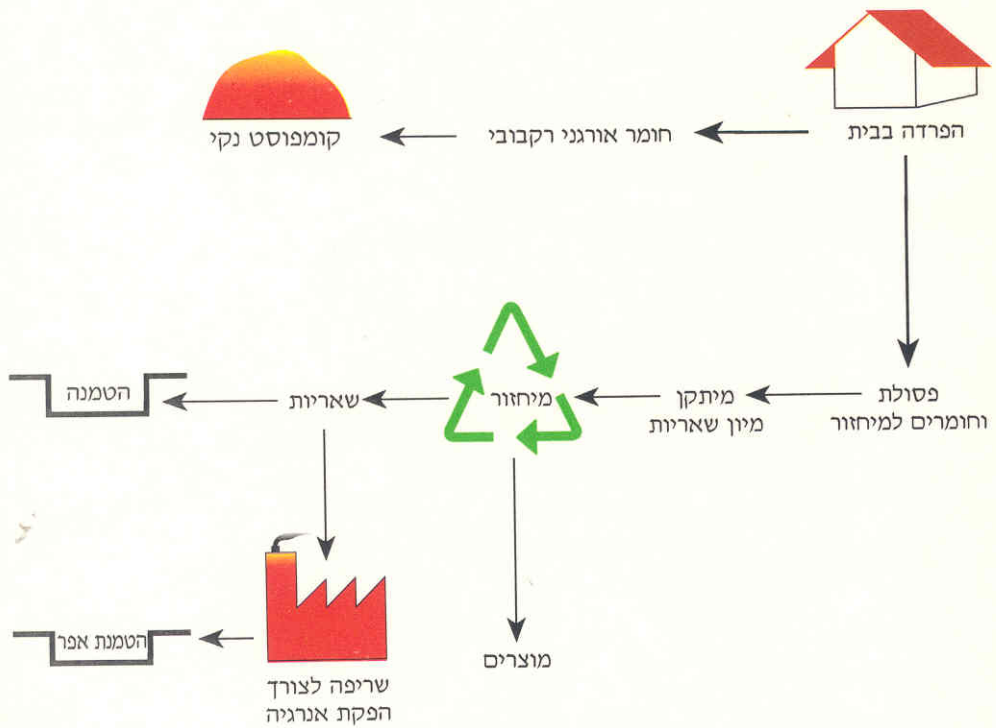


# איסוף ומיחזור פסולת עירונית מוצקה ניתוח חלופות

א. אילון • מ. שכטר • י. אבנימלך



המשרד לאיכות הסביבה

מוסד שמואל נאמן למחקר  
מתקדם במדע וטכנולוגיה

# איסוף ומיחזור פסולת עירונית מוצקה ניתוח חלופות

אופירה אילון \* מרדכי שכטר \* יורם אבנימלך

פבואר 1994

# איסוף ומיחזור פסולת עירונית מוצקה - ניתוח חלופות

דו"ח זה מבוסס על עבודת הגמר, במסגרת לימודי מוסמכים בטכניון, של גב' אופירה אילון. העבודה בוצעה בהנחיית פרופ' יורם אבנימלך ופרופ' מרדכי שכטר.

גב' אופירה אילון, המעבדה למימשק מערכות סביבה, הפקולטה להנדסה חקלאית, טכניון.

פרופ' יורם אבנימלך, ראש המעבדה למימשק מערכות סביבה, הפקולטה להנדסה חקלאית, טכניון.

פרופ' מרדכי שכטר, ראש המרכז למשאבי טבע וסביבה, החוג לכלכלה, אוניברסיטת חיפה.

דו"ח זה הוכן על ידי החוקרים ועל אחריותם. הדעות המובעות בפירסום זה הינן של החוקרים ואינן משקפות בהכרח את עמדתו של מוסד ש. נאמן. אין מוסד נאמן אחראי למידע ולשיטות בהם השתמשו החוקרים במחקר זה.

Copyright © 1994. The S. Neaman Institute for Advanced Studies in Science and Technology, Technion - Israel Institute of Technology.

ISBN - 965- 386 - 017 - 8

עקד מוסד שמואל נאמן, קרית הטכניון, חיפה 32000, טלפון 04-237145.

## תוכן העניינים

1	1	תקציר
4		רשימת מונחים וקיצורים
5	2	הצגת בעית הפסולת המוצקה
5	2.1	ההיבטים הכלכליים של המיחזור
	3	הפתרונות הקיימים לטיפול בפסולת הביתית המוצקה ,
9		תוך דגש למצב בארץ
9	3.1	סילוק הפסולת המוצקה
10	3.2	הטמנת הפסולת
12	3.3	שריפה לצורך הפקת אנרגיה
14	3.3.1	חומר אורגני רקבובי
14	3.3.2	נייר, קרטון ופלסטיק
16	3.3.3	זכוכית ומתכות
17	3.3.4	צמיגים
17	3.4	מיחזור
18	3.4.1	ההיבטים הטכנולוגיים של מיחזור חומרים
18	3.4.1.1	חומר אורגני
19	3.4.1.2	נייר וקרטון
23	3.4.1.3	פלסטיק
28	3.4.1.4	זכוכית
29	3.4.1.5	מתכות
31	3.4.1.6	צמיגים
32	3.4.1.7	טקסטיל ובדים
33	4	גישות לטיפול בפסולת עירונית בעולם
33	4.1	ארצות הברית
37	4.2	יפן
38	4.3	אירופה
38	4.3.1	גרמניה
40	4.3.2	הולנד
40	4.3.3	דנמרק

## תוכן העניינים (המשך)

43	תזרימים לאיסוף, מיון וניצול חומרים בני מיחזור	5
45	האשפה לא ממוינת, הטמנה מלאה	5.1
45	מיון אשפה מעורבת במתקנים מיוחדים	5.2
46	הפרדה במקור לשני זרמים - חומרים הניתנים למיחזור, ופסולת	5.3
49	הפרדה במקור לשני זרמים - חומר אורגני נקי, ושאר הפסולת	5.4
50	הפרדה במקור לרכיבים שונים	5.5
57	מרכזי מיחזור	5.6
61	הפעלת פקדון ככלי לעידוד מיחזור	6
69	חוק הפקדון המודרני	6.1
69	שיטת ה-ADF (Advanced Disposal Fee)	6.2
72	חוק האריזה הגרמני	6.3
75	מודל לבחינת כדאיות שילוב שיטות איסוף חומרים למיחזור	6.4
79	דיון ומסקנות	7
86	חלופת האפס	7.1
86	חלופות לטיפול בפסולת המוצקה	7.2
87	7.2.1 שריפת פסולת מוצקה	
89	7.2.2 מיחזור פסולת מוצקה	
89	7.2.2.1 חלופות להפרדת פסולת מוצקה במקור	
92	7.2.2.2 כלים כלכליים לעידוד המיחזור	
93	7.3 סיכום והצעות להמשך המחקר	
95	ספרות	8
102	תקציר באנגלית - Abstract	

## 1. תקציר

סילוק הפסולת הביתית המוצקה, שמשקלה הכולל בישראל ב 1993 עומד על למעלה מ 2.7 מיליון טון, היא בעיה הגורמת לעומס כלכלי וסביבתי שיש לתת עליה פתרון. הבעיה מוחרפת כתוצאה ממספר גורמים: גידול האוכלוסיה, עליה מתמדת בכמות הפסולת המיוצרת לנפש, ייצור הפסולת במקומות יישוב מרוכזים, סגירת המזבלות הקיימות, העדר שטחי קבורה חדשים המתאימים לסלוק ועוד. ניתן, כמובן, להמשיך בדרך הפתרון הנוכחית, אך עפ"י סטנדרטים גבוהים של איכות הסביבה, דהיינו, להטמין את האשפה באתרי סלוק פסולת (אס"פ) מוסדרים. הפסולת תדחס ובכך יוקטן נפחה עד כדי שני שלישים והאתרים יתפעלו בתקנים גבוהים של איכות הסביבה ויכללו תשתית מתאימה, כסוי יומי, טיפול בתשטיפים ובגזים ושיקום האתר בסיום השמוש בו. פתרון זה אינו עולה בקנה אחד עם המגמות העולמיות. בעולם מדברים כיום על פתרון משולב לבעיית האשפה, הכולל צמצום אשפה במקור, שימוש חוזר במוצרים, מיחזור, שריפה לצורך הפקת אנרגיה ולבסוף, הטמנה סניטרית. בבואנו לדון בפתרונות אפשריים לבעיית הפסולת המוצקה עלינו לבחון את הנקודות הבאות: מהם הפתרונות האפשריים, יתרונותיהם וחסרונותיהם, מהן העלויות להפעלת התוכנית ומי נושא בהן, מהו הרווח ומי נהנה ממנו, באחריות מי הפקוח על מימוש התוכנית ומהם החוקים והתמריצים שניתן להשתמש בהם לצורך עידוד התוכנית. מטרת עבודה זו לסקור ולבחון את החלופות השונות לטיפול באשפה, תוך התמקדות במיחזור חומרים כפתרון חלקי לבעיה. תרומתה המדעית של עבודה זו היא בהצגת החלופות, השוואתן ובחינת האפשרות ליישמן במדינת ישראל כחלק ממדיניות משולבת לטיפול בפסולת המוצקה.

מיחזור הוא נושא מאוד אופנתי, אולם, במקרים רבים העלויות הכלכליות הנדרשות לתפעול תוכניות מיחזור גבוהות מהעלויות שהיו נדרשות לו האשפה היתה מוטמנת בצורה תקינה. בעבודה יוגשו גישות שונות שיאפשרו קבלת שיקולים כלכליים, מעבר לשיקולים הרגשיים, המלווים כיום את נושא המיחזור. לכאורה, יתרונות המיחזור הם:

- \* צימצום עלויות הטיפול בסלוק האשפה כתוצאה מצמצום הכמויות.
- \* הארכת חיי אתרי קבורת האשפה והקטנת הצורך במציאת אתרים חדשים.
- \* חסכון בחומרי גלם בעלי ערך גבוה ובצורך לייבא אותם.
- \* חסכון בעלויות יצור בשמוש בחומרים ממוחזרים לעומת השמוש בחומרי גלם בתולים וכן אנרגיה ומים.
- \* שפור נקיון הסביבה וצמצום מפגעים סביבתיים.

אולם, למיחזור גם חסרונות ומגבלות:

- \* יש צורך בהשקעה כספית בכלי אצירה, איסוף נפרד, מיון חומרי הגלם, הובלה למפעלי העבוד, פרסום וחינוך.
- \* צורך בהתאמת טכנולוגיות מצד היצרנים שאמורים לקלוט חומר גלם באיכות שהיא בדיכ ירודה מאיכות חומרי הגלם הבתולים.
- \* הצפת השוק בחומר גלם ממוחזר ואי יכולת התעשייה לקלוט אותו. יש לבדוק את השוק לחומר שיאסף ולחומרים הממוחזרים, בהווה ובעתיד הנראה לעין.
- \* אי נוחיות מצד האזרחים, שיתבקשו לטפל באשפה שלהם ולהפרידה ברמה מסוימת.
- \* בעת תהליך המיחזור עלולים להיווצר חומרים מסוכנים שיש לטפל בהם (לדוגמא, שפכי תעשיית הנייר הנוצרים כתוצאה מהלכנתו).

יש לשקול את המיחזור מול החלופות האחרות האפשריות, כמו שריפת האשפה או הובלת כל הפסולת המיוצרת בישראל להטמנה. יבחנו הרכיבים אותם כדאי למחזר והרכיבים אותם צריך למחזר על מנת שלא יפריעו להמשך הטיפול בפסולת. עלות הטיפול בפסולת המוצקה כיום אינה עלות ריאלית. קיים צורך בקביעת וגביית העלות הממשית על הטמנת אשפה באסי"פ (עלות הקרקע, עלות תפעולית ועלות חברתית). יש לשקול גביית תשלום ישיר עבור פנוי האשפה, לפי הכמות המיוצרת. צמצום בכמות יהווה תמריץ להפחתת עלות הפנוי. בהנחה כי מיחזור, ברמה זו או אחרת, לחומרים מסוימים או לכל זרם האשפה, יתקבל בישראל כחלק מהפתרון הכולל של טיפול בפסולת, תוגש בעבודה זו סקירה של שיטות האיסוף המקובלות כיום בעולם. מנסיונם של אחרים ומהמצב הדמוגרפי בארץ, יוגשו המסקנות לגבי שיטת האיסוף הרצויה לישראל. בעת הפעלת תוכנית מיחזור כלשהי יש לבחון את הכלים, שחלקם מפורטים להלן, להשגת היקף המיחזור הכדאי למשק מבחינה כלכלית.

- \* הפעלת פעולות הסברה, חינוך ופירסום בנושא הפרדה במקור ועודוד צריכת מוצרים העשויים מחומר ממוחזר.
- \* קביעת תקנים לשמוש במוצרים ואריוות באופן שיאפשר מיחזור.
- \* קביעת יעדים, חומרים ומטרות למיחזור.
- \* חיוב הפרדת חומרים למיחזור בכל שלבי היצור, השיווק והצריכה.
- \* עודוד יזמות פרטית להשקעות בתעשיית המיחזור כדוגמת החוק לעידוד השקעות הון או מעמד מפעל מאושר.
- \* עודוד תעשיות להשתמש בחומרי גלם ממוחזרים.

- \* סיוע בפתוח תהליכים ומוצרים חדשים המבוססים על חומר ממוחזר.
- \* הפעלת תוכנית שאינה גורמת לאזרחים טרדה ואי נוחות רבים.
- \* תמריצים כלכליים לעידוד המיחזור כגון החלת פקדון על מיכלי משקה.

בנוסף, יוגש ניתוח בנושא הפעלת פקדון או הפעלת מרכזי מיחזור במקביל לתוכנית הפרדה במקור. שלוב אפשרויות ותמריצים כלכליים יכולים להבטיח שעורי השתתפות גבוהים ועידוד היקף המיחזור. השאלה היא מהי העלות הנדרשת ומה התועלת המופקת משלוב תוכניות.



## רשימת מונחים וקיצורים

אס"פ	-	אתר סלוק פסולת, מטמנה.
ממ"ש	-	מתקן מיחזור שאריות (MRF- MATERIAL RECOVERY FACILITY)
ת. מעבר	-	תחנת מעבר
ק"ג	-	קילוגרם
ק"ק לק"ג	-	קילו-קלוריות לקילוגרם
קווט"ש	-	קילו-ווט - שעה
ח"ג	-	חומר גלם
תמ"א	-	תוכנית מתאר ארצית

הפלסטיק לסוגיו:

LDPE	פוליאתיילן בצפיפות נמוכה
HDPE	פוליאתיילן בצפיפות גבוהה
LLDPE	פוליאתיילן בצפיפות נמוכה ליטארי
PP	פוליפרופילן
PVC	פולי ויניל כלוריד
PET	POLYETHYLENE TEREPHTALATE
PS	פולסטירן

TIPPING FEE - תשלום עבור טיפול באשפה (הטמנה או שריפה) בד"כ התשלום הוא

לכל טון.

NOT IN MY BACK YARD - NIMBY הכוונה להתנגדות להקים מזבלה, משרפה וכו'

ביחצר האחורית"

PCB - פולי כלורינט- ביפניל

REFUSE DERIVED FUEL - RDF, חומר עתיר אנרגיה שמקורו בפסולת.

## 2. הצגת הבעיה

בטרם תנתן סקירה לגבי הגישות השונות לטיפול כולל באשפה, עלינו לבחון מהו הרכב האשפה בארצות שונות בעולם. הנתונים נלקחו מתוך פרסומים רשמיים של סקרי פסולת מוצקה שנערכו במדינות להלן.

טבלה 1: הרכב האשפה במדינות שונות

TABLE 1: Solid Waste Composition in Several Countries

הרכב משקלי באחוזים (על בסיס חומר יבש)				מרכיב
שוויץ (1983)	צרפת (1989)	ארה"ב (1988)	ישראל (1986)	
29.4	25.0	7.4	51.3	חומר אורגני
30.6	30.0	40.0	19.4	נייר וקרטון
13.4	13.0	8.0	12.1	פלסטיק
8.7	10.0	7.0	3.0	זכוכית
5.9	5.0	8.5	5.4	מתכת
		17.6	3.0	גזם
12.0	17.0	11.6	5.8	שונות

כפי שניתן לראות, הרכב האשפה שונה ממדינה למדינה, בהתאם להרגלי הצריכה ולכן, פתרון לבעיית הפסולת שאומץ במדינה אחת, אינו מתאים, בהכרח, למדינה אחרת.

### 2.1 ההיבטים הכלכליים של המיחזור

מיחזור חומרים עשוי, מצד אחד, להקטין באופן משמעותי את כמויות הפסולת המוטמנות ובכך להקטין את עלות הוצאות הרשות המקומית. מצד שני, המיחזור עצמו כרוך בעלויות נוספות של איסוף, מיון, הובלה, הסברה וכו'. כלכלית, המיחזור יהיה כדאי כאשר התועלת הכוללת תהיה גבוהה מהעלויות הכוללות. המיחזור הוא, כאמור, אחת הדרכים לצמצום כמויות הפסולת המגיעה לאתרי סלוק הפסולת. בבואנו לדון ביתרונות המיחזור מבחינת המשק הלאומי עלינו לבחון הקצאה יעילה של משאבים. אחד השיקולים הדומיננטיים הוא השמוש בחומרי גלם

בתוליים מול השימוש בחומרי גלם ממוחזרים. בעת ייצור מוצר כלשהו, העשוי מגייר, זכוכית, פלסטיק וכו', נטיית היצרן היא להשתמש בראש ובראשונה בחומרי גלם בתוליים. חומרי גלם אלו זמינים, זולים, הטכנולוגיות הדרושות להפקתם זולות ואין ליצרן כל רצון וצורך להשתמש בחומרים ממוחזרים (Tietenberg, 1992). עם ההתדלדלות במשאב הדרוש לייצור, יש צורך בהתאמת טכנולוגיות לכרייתו, מיצוי וטיפול בו, דבר המייקר את חומר הגלם הנתול. בו בזמן, עלויות הסלוק של התוצרים עולות בגלל רבוי וצפיפות האוכלוסיה דרישה לתקנים גבוהים יותר של איכות הסביבה לטיפול בפסולת וסילוקה.

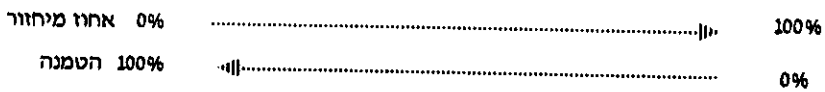
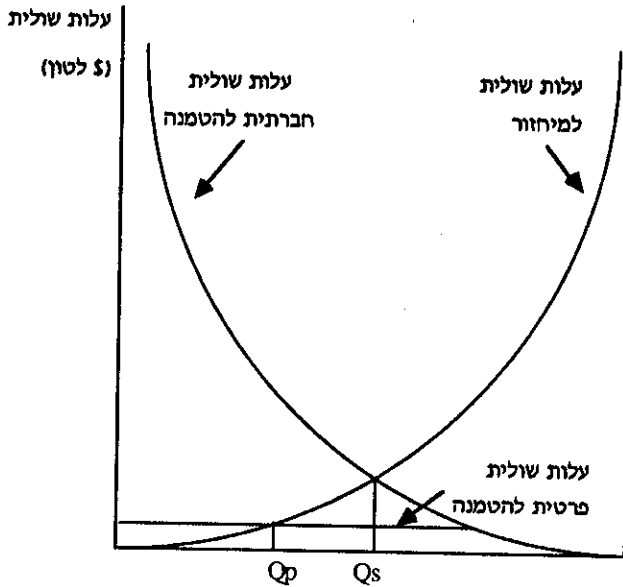
שתי מגמות אלו, עליית מחיר חומרי הגלם הנתוליים ועליית מחיר סלוק הפסולת, מעודדות את השימוש בחומרי גלם ממוחזרים או תחליפים זמינים יותר והניצול של חומרי הגלם הנתוליים מחד.

חומרי הגלם לתעשיית המיחזור מגיעים משני מקורות. מקור אחד הוא פסולת תעשייתית שיתרונותיה ברורים: פסולת זו נקיה, ממוינת ומרוכזת. ליצרן יש תמריץ להשתמש בה כיוון שנחסכות הוצאות על חומרי גלם בתוליים. המיחזור במגזר התעשייתי ברוב המקרים יעיל ומשמעותי. עבודה זו גם אינה עוסקת במגזר זה. המקור השני הוא חומרי גלם לאחר שימוש הצרכן (POST CONSUMER).

בציור 1 מובא תאור המגדיר רמה יעילה של מיחזור (Tietenberg, 1992). העלות השולית למיחזור חומרים מוגדרת כתוספת לעלויות המשתנות הכוללות הדרושות למיחזור אחוז נוסף של חומרים. כאשר העלות השולית עולה, כפי שניתן לראות בציור, עולה העלות המשתנה הכוללת בשיעורים גדלים והולכים. התועלת נטו הכוללת המתקבלת ממיחזור חומרים היא ההפרש בין סך התועלות וסך העלויות. כל נקודה על העקום המתאר את העלות השולית למיחזור היא בעצם, הנגזרת של העלויות המשתנות בכל שיעור נתון של מיחזור. ככל שאחוז המיחזור גבוה יותר, העלות השולית לייצור עולה וגם ניתן לראות בציור זה כי מיחזור של 100% אינו יעיל, כיוון שהעלות השולית לייצור גבוהה מאוד.

העלות השולית הפרטית לסלוק פסולת (העלות להפטרות מיחידה נוספת של פסולת) היא אפס. כלומר, העלות המשתנה לסלוק והטמנת הפסולת לפרט אינה משתנה עם השנוי בכמות המוטמנת. הסיבה לכך היא שהאזרח משלם מיסים, בהתאם לשכונת המגורים וגודל הדירה, אך הוא לא משלם ארנונה גבוהה יותר כאשר הוא מייצר יותר פסולת. המיסים כוללים את תעריפי

סלוק הפסולת, מבלי שהאזרח יידע מהו הרכיב המיוחד לפנוי הפסולת. מתקבל, אם כך, שאין לאזרח תמריץ להפחית את כמויות האשפה. נהפוך הוא, מיחזור דורש מהאזרח לנקוט בפעולות אותן לא ביצע קודם, פעולות הגוזלות ישירות זמן וכסף (מיון, שטיפת מיכלים, נסיעה למרכז המיחזור - בהתאם לתוכנית המיחזור הקיימת). נקודת היעילות, מבחינת הקצאת המשאבים, תהיה נקודת החתוך עם עקום העלות השולית לייצור מוצר ממוחזר בערך של  $Q_p$  יחידות. בנקודה זו שווה העלות השולית להפטרות לעלות השולית למיחזור, מבחינת הפרט. עלות ההיפטרות האמיתית גבוהה מהעלות המשולמת בפועל. האסימטרים גורמים למטרדים בקרבת יישוב (צחנה, יתושים, מכרסמים), בקרבת שדה תעופה (ציפורים), מעל מאגר מי תהום (תשטיפים) ועוד. מחיר מטרדים אלה היא העלות החברתית של אסייפ, ולמעשה, אף אזרח ואף רשות מקומית לא נושאים כיום בישראל בעלות זו, האמיתית, של סלוק הפסולת. זהו העקום המציין את העלות השולית החברתית להפטרות מן הפסולת. במקרה זה, ככל שנטמין יותר פסולת, העלויות יהיו גבוהות יותר. מתקבל, כי כאשר בוחנים את שעור המיחזור המיטבי, הרצוי מבחינת הפרט, מתקבלת הקצאת המשאבים בלתי יעילה, כיוון שלא נלקחת בחשבון העלות החברתית לסלוק הפסולת. כאשר נלקחת עלות זו, עולה המחיר השולי להפטרות מן הפסולת בצורה תלולה. נקודת החתוך תהיה, כעת, בערך  $Q_s$  יחידות, בה יש יותר מיחזור מאשר בנקודה  $Q_p$  והקצאת המשאבים יעילה יותר.



ציר מס' 1: רמה יעילה של מיחזור

FIGURE 1: The Efficient Level of Recycling

### 3. פתרונות לטיפול בפסולת ביתית מוצקה - תוך הדגשת המצב בישראל

הפתרונות האפשריים והקיימים כיום לטיפול בפסולת מוצקה הינם:

1. סלוק.
2. הטמנה סניטורית.
3. שריפה לצורך הפקת אנרגיה.
4. מיחזור.

#### 3.1 סלוק הפסולת המוצקה

השלכת הפסולת העירונית למזבלות היא הדרך הנוחה ביותר, ברוב המקרים גם הזולה ביותר להפטר מהאשפה. קרוב למקום בו מיוצרת הפסולת, ללא צורך בשנוע הפסולת למרחקים, על קרקע השייכת בדי"כ לרשות המקומית, מוקמת המזבלה העירונית. פתרון זול זה, מתברר, הוא פתרון מאוד יקר לטווח הארוך. ההשלכות האקולוגיות והכלכליות של פתרון זה הן אדירות.

מבחינה אקולוגית המזבלות גורמות למטרדים של ריח ועשן (בעיקר, אם מציתים בסוף יום העבודה על מנת לצמצם את נפח האשפה), מטרדי יתושים, זבובים ומכרסמים מעבירי מחלות, מטרדי ציפורים (קרבת האתר בחיריה לשדה התעופה מהווה סכנה ממשית למטוסים הממריאים ונוחתים בנמל התעופה ע"ש בן גוריון) וכמו כן מפגע אסטטי. בעיה חמורה ביותר (שאינה נראית לעין ואינה מורגשת באופן מיידי) היא חלחול תשטיפי אשפה וזהום מי התהום.

תשטיף מוגדר (Vogl & Angino, 1985) כתמיסה נוזלית המכילה תוצרי פירוק, גזים ותרופות מסיסות, אשר מצטברים במדיום המימי הנע דרך אתר האשפה. כמובן, שעל מנת שתוצר תמיסה מימית צריכה האשפה להכיל מים. לתכולת המים הקיימת ממילא באשפה נוספת שטיפת האתר ע"י הגשמים וקיימת גם אפשרות של עליה נימית של מי התהום אל האתר. מזבלה הממוקמת מעל או ליד אקוויפר, עלולה לזהם ע"י חלחול אנכי או אופקי של המזהמים. עוצמת הזהום תלויה בנפח התמיסה, ריכוז המזהמים בתשטיף, מידת ניידות התשטיף ופרופיל הקרקע שמעליה ממוקם האתר. פרמטרים אלו נקבעים עפ"י כמות הפסולת המסולקת לאתר, אופיה, גיל האתר, המבנה ההידרולוגי ותנאי האקלים.

נפח התשטיף והרכבו הכימי הינם שני המדדים לאפיון תשטיף אשפה. נפח זה משתנה מאתר לאתר בהתאם לסוג האשפה, מעונה לעונה באותו אתר בהתאם לכמויות הגשם ו/או אוופוטנספירציה, וכן בהתאם לאופי האתר ותכנונו ותפעולו. גורם מזהם נוסף הוא פליטה של גזים שונים, מתן (שהוא גז חממה), דיאוקסינים, פורנים ועוד.

מבחינה כלכלית, האזרח משלם עבור פנוי הפסולת את העלות הפיזית של האיסוף, השינוע והסלוק אך לא את העלות החברתית. כל אותם מטרדים ופגיעה במשאבי טבע (מים ואוויר) שצוינו לעיל, בתוספת הפגיעה בערך הקרקע עליה מוקמת המזבלה ובסביבה הסמוכה לאתר, הם רכיבי העלות החברתית. בישראל, עלות זו לא משולמת ע"י התושבים ולא ע"י הרשות המקומית. מצב זה, כמובן, אינו יכול להמשך. מאות המזבלות הפרועות המפוזרות ברחבי הארץ, השוכנות מעל מקורות מי התהום של מדינת ישראל, חייבות להסגר. בהתאם לתוכנית המתאר הארצית מסי' 16 מתוכננים לישראל חמישה אתרי סלוק מרכזיים וכמו כן אתר חרום, אתר פסולת רעילה ואתר זמני אחד. אתרים אלה יתופעלו בדרך שונה לחלוטין מדרך תפעולן של המזבלות. בארה"ב, בגרמניה ובמדינות אחרות, הקרקעות המשמשות לסלוק פסולת נסחרות כשוק פתוח. הרשות וכן בעל הקרקע דורשים "דמי הסכמה" מהגורמים המפנים אליהם את פסולתם. תשלום זה כולל בחובו לפחות חלק מרכיבי העלות החברתית של אתר הסלוק.

### 3.2 הטמנת הפסולת

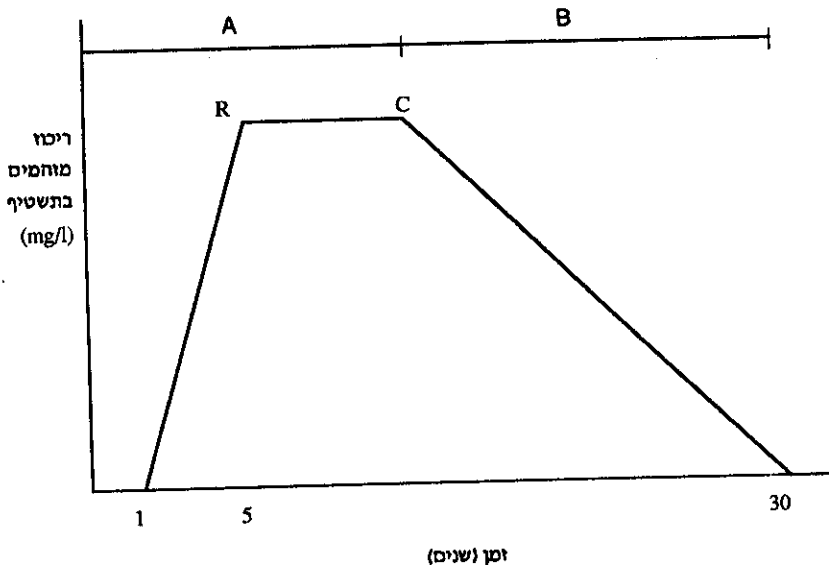
טיפול נכון באתר סלוק פסולת כולל מיקום האתר במקום בעל מבנה הידרולוגי מתאים, יצירת תשתית של מספר שכבות חרסית וחול, כסוי ביריעות פלסטיק, ניקוז מסודר של התשטיפים וטיפול מרוכז בהם, איסוף גז המתן וכסוי חול או קרקע בתום כל יום עבודה.

**תשטיפי אשפה:** כהערכה ראשונית, ניתן להניח כי כמות התשטיפים פרופורציונלית לנפח המים השוטפים את האתר ולכן, יש לצמצם ככל האפשר מעבר מים דרך חתך האתר. ניתן להשיג מטרה זו ע"י מיקום האתר במקום בו כמות המשקעים נמוכה (הנגב שלנו מתאים ביותר), כסוי יומי בקרקע בעלת קבול מים גבוה וכן כסוי האתר, עם סיום השמוש בו, ביריעת פלסטיק בלתי חדירה למים ובצמחיה.

לדחיסת האשפה יש חשיבות בתפעול האתר ובאופי התשטיפים המתקבלים. ברור, כי דחיסת האשפה מאריכה את חייו של האסייפ ומאחר והמקומות אליהם ניתן לסלק אשפה מצטמצמים, חשוב מאוד לנצל את האתר בצורה המירבית. ממחקרם של רווה ואבנימלך (1979) עולה כי

דחיסת האשפה מביאה בשלב ראשון ליצירת כמות גדולה של נוזלים שמפורשים מהאשפה עצמה (אלו מיצויים טריים שאופיים שונה מתשטיפי אספייים ששהו זמן רב במערכת וחלו בהם תהליכים כימיים שונים).

שני תהליכים אפשריים, המתקיימים בתנאים שונים, יכולים להתרחש באסיפ וחם מביאים ליצירת סוגים שונים של תשטיפים. התהליך הראשון נוצר כאשר האשפה דחוסה, התנאים הם אנארוביים, החומציות חזקה והתוצרים המתקבלים הם מסיסים ודעיכתם, כתלות בזמן, היא איטית. לעומת זאת, כאשר האשפה לא דחוסה, מאווררת, החומציות חלשה והטמפרטורה גבוהה, מועדף תהליך ההומיפיקציה בונוצרות תרכובות הומיות יציבות. ריכוז התרכובות המסיסות, שנוצרות בתהליך זה, הוא נמוך ויורד מהר מאוד כתלות בזמן. אתר אשפה הפועל במשך 12-15 שנה, ממשיך להפריש תשטיפים המכילים חומרים מזהמים במשך 30 שנה (ציור 2).



