

## מה נשתנה? איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון, משנות ה-80 ועד היום

ברק חרות\* ועדנה שפר

חקר ימים ואגמים לישראל  
barak@ocean.org.il

### תקציר

הסקירה מציגה מגמות עיקריות של השינויים בזמן מאז שנות ה-80 (שלושת העשורים האחרונים) של רמת הזיהום במתכות כבדות, במזהמים אורגניים ובנוטריינטים (חומרים מזינים או חומרי דשן) במימי החופין, בשפכי נחלים, בנמלים ובמעגנות. המידע על איכות מימי החופין התקבל מתכנית הניטור הלאומית של ישראל בים התיכון. על בסיס המידע על מצב איכות מימי החופין, והמגמות בזמן ובמרחב, נוסחו המלצות לפעולה להפחתת הזיהום, שהופנו למשרדי הממשלה הרלוונטיים. לדוגמה, בדיל אורגני משמש חוסף צבע מונע צמדה (anti-fouling). זיהוי ערכים גבוהים שלו בנמלים ובמעגנות הביא לאיסור על שימוש בצבעים שמכילים בדיל אורגני, ואכן בתוך כעשור ירדה רמת הזיהום במי הים לערכי סף. זיהוי ערכים חריגים של כספית אצל דגים ממפרץ חיפה בשנות ה-80 הביא להוספת מתקני טיפול נוספים במפעל "התעשיות האלקטרוכימיות" ולהפחתה נוספת בעומס. זיהוי ריכוזים גבוהים של מתכות כבדות בנחל הקישון הביא להפחתת העומסים, שבאה לידי ביטוי בירידת ריכוזי המתכות במערכת הימית במפרץ חיפה. בשפכי נחלי החוף חלה ההפחתה בעומסי הנוטריינטים ביחס לשנות ה-90 וברובם נצפתה מגמת שיפור ברורה. עם זאת, בחלק משפכי הנחלים המצב עדיין רחוק מהסביר, ויש נחלים שלא נצפית בהם מגמה ברורה או אף מסתמנת הרעה. עד תחילת המאה ה-21 נצפתה מגמת שיפור ברמות הזיהום, אך מאז היא נעצרה ברובה, והערכים של המרכיבים השונים התייצבו או שאף חלה עלייה מסוימת ברמתם (למשל כספית אצל דגים במפרץ חיפה, מסיבה לא ברורה).

מילות מפתח: הים התיכון · זיהום ים · מזהמים אורגניים · מימי חופין · מפרץ חיפה · מתכות כבדות · נוטריינטים · ניטור לאומי

### מבוא

ניטור הסביבה הימית הוא מרכיב חיוני של מערכת המנהל הסביבתי, ביחוד לאור הפיתוח המואץ והלחץ הסביבתי הכבד. הניטור מספק מידע על מצב הסביבה ועל ההשפעות הסביבתיות של פעילות אנושית. המידע הנאסף יוצר בסיס לקבלת החלטות על נקיטת אמצעים לשמירת איכות הסביבה ומאפשר להעריך את התוצאות של יישומן. במרבית המדינות המפותחות קיימות מזה שנים רבות תכניות ניטור לאומיות של הסביבה הימית. תכניות אלה, המתייחסות למכלול ההשפעות של פעילות האדם על משאבי הים והחופים, יזומות וממומנות על-ידי הממשלות, וברובן מתבצעות על-ידי מוסדות מחקר ממשלתיים. יישום תכנית הניטור הלאומית של ישראל החל בשנות ה-80,

במהלך העשורים האחרונים מתקיים תהליך פיתוח דרמטי ואינטנסיבי לאורך כ-190 ק"מ של חופי הים התיכון של ישראל. ברצועה זו מרוכזות מרבית האוכלוסייה, התשתיות והפעילות הכלכלית של המדינה. תהליך הפיתוח כולל הקמה והרחבה של פעילות תחנות כוח, הקמת מתקני התפלה למי ים ולמי תהום מליחים לאורך החוף, המשך מואץ של הרחבת נמלים (חיפה ואשדוד), גידול בהיקף התעבורה הימית, קידוחי גז ונפט והנחת תשתיות, המשך פיתוח והקמה של חוות לחקלאות ימית, מוצאים ימיים להזרמת שפכים ותמלחות, כריית חומרי גלם לבנייה ולפיתוח, דיג, סילוק חומרי חפירה, בחינה של הקמת איים מלאכותיים לתשתיות ועוד.

מזיהום מימי החופין; יצירת בסיס להערכת הממצאים של תכניות ניטור מקומיות באתרים לסילוק שפכים בים.

### מגמות השינוי בזמן של עומסי מזהמים

כמויות משמעותיות של מתכות כבדות, מזהמים אורגניים ונוטריינטים (אלפי טונות של חנקן, זרחן ופחמן ומאות עד אלפי ק"ג של מתכות; נספח 1, באתר האינטרנט של כתב העת) חודרות למימי החופין של ישראל בים התיכון, הן ממקורות נקודתיים (מוצאי שפכים ונחלי החוף) הן ממקורות מבוזרים (מי נגר, דליפת מי תהום והסעה אטמוספירית). המידע המלא על המקורות להעשרת מימי החופין של ישראל במזהמים עדיין לוקה בחסר, מאחר שיש צורך לשפר את יכולת ההערכה של עומס המזהמים משני הסוגים של המקורות. במשרד להגנת הסביבה קיים מידע על מקורות זיהום נקודתיים, המבוסס בעיקר על היתרים להזרמת שפכים לים (על פי חוק מניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים) ועל ניטור של הזרמות.

כיום קיימים היתרי הזרמה לים התיכון לכ־70 מפעלים. משנת 2000 חלה הפחתה דרסטית (כ־90%) בהזרמת המתכות הכבדות וחומרי הדשן אל נחל הקישון ולנחלים נוספים לאורך החוף. במהלך העשור האחרון (2004–2012) חלה הפחתה בעומסי המזהמים המוזרמים לים ממקורות נקודתיים במסגרת היתרי הזרמה לים (עוד בנושא בעמ' 36–40 בגיליון זה), כ־20% הפחתה בחנקן ופחמן, 40% בזרחן, כ־50% במתכות אבץ, עופרת, כרום, ניקל ונחושת וכ־80% בקדמיום (נספח 1, באתר האינטרנט של כתב העת). הערכה של עומס ההזרמות מנחלי החוף [2] מראה שמקור זה משמעותי ביחס לאחרים, ומדגישה את הצורך באומדן כמותי משופר.



מכשיר ללכידת משקע ימי מסייע בחקר זיהום הים | צילום: חגי נתיב

והתייחס לזיהום הים ולאיכות מימי החופין בלבד. במהלך העשור האחרון נוספה פעילות בתחום ניטור המגוון הביולוגי, שתורחב החל בשנת 2014. כמו כן, תורחב תכנית הניטור גם להיבטים הידרוגרפיים ושינוי האקלים.

