

נטור אדים ומים בתחנות הדלק באמצעות פיאזומטר¹ אורי שלהב, ברוך ובר, אריה פיסטינר, דפנה ישראל²

רקע

במדינת ישראל קיימות כ- 830 תחנות דלק ציבוריות וכן מספר לא ידוע של עשרות אלפי מכלים תת-קרקעיים בתחנות הדלק פנימיות בתעשייה, צה"ל, מושבים, קיבוצים וכו'.

תשתית תחנת דלק טמונה ברובה בקרקע, ולפיכך קשה מאוד לאתר ממנה דליפות. בתחנת דלק מצויים בממוצע 4 מכלי דלק תת-קרקעיים. רבים ממכלים אלה ישנים ואינם מתוחזקים כיאות. על פי הערכות המשרד לאיכות הסביבה ברוב תחנות הדלק הוותיקות קיימת דליפה כלשהי ממכלים וצנרת תת-קרקעיים. מקורות נוספים לזיהום בתחנות דלק הם מילוי יתר של המכלים, שפיכות ונידוף דלק.

הניסיון העולמי מלמד כי אחוז נכבד מתשתיות הדלק, ובעיקר התת-קרקעיות דולף. כך לדוגמה, בעקבות החמרת החקיקה והאכיפה בארצות הברית, נסגרו כ- 1.5 מיליון מתוך כ- 2.2 מיליון מכלים תת-קרקעיים בתקופה האחרונה. כמו כן, נתגלו בארה"ב מעל ל- 400,000 דליפות, אשר 60% מהם זיהמו מי תהום. במחקר שנערך לאחרונה בקליפורניה התברר כי כ- 60% תחנות הדלק המשודרגות גורמות לזיהום מסוים במי תהום. אחד מהמזהמים הבולטים ביותר (הגורם לזיהום מי גם כתוצאה מנידוף ולאו דווקא משפיכה) הוא החומר שהוכנס בשל סיבות סביבתיות - MTBE, המחליף את העופרת. מרכיב זה גרם לזיהום אקוויפרים נרחבים בארצות הברית ונמצא גם בכל המקרים בהם נבדקו מי תהום מתחת לתחנות הדלק בישראל.

בארץ ידוע על מספר רב של זיהומי מי תהום מתחנות הדלק. להלן מספר דוגמאות:

- במעט הקידוחים שנעשו למי תהום בסמוך לתחנות דלק בארץ, (פז בנימינה, דור עין כרמל, פז הסיירים, דלק רמת אביב, סונול אור זיכרון, סונול צפת, פז קיבוץ גלויות פז חופית ופז קדימה) נמצא זיהום של דלק. במקרים מסוימים נמצא דלק הצף על פני מי התהום מתחת לתחנה, בגובה של עד מטר דלק צף על פני מי תהום.
- בתחנת פז הסיירים נתגלה כי 25% ממקטעי הצנרת דולפים.
- במנהרת כביש בגין בכניסה לירושלים החל לטפטף דלק ושמן שרוף בחיבורים שבין קשתות הבטון התומכות במנהרה. מקור הזיהום הוא במוסכים ותחנות הדלק המצויים מעל למנהרה.
- בבאר אברהם בבאר שבע נמצא לאחרונה זיהום כבד בדלקים, שמקורו בתחנות הדלק הסמוכות.
- לאחרונה נמצא זיהום ב-MTBE בבאר המפיקה כמיליון מ"ק מים לשנה באזור השרון.

באופן פוטנציאלי ליטר דלק עלול לפסול עד מיליון ליטר מים מלשמש כמי שתייה כאשר הדלק נמהל באופן מלא במים או כפי שנאמר על ידי ה- EPA Used Oil Management³ Program:

¹ פורסם בהנדסת מים, גיליון מס' 29, ינואר-פברואר 2004

² אגף שפכי תעשייה וקרקעות מזוהמות, המשרד לאיכות הסביבה.

