למתקן. בכך החוק מבקש לצמצם באופן ניכר את כמות העסקאות הבלתי חוקיות שבסופן הפסולת מסולקת בשטחים פתוחים. בדברי ההסבר להצעת החוק נכתב כי במצב הקיים לא מוטלת על יצרן הפסולת או על המוביל שלה חובת התקשרות עם אתר טיפול בפסולת, וכי ביזור פעולות הפינוי והטיפול בין גורמים רבים ונפרדים, ללא גורם מרכזי, מונע אפשרות מעשית לפיקוח על החוליות השונות בשרשרת. עוד צוין כי במצב הקיים קבלני הבניין מציבים בעצמם באתרי הבנייה מכולות או שקים לאצירת פסולת הבנייה ובהמשך מפנים אותם. על פי הצעת החוק, רק בעל רישיון יוכל לבצע את הפעולות האלה. על פי ההצעה, הצבת כלי אצירה לפסולת בנייה תהיה טעונת אישור הרשות המקומית, שכלי האצירה מוצב בתחומה. בנוסף, השר להגנת הסביבה, בהתייעצות עם שר הפנים, יקבע הוראות לעניין אמצעי זיהוי, סימון, מעקב ובקרה שיותקנו בכלי אצירה רשום.
6. **תקנות התכנון והבנייה (בנייה בת-קיימה), תש"ף 2020**¹¹: תקנה זו קובעת כי החל ממרץ 2022 כל בנייה למגורים, משרדים, מסחר, בתי חולים, בניינים ציבוריים שונים ועוד תיעשה לפי הוראות ת"י 5281 לבנייה בת קיימה. למעשה כבר כיום רבים מהמבנים בישראל נבנים על פי

⁶ חוק שמירת הניקיון התשמ"ד-1984 (להלן - חוק שמירת הניקיון) **(קישור)**

⁷ החוק למניעת מפגעים, התשכ"א-1961, והתקנות למניעת מפגעים (מניעת זיהום אויר וריח בלתי סבירים מאתרים לסילוק פסולת), התשנ"ב-1990 **(קישור)**

⁸ תקנות רישוי עסקים (תחנת מעבר לפסולת), התשנ"ח-1998 **(קישור)**

⁹ תקנות התכנון והבנייה (בקשה להיתר, תנאים ואגרות), תש"ל-1970 **(קישור)**

¹⁰ הצעת חוק שמירת הניקיון (תיקון מס' 24) - טיפול בפסולת בנייה, התשע"ט-2018 **(קישור)**

¹¹ תקנות התכנון והבנייה (בנייה בת קיימה), תש"ף 2020 **(קישור)**

התקן לבנייה בת קיימה לאור אימוץ התקן באופן מחייב על ידי רשויות מקומיות רבות. התקן אינו מתייחס בנפרד להריסת מבנים. ניתן להחיל את התקן הן על בנייה חדשה והן על שיפוץ. בנייה ירוקה היא גישה רב תחומית העוסקת בהיבטים שונים של התכנון, הבנייה והפיתוח והתקן עצמו מתייחס להיבטים רבים. עמידה בתקן נעשית באמצעות צבירת נקודות על ידי עמידה בדרישות שונות בנושאים כגון אנרגיה, מים וכד'. הדרישות בתקן מתייחסות למספר היבטים רלוונטיים לעניין הטיפול בפסולת הבנייה: הפרדת פסולת הבנייה כבר בשלב הבנייה (במקום באתר לטיפול בפסולת), שימוש בחומרים ממוחזרים והכנת תכנית לניהול אתר הבנייה שתכלול התייחסות לשינוע פסולת הבנייה. יש לציין שלקראת הפיכת התקן לבנייה בת קיימה לתקן מחייב, מגבש המשרד להגנת הסביבה מדריך להריסת מבנים סלקטיבית.

7. **החלטת ממשלה 2927 בנוגע להסדרת הטיפול בפסולת בנייה, 2003**¹²: החלטת הממשלה כללה מספר צעדים לעידוד מחזור פסולת הבנייה, לרבות הרחבת השימוש בחומרי בנייה ממוחזרים. ההחלטה קובעת כי משרד הפנים והמשרד להגנת הסביבה ינחו את הרשויות המקומיות להכין תכניות מקצועיות להסדרת הטיפול בפסולת בנייה הנוצרת או המצויה בשטחן. הוראות התכנית יכללו התייחסות לנושאים הבאים:

- א. הקמה והפעלה של תחנת מעבר לפסולת בנייה או של משטח לפינוי פסולת גושית.
- ב. מחזור פסולת בנייה בתחנת המעבר או העברת הפסולת למפעל מחזור והעברת שאריות הפסולת שיוותרו לאחר המחזור לאתרי הטמנה מוסדרים.
- ג. חיוב קבלנים או מנהלי פרויקטי הריסה בהיקף גדול לגרוס את פסולת הבנייה באתר הבנייה ולמחזרה.

ד. ניקוי ושיקום של שטחים פתוחים שיש בהם ריכוזי פסולת. כמו כן כללה ההחלטה התייחסות לעידוד השימוש בחומרים ממוחזרים והטלת חובה על משרדי הממשלה לחייב את גורמי הביצוע במשרדים להשתמש בכל פרויקט בנייה ותשתיות ב-20% פסולת בנייה ממוחזרת לפחות.

על בסיס החלטה זו פורסם בשנת 2010 חוזר מנכ"ל משרד הפנים אשר קבע כי על כל רשות מקומית לפעול לקידום תכנית אב לטיפול בפסולת בנייה בתחום שיפוטתה. חוזר המנכ"ל לא התייחס לנושאים שעל תכנית האב לעסוק בהם. החלטת הממשלה יושמה באופן חלקי בלבד.

8. **הוראות תכ"ם (תקנות כספים ומשק) מספר: 7.12.8 של החשב הכללי בנוגע לשימוש בחומרי גלם ממוחזרים, 2010**¹³: הוראה זו מחייבת שימוש בחומרי בנייה ממוחזרים בהתקשרויות משרדי הממשלה ובמכרזי תשתית גדולים שעורכת המדינה. במכרזי ממשלה ויחידות הסמך, בתחום הבנייה, המתפרסמים באתר מינהל הרכש הממשלתי, מצוין שיש לפעול עפ"י התקנות, בשים לב להוראות התכ"ם או על פי נוהל פנימי מאושר¹⁴. נכון להיום, למיטב ידיעת צוות העבודה, קיים קושי בבקרה ופיקוח על היישום בשטח של הוראה זו, ואין נתונים על היקף השימוש בפועל.

¹² החלטת ממשלה 2927 בנוגע להסדרת הטיפול בפסולת בנייה, 2003 (קישור)

¹³ הוראות תכ"ם (תקנות כספים ומשק) מספר 7.12.8 של החשב הכללי בנוגע לשימוש בחומרי גלם ממוחזרים, 2010 (קישור)

¹⁴ מדברי אלון קינסט - מנהל תחום בכיר (מכרזים וכלכלה), מינהל הרכש הממשלתי, אוקטובר 2021

2. מחזור פסולת הבנייה

מחזור פסולת הבנייה הוא השלב הסופי בטיפול בפסולת, השלב בו מה שהחל כפסולת בנייה הופך לחומר או למוצר בו ניתן לעשות שימוש מחדש. מכאן שמדובר בשלב משמעותי ובעל השפעה רבה על הצלחתו או היעדר הצלחתו של הליך מעגלי לטיפול יעיל בפסולת. ככל שהליכי המחזור מוצלחים ויעילים, וככל שהתוצרים מהתהליך איכותיים וברי שימוש, כך עולה הכדאיות להפרדת הפסולת מלכתחילה ולהעברתה למתקני מחזור.

פרק זה מתמקד במחזור פסולת הבנייה ומובאת בו סקירה קצרה של התפיסה של הליך המחזור במדינות מפותחות בעולם ותיאור של הליך מחזור פסולת הבנייה בישראל הלכה למעשה. בהמשך, הפרק כולל בחינה של היתרונות והחסרונות לביצוע הליך המחזור באתר ההריסה עצמו ביחס לביצועו במתקן מחזור ייעודי. מחלק זה של הפרק עולה אחת מהמסקנות החשובות של העבודה והיא היעדר הכדאיות לביצוע הליכי המחזור באתר ההרס עצמו. בנוסף, תינתן סקירה של האתרים הקיימים כיום למחזור של פסולת בנייה ופריסתם הגיאוגרפית, וכן התייחסות לשימושים האפשריים בחומרים ממוחזרים לתשתיות ולבנייה. לבסוף מובאים החסמים העיקריים לשימוש בחומרים ממוחזרים כיום בישראל.

2.1 מחזור פסולת הבנייה – התפיסה בעולם

התפיסה הרווחת בעולם המערבי היא כי פסולת הבנייה מהווה משאב בעל ערך כלכלי, סביבתי וחברתי. הסוכנות להגנת הסביבה של ארצות הברית (EPA) מקדמת מזה שנים גישה לניהול חומרים בני קיימה (Sustainable Materials Management-SMM), המזהה חומרים מסוימים ככאלו שניתן להשתמש בהם בפרויקטים חדשים של בנייה ומעודדת את השימוש החוזר בהם. בכך פותח הצורך לכרות ולעבד חומרים גולמיים. בקליפורניה לדוגמה, יעד המחזור של פסולת הבנייה עומד על 75% והמדינה מחייבת כל פרויקט בנייה בעלות של למעלה מ- 100,000 דולר להגיש תכנית מחזור או שימוש חוזר (Recycling and Reuse Plan) המפרטת כיצד יבוצע מחזור או שימוש חוזר של 50% לפחות מפסולת האבן הנוצרת באתר עצמו, בעוד אתרי קליטת פסולת הבנייה מחויבים למחזור לפחות 65% מסך פסולת הבניין הנקלטת באתר. במדינות האיחוד האירופי עמד יעד המחזור בשנת 2020 על 70% אך בחלק ממדינות אירופה הוצבו אף יעדים גבוהים יותר. כך למשל בהולנד ובגרמניה הוצב יעד מחזור של 90% מפסולת הבנייה. במדינות אלו ננקטים אמצעים שונים להשגת היעד ובהם:

- **אמצעים כלכליים:** כדוגמת הטלת מיסוי לכריית אגרגטים ראשוניים, השתתפות בעלות הציוד להקמת מפעלי מחזור, יצירת תנאי סף במכרזים לעבודות פיתוח סלילה ובינוי.
 - **אמצעים אדמיניסטרטיביים:** כדוגמת ביצוע הדרכות לקבלנים ואנשי מקצוע בנושא חסכון בחומר, מחזור וניהול אתרי בנייה, הסברה בנושא ניצול חומרי גלם ממוחזרים כאגרגטים, עידוד ומימון מחקרים בנושא הגדרת נהלים להבטחת המחזור, הכנת תקנים לשימוש בחומרי הגלם ואכיפת העמידה בתנאים הרגולטיביים.
 - **אמצעים חקיקתיים:** חוקים שמתירים הטמנה של פסולת רק אם הוכח שהיא איננה ניתנת לשימוש חוזר או מחזור.
- בעולם המערבי מקובלת מדיניות לייעול השימוש בחומרי גלם בענפי הכרייה והבנייה, וזאת מתוך הפנמה של ההשפעות השליליות של פסולת הבנייה ובניסיון למזעור מפגעים. כמו כן, מקודמת המדיניות מתוך רצון לניצול זהיר של אוצרות הטבע באופן כזה שלא יפגע באפשרויות של הדורות הבאים.

בשנים האחרונות, עולה ההתייחסות לנושא פסולת הבנייה גם מתוך הניסיון לקדם כלכלה מעגלית, ומתוך שאיפה להפחית עד לאפס את הפסולת הלא מנוצלת. על מנת לסייע לקידום התחום, וכחלק

מתכנית כללית ליישום כלכלה מעגלית בענף הבנייה, פרסם האיחוד האירופי מספר כלים ומדריכים מרכזיים התומכים ביישום כלכלה מעגלית בענף הבנייה.

להלן מספר מנגנונים הפועלים בחלק ממדינות המערב, במטרה לייעל את הטיפול בפסולת הבנייה :

1. הכנת תכנית לניהול פסולת הבנייה על ידי הקבלן במהלך הוצאת היתר הבנייה. התכנית כוללת הערכה של היקף הפסולת הצפוי, הרכב הפסולת ואופן הטיפול בה (באתר עצמו ובהעברה לאתר מורשה). תכנית זו מחויבת באישור גורם ממונה כחלק מהליך היתר הבנייה.
2. הטלת אחריות על קבלן ההריסה לביצוע מיון והפרדה של הפסולת באתר, לפסולת מסוכנת ולפסולת שאינה מסוכנת.
3. תיעוד מפורט של כמויות הפסולת בפועל מתבצע על ידי חברות פינוי הפסולת.
4. פיקוח ממשלתי על רישיונות להפעלה של מתקני טיפול והטמנת פסולת פרטיים.

2.2. מחזור פסולת הבנייה בישראל – הלכה למעשה

תהליך הטיפול בפסולת מתבצע באתרים ייעודיים ממספר סוגים ולהם מספר מונחים :

תחנת מעבר - אתר בו מתבצעת העברת פסולת ממכולת איסוף למשאית. תחנות מסוג זה כבר כמעט ולא קיימות, נותרה אחת באזור צריפין וגם היא עומדת להיסגר.

אתר טיפול/ אתר מחזור/ מפעל מחזור/ מתקן מחזור - אתר בו מתבצעות פעולות מיון, גריסה וניפוי.

אתר טיפול המכיל גם מתקני שטיפה מתקדמים יכונה לרוב מפעל מחזור.

אתר הטמנה - אתר בו מוטמנת פסולת בנייה שלא ניתן למחזרה.

אתר/ מתקן קצה - אתר הטמנה או אתר מחזור של פסולת בנייה.