תכנית הניטור במתכונתה הנוכחית עדיין לא נותנת מענה מלא ורב-תחומי בגישת המערכת האקולוגית (Ecosystem Approach), שיאפשר להעריך את מצב הסביבה הימית ולשפר את התמיכה המדעית לשימור, לניצול ולניהול מושכל של הסביבה הימית של ישראל ומשאביה. תכנית ניטור לאומית צריכה לכלול את המרכיבים הבאים: ניטור זיהום הים והחופים (משתנים כימיים, סמנים ביולוגיים, היבטים רלוונטיים לבריאות הציבור); ניטור אקולוגי ימי (הרס בתי גידול, מגוון מינים, פלישת מינים); ניטור תהליכים חופיים (הרס חופים, בליית מצוק); ניטור השלכות של שינוי האקלים (מפלט ים, עלייה בחומציות/טמפרטורה/מליחות, הידרוגרפיה, מינים פולשים). הרחבה זו תאפשר גם להיערך להתאמה של ישראל למדדים הסביבתיים שאימצו מוסדות אמנת ברצלונה (שמישמת על-ידי תכנית הפעולה לים התיכון [MAP] באמצעות ארגון MEDPOL) והקהילה האירופית (Water Framework Directive; Marine Strategy Framework Directive) [4].

סקירה זו מתייחסת רק לכמה היבטים של בעיית זיהום מימי החופין בים התיכון של ישראל. הסקירה מציגה תמונת מצב ומגמות עיקריות של השינויים בזמן מאז שנות ה-80, ברמת הזיהום של מתכות כבדות, מזהמים אורגניים ונוטריינטים במימי החופין, בשפכי נחלים, בנמלים ובמעגנות. המידע נסמך על נתונים רב-שנתיים של ניטור זיהום הים [2] ושל מחקרים נלווים, שהתבצעו על-ידי המכון "חקר ימים ואגמים לישראל" (ניתן לצפות בדו"חות הניטור משנת 2004 ואילך ב־[www.ocean.org.il](http://www.ocean.org.il)). תכנית הניטור מיושמת בעזרת אגף ים וחופים של המשרד להגנת הסביבה ומשרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, והיא רכיב של מערכת המנהל הסביבתי שמפעילה הממשלה. היעד הכוללי של ניטור איכות מימי החופין הוא יצירת בסיס מדעי ארוך טווח לקבלת החלטות בקשר להגנה על הסביבה הימית, ובכלל זה אכיפת ההוראות של החקיקה הלאומית בעניין מניעת זיהום הים ושל האמנות הבין-לאומיות הרלוונטיות, ותמיכה בקבלת החלטות על ניצול הסביבה הימית של ישראל ומשאביה ועל ניהולה. המטרות הספציפיות של הניטור שנגזרות מהיעד שלעיל הן: איתור מקורות של זיהום מימי החופין והערכת תחומי השפעתם וחשיבותם היחסית; קביעת התפוצה של חומרים מזהמים במרחב מימי החופין, זיהוי מגמות של שינויים לאורך זמן והתרעה על תופעות חריגות; יצירת בסיס להערכת פוטנציאל הסיכון לבריאות הציבור והנזקים האקולוגיים הצפויים כתוצאה



## מגמות השינוי בריכוזי מתכות כבדות

### מפרץ חיפה

תפוצת ריכוזי הכספית במשקעים בקרקעית המפרץ משקפת את ההשפעה שהייתה בעבר לשני מוקדי זיהום עיקריים: מפעל "התעשיות האלקטרוכימיות" בצפון, שהיה המקור העיקרי ונסגר בנובמבר 2004, ושפך נחל הקישון בדרום [7,8,10,11,12,15,16,20,21].

(במקדם של פי 3 לערך, איור 1) ובאזור שפך נחל הקישון. מגמה זו התמתנה ואולי אף נעצרה בשנים האחרונות. הסיבה העיקרית להתדלדלות מאגר הכספית במשקע בשני העשורים האחרונים היא הרחפת חלקיקי משקעים מועשרים בכספית, במיוחד בעת סערות, והסעתם אל הים הפתוח, ובמידה פחותה יותר - גם לכיוון החוף. למרות מגמת ההפחתה, המשקעים בקרקעית בחלקו הצפוני של המפרץ מראים דרגת זיהום בינונית של כספית (שיש בה סבירות מסוימת להשפעות ביולוגיות מזיקות) לפי הקריטריונים לאיכות משקעים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA) [3].

באזור שפך נחל הקישון משקפים השינויים בריכוזי המתכות במהלך 20 השנים האחרונות כמה גורמים: שינויים בהזרמת מתכות לנחל, שינויים במשטר ההידרולוגי של הנחל ובמוצאו הימי ופעולות חפירה באזור הנמל. כתוצאה מהשילוב של גורמים אלה, פחתו רמות הזיהום בכספית ובקדמיום מאז 1992 (באותה שנה אירע בקישון שיטפון גדול שהסיע לשפך הנחל כמויות גדולות של משקעים מזוהמים). ההפחתה הדרסטית בהזרמת הקדמיום אל נחל הקישון החל בשנת 2000 באה לידי ביטוי גם בריכוזי הקדמיום בחומר מרחף וגם אצל רכיכות מאזור שפך נחל הקישון ומאזור קריית ים (איור 2).

מאז סוף שנות ה-80 חלה ירידה ניכרת ברמות הכספית אצל דגים ורכיכות במפרץ חיפה. עם זאת, במהלך העשור האחרון (החל בשנת 2004) נמצאות רמות הכספית אצל דגים מהמפרץ במגמת עלייה (איור 3). הגורם לכך עדיין לא התברר. מאז סוף שנות ה-70 נמצא שהדגים סרגוס מסורטט (*Diplodus sargus*), ברקן אדום (*Sargocentron rubrum*) ושישן מסורטט (*Lithognathus mormyrus*) במפרץ חיפה מועשרים בכספית ביחס לפרטים של אותם מינים שנאספו באזורים אחרים. אצל חלק מהם נמצאו רמות חריגות של כספית (ביחס לקו המנחה של שירות המזון הארצי במשרד הבריאות). בשנת 2012 למשל, נמצאו חריגות של ריכוזי כספית ביחס לתקן מחמיר לדגי מאכל אצל כ-19% מהדגים החופיים שנבדקו במפרץ חיפה.