³ אנו לא מקבלים את עמדת האגף לאיכות המים בנציבות המים אשר טענה כי הזיהום הוא מקומי בלבד. מקצת ממרכיבי הדלק מסיסים מאוד במים – ובעיקר MTBE. חומר זה הוכח כמזהם מקורות מים לא רק דרך דליפה אלא גם באמצעות נידוף. בנושא זה אנו מאמצים גישה של רשויות סביבה אחרות בעולם, המחמירות מאוד עם זיהום מתחנות הדלק.

"Did you know that the used oil from one oil change can contaminate 1 million gallons of groundwater if dumped down a storm drain?"
(<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/usedoil/index.htm>)

החשיבות הרבה באיתור זיהום היא לא בענישת המזהם דווקא. ככל שהזיהום נשאר זמן ממושך יותר בקרקע ועל פני מי תהום, הוא מתפשט על שטחים נרחבים יותר ומקשה על פעולות השיקום. הדלק הצף עשוי להתמוסס עם הזמן במים ולהתקדם בחזית התקדמות מי התהום – לעבר הבאר הסמוכה. רכיבים אחרים נספחים עם הזמן בקרקע באופן שלא מאפשר שאיבתם ועלולים להוות מוקד זיהום שקשה יותר לטפל בו. מאחר והזיהום מתקדם למרחקים, באופן שמקשה על הוכחת אשמתו של גורם הזיהום, עובר נטל זיהום מקורות המים ושיקומם על הציבור.

נטור תחנות דלק באמצעות פיאומוטרים⁴

בעולם הרחב קיימות מספר שיטות לנטור דליפות מתחנות דלק, אולם ליישומן יש חסרונות שונים – בשיטות הנטור של מכלים וצנרת נתקל המשרד לאיכות הסביבה בבעיות של מקצועיות בביצוע הבדיקות ואמינות בהעברת תוצאותיהן. כמו כן נטור מי התהום בסביבת תחנות הדלק נתקל בקשיים בירוקרטיים מצד רשויות אחרות. לפיכך אחד מכלי הנטור המרכזיים שנותר למשרד לאיכות הסביבה הוא הפיאומטר.

תקנות המים (מניעת זיהום מים)(תחנות דלק), התשנ"ז-1997 (להלן "התקנות") קובעות כי במכל תת קרקעי שנבנה ללא מיכול משני יש להתקין שני פיאומוטרים לפחות בשני הקצוות של אתר הטמנת המכלים (תקנה 8(ג)) וכן כי יש לבצע מדי חודש בדיקת אטימות תקופתית למכלים וצנרת לגילוי דליפות באמצעי נטור – לרבות פיאומטר (תקנה 9(ב)(2)).

הפיאומוטר כמוגדר בתקנות הנו צינור מחורר, המצוי בקידוח צר קוטר, המשמש לנטור דליפות דלק ממכלים וצנרת ואשר מותקן על פי מפרט של המשרד לאיכות הסביבה (ראה איור 1).

בהתבסס על אופי תנועת מזהמים בגז הקרקע פותחו בעולם שיטות שונות לנטור גז הקרקע, אשר חלקן ניתנות ליישום אף בנטור פיאומטרים. ניתן לחלק את שיטות הנטור השונות לקבוצות הבאות:

- **ניטור באמצעות מכשירי שדה** כדוגמת מכשירי PID או FID (ראה נספח ב').
- **ניטור אקטיבי** שאיבת כמות ידועה של גז קרקע אל מכל או הזרמה של גז קרקע דרך תווך סופח כגון שפופרת פחם, ושליחת המכל או השפופרת לאנליזת מעבדה לגילוי מזהמים. את כמות המזהם המתגלה באנליזה ניתן לייחס לנפח ידוע של גז קרקע שנשאב. בשיטות אלו ניתן לזהות מרכיבי דלק נדיפים בלבד ולפיכך שיטות אלו פחות יעילות בנטור של זיהום מדלקים כבדים או שמנים.
- **ניטור פסיבי** בשיטות אלו מניחים תווך סופח בקרקע או בפיאומוטר לפרק זמן ארוך ובכך מאפשרים ספיחה של מרכיבים פחות נדיפים על גבי התווך הסופח. חסרון שיטות אלו הוא בכך שלא ניתן לייחס את כמות המזהם המתגלה במעבדה לנפח גז קרקע ולפיכך הן שיטות איכותיות ולא כמותיות. השימוש בשיטות אלו נעשה לזיהוי זיהום מדלקים כבדים או שמנים.

