

סיכום פעולות למניעת זיהום מקורות מים מדלקים 2016

גיא רשף (מנהל אגף איכות מים)
הראל גל (ממונה טיפול במים וקולחין)

אוגוסט 2017

רקע

בישראל קיימת מערכת מסועפת של מתקני דלק, הכוללת קווי הולכה כלל ארציים באורך של כ-1600 ק"מ, 35 חוות מיכלי דלק בנפח של עשרות אלפי מ"ק כ"א, שני בתי זיקוק גדולים באשדוד ובחיפה, תחנות כוח, כ-1200 תחנות דלק ציבוריות מהם כ-280 תחנות הממוקמות מעל אקוופר החוף, כ-1000 תחנות דלק פנימיות ועוד כמות לא ידועה של תחנות דלק פירטיות ומיכלי דלק על-קרקעיים ותת-קרקעיים בתעשייה, בחקלאות, במחנות צבא ובבתי מגורים. נפח הדלק העצום הזורם בקווי הדלק והמאוחסן ומנופק במיכלי הדלק מהווה מקור פוטנציאלי עצום לזיהום מי תהום.

מרכיבי דלק מוגדרים כחומרים רעילים, מסרטנים, עלולים לפגוע במערכת העצבים המרכזית, במערכת החיסונית ובפוריות. בגלל רעילות החומרים, תקני איכות מי שתייה לצורך הגנה על בריאות הציבור נמוכים מאוד (לדוגמה, תקן של בנזן בארץ הוא 10 חלקי ביליון לליטר, ובארה"ב 5 חלקי ביליון לליטר). לפיכך, קיים חשש שדליפות דלק שיגיעו למי תהום יפסלו נפחי מים גדולים לשימוש ביתי.

משנת 2004 החלה רשות המים בהקמה ותפעול של מערך בקרה וניטור למניעת זיהום מקורות מים מדלקים ככלל והגנה על קידוחי הפקה ובריאות הציבור בפרט. פעילות מערך הבקרה בשנת 2016 כללה את הפעולות הבאות שיפורטו בהמשך:

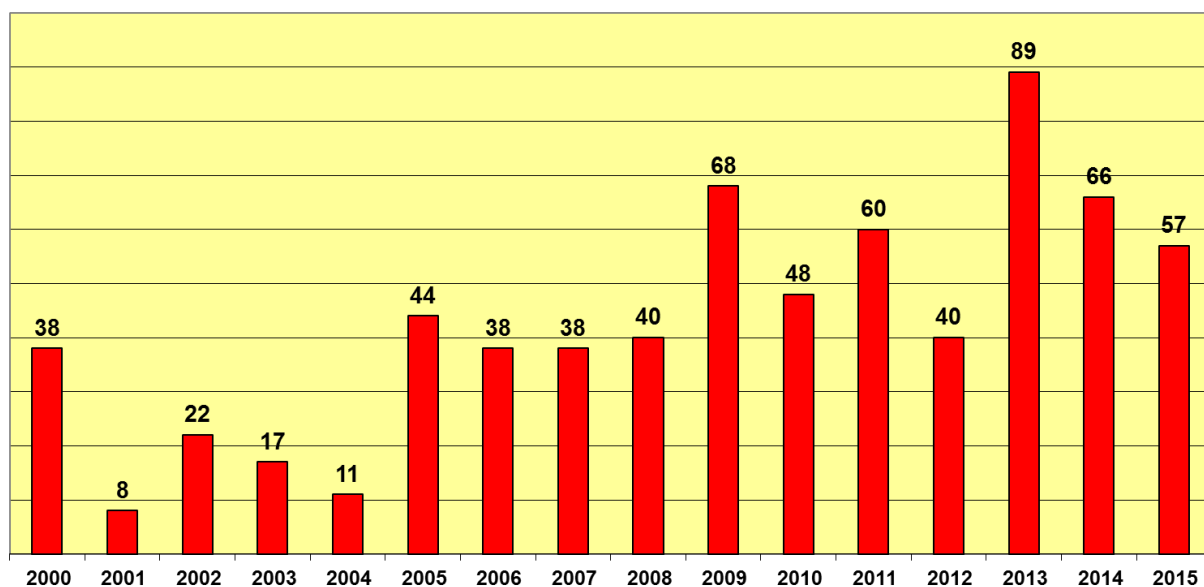
- פתיחת חקירה סביבתית לאיתור זיהום מים באתרים חדשים בהם קיים חשש לזיהום מי תהום עקב דיווחים על דליפות דלק או ממצאי סקרי קרקע.
- השלמה של הערכת היקף הזיהום במים באתרים בהם התחילה חקירה סביבתית.
- המשך עבודה על טיפול בעדשת הדלק בבסיס חצור.
- מעקב ובקרה אחר מגמות שינוי ריכוזי מרכיבי דלק במי התהום באתרים מזוהמים.
- מעקב ובקרה אחר פעולות שיקום של זיהומי דלק במי תהום.
- מעקב ובקרה אחר פעולות של שאיבת עדשות דלק ממי תהום