הליך המחזור של פסולת הבנייה מתבצע במתקני קצה מורשים. פסולת הבנייה יכולה להגיע כאשר היא כבר עברה מיון באתר ההריסה למרכיבים שונים, או ללא מיון. ככל שההפרדה נעשית באתר ההריסה שבו נוצרה הפסולת, כך איכות ההפרדה טובה יותר. לכן, הפרדת הפסולת באתר ההריסה עצמו היא היעילה ביותר לטובת הליך המחזור והשימוש החוזר בחומרים. מאידך, ההפרדה באתר מורכבת מאד, מחייבת כוח אדם גדול והיא פחות נפוצה. עבור חומרים ספציפיים כגון מתכות, אמצעים מכניים שונים (שלרוב לא נמצאים באתר) יכולים לסייע להגיע להפרדה ברמה גבוהה, גם במתקני קצה.

באתר הטיפול, הליך המיון של הפסולת יכול להתבצע באופן מכני ובאופן ידני. הליך המיון נועד להפריד את החומרים לכאלו הניתנים למכירה או לשימוש חוזר כחומרי גלם ולכאלה שלא. בשלב המיון הראשוני, גושים גדולים של בטון נשלחים לריסוק ומתבצעת הפרדה של פלסטיק, מתכות וברזל. בשלב זה נעשה שימוש במכונה או במגנט באמצעותם מועברות המתכות לערמה נפרדת ובהמשך למפעל למחזור מתכות. החומרים המתקבלים בסוף תהליך המיון הראשוני מועברים להמשך טיפול כגון ריסוק, גריסה, ניפוי, שטיפה וייבוש. בשלב הניפוי מתבצעת הפרדת חומרים שאינם מינרליים כמו פלסטיק וניילון למשל. חומרים אלו מועברים לאתרי הטמנה. בסופו של התהליך, תוצרי החומרים המינרליים שעברו מחזור, חוזרים כחומרים חדשים, בהם ניתן לעשות שימוש, לשוק הבנייה.

תרשים 3: אתר מחזור לפסולת בנייה | Greenmix - קבוצת בני וצביקה בהרצליה



מקור: אתרי מחזור לפסולת בנייה | Greenmix - קבוצת בני וצביקה (קישור)

2.3 מחזור פסולת באתר ומחוץ לאתר - יתרונות וחסרונות

על פניו, כאשר ניתן לבצע מיון והפרדה של פסולת הבנייה באתר בו מתבצעת ההריסה, קיימת אפשרות לבצע גם את הליך המחזור עצמו באתר או בסמיכות אליו. תת פרק זה מבקש לבחון את האפשרות לבצע את מחזור הפסולת באתר ההריסה עצמו, וזאת לטובת צמצום שינוע הפסולת לאתרי המחזור.

לצורך הערכת היתרונות והחסרונות של כל שיטה התקיימו ראיונות עם מנהלים מפעלי מחזור ועם קבלנים. מהשיחות עולה כי לא קיימת היתכנות למחזור פסולת הבנייה באתר ההריסה. מחזור הפסולת באתר ההריסה מתבצע רק במקרים בהם קיימים תנאים ספציפיים המאפשרים זאת או אם קיימת הוראה מחייבת של מהנדס העיר.

להלן המגבלות, החסמים והסיבות המרכזיות למסקנה זו, כפי שעלו מהראיונות:

- **מגבלת מקום:** במרבית אתרי ההריסה ישנה מגבלת מקום שלא מאפשרת הכנסת ציוד כבד ומיכון המשמש למחזור.
- **קרבה לאזורי מגורים:** מחזור באתר יכול להתבצע רק אם מדובר באזורים מרוחקים מאוכלוסייה, כאשר פרויקטי התחדשות עירונית באופן אינהרנטי נעשים בלב שכונות מגורים. עבודות מחזור גורמות למפגעי רעש ופסולת ולכן רשויות מקומיות נוטות להתנגד למחזור באתר ההריסה¹⁵. בפועל, כמעט ולא ניתנים אישורים לגריסת פסולת באתרים בתוך העיר. גם כאשר רשות מקומית מאפשרת זאת, הדרישות הסביבתיות גבוהות מאוד וכרוכות בעלויות גבוהות. בדרך

¹⁵ ראיון עם מר אורי טל, מרכז פסולת יבשה באגף לטיפול בפסולת, המשרד להגנת הסביבה

כלל נדרש לבצע תסקיר השפעה על הסביבה הכולל התייחסות להגנה מאבק ומרעש וזה מחייב השקעה כספית נוספת.

- **איכות נחותה של תוצרים** : התוצרים המתקבלים ממחזור באתר לרוב נחותים יותר מהתוצרים המתקבלים במתקני טיפול מורשים. בשל הקושי הפיזי (היעדר מקום) והכלכלי (צורך ברכישת ציוד) למקם באתר ההריסה ציוד ייעודי המשמש לתהליך המחזור, לא ניתן להגיע לתוצרים "נקיים" ומדויקים דיים. החומרים המתקבלים עשויים להכיל שאריות של חומר לא מינרלי ולהתאפיין בגריסה שאינה אחידה.
- **הסמכה נדרשת** : לשם ביצוע מחזור ושימוש חוזר באתר ההריסה יש לקבל הסמכה לת"ת 30 (תקן תהליכי 30) לאתר עצמו. הסמכה זו מורכבת ויקרה¹⁶.
- **העדר הנחיות בתב"ע** : בתב"ע אין בדרך כלל הנחיות לעניין זה. ישנם מקרים בהם מהנדס/ות העיר דורשים/ות להטמיע הנחיות מפורטות בשלב היתר בנייה ולעתים קיימת התייחסות בהנחיות המרחביות שקובעות כללי עבודה כלליים, ללא צורך בפירוט בתב"ע או בהיתר הבנייה¹⁷.
- **גורם הזמן** : עבור קבלן ההריסות, הזמן הינו גורם קריטי לרווחיות העבודה. לכן, אין לו עניין במיון הפסולת והמוצרים הנשארים באתר.
- **יתרון לגודל** : הבאת מיכון לביצוע המחזור כדאית רק במקרים בהם נפח החומר לגריסה גדול דין¹⁸.
- **פער בין היצע וביקוש באתר** : סביר להניח שלא תהיה התאמה מלאה בין כמות וסוג התוצרים שיתקבלו ממחזור פסולת ההריסה באתר לבין הנדרש לצורך הבנייה החדשה. מצב כזה ידרוש שינוע של העודפים.

טבלה 1: סיכום יתרונות וחסרונות למחזור פסולת באתר ומחוץ לאתר

שיטה	יתרונות	חסרונות
הפרדה וגריסת פסולת באתר ההריסה	1. טיפול בחומרים ועלויות הובלה נמוכות יותר 2. ניצול מיטבי של חומרים ממוחזרים לשימוש חוזר באתר	1. תפיסת שטח משמעותי באתר 2. עלויות תפעול גבוהות יותר לטון של פסולת 3. היווצרות של מטרדי רעש ואבק 4. חשש שהעבודות הגריסה והמיון יעכבו את עבודות הבנייה של הפרויקט 5. איכות תוצרים נמוכה יותר
הפרדה וגריסת פסולת במתקן טיפול מורשה	1. מאפשרת שימוש בציוד כבד ויעודי להפרדה וטיפול בפסולת ולפיכך איכות תוצרים טובה וליישומים מגוונים. 2. עלויות התפעול לטון צפויות להיות נמוכות יותר 3. בקרת האיכות על החומר הממוחזר טובה יותר ביחס לביצוע המחזור באתר 4. קל יותר לאחסן מלאים ולאתר שווקים אפשריים למכירת החומרים הממוחזרים	1. צורך בבקרה צמודה על תהליך ההרס כדי למנוע קבלת חומר באיכות לא ידועה 2. עלויות של כוח אדם, הכשרה וציוד מתקדם 3. עלויות קבועות הכרוכות באחזקה של מפעל מחזור ייעודי 4. עלויות שינוע של הפסולת מאתרי ההרס אל מפעל המחזור 5. השפעות סביבתיות משינוע הפסולת

¹⁶ ראיון עם ממחזר פסולת בנייה במרכז הארץ

¹⁷ ראיון עם יועץ לתכנון סביבתי למשרדי ממשלה בפרויקט התחדשות עירונית

¹⁸ ראיון עם חברת הנדסה וניהול פרויקטים (כולל פרויקט התחדשות עירונית)

תרשים 4: תרשים זרימה של תהליך הטיפול באתרי הריסת מבנים

פסולת בנייה מגיעה למתקני הקצה ללא מיון מקדים.

ההפרדה נעשית במתקן הקצה בעזרת כוח אדם מוגבר ואמצעים מכניים שונים (שלרוב לא נמצאים

פסולת בנייה מגיעה למתקני הקצה לאחר מיון למרכיבי השונים באתר ההריסה.

ככל שההפרדה נעשית באתר ההריסה שבו נוצרה הפסולת, כך איכות ההפרדה טובה יותר.

באתר הטיפול הליך המיון של הפסולת יכול להתבצע באופן מכני ובאופן ידני. הליך המיון נועד להפריד את החומרים לכאלו הניתנים למכירה או לשימוש חוזר כחומרי גלם ולכאלה שלא.

הליך המחזור של פסולת הבנייה מתבצע במתקני קצה מורשים

שלב המיון הראשוני- גושים גדולים של בטון נשלחים לריסוק ומתבצעת הפרדה של פלסטיק, מתכות וברזל. בשלב זה נעשה שימוש במכונה או במגנט באמצעותם מועברות המתכות לערמה נפרדת ובהמשך למפעל למחזור מתכות.

החומרים המתקבלים בסוף תהליך המיון הראשוני מועברים להמשך טיפול של גריסה, ניפוי, שטיפה וייבוש.

שלב הגריסה- גריסת הפסולת חיונית לפני מחזור/הטמנתה באתר ההטמנה, תהליך הגריסה מבוצע ע"י אנשי מקצוע מוסמכים ומיומנים ומכונות כבדות בטכנולוגיה מתקדמת.

שלב הניפוי- מתבצעת הפרדת חומרים שאינם מינרליים כמו פלסטיק וניילון למשל. חומרים אלו מועברים לאתרי הטמנה.

תוצרים- תוצרי החומרים המינרליים שעברו מחזור, חוזרים כחומרים חדשים, בהם ניתן לעשות שימוש, לשוק הבנייה.

2.4. אתרים למחזור והטמנה של פסולת בנייה

מספר האתרים למחזור והטמנה של פסולת בנייה בישראל שילש את עצמו בעשור האחרון ועומד כיום על 36. חלק מהאתרים ייעודיים להטמנה או מחזור וחלקם משלבים הטמנה ומחזור באותו אתר. בנוסף, ישנם 11 אתרי הטמנה מוסדרים לפסולת מעורבת המאפשרים לקלוט פסולת בנייה בפריסה ארצית¹⁹, וכן, ישנן מטמנות לא חוקיות - רבות מכדי לספור.

טבלה 2: אתרים למחזור והטמנה של פסולת בנייה על פי מחוזות (2021)

מחוז	מחזור	הטמנה	משולב - מחזור והטמנה
צפון	6	0	4
חיפה	4	1	2
מרכז	7	0	1
ירושלים	1	1	0
דרום	4	2	3
סה"כ	22	4	10

מקור: רשימת אתרי הטמנה, תחנות מעבר ומפעלי מחזור לסילוק פסולת בנייה ולטיפול - מעודכן לספט' 2021 (קישור)

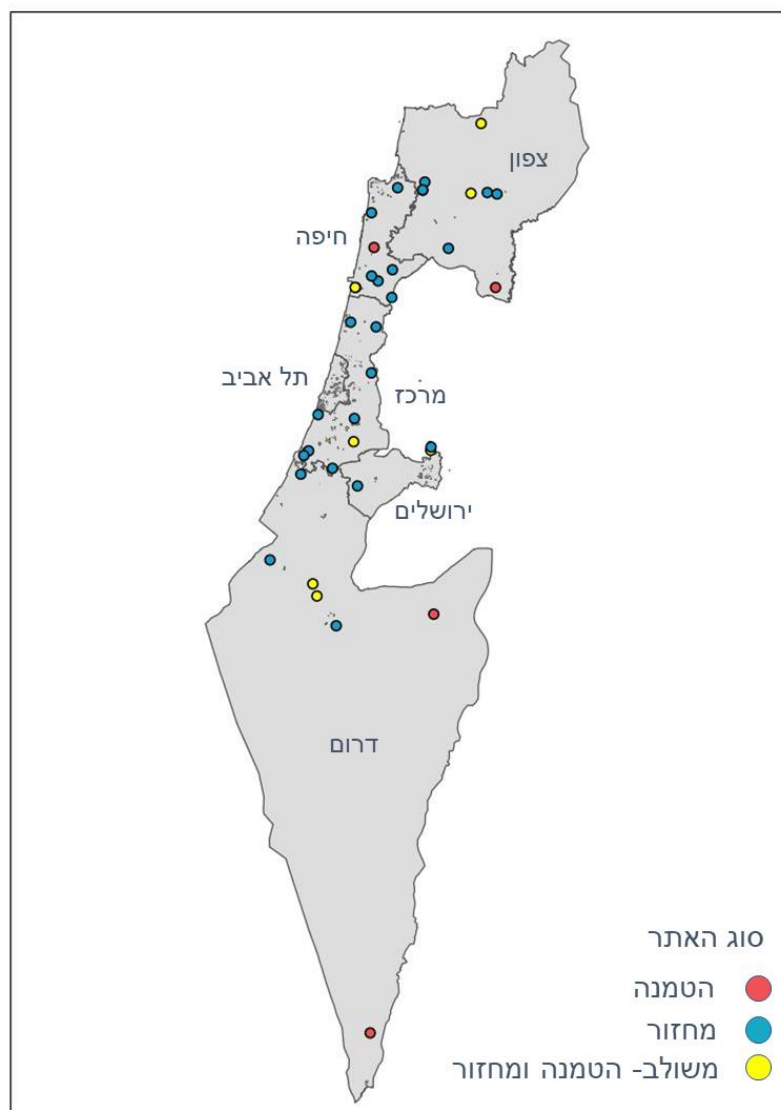
עלות ההובלה של חומרי בנייה לאתר מהווה מרכיב משמעותי בעלות הכוללת של החומרים. נקבע כי רדיוס אספקה אפקטיבי ללקוח הוא עד כ-50 ק"מ מהמחצבות או ממתקנים מורשים מהם ניתן לרכוש חומרי גלם²⁰. המשמעות היא שאם מפעל המחזור רחוק יותר, יעדיף הלקוח לרכוש חומר ראשוני ממקור קרוב. על אף הגידול המתואר במתקני המחזור בישראל, עדיין יש חסר. בדוח מבקר המדינה לשנת 2021 קיימת המלצה להרחיב את כמות המתקנים, תוך דגש על פריסה גיאוגרפית מתאימה. דגש מיוחד ניתן לאזור המרכז, בו גדולים היקפי הבנייה, הן בפרויקטים חדשים והן בהתחדשות עירונית. עוד מומלץ בדוח לאפשר ואף לחייב מחצבות למקם מתקני מחזור בתחומם²¹.