- A = משך הפעלת האתר מההתחלה עד לסגירתו.
- B = התקופה בה ריכוז המזהמים יורד עד לרמה בלתי מזיקה.
- R = ריכוז המזהמים לאחר חמש שנות תפעול האתר.
- C = ריכוז המזהמים עם סגירת האתר.

ציור 2: ריכוז מזהמים באתר סלוק פסולת כתלות בזמן (תרשים סכמתי)  
 FIGURE 2: Pollutants Concentration Leached Out from Landfills  
 (Schematic Chart)



עלות הטיפול בתשטיפים צריכה להכנס בתחשיב הכולל של התשלום באתר (Tipping Fee) וכמובן, שיש להתחשב בעובדה כי האתר ממשיך לזהם גם לאחר סגירתו ויש צורך להמשיך ולטפל במפגעים. בתום השימוש באתר יש לשקמו. עלות השיקום חייבת, גם היא, להלקח בחשבון התשלום עבור הטמנת האשפה באס"פ.

### 3.3 שריפה לצורך הפקת אנרגיה

שריפה זו נכללת במסגרת השבת משאבים (Resource Recovery). בתהליך הייצור של מוצרים הושקעה אנרגיה ואת האנרגיה הזו, או חלק ממנה, אנו משיבים כאשר אנו שורפים את המוצרים, שהפכו בינתיים לאשפה. יתרונות השריפה:

\* בתהליך השריפה פוחת נפח האשפה ב 80-90%, כתוצאה מכך, נפח האשפה הנותר לסלוק לאס"פים פוחת בצורה משמעותית.

\* נוצרת אנרגיה היכולה לשמש לייצור קיטור או חשמל. כשליש מעלות התפעול של מתקן שריפה מוחזר ע"י מכירת האנרגיה לחברות החשמל או הקיטור למפעלים סמוכים

(National Solid Wastes Management Association - NSWMA, 1992).

\* מתקן השריפה מוקם על שטח קרקע לא גדול וניתן למקמו בסמוך למקום בו מיוצרת הפסולת (בכך נחסכת עלות החובלה של האשפה הנפחית).

\* אורך החיים של המשרפות הוא גדול והפתרון הניתן ע"י המשרפה הוא לטווח ארוך.

#### הבעיות והחסרונות של מתקני שריפה:

\* עלות הקמת מתקן שריפה היא כ \$100,000 לכל טון פסולת המתוכננים להכנס למתקן בכל יום (Vansant & Hilts, 1992). עלות מתקן איזורי המטפל בכ- 1000 טון ליום תהיה כמאה מיליון דולר. רשויות מקומיות בארה"ב מוכנות להשקיע ולאשר הקמת מתקן שריפה, כיוון שכך הן משיגות פתרון לטווח ארוך המבטיח להן עלויות קבועות לטיפול בפסולת לתקופה של 20-25 שנים.

\* תהליך השריפה יוצר בעיה של זהום אוויר ולכן יש להקפיד על שריפה מלאה של האשפה ולהקפיד על הרחקת מזהמים בטרם השריפה. מתקנים חדשים העומדים בתקני הפליטה קיימים, אולם מחירים גבוה ביותר.

\* שאלה נוספת מתעוררת בנוגע לאופן הטיפול באפר הנותר לאחר תהליך השריפה. בית המשפט בשיקגו פסק לטובת התובעים שדרשו לראות באפר הנוצר בתהליך השריפה פסולת מסוכנת, שיש לסלק אותה עפ"י תקנים מחמירים של פסולת מסוכנת. גם באילינוי, אינדיאנה וויסקונסין

עומדים לקבוע כי האפר הוא פסולת מסוכנת (Anonymous<sup>2</sup>, 1993) יש לזכור כי התדמית הציבורית השלילית של מתקני שריפה והחשש מזחום אוויר גורמים לסינדרום ה-NIMBY (Not In My Back Yard).

• שאלה נוספת היא מהו ערך ההיסק של האשפה, או במילים אחרות כמה ובכמה ניתן יהיה למכור את האנרגיה הנוצרת בתהליך. הנתונים לגבי ערך ההיסק של האשפה הישראלית, הרטובה והשונה מהאשפה האירופאית או האמריקאית, נעים בין 1,800-2,000 ק"ק לק"ג (ביעילות שריפה של 70% וב-50% רטיבות). מנתוני Ditz (1990) עולה כי ערך ההיסק של אשפה בלתי ממוינת במקור בארה"ב הוא כ-2,400 ק"ק לק"ג.

• יש לקבוע האם שריפת האשפה היא אחד הטיפולים הרצויים במעגל הטיפול באשפה. בתהליך השריפה אנו משיבים אנרגיה אך אין אנו ממחזרים חומרי גלם. את מתקני השריפה ניתן לחלק לשני סוגים:

1. שריפת מסת האשפה (Mass Burn), ללא מיחזור כלל או לאחר מיחזור. האשפה מועברת לכבשן והאנרגיה המופקת מהשריפה משמשת לייצור קיטור או חשמל.

2. הפקת RDF (Refuse-Derived Fuel) בתהליך מוציאים את כל החומרים הניתנים למיחזור או שאינם ניתנים לשריפה ומן החומר הנותר מכינים גרגרים אחידים בעלי ערך היסק גבוה. בתהליך כזה, מתקן השריפה אינו בהכרח צמוד למתקן הטיפול בפסולת וניתן למכור את ה-RDF לכל מפעל היכול להפיק ממנו אנרגיה. הערך האנרגטי של RDF נע בין 3,800 ל-4,000 ק"ק לק"ג. בארה"ב קיימים כ-140 מתקני שריפה, המטפלים בכ-10% מכלל הפסולת המיוצרת בארה"ב. ביפן, הענייה במשאבי טבע, באנרגיה ובמקום להטמנת הפסולת, שורפים 72% מהפסולת הנותרת לאחר מיחזור. (נתונים מלאים בפרק 4 הדן בסקירת המצב בעולם).

בניתוח להלן נבחן את המרכיבים העיקריים של האשפה, ביחס לערכם בתהליך השריפה. בבואנו לדון בחלופה של שריפת האשפה הישראלית עלינו לזכור עובדה יסודית חשובה ביותר. קיים שוני מהותי בין הרכב הפסולת בישראל ובארצות אחרות בעולם. בגלל העובדה שהאשפה הישראלית מכילה יותר חומר אורגני היא גם רטובה יותר (כ-50-60% מים באשפה ישראלית לעומת כ-30% באשפה האירופאית). כמובן, שככל שהאשפה רטובה יותר ערך ההיסק הסגולי של האשפה נמוך יותר.

### 3.3.1 חומר אורגני רקבובי

החומר האורגני הרקבובי באשפה הישראלית מהווה, כאמור, כ 50% כאשר למעלה ממחציתו מים. ערך ההיסק של החומר האורגני נמוך ולכן, נמוך ערכו של החומר האורגני בתהליך שמטרתו הפקת אנרגיה. ערך ההיסק הסגולי של האשפה הישראלית הגולמית מוערך בכ 1,800 ק"ק לק"ג בעוד שערך ההיסק הסגולי של אשפת ארה"ב כ 2,400 ק"ק לק"ג (ראה טבלה 2 להלן). שריפת חומר אורגני עשיר במים יוצרת בעיה של "כיסוי מים" בכבשני השריפה, דבר הגורם לבעיות תיפעוליות. סיבה נוספת לבעיות תיפעוליות היא שינויים עונתיים בהרכב החומר האורגני, באיכותו ובכמותו. שינויים אלה גורמים לחוסר יציבות בהפעלת מתקן השריפה. שריפת חומר אורגני, העשיר בחנקן, היא אחד הגורמים ליצירת NOx (תחמוצות חנקן) ולכן הרחקתו בטרם השריפה חיונית. בגלל הסיבות הנ"ל והעובדה כי ניתן לקצוץ את הגזם ולהפיק ממנו ומפסולת המטבח קומפוסט, יש מקום לשקול איסור כניסת החומר האורגני למשרפה. בישראל, תהיה להרחקה זו משמעות רבה כיוון שגודל מתקני השריפה הדרושים יקטן ב 50%.

### 3.3.2 נייר, קרטון ופלסטיק

הנייר, הקרטון והפלסטיק הינם מקטעים שערך ההיסק שלהם גבוה. הפרדת מרכיבים אלה בטרם תהליך השריפה, מפחיתה את האנרגיה המתקבלת. בדוגמא המובאת בטבלה 2 נבחנה הפרדת 50% מהנייר ו 50% מהפלסטיק (לצורך מיחזורם) הנכנסים למתקן השריפה. הפרדה זו תביא לכך שערך ההיסק הסגולי של האשפה ירד ב 20%. הנתונים הבסיסיים לטבלה נלקחו מתוך Ditz (1990). נתונים אלה חושבו עבור מתקן המטפל בכמות יומית של 1,000 טון אשפה ולפיהם חושבו השפעות המיחזור על ערך ההיסק הסגולי של האשפה.

**טבלה 2: ערך החיסק הסגולי של אשפה לאחר הפרדה ומיחזור של נייר ופלסטיק, ארה"ב**

**TABLE 2: Heating Values of Waste after Separation and Recycling of Paper and Plastics, USA**

חומר	כמות טון/יום	ערך היסק (ק"ק לק"ג)	הערכה להיקף מיחזור (%)
נייר וקרטון	360	3,535	50
פלסטיק	70	7,070	50
פסולת אורגנית	90	1,160	
מתכות	90	150	
זכוכית	80	0	
גזם	200	1,363	
טקסטיל	20	3,535	
שונות	90	1,680	
סה"כ	1000	טון/יום	סה"כ לאחר מיחזור 785 טון/יום.
סה"כ תפוקה ברוטו:		לפני מיחזור	2375.85 ק"ק לק"ג)
		אחרי מיחזור	( 1903.00 ק"ק לק"ג)

היתרון בהרחקת הנייר והפלסטיק הוא הקטנת גודל מתקן השריפה הדרוש ביותר מ 20% והחסרון הוא, כמובן, הפסד אנרגיה.

הפלסטיק, חומר בעל ערך היסק גבוה, כדאי לשרוף לצורך השבת אנרגיה. אולם, הפלסטיק בעת שריפתו יוצר דיאוקסינים ופורנים (חומרים מסרטנים. PVC (פוליויניל כלוריד) גורם בעת שריפתו לפליטה של HCL (אשר ביחד עם מים יוצרים חומצה הידרוכלורית, התוצאה המתקבלת היא "גשם חומצי"). יעילות השריפה חשובה מאוד וקיים קשר ישיר בינה ובין פליטות הפוראנים והדיאוקסינים. בפלסטיק גם מתכות כבדות כמו עופרת, כספית, קדמיום ועוד העלולות להפלט ממתקן השריפה יחד עם החלקיקים המרחפים.

המצדדים טוענים כי, בטכנולוגיות הטובות של בקרת הפליטות, אין חשש לזיהום אוויר כתוצאה משריפת פלסטיק. ערך ההיסק הגבוה של הפלסטיק מביא ליעילות שריפה גבוהה יותר. נתונים נוספים המצביעים על כך כי רק 0.2% מסך הפליטות בארה"ב נובעות ממתקני שריפת אשפה, מחזקות את המצדדים בשיטה זו לטיפול בפסולת המוצקה. אולם מאחר ורק 10% מכלל האשפה בארה"ב נשרפים (Glenn, 1992) יש לבחון את השפעת השריפה על זיהום האוויר בארה"ב אם אחוזי השריפה יהיו גבוהים יותר.

כדוגמת החישוב המובא בטבלה 2 נבצע כעת חישוב דומה לגבי האשפה הישראלית. המשקל היחסי של המקטעים עתירי האנרגיה, הנייר והפלסטיק, הינם 43% ו 32% באשפת ארה"ב ובאשפה הישראלית, בהתאמה. הערך האנרגטי היחסי, בהנחה כי הערך הקלורי של הפלסטיק והנייר זהים בארה"ב ובישראל, הוא 65% ו 85% באשפת ארה"ב ובאשפה הישראלית, בהתאמה. כלומר, הנייר, הקרטון והפלסטיק באשפה הישראלית מהווים רק כשליש מכמות הפסולת אך מבחינה אנרגטית הם משמעותיים ביותר. אם נרחיק 50% מהנייר והפלסטיק בטרם שריפת האשפה הישראלית, נפסיד 44% (!) מהערך הקלורי של האשפה. מתקן השריפה הדרוש יקטן ב 15% בלבד. נתון זה חשוב ביותר בעת דיון כלכלי על מציאת חלופות לטיפול בפסולת המוצקה.

### 3.3.3 זכוכית ומתכות

הזכוכית והמתכות הינם שני מקטעים שלא די בכך שערך ההיסק שלהם נמוך, הם גם מפריעים וגורמים לבעיות תפעוליות של הכבשנים. מאחר והחומר לא נשרף, הרי שכמות האפר הנוותרת לסילוק בתום השריפה, גבוהה יותר. כפי שניתן לראות בטבלה 3 להלן, ערך ההיסק הסגולי של האשפה, בארה"ב, עולה ב -20% כאשר המתכות (ברזליות ואל-ברזליות) והזכוכית מסולקים בטרם תהליך השריפה. מאחר והזכוכית והמתכות מהווים כ 15% מכלל הפסולת, הרי שהפרדתם בטרם השריפה גם מקטינה את גודל מתקן השריפה הדרוש.

בישראל, אחוז הזכוכית והמתכות באשפה נמוך ולכן, לא תשפיע הרוחקתם, באופן ניכר, על גודל מתקן השריפה הדרוש והרוחקתם תשפיע אך במעט להעלאת ערך ההיסק הסגולי של האשפה (עפ"י החישוב, ערך ההיסק הסגולי של האשפה הישראלית יעלה בפתות מ -10%). לעומת זאת, יתקבל שפור ביעילות השריפה, בצמצום פליטות מזהמים בעת התהליך ובצמצום כמות האפר המסוכן שיש לטפל בו.

טבלה 3: השפעת מיחזור מלא של זכוכית ומתכות על ערך ההיסק של אשפה בארה"ב.

TABLE 3: Heating Values of Waste after Separation and Recycling of Glass and Metals, USA

חומר	כמות טון/יום	ערך היסק (ק"י לק"ג)	הערכה להיקף מיחזור (%)
נייר וקרטון	360	3,535	
פלסטיק	70	7,070	
פסולת אורגנית	90	1,160	
מתכות	90	150	100
זכוכית	80	0	100
גזם	200	1,363	
טקסטיל	20	3,535	
שונות	90	1,680	
סה"כ סה"כ תפוקה נטו:	1000 טון/יום לפני מיחזור אחרי מיחזור		סה"כ לאחר מיחזור 830 טון/יום 2375.85 (ק"י לק"ג) 2846.50 (ק"י לק"ג)

### 3.3.4 צמיגים

ערך ההיסק הגבוה של הצמיגים גבוה ולכן, סביר להניח כי, אם תוקם משרפה בישראל, יהיה זה כלכלי להפיק אנרגיה משריפה ישירה של הצמיגים או מהכנסתם לתהליך ייצור ה-RDF.

### 3.4 מיחזור

בשיטת המיחזור, מופרדים מתוך זרם האשפה, חומרים שניתן להחזירם למעגל הייצור ולהשתמש בהם כחומר גלם לייצור מוצרים. המוצרים החדשים יכולים להיות זהים בתכונותיהם ובשימושיהם או שונים ביעודיהם ונחותים באיכותם. באופן תיאורטי, ניתן להשתמש ברוב מרכיבי האשפה לצרכי מיחזור, אולם, יש לבחון את כלכליות המיחזור ואת הטכנולוגיות הקיימות.

### 3.4.1 החיבטים הטכנולוגיים של מיהזור חומרים

בבחינה זו נתייחס למרכיבים העיקריים של הפסולת שניתן, טכנולוגית, למחזר אותם וכן למרכיבים מיוחדים, שחלקם מסוכנים ובעייתיים, שכדאי להרחיק אותם מזרם האשפה. בסקירה יובאו השימושים האפשריים של החומר, פוטנציאל המיחזור והבעיות הטכנולוגיות הקיימות.

#### 3.4.1.1 חומר אורגני

כ 50% מהאשפה הביתית בישראל היא, כאמור לעיל, חומר אורגני רטוב. חומר זה ניתן להפוך לקומפוסט בתהליך של פרוק אאירובי בתנאים מבוקרים. הקומפוסט הוא, למעשה, זבל אורגני שיישמו בקרקעות חקלאיות מביא להעשרת הקרקע בחומר אורגני, לשיפור מבנה קרקעות חרסיתיות (אבנימלך וכהן, 1988), להקניית מבנה לקרקעות חסרות מבנה, לטיוב קרקעות מלוחות (יוטל וחוברין, 1989) ועוד. יישום אפשרי של הקומפוסט הוא בשטחים חקלאיים ובגינות ציבוריות.

הבעיות הקיימות כיום בייצור קומפוסט בעולם בכלל ובארץ נובעות ממספר סיבות: הקומפוסט צריך להיות מחומר גלם נקי. קומפוסט מאשפה ביתית צריך להיות נקי ממוזמים אפשריים כמו סוללות, שאריות צבעים, פחיות ועוד, גורמים לכך שתכולת המתכות הכבדות בקומפוסט תהיה גבוהה ומסוכנת. מזרקים המגיעים מפסולת בתי חולים, שברי זכוכית וחומרים לא אורגניים אחרים, פוגעים באיכות הקומפוסט ומפחיתים את הרצון להשתמש בו.

הטכנולוגיות הקיימות כיום בארץ לייצור קומפוסט אינן מן היעילות. מתקני הקומפוסטציה בארץ אינם מקורים, הכנת הקומפוסט מלווה במטרדי ריח והכנת הקומפוסט ממושכת. טיב המוצר הסופי אינו אחיד ולכן גם ההשפעות החיוביות, להם מצפים החקלאים, אינן תמיד עקביות ומעודדות.

שמוש אחר לפסולת מטבח אורגנית הוא הכנת כופתיות מזון לבעלי חיים. הדרישות לאיכות חומר הגלם המורות ביותר ולכן, לא נראה ששמוש בפסולת מטבח ביתית יכולה לשמש לצורך זה. יש מקום לשקול שמוש זה מפסולת מטבחים מוסדיים (בתי מלון, מסעדות וכו').

מקטע נוסף של חומר אורגני, שאינו פסולת מטבח, הוא הגזם. מקור הגזם מהגיטון הציבורי וכן גזם מגיטון ביתי ודשא. סך הכמות השנתית מוערכת ב 100,000 טון (כ 4% מכלל הפסולת העירונית) והנפח מעל מליון וחצי מטרים מעוקבים. השימושים האפשריים של הגזם, לאחר

## קיצוץ:

1. קומפוסט. בנוסף הקומפוסט מאשפה ביתית, יכול הגזם לשמש כחומר סופג בתחליך הכנת קומפוסט מבוצת שפכים.
2. הפקת אנרגיה בשריפה.
3. חומר גלם למפעל לבידים.
4. תפוי קרקעות. יישום שבבי גזם בקרקעות מונע התאיידות מים והצורך בהשקיה פוחת, העשביה מצטמצמת ונמנעת סחיפת הקרקע.

## 3.4.1.2 נייר וקרטון

נייר וקרטון מהויים כ 20% מכלל הפסולת המוצקה בישראל. צריכת הנייר והקרטון עלתה עם השנים. סך צריכת הנייר בארץ לאורך השנים מובאת בטבלה 4. הנתונים בטבלאות 4 ו-5 התפרסמו בבטאוניר מס. 25, בטאון פנימי של חברת מנא"י בע"מ.

## טבלה 4: צריכת נייר וקרטון בישראל

TABLE 4: Paper and Cardboard Consumption in Israel

שנה	צריכה כוללת (אלפי טון)	ייצור מקומי (%)
1977	287	41
1980	315	34
1985	358	36
1988	461	32
1990	503	38

ניתן לראות כי הצריכה עולה מדי שנה בכ 3-5%. הייצור המקומי עלה ב 15 השנים האחרונות ביותר מ-60%, סה"כ ניזון הייצור המקומי מ 60-70% נייר ממוחזר. היחס שבין היבוא והייצור המקומי כמעט ולא השתנה. צריכת הנייר בארץ ב-1990, עמדה על 503 אלף טון, לפי ההתפלגות להלן:



- 77 אלף טון לנייר עיתון - מיובא כולו.  
 91 אלף טון לנייר כתיבה משובח - 35% מיובא.  
 164 אלף טון לקרטון גלי - 53% מיובא.  
 40 אלף טון לנייר לשימוש ביתי - 10% מיובא.  
 131 אלף טון לניירות וקרטונים אחרים - 87% מיובא.
- צריכת הנייר והקרטון לנפש היא מדד לרמת החיים. ככל שרמת החיים גבוהה יותר, עולה אחוז הנייר והקרטון ויורד אחוז החומר האורגני בפסולת. נתונים מוצגים להלן בטבלאות 5, 6.

טבלה 5: צריכת הנייר והקרטון לנפש במדינות שונות בעולם

TABLE 5: Per-Capita Paper and Cardboard Consumption

דרוג עולמי	צריכת נייר וקרטון לנפש (בק"ג)	מדינה
1	304	ארה"ב
2	229	שבדיה
4	223	יפן
7	210	גרמניה
12	168	אנגליה
18	149	צרפת
20	117	איטליה
21	105	ספרד
22	104	ישראל
31	68	יוון
42	36	בריה"מ
60	17	טורקיה
75	11	מצרים

**טבלה 6: אחוז הנייר והקרטון המצוי בפסולת המוצקה במדינות שונות**

**TABLE 6: Paper and Cardboard in Municipal Solid Waste**

מדינה	אחוז הנייר והקרטון בפסולת
ארה"ב	40% משקלי, 34.1% נפחי
גרמניה	26
שוויץ	30.6
צרפת	30
ישראל	19.4

הנתונים המופיעים בטבלה זו נלקחו מפרסומים רשמיים של המדינות השונות המצויינים ברשימת הספרות.

**טכנולוגית ייצור נייר**

עיקר ייצור נייר בארץ מתרכז במפעלי נייר אמריקאים-ישראליים, 90% מתוצרת הנייר הישראלית מיוצרת בו. 5 מכוונות מייצרות נייר בחדרה, מכוונות נוספות בנהריה ובאשדוד ושתי מכוונות נייר במפעל "שפיר".

החברה מרכזת את עיקר הייצור והשיווק של ניירות ביתיים וכן היא מחזיקה בבעלות מלאה של חברת "אמניר", קבלן איסוף עיקרי של פסולת נייר.

חומרי הגלם של החברה הם כ 70,000 טון תאית מיובאת, כ 120,000 טון פסולת נייר וקרטון שנאספת בארץ וגם פסולת נייר המיובאת מארה"ב (כ 20,000 טון) במחיר עלות הובלה ימית בלבד. במפעלי הנייר קיים עודף ייצור של 70-80,000 טון. אספקט חשוב ביותר בעת ייצור הנייר הוא השימוש במים. הכנת "עיסת נייר" דורשת שימוש ב 99% מים ורק אחוז אחד של חומר גלם (תאית או נייר ממוחזר). לפיכך, תצרוכת המים במפעל נייר היא גבוהה ביותר. במפעלי נייר חדרה הוקמו צוותים מיוחדים לטיפול בנושא ואכן ניכרת ירידה משמעותית בצריכת המים של המפעל. ב 1986 צריכת המים לטון נייר היתה 28.3 מ"ק וב 1990 ירדה הצריכה ל 22.6 מ"ק לטון והתחזית היא ירידה ל 18 מ"ק לטון נייר.

**מיחזור נייר וקרטון בישראל**

לאחר שהנייר נאסף למטרות מיחזור, קיימת חשיבות מרובה למינונו בטרם השימוש בו במכונת הנייר. אחוזים בחדים של נייר מטיב ירד עלולים לפגוע באיכות הנייר המיוצר.

חברת "אמניר" אוספת כיום כ- 120,000 טון בשנה (כרבע מסך הצריכה, כ 60-70% מכלל צריכת תעשיית הנייר המקומית) ממקורות שונים, כפי שיפורט בהמשך. כיום, הצטרפו חברת סנו וחברת תמ"מ, להקמת מפעל חדש למיחזור נייר. מפעל "שניב" בנתיבות מייצר נייר בייתי משובח והוא רוכש נייר שנאסף ע"י חברת תמ"מ. תמ"מ אוספת בערך 10% ממקורות האיסוף בהם אספה חברת "אמניר" בעבר, אולם נתח זה הוא נכבד שכן מדובר באיסוף נייר משרדי משובח מבתי דפוס גדולים ונייר משרדי ממשרדי הממשלה.

האיסוף של "אמניר" נעשה במספר דרכים:

1. עפ"י התקשרויות מסחריות עם מפעלים ומוסדות המספקים נייר ממזון ואחיד. לדוגמא: בתי דפוס, מפעלים לקרטון ומוצרי נייר, מערכות עיתונים.
2. במסגרת פנוי אשפה.
  - הסכמי שירות עם מרכולים ועסקים, בעיקר, קרטון.
  - פנוי כ 6,000 מתקנים בבתיים בתל-אביב.
  - מיון אשפה עירונית במקומות בהם אמניר היא קבלן פנוי האשפה.
3. במסגרת חסות הועד למען החייל.

לחברת "אמניר" מתקן מיון נייר מרכזי בת"א, בו ממוינת כ 65% מהכמות הכללית הנאספת בארץ. מתקן נוסף, קטן יותר, קיים בחדרה. גם חברת תמ"מ מפעילה מערך מיון לנייר אותו היא אוספת.

חברת "אמניר" אינה אוספת מעבר לאותם 120,000 טון, כיוון שעלויות האיסוף השוליות גבוהות ביותר. חומר הגלם הנאסף במגזר העירוני הוא ברובו נייר עיתון ששמושי החומר הממוחזר מוגבלים ולגביו קיים במפעלי הנייר עודף ייצור, ולכן, קיימים סייגים לכדאיות האיסוף והייצור של מוצרים מחומר ממוחזר. הצריכה, הנמוכה יחסית, לנפש בארץ עומדת על כ 100 ק"ג לשנה, מייקרת מאוד את איסוף הנייר הביתי, בשל הצורך בהובלה למרחקים ארוכים וייקור האיסוף. לשם השוואה, בבנין ה TWINS בעיר ניו-יורק נאספת אותה כמות נייר משרדי משובח באותו פרק זמן, כמו כלל כמות נייר העיתון הנאספת בישראל.

עפ"י הדו"ח של הועדה הבין משרדית למיחזור חומרי פסולת, שעסק במיחזור נייר עולות המסקנות הבאות:

1. יש לשפר את שיטת האיסוף של האשפה ולהפריד מתוכה חומרים בני מיחזור.
2. יש לתת תמריצים כלכליים וציבוריים לעדוד איסוף מוגבר של נייר וקרטון.
3. קידום הביקוש למוצרים המופקים מסיבים ממוחזרים.

## 3.4.13 פלסטיק

המקטע השלישי במשקלו בפסולת הביתית בישראל הוא הפלסטיק. הפלסטיק מהווה כ-12%-10 ממשקל הפסולת ונפחו פי 2-3. השמוש בחומרים פלסטיים הולך ומתרחב בעולם ובארץ. שמוש נרחב נעשה בפלסטיק לצרכי אריזה, בניה, תחבורה ועוד. בשנת 1990 הגיעה סך הצריכה העולמית לקרוב ל 90 מיליון טון ובישראל נצרכו באותה שנה, למעלה מ 240,000 טון (קניג וכחן, 1992). הצריכה לנפש בישראל עומדת 67.8 ק"ג לשנה ולשם השוואה, הצריכה השנתית לנפש בבלגיה 144 ק"ג, בגרמניה 131 ק"ג, בארה"ב 108 ק"ג ובאנגליה 61 ק"ג.

הפולימרים הפלסטיים הינם חזקים, בלתי שבירים, ניתנים לעיצוב לכל צורה רצויה, הגוון של המוצר המתקבל נע משקיפות מלאה עד אטימות מוחלטת ובכל צבע רצוי, ניתן להדפיס או להדביק על המוצר, הפלסטיק קל, זול יחסית ומתאים ביותר לחברה המודרנית הצורכת מוצרים מסוג "השתמש והשלך".

חומר הגלם של חלק מסוגי הפלסטיק, כפי שיוסבר בהמשך, הוא הנפט, תוצר המתקבל בזקוק הנפט. במפעלים הפטרוכימיים מייצרים אתילן ומונומרים אחרים המשמשים ישירות לתעשיית הפולימרים (בעיקר פוליאיתילן לסוגיו, פוליפרופילן, פוליסטירן), ונייל כלוריד, חומר הגלם ליצור פול וניל כלוריד (PVC), הינו תוצר ריאקציה בין אתילן, שמקורו במפעלים הפטרוכימיים, HCl ובנון. ייצור ה PVC נעשה בפרוטרום, מקורות אחרים למונומרים הינם מפעלי הברום (מונומרים מתקדמים) וכן קיים יבוא של מונומרים.

יצרני הפולימרים בארץ הינם המפעלים הפטרוכימיים המייצרים פוליאיתילן בצפיפות נמוכה ופוליסטירן, פרוטרום מייצרת PVC, מכתשים- פוליאסטרים ואפוקסי, כרמל כימיקלים - מלמין ופנול פלסטיים. חומר הגלם לייצור מיכלי המשקאות מ PET מיובא טלו. סך הצריכה השנתית בישראל, נכון ל-1991:

70,000 טון	LDPE
50,000 טון	HDPE
15,000 טון	LLDPE
55,000 טון	PP
35,000 טון	PVC
15,000 טון	PET
20,000 טון מתוכם 5,000 טון פוליסטירן מקצף	PS

(מתוך נתוני כרמל אולפניים)

קיימות שיטות עיבוד שונות של הפולימרים. סוג חומר הגלם וצורת עיבוד ומכתבים ע"י השמוש המיוחד של החומר.

החומרים הפלסטיים עוברים השבחה ושנוי מתמידים. בולטת הופעתם של החומרים ההנדסיים ובכללם החומרים המרוכבים, נתכים ותערובות שתכונותיהם מאפשרות החלפת מתכות, שימוש לצרכים מבניים וייצור רכיבים הנחשפים לטמפרטורות גבוהות, סביבה קורוזיבית וקרינה אולטה-סגולית.

צריכת החומרים הפלסטיים בעתיד תושפע מאספקטים אקולוגיים ובריאותיים. חומרים מסוימים, ו PVC הוא דוגמא בולטת, יוגבלו בשימושם בגלל חומרים רעילים הנפלטים בעת עיבודם, השימוש בהם או שריפתם.

בטבלה 7 מופיעה צריכת החומרים הפלסטיים, במגורים השונים, במקומות שונים בעולם בשנת 1990.

טבלה 7: צריכת חומרים פלסטיים בשנת 1990 (באחוזים)

TABLE 7: Plastics Consumption, 1990 (%)

ממוצע כלל עולמי	ישראל	ארה"ב	אירופה	מקום שימוש
30	30	30	39	אריזה
3	20	22	1	חקלאות
20	15	23	19	בניה
6	5	4	7	תחבורה
11	8.7	10		מוצרי צריכה
4	7			תעשייה
				צבא
10				חשמל
6	6	6		ריהוט
10	8.3	5	34	שונות

מתוך אלקלעי ורם, 1991.

## פלסטיק בפסולת העירונית המוצקה

טבלה 8: אחוז החומרים הפלסטיים המצוי בפסולת המוצקה במדינות שונות.

TABLE 8: Plastics in Municipal Solid Waste

מקום	אחוז משקלי	אחוז נפחי
אירופה	9-13	22-32
ארה"ב	8	20
ישראל	10-12	25-30

### מיחזור פלסטיק

קיימים שני סוגים עיקריים של פלסטיק:

1. פלסטיק תרמופלסטי, הניתן למיחזור, ומהווה כ 80% מכלל סוגי הפלסטיק הביתיים.
2. פלסטיק תרמוסטי (בקליט, לדוגמא), שאינו ניתן למיחזור בגלל הצלבה בקשרים המולקולריים.

