



המשרד להגנת הסביבה

מערכות פניאומטיות שכונתיות לאיסוף פסולת

ניתוח טכנו-כלכלי לרשויות המקומיות

כתבו וערכו:



גדי רוזנטל

דנה גבאי

מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית



פרופ' אופירה אילון

עידן ליבס

מוגש למשרד להגנת הסביבה

-ינואר 2015-



המשרד להגנת הסביבה

תוכן עניינים

3	1. תקציר	3
3	1.1 ריכוז ממצאים ומסקנות	3
4	1.2 ממצאי הניתוח הכלכלי	4
6	1.3 פתרונות מדיניות להטמעת המערכת בישראל	6
7	2. מבוא	7
7	3. רקע טכנולוגי	7
7	3.1 כללי	7
11	4. סקירת מערכות עולמית	11
13	5. סקירת חברות	13
13	5.1 Envac	13
14	5.2 MariMatic	14
15	5.3 Ecosir	15
16	6. רגולציה	16
17	7. יישום המערכת בישראל	17
17	7.1 כללי	17
18	7.2 שיטות מימון	18
18	7.3 שכונת יבנה הירוקה	18
21	7.4 רעננה	21
22	7.5 בת ים	22
23	8. ניתוח כלכלי	23
23	8.1 רקע ומתודולוגיה	23
23	8.2 עלויות המערכת הפניאומטית	23
28	8.3 עלויות איסוף קונבנציונלי	28
29	8.4 חסכון בעלויות חיצוניות מפליטות לאוויר	29
31	8.5 תוצאות	31
32	8.6 ניתוח מסכם	32



1. תקציר

במסגרת ייעול הטיפול בפסולת הביתית, המשרד להגנת הסביבה מבקש לבחון את הכדאיות הסביבתית והכלכלית בהקמת מערכת פניאומטית לאיסוף פסולת בשכונות חדשות למגורים בבנייה רוויה. זאת במטרה לאמוד את התועלת הכלכלית משימוש במערכת מנקודת מבטם של האמונים לטיפול בפסולת קרי, **העיריות והרשויות המקומיות**. ישנם שחקנים שונים המעורבים בתהליך יישום מערכות אלו ולכל אחד מהם מערכת תועלות ועלויות כלכליות שונות שינתחו בנפרד.

1.1 ריכוז ממצאים ומסקנות

ע"פ הממצאים והתחשיבים שעשינו בעבודה זו להלן המסקנות העיקריות:

מערכות אוטומטיות לאיסוף פניאומטי של פסולת, מהוות חלופה מתקדמת למערך איסוף הפסולת הקונבנציונאלי (ע"י משאיות). המערכות עתירות הון ובעלות יתרונות משמעותיים לגודל. כמו כן, הן מפחיתות משמעותית ולעיתים, אף מיייתרות סעיפי הוצאה תפעולית במערך הקונבנציונאלי ונמצאות כדאיות, בעיקר בשכונות גדולות עם מבנים מרובי קומות.

מבחינת שימוש במערכות בעולם, כיום, הן משולבות בפרויקטי בנייה חדשים במדינות אירופה ואסיה, דרום-קוריאה, טאיוון והונג-קונג, מדינות סקנדינביה וארה"ב, עם קרוב ל-1000 מערכות פעילות בעולם. בחודש יולי האחרון הוכרז על שילובה של מערכת פינוי פסולת בפרויקט הבניה הגדול ביותר מזה שנים באי מנהטן – "Hudson Yards" – אשר יכלול בשלב הראשוני 600 דירות, 75 אלף מ"ר של שטחי מסחר, 220 אלף מ"ר של משרדים ו-180 חדרי מלון, בהיקף השקעה כולל של 20 מיליארד דולר כך שמדובר במערכות אשר תופסות תאוצה.

טבלה 1 - יתרונות וחסרונות של מערכות פניאומטיות לאיסוף פסולת

חסרונות	יתרונות
עלויות הקמה גבוהות (בעיקר בבנייה נמוכה)	חיסכון בצרכי כ"א לאיסוף הפסולת
חיסרון כלכלי במערכות קטנות	חיסכון בדלק ובפליטת מזהמים ממשאיות הפינוי
התאמה לאזורים צפופים ופחות לאלו שאינם	צמצום השטח הנדרש לאצירת הפסולת בתוך ומחוץ למבנים
פחות מתאים להפרדת זכוכית	מניעת מפגעי רעש
רגישות לתקלות, המצריכה תחזוקה שוטפת בתדירות עולה עם גיל המערכת	מניעת מפגעי ריח
	ערכים אסטטיים והפחתת החשיפה הוויזואלית למערך הפסולת
	עידוד הפרדה לזרמים
	נגישות גבוהה למשתמשים
	יתרון לגודל מבחינת עלויות



המשרד להגנת הסביבה

מבחינה כלכלית, ע"פ תחשיבים שעשינו בעבודה, כל פרויקט מוסיף למשק תועלת נטו של 121 ₪ לטון, כאשר המרוויח העיקרי הינו קבלן הבנייה הנהנה מערך הפרמיה על הדירה (נציין כי ישנם גורמים הסבורים שניתן לנכס לעירייה חלק מפרמיה זו ע"י הטלת אגרות והיטלים על הפרויקט). עיקר העלות מושתת על הדיירים וערך התועלת שהם מקבלים נמוך יותר, אך עדיין הם נהנים מהשבחת ערך הנכס.

בעיות שעלו מהסקירה ופעילות נדרשת לשינוי:

- **רישום וציון המערכת בתב"ע** - צורך בהשתת העלות והאחריות על קבלן הבנייה, אשר יכול להעמיס עלויות אלו על רוכשי הדירות.
- **הערכה מדויקת יותר של כמויות הפסולת שיווצרו בשכונה** - קיים פער ניכר בהערכות כמות הפסולת המיוצרת לזו המיוצרת בפועל.
- **גובה המבנים בשכונה** - עלותה של המערכת רגישה למספר נקודות הקצה של המערכת (המבנים). עלויות ההשקעה והתפעול של מערכת פניאומטית, המשרתת מספר מסוים של יחידות, תהיה נמוכה במצב שבו יחידות הדיור מאוכלסות בבנייה גבוהה לעומת בבנייה נמוכה.
- **קצב אכלוס הפרויקט** - בשנים הראשונות לפרויקט מתחם המגורים אינו מאוכלס במלואו והמערכת פועלת על כמות פחותה מזו שתוכננה לה. לכך משמעות כלכלית הנוגעת לכדאיות המערכת בשנים הראשונות (שכן החזר ההון השנתי יתחלק במספר נמוך יותר של טונות בשנים הראשונות לפרויקט).

1.2 ממצאי הניתוח הכלכלי

נהוג לחלק את עלויות הטיפול בפסולת לאלו שבמקטע התוך עירוני (אצירה, פינוי והובלה לתחנת המעבר) ואלו שבמקטע החוץ עירוני (שינוע ותשלום בתחנת המעבר, תשלום היטל וכו'). מובן כי שאלת שיטת האיסוף והפינוי שלפנינו מתייחסת למקטע התוך עירוני ולכן זו תהיה העלות להשוואה.

הניתוח יתייחס לשני סדרי גודל של שכונות: 3,550 יחידות דיור ו-11,000 יחידות דיור בבנייה נמוכה יחסית (5-6 קומות), כאשר החישוב יוצג עבור שני מצבים: רישום ואי רישום המערכת בתב"ע (לכך, כאמור, השלכה על אופן חלוקת העלויות בין השחקנים השונים). לבסוף ינתחו ערכן של העלויות החיצוניות הנמנעות כתוצאה באי פליטת מזהמים ומחיסכון בזמן ויוצג מאזן התועלות והעלויות של השחקנים השונים.

בטבלה הבאה מוצגת השוואה של עלות הטיפול התוך עירוני באיסוף פניאומטי לעומת קונבנציונאלי מנקודת מבטה של הרשות המקומית:





המשרד להגנת הסביבה

טבלה 2 - השוואת עלות הטיפול התוך עירוני באיסוף פניאומטי לעומת קונבנציונאלי (ש לטון, ללא מע"מ)

איסוף קונבנציונאלי	11,000 יח'	3,550 יח'	מספר יחידות דיור	
410 ש	416	815	רכיב הון	ללא תקבול מקבלן הבנייה
	83	121	תפעול	
	120	120	הובלה לתחנת המעבר	
	619	1,056	סה"כ/ עלות לטון	
	118	294	רכיב הון	עם תקבול מקבלן הבנייה
	83	121	תפעול	
	120	120	הובלה לתחנת המעבר	
	321	535	סה"כ/ עלות לטון	

מהטבלה עולה כי תחת מימון קבלני ובשכונות בעלות מספר רב של יחידות דיור עלות המערכת הפניאומטית זולה מזו האלטרנטיבית, גם במחירים כיום. זאת טרם הפנמת התועלות החיצוניות הנובעות ממנה (ערך הזמן והפליטות). נדגיש כי אילו הנתונים התייחסו לשכונות בעלות מבנים גבוהים יותר (ואותו מספר יחידות דיור) העלות של המערכת הפניאומטית הייתה זולה אף יותר (לפחות בכ-20%). עם זאת, כאשר לא מתקבל מימון קבלני העלויות נותרות גבוהות מזו האלטרנטיבית, גם בשכונות גדולות וגם לאחר הפנמת התועלות החיצוניות.

הטבלה הבאה מציגה את מאזן הרווחים והעלויות של המשתתפים על פי סעיפי ההוצאה/ התועלת השונים במונחי ש/טון. הניתוח מראה כי בפרויקט זרימת כספים בין "מרוויחים" (החברה המקימה, הקבלן והממשלה) וגורמים משלמים (הדיירים והעירייה) כשהערך הכולל למשק חיובי:

טבלה 3 - מאזן עלויות ותועלות של השחקנים השונים בהקמת מערכת פניאומטית לאיסוף פסולת, בשכונה של 3,550 יח' דיור (ש לטון פסולת, ללא מע"מ)

סעיף	זכיין המע' הפניאומטית	העירייה	קבלן הבנייה	הדיירים	הממשלה	סה"כ
עלות המערכת למקים*	-756					-756
עלות פינוי מתחנת מעבר		-120				-120
חיסכון עלויות פינוי שכונתי (עד תחנת המעבר)		410				410
קבלת השתתפות מהקבלן / דיירים (בהנחת רישום בתב"ע)		521		-521		0
פרמיה על ערך הדירה			1340	-1340		0
תועלת מהלובי				440		440
תועלת מחיסכון בזמן				139		139
תועלות לא מוניטאריות				לא תומחר		0
תשלום לחברה מהמועצה						0
עלות	756	-756				0
רווח עודף	180	-180				0
תשלום מע"מ			-204		204	0
חיסכון פליטות					7	7
סה"כ	180	-125	1,136	-1,282	211	121





1.3 פתרונות מדיניות להטמעת המערכת בישראל

ככלל, ניתן לומר כי התקנות הקיימות או המוצעות בנוגע למערכות פניאומטיות לאיסוף פסולת עוסקות בהתוויית מגבלות כגון צפיפות אוכלוסייה מינימלית באזור המיועד (במונחי יחידות דור, תושבים ליחידת שטח, מספר קומות בבניין וכיו"ב) ומגבלות טכניות נוספות. עם זאת, לא נמצאו דוגמאות לרגולציה המחייבת את עצם ההתקנה והשימוש במערכות אלו, אלא כהנחיות למקרה שאכן יותקנו. כדי לעודד התקנת המערכות מוצע:

1. הפחתה בחישוב שטח הארנונה בעבור מתקני המערכת (כגון חדרי אשפה וטרמינל האיסוף המרכזי).
2. פיקוח מחירים - היות וספק השירות הינו לרוב גם מתקין המערכת, הוא מהווה מעיין מונופול – ולפיכך יש מקום לבחון פיקוח מחירים; פיקוח שכזה ייקח בחשבון את מבנה העלויות, איכות השירות, היקפי הפעילות הצפויים והחזרי הון על ההשקעה. רגולציה מעיין זו עשויה להתבסס על מנגנוני החזרי-הון, הצמדה למדדי מחיר לצרכן ועוד.
3. פיתוח שיטות מימון - בניית מכרז מחושב ויעיל, ויש לבצע מלאכת מחשבת טרם פרסומו.
4. עיגון נושא הטיפול בתקלות. כעיקרון המערכת עוברת שגרת תחזוקה יומית, חודשית ושנתית. כאשר היקף התחזוקה והחלפים הנדרש עולה עם גילה של המערכת.

