

החברה לשירותי איכות הסביבה

חלופות לשיקום קרקעות מזוהמות

תע"ש נוף ים - פיילוט



תוכן עניינים

1. תקציר מנהלים	2
1.1 מידע כללי על האתר	2
1.2 המזהמים העיקריים שנמצאו בסקרי הקרקע באתר	2
1.3 חלופות לטיפול בקרקעות מזוהמות	3
1.3.1 חלופות הטיפול האפשריות ועלויות משוערות בחלוקה לקבוצות המזהמים באתר – שלב הפיילוט	3
1.3.2 חלופות הטיפול המומלצות, בחלוקה לקבוצות המזהמים - שלב הפיילוט	5
2. מבוא	7
3. מונחים והגדרות	8
4. מתחם השיקום- רקע	9
4.1 סקירת ממצאי סקר הקרקע הראשון	10
4.2 סקירת ממצאי סקר גזי קרקע	14
4.3 סקירת ממצאי סקר קרקע שני	16
4.4 סקירת ממצאי סקר קרקע במוקדי זיהום	20
4.5 סיכום מוקדי הזיהום הוודאיים	23
5. פעולות נלוות לטיפול	26
5.1 חפירה והובלה	26
5.2 פיקוח	27
5.3 בדיקות מעבדה	27
5.4 מדידות	27
6. חלופות לטיפול	27
6.1 השבה ומחזור	27
6.2 טיפול ביולוגי	28
6.3 טיפול בטכנולוגיית ייצוב-מיצוק	33
6.4 טיפול תרמי - שריפה (Incineration)	33
6.5 ייצוב מיצוק	39
6.6 הטמנה	43
6.7 הטמנה במטמנה לחומ"ס תוך איטום החומר המוטמן	44
6.8 אחסון קרקעות מזוהמות כחומר לטיפול במרכז ה HUB	44
7. דיון מסכם והמלצות לחלופות שיקום אתר תע"ש נוף ים- פיילוט	45
7.1 חלופות הטיפול האפשריות ועלויות משוערות, בחלוקה לקבוצות המזהמים באתר	45
7.2 חלופות הטיפול המומלצות למוקדי הזיהום העיקריים- פיילוט	49
8. ביבליוגרפיה	52

1. תקציר מנהלים

1.1. מידע כללי על האתר

מפעל התעשייה הצבאית (תע"ש) נוף-ים ליצור חומרי נפץ, חומרי הדף לטנקים ומרגמות, תחמושת ארטילרית ואבקת שריפה לכדורי ירי, הוקם בשנת 1950 על קו המצוק צפונית להרצליה והיה פעיל עד שנת 1995. בשנות פעילותו הוקמו באתר תע"ש נוף ים ("האתר") מתקני ייצור חומרי נפץ וחומרי הדברה, מתקני ייצור ואחסון של חומרי הדף NQ ו-NC, מתקני ייצור Sodium Azide (NaN₃), בית זיקוק על בסיס אתנול, חוות מכלי דלק ומכלי אתר, בונקרים לאחסון חומרי הדף, מטווח, אתרי פסולת וחצר גרוטאות, משרדים, חדרי אוכל, מרפאה, סדנאות, בריכות תשטיפי שפכים ופסולת, משטחים ותעלות ניקוז.

1.2. המזהמים העיקריים שנמצאו בסקרי הקרקע באתר¹

המזהמים העיקריים שנמצאו בסקרי הקרקע באתר הינם חומרי הדף (NC ו-NG), חומרי נפץ (chloro-3,5- dinitrobenzotrifluoride, TNT, DNT-2,6, DNT-2,4) ונגזרותיו, TPH ומתכות (בעיקר אנטימון) טריניטרוטולואן, NIPA-5 חומצה ניטרואיזופטליק.

על פי סקרי הקרקע וסיורים אשר בוצעו על ידי החברה לשרותי איכות הסביבה באתר תע"ש נוף ים, זוהו **שבעה מוקדי זיהום עיקריים** בהם ריכוזי הזיהום הינם גבוהים במיוחד והצורך בשיקומם הינו וודאי, אף טרם עריכת סקר סיכונים והגדרת ערכי יעד לשיקום. מתוך מוקדי זיהום אלו, בשלב הפיילוט יטופלו שני מוקדי זיהום – בריכת תשטיפים מערבית ואזוריים בהם מצויים מיכלי מזוט תת קרקעיים והקרקע סביבם מזוהמת במזוט. לשני מוקדי זיהום אלו מתייחס מסמך חלופות זה.

שני מוקדי הזיהום העיקריים, מכילים את קבוצות המזהמים הבאות:

(א) חומצות אורגניות זיהום ראשי + SVOC זיהום משני

(ב) TPH זיהום ראשי

¹ חלק מהזיהומים נמצאו בערך גבוה מערכי הסף, וחלקם בריכוז גבוה מסף הכימות האנליטי.

1.3. חלופות לטיפול בקרקעות מזוהמות

1.3.1. חלופות הטיפול האפשריות ועלויות משוערות בחלוקה לקבוצות המזהמים באתר – שלב הפיילוט

בתום סקירת החלופות לטיפול בקרקעות המזוהמות ע"י החברה לשרותי איכות הסביבה וכן ביצוע ניתוח של החלופות על בסיס קריטריונים סביבתיים, כלכליים וטכנולוגיים, להלן סיכום חלופות הטיפול האפשריות² נכון לאלו הזמינות כיום בישראל, בחלוקה לקבוצות הזיהום העיקריות. טכנולוגיות כגון Thermal desorption ושטיפה לא נבחנו בעבודה זו עקב אי זמינותם העכשווית בארץ.

חומצות אורגניות- זיהום ראשי				
SVOC- זיהום משני				
בריכת תשטיפים מערבית				מוקד זיהום עיקרי
כ- 3,000 טון				סה"כ כמות מוערכת
חלופות אפשריות	שריפה	ייצוב	הטמנה במטמנה לחומ"ס	הטמנה ואיסוס במטמנה לחומ"ס
עלות משוערת לטיפול ³ (לטון בש"ח)	■	■ (ראו הערה מטה)	■	■
עלות משוערת לחפירה הובלה (לטון בש"ח)	(נאות חובב)	(נאות חובב)	(נאות חובב)	(נאות חובב)
סה"כ עלות טיפול כוללת לכמות המוערכת ⁴	■	■	■	■
יישומות השיטה	מיידית	מיידית	pH>6	pH>6
יכולת קליטה/טיפול (טון/יום)	כ- 5 המתקן אינו יכול לקבל יותר מכמות זו עקב עומס ב CAPACITY	כ- 500	כ- 500	כ- 500
זמן העיכורים (חודשים)	מידי	מידי	מידי	מידי
בטחון באיכות התוצאה	100%	100%	100%	100%

העלויות המוערכות הנקובות לעיל ולהלן, לא כוללות שירותי פיקוח של רשות הטבע והגנים ורשות העתיקות (כ) –

■ (ש ליום פיקוח) ועבודות תשתית נדרשות לשם חיבור הגישה לכביש החוף, המוערכות בכ- ■ ש"ח.

*הערה בנוגע לעלות הטיפול במתקן ייצוב מיצוק – החברה ממליצה לבצע פיתוח פורמולציה בעלות של כ- ■

■ ש. להערכת החברה, פיתוח פורמולציה זו יחסוך עד כ- ■ % מעלות הטיפול במתקן ייצוב מיצוק.

² חלופות אשר אינן מופיעות בטבלאות כחלופות אפשריות עקב חוסר היתכנות טכנולוגית מיידית.

³ הערכה ראשונית בלבד. העלות לא כוללת עלויות עקיפות (כגון שמירה, גידור, פיקוח, סקרי קרקע, מדידות, מעבדות אנליטיות וכד') וכן טיפול משלים או מקדים הנדרש (כגון טיפול בשפכים ובבוצה, טיפול באפר, תמיסות ושאריות מההליך וכן ניפוי, גריסה, מיון וכו').

שער החליפין עליו מבוססת ■

העלות המוערכת: 4 ש"ח לדולר, 4.5 ש"ח ליורו.

⁴ כולל בצ"מ ■ %

TPH - זיהום ראשי							
קרקע בסביבת מיכלי המזוט							מוקדי זיהום
כ - 2,000 טון							סה"כ כמות מוערכת:
חלופות אפשריות	שריפה במפעל "נשר"	הטמנה לחומרים מסוכנים	ייצוב-מיצוק	טיפול ביולוגי Off Site	טיפול ביולוגי On Site	מיחזור כיסוי / מילוי בורות	אחסון זמני (לטיפול ב HUB)
עלות משוערת לטיפול ⁵ (לטון בש"ח)	■	■	■	■	■	■	■
עלות משוערת לחפירה הובלה (לטון בש"ח)	■ (רמלה)	■ (נאות חובב)	■ (נאות חובב)	■ (אפעה)	■	■ (נאות חובב)	■
סה"כ עלות טיפול כוללת לכמות המוערכת ⁶	■	■	■	■	■	■	■
יישימות השיטה	מותנה ב TOC<3%	מותנה ב TOC<6%	מותנה ב TOC<6%	מותנה בקיבולת קליטה	מותנה בקיבולת קליטה	מותנה ב TPH<0.5%	???
יכולת קליטה/טיפול (טון/יום)	כ - 200	כ - 500	כ - 500	כ - 500	כ - 500	כ - 500	כ - 1000
זמן היערכות/ פירוק (חודשים)	מיידי לאחר ניפוי, גריסה וסילוק מתכות	מיידי	מיידי	מיידי	חודשיים	מיידי	???
בטחון באיכות התוצאה	100%	100%	100%	75%	75%	100%	???

⁵ הערכה ראשונית בלבד. העלות לא כוללת עלויות עקיפות (כגון שמירה, גידור, פיקוח, סקרי קרקע, מדידות, מעבדות אנליטיות וכד') וכן טיפול משלים או מקדים נדרש (כגון טיפול בשפכים ובבוצות, טיפול באפר, תמיסות ושאריות מההליך וכן ניפוי, גריסה, מיין וכו').
לדולר, 4.5 ₪ ליו. שער החליפין עליו מבוססת העלות המוערכת: 4 ₪
⁶ כולל בצ"מ %

1.3.2. חלופות הטיפול המומלצות, בחלוקה לקבוצות המזהמים - שלב הפיילוט

עם סיום הבחינה הטכנו-כלכלית, ובהתאם להנחיות ואמות המידה שפרסם המשרד להגנת הסביבה במסמך "הנחיות מקצועיות ואמות מידה לטיפול בקרקע לצורך שיקום" (להלן: "מסמך הנחיות טיפול"), הקובע כי יש להתחשב בגודל האתר, בסוגי הזיהום, במיקומם ובאופיים ולמתן עדיפויות לטיפול בקרקע על ידי השבה ומיחזור, וכן בהתאם לייעודי הקרקע לצרכי ולשלבויות הפיתוח והשיווק של האתר המתוכננים באתר תע"ש נוף ים, גיבשה החברה את המלצתה לטיפול בכל אחד משני מוקדי הזיהום וקבוצות המזהמים העיקריות.

בחינת החלופות ודירוגן בוצעה בהתחשב במספר שיקולים עיקריים:

- התאמת החלופה לתנאי האתר המטופל, בהתחשב בגודל האתר, כמות הקרקע המזוהמת, סוג הזיהום, מיקומו ואופיו וכך שתביא את הקרקע המטופלת לערכי הסף הראשוניים או לערכים מבוססי סיכון, שאושרו ע"י המשרד להגנת הסביבה.
- יעילות השיטה והטכנולוגיה, הן מבחינת אחוזי ההפחתה של כמות המזהמים והן מבחינת קצב ההפחתה.
- עלות החלופה.
- לוחות זמנים להשלמת השיקום (בייחוד במידה והשיקום יעשה באתר).
- מניעת השפעות שליליות נגזרות על הסביבה ועל הציבור, כגון: פליטות לאוויר; זיהום בקרקע, במי תהום או במים עיליים; יצירת חומרים נלווים (כמו תוצרי פירוק או תוספים) שאינם רצויים; פירוק חלקי של המזהמים היוצר חומרים מזהמים חדשים; שימוש בחומרים שאינם "נקיים" (מכילים שאריות של חומרים מזהמים).
- ישימות החלופה באתר, לרבות בהיבטים של זמינותה בישראל.
- התאמת החלופה למדיניות המשרד להגנת הסביבה לטיפול בקרקע כך שיתאפשר שימוש חוזר בהתאם למדרג הבא: **השבה \ מחזור \ סילוק** - ללא טיפול מקדים או לאחר טיפול.

החברה ממליצה כי פעולות הטיפול במוקדי הזיהום העיקריים בשלב הפיילוט באתר יתבצעו **מחוץ לאתר**, וזאת מהשיקולים הבאים:

- א) מהירות שיקום האתר - הוצאת הקרקעות המזוהמות וטיפול בהן מחוץ לאתר מביא לטיפול בקרקע בפרקי זמן של שבועות ספורים, בעוד הליך טיפול בתוך האתר (לרבות ייבוא/הקמה/הרצת מתקנים ככל ויידרש) עשוי להימשך זמן רב, להערכת החברה, ולעכב את סיום הפרוייקט ואכלוס הקרקע.
- ב) כדאיות כלכלית - כמות הקרקע לטיפול באתר תע"ש נוף ים בשלב הפיילוט הינה קטנה יחסית, דבר היוצר חוסר כדאיות כלכלית בשיקום הקרקעות באמצעות הקמת מתקנים באתר.

ג) בעלי עניין - סמיכות האתר לאזורי מגורים עלולה לעורר התנגדויות של תושבים הגרים בקרבה לאתר ולמתקנים אשר יפעלו משטח האתר (בטווח של 100 מ'). ביצוע פעולות הטיפול מחוץ לאתר זה אף מקבל משנה תוקף נוכח החתך הדמוגרפי של תושבי האזור, אוכלוסייה בעלת איכות חיים גבוהה ממעמד סוציאקונומי גבוה, ובעלת מודעות סביבתית גבוהה.

החברה ממליצה על שיטות הטיפול - **השבה ומיחזור (כיסוי ומילוי/שריפה במפעל מלט) וייצוב מיצוק או הטמנה במטמנה לחומ"ס תוך איטום באמצעות חומר מיוצב** כפתרונות הישימים, הסביבתיים והכלכליים ביותר, ובעלי רמת הוודאות הגבוהה ביותר לזיהומים במקדי הזיהום העיקריים:

א) **חומצות אורגניות זיהום ראשי, זיהום משני - SVOC**, ממליצה החברה על ייצוב מיצוק בנאות חובב כחלופה המועדפת.

ב) **TPH זיהום ראשי**, ממליצה החברה על שריפה במפעל מלט כחלופה המועדפת.

שיקום אתר תע"ש נוף ים – חלופת טיפול מומלצת למוקדי הזיהום העיקריים - פיילוט			
סה"כ כמות מוערכת:			כ- 5,000 טון
<u>מוקדי הזיהום</u>	חלופת טיפול (מועדפת 1)	חלופת טיפול (מועדפת 2)	חלופת טיפול (חלופת)
<u>בריכת תשטיפים מערבית</u> זיהום עיקרי חומצות אורגניות, זיהום נוסף SVOC סה"כ כמות מוערכת: כ- 3,000 טון	ייצוב	הטמנה במטמנה לחומ"ס תוך איטום באמצעות חומר מיוצב	pH>6 הטמנה במטמנה לחומ"ס
סה"כ עלות טיפול כוללת לכמות המוערכת ⁷			
סה"כ משך קליטה/טיפול כולל לכמות המוערכת	כשבועיים	כשבועיים	כשבועיים
<u>קרקע בסביבות מיכלי המזוט</u> זיהום עיקרי TPH סה"כ כמות מוערכת: כ- 2,000 טון	TPH<0.5% מיחזור - כיסוי מטמנה או מילוי בורות	TOC<3% שריפה במפעל מלט	
סה"כ עלות טיפול כוללת לכמות המוערכת ⁸			
סה"כ משך קליטה/טיפול כולל לכמות המוערכת	כשבועיים	כשבועיים	

*יש לציין כי בזיהום TPH, כאשר ערך ה TOC יהיה גדול מ 3% תנוב הקרקע לטיפול ביולוגי Off Site.

⁷ כולל בצ"מ %
⁸ כולל בצ"מ %

2. העלויות המוערכות הנקובות לעיל, לא כוללות שירותי פיקוח של רשות הטבע והגנים ורשות העתיקות

(עלות של כ [] ₪ ליום פיקוח) ועבודות תשתית נדרשות לשם חיבור הגישה לכביש החוף, המוערכות

בכ- [] ₪ סה"כ.

3. מבוא

קרקע היא משאב חיוני ובסיסי המשמש בית גידול לחי ולצומח, ומשמש את האדם לצורכי חקלאות, מסחר, תעשייה ובנייה. הקרקע בישראל, בפרט, היא משאב ציבורי מוגבל בשל שטחה הקטן של המדינה וצפיפות דיור מהגבוהות במדינות ארגון ה-OECD.

יחד עם זאת, מסקר שהוכן על-ידי חברת LDD עבור משרדי האוצר והגנת הסביבה, עולה כי בישראל קיימים כ-3,200 אתרים בעלי פוטנציאל לקרקע מזוהמת, ובהם כ-23,000 מוקדי זיהום. חלק ניכר מהזיהומים בקרקעות נגרמו על-ידי גורמים הנמצאים באחריות המדינה, לרבות התעשיות הצבאיות וצבא ההגנה לישראל, לאורך תקופת זמן ממושכת, בה היעדר מודעת והיעדר חקיקה הובילו להזנחה ממושכת וגורפת.

כיום, שתי מגמות מתחומים שונים השתלבו לכדי יצירת צורך מיידי בשיקום אותן הקרקעות המזוהמות. המגמה הראשונה היא התגברות המודעות הסביבתית, בעולם בכלל ובישראל בפרט, כאשר לצד הליכים לאימוץ חקיקה מונעת נקטים צעדים מעשיים לשיפור איכות הסביבה. המגמה השנייה הינה מצוקת הדיור ומחירי הנדל"ן המאמירים, מגמה אשר התחזקה בשנים האחרונות בשל ריבוי טבעי גבוה וצפיפות אוכלוסין גבוהה באזורי הביקוש במרכז הארץ, אזורים בהם פעלו תעשיות צבאיות ובסיסים צבאיים אשר מפונים כיום לדרום הארץ.

