

**אסופת תקצירים**  
**יום עיון לסיכום חמש שנות ניטור בשמורת עברונה בעקבות**  
**זיהום הנפט**

יום חמישי, 9 בספטמבר 2021

יום העיון יתקיים בזום בכתובת <https://tau-ac-il.zoom.us/j/82441960056>



**המארג**

התכנית הלאומית  
להערכת מצב הטבע

**תוכן עניינים**

- 1.....השפעת זיהום נפט וטיפול שיקום על הידרופוביות של סדימנטים
- 2.....שיירי נפט בקרקע בשמורת עברונה
- 3.....תגובה מיקרוביאלית לטיפול ביולוגי בקרקע
- 5.....שינויים במגוון וגודל אוכלוסיית המיקרואורגניזמים בקרקע
- 6.....בחינת מנגנון השפעת הנפט על הנביטה והתפתחות הנבט
- 8.....השפעת זיהום נפט על עצי שיטים
- 9.....השפעת זיהום נפט על שיחים ובני שיח
- 11.....השפעת זיהום נפט על פרוקי רגליים קרקעיים
- 12.....השפעת זיהום נפט על פרוקי רגליים שוכני שיטים
- 14.....השפעת זיהום נפט על מאספי עכבישנים
- 15.....השפעת זיהום נפט על זוחלים
- 16.....השפעת זיהום נפט על עטלפי חרקים
- 18.....השפעת זיהום נפט על עופות
- 20.....פעולות שיקום בעברונה, לקחים ומסקנות לעתיד

## השפעת זיהום נפט וטיפול שיקום על הידרופוביות של סדימנטים

אילן סתוי<sup>1</sup>

<sup>1</sup>מו"פ מדבר יום המלח, יטבתה

**מדיאון  
הטבע**  
שטיינהרדט  
המרכז הלאומי לחקר המגוון הביולוגי



**המארג**

התכנית הלאומית  
להערכת מצב הטבע

**רקע.** מחקרים רבים בעולם הראו כי זיהום קרקעות בנפט גורם להפיכתן להידרופוביות ולפגיעה בתכונותיהן ההידראוליות. מטרת מחקר זה היו: (1) לבחון האם ובאיזו מידה השפיע זיהום הנפט על הפיכת הסדימנט בערוצים המזוהמים להידרופובי; (2) לבדוק האם יש שינוי בהדרופוביות של הסדימנט המזוהם בטווח הזמן הקצר (2015–2018) והארוך (1975 לעומת 2014); ו-(3) לחקור את השפעת העיבוד (קילטור) של סדימנט מזוהם על מידת ההידרופוביות שלו. השערות המחקר היו, בהתאמה: (א) זיהום הנפט גרם להידרופוביות של הסדימנט; (ב) קיימת הפחתה של ההידרופוביות על ציר הזמן, הן בטווח הקצר והן בטווח הארוך; ו-(ג) קילטור מסייע בהפחתת הידרופוביות של סדימנט מזוהם.

**שיטות.** במחקר זה נעשה שימוש בשיטות זמן חידור טיפה (water drop penetration time), מתח פנים קריטי (critical surface tension), וזווית מגע של טיפה (drop contact angle) לבחינת הידרופוביות. כמו-כן, אינפילטרציה במצב כמעט רווי נבחנה באמצעות מיני דיסק אינפילטרומטר, והתנגדות לפנטרציה נבדקה באמצעות פנטרומטר דינאמי. בנוסף, הרכב מכאני (מרקם) של הסדימנט נבדק באמצעות הידרומטר. **תוצאות.** זיהום הנפט גרם להיווצרות קרום קשה בפני השטח, להידרופוביות של הסדימנט, ולפחיתה במוליכות ההידראולית במצב כמעט רווי. עם זאת, נמצא כי פני השטח של הסדימנט המזוהם אינם הידרופוביים. ממצא זה קשור, ככל הנראה, להשקעת אבק נקי – אם באופן פלוביאלי ואם באופן אאולי – על פני השטח. לאורך שנות המחקר, לא נמצאה הפחתה בהשפעת הנפט על תכונות הסדימנט המזוהם. כמו-כן, תוצאות הניסוי מציעות כי גם בטווח הזמן הארוך אין הפחתה כזו. עוד נמצא כי הקילטור לא הפחית את ההתנגדות לפנטרציה, לא הקטין את הידרופוביות הסדימנט, ולא הגדיל את המוליכות ההידראולית.

**דיון ומסקנות.** תוצאות הניסוי תומכות בהשערה הראשונה אך סותרות את ההשערות השניה והשלישית. בלי קשר, יש לציין כי לתנאים הטבעיים בשטח, ובראשם, להרכב המכאני של הסדימנט, השפעה ניכרת על התכונות ההידרולוגיות של הערוצים. בסקלת המאקרו, יש הבדל ניכר בין ההרכב המכאני של הסדימנט באתר 1975 (סייני חולי עדין)





## המארג

התכנית הלאומית  
להערכת מצב הטבע

לבין זה של אתר 2014 (סיין חולי). ברזולוציה גבוהה יותר, באתר 2014 יש הבדלים ניכרים במרקם הסדימנט, הן בציר האורכי (הפחתה בגודל חלקיקים ראשוניים במורד הערוץ) והן בציר הרוחבי (הבדלים בין ערוצים מקבילים). באופן מיוחד, ערוצים עם פני שטח המכוסים בחומר במקטע הגודל שנע על הטווח חרסית-סילט, נוטים להיות אטומים יותר, דבר הבא לידי ביטוי הן בהתנגדות גבוהה לפנטרציה והן בהקטנת המוליכות ההידראולית.

### שיירי נפט בקרקע בשמורת עברונה

ליאת קויפמן<sup>1</sup>, רון חן<sup>2</sup>, אור קומאי<sup>2</sup>

<sup>1</sup>לודן טכנולוגיות סביבה בע"מ

<sup>2</sup>המארג, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל-אביב

**רקע.** לצורך מעקב אחר תהליכי הפירוק של הנפט הגולמי באזור שנפגע, נערכה בשמורת עברונה תכנית ניטור רב-שנתית. במסגרת התכנית מבוצע סקר קרקע אחת לשנה החל משנת 2016, במהלכו נדגמים מספר ערוצים באזור המזוהם, תוך מעקב אחר ריכוז שיירי הנפט בקרקע והשינויים במאפיינים הכימיים של הזיהום.

**שיטות.** הדיגום האחרון בוצע באוקטובר 2020, בהתאם לתכנית דיגום שהתקבלה מהמארג. במסגרת הדיגום נאספו 53 דגימות קרקע בדיגום ידני מעומקים של 5-40 ס"מ. כל הדגימות נבחנו לבדיקות שדה (תיאור, ריח, לחות ו-PID), וחלקן נשלחו לאנליזות מעבדה למדידת ריכוז סך כל פחמימיני נפט (TPH), פרקציות של הנפט הגולמי (DRO ו-ORO) והיחס ביניהם.