לשיטת נטור בפיאומוטר מספר חסרונות שהבולטים ביניהם:

- זיהוי דליפה בפועל נעשה ללא זיהוי מקור הדליפה וללא אבחנה בין דליפת עבר לדליפה בהווה (לפירוט תנועת אדי דלק בקרקע ראה נספח א').

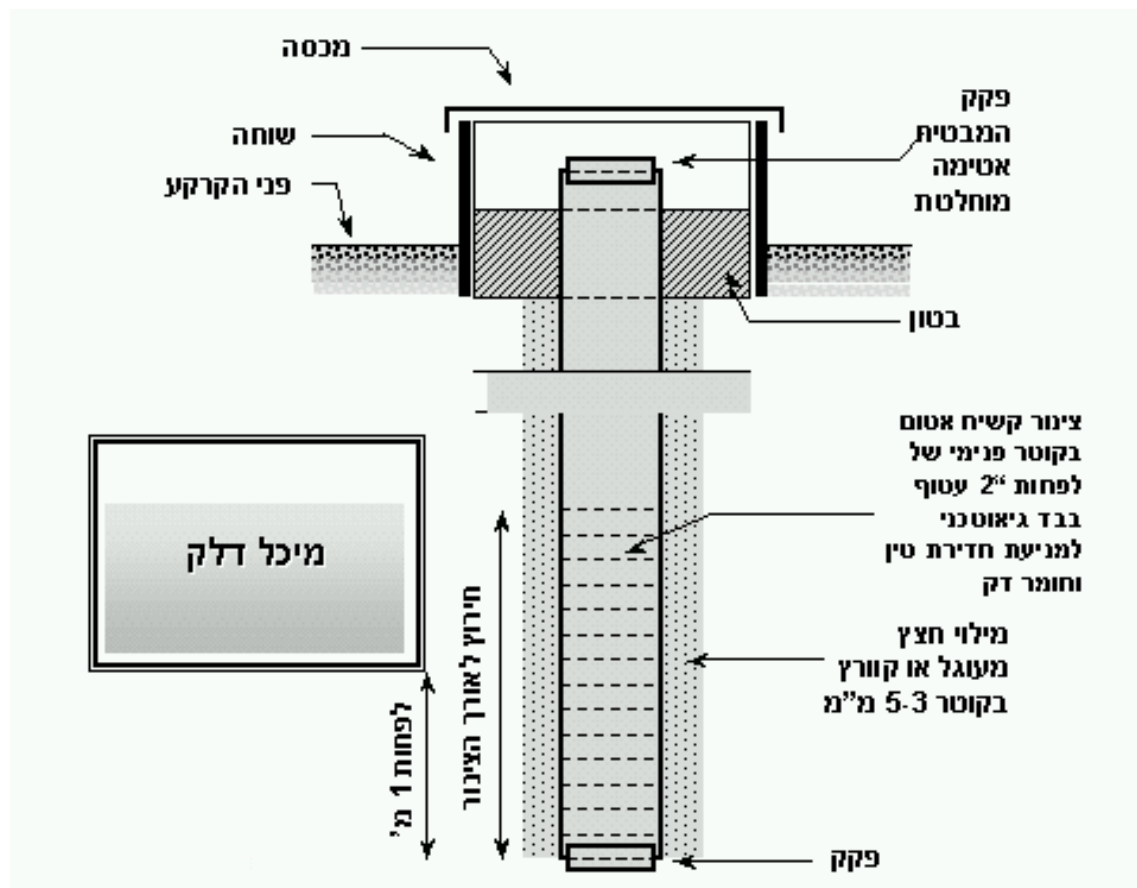
⁴ אנו מודעים לכך שהשם אינו מוצלח. יחד עם זאת, שם זה מהווה מונח משפטי ולכן נשתמש בו ככזה בהמשך המאמר.