זיהוי מגמות אלו על ידי המשרד להגנת הסביבה ומשרד האוצר, הובילו להכרזה על החברה לשירותי איכות הסביבה ("החברה") כזרוע הביצוע של הממשלה⁹ לטובת ניהול ושיקום מתחמי המקרקעין של התעשיות הצבאיות וצבא ההגנה לישראל שפנו או שיפנו בעתיד.

החברה לשירותי איכות הסביבה מביאה בזאת סקירה, ניתוח והצגה של חלופות השיקום האפשריות והרלוונטיות לטיפול במוקדי זיהום עיקריים-שלב א'- למתחם תע"ש נוף ים, וזאת על בסיס קריטריונים סביבתיים, כלכליים וטכנולוגיים ובהתאם ליעודי הקרקע, השימושים והתכליות הידועים המתוכננים בה.

על פי סקרי הקרקע וסיורים אשר בוצעו באתר תע"ש נוף ים, זוהו 6 מוקדי זיהום עיקריים בהם ריכוזי הזיהום הינם גבוהים במיוחד והצורך בשיקומם הינו וודאי, אף טרם עריכת סקר סיכונים והגדרת ערכי סף. שלושה מתוך מוקדי זיהום עיקריים אלו, יטופלו כבר בשלב הפיילוט - אלו מתייחס מסמך חלופות זה.

הכמויות והעלויות המוצגות בתוכנית החלופות לשיקום תע"ש נוף ים (פיילוט) הינן משוערות ולצורך אומדן ראשוני בלבד, אינן מחייבות את החברה, ועשויות להתעדכן בעתיד. תוכנית החלופות לשיקום תע"ש נוף ים (פיילוט) אינה מתייחסת לזיהום מי התהום ולפתרונות השיקום אשר אינם בתחום מומחיותה של החברה, ותידרש עבודת שיקום משלימה של מי התהום על מנת להביא לשיקום הוליסטי וייסודי של המתחם כולו.

⁹ החלטת ממשלה מספר 624(ד/ר)31 מיום 15.10.2015

4. מונחים והגדרות

DNT	2,6 – Dinitrotoluene 2,4- Dinitrotoluene
E&E	Ecology and Environment, Inc
HMX	Cyclotetramethylene-tetranitramine; High Melting eXplosive Octahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocine
NC	Nitrocellulose
NG	Nitroglycerine; glycerol trinitrate
NQ	Nitroguanidine
PCBs	Polychlorinated Biphenyls
IRBCA	Israel Risk Based Corrective Action
RDX	1,3,5 - trinitro - 1,3,5 – triazine ; Royal Demolition eXplosive
SVOCs	Semi Volatile organic compounds
TCE	Trichloroethylene
TNT	2,4,6 Trinitrotoluene
TPH	Total petroleum hydrocarbon
VOCs	Volatile organic compounds
HMX	Octogen, High Melting eXplosive
MTBE	Methyl Tert-Butyl Ether
PCE	Tetrachloroethylene
מסמך ההנחיות המקצועיות	הנחיות מקצועיות ואמות מידה לטיפול בקרקע לצורך שיקום, אגף שפכי תעשייה, דלקים וקרקעות מזוהמות המשרד להגנת הסביבה, 21.01.2016

5. מתחם השיקום- רקע

מפעל התעשייה הצבאית (תע"ש) נוף-ים ליצור חומרי נפץ, חומרי הדף לטנקים ומרגמות, תחמושת ארטילרית ואבקת שריפה לכדורי ירי, הוקם בשנת 1950 על קו המצוק צפונית להרצליה והיה פעיל עד שנת 1995.

בשנות פעילותו הוקמו באתר תע"ש נוף ים ("האתר") מתקני ייצור חומרי נפץ וחומרי הדברה, מתקני ייצור ואחסון של חומרי הדף NQ ו-NC, מתקני ייצור Sodium Azide (NaN₃), בית זיקוק על בסיס אתנול, חוות מכלי דלק ומכלי אתר, בונקרים לאחסון חומרי הדף, מטווח, אתרי פסולת וחצר גרוטאות, משרדים, חדרי אוכל, מרפאה, סדנאות, בריכות תשטיפי שפכים ופסולת, משטחים ותעלות ניקוז.

מפעל תע"ש נוף-ים נסגר בשנת 1995 בשל הנסיבות הבאות:

1. המלצת ועדה בין משרדית משנת 1991 להעברת מפעלי התע"ש מקרבת אזורים צפופי אוכלוסייה;
 2. הפחתה בכמויות הייצור;
 3. תכנית ההבראה של התע"ש;
 4. פיצוץ שאירע בשנת 1992 בבונקרי התחמושת בחלק הצפוני של האתר שהושבתו לאחריו;
 5. קידום תכניות לפיתוח השטח למגורים ומסחר.
- גודל האתר הינו כ- 450 דונם, כאשר כיום הוא עומד נטוש ונמצא באחריות רשות מקרקעי ישראל (רמ"י).



תצ"א אתר תע"ש נוף ים¹⁰

5.1 סקירת ממצאי סקר הקרקע הראשון¹¹

בשנים 1996-1997 נערכה חקירה סביבתית ע"י חברת Ecology & Environment (E&E) וחברת תה"ל, במטרה לקבוע את פוטנציאל הזיהום והיקפו כתוצאה מפעילות המפעל ומתקניו ("סקר הקרקע הראשון"). סקר הקרקע הראשון כלל את אבני הדרך הבאות:

- סקירה היסטורית של פעילות האתר לצורך קביעת מקורות וסוגי מזהמים פוטנציאליים
 - דיגום קרקע, וביצוע אנליזות כימיות וגאו-טכניות
 - דיגום מי תהום
 - דיגום אוויר חופשי
 - קביעת ערכי סיכון לאדם ספציפיים לאתר ועל פיהם ערכי מטרה לשיקום האתר
- לשם הצגת ממצאי הסקירה חולק האתר ע"י חברת E&E לשמונה תאים נפרדים על פי הפעילויות השונות בו. במהלך סקר הקרקע הראשון נלקחו 909 דגימות מפני השטח ועד לעומק 1.5 מ', 526 דגימות מ-156 קידוחים עמוקים ו-142 דגימות מ-36 בורות מבחן שנחפרו. ע"פ ממצאי סקר הקרקע הראשון סימנה חברת E&E מתחמים בתוך כל תא שטח. המתחמים מהווים אזור בהם נמצאו ריכוזי מזהמים החורגים מערכי הסף.

¹¹ IMI- Israeli Military Industries Ltd. Relocation Program Nof-Yam Site, Feasibility Study Report, 1997

7 שכללו את מתקני הייצור של אבקת השריפה, חומר ההדף NC וחומר הנפץ TNT ונגזרותיהם בהתאמה. פרט לקידוח אחד בצמוד לבריכת תשטיפים של תהליך ייצור ה TNT (מתחם 16), במאות הקידוחים שבוצעו באתר לא נמצאו חריגות מעבר לעומק 2 מטרים. כצפוי, בשטחים בהם לא היה פוטנציאל לזיהום קרקע, כגון משרדים, מחסנים וחדרי אוכל (בתי שטח 2 ו-6) נמצאו חריגות בודדות מערכי סף, ובתא שטח 4 נמצאו חריגות ב-TPH בלבד.

<u>סיכום ממצאי סקר הקרקע הראשון של חברת E&E - בחלוקה לתאי השטח</u>
<u>תאי השטח הצפוניים, תאי שטח 1-2</u>
תא שטח 1 כלל בונקרים לאחסון תחמושת ואתרי פסולת, באזור זה אירע הפיצוץ בשנת 1992 ותא שטח 2 כלל בעיקר משרדים. בשני תאי השטח נמצאו חריגות בריכוזי וכן חריגות במתכות, אבץ ואנטימון. החריגות תוחמו אנכית מעומק פני השטח ועד NG החומרים ההודפים לעומק 1.5 מטרים.
<u>תא שטח 3</u>
בתא פעל מפעל ייצור חומרי נפץ ונמצאו בו 5 מתחמים מזהמים. המזהמים העיקריים שנמצאו הינם NC, 2,4-DNT ו-NG. כל החריגות נצפו בעומק פני השטח עד לעומק מקסימלי של 2 מטרים.
<u>תא שטח 4</u>
תא השטח כלל בעיקר משרדים וסדנה כללית אחת. בשני מתחמים בתא השטח נמצאו דוגמאות שדה חורגות ל TPH עד לעומק 1.5 מטרים. הריכוזים הגבוהים ביותר באתר נמצאו בתא שטח זה.
<u>תא שטח 5</u>
תא השטח כלל את אזורי הייצור והאחסון של NC ו-Sodium Azide. בתוך תא השטח נמצאת תעלת ניקוז הראשית של המפעל המגיעה מאזור ייצור ה TNT בדרום מזרח האתר, דרך אזור ייצור ה- NC ומתנקזת אל הוואדי הצפוני לשמורת אפולוניה הנשפך לים. בתא שטח זה נמצאו חריגות גבוהות בריכוזי חומרי הנפץ TNT, DNT ונגזרותיו, חומרי ההדף NC, TPH ומתכות (אנטימון וארסן). החריגות העיקריות בריכוזי חומרי ההדף וה- TPH נמצאו בפני הקרקע באזור הייצור והאחסון של ה- NC. סביב תעלת ניקוז תשטיפי מפעל ה- TNT, בדרום מזרח תא השטח, נמצאו עד לעומק 1.5 מטרים החריגות הגדולות ביותר בריכוזי חומרי נפץ.
<u>תא שטח 6</u>
תא השטח כלל את אתר הייצור של NQ (חומר הדף). בתא שטח זה נמצאו בפני השטח חריגות בריכוז ה- NC, אך לא נמצאו חריגות בריכוזי ה-NQ.
<u>תא שטח 7</u>
תא השטח כלל את אתר הייצור של TNT ששימש בהמשך לייצור חומרי הדברה, בית זיקוק על בסיס אתנול, חוות מכלי אחסון אתר וארבע בריכות תשטיפים ופסולת. בתא שטח זה נמצאו מספר המתחמים המזהמים הרב ביותר, 6 מתחמים. עיקר החריגות נמצאו עד לעומק 1.5 מטרים במרכז תא השטח, בו נמצאו החריגות הגבוהות ביותר עבור 4-chloro-3,5-dinitrobenzotrifluoride. במתחם אחד בלבד, בבריכת התשטיפים נמצאה חריגה עד לעומק 10 מטרים. במתחמים 19-20 נמדדו חריגות גבוהות עבור TPH מפני הקרקע לעומק 1 מטר. בתא

שטח זה נמצא חריגות מערכי הסף במתכות אנטימון ועופרת. מתחם 18 (ששימש כבריכת תשטיפים) לא נסקר בשל פעילות המתחם אך נמדדו קריאות גבוהות בדוגמאות השדה בריכוזי TNT, 4-chloro-3,5-dinitrobenzotrifluoride ו-4-PH.

תא שטח 8

תא השטח כלל את אזורי המשרדים, סדנת מכונות וחצר גרוטאות. בתא שטח זה נמצא מתחם יחיד בגבול עם תא שטח 4 מצפון, בו נמצאו חריגות מערכי הסף. חריגות נמצאו עד לעומק 1.5 מטר בריכוז TPH ומתכות (אנטימון, קדמיום, ניקל וברזל).

סיכום סקר הקרקע הראשון של E&E - על פי מוקדי המזהמים השונים

דלקים

בדיקת הדלקים (TPH) בוצעה בעיקר באמצעות מכשור שדה, כיוון שנמצאה התאמה בין ממצאי השדה למעבדה. ריכוזים חורגים נמצאו במתחמים 9-10 בתא שטח 4 וכן במתחם 21 בתא שטח 8. כצפוי, החריגות נמצאו בסמיכות למכלי דלק מוטמנים וסדנאות.

חומרי הדף

באתר ייצרו שני חומרי הדף עיקריים NC ו-NG. עיקר חריגות ריכוזי ה-NC נמצאו בתא שטח 3 (מתחמים 4-8) ובתא שטח 5 (מתחמים 11-12) בסמוך למתקני אבקת השריפה ו-NC. עיקר החריגות בריכוזי ה-NG נמצאו בתא שטח 3 (במתחם 6).

חומרי נפץ

במפעל יוצרו TNT ונגזרותיהם. עיקר החריגות עבור חומרי נפץ נמצאו בדרום תעלת הניקוז בתא שטח 5 שנקזה את אתר הייצור לעבר הים התיכון, ובתאי שטח 7 ו-3 סביב בריכות תשטיפי מתקן ייצור TNT ואתר ייצור אבקת שריפה.

חומרי הדברה

נמצאו רק בתא שטח 7, בסמוך לאזור ייצור TNT שהפך למפעל ייצור חומרי הדברה.

מתכות

ברוב האתר נמצאו חריגות הריכוזי המתכות ובעיקר בתאי שטח 1, 2, 5, 7 ו-8. המתכת הנפוצה ביותר באתר היא אנטימון, אך נמצאו כמויות גדולות גם של ארסן.

בסיום הסקירה הגישה חברת E&E את הערכתה לגבי היקף הזיהום באתר על פי ממצאי שדה וממצאי המעבדה שפורטו בדו"ח הממצאים. סה"כ הוערך על ידם כ- 90,000 טון קרקע המצריכים טיפול או הטמנה.

שם תרכובת	קטגוריה
2,4,6-trinitrotoluene (TNT)	חומרי נפץ וחומרי הדברה
2,4/2,6-dinitrotoluene (DNT)	
2,4-Dinitrophenol	
2,4/2,6-Dinitrotoluene	
2,4- and 2,6-Dinitrotoluene (mixture)	
Guanidine nitrate	
3,5,-Dinitro-4-chlorobenzotrifluoride	
2,4-Dinitrophenol	
Gamma- BHC	
1,3-Nitrotoluene	
1,4-Nitrotoluene	
Gamma- BHC	
PCB / חומרי הדברה	
נגזרות ניטרן אורגניות לייצור לתעשיות אחרות	
Sodium azide	חומרי הדף
3-nitrocellulose	
Nitrocellulose (NC)	
Nitroglycerine (NG)	
Nitroguanidine (NQ)	
N-Nitrosodiphenylamine	
n-nitrosodiphenylamine	אבקות שריפה
אבקת שריפה לכדורי ירי	
חומצות מרוכזות	אחר
תוצרי לווזי במהלך הייצור	
מתכות	
מלחים	
דלקים ושמינים	
PAH's	
חומצות ובסיסים	
Butyl benzyl phthalate	
Dibutylphthalate	
Di(n-octyl)phthalate	
bis(2-ethylhexyl) phthalate	ממסים
2-butanone	
Nitrobenzene	
Acetone	

טבלת סיכום המזהמים הפוטנציאליים שאותו בסקר הקרקע הראשון של E&E

4.2 סקירת ממצאי סקר גזי קרקע¹³

בשנת 2012 בוצע ע"י חברת LDD סקר גזי קרקע (אקטיבי ופאסיבי) נרחב בכל שטח האתר, בו מוקמו 141 דוגמים של חברת Beacon והותקנו 78 בארות דיגום גז קרקע אקטיבי לעומקים 1.5-5 מטרים ומהם בוצעו בסה"כ 108 דיגומי גז קרקע אקטיבי ("סקר גזי הקרקע"). חריגות מערכי הסף נמצאו בחלקו המרכזי והדרומי של האתר בלבד. החריגות נחלקו לשתי קבוצות עיקריות אורגנו מוכלרים שכללו בעיקר כלורופורם, PCE ו-TCE ומרכיבי דלקים שכללו בעיקר MTBE.

¹³ סקר גז קרקע אקטיבי, חברת LDD, 2012

מוקדים החשודים כמוזהמים – סקר גז קרקע פאסיבי	
<u>חוות מכלים תת קרקעית אזור צפוני</u>	
בדוגם הצמוד לחוות מכלים תת קרקעית שעדיין נמצאת באתר נמצאה כמות יחסית גדולה של מרכיבי דלקים.	
<u>רחבה בדרום מערב האזור צפוני</u>	
נמצאו כמויות קטנות, אך גבוהות מסף הגילוי של שיטת המעבדה, למרכיבי דלקים.	
<u>אזור ניקוז בצפון מזרח האזור המרכזי</u>	
נמצאו כמויות יחסית גבוהות של חומרים אורגנים מוכלרים.	
<u>תעלת הניקוז הראשית של האתר</u>	
מהרחבה באזור הדרומי של האתר ולכל אורך תעלת הניקוז הראשית עד לוואדי המנקז את האתר לים התיכון, נמצאו כמויות קטנות של מרכיבי דלקים ומרכיבים אורגנים מוכלרים ובנקודה אחת במרכז התעלה נמצאה כמות גדולה של TPH. בנקודת השפך של התעלה לוואדי ובדוגם אחד ברחבה שבמעלה הניקוז נמצאו כמויות קטנות של חומרי נפץ ספוחים לדוגמים (0.03 ו-0.058 µg/דוגם בהתאמה).	
<u>מזהמים שנמצאו בדוגמים בודדים באתר</u>	
בדוגם במערב האזור הדרומי נמצאה כמות קטנה של חומרי נפץ (0.01 µg/דוגם). בדוגמים באזור המרכזי נמצאו כמויות נמוכות של מרכיבי דלקים (ריכוז מקסימלי 0.06 µg/דוגם). בדוגם PG7 במזרח האזור המרכזי נמצאה כמות קטנה של חומר אורגני מוכלר (0.89 µg/דוגם).	