### לאורך החוף

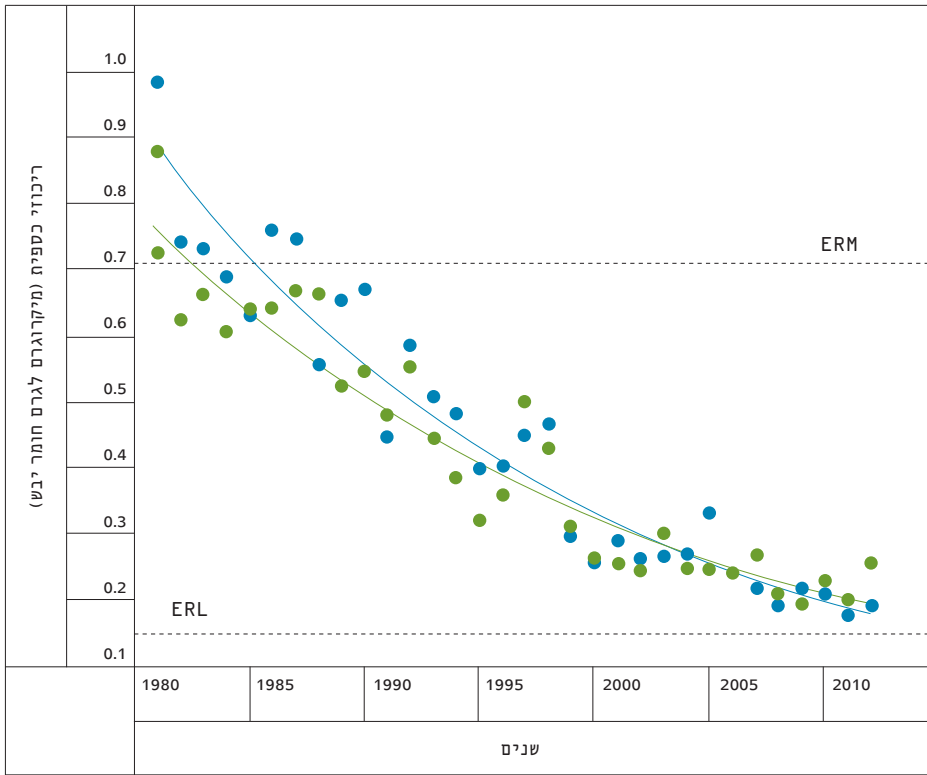
באופן כללי לא נמצאו שינויים משמעותיים בריכוזי המתכות הכבדות בתחנות הרדודות לאורך החוף. עם זאת, שינויים רב-שנתיים בריכוזי נחושת וקדמיום במשקעים בתחנות מול שפך נחל תנינים, שפך הירקון (החל בשנת 2000) ושפך נחל שורק (החל בשנת 2003) מראים מגמת ירידה משמעותית שקשורה, ככל הנראה, להפחתה המשמעותית בהזרמת הנחושת מתחנת הכוח רידינג ובהזרמה מנחל שורק. מול שפך תנינים לא נצפית מגמה ברורה עם הזמן. כמו כן, החל בשנת 1996 קיימת מגמה

על קצה המזלג

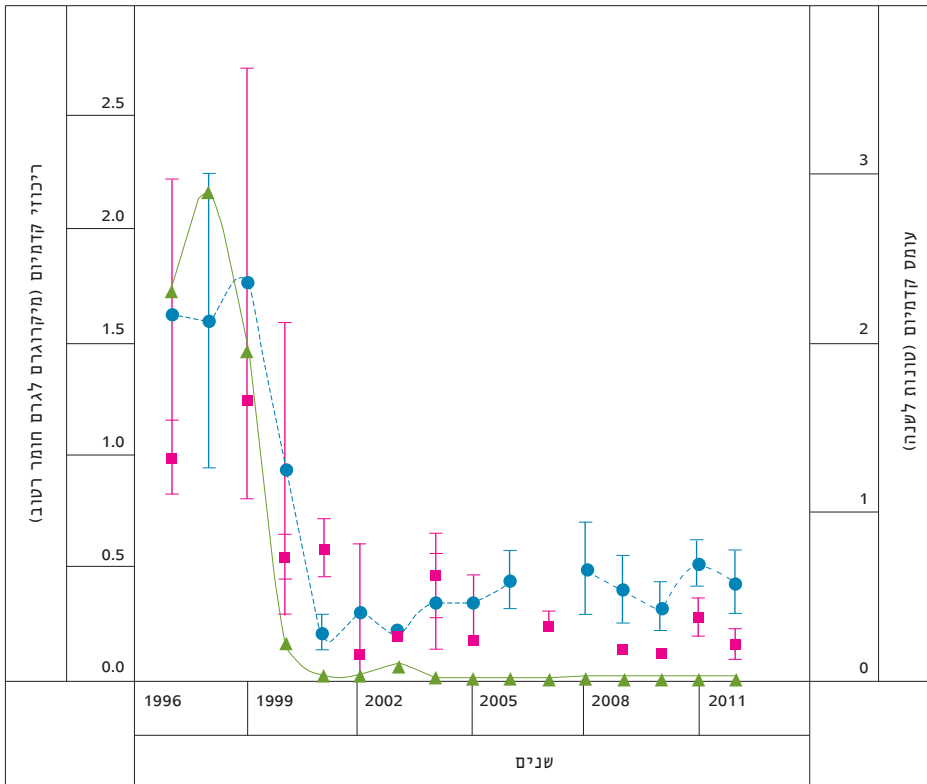
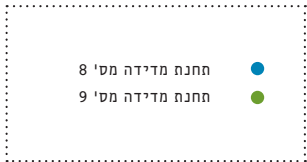
- \* הפיתוח הנרחב לאורך רצועת החוף והקמת תשתיות בים גורמים לזיהום מי הים, בעיקר במתכות כבדות, במזהמים אורגניים ובנוטריונטים.
- \* קבלת החלטות מושכלות ביחס לניהול הסביבה הימית מחייבת הכרה של מאפייני הזיהום - רמתו, מאפייניו המרחביים, מגמות שינוי לאורך השנים והשפעותיו.
- \* המאמר סוקר את מגמות הזיהום העיקריות באזור הימי הקרוב לחוף, וכן במקומות מועדים לפורענות: שפכי נחלים, נמלים ומעגנות.
- \* מגמת השיפור ברמות הזיהום, שנרשמה עד לאמצע העשור הקודם, נבלמה, וכיום ברוב המקרים הזיהום נמצא ברמה בינונית עד חמורה מבחינה אקולוגית.
- \* המאמר מצביע על מקרים שבהם מדדי זיהום השתפרו כתוצאה מיישום המלצות מדיניות שהתקבלו לאור ניטור הזיהום.
- \* ניהול מושכל של הסביבה הימית מחייב הרחבה של בסיס הידע המדעי וביסוס תהליך קבלת החלטות מבוסס מדע.