**תוצאות.** בבדיקות השדה עולה כי חתך הקרקע עשוי חול גס ואבנים, עומק הזיהום ברור ויזואלית ונע בין 0.2-0 מ'. ריח מרכיבי נפט גולמי זוהה בדיגום זה רק בחלק קטן מנקודות הדיגום. קריאות ה-PID היו אפסיות בכל הנקודות. עפ"י בדיקות המעבדה טווח ריכוז הפחמימינים בתחומי ה-DRO וה-ORO, בריכוזים של אלפי עד עשרות אלפי חל"מ. ORO היא הפרקציה הדומיננטית ברוב הדגימות, בניגוד לשנים קודמות בהן פרקציית ה-DRO הייתה הפרקציה הדומיננטית.

**דיון ומסקנות.** רמת הזיהום של הנפט הגולמי בקרקע באזור שעבר זיהום נפט ב-2014 נותרה גבוהה מאוד בהשוואה לביקורת. בהשוואת ממוצע ריכוזי ה-TPH בדיגום 2020



לממוצע בשנים קודמות עולה כי ממוצעי הריכוזים בכל אחד מהאזורים (מקולטר ולא מקולטר), ובשניהם יחד, גבוה מזה שנמדד ב-2019 אך נמוך מזה שנמדד בשנות הניטור הראשונות. מבחינת ההבדלים בממוצע הריכוזים בין חלקו הצפוני וחלקו הדרומי של השטח המקולטר עולה כי הריכוזים באזור הדרומי נמוכים מאלה שנמדדו באזור הצפוני, אך ההבדל קטן יותר בהשוואה לשנים קודמות. על אף העלייה שנמדדה בריכוזים, יחס ה-ORO/DRO מצביע על כך שישנם תהליכי פירוק של הנפט בקרקע וככל הנראה גם ירידה מסויימת בריכוזים.

### תגובה מיקרוביאלית לטיפול ביולוגי בקרקע

לי זנג<sup>1</sup>, פאולה איסטבן<sup>1</sup>, רביד רוזנצווייג<sup>2</sup>, פאינה גלמן<sup>2</sup> וזאב רונן<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>מכון צוקרברג למחקרי מים, המכונים לחקר המדבר ע"ש בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב  
<sup>2</sup>המכון הגאולוגי לישראל

**רקע.** אחת האפשרויות לשיקום קרקע מזוהמת בנפט מעין עברונה היא טיפול ביולוגי. טיפול מסוג זה מבוסס על פעילות טבעית של חיידקי הקרקע המזוהמת. כדי להבטיח את הפעילות הרצויה של פרוק הפחמימניים, יש לדאוג לתנאי מחייה אופטימליים למיקרואורגניזמים בקרקע הכוללים כיוון תכולת הרטיבות, הוספת דשן כמו חנקן וזרחן, והגדלת הזמינות הביולוגית של המזהמים. הבנת התגובה המיקרוביאלית לטיפולים מסוג זה חיונית לבחינת היעילות של הטיפול. שאלות מפתח הן האם הטיפול שינה את הרכב אוכלוסיית חיידקי הקרקע והגדיל את שכיחות האוכלוסיות הידועות בפרוק נפט, האם ניתן לזהות ולכמת את השפעת הטיפול על גנים שמקודדים לאנזימים מפרקי נפט והאם ניתן לזהות ולבודד חיידקים מהקרקע המזוהמת שמיצרים ביו-סורפקטנטים המגדילים את הזמינות הביולוגית של הנפט.

**שיטות.** קרקעות הן מאירוע של 1975 והן מהאירוע של 2014, הודגרו במעבדה תחת מגוון טיפולים הכוללים הוספת מים לרמות שונות (20% ו 50% רוויה), הוספת מים וחומרי דשן, הוספת מים, חומרי דשן וביו-סורפקטנט וטיפול ביקורת ללא תוספות. תכולות הרטיבות נשמרו במהלך שנה וחצי של הניסוי. מדוגמאות קרקע מתחילת ומסוף הניסוי מיצינו DNA לאנליזה של גנים פונקציונליים וכן לאנליזה של הרכב האוכלוסייה.



בנוסף מהקרקות בודדנו חיידקים מפרקי הידרקרבונים ובדקנו האם הם מיצרים ביו-סורפקטנטים.

**תוצאות.** המערכה הבקטריאלית הנפוצה ביותר בכל הדגימות היו *Actinobacteria*, *Chloroflexi*, *TM7* הידועים כמפרקי פחמימנים מונו-ארומטיים. בכל הקרקעות מ 2014 בסוף הטיפול הייתה עליה משמעותית *Chloroflexi* וירידה ב *α-proteobacteria*. בדומה נצפתה ירידה *Actinobacteria* בקרקעות 1975 אך לא היה ניתן לקבוע איזה מערכה תפסה את מקומה. מדד שנון למגוון המינים בדוגמאות הקרקע לא הראה שוני מובהק כתוצאה מהטיפולים השונים. כל הטיפולים גרמו לעליה משמעותית בשכיחות גנים פונקציונליים המקודדים לאנזימים לפרוק חומרים אליפטיים *alkB* וחומרים ארומטיים כמו *nahAc* ו *dmpN*. שכיחות משמעותית של גנים אלו נמצאה גם בקרקע נקיה והשינוי במספרם לאורך הטיפול היה בהתאמה לשינוי ב TPH, ושינוי בהידרפוביות של הקרקע. חלק מהחיידקים שבודדו מהקרקע על בסיס יכולתם לפרק הקסאדקאן, יצרו כמויות משמעותיות של ביו-סורפקטנטים.

**דיון ומסקנות.** הטיפולים השפיעו על מבנה האוכלוסייה כאשר נראה שיש העשרה למחלקות של חיידקים הידועים כמפרקי פחמימנים. תימוכין למסקנה זאת עולים מהעלייה בשכיחות הגנים הפונקציונליים. בקרקע יש פוטנציאל ליצור טבעי של ביו-סורפקטנטים. מכיוון שמפרקי פחמימנים הם גם יצרני חומרים פעילי שטח, ניתן להשתמש בהם כאילוץ לקרקעות המזוהמות להאצת תהליך הפרוק.

## שינויים במגוון וגודל אוכלוסיית המיקרואורגניזמים בקרקע

רועי אנג'ל<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Biology Centre CAS, האקדמיה למדעם של צ'כיה

**מדיאון  
הטבע**  
שטיינהרדט  
המרכז הלאומי לחקר המגוון הביולוגי



**המארג**

התכנית הלאומית  
להערכת מצב הטבע

**רקע.** מטרת הניטור היא הערכה של הנזק שנגרם לחברות הבקטריה, הארכאה והפטריות החיים בקרומי הקרקע הביולוגים המכסים את הקרקע לאורך ערוץ הדליפה, כתוצאה ממגע ישיר עם הנפט. הערכת הנזק וקצב השיקום נעשו באמצעות זיהוי וכימות מולקולריים של החברות.