הבעיות הטכנולוגיות הכרוכות בכך ידועות, מובנות וניתנות, ברובן, לפתרון. ישנם מפעלים המייצרים מוצרים על טהרת הפלסטיק הממוחזר, כאשר החסכון בעלות חומרי הגלם מגיעה ל-40%-30.

המיחזור בישראל מתרכז במפעל "אמניר" בחדרה, והמפעל מטפל ב 6,000-7,000 טון בשנה (עיקר חומר הגלם מגיע מהחקלאות). ישנן תעשיות שמשמשות בחומר גלם ממוחזר- במושב רמאון, פוליוו - ק. גשר הזיו, ישראלטרק, פלסטיקת ניר צבי. השימושים של פלסטיק ממוחזר הם לצנרת (חקלאות, תקשורת, חשמל), יריעות, מוצרי הזרקה וכאן המקום לציין את מפעל "אביב" ברמת חובב הקולט את כל תערובת הפלסטיקים לייצור ריהוט ותחליפי עץ.

פלסטיק ניתן למיחזור בכל אחת מהדרכים להלן (Curlee & Das, 1991):

1. מיחזור ראשוני. ייצור חומר בעל תכונות זהות לחלוטין למוצר הראשוני.
2. מיחזור שניוני. התכה ועיצוב מחדש כך, שבעת מיחזור הפלסטיק משתנות תכונותיו הראשוניות והמוצר המתקבל נחות בתכוניו מהמוצר הראשוני.
3. מיחזור שלישוני. שמוש בפסולת פלסטיק לייצור פרה-פולימרים, כימיקלים בסיסיים או דלק.
4. מיחזור רביעוני. שריפה והשבת אנרגיה.

הבעיה הראשונה המתעוררת בעת מיחזור פלסטיק היא שעל מנת לבצע את המיחזור הראשוני והשניוני חייבים לעבוד עם חומר גלם אחיד (סוג אחד של פלסטיק) ונקי מזהומים. כך לשם השוואה, היקף מיחזור האלומיניום בארה"ב גבוה, הן משום שהחומר מאוד מוגדר ואחיד והן משום שטמפרטורת העיבוד גבוהה דיה כדי להפטר מזהומים שונים. פלסטיק, לעומת זאת, מהווה בעיה משום שקיימים סוגים שונים של פלסטיק ועיבוד סוג אחד שונה מעיבוד סוג אחר. עירוב סוגים שונים גורם לבעיות בתהליך הייצור והמוצר המתקבל לא עונה על התכונות הנדרשות. בנוסף, התכת הפלסטיק נעשית בטמפרטורה נמוכה יחסית, שאינה מספקת לסילוק מזהמים. עלויות ההפרדה (ידיניות או מכניות) צריכות להיות לא יקרות וסבירות מבחינה טכנולוגית (Curlee & Das, 1991). מחקר ופתוח מעמיקים מושקעים לפתוח שיטות הפרדה יעילות וזולות ברוב המקומות המיון כיום הוא ידני, ונשאלת השאלה האם מיון כזה יכול, כלכלית, להצדיק הרחקת הפלסטיק מהמשרפות והאסי"פים. למרות המאמצים במו"פ, ההתקדמות הטכנולוגית במיון הפלסטיק עדיין שולית ולא הביאה להיתכנות כוללת וכלכלית של מיחזור הפלסטיק.

המיחזור, לאחר המיון, מתבצע בד"כ במספר שלבים: גריסה (ישנן תעשיות שחומר גרוס מספק אותן כח"ג), שטיפה יסודית, ייבוש והכנת כדוריות (Pellets).

מסיבות בריאותיות משתמשים בד"כ בפלסטיק ממוחזר ליצור מוצרים שאינם באים במגע עם מזון. השמושים של גרגרים העשויים מ PET הינם מלוי לכריות, מעילים ושקי שינה, גיאוקסטייל ועוד. השימושים של סוגי פלסטיק אחרים ממוחזרים הם לצנרת (חקלאות, תקשורת, חשמל), יריעות, מוצרי הזרקה ועוד. בנוסף לכך, בארה"ב כיום מתחילות חברות פפסי וקוקה קולה להשתמש בבקבוקי PET העשויים מחומר ממוחזר, לאחר שקיבלו את אישור ה-FDA (Food & Drug Administration).

מיחזור הפלסטיק דורש שלוב ושתוף פעולה בין יצרן הפלסטיק, הצרכן והרשות המקומית או הקבלן המטפלים בפסולת המוצקה. כל אחד מהגורמים הנ"ל, כשהוא פועל ללא שתוף פעולה, רואה את היתרונות והחסרונות של מיחזור הפלסטיק, במעגל מצומצם. אם אחד הגורמים יראה תמריץ נטו שלילי (עלויות גבוהות מתועלות), הוא עלול לחסום את מעגל המיחזור אפילו שמבחינה חברתית כוללת התועלת ממיחזור פלסטיק היא חיובית. ההתפתחויות האחרונות בנושא זה הינן יצירת מאגרי מידע, יצירת שווקים חדשים וזרימת אינפורמציה בין גורמי המיחזור.

מאחר והטכנולוגיה למיחזור ידועה (לפחות בחלק מסוגי הפלסטיק) ומאחר והחסכון הוא משמעותי, עולה השאלה מדוע, בעצם, המיחזור בעולם בכלל ובארץ בפרט עומד על אחוזים בודדים בלבד? התשובה לשאלה זו מתמקדת במספר סיבות: קודם כל, נושא מיחזור הפלסטיק בעולם כולו עדיין בראשיתו, בניגוד למיחזור נייר וזכוכית שהטכנולוגיות והמפעלים ותיקים ומנוסים. בעיות נוספות הקשורות במיחזור פלסטיק נובעות מכך שטמפרטורת העיבוד של הפלסטיק נמוכה יחסית ולכן אין אפשרות להפטר ממהמים בתהליך העיבוד. בעיה נוספת היא שכל התחשיבים מבוססים על כך כי ניתן למכור את החומרים לאחר מיונם מזרם האשפה והכנתם למיחזור. מסתבר, כי קשה מאוד לשווק מוצרים אלה. התמריצים למיחזור פלסטיק צריכים להיות סביבתיים, תחיקתיים וכלכליים (Curlee, 1988-89).

קיימות מספר בעיות שיש לפתור אותן ע"מ למחזר פלסטיק:

בנושא אריזות קימת אי אחידות של המוצר (הדוגמא הידועה היא בקבוקי PET למשקאות קלים המורכבים מחומרים שונים: גוף PET, תחתית HDPE, פקק וחבק HDPE, נייר לתווית ושרפים להדבקה), חשוב לטפל בפלסטיק כשהוא נקי וכמובן, יש לטפל בכל סוג פלסטיק בנפרד. יש צורך בסימון סוג הפלסטיק ובמיון בטרם תהליך המיחזור. מיחזור סוגי פלסטיק מעורבים אפשרי, אך המוצר המתקבל הוא בעל ערך נחות מהמוצר המתקבל ממיחזור כל סוג בנפרד.

בחלק מארצות אירופה, חלה חובת הטיפול באריזות ומיחזורן, על היצרן (פרק 6 להלן חדן בחוק האריזה הגרמני). דבר זה מבטיח כי היצרן יעשה כל שביכולתו ע"מ לשווק את מוצריו כשהם ארוזים בחומר בר מיחזור.

מאחר ונקיון הבקבוק או האריזה חשובים, יש לשקול הפעלת פקדון על מיכלי המשקה. בארה"ב, חוקי פקדון על מיכלי משקה הביאו לכך ש 90% ממיכלי ה PET מוחזרים למרכולים ממוינים וממוחזרים ע"י תעשיית הפלסטיק.

בעיה חמורה עלולה להיווצר בעת עירוב פלסטיק רגיל עם פלסטיק מתכלה בתהליך המיחזור (Curlee, 1988-89). הדבר עלול לפגוע בתכונות הרצויות ואריזות עלולות להתכלות בזמנים לא מבוקרים ולא רצויים.

בבואנו לשקול מיחזור פלסטיק בישראל עלינו לבדוק כדאיות כלכלית. למשל, כדאיות מיחזור בקבוקי PET בארץ היא מינימום 2,000-3,000 טון בשנה (אלקלעי ורם, 1991), כלומר



איסוף ומיחזור של כ- 25% מסך בקבוקי PET בארץ. (אין בדו"ח את הנתונים הבסיסיים מהם ניתן היה להסיק את המסקנה הנ"ל).

#### 3.4.1.4 זכוכית

צריכת מיכלי זכוכית בארץ עומדת על כ 100,000 טון בשנה, כ 65-70% מכמות זו מיוצרת במפעל "פיניציה" בירוחם והשאר מיובא. סך תרומת הזכוכית לפסולת המוצקה המסולקת לאספייים הינה 4%-1. הזכוכית היא מוצר עונתי ובקיץ השמוש בה רב יותר. מספר מגמות ניכרות בשמוש בזכוכית. האחת הפחתת כמות הבקבוקים לשמוש (מלוי) חוזר והשניה רבוי השימוש בפלסטיק PET (בעיקר) ובפחיות אלומיניום. למרות האמור, יש עליה מתמדת, של כ-5% לשנה, בכמויות המיוצרות. הזכוכית אינה מזהמת את הקרקע ומי התהום, שכן היא עשויה ממינרלים טיבעיים שאינם מתפרקים בקרקע, וגם הנפח של הבקבוקים קטן ביחס למשקלם (נשברים בעת הדחיסה) בניגוד לבקבוקי הפלסטיק. מאידך, זכוכית משמשת כגורם המרכזי קרנישמש וגורם לשריפות הספונטאניות במזבלות, שאינן מכוסות בכסוי עפר יומי. זכוכית פוגעת, כאמור לעיל, גם באיכות קומפוסט המיוצר מאשפה עירונית.

### מיחזור זכוכית בישראל

על מנת שזכוכית תתאים למיחזור, על השבר לעמוד בקריטריונים הבאים:

- \* הרכב כימי ידוע דומה לחומרי הגלם.
- \* הפרדה לצבעים (שקוף וצבעוני).
- \* הזכוכית צריכה להיות נקיה ממוזהמים כמו ברזל, אלומיניום וקרמיקה. תויות העשויות מחומרים פלסטיים או נייר מהווים בעיה שולית שכן הם נשרפים בשלב ההתכה.

בעת ייצור בקבוקים כדאי לעבוד עם לפחות 20% שבר (אחוז זה מושג בד"כ ע"י מיחזור בתוך המפעל עצמו) וניתן לעבוד גם עם 100% שבר. זכוכית היא, למעשה, המוצר היחיד שניתן למחזר אותו אין-ספור פעמים ללא פגיעה בטיב המוצר.

מדו"ח המחקר של בראונשוויג וחובריו (1989) שנעשה עבור המשרד לאיכות הסביבה, התקבלו הנתונים הבאים: מבחינה כלכלית יצור זכוכית דורש חומרי גלם בעלות כוללת של כ - \$50 (מתוכם מיובאים ח"ג בעלות של כ \$40) לטון מוצר סופי, והשקעת אנרגיה לחימום ל  $1500^{\circ}\text{C}$  וריאקציה בין המרכיבים השונים.

במיחזור זכוכית ניתן לחסוך חומרי גלם (\$50 לטון), לחסוך באנרגיה (\$4 לטון) שכן, החום הדרוש הוא להתכה בלבד, וניתן להסתפק גם בטמפרטורה של  $1000^{\circ}\text{C}$  ובנוסף לכך, נחסכת עלות ההטמנה באסי"פ שהוערכה ב \$10 לטון. החסכון ממיחזור טון זכוכית (ח"ג, אנרגיה, קבורה) מגיע לערך חיובי של כ \$65.

בנוסף לכל הנ"ל, יש גם הפחתה משמעותית בבלאי תנור חשיריפה אם משתמשים בשבר במקום בחומרי גלם אבקתיים (תועלת זו לא נלקחה בחשבון הנ"ל). עלות ההובלה למפעל "פיניציה" בירוחם, הממחזר את הזכוכית, עומדת על \$17-25 לטון. באם נפחית את העלות המירבית של ההובלה לירוחם, נקבל ערך חיובי של \$40 לכל טון זכוכית שהועברה ל"פיניציה" למיחזור. סכום זה, של \$40 לכל טון, צריך לכסות את מחיר איסוף הזכוכית ברשויות המקומיות על מנת להבטיח כדאיות כלכלית של מיחזור הזכוכית.

בדיון, שנערך בטכניון, במסגרת מחקר שבוצע ע"י מוסד ש. נאמן (אילון, 1992), נאמר כי למיחזור הזכוכית יתרונות כלכליים רבים, מגיעת נזק סביבתי, חסכון בהוצאות איסוף הפסולת בעיר, חסכון בעלות סלוק האשפה וערך חומר הגלם הנחסף. בדיון הנ"ל הועלו גם מגבלות המיחזור של רכיב בודד מזרם האשפה. הקטנת נפח האשפה באחוזים בודדים אינה מספיקה להפחית את תדירות הפנוי העירוני ולכן, החסכון בעלויות האיסוף אינן מתבטאות במלואן. דווקא במקטע הזכוכית, ניתן לחייב ולאכוף איסוף ומיחזור ממרכזי הצריכה, דהיינו, מסעדות, אולמות שמחה וכו', מתוקף חוקי העזר העירוניים וחוק רשוי עסקים. במשקי הבית הפרטיים צריכת הזכוכית מועטה. בארץ, נכון להיום, איסוף זכוכית למיחזור נעשה רק בטבעון והפרדה במתקן בעפולה ובמסגרת תוכניות מיחזור מקומיות. "אמנר" אוספת את הזכוכית ומוכרת לפיניציה ב \$55 לטון, בשער המפעל, כאשר פיניציה משלמת \$50 ו \$5 נוספים הם סבסוד ממשלתי.

#### 3.4.15 מתכות

המתכות בפסולת המוצקה בישראל מהוות כ 5.5%. המתכות נחלקות למתכות אלברזליות (אלומיניום) ולמתכות ברזליות (גרוטאות רכב וקופסאות פח).

**מיחזור אלומיניום:** בניגוד לארצות אירופה וארה"ב, פחיות השתיה בישראל אינן עשויות מאלומיניום אלא מגוף עשוי פח ומכסה אלומיניום. מיחזור פחיות אלומיניום צורך רק 8% מהאנרגיה הדרושה לייצור פחית מח"ג בתול. בארה"ב, פחיות המשקה מאלומיניום מהוות רק

0.8% מזרם האשפה, אולם כבר כיום ממחזרים כ-62% (Steuteville, 1993) מכלל פחיות המשקה. מבחינה כלכלית, ההחזרה מתקבל ממכירת הפחיות לתעשייה (\$600 לטון) מביא לכך שהאלומיניום הוא החומר בעל הערך הגבוה ביותר מכל החומרים הנאספים בתוכניות המיחזור. במדינות בהן מופעלים חוקי פקדון מגיע שיעור מיחזור פחיות האלומיניום ל 90% ויותר. פחית אלומיניום ממוחזרת חוזרת למדף כמיכל שתיה תוך שלושה חודשים מהיום בו נורקה לאשפה או הוחזרה לחנות בתוקף חוק הפקדון. לאחרונה, החליטו במפעל "קניאל" המייצר את פחיות הפת, לעבור לייצור פחיות אלומיניום, למרות שייצור פחית אלומיניום דורש יותר אנרגיה (8% לפי נתוני "קניאל") מייצור פחית פח.

**מיחזור מתכות ברזליות:** בישראל בשנים 89-1988 נעשה ע"י מפעלי הפלדה בלבד.

המקורות וחומרי גלם למיחזור:

\* צה"ל כ 20,000 טון לשנה.

רכבים (8,000 טון) וכן תחמושת, ארגוני פעולה והסכמים עם התעשייה הצבאית.

\* תעשייה אזרחית כ 40-50,000 טון לשנה.

\* בניה כ 5-7,000 טון לשנה.

קצוות ברזלי זיון, פסולת מסגריות. (בשנים מסוימות בהן יש תנופת בניה המספר יכול לעלות

ל 15,000 טון).

\* פוטנציאל רכב כ 15-17,000 טון, בפועל נאסף בשנים הנ"ל פחות.

\* מוצרים ביתיים כ 20,000 טון לשנה. מקררים, מיטות, ארונות ברזל וכו' (לא נאספות

קופסאות פח)

סה"כ הותכו ומוחזרו, כ-110,000 טון לשנה. כמות זו מהווה כ 90% מהפסולת המתכתית

"הגדולה". כמות זו מהווה 35% מצריכת הפלדה בארץ. בעקבות מכרז ארצי לאיסוף גרוטאות

רכב, בו זכתה "גנות מתכת" מאשדוד, ירכזו הרשויות המקומיות את גרוטאות הרכב באתר

מרכזי וחברת "גנות" תגרוט את המכוניות ותעביר אותן למיחזור במפעל הפלדה באשדוד.

כתוצאה מהקמת המפעל באשדוד עלה היקף מיחזור הפלדה בשנים האחרונות והוא עומד כיום

על כ 180,000 טון בשנה.

### טכנולוגיה

מיחזור פלדה צורך רק 25% מהאנרגיה הדרושה לייצור מוצרים מברזל בתול. קופסאות הפח

שמשקלן הכולל כ 45,000 טון אינן חומר גלם טוב לתעשיית המתכת ככל שהפח דק יותר, חלק

גדול ממנו נשרף ועולה עם העשן, הנצולת קטנה והזהום גדל. זו הסיבה לכך שקופסאות הפח מהאשפה הביתית לא נאספו למטרות מיחזור, למרות שקל מאוד להפרידן מהאשפה ע"י שמוש במגנטים.

הטיפול בגרוטאות רכב כלל, עד לפני מספר שנים, שריפת הרכבים על מנת להפטר מחלקי הפלסטיק, ריפוד וכ"ו והעברת השלדים השרופים למפעלי הפלדה. כיום אסור לשרוף, הרכב עובר גרוט וכבישה ומשאית מעבירה 20-25 רכבים בכל פעם למפעל הפלדה.

באר"ב כל בעל רכב, המעוניין להפטר מרכבו, מחויב לשלם סכום מסוים, ובתמורה רכבו נכבש, נגרס ומופרדים ממנו חלקי הפלסטיק, האל-ברזליים והמגנטיים. כל כלי הרכב באר"ב מטופלים וממוחזרים וסך מיחזור הפלדה מגיע ל 70%. בחלק ממוצרי המתכת יש לפחות 25% חומר ממוחזר ויש מוצרים המיוצרים מ 100% חומר ממוחזר.

#### 3.4.1.6 צמיגים

סך כמות הצמיגים המשומשים הניתנים למיחזור מגיע ל 32,000 טון (סקר טיפול בצמיגים משומשים, 1992). עפ"י התחזיות, כמות זו תגדל בכ 6% מדי שנה. מאחר והצמיגים נפחים ואינם ניתנים לדחיסה ומהווים מטרה באס"פים. מכרסמים, זבובים, יתושים ושאר מרעין בישין מוצאים משכנם בנפח הפנימי של הצמיגים. יש לשקול איסור כניסתם לאס"פים ללא קיצוץ מוקדם. קיצוץ הצמיגים גם יביא להפחתה של עד פי 5 מנפחם המקורי. קיימת עדיפות לקיום אתרי סלוק פסולת צמיגים (אספ"צ), ע"מ ליצור מאגר צמיגים שיאפשר מיחזור בעתיד.

#### מיחזור צמיגים

מיחזור צמיגים, ייצור צמיגים חדשים מצמיגים ישנים, צורך רק 25% מהאנרגיה שהיתה דרושה לייצור צמיגים מח"ג בתול. אפשרות אחרת למיחזור צמיגים היא הפקת אנרגיה, ערך ההיסק של צמיגים הוא כ 1,700 ק"ק לק"ג (סקר טיפול בצמיגים משומשים, 1992). שריפת צמיגים, ככל תהליך שריפה, צריכה להיות מלאה (למניעת פליטת CO) תוך בקרה חמורה על פליטות חלקיקים וגזים. אפשרויות נוספות למיחזור ולשמוש חוזר בצמיגים הינן: תוספים לאספלט כבישים, הכנת מוצרים תעשייתיים, הכנת מוצרי איטום ובנין, שימושים פיזיים כגון מזחים, שוברי גלים, מבנים וכ"ו.

### 3.4.1.7 טקסטיל ובדים

טקסטיל ובדים מהווים 2-3% מהפסולת המוצקה בישראל. שמוש חוזר לבגדים הוא העברתם לנזקקים ולמעוטי יכולת וכן מכירתם לצה"ל לנקוי וגרוז טנקים ונשקים (צה"ל גם מייבא שאריות בדים למטרות אלה) כמו כן ניתן להשתמש בבדים לא ממוינים למלוי ספות ורהיטים.

### מיחזור בדים

סיב הוא היחידה הקטנה ביותר ממנה עושים חוטים (סינטטים או טיבעיים), חברו הסיבים לחוטים ולבד יכול להעשות או בתהליך מכני או בתהליך כימי. במפעל "אלטקסט" בקבוץ החותרים משתמשים לייצור חלק מהמוצרים ב 100% חומר ממוחזר (הרוב מיובא מאיטליה וחלק משאריות מפעלי קונפקציה בארץ). השימושים לבדים ממוחזרים הם בדים גיאוטכניים (לקרקעות, בניה, כבישים וכן לאיטום אתרי סלוק פסולת) עשויים מחומר סינטטי כ 99% אקרילן ו - 1% פוליאסטר או פוליפרופילן. סיבי כותנה משמשים ליצור מטליות רצפה.

לצורך מיחזור הבדים יש למיין אותם, להפריד לצבעים, להסיר כפתורים, רוכסנים וכו', לקרוע את הבד לחתיכות 5 סמ"ר ואז להכניס למכונה המורכבת ממספר תופים שקורעת את הבד לסיבים. בד סינטטי צריך לעבור שני תופים וכותנה שלושה. חשוב שהבד לא יקרע יותר מדי, אחרת הסיב המתקבל קצר מדי.

הורדת הכפתורים וחיתוך לחתיכות קטנות דורשת עבודת ידיים רבה. האבק והזהום הסביבתי בעת מיחזור הבד רב ביותר. יש צורך בהתקנת ציקלונים לאסוף האבק.

איטליה היא המובילה בעולם במיחזור בדים. מכונות מיחזור עובדות שם בקצב של 1-1.5 טון לשעה בהשוואה לכושר המכונות העובדות בארץ בקצב של 80 ק"ג לשעה, לכל היותר. פרט לעלות מכונת המיחזור, יש להוסיף עלויות מכבש באלות, ציוד מיוחד נגד שריפות ואבזורים למניעת זהום סביבתי.

#### 4. גישות לטיפול בפסולת עירונית בעולם

הסקירה להלן מביאה את עיקרי הפעולות הננקטות במדינות שונות בעולם במטרה להקטין את בעיית הפסולת המוצקה ולצמצם את הכמות הנכנסת לאתרי סלוק הפסולת.

##### 4.1 ארצות הברית

הפרדת חומרים מזרם האשפה והרחקתם מהאסייפים הוא נושא בעל חשיבות עליונה במרבית מדינות ארה"ב. ב 1989 כ 84% מהאשפה נקברו ובסוף 1991 ירד האחוז הנקבר ל 76. עיקר התרומה להפחתת האשפה הוא עלית היקף המיחזור מ 9% ב 1989 ל 14% ב 1991 כאשר מספר תכניות המיחזור המופעלות עלה מ 1,000 ל 4,000 במהלך השנתיים הנ"ל. בשנת 1992 דווח על למעלה מ 5,000 תוכניות מיחזור (Goldstein & Steuteville, 1993). כמות האשפה המיוצרת בארה"ב ב- 1991 מגיעה למעל 280 מיליון טון, ירידה של 12 מיליון טון מהשנה הקודמת. ב 1992 עלתה במעט כמות הפסולת המיוצרת. מספר מתקני השריפה מגיע ל 171 בכל רחבי ארה"ב, קיבולת האשפה לשריפה נעות בין 1,000 ל 15,000 (פלורידה) טון ליום.

לפי Glenn (1992) המגמה בארה"ב היא למעט בפתרונות של שריפה והטמנה ולפתח את הטיפול באשפה במתקני מיון שאריות (ממ"ש) או MRF (Material Recovery Facility) מספרם, נכון ל 1992 מגיע ל 169. מתקנים כאלה חיוניים כאשר התוכנית בנויה על איסוף מעורב של כל החומרים למיחזור. אולם, סינדרום ה NIMBY אופייני גם למתקנים אלה וקיימת בעיה למקם אותם בקרבת יישוב.

סקירה מלאה על שעורי המיחזור, שריפה והטמנה בארה"ב מופיעה במאמרו של Glenn (1992) המסכם את נתוני 1991 ובמאמרם של Goldstein & Steuteville (1993) המעדכנים את הנתונים ל 1992. היקף המיחזור הממוצע בכל ארה"ב עומד על 17% ושריפה 11%. כ 72% מכלל הפסולת המוצקה בארה"ב מוטמנת באתרי סלוק פסולת.

טבלה 9: שיעורי המיחזור, שריפה והטמנה ב 10 ממדינות ארה"ב (1992).

TABLE 9: Rates of Recycling, Incineration and Landfilling in 10 U.S. States

מדינה	כמות פסולת מוצקה (אלפי טון לשנה)	מיחזור (%)	שריפה (%)	הטמנה (%)
דלאור	790	16	19	65
ושינגטון	5,708	33	2	65
מיין	1,246	30	37	33
מסצ'וסטס	6,600	30	47	23
מינסוטה	4,270	38	35	27
ניו ג'רסי	7,510	34	21	45
ניו יורק	22,800	21	17	62
ניו מקסיקו	1,487	6	0	94
פלורידה	19,400	27	23	49
קליפורניה	44,535	11	2	87

ל 31 מדינות, שיכלו להעריך את קיבולת האתרים, יש באתרים הקיימים קיבולת ל 12.5 שנים נוספות. במדינות הדרום המצב גרוע ושטחי ההטמנה הזמינים יסתיימו תוך 5 שנים, באגמים הגדולים ובניו אינגלנד יסתיימו שטחי ההטמנה בעוד כ 10 שנים ובמיד-אטלנטי, איזור בו ריכוז האוכלוסיה גבוה, בעוד 12 שנה. במערב המצב טוב בהרבה ויש לרשותם אתרים ל 20 שנה הקרובות (Glenn, 1992).

עלויות הסלוק (הטמנה בלבד) עומדות על ממוצע של \$29 לטון. אתרי ההטמנה היקרים ביותר נמצאים בקונטיקט (\$65 לטון) במסצ'וסטס, ניו יורק וניו ג'רסי מעל \$50 לטון וב 17 מדינות נוספות הממוצע נע סביב \$30 לטון. בהרי הרוקי (מונטנה, וומינג, דקוטה, קולורדו, יוטה, אריזונה, ניו מקסיקו) הממוצע כ-\$8.7 לטון ובמיד-ווסט \$12.7 לטון. מחירים אלה אינם כוללים את עלות הפנוי והשנוע אל אתרי ההטמנה (Glenn, 1992).

## תוכניות מיחזור

תוכניות המיחזור הנוחות ביותר לתושבים (1991, Edgell Comm.) והיעילות מבחינת הכמויות הנאספות הן איסוף ליד הבית (Curbside). אולם תוכניות אלה אינן יעילות מבחינה כלכלית (Cost Effective). דווקא התוכניות בהן מביאים התושבים את החומרים למרכזים בהם ניתנת תמורה כספית (Buy Back Centers), הן הן Cost Effective ביותר. במרכזים אלה ההחזר המתקבל ממכירת החומרים לתעשיית המיחזור מכסה 79-93% מעלויות ההפעלה של המרכזים, בעוד שבתוכניות Curbside החוזרים אלה מהווים רק 30-40% (1991, Deyle & Schade). מסך עלויות התפעול. נכון לסוף 1991 מופעלות בכל רחבי ארה"ב כ-4,000 תוכניות כאלה, המשרתות כ-71 מיליון איש. היוזמה ברוב התוכניות היא יוזמה של גופים התנדבותיים ולא כתוצאה מחוקים ותקנות של המדינה.

למעשה, בארה"ב קיימים שלושה סוגים של תקנות וחוקים בנושא הפחתת כמויות האשפה ומיחזור (1991, Glenn & Riggle). ב-6 מדינות קיימים חוקים המחייבים להפריד אשפה במקור ומגדירים את החומרים אותם נדרשים האזרחים לאסוף. העובר על החוק צפוי לקנסות כבדים.

ב-9 מדינות אחרות מופעלים חוקים בהם מתבקשים האזרחים להפריד במקור, על בסיס התנדבותי, הרשות המקומית מספקת להם אמצעים לכך, אולם אין ענישה וקנסות.

הסוג השלישי מאופיין בהצבת יעדים להפחתת פסולת ומיחזור, ללא פרוט מדוקדק. כל מדינה וכל מחוז, יכול לפעול כרצונו.

ענף שתפס תאוצה בשנים האחרונות הוא קומפוסטציה של גזם דשא ועלים. כ-750 אתרי קומפוסטציה המשרתים למעלה מ-18 מיליון תושבים פעילים בארה"ב. יש לציין, כי תושבים הסמוכים לאתרי הקומפוסטציה מתלוננים על מפגעי ריחות. אחד המקטעים הנפחיים ביותר באשפה הביתית הוא אריזות המשקה והמזון, מקטע זה מוגדר מאוד והישגי המיחזור בו מרשימים: היקף מיחזור מיכלי המשקה בכל ארה"ב עומד על 67.9% פחיות אלומיניום, 33.0% מיכלי זכוכית ו-27.0% מיכלי PET (NRC, 1993) מיון חומרים הניתנים למיחזור מתוך זרם אשפה בלתי ממוין אינה הדרך הפופולרית ביותר למיחזור, סה"כ פועלים 18 מתקנים כאלה. מספר המתקנים לקומפוסטציה של אשפה מעורבת נמצאים בעליה ניש לציין שכמות החומר האורגני באשפה הביתית נמוך בארה"ב, כ-10% וזאת משום שמרבית החומר האורגני מסולק עם הביוב ע"י טרנכי האשפה).



### הצבת יעדים

ארבעים ואחת מדינות בארה"ב הציבו לעצמן יעדים להפחתת כמויות אשפה. רק שבע מהן לא הציבו יעדים המתוקנים בחוק. אחוזי ההפחתה של האשפה נעים בין 20-60% עד שנת 2000. האחריות נעה ברמת עיר או מחוז.

במדינות שונות אחראי כל מחוז לתכנן תוכנית מיחזור שתכלול הפרדה של נייר, קרטון, זכוכית, פלסטיק ואלומיניום תוך הצבת יעדים ברורים. בפלורידה, לדוגמא, היעד הוא לצמצם את כמות האשפה עד שנת 1994 ב-30%. בניו יורק היעד הוא מיחזור 10% בשנת ההפעלה הראשונה (1988) וגידול של 5% בכל אחת מארבע השנים שלאחריה (כלומר, מיחזור 30% ב-1992). באוהיו המטרה היא לצמצם לפחות 25% מהפסולת עד 1994. ברו-איילנד מתכננים צמצום של 15% תוך שלוש שנים מהפעלת התוכנית.

### עידוד המיחזור והפחתת זרם האשפה

חוקים להפרדה במקור של חומרים למיחזור (כולל חומר אורגני לקומפוסטציה), כאשר הדרך הפופולרית ביותר היא הצבת יעדים לרשויות לאיסוף חומרים בני מיחזור והפחתת זרם האשפה. לבד מהנייל, קיים איסור על כניסת חומרים מסוימים לאתרי ההטמנה בעיקר סוללות (גם של רכבים וגם ביתיות), צמיגים ושמן מכוניות. ב-33 מדינות יש איסור קבורת בטריות מכלי רכב באסיפים, ב-21 מדינות איסור קבורת צמיגים שלמים. ב-16 מדינות קיים איסור הכנסת גזם ועלים (Yard Waste) לאספיים.