מסקנות בנושא מדיניות והתנהגות:

- בפרויקט מסוג זה, ובמיוחד כיוון שמדובר בספק שהוא מונופול, אין מקום להתערבות ממשלה בדמות סבסוד הון אשר יתגלגל לגורמים המרוויחים ממילא. אם זאת, מכיוון שמדובר בנושא תברואתי שדורך אחריות ציבורית יש צורך בחשיבה על מדיניות מוסדרת בתחומים מסוימים בנוגע למערכו אלו.
- יש חשיבות רבה שהעיריות תבצענה באופן אופטימאלי את ההקמה ולכן חשוב שתקראנה את הניתוח שהוצג ואת משמעויותיו עבורן.





2. מבוא

במסגרת ייעול הטיפול בפסולת הביתית, המשרד להגנת הסביבה מבקש לבחון את הכדאיות הסביבתית והכלכלית בהקמת מערכת פניאומטית לאיסוף פסולת בשכונות למגורים בבנייה רוויה. בפרקים הבאים תובא סקירה טכנולוגית של המערכת ושל החברות הפועלות בתחום לצד הרגולציה הקיימת במקומות שונים בעולם. לאחר מכן יתואר הניסיון שנצבר בישראל בהקמת מערכות אלו ולבסוף יובא הניתוח הכלכלי מנקודת מבטה של הרשות המקומית והמשק כולו.

3. רקע טכנולוגי

3.1 כללי

מערכות אוטומטיות לאיסוף פניאומטי של פסולת, אשר מכונות (Pneumatic Refuse) PRCS או (Automated Refuse Collection Station) ARCS, או (Automated) AVAC (vacuum collection), הינן חלופה מתקדמת למערך איסוף הפסולת הקונבנציונאלי ע"י משאיות. במערכות אלו, משליכים המשתמשים את הפסולת דרך פתחים או נקודות כניסה יעודים הממוקמים בנקודות ציבוריות בתוך הבניין או בשטחו החיצוני. לרוב, נהוגה הפרדה לזרמי פסולת שונים וקיימות נקודות כניסה ייעודיות לכל זרם. הפסולת מאוחסנת זמנית בנקודת הכניסה בהמתנה למחזור איסוף ע"י המערכת הראשית, בהתאם לסוג הפסולת. משם, הפסולת מועברת ע"י צנרת לנקודות איסוף מרכזיות מהן היא מועברת באופן מרוכז לטיפול או הטמנה. המערכת מבוקרת ונשלטת ממרכז בקרה, כאשר איסוף הפסולת נעשה ללא כל צוות עובדים, מלבד ביצוע עבודות תחזוקה לפי הצורך.

הצורך המופחת בעובדים, כלי רכב ודלק לאיסוף הפסולת חוסך בהוצאות שוטפות במערך האיסוף. יתרה מכך, למערכת יתרון בכך שהשימוש בה חוסך בפליטת מזהמים ברחבי השכונה, מפגעי רעש, עומסי תנועה ואובדן זמן, היות והיא מפחיתה את השימוש ברכבי פינוי פסולת. כמו כן, המערכת מייטרת את הצורך בחדר אשפה בלובי הבניין ובכך מגדילה את השטח הציבורי של הבניין.

מערכות אלו נמצאות בשימוש לרוב באזורי מגורים מאוכלסים בצפיפות בבנייה גבוהה במרכזי ערים, ובמרחבים ציבוריים המשרתים כמות גדולה של בני אדם כגון בתי חולים, מלונות, שדות תעופה מרכזי קניות ובנייני משרדים. מערכות לשימוש במרחב עירוני הינן ישימות כלכלית החל מהיקף של 500 בתי-אב ועשויות לשרת עד כ-20,000 בתי אב. מערכות ייעודיות למרחבים ציבוריים הינן קטנות יותר ומותאמות לצרכים הספציפיים של המרחב המשורת, כגון חיישני שריפה בפתחי האשפה במרכזי קניות, או היגיינה משופרת בבתי חולים ע"י צנרת נפרדת לכביסה ולפסולת.

נקודות האיסוף הם למעשה פתחי הכניסה למערכת בהן משליכים המשתמשים את הפסולת, ונהוג לחלקן למספר פתחים, בהתאם לזרמים השונים כפי שהוגדרו בדרישות המערכת (לרוב פסולת מעורבת, פסולת אורגנית ונייר). את הפתחים ניתן למקם בתוך מבנים או מחוצה להם, בהתאם לעלות הקמתם ולצפיפות האוכלוסייה בשכונה. מעבר לפתח עצמו, שהינו לרוב בגובה של כמטר וחצי מהקרקע, רובו של המתקן נמצא מתחת לפני הקרקע, בו מאוחסנת רוב הפסולת הממתנה



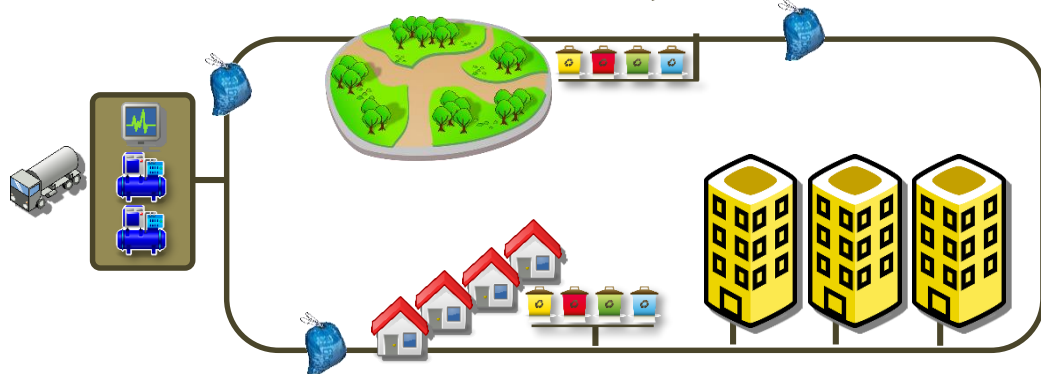


המשרד להגנת הסביבה

לפינוי, חיישנים ושסתומי פריקה. את הפתחים ניתן לנעול ע"מ למנוע שימוש לא מורשה או וונדליזם; נעילה באמצעות תגיות RFID מאפשרת את זיהוי המשתמש ואת האופציה לחייבו בהתאם להיקף השימוש במערכת. נקודת איסוף לרוב משרתת כ-100-150 תושבים, והן מרוקנות למערכת בתדירות שנעה בין פעם בכמה שעות לפעם בכמה ימים ע"י פקודה ממרכז הבקרה, שמנטר מידע שנאסף מחיישני המערכת, המצויים בחדר המגופים שבכל בניין (בד"כ בקומה 1-).

מערכת טיפוסית הינה בעלת צנרת אטומה הרמטית של צינורות פלדה בקוטר 500 מ"מ המרותכים זה לזה. עיקר הבלאי במקטע זה של המערכת נובע משחיקת הצינורות ע"י רכיבי פסולת שהינם קשיחים, כגון חלקי מתכת וזכוכית, כאשר באופן טבעי נקודות החולשה העיקריות נמצאות בקטעים מעוקלים של הצינור. בין מחזורי השאיבה של הזרמים השונים, מתבצעת שאיבת אויר לניקוי וייבוש הצנרת, אשר תפקידה מעבר לתחזוקה שוטפת הינו שמירה על ניקיון זרמי הפסולת השונים וערכם במערך המחזור.

תרשים 1 - תרשים סכמטי של מערכת פניאומטית לפינוי פסולת



נהוג לחלק מערכות פניאומטיות לאיסוף פסולת לשתי תצורות – קו יחיד (single-line) וקו מעגלי (ring-line). מערכת קו יחיד קונבנציונאלית פרוסה במבנה עץ בו תחנת האיסוף המרכזית נמצאת בבסיס, ממנו מתפצלת הצנרת ב"ענפים" עליהם ממוקמות נקודות הקצה עם פתחי הכניסה, כאשר איסוף הפסולת מתבצע ע"י יצירת תת-לחץ (וואקום) בצנרת. להבדיל, במערכת קו מעגלי הצינור מתחיל ומסיים את מסלולו בתחנת האיסוף המרכזית, ושינוע הפסולת מתבצע ע"י יצירת לחץ אויר מצד אחד ותת-לחץ מהצד השני – מה שמסייע בשחרור חסימות בצנרת (ע"י הפעלת שאיבה ודחיסה לחליפין עד לשחרור החסימה); השימוש החוזר באוויר שבמערכת מפחית פליטת ריחות רעים ומקטין את צריכת האנרגיה, ביחס למערכת קו יחיד.

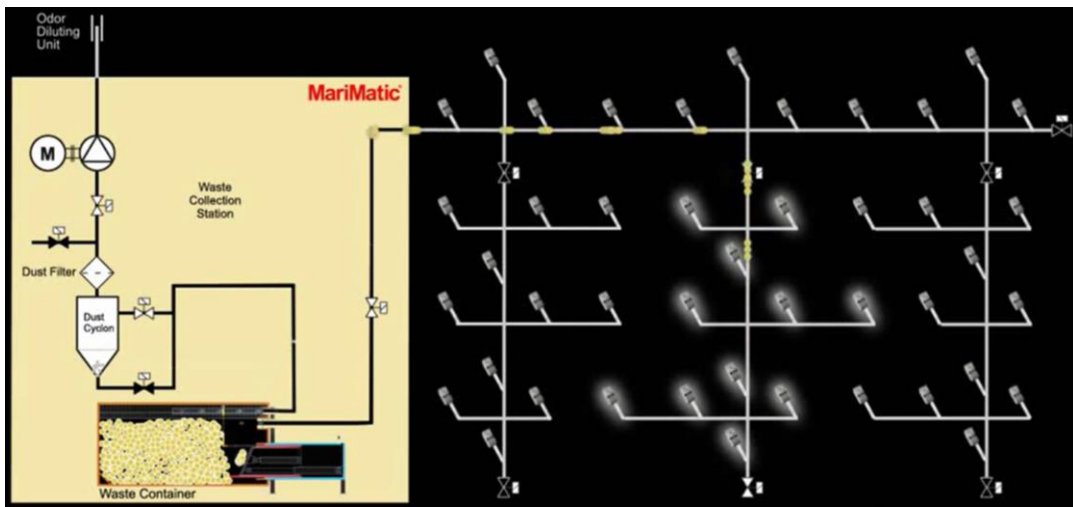
תחנת האיסוף המרכזית, בה לרוב ממוקם מרכז הבקרה המפקח על פעולת המערכת, נמצאת במרחק של עד כ-2 ק"מ מנקודת האיסוף הרחוקה ביותר. בתחנה זו נמצא בכל זמן נתון מיכל פסולת אחד לפחות עבור כל זרם פסולות, ויותר מכך בהתאם לכמויות הפסולת ותדירות הפינוי שהמערכת נדרשת להן. יכולות הניטור הגבוהות במערכת מקנות גמישות תפעולית רבה, כך שגם בזמני עומס בשימוש במערכת מתאפשר פינוי אפקטיבי וללא חסימות. ע"מ לשמור על רמת היגיינה גבוהה, המכלים סגורים וכמעט ואינם באים במגע עם האוויר החיצוני, למעט בעת החלפת מיכל מלא במיכל ריק. במקרים מסוימים, תחנה זו אף מחוברת לתשתית מסילת רכבת לשם הובלת הפסולת לאתר הטיפול.





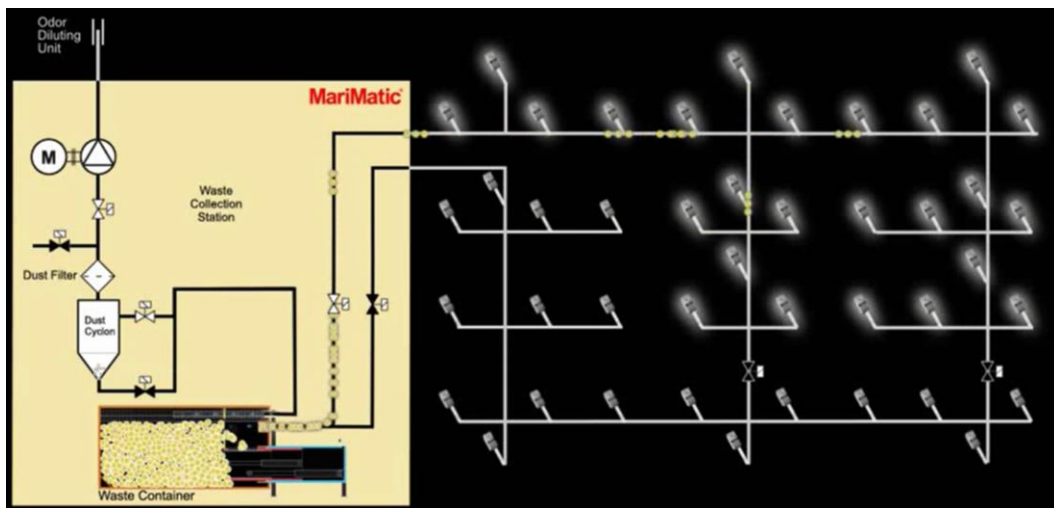
המשרד להגנת הסביבה

תרשים 2 - מבנה מערכת בתצורת single line



מקור: (MariMatic, 2014)

תרשים 3 - מבנה מערכת בתצורת ring line



מקור: (MariMatic, 2014)

בהשוואה למערך איסוף ופינוי קונבנציונאלי, עלות ההשקעה הראשונית במערכת פניאומטית לאיסוף אשפה הינה גבוהה יותר; עם זאת, עלויות התפעול השוטפות נמוכות באופן משמעותי. מערכת פניאומטית איננה מצריכה עובדים ומשאיות לשם איסוף הפסולת עצמה, וכך נחסכות עלויות כוח אדם, רכישת צי רכבים ודלק. בהערכה גסה, תקופת החזר ההשקעה במערכת איסוף פניאומטית עומדת על כ-10-12 שנים, ובטווח הארוך משתלמת יותר כלכלית ביחס לאיסוף קונבנציונאלי (Honkio, 2014). יתרה מכך, למערכת יתרונות סביבתיים הבאים הנובעים מביטול הצורך במשאיות איסוף, ובכך נמנעים פליטות ועומסי תנועה באזורים מיושבים; בנוסף, נקודות האיסוף – שהפסולת לא נערמת בהן ומונעות מפגעי מראה וריח – תורמות לחזות העירונית ואף נמצאו כמעודדות מיחזור. אורך החיים של המערכות תלוי בכמות הפסולת המטופלת, תנאי אקלים ותנאי הקרקע.





