

איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון בשנת 2009





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

איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון בשנת 2009 דוח חיא"ל H64/2010

ברק חרות - עורך הדוח ומנהל מדעי של תכנית הניטור

**חוקרים שותפים: עדנה שפר, נורית גורדון, בלה גליל, גדעון טיבור,
משה תום, גיל רילוב, ג'ק סילברמן**

בעבודה השתתפו :

דיגום, בדיקות ועיבוד נתונים : ירון גרטנר
כימיה : נוטריאנטים : ד"ר יעל סגל, לורה יזראלוב
מתכות : אביב שכנאי, מיה מוריס, גרטה פינשטיין, ד"ר אפרת שהם-פרידר (כלורופיל)
חי הקרקעית : לימור שובל, אוה מזרחי, כנרת גל, נגה פרסמן
השפעות ביולוגיות : יאנה יודקובסקי
בסיסי נתונים : ד"ר איסק גרטמן, לונין אירנה
צוות ים : גדעון עמית, יונה בישופ, ראובן רוזנבלט

**תכנית הניטור של מימי החופין ממומנת ע"י
המשרד להגנת הסביבה
ובמימון חלקי ע"י משרד התשתיות הלאומיות
ניטור הנמלים והמעגנות מומן ע"י חיל הים/משרד הביטחון**

נובמבר 2010

© כל הזכויות שמורות. אין לעשות שימוש בנתונים לצורך פרסום מדעי ללא אישור בכתב מחיא"ל.

שם הדוח לצורך ציטוט בעברית/אנגלית :
חרות ב', שפר ע', גורדון נ', גליל ב', טיבור ג', תום מ' ורילוב ג' (2010). איכות מימי החופין של
ישראל בים התיכון בשנת 2009, דוח חיא"ל H64/2010.

Herut B., Shefer E., Gordon N., Galil B., Tibor G., Tom M. and Rilov G. (2010).
Environmental quality of Israel's Mediterranean coastal waters in 2009, IOLR Report
H64/2010.

תוכן

עמוד

חלק א - מבוא, סיכום הממצאים והמלצות

- מבוא א-1
- סיכום הממצאים העיקריים א-4
- מיפוי המצב הסביבתי היחסי לאורך החוף א-12
- המלצות א-15

חלק ב - פירוט פעולות הניטור והממצאים

- מתכות בסדימנטים ב-1
- מתכות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות ב-5
- מתכות במים ב-11
- מתכות בבעלי חיים שוכני קרקעית ב-12
- מתכות בדגים ב-17
- סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים (Biomarkers) ב-20
- מתכות במשקעים אטמוספיריים ב-23
- נוטריאנטים במשקעים אטמוספיריים ב-24
- נוטריאנטים בנחלי החוף ב-24
- הערכת עומס הנוטריאנטים באזור מימי החופין ב-28
- נוטריאנטים, כלורופיל ומיקרואצות במימי החופין ב-30
- אוכלוסיות חי הקרקעית ב-39
- פיילוט ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי ב-40
- רשימת ספרות ב-45

חלק ג - איורים וטבלאות

- נספח 1 - טבלת אפיון תחנות הדיגום בשנת 2009
- נספח 2 - המספר הכולל של בדיקות מתכות כבדות במסגרת תכנית הניטור
- נספח 3 - שיטות הדיגום והבדיקה ובקרת איכות התוצאות
- נספח 4 - מערכת SISCAL למיפוי סביבתי מנתוני לוויינים
- נספח 5 - מיני המיקרופלנקטון וריכוזם במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף, אוגוסט 2009
- נספח 6 - הרכב ומספר הפרטים של חי תוך המצע (in fauna) שנאספו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2009
- נספח 7 - מילון מונחים מקצועיים

חלק א - מבוא, סיכום הממצאים והמלצות

מבוא

דוח זה מציג מידע על איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון בשנת 2009, על סמך התוצאות של ניטור זיהום הים ומקורותיו ושל מחקרים נלווים, שהתבצעו ע"י המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה של "חקר ימים ואגמים לישראל". הדוח מציג גם מגמות של שינויים במצב מימי החופין על סמך נתונים רב-שנתיים.

תכנית הניטור של איכות מימי החופין מונחת ע"י אגף ים וחופים של המשרד להגנת הסביבה ומהווה מרכיב של מערכת המינהל הסביבתי המופעלת ע"י הממשלה.

היעד הכוללני של הניטור הוא יצירת בסיס מדעי ארוך טווח לקבלת החלטות בהקשר להגנה על הסביבה הימית, ובכלל זה אכיפת ההוראות של החקיקה הלאומית בעניין מניעת זיהום הים ושל האמנות הבינלאומיות הרלוונטיות, ותמיכה בקבלת החלטות על ניצול וניהול הסביבה הימית של ישראל ומשאביה.

המטרות הספציפיות של הניטור אשר נגזרות מהיעד לעיל הן:

- איתור מקורות לזיהום מימי החופין והערכת תחומי השפעתם וחשיבותם היחסית;
- קביעת התפוצה של חומרים מזהמים במרחב מימי החופין, 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;
- יצירת בסיס להערכת הממצאים של תכניות ניטור מקומיות באתרים לסילוק שפכים בים.

תכנית הניטור כוללת שמונה מרכיבים:

- 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 והאצות באזור הרדוד (עד עומק 30 מטר) של מימי החופין (החל מ-2000);
- מיפוי סביבתי של מימי החופין מנתוני לוויינים (החל מ-2005);
- ניטור אוכלוסיות חי הקרקעית לאורך החוף (החל מ-2005);
- ניטור סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים (החל מ-2005, לא בוצע ב-2006 כתוצאה מחוסר מימון);

- פיילוט ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי (החל מסוף 2009) ;
- הערכת עומס הזיהום הכללי במימי החופין המתבסס על מאגר המידע של מקורות הזיהום הנקודתיים (החל מ-2002).

תכנית הניטור עודכנה במהלך השנים בהתאם למידע על מקורות הזיהום של מימי החופין. מקורות הזיהום העיקריים לאורך החוף מוצגים באיור 1. תחנות הדיגום של תכנית הניטור מוצגות באיור 2. מיקום תחנות הדיגום והפרמטרים הנבדקים בכל תחנה מפורטים בנספח 1.

בנוסף לתכנית הניטור הכללית של איכות 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 בדוח 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"). חלק מהבדיקות של תכנית ניטור זו מתבצע ע"י מעבדות של המכון הגיאולוגי ובמעבדה בארה"ב. הממצאים העיקריים של הניטור משולבים בדוח זה (באדיבות חיל הים/משרד הביטחון).

הדוח כולל שלושה חלקים ושבעה נספחים. בחלק א מוצגים עיקרי הממצאים על איכות מימי החופין והמלצות הנובעות מהם. פעולות הניטור וממצאי הניטור מפורטים בחלק ב ומוצגים באיורים ובטבלאות בחלק ג. 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 בנספח 2.

שיטות הדיגום, הבדיקה ובקרת איכות התוצאות במסגרת הניטור מפורטות בנספח 3. המערכת למיפוי סביבתי מנתוני לוויינים מוצגת בנספח 4. נספחים 5 ו-6 מציגים את הרכב מיני המיקרופלנקטון וחי תוך המצע בשנת 2009. נספח 7 מבהיר מונחים מקצועיים שנעשה בהם שימוש בגוף הדוח.

הנתונים 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).

חלק מנתוני הניטור מועבר, באמצעות המשרד להגנת הסביבה, למרכז של "תכנית הפעולה לים התיכון" באתונה, אשר מנהל את הפעילות הבינלאומית לשמירת איכות הסביבה בים התיכון במסגרת "אמנת ברצלונה".

כדי ליישם את פרוטוקול הניהול החופי המשולב (ICZM) שאומץ על-ידי מוסדות אמנת ברצלונה (מיושמת ע"י תכנית הפעולה לים התיכון (MAP) באמצעות ארגון MEDPOL), בהתחשב ב"גישת המערכת האקולוגית" Ecosystem Approach, ולהיערך למחויבויות של הדירקטיבות של הקהילה האירופית (Water Framework Directive; Marine Strategy Framework Directive), מוצע להרחיב את תכנית הניטור הלאומית כלהלן. הרחבה זו חיונית לשיפור התמיכה המדעית לניצול וניהול מושכל של הסביבה הימית של ישראל ומשאביה.

הרחבת תכנית ניטור שתכלול:

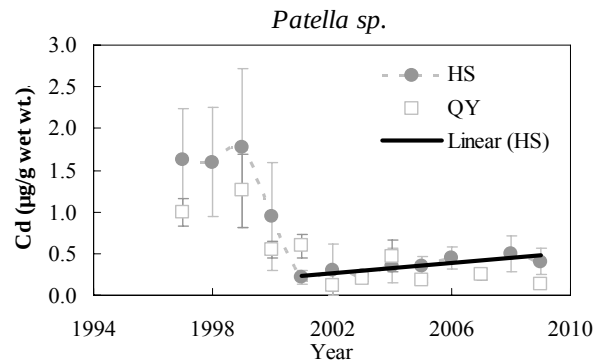
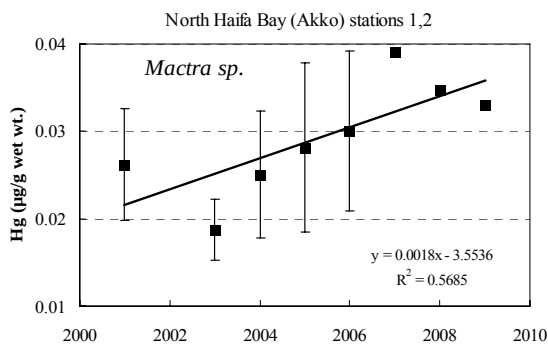
1. ניטור זיהום הים והחופים (פרמטרים כימיים, סמנים ביולוגיים, בריאות הציבור);
2. ניטור אקולוגי ימי (הרס בתי גידול, מגוון מינים, פלישת מינים);
3. ניטור תהליכים חופיים (הרס חופים, בליית מצוק);
4. ניטור השלכות שינויי אקלים (מפלס ים, החמצה/טמפ' מליחות, מינים פולשים).

סיכום הממצאים העיקריים

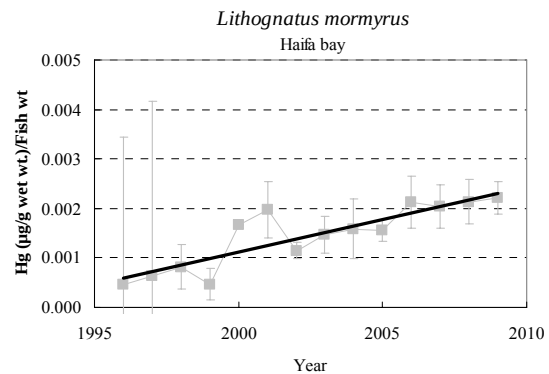
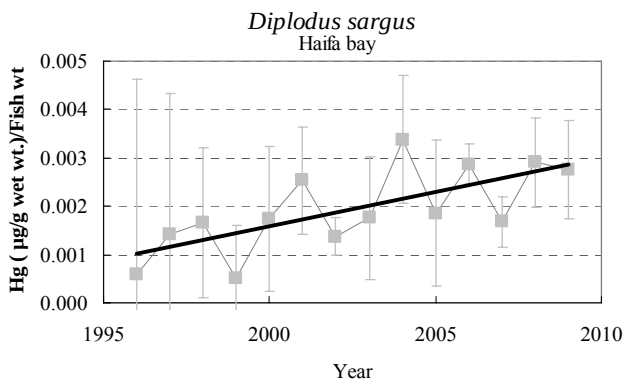
בדוח מוצגת תמונת מצב (2009) ומגמות עיקריות של השינויים בזמן, המתייחסות לרמת הזיהום במימי החופין, בשפכי נחלים, בנמלים ובמעגנות. למרבה הצער נראה כי בד"כ נשמרת העצירה במגמת השיפור והירידה ברמות הזיהום, שנצפתה עד למחצית העשור האחרון, וכי ערכי הזיהום של המרכיבים השונים וביניהם: מתכות כבדות, חומרי דשן ומזהמים אורגניים, התייצבו (דבר שלא בהכרח מעיד על מצב טוב), או שאף חלה עלייה מסוימת ברמתם.

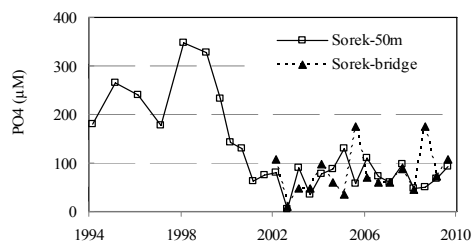
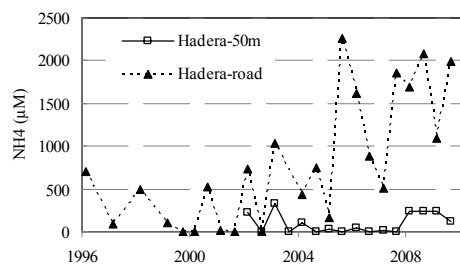
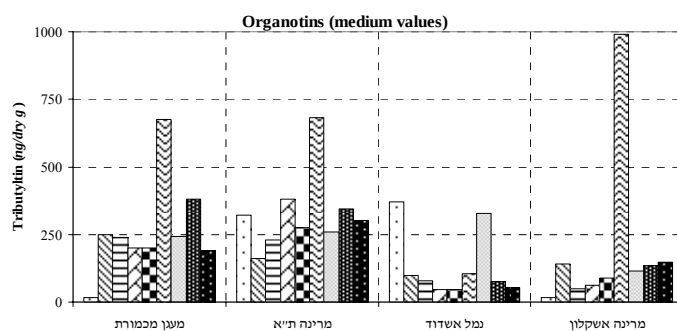
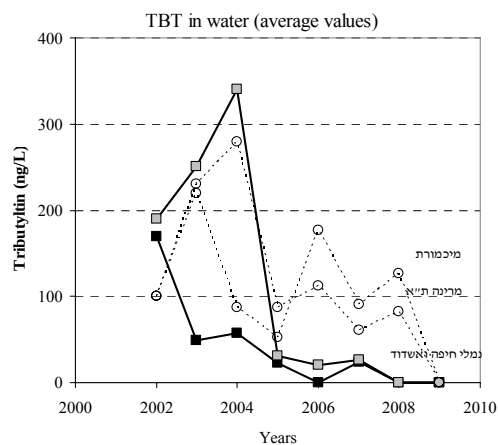
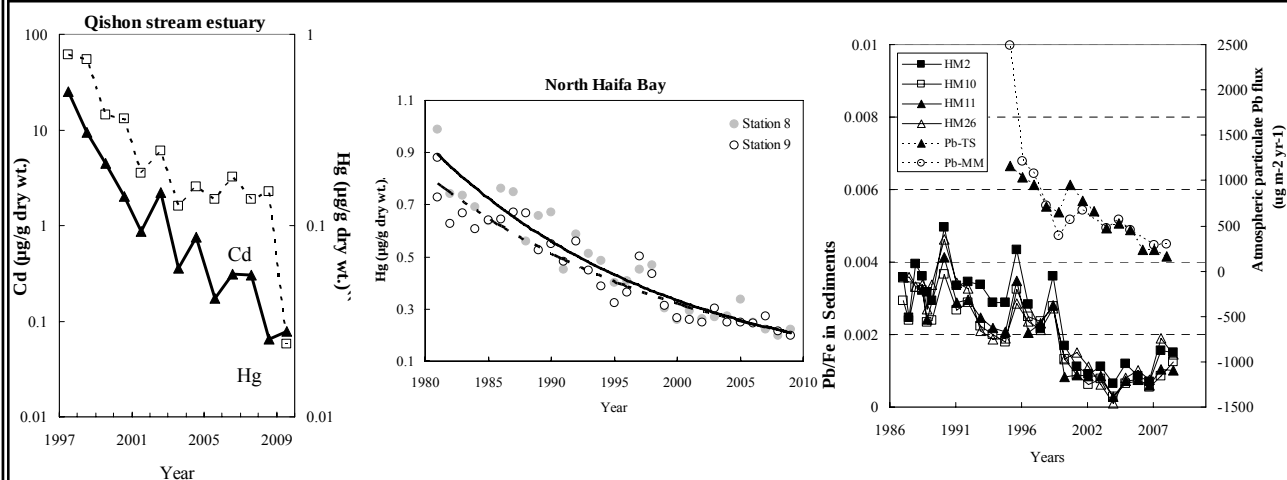
באיור שלהלן ריכוז עיקר המגמות בזמן של מספר מזהמים.

Mollusk



Fish





הרמה הנוכחית של חומרי דשן, מתכות כבדות וחומרים אורגניים בחלק משפכי הנחלים, הנמלים והמעגנות לא משביעה רצון, מאחר שעומדת על רמת זיהום אקולוגי בינונית עד חמורה. מסיכום הממצאים ראוי לציין את השיפור ברמת הזיהום ב-TBT במי נמלים, אך לא במי מעגנות ולא בקרקעית, ואת מגמת העלייה של ריכוזי הכספית בצפון מפרץ חיפה הן ברכיכות והן בדגי מאכל. גם ב-2009 נמצאה חריגה מהקו המנחה של שירות המזון הארצי (או מתקנים מקובלים במדינות אחרות) לריכוז כספית בכ-10% מהדגים החופיים במפרץ חיפה. בבחינת המדדים המעידים על המצב הסביבתי המושפע מהעשרה בחומרי דשן והגברת היצרנות הראשונית ומהעשרה בחומר אורגני בקרקעית נמצא, כי מספר שפכי נחלים ומפרץ חיפה מראים את ההעשרה הגבוהה ביותר. באופן אבסולוטי, המצב במפרץ חיפה ולאורך החוף הישראלי טוב יותר מאשר באזורים אחרים בים התיכון בהם קיימת בעיית אאוטרופיקציה. לעומת זאת, בחלק משפכי הנחלים המצב עדיין רחוק מהסביר. כל זאת ללא שינוי ממצב השנה שעברה.

טבלאות הגידוד לאורך חופי ישראל הינן בית גידול סלעי ייחודי העובר כרגע תהליכי שינוי העלולים לפגוע בו באופן משמעותי. השנה היא"ל החלה פילוט ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי וממצאים ראשוניים מוצגים בדוח. נמצאה בין היתר הידלדלות קיצונית באוכלוסיות החילזון בונה הכרכוב (מבנה ביוגני מוגבה בשולי הטבלה) ולכך עלולות להיות השלכות מרחיקות לכת על בית הגידול והחברה האקולוגית המתקיימת בו. יתכן שבית הגידול כולו מצוי בסכנה הכחדה עקב בלייה כיוון שנעלמה ההגנה הביוגנית. החשיבות של הצינור לקיום בית הגידול הסלעי עצמו הינה קריטית, ולכן חשוב לעקוב אחר מצב הצינור ולהבין את ההשלכות של היעלמותו מהחוף הישראלי במסגרת תכנית הניטור הלאומית.

סיכום ממצאי הדוח מוצג להלן בשני אופנים: האחד - טבלת איכות מימי החופין בשנת 2009 ומגמות בעשור האחרון עפ"י **סמנים סביבתיים**; השני - מפות של המצב הסביבתי היחסי של אזורים שונים לאורך החוף עפ"י **מדדים סביבתיים**. מפות ראשוניות אלה מבוססות על חמישה מדדים סביבתיים: (1) מצב אזור המים הרדודים עפ"י "אינדקס השונות" של אוכלוסיות המיקרואצות במים (ראה הסבר בפרק ב) - חלוקה לארבע רמות; (2) מצב אזור המים הרדודים עפ"י הרכב אוכלוסיות חי הקרקעית המהווה מדד להעשרה בחומר אורגני; (3) מצב שפכי (מורד) נחלי החוף עפ"י ריכוזי הכלורופיל במים - חלוקה לשלוש רמות לפי הקריטריונים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA) לאיכות מי נחלים (**נספח 7**); (4) מצב הסדימנטים מבחינת זיהום במתכות כבדות, DDT ו-PCB'ים ביחס לקריטריון של NOAA לסבירות גבוהה להשפעות ביולוגיות מזיקות (**נספח 7**); (5) מצב הסדימנטים מבחינת הזיהום ב-TBT (ראה הסבר על החומר **בנספח 7**) - חלוקה לשתי רמות, מעל ומתחת ריכוז של 100 מיקרוגרם/ק"ג סדימנט.

מצב מימי החופין בשנת 2009 ומגמות בעשור האחרון

סמן סביבתי	מצב בשנת 2009	מגמות בעשור אחרון
מתכות כבדות בקרקעית (כספית, קדמיום, נחושת, אבץ, עופרת, ניקל, כרום)	מפרץ חיפה: רמת זיהום בינונית של כספית בצפון המפרץ ובינונית-קטנה בשפך הקישון. חלה ירידה ברמות הכספית בשפך נחל הקישון לעומת 2008 ככל הנראה בגלל חפירת העמקה באזור. תיתכן עלייה קטנה ברמות העופרת. ריכוזים קטנים יחסית של מתכות כבדות אחרות. נחלים: רמת זיהום בינונית בכספית בנחל נעמן; רמת זיהום בינונית בקדמיום במורד הקישון; רמת זיהום בינונית בנחושת בנחלים קישון, נעמן, חדרה, אלכסנדר, פולג וירקון, באבץ קישון, נעמן, לכיש וירקון; רמת זיהום בינונית בכרום בנחלים בצת, נעמן, קישון, חדרה וירקון; רמת זיהום בינונית בניקל בקישון, אלכסנדר, חדרה, ירקון, פולג ובצת; רמת זיהום בינונית בעופרת בשפכי הנחלים חדרה ולכיש. לאורך החוף: כללית, במים הרדודים כל המתכות בריכוזים קטנים מהשפעות מזיקות. כמה בעיות זיהום מקומיות: באזור המוצא של שפד"ן רמת זיהום בינוני בכספית, נחושת ואבץ. באזור מוצא צינור אג"ן כימיקלים/בתי זיקוק אשדוד העשרה בכרום ממקור לא ברור.	פחת הזיהום בכספית עד העשור הקודם. בעשור האחרון מסתמנת התייצבות. פחתו ריכוזי העופרת. בשנים האחרונות מסתמנת התייצבות ואולי אף עלייה. פחת הזיהום בשפך הקישון. ב-5 שנים אחרונות התייצב ריכוז הקדמיום. אין מגמה ברורה של שינוי בשפכי שאר הנחלים.
	נמלים ומעגנות: רמת זיהום גבוהה בכספית בנמל חיפה; רמת זיהום בינונית בקדמיום, ארסן ועופרת בנמל חיפה; בכספית בנמל חיפה ומעגן עכו; בכרום בנמל חיפה ואשדוד; בנחושת ואבץ בנמלים חיפה ואשדוד ובמעגנות ת"א אשקלון ועכו, ומעגן חדרה ומכמורת (רק אבץ); בניקל בנמל חיפה, אשדוד מעגן אשכול ועכו, מרינות מכמורת ואשקלון.	נמל חיפה: תיתכן מגמת עלייה של כספית בנמל חיפה. שינויים בריכוזי שאר המתכות ללא מגמה ברורה, תיתכן ירידה בריכוזי הקדמיום. נמל אשדוד: האזרחי הפחתה ברמת הזיהום של כרום, נחושת, ניקל, קדמיום וכספית.

סמן סביבתי	מצב בשנת 2009	מגמות בעשור אחרון
		 מעגנות: אין מגמה ברורה למעט העשרה מסוימת של כרום, נחושת וניקל במעגן מכמורת.
 	אין מגמה מובהקת ריכוזי הקדמיום בדרום המפרץ פחתו החל מיולי 2000.	מפרץ חיפה, שפכי נחלים, לאורך החוף:  בחלק מהנחלים והתחנות לאורך החוף נמדדו ריכוזים גדולים יחסית של כספית, קדמיום, נחושת, עופרת, אבץ וכרום המצביעים על זיהום. יחד עם זאת, השגיאה בשיטת הקביעה גדולה.
	בדגים חופיים ממפריץ חיפה ריכוזי הכספית התייצבו ברמה פחותה מאשר בעשור הקודם, אולם מראים מגמת עלייה בשנים האחרונות.	בדגים חופיים ממינים מסוימים ממפרץ חיפה העשרה בכספית יחסית לדגים מאזורים אחרים. בכ- 5% מהדגים החופיים שנבדקו נמצאו חריגות ביחס לתקן מחמיר לדגי מאכל. בתוך מפרץ חיפה החריגות בדגים חופיים הן כ-11%. ריכוזי קדמיום ועופרת (נבדקו שנים קודמות) קטנים מהקו המנחה של רשות המזון. בכ- 18% מהדגים שנבדקו נמצא ריכוז כללי של ארסן מעל 10 חל"מ חומר רטוב אשר ייתכן ומעיד על ריכוז ארסן אי אורגני גדול מהקו המנחה של רשות המזון (טעון בדיקה). נמצאו הבדלים בחלק מהמתכות בדגי המכמורת מאזורים שונים לאורך החוף.
	ריכוזי הכספית בצדפות פחתו בשנים 1980 - 1992. מאז 2002 החלה מגמת עלייה בריכוז הכספית בצדפות מאזור עכו.	מפרץ חיפה ועכו: העשרה בכספית בצדפות ובחלזונות יחסית לאזורים אחרים. העשרה מסוימת של כספית בצדפות מצפון המפרץ לעומת חלקו הדרומי. ריכוזי נחושת ואבץ גדולים יותר בחלק הדרומי של המפרץ. ריכוזי ארסן בצדפות דומים בכל חלקי המפרץ. העשרה של כספית בחלזונות ממפרץ חיפה ביחס לאזורים מדרום למפרץ (למעט פלמחים).

סמן סביבתי	מצב בשנת 2009	מגמות בעשור אחרון
	העשרה מסוימת בקדמיום בחלזונות ממפרץ חיפה (למעט קריית ים) יחסית לאזורים אחרים לאורך החוף. לאורך החוף (אתרים נבחרים): העשרה של נחושת בחלזונות מאזור אשדוד וכספית מאזור פלמחים ביחס לתחנות אחרות לאורך החוף (למעט מפרץ חיפה).	↓ ריכוזי הקדמיום והאבץ בחלזונות פחתו בשפך הקישון החל משנת 2000.
מתכות כבדות באבק	ריכוזים דומים לאירופה וגדולים מאשר באזורים לא מתועשים.	↓ ירידה בשטף האטמוספירי של עופרת וב-5 שנים האחרונות גם של קדמיום. ? אין מגמה מובהקת של ריכוזי הנחושת והאבץ.
מזהמים אורגניים בקרקעית	נמלים ומעגנות: בנמל חיפה נמצא זיהום בינוני של חומרים אורגנוכלוריים מקבוצת ה-PCBs (>ERL), בנמל אשדוד, מעגן עכו ומרינה ת"א נמדדו ריכוזים גדולים יחסית לשאר המעגנות של PCBs, אולם הערכים קטנים מהקריטריון האקולוגי להשפעות מזיקות (ERL). לא נמצאו דיאוקסינים בריכוזים גדולים מסף הגילוי הכמותי של הבדיקות. ריכוזי חומרים פוליциקלים ארומטיים (PAHs) היו קטנים מהקריטריון האקולוגי להשפעות מזיקות שצפויות רק לעיתים נדירות (ERL). ☹️ זיהום גבוה ב-TBT ונגזרותיו (>100 ng/g) נמצא בתחנות בנמלים חיפה ואשדוד, ובמעגנות: עכו, ת"א, מכמורת, אשדוד, אשקלון וחדרה.	רמות PCB קטנות מסקרים קודמים בשנים 2001-2005 ודומות לשנים 2006-2009.
מזהמים אורגניים במים	נמלים ומעגנות: 😊 בכל האתרים שנבדקו ריכוזי המיקרומזהמים האורגניים הנדיפים והנדיפים-למחצה (PAHs) היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות או קטנים בסדר גודל ויותר מהריכוזים בהם צפויה פגיעה באוכלוסיות החי הימי. ריכוזי חומרים מקבוצת ה-PCBs רוב חומרי ההדברה	↔ לא חל שינוי משמעותי בשנים 2002 - 2009.

מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2009	סמן סביבתי
↓	מסתמנת מגמת ירידה בנמלים בשנים 2002 - 2009.	האורגנוכלוריים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות (20 ng/L). במעגנות עכו ומכמורת נמצא החומר diuron ובנמל חיפה ומעגן עכו החומר Terbutryne. ☹ ב-2009 נמצא ערך מדיד של TBT רק במרינה אשדוד. בדגימות מנמלי חיפה ואשדוד, מעגן אשכול ומרינות ת"א ומכמורת נמצאה העשרה בתוצר הפירוק - Dibutyltin (DBT) הריכוזים גדולים מהתקן לאיכות מי-ים שנקבע ע"י המשרד להגנת הסביבה.
↔	שטפי חנקן והזרחן תלויים בכמות המשקעים השנתית. לא חל שינוי משמעותי בשטף החנקן במהלך העשור האחרון.	שטפי חנקן וזרחן גדולים מבאוקיינוסים הפתוחים, אולם קטנים מאשר באירופה.
↓ ↔ ↑	בעשור האחרון הפחתה מסוימת בריכוזי הנוטריאנטים (במיוחד בנחלים שורק וקישון). לא חל שינוי משמעותי במהלך 5 השנים האחרונות, למעט עלייה משמעותית של פוספאט ואמוניום בשפך נחל חדרה.	☹ זיהום בינוני עד חמור ברוב הנחלים.
↔	אין שינוי משמעותי במהלך 5 השנים האחרונות.	מוצאים ימיים > שפכי נחלים, במיוחד עבור זרחן.
?	יתכן שב-2002 החלה מגמה של הפחתה. בשנים האחרונות חלה עלייה משמעותית ביחס חנקן/זרחן בשפך נחל הקישון.	מפרץ חיפה : העשרה בקרבת החוף ומול שפך הקישון ועכו. לאורך החוף : העשרה משמעותית של סיליקה דרומית לאשקלון. כללית, הפחתה של ריכוזי הנוטריאנטים עם ההתרחקות מהחוף.
?	הבדיקות החלו בשנת 2000. יתכן שהחלה ירידה בריכוז.	מפרץ חיפה : ריכוזים גדולים יחסית לשאר החוף. ☹ כמויות גדולות במיוחד בשפך

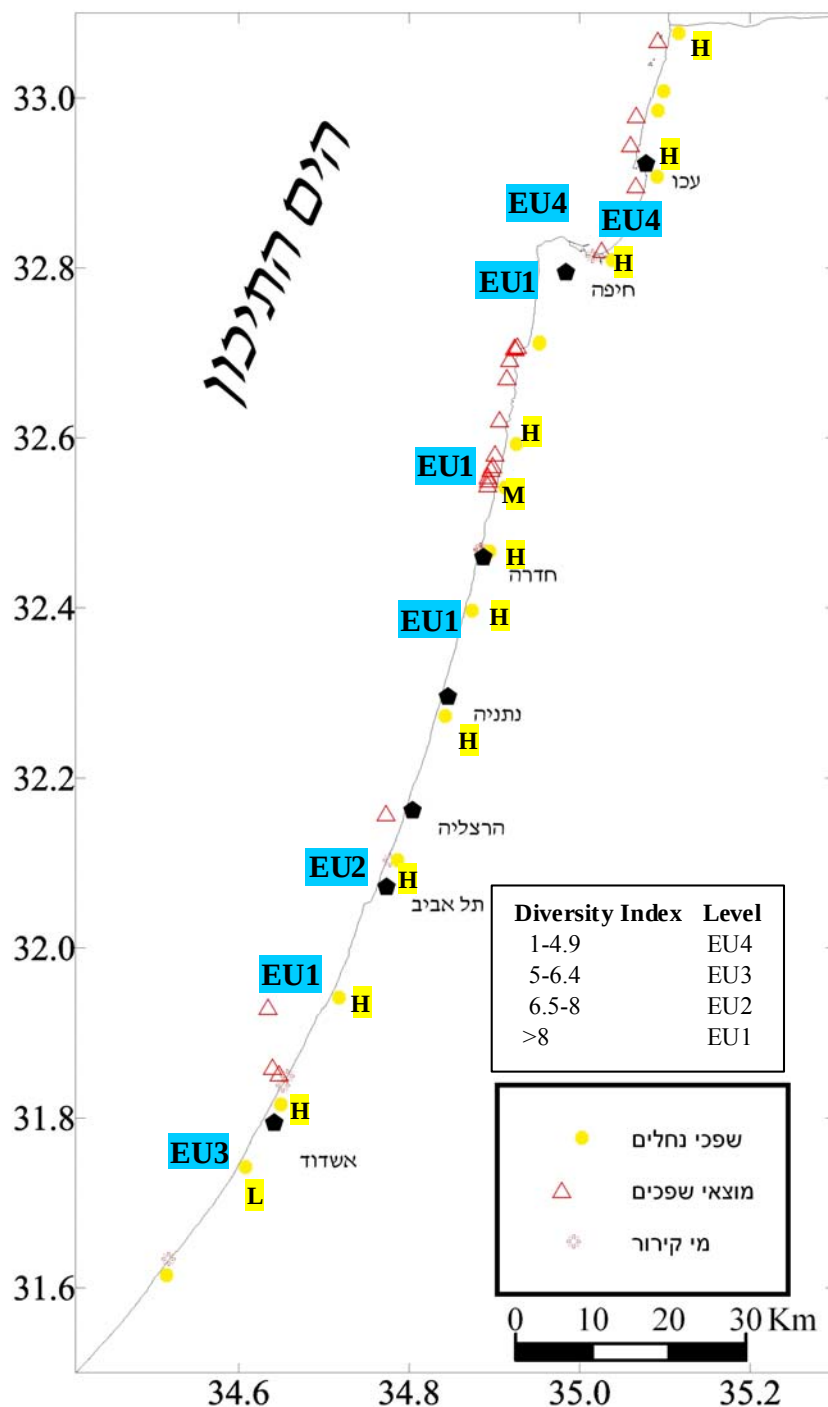
מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2009	סמן סביבתי
בעשור הקודם נמצאו במפרץ חיפה מינים רעילים. מהתפלגות ביומסה רב-שנתית (2001-2008) ממוצעת, נראה שהביומסה בתחנת הירקון היא הגבוהה ביותר, ובתחנת אלכסנדר הנמוכה ביותר.	נחל הקישון. נמצאו מינים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים. לאורך החוף: ריכוזים גדולים יחסית במים רדודים (עד 10 מ') לעומת מים עמוקים יותר (30 מ'). בכל האזורים נמצאו סוגי אצות הכוללים מינים העלולים ליצור פריחות רעילות. אינדקס השונות הממוצע קטן באופן מובהק, בתחנות הדרומיות, מול הירקון, שורק ואשקלון בשנים 2002 – 2008, יחסית לתחנות הצפוניות יותר.	
הניטור החל ב-2005.	מפרץ חיפה: סימנים להעשרה אורגנית מול עכו בצפון ומול שפך הקישון בדרום. לאורך החוף: סימנים להעשרה אורגנית באזור המוצא של שפד"ן (בדוח נפרד), מוצא הרצליה ומול נחל שורק.	הרכב אוכלוסיות חי הקרקעית (סמן להעשרה אורגנית אנתרופוגנית)
הניטור החל ב-2005 (לא התקיים ניטור ב-2006).	ב-2009, בניגוד לשנים קודמות, לא נמצא הבדל מובהק בהשפעת מתכות כבדות ומזהמים אורגניים על דגים ממפרץ חיפה לעומת דגים מחוץ דור. 😊 לא נמצאו השפעות של חומרים משבשי רבייה הן בדגים ממפרץ חיפה והן דרומית לו.	סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים: * מטליתיונין (מתכות כבדות) * ציטוכרום P450A1 (חומרים אורגניים) * מוריוגנין וויטלוגנין (חומרים משבשי פעילות רבייה)

מקרא לסימונים בטבלה:

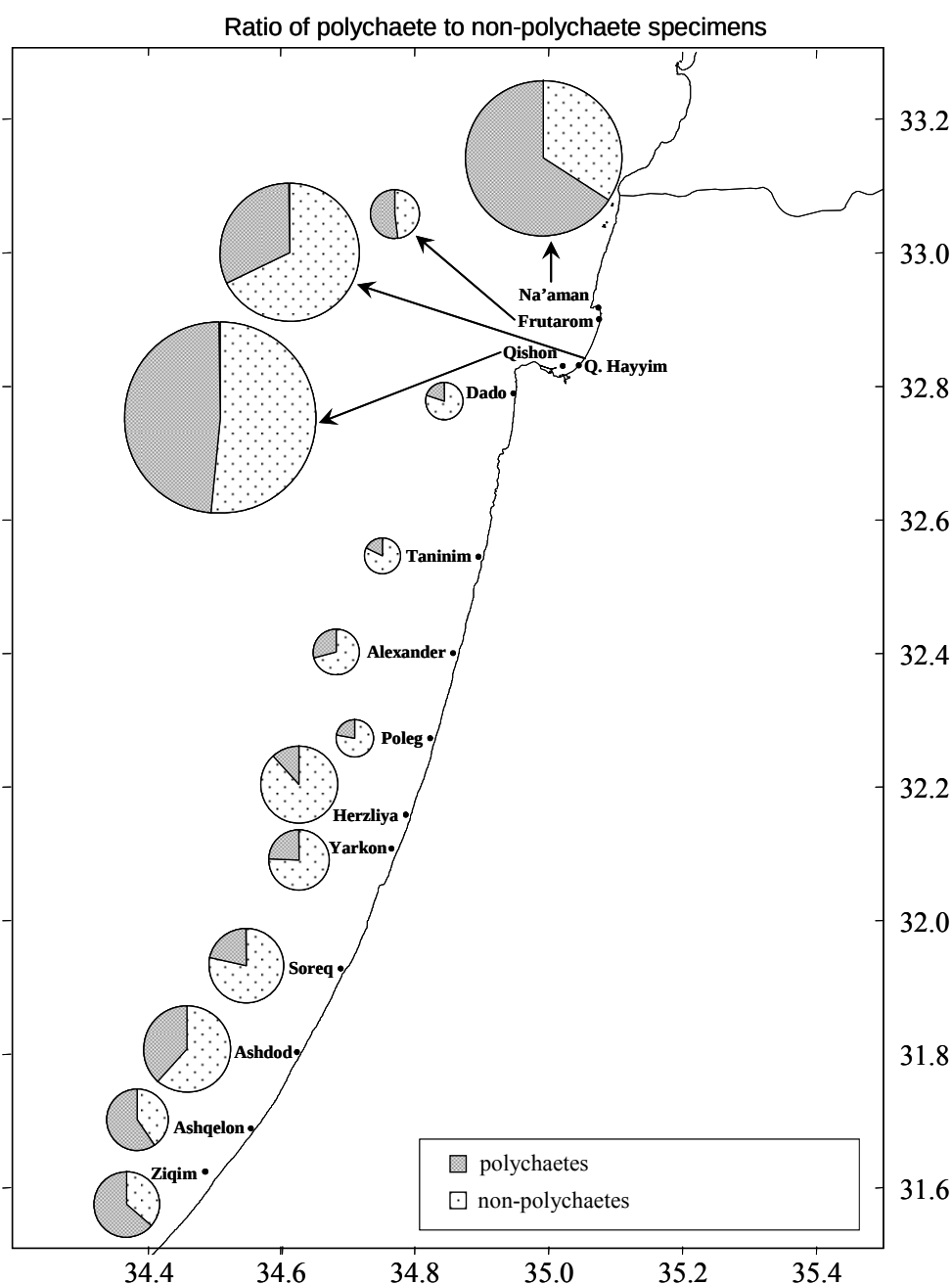
- 😊 - הדגשה של מצב טוב.
- ☹️ - הדגשה של מצב גרוע.
- ↓ - מגמת שיפור; ↔ אין שינוי; ? אין מספיק נתונים להערכת מגמות.
- ↑ - מגמת החמרה.

מיפוי המצב הסביבתי היחסי לאורך החוף

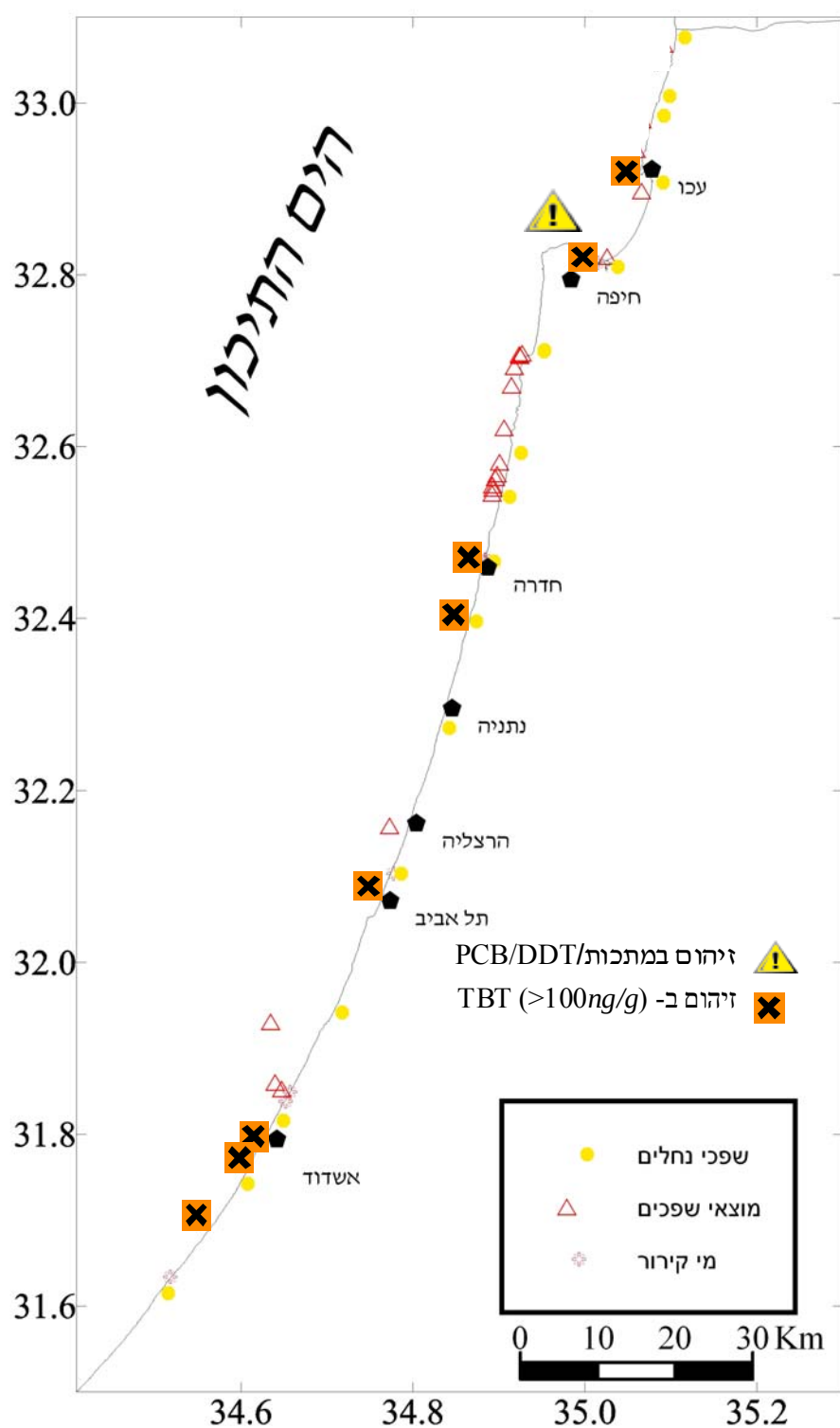
א. (1) מצב אזור המים הרדודים עפ"י "אינדקס השונות" של אוכלוסיות המיקרואצות במים - חלוקה לארבע רמות (EU4 – EU1). כללית, ערכים עולים של האינדקס משקפים מגמה של עלייה בעומס הנוטריאנטים. עפ"י מדד זה מפרץ חיפה ושפך הירקון חשופים לעומס הגדול ביותר. (2) מצב שפכי (מורד) נחלי החוף עפ"י ריכוזי הכלורופיל במים - חלוקה לשלוש רמות של העשרה בנוטריאנטים (גבוהה (H), $>60\mu\text{g/L}$, בינונית (M), $20-60\mu\text{g/L}$, נמוכה (L), $0-5\mu\text{g/L}$), לפי הקריטריונים של NOAA לאיכות מי נחלים (נספח 5).



ב. מצב אזור המים הרדודים (~10 מ' עומק מים) עפ"י הרכב ועושר אוכלוסיות חי הקרקעית המהווה מדד להעשרה בחומר אורגני. הגודל היחסי של העיגול מציין את מספר הפרטים הכולל, והחלוקה מציגה את היחס בין מספר התולעים הרב-זיפיות (polychaete) לבין כלל הפרטים. שילוב זה מהווה מדד להעשרה של חומר אורגני בקרקעית. ככל שזמינות החומר האורגני בקרקעית עולה, גדל מספרן הכולל, ובד"כ גם היחסי של התולעים הרב-זיפיות, שהינן מינים עמידים יחסית לזיהום. עפ"י מדד משולב זה נמצאה העשרה במפרץ חיפה בשפך נחל הקישון והנעמן. ביחס לתחנות לאורך החוף מחוץ למפרץ נמצאה העשרה במידה מסוימת בסמוך לצינור מוצא ימי קולחי מט"ש הרצליה ומול אשדוד ונחל שורק.



ג. מצב הסדימנטים מבחינת זיהום במתכות כבדות, DDT או PCB's. מצוינים אתרים שבהם ריכוזי אחת מקבוצות מזהמים אלה חורגים מהקריטריון של NOAA לסבירות גבוהה להשפעות ביולוגיות מזיקות (ERM, נספח 7) ומבחינת הזיהום ב-TBT (חלוקה לשתי רמות, מעל ומתחת ריכוז של 100 מיקרוגרם/ק"ג).



המלצות

ההמלצות להלן מבוססות על נתונים שנאספו בשנת 2009 במסגרת דוח זה ועל המגמות בזמן ובמרחב שנצפו בשנים האחרונות, ומופנות למשרדי הממשלה הרלוונטים (במיוחד משרדי הגנת הסביבה, החקלאות, הבריאות, התחבורה והביטחון). יישום ההמלצות יביא לצמצום זיהום מימי החופין, מניעת הסכנות הפוטנציאליות לבריאות הציבור ונזקים אקולוגיים כתוצאה מהזיהום. למרות שנצפתה מגמת שיפור וירידה ברמות הזיהום עד השנים 2000-2003 (בחלק מן המקומות), בשנים האחרונות נעצרה מגמה זו, ובמקרים מסוימים אף נצפתה עלייה ברמות הזיהום. חלק מן ההמלצות הבאות כבר צוינו בדוחות קודמים בהתאם לממצאים דומים.

1. יש לפעול ל:

- א. בחינת האפשרות להגבלה זמנית של דייג/שיווק דגים חופיים מצפון מפרץ חיפה בגלל רמות חריגות של כספית (ביחס לקו המנחה של שירות המזון הארצי במשרד הבריאות).
- ב. צמצום סה"כ ההזרמות של שפכים לנחלי החוף ובמיוחד חומרי דשן/ביוב.
- ג. סילוק/טיפול במשקעי קרקעית מזוהמים שהצטברו בנחל ובנמל הקישון, בנמל חיפה ובמעגנות לפי הצורך.

2. יש לפעול לאיתור/צמצום מקורות זיהום:

- א. של כספית בצפון מפרץ חיפה, בגלל מגמת העלייה הרב-שנתית ברמות הכספית בבע"ח (במיוחד דגים) באזור.
- ב. של מתכות כבדות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות, במיוחד כספית וביפנילים מותמרי כלור (PCBs) נמל חיפה.
- ג. של נוטריאנטים בשפכי הנחלים ובמיוחד לפעול לעצירת מגמת העלייה בזיהום חומרי דשן בנחל חדרה.
- ד. של העשרה בסיליקה וצפיפות המיקרואצות (ריכוזי כלורופיל) בחלקו הדרומי של החוף (אשקלון ודרומה).
- ה. למרות שכפי שהדברים נראים כעת, נעשים מאמצים לצמצום הזיהום במתכות כבדות המגיע מהמפעל לטיהור שפכי גוש דן (שפד"ן), יש לתת את הדעת למציאת פתרונות חדשניים נוספים לצמצום נוסף של הזיהום המוזרם לים, בעדיפות טיפול בשפכים במקורותיהם.

3. יש להסדיר חקיקה ולפעול לאכיפה בתחומים הבאים:

- א. הסדרת התקינה לריכוז המירבי המותר של כספית, מתכות אחרות ומזהמים אורגניים בדגי מאכל ובע"ח ימיים אחרים. בהקשר למתכות, שירות המזון הארצי במשרד הבריאות פועל לפי קווים מנחים לגבי כספית (0.5 חל"מ חומר רטוב, כספית אורגנית), קדמיום, עופרת וארסן בדגי מאכל, על סמך המקובל בעולם. השירות הווטרינרי (פיקוח מוצרים מן החי)

במשרד החקלאות פועל ע"פ תקנות (תקנות מחלות בעלי חיים (מניעת שאריות ביולוגיות), (התש"ס-2000) בדגים עד הוצאתם משערי משק הגידול בלבד. יש צורך בשימוש במושגים אחידים והגדרות משותפות. לא ברור מעמדו של התקן לריכוז המותר המירבי של כספית בדגי מאכל, אשר נקבע לפני שנים רבות ע"י שר הבריאות (1 חל"מ חומר רטוב).

ב. פרסום המלצות תזונתיות לכמות מקסימלית מומלצת של צריכת דגים לפי אוכלוסיות (מבוגרים, נשים בהריון, ילדים עפ"י גיל), כמקובל במדינות מפותחות, בעיקר בהקשר לכספית.

ג. חלה ירידה ברמות TBT במי הנמלים והמעגנות, אך עדיין לא נמצא ביטוי מספק בקרקעית. לאור זאת דרוש המשך מעקב אחר יישום הפעולות הרגולטוריות (הודעה לימאים, תנאי ברישוי עסק של מרינות ומספנות, איסור בצו יבוא של המכס, ובתקנות חומרים מסוכנים) בנושא איסור השימוש בצבעים המכילים TBT, במיוחד במרינות ומעגנות.

ד. איסור כל פעילות דייג במקומות מזהמים במימי החופין ובמקומות שבהם קיים חשש להצטברות חומרים מזהמים וסיכון פוטנציאלי לבריאות הציבור. כל זאת על סמך מידע על הזרמת שפכים לים.

ה. הסדרת ניטור בקטריאלי שגרתי גם בחופי רחצה לא מוכרזים אך מותרים לרחצה עפ"י החוק, ובמיוחד בסמוך לשפכי נחלי החוף. כבשנים קודמות, גם הממצאים בדוח זה מעידים על הזרמת ביוב למימי החופין דרך נחלי החוף, ומעלים חשש שעם השפכים מוחדרים לים גם חיידקים ונגיפים ממקור צואתי, ובכללם גורמי מחלות.

4. יש לפעול לשיפור מתכונת הניטור בהיבטים הבאים:

א. לאור ממצאים המראים כי בכ-15% מהדגים שנבדקו נמצא ריכוז כללי של ארסן מעל 10 חל"מ חומר רטוב, מומלץ לבצע סקר מדגמי בדגים מסחריים לאורך החוף הישראלי לבחינת הריכוז היחסי של ארסן אי אורגני (הרעיל) מתוך כלל הארסן, וזאת על מנת להבטיח כי ריכוזו של של הארסן האי אורגני אינו חורג מהקו המנחה. כמו כן, מומלץ לבחון הקיום המנחים לריכוז ארסן, זאת בהתבסס על היחס בין ארסן אי אורגני (רעיל) לארסן כללי בדגי מאכל.

ב. גיבוש ואימוץ קריטריונים לאיכות סדימנטים ימיים, אשר ישמשו גם כמדדים מוסכמים לבחינת הממצאים של תכניות ניטור ימי מקומי (compliance monitoring).

ג. מומלץ לבדוק זיהום בקטריאלי בדגי מאכל בסמוך לשפכי נחלי החוף ומוצאים ימיים.

ד. יש להפעיל באופן שוטף במשרד להגנת הסביבה את המערכת שפותחה לניהול נתוני ההזרמות של שפכים אל הים. בדומה, יש לפתח ולהפעיל מערכת לארגון וניהול נתוני ההזרמות לנחלים. מערכות אלה ישפרו את היכולת להעריך את עומס הזיהום המוחדר למימי החופין ויאפשרו היזון חוזר בין המידע על מקורות הזיהום ותוצאות הניטור במימי החופין.

ה. יש לקדם את התיאום בין הגופים השונים העוסקים בפעילות ניטור לאורך החוף, בנחלי החוף ובמקורות הזרמת שפכים. לצורך כך מומלץ להקים ועדת היגוי לגיבוש תפישה כוללת למתכונת הניטורים הנדרשים.

ו. כדי ליישם את פרוטוקול הניהול החופי המשולב (ICZM) שאומץ על-ידי מוסדות אמנת ברצלונה (מיושמת ע"י תכנית הפעולה לים התיכון (MAP) באמצעות ארגון MEDPOL), בהתחשב ב"גישת המערכת האקולוגית" Ecosystem Approach, ולהיערך למחויבויות של הדירקטיבות של הקהילה האירופית (Water Framework Directive; Marine Strategy Framework Directive), מוצע להרחיב את תכנית הניטור הלאומית כלהלן. הרחבה זו חיונית לשיפור התמיכה המדעית לניצול וניהול מושכל של הסביבה הימית של ישראל ומשאביה.

הרחבת תכנית ניטור שתכלול:

- ניטור זיהום הים והחופים (פרמטרים כימיים, סמנים ביולוגיים, בריאות הציבור);
- ניטור אקולוגי ימי (הרס בתי גידול, מגוון מינים, פלישת מינים);
- ניטור תהליכים חופיים (הרס חופים, בליית מצוק);
- ניטור השלכות שינויי אקלים (מפלס ים, החמצה/טמפ' מליחות, מינים פולשים).

חלק ב - פירוט פעולות הניטור והממצאים

מתכות בסדימנטים

נבדקו מתכות כבדות בסדימנטים (משקעי קרקעית) בשלושה אזורים: מפרץ חיפה, מדף היבשת לאורך החוף ומוצאי נחלי החוף (איור 2). הסדימנטים במפרץ חיפה נדגמו בחודש יולי ב-15 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 פברואר/מרץ ב-30 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.

מאז אמצע שנות השמונים פחתו ריכוזי הכספית בסדימנטים של המפרץ, במיוחד בתחנות בחלקו הצפוני של המפרץ (בפקטור של פי 3 לערך) ובאזור שפך נחל הקישון כפי שמוצג באיור 3. מגמה זו התמתנה בשנים האחרונות ומראה הבדלים קטנים בין 2009 ל-2008 (איור 3). תפוצת ריכוזי הכספית בתחנות בצפון המפרץ השתנתה. בעוד בעבר הריכוזים הגדולים ביותר נמדדו בתחנות מול "התעשיות האלקטרוכימיות", כיום הריכוזים הגדולים ביותר נמדדים בתחנות סמוך לעכו (תחנות 1 ו-2). 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 בנספח 7). 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 קצב ההפחתה בשנים האחרונות קטן ביותר. באזור שמול המפעל (תחנות 8-11) ההפחתה 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 בריכוזי הכספית בין תחנה 8 לבין תחנה 9, ובהתאם נעלם הגרדיאנט של ריכוזי הכספית כתלות במרחק מהחוף. מגמת השינוי הרב-שנתי של מאגר הכספית בסדימנטים בצפון המפרץ נראית גם מתפוצת הכספית בגלעיני סדימנט שנדגמו כל 4 שנים בתחנה 9 מאז 1985. כפי שדווח בדוח הקודם, בשנת 2008 כמות הכספית הצבורה בסדימנט עד לעומק של כ-30 ס"מ הייתה קטנה בכ-70% מהכמות ב-1985. משינויים אלה נמצא שקצב הסילוק באזור הרדוד בצפון המפרץ הוא איטי ביותר (מהמדידות ב-2008 נראה שכמעט ונעצר) ולכן סביר להניח שאזור זה יישאר מזוהם במשך שנים רבות. זאת למרות שבאוקטובר 2003 הופסק הייצור במפעל "התעשיות האלקטרוכימיות", ובנובמבר 2004 הופסקה לחלוטין הזרמת השפכים ממנו לאחר שנסגר. השינויים בכמות הכספית שהוזרמה מאז הקמת המפעל ועד לסגירתו מוצגים באיור 5.

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. ייתכן שבנוסף מתקיימת פליטה של כספית גזית מהמים לאוויר. כמו כן, חלק קטן 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 נובעת גם מהפחתה משמעותית של אספקת חול נילוטי וירידה בקצבי הסדימנטציה בצפון המפרץ (או עצירה מוחלטת ואולי אף גריעה).

חלקיקים עשירים בכספית מצטברים בסדימנטים בנמלים (חיפה וקישון) ובמעגן עכו, בהם ריכוזי הכספית גדולים ביחס לאתרים אחרים במפרץ ולאורך החוף (איור 6), ומייצגים דרגת זיהום גבוהה או בינונית, לפי הקריטריונים לאיכות סדימנטים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA).

למעט כספית, ריכוזי המתכות בסדימנטים בשפך הקישון ב-2008 (תחנה מס' 27 ונמל חיפה) היו גדולים יותר מאשר בשאר שטחו של מפרץ חיפה (איור 7). 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 (איור 7). השינויים ברמת המתכות בשנתיים האחרונות קשורים, ככל הנראה, לפעילות החפירה בבניית נמל הכרמל. הירידה הדרסטית בריכוזי הכספית ב-2009 קשורה ככל הנראה לביצוע חפירת העמקה באתר התחנה. כללית, השינויים בריכוזי המתכות בתחנה זו במהלך 20 השנים האחרונות משקפים כמה גורמים: שינויים בהזרמת מתכות לנחל, שינויים במשטר ההידרולוגי של הנחל ומוצאו הימי ופעולות חפירה באזור. כתוצאה מהשילוב של גורמים אלה, 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 2003-2008 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. ב-2009 נמצאה ירידה משמעותית של ריכוזי כספית (ללא שינוי בקדמיום) ככל הנראה בגלל פעילות חפירה באתר. 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") ומתוכננת העמקת תעלת הכניסה והארכת שובר הגלים. פעילויות אלו ישפיעו על הרכב הקרקעית בתחנה 27. מערבית לתחנה זו, בתוך נמל חיפה, נמצאו ריכוזי מתכות המייצגים דרגת זיהום בינונית עד גבוהה לפי הקריטריונים של NOAA.

ממצאים נוספים של ניטור, המתבצע באזור שפך הקישון ודרום המפרץ¹ ובמוצא צינור א.ל.א. בצפון המפרץ², מפורטים בדוחות נפרדים המוגשים להתאחדות התעשיינים ולחברת א.ל.א. תשתיות בע"מ (הגורמים עבורם מבוצע הניטור) ולמשרד להגנת הסביבה. בדיגום קרקעית שבוצע בניטור מוצא צינור א.ל.א. נמצאה העשרה של נחושת ואבץ (במאי) בעיקר בתחנה 400 מטר צפונית למוצא.

מאז 1996 פחתו רמות העופרת בסדימנטים במפרץ חיפה (איור 8), בדומה למצב בסדימנטים מהאזור הרדוד מחוץ למפרץ. נתוני 2005 - 2007 מצביעים בד"כ על מגמת התייצבות ונתוני 2008-2009 על מגמת עלייה מסוימת. 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 ב-2009 נמצאה העשרה יחסית הדורשת המשך מעקב. מאחר שהעשרה זו נצפית בתחנות שונות במפרץ חיפה, נראה שהיא קשורה בשינוי השטף האטמוספירי או פיזור חלקיקים מרחפים עשירים יחסית בעופרת בכל האזור הרדוד של המפרץ.

שינויים רב-שנתיים בריכוזי נחושת וקדמיום בסדימנטים בתחנה 23 (מול קריית ים) (איור 9) מראים מגמת ירידה משמעותית החל משנת 2000, שקשורה ככל הנראה להפחתה המשמעותית בהזרמת מתכות כבדות אל נחל הקישון החל משנת 2000 (רשות נחל הקישון, 2004). גם בתחנות בצפון המפרץ נצפו שינויים דומים בריכוזי הנחושת בסדימנט. השינויים בעשור האחרון קשורים ככל הנראה בעיקר להפחתת עומס המתכות שהוזרם לנחל הקישון.

מדף היבשת - בדומה לשנים קודמות, גם ב-2009 לא נמצאו ריכוזים חריגים של מתכות כבדות בסדימנטים הרדודים לאורך החוף, למעט בכמה אתרים ממוקדים (איור 10).

העשרה אנתרופוגנית משמעותית בכספית, נחושת ואבץ (דרגת זיהום בינונית לפי הקריטריונים של NOAA), נמצאה בסדימנטים בשטח של כמה קמ"ר, בסמוך למוצא צינור הבוצה של המפעל לטיפול בשפכי גוש דן הנמצא במרחק של כ-5 ק"מ מהחוף. בבעלי חיים שוכני קרקעית באזור (חסרי חוליות ודגים) לא נמצאה העשרה במתכות. ממצאים מפורטים של הניטור השנתי באזור מוצא הבוצה כלולים בדוח נפרד, המוגש ל"מי אזור דן" אגודת מים שיתופית חקלאית בע"מ (הגורם שעבורו מבוצע הניטור) ולמשרד להגנת הסביבה.

כמו בשנים קודמות, באזור המוצא של צינור השפכים של אגן כימיקלים/בתי זיקוק אשדוד, מול תחנת הכוח באשדוד, נמצאה העשרה בכרום (עד 188 מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש), המלווה בהעשרה במנגן וברזל, ולא נמצא זיהום במתכות אחרות. למרות שקיימת העשרה טבעית של כרום בסדימנטים בכל חלקו הדרומי של חוף הים התיכון של ישראל (אשקלון-פלמחים), רמות הכרום והמנגן באזור המוצא חורגות מהערכים הטבעיים ומצביעות על זיהום אנתרופוגני שמקורו

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".

לא ברור. כפי שהוצג בדוח קודם, הקשר בין כרום לברזל בסדימנטים לאורך החוף, בגלעיני סדימנט מאשקלון ופלמחים ובסדימנטים בשפכי הנחלים מצביע על כך שהסדימנטים הרצנטיים בחלקו הדרומי של החוף וסדימנטים שהצטברו לפני עשרות שנים במדף היבשת הם בעלי ריכוזים טבעיים של כרום הגדולים מערכי ERL. העשרה זו קשורה ככל הנראה למקור מינרלוגי טבעי (מינרלים כבדים) בעל תכולה גבוהה יחסית של כרום וברזל. ממצאים מפורטים של הניטור שמתקיים באזור המוצא כלולים בדוחות 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 שאר 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 8). יחד עם זאת ב-9-2008 נמצאה העשרה מסוימת. העשרה מקומית נמצאה מול שפכי הנחלים אלכסנדר ותנינים, שייתכן שקשורה לתחנת הכח אורות רבין בחדרה. גם ב-2006 וב-2008 נמצאה עלייה מסוימת בסדימנטים הרדודים לאורך החוף באזורים אלה.

שינויים רב-שנתיים בריכוזי נחושת וקדמיום בסדימנטים בתחנות מול תנינים, שפך הירקון ושפך נחל שורק (H8, H17, H18) (איור 9) מראים מגמת ירידה משמעותית מול הירקון (החל משנת 2000) ושורק (החל משנת 2003), שקשורה, ככל הנראה, להפחתה המשמעותית בהזרמת הנחושת מתחנת הכח רידינג ובהזרמה מנחל שורק. מול שפך תנינים לא נצפית מגמה ברורה עם הזמן.

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 לשטפונות בתקופת החורף.

מבין נחלי החוף, בנחל הקישון בחלקו המלוח (גשר יוליוס-כרמלית) והנחלים נעמן, חדרה, ירקון ואלכסנדר נמצאו בד"כ הריכוזים הגבוהים ביותר, וריכוזי מרבית המתכות בסדימנטים מייצגים דרגת זיהום בינונית לפי הקריטריונים של NOAA. בסדימנטים בנחלים קישון, נעמן, חדרה, אלכסנדר וירקון נמצאה העשרה בכספית (בין 0.03 ל-0.17 מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש). מקור הכספית בנעמן הוא כנראה זיהום שאריתי מהתקופה בה פעלו "התעשיות האלקטרוכימיות" הסמוכות לשפכו. המקור בנחלים האחרים לא ברור, אולם ייתכן שהוא קשור להזרמות של ביוב. הטבלה להלן מציגה נחלים בהם נמצא זיהום בינוני של מתכות. הטבלה ממיינת את מצב הסדימנטים במורד נחלי החוף, עפ"י הקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA (נספח 7). לא כלולים בטבלה נחלים שבהם רמות הזיהום קטנות מ-ERL (בסוגריים ריכוזי המתכות ביחידות מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש).

קריטריון	Hg	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr
$\geq ERM$							
>ERL <ERM	נעמן (0.17)	קישון (3.8)	קישון (74)	נעמן (158)	חדרה (64)	בצת (48)	בצת (112)
			נעמן (53)	קישון (264)	לכיש (81)	נעמן (51)	נעמן (126)
			חדרה (44)	ירקון (184)		קישון (28)	קישון (87)
			אלכסנדר (39)	לכיש (262)		אלכסנדר (32)	חדרה (159)
			פולג (39)			חדרה (44)	ירקון (104)
			ירקון (46)			פולג (27)	
						ירקון (40)	

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 2009. מתכות כבדות נבדקו ע"י חקר ימים ואגמים לישראל בשיטות המפורטות בדוח זה וע"י המכון הגיאולוגי במערכת ICP-MS. מזהמים אורגניים נבדקו ע"י מעבדת CRG - Marine Laboratories Inc. בארה"ב (מעבדה מאושרת ע"י הרשות להסמכת מעבדות של מדינת קליפורניה, ארה"ב, California ELAP certificate #2261), מעבדת Maxxam-analytics Inc. בארה"ב ומעבדת "אמינולב" בישראל.

איכות מי הים בנמלים ובמעגנות

ריכוזי המתכות הכבדות במים (ריכוזים מומסים) היו בד"כ קטנים מסף הגילוי. ריכוזי כל המתכות הכבדות היו קטנים מערכי תקן מי השתייה של ישראל (תקנות בריאות העם - איכות התברואה של מי שתייה תשל"ד 1974, נוסח משולב התש"ס 2000), מערכי התקנים לאיכות מי הים המומלצים ע"י המשרד להגנת הסביבה ("תקני סביבה לאיכות מי הים התיכון בישראל", המשרד לאיכות הסביבה, יוני 2002) וגם מהתקן האקולוגי לאיכות מי-ים המומלץ ע"י הסוכנות

להגנת הסביבה של ארה"ב (EPA) (ריכוזים מומסים בהם לא צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי כתוצאה מחשיפה מתמשכת).

בכל הנמלים והמעגנות שנבדקו, ריכוזי המיקרו-מזהמים האורגניים הנדיפים-למחצה (PAHs) במים היו בד"כ מתחת לסף הגילוי של הבדיקות בישראל (5-10 מיקרוגרם/ליטר), אולם בחלק גדול מהתחנות מעל סף הגילוי של המעבדה בארה"ב לבדיקות חומרים נדיפים למחצה (1 ng/L). כללית, הריכוזים שנמצאו קטנים מהריכוזים בהם צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי (ערכים מומלצים ע"י מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב - NOAA).

ריכוזי פורמאלדהיד במים נמצאו בין 0.3 mg/L לערכים קטנים מסף הגילוי האנליטי (0.1 mg/L).

במעגנות אשדוד, מכמורת, ת"א, אשכול (אשדוד) ונמל חיפה נמצא זיהום של מי הים בתרכובת האורגנית הרעילה של בדיל: Tributyltin (TBT) או Dibutyltin (DBT) ו-Monobutyltin (MBT) (ראה הסבר בנספח 7). בכל האתרים רמות הזיהום היו גבוהות בהרבה מהתקן לאיכות מי הים התיכון המומלץ ע"י המשרד להגנת הסביבה (2 ng/L). תקן זה דומה לתקנים המקובלים כיום בעולם, ובכלל זה התקן המעודכן של הסוכנות להגנת הסביבה של ארה"ב (EPA) (10 ng/L). כללית, ב-2009 נמצא ריכוז מדיד של TBT רק במעגנת (מרינה) אשדוד. דירוג כל הנמלים והמעגנות לפי רמת הזיהום במים מוצג באיור 11. בשנת 2004 נמצאו רמות זיהום גבוהות במיוחד של TBT ($>100 \text{ ng/L}$) בנמלים (חיפה ואשדוד) ואילו ב-2009 הערכים קטנים מסף הגילוי האנליטי ($<0.5 \text{ ng/L}$), כלומר נצפית מגמת ירידה ברורה. יחד עם זאת הסדימנטים בנמלים עדיין מכילים ריכוזים גדולים יחסית של TBT כמפורט להלן. לעומת זאת, ריכוזי ה-TBT במי המעגנות גדולים יותר באופן משמעותי, אין מגמת ירידה ברורה ובמספר מעגנות אף קיימת מגמת עלייה בריכוזי ה-TBT בסדימנט כפורט להלן. מגמת הירידה של TBT במי הנמלים היא ביטוי לפעולות שננקטו לאחרונה ע"י הרשויות להפסקת השימוש בישראל בצבעים לכלי שייט המכילים TBT. במעגנות פעולות אלה עדיין לא באות לידי ביטוי סביבתי.

ריכוזי חומרים מקבוצת ה-PCB's ורוב חומרי ההדברה האורגנוכלוריים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות (20 ng/L). במעגנות עכו ומכמורת נמצא החומר diuron, ובנמל חיפה ומעגן עכו - החומר Terbutryne.

ריכוזי דיאוקסינים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקה ($\sim 1 \text{ pg/L}$).

איכות הסדימנטים בנמלים ובמעגנות

בסדימנטים בחלק מהנמלים והמעגנות שנבדקו נמצאו רמות זיהום בינוניות עד גבוהות במתכות כבדות. רמות הזיהום של הסדימנטים במתכות ובמזהמים אורגניים נבחנו עפ"י הקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA (נספח 7). הטבלה להלן מיינת את מצב הסדימנטים בנמלים ובמעגנות ביחס לקריטריונים אלה.

	Hg	Ag	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	DDT	PCB's
>ERM	נמל חיפה										
>ERL <ERM	נמל חיפה, מעגן עכו		נמל חיפה	נמל חיפה	נמל חיפה, נמל אשדוד	נמל חיפה, מעגן עכו, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מרינה אשקלון	נמל חיפה	נמל חיפה, מעגן עכו, מיכמורת, מעגן אשכול, מרינה אשקלון, נמל אשדוד	נמל חיפה, מעגן עכו, מיכמורת, מעגן חדרה, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מרינה אשקלון, נמל חיובל		נמל חיפה
<ERL	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל חיובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל חיובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל חיובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל חיובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל חיובל, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל חיובל, מרינה אשדוד, מעגן קצא"א	נמל חיפה, מעגן עכו, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל חיובל, מרינה אשדוד, מעגן קצא"א	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, נמל אשדוד, נמל חיובל, מרינה אשדוד, מעגן קצא"א	נמל חיפה, עתלית, מעגן חדרה, מרינה הרצליה, מעגן אשכול, מרינה אשדוד, נמל חיובל, מרינה אשדוד, מעגן קצא"א		נמל חיפה, מעגן עכו, עתלית, מעגן חדרה, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, מעגן אשכול, נמל אשדוד, נמל חיובל, מרינה אשדוד, מעגן קצא"א

רמות זיהום גבוהות של כספית בסדימנטים נמצאו בנמל חיפה. רמות זיהום בינוניות של רוב המתכות הכבדות נמצאו בנמל חיפה ושל חלק מהמתכות במעגנות ונמלים נוספים, כמפורט בטבלה לעיל.

כללית, לא נמצאו חומרים פוליציקלים ארומטיים (PAHs) מעל גבול הגילוי האנליטי של הבדיקה למעט החומר Bis (2-ethylhexyl) phthalate שנמצא בכל המעגנות והנמלים וחומרים נוספים שנמצאו בעיקר במעגן חדרה: Pyrene, Dibenzo (a,h) anthracene, Chrysene, Phenanthrene, Benzo (a) anthracene, Acenaphthene, Naphthalene. בכל מקרה, הריכוזים היו קטנים מהקריטריון האקולוגי להשפעות מזיקות שצפויות רק לעיתים נדירות (ERL).

לא נמצאו שאריות של חומרי הדברה אורגנוכלוריים מעל גבול הגילוי האנליטי. בנמל אשדוד ובמרינה ת"א נמצא החומר Diflufenican ובמעגן חדרה החומר Biphenyl.

זיהום משמעותי של ביפנילים מותמרי כלור (PCBs) ($ERL <$) נמצא בסדימנטים בנמל חיפה. ריכוזי PCBs גדולים יחסית נמצאו בנמל אשדוד, מעגן עכו ומרינה ת"א, אולם קטנים מ-ERL (כ- 10 ng/g). ריכוזים מעל מסף הגילוי נמצאו גם במעגנות אחרות.

ריכוזי הדיאוקסינים בסדימנטים היה מתחת לסף הגילוי של הבדיקה ($\sim 0.5 \text{ pg/g}$), למעט במספר תחנות בנמל חיפה בהן נמצאו סימנים (ערכים מעל גבול הגילוי האנליטי אולם מתחת לגבול הדיווח הכמותי).

גם ריכוזי התרכובות הנדיפות בסדימנט היו קטנים מסף הגילוי האנליטי ($> 0.2-100$ ננוגרם/גרם יבש) למעט Xylene's שנמצא במעגן חדרה והחומר Methyl chloride שנמצא במספר מעגנות. בביצוע הבדיקות בסדימנט רטוב נמצא החומר 1,2 Dibromoethane (Ethylene dibromide) במעגן עכו.

כללית, תחום ריכוזי ה-TBT שנמצאו בסדימנטים בנמלים ובמעגנות ($0.5 - 18730 \text{ ng/g}$), משקל יבש) דומה לממצאים מנמלים וממעגנות מזוהמים בעולם. דירוג של הנמלים והמעגנות לפי רמת הזיהום בסדימנטים מוצג באיור 12. זיהום משמעותי של TBT ונגזרותיו בסדימנטים ($> 100 \text{ ng/g}$) נמצא בתחנות בנמלים חיפה ואשדוד ובמעגנות: עכו, ת"א, מכמורת, אשדוד, אשקלון וחדרה. ערכי Dibutyltin (DBT) קטנים (או יחסי DBT/TBT קטנים, איור 12) בכל האתרים מלמד על זיהום טרי יחסית, במיוחד בנמל חיפה.

בישראל ובעולם בכלל עדיין לא נקבעו תקנים סביבתיים מחייבים לריכוזי הסף של TBT בסדימנטים שמעליו גדולה מאוד הסבירות להשפעות מזיקות. הממצאים של מחקרים שונים מצביעים על כך שערך זה הוא בסביבות 100 ננוגרם/גרם. ריכוזים גדולים יותר של TBT נמצאו

כאמור בסדימנטים בחלק מהנמלים והמעגנות שנבדקו. בשנת 2003 נבדקה אוכלוסיית החילזון *Murex forskoehl* במפרץ חיפה. בכל הנקבות הבוגרות שנאספו בקרבת נמל חיפה (כ-800 פרטים) נמצאה תופעת האימפוסקס, המעידה על השפעה מזיקה של TBT (ראה הסבר בנספח 7).