איסורים נוספים: שמן מכוניות וחומרים המכילים גזים (CFC's) מפסקי כספית ו-PCB.

הבעיה העיקרית במיחזור אשפה היא שמחירי החומרים הנאספים נמוכים, שיווק החומרים הנייל קשה ביותר. בסקר שנערך בין 258 ערים בארה"ב היה המשקל היחסי של העדר השוק לחומרים 26 נקודות (מתוך 100), ומחיריהם הנמוכים היוו 17.7 נקודות, כמו כן קיים קושי להתחיל תוכניות איסוף במקור כיוון שעלויות האיסוף גדלות. (Anonymous, 1993).

אחת הדרכים לעדוד המיחזור היא התערבות בשוק ע"י חיוב שמוש במוצרים ממוחזרים. כך לדוגמא, קיים חיוב גופים ציבוריים וממשלתיים להשתמש בנייר ממוחזר, בשמן מכוניות מזוקק שנית ושמוש בקומפוסט בגנים ציבוריים: 23 מדינות חוקקו חוקים הנותנים עדיפות ברכש של מוצרים העשויים מחומר ממוחזר ונקבעו סטנדרטים לשעור החומר הממוחזר במוצרים. נקבעו סטנדרטים לפחיות משקה שיהיו עשויות רק מאלומיניום ולא יכלו מתכות אחרות, באריות

קרטון אין להכיל פלסטיק או להשתמש בלמינאטים. דוגמא נוספת היא הדפסת עיתונים על נייר ממוחזר, כאשר תכולת החומר משתנה בין 7.5% חומר Post Consumer (באורגון) עד 80% חומר ממוחזר בווסט וירגיניה (Schrader, 1990; Usherson, 1989; Musick, 1991). באורגון יחייבו שימוש ב 25% חומר ממוחזר במדריכי הטלפון עד 1995, 50% חומר ממוחזר במיכלי זכוכית (עד 2000) ו 25% חומר ממוחזר במיכלי פלסטיק. דרך נוספת לעידוד התעשייה היא להפחית מסוי על ציוד המשמש למיחזור.

הלקח החשוב ביותר הוא שעם חקיקת החוק יש לצור תשתית כלכלית מתאימה- גביית עלות ריאלית להטמנה, דבר שיביא, בהכרח, לעליית מחיר ההטמנה, ועודד תעשיות המיחזור. (Anonymous<sup>1</sup>, 1993)

#### סיכום המצב בארה"ב:

לכאורה, נראה כי יש גידול בשימוש בחומרים שפעם נחשבו כאשפה, מספר תוכניות המיחזור עולה, מספר אתרי ההטמנה יורד. הבעיה העיקרית היא שמחירי החומרים הנאספים נמוכים, שיווק החומרים הנייל קשה ביותר. קושי נוסף הוא להתחיל תוכניות איסוף במקור כיוון שהתקציבים העירוניים אינם יכולים להספיק. כמו בכל עסק וגם בכל משחק: קל ללמוד אך לשחק אך כל החיים צריך להתאמן.

#### 4.2 יפן

מאחר ויפן היא אחת המדינות התעשיתיות הצפופות בעולם, שלא זכתה בעושר במשאבי טבע, הגיעו בה להכרה שיש צורך בטיפול בנושא הפסולת הרבה לפני מדינות אחרות. הברירה המתבקשת היתה ועודה - מיחזור. מעבר לתוכנית כוללת להפחתת כמות הפסולת ומיחזור, יפן מתרכזת בשנוי תהליכי הייצור, בשנוי מערך ההפצה של מוצרים ושנוי מחותי של הרגלי הצריכה (Sambongi, 1992; Gotoh, 1992). נכתבה תוכנית שמטרתה לייצב את כמות הפסולת הנוצרת, מטופלת ומסולקת. ביפן אחוז המיחזור הודות לחובת הפרדה של זכוכית, מתכות, פלסטיק, בדים ונייר, מגיעים ל 37.2% לשנה. מתוכם מיחזור הנייר מגיע ל 49.6%, מיחזור פחיות המתכת ל 37-43%, אלומיניום 41.3% ומיכלי הזכוכית ממוחזרים בשיעור של 47-54% לשנה. על מנת להבטיח את תוכניות המיחזור, מובטחים מחירי מינימום לאוספי החומרים. חומרים מסוכנים וסוללות נאספים בנפרד.

מאז שנות השבעים המוקדמות, חוייבו תושבי יפן להפריד בין חומרים שניתן לשרוף אותם ובין חומרים בלתי בעירים. אשפה הניתנת לשרפה מהווה כ-72%, לאחר הפרדת החומרים למיחזור. סה"כ קיימים ביפן כ-1900 מתקני שריפה ישירה. הכמות הנותרת להטמנה היא 9% בלבד. (1992, Tietenberg).

### 4.3 אירופה

כמו בארה"ב וביפן, גם במדינות אירופה בהן הוצבו יעדים ע"י הממשלות ונחקקו חוקים להפחתת כמות האשפה ולמיחזור, הגיעו המדינות לאחוזי מיחזור גבוהים.

#### 4.3.1 גרמניה

בגרמניה המדיניות היא הפחתת פסולת במקור, צמצום חומרים מסוכנים הנכנסים לאתרי סלוק עירוניים, מיחזור ושימוש חוזר במסגרת כוללת של טיפול באשפה. האמצעים להשגת היעדים הם שיטות ומערכות איסוף בהן התושבים מביאים את החומרים המיועדים למיחזור למרכזים מתאימים.

הפסולת הביתית בגרמניה מהווה רק כ-45% מכלל הפסולת המגיעה למשרפות ולאס"פים, בישראל הפסולת הביתית מהווה כ-85%. בעית הפסולת התעשייתית משמעותית ביותר במדינות אירופה המתועשות ביפן ובארה"ב.

לא קיימת בגרמניה שיטה אחת לאיסוף שיתרונותיה ברורים וחד משמעיים. סוג השיטה תלוי באופן אכיפת החוקים, באפשרויות לספק לאזרחים את האמצעים הדרושים לביצוע החוק, באזרחים עצמם ובשיטת האיסוף העירונית הקיימת. בגרמניה, לדוגמא, יש 16 תת-מדינות כאשר בכל אחת מהן מפרשים את הצורך במיחזור ואת החוקים הנוגעים לו אחרת. במינכן (הנמצאת במדינת בוואריה) קיימים מרכזי איסוף למיחזור הפרושים בכל העיר כולל במגרשי תניה ובריכות שחיה. בתוכנית דומה המופעלת ברשות המקומית של New Psychiko, מגיעים הודות להפרדה במקור, למיחזור נייר בשעור של 36%, מיחזור זכוכית 45% ואלומיניום בשעור של 32% (1992, Vezyriannis et al.). בברלין, לעומת זאת, קיימים מעט מרכזי מיחזור, השתתפות האזרחים נמוכה ואחוז הפסולת בפחים הצהובים המיועדים לאיסוף אריות למיחזור מגיע ל-30%!

כאן המקום לערוך השוואה בין הגישה בארה"ב, לגישה ביפן ובגרמניה. בעוד שהגרמנים והיפנים מחוקקים חוקים למיחזור ודורשים מהאזרחים טיפול בפסולת והבאת הפסולת למרכז גדול בו מבצע האזרח עצמו את המיון ל 6-10 מיכלים שונים, הרי שבארה"ב המגמה היא דווקא להקל על האזרח. בארה"ב השיטה המועדפת היא איסוף כל החומרים למיחזור בשקית אחת, איסוף מרוכז מהבתים ושינוע לממ"ש. לפי נסיונם של הגרמנים טיב חומר הגלם המתקבל מאיסוף כזה נופל באיכותו מטיב חומר הגלם כאשר הוא נאסף בנפרד. בארה"ב המדיניות היא לא לדרוש יותר מדי מהאזרחים במחיר ויתור מסוים על איכות.

חוק נוסף שנחקק בגרמניה ומטרתו לעודד את המיחזור הוא חוק הארזיה. חוק זה קובע מועדים מדויקים בהן ארזיות לסוגיהן (ארזיות מסע, ארזיות משניות וראשוניות) יפסיקו להחשב כאשפה וחובת היצרן לקלוט אותן בחזרה לשמוש חוזראו מיחזור. האמצעים לבצוע החוק ניתנו בידי התעשייה עצמה. פרטים על חוק זה יוגשו בפרק הדין בנושא הפקדון. תקציב הפרסום לעודד המיחזור והפחתת הפסולת עומד על 2.5-3 מ"ג לכל תושב לשנה.

ההישגים החשובים שהושגו בגרמניה בשנים האחרונות הם מיחזור של כ 100% שמן מכוניות שנאסף וזוקק שוב ושלדי מכוניות הממוחזרות בתעשית הפלדה. צעד חשוב הושג לאחרונה עם החוק האוסר על השלכת פסולת בנין לאסיפים.

לגבי פסולת מסוכנת קיים חוק שנכנס לתוקפו ב 1.4.91 וכעת שוקדים על הכנת חוק מקביל לטיפול בפסולת הביתית.

אין כיום מערכת תגמול לאזרחים המצמצמים אשפה וממחזרים. הסיבות העיקריות לכך הן שתיים:

1. מעלויות האיסוף הן קבועות ורק 15% יכולים להשתנות כתוצאה מהפחתת כמויות.
2. הממשל/העיריה לא מעוניינים לעודד תגמול מחשש שאנשים ישליכו פסולתם למכולתו של השכן...

עלות פנוי אשפה למשק בית ממוצע בגרמניה כ 250 מ"ג לטון, המחיר משתנה במקצת כתלות במציאות משרפה ומרחקי ההובלה לאסיפ.

המטרה העומדת בפני השלטונות היא 50% הפחתה בכמויות הנכנסות לאסיפים ו 25% מיחזור פסולת עירונית (ההפרש יתקבל ע"י שריפה, כמובן).

### 4.3.2 חולנד

שיטת ההפרדה במקור הנהוגה בהולנד מבוססת על הפרדה לחומר אורגני רטוב נקי ובאיכות מעולה המשמש להכנת קומפוסט (ביו-פח, Biobin) ולחומר יבש. הקומפוסט המתקבל הינו נקי ממתכות כבדות וממזהמים אחרים. בכל מקרה של ספק, מתבקשים האזרחים לא להכניס פסולת לפחים האורגניים (Bio-Bin) חל איסור על הכנסת אבק משואבי אבק ודטרגנטים. נייר נאסף לחוד, מדי חודש, על המדרכות או מהבתים, ע"י ארגוני מתנדבים. תשלום עבור הנייר הנאסף משולם ע"י הרשות המקומית, עובדה המביאה לחיקף מיחזור נייר של 60-70%.

כמות האשפה המיוצרת בהולנד עומדת על 300 ק"ג בשנה לנפש. 50% מכמות זו ממוחזרים לקומפוסט. בהולנד חל איסור על השמוש בטוחני אשפה. תהליך הקומפוסטציה מבוצע במבנים סגורים, תחת שאיבה וסינון של האוויר. החוק מתיר לכל תושב הגר במרחק של מעל 300 מטר להתלונן על מפגעי ריח.

### 4.3.3 דנמרק

היעד הלאומי הוא לא לעלות בכמויות הפסולת המסולקות לאתרים. היעד יושג ע"י הטלת מסים על כל טון אשפה המובאת להטמנה, מתקבולי המס מממנים פעולות מחקר ופיתוח, פעולת הסברה ועדוד המיחזור. עד שנת 2000 מיועדת דנמרק למחזור 50% מכלל הפסולת המוצקה. אחוזי המיחזור כיום נעים בין 75-10% בהתאם למקור הפסולת (Jespersen, 1992).

מיחזור אשפה ביתית: 10%, מיחזור אשפה מסחרית: 40%, פסולת בנין: 20%, אנרגיה: 75%, בוצת ביוב: 35% ומיחזור חומרים שונים עומד על 35%.

ב 1982 חויבו כל הרשויות המוניציפאליות לערוך סקרי אשפה. תוצאות הסקרים היו הבסיס לתכנון תוכניות המיחזור. היעד הלאומי הוא לא לעלות בכמויות הפסולת המסולקות לאתרים. האמצעי להשגת היעד הינו מס על כל טון אשפה הנכנסים למשרפה או אתר סילוק פסולת. ב 1987 היה המס \$7.5 לכל טון, בינואר 1990 הועלה המס ל \$23.5 לכל טון (Jespersen, 1992). המס הביא לצמצום ניכר בפסולת המיוצרת ולהגדלת היקף המיחזור. כך למשל, בעיר Aarhus עלה המיחזור מ 12% בשנת 1988 ל 53% ב-1992 (Jacobsen, 1992).

טבלה 10 : מדיניות מיחזור ומשרפות במדינות שונות בעולם, מעודכן ל 1992 (לפי א-ב)  
 Table 10: Policies for Recycling and Incineration in Several Countries

מדינות	היקף מיחזור ארצי	היקף משרפות	דוגמאות להיקף המיחזור
<b>איטליה</b> *יעד: 50% מיחזור *מיחזור: -הפרדה במקור זכוכית, פלסטיק ופחיות. -עלויות המיחזור על התעשייה לפי החלק היחסי בשוק.	10%		
<b>ארה"ב</b> *הפתחה וצמצום אשפה *מיחזור: -הפרדה במקור - עדיפות ל - Curbside הצבת יעדים: 20-60% ב - 2000 -הבסיס התנדבותי **קנה ממחוזים * נטיה להעדיף ממ"ש ולא משרפות.	17%	11%	<b>מדינות שונות</b> -ווינגטון 33% -פלורידה 27% -קליפורניה 27% - ניו יורק 21% - ניו ג'רסי 34% -קונטיקט 19% -טנסי 10%
<b>בלגיה</b>	7%	28%	
<b>גרמניה</b> *הפתחה וצמצום אשפה *צמצום חומרים מסוכנים *שמוש חוזר *חוק האריזה *מיחזור: -הפרדה במקור -עדיפות למרכזי מיחזור	10-15%	15-20%	<b>באוריה</b> 36% מיחזור נייר 45% זכוכית 32% אלומיניום

מדיניות	היקף מיחזור ארצי	היקף משרפות	דוגמאות להיקף המיחזור
<b>דנמרק</b> * סקר אשפה ע"י הרשויות * תכנון תוכניות מיחזור עפ"י הסקר * מסוי באס"פים * יעד: 50% עד 2000	10% פסולת ביתית 40% פסולת מסחרית 20% פסולת בנין 35% בוצה ובנין 75% אנרגיה 25% שונות	60%	<b>AARHUS</b> 1988 - 12% מיחזור 1992 - 53% מיחזור
<b>יפן</b> * שנוי טכנולוגיות ייצור * שנוי מערכות הפצה * שנוי הרגלי צריכה * מיחזור - הפרדה במקור	37.2% סה"כ 49.6% נייר 47-54% זכוכית 37-43% פחיות מתכת 41.3% פחיות אלומיניום	72%	
<b>צרפת</b> * מיחזור משולב עם משרפות RDF * הפרדת נייר משאר פסולות * מיחזור: -הבסיס התנדבותי	15-20%	35%	
<b>תורכיה</b> * הפחתת אשפה * צמצום נפח אריזות * יעד: מיחזור 25-75% עד 2000	33% זכוכית		

## 5. תזרימים לאיסוף, מיון וניצול חומרים בני מיחזור

תשומת לב רבה בכל נושא המיחזור מופנית לחלקם של התושבים באיסוף והכנת החומרים למיחזור (החל ממינום וכלה בשטיפת מיכלים, לדוגמא).

כבואנו לדון באיסוף החומרים לשם מיחזורם עלינו להחליט אלו חומרים נאסוף ומהי השיטה היעילה, המתאימה והטובה ביותר לאסוף אותם.

קיימים שלושה מקומות אפשריים בהם ניתן להפריד את החומרים למיחזור: בבית, במרכז כלשהו או בתחנת מיון וטיפול.

במקומות שונים בעולם מופעלות תוכניות שונות, כאשר לכל תוכנית מעלות וחסרונות משלה. אותם גורמים, ממשלות, רשויות עירוניות וכד', שקבעו את שיטת האיסוף במחוזותיהם ניסו להתאים את השיטה להרכב האוכלוסייה, לרמת החיים, לצורת המגורים וכו'. הפרמטרים השונים המשפיעים על האיסוף, היתרונות והחסרונות של כל שיטה ייסקרו בהמשך. בנסיון להפעיל את השיטה האופטימלית, יש לציין כי קיימת גם אפשרות לצרף שיטות שונות ובכך לשפר ולהעלות את אחוזי האיסוף.

טבלה 11: תזרימים למיון, איסוף וטיפול במסולת עירונית מוצקה.

Table 11: Flow Charts for Sorting, Collecting and Processing  
Municipal Solid Waste

מיון במשק הבית	איסוף	טיפול
1. ללא מיון כלל	רגיל	ת. מעבר - - - - - < הטמנה (דחיסה)
2. ללא מיון כלל	רגיל	ת. מעבר - - - - - < מתקן הפרדה - < קומפוסט (דחיסה) ומיון - < למפעלי מיחזור RDF - < - < הטמנה



מיון במשק הבית	איסוף	טיפול
3. הפרדה במקור: דגש על הפרדת חומרים יבשים הניתנים למיחזור		
-פסולת	נפרד /	ת. מעבר
-חומרים למיחזור	רגיל	(הפרדה, דחיסה)
		----- < קומפוסט
		----- < ממ"ש
		(מתקן מיחזור שאריות) -> למפעלי מיחזור
		< RDF
		< הטמנה
4. הפרדה במקור: דגש על הפרדת חומר אורגני רקבובי נקי ושאר החומרים היבשים, ביניהם חומרים הניתנים למיחזור.		
-חמר אורגני נקי	נפרד /	ת. מעבר
-פסולת וחומרים למיחזור	רגיל	(הפרדה, דחיסה) קומפוסטציה
		----- < מתקן -> קומפוסט
		----- < ממ"ש
		< למפעלי מיחזור
		< RDF
		< הטמנה
5. הפרדה ומיון במקור לרכיבים שונים		
- נייר		
- פלסטיק		משאיות רב תאיות --> מתקן אגירה ----- < למפעלי מיחזור
- זכוכית		
- טקסטיל		
- פסולת	רגיל ----- <	ת. מעבר ----- < הטמנה (דחיסה)
6. מיון במרכזי מיחזור		
חומרים למיחזור	----- < מתקן אגירה ----- < למפעלי מיחזור	
איסוף במרכזי מיחזור		מיחזור
- פסולת רגיל ----- <	ת. מעבר ----- < הטמנה	
		(דחיסה)

**שלובים אפשריים:**

הפרדת חומרים יבשים למיחזור עם הפעלת מרכז מיחזור	עם 6
הפרדת חומר אורגני רקבובי נקי ובמקביל, הפעלת מרכז מיחזור לחומרים יבשים	עם 6
מיון לסוגים שונים של חומרים גם בבתים וגם במרכזי מיחזור.	עם 6

ותד.

**5.1 האשפה לא ממוינת, הטמנה מלאה**

הפתרון הראשון בטבלה מסי' 11 הינו, בעצם, הקפאת המצב הקיים. התושבים ממשיכים להשליך את האשפה למתקני האצירה הקיימים (פחים, מכולות, צפרדעים). הפנוי והשנוע מתבצעים ע"י העיריה או קבלן פרטי והפסולת מסולקת דרך תחנת מעבר, בה נדחסת האשפה, לאתר הטמנה.

**5.2 מיון אשפה מעורבת במתקנים מיוחדים**

בבסיס שיטה זו, אין שנוי בדפוסי החיים של התושבים, אין צורך בפרסום וחינוך ואין צורך בשנוי מערך האיסוף העירוני. האשפה הבלתי ממוינת מגיעה למתקן מיון וקיימת הפרדה מכנית לחומר אורגני ממנו מכינים קומפוסט והפרדה יזנית לחומרים הניתנים למיחזור.

בשנים האחרונות בארה"ב, עקב המחסור במקום להטמנה והמחירים מרקייעי השחקים של הקבורה, שינו את המבנה של חלק מתחנות המעבר, שיעודן המקורי היה להעביר אשפה ממשאיות איסוף לדחסנים גדולים המובילים את הפסולת החדושה לאס"פים. כיום, צוותי כח אדם מפרידים, מתוך זרם האשפה, חומרים הניתנים למיחזור (Recyclables, 1990). החומר הכולט ביותר אותו ניתן להפריד הוא הקרטון, וניתן גם להפריד נייר, זכוכית, פלסטיק, מתכות ועוד. הפרדה בתחנת מעבר יכולה להביא להפחתה של 40% בנפח האשפה, שתסולק לאחר מכן לאתר הקבורה. גם בארץ פועל מתקן ההפרדה במתכונת דומה, זהו מתקן של חברת "אמניר" בעפולה אליו מגיעה האשפה בלתי ממוינת מחמש מועצות מקומיות מאיזור עפולה. הפועלים מפרידים את החומר בר המיחזור ומהחומר האורגני מיצרים קומפוסט. בתוכנית המקורית של המפעל היה תכנון להפריד גם חומר להפקת אנרגיה (RDF), אולם כיום אין ניצול של חומר זה והוא מסולק כפסולת לאתר הקבורה "טליה".

החסרון הכולט ביותר של שיטת מיון זו הוא שהעבודה במתקן כזה היא לא נעימה וכרוכה בטיפול בחומר לא נקי ובעל מטרדי ריח. יש לבדוק האם ערכם של החומרים המיועדים למיחזור

נמוך יותר כיוון שהם מלוכלכים ורטובים.

סיכום שיטת מיון זו:

#### יתרונות

\* אין שנוי בדפוסי החיים

\* אין צורך בפרסום וחינוך הציבור

\* אין שנוי במערך איסוף הפסולת

\* ניתן להפחית ב 40% את נפח האשפה המסולקת לאס"פים

\* ניתן להפיק RDF

\* ייצירת מקומות עבודה לכח אדם לא מיומן

#### חסרונות

\* תהליך המיון לא נעים, כרוך במטרדים שונים

\* קשה למכן את המיון, דורש כח אדם רב ועלות רבה (העובדים במתקן, בד"כ, מרבדים נמוכים

של החברה)

\* החומרים המתקבלים הינם מלוכלכים וערכם עלול להפגע

\* הקומפוסט המיוצר אינו נקי (מכיל מתכות כבדות, שברי זכוכית וכו')

### 5.3 הפרדה במקור לשני זרמים - חומרים הניתנים למיחזור ופסולת

למרות שיש אפשרות להפריד מוצרים למיחזור בתחנות טיפול מיוחדות, הרי שהיעילות הגדולה

ביותר בהפרדת המוצרים ובהרחקתם מזרם האשפה, מושגת בביתו של האזרח.

#### איסוף במיכלים נפרדים

ניתן לאסוף את מכלול החומרים בני המיחזור במיכל אחד (Single Bin) או בשקית אחת (ראה

להלן), הדרישות מהאזרחים אינן מסובכות ולא דורשות התעמקות בפלסטיק לסוגיו או בנייר

לאיכויותיו השונות. אחוזי ההשתתפות בפרויקטים אלה גבוהים בד"כ וע"י חנוך והסברה ניתן

להגיע להפחתה של 25% מכמות הפסולת הביתית המסולקת לאס"פים. חומרים שלא כדאי

היום למחור אותם, ניתן לאגור עד אשר ערכם הכלכלי יצדיק מיחזור. איסוף מעורב זה כולל

איסוף נייר (בד"כ נייר עיתון), בקבוקי פלסטיק, פחיות אלומיניום וזכוכית. לעיתים, מתבצע

איסוף הנייר בנפרד משאר החומרים המיועדים למיחזור וזאת ע"מ לא לפגוע בטיב הנייר ולשמור

עליו יבש. איסוף מעורב מאפשר לאסוף סוגים רבים יותר של חומרים ומקל על האזרח באיסוף

אולם, במקרה של איסוף מעורב, יש להקים מערך למיון המוצרים השונים, דבר שמייקר את תהליך המיחזור. אחד הטיעונים העיקריים כנגד איסוף מעורב הוא שבאיסוף כזה עלול להיווצר מצב בו אחוז החומר שאינו מתאים למיחזור גדל (Glenn, 1991). לדוגמא, זכוכית נשברת ואין קונה לשבר.

תוכנית האיסוף הביתי מבוססת על כך שהמתמחזרים נאספים בבית התושבים ובימים קבועים ומוגדרים מראש, מוציאים את הפחים למדרכות וצוותי הפנוי מרוקנים את הפחים למשאיות המתאימות. קיימות בארה"ב, משאיות המחולקות לתאים, כך שלכל תא מוכנס סוג אחד של חומר, כאשר המיון נעשה במקום ע"י צוות הפנוי. חסרונותיה של שיטת איסוף זו נובעים גם מהצורך של צוותי הפנוי לעמוד ולהפריד למרכיבים השונים וגם מתעוררת בעיה כאשר תא אחד מתמלא לפני התא האחר ואז יש צורך להוביל בניצולת נמוכה יותר (Glenn, 1992). נתייחס לשיטת איסוף זו כאל קוריוז בלבד. אפשרות אחרת, הגיונית יותר, היא לפנות את הפחים למשאית שאינה מחולקת לתאים ולהוביל את כל החומר שנאסף למתקן מיון מרכזי, כפי שיוסבר בהמשך.

גם כאשר מופעלת תכנית הפרדה במקור וגם כאשר מופעלת תכנית לאיסוף מעורב, ניתן להפחית את מרכיבי העלות לרשות המקומית, אם משק הבית הבודד או בית הדירות יהיו מחויבים לרכוש את הפחים המיוחדים, אם הפינוי יהיה יעיל והמשאיות יתאימו למטרה ושיעורי ההשתתפות יהיו גבוהים.

תדירות הפינוי, ימי הפינוי ושעת הפינוי הם מרכיבים חשובים ביותר בתכנון נמצא כי, העלות תדירות הפנוי של החומרים למיחזור מפעם אחת בשבוע לפעמיים ייקרה את עלות האיסוף רק ב 26% (Stevens, 1990) ופינוי שלוש פעמים בשבוע ייקר ב 18% נוספים בלבד. הסיבה לכך היא שפינוי תכוף יותר מעודד השתתפות האזרחים וכך גם נאספת כמות רבה יותר ויעילות האיסוף גדלה.

#### **איסוף בשקיות נפרדות**

אחת הגישות החדשות בנושא של איסוף ביתי היא לאסוף את כל החומרים המיועדים למיחזור בשקיות פלסטיק מיוחדות בעלות צבעים שונים וכולטים (Wagner, 1991). שיטה זו מופעלת בקרית טבעון וגם בפיטסבורג, פנסילבניה, אומהה, נברסקה ועוד (Tomsu, 1992). יתרונות השיטה לאזרח הם, שנוח יותר לאסוף חומרים בשקית ולא בפח קשיח התופס שטח זהה בין אם

הוא מלא ובין אם הוא ריק ואין צורך בהחזרת המיכל לבית. מבחינת הרשות המקומית, אין צורך בהשקעה גדולה באספקת פחים מיוחדים לכל בית אב, הפעלת משאית הפינוי אינה דורשת תחכום ומתקנים רבים וזמן הטעינה קצר.

גורמים רשמיים במספר רשויות בארה"ב מצאו כי דווקא האיסוף המעורב בשקיות הפלסטיק מונע שבר של הזכוכית, כיוון שיש ריפוד והגנה ע"י בקבוקי הפלסטיק. כמו כן, חומרי הגלם מוגנים מלכלוך כמו אבק וגשם (Wagner, 1991), בגלל שהם עטופים בשקית.

איסוף השקיות יכול להעשות במספר דרכים:

1. איסוף נפרד לשקיות שהוצאו למדרכה ביום קבוע וידוע מראש.  
זו גם מתכונת תוכנית המיחזור המופעלת בקרית טבעון. ביום קבוע בכל שבוע מוציאים התושבים שקיות מיוחדות בהן נאספו חומרים למיחזור. משאית אוספת שקיות אלה ומשנעת אותן למתקן המיון של חברת "אמניר" בעפולה.

2. איסוף רגיל (מעורב), באותה משאית ועם אותו צוות עובדים, של השקיות המכילות חומרים למיחזור ושל השקיות המכילות את האשפה הרטובה. המשאית יכולה להיות בעלת תא אחד אליו נאספות כל השקיות ובתחנת המיחזור/מעבר מפרידים בין השקיות המכילות את החומרים ברי המיחזור ושאר הפסולת, המובלת לאס"פ. שיטה זו טובה כאשר שיטת האצירה היא מכולות אשפה. אפשרות אחרת היא להשתמש במשאית בעלת שני תאים, האחד מיועד לחומרים למיחזור והשני לפסולת המיועדת לסילוק. הפועלים מפרידים בין השקיות תוך כדי פנוי.

אם החומרים למיחזור נאספים כולם יחד במיכל ייעודי, בנפרד משאר הפסולת, הרי שאין משמעות לכך שהשקיות תהינה בצבע מסוים או בגודל מיוחד. אם האיסוף נעשה באותה מכולת אשפה וצבע השקית מעיד על תכולתה, השאלה הנשאלת היא האם הרשות המקומית תספק לכל משק בית שקיות (הוצאה גדולה ביותר, לכל הדעות) או האם יחויבו התושבים לרכוש את השקיות.

סיכום שיטת מיון זו:

#### יתרונות

- שיטת איסוף זו הוכחה כיעילה ביותר מבחינת כמות החומרים הנאספת
- קיימת אפשרות לאגור חומרים למיחזור במשק הבית ולפנות בהתאם לתוכנית המיחזור

### המופעלת Curbside (שקיות נפרדות וכו')

- \* את החומרים היבשים והנקיים בד"כ המגיעים למ"ש, קל למיין
- \* טעות במיון, שנעשתה במשק הבית, מתוקנת במ"ש
- \* ניתן להפיק RDF

### חסרונות

- \* יש צורך בשנוי דפוסי החיים
- \* יש להתמיד בפרסום וחנוך על מנת להבטיח שעור השתתפות גבוה
- \* יש צורך בשנוי מערך האיסוף והשנוע העירוני: יש צורך בהתאמת כלי האצירה ותדירות הפנוי.
- ניתן להשתמש במשאיות הדחס הקיימות.
- \* יש צורך בהקמת מתקן מיון שאריות
- \* הקומפוסט המתקבל עלול להכיל מזהמים בלתי רצויים.

### 5.4 הפרדה במקור לשני זרמים - חומר אורגני נקי ושאר הפסולת

שיטה זו נהוגה בהולנד ובמדינות אירופאיות אחרות. ההגיון בשיטה זו נובע מכך שהשגת חומר גלם להכנת קומפוסט טוב ונקי ממוהמים, אפשרית רק אם החומר האורגני שייאסף במשקי הבית יהיה נקי. לגבי שאר החומרים היבשים, העוברים ממילא מיון לצורך הוצאת חומרים הניתנים למיחזור, אין זה משנה אם יש בהם גם נורות פלורסצנטיות או שקיות של שואבי אבק:

האיסוף כיום במדינות האירופאיות, מבוסס על כך שאת החומרים הניתנים למיחזור מביאים התושבים למרכזי מיחזור, השאריות האורגניות (לעיתים עם נייר שאינו בר מיחזור) נאספות במיכל מיוחד ושאר הפסולת במיכל אחר (Spencer, 1993).

סיכום שיטת מיון זו:

### יתרונות

- \* ניתן להכין קומפוסט בכמות רבה ובאיכות מצוינת
- \* ניתן להפריד ולמחזר את החומרים הניתנים למיחזור
- \* ניתן להשתמש בצידוד האיסוף הקיים.

## חסרונות

- \* יש צורך בשנוי דפוסי החיים וחוסר נוחות באיסוף הביתי
- \* יש להתמיד בפרסום ותנוך על מנת להבטיח שעור השתתפות גבוה
- \* יש צורך בשנוי מערך האיסוף והשנוע העירוני, יש לדאוג לפני תכוף של השאריות האורגניות על מנת למנוע מטרדים.
- \* טעות במיון הביתי של החומר האורגני המיועד לקומפוסטציה, לא ניתנת לתקון ויש פגיעה בטיב הקומפוסט.
- \* יש צורך בהקמת מתקן מיון שאריות.