**שיטות.** דוגמאות קרקע נאספו פעם בשנה, במס' נקודות לאורך ערוץ הדליפה מ 2014, לאורך ערוץ הדליפה מ 1975 ונקודות ביקורת בשני הערוצים (שלא הושפעו מהדליפות). הדוגמאות שומרו בתמיסת LifeGuard המשמרת חומצות גרעים והועברו למעבדה בצ'כיה לצורך אנליזה מולקולרית. מבנה האוכלוסיות של כלל הבקטריה והארכאה בדוגמאות מנותח ע"י ריצוף של היחידה הקטנה בגן הרנ"א הריבוזומלי (SSU-rRNA) באמצעות ריצוף מקודד בתפוקה גבוהה (barcoded high-throughput sequencing). הרצפים שהתקבלו שימשו ליצירת יחידות טקסונומיות אופרטיביות (OTU) ברמת שונות רצף גנטי מוחלטת (amplicon sequence variants) השפעת הנפט והטיפול השונים על חברות הבקטריה והארכאה בקרקע הוערכו באמצעות חישוב מגוון אלפא ובטא, וכן אנליזת Differential abundance. בנוסף לריצוף ה DNA ערכנו השנה כימות לאוכלוסיית הבקטריה והפטריות באמצעות qPCR.

**תוצאות.** כמויות הגנים שמשקפים את גודל אוכלוסיית החיידקים והפטריות הם טיפוסיים לקרקעות מדבר קיצון ולא ניכרת השפעה של זיהום הנפט על גודל אף אחת מאוכלוסיות אלו. לעומת זאת, הטיפול באמצעות קילטור הביא לעליה משמעותית בגודל שתי האוכלוסיות. זו תוצאה מפתיעה מאחר שהטיפול בקילטור כלל רק שבירה מכנית של קרום הקרקע המזוהם לא הוספת מים או נוטריינטים ושבירה של קרום קרקע ביולוגי במדבריות נחשבת בספרות כהפרעה שפוגעת בהרכב וכמות החיידקים (למשל Steven et al., 2018). הטיפול של 2020 הראה עליה בכמות החיידקים אבל לא הפטריות לעומת הביקורת. תוצאות אנליזת מגוון אלפא הניבו ערכים טיפוסיים למדבר קיצון אבל לא הראו כל הבדל משמעותי בין הטיפולים השונים. אנליזת מגוון בטא Differential abundance הראו הבדלים מובהקים בקרב מספר מצומצם של חיידקים בין האזורים המזוהמים לאזורי הבקרה וכן הבדלים מסוימים בין אזורי הקילטור לאזורים





שלא קולטרו. חיידקים מקבוצת ה Bacteroidetes ו Firmicutes, Proteobacteria עלו בהרכב החלקי בדוגמאות המזהמות ובעיקר בדוגמאות המקולטרות והמטופלות לעומת הדוגמאות הבקרה.

**דין ומסקנות.** ניתן לומר שלזיהום הנפט היתה השפעה מעטה על הרכב וכמות החיידקים בקרקע העדר ההשפעה מעיד לא רק על נזק מועט לפעילות החיידקים באזור אלא גם (ואולי בעיקר) כנראה על פעילות מצומצמת של החיידקים בפירוק הנפט, משום שהיינו מצפים שפעילות גבוהה תגרוור גידול בכמות החיידקים ועליה של קבוצות מסוימות המשתתפות בפירוק. לעומת זאת, באזורים מקולטרים ומטופלים ניתן לראות עליה מובהקת בגודל היחסי של מספר מינים שככל הנראה מעורבים בפירוק הנפט.

### בחינת מנגנון השפעת הנפט על הנביטה והתפתחות הנבט

עינב מייזליש גתי<sup>1</sup>, אלינה חצרוני<sup>1,2,3</sup>, אלן גרבר<sup>2</sup>, סיון גולן<sup>1</sup>, דקלה ליפשיץ<sup>1</sup>, תומר פארג<sup>1</sup>, עופר כהן<sup>1</sup>, אלון זינגר<sup>1</sup>, לין חגי<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>בנק הגנים הישראלי, מנהל המחקר החקלאי מכון וולקני  
<sup>2</sup>המכון לקרקע ומים, מנהל המחקר החקלאי מכון וולקני  
<sup>3</sup>הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת בר אילן

**רקע.** נפט המגיע לסביבה יוצר סיכון למערכות אקולוגיות איתן הוא בא במגע. ההשפעות האפשריות של הנפט על צמחים בעברונה עשויות להתבטא בפגיעה באופן ישיר על ידי המרכיבים המסיסים הרעילים של הנפט, או באופן עקיף על ידי שינוי תכונות הקרקע ומניעת חדירת מים. המחקר שנעשה על ידנו בחן את השפעת הנפט הגולמי בקרקעות על התחדשות הצומח וכן בחינת הרכיבים הכימיים הספציפיים המהווים גורמי סיכון גבוהים יותר לצומח המתחדש בשמורה.  
**שיטות.** בדיקה ביולוגית (bioassay) לבחינת האקו-טוקסיסיות של הנפט על נביטה והתפתחות הנבט של שיטה סלילנית הועמדה במגוון תנאים הבוחנים את רמת הזיהום המינימלית הנדרשת אשר תאפשר גיוס חדש של הצומח בשמורת עברונה וכן בחנו את יעילות הטיפולים המשקמים המתבצעים בשמורה. בנוסף, ביצענו בידוד של הרכיב הכימי תוך הפרדה לפרקציות בגדלים מולקולריים שונים ובחנו את השפעת הפרקציות השונות על נביטת זרעים והתפתחות השורשים בנבט המתפתח במודל של תודרה לבנה.



**תוצאות.** בתוצאות שהתקבלו הצבענו על הבעיה המתמשכת בחשיפה לחומרי הנפט בקרקע בעיקר בהיבט גיוס פרטים צעירים של צומח. הראנו את הירידה ביכולת הנביטה של הזרעים וחמור מכך, את הפגיעה המשמעותית ביכולת של נבטים לשרוד לאורך זמן עם פגיעות מורפולוגיות ופיזיולוגיות שנמדדו וכמתו במספר מיני מפתח בשמורה בהם שיטה. נמצא כי ירידה עד לרמה של 10% זיהום עשויה לאפשר התפתחות וגיוס של פרטים חדשים בשמורה אם כי עדיין נמצא עיכוב התפתחותי מסויים אצל חלק מהמינים שנבחנו. בחינת הטיפולים שנערכו בשמורה הראו כי בשיטה, טיפול המשולב של קילטור יחד עם פעילות חברה מסחרית, אפשרו יחסית נביטה והתפתחות נאותים. מצאנו עוד בעבודה זו כי הרכיב הטוקסי אינו משפיע על נביטת הזרעים אולם בעל מרכיב מכריע בהתפתחות הפיסיולוגית שלהם.

**דיון ומסקנות.** בעבודה זו שמנו דגש על מערכת השורשים והראנו את קבוצת החומרים המשפיעה על יכולת התפתחות נאותה של השורש המרכזי והעמקתו וכן גדילת שערות השורש, התארכותן וצפיפותן לאורך השורש המרכזי. קבוצת חומרים Unresolved complex mixture המרכיבה את הנפט, מכילה מאות חומרים וכמעט בלתי ניתנת להפרדה וזיהוי, מהווה את הרכיב הרעיל שיש לבחון את הדרכים היעילות להוציאו מהמערכת.