ממצאי סקר גז הקרקע האקטיבי בחלוקה לשלושה אזורים	
<u>מתחם צפוני</u>	
בוצעו 13 דיגומים אקטיביים בחלק הצפוני של האתר בהם לא נמצאו ריכוזי מזהמים חורגים מערכי הסף לחדירת גזי קרקע למרתפים.	
<u>מתחם מרכזי</u>	
מתוך 45 דיגומים אקטיביים שבוצעו בחלק המרכזי של האתר, נמצאו 10 דיגומים עם ריכוזים החורגים מערכי הסף.	
רוב החריגות במזהמים במרכז האתר נמצאו בסמוך לסדנה כללית בצפון מזרח החלק המרכזי של האתר (מתחם 9). המזהמים כללו את קבוצת האורגנו מוכלרים וכן מעט מזהמים מקבוצת מרכיבי הדלקים ונמצאו בעומק 1.5 עד 5 מטרים.	
לאורך שביל הגישה של האתר נמצאו חריגות בריכוזי מזהמים אורגנו מוכלרים בעומק 1.5 מטרים. במרכז האתר לאורך תעלת הניקוז המרכזית וניקוז לוואדי הנשפך לים נמצאו מרכיבי דלקים וחומרים אורגנים מוכלרים בעומק 1.5 מטרים ו-5 מטרים בהתאמה. באזור אחסון וייצור הניטרולול (NC) במרכז האתר, נמצאה חריגה בריכוז ה-MTBE בעומק 2 ו-5 מטרים.	
<u>מתחם דרומי</u>	
מתוך 50 דיגומים אקטיביים שבוצעו בחלק הדרומי של האתר, נמצאו 8 דיגומים עם ריכוזים החורגים מערכי הסף לחדירת גזים למרתפים. בבריכות התשטיפים במערב האתר נמצאו חריגות בריכוזי מזהמים אורגנו מוכלרים ומרכיבי דלקים בעומקים 2-5 מטרים. בצפון החלק הדרומי,	

בסמוך לצנרת הניקוז נמצאה חריגה בעומק 2 מטרים בריכוז הכלורופורם. בדרום האתר נמצאו ריכוזים חורגים של כלורופורם בעומקים 2 עד 5 מטרים בהתאמה.

4.3 סקירת ממצאי סקר קרקע שני¹⁴

על פי דרישות המשרד להגנת הסביבה, בשל עדויות לזיהום קרקע היסטורי בממצאי סקר הקרקע הראשון וסקר וגזי הקרקע ולקראת תוכניות בנייה עתידיות, נדרשה רמ"י לבצע סקר קרקע לאפיון הזיהום באתר. מתווה הסקר תוכנן ע"י חברת "לשם שפר איכות סביבה" תוך התמקדות באזורים שנמצאו חשודים כמזהמים ע"פ סקר הקרקע הראשון וכן בהתבסס על ממצאי סקרי גז הקרקע. סקר הקרקע השני בתע"ש נוף ים בוצע על ידי חברת LDD בין החודשים אוגוסט לספטמבר 2015 ("סקר הקרקע השני").

בהתאם לממצאי סקר הקרקע השני, ככלל נמצאה התאמה טובה של הממצאים. באותם מוקדים מרכזיים בהם נמצאו חריגות מערכי הסף בסקר הקרקע הראשון, אתרי הייצור ובריכות התשטיפים, אותרו המזהמים גם בסקר קרקע זה, אך לרוב בריכוזים נמוכים יותר. בשני הסקרים אותרו 4 תאי שטח מרכזיים בהם נמצאו חריגות במזהמים דומים. ניכר כי ריכוז המזהמים ירד במרבית תאי השטח. יחד עם זאת, סקר הקרקע השני לא הצליח לתחם אנכית ואופקית את מוקדי הזיהום באתר. בהתחשב בשנים שחלפו יתכן וחלק מהמזהמים התפרק וחלק חדר לעומק הקרקע. בסקרי גזי הקרקע נמצאו ריכוזים נמוכים של מזהמים, ומגמה זו נשמרה גם בסקר הקרקע השני בו לא נמצאו ריכוזי מזהמים נדיפים בקרקע.

במקומות בהם נמצאו קידוחים בודדים בשטח, אשר נקדחו סביב תשתית בעלת פוטנציאל זיהום כאשר המפעל עדיין היה קיים, ונמצאו מזהמים, הם לרוב לא אותרו במלואם בסקר הקרקע השני. ערכי הסף לסקירה- עבור כל קבוצת מזהמים מוצגת השוואה לערכי הסף הנגזרים מערכי המטרה לשיקום קרקע- כפי שנקבעו בסקר הקרקע הראשון במהלך ביצוע הסקירה הסביבתית של חברת E&E. במקרים בהם אין ערכי מטרה, הושוו הממצאים לערכי הסף הישראליים (ערכי סף ישראלים ראשוניים למזהמים בקרקעות, מרץ 2004) על פי הקרבה למי התהום באזור רגישות א' ומרחק ממי תהום 12-46 מ' ולפי שימושי הקרקע למגורים.

אי התאמות מרכזיות לסקר הקרקע הראשון נצפו בשני אזורים:

תא שטח 5 מתחם 11- בסקר הקרקע הראשון נצפו באתר ייצור ה- NC, ריכוזים גבוהים מאוד של TNT ו- NC. בסקר הקרקע השני אותרו ריכוזים, אך נמוכים מערך הסף. מגמה של ירידת ריכוזי המזהמים, נצפתה ברוב האתר אך חריגה בשטח זה.

תאי שטח 6 ו-7- בשני תאי השטח נמצאו בסקר הקרקע הראשון קידוחים בודדים החורגים מערכי הסף. הקידוחים בוצעו עוד לפני הריסת המבנים ומוקמו על פי חשד לזיהום קרקע. נכון לסקר הקרקע השני, בהיעדר המבנים איתור מדויק של הזיהום מוגבל באמצעות קידוחים בודדים.

¹⁴ סקר קרקע תע"ש נוף ים, חברת LDD, 2015

סיכום ממצאי סקר הקרקע השני, חברת LDD 2015

(1) חומרי הדף ונפץ

ב- 72 דוגמאות קרקע נמצאו ריכוזים הגבוהים מסך הכימות של שיטת המעבדה ומתוכם נמצאו 17 דוגמאות החורגות מערך המטרה לשיקום. החריגות נמצאו עבור ארבעה חומרים - NG, 2,4-DNT, 2,6-DNT ו-NC.

ב- 15 דוגמאות קרקע התקבלו חריגות בעומק פני השטח (0.2 מ'), מתוכם ב- 4 דוגמאות החריגות נצפו גם בעומק 1 מ'. בשתי דוגמאות קרקע נצפו החריגות רק בעומק 1 מ'.

ריכוזים של חומרי הדף ונפץ נצפו באזורים הבאים (ע"פ חלוקת תאי שטח והמתחמים מסקר הקרקע הראשון של E&E):

א) אזור המשרדים (תא שטח 2, מתחם 3) - נמצאו חריגות ב- 2 קידוחים מתוך 11 שנבדקו לחומרי הדף ונפץ במתחם זה. החריגות נמצאו בריכוזי ה- DNT-2,6 (ריכוז מקסימלי - 3.6 ppm) וה- NG (ריכוז מקסימלי - 3.7 ppm), החריגות נצפו בעומק 0.2-1 מ', לא קיים תיחום אנכי.

ב) אזור ייצור חומרי נפץ בחלקו הצפוני של המפעל (תא שטח 3) - בשטח זה נמצאו רוב החריגות מערכי המטרה ובסה"כ ב- 13 מתוך 41 קידוחים שנבדקו לחומרי הדף ונפץ בתא שטח זה. מתחם 8 - נמצאו חריגות ב- 2 קידוחים מתוך 4 שנבדקו לחומרי הדף ונפץ במתחם זה. החריגות נמצאו בריכוזי ה- DNT-2,4 (ריכוז מקסימלי - 3.6 ppm) וה- NG (ריכוז מקסימלי - 13.3 ppm), החריגות נצפו בעומק 0.2 מ' והן בעומק 1 מ' בקידוח אחד מבין השניים, לא קיים תיחום אנכי.

מתחם 7 - נמצאו חריגות ב- 2 קידוחים מתוך 5 שנבדקו לחומרי הדף ונפץ במתחם זה. החריגות נמצאו בריכוזי ה- DNT-2,4 (ריכוז מקסימלי - 1.9 ppm) וה- NG (ריכוז מקסימלי - 7.2 ppm), החריגות נצפו בעומק 0.2 מ' קיים תיחום אנכי חלקי בעומק 1 מ'.

מתחם 6 - נמצאו חריגות ב- 2 קידוחים מתוך 18 שנבדקו לחומרי הדף ונפץ במתחם זה. החריגות נמצאו בריכוזי ה- DNT-2,4 (ריכוז מקסימלי - 4.0 ppm) ו- DNT-2,6 (ריכוז מקסימלי - 9.4 ppm) וה- NG (ריכוז מקסימלי - 102 ppm), החריגות נצפו בעומק 0.2 ו- 1 מ', לא קיים תיחום אנכי.

מתחם 5 - נמצאו חריגות ב- 4 קידוחים מתוך 8 שנבדקו לחומרי הדף ונפץ במתחם זה. החריגות נמצאו בריכוזי ה- DNT-2,4 (ריכוז מקסימלי - 49.1 ppm) ו- DNT-2,6 (ריכוז מקסימלי - 6.9 ppm), ה- NG (ריכוז מקסימלי - 39.7 ppm), וה- NC (ריכוז מקסימלי - 36,800 ppm), החריגות נצפו בעומק 0.2-1 מ', ותוחמו חלקית בעומק 2.0 מ'.

מתחם 4 - נמצאו חריגות ב- 3 קידוחים מתוך 6 שנבדקו לחומרי הדף ונפץ במתחם זה. החריגות נמצאו בריכוזי ה- DNT-2,4 (ריכוז מקסימלי - 1.6 ppm), וה- NG (ריכוז מקסימלי - 7.9 ppm), החריגות נצפו בעומק 0.2 מ', ותוחמו חלקית בעומק 1.0 מ'.

ג) אזור ייצור TNT וחומרים ניטרו אורגניים (תא שטח 7, מתחם 15) - נמצאו חריגות ב- 2 קידוחים מתוך 11 שנבדקו לחומרי הדף ונפץ במתחם זה. החריגות נמצאו בריכוזי ה- DNT-2,4 (ריכוז מקסימלי - 1.9 ppm), החריגות נצפו בעומק 0.2-1 מ', לא קיים תיחום אנכי.

ד) אזור ייצור NC (תא שטח 5, מתחם 11) - נמצאו ריכוזים הגבוהים מסך הכימות של שיטת המעבדה אך ללא חריגה ב- 6 קידוחים מתוך 26 שנבדקו לחומרי הדף ונפץ במתחם זה. החומרים שנמצאו הינם, 2,6-DNT-2,4, HMX, DNT, NG ו- RDX, עד לעומק 1 מ'.
2) חומרים אורגניים חצי נדיפים (SVOCs)
ב- 34 דוגמאות קרקע נמצאו ריכוזים הגבוהים מסך הכימות של שיטת המעבדה ומתוכם נמצאו 5 דוגמאות החורגות מערך המטרה לשיקום. החריגות נמצאו עבור שלושת החומרים, 2,4-DNT - Di-n-butyl phthalate – 12,6-DNT. ב- 4 מתוך 5 קידוחים החריגות נמצאו בפני השטח בלבד ותוחמו בעומק 1-2 מטרים. בקידוח אחד בלבד נמצאה חריגה שלא תוחמה גם בעומק מטר. ריכוזים של SVOCs נצפו באזורים הבאים (ע"פ חלוקת תאי שטח והמתחמים מסקר הקרקע הראשון):
א) אתר ייצור חומרי נפץ בחלקו הצפוני של המפעל (תא שטח 3) - בתא שטח זה נמצאו חריגות ב- 2 מתוך 30 קידוחים שנבדקו ל- SVOCs. החריגות נמצאו בריכוזי ה- 2,4-DNT (ריכוז מקסימלי – 39.7 ppm), ה- 2,6-DNT (ריכוז מקסימלי – 6 ppm) וה- Di-n-butyl phthalate (ריכוז מקסימלי – 2,644 ppm). כל החריגות נמצאו בעומק 0.2 מטר בלבד ותוחמו בעומק 1-2 מטר.
ב) אתר ייצור TNT וחומרים ניטרו אורגניים (תא שטח 7, מתחם 15) - בתא שטח זה נמצאה חריגה אחת בלבד מתוך 10 קידוחים שנבדקו ל- SVOCs. החריגות נמצאו בריכוזי ה- 2,4-DNT (ריכוז מקסימלי – 1.6 ppm) בפני השטח ובעומק מטר ולא תוחמו אנכית.
ג) אזור המשרדים (תא שטח 2) - בתא שטח זה נמצאה חריגה אחת בלבד מתוך 7 קידוחים שנבדקו ל- SVOCs. החריגות נמצאו בריכוזי ה- 2,4-DNT (ריכוז מקסימלי – 15.3 ppm) וה- 2,6-DNT (ריכוז מקסימלי – 17.6 ppm) בפני השטח בלבד ותוחמו בעומק מטר.
3) מתכות כבדות
ב- 55 דוגמאות קרקע נמצאו ריכוזים הגבוהים מסך הכימות של שיטת המעבדה ומתוכם נמצאו 2 דוגמאות החורגות מערך המטרה לשיקום. החריגות נמצאו עבור שני החומרים קדמיום וארסן בעומק 0.2 מ' ו- 1 מ' בהתאמה. החריגות לא תוחמו אנכית. ריכוזים של מתכות נצפו באזורים הבאים (ע"פ חלוקת תאי שטח והמתחמים מסקר הקרקע הראשון):
א) באזור ייצור TNT וחומרים ניטרו אורגניים (תא שטח 7, מתחם 20) - בתא שטח זה נמצאה חריגה אחת. החריגה נמצאה בריכוזי הארסן (ריכוז מקסימלי – 13.4 ppm), החריגה נמצאה בעומק 1 מ' ללא תיחום אנכי.
ב) אתר ייצור TNT וחומרים ניטרו אורגניים (תא שטח 2, מתחם 3) - בתא שטח זה נמצאה חריגה אחת בלבד. החריגה נמצאה בריכוזי הקדמיום (ריכוז מקסימלי – 14.5 ppm), החריגה נמצאה בעומק 0.2 מ' ללא תיחום אנכי.
4) כלל פחמימני זלקים TPH
ב- 10 דוגמאות קרקע נמצאו ריכוזים הגבוהים מסך הכימות של שיטת המעבדה ומתוכם נמצאו 9 דוגמאות החורגות מערך המטרה לשיקום. כל החריגות נמצאו בפני השטח בלבד ללא תיחום אנכי.

ריכוזים של TPH נצפו באזורים הבאים (ע"פ חלוקת תאי שטח והמתחמים מסקר הקרקע

הראשון):

- (א) באזור סדנת המכוניות (תא שטח 8 מתחם 21, תא שטח 4 מתחם 10) - בתא שטח אלו נמצאו חריגות ב- 5 מתוך 28 קידוחים שנבדקו ל- TPH (ריכוז מקסימלי – 5,252 ppm). כל החריגות נמצאו בעומק 0.2 מטר בלבד וללא דוגמאות לתיחום אנכי.
- (ב) באזור ייצור ואחסון NC (תא שטח 5, מתחם 12) - במתחם זה נמצאו חריגות ב- 2 מתוך 9 קידוחים שנבדקו ל- TPH (ריכוז מקסימלי – 12,705 ppm). כל החריגות נמצאו בעומק 0.2 מטר בלבד וללא דוגמאות לתיחום אנכי.
- (ג) מדרון ירידה לים (תא שטח 5, מתחם 11) - במתחם זה נמצאה חריגה אחת נמוכה מתוך 3 קידוחים במורד שנבדקו ל- TPH (ריכוז מקסימלי – 133 ppm) בעומק 0.2 מטר וללא דוגמת תיחום אנכית.
- (ד) אזור ייצור חומרי הנפץ (תא שטח 3, מתחם 7) - במתחם זה נמצאה חריגה אחת נמוכה מתוך 2 קידוחים שנבדקו ל- TPH (ריכוז מקסימלי – 134 ppm) בעומק 0.2 מטר וללא דוגמת תיחום אנכית.

5) חומציות pH

ב- 6 דוגמאות קרקע נמצא pH החורג מערך המטרה לשיקום.
קרקעות חומציות/בסיסיות מעבר לערך המטרה נצפו באזורים הבאים (ע"פ חלוקת תאי שטח והמתחמים מסקר הקרקע הראשון):

- (א) ברכת ניקוז תשטיפים (תא שטח 7, מתחם 18) - בתא שטח זה נמצאו חריגות ב- 3 מתוך 5 קידוחים שנבדקו ל- pH (ריכוז חומצי ביותר – 2.98). בשלושת הקידוחים נמצאו חריגות בעומק 2 מטרים, כאשר הקרקע נהיית חומצית יותר עם ככל שמעמיקים. לא נלקחו דוגמאות קרקע לתיחום אנכי מעבר לעומק 2 מטרים.
- (ב) מתקן ייצור חומצה ו- NC (תא שטח 5, מתחם 11 ו- 12) - בתא שטח זה נמצאו חריגות ב- 2 מתוך 9 קידוחים שנבדקו ל- pH (ריכוז בסיסי ביותר – 11.69). בשני הקידוחים נמצאו חריגות בפני השטח בלבד, כאשר בקידוח אחד בלבד היה תיחום באמצעות אנליזת מעבדה.

6) חומרי הדברה ו-PCB

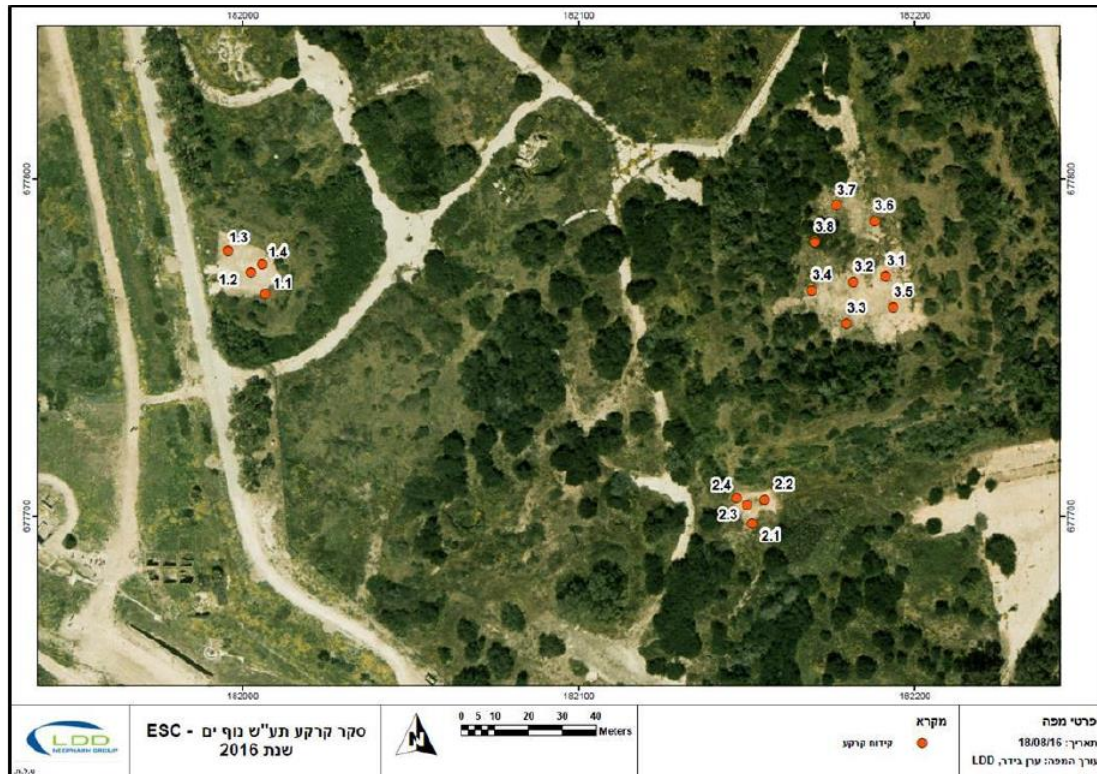
בכל 91 הדוגמאות שנבדקו לא נמצאו ריכוזים הגבוהים מסף הכימות עבור החומרים שנבדקו.