- קריאות גבוהות של אדי דלק בפיאזומטר מעידים על דליפה מכאן על חשש לזיהום מקורות מים. יחד עם זאת, אין בכך על כמות הדליפה או על זיהום בפועל של מי תהום.
- קיימים מקרים רבים בהם זוהמה קרקע ומי תהום אשר בשל תנאים מקומיים אינה גורמת לקריאה גבוהה ומחשידה של אדי דלק בפיאזומטר.

יתרונות הנטור באמצעות פיאזומטר הנם :

- זיהוי של זיהום מכלל מקורות הזיהום בתחנה ולא ממקור אחד כפי שמתקבל מבדיקות אטימות מכלים או צנרת.
- בפיאזומטר מתאפשר נטור של הרשות בכל עת ללא תלות בדיווח חברות הדלק.
- ניתן לערוך נטור ראשוני זול ומהיר באמצעות מכשירי שדה.

איור 1: פיאזומטר מתוך מפרט של המשרד לאיכות הסביבה



ערכי סף למרכיבי דלקים בגז הקרקע בארץ ובעולם

ערכי הסף למזהמים בגז הקרקע נקבעים על פי מסלולי חשיפה שונים ומקורות זיהום שונים ובנוסף נקבעים ערכי סף למזהמים באוויר הפיאזומטר. להלן מובאים מספר מקורות לערכי סף עבור מרכיבי דלקים בגז הקרקע ובפיאזומטרים:

- ערכי סף בארה"ב וקנדה למזהמים באוויר קידוחי נטור בסביבת מתקני דלקים תת קרקעיים.
- המלצות סקר הסיכונים שביצעה חברת Environ לאזור תעש מגן (אזור מגורים).

- המלצות סקר THL-HPC בהיבט של הגנת עובדים מפני זיהומים המצויים בפני הקרקע.
- תקנות מדינת קונטיקט בהיבט של חשיפת אדם לאדי מזהם החודר למבנים.

טבלה 1 - ערכי סף בארה"ב למזהמים באוויר קידוחי נטור.

מקור	ערך	משמעות
EPA פדראלי	ריכוז VOC הנמדד במכשיר שדה הגבוה מערך רקע	חשש לדליפה
פלורידה	• מעל 500 חל"מ ב-PID ליד מכלים שהכילו בנזין • מעל 50 חל"מ ב-FID ליד מכלים שהכילו סולר	קיים זיהום
מסצ'וסטס	• מעל 100 חל"מ ב-PID בקרקע או מעל מי תהום • מתחת ל 30 חל"מ ב FID • מתחת ל 10 חל"מ ב PID (10.1 – 11.4 eV) • מתחת ל 30 חל"מ ב PID (>11.5 eV)	מחייב דיווח לרשויות על חשש לדליפה תוך 72 שעות לא צפוי להשפיע על איכות האוויר בתוך מבנים
רוד-אילנד	• מעל 20 חל"מ ב-PID או FID באזור מי תהום רגישים. • מעל 40 חל"מ ב-PID או FID באזור מי תהום פחות רגישים.	מגדיר קרקע כמזוהמת כך שלא ניתן להשתמש בה באתר עצמו

מקור: רוני בריל – אל.די.די טכנולוגיות בע"מ, בארות תצפית כאמצעי ניטור לזיהום סביבתי בתחנות דלק, אוגוסט 2002

טבלה 2 - ערכי סף בקנדה למזהמים באוויר קידוחי נטור.⁵

סוג דלק	ריכוז התערבות *
בנזין	10 חל"מ במכשיר PID 30 חל"מ במכשיר FID
סולר, שמן משומש, דס"ל, קרוסין	כל עדות חזותית לזיהום, ריח של דלקים, או ריכוז שנמדד במכשירי שדה הגובה מריכוז הרקע.

* ממצאים העומדים בערכים אלו או גבוהים מהם מצריכים המשך חקירה מפורטת.
(<http://www.on.ec.gc.ca/pollution/ecnpd/tabs/tab01b-e.html>).