המערכת

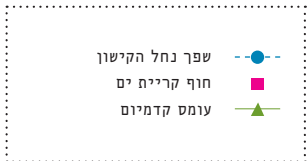
עוצמתם של שני מוקדים אלה והשפעתם על המפרץ השתנו במידה ניכרת במהלך השנים מאז תחילת הניטור, לפני יותר משני עשורים. מאז אמצע שנות ה-80 פחתו ריכוזי הכספית במשקעים בקרקעית המפרץ, במיוחד בתחנות בחלקו הצפוני של המפרץ



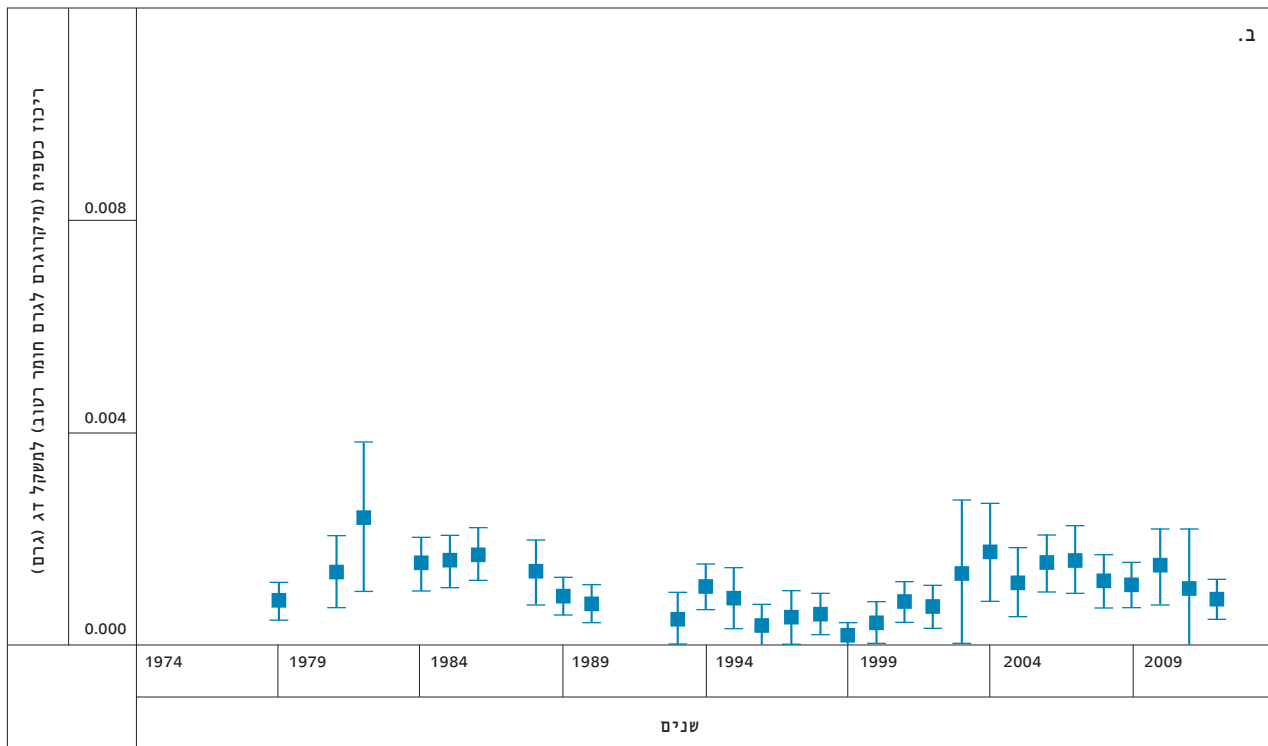
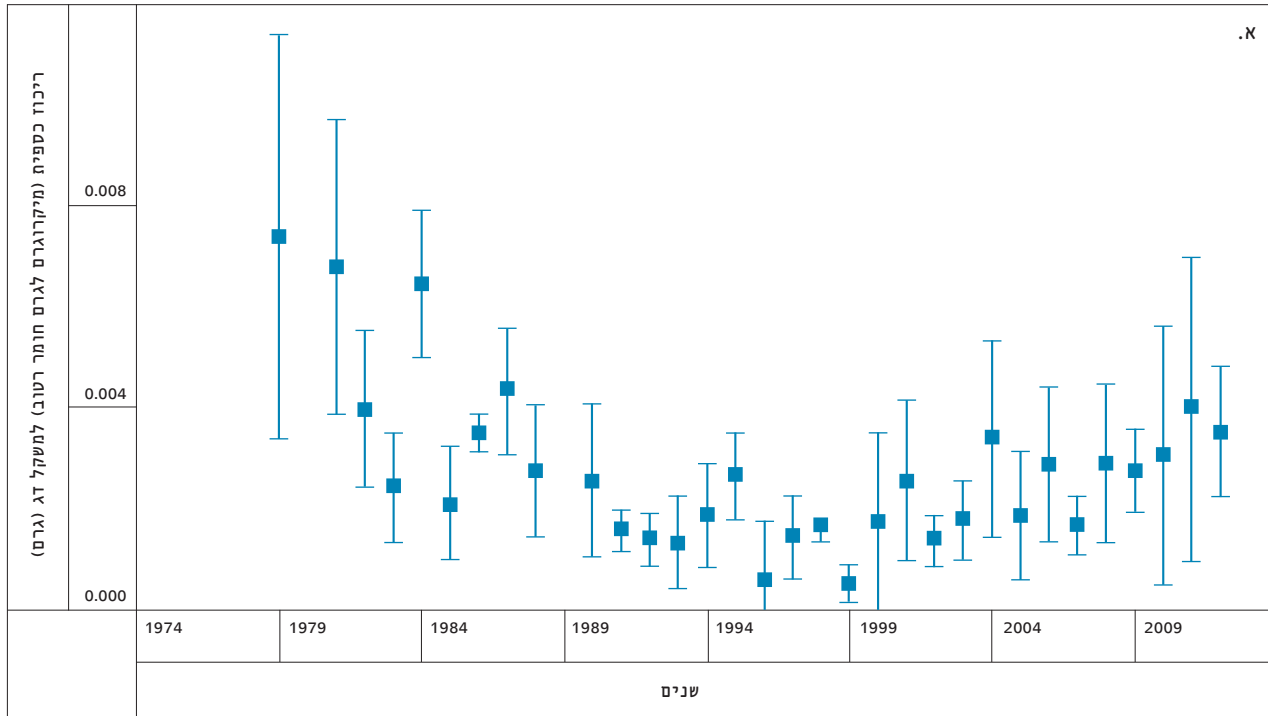
**איור 1. ריכוזי כספית (Hg)**  
 במשקעים בצפון מפרץ חיפה  
 (תחנות 8 ו-9 בעומקי מים של  
 3 ו-6 מטר, בהתאמה) בשנים  
 1984-2012  
 מוגדרות שתי רמות זיהום:  
 ריכוז חומרים שמתחזיו השפעות  
 מזיקות צפויות רק לעתים  
 רחוקות (ERL, Effect Range  
 Low); ריכוז חומרים שמעליו  
 השפעות מזיקות צפויות לעתים  
 קרובות (ERM, Effect Range  
 Median).