## 5.5 הפרדה במקור לרכיבים שונים

האיסוף בבתיים כולל הפרדה למספר חומרים במיכלים נפרדים (Containers System) הנמצאים בבית. בגלל מגבלות מקום, נאספים לא יותר מחמישה מרכיבים, בד"כ עיתונים, נייר מעורב, אלומיניום, פלסטיק וזכוכית בלבד (את הפסולת המיועדת לסלוק מוציא האזרח כפי שנהג תמיד). בימי האיסוף, שנקבעו מראש, מוציא האזרח את הפחים בהם אסף את החומרים למידרכה (At the Curb) ומשאיות מיוחדות, מחולקות לתאים, משמשות לאיסוף החומר. זו, למעשה, הנקודה הרגישה של השיטה. מבחינת הרשות המוניציפאלית, או הקבלן האוסף את החומרים, קיימות עלויות נוספות עקב השימוש בשיטה זו. פרט להוצאות הקבועות הקשורות ברכישת המשאיות המיוחדות, נוספות הוצאות משתנות הנובעות גם מהצורך של צוותי הפנוי לפנות כל פח לתא המתאים במשאית. Burk ו-Bullock (1990) מצאו כי הזמן הדרוש להפריד 5 סוגים של חומרים לתאים השונים הוא 30 שניות, בעוד שאיסוף מעורב (ראה לעיל) דורש רק 7-10 שניות. בעיה נוספת היא שכאשר אוספים כל חומר בנפרד, קשה לתכנן מראש את הנפח של כל תא ויעילות ההובלה פוחתת.

יש לזכור, כי הפרדה למספר רב מדי של חומרים יכולה לפגוע בכל התוכנית כולה ולהוריד את שיעורי ההשתתפות (Recyclables<sup>2</sup>, 1990) ככלל, ככל שהאזרח צריך להתאמץ פחות כדי להשתתף בתוכנית המיחזור, כך ירבו הסיכויים שהוא אכן יטול בה חלק (Recyclables<sup>2</sup>, 1990). מגבלה נוספת של שיטה זו היא מגוון החומרים אותם ניתן לאסוף. מאחר וכל חומר נאסף בפח נפרד, התופס מקום גם כשהוא ריק לחלוטין, קשה לדרוש מהאזרחים להקציב שטח איחסון נרחב למספר רב של מיכלים יעודיים.

סיכום שיטת מיון זו:

#### יתרונות

\* קבלת מוצרים ממוינים במקור, ללא צורך במיון נוסף

#### חסרונות

- \* יש צורך בשנוי דפוסי החיים ואי נוחות רבה באיסוף הביתי
- \* יש להתמיד בפרסום וחנוך על מנת להבטיח שעור השתתפות גבוה
- \* יש צורך בשנוי מערך האיסוף והשנוע העירוני: תוספת כלי אצירה ביתיים, תוספת פנויים, יש לרכוש משאיות מחולקות לתאים, יש להפריד את החומרים לתאים השונים תוך כדי הפנוי
- \* ניתן לאסוף מספר מצומצם של חומרים בגלל מגבלות מקום בבתים.

כאמור, מטרת המיחזור היא להפחית, ככל הניתן, את כמות ונפח הפסולת הנכנסת לאס"פ. מטרה זו תושג ככל שתאסף כמות רבה יותר בתוכניות המיחזור העירוניות. אולם, עלויות המיחזור עלולות ככל שנוחות השירותים הניתנים לתושבים עולה, כפי שיובהר בדוגמא להלן. השאלה הנשאלת היא, כמובן, כמה כדאי לאסוף כך שהתועלות יהיו מירביות (או לפחות, שההפסדים יהיו מיזעריים).

#### דוגמא 1:

- במחקרם של Judge ו-Becker (1993) נבדק האם קיים קשר חיובי בין נוחות התוכנית המוצעת לאזרחים, למידע שהם מקבלים אודות התוכנית וכמות החומר למיחזור הנאספת. במחקר השתתפו אלף בתי אב באחת מערי מינסוטה. הפרמטרים שנבדקו היו:
1. השפעת תכיפות האיסוף- שבועי או דו שבועי.
  2. מהות ההפרדה- הפרדה במקור לזכוכית, פלסטיק, נייר ומתכת למיכלים נפרדים או איסוף החומרים הנייל לשקית אחת מעורבת.
  3. מיקום המיכלים- אפשרות אחת שנבדקה היתה לשים את המיכלים על המדרכה ביום האיסוף הידוע מראש או לשים במקום כלשהו בחצר הבית.
  4. מחצית התושבים קיבלו הסבר רק בתחילת המחקר, האחרים קיבלו מדי חודש דפי מידע לגבי חשיבות המיחזור.

המחקר נערך במשך שישה חודשים. כל בית אב, בין אם השתתף במחקר ובין אם לאו, נדרש לשלם סכום של \$2 לחודש לכסוי עלויות הפרויקט. במחוז בו נערך המחקר עלות הקבורה



באסי"פ הינה \$45 לכל טון. במהלך המדגם נבדקו גם מספר נתונים דמוגרפיים: מסי הנפשות בבית, גיל, השכלה וכן האם הדירה שכורה או בבעלות פרטית. לא נאספו נתונים לגבי רמת השכר.

להלן הסימונים המאפיינים כל קבוצת מדגם:

- |       |   |
|-------|---|
| (דממ) | 1) איסוף דו שבועי, מופרד לסוגים, מדרכה              |
| (דשמ) | 2) איסוף דו שבועי, איסוף מעורב בשקית אחת, מדרכה     |
| (דמג) | 3) איסוף דו שבועי, מופרד לסוגים, במקום נגיש בחצר    |
| (דשג) | 4) איסוף דו שבועי, איסוף מעורב בשקית אחת, נגיש בחצר |
| (שממ) | 5) איסוף שבועי, מופרד לסוגים, מדרכה                 |
| (שמג) | 6) איסוף שבועי, איסוף מעורב בשקית אחת, מדרכה        |
| (שמנ) | 7) איסוף שבועי, מופרד לסוגים, במקום נגיש בחצר       |
| (ששג) | 8) איסוף שבועי, איסוף מעורב בשקית אחת, נגיש בחצר    |

ההנחות בתחשיב העלויות להלן התבססו על \$13 שכר עבודה לשעה, הוצאות תחבורה בסך \$7.5 לשעה, הוצאות קבועות בסך \$8 לשבוע ורווחים של 10% מהעלויות. הנחות לגבי קצבי האיסוף:

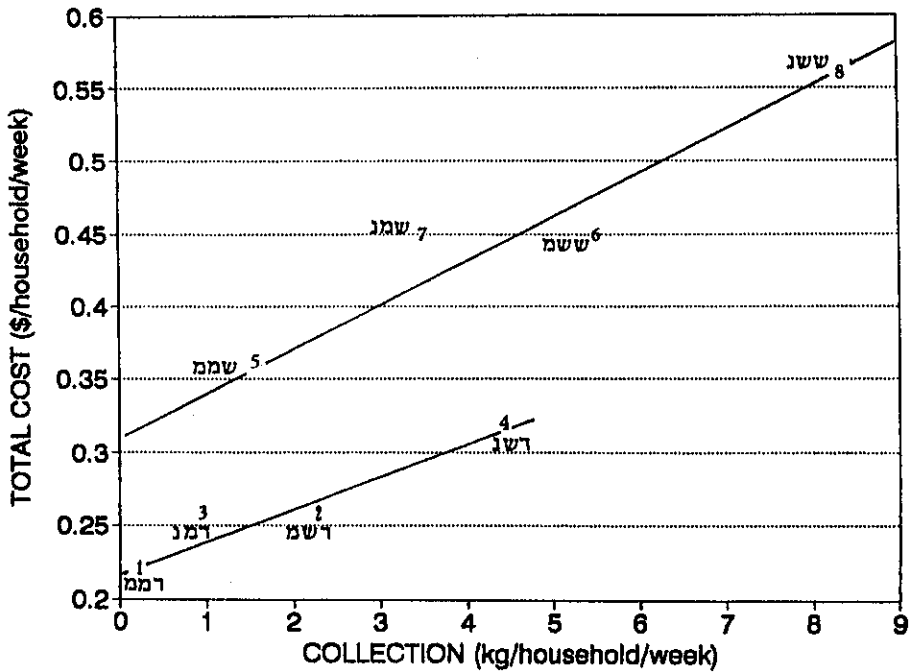
- |                       |                |
|-----------------------|----------------|
| מופרד מהמדרכה         | - 75 בתים לשעה |
| שקית מעורבת מהמדרכה   | - 60 בתים לשעה |
| מופרד במקום נגיש בחצר | - 60 בתים לשעה |
| שקית מעורבת, נגיש     | - 45 בתים לשעה |

האיסוף נעשה במשאיות מחולקות לתאים, כאשר האיסוף מעורב, ההפרדה מתבצעת ע"י פועלי הנקיון.

טבלה 12: עלויות תוכניות מיחזור  
 Table 12: Recycling Program Costs

שיטה	עלות כח אדם	עלות תחבורה	עלויות קבועות	רווחים (10% מהעלויות)	סייה עלויות
\$ לשבוע					
1	10.83	625	8.0	2.51	27.59
2	13.54	7.82	8.0	2.94	32.30
3	13.54	7.82	8.0	2.94	32.30
4	18.06	10.42	8.0	3.65	40.13
5	21.67	12.50	8.0	4.22	46.39
6	27.08	15.63	8.0	5.07	55.78
7	27.08	15.63	8.0	5.07	55.78
8	36.11	20.83	8.0	6.49	71.43

בציור 3 מובאות העלויות לכל משק בית בדולרים לשבוע ויעילות הפרדת החומרים מזרם האשפה (ק"ג למשק בית לשבוע) כפונקציה של שיטת האיסוף. כפי שנית לראות, הגברת הנוחות משפיעה לטובה על היקף המיחזור. כאשר מאפשרים לאזרחים לאסוף חומרים למיחזור בשקית בה מעורבים כל הסוגים, מציעים להם איסוף שבועי, כך שלא יצטברו כמויות ונפחים מטרידים ומאפשרים מיקום בכל מקום נוח בחצר, עולה הכמות הנאספת.



ציר 3: עלויות הפרדת חומרים למיחזור

Figure 3: Total Cost of Diversion

עם העליה בנוחות ניכרות גם העלויות הגבוהות של השיטה. כך לדוגמא, עלות כ"א הדרושה לשיטה שהיא הכי פחות נוחה (1) עומדת על  $10.83\$$  לשבוע בעוד שהשיטה הנוחה ביותר לאזרח (8) תובעת עלויות כ"א בסך למעלה מ  $36\$$ . הוצאות התחבורה עולות אף הן, ככל שהנוחות עולה. הוצאות הקבועות על ציוד האיסוף זהות לכל השיטות. סך הוצאות הן  $27.59\$$  לשבוע ו  $71.43\$$  לשבוע עבור התוכנית הפחות נוחה והנוחה ביותר, בהתאמה.

#### מסקנות הנסוי:

\* בחינת הנתונים הדמוגרפיים מצביעה על כך כי גיל הדיירים והעובדה כי הדייר גר בדירה שלו או בדירה שכורה אינם משפיעים על מידת ההשתתפות בפרויקט. כן ניצפתה עליה בהשתתפות כאשר רמת ההשכלה היתה גבוהה יותר. עורכי המחקר לא יכלו להצביע האם עובדה זו נבעה

ממודעות רבה יותר או מצריכה מוגברת יותר עקב שכר גבוה יותר והרגלי צריכה שונים.  
 • תוכנית המיחזור הנוחה ביותר (8) לאזרחים אמנם הביאה להקטנת הכמות הנשלחת לקבורה,  
 אך ההוצאות השוליות לאיסוף היו גבוהות ממחיר הקבורה \$45 (במקרה זה).

### מתקן מיחזור שאריות

את כל החומרים המיועדים למיחזור מובילים למתקן הפרדה ומיון, מתקן זה נקרא MRF- Material Recovery Facility ואנו בחרנו לקרוא לו בעברית ממיש (מתקן מיחזור שאריות). החומרים המתמחזרים מגיעים אל מתקן ההפרדה, המורכב ממסוע עליו מובלים החומרים. המסוע ממוקם במפלס עליון וצוות העובדים מפריד בין החומרים לתאים נפרדים הממוקמים במפלס התחתון. מיתקני ההפרדה מתוכננים עפ"י כמות המתמחזרים הצפויה להגיע למתקן. ניתן להקים מתקנים קטנים המטפלים רק ב 10 טון ליום וישנם מתקנים, כדוגמת המתקן הפועל באנאהיים, קליפורניה (ליד דיסנילנד) היכול לטפל ב 1,200 טון ליום. עלות הטיפול בטון חומרים למיחזור במתקן כזה מוערכת בארה"ב במחירי 1992 (Glenn, 1992) בכ \$36 כאשר הכמות היומית המטופלת עולה על 100 טון ליום וכ \$47 כאשר הכמות נמוכה ממאה טון ליום. Miller (1992) העריך עלות זו ב \$50 לכל טון חומרים למיחזור. עלות זו כוללת את עלות הקרקע וההקמה של המתקן וכן את עלות התפעול. ממחיר זה יש לקזז את הרווחים המתקבלים כתוצאה ממכירת חומרי הגלם לתעשייה. עלויות התפעול משתנות לכל חומר הממוין במתקן עפ"י טיב החומר, כמותו באשפה והצורך בהכנתו למשלוח למפעל המיחזור.

טבלה 13: עלויות התפעול הכרוכות בהכנת טון אחד של חומר למיחזור (בדולרים)

Table 13: Operating Costs for Processing a Ton of Recyclables (US Dollars)

חומר	עלות ממוצעת	ערכי מקסימום	ערכי מינימום
נייר עיתון	33.59	55.33	19.94
קרטון	42.99	56.26	20.29
פחיות מתכת	67.53	125.64	30.22
זכוכית מעורבת	50.02	76.24	28.51
פלסטיק PET	183.84	295.35	64.43
פלסטיק HDPE	187.95	256.15	121.58

נתונים אלה חושבו מתוך מחקרו של Miller (1992) שהקיף 10 ממישים המעבדים בין 100 ל-300 טון ליום.

מתוך העלויות הני"ל, חלק משמעותי של 33.4% הם ההוצאות על שכר עבודה. 16.7% מהות עלויות ההקמה והבלאי של המבנה. יתרון מתקבל כאשר מתקן כזה מוקם על אתר קבורה ישן עלויות הקרקע נמוכות יותר וגם נחסכים מאבקי NIMBY. 7.7% הם עלויות הסלוק והקבורה של חומרים אותם לא ניתן למחזר. שאר העלויות נובעות מהוצאות תחזוקה, בלאי ציוד, בטוח וכיו. הממוצע בארה"ב עומד על מתקנים המתוכננים לטפל ב 156 טון ליום (Glenn, 1992). עלות ההקמה של מתקן כזה תלויה בראש ובראשונה בכמות החומר היומית אותה יש למיין. לדוגמא, עלות הקמתו של מתקן המשרת אוכלוסיה של 325,000 איש במחוז במדינת ניו-יורק ומתוכנן לטיפול ב 400 טון מתמחזרים ליום, 7.5 מיליון דולר. (Miller & Ryan, 1992). מתקן אחר, האמור לטפל ב 100 טון ליום ומשמש איזור כפרי המונה רק 55,000 איש, הוקם בעלות של 1.8 מיליון דולר בתחילת 1990 (Logsden, 1992). בארה"ב עלות ההקמה היא כ 2 מיליון דולר לכל 100 טון ליום האמורים להיות מופרדים במתקן. לשם ההשוואה, העיר חיפה מייצרת כ 550 טון פסולת עירונית מוצקה ביממה. אם נניח כי 25% מהפסולת תופרד במקור ותגיע לממיש, הרי שגודל המתקן הדרוש לחיפה יהיה מתוכנן לטפל ב 130-150 טון ביום. מתקן ההפרדה ב Dunkerque צרפת, הוקם בהשקעה של 2.25 מיליון דולר (בשנת 1990). בשנה הראשונה להפעלתו טופלו במתקן 6,100 טון בעלות של \$85 לכל טון. בהנחה שהמתקן יקלוט וימיין 16,000 טון בכל שנה, יהיה ה Tipping Fee במתקן כ-50\$.

כאשר תוכנית המיחזור מושתתת על איסוף מעורב של מתמחזרים בשקיות בצבע שונה, עלות הטיפול במתקן ההפרדה גבוהה מעט יותר כיוון שיש צורך גם לפתוח את השקיות, להוציא את החומרים וכן לטפל בשקיות עצמן, אותן יש לכבש ולמכור לגורם הממחזר פלסטיק. צוות העובדים המועסק במתקן כזה אינו נתקל במפגעי ריח ולכלוך ולכן העבודה במתקן כזה אינה דוחה ואינה סובלת מתדמית שלילית. יעילותו של עובד במתקן, הנמצא בבעלות פרטית, 4.19 טון ליום עבודה בעוד יעילות עובד במתקן ציבורי מסתכמת ב 1.83 טון ליום עבודה (Glenn, 1992). מבין 192 הממישים הפועלים בארה"ב, 80% מהמתקנים ממינים נייר לסוגיו ומיכלים מסוגים שונים. רק 10% מהמתקנים מפרידים כלל חומרים מעורבים. השארית שאינה ניתנת לניצול ומופנית לקבורה אינה עולה על 10% בלמעלה מ 80% מהמתקנים.

## 5.6 מרכזי מיחזור

בארצות אירופה, גרמניה ושוויץ לדוגמא, וכן במספר מדינות בארה"ב מופעלים מרכזי מיחזור (Dropoff Centers). האזרחים, הנוטלים חלק בתוכנית, מביאים את החומרים הניתנים למיחזור למרכז ושם מכניסים כל חומר למיכל המיועד לו. קיום מרכז כזה מאפשר להגדיל את מספר החומרים הנאספים לפי הצורך והכדאיות הכלכלית של מיחזורם. קל יותר לאסוף במרכז מיחזור חומרים בעלי נפח גדול, כמו קרטון ומיכלי פלסטיק, שכן בדרך כלל מרכזים אלה גדולים ומשתרעים על שטח גדול. ניתן לאסוף שמן מכוונות וחומרים מסוכנים כסוללות וצבעים, חומרים שלא נאספים בבתיים בד"כ.

נגישות ונוחות מרכז המיחזור הם הגורמים החשובים בהפעלתו. חשוב שהמרכז יהיה ממוקם במקום נגיש לכלי רכב, ושהאזרחים לא יצטרכו לסוע מרחק רב מדי. מרכזי המיחזור יכולים להיות ממוקמים במרכזים שכונתיים, בבתי ספר או במרכזי קניות. בעיר מינכן שבגרמניה, לדוגמא, קיימים עשרות מרכזי מיחזור קטנים בהם אוספים אך ורק נייר וזכוכית ובנוסף, קיימים תשעה מרכזי מיחזור גדולים אליהם ניתן להביא את כל החומרים למיחזור: נייר, קרטון, פלסטיק, זכוכית, צמיגים, מתכות, פסולת גינה, אפר וחומרים מסוכנים כתרופות, צבעים וסוללות. מרכז המיחזור יכול להיות מופעל ע"י גופים התנדבותיים וההשתתפות בפרויקט גם היא על בסיס התנדבותי, הרווחים המושגים ממכירת המוצרים מאפשרים לאותו גוף התנדבותי לקדם את מטרותיו. ההפעלה יכולה להעשות ע"י גופים פרטיים, למטרות רווח, כאשר תשלום לאזרחים ניתן רק בחלק מהמרכזים (Buy Back). התשלום לאזרח עבור כל חומר בר מיחזור אותו הוא מביא, כאשר לכל חומר יש ערך כלכלי ותעריף ידוע. מרכז כזה צריך להיות מאויש ומופעל בשעות קבועות. אחת הבעיות העיקריות שיכולות לצוץ במרכז כזה היא תזרים מזומנים. ככל עסק כלכלי, האסטרטגיה הטובה ביותר היא לאגור את החומרים המיועדים למיחזור עד שהמחירים יעלו. אי לכך, כדאי להפעיל את המרכז עם מספר רב יותר של חומרים למיחזור דבר שיבטיח תזרים טוב יותר.

הפעלת שיטה זו במרכזים ומרכזי קניות כתוכנית פקדון, בעיקר לקרטון, זכוכית ופלסטיק, מבטיחה גם שלא יוצרו בעיות בתשלום וגם שהחומרים ימוינו ויסודרו כראוי.

מבחינת הרשות המוניציפאלית, שיטת איסוף זו היא נוחה ביותר. במקום אחד, מרכז ונגיש מתרכזים כל החומרים למיחזור, ממוינים לסוגיהם ומוכנים לשיווק למפעלי המיחזור. השאלה

הנשאלת היא האם הפעלת מרכז מיחזור חוסכת עלויות פנוי אשפה והאם תוספת הפנויים ממרכזי המיחזור מוצדקת מבחינה כלכלית.

מנסיון בארה"ב עולה, כי שיטת איסוף זו יעילה רק בשליש משיטת האיסוף הביתי. הצורך בנסיעה ונשיאה מיוחדת למרכז המיחזור מפחיתה את רצון התושבים להשתתף. לעומת זאת, במדינת באווריה שבגרמניה קבעו התושבים, במשאל עם, חד משמעית, כי אינם רוצים לאגור את החומרים למיחזור בחצר האחורית שלהם. ולכן, אומצה שם השיטה בה התושבים מביאים את החומרים למיחזור, בעצמם.

בארצות סקנדינביה משולבת שיטה זו עם הטלת קנסות על אזרחים שבפסולת הנאספת מבתיהם נמצאים חומרים ברי מיחזור. כמובן, שלא ניתן להטיל קנסות במקרה ומספר גדול של בתי אב מטילים את האשפה למכולה גדולה.

על מנת להפחית את עלויות האיסוף, קיימת אפשרות להציב מכולה אחת לאיסוף מעורב של כל החומרים הניתנים למיחזור. שיטה זו נוחה יותר לתושבים שלא מתבקשים למיין אולם, בשיטה זו החומר הנאסף לא משווע ישירות למפעלי העיבוד אלא לממ"ש בו החומרים ממוינים.

לסיכום, היתרונות של שיטת האיסוף במרכזי מיחזור הינם אפשרות הפרדה של חומרים רבים, אפשרות הפרדה של חומרים נפחיים, אפשרות הפרדה של חומרים מסוכנים, איסוף נוח, ממוין במקור ומרוכז והאזרחים מגיעים בזמן הנוח לה ומפרידים את החומרים.

חסרונות השיטה הם הצורך בנסיעה ונשיאה מיוחדת, שיעור השתתפות נמוך, השיטה יעילה בעיקר בשכבה סוציו-אקונומית גבוהה ומודעות גבוהה, צורך בחינוך ובפרסום מתמידים, כיוון שלמרכזים כאלה יש נטיה להשכח עם חלוף האופנה. במרכזים בהם מוחזרת תמורה עבור החומרים, יש צורך באיוש נוסף. מיכלי האצירה יקרים מאוד ודורשים תחזוקה מתמדת ונדרש שטח מיוחד ונרחב למיקום המרכז. החסרון הנוסף, אותו יש לבחון באמצעות ניתוח כלכלי, הוא האם מרכזים אלא מהווים מערכת כפולה כאשר מופעלת גם תוכנית מיון במשק הבית או שהם יכולים להוות מערכת משלימה, המגבירה את שעורי ההשתתפות ואת התועלת הכלכלית מהמיחזור.

סיכום שיטת מיון זו:

#### יתרונות

- \* ההפרדה נעשית ע"י האזרחים, אין צורך במתקן מיון שאריות (1)
  - \* אפשרות הפרדה של חומרים רבים
  - \* ניתן לאסוף מוצרים נפחיים (קרטון, פסולת גושית)
  - \* ניתן לאסוף חומרים מסוכנים (סוללות, צבעים)
- (1) אלא אם כן, במרכז המיון מכלה אחת לאיסוף כלל המתמחזרים.

#### חסרונות

- \* דורש מהאזרחים טרחה ומאמץ רב, נסיעה ונשיאה
- \* בשיטה זו נאספת רק כשליש מכמות החומרים הנאספים בשיטות האיסוף הביתיות
- \* יש צורך באיסוף נוסף של החומרים שנאספו במרכז המיחזור
- \* השיטה יעילה בשכבות סוציו-אקונומיות גבוהות בעלי מודעות גבוהה לנושאי הסביבה
- \* יש להתמיד בפרסום וחנוך על מנת להבטיח שעור השתתפות גבוה
- \* מיכלי האצירה יקרים ודורשים הכשרת מקום מיוחד להצבתם
- \* תוספת כח אדם במקרה ומדובר במרכז עם החזר כספי (Buy Back Center).

ניתן לשלב את מרכזי המיחזור עם שיטת האיסוף הביתי. בדורהם, צפון קרוליינה ובמחוז שמפיין באילינוי (1990, Recyclables<sup>1</sup>), ארה"ב, עלתה הכמות הנאספת במרכזי המיחזור עם הפעלת תוכנית האיסוף הביתי. אזרחים שהחמיצו את יום האיסוף או שאגרו כמות גדולה בביתם, הביאו את החומרים למרכזי האיסוף. קיום מרכזי מיחזור לצד תוכנית ביתית מעודד אחוזי השתתפות וכמויות חומר נאסף. השאלה הנשאלת היא כמובן, האם העליה בשיעורי המיחזור וההכנסות מכסים את תוספת העלויות הנגרמת כתוצאה מכך שמאפשרים לתושבים להשתמש במספר שיטות איסוף חומרים למיחזור. ניתוח הפעלת מרכזי מיחזור במקביל להפעלת תוכנית איסוף מהבתים מובאת בפרק 6.4.

במספר מדינות באירופה מנסים כיום לבחון את שיטת האיסוף משולבת של הפסולת העירונית. החומרים היבשים המיועדים למיחזור מובאים ע"י התושבים למרכזי מיחזור, החומר האורגני הרקובי נאסף בפחים נפרדים מהפסולת הנוטרת. במספר תוכניות הגיעו להרחקה של 60% מכמות הפסולת המשוגעת לאס"פים (Spencer, 1993).



## 6. הפעלת פקדון ככלי לעידוד מיחזור

לאחר שייקבע שיעור המיחזור המיטבי הרצוי מבחינה כלכלית (ראה ציור מס' 1) יש לבדוק כלים שונים להשגת רמה זו. מבין ההוצאות הכרוכות בהפעלת המיחזור, עלות האיסוף היא אחד הגורמים היקרים ביותר, הפקדון הוא אחד האמצעים להפחתת עלויות האיסוף ולכן, הוא אמצעי לצמצום עלויות המיחזור. בנוסף, הפקדון הוא אמצעי כלכלי להגברת שיעור המיחזור, שכן בבסיס השיטה תמריץ להחזרת מיכלי המשקה, או כל רכיב אחר, למקום איסוף מרכזי. אמצעים אחרים להשגת יעדי המיחזור הם שילוב שיטות איסוף והפרדה במקור, חוקים ותקנות, חינך, פרסום וכו'.

יש לראות, אם כך, את הפקדון על הארזיות כאמצעי בלבד לייעול פעולת המיחזור ולהקטנת העלויות ויש להעריך את כדאיות הפעלתו במסגרת זו. כלומר, יש להעריך האם העלויות הנוספות הכרוכות בהפעלתו (ישירות ועקיפות, כגון, עלית מחיר המוצר) מניבות תשואה שולית חיובית. תשואה זו נובעת מהגדלת שיעור המיחזור וההכנסות הנובעות ממנו, והחסכון בעלויות כתוצאה מהפחתת העומס על אתרי סלוק הפסולת. הפקדון יכול להיות כערך הארזיות, או בערך גבוה יותר, על מנת לעודד החזרתה.

יש לשקול את ערך השיטה בתוך מכלול פעולות מיחזור והשאלות שיובאו הינן:

1. האם הפעלת פקדון עומדת בסתירה להפעלת תוכניות מיחזור או ששתי השיטות אינן סותרות זו את זו והמטרה הסופית, הפחתת כמויות אשפה הנכנסות לאסי"פים, מושגת ביתר יעילות. באיזו מידה מעודד הפקדון את הפתרון הכולל של ההיפטרות מהפסולת.
2. האם לחוקי הפקדון יש השלכה סביבתית כלשהי (מעבר למיחזור, יש לשקול את צריכת הדלק ע"י משאיות האיסוף, שמוש במים לשיטופות כאשר מדובר בשימוש חוזר בבקבוקים וכו').
3. מהי העלות והתועלת של הפעלת פקדון. מי נושא בעלויות ומי נהנה מהתועלת. מי נהנה מהסכומים שאינם חוזרים לצרכנים.
4. מהם המדדים לקביעת גובה הפקדון- האם החומר ממנו עשוי המוצר, האם משקלו או נפחו.

5. איזה נתח מכלל הפסולת המוצקה מהווים המוצרים עליהם יחול הפקדון.

6. על אלו מוצרים להפעיל פקדון. האם רק על מיכלי משקה או על סוגי אריזה נוספים, כגון קרטונים, וכי'.

חומרי האריזה בארה"ב מהווים כשליש מהאשפה הביתית. חומרי האריזה עשויים קרטון, נייר, זכוכית, פלסטיק, אלומיניום ומתכת. מכלל חומרי האריזה בארה"ב מהווים מיכלי המשקאות הקלים (כולל בירה, ללא חלב) כ 2-4% מכלל הפסולת הביתית. על בסיס משקלי מתפלגים החומרים כך: זכוכית חד פעמית-12.2%, זכוכית למלוי חוזר- 14.3%, פלסטיק (בעיקר PET) - 29.4%, אלומיניום - 44%, מתכת ואריזות אספטייות - 0.1% (מתוך נתוני NSDA - (1989, National Soft Drink Association).

בישראל מהווים מיכלי המשקה מעט יותר מ 3% מכלל הפסולת הביתית. על בסיס משקלי מתפלגים החומרים כך: זכוכית- כ 75%, פלסטיק- 23.5% והשאר אריזות שונות.

#### הפעלת חוקי פקדון על מיכלים במדינות שונות בעולם.

בתשע מדינות בארה"ב (קונטיקט, דלאוור, איווה, מיין, מסצ'וסטס, מישיגן, ניו יורק, אורגון וורמונט) הופעלו חוקי פקדון במרוצת השנים 1972-1983. הפקדון חל על מיכלי משקאות קלים ובירה, העשויים מזכוכית, אלומיניום או פלסטיק. בחלק מהמקרים חל פקדון גם על מיכלי משקאות חריפים, יין ומים מינרליים. מטרת חוקים אלה היתה לצמצם את הלכלוך בצדדי הדרכים והכבישים, לשמר אנרגיה ולהלחם בתופעה של חברת השפע "השתמש וזרוק". מאז לא עבר חוק פקדון באף מדינה נוספת בארה"ב למרות נסיונות של גופים, שעניינם איכות הסביבה, להעביר חוקים כאלה מתוך כוונה להגביר את היקף השימוש החוזר והמיחזור.

#### השפעת הפקדון

הפקדון משפיע, למעשה, על כל הגורמים היצרנים והצרכנים במשק. **תעשית המשקאות:** בארה"ב מדובר על למעלה מ 87 ביליון מיכלים בשנה (National Recycling Coalition (1993). ולפי נתוני Temple, Barker & Sloane (1991). מדובר על 100 ביליון (בישראל, עפ"י נתוני טמפו, כ 0.6 ביליון מיכלים בשנה). עלויות הטיפול בארה"ב בכל מיכל 3.4 סנט (Temple, Barker & Sloane, 1991). וההכנסות ממכירת ח"ג, לכל מיכל, 1.1 סנט. כלומר, סח"כ עלות לתעשיית המשקאות לכל מיכל 2.3 סנט. בהנחה כי

82.9% מהמיכלים חוזרים- סה"כ עלויות 2.07 ביליון דולר לשנה. עלויות אלה יגרמו להעלאת מחיר המיכל לצרכן ב 4.1%. כתוצאה מעלית המחיר תגרם ירידה בצריכת המשקאות וירידה זו תביא להפסדים כתוצאה מאי מכירה של 1.3 ביליון דולר לשנה. מסתבר, כי אכן קיימת ירידה מה בצריכה בשנה הראשונה בה מופעל הפקדון, אולם בבדיקה לאורך השנים מסתבר, כי קצב העליה בצריכת המשקאות הקלים והבירה לאחר הפעלת הפקדון, דומה לקצב שהיה טרם הפעלתו (1990, U.S. GAO).

