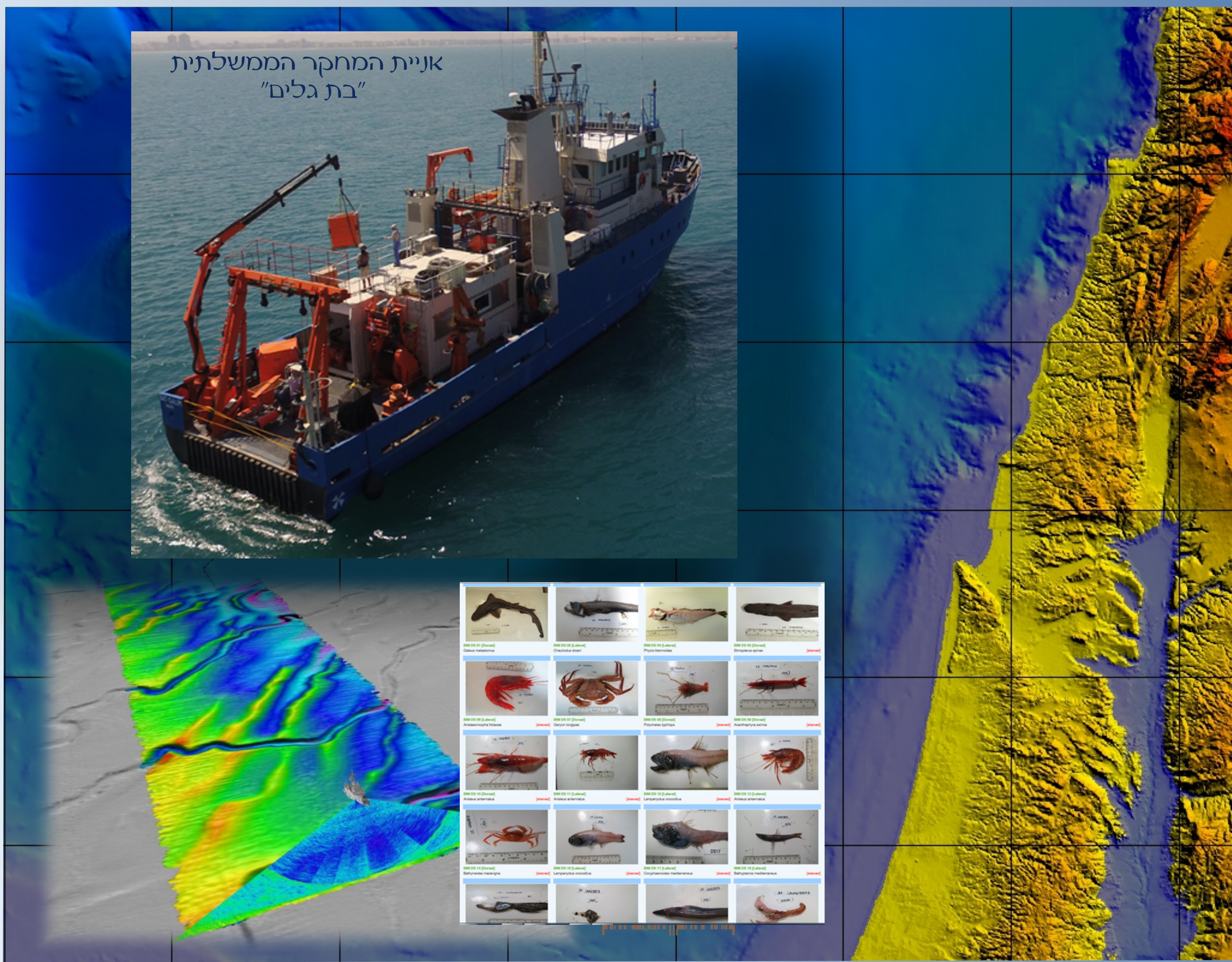
תכנית הניטור הלאומית של ישראל בים התיכון

דו"ח מדעי ל–2016

חלק 3

ניטור זיהום ים



התכנית ממומנת ע"י המשרד להגנת הסביבה
ומשרד האנרגיה

חקר ימים ואגמים לישראל
דו"ח חיא"ל H48c/2017

תכנית הניטור הלאומית בים התיכון ל-2016
חלק III - ניטור זיהום ים

עריכה: ברק חרות ויעל סגל

תוכן

יוני 2017

דגשים עיקריים והמלצות

- במיני הדגים של *Sargocentron rubrum* שנדגמו באזור עכו/צפון מפרץ חיפה נמצא זיהום של כספית, המראה חריגה מהקו המנחה של שירות המזון הארצי. הזיהום נמדד ב-26% מכלל הדגים החופיים (מינים שונים) שנבדקו. מומלץ לשקול הפסקת השיווק של דגים חופיים מאזור עכו/צפון מפרץ חיפה.
- נמצא כי התייצבה מגמת העלייה של ריכוזי הכספית בדגי מאכל מצפון מפרץ חיפה ואזור עכו. במחקר, שהחל ב-2015 לזיהוי הסיבות לעליית ריכוזי הכספית בדגים מצפון מפרץ חיפה, נמצאו ממצאים חריגים של ריכוזי כספית במי תהום רדודים בחוף מול מפעל התעשיות האלקטרוכימיות (צפון מפרץ חיפה), וככל הנראה קיימת בתת הקרקע דליפה של כספית לים (הוגש דוח מסכם ע"י חיא"ל ב-2017). ייתכן שעוצמת הדליפה משתנה, בין היתר כתלות בכמות המשקעים והשאיבות מהאקוויפר, ופחתה בשנים האחרונות.
- ריכוזי הכספית בדגים ורכיכות מצפון מפרץ חיפה גדולים משמעותית מהריכוזים של אותם מינים מאזורים אחרים לאורך החוף כתוצאה מזיהום.

- מומלץ לפרסם המלצות תזונתיות לכמות מקסימאלית מומלצת של צריכת דגים לפי אוכלוסיות (מבוגרים, נשים בהריון, ילדים עפ"י גיל), כמקובל במדינות מפותחות, בעיקר בהקשר לכספית.

- בסדימנטים בנמלים ובמעגנות נמצא זיהום של מתכות כבדות ומזהמים אורגניים (PCBs). רמות זיהום גבוהות של כספית, ניקל ואבץ ורמות זיהום בינוניות של ארסן, נחושת, כרום ועופרת נמצאו בסדימנטים בנמל חיפה/נמל הכרמל. רמות זיהום בינוניות של נחושת, אבץ, ניקל וכרום נמדדו בסדימנטים בנמל אשדוד. רמות בינוניות של כרום וניקל נמצאו בנמל חדרה, של אבץ, נחושת וניקל במרינה הרצליה, ושל כרום, נחושת וניקל במרינה ת"א.
- זיהום גבוה של ניקל נמצא בשפכי הנחלים חדרה, קישון ובצת. בנחל חדרה נמצאה גם רמת זיהום בינונית של אבץ ונחושת. בחלקו המלוח של נחל הקישון (גשר יוליוס-כרמלית) נמצאה רמת זיהום בינונית של כרום, נחושת ואבץ. בנחל בצת נמצא זיהום בינוני של נחושת וכרום, ובנחל הירקון נמצא זיהום בינוני במרבית המתכות (כספית, נחושת, אבץ, ניקל וכרום). בנחלים אלכסנדר ובצת נמצאו רמות זיהום בינוניות של נחושת, ניקל וכרום. בנחל אלכסנדר נמצא גם ריכוז בינוני של ניקל בסדימנט. בנחל נעמן נמצא זיהום בינוני של כספית, זיהום שאריתי מהתקופה בה פעלו "התעשיות האלקטרוכימיות" הסמוכות לשפכו.
- רמת הזיהום של ריכוזי התרכובת האורגנית של בדיל, Tributyltin (TBT) ו/או תוצרי הפירוק שלה Dibutyltin (DBT) במי נמלים ובמעגנות קטנה משמעותית במהלך העשור האחרון לערכים מתחת לסף הגילוי האנליטי, אך לא בקרקעית. זיהום משמעותי של TBT ונגזרותיו בסדימנטים (> 100 ng/g) נמצא בתחנות בנמלים חיפה, אשדוד, מרינה הרצליה ומרינה ת"א.

- חלק גדול משפכי הנחלים מזוהמים בנוטריאנטים (חומר דשן) ומראים רמת זיהום אקולוגי בינונית עד חמורה. יש להמשיך ולפעול לצמצום סה״כ ההזרמות של חומרי דשן/ביוב לנחלי החוף.
- מעקב אחר איכות מימי החופין באמצעות צילומי לוויין מראה השפעה אפשרית של הזרמת ביוב מעזה על החופים הדרומיים ואזור היניקה של מתקן ההתפלה באשקלון (דוח חיא״ל H35/2017). סביר להניח שהזרמת ביוב גולמי לים ברצועת עזה גורם לפגיעה אקולוגית ולירידה באיכות מי הגלם לצרכי התפלה.
- יש לפעול להסדרת ניטור בקטריאלי שגרתי גם בחופי רחצה לא מוכרזים אך מותרים לרחצה עפ״י החוק, ובמיוחד בסמוך לשפכי נחלי החוף. כבשנים קודמות, גם הממצאים בדו״ח זה מעידים על הזרמת ביוב למימי החופין דרך נחלי החוף, ומעלים חשש שעם השפכים מוחדרים לים גם חיידקים ונגיפים ממקור צואתי, ובכללם גורמי מחלות.
- יש צורך בהרחבה משמעותית והסדרה במסגרת החלטת ממשלה או חוק של תכנית הניטור הלאומית בים התיכון של ישראל, עקב השינויים במשק המים והאנרגיה, לחצי הפיתוח לאורך החופים, הגידול במגוון ובהיקף הפעילויות ותכניות הפיתוח באזור הכלכלי בלעדי של ישראל בים התיכון, וכן עקב מחויבויות המדינה לאמנות בינלאומיות.

Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd. חקר ימים ואגמים לישראל בע״מ
Tel-Shikmona, P.O.B. 8030, Haifa 31080 תל-שקמונה, ת״ד 8030, חיפה
Tel: 972-4-8565200 : טלפון Fax: 972-4-8511911 : פקס
http://www.ocean.org.il

תכנית הניטור הלאומית של ישראל בים התיכון
דו״ח מדעי ל-2016

דו״ח חיא״ל H48c/2017

- **ניטור שינויי אקלים**
- **ניטור מגוון ביולוגי**
- **ניטור איכות מימי החופין**

עורכי הדו״ח ומנהל מדעי של תכנית הניטור – פרופ׳ ברק חרות וד״ר אייל רהב

חוקרים שותפים:
ד״ר יעל סגל, ד״ר ג׳ק סילברמן, ד״ר נורית קרס, נורית גורדון, ד״ר איסק גרטמן, ד״ר אלי ביטון, טל עוזר, ד״ר תימור כץ, ד״ר הדס לובינבסקי, ד״ר גדעון טיבור, ד״ר משה תום, ד״ר גיל רילוב, ד״ר אלוארו ישראל, פרופ׳ בוקי רינקביץ, ד״ר ניר שטרן.

צוות הניטור:
דיגום, בדיקות ועיבוד נתונים: ירון גרטנר; כימיה: אביב שכנאי, מיה מרמורי, ד״ר עדנה שפר, הילה פישוב, ד״ר אפרת שהם-פרידר; חי הקרקעית: אוה מזרחי, מרוא בולוס, לורה גולן, נרינה לנרט; חישה מרחוק: ד״ר גדעון טיבור, לנא אשקר, יבגניה קריבנקו; השפעות ביולוגיות: ד״ר יאנה יודקובסקי; אקולוגיה של החוף הרדוד: ד״ר גיל רילוב, נמרוד לזרוס, אוהד פלג, דר גולומב, ניב דויד, תמר גיא-חיים וארז ירוחם; בסיסי נתונים: ד״ר איסק גרטמן, יבגניה קריבנקו, אייל גרינגרס, ד״ר דפנה בן יוסף; ברקודינג: ד״ר יעקב דואק, גיא פז; תחנות ניטור רציף: ד״ר אלי ביטון, לזר רסקין, טל עוזר, צוות ים: גדעון עמית, ארז חגי, מור סמואלסון, אלעד ישראלי (שפונגל).

תכנית הניטור ממומנת ע״י
המשרד להגנת הסביבה
ובמימון חלקי ע״י משרד האנרגיה
ניטור הנמלים והמעגנות מומן ע״י חיל הים/משרד הביטחון

שם הדו״ח לצורך ציטוט:

Herut B , Segal Y. et al. (2017). The National Monitoring Program of Israel's Mediterranean waters – Scientific Report for 2016, Israel Oceanographic and Limnological research, IOLR Report H48c/2017.

מבוא ומטרות - תכנית הניטור הלאומית של ישראל בים התיכון

(ברק חרות barak@ocean.org.il)

שלושת החלקים של דו"ח הניטור מציגים מידע על השפעות **שינויי אקלים**, **זיהום ים והמגוון הביולוגי בים התיכון של ישראל** בשנת 2016 (חלקם גם משנת 2017). הדו"ח מתבסס על התוצאות של ניטור שינויי אקלים והמערכת ההידרוגרפית, ניטור זיהום הים ומקורותיו, ניטור המגוון הביולוגי ומחקרים נלווים, שהתבצעו ע"י חוקרי המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה של "חקר ימים ואגמים לישראל" (חיא"ל) ושותפים נוספים. הדו"ח מציג גם מגמות שינויים בזמן ובמרחב על סמך נתונים רב-שנתיים.

היעד הכוללני של הניטור הוא הערכת מצב הסביבה הימית ויצירת בסיס מדעי ארוך טווח לקבלת החלטות בהקשר להגנה על הסביבה הימית, ובכלל זה אכיפת ההוראות של החקיקה הלאומית בעניין מניעת זיהום הים, שמירה על המערכת האקולוגית, יישום האמנות הבינלאומיות הרלוונטיות ותמיכה בקבלת החלטות על שימור, ניצול בר קיימא וניהול הסביבה הימית של ישראל ומשאביה.

תכנית הניטור מושתתת על עקרונות הביצוע הבאים:

- משימה שלטונית – מחויבות של המדינה
- ניטור רב-שנתי; בדיקות חוזרות באותם אתרים
- שיטות בדיקה אחידות, ברות השוואה
- התאמה למחויבויות באמנות בינלאומיות
- שמירת הנתונים ב"מרכז המידע הימי הלאומי"
- שקיפות, פתיחות ודיווח לציבור

תכנית הניטור כוללת את המרכיבים הבאים:

- ניטור זיהום מימי החופין במתכות כבדות (מתבצע מאז **1978**);
- ניטור ההזרמות של נוטריאנטים (חומרי דשן) וחלקיקים למימי החופין דרך נחלי החוף (החל מ-**1990**);
- ניטור השטפים האטמוספיריים של נוטריאנטים ומתכות כבדות למימי החופין (החל מ-**1996**);
- ניטור ריכוזי הנוטריאנטים באזור הרדוד (עד עומק 30 מטר) של מימי החופין (החל מ-**2000**);
- מיפוי סביבתי של מימי החופין מנתוני לוויינים (החל מ-**2005**);
- ניטור סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים (החל מ-**2005**, לא בוצע ב-2006 בגלל חוסר מימון);
- ניטור אוכלוסיית המיקרואצות באזור הרדוד (עד עומק 30 מטר) של מימי החופין (החל מ-**2000**);
- ניטור אוכלוסיות חי הקרקעית לאורך החוף (החל מ-**2005**);
- ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי (החל מסוף **2009**);
- ניטור המגוון הביולוגי של מאקרו-פאונה (דגים וחסרי חוליות) על קרקע רכה (החל מ-**2014**);
- ניטור היצרנות הראשונית והחיידקית במימי החופין (החל מ-**2013**);
- ניטור המערכת ההידרוגרפית להשפעות של שינויי אקלים (טמפרטורה, מליחות, חומציות, נוטריאנטים, יצרנות ראשונית וחיידקית) (החל מ-**2013**).

החל משנת 2000 המכון מבצע עבור חיל הים ניטור שנתי של רמות הזיהום בנמלים ובמעגנות לאורך חוף הים התיכון, במסגרת היישום של המלצות ועדת החקירה בעניין פעילות צה"ל באזור נחל הקישון ("ועדת שמגר"). חלק מהבדיקות של תכנית ניטור זו מתבצע ע"י מעבדות של המכון הגיאולוגי ובמעבדה בארה"ב. הממצאים העיקריים של הניטור משולבים בדו"ח זה (באדיבות חיל הים/משרד הביטחון).
בנוסף לתכנית הלאומית לניטור מימי החופין, המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה מבצע בדיקות תקופתיות של זיהום הים גם במסגרת תכניות ניטור מקומיות באתרים בהם מסולקים לים שפכים ופסולת (המתכונת של תכניות ניטור אלה נקבעת בהיתרי ההזרמה/סילוק הפסולת). כמו כן מתבצעים במכון מחקרים שונים, שתוצאותיהם מהוות בסיס לפענוח ממצאי הניטור ולהכוונה של מתכונת הניטור. הממצאים הרלוונטיים של תכניות הניטור המקומיות והמחקרים הנלווים לניטור משולבים בדו"ח זה.

הדו"ח כולל שלושה חלקים. ב**חלק I** מוצגים עיקרי הממצאים הקשורים לשינויי אקלים וההשפעות על המערכת ההידרוגרפית; ב**חלק II** מוצגים עיקרי הממצאים על זיהום ים והמלצות הנובעות מהם; **בחלק III** מוצגים הממצאים הקשורים לניטור המגוון הביולוגי. ניתוח המגמות של שינויים בזמן ובמרחב מתבסס על כלל הנתונים הרב-שנתיים שנאספו במסגרת תכנית הניטור.

חלק מהנתונים הגולמיים של הניטור נשמרים ב"**מרכז המידע הימי הלאומי**", אשר מרכז, מתעד ומפיץ נתונים ומידע על הסביבה הימית של ישראל. במרכז המידע פותחו מערכות לטיפול בנתוני הניטור, המאפשרות גישה קלה לנתונים ועיבודם למידע שימושי לצרכי ניהול סביבתי (www.ocean.org.il). כמו כן, הוקם **המרכז התשתיתי המדעי לקוד-הקווים של DNA (barcoding molecular) של המגוון הימי בישראל** כחלק מפרויקט ה-barcoding העולמי ומוקם **מרכז מידע ביו-גיאוגרפי**. הקמת המרכז התשתיתי נעשית בעזרת שני האוספים הלאומיים הביולוגיים הנמצאים באוניברסיטת תל-אביב ובאוניברסיטה העברית (בהם מאוכסנים כל בעלי החיים שנאספו) וכן בתשתית ISRAMAR (מרכז המידע הימי הלאומי בחיא"ל), שבו מאוכסנים, מוצגים ומופצים (אינרנטית) התוצאות.

התכנית הלאומית לניטור מימי החופין של ישראל בים התיכון מרוכזת ע"י היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית של המשרד להגנת הסביבה ומהווה מרכיב של מערכת המינהל הסביבתי המופעלת ע"י הממשלה. חלק מנתוני הניטור מועבר באמצעות המשרד להגנת הסביבה למרכז של "תכנית הפעולה לים התיכון" באתונה (MEDPOL), אשר מנהל את הפעילות הבינלאומית לשמירת איכות הסביבה בים התיכון במסגרת "אמנת ברצלונה".

בשנים האחרונות עלה הצורך בהרחבה משמעותית של תכנית הניטור הלאומית בים התיכון של ישראל, בעיקר עקב השינויים במשק המים והאנרגיה, לחצי הפיתוח לאורך החופים, הגידול במגוון ובהיקף הפעילויות ותכניות הפיתוח באזור הכלכלי בלעדי של ישראל בים התיכון, וכן עקב מחויבויות המדינה לאמנות בינלאומיות. בנוסף, על מנת שהתכנית תעמוד בדרישות ליישום "גישת

המערכת האקולוגית" Ecosystem Approach (EcAp), שאומצה על-ידי מוסדות אמנת ברצלונה ומיושמת ע"י תכנית הפעולה לים התיכון (UNEP-MAP) באמצעות ארגון MEDPOL) על בסיס הדירקטיבה הימית של הקהילה האירופית (Marine Strategy Framework Directive, MSFD), מתחייב להרחיב משמעותית את תכנית הניטור הלאומית. הרחבה זו והסדרת מנגנון המימון הממשלתי של תכנית הניטור הלאומית חיוניות לשיפור התמיכה המדעית לניצול וניהול מושכל של הסביבה הימית של ישראל ומשאביה. לצורך הפעלת תכנית הניטור הלאומית ובכדי לאפשר את הערכת מצב הסביבה הימית בים התיכון של ישראל ויצירת בסיס מדעי ארוך טווח לקבלת החלטות על שימור, ניצול בר קיימא וניהול הסביבה הימית ומשאביה, יש צורך במנגנון למימון האחזקה וההפעלה של התשתיות הדרושות לאיסוף שוטף של נתונים ימיים, ובמימון ריכוז, תיעוד, שמירה, הפצה והנגשה של נתונים על הסביבה הימית של ישראל באמצעות "מרכז המידע הימי הלאומי" בחיא"ל. הפעלת המרכז באה לענות על הדרישה הגוברת במדינה לנתונים ומידע לצרכי תכנון, תפעול ובקרה של שימושים בסביבה הימית. מרכז המידע מקושר שנים רבות למרכזי מידע בינלאומיים ובכללם מייצג את ישראל במערכת הבינלאומית לחילופי מידע ימי (IODE) במסגרת IOC אונסקו.

התכנית הרחבה תיתן מענה למטרות להלן:

1. הערכת מצב הסביבה הימית בים התיכון של ישראל ויצירת בסיס מדעי ארוך טווח לקבלת החלטות בהקשר להגנה על הסביבה הימית, ובכלל זה אכיפת ההוראות של החקיקה הלאומית בעניין מניעת זיהום הים, שמירה על המערכת האקולוגית, יישום האמנות הבינלאומיות הרלוונטיות, ותמיכה בקבלת החלטות על שימור, ניצול בר קיימא וניהול הסביבה הימית של ישראל ומשאביה.

2. שיפור הידע הקיים על הסביבה החופית והימית בישראל בראייה אסטרטגית של מתן מענה למקבלי ההחלטות בנושאים הקשורים בניצולם, לצורך פיתוח תשתיות לאומיות תוך הקפדה על ניצול בר-קיימא ושמירת הסביבה הימית.

3. ריכוז, תיעוד, שמירה והפצת נתונים על הסביבה הימית של ישראל באמצעות "מרכז המידע הימי הלאומי" כדי להפיק מהנתונים מידע שימושי.

4. יצירת בסיס מדעי וכלים אופרטיביים לצורך תמיכה בתהליכי קבלת החלטות בזמן אמת באירועי קיצון כדוגמת זיהומים.

יעדי התכנית הרחבה מפורטים בנספח 1.

תכנית הניטור הלאומית בים התיכון ל-2016
חלק III - זיהום ים

1. הקדמה

תכנית הניטור עודכנה במהלך השנים בהתאם למידע על מקורות הזיהום של מימי החופין. מקורות הזיהום העיקריים לאורך החוף מוצגים ב**איור 1**. תחנות הדיגום של תכנית הניטור מוצגות ב**איור 2**. מיקום תחנות הדיגום והפרמטרים הנבדקים בכל תחנה מפורטים ב**נספח 1** ושיטות הבדיקה מפורטות ב**נספח 2**.

בנוסף לתכנית הלאומית לניטור מימי החופין, המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה וגופים אחרים מבצעים בדיקות תקופתיות של זיהום הים גם במסגרת תכניות ניטור מקומיות באתרים בהם מסולקים לים שפכים ופסולת (המתכונת של תכניות ניטור אלה נקבעת בהיתרי ההזרמה/סילוק הפסולת). כמו כן מתבצעים במכון מחקרים שונים, שתוצאותיהם מהוות בסיס לפענוח ממצאי הניטור ולהכוונה של מתכונת הניטור. הממצאים הרלוונטיים של תכניות הניטור המקומיות והמחקרים הנלווים לניטור משולבים בדו״ח זה.

החל משנת 2000 המכון מבצע עבור חיל הים ניטור שנתי של רמות הזיהום בנמלים ובמעגנות לאורך חוף הים התיכון, במסגרת היישום של המלצות ועדת החקירה בעניין פעילות צה״ל באזור נחל הקישון (״ועדת שמגר״). הבדיקות של תכנית ניטור זו מתבצע ע״י מעבדות חיא״ל וחלק מהבדיקות ע״י מעבדות של המכון הגיאולוגי ובמעבדה בארה״ב. הממצאים העיקריים של הניטור משולבים בדו״ח זה (באדיבות חיל הים/משרד הביטחון).

ניתוח המגמות של שינויים בזמן ובמרחב באיכות מימי החופין מתבסס על כלל הנתונים הרב-שנתיים שנאספו במסגרת תכנית הניטור. נתונים אלה כוללים אלפי בדיקות כמפורט להלן.
שיטות הדיגום, הבדיקה ובקרת איכות התוצאות במסגרת הניטור מפורטות ב**נספח 2**. **נספח 3** מבהיר מונחים מקצועיים שנעשה בהם שימוש בגוף הדו״ח.

מספר כולל של בדיקות של מתכות כבדות בדגים, רכיכות, סדימנטים וחומר מרחף מאז תחילת הניטור.

דגים (1974 – 2016)

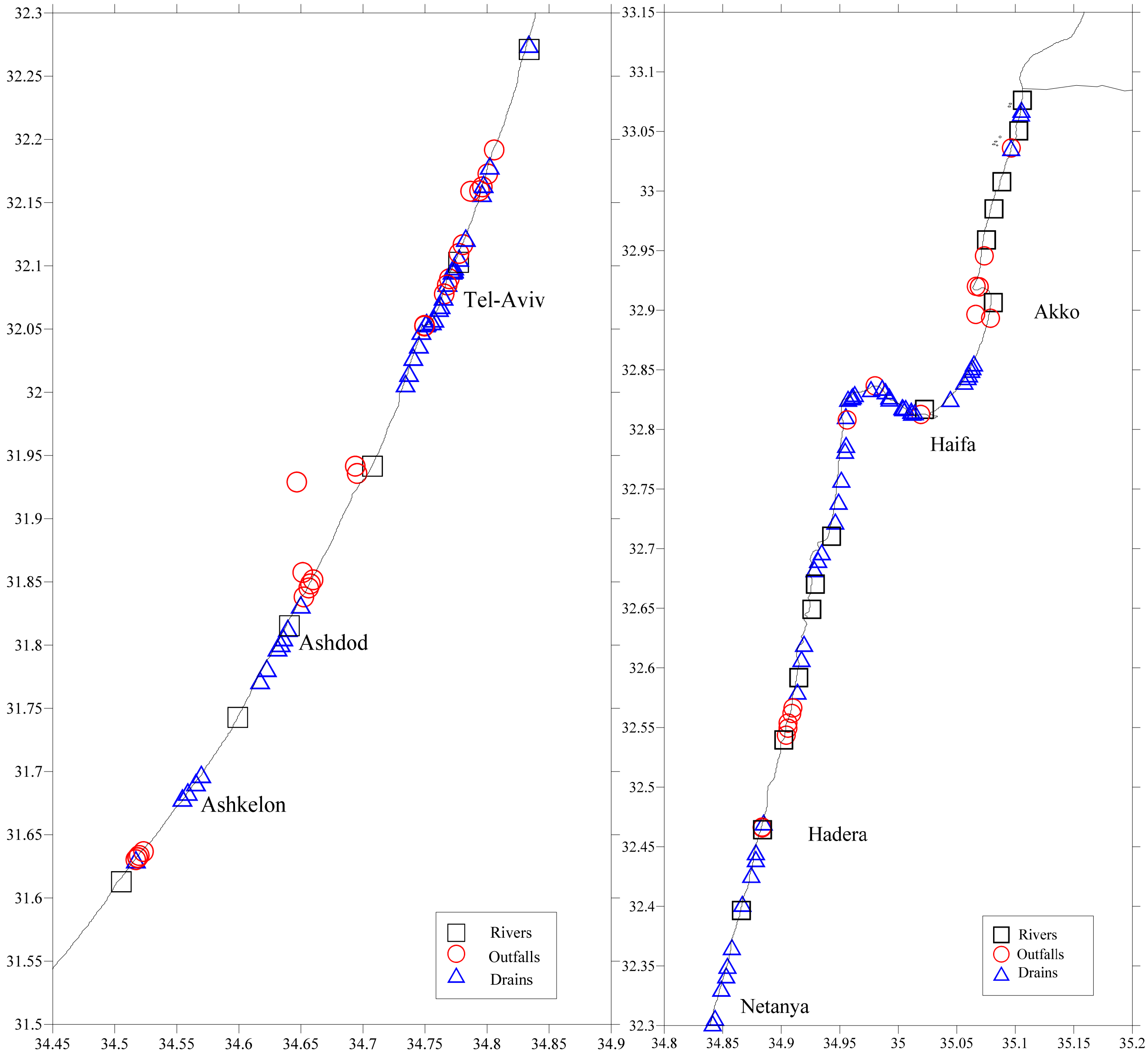
Diplodus sargus	1205
Lithognathus mormyrus	1756
Mullus barbatus	1059
Mullus surmuletus	311
Nemipterus randalli 2015-2016	57
Oblada melanura	125
Pagellus erythrinus	723
Sargocentron rubrum	737
Saurida undosquamis	163
Siganus rivulatus	588
Upeneus asymmetricus	21
Upeneus moluccensis	653
Other	1211
סה"כ דגים	**8609**

רכיכות וסרטנים* (1975 - 2016)

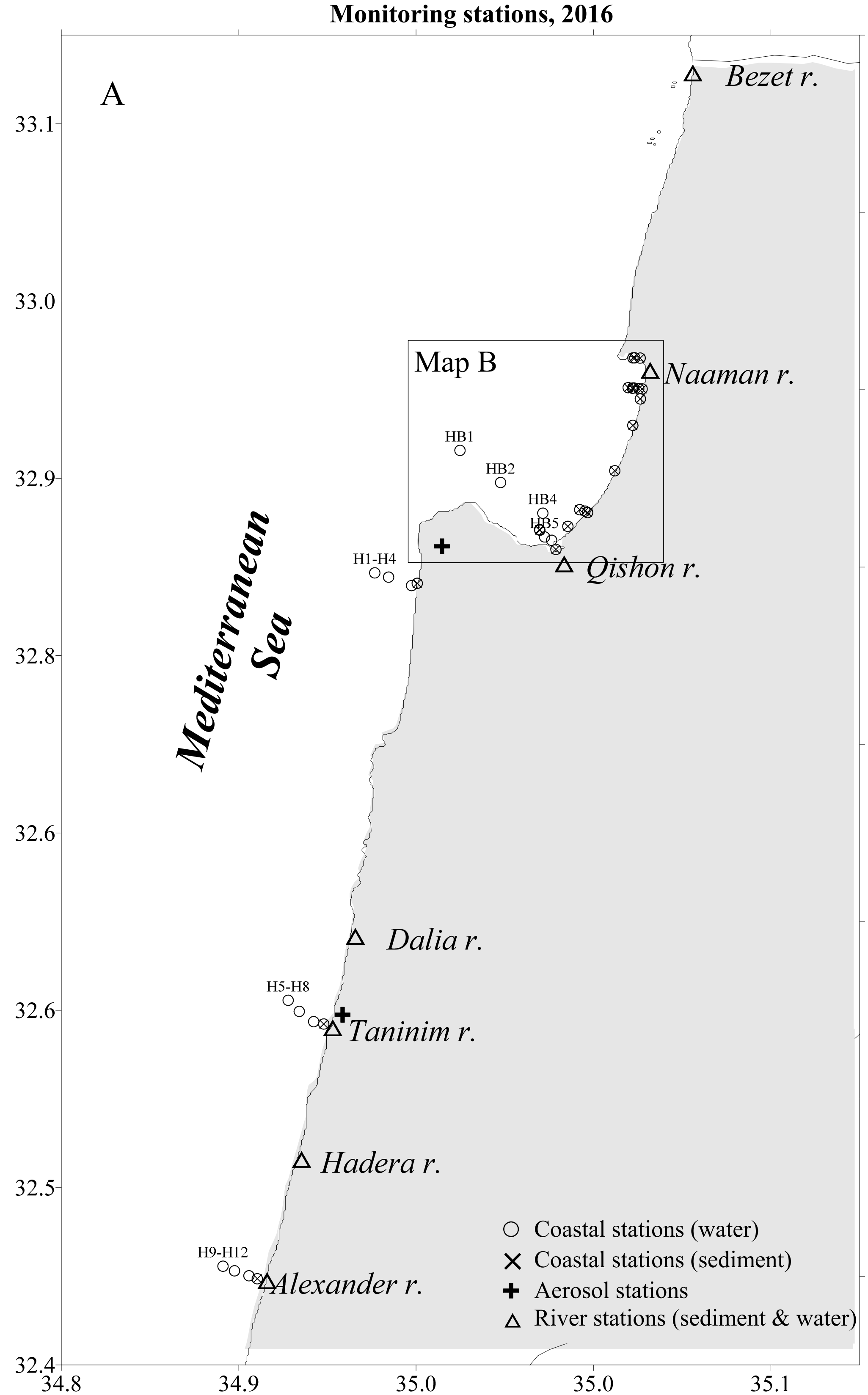
Arcularia gibbosula	665
Aristeus antennatus	20
Astropecten bispinosus	55
Cellana rota	657
Chamela. gallina	105
Diogenes pugilator	538
Donax semistriatus	11
Donax trunculus	796
Mactra stultorum	2106
Neverita josephinia	83
Parapenaeus longiros	10
Patella sp.	2651
Penaeus japonicus	25
Rudicardium tuberculatum	333
other	519
סה"כ רכיכות וסרטנים	**8574**

סדימנט וחומר מרחף

Sea Sediments	(1981-2016)	1078
River Sediments	(1988-2016)	896
SPM	(1994-2016)	2347
סה"כ דוגמאות		**4321**

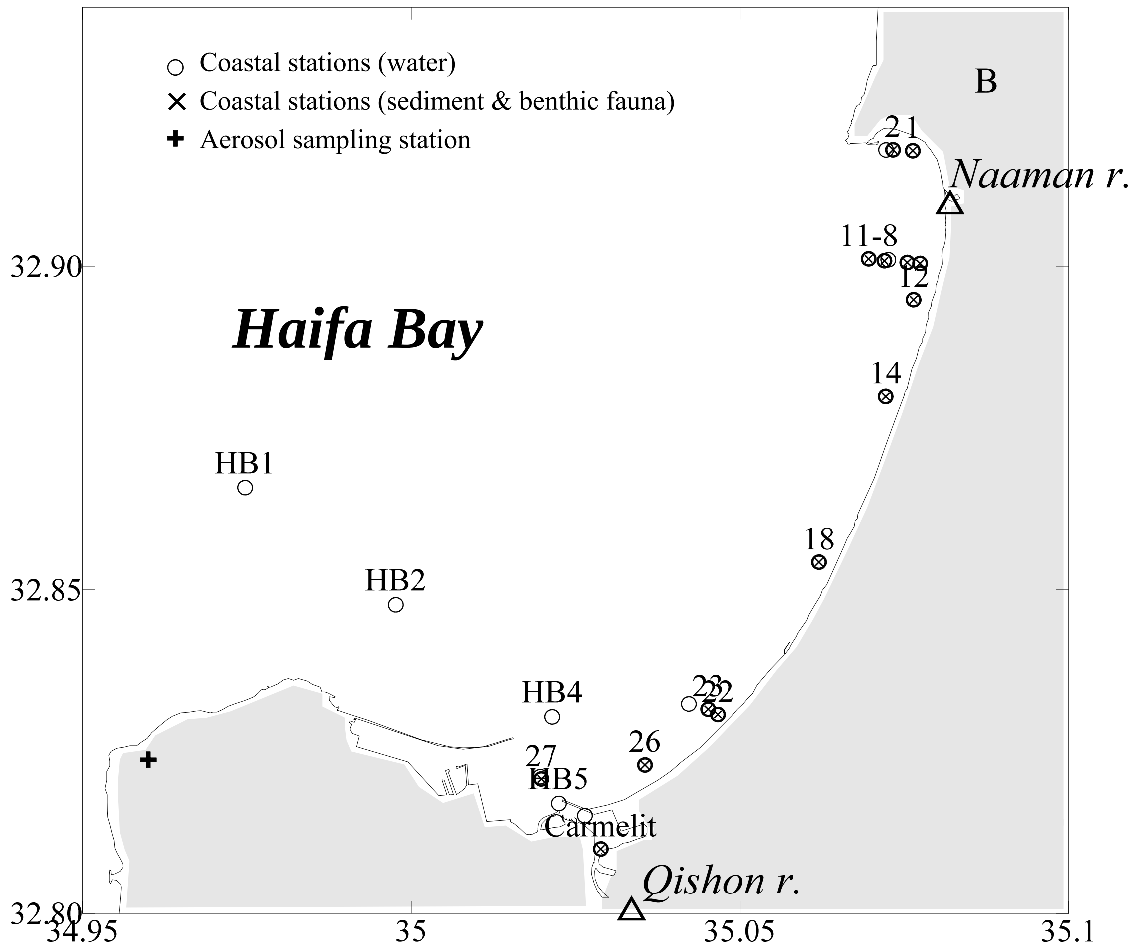


איור 1 : מפת מוצאי חירום ושפכים ממקורות יבשתיים, 2016 (ע״ב מדידות ב- 2014).



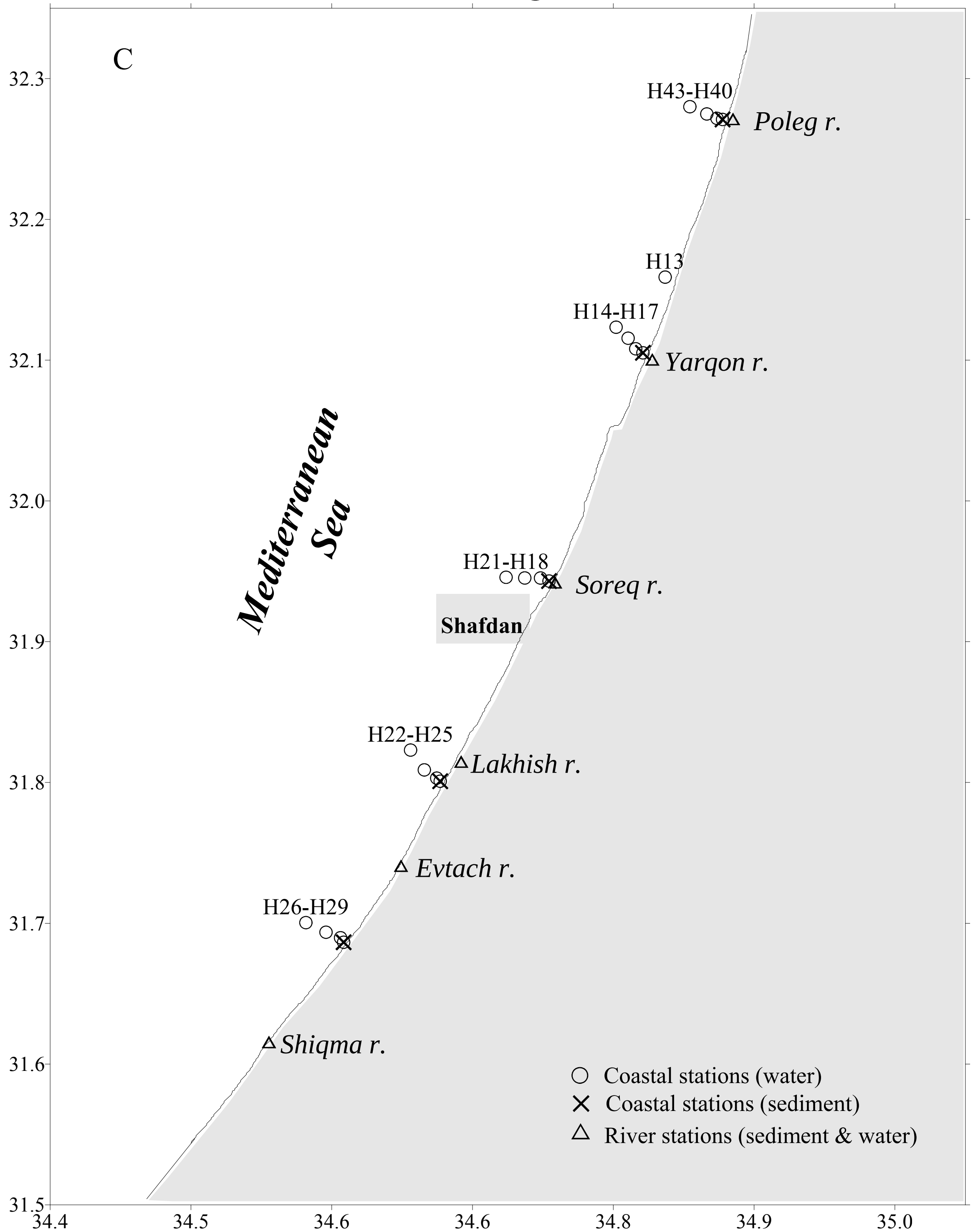
איור 2: מיקום תחנות הניטור לאורך חוף הים התיכון של ישראל ובשפכי נחלי החוף (A – האזור הצפוני, B – מפרץ חיפה, C – האזור הדרומי, D – אתרי דיגום של בע״ח ימיים). המרובע מול פלמחים (מפה C) הוא אזור הניטור של המוצא הימי לבוצת השפד״ן. תחנות ניטור חברות אקולוגיות ראה טקסט להלן.

Monitoring stations, 2016

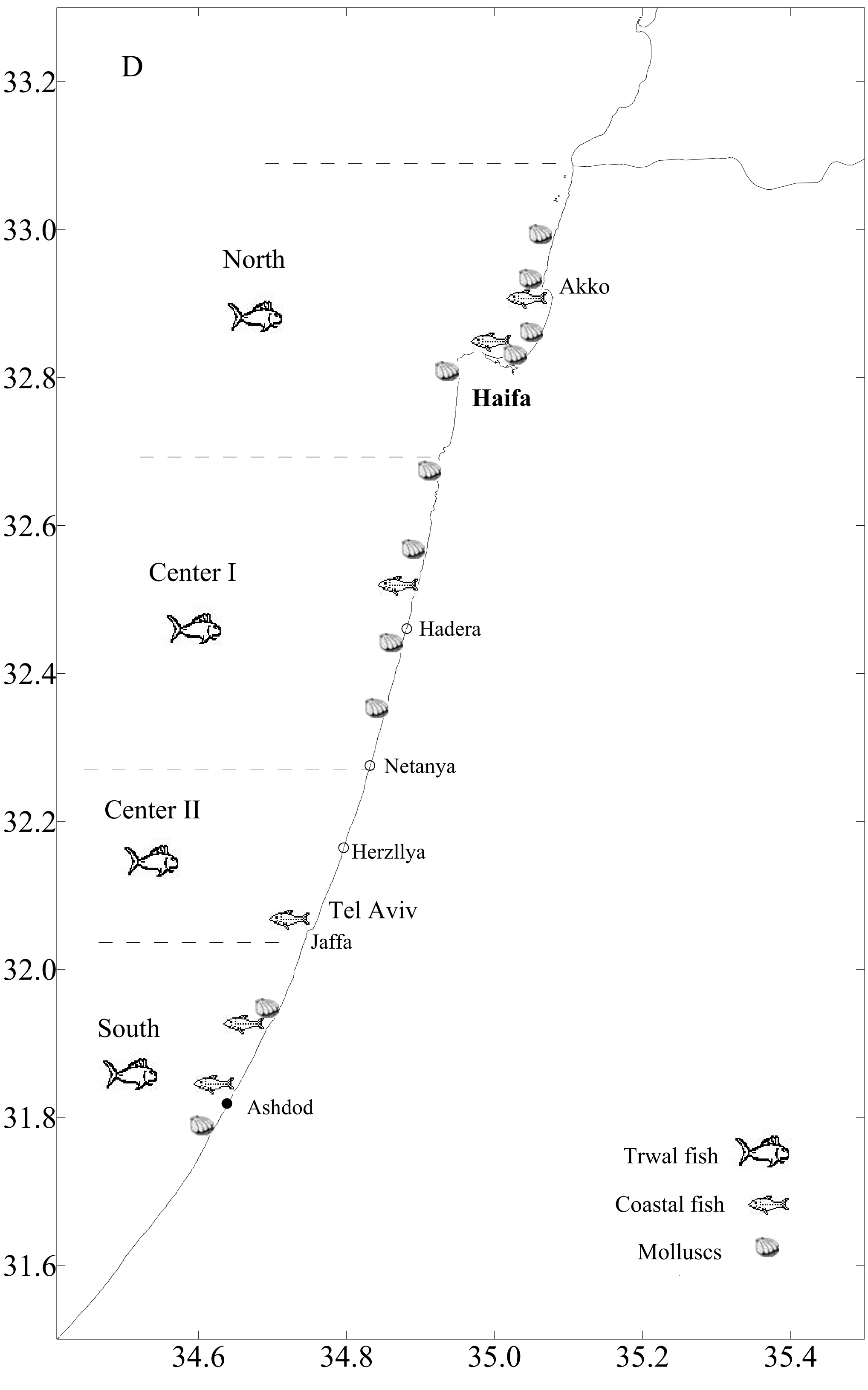


איור 2 : המשך

Monitoring stations, 2016



איור 2 : המשך


D
33.2
33.0
32.8
32.6
32.4
32.2
32.0
31.8
31.6
34.6
34.8
35.0
35.2
35.4
North
Center I
Center II
South
Akko
Haifa
Hadera
Netanya
Herzllya
Tel Aviv
Jaffa
Ashdod
Trwal fish
Coastal fish
Molluscs

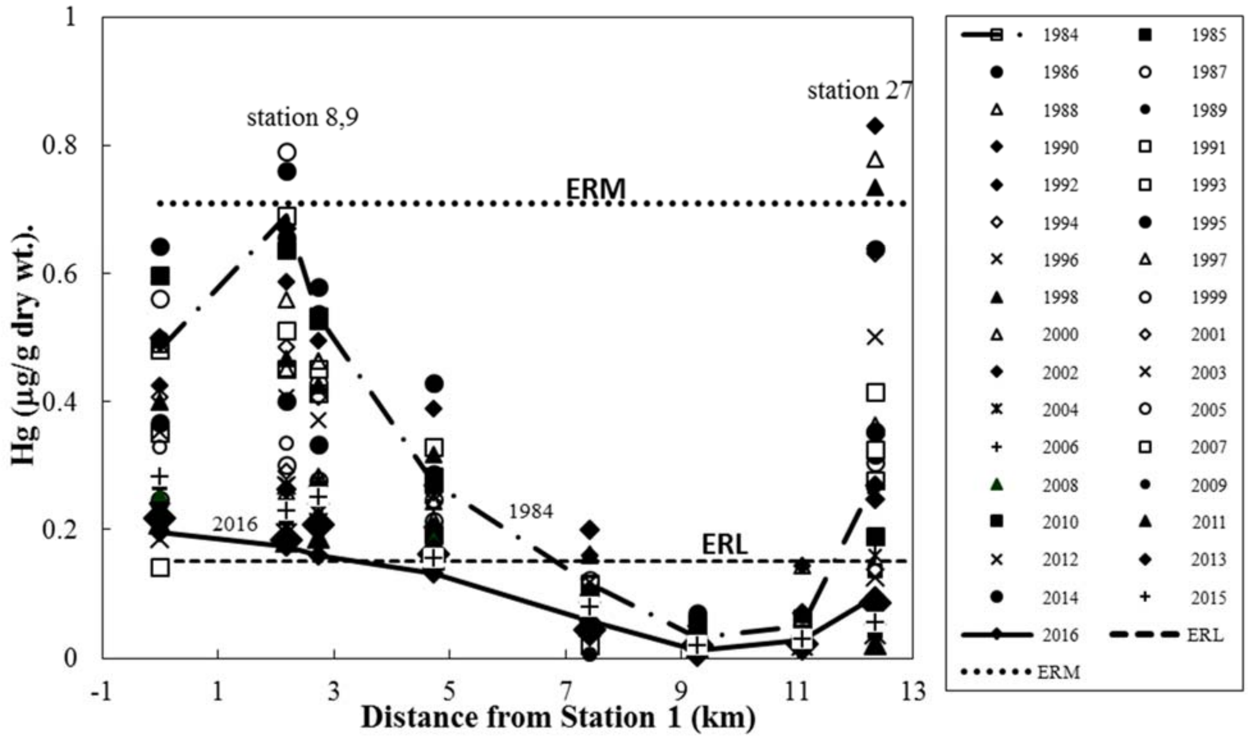
איור 2 : המשך

2. מתכות בסדימנטים

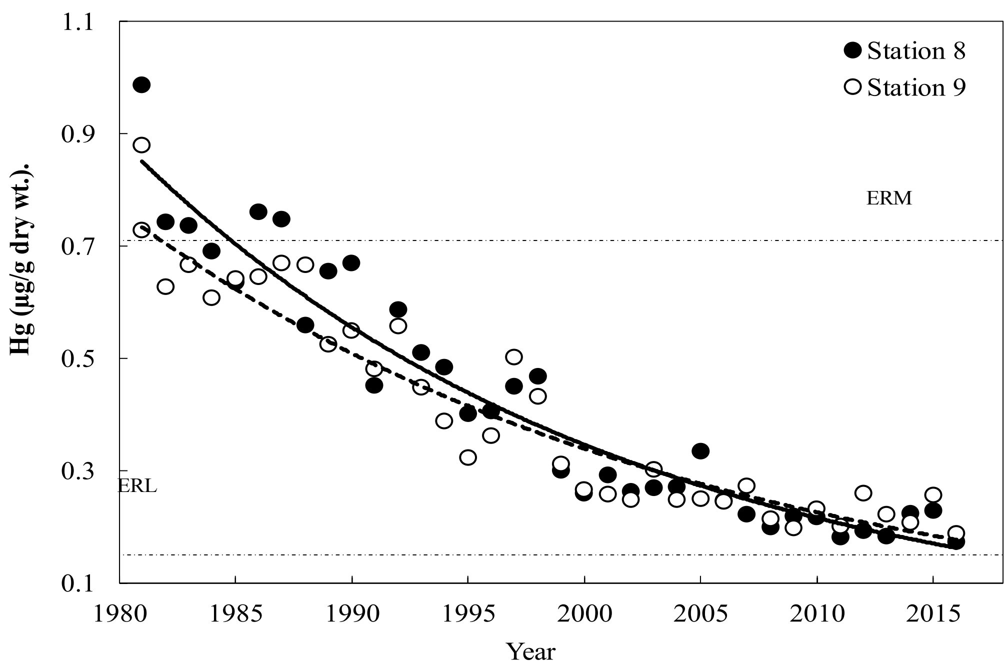
נבדקו מתכות כבדות בסדימנטים (משקעי קרקעית) בשנת 2016 בשלושה אזורים: מפרץ חיפה, מדף היבשת לאורך החוף ומוצאי נחלי החוף (איור 2). הסדימנטים במפרץ חיפה נדגמו בחודש יולי ב-14 תחנות; סדימנטים ממדף היבשת (לאורך החוף מאשדוד ועד חיפה) נדגמו בחודש אוגוסט ב-17 תחנות בעומק מים של 5 – 10 מטרים; הסדימנטים במוצאי נחלי החוף נדגמו בחודש מרץ ב-29 תחנות.

מפרץ חיפה - תפוצת ריכוזי הכספית בסדימנטים משקפת השפעתם בעבר של שני מוקדי זיהום עיקריים: מפעל "התעשיות האלקטרוכימיות" בצפון, שנסגר בנובמבר 2004, ושפך נחל הקישון בדרום. מוקד הזיהום הצפוני הוא הסדימנטים המזוהמים באזור שמול המפעל. עוצמתם של שני מוקדים אלה והשפעתם על המפרץ השתנו במידה ניכרת במהלך השנים מאז תחילת הניטור, לפני יותר משני עשורים. ההשפעה העיקרית על תפוצת הכספית בסדימנטים היא של המוקד הצפוני ונמצא שבשנים האחרונות קיימת השפעה של דליפת מי תהום מזוהמים בכספית, זאת על בסיס ממצאי מחקר ממוקד בנושא זה.