7) חומרים אורגניים נדיפים VOC's

בכל 58 הדוגמאות שנבדקו לא נמצאו ריכוזים הגבוהים מסף הכימות עבור החומרים שנבדקו.

4.4 סקירת ממצאי סקר קרקע במוקדי זיהום¹⁵

במסגרת הערכות לביצוע שיקום במוקדי הזיהום העיקריים שאותרו באתר, נערך סקר קרקע בשלושה מוקדי זיהום עיקריים – בריכת תשטיפים מערבית, בריכת תשטיפים דרומית ואזור ייצור סינתזה אורגנית. שימש בעבר כמתקן לייצור TNT שבהמשך עבר הסבה למתקן לייצור חומרים אורגניים המשמשים לייצור קוטלי עשבים, כפי שניתן לראות בתרשים מטה.



תרשים פירוט הקידוחים בסקר הקרקע במוקדי זיהום 2016

סיכום ממצאי בדיקות השדה

הקידוחים בוצעו ב 3 מתחמים. חתך הקרקע משתנה קלות בין המתחמים, כאשר באופן כללי מתאפיין החתך - בשכבת מילוי עד לעומק של מטר אחד, תחתה שכבות חוליות, ובעומק של כ 5 מ' קיימת שכבת חרסית בעובי - של מטרים בודדים. בהמשך נמצאו שכבות חוליות עד לעומק של 23 מ', ובעומק זה ועד לעומק של 34 מ' לפחות, נמצאה שכבת חול כורכרי ומסלע. בכל הדוגמאות נמדדו ריכוזים אפסיים או נמוכים מאד של חומרים אורגניים נדיפים במכשיר ה - PID , אולם בכולן הורגש ריח חריג ובמרביתן נצפה צבע לא טבעי.

¹⁵ סקר קרקע במוקדי זיהום תע"ש נוף ים, חברת LDD, אוגוסט 2016

סיכום תוצאות אנליזות המעבדה

מניתוח כלל תוצאות המעבדה התקבל כי מכל האנליזות שבוצעו (להן קיימים ערכי סף להשוואה), נמצאו חריגות מערכי הסף של המתכות ארסן, כרום וניקל ושל pH, ו-4-chloro-3, 5-dinitrobenzotrifluoride בלבד. להלן סיכום הממצאים עפ"י חלוקה למתחמים:

מתחם 1 - בריכת תשטיפים מערבית

נמצאה חריגה מערך הסף לארסן ע"פ ה-IRBCA, ב 3 מבין 4 הקידוחים שבוצעו במתחם, ומערך הסף לכרום מקידוח אחד. כל החריגות במתחם זה אותרו בעומק 0.4 מ' (מפני השטח).
ב 3 מתוך 4 קידוחים שבוצעו במתחם 1 נמצאו רמות pH הנמוכות מ 5, המעידות על קרקע חומצית, החורגת מטווח הערכים המותר. כל החריגות תוחמו אנכית ע"י דוגמה ללא חריגה. באנליזת ה-Total Alkalinity שבוצעה על אחת מן הדוגמאות בהן נמצאה רמת pH נמוכה מ 4, התקבל ערך של 1,350 מ"ג/ק"ג.

בדוגמא אחת מעומק של 0.4 מ' התקבל ריכוז 5-Nitroisophthalic Acid (5-NIPA) הגבוה מ 150 מיליון מק"ג/ק"ג (כ 15% ממשקל הדוגמה והגבוה ביותר שנמצא בסקר) בדוגמא נוספת מקידוח אחר מעומק 0.4 מ' התקבל ריכוז הגבוה מ 10 מיליון מק"ג/ק"ג. בשני קידוחים אחרים התקבלו ריכוזים הגבוהים מ 100,000 מק"ג/ק"ג. לא נמצא ערך סף להשוואה למרכיב זה.

מתחם 2 - בריכת תשטיפים דרומית

נמצאה חריגה מערך הסף למתכת ניקל בדוגמה אחת, בעומק של 0.4 מ', שתוחמה אנכית ע"י דוגמה ללא חריגה. בהשוואה לערכי הסף של ה-IRBCA, נמצאו חריגות מערך הסף לארסן בכל הקידוחים במתחם, בדוגמאות שנלקחו מעומק 0.4 מ', ומערך הסף לכרום ב 3 מבין 4 הקידוחים בעומק זה.

בדוגמה אחת התקבלה רמת pH הגבוהה מ 9 המעידה על קרקע בסיסית, החורגת מן הרמה המירבית המותרת. החריגה תוחמה אנכית.

בקידוח אחד בלבד מתוך 4 שבוצעו במתחם זה התגלה בדוגמה אחת ריכוז 5-Nitroisophthalic Acid (5-NIPA) הגבוה מ 100,000 מק"ג/ק"ג.

ב 3 מבין 4 הקידוחים שבוצעו במתחם, נמצאו חריגות מערך הסף מבוסס הסיכון, של E&E 1996, לחומר 4-chloro-3, 5-dinitrobenzotrifluoride בשני קידוחים החריגות תוחמו אנכית בעומק של 3 ו 5 מ', ובאחד הקידוחים לא תוחמה החריגה, שהתגלתה בעומק של 5 מ'.

בקידוח אחד בלבד מעומק 5 מ' נמצא ריכוז של החומר Nitrocellulose (בריכוז של 205 מ"ג/ק"ג), הגבוה מסף הגילוי של השיטה במעבדה (ערך הסף מתוך חוברת ערכי הסף של המשרד להגני"ס הינו 10,000 מ"ג/ק"ג).

מתחם 3 - מפעל לייצור TNT ובהמשך מפעל לייצור חומרי הדברה

ב 6 קידוחים מתוך 8 שבוצעו במתחם נמצאו חריגות מערך הסף של המתכת ארסן. ב 6 מהם החריגות לא תוחמו אנכית. בנוסף נמצאה חריגה מערך הסף לכרום בדוגמה אחת מעומק 0.4 מ', שתוחמה אנכית.

בהשוואה ל - IRBCA, נמצאה חריגה מערך הסף לארסן בכל אחת מן הדוגמאות שנלקחו מעומק 0.4 מ' במתחם. בנוסף, נמצאה חריגה מערך הסף לכרום ב 4 מבין 8 הדוגמאות שנלקחו מעומק זה.

בדוגמה אחת שנלקחה מעומק של 12 מ' התקבל ערך pH הגבוה מן הערך המרבי המותר, המעיד על קרקע בסיסית. החריגה תוחמה אנכית ע"י דוגמה ללא חריגה.

בקיודו אחד התגלה בדוגמה אחת ריכוז 5-Nitroisophthalic Acid (5-NIPA) הגבוה מ 100,000 מק"ג/ק"ג.

ממצאי אנליזת ה - Leaching

בכל הדוגמאות הקרקע שנבדקו לא נמצאו חריגות מערך הסף לתשטיפי פסולת לצורך בחינת קבלתה באתרי פסולת מסוכנת.

ממצאי ה - sVOCs - TICs

ב 3 דוגמאות מכל מתחם בוצעה הרצת ספקטרום שהתקבלה מאנליזת ה s-VOCs מול ספריית החומרים mass spectral library database של ה- NIST (National Institute of Standards) המאפשרת זיהוי של - חומרים רבים שאינם נכללים במסגרת האנליזה הסטנדרטית. בהרצה נמצאו בסה"כ 10 חומרים שונים ב 7 מבין 9 הדוגמאות עליהן בוצעה ההרצה. הריכוזים הגבוהים ביותר התקבלו בדוגמה B-2, שנלקחה מקידוח 2.3 (בריכת תשטיפים דרומית), מעומק של 26 מ'. בהשוואת הרצת ממצאי מי התהום מול ממצאי הקרקע נראה כי 5 מבין 10 החומרים שאותרו בקרקע (בסריקת ה - sVOCs - TICs) אותרו גם ע"י רשות המים בבדיקות מי התהום (במי התהום אותרו בסה"כ 8 חומרים), להלן החומרים להם נמצאה התאמה (קרקע ומים):

1. 1-chloro-2-nitro-4-(trifluoromethyl)-benzene (CAS no. 121-17-5)
2. 1-chloro-4-nitro-2-trifluoro-benzene (CAS no. 393-75-9)
3. 1-chloro-4-nitro-2-(trifluoromethyl)-benzene (CAS no. 777-37-7)
4. 2,4-Dichloro-5-nitrobenzotrifluoride (CAS no. 400-70-4)
5. 4-Amino-3,5-dinitrobenzotrifluoride (CAS no. 445-66-9)

*הערה: יתר 3 החומרים להם לא נמצאה התאמה אותרו במי התהום בסריקת החומרים האורגאניים הנדיפים (ה - VOCs - TICs). הרצה זו לא בוצעה במסגרת הסקר הנוכחי.

בבקרת האיכות נמצאה התאמה טובה בין המעבדות השונות ובין האנליזות שבוצעו באותה המעבדה, ממצאים אלו מעידים על מהימנות גבוהה של ממצאי הסקר.

4.5 סיכום מוקדי הזיהום הוודאיים

על פי סקרי הקרקע הראשון, השני ובשלושת מוקדי הזיהום, וסיורים אשר בוצעו על ידי החברה לשירותי איכות הסביבה באתר תע"ש נוף ים, זוהו סך של **שבעה מוקדי זיהום עיקריים** בהם ריכוזי הזיהום הינם גבוהים במיוחד והצורך בשיקומם הינו וודאי, אף טרם עריכת סקר סיכונים והגדרת ערכי יעד לשיקום.

פירוט שבעת מוקדי הזיהום הוודאיים
מוקד זיהום 1 – בריכת תשטיפים דרומית במוקד זיהום זה נמצאת בריכת תשטיפים בשטח 691 מ"ר, הנמצאת בתא שטח 7 (בדרום האתר). על בסיס סקר הקרקע הראשון בו בוצעו אנליזות pH, ניתן להניח הימצאות ריכוזי חומצה גבוהים בקרקע (מאחר והתקבלו קריאות 1.56-1.75). עיקרי החריגות בסקר הקרקע השני נמצאו עד לעומק 1.5 מטרים במרכז תא שטח 7 (על פי תוכנית הדיגום), בו נמצאו החריגות הגבוהות ביותר עבור 3, 5-4-chloro-3, 5-dinitrobenzotrifluoride. ההנחה הינה כי הזיהום קיים עד עומק של כ- 10 מטר לכן נפח הקרקע בו יש לטפל הינו 6,910 מ"ק, כאשר המרה למשקל לפי צפיפות של 1.5 מובילה לכמות הקרקע המוערכת לטיפול הינה כ- 11,000 טון.
מוקד זיהום 2 – בריכת תשטיפים מערבית במוקד זיהום זה נמצאת בריכת תשטיפים בשטח של 566 מ"ר, הנמצאת בתא שטח 7. מבחינת אנליזות לזיהוי חומרי נפץ, נמצאו בתא שטח 7 חריגות בריכוזי ה-DNT-2,4 בריכוז מקסימאלי של 2,6-DNT4.0 ppm, בריכוז מקסימאלי של 9.4 ppm ו-NG בריכוז מקסימאלי של 102 ppm. כל החריגות נצפו בעומק של עד 1 מטר ללא תיחום אנכי. בבריכת התשטיפים נקדחו 6 קידוחים עד לעומק של 6 מטר כל אחד והורגש ריח חומצי חריף. הדבר אומת בבדיקות pH אשר הראו ערכים חומציים. ההנחה הינה כי הזיהום קיים עד עומק של כ-10 מטרים בתוך הבריכה, כמות הקרקע המוערכת לטיפול הינה 9,000 טון.
מוקד זיהום 3- אתר אחסון Nitrocellulose- NC מוקד זיהום זה שימש כאתר לאחסון NC בשטח של 324 מ"ר, הנמצא בתא שטח 7. עיקר החריגות נמצאו עד לעומק 1.5 מטרים במרכז תא השטח, החריגות הגבוהות ביותר אשר נמצאו הן עבור 4-chloro-3, 5-dinitrobenzotrifluoride. בקידוחים אשר בוצעו בסקר הקרקע השני דיווחו הדוגמים על אדי חומצה באוויר, והקרקע שהוצאה מתוך הקידוח הייתה בעלת לחות גבוהה. יש לציין שלא בוצעו אנליזות pH לדוגמאות. ההשערה הינה כי החומצה נמצאת בעומק מעבר ל-3 מטר. בנוסף, לא בוצע סריקה לגילוי מתכות ו LOD. על סמך ההנחה שהסביבה החומצית קיימת בכל הטווח עד לעומק של 5 מטר לפחות, כמות הקרקע המוערכת לטיפול הינה 3,000 טון.
מוקד זיהום 4- אתר ייצור ואחסון Nitrocellulose- NC מוקד זיהום שימש כאתר לייצור ואחסון NC, בשטח של 2,100 מ"ר ונמצא בתא שטח 5 (בחלקו המערבי של מרכז האתר), כאשר באזור היו מתקני חומצה, אזור לייצור Sodium Azide (NaN₃),

תעלת ניקוז מזרחית מאזור ייצור TNT ותעלת ניקוז דרומית-מערבית מאזור ייצור NC. במתחם זה נמצאו חריגות בקידוחים שנבדקו ל-TPH (ריכוז מקסימלי 12,705 ppm) כל החריגות נמצאו בעומק 0.2 מטר בלבד וללא דוגמאות לתיחום אנכי. על סמך ההנחה כי הזיהום נמצא עד לעומק של 50 ס"מ, כמות הקרקע המוערכת לטיפול הינה 2,000 טון.

מוקד זיהום 5- סדנת המכונות

מוקד זיהום זה מקורו בסדנת המכונות, בשטח של 1,500 מ"ר הנמצא בתא שטח 8 (בדרום מזרח האתר). במתחם זה נמצאו חריגות בקידוחים שנבדקו ל-TPH (ריכוז מקסימלי 5,252 ppm), כל החריגות נמצאו בעומק 0.2 מטר בלבד וללא דוגמאות לתיחום אנכי. על סמך ההנחה כי הזיהום נמצא עד לעומק של 50 ס"מ, כמות הקרקע המוערכת לטיפול הינה 1,000 טון.

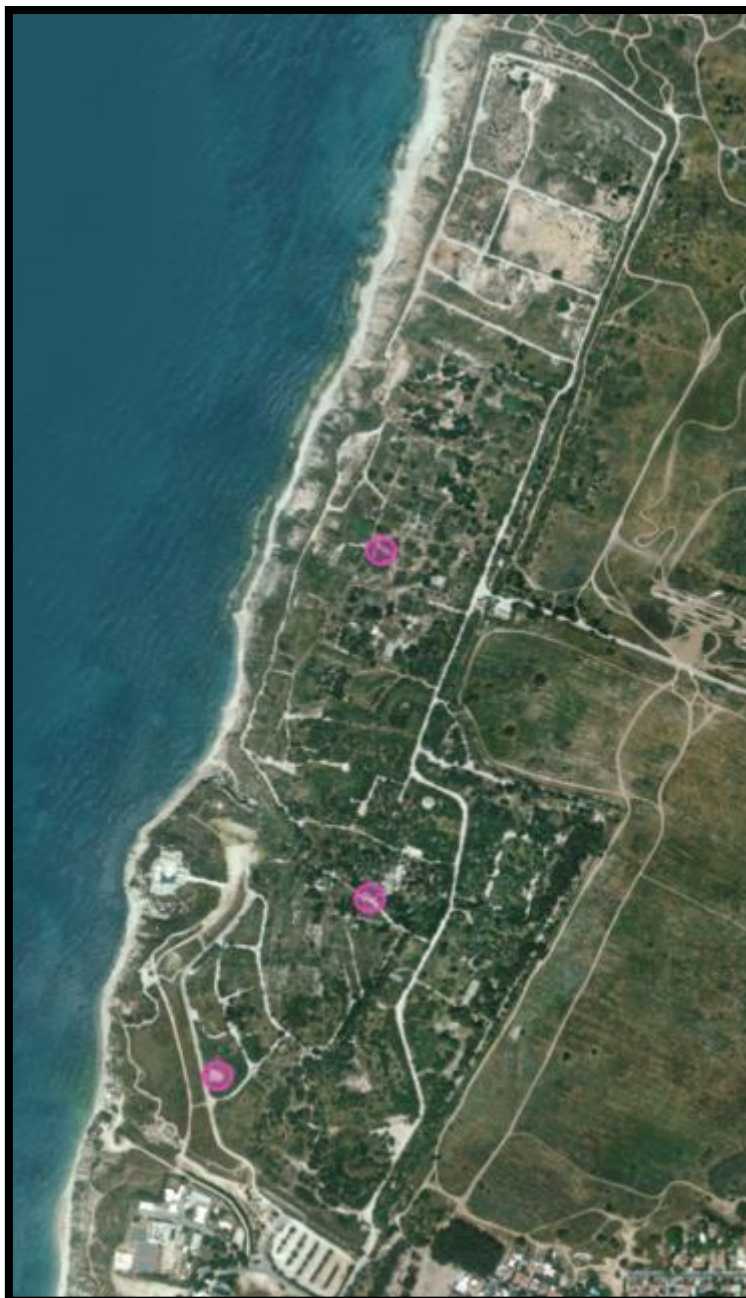
מוקד זיהום 6- מפעל חומרי נפץ/הדף

מוקד זיהום זה מקורו באזור בו פעל מפעל לייצור חומרי נפץ, ונמצאו בו 5 מתחמים מזהמים בעל סה"כ שטח של 40,000 מ"ר הנמצא בתא שטח 3 (בחלק המרכזי-צפוני של האתר). במתחם זה נמצאו חריגות בקידוחים שנבדקו ל-2,4 DNT (ריכוז מקסימלי 39.7 ppm) ו-NC. כל החריגות נמצאו בעומקים של 0.2-1.5 מטרים עם תיחום אנכי חלקי בלבד. על סמך ההנחה כי הזיהום נמצא עד לעומק של 50 ס"מ, כמות הקרקע המוערכת לטיפול הינה כ- 30,000 טון.