**איור 2. ריכוזי קדמיום (Cd)**  
 בחלזונות צלחית (*Patella sp.*)  
 מחוף שמן בשפר נחל הקישון  
 ומחוף קריית ים בשנים 1997-  
 2012 ( $\pm$  סטיית תקן)  
 הקו הרציף מציג את השינויים  
 בכמויות הקדמיום שהוזרמו  
 במשך השנים לנחל הקישון.



איור 3. היחס בין ריכוז כספית למשקל דג ברקמות השריר של דגי סרגוס מסורטט (*Diplodus sargus*) במפרץ חיפה (א) ובאזורים אחרים (ב) ממוצע שנתי ± סטיית תקן, בשנים 1979–2012.



בהמשך. במעגנות לאורך חוף הים התיכון אין מגמה ברורה, למעט עלייה במעגנה בתל-אביב שרמת הזיהום בה גבוהה.

### מגמות השינוי בזמן של ריכוז הנוטרייטים

עודף נוטרייטים בסביבה הימית בשל העשרה ממקור אנושי עלול לגרום לתהליכי איטרופיקציה (פריחות נרחבות של אצות והגברת פעילותן) ולשינויים בהרכב אוכלוסיות האצות, וכתוצאה מכך להפרת המאזן האקולוגי הכולל. התופעות המדאיות ביותר העוללות להתפתח בתנאים אלה הן פריחות של מיני אצות מיקרוסקופיות המייצרות רעלנים. אצות כאלה עלולות להופיע באזורים קרובים לחוף שיש בהם העשרה כללית ברמת הנוטרייטים או שינויים שמקורם אנושי ביחסים בין חנקן לזרחן, גם כאשר לא מתפתחים תנאי איטרופיקציה חמורים.

ההשפעות המזיקות של העשרה בנוטרייטים מורגשות במיוחד באזורים קרובים לחוף, שתחלופת המים בהם מוגבלת. במימי החופין של ישראל קיימים תנאים כאלה רק באזורים מסוימים במפרץ חיפה ובחלק משפכי נחלי החוף שמי ים חודרים אליהם. כתוצאה מהזרמה חריגה של נוטרייטים למפרץ דרך נחל הקישון, אירעו בו בשנות ה-2000 כמה פריחות חריגות של אצות, שכללו מינים המשתייכים לקבוצות שמייצרות רעלנים ומינים שגרמו למטרדים בחופי הרחצה<sup>[17]</sup>. בשנים האחרונות נצפו מספר אירועים של פריחות חריגות במורד נחל הקישון.

### מפרץ חיפה

המקור העיקרי הנקודתי הוא שפך נחל הקישון בדרום המפרץ<sup>[14, 17]</sup>, שנמצאו בו ריכוזים גדולים יחסית של נוטרייטים (חנקה [nitrate], אמוניום, זרחה [phosphate] וחומצה צורנית [silicic]). ההפחתה בעומס הנוטרייטים שהוזרמו לנחל הקישון, במיוחד בעשור הקודם, התבטאה בירידה של ריכוזי הזרחה במי הים בכניסה לנמל חיפה (דרום מפרץ חיפה, איור 5). גם בשפך נחל הנעמן (צפון המפרץ) נמדדו ריכוזים גדולים יחסית. ריכוזי הנוטרייטים במי השטח בנחל ובנמל הקישון מראים יחסי חנקן/זרחן (אי-אורגניים) גבוהים יחסית להרכב ההזרמות בשנות ה-90 (יחס של כ-60 באוקטובר 2008, לעומת יחס קטן מ-10 בשנות ה-90). לעומת זאת, יחסי חנקן/זרחן במי השטח בנחל נעמן ב-2008 היו קטנים מ-10. למרות יחסי חנקן/זרחן גדולים במי השטח בנחל הקישון, לא נצפתה העשרת חנקן (יחסי חנקן/זרחן < 16 [יחס רדפילד]) במי המפרץ. במי המפרץ נמדדו יחסי חנקן/זרחן קטנים יחסית, דומים ליחס רדפילד או קטנים ממנו. הסבר אפשרי לשינוי היחס בדרום המפרץ הוא סילוק של חנקן בחלקו התחתון של נחל הקישון כתוצאה מקבורה במשקע ומתהליכי דניטריפיקציה<sup>[5]</sup>.

רב-שנתית של ירידה בריכוזי העופרת בכל התחנות לאורך החוף ובמפרץ חיפה (נספח 2, באתר האינטרנט של כתב העת). מגמה רב-שנתית זו משקפת כנראה את ההפחתה בפליטות העופרת כתוצאה מהמעבר לשימוש בדלקים דלי-עופרת באירופה (בסוף שנות ה-80), בישראל (באמצע שנות ה-90) ובמצרים (בסוף שנות ה-90). עם זאת, בשנים האחרונות נמצאה העשרה יחסית הדורשת המשך מעקב.

ריכוזי המתכות בקרקעית היו קטנים מהקריטריונים של NOAA להשפעות מזיקות<sup>[21]</sup>, למעט בכמה אתרים ממוקדים, כמו למשל סמוך למוצא צינור הבוצה של המפעל לטיפול בשפכי גוש דן, הנמצא במרחק של כ-5 ק"מ מהחוף מול פלמחים<sup>[19]</sup> או בחלק משפכי נחלי החוף<sup>[9]</sup>.