חקירות סביבתיות להערכת היקף זיהום דלק במי תהום

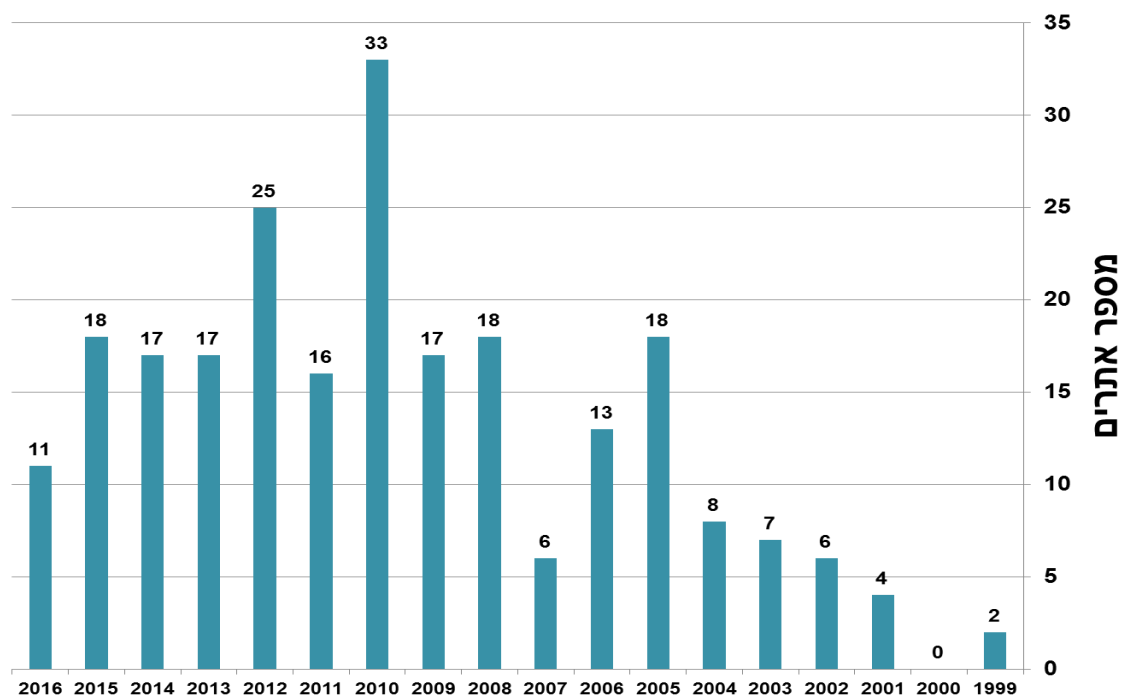
בשנת 2016 בוצעו 52 קידוחי ניטור למי תהום שמטרתם איתור ותיחום של זיהום מי תהום בדלק, מרביתם בתחנות דלק. הקידוחים מבוצעים על פי הנחיות רשות המים לאור תוצאות ניטור בקידוחים קיימים על מנת להעריך את מידת הזיהום במי תהום במדויק יותר לצורך קבלת החלטות על המשך הטיפול באתר ובאתרים חדשים בהם קיים חשש לזיהום מי תהום בעקבות ממצאי זיהום בסקרי קרקע, גז-קרקע או דיווחים על דליפות. קידוחים אלו מתווספים לעשרות קידוחים שבוצעו בשנים הקודמות (איור 1). סה"כ קיימים בארץ היום כ-832 קידוחי ניטור ייעודיים למעקב אחר זיהומי דלק ב-236 אתרים, מרביתם באזור המרכז, אזור ת"א ומפרץ חיפה (איור 9). **בשנת 2016 נפתחה חקירה של זיהום מי תהום ב-11 אתרים (איור 2) מרביתם תחנות דלק ובחוות מיכלים אחת, זיהום במי תהום נמצא ב-9 אתרים, כאשר ב-2 מהם נמצאה עדשת דלק חופשי.**

חקירה סביבתית למי תהום כוללת את השלבים באים: הערכת היקף הזיהום במי התהום באמצעות קידוחי ניטור קבועים וקידוחי חטף, קביעת ערכי יעד לשיקום על פי הרגישות ההידרולוגית של האתר, ביצוע פעולות שיקום וסיום חקירה הכולל מעקב רב-שנתי אחר השתנות הזיהום עם הזמן. חקירת היקפי זיהום מתבצעת בכ 33% מהאתרים, בכ 25% מתבצעות פעולות שיקום באמצעות שאיבת דלק ושיקום אקטיבי של מומסי דלק במי תהום, ב 32% מהאתרים מתקיים מעקב רב שנתי אחר ריכוזי המזהמים בקידוחי הניטור, ב 3% מהאתרים הסתיימו פעולות שיקום ובכ 7% מהאתרים אין צורך במעקב ופעולות המשך (איור 3).

