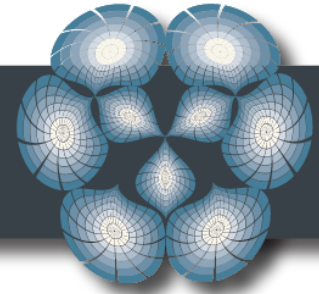


הוועידה השנתית ה-49 למדע ולסביבה

8-7 ביולי 2021 * ועידה מקוונת



זיהום נפט בשמורת עברונה: תמונת מצב

יהושע שקדי

חטיבת מדע, רשות הטבע והגנים

מייל לתכתובות: y.shkedy@npa.org.il

בדצמבר 2014 זוהמה שמורת עברונה בכ-5000 מ³ של נפט גולמי שפרצו מצינור של קצא"א סמוך לבאר אורה. בליל הפריצה, נעשו מאמצים רבים בכדי למנוע מהנפט לחצות את הגבול לממלכת ירדן ולהגיע למפרץ אילת. המאמצים צלחו ורוב הנפט נאצר לאורך כביש 90 או בשמורה עצמה. רוב הנפט הנחלי נשאב מהשמורה במהלך השבועות הבאים, ונשארו סה"כ כ-144 דונמים מכוסים בנפט המעורב בקרקע. בשלב זה, נעצרו פעולות הניקוי.

להפתעתנו, גילינו שבשנת 1975 התרחש באזור אירוע דומה כ-4 ק"מ דרומית לאירוע של 2014. בבחינה שטחית הערכנו ששטח זה השתקם, לפחות חלקית, למרות ששאריות הנפט נראו היטב בשטח, מכוסים בשכבת עפר דקה. ממצא זה היה מרכזי בהחלטה לבצע את כל הפעולות הנוספות בשיקול דעת מעמיק ובהתייעצות רחבה עם מומחים. כמו כן, לא היו ברשותנו המלצות ברורות לטיפול בזיהום מסוג זה.

נבנתה תכנית ניטור שבדקת תפקודים מערכתיים-אקוסיסטמיים נרחבים, ואזור הזיהום בשנת 1975 משמש מוקד בקרה. תכנית הניטור בוחנת מיני מפתח (עצי שיטה), אוכלי עשב, אוכלי גרעינים וטורפים, בדרך כלל בטווח גדלי גוף רחב כדי לכסות את בחינת ההשפעות הצפויות למערכת. הסיבה המרכזית לטווח הרחב של הבדיקות היא שלא ידוע על סמן ברור לנזק הנגרם על ידי הנפט וגם לא סמן ברור לשיקום.

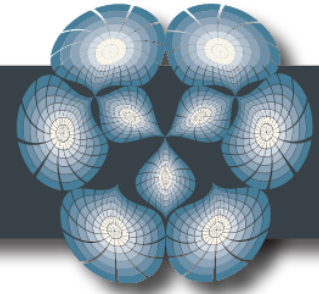
התוצאות מצביעות על כך שהגורם המרכזי בשטח שנפגע לאורך זמן מהזיהום הוא נביטת עצי שיטה. כיוון שעצי שיטה הם מין מפתח במערכת, וכיוון שבמחקרים של בנק הגנים נמצא שללא סילוק הנפט עצי השיטה לא ינבטו וכך התפקוד המערכתי יפגע לאורך זמן. לכן, הוחלט לשקם את השטח באופן אקטיבי – בתחילה על ידי קלטור, כדי לאפשר לחיידקים הנמצאים בקרקע לקבל מספיק חמצן כדי לפרק את הנפט בכוחות עצמם, וכן לפרק את הנפט באמצעים כימיים ביולוגיים.

ההצלחה של כל השיטות לפירוק הנפט היא מוגבלת, ולכן אנחנו שבים ושוקלים היום החלפת קרקעות. ההרצאות במושב יפרטו את השלבים בשיקום השמורה ואת ההתלבטויות העומדות בפני רט"ג.