## השפעת זיהום נפט על עצי שיטים

ניצן שגב<sup>1</sup>, גדעון ווינטרס<sup>2</sup>, ענבל פיפמן<sup>1</sup>, רחמים שם טוב<sup>1</sup>, רותם מאירי<sup>1</sup>,  
אלי גרונר<sup>3</sup>

<sup>1</sup>מו"פ מדבר וים המלח, שלוחת יטבתה

<sup>2</sup>מו"פ מדבר וים המלח, שלוחת חצבה

<sup>3</sup>מו"פ מדבר וים המלח, שלוחת מצפה רמון

**רקע.** מיד לאחר הדליפה שהתרחשה ב 2014 נצפו עצי שיטה בודדים מתייבשים ומתים, ונוצר חשש, שעצי השיטה, המהווים מיני מפתח לכל מארג המזון בשמורת עברונה, יפגעו ואיתם המערכת האקולוגית. חשש נוסף עלה עקב ממצאים מוקדמים על גיוס מועט ביותר של עצים חדשים בחלקות שזוהמו בדליפת 1975, ועל קושי בנביטה ובשרידות נבטים בקרקע עם שאריות נפט.

**שיטות.** בחלקות הניסוי שכללו אזורים מזוהמים ונקיים משתי הדליפות, נבדק מצב העצים באמצעות המשתנים הבאים: חיוניות העלווה בעזרת הערכה ויזואלית וצילומי NDVI, הערכת כמות פריחה ותרמילים, מדידת גודל העץ (גובה כללי ורוחב חופה), בדיקת היקף גזע באמצעות דנדרומטרים ובדיקת זמינות העלווה לרעיית צבאים על ידי מדידת גובה האכילה. כמו כן התבצע מעקב אחר הופעת נבטים ושרידותם.

**תוצאות.** במשך כל תקופת הניטור נראה שעצי שיטה בוגרים לא מראים כמעט שום הבדל בין אזורי הנפט לביקורת. גם בתום חמש שנות ניטור - למעט מספר עצים, שמתו בעיקר באזורים מופרים, לא ניכרת השפעה שלילית של הנפט על גדילת העצים או על חיוניותם, במקרים מסוימים אף יש יתרון לעצים שנמצאים באזור עם הנפט, ייתכן מפני שהם נמצאים במרכז ערוצי זרימה ראשיים. אין אחידות בין שנות הניטור, ונראה כי מדדי החיוניות (ירוקות ויזואלית, פריחה, תרמילים) מושפעים מהתנאים ההידרולוגיים. גדילה משמעותית של הגזע מתבטאת בעיקר בעונות המעבר. רעיית הצבאים אינה מושפעת מהנפט, הם רועים יותר בחלקה הצפונית, שבה צפיפות עצים גבוהה יותר, ישנם יותר עצי שיטה סלילנית גדולים, וכן יותר הטפלה בהרנוג השיטים. בשנתיים הראשונות שלאחר הזיהום נבטו פחות נבטים בחלקות הנפט לעומת הביקורת, אך בשנת הניטור האחרונה, שבה בוצע טיפול ביולוגי שכלל הרטבה של כל חלקות הנפט, חל שיפור בנביטה, והופיעו בהן נבטים רבים. תופעה מעניינת של ריכוז נבטים ועצים



צעירים, שנבטו בחמש השנים האחרונות נצפתה בשטח שבו היו בריכות איגום הנפט – והקרקה המזוהמת פונתה.

**דין ומסקנות.** העצים הבוגרים לא נפגעו מהנפט, כנראה בגלל שהנפט חדר לאדמה רק בעומק רדוד ביותר שאינו משפיע על שורשי העצים. הנביטה באזורים מזוהמים שלא טופלו מעטה, נראה כי קלטור שיפר את התנאים לנביטה באזורים אלו. למעט עצים בודדים, עצי השיטה לא נפגעו כנראה מהנפט באופן ישיר והפגיעה העיקרית נבעה מחוסר יכולת גיוס פרטים חדשים לאוכלוסייה. כיום אוכלוסיית עצי השיטים הבוגרים בעברונה נמצאת במצב סביר ביותר. הוצאת הקרקע המזוהמת עשויה לשפר את הנביטה.

### השפעת זיהום נפט על שיחים ובני שיח

נטלי דה פלקו<sup>1</sup>, תימאה איגנת<sup>1</sup>, שמעון רחמילביץ<sup>1</sup>, ארנון קרניאלי<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>המכונים לחקר המדבר, אוניברסיטת בן גוריון בנגב

**רקע.** צמחים עלולים להיפגע משיירי נפט באופן ישיר, כתוצאה מכיסוי או מספיחת שיירי פירוק נפט מתוך הקרקע. פגיעה עקיפה יכולה לצור שינוי במשטר החדירה והנידוף של חומרים מהקרקע כגון מים, חמצן ומלחים. מטרת הניטור הנוכחי היתה לבחון את השפעת זיהומי הנפט בשמורת עברונה על שיחים ובני שיח שליטים.

**שיטות.** על מנת לבחון את השפעת הנפט על צימוח השיחים ובני השיח נבדקו הבדלים במצב הפיזיולוגי בין מינים של צמחים הממוקמים בערוצים מזוהמים בנפט (ערוץ שפך) לעומת ערוצים נקיים מנפט (ערוץ ביקורת) סמוכים. סה"כ נדגמו ארבעה מיני צמחים: מלחית מסורגת (*Salsola cyclophylla*), ימלוח פגום (*Nitraria retusa*), זיזיים חשופים (*Traganum nudatum*) ויפרוק המדבר (*Anabasis articulata*). נמדדו מדדי צימוח, תכולת כלורופיל וקראטנואידים, יציבות ממברנה (מ-2018), יחסי פחמן-חנקן ועילות פוטוסינתטית, פוטוסינתזה (2016-2018) ומטבוליטים משניים (מ-2019). בנוסף נמדדה החתימה הספקטרלית של הצמחים על מנת לנסות ליצור פרוטוקול חישה מרחוק למקרים חוזרים בעתיד. לאור תוצאות לא משמעותיות הופסקו יעילות פוטוסינתטית, מוליכות פיוניות וטרנספירציה מ-2017 ותכולת מים מ-2018.



## המארג

התכנית הלאומית  
להערכת מצב הטבע

**תוצאות.** במדידות הפיזיולוגיות עיקר ההשפעה על המינים היתה עונתית וללא קשר לשפך. לא נמצאו הבדלים במינים הספציפיים בין השפך לביקורת. עם זאת, בבחינת כל המינים יחד, הצמחים הראו מצב פיזיולוגי טוב יותר באזור הביקורת לעומת אזור השפך. גם תוצאות בדיקת החתימה הספקטראלית הראו על הבדלים משמעותיים בין צמחי השפך לצמחי הביקורת. ניתחנו את התוצאות שלנו ומצאנו מתאם בין ריכוז הכלורופיל והפאוטיטין לבין תוצאות ניתוח החתימה הספקטראלית. פיתחנו אינדקס חדש באמצעות נתוני החתימה הספקטראלית על מנת לזהות את רמת השפעה בצמחים המושפעים מזיהום נפט. שערנו שההבדל שזוהה הוא תגובה פיזיולוגית. לכן, החלטנו לבחון מטבוליטים משניים שלפי הערכתנו משפיעים על האינדקס הספקטראלי. עד כה המטבוליטים שאובחנו הם בתחום הלא ידועים ואנו עובדים על האבחון שלהם.