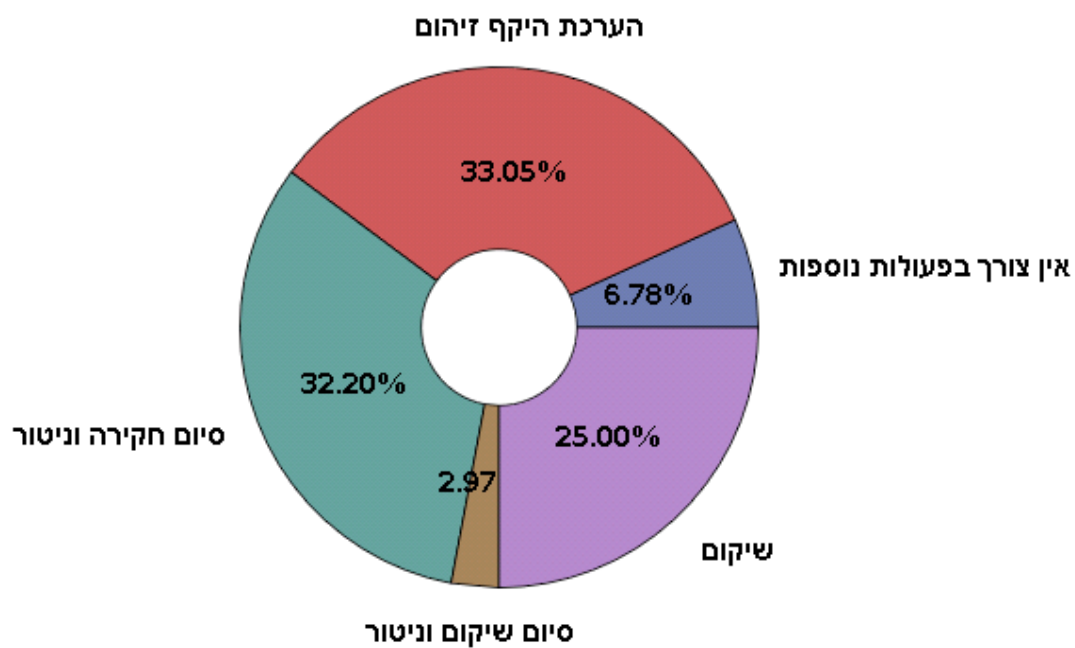
מספר קידוחי ניטור לדלק שבוצעו משנת 2000



איור 1 : מספר קידוחי ניטור ייעודיים לאיתור דליפות דלק שבוצעו מאז שנת 2000.



איור 2 : מספר אתרים בהם התחילה חקירת זיהום דלק במי תהום מאז שנת 2000.



איור 3 : התפלגות שלבי טיפול במתקני דלק (סה"כ 236) תחת חקירת זיהום מי תהום מדלקים

ממצאי החקירות והניטור (טבלה 1) – נתונים של איכות מי תהום במתקני דלק קיימים ב 236 אתרים, מרבית האתרים הינם תחנות דלק (88%), והיתר חוות מיכלים (8%), קוי דלק בהם היו דליפות ומפעלים שבהם מאוחסנים מיכלי דלק. עדשות דלק שהגיעו למי תהום נצפו ב 16% מהאתרים ואלו נשאבות באמצעים שונים שיפורטו בהמשך, זיהום מומסי דלק, בעיקר MTBE ובנזן, נמצא ב 60% מהאתרים וב 24% לא אותר זיהום במי התהום. במהלך הניטור הרב שנתי שמבוצע עלי ידי החברות האחריות על המתקנים יש שינוי בריכוז המזהמים ומתרחש מעבר מסיווג אחד לשני, לדוגמא באתרים בהם הריכוז יורד עם הזמן יש מעבר מסיווג חמור לסיווג קל ובאתרים בהם סולקה עדשת הדלק בעקבות ביצוע פעולות שאיבה יש מעבר לסיווג של זיהום חמור או קל.

סוג אתר	מספר אתרים	עדשת דלק	*זיהום חמור במומסי דלק	זיהום קל במומסי דלק	נקי
תחנות דלק	207	25	49	84	49
חוות מיכלים	18	9	1	3	5
קו דלק	7	2		3	2
מפעלים	4	1	0	1	2
סה"כ	236	37(16%)	50(21%)	91(39%)	58(24%)

טבלה 1 : סטטוס מעקב וחקירת זיהומים במי התהום באתרי איחסון ושינוע דלק 2015.

* מדרג "חמור" מתייחס לערך MTBE באתר מעל ריכוז של 1.6 מג"ל, ערך זה התקבל ממתודולוגיית הערכת הסיכונים הישראלית להגנה על מקור מים פוטנציאלי במרחק של 150 מ'.