### נמלים ומעגנות - מגמות שינוי בזמן של מתכות כבדות, תרכובות אורגניות של בדיל וביפנילים מותמרי כלור

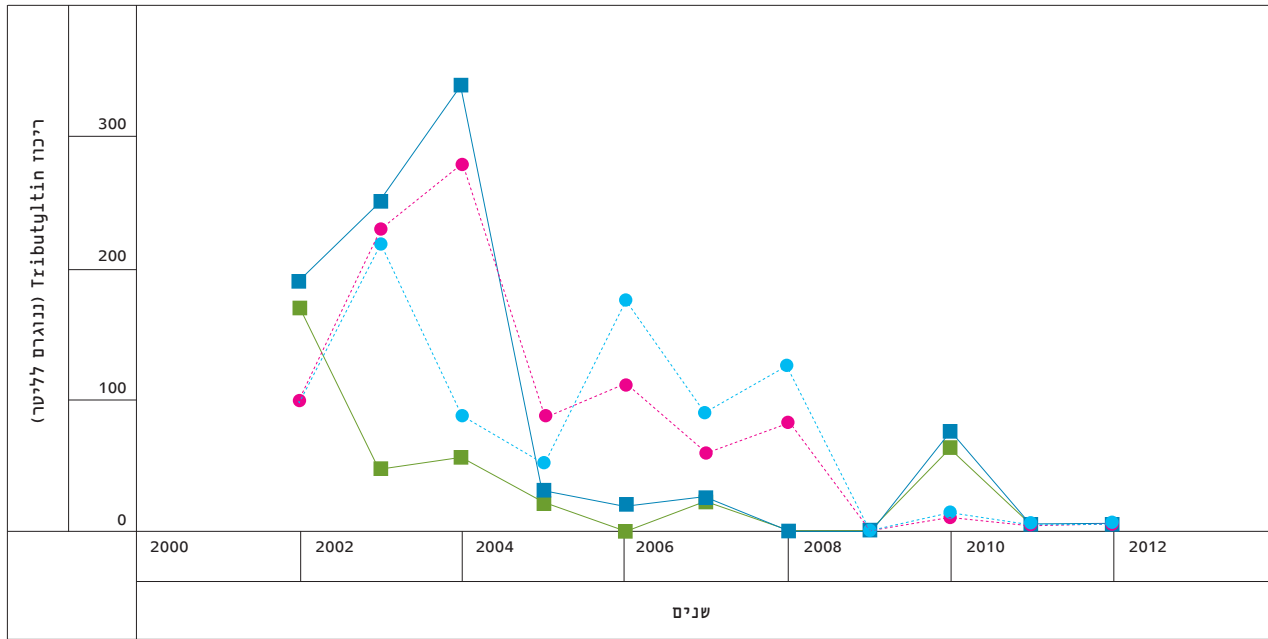
השינויים בריכוזי המזהמים בנמלים ובמעגנות מוכתבים על-ידי מספר גורמים: שינויים בכמויות המזהמים המוחדרים אליהם ממקורות יבשתיים; שינויים בקצבי ההשקעה המקומיים; פעולות חפירה והעמקה; הרחפה והסעה של המשקעים בהשפעת הגלים ופעילות ימית. נספח 3 (באתר האינטרנט של כתב העת) מציג נתונים רב-שנתיים (בשנים 2000-2012) של מתכות כבדות (כספית, קדמיום, ניקל, נחושת וכרום) במשקעי קרקעית בתחנות נבחרות שנדגמו בנמלים ובמעגנות. בנמל חיפה נמצאה רמת זיהום גבוהה של כספית ובינונית במתכות אחרות, ללא מגמה ברורה בריכוזי המתכות, למעט ירידה בריכוזי הקדמיום. בנמל אשדוד נמצאו רמות זיהום בינוניות ונצפית הפחתה ברמת הזיהום של כרום, נחושת, ניקל, כספית וקדמיום במהלך השנים האחרונות. במעגנות לאורך חוף הים התיכון נמצא זיהום בינוני במספר מעגנות ללא מגמה ברורה, למעט העשרה של כרום, נחושת וניקל במעגן חדרה ובמעגנה בתל-אביב (כולל כספית מאז 2001).

ריכוזי התרכובת האורגנית של בדיל Tributyltin (TBT) או תוצרי הפירוק שלה Dibutyltin (DBT) ו-Monobutyltin (MBT) מראים מגמת ירידה במים (איור 4) כביטוי לפעולות שנקטו הרשויות בשנים האחרונות להפסקת השימוש בישראל בצבעים לכלי שיט המכילים TBT. עם זאת, בקרקעית עדיין לא נצפית מגמה ברורה, והמשקעים בנמלים עדיין מכילים ריכוזים גדולים יחסית של TBT. בנמל חיפה נמדדו רמות גבוהות של זיהום אך ייתכן כי מסתמנת מגמת הפחתה. בנמל אשדוד רמת הזיהום בינונית עד גבוהה, וניתכן מגמת הפחתה. במעגנות לאורך חוף הים התיכון תיתכן מגמת הפחתה.

ריכוזי ביפנילים מותמרי כלור (PCBs) - בקרקעית נמל חיפה ונמל אשדוד נמדדו בשנים האחרונות רמות זיהום קטנות בהרבה מסקרים קודמים בשנים 2001-2004, אך ללא מגמה ברורה

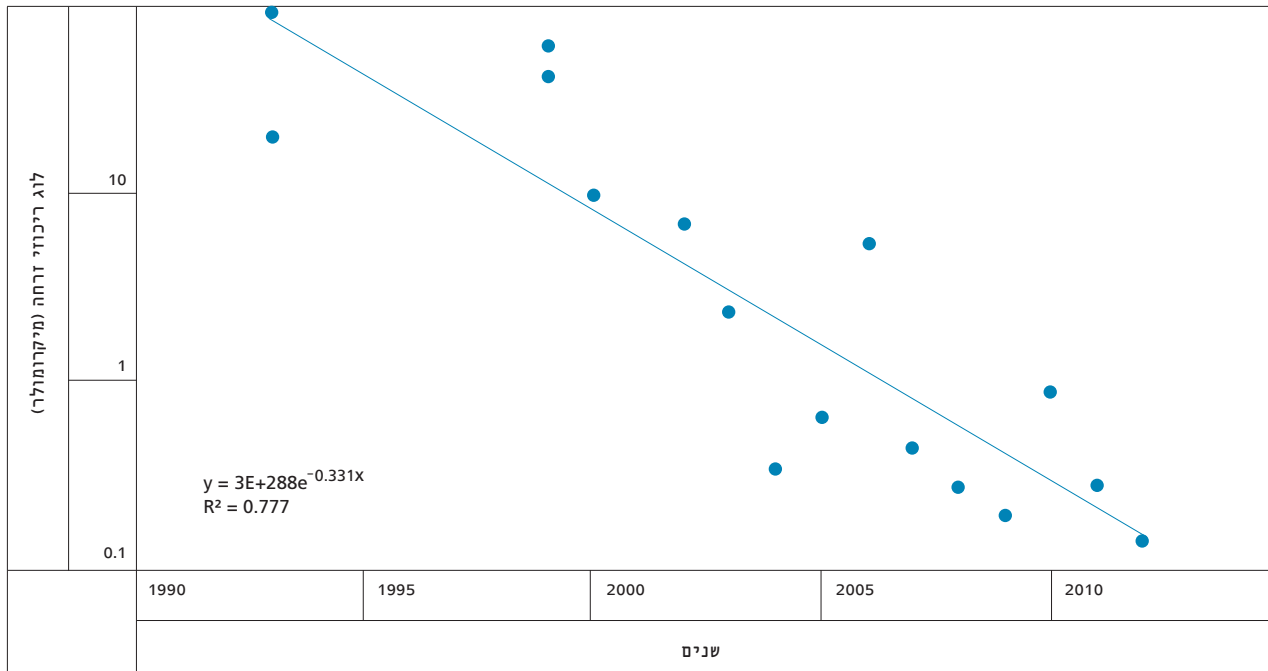


איור 4. מגמות השתנות של ריכוזי התרכובת האורגנית של בדייל, Tributyltin (TBT), במי נמלים ומעגנות בשנים 2002-2012



