

האסתטי, המוסרי, המדעי והכלכלי שבהם, כי אם גם את הזהות הצינונית. אם לא יישמר העמוד הזה, אמר לי בשיחתנו, "הכול כאן יהיה מגדלי עזריאלי". בימים אלה, כאשר ישראל משנה את פניה לנוכח הפיתוח המואץ, ראוי לזכור את מורשתו זו של אלון, שאחד מעיקריה הוא שמירת טבע כאמצעי לשמירת הזהות המקומית.

מקורות

- [1] אלון ע. 1975 ארבעת העמודים של שמירת הטבע. טבע וארץ י"ז(2): 62-60.
- [2] אלון ע. 2012. טבע ואדם. עם עובד.
- [3] Berry RJ. 2003. God's book of works: The nature and theology of nature. London: T & T Clark.

הוא המדע: המדע מאפשר לאדם להבין טוב יותר את הסובב אותו, דבר שלא יתאפשר אם רכיבים חיוניים במערכת הטבעית והאקולוגית ייעלמו. הנזק שייגרם אם גורמי טבע ייעלמו אינו בכך שהמדען יאבד את מושא מחקרו, כי אם בכך שהמדע כולו יאבד את האפשרות להשיב על שאלות מרכזיות בעולמנו. העמוד האחרון הוא הכלכלי: מרבית צרכי של האדם באים מן הטבע, ואפילו פעילויות כלכליות "מודרניות", כמו תיירות ופעילות פנאי, נשענות על ערכי טבע ונוף (שמורות, גנים, יערות וחופים).

ארבעת העמודים של סקוט היו בסיס לחשיבה הסיבית הראשונית של אלון וחבריו בראשית שנות המדינה. לימים סיפר כי הוא וחבריו הוסיפו עליהם את העמוד החמישי, הלא הוא העמוד הצינוני: פעולת פיתוח בישראל צריכה להיות מלווה בתכנון קפדני, מקצועי ומכוון לעתיד, המגלם בתוכו את ערכי שמירת הטבע והנוף, בין היתר משום שערכים אלה מבטאים לא רק את ההיבט

פיתוח מואץ של תשתיות ימיות, כגון קידוחי גז ונפט, הנחת תשתית צינורות תתי-ימית ותעבורת אניות הולכת וגדלה, מעלים את הסיכוי לדליפה של נפט חיהומים אחרים לים. כדי לבחון לאן עשויים לזרום החומרים המזהמים ואילו אזורים הם הרגישים ביותר בשטחי ישראל לסיכון ממקורות זיהום שונים, ערכנו הדמיות של מקורות דליפה שונים מבארות נפט וגז טבעי באזור הכלכלי הבלעדי של ישראל (EEZ), ומיפינו את ההסתברות לזיהום נפט במרחב. במחקר שפרסמנו לאחרונה^[1] השתמשנו במודל ייעודי לשפכי נפט (MEDSLIK). המודל יועד במקור לחיזוי פריסת כתמי נפט במקרים של דליפת נפט, בהתחשב בתכונות הנפט עצמו וכן בהתחשב בהסעתו על ידי רוחות וזרמי הים בימים שלאחר דליפת הנפט, כפי שעולה משני מודלים נוספים לחיזוי דגמים מרחביים של זרמים ורוחות (SELIPS ו-SKIRON). אגף ים וחופים במשרד להגנת הסביבה משתמש במודל MEDSLIK למעקב אחר שפכי נפט באזורים הימיים של ישראל ולטיפול בהם.

כדי לבחון לאן במרחב הימי יזרמו שפכי נפט לאורך תקופות שונות של השנה, הרצנו מספר רב של מועדים לתחילת ההדמיות של אירועי דליפת נפט. את התקדמות כתמי הנפט במרחב הניעו נתוני רוחות וזרמים שנמדדו בפועל בשנה שחלפה, בימים העוקבים להדמיית אירוע הדליפה, כפי שעלה מהמודלים. כל הדמיית דליפה שכזו נמשכה עשרה ימים. נוסף על זרמי הים והרוח הושפעו חיזוי התקדמות כתם הנפט וחיזוי מצבו מתהליכים של ערבול, יצירת תחליבים עם המים, אידי ושהפה. בכל אירוע דליפה "נשפכה" לים כמות שרירותית וקבועה של 100 טונות נפט, מאחר שמפוח הרגישות כמעט לא השתנו כאשר היה מדובר בכמויות



הסרת נפט מעל פני המים לאחר אירוע דליפה גדול (מפרץ מקסיקו, אפריל 2010) | באדיבות Office of Response and Restoration NOAA ©

לאן יגיע הנפט במקרה של דליפה בים?