**דיון ומסקנות.** תוצאות החתימה הספקטראלית הראו באופן ברור בין הספקטרום של השיחים באזור השפך לעומת אלו שבביקורת שונים. יצירת המדד לניטור עקת הנפט בצמחים כתוצאה מדליפת נפט נבדקת כעת בזיהומים אחרים. התוצאות הראשוניות של המטבוליטים המשניים הראו הבדל במינים השונים.



## השפעת זיהום נפט על פרוקי רגליים קרקעיים

ניצן שגב<sup>1</sup>, אלי גרונר<sup>2</sup>

<sup>1</sup>מו"פ מדבר וים המלח, שלוחת יטבתה

<sup>2</sup>מו"פ מדבר וים המלח, שלוחת מצפה רמון

**רקע.** בנוסף לתנאי המחיייה במדבר צחיח קיצון, דליפת הנפט בעברונה יצרה סביבה חדשה עם גורמי הפרעה כגון זיהום והתחממות קרקע, שעשויים לגרום לעקה עבור הצמחים ובעלי החיים. מכיוון שקבוצת פרוקי רגליים קרקעיים ומזופאונה, תלויים באופן ישיר בקרקע, מקובל להשתמש בהם כאינדיקטורים סביבתיים, והם יכולים להעיד על שינויים בבית הגידול לאורך זמן.

**שיטות.** לכידת פרוקי רגליים קרקעיים התבצעה באמצעות 240 מלכודות נפילה יבשות, באזורים שזוהמו בשנים 1975, 2014. המלכודות פוזרו בסמוך לעשרה עצי שיטה סלילנית ושלושים עצי שיטה סוככנית. מחצית מן העצים נמצאו בערוצים מזהמים, ומחציתם בערוצי ביקורת נקיים. שלוש מלכודות מוקמו מתחת לחופת העץ, ושלוש במרחק של שלושה מטרים מן העץ. המלכודות הושארו פתוחות למשך 4 יממות, ונבדקו בכל בוקר. הדיגום התבצע בסתיו ובאביב במשך 5 שנים. משפכי מארב של ארינמלים נוטרו באמצעות חתכי חגורה באורך של 10 מטרים לאורך ערוצים נקיים ומזהמים, בתוך חלקות הניטור המוגדרות. מזופאונה – נאספה קרקע מאזורים עם ובלי נפט, נבדקה במשפכי ברליז.

**תוצאות.** שכיחות החיפושית הנפוצה ביותר, מהסוג מזוסטנה, הייתה נמוכה בנפט מאשר בביקורת, ההבדל התבטא בעיקר בשנתיים הראשונות של הניטור, בסמוך לעצי שיטה סלילנית, הפער הצטמצם עם השנים, עד למציאת כמות דומה של פרטים בנפט ובביקורת בשנת 2020. באזורי שתי הדליפות מגוון המינים היה נמוך יותר בחלקות הנפט לעומת חלקות הביקורת. כך גם שפע הפרטים בכל הקבוצות (חיפושיות, נמלים, וחרקים אחרים) להוציא נמלים מהסוג מורית, אשר נמצאו בכמויות גדולות מאד בנפט. הרכב החברה היה שונה באופן מובהק בין שנות הדליפה, ובין הנפט לביקורת. שינוי בהרכב החברה לאורך זמן התבטא בצמצום הפער בחלקות 2014, עד להגעה למצב חברה דומה בשנת 2020, בעוד שהפער בהרכב החברה בדליפת 1975 לא השתנה. ארינמלים – היו שכיחים יותר בחלקות מקולטרות, ולא הראו קורלציה לנפט, ובשנת 2020 שכיחותם באזור שעבר טיפול בחיידקים הייתה הגבוהה ביותר. עבור יצורי



המזופאונה בסמוך לאירוע הדליפה החדש לא נמצאו כלל מזופאונה בקרקע מזהמת, אך במהלך השנים מספרם בנפט עלה. בחלקות הדליפה של 1975 לאורך שנות הדיגום מספר הפרטים נמוך באופן עקבי מן הביקורת, למעט שנת 2016. בשנת 2020 שפע הפרטים בנפט לא מטופל נמוך מהביקורת, בעוד ששפע הפרטים בחלקות המטופלות, כמו גם בחלקות המושקות במים בלבד – גבוה מן הביקורת.

**דין ומסקנות.** נפט אשר נשאר ללא טיפול בקרקע משפיע על חברת החרקים גם לאחר ארבעה עשורים. מכיוון שלא כל החרקים מגיבים באופן דומה לנפט, כדאי להתמקד בקבוצת החיפושיות, ובמיוחד במין מזוסטנה (*Mesostena angustata*) על מנת לקבל אינדיקציה למצב בית הגידול על פני השטח. יצורי המזופאונה מגיבים ישירות לשינויים בקרקע, ונותנים אינדיקציה טובה לנוכחות זיהום.

### **Oil pollution in the Evrona Nature Reserve: effects on the diversity and activity of insects associated with *Vachellia* trees and on tree metabolism**

Ferrante Marco<sup>1,2</sup>, Möller Daniella<sup>2</sup>, Rozenberg Tamir<sup>2</sup>, Lubin Yael<sup>2</sup> & Segoli Michal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centre for Ecology, Evolution and Environmental Changes (cE3c), Faculty of Agriculture and Environment, University of the Azores, 9700-042 Angra do Heroísmo, Portugal

<sup>2</sup>Mitrani Department of Desert Ecology, The Jacob Blaustein Institutes for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev, Midreshet Ben-Gurion 8499000, Israel

**Background.** Oil spills threaten terrestrial ecosystems by altering the physical properties of the soil and affecting the vegetation and animals associated with it. Even though the impact of oil pollution is most evident at the time of the spill, oils can persist in the soil for decades. To understand the consequences of oil pollution on terrestrial ecosystems, we investigated



the effect of past (1975) and recent (2014) oil spills on *Vachellia* tree-associated insects (parasitoids, seed predators and herbivore models) in the Evrona Nature Reserve, southern Israel.

**Methods.** We assessed the effects of oil contamination on 1) parasitoid wasp and tree-associated arthropod abundance and diversity in tree canopies, 2) *Vachellia* seed predation rates, and 3) predation rates on artificial caterpillars placed in the tree canopy and on the ground, and 4) on the metabolism of the keystone trees *Vachellia tortilis* and *V. raddiana*.

**Results.** Parasitoid wasp and tree-associated arthropod abundance and diversity in oil-polluted trees were lower than in unpolluted trees in one of the three selected study sites (2014-South). Seed predation did not significantly differ between oil-polluted (mean  $\pm$  SD, 48.1%  $\pm$  16.2%, n = 15) and unpolluted trees (47.0%  $\pm$  20.0%, n = 15) for both tree species. Invertebrate predation rates on artificial caterpillars did not significantly differ between oil-polluted (9.07%  $\pm$  3.45%, n = 15) and unpolluted trees (9.93%  $\pm$  3.63%, n = 15), while vertebrate predation was significantly higher on oil-polluted trees (4.22%  $\pm$  2.59%, n = 30) than on unpolluted trees (2.52%  $\pm$  2.02%, n = 30). Finally, we found reduced levels of amino acids, most sugars, and organic acids in seedlings growing in oil-polluted soils, while oil-polluted adult trees had consistently higher levels of alanine.