⁵ Environment Canada-Ontario Region for Federal Facilities, Technical Assistance Bulletins

טבלה 3 - המלצות סקר הסיכונים שביצעה חברת Environ לאזור תעש מגן⁶

מזהם	ערכי סף מבוססי סיכון לגז הקרקע בהיבט של חדירת אדי מזהם למבני מגורים (מ"ג/מ"ק)
בנזן	72
טולואן	950
אתילבנזן	2,400
קסילן	240

* ריכוזים בהם תוספת הסיכון לחלות בסרטן הנו 10^{-4} עד 10^{-6} . מדובר בריכוזים שיש בהם כדי לחדור מבנים ולהצטבר בחללי מגורים.

טבלה 4 - המלצות סקר הסיכונים שביצעה חברת HPC-THL לאזור רמת חובב⁷

בסקר הערכת סיכונים שבוצע ברמת חובב נקבעה רמת הטפול בקרקע אליה יש להגיע כך שאדם העובד באתר מזוהם לא יפגע כתוצאה מחשיפה לזיהום המצוי בגז הקרקע בשכבת הקרקע העליונה.

מזהם נדיף	גז קרקע (מ"ג/מ"ק)
כלל פחמימני דלקים (TPH)	1,450
בנזן	0.32
טולואן	27
אתיל בנזן	78
O קסילן	14
M קסילן	16
P קסילן	16
סטירן	215
כלל פחמימנים חד ארומטיים	5

⁶ Initial Risk Survey of the Pollution of Soil, Groundwater and Air in the Tel Aviv Region (Taas Magen Site), ENVIRON International Corporation and Ludan Engineering Co. Ltd., July 2002.

⁷ Definition of Rehabilitation Threshold Levels for the Hazardous Waste Treatment Site at Ramat Hovav, HPC-THL-Ltd, April 2002.

טבלה 5 - תקנות מדינת קונטיקט המתייחסות לחשיפת אדם לאדי מזהם בחדירתו למבנים.⁸

מזהם נדיף	היבט של חדירת אדי מזהם למבני מגורים (מ"ג/מ"ק)	היבט של חדירת אדי מזהם למבני מסחר/תעשייה (מ"ג/מ"ק)
בנזן	3.19	361
טולואן	2865	9,859
אתיל בנזן	7,161	24,617
קסילן	2,150	7,319
MTBE	3,610	12,328
(EDB) אתילן די ברומיד	7.7	7.7
סטירן	34	120

⁸ State of Connecticut, Regulation of Department of Environmental Protection, Appendix F – Volatilization Criteria for Soil Vapor ⁸.

תוצאות סקר שנערך בפיאזומטרים על ידי המשרד לאיכות הסביבה

במהלך שנת 2003 בוצע עבור המשרד לאיכות הסביבה נטור אקטיבי של מרכיבי דלקים באוויר פיאזומטרים על ידי חברות חיצוניות. שלבי נטור הפיאזומטר על ידי החברות החיצוניות מפורט להלן:

1. בדיקת ריכוז כלל התרכובות האורגניות הנדיפות (VOC) במכשיר לבדיקות שדה מסוג PID.
2. מדידת עומקו של כל פיאזומטר ומדידת גובה מפלס המים במקרה של נוכחות מים בפיאזומטר.
3. שאיבה ונידוף של האוויר הנמצא בפיאזומטר בשיעור של 150% מנפח הפיאזומטר לצורך ניקויו והמתנה של 15 דקות לצורך חדירת גז הקרקע לפיאזומטר.
4. שאיבת האוויר מהשליש התחתון של הפיאזומטר ובאופן בו לא יחדור אוויר מפני הקרקע לדגימה, בקצב של 0.2 ליטר לדקה במשך 50 דקות ומעבר האוויר דרך שפופרת פחם.
5. העברת השפופרת לאנליזה לבדיקת נוכחות מרכיבי דלקים (MTBE, BTEX).