גובה הרווחים או ההפסדים של המפיצים תלויים בגורם העורך את המחקר. חברות המשקאות העורכות מחקרים כאלה מסיקות כי הפסדיהן גבוהים. במשיגן, כך לפי מחקר שבוצע עבור תעשיית המשקאות (NSDA, 1989) עולה כי ההוצאות של יצרני המשקאות הסתכמו ב 21.9 מיליון דולר בשנת 1988. 56% מסכום זה שולמו למשווקים כדמי טיפול, כ 6% לצידה, כ 7% הוצאות תפעול ותחזוקה והשאר כח אדם. מחקר שנעשה ע"י גורמים ממשלתיים במשיגן (U.S. GAO, 1990) הסיקו כי עלויות תפעול מערך הפקדון מגיעות ל 70 מיליון דולר, אך הרווחים כתוצאה ממכירת חומרי הגלם וכתוצאה מאי החזרת בקבוקים ע"י הצרכנים (Unclaimed Deposits) מגיעים ל- 118 מיליון דולר, כך שרווחי התעשייה נטו במדינת מישגן הגיעו בשנת 1988 ל 50 מיליון דולר.

**מבחינת המשווקים:** הטיפול דורש קבלה, ספירה, ואחסון בקבוקי המשקה הריקים. במחקר שערך ה- Food Marketing Inst. ב 1986 עולה כי עלות המשווק מסתכמת ב-2.4 3.2 סנט למיכל בהתאם לגודל החנות ולסוג המיכל. מסכום זה 70.2% הינם הוצאות על כח אדם, 18.4% מקום אחסון ושאר ההוצאות הינן על השקעה והוצאות שונות. מאחר ועלות זו גבוהה מדמי הטיפול אותו מקבל המשווק, הרי שההפרש מועבר לצרכן הסופי ע"י העלאת מחיר בקבוק המשקה. (מתוך 1990, U.S. GAO) עלויות אלה יועברו, כמובן, לצרכן ויגבירו את ההפסדים כתוצאה מאי מכירה. סך הפסדים אלה 1.73 ביליון דולר לשנה.

**הצרכנים** הם הגורם השלישי המושפע ממדיניות הפקדון. הצרכנים ישלמו מחיר גבוה יותר, בגלל העלויות של התעשייה והמשווקים. עפ"י נתוני NSDA (1991) מחיר העליה השנתי הממוצע לצרכן בוגר ( \$27.5 =עליה של 8% במחיר), כאשר צרכן שיחזיר 100% ישלם תוספת של \$18 לשנה ואילו צרכן שלא יחזיר כלל ישלם תוספת של \$75 לשנה. בנוסף, הצרכנים יפסידו 1.5 ביליון דולר כתוצאה מפקדונות שלא נדרשו (הכסף ישאר לתעשייה כרווח לכסוי עלויות, או שישימש את הממשלה למימון תכניות מיחזור). יש לציין כי במחקר הנ"ל לא נמדדו פרמטרים

כמו הזמן והמאמץ הנדרש מהאזרח להחזיר את הבקבוקים.

טבלה 14: חוקי פקדון בארה"ב.

Table 14: Deposit Laws in the USA

מדינה	יום הפעלת החוק	גובה הפקדון (סנט אמריקאי)	דמי טיפול לקמעונאי (סנט אמריקאי)
קונטיקט	ינואר 1980	מינימום 5	2 למשקאות קלים 15 לבירה
דלאוור	יולי 1983	מינימום 5 (*)	20% מהפקדון
איווה	יולי 1979	מינימום 5	1
מיין	ינואר 1978	מינימום 5	3
מסצ'וסטס	ינואר 1983	מינימום 5	2
מישיגן	דצמבר 1987	מינימום 10	--
ניו יורק	ספטמבר 1983	מינימום 5 (**)	15
אורגון	אוקטובר 1972	מינימום 2 למלוי חוזר מינימום 5 על השאר	--
וורמונט	יולי 1973	מינימום 5	20% מהפקדון או 3 (הגדול מבין השנים)

(\*) ללא פחיות אלומיניום, ללא מיכלים גדולים מ 2 ליטר.

(\*\*) ללא מיכלים מעל 2 גלון.

(מתוך: U.S.GAO, 1990)

חוק הפקדון דורש מהמשווק לשלם את הפקדון לחברת המשקאות או למפיץ שלה, עבור כל מיכל משקה אותו הוא רוכש. הצרכן, בעת קניית המשקה מהמשווק, משלם את הפקדון למשווק. כאשר מחזיר הצרכן את המיכל הריק למשווק הוא מקבל בחזרה את ערך הפקדון, וכאשר המשווק מחזיר את המיכל הריק למפיץ, הוא מקבל את הזכויות.

בשבע מתוך תשע המדינות בארה"ב משלם המפיץ דמי טיפול למשווק. סכום זה נע מ 1-3 סנט לכל מיכל, סכום זה הוא "יחד כיווני" ותכליתו לכסות את עלויות הטיפול הנדרשות מן המשווק. על המשווק לנהל הנהלת חשבונות נפרדת לנושא הפקדון, עליו להקציב שטח אחסון לבקבוקים

וכח אדם לטיפול ולמיון המיכלים.

טענה נוספת של תעשיית המשקאות כנגד אכיפת חוקי פקדון היא הקטנה בצריכת המשקאות קלים ושינויים בצריכת סוג האריזה. יצרני הזכוכית טוענים כי תכנית פקדון נותנת עדיפות ברורה ליצרני אריזות הפלסטיק, שכן הפלסטיק קל יותר וראינו רגיש לשבר.

מנתוני חברות המשקאות עולה כי בשנה הראשונה להחלת חוק הפקדון ירדה צריכת המשקאות הקלים בין 7-11% (NSDA, 1989). אולם, יש לראות את התמונה הכוללת המצביעה על גידול מתמיד בצריכת המשקאות הקלים. העדפת משקה זה או אחר, אריזה זו או אחרת, מושפעת מהמחיר של המוצר ואריזות, מתכונות האריזה (משקל, בעיקר) ומפרמטרים דמוגרפיים, הכנסה, מודעות לבריאות וכו', כך שקשה לבדוד, לאורך זמן, את השפעת הפקדון (1990, U.S. GAO).

העדפות האמריקאים לגבי הפעלת חוקי פקדון מקבלות משמעות שונה בהתאם לגוף המבצע את המחקר. מחקרים עבור תעשיית המשקאות מצביעים על כך שהאמריקאים מעדיפים תוכניות איסוף על פני פקדון. מנתוני מחקר (Edgell Comm., 1991), עולה כי 51% מהאמריקאים מעדיפים תוכנית איסוף ליד הבית (Curbside) לפתרון בעית הפסולת המוצקה, 20% מעדיפים מרכזים בהם ניתן לקבל תמורה עבורה מתמחזרים ו 19% בלבד תומכים בחוקי הפקדון.

מחקר נוסף, של חברת פפסי, המצוטט במחקר הנייל, מעלה כי גם במדינת ורמונט, בה קיים פקדון, מעדיפים 81% מהתושבים פתרון יותר מקיף לבעיות הפסולת המוצקה. מאידך, במחקר שהוגש לקונגרס ע"י ה U.S. GAO בנובמבר 1990 קבעו 44% מהנשאלים כי הם יתנו תמיכה מלאה בתוכנית פקדון, 26% יתמכו חלקית ורק 18% יתנגדו או יתנגדו חלקית, שאר 12% אדישים לתוכנית פקדון. טענות נוספות של יצרני המשקאות נוגעות להשלכות הסביבתיות של הפיקדון.

הפקדון מרחיק מזרם החומרים למיחזור את המקטע שערכו הוא הגבוה ביותר ולכן תוכניות מיחזור כוללות נפגעות (כפי שידגש בהמשך). בנוסף, יוצר הפקדון שתי בעיות סביבתיות נוספות- שמוש מוגבר במים ובדלק. מצדדי הפקדון רואים בשימוש חוזר בבקבוקים דרך להגברת המחדעות וההעדפות של הצרכנים. סקר שנערך במערב התיכון של ארה"ב מראה כי צריכת המים

לשטיפת בקבוקים חוזרים היא פי 15 מצריכת המים לבקבוקים חד פעמיים, כלומר 15 ליטר מים לכל ליטר משקה. מנתוני חברת טמפו בישראל עולה כי צריכת המים לבקבוקי בירה עליהם חל פקדון היא כ 10 ליטר מים לכל ליטר משקה.

צריכת הדלק עלתה במשיגון, לאחר כניסת חוק הפקדון, ב 32% למפצי המשקאות הקלים וב 25% למפצי הבירה וזאת משום הצורך לבצע סבבים לאיסוף הבקבוקים הריקים. במדינת וושינגטון, בה התקבלה ההתנגדות לחוק פקדון, צריכת הדלק לכל 1000 יחידות מיכלי משקה עומדת על 47.4 גאלון, בעוד שבאורגון, בה ישחוק פקדון, הצריכה היא 94 גאלון דלק לכל 1000 יחידות משקה קל (NSDA, 1989). בנתונים המצוטטים אין הגדרה מדויקת למונח "יחידות" לכן, עפ"י הנתונים סביר להניח כי מדובר בארגזים. נתונים אלה, שהוצגו ע"י חברות המשקאות, המתנגדות לחוק הפקדון, מתעלמים מהעובדה כי שמוש חוזר או מיחזור מיכלים חוסך אנרגית ייצור של מיכלים חדשים.

**בגרמניה ובארצות אירופאיות נוספות** קיים מנגנון של פקדון ושימוש חוזר בבקבוקים על חלק מבקבוקי המים המינרליים, הבירה והיין. רשת המרכולים TENGELMANN מציעה למכירה, כבר מ 1988 חלב בבקבוקים חוזרים שהינו זול ב 15% מהחלב במיכלים חד פעמיים. כתוצאה מכך, במינכן בלבד ניכרה ירידה של 3,700 טון אריזות חלב באשפה בשנה אחת. חברות קוקה קולה ופפסי מוכרות חלק מהמשקאות בבקבוקים חוזרים, הזוכים להצלחה רבה (Chaplin, 1992).

**ארצות סקנדינביה** (דנמרק, פינלנד, איסלנד, נורבגיה, שבדיה ועוד מסי איים) פועלות יחדיו לבסוס תכנית משותפת לטיפול באריזות. בשבדיה נכנס ביולי 1990 הסכם, על בסיס התנדבותי, בו התעשייה מפסיקה להשתמש ב PVC לצרכי אריזות. כ 30% מהאריזות, שמקורן בעיקר ביבוא, עדיין עשויות PVC אולם רוב התעשייה המקומית, המהווה כ 70% מכלל השוק, מייצרת אריזות שאינן מכילות PVC. הסכם דומה מופעל בדנמרק מאפריל 1991 (Chaplin, 1992) גם בשבדיה וגם בדנמרק שוקדים על הכנת מסמך שיכיל סטנדרטים לבקבוקי PET למילוי חוזר של משקאות קלים. בקבוקי משקה קל חד פעמיים נאסרו לחלוטין לשמוש בדנמרק החל מ 1977 ואיסור דומה חל על מכירת בירה החל מ 1981. (McCarthy, 1991), אולם מוצרים אחרים ניתן למכור במיכלים חד פעמיים עליהם חל מסוי. בדנמרק קיים מסוי על אריזות חד פעמיות. גובה המסים נקבע עפ"י נפח האריזה והתקנות נכנסו לתוקפן בינואר 1989 (מתוך Nielsen, 1991). המס נע בין \$0.09 לכל יחידה (בקבוקים ומיכלים

בנפח 100-600 מ"ל) ועד \$ 0.4 למיכלים כנייל שנפחם מעל ליטר אחד.

מתברר, כי מסווי זה נמוך מדי ובבחירת השיקולים והחלופות האם להעדיף תשלום מס או לעבור לבקבוקים רב פעמיים, מעדיפה התעשייה לשלם את המס ולא להשקיע בביסוס שיטה למלוי חוזר הכרוכה בשנוי שיטת המלוי, שנוי מערך השיווק, הוספת מערכות שטיפה ובקרה. גם בישראל קיים מסווי על אריזות חד פעמיות והוא בגובה 0.25% ממחיר האריזה.

בכל ארצות סקנדינביה קיימים חוקי פקדון לבקבוקי בירה, משקאות אלכוהוליים ומשקאות קלים. בפנינלנד, קבעה הממשלה כי 90% ממיכלי הבירה חייבים להמכר בבקבוקים חוזרים, עליהם חל פקדון, אולם לגבי מיכלים למשקה קל ויין לא נקבע אחוז מחייב. באמצעות הפקדון חוזרים 90% מבקבוקי הבירה והמשקאות הקלים ו 70% מבקבוקי היין המיועדים למלוי חוזר בנורבגיה (Chaplin, 1992). בנוסף לבקבוקי המשקה, מוצעים למכירה במיכלים חוזרים גם סבונים נוזליים, שמפו וחומרי ניקוי. בקנדה הפעילו חוקים מחייבים (מנדטוריים) לשמוש בבקבוקים למלוי חוזר. בניו-ברונסוויק, לדוגמא, קובעת תקנה כי חל פקדון על בקבוקי משקה קל, מים מינרליים, מיצים ומשקאות אלכוהוליים. עבור הבקבוקים למלוי חוזר מקבל הצרכן את מלוא מחיר הפקדון ועבור המיכלים החד פעמיים מוחזר מחצית הפקדון (Chaplin, 1992).

### יתרונות הפקדון

המצדדים טוענים שבאותן מדינות בהם מופעלים חוקי הפקדון המטרה מושגת. 90% ממיכלי המשקה אכן נאספים וממוחזרים לעומת נתוני ה EPA המצביעים על כך שבכל ארה"ב רק 38% מהמיכלים נאספים וממוחזרים (Wells & Ass., 1992), נתון אחר של National Recycling Coalition (1993) מצביע על היקף מיחזור מיכלי המשקה בכל ארה"ב העומד על 67.9% פחיות אלומיניום, 33.0% מיכלי זכוכית ו 27.0% מיכלי PET. במדינת איוה מורחקים מזרם האשפה 92% מכלל הפחיות, בקבוקי הזכוכית ובקבוקי הפלסטיק (Sedlock, 1990). המצדדים טוענים גם שבזכות הפקדון, קל יותר לנהל תוכנית מיחזור מוצלחת כיוון שפוחת מספר הפריטים אותם יש להפריד במקור. כנגד טענתם של מתנגדי הפקדון שהפרדת המרכיבים הכלכליים של המיחזור (בארה"ב), אלומיניום וזכוכית, מתוכניות המיחזור, מפחיתה את כלכליותם, טוענים המצדדים כי תוכניות המיחזור ממומנות ע"י סובסידיות חיצוניות ולא מהתמורה עבור חומרי הגלם הנמכרים לתעשיות העיבוד (Sedlock, 1990). חודות לפקדון ירד נפח בקבוקי המשקה באשפה ב 79-83% ומכאן ניתן להבין כי הגורם הנהנה ביותר מתוכנית הפקדון הינו הרשות המקומית. מאחר ועלויות הפקדון נופלות על התעשייה

ועלויות הסילוק והמיחזור על הרשות המקומית, הרי שהפעלת פקדון מפחית את הן את כמויות האשפה המסולקות לאסייפים והן את עלויות המיחזור אותן צריכה העיריה להשקיע.

### חסרונות הפקדון

הפקדון מייקר את המוצר, לפי נתוני NSDA (1989), ב 8%, למרות שערך הפקדון עצמו לא עולה על 10 סנט. התזרת מיכלי המשקה דורשת התארגנות מצד היצרנים, המשווקים והסוחרים. בחנויות ובמרכולים יש להקדיש שטח להצבת המכונות הקולטות את המיכלים ומחזירות את הפקדון, יש להקצות שטח במחסנים לאיסוף וכמובן, כח אדם. מבחינת שימוש באנרגיה: המשווקים צריכים להוסיף תחבורה והיצרנים צריכים להשקיע במסועים, במכונות לשטיפה ואנרגיה לחימום המים כאשר מדובר בבקבוקים למלוי חוזר (Wells & Ass., 1992) נימוקים נוספים כנגד הפקדון מתייחסים לעובדה כי הפקדון מופעל רק על חלק קטן מהפסולת המוצקה (3.5% לפי Blalock, 1991; 4.4% לפי NSDA, 1991) אך זהו החלק הכלכלי ביותר כאשר מדובר בתוכניות מיחזור. בתוכניות המיחזור מיכלים אלה מהווים 18-25% משקלית, אך ההכנסה ממרכיבים אלה, בעיקר אלומיניום וזכוכית, הינה 56-73% מכלל ההכנסות של תוכניות המיחזור (Blalock, 1992; Blalock, 1991; Wells & Ass., 1992).

הפעלת פקדון שינתה את הרכב האריזות של המוצרים. בגלל הצורך לאחסן את המיכלים בחנויות עד למועד הפנוי, העדיפו הסוחרים להשתמש באריזות שניתן לדחוס אותן, כלומר העדיפו אריזות פלסטיק על פני זכוכית. בעיה נוספת המתעוררת בשימוש בזכוכית היא שבר של מיכלים המיועדים לשימוש חוזר, בזמן איחסונם. מיכלים אלה לא ניתן למלא שוב וערכם יורד. הקמעונאי, שכבר החזיר לצרכן את הפקדון, לא יוכל להחזיר מיכל זה לספק או ליצרן המשקאות וייגרם לו הפסד כספי. בנוסף, כפי שצוין לעיל, המפיצים טוענים כי יש תוספת הוצאות על דלק בגלל הצורך לבצע סבבים מיוחדים. באשר למיכלים מיועדים לשימוש חוזר, יש לקחת בחשבון תוספת 6-10 נפחים של מים לשטיפה.



## 6.1 חוק הפקדון ה"מודרני"

קיימת גירסה מודרנית לחוקי הפקדון של שנות השבעים, גישה זו היא פשרה בין תעשיית המשקאות ושוחרי איכות הסביבה (NSDA, 1989). ב 1986 נכנסה לתוקפה תקנה AB-2020 במדינת קליפורניה, לפיה מיכלי המשקה מוחזרים ע"י הצרכנים למרכזים. תעשיית המשקאות משלמת למדינת קליפורניה סכום הנע בין 3-1 סנט למיכל, סכומים אלה מאפשרים להפעיל את מרכזי המיחזור ולהחזיר לצרכנים את ערך הפקדון (למרות שלא שילמו אותו כשקנו את המוצר). לחומרי הגלם הנאספים במרכזים נקבע ערך מינימלי ע"י הרשויות והיצרנים מחויבים לשלם ערך זה למרכז המיחזור. הרווח כתוצאה מאי החזרת מיכלים מאפשר לממן את מרכזי המיחזור, להשקיע בפרסום ובעידוד המיחזור.

יתרונות שיטה זו ברורים:

מבחינת תעשיית המשקאות- פתרון זה חוסך את הוצאות התפעול של מערך הפקדון וחוסך הוצאות תחבורה.

למשווקים - אין חלק בכל הפרשה.

הצרכנים המחזירים את המיכלים - נהנים מתגמול

לרשויות המקומיות ולשוחרי הסביבה הרווח כפול - מושגת המטרה של הפחתת הכמויות המסולקות לאספיים וניתן להגביר ולהרחיב תוכניות מיחזור לחומרים אחרים ולא רק למיכלי משקה. כפי שנאמר בתחילת הפרק, הפקדון מהווה תמריץ כלכלי לעודד איסוף מיכלי המשקה ולמיחזורם. קיימות שיטות נוספות הנתונות בידי הממשלות והן משתמשות בהן ככלי לעידוד המיחזור.

## 6.2 שיטת ה-ADF (Advanced Disposal Fee)

בשיטה זו גובים תשלום עבור חומרים מסוימים העשויים להגיע לאתר סילוק הפסולת במקום להיות ממוחזרים. גובה התשלום אמור לכסות את העלות המלאה והאמיתית של סלוק המוצר (Little, 1991). בין החומרים עליהם מוטל המס, פרט למיכלי משקה, גם צמיגים, סוללות רכב, שמן מכוונות ועוד. בבסיס שיטה זו, בניגוד לפקדון, קיים תמריץ גם ליצרן, גם למשווק וגם לצרכן למחזור. בטבלה 15 מובאות דוגמאות ממספר מדינות בארה"ב בהן יש ADF.

## טבלה 15: שיטת ה ADF בארה"ב

TABLE 15: Advanced Disposal Fee in the USA

מדינה	מקום התשלום	גובה התשלום
מיין	סיטונאי/צרכן	1\$ לצמיג, לסוללת Lead Acid 5\$ לפריטים גדולים (מכונות כביסה, מקררים, תנורים), ריהוט, אמבטיות, שטיחים (בשווי מעל \$ 250)
ניו ג'רסי	משווק	מס של \$0.03 לכל מיכל קשיח בנפח 6 OZ. ויותר.
צפון קרוליינה	משווק	\$0.01 לכל מיכל שאינו תואם 50% מיחזור במדינה. (אלומיניום, זכוכית, פלסטיק וכו')
פלורידה	משווק  יצרן/מו"ל  עיתונים  משווק	מס של \$0.01 למיכל, מהחומרים הנייל בנפח 5 OZ. ויותר, אם לא מגיעים ל 50% מיחזור. ב 1995 המס יעלה ל \$0.02. \$0.1 לכל טון עיתונים. \$1 לכל צמיג חדש.
אילינוי	משווק	אם מיחזור > 50% \$0.05 למיכל.

ההבדלים העקרוניים בין שיטת הפקדון לשיטת ה ADF מובאים בטבלה 16 להלן.

טבלה 16: השוואה בין שיטת הפקדון לשיטת ה ADF

TABLE 16: Comparison between the Deposit System and ADF

ADF	פקדון	
1. היצרן (נכנס במחיר)	1. הממשלה (סובסידיה) 2. היצרן (מביא לעלית מחיר המוצר) 3. הצרכן (עדיף)	מי משלם
לא תמיד, אם יש החזר- הוא תלוי בערך ח"ג	תמיד	החזר כספי
אריזות, צמיגים, סוללות חיתולים חד פעמיים ריהוט, אמבטיות, שטיחים	אריזות, צמיגים, סוללות	סוג הפסולת
עפ"י משקל, נפח או אחוזים ממחיר המוצר.	ליחידה	בסיס התשלום
בכל מקום לאורך קו ההפצה	המשווק	מקום התשלום
ממשלתי	בבסיס השיטה: משווק-צרכן	איסוף התשלום
שעור המיחזור, % חומר ממוחזר ושמוש חוזר מפחיתים שעור ADF	בד"כ אין	תמריצים
הכסף משמש כסובסידיות למערכת טיפול בפסולת.	בעיקרון-מערכת סגורה Unclaimed Deposits הרבה כסף ליצרנים)	שימוש בכספים

### 6.3 חוק האריזה הגרמני

גישה שונה לחלוטין, שאינה מבוססת על פקדון, להערכת ערך המיכלים, התקבלה עקב החלת חוק האריזה הגרמני. ממשלת גרמניה קיבלה ביום 12.6.91 את חוק האריזה, (The Packaging Ordinance) כחלק מתכנית כוללת לטיפול בנושא הפסולת המוצקה, כאשר חוק זה הינו הראשון מסוגו בעולם בו חלה חובת הטיפול בפסולת על היצרנים והתעשייה ולא על הרשות המוניציפאלית. הגישה היא לקבוע יעדים להשבה ומיחזור אריזות כאשר האמצעים להשגת היעדים נתונים בידי התעשייה. עפ"י חוק האריזה חייבים היצרנים המקומיים, היבואנים והמפיצים המקומיים הפועלים בשוק הגרמני לדאוג לסלוק האריזות באופן הבא:

#### 1. אריזת משלוח:

מיום 1.12.91 חייב היצרן או היבואן לקבל ולדאוג למיחזור או לשימוש חוזר את כל אריזות המשלוח, כגון: משטחים, מיכלים או תיבות קרטון המשמשים למשלוח.

#### 2. אריזה שניונית:

מיום 1.4.92 על היבואן או המפיץ המקומי לקבל בחזרה את האריזות השניוניות, הן האריזות הנלוות לאריזות המכירה והדוגמאות לכך הן אריזות המאגדות מספר חבילות שוקולד ביחד או קרטון שבתוכו שפופרת משחת השיניים. כמו כן יש לספק לצרכן אפשרות להשיב את המוצר בנקודת המכירה או בסמוך לה.

#### 3. אריזת המכירה:

אריזת המכירה היא האריזה המשמשת את הצרכן עד לרגע השימוש במוצר. חובת היבואן ו/או המפיץ המקומי וכן היצרן המקומי לקבל בחזרה, בנקודת המכירה או בסמוך לה, את האריזה. חובה זו מוגבלת לסוג המוצרים הנמכר ע"י המפיץ ולאיוזר ההפצה בלבד. היצרן או המפיץ חייב לדאוג לשימוש חוזר או מיחזור האריזות או, לחילופין, להתקשר עם גוף שיתחייב לאסוף למחזור במקומם את האריזות. ההוראות המתייחסות לסוג אריזות זה תקפות החל מיום 1.1.93.

האמצעים לבצוע החוק ניתנו, כאמור, בידי התעשייה עצמה ודרכה של התעשייה הגרמנית להתמודד עם החוק הני"ל היתה הקמה של חברה פרטית, Dual System - DSD, Deutschland, המטפלת באיסוף ומיחזור אריזות המכירה. למעלה מ-600 חברות מאוגדות ב-DSD (Anonymus<sup>4</sup>, 1993). היעדים המוגדרים למיחזור אריזות הינם לאסוף 90%

מהאריזות ולמחזור לפחות 80% מהן עד מחצית שנת 1995. על מנת לעמוד ביעדים אלו יש צורך במימון האיסוף והמיון של האריזות וכן במחקר טכנולוגי למציאת אריזות חדשות ומיחזור האריזות הקיימות. (בדומה לחברת ה DSD הפועלת בגרמניה, הוקמה בצרפת חברה הנקראת ECO EMBALLAGE המממנת השבה ומיחזור של 75% מהאריזות המושלכות לאשפה).

הנקודה הירוקה (Der Grüne Punkt) היא סימון מסחרי, השייך בלעדית לחברת DSD והוא נמכר לכל חברה המעוניינת לסמן את אריזות מוצריה. על מנת לקבל נקודה ירוקה צריך היצרן להוכיח שהיא ניתנת למיחזור (למעשה, לא מדקדקים באמיתות הוכחה זו ולראיה, אריזות רבות בשוק הגרמני נושאות את הנקודה הירוקה אינן ניתנות למיחזור בפועל) ולשלם ל DSD עפ"י מספר האריזות הנמכרות בשנה ונפח האריזה. בטבלה מובאים הנתונים המשמשים כבסיס לחישוב התשלומים (מתוך פרסומי DSD), מעודכנים למאי 1992.

#### טבלה 17: תחשיב לגביית התשלום עבור הנקודה הירוקה בגרמניה

TABLE 17: Calculation of Fee for Using the Green Dot in Germany

גובה תשלום לאריזה (Pfennig)	נפח האריזה
0	מיכלים מתחת ל 50 מ"ל
1	מיכלים בנפח 50-200 מ"ל
2	מיכלים בנפח 200 מ"ל עד 3 ליטר
5	מיכלים מעל 3 ליטר ועד 30 ליטר
20	מיכלים מעל 30 ליטר

הבסיס לתחשיב הוא עפ"י נפח האריזה ובחודשים הקרובים הוא עומד להתעדכן ולהשתמש גם במשקל האריזה. טענות שוחרי איכות הסביבה הן ששיטה זו נכשלה כיוון שאין בה כל דרך לעודד הפחתת כמויות במקור ושימוש חוזר באריזות (Sinuve, 1992). זאת ועוד, השמוש בנקודה הירוקה, שתדמיתה ירוקה וידידותית לסביבה, הוא דווקא לאריזות חד פעמיות, שהן בהגדרה, לא ידידותיות לסביבה. מיכלי המשקה המשמשים למלוי חוזר לא נושאים את הנקודה הירוקה ואילו האריזות המסומנות בנקודה הירוקה נשלחות להטמנה במזרח הרחוק או במזרח אירופה (Anonymous<sup>4</sup>, 1993).

קיימים הבדלים בגישות בין ארה"ב לאירופה. בארצות אירופה, וגרמניה היא הדוגמא הבולטת ביותר, מופנים החוקים ומחייבים את התעשייה. התעשייה נוטלת חלק במיחזור האריזות או כשותף לרשות המקומית או כגורם האחראי בלעדית לאיסוף ומיחזור האריזות.

כאשר התעשייה אחראית מבחינה ארגונית או פיננסית למחזור את האריזות היא הופכת באופן מידי לצד מגמתי. פיתוחים טכנולוגיים ושינויים באריזות מביאים לייצור אריזות קלות וקטנות יותר. חומרים שונים, בעיקר חומרי נקוי, נמכרים באריזות רכות והצרכן ממלא בביתו מיכלים קשיחים. כמו כן, מתפתחות טכנולוגיות לשימוש חוזר בחומרי אריזה.

כאשר הרשות המקומית היא זו שמספקת את האיסוף והשווק של האריזות בחזרה לתעשייה, מבלי שזו תהיה חייבת לקלוט אותן, מביא הדבר לחוסר התאמה בין יעדי המיחזור והמיחזור בפועל. כוחות השוק עלולים להותיר את העיריה חסרת יכולת למכור את החומרים שנאספו ובנוסף לכך אין כל הערכות מצד התעשייה לצמצם אריזות ולהתאים אותן למיחזור. טיפול נכון והגדרות מדויקות בטיפול בפסולת ותחומי האחריות יביאו לכך שהתעשייה תשנה את ערכן הכלכלי של האריזות באופן שישקף את עלויות מחזור החיים המלא של אריזה.

נקודה נוספת שיש לציין היא, שעיריות ורשויות מקומיות עלולות להמצא במצב כספי שלא יאפשר להן לממן איסוף ומיון חומרים למיחזור ובכך להעדיף פתרונות זולים (הטמנה) על פני פתרונות יקרים יותר (מיחזור). גם העלות הנחסכת לעיריה עקב איסוף נפרד של חומרי אריזה אינו מצדיק, לעיתים קרובות, את ההתארגנות, ההשקעה והתפעול השוטף הכרוכים במיחזור.

כאשר התעשייה אחראית בלעדית על איסוף ומיחזור האריזות נוצר מצב בו קיימת הפרדה מלאכותית של חלק מזרם האשפה המטופל ע"י התעשייה וחלק אחר המטופל ע"י העיריות. וכך לדוגמא, יצרן אריזות נייר צריך לשנות קווי יצור, לשנות אריזות ולהעמיד סכומי כסף לצורך מימון איסוף ומיון האריזות למיחזור בעוד שיצרן נייר משרדי אינו נדרש לטפל בפסולת הנוצרת כתוצאה משימוש במוצריו.

מבחינת התעשייה, יש לשאוף להתייחסות כוללת לזרם האשפה והתייחסות שווה לכל הפתרונות האפשריים לטיפול בפסולת (הפחתת כמויות, שימוש חוזר, מיחזור, שריפה והטמנה).

בשאלה האם להשתמש בבקבוקים חוזרים עם פקדון או בבקבוקים המיועדים למיחזור, עלינו לקחת בחשבון גם את טיב המוצר. מוצר המיועד למיחזור יכול להיות מטיב נחות ממוצר המשמש למלוי חוזר (McCarthy, 1991). ראוי להזכיר שחברת GERREISHEIMER GLASS בגרמניה, מייצרת בקבוקי זכוכית למלוי חוזר שמשקלם נמוך ב 40% ממיכלים דומים ועם זאת, עמידותם לשבר גבוהה יותר.