¹⁹ רשימת אתרי הטמנה, תחנות מעבר ומפעלי מחזור לסילוק פסולת בנייה ולטיפול - מעודכן לספט' 2021 (קישור)

²⁰ תמ"א 14 ב' - תכנית מתאר ארצית לכרייה ולחציבה, 2018. (קישור)

²¹ מבקר המדינה, דו"ח ביקורת שנתי 71(ג): הטיפול בפסולת בנייה, 2021 (קישור)

תרשים 5: מפת פיזור אתרים למחזור והטמנה של פסולת בנייה (2021)



2.5 שימוש בחומרים ממוחזרים לתשתיות ובנייה

קיימים סוגים שונים של חומרים ממוחזרים, אותם ניתן להפיק במפעלי המחזור של פסולת הבנייה, בהליך של הפרדה, גריסה, ניפוי ושטיפה. מרבית החומרים משמשים כחומרים נלווים לענף הבנייה ובעיקר כחומרי מילוי ומצעים²². על החומרים הממוחזרים לעמוד בדרישות האיכות המפורטות במפרט הכללי לעבודות בנייה ובפרט לעבודות סלילה²³.

²² ליאור שמואלי, מיפוי חסמים לשימוש בחומרים ממוחזרים מפסולת בנייה בענף הבנייה והסלילה בישראל והמלצות לפתרונות, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה ואדם טבע ודין, 2020.

²³ הספר הכחול, מפרט כללי לעבודות בנייה: פרק 51- מפרט כללי לעבודות סלילה ([מישור](#))

טבלה 3: חומרים ממוחזרים ושימושים

החומר הממוחזר	תיאור	שימוש
מצע ג' - מילוי נברר	תערובת של חומר מילוי בגדלים שונים	שכבת מילוי תחתונה, מתחת למבנה הכביש או בשטחי הפיתוח של המבנים.
מצע ב'	תערובת של חומר מילוי דק עם יחס גבוה יחסית של אבנים גרוסות	שכבת מילוי איכותית יחסית, המשמשת כתשתית למבנה כבישים ומדרכות.
חול/אגרגט שטוף	חול או תערובת של חול עם אגרגט דק שטופים	חומר מילוי איכותי כמצע לריצוף פנים וחוף, כיסוי צנרת בעבודות תשתית, חומר גלם לתעשיות הבטון למשל לשימוש בתערובות צמנטיות בעלות חוזק נמוך, שאינן קונסטרוקטיביות כדוגמת CLSM.
אספלט מקוצץ	אגרגט אספלט מהריסת כבישים ומשטחי אספלט	משולב בתערובת אספלט חדשה. בתערובות קרות- בשיעור של עד 15% מנפח התערובת. בתערובות חמות- בשיעור של עד 40%-12.24 ²⁴
ברזל	חלקי ברזל מאלמנטים קונסטרוקטיביים	מפונה לשימושים שונים

משיחות עם מפעילי מתקני מחזור של פסולת בנייה נמצא כי 'מצע ב' הוא החומר הממוחזר הנמכר ביותר בישראל, היות והוא משמש לבניית כבישים ומדרכות. מצע ב' מוגדר בת"י 1886 ובמפרט הכללי לעבודות בנייה²⁵. למרות זאת ולמרות שמדובר בחומר איכותי וזול יותר מחומר חדש, הוא נעדר ממרבית המפרטים הנוגעים לתשתיות מבנים ברמה הלאומית והמקומית.

נתון נוסף שעלה מהשיחות עם המפעילים הוא שהשימוש בחול ממוחזר הולך ועולה, בעיקר משום שקיים מחסור בחול דיונות ראשוני ומשום שמחירו יקר, מה שמייצר יתרון לחול ממוחזר.

²⁴ שיחה עם עומרי מזרחי, מנהל תחום ביסוס וקרקע במשרד הבינוי והשיכון, ינואר 2022
²⁵ הספר הכחול, מפרט כללי לעבודות בנייה: פרק 51- מפרט כללי לעבודות סלילה ([קישור](#))

2.6. חסמים לשימוש בחומרי בנייה ממוחזרים

חסמים לא מעטים עומדים בפני מחזור פסולת הבנייה בישראל. עיקרי החסמים, המוצגים להלן, הוצגו ע"י מנהלת פסולת הבנייה²⁶, הופיעו בדוח מבקר המדינה בשנת 2021²⁷, נכתבו²⁸ וועלו בשיחות עם גורמים שונים בשוק המחזור:

1. **איכות החומר הממוחזר** - על מנת שיותר לשימוש, על החומר הממוחזר לעמוד בדרישות המפרט הכללי ב"ספר הכחול"³⁰, המגביל את אחוז החומרים הלא-מינרליים בתוכו. חלק מהחומרים אינם עומדים בדרישות ומכילים סמרטוטים, שאריות עץ וחומר אורגני באחוזים גבוהים משמעותית מהמותר במפרטים. בנוסף, מאחר שמדובר בפסולת בניין שאינה אחידה והמובלת במספר משלוחים/מטענים, קשה לוודא כי החומר המובא אכן עומד באיכות הנדרשת.
2. **תקינה שלא מאפשרת שימוש בחומרים ממוחזרים** - נכון להיום קיימים איסורים ומגבלות בתקינה ובמפרטים טכניים על שימוש בחומרים ממוחזרים וזאת בעיקר בשל הקושי לאכוף את דרישות האיכות. כך למשל לפי פרק 51 לספר הכחול (המפרט הטכני המוביל בישראל לעבודות בנייה) בעבודות סלילה ניתן לעשות שימוש בחומרים ממוחזרים במצעים נחותים בלבד (מצע סוג ב' וחומר נברר מצע ג') ולא ניתן להשתמש בחומרים ממוחזרים במצע א'. כמו כן, לפי תקן הבטון הקיים בישראל (ת"י 118) איסור להשתמש בחומרים ממוחזרים בבטון לבנייה או באלמנטים בטוניים. בנוסף, הובא לידיעת צוות העבודה כי ישנו תקן תהליכי 50- אגרטים ממוחזרים שעומד בפני אישור של מכון התקנים הישראלי. מדובר בתקן הכולל דרישות ממערכות איכות של מתקני גריסה מפסולת בנייה, תוך התייחסות לדרישות האיכות בנוגע לאגרטים ממוחזרים.
2. **היעדר ביקוש** - הכשלים הקיימים לעיתים באיכות החומר הממוחזר, בעיית התדמית הנוצרת מכך והגבלות התקינה גורמים להיעדר ביקוש וקושי בשיווק החומר הממוחזר.
3. **הירתמות נמוכה של ממשלת ישראל ושל גופים ציבוריים לשימוש בחומרים ממוחזרים בפרויקטים ציבוריים** - על אף החלטת הממשלה והוראת התכ"ם להשתמש לכל הפחות ב-20% חומרים ממוחזרים בפרויקטים ציבוריים, נראה כי בפועל הירתמות ממשלת ישראל והגופים הציבוריים לשימוש בחומרים ממוחזרים בפרויקטים ציבוריים היא נמוכה מאוד.
4. **היעדר אינטרס וכדאיות כלכלית** - חלק מהמחצבות בישראל נמצאות בבעלות חברות העוסקות בייצור ושיווק של מוצרי בטון ומוצרי בנייה אחרים או בבעלות חברות קבלניות העוסקות בביצוע עבודות תשתית. כך למעשה מספקות המחצבות חומרי גלם ראשוניים לחברות בנייה ותשתיות הנמצאות תחת אותה בעלות. לפיכך, לנוכח מבנה ענף התשתיות והגורמים הפועלים בו כיום, אין למעשה לגורמים אלה אינטרס להשתמש בחומרים ממוחזרים.

²⁶ מנהלת פסולת הבנייה היא גוף וולונטרי שהקימו המועצה הישראלית לבנייה ירוקה (ע"ר), ארגון אדם טבע ודין והתאחדות הקבלנים בוני הארץ. היא מורכבת מנציגי גופים רבים, פרטיים וציבוריים, בהם המשרד להגנת הסביבה ומשרד השיכון. מטרתה ל קדם מחזור ושימוש בפסולת בניין, ולגבש אסטרטגיה לניהול כלכלי וסביבתי של פסולת זו. מסמך שהוכן על ידי ליאור שמואלי, מיופי חסמים לשימוש בחומרים ממוחזרים מפסולת בנייה בענף הבנייה והסלילה בישראל והמלצות לפתרונות, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה ואדם טבע ודין, 2020 ([קישור](#))

²⁷ מבקר המדינה, דו"ח ביקורת שנתי 71(ג): הטיפול בפסולת בנייה, 2021 ([קישור](#))

²⁸ עדי מגר, בונים על הזבל שלכם: לקראת מדיניות למחזור פסולת בנייה, מגזין שפת רחוב, 2017 ([קישור](#))

²⁹ ענף המחזור בישראל: סקירה, ניתוח ומיופי חסמים - נייר עמדה, התאחדות התעשייתנים בישראל, איגוד הכימיה, פרמצבטיקה ואיכות הסביבה, 2019.

³⁰ הספר הכחול, מפרט כללי לעבודות בנייה: פרק 51- מפרט כללי לעבודות סלילה ([קישור](#))

5. מחיר לא אטרקטיבי - קבלנים רבים טוענים שמחירים של חומרי בנייה ממוחזרים אינו מספיק אטרקטיבי וזאת בשל פריסה גיאוגרפית חסרה של מפעלי מחזור, בעיקר באזור המרכז. הפריסה החסרה מייקרת את עלות ההובלה של החומרים הממוחזרים לאתרי הבנייה ולכך מתווספת גם עלות בקרת האיכות הנדרשת לפני השימוש בהם.

חלק מהחסמים צפויים לקבל מענה עם בחירת הזוכים בחצי השנה הקרובה בקול הקורא שפרסם המשרד להגנת הסביבה להקמת מפעלים חדשים ושדרוג הקיימים, וכן, בבחינה שנמצאת בימים אלו באחריות ובהובלת המשרד להגנת הסביבה ובשיתוף משרדי ממשלה נוספים, לרבות המועצה הלאומית לכלכלה, משרד האנרגיה ורמ"י, בנוגע לבחינת שיתוף פעולה בין תעשיית המחצבות לתעשיית מחזור פסולת הבנייה. כך, עם גדילת כמות המתקנים, תוך פריסה גיאוגרפית מתאימה, ועם מתן אפשרות גם למחצבות לקלוט ולמחזור פסולת בנייה, תשתנה מפת האינטרסים, יתקצרו מרחקי השינוע ותגדל הכדאיות הכלכלית.

פתרונות נוספים שהוצעו הם שדרוג טכנולוגיית ההפרדה והמחזור, השלמת תקינה מתאימה, הצבת יעדים לאומיים מוגדרים ומתן תמריצים לשימוש בחומרים ממוחזרים.

3. הערכת כמות פסולת הבנייה הצפויה בהריסת מבנים בהליכי התחדשות עירונית

פרק זה יעסוק בהערכת כמויות הפסולת הצפויות להתקבל כתוצאה מהריסת מבנים במתחמים המיועדים להתחדשות עירונית (בהליכים של פינוי ובינוי ותמ"א 38/2 הריסה ובנייה) עד לשנת 2040. מטרת הבדיקה היא לכמת את הפסולת הצפויה הן על ציר הזמן והן בפריסה גיאוגרפית. יש להדגיש שבדיקה זו מתייחסת לפסולת המתקבלת בתהליך ההריסה בלבד ואינה כוללת פסולת הנוצרת בתהליך הבנייה החדשה או בתהליכי חיזוק ועיבוי במסגרת תמ"א 38/1. במטרה להעריך את כמויות הפסולת [טון] הצפויות עד שנת 2040, נערכה בחינה של היקף השטחים [מ"ר] הצפויים להיהרס בפרויקטי התחדשות עירונית, ונעשה ניתוח של משקל הפסולת המופקת מכל מ"ר שנהרס [טון/מ"ר].

3.1 מתודולוגיה והנחות יסוד

3.1.1 מסד הנתונים

הניתוח מבוסס על מספר מאגרי מידע ומיפוי לאומיים³¹ ועל מספר הנחות יסוד. יש לומר שהנחות היסוד מתבססות על הניסיון המקצועי של פז כלכלה והנדסה במחקרים מסוג זה, על ניסיונה של הרשות הממשלתית להתחדשות עירונית ועל השערות ותחזיות. מתוארים להלן הקריטריונים הנבחרים והנחות היסוד כפי שגובשו בתהליך הבדיקה.

ציר הזמן: בהסתכלות לעתיד ובניסיון להעריך את כמויות הפסולת הצפויות לפי תקופות זמן, בחרנו לאמץ את טווחי הזמן שמציעה התכנית האסטרטגית לדיור שהתקבלה בממשלה בפברואר 2017³². לפיכך, בהתאם לתכנית האסטרטגית, עוסקת הבדיקה בשני העשורים הבאים ומחלקת אותם לארבעה חומשים: 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035, 2036-2040.

פריסה גיאוגרפית: החלוקה המרחבית נעשית, על פי חלוקת משרד הפנים, לששה מחוזות: מחוז צפון, מחוז חיפה, מחוז מרכז, מחוז תל אביב, מחוז ירושלים ומחוז דרום.