מאז אמצע שנות השמונים פחתו ריכוזי הכספית בסדימנטים בצפון המפרץ (תחנות 1, 8 ו- 12), באופן משמעותי (בפקטור של פי 3 לערך), כפי שמוצג **באיור 3**. מגמה זו התמתנה משנת 2000 ומראה הבדלים קטנים בריכוזי הכספית לאורך השנים. באזור שפך נחל הקישון (תחנה 27) חלה עליה בריכוז הכספית עד שנות התשעים ומאז ניתן לראות מגמת ירידה עד שנת 2008 (ללא שינוי משמעותי מאז). ריכוזי הכספית במרכז המפרץ (תחנות 14, 18 ו 22), מראים מגמת ירידה קטנה יחסית לאורך כל שנות הדיגום. תפוצת ריכוזי הכספית בתחנות בצפון המפרץ השתנתה. עד שנות האלפיים נמדדו הריכוזים הגדולים ביותר בתחנות מול "התעשיות האלקטרוכימיות" (תחנה 8), כיום הריכוזים דומים לאלו שנמדדים בתחנות סמוך לעכו (תחנות 1 ו-2) ובתחנה 12. למרות מגמת ההפחתה ביחס למצב בשנות ה-80, הסדימנטים בחלקו הצפוני של המפרץ, עד כ-5 ק"מ דרומית לעכו, מראים דרגת זיהום בינונית של כספית, לפי הקריטריונים לאיכות סדימנטים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA) (ראה הסבר הקריטריונים ב**נספח 3**). ההפחתה בריכוזי הכספית נראית בבירור בתחנות מס' 8 (3 מ' עומק מים) ו-9 (6 מ' עומק מים), הקרובות לאתר בו הייתה בעבר ההזרמה של שפכי "התעשיות האלקטרוכימיות" (**איור 4**), אולם בשנים האחרונות נעצרה ההפחתה, ייתכן כתוצאה מהשפעת הזיהום של זליגת מי תהום. באזור שמול המפעל (תחנות 8-11) ההפחתה ביחס לשנות ה-80 בריכוזי הכספית היא בפקטור של פי 3 לערך, באזור עכו בפקטור 2, ומידת ההפחתה קטנה בהדרגה ככל שמדרימים או מצפינים (**איור 3**). בעשור האחרון קטן גם ההבדל בריכוז הכספית בין תחנה 8 לבין תחנה 9, בשנים האחרונות הריכוזים בתחנה 9 גדולים משל תחנה 8, ובהתאם נעלם הגרדיאנט של ריכוזי הכספית כתלות במרחק מהחוף (תחנות 8 עד 11).



איור 3 : ריכוזי כספית (µg g-1 dry wt.) בסדימנטים באזור הרדוד של מפרץ חיפה בשנים 1984 - 2016.



איור 4 : ריכוזי כספית (µg g-1 dry wt.) בסדימנטים בתחנות 8 ו-9 במפרץ חיפה (מול "התעשיות האלקטרוכימיות"), בעומקי מים של 3 ו-6 מ', בשנים 1981 - 2016.

כפי שהוסבר בעבר, הסיבה העיקרית להידלדלות מאגר הכספית בשני העשורים האחרונים היא הרחפת חלקיקי סדימנטים מועשרים בכספית, במיוחד בעת סערות, והסעתם אל הים הפתוח, ובמידה פחותה יותר - גם לכיוון החוף. אכן בדיגום גלעיני סדימנט, שנעשה מערבית למפרץ חיפה, נמצאה העשרה אנטרופוגנית של כספית בחלקו העליון של הגלעין, שמקורה בהסעה של חלקיקים עשירי כספית מהמפרץ (Bareket et al., 2016). ייתכן שבנוסף ישנה פליטה של כספית גזית מהמים לאוויר. כמו כן, חלק מהכספית עובר לבע״ח (דגים, רכיכות), שבד״כ מראים העשרה ברמות הכספית ביחס לאותם מינים מחוץ למפרץ (ראה בפרקים להלן). ייתכן שה״עצירה״ של הפחתת ריכוזי הכספית בצפון המפרץ מושפעת גם מייתכנות הפחתה של אספקת חול נילוטי וירידה בקצבי הסדימנטציה בצפון המפרץ (או עצירה מוחלטת ואולי אף גריעה), או לחילופין הסעה צפונה של חלקיקים עשירי כספית מאזור נמל חיפה כתוצאה מפעילות חפירה והעמקה. במחקר של חקר ימים ואגמים, שהחל ב-2015 והסתיים ב-2017, במימון היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית לזיהוי הסיבות לעליית ריכוזי הכספית בדגים מצפון מפרץ חיפה, נמצאו ממצאים חריגים של ריכוזי כספית במי תהום רדודים בחוף מול מפעל התעשיות האלקטרוכימיות. הריכוזים שנמצאו חורגים במעל סדר גודל (פי 13 עד 28) ביחס לתקן מי שתייה בישראל (1 מיקרוגרם לליטר) ובסדר גודל דומה ביחס לערכי סף אקולוגיים (0.94 ו-1.8 מיקרוגרם כספית לליטר סף כרוני ואקוטי, בהתאמה). ככל הנראה קיימת בתת הקרקע דליפה של כספית לים.

חלקיקים עשירים בכספית מצטברים בסדימנטים בנמלי חיפה וקישון ובמעגן עכו, בהם ריכוזי הכספית גדולים ביחס לאתרים אחרים במפרץ ולאורך החוף (**איור 5**), ומייצגים דרגת זיהום גבוהה או בינונית, לפי הקריטריונים לאיכות סדימנטים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה״ב (NOAA). ייתכן שמקור הזיהום בכספית בנמל חיפה קשור בין היתר לאירועי הזרמה דרך נקזים העירוניים שמוצאם בנמל חיפה. הריכוז הגבוה ביותר נמדד בנמל הכרמל ונובע ככל הנראה מחפירות שנעשות במסגרת הרחבת נמל חיפה.

ריכוזי המתכות האחרות בסדימנטים בשפך הקישון ב-2016 (תחנה מס׳ 27 ונמל חיפה) היו גדולים יותר מאשר בשאר שטחו של מפרץ חיפה. ריכוזי הכספית והקדמיום בסדימנטים בתחנה 27, אשר נבדקה ברציפות במשך כשני עשורים, מייצגים מאז 2003 ערכים קרובים, אך קטנים מגבול הקריטריונים של NOAA להשפעות מזיקות. יחד עם זאת, ב-2016 נמצאה עליה בריכוז הכספית בערך גדול מ- ERL (השפעה מזיקה בינונית) שנובע ככל הנראה מפעילות החפירה (וחשיפה של שכבות מזוהמות בכספית) במסגרת בנית הנמל החדש (**איור 6**). כללית, השינויים בריכוזי המתכות בתחנה זו במהלך למעלה מ- 20 השנים האחרונות משקפים כמה גורמים: שינויים בהזרמת מתכות לנחל (באמצעות שפכים), שינויים במשטר ההידרולוגי של הנחל ומוצאו הימי ופעולות חפירה באזור. כתוצאה מהשילוב של הגורמים האלה, רמת הזיהום בכספית ובקדמיום ירדה מאז 1992 (באותה שנה אירע בקישון שיטפון גדול אשר הסיע לשפך הנחל כמויות גדולות של סדימנטים מזוהמים). מהשינויים שנצפו בשנים 2003-2012 נראה שהירידה בריכוזי הקדמיום בשפך הנחל יותר משמעותית מאשר הירידה בריכוזי הכספית (פקטור של

כ-50 לעומת 6, בהתאמה), ונובעת, ככל הנראה, מההפחתה הדרסטית בהזרמת הקדמיום אל נחל הקישון החל משנת 2000 (רשות נחל הקישון, 2004). מגמה זו באה לידי ביטוי גם בריכוזי הקדמיום בחומר מרחף וברכיכות מאזור שפך נחל הקישון ודרום מפרץ חיפה (Shefer et al., 2015). באזור שבין נמל חיפה לנמל הקישון (חוף שמן), אשר כולל את מיקום תחנה 27, נמצאה שונות רבה בריכוזי המתכות הן בשכבה העליונה של הסדימנט והן בתת-הקרקע. באזור זה התקיימה פעילות ההרחבה של נמל חיפה (הקמת "נמל הכרמל"), העמקת תעלת הכניסה והארכת שובר הגלים. פעילויות אלו השפיעו על הרכב הקרקעית בתחנה 27.

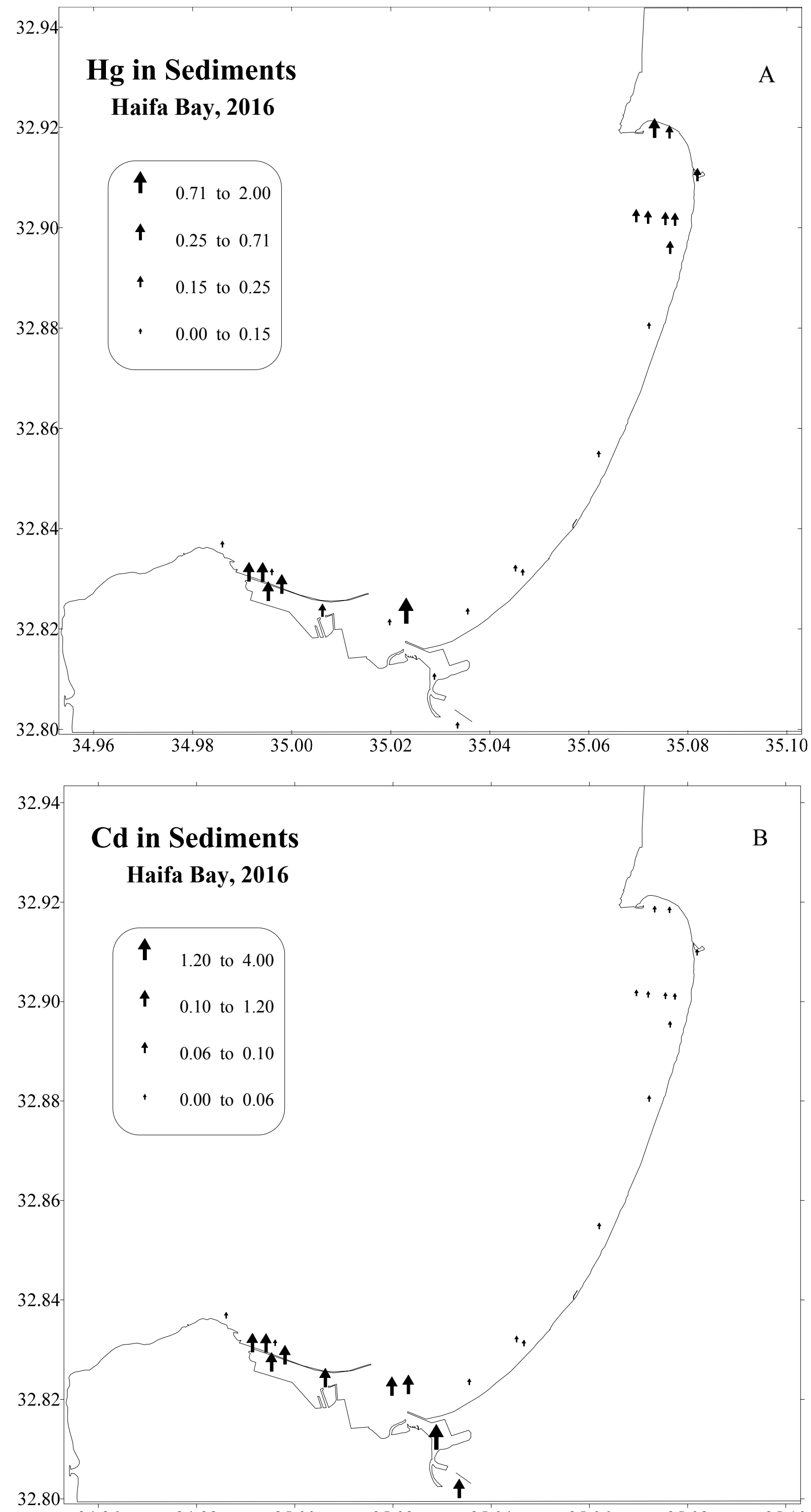
ממצאים נוספים של ניטור, המתבצע באזור שפך הקישון ודרום המפרץ[1] ובמוצא צינור א.ל.א. בצפון המפרץ[2], מפורטים בדו"חות נפרדים המוגשים להתאחדות התעשיינים ולחברת א.ל.א תשתיות בע"מ (הגורמים עבורם מבוצע הניטור) ולמשרד להגנת הסביבה.

מאז 1996 פחתו רמות העופרת בסדימנטים במפרץ חיפה (**איור 7**), בדומה למצב בסדימנטים מהאזור הרדוד מחוץ למפרץ. נתוני 2005 - 2007 מצביעים בד"כ על מגמת התייצבות ונתוני 2008 -2011 על מגמת עלייה מסוימת, והתייצבות מסוימת ב-2012-16. מגמה רב-שנתית זו משקפת כנראה את ההפחתה בפליטות העופרת כתוצאה מהמעבר לשימוש בדלקים דלי עופרת באירופה (סוף שנות ה-80), בישראל (אמצע שנות ה-90) ובמצרים (סוף שנות ה-90). יחד עם זאת, בשנים האחרונות נמצאה העשרה יחסית קרוב לעכו ושפך הקישון הדורשת המשך מעקב.

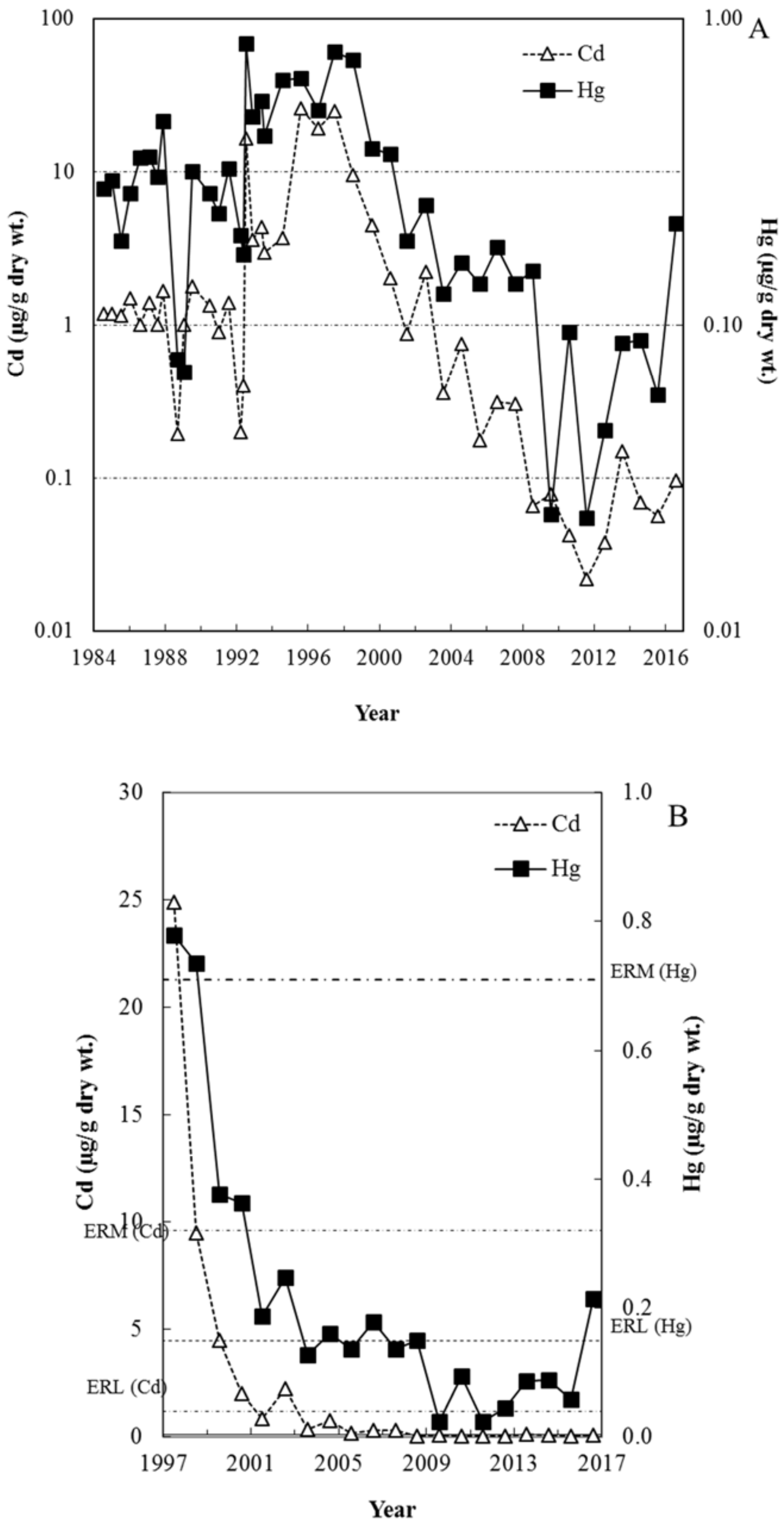
שינויים רב-שנתיים בריכוזי קדמיום ונחושת בסדימנטים בתחנה 23 (מול קריית ים) (**איור 8**) מראים מגמת ירידה משמעותית החל משנת 2000, שקשורה ככל הנראה להפחתה המשמעותית בהזרמת מתכות כבדות (במיוחד קדמיום) אל נחל הקישון החל משנת 2000 (רשות נחל הקישון, 2004). בשנים -2011 2010 נמדדה עלייה קטנה בריכוז הקדמיום, שייתכן שקשורה לפעילות חפירה בנמל, וירידה מסוימת/התייצבות ב-2012-16.

---

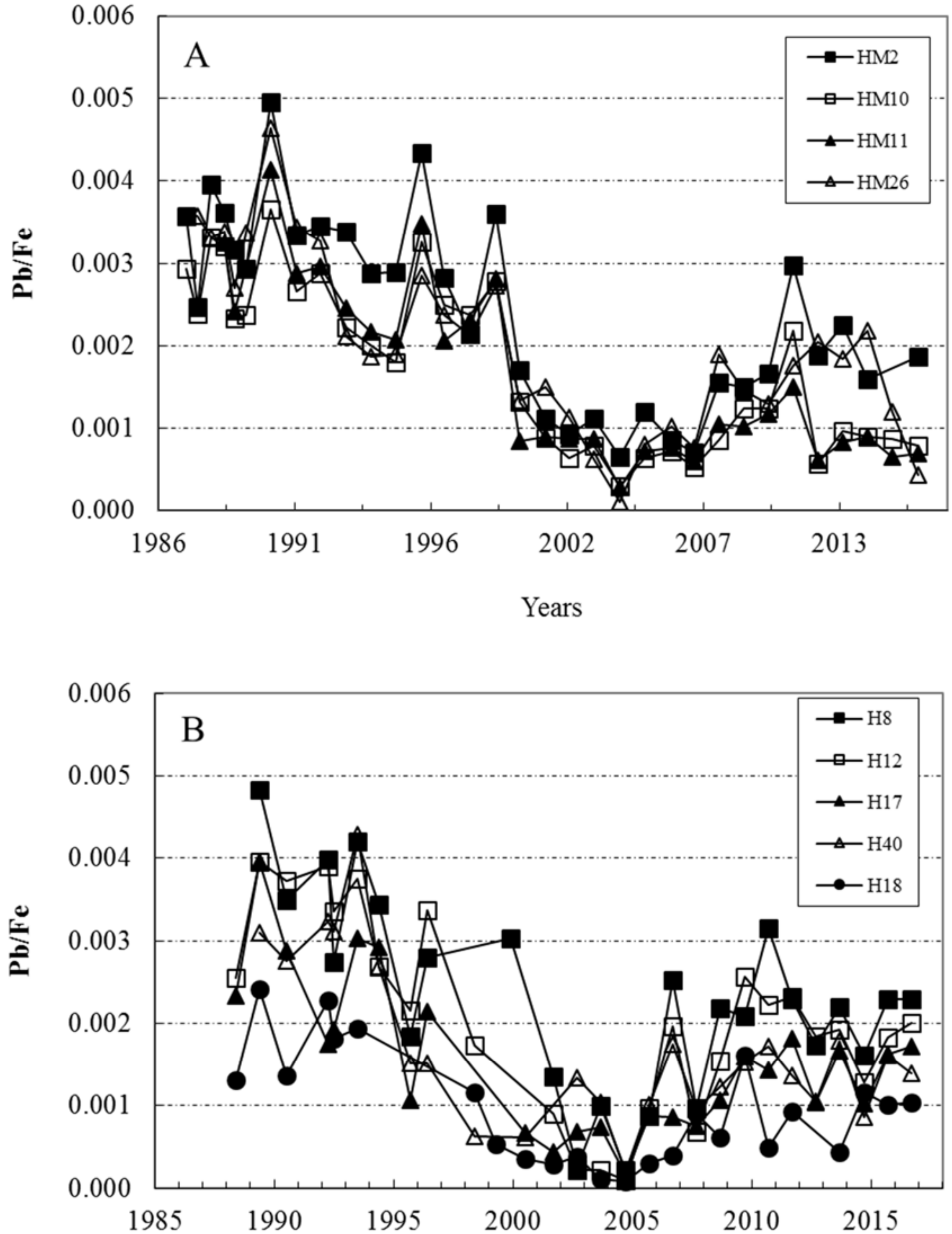
[1] ניטור זה אינו מתבצע ע"י "חקר ימים ואגמים לישראל".
[2] עד שנת 2009 ניטור זה לא התבצע ע"י "חקר ימים ואגמים לישראל".



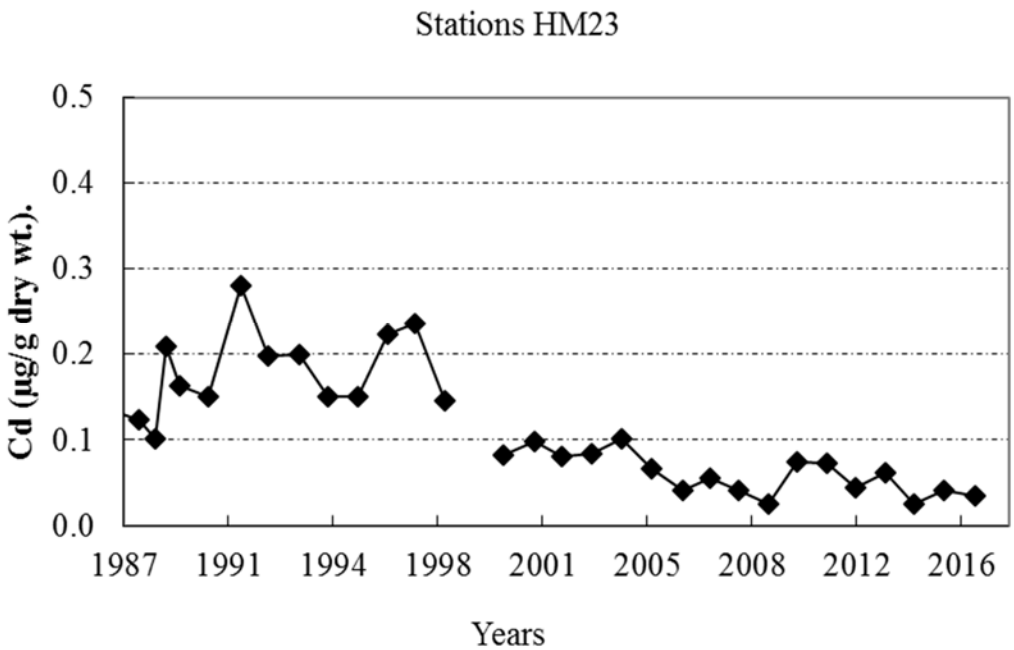
איור 5 : ריכוזי כספית (A) וקדמיום (B) בסדימנטים (μg g-1 dry wt.) במפרץ חיפה ב-2016 (גודל החץ מבטא את תחום הריכוזים ; נקודות הדיגום ממוקמות בבסיסי החיצים).

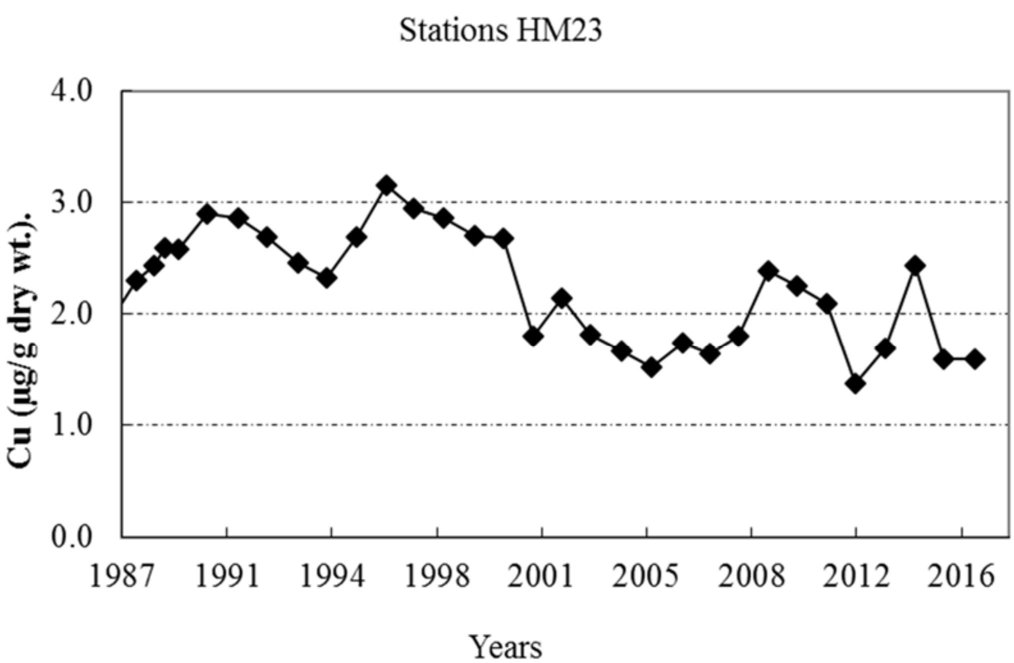


איור 6 : ריכוזי קדמיום וכספית (µg g-1 dry wt.) בסדימנטים בשפך נחל הקישון (תחנה מס' 27) בשנים 1984 - 2014. (A) סקלה לוגריתמית ; (B) סקלה ליניארית לשנים 1997 - 2016.

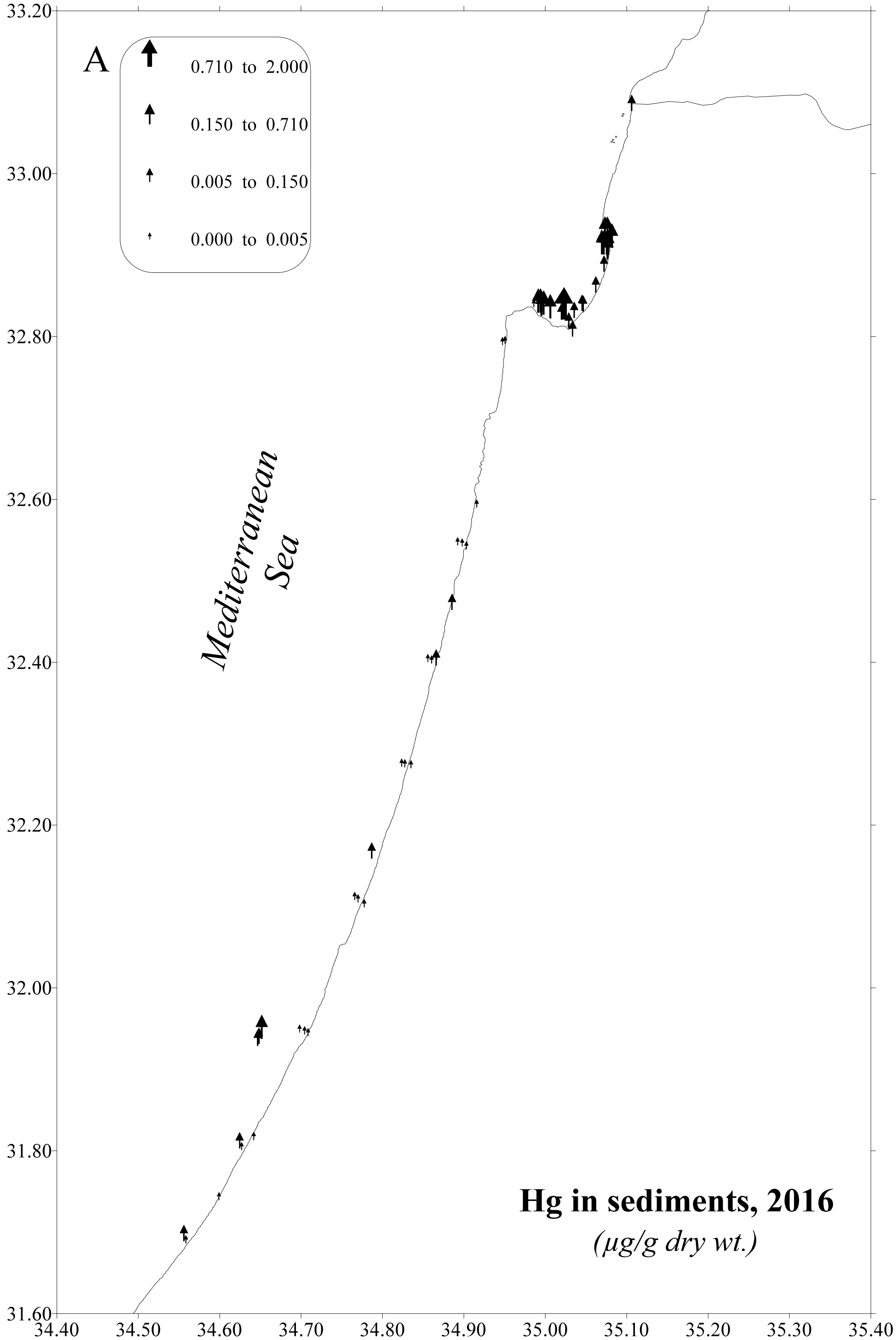


איור 7: מגמות ביחסי עופרת/ברזל בסדימנטים ממפרץ חיפה (A) ולאורך החוף (B) בשנים 1987 – 2016.

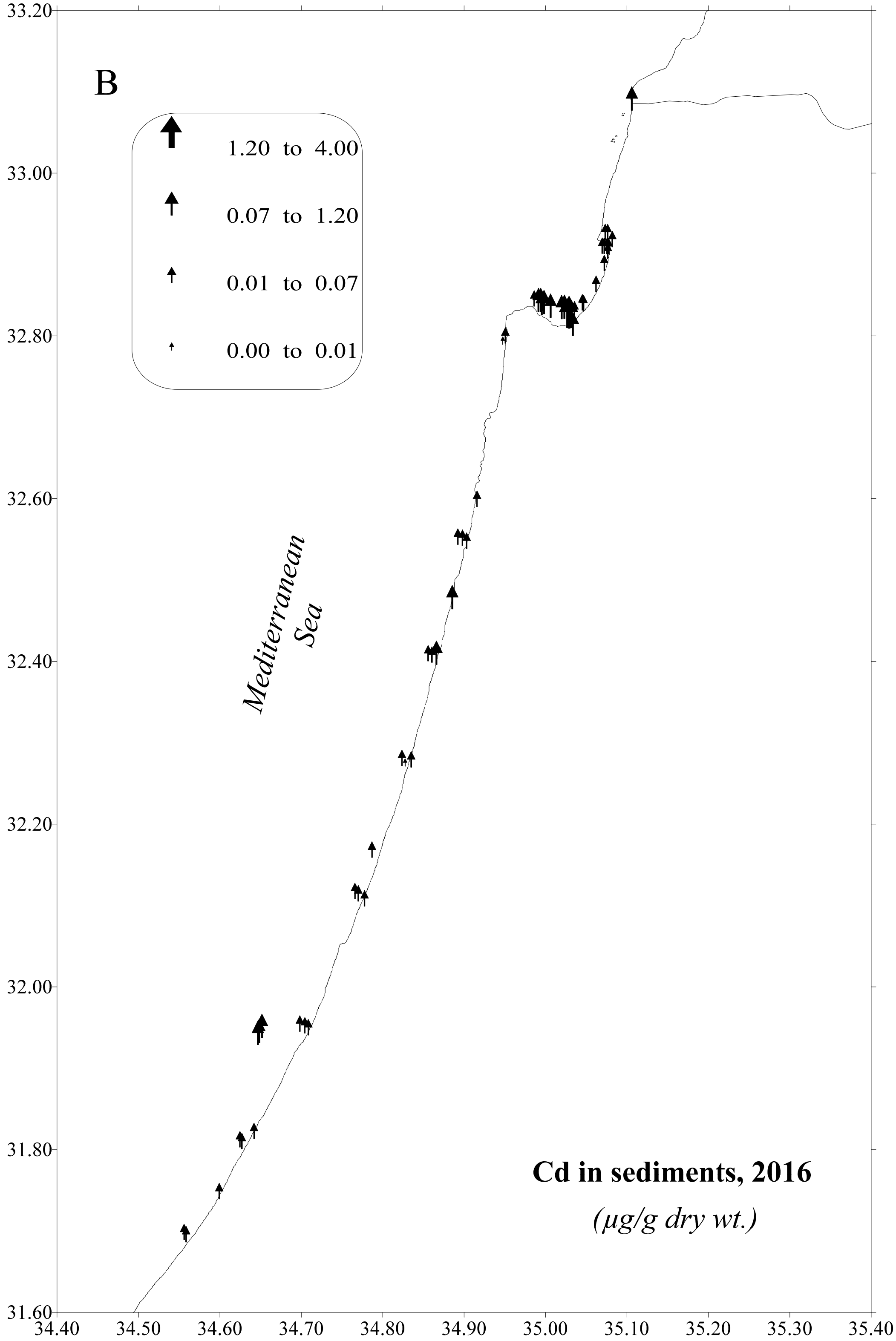




איור 8 : שינויים רב-שנתיים בריכוזי נחושת וקדמיום בסדימנטים בתחנה HM23 מול קריית חיים בשנים 1988 – 2016.



איור 9: ריכוזי כספית (A) וקדמיום (B) בסדימנטים לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2016 (גודל החצים מבטא את תחום הריכוזים).



B
1.20 to 4.00
0.07 to 1.20
0.01 to 0.07
0.00 to 0.01
Mediterranean Sea
Cd in sediments, 2016
(µg/g dry wt.)
33.20
33.00
32.80
32.60
32.40
32.20
32.00
31.80
31.60
34.40
34.50
34.60
34.70
34.80
34.90
35.00
35.10
35.20
35.30
35.40

איור 9 המשך

מדף היבשת - בדומה לשנים קודמות, גם ב-2016 לא נמצאו ריכוזים חריגים של מתכות כבדות בסדימנטים הרדודים לאורך החוף, למעט בכמה אתרים ממוקדים (**איורים 8 ו-9**).

בסדימנטים בשטח של כמה קמ״ר בסמוך למוצא צינור הבוצה של המפעל לטיפול בשפכי גוש דן, הנמצא במרחק של כ-5 ק״מ מהחוף, נמצאה ב-2016 דרגת זיהום גבוהה של כספית ובינונית של נחושת ואבץ (לפי הקריטריונים של NOAA). בבעלי חיים שוכני קרקעית באזור (חסרי חוליות ודגים) לא נמצאה העשרה במתכות. ממצאים מפורטים של הניטור השנתי באזור מוצא הבוצה כלולים בדו״ח נפרד, המוגש ל״מי אזור דן״ אגודת מים שיתופית חקלאית בע״מ (הגורם שעבורו מבוצע הניטור) ולמשרד להגנת הסביבה. חל שינוי במיקום המוצא של צינור שפכים משותף ל אגן כימיקלים, בתי זיקוק אשדוד ומתקן התפלה של מקורות באשדוד. ממצאים מפורטים של הניטור שמתקיים באזור המוצא כלולים בדו״חות נפרדים, המוגשים לאגן יצרני כימיקלים בע"מ ולפז-בית זיקוק אשדוד בע"מ (הגורמים עבורם מבוצע הניטור) ולמשרד להגנת הסביבה.

באופן כללי ניתן לומר כי לא נמצאו שינויים משמעותיים בריכוזי המתכות הכבדות בתחנות הרדודות לאורך החוף. הריכוזים היו קטנים מהקריטריונים של NOAA להשפעות מזיקות. כאמור, החל משנת 1996 קיימת מגמה רב-שנתית של ירידה בריכוזי העופרת בכל התחנות לאורך החוף (**איור 7**). יחד עם זאת ב-2008 - 2011 נמצאה העשרה מסוימת, והתייצבות/ירידה מסוימת ב- -2012 .16

מוצאי נחלי החוף - הסדימנטים במרבית נחלי החוף בסמוך למוצאיהם לים מועשרים במתכות לעומת הסדימנטים במדף היבשת, במיוחד לעומת סדימנטים חוליים באזור הרדוד. אם נתעלם מהשפעות גודל הגרגר על ריכוז המתכות, הסיבות לכך הן כנראה הזרמת שפכים לנחלים והעדר זרימת מים טבעית בהם, פרט לשיטפונות בתקופת החורף.

טבלה 1 ממיינת את מצב הסדימנטים במורד נחלי החוף, עפ״י הקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA (**נספח 3**). לא כלולים בטבלה נחלים שבהם רמות הזיהום קטנות מ-ERL (בסוגריים ריכוזי המתכות ביחידות מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש). לא נמצאו ריכוזים המייצגים דרגת זיהום גבוהה לפי הקריטריונים של NOAA, למעט ערכי ניקל בנחלים חדרה, קישון ובצת. בנחל חדרה נמצאה גם רמת זיהום בינונית של אבץ ונחושת (לפי הקריטריונים של NOAA). בחלקו המלוח של נחל הקישון (גשר יוליוס-כרמלית) נמצאה רמת זיהום בינונית של כרום, נחושת, ואבץ. בנחל בצת נמצא זיהום בינוני של נחושת וכרום. בשנת 2016 נמדדה רמת זיהום בינונית בנחל הירקון במרבית המתכות (כספית, נחושת, אבץ, ניקל וכרום). בנחלים אלכסנדר ובצת נמצאו רמות זיהום בינוניות של נחושת וכרום. באלכסנדר נמצא גם ריכוז בינוני של ניקל בסדימנט. בנחל נעמן נמצאה העשרה בכספית (0.22 מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש). מקור הכספית בנעמן הוא כנראה זיהום שאריתי מהתקופה בה פעלו ״התעשיות האלקטרוכימיות״ הסמוכות לשפכו.

טבלה 1: מצב הסדימנטים במורד נחלי החוף, בהתאם לקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA בשנת 2016.

קריטריון 2015	**Hg**	**Cd**	**Cu**	**Zn**	**Pb**	**Ni**	**Cr**
≥ERM						חדרה (57) קישון (72) בצת (79)	
>ERL <ERM	ירקון (0.22) נעמן (0.22)		אלכסנדר (35) בצת (40) חדרה (50) קישון (42) ירקון 70)	חדרה (194) ירקון (218)		שורק (35) אלכסנדר (43) ירקון (43)	ירקון (101) אלכסנדר (103) קישון (114) בצת (142)

3. מתכות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות

במסגרת סקר שבוצע עבור חיל הים נבדקו מתכות כבדות ומזהמים אורגניים במים ובסדימנטים בנמלי חיפה, הקישון ואשדוד ובמעגנות חדרה, עתלית, מכמורת, הרצליה, ת"א, אשדוד, אשקלון וקצא"א. מים מעומק של עד 5 ס"מ מפני השטח וסדימנטים של פני שטח נדגמו בחודש אוגוסט בשנת 2016. מתכות כבדות נבדקו ע"י חקר ימים ואגמים לישראל בשיטות המפורטות בדו"ח זה וע"י המכון הגיאולוגי במערכת ICP-MS. מזהמים אורגניים נבדקו ע"י מעבדת ALS Group USA Corp. dba ALS בארה"ב ומעבדת "אמינולב" בישראל.

איכות מי הים בנמלים ובמעגנות

1. ריכוזי המתכות הכבדות במים (ריכוזים מומסים) היו בד"כ קטנים מסף הגילוי. ריכוזי כל המתכות הכבדות היו קטנים מערכי התקן הסביבתי, מערכי תקן מי השתייה של ישראל (תקנות בריאות העם - איכות התברואה של מי שתייה תשל"ד 1974, נוסח משולב התש"ס 2000) או של הסוכנות להגנת הסביבה של ארה"ב (EPA), ומהתקנים לאיכות מי ים (ריכוזים מומסים בהם לא צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי כתוצאה מחשיפה מתמשכת) המומלצים ע"י המשרד להגנת הסביבה או ע"י ה-EPA.

2. ריכוזי פורמאלדהיד במים נמצאו קטנים מערכי סף הגילוי האנליטי (0.1mg/L).

3. ריכוזי התרכובות הנדיפות שנמצאו במים היו קטנים מסף הגילוי האנליטי (< 0.05-100 ug/L). כללית, הריכוזים קטנים מערכים בהם צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי.

4. כל ריכוזי המיקרו מזהמים האורגניים הנדיפים למחצה (PAH's) במים נמצאו קטנים מערכים בהם צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי (ערכים מומלצים ע"י מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב - NOAA) (**טבלה 2**). יחד עם זאת, במספר מרינות ובנמלים נמצאו ריכוזים ברורים של מזהמים שונים שככל הנראה קשורים לזיהומי דלק (**טבלה 2**).

טבלה 2 : הריכוזים המוערכים של המיקרו מזהמים האורגניים הנדיפים למחצה (PAH's) במי הים בנחלים ובמעגנות בשנת 2016.

CONSTITUENT	**UNITS**	נמל חיפה I	נמל חיפה II	מעגן מיכמורת	נמל אשדוד I	נמל אשדוד II	מרינה אשדוד	מול זיקים
Acenaphthene	*ng/L*	<4.4	<4.4	<4.4	<4.4	<4.4	<4.4	<4.4
Acenaphthylene	*ng/L*	**6.2 J**	**4.9 J**	**5.2 J**	**6.7 J**	**5.5 J**	<3.4	**7.7 J**
Anthracene	*ng/L*	<3.6	<3.6	<3.6	<3.6	<3.6	<3.6	<3.6
Benz(a)anthracene	*ng/L*	<2.6	<2.6	**3.0 J**	<2.6	**2.7 J**	**2.9 J**	<2.6
Benzo(b)fluoranthene	*ng/L*	<4.1	<4.1	<4.1	<4.1	<4.1	<4.1	<4.1
Benzo(k)fluoranthene	*ng/L*	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0
Benzo(g,h,i)perylene	*ng/L*	<2.9	<2.9	<2.9	<2.9	<2.9	<2.9	<2.9
Benzo(a)pyrene	*ng/L*	<4.3	<4.3	<4.3	<4.3	<4.3	<4.3	<4.3
Chrysene	*ng/L*	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4	<3.4
Dibenz(a,h)anthracene	*ng/L*	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5	<2.5
Fluoranthene	*ng/L*	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Fluorene	*ng/L*	<3.8	<3.8	<3.8	<3.8	<3.8	<3.8	<3.8
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	*ng/L*	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6	<2.6
Naphthalene	*ng/L*	**7.6 J**	**15 J**	**12 J**	**6.7 J**	**4.6 J**	**17 J**	**13 J**
Phenanthrene	*ng/L*	<5	**5.6 J**	<5	<5	**8.1 J**	<5	**8.1 J**
Pyrene	*ng/L*	<5.3	**6.2 J**	<5.3	<5.3	<5.3	<5.3	<5.3
2-Methylnaphthalene	*ng/L*	**4.8 J**	<2.3	**4.4 J**	**5.8 J**	**5.7 J**	<2.3	**9.6 J**
Dibenzofuran	*ng/L*	<9.3	<9.3	<9.3	<9.3	<9.3	<9.3	<9.3

J The result is an estimated value.

4. ריכוזי התרכובת האורגנית של בדיל, Tributyltin (TBT) ו/או תוצרי הפירוק שלה Dibutyltin (DBT) ו-Monobutyltin (MBT) (ראה הסבר ב**נספח 3**), נמצאו קטנים מסף הגילוי האנליטי (12 ng/l) בכל האתרים. סף הגילוי האנליטי של TBT היה גדול מהתקן לאיכות מי ים (2 ng/L) המומלץ ע״י המשרד להגנת הסביבה או הסוכנות להגנה על הסביבה של ארה״ב (10 ng/L EPA) (**איור 10**).

בשנת 2004 נמצאו רמות זיהום גבוהות במיוחד של TBT (>100 ng/L) בנמלים חיפה ואשדוד; בשנת 2009 הערכים ברוב הנמלים והמעגנות נמצאו קטנים מסף הגילוי האנליטי (<0.5 ng/L); בשנת 2010 שוב נמצאו ערכים גבוהים יחסית של TBT, בשנים 2011 - 2014 שוב ערכים נמוכים ובשנים 2015-16 ערכים קטנים מגבול הגילוי האנליטי. כלומר, נצפית מגמת ירידה, כפי שהיינו מצפים כביטוי לפעולות שננקטו ע״י הרשויות להפסקת השימוש בישראל בצבעים לכלי שייט המכילים TBT. יחד עם זאת הסדימנטים בנמלים עדיין מכילים ריכוזים גדולים יחסית של TBT כמפורט להלן. לפיכך, פעולות אלה עדיין לא באות לידי ביטוי סביבתי באופן מלא.

6. ריכוזי חומרים מקבוצת ה-PCB's ורוב חומרי ההדברה האורגנוכלוריים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות ולא נמצאו חריגות ביחס לערכי ייחוס סביבתיים.

7. ריכוזי דיאוקסינים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקה (~1pg/L), למעט במעגן מכמורת בו נמצאה חריגה קטנה (לא כמותית) מסף הגילוי האנליטי (1.25 *pg*/L).

איכות הסדימנטים בנמלים ובמעגנות

רמות הזיהום של הסדימנטים במתכות ובמזהמים אורגניים נבחנו עפ״י הקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA (**נספח 3**). **טבלה 3** ממיינת את מצב הסדימנטים בנמלים ובמעגנות ביחס לקריטריונים אלה. בסדימנטים בחלק מהנמלים והמעגנות שנבדקו נמצאו רמות זיהום בינוניות עד גבוהות במתכות כבדות, ב-TBT, ובנמל חיפה בביפנילים מותמרי כלור (PCBs).

טבלה 3 : מצב הסדימנטים בנמלים ובמעגנות ביחס לקריטריונים : של NOAA בשנת 2016.

	Hg	Ag	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	DDT	PCB`s
>ERM	נמל הכרמל							נמל חיפה	נמל הכרמל		נמל חיפה
>ERL <ERM	נמל חיפה		נמל חיפה, נמל אשדוד		נמל חיפה, מעגן חדרה, מרינה ת״א, נמל היובל, נמל אשדוד	נמל חיפה, מרינה הרצליה, מרינה ת״א, נמל אשדוד, מרינה אשדוד	נמל חיפה, נמל אשדוד	נמל חיפה, מעגן חדרה, מרינה הרצליה, מרינה ת״א, נמל אשדוד	נמל חיפה, מרינה הרצליה, נמל אשדוד		נמל חיפה
<ERL	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת״א, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מרינה אשקלון, מול נחל לכיש, מוצאים רוטנברג, מול זיקים	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת״א, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מרינה אשקלון, מול נחל לכיש מוצאים רוטנברג, מול זיקים	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת״א, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מרינה אשקלון, מול נחל לכיש מוצאים רוטנברג, מול זיקים	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת״א, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מרינה אשקלון, מול נחל לכיש מוצאים רוטנברג, מול זיקים	נמל חיפה, עתלית, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, נמל אשדוד, מרינה אשדוד, מרינה אשקלון, מול נחל לכיש מוצאים רוטנברג, מול זיקים	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשקלון, מול נחל לכיש מוצאים רוטנברג, מול זיקים	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת״א, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מרינה אשקלון, מול נחל לכיש מוצאים רוטנברג, מול זיקים	נמל חיפה, עתלית, מעגן מכמורת, נמל היובל, מרינה אשדוד, מרינה אשקלון, מול נחל לכיש מוצאים רוטנברג, מול זיקים	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת״א, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מרינה אשקלון, מול נחל לכיש מוצאים רוטנברג, מול זיקים	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת״א, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מרינה אשקלון, מול נחל לכיש מוצאים רוטנברג, מול זיקים	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת״א, נמל אשדוד, נמל היובל, מרינה אשדוד, מרינה אשקלון, מול נחל לכיש מוצאים רוטנברג, מול זיקים

רמות זיהום גבוהות של כספית, ניקל ואבץ ורמות זיהום בינוניות של ארסן, נחושת, כרום ועופרת נמצאו בסדימנטים בנמל חיפה/נמל הכרמל. רמות זיהום בינוניות של נחושת, אבץ, ניקל וכרום נמדדו בסדימנטים בנמל אשדוד. רמות בינוניות של כרום וניקל נמצאו בנמל חדרה, של אבץ, נחושת וניקל במרינה הרצליה, ושל כרום, נחושת וניקל במרינה ת״א.

כללית רוב החומרים הפוליציקלים הארומטיים (PAHs) נמצאו מתחת לגבול הגילוי האנליטי.

זיהום גבוה של ביפנילים מותמרי כלור (PCBs) (>ERL) נמצא בסדימנטים בנמל חיפה. ריכוזים מעל סף הגילוי נמצאו גם באתרים אחרים, אולם הריכוזים היו קטנים מהקריטריון האקולוגי להשפעות מזיקות שצפויות רק לעיתים נדירות (ERL).

לא נמצאו שאריות של חומרי הדברה אורגנוכלוריים מעל גבול הגילוי האנליטי, למעט החומרים Diuron ו- Diphenylamine במספר אתרים (חדרה, מרינה הרצליה, נמל הרמל)..

ריכוזי התרכובות הנדיפות בסדימנט נמצאו קטנים מסף הגילוי האנליטי (< 0.2-100 ננוגרם/גרם יבש או רטוב).

זיהום משמעותי של TBT ונגזרותיו בסדימנטים (> 100 ng/g) נמצא בתחנות בנמלים חיפה, אשדוד, מרינה הרצליה ומרינה ת״א. למרות שבמים ריכוזי ה-TBT היו קטנים מסף הגילוי, היחס של Tributyltin/Dibutyltin בסדימנטים בנמלים ובמעגנות רבות מלמד שעדיין קיים זיהום טרי יחסית (**איור 12**).

ריכוז הדיאוקסינים בסדימנטים בחלק גדול מהתחנות היו מתחת או דומים לסף הגילוי של הבדיקה.

מגמות ההשתנות בזמן של ריכוזי המזהמים בסדימנטים

איור 12 מציג נתונים רב-שנתיים (בשנים 2000 – 2016) של מתכות כבדות (כספית, קדמיום, ניקל, נחושת וכרום) ומזהמים אורגניים (TBT ,PCBs) בסדימנטים (משקעי קרקעית) בתחנות נבחרות שנדגמו בנמלים ובמעגנות. השינויים בריכוזי המזהמים בתחנות מוכתבים על-ידי: שינויים בכמויות המזהמים המוחדרות אל הים ממקורות יבשתיים; שינויים בקצבי הסדימנטציה המקומיים; פעולות חפירה והעמקה ובהרחפה והסעה של הסדימנטים בהשפעת הגלים ופעילות ימית.

סיכום הממצאים העיקריים של המגמות בזמן מוצג ב**טבלה 4**.

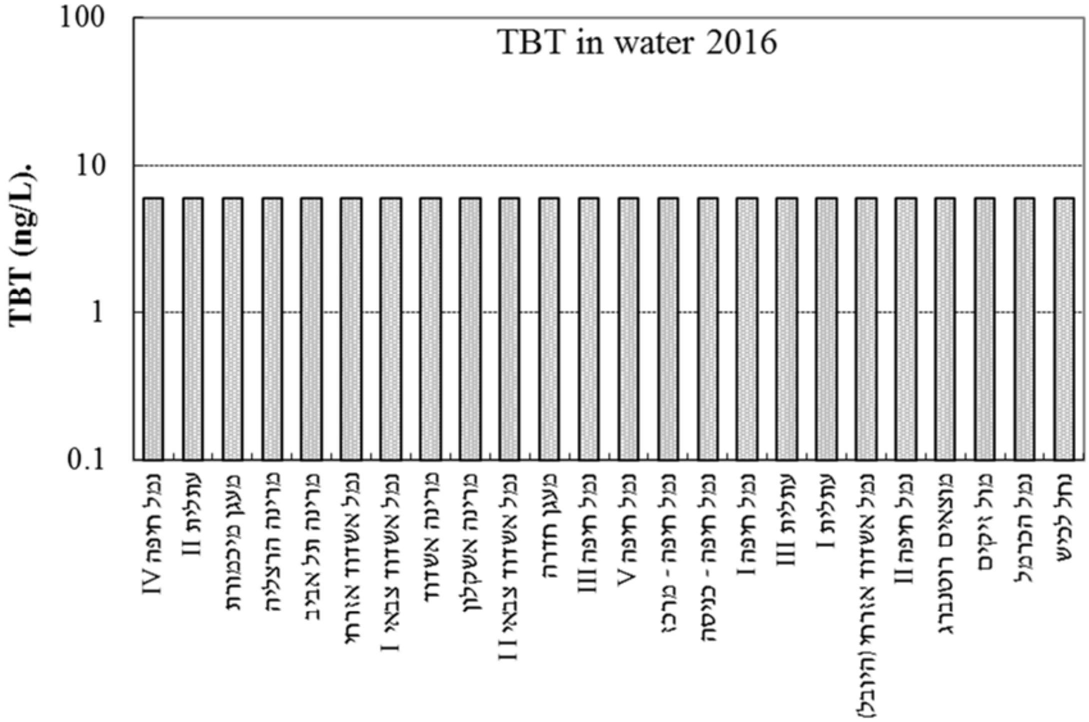
טבלה 4 : מגמות השתנות ריכוזי המזהמים בסדימנטים.