מגמות השינויים בזמן של ריכוזי המזהמים בסדימנטים

איור 13 מציג נתונים רב-שנתיים (2000 – 2009) של מתכות כבדות (כספית, קדמיום, ניקל, נחושת וכרום) ומזהמים אורגניים (TBT, PCBs) בסדימנטים (משקעי קרקעית) בתחנות נבחרות שנדגמו בנמלים ומעגנות. השינויים בריכוזי המזהמים עם הזמן הם תוצאה של: שינויים בכמויות המזהמים המוחדרות אל הים ממקורות יבשתיים (ולגבי TBT שינויים בהיקף השימוש בחומר זה); שינויים בקצבי הסדימנטציה המקומית; פעולות חפירה והעמקה והרחפה והסעה של הסדימנטים בהשפעת הגלים, במיוחד בארועי סערות חזקות.

סיכום הממצאים העיקריים של המגמות בזמן מוצג להלן:

סמן סביבתי	מצב* ומגמות בשנים 2000 - 2009
מתכות כבדות בקרקעית	נמל חיפה: רמת זיהום גבוהה של כספית ובינונית במתכות אחרות. שינויים בריכוזי המתכות ללא מגמה ברורה. תיתכן מגמת עלייה של כספית (נמצאה רמה גבוהה יותר בתחנות אחרות) וירידה של קדמיום. נמל אשדוד: רמות זיהום בינוניות, בנמל האזרחי הפחתה ברמת הזיהום של כרום, נחושת וניקל. מעגנות לאורך חוף הים התיכון: זיהום בינוני במספר מעגנות, אין מגמה ברורה למעט העשרה מסוימת של כרום, נחושת, וניקל במעגן מכמורת.
ביפנילים מותמרי כלור (PCBs) בקרקעית	נמל חיפה: רמות זיהום קטנות בהרבה מסקרים קודמים בשנים 2001-2004 וללא מגמה ברורה בהמשך.³ נמל אשדוד: רמות זיהום קטנות מסקרים

³ ייתכן שחלק מהשינוי קשור לשינוי המעבדה האנליטית.

סמן סביבתי	מצב* ומגמות בשנים 2000 - 2009
	קודמים בשנים 2001-2004, ללא מגמה ברורה בהמשך. מעגנות לאורך חוף הים התיכון: מגמת עלייה במעגן חדרה וללא שינוי במרינה הרצליה ומכמורת.
TBT ונגזרותיו בקרקעית	נמל חיפה: רמות זיהום גבוהות, אין מגמה ברורה. נמל אשדוד: רמת זיהום בינונית עד גבוהה, אין מגמה ברורה. מעגנות לאורך חוף הים התיכון: זיהום גבוה במעגנות עכו, ת"א, מכמורת, אשדוד, אשקלון וחדרה. כנראה מגמת עלייה במעגן חדרה.
חומרים פוליציקלים ארומטיים (PAHs) בקרקעית	רוב החומרים נמצאו מתחת לגבול הגילוי האנליטי, למעט החומר Bis (2-ethylhexyl phthalate שנמצא כמעט בכל התחנות, וחומרים נוספים שנמצאו בעיקר במעגן חדרה.

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

מתכות במים

ריכוזי החומר המרחף במים והריכוזים של מתכות כבדות בחומר המרחף (ריכוזים חלקיקיים) נבדקו ב-13 אתרים לאורך החוף בין אשקלון לחיפה בעומקי מים של כ-5-10 מטרים (אוגוסט); ב-12 אתרים במפרץ חיפה (יולי-אוגוסט) וב-21 תחנות בשפכי נחלי החוף (מרץ וספטמבר).

תפוצת ריכוזי החומר המרחף לאורך החוף מוכתבת בעיקרה ע"י שפכי הנחלים וכמה מוצאים ימיים. בים הרדוד, מחוץ למפרץ חיפה, תפוצת החומר המרחף (2.6 – 5.3 מ"ג בליטר באוגוסט 2009) מושפעת בין היתר מעוצמת הזרימה בנחלים, מוצאים ימיים ומצב הים, ולכן היא משתנה עונתית וכתלות במרחק מהחוף. ריכוזי החומר המרחף בנחלים בד"כ גדולים (בממוצע בפקטור פי 5) מהריכוזים לאורך החוף (איור 14). תחום ריכוזי החומר המרחף בשפכי הנחלים בחודש מרץ 2009 (12.5 - 47 מ"ג בליטר) היה דומה או קטן מתחום הריכוזים שנמדד בחודש ספטמבר 2009.

5) - 230 מ"ג בליטר). במחקר על הסעת רחופת על-ידי הנחלים קישון ואלכסנדר⁴ נמצא, שעיקר כמות הרחופת השנתית מוסעת ע"י הנחלים אל הים במספר מצומצם של אירועים שטפוניים, ושקיימת שונות גדולה בין השנים, בעיקר כתוצאה משינויים במשטר ההידרולוגי.

ריכוזי אלומיניום וברזל בנחלים היו בד"כ גדולים יותר מאשר בים, אולם יחסי ברזל/אלומיניום היו דומים, למעט חריגים (כנראה בריכוזי האלומיניום) בתחנות מסוימות בדיגום מרץ (איור 14). כללית, ריכוזי שאר המתכות הכבדות (למעט מנגן) בחומר המרחף בנחלים היו דומים לריכוזים בים. בחומר המרחף בשפכי הנחלים נמדדו בד"כ ריכוזים דומים של מתכות כבדות בדיגומי מרץ וספטמבר, למעט עבור אלומיניום וברזל. בחלק מהנחלים והתחנות לאורך החוף נמדדו ריכוזים גדולים יחסית של כספית, קדמיום, 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).

כדי לאפיין את מקור המתכת החלקיקית במים (טבעי או אנתרופוגני) ו/או את מנגנון ההסעה של המתכות, נעשה שימוש גם בניתוח סטטיסטי מסוג PCA (Principal Component Analysis). מניתוח זה מתקבל, שעיקר השונות של הריכוזים החלקיקיים של המתכות במים מוכתבת ע"י כמה מרכיבים עיקריים (PC's). מרכיב עיקרי מבדיל באופן ברור בין מתכות ממקורות אנתרופוגניים לעומת אלה שמקורן טבעי. ברוב הנחלים המקור העיקרי של אלומיניום, ברזל וכרום הוא טבעי. נראה שהמתכות האחרות הן בעיקר ממקור אנתרופוגני. בחומר מרחף במי הים נראה שכל המתכות בעלות אסוציאציה משותפת למעט כספית. הקורלציה בין עופרת לאבץ חלקיקי במי הים הרדודים לאורך החוף (איור 15) מצביעה ככל הנראה על מנגנון הסעה משותף ואספקה לים ולנחלים בעיקר מהאוויר. נראה שמקור הכספית החלקיקית בים שונה ממקור שאר המתכות.

מתכות בבעלי חיים שוכני קרקעית

ריכוזי מתכות כבדות נבדקו ברקמות של 111 פרטים של צדפות, 563 פרטים של חלזונות ו-118 פרטים של סרטנים כלהלן: 4 פרטים של הצדפה *Mactra corallina* ממפרץ חיפה; 93 פרטים של הצדפה *Donax sp.* ממפרץ חיפה; 4 פרטים של הצדפה *Rudicardium tuberculatum* ממפרץ חיפה; 10 פרטים של הצדפה *Chamelea gallina* ממפרץ חיפה; 14 פרטים של החילזון (גסטרופוד) *Strombus decorus persicus* ממפרץ חיפה; 283 פרטים של החילזון *Patella sp.* שנאספו במפרץ חיפה ובחוף אכזיב, חוף שמן, תל שקמונה, מעגן מיכאל, עתלית, חדרה, מכמורת, פלמחים ומרינה אשדוד; 51 פרטים של החילזון *Cellana rota* שנאספו בחוף שמן, בחוף אכזיב ובמרינה אשדוד; 203 פרטים של החילזון *Arcularia gibbosula* ממפרץ חיפה; 12

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

פרטים של החילזון *Siphonaria crenata* ו-118 פרטים של סרטן נזיר (*Diogenes pugilator*) ממפרץ חיפה.

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 בשני העשורים הקודמים (**איור 16**). בשנת 2007 נמצאה עלייה קטנה אך משמעותית בריכוזי הכספית, בהשוואה לממצאים של שלוש השנים האחרונות (2004-2006). בשנת 2008 נמצא ריכוז דומה לריכוז שנמצא ב-2007 (0.034 ± 0.006). בשנת 2009 חלה ירידה מסוימת ונמצא ריכוז כספית של 0.026 ± 0.003 חלקים למיליון חומר רטוב בתחנה ממול פרוטרום. הסיבה לשינויים לא ברורה, משום שהמפעל (תעשיות אלקטרוכימיות) הפסיק להזרים שפכים לים בנובמבר 2004. יחד עם זאת, האזור חשוף להזרמות שפכים דרך נחל הנעמן וצינור מוצא ימי (א.ל.א.) במרחק של כ-1 ק"מ מהחוף. כמו כן, ייתכן שמתקיים תהליך של בליה החושף חלקיקי קרקעית עשירים יחסית בכספית.

אזור צפון מפרץ חיפה בקרבת שפך נחל הנעמן מיוצג ע"י פרטים של *Donax trunculus*, שנדגמו בשנים 2007 ו-2008 הן באזור הדיגום שמול התעשיות האלקטרוכימיות (לשעבר) והן מאזור דיגום שמול חוף התמרים (אתר חדש יחסית בדרום עכו). שתי התחנות מראות בשנים האחרונות ריכוזים דומים של מתכות כבדות. החל מ-2006 נמצאו צדפות מהמין *Donax trunculus* גם באזור שמול קריית חיים בדרום המפרץ, לאחר מספר שנים שבהן לא נמצאו בתחנה זו. בשנת 2009 לא נמצאו צדפות ממין *Donax trunculus* באזור מעגן מיכאל. בתוך מפרץ חיפה, באזור קריית חיים וקריית ים, היתה רמת כספית נמוכה משמעותית מאשר בצדפות מאזור פרוטרום (**טבלה 1, איור 17**). שינויים אלה מעידים על השפעות מקומיות בתוך המפרץ הקשורות לרמות כספית גדולות יותר בסדימנטים וחומר מרחף בצפון המפרץ. ריכוזי הכספית בפרטים מאזור קריית חיים דומים לערכים שנמדדו ב-2007-8 וגדולים מערכי 2006.

ריכוזי הנחושת בצדפות *Donax* sp., שנדגמו בחוף קריית חיים, גדול משמעותית מאשר בשאר תחנות המפרץ (HOT, QY) (**טבלה 1**), אולם נמוך משמעותית מזה שנמצא בתחנה זו בשנת 2008. ב-2009 נמדדו ריכוזי נחושת קטנים יותר משמעותית מאשר ב-2008 גם בפרטים מקריית ים ומקריית חיים. לעומת זאת בפרטים מאזור פרוטרום, בשנת 2009 ריכוזי הנחושת (1.1 ± 0.26) חלקים למיליון ברקמת צדפה רטובה) אינו שונה משמעותית מריכוזים שנמצאו בתחנה זו בשנים 2007-2008. ייתכן שהשינויים ברמות הנחושת בפרטים מדרום המפרץ נובעים מפעולות חפירה תחזוקתית בנמלים ואלה שהתבצעו במסגרת הקמת נמל הכרמל. ההעשרה היחסית של נחושת בפרטים מקריית חיים נובעת ככל הנראה מהקרבה לשפך נחל הקישון.

גם ריכוזי האבץ בפרטים של *Donax* sp. מראים העשרה בפרטים מקריית חיים, הקרובים יחסית לשפך נחל הקישון. בפרטים שנדגמו באזור קריית חיים ריכוזי האבץ גבוה משמעותית (17.3 ± 3.8) חלקים למיליון ברקמת צדפה רטובה) מזה שנמצא בקריית ים (13.9 ± 3.5) או בפרוטרום (**איור**

17. בצדפות משפך הנעמן נמצא בשנת 2009 ריכוז אבץ דומה לזה שנמצא בשנים 2007-2008. בקריית חיים וקריית ים נמצאו ערכי אבץ גבוהים משמעותית מערכי 2008.

בשנת 2009 נמצאה רמה זהה של ארסן בפרטים של *Donax sp.* מכל תחנות המפרץ, רמה זו אינה שונה משמעותית מזו שנמצאה בפרטים מאזור שפך נחל תנינים בשנת 2008. ריכוזי הארסן ב-2009 במפרץ דומים לערכי 2008.

בצדפות מהמין *Mactra corallina*, שנדגמו בצפון מפרץ חיפה, נמצאה מגמה של ירידה חדה בריכוזי הכספית בין השנים 1980 - 1994 (איור 17). השינויים הרב-שנתיים (1980-2008) בריכוזי כספית בצדפות ממין זה מצפון מפרץ חיפה נבדקו סטטיסטית באמצעות Univariate Analysis Procedure (General Linear Model) GLM ב-SPSS. בדיקת קיומן של מגמות בזמן נעשתה על שתי תקופות: 1980-1994 ו-2003-2009 על פרטים מתחנות במפרץ חיפה על-פי החלוקה להלן: מקבץ תחנות מול פרוטרום (8,9,10,11,12), שתי תחנות ליד עכו (2,1) ותחנה מול הקריות (18, ללא 2009 מאחר ולא נמצאו פרטים) (איור 18). הנתונים עד 1994 מראים כאמור מגמת ירידה מובהקת. בשנת 1992 נראים ערכים גבוהים יחסית, שייתכן שנבעו מאספקה מוגברת של כספית בחורף הגשום של 1991/2 (ספיקות גדולות יחסית של הנחלים ונגר עילי). באותה שנה נמדדו ערכים גבוהים במיוחד של כספית בסדימנטים בתחנה בשפך הקישון (תחנה 27, ראה איור 7). בשנים 2003 - 2009 ריכוזי הכספית הראו מגמת עלייה בתחנות 1 ו-2 בצפון המפרץ ליד עכו ובתחנה 18 מול הקריות, ואילו בתחנות 8-12 בצפון המפרץ הערכים היו יציבים, ללא שינויים משמעותיים.

כמות הצדפות ממין זה נמצאת בירידה החל משנת 2001. בעוד שעד 2001 נדגמו כמה מאות פרטים, הרי בשנים 2002 - 2005 נדגמו כמאה פרטים והחל מ-2006 עשרות פרטים בלבד בכל תחנות המפרץ. בשנת 2008 נדגמו 3 פרטים בתחנות 18 ו-22 לעומת כ-30 חיות בתחנות הצפוניות (1-12) ובשנת 2009 נדגמו 4 פרטים בתחנות הצפוניות בלבד. המדגם הקטן ב-2009 לא מאפשר לעשות השוואות סטטיסטיות של רמות הכספית, הנחושת והאבץ בין האתרים וביחס לשנה קודמת.

בשנת 2009 נדגמו 4 פרטים מהצדפה *Rudicardium tuberculatum*. פרטים אלו נדגמו בתחנות 1 ו-2. ריכוזי הכספית אינו שונה מזה שנמצא בשנים 2006-2008 ($0.021 \pm 0.003 \mu\text{g/g wet wt.}$). מהצדפה *Camelea galina* נמצאו 4 פרטים בתחנות הקרובות לעכו (9-10), 3 פרטים בתחנה 11 ו-3 פרטים בתחנה מול קריית חיים (23-26). לא נמצאו הבדלים בריכוזי הכספית בין הצדפות מהאזור הצפוני לצדפות מקריית חיים. ריכוזי הנחושת נמוכים בתחנות הצפוניות יחסית לריכוז שנמצא בפרטים מהתחנות הדרומיות יותר. אין הבדל משמעותי בריכוזי האבץ בין התחנות השונות.

החלזונות ממין *Patella sp.*, אשר חיים בצמוד למצע קשה (בד"כ סלעים באזור משברי הגלים), נדגמו באתרים רבים לאורך החוף (טבלה 1, איור 19). בכל התחנות הצפוניות יש ריכוז גבוה יותר

של כספית ביחס לתחנות דרומיות למפרץ, למעט חריגה באזור פלמחים. ריכוזי הכספית בחלזונות מצפון מפרץ חיפה (נמל עכו, קריית ים וחוף שמן) היו גדולים באופן משמעותי מהריכוזים שנמצאו בחלזונות שנדגמו בתחנות צפוניות אחרות (ביוב עכו, אכזיב, תל שקמונה) וכמובן גבוהים משמעותית מריכוזים שנמדדו בחלזונות שנדגמו לאורך החוף מחוץ למפרץ (פרט לפלמחים) (איור 19). ריכוזי הכספית בפטלות מנמל עכו ב-2009 נמוכים משמעותית מאלה של 2008 וזהים לריכוזים שנמצאו בשנת 2007 (איור 20). ריכוזי הכספית בפטלות מחוף שמן נמוכים ב-2009 יחסית ל-2007. בפטלות מחוף שקמונה לא נמצאה מגמה ברורה בשנים האחרונות (איור 20), אולם ערכי 2008-9 קטנים בהשוואה לשנת 2007.

בפרטים שנדגמו בחוף שמן, נמל עכו, תל שקמונה ואכזיב נמצאו ריכוזי קדמיום גדולים יחסית לריכוזים שנמצאו בפרטים מתחנות ביוב עכו וקריית ים, ובפרטים מאתרים אחרים לאורך החוף (איור 19). בפרטים מחוף שמן (שפך הקישון) וקריית ים נצפתה מגמת ירידה בריכוזי הקדמיום החל משנת 2000 (איור 21), ככל הנראה, כתוצאה מההפחתה בהזרמת הקדמיום אל נחל הקישון, בעיקר ממפעל "חיפה כימיקלים" (החל מחודש יוני 2000; רשות נחל הקישון, 2004).

ב-2009 נמצאה באכזיב רמה גבוהה יחסית של קדמיום שלא נצפתה באזור זה בעבר (0.436 ± 0.095 חלקים למיליון ברקמת חילזון רטובה). בשנת 2009 ריכוזי האבץ והקדמיום בתחנות המפרץ היו ללא שינוי משמעותי יחסית לשנת 2008.

בפטלות שנדגמו בתחנות מחוץ למפרץ אין כל שינוי בריכוזי הכספית בהשוואה לשנת 2008. נצפתה עלייה בריכוזי הקדמיום בתחנות אכזיב, ביוב עכו ואשדוד. ירידה בריכוזי האבץ נמצאה בפטלות מעתלית וממכמורת.

החל משנת 2003 נדגמו חלזונות רבים מהסוג *Cellana rota*, חילזון ממשפחת הצלחיתיים שאליה משתייך גם *Patella*, אשר היגר לים התיכון מים סוף. נערכה השוואה בין ריכוזי המתכות בשני החלזונות, בתחנות בהן נמצאו שני פרטים ויותר משני המינים (נמל עכו, חוף שמן, קריית ים, פלמחים ואשדוד). בחלזונות ממין *Cellana rota* מחוף שמן נמצאו ריכוזים גבוהים משמעותית של אבץ וארסן בהשוואה לריכוזים של מתכות אלה בפטלות. בחלזונות ממין *Cellana rota* ממרינה אשדוד נמצאו ריכוזים גבוהים יותר של כספית, קדמיום ואבץ ביחס לריכוזים שנמצאו בפטלות מתחנה זו. בפרטים מאזור פלמחים לא נמצאו הבדלים בין שני המינים. ריכוז גבוה יותר של כספית נמצא בפטלות מעכו יחסית לחיות ממין *Cellana*. ב-*Cellana* מקריית חיים נמצא ריכוז גבוה יותר של ארסן יחסית לזה שנמצא בפטלות.

כללית, ב-2009 נמצאה עלייה מסוימת בריכוזי חלק מהמתכות בפרטים של חיות ממין *Cellana* ביחס לערכי 2008.

בדומה לשנים קודמות, נבדקו בחלק מהחלזונות ארסן ועופרת. בפטלות מחוף שמן, תל שקמונה ופלמחים נמצא הריכוז הגבוה ביותר של עופרת, ובפטלות מעכו, קריית ים ופלמחים נמצא ריכוז גבוה יחסית של ארסן. בפטלות מאשדוד, עתלית ומעגן מיכאל קיימת ירידה משמעותית בריכוז העופרת יחסית ל-2008. לעומת זאת בפטלות מחוף שמן, תל שקמונה, חדרה, קריית ים ועכו לא

נמצא שינוי משמעותי מערכי 2008. בפטלות מעתלית, חדרה ומעגן מיכאל נמצאה עלייה בריכוז הארסן יחסית לשנה קודמת.

להלן ריכוזי הארסן והעופרת ($\mu\text{g/g wet wt.}$) במספר תחנות לאורך החוף:

תחנה	ארסן	עופרת
Ak-p נמל עכו	3.07 ± 0.41	0.174 ± 0.049
HS חוף שמן	2.31 ± 0.56	0.267 ± 0.262
QY קריית חיים	3.86 ± 0.92	0.170 ± 0.037
TS תל שקמונה	2.35 ± 0.82	0.333 ± 0.168
AT עתלית	2.70 ± 0.6	0.184 ± 0.194
MM מעגן מיכאל	2.83 ± 0.62	0.194 ± 0.061
HAD חדרה	2.45 ± 0.81	0.128 ± 0.021
PAL פלמחים	3.08 ± 0.97	0.243 ± 0.066
ASH אשדוד	2.73 ± 0.86	0.184 ± 0.089

בשנת 2009 נבדקו 12 פרטים של החילזון *Strombus decorus persicus* ממפרץ חיפה. מין זה נפוץ במפרץ ונמצא השנה בתחנות 2 (פרט אחד) ו-11 (2 פרטים) בצפון המפרץ בקרבת המפעלים האלקטרוכימיים (לשעבר) ובתחנות 23 ו-26 מול קריית חיים בעומקים שונים (סה"כ 11 פרטים נבדקו מתחנות אלו). החלזונות צמחוניים וצוברים מתכות כבדות ברמה גבוהה בהרבה מהצדפות שנמצאות באותו אזור. לא ניתן לעשות השוואה בין שני האזורים בגלל מיעוט פרטים מתחנה 2.

בחילזון *Arcularia gibosulla*, הניזון מחסרי חוליות קטנים המתחפרים בחול ומבשרם של גורים, נמצאו הבדלים בריכוז הכספית, הקדמיום, הנחושת והאבץ בין תחנות מצפון מפרץ חיפה, הקרובות למפעלים האלקטרוכימיים (לשעבר, לתחנות הקרובות יותר לשפך הקישון (בדרום המפרץ). ריכוז הכספית היה גבוה יותר בחלזונות שנאספו בתחנות מצפון המפרץ (0.496 ± 0.2) חלקים למיליון ברקמת חילזון רטובה) לעומת פרטים שנאספו בתחנות הדרומיות יותר (0.162 ± 0.06). לעומת זאת ריכוז הנחושת והאבץ גבוהים משמעותית בתחנות הדרומיות. בריכוז הקדמיום אין הבדל. ריכוזי הכספית והאבץ בחלזונות מהאזור של צפון המפרץ לא הראו שינוי משמעותי יחסית ל-2008, בעוד שקיימת עלייה בריכוז הנחושת והקדמיום. אין הבדלים בריכוזי המתכות בפרטים שנדגמו מדרום המפרץ.

השינויים בריכוזי כספית, קדמיום, נחושת ואבץ בחילזון *Arcularia gibosulla* בתחנות השונות של המפרץ בשנים 2005-2009 מוצגים באיור 22. נמדדה מגמת עלייה משמעותית של ריכוזי הכספית בפרטים בתחנות 1 ו-2 ליד עכו בצפון המפרץ. לא נמצאה מגמת שינוי מובהקת בפרטים

מתחנות אחרות במפרץ. בשנתיים האחרונות (2008-9) מסתמנת עלייה ברמות הקדמיום והאבץ בתחנות שונות במפרץ.

ב-118 פרטים של סרטן הנוזר (*Diogenes pugilator*) מתחנות בצפון המפרץ ומול הקריות שנמצאו בתוך קונכיות של *Arcularia gibosulla*, נמצאה ירידה משמעותית בריכוזי הנחושת בהשוואה לשנת 2008, אולם אין שינוי ברמות הכספית והאבץ (ריכוזי הקדמיום היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקה).

מתכות בדגים

נבדקו מתכות כבדות ברקמות השריר של 119 פרטים של 4 מיני דגים חופיים נפוצים ו-98 פרטים של דגי מכמורת מ-3 מינים. הדגים החופיים כללו 58 פרטים של *Lithognathus mormyrus* מעכו, ממפרץ חיפה, דור, נהריה ושורק; 14 פרטים של *Diplodus sargus* מעכו, אשדוד וגסר-א-זרקא; 31 פרטים של *Siganus rivulatus* מעכו ומגסר-א-זרקא; 16 פרטים של *Sargocentron rubrum* מעכו ומדור ודג אחד ממין *Pargus coeruleostictus*. דגי המכמורת כללו 30 פרטים של *Pagellus erythrinus* שנידוגו באזורי הדרום, התיכון והצפון, 38 פרטים של *Mullus barbatus* ו-30 פרטים של *Upeneus moluccensis* שנידוגו באזורי הצפון, התיכון והדרום. כמו כן נבדקו מתכות ב-37 דגימות כבד של דגים מסוג *Lithognathus mormyrus*, *Diplodus sargus* ו-*Sargocentron rubrum*.

ריכוזי הכספית בכל הדגים שנבדקו היו קטנים מהתקן הישראלי לריכוז המירבי המותר בדגי מאכל (1 חל"מ (ppm) משקל רטוב). תקן זה נקבע לפני שנים רבות, ובהרבה מדינות קיימים כיום תקנים יותר מחמירים (0.3-0.5 חל"מ משקל רטוב), כאשר התקן הנפוץ הוא 0.5 חל"מ (משקל רטוב). בהתאם לכך 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'). מבין הדגים שנבדקו בשנת 2009, ריכוז הכספית היה מעל 0.5 חל"מ ב-4 דגים מהסוג *Sargocentron rubrum* שנידוגו באזור עכו וב-2 דגים מסוג *Diplodus sargus* שנידוגו באזור אזור. חריגות אלה מייצגות כ-5% מכלל הדגים החופיים שנבדקו וכ-11% מהדגים שנבדקו במפרץ חיפה. ב-21 דגים נמצאו ריכוזים בין 0.3 ל-0.5 חל"מ, 11 מסוג *Sargocentron rubrum*, 4 דגים מסוג *Diplodus sargus* ו-2 דגים מסוג *Lithognathus mormyrus*, כולם נדוגו באזור עכו. חריגות אלה מייצגות כ-18% מכלל הדגים החופיים שנבדקו וכ-30% מהדגים החופיים שנבדקו

במפרץ חיפה. מבין דגי המכמורת נמצאה חריגה מעל 0.3 (חל"מ משקל רטוב) בשלושה פרטים של *Pagellus erythrinus* ובפרט אחד של *Pargus coeruleostictus*, כולם מהדרום. חריגות אלה מייצגות כ-4% מכלל דגי המכמורת שנבדקו.

כמו בשנים קודמות, בכל הדגים שנבדקו לא נמצאה העשרה במתכות האחרות (Zn, As, Cu, Cd) **טבלה 2**, בהשוואה לריכוזי המתכות הידועים מאזורים אחרים בים התיכון.

לאור האמור לעיל וכפי שכבר הומלץ בדוחות 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 בשנת 2007 אימץ שירות המזון הארצי במשרד הבריאות קווים מנחים לריכוז מירבי מותר בדגים (למעט מספר מינים ודגים טורפים) של כספית מטילית, עופרת, קדמיום וארסן אי אורגני (0.05, 0.3, 0.5, 1 חל"מ, בהתאמה).

ב-2005 נבדקו ריכוזי העופרת במדגם של 13 דגים ממפרץ חיפה, ונמצא כי בכולם ריכוז העופרת היה קטן מערך הקו המנחה (ממוצע של 0.018 חל"מ משקל רטוב).

בכל הדגים נמצאו ריכוזי הקדמיום קטנים מסף הגילוי הכמותי של השיטה (0.035 חל"מ משקל רטוב) ובהתאם קטנים מערך הקו המנחה לריכוז מירבי.

בסקר ספרות שנעשה ע"י הסוכנות להגנת הסביבה של ארה"ב (EPA) פורסם, כי ארסן אי אורגני יכול להוות עד כ-10% (בד"כ הרבה פחות) מהריכוז הכולל של ארסן בדגים (השאר ארסן אורגני לא מזיק). לפיכך אפשר להניח, כי רק בדגים בהם הריכוז הכולל של הארסן היה מעל 10 חל"מ חומר רטוב ייתכן כי ריכוז הארסן האי אורגני חורג מהקו המנחה. ריכוז הארסן נבדק ב-2009 במדגם של 109 דגים. תחום ריכוזי הארסן שנמצא היה 0.27-27.7 חל"מ חומר רטוב. ב-100 דגים ריכוז הארסן היה מעל 1 חל"מ חומר רטוב. ריכוז נמוך מ-1 חל"מ חומר רטוב נמצא ב-7 פרטים של הדג *Lithognathus mormyrus* ופרט אחד של *Mullus barbatus* מאזור פלמחים ובפרט אחד של *Lithognathus mormyrus* מאזור זכרון יעקב. בשנת 2009 נבדק ריכוז הארסן בשריר של הדגים החופיים *Diplodus sargus* ו-*Lithognathus mormyrus* וכן בדג *Mullus barbatus* המייצג את דגי המכמורת. בכ-18% מהדגים שנבדקו נמצא ריכוז כללי של ארסן מעל 10 חל"מ חומר רטוב, אשר ייתכן שמעיד על ריכוז ארסן אי אורגני גדול מהקו המנחה. כדי לבחון את הריכוז היחסי של ארסן אי אורגני מתוך כלל הארסן בדגים מסחריים לאורך החוף הישראלי, יש לבצע סקר ייעודי מתאים.

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 נירמול ריכוזי הכספית במשקל (יחס כספית/משקל). 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 (**איורים 23-25**, **טבלה 3**). במהלך שני העשורים האחרונים חלה ירידה ניכרת ברמות הכספית בדגים מהמפרץ. בשנים האחרונות רמות הכספית בדגים מהמפרץ נמצאו בערכים נמוכים יחסית למצב בראשית שנות ה-80 אבל מראים

מגמת עלייה במהלך 8 השנים האחרונות, החל משנת 2002 (איורים 23-25). בשנת 2009 נמצא הבדל משמעותי ביחסי כספית/משקל גוף בין פרטים של דגי *Sargocentron rubrum* שנידוגו במפרץ חיפה (רמות גדולות יותר) לבין פרטים שנידוגו במפרץ שנה קודם לכן. בשנת 2009 לא נבדקו דגים ממין זה מאזורים אחרים מחוץ למפרץ חיפה.

נמצאו הבדלים ברמת הכספית (מנורמל למשקל דג) ב-*Lithognathus mormyrus* שנידוגו במפרץ חיפה לעומת דג ממין זה שנידוגו באזורים אחרים (טבלה 3). כמו כן נמצאו הבדלים בריכוז הכספית בדגים שנידוגו באזור עכו ובדגים מדיגום שנעשה בסביבות נמל חיפה (טבלה 3). נמצאו הבדלים משמעותיים ברמת הכספית בדג *Diplodus sragus* ממפרץ חיפה לעומת אזורים אחרים (טבלה 3).

בדג המכמורת *Mullus barbatus* לא נמצאו הבדלים משמעותיים בריכוזי הכספית, הנחושת והאבץ בדגים שנידוגו באזורים שונים לאורך החוף.

בדג *Upeneus moluccensis* לא נמצאו הבדלים בריכוזי אבץ וברמות הכספית (לאחר נרמול למשקל הדג) בפרטים מדרום הארץ, מהמרכז ומהצפון (צפונית לעתלית). לעומת זאת ריכוז הנחושת היה קטן יותר בפרטים מהדרום יחסית לאלה מהצפון ומהמרכז.

בדגי *Pagellus erythrinus* מצפון הארץ לא נמצאו הבדלים ברמות הכספית (לאחר נרמול למשקל הדג) והאבץ בהשוואה לדגים מהדרום (טבלה 3). בדגים ממרכז הארץ נמצאה רמה גבוהה יותר של כספית יחסית לשני האזורים האחרים ובדגים מהדרום נמצאה רמה נמוכה יותר של נחושת.

החל משנת 2003 נבדק ריכוז הארסן בדגים, ובשנת 2009 נבדקו דגים חופיים מהמין *Diplodus sargus* ו-*Lithognathus mormyrus* ודג המכמורת *Mullus barbatus*. ריכוז הארסן ב-*Lithognathus mormyrus* מדרום המפרץ (2.87 ± 0.57) גדול יחסית לדגים שנידוגו בעכו (2.39 ± 1.21), ובאזורים אחרים (דור ושורק 2.53 ± 2.98 , 2.21 ± 1.66 , בהתאמה). ריכוז הארסן בדגים ממפרץ חיפה גבוה משמעותית מריכוזו בדגים מדרום הארץ. בדג *Diplodus sargus* נמצא הבדל משמעותי בריכוז ארסן בין הדגים שנידוגו באזור עכו (6.54 ± 2.47) לבין דגים שנידוגו באזור דור (4.31 ± 1.11).

ריכוז הארסן במין *Mullus barbatus* מאזור הדרום היה נמוך משמעותית (10.9 ± 1.73) מאשר בדגים שנידוגו צפונית לעתלית (14 ± 2.1) ובאזור המרכז (16 ± 6.1). 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 בדוח 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 דיג 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 דיג 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 לדיג). ההמלצה על איסור דיג הוגשה כבר בדוחות קודמים. כפי שנמסר ע"י אגף הדיג במשרד החקלאות, אין כיום סמכות חוקית לאסור דיג במקומות מזהמים (למעט האיסור הכללי על דיג בשטחי נמלים). יש להסדיר עניין זה בחקיקה.

סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים (Biomarkers)

סמנים להשפעות ביולוגיות של מתכות כבדות, מזהמים אורגניים וחומרים משבשי רבייה (שאריות תרופות משימוש אנושי או חקלאי וחומרים תעשייתיים שמדמים הורמונים) נבדקו בדג הקרקעית החופי שישן משורטט (*Lithognathus mormyrus*) משנת 2004. ב-2009 נבדקו 8-5 דגים בשני אתרי דיגום: דרום מפרץ חיפה וחוף דור. הדגים נדוגו בעונות החורף בעומקי מים של 5 - 10 מטרים.

סמנים ביולוגיים (biomarkers) הם פרמטרים ביולוגיים המושפעים מהפרעות סביבתיות, ובכלל זה נוכחות של חומרים ממוצא אנתרופוגני, כגון מתכות כבדות, מזהמים אורגניים ומגוון של חומרים בשימוש אנושי, אשר עלולים להימצא בביוב עירוני, שפכי תעשייה ומי נגר חקלאיים. מדידות של סמנים ביולוגיים באורגניזמים נבחרים מספקות מידע על תגובות ביוכימיות ופיסולוגיות לחומרים מזיקים, ולכן על הסיכון הפוטנציאלי לחי הימי כתוצאה מנוכחותם של חומרים אלה בסביבה. מדידות אלה מספקות מידע חשוב מעבר לזה המתקבל מניטור כימי של הרמות של חומרים מזיקים בסביבה וברקמות אורגניזמים, מאחר שהמדידות הכימיות כשלעצמן אינן מעידות בהכרח על השפעות ביולוגיות מזיקות. בשני העשורים האחרונים נעשה בעולם שימוש נרחב בסמנים ביולוגיים לזיהוי חשיפה/תגובות של יצורים ימיים לחומרים מזיקים (Moore et al. 2004). בשנים האחרונות התחיל תהליך של שילוב ניטור של סמנים ביולוגיים בדגים ורכיכות בתכניות ניטור לאומיות ובינלאומיות של זיהום הסביבה הימית. במסגרת פרויקט מחקר שנוהל ע"י חיא"ל (במימון האיחוד האירופי) פותחו ונבחנו סמנים ביולוגיים בדג שישן משורטט, שרמתם משתנה בהשפעת מתכות כבדות, מזהמים אורגניים וחומרים משבשי רבייה. סמנים אלה הם תוצרי גנים מהכבד של הדג - מקטעים של רנ"א (תעתיקים) וחלבונים הנגזרים מהם.⁵

רשימת הסמנים כוללת את הגן המקודד ציטוכרום P4501A, שהתבטאותו מושרית ע"י מזהמים אורגניים (PCBs, PAHs), מטלותיונין, שהתבטאותו מושרית ע"י מתכות כבדות, וכוריוגנין

⁵ הסמנים הם כלי דיאגנוסטי לזיהוי השפעות מזהמים על הדגים ואין להם כל משמעות בהקשר של שיווק ומאכל דגים.

המושרה פרמקולוגית בזכרים ובנקבות מחוץ לעונת הרבייה ע"י חומרים המשבשים פעילות רבייה בדגי שישן משורטט; ראוי לציין שבנקבות המפתחות שחלות רמת הכוריוגנין גבוהה מאוד באופן טבעי. הגן המקדד את בטא-אקטין נמדד אף הוא ושימש לנרמול התוצאות.

בשנים 2004/5 הוספנו את הניטור הביולוגי, המבוסס על הסמנים שפותחו, לדוח איכות מימי החופין של ישראל לשנת 2005. הדיגום התבצע בשני אתרים: (1) דרום מפרץ חיפה, צמוד לנמל חיפה אך מחוצה לו. אתר זה נחשב מזוהם הן בגלל קרבתו לאזור התעשייתי והאורבני של חיפה וסביבתה והן מתוך תוצאות הניטור הכימי המתבצע בו זה שנים; (2) חוף דור הרחוק מאזורי תעשייה ויישוב צפופים וצמוד לשמורת הטבע הימית "הבוניים" אשר נבחר כאתר נקי.

התוצאות הרב-שנתיות המוצגות בטבלה להלן מראות שהתעתיק של ציטוכרום P4501A הראה בשנים 2004-2007 הבדלים בין שני אתרי הדיגום. בדגימות מאתר מפרץ חיפה היו ריכוזים גבוהים יותר של סמן זה בכבדי השישן. תופעה זו מצביעה על השפעה גדולה וקבועה של מזהמים אורגניים באזור מפרץ חיפה לעומת חוף דור. מטלותיונין לא הראה הבדלים גבוהים כמו אלו של ציטוכרום P4501A בין שתי התחנות, גם אם בשנים מסוימות ההבדלים היו משמעותיים סטטיסטית. מסקנת הביניים בשנה שעברה הייתה לכן, שרצף זה של תוצאות מצביע, אמנם בצורה התחלתית בלבד הנובעת מרצף השנים המועט, כי השפעתן הביולוגית של מתכות כבדות באתר מפרץ חיפה קטנה מזו של מזהמים אורגניים שאינם מזוהים עדיין.

הכוריוגנין הראה בשנים 2004-2007 ערכים נמוכים מאוד בשני האתרים בכל שנות הדיגום, ונראה שלא קיימת בחוף הישראלי השפעה של מזהמים המשבשים פעילות רבייתית בשישן. הערכים שלו זניחים שלא בנוכחות מזהמים, הן בזכרים, והן בנקבות בהן קוטר הביצה נמוך מ- $100\text{ }\mu\text{m}$, מצב אופייני לחורף, כאשר השישן אינו נמצא בפעילות רבייתית. רמות המכסימום האפשריות של תעתיק הכוריוגנין הן גבוהות מאוד, ונמדדו בנקבות בהן קוטר הביצה עולה מעל $100\text{ }\mu\text{m}$ ובזכרים שהוזרקו באסטרדיול (האסטרון המרכזי בדגים). כלומר יש בידנו ערכי יחוס לרמות הכוריוגנין בזכרים ובנקבות להם ניתן להשוות את התוצאות שהתקבלו מן הדיגום בים. בניגוד לשנים הקודמות, בשנים 2008 ו-2009 לא היו הבדלים משמעותיים ברמות של אף סמן ביולוגי בין שתי התחנות (טבלה להלן ואיור 26). עובדה זו כשלעצמה מעודדת, אבל חשוב לציין שמשמעותה האמיתית תימדד בתוך רצף עתידי של תוצאות שיצביע על מגמה.

היות שהניטור הביולוגי הוא תוספת חדשה לדוח איכות מימי החופין וכשיטה כמותית הוא חידוש בכלל, נראה לנו נכון להוסיף הערות טכניות. כל שיטות המדידה אותן פיתחנו כוללות סטנדרטים שמטרתן ליצור תאימות בין המדידות לאורך שנים ומסקנות שאינן תלויות בהשוואה לאתר ביקורת. יחד עם זאת, המדידה המדויקת של הסטנדרטים לא הושגה בשנים 2004-5, ואנו משערים שחלק מן ההבדל בערכים המוחלטים שנמדדו בין השנים 2004-5 לשנת 2007 נובע משיפור בשיטות המדידה של הסטנדרטים לתעתיקים (ראה נספח 3). לכן במסקנות אנו מתייחסים עדיין להשוואה בין שני אתרי הדיגום באותה שנה בלבד, ולא לרצף הערכים עם הזמן. בשנת 2008 הגענו, עקב שימוש במכשור חדש מדויק יותר, לרמת דיוק מוחלטת טובה יותר וניתן להשוות גם ערכים מוחלטים של רמות הסמנים הביולוגיים בין 2007 ל-2008.

גורם מפתח, המאפשר השוואת ערכי הסמנים לאורך שנים, הוא נירמול מדויק לגורם שרמתו בכבד קבועה תמיד. הנירמול הנוכחי של התעתיקים התבצע לרמות של בטא-אקטין, חלבון המשתתף בבניית שלד התא ומקובל להשתמש בו כגורם מנרמל. הנושא של גורם נירמול נכון במדידת רמות של חלבונים ותעתיקים הוא קריטי למדידה נכונה ומעסיק את המחקר הביולוגי והביו-רפואי. אנחנו עוקבים אחרי מחקרים אלו וניישם אותם בצורה מושכלת בעתיד במידה ויהיו רלבנטיים.

המסקנות הסביבתיות משש השנים לאורכן מבוצע הדיגום הן :

- 1) אין בסביבת החיים שנבדקה השפעה של חומרים משבשי פעילות רבייה בדגים.
- 2) הסמן הביולוגי שהושפע בצורה החזקה ביותר ע"י מזהמים הוא ציטוכרום P4501A. ברוב השנים בהן התבצע ניטור זה היו הבדלים מובהקים ברמות הסמן הזה בין שני אתרי הדיגום, הבדל המעיד על השפעת מזהמים אורגניים בולטת וקבועה. השיפור הנראה בדיגום 2008-2009 חייב להיבחן על טווח של כמה שנים, כדי שנוכל לומר שהוא מעיד על מגמת הפחתה ברמת השפעתם של המזהמים האורגניים במפרץ חיפה. התוצאות מצביעות על כך שיש לתת את הדעת למדידה יותר אינטנסיבית של רמות מזהמים אורגניים בסביבה נשוא דוח זה, תוך שימוש בשיטות חדישות הקיימות היום של מדידת רמות של מזהמים אורגניים בשיטות ביולוגיות. שיטת מדידה כזו משלבת הערכה כימית כמותית עם זיהוי השפעה ביולוגית.
- 3) ההבדלים ברמות המטלותיונין בין שתי תחנות הדיגום היו קטנים לאורך השנים אף כי בשנים מסוימות היו משמעותיים סטטיסטית. כלומר רמת ההשפעה הביולוגית של מתכות כבדות היא לא גבוהה למרות נוכחותן באזור מפרץ חיפה.

רמות הסמנים [atomol / femtomol β -actin]						
סמנים	מטלותיונין		ציטוכרום P4501A		ZRP	
חומרים משפיעים	מתכות כבדות		מזהמים אורגניים [PAHs, PCBs]		חומרים משבשי רבייה	
שנת דיגום	דור	חיפה (דרום)	דור	חיפה (דרום)	דור	חיפה (דרום)
2004	240±130 (8)	430±400 (20)	530±250 (8)	2070±1480 (20)	BDL	BDL
2005	310±470 (20)	790±0480 (20)	540±360 (8)	3840±3860 (8)	BDL	BDL
2007	55±51 (11)	71±56 (11)	51±32 (11)	551±444 (11)	0.2±0.44 (12)	0.27±0.41 (11)
2008	180±100 (12)	120±70 (12)	100±100 (12)	70±70 (12)	1.9±2.0 (11)	0.8±1.7 (12)
2009	70±13 (5)	54±36 (7)	77±27 (8)	64±28 (5)	BDL	BDL

רמות התעתיקים של ציטוכרום P4501A, מטלותיונין וזונה רדיאטה פרוטאין (ZRP) בכבדי שישן משורטט מאתרי הדיגום במפרץ חיפה ובחוף דור בשנים 2009-2004. רקע אפור מציין הבדל משמעותי סטטיסטית בין שתי התחנות (t-test; $p < 0.05$). השוואת ערכים מוחלטים של רמות תעתיקים נכונה רק משנת 2007 לאחר שיפור ברמת הדיוק של רמות הסטנדרטים. הסברי המונחים בטבלה נמצאים במילון המונחים.

מתכות במשקעים אטמוספיריים

אבק מרחף (אארוסולים) נבדק ב-2009 בשני אתרים: תל שקמונה, חיפה (47 דוגמאות) ומעגן מיכאל (52 דוגמאות). הדיגום במעגן מיכאל בוצע בשיתוף עם איגוד ערים חדרה לאיכות הסביבה. 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 השנה⁶. השטפים המחושבים של המתכות (טבלה 4) מראים שונות בין תחנות הדיגום בשנים 1996 - 2009, במיוחד בריכוזי המתכות שמקורן באבק מדברי. ההבדלים בין השטפים שחושבו לשנים שונות נובעים גם מהשונות הטבעית הרב-שנתית (ארועים של סופות אבק) וגם משינויים בעוצמת הפליטה של מתכות ממקור אנתרופוגני. במהלך 14 השנים האחרונות חלה ירידה של שטפי העופרת לאורך החוף הישראלי (איור 27), כפי שמתבטא גם במגמת ההפחתה הרב-שנתית של ריכוזי העופרת בסדימנטים לאורך החוף. ב-2009 חושבו שטפי עופרת דומים לערכי 2008. השטפים של נחושת לא מראים מגמה ברורה בשנים 1996 - 2009 (איור 27), ואילו שטפי הקדמיום מראים ירידה (חדה יותר בתל-שקמונה לעומת מעגן מיכאל). 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).

⁶ במאמר שפורסם ב-2005 מוצגת הערכה כוללת יותר של שטף המתכות הכבדות עבור דרום וצפון אגן הלבנט (Kocak et al., 2005).

נוטריאנטים במשקעים אטמוספיריים

דוגמאות מי גשם נאספו במהלך חורף 2009/10 (26 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 (1999) Herut et al. השטפים האטמוספיריים חושבו ע"י מכפלה של הריכוז המשוכלל (volume-weighted mean) או הממוצע הגיאומטרי של הנוטריאנטים המומסים במי הגשם, בכמות המשקעים השנתית.

בחורף 2009/10 כ-25% מהגשמים (6 מתוך 26 דגימות) השתייכו לקבוצת הגשמים החמוצים ($\text{pH} < 5.6$).

נמצא מתאם חיובי לינארי של ריכוזי הניטראט והאמוניום במי הגשם. 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 אאירוסולים של NH_4NO_3 .

בחורף 2009/10 חושבו ערכים של שטפי זרחן וחנקן מומסים במי הגשם בתל שקמונה, שגדולים מהערכים שהתקבלו בחורף הקודם (איור 28). מאז חורף 1997/8 נמצא מתאם חיובי בין כמות המשקעים לשטפי החנקן והזרחן (איור 28). 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 בחורף 2009/10 (איור 28). לעומת זאת, שטף הזרחן הראה שינויים רב-שנתיים חדים ללא מגמה ברורה, למעט ההתייצבות ב-5 השנים האחרונות (איור 28). 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.

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 שלוש 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. עד 1997 מי הנחלים נדגמו פעם בשנה בחודש מרץ. החל מ-1998 בוצעו שני דיגומים במהלך החודשים מרץ וספטמבר/אוקטובר. ב-2009 נדגמו מוצאי הנחלים בכ-29 תחנות בחודשים מרץ וספטמבר. סיכום הממצאים להלן מתייחס הן למצב הנחלים ב-2009 והן לכל התוצאות של הניטור הרב-שנתי מאז 1990.

ריכוזי הנוטריאנטים שנמדדו במי הנחלים כוללים את הנוטריאנטים האי-אורגניים המומסים במים ואינם כוללים את הנוטריאנטים האורגניים המומסים ואלו הספוחים לחלקיקים. עפ"י דוח ניטור מים ונחלים בשנת 2009 (רשות הטבע והגנים, אפריל 2010), במים שנדגמו באביב ובסתיו בחלק מנחלי החוף, הריכוזים הכוללים של חנקן מומס היו גדולים משמעותית מהריכוזים של הצורנים האי-אורגניים. בשנת 2010 נעשתה במסגרת ניטור זה בדיקה של חנקן אורגני מומס. בבדיקה זו נמצא שבדיגום מרץ 2010 המקטע האורגני המומס של חנקן בד"כ אינו משמעותי ביחס למקטע האי אורגני. יחד עם זאת סביר להניח שבדיגום סתיו הכולל זרימות קטנות בהרבה המצב שונה. לכן סביר להניח, שהריכוזים הכוללים של הנוטריאנטים בנחלים גדולים מאלה שנמדדו, ובהתאם ההערכות בדוח זה של כמויות הנוטריאנטים המוזרמות מהנחלים אל מימי החופין הן הערכות בחסר.

ערכי מליחות, ה-pH וריכוזי החמצן המומס והכלורופיל בשפכי הנחלים (מי שטח) מוצגים בטבלה 5. בכל הנחלים מליחות המים עולה ככל שמתקרבים לים, כתוצאה מחדירה של מי-ים במעלה הנחל. המליחות בנחלים בדיגום מרץ הייתה בד"כ קטנה יותר מהמליחות שנמדדו בספטמבר (בתחנות מעלה הנחל, איור 29). ערכי ה-pH שנמדדו אינם חריגים (בין 7.6 ל-9). ריכוזי החמצן בנחלים השתנו בתחום רחב, מערכי על-רוויה (עד כ-223%) ועד לחוסר חמצן (במי עומק). העל-רוויה קשורה בד"כ לפעילות פוטוסינתטית מוגברת של אצות (איור 29), ואילו המחסור בחמצן קשור בעומס יתר של חומרים אורגניים שמתבטא בד"כ בערכי BOD (איור 29). בנחלים רבים, למרות ריכוזי כלורופיל גדולים, נמדדו ערכי חמצן נמוכים יחסית. בחלק מהנחלים נמדדה ירידה חדה בריכוזי החמצן ועלייה במליחות בשכבת המים העמוקה (איור 30).

מבחינת ריכוזי החמצן במי פני השטח, ביחס לקריטריונים של NOAA לאיכות מים בסמוך לשפכי נהרות (נספח 7), מעלה הנחלים נעמן, קישון, ירקון, חדרה ולכיש נמצאו במצב של היפוקסיה (ספטמבר/מרץ). מבחינת ריכוזי החמצן בשכבת המים העמוקה, הנחלים נעמן, קישון, לכיש, נעמן, אלכסנדר וירקון (מעלה, לא מוצג) נמצאים במצב של היפוקסיה עד אנוקסיה (איור 30). ערכי ה-BOD בנחלים ב-2009 היו בד"כ קטנים מ-14 mg/L.

מבחינת ריכוזי הכלורופיל במי שטח, בספטמבר האזורים של מעלה הנחלים בצת, נעמן, קישון, דליה, חדרה, אלכסנדר, פולג, ירקון, שורק ולכיש, ובמרץ הנחלים חדרה, אלכסנדר, ירקון ושורק, היו במצב היפר-איאוטרופי ($>60 \mu\text{g/L}$), על סמך הקריטריונים של NOAA. ריכוזי הכלורופיל בחודש מרץ היו בד"כ קטנים משמעותית מהריכוזים שנמדדו בספטמבר, למעט בנחל תנינים (טבלה 5).

ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט, פוספאט ואמוניום) בתחנות הדיגום מוצגים באיור 31. 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, דליה, תנינים, אלכסנדר, אילון - ירקון, שורק, לכיש) מוצג בדוח ניטור מים ונחלים לשנת 2009 של רשות הטבע והגנים (אפריל 2010), 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).

גם ב-2009, 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. ביחס לקריטריונים של NOAA לאיכות מים בסמוך לשפכי נהרות (נספח 7), מרבית הנחלים מצויים בקטגוריה של רמת זיהום גבוהה.

ניתן לדרג את הנחלים לפי רמת הזיהום בנוטריאנטים בשנת 2009 כלהלן (נתוני חודש מרץ, התחנות במעלה הנחלים כ-50 מ' ויותר מהמוצאים לים; בסוגריים מוצג מדגם של הריכוזים שנמדדו במיקרומול/ליטר):

עבור פוספאט:

ירקון(109)<חדרה(97)<נעמן(77)<שורק(72)<פולג(68)<אבטח(45)<לכיש(43)<אלכסנדר(27)<
קישון(14)<בצת(1.3)<דליה(1.2)<תנינים(0.5)

עבור אמוניה:

שורק(2260)<ירקון(1718)<חדרה(1093)<נעמן(239)<קישון(76)<פולג(75)<לכיש(60)<
תנינים(36)=אבטח(36)<אלכסנדר(6.3)<דליה(5.8)<בצת(0.6)

עבור ניטראט+ניטריט:

קישון(803)<אלכסנדר(433)<פולג(333)<בצת(238)<תנינים(228)<נעמן(179)<אבטח(177)<לכיש
(96)<חדרה(83)<שורק(59)<דליה(6.8)<ירקון(1.8).

עבור חומצה סיליצית:

דליה(357)<חדרה(313)<תנינים(300)<קישון(244)<פולג(243)<נעמן(238)<שורק(214)<ירקון(170)<
לכיש(129)<אלכסנדר(111)<חדרה(71)<בצת(1.7)

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**איור 31**, הממצאים מצביעים בבירור על הפחתה משמעותית של ריכוזי הנוטריאנטים ברוב הנחלים המזוהמים (שורק, פולג, אלכסנדר, קישון ונעמן) לעומת העשור הקודם. הפחתת הריכוזים קשורה למגמת ההפחתה בעומס הנוטריאנטים, מוצגת בדוח של המשרד להגנת הסביבה על עומסי מזהמים בנחלים בשנים 1994, 2000, 2001 ועד 2006 (התפרסם ביוני 2008) ובדוחות הניטור השנתיים של רשות נחל הקישון.

מאז 2001-2 ברוב הנחלים אין מגמה של הקטנת ריכוזי הנוטריאנטים (למעט ניטראט בנחל דליה), ובנחלים מסוימים אף קיימת הגדלה של הריכוזים (**איור 32**). בנחלים נעמן וחדרה מסתמנת עלייה בריכוזי הפוספאט והאמוניום בשמונה השנים האחרונות ובנחל פולג עלייה בריכוזי הניטראט. בחלק מהנחלים קיימת תנודתיות עונתית בריכוזי הנוטריאנטים כמוזכר לעיל. הנחלים קישון, אלכסנדר ופולג מראים עלייה משמעותית של ריכוזי החנקן (בד"כ ניטראט) בדיגום מרץ שנובע ככל הנראה מתרומת דשנים באגן הניקוז.

כמויות הנוטריאנטים האי-אורגניים המומסים, המוזרמות מדי שנה הידרולוגית (אוקטובר עד ספטמבר) מהנחלים אל מימי החופין (עומס הנוטריאנטים), חושבו ע"י הכפלת ריכוזי הנוטריאנטים במי 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 2009 המליחיות בתחנות במעלה הנחלים היו בד"כ קטנות יחסית (פחות מ-10% מי-ים), בחישוב לא נלקחה בחשבון החדירה של מי-ים בעת הדיגום.

חישובי עומס הנוטריאנטים השנתי מהנחלים מוצגים ב**טבלה 6**. 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 2009 הם :

פוספאט : ירקון < חדרה < נעמן $\approx$ אלכסנדר < קישון < שורק $\approx$ לכיש < תנינים

חנקן אי-אורגני : ירקון < חדרה < קישון < אלכסנדר < תנינים $\approx$ נעמן < לכיש

בנחלים חדרה, ירקון, נעמן ושורק עיקר החנקן מוסע כאמוניום, ובנחלים קישון, תנינים ואלכסנדר כניטראט (**טבלה 6**).

טבלה 6 כוללת גם את הערכת עומסי ההזרמה של חנקן וזרחן כללי אל הנחלים בשנת 2008 בעיקר ממתקני הטיפול בשפכים (נתוני המשרד להגנת הסביבה, אגף מים ונחלים). הנתונים מראים

שהעומס הגדול ביותר של זרחן וחנקן כללי מוזרם אל הנחלים שורק (בעיקר ממט"ש ירושלים) וירקון ולאחריהם נחל חדרה.

ברור שצפויים הבדלים בין ההערכות של דוח זה לבין האומדן המבוסס על ההזרמות לנחלים, הן מאחר שהאחרון מתייחס לריכוזים הכוללים של חנקן וזרחן (תרכובות אורגניות ואי-אורגניות), הן כתוצאה מתהליכי שיקוע, צריכה ופירוק (דניטריפיקציה) של הנוטריאנטים בנחלים עצמם, והן מאחר שההזרמות לנחלים מתייחסות לשנת 2008 (שנה קלנדרית ולא הידרולוגית). יחד עם זאת, ברוב הזרמות השפכים ובשפכי הנחלים מתקבלים עומסים (למעט לגבי שורק) ויחסי החנקן/זרחן דומים (איור 33).

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.

הערכת עומס הנוטריאנטים באזור מימי החופין

המידע על המקורות להעשרת מימי החופין של ישראל בנוטריאנטים עדיין לוקה בחסר. מקורות אלה הם בחלקם נקודתיים ובחלקם מבוזרים. על מנת לשפר את היכולת להעריך את עומס הזיהום הכללי במימי החופין, לחזות השפעות סביבתיות אפשריות ולהשוות את התחזיות למצב בפועל במימי החופין, יש צורך למסד קשר והיזון חוזר בין המידע על מקורות הזיהום, אשר מצוי במשרד להגנת הסביבה, לבין מאגר המידע של תוצאות הניטור במימי החופין. המידע שבידי המשרד להגנת הסביבה מבוסס בעיקר על היתרים להזרמת שפכים לים (עפ"י חוק מניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים) וניטור של ההזרמות. כיום קיימים היתרי הזרמה לים תיכון לכ-70 מפעלים.

המקורות הנקודתיים העיקריים של נוטריאנטים הם: מוצא הבוצה המשופעלת של המפעל לטיהור שפכי גוש דן (שפד"ן), המוצא הימי לשפכי מפעלי "אגן-כימיקלים" ובתי הזיקוק אשדוד, המוצאים הימיים של מט"ש הרצליה ומט"ש אשדוד, מוצא ימי א.ל.א., הזרמת מקורות באשקלון ונחלי החוף. הערכת התרומה הכוללת של נחלי החוף (טבלה להלן) מראה, שמקור זה משמעותי ביחס למקורות האחרים ומדגישה את הצורך באומדן כמותי משופר.

המקורות המבוזרים העיקריים הם מי נגר ומשקעים אטמוספיריים (מי גשם ואבק), ויתכן שבמידה מסוימת גם דליפה של מי תהום למימי החופין.

להלן הערכה כמותית גסה של מקורות הנוטריאנטים הידועים :

נוטריאנט	שנה	נחל הקישון ¹	כלל נחלי החוף ¹	מוצא ימי אלא ²	מפעלי קישון ²	מוצא ימי הרצליה ²	מוצא ימי שפד"ן ²	מוצא ימי אג"ן/בז"א ²	מטי"ש אשדוד ²	מקורות אשקלון ²	סה"כ מוצאים ימיים	משקעים אטמוספיר יים ³
חנקן טון/שנה	2004	960	1776		349	265	2,983	321	61		3978	
	2005	668	1557		350	325	3,453	278	368		4773	
	2006	679	2177	6.6	238	294	3,174	188	114	49	4064	
	2007	186	1795	7.8	304	342	3,403	171	159	46	4433	
	2008	135	1332	3.4	181	293	3,448	276	35	58	4294	5000~
	2009	185	1536									
זרחן טון/שנה	2004	88	144		7.7	59.1	1,420	5.9	29.6		1523	
	2005	49	344		5.2	59.5	1,510	12.0	40.9		1628	
	2006	68	452	0.8	6.2	52.1	1,633	0.2	20.8	0.5	1714	
	2007	20	230	0.3	8.2	54.5	1,529	0.3	14.0	0.4	1607	
	2008	9	168	0.2	8.9	47.0	1,387	1.4	19.1	1.2	1465	150~
	2009	6.4	196									
פחמן אורגני טון/שנה	2004				134	170	20347	1191			21841	
	2005				142	169	21984	1350			23646	
	2006			43	103	159	22140	1335			23780	
	2007			55	108	112	16884	1276	39		18475	
	2008			28	152	125	10430	1567	50		12351	

הערות לטבלה

- מבוסס רק על הממצאים בדוח זה (בהקשר לתרומת נחלי החוף ראה הערה 1 בטבלה 6). הערכה זו כוללת את עומס החנקן והזרחן האי-אורגניים במרבית נחלי החוף המתייחסות לשנה הידרולוגית (אוקטובר 2008 עד ספטמבר 2009 ולא לשנה הקלנדרית של 2009).
- עומס החנקן והזרחן הכללי (אי-אורגני+אורגני). הערכים חושבו על סמך דיווחי המפעל על הזרמות בשנת 2008, נתוני המשרד להגנת הסביבה. לא נתקבלו נתוני 2009.
- תרומת המשקעים האטמוספיריים חושבה לכל שטח מימי החופין של ישראל בים התיכון (180 ק"מ) עד למרחק 12 מילים ימיים מהחוף. החישוב כולל חנקן וזרחן מומסים במי גשם מאזור תל שקמונה ותוספת חנקן וזרחן באבק (נבדק במחקר נפרד, 2002; Herut et al., 1999).

לפי הנתונים שבטבלה, הכמות הידועה הכוללת של נוטריאנטים אשר מוחדרת מדי שנה למימי החופין ממקורות נקודתיים (נכון ל-2008) היא כ-5,600 טון חנקן וכ-1,600 טון זרחן. לכך יש להוסיף את הכמות המוחדרת במשקעים אטמוספיריים וכמויות שעדיין לא הוערכו של נוטריאנטים המוזרמות לים במי נגר, מי תהום, דרך נחלים שלא נכללו בטבלה ומקורות נקודתיים קטנים יחסית, כגון שפכי בריכות דגים והזרמות חרום של ביוב עירוני. כמו כן יש להוסיף את הכמויות של הנוטריאנטים האורגניים המומסים והחלקיקיים המוזרמות דרך כל נחלי החוף.

נוטריאנטים, כלורופיל ומיקרואצות במימי החופין

מעקב אחר תפוצת הנוטריאנטים, הכלורופיל והאצות התבצע באזור המים הרדודים לאורך החוף (עד עומק של כ-30 מטר או כ-5 ק"מ מהחוף). דוגמאות מי פני שטח נדגמו בהפלגות ב-33 תחנות לאורך החוף במהלך אוגוסט. בנוסף נדגמו במפרץ חיפה 14 תחנות ביולי ו-5 תחנות באוגוסט. דוגמאות מי שטח לבדיקת מיקרואצות נדגמו ב-14 תחנות לאורך החוף וב-5 תחנות במפרץ חיפה 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 אוטרופיקציה (פריחת מסיביות של אצות והגברת פעילותן) ולשינויים בהרכב אוכלוסיות האצות, וכתוצאה מכך להפרת המאזן האקולוגי הכולל. התופעות המדאיות ביותר העלולות להתפתח בתנאים אלה הן פריחת 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 אוטרופיקציה 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.

נוטריאנטים

מפרץ חיפה: בשפך נחל הקישון בדרום המפרץ נמצאו ריכוזים גדולים יחסית של נוטריאנטים (ניטראט, אמוניום, פוספאט וחומצה סיליצית). גם בשפך נחל הנעמן (צפון המפרץ) נמדדו ריכוזים יחסית גדולים. שני הנחלים תורמים חנקן וזרחן בכמויות יחסיות שונות. יחסי חנקן/זרחן (יחס מולארי) בשפכי נחל הקישון (<20) גדולים משמעותית מהיחס בשפכי נחל נעמן (>10) (איור 33).

למרות יחסי חנקן/זרחן גדולים במי השטח בנחל הקישון (**איור 33**), לא נצפתה העשרת חנקן (יחסי חנקן/זרחן < 16 (יחס רדפילד)) במי המפרץ. במי המפרץ נמדדו יחסי חנקן/זרחן קטנים יחסית בדומה ליחס בשפך נחל הנעמן. הסבר אפשרי לשינוי היחס בדרום המפרץ הוא סילוק של חנקן בחלקו התחתון של נחל הקישון כתוצאה מקבורה בסדימנט, וייתכן תהליכי דניטריפיקציה.

אורך החוף: תפוצת ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט, פוספאט וחומצה סיליצית) באזור הרדוד של מימי החופין דרומית למפרץ חיפה בקיץ (אוגוסט) 2009 מוצגת ב**איור 34**. 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. במיוחד נראה שקיימת השפעה מקומית של שפך נחל תנינים ונחל הירקון על ריכוזי הניטראט, ובמידה מסוימת גם הפוספאט במים הרדודים. ריכוזי הסיליקה מראים העשרה משמעותית בחלקו הדרומי של החוף. הערכים שנמדדו גדולים מריכוזי הרקע וייתכן שקשורים לזיהום ממקור דרומי (לא נראה שקיימת שגיאת מדידה).

כלורופיל

מדידות במים: ריכוזי הכלורופיל הגדולים ביותר נמצאו בדרום מפרץ חיפה בשפך נחל הקישון. מחוץ למפרץ חיפה, התפוצה המרחבית של ריכוזי הכלורופיל באוגוסט 2009 מראה מגמה כללית של ירידה ככל שמתרחקים מקו החוף (**איור 34d**). הגרדיאנט החד של הירידה בריכוזי הכלורופיל עם הריחוק מקו החוף (פקטור של כ-3) נובע מההשפעה הרבה של החדרת חומרי דשן ממקורות יבשתיים. קיימת העשרה של ריכוזי כלורופיל מול רוב שפכי הנחלים (בסביבות $0.5 \mu\text{g/L}$) והשנה במיוחד באזור הדרומי של החוף (אזור אשקלון ודרומה). העשרה זו ייתכן שנובעת מזיהום של נוטריאנטים ממקור בלתי ברור באזור הדרומי (הזרמות ביוב מעזה או אחר). הריכוזים האבסולוטיים של כלורופיל, באתרים לאורך חופי ישראל בהם נמצאה העשרה, אינם גבוהים ביחס לערכים שנמדדים באזורים המוגדרים כאאוטרופים הן בים התיכון והן בימים אחרים בעולם.

תפוצת כלורופיל על סמך צילומי לוויינים

תפוצת ריכוזי הכלורופיל החודשיים הממוצעים במימי החופין (ממרחק של 2 ק"מ מערבית ליבשה ועד קו עומק מים של 200 מטר), בערכים יחסיים (0-1), מוצגת ב**איור 35**. כללית, ניתן לעקוב אחר השינויים העונתיים הטבעיים של ריכוזי הכלורופיל ולאתר מוקדים בהם הריכוזים היחסיים גבוהים (hot spots). כמו כן ניתן לראות בברור את השפעת המרחק מהחוף והמרחק מהדלתא של הנילוס על ריכוזי הכלורופיל, בעיקר בחלקו הדרומי של מדף היבשת, ובמיוחד בחודשים מרץ-נובמבר 2009. בעקבות ריבוי התשתיות (תחנות כוח, מתקני התפלה, כלובי דגים ועוד) בחלקו הדרומי של החוף, באזור אשדוד ואשקלון, פותחו כלים אינטרנטיים המאפשרים לצפות על אזורים אלו ברזולוציה גבוהה יותר.

במהלך 2009 נקלטו ועובדו במערכת SISCAL 364 צילומי לוויין מסוג Aqua & MODIS (Terra) ברזולוציה 1X1 ק"מ, 111 צילומי לוויין מסוג MERIS מתוכם מעל 20 צילומים ברזולוציה גבוהה (300X300 מטר).

במהלך 2008 נערך כיוול ראשון של האלגוריתם של כלורופיל באמצעות הפלגות דיגום מזדמנות. נתוני הכיוול אפשרו לנו לכייל רק את האלגוריתם של ים פתוח (דוח חיא"ל H19/2009). בדוח זה הערכים של ריכוזי כלורופיל מלוויין ה-MODIS הם בערך יחסי ואילו הערכים מלוויין ה-MERIS FR הם בערכים לא מכוילים. האנליזות של ריכוזי הכלורופיל, טמפרטורת פני הים ועומק סקי במדף היבשת של ישראל מאפשרות מעקב סינופטי אחר שינויים עונתיים ורב-שנתיים של מאפייני המים, תוך איתור והערכת השפעתם של מקורות יבשתיים על איכות המים.

באיו 35 ניתן לראות את הפיזור המרחבי של ההתפלגות החודשית הממוצעת של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) לאורך מדף היבשת. בחודש דצמבר התקבלה רק תמונה אחת טובה כך שלא חושב הממוצע. ריכוזים ממוצעים יחסית גבוהים עד כ-3 ק"מ לאורך כל החוף (אשקלון-נהריה) נצפו בחודשים פברואר, יוני ונובמבר. בשאר החודשים, למעט אזור מפרץ חיפה, הריכוזים הגבוהים קרוב לחוף נצפו מאזור אשקלון עד נתניה, והם כנראה קשורים להסעה מהדלתא של הנילוס. במפרץ חיפה נצפו הריכוזים הגבוהים בחודשים פברואר ונובמבר וריכוזים גבוהים מהממוצע באזור בחודשים מרץ, יוני, ספטמבר ונובמבר.

השוואה של אנליזה זו לאנליזה שנעשתה בשנת 2008 מראה שהתופעות הסינופטיות הן די דומות אולם בעוצמות שונות. **באיו 36** ניתן לראות את הערכים היחסיים הממוצעים בכל המדף. בשנת 2009 הריכוזים הגבוהים ביותר התקבלו בחודשים מרץ ואוגוסט (0.45 מתוך 1), באפריל, יולי ונובמבר הריכוזים היו יחסית גבוהים (0.32-0.37) ובשאר החודשים הם נעו בין 0.16-0.27. בשנת 2008 הריכוזים הגבוהים ביותר בכל המדף היו בחודשים פברואר ואוקטובר (0.6 מתוך 1), באפריל ובספטמבר הריכוזים היו יחסית גבוהים (0.35-0.41) בשאר החודשים הריכוזים נעו בין 0.2-0.3. (ראה גרף השוואתי **בנספח 4**).

בדומה לשנים 2005-2008, גם בשנת 2009 ניתן לזהות מספר מוקדים בהם ערכי הכלורופיל גדולים יחסית. הבולט שבהם הוא מפרץ חיפה. מוקד נוסף הוא האזור שבין עזה לאשקלון. באזורים אלו ומוקדים אחרים נעשתה אנליזה באמצעות צילומי לוויין ברזולוציה גבוהה (MERIS FR), והערכים מוצגים **באיורים 37 ו-38**. הערכים המוצגים התקבלו באמצעות הפעלת אלגוריתם חדש המושפע מפרוסנציה של הכלורופיל ועדיין לא מכוילים וניתנים כערכים יחסיים.

מפרץ חיפה: באיו 37 מוצגות אנליזות של ריכוזי כלורופיל מצילומי לוויין ברזולוציה גבוהה (MERIS FR) מחודשים אפריל, אוגוסט ונובמבר 2009, בהם ניתן להבחין בברור בהשפעת שפך נחל הקישון והנעמן על תפוצת הכלורופיל במפרץ חיפה וסביבתו. תפוצת כתמי הכלורופיל מושפעת מהזרמים והרוחות במפרץ ונצפית עד צפונית לעכו.

עזה-אשקלון: במספר צילומי לוויין ברזולוציה גבוהה בעיקר במהלך חודשים יולי, אוגוסט ונובמבר 2009 (**איור 38**) ניתן לראות מספר מוקדים של ריכוזי כלורופיל גבוהים יחסית ברצועת עזה הנעים צפונה עם הזרמים ומגיעים לקרבת מיקום יניקת מי הים של מתקן ההתפלה באשקלון (29 ביולי 2009). מקור עיקרי לריכוזים אלו הוא ככל הנראה הזרמות ביוב מעזה והדלתא של הנילוס.

אוכלוסיות המיקרואצות

בדוגמאות שנבדקו האצות סווגו לשתי קבוצות גודל: 1. אצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ כללו בתוכן את הפיקופלנקטון, שחולק בדוח לשתי קבוצות: א. בקטריות כחוליות חד-תאיות מהסוג *Synechococcus*. ב. אצות אאוקריוטיות קטנות מ- $5\mu\text{m}$. 2. אצות גדולות מ- $5\mu\text{m}$ שכללו את הננופלנקטון והמיקרופלנקטון ובהם הדינופלגלטים והצורניות, ובנוסף פלגלטים מקבוצות שונות. ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל נמצאו הגבוהים ביותר במפרץ חיפה בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה לו (**איור 39**). הביומסה הגבוהה בשתי תחנות אלה נבעה מריכוז גבוה במיוחד השנה של מיני בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(2), המאפיינים בדרך כלל את פתח הקישון. לאורך החוף, ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל היו גבוהים במיוחד בתחנות הדרומיות ביותר - אשקלון וזיקים - בשני העומקים. הביומסה הגבוהה בתחנות אלה נבעה מריכוז גבוה של הבקטריות הכחוליות הנפוצות מהמין *Synechococcus* sp.(1) ואצות איאוקריוטיות קטנות מ- $5\mu\text{m}$.

חלק ניכר מהמינים שהופיע בדיגום זה מאפיין גם דיגומים קודמים. כמו בשנים קודמות נמצא הבדל מובהק בהתפלגות המינים השונים במפרץ חיפה בין תחנת פתח הקישון והתחנה הסמוכה לה ובין התחנות העמוקות (**איור 40**), כאשר שתי הראשונות מאופיינות בריכוז גבוה יחסית של מינים יוצרי פריחות בכלל ופריחות בעלות פוטנציאל ליצירת רעלנים בפרט. לאורך החוף נמצא הבדל במגוון המינים בין התחנות הדרומיות ביותר, אשקלון וזיקים ובין התחנות הצפוניות יותר (**איור 40**).

מבין הדינופלגלטים השכיחים בלטה הופעתם של מיני דינופלגלטים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים לצדפות ודגים. בתחנת פתח הקישון ובתחנה הסמוכה לה הופיעו המין *Gymnodinium breve* והמין *Gymnodinium sanguineum* בריכוז גבוה יחסית (**נספח 5**), ואילו בתחנות לאורך החוף הופיע המין *Prorocentrum minimum* בריכוז גבוה יחסית בתחנת שורק, אם כי ריכוז התאים השנה נמוך יחסית לשנה שעברה. מבין הדינופלגלטים האחרים, הדינופלגלט *Oxyphysis oxytoxoides* אפיין בעיקר את פתח הקישון והתחנה הסמוכה לו. בתחנה הרדודה בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה וכן בתחנות הרדודות לאורך החוף הופיעו בריכוז גדול יותר המינים *Protoperidinium* sp.(54), מיני *Gonyaulax* spp. שונים ובהם *Gonyaulax polygramma*, וכן המין *Prorocentrum micans* הידועים כיוצרי פריחות. כמו כן היו שכיחים, בדומה לשנים קודמות, מיני *Protoperidinium* spp. שונים.

בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה לו הופיעו פלגלטים שונים ובהם פלגלט מקבוצת ה-*Raphidophyceae*, ככל הנראה מהמין *Heterosigma cf. akashiwo*, הידוע כבעל פוטנציאל ליצירת רעלנים. כמו כן הופיעו פלגלטים מקבוצת ה-*Cryptophyceae* המאפיינים מים בעלי מליחות נמוכה יחסית כפי שנמצא גם בדיגומים קודמים (נספח 5). בקבוצת הצורניות היו נפוצים *Thalassiosira pseudonana* מין שכיח בפתח הקישון ומיני *Chaetoceros spp.*, שהופיעו בריכוז גבוה יחסית בכל התחנות; במפרץ חיפה בריכוז הולך ויורד מתחנה HB2 לכיוון פתח הקישון, ובתחנות הרדודות לאורך החוף בריכוז גבוה יותר יחסית לתחנות העמוקות.