מוקד זיהום 7 – מיכלי מזוט וקרקע המזהמת במזוט

מוקד זיהום זה מקורו במיכלי מזוט תת קרקעיים אשר שימשו את מתקני הייצור של תע"ש נוף ים. המיכלים טמונים באדמה והקרקע סביבם מזהמת במזוט. המיכלים ממוקמים בשני אזורים שונים בחלקו המרכזי של האתר.

- מתוך שבעת מוקדי הזיהום הנ"ל, בשלב הפיילוט יטופלו שני מוקדי זיהום – בריכת תשטיפים מערבית ו 21 אזורים בהם מצויים מיכלי מזוט והקרקע סביבם מזהמת במזוט.
- לשני מוקדי זיהום אלו מתייחס מסמך חלופות זה.
- שני מוקדי הזיהום העיקריים, מכילים את קבוצות המזהמים הבאות:
- (א) חומצות אורגניות זיהום ראשי + SVOC זיהום משני
- (ב) TPH זיהום ראשי



תרשים מוקדי הזיהום אשר יטופלו בשלב הפיילוט

במקביל לטיפול במוקדי הזיהום בשלב הפיילוט, משלימה רמ"י את סקר הסיכונים באתר תע"ש נוף ים, כאשר עם השלמתו וקביעת ערכי הסף בהתאם לשימושי הקרקע העתידיים. בסיום שיקום האתר ייערך דיגום מוודא מקיף על ידי דוגם מוסמד, שמטרתו לבחון האם קיימים מזהמים נוספים בקרקע ולאשר שפעולות שיקום הקרקע הורידו את ריכוז המזהמים שנתגלו בסקר הקרקע לרמת ערכי היעד שנקבע בסקר הסיכונים.

6. פעולות נלוות לטיפול

6.1. חפירה והובלה

חפירה מתבצעת על ידי כלי צמ"ח כגון מחפרון, באגר ושופל, והובלות על ידי משאיות (לרבות סמי טריילר). על מנת להוביל חומרים מסוכנים נדרש רישיון הובלת חומרים מסוכנים לרבות רישיון לנהג המשאית. היתרים נוספים אשר עשויים להיות נדרשים (כתלות בעומק החפירה ואזור החפירה) - היתרי בנייה וחפירה מול רשות הרישוי המקומית ואישורים מחברת חשמל, בזק, מקורות, רשויות ביוב וכד'. בנוסף, באתר תע"ש נוף ים נדרש תיאום מול רשות העתיקות, לרבות תשלום על הצבת פקחים באתר בעת ביצוע חפירה, כאשר לפקחי רשות העתיקות סמכות להשהיית ועצירת חפירה במפגש עם עתיקות. כל משאית האמורה לעזוב את אתר ליעד ניתוב תעבור ניקיון חיצוני, במידה וישנן שאריות של קרקע מזוהמת עליה. בנוסף, כבישים בתוך אתר השיקום כולל כביש היציאה לנתיב תנועה חיצוני ייבדקו על בסיס יומי על מנת למנוע עקבות של קרקע מזוהמת.



כתוצאה מעבודות החפירה ומפעילות הצמ"ח ומשאיות ההובלה, ייתכנו השפעות מיידיות וקצרות טווח על הסביבה עקב שחרור אבק, ריחות ורעש. חפירה ופינוי של חומרים מסוכנים עלולים לשחרר אבק מזיק לאוויר ואדי מזהמים אשר יטופלו מיידית ויימנעו מטרדים לסביבה.

עלות מוערכת בש"ח לטון	סוג העבודה
17	עלות מוערכת לחפירת טון קרקע ¹⁶
18	עלות מוערכת להובלת טון קרקע בתוך אתר שיקום
חומ"ס- ; לא חומ"ס-	עלות מוערכת להובלת טון קרקע לאתר מרוחק ¹⁹

¹⁶ עיכובים בחפירה (לדוגמא בשל הוראות רשות העתיקות או רשות הטבע והגנים) עשויה להביא להתייקרות עלויות לטון שכן בעבור כלי החפירה התשלום הינו לפי יום עבודה.

¹⁷ החישוב הינו לעלות של (באגר+שופל) 2X כאשר ההנחה הינה כי ביום עבודה יכולת החפירה הינה 500 טון/יום.

¹⁸ החישוב הינו כי השינוע בתוך האתר הינו של כ 200 טון ביום.

¹⁹ כחישוב לאתר מרוחק נלקח חישוב הובלה לנאות חובב – כ 140 ק"מ.

6.2. פיקוח

שירותי פיקוח צמוד יבוצעו על ידי חברת פיקוח חיצונית, ביחס לעבודות החפירה וההובלה שיבוצעו על ידי הקבלן הראשי של הפרויקט ובכלל זה פיקוח על התאמת העבודות לתוכניות ולמפרטים הטכניים, פיקוח צמוד על אופן ביצוע העבודות בהתאם לתוכנית העבודה, בקרה על לוחות הזמנים, בקרה תקציבית, ניהול יומנים, מתן דיווחים תקופתיים וכיו"ב. בנוסף, באתר תע"ש נוף ים נדרש פיקוח בזמן חפירת הקרקע של רשות הטבע והגנים ורשות העתיקות עלות פיקוח רשויות אלו הינה כ [REDACTED] ₪.

6.3. בדיקות מעבדה

בדיקות המעבדה יבוצעו בשלושה מישורים, כדלקמן:

- א) במקום כגון XRF, pH, PID, LOD.
- ב) מעבדה חיצונית- בה ייבדק כלל המידע האנליטי הנדרש לפי סקר הקרקע.
- ג) מעבדה של החברה לשירותי איכות הסביבה- בה יתבצעו בדיקות אשר יידרשו באופן מיידי ואשר לא ניתנות לביצוע בשטח או במעבדה חיצונית אחרת.

6.4. מדידות

מדידות מתחמי החפירה באתר בוצעו ע"י חברה חיצונית טרם תחילת עבודות השיקום ויבוצעו שנית בסיומן, על מנת לבצע בקרה על כמויות הקרקעות שטופלו בפרויקט.

7. חלופות לטיפול

7.1. השבה ומחזור

7.1.1. הסבר על השבה ומחזור

בהתאם למסמך ה"הנחיות המקצועיות ואמות המידה לטיפול בקרקע לצורך שיקום" קיימת העדפה לטיפול בקרקע המזוהמת על פי יעדי הקצה באופן הבא:

- א) השבה של קרקע מזוהמת לרמה המאפשרת כל שימוש.
- ב) השבה של קרקע מזוהמת לשימוש לאותו ייעוד באתר אחר. לדוגמא קרקע מאזור תעשייתי תועבר לאתר תעשייתי אחר ובתנאי שריכוזי המזהמים עומדים בערכי הסף לאזור זה.
- ג) השבה של קרקע המזוהמת באזור רגיש (מגורים) לאזור בעל רגישות נמוכה יותר (אזור תעשייתי).
- ד) מחזור- העברת הקרקע המזוהמת מהאתר בו נוצר הזיהום לאתר אחר (ללא טיפול או אחרי טיפול) לשימוש כחומר גלם, מצע לתשתיות, מצע מילוי וכ"י.

בהתאם למסמך ההנחיות המקצועיות, שני שימושים האפשריים בקרקעות מזוהמות הינם שימוש **כאדמת כיסוי** במטמנות ושימוש **כקרקע למילוי**, זאת לאחר חפירה ופינוי כמצוין לעיל.

7.1.2. ישימות השבה ומחזור

קרקע מוגדרת כקרקע לכיסוי מטמנות על פי התקנים האירופאים והפרמטרים אותם הגדיר המשרד להגנת הסביבה²⁰. ישימות השיטה תלויה הן בביקוש לאדמות כיסוי ומילוי, והן במאפייני הקרקע ובאישורים הנדרשים מגופים רגולטוריים כגון המשרד להגנת הסביבה.

7.1.3. עלות כללית מוערכת- השבה ומחזור

מעבר לעלויות החפירה והפינוי, עלות מילוי בורות או שימוש בקרקע לכיסוי הינה כ [] ש"ח לטון.



שימוש באדמת כיסוי

7.2. טיפול ביולוגי

7.2.1. הסבר על הטיפול הביולוגי²¹

טיפול ביולוגי הוא תהליך ביוכימי, בו מקטע של חומר אורגני עובר תהליך של עיכול ביולוגי, אשר בסופו מתקבלים תוצרים אורגניים או אי-אורגניים ואנרגיה בצורת חום. התרכובות האורגניות המזהמות את הקרקע, מנוצלות על ידי המיקרואורגניזם לתהליך נשימתי או להגדלת הביומסה. באופן רגיל, יש לשמור על תנאים תרמופיליים בטמפרטורה של 45-65°C, על-מנת לבצע את תהליך הפירוק הביולוגי של המזהמים האורגניים שבקרקע. ברוב המקרים, תהליך מיקרוביולוגי זה מושג באמצעות מיקרואורגניזמים טבעיים, אאירוביים ואנאירוביים, האופייניים למקום. במקרים

²⁰ בהתאם לדירקטיבה האירופאית EC/2003/33 אשר אומצה על ידי המשרד להגנת הסביבה, כיום בערכים מתחת ל- 5000 ppm/TPH

²¹ Nathanail et al., 2007; CL:AIRE TDP4, 2004; TDP6, 2004; FRTR, 2007

Defra Research Project Final Report - Defra Project Code: SP1001

Project Title: Contaminated Land Remediation

אחרים, מחדירים למערכת מיקרואורגניזמים נוספים שהותאמו לשם הגדלת קצב הפירוק. בשיטה זו משפרים למעשה את התנאים הסביבתיים ע"י הוספת חומרים שמקורם בחנקן ובחמצן, המוחדרים אל תחתית ערימות הקרקע באמצעות קידוחי הזרקה או מערכות אחרות.

תהליך טיפול ביולוגי של קרקעות מזוהמות הוא חפירת הקרקע וערבובה עם חומרים אורגניים שונים (Bulking agent), וזאת במטרה לשמש מקור פחמן זמין, לעודד את קצב הפירוק, לשמור על תכולת הלחות ולהגדיל את נפח החומר המטופל ונקבוביותו. מאחר והתהליך הוא תהליך ביוכימי, החומרים המסוכנים המיועדים לטיפול צריכים להיות מתאימים להליך של פירוק ביולוגי. עם זאת, הקרקע שבה נמצאים החומרים המסוכנים אינה מקור טוב לפחמן אורגני או לחומרי מזון אחרים, שתפקידם לתמוך בפעילות מיקרוביולוגית נמרצת. לכן, חומרי עזר לפירוק מוספים לתהליך. במטרה לטפל בקרקע באמצעות הטיפול הביולוגי, יש לחפור את הקרקע המזוהמת ולהעבירה לטיפול ביולוגי.

ביופילינג ניתנת ליישום בשיטות עיקריות, המבטיחות את אוורור המצע/קרקע, כגון: ערימות נייחות ומאווררות. ביישום שיטת טיפול ביולוגי in-situ ישנן מספר מגבלות-הקושי בפיזור חומרי הדישון והחמצן במטריקס הקרקעי בעומקים אליהם הגיע הזיהום באתר השיקום, זמן היישום הארוך, חוסר הוודאות בהשגת ערכי הסף לגבי כל המזהמים ולבסוף יעילות קשה לניטור הן במהלך הטיפול והן בסיומו.

Biopile: מערכת טיפול מהונדס בה מרימים את החומר המזוהם באזור מוגדר. בערמות מנוהלות משתמשים במערכת להזרקה או שאיבת אוויר להגברת רמות החמצן בערמה. ניתן גם להגביר את התהליך על ידי ניהול מוקפד של מבנה הקרקע, תוכן נוטריינטים ולחות ו-pH. בדרך כלל בונים ערמות לגובה של 0.5 מ' – 3 מ'.

Windrow turning: ערמות של קרקע מזוהמת אותן הופכים לעיתים קרובות בעזרת ציוד מכני על מנת לשפר את הספקת החמצן.

Landfarming: מעבדים שכבה של חומר מזוהם בערוגות מרופדות. מדי פעם הופכים את החומר לשיפור מבנה הקרקע והספקת החמצן.

Composting: תהליך ביולוגי מבוקר שיכול להיות ארוכי או אנארובי. חובה לשמר את החום המיוצר על ידי המיקרואורגניזמים במהלך הפירוק על מנת לבצע קומפוסטציה תקינה של הקרקע המזוהמת (54-65°C). הקרקעות מעורבבות עם bulking agent ותוספים אורגניים כגון שבבי עץ, פסולות ממקור החי והצומח לשיפור הנקבוביות ותכולת הנוטריינטים של התערובת לפירוק.

Slurry-phase Bio-reactor: מערכת מהונדסת שמתוכננת ליעול התנאים הנדרשים לפירוק ביולוגי. קרקעות מעורבבות עם מים ליצירת תערובת דלילה (slurry), אשר מועברות למיכל תגובה סגור שמאפשר שליטה בתהליך.

**טיפול ביולוגי****7.2.2. יעילות הטיפול הביולוגי**

ביופילינג וטיפול ביולוגי בתרחיף הוכיחו יעילות גבוהה מאוד בטיפול בקרקעות מזוהמות בחומרי נפץ. בוצעו פרויקטים גדולים בקנה מידה מלא בטכנולוגיות אלו ותוצאותיהן הצביעו על יעילות בהפחתת ריכוזי תרכובות ניטרוארומטיות בשיעורים מעל 95% (בתלות בסוג המזהם).

יש לבצע מחקרי התכנות לטיפול מקומי על מנת לקבוע את סוגי וכמויות התוספים וחומרי הדישון המתאימים, שנדרשים לביצוע תהליך מיטבי.

בטיפול ביולוגי בקרקעות מזוהמות בדלקים עולה, כי תוצאות הטיפולים בקרקעות מזוהמות בדלקים טובות מאוד. יתרה מזאת, על פי הדיווחים, בעזרת הטמפרטורות הגבוהות השוררות באזורים חמים מתקבלים קצבי פירוק ביולוגי גבוהים מאוד שאינם מוכרים בספרות, גם בימי החורף. גם אם נניח שהטיפול יבוצע במישור החוף מדובר באקלים חם ולח שישמור על קצב פירוק גבוה. כמו-כן קרקע חולי בעיקרו באתרי התע"ש יתרום ליעילות התהליך. לפי כך, יש לצפות שיעילות פירוק חומרי הנפץ בפירוק ביולוגי תהיה גבוהה גם בישראל. יחד עם תהליך ביולוגי בתוך האתר, יש להזכיר את האפשרות למטרדי ריח שעלולים להיווצר במהלך הטיפול ויכולים להוות מטרד משמעותי לשכונות סמוכות (בעיה קיימת ב-In Situ). בנוסף, קיימת מידה מסוימת של אי וודאות לגבי יעילות הפירוק של חלק מתוצרי הביניים והתוספים של חומרי הנפץ. כמו כן מתכות כבדות אינן מטופלות בשיטה זו ורמות גבוהות שלהן עלולות להיות רעילות למיקרואורגניזמים.

יתרונות הטיפול הביולוגי: יכולה להביא לפירוק מלא של המזהמים, ניתן להשתמש בקרקעות שוב באתר, שימור או שיפור של מבנה הקרקע (חוץ מאשר בטיפול ב-slurry-phase bioreactor).

חסרונות הטיפול הביולוגי: מתקשה בפירוק מזהמים אורגניים כבדים יותר, קיים סיכוי להיווצרות תוצרי פירוק ביניים רעילים, מחייבת בקרה מוקפדת על התנאים על מנת להבטיח טיפול מלא ועקבי; בטיפול באתר, בכוונה להשתמש בקרקע, פרקי זמן ארוכים עד כדי אי-יישומות.

7.2.3. יישומות הטיפול הביולוגי

טכניקת טיפול ביולוגי בתרחיף וטיפול ביולוגי בערמות שימשו בהצלחה לשיקום קרקעות, בוצות וסדימנטים מזהמים בחומרי נפץ. הטכנולוגיות שהוכחו ביצועים טובים מאוד בטיפול בקרקעות מזהמות בחומרי נפץ הן טיפול ביולוגי בתרחיף (Slurry-phase biological treatment) ו-ביופילינג (biopiling). אין בעיה בארץ בנושא אספקת ציוד ייעודי לביצוע תהליכי פירוק ביולוגי השונים, כגון ציוד מכני להיפוך ערימות, ציוד לטיפול ביולוגי בתרחיף, חומרי דישון, צנרת פלסטיק, מפוחים וכו'. לא קיים מחסור גם בעובדים מיומנים בביצוע הטיפול. נדרש שטח גדול יחסית על מנת לבצע את הטיפול. סוגי הקרקע משפיעים באופן נחרץ על ביצוע טיפול ביולוגי לטיפול במזהמים. קרקעות בעלות ריכוז גבוה של חרסיות יהיו מכשול בהיתכנות הטיפול הביולוגי. כאמור, בעיית ישימות קיימת במידה והשיטה מיושמת באתר ויש כוונה להשאיר את הקרקע באתר, בשל פרקי הזמן הארוכים הנדרשים להגעה לערכי הסף הנמוכים.