התחנות בהן נבדקו הפיאזומטרים היו תחנות שנחשדו כי קיים בהן זיהום קרקע בהתבסס על ממצאי בדיקות אטימות או מידע אחר. זיהוי המזהמים בפיאזומטרים הביא לתחילת חקירה מעמיקה יותר בתחנות שהביאה כבר לגילוי זיהום בפועל בתחנה אחת ותכנון סקרי קרקע בתחנות נוספות. במספר תחנות נתגלו מים מזוהמים בפיאזומטרים אשר הביאו אף הם להמשך חקירה.

טבלה 6 - ריכוזי מזהמים באוויר הפיאזומטרים כפי שנמדדו על ידי חברות יועצים

(ריכוזים בחלקי מליון)

שם תחנה	VOC	Benzene	MTBE	הערות
תחנה בא.ת. חולון	2000 <	0.02 >	6	בעקבות זיהוי דלק בפיאזומטר הורחבה החקירה ונתגלה זיהום מי תהום, התחנה שודרגה לאחר סגירה בצו מנהלי
תחנה בא.ת. חולון	2000 <	0.03 >	0.03 >	מתוכנן סקר קרקע
תחנה בדרום ת"א	800	175	466	זהום מוכח בפועל, התחנה שודרגה לאחר סגירה בצו מנהלי
תחנה בדרום ת"א	300 <	28	לא נבדק	בבדיקות אטימות נמצאו 2 מכלים החשודים כדולפים, מתוכנן ביצוע סקר קרקע
תחנה במרכז בר"ג	2000 <	83	446	בבדיקות אטימות נמצאו 3 מכלים החשודים כדולפים, ידוע על זהום עבר מצנרת, מתוכנן בצו סקר קרקע
תחנה בצפון ר"ג	75	0.03	0.03 >	בבדיקות אטימות נמצאו 3 מכלים החשודים כדולפים, בסקר קרקע זוהו ריכוזים נמוכים של מזהמים
תחנה בהרצליה	2000 <	103	1,136	מתוכנן סקר קרקע
תחנה בירושלים	2000 <	94	583	בבדיקות אטימות נמצאו 4 מכלים החשודים כדולפים

תוצאות נטור פיאזומטרים על ידי המשרד לאיכות הסביבה - מחוז תל אביב

החל משנת 2001 מנוטרים הפיאזומטרים במחוז תל אביב על ידי אנשי המשרד לאיכות הסביבה. בדיקות אלו מהוות כלי ראשוני לנטור דליפות ומסייעות בהליכי חקירת הזיהומים והאכיפה של תחנות התדלוק במחוז.

כפי שניתן להבחין מהטבלה המצורפת, אין מתאם מושלם בין ממצאי נטור הפיאזומטרים לבין ממצאי בדיקות האטימות וזאת מהסיבות הבאות:

1. הפיאזומטר מזהה דליפות מכלל המקורות בתחנה ולא רק מהמכלים. לפיכך תתכנה בדיקות אטימות תקינות למכלים וזיהוי דליפות בפיאזומטר.
2. לעיתים נטור הפיאזומטר אינו מזהה דליפה אך בדיקת האטימות מורה על חשד לדליפה. מצב זה ייתכן כאשר חלקו התחתון של פיאזומטר שלא הותקן כהלכה נסתם או כאשר בדיקת האטימות לא בוצעה על פי ההנחיות ומזהה דליפה במקום שאינה קיימת.