המשרד להגנת הסביבה

North West Cambridge

כחלק מפרויקט מאסיבי של פיתוח אוניברסיטת קיימברידג' שבאנגליה, בהיקף של מיליארד פאונד, נבחן השימוש במערכת אוטומטית לאיסוף פסולת פניאומטי באזורים המאוכלסים בצפיפות גבוהה בקומפלקס החדש. טבלה 4 מסכמת את היתרונות והחסרונות שנמצאו בבחינת שילוב מערכת כזו בפרויקט:

טבלה 4 - יתרונות וחסרונות במערכת אוטומטית לאיסוף פסולת פניאומטי באזורים מיושבים בצפיפות - קיימברידג'

יתרונות	חסרונות
איסוף במקביל של פסולת משטחי מגורים ומסחר	עלויות הקמה גבוהות מאוד
ביטול הצורך באצירת פסולת בתוך מבנים	אובדן מקומות עבודה במערך איסוף הפסולת
הפחתת תנועת כלי רכב ופליטות מהם	הקצאת האחריות לניהול ותחזוקת המערכת
צמצום השטח הנדרש לאצירת פסולת	לא מתאים באופן מיטבי לכל זרמי הפסולת (כגון זכוכית)
עלויות איסוף פסולת נמוכות יותר לאורך כלל חיי המערכת (אם כי צורך בהוצאות תחזוקה גבוהות עלול לשנות זאת)	ניסיון מוכח מעט (באנגליה), עם דרישות ועלויות תחזוקה גבוהות במערכות החלוץ
מניעת מפגעי ריח ונראות של פחי אשפה והפחתת החשיפה הוויזואלית לכלל מערך איסוף ופינוי הפסולת	התאמה מיטבית לאזורים מיושבים בצפיפות גבוהה – כגון מרכזי ערים – ופחות לאזורים שאינם צפופים
איסוף מרוכז של זרמי פסולת מופרדים במקור	

מקור: [North West Cambridge - Sustainable Resource and Waste Management Strategy](#),

[September 2011](#)



4. סקירת מערכות עולמית

אף על פי שמערכות פניאומטיות לאיסוף פסולת קיימות מזה זמן רב, העלייה במודעות לנושא איסוף הפסולת העירונית והקשיים שהוא מציב מעלה בהן עניין מחודש בתקופה האחרונה. כיום, רוב המערכות משולבות בפרויקטי בנייה חדשים במדינות אירופה ואסיה, דרום-קוריאה, טאיוון והונג-קונג, עם קרוב ל-1000 מערכות פעילות בעולם. חלק ניכר מהמערכות הקיימות נמצא בשימוש במדינות סקנדינביה, בהן גם מרוכזים רוב הפעילות והידע של החברות המסחריות בתחום.

מנהטן, ניו-יורק

בחדש יולי האחרון הוכרז על שילובה של מערכת פינוי פסולת בפרויקט הבניה הגדול ביותר מזה שנים באי מנהטן – "Hudson Yards" – אשר יכלול בשלב הראשוני 600 דירות, 75 אלף מ"ר של שטחי מסחר, 220 אלף מ"ר של משרדים ו-180 חדרי מלון, בהיקף השקעה כולל של 20 מיליארד דולר. פרויקט זה נחשב למורכב במיוחד, היות והוא כולל גישור מעל פסי רכבת ותחנת רכבת מרכזית, ואת בנייתם של 16 מגדלים. מערכת פינוי הפסולת בפרויקט, שתוקם ע"י חברת Envac (פרטים נוספים על החברה תחת "סקירת חברות"), צפויה להיות אחת המערכות המשמעותיות ביותר שהוקמו באזור מגורים בארה"ב ותחל לפעול במהלך 2015. המערכת תהיה בהספק של 24 טון פסולת ביום בשלושה זרמי פסולת נפרדים, ועלותה תעמוד על 4.4 מיליון דולר בשלב הראשון וסכום זהה נוסף בעבור השלב השני. עלות זו כולה בקנה אחד עם הנתונים שהתקבלו מיישום המערכת בארץ, כפי שיוצג בפרקים הבאים.

מקור: <http://www.envacuk.co.uk/news-and-media/news/breakthrough-for-envac-in-new-york>

09/07/2014





המשרד להגנת הסביבה

טבלה 5 - מערכות פניאומטיות לפינוי פסולת באזורי מגורים, דוגמאות מהעולם

מיקום	סוג המערכת	שטח כיסוי	מספר משתמשים	נקודות איסוף	מספר זרמים	פרטים נוספים
האי רוזולט, ניו-יורק, ארה"ב	AVAC (Automated vacuum collection)	0.59 קמ"ר	כ-12,000 איש	ע"י פירים	1	המערכת הפעילה היחידית בארה"ב שמשרתת אזור מגורים. פעילה מאז 1975, אך קרבה לסוף חייה. המערכת מתופעלת ע"י צוות של 8 איש.
הלסינקי, פינלנד	PWCS	2 קמ"ר	16,000 תושבים ו-6,000 מקומות עבודה	350	עד 5	מערכת המתוכננת לבנייה חדשה באזור Jätkäsaari בהלסינקי שפיתוחה יסתיים ב-2023, בה כל המבנים מחויבים להתחבר למערכת. הספק המערכת המתוכנן הינו 22 טון פסולת ליום, כ-6400 טון בשנה פסולת מתושבים ו-550 טון נוספים פסולת משרדית
Tampere, פינלנד	MetroTaifun MariMatic של	13 ק"מ צנרת	13,000 תושבים, 5,000 מקומות עבודה	124	3 (פסולת אורגנית, נייר וקרטון למיחזור)	מערכת שהחלה לפעול ב-2012 בבנייה חדשה באזור פרוורי העיר. הספק המערכת הינו 13 טון פסולת ליום.
מכה, ערב-הסעודית	MetroTaifun MariMatic של	20 ק"מ צנרת		74		מערכת ה-AWCS הגדולה בעולם. הספק המערכת המתוכנן הינו 600 טון פסולת ליום (4500 מ"ק), שהיא כמות הפסולת המיוצרת במכה ביום בתקופת הרמדאן והחאג'.



5. סקירת חברות

5.1 Envac

קבוצת Envac AB הינה תאגיד שבדי אשר מוביל בעולם את נושא פינוי הפסולת הפניאומטי ואחת מחברות הטכנולוגיה הירוקה המובילות בשבדיה, ולה 35 סניפים ב-20 מדינות. חברת Envac הייתה הראשונה להמציא שיטה זו לפינוי פסולת, והקימה את המערכת הראשונה בעולם ב-1961; נכון להיום החברה הקימה מעל ל-1,000 מערכות ניידות, ניידות ומערכות לאפליקציות ייעודיות (כגון מטבחים מוסדיים). נוסף על פרויקט בשווייץ כולל של כ-9 מיליון דולר בניו-יורק (עליו פורט תחת "סקירת מערכות עולמית") שהינו בשלבי הקמה, החברה סיימה באביב 2014 את התקנתה של מערכת גדולה בעלות דומה בפרויקט הבנייה הגדול ביותר כיום בפריז – "Clichy-Batignoll", כמו גם הזמנה להקמת מערכת ב"עיר הבירה החדשה" המוקמת בימים אלו בדרום-קוריאה – Sejong, כ-100 ק"מ דרומית לסיאול – אשר תשמש כמערך פינוי הפסולת המרכזי בעיר. פרויקטים מובילים נוספים של החברה כוללים מערכת במרכז עסקים אורבני מודרני המוקם בהודו, מערכות רבות בסינגפור ובבייג'ין. החברה מיוצגת בישראל ע"י חברת ריקטק שבבעלות שיכון ובינוי.

תרשים 4 - מערכת Envac

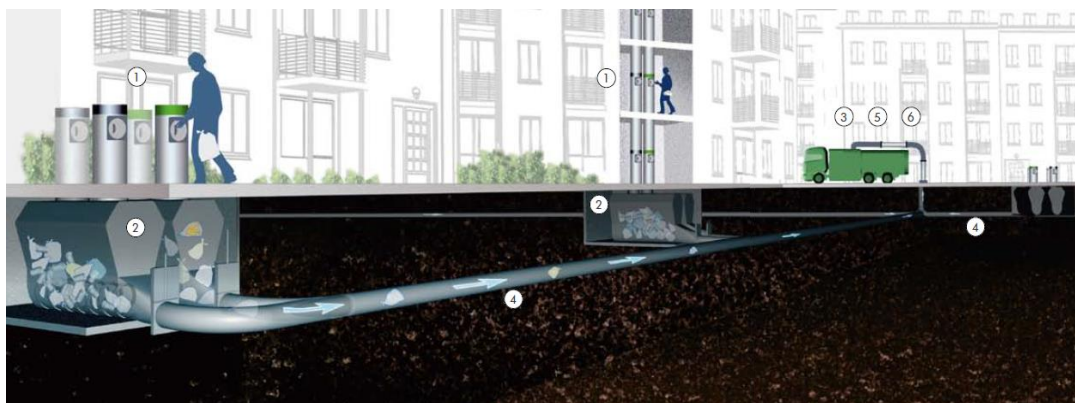


נוסף על המערכת הניידת, לחברה גם מערכת ניידת בשם Movac, הכוללת רכב וואקום ומיכלי אצירה בעלי מנגנון הזנה ייחודי. במערכת זו מכלי אצירה הממוקמים מתחת לפתחי השלכת הפסולת דוחסים את הפסולת הנאספת אל תוך הצנרת, שהינה בקוטר 400 מ"מ. בשולי המרחב המשותף, באזור בעל גישה נוחה למשאית הפינוי, ממוקמות נקודות עגינה דרכן מתחבר רכב הפינוי לצנרת. בתדירות הנקבעת בהתאם לכמות הפסולת שנצברה, מגיע רכב הפינוי וע"י יצירת וואקום שואב את הפסולת שנצברה, דוחס אותה, מסנן את האוויר שנפלט ומפנה את הפסולת; ביכולתו של הרכב לשרת באופן אינדיווידואלי כל מיכל אצירה בנפרד – כך שמתאפשרת שקילה פרטנית של הפסולת מכל נקודה, כמו גם איסוף בנפרד של מספר זרמי פסולת.



המשרד להגנת הסביבה

תרשים 5 - מערכת Movac ניידת לאיסוף פסולת בוואקום



מקור: Envac AB, 2008

5.2. MariMatic¹

חברה פינית העוסקת במחקר, פיתוח, ייצור והתקנה של מערכות AWCS מאז שנות השמונים, ולה מעל 800 מערכות ביותר מ-40 מדינות שונות (כולל מערכת תעשייתית בישראל, במפעל עוף הנגב).