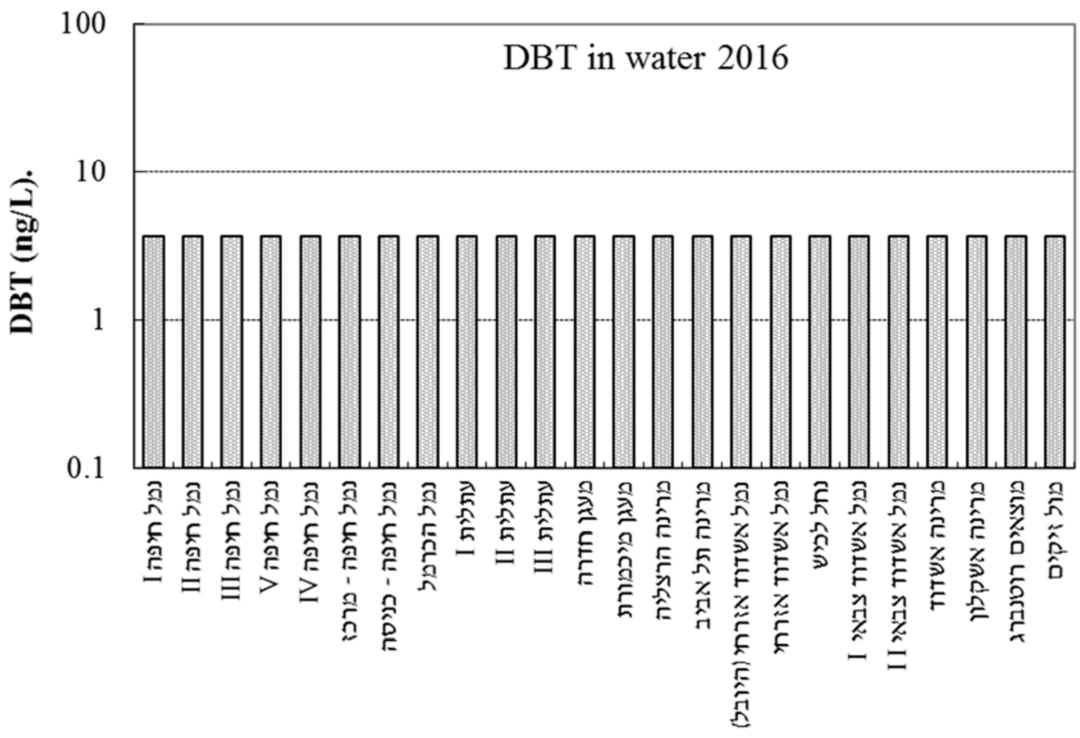
סמן סביבתי	**מצב* ומגמות בשנים 2000 - 2016**
מתכות כבדות בקרקעית	**נמל חיפה**: רמת זיהום בינונית-גבוהה של כספית ובינונית במתכות אחרות. שינויים בריכוזי המתכות ללא מגמה ברורה למעט ירידה מסוימת בריכוזי הקדמיום והכספית. **נמל אשדוד**: רמות זיהום בינוניות. בנמל האזרחי הפחתה ברמת הזיהום של כרום, נחושת, ניקל, כספית וקדמיום, אולם ב- 2016 נמצאה עליה ברמות הכספית, ניקל וכרום. **מעגנות לאורך חוף הים התיכון**: זיהום בינוני במספר מעגנות, אין מגמה ברורה למעט העשרה של כרום, נחושת (למעט בחדרה), וניקל במעגן חדרה, מרינות הרצליה, מכמורת, אשדוד ומרינה ת"א.
ביפנילים מותמרי כלור (PCBs) וחומרי הדברה בקרקעית	**כללית נמדדים ערכים קטנים מהעשור הוקדם.** **נמל חיפה**: רמות זיהום קטנות בהרבה מסקרים קודמים בשנים 2001-2004 וללא מגמה ברורה בהמשך.[3] **נמל אשדוד**: רמות זיהום קטנות מסקרים קודמים בשנים 2001-2004, ללא מגמה ברורה בהמשך. **מעגנות לאורך חוף הים התיכון**: אין מגמה ברורה למעט עליה במעגן חדרה ובהרצליה.
TBT ונגזרותיו בקרקעית	**נמל חיפה**: רמות זיהום גבוהות, ייתכן מגמת הפחתה.

[3] ייתכן שחלק מהשינוי קשור לשינוי המעבדה האנליטית.

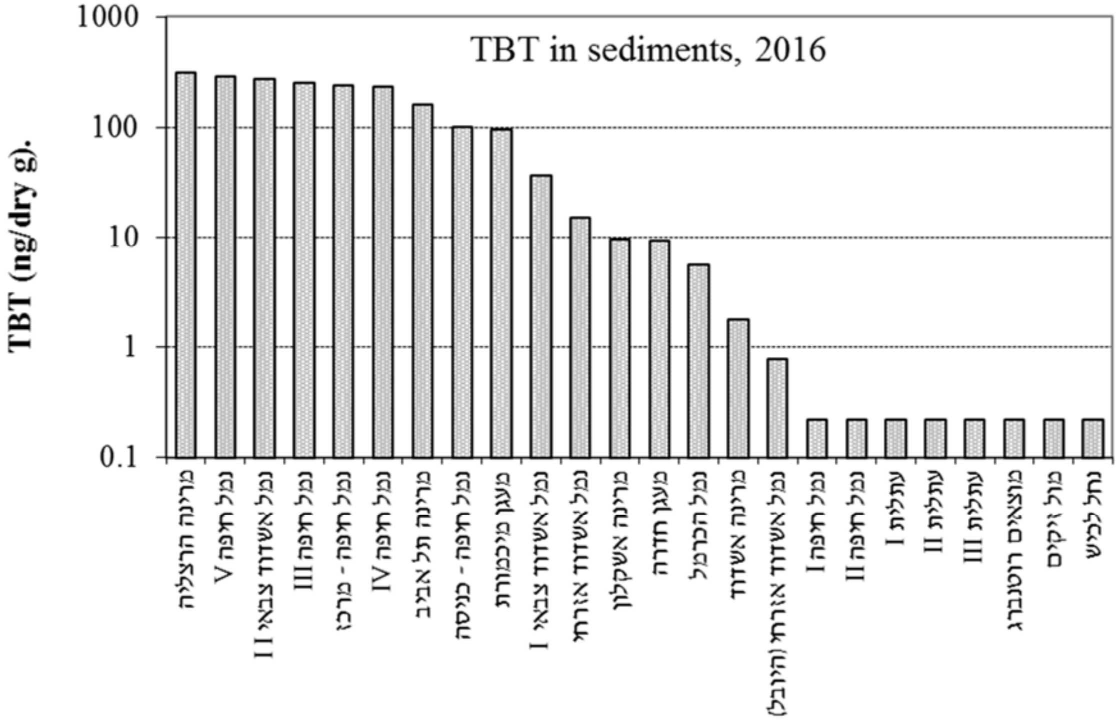
סמן סביבתי	מצב* ומגמות בשנים 2000 - 2016
	נמל אשדוד: רמת זיהום בינונית עד גבוהה, ייתכן מגמת הפחתה. **מעגנות לאורך חוף הים התיכון**: ייתכן מגמת הפחתה.
חומרים פוליציקלים ארומטיים בקרקעית (PAHs)	ב- 2016 החומרים נמצאו מתחת לגבול הגילוי האנליטי (למעט מספר בודד של חומרים עם ערכים קטנים) והיו קטנים מערך הייחוס הסביבתי.

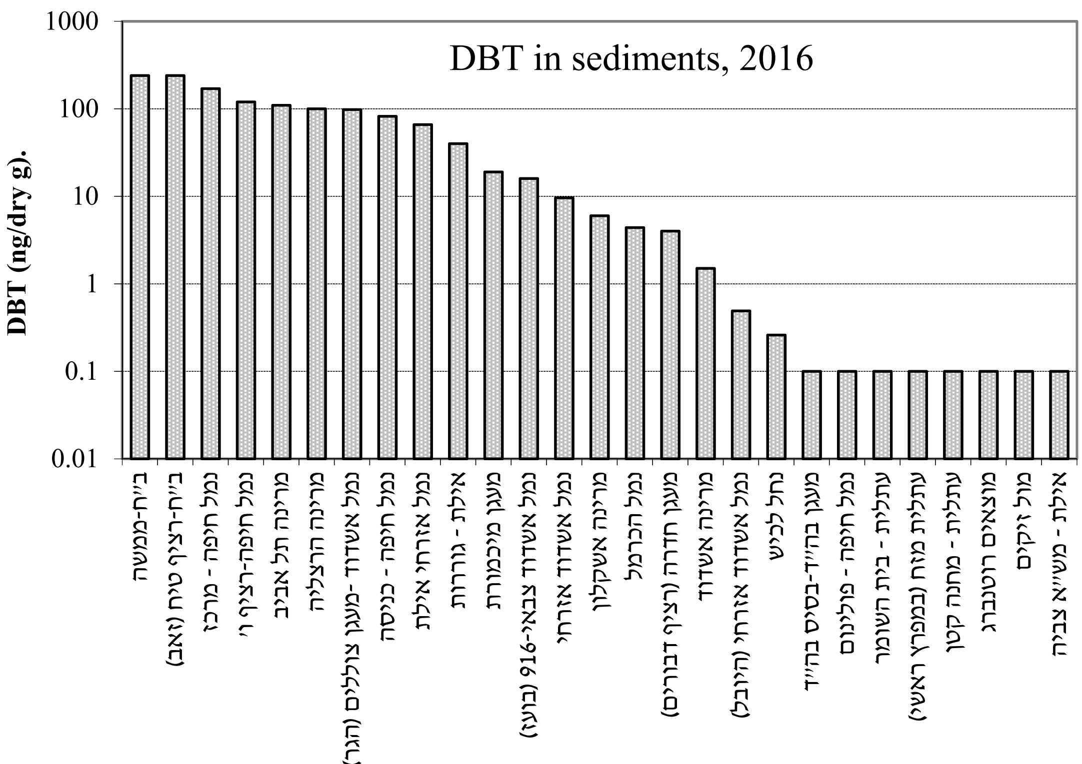
* עפ"י קריטריונים לאיכות סדימנטים המתייחסים לרמות זיהום העלולות לגרום להשפעות מזיקות על בעלי חיים ימיים.



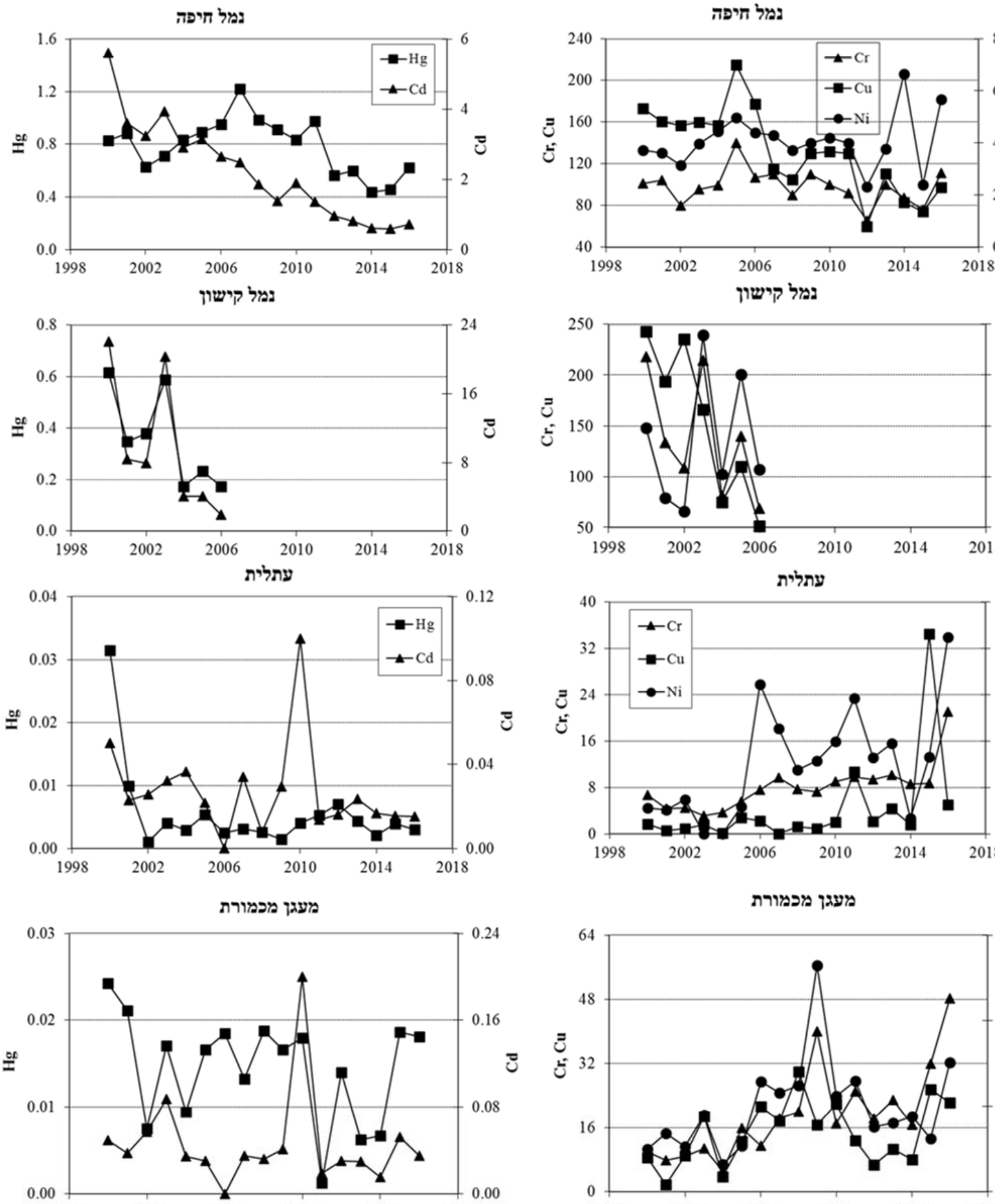


איור 10 : ריכוזי TBT ו-DBT במי הים (ננוגרם/ליטר) בנמלים ובמעגנות בישראל ב-2016 הנתונים מוצגים בסקאלה לוגריתמית.



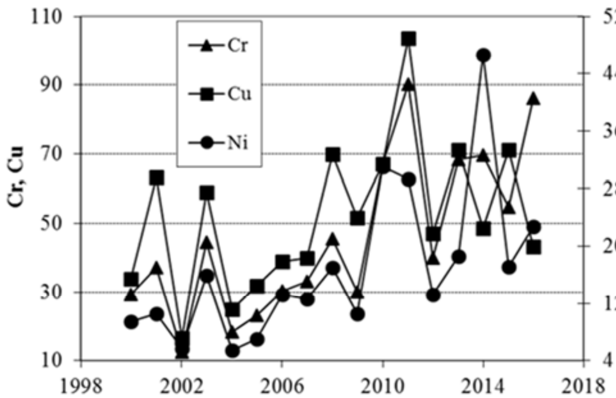


איור 11: ריכוזי TBT בסדימנטים (A) (מיקרוגרם/ק״ג - סקאלה לוגריתמית) והיחס Dibutyltin/Tributyltin (B) בנמלים ובמעגנות בישראל ב-2016.

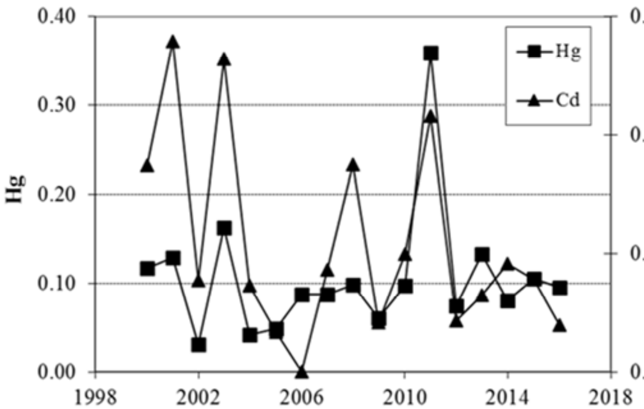


איור 12: מגמות השתנות של ריכוזי מזהמים בסדימנטים בנמלים ובמעגנות בשנים 2000 – 2016.
מתכות כבדות (µg/g dry wt.); TBT (ng/g dry wt.); PCB's (µg/g dry wt.).

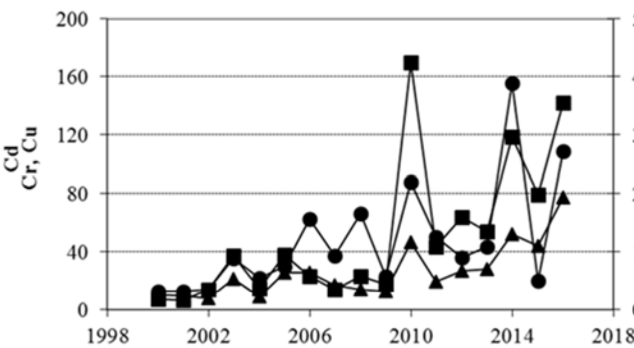
מרינה תל אביב



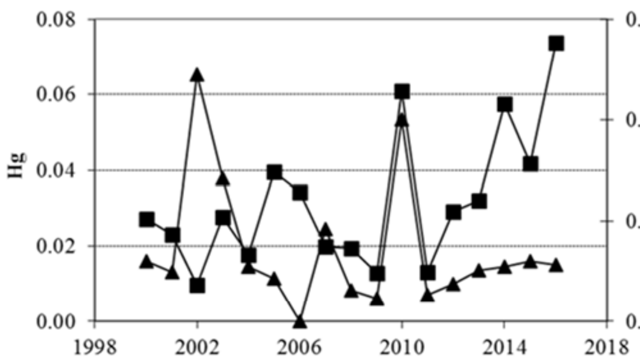
מרינה תל אביב



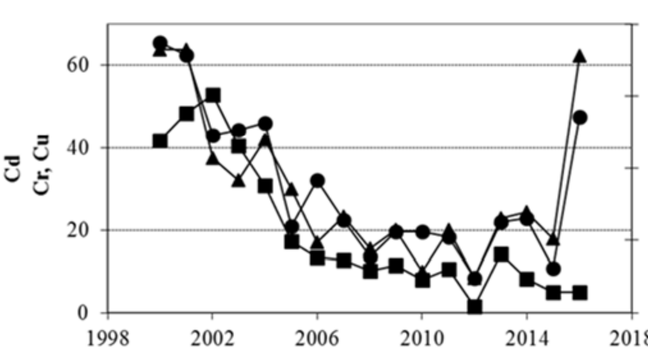
מרינה הרצליה



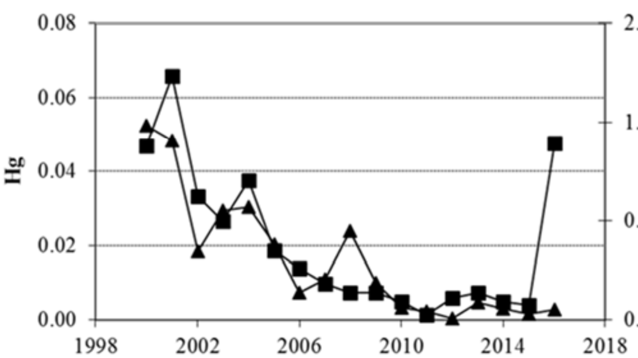
מרינה הרצליה



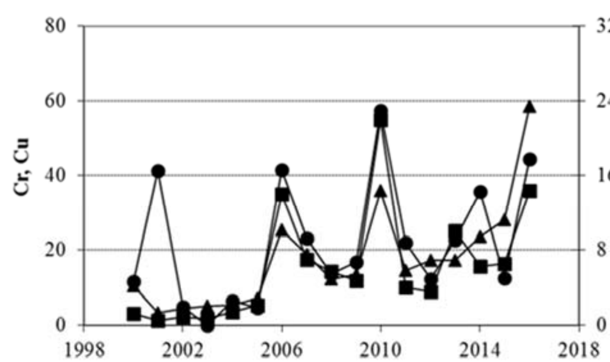
אשדוד



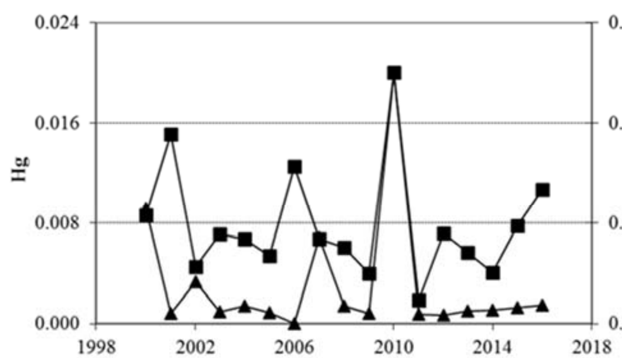
אשדוד



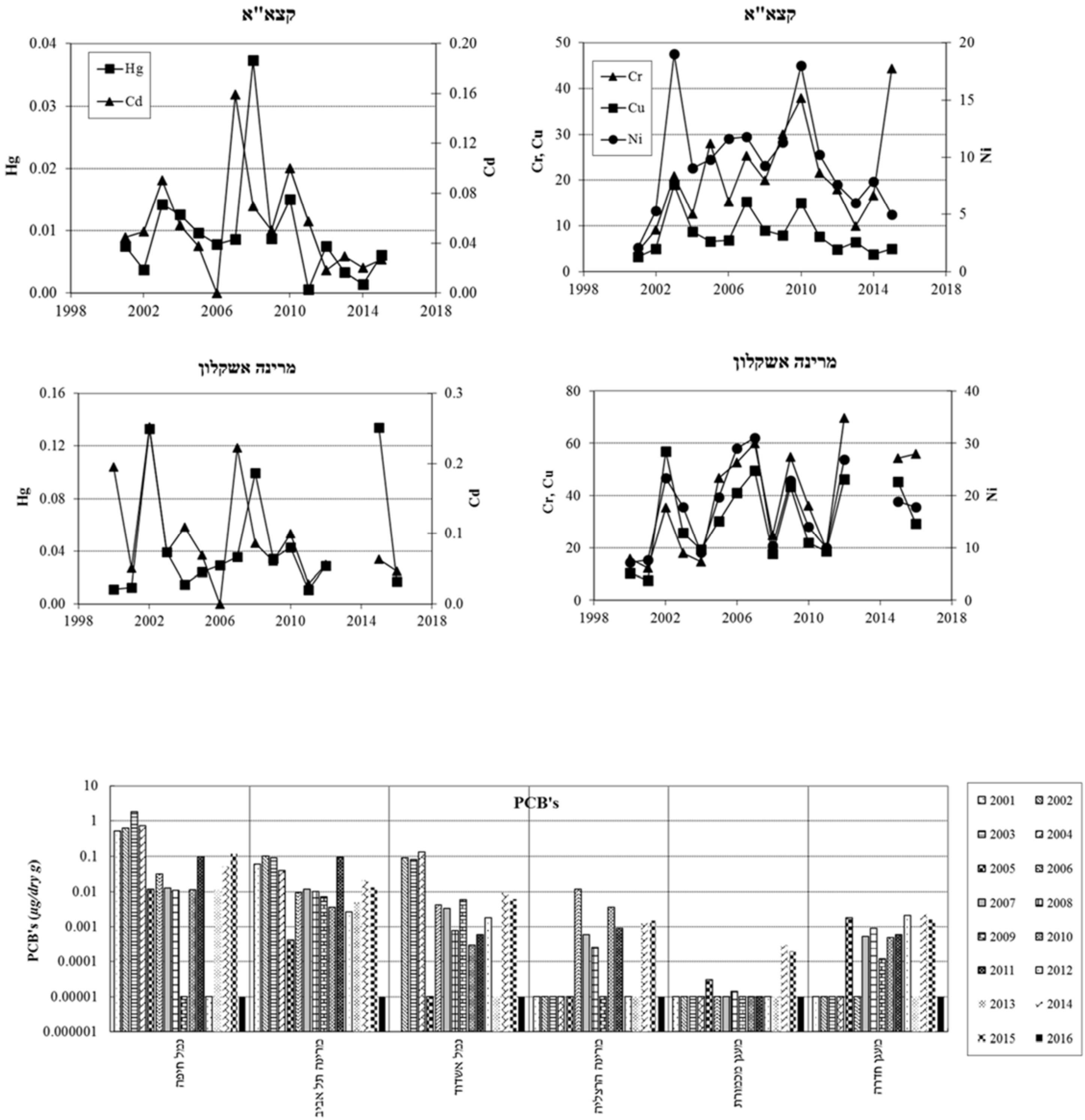
מרינה אשדוד



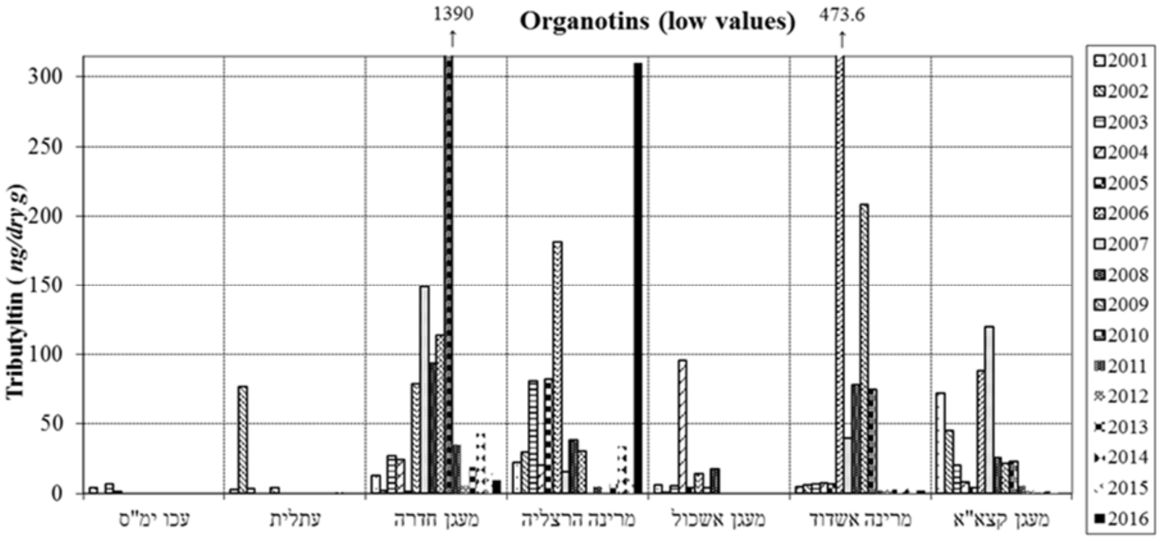
מרינה אשדוד

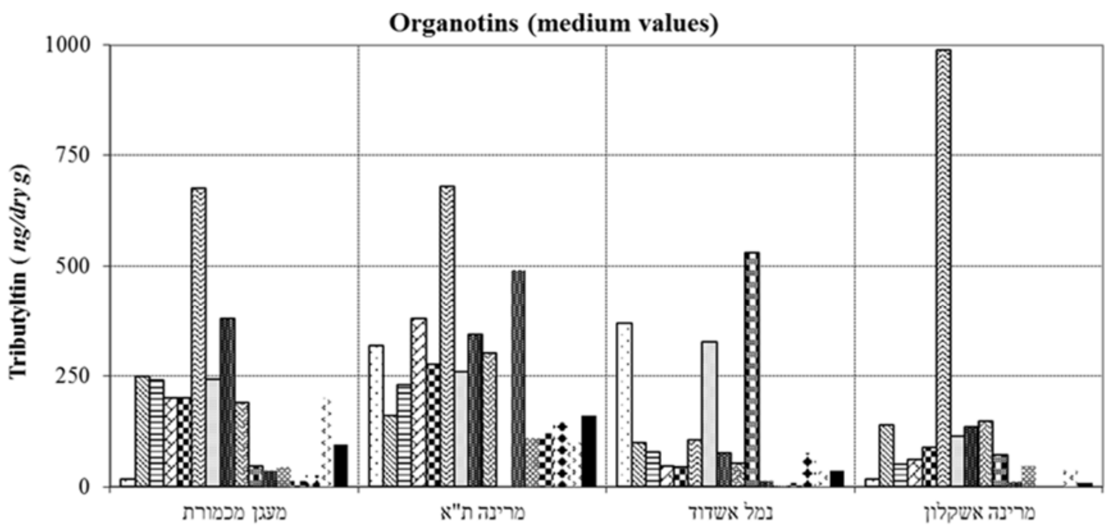


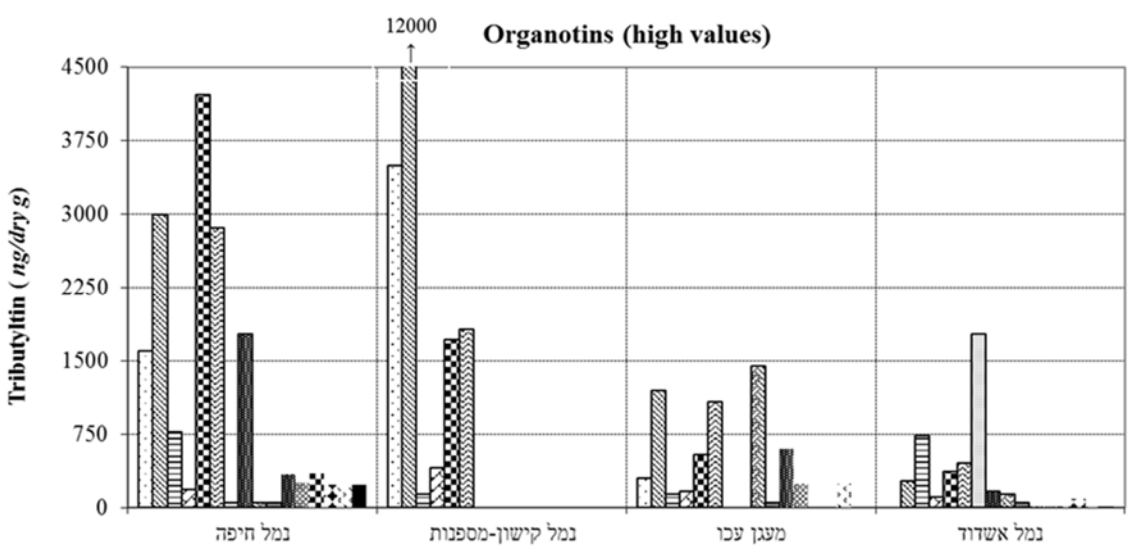
איור 12 : המשך


קצא"א
Hg
Cd
Cr, Cu
Ni
Cr
Cu
מרינה אשקלון
PCB's
PCB's (µg/dry g)
נמל חיפה
מרינה תל אביב
נמל אשדוד
מרינה הרצליה
מעגן מכמורת
מעגן חדרה

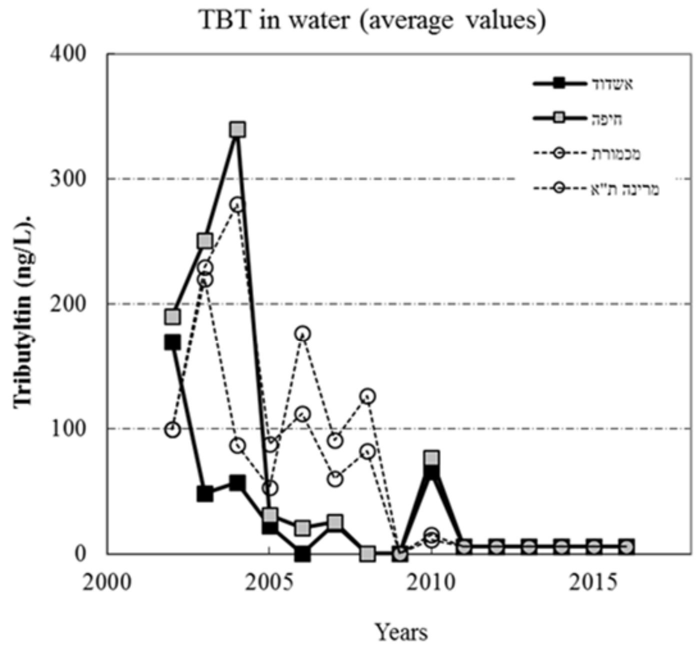
איור 12 : המשך


Organotins (low values)
1390
473.6
Tributyltin (ng/dry g)
0
50
100
150
200
250
300
עכו ימ"ס
עתלית
מעגן חדרה
מרינה הרצליה
מעגן אשכול
מרינה אשדוד
מעגן קצא"א
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016


Organotins (medium values)
Tributyltin (ng/dry g)
0
250
500
750
1000
מעגן מכמורת
מרינה ת"א
נמל אשדוד
מרינה אשקלון


Organotins (high values)
12000
Tributyltin (ng/dry g)
0
750
1500
2250
3000
3750
4500
נמל חיפה
נמל קישון-מספנות
מעגן עכו
נמל אשדוד

איור 12 : המשך


TBT in water (average values)
Tributyltin (ng/L).
Years
אשדוד
חיפה
מכמורת
מרינה ת"א
0
100
200
300
400
2000
2005
2010
2015

איור 12 : המשך

5. מתכות במים

ריכוזי החומר המרחף במים והריכוזים של מתכות כבדות בחומר המרחף (ריכוזים חלקיקיים) נבדקו בשנת 2016 ב-9 אתרים לאורך החוף בין אשקלון לחיפה בעומקי מים של כ-5-10 מטרים (אוגוסט); ב-14 אתרים במפרץ חיפה (יולי/אוגוסט) וב-20 ו-19 תחנות בשפכי נחלי החוף (מרץ ואוקטובר, בהתאמה).

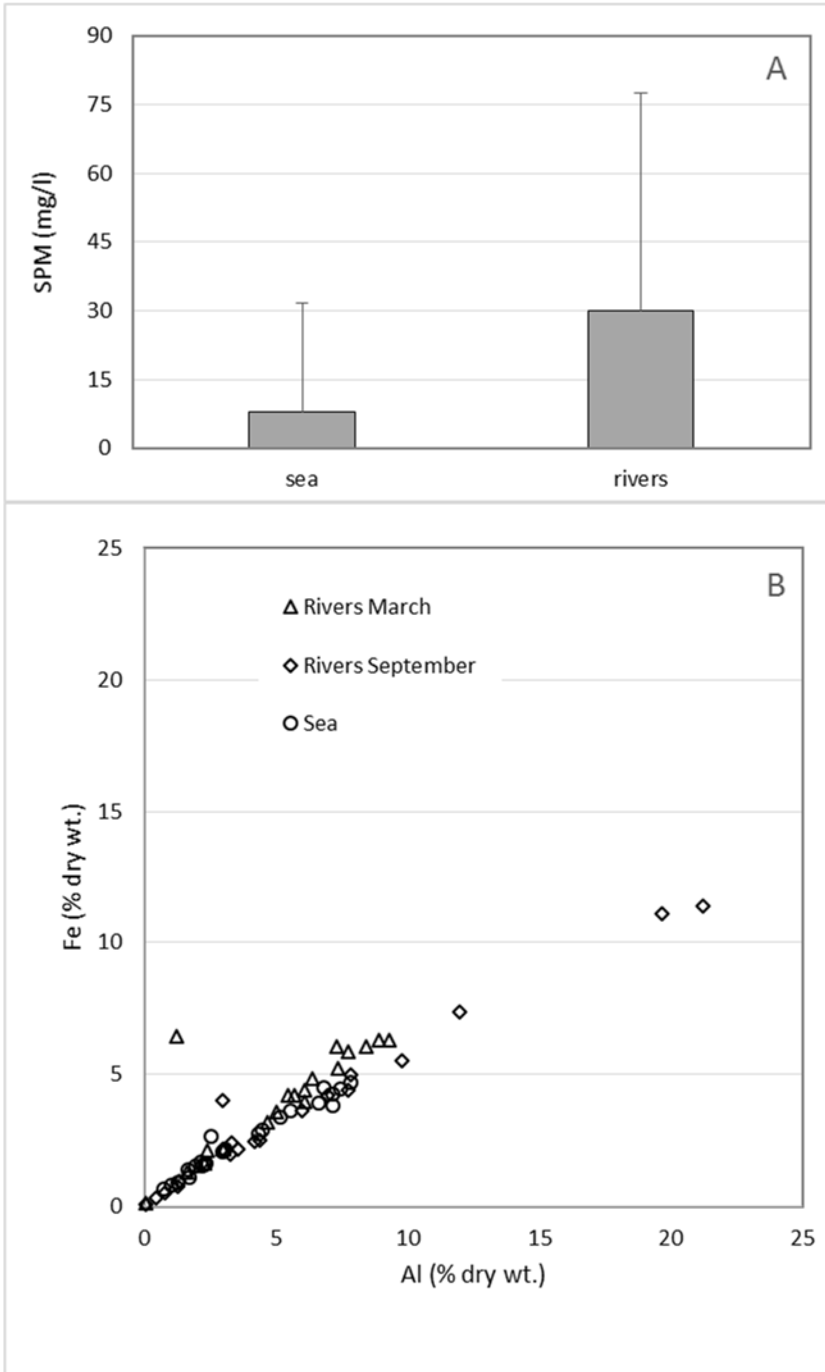
תפוצת ריכוזי החומר המרחף לאורך החוף מוכתבת בעיקרה ע"י שפכי הנחלים וכמה מוצאים ימיים. בים הרדוד, מחוץ למפרץ חיפה, תפוצת החומר המרחף (0.9– 2.6 מ"ג בליטר באוגוסט 2016) מושפעת בין היתר מעוצמת הזרימה בנחלים, מוצאים ימיים ומצב הים, ולכן היא משתנה עונתית וכתלות במרחק מהחוף. ייתכן שהייתה גם השפעה מסוימת של פעילות החפירה במפרץ חיפה במסגרת בניית הנמל החדש.

ריכוזי החומר המרחף בנחלים בד"כ גדולים (בממוצע בסדר גודל) מהריכוזים לאורך החוף (**איור 13**). ההבדלים נמצאו מובהקים (t-test p-value=0.007). תחום ריכוזי החומר המרחף בשפכי הנחלים בחודש מרץ 2016 (4.9-148 מ"ג בליטר) היה גבוה באופן מובהק (t-test p-value=0.006) בהשוואה לתחום הריכוזים שנמדד בחודש אוקטובר 2016 (1.5-269 מ"ג בליטר). במחקר על הסעת רחופת על-ידי הנחלים קישון ואלכסנדר[4] נמצא, שעיקר כמות הרחופת השנתית מוסעת ע"י הנחלים אל הים במספר מצומצם של אירועי שיטפון, ושקיימת שונות גדולה בין השנים, בעיקר כתוצאה משינויים במשטר ההידרולוגי. לא נמצאו הבדלים מובהקים בין ריכוזי המתכות השונות שנמדדו במרץ לעומת אוקטובר

ריכוזי אלומיניום וברזל והיחסים ברזל/אלומיניום בים ובנחלים דומים זה לזה בשנת 2016 (**איור 13**). בחלק מהנחלים והתחנות לאורך החוף נמדדו ריכוזים גדולים יחסית של נחושת, עופרת, אבץ וכרום המצביעים על זיהום. יחד עם זאת, השגיאה בשיטת הקביעה גדולה (עשרות אחוזים), בגלל שהבדיקות נעשות על כמות קטנה של חומר מרחף (מ"ג בודדים).

---

[4] הסעת רחופת על-ידי נחלי החוף אל מדף היבשת של ישראל – נחל קישון ונחל אלכסנדר. דינה וכטמן, עבודת מגיסטר, אוניברסיטת חיפה, פברואר 2004.



איור 13 : ממוצע וסטיית תקן של ריכוזי החומר המרחף בשנת 2016 (A) והקשר בין ריכוזי הברזל (Fe) לבין ריכוזי האלומיניום (B) בחומר מרחף בשפכי הנחלים ובמים הרדודים לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2016.

6. מתכות בבעלי חיים שוכני קרקעית

בשנת 2016 נבדקו ריכוזי מתכות כבדות ברקמות של 13 פרטים של צדפות, ו- 198 פרטים של חלזונות, בהתאמה, כלהלן: 7 פרטים של הצדפה *Mactra stultorum* (בעבר *corallina*) ממפרץ חיפה; ו 6 פרטים של הצדפה *Rudicardium tuberculatum* ממפרץ חיפה. שני פרטים של החילזון (גסטרופוד) *Strombus decorus persicus* ממפרץ חיפה; 110 פרטים של החילזון *Patella* sp. שנאספו בחוף אכזיב, בנמל עכו, במפרץ חיפה (קריית ים), בחוף שמן, בתל שקמונה, בעתלית, במעגן מיכאל, בחדרה, במכמורת, בהרצליה (תחנה שהתווספה בשנת 2014), בפלמחים ובמרינה אשדוד; 56 פרטים של החילזון *Cellana rota* שנאספו בחוף אכזיב, בנמל עכו, במפרץ חיפה (קריית ים), בחוף שמן, בעתלית, בחדרה, במכמורת, בהרצליה (תחנה שהתווספה בשנת 2014), בפלמחים ובמרינה אשדוד ; 14 פרטים של החילזון *Siphonaria crenata* נאספו בעתלית, ובחדרה; ו 16 פרטים של החילזון *Arcularia gibbosula* ממפרץ חיפה. יש לציין כי בשל משקלם הנמוך, של מרבית פרטי בעלי החיים, בוצע איחוד של מספר פרטים (בעלי גודל דומה) לביצוע מדידת המתכות הכבדות.

במהלך שלושת העשורים האחרונים מתקיים מעקב אחר ריכוזי הכספית בצדפות מהמין *Donax* sp. שנדגמו במפרץ חיפה. במהלך העשור האחרון התייצבו הריכוזים ברמה נמוכה, לאחר ירידה חדה לפני שני עשורים (**איור 14**). בשנת 2016 לא הצלחנו לדגום פרטים של *Donax* sp.. משנת 1996 לא חל שינוי משמעותי בריכוזי הכספית בתחנה מול חוף התמרים והם התייצבו על ריכוזים ממוצעים של 11-56 ng/g בחומר הרטוב, למעט בשנים 2001 ו-2012 בהן נמדדו ריכוזים גבוהים יותר עם סטיות תקן גבוהות. ריכוזי הכספית שנמדדו בשנת 2015 נמוכים יותר באופן מובהק (p-value=0.02) מהריכוזים שנמדדו במעגן מיכאל.

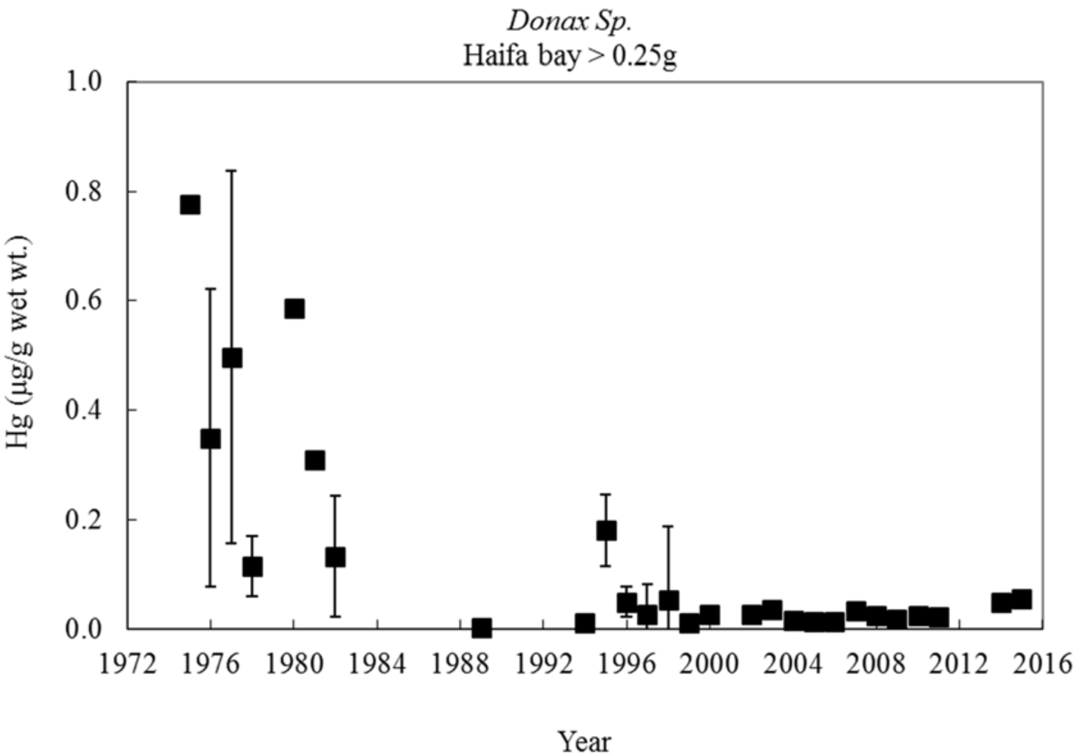
בריכוזי המתכות אבץ, נחושת וארסן שנמדדו בחוף התמרים לא נראים שינויים משמעותיים בשנים 2007-2012. לעומת זאת, בשנים 2014 ו 2015 ניכרת עלייה בריכוזי הנחושת והאבץ (**איור 15**).

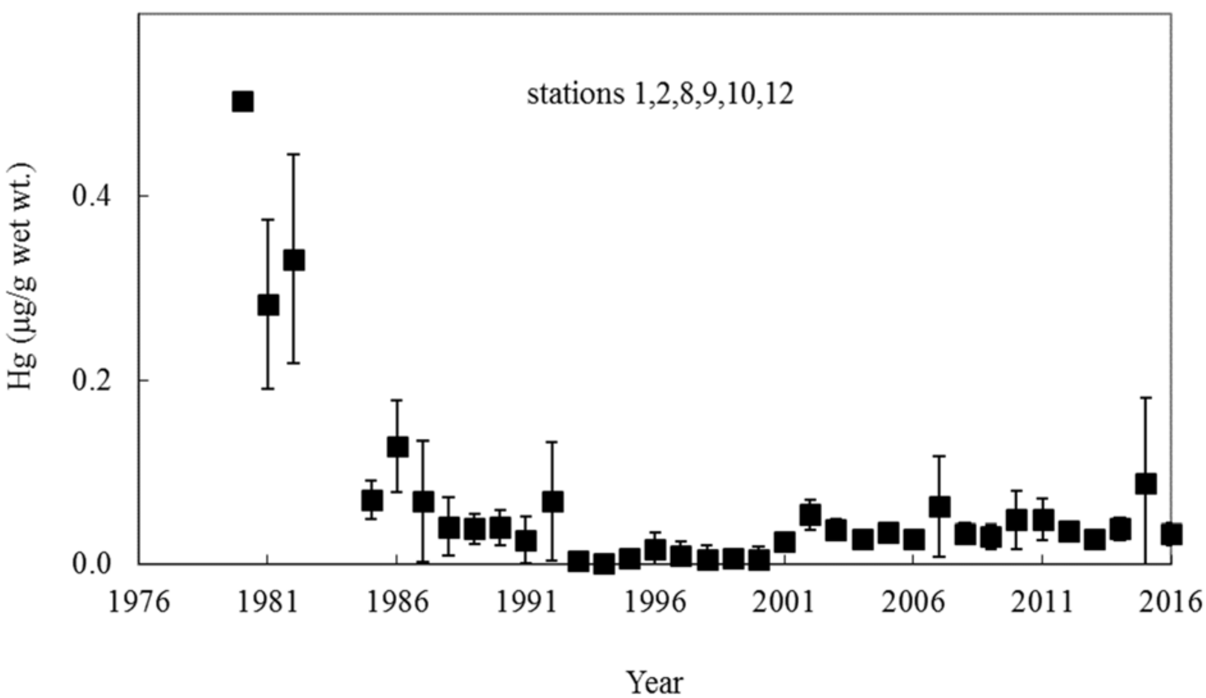
כמות הצדפות מהמין *Mactra stultorum* נמצאת בירידה החל משנת 2001. בעוד שעד 2001 נדגמו כמה מאות פרטים, הרי בשנים 2002 - 2005 נדגמו כמאה פרטים. בשנים 2006-2014 נדגמו עשרות פרטים בלבד בכל תחנות המפרץ. בשנת 2015 נדגמו יותר ממאה פרטים של *Mactra stultorum* *באזור המפרץ* ובשנת 2016 נמצאו 7 פרטים בתחנה HM12 בלבד. בשנת 2015 נמצא הבדל מובהק (p-value<0.0001 במבחן t-test) בין התחנות הצפוניות העשירות יותר בכספית לבין הדרומיות. בחלוקה לארבעת אזורי הדיגום תחנות 8-12, מול פרוטרום, הראו ריכוזים גבוהים יותר באופן מובהק בהשוואה לשאר תחנות הדיגום במפרץ. ריכוז הכספית הממוצע שהתקבל בשנת 2016 הוא 34±12 ng/g wet wt.. השינויים הרב-שנתיים (1980-2016) בריכוזי הכספית בצדפות ממין זה מצפון מפרץ חיפה נבדקו סטטיסטית

באמצעות Analysis of variance (ANOVA) תוך שימוש בניתוח duncan. בדיקת קיומן של מגמות בזמן נעשתה על פרטים מתחנות במפרץ חיפה על-פי החלוקה להלן: מקבץ תחנות מול פרוטרום (12,11,10,9,8), שהראו ירידה מובהקת בשנים 1981-1994, ושתי תחנות ליד עכו (2,1), שהראו ירידה מובהקת בשנים 1986-1988, (**איור 16**). בשנים 1987-2015 (בעכו) ו 1995-2016 (בפרוטרום) נמצא ריכוז כספית דומה לאורך השנים בשני אזורי הדיגום.