טבלה 7 – תוצאות נטור פיאזומטרים במחוז ת"א בהשוואה לבדיקות אטימות מכלים

#	רשות מקומית	VOC	הערות
1	אזור	51	בדיקת אטימות תקינה
2	בני ברק	60	שני מכלים חשודים כדולפים
3	בני ברק	10,000	לא בוצעה בדיקת אטימות
4	בני ברק	15	שלושה מכלים חשודים כדולפים
5	בני ברק	1	בדיקת אטימות תקינה
6	בת ים	5	שלושה מכלים חשודים כדולפים
7	בת ים	1	שלושה מכלים חשודים כדולפים
8	הרצליה	690	כנראה בעבר היה אירוע דליפה. מתוכנן סקר קרקע.
9	חולון	270	לא בוצעה בדיקת אטימות
10	חולון	9	מכל אחד חשוד כדולף
11	חולון	4	ארבעה מכלים חשודים כדולפים
12	רמת השרון	2	מכל אחד חשוד כדולף
13	תל אביב	480	תחנה ישנה מאד- מתוכנן סקר קרקע
14	תל אביב	>2000	בדיקות מכלים לא תקינות- מכלים הוחלפו ופונתה קרקע מזוהמת
15	תל אביב	9999	שני מכלים חשודים כדולפים, מתוכנן סקר קרקע
16	תל אביב	340	זהום מי תהום כתוצאה מדליפת מכל
17	תל אביב	50	נזילות תשטיפים. מתוכנן סקר קרקע
18	תל אביב	35	מכל אחד חשוד כדולף
19	תל אביב	30	מכל אחד חשוד כדולף
20	תל אביב	3	בדיקת אטימות תקינה
21	תל אביב	9999	לא בוצעה בדיקת אטימות, ידוע על דליפה בעבר
22	תל אביב	30	זהום ידוע- לא הוכח מי הגורם

סיכום

משמעות התוצאות חמורה ביותר ומעידה כי בשני שליש מהתחנות נמצאו בקרקע אדי דלק המצביעים על חשש לזיהום מי תהום.

גם כאשר נערכו בדיקות על ידי חברות יועצים חיצוניות, המלוות בבדיקות מעבדה נתגלו ממצאים חמורים ביותר כמעט בכל תחנות התדלוק הישנות.

נספח א' - תנועת אדי דלק בקרקע

תנועת גז הקרקע חלה בהשפעת מנגנוני הסעה ודיפוזיה. הסעה הנה מעבר מסה הנגרמת עקב הפרשי לחצים בקרקע המביאים לזרימת אוויר אל תוך הקרקע או ממנה החוצה. הפרשי לחצים אלו נוצרים בין השאר כתוצאה משינוי ביחס שבין הלחץ האטמוספרי בסביבה ללחץ האוויר שבנקבובי הקרקע. דיפוזיה הנה התנועה האקראית של מולקולות גז הקרקע המביאה לפיזורם ממקומות בהם ריכוזם גבוה למקומות בהם ריכוזם נמוך.

בסמוך למקור זיהום מתמשך יתקבלו ריכוזים גבוהים של מרכיבי הדלק הנדיפים עד כדי ריכוז הרוויה של האדים באוויר וככל שהמרחק ממקור הזיהום יגדל, כך יקטן ריכוז המזהם בגז הקרקע. קרוב לפני הקרקע ריכוז המזהם יהיה נמוך עקב מיהול באוויר החופשי (ambient air). במקרים בהם הדלק החופשי הגיע למי התהום, ריכוז המזהם בגז הקרקע יעלה עם ההתקרבות למי התהום.

המדדים המשפיעים על תנועת אדי הדלק בקרקע הם נקבוביות הקרקע, המוליכות ההידראולית של הקרקע, הטמפרטורה, עומק פני מי התהום, תכולת הרטיבות של האזור הלא רווי וכן נוכחותם של מזהמים אחרים.

נוכחות אדי דלק בגז הקרקע נובעת מהתאידות מרכיבי דלק נדיפים, שמקורם בדלק החופשי, בדלק הספוח לחלקיקי הקרקע או בדלק המומס במי התהום. קצב הנידוף של רכיב דלק כלשהו תלוי בלחץ האדים של אותו פחמימן, כך שכלל שלחץ האדים גבוה יותר, המזהם נדיף יותר. כלל אצבע קובע כי אם למזהם לחץ אדים הגבוה מ- 0.5 מ"מ כספית, ניתן לזהותו על ידי שאיבת גז הקרקע ובדיקתו (להלן "נטור אקטיבי"). בכדי להעריך את כושר הנידוף של מזהם המסיס בפזה המימית של הקרקע, יש להתחשב גם בחוק הנרי ובמקדמי שיווי המשקל של אדי המזהם עם הפאזות המימית והמוצקה. כאשר קבוע הנרי גדול מ- 0.1 ניתן לזהותו בשיטות אקטיביות.