חברה השיקה ב-2010 את מערכת MetroTaifun אשר תוכננה באופן ייעודי עבור הולכה תת-קרקעית של פסולת עירונית (בשונה ממערכות תעשייתיות), ושהושקעו בפיתוחה מיליוני יורו. לטענתה, מערכת זו מגיעה לכיסוי שטח רחב יותר ומשרתת יותר משתמשים מאשר המערכות המתחרות. יתרונותיה הטכנולוגיים הם במתקן דחיסה לצמצום גודל הפסולת ובצנרת בעלת גמישות גבוהה וקוטר מופחת (200 מ"מ, לעומת 500 מ"מ בד"כ) המאפשרת חיסכון בחומרים, אנרגיה ועלויות הקמה ותפעול. לטענת החברה, ביחס למערכות מתחרות עוצמת המערכת הנדרשת היא כרבע וגודל המפוחים ונפח האוויר הוא כשליש; כתוצאה מכך צריכת האנרגיה של המערכת היא שליש

¹ <http://www.marimatic.com>



המשרד להגנת הסביבה

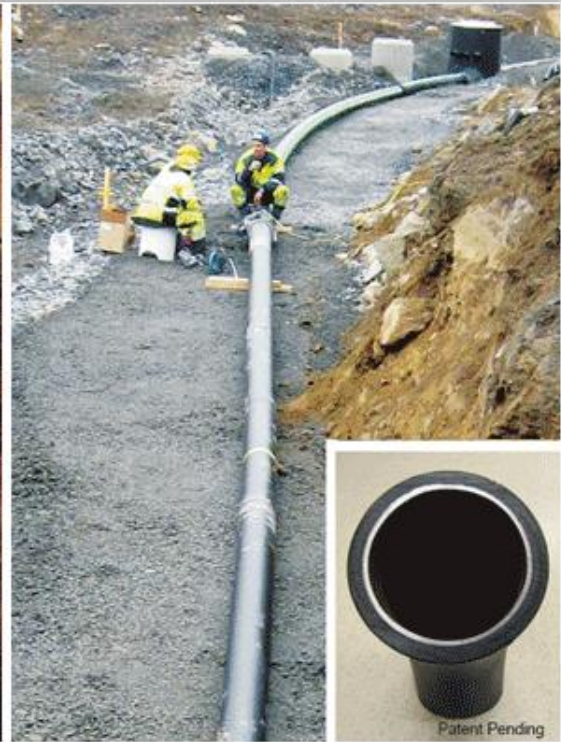
מהמערכות המתחרות וחצי ממערך איסוף במשאיות. למערכת זו אפשרות להתאמה למספר של זרמי פסולת עפ"י הצורך, ואורך החיים המתוכנן של הצנרת ופתחי האיסוף עומד על 60 שנה.

תרשים 6 - צנרת בקוטר מופחת ודחיסת פסולת במערכת MetroTaifun של MariMatic

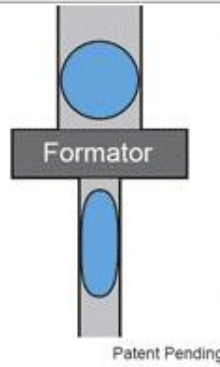
Traditional pipe installation



MetroTaifun composite pipe installation



MetroTaifun formator rapidly reduces the waste to fit 200mm pipes



מקור: [MariMatic](#) (2013)

5.3 Ecosir

חברה פינית נוספת הפעילה כ-25 שנה בתחום, בדגש על מערכות למתקנים רפואיים. מערכת הדגל של החברה – XMIT – מותאמת לאיסוף של פסולת ממקור אורגני (Bio-waste) וכבסים, ולרוב נמצאת בשימוש במתחמים כגון בתי חולים, בתי אבות, מטבחים מוסדיים ומרכזי קניות. רוב התקנות החברה הינן בשוק המקומי והחברה פועלת להרחבת שווקי היעד שלה, בדגש על אסיה והמזרח התיכון.



ב-Hong-Kong Automated Refuse Collection System (ARCS) Planning Guidelines של Housing Authorities, מוגדרות דרישות לגבי יישומן של מערכות פינוי אוטומטיות, כגון:

- נאסר על המערכות לשרת מרכזים מסחריים ומבנים ציבוריים
- העמדת נקודות האיסוף/כניסה הן בהתאם לתקנות איסוף הפסולת הכלליות באזורי מגורים
- העמדת נקודות איסוף/כניסה בשטחים חיצוניים (ברחוב) צריכה להיות כל שני בניינים ובסמוך להם

בנוסף, ישנן הנחיות טכניות כגון שיפועים ועומק הצנרת, מרחקי שינוע וכיו"ב (ראה טבלה 6). בתקנות מקומיות אחרות נקבע כי מטעמי עלות, אין להתקין את המערכות בשכונות או אזורי מגורים בעלי פחות מ-2,400 יחידות דיור.

טבלה 6 - הנחיות לגבי הצנרת ביחס למס' הבתים המשורתים, רשות הדיור של הונג-קונג

מס' דירות משורתות	מרחק שינוע הפסולת (מטר)	קוטר הצנרת (מ"מ)
16,000-32,000	1,500-2,500	500/600
3,200-16,000	800-1,500	300/400
320-3,200	400-800	150/250

ככלל, ניתן לומר כי התקנות הקיימות או המוצעות בנוגע למערכות פניאומטיות לאיסוף פסולת עוסקות בהתוויית מגבלות נכגון צפיפות אוכלוסייה מינימלית באזור המשורת (במונחי יחידות דיור, תושבים ליחידת שטח, מספר קומות בבניין וכיו"ב) ומגבלות טכניות נוספות. עם זאת, לא נמצאו דוגמאות לרגולציה המחייבת את עצם ההתקנה והשימוש במערכות אלו, אלא כהנחיות למקרה שאכן יותקנו.

אחד מכלי המדיניות המוצעים על מנת לעודד להתקנת מערכות פניאומטיות לפינוי פסולת הוא הפחתה בחישוב שטח הארנונה בעבור מתקני המערכת (כגון חדרי אשפה וטרמינל האיסוף המרכזי).

כמו כן, היות וספק השירות הינו לרוב גם מתקין המערכת, הוא מהווה מעיין מונופול – ולפיכך יש מקום לבחון פיקוח מחירים; פיקוח שכזה ייקח בחשבון את מבנה העלויות, איכות השירות, היקפי הפעילות הצפויים והחזרי הון על ההשקעה. רגולציה מעיין זו עשויה להתבסס על מנגנוני החזרי-הון, הצמדה למדדי מחיר לצרכן ועוד.



7. יישום המערכת בישראל

7.1. כללי

ישנם שחקנים שונים המעורבים בתהליך יישום מערכות אלו ולכל אחד מהם מערכת תועלות ועלויות כלכליות שונות (ולעיתים אף מנוגדות):

- הזכין- החברה המקימה והמתפעלת של המערכות הפניאומטיות
- קבלן הבנייה של פרויקט המגורים
- הציבור המתגורר בפרויקט
- הרשות המקומית

המערכת הפניאומטית הראשונה והיחידה בישראל, הפועלת כיום בשכונת מגורים, היא זו שבשכונת יבנה הירוקה. בעיריית רעננה הסתיים מכרז לשכונה נוספת, ובבת ים הנושא נמצא בתכנון מתקדם. בשלושת הפרויקטים מדובר בשכונות גדולות של למעלה מ-3,500 יחידות דיור. קיימות שתי חברות פעילות כיום בישראל: ריקטק (הזכין הבלעדי של חברת ENVAC השבדית) ואריקום (זכין של ECOSIR הפינית). חברת ריקטק זכתה בשני המכרזים מול יבנה ורעננה כפי שיפורט בהמשך.

במרבית המקרים (ובכל אלו שיושמו עד כה בארץ), היוזמה להקמת המערכת היא של הרשות המקומית השואפת לקדם ערכים סביבתיים ולמתג את שכונותיה הנבנות בהתאם. נקדים ונציין כי משוחות עם מישמי המערכת בארץ, עולה כי קיימת חשיבות גבוהה לציון האיסוף הפניאומטי בתב"ע ויש לכך השלכה כלכלית ניכרת על העירייה ועל חלוקת עלויות ההקמה בין השחקנים השונים.

נהוג לחלק את האחריות להקמת המערכת עד קצה המגרש של הבניין וממנו ואילך. **היישום בתב"ע מטיל את האחריות לפינוי והובלת הפסולת עד קצה מגרשו של הבניין על קבלן הבנייה ולא על העירייה, ובכך מתאפשרת השתתפות של עלויות התשתית בבניינים על קבלני הבנייה (דלתות פתחי האשפה, הפירים, המגופים והצנרת עד קצה מגרשו של הבניין).** נדגיש כי בפועל הזכין הוא זה שבונה את התשתית הפנימית והערכתו היא כי רכיב זה מהווה כמחצית מההשקעה. כמו כן, נמצא כי לתכנון מתחם המגורים והמערכת הפניאומטית ולקביעת מועד הפעלת המערכת השפעה מהותית על כדאיות הפרויקט מנקודת מבטה של הרשות. מובן כי הפעלת המערכת למספר יחידות דיור מועט מעלה את עלות האיסוף לטון פי כמה מונים מעל זו האלטרנטיבית (בשל ההשקעה הקבועה שמתחלקת במספר נמוך יותר של טונות). זאת מאחר ועלות זו אינה רגישה במיוחד לכמות הפסולת המטופלת בפועל (בייחוד אם יחידות הדיור רחוקות זו מזו והצנרת הנדרשת ארוכה), אם כי לזו שהיא **תוכננה** לה. כמו כן, ישנה השפעה של כמות ומידת העיקולים הנדרשים בצנרת על מחירה (על פי מומחים בתחום ההשפעה מהותית). לפיכך, קיימת לנושא התכנון חשיבות רבה על מנת להשיג יעילות כלכלית מקסימאלית.





המשרד להגנת הסביבה

7.2. שיטות מימון

המשק הישראלי נחשף לאחרונה יותר ויותר לשיתופי פעולה בין גופים ציבוריים לגופים פרטיים. ישנן דרכים שונות למימוש שיתופי פעולה אלו כשהבולטות שבהן הינן:

- **B.O.T (Build, Operate, Transfer)** – הזכיין מקים, מממן ומתפעל את הפרויקט, לאורך כל תקופת הזיכיון. הכנסותיו של הזכיין נובעות בעיקרם מתשלומים המתקבלים מהציבור המשתמש בפרויקט. בסוף התקופה היזם מוסר את המפעל חזרה לגוף הציבורי האמון.
- **D.B.O.T (Design, Build, Operate, Transfer)** – הזכיין במקרה זה גם מתכנן את הפרויקט (עיריית בת ים היא הראשונה המתכננת ליישם מכרז מסוג זה).

מכרזי BOT נבדלים בין פרויקט לפרויקט ו"מתחרים" על פרמטרים אחרים. לעיתים התחרות היא בעלות ליחידת שירות (במקרה הנ"ל העלות לטיפול בטון פסולת: טון פסולת), שכוללת הן את רכיב ההון והן את רכיב התפעול השוטף. לעיתים התחרות היא על גובה ההשקעה כאשר התשלום פר טון הוגדר במכרז עצמו ולעיתים עלויות ההון והתפעול מפוצלות לשני חוזים שונים (ראה-דוגמאות ליישום בישראל). בנוסף, הרשות המקומית יכולה לבחון לפצל את מכרזי ההשקעה ולהקים את הטרמינל באמצעות קבלן חיצוני ובכך להוזיל את עלויות ההקמה. זאת בתנאי כי יושקעו משאבי פיקוח רבים יותר (ולכן יקרים יותר), על מנת למנוע אי התאמות. נקדים ונציין כי הנחת התחשיב היא כי ההשקעה אינה מפוצלת ומבוצעת ע"י היזם.

כפי שעולה מן האמור לעיל, ישנו מקום נכבד ליצירתיות בבניית מכרז מחושב ויעיל, ויש לבצע מלאכת מחשבת טרם פרסומו. כפי שיפורט בסעיף דוגמאות היישום בישראל, שלוש הרשויות (יבנה, רעננה ובת-ים) מהוות דוגמא חיה להבדלים בגישות למכרז ובסוגיו, בפרמטרים לתחרות ובוודאי בתוצאות הכלכליות שלהן.

7.3. שכונת יבנה הירוקה

7.3.1. רקע

היישום הראשון של המערכת הפניאומטית במבני מגורים נמצא בשכונת יבנה הירוקה² הפועלת החל מספטמבר 2012. בשנת 2006 יצאה עיריית יבנה במכרז (בשיטת B.O.T ל-24 שנה) להקמת מערכת איסוף פסולת פניאומטית בשכונה. במכרז זכתה חברת ריקטק. התשלום עבור תפעול המערכת הוגדר פר טון בנוסף לעלות קבועה ששולמה פר דירה (יורחב בהמשך).

השכונה כוללת כיום 4,700 יחידות דיור בכ-200 מבנים בעלי 20-9 קומות (מתוכן כיום 1,800-2,000 מאוכלסות בכ-70-60 מבנים). הצנרת הקיימת מתוכננת לקיבולת של כ-4,700 יחידות דיור כשהטרמינל מסוגל לטפל בקיבולת של 8,500 יחידות דיור. כמו כן, קיימות כ-30 עמדות ציבוריות בשטחים ציבוריים – גנים ציבוריים, בתי-ספר וברחוב. המערכת מאפשרת הפרדה לשני זרמים כשהעירייה מקדמת זאת ע"י הענקת פחים להפרדה (פח 7 ליטר לפסולת רטובה ופח 10 ליטר של פסולת יבשה) לכל דירה חדשה שמאוכלסת.