אצות במפרץ חיפה – ריכוז התאים הגבוה ביותר נמצא בפתח נמל הקישון ובתחנה HB5 הסמוכה לנמל (איור 39), והוא נבע בעיקר מריכוז גבוה של בקטריות כחוליות ובעיקר הבקטריות הכחוליות מהמין הפחות נפוץ לאורך החוף (2) *Synechococcus sp.*, שהיוו 77%-66 מסך כל התאים בהתאמה בשתי התחנות הנ"ל (איור 41). בקטריות אלה הופיעו בריכוז גבוה באופן יוצא דופן גם בתחנות שפך הקישון בדיגום אוקטובר 2009. בשלוש התחנות האחרות במפרץ חיפה, המרוחקות יותר מפתח הקישון (HB4-HB1) שלטו מספרית הבקטריות הכחוליות מהמין הנפוץ יותר במי ים, (1) *Synechococcus sp.* והיוו $97\% \pm 2\%$ מסך כל ריכוז התאים.

ביומסת האצות וריכוז הכלורופיל נמצאו הגבוהים ביותר בפתח הקישון, בהתאמה לריכוז התאים, והם הלכו וירדו עם היציאה מהמים הרדודים לחלקו המערבי העמוק של המפרץ (איור 42). הביומסה הממוצעת מתחנת פתח הקישון והתחנה הסמוכה היו גבוהים מאוד יחסית לביומסה הממוצעת בתחנות הרדודות לאורך החוף (פי 9). בתחנה העמוקה HB2 הביומסה וריכוז הכלורופיל היו דומים לממוצע התחנות העמוקות לאורך החוף, ובתחנה העמוקה ביותר במפרץ HB1 הביומסה הייתה אף נמוכה יותר מממוצע התחנות העמוקות לאורך החוף (איור 42). הבקטריות הכחוליות מהמין (2) *Synechococcus sp.* היוו את עיקר הביומסה בפתח הקישון (איור 43), ושיעורם עמד על 70% מהביומסה הכללית (איור 44). ביומסת הכחוליות ממין זה עלתה משמעותית בדיגום זה יחסית לשנים קודמות (איור 45). לעומת זאת, הבקטריות הכחוליות מהמין הנפוץ בים וגם בדיגומים לאורך החוף (1) *Synechococcus sp.* היו דומיננטיות בביומסה במים העמוקים יותר. הביומסה שלהן הלכה וירדה מהתחנה הרדודה HB5 לכיוון עומק המפרץ, אך שיעורן באחוזים מהביומסה הכללית עלה מהמים הרדודים למים העמוקים, כפי שנמצא בדיגומים קודמים, ועמד על ממוצע של כ-50% מהביומסה הכללית בתחנות העמוקות HB4-HB1 (איור 44).

הקבוצה השנייה מבחינת חשיבותה בביומסה הייתה קבוצת הדינופלגלטים (איור 43). ביומסת הדינופלגלטים עלתה יחסית לשנה קודמת בתחנת פתח הקישון ובתחנה הסמוכה לה (איור 46). מיני דינופלגלטים קטנים מ- $15\mu m$, היוו את עיקר הביומסה של הדינופלגלטים במפרץ, כמו גם לאורך החוף. ריכוזם היה גבוה יחסית בפתח הקישון והוא הלך וירד לכיוון עומק המפרץ (נספח 5). בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה לו (HB5) היוו הדינופלגלטים הללו בממוצע 43% מהביומסה

הכללית של הדינופלגלטים. בנוסף, תחנת פתח הקישון והתחנה הסמוכה לה מאופיינות בריכוז גבוה יחסית של דינופלגלטים היכולים ליצור פריחות (במיוחד בפתח הקישון) ובהרכב שונה של מיני דינופלגלטים יחסית לתחנות האחרות במפרץ חיפה. הופיע בהן ריכוז גבוה יותר של מיני דינופלגלטים בעלי פוטנציאל טוקסי כמו הדינופלגלט מהמין *Gymnodinium breve*, שהופיע בריכוז של 1.6×10^4 תאים לליטר, והיווה כ-21% מביומסת הדינופלגלטים בתחנת פתח הקישון. דינופלגלט זה הופיע בפריחה במפרץ חיפה בשנת 1993 והיה מלווה בתמות דגים. בנוסף הופיע בהן ריכוז גבוה יחסית לשנים קודמות של הדינופלגלט בעל הפוטנציאל הטוקסי *Gymnodinium sanguineum*.

מיני דינופלגלטים נוספים שהופיעו בריכוז גבוה יחסית בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה היו (54) *Protoperdinium* sp. הנפוץ בתחנות הרדודות לאורך החוף, אם כי בדרך כלל בריכוזים הרבה יותר נמוכים. הדינופלגלט *Oxyphysis oxytoxoides* מאפיין תחנות אלה, ומופיע בהן בריכוזים גבוהים יחסית לתחנות האחרות. כמו כן נמצאו בהן בריכוז גבוה יותר מינים הידועים כיוצרי פריחות כמו מיני *Gonyaulax* spp. שונים ובהם *Gonyaulax polygramma*, או המין *Prorocentrum micans* ומיני *Protoperdinium* spp. שונים. בתחנות העמוקות במפרץ, לעומת זאת, המינים הנפוצים בפתח הקישון הופיעו בריכוז הולך וקטן, ומנגד הופיעו בהן בלעדית, או בריכוז גבוה יחסית לתחנת פתח הקישון, מינים המאפיינים גם את התחנות העמוקות לאורך החוף כמו מיני *Oxytoxum* spp., או המין *Pronoctiluca spinifera*, מיני *Ceratium* spp. המאפיינים מים עמוקים, או מיני *Podolaspas* spp. (נספח 5).

ביומסת האצות הצורניות הייתה נמוכה יחסית בפתח הקישון, והיוותה 2% מהביומסה הכללית. ביומסת האצות הצורניות ירדה משמעותית בפתח הקישון יחסית לשנה קודמת (איור 46). מיני הצורניות השכיחות ביותר היו *Thalassiosira pseudonana* מין שכיח מאד בפריחה בקישון, מין זה היווה בתחנות פתח הקישון ובתחנה הסמוכה אליה (HB5) 73%-ו-56% מביומסת הצורניות בהתאמה. מינים שכיחים נוספים היו *Navicula* sp. (12µm), מיני *Chaetoceros* spp. והמין *Leptocylindrus danicus* (נספח 5). בתחנה העמוקות HB2 ו-HB4 ביומסת הצורניות הייתה גבוהה יחסית משום ריכוז גבוה של מיני *Chaetoceros* spp. הנפוצים בדיגום זה, ושיעור הצורניות עמד על 46%-ו-16% בהתאמה בתחנות אלה.

פלגלטים מקבוצות שונות - בפתח הקישון נמצא ריכוז בינוני של פלגלט מקבוצת ה-Raphidophyceae, ככל הנראה מהמין *Heterosigma* cf. *akashiwo*, שהוא בעל פוטנציאל טוקסי, והופיע בעבר בפריחה בפתח הקישון (2002). בדוגמאות משומרות קשה הזיהוי המדויק של מינים מקבוצה זו. בנוסף הופיעו, בריכוז גבוה יחסית, בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה לו, פלגלטים מקבוצת ה-Cryptophyceae המאפיינים מים במליחות נמוכה ממי ים והנפוצים בקישון.

אינדקס השונות – בהשוואה עם שנה קודמת, בפתח הקישון ישנה עלייה משמעותית במספר מיני הדינופלגלטים לעומת ירידה גדולה במספרם במים העמוקים ביותר במפרץ, במספר מיני הצורניות ישנה עלייה משמעותית בתחנה HB4 לעומת ירידה במספרם בתחנה העמוקה ביותר.

אינדקס השונות המתחשב במספר המינים ובביומסה, עולה משפך נחל הקישון לכיוון המים העמוקים, כפי שנמצא בשנים קודמות (איור 47). לא נמצא הבדל מובהק באינדקס השונות בין שלוש התחנות העמוקות HB4-HB1. אינדקס השונות בתחנה הסמוכה לפתח הקישון נמצא נמוך יחסית לממוצע הרב-שנתי, משום הביומסה הגבוהה בתחנה זו. בתחנה HB4 האינדקס השנה גדול יחסית לממוצע, בעיקר בגלל העלייה במספר מיני הצורניות. ביתר התחנות האינדקס ב-2009 דומה לממוצע הרב-שנתי. בניתוח היררכי של מגוון המינים (איור 40), נמצא שתחנות פתח הקישון והתחנה הסמוכה HB5 נבדלות באופן מובהק מהתחנות האחרות במפרץ ומכל התחנות לאורך החוף. כמו כן מגוון המינים בתחנת HB1 שבעומק המפרץ נמצא דומה לזה שבתחנה הסמוכה לו HB2, ומגוון המינים בשניהם נמצא דומה לזה שבתחנה מול חוף דדו בדרום חיפה בשני העומקים ובתחנה העמוקה מול שפך נחל תנינים.

אצות לאורך מדף היבשת - ריכוז תאי המיקרופלנקטון היה הגבוה ביותר בתחנות הדרומיות; באשקלון בתחנה העמוקה ובזיקים בשני העומקים (איור 39). ריכוז התאים הממוצע בתחנות אלה היה גבוה פי 4 יחסית לממוצע בתחנות האחרות לאורך החוף, ועמד על $3.9 \times 10^8 \pm 9.4 \times 10^7$ תאים לליטר. במרבית התחנות, להוציא התחנה הרדודה באשקלון, הבקטריות הכחוליות מהמין הנפוץ (1) *Synechococcus* sp. היו בממוצע $93\% \pm 5\%$ מסך כל ריכוז התאים, בדומה לשנים קודמות. בתחנה הרדודה באשקלון ריכוז תאי המיקרואצות הקטנות מ- $5 \mu\text{m}$ היה דומה לזה של הבקטריות הכחוליות (נספח 5). ריכוז הבקטריות הכחוליות נמצא נמוך יחסית לשנה קודמת, במיוחד בתחנות הדרומיות ירקון-אשקלון (איור 48), כפי שנמצא גם בדיגומים אחרים באזור הדרומי (דוח חי"ל H7/2010).

בדומה לריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל נמצאו הגבוהים ביותר בתחנות אשקלון וזיקים, בשני העומקים (איור 49). ביתר התחנות הביומסה וריכוז הכלורופיל היו גבוהים יותר במים הרדודים יחסית לעמוקים, בדומה לממצאים קודמים. נמצא הבדל בהתפלגות הביומסה של המיקרואצות מהקבוצות השונות במים הרדודים לעומת המים העמוקים. בעוד שבמים העמוקים ביומסת הבקטריות הכחוליות הייתה דומיננטית בכל התחנות והיוותה בממוצע $53\% \pm 6.8$, הרי שבמים הרדודים, ביומסת הבקטריות הכחוליות הייתה דומיננטית רק בתחנות זיקים וחוף דדו, ואילו ביתר התחנות היו האצות הצורניות דומיננטיות, להוציא אשקלון בה היו דומיננטיות המיקרואצות הקטנות מ- $5 \mu\text{m}$ (איורים 50, 51). שיעור הבקטריות הכחוליות בביומסה הכללית גבוה יותר במים העמוקים יחסית לרדודים, בדומה לממצאי שנים קודמות, ובדומה לממצאים בתחנות מפרץ חיפה.

ביומסת האצות הצורניות הייתה גדולה יותר בתחנות הרדודות יחסית לתחנות העמוקות (איור 50) והיא עלתה יחסית לשנה קודמת בתחנות הרדודות של תנינים אלכסנדר ושורק וירדה ביתר התחנות (איור 52). מבין הצורניות, המינים הדומיננטיים היו מיני *Chaetoceros* spp. שהופיעו במרבית התחנות, ובריכוז גדול יותר במים הרדודים. מינים נוספים היו מיני *Pseudonitzschia* spp. ו-*Cylindrotheca closterium*, שהופיעו בתחנות הצפוניות יותר ובריכוז גבוה יותר בתחנות הרדודות.

ביומסת הדינופלגלטים הייתה בדרך כלל גדולה יותר במים הרדודים יחסית לעמוקים (איור 50), אך שיעור הדינופלגלטים בביומסה הכללית עמד על ממוצע של $6 \pm 13\%$ בשני העומקים (איור 51). מבין הדינופלגלטים המינים הקטנים (עד $15\mu m$) היו כ-42% מביומסת הדינופלגלטים בתחנות פני השטח, המין הנפוץ ביותר מבין הדינופלגלטים היה *Prorocentrum minimum* שהוא בעל פוטנציאל ליצירת פריחות רעילות. הוא הופיע בריכוז נמוך יחסית לשנה קודמת, אך נעדר השנה מתחנת אשקלון והופיע בשורק בריכוז מכסימלי. מינים נוספים שכיחים היו המין (54) *Protoperdinium sp.*, שריכוזו גבוה יותר במים הרדודים, מני *Gonyaulax spp.* שונים שהיו שכיחים יותר בתחנות הדרומיות, המין *Pronoctiluca spinifera* שהיה נפוץ יותר במים העמוקים, והמין *Ceratium kofoidii* ו- *Ceratium furca* שהיו נפוצים בכל התחנות, אם כי לא בריכוז גבוה. בדיגום זה הופיעו מספר מיני דינופלגלטים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים, בנוסף על המין שהוזכר לעיל, אך ריכוזם היה קטן. התחנה הרדודה מול נחל תנינים מאופיינת גם השנה במגוון מינים גדול יחסית של אצות מקבוצת הירוקיות והכחוליות (נספח 5). בתחנות הדרומיות אשקלון וזיקים הופיע הפלגלט בעל השלד הצורני, *Hermesinium adriaticum* בריכוז גבוה יחסית לשנים קודמות ויחסית לתחנות האחרות.

מגמות בזמן ובמרחב (2002 – 2009)

אצות במפרץ חיפה – קיימת מגמה רב-שנתית במפרץ חיפה של גידול הביומסה וריכוז הכלורופיל מעומק המפרץ לכיוון שפך נחל הקישון (איור 53). גם הרכב המינים משתנה בכיוון זה, כאשר קרוב לשפך מופיעים מיני צורניות קטנות בריכוז גבוה, מיני דינופלגלטים המאפיינים מים חופיים ועשירים יותר בנוטריאנטים בריכוז גבוה יחסית ומיני פלגלטים סבילים למליחות נמוכה יותר. המגמה של שיעור (באחוזים מהביומסה הכללית) נמוך יחסית של ביומסת בקטריות כחוליות מהמין הנפוץ בים (1) *Synechococcus sp.* בפתח הקישון, ועלייה הדרגתית לכיוון המים העמוקים במפרץ נשמרת (איור 44), כמו גם המגמה של שיעורן הגדול יותר במים העמוקים יחסית למים הרדודים לאורך החוף (איור 51). בהשוואה עם ממוצעי הביומסה בשנים 2002-2009 (איור 53) נמצאה השנה עלייה בביומסה בפתח הקישון ובתחנה הרדודה הסמוכה לה HB5. בתחנה HB4, הביומסה השנה ירדה במעט ובשתי התחנות העמוקות של המפרץ ביומסת האצות וריכוז הכלורופיל נשארים נמוכים יחסית וקבועים לאורך השנים.

אצות לאורך מדף היבשת – קיימת מגמה רב-שנתית שמראה ביומסה של מיקרופלנקטון גדולה יותר בתחנות הרדודות יחסית לתחנות העמוקות לאורך החוף (איור 54). בנוסף, נראה שהביומסה בתחנה הרדודה בירקון היא הגבוהה ביותר, למרות מגמת הירידה בביומסה בתחנה זו בשנתיים האחרונות. בתחנת אלכסנדר הביומסה היא הנמוכה ביותר. בתחנות העמוקה באשקלון הביומסה גבוהה באופן מובהק יחסית לתחנות העמוקות האחרות בהן הביומסה דומה.

ב-2009 הביומסה הכללית הייתה הגבוהה ביותר בשני העומקים בתחנות אשקלון וזיקים והביומסה הקטנה ביותר בפני השטח הייתה בתחנות דדו ושורק, כאשר בשלוש האחרות הביומסה הייתה בינונית ודומה (**איור 49**). ממוצע הביומסה של המיקרופלנקטון בתחנות הרדודות והעמוקות לאורך החוף גדולה באופן מובהק באזור הדרום והמרכז (אשקלון-ת"א) מאשר בחלקו הצפוני של החוף (**איור 54**), וזאת עקב העלייה בביומסה הכללית בתחנות הדרומיות במיוחד באשקלון.

מעקב אחר מגוון המינים מאפשר לאמוד את השינויים בהרכב הפיטופלנקטון לאורך החוף. מגוון מינים קטן מאפיין בדרך כלל מים איאוטרופיים, ומלווה תדיר בפריחה של מספר מצומצם של מיני אצות כפי שנמצא לדוגמה בפתח נמל הקישון. במים אוליגוטרופיים מגוון המינים בד"כ כלל גדול הרבה יותר. השינויים במאסף המיקרואצות לאורך החוף הוערכו באמצעות "אינדקס השונות" המחושב כמספר המינים מחולק בשורש הריבועי של ביומסת התאים. ממוצע אינדקס השונות נמצא גדול יותר באופן מובהק בתחנות העומק יחסית לתחנות הרדודות וכלפי צפון בחתך לאורך החוף (**איור 55**). אינדקס השונות קטן במפרץ חיפה לכיוון שפך נחל הקישון, ונמצא קטן באופן מובהק בתחנת פתח הקישון, ובתחנה הסמוכה לו יחסית לתחנות האחרות במפרץ (**איור 47**). בדיגום 2009 נמצאה ירידה משמעותית באינדקס השונות בתחנה הסמוכה לפתח הקישון (HB5). ביתר התחנות ישנן תנודות באינדקס השונות לאורך השנים, ולא נראית מגמה ברורה כלשהי.

לאורך החוף, אינדקס השונות הממוצע קטן באופן מובהק, בתחנות הדרומיות, מול הירקון, שורק ואשקלון בשנים 2002 – 2009, יחסית לתחנות הצפוניות יותר. אולם, בתחנת שורק נראית ב-4 השנים האחרונות מגמה של עלייה באינדקס השונות והוא לא נבדל באופן מובהק מהתחנות הצפוניות. בתחנת ירקון אינדקס השונות הממוצע הוא הקטן ביותר יחסית ליתר התחנות לאורך החוף (לא כולל מפרץ חיפה), אולם מסתמנת בשנתיים האחרונות עלייה באינדקס השונות בפני השטח בתחנה זו. מול נחל תנינים נמצא בכל הדיגומים מגוון מינים גדול יחסית עקב כניסה של מיני אצות המאפיינים מים בעלי מליחות נמוכה יותר. אזור זה מושפע ככל הנראה גם מהזרמות של שפכי בריכות דגים.

ריכוז תאים גבוה, ביומסה גדולה וריכוז כלורופיל גבוה בתחנות הרדודות יחסית לתחנות העמוקות, יחד עם אינדקס שונות קטן יחסית בתחנות הרדודות לעומת התחנות העמוקות, מצביעים על העשרה של חומרי דשן במים הרדודים לאורך החוף. במפרץ חיפה בתחנות הקרובות לשפך נחל הקישון, הפרמטרים של ריכוז תאים וביומסה גדולים הרבה יותר יחסית לעומק המפרץ ולכל התחנות לאורך החוף, ובהתאמה אינדקס השונות נמצא בהם קטן יותר, במיוחד בשפך נחל הקישון. הדבר מצביע באופן ברור על איאוטרופיקציה של המים בכל שנות הדיגום בתחנות הסמוכות לשפך הקישון.

אוכלוסיות חי הקרקעית

הרכב חברות חי הקרקעית (infauna) נבדק ב-4 תחנות במפרץ חיפה (נעמן – 7.1 מ', פרוטארום – 8.5 מ' וקריית חיים בעומק 9.6 מ' לערך, ומול מוצא הקישון בעומק 10.9 מ') ו-10 תחנות לאורך החוף בין ראש כרמל לזיקים, בעומק מים של כ-6.7-12.7 מ' (חוף דדו, מול הנחלים: תנינים, אלכסנדר, פולג, מוצא קולחי הרצליה, ירקון, שורק, אשדוד, אשקלון וזיקים). בסה"כ נאספו, מוינו ונספרו 64,663 פרטים של חי הקרקעית. הטכסה הנפוצים ביותר היו תולעים ממשפחות Spionidae (13503 פרטים) ו-Syllidae (4729 פרטים), סרטנאים מהסוג Canuellina (6543 פרטים), הטנאיד Apseudopsis mediterraneus (4192 פרטים) ו-Phoronida (3705 פרטים).

רשימות בעלי החיים שנאספו בכל הדגימות מוצגות בנספח 6. במרבית תחנות הדגום ההבדלים בין הדגימות החוזרות היו קטנים.

קיבוצי חי המצע (הקרקעית) הם אוספי מינים בעלי תפוצה ייחודית משום שכל מין מגיב למערכת הגדרות סביבתית ייחודית. כאשר התנאים ההידרולוגיים דומים ובהעדר השפעות אנתרופוגניות, אופי המצע, העומק והטמפרטורה קובעים במידה רבה את הרכב חברות החי בסביבתן הטבעית. בדרך כלל, אופי המצע הוא הגורם המכריע. גם בטווח עומקים קטן אנו מוצאים הבדלים בגודל גרגר המשפיעים על הרכב החי.

אחת ההשפעות האנתרופוגניות הבולטות לאורך החוף הישראלי היא העשרה בחומר אורגני במקומות מסוימים. תגובת חברות החי לרמות נמוכות של העשרה בחומר אורגני היא עלייה בייצור (השקול לביומסה) ובשונות החי (מגוון המינים). רמות גבוהות יותר של חומר אורגני מביאות לירידה בשונות, אף כי הייצור יכול להישאר גבוה. תולעים רב-זיפיות ממשפחות מסוימות מהוות סמנים (indicators) להעשרה אורגנית, משום שהן יצורים אופורטוניסטים המצויים בכמויות גדולות יותר באזורים מופרעים.

הדגימות שנאספו במפרץ חיפה מול נחל הקישון, נעמן, קריית חיים, היו מן העשירות ביותר במספר הפרטים (3700, 3015, 2683 פרטים בהתאמה) כתוצאה מחשיפה לעומס אורגני גדול יחסית. אמנם מספר הפרטים של תולעים ממשפחת Capitellidae הוא גדול יותר באזור שפך הקישון (נספח 6) ומעיד על זיהומו, אולם המספר הרב של תולעים וסרטנאים עמידים זיהום בכל המפרץ מעיד על מצבו הקשה. מחוץ למפרץ חיפה, מספר הפרטים בדגימות נע בין 700 ל-1692.

התחנות בהן נמצא המספר הגבוה ביותר של פרטים הן (בסדר יורד): קישון, נעמן, קריית חיים. המספרים הנמוכים ביותר נמצאו מול תנינים (700), פולג (711), ודדו (711). ביתר התחנות נמצאו ערכי ביניים, כאשר בשלוש התחנות הדרומיות ביותר, זיקים, אשקלון ואשדוד מספר פרטים רב יחסית (1269, 1190, 1692, בהתאמה) (איורים 56, 57). התחנות בהן נמצא המספר הגבוה ביותר

של מינים הן שוב תחנות במפרץ חיפה. היחס בין מספר התולעים הרב-זיפיות לבין מספר הפרטים הכולל באתרי הדיגום מוצג ב**איור 58**. בקישון היוו התולעים כמחצית מספר הפרטים שנאספו ונעמנו אף יותר ממחצית (**איור 56**). גם בשלוש התחנות הדרומיות ביותר (זיקים, אשקלון ואשדוד) משקלן של התולעים הרב-זיפיות בתוך כלל הטכסה גבוה. היחס בין מספר פרטי התולעים לבין כלל הפרטים יכול לשמש כמדד למידת ההעשרה של חומר אורגני. אולם קבוצות נוספות, כ-Phoronida, בנתונים מסוימים, מהוות סמן להעשרה אורגנית גבוהה – והן אכן נמצאו במספרים גבוהים ביותר בנעמן ובקריית חיים.

הנתונים נבחנו כדי לייחד קיבוצי חי וזיהוי תחנות שתכולתן הפאואניסטית דומה. שיטות המיון שנבחרו הן אגד היררכיאל (clustering) (**איור 59**) ופסיקה (ordination) (**איור 60**). קיבוצי היררכיאל של הנתונים נעשה בנתונים שעברו טרנספורמציה של פעמיים שורש מרובע באמצעות מקדם דמיון Bray-Curtis, היעיל לסקירת חברות ימיות בהיותו חסר רגישות לערכים גבוהים (FAO, 1992). Multi Dimensional Scaling - MDS היא השיטה המועדפת בשיטות הפסיקה במחקרים העוסקים בהפרעות סביבתיות, ונבדקת באמצעות התוכנה Plymouth Primer 5, Routine In Multivariate Ecological Research.

הן במיון ההיררכיאל והן בפסיקה בולט ההבדל בין הדגימות שנאספו בתוך מפרץ חיפה לבין אלו שנאספו מחוצה לו. הדגימות שנאספו בזיקים, אשקלון ואשדוד צבורות יחדיו כמו גם דגימות שורק, ירקון, הרצליה, פולג, אלכסנדר ותנינים. הדגימה בחוף דדו שונה מן הדגימות האחרות במספר הפרטים הרב יחסית של *Bathyporeia sunnivae*, *Iphinoe longicorne*, *Tellina tenuis*, *Diogenes pugilator*.

השוואה בין נתוני 2005, 2006, 2007, 2008 ו-2009 מראה על ירידה דרסטית במספר הפרטים שנאספו בתחנה מול פרוטארום (לשעבר), ירידה משמעותית במספר הפרטים שנאספו מול הנעמן וקריית חיים, ועלייה במספר הפרטים שנאספו מול הקישון. בתחנות שלאורך החוף מהרצליה דרומה יש עלייה במספרי הפרטים – ניכרת יותר באשקלון ובאשדוד. במספרי הטכסה המצויים בדגימות אנו רואים יציבות גדולה יותר, בעיקר בתחנות שבמפרץ חיפה, אולם עלייה במספרי הטכסה בתחנות שלאורך החוף מפולג ועד חוף דדו (**איורים 61, 62**).

פיילוט ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי

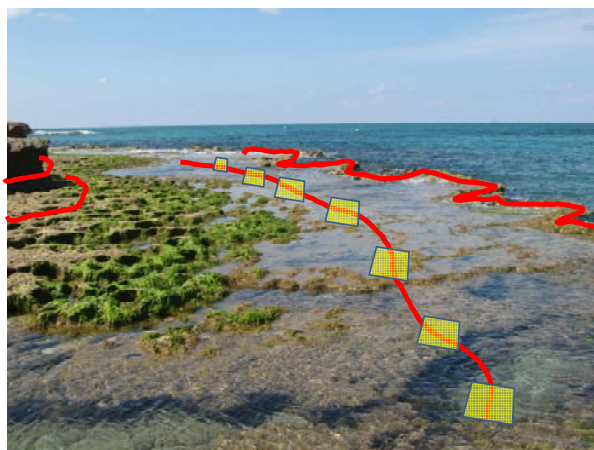
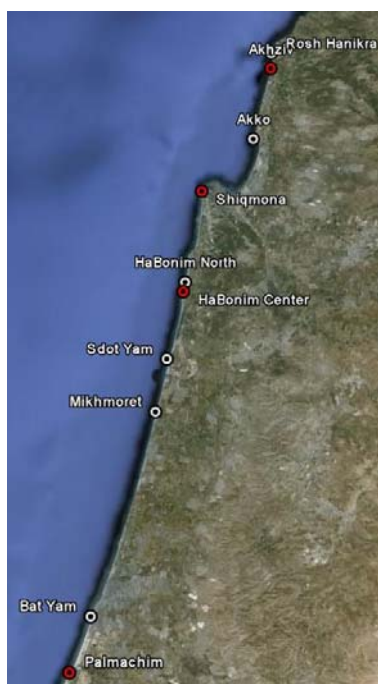
פיילוט של תכנית ניטור של חברת החי והצומח על טבלאות הגידוד החל בסוף 2009. במסגרת התכנית נדגמים עשרה אתרים פעם בשנה בעונת הסתיו וארבעה אתרי ליבה (אכזיב, שקמונה, הבונים ופלמחים) נדגמים עונתית על מנת לבחון שינויים עונתיים (ראה איור להלן). הדיגום נעשה בעזרת ריבועי דיגום בגודל 50 על 50 ס"מ המונחים לאורך חתכים המסומנים בעזרת ברגי נירוסטה בארבע רצועות המקבילות לקו החוף מקו המים ועד גב הטבלאות (ראה איור להלן).

ישנן שתי רצועות בחגורת הכרית האמצעי-תחתון (low-mid shore) על טבלת הגידוד: שולי הטבלה (platform edge) באזור הכרכוב ומרכז הטבלה (platform center), ושתי רצועות בגב הטבלה המאופיינת לרוב בסלע באוריינטציה אנכית או במדרון מתון: אמצע כרית תחתון (low-mid shore) ואמצע כרית אמצעי (mid-mid shore). בחלק מן האתרים היה חסר גב טבלה ורק החגורות על הטבלה נדגמו. במקביל לדיגום הביולוגי, מתבצע בארבעה אתרי הליכה כל חודש ניטור של תנאים סביבתיים הכוללים טמפרטורת אוויר ומי ים בעזרת אוגרי נתונים דיגיטליים קבועים על הסלע וכן נתונים ביוכימיים (נוטריאנטים וכלורופיל). הטבלה להלן מפרטת את תכנית הניטור. עד כה נעשה ניטור בסתיו 2009 וכן בחורף, אביב וקיץ 2010. דיגום המים החל בסוף פברואר 2010. הדיגום האקולוגי של חברות החי והצומח בקיץ היה בעייתי בשל שפלים גבוהים ומצב ים גרוע לאורך כל העונה שאפשר דיגום חלקי בלבד בחוף הבונים, ולא אפשר דיגום באכזיב.

טבלאות הגידוד לאורך חופי ישראל הינן בית גידול סלעי ייחודי המצוי רק בחופים דרומים של הים התיכון במקומות בהם הסלע רך יחסית (כמו כורכר או גיר). מיקומן בקצה האגן המזרחי של הים התיכון מהווה גם את קצה גבול התפוצה של חלק מן המינים הים תיכוניים. אחד הגורמים העיקריים ההופכים את טבלאות הגידוד לאורך חופי ישראל לבית גידול ייחודי מסוגו הינו קיום של מבנה ביוגני מוגבה בשולי הטבלה (כרכוב), ברוחב וגובה של כ-10-20 ס"מ, הנוצר על-ידי צינורות גירניים אותם בונים חלזונות קבועי מקום מהמין *צינורן בונה*, *Dendropoma petraeum*. ההשערה היא כי בנייה ביוגנית מתמדת זו של צינורות החילזון שומרת על הטבלה מפני בליית הסלע בגובה פני הים. בית גידול זה לא נחקר בצורה יסודית עד כה וקיימים רק נתונים מועטים ביותר על השונות במרחב ובזמן במבנה החברה האקולוגית. מאידך, בית גידול זה חשוף לעקבות רבות, הן מקומיות והן אזוריות היכולות להשפיע על החברה האקולוגית.

טבלת הפרמטרים השונים הנבדקים במהלך פרויקט הניטור, כולל פרויקט נלווה של מדידת גיוס של חסרי חוליות דומיננטיים. האותיות מראות את תדירות הדיגום לפי הפירוט למטה.

אזור	אתר	ביולוגיה	פיז'	פיזיקה YSI	כימיה דיגמות מים									
					טמפי' * loggers * TIDBIT	טמפי' * loggers * TIDBIT	טמפי' * loggers * TIDBIT	טמפי' * loggers * TIDBIT	טמפי' * loggers * TIDBIT	טמפי' * loggers * TIDBIT	טמפי' * loggers * TIDBIT	טמפי' * loggers * TIDBIT	טמפי' * loggers * TIDBIT	טמפי' * loggers * TIDBIT
דרום	צ	ראש הנקרה	Y											
	פ	אכזיב	S											
	ו	עכו	Y											
	א	שיקמונה צפון	S											
	מ	הבונים צפון	Y											
	ר	הבונים מרכז	S											
	כ	שדות ים	Y											
	ז	מכמורת	Y											
	בת ים	Y												
	פלמחים	S												
פרויקט מתלווה *														
חברה אקולוגית = עושר מינים ושכיחות של כל המקורו אצות וחסרי החוליות בחמישה-עשר ריבועים לאורך חתכים בארבע חגורות אנכיות או אופקיות בבית הגיד														
Y = yearly Oct-Nov														
S = Seasonally Oct, Jan, Apr, July														
M = Monthly														
C = Continuous														



מפת אתרי הדיגום בתכנית הניטור. באדום – אתרי הליבה. צילום אילוסטרציה מחוף דור-הבונים המדגים את מיקום חגורות הדיגום בתכנית הניטור

עושר מינים

סך הכל נספרו בדיגומי הסתיו שכללו את כל האתרים 73 מינים, מהם 43 מיני אצות ו-30 חסרי חוליות. חשוב לציין כי בסקר מסוג זה ישנה הערכת חסר גדולה של סרטנים ניידיים ודגים. לצורך תעודם הכמותי יש צורך בשיטות משלימות שייתכן שיתוספו לניטור בהמשך. נמצא כי עושר המינים גבוה יותר בשולי הטבלה ברוב המקרים, לעומת מרכז הטבלה ובגב הטבלה עושר המינים גבוה יותר בחגורת הכרית התחתונה mid-mid לעומת ה- mid-high (איור 63).

מבנה חברות

בעזרת שימוש בתוכנת PRIMER-6 התבצעה אנליזה רבת-משתנים של מדדי דימיון בין חברות ונבדק מבנה החברה וכיצד הוא משתנה במרחב ובזמן.

שונות מרחבית

ניתוח נתונים ראשוני מראה שונות רבה במבנה החברה בין האתרים השונים לאורך החוף (איור 64). לא נראה דגם ברור של שינוי מבנה חברות לאורך החוף מצפון לדרום (אין התקבצות אתרים לפי אזורים) חוץ משולי הטבלה בבת-ים ופלמחים (האתרים הדרומיים). שני אתרים אלה חסרי כרכוב לחלוטין והסיבה לדמיון ביניהם אולי נעוצה בכך. השונות הרבה נגרמת כנראה בעיקר בשל מבנה וגודל הטבלאות - נושא שייבדק בשנים הקרובות.

איור 65 מדגים את דגם השכיחות של שני מינים דומיננטים מבין חסרי החוליות בעזרת עיגולים המציינים את אחוז הכיסוי לכל אתר על אורדינציה ה- MDS. המינים הם צדפות (בעיקר הצדפה

הפולשת בוצית מגוונת) ושלשולן משולש (Vermetus), החילזון הורמטיד שעדיין קיים בחופינו. ניתן לראות כי בשני המקרים הכיסוי משתנה מאוד בין האתרים וגם שונה בין שולי הטבלה ומרכזה. ניתן לראות כי מרבית אוכלוסיית השילשונים נמצאת באתרים הצפוניים ואינה נמצאת כלל באתרי הדרום.

שונות בזמן

באורדינציה המתארת את דמיון החברות בארבעת אתרי הליבה בשלוש עונות הדיגום הראשונות (**איור 66**) ניתן לראות בברור את השינוי העונתי במבנה החברה מן הסתיו של 2009 (צד ימין של האורדינציה) ועד אביב 2010 (צד שמאל של האורדינציה). השינוי ניכר במידה הפחותה ביותר באתר פלמחים שם החברה לא השתנתה מאוד בין שלוש העונות יחסית לאתרים האחרים.

מצבו של הורמטיד, צינורן בונה

בכל האתרים ובכל העונות לא נמצאו פרטים חיים של הצינורן הבונה, ובטבלאות מסוימות חסר כבר הכרכוב עצמו כמעט לחלוטין. במהלך העבודה פותח "מד כרכובים" על מנת למדוד את גובה הכרכוב יחסית למשטח הטבלה (**איור 67**). הנתונים מאתרי הניטור מראים שונות גדולה בגובה הממוצע של הכרכוב ובאחוז משולי הטבלה המורכב מכרכוב (**איור 68**).

ניתן לראות כי גובה ואחוז הכרכוב משתנה מאוד בין האתרים. באתרים רבים הכרכוב נמוך ואחוזו קטן בשולי הטבלה, במיוחד באתרים הדרומיים בת ים ופלמחים. **איור 69** מדגים את קריסת אוכלוסיות החילזון מנתוני אחוז כיסוי של שוליים חיים של הצינורן הבונה במפנה הצפוני באתר הבונים 2 בשנות התשעים (רילוב, נתונים לא מפורסמים) וב- 2009 ו- 2010.

להעלמות אוכלוסיות החילזון בונה הכרכוב עלולות להיות השלכות מרחיקות לכת על בית הגידול והחברה האקולוגית המתקיימת בו. יתכן שבית הגידול כולו מצוי בסכנה הכחדה עקב בלייה כיוון שנעלמה ההגנה הביוגנית. החשיבות של הצינורן לקיום הבית הגידול הסלעי עצמו הינה קריטית, ולכן חשוב לעקוב אחר מצב הצינורן ולהבין את ההשלכות של היעלמותו מהחוף הישראלי.

בשימוש בנתונים משנות התשעים ומתוכנית ניטור זו אפשר לראות את הקריסה של אוכלוסיות מין חשוב נוסף, החילזון הטורף הגדול ארגמנית אדומת פה (*Stramonita haemastoma*) שהיה פעם נפוץ בחופינו (**איור 69**). האוכלוסייה הגדולה ביותר שנדגמה בשנות התשעים הייתה באתר מסוים באכזיב. נמצא כי בתקופה האחרונה אוכלוסייה זו לא קיימת יותר והמין נעשה נדיר ביותר ולמעשה לא נצפה באף אחד מן החתכים, ושלשה פרטים גדולים וזקנים שלו נמצאו בלגונה בעכו. במהלך שנות התשעים נמצא, כי לא היה כל גיוס של פרטים צעירים של חילזון זה באף אחד מאתרי הדיגום, כך שאין זה מפתיע שמין זה בסכנת הכחדה כיום. בשל העובדה שלא נעשה ניטור מסודר של החברה בבית הגידול הנ"ל לא ניתן לומר אם קריסת האוכלוסיות של שני מינים אלה הייתה מהירה או איטית ולא ניתן לדעת מה הגורם העיקרי לקריסה זו. העלמות מינים אלה מעידה על תופעה רחבה יותר שבה מינים רבים אחרים כנראה הולכים ונעלמים בחופינו. דוגמה אחת חשובה היא נדירות קיפודי הים לאורך החוף בסלעי התת-כרית (רילוב, תצפיות אישיות). קיפודי ים היו בעבר נפוצים מאוד והיום נצפים פרטים בודדים בלבד. בשלב זה קשה לומר אם העלמות מינים אלה נגרמת מסיבות דומות, למשל שינוי אקלים, או שכל אחד נעלם מסיבתו הוא. לצורך כך יש צורך בניטור ומחקר ארוך טווח.

נתוני דגימות מים

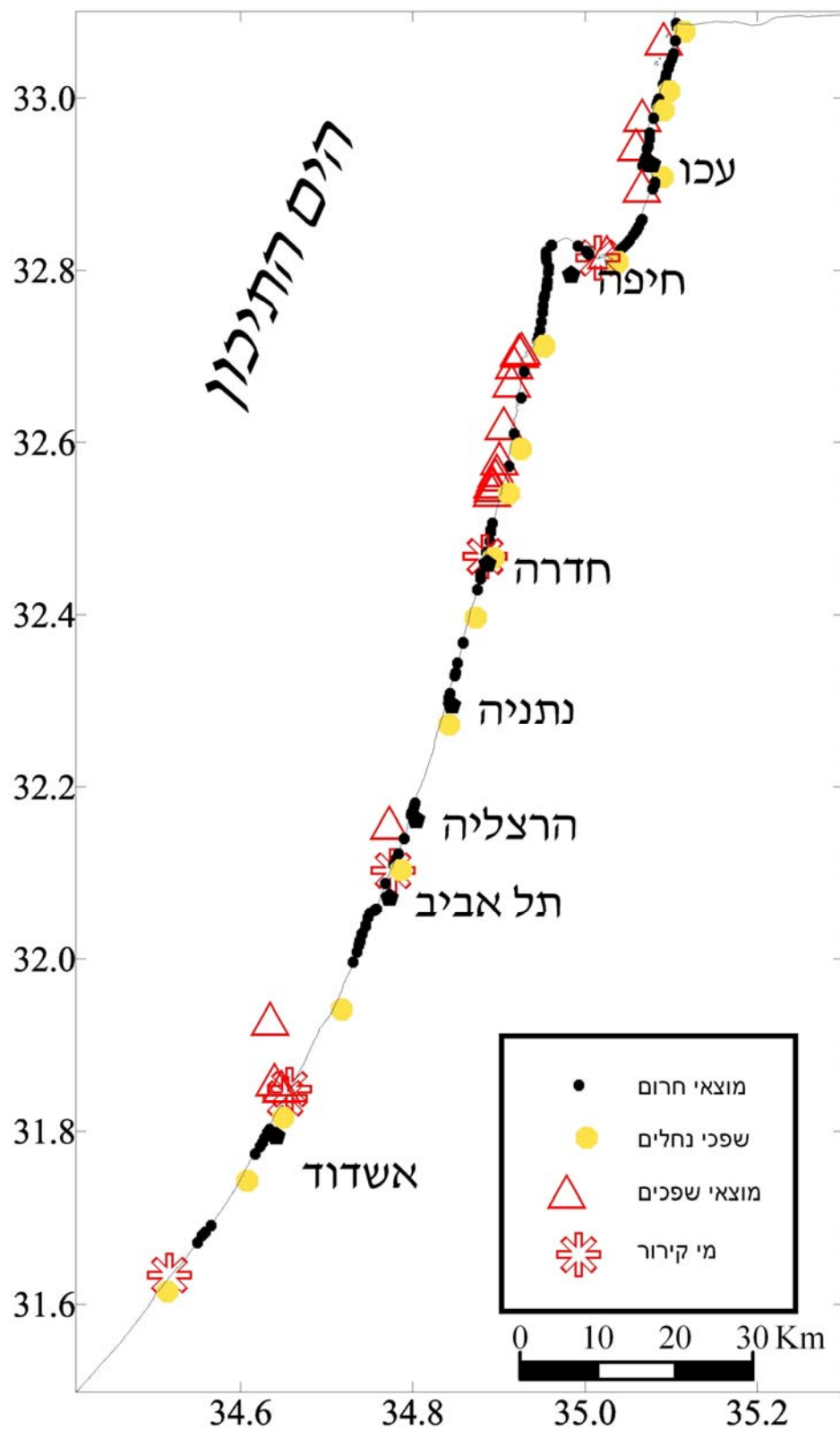
כאמור, בארבעת אתרי הליבה נדגמים המים פעם בחודש לכלורופיל ונוטריאנטים. התוצאות עד עתה מראות שאתר אכזיב בעל ערכי כלורפיל גבוהים באופן משמעותי מאתרים אחרים בתקופת סוף האביב ותחילת הקיץ (**איור 70**). באתר זה גם נמצאו ערכי ניטראט גבוהים ביותר מסדר גודל לעומת האתרים האחרים. ייתכן שבאזור יש דליפה של נוטריאנטים ממי תהום אך בשלב זה אין הסבר מלא לתופעה, ויש צורך להמשיך ולחקור אותה.

- 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.
- 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.

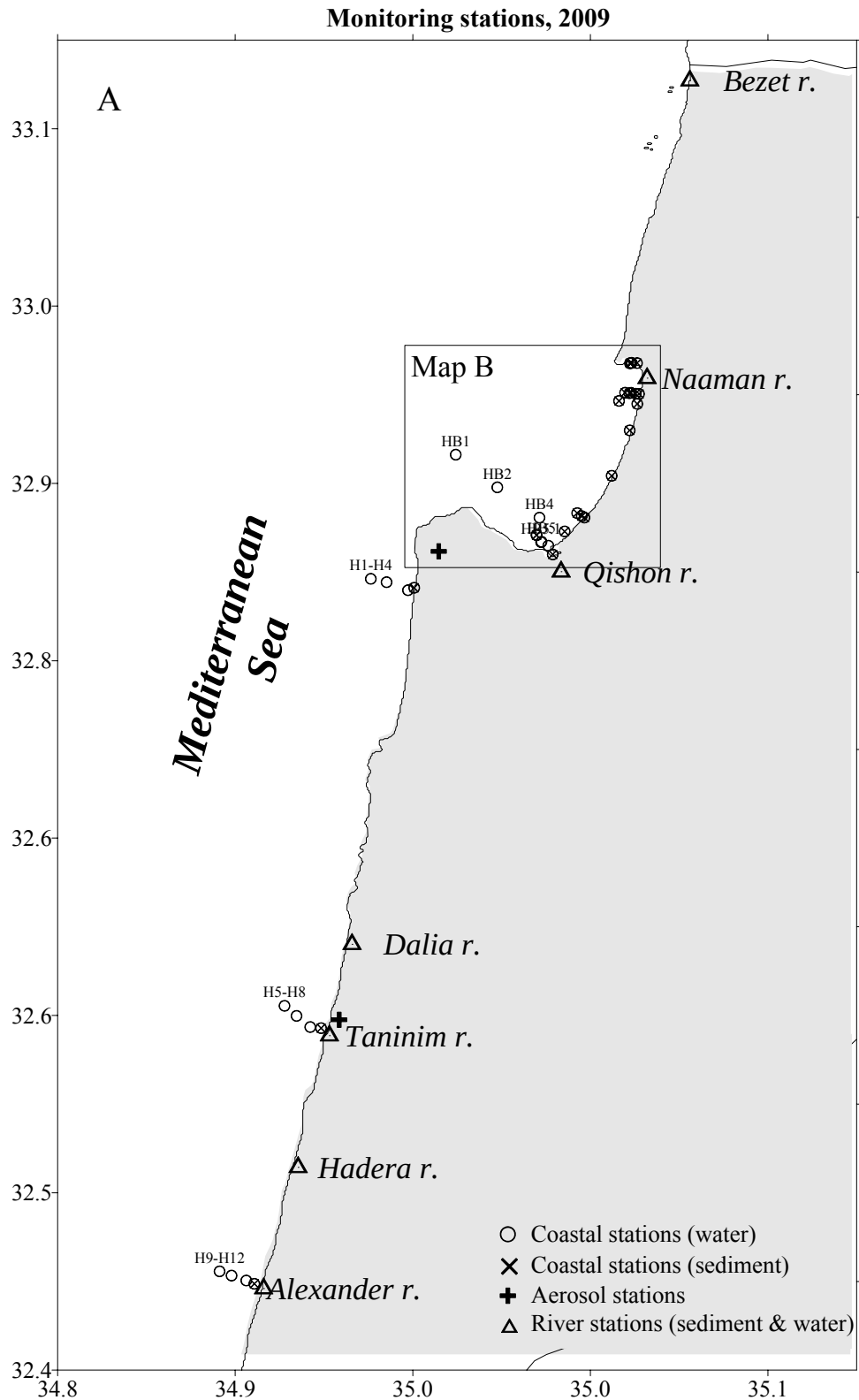
Long, E.R., MacDonald, D.D., Smith, S.L. and Calder, F.D. (1995). Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*, 19, 81-97.

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

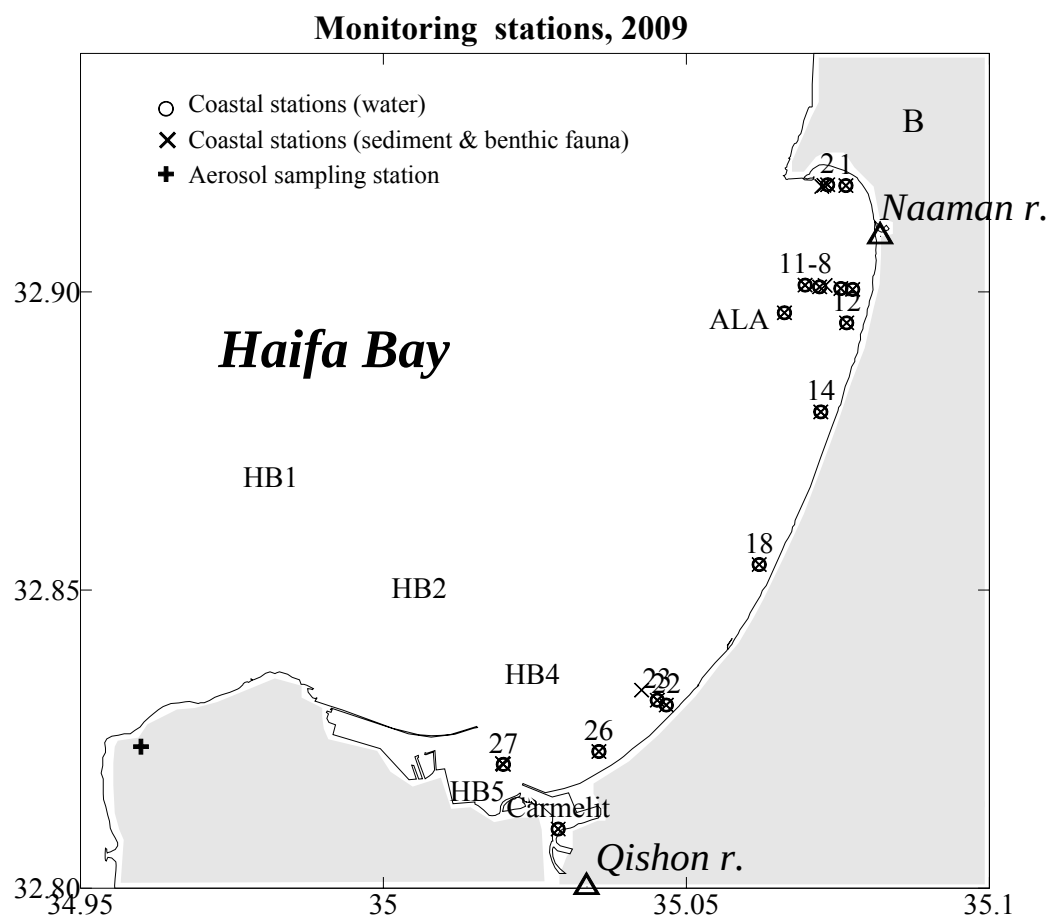
דוח עומסי מזהמים בנחלים (1994, 2000, 2001, 2003), המשרד לאיכות הסביבה (2004).
גורדון, נ', חרות, ב', קרס, נ', 2009. אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח. דוח
ניטור אוקטובר 2008, מוגש לרשות נחל הקישון. מוגש לרשות נחל הקישון. דוח חיא"ל
H18/2009.
טיבור ג., אלמוגי-לבין א., חרות ב., 2009. כיוול חישה מרחוק למיפוי סינופטי של כלורופיל וחומר
מרחף במדף היבשת של הים התיכון, ישראל. דוח חיא"ל H19/2009.
קרס, נ', גליל, ב', שהם פרידר, א', 2009. השפעה בוצה משופעלת על הסביבה הימית תוצאות
הניטורים שנערכו בשנת 2008 באזור המוצא הימי של השפד"ן. דוח סופי, מוגש למי אזור דן
אגודת מים שיתופית. דוח חיא"ל H27/2009.
שהם-פרידר, א', קרס, נ', גורדון, נ', גליל, ב', 2009. ניטור במוצא הימי של שפכי המפעלים אגן
יצרני כימיקלים בע"מ ופז בית זיקוק אשדוד בע"מ. דוח סופי לדיגומי 2008, מוגש לאגן יצרני
כימיקלים בע"מ ולפז-בית זיקוק אשדוד בע"מ (טיוטה להערות). דוח חיא"ל H17/2009.
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.
דוח ניטור מים ונחלים בשנת 2008 (רשות הטבע והגנים, יוני 2009).



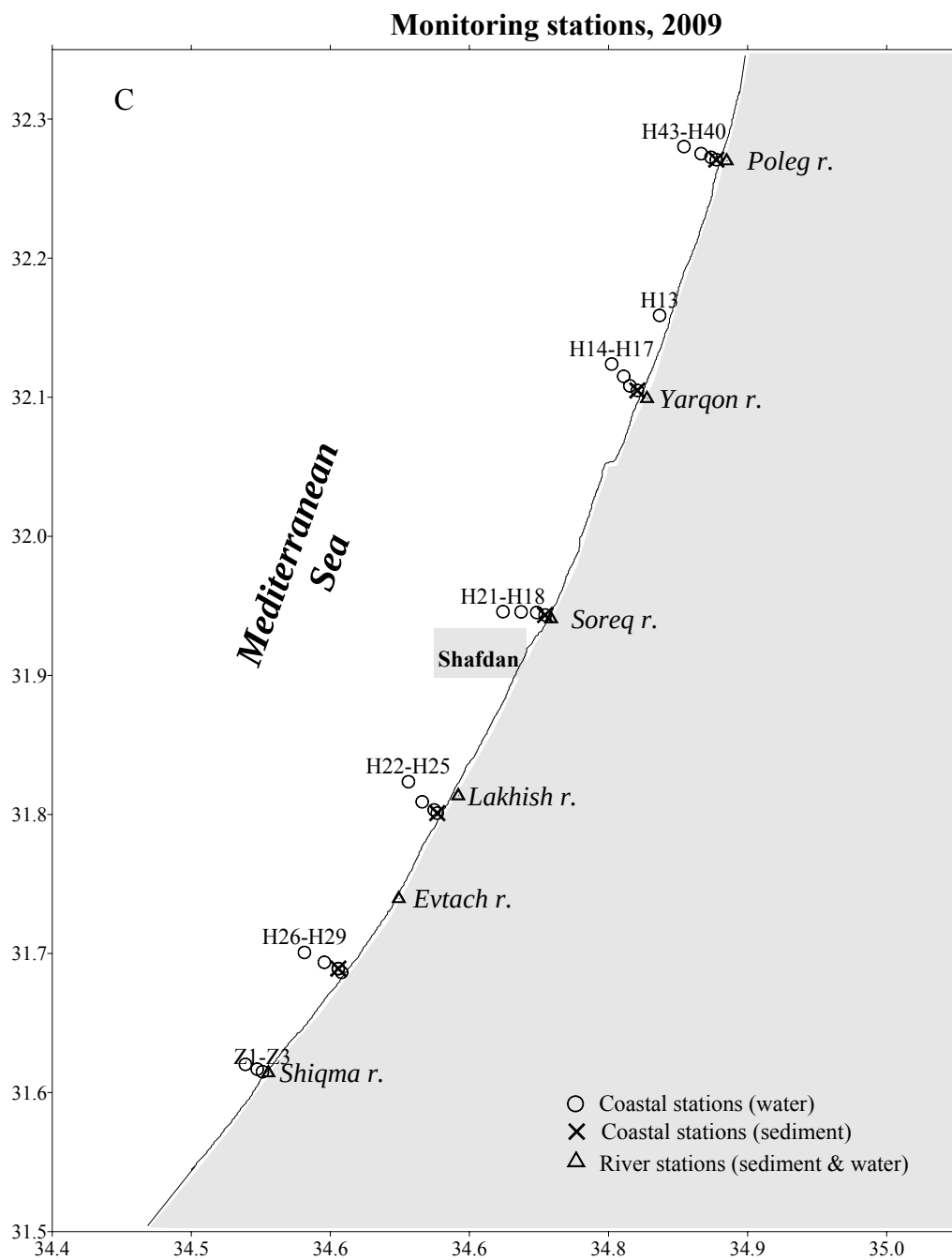
איור 1: מפת מוצאי חרום ושפכים ממקורות יבשתיים.



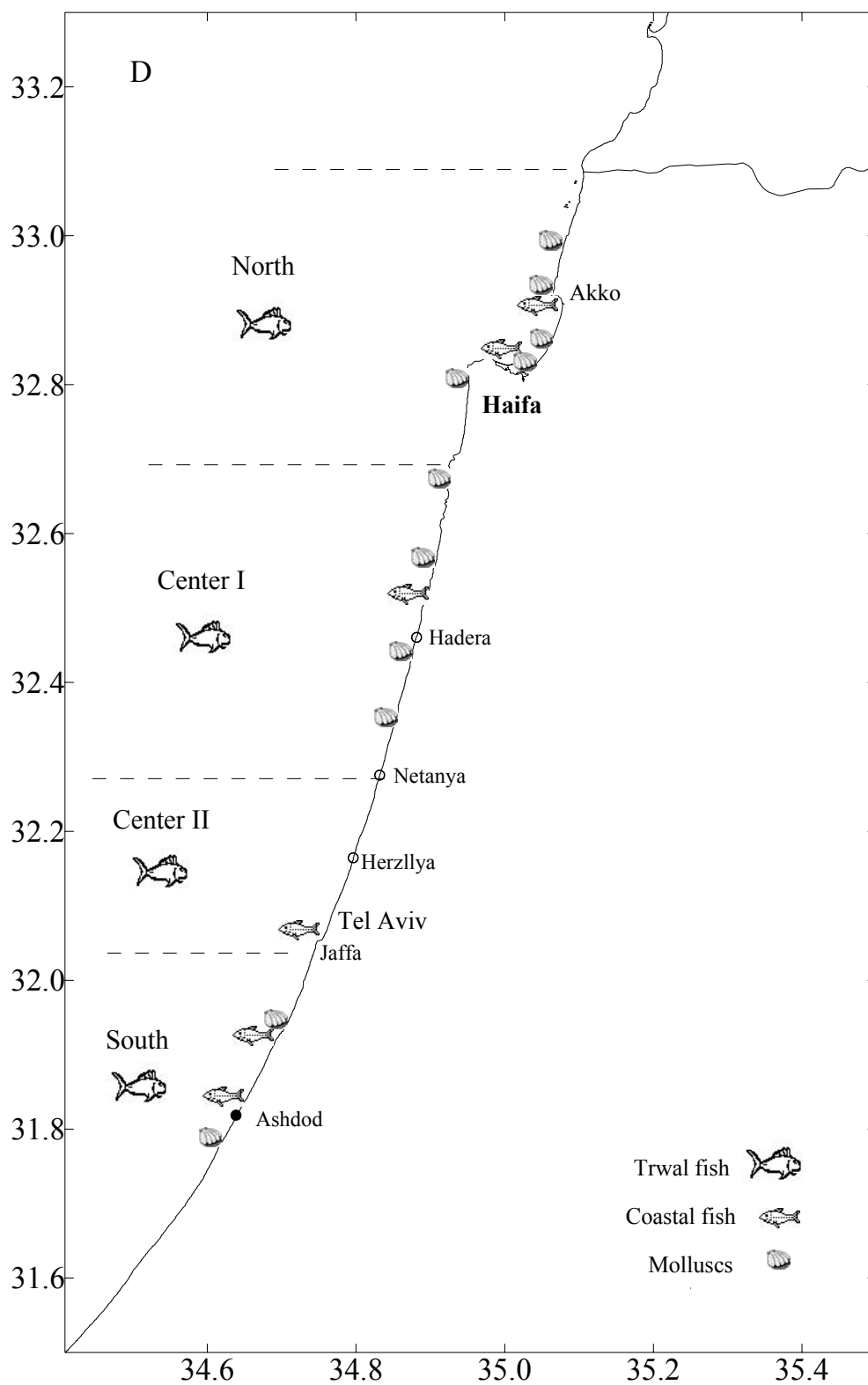
איור 2: מיקום תחנות הניטור לאורך חוף הים התיכון של ישראל ובשפכי נחלי החוף (A – האזור הצפוני, B – מפרץ חיפה, C – האזור הדרומי, D – אתרי דיגום של בע"ח ימיים). המרובע מול פלמחים (מפה C) הוא אזור הניטור של המוצא הימי לבוצת השפד"ן. תחנות ניטור חברות אקולוגיות ראה טקסט להלן.



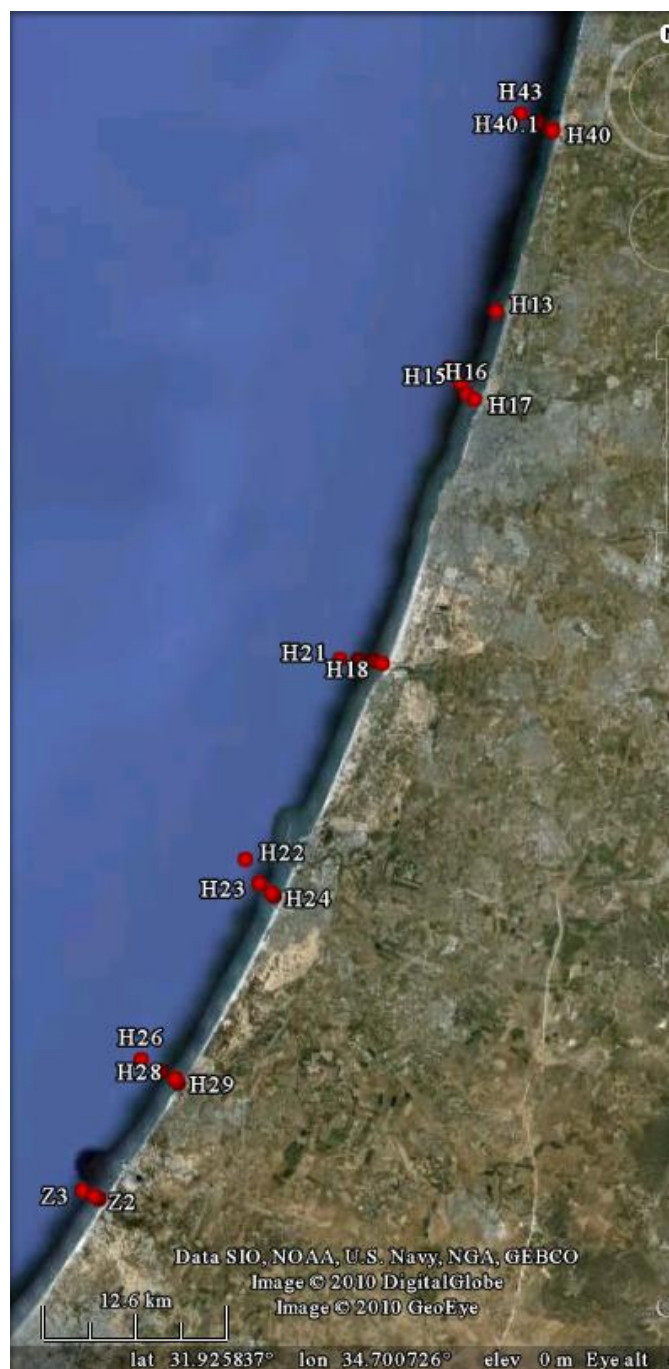
איור 2 : המשך



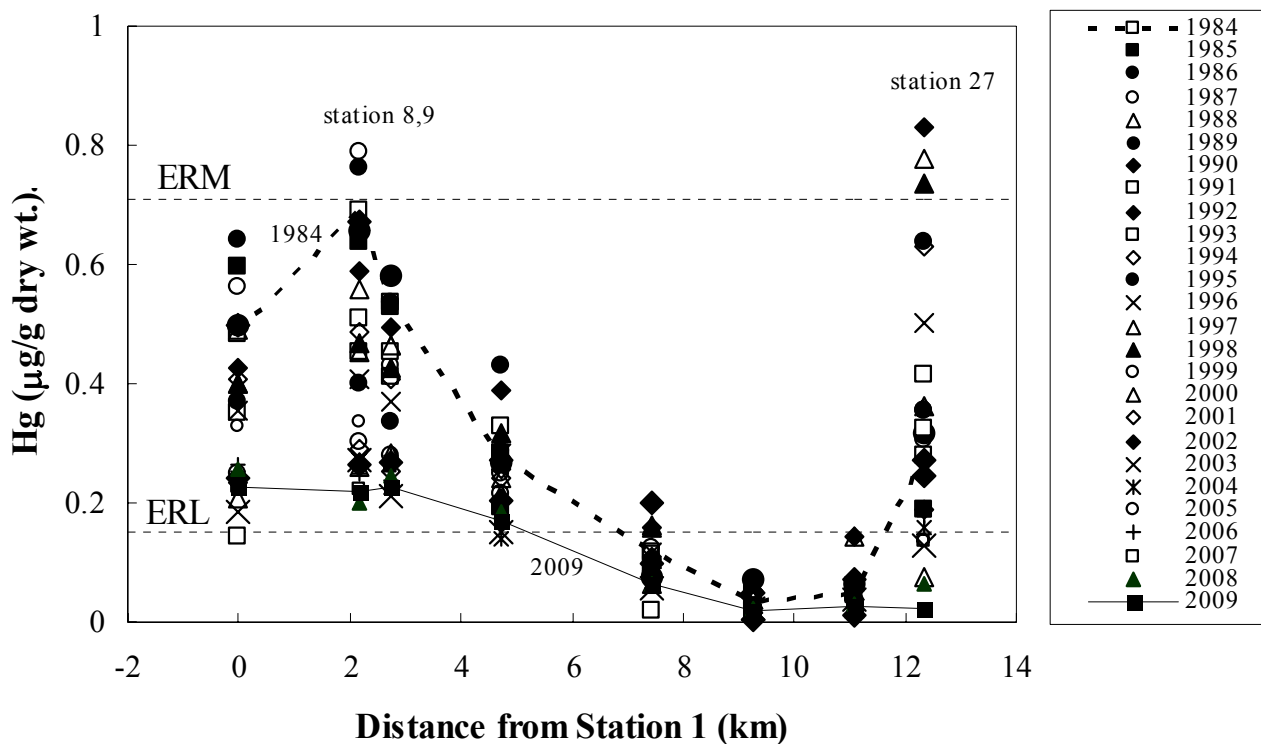
איור 2 : המשך



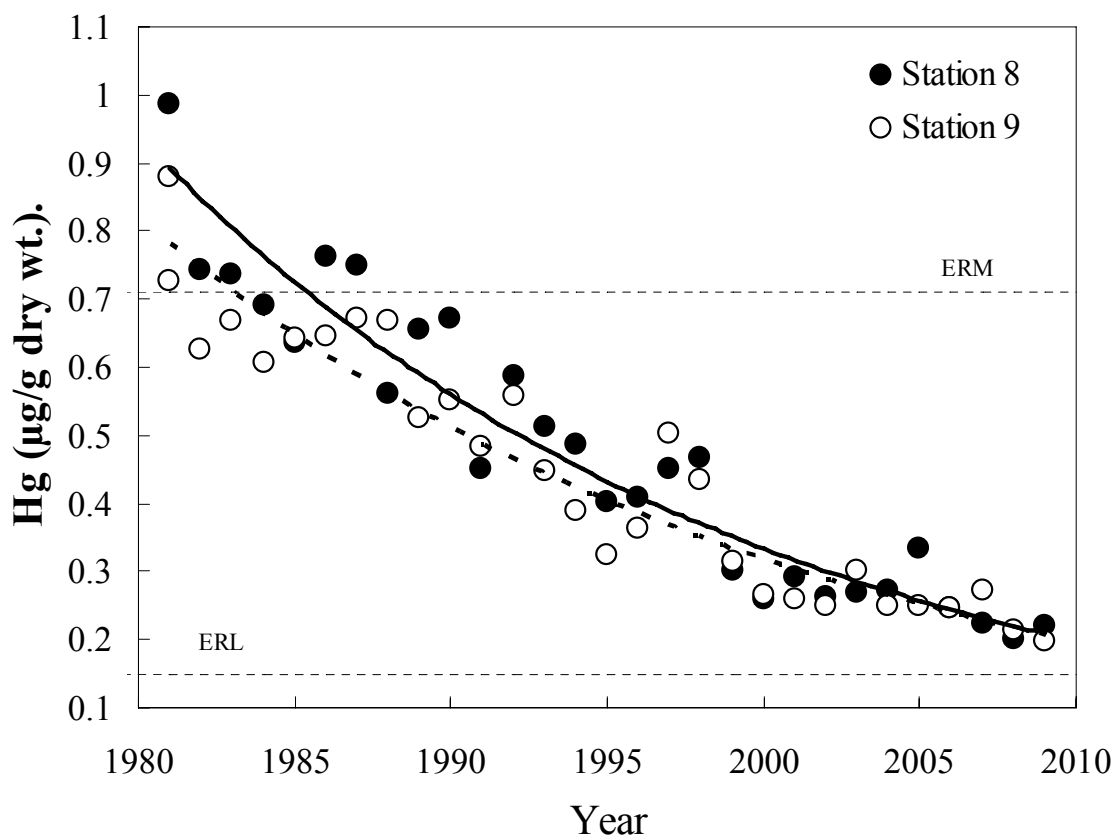
איור 2: המשך



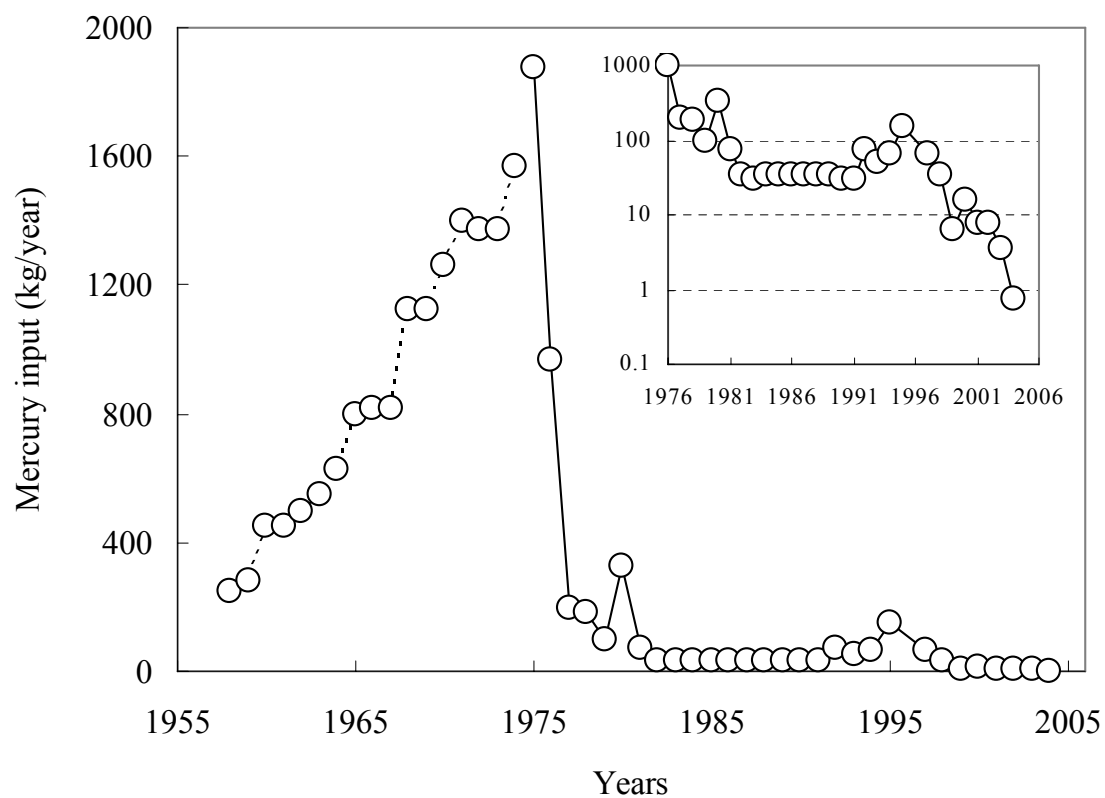
איור 2: המשך



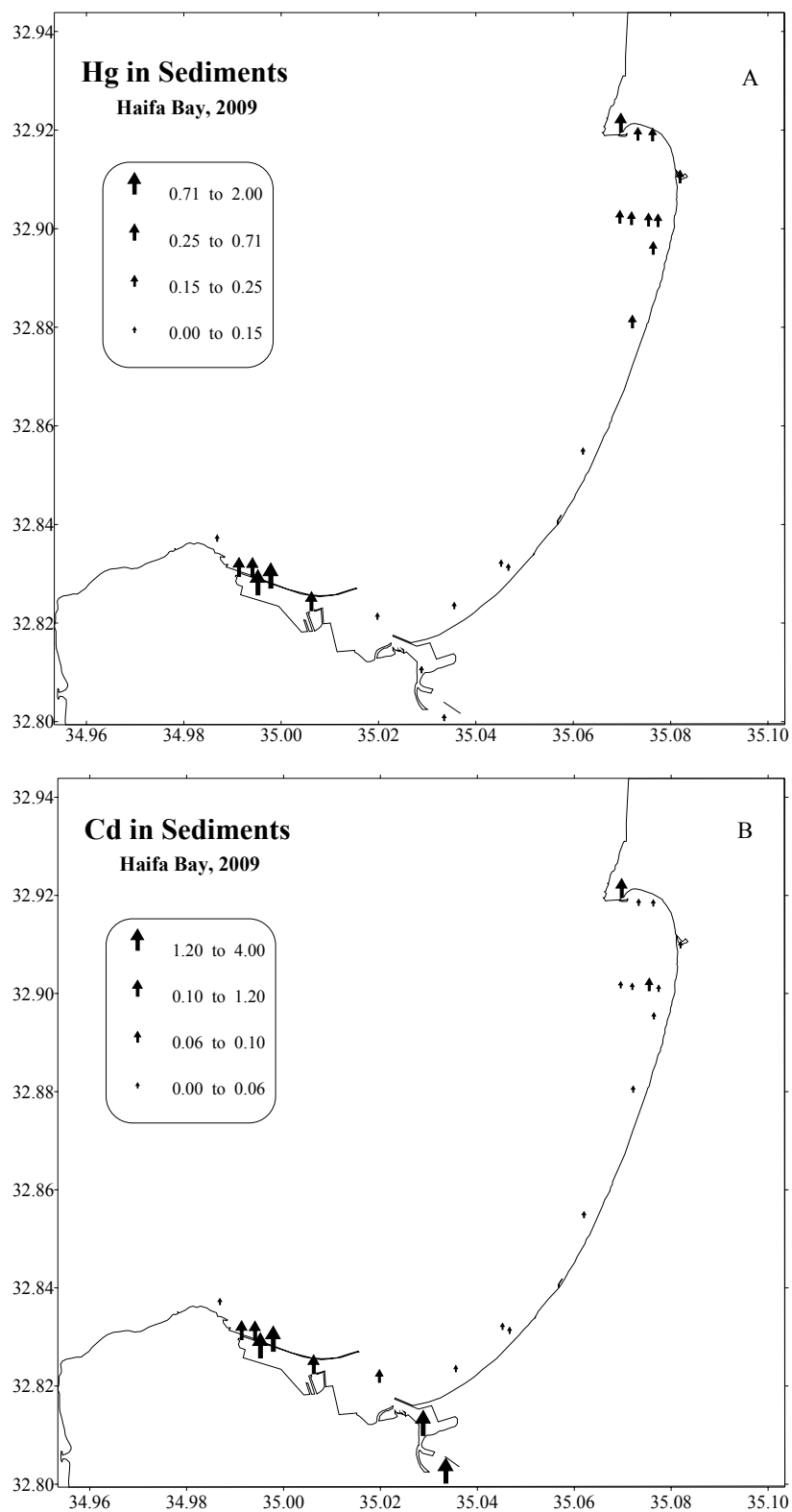
איור 3: ריכוזי כספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים באזור הרדוד של מפרץ חיפה בשנים 1984 - 2009



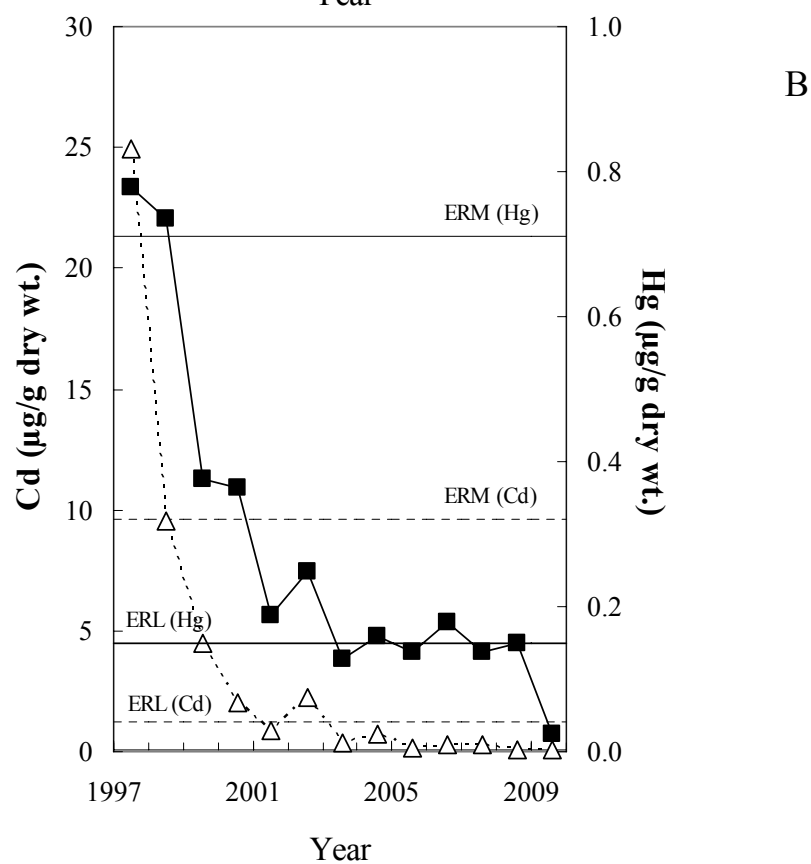
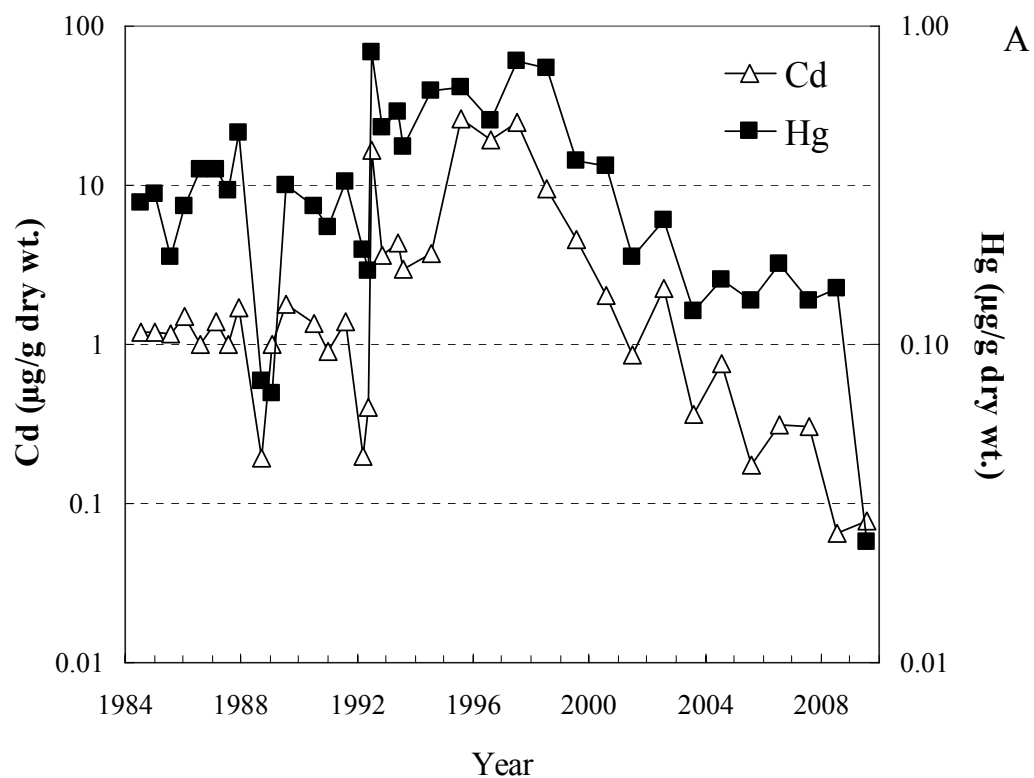
איור 4: ריכוזי כספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים בתחנות 8 ו-9 במפרץ חיפה (מול "התעשיות האלקטרוכימיות"), בעומקי מים של 3 ו-6 מ', בשנים 1981 - 2009.