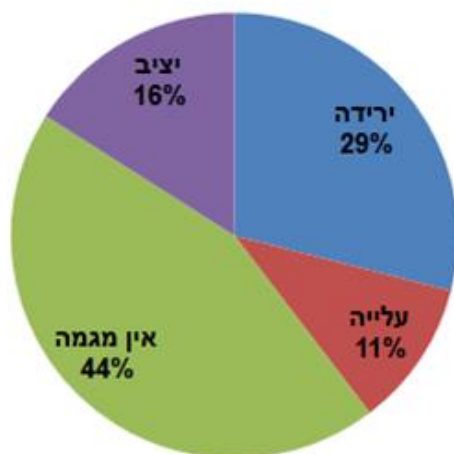
ממצאי מעקב רב שנתי אחר ניטור קידוחים

מערך הבקרה כולל מעקב אחר השתנות ריכוזי המזהמים עם הזמן באמצעות הנחיות ניטור תקופתיות. נתוני הניטור מוכנסים למערכת המידע של רשות המים לצורך בקרה. בשנת 2009 רשות המים שידרגה את מערך הבקרה המוטמע המערכת המידע של הרשות כך שיאפשר מעקב אחר ביצוע הנחיות רשות המים, בחינת יעילות פעולות השיקום ומעקב ארוך טווח אחר תוצאות הניטור.

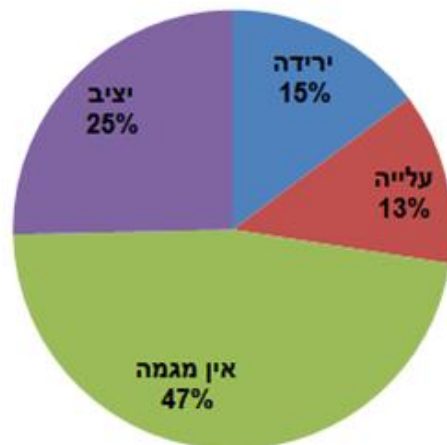
ניתוח של מגמות השתנות ריכוזים של מרכיבי דלק מבוצע באמצעות מבחן סטטיסטי mann-kendell שנותן את תיאור המגמה של סדרות הריכוזים בזמן (איור 4). מהניתוח לגבי המזהמים MTBE ובנזן עולה כי רק בכ 11%-13% מהקידוחים אובחנה מגמה מובהקת של עלייה בריכוזים, בעוד שבכ 30% מהקידוחים אובחנה ירידה ב MTBE וב 15% בבנזן. מגמה של יציבות אובחנה ב 16% ו 25% מהקידוחים עבור MTBE ובנזן, בהתאמה ובכ 45% מהקידוחים לא ניתן היה להגדיר סטטיסטית מגמה. ירידה בריכוז יכולה להתרחש עקב תהליכים טבעיים במי התהום הכוללים בין השאר מיהול, ספיחה, ופירוק מומסי הדלק בעזרת תהליכים מיקרוביאליים. בשנת 2013 בוצעה באגף איכות מים עבודה שמטרתה לחשב קצב דעיכה של בנזן ו MTBE על פי נתוני ריכוזים רב שנתיים בקידוחי ניטור דלק. ערך החציון של מקדם הדעיכה שחושב עבור MTBE ובנזן הוא כ 1.0 (1/שנה), שווה לזמן מחצית חיים של 0.69 שנים.

לאור השינויים העלולים לחול בריכוזי מזהמי דלק במי תהום, דרישות שיקום מקבלות לאחר זמן ניטור שלפחות שנה וחצי שבו מתבצעים מספר ניטורים לקביעת מגמה. עלייה הריכוזים יכולה לנבוע מהמשך דליפות באתר או מהגעה של מרכז פלומת הזיהום לקידוח הניטור. שינויים אלו מחייבים מעקב רציף רב שנתי אחר ריכוזי המזהמים לצורך הגנה על מקורות המים.

מגמות ריכוז בזמן של MTBE



מגמות ריכוז בזמן של בנזן



איור 4 : מגמת שינוי ריכוזי מזהמים בקידוחי ניטור בשנת 2016

המשך הערכת היקף הזיהום ותכנון פעולות לשאיבת דלק בבסיס חצור

בבסיס חצור התגלה זיהום דלק בקידוח מקורות ברקה 1 בשנת 1983 הממוקם בתחומי הבסיס ובהמשך התגלה זיהום גם בקידוח ברקה 3. מאז בוצעו מספר עבודות לתיחום הזיהום אך לא בוצעו כלל פעולות שיקום. בעקבות שיתוף פעולה בין משרד הביטחון ורשות המים התחילה בשנת 2009 עבודה שמטרתה מיפוי מדויק של עדשות הדלק והזיהום בבסיס לצורך תכנון פעולות שיקום ותחילת שאיבת דלק. העבודה כללה: ביצוע של 15 קידוחי ניטור, איזון ודיגום כלל הקידוחים בבסיס (28), קביעת עובי ונפח העדשה באמצעות מבחני שאיבת דלק, תכנון פעולות שיקום וביצוע שאיבות דלק כשלב ביניים. בשנת 2011 הושלם תכנון של מערך השיקום המלא באזור קידוח ברקה 1, המערך כולל כ 13 קידוחי שאיבת דלק ומים רחבי קוטר בשילוב עם שאיבת דלק באמצעות סקימרים אקטיביים בקידוחי ניטור צרים. בשנת 2012 התחילה העבודה למימוש תכנית השיקום המלאה ובוצע שלב א' שכלל 4 קידוחי ניטור חדשים בגבול המערבי והצפוני של העדשה, בכול הקידוחים נמצאה שכבת דלק של עשרות ס"מ, ממצא זה מעיד שעדשת הדלק משתרעת על שטח הגדול מזה שהוערך בעבודות קודמות. בשנת 2013 בוצע מערך קידוחי שאיבת הדלק, שיטת השאיבה באתר תהיה באמצעות משאבה טבולה להשפלת מי התהום בכ 2 מ' ומעליה משאבת ייעודית לשאיבת דלק בלבד שיאוחסן באתר ויפונה על פי הצורך. בשנת 2014 הוחל בתפעול מערך השאיבה תוך כדי מעקב אחר יעילות פעולות השאיבה, בשנת 2016 נשאבו כ 5700 ליטר דס"ל, ובסה"כ עד כה כ 15700 ליטר.