² מערכת נוספת פועלת בבית החולים הדסה עין כרם.



המשרד להגנת הסביבה

7.3.2 תיאור המערכת

בכל קומה בבניין קיים חדר אשפה קומתי עם שני "שוטים" של אשפה לשני זרמי הפסולת: רטוב וכל השאר (בקבוקים וקרטונים מופרדים ונאספים בכלובים ומכלי מיחזור שבכניסה לבניינים). בקומה (1-) קיים חדר מגופים (מגוף לכל זרם) והמערכת הכוללת תוכננה כך שהקיבולת של כל נקודה (חדר מגופים) תספיק לכמות פסולת בהיקף של יום אחד. הפסולת נשאבת כאשר המוקדם מבין השניים קורה: חישן המגוף מתריע על צורך (ניצול נפח האצירה הקיים) או מינימום פעם ביום ללא קשר לנפח שנאגר (כדי למנוע תסיסה וריחות ועל מנת להקטין סבירות של תקלות).

המערכת בנויה בשיטת SINGLE LINE עם צינורות בקוטר של 50 ס"מ (20 צול) המונחים 3-6 מטר מתחת לפני האדמה. אורכה של הצנרת התת קרקעית היא 15 ק"מ, מתוכם כ-8 ק"מ משרתים אזורים ציבוריים (קיימת נקודת גישה כל 80 מטר לתיקונים ובקרה). לצינורות עובי דופן משתנה בהתאם למיקום ברשת – העובי גדל ככל שמתקרבים לטרמינל (בשל שחיקה). השאיבה מתבצעת במהירות של 70-80 קמ"ש. אורך חיי המערכת הוא 30 שנה לפחות. הפסולת מגיעה לטרמינל הבקרה שם היא נדחסת לתוך שתי דחסניות בנפח של 30 קוב כ"א, המפונות פעמיים בשבוע (לכל זרם). נציין כי קיימת מגבלת משקל של 12 טון להעמסת הדחסנית על משאיות.

תקלות:

- לדברי הזכין 90% מהתקלות מתרחשות בפירים עצמם, לפני הכניסה לצנרת.
- בצמתי מפגש של ענפי הצנרת הפרושה קיימים מגופים אשר ביכולתם לבודד מקטעים ברשת באופן שמונע מתקלה מקומית להפריע לכל המערכת.
- המערכת יודעת לטפל בתקלות קטנות של סתימות בצנרת הן באופן אוטומטי והן באופן יזום ע"י "פולסים" של שאיבה בעוצמה גבוהה שמטרתם לשחרר את הסתימה.
- בתקלות קשות ובמקרה של פגיעה בצנרת מבוצע הליך של ריתוך "טלאי" מתכת בתוך הצינור, ע"י קבלן חיצוני.
- המערכת עוברת שגרת תחזוקה יומית, חודשית ושנתית. כאשר היקף התחזוקה והחלפים הנדרש עולה עם גילה של המערכת.

7.3.3 שיטת מימון

שיטת המימון הוגדרה **לתשלום פר טון** על שירות האצירה והאיסוף של הפסולת עד הטרמינל (עלות זו אינה מכסה את מימון ההובלה מהטרמינל לתחנת המעבר ומשם להטמנה).

כמו כן, הושתה על קבלני הבנייה עלות חד פעמית של \$2150 לדירה מאוכלסת ששולמו לריקטק על ההשקעה בתוך הבניין (חלק ניכר מההשקעה). אלו "גלגלו" אותה (או את חלקה) אל הדיירים. נדגיש כי האחרון מתאפשר בשל ציון המערכת בתב"ע.



המשרד להגנת הסביבה

7.3.4 תוצאות המכרז

התשלום פר טון לזכיון, על האיסוף והפינוי של הפסולת נקבע על כ-500₪ לטון (ללא מע"מ, מחירי 2007, הצמדה של 50% למדד המחירים לצרכן ו-50% למדד תשומות הבנייה). כיום העלות זו עומדת על כ-550₪ לטון. עלות זו תלויה בכמות הפסולת במערכת וצפויה לרדת בהתאם לעליה בהיקף הפסולת המפונה (לכשתאוכלס השכונה במלואה) לסכום של כ-400₪ לטון (מחירי 2007).

7.3.5 העלות האלטרנטיבית

נזכיר כי העלות האלטרנטיבית, אל מולה ישוו תוצאות המכרז, היא עלות האיסוף הקונבנציונאלי של הפסולת ע"י משאיות. העלות האלטרנטיבית היום מוערכת, ע"י ראש שפ"ע בעיר בכ-350₪ לטון, ללא מע"מ עד ההגעה לתחנת המעבר. נציין כי שיטת האיסוף והתמחור כיום היא פר פינוי+ הובלה ולא על בסיס משקל בפועל. חשוב להדגיש כי בעידן של הפרדה במקור צפוי להתייקר המערך הפנים עירוני של הטיפול בפסולת.

7.3.6 השפעות כלכליות נוספות

נציין כי נמצא שהארנונה בשכונה זו יקרה יותר מיתר השכונות ביבנה. ניתן לייחס זאת לגורמים שונים המאפיינים את השכונה הירוקה כגון: יחס שטחים פתוחים לשטח בנוי גבוה, תשתיות משודרגות וכו'. כמו כן, על פי שיחה עם גורם מהעירייה מיתוג השכונה ביבנה כ-"שכונה ירוקה" השפיע על ערך הדירה וייקר את המחירים בה בשיעור של 2%-3%. הנהנים מייקור זה כיום הינם קבלני הבנייה.

הישום הראשון של המערכת ביבנה העלה סוגיה תכנונית וכלכלית מהותית. נתוני תפעול המערכת **בפועל** העלו כי קיים פער ניכר בהערכות כמות הפסולת המיוצרת לזו המיוצרת בפועל. כיום, מתקבלים בטרמינל ביבנה כ-120 טון פסולת בחודש (עבור שני הזרמים) מכ-1800 יחידות דור, כלומר כ-0.8 טון פסולת בשנה. נתון זה נמוך משמעותית מהנחת העבודה של גורמים רבים כי משק בית מייצר לפחות כפול. ניתן להסביר זאת ע"י אופייה של השכונה בה מרבית התושבים עובדים רוב היום מחוצה לה. אם היו שטחי מסחר בעיר סביר כי ייצור הפסולת פר נפש (או פר יחידת דור) היה גבוה הרבה יותר. לעניין זה יש משמעות רבה בתכנון כלכלי של המערכת.



טרם הטמעת מערכת פניאומטית מומלץ כי העירייה תבחן את כמויות הפסולת המיוצרות **בפועל**, בשכונות הסמוכות לפרויקט המיועד.



המשרד להגנת הסביבה

7.4. רעננה

7.4.1. רקע

בשנת 2013 הסתיים המכרז להקמת מערכת לפינוי פניאומטי בשכונת נווה זמר שברעננה. זוכת המכרז היא חברת ריקטק הפועלת בימים אלו להשמת התשתיות. השכונה כוללת כ-3,550 יחידות דיור בכ-235 מבנים (בנייה נמוכה). כמו כן, מניסיון שנלמד מהיישום ביבנה, הנחת המתכננים היא כי כמות הפסולת המיוצרת תהיה 1.1 ק"ג פסולת לנפש ליום (במסגרת המתחם).

7.4.2. שיטת המימון

המכרז ברעננה תוכנן בשיטת D.B.O.T, ל-25 שנה, כאשר אחריותו של הזכיין כוללת את תכנון המערכת (על פי דרישות העירייה). התחרות במכרז הייתה על גובה ההשתתפות של העירייה או במילים אחרות סכום ההשקעה המינימאלי שתידרש העירייה להשקיע כאשר עלות התפעול פר טון שתשולם ע"י העירייה לזכיין במשך תקופת הזיכיון, נקבעה מראש וצוינה במכרז (כפי שיפורט להלן).

בניגוד ליבנה, המערכת ברעננה לא מצויינת בתב"ע ולכן לא ניתן היה להשית חלק מההשקעה על קבלני הבנייה והעירייה הי זו שנשאה בעלות זו. משיחות עם גורמים בעירייה ואלו המייעצים לה, הדבר פגע באינטרס הכלכלי שלה.

נוסיף כי במכרז הוגדרו לזכיין תנאי חידוש ציוד שיבטיחו לעירייה, בתום תקופת הזיכיון, מערכת במצב תפעולי טוב יחסית (נזכיר כי אורך חיי הצנרת הוא 30 שנה לפחות).

7.4.3. תוצאות המכרז

עלות התפעול שהוגדרה במכרז נקבעה לגובה של 684 ש"ח לטון, כשריקטק שזכתה במכרז, הציעה את גובה ההשקעה המינימאלי בסכום של 45 מיליון ש"ח. על פי שיחות עם גורמי התכנון, סכום הזכייה נמצא גבוה ביחס להערכות. שניתן להסביר זאת ע"י מיעוט משתתפים במכרז (2 חברות בלבד) והבדלים בשיעור ההיוון שעשו בו שימוש העירייה והיזמים.

7.4.4. העלות האלטרנטיבית

העלות האלטרנטיבית קרי, עלות האיסוף והפינוי הקונבנציונאלי (ע"י משאיות) מוערכת, בדומה ליבנה בכ-350 ש"ח לטון. ההפרדה לשני זרמים צפויה לייקר עלות זו.



המשרד להגנת הסביבה

7.5. בת ים

7.5.1. רקע

עיריית בת ים עוסקת בימים אלו בתכנון מכרז להקמה ותפעול של מערכת פינוי פניאומטי לשכונת מגורים הכוללת 5,000 יחידות דיור (כ-60 מבנים רבי קומות) וכ-2,000 חדרי מלון. בגיבוש המכרז ניכרת הסקת מסקנות מהניסיון שנצבר ביבנה וברעננה.

7.5.2. שיטת המימון המתוכננת

המכרז מתוכנן להיות בשיטת D.B.O.T, כאשר לא צפויה להיות בו התייחסות לכמות הפסולת המטופלת אלא רק גובה ההשקעה הנדרש. ציון המערכת בתב"ע יאפשר כי חלק ניכר מההשקעה יושת על קבלני הבנייה, בדומה לנעשה ביבנה. בנוסף, יפורסם מכרז תפעול על פיו העירייה תשלם לזכיון תשלום פר טון כאשר משך החוזה קצר משמעותית וצפוי להיות **12 שנה בלבד**. הרציונל לכך הוא הקטנת אי הוודאות שבחוזה ל-25 שנים ואף חשוב מכך, ההבנה כי העירייה יכולה להוות חלק אינטגרלי מתפעול המערכת (ע"י שילוב מערך עובדים שילמדו את המערכת ויתפעלו אותה בעצמם לאחר תקופת הזיכיון).





8. ניתוח כלכלי

8.1. רקע ומתודולוגיה

מטרת התחשיב היא לאמוד את התועלת הכלכלית משימוש במערכת הפניאומטית מנקודת מבטם של האמונים לטיפול בפסולת קרי, העירויות והרשויות המקומיות. משמעויות כלכליות לגורמים שונים כגון הדיירים וקבלני הבנייה ידונו גם כן. על מנת לעשות זאת, נדרש תחילה להגדיר ולכמת את רכיבי העלות והתועלת, הן של המערכת והן של החלופה לה: איסוף פסולת קונבנציונאלי (ע"י משאיות) תוך הפרדה לשני זרמים.

נהוג לחלק את עלויות הטיפול בפסולת לאלו שבמקטע התוך עירוני (אצירה, פינוי והובלה לתחנת המעבר) ולאלו שבמקטע החוץ עירוני (שינוע, תשלום בתחנת המעבר, תשלום היטל וכו'). מובן כי שאלת שיטת האיסוף והפינוי שלפנינו מתייחסת למקטע התוך עירוני ולכן זוהי תהיה העלות להשוואה.

כדאיות המערכת הפניאומטית תחושב מתוך הפער (ההפרש) במערך העלויות השונות של מערך הטיפול התוך עירוני בפסולת. הנתונים אודות עלויות ההקמה והתפעול של המערכות הפניאומטיות התקבלו מתוך שיחות עם מומחים ויועצים (למכרזים שפורסמו ותוארו לעיל) כמו גם נתוני יזמים וביקורים בשטח. הנתונים אודות העלויות בשיטת האיסוף הקונבנציונאליות התקבלו מבעלי תפקידים ברשויות המקומיות שנבחנו, מעבודות יעוץ שניסו לאמוד עלות זו בעיר טיפוסית בישראל, מנתוני המשרד להגנת הסביבה ומידע מקצועי של כותבי עבודה זו.