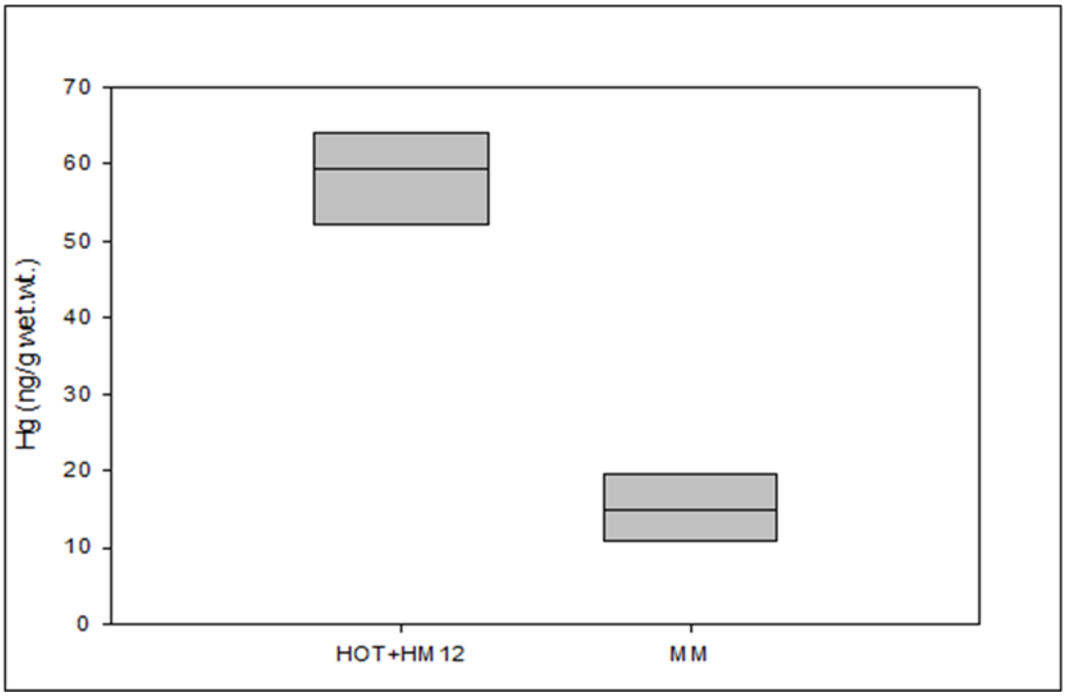
בשנת 2016 נדגמו 6 פרטים בלבד מהצדפה *Rudicardium tuberculatum*. כל הפרטים נדגמו בתחנות הצפוניות (1, 2 ו- 10). גודל הפרטים שנדגמו היה 27.2±10.0מ״מ. בתחנות 10 ו- 1 נמצאו פרטים גדולים פי 2-3 מהפרטים בתחנה 2. ריכוזי המתכות (כספית ואבץ) היו גבוהים יותר בתחנה 2 לעומת תחנות 10 ו- 1, 27.6±2.7ng/g wet wt. ו- 9.67±0.82ng/g wet wt., בהתאמה. יש לציין שבשנת 2016 נאספו פרטים מועטים בלבד שאינם מאפשרים בחינה טובה של תמונת המצב. ריכוזי הכספית בצפון המפרץ בתחנות עכו (1-2) ופרוטרום (8-12) נשמרו לאורך השנים האחרונות (2009-2016). לעומת זאת בתחנות הדרומיות (22-23) נראית מגמת ירידה בשנים 2013-2015. בשנת 2016 לא נדגמו פרטים בתחנות הדרומיות

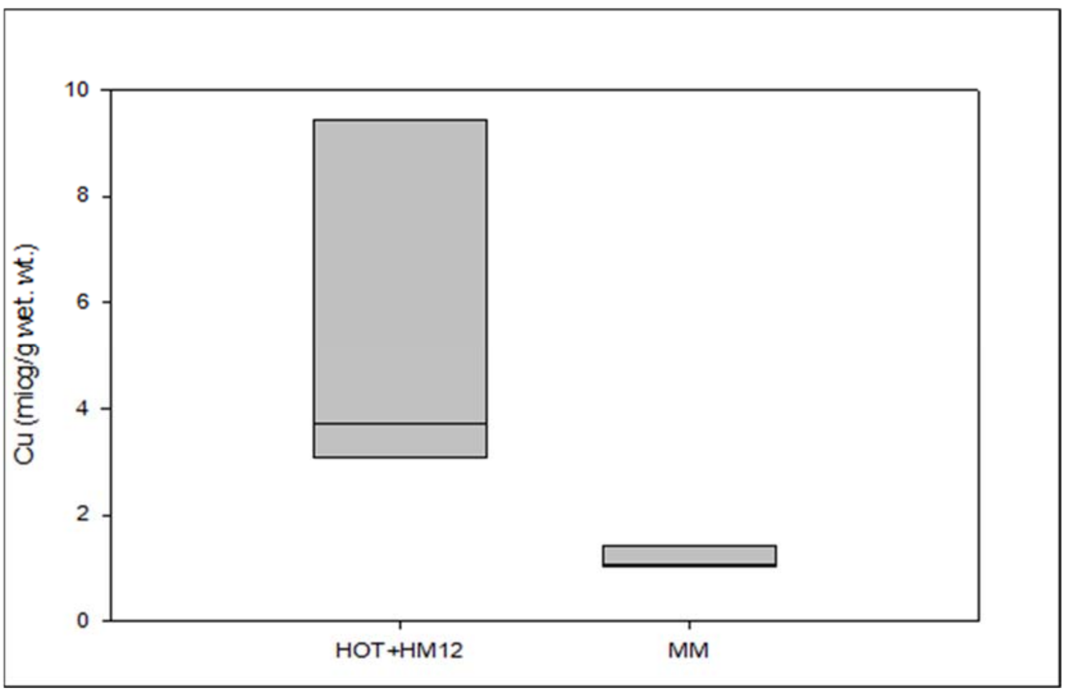
מהצדפה *Camelea galina* לא נמצאו פרטים בשנת 2016, בדומה לשנים האחרונות.



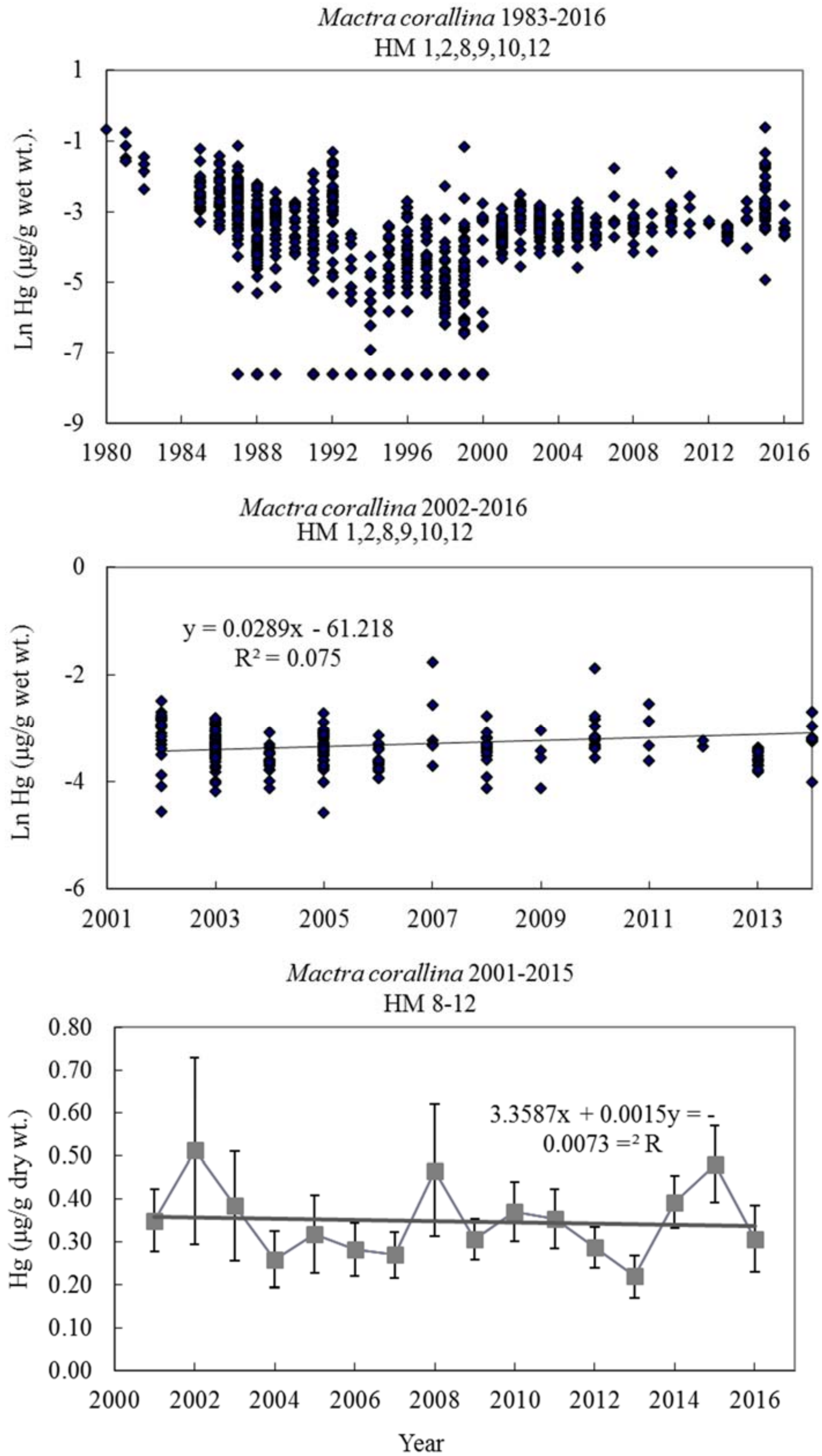


איור 14: ריכוזי הכספית ($\mu g\ g^{-1}$ wet wt., ממוצע שנתי ± סטיית תקן) בצדפות ממפרץ חיפה: *Donax sp.* (1975 - 2015); *Mactra stultorum* (1980 - 2016).





איור 15 : דיאגרמות קופסא של ריכוזי כספית, נחושת, אבץ וארסן בצדפה *Donax sp.* מאזורים שונים בשנת 2015 (בשנת 2016 לא נדגמו פרטים של הצדפה). הקופסא כוללת את ערכי 50% מהדוגמאות, הקו האופקי שבתוכה מייצג את ערך החציון, העמודות מייצגות את ערכי ה-10% ו-90% והנקודות - ערכים קיצוניים. (HOT=חוף התמרים, MM =מעגן מיכאל).



איור 16: שינויים בריכוזי הכספית (סקלה לוגריתמית ורגילה, µg g^{-1} wet wt.) בצדפה *Mactra stultorum* (בעבר *corallina*) בתחנות שונות מצפון מפרץ חיפה בשנים 1980 - 2016.

החלזונות ממין *Patella* sp., אשר חיים בצמוד למצע קשה (בד"כ סלעים באזור משברי הגלים), נדגמו באתרים רבים לאורך החוף (**טבלה 5**, **איור 17**). בוצעה השוואה בין ריכוזי המתכות שהתקבלו בתחנות השונות. הושם דגש על ההבדל בין תחנות המפרץ (עכו, קריית ים, חוף שמן ותל שקמונה) לבין תחנות מחוץ למפרץ. בהמשך נבחנה מגמה רב שנתית עבור כל אחת מהמתכות בכל אחת מתחנות הדיגום (**איור 18**). בחינת המובהקות הסטטיסטית של השונות בין התחנות השונות ובין שנות הדיגום בוצעה בעזרת ניתוח Analysis of variance (ANOVA), תוך שימוש בניתוח duncan. המובהקות נבחנה רק עבור תחנות בהן היו שלשה פרטים ומעלה (אכזיב, עכו, קרית ים, חוף שמן, תל שקמונה, עתלית, מעגן מיכאל, חדרה, מיכמורת, נמל הרצליה, פלמחים ואשדוד).

ריכוזי הכספית שנמצאו בחלזונות *Patella sp.* בשנת 2016 בתחנות במפרץ חיפה גבוהים בהשוואה לתחנות מחוץ למפרץ באופן מובהק. במפרץ התקבלו ריכוזי כספית ממוצעים של 12.1-14.4ppb, בעוד מחוץ למפרץ התקבלו ריכוזים ממוצעים נמוכים מ 8ppb. באכזיב התקבלו ריכוזי כספית נמוכים מהמפרץ אך גבוהים מהתחנות הדרומיות. ההבדלים נמצאו מובהקים בהשוואה למפרץ בלבד. בשנת 2016 נמדדו ריכוזי קדמיום גבוהים בתחנות אכזיב, עכו, חוף שמן, תל שיקמונה ומיכמורת (ריכוזים ממוצעים 0.34-0.27ppm), בהשוואה לייתר התחנות באופן מובהק. בדומה לשנים קודמות, גם בשנת 2016, נמצא ריכוז קדמיום נמוך בפטלות מחוף קריית ים, בהשוואה לייתר תחנות המפרץ, ההבדל נמצא מובהק. ריכוז הנחושת הגבוה ביותר נמדד גם בשנת 2016 בתחנת חוף שמן (2.25±0.83ppm) ולאחריו קריית ים (1.55±0.21ppm). ריכוזים אלו נמצאו גבוהים באופן מובהק בהשוואה לשאר תחנות הדיגום, למעט ההשוואה של קריית ים לאשדוד. בדומה לנחושת גם ריכוז האבץ המקסימאליים התקבלו בתחנות חוף שמן (18.14±2.86ppm) וקריית ים (12.98±0.61ppm). ההבדלים בהשוואה לשאר התחנות נמצאו מובהקים. בנוסף בשנת 2016, בדומה לשנים קודמות, ניתן לראות כי ריכוזי האבץ עולים ככל שמדרימים במפרץ (על אף שההבדלים אינם מובהקים). בשנת 2016 ריכוזי העופרת נמצאו גבוהים באופן מובהק בתחנות עתלית ופלמחים.
בשנת 2016, כבשנים קודמות, נמצאו בפטלות ריכוזי כספית, אבץ, נחושת וקדמיום גבוהים בתחנות במפרץ בהשוואה לשאר התחנות לאורך החוף.

בפטלות מנמל עכו ריכוזי הכספית, הקדמיום, האבץ והברזל מראים מגמת שיפור בשנים האחרונות (**איורים 18, 19**). הירידה נמצאה ליניארית (r^2 >0.65) בכל המתכות (למעט מספר שנים חריגות). בפטלות מקריית ים ריכוזי כל המתכות שנמדדו בשנת 2016 נמצאו דומים סטטיסטית לריכוזים שהתקבלו בשנים קודמות. ריכוזי הכספית הממוצעים בשנים 2016-2007 הם 11.7-30.6ppb. ריכוזי הכספית בפטלות מתל שקמונה בשנת 2016 נמוכים משמעותית ובאופן מובהק בהשוואה לשנים 2013-2015, אך דומים לריכוזים שהתקבלו בשנים קודמות (2008-2012). ריכוזי המתכות האחרות שנמדדו בשנת 2016 נמצאו דומים סטטיסטית לריכוזים שהתקבלו בשנים קודמות. בפטלות שנדגמו בדרום אורך החוף (אשדוד, פלמחים, מכמורת) לא חל שינוי בריכוזי המתכות לאורך השנים. ריכוזי הכספית והקדמיום בתחנות מעגן מיכאל וחדרה מראים ירידה בשנת 2016 בהשוואה לשנים קודמות.

החל משנת 2003 נדגמו חלזונות רבים מהסוג *Cellena rota*, חילזון ממשפחת הצלחיתיים (שאליה משתייך גם *Patella*) אשר היגר לים התיכון מים סוף. ניתוח ריכוזי המתכות בחלזונות סלנה בשנת 2016 בוצע בתחנות בהן נמצאו שני פרטים ויותר (אכזיב, עכו, קריית ים, חוף שמן, עתלית, חדרה, מכמורת, נמל הרצליה, פלמחים ואשדוד) (**טבלה 5, איור 17**). המובהקות נבחנה רק עבור תחנות בהן היו שלשה פרטים ומעלה (אכזיב, עכו, קרית ים, חוף שמן, עתלית, חדרה, מכמורת, פלמחים ואשדוד). ריכוז הכספית בתחנות המפרץ (עכו וקרית ים) היו גבוהים משמעותית ובאופן מובהק בהשוואה לייתר תחנות הדיגום. בחוף שמן, בדומה לשנים קודמות, התקבלו ריכוזי אבץ גבוהים משמעותית בהשוואה ליתר התחנות (29.33±8.73 wet wt.). ריכוזי קדמיום גבוהים התקבלו בסלנות בשנת 2016 בתחנות הצפוניות (אכזיב ועכו). ריכוז העופרת היה גבוה בעתלית עם שונות גבוה בין הפרטים שנדגמו. ריכוזי נחושת גבוהים התקבלו בתחנות דרום המפרץ (קריית ים וחוף שמן). במרבית תחנות הדיגום ריכוזי המתכות שהתקבלו בסלנות בשנת 2016 היו דומים לריכוזים שהתקבלו בשנים קודמות.

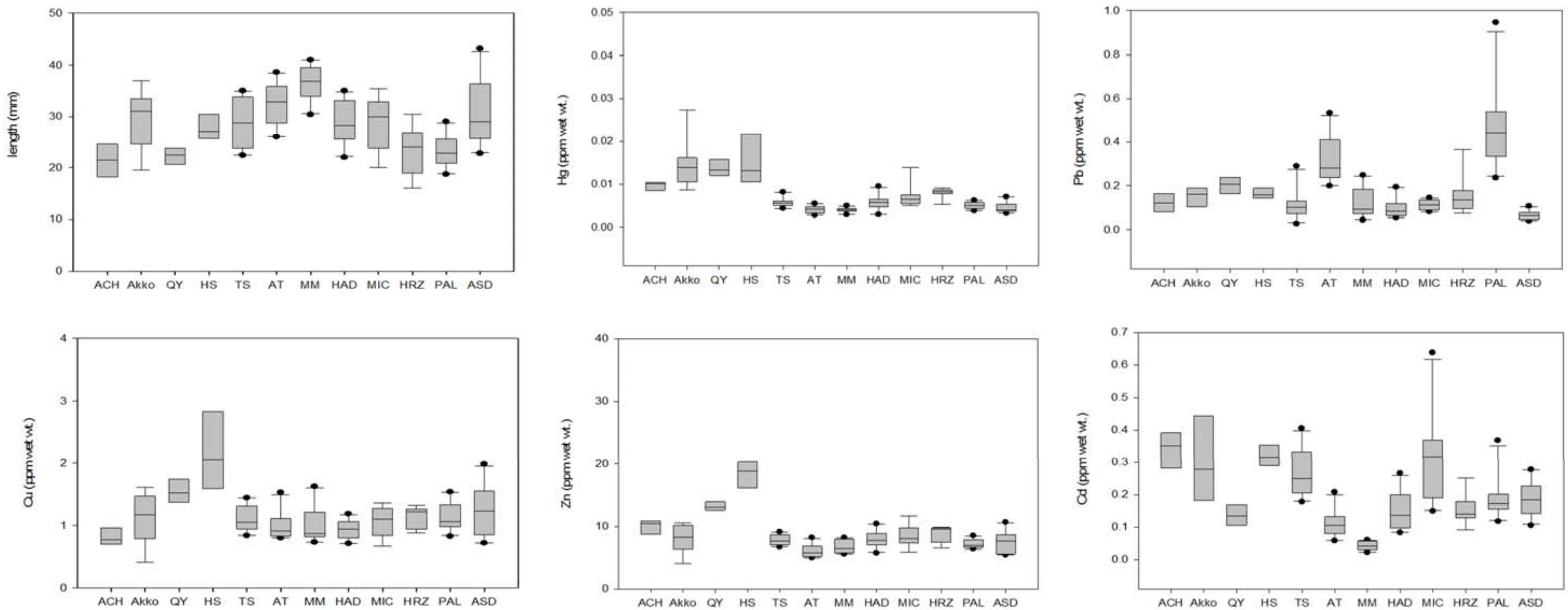
החל משנת 2003 נדגמו חלזונות רבים מהסוג *Cellena rota*, חילזון ממשפחת הצלחיתיים (שאליה משתייך גם *Patella*) אשר היגר לים התיכון מים סוף (**טבלה 5**). ניתוח ריכוזי המתכות בחלזונות סלנה בוצע בתחנות בהן נמצאו שני פרטים ויותר (אכזיב, קריית ים, חוף שמן, תל שקמונה, חדרה, מכמורת, נמל הרצליה, פלמחים ואשדוד). המובהקות נבחנה רק עבור תחנות בהן היו שלשה פרטים ומעלה (קרית ים, חוף שמן, תל שקמונה, מכמורת, נמל הרצליה, פלמחים ואשדוד). בחוף שמן, בדומה לשנים קודמות, התקבלו ריכוזי אבץ גבוהים משמעותית בהשוואה ליתר התחנות בשנת 2015 (21.2±5.8ppm). גם ריכוז העופרת היה משמעותית גבוה בחוף שמן בהשוואה לייתר תחנות הדיגום (0.53±0.22ppm) ריכוז המנגן בפלמחים היה גבוה פי 2 ויותר בהשוואה לשאר תחנות הדיגום. ריכוז הארסן היה גבוהה משמעותית בקריית ים, בהשוואה לשאר התחנות. ריכוזי נחושת גבוהים יותר התקבלו בתחנות הדרומיות (נמל הרצליה, פלמחים ואשדוד).

באכזיב ריכוז הכספית ב- 2016 חזר לערכים נמוכים לאחר ריכוז גבוה שהתקבל בשנת 2015. בחוף שמן התקבל ריכוז עופרת נמוך בהשוואה לשנים 2014-2015 אך דומה לריכוזים שהתקבלו בשנים קודמות. במכמורת נאספו סלנות שנה שניה ברציפות לאחר שלא נאספו פרטים מסוג זה מאז 2007. ריכוז הנחושת היה גבוה בהשוואה לשנות דיגום אחרות. ריכוזי נחושת ואבץ גבוהים שנמדדו בשנת 2015 בפלמחים נמצאו בירידה בשנת 2016. כמו כן, ירידה משמעותית ומובהקת נמצאה באבץ.

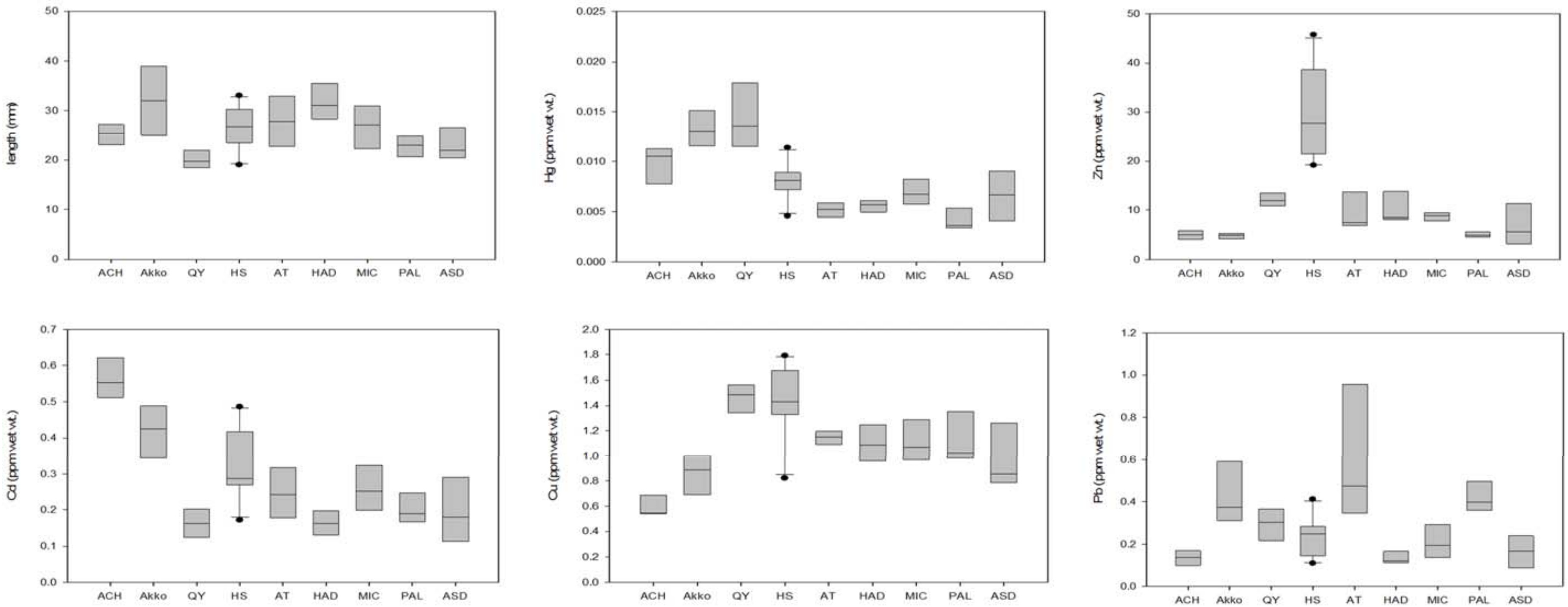
בשנת 2016, בדומה לשנים 2013-2015, נמצאו ונבדקו רק שני פרטים של החילזון *Strombus decorus persicus* ממפרץ חיפה (תחנה HM2).

בשנת 2016 נמצאו 16 פרטים של החילזון *Arcularia gibosulla* רק בתחנות הצפוניות במפרץ חיפה (12,8,1). בחילזון *Arcularia gibosulla*, הניזון מחסרי חוליות קטנים המתחפרים בחול ומבשרם של פגרים, נמצאו בעבר הבדלים בריכוזי הכספית, הקדמיום, הנחושת והאבץ בין התחנות בצפון מפרץ חיפה הקרובות למפעלים האלקטרוכימיים לשעבר, לתחנות בדרום המפרץ, הקרובות יותר לשפך הקישון. בשנים 2015-2011 ריכוז הכספית היה גבוה יותר בחלזונות שנאספו בתחנות מצפון המפרץ (0.294±0.104ppm wet wt.) בתחנות (12-1) לעומת תחנות דרומיות יותר

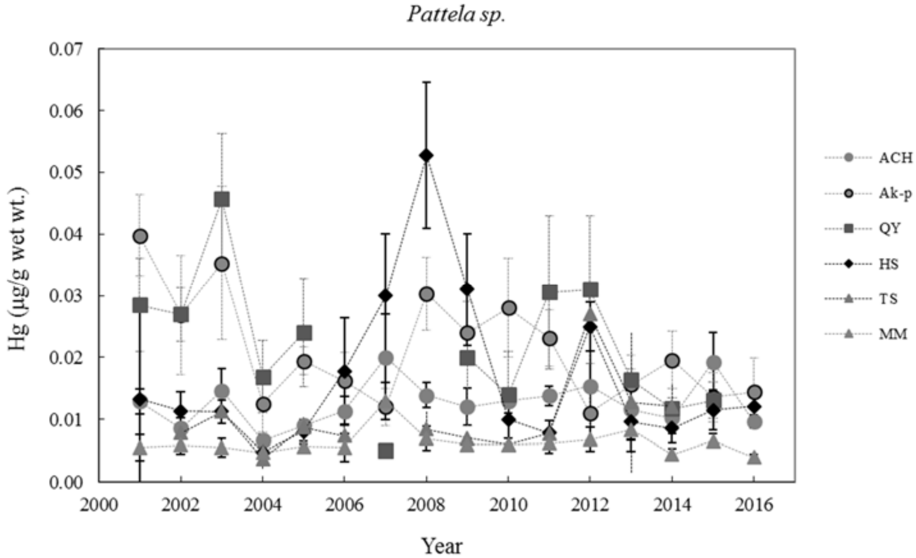
0.087±0.024ppm wet wt.) בתחנות 23-18). לעומת זאת, ריכוזי הנחושת והאבץ גבוהים יותר בפרטים מהתחנות הדרומיות בהשוואה לצפוניות. גם הבדלים אלו נמצאו מובהקים במבחן t-test. בשנת 2016 לא נדגמו פרטים בתחנות הדרומיות ולכן לא ניתן היה לבצע את ההשוואה אולם השינויים הרב-שנתיים מוצגים ב**איור 20**.



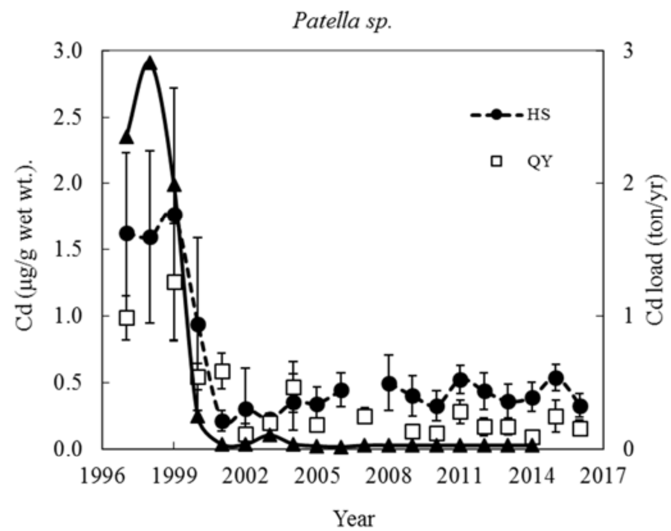
איור 17 : דיאגרמות קופסא של ריכוזי כספית, קדמיום, נחושת, אבץ, עופרת וארסן בחלזון *Patella sp.* (A) ו- *Cellena rota* (B), שנדגמו לאורך חופי ישראל בשנת 2016. הקופסא כוללת את ערכי 50% מהדוגמאות, הקו האופקי שבתוכה מייצג את ערך החציון, העמודות מייצגות את ערכי ה-10% ו-90% והנקודות - ערכים קיצוניים. (ACH=אכזיב, AK-p=עכו נמל, QY=קריית ים, HS=חוף שמן, TS=תל שקמונה, AT=עתלית, MM=מעגן מיכאל, HAD=חדרה, MIC=מכמורת, PHRZ=הרצליה, PAL=פלמחים, ASH=מרינה אשדוד).

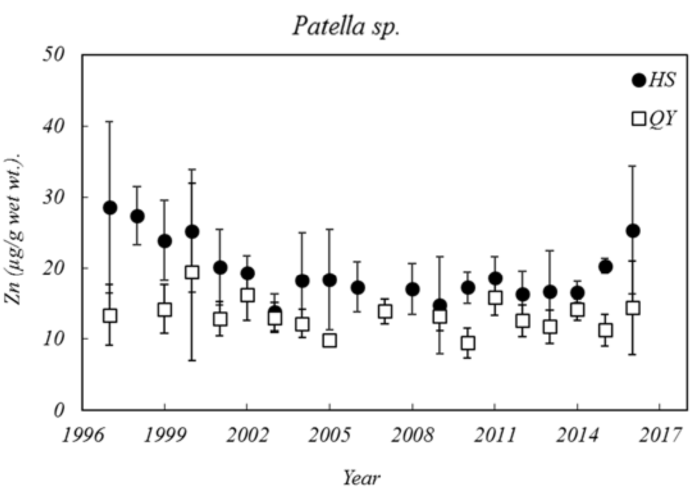

length (mm)
Hg (ppm wet wt.)
Zn (ppm wet wt.)
Cd (ppm wet wt.)
Cu (ppm wet wt.)
Pb (ppm wet wt.)
ACH Akko QY HS AT HAD MIC PAL ASD

איור 17: המשך

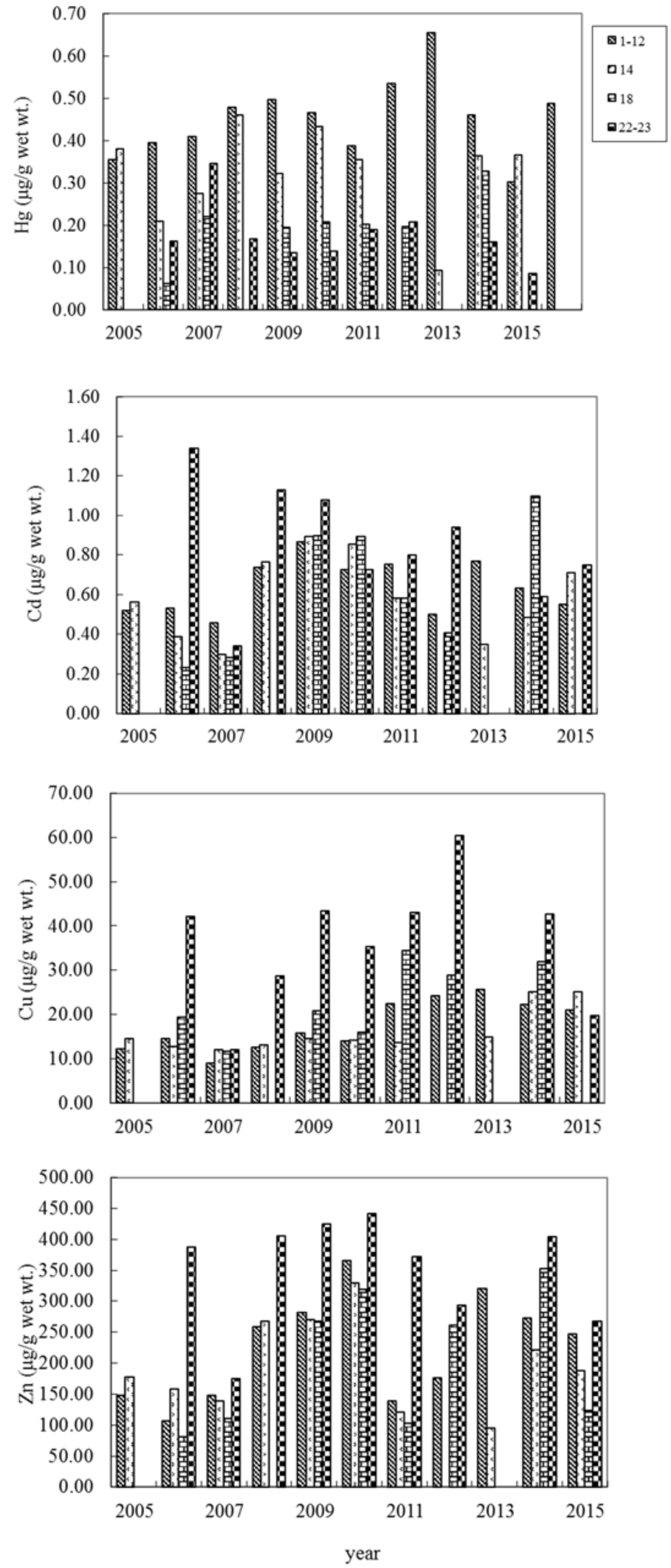


איור 18 : שינויים בריכוז הכספית בחלזונות *Patella sp.* באתרים שונים לאורך החוף הצפוני של ישראל בשנים 2001 – 2016.





איור 19 : ריכוזי קדמיום ואבץ ($\mu g\ g^{-1}$ wet wt.) בחלזונות *Patella sp.* מחוף שמן בשפך נחל הקישון (HS) ומקריית ים (QY) בשנים 1997 - 2016. הקו הרציף בגרף העליון מציג את השינויים בכמויות הקדמיום שהוזרמו במשך השנים לנחל הקישון.



איור 20 : השינויים בריכוזי כספית, קדמיום , נחושת ואבץ בחילזון *Arcularia gibbosula* בתחנות השונות של המפרץ בשנים 2005 – 2016.

טבלה 5 : ריכוזים ממוצעים של מתכות בחילזונות *Patella sp.* ו Cellana sp. ובצדפה *Donax sp* במפרץ חיפה ובתחנות שונות לאורך החוף בשנת 2016. מובהקות סטטיסטית נבחנה ע״י Anova+dunken או t-test. אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק.

תוצאות פטלות 2016 (ANOVA- Duncan)

station ID	length (mm)	Groups	Hg ppb wet wt.	Groups	Cd ppm wet wt.	Groups	Cu ppm wet wt.	Groups
ACH	21.3+4.0	D	9.65+1.02	B	0.343+0.054	A	0.79+0.16	D
AKKO	29.7+5.7	B	14.41+5.54	A	0.358+0.193	A	1.13+0.42	CD
QY	22.1+2.7	D	14.11+2.64	A	0.152+0.068	B	1.55+0.21	B
HS	28.1+3.8	BC	12.13+3.07	A	0.329+0.062	A	2.25+0.83	A
TS	28.8+4.9	B	5.68+1.08	CD	0.268+0.073	A	1.12+0.21	CD
AT	32.4+4.1	B	4.07+0.90	D	0.112+0.041	BC	0.94+0.13	CD
MM	36.5+3.5	A	3.95+0.55	D	0.0421+0.014	C	1.02+0.29	CD
HAD	29.0+4.3	B	5.28+1.20	CD	0.153+0.059	B	0.94+0.15	CD
MIC	28.7+4.9	B	7.09+2.70	BCD	0.256+0.081	A	1.05+0.24	C
HERZ	23.4+4.7	CD	7.94+1.08	BC	0.155+0.045	B	1.14+0.17	CD
PAL	23.2+3.0	D	4.95+0.76	CD	0.190+0.068	B	1.13+0.24	CD
ASD	31.0+6.5	B	4.52+1.32	CD	0.188+0.056	B	1.25+0.43	BC

station ID	Zn ppm wet wt.	Groups	Mn ppm wet wt.	Groups	Fe ppm wet wt.	Groups	Pb ppm wet wt.	Groups
ACH	9.88+1.44	B	0.565+0.184	DE	219+35	CD	0.134+0.069	CDE
AKKO	8.21+2.26	BC	0.448+0.223	E	191+99	D	0.168+0.087	CD
QY	12.98+0.61	A	3.39+1.38	A	306+86	ABC	0.224+0.096	C
HS	18.14+2.86	A	2.075+0.716	B	255+43	BCD	0.166+0.046	CDE
TS	7.85+0.82	BC	0.916+0.349	CDE	206+39	D	0.112+0.070	DE
AT	5.84+0.77	C	1.398+0.346	BC	206+42	D	0.290+0.076	B
MM	6.78+1.01	BC	1.345+0.569	BCD	182+35	D	0.124+0.070	DE
HAD	7.96+1.37	BC	1.749+0.446	B	291+52	AB	0.098+0.048	DE
MIC	8.50+1.74	B	1.690+0.923	B	341+104	A	0.114+0.023	DE
HERZ	8.78+1.28	BC	1.008+0.510	CDE	229+49	CD	0.154+0.087	CDE
PAL	7.25+0.72	BC	1.871+0.748	B	300+51	BC	0.416+0.109	A
ASD	7.53+1.83	BC	0.990+0.673	CDE	236+96	CD	0.064+0.021	E

(ANOVA- Duncan) 2016 תוצאות סלנה

station ID	length (mm)	Groups	Hg ppb wet wt.	Groups	Cd ppm wet wt.	Groups	Cu ppm wet wt.	Groups
ACH	25.2±2.1	BCD	9.88±2.09	B	0.562±0.058	A	0.591±0.096	C
AK-p	32.1±7.4	A	12.99±2.99	A	0.418±0.140	B	0.861±0.189	BC
QY	20.0±2.2	D	14.36±3.27	A	0.166±0.056	D	1.446±0.185	A
HS	27.9±5.8	ABC	8.03±1.64	BC	0.331±0.099	C	1.382±0.304	A
AT	27.8±5.4	ABC	5.20±0.75	DE	0.245±0.072	CD	1.145±0.057	AB
HAD	31.7±4.1	AB	5.56±0.62	DE	0.163±0.040	D	1.101±0.142	B
mic	26.8±5.1	ABC	6.97±1.39	CD	0.256±0.068	CD	1.110±0.179	B
HRZ	22.5±0.7		9.570±0.045		0.312±0.090		1.022±0.001	
PAL	22.7±2.5	CD	4.14±0.94	E	0.197±0.068	D	1.131±0.267	B
ASD	22.9±3.4	CD	6.62±2.54	CDE	0.194±0.096	D	0.970±0.283	B

station ID	Zn ppm wet wt.	Groups	Mn ppm wet wt.	Groups	Fe ppm wet wt.	Groups	Pb ppm wet wt.	Groups
ACH	5.07±0.93	C	0.558±0.170	DE	158.5±12.9	C	0.134±0.037	C
AK-p	5.20±1.21	C	0.364±0.088	E	184.2±89.5	C	0.409±0.151	B
QY	12.17±1.45	B	3.007±0.667	AB	252.5±40.8	CB	0.294±0.082	BC
HS	29.33±8.73	A	1.423±0.686	CD	190.2±42.0	CB	0.246±0.094	C
AT	9.40±4.15	BC	2.134±0.629	BC	388.1±199.9	A	0.593±0.345	A
HAD	10.48±3.35	BC	1.651±0.598	CD	308.4±131.1	AB	0.136±0.033	C
mic	8.87±1.10	BC	1.330±0.816	CDE	258.6±88.1	BC	0.213±0.087	C
HRZ	7.71±1.09		0.999±0.351		165.7±30.3		0.171±0.010	
PAL	5.22±0.85	C	3.647±1.833	A	384.5±52.7	A	0.437±0.097	AB
ASD	6.77±4.39	BC	0.713±0.166	DE	186.9±21.8	CB	0.164±0.081	C

7. מתכות בדגים

בשנת 2016 נבדקו מתכות כבדות ברקמות השריר של 67 פרטים של 4 מיני דגים חופיים נפוצים ו-57 פרטים של דגי מכמורת מ-5 מינים שנבדקו בעבר. הדגים החופיים כללו 18 פרטים של *Lithognathus mormyrus* מנמל חיפה ומג׳יסר עזארקא. 17 פרטים של *Diplodus sargus* מנמל חיפה ומחוף הבונים. 10 פרטים של *Siganus rivulatus* מעתלית. ו- 22 פרטים של *Sargocentron rubrum* מעכו, מעתלית וממעגן מיכאל. דגי המכמורת כללו 9 פרטים של ו-*Pagellus erythrinus*, 10 פרטים של *Mullus barbatus*, 3 פרטים של *Mullus surmuletus*, 13 פרטים של *Boops boops*, ו- 7 פרטים של *Upeneus moluccensis*. כל הפרטים נדוגו בחלק הדרומי של ישראל באזור אשדוד.

בנוסף נבדקו 15 פרטים של המין הפולש *Namipterus randalli* במרכז ובדרום הארץ.

בנוסף לשריר הדג נבדקו מתכות ב-41 דגימות כבד של דגים מסוג *Lithognathus mormyrus*, *Sargocentron rubrum* ו- *Diplodus sargus*.

בשנת 2007 שירות המזון הארצי במשרד הבריאות אימץ ערך של 0.5 חל״מ (משקל רטוב, כספית מטילית, עדכון ינואר 2009) כקו מנחה לריכוז מירבי מותר בדגים (למעט מספר מינים ודגים טורפים). כמו כן, ריכוז מירבי דומה בדגים עד הוצאתם משערי משק הגידול בלבד אומץ ע״י השירות הווטרינרי (פיקוח מוצרים מן החי) במשרד החקלאות הפועל ע״פ תקנות (תקנות מחלות בעלי חיים (מניעת שאריות ביולוגיות), התש״ס-2000). בכמה מדינות, כגון ארה״ב, מתקיים עתה תהליך של בחינה מחדש של התקנים לריכוז כספית בדגים, והמגמה הכללית היא בכיוון המלצה להגבלת הכמות הנצרכת בהתאם למאפייני אוכלוסיות שונות (נשים בהריון, ילדים וכד׳).

לאור זאת וכפי שכבר הומלץ בדו״חות קודמים, יש להאיץ ולהשלים את התהליך של בחינה וקביעה של תקן ישראלי עדכני לריכוז המותר של כספית (ומתכות נוספות) בדגי מאכל (העניין נדון לפני כמה שנים בין משרד הבריאות למשרד החקלאות אולם לא סוכם). יחד עם זאת, כאמור לעיל, בשנת 2007 אימץ שירות המזון הארצי במשרד הבריאות קווים מנחים לריכוז מירבי מותר של מתכות בדגים. הקווים המנחים עודכנו בתאריך 1/5/2016 ונקבעו ריכוזים מותרים של כספית מטילית, עופרת, קדמיום וארסן כללי (0.5, 0.3, 0.05, 1 חל״מ, בהתאמה) בדגים ומוצריהם.

מבין הדגים שנבדקו בשנת 2016, ריכוז הכספית הכללית היה מעל 0.5 חל״מ ב7 דגים מהסוג *Sargocentron rubrum* שנדוגו בין עכו לחיפה. החריגות מייצגות 5.7% מכלל הדגים שנבדקו. בדגים החופיים שנבדקו ממפרץ חיפה ומאזור עכו החריגה מהווה 26% מכלל הדגים שנבדקו מאזור זה. ריכוז גבוה מ 0.4ppm נמצא בפרט בודד של *Pagellus erythrinus* שנדוג באשדוד.

כמו בשנים קודמות, בכל הדגים שנבדקו בשנת 2016 לא נמצאה העשרה במתכות האחרות (Zn, Cu, Cd **טבלה 6**), בהשוואה לריכוזי המתכות הידועים מאזורים אחרים בים התיכון. בכל הדגים נמצאו

ריכוזי קדמיום קטנים מסף הגילוי הכמותי של השיטה (0.05 חל״מ משקל רטוב), ובהתאם קטנים מערך הקו המנחה לריכוז מירבי.

היות שבחלק ממיני הדגים קיים מתאם חיובי בין גודל הדג (אורך או משקלו) לריכוז הכספית ברקמת השריר (ביטוי לצבירת כספית עם הגיל), הערכה של רמת ההעשרה בכספית נעשית ע״י נרמול ריכוזי הכספית במשקל (יחס כספית/משקל). בחינת מובהקות התוצאות בוצעה ע״י t-test. מאז סוף שנות ה-70 נמצא שדגי *Diplodus sargus*, *Sargocentron rubrum* ו-*Lithognathus mormyrus* במפרץ חיפה מועשרים בכספית ביחס לפרטים של אותם מינים שנאספו באזורים אחרים. הממצאים נמצאו מובהקים בשנת 2016 עבור *Sargocentron rubrum* ו- *Diplodus sargus* (**איורים 23-25**, **טבלה 7**). בשנת 2016 נאספו *Lithognathus mormyrus* ו- *Diplodus sargus* רק באזור שמול שובר נמל חיפה בדרום המפרץ (לא הצלחנו להשיג דגים מצפון המפרץ) ולכן נצפה להבדלים קטנים יותר בין אזור זה לאתרים דרומית למפרץ חיפה. אף על פי כן ההבדל עבור *Diplodus sargus* נמצא מובהק.

משנות השמונים ועד שנות ה-2000 (במהלך שני עשורים) חלה ירידה ניכרת ברמות הכספית בדגים מהמפרץ. אולם ב-15 שנות הדיגום האחרונות רמות הכספית בדגים *Diplodus sargus* ו-*Sargocentron rubrum* מהמפרץ עלתה באופן משמעותי וחזרה כמעט לערכים של שנות השמונים. החל משנת 2012 ועד שנת 2015-2016 מסתמנת התייצבות בריכוז הכספית. לעומת זאת במין *Lithognathus mormyrus* נשמרו ערכי כספית קבועים לאורך השנים האחרונות (**איורים 21-23**). ריכוזי הכספית המנורמלים למשקל בדג *Lithognathus mormyrus* במפרץ ומחוץ למפרץ לא מראים מגמה רב שנתית בשנים 2007-2016. בדג *Sargocerum rubrum* נמצאה עליה בריכוז הכספית המנורמל בשנים 2006-2012 וירידה בשנים 2012-2015. בשנת 2016 נמצאו ריכוזים מנורמלים דומים לריכוזים שהתקבלו בשנת 2013. שתי המגמות נמצאו מובהקות עבור מפרץ חיפה. לעומת זאת בתחנות מחוץ למפרץ לא ניתן להבחין במגמה רב שנתית מאז 1986.

בדג *Mullus barbatus*, שנדוג בדיג מכמורת לאורך חופי הארץ, לא נמצאו הבדלים בריכוז הכספית (מנורמל) בשנות הדיגום האחרונות (2007-2016). לעומת זאת, ריכוז הנחושת בשנים 2012-2015 וריכוזי האבץ בשנים 2013-2014 מראים מגמת עלייה רב שנתית בצפון הארץ. בייתר חלקי הארץ לא ניתן להבחין במגמה זהה. בשנת 2016 לא נאספו דגים בצפון הארץ אלא בדרום בלבד.

הדג *Namipterus randalli* נדוג ע״י מכמורתנים בשנת 2016 במרכז הארץ (בין עתלית לחדרה ובין נחשולים לנתניה) ובדרום (באשדוד). לא נמצאו הבדלים מובהקים בין ריכוזי הכספית במרכז ובדרום הארץ (**טבלה 7**). ריכוזי האבץ והנחושת נמוכים באשדוד (2.88±0.23ppm ו- 0.236±0.024ppm בהתאמה) בהשוואה לעתלית (3.23±0.26ppm ו- 0.423±0.084ppm בהתאמה). ההבדלים נמצאו מובהקים (ערכי p-value שהתקבלו עבור t-test הם 0.0004 ו- 0.016 בהתאמה). על אף שבחלק

מההשוואות הנ"ל בין ריכוזי המתכות בדגי המכמורת מהאזורים השונים נמצאו הבדלים משמעותיים במבחנים סטטיסטיים, לא ברור האם הם מצביעים על משמעות אקולוגית.

כפי שנכתב בדו"ח הקודם, דגים אשר שוהים בסביבה מזוהמת יכולים בתנאים מסוימים לקלוט מזהמים כגון מתכות, חומרים אורגניים ומיקרואורגניזמים פתוגניים. לכן מומלץ, כאמצעי ביטחון להגנה על הציבור וגם כאשר אין עדויות להצטברות חומרים מזהמים בדגים, לאסור כל פעילות של דייג ולאכוף איסור זה בקפדנות באזורים שבהם נמצא זיהום משמעותי או שקיים חשש לזיהום עקב הזרמת שפכים. על סמך המידע הקיים, האזורים בתחום מימי החופין שבהם מומלץ לאסור פעילות דייג כוללים את המוצא הימי של בוצת השפד"ן, המוצא הימי של צינור אגן כימיקלים/בתי זיקוק אשדוד, המוצא הימי של מט"ש הרצליה, מוצאי הנחלים קישון, שורק, אלכסנדר, נעמן והתחום הפנימי בכל הנמלים והמעגנות (בחלקם אזורים אלה הם ממילא שטחים צבאיים סגורים או אזורים אסורים לדייג). כפי שנמסר ע"י אגף הדייג במשרד החקלאות, אין כיום סמכות חוקית לאסור דייג במקומות מזוהמים (למעט האיסור הכללי על דייג בשטחי נמלים). ככל הידוע עניין זה נמצא בהליך הסדרה בחקיקה.

טבלה 6. תחום ריכוזי מתכות ברקמות השריר של דגים חופיים ודגי מכמורת שנדוגו לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2016.