הוועידה השנתית ה-49 למדע ולסביבה

8-7 ביולי 2021

* ועידה מקוונת



בניית תכנית ניטור לתרחישי אסון – עברונה כתבנית לעתיד

נעם לידר

רשות הטבע והגנים

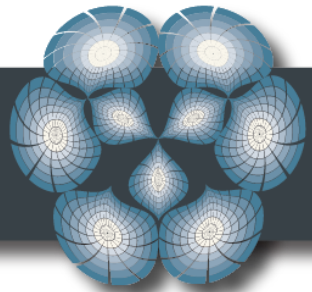
מייל לתכתובות: leader@npa.org.il

שמורת טבע ערבת עברונה בערבה הדרומית כוללת מלחה ובשוליה סוואנות של עצי שיטה ובהן עדרי צבאים ומגוון גדול של מיני בע"ח וצמחים אחרים. ב-3 בדצמבר 2014 נבקע צינור נפט קו אשקלון אילת באזור באר אורה. למעלה מ-5,000 מ"ק נפט גולמי זרמו מזרחה אל תוך חורש השיטים הצפוף בשולי מלחת עברונה תוך שעה מרגע הדליפה. הנפט זרם לאורך הערוצים שבשמורה עד למרחק של שבעה קילומטרים ממקום הדליפה, כשהוא יוצר ערוצי משנה. לאור היקפו הכמותי והמרחבי של זיהום הנפט ולאור ההשפעות השליליות הידועות של נפט, היה קיים חשש לאבדן פוטנציאלי עתידי בתפקודם של "מיני מפתח" בשמורה, כמו עצי השיטה, חצת ע"י תמותה, או פגיעה סאב לטאלית אשר תפגע בכשירותם ותפקודם לאורך זמן. רשות הטבע והגנים הגדירה צורך בניטור ארוך-טווח של השפעת זיהום הנפט על המערכת האקולוגית, במטרה ללמוד על השינויים במערכת בעקבות הזיהום, בקצבי זמן שונים, ולצרכי גיבוש תובנות אשר יובילו לשיקום עתידי מוצלח של בית הגידול. הניטור מבוצע כיום בשנתו החמישית בריכח המארג, ומתבסס על תהליך לימוד ואיפיון מעמיק משותף עם חוקרים ואנשי מקצוע מדיסציפלינות רבות. התובנות העיקריות שנלמדו מבניית תכנית הניטור ונכון ליישם באסונות הבאים (כפי שיושמו גם בזיהום נחל אשלים) הם:

- בניית הקונספט של הניטור דורש האחדה של מידע רב ממקורות שונים וסינתזה של התהליכים העיקריים שבהם גורם הזיהום עלול להשפיע. מקורות אלו כוללים ידע מהעולם על הצדדים הא-ביזיים והן על ההשפעות הביטיות, התייעצות עם מומחים מדיסציפלינות שונות, סיורים, הסתמכות על תיעוד כמו תמונות מהשטח, מיפוי אווירי וכל מידע זמין אחר.
- בחינת מכלול ההשפעות האפשריות דורשת בחירה של מינים העשויים להעיד על שינויים בתפקוד המערכת האקולוגית. נדרש לקחת בחשבון את מידת הבנתנו את הביולוגיה והאקולוגיה של מינים אלו.
- סוג התגובה חמן התגובה של כל מין לפגיעה ביולוגית ישירה או עקיפה עלול להיות שונה. לאור זאת נדרש לכוון שהניטור הוא לטווח ארוך של 5 שנים לפחות, עם אופציה להערכה, על בסיס התוצאות.
- עבור כל ניטור נדרש להגדיר אזור ביקורת. על-ידי כך מתאפשר לימוד של דגמים טבעיים בזמן באזור ביקורת, ושונותם מדגמים בשטח שזוהם בנפט.
- מערך הניטור המפורט עשוי להיות שונה עבור מינים שונים, אך כל ניטור חייב להישען על מחקרים וספרות רלוונטית וכן לכלול תכנון מתאים של גדלי מדגם וחזרות והגדרה של אופן הניתוח הסטטיסטי, חצת על מנת להבטיח את היכולת לזהות מגמות.
- דיגום "זמן אפס" הוא חיוני לניטור של תוצאות זיהום כמו בעברונה. אי לכך יש דחיפות לדיגום בשטח כמה שיותר מהר, גם בטרם גובשה תכנית הניטור במלואה, וגם במחיר שהדיגום יוסיף או יחסיר פרמטרים מסוימים.

תרומת המחקר:

תכנית הניטור שנבנתה בעקבות הזיהום בשמורת עברונה היא הגדולה בהיקפה ובמורכבותה מניטורים שבוצעו עד כה בישראל. התובנות הרבות שנלמדו מבניית תכנית הניטור כקונספט, ולא פחות בתרגומה של התכנית לביצוע ע"י המארג, מבחינת ארגון קבוצות החוקרים, ריכח מנהלי, תקציבי, לוגיסטי ומדעי, הביא לתובנות חשובות עבור רט"ג הן בעברונה וגם בנחל אשלים. הניסיון שנצבר צפוי לסייע לישראל להתמודד נכון יותר עם אירועים עתידיים של זיהום לסוגיו והשפעתם על מערכות אקולוגיות.