8.2. עלויות המערכת הפניאומטית

מערכות פניאומטיות הינן מערכות עתירות הון בעלות יתרון משמעותי לגודל, כפי שיפורט מטה. גובה ההשקעה במערכת תלוי בפרמטרים שאינם קשורים בהכרח לכמות הפסולת המטופלת. אחד הפרמטרים החשובים הינו מספר המבנים (נקודות הקצה) בפרויקט ומספר הקומות בהם. ככל שהבנייה גבוהה יותר נדרשת פחות השקעה בתשתיות ובצנרת המוליכה את הפסולת ועלויות ההשקעה (פר טון) פוחות משמעותית. כמו כן, להיבטים של תכנון הצנרת, מידת וכמות העיקולים בה משמעות כלכלית ניכרת. עם זאת, הניתוחים הכלכליים ואמות המידה להשוואת העלויות **מתבססים** על נתוני כמויות הפסולת להם תוכננה המערכת (עלויות פר טון) או במילים אחרות כמות הפסולת המיוצרת בשנה פר יחידת דיור בשכונת המגורים. סוגיה זו נמצאה מסובכת מהצפוי וניכר כי ישנם הבדלים משמעותיים בין הערכות היזמים והעירייה לבין הנתונים בפועל, כפי שפורט מעלה. עיריית רעננה הפנימה את הניסיון הנצבר והניחה בתחשיבה כמויות נמוכות יותר (1.1 ק"ג/נפש/יום לעומת 1.9 ביבנה).

הנחת התחשיב תהיה כי ייצור הפסולת לנפש תהיה כ-1.5 ק"ג/נפש/יום/בשכונת המגורים.

סוגיה חשובה נוספת בעניין כמויות הפסולת היא כי צריך להפנים את העובדה כי בשנים הראשונות לפרויקט מתחם המגורים אינו מאוכלס במלואו והמערכת פועלת על כמות פחותה מזו שתוכננה לה. על מנת להפנים זאת בחישוב, הונח כי קצב אכלוס השכונה הוא 20% מידי שנה במהלך חמש השנים הראשונות (לאחר 5 שנים המערכת פועלת בתפעול מלא).





המשרד להגנת הסביבה

8.2.1 גובה ההשקעה במערכת הפניאומטית

נהוג לאפיין מערכות אלו על פי הספקי הפסולת המטופלת וקיבולת הטרמינל. הטבלה הבאה מציגה ריכוז של הנתונים שנתקבלו ממומחים בשטח עבור שלושה סדרי גודל של שכונות מגורים בבנייה נמוכה (5-6 קומות בבניין). טרם הדיון על משמעות הנתונים, נדגיש כי עלויות אלו מוטות כלפי מעלה בשל התבססותם על שכונות בבנייה נמוכה. עלותה של מערכת המשרתת מספר זהה של יחידות דיור, המאוכלסות בבניינים גבוהים יותר, תהיה נמוכה יותר. אנו מעריכים הוזלה של כ-20% לפחות בעלויות במקרה של בנייה גבוהה (כ-20 קומות לבניין). להלן ריכוז עלויות ההשקעה במערכת פניאומטית לשלושה גדלים של שכונות מגורים:

טבלה 7 - עלויות השקעה במערכת פניאומטית תחת שלושה תרחישי גודל (אלש"ח, ללא מע"מ, ללא בצ"מ)

ג'		ב'		א'		שכונה
11,000		7,000		3,550		מספר יח' דיור
12%	8,800	16%	8,000	17%	7,000	טרמינל
63%	45,000	60%	30,000	53%	22,000	חפירה + צנרת
25%	18,000	24%	12,000	31%	12,750	מערכות ציבוריות
100%	71,800	100%	50,000	100%	41,750	סה"כ

הנתונים מורים כאמור, על יתרון משמעותי מאוד לגודל. עלייה של 100% בכמות יחידות הדיור בשכונה ייקרה את עלות ההשקעה בכ-20% בלבד (במעבר משכונה א' ל-ב'). עלייה של 200% בכמות יחידות הדיור ייקרה את ההשקעה בכ-72% (במעבר משכונה א' ל-ג'). כמו כן עולה כי שיעור ההשקעה בטרמינל ובמערכות הציבוריות קטן עם גודל הפרויקט בעוד ששיעור ההשקעה בחפירה ובצנרת עולה.

יצוין כי על פי מומחים בתחום, גובה ההשקעה במערכת הוזלה משמעותית (עד 30%) בשנים האחרונות בשל הירידה במחירי הפלדה. הטבלה מעלה אינה מפנימה במלואה את הוזלה זו (מטעמי שמרנות). נקודה חשובה נוספת שיש לתת עליה את הדעת היא שהנתונים בטבלה מתייחסים לשכונות עם מבנים נמוכים יחסית (5-6 קומות). דבר המייקר את העלויות פר יחידת דיור (או פר טון פסולת). לכן, כאמור, העלויות הנ"ל מוטות כלפי מעלה.

כפי שתואר בפרקים הקודמים, מימון ההשקעה מבוצע הן ע"י תשלום קבוע וחד פעמי המשולם ע"י הקבלנים ליזם (במידה והדבר אפשרי מבחינת התבי"ע) והן ע"י גילום בתשלום המתקבל פר טון. בפרויקט ביבנה, פרויקט בסדר גודל בין א' ל-ב', נקבע כי כל יחידת דיור תשלם סכום חד פעמי בגובה \$2,150 לקבלן הבנייה, שהם 35.3 מלש"ח (עלויות אלו "גולגולו" לדיירים מקבלן הבנייה שחויב לשאת בעלויות ההשקעה התוך מבניות בשל רישום המערכת בתבי"ע). בהנחה ועלות ההקמה של הפרויקט נעה בין שני סדרי גודל אלו, התקבול מהווה עשרות אחוזים מגובה ההשקעה (גם לאחר הפנמת העובדה כי גובה המבנים ביבנה גבוהים יותר: 8-9 קומות). לכך כמובן השפעה ניכרת על כדאיות הפרויקט מנקודת מבטה של העירייה.

החישוב הבא יציג את החזר ההון הנדרש, פר טון שנתי ממוצע המטופל במערכת תוך הפנמת קצב האכלוס האמור. החישוב יוצג עבור שני מצבים של רישום ואי רישום המערכת בתבי"ע ועבור שני סדרי גודל של שכונות. לעניין התבי"ע, כאמור, משמעות כלכלית מנקודת מבטה של הרשות שמשיטה עליות ממנה אל קבלם הבנייה וכתוצאה מכך אל דיירי הפרויקט. הנחת התחשיב היא כי גובה





המשרד להגנת הסביבה

התקבול יהיה על פי מפתח התשלומים מהמכרז ביבנה מותאם למספר יחידות בדיוור עבור שכונה בגודל א'. עבור שכונה מסדר גודל ג' הונח כי התקבול מהקבלן יהיה בשיעור זהה מההשקעה (כפי שהתקבל בשכונה א').

טבלה 8 - החזר ההון הנדרש לטון שנתי מטופל במערכת בשכונה בגודל א' וג' (11%, 25 שנה, אלש"ח)

שכונה		מספר יח' דיוור	ג'	א'
גודל	גודל מערכת (טון/יום)	18	56	3,550
	גודל מערכת (טון/שנה)	6,608	20,477	
	גודל מערכת (טון/שנה)**	6,080	18,429	
ללא תקבול מקבלן הבנייה	סה"כ השקעה (אלש"ח)	41,750	71,800	
	סה"כ- ש לטון שנתי	6,867	3,506	
	החזר הון לטון* (11%, 25 שנה), ש לטון שנתי - מחושב	815	416	
לאחר תקבול מקבלן הבנייה	תקבול קבלן (אלש"ח)	26,714	46,000	
	סה"כ השקעה, אחרי תקבול מקבלן הבנייה (אלש"ח)	15,036	25,800	
	סה"כ- ש לטון שנתי	2,473	995	
	החזר הון לטון* (11%, 25 שנה), ש לטון שנתי - מחושב	294	118	

*חושב על פי הנחת ייצור פסולת של 1.5 ק"ג/נפש/יום ו-3.4 נפשות ביחידת דיוור.

**לאחר הפנמת קצב אכלוס הפרויקט. חושב לצורך תחשיב החזר ההון

משמעותו של החזר ההון, בהקשר זה, היא הסכום השנתי הנדרש להחזר ההשקעה במערכת עבור כל טון פסולת שיטופל במערכת. התחשיב מעלה כי החזר ההון הנדרש לטון שנתי נע בין 294 ש לטון (עם מימון קבלני) לכ-815 ש לטון בלעדיו, בשכונה בעלת 3,550 יחידות דיוור במבנים בעלי 5-6 קומות. בשכונה בסדר גודל ג', עם 11,000 יחידות דיוור, עלות זו פוחתת משמעותית לכ-118 ש לטון (עם מימון קבלני) וכ-416 ש לטון בלעדיו. הפער בהחזרי ההון בשני גדלי בשכונות ממחיש את היתרון המשמעותי לגודל, המאפיין מערכות אלו. כאמור, בנייה לרבי-קומות בני 20 קומות יכולה להוריד עלויות בכ- 20% לפחות.

8.2.2 עלויות תפעול

עלויות התפעול הנמוכות הן עיקר יתרונה של המערכת הפניאומטית. הערכות המומחים היא כי עלויות התפעול השנתיות, בפרויקטים בסדרי הגודל שהוצגו מעלה נעות בין 800 אלף ש לשכונות בסדר גודל א' ו-1.5 מיליון ש לשכונות בסדר גודל ג'. עלויות אלו צפויות לעלות עם השנים בשל בלאי המערכת והגידול בכמויות הפסולת. בסעיפים הבאים נאמדו עלויות התפעול על פי רכיביהן: כ"א, אנרגיה ותחזוקה.

דרישות כוח אדם

דרישות כ"א של המערכת הינן נמוכות משמעותית כמו גם צרכי השינוע. הטרמינל אינו מאויש 24/7 ומצריך עובד במשרד מלאה + מנהל בהיקף של 1/3 משרה. הוצאות כ"א מוערכות בכ-238.8 אלש"ח בשנה לשכונות בסדר גודל א' כמוצג להלן:

³ שיעור ההיוון נלקח מתוך הערכות שבוצעו בעיריות ושיעור ההיוון ששימש אותן.



המשרד להגנת הסביבה

טבלה 9 - דרישות ועלויות כ"א במערכת פניאומטית עבור גודל שכונה א' (אלש"ח)

מספר עובדים	משרה %	עלות מעביד חודשית	עלות מעביד שנתית
1	100%	10	120
1	33%	30	119
סה"כ עלויות כ"א			239

עבור שכונה מגודל ג' יונח כי יועסק עובד נוסף וכי משרת המנהל תועלה ל-50%. מכאן, שסך עלויות כוח האדם יעמדו על כ-420 אלף ₪ בשנה.

עלויות אנרגיה

על פי מפעיל המערכת הפועלת ביבנה, עלויות החשמל הינם כ-10 אלש"ח בחודש (תעריף תעו"ז) עבור צריכת 20 אלף קוט"ש (0.5 ₪ לקוט"ש). על פי מהנדס המערכת, צריכת האנרגיה בהפעלת מערך מלא תעלה ל-50 אלף קוט"ש בחודש (שהם 600 קוט"ש בשנה) בעלות שנתית של 300 אלש"ח (עבור שכונה של 4,700 יחידת דיור).

לפיכך, עבור פרויקט בסדר גודל א' מוערכות עלויות האנרגיה בכ-227 אלש"ח בשנה בהיקף של תעסוקה מלאה (גודל השכונה הינו 0.75 מזו של יבנה ולכן העלות הונחה בשיעור זה).

עבור שכונה סדר גודל ג' יונח כי עלות זו תהיה פי 2 מזו שבשכונה א'.

תחזוקה, חלפים ואחר

עלות זו מחושבת מתוך הידע שנצבר על סך עלויות התפעול וחלוקתן לאלו של החשמל וכוח האדם. עלות זו מהווה למעשה את היתרה ומכילה בתוכה בעיקר את רכיב ההון והעבודה בתפעול.

להלן סיכום עלויות התפעול:

טבלה 10 - עלויות תפעול שנתיות במערכת פניאומטית בשני סדרי גודל (אלש"ח בשנה, מחירי 2014 ללא מע"מ)

שכונה	א'	ג'
מספר יח' דיור	3,550	11,000
כ"א	239 אלש"ח	420 אלש"ח
חשמל	227 אלש"ח	453 אלש"ח
תחזוקה, חלפים ואחר	335 אלש"ח	627 אלש"ח
סה"כ בשנה	800 אלש"ח	1,500 אלש"ח
עלויות תפעול לטון	121 ₪ לטון	73 ₪ לטון

להלן הנתונים המסכמים של עלויות ההון והעלויות המשתנות בשני סדרי גדלי השכונות שנבחנו.