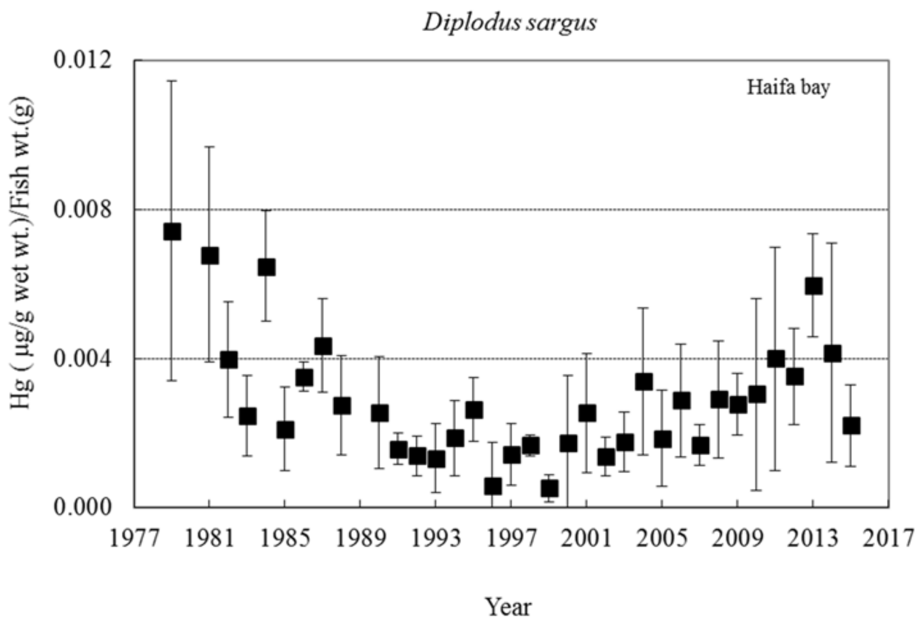
Species	Location	Sampling date	Dedpth	specimens	length	Hg	Cd	Cu	Zn	Fe	As
			m	#	mm	ng/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
דגי מכמורת											
Mullus barbatus	חלק דרומי של ישראל (TRD)	12-12-16	60-80	10	140-185	3.9-74	<0.05	0.23-0.53	2.6-4.4	0.69-2.71	12-27.
Mullus surmuletus	חלק דרומי של ישראל (TRD)	14-11-16	20-40	3	135-195	10-47	<0.05	0.29-0.38	2.8-3.5	0.87-2.46	
Upeneus moluccensis	חלק דרומי של ישראל (TRD)	30-05-16	40-60.	7	130-170	24-405	<0.05	0.3-0.44	2.9-4.0	1.5-2.4	
Pagellus erythrinus	חלק דרומי של ישראל (TRD)	30-05-16	40-60	9	110-145	24-195	<0.05	0.25-0.35	3.1-3.5	1.2-2.1	
Namipterus randalli	חלק תיכון של ישראל (TRB)	06-06-16	3-5.	8	170-190	26-200	<0.05	0.33-0.56	2.9-3.5	0.95-1.96	
	חלק דרומי של ישראל (TRD)	23-05-16	40	7	150-180	26-115	<0.05	0.19-0.25	2.6-3.2	0.32-1.13	
Boops boops	חלק דרומי של ישראל (TRD)	23-30/5/2016	40-60	13	115-150	8-36	<0.05	0.27-0.47	3.0-4.5	1.7-3.9	
דגים חופיים											
Lithognathus mormyrus	נמל חיפה	1-4/6/2016	2-3.	8	160-185	14-263	<0.05	0.41-0.65	4.0-5.8	2.4-3.8	
	ג'יסר עזרקא	29-05-16	3.5	10	130-145	14-71	<0.05	0.32-0.64	4.6-6.7	1.4-2.1	0.47-3.95
Sargocentron rubrum	בין עכו לחיפה	01-06-16	8-10.	10	155-170	309-774	<0.05	0.12-0.5	2.5-4.6	3.1-5.3	
	עתלית	24-07-16	26	5	95-200	49-244	<0.05	0.27-0.44	2.6-4.2	2.5-3.8	
	עתלית	29-05-16	3-5.	3	150-170	72-201	<0.05	0.31-0.45	3.3-4.2	3.3-6.3	
	מעגן מיכאל	25-07-16		4	190-220	115-360	<0.05	0.45-0.52	3.1-3.3	3.4-5.8	
Siganus rivulatus	עתלית	06-06-16	3-5.	10	175-195	4.8-21.9	<0.05	0.28-0.60	4.6-6.3	1.6-3.5	
Diplodus sargus	נמל חיפה	1-4/6/16	2-3.	9	195-225	34-80	<0.05	0.26-0.37	3.1-4.1	1.9-2.9	
	חוף הבונים	30-05-16	4	8	145-170	7.7-97	<0.05	0.22-0.3	3.7-6.4	1.2-3.9	

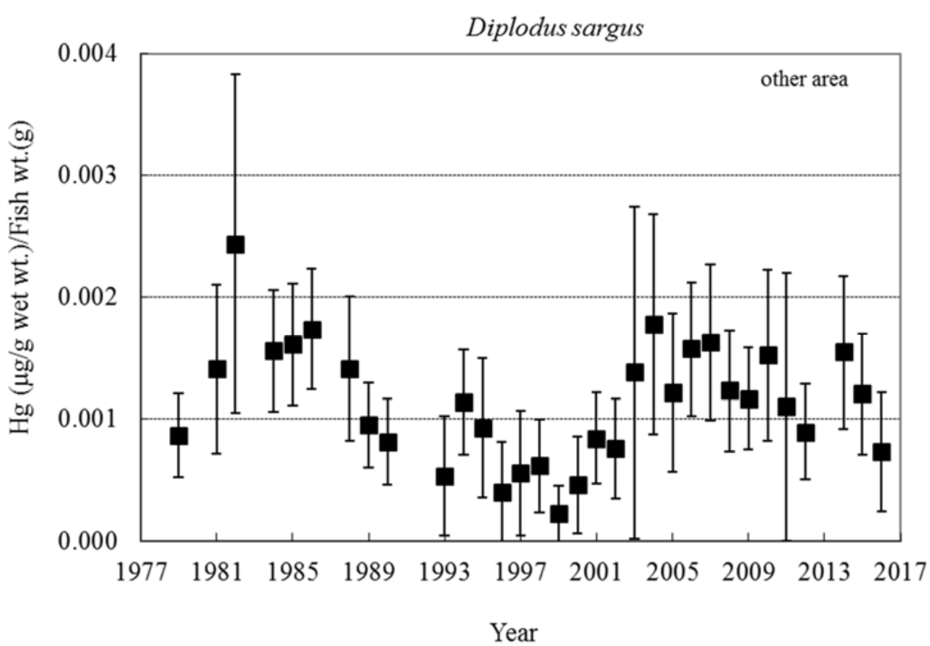
טבלה 7 : המשך הבדלים ברמות הכספית (ריכוז מנורמל למשקל דג) בדגים ממינים שונים ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים בשנת 2016. p-value <0.05 - הבדל סטטיסטי מובהק ב95%.

	Hg (ppm wet wt.)/W(g)			
coastal fish	**Haifa Bay**	**Other area**	**p-value**	**notes**
lithognathus mormyrus	0.0014±0.0006	0.0008±0.0006	0.096	Haifa port
diplodus saragus	0.0003±0.0001	0.0007±0.0005	0.044	Haifa port
sargocentron rubrum	0.0065±0.0029	0.0018±0.0006	<0.0001	

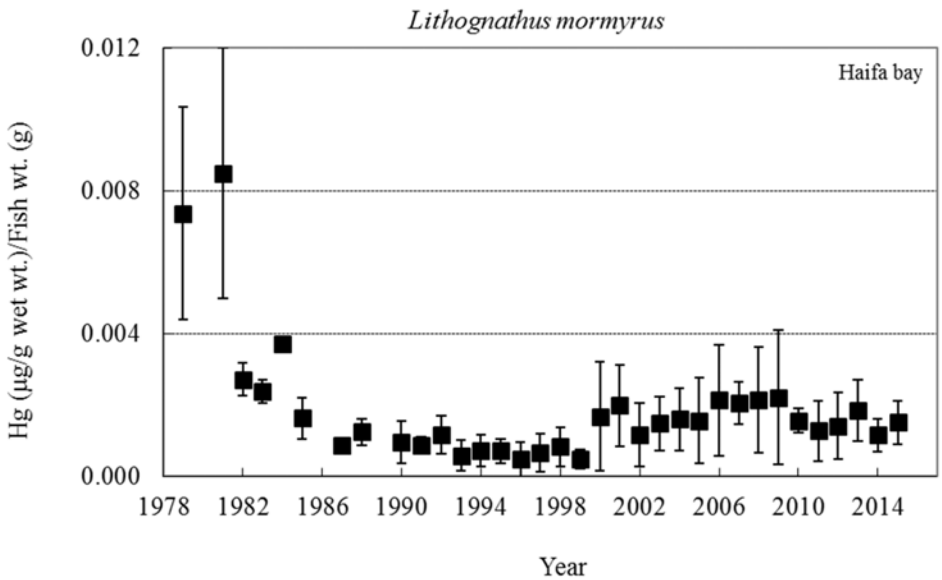
	Hg (ppm wet wt.)		
coastal fish	**Haifa Bay**	**Other area**	**p-value**
Siganus rivulatus		0.0001±0.0001	

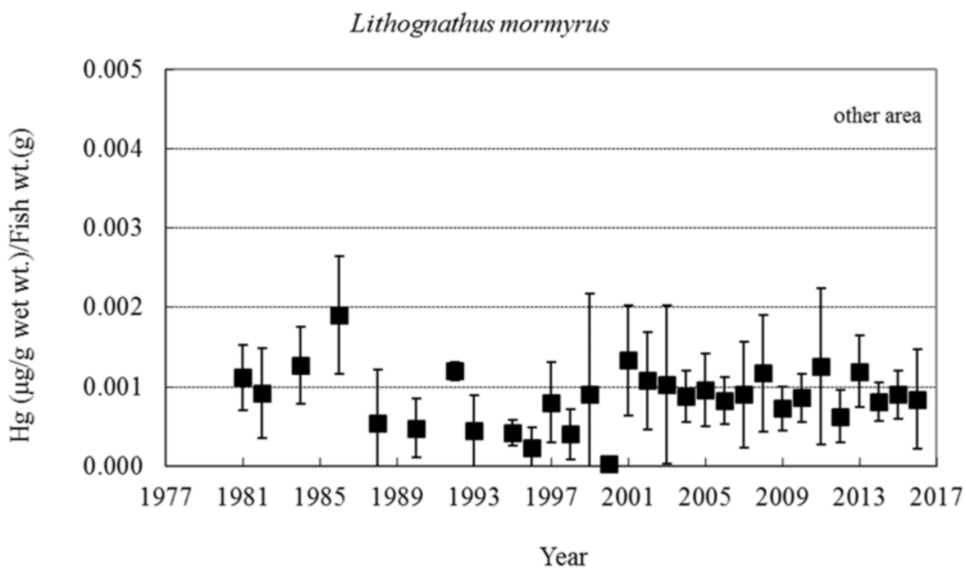
	Hg(ppm wet wt.)/W(g)			
Trawl fish	**North**	**Center**	**South**	**p-value**
mullus barbatus			0.0006±0.0003	
Pagellus erythrinus			0.0034±0.0034	
Upeneus moluccensis			0.0029±0.0030	
Nemipterus randalli		0.0014±0.0010	0.0008±0.0004	0.11



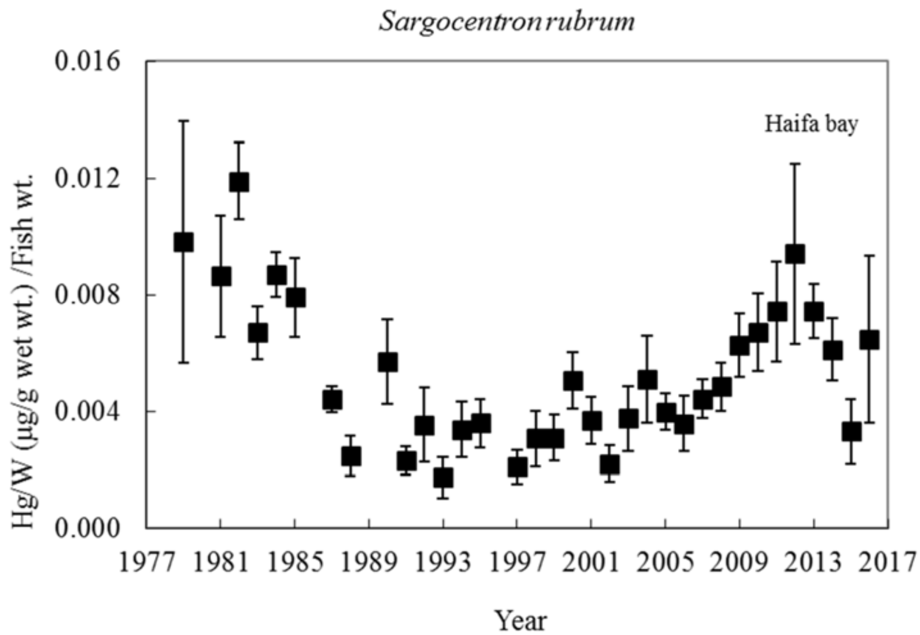


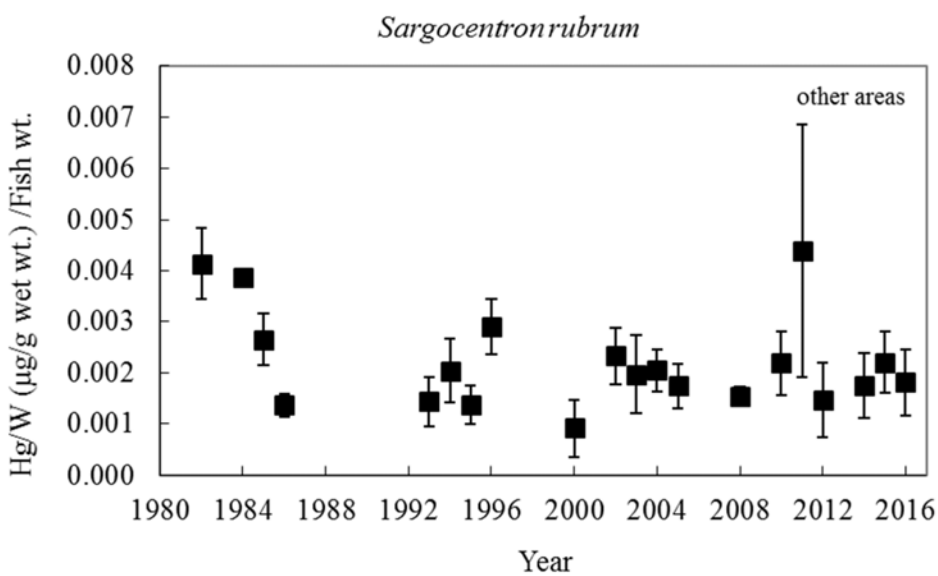
איור 21 : היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Diplodus sargus* (ממוצע שנתי ± סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2016.





איור 22 : היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Lithognathus mormyrus* (ממוצע שנתי ± סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2016.





איור 23 : היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Sargocentron rubrum* (ממוצע שנתי ± סטיית תקן) בשנים 1979 - 2016 (דיגום 2014 נעשה בחלק המערבי של עכו).

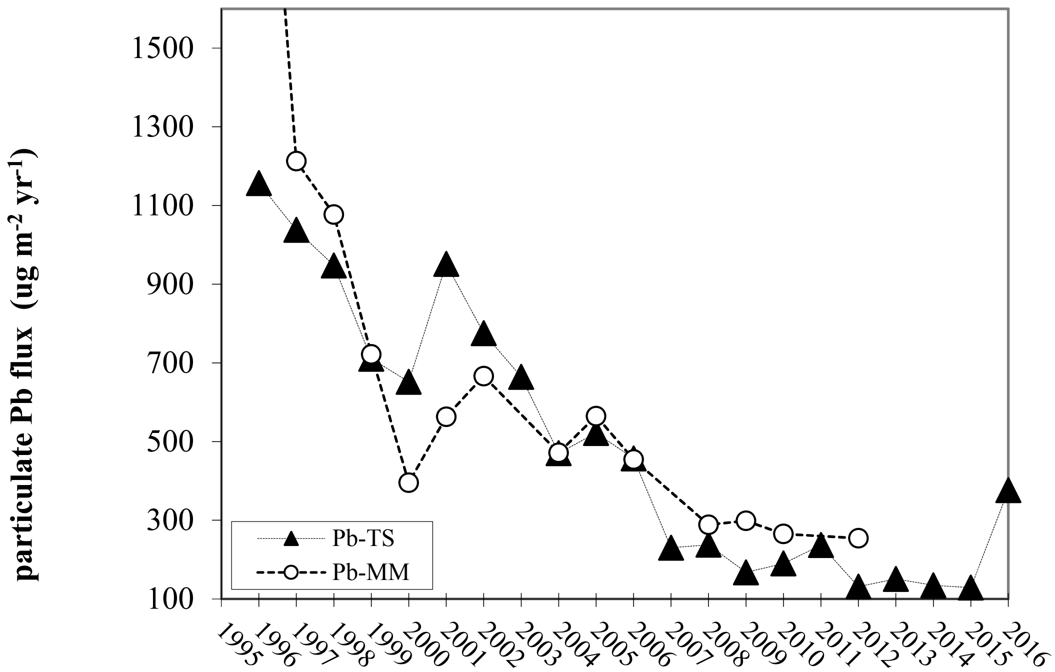
8. מתכות במשקעים אטמוספיריים

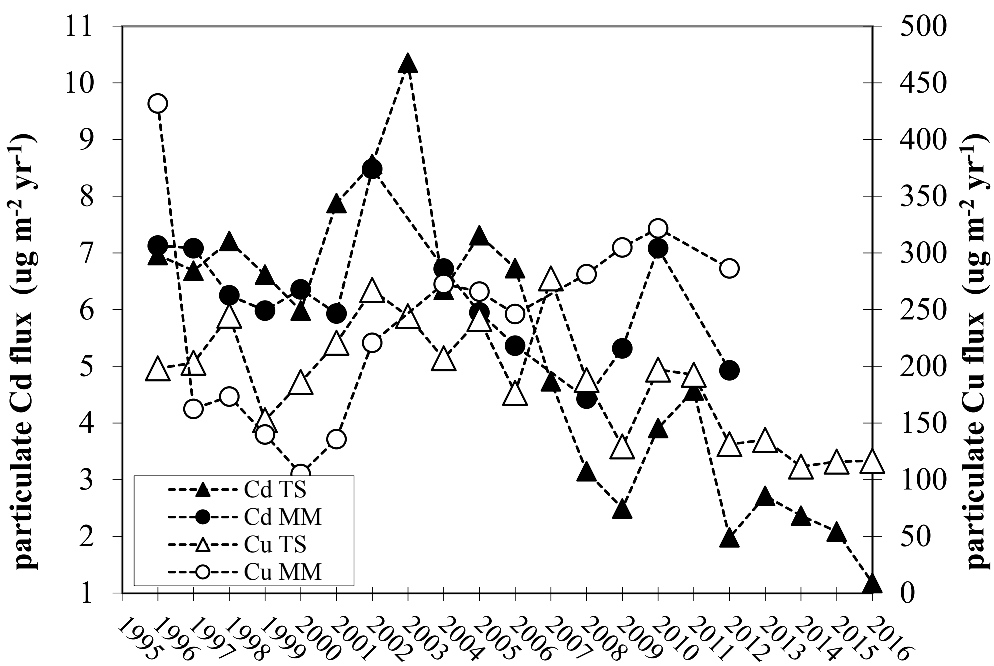
אבק מרחף (אארוסולים) נבדק בשנת 2016 בתל שקמונה, חיפה (43 דוגמאות). כל דוגמה מייצגת את התכולה הממוצעת של מתכות באבק מרחף במשך כ-3 ימים. תכולת המתכות הכבדות באבק מרחף באוויר נבדקה במטרה להעריך את מקורותיהן ואת השטפים האטמוספיריים שלהן אל הים.

בדומה לשנים קודמות, מהשוואת הרכב המתכות באבק שנדגם במסגרת הניטור להרכבן באבק מדברי טבעי עולה, שהמקור של ברזל, אלומיניום, מנגן וכרום (במידה רבה) באוויר לאורך החוף הישראלי הוא קרקעות ואבק מדברי טבעי. המקור העיקרי של העופרת, הקדמיום, הנחושת והאבץ הוא אנתרופוגני. המקור של חלק מהמתכות האנתרופוגניות באוויר הוא כנראה חלקיקי אבק מאירופה, אולם קשה להעריך את התרומה הכמותית של מקור זה יחסית לתרומה האנתרופוגנית המקומית/האזורית.

השטפים האטמוספיריים של המתכות (כמויות המתכות השוקעות על פני יחידת שטח של הים ביחידת זמן) חושבו ע״י מכפלה של ריכוזי המתכות באבק (הממוצע הגיאומטרי או החציון של הריכוזים של כל מתכת) בהערכה של מהירות שקיעת האבק. רמת אי הוודאות בהערכת השטפים האטמוספיריים של המתכות הוצגה ע״י Herut et al. (2001) ונובעת גם מכך שהדיגום מייצג רק כשליש מימי השנה[5]. השטפים המחושבים של המתכות (**טבלה 8**) מראים שונות בין תחנות הדיגום בשנים 1996 – 2016 (בשנים האחרונות הופסק הדיגום במעגן מיכאל), במיוחד בריכוזי המתכות שמקורן באבק מדברי. ההבדלים בין השטפים שחושבו לשנים שונות נובעים גם מהשונות הטבעית הרב-שנתית (אירועים של סופות אבק) וגם משינויים בעוצמת הפליטה של מתכות ממקור אנתרופוגני. במהלך 18 השנים האחרונות חלה ירידה של שטפי העופרת לאורך החוף הישראלי (**איור 24**) עם התייצבות בשלוש השנים האחרונות, אולם עליה מסוימת בשנת 2016. בדומה לאוויר, גם בסדימנטים לאורך החוף נמצאה מגמת הפחתה רב-שנתית של ריכוזי העופרת (עם עליה מסוימת בשנים האחרונות). ב-2013-14 חלה התייצבות של שטפי עופרת עם ערכים דומים לערכי 2012, ועליה מסוימת ב- 2016. השטפים של נחושת לא מראים מגמה ברורה בשנים 1996 - 2016 (**איור 24**). שטפי הקדמיום מראים ירידה בתל שקמונה. השינויים הרב-שנתיים של השטפים של מתכות אלה דומים בשתי תחנות הדיגום, ולפיכך ייתכן שהם מושפעים ממקורות דומים. התרומה האטמוספירית לכמויות הכוללות של עופרת ואבץ המוחדרות למימי החופין (כל אזור מדף היבשת) משמעותית ביחס לתרומה הידועה של המקורות האחרים (הזרמת שפכים לים). בבדיקה של התפלגות צורוני המתכות בדגימות החלקיקים באוויר (באמצעות עיכול רב-שלבי של הדגימה) נמצא, כי עבור מתכות שמקורן העיקרי הוא אנתרופוגני (כמו עופרת וקדמיום), הפאזה החליפה (exchangble phase), ולפיכך גם זמינה ביולוגית, כוללת את עיקר המתכת (מעל 50%) בדגימה (Kocak et al., 2007).

[5] במאמר שפורסם ב-2005 מוצגת הערכה כוללת יותר של שטף המתכות הכבדות עבור דרום וצפון אגן הלבנט (Kocak et al., 2005).





איור 24 : שטפים יבשים של עופרת, קדמיום, נחושת ואלומיניום בתל שקמונה (TS) ובמעגן מיכאל (MM) בשנים 1996 - 2016 ; הערכות המבוססות על דיגום של כרבע מימי השנה.

טבלה 8 : ערכים מחושבים של שטפים יבשים של מתכות ($\mu g\ m^{-2}\ yr^{-1}$) בתל שקמונה (TS) ובמעגן מיכאל (MM, בחלק מהשנים) בשנים 1996 - 2016.

Station	Year	Cd	Cu	Pb	Zn	Mn	Cr*	Fe	Al
TS	**1996**	7.0	198	1157	4044**	11173	1641	601927	458171
TS	**1997**	6.7	203	1038	1866	6804	1222	389454	477690
TS	**1998**	7.2	245	948	1487	14333	2357	704705	734461
TS	**1999**	6.6	152	710	595	8429	1274	341387	369135
TS	**2000**	6.0	186	652	868	11471		466954	802659
TS	**2001**	7.9	221	952	674	11678	1410	555016	642650
TS	**2002**	8.6	267	775	1055	12132	1750	536535	609921
TS	**2003**	10.4	244	664	1247	15313	1999	843581	920562
TS	**2004**	6.3	207	470	871	8725	1223	419420	446834
TS	**2005**	7.3	242	522	1261	8971	1855	473349	305288
TS	**2006**	6.7	176	457	1103	6587	1370	522146	381464
TS	**2007**	4.7	277	230	1073	14201	1463	514373	511765
TS	**2008**	3.1	188	238	974	11701	2271	549286	598004
TS	**2009**	2.5	129	167	565	5776	1175	298495	373822
TS	**2010**	3.9	197	190	695	8811	2325	492772	546473
TS	**2011**	4.6	193	237	799	8868	1543	385934	395985
TS	**2012**	2.0	131	131	425	5498	1938	262419	252681
TS	**2013**	2.7	135	151	629	7014	1100	336589	402427
TS	**2014**	2.4	112	135	415	4949	636	262688	271560
TS	**2015**	2.1	116	129	577	8330	1183	382975	465850
TS	**2016**	1.2	117	377	285	791	2045	265556	333344
MM	1996	7.1	432	2491	887	13796	1297	496060	455016
MM	1997	7.1	162	1213	2852	10003	3287	395393	-
MM	1998	6.3	173	1077	1032	8114	1490	380366	410553
MM	1999	6.0	140	722	508	5685	1025	257030	286231
MM	2000	6.4	105	395	154	4771	615	189666	302450
MM	2001	5.9	136	563	281	7941	731	322722	342977
MM	2002	8.5	221	667	739	8671	1143	361219	391416
MM	2004	6.7	273	472	883	10335	1810	596062	584918
MM	2005&	6.0	266	565	864	14603	2130	766990	682634
MM	2006&	5.4	246	455	855	8373	1619	564760	451678
MM	2008&	4.4	281	289	1149	11244	1970	597560	599167
MM	2009	5.3	305	299	1130	10601	1788	530737	739835
MM	2010	7.1	322	265	913	11084	1614	608051	704263
MM	2012	4.9	286	254	877	9651	1895	487457	509505

*Probably overestimate due to association with small particles.
**Possible contamination
& Samples collected during Jan-May and Dec 2005; Jan-May 2006; May-Dec 2008

9. נוטריאנטים במשקעים אטמוספיריים

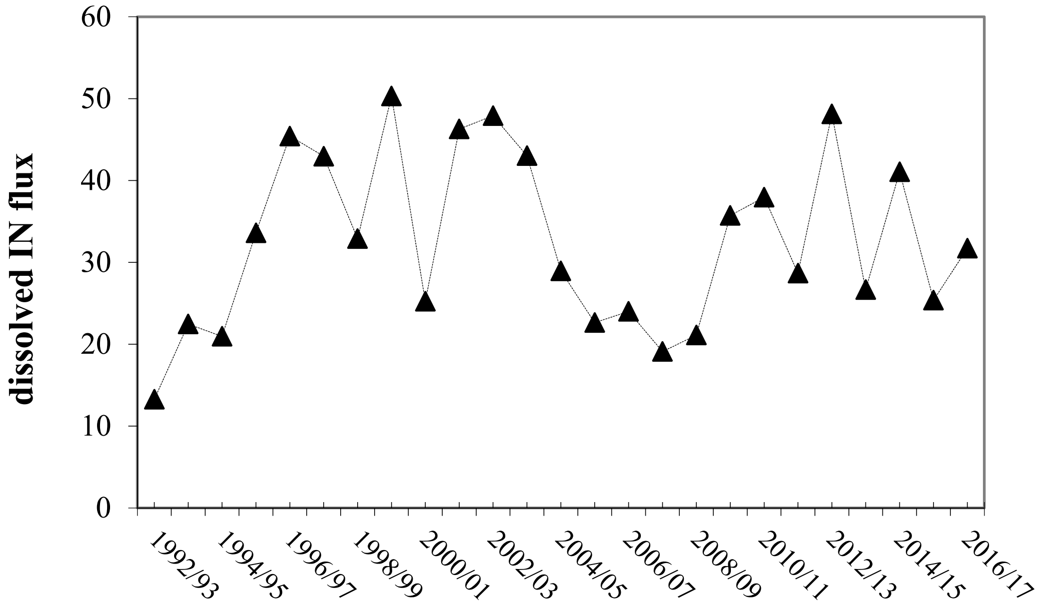
דוגמאות מי גשם נאספו במהלך חורף 2015/16 (20 דוגמאות) וחורף 2016/17 (25 דוגמאות) באתר תל שקמונה. בדוגמאות נבדקו ריכוזי הנוטריאנטים וה-pH, במטרה להעריך את השטפים ומקורות הנוטריאנטים במי הגשם.

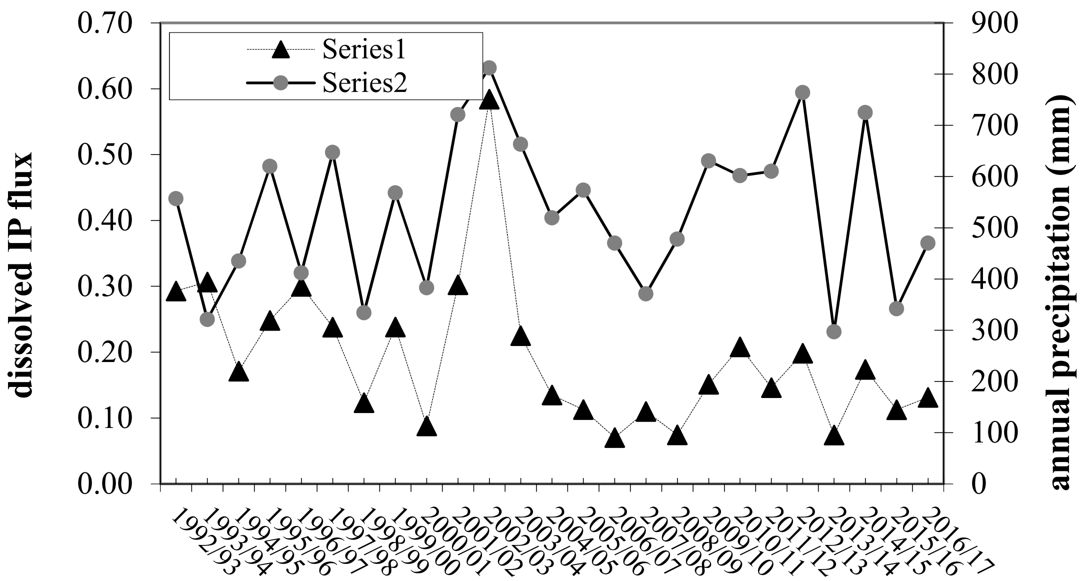
אופן ניתוח הנתונים ורמת אי הוודאות בהערכת השטפים האטמוספיריים של הנוטריאנטים פורטו ע"י Herut et al. (1999). השטפים האטמוספיריים חושבו ע"י מכפלה של הריכוז המשוקלל (volume-weighted mean) או הממוצע הגיאומטרי של הנוטריאנטים המומסים במי הגשם, בכמות המשקעים השנתית.

חורף 2015/16 מאופיין בכמות משקעים מעל הממוצע (725 מ"מ בתחנת נמל חיפה), זאת לעומת חורף קודם יבש במיוחד עם הכמות הקטנה ביותר מאז תחילת הדיגום (**איור 25**). בחורף 2015/16 כ-30% מהגשמים (6 מתוך 20 דגימות) השתייכו לקבוצת הגשמים החמוצים (pH<5.6). בחורף 2016/17 כ-40% מהגשמים (10 מתוך 25 דגימות) השתייכו לקבוצת הגשמים החמוצים

נמצא מתאם חיובי לינארי של ריכוזי הניטראט והאמוניום במי הגשם, כמו גם בין ניטראט ופוספט, במיוחד אם מזניחים מדידות חריגות של פוספאט. המקור העיקרי של ניטראט קשור, ככל הנראה, לשריפת דלקים ויצירת תחמוצות חנקן. מקור האמוניום במי הגשם עדיין לא ברור, וככל הנראה קשור בחומרי דשן והפרשות בעלי חיים, ובד"כ קשור למקורות מקומיים בגלל סילוק מהיר יחסית מהאוויר. יחד עם זאת קיימת גם אפשרות לריאקציה בין חומצה חנקתית לאמוניה היוצרת אירוסולים של NH_4NO_3.

בחורפים 2015/16 ו- 2016/17 חושבו ערכים של שטפי זרחן וחנקן מומסים במי הגשם בתל שקמונה, דומים לערכים שהתקבלו בארבעת השנים האחרונות (**איור 25**). מאז חורף 1997/8 נמצא מתאם חיובי בין כמות המשקעים לשטפי החנקן והזרחן (**איור 25**). שטף החנקן היה במגמת עלייה בין החורפים 1992/3 ל-1996/7, ובשנים שלאחר מכן התחילה מגמת התייצבות עם שינויים חדים, למעט בארבע השנים 2005/6-2008/9, בהן השטפים די קבועים ולאחריהן עלייה החל מחורף 2009/10, ירידה בחורף 2013/14 בגלל מיעוט המשקעים ושוב עליה בחורף 2014/15 וירידה מסוימת בחורפים 2015/16 ו- 2016/17 (**איור 25**). שטף הזרחן הראה מגמות דומות של שינויים רב-שנתיים חדים (**איור 25**). כללית, שטפי החנקן והזרחן לאורך החוף הישראלי גדולים מהשטפים שחושבו עבור אזורים נקיים יחסית ברחבי העולם וקטנים מהשטפים שחושבו עבור אזורים באירופה, כמו הים הבלטי והים הצפוני.





איור 25: שטפים של זרחן אי אורגני (IP) וחנקן אי אורגני (IN) מומסים במי גשם (mmol m^{-2} yr^{-1}) בתל שקמונה בשנים 1992 – 2017. מוצג הקשר בין השטפים לכמות המשקעים השנתית בנמל חיפה (השירות המטאורולוגי, תחנת נמל חיפה).

10. נוטריאנטים בנחלי החוף

ריכוזי הנוטריאנטים ופרמטרים נוספים של איכות המים נבדקים בנחלי החוף מאז 1990, במטרה להעריך את ההשפעות האפשריות של זיהום הנחלים על איכות מימי החופין. כל נחל נדגם בשתיים או בשלוש תחנות בסמוך למוצאו לים: תחנה אחת במוצא הנחל לים באזור משברי הגלים, השנייה במעלה הנחל כ-50 מ׳ ממוצאו לים, והשלישית בהמשך המעלה מתחת לגשרים של הכבישים הראשיים (נספח 1). עד 1997 מי הנחלים נדגמו פעם בשנה בחודש מרץ. החל מ-1998 בוצעו שני דיגומים במהלך החודשים מרץ וספטמבר/אוקטובר. בשנת 2016 נדגמו מוצאי הנחלים ב-29 תחנות בחודש מרץ וב-23 תחנות באוקטובר. סיכום הממצאים להלן מתייחס הן למצב הנחלים בשנת 2016 והן לכל התוצאות של הניטור הרב-שנתי מאז 1990.

ריכוזי הנוטריאנטים שנמדדו במי הנחלים כוללים את הנוטריאנטים המומסים במים ואינם כוללים את הזרחן האורגני המומס ואת הנוטריאנטים הספוחים לחלקיקים. סביר להניח, שהריכוזים הכוללים של הנוטריאנטים בנחלים מסוימים גדולים מאלה שנמדדו, ובהתאם ההערכות בדו״ח זה של כמויות הנוטריאנטים המוזרמות מהנחלים אל מימי החופין הן הערכות בחסר.

ערכי המליחות, ה-pH, ריכוזי החמצן המומס והכלורופיל בשפכי הנחלים (מי שטח) שנמדדו בשנת 2016 מוצגים ב**טבלה 9**. בכל הנחלים מליחות המים עולה ככל שמתקרבים לים, כתוצאה מחדירה של מי-ים במעלה הנחל. המליחות בנחלים בדיגום מרץ הייתה קטנה יותר מהמליחות שנמדדה בספטמבר (בתחנות מעלה הנחל, **איור 26**). ערכי ה-pH שנמדדו אינם חריגים (7.46-8.63). ריכוזי החמצן בנחלים השתנו בתחום רחב. בדיגום מרץ ואוקטובר התקבלו ערכי על-רוויה עבור 62% ו- 57% מתחנות הדיגום בהתאמה (100% ועד כ-228% בנחל דליה במרס). בחודש מרס ריכוז החמצן המומס גבוה מ 5מג״ל בכל הדוגמאות. בספטמבר נמדדה עקה ביולוגית (biological stress) במעלה נחל פולג (3.98 מג״ל) ונחל לכיש (3.27 מג״ל). היפוקסיה התקבלה במעלה נחל בצת (1.91 מג״ל) (על פי הקריטריונים של NOAA לאיכות מים בסמוך לשפכי נהרות, **נספח 3**). העל-רוויה קשורה בד״כ לפעילות פוטוסינתטית מוגברת של אצות (**איור 26**), ואילו המחסור בחמצן קשור בעומס יתר של חומרים אורגניים שמתבטא בד״כ בערכי BOD (**איור 26**). ריכוזי החמצן המומס יורדים ככל שמעמיקים בנחלים קישון ואלכסנדר בחודשים מרס וספטמבר ובירקון בחודש ספטמבר. בחודש מרס בירקון נצפתה עליה בריכוז החמצן עם ההעמקה בנחל. בשנת 2016, בדומה לשנים קודמות, בנחל אלכסנדר נמדדה עקה ביולוגית בעומק הנחל (מתחת לעומק 2 מטר בשנת 2016 ומתחת לעומק 1 מטר בשנת 2015) (**איור 27**, **טבלה 9**). מליחות מי הנחל עולה בשכבת המים העמוקה בשלשת הנחלים (**איור 27**). בנחלים קישון וירקון נמדדה מליחות קרובה למליחות מי ים סמוך לקרקעית, כתוצאה מחדירת מי ים לאורך אפיק הנחל.

מצב היפר-איאוטרופי על סמך הקריטריונים של NOAA (>60 ug/l כלורופיל) נמדד במי השטח בנחל אלכסנדר ודליה בדיגומי מרס ואוקטובר 2016, ובנחל קישון באוקטובר 2016 (**טבלה 9**).

ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט, פוספאט ואמוניום) בתחנות הדיגום מוצגים ב**איור 28**. ההבדלים בריכוזי הנוטריאנטים בין הנחלים הם בטווח של סדר גודל ויותר. באופן כללי, ריכוזי הנוטריאנטים בנחלים גדולים מאוד בהשוואה לריכוזים המירביים שנמדדו במימי החופין. במרבית הנחלים, הריכוזים הגדולים של פוספאט ואמוניה קשורים בעיקר בהזרמת שפכים ביתיים וקולחים. מקורם של ריכוזי ניטראט גדולים הוא, ככל הנראה, מי נגר חקלאיים המועשרים בחומרי דשן וגלישות מבריכות לחמצון שפכים. פירוט מקורות הזיהום במעלה חלק מהנחלים (נעמן, קישון, תנינים, אלכסנדר, אילון - ירקון, שורק, לכיש) מוצג בדו״חות ניטור מים ונחלים ועומסי מזהמים לשנת 2015 (לא פורסם עדיין דוח ל- 2016) של המשרד להגנת הסביבה/רשות הטבע והגנים (מאי ונובמבר 2016), הכולל דיווחים מרשות נחל הקישון ומרשות נחל הירקון. הסיליקה בנחלים נובעת משני מקורות עיקריים, בליה של סלעים והזרמות של שפכים המכילים דטרגנטים (סיליקון משמש כמרכיב ראשי בדטרגנטים).

בשנת 2016, בדומה לשנים קודמות (Herut et al., 2000), נמצאו הבדלים בין ריכוזי הנוטריאנטים במי הנחלים במרץ ובספטמבר. הסיבה העיקרית להבדלים אלה היא שינויים של הזרימה הטבעית, ובהתאם תרומות מאגן הניקוז ושינויים בהזרמות של שפכים. בהשוואה למצב בשפכי נחלים במקומות אחרים בעולם (טבלה 1.1, Kennish, 1997), ריכוזי הנוטריאנטים במרבית נחלי החוף של ישראל גדולים בשיעור ניכר, במיוחד כתוצאה מהשילוב של זרימה טבעית מועטה והזרמות של שפכים. ריכוזי החנקן המומס מצויים בקטגוריה של רמת זיהום גבוהה, ביחס לקריטריונים של NOAA לאיכות מים בסמוך לשפכי נהרות (**נספח 3**), עבור 79% ו- 74% מתחנות הדיגום בדיגומי מרס ואוקטובר 2016, בהתאמה. ריכוזי הזרחן המומס מצויים בקטגוריה של רמת זיהום גבוהה, ביחס לקריטריונים של NOAA לזרחן מומס (**נספח 3**), עבור 72% ו- 39% מתחנות הדיגום בדיגומי מרס ואוקטובר 2016, בהתאמה. ריכוזים גבוהים פי עשר ויותר מהתקן לחנקן (>70μM) התקבלו בדיגומי מרס במעלה הנחלים נעמן, פולג, ירקון ושורק וכן במוצא נחל פולג. הריכוז הגבוה ביותר התקבל בשורק. ריכוזים גבוהים פי עשר ויותר מהתקן לזרחן (>3μM) התקבלו בדיגומי מרס במעלה הנחלים נעמן, חדרה, פולג, ירקון, שורק ולכיש וכן במוצא נחל פולג, בו התקבל הריכוז המקסימלי (133 μM). היות והפוספט הוא המקטע האנאורגני המומס מסך הזרחן המומס נצפה אף לריכוזים גבוהים יותר של סך הזרחן המומס.

ניתן לדרג את הנחלים לפי רמת הזיהום בנוטריאנטים בשנת 2016 כלהלן (התוצאות מתייחסות לנתוני דיגום מרץ בתחנות במעלה הנחלים כ-50 מ׳ ויותר מהמוצאים לים ; בסוגריים מוצג מדגם של הריכוזים שנמדדו במיקרומול לליטר) :

<u>פוספט</u>

פולג(133) > שורק(95) > לכיש(85) > חדרה(66) > נעמן(65) > ירקון(43) > אלכסנדר(24) > אבטח(19) > קישון(9.0) > בצת(2.1) > תנינים(1.6) > דליה(0.32)

<u>אמוניום</u>

נעמן(1241) > ירקון(702) > שורק(533) > פולג(525) > חדרה(420)> לכיש(259) > אבטח(177) >
קישון(46) > תנינים(29) > אלכסנדר(19) > דליה(10) > בצת(6.3)

<u>ניטריט+ניטראט</u>

שורק(1448) > קישון(663) >פולג(299) > ירקון(261) > אלכסנדר(256) > תנינים(243) > חדרה(220) >
נעמן(183) > לכיש(153) > אבטח(44) > דליה(16) > בצת(7.3)

<u>סך חנקן מומס</u>

שורק(3513) > נעמן(1428) > ירקון(1038) > פולג(846) > קישון(680) >חדרה(653) > לכיש(550) >
אלכסנדר(391) > תנינים(306) > אבטח(250) > בצת(142) > דליה(79)

<u>חומצה סיצילית</u>

פולג(342) > תנינים(285) > חדרה(194) > שורק(181) > נעמן(176) > ירקון(172) > לכיש(170) >
אלכסנדר(164) > דליה(160) > אבטח(159) > קישון(148) > בצת(6.34)

למרות הבדלים גדולים בריכוזי הנוטריאנטים שנמדדו בכל נחל בשנים שונות, ההבדלים בין הנחלים השונים מצביעים על מגמה קבועה, רב-שנתית של נחלים מזוהמים במיוחד.

בגלל ההשפעה של גורמים רבים על ריכוזי הנוטריאנטים בנחלים כאמור לעיל, המתכונת הנוכחית של הניטור לא מאפשרת קביעה ודאית של מגמות רב-שנתיות בריכוזי הנוטריאנטים בנחלים. יחד עם זאת, כמוצג ב**איורים 28** ו-**29**, הממצאים מצביעים בבירור על הפחתה משמעותית של ריכוזי הנוטריאנטים ברוב הנחלים המזוהמים (שורק, פולג, אלכסנדר, קישון ונעמן) לעומת מצב הנחלים במילניום הקודם (לפני כעשרים שנה). הפחתת הריכוזים קשורה למגמת ההפחתה בעומס הנוטריאנטים, מוצגת בדו״ח של המשרד להגנת הסביבה על עומסי מזהמים בנחלים בשנים 1994, 2000, 2001 ועד 2006 (התפרסם ביוני 2008), בדו״ח עומסי מזהמים בנחלים 2015 (התפרסם בנובמבר 2016) ובדו״חות הניטור השנתיים של רשות נחל הקישון.
מאז 2001-2 ברוב הנחלים אין מגמה של הקטנת ריכוזי הנוטריאנטים, ובנחלים מסוימים אף קיימת הגדלה של הריכוזים (**איור 29**). בנחלים ירקון ותנינים מסתמנת עליה בריכוז הניטראט בשנים 2001 עד 2016. בחלק מהנחלים קיימת תנודתיות עונתית בריכוזי הנוטריאנטים כמוזכר לעיל. הנחלים קישון, אלכסנדר ופולג מראים עלייה משמעותית של ריכוזי החנקן (בד״כ ניטראט) ופוספט בדיגום מרץ בהשוואה לספטמבר. העלייה נובעת ככל הנראה מתרומת דשנים שנשטפים מאגן הניקוז על ידי גשמי החורף.

כמויות הנוטריאנטים האי-אורגניים המומסים, המוזרמות מדי שנה הידרולוגית (אוקטובר עד ספטמבר) מהנחלים אל מימי החופין (עומס הנוטריאנטים), חושבו ע״י הכפלת ריכוזי הנוטריאנטים בתחנות שנדגמו במעלה הנחלים בנתוני הספיקה השנתית של הנחלים שהתקבלו מהשירות ההידרולוגי. הערכת עומס הנוטריאנטים באופן זה התבססה על ההנחה שריכוזי הנוטריאנטים בנחל קבועים במהלך השנה, ולפיכך העומס משתנה בהתאם לשינויי הספיקה של הנחל. החישוב נעשה על-פי הריכוזים

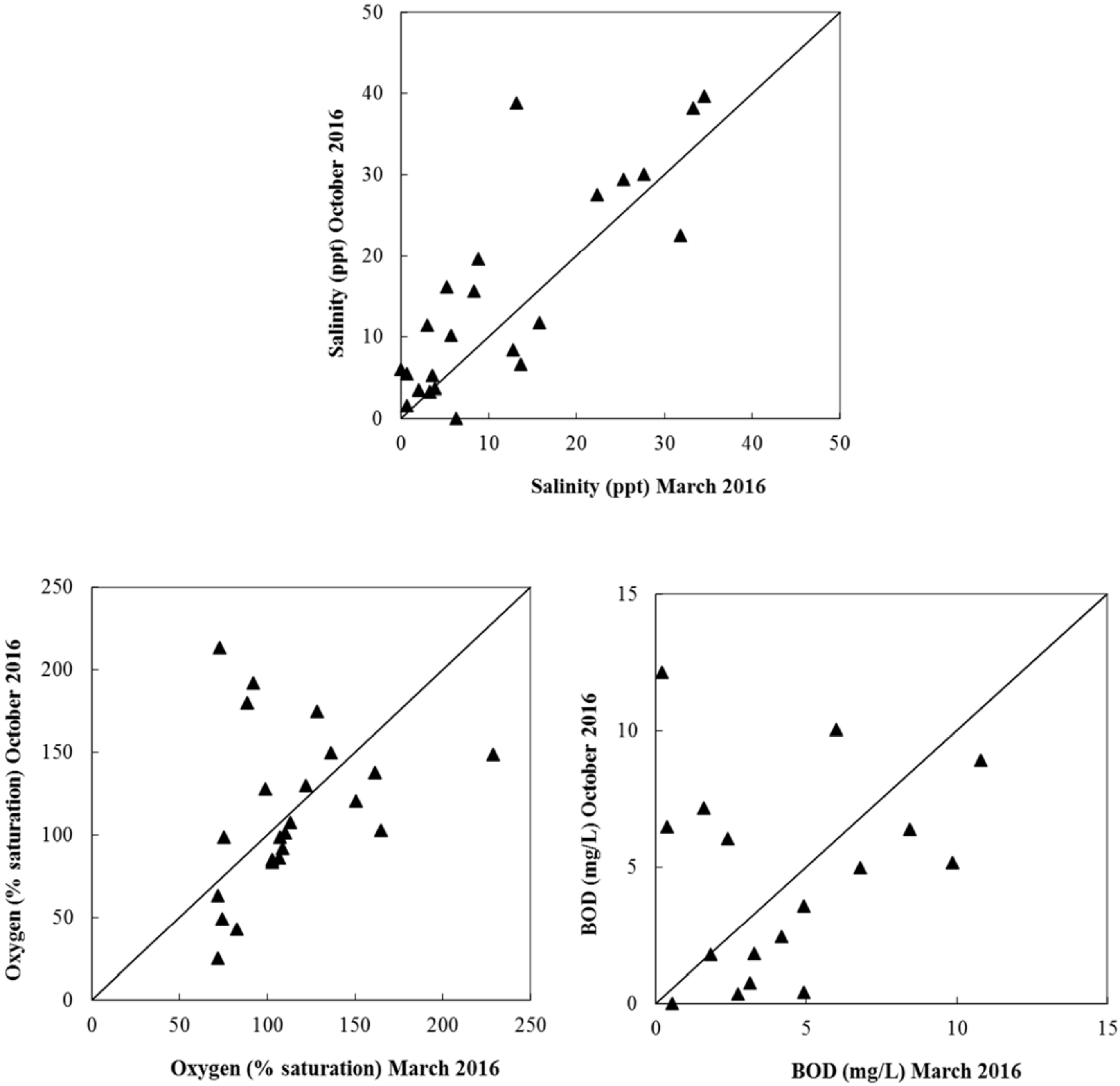
שנמדדו בחודש מרץ. היות שבדיגום 2015 המליחויות בתחנות במעלה הנחלים היו בד"כ קטנות יחסית, בחישוב לא נלקחה בחשבון החדירה של מי-ים בעת הדיגום.

חישובי עומס הנוטריאנטים השנתי מהנחלים מוצגים ב**טבלה 10**. הטבלה אינה כוללת את נחל פולג, מאחר שאין עבורו נתוני ספיקה. בשיטת חישוב העומס יש אי ודאות רבה עקב הנחות היסוד. המטרה העיקרית של הטבלה היא לספק הערכה ראשונית של תרומת הנוטריאנטים מנחלי החוף ע"מ לנסות לקשר בין ממצאי הניטור במימי החופין למקורות הזיהום. מהנתונים שבטבלה ברור שעבור נחל מסוים השגיאה עלולה להיות של סדר גודל או יותר.

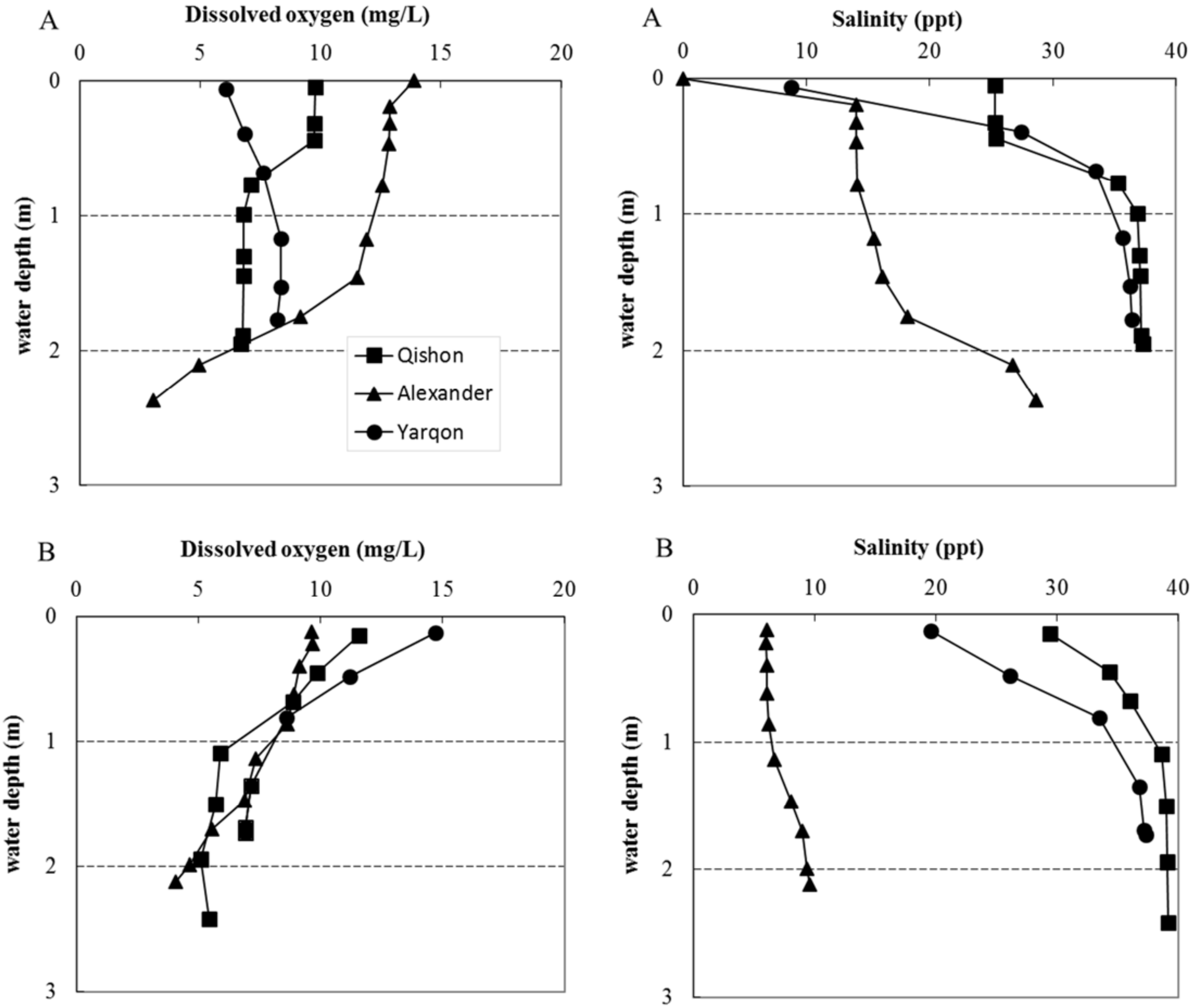
מבין נחלי החוף, התורמים העיקריים של נוטריאנטים למימי החופין בשנת 2016 הם:
פוספאט: ירקון > שורק > לכיש > חדרה > נעמן > קישון > אלכסנדר > תנינים
סך חנקן מומס : ירקון > שורק > קישון > לכיש > נעמן >תנינים > חדרה > אלכסנדר

בנחלים קישון ותנינים החנקן מוסע בעיקר כניטראט בשנת 2016. בייתר הנחלים תצורת החנקן העיקרית אינה אחידה (**טבלה 10**).