זיהום הים  
סקירה

איור 5. ריכוזי זרחה (phosphate, PO<sub>4</sub>) בכניסה לנמל חיפה (דרום מפרץ חיפה) בשנים 1999-2012



לאורך החוף

בדרך כלל ריכוזי הנוטריינטים יורדים ככל שמתרחקים מהחוף לעומק הים, אולם במקומות מסוימים, סמוך לשפכי נחלים ולהזרמות של קולחים, קיימים מוקדי העשרה, ובכלל זה השפעת הזרמת ביוב מעזה לים בחלקו הדרומי של החוף. ההעשרה בנוטריינטים גורמת לעלייה ביצרנות הראשונית ובביומסה של האצות. כלורופיל הוא פיגמנט הקשור לתהליך הפוטוסינתזה, וההעשרה מתבטאת בעלייה בריכוזו במים. נספח 4 (באתר האינטרנט של כתב העת) מציג דוגמה לתפוצת הכלורופיל לאורך החוף. תפוצת ריכוזי הזרחה והחנקה בתחום הרדוד של מימי החופין מוכתבת, לפיכך, בעיקר על-ידי מקורות זיהום יבשתיים מצד אחד, וקצב צריכתם על-ידי היצרנים הראשוניים מצד שני. בהתאם, נראה ירידה בריכוזי הכלורופיל עם הריחוק מקו החוף (מקדם של כ־3). הריכוזים המוחלטים של כלורופיל, באתרים לאורך חופי ישראל שנמצאה בהם העשרה, אינם גבוהים ביחס לערכים שנמדדים באזורים המוגדרים כאיטרופיים (דלים בנוטריינטים) הן בים התיכון<sup>[18,6]</sup> הן בימים אחרים בעולם.

מוצא נחלי החוף

ריכוזי הנוטריינטים (חנקה, זרחה, אמוניום וחומצה צורנית) בנחלים נמצאו גדולים בהרבה בהשוואה לאלה שנמדדו במימי החופין. ההבדלים בריכוזי הנוטריינטים בין הנחלים הם בטווח של סדר גודל ויותר<sup>[13]</sup>. במרבית הנחלים, הריכוזים הגדולים של זרחה ואמוניום קשורים בעיקר להזרמה של שפכים ביתיים ומי קולחים. מקורם של ריכוזי חנקה גדולים הוא, ככל הנראה, מי נגר חקלאיים המועשרים בחומרי דשן, וגלישות מברכות לחמצון שפכים. פירוט מקורות הזיהום במעלה חלק מהנחלים (נעמן, קישון, תנינים, אלכסנדר, איילון-ירקון, שורק, לכיש) מוצג בדו"ח ניטור מים ונחלים של המשרד להגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים<sup>[1]</sup>, הכולל דיווחים מרשות נחל הקישון ומרשות נחל הירקון. הצורן (סיליקון) בנחלים נובע משני מקורות עיקריים: בליה של סלעים והזרמות של שפכים המכילים חומרי ניקוי (צורן הוא מרכיב ראשי בתערובות חומרים המשמשים לניקוי).

בגלל ההשפעה של גורמים רבים על ריכוזי הנוטריינטים בנחלים, המתכונת הנוכחית של הניטור (דגימה פעמיים בשנה) לא מאפשרת קביעה ודאית של מגמות רב-שנתיות. עם זאת, הממצאים מצביעים בבירור על הפחתה משמעותית של ריכוזי הנוטריינטים ברוב הנחלים המזוהמים (שורק, פולג, אלכסנדר, קישון ונעמן) לעומת העשור הקודם. הפחתת הריכוזים בעשור הקודם קשורה להפחתת עומס הנוטריינטים, בעיקר כתוצאה מהקמת תשתיות לטיפול בשפכים בהיקפים גדולים הן לביוב הן לשפכי תעשייה.

מאז המדידות ב־2001/2002 לא נמצאה ברוב הנחלים מגמה

של הקטנת ריכוזי הנוטריינטים (למעט חנקה בנחל דליה), ובנחלים מסוימים אף קיימת עלייה בריכוזים. בנחל תנינים מסתמנת עלייה בריכוזי הזרחה וירידה מסוימת בחנקה בשנים 2010-2011, בנחל אלכסנדר מסתמנת עלייה בריכוז האמוניום ב־2011, ובנחלים נעמן ושורק מסתמנות ירידות בריכוזי הזרחה והאמוניום, בהתאמה, בשנים 2010-2011. בחלק מהנחלים קיימת תנודתיות עונתית בריכוזי הנוטריינטים כמוזכר לעיל. הנחלים קישון, אלכסנדר ופולג מראים עלייה משמעותית בריכוזי החנקן (בדרך כלל חנקה) בדגימת סוף החורף (בחדש מרץ), שנובעת ככל הנראה מתרומת דשנים באגן הניקוז, בהשוואה לדגימות בסוף הקיץ.

**סיכום**

מגמת הירידה ברמות הזיהום שנצפתה עד למחצית העשור האחרון נעצרה בחלק מן המזהמים. ערכי הזיהום של המזהמים השונים ובהם: מתכות כבדות, חומרי דשן ומזהמים אורגניים, התייצבו (דבר שלא בהכרח מעיד על מצב טוב), או שאף חלה עלייה מסוימת ברמתם.

הרמה הנוכחית של חומרי דשן, מתכות כבדות וחומרים אורגניים בחלק משפכי הנחלים, הנמלים והמעגנות לא משביעה רצון, מאחר שהיא עומדת על רמה בינונית עד חמורה של זיהום אקולוגי (לפי מדדים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה בארה"ב - NOAA). מסיכום הממצאים ראוי לציין שרמת הזיהום ב־TBT במי הנמלים ירדה באופן משמעותי לרמות של סף גילוי. לעומת זאת, בקרקעית עדיין נמצא זיהום משמעותי, ובשלב זה לא ניכרת מגמה משמעותית של הפחתה בו. בנמל אשדוד חלה הפחתה בריכוזי המתכות הכבדות, ובנמל חיפה יש עדיין רמות גבוהות של כספית לצד הפחתה בקדמיום.