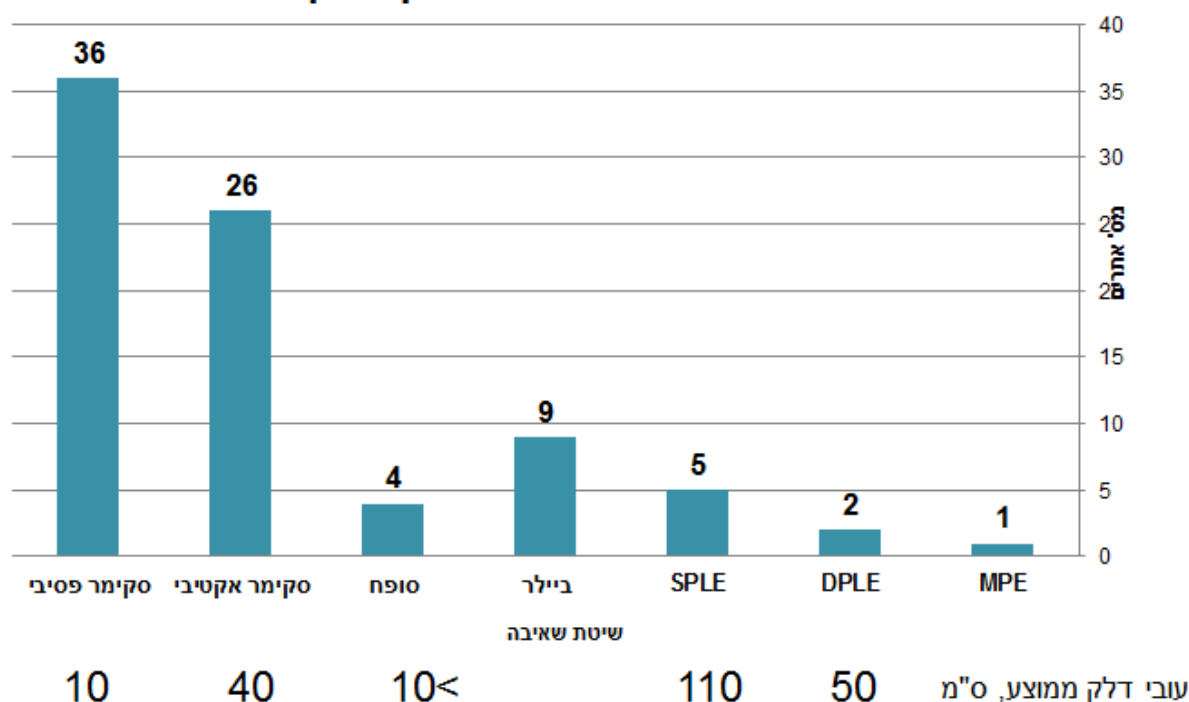
טיפול ושיקום אתרים המזוהמים בדלק

שאיבת דלק

במתקני דלק בהם נמצאה עדשת דלק חופשי מעל מי התהום מנחה רשות המים לבצע כפעולה מיידיית שאיבה של הדלק החופשי עד לעובי של 0.3 ס"מ דלק מדוד. מאז תחילת המעקב בוצעה שאיבה להסרת עדשות דלק ב-83 אתרים, כאשר בשנת 2015 נשאב דלק ב 53 אתרים, בשאר האתרים עובי המוצר החופשי בבארות ירד לרמה הנדרשת לאחר ביצוע פעולות השאיבה. עומק מי התהום בהם אותר זיהום דלק נע בין 2 מ' עד 50 מ', שטח עדשות הדלק נע בין 20 מ"ר עד 5 דונם באתרים גדולים, מרבית השטח מוערך בכ 50 מ"ר.

שאיבת הדלק יכולה להתבצע במספר טכנולוגיות (איור 6): סקימרים פסיביים, סקימרים אקטיביים, משאבה (משאבת דלק) המתאימה לשאיבה של נפחי דלק קטנים או ע"י משאבה כפולה (משאבת מים ומשאבת דלק) המאפשרת שאיבה של מים מזוהמים ודלק חופשי. הטכנולוגייה הנפוצה היא התקנת סקימרים אקטיביים או פסיביים. התאמת הטכנולוגיה של שאיבת הדלק נקבעת על ידי מבחני שיוב לדלק המבוצעים בקידוחים בהם אותר דלק. באתרים עם עובי דלק ממוצע של כ 10 ס"מ מותקן לרוב סקימר פסיבי ובאתרים בהם שכבת הדלק גדולה יותר מותקן סקימר אקטיבי השואב דלק ברציפות. **נכון לדצמבר 2015, נפח הדלק שנשאב במתקני הדלק עומד על כ- 3.03 מליון ליטר מאז תחילת פעולות השאיבה, בשנת 2016 נשאבו כ- 157 אלף ליטר דלק.** כמויות גדולות של דלק נשאבו בבית זקוק אשדוד וחיפה ובחוות המיכלים של חברת תש"ן בנמל חיפה.