התיאור הנ"ל מבוסס על ההנחות הבאות:

1. התאידות מרכיב של דלק חופשי מתוארת על ידי חוק ראול (Raoult). דהיינו לחץ האדים שווה למכפלת היחס המולרי שבין המרכיב לתרכובת עם לחץ האדים ברוויה של כל התמיסה. חוק זה תקף עבור תמיסות אידיאליות, בריכוזים גבוהים.
2. ההתאידות של מרכיב דלק מומס מתוארת על ידי חוק הנרי (Henry). דהיינו לחץ האדים של המרכיב מעל תמיסה אידיאלית שווה למכפלת קבוע הנרי בריכוז המרכיב בתמיסה. קבוע הנרי תלוי בסוג הגז ובטמפרטורה ומהווה מדד לכושר המזהם להתחלק בין הפאזה הנוזלית לבין הפזה הגזית. באמצעותו ניתן להעריך את הסיכוי לזיהוי של מרכיב המומס בתמיסת הקרקע או במי התהום. חוק זה תקף לתמיסות מהולות.
3. התאידות מרכיב דלק הספוח לפאזה המוצקה של הקרקע נקבעת על פי יחס הפרדה ליניארי.

אדי המים והדלק הנמצאים בקרקע "מתחרים" על ספיחתם לחלקיקי הקרקע. לפיכך נוכחות מים בקרקע מורידה בצורה משמעותית את ספיחת אדי הדלק בקרקע. בקרקע יבשה או קרקע עם תכולת רטיבות נמוכה כמות אדי הדלק הנספחת פרופורציונית לשטח הפנים של חלקיקי הקרקע ותכולת המרכיבים האורגנים שבה.

נספח ב' - מכשירי שדה לנטור פיאזומטרים

שימוש במכשירי שדה לאנליזה של אוויר הפיאזומטר מאפשר קבלת תוצאות מיידיות וזולות של ריכוז מרכיבי הדלק הנדיפים בפיאזומטר. בשיטות אקטיביות

אלו ניתן לנטר מספר רב של תחנות ביום עבודה ולהתמקד בבדיקות מעמיקות יותר רק בתחנות בהן נתגלה זיהום במכשיר השדה. כיום קיימות שיטות ומכשירים רבים לאנליזה במכשירי שדה:

Photo Ionization Detector - PID

מכשירים הרגישים לנוכחות אדים אורגניים הניתנים ליינון על ידי קרני אור. דגימת אוויר נשאבת לתא בתוך המכשיר, בו היא מוארת על ידי מקור קרינה אולטרה-סגול (UV) הגורם ליינון האדים. בעקבות היינון נוצר זרם חשמלי בין שתי אלקטרודות, אשר עוצמתו נמצאת ביחס ישר לריכוז האדים האורגניים הניתנים ליינון על ידי מקור האור. רוב הפחמימנים שמקורם בדלקים ניתנים ליינון על ידי מכשיר זה.

ניתן להתקין במכשיר PID מנורות שונות, אשר כל אחת פולטת אור באורך גל שונה. טווח האנרגיה המסופקת על ידי המנורות נע בין 8.4ev ל-11.7ev. רוב הגזים המרכיבים את האוויר הנם בעלי פוטנציאל יינון גבוה מ-12ev בניגוד למרכיבי הדלק הארומטיים (כמו תרכובות ה-BTEX) ורוב החומרים האליפטיים שהם בעלי פוטנציאל נמוך מ-10.5ev.

Flame Ionization Detector - FID

במכשירים אלו נשאבת דגימת אוויר אל תא בתוך המכשיר בו נמצאת להבת מימן המייננת את החומרים האורגניים. הזרם החשמלי שנוצר מהיונים החופשיים נקרא באלקטרודות ונמצא ביחס ישר לריכוז החומר האורגני שבדוגמא. שיטה זו רגישה לחומרים אליפטיים יותר מאשר לחומרים ארומטיים.