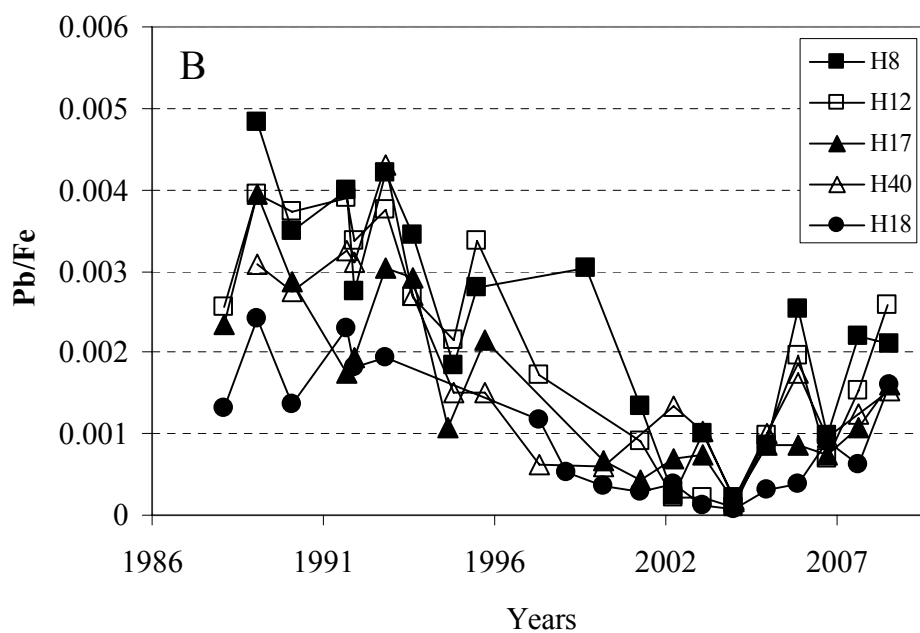
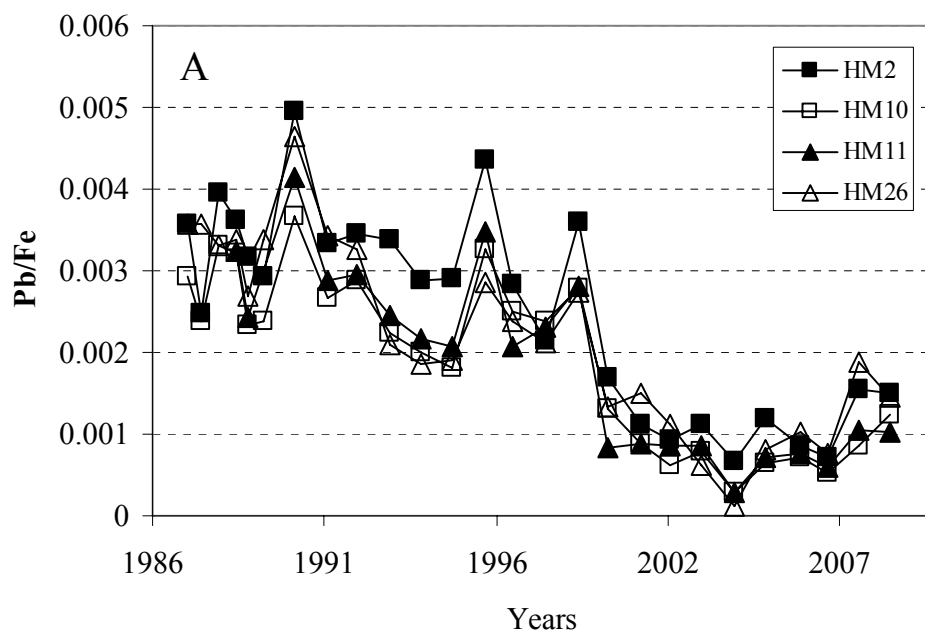
איור 5: שינויים בכמות השנתית של כספית שהוזרמה לים בשפכי "התעשיות האלקטרוכימיות". המפעל נסגר ב-2004.



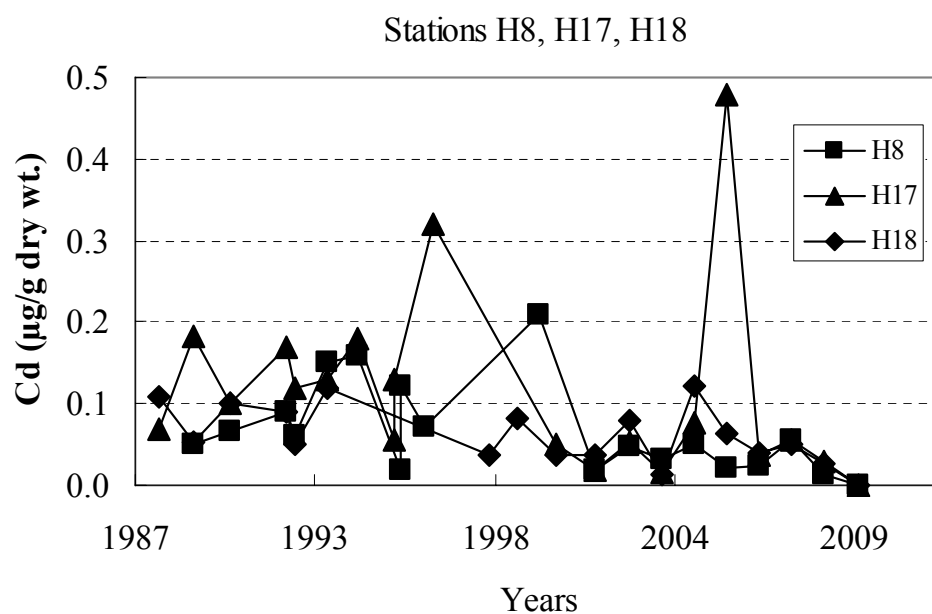
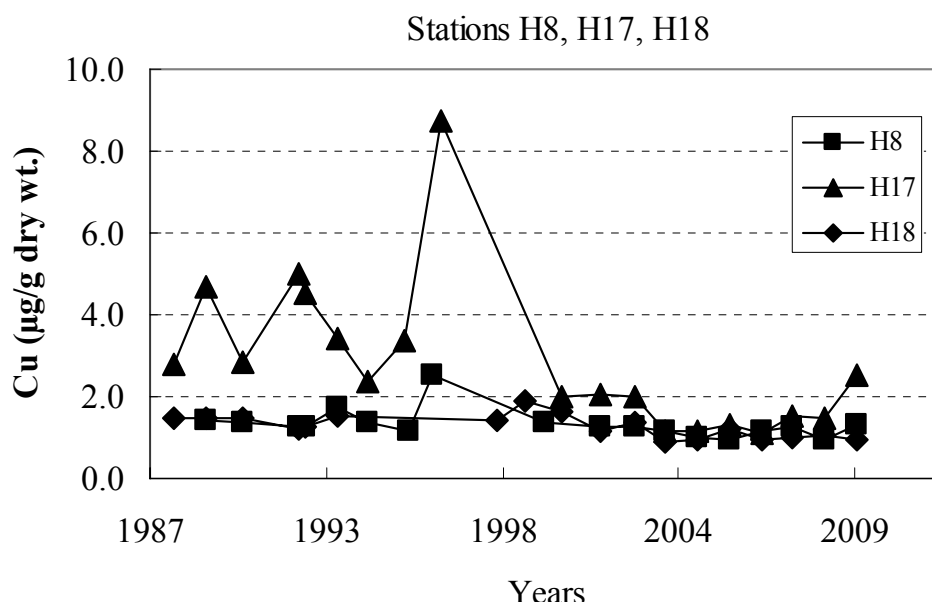
איור 6: ריכוזי כספית (A) וקדמיום (B) בסדימנטים ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) במפרץ חיפה בשנת 2009 (גודל החץ מבטא את תחום הריכוזים; נקודות הדיגום ממוקמות בבסיסי החיצים).



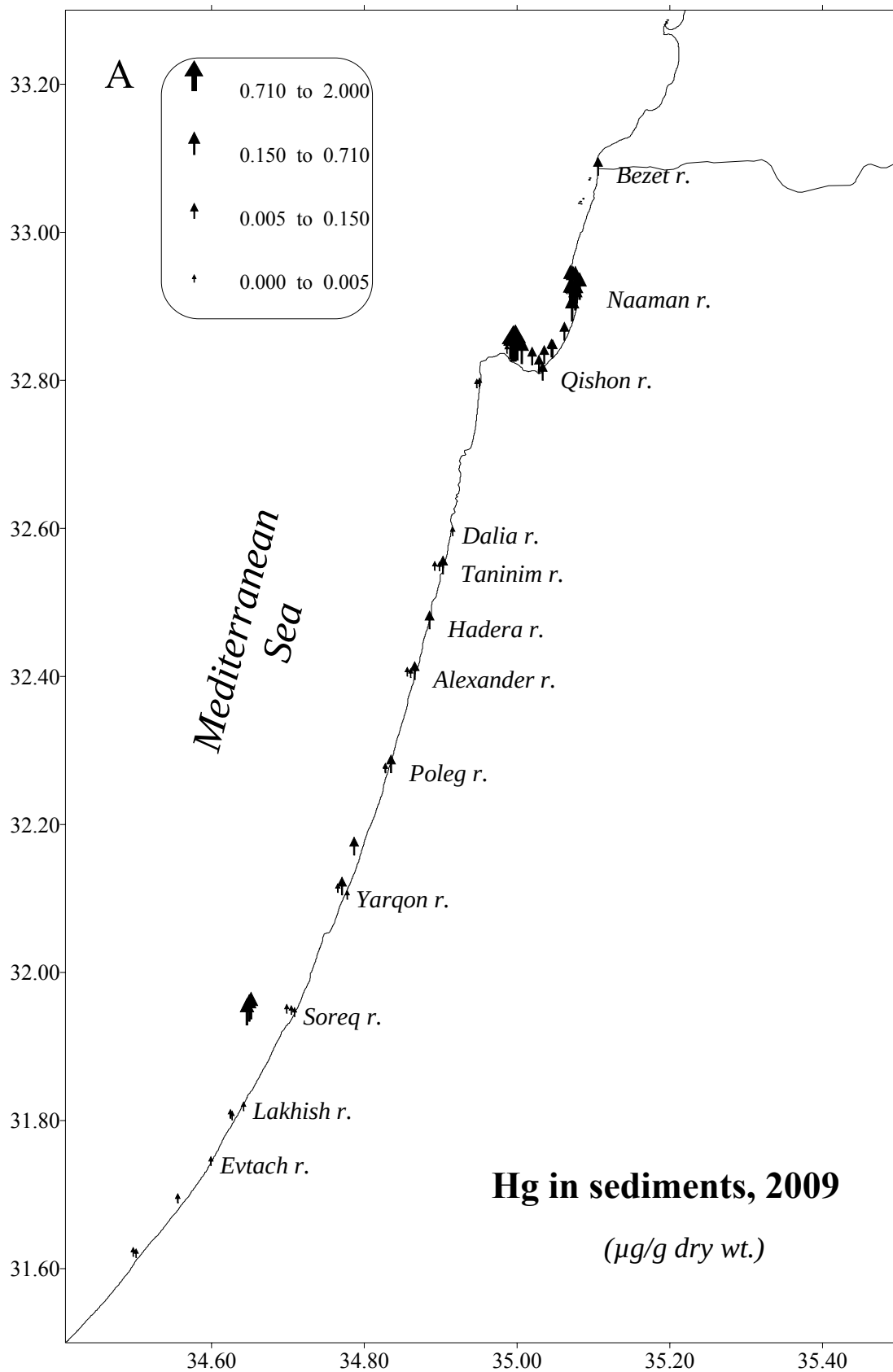
איור 7: ריכוזי קדמיום וכספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים בשפך נחל הקישון (תחנה מס' 27) בשנים 1984 - 2009. (A) סקלה לוגריתמית; (B) סקלה ליניארית לשנים 1997 - 2009.



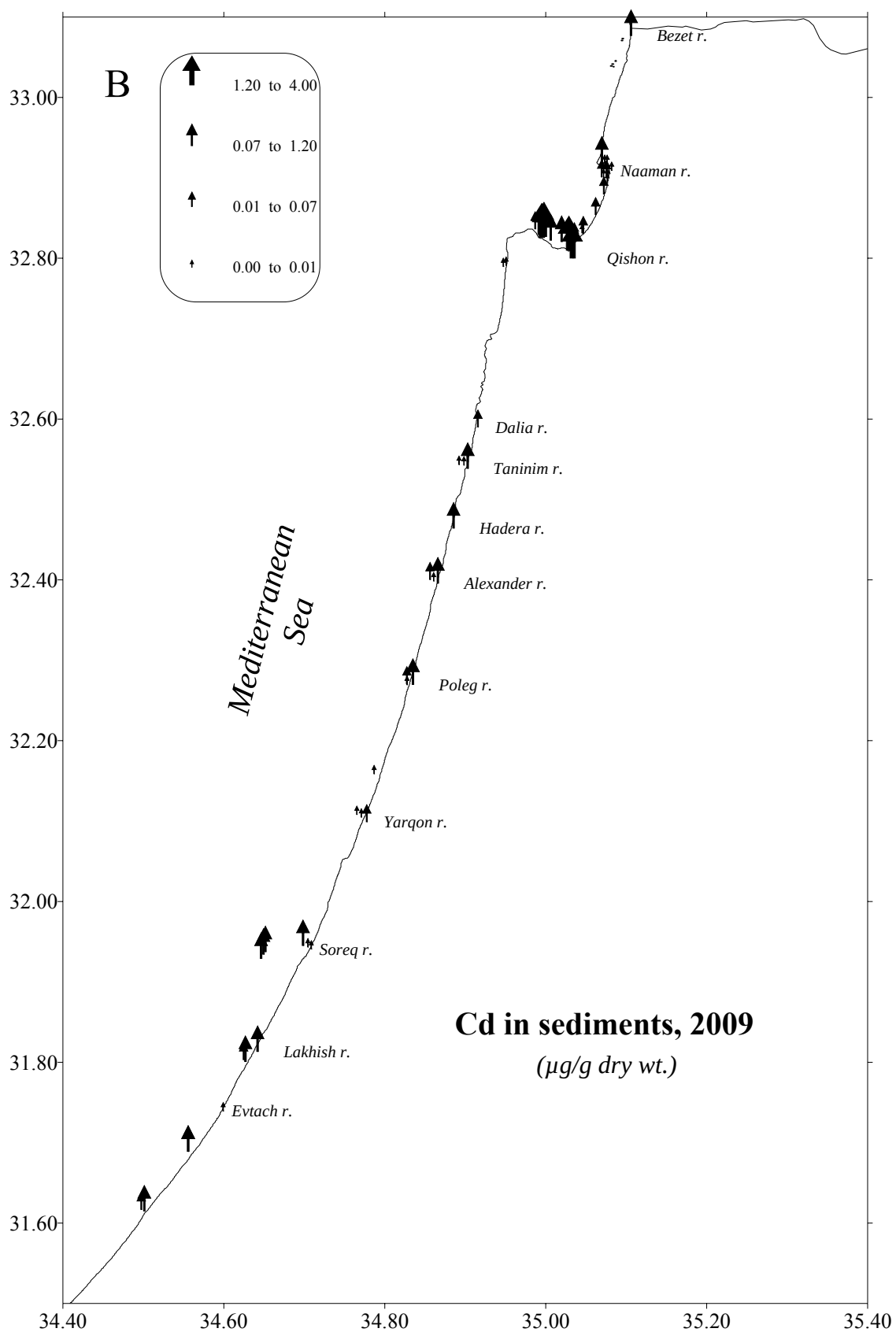
איור 8: מגמות ביחסי עופרת/ברזל בסדימנטים ממפרץ חיפה (A) ולארדך החוף (B) בשנים 1987 – 2009.



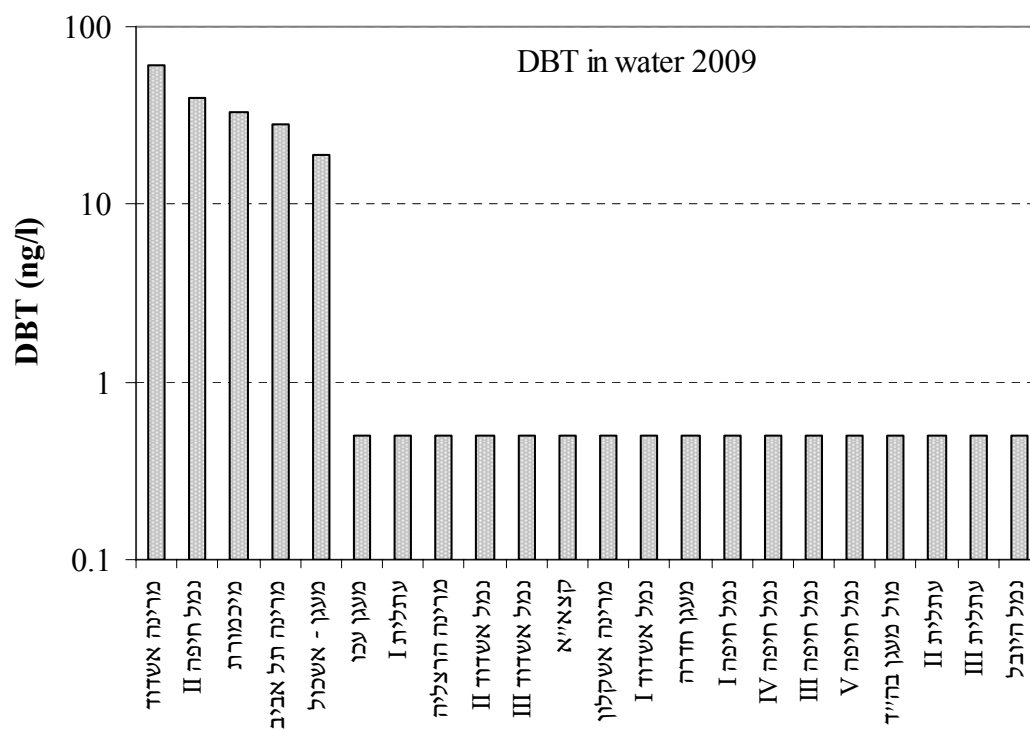
איור 9: שינויים רב שנתיים בריכוזי נחושת וקדמיום בסדימנטים בתחנות מול תנינים, שפך הירקון ושפך נחל שורק, בשנים 1988 – 2009.



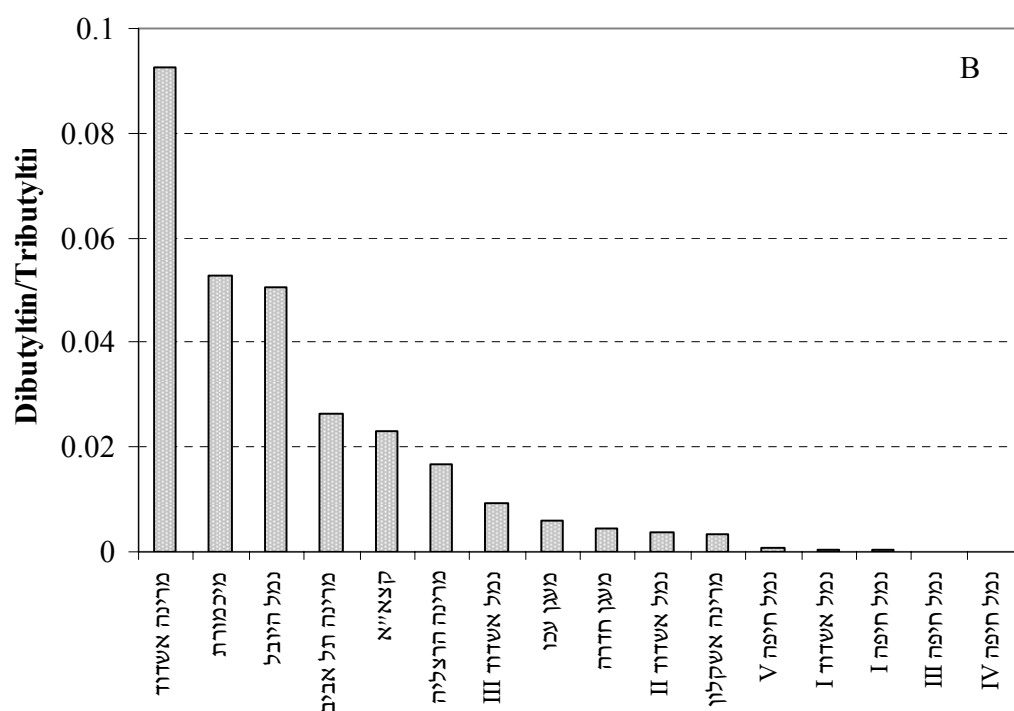
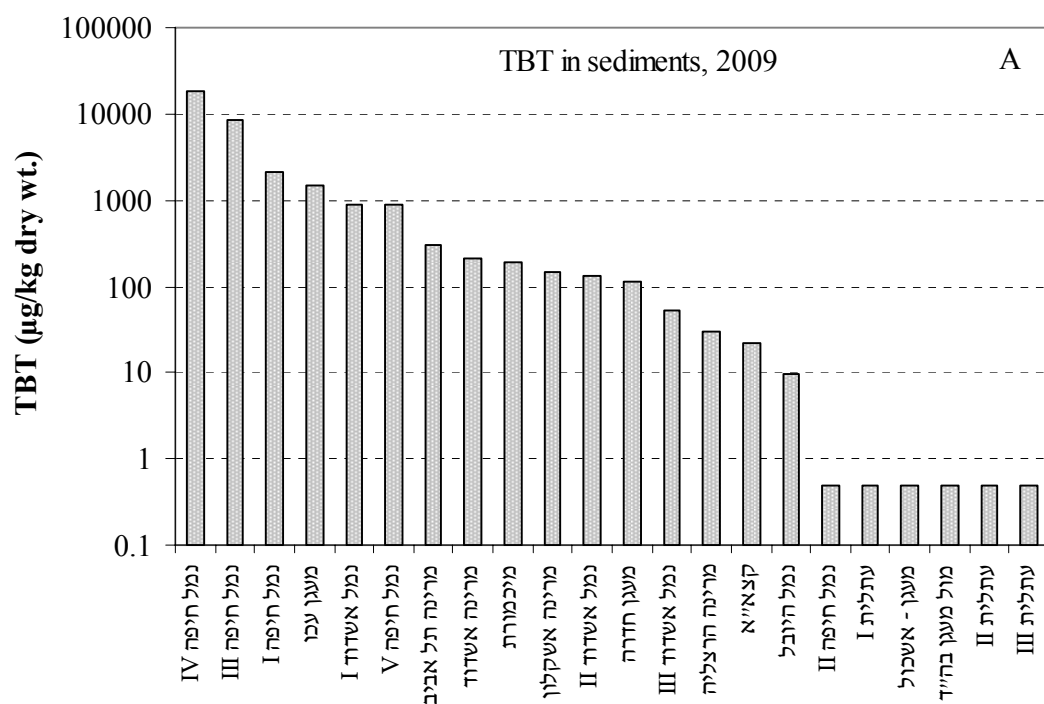
איור 10: ריכוזי כספית (A) וקדמיום (B) בסדימנטים לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2009 (גודל החצים מבטא את תחום הריכוזים).



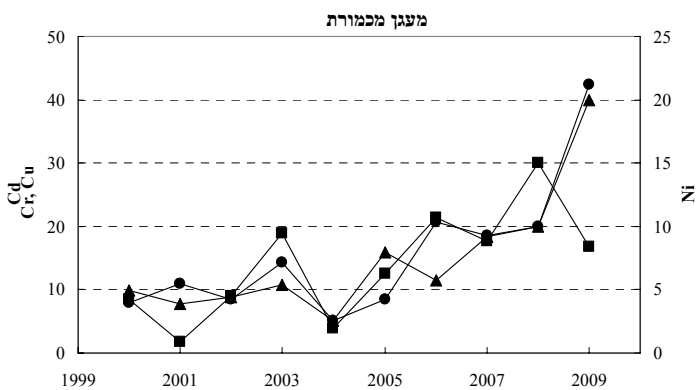
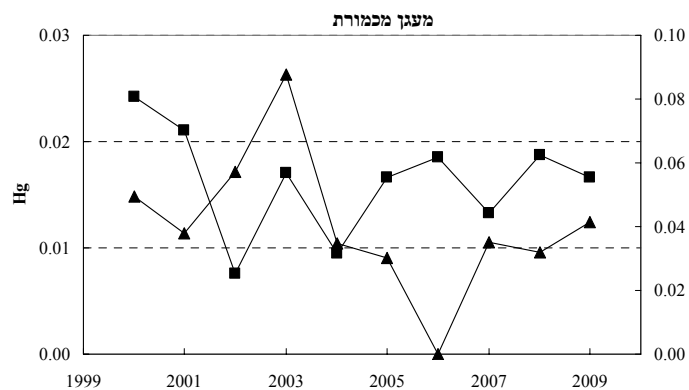
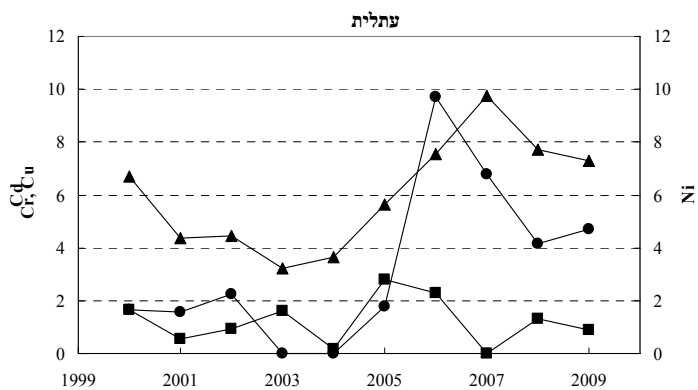
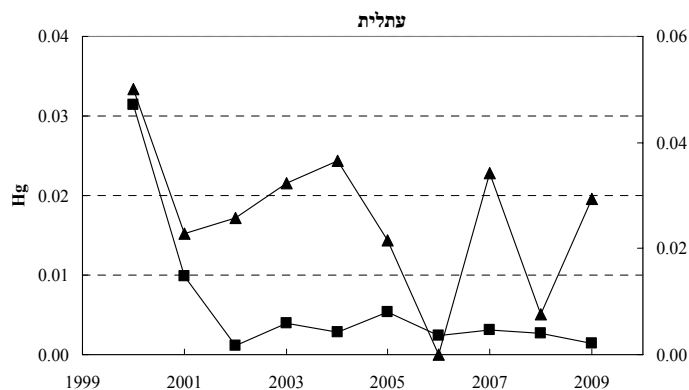
איור 10 : המשך



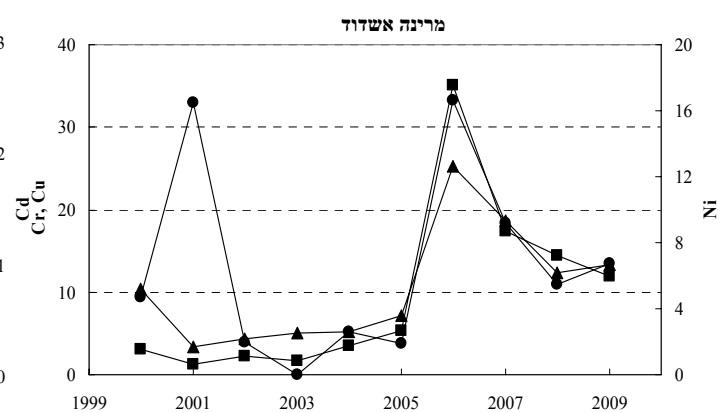
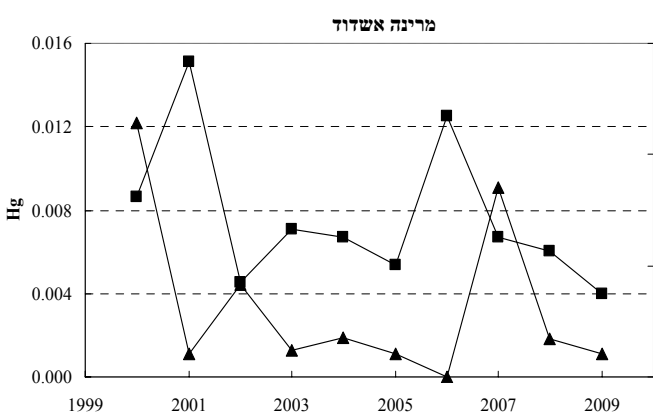
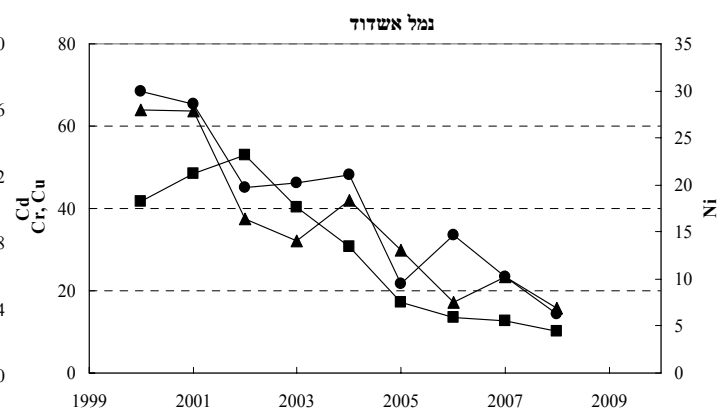
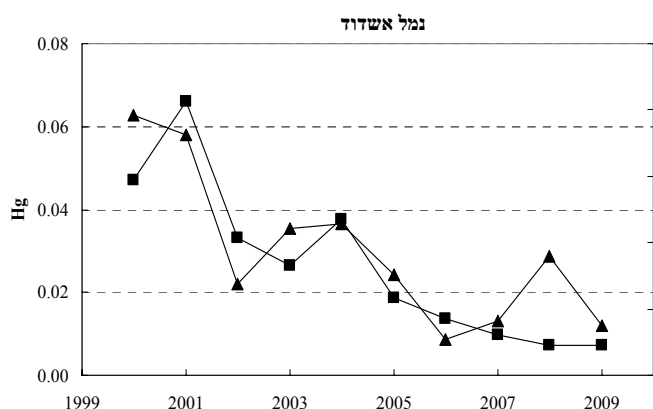
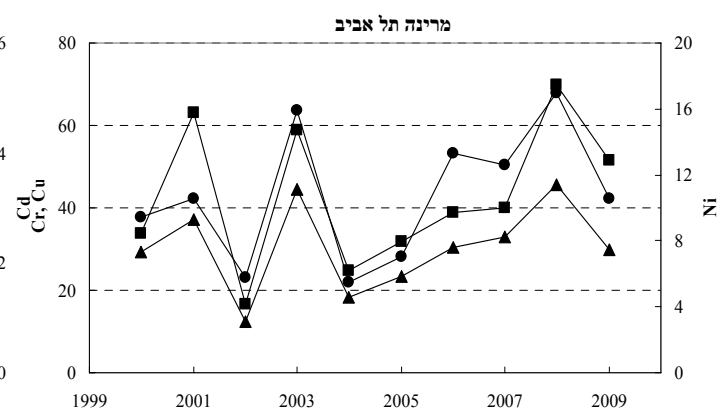
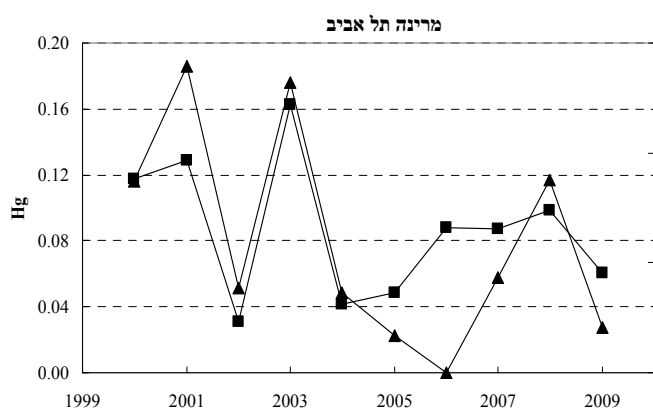
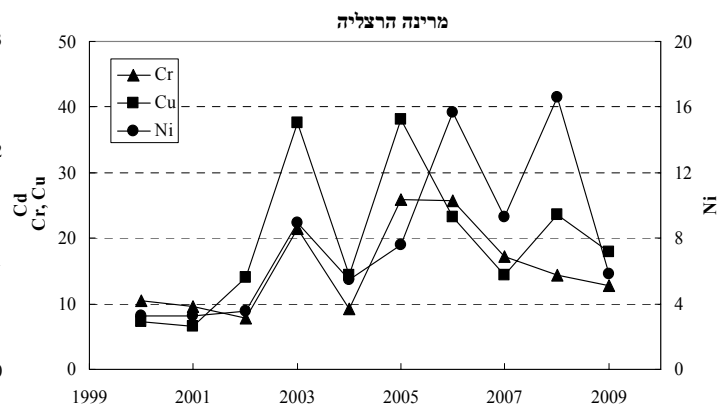
15 -λ



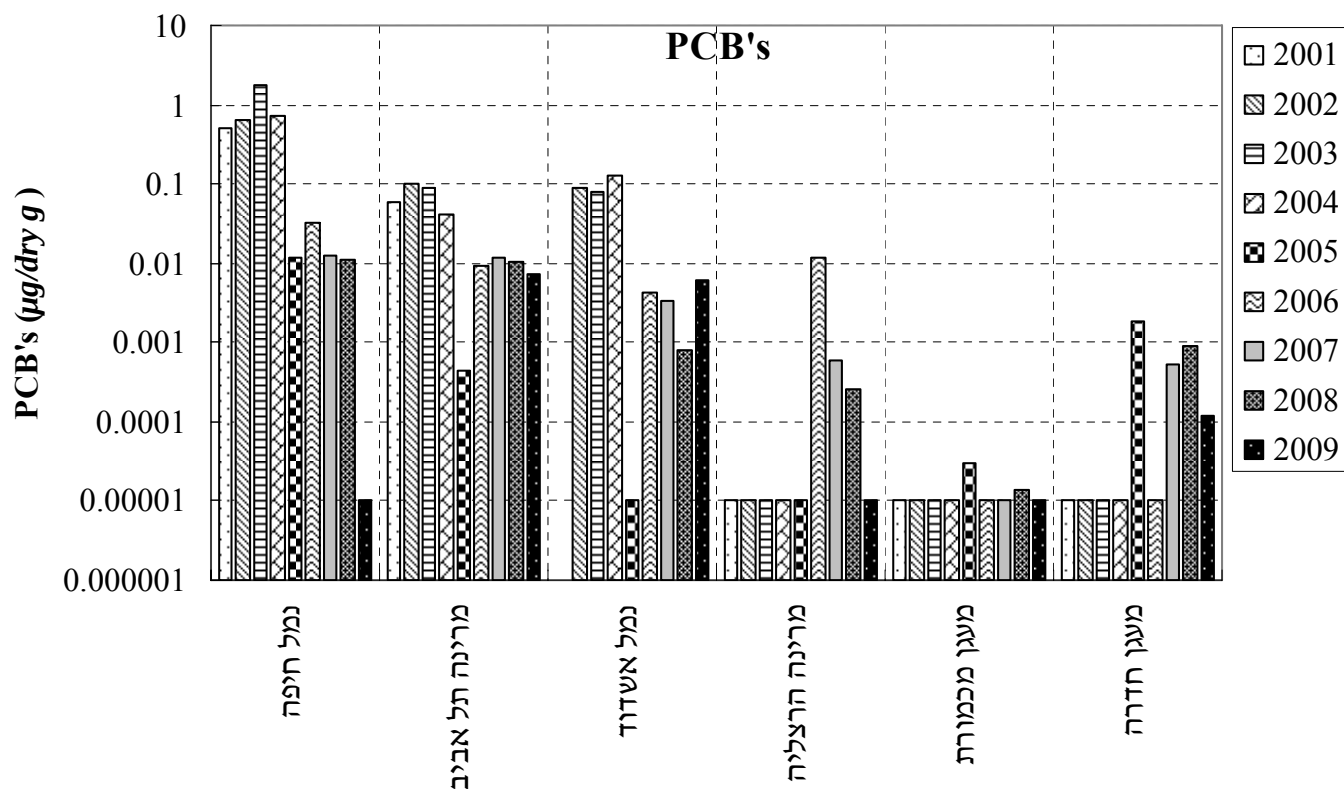
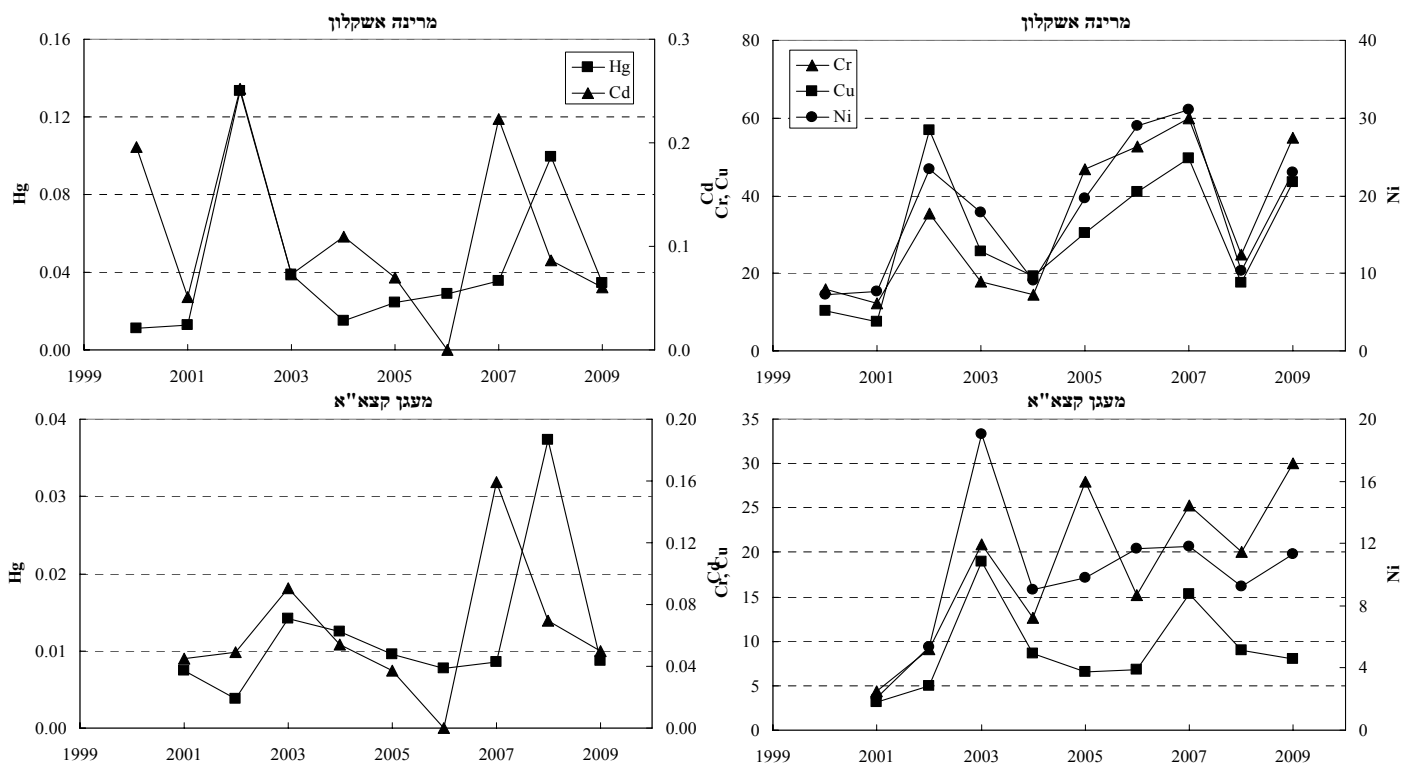
איור 12: ריכוזי TBT בסדימנטים (A) (מיקרוגרם/ק"ג - סקאלה לוגריתמית) והיחס Dibutyltin/Tributyltin (B) בנמלים ובמעגנות בישראל בשנת 2009.



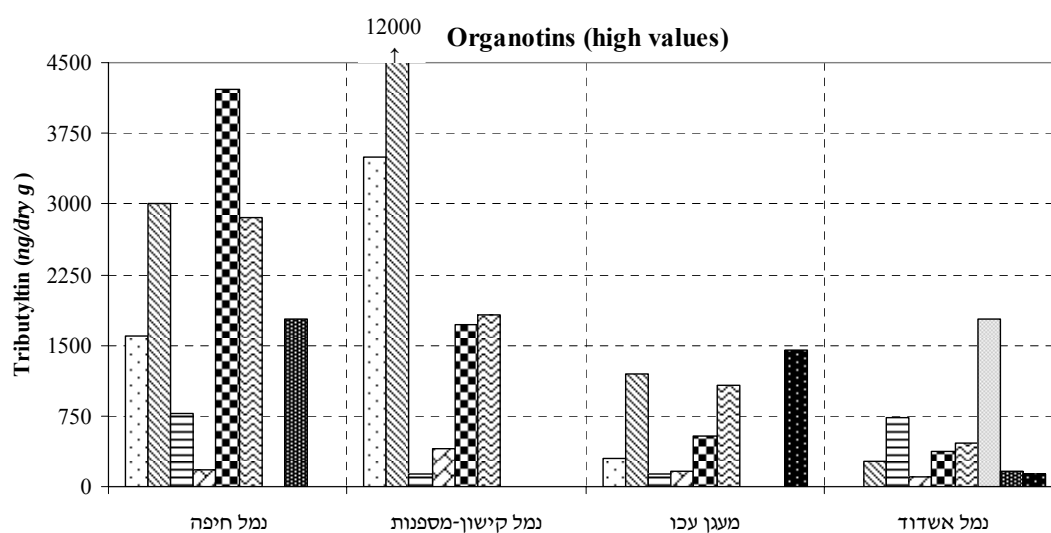
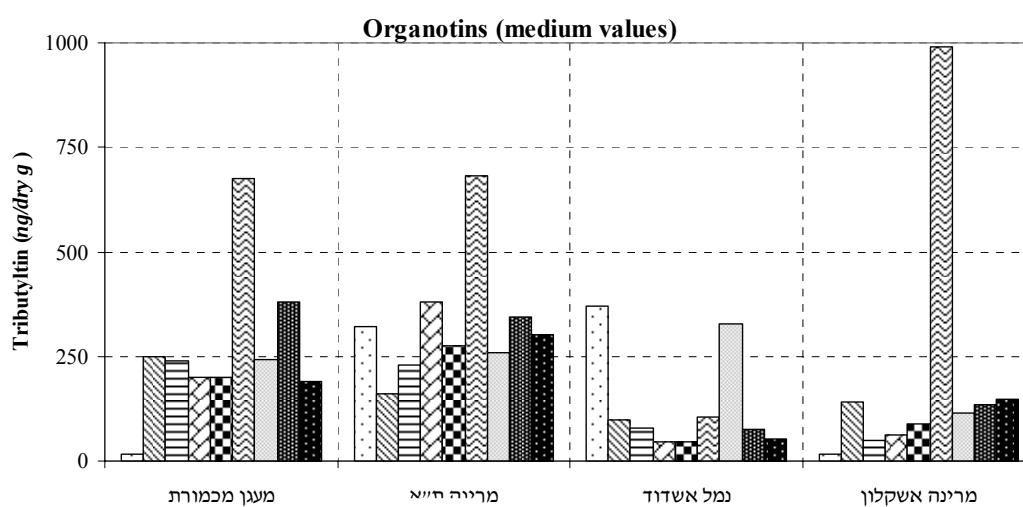
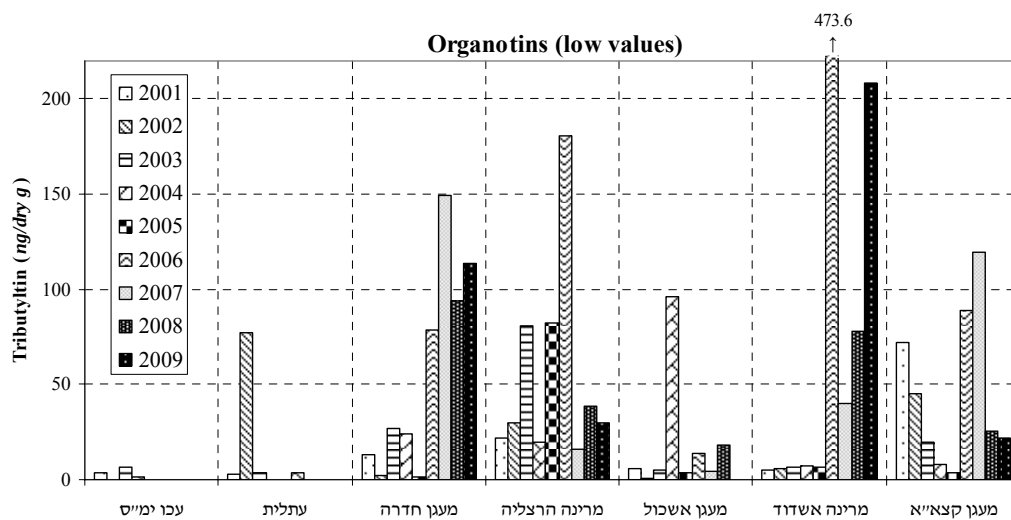
איור 13: מגמות השתנות של ריכוזי מזהמים בסדימנטים בנמלים ומעגנות בשנים 2000 – 2009.
מתכות כבדות (µg/g dry wt.); TBT (ng/g dry wt.); PCB's (µg/g dry wt.).



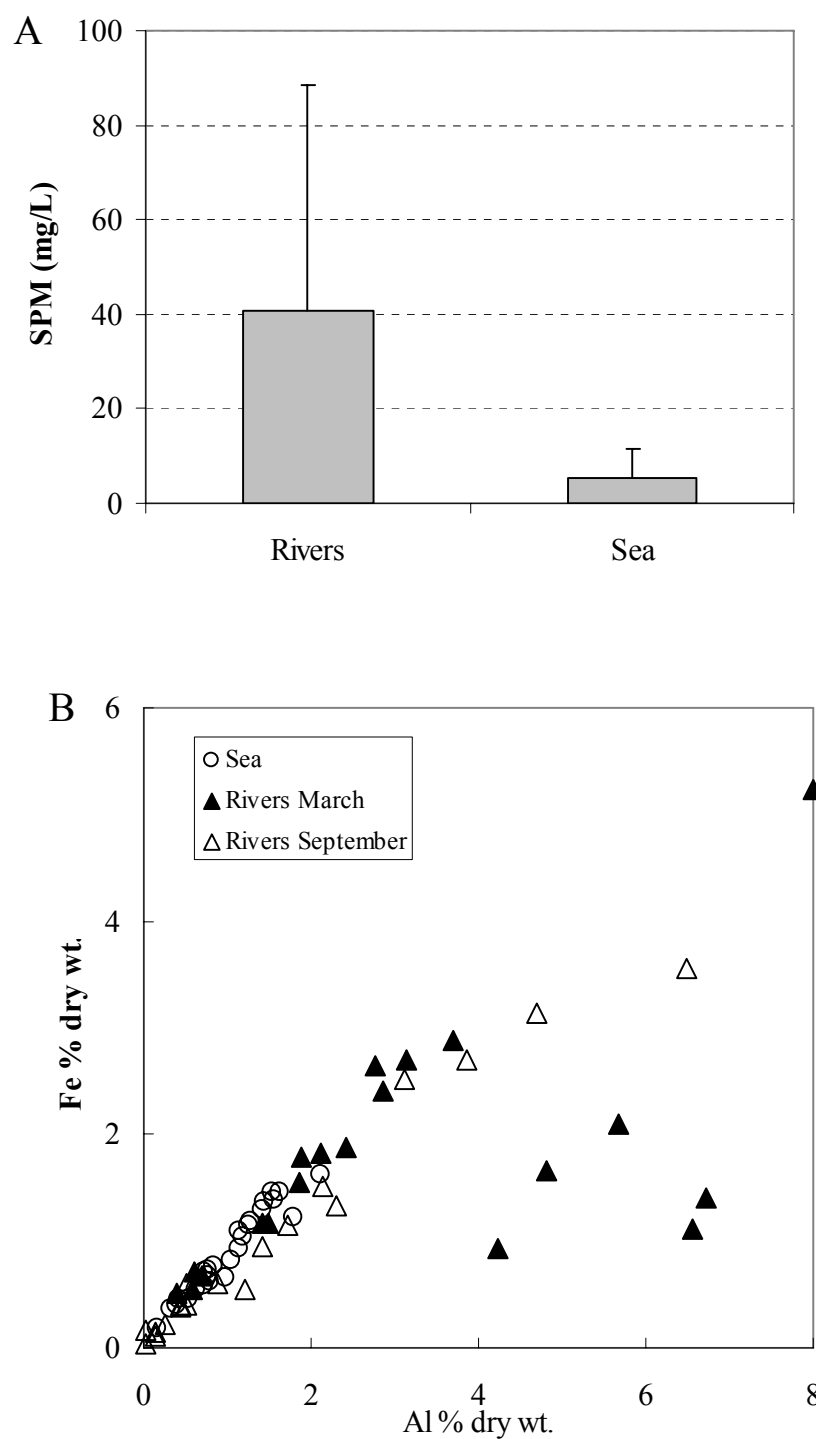
איור 13 : המשך (מתכות כבדות)



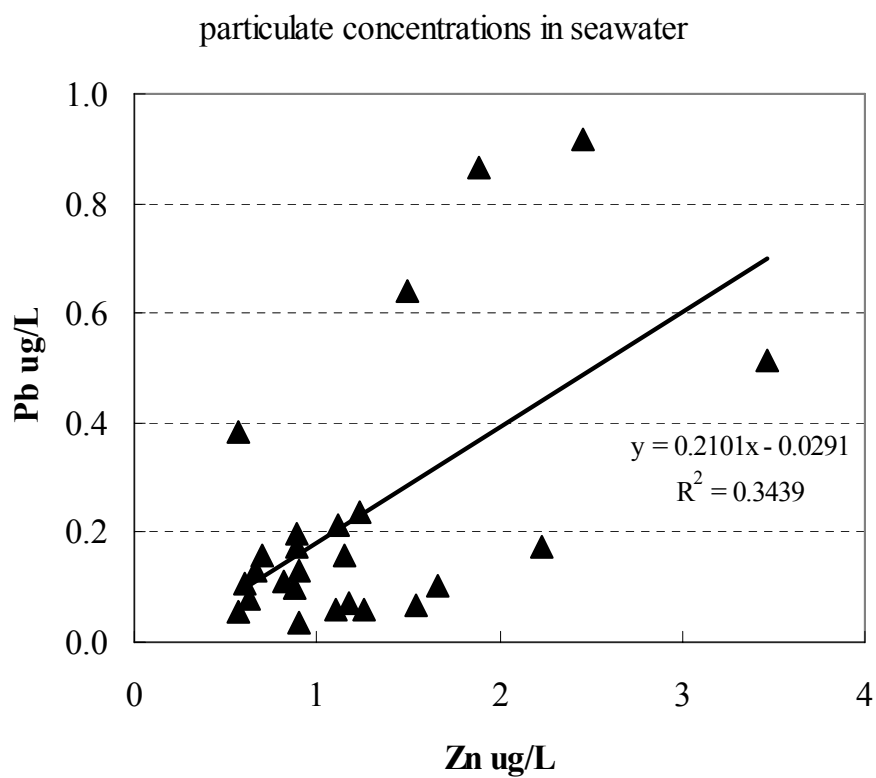
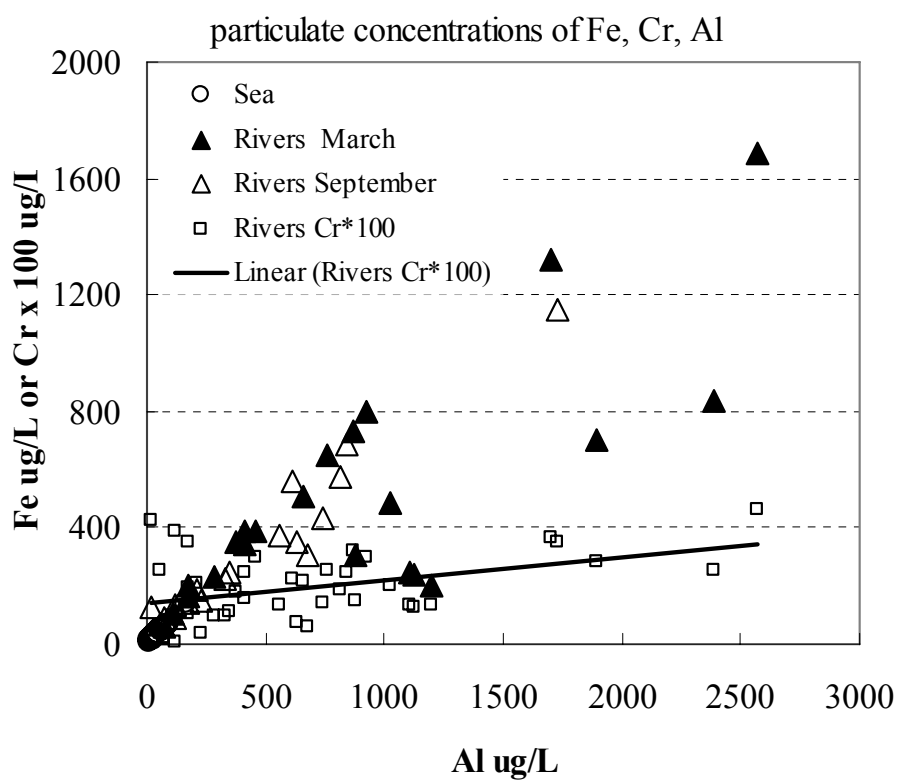
איור 13 : המשך (מתכות כבדות ו PCB's)



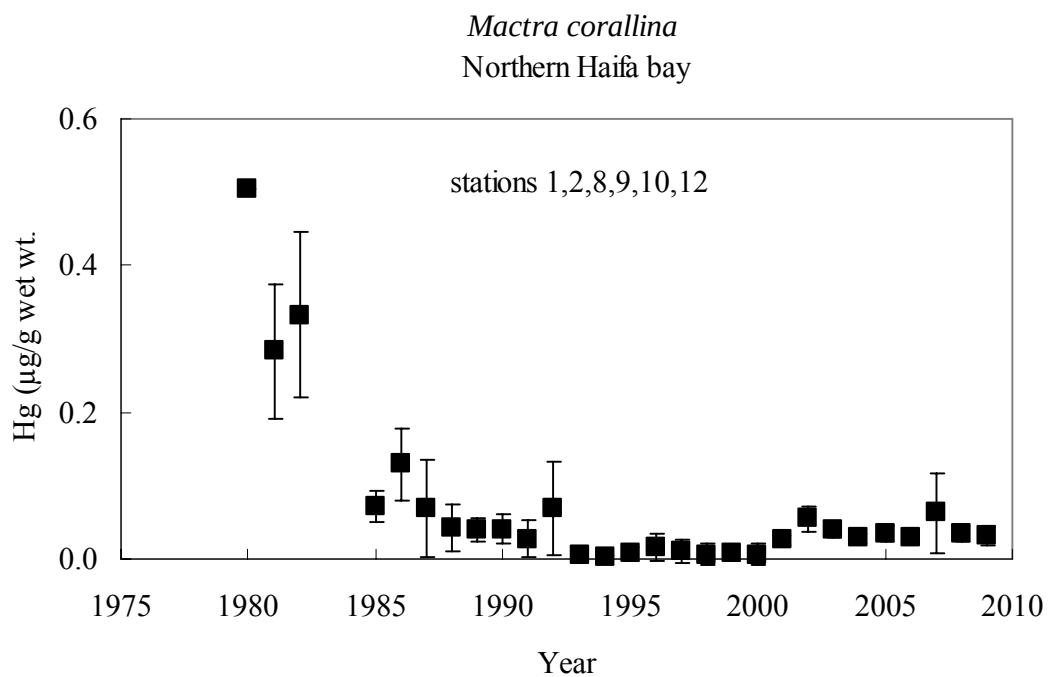
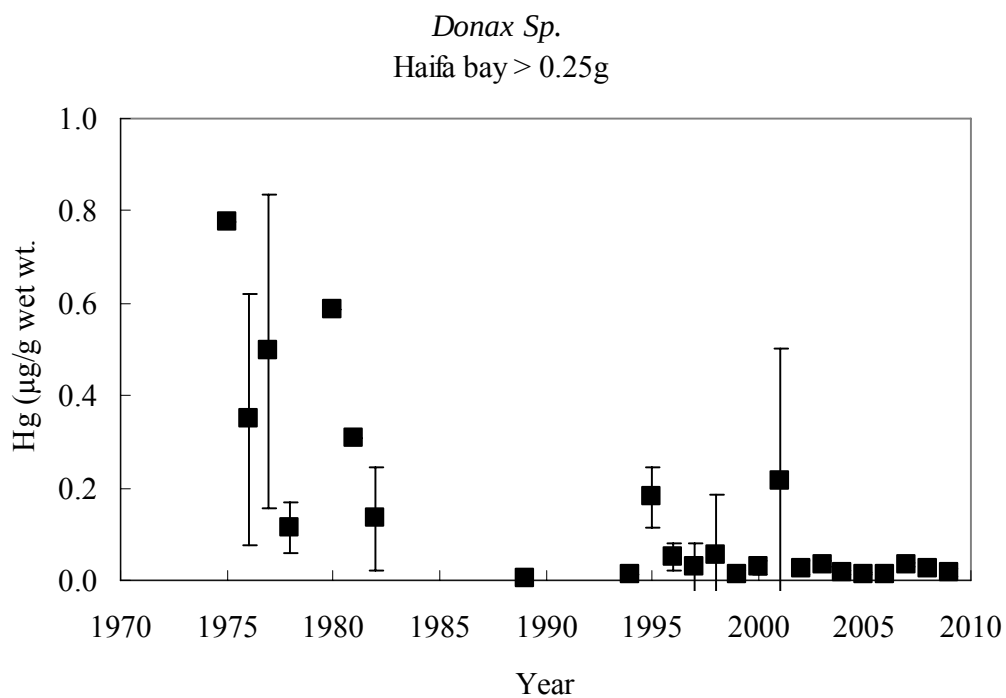
איור 13 : המשך (TBT)



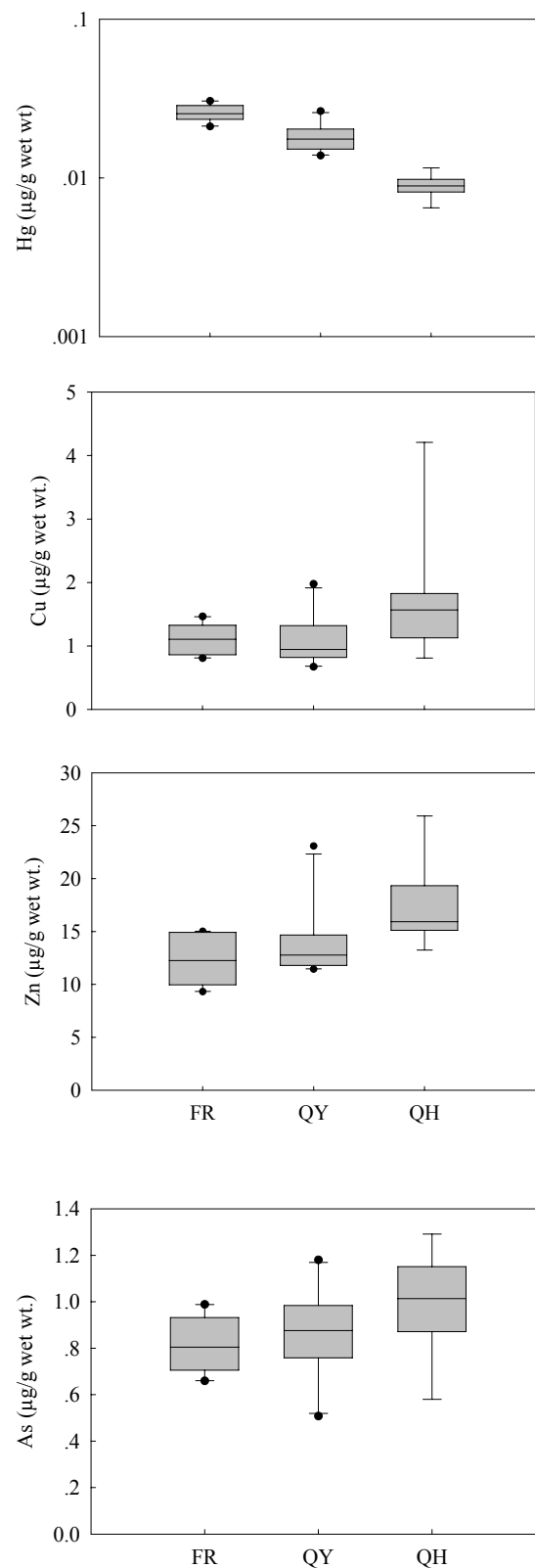
איור 14 : ממוצע וסטיית תקן של ריכוזי החומר המרחף (A) והקשר בין ריכוזי הברזל (Fe) לבין ריכוזי האלומיניום (B) בחומר מרחף בשפכי הנחלים ובמים הרדודים לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2009.



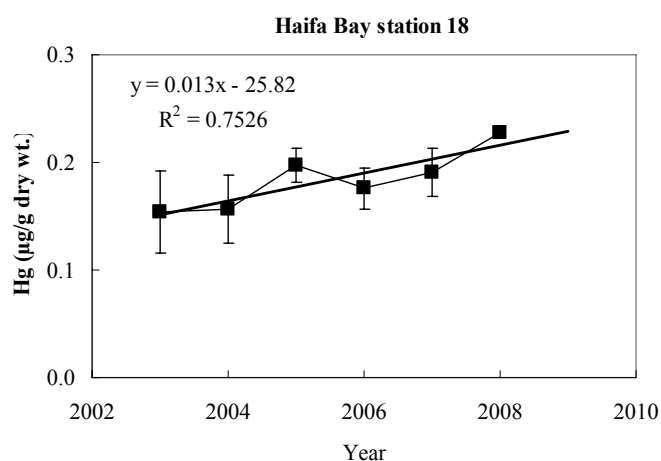
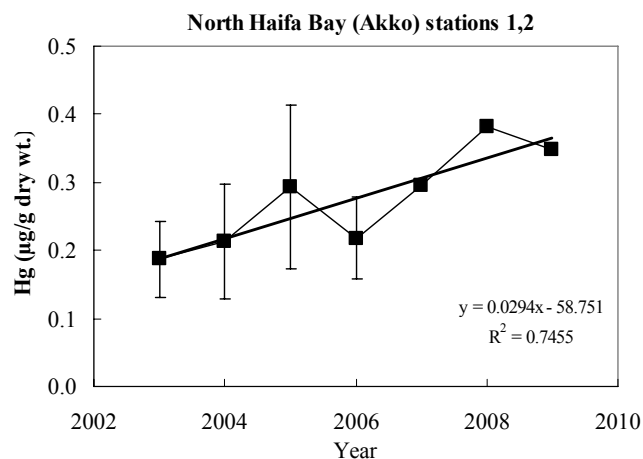
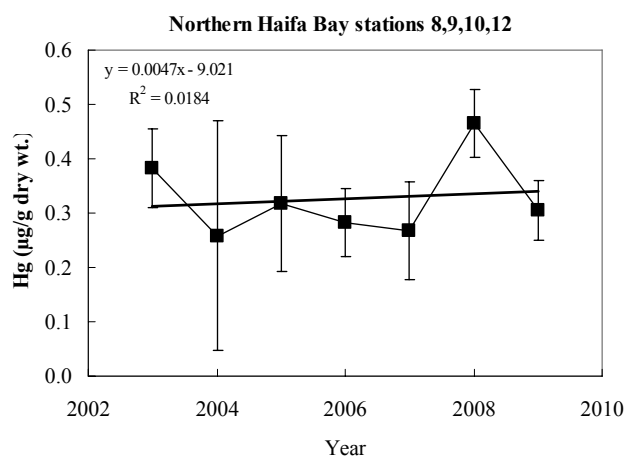
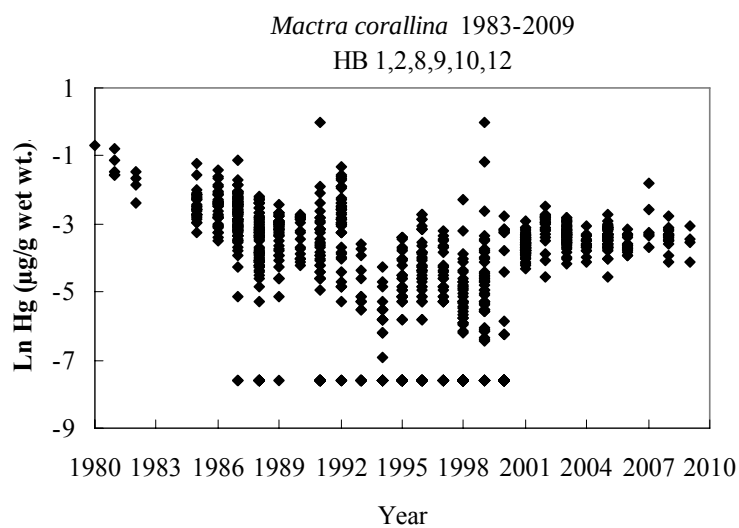
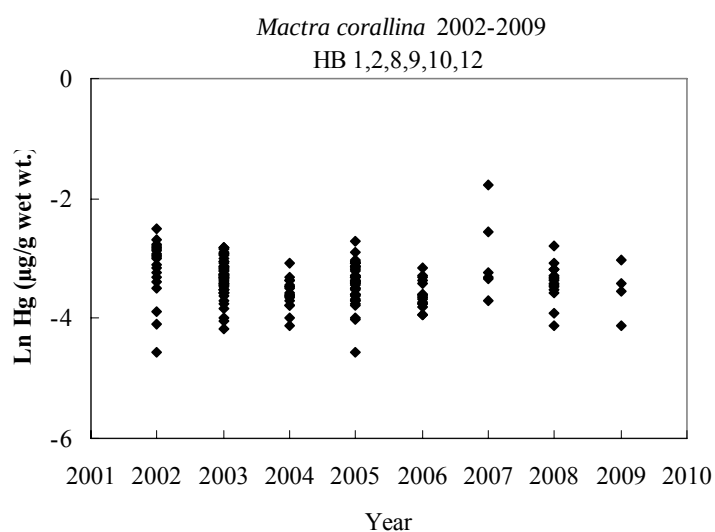
איור 15 : הקשר בין ריכוזים חלקיקיים של מספר מתכות במי נחלים ומי ים שנדגמו ב- 2009.



איור 16: ירידת ריכוזי הכספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ wet wt.) ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) בצדפות ממפרץ חיפה: *Donax sp.* (1975 - 2009); *Mactra corallina* (1980 - 2009).

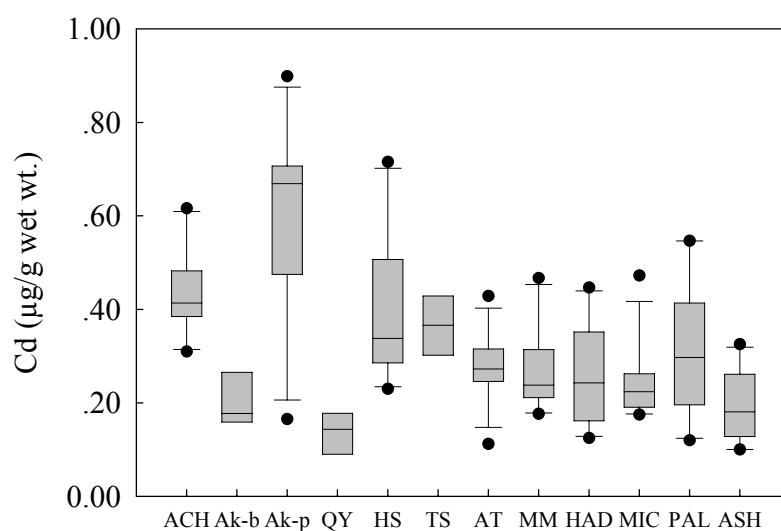
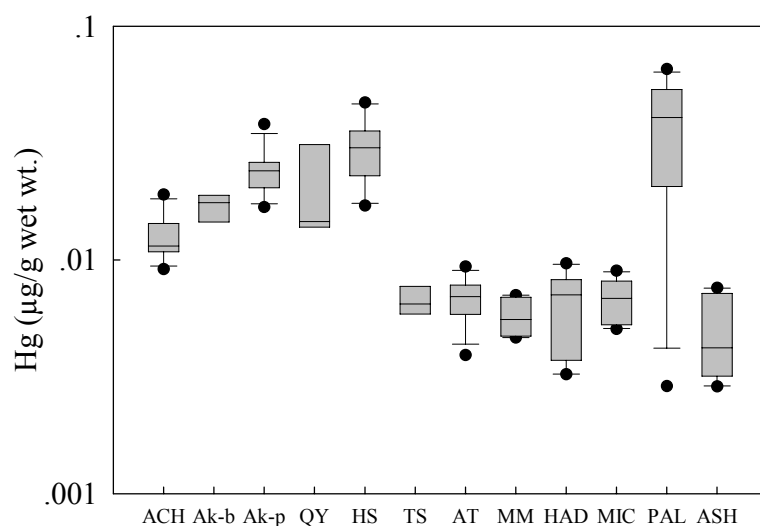


איור 17: דיאגרמות קופסא של ריכוזי כספית, נחושת, אבץ וארסן בצדפה *Donax sp.* מאזורים שונים בשנת 2009. הקופסא כוללת את ערכי 50% מהדוגמאות, הקו האופקי שבתוכה מייצג את ערך החציון, העמודות מייצגות את ערכי ה-10% ו-90% והנקודות - ערכים קיצוניים. (FR=פרוטרום, QY=קריית ים, QH=קריית חיים)



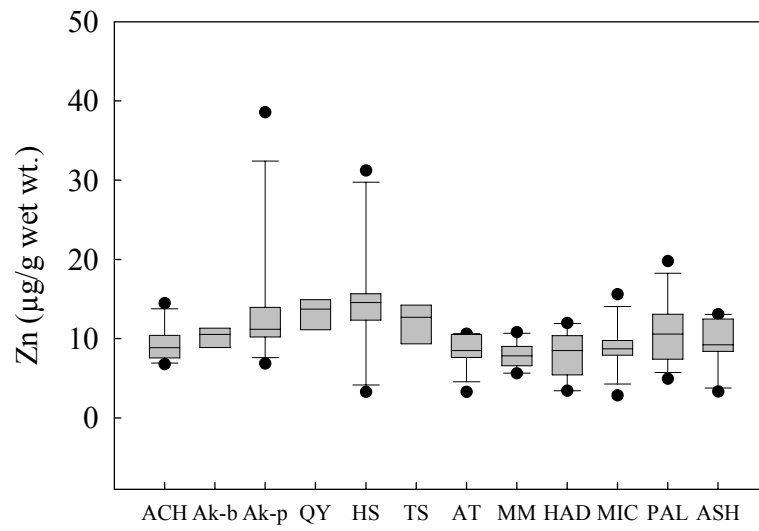
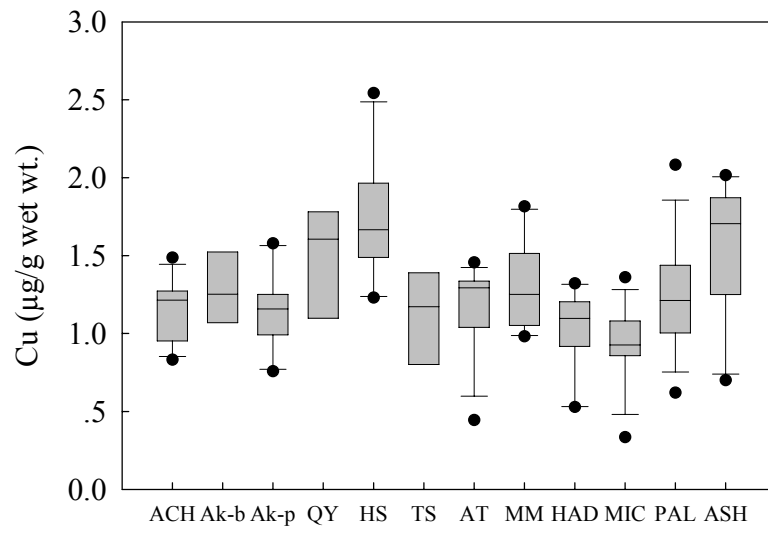
איור 18: שינויים בריכוזי הכספית (סקלה לוגריתמית ורגילה, $\mu\text{g g}^{-1}$ wet wt.) בצדפה *Mactra corallina* בתחנות שונות מצפון מפרץ חיפה בשנים 1980 - 2009.