בשנים האחרונות נצפית מגמת עלייה בריכוזי כספית אצל דגים מצפון מפרץ חיפה, שעדיין לא נמצא לה הסבר. בשנת 2012 נמצאה חריגה מהקו המנחה של שירות המזון הארצי (או מתקנים מקובלים במדינות אחרות) לריכוז כספית אצל כ־19% מהדגים החופיים שנבדקו מאזור מפרץ חיפה.

בבחינת המדדים המעידים על המצב הסביבתי, כמו העשרה בחומרי דשן, הגברת היצרנות הראשונית והעשרה בחומר אורגני בקרקעית, נמצא כי מספר שפכי נחלים ומפרץ חיפה מראים את ההעשרה הגבוהה ביותר. המצב במפרץ חיפה ולאורך החוף הישראלי יכול להיות מוגדר כסביר וטוב יותר מאשר באזורים אחרים בים התיכון שיש בהם בעיית איטרופיקציה (בגלל העשרה בנוטריינטים). לעומת זאת, בחלק משפכי הנחלים המצב עדיין רחוק מהסביר, וזאת למרות הפחתה בעומסי הנוטריינטים בהשוואה לשנות ה־90. בעשור האחרון נראית מגמת שיפור ברוב המוצאים של נחלי החוף, אך עדיין יש נחלים שלא נצפית בהם מגמה ברורה או שאף מסתמנת הרעה במצבם.







**תודות**

תכנית הניטור הלאומית של מימי החופין בים התיכון ממומנת על-ידי המשרד להגנת הסביבה ונתמכת על-ידי משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים. ניטור הנמלים והמעגנות ממומן על-ידי חיל הים ומשרד הביטחון. תודות לירון גרטנר, אביב שכנאי, יעל סגל, רחלי גל, מאיה מוריס, רון פאר ואפרת שהם-פרידר מחקר ימים ואגמים לישראל על תרומתם לדגימות ולבדיקות.

**מקורות**

[1] אמיר-שפירא ד. 2012. עומסי מזהמים בנחלים, 2011. המשרד להגנת הסביבה, אגף מים ונחלים.

[2] חרות ב, שפר ע, גורדון נ ואחרים. 2012. התכנית הלאומית לניטור מימי החופין של ישראל בים התיכון - דו"ח מדעי לשנת 2011, דו"ח חיא"ל H78/2012.

[3] Buchman MF. 2008. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA OR&R Report 08-1, Seattle WA, Office of Response and Restoration Division, National Oceanographic and Atmospheric Administration.

[4] Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) (Text with EEA relevance).

[5] Eliani-Russak E, Herut B, and Sivan O. 2013. The role of highly stratified nutrient-rich small estuaries as a source of dissolved inorganic nitrogen to coastal seawater, the Qishon (SE Mediterranean) case. *Marine Pollution Bulletin* 71: 250-258.

[6] Herut B, Almogi-Labin A, Jannink N, and Gertman I. 2000. The seasonal dynamics of nutrient and chlorophyll a concentrations on the SE Mediterranean shelf-slope. *Oceanologica Acta* 23: 771-782.

[7] Herut B and Galil B. 2000. Environmental evaluation of the marine system along the coast of Israel (SE Mediterranean). In: Sheppard CRC (Ed). *Seas at the millennium: An environmental evaluation*. London: Elsevier.

[8] Herut B, Hornung H, and Kress N. 1997. Long-term record of mercury decline in Haifa Bay (Israel) shallow sediments. *Fresenius Environmental Bulletin* 6: 48-53.

[9] Herut B, Hornung H, Kress N, et al. 1995. Trace metals in sediments at the lower reaches of Mediterranean coastal rivers. *Israel, Water Science Technology* 32: 239-246.

[10] Herut B, Hornung H, Kress N, and Cohen Y. 1996. Environmental relaxation in response to reduced contaminant input: The case of mercury pollution in Haifa bay, Israel. *Marine Pollution Bulletin* 32(4): 366-373.

[11] Herut B, Hornung H, Krom MD, et al. 1993. Trace metals in shallow sediments from the Mediterranean coastal region of Israel. *Marine Pollution Bulletin* 26: 675-682.

[12] Herut B, and Kress N. 1997. Particulate metals contamination in the Kishon River estuary, Israel. *Marine Pollution Bulletin* 34(9): 706-711.

[13] Herut B, Kress N, and Hornung H. 2000. Nutrients pollution at the lower reaches of Mediterranean coastal rivers in Israel. *Water Science and Technology* 42: 147-152.

[14] Herut B, Kress N, and Tibor G. 2002. The use of hyper-spectral remote sensing in compliance monitoring of water quality (phytoplankton and suspended particles) at 'hot spot' areas (Mediterranean coast of Israel). *Fresenius Environmental Bulletin* 11: 782-787.

[15] Herut B, Tibor G, Yacobi YZ, and Kress N. 1999. Synoptic measurements of chlorophyll-a and suspended particulate matter in a transitional zone from polluted to clean seawater utilizing airborne remote sensing and ground measurements, Haifa Bay (SE Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin* 38: 762-772.

[16] Hornung H, Krom MD, and Cohen Y. 1989. Trace metal distribution in sediment and benthic fauna of Haifa Bay, Israel. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 29(1): 43-56.

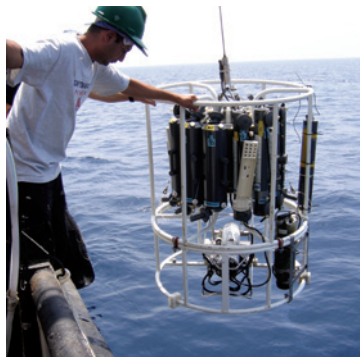
[17] Kress N and Herut B. 1998. Hypertrophication in the oligotrophic Eastern Mediterranean. A study in Haifa Bay, Israel. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 46: 645-656.

[18] Kress N and Herut B. 2001. Spatial and seasonal evolution of dissolved oxygen and nutrients in the Southern Levantine Basin (Eastern Mediterranean Sea). Chemical characterization of the water masses and inferences on the high N:P ratio. *Deep Sea Research, Part I* 48: 2347-2372.

[19] Kress N, Herut B, and Galil B. 2004. Sewage sludge impact on sediment quality and benthic assemblages off the Mediterranean coast of Israel - A long-term study. *Marine Environmental Research* 57: 213-233.

[20] Krom MD, Hornung H, and Cohen Y. 1990. Determination of the environmental capacity of Haifa Bay with respect to the input of mercury. *Marine Pollution Bulletin* 21(7): 349-354.

[21] Shoham-Frider E, Shelef G, and Kress N. 2007. Mercury speciation in sediment at a municipal sewage sludge marine disposal site. *Marine Environmental Research* 64(5): 601-615.



"דרוזטה" - מכשיר לדגימת מים בעומקים שונים, המשמש למדידת מאפייניהם הכימיים, הפיזיקליים והביולוגיים | צילום: ירון גרטנר