אורגני	יישומות	אנאורגני	יישומות	תכונות קרקע	יישומות
Halogenated VOCs	ייתכן	מתכות	לא	חצץ גדול מ-2 מ"מ	כן
Halogenated SVOCs	ייתכן	קורוזיבים	לא	חול 0.06-2 מ"מ	כן
Non-Halogenated VOCs	כן	Radionuclides	לא	טיין $2-60 \mu\text{m}$	כן
Non-Halogenated SVOCs	כן	ציאנידים	ייתכן	חרסית קטן מ- $2 \mu\text{m}$	ייתכן
קורוזיבים אורגניים	ייתכן	אסבסט	לא		
ציאנידים אורגניים	ייתכן	חומרי נפץ	ייתכן		
PCBs	לא				
קוטלי מזיקים / עשבים	ייתכן				
דיוקסינים / פוראנים	לא				
חומרי נפץ	ייתכן				

טבלת יישומות טיפול ביולוגי למהמים וחומרי קרקע

7.2.4. עלות כללית מוערכת - טיפול ביולוגי

מעבר לעלויות החפירה והפינוי, עלות הטיפול הביולוגי נחשבת בינונית עד גבוהה. בנוסף, יש להתחשב ברכיב הזמן להשלמת התהליך ולהביאו בחשבון העלות הכוללת. בסוף התהליך נדרש המשך טיפול בהתאם למידת ניקיון הקרקע. לשם הדוגמא, קיימים ארבעה תרחישים אפשריים בהתאם לשני קריטריונים מרכזיים- סוג הזיהום וגודל האתר²²:

SOIL TECHNOLOGY: Composting				
RACER PARAMETERS	Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D
	Small Site		Large Site	
	Easy	Difficult	Easy	Difficult
Media/Waste Type	Soil	Soil	Soil	Soil
Contaminant	Petroleum (5% TOC)	Explosives (TNT, RDX)	Petroleum (5% TOC)	Explosives (TNT, RDX)
Approach	Ex situ	Ex situ	Ex situ	Ex situ
Soil Type	Silt/Silty Clay Mixture	Silt/Silty Clay Mixture	Silt/Silty Clay Mixture	Silt/Silty Clay Mixture
Volume of Soil Treated (cy)	13,000	13,000	24,000	24,000
Safety Level	D	D	D	D
Excavation Cost	\$210,767	\$210,767	\$430,175	\$430,175
Composting Cost	\$3,363,940	\$4,487,608	\$5,974,810	\$7,714,511
Off-Site Transportation & Disposal Cost (30 miles to LF)	\$2,627,087	\$2,627,087	\$4,850,008	\$4,850,008
Subtotal Cost	\$6,201,794	\$7,325,462	\$11,254,993	\$12,994,694
Remedial Design:				
Design Percentage	2.5%	2.5%	2.5%	2.5%
Design Cost	\$155,045	\$183,187	\$281,375	\$324,867
TOTAL MARKED-UP COSTS	\$6,356,839	\$7,508,649	\$11,536,368	\$13,319,561
CUBIC YARDS PROCESSED	13,000	13,000	24,000	24,000
COMPOSTING COST PER CUBIC YARD	\$259	\$345	\$249	\$321
TOTAL COST PER CUBIC YARD	\$489	\$578	\$481	\$555

טבלת עלויות לדוגמא לטיפול ביולוגי

7.4. טיפול תרמי - שריפה (Incineration)

טיפול תרמי הוא טכנולוגיה לטיפול במזהמים שמקורם בחומרים אורגניים בנוזלים, בפסולת מוצקה ובקרקעות מזוהמות. בתהליכים התרמיים משתמשים בחום להגברת הנדיפות (הפרדה), לשריפה, ולפירוק של המזהמים.

7.4.1. הסבר על שריפה

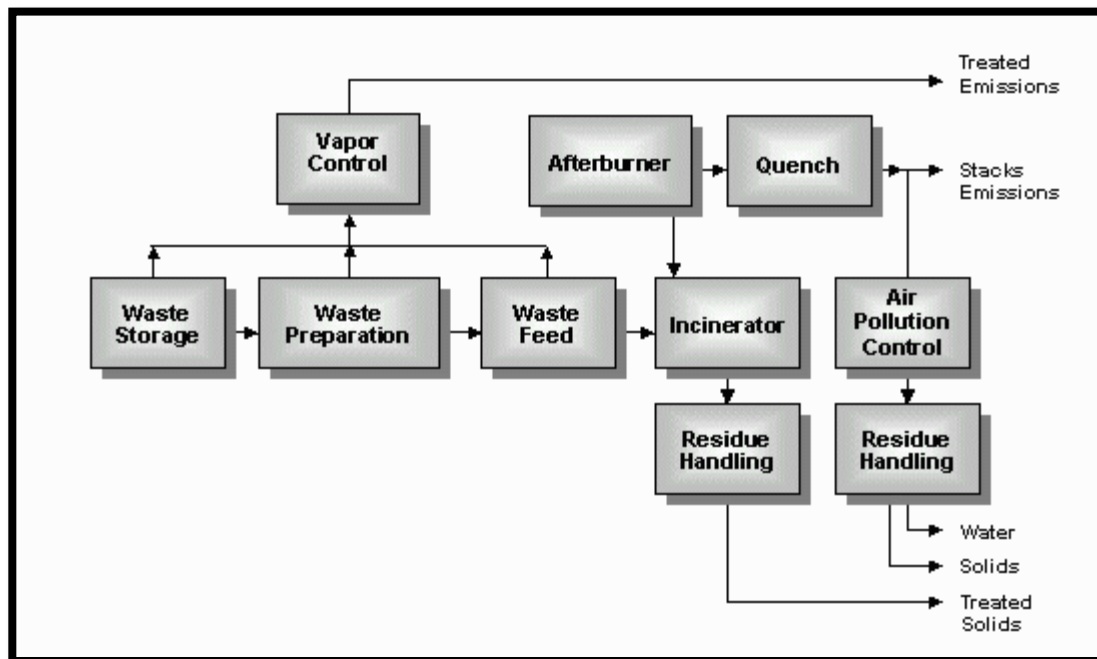
שריפה היא תהליך תרמי בו משלבים חמצן וטמפרטורה גבוהה על מנת לחמצן חומרים לתוצרי פחמן דו-חמצני²³, אדי מים ואפר. באמצעות טמפרטורות גבוהות של כ- 1200 °C – 870, מתנדפים ונשרפים מזהמים אורגניים. הטמפרטורה הגבוהה (יחסית לטיפול תרמי) מאפשרת לטפל בהצלחה במגוון רחב יותר של חומרים מזוהמים, בריכוזי מזהמים גבוהים יותר ובמזהמים קשים לטיפול. את אפר השריפה נדרש להטמין באתר בטוח (אתר פסולת רעילה/אחר- תלוי בריכוז המתכות) או להעבירו טיפול נוסף, כגון ייצוב מיצוק. בנוסף, נדרש טיפול בגזים הנפלטים מהתהליך. ניתן להקים מתקן שריפה בתוך האתר, או להשתמש במתקן שריפה מחוץ לאתר.

שריפת קרקע המזוהמת במתכות - שריפה איננה טכניקה יעילה לטיפול במתכות. תרכובות מתכניות נדיפות, כגון כספית או ארסן בקרקע, עלולות ליצור בעיות בפליטות חלקיקים. בשל

²³ ניתן לקבל תוצרי גזים ותחמוצות נוספים, כתוצאה מנוכחותם בקרקעות המזוהמות הנשרפות.

גודלם הזעיר, קיים קושי להרחיק חלקיקים מתכתיים אלה מהאוויר בעזרת ציוד בקרת פליטות הקונבנציונלי. מתכות לא נדיפות (לדוגמא, כרום ונחושת) נוטות להישאר ולהתרכז באפר השריפה.

שריפת חומרי נפץ - תהליכי שריפה יכולים לשמש לטיפול בקרקע מזוהמת בחומרי נפץ, חומרי נפץ עם חומרים אורגניים אחרים, גושי פסולת של חומרי נפץ ופסולת פירוטכנית. בצבא ארה"ב נשקלת אפשרות שריפה של חומרים המכילים פחות מ-10% חומרי נפץ לפי משקל, המוגדר כבעל פוטנציאל פיצוץ נמוך, באישור מחלקת הבטיחות בחומרי נפץ של ה-DOD. הודגם ע"י ה- USAEC כי קרקע עם תכולת חומרי נפץ נמוכה מ-10% (משקלית) אינה ריאקטיבית, מאחר ואינה יכולה לספק יכולת פיצוץ דרך מסת הקרקע. חומרי הנפץ הצבאיים שאליהם מתייחס גבול זה הם חומרי נפץ שניוניים כמו TNT ו- RDX ותוצרי הלוואי שלהם.



תרשים תהליך השריפה

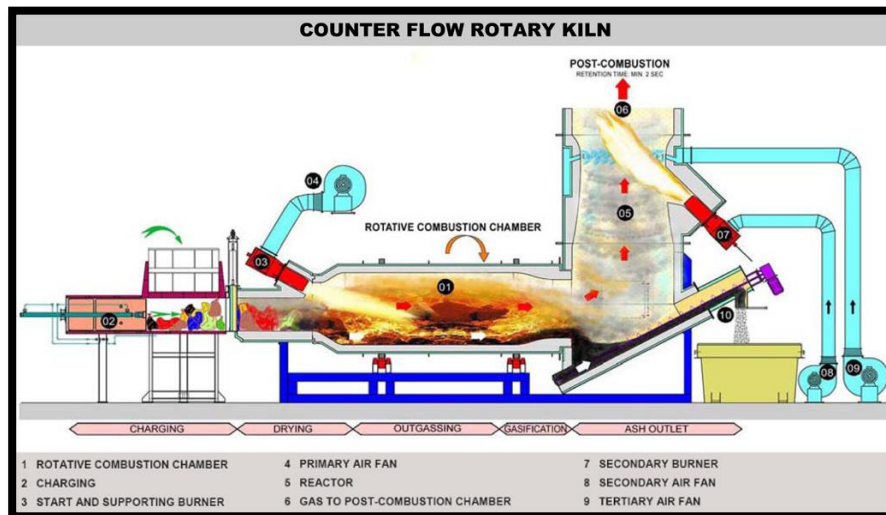
יתרונות השריפה: ישימים למגוון רחב של מזהמים אורגניים וחלק המזהמים האנאורגניים, קיימת היתכנות לטיפול בכמויות גדולות של מזהמים.

חסרונות/מגבלות השריפה: הליך יקר יחסית לטיפולים אחרים; ייתכן צורך בניפוי וטיפול מקדים בקרקע; לאחר השריפה יש צורך לטפל באפר תחתי ועילי הנוצרים כתוצר לוואי בתהליך. שיטות עבודה של מתקני שריפה:

א) כבשן סובב - Rotary Kiln Incinerators

משרפות מסוג זה כוללות כבשן גלילי ארוך ומסתובב שניצב בשיפוע קל. פסולת וחומרי דלק מסייעים, מוזנים דרך הקצה המוגבה של הכבשן. חומרי הפסולת עוברים בעירה בזמן מעברם דרך הכבשן. הכבשן מסתובב באיטיות על מנת להגביר את ערבוב הפסולת עם האוויר הבוהר ועל ידי כך מסייע לתהליך הבעירה. טמפרטורת השריפה יכולה להגיע לעד כ- 1000 °C. זמני השהיה בכבשן יכולים להשתנות ממספר דקות לשעה או יותר, על מנת להבטיח את הריסת המזהמים. האפר

מסולק בקצה המונמד של הכבשן. גזי הפליטה עוברים דרך afterburner לחמצון נוסף ולאחר מכן מטופלים במערכת קונבנציונלית לבקרת זיהום אוויר, במטרה להגביל את פליטות החלקיקים ולנטרל את הגזים החומציים (HCl , NO_x ו- SO_x). מסננים מסוגים שונים, כגון מסנני שקים, משמשים להרחקת חלקיקים. משטפים ומייבשי התזה מרחיקים את הגזים החומציים. כבשן סובב משמש גם לטיפול בקרקעות מזוהמות בחומרי נפץ, בו הקרקע מוזנת לתא שריפה ראשוני או לכבשן סובב, שם נהרסים המרכיבים האורגניים. טמפרטורת הגזים בתא השריפה הראשוני נעה בטווח של $427 - 649^\circ\text{C}$ וטמפרטורת הקרקע נעה בטווח של $316 - 649^\circ\text{C}$. זמן השהיה בתא השריפה הראשוני, שמשתנה עם שינוי מהירות סיבוב הכבשן, הוא בערך 30 דקות. הגזים הנפלטות מתא השריפה הראשוני עוברים לתא שריפה שני, שבו נהרסות שאריות החומרים האורגניים. התוצר של שריפת קרקע מזוהמת בכבשן סובב הוא קרקע מטופלת, שנופלת מתא השריפה הראשוני אחרי שהמזהמים האורגניים נהרסו. תוצר זה מנותב לתא צינון במים או להתזת מים, על מנת להחזיר לו לחות.



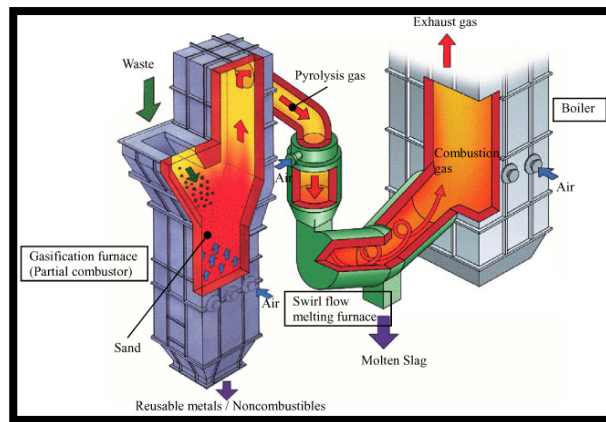
תרשים כבשן סובב²⁴

(ב) כבשן הרחפה - Fluidized Bed Incinerators

כבשן הרחפה נעשה שימוש באוויר במהירות גבוהה לצורך סיבוב והרחפת חלקיקי הקרקע המזוהמת בבעירה מפותלת. טמפרטורת ההפעלה עשויה להגיע עד כ- 900°C . בכבשני הרחפה נעשה שימוש במצע חול או במצע גרנולרי אינרטי אחר. תנור הבעירה הינו קווי, לשם שיפור מעבר החום לזרם הפסולת שעוברת שריפה. מזרימים אוויר דרך המצע המרחף על מנת להרחיף את החומרים הגרנולריים ולגרום להם לנוע ולהתערבב בנוזל. הקרקע המזוהמת מוזנת לריאקטור תוך שימוש במספר אזורי כניסה ולאחר מכן נוצר מגע בין הפסולת לבין מצע החלקיקים המחומם. אנרגיות הערבוב הגבוהות מסייעות בתהליך הבעירה ותוצאתם היא טמפרטורות שריפה נמוכה יותר מאשר בתהליכי שריפה אחרים. כבשני הרחפה משמשים לשריפת נוזלים אורגניים, בוצות ומוצקים בגודל הנמוך מאינץ' אחד. חומרי הפסולת חייבים

²⁴ <http://www.jeag.com/home/products/rk-line.html>

להיות בעלי תכולה נמוכה של אפר, נתון ומתכות כבדות. יחידות ניידות של כבשני הרחפה זמינות מבחינה מסחרית. פעולות ניקיון ותחזוקה מונעת נדרשות בכבשנים אלה בתדירות גבוהה.



תרשים כבשן הרחפה²⁵

7.4.1.1. יעילות השריפה

שריפה היא טכנולוגיה מוכחת לטיפול בקרקעות המזוהמות בחומרים אורגניים, כגון דלקים, חומרי הדברה, סולבנטים, חומרי נפץ וכד'. טכנולוגיית השריפה הייתה בשימוש בעבר בטיפול באתרי פסולת מסוכנת רבים, אשר הכילו גם חומרי נפץ. הטמפרטורות הגבוהות בהן מבוצע התהליך מבטיחות את עיכול המרכיבים האורגניים ביעילות. תהליכי שריפה יכולים לשמש לטיפול בזרמי פסולת ייחודיים, לרבות קרקע וחומרי נפץ עם חומרים אורגניים אחרים, תחמושת שלא התפוצצה, תפזורת פסולת חומרי נפץ ופסולת דומה. יש לציין כי תהליך השריפה גורם לריכוז חומרים מזוהמים בהם התהליך לא מטפל, כגון מתכות ומלחים, לכן סביר להניח כי האפר שייווצר בתהליך כתוצר לוואי יוגדר כחומר מסוכן ויידרש טיפול מתאים נוסף כגון-ייצוב מיצוק והטמנה.

7.4.1.2. יישומות השריפה

טכנולוגיית השריפה הנפוצה ביותר באתרים מזוהמים בחומרים אורגניים מסוכנים היא כבשן סובב. השיטה נבחרה כשיטת טיפול בקרקע מזוהמת ביותר מ - 150 אתרי Superfund בארה"ב. גם טכנולוגיית כבשני ההרחפה משמשת לטיפול בקרקעות מזוהמות, לרבות בחומרי נפץ. יישום תהליך שריפה דורש תכנון והקמת מתקן שריפה, ניווד המערכת ככל ויהיה צורך, פעולות התנעה והבערות ניסיון. בנוסף, יש להתקין מערכת בקרה למניעת זיהום אוויר.

²⁵ http://nett21.gec.jp/waste/data/waste_C-1.html

מתקן שריפה באתר: הקמת משרפה, אפילו לפרק זמן מוגבל, תדרוש את אישור ועדות התכנון ועמידה בתנאים מחמירים של המשרד לאיכות הסביבה. בנוסף, עלולות להיווצר התנגדויות של הציבור בשל החשש מזיהום האוויר. מאידך, השטחים הגדולים של מתחמי התע"ש עשויים לאפשר הקמת משרפה במרחק גדול מספיק ממגורים. בנוסף, שימוש במתקן שריפה נייד במתחם תע"ש נוף ים יאפשר שימוש עתידי נוסף במתחם תע"ש אחר כאמור, אתר השיקום הינו קטן ונמצא בסמיכות לאזורי תעשייה ומגורים. למתקן שריפה ארובה הפולטת אדי מים, CO2 ומזהמים ברמה המותרת בחוק, דבר היוצר נראות אשר עלולה לעורר התנגדויות של תושבים הגרים בסמיכות לאתר. דבר זה אף מקבל משנה תוקף נוכח החתך הדמוגרפי של תושבי האזור, אוכלוסייה בעלת איכות חיים גבוהה ממעמד סוציאקונומי גבוה, ובעלת מודעות סביבתית גבוהה.

מתקן שריפה מחוץ לאתר:

במידה ומשתמשים במשרפה מחוץ לאתר, יש להתחשב בסיכון הפוטנציאלי של הובלת קרקעות מזוהמות, לעיתים בחומרי נפץ ופסולת מסוכנת, דרך אזורי מגורים.