A

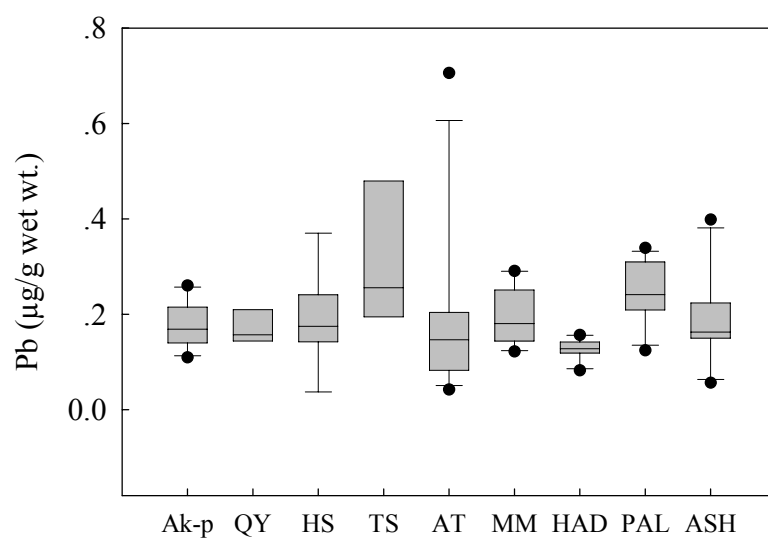
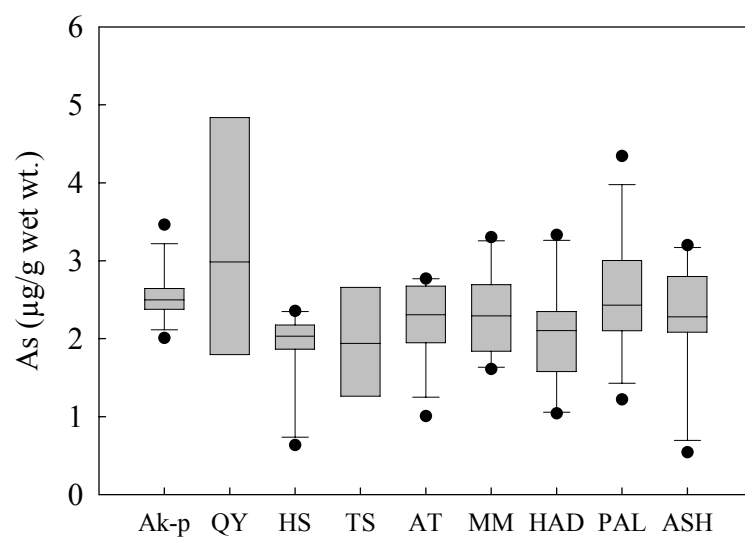


איור 19: דיאגרמות קופסא של ריכוזי כספית וקדמיום (A), נחושת ואבץ (B), עופרת וארסן (C) בחלזון *Patella sp.* שנדגמו לאורך חופי ישראל בשנת 2009. הקופסא כוללת את ערכי 50% מהדוגמאות, הקו האופקי שבתוכה מייצג את ערך החציון, העמודות מייצגות את ערכי ה-10% ו-90% והנקודות - ערכים קיצוניים. (ACH=אכזיב, AK-b=עכו ביוב, AK-p=עכו נמל, QY=קרית ים, TS=תל שקמונה, AT=עתלית, MM=מעגן מיכאל, HAD=חדרה, MIC=מיכמורת, PAL=פלמחים, ASH=מרינה אשדוד).

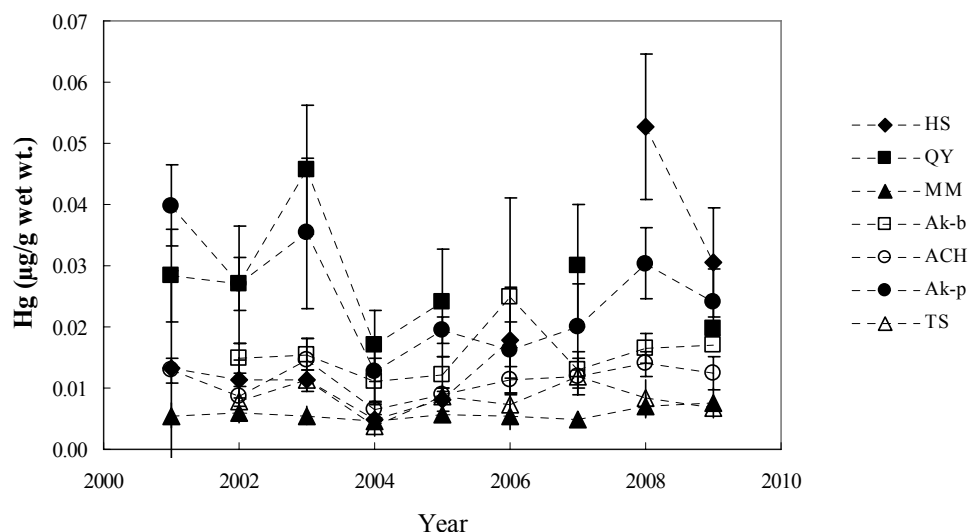
B



C

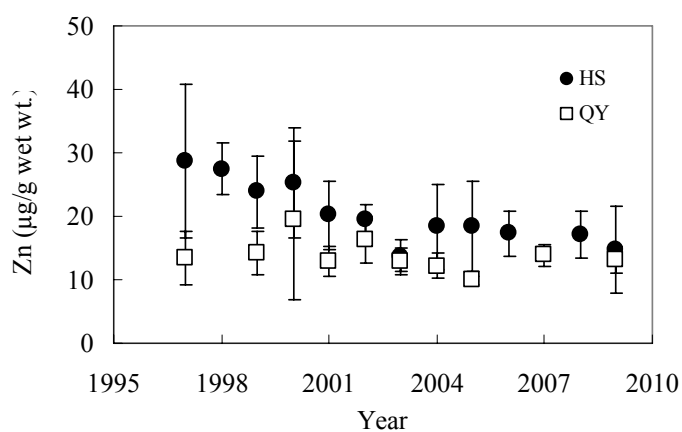
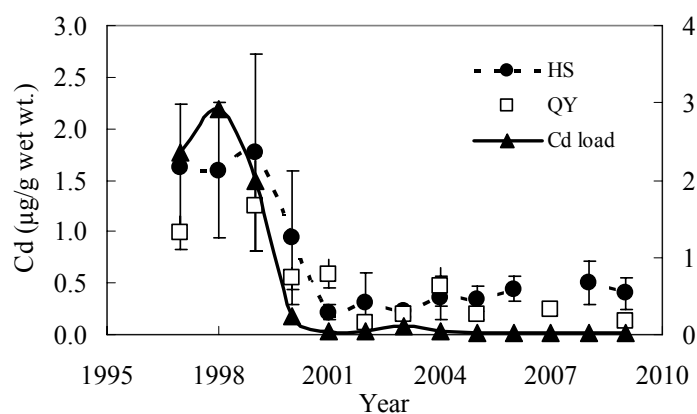


Pattella sp.

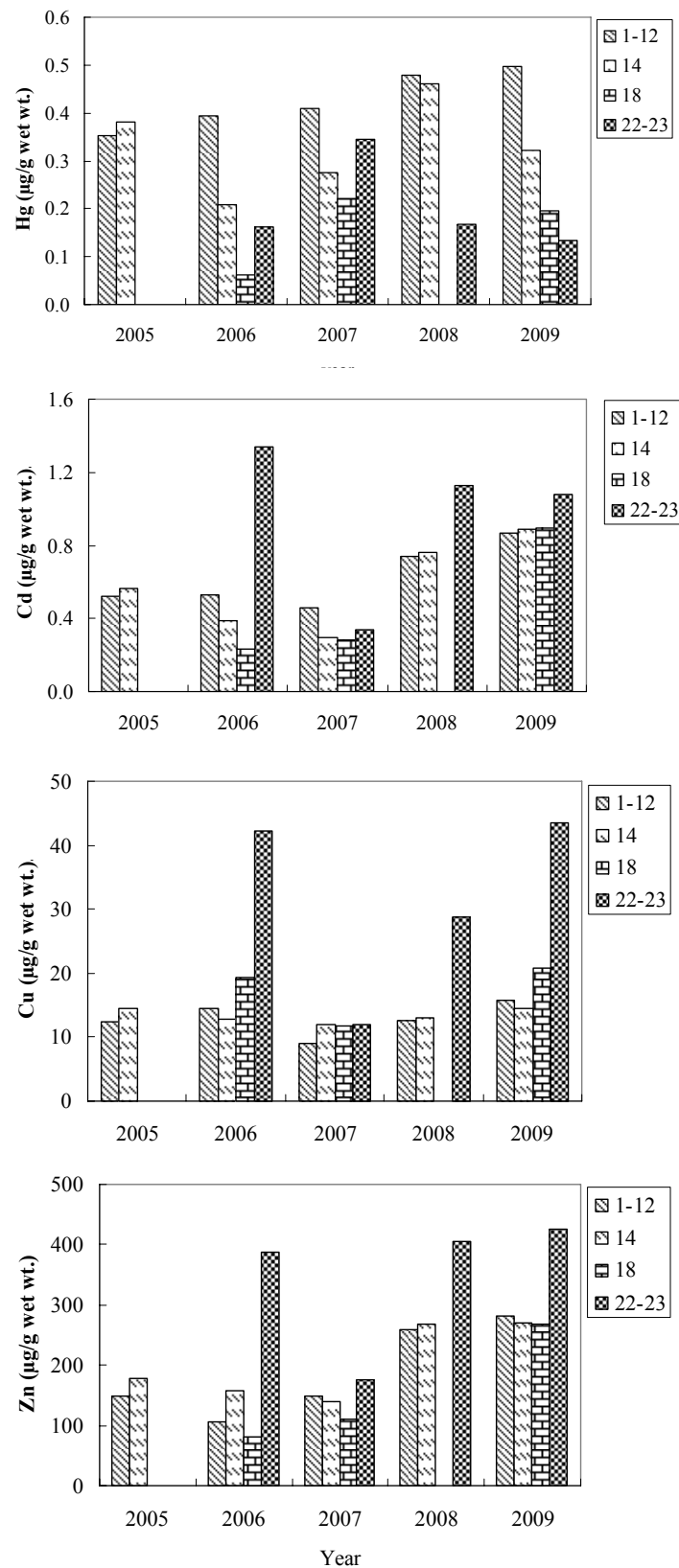


איור 20: שינויים בריכוז הכספית בחלזונות *Patella sp.* באתרים שונים לאורך החוף הצפוני של ישראל בשנים 2001 – 2009.

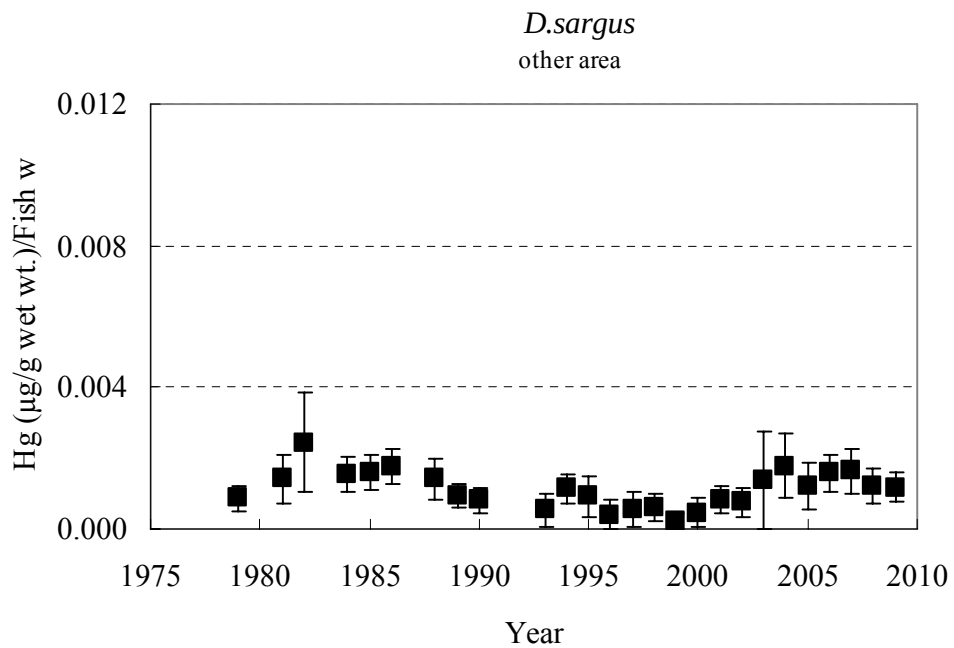
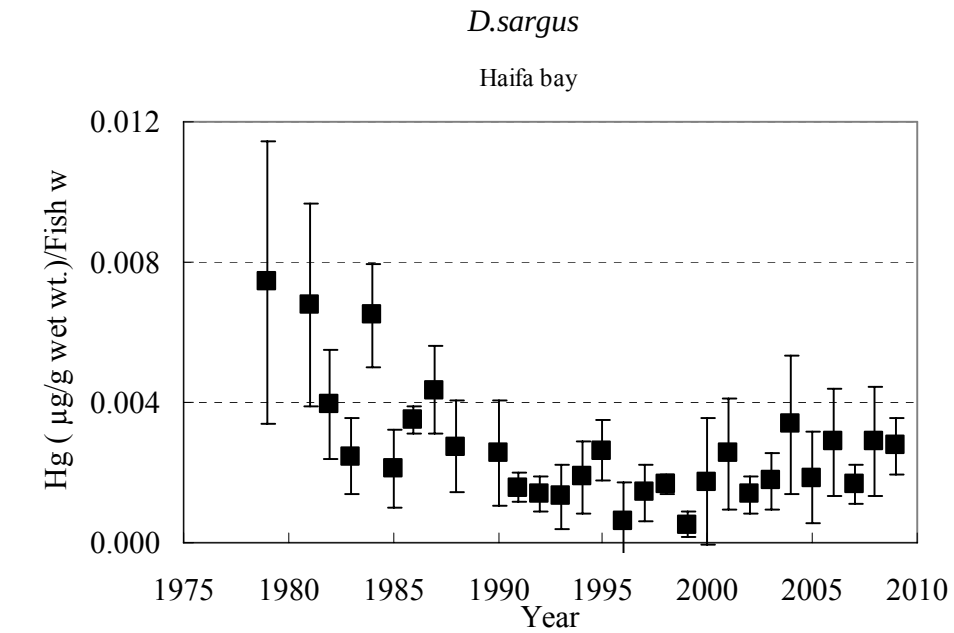
Patella sp.



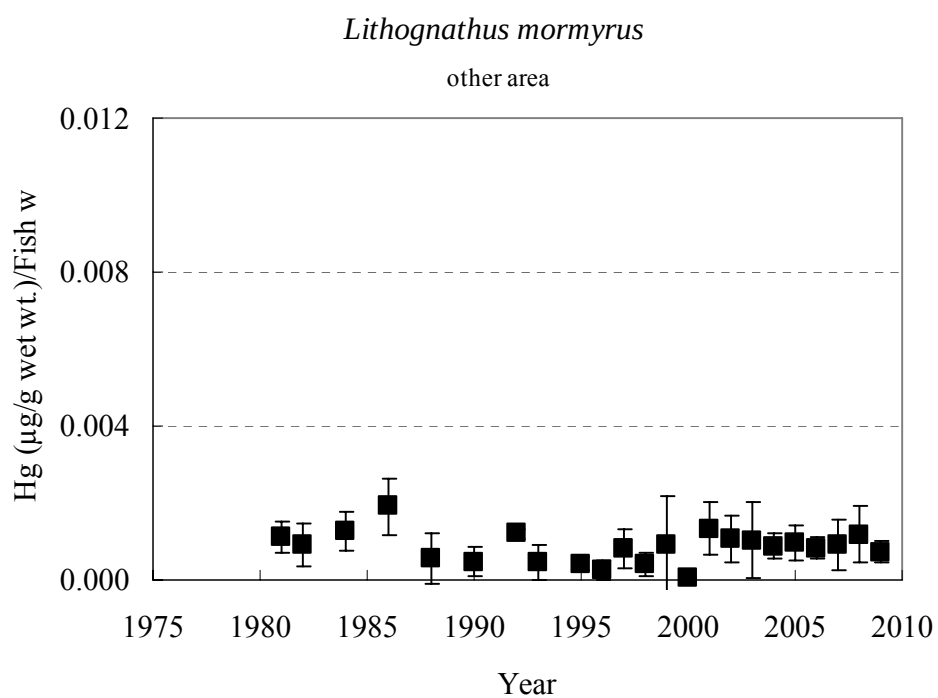
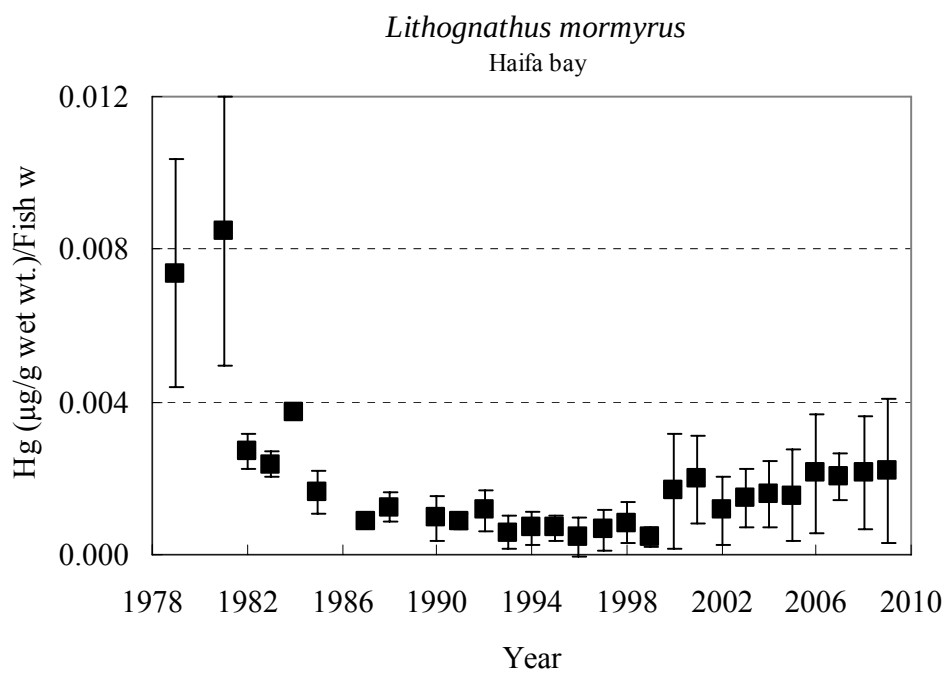
איור 21: ריכוזי קדמיום (A) ואבץ (B) ($\mu\text{g g}^{-1}$ wet wt.) בחלזונות *Patella sp.* מחוף שמן בשפך נחל הקישון (HS) ומקריית ים (QY) בשנים 1997 - 2009. הקו הרציף בגרף A מציג את השינויים בכמויות הקדמיום שהוזרמו במשך השנים לנחל הקישון.



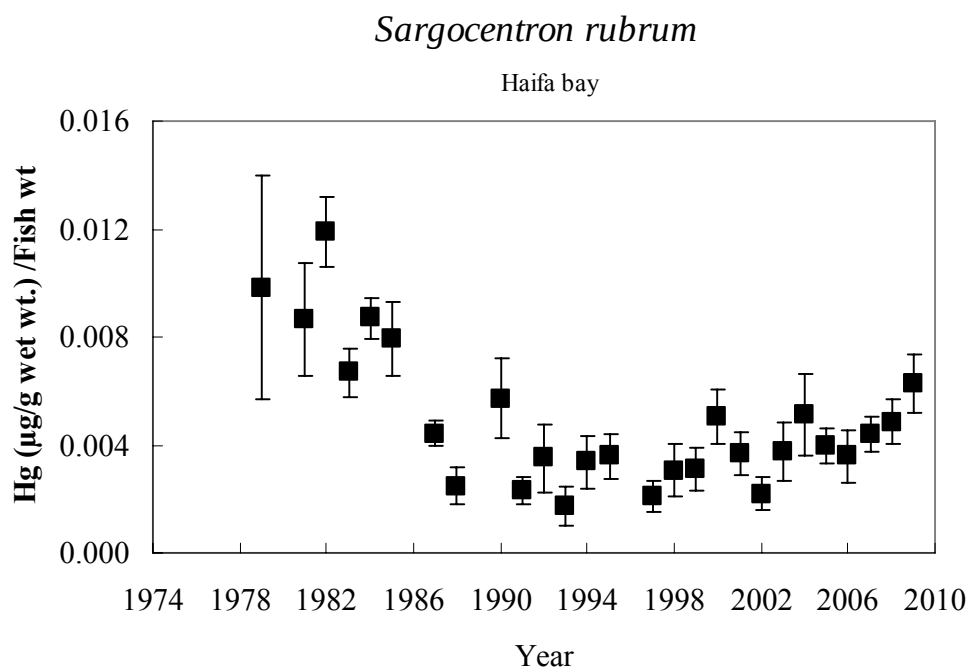
איור 22: השינויים ברכוזי כספית, קדמיום, נחושת ואבץ בחלזון *Arcularia gibosulla* בתחנות השונות של המפרץ בשנים 2005 - 2009



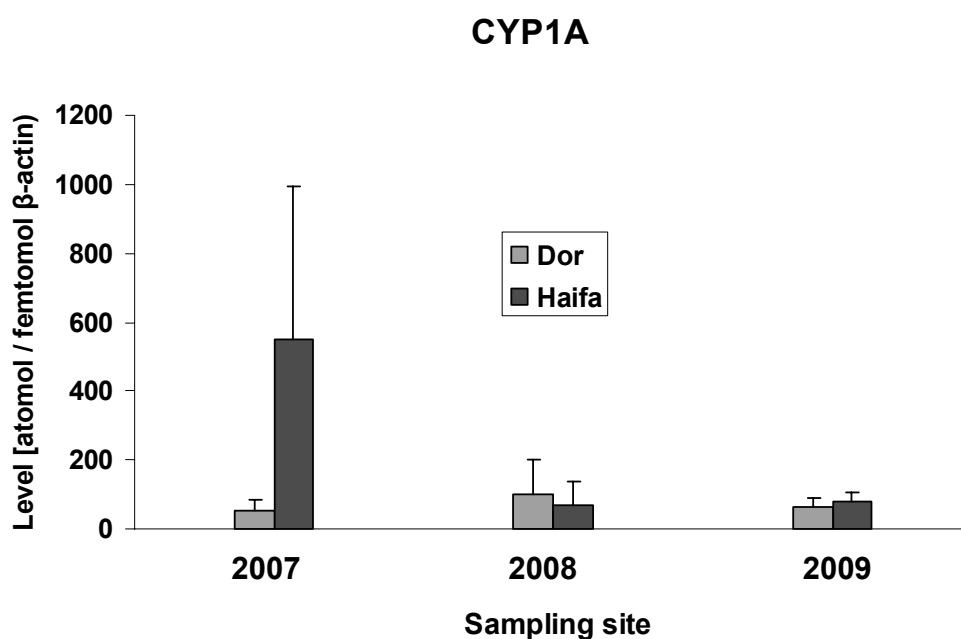
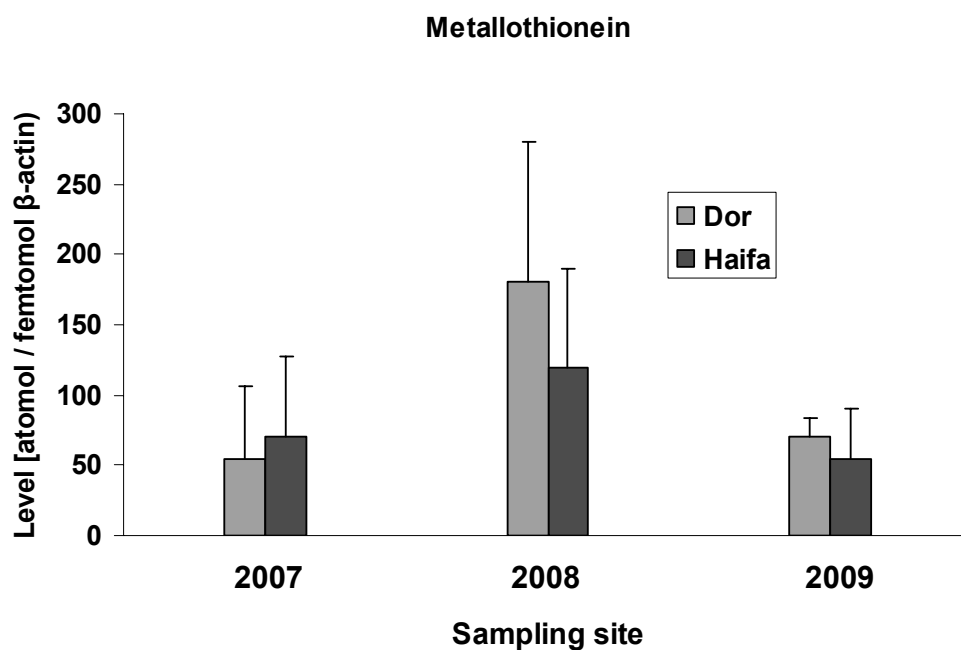
איור 23: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Diplodus sargus* (ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2009.



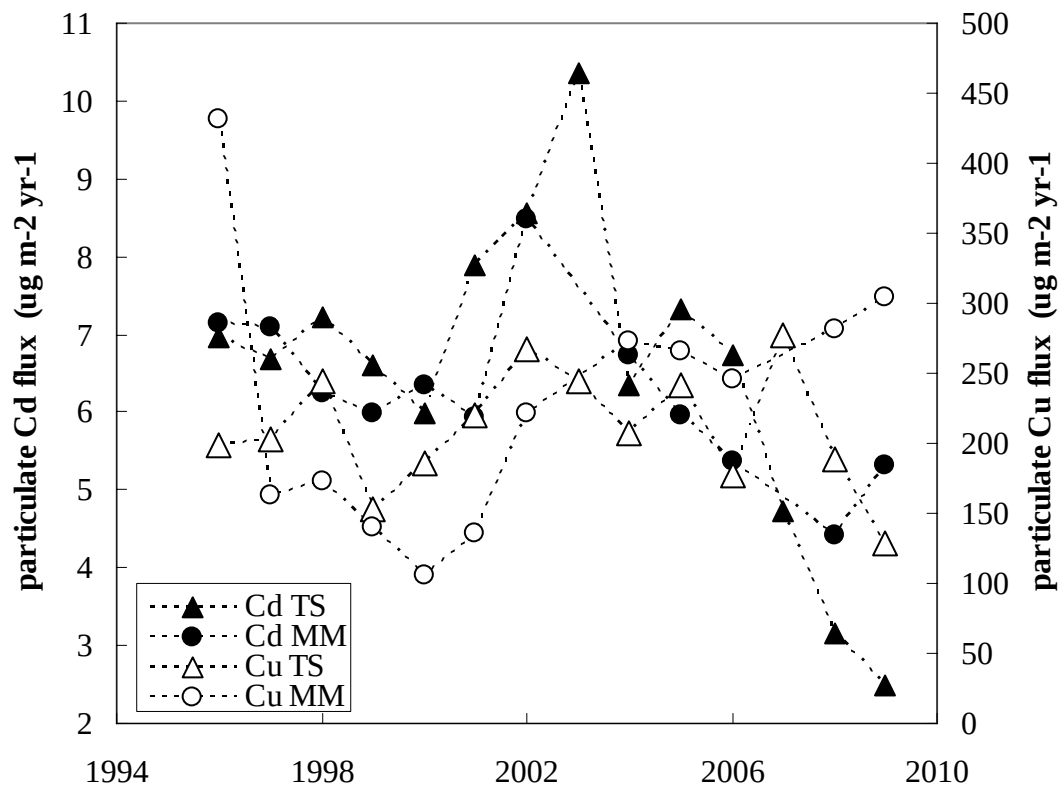
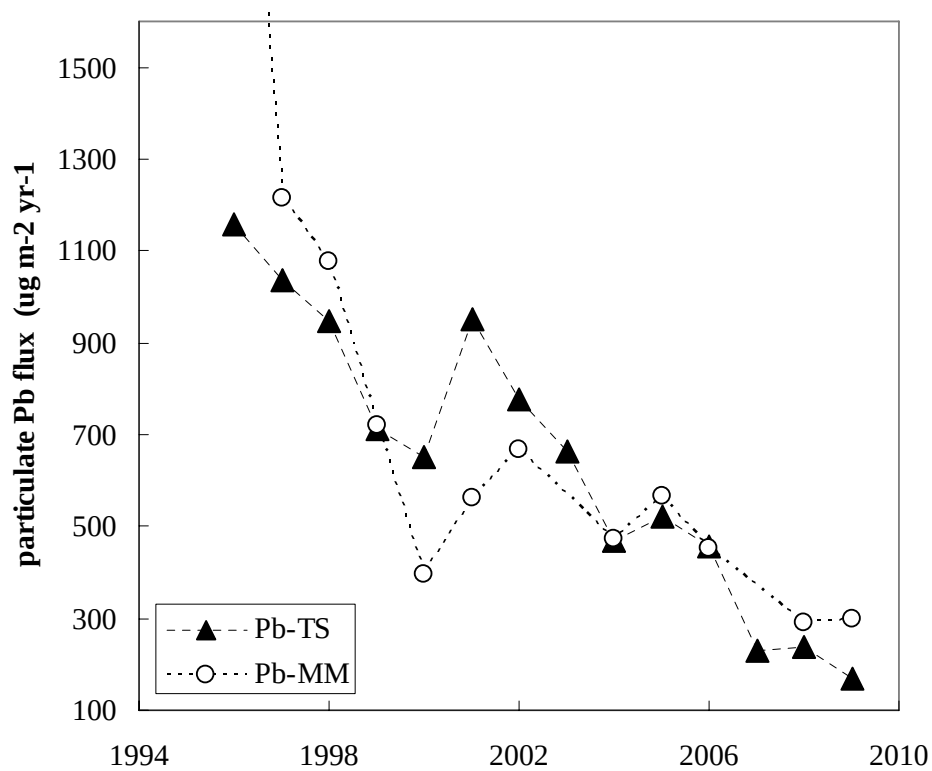
איור 24: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Lithognathus mormyrus* (ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2009.



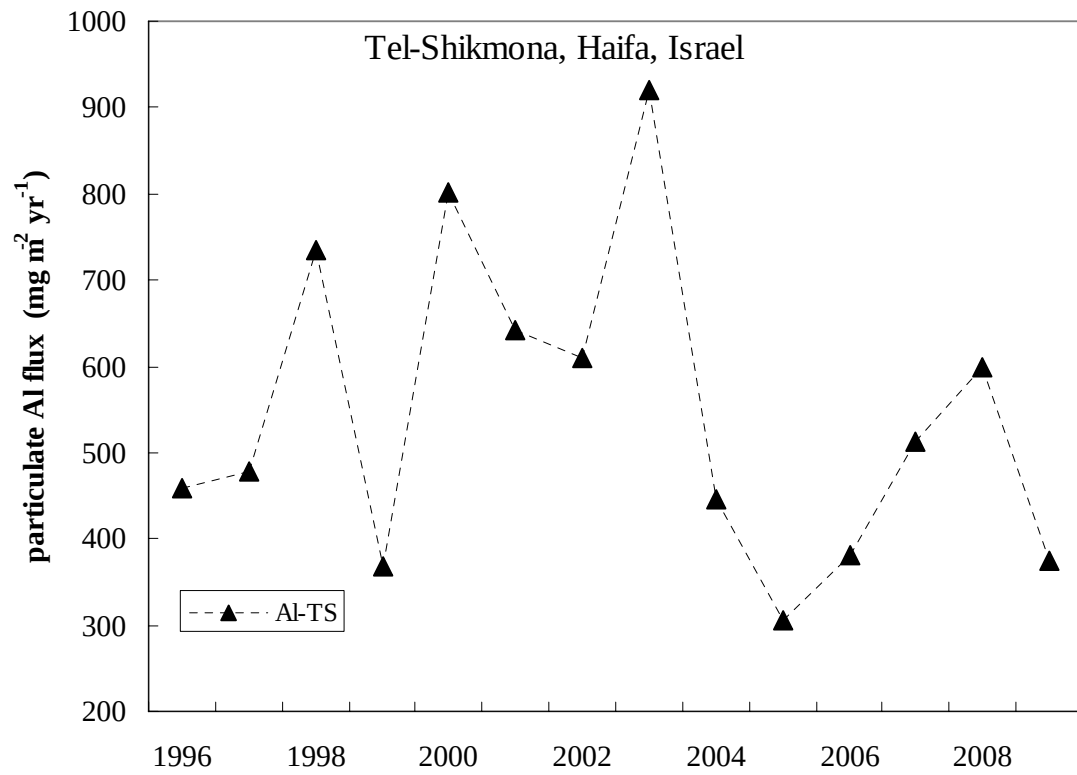
איור 25: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Sargocentron rubrum* (ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) ממפרץ חיפה בשנים 1979 - 2009.



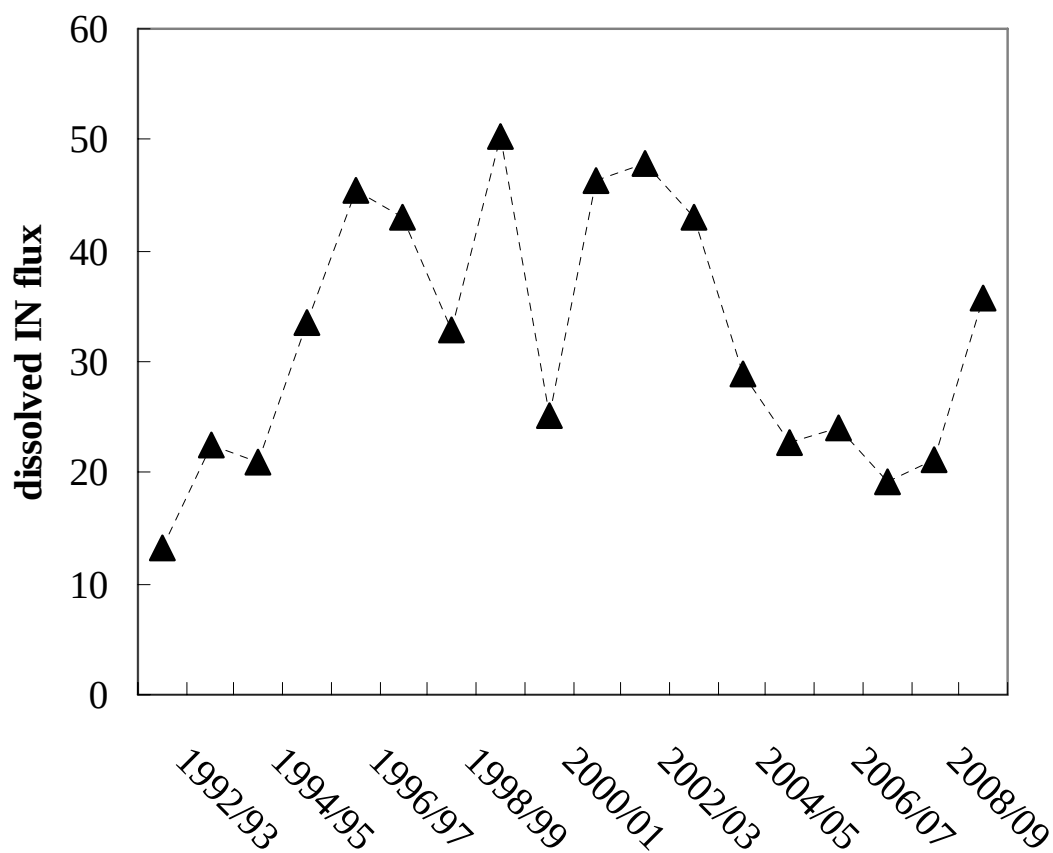
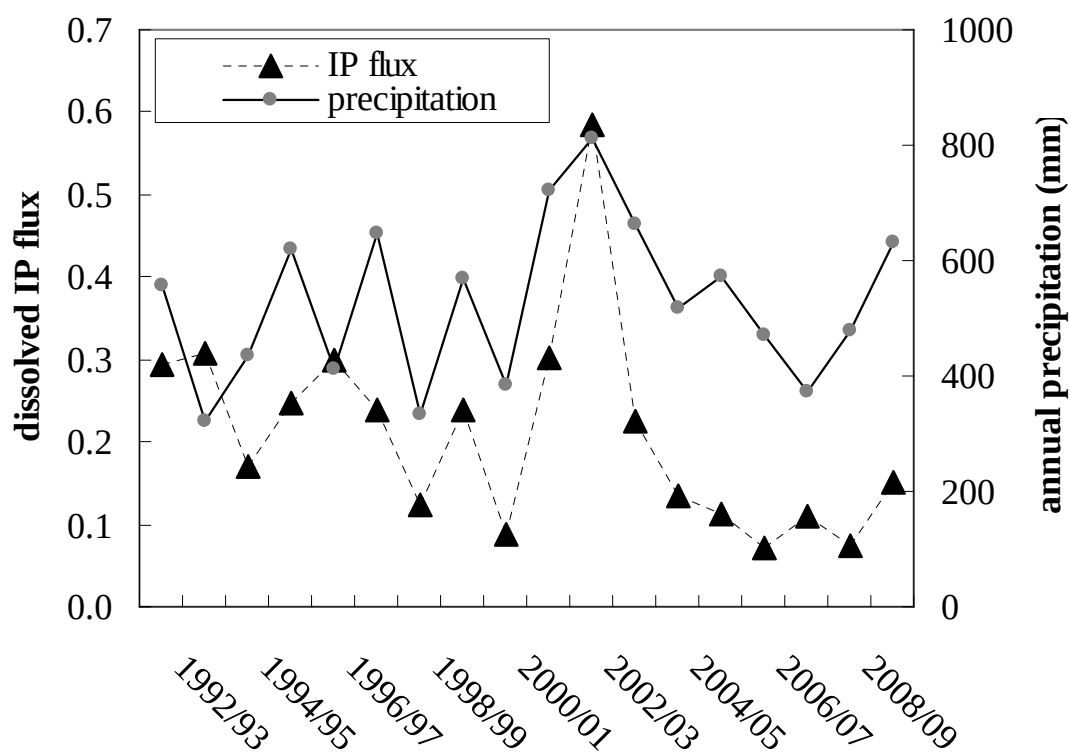
איור 26: רמות התעתיקים של ציטוכרום P4501A (CYP1A) ומטלותריון בכבדי שישן משורטט מאתרי הדיגום במפרץ חיפה ובחוף דור בשנים 2007-2009. * - מצינת הבדל משמעותי סטטיסטית בין שתי התחנות (t-test; $p < 0.05$). הסברי המונחים בגרפים נמצאים במילון המונחים (נספח 7).



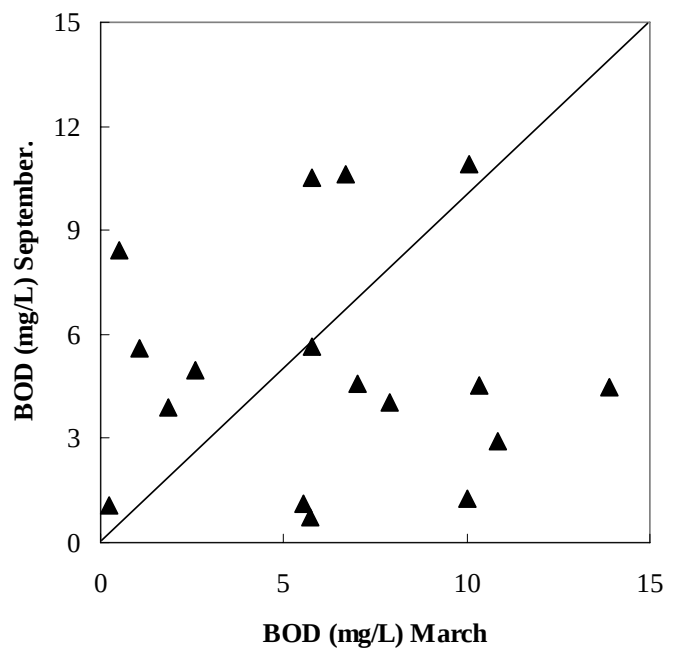
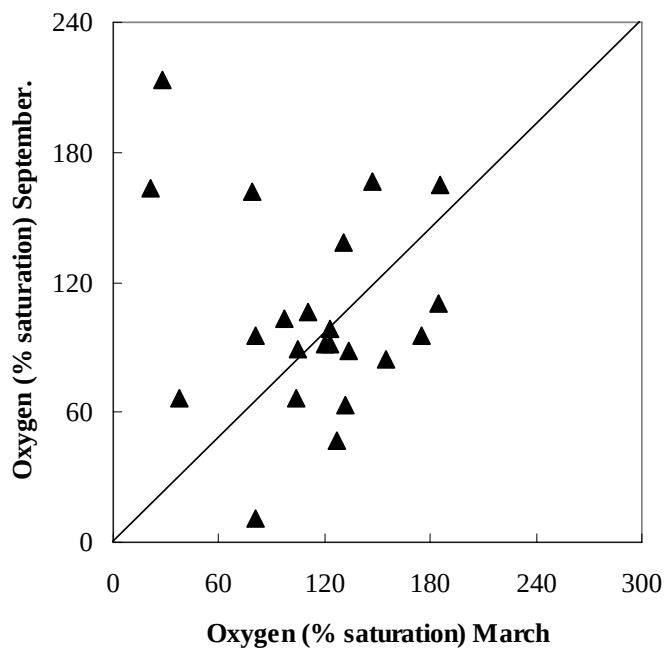
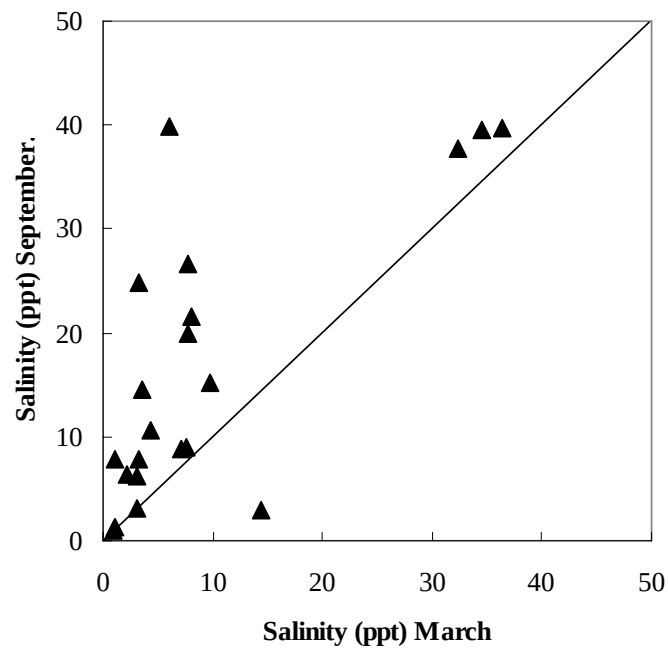
איור 27: שטפים יבשים של עופרת, קדמיום, נחושת ואלומיניום בתל-שקמונה (TS) בשנים 1996 - 2009; הערכות המבוססות על דיגום של כרבע מימי השנה.



איור 27 : המשך

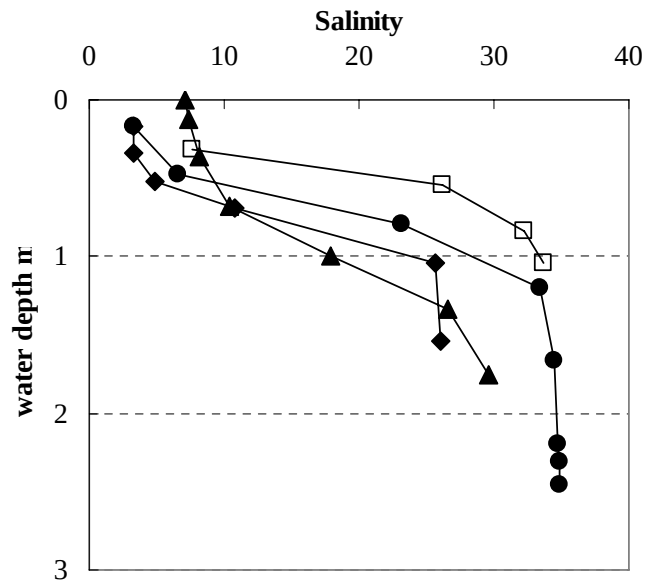
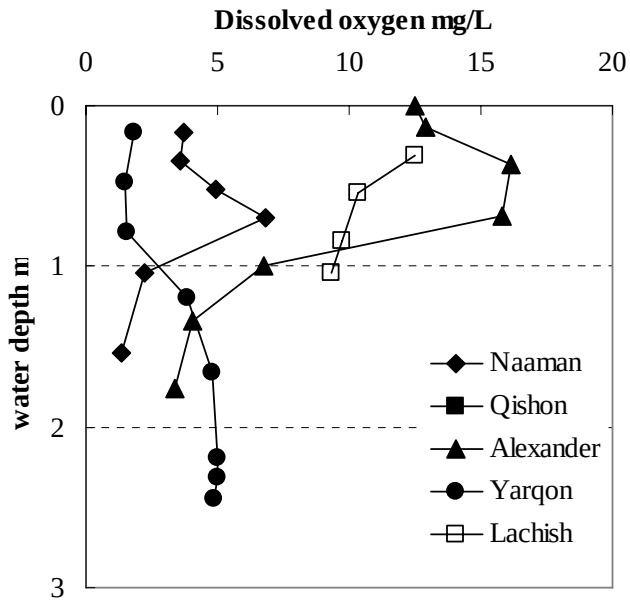


איור 28: שטפים של זרחן אי אורגני (IP) וחנקן אי אורגני (IN) מומסים במי גשם (mmol m⁻² yr⁻¹) בתל-שקמונה בשנים 1992 – 2009. מוצג הקשר בין השטפים לכמות המשקעים השנתית בנמל חיפה (השירות המטאורולוגי).

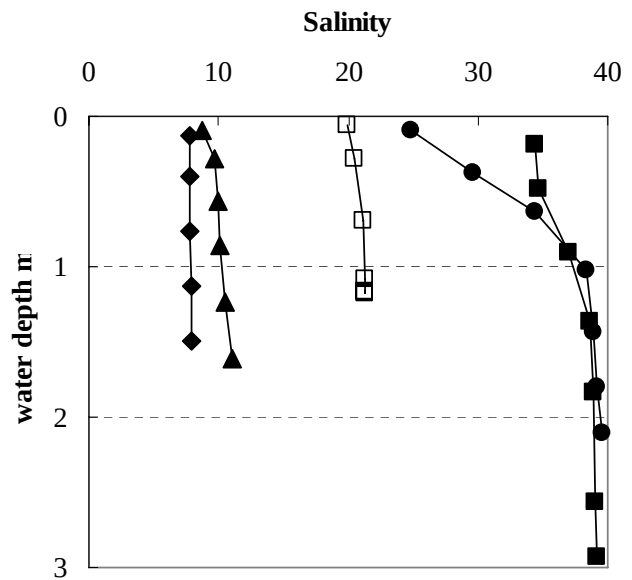
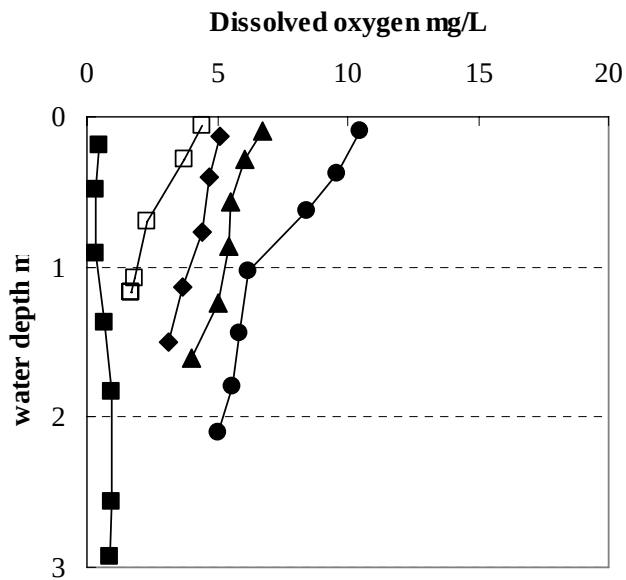


איור 29: הקשר בין ערכי מליחות, אחוז הרוויה בחמצן וצריכת חמצן ביולוגית (BOD) בדיגום ספטמבר לדיגום מרץ בשפכי הנחלים בשנת 2009.

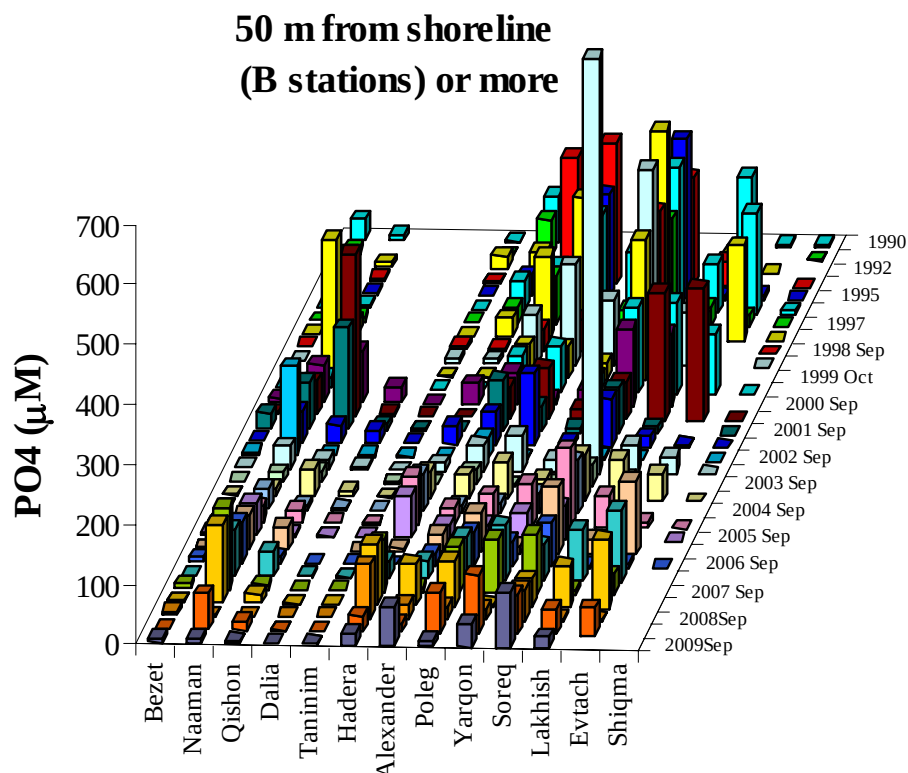
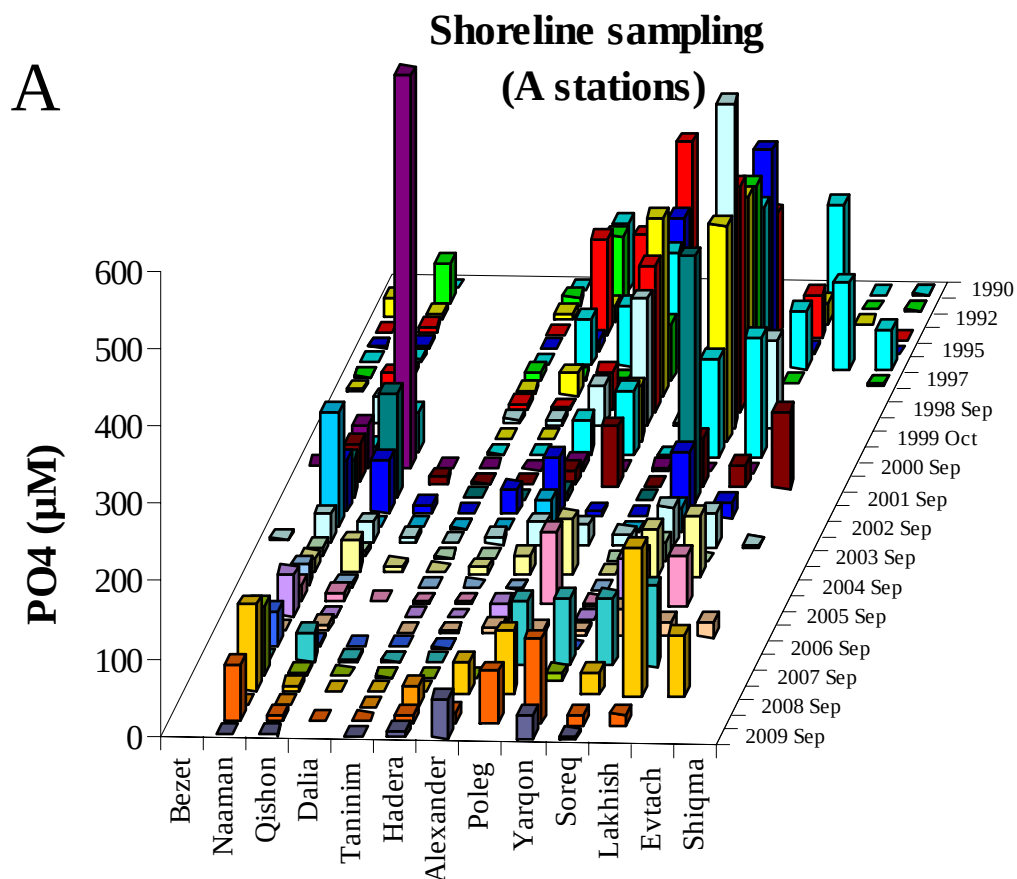
מרץ 2009



ספטמבר 2009

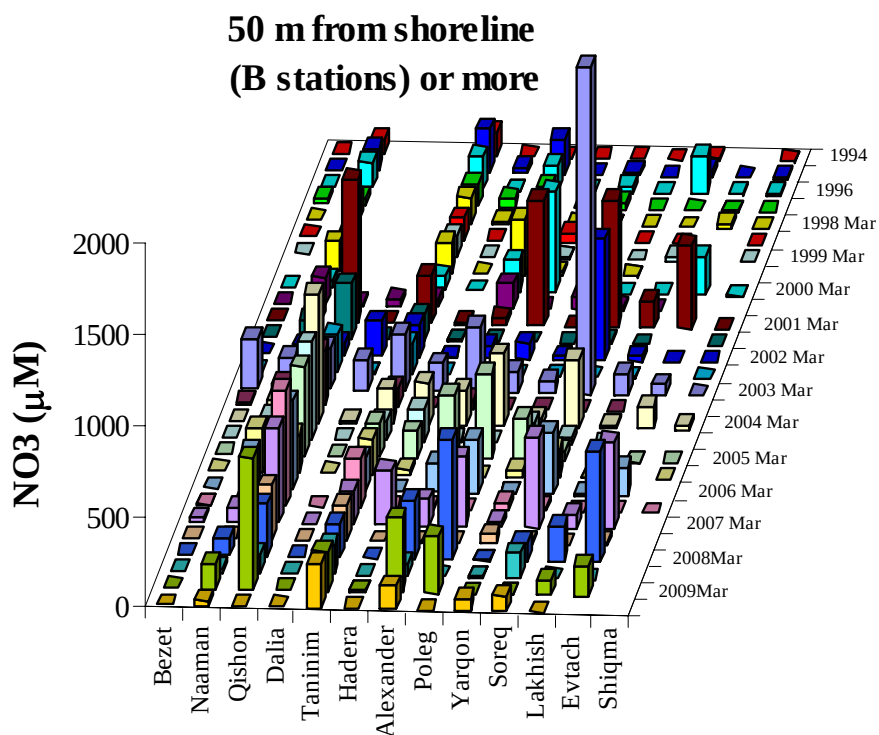
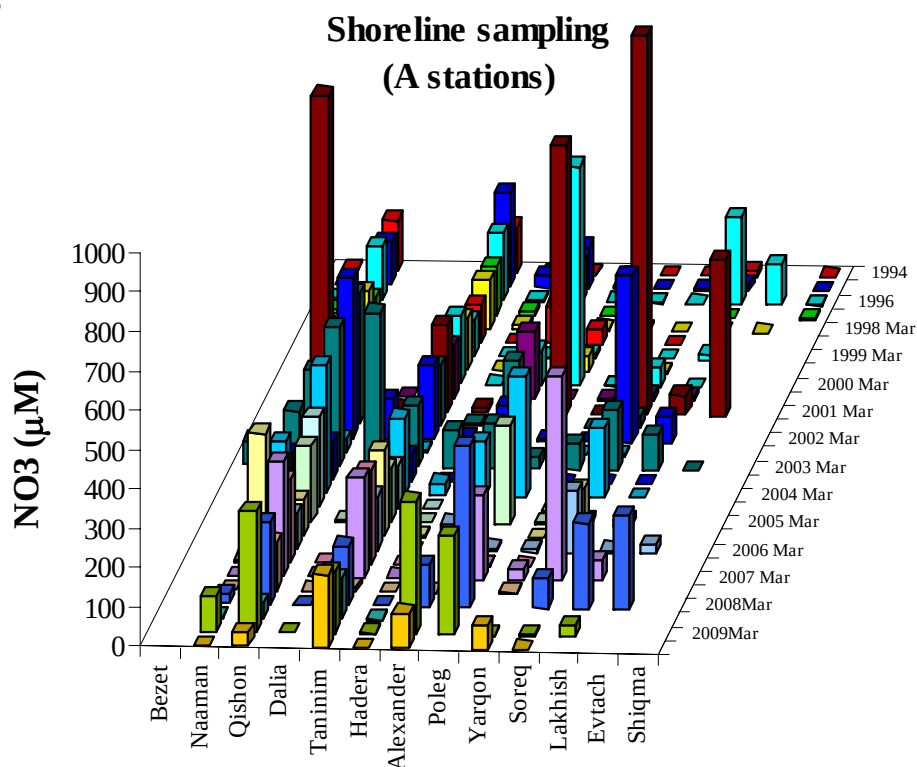


איור 30 : פרופילי עומק של חמצן ומליחות בשפכי הנחלים נעמן, קישון, אלכסנדר, ירקון ולכיש במרץ וספטמבר 2009.



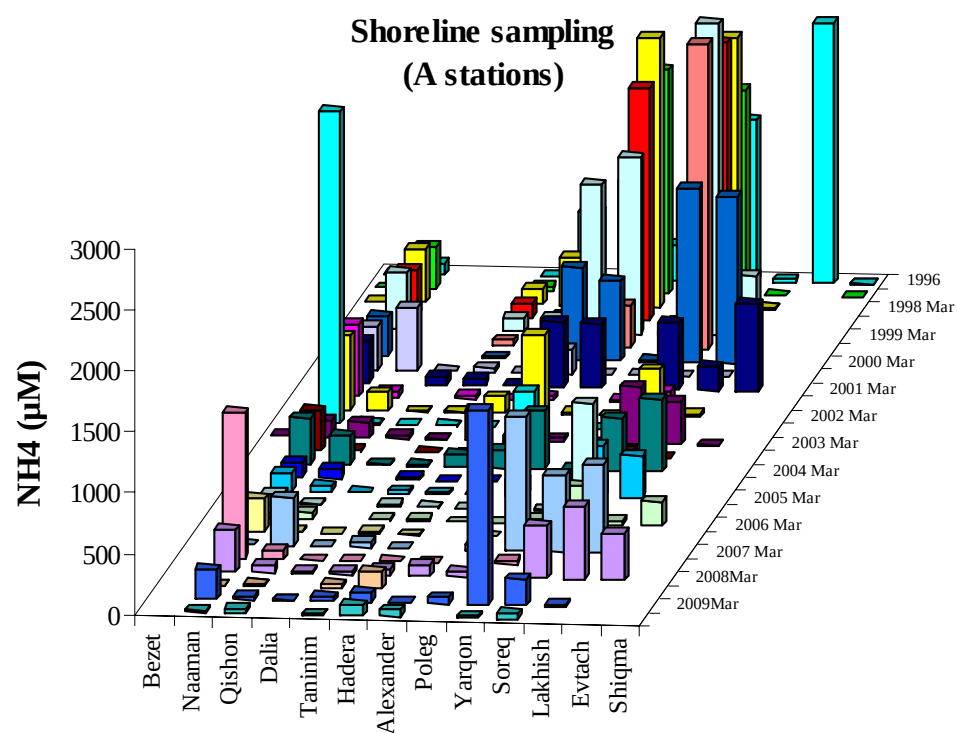
איור 31: ריכוזי פוספט (A), ניטראט (B) ואמוניום (C) במים בשפכי נחלי החוף הים התיכון בשנים 1990 – 2009 (מרץ וספטמבר).

B



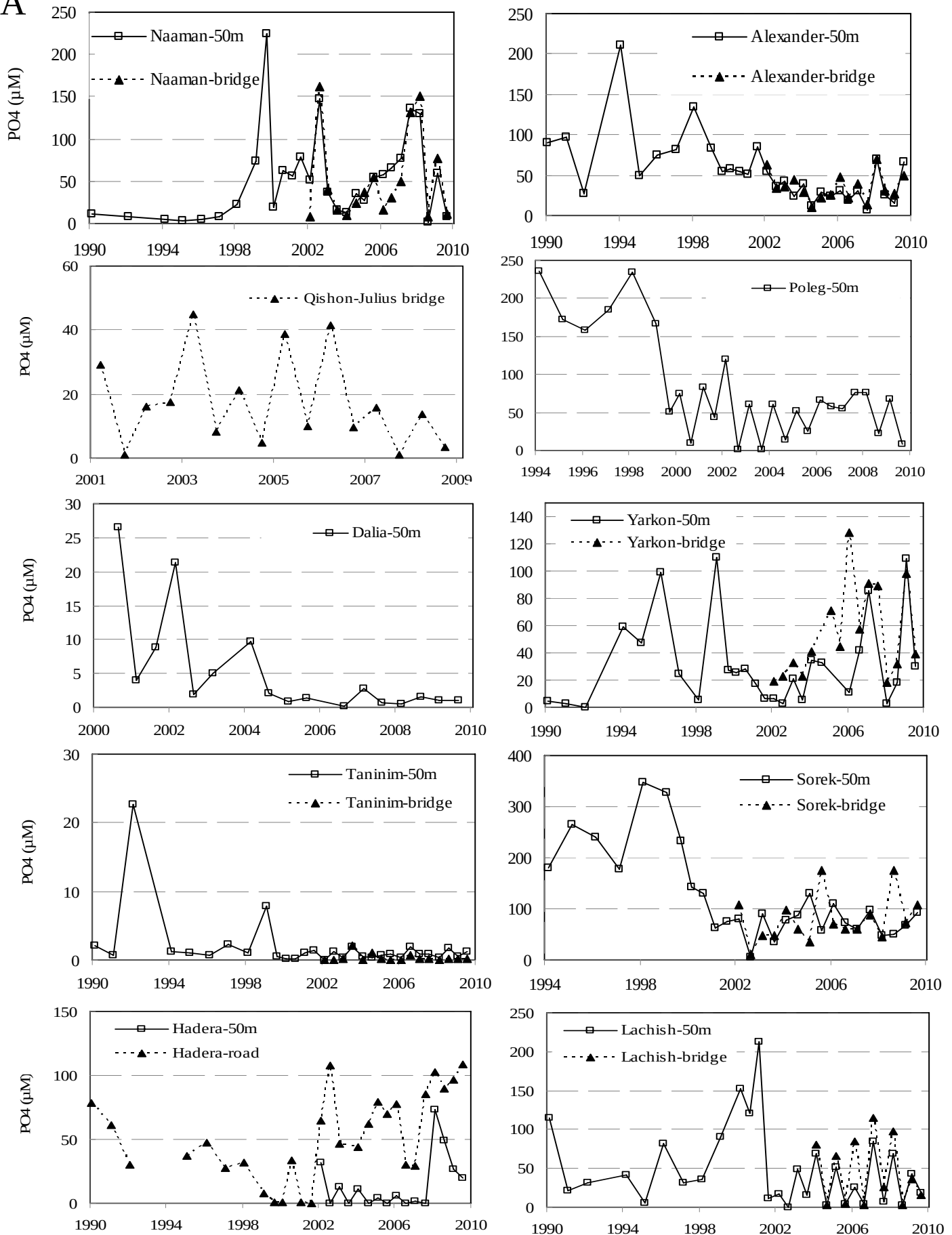
איור 31 : המשך

C

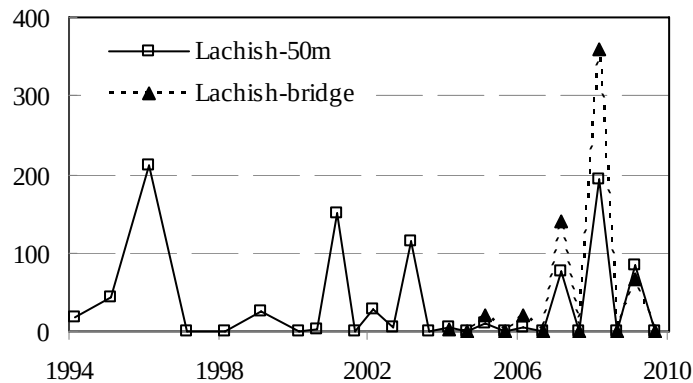
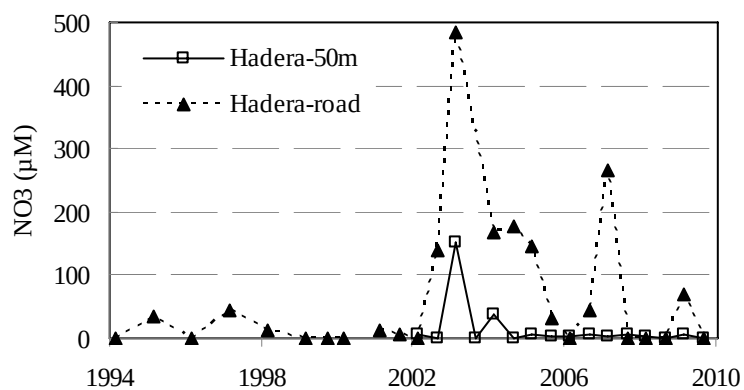
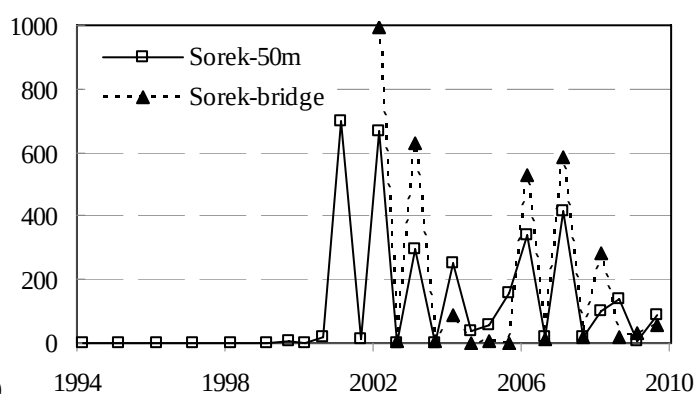
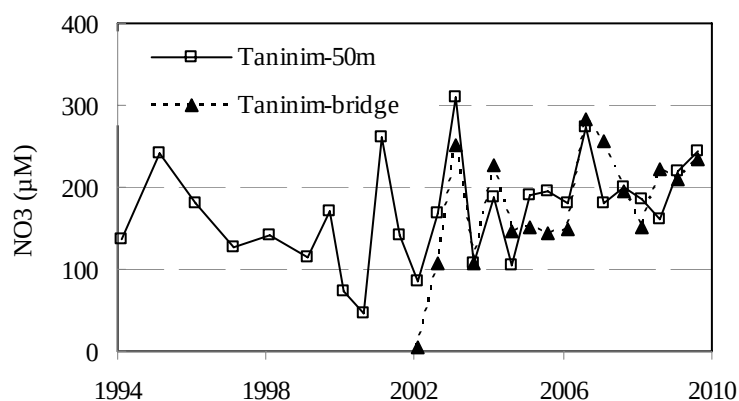
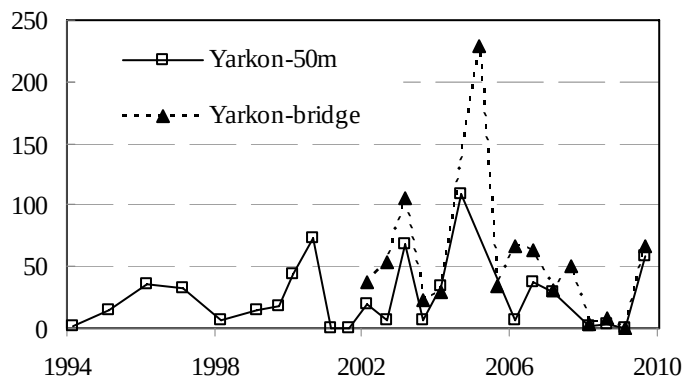
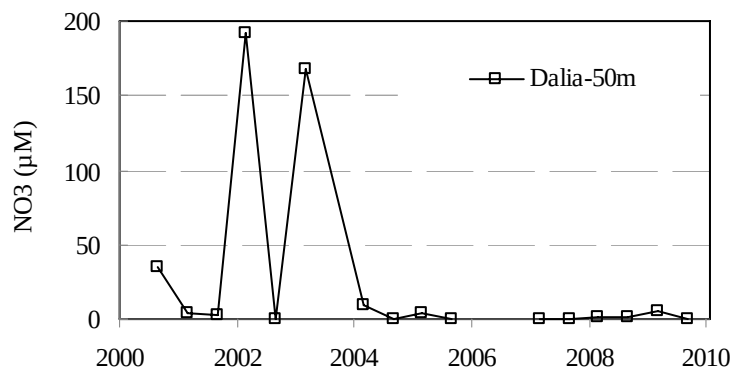
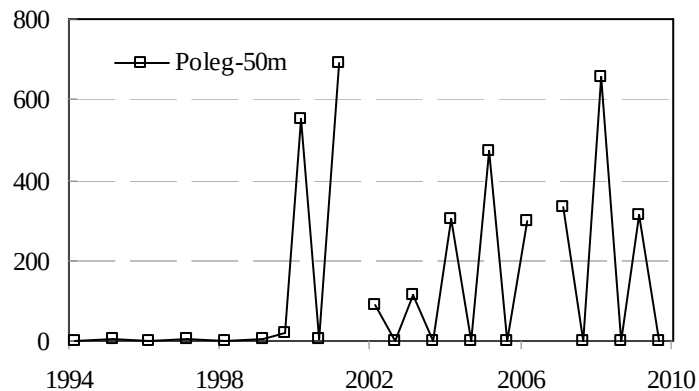
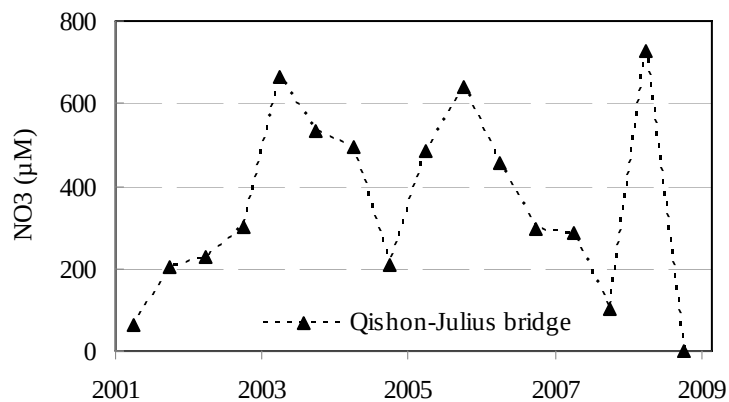
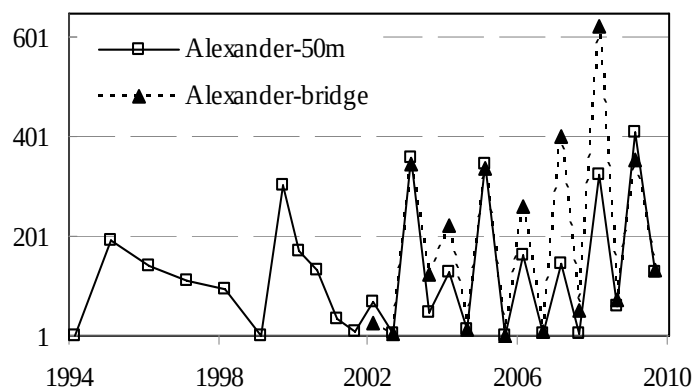
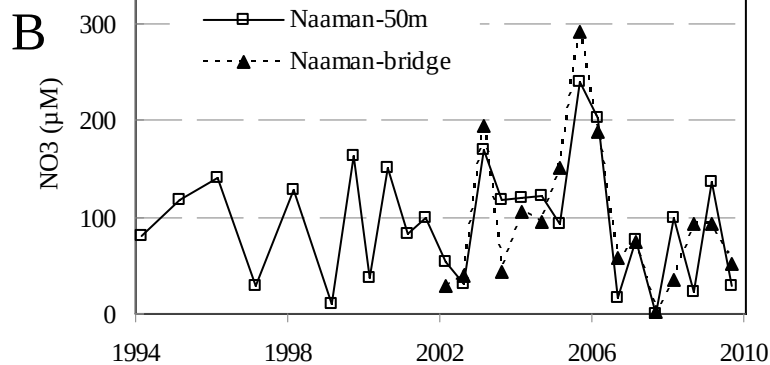


איור 31 : המשך

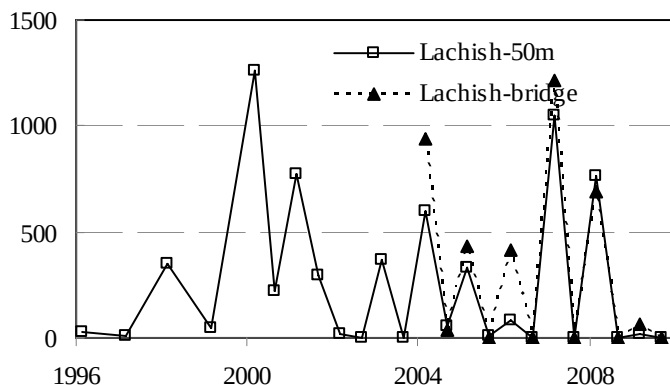
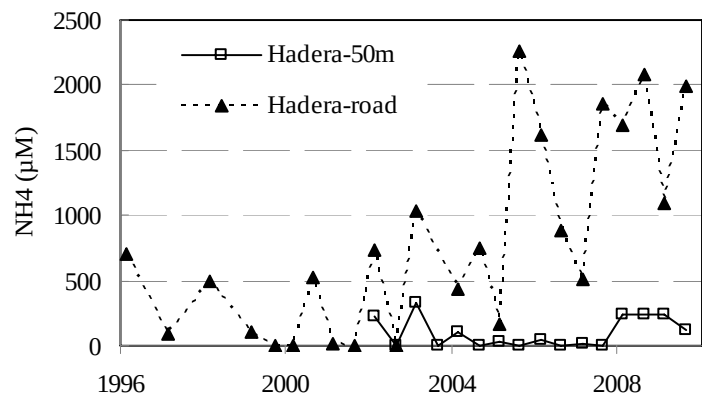
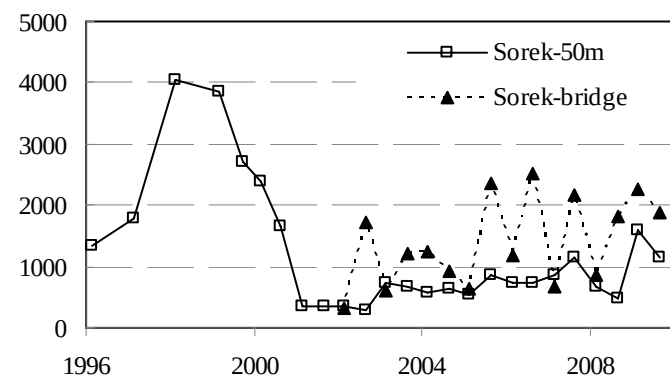
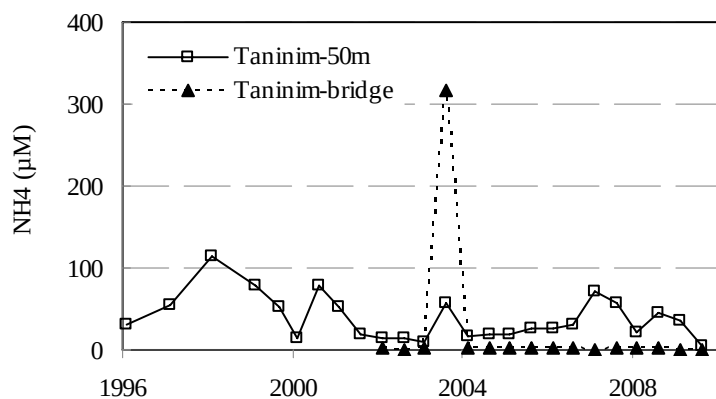
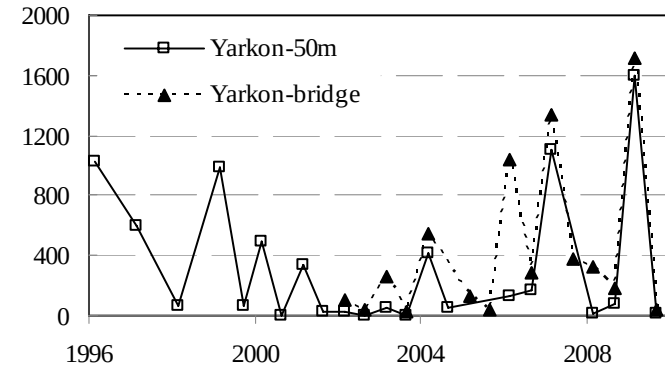
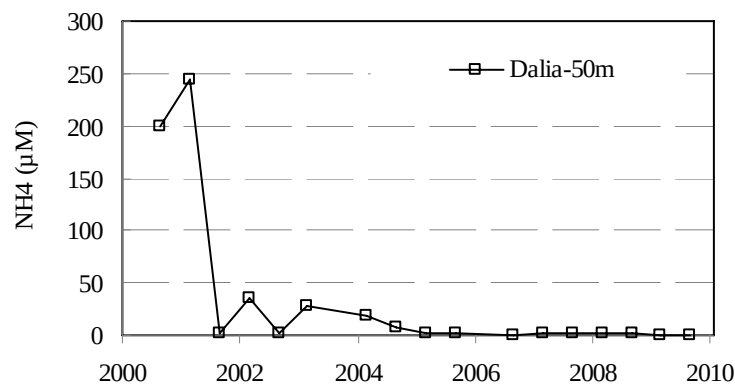
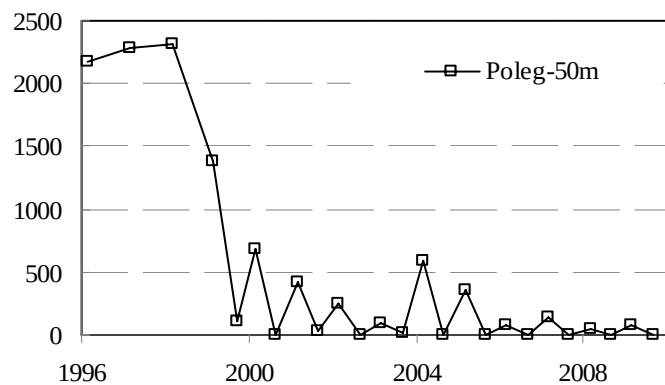
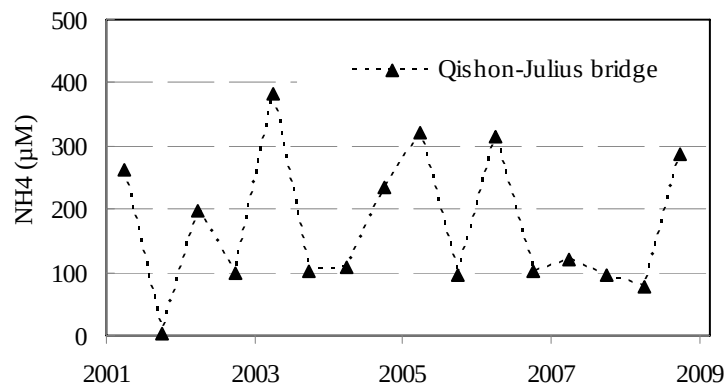
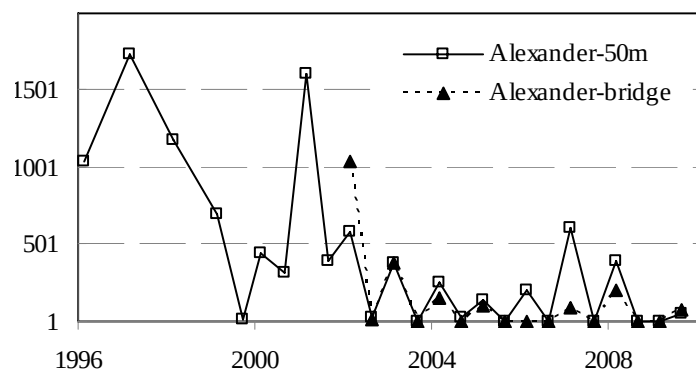
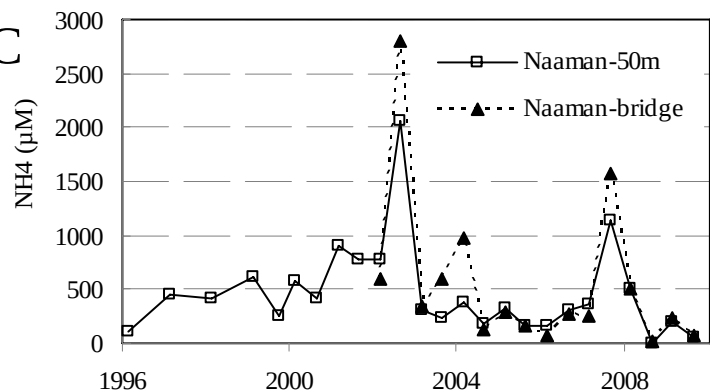
A



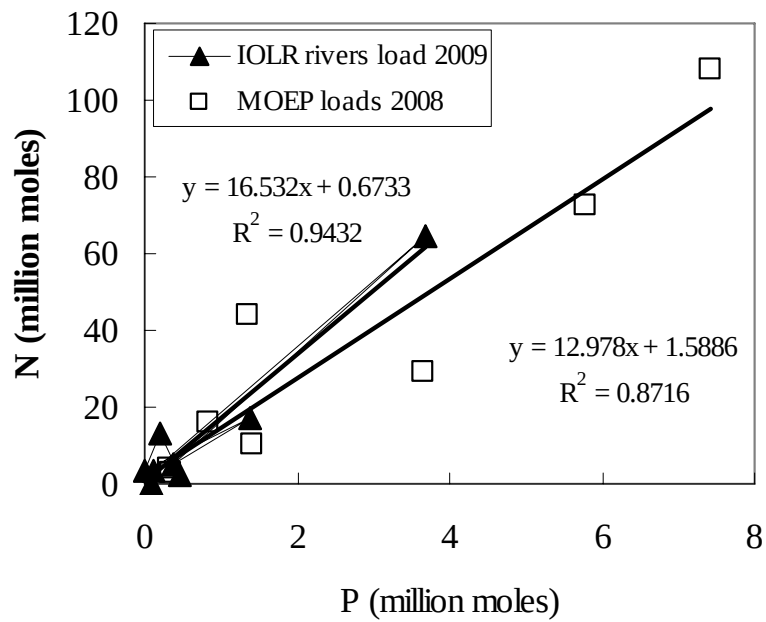
איור 32: ריכוזי פוספט (A) ניטראט (B) ואמוניום (C) בשפכי נחלי חוף הים התיכון, בשנים 1990 – 2009 (מרץ וספטמבר).