#### 6.4 מודל לבחינת כדאיות שלוב שיטות לאיסוף חומרים למיחזור

לאחר שיוגדר שיעור המיחזור המיטבי מבחינה כלכלית, יש לבחון את הכלים והתמריצים הכלכליים בהם ניתן להשתמש על מנת להגיע להיקף המיחזור הרצוי. אחת הדרכים היא, כאמור, החלת פקדון על חומרים מסוימים מזרם הפסולת, בד"כ מיכלי משקאות קלים. המודל להלן בוחן את העלויות והתועלות הנגזרות מהחלת פקדון על מיכלי משקה במקביל להפעלת תוכניות מיחזור והפרדה במקור (שתוארו בהרחבה בפרק 5). הנחות ראשוניות לפיתוח המודל:

1. איסוף כלל מיכלי המשקה בתוכנית מיחזור, ללא פקדון.

שווי חומר ממוחזר  $\sum W_i * V_i$

כאשר  $i$  אינדקס לציון כלל החומרים הניתנים, טכנית, למיחזור.

$W_i$  משקל,  $V_i$  מחיר בשער המפעל.

$k$  ההוצאה למיון חומר  $i$

סך ההוצאה למיון  $\sum W_i * k$  (בהנחה כי עלות המיון זהה לכל החומרים)

(1)

$$\sum W_i * (V_i - k)$$

הכנסה כוללת ממיחזור

2. הפעלת תוכנית מיחזור, פקדון למיכלי המשקה

ניח כעת, כי על מיכלי המשקה חל פקדון והאזרחים מחזירים אותם למרכזים. נסמן ב  $j$  את מיכלי המשקה הנאספים באמצעות תוכנית פקדון. שאר החומרים ( $i-j$ ) נאספים במסגרת תוכנית מיחזור (למשל, קופסאות קרטון, מוצרי פלסטיק, טקסטיל וכו').

$$\sum W (i-j) * V_{i-j}$$

2.1 שווי החומרים הנאספים בתוכנית מיחזור

ההוצאה למיון תהיה כעת  $k'$  שכן יש למיין רק  $i-j$  חומרים.

$$\sum W (i-j) * k'$$

סך ההוצאה למיון

הכנסה כוללת ממיחזור, פרט למיכלי המשקה

$$(2) \quad \Sigma W(i-j) * (Vi-j - k')$$

יש להניח כי:

א. עלות המיון של כלל החומרים לא משתנה בהרבה עקב הפרדת מיכלי המשקה משאר המרכיבים ולכן  $\Sigma Wi * k = \Sigma W(i-j) * k'$

ב. למרות שחל פקדון על מיכלי המשקה, ישאר בכ"ז רכיב  $j$  באשפה לא ממויינת אך בכמות קטנה יותר.

2.2 שווי החומר שעליו יוחל פקדון  $Wj * Vj$

בנוסף לערך האמיתי של הרכיבים עליהם חל פקדון קיים גורם נוסף אותו יש לבחון והוא גובה הפקדון עצמו. ככל שסכום הפקדון גבוה יותר, סביר להניח כי, הכמות הנאספת תעלה,  $Wj$ , שכן התמריץ להשבת החומרים גדול יותר. מכאן שכלל שסכום הפקדון יהיה גבוה יותר, הרכיב  $Wj * Vj$  יהיה גבוה יותר. על רכיב  $j$  חלות כעת עלויות טיפול אחרות, בגובה " $k$  ולכן עלות הטיפול ברכיב הפקדון  $Wj * k''$

$$(3) \quad \text{הכנסה ממיחזור המיכלים עליהם חל הפקדון} \quad Wj * (Vj - k'')$$

התנאי הראשון לכדאיות הכלכלית של הפקדון הוא ש  $Wj * (Vj - k'') > 0$  כלומר, שהוצאות הטיפול והתפעול של מערך הפקדון יהיו נמוכות מהתועלות. סה"כ ההכנסה ממיחזור (על בסיס התנדבותי, חובת הפרדה במקור ופקדון) תהיה הכנסה ממיחזור רכיב  $j$  + הכנסה ממיחזור שאר הרכיבים.

סך ההכנסה ממיחזור ומפקדון

$$(4) \quad \Sigma Wi-j * (Vi-j - k') + Wj * (Vj - k'')$$

על מנת שהפעלת הפקדון במקביל להפעלת תוכנית מיחזור והפרדה במקור תצדיק את עצמה מבחינה כלכלית ברור, כי סך התועלת ממיחזור ומפקדון (משוואה מס' 4) צריכה להיות גבוהה מסך התועלת המתקבלת מהפעלת תוכנית הפרדה במקור בלבד (משוואה מס' 1). התנאים לקיום אי השוויון, שניהם ביחד או כל אחד מהם לחוד, הם תועלות גבוהות מאד מהפעלת



הפקדון  $(W_j * V_j)$ , כפי שראינו לעיל) או עלויות טיפול נמוכות, "k לרכיב הפקדון.

מסקנות ראשוניות:

בבחינת המשוואות לעיל מתקבל כי הפעלת פקדון היא כדאית באם הערך של הרכיב עליו חל הפקדון הוא גבוה יותר כאשר קיים פקדון,  $V_j$ , לעומת ערכו המתקבל באם הוא נאסף בזרם האשפה הרגיל,  $(V_i - V_{i-j})$ , וכמובן, יש לדרוש כי ההפרש יהיה גבוה יותר מעלות המיון הנוספת הנדרשת לטיפול ברכיב הפקדון.

תנאים לכדאיות כלכלית של פקדון

(5)

$$V_j - (V_i - V_{i-j}) > k", \quad W_j * (V_j - k) > 0$$

לשם הדגמה, נניח כי יש אפשרות לאסוף בקבוקי זכוכית ע"י גביית פקדון במרכולים או לאסוף אותם בתוכנית מיחזור כלשהי. כאשר משיבים הצרכנים את בקבוקי הזכוכית למרכל, הבקבוקים שלמים (אחרת לא יושב הפקדון) והם ניתנים לשימוש חוזר או למיחזור ולכן, ערכם גבוה. כאשר נאספים בקבוקי זכוכית בתוכנית מיחזור, הם עלולים להשבר ולכן ניתן רק להתקד ולמחזר אותם ולא להשתמש בהם שוב, ערכם של בקבוקים אלה נמוך יותר. יש לבחון האם הערך הנוסף לבקבוקים אלה מצדיק את עלויות המיון הנוספות הנובעות מהצורך לטפל בהם בנפרד מהטיפול ברכיבים האחרים הנאספים במסגרת תוכניות המיחזור. מאחר והנחנו כי עלות המיון הכללי לא תרד בעקבות החלת פקדון על מיכלי המשקה, ומאידך, יתווספו עלויות טיפול במיכלים עליהם חל הפקדון, "k. יש לבדוק האם בעקבות הפקדון התקבל שפור בשיעור המיחזור ואם שיעור ההכנסה נטו יהיה גבוה יותר.

אם התוספת בעלויות הטיפול עדיין נמוכה דייה ומצדיקה את התועלת המושגת מהגדלת שיעור המיחזור, חרי שהשיטה כלכלית והמטרה, הקטנת העומס הכלכלי והסביבתי הנוצר בגלל הפסולת המוצקה, הושגה.

**המלצות לבדיקה כלכלית של המודל והרחבתו:**

1. את המודל הנ"ל ניתן גם ליישם בבחינת הפעלת מרכזי מיחזור בנוסף להפעלת תוכנית מיחזור המושתתת על מיון והפרדה במקור. השאלה שתבחן כאן תהיה האם מרכזי המיחזור תורמים להעלאת שיעור המיחזור (הרכיב  $W_j * V_j$  גדול יותר) ברמה המצדיקה

את העלויות הנוספות הכרוכות בהפעלת מרכזי המיחזור (כלי אצירה, פנוי וכ"ו) או שקיום מרכזי מיחזור, במקביל לתוכנית איסוף אחרת, מייקר את העלויות אך לא משפר את התועלות.

מסקר טלפוני שנערך בימים אלה בקרב תושבי קרית טבעון, עולה כי רוב האזרחים מעוניינים בקיום מרכזי המיחזור בנוסף להפרדת החומרים בבתים בשקיות המיחזור המיוחדות. הסיבות לכך הן נוחיות, בעיקר כאשר מצטברים חומרים רבים בבתים או כאשר שוכחים להוציא את השקית ביום הקבוע. עלויות האחזקה והאיסוף ממרכזי המיחזור הינן גבוהות ביותר ולכן, קיים צורך לבחון את הנתונים המספריים, על סמך המדדים הנ"ל, ולראות האם מוצדקת הפעלת הפקדון ו/או הפעלת מרכזי מיחזור במקביל לתוכניות איסוף אחרות, במטרה להעלות את שיעורי המיחזור.

2 כפי שראינו בפרק הדין בהיבט הכלכלי של המיחזור, יש לבחון מהן העלויות והתועלות השוליות של המיחזור, כאשר לצורך כך יש לגזור את העלויות והתועלות לפי שיעור המיחזור. ניתן לגזור את משוואה 1 ומשוואה 4 ולבחון את אי השוויון עבור העלויות השוליות ולבחון מהי הרמה היעילה של המיחזור המתקבלת כאשר לא קיים פקדון או כאשר מוכל פקדון על רכיב מסוים של הפסולת.

3 בבחינת החלת הפקדון עלינו לבחון את גורל הפקדונות שאינם נדרשים. אזרח שלא יחזיר את המיכל למרכול, אלא ישליך אותו לפח האשפה, או למיכל המיחזור, יפסיד את הפקדון אותו שילם עת רכש את המוצר. מהנסיון בארה"ב עולה כי הסכומים בהם מדובר גבוהים ביותר ולכן, השאלה הנשאלת היא מי יהנה מכך שהפקדונות אינם נדרשים. תעשיית המשקאות, הסוחרים, או אולי הממשלה שתשתמש בסכומים אלה לצורך פעולות הסברה ועידוד תכניות מיחזור. היקף התופעה והשלכותיה חייבים להילקח בתחשיב הכולל.

## 7. דיון ומסקנות

מטרת עבודה זו להציג את אפשרויות הטיפול בפסולת המוצקה ולהגדיר את מרחב ההחלטות באשר לפתרונות השונים לסלוק האשפה ולניצולה. הגורמים המשפיעים על בחירת החלופות לטיפול בפסולת המוצקה הינם, בין השאר, כמויות הפסולת המיוצרות, המגורים המייצרים אותם, הרכב הפסולת ובנוסף לכך, הרגלי הצריכה, המודעות הציבורית והנכונות לקחת חלק בפתרון הבעיה. כפי שצויין בפרק 2, הרכב הפסולת בישראל שונה מהרכב במדינות אירופה ובארה"ב. ההרכב שונה בגלל הבדלים בהרגלי הצריכה (בישראל אוכלים יותר פירות וירקות) ובתשתית (בארה"ב נטחן החומר האורגני ומטופל יחד עם הביוב). בעבר, היתה מדיניות הטיפול בפסולת המוצקה כרוכה בהטמנתה (במקום בו הסכנה לבריאות הציבור מועטה, ככל האפשר) במחיר נמוך ביותר, ככל האפשר. בשנים האחרונות הוחמרו התקנים בכל הכרוך בטיפול בפסולת המוצקה, עובדה שתביא לייקור הטיפול בפסולת. מחיר ההטמנה יהיה גבוה יותר וגם מחיר השינוע יהיה גבוה יותר, שכן האס"פ המוסדר אליו תפונה הפסולת לא יהיה בחצר האחורית שלכל עיר או כפר, אלא הפנוי יעשה לאתר מרכזי אחד לאיזור דרום הארץ, לשני אתרים במרכז ולשני אתרים בצפון ישראל (עפ"י תמ"א 16). מאחר והמטרה תהיה צמצום נפח ומשקל הפסולת המגיעים לאתרי הסלוק, תושג מטרה זו ע"י צמצום הצריכה במקור ושימוש חוזר במוצרים, מיחזור ושריפה.

### הצגת החלופות

בסכימה להלן מוצגים הפתרונות האפשריים לטיפול בפסולת. יש לציין, כי בכל חלופה שתסקר להלן הכוונה היא לטיפול בפסולת העומד בתקנות. הטמנה סניטרית, שריפה העומדת בתקני זהום אוויר והטמנת האפר הנותר ומיחזור הכולל טיפול בתוצרי הלואאי העלולים להיווצר בעת התהליך.

**החלופה הראשונה** היא הטמנת הפסולת המיוצרת במטמנות תיקניות, בעלות ריאלית הכוללת את עלות הקרקע, מניעת הזהום לאוויר ולמי התהום, מניעת מטרדים ושיקום אתר הסלוק עם תום השימוש בו. עלות ההטמנה תכלול גם את "דמי ההסכמה" למפעילי האתר.

**החלופה השנייה** הינה שריפת כל מסת האשפה במשרפות תיקניות, לצורך הפחתת נפח ומשקל האשפה ולצורך יצירת אנרגיה. אפשרות יישום שיטה זו באשפה הישראלית הרטובה מוטלת

בספק.

כל החלופות הבאות גורסות שילוב שיטות טיפול בפסולת מוצקה (Integrated Waste Management) דהיינו, הפרדת חומרים למיחזור, שריפת השאריות לצורך הפקת אנרגיה והטמנת האפר. בכל אחת מהשיטות להלן, מתקבלת כמות אחרת וטיב אחר של חומרים למיחזור. בחירת החלופה הרצויה תעשה לאחר שייקבע שעור המיחזור או השריפה הרצויים, על סמך תחשיבים כלכליים.

**החלופה השלישית** מופעלת כיום במתקן "אמניר" בעפולה. מתוך זרם אשפה, בלתי ממוינת במקור, מופרד החומר האורגני הרקבובי, ממנו מכינים קומפוסט, ומופרדים חומרים נוספים למיחזור (נייר וקרטון, פלסטיק, זכוכית, מתכות וכו'). יעילות ההפרדה במתקן כזה מגיעה ל 50%, ניתן לשפר את שעור ההשבה ע"י הפקת חומר עתיר אנרגיה (RDF) מהחומרים אותם לא ניתן לנצל למיחזור תעשייתי (נייר מסוג נחות, פלסטיק לסוגיו וכו'). פרוט נרחב של השיטה, על יתרונותיה וחסרונותיה בפרק 5.2.

בחלופות הבאות אנו דורשים מן האזרחים למיין את אשפתם. דרישה כזו כוללת את המיקום בו יתבצע המיין, את רמת המיין ואת הדגשים עליהם יש להתייחס.

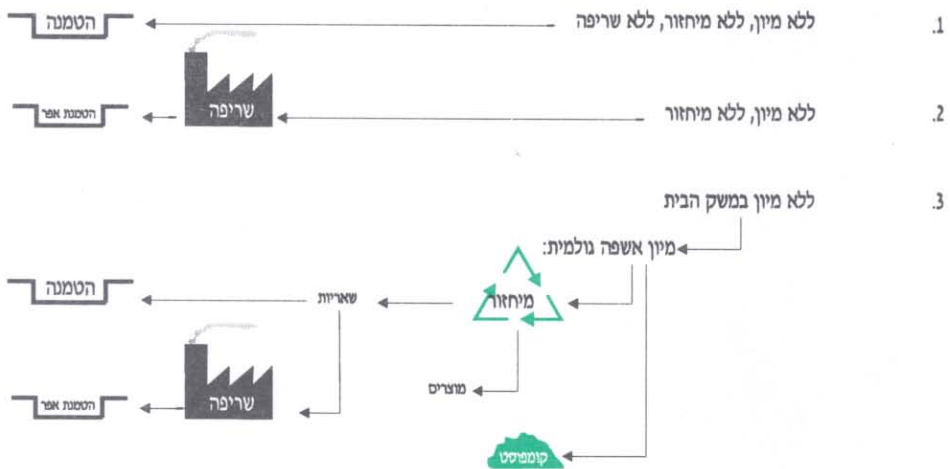
**החלופה הרביעית** מופעלת כיום בקרית טבעון. התושבים מתבקשים להפריד אשפתם לשני זרמים. זרם יבש של חומרים למיחזור וזרם רטוב של שאריות מזון אורגניות ופסולות אחרות. פרוט נרחב של השיטה, על יתרונותיה וחסרונותיה בפרק 5.3. מהשאריות שלא ניתנות למיחזור תעשייתי ניתן להפיק RDF ולהעלות את שיעור השבת המשאבים. הקומפוסט המתקבל בהפרדה זו עלול להיות מזוהם במתכות כבדות ושברי זכוכית.

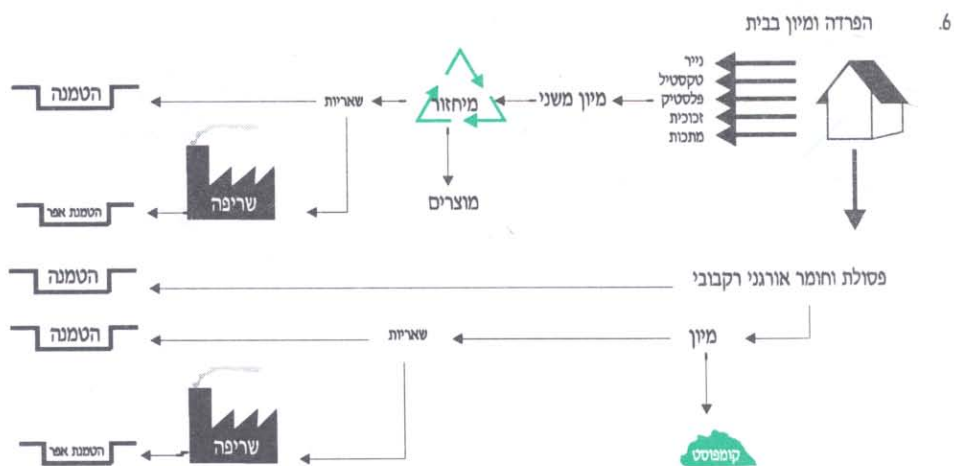
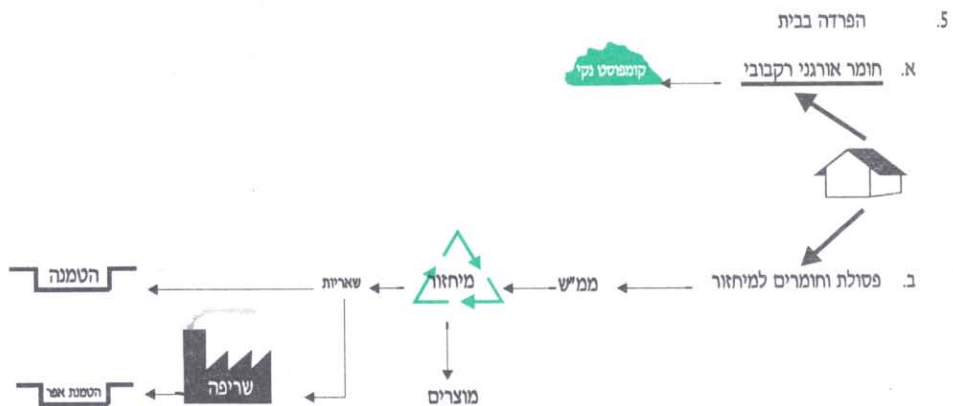
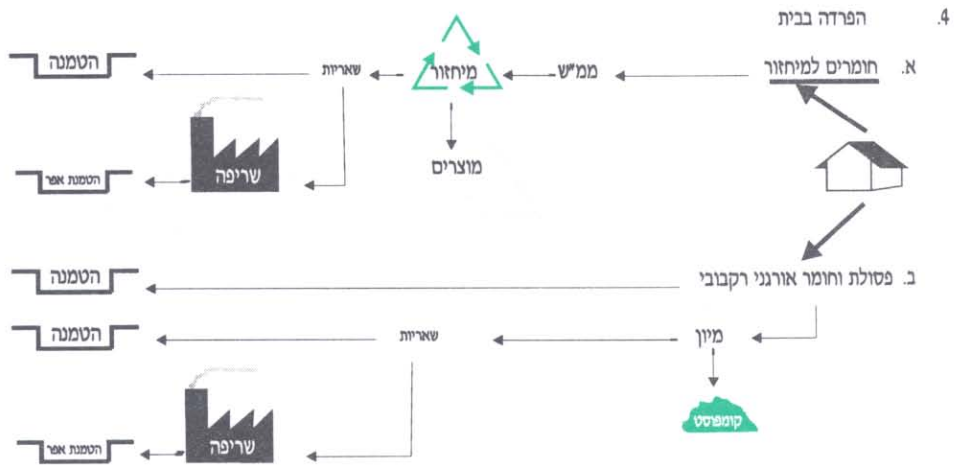
**בחלופה החמישית** מושם הדגש על הפרדת שאריות המזון האורגניות לצורך הפקת קומפוסט מעולה. פרוט נרחב של השיטה, על יתרונותיה וחסרונותיה בפרק 5.4.

**החלופה השישית** דורשת מהאזרח מיון מדויק בביתו לסוגים שונים של חומרים למיחזור. פירוט נרחב של השיטה על יתרונותיה וחסרונותיה בפרק 5.5.

**בחלופה השביעית נדרשים האזרחים לשנע בעצמם את החומרים היבשים הניתנים למיחזור אל מרכזי המיחזור השכונתיים. כלי האצירה במרכז המיחזור יכולים להיות נפרדים לכל חומר או מכולה אחת לאיסוף כלל החומרים הניתנים למיחזור. קיימת אפשרות לשלב בין החלופות השונות. כל לדוגמא ניתן להפעיל את החלופה רביעית, הפרדה בבית של חומרים יבשים, במקביל להפעלת מרכזי מיחזור אשר אליהם התושבים יביאו חומרים באים הצטברה בבתיהם כמות רבה של חומר.**

# סכימת חלופות לטיפול בפסולת מוצקה





בבואנו לדון בבחינת החלופות לטיפול בפסולת המוצקה בישראל, עלינו להביא בחשבון מספר שיקולים:

1. מאחר ונושאי איכות הסביבה בכלל וטיפול בפסולת המוצקה בפרט, לא היו בראש סולם העדיפויות הלאומי, אנו יכולים לבחון את הנעשה במדינות שונות, ללמוד מהשגיאות של האחרים ולבנות תוכנית מוצלחת יותר, המתאימה לתנאים בארץ.
  2. יהיה צורך לקבוע תקנים מחמירים להטמנת אשפה. תקנים אלה יבטיחו את מקורות המים של ישראל וימנעו זהום אוויר וקרקע. הפועל היוצא מקביעה ואכיפה של תקנים אלה הוא גביית המחיר האמיתי להפטרות מהאשפה ע"י הטמנתה. כאשר הטמנת האשפה תעלה תחויב במחיר הריאלי (הערכת המשרד לאיכות הסביבה: \$30-40 ללא עלות האיסוף וההובלה), יהווה הדבר תמריץ למציאת פתרונות חלופיים לטיפול בפסולת כמו שריפה ומיחזור.
  3. בתקופה האחרונה, עם ההכרה כי למטמנות גם עלות חברתית ויש לשלם למפעיל האתר "דמי הסכמה", פוחתת בעולם הבעיה של מציאת אתרי סלוק חדשים. אם אתר ממוקם במקום מתאים מבחינה הידרולוגית ומתופעל כראוי, ניתן להתגבר על בעיות זהום המים והקרקע ולא נוצרים מטרדים לתושבים הסמוכים לו.
- בתנאים אלו ניתן, תמורת תשלום, לקבל הסכמה להקמת אסי"פ. בארה"ב נעשה נסיון להקים אסי"פ ע"י מכרז פתוח, בו הזוכה הוא זה המציע את המחיר הנמוך ביותר להפעלת האתר. עלינו גם לזכור, כי למעשה, לא חסרים למדינת ישראל שטחי הטמנה. נכון, מדובר בשטחים בנגב, שהמרחק אליהם גדול וההובלה יקרה, אך השטחים קיימים, הם מרוחקים ממקום יישוב, אין פגיעה בנוף ואין חשש לזהום מקורות מים. האפשרות ליישום פתרון זה, בנוסף למשמעות הרגשית הנגזרת ממנו, לא תסקר במסגרת עבודה זו.
4. יש צורך בקביעת יעדים לטיפול בפסולת ברמה מדינית, על סמך שיקולים כלכליים. אולם, יש לזכור כי, בגלל הבדלים דמוגרפיים ובגלל נתונים סביבתיים שונים בארץ, יש לאפשר לכל רשות מקומית לבחון מהן החלופות הכלכליות ביותר ולהפעילן במסגרת המדיניות הכוללת. לשם הדגמה, יכול להיות שעיריית באר שבע תמצא לנכון להפריד זוכית לצורך מיחזור, בגלל הקרבה למפעל "פיניציה" בירוחם, אולם את כל שאר הפסולת תטמין באתר "דודאים" הסמוך לבאר שבע. מאידך, תחליט המועצה המקומית בקרית טבעון להפעיל



תוכנית הפרדת שאריות מטבח אורגניות לצורך הפקת קומפוסט במקביל להפעלת מרכזי המיחזור השכונתיים, בהם ייאספו חומרים יבשים למיחזור.

## 7.1 חלופת האפס

מעבר לכל פתרון שיבחר לטיפול בפסולת העירונית המוצקה, יש לצמצם את כמות האשפה המיוצרת במקור. צמצום אשפה המיוצרת במקור היא חלופה שעלותה אפס ולכן, בוודאי כלכלי להשתמש בה. רצוי להסביר לציבור ולחנך-ביצד יכול כל אחד מאיתנו לצמצם את כמות האשפה שהוא מייצר, ללא השקעה כספית כלשהי. הדוגמאות לכך רבות ודי אם נציין את השמוש הנרחב והמיותר בשקיות הפלסטיק במרכולים או נדגיש את המהפיכה שחלה בחומרי הנקוי שיעילותם לא נפגעה עם מיזעור הכמויות בהן צריך להשתמש, נפח ומשקל האריזות הצטמצמו בהתאם. רצוי לעודד תעשיות לצמצם נפח ומשקל אריזות, כל עוד הדבר לא דורש השקעות גדולות או שנוי מערכי ייצור שאינם כלכליים.

## 7.2 חלופות לטיפול בפסולת המוצקה

בבחינת החלופות לטיפול בפסולת המוצקה, עלינו לזכור כי המטרה הסופית היא הפחתת העומס הכלכלי והסביבתי הנובע מהצורך לטפל בפסולת המוצקה. הדרך הנכונה להשגת המטרות היא קביעת שעור המיחזור והשבת האנרגיה הרצויים מבחינה כלכלית למשק, הלוקחת בחשבון גם את העלויות הסביבתיות של כל פתרון. יש לזכור כי, המיחזור והשריפה הינם אמצעים בלבד להשגת המטרה הסופית ולא המטרה עצמה. ככל אמצעי, יש להעריך את כדאיותו ולקבוע את שעורו הרצוי במונחים כלכליים של עלות ותועלת. התועלת מן המיחזור נמדדת במונחים של תמורה כלכלית מחומרי גלם ממוחזרים והפחתת עלויות ההיפטרות (באמצעים הנכונים ובצורה תיקנית) מהפסולת המוצקת. עלות המיחזור נובעת מהוצאות הפעלת מערכת המיחזור, כולל עלויות בלתי ישירות כמו זמן ומאמץ, של משקי הבית הנדרשים להפריד במקור ולטפל בפסולתם. מבחינה זו, יש להתייחס לפסולת מוצקת כאל כל זהום סביבתי, ולקבוע את הכמות המיטבית של מיחזור, כחלק המשלים את קביעת הכמות המיטבית שרצוי להטמין, לשרוף או להפנות לקומפוסטציה. עלינו לבחון את השלוב בין מערכות הטיפול השונות, דהיינו השלוב שבין מיחזור, שריפה לצורך הפקת אנרגיה וכמובן, ההטמנה. יש לשקול ולבחון את הרכיבים באשפה העלולים להפריע לתהליך מסוים או תורמים לתהליך אחר.

### 2.7.1 שריפת פסולת מוצקה

הגורמים הבאים ישפיעו על ההיתכנות הכלכלית של השריפה:

1. מחירי האנרגיה הם גורם חשוב מאוד בתחשיבים. כל סנט נוסף אותו תתן חברת החשמל לקוטי"ש יפחית את ה Tipping Fee במתקן ב \$5 לטון. (מנתוני חברת אוגדן מרטון, יום עיון "פתרונות לבעיית הפסולת העירונית", 11.2.93).
  2. ככל שהתקנים באתרי סלוק הפסולת יהיו חמורים יותר, מחיר ההטמנה יהיה גבוה יותר. גם אם האפר ייטמן כפסולת רגילה מחיר הטמנתו יעלה, לא כל שכן, אם יאומצו התקנות שדינו של אפר השריפה הוא כדין החומרים המסוכנים, שעלות ההיפטרות מהם גבוהה ביותר. מאחר ועלות הטמנת החומרים המסוכנים גבוהה יותר בסדר גודל מהטמנת פסולת רגילה, הרי שעלול להיווצר מצב בו הטמנת האפר תעלה כהטמנת כל האשפה כולה.
  3. ככל שתקני הפליטה יהיו חמורים יותר, מחיר השריפה יהיה גבוה יותר, כיוון, שיש צורך בהתקנת סולקנים ואמצעי בקרה על הזהום.
  4. ערכם הכלכלי של חומרי הגלם הנשרפים.
- מבחינה כלכלית, זול יותר להטמין את האשפה מלשרוף אותה (Anonymous<sup>3</sup>, 1993) ולעיתים, גם מלמחזר אותה (ראה טבלה 13 בפרק 5).

טבלה 18: מחירי הטמנה ושריפה.

TABLE 18: Costs of Landfilling and Incineration

מדינה	הטמנה (\$ לכל טון)	שריפה
ארה"ב	40	60
גרמניה	60	130
דנמרק	55	115
הולנד	45	120
צרפת	20	60
שוודיה	55	55

עלות שריפה תקנית של אשפה מוערכת ב \$100 לטון לפחות. נתונים בהם העלות נמוכה מערך זה מצביעים על שריפה לא תקנית ואכן, בארה"ב פועלים כיום מתקני שריפה לא תקינים שנשקלת סגירתם בעתיד הקרוב. בגרמניה, דנמרק והולנד שריפת האשפה עומדת בתקנים החמורים ביותר ולכן, עלות השריפה היא הגבוהה ביותר.

עפ"י החישובים שבוצעו בפרק 3.3.1, מתקבל כי, אם יוקמו משרפות בישראל חיוני יהיה לשרוף נייר, קרטון ופלסטיק לצורך הפקת אנרגיה. נשאלת השאלה לפיכך, האם מיחזור הרכיבים הנייל יהיה כלכלי, באם יוחלט על הקמת משרפות בישראל? הפחתת כמויות הנייר והפלסטיק במתקן השריפה מפחיתה את יעילות השריפה ואת האנרגיה שניתן להפיק מהתהליך. סביר להניח, כי הפעלת מתקני שריפה "תשרוף" את מיחזור הנייר, הקרטון והפלסטיק בישראל. מאחר והקמת משרפה מותנית בהתחייבות הרשות המקומית לספק לחברה המפעילה את המשרפה כמות קבועה וידועה מראש לאורך זמן, הרי שיהיה זה סביר להניח, שהרכיבים עתירי האנרגיה ישרפו ולא ימוחזרו. זאת ועוד, שריפת חומרים אלה תביא להפסקת המחקר והפיתוח בכל הקשור לטכנולוגיית המיחזור ולפתוח השוקים למוצרים ממוחזרים העשויים מחומרים אלה.

ההחלטות של כל רשות מקומית תהיינה החלטות כלכליות, לפי התשלום הריאלי של כל חלופה, כאשר שיעור המיחזור או השריפה של הרכיבים הנייל, ייקבע על סמך שיקולים וניתוח כלכלי.

לצורך כך, יש להגדיר בפרוש כי שריפת אשפה אינה מיחזור אלא השבת אנרגיה ושיעור המיחזור יושג לכן, לא ע"י שריפה. כמוכן, שניתן לקבוע גם את הקביעה ההפוכה, קרי, שמיחזור שעור מסוים של הרכיבים עתירי האנרגיה יפגע בכדאיות השריפה.

במקום לשרוף את האשפה הישראלית הגולמית, שבעייתיה הודגשו בפרק הדין בשריפה, עם מיון מוקדם לצורכי מיחזור או בלעדיו, יש לבחון את כדאיות הפקתה RDF משאריות חומרים עתירי אנרגיה שאינם ניתנים למיחזור תעשייתי.