רון גולדמן^{[1]*}, ערן ברוקוביץ'^[2], אלי ביטון^[1], סלעית קרק^[4] ונעם לוין^[3]

^[1] חקר ימים ואגמים לישראל

^[2] האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה

^[3] המחלקה לגאוגרפיה, האוניברסיטה העברית בירושלים

^[4] בית הספר למדעי הביולוגיה, מרכז המצוינות לקבלת החלטות סביבתיות, אוניברסיטת קווינסלנד, אוסטרליה

* ron@ocean.org.il

לווייתן, כלל לא יגיע לחופי ישראל, ובעצם יוסע צפונה בזרם ויסקן בעיקר את האזור הכלכלי הבלעדי ואת שכנותינו מצפון (איור 2). במקרה של זיהום קרוב יותר לחוף, הזרם לאורך החוף יגרום לכך שהאזורים שהסיכוי לזיהום בהם גדול יותר, יקבילו לחוף, במורד הזרם ממקורות הזיהום. עוצמת הרוח המערבית, המשתנה על פי עונות השנה, תשפיע על רוחב האזור הרגיש לזיהום, ועשויה להגביל אותו לאזורים בקרבת החוף הסמוכים למקור הזיהום. עונות המעבר, שהים שקט בהן יחסית, מאופיינות בזרם צפון-דרום חלש יחסית, כך שזיהום נפט יגיע בקלות יותר לעבר החוף. במחקר זה אנו מראים לראשונה את דגמי ההסתברות לזיהום במרחב, וממפים אותם. דגמי ההסתברות נוצרים ממקורות זיהום שונים עבור תקופות ועונות שונות בשנה. המפות יכולות לסייע בתכנון מוקדם של אסטרטגיות לטיפול בדליפה פוטנציאלית באזור הכלכלי הבלעדי של ישראל בים התיכון, וכן בתכנון אסטרטגיות למדיניות חוף, הנדרשת לטיפול בזיהום ולשיתוף פעולה אזורי נדרש. מהממצאים עולה כי דליפה במים של ישראל יכולה להשפיע על מדינות שכנות, כגון לבנון. התוצאות עשויות

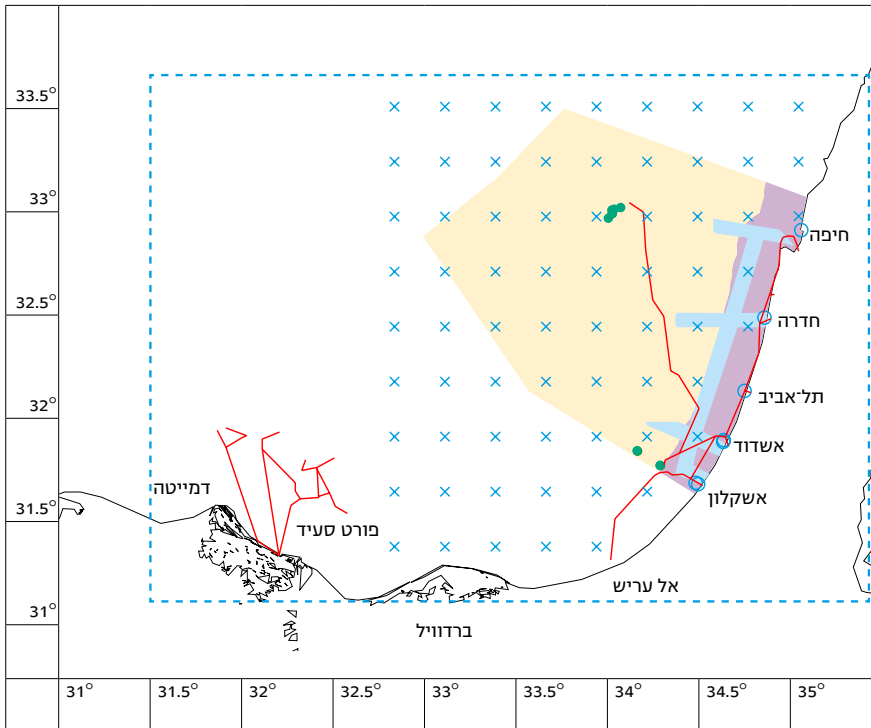
גדולות יותר של נפט. לבסוף, שוקללו הניסויים והתוצאות חולקו לארבע עונות השנה.