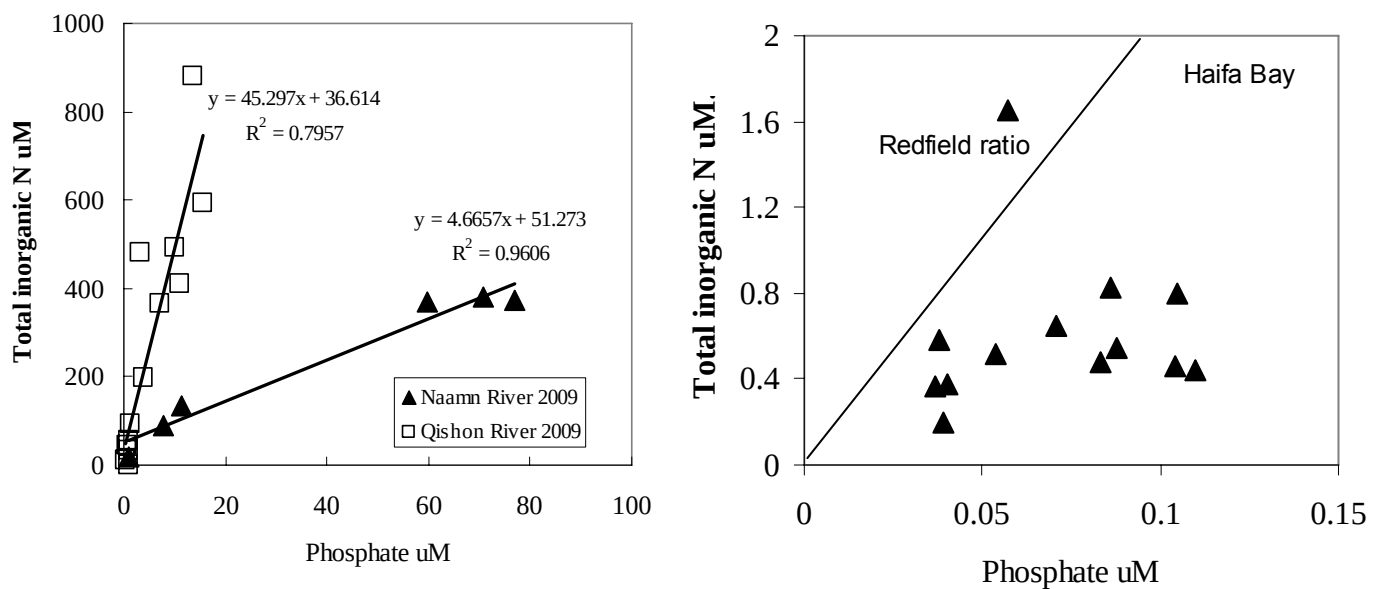
C



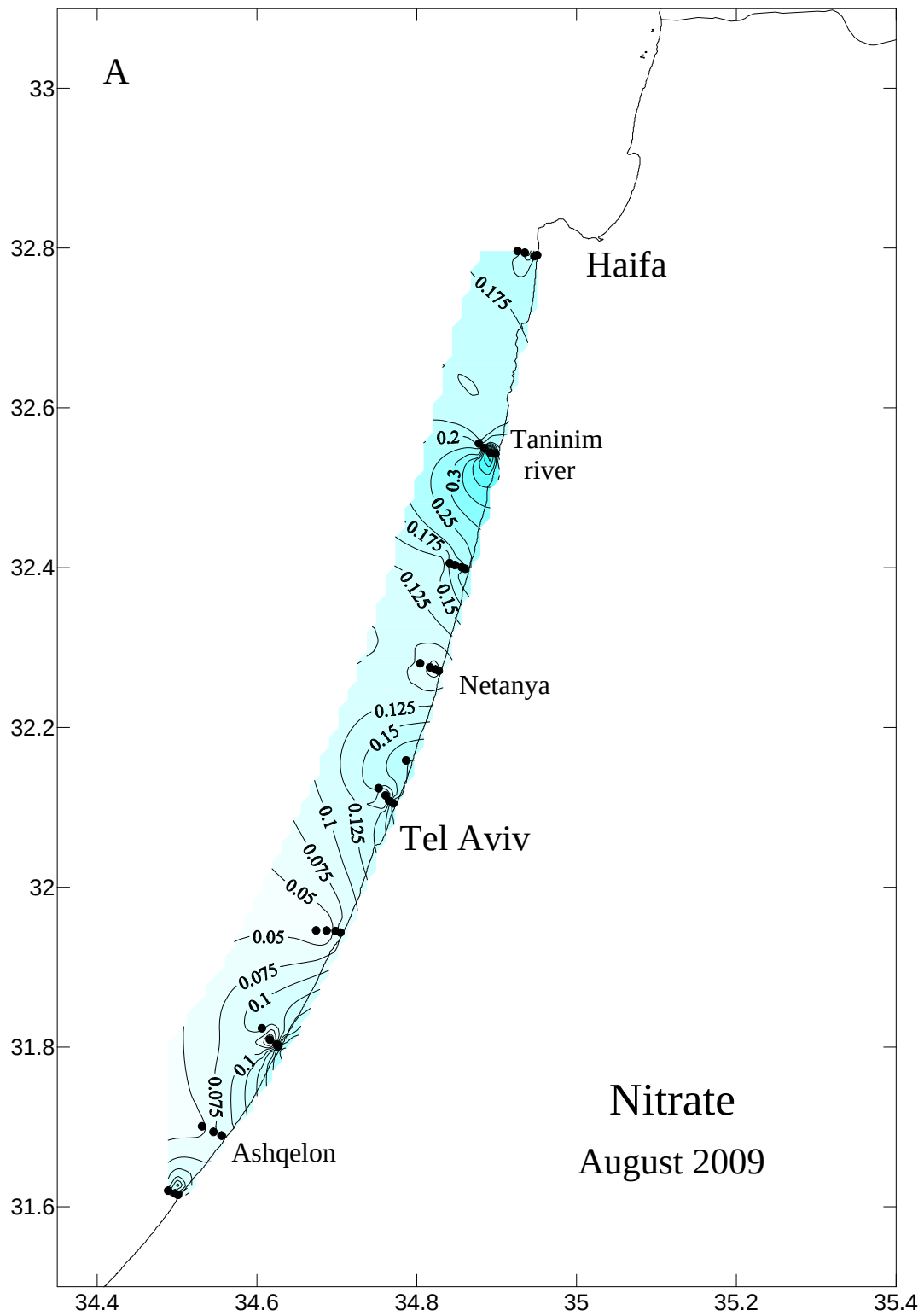
A



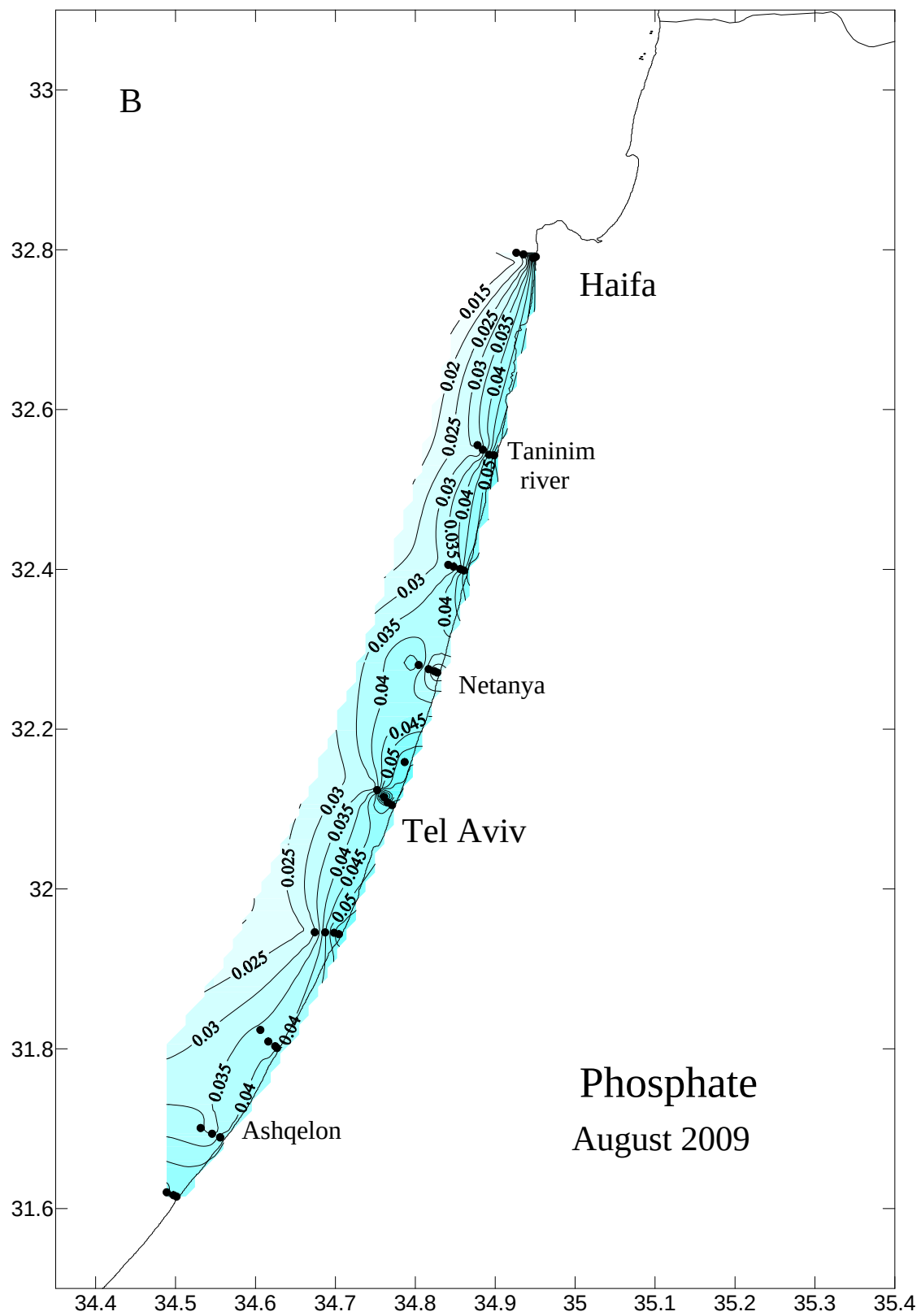
B

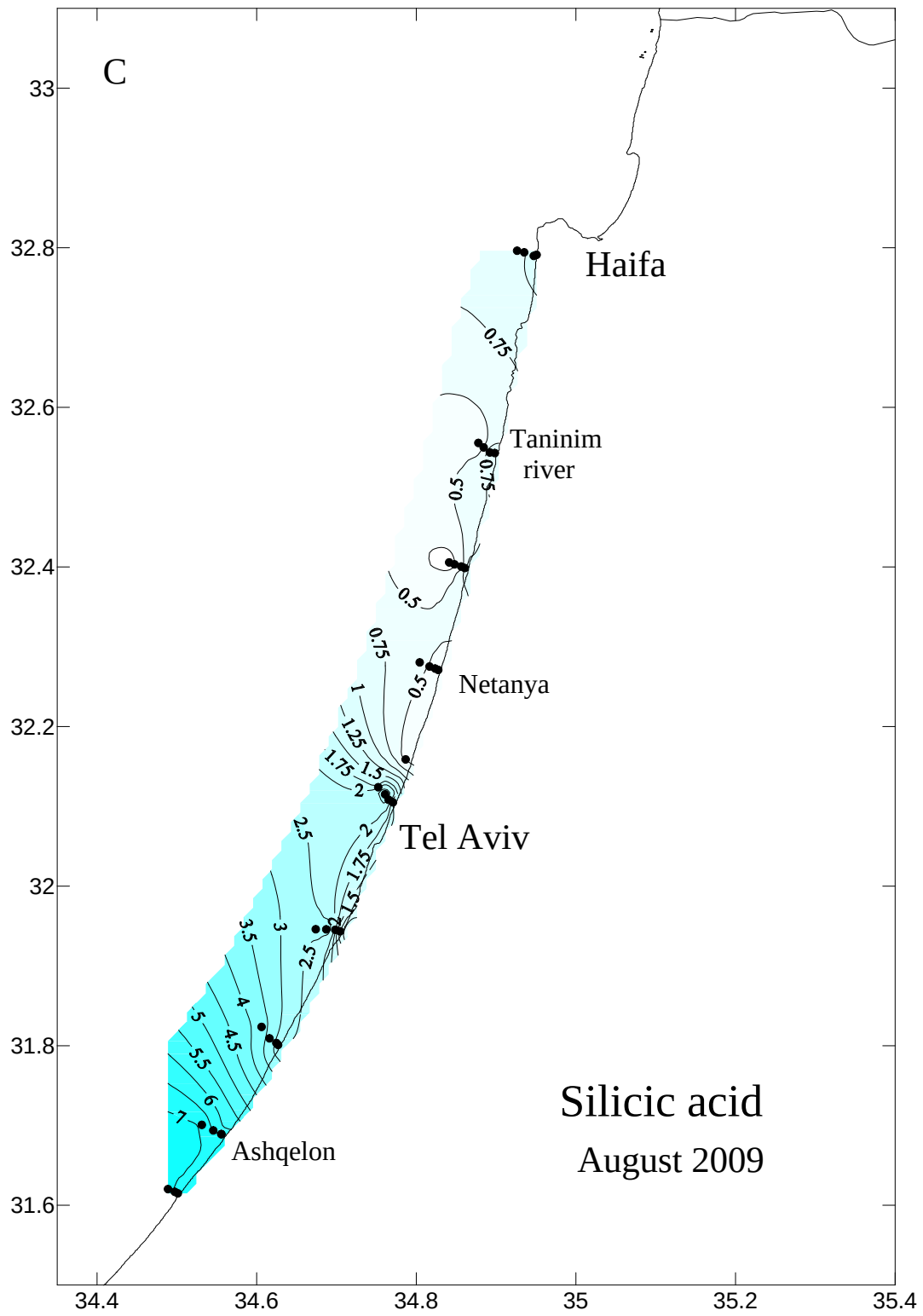


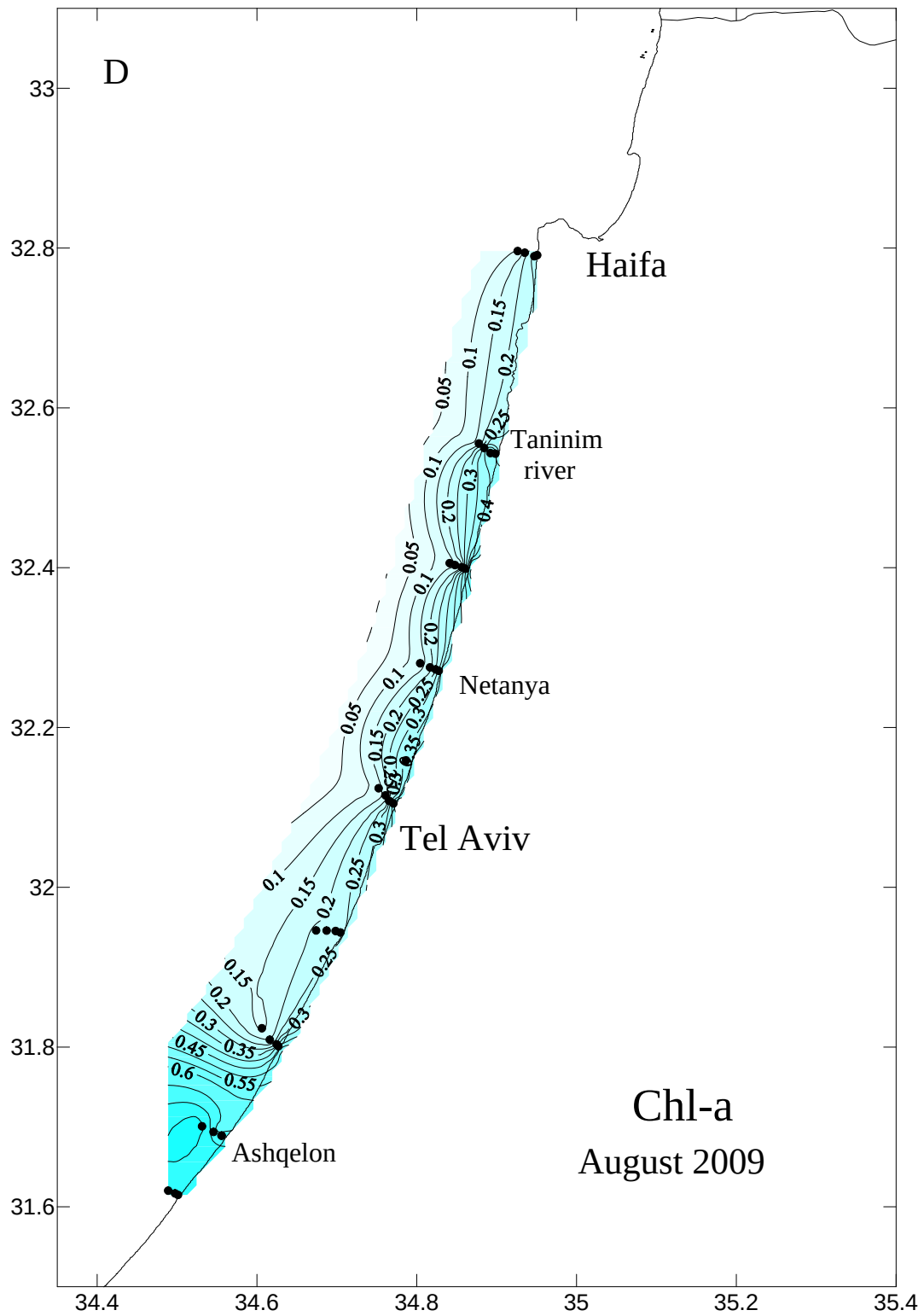
איור 33: הקשר בין עומסי החנקן והזרחן בהזרמות השפכים לנחלים ובשפכי הנחלים (ע"פ טבלה 6 (A), והקשר בין ריכוזי חנקן אי-אורגני לריכוזי פוספאט במי מפרץ חיפה (אוגוסט 2009) ובשפך נחלי נעמן וקישון (2009) (B).

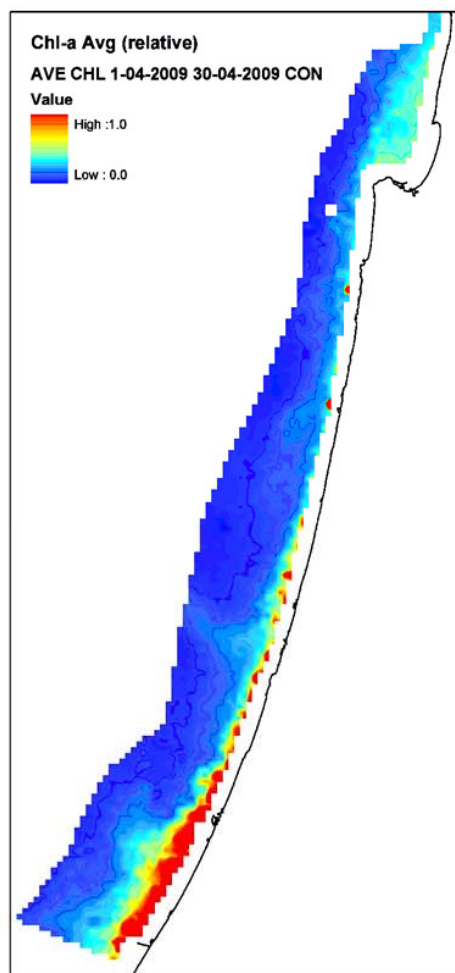


איור 34: ריכוזי נוטריאנטים (μM) – ניטראט (A), פוספאט (B), חומצה סיליצית (C) וכלורופיל a (D) ($\mu\text{g/L}$) במי שטח באזור הרדוד (עד עומק מים 30 מ') של מימי החופין בחודש אוגוסט 2009.

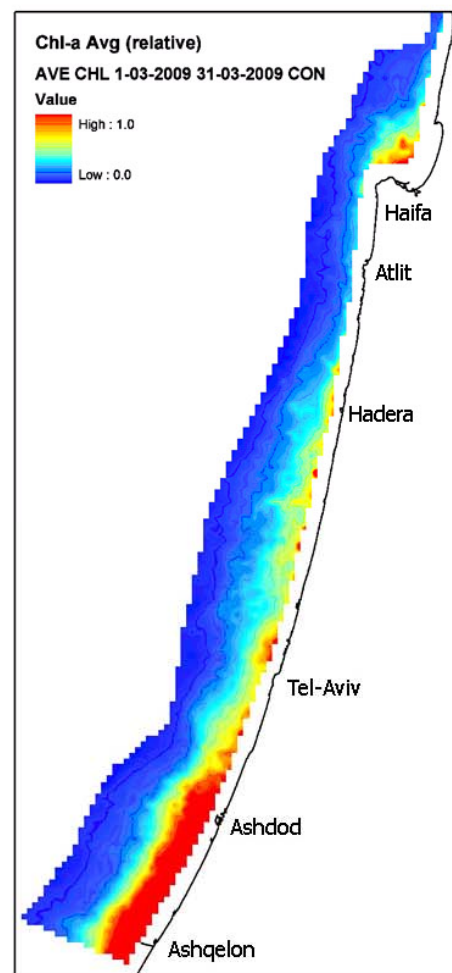




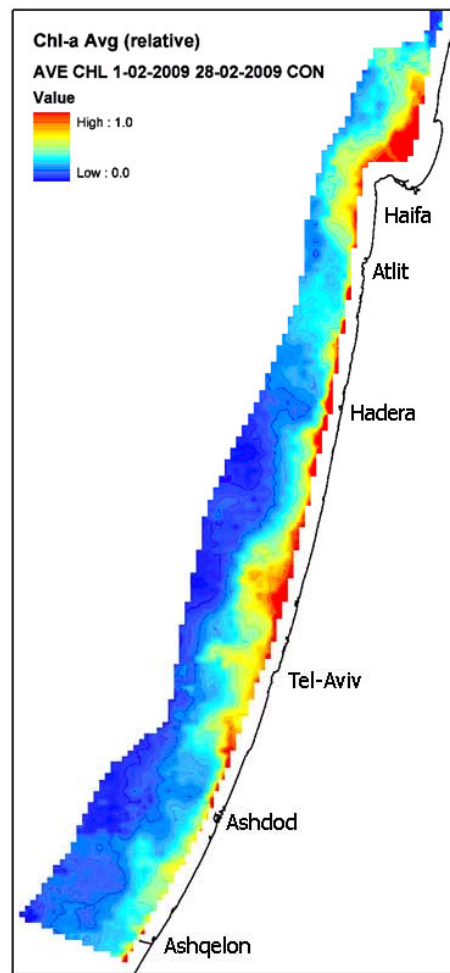




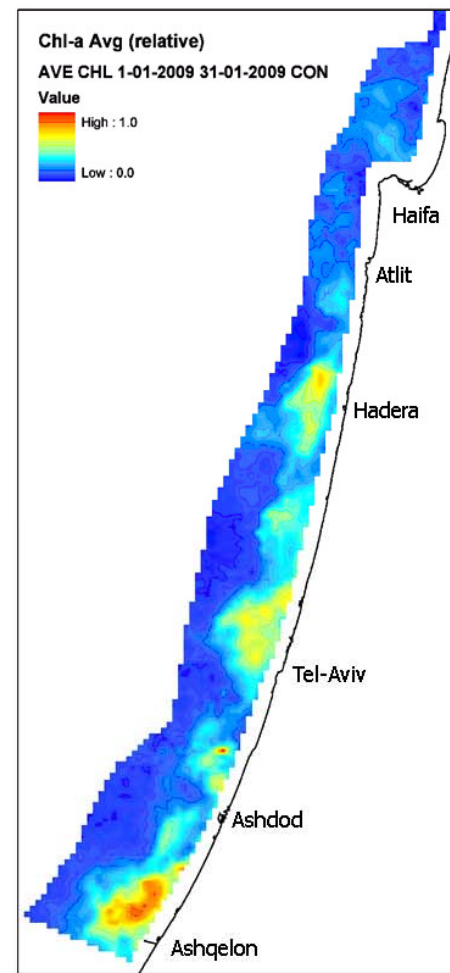
אפריל



מרץ

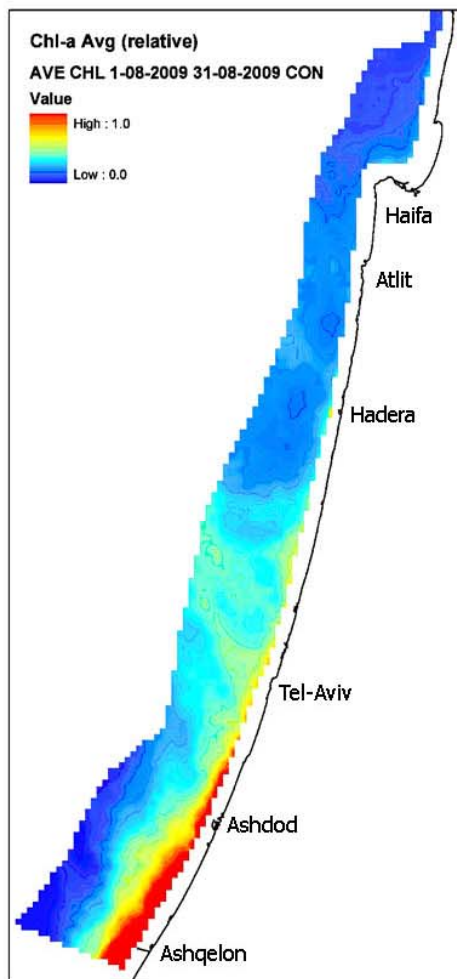


פברואר

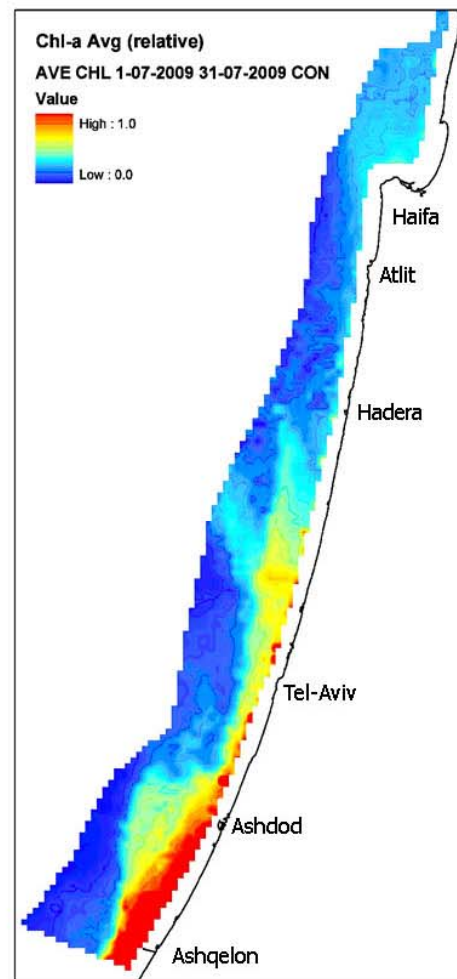


ינואר

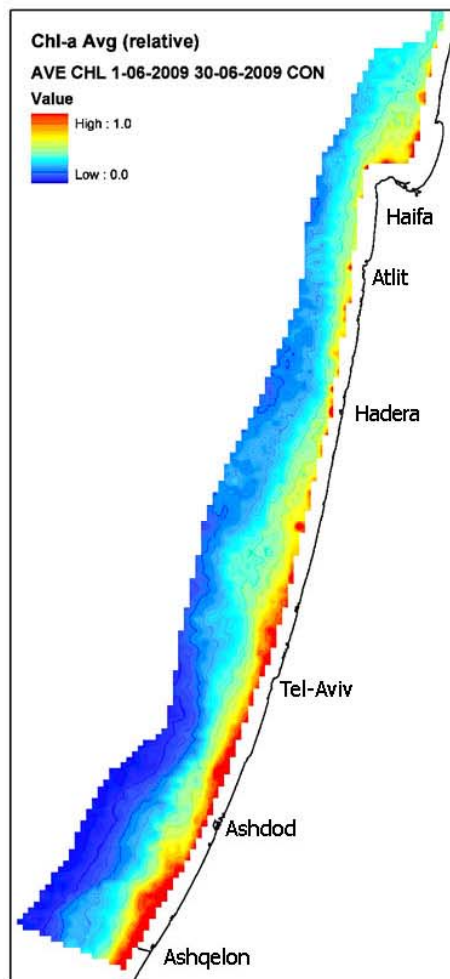
איור 35 : ממוצע חודשי (שנת 2009) של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשת (עומק מים 0-200 מטר) מאנליזה של צילומי לוויין MODIS במערכת ה- SISCAL



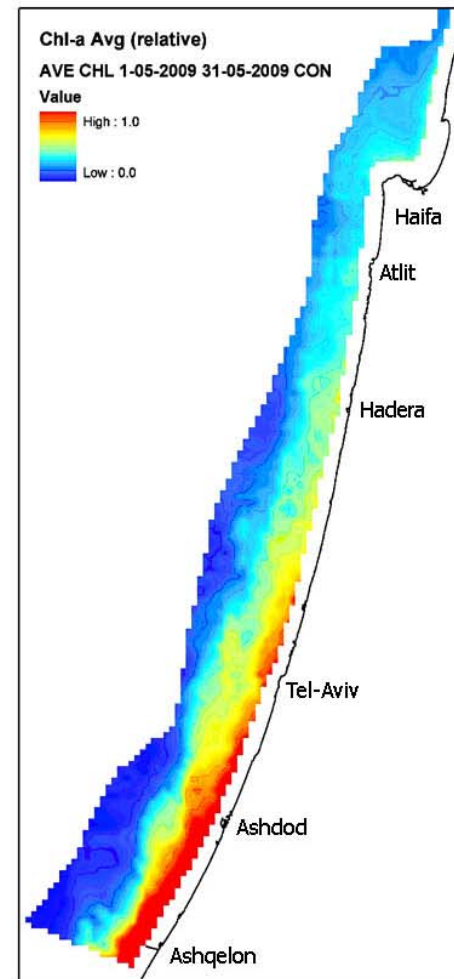
אוגוסט



יולי

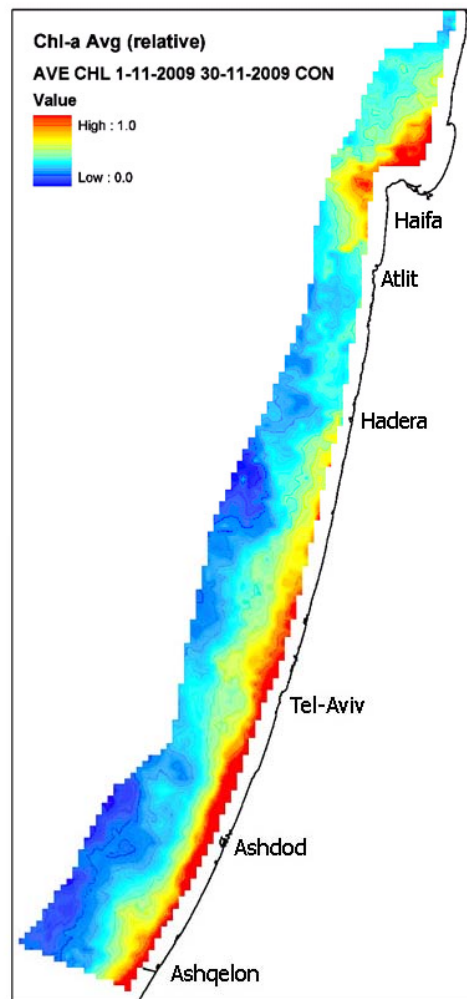


יוני

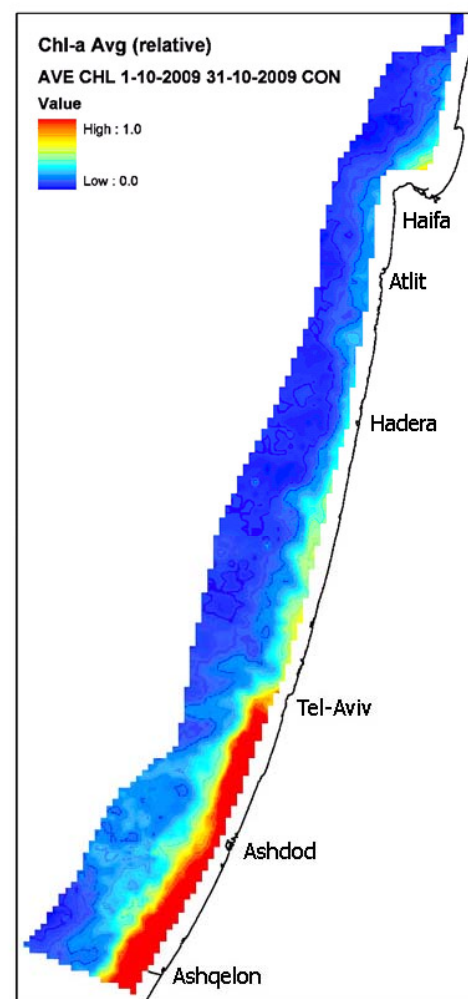


מאי

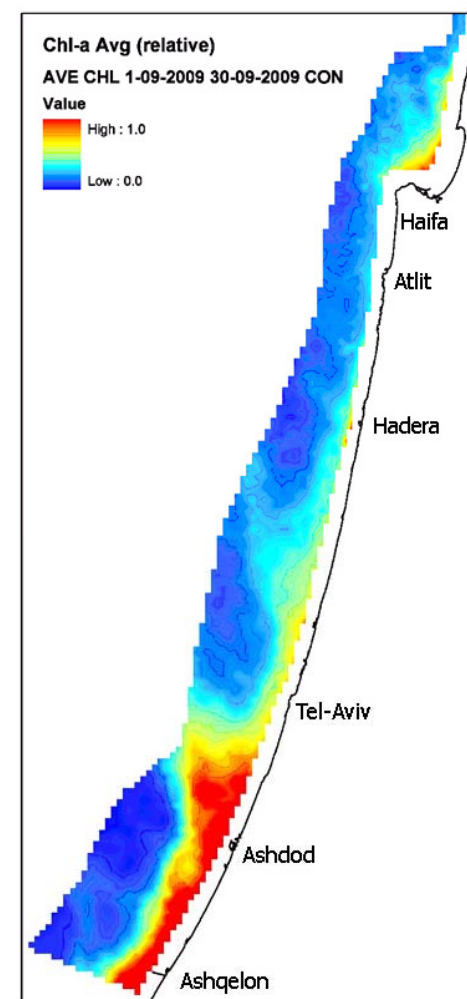
איור 35 : המשך



נובמבר

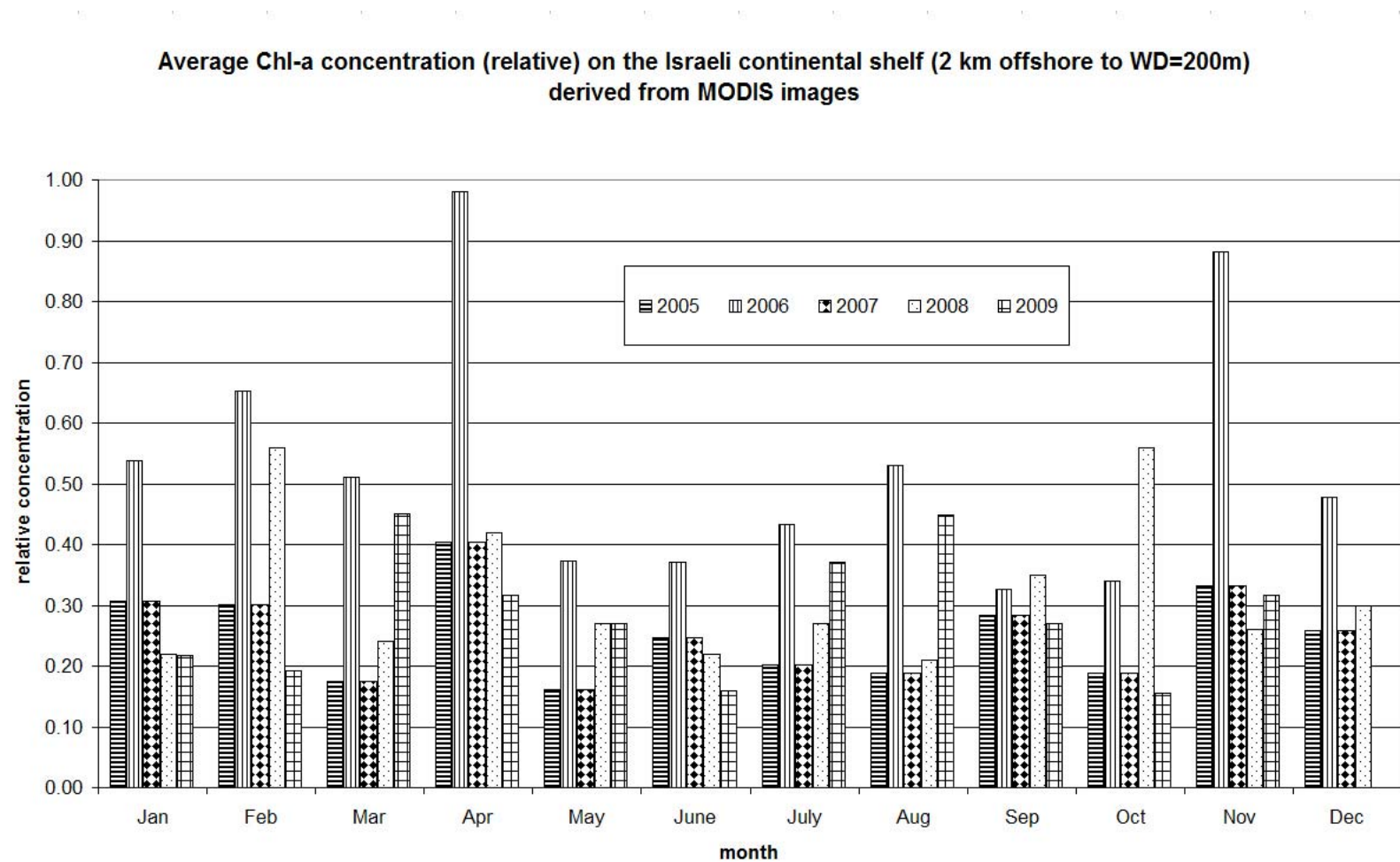


אוקטובר

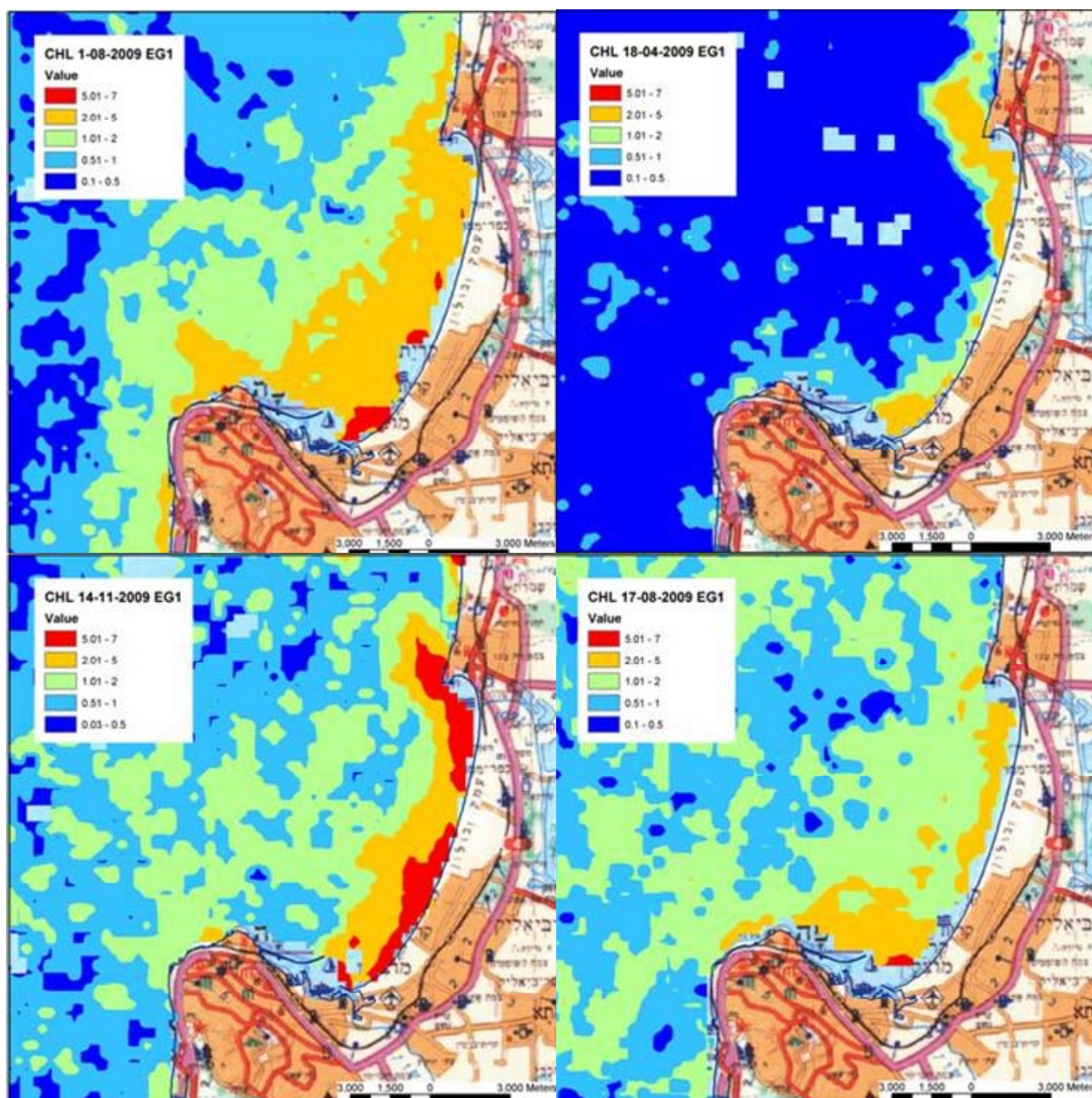


ספטמבר

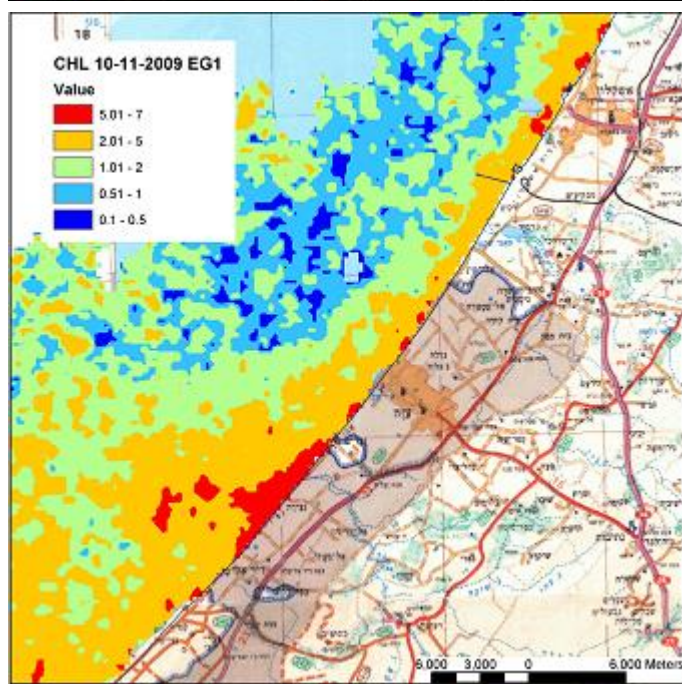
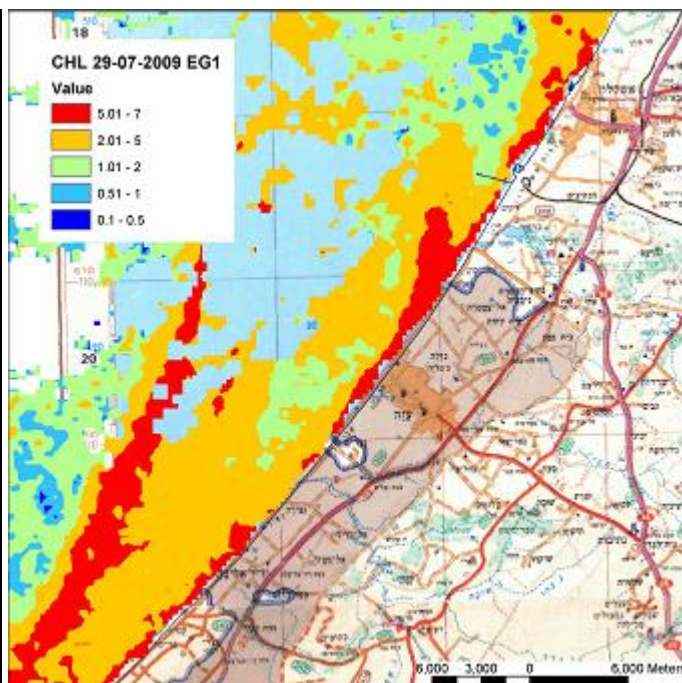
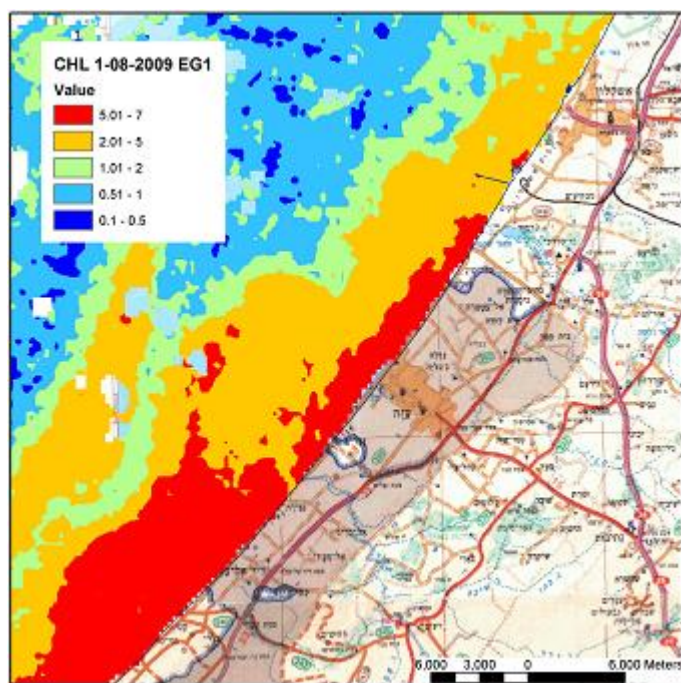
איור 35 : המשך



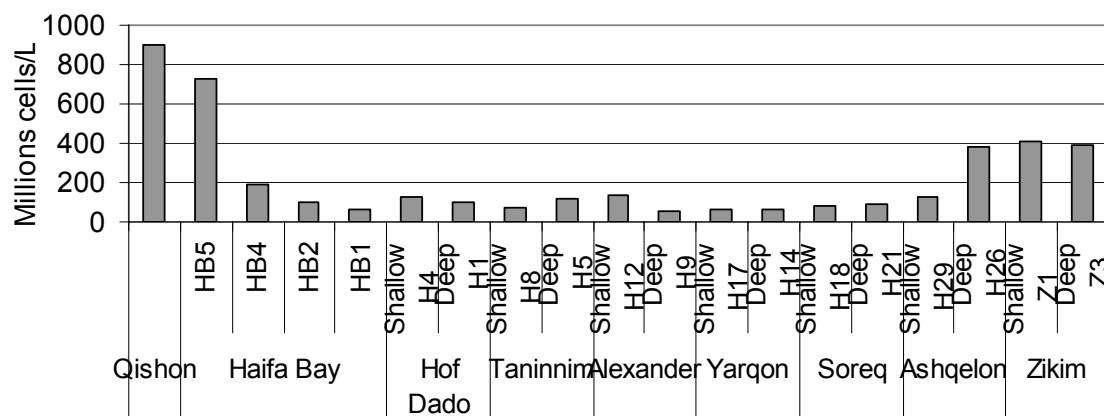
איור 36: ממוצע חודשי של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשת מ-2 ק"מ מהחוף ועד עומק מים של 200 מטר בשנים 2005-2009 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.



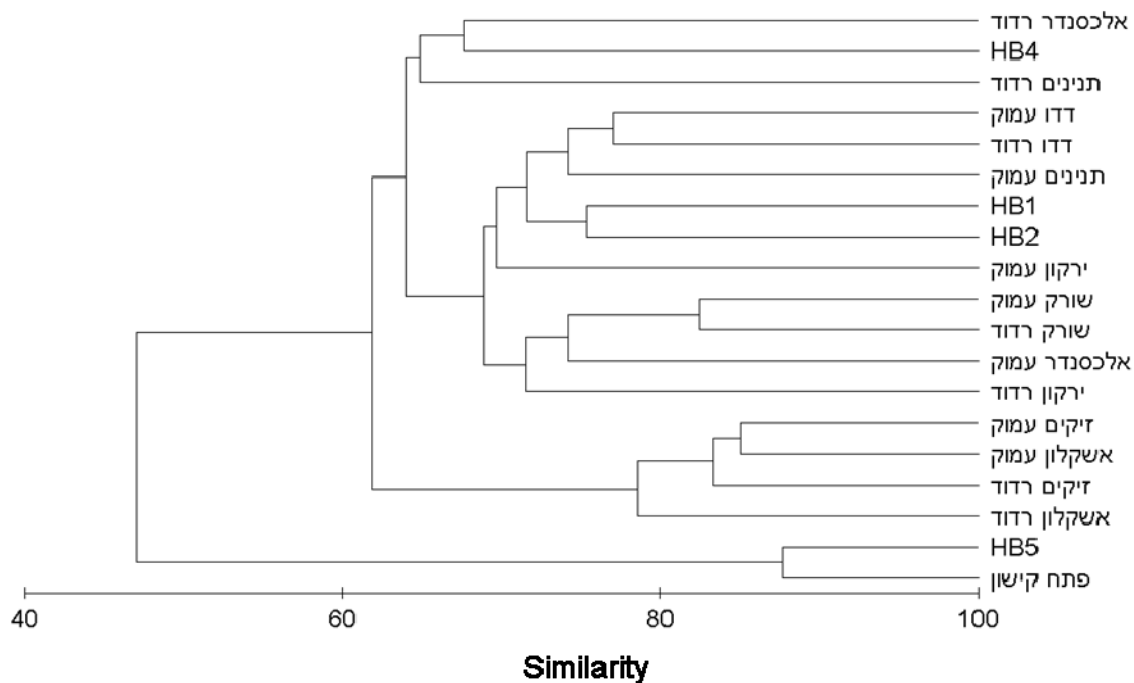
איור 37 : השפעת שפך נחל הקישון ושפך נחל הנעמן על ריכוזי הכלורופיל במפרץ (ערכים לא מכוילים). אנליזה של צילומי לוויין מסוג MERIS FR (רזולוציה 300 מטר) בחודשים אפריל, אוגוסט ונובמבר 2009



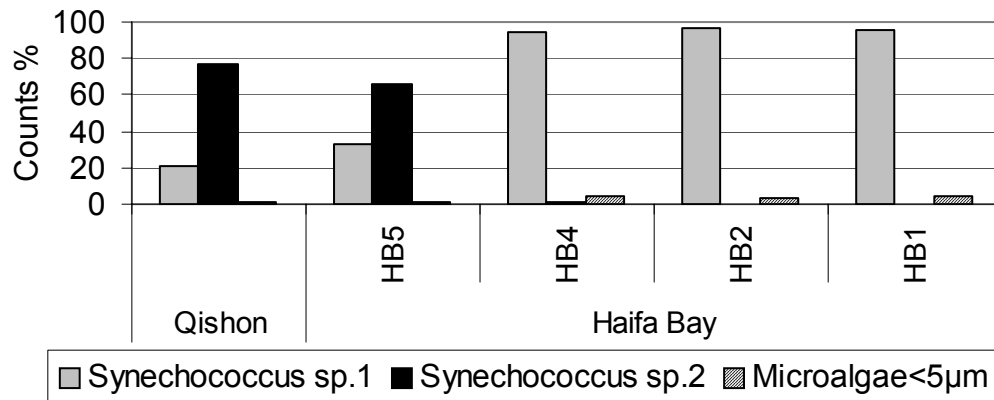
איור 38 : ריכוזי כלורופיל (לא מכויילים) באזור שבין עזה לאשקלון כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MERIS FR (רזולוציה 300 מטר) במערכת ה-SISCAL



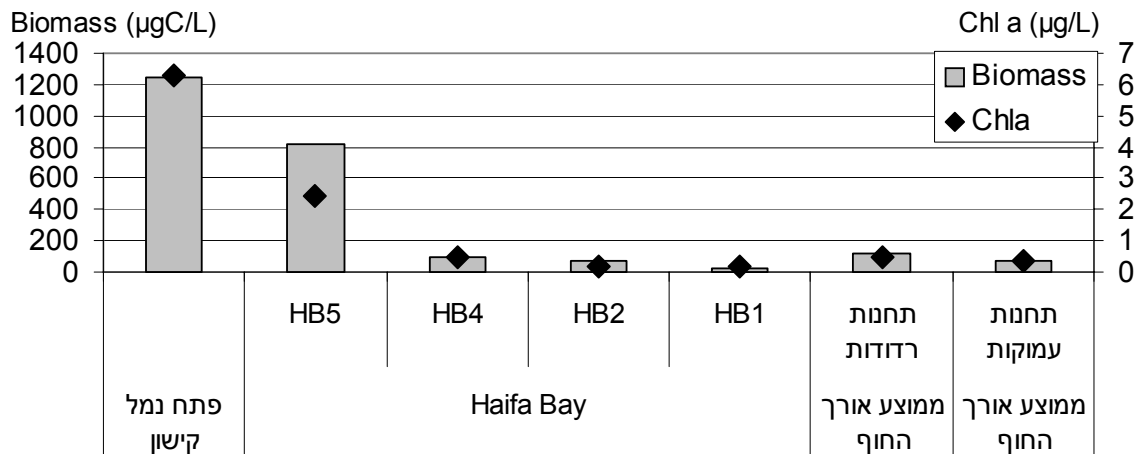
איור 39: התפלגות ריכוז כלל תאי המיקרואצות, במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2009



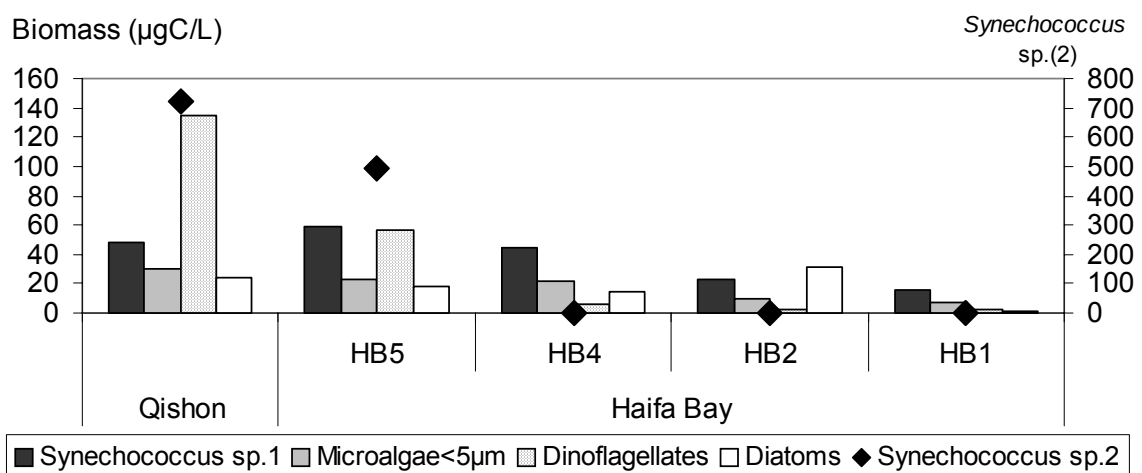
איור 40: אנליזה היררכיאלית של מגוון המינים במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2009



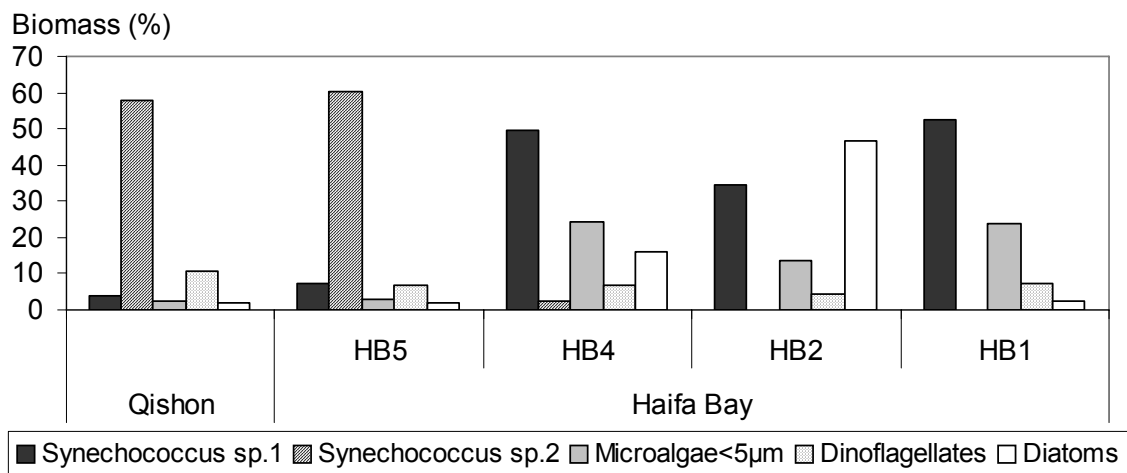
איור 41: התפלגות באחוזים של ריכוז המיקרואצות מהקבוצות השונות במפרץ חיפה באוגוסט 2009



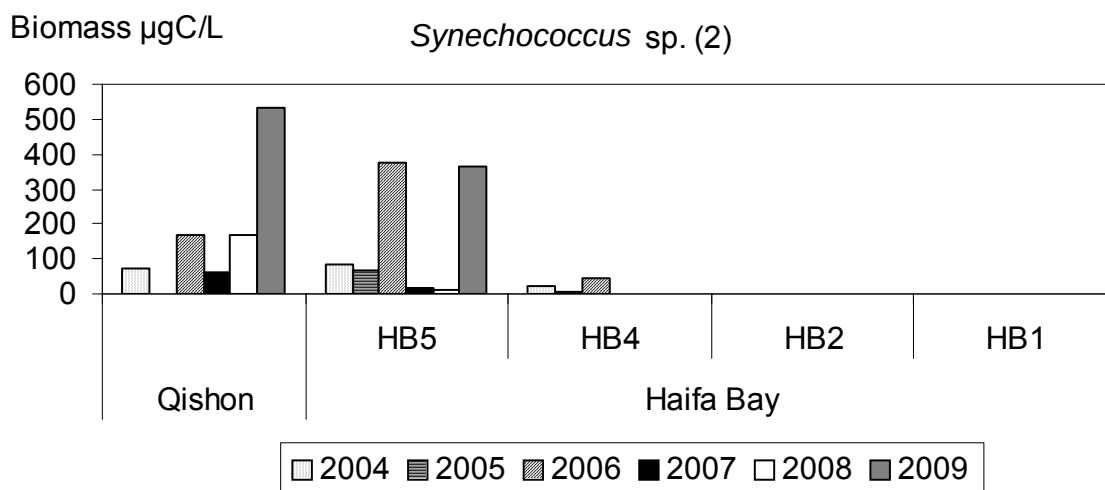
איור 42: התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון וריכוז הכלורופיל ב תחנות מפרץ חיפה, כולל תחנת פתח הקישון בהשוואה עם ממוצעי התחנות הרדודות והעמוקות לאורך החוף באוגוסט 2009



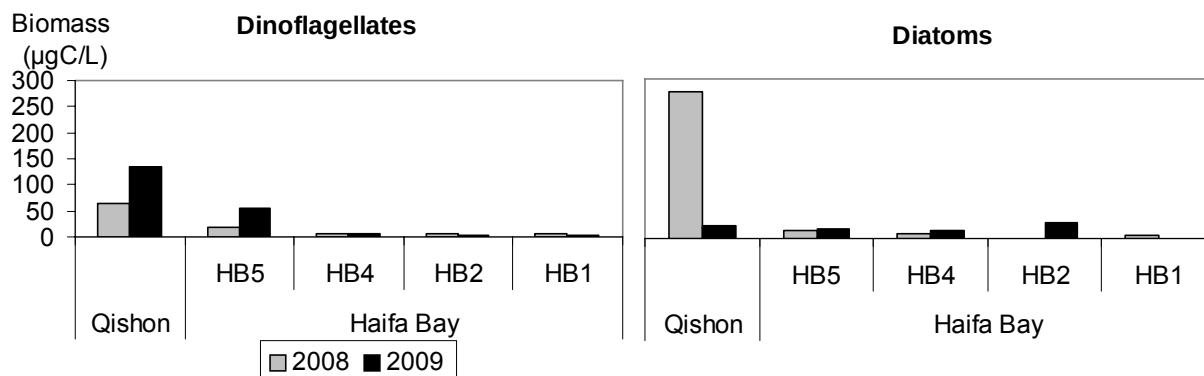
איור 43: התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון מהקבוצות השונות במפרץ חיפה באוגוסט 2009



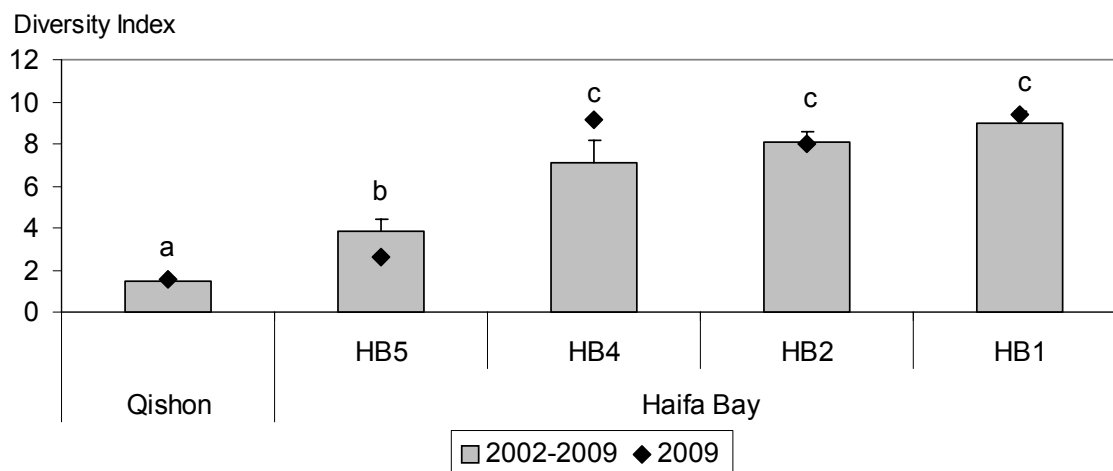
איור 44: התפלגות באחוזים של ביומסת תאי המיקרופלנקטון מהקבוצות השונות במפרץ חיפה באוגוסט 2009



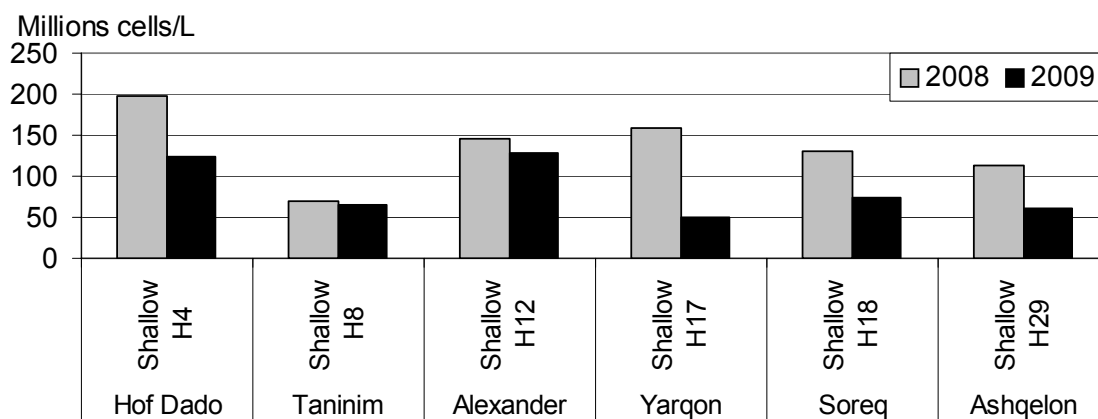
איור 45: התפלגות ביומסת הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus sp. (2)* במפרץ חיפה לאורך השנים



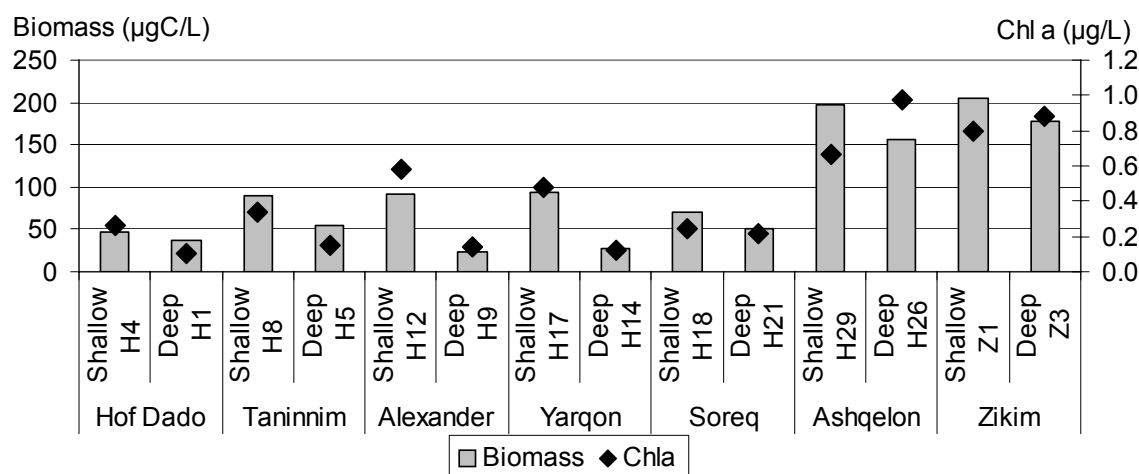
איור 46: ביומסת הדינופלגלטים והצורניות במפרץ חיפה בשנים 2008-2009



איור 47: השינויים בממוצע מגוון מיני המיקרואצות במפרץ חיפה בשנים 2002-2009 בהשוואה עם ערכי אינדקס השונות של שנת 2009 (אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק בממוצע). "אינדקס השונות" (Diversity Index) מחושב כמספר המינים מחולק בשורש הריבועי של הביטוי.