### 7.2.2 מיחזור פסולת מוצקה

מיחזור כולל של כל הפסולת אינו יעיל מבחינה כלכלית (ראה ציור מס' 1). יעדי המיחזור, כפי שהוגדרו במדינות שונות בעולם ותוכניות המיחזור שנבחרו, הותאמו לאופיים של התושבים ולהרגלי צריכתם. בנוסף לכך, המיחזור, בארצות השונות, הינו אופנה חברתית "ירוקה", הנותנת לתושבים ענין וספוק צרכים מצפוניים. בשנת 1992 אספו תושבי גרמניה נייר למיחזור בכמות גבוהה יותר מקבולת תעשית הנייר לקלוט ולמחור. אי לכך, מכרה גרמניה למעלה מ 100,000 טון פסולת נייר לספרד במחירי היצר, שעוררו את כעסם של אוספי הפסולת בספרד. דוגמא זו ממחישה את העובדה כי הכדאיות הכלכלית של מיחזור הנייר בגרמניה לא נבחנה בטרם התחילו באיסופו. הגרמנים הממחזרים אריזות, נייר, פסולת אורגנית רקבובית ועוד, מוכיחים כי קיימת נכונות ורצון להפריד את האשפתה במקור. הבעיה היא המחסור בשוקים שיוכלו לקלוט את חומר הגלם הנאסף. הבעיה היא גם טכנולוגית וגם כלכלית.

יש צורך, אם כך, להגדיר את שיעור המיחזור הרצוי ואת החומרים אותם כדאי למחור. לאחר הגדרת היעדים, יש לבחון מהם הכלים אשר באמצעותם ניתן להגיע לשיעור המיחזור המיטבי, הרצוי מבחינה כלכלית.

#### 7.2.2.1 חלופות להפרדת אשפה במקור

על מנת להפחית את עלויות המיחזור, רצוי לעודד את האזרחים לאיסוף החומרים במקור. דבר זה ידרוש מהאזרחים שנוי בדפוסי החיים, השקעת זמן וטרח. יש לשקול את היתרונות והחסרונות של כל שיטת איסוף מבחינת היענות הקהל ונכונותו לקחת חלק בתוכנית מיחזור (Public Acceptance), נוחות התושבים, הצורך בשנוי מערך האצירה והאיסוף הקיימים וכמוכן, עלות האיסוף והמיון. את שיטות האיסוף (סקירה מלאה הובאה בפרק 5) ניתן לחלק לשלוש קבוצות עיקריות. הקבוצה הראשונה היא הפרדת חומרים למיחזור מתוך זרם האשפה ללא מיון

**מוקדם** במשק הבית. יש לבחון האם שיטה זו מעשית, הן מבחינת כח האדם שיחיה מוכן לעבוד במיין האשפה והן מבחינת ערך חומרי הגלם שיופרדו לצרכי מיחזור.

הקבוצה השניה היא השיטה בה דורשים מהאזרחים מעורבות רבה ביותר בכל נושא הפסולת המוצקה והפרדת הפסולת למרכיבים השונים הניתנים למיחזור. לקבוצה זו שייכים המיין הביתי למרכיבים השונים לסוגיהם, וכן מרכזי המיחזור השכונתיים. המאמץ הנדרש מהתושבים הוא, ללא ספק, רב, עלויות הפנוי גבוהות וספק אם שיטה כזו יכולה להבטיח שעורי השתתפות גבוהים לאורך זמן. כך לדוגמא, בקרית טבעון הונהגו מרכזי המיחזור לפני מספר שנים. למרות המרדעות הגבוהה של התושבים ורצונם להשתתף ולהוות את המודל למיחזור בישראל, לא עלה היקף המיחזור על 10-12%. בשנים הראשונות להפעלת המרכזים היה ניכר גידול בהיקף ההשתתפות, אולם מאז התייצב שעור המיחזור ולא עלה יותר. לגישה זו השלכות חינוכיות והסברתיות חיוביות. ניתן להפחית את עלויות הפנוי באם מוצבת במרכז המיחזור מכולה אחת בלבד בה נאספים כל החומרים המשונעים לממ"ש.

הפרדה בבית למספר מרכיבים במיכלים מיוחדים, המחולקים לתאים, אינה נראית פתרון מעשי בישראל. גדלו של המטבח הישראלי הממוצע אינו מאפשר הצבת מיכל גדול כזה. מרפסות השירות קטנות בד"כ, ומעטים הבתים שיש להם מחסנים צמודים בהם ניתן לאגור את החומרים למיחזור. שיטה זו מוכיחה את עצמה בארה"ב בה יש לרבים מוסך או מחסן בו נאגרים החומרים, התופסים נפח רב.

הגישה השלישית דוגלת בהפרדה מסוימת של האשפה במקור, במשק הבית. ההפרדה היא לשני מקטעים, כאשר הדגש בהפרדה יכול להיות איסוף נפרד של החומרים היבשים המיועדים למיחזור או שהדגש מושם על הפרדה מוחלטת של החומר האורגני הרקבובי משאר הפסולת במטרה להפיק קומפוסט מעולה.

#### 7.2.2.11 הפרדת חומרים יבשים למיחזור

בשיטה זו מפרידים במקור את החומרים היבשים הניתנים למיחזור (במיכלים או בשקיות נפרדות) ומיין חומרים אלה במתקן מיין שאריות. בישראל, מיושם כיום מודל זה בקרית טבעון (ביחד עם מרכזי המיחזור הממשיכים לפעול) ואמור להיות מיושם באיזור המרכז (בפתח תקוה, קרית אונו) בחודשים הקרובים. מבחינת נוחות איסוף החומרים היבשים במשק הבית, יש להביא בחשבון כי שאריות אלה הן אמנם נפחיות אך הן אינן מלוכלכות, אינן מלכלכות, אינן

יוצרות מטרדי ריח ולכן, גם לא יוצר מצב בו חתולים וכלבים יקרעו את השקיות או יחטטו בפחי המיחזור.

את הפסולת הנותרת (חומר אורגני רקבובי ופסולת שאינה ניתנת למיחזור) ממשיכים לאסוף באותם כלי אצירה ובאותן משאיות, כמקובל כיום. מאחר ויש להניח כי לא כל התושבים יבצעו את ההפרדה כנדרש, עדיין תיוותר שארית, הניתנת למיחזור או להפקת RDF, יחד עם הפסולת. טיב השאריות למיחזור עלול להפגע, כדין החומרים למיחזור הניתנים להפרדה מתוך זרם אשפה בלתי ממוין במקור. מתוך הפסולת ניתן להפריד את המקטע האורגני הרקבובי ולהפיק ממנו קומפוסט, אולם טיבו של קומפוסט זה עלול להפגע עקב מציאות חומרים מסוכנים (סוללות) או מזהמים (נורות פלורסצנטיות).

#### 7.2.2.12 ביו-פח

הפרדה במקור יכולה גם להתבצע כאשר הדגש הוא על הפרדת החומר האורגני הרקבובי משאר הפסולת והכנת קומפוסט ברמה מעולה. החומר נאסף בפח נפרדהמכונה "ביו-פח" (Biobin). את שאר הפסולת היבשה אוספים בנפרד.

מודלים נסיוניים כאלו למיחזור פועלים בהולנד, גרמניה, בלגיה והשיטה צוברת תאוצה במדינות נוספות באירופה. חלק מן המודלים מבוססים על כך כי בנוסף לפסולת המטבח האורגנית מוסיפים גם פסולת נייר שאינה ניתנת למיחזור ובכך גם מעלים את שעור ההשתתפות, כיוון שגוברת נוחות התושבים, וגם את הכמות הנאספת ומורחקת מהאספיים (Spencer, 1993). יש להדגיש כי, הנסיונות המתבצעים כיום באירופה מבוססים על כך שהחומרים למיחזור נאספים במרכזי מיחזור. בד"כ נאספים זכוכית ונייר למיחזור, לעיתים גם פלסטיק ומתכות. חומרים מסוכנים נאספים בנפרד לחלוטין. כלומר, למרות שהכוונה היא להגביר את הנוחות לתושבים ולעודד מיחזור, האשפה מופרדת, בעצם, לארבעה מקטעים: חומר אורגני, חומרים למיחזור, פסולת רגילה ופסולת מסוכנת, כאשר כל מקטע דורש מהתושבים התעסקות נפרדת.

אם נאמץ מודל מיון כזה, אין ספק כי, בישראל כמות החומר הפוטנציאלית לקומפוסטציה רבה. מבחינת נוחות המיון במשק הבית, איסוף נפרד של חומר אורגני במטבח הביתי כרוך בהקפדה יתרה על ההפרדה ובפני תכוף של המקטע האורגני. איסוף של חומר אורגני חייב להיות תכוף, כיוון, שתהליכים מיקרוביאליים מואצים באקלים החם של ישראל ואין אפשרות לאגור, לפרק זמן העולה על ימים בודדים, חומר אורגני בפח הביתי או במכולות, כיוון, שיווצרו מטרדי ריח

ומטרידים אחרים (זבובים, מכרסמים וכו'). בארצות אירופה הגיעו למסקנה כי איסוף המקטע האורגני חייב להעשות מדי שבוע (Spencer, 1993) עובדה המביאה לייקור האיסוף. בישראל, חייבים לפנות את השאריות האורגניות הפריקות לפחות פעמיים בשבוע. מציאות מזהמים, ברמה מתקבלת על הזעת, הוא כורח המציאות כשמדובר בהתבססות על הפרדה במקור. יש לפתח טכנולוגיות להרחקת המזהמים האיאורגניים מהקומפוסט או לוותר על הפרדה זו במחיר קומפוסט מאיכות נמוכה יותר. את החומר היבש אוספים בנפרד וממינים במתקן מיון שאריות. מיון כזה מאפשר הפרדת חומרים למיחזור, הרחקת מזהמים בלתי רצויים והפקת RDF מהשאריות שאינן ניתנות למיחזור.

כפי שצויין, בכל חלופה יש לבחון את אפשרות היישום עפ"י מדדים כלכליים, דמוגרפיים וסוציאוקונומיים. סביר להניח כי, בגלל מבנה דמוגרפי שונה, בין ערים וישובים כפריים ואפילו בין שכונות שונות באותה עיר, תופעלנה תוכניות מיחזור שונות, או אפילו, לא תופעל כלל תוכנית מיחזור. מודל זה אמור להיות מיושם בחודשים הקרובים בערים: רעננה, כפר סבא והוד השרון.

#### 7.2.2.2 כלים כלכליים לעידוד המיחזור

לאחר שיוגדר שיעור המיחזור הרצוי, יש לבחון כלים שונים לעידוד המיחזור ולהשגת היעדים הרצויים. פרסום והסברה הם הכלים החשובים ביותר. תקציב חינוך הצבור, פרסום והסברה בנושא המיחזור עומד בגרמניה על 3 מרק גרמני לנפש לשנה (אם "נסתפק" בישראל בתקציב של 5 ש"ח לנפש בשנה, נגיע להוצאה של 25 מיליון ש"ח מדי שנה). החלת הפקדון על מיכלי המשקה או עידוד הקומפוסטציה הינם כלים אפשריים לעדוד ולהשגת השעור המיטבי של המיחזור, הנקבע על סמך שיקולים כלכליים. בעבודה הודגם כי הפעלת פקדון על מיכלי משקה או הפעלת מרכזי מיחזור במקביל לתוכניות איסוף והפרדה במקור, כדאיים רק בתנאי שהתועלות המתקבלות גבוהות מן העלויות. כפי שניתן לראות במודל שפותח (פרק 6.4), החלת פקדון על מיכלי המשקה, המהווים מקטע קטן של הפסולת המוצקה, במקביל לתוכנית כוללת למיחזור והפרדה במקור, אינו מוזיל את עלויות המיחזור של כלל החומרים ומאידך, נוספות עלויות הכרוכות בהפעלת הפקדון (ליצרן, למשווק ולצרכן). כמעט בהגדרה, מתקבל, כי התועלת מן העלויות הנוספות תהיה חיובית רק באם הערך המתקבל מאותם חומרים עליהם חל הפקדון גבוה יותר מהערך שהיה מתקבל בתוכנית המיחזור. לדוגמה יש לבדוק האם ערכם של בקבוקי זכוכית למלוי חוזר, שנשטפו במשק הבית בטרם הוחזרו, גבוה יותר מערכם כשבר המיועד להתכה ולמיחזור.

באופן דומה משמש מודל זה לבדיקת כדאיות קיום מרכזי מיחזור במקביל לתוכנית הפרדה במקור. הפעלת מרכזי מיחזור היא יקרה ביותר. כלי האצירה יקרים, יש צורך בפנוי מיוחד של כל רכיב הנאסף במרכז ומאחר ושעור ההשתתפות אינו גדול, הרי שעלויות האיסוף של שאר הפסולת אינן פוחתות בצורה משמעותית. התועלת בקיום מרכזי מיחזור תהיה חיובית באם יתקבל שפור ניכר בשעור המיחזור או שייאספו בהם חומרים בעלי ערך כלכלי גבוה. הערך הכלכלי אינו נמדד, בהכרח, בתקבולים שניתן לקבל ממכירת החומרים. כך לדוגמא, איסוף חומרים מסוכנים (סוללות, צבעים, מדללים וכו') במרכז מיחזור והפרדתם מזרם האשפה, יכולה להפחית את הסכנות הטמונות בפסולת ולהוזיל את מחיר ההטמנה.

### 7.3 סיכום והצעות להמשך המחקר

בעבודה זו נסקרו החלופות לטיפול בפסולת העירונית, תוך דגש על מיחזור חומרים, שמוש חוזר בהם או שמוש בחומרים אלה כחומר גלם לייצור מוצרים חדשים. מיחזור חומרים והפרדתם מזרם האשפה הכולל, קשור במכלול שאלות חברתיות, כלכליות ומשפטיות. גורמים רבים קשורים לנושא זה, החל ממשקי הבית, הרשויות המוניציפליות, משרדי ממשלה וכלה במגזר העסקי והתעשייה.

עלויות מיחזור בקנה מידה ארצי או מקומי כוללות עלויות כלי האצירה, פנוי, מיון וטיפול בטרם המיחזור, הובלה אל המפעלים הממוחזרים, עלויות נילוות לחינוך הציבור ופירסום ועלויות לוואי (אם ישנן) בתהליך המיחזור עצמו. לכאורה, ניכרים היתרונות הכלכליים מהמיחזור הכוללים חסכון בחומרי גלם (וברוב המקרים חסכון במטבע זר), חסכון במחיר ההובלה אל אתרי ההטמנה, חסכון בעלות הטמנת האשפה והתועלת הסביבתית שתתקבל מכך שפחות אשפה תסולק לאתרים, משך חיי האתרים יוארכו והשטח שידרש להטמנה יקטן בהתאם להיקף האיסוף ומיחזור הפסולת. יש להעריך יתרונות אלה במונחים כלכליים ולבחון אתהכלים הכלכליים לעידוד המיחזור ולנתח את הכדאיות הכלכלית של החלופות למיחזור.

על מנת להבטיח את השגת יעדי המיחזור יש להבטיח את כושרה של התעשייה לקלוט את החומרים הניתנים למיחזור. רצוי לעודד יזמות תעשייתית לפתוח מוצרים העשויים מחומרים ממוחזרים, מציאת חלופות לשמוש בחומרי גלם שונים ועידוד השמוש במוצרים אלה. ללא ספק, המפתח להצלחת המיחזור הוא שמעגל המיחזור חייב להיות שלם. הצרכן יחזיר את החומרים הניתנים למיחזור, היצרן ישתמש בהם ולא ישליך אותם לאס"פים והצרכן ידרוש מוצרים העשויים מחומרי גלם ממוחזרים. רצוי לקבוע, במוצרים מסוימים תכולה מינימלית של חומר



ממוחזר, לאחר שיוכח כי תכולה זו מוצדקת מבחינה כלכלית.

קיים צורך במחקר כלכלי שבו ינותחו מכלול המדדים הקשורים בטיפול בפסולת המוצקה. הערכת עלות המיחזור, השריפה והערכת המחיר הריאלי של הטמנת הפסולת. במחקר ההמשך הדרוש על מנת לנתח את הכדאיות הכלכלית של המיחזור יש לכלול סקירה וניתוח הפרויקטים שנערכו ונערכים בארץ. יש לבחון את היקף המיחזור המתקבל מהפעלת תוכניות מיחזור שונות, את שעור ההשתתפות ואת העלויות והתועלות של כל תוכנית. יש לבצע ניתוח כדאיות כלכלי של כל החלופות למיחזור ולבחון את החלופות למדיניות הטיפול בפסולת המוצקה תוך בחינה של עדוד המיחזור ע"י תמריצים כלכליים ומשפטיים. יש לבחון, כלכלית, את הכלים האפשריים לעדוד המיחזור. לדוגמא, יש לבדוק האם החלת פקדון מביאה להעלאת שיעור המיחזור מבלי להעלות את עלות המיחזור והטיפול במיכלי המשקה לרמה כזו, שאינה מוצדקת מבחינה כלכלית.

באופן דומה, יש לבחון את הפעלת מרכזי המיחזור העירוניים במקביל להפעלת תוכניות מיון והפרדה במקור. נתונים אלה יתקבלו, כאמור, ממעקב אחר תוכניות מיחזור המופעלות בארץ ומניתוח כלכלי של תוכניות ולקחים שהוסקו מתוכניות בעולם.

- Curlee T.R., and Das S., 1991.  
Identifying and assessing targets of opportunity for plastics recycling.  
Resources, Conservation and Recycling, 5: 343-363.
- Deyle R. E. and Schade B.F. 1991.  
Buy-back, drop-off and curbside recycling: an economic comparison for  
Oklahoma. Resource Recycling, Feb., 1991 p:32-35.
- Ditz D., 1990.  
Just How Compatible Are Incineration and Recycling?  
Cornell Waste Management Ins. View point #3, 4 pp.
- Edgell communications Inc., 1991.  
Deposit bill work, federal study says. Beverage Industry, January p.4.
- EPA, Solid Waste and emergency Response, 1990.  
Characterization fo Municipal Solid Waste in the United States: 1990 Update  
Executive Summary. 15 pp.
- Glenn J., 1991.  
Sorting the mix at materials recovery facities.  
Biocycle 32 (7), p. 33-37.
- Glenn J., 1992.  
Integrated collection of recyclables and trash.  
Biocycle 33 (1), p. 30-33.
- Glenn J., 1992.  
The State of garbage in America , Biocycle 33 (4) p:46-55.
- Glenn J., 1992.  
Maturation of materials recovery facilities.  
Biocycle 33 (8), p. 34-39.
- Glenn J. and Riggle D., 1991  
The State of garbage in America ,part II, Biocycle 32(5) p:30-35.
- Gotoh S., 1992.  
Japan's Approach to a Resource Recycle Economic Society. In: Waste  
Management International. Thome-Kozmiensky K.J. (Ed.). p:443-450.
- Jacobsen M.R., 1992.  
Solid Waste Management in Aarhus. In: Waste Management International.  
Thome-Kozmiensky K.J. (Ed.). p:493-498.

Jespersen L.m., 1992.

Survey on Biowaste Activities in Denmark and Nordic Countries. In: Waste Management International. Thome-Kozmiensky K.J. (Ed.). p:465-492.

Judge R.P. and Becker A.D., 1993.

Motivating Recycling: A Marginal Cost Analysis. Contemporary Policy Issues. St. Olaf College, Minnesota.

Little, A. D Inc., 1991.

A Report on Advanced Disposal Fees. Environmental Education Ass. Inc. 21 pp

Logsdon G., 1992.

Versatile MRF serves rural county. Biocycle 33 (7), p. 46-47.

McCarthy J. E., 1991.

Environmental regulation of packaging in OECD countries.

In: Backman M. and Lindqvist T., (Editors), Packaging and the Environment, Trolleholm Castle, Sweden.

Miller C., 1992.

The Real Price of Processing. Waste Age (10), p. 26-33.

Miller C.W. and Ryan J.C., 1992.

A tale of two MRF's. Biocycle 33 (1), p. 58-60.

Musick M., 1991.

Collecting and Marketing Mixed Wastepaper.

Biocycle , 32 (7) pp.54-56.

National Soft Drinks Ass. (NSDA), 1989.

National Data Summary. 27 pp.

National Soft Drinks Ass. (NSDA), 1989.

Forced Deposit Laws... There Are No Winners. 31 pp.

National Soft Drinks Ass. (NSDA), 1991.

Why Comprehensive Recycling Is a Solid Winner, Why Forced Deposit Laws Are a Solid Waste. 15 pp.

National Solid Wastes Management Association, 1992.

Resource Recovery in North America. 3 pp.

National Recycling Coalition (NRC), 1993.

The NRC Connection. A Newsletter of the NRC. May/June, 1993.

## 8. ספרות

- אבנימלך י., כהן א., 1988.  
 יעילות הזבל האורגני מושפעת מאוורור הקרקע ומהיחס פחמן/תאקן בזבל.  
 השדה, כרך ס"ח, חוברת ו'. עמ' 1175-1191.
- אילון א., 1992.  
 מיחזור- מדיניות לאומית 1992-2000. סדנא בנושא מיחזור זכוכית.  
 מוסד ש. נאמן. 6.2.92.
- בטאוניר מס' 25, 1992.  
 בטאון פנימי של חברת מנא"י.
- יוטל י., כוכבא מ., שקדי ד., ירמות י., אבנימלך א., 1989.  
 השימוש בקומפוסט ובגבס לטיוב קרקעות מלוחות ונתרניות. 1 ( חילוף נתרן ושטיפה ממלחים.  
 השדה, כרך ס"ט, חוברת י"א, עמ' 2077-2080.
- דו"ח הועדה הבין משרדית למיחזור חומרי פסולת, דין וחשבון מספר 1 מיחזור נייר וקרטון.  
 ספטמבר 1990.
- אלקלעי ח., רם א., 1991.  
 פלסטיקה בסביבה - אקולוגיה. מוסד ש. נאמן, קניג ש. (עורך). 42 עמ'.
- בראונשוויג א., אבנד ס., שכטר מ., 1989.  
 מיחזור מיכלי זכוכית: היבטים טכנולוגיים, כלכליים וסביבתיים. המרכז לחקר משאבי טבע  
 וסביבה, אוניברסיטת חיפה, דו"ח למשרד לאיכות הסביבה.
- מלמד א., 1986.  
 סקר אשפת חיריה, קביעת הרכב, ערך היסק ותחזיות לעתיד.
- סקר שמוש בצמיגים משומשים, 1992.  
 דו"ח מסכם למשרד לאיכות הסביבה, אגף פסולת מוצקה. אנוש מערכות סביבתיות, 63 עמ'.

קניג ש., כהן ד., 1992.  
 תעשית הפולימרים והפלסטיקה בישראל, מצב קיים וחלופות עתידיות. דו"ח מסכם, מוסד ש.  
 נאמן. 91 עמ.

Abfaelle in der Schweiz, auszug aus der Publikation "Umweltbericht  
 Schweiz 1990" (Vorabdruck)

Anonymous, 1984.  
 Cost of deposit laws. Packaging (US) May p. 12

Anonymous <sup>1</sup>, 1993.  
 Obstacles to recycling. Biocycle 34 (2) p:45.

Anonymous <sup>2</sup>, 1993.  
 Incinerator ash ruled a hazardous waste. Biocycle 34(4):8.

Anonymous <sup>3</sup>, 1993.  
 Waste and the Environment. The Economist, May 29th.

Anonymous <sup>4</sup>, 1993.  
 Putting Responsibility on Industry (German Green Dot System).  
 Biocycle 34 (6): 60-63.

Blalock C., 1991.  
 Deposit bill: Why recycle a bad idea? Beverage Industry, May p.1.

Blalock C., 1992.  
 Deposit bills and other dangers. Beverage Industry April, p.1.

Bullock D. and Burk D., In: RECYCLABLES, 1990.  
 The Biocycle Guide to collecting, processing and marketing.  
 Commingeled versus curbside sort. p. 57-59.

Chaplin S.W., 1992.  
 The return of refillable bottles. Biocycle 33(6):70-71

Curlee T.R., 1988-89.  
 The feasibility of recycling plastic wastes: an update.  
 J. Environmental Systems. Vol. 18(3): 193-212.

Curlee T.R., and Das S., 1991.  
 Plastics recycling: Quantity projections and cost estimates.  
 Materials and Society, Vol. 15(1): 41-73.

Nielsen K., 1991.

Experiences with taxes on packaging in Denmark.

In: Backman M. and Lindhqvist T., (Editors), Packaging and the Environment, Trolleholm Castle, Sweden. p:89-90.

Raveh, A. and Y. Avnimelech. 1979.

Leaching of pollutants from sanitary landfill models. J. Water Pollution Control Fed. 51: 2705-2716.

Recyclables 1 , 1990.

The Biocycle Guide to collecting, processing and marketing.  
Recycling at the transfer station. p. 24-26.

Recyclables 2 , 1990.

The Biocycle Guide to collecting, processing and marketing.  
New age dropoff programs. p. 20-23.

Sambongi T., 1992.

The Waste Disposal Law of Japan as Drastically Amended for the first Time in 20 Years. In: Waste Management International. Thome- Kozmiensky K.J. (Ed.). p:451-458.

Schrader R., 1990.

Prime time for recycled newsprint. Biocycle , 31 (9) pp. 52-53.

Sedlock J. T., 1990.

Bottle Bills: Recycling's boon...or doom?  
Waste Age Oct 1990 p. 58-59.

Spencer R.L., 1993.

European Collection Programs for Source Separated Organics. Biocycle 34 (6): 56-59.

Spofford W. O., 1971.

Solid Residual Management: Some Economic Considerations. Natural Resource J , p: 51-59.

Steuteville R., 1993.

The economics of aluminium recycling. Biocycle 34 (1):74-77.

Steuteville R. and Goldtein N., 1993.

The state of garbage in America. Biocycle 34 (5): 42-50.

Stevens B.J., In: Recyclables, 1990.

The Biocycle Guide to collecting, processing and marketing.  
Assessing curbside program costs. p. 38-40.

Struve K., 1992.

Package recycling laws. *Biocycle* 34 (6):56-58.

Temple, Barker & Sloane/ Clayton Environmental Consultants, 1991.

Economic Impact of a National Beverage Container Deposit Law. 8 pp.

Tietenberg T., 1992.

Environmental and Natural Resource Economics. Harper Collins Publishers.  
678 pp.

Tomsu L., 1992.

Cocollection at the curbside.  
*Biocycle* 34 (9), p. 56-57.

United States General Accounting Office (U.S. GAO), 1990.

Solid Waste; Trade-offs Involved in Beverage Container Deposit Legislation.  
Report to Congressional Requesters. 55 pp.

Usherson J., 1989.

Buying recycled paper: a primer. *Waste Age* , Vol. 20 (7) pp 129-133.

Vansant C. & Hilts M.E., 1992.

The Status of Waste-to-Energy: What Role in Integrated Waste Management?  
*Solid Waste & Power*/May/June, p. 12-19.

Vezyriannis A., Skordilis A. and Lolos G., 1992.

Recycling Process Programme in the Municipality of NEW PSYCHIKO.  
In: *Waste Management International*. Thome-Kozmiensky K.J. (Ed.).  
p:507-512..

Vogl, E.G. and Angino E.E. 1985.

Chemical effects of selected trace-metals from landfill leachates on ground-water quality. *Hazardous Waste and Hazardous Materials*. Vol. 2 (2) p. 159-175.

Wagner T.C., 1991.

In search of the perfect curbside system. *Biocycle* 32 (8), p.34-35.

Wells G. and Assoc., Inc., 1992.

Senators hear forced deposits would wreck economics of recycling.  
*Washington Beverage Insight*. 9:18.

## Collection and Recycling of Municipal Solid Waste Analyses of Alternatives

Ofira Ayalon \* Mordechai Shechter \* Yoram Avnimelech

### ABSTRACT

The disposal of municipal solid waste (MSW) causes economic and environmental burdens, in developed as well as in developing countries. In Israel, more than 2.7 Mil. tons of MSW are being produced annually. Its vast majority ends up in landfills and illegal dumps. The problem is enlarged by population growth, the production of waste in dense cities, closures of polluting landfills and lack of new, environmentally-acceptable landfills.

As economic and environmental costs of landfilling climb, other means to solve the MSW problem such as energy recovery by incineration and recycling, seem to be more attractive. To deal with the possible solutions to the problem, we have to deal with their advantages and disadvantages, their costs and benefits, who pays for the costs and who gains from the benefits. The economic feasibility of each alternative should be evaluated.

Recycling of waste materials is an issue discussed, evaluated and examined all over the world. Israel is taking, presently, its first steps. Recycling has several advantages:

- \* Saving tipping fees in landfills.
- \* Saving landfills space.
- \* Saving virgin raw materials and cutting down the need to import them.
- \* Saving production costs, energy and water, by reuse or by using recycled materials instead of virgin materials.
- \* Improvement of the environment.

However, recycling has some disadvantages and limitations:

- \* Recycling costs money (new containers, separate collection, sorting the recyclables, public education etc.)



- \* There is a need to change or use new technologies in order to be able to use the recycled materials.
- \* Possible dumping of the market with amounts of materials which cannot be processed.
- \* Changing the citizen's habits and comfort, due to the need to sort the waste.

The different aspects of recycling, including technological aspects of the recyclable materials were studied.

The rising costs of virgin materials and of land disposal increase the attractiveness of recycling. The recovered raw materials, reintroduced into the system, provide an alternative to virgin materials and reduce waste disposal expenses. Assuming that recycling will be a part of waste management, it should be planned to minimize costs. Different considerations to the individual household and to the community as a whole were discussed. Presently, for the individual household there is neither direct nor indirect incentive to reduce, reuse or recycle waste. There is a need to devise initiatives, regulations and education.

Source separation of waste at home can reduce the costs of any recycling program. The addition of implementing deposit on beverage containers or giving the public several methods to collect, i.e. using **both** a curbside collection and a dropoff center was also discussed and analyzed in this work. It was shown that even though a combination of collection methods can contribute to the participation rate and the amount of recyclables collected, it is economic only if the additional costs are justified by the additional benefits.

The different approaches practiced by other countries and different collection methods were studied. Adaptation of the world experience to the specific conditions in Israel is discussed.

This work can contribute by the comparison and analyses of the alternative means which can be implemented in Israel as a part of a national integrated waste management policy.



# איסוף ומיחזור פסולת עירונית מוצקה

## ניחוח חלופות

א. אילון • מ. שכטר • י. אבנימלך

סילוק הפסולת הביתית המוצקה, שמשקלה הכולל בישראל ב 1993 עומד על למעלה מ 2.7 מיליון טון, היא בעיה הגורמת לעומס כלכלי וסביבתי שיש לתת עליה פתרון. מטרת עבודה זו לסקור ולבחון את החלופות השונות לטיפול באשפה, תוך התמקדות במיחזור חומרים כפתרון חלקי לבעיה. עבודה זו דנה בהצגת החלופות, השוואתן ובחינת האפשרות ליישמן במדינת ישראל כחלק ממדיניות משולבת לטיפול בפסולת המוצקה. כיום בוחנים פתרון משולב לבעית האשפה, הכולל צמצום אשפה במקור, שימוש חוזר במוצרים, מיחזור, שריפה לצורך הפקת אנרגיה ולבסוף, הטמנה סניטרית.

יש לשקול את המיחזור מול החלופות האחרות האפשריות, כמו שריפת האשפה או הובלת כל הפסולת המיוצרת בישראל להטמנה. בעבודה נבחנו הרכיבים אותם כדאי וניתן למחזר, מבחינה טכנולוגית, והרכיבים אותם יש להרחיק מזרם האשפה על מנת שלא יפריעו להמשך הטיפול בפסולת.

מיחזור הוא נושא מאוד אופנתי, אולם, במקרים מסוימים העלויות הכלכליות הנדרשות לתפעול תוכניות מיחזור גבוהות מהעלויות שהיו נדרשות לו האשפה היתה מוטמנת בצורה תקינה. בעבודה מוגשות גישות שונות שיאפשרו קבלת החלטות על סמך שיקולים כלכליים, מעבר לשיקולים הרגשיים, המלווים את נושא המיחזור.

ISBN - 965 - 386 - 017 - 8

עקד מוסד שמואל נאמן, קרית הטכניון, חיפה 32000, טלפון 237145 - 04