3.1.2 מתחמי התחדשות עירונית

לטובת הערכת כמויות הפסולת הצפויות, נבחנו מתחמי ההתחדשות המתועדים ברשות הממשלתית להתחדשות עירונית. רשימת המתחמים כללה 697 מתחמים (נכון לאוגוסט 2020), חלקם במסלול רשויות מקומיות, דהיינו מקודמים ע"י הרשויות המקומיות וממומנים ע"י הרשות הממשלתית להתחדשות עירונית³³ וחלקם במסלול מיסוי, דהיינו מקודמים ע"י יזמים פרטיים. האתגר הראשון היה להעריך את המועד בו צפויה להתבצע ההריסה לאור סטטוס התכנית, בו נמצא המתחם נכון לזמן הבדיקה. הנחות אלה מתבססות על בדיקות של הרשות בנוגע למשכי הזמן הממוצעים של שלבי התכנון השונים, עד לאישור התכנית וכן משכי הזמן הממוצעים להנפקת היתר לאחר אישור התכנית. ההנחה שהונחה היא שעם אישור התכנית ומתן היתר בנייה, מבוצעת הריסת

³¹ מאגר תכניות להתחדשות של הרשות הממשלתית להתחדשות עירונית ושכבות מבנים של המרכז למיפוי ישראל.

³² החלטה מספר דר/131 של ועדת שרים לענייני תכנון, בנייה מקרקעין ודיור ("קבינט הדיור") מיום 13.02.2017.

³³ במסלול זה, לאחר אישור התכנית מתקשרים בעלי הדירות עם יזמים לצורך מימוש הפרויקט.

המבנים הקיימים - כשלב הראשון במימוש הפרויקט. עם זאת, ברור לחלוטין שבשל מורכבות ואילוצים שונים, לא כל תכנית שנמצאת בהליכים (ואף מאושרת) מתממשת ולפיכך, לצד מועד מימוש ההריסה ניתנה הערכה גם לאחוזי המימוש, עפ"י סטטוס המתחם. כמו כן, ככל שמועד אישור התכנית המשוער קרוב יותר, כך גדלים אחוזי המימוש המוערכים.
הנחות הבסיס:

- 1. תכניות מאושרות** בוועדות התכנון, נכון למועד הכנת הדו"ח, צפויות להתממש **בעשור הראשון**; 50% בחומש הראשון (2021-2025) ו-50% בחומש השני (2026-2030). **אחוז המימוש של תכניות מאושרות נקבע ל-80%.**
- 2. תכניות בהליך סטטוטורי** החל מתכנון ראשוני, דרך דיון בוועדה מקומית, דיון בוועדה מחוזית ועד הפקדה, צפויות להתממש **בחומש השני (2026-2030) ובאחוזי מימוש של 80%.**
- 3. תכניות אב ומתאר** מייצגות שלב מוקדם בו מתוכנן שטח רחב להתחדשות כקביעת מדיניות וכבסיס להכנת תכניות מפורטות שמכוחן ניתן להוציא היתרי בנייה³⁴. ישנן תכניות אב ומתאר שבחלקים מתחומן קודמו תכניות מפורטות ולכן נוצרת ביניהן חפיפה. במקרים כאלה, הוכנסו נתוני התכניות המפורטות והופחתו מנתוני תכניות האב והמתאר. תכניות אב ומתאר צפויות להתממש בעשור השני; 30% בחומש השלישי (2031-2035) ו-70% בחומש הרביעי (2036-2040). **אחוז המימוש של תכניות האב והמתאר נקבע ל-50%.**

טבלה 4: זיקה בין סטטוס התכנית לתקופת המימוש ולאחוז המימוש המוערכים

סטטוס תכנון (אוגוסט 2020)	תקופת מימוש מוערכת	אחוז מימוש מוערך	
1	50% תכניות שאושרו	2021-2025	80%
2	50% תכניות שאושרו	2026-2030	80%
3	תכניות בהליך סטטוטורי	2026-2030	80%
4	30% מתכניות אב ומתאר	2031-2035	50%
5	70% מתכניות אב ומתאר	2036-2040	50%

- 4. הנחה נוספת** שנקבעה היא שמימוש תכניות גדולות, בהן למעלה מ-500 יחידות דיור להריסה ושהמכפיל³⁵ המתוכנן בהן הינו 4 ומעלה, יפוצל לשתי תקופות זמן, דהיינו יתפרש על פני עשור ממועד האישור הצפוי עפ"י סטטוס התכנית. זאת בשל מורכבותן והשלביות הצפויה בהקמתן. הנחה זו נוגעת הן לתכניות מפורטות והן לתכניות אב ומתאר.

3.1.3 תמ"א 38/2

תמ"א 38 מאפשרת התחדשות עירונית במסלול מקוצר במסגרת היתר בנייה וללא צורך בהכנת תכניות מפורטות. תמ"א 38/2 אושרה בשנת 2010 מאפשרת הריסה ובנייה מחדש של בניינים בודדים. תוקף התכנית עומד לפוג באוקטובר 2022³⁶ אולם ההנחה הרווחת היא שיכונן מסלול אחר - חלף תמ"א 38, שיאפשר גם הוא תהליך התחדשות מקוצר של הבניין הבודד. בשל אופי התכנית, לפיה

³⁴ ישנן תכניות מתאר מסוימות שגם מכוחן ניתן להוציא היתרים.

³⁵ היחס בין מספר יח"ד יוצאות (להריסה) לנכנסות (לבנייה חדשה).

³⁶ ניתן להגיש בקשות להיתר בנייה במסגרת תמ"א 38/2 עד למועד זה.

יכולים יזמים להרוס ולבנות בניינים בודדים ללא תלות בבניינים אחרים וללא צורך בהליכי איחוד וחלוקה או בהפקעות, אופן חישוב היקפי ההריסה בתכניות תמ"א 38 שונה מזה שתואר עד כה. הערכת מספר המבנים שיהרסו במסגרת תמ"א 38/2 ותחליפיה עד שנת 2040 מבוססת על ניסיון הרשות להתחדשות עירונית ועל היקף הבקשות להיתרים בשנים קודמות. הונח גם כי תתקיים ירידה במימוש התמ"א ותחליפיה בעשור השני. לפיכך הוערך כי בחומש הראשון (2021-2025) ובחומש השני (2026-2030) יהרסו 175 מבנים בכל שנה ובחומש השלישי (2031-2035) והרביעי (2036-2040) יהרסו 90 מבנים בשנה. הפריסה הגיאוגרפית של תמ"א 38 ותחליפיה לאורך השנים נקבעה על בסיס המשך מגמות קיימות.

3.1.4 הנחת השפעת כוחות השוק

מימוש תכניות התחדשות עירונית, גם אם הן מקודמות ע"י גורמים ממשלתיים, תלוי בכדאיות הכלכלית עבור יזמים פרטיים. במחוזות צפון ודרום, ערכי הקרקע נמוכים, אין כדאיות כלכלית וכמעט ולא ממומשים בהם פרויקטים של התחדשות עירונית. לפיכך, בניסיון לטייב את הנתונים גם בהתאם לכוחות השוק, בהנחה שמגמה זו תשפיע גם על השנים הבאות ובהתאם להערכות הרשות הממשלתית להתחדשות עירונית, נעשתה הפחתה של 30% בצפי המימוש של כלל סוגי התכניות במחוז צפון והפחתה של 10% בצפי המימוש של כלל סוגי התכניות במחוז דרום.

3.1.5 חישוב היקף ההריסה וכמות הפסולת

עבודה זו כוללת את כלל המבנים שנבנו עד 1980 ושנמצאים בתחום מתחמי ההתחדשות העירונית או במסגרת תמ"א 38/2. יש לציין כי רבים מהמתחמים כוללים גם מבנים שנבנו אחרי 1980, בעיקר כאלה הנמצאים בסטטוס של תכניות אב ומתאר. ההנחה היא שמבנים אלה לא ייהרסו בשני העשורים הקרובים ולכן לא הוכנסו למאגר.

הנחיות ונהלים הקשורים בחישוב כמויות של פסולת בניין בישראל מתייחסים ליחידות של טון פסולת למ"ר בנוי להריסה. לצורך החישוב קיים מפתח המגדיר את 'מקדם ייצור פסולת', דהיינו את כמות הפסולת הנוצרת (טון) ל-1 מ"ר בנוי להריסה. כשמדברים על מ"ר בנוי, הכוונה היא לשטח רצפה.

במסגרת עבודה זו גובש מפתח של 1.4 [טון/מ"ר] לחישוב כמות הפסולת הנוצרת במהלך הריסת המבנים. מפתח זה מתבסס על תחשיבים, ראיונות וסקירת ספרות המפורטים בפרק 4.3 בעבודה זו. יש לציין שמקדם ייצור הפסולת המקובל כיום, והמחייב לצורך הסדרי פינוי פסולת, הוא 0.5 [טון/מ"ר]. לפער זה יש השלכות מרחיקות על הטיפול בפסולת, כפי שיפורט בהמשך והוא משפיע באופן משמעותי גם על ממצאי ההערכה בפרק זה. על מנת להעריך את כמות הפסולת העתידה להיווצר, נדרשנו להעריך קודם את שטחי ההריסה הצפויים ביחידות של מ"ר. בעזרת מיפויים ושכבות שונות של מערכת GIS³⁷, חושבו כמות המבנים ושטח הבנייה של המבנים הכלולים במתחמי ההתחדשות העירונית המוכרזים: בשלב ראשון חולצו נתוני גובה ותכנית של כל בניין. בחלוקת גובה הבניין לגובה קומה ממוצעת, התקבלו מספר הקומות בבניין. מספר הקומות הוכפל בשטח התכנית וכך התקבל השטח הבנוי. לבסוף, על מנת לחשב את כמות פסולת הבנייה כתוצאה מהריסת המבנה הוכפל השטח הבנוי במקדם ייצור הפסולת. במקרים בהם חסרו נתוני גובה, בוצעה הערכה מקורבת ולפי ממוצעים.

³⁷ שכבת מתחמים להתחדשות ושכבות מבנים של המרכז למיפוי ישראל.

אופן חישוב כמות הפסולת הצפויה להיווצר במסגרת תכניות תמ"א 38/2 הינו שונה. משכלול נתוני המבנים במתחמי ההתחדשות, נקבע שגודל מבנה ממוצע המיועד להריסה, הוא 1,500 מ"ר בנוי. על מנת להמיר את הערכת מספר המבנים להיקף הריסה ולכמות פסולת, בוצעה מכפלה של מספר המבנים בגודל מבנה ממוצע ובמקדם ייצור הפסולת.

3.1.6. ריכוז הנחות היסוד

טבלה 5: ריכוז הנחות היסוד לגיבוש מסד הנתונים

מקדם פסולת (טון למ"ר)	שנת בנייה	אחוז מימוש	תקופת הריסה	מחוז	סטטוס	
1.4	עד 1980	80%	2021-2025	עפ"י מיקום המתחם	50% תכניות שאושרו	1
1.4	עד 1980	80%	2026-2030	עפ"י מיקום המתחם	50% תכניות שאושרו	2
1.4	עד 1980	80%	2026-2030	עפ"י מיקום המתחם	תכנית בהליך סטטוטורי	3
1.4	עד 1980	50%	2031-2035	עפ"י מיקום המתחם	30% מתכניות אב ומתאר	4
1.4	עד 1980	50%	2036-2040	עפ"י מיקום המתחם	70% מתכניות אב ומתאר	5
1.4	עד 1980	175 מבנים בשנה	2021-2025	עפ"י התפלגות אופיינית	תמ"א 38	6
1.4	עד 1980	175 מבנים בשנה	2026-2030	עפ"י התפלגות אופיינית	תמ"א 38 / חלף תמ"א 38	7
1.4	עד 1980	90 מבנים בשנה	2031-2035	עפ"י התפלגות אופיינית	חלף תמ"א 38	8
1.4	עד 1980	90 מבנים בשנה	2036-2040	עפ"י התפלגות אופיינית	חלף תמ"א 38	9
1.4	עד 1980	30%	2021-2040	צפון	הפחתה על כלל התכניות	10
1.4	עד 1980	10%	2021-2040	דרום	הפחתה על כלל התכניות	11

3.2. הערכת כמות הפסולת – ממצאים וניתוח

מסד הנתונים של המחקר כלל 697 מתחמי התחדשות עירונית מתוכננים ובהם כ-18,000 מבנים להריסה³⁸. אליהם נוספו כ-2,650 מבנים במסגרת תמ"א 38/2. תהליך הבדיקה חישב את שטח המבנים ואת כמות הפסולת הצפויה עד שנת היעד 2040 בהתאם להנחות היסוד שהוגדרו. כמות הפסולת נבחנה הן על ציר הזמן, בחלוקה לארבעה חומשים: 2021-2025, 2026-2030, 2031-2035, 2036-2040 והן בפריסה גיאוגרפית, בחלוקה לששת המחוזות: מחוז צפון, מחוז חיפה, מחוז מרכז, מחוז תל אביב, מחוז ירושלים ומחוז דרום, כמתואר בטבלת הממצאים שלהלן. יש להדגיש שמדובר

³⁸ מבנים התואמים את הגדרות שנת הבנייה, כפי שתוארו בשלב המתודולוגיה.

בהערכות בלבד, על בסיס פרקטיקה וניתוח תכניות היום ובעבר, ושניתן יהיה לעדכן את המודל מעת לעת ככל שיהיה שינוי בקצב קידום התכניות ומימושו.