טבלה 11 - סך העלויות שנתיות במערכת פניאומטית בשני סדרי גודל (₪ לטון בשנה, מחירי 2014 ללא מע"מ)

שכונה	א'	ג'	
מספר יחידות דיור	3,550	11,000	
ללא תקבול מקבלן הבנייה	רכיב הון	815	416
	תפעול	121	73
	סה"כ	936	489
עם תקבול מקבלן הבנייה	רכיב הון	294	118
	תפעול	121	73
	סה"כ	415	191





המשרד להגנת הסביבה

עלויות ההון והתפעול של מערכת פניאומטית, מנקודת מבטה של הרשות, רגישות הן לאופי המימון הנגזר מהרישום בתבי"ע והן מגודל הפרויקט. בשכונה בגודל א' העלות פוחתת מ-936 ש"ח לטון, ללא מימון קבלני, לכ-415 ש"ח לטון עם מימון זה (ירידה של כ-55%). בשכונה מסדר גודל ג' העלות ההתחלתית פוחתת ל-489 ש"ח (ללא מימון מהקבלן) ול-191 ש"ח לטון עם מימון מהקבלן. נזכיר כי בשכונה ביבנה (עם 4,700 יחידות דיור), בה התקבל מימון מהקבלן, העלות שסוכמה במכרז עומדת על כ-440 ש"ח לטון (בהפעלה מלאה, במחירי 2014), ממצא המחזק את הנתונים הללו.

8.2.3. ערך הזמן הנחסך לציבור

הנחות

- נניח כי בפנינו קונבנציונאלי כל אדם היוצא ברכב את השכונה מעביר בממוצע 5 דקות "בהזדחלות" אחרי משאית האשפה
- בהנחת רכב יחיד לדירה (הנחה זהירה) שרבע מהם יוצאים בבוקר מהשכונה ברכב וכל אחד עושה זאת 250 ימים בשנה (ללא חופשות, סופי שבוע, ימי מחלה וכו')
- בשל לינאריות ההנחות התועלת פר טון פסולת לא תשתנה עם גודל השכונה. לפיכך התועלת תחושב עבור שכונה בסדר גודל א' (3,550 יחידות דיור)

עבור שכונה מסוג א'

הזמן השכונתי הנחסך במערכת הפניאומטית, הינו 18,426 שעות בשנה = 888 נסיעות ליום * 0.083 שעות נסיעה (5 דק') * 250 ימים. אם ניתן לכל שעת עבודה ערך של התוצר המקומי הגולמי לשעת עבודה, כפי שמקובל בבדיקות של פרויקטים תחבורתיים (נוהל פר"ת של משרד התחבורה, גרסת 2010), שהוא 45 ש"ח לשעה, לכך יש להוסיף את ערך הדלק והבלאי הנחסכים. בהנחה מקלה נוסף 5 ש"ח לשעה, קרי 50 ש"ח לשעה נחסכת. לפיכך, ערכו הכולל של הזמן הנחסך מוערך בכ-921,300 ש"ח בשנה בשכונה המייצרת 6,608 טון בשנה, שהם 139 ש"ח לטון.

ערך הזמן הנחסך לציבור כתוצאה מנגישות ה"שוטים" של האשפה ואי-הצורך לשאת את שקיות הפסולת לעבר הפחים לא נלקח בחשבון, אך התועלת בכך ברורה.

8.2.4. ערכים כלכליים נוספים

- פרמיה בשווי הדירה - על פי שיחה עם גורם מהעירייה ביבנה עלה, כי למיתוג השכונה כ-"שכונה ירוקה" בכלל ולמערכת הפניאומטית בפרט, השפעה על ערך הדירה המוערכת בייקור של 3%-2%. אם נניח, על בסיס שכונת יבנה הירוקה כי הדיירים משלמים 1.5% יותר מערך הדירה (שעלותה במקור 1.4 מלש"ח), התוספת לקבלן היא משמעותית ועומדת על כ-21 אלש"ח. החזר ההון השנתי ל-25 שנה ב-11% של סכום זה הינו 2,493 ש"ח לשנה (25 שנה, 11%), או במילים אחרות, הדיירים משלמים 2,493 ש"ח בשנה תוספת בשל פרמיה זו (חישוב לפי רמת ריבית הנהוגה במשכנתא - לדוגמא, 5% - מוריד פרמיה זו לכ-1,500 ש"ח בשנה). חלוקת התוספת השנתית ב-1.86 טון למשק בית בשנה שווה ל-1,340 ש"ח לטון. מתוך סכום זה מקבלות רשויות המס (מע"מ) 204 ש"ח והיתרה ליום הבונה. הנהנים העיקריים כיום מהפרמיה הזו הם קבלני הבנייה אך לעירייה יכולת לנכס לעצמה חלק ממנה ע"י הטלת אגרות והיטלים ובכך ליהנות גם כן מהעלייה בערך הדירה.





המשרד להגנת הסביבה

- ברוב המקרים תשתית המערכת הפניאומטית היא העמוקה מבין תשתיות עירוניות אחרות ולכן חפירה זו מנוצלת לעיתים קרובות להשמת מערכת תשתיות נוספת.
- המערכת חוסכת חדר אשפה בגודל שנע בין 50 ל-100 מ"ר לבניין. ההשפעה על הדיירים היא אפשרות ללובי גדול יותר. קשה לאמוד ערך זה. נניח כי שליש מהפרמיה משולמת בגין הרחבת חדר הכניסה לבניין.

8.3. עלויות איסוף קונבנציונאלי

גורמים רבים משפיעים על עלות הטיפול בפסולת בתוך העיר (ומחוצה לה) כשהעיקריים שבהם הינם⁴:

- **הגורם המפנה: קבלן / רשות** – ברשויות שבהם עובדי הרשות מפנים את הפסולת, העלות במרבית המקרים תהיה גבוהה יותר, בגלל עלויות העסקה גבוהות משמעותית מאלו של עובדי קבלן. לעומת זאת ברשויות עם פינוי עצמי קיימת גמישות מבחינת תדירות הפינוי.
- **שיטת התמחור** - חלק מהרשויות משלמות תשלום כולל על הפינוי שמחושב לפי הערכת כמות הפסולת השנתית. במידה ובוצעה הערכת יתר של כמות הפסולת, הרשות נדרשת לשלם על פסולת שמעולם לא יוצרה על ידה. אפשרות נוספת היא קביעת התשלום לפי נפח פינוי. במקרה זה מוגדר מראש מחיר לפינוי של כל כלי אצירה לפי נפחו והרשות משלמת לפי מספר הפינויים שהקבלן ביצע. בנוסף, יש לשקלל בתחשיב העלויות את ההתייקרות הצפויה מהמעבר להפרדה במקור. מבדיקות היתכנות שנעשו בחמש רשויות שונות נמצא שברובן החיסכון במערך החוף עירוני עולה על ההתייקרות במערך התוך עירוני (שמוערכת בכ-20% עד 40%). מכיוון שהתחשיב מתמקד בעלויות המקטע העירוני, המעבר להפרדה במקור מייקר את החלופה למערכת הפניאומטית.

העלות לאיסוף ופינוי פסולת מעורבת כיום, נאמדה מתוך נתוני הרשויות על הסכמי הפינוי מול הקבלנים ומתוך עבודות יעוץ ואומדנים מקובלים של המשרד להגנת הסביבה. הנתונים הממוצעים נעים בין 280 ₪ לטון ל-350 ₪ לטון (כולל הובלה עד תחנת המעבר). על מנת להשוות לחלופת המערכת הפניאומטית יש לייקר עלויות אלו לאלו הצפויות להיות במערך של הפרדה לשני זרמים. הערכת התחשיב היא כי ההתייקרות במערך הפינוי התוך עירוני עומדת על כ-30%. **לפיכך עלות האיסוף הקונבנציונאלי בהנחת הפרדה במקור הינה 410 ₪ לטון (=315 ₪ לטון * 1.3).**

נתונים שהתקבלו מאגף שפ"ע ביבנה מחזקים את הממצאים: התשלום כיום לפינוי והובלה של מיכל בגודל 8 מ"ק בממוצע הינו 900 ₪ למכולה. פינוי של דחסן בעל כ-12.5 טון (45 מ"ק פסולת לאחר דחיסה) מהטרמינל עולה 1500 ₪ לטון שהם 120 ₪ לטון. נניח עתה כי הדחסנית שוות נפח ל-6 מכולות של 8 מ"ק (או 6 פינויים של מכולה בנפח 8 מ"ק) ולכן עלות הפינוי של אותה כמות תהיה 900 ₪ * 6 = 5,400 ₪. חלוקה במספר הטונות מעלה כי לטון עלות הפינוי הינה 432 ₪. נתון זה עולה בקנה אחד עם נתוני המשרד להגנת הסביבה ואלו המוצגים לעיל.

⁴ מתוך: "תג סביבה- ניהול משק הפסולת העירונית", המשרד להגנת הסביבה, 2010





המשרד להגנת הסביבה

8.4. חסכון בעלויות חיצוניות מפליטות לאוויר

יתרון סביבתי חשוב של המערכת הפניאומטית הוא במניעת הפליטות מנסועת המשאיות עד הטרמינל. יתרון שצפוי לגדול עם כניסתה של רפורמת ההפרדה במקור.

בטבלה הבאה מפורטים ממצאי מחקרים שבחנו את העלות החיצונית מנסועת משאיות לאיסוף פסולת (המאופיינות בנסועה איטית ופליטה גבוהה יחסית) כשהנתון הרלוונטי שנלקח משם הוא כמות המזהמים שנפלטת לק"מ נסועה (מסומן באדום). כמויות אלו הוכפלו בעלויות הפליטה המוכרות ע"י המשרד להגנת הסביבה⁵. נציין כי עלויות אלו מתבססות על עלות פליטה ממוצעת (בשטחים פתוחים ובמרכזים עירוניים). מובן כי ככל שהפליטה מתרחשת באזורים צפופים יותר הנזק הנגרם ממנה גבוה הרבה יותר. לכן, יצוינו העלויות הן על פי הנתונים הממוצעים והן על פי אלו המתאימים לשטחים עירוניים צפופים (גלעין תל אביב) כפי שמופיע בעבודה עליה התבססו העלויות המוכרות על ידי המשרד להגנת הסביבה⁶.

כמובן, ש- CO_2 הוא מזהם גלובלי ונתוני צפיפות העיר אינם רלוונטיים ואינם משפיעים.

טבלה 12- עלויות חיצוניות מנסועת משאיות לאיסוף פסולת (ש"ק"מ)

מזהם	לפי מחקר מודל מארה"ב ⁷		לפי מחקר שטח במדריד ⁸		סה"כ
	ש"ק"מ - עלויות מוכרות	ש"ק"מ - גלעין ת"א	ש"ק"מ - עלויות מוכרות	ש"ק"מ - גלעין ת"א	
NOX	6.58	9.93	18.19	1.47	2.22
PM2.5	0.00	0.00		0.00	0.00
PM10	0.00	0.00	0.30	0.03	0.05
VOC	0.00	0.00	1.00	0.02	0.05
CO	0.03	0.03	2.53	0.00	0.00
CO2	8600	0.95	1859.07	0.20	0.20
	7.55	10.90		1.73	2.53

במחקר האמריקאי העלות החיצונית הוערכה בכ-7.5 ש"ק"מ (מתוכם 6.6 ש"ק בגין פליטת NOX), על פי העלויות המוכרות. הפנמת הצפיפות באזורי בנייה רוויה העלתה את העלות לכ-10.9 ש"ק לטון. על פי מחקר שכלל מדידות אמת במדריד, העלות החיצונית מפליטות הוערכה בכ-1.73 ש"ק"מ, מתוכם כמעט שקל וחצי בגין פליטות NOX כאשר באזורים צפופים היא האמירה לכ-2.5. ניתן גם להיווכח

⁵<http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/SvivaAir/Documents/airexternalcost/AirExternalCoast10.2.2014.pdf>

⁶http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/SvivaAir/Documents/airexternalcost/AirNirB_1.pdf

⁷ Mousa A. Maimoun, Debra R. Reinhart, Fatina T. Gammoh and Pamela McCauley Bush. 2013. Emissions from US waste collection vehicles

⁸ José M^a López, Nuria Flores, Felipe Jiménez, Francisco Aparicio. 2010. Emissions pollutant from diesel, biodiesel and natural gas refuse collection vehicles in urban areas
http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-90-481-3043-6_16#page-1





המשרד להגנת הסביבה

בשונות הגדולה בהערכות הפליטות על פי המחקרים השונים (במונחי כמויות). ניתן להסביר זאת ע"י מאפיינים שונים של המשאיות (דיזל לעומת בנזין) כמו גם הנחות ומודלים שונים שנעשה בהם שימוש.