**Discussion and conclusions.** Overall, our results indicate that oil pollution can affect different ecosystem components, although the magnitude of the effect may depend on the study site, tree species, and tree age.



## השפעת זיהום נפט על מאספי העכבישנים

אפרת גביש-רגב<sup>1</sup>, יעל לובין<sup>2</sup>

<sup>1</sup>אוספי הטבע הלאומיים, האוניברסיטה העברית בירושלים

<sup>2</sup>המכונים לחקר המדבר, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

**מוזיאון  
הטבע**  
שטיינהרדט  
המרכז הלאומי לחקר המגוון הביולוגי



**המארג**

התכנית הלאומית  
להערכת מצב הטבע

**רקע.** ערכנו ניטור ארוך-טווח של עכבישנים בשמורת עברונה. מטרת הניטור הייתה להשוות בין מאספי העכבישנים באזורי דליפת הנפט 1975 ו-2014, ולחלקות ביקורת סמוכות שלא הושפעו מהדליפה.

**שיטות** הניטור נעשה במאי ובאוגוסט/ספטמבר, בעזרת מלכודות נפילה מתחת וליד עצי שיטה (2016-2017), מלכודות גזע על עצי שיטה (2016-2020), וחיפוש ויזואלי בחלקות קבועות עבור עקרבים ועכבישים שוכני מחילות בקרקע (2016-2020). הנחת העבודה הייתה שמינים החיים בקרקע עלולים להיות מושפעים ישירות מקרקע מזוהמת ומיצירת משטחי קרקע קשים. השפעות הנפט על מינים ניידים ועל מינים החיים על עצי השיטה יהיו עקיפות, אם בכלל. בנוסף לניטור, ערכנו ניסוי להעדפת קרקע במעבדה על עכבישים שוכני מחילות, עם אדמה מזוהמת ואדמה מחלקות הביקורת.

**תוצאות.** לא מצאנו הבדלים מובהקים בין עכבישנים שנאספו במלכודות הגזע והנפילה בחלקות השונות. בחיפוש היוזואלי מצאנו במובהק ממוצע עקרבים נמוך בחלקות זרימת הנפט 1975 לעומת שאר החלקות, ומגמה לממוצע גבוה יותר של עקרבים בחלקות הביקורת 2014. עקרבים בכלל, ובמיוחד המין עקרב-חול יטבתה, פעילים יותר בחלקות הביקורת 2014 מאשר בחלקות זרימת הנפט 2014, ובצורה מובהקת, פעילים פחות בחלקות הנפט 1975. ניכרת גם ירידה במספר העקרבים הממוצע בחלקות הנפט 2014 לאורך שנות המחקר. בארבעת שנות הדיגום סומנו 130 מחילות של עכביש שוכן מחילות (*Sahastata nigra*) ממשפחת החגווייתיים (Filistatidae). מצאנו במובהק פחות מחילות עכבישים בחלקות הנפט מאשר בחלקות הביקורת. רק חמש מחילות נמצאו בחלקות דליפת הנפט 2014, אף אחת מהן לא נמצאה ישירות על אדמה מזוהמת בנפט. בניסוי המעבדה מצאנו שלעכבישים העדפה מובהקת לאדמה נקייה לעומת אדמה מזוהמת בנפט.

**דין ומסקנות.** הירידה במספר העקרבים הממוצע בחלקות הנפט לאורך שנות הדיגום מרמזת על השפעות עיתיות של הנפט על אוכלוסיות העקרבים. דליפת הנפט מהווה איום נוסף על עקרב-חול יטבתה, מין אנדמי לערבה הסובל מקיטוע ואיבוד בית גידול.





המספר הזעום של מחילות העכביש מהסוג *Sahastata* בחלקות הנפט 2014, מציע פגיעה הנובעת מדליפת הנפט ואולי גם מקילטור הקרקע. עכבישים אלו, חיים במחילות קבועות בקרקע ובעלי ניידות נמוכה. חשוב לציין שכל מיני העקרבים והעכביש שוכן המחילות הם בעלי אסטרטגיית חיים K, יש להם מעט צאצאים, הם מאריכי חיים ומגיעים לבגרות רק לאחר מספר שנים. לכן יש לקחת בחשבון את מהלכי החיים, הפגיעה מדליפת הנפט, והפרעות נוספות בשיקולי שיקום השטח.

### השפעת זיהום נפט על הזוחלים

עמוס בוסקילה<sup>1,2</sup>, יעל זילכה<sup>1</sup> וניצן שגב<sup>2</sup>

<sup>1</sup>המחלקה למדעי החיים, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

<sup>2</sup>מחלקת מיטראני לאקולוגיה מדברית, המכונים לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

**רקע.** הזוחלים מהווים מרכיב מרכזי במערכות אקולוגיות מדבריות בהיותם טורפים לפרוקי רגלים ולמכרסמים אך גם נטרפים, על ידי יונקים ועופות. מטרת הניטור היתה לבחון כיצד השפיעו זיהומי הנפט בעברונה ב-2014 וב-1975 על עושר ומגוון המינים של הזוחלים בחלקות שנפגעו מהזיהום בהשוואה לחלקות בקרה סמוכות. **שיטות.** ניטור הזוחלים בשמורת עברונה התקיים במשך 48 שעות עבודה בכל ביקור, 4 פעמים בעונה, בכל אחת מהשנים 2016-2020. הזוחלים נטרו ב-16 חלקות וכדי למנוע הטיה של איסוף נתונים בשעות שונות, הסקרים נערכו בו זמנית בארבעת טיפוסי החלקות (נפט 2014, נפט 1994 וחלקות הבקרה הסמוכות אליהן). בשנתיים הראשונות ביצענו גם דגימת עקבות בפסי טשטוש בכל חלקה, לבירור נוכחות של מינים גדולים ונדירים יחסית (חרדוני-צב וכוחים).

**תוצאות.** מספר מיני הזוחלים הכולל בחלקות המזוהמות בנפט עמד על 10 (בכל אחד מהזיהומים – 1975 ו-2014) ואילו בחלקות הבקרה היו 3-4 מינים נוספים. עם זאת, המינים הנפוצים ביותר, שאותם מצאנו עשרות ומאות פעמים, הופיעו בכל טיפוסי החלקות. בהשוואה לחלקות שבאזור הזיהום משנת 1975, מספר התצפיות הכולל היה גבוה יותר מאשר בחלקות שבאזור הזיהום של 2014 (ובכל אחד מהאזורים היו יותר תצפיות בבקרה מאשר בחלקות המזוהמות). מגוון המינים הממוצע בכל אחד מטיפוסי