טבלה 6: ריכוז ממצאים - פסולת הבנייה (טון) הצפויה עפ"י תקופות זמן ומחוזות

מחוז	שנים	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	סה"כ
הצפון	9,844	9,844	9,844	198,456	441,729	659,874
חיפה	450,093	490,929	1,159,391	2,049,426	4,149,839	
המרכז	996,761	1,115,188	1,964,475	3,191,393	7,267,817	
תל אביב	898,156	1,140,936	1,797,923	2,345,929	6,182,944	
ירושלים	182,353	227,939	203,679	251,970	865,941	
הדרום	43,069	48,509	519,473	785,041	1,396,092	
סה"כ	2,580,277	3,033,346	5,843,397	9,065,487	18,470,256	

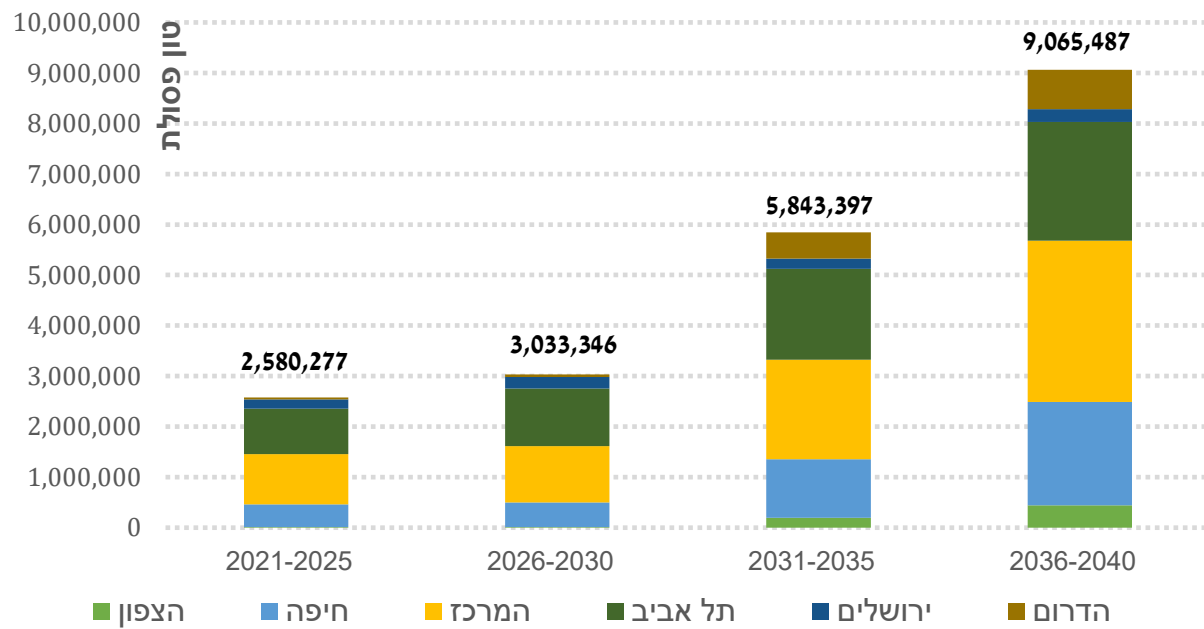
על סמך הנחות היסוד שהוגדרו, סך פסולת הבניין הצפויה להתקבל עד שנת 2040 עומד על כ- 18.5 מיליון טון, ממנה כ-13 מיליון טון מפרויקטים להתחדשות עירונית וכ-5.5 מיליון טון מפרויקטים במסגרת תמ"א 38/2.

ניתן לראות כי צפוי גידול הדרגתי בכמות הפסולת עם השנים, ככל שתאושרנה תכניות להתחדשות וככל שימומשו הפרויקטים. ניתן לאמוד את ערכי הגידול בכל אחד מהמחוזות ולהבין את חלקו של כל מחוז בסך הפסולת הכללי. עוד ניתן להבחין שחלקם של מחוזות מרכז ותל אביב בסך הפסולת הצפויה ממשיך להיות הגדול ביותר. ההסבר נעוץ בכך שגם אם השוק ישתכלל וישתנה, והביקושים במחוזות צפון ודרום יגדלו, במחוזות ת"א ומרכז ימשיכו ויתרכזו מירב הביקושים לדיור ובהתאם מחירי המ"ר ימשיכו להוביל ביחס לשאר הארץ ועל כן גם צפויים להמשיך להתממש תכניות התחדשות בקצב הולך וגדל.

3.2.1. ציר הזמן

להלן תרשים המתאר את פיזור הפסולת הצפוי לפי תקופות הזמן כפי שהוגדרו בשלב הנחות היסוד, החל משנת 2021 ועד שנת 2040, תוך הבחנה בין המחוזות השונים.

תרשים 6: כמות פסולת הבנייה הצפויה על ציר הזמן

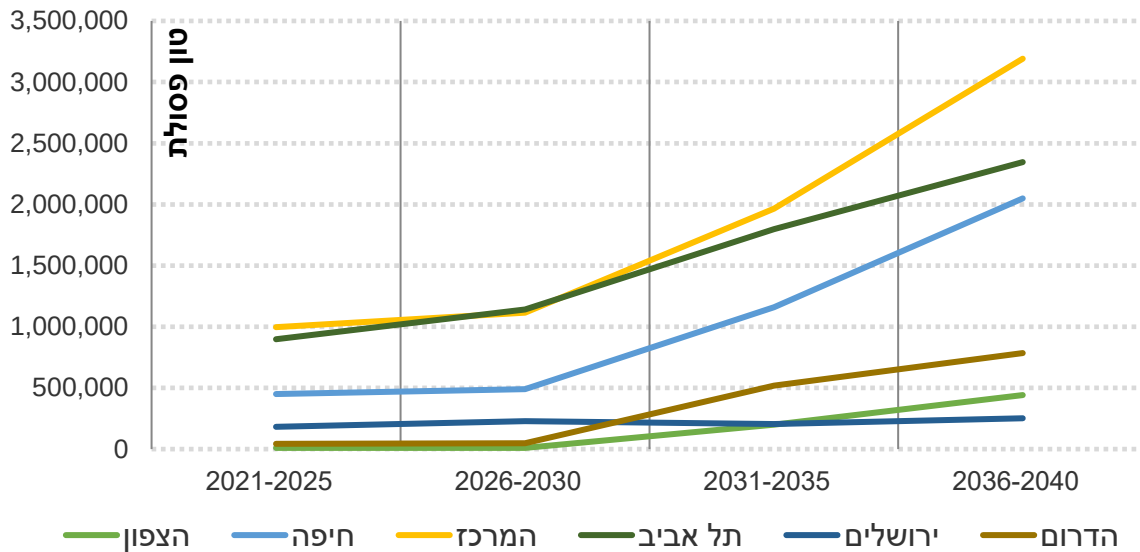


ניתן לראות בבירור את המגמה הכללית, לפיה כמות הפסולת צפויה לעלות בהדרגה עם השנים. מגמה זו תואמת את מגמת הגידול העקבי והמשמעותי בצרכי הדיור המאפיינת את מדינת ישראל והמתוארת בפירוט בתכנית האסטרטגית לדיור. עם זאת, התרשים מצביע על קפיצות משמעותיות בגידול כמות הפסולת בעשור השני.

3.2.2. פיזור גיאוגרפי וממצאים

להלן תרשים המתאר את מגמות פיזור הפסולת עד 2040, בהפרדה למחוזות השונים.

תרשים 7: מגמות פסולת הבנייה בפריסה גיאוגרפית



ניתן לראות שמלבד במחוז ירושלים, בו כמות הפסולת נשארת דומה לאורך השנים, בשאר המחוזות מגמת הפיזור העתידי דומה למגמת הגידול הכללית. השינויים המשמעותיים ביותר נראים במחוזות צפון ודרום, בהם צפויה מעט מאוד פסולת בשנים הקרובות אך נראה כי המגמה תשתנה והיקפי הפסולת יגדלו בהדרגתיות לקראת העשור הבא, גם אם בהיקפים נמוכים יחסית. ממצא זה משקף מחד, את מיעוטן של תכניות מפורטות להתחדשות עירונית במחוזות הללו וזאת בשל כדאיות כלכלית נמוכה, ומאידך משקף את קידום תכניות אב ומתאר בערים שונות בדרום הארץ ובצפונה, אשר ימומשו בטווח הבינוני והרחוק.

גם בתרשים זה ניתן להבחין, באופן ברור, בהובלתם של מחוזות מרכז ותל אביב בהם ישנו ריכוז גדול הן של תכניות מפורטות להתחדשות עירונית ותמ"א 38 והן של תכניות אב ומתאר. נתון זה משקף בבירור את תלות התכניות בכדאיות כלכלית ובשוק ביקושי הדיור.

4. הרכב ומשקל פסולת הריסה

הפסולת הנוצרת בפרויקט התחדשות עירונית שונה מהפסולת הנוצרת בפרויקט בנייה רגיל. בפרויקט בנייה רגילים נוצרת פסולת לכל אורך תקופת הבנייה, וחלק ניכר ממנה הוא אריזות ופחת של חומרי הבנייה. בפרויקט התחדשות עירונית, מתווסף רכיב משמעותי נוסף בשלב מוקדם יותר והוא פסולת ההריסה. פסולת זו מפונה מאתר הבנייה עם תחילת העבודות ובמשך תקופה קצרה יחסית, כך שניתן להבחין בקלות בהרכב הפסולת ולהפרידה. הבנת הרכב הפסולת מהותית לבחינת פוטנציאל המחזור של חומרי הפסולת, והערכת משקלה משמעותית כיוון שזו יחידת המדידה המקובלת בקרב העוסקים בתחום.

4.1. השפעת אופן הריסת המבנים על האפשרות למחזור

היכולת למחזור את הפסולת תלויה בשיטת ההריסה. בהיבט זה קיימות שתי שיטות שונות. הראשונה, שיטה בה מפרקים את המבנה בשלבים (piece by piece), נעזרים בדרך כלל בכלים ידניים בכדי להגיע להפרדה מקסימלית במקור של החומרים השונים. הפרדה זו מגדילה את הפוטנציאל למחזור הפסולת אולם משכה ארוך יותר, עלותה גבוהה יותר ואינה נפוצה בארץ. השנייה, מתייחסת למצב בו ההריסה מתבצעת בכלים כבדים. בשיטה זו ההריסה מהירה יותר וזולה יותר, אך נוצרת פסולת מעורבת שקשה יותר להפריד ממנה את החומרים לשימוש חוזר. לפיכך, ההצלחה של הפרדת פסולת באתר תלויה מאוד בבחירת שיטת ההריסה ובאופן ביצועה. הטכניקות משמשות להריסת מבנים בכלים כבדים יכולות להיות: 1. פיצוץ. 2. שימוש בכדורי הריסה (בנגיפה). 3. שימוש בציוד צמ"ח כגון: מחפר ('באגר'), שופל ומרסקים הידראוליים. הבחירה בשיטת ההריסה תלויה בפרויקט, בעלויות כל חלופה, במשך הביצוע של כל חלופה, באילוצי הסביבה, בדרישות הרשות המקומית ובזמינות הציוד המשמש לביצועה.

בפרויקט התחדשות עירונית בישראל מקובל, בטרם ביצוע הריסת מבנים, לבצע פירוק מקדים של אלמנטים חיצוניים (כגון: מזגנים, דודי שמש וסורגים) ואלמנטים בתוך המבנה (כגון: ארונות, דלתות, מיטות, קרשים ומשטחים, מוצרי עץ מעובד ועוד). לאחר פינוי הציוד, הורסים את המבנים באמצעות 'מחפר' (באגר) תוך הפרדה, עד כמה שניתן, בין פסולת הבטון לפסולת המתכת.³⁹

4.2. הרכב פסולת ההריסה בפרויקט התחדשות עירונית

הרכב הפסולת תלוי בחומרים ששימשו להקמת הבניין ובשנת הבנייה. בפסולת בנייה ניתן למצוא רכיבים שונים ובהם: בטון, בלוקים, מרצפות, קרמיקה, ברזל, אלומיניום, עץ, פלסטיק, זכוכית, חוטי נחושת, צינורות מתכת וחומרי חפירה הכוללים בעיקר עפר ומסלע טבעי. צוות העבודה מצא כי קיים קושי להגיע להערכה אפקטיבית ומדויקת של הרכב החומרים, זאת בשל מחסור בנתונים סטטיסטיים ובמידע.

במחקרים שבוצעו בישראל עד כה בנושא פסולת בנייה⁴⁰, ההתייחסות הייתה לפסולת מתהליך בנייה רגילה ולא ניתנה התייחסות נפרדת להרכב פסולת ההריסה. בכדי לגשר על פער הידע הקיים, נסקרו

39 המידע מבוסס על ראיונות שהתקיימו באתרים בהם בוצע הרס מבנים.

40 הדסה באום ואמנון כץ, אפיון כמויות ומרכיבי פסולת באתר הבנייה, המכון הלאומי לחקר הבנייה, טכניון, מכון טכנולוגי לישראל, חיפה, פברואר 2004

דוגמאות מסין ומארה"ב, נערכו סיורים באתרי בנייה הנמצאים בשלבי הריסה, והתקיימו ראיונות עם מנהלי פרויקטים, קבלני הריסה, מהנדסים ומנהלי אתרי מחזור.

4.2.1. הרכב הפסולת מהריסה – דוגמאות מסין וארה"ב

סין: חוקרים מהמחלקה להנדסה אזרחית באוניברסיטת שנג'ן בסין, בשיתוף עם המחלקה להנדסה אזרחית באוניברסיטת סווינבורן באוסטרליה, פרסמו בשנת 2019 מחקר שבחן מספר שיטות לחיזוי של כמויות פסולת בנייה כתוצאה מהריסת מבנים כחלק מתהליכי התחדשות עירונית בסין.⁴¹ החוקרים חילקו את המבנים שבמתחמי התחדשות עירונית לשלוש קטגוריות: מבני תעשייה ישנים, מבנים באזור העיר העתיקה ומבנים כפריים. נבחרו 10 פרויקטים של התחדשות עירונית בשנג'ן, אשר כללו 3 פרויקטים של מבני תעשייה ישנים, 3 פרויקטים של מבנים באזור העיר העתיקה ו-4 פרויקטים של מבנים כפריים. החוקרים ליוו את הפרויקטים במהלך ההריסה כאשר בכל פרויקט בוצעו מיון ושקילה לפסולת ההריסה ונמצא הרכב הפסולת המדויק והמשקל היחסי של החומרים.