הנחת התחשיב היא כי העלות החיצונית בגין פליטת גז"ח ומזהמים עיקריים מתחבורה היא הממוצע בין הממצאים הנ"ל שהינו 5.7 ₪ לק"מ נסועה.

על פי נתוני עיריית יבנה, המערכת הפניאומטית חוסכת כ-375 שעות נסועת משאית בתוך שכונת המגורים, מידי חודש (בהנחת זרם פסולת מעורבת). בהנחת הפרדה במקור צפוי מספר זה לעלות בשל הגידול בסבבי הפינוי הנדרשים לשני הזרמים. הנחת התחשיב היא כי בהפרדה במקור יעלה מספר שעות הנסועה בכ-30% (בדומה לשיעור הייקור שהונח עבור האיסוף הקונבנציונאלי במקטע התוך עירוני ועד תחנת המעבר) לכ-487 שעות בחודש. בהנחת מהירות נסיעה של כ-3.9 ק"מ בשעה (הנחת המחקר האמריקאי) תוצאת התחשיב היא כי המערכת הפניאומטית חוסכת, תחת הפרדה במקור, בשכונה מסדר גודל א' המפנה לתחנת המעבר, כ-1900 ק"מ נסועה של משאיות פינוי בחודש. הכפלת נסועה זו בעלות החיצונית לק"מ מעלה כי העלות הנחסכת בחודש בגין פליטת משאיות הפינוי היא 10.8 אלש"ח בחודש שהם 130 אלש"ח בשנה. עבור שכונה המטפלת בכ-6,608 טון בשנה העלות הנחסכת היא 19.6 ₪ לטון.

על מנת לחשב את התועלת מהקמת המערכת יש לנכות מהעלות הנמנעת שנאמדה לעיל את העלות החיצונית הנובעת מפליטות לייצור החשמל שהמערכת צורכת. על פי נתוני היזם, עבור שכונה בסדר גודל א', המערכת צורכת כ-37.7 אלף קוט"ש בחודש שהם 453.1 אלף קוט"ש בשנה.

על פי דיווחי חברת חשמל למשרד להגנת הסביבה בשנת 2011 העלות החיצונית לקוט"ש עומדת על כ-0.18 ₪ לקוט"ש. לפיכך העלות החיצונית מפליטות בגין ייצור החשמל שהמערכת צורכת מוערכת בכ-81.5 אלף ₪ בשנה שהם 12.3 ₪ לטון, עלות נמוכה מזו הנחסכת מפליטת המשאיות. מכאן שהתועלת השנתית נטו משימוש במערכת הפניאומטית עומדת על כ-7.3 ₪ לטון, כתוצאה מהצמצום בפליטות המשאיות לאוויר.

מטרדי הריח המופחתים הודות למערכת הפניאומטית לא כומתו.





המשרד להגנת הסביבה

8.5. תוצאות

העלות הרלוונטית להשוואה בין שני מערכי הטיפול בפסולת כוללת את האיסוף הפינני וההובלה לתחנת המעבר. על מנת להשוות בין העלויות שהוצגו בפרקים הקודמים יש להוסיף לעלויות האיסוף הפניאומטי את עלות ההובלה של הפסולת מהטרמינל אל תחנת המעבר. הנחת התחשיב היא כי עלות זו עומדת על כ-120₪ לטון (על פי נתוני עיריית יבנה), והיא זהה בשתי מערכות הפינני שנסקרו. העלויות החיצוניות והתועלות הנובעות מהשימוש במערכת יוצגו בניתוח המסכם.

להלן ריכוז תוצאות הנתונים :

טבלה 13 - השוואת עלות הטיפול התוך עירוני באיסוף פניאומטי לעומת קונבנציונאלי (₪ לטון, ללא מע"מ)

איסוף קונבנציונאלי	11,000	3,550	מספר יחידות דיור	
410	416	815	רכיב הון	ללא תקבול מקבלן הבנייה
	83	121	תפעול	
	120	120	הובלה לתחנת המעבר	
	619	1,056	סה"כ/ עלות לטון	
	118	294	רכיב הון	עם תקבול מקבלן הבנייה
	83	121	תפעול	
	120	120	הובלה לתחנת המעבר	
	321	535	סה"כ/ עלות לטון	

מהטבלה עולה כי תחת מימון קבלני ובשכונות בעלות מספר רב של יחידות דיור עלות המערכת הפניאומטית זולה מזו האלטרנטיבית, גם במחירים כיום. זאת טרם הפנמת התועלות החיצוניות הנובעות ממנה (ערך הזמן והפליטות). נדגיש כי אילו הנתונים התייחסו לשכונות בעלות מבנים גבוהים יותר (ואותו מספר יחידות דיור) העלות של המערכת הפניאומטית הייתה זולה אף יותר. עם זאת, כאשר לא מתקבל מימון קבלני העלויות נותרות גבוהות מזו האלטרנטיבית, גם בשכונות גדולות וגם לאחר הפנמת התועלות החיצוניות.





המשרד להגנת הסביבה

8.6. ניתוח מסכם

הניתוח הבסיסי ייעשה במונחי ₪ לטון עם הרחבות בניתוח לגבי השחקנים השונים. הניתוח ייערך עבור שכונה מסדר גודל א' קרי, 3,550 יחידות דיור.

טבלה 14 - תקבולים ותשלומים לפי הגורמים השונים

תשלומים	תקבולים	הגורם
	רווחי יתר בגין היעדר תחרות	זכיון המע' הפניאומטית
תשלום פר טון	- חיסכון של הפינוי התוך שכונתי - קבלת השתתפות מהקבלן (במקרה והמערכת מצוינת בתב"ע)	העירייה
השתתפות בהשקעה (אם רשום בתב"ע). לרוב יגולגל לדיירים	פרמיה על ערך הדירה (בניכוי מע"מ)	קבלן הבנייה
השתתפות בהשקעה בתשתית הבניין (אם רשום בתב"ע) ופרמיה על ערך הדירה	- חדר כניסה לבניין מרווח יותר - ערך זמן נחסך - תועלות לא מוניטאריות (אסתטיקה, מניעת מטרדי ריח ובע"ח)	הדיירים
	- מע"מ על ערך הפרמיה - ערך העלות החיצונית הנחסכת מפליטות	הממשלה

8.6.1. חשבון זכיון המערכת הפניאומטית

כיום, יש למעשה חברה אחת המספקת שירותי הקמה ותפעול של פינוי פניאומטי. על פי הנתונים שנמסרו מהרשויות היזמים עושים את תחשיבי עלויות ההון במחיר הון משוקלל של 11% (WACC). אם נניח שמחיר זה הוא ממוצע משוקלל בין מבנה מימוני של 67% הון זר (הלוואות) בריבית של 5%, הרי שנובע מכאן שהתשואה להון העצמי המביאה לשיעור ההיוון הנ"ל הוא כ-20%. זוהי תשואה עודפת של כ-6% בהשוואה למצב של שוק תחרותי, בו יש התמודדות מכרזית בין שחקנים רבים (במצב תחרותי תשואת ההון העצמי נעה בין 12 ל-15%). חישוב החזר ההון במחיר הון משוקלל נמוך יותר (8% לדוגמא) יביא להקטנת עלויות ההון ב-21% שהם 171 ₪ לטון. כמו כן, נניח כי עלויות התפעול מגלמות רווח עודף של 10%, קרי 10 ₪ לטון. סה"כ רווח היתר הנובע מהמצב המונופוליסטי - 180 ₪ לטון.

8.6.2. חשבון העירייה

טבלה 15 - חשבון העירייה

₪ לטון	המערכת מצוינת בתב"ע	המערכת אינה מצוינת בתב"ע
כיסוי עלויות המערכת	-936	-936
השתתפות הקבלן	521	
פינוי לתחנת המעבר	-120	-120
בניכוי חיסכון הפינוי השכונתי	410	410
חשבון העירייה נטו	-125	-646





המשרד להגנת הסביבה

הפער בין שני המצבים הוא גדול יחסי 6:1. במצב של רישום המערכת בתב"ע העלות הנוספת לתקציב אגף שפ"ע בעירייה בשכונה בגודל א' הוא 826 אלף ₪. בעיר דוגמת יבנה, בה תקציב מערך פינני הפסולת הוא כ-48 מלש"ח בשנה מדובר בכ-1.7%. במצב של אי ציון המערכת בתב"ע, העלות נטו לעירייה היא 4.2 מיליון ₪ בשנה. נדגיש כי עבור שכונה בסדר גודל ג' העירייה יכולה להרוויח מהמעבר למערכת במצב של ציון המערכת בתב"ע.

8.6.3. חשבון קבלן הבנייה

להלן רכיבי העלות והתועלות של קבלן הבנייה במונחי ₪ לטון (חושב בסעיפים הקודמים)

טבלה 16 - חשבון קבלן הבנייה

1,340	פרמיה על ערך הדירה
-204	בניכוי מע"מ
1136	פרמייה נטו
-521	השתתפות בהשקעה (אם יש רישום בתב"ע)
611	ערך נטו לקבלן עם רישום בתב"ע
1136	ערך נטו לקבלן בלי רישום בתב"ע

ניתוח פר דירה מעלה כי תוספת הערך ליחידת דיור היא 21 אלש"ח. בשכונה עם 3,550 יחידות דיור תוספת הרווח לקבלן, שיש ציון בתב"ע היא 34 מלש"ח (ללא מע"מ) וכ-63.2 מלש"ח כשהמערכת לא מצוינת בתב"ע.

8.6.4. חשבון הדיירים

להלן רכיבי העלות והתועלות של הדיירים במונחי ₪ לטון (חושב בסעיפים הקודמים)

טבלה 17 - חשבון הדיירים

-521	תשלום היטל לקבלן הבנייה
-1,340	פרמיה על ערך הדירה
-1,861	סה"כ תוספת תשלום
440	התועלת מהרחבת השטח הציבורי בכניסה
139	תועלת מחיסכון בזמן
-1,282	עלות נטו לדיירים

8.6.5. חשבון הממשלה

ערך המע"מ שמקבלת הממשלה הוא 204 ₪ לטון. בנוסף נחסכים מהמשק העלויות החיצוניות מפליטת מזהמים, שהם 7.3 ₪ לטון.





המשרד להגנת הסביבה

8.6.6. ריכוז הממצאים

הטבלה הבאה מציגה את מאזן הרווחים והעלויות של המשתתפים על פי סעיפי ההוצאה/התועלת השונים במונחי ש"ח לטון. הניתוח מראה כי בפרויקט זרימת כספים בין "מרוויחים" (החברה המקימה, הקבלן והממשלה) וגורמים משלמים (הדיירים והעירייה) כשהערך הכולל למשק חיובי.

טבלה 18 - מאזן עלויות ותועלות של השחקנים השונים, ש"ח לטון אשפה, ללא מע"מ

סעיף	זכיין המע' הפניאומטית	העירייה	קבלן הבנייה	הדיירים	הממשלה	סה"כ
עלות המערכת למקים*	-756					-756
עלות פינוי מתחנת מעבר		-120				-120
חיסכון עלויות פינוי שכונתי (עד תחנת המעבר)		410				410
קבלת השתתפות מהקבלן / דיירים (בהנחת רישום בתב"ע)		521		-521		0
פרמיה על ערך הדירה			1340	-1340		0
תועלת מהלובי				440		440
תועלת מחיסכון בזמן				139		139
תועלות לא מוניטאריות				לא תומחר		0
תשלום לחברה מהמועצה						0
עלות	756	-756				0
רווח עודף	180	-180				0
תשלום מע"מ			-204		204	0
חיסכון פליטות					7	7
סה"כ	180	-125	1,136	-1,282	211	121

*חושב על סמך עלויות ההון והתפעול שחושבו לעיל בניכוי הרווח העודף שהוצג בסעיפים הקודמים

לסיכום: מבחינה כלכלית הפרויקט מוסיף למשק תועלת נטו של 121 ש"ח לטון. המרוויח העיקרי הינו קבלן הבנייה הנהנה מערך הפרמיה על הדירה (נציין כי ישנם גורמים הסבורים שניתן לנכס לעירייה חלק מפרמיה זו ע"י הטלת אגרות והיטלים על הפרויקט). עיקר העלות מושתת על הדיירים וערך התועלת שהם מקבלים נמוך יותר.

עולות מהניתוח שתי מסקנות של מדיניות והתנהגות:

- בפרויקט מסוג זה, ובמיוחד כיוון שמדובר בספק שהוא מונופול, אין מקום להתערבות ממשלה בדמות סבסוד הון אשר יתגלגל לגורמים המרוויחים ממילא.
- יש חשיבות רבה שהעירייה תבצענה באופן אופטימאלי את ההקמה ולכן חשוב שתקראנה את הניתוח שהוצג ואת משמעויותיו עבורן.