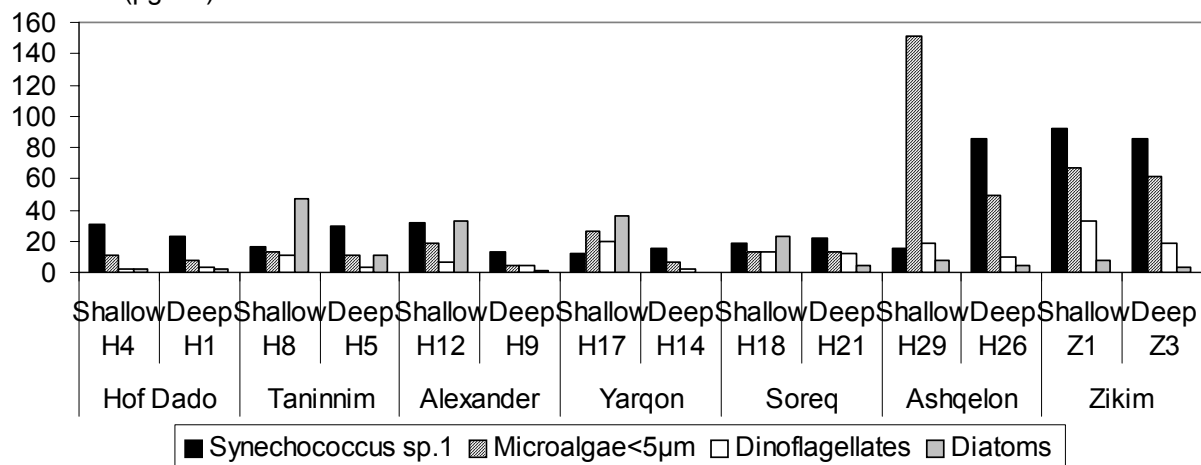


איור 48: התפלגות ריכוזי הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(1) בפני השטח בתחנות הרדודות לאורך החוף, בדיגומי אוגוסט 2008-2009



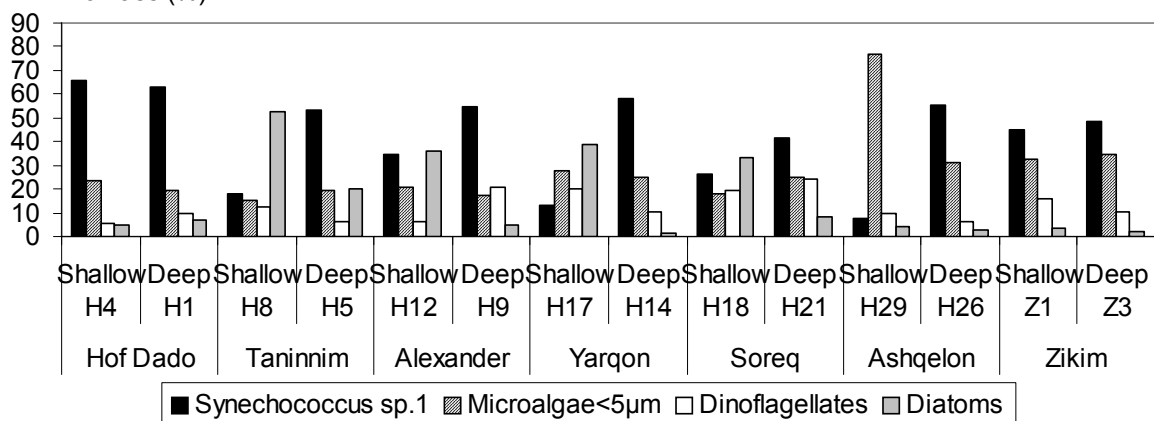
איור 49: התפלגות הביומסה הכללית וריכוזי הכלורופיל במי שטח התחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2009

Biomass ($\mu\text{gC/L}$)



איור 50 : התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון מהקבוצות השונות לאורך החוף באוגוסט 2009

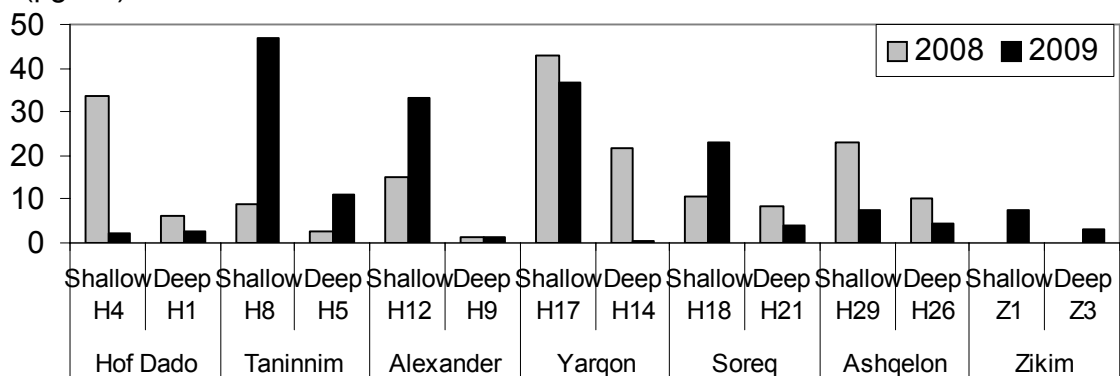
Biomass (%)



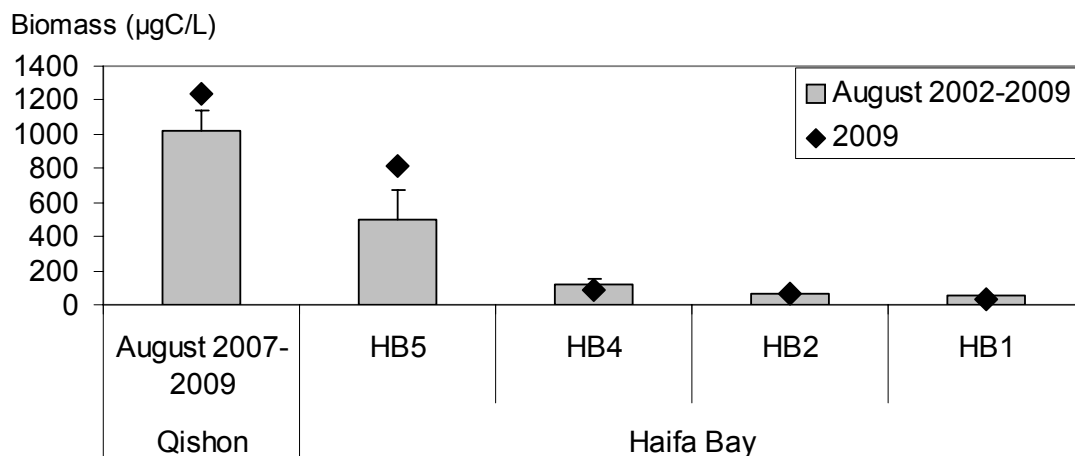
איור 51 : התפלגות באחוזים של הביומסה הכללית בתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2009

Biomass ($\mu\text{gC/L}$)

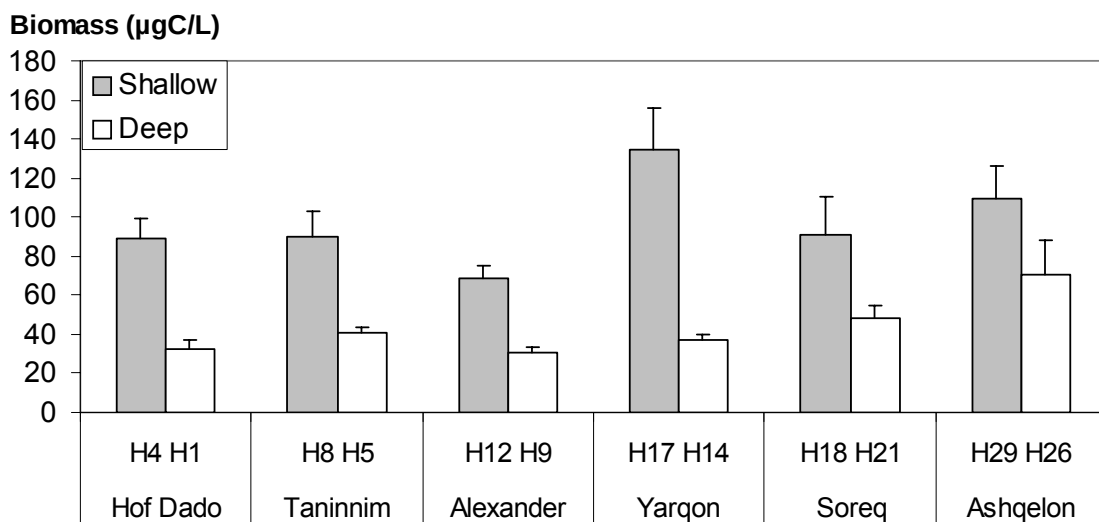
Diatoms



איור 52 : התפלגות ביומסת קבוצות המיקרואצות השונות במי שטח התחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') בשנים 2008-2009.

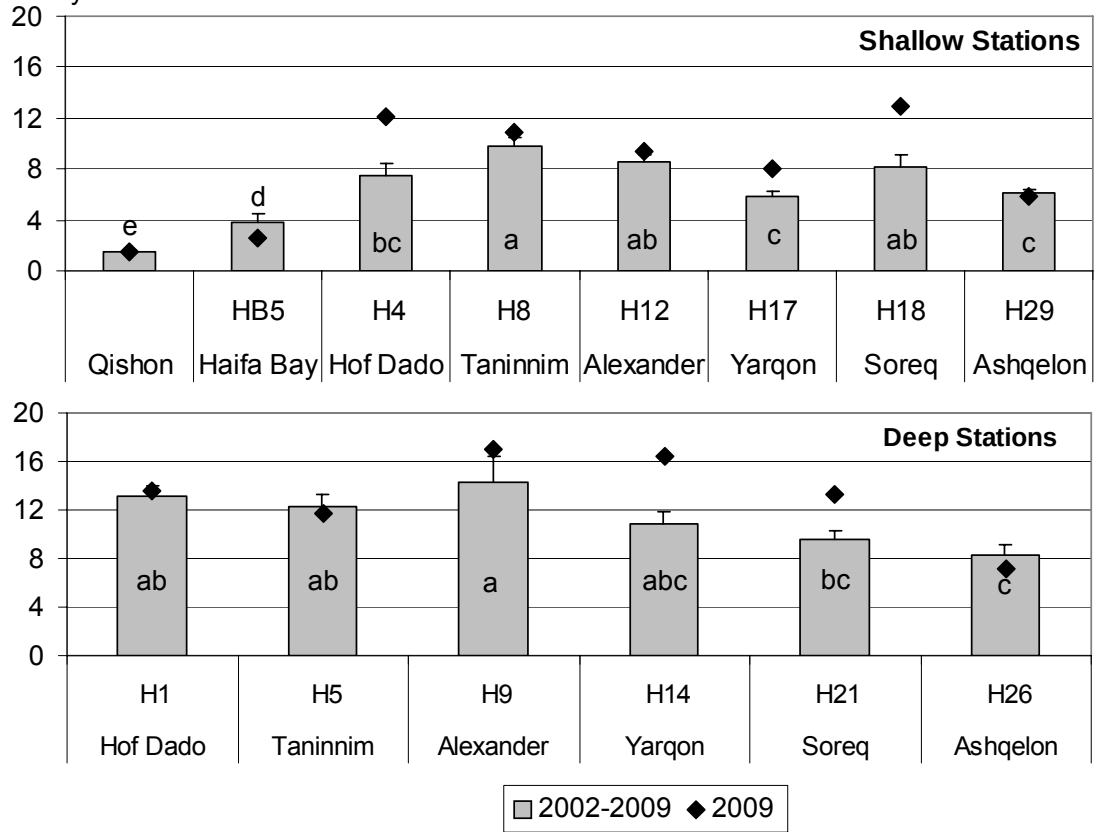


איור 53 : ביומסה ממוצעת של המיקרופלנקטון במי שטח במפרץ חיפה (שנים 2002-2009) ובפתח הקישון (אוגוסט 2007-2009) בהשוואה ל - 2009

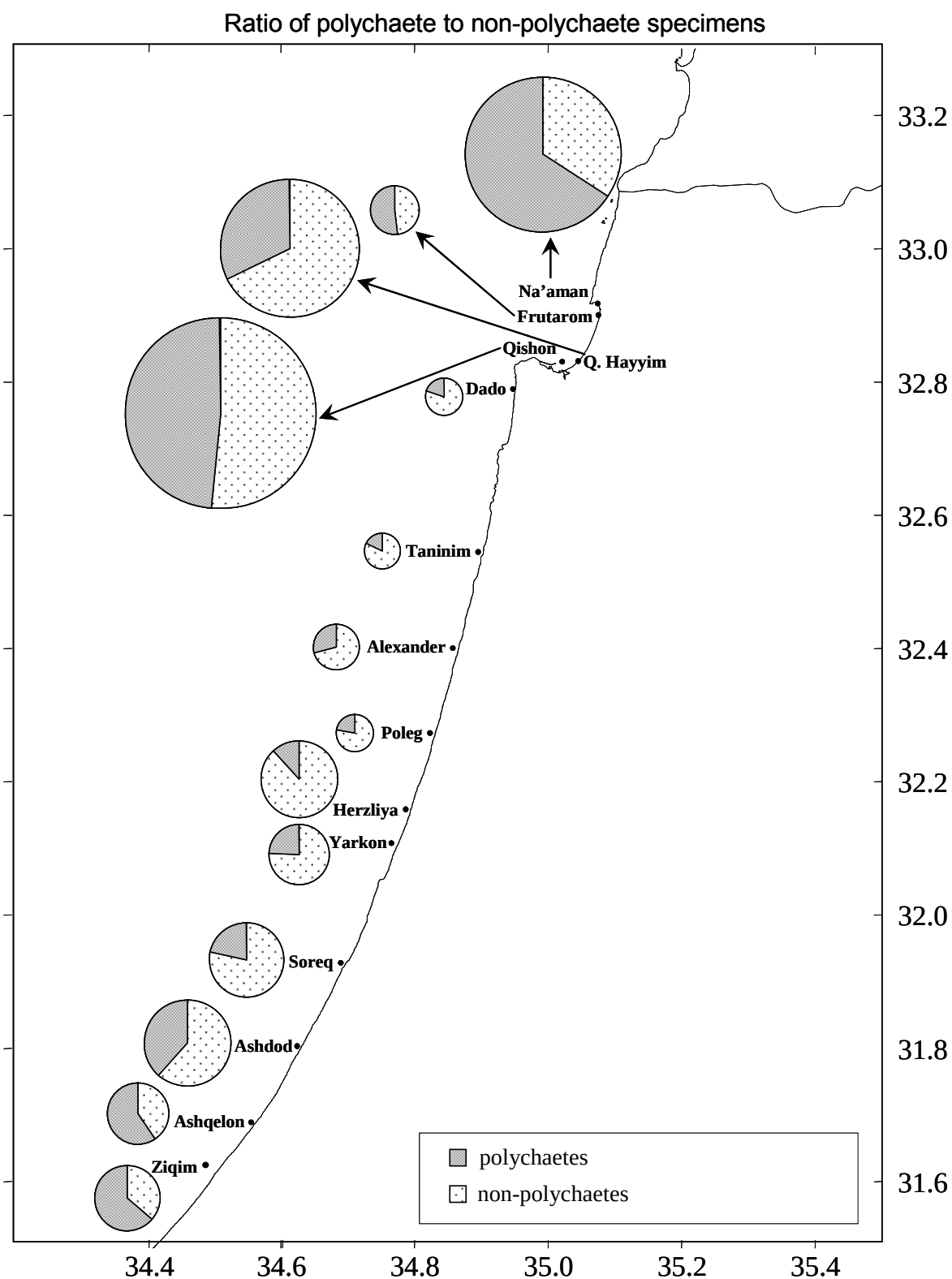


איור 54 : התפלגות ממוצעת של ביומסת המיקרופלנקטון במי שטח לאורך החוף (שנים 2002-2009) (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ')

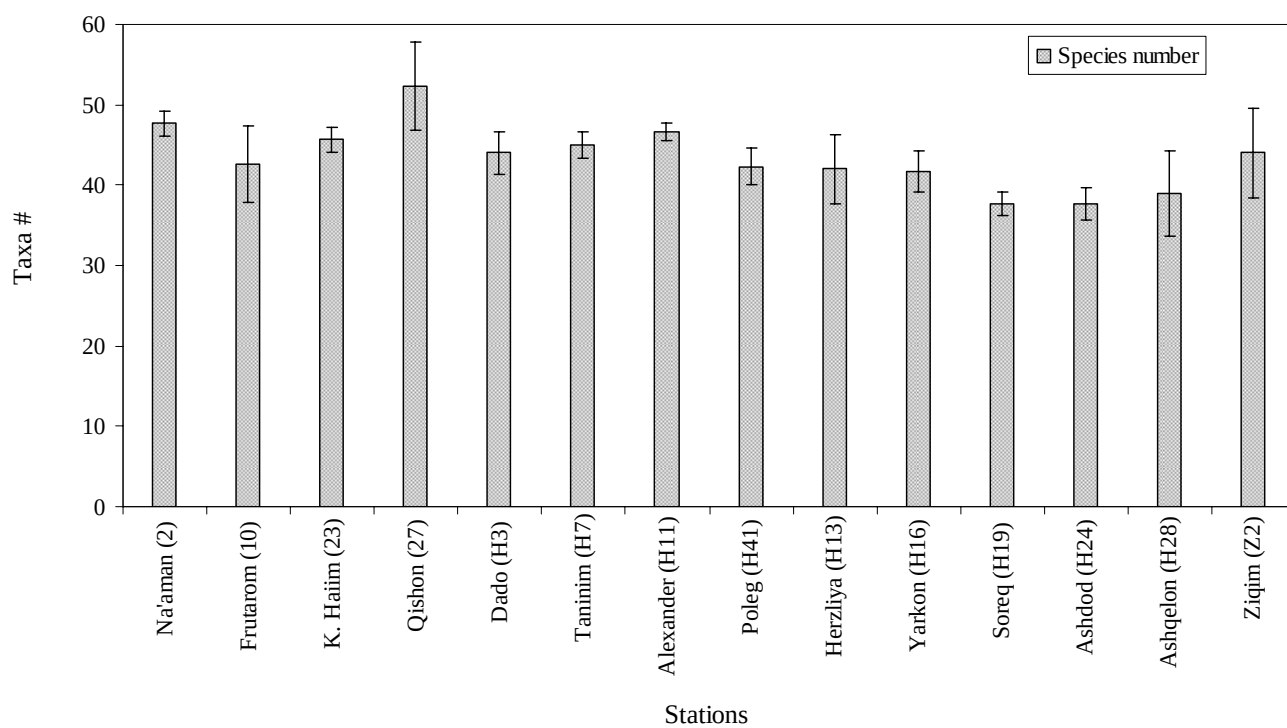
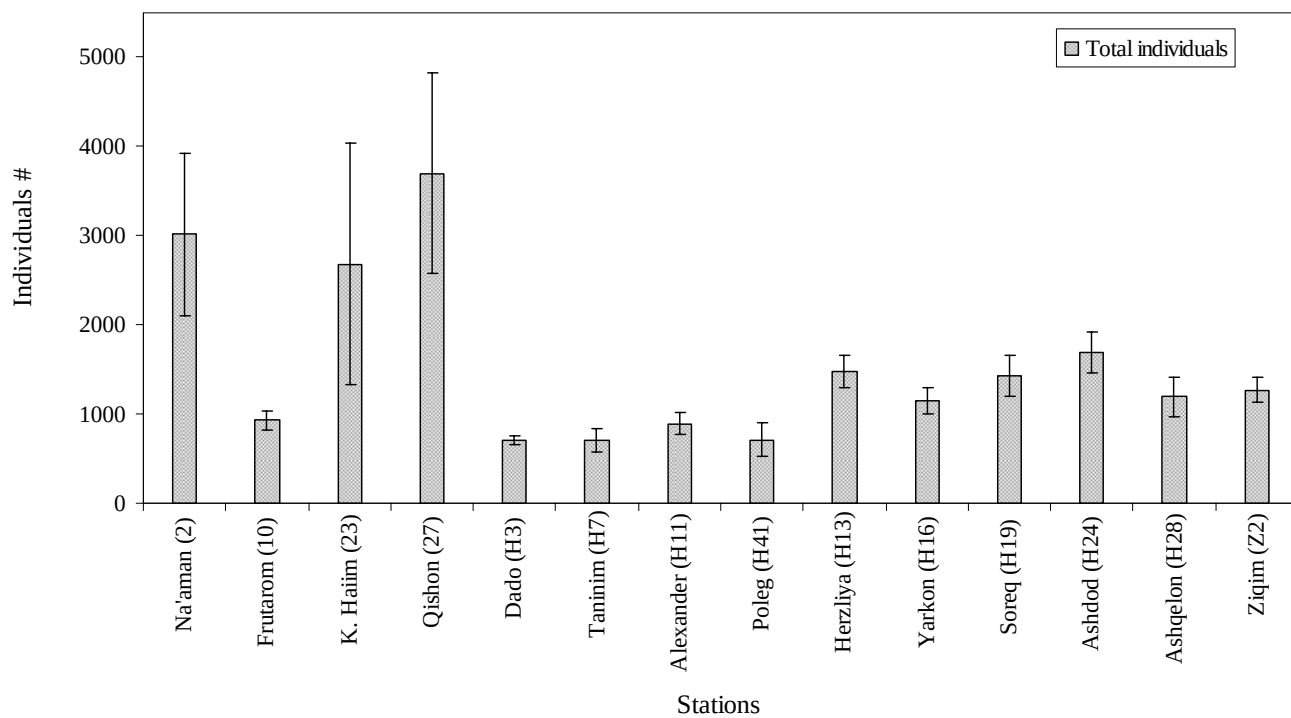
Diversity Index



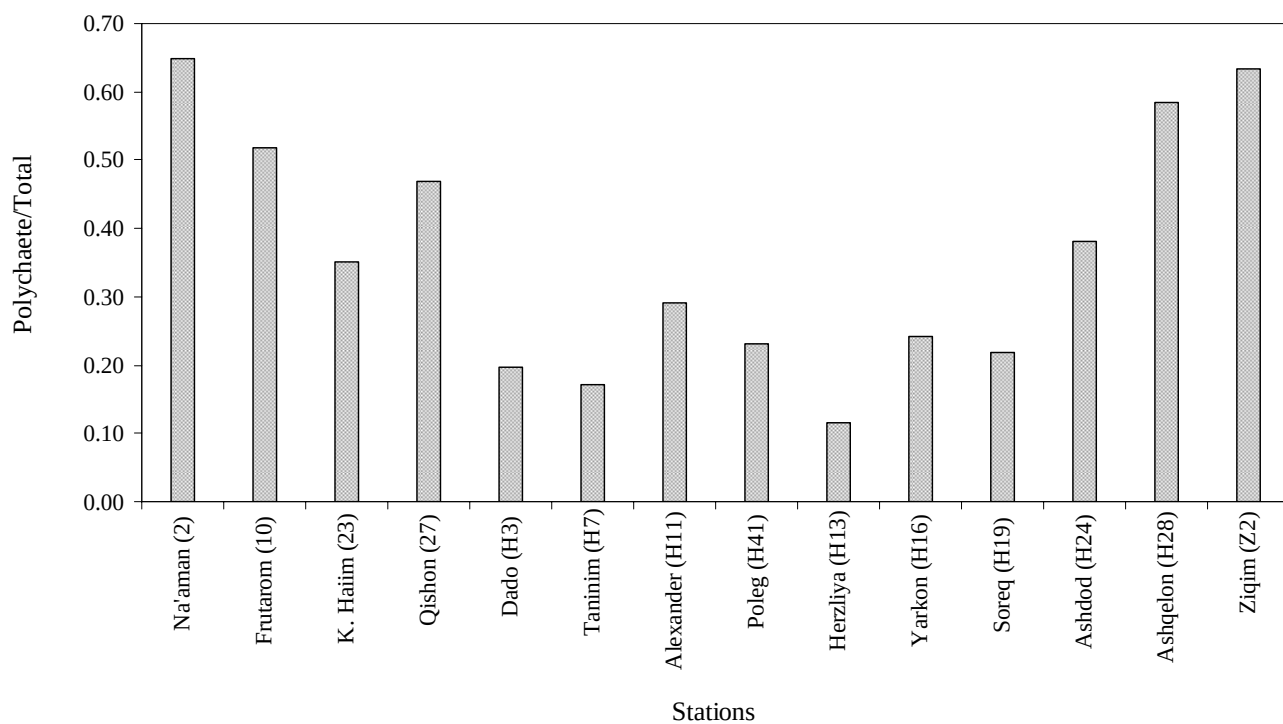
איור 55: השינויים בממוצע אינדקס השונות בתחנות הרדודות והעמוקות לאורך החוף ובמפרץ חיפה בשנים 2002-2009 בהשוואה עם ערכי שנת 2009. (אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק בממוצע).



איור 56: היחס בין מספר הפרטים של תולעים רב-זיפיות לכל שאר הפרטים. הגודל היחסי של העיגול מציין את מספר הפרטים הכולל בכל תחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2009.

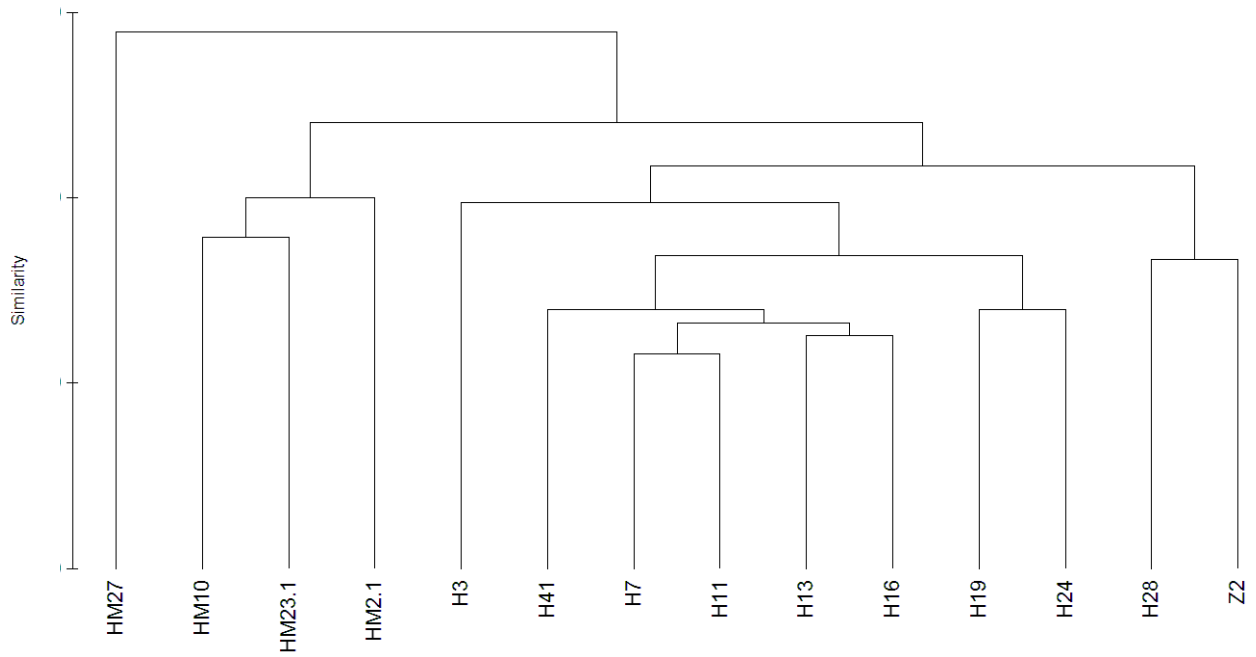


איור 57 : מספר פרטים (A) ומספר מינים (B) שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2009.



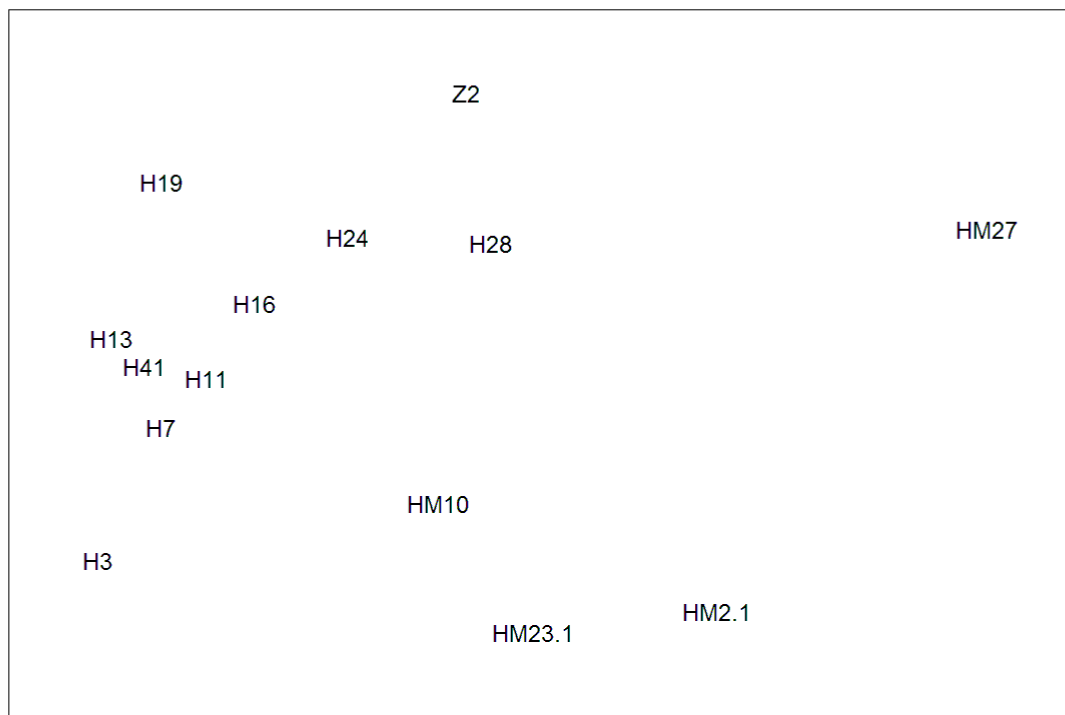
איור 58 : היחס בין מספר פרטי התולעים הרב זיפיות למספר הכולל של הפרטים שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2009.

National Monitoring - Infauna, August 2009

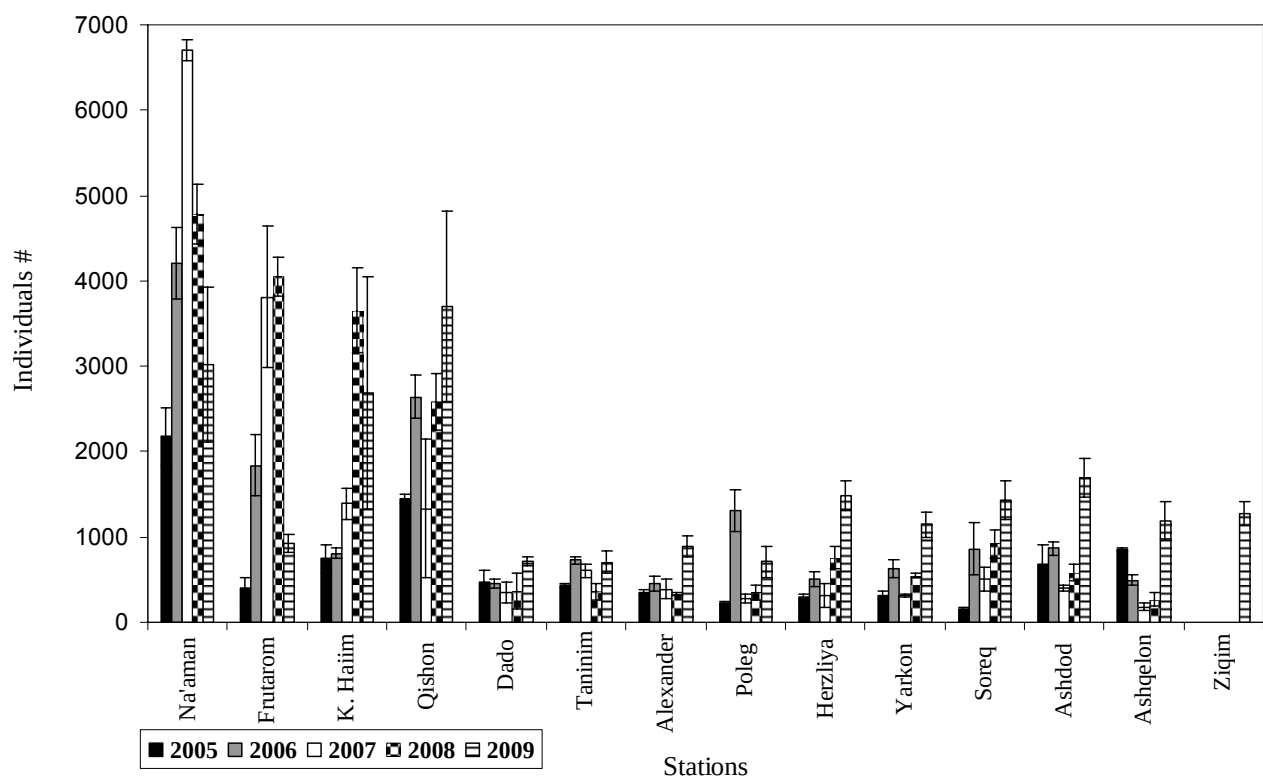


איור 59: אנליזה היררכיאלית (clustering) של דגימות חי תוך המצע בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2009.

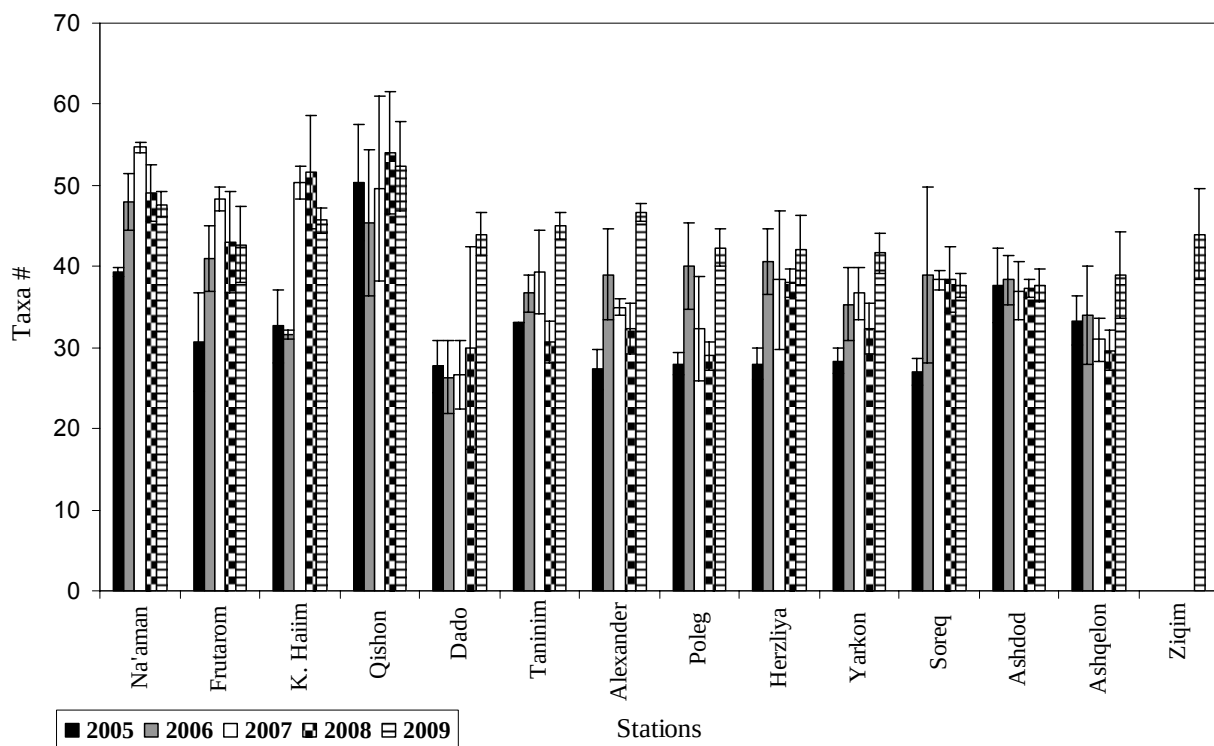
National Monitoring - Infauna, August 2009



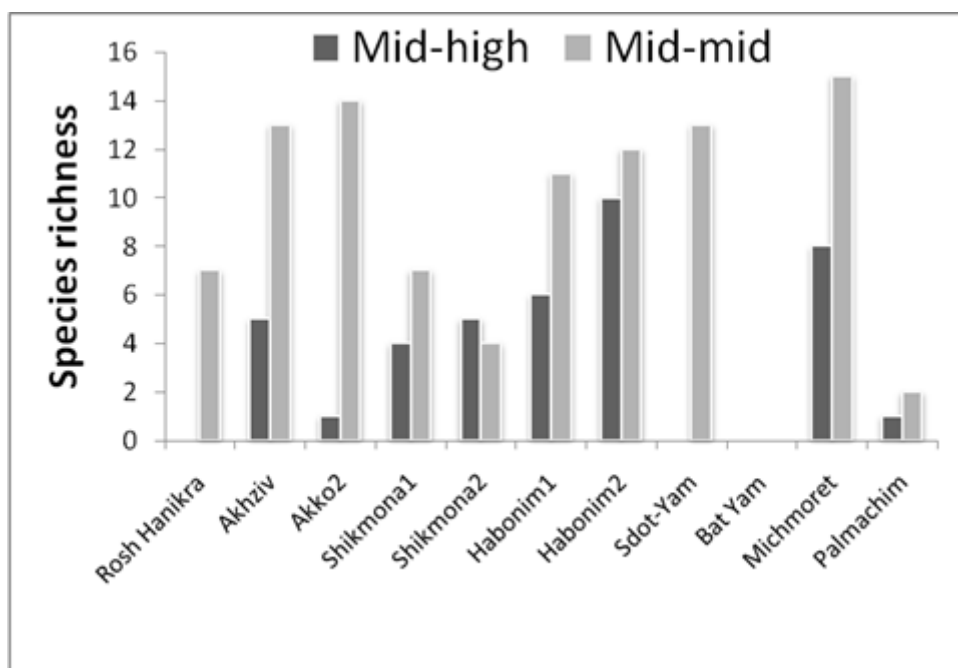
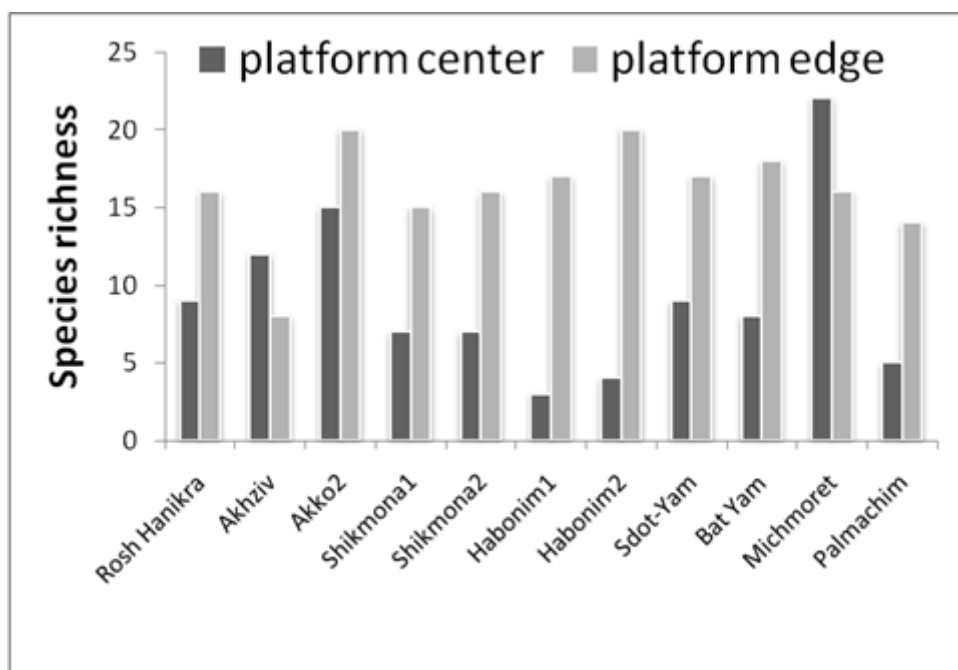
איור 60: אנליזה פסיקה (ordination) של דגימות חי תוך המצע בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2009.



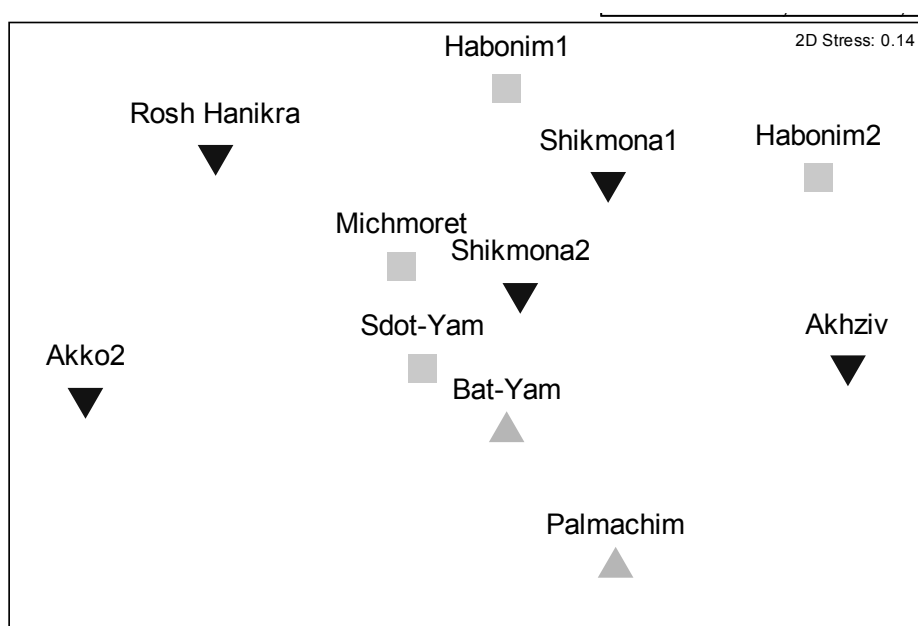
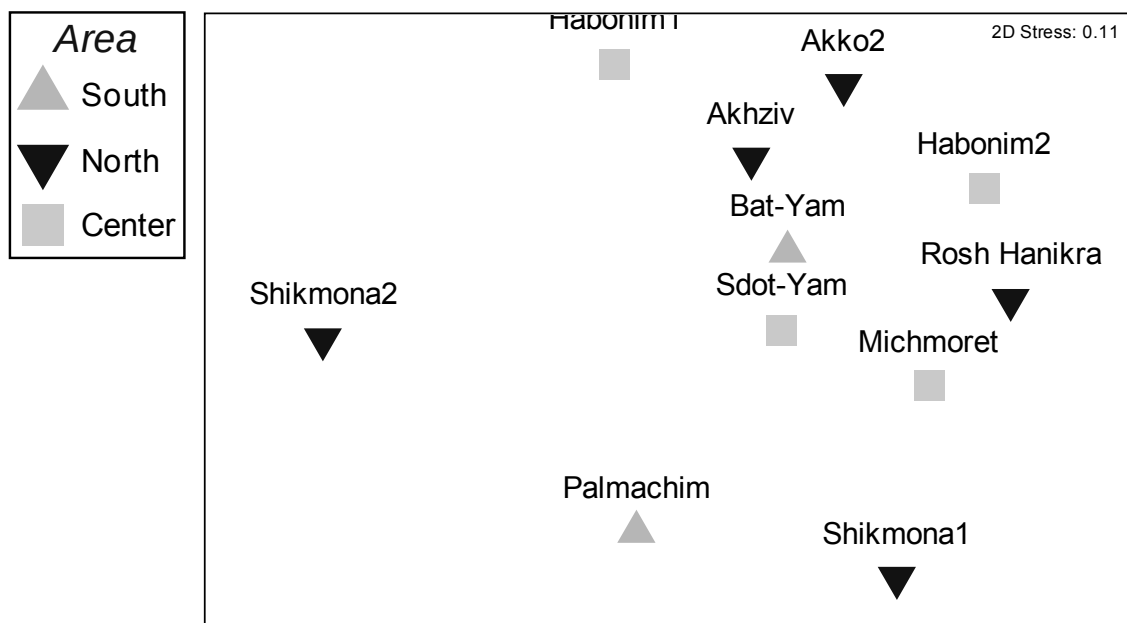
איור 61 : מספר פרטים שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, בשנים 2005 – 2009.



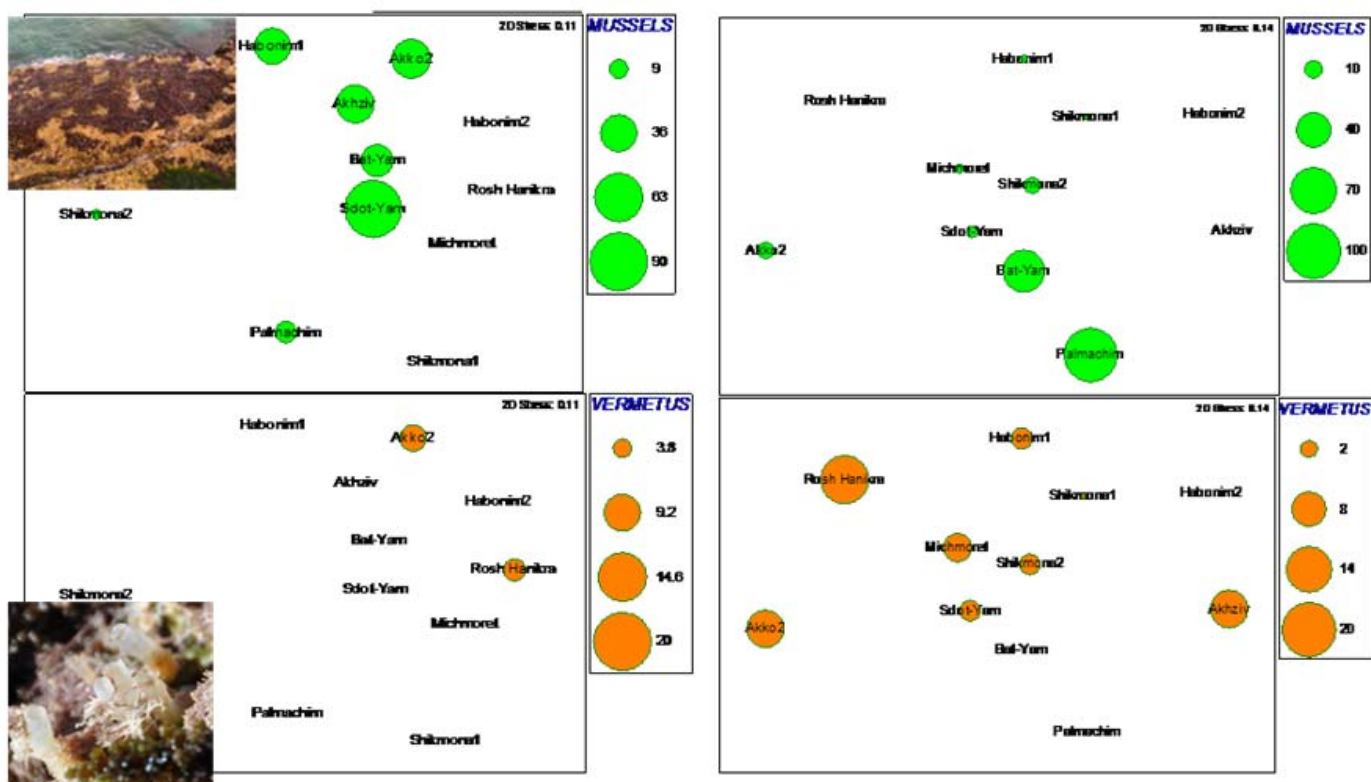
איור 62 : מספר מינים שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, בשנים 2005 – 2009.



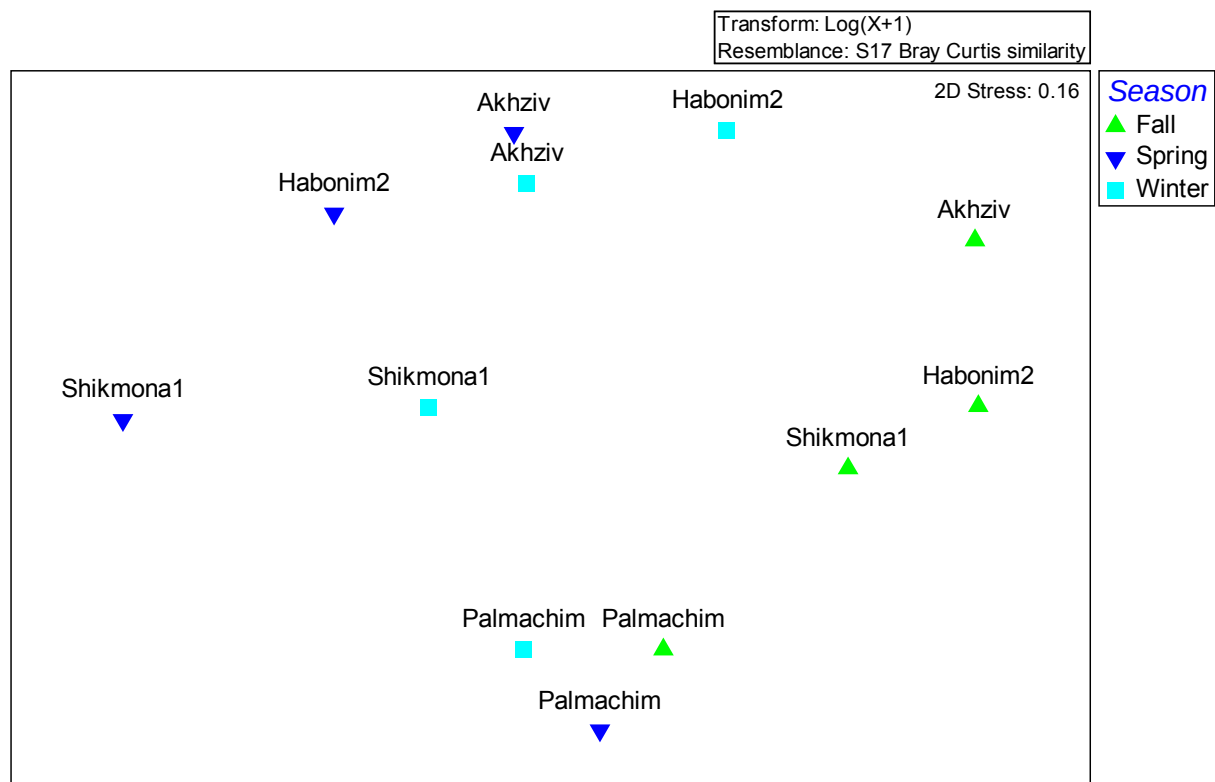
איור 63 : עושר המינים באתרי הדיגום בארבעת חגורות הדיגום באתרי הניטור בסתיו 2009.



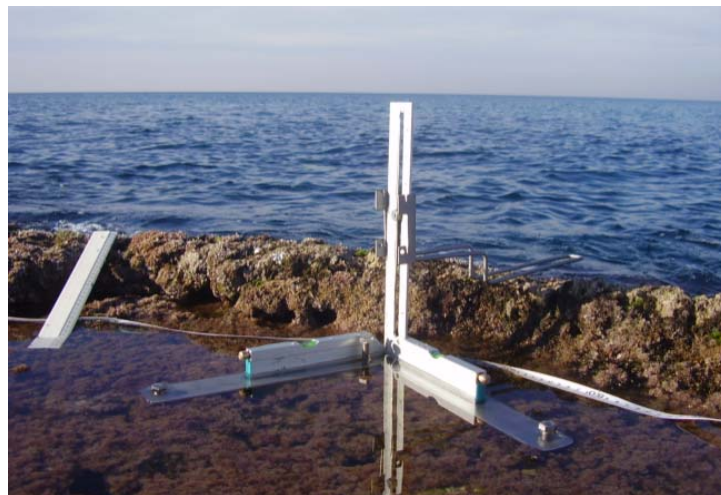
איור 64: אורדינציית MDS לבחינת דמיון בין חברות עבור מרכז הטבלה ושולי הטבלה



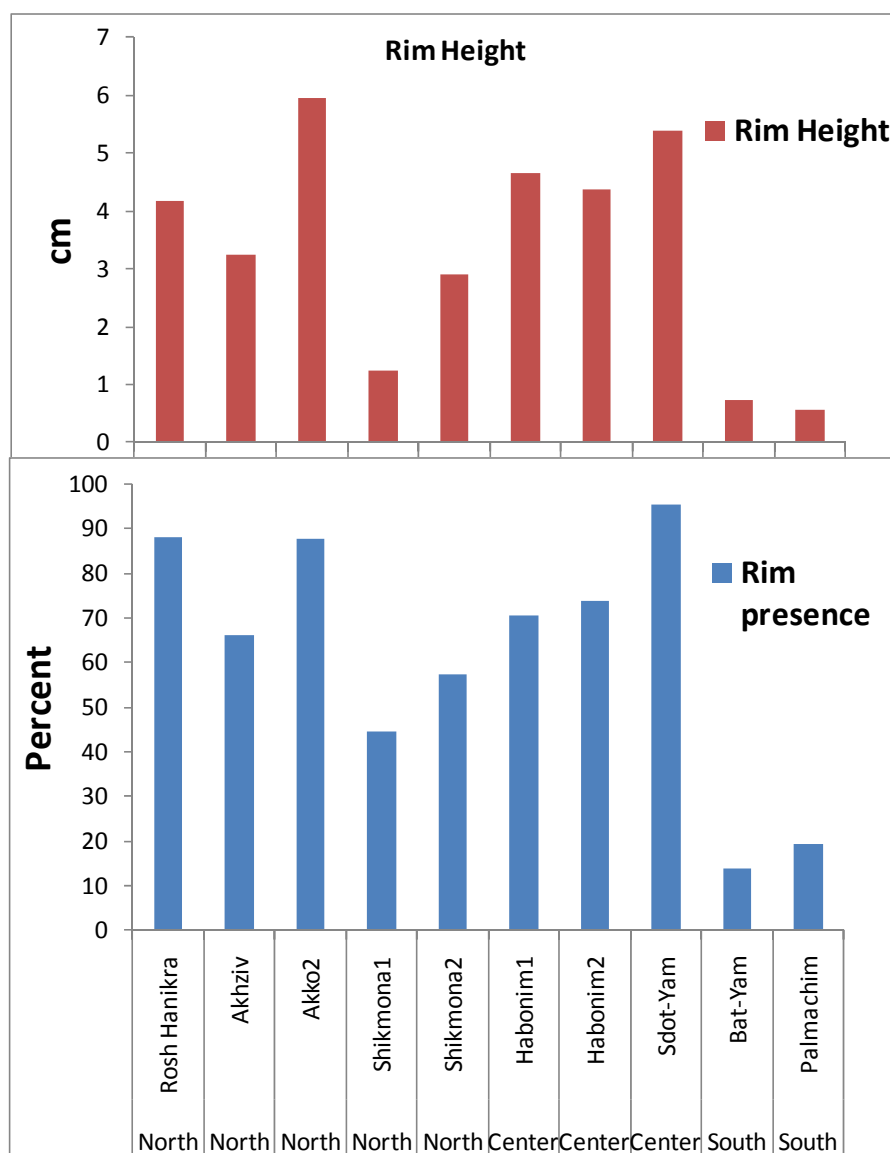
איור 65: אחוז הכיסוי של צדפות (בעיקר הצדפה הפולשת בוצית מגוונת) והורמטיד שלשולן משולש (Vermetus) על פני אורדינציית MDS



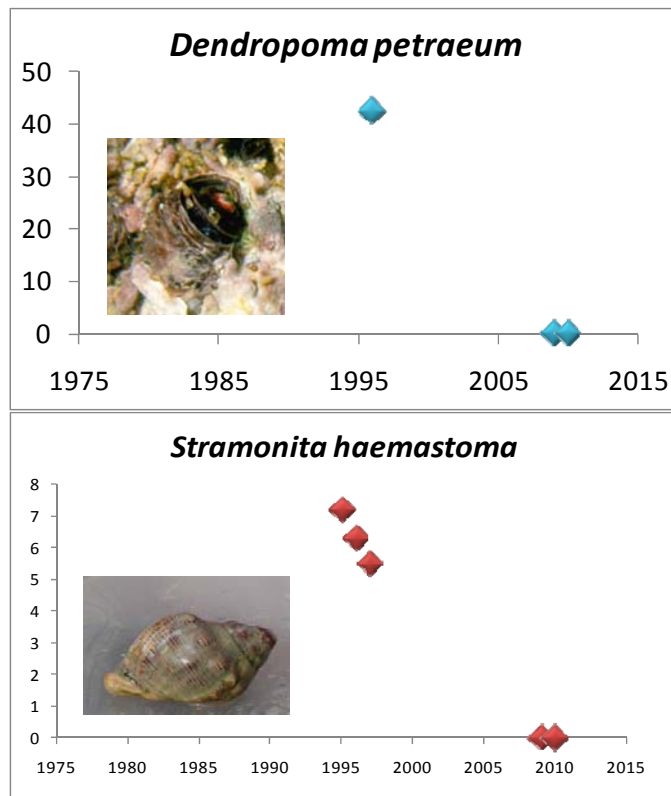
איור 66: אורדינציית MDS לבחינת דמיון בין בארבעת אתרי הליבה בין העונות השונות



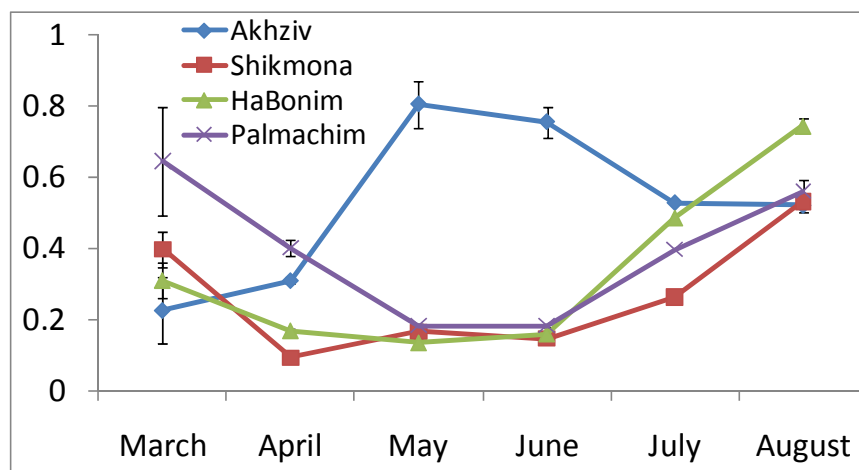
איור 67 : צילום של מד הכרכובים. הבסיס המפוצל המונח על משטח הטבלה מפולס וסמן גובה נע לאורך סרגל אנכי למדידת הגובה.



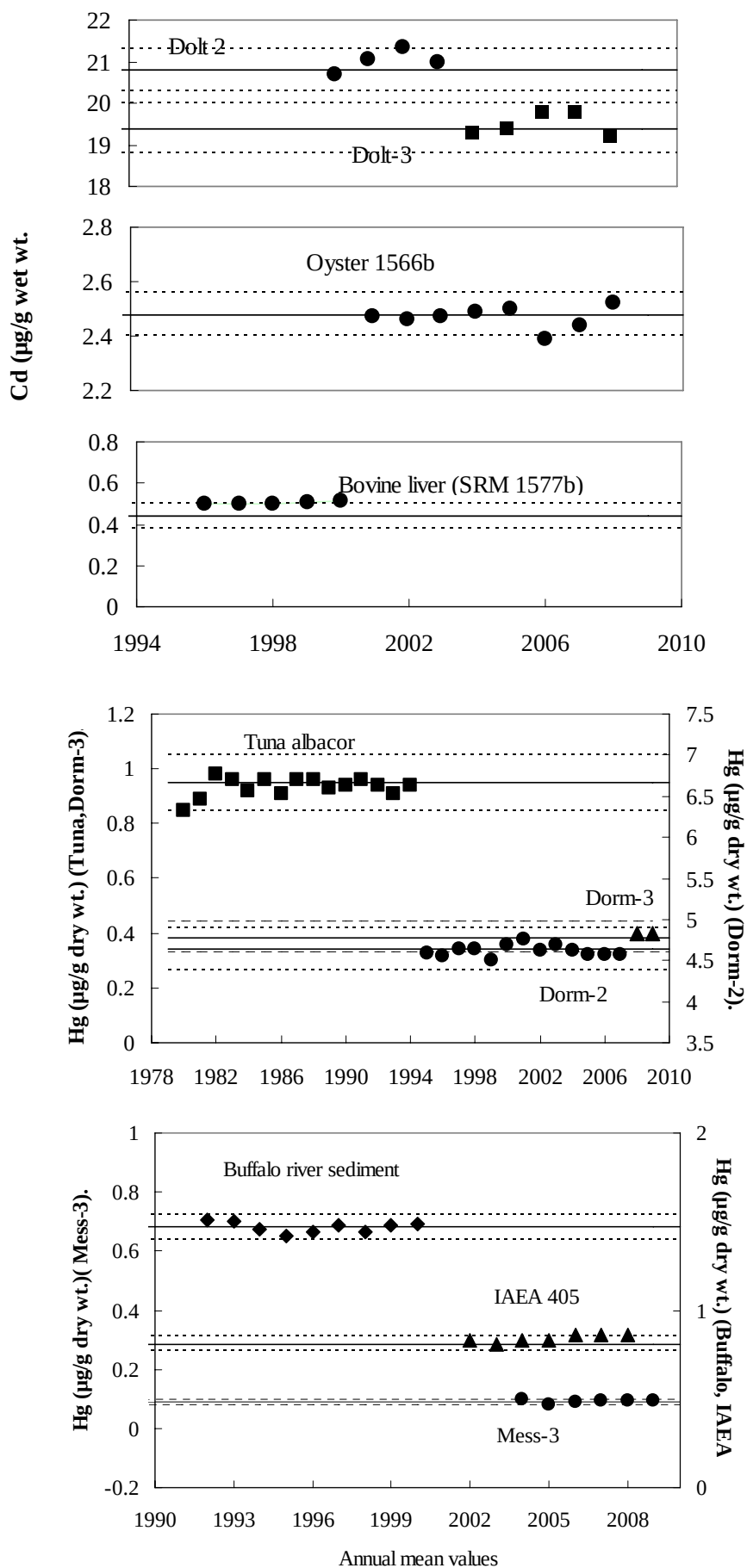
איור 68 : גובה הכרכוב ואחוז הכיסוי של שולי הטבלה בכרכוב שנוצר על ידי הצינון הבונה.



איור 69: צפיפות הצינורן הבונה (אחוז כיסוי במפנה הצפוני של אתר הבונים) ושל ארגמנית אדומת פה (פרטים למטר מרובע) באכזיב בשנות התשעים ובסוף שנת 2009 ושנת 2010.



איור 70: ריכוזי כלורופיל במיקרו-גרם לליטר בארבעת אתרי הליבה במשך ששת חודשי הניטור הראשונים.



איור 71: נתוני בקרת איכות לבדיקות קדמיום (A) וכספית ברקמות דגים (B) וכספית בסדימנטים (C). הנקודות מייצגות תוצאות (ממוצע שנתי) של בדיקות סטנדרטים בינלאומיים. הקו המודגש מייצג את הריכוז המדווח והקווים לצידיו את סטיית התקן.

טבלה 1: ריכוזים ממוצעים של מתכות ($\mu\text{g g}^{-1}$ wet wt.) בצדפה - *Donax sp.* ובחלזון *Patella sp.* במפרץ חיפה בתחנות שונות לאורך החוף ב-2009. אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק (Anova+dunken).

Biota	Length (mm)		Hg		Cd		Cu		Zn	
			ng/g		$\mu\text{g/g}$					
<i>Donax sp.</i>										
HOT	30.4±4.7	a	26±3	a			1.1±0.25	b	12.2±2.2	b
QY	27.4±3.3	a	18±4	b			1.07±0.39	b	13.9±3.5	b
QH	26.5±4.6	a	9±1	c			1.72±1.0	a	17.3±3.8	a
<i>Patella sp.</i>										
ACH	24.0±5.0	d	12±3	de	0.440±0.09	b	1.13±0.20	cde	9.29±2.2	c
AK- B	35.9±4.4	a	17±3	cd	0.223±0.102	ef	1.28±0.24	bcd	10.2±1.2	bc
AK- P	28.9±7.1	bc	24±5	bc	0.590±0.21	a	1.15±0.25	cde	13.9±1.3	ab
QY	32.8±1.9	ab	20±11	cd	0.137±0.048	f	1.49±0.38	abc	13.3±2.1	abc
HS	31.5±5	ab	31±9	ab	0.402±0.154	bc	1.72±0.37	a	14.8±6.8	a
TS	28.1±4.1	bcd	7±1	e	0.381±0.11	bcd	1.12±0.33	cde	13.2±5	c
AT	29.7±4.5	bcd	7±1	e	0.275±0.075	def	1.18±0.27	cde	8.52±2.1	c
MM	29.7±5.6	b	6±1	e	0.266±0.085	def	1.29±0.27	bcd	7.95±1.6	c
HAD	31.9±4.6	ab	6±2	e	0.256±0.106	ef	1.03±0.27	de	7.95±3.0	c
MIC	24±.3.4	d	7±1	e	0.244±0.08	ef	0.934±0.24	e	8.87±2.80	c
PAL	24.7±4.1	cd	37±20	a	0.316±0.143	cde	1.24±0.36	cd	11.0±4.1	abc
ASH	31.1±7.9	ab	5±2	e	0.194±0.074	f	1.56±0.42	ab	9.65±2.9	c

Biota	As		Pb	
	$\mu\text{g/g wet wt.}$			
<i>Patella sp.</i>				
AK- P	2.54±0.34	ab	0.17±0.05	a
QY	3.21±1.59	a	0.17±0.037	ab
HS	1.92±0.49	b	0.267±0.26	a
TS	1.95±0.68	b	0.333±0.168	a
AT	2.24±0.50	b	0.194±0.18	ab
MM	2.34±0.52	b	0.194±0.184	ab
HAD	2.03±0.67	b	0.128±0.021	b
PAL	2.56±0.8	ab	0.243±0.07	ab
ASH	2.26±0.72	b	0.184±0.089	ab

טבלה 1 : המשך

HOT	שפך נעמן
QY	קרית ים
QH	קרית חיים
ACH	אכזיב
AK-B	עכו – ביוב
AK-P	עכו נמל
HS	חוף שמן
TS	תל שקמונה
AT	עתלית
MM	מעגן מיכאל – שפך תנינים
HAD	חדרה-אולגה
MIC	מכמורת
PAL	פלמחים
ASH	אשדוד - מרינה

טבלה 2. תחום ריכוזי מתכות ברקמות השריר של דגים חופיים ודגי מכמורת שנדוגו לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2009.

Species	Location	No. of specimen	Size (mm)	Hg	Cd	Cu	Zn	Fe	As
				µg/g dry wt.					
דגי מכמורת									
<i>Mullus barbatus</i>	פלמחים	15	102-155	0.024-0.082	bdl	0.4-0.965	3.19-4.56	3.69-11.03	0.78-2.99
	חלק הצפוני של ישראל	4	135-160	0.059-0.083	bdl	0.292-0.375	4.01-4.87	2.01-3.56	10.9-15.5
	חלק התיכון של ישראל	10	140-165	0.020-0.257	bdl	0.235-0.552	2.79-5.48	2.21-6.43	9.5-27.7
	חלק דרומי של ישראל	9	109-140	0.020-0.048	bdl	0.3-0.411	4.07-4.92	2.43-5.62	8.04-14.0
<i>Upeneus moluccensis</i>	חלק הצפוני של ישראל	8	110-140	0.04-0.09	bdl	0.41-0.71	4.62-5.54	3.32-5.96	
	חלק התיכון של ישראל	11	110-135	0.02-0.12	bdl	0.40-0.79	4.14-6.20	3.63-6.95	
	חלק דרומי של ישראל	11	141-173	0.03-0.27	bdl	0.26-0.44	3.86-5.79	2.01-3.75	
<i>Pagellus erythrinus</i>	פלמחים	4	145-169	0.046-0.416	bdl	0.134-0.243	3.19-4.26	2.04-2.81	
	חלק הצפוני של ישראל	4	133-150	0.040-0.13	bdl	0.292-0.336	4.33-5.0	2.08-2.65	
	חלק התיכון של ישראל	12	115-150	0.025-0.357	bdl	0.242-0.646	3.09-5.10	1.95-8.46	
	חלק דרומי של ישראל	10	149-167	0.073-0.215	bdl	0.192-0.299	3.84-4.83	0.86-4.48	
דגים חופיים									
<i>Lithognathus mormyrus</i>	פלמחים	19	125-191	0.019-0.076	bdl	0.138-0.38	4.15-5.63	1.94-7.38	0.269-5.51
	עתלית	4	170-200	0.04-0.115	bdl	0.217-0.312	5.88-7.55	1.88-2.7	1.0-2.06
	פרוטרום	12	150-196	0.094-0.479	bdl	0.159-0.202	4.78-6.24	0.83-2.77	1.36-5.61
	מפרץ חיפה	11	146-200	0.042-0.096	bdl	0.114-0.207	4.39-6.19	0.153-3.18	2.12-4.20
	זכרון יעקב	12	140-225	0.018-0.15	bdl	0.190-0.419	4.79-7.29	0.58-2.73	0.6-12.7
<i>Diplodus sargus</i>	עכו	4	196-210	0.297-0.719	bdl	0.165-0.219	3.46-6.35	0.524-1.13	6.01-9.94
	פרוטרום	3	200-255	0.484-0.838	bdl	0.17-0.193	3.65-4.66	1.47-4.0	2.28-8.37
	זכרון יעקב	7	160-200	0.063-0.142	bdl	0.18-0.349	3.40-5.17	0.228-2.57	2.96-6.15
<i>Sargocentron rubrum</i>	עכו	16	129-180	0.292-0.571	bdl	0.199-0.705	3.21-4.64	1.25-6.53	
<i>Siganus rivulatus</i>	עתלית	9	150-188	0.005-0.01	bdl	0.228-0.41	6.11-9.9	1.25-4.12	
	פרוטרום	10	136-177	0.003-0.018	bdl	0.115-0.27	2.9-7.9	1.29-3.55	
	זכרון יעקב	12	160-195	0.004-0.006	bdl	0.194-0.53	3.38-6.28	1.57-5.18	

bdl = below detection limit Cd<0.04µg/g wet wt.

טבלה 3 : הבדלים ברמות הכספית (ריכוז מנורמל למשקל דג) בדגים ממינים שונים ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים בשנת 2009. $p < 0.05$ - הבדל סטטיסטי מובהק.

Coastal Fish	Haifa bay	Other areas	p
<i>Lithognathus mormyrus</i>	0.002±0.002	0.001±0.003	<0.05
<i>Diplodus sargus</i>	0.0028±0.0008	0.0012±0.0004	<0.05
<i>Sargocentron rubrum</i>	0.006±0.001		

Trawl Fish	North		center		South	
<i>Mullus barbatus</i>	0.002±0.0005	a	0.003±0.0026	a	0.002±0.001	a
<i>Pagellus erythrinus</i>	0.002±0.001	b	0.008±0.0053	a	0.003±0.0019	b
<i>Upeneus moluccensis</i>	0.004±0.0017	a	0.003±0.0011	a	0.004±0.0016	a

הבדלים ברמות כספית (מנורמל למשקל דג), נחושת ואבץ בדגים שונים מתחנות במפרץ חיפה. אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק ($p < 0.05$) עבור דג ממין מסוים.

	Hg		Cu		Zn	
<i>Lithognathus mormyrus</i>						
HB	0.001±0.0002	b	0.170±0.026	a	5.13±0.49	a
Frutarom	0.003±0.001	a	0.181±0.017	a	5.33±0.42	a
<i>Diplodus sargus</i>						
Frutarom	0.003±0.001	a	0.178±0.013	a	4.27±0.55	a
Akko	0.003±0.001	a	0.189±0.025	a	4.72±1.34	a
<i>Sargocentron rubrum</i>	0.006±0.001		0.292±0.12		3.57±0.42	

טבלה 4 : ערכים מחושבים של שטפים יבשים של מתכות ($\mu\text{g m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$) בתל-שקמונה (TS) ומעגן מיכאל (MM) בשנים 1996 - 2009.

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
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

*Probably overestimate due to association with small particles.

**Possible contamination

[&] Samples collected during Jan-May and Dec 2005; Jan-May 2006; May-Dec 2008

טבלה 5: מאפיינים כלליים של המים בשפכי נחלי החוף בשנת 2009

[illegible]

טבלה 6 : 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 במרץ¹ 2009. כמו כן, מוצגים נתוני עומס חנקן וזרחן הכללי שהוזרמו לנחלים בשנת 2009 בעיקר ממתקני טיפול בשפכים (נתוני המשרד להגנת הסביבה, אגף מים ונחלים).

River	Discharge	NO ₃ +NO ₂ -N	NH ₄ -N	Total inorg. N	PO ₄ -P	Si(OH) ₄ -Si	² Total N	² Total P
<i>cubic meter * 1000 /yr.</i>								
נעמן	5958	11.8	19.4	31.2	14.2	79.2	221	26
קישון	22324	251	23.8	275	9.46	153	³ 620	³ 42
תנינים	16836	49.9	0.20	50.1	0.10	420	59	10
חדרה	14275	16.7	226	243	42.8	126	408	113
אלכסנדר	13221	70.8	1.17	72.0	11.2	220	143	44
ירקון+אילון	37499	0.94	902	903	115	4.50	1015	179
שורק	1501	1.23	47.5	48.7	3.33	7.41	1510	230
לכיש	2309	3.11	0.48	3.60	3.09	11.3	41	11

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 המשרד להגנת הסביבה על הזרמות חנקן וזרחן כללי (אנאורגני ואורגני) לנחלים בשנת 2008 (בעיקר ע"ס דיווחי מתקני טיפול בשפכים).
3. נתוני נחלים קישון+ציפורי (ללא הזרמות מגיני).

נספח 1: טבלת אפיון תחנות הדיגום בשנת 2009

* אזורי דיגום הדגים – ראה איור 2.