מבנה להתחדשות בעיר שנג'ן בסין



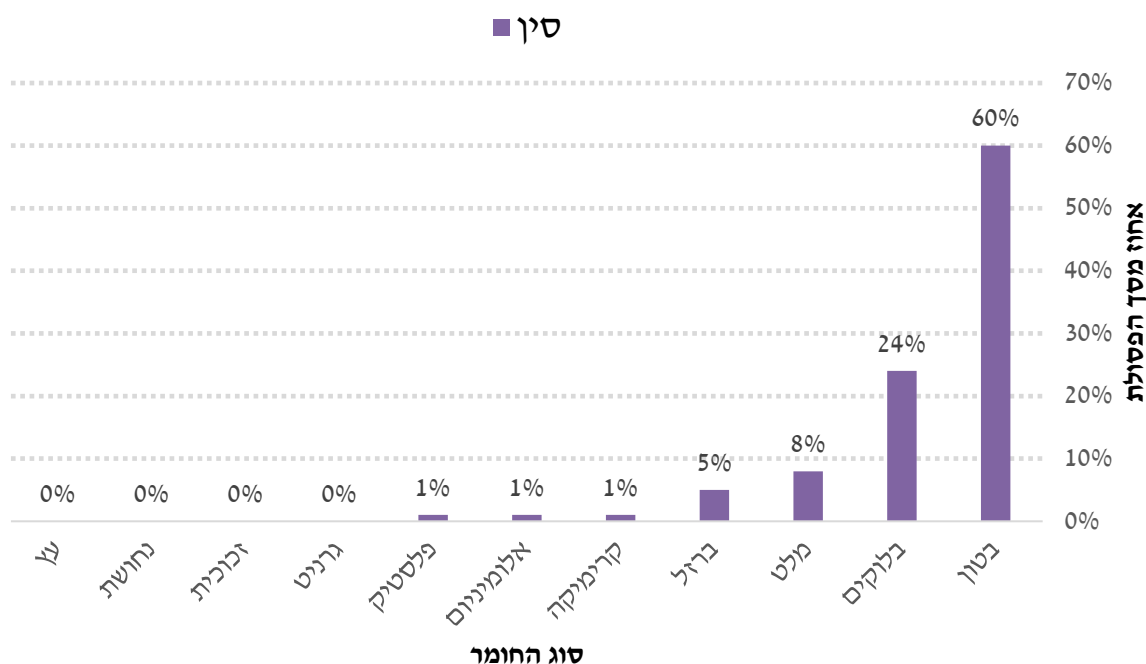
תרשים 8: מבנה מגורים להתחדשות בישראל



על פי המחקר, הפסולת מהריסת מבני המגורים בשנג'ן מורכבת ברובה מבטון (כ-60%) ובלוקים (24%). בנוסף הפסולת הורכבה מ-8% מלט, 5% ברזל וחומרים נוספים כגון קרמיקה, אלומיניום, פלסטיק וכיו"ב.

⁴¹ Bo Yu, Prediction of large-scale demolition waste generation during urban renewal: A hybrid trilogy method, Waste Management, 5;89:1-9, 2019

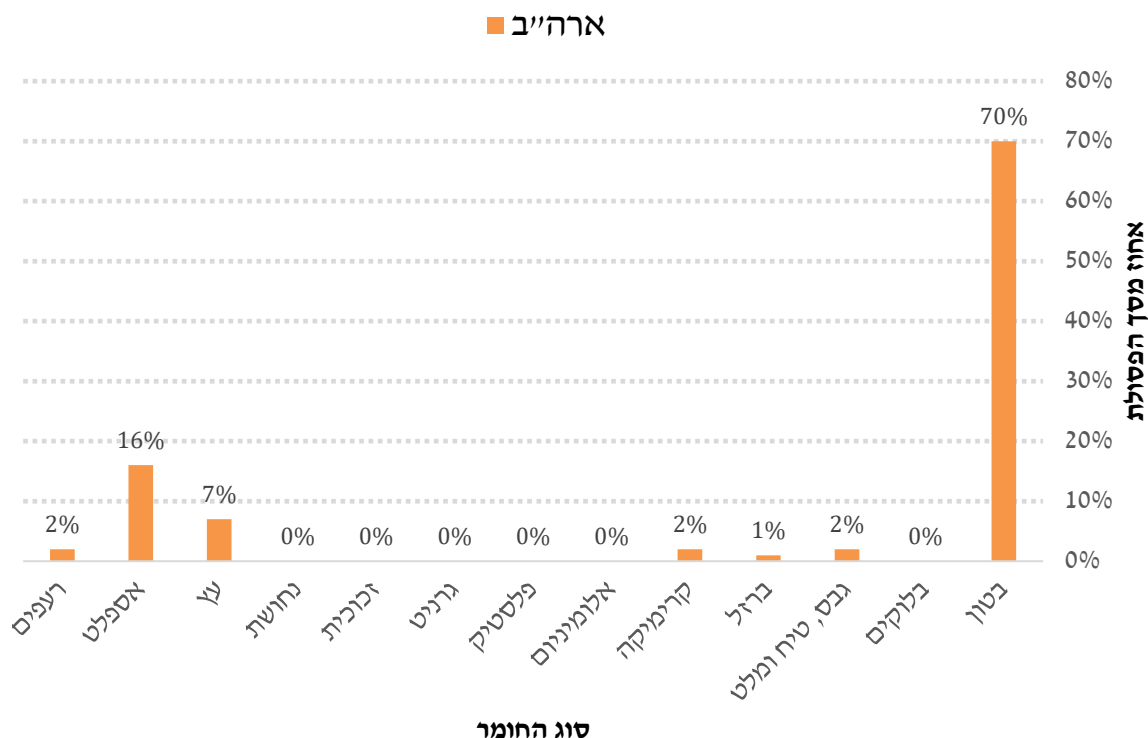
תרשים 9: הרכב פסולת מהריסה באזור העיר העתיקה בשנג'ן, סין, כפי שפורסם במחקר



ארה"ב: הסוכנות להגנת הסביבה האמריקאית (EPA) אוספת נתונים על ייצור וסילוק של פסולת מוצקה בארצות הברית במשך יותר מ-30 שנה, כאשר הדו"חות שלה מקיפים וכוללים מידע באשר לכל סוגי הפסולות ואופן הטיפול בהם. בדו"ח שהתפרסם בחודש נובמבר 2019⁴², ניתנה התייחסות נפרדת לכמות ולהרכב החומרים של פסולת מהריסה. חשוב לציין, כי בניגוד למחקר שפורסם בסין בו בוצעה חלוקה לסוגי מבנים, בדו"ח של ה-EPA ההסתכלות היא על ענף הבנייה בכללותו ללא הפרדה לסוגי המבנים. על פי המחקר, הפסולת מהריסה מורכבת ברובה מבטון (70%), אך בממצאי הדו"ח ניתן להבחין במרכיבי העץ (7%) והרעפים (2%), התואמים את אופי הבנייה השונה בארה"ב.

⁴² Advancing Sustainable Materials Management 2017 Fact Sheet Assessing Trends in Material Generation, Recycling, Composting, Combustion with Energy Recovery and Landfilling in the United States – November 2019

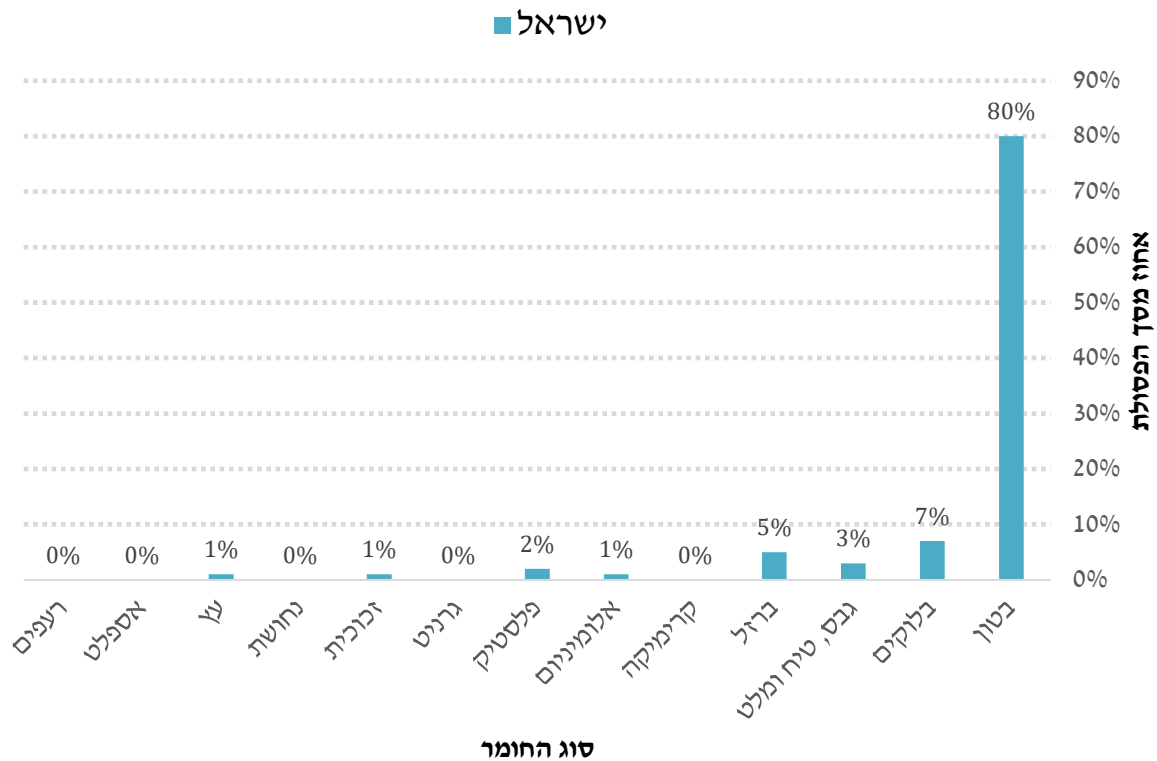
תרשים 10: הרכב פסולת מהריסה בארה"ב, כפי שפורסם בדו"ח ה-EPA לשנת 2017 (כולל תשתיות)



4.2.2. סקרים ושאלונים

בנוסף לסקר הספרות נערכו סיורי שטח, ראיונות וסקרים באשר להרכב וכמות פסולת הבנייה כתוצאה מהריסה. בוצעו ראיונות עם אנשי מקצוע בעלי ניסיון בתחום, מנהלי מפעלי מחזור ומנהלים ברשויות מקומיות העוסקים בתחום ההריסה והמחזור. הראיונות התמקדו בשאלת הרכב החומרים ומשקלם, כמו כן, נבחנה השפעת שנת הבנייה ומיקום המבנה על הרכב הפסולת ומשקלה. מהראיונות עולה כי הבטון מהווה כ-80% מפסולת ההריסה כאשר בלוקים (7%) וברזל (5%) מהווים מרכיב נמוך יחסית מהפסולת. מרכיבים נוספים בשיעור נמוך עוד יותר הם גבס, טיח ומלט, פלסטיק, עץ וקרמיקה.

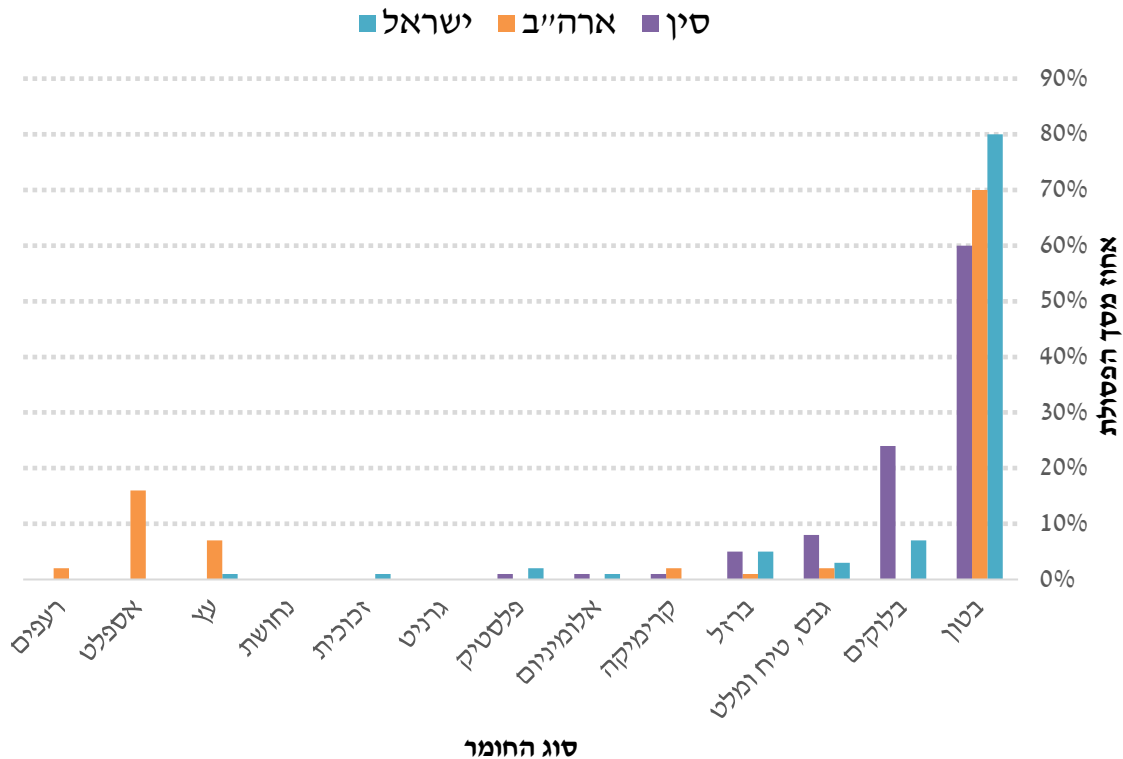
תרשים 11: הרכב פסולת מהריסה המוערך בישראל על פי סקרים ושאלונים



4.2.3. מסקנות

בשלושת המקרים שנבחנו (בסין, בארה"ב ובישראל), הבטון מהווה את המרכיב המשמעותי ביותר בפסולת ההריסה. עם זאת, קיימים הבדלים בין ארה"ב לישראל ולסין במשקל העץ, האספלט והרעפים. כמצוין לעיל, בארה"ב יש שימוש נרחב בעץ וברעפים במהלך הבנייה. שימוש זה מסביר את חלקו המשמעותי של רכיב זה בפסולת. כמו כן, בשונה מהמחקר שנערך בסין ומהשאלונים והסקרים שערכנו בישראל, הנתונים שהוצגו בדו"ח של הסוכנות להגנת הסביבה האמריקאית (EPA) כוללים הריסת תשתיות וכבישים. לפיכך, האספלט שהינו רכיב עיקרי בכבישים, מהווה רכיב משמעותי גם בהרכב הפסולת.