על אף אי הוודאות הרבה בחישובי עומס הנוטריאנטים, התרומה הכוללת של נחלי החוף לזיהום מימי החופים בנוטריאנטים מהווה כנראה מרכיב משמעותי ביותר של עומס הזיהום הכולל ממקורות יבשתיים (ראה להלן הערכת עומס הנוטריאנטים ממקורות יבשתיים). לכן, כפי שכבר הומלץ בשנים קודמות, לצורך גיבוש מתודולוגיה אמינה יותר להערכת הכמויות הכוללות של נוטריאנטים המוזרמות מהנחלים אל הים, יש לבצע מחקר אינטנסיבי במשך שנתיים על השינויים העונתיים בריכוזי הנוטריאנטים בשפכי כמה מנחלי החוף (המזוהמים ביותר) ותלותם בעוצמת מקורות הזיהום, הספיקה ועוד.

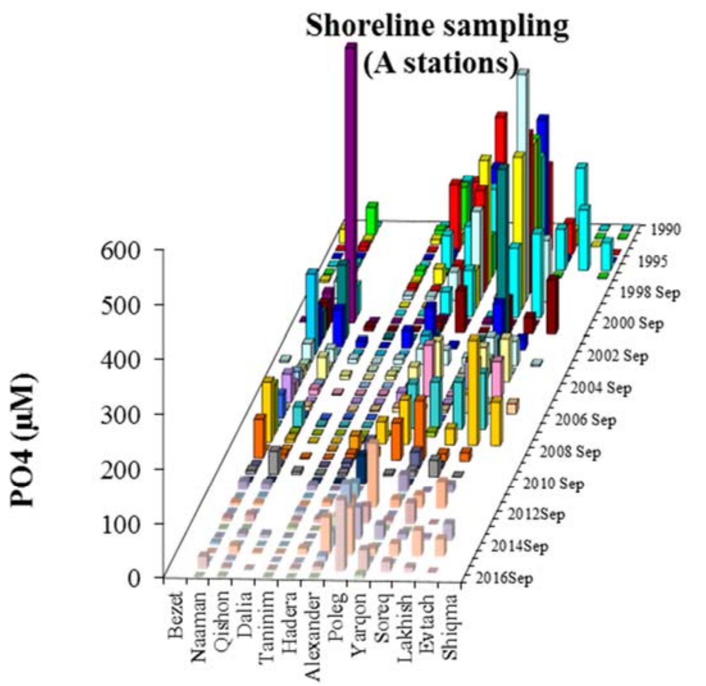


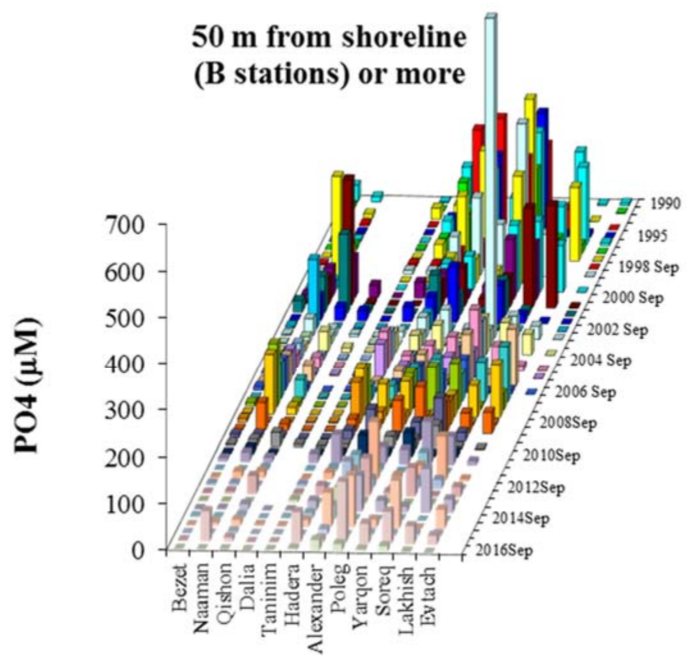
איור 26 : הקשר של ערכי מליחות, אחוז הרוויה בחמצן וצריכת חמצן ביולוגית (BOD) בין דיגום ספטמבר לדיגום מרץ בשפכי הנחלים בשנת 2016.



איור 27 : פרופילי עומק של חמצן ומליחות בשפכי הנחלים קישון, אלכסנדר, ירקון ולכיש במרץ (A)
וספטמבר (B) בשנת 2016.

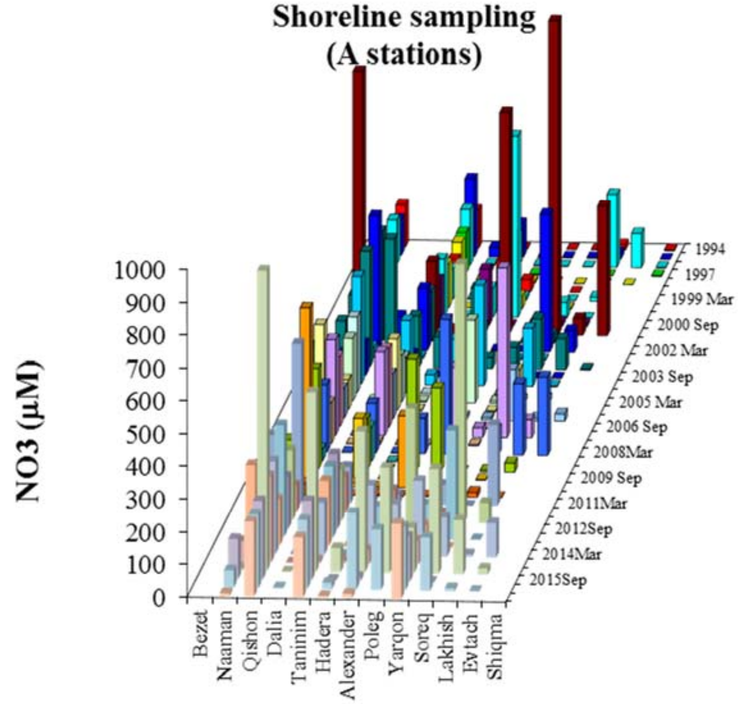
A

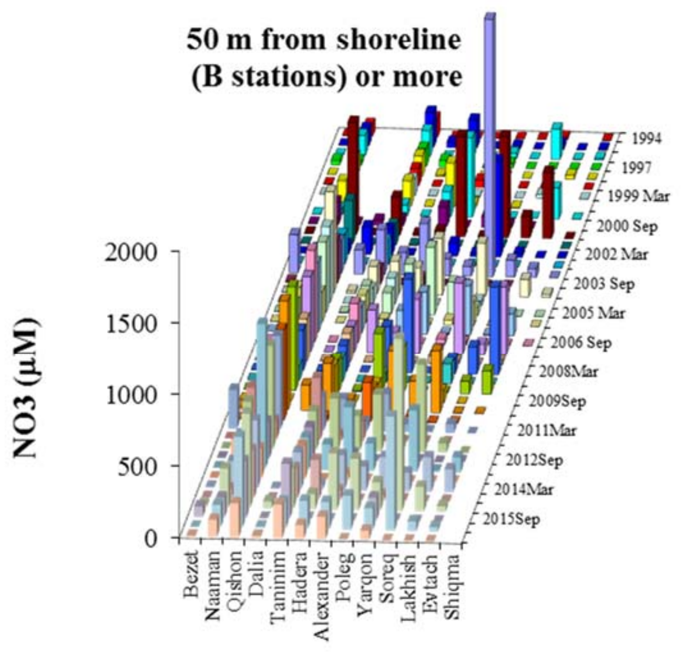




איור 28 : ריכוזי פוספט (A), ניטראט (B) ואמוניום (C) במים בשפכי נחלי החוף הים התיכון בשנים 1990 – 2016 (מרץ וספטמבר).

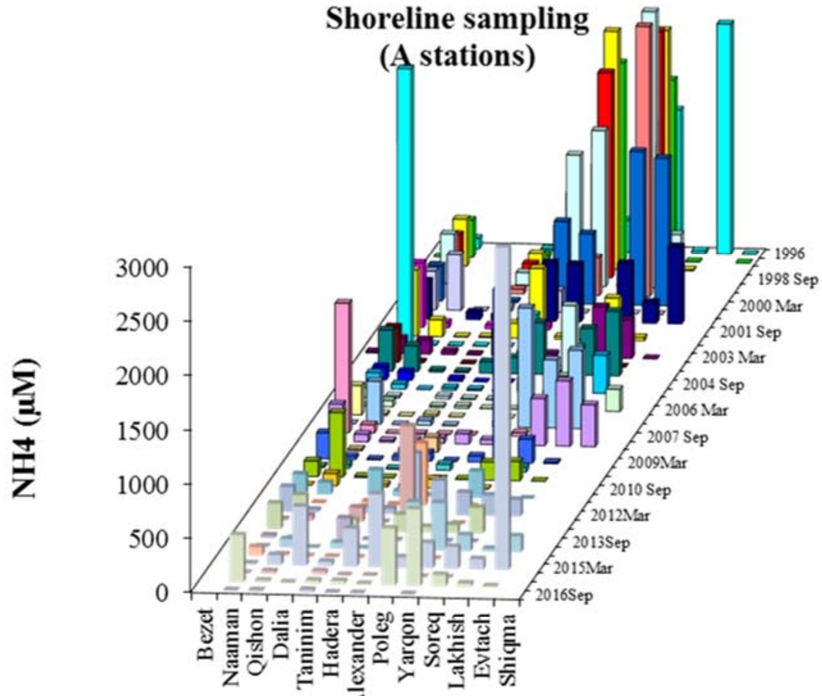
B

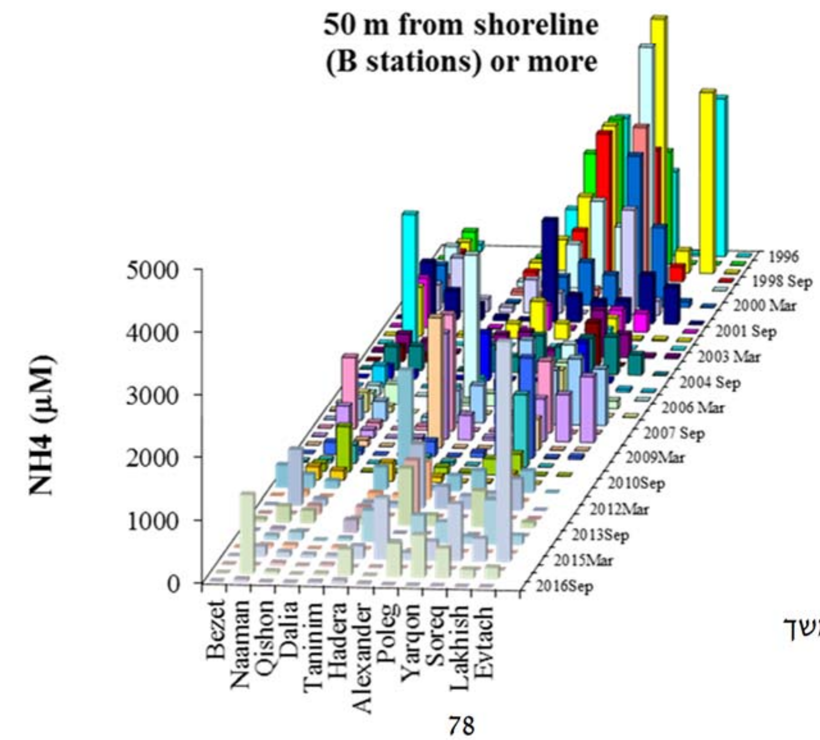




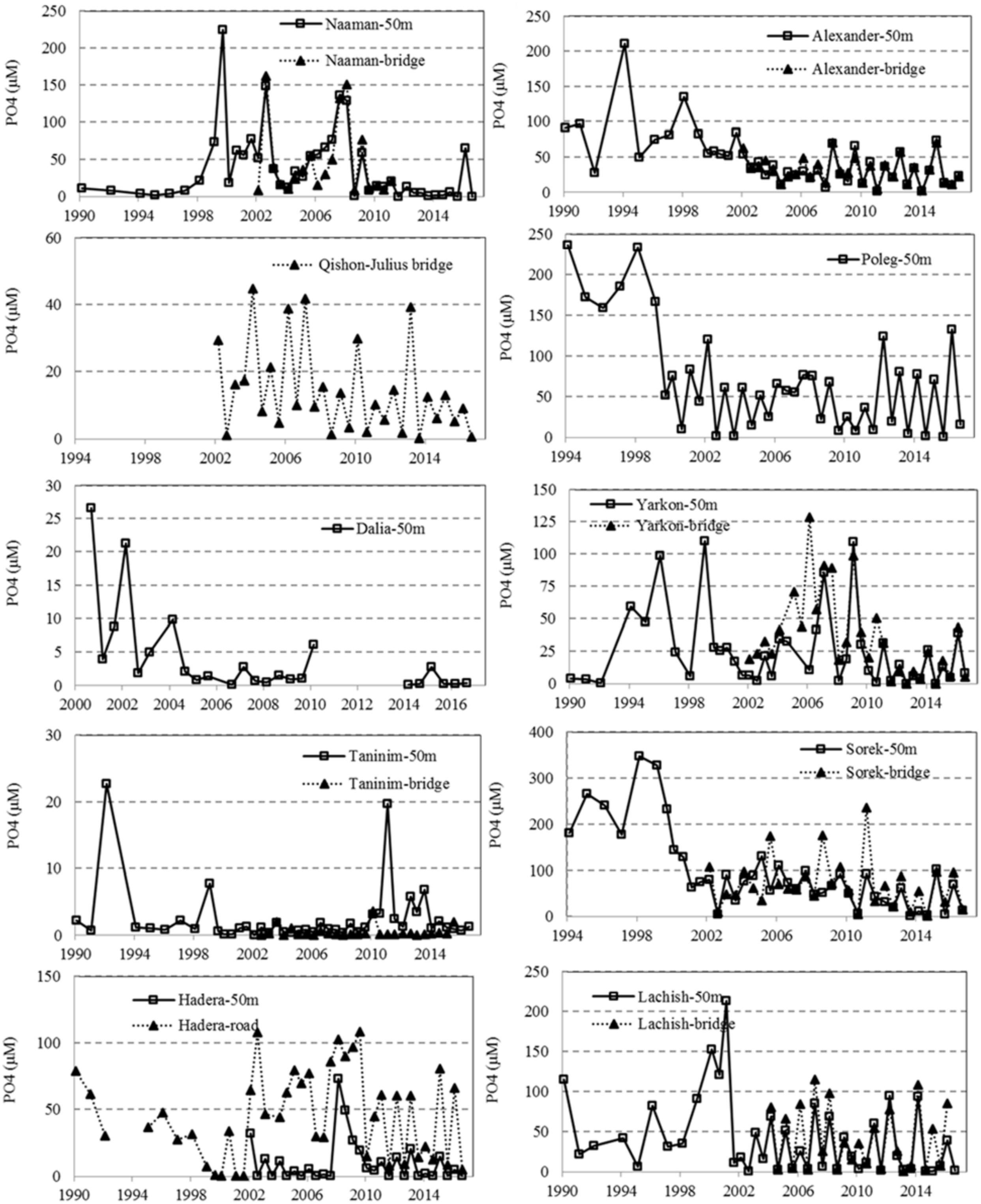
איור 28 : המשך

C

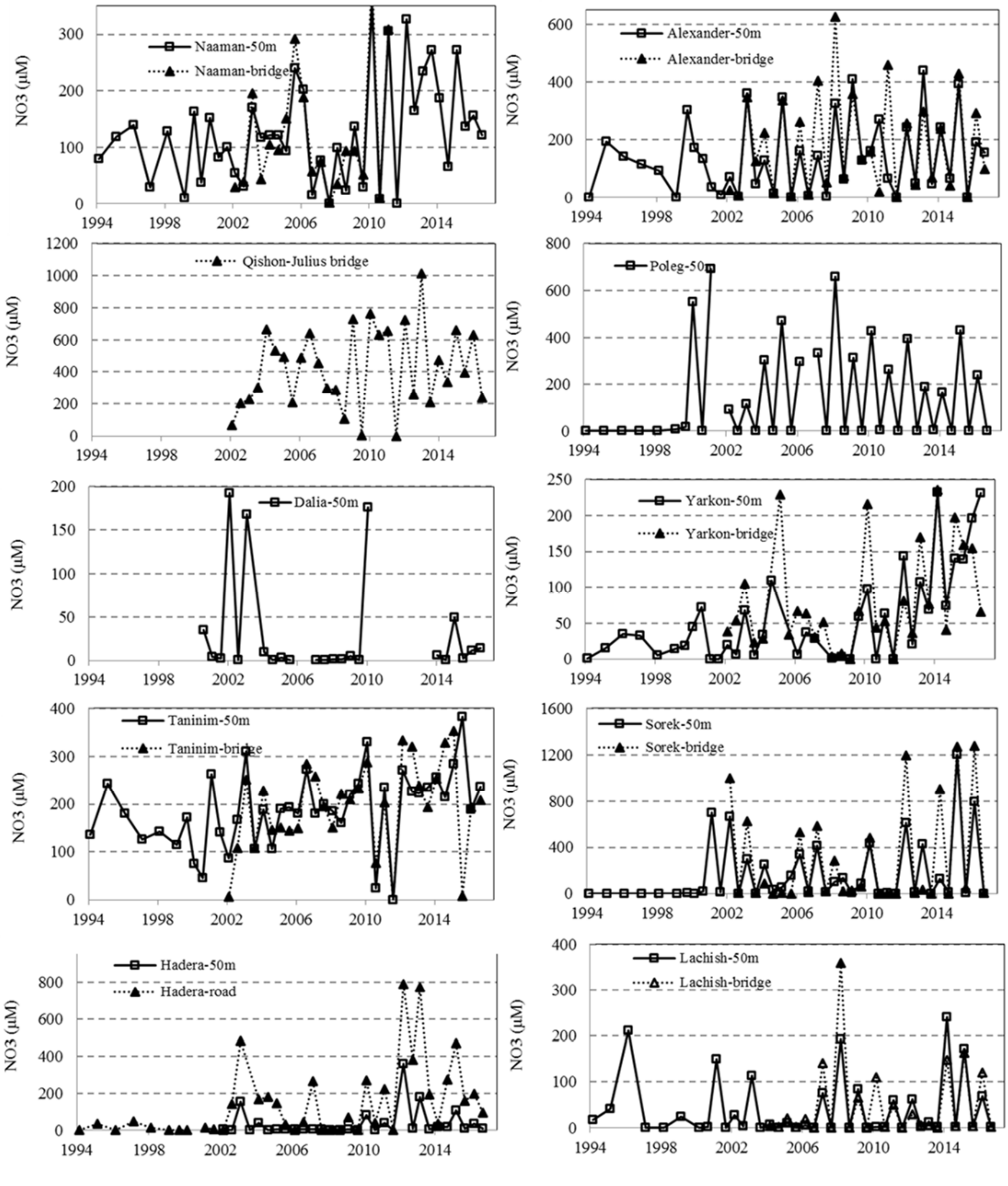




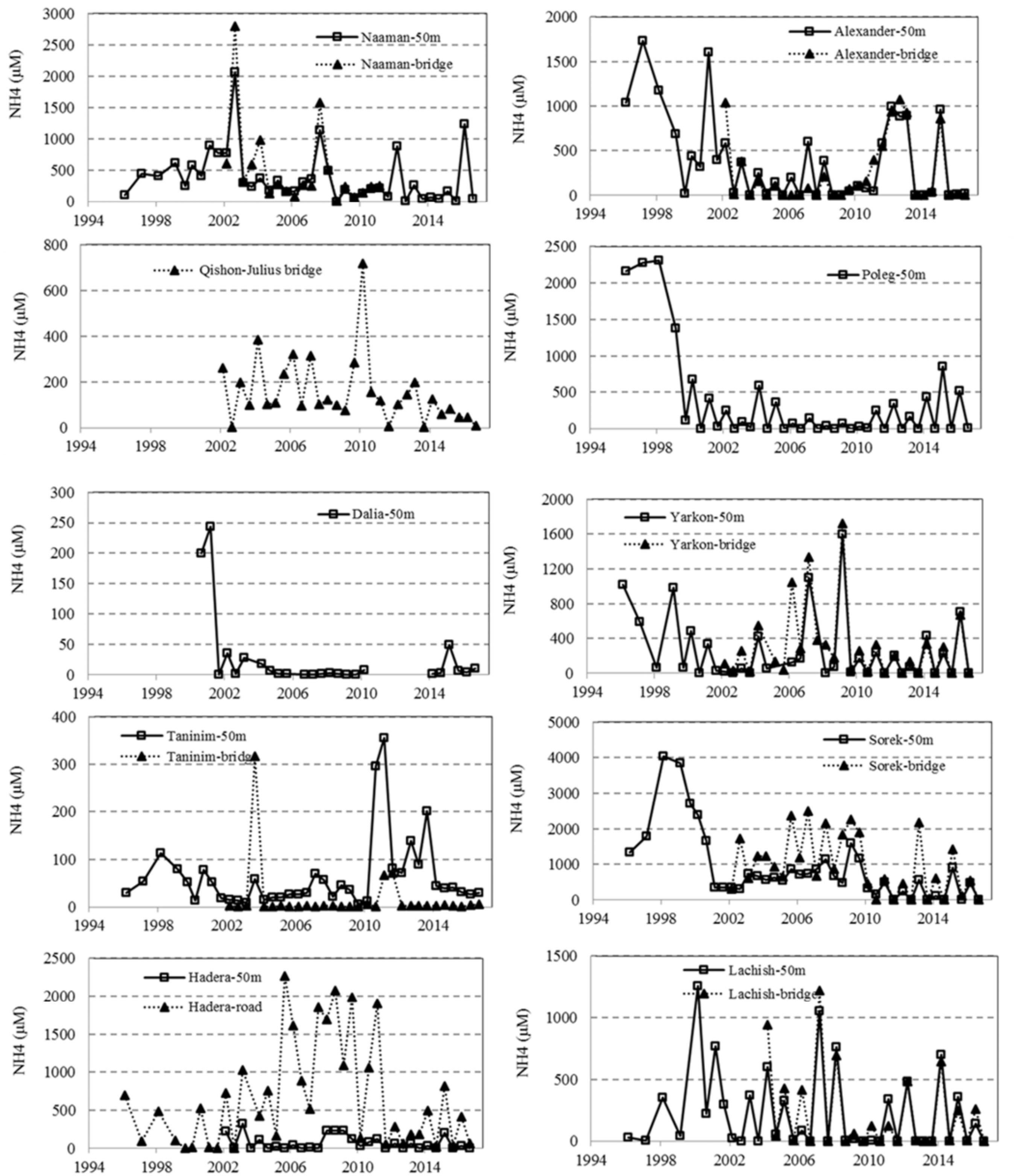
איור 28 : המשך



איור 29 : ריכוזי פוספט (A) ניטראט (B) ואמוניום (C) בשפכי נחלי חוף הים התיכון, בשנים 1990 – 2016 (מרץ וספטמבר).


Naaman-50m
Naaman-bridge
Alexander-50m
Alexander-bridge
Qishon-Julius bridge
Poleg-50m
Dalia-50m
Yarkon-50m
Yarkon-bridge
Taninim-50m
Taninim-bridge
Sorek-50m
Sorek-bridge
Hadera-50m
Hadera-road
Lachish-50m
Lachish-bridge
NO3 (μM)
1994
1998
2002
2006
2010
2014

איור 29 : המשך


Naaman-50m
Naaman-bridge
Alexander-50m
Alexander-bridge
Qishon-Julius bridge
Poleg-50m
Dalia-50m
Yarkon-50m
Yarkon-bridge
Taninim-50m
Taninim-bridge
Sorek-50m
Sorek-bridge
Hadera-50m
Hadera-road
Lachish-50m
Lachish-bridge
NH4 (µM)
1994
1998
2002
2006
2010
2014

איור 29 : המשך

טבלה 9 : מאפיינים כלליים של המים בשפכי נחלי החוף בשנת 2016.

		March 2016									October 2016								
Station	**River**	**Temp**	**Salinity**	**DO Conc**	**DO %**	**pH**	**Turbidity+**	**SPM**	**Chl**	**BOD**	**Temp**	**Salinity**	**O Con**	**DO %**	**pH**	**Turbidity+**	**SPM**	**Chl**	**BOD**
		C	*ppt*	*mg/L*	*%*		*NTU*	*mg/L*	*µg/L*	*mg/L*	*C*	*ppt*	*mg/L*	*%*		*NTU*	*mg/L*	*µg/L*	*mg/L*
R1b	בצת	21.00	5.19	6.20	71.6	8.21	0.0	10.10	6.66	2.73	24.31	16.13	1.91	25.0	8.46	0.6	125.63	170.60	0.34
R1c		18.16	5.09	7.67	83.7	7.97	4.5	26.00	26.62	6.60									
R4a	נעמן	22.02	31.83	8.22	113.0	7.89	2.5		10.74	6.58	25.71	22.58	7.71	107.4	8.31	0.0		53.80	
R4b		22.19	12.79	7.42	91.7	7.74	24.9	32.40	32.20	0.21	26.37	8.38	14.77	192.1	8.56	6.9	47.63	128.80	12.14
R5a	קישון	24.31	27.65	9.74	136.1	7.81	2.5	12.80	3.93		27.40	30.05	10.03	150.0	8.24	0.0	85.83	66.40	5.24
R5c		21.59	25.31	9.77	128.3	7.79	1.9	20.50	20.31	5.99	28.24	29.42	11.57	174.8	8.21	0.0	91.77	159.00	10.03
R5.5a	דליה	22.08	35.58	8.18	115.0	8.09	0.0		9.73										
R5.5b		21.70	22.36	17.65	228.4	8.63	13.4	148.10	69.90	10.79	26.56	27.58	10.24	148.8	8.61	12.0	268.57	86.10	8.90
R6a	תנינים	23.06	5.65	8.54	102.9	7.61	10.2		14.07		26.00	10.20	6.53	85.3	7.69	21.8		6.70	
R6b		23.62	6.26	8.39	102.5	7.52	0.0	20.32	11.98	1.81	25.34	0.01	6.84	83.3	7.61	16.4	34.76	6.21	1.79
R6c		25.24	3.24	8.61	106.5	7.46	0.0	11.44	0.67	0.46	25.40	3.24	6.94	86.1	7.60	19.8	46.29	1.49	-0.03
R7a	חדרה	20.02	34.57	8.18	110.2	8.04	0.0		1.03		29.71	39.69	6.18	101.2	8.25	0.0		1.57	
R7b		20.53	33.31	7.92	106.9	7.96	2.6	5.50	1.20	0.54	31.45	38.17	5.90	98.5	8.21	0.0	3.74	3.18	0.01
R7c		20.28	3.89	6.34	71.7	7.77	8.8	20.69	19.06	4.19	24.90	3.70	5.11	63.0	8.19	6.9	3.84	24.50	2.45
R8a	אלכסנדר	22.93	13.10	13.12	164.5	8.32	0.0		59.80		26.45	38.81	6.65	102.8	8.29	0.0		8.62	
R8b		22.88	13.66	12.84	161.4	8.33	6.1	10.30	63.60	8.43	24.98	6.61	10.99	138.0	8.68	0.0	5.14	96.90	6.38
R8c		19.31	0.01	13.90	150.6	8.35	5.7	9.00	72.10	9.85	25.08	6.03	9.63	120.8	8.54	7.7	12.55	99.90	5.16
R9a	פולג	20.78	0.66	7.79	87.2	7.86	16.2		3.51										
R9b		21.57	0.64	6.51	74.1	7.85	18.9	18.73	2.02	4.93	25.33	1.64	3.98	48.9	8.01	9.5	7.06	19.02	0.40
R10b	ירקון	23.56	8.32	7.15	88.3	7.71	0.0	12.89	3.18	2.38	29.45	15.67	12.59	179.8	8.39	0.0	10.69	24.40	6.03
R10c		21.75	8.75	6.06	72.5	7.62	10.6	13.23	4.48	0.38	29.22	19.57	14.69	213.5	8.42	0.0	10.75	29.50	6.47
R11a	שורק	21.56	27.21	8.33	110.6	7.93	1.8		10.79										
R11b		21.20	3.57	8.60	98.8	7.87	4.7	20.47	17.47	6.78	29.00	5.24	9.56	128.0	8.73	0.0	27.95	37.60	4.98
R11c		20.17	0.67	6.78	75.0	7.81	16.7	20.13	26.75	4.91	27.10	5.47	7.60	98.5	8.51	0.0	15.43	26.81	3.57
R12a	לכיש	21.85	34.11	8.30	115.3	7.97	4.5		1.01										
R12b		20.93	15.71	9.92	121.7	7.95	4.5	6.00	4.10	1.60	25.68	11.78	9.90	129.7	8.46	0.0	18.93	51.20	7.16
R12c		19.22	2.95	7.50	82.6	7.85	10.3	11.80	3.09	3.27	25.96	11.48	3.27	42.9	8.36	3.2	25.07	54.70	1.82
R13a	אבטח	16.79	18.02	10.17	116.7	8.06	0.0		4.75										
R13b		16.97	2.01	10.39	108.6	8.15	2.7	4.93	11.31	3.14	22.75	3.45	7.75	91.8	8.31	6.4	3.92	9.33	0.74

טבלה 10 : הערכת העומס השנתי (טון) של נוטריאנטים אנאורגאניים המומסים (אוקטובר עד ספטמבר) מנחלי החוף. החישוב מניח ריכוזי נוטריאנטים קבועים במהלך השנה ושינוי עומס בהתאם לספיקה. החישוב נעשה לפי הריכוזים שנמדדו במרץ 2016.

2015

River	Discharge	NO3+NO2-N	NH4-N	TIN-N	PO4-P	Si(OH)4-Si	TDN-N
	*cubic meter * 1000 /yr.*	*ton/yr.*					
נעמן	2157	6	37	44	4.4	11	43
קישון	10996	107	7	114	3	46	105
תנינים	9871	27	0.54	27	0.08	79	29
חדרה	2315	8	17	25	5	13	21
אלכסנדר	3345	16	0	16	1	15	18
ירקון	56610	212	531	743	76	753	822
שורק	13014	295	97	392	38	66	640
לכיש	10849	28	39	67	29	52	84

1. בשיטת חישוב העומס יש אי ודאות רבה עקב הנחות היסוד. המטרה העיקרית של הטבלה היא לספק הערכה ראשונית של תרומת הנוטריאנטים מנחלי החוף ע"מ לנסות לקשר בין ממצאי הניטור במימי החופין למקורות הזיהום.
2. נתוני נחלים קישון+ציפורי (ללא הזרמות מג'נין).

11. נוטריאנטים, כלורופיל ומיקרואצות במימי החופין

מעקב אחר תפוצת הנוטריאנטים והכלורופיל התבצע באזור המים הרדודים לאורך החוף (עד עומק של כ-30 מטר או כ-5 ק"מ מהחוף). דוגמאות מי פני שטח נדגמו בשנת 2016 בהפלגות ב-33 תחנות לאורך החוף במהלך אוגוסט. בנוסף נדגמו במפרץ חיפה 14 תחנות ביולי ו-5 תחנות באוגוסט. מיפוי של הרמות היחסיות של כלורופיל במימי החופין על סמך נתוני לוויינים בוצע באמצעות מערכת SISCAL (Satellite Information System on Coastal Area and Lakes).

כללית, עודפי נוטריאנטים בסביבה הימית, עקב העשרה אנתרופוגנית, עלולים לגרום לתהליכי אאוטרופיקציה (העתרה, פריחות מסיביות של אצות והגברת פעילותן) ולשינויים בהרכב אוכלוסיות האצות, וכתוצאה מכך להפרת המאזן האקולוגי הכולל. התופעות המדאיגות ביותר העלולות להתפתח בתנאים אלה הן פריחות של מיני אצות מיקרוסקופיות המייצרות רעלנים. אצות כאלה עלולות להופיע באזורים חופיים שיש בהם העשרה כללית ברמת הנוטריאנטים או שינויים ביחסים בין חנקן לזרחן כתוצאה מתרומות אנתרופוגניות של נוטריאנטים, גם כאשר לא מתפתחים תנאי אאוטרופיקציה חמורים.

ההשפעות המזיקות של העשרה בנוטריאנטים מורגשות במיוחד באזורים חופיים שתחלופת המים בהם מוגבלת. במימי החופין של ישראל תנאים כאלה קיימים רק באזורים מסוימים במפרץ חיפה ובחלק מנחלי החוף בהם מתקיימת חדירה של מי-ים. כתוצאה מהזרמה חריגה של נוטריאנטים למפרץ דרך נחל הקישון, אירעו בו בשנות ה-2000 כמה פריחות חריגות של אצות, שכללו מינים המשתייכים לקבוצות המייצרות רעלנים ומינים שגרמו למטרדים בחופי הרחצה, ובשנים האחרונות פריחות חריגות במורד נחל הקישון.

מחוץ למפרץ חיפה קיימים תנאים נוספים היכולים לעודד התפתחות פריחות מזיקות של אצות בנוכחות עודפי נוטריאנטים: שיכוב עמודת המים במשך חלק ניכר של השנה (המגביל את תחלופת המים), טמפרטורת מים גבוהה, קרינת אור חזקה ונוכחות גורמי גידול, כגון מתכות ותרכובות אורגניות ממקורות זיהום שונים. על מנת להעריך את הפוטנציאל להתפתחות ריכוזים חריגים של אצות (ובכללן אצות מזיקות) במימי החופין כתוצאה מהעשרה בנוטריאנטים, מופו ריכוזי הנוטריאנטים והכלורופיל באזור הרדוד של מימי החופין.

<u>נוטריאנטים</u>

<u>מפרץ חיפה</u>: בשנת 2016, כמו גם בשנים קודמות, בשפך נחל הקישון, בדרום המפרץ, נמצאו ריכוזים גדולים של נוטריאנטים (ניטראט, אמוניום, ניטריט, חנקן אורגני, פוספאט וחומצה סיליצית) יחסית לתחנות האחרות במפרץ ולאורך החוף. גם בשפך נחל הנעמן (צפון המפרץ) נמדדו ריכוזים גדולים יחסית. שני הנחלים תורמים חנקן וזרחן בכמויות יחסיות שונות. יחסי חנקן/זרחן (יחס מולארי) בשפכי הנחלים הקישון והנעמן >>16 (יחס רדפילד).

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 או קטנים מיחס רדפילד. הסבר אפשרי לשינוי היחס בדרום המפרץ הוא סילוק של חנקן בחלקו התחתון של נחל הקישון

(והנעמן) כתוצאה מקבורה בסדימנט, וייתכן תהליכי דניטריפיקציה ו/או ביצרנים ראשוניים מוגבלים בחנקן.

<u>אורך החוף</u>: תפוצת ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט, פוספאט וחומצה סיליצית) באזור הרדוד של מימי החופין דרומית למפרץ חיפה בקיץ (אוגוסט) 2016 מוצגת ב**איור 30**. בד"כ ריכוזי הנוטריאנטים יורדים ככל שמתרחקים מהחוף, אולם במקומות מסוימים, בסמוך לשפכי נחלים והזרמות של קולחים, קיימים מוקדי העשרה. תפוצת ריכוזי הפוספאט והניטראט בתחום הרדוד של מימי החופין מוכתבת, לפיכך, בעיקר ע"י מקורות זיהום יבשתיים מצד אחד, וקצב צריכתם ע"י היצרנים הראשוניים מצד שני.

<u>כלורופיל</u>

<u>מדידות במים</u>: ריכוזי הכלורופיל הגדולים ביותר נמצאו בדרום מפרץ חיפה בשפך נחל הקישון. מחוץ למפרץ חיפה, התפוצה המרחבית של ריכוזי הכלורופיל באוגוסט 2016 מראה מגמה כללית של ירידה ככל שמתרחקים מקו החוף (**איור 30d**). הגרדיאנט של הירידה בריכוזי הכלורופיל עם הריחוק מקו החוף (פקטור של כ-3) נובע מההשפעה של החדרת חומרי דשן ממקורות יבשתיים. הריכוזים האבסולוטיים של כלורופיל, באתרים לאורך חופי ישראל בהם נמצאה העשרה, אינם גבוהים ביחס לערכים שנמדדים באזורים המוגדרים כאאוטרופיים הן בים התיכון והן בימים אחרים בעולם.

<u>תפוצת ריכוזי כלורופיל, עומק סקי (Secchi) וטמפרטורה על סמך צילומי לוויינים</u>

במהלך 2016 נקלטו ועובדו במערכת SISCAL 247 צילומי לוויין מסוג MODIS (Aqua) ברזולוציה 1X1 ק"מ ו- 222 צילומי לוויין מסוג VIIRS של סוכנות החלל האמריקאית ששוגר באוקטובר 2011 עם רזולוציה של 750X750 מטר.

משנת 2008 מתבצע כיול של האלגוריתים של כלורופיל באמצעות הפלגות דיגום מזדמנות. נתוני הכיול אפשרו לנו לכייל רק את האלגוריתם של ים פתוח (דו"ח חיא"ל H19/2009). בדו"ח זה הערכים של ריכוזי כלורופיל מלוויין ה-MODIS הם בערך יחסי. במהלך 2013 התחלנו בתהליך כיול לווין ה-VIIRS על סמך הדגימות בשטח שנאספו במהלך הניטור השותף. האנליזות של ריכוזי הכלורופיל, טמפרטורת פני הים ועומק סקי במדף היבשת של ישראל (**נספח 2**) מאפשרות מעקב סינופטי אחר שינויים עונתיים ורב-שנתיים של מאפייני המים, תוך איתור והערכת השפעתם של מקורות יבשתיים על איכות המים.

תפוצת ריכוזי הכלורופיל החודשיים הממוצעים במימי החופין (ממרחק של 2 ק"מ מערבית לחוף ועד לקצה המדף- עומק מים של 200 מטר), בערכים אמיתיים, כפי שהתקבלה מאנליזה של צילומי לוויין מסוג VIIRS (רזולוציה 750X750 מטר), מוצגת ב**איור 31**.

תפוצת ריכוזי הכלורופיל החודשיים הממוצעים במזרח הים התיכון בערכים אמיתיים מוצגת בתמונה הקטנה באיור 31. אנליזה זו בוצעה ע"י NASA והיא ברזולוציה של 4X4 ק"מ ומתבססת גם כן על צילומי לווין ה- VIIRS. כללית, ניתן לעקוב אחר השינויים העונתיים הטבעיים של ריכוזי הכלורופיל ולאתר

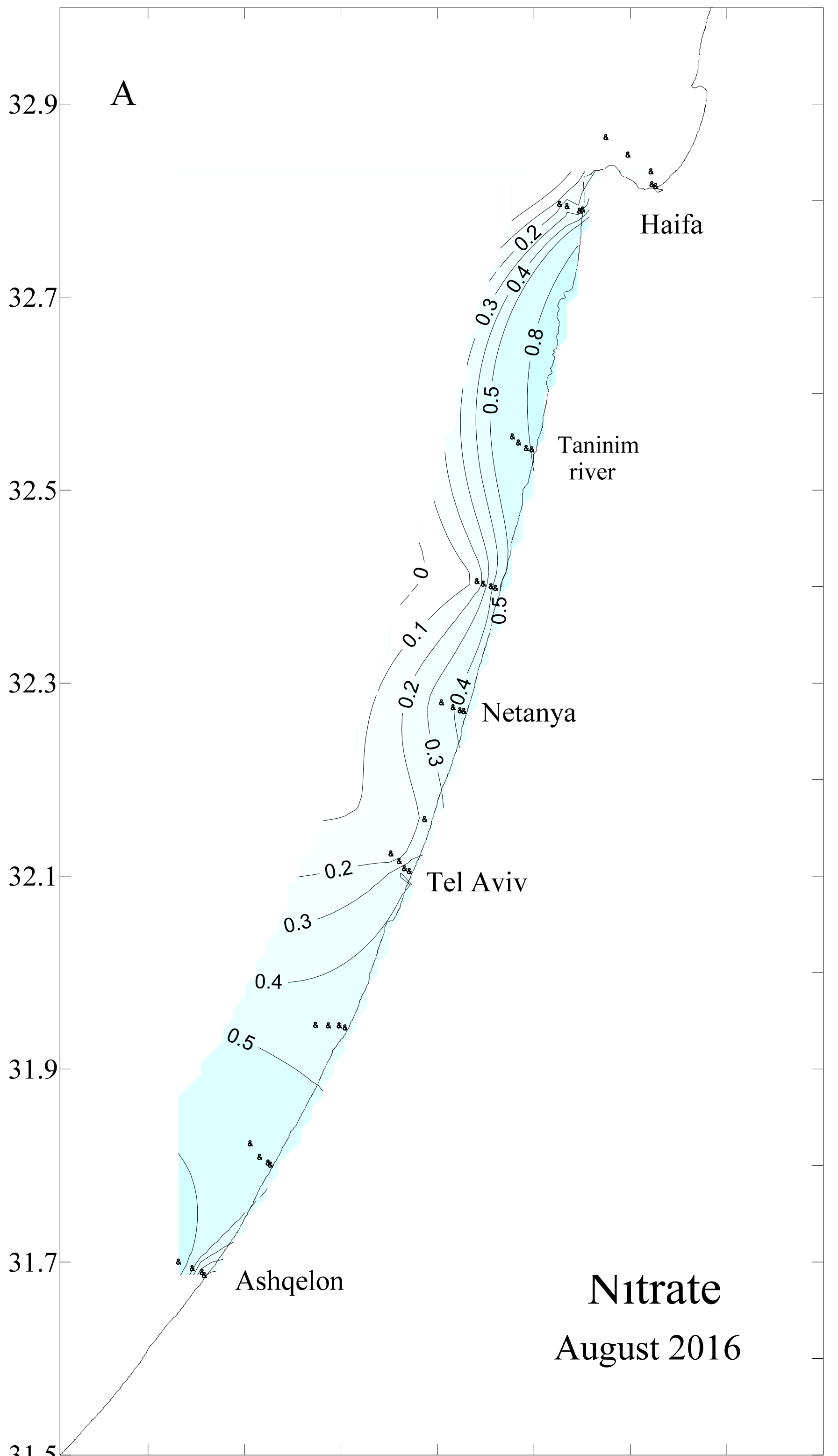
מוקדים בהם הריכוזים גבוהים (hot spots). השינויים בריכוזים לאורך החוף מושפעים משלושה גורמים עיקריים: השינויים באגן המזרחי המשפיעים לאורך כול החוף והמדף (ינואר-מרץ ונובמבר-דצמבר), הסעה מהדלתא של הנילוס שהשפעתה מגיעה עד אזור נתניה-חדרה (אפריל-יוני, אוגוסט-אוקטובר) והשפעה של גורמים מקומיים (כגון: שפכי נחלים, מוצאים ימיים, הביוב של עזה).

השוואה של ערכי הממוצעים החודשיים על סמך לווין ה- VIIRS בשנת 2016 בכל המדף יחסית לממוצע של השנים 2014-2015 מראה עלייה בריכוז הכלורופיל הממוצע בחודשים ינואר-יוני, אוגוסט-ספטמבר ובדצמבר בשאר החודשים הריכוז הממוצע לא השתנה או ירד (**איור 32**).

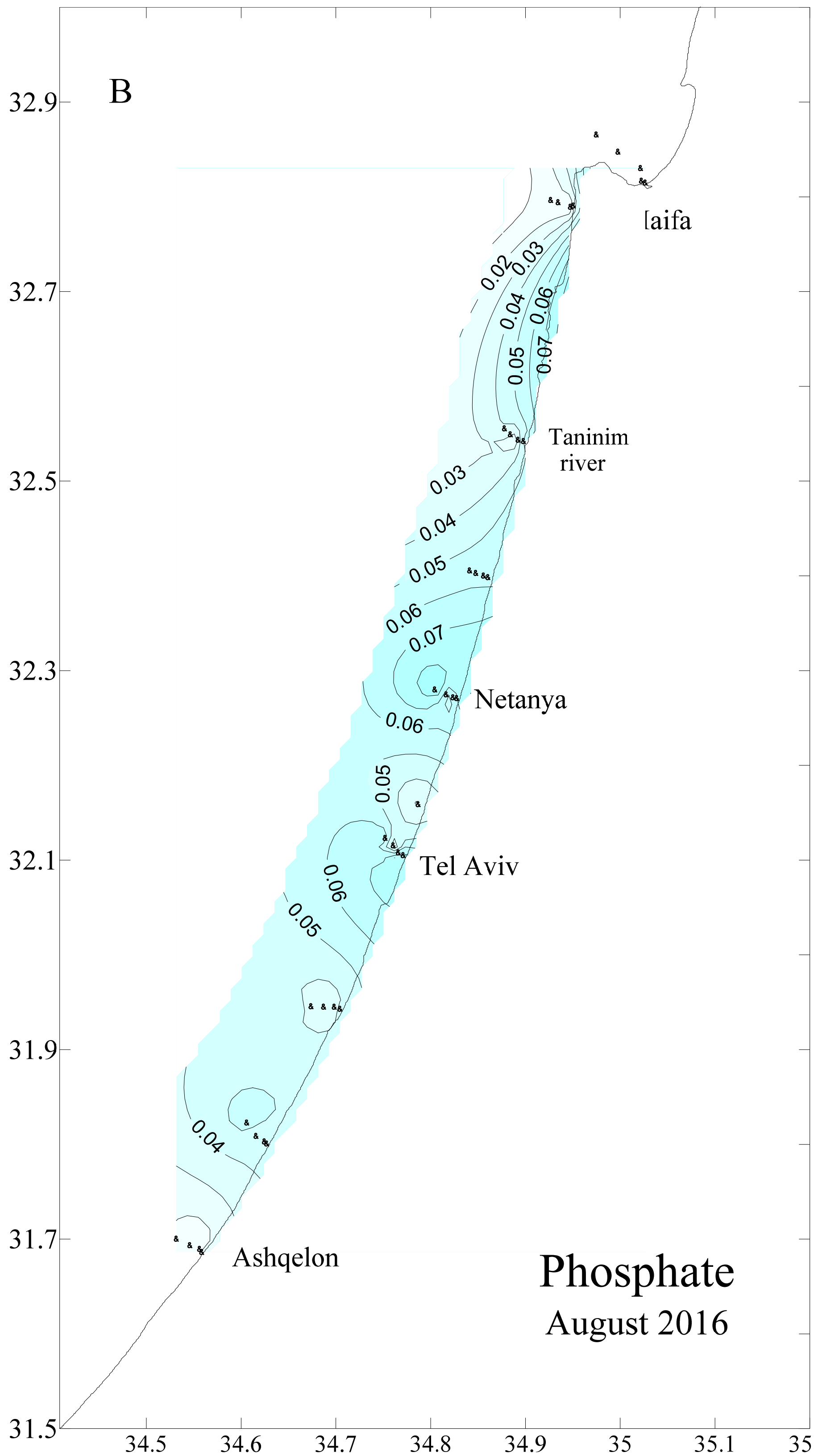
מעקב אחר ריכוזי הכלורופיל במפרץ חיפה

מעקב אחר המתרחש במפרץ חיפה נעשה בגלל מוצאי הנחלים הקישון והנעמן ובגלל העבודות הנעשות במסגרת בניית נמל המפרץ. הערכים החודשיים הממוצעים במפרץ חיפה של ריכוזי הכלורופיל (לא מכויילים) על סמך אנליזה של לווין ה-VIIRS מוצגים ב**איור 33**. ניתן לראות שהערך הממוצע במפרץ לאורך השנה הוא בסביבות 0.5mg/l למעט בחודשים ינואר-פברואר ובדצמבר שבהם הערכים היו גבוהים מ-0.6mg/l והגיעו עד 0.85mg/l בחודש דצמבר.

ההתפלגות המרחבית של ריכוזי הכלורופיל הממוצעים בכול חודש מוצגת במפות המופיעות ב**איור 34**. ניתן לראות שהריכוזים המקסימליים (~ 3.5mg/l) מתרכזים בדר״כ בחלק המזרחי של המפרץ ובחודשים בהם יש רוחות מזרחיות חזקות ריכוזי הכלורופיל הגבוהים נעים מערבה עד לחוטם הכרמל.

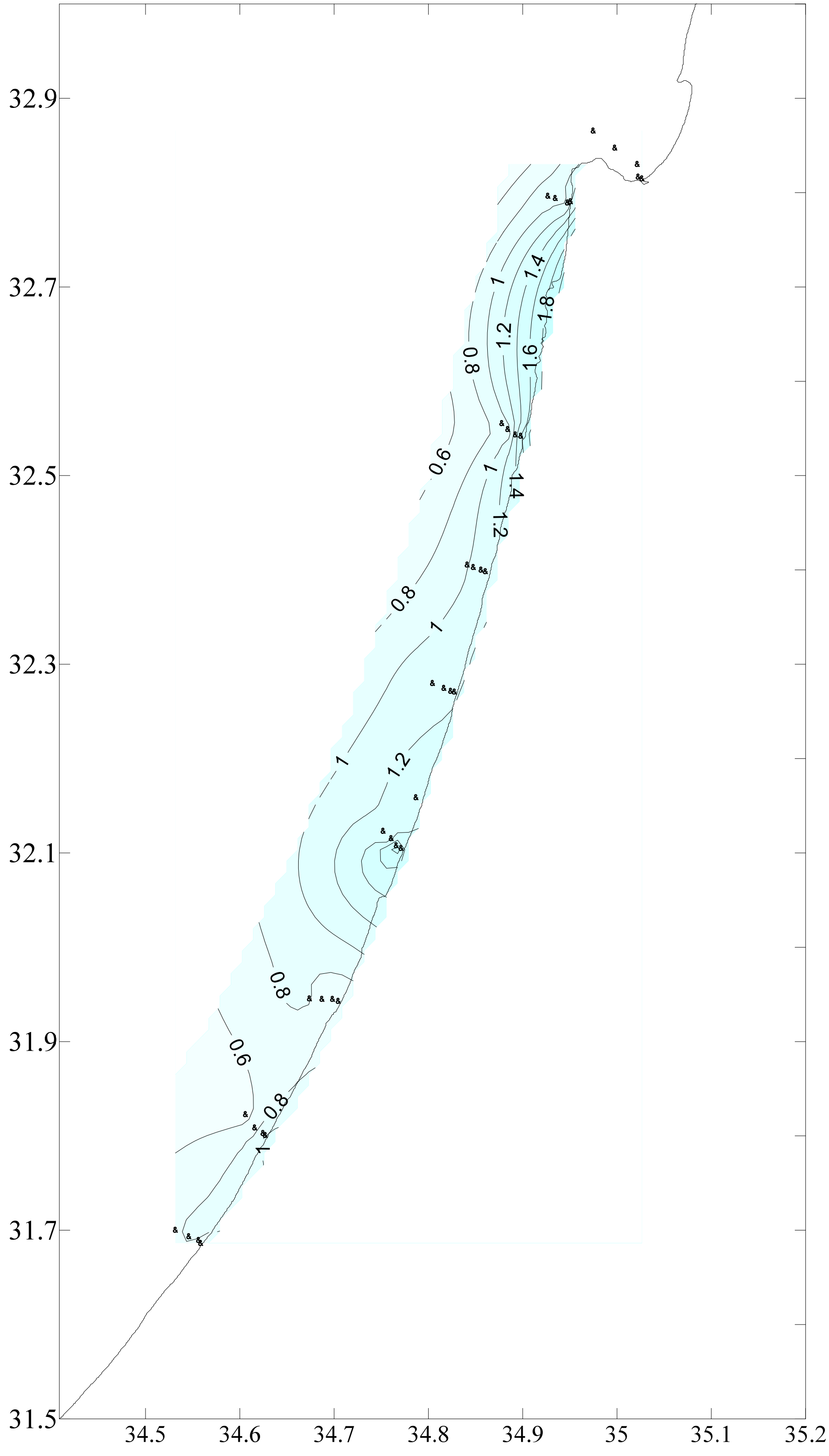


איור 30 : ריכוזי נוטריאנטים (μM) – ניטראט (A), פוספאט (B), חומצה סיליצית (C) וכלורופילה (D) μg/l
במי שטח באזור הרדוד (עד עומק מים 30 מ׳) של מימי החופין בחודש אוגוסט 2016.