החלקות הראה שונות רבה ולא היה שונה בצורה מובהקת, אך המגמות באזורים השונים (נפט 2014 לעומת נפט 1975) הפוכות – בחלקות הנפט הטרי, מ-2014, המגוון נמוך מאשר בחלקות הבקרה, ואילו בחלקות הנפט מ-1975, מגוון המינים גבוה יותר בחלקות הנפט. המגוון בנפט הטרי הוא הנמוך ביותר. מצאנו שהרכב חברת הזוחלים ניתן להגדרה בעיקר על פי השפע של שלשה מיני לטאות נפוצות. חברת הזוחלים בחלקות של 1975 היתה דומה למדי בנפט ובבקרה לכל אורך השנים, ואילו בחלקות של 2014 ניכר הבדל: חלקות הבקרה הכילו בארבע שנות המחקר הראשונות הרכב חברה שונה, ורק בתוצאות של שנת 2020 החברה בנפט נעשית דומה לבקרה. **דין ומסקנות.** זיהום הנפט בעברונה לא יצר חברת זוחלים שונה לגמרי בחלקות המזוהמות. ניכרים הבדלים במספר המינים ובהרכב המינים בין חלקות הנפט לבקרה. ההבדלים בולטים במיוחד בחלקות הנפט הטרי (2014), ואילו בזיהום מלפני 45 שנה, אין הבדלים בולטים בין חלקות הבקרה למזוהמות. בשנה החמישית חברת הזוחלים בנפט הטרי מתקרבת להרכבה בבקרה, אך בלי מחקר נוסף לא ניתן לקבוע אם השינוי יתקבע או שהוא קשור לתנאים הספציפיים ששררו בשנת 2020.

### השפעת זיהום נפט על עטלפי החרקים

כרמי קורין<sup>1</sup>

<sup>1</sup>המחלקה לאקולוגיה מדברית, המכונים לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

**רקע.** עצי שיטה במדבר הם בעלי חשיבות רבה לבעלי חיים שונים, ובין היתר תומכים במגוון מיני עטלפי חרקים מדבריים, חלקם נדירים למדי, המשחרים למזון סביב העצים. התדרדרות במצבם של העצים עלולה לפגוע באופן ישיר או עקיף בשיחור המזון ע"י העטלפים. מטרת הניטור הנה לבחון האם ובאיזה אופן, השפיע זיהום הנפט בעברונה ב-2014 על עושר המינים ועל השיחור למזון בעטלפי חרקים. **שיטות.** ניטור העטלפים בשמורת עברונה נעשה באמצעות גלאי עטלפים המאפשרים לאמוד את עושר מיני העטלפים, את פעילותם ואת התנהגות השיחור שלהם מעל ומסביב לעצי שיטה. הניטור החל בשנת 2016, כאשר בשנתיים הראשונות (2016-17) הוא התבצע באביב, בקיץ ובסתיו בחלקות שנפגעו מהנפט ובחלקות הביקורת, באזור



הצפוני שנפגע מזיהום הנפט ב-2014, ובאזור המערבי שנפגע מזיהום הנפט ב-1975. משנת הניטור השלישית (2018) בוצע הניטור בקיץ בלבד, באזור הצפוני בלבד של זיהום 2014 עם הגדלת גודל החלקות הנדגמות. על בסיס הנתונים שנאספו בחמש שנות הניטור, נבחנה ההשפעה של זיהום הקרקע על עושר מיני העטלפים, פעילות העטלפים הכללית ועל פעילות של מינים שכיחים המשחרים בסביבות שונות סביב עצי השיטה.

**תוצאות.** ניתוח של חמש שנות המחקר בתקופת הקיץ באזור הצפוני של דליפת 2014, מורה כי לשנה ולזיהום, הייתה השפעה שלילית מובהקת על עושר מיני העטלפים אך לא על פעילותם. לזיהום גם הייתה השפעה שלילית על היחס בין קולות האכילה לפעילות הכללית, מדד המורה באופן עקיף כי השטחים המזוהמים עשויים להיחשב כאזורים דלי-מזון בהם מגוון חרקי הלילה הנאכלים ע"י העטלפים הינו קטן. בנוסף ניתוח זה הורה כי לזיהום הקרקע הייתה השפעה שלילית על האודן (*Otonycteris hemprichii*), מין מפתח בחברת העטלפים המדברית הניזון מפרוקי רגלים שונים אך לא על מיני עטלפים מדברים אחרים.

**דיון ומסקנות.** התוצאות מלמדות כי לזיהום הנפט בשמורת עברונה יש השפעה שלילית על עושר מיני עטלפי חרקים בטווח של חמש שנות הניטור ועל פעילותם של עטלפים הצדים את מזונם סמוך לקרקע. יחד עם זאת, נראה כי השפעת הזיהום עם השנים על פעילות העטלפים הולכת ומצטמצמת והחל מאמצע שנות הניטור לא נמצאו הבדלים בפעילות העטלפים בעצי הזיהום והביקורת. ממצאים אלו מלמדים כי פעילות עטלפי חרקים מדבריים באזורים המזוהמים בשמורת עברונה הולכת ומשתקמת עם השנים אך עושר המינים ושכיחות של מינים הצדים מהקרקע נותר נמוך יותר באזורים אלו מאז החל הזיהום.



## השפעת זיהום נפט על שכיחות והעדפות שיחור מזון של עופות

נועם וייס<sup>1</sup>, רון חן<sup>2</sup>, רייל הורביץ<sup>2</sup>, עידן שפירא<sup>2</sup>, הילה שמון<sup>2</sup>, הראל דן<sup>2</sup>, אור קומאי<sup>2</sup>

<sup>1</sup>מרכז הצפרות אילת, החברה להגנת הטבע

<sup>2</sup>המארג, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל-אביב

**רקע.** בשנות הניטור הראשונות בתכנית (2016-2017) נוטרה חברת העופות בנקודות ספירה באזורי זרימת הנפט ב-2014, 1975, בשטח עם בית גידול דומה, עתיר שיטים, באזור יטבתה ובנקודות ביקורת סמוכות (500 מטר) מאתרי הדיגום. הדיגום בוצע לאורך חודשי השנה, פעם בחודש. הסקר מצא היעדרות יחסית של אוכלי זרעים באזורי זרימת הנפט בחלקות 1975 ו-2014. כמו כן, נמצאה השפעה מובהקת של זיהום הנפט על השתנות הרכב החברה עם הזמן, בהשוואה לביקורת רחוקה - נמצאה ירידה בכמות העופות בעברונה לעומת עליה בקבוצת הביקורת הרחוקה שבאזור יטבתה.

**שיטות.** החל משנת 2018 עברנו לניטור נוכחות והתנהגות אכילה של עופות בעצי שיטת סוכך. סביב כל עץ תועדו המינים ונספרו הפרטים מכל מין, וכן תועד המיקום בו שיחר כל מין למזון – על הקרקע מתחת לעץ, על גזע העץ ושמלת הרעייה, עלוות העץ וצמרתו, האוויר שבסביבות העץ ושיחים בקרבת העץ (קרקע, אוויר ושיחים ברדיוס 25 מטר מגזע העץ). נבדקו 7 עצים באזור זרימת הנפט ו-7 עצים באזור ביקורת קרוב בכל אחד משלושת האתרים - 2014 צפון, 2014 דרום ו-1975, 5 דקות תצפית לכול עץ, שלוש חזרות לכל עץ בהפרשים של שבוע בכל אחד מחודשי עונת הדיגום.