תרשים 12: השוואת הרכב פסולת ההריסה בין סין, ארה"ב וישראל



4.3 הערכת משקל הפסולת מהריסה

הפרקטיקה המקובלת היום לחישוב כמות הפסולת שעתידה להיווצר (הנדרשת לטובת קבלת היתר הבנייה), מבוססת על מקדמים לפי סוג המבנים והעבודות. מקדמים אלו נקבעו בשנת 2004 בהמלצת המכון הלאומי לחקר הבנייה ועל בסיסם, במכפלת שטחי הפרויקט, נקבעת כמות הפסולת שכנגדה חייב הקבלן המבצע להציג אישורי פינוי פסולת בסיום הבנייה (לטובת קבלת טופס 4). בשלב הבקשה להיתר בנייה עורכת הרשות המקומית תחשיב כמות פסולת צפויה על ידי הכפלת שטחי הפרויקט במקדמים אלו. הקבלן מצידו נדרש, כחלק מהדרישות לקבלת היתר בנייה, להציג לרשות המקומית התקשרות עם אתר פינוי פסולת מוסדר. במסגרת התקשרות זו משלם הקבלן על כמות הפסולת שהוגדרה לו על ידי הרשות המקומית. לעבודות הריסה נקבע מקדם של 0.5 טון/מ"ר. נבחר כי המקדם מכתוב את היקף ההתקשרות בין הקבלן לאתר הפסולת. משמע, למקדם שנמצא בשימוש יש השפעה מהותית על כמויות הפסולת שמגיעות בפועל לאתרי הפסולת. פרק זה יעסוק בשיטות להערכת משקל הפסולת הנוצרת בשלב ההריסה של המבנים הקיימים בפרויקטי התחדשות עירונית. כאמור, העיסוק במשקל הפסולת הינו משמעותי כיוון שמשקלה ליחידת שטח (טון/מ"ר) הינו יחידת המדידה המקובלת בתחום ההריסה, הפינוי והטיפול בפסולת בניין.

קיימות שלוש שיטות להערכת משקל הפסולת מהריסה:

- הערכת משקל פסולת הבנייה באמצעות תיעוד וניתוח החומרים הנכנסים לאתר הבנייה בשלב ההקמה ומשקלם: שיטה זו מבוססת על ההנחה כי החומרים ששימשו לבניית המבנה, אלו הם גם החומרים שיהיו את הרכב פסולת הריסה. שיטה זו מורכבת ליישום בגלל הקושי לעקוב באופן

מלא אחרי החומרים השונים הנכנסים לאתר הבנייה. מעבר לכך, בעבור פרויקטי התחדשות עירונית, לא ניתן ליישם את השיטה כיוון שהמידע אינו קיים.

ב. **ניתוח מבוסס BIM (Building Information Modeling):** התבססות על שיטת ניהול המידע

BIM שמטרתה ייעול התכנון והביצוע של פרויקטים על ידי ארגון כל האינפורמציה הקשורה לפרויקט באופן יעיל, זמין ונגיש בעזרת מודל ממוחשב תלת-ממדי אשר מהווה ייצוג דיגיטלי של המבנה האמיתי על כל מאפייניו. כדוגמת: כמות חומרים, נפח חומרים, תכונות הנדסיות, לוחות זמנים להקמת המבנה ועלויות. בפרויקט אשר הוקם בעזרת מערכת BIM ניתן לחלץ בקלות מידע על סוגי החומרים ונפחם ובכך לקבל את תמונת החומרים הקיימים במבנה טרם הריסתו. גם במקרה זה, המבנים הקיימים במתחמי התחדשות עירונית הוקמו לפני שנים רבות בטרם נעשה שימוש בטכנולוגיית BIM בתכנון פרויקטי בנייה.

ג. **חישוב משקל הפסולת על סמך שטח קומה:** שיטה זו הוצעה בשנת 1996 על ידי פטר יוסט וג'ון הלסטד במאמרם "A methodology for quantifying the volume of construction waste" ועד כה נחשבת לשיטה הנפוצה ביותר להערכת כמויות פסולת. השיטה מבוססת על פרמטר מרכזי (שטח רצפה) המשקף בממוצע את משקל הפסולת המתקבל עבור כל מ"ר בקומת המבנה במהלך ההריסה.

כאמור, בפרויקטי התחדשות עירונית בהם המבנים להריסה הוקמו לפני שנים רבות לא ניתן ליישם את שיטת ניתוח זרימת החומרים או את שיטת ה-BIM. לפיכך, לטובת הערכת כמויות פסולת הריסה בעבודה זו נשתמש בשיטה המבוססת על משקל הפסולת המתקבל לכל מ"ר הריסה. בשיטה זו, על מנת לקבוע את סך הפסולת הצפויה נמצא תחילה את מקדם ייצור הפסולת לפרויקט (WGR – waste generation rate) ואת שטח סך הרצפות (ברוטו) בפרויקט (GFA – gross floor area). כמות הפסולת הצפויה להתקבל כתוצאה מהריסת המבנה תהיה:

$$GFA \text{ [מ"ר]} \times WGR \left[\frac{\text{טון}}{\text{מ"ר}} \right] \text{ (מקדם ייצור הפסולת)}$$

4.3.1 **מקדם ייצור הפסולת WGR**

בכדי לחלץ את מקדם ייצור הפסולת (WGR) ניתן להשתמש בשתי שיטות. השיטה ראשונה היא אמפירית - בעזרת סרטי מדידה, רשומות וניתוח עומסי משאיות. בשיטה זו, בוחנים באופן מדויק את הכמות, נפח ומשקל החומרים שמתקבלים בעקבות ההריסה, ע"י הפרדת החומרים, שקילתם וסיווגם. החיסרון העיקרי בשיטה זו הוא שבכדי למצוא את מקדם שיעור ייצור הפסולת באופן מהימן, נדרשים משאבים וזמן רב בשל העובדה שהמיון והשקילה צריכים להתבצע לכלל פסולת ההריסה וכן נדרש לבצע זאת במספר רב של פרויקטים. דרך שנייה לקביעת מקדם ייצור הפסולת היא תאורטית - חישוב מקדם הייצור על סמך הרכב הפסולת ומשקל כל רכיב. כדי לחשב את נפחו (V) של טון פסולת הריסה, כל רכיב חולק במשקלו המרחבי. במקביל חושב נפח החומרים לכל מ"ר בנוי עבור מבנים בפרויקטי התחדשות עירונית. על-ידי חלוקת נפחים אלה נקבל את מקדם הייצור.

טבלה 7: הרכב הפסולת, משקלה וחישוב נפחו של 1 טון הריסה

סוג החומר	הרכב משקלי	עבור 1 טון הריסה	טון למ"ק	מ"ק עבור 1 טון הריסה
בטון	80%	0.8	2.4	0.33
בלוקים	7%	0.07	0.6	0.12
גבס, טיח ומלט	3%	0.03	1.2	0.03
ברזל	5%	0.05	7.76	0.01
קרמיקה	0%	0	1.4	0
אלומיניום	2%	0.02	2.7	0.01
פלסטיק	2%	0.02	0.85	0.02
עץ	1%	0.01	0.55	0.02
סה"כ				0.53

לטובת חישוב תאורטי לנפח החומרים עבור מ"ר בנוי, נעשה "קיפול" של החומרים, המצויים במבנה מגורים סטנדרטי שהוקדם בשנות ה-50/60, לתא שטח של 1 מ"ר. לאור השונות בין המבנים השונים, נלקח טווח סביר עבור חלק מהרכיבים:

חומרים נוספים	$h \cong 10-15 \text{ cm}$	} $H \cong 65-75 \text{ cm}$
"קיפול" הקירות	$h \cong 30 \text{ cm}$	
עובי רצפת בטון	$h \cong 25-30 \text{ cm}$	

על סמך מקדמים אלו, נמצא טווח למקדם ייצור הפסולת

$$K_{\text{מקדם}} = \frac{V_{\text{מ"ר בנוי}} \left[\frac{m^3}{m^2} \right]}{V_{\text{טון הריסה}} \left[\frac{m^3}{\text{ton}} \right]} = \frac{0.65}{0.53} \leftrightarrow \frac{0.75}{0.53} = 1.23 \leftrightarrow 1.42 \left[\frac{\text{ton}}{m^2} \right] = WGR$$

לפיכך ניתן לראות כי מקדם ייצור הפסולת התאורטי שחישבנו נע בין 1.23 ל-1.42 [טון/מ"ר].
להשוואה, במחקר שפורסם ע"י אוניברסיטת שנגן נמצא כי מקדם ייצור הפסולת הוא 1.37 [טון/מ"ר]
ובמסגרת הראיונות שנערכו עם אנשי מחזור והריסה בתעשייה, נשאלו לגבי הערכתם למשקל הפסולת
לכל מ"ר הריסה (WGR), הדעה הרווחת בקרב אנשי התעשייה הוא 1.5 [טון/מ"ר].
ניתן לראות כי ישנם פערים בין ממצאי סקר הספרות, החישוב התאורטי ודעת אנשי התעשייה, אך
הפערים ביניהם קטנים ביחס למקדם הנמצא היום בשימוש (0.5 טון/מ"ר). לפיכך ניתן לקבוע כי
מפתח החישוב לבחינת כמויות הפסולת הצפויות הנמצא היום בשימוש כלל הרשויות המקומיות זקוק
לעדכון ולתיקוף.
**לטובת עבודה זו, ועל סמך המתואר לעיל, הוחלט להעריך את כמויות פסולת הבניין כתוצאה
מפרויקטי התחדשות עירונית על ידי שימוש במקדם ייצור פסולת של 1.4 [טון/מ"ר].**

5. מקרה בוחן להערכת כמות הפסולת

בכדי לבחון את כמויות הפסולת המפונות בפועל מאתר התחדשות עירונית, ובכדי לבחון הלכה למעשה את מקדם הפסולת (ה-WGR), הוחלט לסקור פרויקט של התחדשות עירונית הנמצא בשלבי ביצוע. לטובת הבחינה נערכו סיורים ופגישות באתר הפרויקט, נבחנו תעודות השקילה שסיפק קבלן ההריסה ונבחנו תכניות המבנה הקיים.

5.1 תיאור האתר

לטובת הנושא נבחר פרויקט תמ"א 38/2 (הריסה ובנייה), הפרויקט ממוקם ברחוב התנאים 4-10 בתל אביב. הפרויקט כולל הריסת בניין רכבת בן 4 קומות שהוקם בשנת 1970 ובו 32 יח"ד ו-4 כניסות. במקום מבנה הרכבת, יוקמו במתחם 2 בניינים בני 8 קומות כל אחד אשר יכללו 64 יח"ד וחניון תת קרקעי.

תרשים 13: צילום שלב ההריסה של המבנה הקיים



מקור : ראדקו התחדשות עירונית

כמקובל בפרויקטי התחדשות עירונית, יזם הפרויקט קידם את הליכי התכנון והרישוי לאחר הסדרת התקשרותו עם בעלי הדירות. במקביל לתכנון, קידם היזם את תהליכי הרישוי מול הרשות המקומית במטרה להוציא היתר בנייה לפרויקט. לקראת קבלת היתר הבנייה התקשר היזם עם קבלן ראשי המשמש בפרויקט כקבלן מפתח.

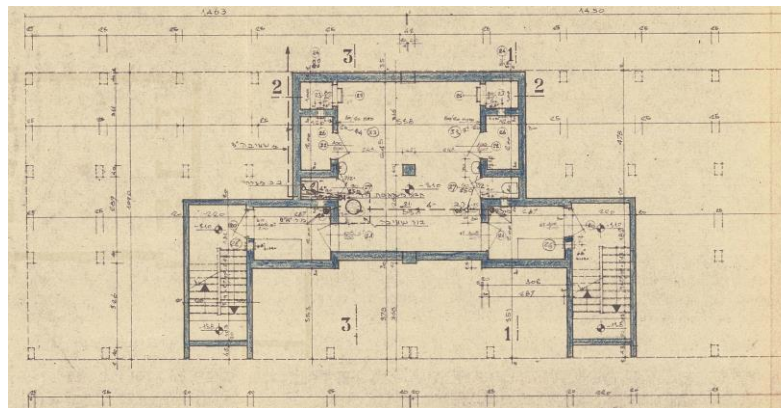
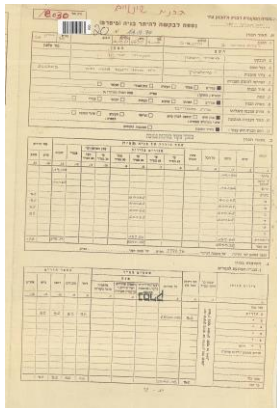
5.2. בחינת כמויות הפסולת

לטובת ביצוע עבודות ההריסה, התקשר הקבלן הראשי עם קבלן משנה לתכנון וביצוע עבודות ההריסה של המבנה הקיים. מתוקף התקשרות זו, קבלן ההריסה אחראי על עבודות ההריסה, על פינוי ההריסות ועל הטיפול בפסולת (מחזור/הטמנה). ההריסה התבצעה בעזרת ציוד מכני ייעודי, מחפרון ומחפר, כאשר שלב ההריסה נמשך כיומיים ושלב פינוי הפסולת נמשך כ-7 ימים. לטובת פינוי וטיפול בפסולת שנוצרה, התקשר קבלן ההריסה עם אתר פינוי פסולת הממוקם בקרבת 'חירייה'. החברה פינתה את כלל פסולת ההריסה שהוצאה מהאתר באמצעות משאיות.

5.2.1. בחינת כמויות פסולת צפויות

כמתואר לעיל, ניתן לחשב את שטח סך הרצפות (ה-GFA) של המבנה המיועד להריסה, באמצעות מידע תכנוני הקיים בארכיון הרשות המקומית מתקופת הוצאת היתר הבנייה. הכפלת סך שטח הרצפות במקדם הפסולת (ה-WGR) התאורטי שהוצג לעיל, יספק את סך כמות פסולת ההריסה הצפויה. על סמך היתר הבנייה של המבנה המיועד להריסה (משנת 1970), נמצא כי סך שטח המבנה מסתכם ב-2,600 מ"ר. לפי המקדם שפורט לעיל (1.4 טון/מ"ר) ניתן לצפות כי מהפרויקט יפנו כ-3,640 טון פסולת בשלב ההריסה.

תרשים 14: קטעים מהיתר הבנייה



5.2.2. כמויות פסולת בפועל

במטרה לבחון את כמויות הפסולת שהוצאו מהאתר בפועל, נבחנו תעודות השקילה אותם העביר קבלן המשנה לטיפול בפסולת לקבלן המשנה להריסות. כאמור, הפסולת מפונה מהאתר באמצעות משאיות הנשקלות, בעת כניסתן ויציאתן מאתר המחזור.