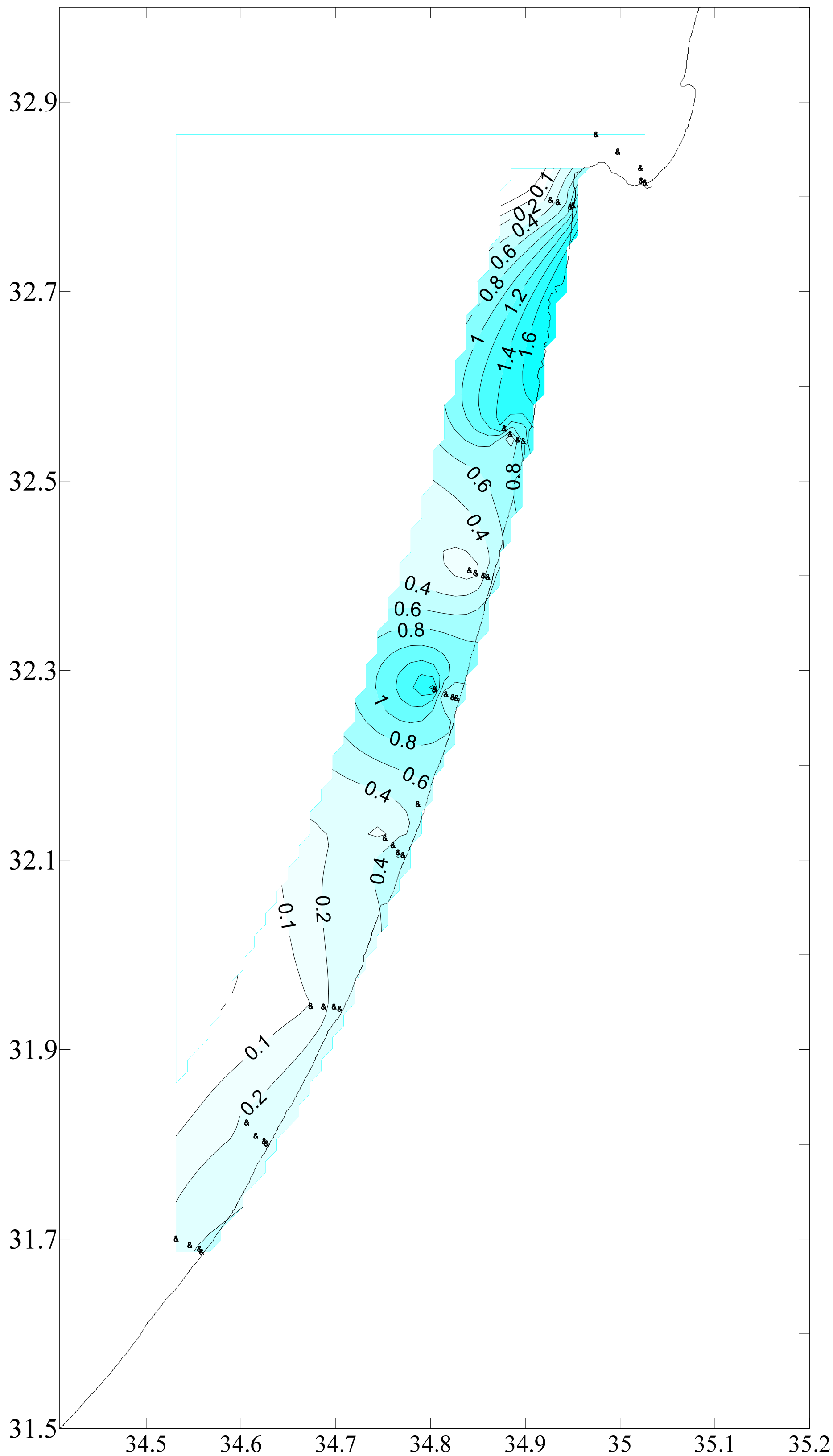


B
Phosphate
August 2016
laifa
Taninim
river
Netanya
Tel Aviv
Ashqelon
0.02
0.03
0.04
0.05
0.06
0.07
32.9
32.7
32.5
32.3
32.1
31.9
31.7
31.5
34.5
34.6
34.7
34.8
34.9
35
35.1
35.2

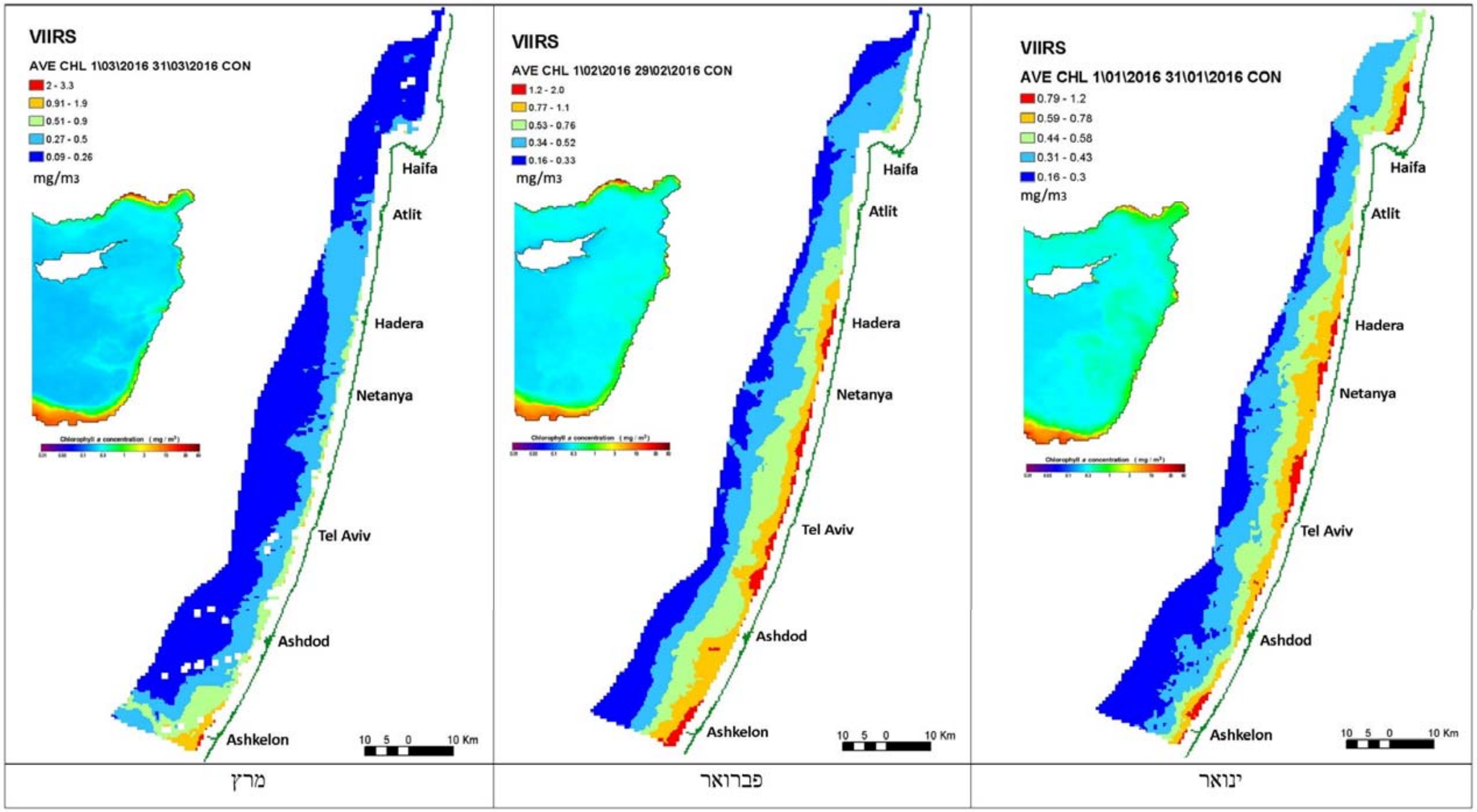
איור 30 המשך


32.9
32.7
32.5
32.3
32.1
31.9
31.7
31.5
34.5
34.6
34.7
34.8
34.9
35
35.1
35.2
1
1.4
1.8
1.2
1.6
0.8
0.6
1
1.4
1.2
0.8
1
1
1.2
0.8
0.6
0.8
1

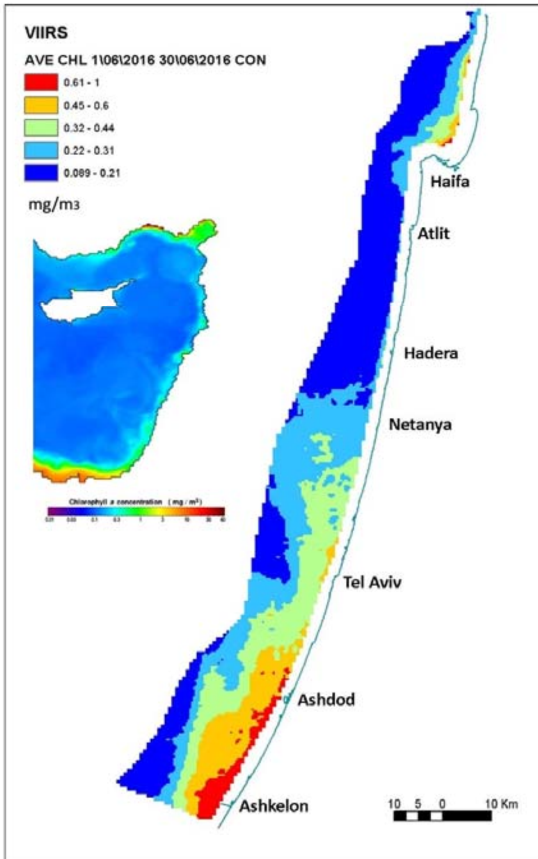
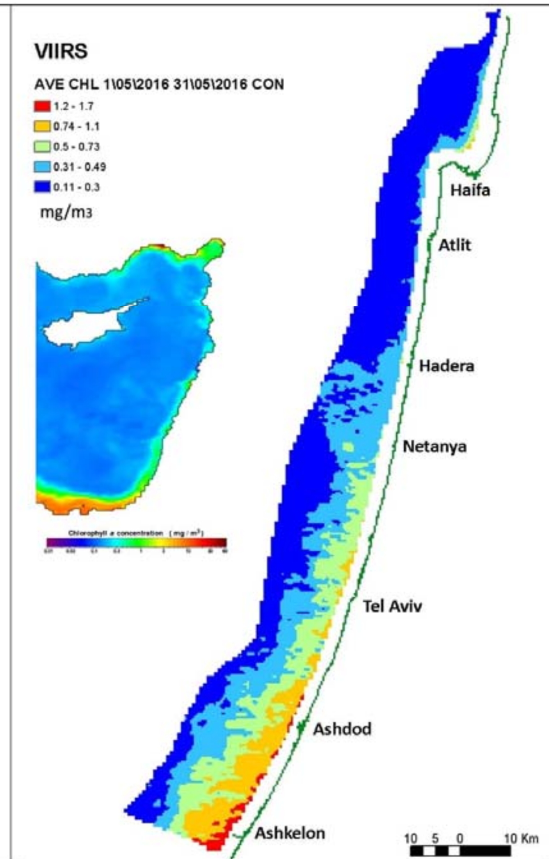
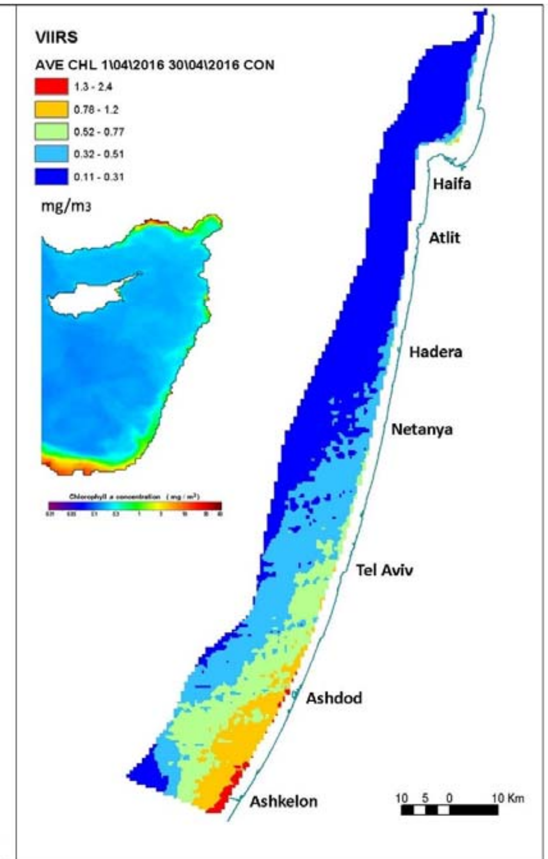
איור 30 המשך



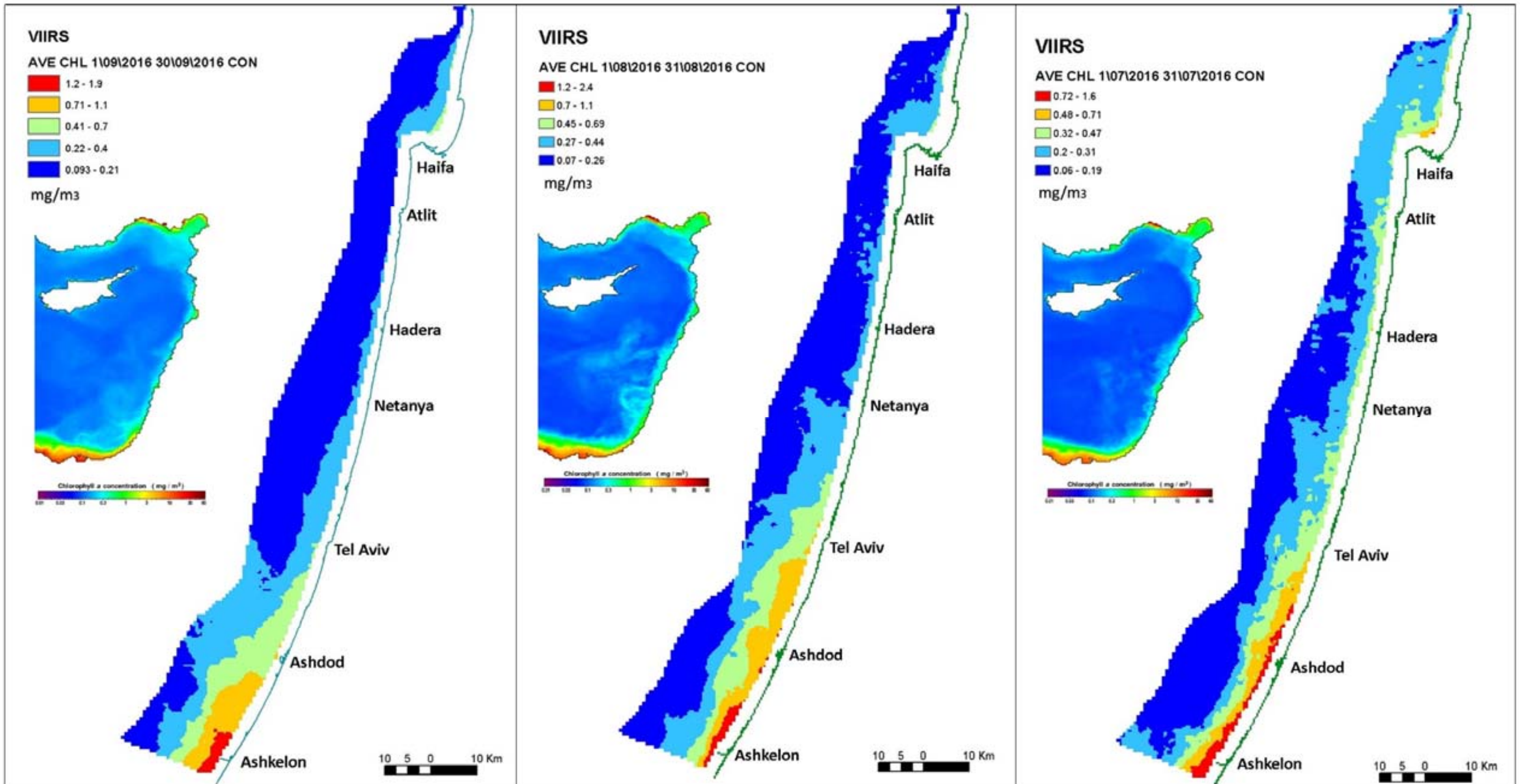
איור 30 המשך



איור 31 : תפוצת ריכוזי הכלורופיל החודשיים הממוצעים במימי החופין (ממרחק של 2 ק״מ מערבית לחוף ועד לקצה המדף, עומק מים של 200 מטר), בערכים יחסיים (0-1), כפי שהתקבלה מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה 1X1 ק״מ) בשנת 2016.

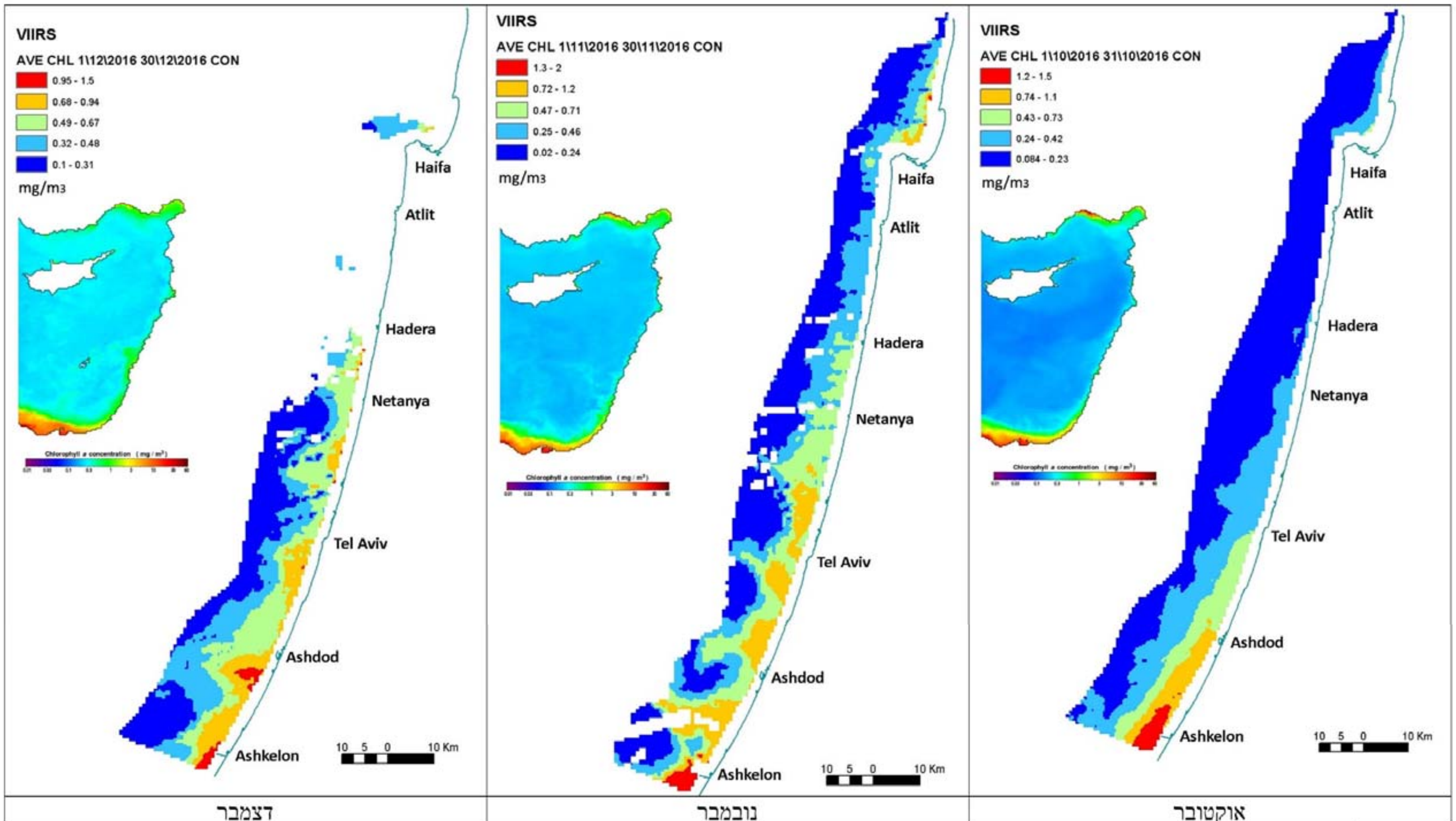
		
יוני	מאי	אפריל

איור 31 : המשך

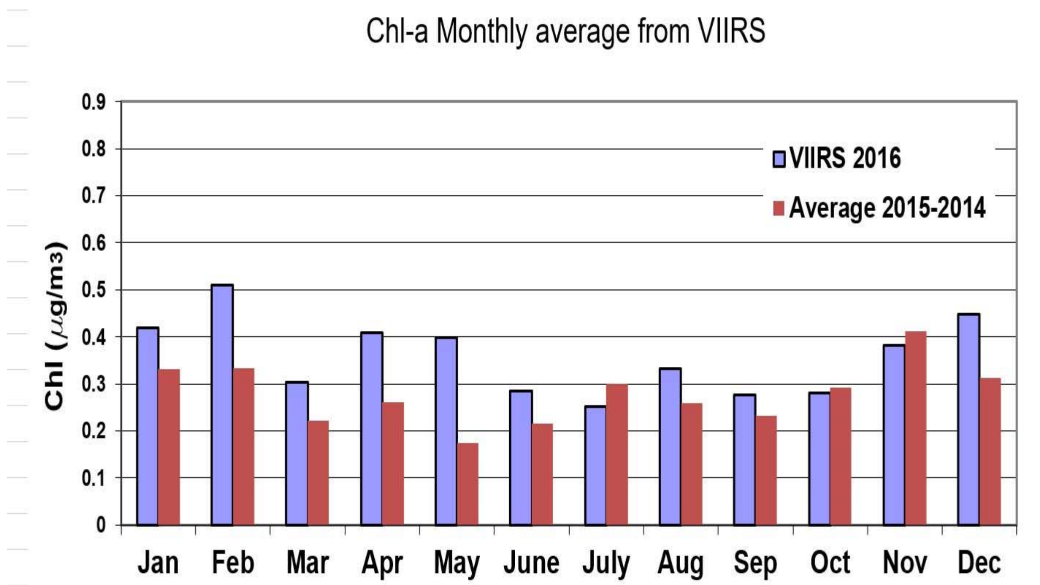


ספטמבר	אוגוסט	יולי

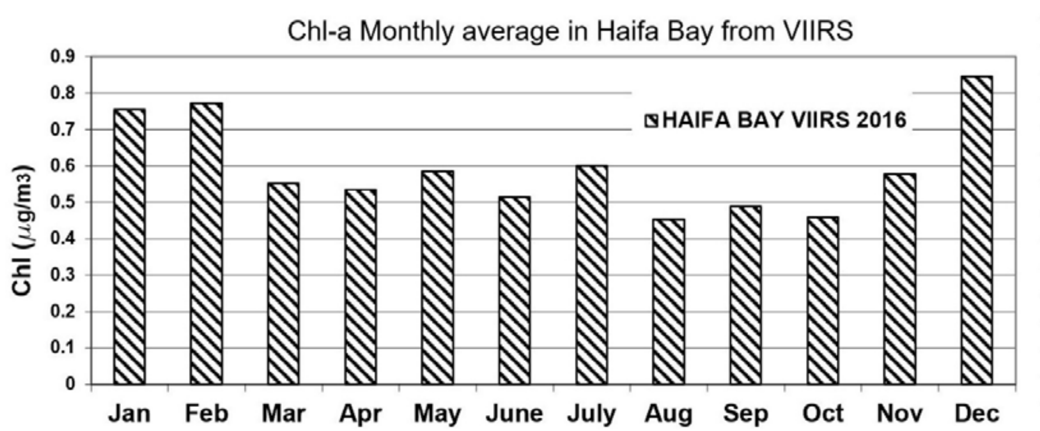
איור 31 : המשך


VIIRS
AVE CHL 1\10\2016 31\10\2016 CON
1.2 - 1.5
0.74 - 1.1
0.43 - 0.73
0.24 - 0.42
0.084 - 0.23
mg/m3
Haifa
Atlit
Hadera
Netanya
Tel Aviv
Ashdod
Ashkelon
10 5 0 10 Km
אוקטובר
VIIRS
AVE CHL 1\11\2016 30\11\2016 CON
1.3 - 2
0.72 - 1.2
0.47 - 0.71
0.25 - 0.46
0.02 - 0.24
mg/m3
Haifa
Atlit
Hadera
Netanya
Tel Aviv
Ashdod
Ashkelon
10 5 0 10 Km
נובמבר
VIIRS
AVE CHL 1\12\2016 30\12\2016 CON
0.95 - 1.5
0.68 - 0.94
0.49 - 0.67
0.32 - 0.48
0.1 - 0.31
mg/m3
Haifa
Atlit
Hadera
Netanya
Tel Aviv
Ashdod
Ashkelon
10 5 0 10 Km
דצמבר

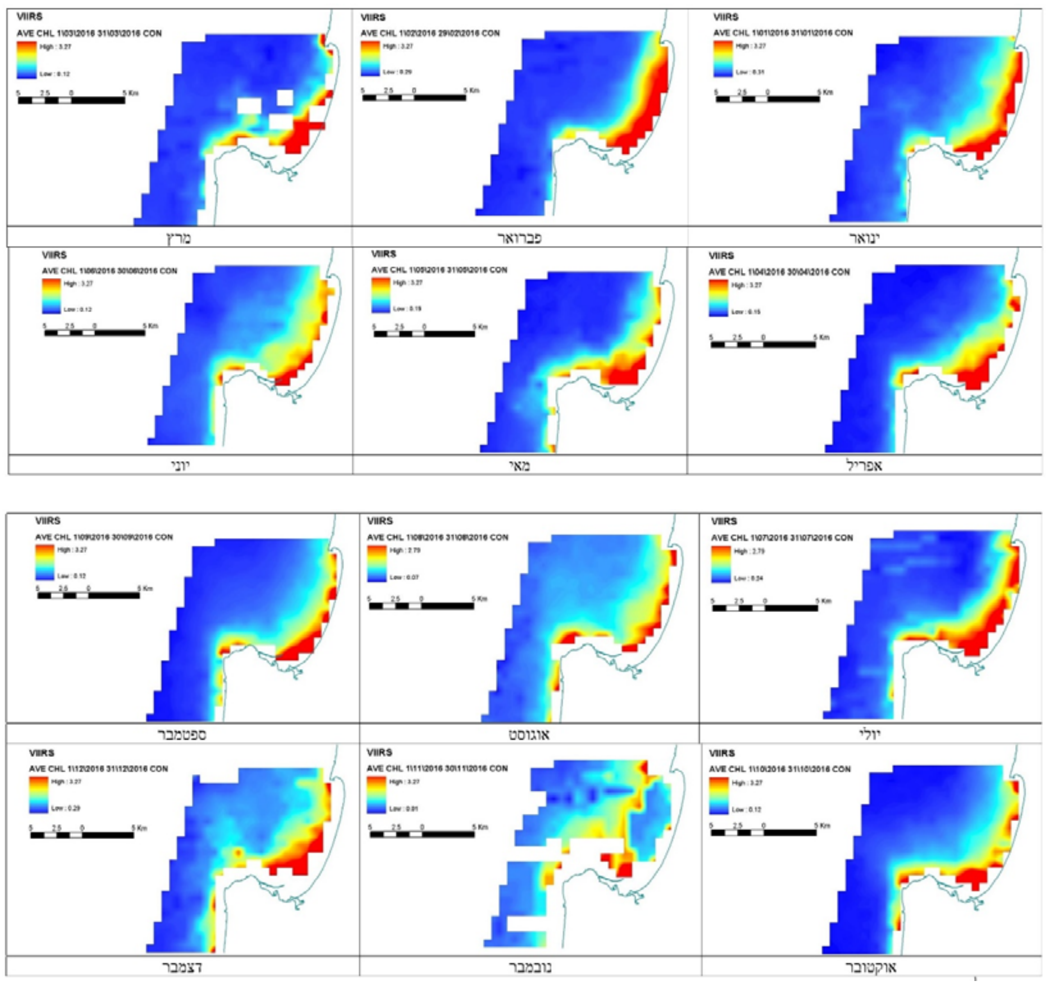
איור 31 : המשך



איור 32 : ממוצע חודשי של ריכוזי כלורופיל במדף היבשת מ-2 ק״מ מהחוף ועד עומק מים של 200 מטר. השוואה של ערכי הממוצעים החודשיים על סמך לווין ה- VIIRS בשנת 2016 בכל המדף יחסית לממוצע של השנים 2014-2015.



איור 33 : ערכים חודשיים ממוצעים של ריכוזי כלורופיל (לא מכוילים) במפרץ חיפה בשנת 2016 על סמך אנליזה של לווין ה-VIIRS.



איור 34 : התפלגות מרחבית של ריכוזי כלורופיל ממוצעים בכול חודש במהלך 2016 במפרץ חיפה.

רשימת ספרות

ASTM (1983) Designation - D3683-78. Standard test method for trace elements in coal and coke ash by atomic absorption. American Society for Testing and Materials Publisher. Pennsylvania, USA .pp.472-475.

Bareket M., Revital Bookman, Regina Katsmana, Henko de Stigterc and Barak Herut (2016). The role of transport processes of particulate mercury in modifying marine anthropogenic secondary sources, the case of Haifa bay, Israel. Marine Pollution Bulletin, 105: 286-291.

Booth, B.C. (1987). The use of autofluorescence for analyzing oceanic phytoplankton communities. Marina. 30: 101-108.

Cuhel, R.L. and Waterbury, J.B. (1984). Biochemical composition and short term nutrient incorporation patterns in unicellular marine cyanobacterium, Synechococcus (WH7803) Limnol. Oceanogr.29(2): 370-374.

Gordon, N. Angel, D. L., Neori, A., Kress, N. and Kimor, B. (1994). Heterotrophic dinoflagellates with symbiotic cyanobacteria and nitrogen limitation in the Gulf of Aqaba. Mar. Ecol. Prog. Ser. 107: 83-88.

Herut, B., Nimmo, M., Medway, A., Chester, R. and Krom, M. D. (2001). Dry atmospheric inputs of trace metals at the Mediterranean coast of Israel (SE Mediterranean): sources and fluxes. Atmos. Environ., 35: 803-813.

Herut, B. and Kress, N. (2000). Nutrients pollution at the lower reaches of Mediterranean coastal rivers in Israel. Wat. Sci. & Tech., 24: 147-152.

Herut, B., Krom, M.D., Pan, G. and Mortimer, R. (1999). Atmospheric input of nitrogen and phosphorus to the SE Mediterranean: sources, fluxes and possible impact. Limnol. & Oceanog., 44, 1683-1692

Herut, B., Collier, R. and Krom, M.D. (2002). The role of dust in supplying N and P to the SE Mediterranean. Limnol. & Oceanog., 47, 870-878.

Hewes, C.D. and Holm-Hansen, O. (1983). A method for recovering nanoplankton from filters for identification by microscope. The filter-transfer-freeze (FTF) technique. Limnol. Oceanogr. 28: 389-394.

Karydis, M. and Tsirtsis, G. (1996). Ecological indices: a biometric approach for assessing eutrophication levels in marine environment. Sci. Total Envir.186: 209-219;

Kennish, M.J. (1997). Estuarine and Marine Pollution. CRC Marine Sciences Series. CRC Press, Boca Rato, 524 pp.

Koçak, M., Kubilay, N., Herut, B. and Nimmo, M. (2005). Dry atmospheric fluxes of trace metals (Al, Fe, Mn, Pb, Cd, Zn, Cu) over the Levantine Basin; A refined assessment. Atmos. Environ. 39: 7330-7341.

Koçak، M., Kubilay, N., Herut, B. and Nimmo, M. (2007). Trace Metal Solid State Speciation in Aerosols of the Northern Levantine Basin, East Mediterranean. J. Atmos. Chem. 56: 239-257.

Li, W.K.W. (1986). Experimental approaches to field mesurments: methods and interpretation. In: Platt, T. and Li, K.W. (eds.) Photosynthetic Picoplankton.Canad. Bul. Fish. and Aquatic Sci. 214, pp. 251-286.

Li, W.K.W., Dickie, P.M., Irwin, B.D. and Wood, A.M. (1992). Biomass of bacteria, cyanobacteria, prochlorophytes and photosynthetic eukaryotes in the Sargasso Sea. Deep Sea Res. 39(3/4): 501-519.

Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L. and Calder, F.D. (1995). Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. Environmental Management,19, 81-97.

Shefer E., Silverman J., Herut B. (2015). Trace metal bioaccumulation in Israeli Mediterranean coastal marine mollusks. Quaternary International. 390: 44-55. http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.10.030

Strathman, R.R. (1967). Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. Limnol .Oceanogr. 12: 411-418**.**

דו״ח עומסי מזהמים בנחלים (1994, 2000, 2001, ,2003, 2009, 2011, 2013, 2016), המשרד לאיכות הסביבה (2012, 2004, 2013, 2016).

גורדון, נ׳, חרות, ב׳, קרס, נ׳, 2012. אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח. דו״ח ניטור אוקטובר 2011, מוגש לרשות נחל הקישון. דו״ח חיא״ל H58/2012.

טיבור, ג׳, אלמוגי-לבין, א׳, חרות, ב׳, 2009. כיול חישה מרחוק למיפוי סינופטי של כלורופיל וחומר מרחף במדף היבשת של הים התיכון, ישראל. דו״ח חיא״ל H19/2009.

תקנות בריאות העם – איכות התברואה של מי שתייה תשל״ד 1974, נוסח משולב התש״ס 2000.

״תקני סביבה לאיכות מי הים התיכון בישראל״ המשרד לאיכות הסביבה, אוגוסט 2002.

הסעת רחופת על-ידי נחלי החוף אל מדף היבשת של ישראל-נחל קישון ונחל אלכסנדר. דינה וכטמן, עבודת מגיסטר, אוניברסיטת חיפה, פברואר 2004.

דו״ח ניטור מים ונחלים בשנת 2008 (רשות הטבע והגנים, יוני 2009).

נספח חלק I

יעדי התכנית הניטור הרחבה

1. אימוץ האינדיקטורים והיעדים למצב סביבתי טוב (Good Environmental Status) ליישום "גישת המערכת האקולוגית" (Ecosystem Approach, EcAp) של מוסדות אמנת ברצלונה (מדינות הים התיכון) שמתבססת על הדירקטיבה הימית של הקהילה האירופית (Marine Strategy Framework Directive, MSFD). אינדיקטורים אלו אומצה גם ע"י ארגון הסביבה של האו"ם (UNEP) לבניית תכנית הניטור הבין לאומית בים התיכון לה שותפה מדינת ישראל.

האינדיקטורים מפורטים להלן בתרגום חופשי:

תחום	פירוט (יעדים)	פעולות ניטור
1. מגוון ביולוגי	המגוון הביולוגי נשמר. מצב בתי הגידול וקיומם נשמר ותפוצת ושפע המינים השונים נמצאים בקו אחד עם המצב הפיסיוגרפי, הגאוגרפי והאקלימי האופיינים לאזור ולזמן. כמו כן, א. מתן כלים לצורך בחינה ועדכון תקופתי של מדיניות ניהול שימושים במרחב הימי כגון ממשק דייג, שמורות טבע, וחקלאות ימית. ב. תמיכה ועדכון של מדיניות הפיתוח המבוססת על המיפוי הראשוני הקיים של בתי הגידול וערכיותם. עמידה במחויבויות ניטור בינלאומיות במסגרת אמנת ברצלונה לשמירה על המגוון הביולוגי.	מעקב אחר שינויים במגוון המינים ומצב בתי הגידול. ניטור המגוון הביולוגי בבתי גידול מייצגים של קרקעית קשה ובתי גידול של קרקעית רכה.
2. מינים פולשים	מינים זרים שהוכנסו למערכת בשל פעילות אנושית נשמרים ברמה שאינה משנה את תפקוד המערכת האקולוגית	מעקב אחר חדירת והתבססות מינים פולשים ומינים רעילים. מעקב אחר השפעות מינים פולשים על המערכת המקומית.
3. דגים וחסרי חוליות בעלי ערך מסחרי	אוכלוסיות מיני הדגים וחסרי החוליות המסחריים נמצאות ברמה ביולוגית בטוחה, בעלות תפזורת גילאים וגודל המעידה על מאגר מדגה יציב קיום מרכיבי מארג המזון מבטיחים שמירה לטווח ארוך על השפע ויכולת ההתרבות של אוכלוסיות הדגים המסחריים	מעקב אחר פעילות דייג. מצב אוכלוסיית הדגה ויכולת ההתרבות של מאגר המדגה
4. מארגי המזון הימיים	כל האלמנטים הידועים של מארג המזון הימי נמצאים בנפוצות נורמלית ומגוון המינים נשמר ברמה המאפשרת קיום ארוך טווח של המינים השונים ואת יכולתם להתרבות.	מעקב אחר יציבות מארג המזון הימי
5. העתרה בחומרי דשן (אאוטרופיקציה)	האוטרופיקציה שמקורה בפעילות אנושית מצומצמת לרמה המינימלית שאינה גורמת לאובדן מגוון המינים, להריסה של בתי גידול, פריחת אצות מזיקה או שינויים בריכוז החמצן בקרקעית.	איתור ומעקב אחר מקורות העתרה פוטנציאליים לים ממקורות שונים כגון פתחי נחלים ותשתיות הזרמת שפכים שונות והערכת מידת השפעתם האפשרית על הסביבה הימית. מעקב אחר התפוצה של הנוטריינטים במרחב הים, זיהוי מגמות של שינויים לאורך זמן רב והתרעה על תופעות חריגות. יצירת בסיס להערכת פוטנציאל הסיכון לבריאות הציבור והנזקים האקולוגיים הצפויים כתוצאה העתרת מימי החופין. יצירת בסיס להערכת הממצאים של תכניות הניטור המקומיות באתרים בהם מתאפשרת הזרמה לים.

6. שלמות קרקעית הים	שלמות קרקעית הים נמצאת ברמה שמבטיחה שהמבנה והתפקוד של המערכת האקולוגית נשמרים ואין השפעה ניכרת על בתי הגידול, בדגש על הבנתוס.	ניטור מאזן הסדימנטים, כולל הסעה וסדימנטציה, וקצבי בליה. השפעות של תשתיות ימיות על שלמות הקרקעית בקנה מידה רחב
7. תנאים הידרוגרפיים	שינויים תמידיים בתנאים ההידרוגרפיים אינם משפיעים לרעה על המערכת האקולוגית	ניטור ארוך טווח של המערכת ההידרוגרפית למעקב אחר השפעות כגון שינויי אקלים (מפלס ים, טמפ׳, מליחות, חומציות, נוטריאנטים, יצרנות ראשונית וחיידקית).
8. זיהום ים	ריכוזי מזהמים נמצאים מתחת לסף המשפיע על המערכת האקולוגית ואינם במגמת עליה.	איתור ואיפיון מקורות זיהום פוטנציאליים לים ממקורות שונים כגון חופים, פתחי נחלים ותשתיות שונות. קביעת התפוצה של חומרים מזהמים במרחב הים, זיהוי מגמות של שינויים לאורך זמן רב והתרעה על תופעות חריגות. יצירת בסיס להערכת פוטנציאל הסיכון לבריאות הציבור והנזקים האקולוגיים הצפויים כתוצאה מזיהום מימי החופין (כימי וחיידקי). יצירת בסיס להערכת הממצאים של תכניות הניטור המקומיות באתרים בהם מתאפשרת הזרמה לים. ניטור איכות מי הים כמי גלם להתפלה. עמידה במחויבויות ניטור בינלאומיות במסגרת האמנות השונות למניעת זיהום ים.
9. מזהמים בדגי מאכל ובחסרי חוליות מסחריים	ריכוז המזהמים במאכלי הים מתחת לרמה הבטוחה	בדיקת ריכוזי מזהמים בדגי המאכל ובחסרי חוליות מסחריים בישראל
10. פסולת ימית	תכונות וכמות הפסולת הימית אינן מהוות מטרד ומפגע למערכת האקולוגית החופית והימית	ניטור כמויות וסוג הפסולת בים ובחופים ניטור תוצרי וקצב פירוק אשפה בים והשפעתם הגדרת נקודות חמות המהוות מקור לפסולת ימית וחופית ומעקב אחר השפעתן
11. רעש תת ימי וסוגי אנרגיה נוספים	הכנסת אנרגיה למים ממקור אנושי, לרבות רעש, נשמרת ברמות שאינן מזיקות למערכת האקולוגית הימית.	ניטור רמות הרעש לאורך חופי ישראל ניטור השפעת הזרמת מי קירור ואנרגיית חום ממקורות נוספים על המערכת הימית (תוך הישענות על תכניות הניטור המקומיות השונות)

2. פיתוח ותחזוקת של **מרכז מידע ימי לאומי** (בחיא״ל)

א. פיתוח ותחזוקה של מאגר מידע שיאסוף את כל המידע המדעי והנתונים של תוכניות הניטור החדשות וההיסטוריות מן מהניטור הלאומי ומתכניות הניטור המקומיות.
ב. ביצוע בדיקה שוטפת של איכות ואמינות נתוני הניטור של התוכניות המקומיות.
ג. הנגשת המידע המדעי ונתוני הניטור לציבור ובעלי העניין תוך קביעת מדיניות פרסום שקופה והוגנת ועמידה בסטנדרטים בינלאומיים.

3. תמיכה ב**תשתיות איסוף נתונים** (תשתיות ניטור לאומי)

א. תחנות ומערכות למדידה רציפה של פרמטרים פיזיקליים (לדוגמא טמפ׳, מליחות, גלים, זרמים)
ב. מערכת רדאר למדידות זרמים

ג. אחזקה וכיול מודלים אוקיאנוגרפיים אופרטיביים
ד. הכנת תרחישים ריאליים לצורך התמודדות עם אירועי זיהום.

להלן שיוך פעילות הניטור לדסקריפטורים השונים של הדירקטיבה הימית של הקהילה האירופית.

מספר דסקריפטור MSFD	יעד MSFD	פעילות במסגרת תכנית הניטור הלאומית	שנת התחלה
8 זיהום ים 9 מזהמים בבע"ח ימיים מסחריים (בריאות הציבור)	8 ריכוזי מזהמים נמצאים מתחת לסף המשפיע על המערכת האקולוגית. 9 מזהמים בדגי מאכל ובחסרי חוליות מסחריים לא חורגים מערכי ייחוס או סטנדרטים מקובלים.	מדידת זיהום מימי החופין במתכות כבדות – סדימנטים, חומר מרף, בעלי חיים ימיים	1978
8 זיהום ים 5 אאוטרופיקציה	8 כנ"ל. 5 האאוטרופיקציה שמקורה בפעילות אנושית מצומצמת לרמה המינימלית שאינה גורמת לאובדן מגוון המינים, להריסה של בתי גידול, פריחת אצות מזיקה או שינויים בריכוז החמצן בקרקעית.	מדידת נורטריאנטים ואפיון מיקרואצות במימי החופין ושפכי נחלים	1990
8 זיהום ים 5 אאוטרופיקציה	כנ"ל	כימות שטפים אטמוספיריים של מתכות ונוטריאנטים	1996
8 זיהום ים	כנ"ל	בחינת סמנים ביולוגיים להשפעות מזהמים	2007
5 אאוטרופיקציה	כנ"ל	ניטור היצרנות הראשונית והחיידקית במימי החופין	2013
במסגרת דירקטיבת המים	אין חריגה מתקן ארצי	ניטור חיידקי בחופי רחצה מוכרזים	שנות ה- 70
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	1 המגוון הביולוגי נשמר. מצב בתי הגידול וקיומם נשמר ותפוצת ושפע המינים השונים נמצאים בקו אחד עם המצב הפיסיוגרפי, הגאוגרפי והאקלימי האופיינים לאזור ולזמן. 2 מינים זרים שהוכנסו למערכת בשל פעילות אנושית נשמרים ברמה שאינה משנה את תפקוד המערכת האקולוגית	אפיון הרכב אוכלוסיית מיקרואצות במימי החופין; כולל מינים בעלי פוטנציאל רעילות	2000
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	אפיון הרכב אוכלוסיית חי תוך הקרקעית במימי החופין	2005
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	אפיון חברות אקולוגיות בחוף הסלעי	2009 (סוף)
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	אפיון חברות אקולוגיות ברכסים תת-ימיים עד עומק מים של 20 מטר	2013
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	אפיון מאקרו-פאונה (דגים וחסרי חוליות) על קרקעיות רכות	2014
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	ברקודינג	2012

7 הידרוגרפיה ושינויי אקלים	7 שינויים תמידיים בתנאים ההידרוגרפיים אינם משפיעים לרעה על המערכת האקולוגית	הוצבו תחנות מטאו-הידרוגרפיות של מדידה רציפה – חדרה, אשקלון, מפלס ים	חדרה- 1992 אשקלון - 2013
7 הידרוגרפיה ושינויי אקלים	כנ"ל	הפלגת חתך מול חיפה	2014
6 שלמות קרקעית/ תהליכים סדימנטולוגיים	6 שלמות קרקעית הים נמצאת ברמה שמבטיחה שהמבנה והתפקוד של המערכת האקולוגית נשמרים ואין השפעה ניכרת על בתי הגידול, בדגש על הבנתוס (קרקעית).	מעקב אחר שינויים סדימנטולוגיים בים רדוד (עד 100 מטר עומק מים)	סקרי עבר ממוקדים
and MSFD Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information	מרכז מידע ימי לאומי	• קליטת נתונים ימיים מגורמי האיסוף, בקרת איכותם, תיעודם ושמירתם בארכיון. • ארגון הנתונים בבסיסי נתונים המאפשרים גישה נוחה לנתונים ושליפתם, עיבודם והצגתם לפי הצורך. • הפעלת מאגר ביו-גיאוגרפי כולל ברקודינג. • הפעלה שוטפת של מודלים לחיזוי ימי ובנית ארכיון של תוצאותיהן. • עיבודים סטטיסטיים של הנתונים והפקת מוצרי מידע בהתאם לצרכי המשתמשים. • קביעת סטנדרטים לאיסוף נתונים ימיים, לבקרת איכות נתונים ולדוקומנטציה של מידע. • הפצת נתונים ומידע בצורות שונות: תדפיסים, דו"חות, תקליטורים, רשת האינטרנט. • קיום קשרים עם מרכזי מידע אוקיאנוגרפיים בחו"ל והחלפת נתונים ומידע. • ייצוג ישראל ברשת הבינלאומית לחילופי מידע אוקיאנוגרפי.	2001 ברקודינג וביו-גיאוגרפי החל ב- 2010 ו-2013 בהתאמה.

נספח 1: טבלת אפיון תחנות הדיגום בשנת 2016

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק	דיגום
			קו רוחב		קו אורך		מים	
1	21-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.059	35	4.565	3.66	Sediment, Water, Benthic fauna
2	21-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.075	35	4.384	6.23	Sediment, Water, Benthic fauna
8	21-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.055	35	4.174	11.88	Sediment, Water, Benthic fauna
9	21-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.052	35	4.324	9.15	Sediment, Water, Benthic fauna
10	21-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.037	35	4.534	5.74	Sediment, Water, Benthic fauna
11	21-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.014	35	4.613	4.76	Sediment, Water, Benthic fauna
12	21-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	53.686	35	4.599	3.29	Sediment, Water, Benthic fauna
14	21-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	52.783	35	4.315	4	Sediment, Water, Benthic fauna
18	21-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	51.257	35	3.733	3.39	Sediment, Water, Benthic fauna
22	21-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.876	35	2.725	5.56	Sediment, Water, Benthic fauna
23	21-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.858	35	2.812	3.56	Sediment, Water, Benthic fauna
26	21-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.358	35	2.146	6.3	Sediment, Water
27	21-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.235	35	1.194	11.22	Sediment, Water
Carmelit	21-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	48.499	35	1.706	2	Sediment, Water
H1	1-Aug-16	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.802	34	55.601	31.29	Water, Phytoplankton
H2	1-Aug-16	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.658	34	56.070	22.56	Water
H3	1-Aug-16	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.371	34	56.847	9.99	Water, Sediment, infauna
H4	1-Aug-16	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.448	34	57.039	7.69	Water, Sediment, Phytoplankton
H5	1-Aug-16	Shallow coastal water-off Taninim river	32	33.340	34	52.672	32.08	Water, Phytoplankton
H6	1-Aug-16	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.963	34	53.048	23.78	Water
H7	1-Aug-16	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.617	34	53.535	12.7	Water, Sediment, infauna
H8	1-Aug-16	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.537	34	53.876	6.77	Water, Sediment, Phytoplankton
H9	1-Aug-16	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.342	34	50.468	30.33	Water, Phytoplankton
H10	1-Aug-16	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.186	34	50.858	22.53	Water
H11	1-Aug-16	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.018	34	51.347	12.89	Water, Sediment, infauna
H12	1-Aug-16	Shallow coastal water-off Alexander river	32	23.917	34	51.628	7.17	Water, Sediment, Phytoplankton
H13	2-Aug-16	Shallow coastal water-off Herzlyya	32	9.541	34	47.208	10.21	Water, Sediment, infauna
H14	2-Aug-16	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	7.406	34	45.118	30.25	Water, Phytoplankton
H15	2-Aug-16	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.937	34	45.630	21.45	Water
H16	2-Aug-16	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.487	34	45.954	12.51	Water, Sediment, infauna
H17	2-Aug-16	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.315	34	46.260	7.43	Water, Sediment
H18	2-Aug-16	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.587	34	42.260	6.65	Water, Sediment, Phytoplankton
H19	2-Aug-16	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.716	34	41.898	13.09	Water, Sediment, infauna
H20	2-Aug-16	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.718	34	41.226	22.25	Water
H21	2-Aug-16	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.747	34	40.429	32.44	Water, Phytoplankton
H22	2-Aug-16	Shallow coastal water-off Ashdod	31	49.383	34	36.360	31.19	Water
H23	2-Aug-16	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.537	34	36.946	22.34	Water
H24	2-Aug-16	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.186	34	37.475	10.15	Water, Sediment, infauna
H25	2-Aug-16	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.055	34	37.622	7.21	Water, Sediment
H26	3-Aug-16	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	42.027	34	31.899	32.61	Water, Phytoplankton
H27	3-Aug-16	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.617	34	32.756	19.68	Water
H28	3-Aug-16	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.382	34	33.375	10.96	Water, Sediment
H29	3-Aug-16	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.191	34	33.508	6.86	infauna,
H40	3-Aug-16	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.262	34	49.654	5.63	Water, Sediment, Phytoplankton
H41	3-Aug-16	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.309	34	49.416	9.97	Water, Sediment
H42	3-Aug-16	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.496	34	48.984	20.1	Water, Sediment, infauna
H43	3-Aug-16	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.806	34	48.262	30.21	Water
HB1	31-Jul-16	Haifa Bay	32	51.948	34	58.476	25.17	Water, Phytoplankton
HB2	31-Jul-16	Haifa Bay	32	50.862	34	59.866	19.3	Water, Phytoplankton
HB4	31-Jul-16	Haifa Bay	32	49.820	35	1.284	17.44	Water, Phytoplankton
HB5	31-Jul-16	Haifa Bay	32	49.015	35	1.346	13.17	Water, Phytoplankton
Qishon port	31-Jul-16	Haifa Bay	32	48.915	35	1.588	11.95	Water, Phytoplankton
HM2.1	20-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.077	35	4.334	8.46	infauna
HM10	20-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.059	35	4.355	8.78	infauna
HM23.1	20-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.941	35	2.534	9.95	infauna
HM27	20-Jul-16	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.266	35	1.177	11.26	infauna

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק	דיגום
			קו רוחב		קו אורך		מים	
R1b	09-Mar-16	Betzet river-50m	33	4.569	35	6.378		Water, Sediment
R1c	09-Mar-16	Betzet river-500m	33	4.550	35	6.592		Water, Sediment
R4a	09-Mar-16	Naaman river-mouth	32	54.547	35	4.899		Water, Sediment
R4b	09-Mar-16	Naaman river-50m	32	54.606	35	4.924		Water, Sediment
R4c	09-Mar-16	Naaman river-bridge	32	54.731	35	5.065		Water, Sediment
R5a	09-Mar-16	Qishon port (Carmelit)	32	48.524	35	1.736		Water, Sediment
R5b	09-Mar-16	Qishon river-Julius bridge	32	48.095	35	2.093		Water, Sediment
R5.5a	07-Mar-16	Dalia river-mouth	32	35.248	34	54.855		Water, Sediment
R5.5b	07-Mar-16	Dalia river-50m	32	35.270	34	54.888		Water, Sediment
R6a	07-Mar-16	Taninim river-mouth	32	32.370	34	54.133		Water, Sediment
R6b	07-Mar-16	Taninim river-50m	32	32.336	34	54.173		Water, Sediment
R6c	07-Mar-16	Taninim river-bridge	32	32.966	34	54.923		Water, Sediment
R7a	07-Mar-16	Hadera river-mouth	32	27.861	34	53.054		Water, Sediment
R7b	07-Mar-16	Hadera river-50m	32	27.879	34	53.306		Water, Sediment
R7c	07-Mar-16	Hadera river-road	32	28.029	34	54.024		Water, Sediment
R8a	07-Mar-16	Alexander river-mouth	32	23.707	34	51.929		Water, Sediment
R8b	07-Mar-16	Alexander river-50m	32	23.741	34	51.993		Water, Sediment
R8c	07-Mar-16	Alexander river-bridge	32	23.631	34	52.175		Water, Sediment
R9a	07-Mar-16	Poleg river-mouth	32	16.292	34	49.965		Water, Sediment
R9b	07-Mar-16	Poleg river-50m	32	16.227	34	50.028		Water, Sediment
R10b	08-Mar-16	Yarkon river-50m	32	6.060	34	46.631		Water, Sediment
R10c	08-Mar-16	Yarkon river-bridge	32	5.947	34	46.660		Water, Sediment
R11a	08-Mar-16	Sorek river-mouth	31	56.477	34	42.479		Water, Sediment
R11b	08-Mar-16	Sorek river-50m	31	56.433	34	42.507		Water, Sediment
R11c	08-Mar-16	Sorek river-bridge	31	56.082	34	43.489		Water, Sediment
R12a	08-Mar-16	Lachish river-mouth	31	48.922	34	38.379		Water, Sediment
R12b	08-Mar-16	Lachish river-50m	31	48.912	34	38.450		Water, Sediment
R12c	08-Mar-16	Lachish river-bridge	31	49.038	34	38.924		Water, Sediment
R13b	08-Mar-16	Evtach river-50m	31	44.490	34	35.951		Water, Sediment
R1b	06-Oct-16	Betzet river-50m	33	4.569	35	6.378		Water
R4a	06-Oct-16	Naaman river-mouth	32	54.547	35	4.899		Water
R4b	06-Oct-16	Naaman river-50m	32	54.606	35	4.924		Water
R4c	06-Oct-16	Naaman river-bridge	32	54.731	35	5.065		Water
R5a	06-Oct-16	Qishon port (Carmelit)	32	48.524	35	1.736		Water
R5b	06-Oct-16	Qishon river-Julius bridge	32	48.095	35	2.093		Water
R5.5a	09-Oct-16	Dalia river-mouth	32	35.248	34	54.855		Water
R5.5b	09-Oct-16	Dalia river-50m	32	35.270	34	54.888		Water
R6a	09-Oct-16	Taninim river-mouth	32	32.370	34	54.133		Water
R6b	09-Oct-16	Taninim river-50m	32	32.336	34	54.173		Water
R6c	09-Oct-16	Taninim river-bridge	32	32.966	34	54.923		Water
R7a	09-Oct-16	Hadera river-mouth	32	27.861	34	53.054		Water
R7b	09-Oct-16	Hadera river-50m	32	27.879	34	53.306		Water
R7c	09-Oct-16	Hadera river-road	32	28.029	34	54.024		Water
R8a	09-Oct-16	Alexander river-mouth	32	23.707	34	51.929		Water
R8b	09-Oct-16	Alexander river-50m	32	23.741	34	51.993		Water
R8c	09-Oct-16	Alexander river-bridge	32	23.631	34	52.175		Water
R9b	05-Oct-16	Poleg river-50m	32	16.227	34	50.028		Water
R10b	05-Oct-16	Yarkon river-50m	32	6.060	34	46.631		Water
R10c	05-Oct-16	Yarkon river-bridge	32	5.947	34	46.660		Water
R11b	05-Oct-16	Sorek river-50m	31	56.433	34	42.507		Water
R11c	05-Oct-16	Sorek river-bridge	31	56.082	34	43.489		Water
R12b	05-Oct-16	Lachish river-50m	31	48.912	34	38.450		Water
R12c	05-Oct-16	Lachish river-bridge	31	49.038	34	38.924		Water
R13b	05-Oct-16	Evtach river-50m	31	44.490	34	35.951		Water
								משקעים אטמוספריים
TS		Tel Shikmona	32	49.579	34	57.400		Dust, Rain
MM		Magan Michael	32	32.946	34	54.871		Dust

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק	דיגום
			קו רוחב		קו אורך		מים	
ACH	09-Mar-16	Patella - Achziv (near Miluz)	33	3.894	35	6.253	~5 cm	Mollusks
AK-P	09-Mar-16	Patella - Akko marina	32	55.147	35	4.241	~5 cm	Mollusks
QY	09-Mar-16	Patella - Qiryat yam	32	51.328	35	3.873	~5 cm	Mollusks
AT	07-Mar-16	Patella - Atlit south	32	40.987	34	55.682	~5 cm	Mollusks
MIC	07-Mar-16	Patella - Michmoret	32	24.132	34	51.930	~5 cm	Mollusks
HAD	07-Mar-16	Patella - Givaat Olga	32	26.871	34	52.741	~5 cm	Mollusks
PAL	08-Mar-16	Patella - Palmachim	31	55.808	34	41.906	~5 cm	Mollusks
ASH	08-Mar-16	Patella - Ashdod marina	31	47.794	34	37.535	~5 cm	Mollusks
HS	09-Mar-16	Patella - Hof Shemen	32	48.874	35	0.859	~5 cm	Mollusks
MM	07-Mar-16	Patella - Taninim river	32	32.353	34	54.044	~5 cm	Mollusks
TS	09-Mar-16	Patella - Tel Shiqmona rocks	32	49.579	34	57.400	~5 cm	Mollusks
EI		Donax - Frutarom	32	54.000	35	4.667	~60 cm	Mollusks
HOT		Donax - Hof Hatmarim	32	54.807	35	4.830	~60 cm	Mollusks
QY		Donax - Qiryat yam	32	51.328	35	3.873	~60 cm	Mollusks
QH		Donax - Qiryat Haim	32	49.542	35	2.633	~60 cm	Mollusks

נספח 2: שיטות הדיגום והבדיקה ובקרת איכות התוצאות

למחלקה לכימיה ימית בחיא"ל הסמכה מטעם הרשות הלאומית להסמכת מעבדות, לביצוע בדיקות ודיגום של מים, קרקע ויצורי מים. הבדיקות כוללות: בדיקת נוטריאנטים במי ים, מי נחלים ומי שתייה, ובדיקת מתכות כבדות ביצורי מים ובסדימנטים.