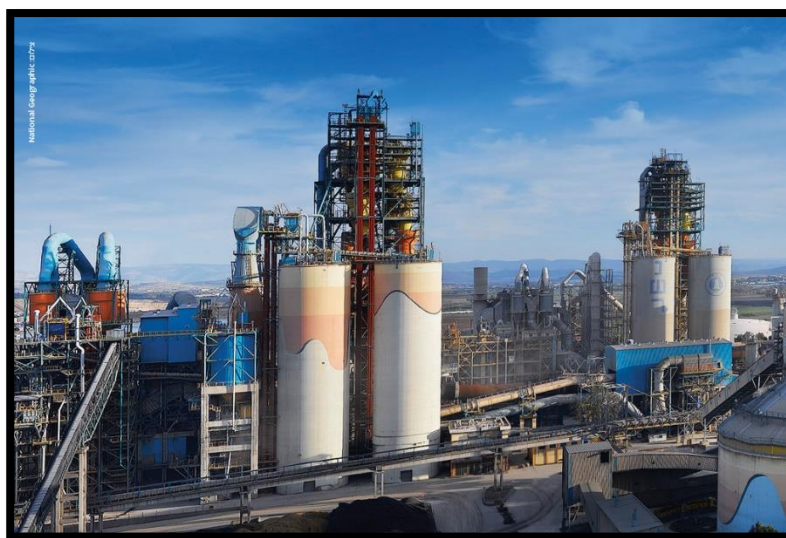


מפעל שריפה אקוסול- נאות חובב

שריפה במפעל לייצור בטון:

הקרקע המזוהמת מהווה תחליף לחומר הגלם במפעלים לייצור מלט. למפעל נשר רמלה אישורים וכיול קליטה למגוון רחב של פסולות ופסולות חומ"ס, לרבות קרקעות מזוהמות. מגבלות של איכות ורמת הזיהום אותם רשאי המפעל לקבל, מפורטות בהיתר הפליטה ובאישור הרחובי לקליטת חומ"ס אשר ניתנו למפעל ע"י המשרד להגנת הסביבה. המגבלות התפעוליות כוללות התייחסות להרכב כימי ותכונות פיסיקליות של הקרקעות, כגון גודל גרגר, רמת הפלסטיות ומגבלות על תכולה של חומרים זכים כגון פסולות בניין, סלעים גדולים וברזלים. מגבלות התקינה מתייחסות להרכב הכימי הראשי של הזיהום והימצאות מתכות כבדות כולל חומר אורגני וכלור. המפעל קולט קרקעות חרסיות או חוליות לאחר טיפול מקדים של גריסה, ניפוי וסילוק חומרים זרים. יש לוודא באמצעות סקרים מקדימים ומנגנוני אבטחת איכות תוך כדי קליטה שוטפת, כי

איכות החומר מתאימה לשימוש, אינה מסכנת את תהליכי הייצור ואיכות המוצר, ועומדת במגבלות התקינה.



מפעל מלט נשר- רמלה

אורגני	יישומות	אנאורגני	יישומות	תכונות הקרקע	יישומות
Halogenated VOCs	כן (למעט למלט)	מתכות	ייתכן	חצץ גדול מ-2 מ"מ	כן (למעט למלט)
Halogenated SVOCs	כן (למעט למלט)	קורוזיבים	ייתכן (למעט למלט)	חול 0.06-2 מ"מ	כן
Non-Halogenated VOCs	כן (למעט למלט)	Radionuclides	לא	טיין 2-60 µm	כן
Non-Halogenated SVOCs	כן	ציאנידים	כן (למעט למלט)	חרסית קטן מ-2 µm	כן
קורזיביים אורגניים	ייתכן (למעט למלט)	אסבסט	כן		
ציאנידים אורגניים	כן (למעט למלט)	חומרי נפץ	עד גבול הנפיצות (למעט למלט)		
PCBs	כן (למעט למלט)				
קוטלי מזיקים / עשבים	כן (למעט למלט)				
דיוקסינים / פוראנים	כן (למעט למלט)				
חומרי נפץ	מתחת לגבול הנפיצות (למעט למלט)				

טבלת יישומות שריפה למזהמים וסוגי קרקע

7.4.1.3. עלויות כלליות מוערכות- שריפה

חסרונם העיקרי של תהליכי השריפה הוא מחירם היקר (למעט שריפה על ידי מתקני ייצור מלט). ניתן לצמצם עלויות על-ידי שימוש חוזר במשרפה שתוקם באתר שיקום אחד, ותנויד לצורך טיפול בקרקעות באתרי שיקום נוספים.

עלויות כלליות של שריפה במתקן שריפה, מוערכות כבין ל- ש לטון, כתלות בריכוז המזהמים והצורך בניפוי מוקדם של הקרקע. בנוסף, על הקרקע לעמוד בתנאים ובדרישות של מפעל המלט (הקשורים לסוג המזהמים, סוג הקרקע וכד').

להלן הצעת מחיר לשריפת קרקעות מזוהמות אשר קיבלה החברה לשירותי איכות הסביבה מנשר מפעלי מלט ישראליים בע"מ (המחירים אינם כוללים את ההובלה והניפוי ככל ויידרש, ועלויות עבור עבודה בשעות הלילה- ש נוספים לכל טון):

- 25-100 טון : ש לטון ;
- 100-500 טון : ש לטון ;
- 500-1000 טון : ש לטון ;
- 1000-5000 טון : ש לטון ;
- 5000 טון ומעלה : ש לטון .

7.5. ייצוב מיצוק

ייצוב-מיצוק היא טכנולוגית שיקום המיועדת לטיפול בקרקע המזוהמת במתכות, באפר (שנוצר בתהליך שריפה של קרקע מזוהמת או מטיפול תרמי של הקרקע המזוהמת), בחומרים אורגניים בריכוזים נמוכים או בשאריות תהליך טיפול בקרקע מזוהמת כגון שטיפת קרקע. הטכנולוגיה מסתמכת על תגובה בין ריאגנטים לקרקע על מנת לפחית את נידודת המזהמים. תערובת הריאגנטים ותוספות המשמשות לייצוב מיצוק בדרך כלל מכונים מקשרים (binders), כאשר יכול להתווסף ריאגנט יחיד או תמהיל ריאגנטים. הקרקע המזוהמת מעורבת עם מרכיבים מייצבים כמו מלט, במטרה ליצור מטריצה בלתי חדירה שתצמצם את פוטנציאל זליגת המזהמים לסביבה, במיוחד תשטיפים המכילים מתכות. את המטריצה שנוצרה יש להטמין במטמנה לפסולת מסוכנת. ייצוב כרוך בהוספת ריאגנטים לחומר מזוהם (כגון קרקע או בוצה) על מנת ליצור מרכיבים יציבים יותר מבחינה כימית.

מיצוק כרוך בהוספת ריאגנטים לחומר מזוהם על מנת להעניק לו יציבות פיזית / מימדית כדי לאצור את המזהמים במוצר מוצק ולהפחית חדירות לאוויר ומים.

ריאגנטים נפוצים: cement, pozzolans , ground granulated blastfurnace slag ' lime based ,binders (calcium oxide or hydroxide)and organophilic clays, כאשר החברה לשירותי איכות הסביבה רשמה שני פטנטים בינלאומיים המצמצמים בצורה משמעותית את השימוש במלט, על ידי מחזור שימוש בתוצרי שריפה של פצלי שמן (אפר פמ"א).

ניתן לבצע את תהליך זה In Situ או Ex Situ (באתר או מחוץ לאתר) כאשר הליך ייצוב ומיצוק Ex Situ דורש חפירה של החומר המיועד לטיפול.

בייצוב-מיצוק In Situ עושים שימוש במערכת קידוח ומערכת הזרקה על מנת להוסיף את החומרים המקשרים לקרקע המזוהמת ללא חפירה, כאשר החומר שנוצר נשאר במקום. תהליך זה מגביל עד

מאד את השימוש העתידי בקרקע בשל השארת הזיהום באתר, בנוסף לצורך בבקרה ארוכת טווח ואינו ישים לאתר תע"ש נוף ים המיועד לאיכלוס.

ערבוב מדויק ויעיל של מזהמים ומקשר הוא חיוני להצלחת ההליך, כאשר ערבוב ex-situ מתבצע תוך שימוש באחת משתי השיטות הבאות:

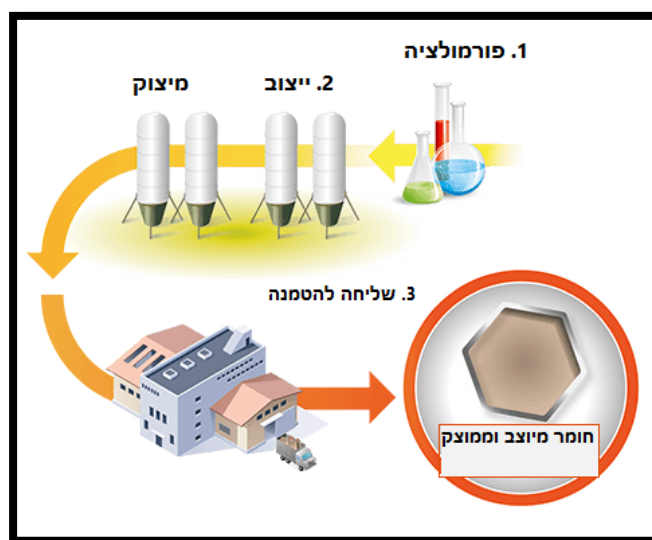
(א) מתקן ייצוב מיצוב, בו הערבוב מתבצע בעזרת מערבלים מכניים, באצוות או בתהליך מתמשך. ניתן להקים מתקן ערבוב ייצוב מיצוק ניח מחוץ לאתר השיקום, או מתקן נייד באתר השיקום אשר תוכנן ונבנה במיוחד למטרת השיקום (או שהותאם מיישומים אחרים כגון תעשיית הבטון). במפעל החברה לשירותי איכות הסביבה בנאות חובב קיים מתקן עם קיבולת טיפול של 120 אלף טון בשנה, אשר הוכיח ישימות ויעילות גבוהה במענה לשיקום מגרש 181 ואשר היה מזוהם בזיהומים כבדים, אורגנו-חומציים ואי-אורגניים.

(ב) ערבוב ישיר, בו החומר המזוהם מועבר לאזור טיפול סופי הממוקם באתר או מחוצה לו, נערם בשכבות יחד עם החומר המקשר ומעורבב במקום בעזרת ציוד מכני המתאים. בסיום, החומר המעורבב מהודק ונשאר במקום להשלמת התהליך.

קביעת פורמולציות ומחירים סופיים מחייבים ביצוע פיילוטים.

יתרונות לייצוב מיצוק: ניתן לטפל במזהמים קשים (כגון מתכות כבדות, PCB, דיוקסינים); התהליך גורם למעט זיהום יחסית; לעיתים קרובות חל שיפור בתכונות הפיזיות של הקרקע לאחר הטיפול (כגון חוזק משופר, חדירות נמוכה); ניתן להשתמש שוב בחומר המטופל באתר או לסווגו מחדש לטיפול פחות יקר בהתאם לאישור הרגולטור.

חסרונות/מגבלות לייצוב מיצוק: הטיפול מקבע את החומרים המסוכנים ולא מפרק אותם; תיתכן הגדלה בנפח החומר; דורש בד"כ הטמנה במטמנות לחומרים מסוכנים.



הליך ייצוב מיצוק

7.5.1. יעילות ייצוב-מיצוק

יעילות שיטת ייצוב-מיצוק ניכרת בצורה משמעותית בטיפול בקרקעות המזוהמות במזהמים מסוגים שונים. תהליך הייצוב-מיצוק יעיל במיוחד לטיפול בקרקעות מזוהמות במתכות וחומרים אורגניים ספציפיים. המטריצה שנוצרת מקבעת את המזהם ומפחיתה את פוטנציאל הזליגה העתידית של מזהמים לקרקע. החומר המיוצב מוטמן במטמנה יעודית לחומרים

מסוכנים בהתאם לתקנים מחמירים של הדירקטיבה האירופאית אשר אומצו על ידי המשרד להגנת הסביבה. לתהליכי ייצוב-מיצוק יעילות מוכחת לגבי תרכובות אורגניות הלוגניות/לא הלוגניות, תרכובות אנאורגניות כגון מתכות ומלחים ואף בחומרים נדירים כגון כספית, גופרית וחומרי הדף. תהליך ייצוב-מיצוק מסוגל להתמודד עם חומרים קיצוניים ברמת החומציות. בנוסף, נוכחות חומרי נפץ בקרקע מזוהמת יכול להביא לתהליך סינרגי, כאשר נוכחות ניטרטים וחומרים מחמצנים מאיצים את שלב ההתמצקות.

7.5.2. יישומות ייצוב-מיצוק

תהליך ייצוב-מיצוק ניתן ליישום באופן מיידי, אודות לניסיון מעשי ומוכח בהפעלת מתקן הייצוב מיצוק בנאות חובב, פיתוח פורמולציות המותאמות לפסולת מסוגים שונים ובמגוון מצבי צבירה כגון: מוצקים, בוצות ותרופים.



ייצוב מיצוק- החברה לשירותי איכות הסביבה

אורגני	יישומות	אנאורגני	יישומות	תכונות קרקע	יישומות
Halogenated VOCs	בריכוזים נמוכים בלבד	מתכות	כן	חצץ גדול מ-2 מ"מ	כן
Halogenated SVOCs	בריכוזים נמוכים בלבד	קורוזיבים	כן	חול 0.06-2 מ"מ	כן
Non-Halogenated VOCs	בריכוזים נמוכים בלבד	Radionuclides	כן	טין 2-60 μm	כן
Non-Halogenated SVOCs	בריכוזים נמוכים בלבד	ציאנידים	כן	חרסית קטן מ-2 μm	כן
קורזיביים אורגניים	בריכוזים נמוכים בלבד	אסבסט	כן		
ציאנידים אורגניים	בריכוזים נמוכים בלבד	חומרי נפץ	כן		
PCBs	בריכוזים נמוכים בלבד				
קוטלי מזיקים / עשבים	בריכוזים נמוכים בלבד				
דיוקסינים/ פוראנים	בריכוזים נמוכים בלבד				
חומרי נפץ	כן				

טבלת יישומות ייצוב מיצוק למזהמים וחומרי קרקע

7.5.3. עלות כללית מוערכת- ייצוב-מיצוק

מעבר לעלויות החפירה והפינוי, העלות הסופית נקבעת על ידי פורמולציה שמותאמת ספציפית לתמהיל המזהמים בקרקע.

. לשם הדוגמא, קיימים ארבעה

תרחישים אפשריים בהתאם לקריטריונים של סוג הזיהום ומצב הצבירה של הפסולת²⁶:

SOIL TECHNOLOGY:		Solidification/Stabilization			
RACER PARAMETERS		Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D
		Small Site		Large Site	
Remedial Action:		Easy	Difficult	Easy	Difficult
Media/Waste Type		Solid	Sludge	Solid	Sludge
Contaminant		Metals	Metals & SVOCs	Metals	Metals & SVOCs
Approach		Ex Situ	Ex Situ	Ex Situ	Ex Situ
System Definition:					
Type of Waste		Solid	Sludge	Solid	Sludge
Density of Waste (pcf)		100	80	100	80
Quantity of Waste (CY)		1,000	1,000	50,000	50,000
Process System (CY)		2	2	10	10
Safety Level		D	D	D	D
Additives:					
Initial Moisture Content (%)		15	60	15	60
Minutes Per Batch (MIN)		20	20	20	20
Waste Disposal Volume (CY)		1,270	1,337	63,487	66,855
Chemical Additive Ratios:					
Cement : Waste		0.15 : 1	0.40 : 1	0.15 : 1	0.40 : 1
Water : Cement		0.40 : 1	N/A	0.40 : 1	N/A
Proprietary Chemicals : Waste		0.01 : 1	0.01 : 1	0.01 : 1	0.01 : 1
Fly Ash : Waste		0.00 : 1	0.00 : 1	0.00 : 1	0.00 : 1
Cement Kiln Dust : Waste		0.00 : 1	0.00 : 1	0.00 : 1	0.00 : 1
Hydrate Lime : Waste		0.00 : 1	0.00 : 1	0.00 : 1	0.00 : 1
Bitumen : Waste		0.00 : 1	0.00 : 1	0.00 : 1	0.00 : 1
Activated Carbon : Waste		0.00 : 1	0.00 : 1	0.00 : 1	0.00 : 1
Solidification/Stabilization Marked-Up Costs		\$149,546	\$171,663	\$4,280,064	\$6,555,059
Additional Costs:					
Remedial Design - Detailed On-Site		\$16,450	\$18,883	\$342,405	\$458,854
TOTAL MARKED-UP COSTS		\$165,996	\$190,546	\$4,622,469	\$7,013,913
COST PER CUBIC FOOT		\$6	\$7	\$4	\$5
COST PER CUBIC METER		\$216	\$248	\$124	\$190

טבלת עלויות לדוגמא לייצוב מיצוק



מתקן ייצוב מיצוק- החברה לשירותי איכות הסביבה

Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0²⁶
(<https://frtr.gov/matrix2/section4/4-21.html>). עלויות עשויות להתעדכן.

7.6. הטמנה

7.6.1. הסבר על הטמנה

הטמנת קרקע מזוהמת מתבצעת בהתאם להנחיות המשרד להגנת הסביבה ובהתאם לרמת הזיהום שלה, לסוגי הזיהום שבה ולסוג הקרקע²⁷. הקרקע מפונה לאתר המטמנה בהתאם לערכי הקליטה המאושרים באותו אתר לפי רישיון העסק. הטמנת הקרקע ללא טיפול מקדים לא מפחיתה את רמת הזיהום ולא מצמצמת את נפח הקרקע.

הטמנה או כיסוי אפשרית בסוגי המטמנות הבאים:

- מטמנה לפסולת בניין
- מטמנה מוניציפאלית
- מטמנה לחומרים מסוכנים

7.6.2. יישומות ההטמנה

יישומות השיטה מותנית בהנחיות העדכניות של המשרד להגנת הסביבה בהתאם לדירקטיבה האירופאית (המכתיבות את ערכי הסף להטמנה ואת האתרים המאושרים להטמנה) ובקיבולת הקיימת במטמנה המתאימה לסוג הקרקע המזוהמת.

7.6.3. עלות כללית מוערכת – הטמנה

מעבר לעלויות החפירה והפינוי, עלות הפינוי כאדמת כיסוי במטמנה לפסולת בניין ובמטמנה לפסולת מוניציפאלית עומד על כ- 100 ₪. עלות ההטמנה במטמנה לחומרים מסוכנים הינה 100 ₪ לטון (מחיר ממוקח).