בחרנו ארבעה אזורים ומקורות המועדים לזיהום ים, ובהם נתיבי שיט, רשת צינורות המונחת על קרקעית הים, מצופים לחיבור מכליות נפט ובארות קידוח גז פעילות (איור 1). כמו כן, הגדרנו נקודות דליפה למודל, שמפוזרות כשריג אחיד במרחב, כדי לאפשר את בחינת השפעת הרוחות והזרמים בלבד תוך נטרול ההשפעה של מקור הזיהום. במקרים של נתיבי השיט ורשת הצינורות חולקו אירועי הזיהום אקראית במרחב ובזמן העונה השונים, ובמקרים של מקורות הזיהום הנקודתיים (היינו, מצופים המקשרים אניות ובארות) ונקודות השריג האחיד במרחב, אירועי הזיהום נדגמו כל חמישה ימים לאורך השנה.

ממצאי המחקר עולה כי ההשפעה החזקה ביותר על פיזור הנפט במקרה של דליפת נפט תהיה של הזרם האורכי, שעובר לאורך החוף מדרום לצפון וקיים ברוב ימות השנה. כך במקרה של בארות הגז - השפעת הזרם היא כה חזקה, שברוב ימי השנה זיהום פוטנציאלי המרוחק מהחוף, כגון בבאר תמר או בקידוח

איור 1. מקורות זיהום פוטנציאליים ששימשו בהדמיות במחקר

נבדקו: מסלולי תעבורה ימית, צינורות גז, בארות גז, מצופים לחיבור מכליות נפט ובארות קידוח גז פעילות ונקודות שחרור המפוזרות בצורה אחידה במרחב^[1].



חחום מערכת חיזוי SELIPS
נקודות שריג אחיד במרחב

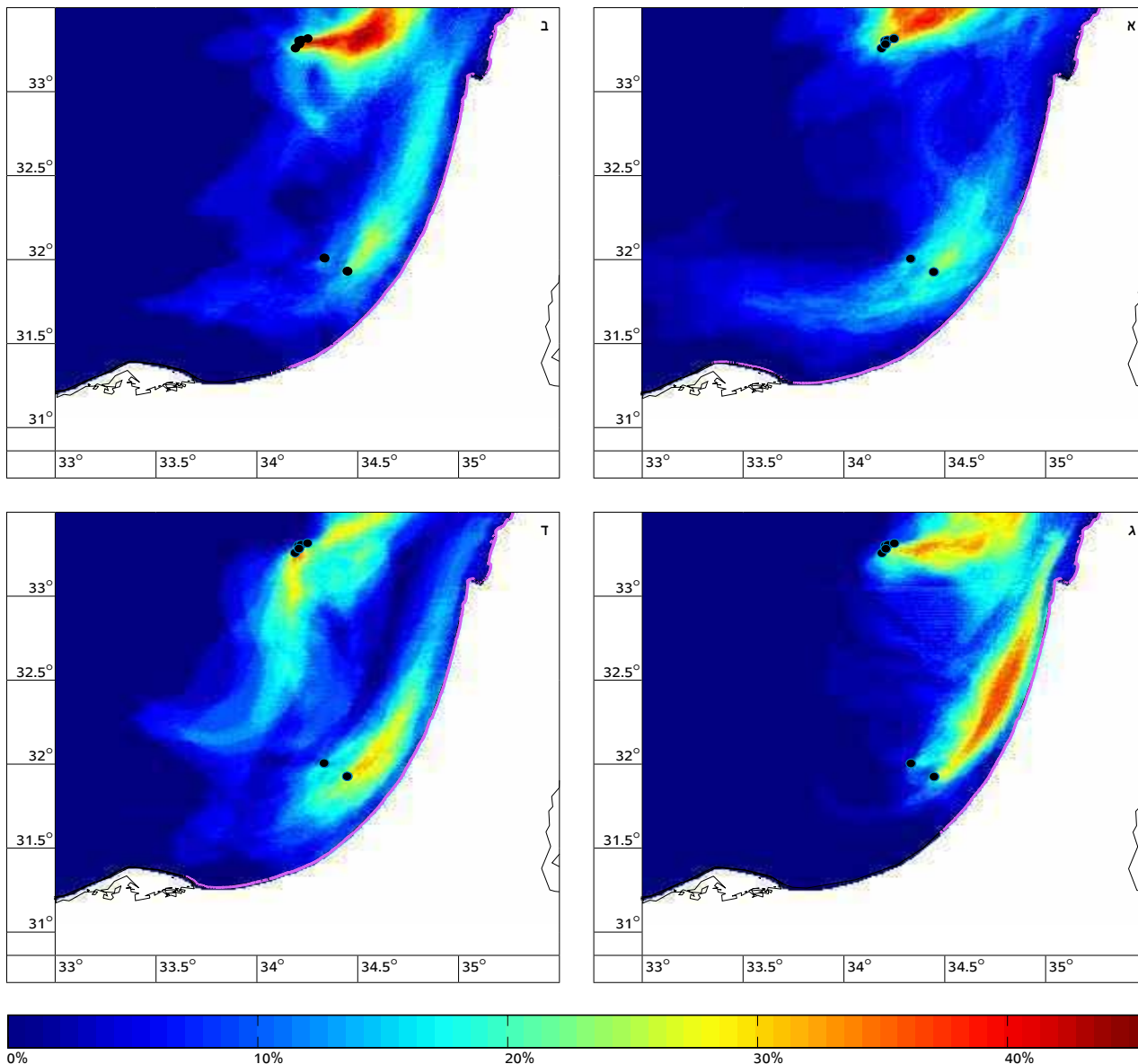
צינורות גז
בארות גז
מצופים של מקשרים ימיים