**תוצאות.** במהלך שלוש עונות דיגום בשנים 2018-2020 בוצעו 1637 תצפיות על עצים ונצפו 3579 פרטים מ-72 מינים. בניתוח של כלל התצפיות, נמצא כי עושר המינים והשפע מושפעים באופן מובהק משנת הדיגום, עונת הדיגום, האתר, אך לא נמצאה השפעה מובהקת של הזיהום, גם לא לאחר סינון התצפיות משטח הזיהום של 1975. ניתוח אך ורק של תצפיות בפרטים שאכלו על הקרקע לא הראה השפעה מובהקת של הזיהום על השפע. בנוסף, בניתוח של כלל התצפיות לא נמצאה השפעה של הזיהום על ההסתברות של ציפור לעסוק בשיחור מזון. בהמשך לתצפיות בהעלמות של אוכלי זרעים מהשטח המזוהם, ובעקבות ממצא דומה בספירות הנקודה שנערכו ב-2017-2016, בוצע ניתוח לאוכלי הזרעים בלבד. נצפו עשרה מינים שסווגו כאוכלי זרעים בשטחי הזיהום של 2014. נמצאה השפעה שלילית מובהקת של הזיהום על שפע אוכלי זרעים. בניתוח מפורט יותר נמצא כי האפקט השלילי מתקיים בעיקר בשטח המזוהם



הצפוני, ואחראי לו מין יחיד, תור צווארון, שנמצא במספרים גדולים בשטח (המין הנפוץ ביותר מכלל המינים). בנוסף בוצע ניתוח של התנהגות השיחור של אוכלי זרעים, בו נבדקה השפעת הזיהום על הנטייה של פרטים לעסוק בשיחור מזון על הקרקע. לא נמצאה השפעה מובהקת של הזיהום על התנהגות השיחור. בנוסף נבדקה השפעת הזיהום על התפלגות המיקומים סביב העץ בהם נצפתה הציפור. ניתוח זה בוצע עבור שחור זנב, שעלה מהמנטרים כמין מושפע פוטנציאלית. עם זאת, לא נמצאה השפעה מובהקת של הזיהום על בחירת המיקום סביב העץ במין זה. ממצא בולט נוסף, משני הסקרים השונים, הוא היעדרות מיני העפרונים (מדבר ומצויץ) מאתרי הזיהום הן ב-2014 וב-1975, לעומת תפוצה נרחבת שלהם מסביב לאתרי הזיהום.

**דין ומסקנות.** נראה כי השפעת הזיהום על עופות בשמורת עברונה אינה מוגבלת לערוצים בהם זרם הנפט, היות ולא נמצאו הבדלים מובהקים בין החלקות המזוהמות לחלקות הביקורת הקרובות אליהן. היעדרותם היחסית של חלק ממיני אוכלי הזרעים מהחלקות המזוהמות, כפי שנצפתה בהשוואה לביקורת רחוקה ובתצפיות אישיות, וכן העדפתו המובהקת של תור הצווארון לשהות בחלקות הביקורת, עשויה להעיד על כשל מהותי ביחסי הגומלין שבין צמחים לאוכלי זרעים בעברונה. היעדרותם של אוכלי זרעים עשויה לנבוע מסיבות שונות, ביניהן זמינות זרעים נמוכה ואיכות זרעים ירודה, ועלולה להשפיע באופן משמעותי על תהליכי הפצת הזרעים והרכב חברת הצומח בשמורה וסביב לה. מומלץ להמשיך לעקוב אחר תור הצווארון כביואינדיקטור אפשרי לשיקום השמורה.



## פעולות שיקום בעברונה, לקחים ומסקנות לעתיד

טל פולק<sup>1</sup>, עודד סהר<sup>1</sup>, ערן היימס<sup>1</sup>, קרנית כרמון<sup>2</sup>, אסף צוער<sup>1</sup>, נעם לידר<sup>1</sup>, יהושע שקדי<sup>1</sup>

<sup>1</sup>מחוז דרום, רשות הטבע והגנים

<sup>2</sup>Liquid Gas

בדצמבר 2014, בעקבות עבודות תשתית נפרץ צינור קצא"א בצומת באר אורה וחמישה מליון ליטרים של נפט גולמי זרמו לתוך שמורת עברונה. מלחת עברונה היא אחת משתי המלחות שנותרו בערבה הדרומית ומהווה בית גידול חשוב ומשמעותי בסביבת המדבר הקיצוני. המלחה מנקזת אליה את נחלי הסביבה ומשטר המים מאפשר צפיפות גבוהה של עצי שיטה, שהם מיני מפתח במדבר.

מחקרים שנעשו לאחר דליפת הנפט הראו שבעוד שקבוצות רבות אכן נפגעו מנוכחות הנפט, הפגיעה העיקרית בשמורה היתה ביכולת הנביטה של עצי השיטה. מבדיקות שנעשו נראה שגם לאחר 40 שנה (לאחר הדליפה התגלה אזור נוסף בשמורה בו היתה דליפת נפט בשנת 1975 שמעולם לא טופלה) עצי שיטה אינם מסוגלים לנבט בצורה תקינה בקרקע המזוהמת. ללא יכולת התחדשות של עצי השיטה בית הגידול ישתנה ללא היכר ותהיה פגיעה אנושה במערכת האקולוגית של עברונה המבוססת סביב השיטים.

בגלל רגישות השטח, רט"ג החליטה על טיפול ביולוגי של הקרקע בשמורה (In situ) על מנת להוריד את ריכוז הנפט ולאפשר נביטה של עצי שיטה. תוצאות הפילוט הראשוני שבוצע על שטח של דונם, הראו שהריכוז החציוני של הנפט בקרקע ירד ב 77.6%. בנוסף התוצאות הראו שהשרשראות הארוכות הן אלו שמתפרקות בצורה יעילה יותר בעקבות הטיפול.

בעקבות הצלחת הפילוט החל שיקום של כלל השמורה, הטיפול החל בינואר 2020 והסתיים באפריל 2020 לאחר 90 יום של השקייה ופעילות בקטריאלית בקרקע. ניתוח דגימות הקרקע של הטיפול בכלל שטח השמורה הראה ירידה בריכוז הנפט של 46.4% בלבד, ירידה קטנה משמעותית לעומת זאת שנראתה בפילוט. כמו כן, ההתפרקות היעילה יותר של השרשראות הארוכות שנראתה בפילוט לא חזרה על עצמה בטיפול הכולל.



אמנם ריכוז הנפט בקרקע ירד כמעט ב 50% אבל ירידה זאת מספיקה על מנת לחדש את יכולת הנביטה של עצי השיטה בקרקע המזוהמת. ללא נביטה של עצי שיטה המערכת האקולוגית צפויה לעבור שינויים משמעותיים ואף עלולה לקרוס לחלוטין. לכן רשות הטבע והגנים תבחן שיטות נוספות לניקוי הקרקע ושיקום התהליכים האקולוגיים בשמורה .

**תרומת המחקר.** הזיהום בשמורת עברונה הוא המקרה יחיד המתועד לזיהום נפט בשמורת טבע של המדבר הקיצון. על כן אין דוגמאות אחרות בעולם של שיקום שטח רגיש כל כך בסביבה קיצונית של יובש ומיעוט משקעים. השיקום של שמורת עברונה ישמש כדוגמא לדרכי פעולה ושיקום במקרים עתידיים של זיהום באזורי מדבר רגישים.