דיגום מי-ים ומי נחלים

מים וחומר מרחף נדגמו בים מספינות המחקר "שקמונה" ו"עציונה" בעזרת בקבוקי ניסקין או דלי אל-חלד, ובשפכי הנחלים בעזרת בקבוקי פלסטיק.

המליחות או צפיפות המים, ערכי ההגבה וריכוזי החמצן נמדדו במקום באמצעות חיישן מסוג YSI 6600. עבור בדיקות של ריכוזי נוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, חומצה סיליצית ואמוניה), BOD, כלורופיל וחומר מרחף נדגמו מים ישירות מהנחל או מהים בעזרת בקבוקים ייעודיים לסוג הבדיקה. דוגמאות מים לבדיקת נוטריאנטים הועברו למעבדה והוקפאו עד לבדיקתן.

לבדיקות של חומר מרחף, נפח ידוע של מים סונן דרך פילטרים שקולים מסוג 0.45 μm Millipore Type HA, לאחר סינון מוקדם דרך 63μm. הפילטרים יובשו בליאופיליזציה (הקפאה וייבוש בוואקום) במשך 24 שעות, נשקלו ונבדקו לתכולת המתכות הכבדות.

דיגום סדימנטים

סדימנטים ממפרץ חיפה נדגמו מספינת המחקר "עציונה". מרבית הדיגומים נעשו בצלילה בעזרת שקיות פלסטיק תחומות במסגרת אלומיניום. הדוגמאות מייצגות 2 ס"מ עליונים של הקרקעית בשטח של כ-1 מ"ר. סדימנטים בשפכי נחלים ובמוצאי שפכים לאורך החוף נדגמו בעזרת כף פלסטיק. הדוגמאות מייצגות 3 ס"מ עליונים של הקרקעית. סדימנטים ממדף היבשת נדגמו מספינות המחקר "עציונה" או "שקמונה" בעזרת מחפר (grab) מפלדת אל-חלד. הדוגמאות מייצגות 2 ס"מ עליונים של הקרקעית.

הדוגמאות הוקפאו (-20°C) בספינה או מייד עם הגעתן למעבדה ויובשו בליאופיליזציה במשך 48 שעות לפחות. הדוגמאות היבשות נופו בנפות ניילון. מקטע הגרגרים הקטנים מ-250 מיקרון נלקח לבדיקת הסדימנטים הימיים. מקטע הגרגירים הקטנים מ-1000 מיקרון נלקח לבדיקת הסדימנטים מהנחלים.

דיגום בע"ח שוכני קרקעית ודגים לבדיקות כימיות

בע"ח שוכני קרקעית נדגמו הן מספינת המחקר "עציונה" ע"י צוללנים והן באזור הכרית. הדוגמאות קובצו לפי מינים, נמדדו, נשקלו, הוקפאו ויובשו בליאופיליזציה במשך 48 שעות. פרטים קטנים של אותו מין קובצו לדוגמת בדיקה אחת. פרטים גדולים נבדקו בנפרד. ברכיכות נבדקו רק החלקים הרכים.

דגי מכמורת נאספו משלל דיג מסחרי בעומקי מים של 50-36 מטר דגים חופיים נאספו משלל דיג מסחרי ברשתות סבחה שהוצבו לאורך החוף בעומקי מים של 20-3 מטר. הדגים נשקלו, נמדדו

ונשטפו במים מזוקקים. השריר משני צידי כל דג נדגם ונשמר בהקפאה עד לבדיקה. המתכות נבדקו לאחר ייבוש הדוגמאות בליאופיליזציה במשך 48 שעות והומוגניזציה.

דיגום מי גשם ואבק מרחף

מי הגשם נאספו ע"י דוגמים סטנדרטיים באמצעות משפך ובקבוק מפלסטיק (UNEP, 1992). החל מ-2004 הגשם נאסף ע"י דוגם אוטומטי מסוג TPC 3000 מחברת Yankee Environmental systems Inc., הדיגום נעשה על בסיס אירועי גשם. דוגמאות משנה עבור בדיקות נוטריאנטים וערכי הגבה נלקחו מייד לאחר איסוף הגשם. דוגמאות הנוטריאנטים הוקפאו. דוגמאות עבור בדיקות המרכיבים הראשיים נשמרו במקרר לאחר סינון.

אבק מרחף נדגם על גבי פילטרים מסוג Whatman 41 באמצעות דוגמי אוויר. הדיגום נעשה במשך כ-60 שעות. הפילטרים נשמרו במייבש (desiccator) לפני שקילתם. לאחר הדיגום הם נשמרו בהקפאה עד שקילתם ובדיקתם למתכות כבדות. הפילטרים נוטים לספוח לחות, ולפיכך קיים חוסר דיוק בחישוב משקל האבק. בהנחה שקיים פיזור הומוגני של האבק על גבי הפילטר, נעשה שימוש בכשמינית מהפילטר לבדיקת המתכות הכבדות.

בדיקות מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס וערכי הגבה (pH)

מליחות, טמפרטורה, ערכי הגבה וריכוזי חמצן נמדדו במקום באמצעות חיישן מסוג YSI 66006. בדיקות חמצן לחישוב BOD_5 נעשו באמצעות חיישן מסוג YSI 6600.

בדיקות נוטריאנטים

נוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, חומצה סיליצית, אמוניה, חנקן כללי ופוספט אורגני מומס) נבדקו בשיטה פוטומטרית וזרימה מקוטעת במכשיר AA3 מתוצרת Seal. גבולות הקביעה של ניטראט, ניטריט, פוספאט, חומצה סיליצית ואמוניום היו 0.08, 0.08, 0.008, 0.03 ו-0.05 μM, בהתאמה.

בדיקות כלורופיל

דגימות מים לבדיקת כלורופיל *a* סוננו דרך פילטרים של GF/F (~0.7 μm) לאחר סינון מקדים דרך 63μm, נעטפו בנייר אלומיניום והוקפאו. במעבדה הפילטרים עברו סוניקציה והושרו בתמיסת אצטון 90% למשך כ-12 שעות. ריכוז הכלורופיל חושב ממדידת הפליטה הפלואורוצנטית בפלואורומטר מסוג Trilogy תוצרת Turner designs.

בדיקות מתכות כבדות

עבור בדיקות של Zn Ni, Cu, Pb, Cd, Hg וארסן, הדוגמאות עוכלו בחומצה חנקתית מרוכזת (65%) בתאי לחץ (Uniseal), במשך 4 שעות, בטמפרטורה של 140°C. עבור בדיקות של Pb ,Cr, Al, Mn , Zn,Cu ,Cd ו-Fe בסדימנטים וחומר מרחף, הדוגמאות עוכלו בתערובת של חומצה פלואוריט ומי מלכים בשיטת ASTM (1983).

כספית נבדקה בספקטרופוטומטריה של בליעה אטומית ללא להבה Coleman Mercury Analyzer MAS-50A עד 2003 ואח"כ עם גלאי פלואורסצנטי במכשיר Merlin Millennium System – PS

Analytical. בשנת 2001 שונה מרכיב מסוים בשיטת הבדיקה של כספית בבע״ח, והחל שימוש בשיטה יותר רגישה בריכוזים נמוכים של כספית (פחות מעשירית מהתקן). התוצאות בשיטה החדשה גבוהות יותר. לשינוי אין השפעה משמעותית בריכוזים גבוהים, ולכן אין לו השלכות לגבי איכות הדגים ביחס לתקן. בהמשך ייעשה שימוש רק בשיטה החדשה. שאר המתכות נבדקו בספקטרופוטומטריה של בליעה אטומית עם להבה (Agilent 280FS AA) ובתנורי גרפיט varian 880AA ו-Agilent 240Z AA.

בדיקת TOC בסדימנט

פחמן אורגני בסדימנט נבדק ע״י חמצון עם אשלגן די כרומט בנוכחות חומצה גופריתנית וטיטרציה פוטנציומטרית עם ברזל אמוניום סולפט.

בדיקות מזהמים אורגניים

מזהמים אורגניים נבדקו במעבדות מוסמכות בארה״ב בשיטות סטנדרטיות המאושרות ע״י הסוכנות להגנת הסביבה של ארה״ב (US EPA) ובישראל ע״י מעבדות ״אמינולב״. מרבית הבדיקות בוצעו באמצעות GC-MS.

בקרת איכות בדיקות מתכות כבדות

במקביל לכל סדרת בדיקות, נבדקו סטנדרטים בינלאומיים מתאימים שטופלו באופן זהה לדוגמאות (Dorm-3, Dolt-3, Oyster tissue, Buffalo River Sediment, Estuarine sediment ועוד). כמו כן, המעבדה משתתפת בתרגילי כיול בינלאומיים תקופתיים מאז סוף שנות ה-70.

מדידת סמנים ביולוגים בדגי *שישן משורטט*

הדגים נדגמו בעונת החורף (מצב אופייני של העדר פעילות רבייה), הומתו תוך שעתיים-שלוש, נמדדו ונשקלו. הגונדות מכל דג נדגמו ונשמרו בתמיסת פורמאלדהיד 4% לצורך קביעת הזוויג ואפיון פעילות הרבייה. רמות הסמנים הביולוגיים בחומר שהופק מפיסות כבד נבדקו בשיטות המפורטות ב- Tom et al. (2002, 2004), עם שיפורים שהוכנסו לשימוש לאחר כתיבת המאמרים.

מדידת רמות התעתיקים בכבד *השישן המשורטט*

שיטות עבודה מולקולריות סטנדרטיות בוצעו לפי Sambrook and Russell, (2001). רנ״א כללי הופק מפיסות כבד. ריכוז רנ״א בדגימות ובסטנדרטים נקבע במכשיר Nanodrop (Nonodrop technologies) ואיכותו ע״י Bioanalyzer 2100 (agilent). מדידה של רמות תעתיק ספציפי המשמש כסמן ביולוגי או כגורם נירמול, בוצעה בעזרת תיעתוק הפוך שאחריו PCR כמותי לפי Tom et al. (2004, 2008).

מיפוי סביבתי מנתוני לוויינים

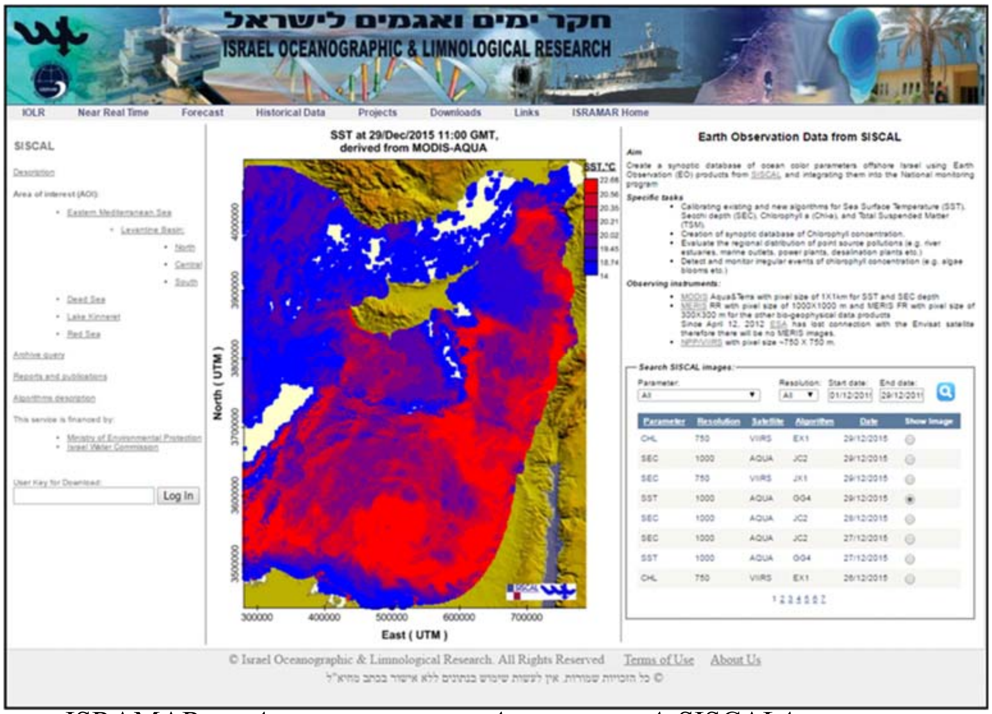
במסגרת מחקר SISCAL (Satellite Information System on Coastal Areas and Lakes) במימון האיחוד האירופי, פותחו כלים ייעודיים ונוחים לתפעול עבור משתמשי קצה לצורך מיפוי, מעקב, ניהול ובקרה של הסביבה הימית, המבוססים על פרמטרים הקשורים לאיכות מים אשר מפוענחים מנתוני לוויינים יומיים. מערכת SISCAL מספקת מיפוי של טמפרטורת פני הים (SST),

ריכוזי כלורופיל (Chl), עומק סקי (SEC) ועוד. מוצרים אלו מיוצרים ומועברים למשתמש הקצה דרך האינטרנט (isramar.ocean.org) קרוב לזמן אמת (Near-Real-Time), תוך שימוש באלגוריתמים המקובלים בעולם ו/או אלגוריתמים שפותחו במיוחד לאזורים מקומיים.

במסגרת המחקר פותח מודול של ממ"ג (מערכת מידע גיאוגרפית) למשתמש קצה (EU-GIS) אשר מאפשר לבצע מספר משימות: הורדת מוצרי לוויין (EO Products) מהשרת של SISCAL, בניית ארכיון לסדרות זמן של מוצרי לוויין, ניהול מערכת המידע וביצוע ניתוחים סביבתיים מורכבים באמצעות פונקציות ממ"ג ייעודיות. מערכת כזו הותקנה בחדר המצב של אגף ים וחופים במשרד לאיכות הסביבה.
כיום המיפוי מתבסס על לוויין, MODIS-Aqua החולף מעל אזורנו מידי יום בין השעות 10:00 – 12:30 עם רזולוציה (גודל פיקסל) של 1X1 ק"מ בערוצים המשמשים למיפוי סמנים לאיכות מי הים (Ocean color) ועל לוויין ה-VIIRS עם רזולוציה של 750 מטר לפיקסל. עד תחילת שנת 2012 נעשה גם שימוש מהלוויין האירופאי (MERIS) עם רזולוציה של 300 מטר לפיקסל שחלף מעל אזורנו כל שלושה ימים (באפריל 2012 אבד הקשר עם הלוויין). כל צילומי הלוויין מורדים בזמן אמת מהארכיונים "המתגלגלים" של NASA ושל ESA. כמו כן באירועי זיהום נעשה שימוש גם בלוויין ה- Landsat TM8 עם רזולוציה של 30 מטר לפיקסל העובר מעל אזורנו כול 16 יום.

משנת 2005 שולבה מערכת SISCAL בתוכנית הניטור של איכות מימי החופין ובוצעו הפעולות שלהלן:

- כיול האלגוריתם לטמפרטורת פני הים
- כיול האלגוריתם לעומק סקי
- כיול אלגוריתמים של כלורופיל לים עמוק
- המשך בדיקה ושיפור האלגוריתמים באמצעות דגימות ואנליזות המתבצעות במסגרת תוכנית הניטור
- שילוב וכיול של לווינים וסנסורים חדשים
- יצירת בסיסי מידע סינופטיים של טמפרטורת פני הים (בערכים אבסולוטיים) וריכוזי כלורופיל (בערכים יחסיים) במדף היבשת, עד עומק מים של 200 מטר
- מיפוי מוקדי זיהום יבשתיים (מוצאים ימיים, תחנות כוח ועוד)
- הפצת מפות באינטרנט קרוב לזמן אמת באמצעות מרכז המידע הימי הלאומי
- במהלך 2012 נעשה עדכון של הממשק בארכיון התמונות/תוצרי האנליזות שנמצא במרכז המידע הימי הלאומי המאפשר הורדת ערכי צילום הלוויין ולא רק תמונה שלו (תמונה 1). כמו כן נעשה פיתוח של ממשק לקליטת הלווין החדש VIIRS.
- השוואת נתוני ה- SISCAL מול מפות מפוענחות (ריכוזי כלורופיל, טמפרטורת פני השטח ועוד.) רגיונאליות (רזולוציה 4X4 ק"מ) שמופצות ע"י סוכנות החלל האמריקאית והאירופית.
- במהלך 2016 יעשה פיתוח באתר ISRAMAR לשילוב לווין ה-Landsat TM החולף מעל אזורנו כל 16 יום ועם רזולוציה של 30 מטר לפיקסל.



ממשק מעודכן של SISCAL לחיפוש מוצרי לוויין במרכז המידע הלאומי ISRAMAR.

רשימת אלגוריתמים ששולבו במערכת ה-SISCAL

MERIS

Product	Algorithm	Unit
TAI,Top-of-atmosphere image	BG1, Top of atmosphere image, SISCAL specific algorithm	none
MAR, Marine reflectance at 550nm	XG1, Extract marine reflectance at 550nm	%
CHL, Chlorophyll-a concentration	EC1, Pigment concentration, OC4v4 algorithm	mg/m^3
	EC2, G/NIR, Pigment concentration (EXPERIMENTAL, MERIS only), Sokoletzky algorithm for Lake Kinneret	mg/m^3
	EG1, Chl-Fluo, Pigment concentration (EXPERIMENTAL, MERIS only), uses Chl. fluorescence	mg/m^3
	EE1, Pigment concentration (EXPERIMENTAL, MERIS only), ANN for case 1 waters	mg/m^3
TSM, Total suspended matter	FA1, Total suspended matter, Joergensen algorithm for Danish waters	g/m^3
	FA2, Total suspemded matter, DUP-POWERS	g/m^3
	FA3, Total suspended matter, MUMM	g/m^3
SEC, Secchi depth	JC1, Secchi depth (obtained from SeaWiFS KDD)	m
KDD, Diffuse attenuation coefficient at 490nm	DC1, Diffuse attenuation coefficient (Kd) at 490nm, SeaWiFS algorithm	1/m

MODIS

Product	Algorithm	Unit
TSM, Total suspended matter	FA4, Total suspended matter, Clark, MODIS SeaDAS 4.8.4	g/m^3
SST, Sea surface temperature	GG5, Sea surface temperature, MODIS SeaDAS 4.8.4	°C
	GG4, Sea surface temperature, MODIS split window, SISCAL specific noise reduction	°C
CHL, Chlorophyll-a concentration	EC3, Pigment concentration, OC3M, MODIS SeaDAS 4.8.4	mg/m^3
KDD, Diffuse attenuation coefficient at 490nm	DC2, Diffuse attenuation coefficient (Kd), MODIS SeaDAS 4.8.4	1/m
SEC, Secchi depth	JC2, Secchi depth, based on Kd from MODIS SeaDAS 4.8.4	m
TAI, Top-of-atmosphere image	BG1, Top of atmosphere image, SISCAL	none

VIIRS

Product	Algorithm	Unit
TSM, Total suspended matter	FJ, Total suspended matter	g/m^3
SST, Sea surface temperature	GJ, Sea surface temperature	°C
CHL, Chlorophyll-a concentration	EJ, OC3 algorithm	mg/m^3
KDD, Diffuse attenuation coefficient at 490nm	DJ, KD2 algorithm	1/m
SEC, Secchi depth	JJ, Secchi depth, based on Kd 490nm	m
TAI, Top-of-atmosphere image	BJ, Top of atmosphere image	none

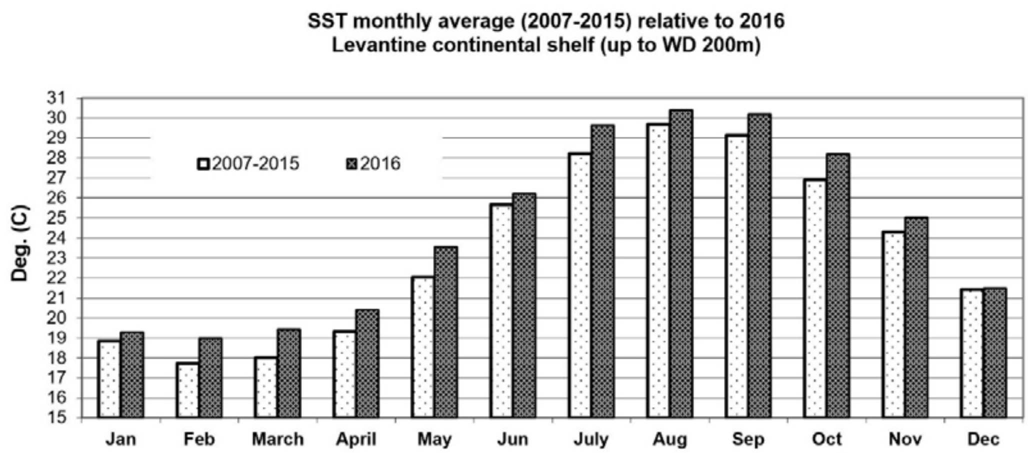
צילומי הלוויין עובדו בשרת של חברת INFORMUS הגרמנית והאנליזות הסינופטיות נעשו באמצעות תוכנת ה- EU-GIS שפותחה ע״י חיא״ל. תוצאות האנליזה הסינופטית של טמפרטורת פני המים (SST), עומק סקי (secchi) כמדד לעכירות וריכוזי הכלורופיל בערכים יחסיים (Chl-a) במדף היבשת בשנים 2007-2015 מוצגים בגרפים להלן.

מיפוי סינופטי של טמפרטורת פני הים (SST) , ריכוזי כלורופיל (Chl-a) ועומק סקי (secchi) במדף היבשת

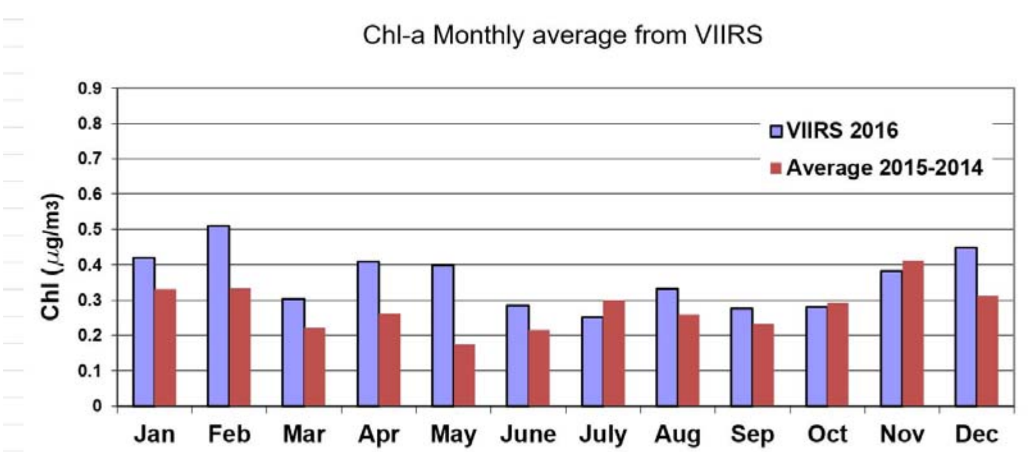
במהלך 2016 נקלטו ועובדו במערכת SISCAL **247** צילומי לוויין מסוג MODIS (Aqua) ברזולוציה 1X1 ק״מ ו- **222** צילומי לוויין מסוג VIIRS עם רזולוציה של 750X750 מטר.

צילומי הלוויין עובדו בשרת של חברת INFORMUS הגרמנית והאנליזות הסינופטיות נעשו באמצעות תוכנת ה- EU-GIS שפותחה ע״י חיא״ל. תוצאות האנליזה הסינופטית של טמפרטורת פני המים (SST), עומק סקי (secchi) כמדד לעכירות וריכוזי הכלורופיל בערכים יחסיים (Chl-a) במדף היבשת בשנים 2016-2007 מוצגים בגרפים להלן.

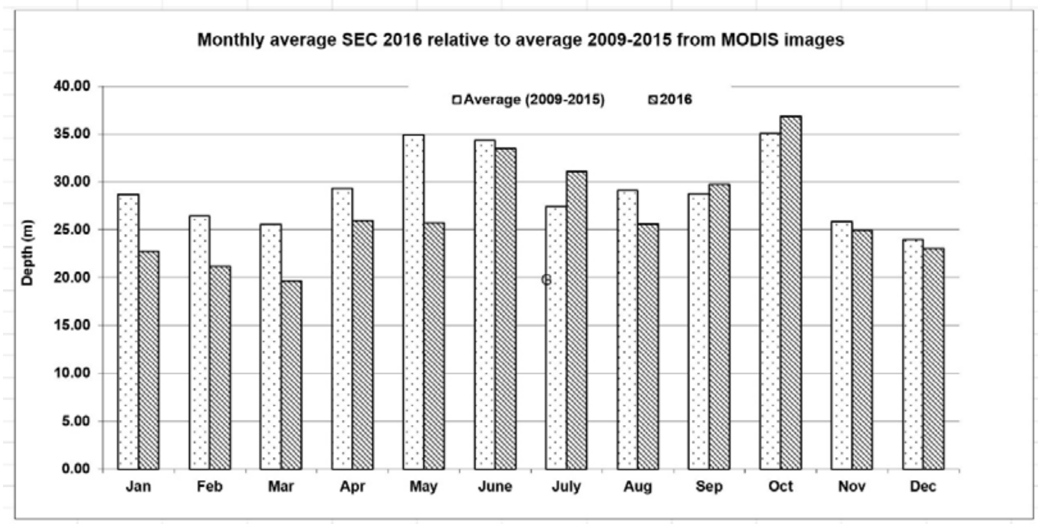
גרף התפלגות ממוצע חודשי של טמפרטורת פני המים במדף היבשת מ-2 ק״מ מהחוף ועד קצה מדף היבשת בשנת 2016 יחסית לממוצע הרב שנתי בשנים 2007-2015 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק״מ) במערכת ה-SISCAL מוצג בגרף למטה. מהגרף ניתן לראות שב-2016 טמפרטורת פני השטח הייתה גבוהה יותר מהטמפרטורה הממוצעת (-2007 2015) מהממוצע הרב שנתי בחודשים אלו.

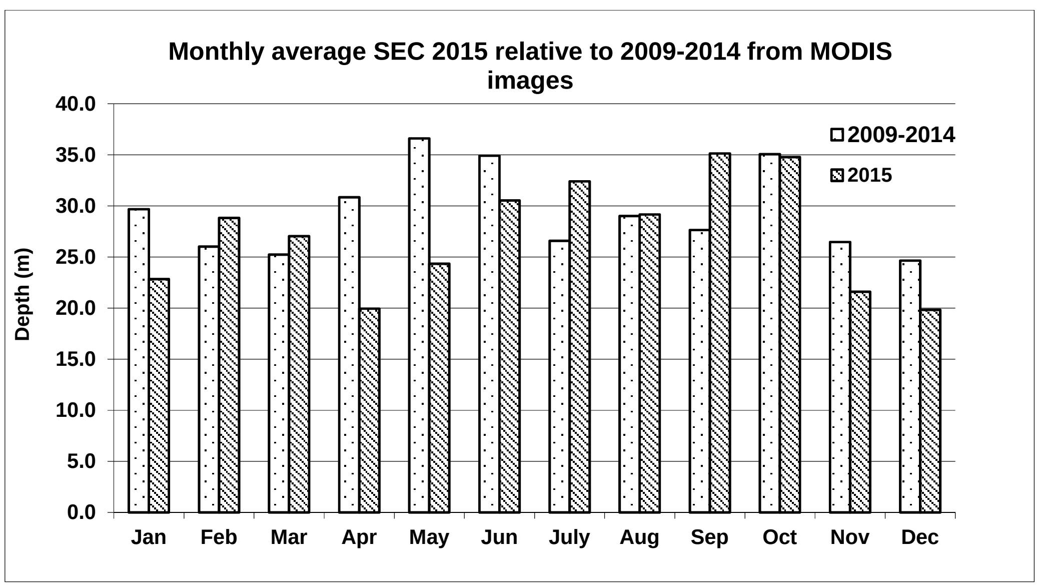


הממוצע החודשי של ריכוזי כלורופיל במדף היבשת מ-2 ק״מ מהחוף ועד קצה מדף היבשת בשנת 2016 יחסית לממוצע הרב שנתי בשנים 2014-2015 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג VIIRS (רזולוציה של 750 מטר) במערכת ה-SISCAL מוצג בגרף למטה. מהגרף ניתן לראות שב-2016 ריכוזי כלורופיל היו גבוהים מהממוצע הרב שנתי למעט בחודשים יולי, אוקטובר ונובמבר.



גרף התפלגות הממוצע החודשי של עומק סקי (secchi), שהוא מדד לעכירות המים, במדף היבשת מ-2 ק"מ מהחוף ועד קצה מדף היבשת בשנת 2016 יחסית לממוצע הרב שנתי בשנים 2009-2015 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL מוצג בגרף למטה. מהגרף ניתן לראות שב- 2016 עומקי הסקי היו נמוכים יותר (עכירות גבוהה יותר) מהממוצע הרב שנתי למעט החודשים יולי, ספטמבר ואוקטובר.





טבלה 11 : השתתפות המעבדה לכימיה ימית בתרגילי אינטרקליברציה בינלאומיים בשנים 2000 – 2016.

Organizer	Date sent	Name of material	Material	Parameters measured
IAEA	Apr-06	IAEA 158	Marine sediment	Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,Ni,Pb,Zn,Al,Cr,As.
@HKGL	Dec-06	APLAC T057	Shrimp homogenate	Cd,Pb,As
IAEA	Dec-07	MA-MEDPOL/TM	Fish tissue	Hg,Cd,Cu,Fe, Pb,Zn,As.
IAEA	Dec-07	Cocktail solution		Hg,Cd,Cu,Fe,Ni,Pb,Zn,Cr,As.
IAEA	Nov-08	SED-MEDPOL/TM	Marine sediment	Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,Ni,Pb,Zn,Al,Cr,As
IAEA	Nov-08	Cocktail solution		Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,Ni,Pb,Zn,Al,Cr,As
IAEA	Jun -09	IAEA 452	Scallop Tissue	Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,Pb,Zn ,As
IAEA	Sep -10	IAEA 456	Sediment	Hg,Cd,Cu,Fe,Mn,Ni,Pb,Zn,Al,Cr,As
IQTC	Sep -10	GLHK1002	Crustacean sea food	As,Cd,Pb
APLAC	Dec-10	T077	Bovine Liver	Cd,Fe,Pb,Zn
Quasimeme	Apr-10	Round 60 AQ-1	Nutrient in sea water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
Quasimeme	Apr-10	Round 60 AQ-2	Nutrient in estuarine and low Salinity open water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
Quasimeme	July-10	Round 61 AQ-11	Sea water	Chlorophyll a
Quasimeme	Oct-10	Round 60 AQ-2	Nutrient in sea water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
Quasimeme	Oct-10	Round 60 AQ-2	Nutrient in estuarine and low Salinity open water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
VKI	Nov-10		Nutrient in sea water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
Quasimeme	Jan-11	Round 61 AQ-11	Sea water	Chlorophyll a
Quasimeme	Apr-11	Round 65 AQ-4	Sea water	Hg in Sea Water
Quasimeme	July-11	Round 66 AQ-14	Sea water	DOC in Sea Water
IAEA	Oct-11	Medpole proficiency test	Sediment	Trace elements
IAEA	May 2012	IAEA 458	Sediment	Trace elements
&Japan	April-2012	RMNS I/C	Sea water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid,
QUASIMEME	Aug -12	Round 70 AQ-2	Sea water	Nutrients
QUASIMEME	Aug -12	Round 70 AQ-14	Sea water	DOC

Organizer	Date sent	Name of material	Material	Parameters measured
QUASIMEME	Oct-12	Round 71AQ-4	Sea water	Hg in Sea water
IAEA	July 2013		biota	Trace elements
QUASIMEME	January 2014	Round 73	Sea water	Nutrients
QUASIMEME	January 2014		filter	Chlorophyll
QUASIMEME	Aug 2014		Sea water	DOC
IAEA	Nov 2014		biota	Trace elements
QUASIMEME	December 2014		Sea water	Hg in sea water
QUASIMEME	Oct-Dec 2014		Estuarine water	Nutrients
QUASIMEME	Oct-Dec 2014		biota	Trace elements
JAMSTECIOCCP &	December 2014/ February 2015	RM-BY, RMBU, RM-CA, RMBV	Sea water	Nutrients
QUASIMEME	October 2015	AQ1-2015 Round 2	Sea water	Nutrients
QUASIMEME	October 2015	AQ2-2015 Round 2	Estuarine	Nutrients
QUASIMEME	October 2015	AQ11-2015 Round 2	filter	Chlorophyll -a
IAEA	September 2015	MESL-2015 01-TE	Sediment	Trace elements
TRACOMED	Novermber 2015		Rain	Nutrients
IAEA	April 2016	CRM candidate	Tuna fish	Trace elements
IAEA	November 2016	MESL-2016 01 TE	Fish muscle	Trace elements

Organizer	Date sent	Name of material	Material	Parameters measured
Quasimeme	July-10	Round 61 AQ-11	Sea water	Chlorophyll a
Quasimeme	Oct-10	Round 60 AQ-2	Nutrient in sea water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
Quasimeme	Oct-10	Round 60 AQ-2	Nutrient in estuarine and low Salinity	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
Quasimeme	Jan-11	Round 61 AQ-11	Sea water	Chlorophyll a
VKI	Nov-10		Nutrient in sea water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid
Quasimeme	Apr-11	Round 65 AQ-4	Sea water	Hg in Sea Water
Quasimeme	July-11	Round 66 AQ-14	Sea water	DOC in Sea Water
IAEA	Oct-11	Medpole proficiency test	Sediment	Trace elements
IAEA	May 2012	IAEA 458	Sediment	Trace elements
&Japan	April-2012	RMNS I/C	Sea water	Nitrite, nitrate, phosphate, silicic acid, TDP
QUASIMEME	Aug -12	Round 70 AQ-2	Sea water	Nutrients
QUASIMEME	Aug -12	Round 70 AQ-14	Sea water	DOC
QUASIMEME	Oct-12	Round 71AQ-4	Sea water	Hg in Sea water
IAEA	July 2013		biota	Trace elements
QUASIMEME	January 2014	Round 73	Sea water	Nutrients
QUASIMEME	January 2014		filter	Chlorophyll
QUASIMEME	Aug 2014		Sea water	DOC
IAEA	Nov 2014		biota	Trace elements
QUASIMEME	December 2014		Sea water	Hg in sea water
QUASIMEME	Oct-Dec 2014		Estuarine water	Nutrients
QUASIMEME	Oct-Dec 2014		biota	Trace elements
JAMSTECIOCCP &	December 2014/ February 2015	RM-BY, RMBU, RM-CA, RMBV	Sea water	Nutrients
QUASIMEME	October 2015	AQ1-2015 Round 2	Sea water	Nutrients

QUASIMEME	October 2015	AQ2-2015 Round 2	Estuarine	Nutrients
QUASIMEME	October 2015	AQ11-2015 Round 2	filter	Chlorophyll -a
IAEA	September 2015	MESL-2015 01-	Sediment	Trace elements

*IAEA - International Atomic Energy Agency, Marine environmental Laboratory, Monaco

#NOAA – National Oceanographic and Atmospheric Agency, USA (Willie, S., and W. Clancy, *NOAA Technical Memorandum, NOS NCCOS CCMA 143*. NOAA/NRC Intercomparison for nutrients in seawater. 36 pp, 2000.

^C-MARS- Centre for marine analytical reference & standards, Department of Ocean Development, Trivandrum, India.

&Japan - Intercomparison exercise for reference material of nutrients in seawater organized by the Geochemical Res. Dept. of the Meteorological Research Institute, Tsukuba, JP.

@ HKGL – Hong Kong Government Laboratory, Proficiency Testing Programme on Heavy metals in Food (APLAC T057).

Guangdong inspection and Quarantine technology center, Hong Kong.

APLAC- HKAS – Hong Kong Accreditation Service

Quasimeme- Quality Assurance of information for maine Enviromental monitoring Netherland.

VKI – Eurofins Lab

נספח 3: מילון מונחים מקצועיים

אנתרופוגני - נובע מפעילות אנושית.

הגבה - pH - מדד לחומציות/בסיסיות של המים שערכיו בתחום 0 - 14 (מוגדר כלוגריתם של אחד חלקי ריכוז יוני המימן בתמיסה המבוטא במולים). הערך 7 מציין תמיסה ניטרלית; ערכים קטנים יותר מאפיינים תמיסות חומציות, וערכים גדולים יותר מאפיינים תמיסות בסיסיות.

זיהום הסביבה הימית - ההגדרה המקובלת (בין היתר באמנת ברצלונה) היא: החדרה ע"י האדם, ישירות או בעקיפין, של חומר או אנרגיה לסביבה הימית, כולל שפכי נהרות, הגורמת או עלולה לגרום להשפעות מזיקות, כגון נזק למשאבי החי, סיכונים לבריאות האדם, הפרעה לפעילויות ימיות כולל דיג, פגיעה באיכות מי הים לשימושים שונים והפחתת ההנאה ממשאבי הים. עפ"י הגדרה זו המונח "זיהום" (Pollution) מתייחס רק לחומרים אנתרופוגניים הגורמים לנזקים סביבתיים. בדו"ח זה נעשה שימוש גם במונח "העשרה" (מקביל למינוח האנגלי Contamination), אשר מתייחס לשינוי הריכוז הטבעי של חומר מסוים בסביבה הימית כתוצאה מתוספת אנתרופוגנית, כאשר דרגת השינוי לא בהכרח עלולה לגרום לנזקים סביבתיים.

חומר מרחף - חלקיקים ממקורות טבעיים (כגון סחף) או ממקורות אנתרופוגניים (כגון שפכים) המרחפים בגוף המים בים או בנחלים.

כלורופיל a - פיגמנט המצוי בצמחים ובאצות (פיטופלנקטון). מדידת ריכוז הכלורופיל במים משמשת כאינדיקציה לכמות הפיטופלנקטון.

מטלותיונין - גן שרמת התבטאותו מושפעת ע"י מספר מתכות כבדות דו-ערכיות, חלקן רעילות. נבדק ברמת התעתיק. עוצמת ההשפעה היחסית של מתכות על התבטאות הגן היא $Cd > Zn > Cu > Ag > Hg$.

מיקרואצות - אצות מיקרוסקופיות (שאינן נראות בעין) מתחלקות לכמה קבוצות גודל. בדו"ח זה החלוקה היא: **פיקופלנקטון** - אצות בגודל של עד 5 מיקרון; **מיקרופלנקטון (כולל ננופלנקטון)** - אצות גדולות מ-5 מיקרון.

מיקרומזהמים אורגניים - בדו"ח זה הכוונה לתרכובות אורגניות הכלולות ברשימת המזהמים הראשיים של הסוכנות להגנה על הסביבה בארה"ב (USEPA, priority pollutants list) עקב פוטנציאל להשפעות סביבתיות מזיקות.

מתכות כבדות - ככלל, המונח "מתכות כבדות" מתייחס למתכות שמשקלן האטומי גדול מזה של נתרן (22.9). בדו"ח זה המונח מתייחס למתכות כספית (Hg), קדמיום (Cd), נחושת (Cu), אבץ (Zn), עופרת (Pb), כרום (Cr), ניקל (Ni), מנגן (Mn) וברזל (Fe). מתכות אלה, למעט ברזל, נוכחות במרכיבי הסביבה הימית (מים, חלקיקים, סדימנטים, בעלי חיים) בד"כ בריכוזים קטנים (פחות מ-1000

חלקים למיליון), ולכן לעיתים משתמשים לגביהן במונח "מתכות קורט". מתכות אלה נוכחות בסביבה הימית הן באופן טבעי והן ממקורות אנתרופוגניים; חלקן, כגון כספית וקדמיום, רעילות במיוחד בריכוזים ובתנאים מסוימים, ואחרות עלולות להיות רעילות בתנאים מסוימים.

נוטריאנטים - תרכובות זמינות ביולוגית של חנקן, זרחן וצורן (פוספאט, ניטראט ניטריט, אמוניום, וחומצה סיליצית) המשמשות כחומרי דשן להתפתחות אצות. הנוטריאנטים מצויים באופן טבעי בסביבה הימית. עודפי נוטריאנטים אנתרופוגניים עלולים לגרום לפריחות מסיביות של אצות ולהגברה של פעילותן.

ניטור - מדידה תקופתית של אותם משתנים (פרמטרים).

סמן ביולוגי (biomarker) - פרמטר ביולוגי מדיד באורגניזם המעיד על פעילות או על השפעה ביולוגית. בהקשר של דו"ח זה, תעתיק או חלבון שרמתם משתנה בהשפעת מזהמים סביבתיים.

סדימנטים (משקעי קרקעית) - חומר חלקיקי המונח על קרקעית הים או קרקעית נחל.

פלנקטון - צורות חיים מיקרוסקופיות המרחפות במים. הפלנקטון כולל **פיטופלנקטון** (אצות פלנקטוניות) וזואופלנקטון (בע"ח פלנקטוניים).

קריטריונים לאיכות סדימנטים - הערכת רמת הזיהום של סדימנטים במתכות כבדות ובמזהמים אורגניים בדו"ח זה מבוססת על הקריטריונים לאיכות סדימנטים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA) המבוסס על Long et al. (1995). קריטריונים אלה מתייחסים לרמות זיהום העלולות לגרום להשפעות מזיקות על החי הימי ומגדירים שתי רמות זיהום: ERL - ריכוזי חומרים שמתחת להם השפעות מזיקות צפויות רק לעיתים נדירות; ERM - ריכוזי חומרים שמעל להם השפעות מזיקות צפויות לעיתים קרובות. קריטריונים אלה אומצו לצורך הערכת הממצאים של תכניות ניטור בארה"ב ובהרבה מדינות אחרות.
ערכי ERL ו-ERM מפורטים להלן. בדו"ח זה ריכוזי מתכות הקרובים לערכי ERM או עולים עליהם צוינו כמייצגים "רמת זיהום גבוהה". ריכוזים בתחום שבין ERL ל-ERM צוינו כ"רמת זיהום בינונית".

ERM	ERL	
מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש		מתכת
0.71	0.15	כספית
9.6	1.2	קדמיום
370	81	כרום
270	34	נחושת
220	47	עופרת
52	21	ניקל

אבץ	150	410
<u>מזהם אורגני</u>		<u>ננוגרם/גרם סדימנט יבש</u>
DDT (כולל DDE)	1.6	46
PCB`s	23	180
PAH`s	4000	45,000

קריטריונים לאיכות מי הנחלים - הערכת רמת הזיהום של מי נחלי החוף בנוטריאנטים בדו"ח זה מבוססת על הקריטריונים של NOAA לאיכות המים בשפכי נהרות המפורטים להלן:

	רמת זיהום		
	נמוכה	בינונית	גבוהה
כלורופיל (מיקרוגרם/ליטר)	5-0	60-20	>60
חנקן מומס כללי (מיקרומול/ליטר)	<7	70-7	>70
זרחן מומס כללי (מיקרומול/ליטר)	<0.3	3-0.3	>3

חמצן מומס: 0<hypoxia<2 mg/l
anoxia=0 mg/l
2<biological stress<5 mg/l

תקן לאיכות מי-ים - המלצות לתקני סביבה לאיכות מי הים התיכון בישראל שפורסמו ע"י המשרד לאיכות הסביבה ביוני 2002. התקנים מתייחסים לריכוזי מתכות כבדות ומזהמים שונים, אולם לא כוללים נוטריאנטים.

TBT (Tributyltin) - תרכובת אורגנית של בדיל בעלת רעילות גבוהה, אשר משמשת כתוסף לצבעים של כלי שיט ומתקנים ימיים לשם מניעת צימדה (antifouling). TBT משתחרר באיטיות מהצבע אל מי הים, ובעת שהותו במים או בקרקעית הים יכול להתפרק בתהליכים כימיים וביולוגיים לתרכובות פחות רעילות ובלתי יציבות, תחילה DBT (Dibutyltin) ובהמשך MBT (Monobutyltin). ל-TBT המשתחרר אל מי הים יש נטייה חזקה להיצמד לחלקיקים וליצורים המרחפים בגוף המים ולחלקיקים על פני הקרקעית, וכתוצאה מכך הוא מצטבר בסדימנטים. יצורים חיים יכולים לקלוט TBT הן בבליעה של מזון וחלקיקים והן בספיגה ישירה מהמים. כתוצאה מתהליכים אלה החומר יכול להצטבר ברקמות של בעלי חיים, לעבור הלאה בשרשרת המזון ולהגיע גם לדגים, יונקים ימיים וציפורי ים. עקב הרעילות הרבה והכמעט אוניברסלית של TBT, כבר בריכוזים זעירים של כמה ננוגרמים לליטר, ההשפעות הביולוגיות של החומר בסביבה הימית מגוונות ביותר, מפגיעות ביוכימיות, פיסיולוגיות ותמותה ביצורים בודדים ועד להכחדת אוכלוסיות. אחד הנזקים הבולטים של TBT הוא תופעת האימפוסקס (imposex) בחלזונות ימיים – הופעת מאפיינים זכריים (כולל אבר מין זכרי) בנקבות ואובדן הפוריות.

סמן ביולוגי (biomarker) – פרמטר ביולוגי מדיד באורגניזם המעיד על פעילות או על השפעה ביולוגית. בהקשר לדו"ח זה, תעתיק או חלבון שרמתם משתנה בהשפעת מזהמים סביבתיים.

שישן משורטט – (*Lithognathus mormyrus*) דג קרקעי חופי החי על מצע חולי או חולי-בוצי. משתייך למשפחת הספרוסיים (Sparidae) ותפוצתו רחבה וכוללת את כל הים התיכון ואת האוקיינוס האטלנטי המזרחי. השישן נמצא באזורים נקיים ומזוהמים של החוף הישראלי, זמין לדיגום כל השנה וקל לאחזקה בשבי ולמניפולציות ניסוייות. לשישן מגע עם כל מרכיבי סביבתו הטבעית, גוף המים וקרקעית. *השישן* הוא טורף הניזון מבעלי חיים הנמצאים על ובתוך המצע הרך וכמו חברים אחרים במשפחתו, הספרוסיים הוא משנה את זוויגו במהלך חייו, מתחיל מזכר והופך לנקבה. לא ניתן לאפיין את זוויג השישן בהסתכלות חיצונית. הגונדות עוזרות באבחון הזוויג רק כאשר הן מתפתחות. גונדות בלתי מפותחות מכילות מרכיב של אשך ושחלה בזכרים ונקבות כאחד. עונת הרבייה שלו בים התיכון היא בקיץ.