מטמנה מערבית בנאות חובב - החברה לשירותי איכות הסביבה

²⁷ בהתאם לדירקטיבה האירופאית EC/2003/33 אשר אומצה על ידי המשרד להגנת הסביבה

7.7. הטמנה במטמנה לחומ"ס תוך איטום החומר המוטמן

במקרה בו החומר מתאים להטמנה במטמנה לחומ"ס אך מהווה מטרד סביבתי עקב שחרור ריחות ניתן לבצע הטמנה במטמנה לחומ"ס ולבצע איטום מיידי באמצעות חומר מיוצב ממתקן ייצוב מיצוק.

הכמות המשוערת של קרקע מזוהמת ליום הינה כ - 500 טון המהווים נפח של כ- 350 מ"ק. תבוצע חפירת אמבטיה להטמנת הקרקע המזוהמת, הקרקע תוטמן באמבטיה ותכוסה בחומר דמוי בטון, ממתקן ייצוב מיצוק, אשר יהווה אטימה לפני השטח של הקרקע המזוהמת ובכך ימנע מטרד סביבתי של ריחות מהקרקע.

7.8. אחסון קרקעות מזוהמות כחומר לטיפול במרכז ה HUB

לשם התייעלות מבחינה סביבתית ותפעולית, ואף להוזיל עלויות הטיפול בקרקעות מזוהמות, בקרוב יוקם מרכז/מרכזי טיפול בקרקעות מזוהמות, HUB. אתר זה יהווה אתר מרכזי המכיל את מרבית מתקני הטיפול ומקשר בין אתרי המשנה.

כחלק מהיערכות להקמת ה HUB, ניתן לאחסן את הקרקעות המזוהמות עד להקמת ה HUB ולאחר ההקמה קרקעות אלו יטופלו ב HUB.

לשם אחסון קרקעות מזוהמות נדרש משטח אטום בעל מערך לאיסוף וניקוז תשטיפים, עליו יערמו הקרקעות המזוהמות לפי סיווג הזיהומים, בהתאם לטיפול המיועד המתאים ביותר. ערימות אלו יכוסו ביריעות PE.

מיקום אזור האחסון האופטימאלי הינו בשטח בו יוקם מרכז ה HUB או בקרבתו, זאת ע"מ לצמצם את שינוע החומר.

8. דיון מסכם והמלצות לחלופות שיקום אתר תע"ש נוף ים- פיילוט

8.1. חלופות הטיפול האפשריות ועלויות משוערות, בחלוקה לקבוצות המזהמים באתר

כאמור, על פי סקרי הקרקע, וסיורים אשר בוצעו על ידי החברה לשירותי איכות הסביבה באתר תע"ש נוף ים, זוהו 7 מוקדי זיהום בהם ריכוזי הזיהום הינם גבוהים במיוחד והצורך בשיקומם הינו וודאי, אף טרם עריכת סקר סיכונים והגדרת ערכי סף. שני מוקדי זיהום מתוך הנ"ל, יטופלו כבר בשלב הפיילוט.

קבוצות הזיהום העיקריות במוקדי זיהום אלו הן :

(א) חומצות אורגניות זיהום ראשי + sVOC זיהום משני

(ב) TPH זיהום ראשי



שער הכניסה לאתר תע"ש נוף ים

בתום סקירת החלופות לטיפול בקרקעות המזוהמות ע"י החברה לשירותי איכות הסביבה וכן ביצוע ניתוח של החלופות על בסיס קריטריונים סביבתיים, כלכליים וטכנולוגיים, להלן סיכום חלופות הטיפול האפשריות²⁸ נכון לאלו הקיימות כיום בישראל, בחלוקה לקבוצות הזיהום העיקריות. טכנולוגיות כגון Thermal desorption ושטיפה לא נבחנו בעבודה זו עקב אי זמינותם העכשווית בארץ.

יש לציין כי העלויות המוערכות הנקובות להלן, לא כוללות שירותי פיקוח של רשות הטבע והגנים ורשות העתיקות (כ- [] ₪ ליום פיקוח) ועבודות תשתית נדרשות לשם חיבור הגישה לכביש החוף, המוערכות בכ- [] ₪ סה"כ.

חומצות אורגניות- זיהום ראשי				
SVOC- זיהום משני				
ברירת תשטיפים מערבית				מוקד זיהום עיקרי
כ- 3,000 טון				סה"כ כמות מוערכת
חלופות אפשריות	שריפה	ייצוב	הטמנה במטמנה לחומ"ס	הטמנה ואיטום במטמנה לחומ"ס
עלות משוערת לטיפול ²⁹ (לטון בש"ח)	[]	[] (ראו הערה מטה)	[]	[]
עלות משוערת לחפירה הובלה (לטון בש"ח)	(נאות חובב)	(נאות חובב)	(נאות חובב)	(נאות חובב)
סה"כ עלות טיפול כוללת לכמות המוערכת ³⁰	[]	[]	[]	[]
יישומות השיטה	מיידית	מיידית	pH>6	pH>6
יכולת קליטה/טיפול (טון/יום)	כ- 5 המתקן אינו יכול לקבל יותר מכמות זו עקב עומס ב CAPACITY	כ- 500	כ- 500	כ- 500
זמן היערכות (חודשים)	מידי	מידי	מידי	מידי
בטחון באיכות התוצאה	100%	100%	100%	100%

חלופות טיפול אפשריות- חומצות אורגניות+SVOC

²⁸ חלופות אשר אינן מופיעות בטבלאות כחלופות אפשריות עקב חוסר היתכנות טכנולוגית מיידית.
²⁹ הערכה ראשונית בלבד. העלות לא כוללת עלויות עקיפות (כגון שמירה, גידור, פיקוח, סקרי קרקע, מדידות, מעבדות אנליטיות וכד') וכן טיפול משלים או מקדים הנדרש (כגון טיפול בשפכים ובבוצה, טיפול באפר, תמיסות ושאריות מההליך וכן ניפוי, גריסה, מיון וכו').

שער החליפין עליו מבוססת

העלות המוערכת: 4 ₪ לדולר, 4.5 ₪ ליוור.

³⁰ כולל בצ"מ [] %

Environmental Services Company Ltd.

Tel-Aviv: Office, 40 Yitzhak Sade St. P.O.Box 51631, Tel-Aviv 6721210, Israel.

Tel.: +972-3-5374850, Fax: +972-3-5374860

Neot-Hovav: Plant, Customers & Visitors Centres, P.O.Box 5743,

Beer-Sheva 8415701, Israel. Tel.: +972-8-6503700, Fax: +972-8-6572235



החברה לשרותי איכות הסביבה בע"מ

תל אביב: משרד: רח' יצחק שדה 40, ת.ד. 51631, תל-אביב 6721210

טל.: 03-5374850, פקס: 03-5374860

נאות חובב: מפעל, מרכז לקוחות ומרכז מבקרים, ת.ד. 5743,

באר-שבע 8415701 טל.: 08-6503700, פקס: 08-6572235

***הערה בנוגע לעלות הטיפול במתקן ייצוב מיצוק – החברה ממליצה לבצע פיתוח פורמולציה בעלות**

של כ – ■. להערכת החברה, פיתוח פורמולציה זו יחסוך עד כ – ■% מעלות הטיפול במתקן

ייצוב מיצוק.

פסילת חלופות רלוונטיות

- מתקן השריפה אינו רלוונטי עקב יכולת קליטה זניחה (ביחס לכמות הנדרשת) וכן עקב עלות גבוהה.

- אחסון זמני לטיפול תרמי עתידי ב HUB אינו רלוונטי כיוון שאין וודאות בנוגע למיקום ה HUB וכן למועד הקמת מתקן תרמי ב HUB.

TPH - זיהום ראשי							
קרקע בסביבת מיכלי המזוט							מוקדי זיהום
כ- 2,000 טון							סה"כ כמות מוערכת:
אחסון זמני (לטיפול ב HUB)	מיחזור כיסוי / מילוי בורות	טיפול ביולוגי On Site	טיפול ביולוגי Off Site	ייצוב-מיצוק	הטמנה לחומרים מסוכנים	שריפה במפעל "נשר"	חלופות אפשריות
■	■	■	■	■	■	■	עלות משוערת לטיפול ³¹ (לטון בש"ח)
■	■ (נאות חובב)	■	■ (אפעה)	■ (נאות חובב)	■ (נאות חובב)	■ (רמלה)	עלות משוערת לחפירה הובלה (לטון בש"ח)
■	■	■	■	■	■	■	סה"כ עלות טיפול כוללת לכמות המוערכת ³²
???	מותנה ב TPH<0.5%	מותנה בקיבולת קליטה	מותנה בקיבולת קליטה	מותנה ב TOC<6%	מותנה ב TOC<6%	מותנה ב TOC<3%	יישימות השיטה
כ- 1000	כ- 500	כ- 500	כ- 500	כ- 500	כ- 500	כ- 200	יכולת קליטה/טיפול (טון/יום)
???	מייד	חודשיים	מייד	מייד	מייד	מייד לאחר ניפוי, גריסה וסילוק מתכות	זמן היערכות/ פירוק (חודשים)
???	100%	75%	75%	100%	100%	100%	בטחון באיכות התוצאה

חלופות טיפול אפשריות - TPH

³¹ הערכה ראשונית בלבד. העלות לא כוללת עלויות עקיפות (כגון שמירה, גידור, פיקוח, סקרי קרקע, מדידות, מעבדות אנליטיות וכד') וכן טיפול משלים או מקדים נדרש (כגון טיפול בשפכים ובבוצות, טיפול באפר, תמיסות ושאריות מההליך וכן ניפוי, גריסה, מינון וכו').
לדולר, 4.5 ₪ לטון. שער החליפין עליו מבוססת העלות המוערכת: 4 ₪
³² כולל בצ"מ %

פסילת חלופות רלוונטיות

- מתקן הייצוב מיצוק אינו רלוונטי עקב עלות גבוהה.
- טיפול ביולוגי Off Site אינו רלוונטי עקב זמן טיפול ממושך.
- טיפול ביולוגי On Site אינו רלוונטי עקב זמן טיפול ממושך, אי הצדקה כלכלית להקמת יכולת טיפול באתר לכמות המדוברת וכן עקב התנגדויות צפויות (יש לציין כי חלופה זו יכולה להיות רלוונטית בשיקום האתר כולו).
- אחסון זמני לטיפול תרמי עתידי ב HUB אינו רלוונטי כיוון שאין וודאות בנוגע למיקום ה HUB וכן למועד הקמת מתקן תרמי ב HUB.
- הטמנה במטמנה לחומ"ס פחות רלוונטית משתי החלופות הנותרות (שריפה בנשר ומיחזור ככיסוי או מילוי בורות) עקב אי מחזור בחלופה זו.

8.2. חלופות הטיפול המומלצות למוקדי הזיהום העיקריים- פיילוט

עם סיום הבחינה הטכנו-כלכלית, ובהתאם להנחיות ואמות המידה שפרסם המשרד להגנת הסביבה במסמך "הנחיות מקצועיות ואמות מידה לטיפול בקרקע לצורך שיקום" (להלן: "מסמך הנחיות טיפול"), הקובע כי יש להתחשב בגודל האתר, בסוגי הזיהום, במיקומם ובאופיים ולמתן עדיפויות לטיפול בקרקע על ידי השבה ומיחזור, וכן בהתאם לייעודי הקרקע לצרכי ולשלבויות הפיתוח והשיווק של האתר המתוכננים באתר תע"ש נוף ים, גיבשה החברה את המלצתה לטיפול בכל אחד משני מוקדי הזיהום וקבוצות המזהמים העיקריים.

בחנינת החלופות ודירוגן בוצעה בהתחשב במספר שיקולים עיקריים:

- התאמת החלופה לתנאי האתר המטופל, בהתחשב בגודל האתר, כמות הקרקע המזוהמת, סוג הזיהום, מיקומו ואופיו וכך שתביא את הקרקע המטופלת לערכי הסף הראשוניים או לערכים מבוססי סיכון, שאושרו ע"י המשרד להגנת הסביבה.
- יעילות השיטה והטכנולוגיה, הן מבחינת אחוזי ההפחתה של כמות המזהמים והן מבחינת קצב ההפחתה.
- עלות החלופה.
- לוחות זמנים להשלמת השיקום (בייחוד במידה והשיקום יעשה באתר).
- מניעת השפעות שליליות נגזרות על הסביבה ועל הציבור, כגון: פליטות לאוויר; זיהום בקרקע, במי תהום או במים עיליים; יצירת חומרים נלווים (כמו תוצרי פירוק או תוספים) שאינם רצויים; פירוק חלקי של המזהמים היוצר חומרים מזהמים חדשים; שימוש בחומרים שאינם "נקיים" (מכילים שאריות של חומרים מזהמים).
- ישימות החלופה באתר, לרבות בהיבטים של זמינותה בישראל.
- התאמת החלופה למדיניות המשרד להגנת הסביבה לטיפול בקרקע כך שיתאפשר שימוש חוזר בהתאם למדרג הבא: **השבה \ מחזור \ סילוק** - ללא טיפול מקדים או לאחר טיפול.

החברה ממליצה כי פעולות הטיפול במוקדי הזיהום העיקריים בשלב הפיילוט באתר יתבצעו **מחוץ לאתר**, וזאת מהשיקולים הבאים:

- (ד) **מהירות שיקום האתר** - הוצאת הקרקעות המזוהמות וטיפול בהן מחוץ לאתר מביא לטיפול בקרקע בפרקי זמן של שבועות ספורים, בעוד הליך טיפול בתוך האתר (לרבות ייבוא/הקמה/הרצת מתקנים ככל ויידרש) עשוי להימשך זמן רב, להערכת החברה, ולעכב את סיום הפרוייקט ואכלוס הקרקע.
- (ה) **כדאיות כלכלית** - כמות הקרקע לטיפול באתר תע"ש נוף ים בשלב הפיילוט הינה קטנה יחסית, דבר היוצר חוסר כדאיות כלכלית בשיקום הקרקעות באמצעות הקמת מתקנים באתר.
- (ו) **בעלי עניין** - סמיכות האתר לאזורי מגורים עלולה לעורר התנגדויות של תושבים הגרים בקרבה לאתר ולמתקנים אשר יפעלו משטח האתר (בטווח של 100 מ'). ביצוע פעולות הטיפול מחוץ לאתר זה אף מקבל משנה תוקף נוכח החתך הדמוגרפי של תושבי האזור, אוכלוסייה בעלת איכות חיים גבוהה ממעמד סוציאקונומי גבוה, ובעלת מודעות סביבתית גבוהה.

החברה ממליצה על שיטות הטיפול - **השבה ומיחזור (כיסוי ומילוי/שריפה במפעל מלט) וייצוב מיצוק או הטמנה במטמנה לחומ"ס תוך איטום באמצעות חומר מיוצב** כפתרונות הישימים, הסביבתיים והכלכליים ביותר, ובעלי רמת הוודאות הגבוהה ביותר לזיהומים במוקדי הזיהום העיקריים:

- (ג) **חומצות אורגניות זיהום ראשי, זיהום משני - SVOC**, ממליצה החברה על ייצוב מיצוק בנאות חובב כחלופה המועדפת.
- (ד) **TPH** זיהום ראשי, ממליצה החברה על כיסוי מטמנה או שריפה במפעל מלט כחלופה המועדפת, בהתאם לאחוז ה TPH.

שיקום אתר תע"ש נוף ים – חלופת טיפול מומלצת למוקדי הזיהום העיקריים- פיילוט			
סה"כ כמות מוערכת:			כ- 5,000 טון
מוקדי הזיהום	חלופת טיפול (מועדפת 1)	חלופת טיפול (מועדפת 2)	חלופת טיפול (חלופית)
<u>בריכת תשטיפים מערבית</u> זיהום עיקרי חומצות אורגניות, זיהום נוסף SVOC סה"כ כמות מוערכת: כ- 3,000 טון	ייצוב	הטמנה במטמנה לחומ"ס תוך איטום באמצעות חומר מיוצב	pH>6 הטמנה במטמנה לחומ"ס
סה"כ עלות טיפול כוללת לכמות המוערכת ³³			
סה"כ משך קליטה/טיפול כולל לכמות המוערכת	כשבועיים	כשבועיים	כשבועיים
<u>קרקע בסביבות מיכלי המזוט</u> זיהום עיקרי TPH סה"כ כמות מוערכת: כ- 2,000 טון	TPH<0.5% מיחזור- כיסוי מטמנה או מילוי בורות	TOC<3% שריפה במפעל מלט	
סה"כ עלות טיפול כוללת לכמות המוערכת ³⁴			
סה"כ משך קליטה/טיפול כולל לכמות המוערכת	כשבועיים	כשבועיים	

חלופת טיפול מומלצת למוקדי הזיהום העיקריים – פיילוט

*יש לציין כי בזיהום TPH, כאשר ערך ה TOC יהיה גדול מ 3% תננתב הקרקע לטיפול ביולוגי Off Site.

³³ כולל בצ"מ %

³⁴ כולל בצ"מ %

9. ביבליוגרפיה

1.	דו"ח ממצאי סקר קרקע, תע"ש "נוף ים", LDD, נובמבר 2015
2.	Guidance on Oversight of Potentially Responsible Party Remedial Investigations and Feasibility Studies – EPA/540/G-91. Directive 9835
3.	Contaminated Land Remediation – CL: AIRE – DEFRA – 2010
4.	Guidance on Assessing the Risk Posed on archeological resource management – Environment Agency – 2003
5.	הנחיות מקצועיות ואמות מידה לטיפול בקרקע לצורך שיקום – אגף שפכי תעשייה, דלקים וקרקעות מזוהמות – המשרד להגנת הסביבה – 2016
6.	Guidance on the use of Stabilization/Solidification for the Treatment of Contaminated Soil – Environmental Agency – 2004
7.	Technology Screening Guide for Treatment of CERCLA Soils and Sludges
8.	Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0 (https://frtr.gov/matrix2/top_page.html)
9.	Application Guide for Thermal Desorption Systems – Technical Report TR-2090-ENV
10.	Nof-Yam Site Remedial Investigation Report, volume 1-2, E&E/Tahal , December 1996
11.	Nof-Yam Site Feasibility Study Report, Draft, E&E/Tahal , January 1997
12.	בחינה עדכנית של טכנולוגיות לטיפול בקרקעות מזוהמות בחומרי הדף ונפץ ושימויות באתרים מזוהמים בישראל, אוניברסיטת בן גוריון, עמיר אשד, מרץ 2005