יישום טכנולוגיות שאיבת דלק בארץ



איור 6 : פילוג טכנולוגיות שאיבת דלק בארץ לפי מספר אתרים.

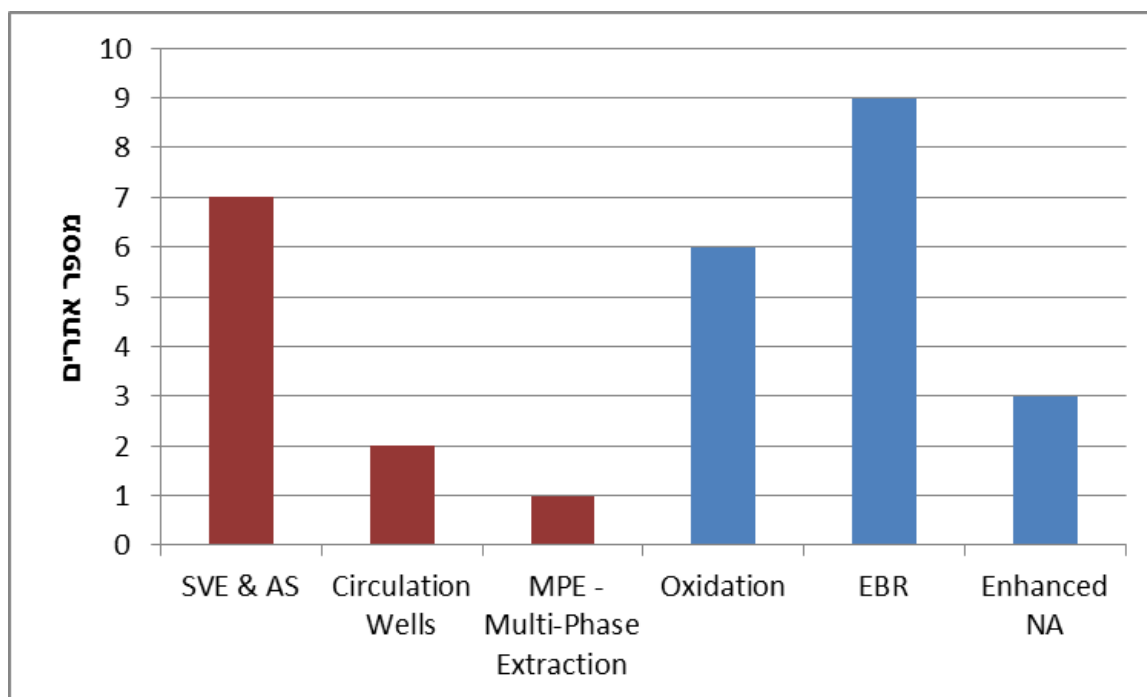
טיפול במי תהום מזוהמים במומסי דלק

באותן תחנות בהן נקבע ע״י רשות המים שיש צורך לטפל בזיהום של מומסי הדלק במי התהום מוגשת תכנית שיקום הכוללת בחירה של טכנולוגיה להפחתת ריכוזי המזהמים מתוך מגוון הטכנולוגיות האפשריות ותכנית ניטור מלווה. בשנת 2016 הוגשו לרשות המים מספר תכניות לטיפול אקטיבי במי התהום, בנוסף על הטיפול הקיים במספר תחנות משנים קודמות. נכון לשנת 2016 מתבצעות ומתוכננות פעולות של טיפול אקטיבי במי תהום מזוהמים ב- 25 אתרים (איור 7). השיקום יכול להתבצע בתוך האקוויפר (IN-SITU) על ידי חימצון כימי, פירוק בעזרת חיידקים או שילוב של שניהם (EBR) או טיפול EX-SITU המבוצע על ידי שאיבת מים או אדי דלק וטיפול בהם בפני הקרקע. שיטת הטיפול בכל אתר מאושרת על ידי רשות המים והיא נקבעת בהתאם להיקף הזיהום, אופי התווך הלא רווי והרווי, עומק מי התהום, הזמן המוערך עד להגעה לערכי המטרה, ועוד. לפני התקנת מערכת שיקום מלאה מבוצע פיילוט לבחינת יעילות הטכנולוגיה בהרחקת מרכיבי הדלק וכן לקביעת פרמטרים לתכנון כגון רדיוס השפעה של המערכת, גודל המערכות הדרושות לטיפול, סוג וכמות החומרים אשר ישמשו לטיפול וכ״ו.