הוועידה השנתית ה-49 למדע ולסביבה

7-8 ביולי 2021

* ועידה מקוונת

תוצאות הניטור והלקחים המרכזיים

רייל הורביץ¹, עידן שפירא¹, איתי רנן¹, מיכל קורן¹, אלי גרונר², אילן סתוי², ניצן שגב², גדעון וינטרס², ענבל פיפמן², עמוס בוסקילה³, יעל בוגין³, שמעון רחמילביץ⁴, נטלי דה-פלוק⁴, ארנון קרניאלי⁵, תימאה איגנת⁵, כרמי קורין⁶, מיכל סגולי⁶, תמיר רוזנברג⁶, רועי אנגיל⁷, אפרת גביש-רגב⁸, יעל לובין⁶, יורם צביק⁹, נעם וויס¹⁰, רון חן¹, אור קומאי¹, ליאת קויפמן¹¹, עודד סהר¹², גולן רידר¹², טל פולק¹², נעם לידר¹², אסף צוער¹², יהושע שקדי¹²

¹המארג, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת תל אביב; ²מו"פ מדבר וים המלח; ³המחלקה למדעי החיים, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב; ⁴המכון לחקלאות וביוטכנולוגיות של אזורים צחיחים, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב; ⁵המכון לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב; ⁶המחלקה לאקולוגיה מדברית ע"ש מיטרני, קמפוס שדה בוקר, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב; ⁷האקדמיה הלאומית הציכית, ציכיה; ⁸אוסף העכבישנים הלאומי, אוספי הטבע הלאומיים, האוניברסיטה העברית בירושלים; ⁹המעבדה לחקר עקרבי ישראל, עמותת דוכיפת; ¹⁰מרכז הצפרות הישראלי, החברה להגנת הטבע; ¹¹לודן טכנולוגיות סביבה בע"מ; ¹²רשות הטבע והגנים

ב-3 בדצמבר 2014 דלפו למעלה מ-5000 מ"ק של נפט גולמי מצינור קצא"א לשמורת עין עברונה בערבה הדרומית. הנפט זרם במספר רב של ערוצים בתחום מניפות הסחף ושולי מלחת עברונה. בעקבות האירוע הוקמה תכנית ניטור הנפרשת על פני חמש שנים.

מטרות המחקר: הערכה של ההשלכות האקולוגיות של דליפת הנפט ותהליכי השיקום הטבעיים והיזומים של המערכת.

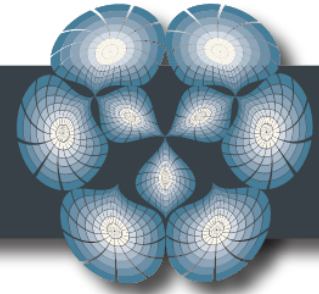
בתכנית ישנו מערך ניטור רחב היקף מבחינה מרחבית ועיתית הכולל אינדיקטורים אביוטיים וביוטיים רבים בעלי פוטנציאל לייצג את המערכת האקולוגית בכללותה.

במלאת חמש שנים לתכנית ניכרות מספר תוצאות בולטות. ריכוז סך כל הפחמימנים של הנפט הגולמי נמצא במגמת ירידה כללית, אך עדיין נמצא במידה משמעותית בקרקע שעודנה הידרופובית. המיקרואורגניזמים בקרקע משקפים את אוכלוסיות החיידקים והפטירות הטיפוסיות לסביבה, אך ישנה עדות לפעילות מוגברת בפירוק הנפט. תוצאות היפרספקטראליות ומטבוליים שניוניים של מיני שיח ובני שיח הלופיטים העידו על הבדלים משמעותיים בין צמחים בחלקות המזוהמות והביקורת. לא נמצאה פגיעה בשיטים הבוגרות בשמורה; מנגד, צפיפות ושרידות רב שנתית של נבטי השיטים ירדו באופן משמעותי. חברת פרוקי הרגליים הקרקעיים שונה בין חלקות נפט וביקורת ובניטור העכבישנים נמצאה פגיעה בשפע ופעילות עקרבים ועכבישים שוכני מחילות. בניטור פרוקי רגליים שוכני שיטים, התוצאות מרמזות על פגיעה בשפע כללי, ובפרט של הצרעות הפרזיטואידיות. הרכב חברת הזוחלים נעשה דומה בין סוגי החלקות מאז אירוע הזיהום. בדומה לכך, נראה כי השפעת הזיהום עם השנים על פעילות עטלפי החרקים הולכת ומצטמצמת, אך במידה פחותה על עושר מיני העטלפים הצדים בשמורה. היעדרותם היחסית של חלק מיני עופות אוכלי הזרעים מהחלקות המזוהמות עשויה להעיד על כשל מהותי ביחסי הגומלין שבין צמחים לאוכלי זרעים בעברונה.