תרשים 15: תעודת שקילה לדוגמה

העתק		תעודת שקילה כניסת חומר		62026	
לקוח		נהג			
קוד לקוח	21	תאריך	11/10/2020	שעה	13:53:00
מס רכב	23842001	ת.משלוח	1024		
חומר	פול טריילר בנין	מוביל			
ספק		כלי אגירה	פול טריילר		
אתר	לוד	טרה כולל (ק"ג)	נטו (ק"ג)		
עיר	תל אביב	65,800	24,000	41,800	
הערה	הריסה ברחוב התנאים רמת אביב				
שם השוקל		שם וחתמת הנהג		חתמת וחתמת המקבל	
		התוכנה נבנתה ע"י רונדו שירותי תאונה 054-6208985			

כל תעודות השקילה רוכזו בסיום שלב פינוי פסולת ההריסה ונמסרו לקבלן הראשי וליזם. לבקשתנו הועבר לידנו ריכוז תעודות השקילה. לפי הנתונים שהתקבלו מריכוז התעודות עולה כי מהאתר פונו 75 משאיות משני סוגים. משקל פסולת ההריסה הממוצע במשאית "פול טריילר" הינו כ-42 טון ובמשאית "סמי טריילר" הינו כ-22 טון. מסכימת כל תעודות השקילה של הפרויקט עולה כי **סך כמות פסולת ההריסה שפונתה לאתר המחזור מהפרויקט הסתכמה בכ-3,131 טון**. (כ-86% מהכמות שהוערכה לעיל ע"ס 3,640 טון).

5.3 ממצאים

לפי נתוני השקילה והיתר הבנייה המקורי של המבנה שנהרס, מקדם הפסולת באתר הינו 1.20 :

$$WGR \text{ (מקרה בוחן)} = \frac{3,131}{2,600} = 1.20 \left[\frac{\text{טון}}{\text{מ"ר}} \right]$$

נמצא פער בין כמויות הפסולת שנשקלו באתר המחזור לבין החישוב התאורטי. קיימת הערכה בעודף של כ-14% בין מקדם הפסולת שנמצא במקרה הבוחן (1.2 טון למ"ר בנוי) למקדם התאורטי שהוערך בעבודה זו (1.4 טון למ"ר בנוי). הפער שנמצא יכול לנבוע ממספר סיבות :

- עובי התקרה והקירות בפרויקט זה קטן ביחס להערכה שעל בסיסה חושב המקדם התאורטי.
- חלק מפסולת ההריסה לא פונתה ונשארה באתר.
- לא כל תעודות השקילה הועברו ליזם.
- לא כל פסולת ההריסה הגיעה לאתר המחזור וייתכן שחלק ממנה "זלג" לשפיכה לא חוקית. כיוון שלא נעשתה בקרה צמודה לתהליך פינוי פסולת ההריסה משלב ההריסה ועד לקבלת הפסולת באתר המחזור, לא ניתן לדעת בוודאות שכל פסולת ההריסה אכן הגיעה לאתר המחזור. לכן לא ניתן לדעת אילו מהסיבות שתוארו לעיל גרמו לפער.

6. סיכום והמלצות

עבודה זו מדגישה את הצורך לשפר ולהגדיל את היקפי המחזור של פסולת הבנייה הנוצרת בתהליכי התחדשות עירונית. העבודה כוללת בדיקות וניתוחים כמותיים, סקרי ספרות ואיסוף מידע, תוך התמקדות באתגרי פסולת הבנייה בהתחדשות עירונית בישראל אך כחלק מקונטקסט רחב יותר של כלל תחום פסולת הבנייה.

באתרי הריסה של מבנים העוברים התחדשות עירונית נוצרות כמויות גדולות של פסולת בנייה. במסגרת העבודה גובש מודל לבדיקת כמויות הפסולת מהריסה הצפויות להתקבל מאתרי ההתחדשות, לאורך השנים ועפ"י אזורים גיאוגרפיים. מודל זה מאפשר ניתוח היבטים שונים הקשורים לתכנון התחדשות עירונית בכלל, ולהיערכות להיקפי הפסולת בפרט. בשל רגישות הנחות היסוד למשתנים שונים, ישנו קושי מובנה להגיע להערכות מדויקות. עם זאת המגמות תואמות וברורות ומצביעות על גידול הולך ועולה בכמויות הפסולת עם השנים. את המודל ובסיס נתוניו יהיה ניתן לעדכן מעת לעת ולדייק את התחזיות.

ממצאי העבודה מצביעים על כך שכמות הפסולת בפועל גדולה מהכמות המדווחת והמטופלת. הסיבה המרכזית לכך היא שהמפתח המקובל והמנחה לחישוב הפסולת, לצורך התקשרות עם אתרי מחזור, אינו משקף את המציאות. מבדיקות שנעשו עולה כי יש להגדיל את מקדם הפסולת כמעט פי שלושה על מנת שישקף באופן מהימן את היקף הפסולת בפועל. זהו למעשה אחד מחידושי העבודה המרכזיים והמלצתנו היא לבצע מחקרים נוספים בנושא הריסת מבנים בפרויקטי התחדשות עירונית (בעבודה זו נבחר אתר אחד) ולפעול לקידום שינוי המקדם. זאת מתוך הבנה ששינוי המקדם ישפיע באופן מדי על היקף הפסולת המועברת לאתרי מחזור ויצמצם את ההשלכה הלא חוקית בשטחים פתוחים.

תהליך האיסוף, הפינוי, הטיפול והמחזור של פסולת בנייה הוא תהליך מורכב בו מעורבים שחקנים רבים והוא מוסדר בחלקו, באמצעות חוקים ותקנות. חשוב לציין שבישראל, מרבית התקנות נוגעות לנושא הפסולת בכלל, חלקן לפסולת בנייה ושלא קיימת התייחסות ייעודית לפסולת מהריסת מבנים. כפי שהוצג בעבודה זו, הרכבה עשוי להיות שונה ותלוי במשתנים כמו שנת בנייה ושיטת הריסה. מרבית החומר הממוחזר חוזר לשוק הבנייה והתשתיות כחומר למילוי ומצעים אולם השימוש בו מוגבל ונתקל בחסמים רבים. פירוט החסמים והמלצות על פתרונות הוצגו במספר עבודות ודוחות ומוזכרים בעבודה זו. ביניהם הוספת מתקני מחזור, תוך פריסה גיאוגרפית מתאימה, הוספת מתקני מחזור במחצבות, שדרוג טכנולוגיות, הוספת תקנים ומתן תמריצים לשימוש בחומרים ממחזרים. ייחודה של עבודה זו הוא בעיסוקה בפסולת בנייה מהריסה בלבד, באתרי התחדשות עירונית. בשל הגידול הצפוי בכמות פסולת הבנייה שתיווצר בהריסת המבנים ובחלקה היחסי בסך הפסולת, עולה הצורך במעורבות של הרשות להתחדשות עירונית ובגיבוש אסטרטגיה לטיפול בנושא.

במסגרת העבודה נבחנה היתכנות של מחזור פסולת הבנייה כבר באתר ההריסה עצמו, כחלק מתפיסה של כלכלה מעגלית השואפת למניעת בזבז ולניצול משאבים מירבי. הוסק כי לא קיימת היתכנות ביצועית, כלכלית וסביבתית למחזור באתר, אלא בקיום תנאים מאוד מסוימים, שכמעט אינם קיימים באתרי התחדשות עירונית.

דרכי פעולה ישימות יותר, עליהן ממליץ צוות העבודה הינן:

- קידום שינוי מקדם חישוב הפסולת המקובל כיום, לצורך התקשרות עם אתרי מחזור⁴³.

⁴³ לאחר סיום כתיבת העבודה, הובא לידיעת הצוות כי משרד הגנת הסביבה הוציא עדכון ל"נוהל לאכיפת פינוי מוסדר של פסולת בנייה בהתאם להנחיות סע' 56(א)(2) לתקנות התכנון והבנייה" בו בין היתר עודכן המקדם לחישוב משקל הפסולת כתוצאה מההריסה, בדומה להמלצות עבודה זו.

- גיבוש כלי ניהול ייעודיים להסדרת פינוי וטיפול בפסולת מאתרי התחדשות עירונית. ניהול הפסולת יכול לכלול חישוב כמויות, אפיון הפסולת, בחינת חלופות לפירוק והפרדה באתר, לאופן הטיפול וכיו"ב.
- פיתוח כלים שונים ואפליקציות להנגשה ועידוד המחזור. לדוגמה, כלי לחישוב כמויות הפסולת באתרי ההתחדשות או אפליקציה להנגשת מידע ביחס למפעלי מחזור ועפ"י רדיוסים של מרחק שיקבעו.
- גיבוש ופרסום הנחיות מקצועיות לגבי הריסת מבנים באופן שיאפשר הפרדה במקור, ככל הניתן, לזרמים שונים של פסולת בנייה (זרם מינרלי, עץ, פלסטיק, מתכות וכו') ולא למנטים מבניים.
- גיבוש כלי תמרוץ לשימוש בחומרים ממוחזרים בבנייה ותשתיות.

7. רשימת טבלאות ותרשימים

טבלאות

- טבלה 1 : סיכום יתרונות וחסרונות למחזור פסולת באתר ומחוץ לאתר
- טבלה 2 : אתרים למחזור והטמנה של פסולת בנייה על פי מחוזות (2021)
- טבלה 3 : חומרים ממוחזרים ושימושיהם
- טבלה 4 : זיקה בין סטטוס התכנית לתקופת המימוש ולאחוז המימוש המוערכים
- טבלה 5 : ריכוז הנחות היסוד לגיבוש מסד הנתונים
- טבלה 6 : ריכוז ממצאים - פסולת הבנייה (טון) הצפויה עפ"י תקופות זמן ומחוזות
- טבלה 7 : הרכב הפסולת, משקלה וחישוב נפחו של 1 טון הריסה

תרשימים

- תרשים 1 : צפי להתפלגות פסולת בנייה למחזור והטמנה במחוזות מרכז ות"א לשנת 2040
- תרשים 2 : הליך התקשרות עם אתר טיפול בפסולת, כתנאי למתן היתר בנייה
- תרשים 3 : אתר מחזור לפסולת בנייה | Greenmix - קבוצת בני וצביקה בהרצליה
- תרשים 4 : תרשים זרימה של תהליך הטיפול באתרי הריסת מבנים
- תרשים 5 : מפת פיזור אתרים למחזור והטמנה של פסולת בנייה, דצמבר 2021
- תרשים 6 : כמות פסולת הבנייה הצפויה על ציר הזמן עד 2040
- תרשים 7 : מגמות פסולת הבנייה בפריסה גיאוגרפית
- תרשים 8 : צילום מבני מגורים טיפוסיים להתחדשות בישראל ובסין
- תרשים 9 : הרכב פסולת מהריסה באזור העיר העתיקה בשנג'ן, סין, כפי שפורסם במחקר
- תרשים 10 : הרכב פסולת מהריסה בארה"ב, כפי שפורסם בדו"ח ה-EPA לשנת 2017 (כולל תשתיות)
- תרשים 11 : הרכב פסולת מהריסה המוערך בישראל על פי סקרים ושאלונים
- תרשים 12 : השוואת הרכב פסולת ההריסה בין סין, ארה"ב וישראל
- תרשים 13 : מקרה בוחן- צילום שלב ההריסה של המבנה הקיים
- תרשים 14 : מקרה בוחן- צילום קטעים מהיתר הבנייה המקורי
- תרשים 15 : מקרה בוחן- תעודת שקילה לדוגמה

8. רשימת סיורים וראיונות

סיורים

1. מפעל מחזור באשדוד של קבוצת טלאור כראדי, בהשתתפות רוני כראדי ואיציק כראדי (9/9/2020)
2. מפעל מחזור בהרצליה של קבוצת בני וצביקה GREENMIX, בהשתתפות צביקה ואסף דוד (15/7/2020)
3. מפעל מחזור בראש"צ של חברת נגב אקולוגיה בהשתתפות ערן חיון (מנהל המפעל) ואהרונ חגיבי (מנהל אגף תברואה בעיריית ראשון לציון) (3/8/2020)
4. אתר בנייה התחדשות עירונית בקרית אונו – בהשתתפות איציק סדי (סמנכ"ל הנדסה, בוני התיכון) (19/8/2020, 3/8/2020)
5. אתר בנייה התחדשות עירונית בתל אביב - סיור לאחר שלב ההריסה עם צוות האתר (16/12/2020)

ראיונות

1. מר אורי טל, מרכז אגף פסולת יבשה, המשרד להגנת הסביבה אגף פסולת, המשרד להגנת הסביבה (20.1.20, 25.11.20, 30.9.20, 15.12.20).
2. שגיא גנות-שחר, מנהל תחום פיתוח אזורי, אגף אשכולות, משרד הפנים (20.8.2020)
3. מר עופר גולדווסר, סגן בכיר למנהל אגף יב' החטיבה לביקורת משרדי ממשלה ומוסדות שלטון (13.10.20)
4. מר אלון קינסט - מנהל תחום בכיר (מכרזים וכלכלה), מינהל הרכש הממשלתי, אוקטובר 2021
5. גבי יעל ביגון, לשעבר מנכ"לית המועצה הישראלית לבנייה ירוקה (14.9.20).
6. גבי נטע אלול, מנהלת אגף פסולת במשרד להגנת הסביבה (13.9.20).
7. החברה הכלכלית ראשון לציון (30.7.20, 1.9.20).
8. מר עופר גולניסקי, מנהל מפעל המחזור נען שבאזור רחובות (31.8.20).
9. מר בר פפר, מתכנן סביבתי היחידה לאיכות הסביבה, עיריית הרצליה (31.8.20).
10. אדרי' ענת לרנר, עיריית יהוד-מונוסון - מנהלת התחדשות עירונית (30.9.20).
11. גבי' ננה חן, מנכ"לית ראדקו התחדשות עירונית (2.12.20, 29.11.20).
12. אינג' עומרי מזרחי, מנהל תחום ביסוס וקרקע במשרד הבינוי והשיכון, ינואר 2022