ישנן מספר תחנות בהן ניתן לראות, בעקבות פעולות השיקום, ירידה משמעותית בריכוזי המזהמים עד לערכים הקרובים לערכי המטרה, ולעיתים אף מתחת לכך. נכון לכתיבת דו״ח זה ישנן 3 תחנות בהן הסתיים הטיפול והן עברו משלב של שיקום לשלב של מעקב אחר ריכוזי מרכיבי הדלק במי התהום. תחנה אחת טופלה בשיטה של העשרת מי התהום בחמצן תוך עידוד הפעילות של חיידקים מפרקי מרכיבי דלק, תחנה אחת באמצעות הזרקת מחמצן ותחנה אחת

בשיטה משולבת (EBR). ישנן תחנות נוספות המטופלות בסחרור וטיפול וב- SVE&AS אשר קרובות לערכי המטרה וצפויות לעבור בקרוב לשלב של ניטור.
מספר התחנות בהן קיים והתקיים טיפול במומסי דלק ושיטות הטיפול מוצגות באיור 7 להלן:

- חימצון כימי - 6
 - עידוד פעילות חיידקים מפרקי דלק על ידי החדרת חמצן באמצעות מערכות של ISOC- 3
 - מערכת EBR- 9
- תחנות בהן קיים טיפול במומסי דלק מחוץ האקוויפר:
- 1-Multi Phase Extraction
 - 7-SVE& Air sparging
 - באר סחרור- 2

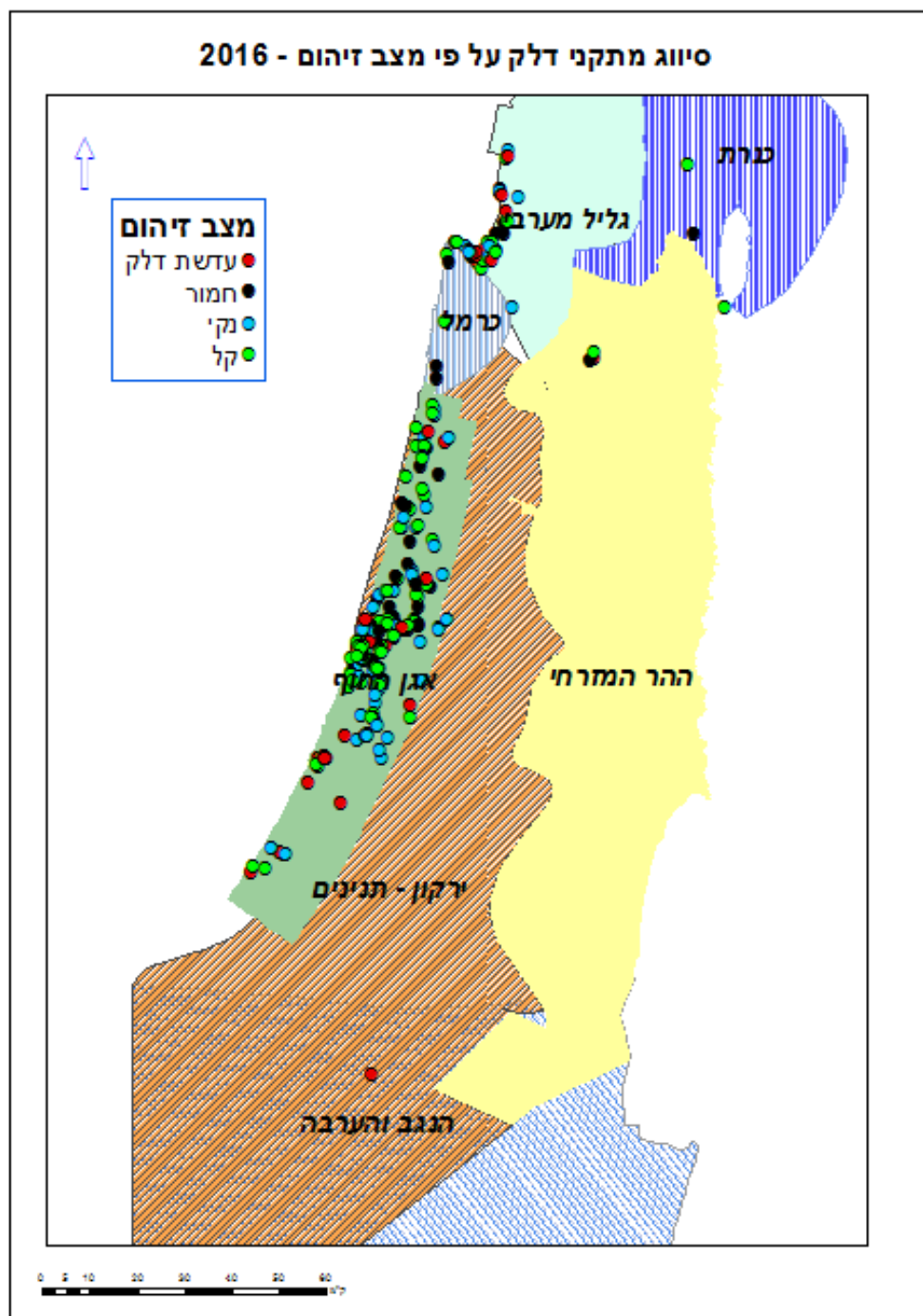


איור 7: מספר תחנות דלק המטופלות וטופלו בשיטות EX-SITU (כחול) ו- IN-SITU (אדום)