הממצאים עד כה מדגימים כי קיימת פגיעה רחבת היקף ומתמשכת במערכת האקולוגית של שמורת עברונה בעקבות שפיכת הנפט בדצמבר 2014. פגיעה זו ניכרת ברמות טרופיות שונות – יצרנים, צרכנים וטורפים; במבנה (מרכיבי המערכת הביוטית ורכיבים אביוטיים) ובתפקוד (לדוגמה, השפעה שלילית על פעילות הציד של העטלפים); וכן בריכחים הגבוהים של פחמימני נפט בקרקע.

תרומת המחקר

חשיבות המחקר למדיניות, לציבור הרחב ולתחום המחקר. האם ניתן ליישם את המחקר או חלקים ממנו במדיניות הסביבתית של מדינת ישראל? אירוע הזיהום בשמורת עברונה הינו ייחודי מסוגו בעולם, ובספרות לא תועדו הרבה מקרים דומים בו זמנה מערכת אקולוגית מדברית בנפט גולמי. כיוון שכך, לתכנית הניטור בשמורת עברונה שתי מטרות: לאפיין את הזיהום וללמוד את תגובת המערכת האקולוגית אליו. הבנה טובה יותר של התהליכים בערבת עברונה תקדם את כימות עוצמת הפגיעה במערכת האקולוגית ותאפשר קבלת החלטות מושכלת לגבי פעולות השיקום הנדרשות.



השפעת זיהום הנפט בקרקעות שמורת הטבע עברונה על נביטת זרעים והתבססות נבטים בשיטה סלילנית

עינב מייזליש גתי¹, סיון גולן¹, דקלה ליפשיץ¹, תומר פארג¹, לין חגי¹, אלון זינגר¹, עופר כהן¹, אלן גרבר², אלינה חצרוני³

1. המרכז למשאבים גנטיים ואיכות זרעים, בנק הגנים הישראלי מכון וולקני
2. המכון לקרקע ומים, מכון וולקני
3. הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת בר אילן

מייל לתכתובות: einavm@agri.gov.il

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. 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. 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 וכומתו 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 הפיזיולוגית שלהם. 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 חיהוי, מהווה את הרכיב הרעיל שיש לבחון את הדרכים היעילות להוציאו מהמערכת.

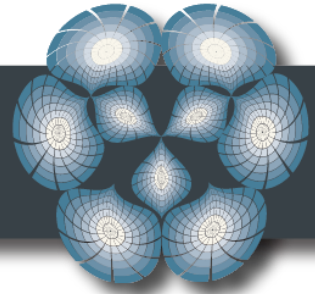
תרומת המחקר:

העבודה שהוצגה כאן והמסקנות הנגזרות ממנה מצביעות על הצורך בחשיבה מעמיקה בדבר הפעולות הנעשות בשמורה לצורך שיקומה. יש לקחת בחשבון שאחוז הנפט שיש צורך לפרק או להוציא מהקרקעות הוא גבוה מאוד וכן שיש להסתכל על השפעת הנפט הן מההיבט הפיזיקלי שלו כמחסום לקליטת מים על ידי הצמח והן מההיבט הטוקסי שיש בו על התפתחות הצמח. אנו מציעים להתמקד בהרכב החומרים Unresolved complex mixture שמוצו באמצעות אצטוניטריל שהראו את הפגיעה החמורה ביותר בנבט המתפתח. יש לודא כי הטיפולים המתרחשים בשמורה אכן מורידים את הפרקציה הזו ומקטינים אותה משמעותית ולא גורמים דווקא לעליה בחלק זה המורכב ממאות מולקולות פחממניות קטנות יחסית.

הוועידה השנתית ה-49 למדע ולסביבה

8-7 ביולי 2021

* ועידה מקוונת



השיקום באמצעים כימיים-ביולוגיים, תוצאות, לקחים והצעות לפעולות בעתיד

טל פולק¹, עודד סהר¹, ערן היימס¹, קרנית כרמון², אסף צוער¹, נעם לידר¹ ויהושע שקדי¹

1. מחח דרום, רשות הטבע והגנים

2. Liquid Gas

מייל לתכתובות: talp@npa.org.il

בדצמבר 2014, בעקבות עבודות תשתית נפרץ צינור קצא"א בצומת באר ארוה 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 הקיצון. 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 ריכח הנפט ולאפשר נביטה של עצי שיטה. תוצאות הפילוט הראשוני שבוצע על שטח של דונם, הראו שהריכח 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 בריכח 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 ריכח 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.