מים טריטוריאליים של ישראל
אזור כלכלי בלעדי של ישראל (EEZ)
מסלולי תעבורה ימית

איור 2. הסיכוי לזיהום לפי עונות כאשר מקורות הזיהום הם בארות פעילות

(א) חורף (ינואר-מרץ 2013); (ב) אביב (אפריל-יוני 2013); (ג) קיץ (יולי-אוגוסט 2013, ספטמבר 2012); (ד) סתיו (אוקטובר-דצמבר 2012). הקו הסגול משמעו אזור שהנפט הגיע בו לחוף. האזור הצפוני בחלק העליון של כל מפה הוא שדה הגז תמר. שתי הנקודות במרכז המפה הן השדות נועה ומרי-בי. יש לציין כי מקורות אלה הם קידוחי גז ואסדות הפקה, שכמות הנפט הקיימת בהם אינה גדולה [1].

בקצרה



ניתן להשתמש בהדמיות דומות לאלה כדי לבחון את מידת השפעתם הפוטנציאלית של תרחישים נוספים, כגון דליפה בנתיבי שיט ומבארות באזור דלתת נהר הנילוס במצרים, על ישראל. נוסף על כך, ניתן לבחון את השפעת גודל הדליפה וסוג הנפט על תוצאות המודל, וכן דגמים של אירועי זיהום ממושכים. כמו

לתרום למוכנות ישראל לזיהום נפט בים, לחלוקת משאבים נדרשת ולתיאום מול גורמי חוץ בין-לאומיים. כמו כן, ניתן לשלב תוצאות ותובנות אלה בתכנון ארון טווח של שמירת הסביבה הימית, ובפרט באשר למינים ולבתי גידול הנמצאים במורד הזרם יחסית למקורות הזיהום.



מים מזוהמים בנפט נשטפים אל החוף. למזלנו, תמונות שכאלו טרם צולמו בישראל | צילום: מימין - Tabitha Kaylee Hawk ©, משמאל - David Rencher ©

צפון-צפון-מזרח. ניתן לראות כי מקור זיהום קרוב יחסית לחוף (20-30 ק"מ) יזהם את האזור החופי. במקורות מרוחקים כגון תמר (מעל 100 ק"מ מהחוף), ההסתברות שהזיהום יגיע אל חופי ישראל קטנה, בעוד ההסתברות לזיהום מימי לבנון ואולי אף מעבר לכך היא הגבוהה ביותר.

מקורות

- [1] Goldman R, Biton E, Brokovich E, et al. 2015. Oil spill contamination probability in the southeastern Levantine basin. *Marine Pollution Bulletin* 91(1): 347-356.

כן, ניתן להכליל במחקרי המשך את ההסתברות לאירוע זיהום מכל אחד מהמקורות (מדובר בהסתברויות שונות), וזאת כדי לקבל את ההסתברות לזיהום אתר מסוים בשקלול המקורות הפוטנציאליים.

לסיכום, מודלים מרחביים כמו אלה ששימשו במחקר זה, מאפשרים להתכונן טוב יותר לאירועי דליפה של נפט ומזהמים אחרים בים ולסייע בחלוקה מיטבית של משאבים למניעת התפשטות זיהום ולהכנת המדינה לפעולות תגובה מהירות יעילות בישראל ובסביבתה.

ניתן לראות כי ההסתברות לזיהום גדלה במורד הזרם לכיוון