סיכום

הפעולות שבוצעו בשנת 2016 כחלק מתפעול מערך הניטור והבקרה אחר דליפות דלק במי תהום כללו פתיחת חקירת זיהום מי תהום ב 11 מתקנים, נקדחו 57 קידוחי ניטור חדשים, זיהום מי תהום קיים ב 76% מהאתרים שנמצאים תחת בקרה ופיקוח של רשות המים. בסה"כ אותרו בשנים האחרונות 10 קידוחי הפקה שזוהמו בדלק אשר הגיע מתחנות הנמצאות במרחק של עד 400 מ' מהקידוחים, לא התגלו קידוחי הפקה מזוהמים נוספים בשנת 2016. באתרים בהם

התגלתה עדשת דלק צפה, מתקיימות פעולות חרום לשאיבת הדלק. שאיבת דלק מתקיימת בעשרות אתרים ברחבי הארץ, כאשר בשנת 2016 נשאבו כ- 157 אלף ליטר דלק ממי התהום. טיפול אקטיבי במי תהום מזוהמים מתקיים ב- 25 אתרים במגוון טכנולוגיות המקובלות בעולם.



איור 8 – פריסת מתקני דלק וסיווג על ממצאי זיהום. אתר בו נמצא ריכוז MTBE מעל 1.6 ppm קיבל מדרג "חמור" ומתחתיו "קל". הערך של 1.6 ppm התקבל ממתודולוגיית הערכת הסיכונים הישראלית להגנה על מקור מים פוטנציאלי במרחק של 150 מ'.



איור 9 : מערכת טיפול בזיהום דלק במי תהום בתחנת פז קיבוץ גלויות בשיטת באר סיחרור



איור 10 : מערכת SVE & AIR SPARGING לטיפול בזיהום דלק במי תהום בתחנת דלק רמת אביב.



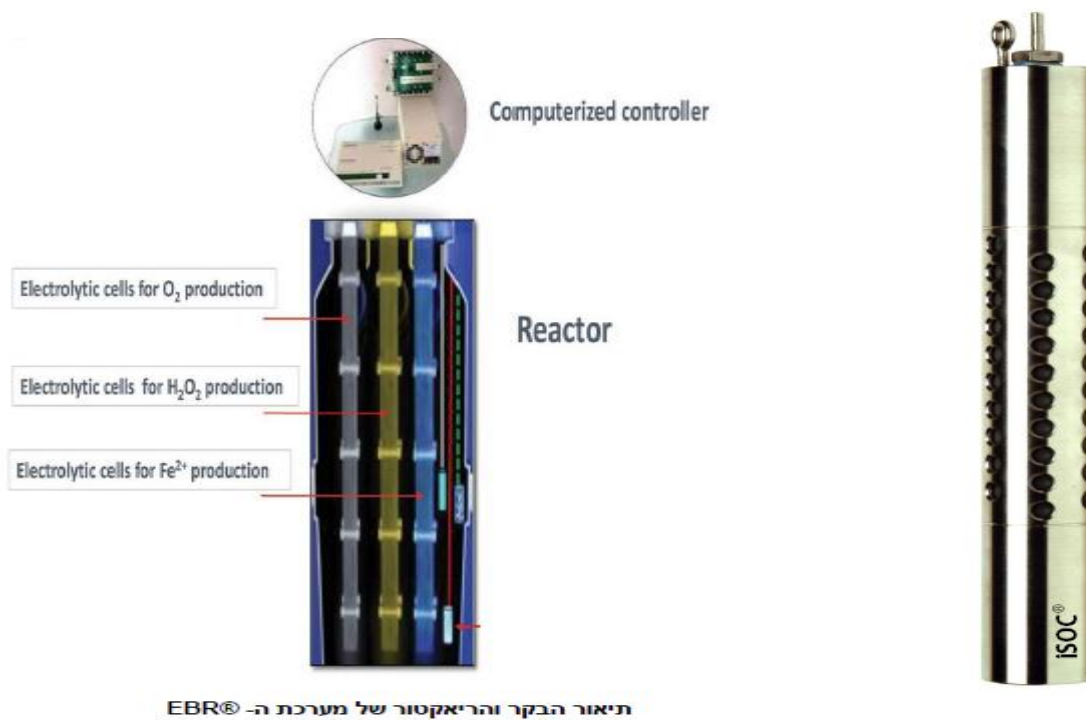
איור 11 : מערכת סקימר אקטיבי לשאיבת דלק בבסיס חצור



איור 12 : ריקון סקימר פסיבי בתחנת דלק



איור 13 : הזרקת מחמצן פרסולפט בתחנת דלק להורדת ריכוז MTBE במי התהום



תיאור הבקור והריאקטור של מערכת ה- EBR®

איור 14 : מערכות ISOC ו EBR להגברת פירוק ביולוגי של מרכיבי דלק