אפיון תחנות הדיגום בשנת 2009

תחנה	תאריך	אזור	מיקום				עומק	דיגום
			קו רוחב		קו אורך		מים	
1	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.070	35	4.579	3	Sediment, Water, Benthic fauna
2	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.078	35	4.398	6	Sediment, Water, Benthic fauna
8	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.025	35	4.646	3	Sediment, Water, Benthic fauna
9	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.034	35	4.528	6	Sediment, Water, Benthic fauna
10	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.050	35	4.319	9	Sediment, Water, Benthic fauna
11	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.068	35	4.175	12	Sediment, Water, Benthic fauna
12	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	53.689	35	4.586	3	Sediment, Water, Benthic fauna
14	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	52.793	35	4.330	3	Sediment, Water, Benthic fauna
18	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	51.257	35	3.720	3	Sediment, Water, Benthic fauna
22	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.843	35	2.800	3	Sediment, Water, Benthic fauna
23	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.892	35	2.711	6	Sediment, Water, Benthic fauna
26	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.375	35	2.133	6	Sediment, Water
27	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.246	35	1.187	12	Sediment, Water
ALA	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	53.790	35	3.970	14	Sediment, Water
Carmelit	9-Jul-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	48.595	35	1.730	11.5	Sediment, Water
H1	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.771	34	55.582	30.8	Water, Phytoplankton
H2	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.657	34	56.115	21	Water
H3	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.386	34	56.838	10.5	Water, Sediment, infauna
H4	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.468	34	57.049	6.2	Water, Sediment, Phytoplankton
H5	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Taninim river	32	33.324	34	52.666	31.8	Water, Phytoplankton
H6	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.983	34	53.072	21.8	Water
H7	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.606	34	53.535	12.4	Water, Sediment, infauna
H8	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.568	34	53.902	6	Water, Sediment, Phytoplankton
H9	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.341	34	50.471	30.7	Water, Phytoplankton
H10	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.198	34	50.876	20.8	Water
H11	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.029	34	51.374	12.7	Water, Sediment, infauna
H12	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Alexander river	32	23.919	34	51.645	6.7	Water, Sediment, Phytoplankton
H13	5-Aug-09	Shallow coastal water-off Herzlyya	32	9.530	34	47.204	10.3	Water, Sediment, infauna
H14	5-Aug-09	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	7.433	34	45.135	30	Water, Phytoplankton
H15	5-Aug-09	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.902	34	45.654	20.3	Water
H16	5-Aug-09	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.492	34	45.919	12.7	Water, Sediment, infauna
H17	5-Aug-09	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.294	34	46.248	6.2	Water, Sediment
H18	5-Aug-09	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.605	34	42.266	5.6	Water, Sediment, Phytoplankton
H19	5-Aug-09	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.714	34	41.905	11.6	Water, Sediment, infauna
H20	5-Aug-09	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.742	34	41.230	21.1	Water
H21	5-Aug-09	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.751	34	40.446	31.6	Water, Phytoplankton
H22	5-Aug-09	Shallow coastal water-off Ashdod	31	49.412	34	36.368	31.3	Water
H23	5-Aug-09	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.545	34	36.961	21.5	Water
H24	5-Aug-09	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.196	34	37.478	10.5	Water, Sediment, infauna
H25	5-Aug-09	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.059	34	37.612	5.3	Water, Sediment
H26	6-Aug-09	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	42.046	34	31.881	32.4	Water, Phytoplankton
H27	6-Aug-09	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.622	34	32.740	20.2	Water
H28	6-Aug-09	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.348	34	33.344	9.4	Water, Sediment
H28.1	6-Aug-09	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.187	34	33.486	6.7	infauna,
H29	6-Aug-09	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.350	34	33.344	9.4	Water, Sediment, Phytoplankton
H40	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.252	34	49.651	5.6	Water, Sediment
H41	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.354	34	49.421	9.7	Water, Sediment, infauna
H42	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.509	34	48.996	20.2	Water, Sediment, infauna
H43	4-Aug-09	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.816	34	48.256	29.5	Water
Z1	6-Aug-09	Shallow coastal water-off Zikim	31	36.900	34	30.071	5	Water
Z2	6-Aug-09	Shallow coastal water-off Zikim	31	37.011	34	29.844	10.8	Water
Z3	6-Aug-09	Shallow coastal water-off Zikim	31	37.219	34	29.334	20	Water
HB1	3-Aug-09	Haifa Bay	32	51.971	34	58.452	25.2	Water, Phytoplankton
HB2	3-Aug-09	Haifa Bay	32	50.867	34	59.857	18.99	Water, Phytoplankton
HB4	3-Aug-09	Haifa Bay	32	49.841	35	1.281	15.3	Water, Phytoplankton
HB5	3-Aug-09	Haifa Bay	32	49.026	35	1.351	12.2	Water, Phytoplankton
Qishon port	3-Aug-09	Haifa Bay	32	48.893	35	1.579	11.9	Water, Phytoplankton
HB5.1	2-Aug-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.011	35	1.336	13	infauna
HM10	2-Aug-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.065	35	4.373	8.5	infauna
HM2.1	2-Aug-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.061	35	4.340	7.1	infauna
HM2.11	2-Aug-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.072	35	4.361		infauna
HM23.1	2-Aug-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.993	35	2.556	9.6	infauna
HM27	2-Aug-09	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.255	35	1.179	10.9	infauna

אפיון תחנות הדיגום בשנת 2009 (המשך)

תחנה	תאריך	אזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו רוחב		קו אורך			
R1a	16-18 Mar-09	Betzet river-mouth	33	4.617	35	6.327		Water, Sediment
R1b	16-18 Mar-09	Betzet river-50m	33	4.569	35	6.378		Water, Sediment
R1c	16-18 Mar-09	Betzet river-500m	33	4.550	35	6.592		Water, Sediment
R4a	16-18 Mar-09	Naaman river-mouth	32	54.547	35	4.899		Water, Sediment
R4b	16-18 Mar-09	Naaman river-50m	32	54.606	35	4.924		Water, Sediment
R4c	16-18 Mar-09	Naaman river-bridge	32	54.731	35	5.065		Water, Sediment
R5a	16-18 Mar-09	Qishon port (Carmelit)	32	48.524	35	1.736		Water, Sediment
R5b	16-18 Mar-09	Qishon river-Julius bridge	32	48.095	35	2.093		Water, Sediment
R5.5a	16-18 Mar-09	Dalia river-mouth	32	35.248	34	54.855		Water, Sediment
R5.5b	16-18 Mar-09	Dalia river-50m	32	35.270	34	54.888		Water, Sediment
R6a	16-18 Mar-09	Taninim river-mouth	32	32.370	34	54.133		Water, Sediment
R6b	16-18 Mar-09	Taninim river-50m	32	32.336	34	54.173		Water, Sediment
R6c	16-18 Mar-09	Taninim river-bridge	32	32.966	34	54.923		Water, Sediment
R7a	16-18 Mar-09	Hadera river-mouth	32	27.861	34	53.054		Water, Sediment
R7b	16-18 Mar-09	Hadera river-50m	32	27.879	34	53.306		Water, Sediment
R7c	16-18 Mar-09	Hadera river-road	32	28.029	34	54.024		Water, Sediment
R8a	16-18 Mar-09	Alexander river-mouth	32	23.707	34	51.929		Water, Sediment
R8b	16-18 Mar-09	Alexander river-50m	32	23.741	34	51.993		Water, Sediment
R8c	16-18 Mar-09	Alexander river-bridge	32	23.631	34	52.175		Water, Sediment
R9a	16-18 Mar-09	Poleg river-mouth	32	16.292	34	49.965		Water, Sediment
R9b	16-18 Mar-09	Poleg river-50m	32	16.227	34	50.028		Water, Sediment
R10a	16-18 Mar-09	Yarkon river-mouth	32	6.189	34	46.617		Water, Sediment
R10c	16-18 Mar-09	Yarkon river-bridge	32	5.947	34	46.660		Water, Sediment
R11a	16-18 Mar-09	Sorek river-mouth	31	56.477	34	42.479		Water, Sediment
R11b	16-18 Mar-09	Sorek river-50m	31	56.433	34	42.507		Water, Sediment
R11c	16-18 Mar-09	Sorek river-bridge	31	56.082	34	43.489		Water, Sediment
R12a	16-18 Mar-09	Lachish river-mouth	31	48.922	34	38.379		Water, Sediment
R12b	16-18 Mar-09	Lachish river-50m	31	48.912	34	38.450		Water, Sediment
R12c	16-18 Mar-09	Lachish river-bridge	31	49.038	34	38.924		Water, Sediment
R13b	16-18 Mar-09	Evtach river-50m	31	44.490	34	35.951		Water, Sediment
R1a	13-15 Sep-09	Betzet river-mouth	33	4.617	35	6.327		Water
R1b	13-15 Sep-09	Betzet river-50m	33	4.569	35	6.378		Water
R1c	13-15 Sep-09	Betzet river-500m	33	4.550	35	6.592		Water
R4a	13-15 Sep-09	Naaman river-mouth	32	54.547	35	4.899		Water
R4b	13-15 Sep-09	Naaman river-50m	32	54.606	35	4.924		Water
R4c	13-15 Sep-09	Naaman river-bridge	32	54.731	35	5.065		Water
R5a	13-15 Sep-09	Qishon port (Carmelit)	32	48.524	35	1.736		Water
R5b	13-15 Sep-09	Qishon river-Julius bridge	32	48.095	35	2.093		Water
R5.5a	13-15 Sep-09	Dalia river-mouth	32	35.248	34	54.855		Water
R5.5b	13-15 Sep-09	Dalia river-50m	32	35.270	34	54.888		Water
R6a	13-15 Sep-09	Taninim river-mouth	32	32.370	34	54.133		Water
R6b	13-15 Sep-09	Taninim river-50m	32	32.336	34	54.173		Water
R6c	13-15 Sep-09	Taninim river-bridge	32	32.966	34	54.923		Water
R7a	13-15 Sep-09	Hadera river-mouth	32	27.861	34	53.054		Water
R7b	13-15 Sep-09	Hadera river-50m	32	27.879	34	53.306		Water
R7c	13-15 Sep-09	Hadera river-road	32	28.029	34	54.024		Water
R8a	13-15 Sep-09	Alexander river-mouth	32	23.707	34	51.929		Water
R8b	13-15 Sep-09	Alexander river-50m	32	23.741	34	51.993		Water
R8c	13-15 Sep-09	Alexander river-bridge	32	23.631	34	52.175		Water
R9a	13-15 Sep-09	Poleg river-mouth	32	16.292	34	49.965		Water
R9b	13-15 Sep-09	Poleg river-50m	32	16.227	34	50.028		Water
R10a	13-15 Sep-09	Yarkon river-mouth	32	6.189	34	46.617		Water
R10c	13-15 Sep-09	Yarkon river-bridge	32	5.947	34	46.660		Water
R11a	13-15 Sep-09	Sorek river-mouth	31	56.477	34	42.479		Water
R11b	13-15 Sep-09	Sorek river-50m	31	56.433	34	42.507		Water
R11c	13-15 Sep-09	Sorek river-bridge	31	56.082	34	43.489		Water
R12a	13-15 Sep-09	Lachish river-mouth	31	48.922	34	38.379		Water
R12b	13-15 Sep-09	Lachish river-50m	31	48.912	34	38.450		Water
R12c	13-15 Sep-09	Lachish river-bridge	31	49.038	34	38.924		Water
R13b	13-15 Sep-09	Evtach river-50m	31	44.490	34	35.951		Water
TS		Tel Shikmona	32	49.579	34	57.400		Dust, Rain
MM		Magan Michael	32	32.946	34	54.871		Dust
משקעים אטמוספריים								

משקעים אטמוספריים

אפיון תחנות הדיגום בשנת 2009 (המשך)

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו רוחב		קו אורך			
ACH	March-09	Patella - Achziv (near Miluz)	33	3.894	35	6.253	~5 cm	Mollusks
AK-P	March-09	Patella - Akko marina	32	55.147	35	4.241	~5 cm	Mollusks
QY	March-09	Patella - Qiryat yam	32	51.328	35	3.873	~5 cm	Mollusks
AT	March-09	Patella - Atlit south	32	40.987	34	55.682	~5 cm	Mollusks
MIC	March-09	Patella - Michmoret	32	24.132	34	51.930	~5 cm	Mollusks
HAD	March-09	Patella - Givaat Olga	32	26.871	34	52.741	~5 cm	Mollusks
PAL	March-09	Patella - Palmachim	31	55.808	34	41.906	~5 cm	Mollusks
ASH	March-09	Patella - Ashdod marina	31	47.794	34	37.535	~5 cm	Mollusks
HS	March-09	Patella - Hof Shemen	32	48.874	35	0.859	~5 cm	Mollusks
MM	March-09	Patella - Taninim river	32	32.353	34	54.044	~5 cm	Mollusks
AK-B	March-09	Patella - Biuv Akko	32	56.739	35	4.413	~5 cm	Mollusks
TS	March-09	Patella - Tel Shiqmona rocks	32	49.579	34	57.400	~5 cm	Mollusks
EI	March-09	Donax - Frutarom	32	54.000	35	4.667	~60 cm	Mollusks
HOT	March-09	Donax - Hof Hatmarim	32	54.807	35	4.830	~60 cm	Mollusks
QY	March-09	Donax - Qiryat yam	32	51.328	35	3.873	~60 cm	Mollusks
QH	March-09	Donax - Qiryat Haim	32	49.542	35	2.633	~60 cm	Mollusks

נספח 2: מספר כולל של בדיקות של מתכות כבדות בדגים, רכיכות, סדימנטים וחומר מרחף מאז תחילת הניטור.

דגים (1974 – 2009)

<i>Diplodus sargus</i>	968
<i>Lithognathus mormyrus</i>	1260
<i>Mullus barbatus</i>	904
<i>Sargocentron rubrum</i>	528
<i>Upeneus asymmetricus</i>	21
<i>Upeneus moluccensis</i>	534
<i>Siganus rivulatus</i>	381
<i>Mullus surmuletus</i>	275
<i>Oblada melanura</i>	122
<i>Pagellus erythrinus</i>	476
<i>Saurida undosquamis</i>	148
Other	927
סה"כ דגים	6544

רכיכות וסרטנים* (1975 - 2009)

<i>Macra corallina corallina</i>	1840
<i>Astropecten bispinosus</i>	55
<i>Rudicardium tuberculatum</i>	196
<i>Neverita josephinia</i>	80
<i>Patella sp.</i>	1253
<i>Diogenes pugilator</i>	241
<i>Donax trunculus</i>	573
<i>C. gallina</i>	99
<i>Arcularia gibbosula</i>	334
<i>Cellana rota</i>	203
<i>Aristeus antennatus</i>	20
<i>Parapenaeus longirois</i>	10
<i>Donax semistriatus</i>	11
<i>Penaeus japonicus</i>	25
other	359
סה"כ רכיכות וסרטנים	5299

סדימנט וחומר מרחף

Sea Sediments (1981-2009)	835
River Sediments (1988-2009)	701
SPM (1994-2009)	1512
סה"כ דוגמאות	3048

* דוגמאות מורכבות (19575 פרטים)

נספח 3: 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 $0.45 \mu\text{m}$ Millipore Type HA, לאחר סינון מוקדם דרך $63 \mu\text{m}$. 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 מספינת 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 הגרגרים הקטנים מ-1000 מיקרון נלקח לבדיקת הסדימנטים הנחליים.

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 36-50 מטר, רובם ע"י אגף הדיג במשרד החקלאות. 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 Graseby, הדיגום נעשה על בסיס ארועי 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 במייבש ונשקלו. 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 6000. בדיקות חמצן לחישוב BOD₅ נעשו באמצעות חיישן מסוג YSI 6600.

בדיקות נוטריאנטים

נוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, חומצה סיליצית ואמוניה) נבדקו בשיטה פוטומטרית וזרימה מקוטעת במכשיר Skalar SAN^{plus} Systems. גבולות הקביעה של ניטראט, ניטריט, פוספאט, חומצה סיליצית ואמוניה היו 0.02, 0.02, 0.005, 0.06 ו-0.1 µM, בהתאמה.

בדיקות כלורופיל

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

בדיקות מתכות כבדות

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

כספית נבדקה בספקטרוטומטריה 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 בספקטרוטומטריה של בליעה אטומית עם להבה ובתנור גרפיט (Varian Spectra AA220 and AA880).

בדיקת TOC בסדימנט

פחמן אורגני בסדימנט נבדק ע"י חמצון עם אשלגן די כרומט בנוכחות חומצה גופריתית 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). דוגמא לבקרה שנתית של תוצאות בדיקות החומרים הסטנדרטים מוצגת באיור 57. כמו כן, המעבדה משתתפת בתרגילי כיול בינלאומיים תקופתיים מאז סוף שנות ה-70.

בדיקות ריכוזי מיקרואצות

לבדיקת תאי כחוליות ותאי פיקופלנקטון בעלי כלורופיל (עד 5μ), נעשה שימוש בשיטה המתוארת ע"י Booth, 1987 עם מספר שינויים. דוגמאות המים סוננו דרך פילטר פוליקרבונט 0.45μ , בשתי חזרות. הפילטר עם הדוגמא המרוכזת והמשומרת הונח על גבי טיפת שמן אימרסיה שהושמה על זכוכית מכסה. על הפילטר הונחה טיפה נוספת של שמן אימרסיה והפילטר כוסה בזכוכית מכסה. הדוגמא נשמרה בהקפאה עד לספירה. הספירה נעשתה בעזרת מיקרוסקופ אפיפלואורסנטי. נספרו 30 שדות אקראיים מכל שטח הפילטר באמצעות האובייקטיב x100.

לצורך ספירת המיקרופלנקטון, דוגמאות המים סוננו דרך פילטר פוליקרבונט 3μ , ומהם הוכנו שני פרפרטים בשתי שיטות שונות:

א. הפילטר עם הדוגמא המרוכזת והמשומרת הונח על גבי טיפת שמן אימרסיה שהושמה על זכוכית מכסה. על הפילטר הונחה טיפה נוספת של שמן אימרסיה והפילטר כוסה בזכוכית מכסה. הדוגמא נשמרה בהקפאה עד לספירה. הספירה נעשתה בעזרת מיקרוסקופ

אפיפלואורסנטי. פילטר זה יועד לספירת המיקרופלנקטון השכיח יותר והקל לזיהוי באמצעות פלואורסנציה.

ב. שיטת FTF (Hewes & Holm-Hansen 1983, Gordon et al. 1994) - הפילטר עם פני הדוגמא המרוכזת והמשומרת הונח על גבי טיפת מי-ים שהושמה על זכוכית נושאת, אשר הונחה מייד על גבי משטח חלק של קרח יבש. לאחר קפיאת התאים, הפילטר נתלש והדוגמא כוסתה בשכבת גליצרין ג'לי. עם התייבשותו הונחה עליו טיפת גליצרול שכוסתה בזכוכית מכסה. הדוגמא נשמרה בהקפאה עד לספירה. הספירה נעשתה באור רגיל באמצעות מיקרוסקופ אפיפלואורסנטי. כל פני שטח הפילטר נספרו באמצעות האובייקטיב x20 או x40, תלוי בגודל התאים. פילטר זה יועד לספירת התאים שאינם ניתנים לאבחנה או זיהוי ע"י פלורוסנציה, אלא מחייבים אור רגיל לזיהוי.

ביומסת הכחוליות החד-תאיות חושבה לפי תכולת פחמן של 294 fgC לתא (Cuhel & Waterbury, 1984). זוהי הערכה מספרית המסתמכת על חישוב נפח התא ועל הנחת ריכוז פחמן לנפח המחושב, לכן היא אינה מספר אבסולוטי, ובספרות ניתן למצוא גם ערכים אחרים (Li, W.K.W, 1986, 1992). ביומסת המיקרופלנקטון חושבה לפי Strathmann, 1967. מגוון המינים חושב לפי Menhinick's index (Karydis and Tsirtsis, 1996).

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 ואיפיון הפעילות הרבייתית. רמות הסמנים הביולוגיים בחומר שהופק מפיסות כבד נבדקו בשיטות המפורטות ב- Tom et al. (2002, 2004), עם שיפורים שהוכנסו לשימוש לאחר כתיבת המאמרים.

בדיקות חי הקרקעית (infauna)

משקעי הקרקעית נדגמו באמצעות מחפר (Van Veen grab) בשטח של 0.08 מ"ר. בכל תחנה נאספו שלוש דגימות. הדגימות שומרו ב-10% פורמלין וכעבור מספר ימים נשטפו בנפה 0.25 מ"מ. החומר שלא עבר את הנפה שומר בכוהל אתילי 70%, נצבע ב-Rose Bengal, מוין בעזרת בינקולר והוגדר לרמה הטכסונומית הנדרשת.

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 ראה נספח 4

נספח 4: מערכת SISCAL למיפוי סביבתי מנתוני לוויינים

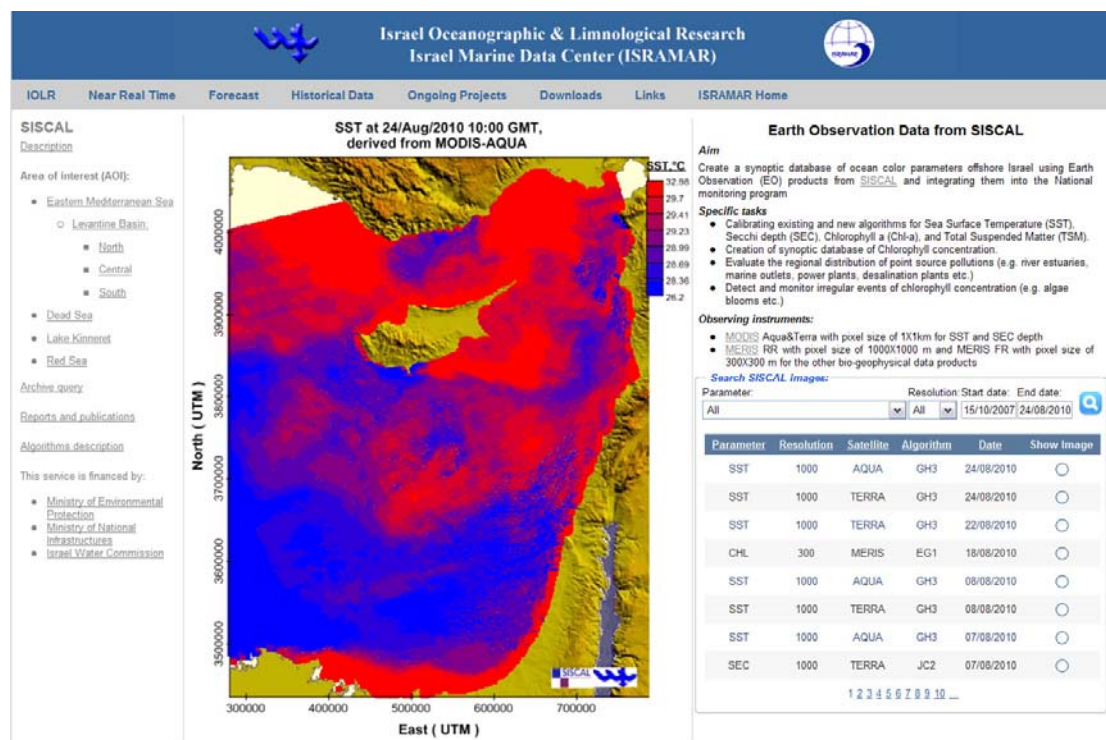
במסגרת מחקר SISCAL (Satellite Information System on Coastal Areas and Lakes) במימון האיחוד האירופי, פותחו כלים ייעודיים ונוחים לתפעול עבור משתמשי קצה לצורך מיפוי, מעקב, ניהול ובקרה של הסביבה הימית, המבוססים על פרמטרים הקשורים לאיכות מים אשר מפוענחים מנתוני לוויינים יומיים. מערכת SISCAL מספקת מיפוי של טמפרטורת פני הים (SST), ריכוזי כלורופיל, ריכוזי חומר מרחף (SPM), עומק סקי ועוד. מוצרים אלו מיוצרים ומועברים למשתמש הקצה דרך האינטרנט קרוב לזמן אמת (Near-Real-Time), תוך שימוש באלגוריתמים המקובלים בעולם ו/או אלגוריתמים שפותחו במיוחד לאזורים מקומיים.

במסגרת המחקר פותח מודול של מ"מ"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 מ"מ"ג ייעודיות. מערכת כזו הותקנה בחדר המצב של אגף ים וחופים במשרד לאיכות הסביבה.

המיפוי מתבסס על שני לוויינים אמריקאים החולפים מעל אזור ישראל מידי יום בין השעות 10:00 – 12:30 (MODIS-Terra, MODIS-Aqua) ועל לוויין אירופאי (MERIS) החולף מעל אזורנו כול שלושה ימים. לשלושת הלוויינים יש רזולוציה (גודל פיקסל) של 1x1 ק"מ בערוצים המשמשים למיפוי סמנים לאיכות מי הים (Ocean color). ללוויין ה-MERIS יש גם מצב של רזולוציה גבוהה, שבה גודל הפיקסל 300 מטר. כול צילומי הלוויין מורדים בזמן אמת מהארכיונים "המתגלגלים" של NASA ושל ESA. כמו כן ניתן להוריד צילומי MERIS RR מתחנת הקליטה שהוקמה במכון בסוף שנת 2006.

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
- 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 2009 נעשה עידכון של המימשק בארכיון התמונות/תוצרי האנליזות שנמצא במרכז המידע הימי הלאומי (תמונה 1)



תמונה 1 : ממשק חדש לחיפוש מוצרי לוויין במרכז המידע הלאומי

טבלה 1 : רשימת אלגוריתמים ששולבו במערכת ה-SISCAL
SISCAL ALGORITHMS

MERIS

Product	Algorithm	Unit
SEC, Secchi depth	JC1, Secchi depth (obtained from SeaWiFS KDD)	m
CHL, Chlorophyll-a concentration	EC1, Pigment concentration, OC4v4 algorithm	mg/m ³
MAR, Marine reflectance at 550nm	XG1, Extract marine reflectance at 550nm	%
CHL, Chlorophyll-a concentration	EC2, G/NIR, Pigment concentration (EXPERIMENTAL, MERIS only), Sokoletzky algorithm for Lake Kinneret	mg/m ³
CHL, Chlorophyll-a concentration	EG1, Chl-Fluo, Pigment concentration (EXPERIMENTAL, MERIS only), uses Chl. fluorescence	mg/m ³
TSM, Total suspended matter	FA2, Total suspended matter, DUP-POWERS	g/m ³
CHL, Chlorophyll-a concentration	EE1, Pigment concentration (EXPERIMENTAL, MERIS only), ANN for case 1 waters	mg/m ³
TSM, Total suspended matter	FA3, Total suspended matter, MUMM	g/m ³
TSM, Total suspended matter	FA1, Total suspended matter, Joergensen algorithm for Danish waters	g/m ³
KDD, Diffuse attenuation coefficient at 490nm	DC1, Diffuse attenuation coefficient (Kd) at 490nm, SeaWiFS algorithm	1/m

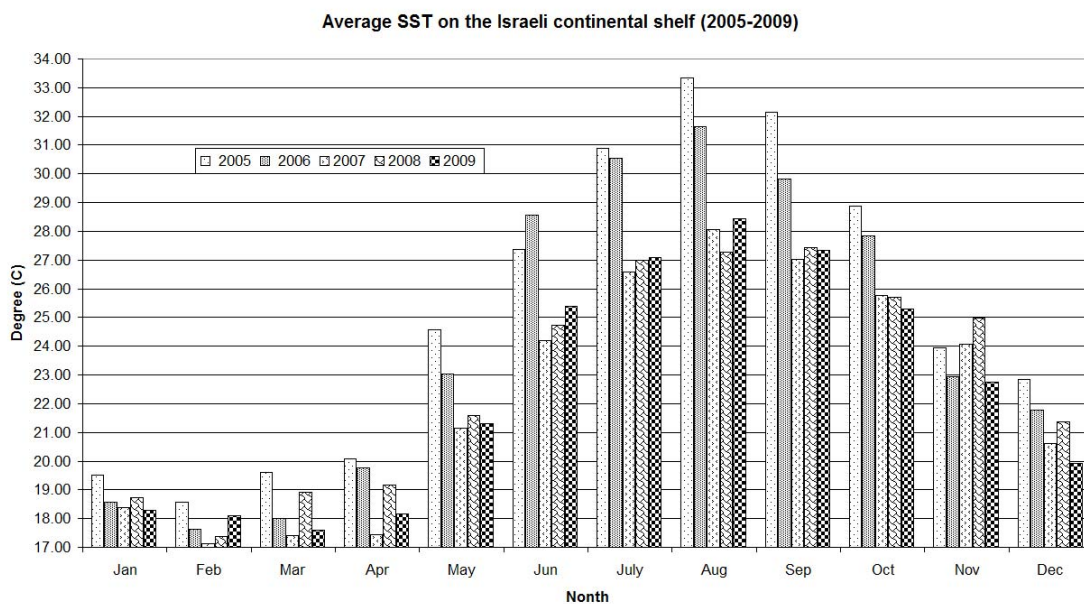
MODIS

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
SST, Sea surface temperature	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

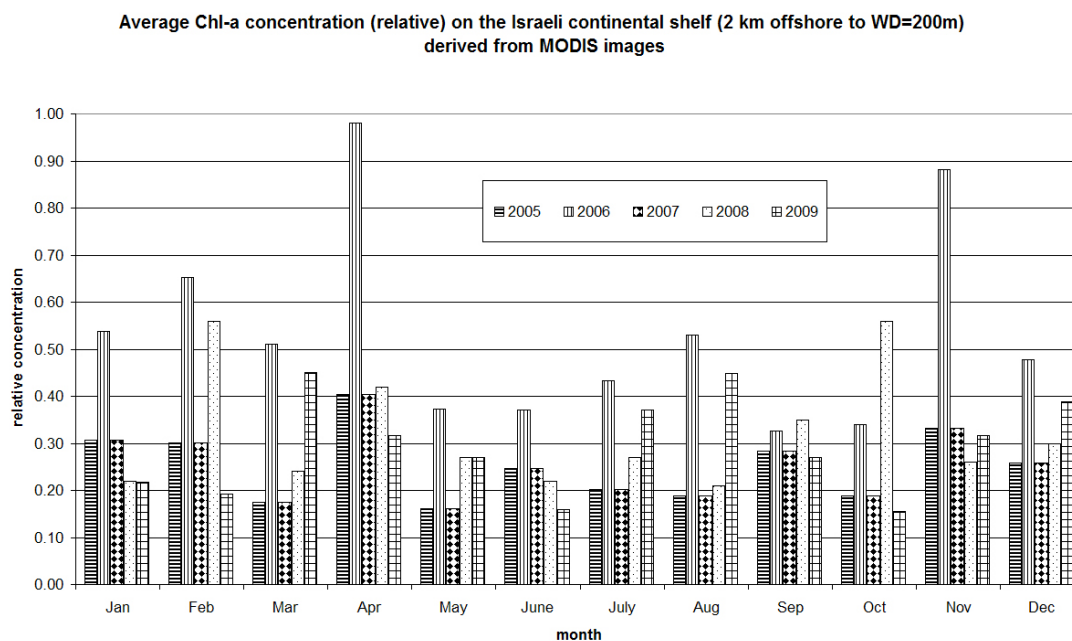
מיפוי סינופטי של טמפרטורת פני הים וריכוזי כלורופיל (יחסי) במדף היבשת

במהלך 2009 נקלטו ועובדו במערכת SISCAL 364 צילומי לוויין מסוג MODIS (Aqua & Terra) ברזולוציה 1X1 ק"מ, 111 צילומי לוויין מסוג MERIS מתוכם מעל 20 צילומים ברזולוציה גבוהה (300X300 מטר).

האנליזות הסינופטיות נעשו באמצעות תוכנת ה-EU-GIS. תוצאות האנליזה הסינופטית של טמפרטורת פני המים (SST) וריכוזי הכלורופיל בערכים יחסיים במדף היבשת בשנים 2005-2009 מוצגים בגרפים להלן.



גרף התפלגות ממוצע חודשי של טמפרטורת פני המים במדף היבשת מ-2 ק"מ מהחוף ועד עומק מים של 200 מטר בשנים 2005-2009 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.



גרף התפלגות ממוצע חודשי של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשת מ-2 ק"מ מהחוף ועד עומק מים של 200 מטר בשנים 2005-2009 כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS (רזולוציה של 1 ק"מ) במערכת ה-SISCAL.

נספח 5: מיני המיקרופלנקטון וריכוזם (תאים לליטר) במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף – אוגוסט 2009

	Qishon	Haifa Bay				Hof Dado		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon		Zikim	
Species		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
Dinoflagellates																			
<i>Achradinia pulchra</i>				4		4	4			3	4								7
<i>Alexandrium</i> sp.										4			5			20	13		60
<i>Amphidinium</i> sp. (374)										20									
<i>Brachydinium</i> sp.													4						
<i>Ceratium candelabrum</i>						4			3			3	5					7	3
<i>Ceratium extensum</i>																			3
<i>Ceratium furca</i>	129	40	5	7	8	16	8	23	4	3	17	40	4	20	106	65	17	95	100
<i>Ceratium fusus</i>							2				2	3					3		3
<i>Ceratium kofoidii</i>	343	220	150	166	112	212	120	82	12	12	52	29	84	32	76	152	518	185	845
<i>Ceratium macroceros</i> var. <i>gallicum</i>															2		7		
<i>Ceratium pulchellum</i>				4	4	2	2	4	4		4		6						3
<i>Ceratium teres</i>				5	4	2	4		4					2					
<i>Ceratium trichoceros</i>						2	3											3	12
<i>Cochlodinium helix</i>							2										13		
<i>Cochlodinium</i> sp. (1219)					4		8						5	12					
<i>Corythodinium</i> sp.	114	60	8	8		4	4												
<i>Dinophysis acuminata</i>														2	2			7	
<i>Dinophysis caudata</i>	10	7			8			6	32	4	16		8	20	24	13	23		35
<i>Dinophysis exigua</i>																		7	
<i>Dinophysis nasutum</i>																			
<i>Dinophysis porodictyum</i>													5						
<i>Dinophysis rotundata</i>	71	40	20	4	6	12	84		44	8	74	6	8	8	2				
<i>Dinophysis sphaeroideum</i>			3	10	16	16	4	7	2		4	6	9						
<i>Dinophysis</i> sp.				9															
<i>Dinophysis</i> sp. (1979)							2												
<i>Diplopsalis</i> sp.	29	20	80	12	12	32	4	69		20	6	29	5	130	4		13	7	
<i>Gonyaulax taylorii</i>									4										
<i>Gonyaulax digitalis</i>						4			2				5	4			40		13
<i>Gonyaulax grindleyi</i>							8		4		4		10	8	6	53	7	13	27
<i>Gonyaulax polygramma</i>	600	280	5	5		8	4	7			8	17	40	20	60	290	187	93	381
<i>Gonyaulax scripsae</i>	143	220	17	15					4		8		5	144	538	53	173	153	207
<i>Gonyaulax</i> sp. (186)	486	180								4	8	3		4	8	137	27	513	87

Species	Qishon	Haifa Bay					Hof Dado		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon		Zikim	
Dinoflagellates		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	
<i>Gonyaulax</i> sp. (2026)																			27	
<i>Gonyaulax spinifera</i>		20	11	5		12	16	27	20	172	40	26		162	342	27	53	167	20	
<i>Gonyaulax</i> spp.	886	440	190	88	40	28	16	29	26	8	52	129	49	684	1280	180	67	273		
<i>Gymnodinium breve</i>	1.6E+04	5080	75	4							4		4			33	13	7	7	
<i>Gymnodinium elongatum</i>				4	80	196	96		12		4		144				7			
<i>Gymnodinium instriatum</i>	143						8					11								
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	1000	900	25	18	16		4	17	12	12	24	9	4	106	96	133	33	73	123	
<i>Gymnodinium</i> sp. (1402)		40	30	40		16	20	33	4	4	72	9	12	44	44	80	7	87	40	
<i>Gymnodinium</i> sp. (1722)							8		4						16	27		13	27	
<i>Gymnodinium</i> sp. (179)			5			4	4		4		20		4	31	20	40	33	93	81	
<i>Gymnodinium</i> spp.												3	15	52		80	87	20	320	
<i>Mesoporos perforatus</i>						4			16				15			13	7			
<i>Ostreopsis ovata</i>								7		16	4		4							
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	714	820	5			2	4				6			20	4	27	27	120	43	
<i>Oxytoxum caudatum</i>									4				4							
<i>Oxytoxum coronatum</i>													10							
<i>Oxytoxum crassum</i>						4							35							
<i>Oxytoxum laticeps</i>	57	20	9										10							
<i>Oxytoxum pachyderm</i>						16	4		2				10						6	
<i>Oxytoxum pyramidale</i>													10							
<i>Oxytoxum sceptrum</i>					4	4	8		4											
<i>Oxytoxum scolpax</i>			5		4	16	54		4		4	3	72	4	4	7				
<i>Oxytoxum variabile</i>			10	16	12	4	10	11	4				24	12	8		7		7	
<i>Podolampas bipes</i>						2														
<i>Podolampas palmipes</i>			5		4	6	3			4	4		5		6		7	7	7	
<i>Podolampas spinifera</i>					4		792													
<i>Polykrikos kofoidii</i>																		7		
<i>Pronoctiluca pelagica</i>							20		4		52						7			
<i>Pronoctiluca spinifera</i>		40	55	392	492	200		246	784	40	1556	46	68	292	116					
<i>Prorocentrum balticum</i>	57					20	24		12				5	4					13	
<i>Prorocentrum compressum</i>					4	8	10	11	16	4	28	11	32	32	52	20	32	7	18	
<i>Prorocentrum gracile</i>								6		4	4			8	12	20	7	13	7	
<i>Prorocentrum mexicanum</i>		20																		
<i>Prorocentrum micans</i>	971	500	3			4		11			8	57	12	67	36	43	37	140	60	
<i>Prorocentrum minimum</i>			40	8		44	80	413	2944	574	2876	2743	2240	1.1E+04	1.3E+04	27	7	27	27	

Species	Qishon	Haifa Bay				Hof Dado		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq	Ashqelon		Zikim	
Dinoflagellates		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	
<i>Prorocentrum oblongum</i>						4	4											
<i>Prorocentrum ovum</i>						4	4					5						
<i>Prorocentrum rotundatum</i>							8			4	4	25	8	20	7			7
<i>Proto-peridinium brochii</i>		20												2				5
<i>Proto-peridinium conicum</i>						4		2			3		7	2	7		13	7
<i>Proto-peridinium depressum</i>		40	13	4	12		2	11			2		2	4	4	23	3	40
<i>Proto-peridinium divergens</i>	29	20	30			4		11		9	14	6		28	4	7		
<i>Proto-peridinium cassum</i>	3543	2780	75	10	4	8	12	33	12	4	24			90	68	227	27	293
<i>Proto-peridinium globulum</i>			3															
<i>Proto-peridinium oviforme</i>								6										
<i>Proto-peridinium oblongum</i>	29																	
<i>Proto-peridinium pentagonum</i>																	3	7
<i>Proto-peridinium quinquecorne</i>	257	200	3					23	4	824		20		4	4	20	7	
<i>Proto-peridinium</i> sp. (54)	1.4E+04	4700	480	68	20	76		4669	26	1056	120	1954	5	1542	242	3470	1300	9860
<i>Proto-peridinium spiniferum</i>			9															27
<i>Proto-peridinium</i> sp. (1366)														16				20
<i>Proto-peridinium</i> sp. (1714)									80									
<i>Proto-peridinium</i> sp. (1794)						8	128	53	12	20	60		10	16	16			
<i>Proto-peridinium</i> sp. (1807)								7		8				4				
<i>Proto-peridinium</i> sp. (1970)				5														
<i>Proto-peridinium</i> sp. (2024)																	120	340
<i>Proto-peridinium</i> sp. (1920)			6															
<i>Proto-peridinium</i> sp. (2007)														4				
<i>Proto-peridinium</i> sp. (2022)																	7	
<i>Proto-peridinium</i> sp. (2023)																	7	7
<i>Proto-peridinium</i> sp. (301k)										4			5	8				
<i>Proto-peridinium steinii</i>				5	8		12		8	12	8		4	4	8	7	7	13
<i>Proto-peridinium</i> spp.	143	20	135	32	20	48	28	103	20	44	56	15	10	112	16	7	7	47
<i>Pselodinium</i> sp.						12	4	6	4				8	4	4		7	
<i>Pyrophacus</i> sp.	29		3									3		4	4	13	10	27
<i>Scripsiella</i> sp.	4057	760	29	5	16	28	16	7	28	24	24	20	40	112	344	60	320	727
<i>Spiraulax jolliffei</i>			5		2			17		16	16	17		28	8	7	7	15
<i>Torodinium teredo</i>					2		4				4		24	4	4			
Unidentified (287)															253	340	507	133
<i>Warnowia</i> sp.													4		7	13		7
Unidentified <15µm	8.3E+05	3.3E+05	3.3E+04	2.2E+04	11840	1.6E+04	13568	4.8E+04	10496	3.8E+04	1.7E+04	2.1E+05	8853	3.6E+04	1.8E+04	1.1E+05	5.2E+04	1.8E+05

	Qishon	Haifa Bay				Hof Dado		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon		Zikim	
Species		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
Diatoms - צורניות																			
<i>Actinocyclus</i> sp.																	13		
<i>Amphora biggiba</i>																		7	
<i>Amphora</i> sp. (1776)																			5
<i>Amphora</i> sp. (2018)																	7		
<i>Amphora</i> spp.			35	4		20	4	6		36	4	11	5	8	12	0	13		
<i>Asterionella glacialis</i>		100										77				33			
<i>Asterolampra marylandica</i>													4						
<i>Asteromphalus hookeri</i>	29	20	10		4	20	3	20	16		4	2		8		7	33	27	30
<i>Bacillaria paradoxa</i>			9																
<i>Bacteriastrium</i> spp.		240	250	28	104	16	44	183	32	16	72	426	25	106	20	73	393	380	295
<i>Bellerochea</i> spp.								7		100		34		60	60	93	20	200	
<i>Biddulphia aurita</i>						8		6		32	4	11		14	8	253	80	633	80
<i>Biddulphia mobiliensis</i>	15	100											5	12	8	20	7	20	5
<i>Cerataulina bicornis</i>		20																	
<i>Cerataulina pelagica</i>	2000	320	70									40							
<i>Cerataulus radiatus</i>																			
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	2057	5440	570	248	220	24	244	417	56	496	84	154	172	802	404		207		95
<i>Chaetoceros danicus</i>						52		300				17					3		40
<i>Chaetoceros didymus</i>	86	660	80	28		88		103	40	48	56				32				87
<i>Chaetoceros</i> spp.	6857	3.5E+04	1.5E+05	3.6E+05		1.6E+04	2.7E+04	4.9E+05	1.2E+05	1.1E+05	8384	4.0E+05		2.6E+05	4.1E+04	7.2E+04	3.5E+04	5.2E+04	1.8E+04
<i>Climacosphenia moniligera</i>					4			7			4								
<i>Coscinodiscus centralis</i>	29	20					4	6	6	8	4	6	7	4	4	8	20	13	15
<i>Coscinodiscus radiatus</i>			8	4	4	4	8	6	24	8	13	6	4	22	16	67	27	60	30
<i>Coscinodiscus</i> spp.		20																	
<i>Cyclotella</i> sp.							4	126	24		12		5			7		7	
<i>Cylindrotheca closterium</i>		7467	2667					3.8E+04		1.6E+05	20	1.5E+04				20			
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>		100				16													
<i>Dactyliosolen phuketensis</i>		23	30	8															
<i>Diploneis bombus</i>										4				4	2				15
<i>Diploneis didyma</i>			6			8		13	2	8		3		4			7	7	
<i>Diploneis</i> sp.											3			4					
<i>Entomoneis giganta</i>						1													
<i>Entomoneis</i> sp. (1622)										32		31							
<i>Entomoneis</i> sp. (BS21)															4	7			5

Species	Qishon	Haifa Bay				Hof Dado		Taninnim		Alexander		Yarqon			Soreq		Ashqelon		Zikim	
Diatoms - צורניות		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	
Entomoneis sp.		20	5																	
Guinardia striata			65	12								11								
Hemiaulus hauckii	57	43	410	664	496	60	48	29	114	8	9	40	58	46	108		20		15	
Hemiaulus membranaceus		80	40	56			48	154	49	16	30	86	35	70	48					
Hemiaulus sinensis	29	70	50											8						
Lauderia annulata		360	30			8		40	16			23		28	12		107	147	85	
Leptocylindrus danicus	6029	1.1E+04	1475			8	24			96		34	30	36	12				53	
Licmophora sp.			55	2		224	32	267	56	1696	18	206	168	42	32	60	27	60		
Lithodesmium undulatum		40														13	7			
Meuniera membranacea	471	240	20	100	180	18	12	17		48	24	131		168	20	29	67	53	159	
Navicula eta								7								13	13	13	0	
Navicula sp. (12µm)	1.4E+05	8.9E+04				6827				3.6E+05										
Navicula sp. (133)		200	37	53			8				4			8	8	13				
Navicula sp. (313)					4		4		4	4				2	8		7			
Navicula sp. (320)			5	12		4	4	20		20	8		5	12	4	20	13	33	7	
Navicula sp. (817)								7		12	2	6		18	4	14				
Navicula sp. (968)				4						32	4			4	4	13	60	40	25	
Navicula sp. (1015)														8	4			7		
Navicula sp. (1144)										8		3	5							
Navicula sp. (1237)			6				3					3	4							
Navicula sp. (1315)										8							20	13		
Navicula sp. (1521)	286	100	370			48		189	24	104	32	349	10	372	72	860	40	580	83	
Navicula sp. (1530)			5									3					60			
Navicula sp. (1549)														40		13		13		
Navicula sp. (1556)				8											4					
Navicula sp. (1590)														8	12	33		27		
Navicula sp. (1963)			6																	
Navicula sp. (1965)																20	7	7		
Navicula sp. (1981)						4														
Navicula sp. (1987)									4	8		29	5	22	4			7		
Navicula sp. (2003)														16		7		27		
Navicula sp. (2014)														4						
Navicula sp. (VM15)									4	4										
Navicula sp. (VM20)								20	4											
Navicula spp.		580	365	36	28	128	36	115	32	1084	20	197		92	60	20		7	7	

Species	Qishon	Haifa Bay				Hof Dado		Taninnim		Alexander		Yarqon			Soreq		Ashqelon		Zikim		
Diatoms - צורניות		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
Nitzschia longissima	114	40	25			8	8	6		8			4								
Nitzschia sicula			17	10																	
Nitzschia sp. (1301)			5	5				7		12			3			7	7	7	7		
Pleurosigma/Gyrosigma spp.		20	9	10	16	4	4	40	20	20		51	4	52	40	100	60	160	45		
Pseudonitzschia spp.	714	60	2.8E+04			2.0E+04	8	4.5E+04	1.4E+04	2.6E+04	6			16	12					10	
Rhizosolenia alata	1000	980	395	104	152	24	88	34		32	64	2		8	8	13	20	13	15		
Rhizosolenia calcar-avis		40				1					8				4	3	7				
Rhizosolenia imbricata		80	10	77	8		8							8	4						
Skeletonema costatum				48				366		84	36	114	200	676	388	1480	1373	4393	1685		
Streptotheca tamesis		80										6		12							
Surirella sp.			10	15										4							
Thalassionema nitzschiodes		180		96	20	80	56	309	120	112	32	49		44	104	40		53	20		
Thalassionema sp. (1983)			170			32		113													
Thalassiosira pseudonana	2.0E+06	1.1E+06																			
Thalassiosira punctigera #												5				7	7	13	5		
Thalassiosira spp.	1171	380	50	20	4	24	12	65	40	92	8	371	46	110	96	797	680	1133	1040		
Thalassiothrix sp.	25		50	5	16	24	8	11	40			11	20		12						
Toxonidea sp.												3		8	4		7				
Raphidophyceae																					
Heterosigma cf. akashiwo #	2.7E+05	1.2E+05						166				183	5	308	12	227	20		7		
Fibrocapsa sp.					16					232				204		73		20			
Unidentified sp. # (2010)														156							
Cryptophyceae - ירוקיות																					
Golenkinia radiata								613	60		8										
Oltmannsiella lineata	229	160	55			16				96				60							
Oocystis sp. (424)									28												
Oocystis borgei											16										
Oocystis rotundata								27													
Oocystis sp. (1312)										24											
Oocystis sp. (1991)						112		377	4												
Pediastrum boryanum								841	12		24										
Pediastrum tetras								193	16		4										
Scenedesmus acuminatus							12	260	48												
Scenedesmus acutus								27													
Scenedesmus acutus f. alternans								53													

Species	Qishon	Haifa Bay				Hof Dado		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon		Zikim		
Cryptophyceae - ירוקיות		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	
<i>Scenedesmus dispar</i>									32											
<i>Scenedesmus longus</i>									16											
<i>Scenedesmus maximus</i>								13												
<i>Scenedesmus microspina</i>								27												
<i>Scenedesmus opoliensis</i>								224	48				20							
<i>Scenedesmus quadricauda</i>			11				28	447	64											
<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>westii</i>								27												
<i>Scenedesmus quadrispina</i>									32											
<i>Scenedesmus spicatus</i>								27												
<i>Scenedesmus spinosus</i>									16											
<i>Scenedesmus spinosus</i> var. <i>bicaudatus</i>								53												
Unidentified (1339)			90	10		4		473		572	8	17		128		47	7			
Unidentified (1860)										2476				136		20				
Euglenophyceae																				
<i>Euglena</i> sp. (1)	3400	540	60	32		80		40	4				8	8	4					
<i>Euglena</i> sp. (2)								120		158	4	63		52	4	53	3	13	15	
Cryptophyceae																				
<i>Cryptomonas</i> sp.	5.4E+05	4.6E+05																		
<i>Hemiselmis</i> sp.	1.9E+05	2.2E+05																		
Coccolithophorids																				
<i>Braarudosphaera bigelowii</i>			5							4	12			4						
Ebriidea																				
<i>Hermesinium adriaticum</i>	657	460	185	172	84	140	148	57	176	44	288	74	600	244	268	2127	2893	2540	3566	
<i>Ebria tripartita</i>			5														7			
Cyanophyceae- בקטריות כחוליות																				
<i>Synechococcus</i> sp. (1)	1.9E+08	2.4E+08	1.8E+08	9.2E+07	6.2E+07	1.2E+08	9.3E+07	6.5E+07	1.2E+08	1.3E+08	5.2E+07	4.9E+07	6.2E+07	7.4E+07	8.6E+07	6.0E+07	3.4E+08	3.7E+08	3.4E+08	
<i>Synechococcus</i> sp. (2)	6.9E+08	4.8E+08	2.1E+06																	
<i>Anabaena</i> sp.					4	12	240							50				113		
<i>Aphanocapsa</i> sp.								733	36	4	60									
<i>Calothrix</i> sp.					5360									28						
<i>Chroococcus</i> sp.												143								
<i>Cyanothece</i> sp.										16										
<i>Gomphosphaeria</i> sp.								1133												
<i>Lyngbya</i> sp. (VM35)													75							
<i>Lyngbya</i> sp. (1961)				1250										1348						

Species	Qishon	Haifa Bay				Hof Dado		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon		Zikim	
בקטריות כחוליות - Cyanophyceae		HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<i>Merismopedia convoluta</i>								1371	1616										
<i>Merismopedia glauca</i>			35																
<i>Merismopedia tenuissima</i>								1493											
<i>Microcystis aeruginosa</i>								7343	1400			286	750						
<i>Microcystis</i> sp. (845)								3200											
<i>Microcystis</i> sp.								3343											
<i>Nodularia spumigena</i>										280									
<i>Oscillatoria limosa</i>										124			400						
<i>Oscillatoria</i> sp. (914)																	277		
<i>Oscillatoria</i> sp. (915)			375							200									
<i>Oscillatoria</i> sp. (1198)										120									
<i>Oscillatoria</i> sp. (1696)							4000			460					1600				
<i>Oscillatoria</i> sp.(1989)								200		48									
<i>Oscillatoria</i> sp. (1994)									428								285		
<i>Oscillatoria</i> sp. (2015)													44						
<i>Planktothrix</i> sp.								553									333		
<i>Spirulina</i> sp.								75µm		908µm					520µ				
<i>Trichodesmium</i> sp.				390															
Unidentified (2006)															60				
Microalgae<5µm	1.2E+07	8.9E+06	8.0E+06	3.3E+06	2.9E+06	4.6E+06	3.1E+06	5.4E+06	4.4E+06	7.9E+06	1.7E+06	1.1E+07	3.1E+06	4.4E+06	4.8E+06	6.4E+07	3.4E+07	4.4E+07	4.4E+07
Total Cells/L	9E+08	7.3E+08	1.9E+08	9.6E+07	6.5E+07	1.3E+08	9.6E+07	7.1E+07	1.2E+08	1.4E+08	5.4E+07	6.2E+07	6.5E+07	7.8E+07	9E+07	1.2E+08	3.8E+08	4.1E+08	3.9E+08

נספח 6: הרכב ומספר הפרטים של חי תוך המצע (in fauna) שנאספו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2009.

Taxa	Stations	HM2.1a	HM2.1b	HM2.1c	H3a	H3b	H3c	H7a	H7b	H7c	HM10a	HM10b	HM10c	H11a	H11b	H11c	H13a	H13b	H13c	H16a	H16b	H16c
Polychaeta	Capitellidae	8	13	15		7	1	1	1		4	9	7	6	4	3	1	2	2	2	6	1
	Chaetopteridae							2	1					2	8		3					
	Cirratulidae		28	6				2	2	2	8	13	7	3		2	9	5	8	9	16	10
	Glyceridae	4	8	5	2	1	1	1			3	3		1	4	1	3	3	4	4	6	3
	Hesionidae																					
	Lumbrineridae	1								1				1	1	1						
	Magelonidae	5	8	5	1		1	3	2	7	1	2	1	1	4	1	4	3	4	7	6	9
	Maldanidae	3	8	2				2	4	2	5	9	7	10	10	5				1	9	6
	Nephtyidae	1	2	5	5	3	6	5	4	4	1	1	1	6	7	8	11	5	3	31	43	43
	Nereididae																					
	Onuphidae	51	36	53	26	29	27	3	2	3	4	6	13	4	6	3			4	1	4	
	Orbiniidae	201	293	142	40	25	23	12	7	5	64	31	46	6	7	10	10	5	9	6	4	1
	Oweniidae										4		1									
	Paraonidae	90	78	129	17	13	8	21	14	17	121	89	62	35	19	28	6	4	4	21	20	23
	Pectinariidae																					
	Phyllodocidae	2				1			1	2		2			3	2	2	4	2	1	2	2
	Pilargidae							1						1	3	1	1	1				
	Poecilochaetidae	1	3					1		1	3			2	1			5	2	3	2	5
	Sabellidae																					
	Sigalionidae	5	5	3	3	8	7		1	47	1	7	6			2	2	2	1	3	4	2
	Spionidae	1146	1545	766	62	74	28	119	48		219	292	232	229	90	213	102	151	114	123	205	154
	Syllidae	351	736	186	1	4		9	3	8	96	42	27	12	5	6	7	4	4	21	18	6
Crustacea	Amphipoda																					
	<i>Ampelisca brevicornis</i>	3			2	3		6	1	1	3	4	2	11	10	10		3	3	7	19	9
	<i>Ampelisca sarsi</i>																					
	<i>Ampelisca</i> sp.																					
	<i>Bathyporeia guilliamsoniana</i>				13	11	7		2	1												
	<i>Bathyporeia sunniva</i>				46	96	28	7	5	2			5		1			2				
	<i>Cheiriphotis mediterranea</i>																					
	<i>Corophium acutum</i>																					
	<i>Corophium</i> sp.										1											
	<i>Erichthonius</i> sp.		2	1																		
	Isaeidae gen. sp.																					
	<i>Leucothoe occulta</i>																		1			
	<i>Leucothoe</i> sp.	2	5	2																		
	<i>Megaluropus massiliensis</i>	13	14	12		1				1	4	20	9			1	1	3				
	<i>Microprotopus maculatus</i>										1											
	<i>Parianbus typicus</i>																					
	<i>Periculodes longimanus longimanus</i>	9	18	15	5	7	3	39	2	4	12	11	6	12	6	32	34	11	37	15	9	4
	<i>Pontocrates arenarius</i>				1	2	1															
	<i>Urothoe grimaldii</i>				4	32	9	10	10	10				15	11	11	7	9	14	36	38	21

Taxa	Stations	HM2.1a	HM2.1b	HM2.1c	H3a	H3b	H3c	H7a	H7b	H7c	HM10a	HM10b	HM10c	H11a	H11b	H11c	H13a	H13b	H13c	H16a	H16b	H16c
Crustacea	HARPACTICOIDA																					
	<i>Ameira scotti</i>										1	3	3									
	<i>Canuella</i> aff. <i>furcigera</i>	13	26	32	6	11	7	3	1	3	8	10	13				1	2		2	5	7
	Canuellidae gen. et sp. nov. 1	11	21	25	2	4	3	4	2	3	3	2	6				2	5	3	16	11	23
	<i>Canuellina insignis</i>	156	233	178	98	77	105	45	28	33	49	21	46	47	56	33	57	78	79	35	56	47
	<i>Canuellina insignis</i>	245	398	305	53	45	75	23	33	18	67	89	45	33	24	39	23	17	26	54	66	78
	<i>Euterpina acutifrons</i>										1											
	<i>Halectinosoma canaliculatum</i>	32	44	59	12	9	4	5	1	4	3	4	5	4	2	4	5	7	4	5	4	1
	<i>Halectinosoma diops</i>	2	4	6																		
	<i>Halectinosoma</i> sp. 1	3	7	3	1		2							11	8	23	2	1	3			
	<i>Halectinosoma</i> sp. 2																	1		2		1
	<i>Longipedia coronata</i>	45	76	66	11	23	20	26	27	15	2	5	4	16	29	23	14	22	17	11	15	23
	<i>Pseudobradya</i> sp. 1	3	2	5	19	27	23	34	39	23				47	59	64	45	33	51	9	6	12
	<i>Pseudobradya</i> sp. 2			3	1									3	1							
	<i>Scottolana bulbosa</i>	8	23	11	4	5	2	4	2		29	45	24	45	58	64	44	29	56	57	49	73
	<i>Teissierella salammboi</i>																					
	<i>Tisbe</i> sp.																					
	CYCLOPOIDA																					
	<i>Cyclopina</i> sp.	2	4	6	12	15	12	5	3	7	3	1	1	13	7	23	1	2	5	15	26	23
	<i>Euryte</i> sp.				2	3	1	4	8	4	5	2	4	5	12	5	7	11	15	2	2	3
	<i>Hemicyclops</i> sp.			1																		
	<i>Oithona</i> sp.				1		1					2								3	2	
	<i>Tococheres</i> sp.																					
	CALANOIDA	7	23	15	123	87	102	236	247	203	234	199	209	33	167	189	157	236	221	169	190	211
	Cumacea																					
	<i>Bodotria gibba</i>	13	10	8	5		5			1	13	2	3	1	3	1	1	1	2			
	<i>Bodotria pulchella</i>	7	3	2			1	3	2	1	5	9	2			1	1	1				
	<i>Bodotria scorpioides</i>		1								1											
	<i>Campylaspis glabra</i>	1													1							
	<i>Cumella limicola</i>	1																				
	<i>Eocuma rosae</i>																					
	<i>Iphinoe douniae</i>	1		1	12	5	24	6	6	7	1		2	1	1	3	3		1			
	<i>Pseudocuma longicorne</i>	5	6	2	1	3	6	4	4		11	1	2		1	2	1			1		
	<i>Scherocumella gurneyi</i>																					
	Tanaidacea																					
	<i>Apseudopsis mediterraneus</i>					1		71	27	151	2	1		102	75	113	197	504	367	159	90	141
	<i>Cristapseudes omercooperi</i>																					
	<i>Leptochelia tanykeraia</i>				2						1											
	<i>Pseudotanaïs stiletto</i>																	1				
	<i>Tanaissus microthymus</i>				13	16	13	47	29	17				54	46	53	94	80	102	126	122	92

Taxa	Stations	HM2.1a	HM2.1b	HM2.1c	H3a	H3b	H3c	H7a	H7b	H7c	HM10a	HM10b	HM10c	H11a	H11b	H11c	H13a	H13b	H13c	H16a	H16b
Crustacea	Decapoda																				
	<i>Diogenes pugilator</i>	10	8	3	29	29	32	6	1	5	2	2	3	15	5	9	7	6	4	3	6
	<i>Ixa monodi</i>																				1
	<i>Ogyrides mjobergi</i>	3	2	1		1	2	3		3	1	6	4	1		2			3	2	10
	<i>Philocheras monacanthus</i>	1	1																		
	<i>Portunus hastatus</i>			1																	
	<i>Processa canaliculata</i>	1														1					
	Penaeid juv.																	1		1	
	<i>Upogebia tipica</i>																				
	Isopoda		1	2						2								2			
Mollusca	Ostracoda	8	2	4	29	11	20	57	22	2	12	4	4		24	11	530	375	123	55	164
	<i>Acanthocardia tuberculata</i>		1	1									1								
	<i>Acteocina mucronata</i>				3	3	1	1	1	2				2	1			1		8	4
	<i>Bela</i> sp.	1																			
	<i>Bittium</i> sp.										1										
	<i>Brachidontes pharaonicus</i>			1																	
	<i>Cerithidium diplax</i>																				
	<i>Chamalea gallina</i>						1				3	1	1								
	<i>Chrysallida limitum</i>																				
	<i>Chrysallida maiiae</i>																				
	<i>Chrysallida obtusa</i>																				
	<i>Circulus striatus</i>																				
	<i>Corbula gibba</i>																				
	<i>Cylichna cylindracea</i>																				
	<i>Dentalium</i> sp.																				
	<i>Diplodonta bogii</i>							1	1						1	2				1	1
	<i>Donax semistriatus</i>	12	11		6	4	5	7	9	7	4	3		2		8	6	2	8		
	<i>Donax</i> sp.														7						
	<i>Dosinia lupinus</i>	9	5		9								1								
	<i>Eulimella laevis</i>																				
	<i>Finella pupoides</i>																				
	<i>Fulvia fragilis</i>																				
	<i>Glycymeris glycymeris</i>																				
	<i>Hemilepton nitidum</i>																				
	<i>Hydrobia acuta</i>																				
	<i>Kurtiella bidentata</i>																				
	<i>Leucotina natalensis</i>		7	2				2			2	1	2								
	<i>Loripes lucinalis</i>	7		5			1		3												
	<i>Lucinella divaricata</i>		2			1		1		1		2					1	1	1	2	4
	<i>Mactra stultorum</i>		31	4			3	2	2	1	1		2	5	7	7	11	1	7		1
	<i>Nassarius gibbosulus</i>						3														

Taxa	Stations	HM2.1a	HM2.1b	HM2.1c	H3a	H3b	H3c	H7a	H7b	H7c	HM10a	HM10b	HM10c	H11a	H11b	H11c	H13a	H13b	H13c	H16a	H16b	H16c
Mollusca	<i>Nassarius</i> sp.				3			1		1	1			1	2	2						1
	<i>Neverita josephina</i>																					
	<i>Odostomia conoidea</i>																					
	<i>Pinctada radiata</i>								1													
	<i>Pusillina philippi</i>	2	1	1																	1	
	<i>Pusillina</i> sp.										1			2								
	<i>Retusa desgenettii</i>																					
	<i>Retusa fourieri</i>						1							4	2	2						
	<i>Ringicula conformis</i>																				1	
	<i>Rinoclavis kochi</i>				1																	
	<i>Rissoa similis</i>						1															
	<i>Rissoa</i> sp.																					
	<i>Setia turriculata</i>																					
	<i>Smaragdia viridis</i>																					
	<i>Solemya togata</i>							1														
	<i>Sticteulima lentiginosa</i>																					
	<i>Strombus decorus</i>	1	1		1		1	3	1	1				2	2	3		1		5	4	12
	<i>Syrnola fasciata</i>																					
	<i>Tellina pulchella</i>	5	7									2										
	<i>Tellina</i> sp.												1					2				
	<i>Tellina tenuis</i>				28	19	12															
	<i>Theora lubrica</i>																					
	<i>Thracia papyracea</i>				41	4	12		6	1				11	15	2	37	19	3	7	68	
	<i>Tornus mienisi</i>											1										
	<i>Turbonilla rufa</i>																					
	<i>Vitreolina</i> cfr. <i>philippi</i>																					
Echinodermata	<i>Echinocardium</i> sp.					3		1						1	1	1						
	Ophiuroidea																					
Phoronida		340	232	100																		
Sipunculida														2								
Cephalochordata	<i>Branchiostoma</i> sp.						3															
Fish	<i>Ariosoma balearicum</i>																					

Taxa	Stations	H19a	H19b	H19c	HM23.1a	HM23.1b	HM23.1c	H24a	H24b	H24c	HM27a	HM27b	HM27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c	Z2a	Z2b	Z2c
Polychaeta	Capitellidae	2	18	4	7	10	4	7	3	4	111	244	99	6	5	1	2		3	5	12	7
	Chaetopteridae		2											1					1		1	
	Cirratulidae	1		1	48	47	23			1	82	94	112	3	1	1	4	7	9	4	4	6
	Glyceridae	4	13	2	3	2	5	26	21	19	11	15	11	18	3	6	1	3	2	65	114	102
	Hesionidae								1		1	2	1								1	
	Lumbrineridae				1						1	1	1									
	Magelonidae	1	2	4	4	4		4	3	4		2		1	1	4	3	6	9	12	7	4
	Maldanidae	1	2	2	4	6	8	2	3	3	35	33	26	10	5	3			1	2	14	5
	Nephtyidae	35	49	27		2		47	12	42	3	4		63	40	33	3	2	6	89	104	100
	Nereididae		1	1					1	1		1									1	
	Onuphidae	4	1	2	4	4	7	3	2	1	5	7	10	21	25	25	6	13	4	12	17	10
	Orbiniidae	9	3	13	6	13	10	46	38	32	1	1		27	18	8	20	31	12	3	11	2
	Oweniidae							1	1					1	2	1				3	1	5
	Paraonidae	14	8	17	242	189	226	8	5	15	90	95	122	21	20	8	4	7	6	6	6	9
	Pectinariidae											1										
	Phyllodocidae		4	1			4	3	1	7	6	6	4	4	2	3	2		2	1	4	
	Pilargidae		5					5		1	11	8	5		1					5	1	
	Poecilochaetidae	25	47	22		3	1	74	24	56	9	12	10	45	22	15		3	2	67	298	112
	Sabellidae										3	11	3			1			1			
	Sigalionidae	1	1	3	2	2	2			2	18	49	18	2		2	3	3	1	1	5	2
	Spionidae	217	220	128	682	342	364	611	389	416	452	503	351	667	318	578	76	79	119	477	282	320
	Syllidae	3	2	1	142	99	82	4	4	2	505	1636	509	31	27	19	2	9	7	40	40	19
Crustacea	Amphipoda																					
	<i>Ampelisca brevicornis</i>	4	3	4	3	5	4	5	3	5				4	1		1	3	4	9	19	3
	<i>Ampelisca sarsi</i>					1																
	<i>Ampelisca</i> sp.					6												1	1			
	<i>Bathyporeia quilliamsoniana</i>																2	1	1			
	<i>Bathyporeia sunnivae</i>	1											1				3	19	3			
	<i>Cheiriphotis mediterranea</i>										7	11	49								6	
	<i>Corophium acutum</i>										3	1	3									
	<i>Corophium</i> sp.																				1	
	<i>Erichthonius</i> sp.																					
	Isaeidae gen. sp.																					3
	<i>Leucothoe occulta</i>	1	1			4								1			1					
	<i>Leucothoe</i> sp.																					
	<i>Megaluropus massiliensis</i>				4		7			1		1	1	2	2	2		1				
	<i>Microprotopus maculatus</i>																					
	<i>Pariambus typicus</i>										8	16	12								1	
	<i>Perioculodes longimanus longimanus</i>	3	1	1	12	6	31		1		3	3	4	1	1		11	57	36			
	<i>Pontocrates arenarius</i>																					
	<i>Urothoe grimaldii</i>	18	35	38				10	4	18				7	2		15	27	6	4	4	4

Taxa	Stations	H19a	H19b	H19c	HM23.1a	HM23.1b	HM23.1c	H24a	H24b	H24c	HM27a	HM27b	HM27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c	Z2a	Z2b	Z2c
Crustacea	HARPACTICOIDA																					
	<i>Ameira scotti</i>																					
	<i>Canuella</i> aff. <i>furcigera</i>				1	2	3	15	22	28	3	7	3	9	6	7	6	4	6			
	Canuellidae gen. et sp. nov. 1				6	3	4	9	7	13	6	14	9	12	22	13	3		1			
	<i>Canuellina insignis</i>	58	45	78	45	33	39	37	23	44	69	89	44	14	18	9	12	22	15	13	17	21
	<i>Canuellina insignis</i>	14	11	7	29	45	36	257	301	235	99	138	89	246	222	167	25	28	23	168	189	156
	<i>Euterpina acutifrons</i>																					
	<i>Halectinosoma canaliculatum</i>	5	8	11	3	5	6										6	3	2	11	16	12
	<i>Halectinosoma diops</i>													4	3	1	5	3	1	1	2	1
	<i>Halectinosoma</i> sp. 1				1		1															
	<i>Halectinosoma</i> sp. 2																					
	<i>Longipedia coronata</i>	328	145	289	3	2	5	161	178	134	35	77	56	71	56	89	34	39	22	26	12	15
	<i>Pseudobradya</i> sp. 1																					
	<i>Pseudobradya</i> sp. 2							1									14	11	8	3	4	7
	<i>Scottolana bulbosa</i>	19	8	15	77	56	78	89	56	67	578	823	458	17	15	24	12	17	27	6	3	4
	<i>Teissierella salammboi</i>													4	4	2						
	<i>Tisbe</i> sp.													1								
	CYCLOPOIDA																					
	<i>Cyclopina</i> sp.				3	3	1	11	10	17										3	5	3
	<i>Euryte</i> sp.						2	4	2	7							23	17	12	2	4	6
	<i>Hemicyclops</i> sp.																					
	<i>Oithona</i> sp.				3	2						3										
	<i>Tococheres</i> sp.										7	14	5	3	5	4						
	CALANOIDA	302	156	236	112	67	104	134	167	112	156	232	89	45	61	67	56	59	76	112	104	98
	Cumacea																					
	<i>Bodotria gibba</i>	1				1	1						1				6	4	7			
	<i>Bodotria pulchella</i>				4	2	4				1		1						3		1	
	<i>Bodotria scorpioides</i>																					
	<i>Campylaspis glabra</i>											2										
	<i>Cumella limicola</i>																					
	<i>Eocuma rosae</i>											1	5									
	<i>Iphinoe douniae</i>																2	2	3			
	<i>Pseudocuma longicorne</i>		1	1	3	4	10	1	1					1					2	1		
	<i>Scherocumella gurneyi</i>											2										
	Tanaidacea																					
	<i>Apseudopsis mediterraneus</i>	40	84	72	321	477	399	120	109	85				27	71	16	86	151	67	25	19	22
	<i>Cristapseudes omercooperi</i>										784	707	620	1								
	<i>Leptochelia tanykeraia</i>																					
	<i>Pseudotanaeis stiletto</i>																					
	<i>Tanaissus microthymus</i>	154	131	176			1	142	101	124							115	215	54	1	1	

Taxa	Stations	H19a	H19b	H19c	HM23.1a	HM23.1b	HM23.1c	H24a	H24b	H24c	HM27a	HM27b	HM27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c	Z2a	Z2b	Z2c
Crustacea	Decapoda																					
	<i>Diogenes pugilator</i>		1		4	2	7	1					1	8	6	7	7	3	2		1	
	<i>Ixa monodi</i>																					
	<i>Ogyrides mjobergi</i>	1		4	1		1	1		7				4	2						3	2
	<i>Philocheras monacanthus</i>																					
	<i>Portunus hastatus</i>																					
	<i>Processa canaliculata</i>																					
	Penaeid juv.					1	1													1		
	<i>Upogebia tipica</i>											1										
	Isopoda						1															
	Ostracoda	382	266	116	8	7	3	77	66	32		1	40	6	6	2	22	45	17	10	6	3
Mollusca	<i>Acanthocardia tuberculata</i>				1	1																
	<i>Acteocina mucronata</i>	4		1	1	1		1		1	2	3	6				1	1		3	8	2
	<i>Bela</i> sp.						1															1
	<i>Bittium</i> sp.							1														
	<i>Brachidontes pharaonicus</i>																					1
	<i>Cerithidium diplax</i>										1											
	<i>Chamalea gallina</i>				1	3	3					1			1							
	<i>Chrysallida limitum</i>				4											2				2		
	<i>Chrysallida maiae</i>												1									
	<i>Chrysallida obtusa</i>	1			1		2						1	1								
	<i>Circulus striatus</i>			1																		
	<i>Corbula gibba</i>				1							1	1							1	1	
	<i>Cylichna cylindracea</i>																				1	
	<i>Dentalium</i> sp.	1																				
	<i>Diplodonta bogii</i>				1				3		19	16	15						2	2	1	1
	<i>Donax semistriatus</i>	2	1		4	2									1		2	3				
	<i>Donax</i> sp.																					
	<i>Dosinia lupinus</i>				48	81	73				14	7	6									
	<i>Eulimella laevis</i>																			1		
	<i>Finella pupoides</i>											1										
	<i>Fulvia fragilis</i>										55	21	22								1	
	<i>Glycymeris glycymeris</i>														1							
	<i>Hemilepton nitidum</i>											1										
	<i>Hydrobia acuta</i>												1									
	<i>Kurtiella bidentata</i>																			1		
	<i>Leucotina natalensis</i>			2	11	17	6			1				3	3							
	<i>Loripes lucinalis</i>			2	3	7		4		2	4			1								
	<i>Lucinella divaricata</i>		7				5		2		2	5			1			1				
	<i>Mactra stultorum</i>	4			4					1				4	1		4		2			1
	<i>Nassarius gibbosulus</i>																	1				

Taxa	Stations	H19a	H19b	H19c	HM23.1a	HM23.1b	HM23.1c	H24a	H24b	H24c	HM27a	HM27b	HM27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c	Z2a	Z2b	Z2c
Mollusca	Nassarius sp.								1													
	<i>Neverita josephina</i>	2		1	1		1			1							2					
	<i>Odostomia conoidea</i>											1	4									
	<i>Pinctada radiata</i>																					
	<i>Pusillina philippi</i>																					
	<i>Pusillina</i> sp.																					
	<i>Retusa desgenettii</i>		3	1	1	1	2				39	25	14							12	24	19
	<i>Retusa fourieri</i>										8	9	3					1			1	
	<i>Ringicula conformis</i>																					
	<i>Rinoclavis kochi</i>									2	3									26	4	21
	<i>Rissoa similis</i>																					
	<i>Rissoa</i> sp.			7												1						
	<i>Setia turriculata</i>	1											1									
	<i>Smaragdia viridis</i>		1																			
	<i>Solemya togata</i>																					
	<i>Sticteulima lentiginosa</i>										1	1										
	<i>Strombus decorus</i>			2						1							1	5	9			1
	<i>Syrnola fasciata</i>										3	4	5									
	<i>Tellina pulchella</i>						3	1	1	5	1		1								4	
	<i>Tellina</i> sp.																					
	<i>Tellina tenuis</i>																					
	<i>Theora lubrica</i>											2										
	<i>Thracia papyracea</i>	33	3	7				29	9		4	5	2	16	8	7	6	19	3	26	28	21
	<i>Tornus mienisi</i>																					
	<i>Turbonilla rufa</i>																			1		
	<i>Vitreolina</i> cfr. <i>philippi</i>												1									
Echinodermata	<i>Echinocardium</i> sp.			2																		
	Ophiuroidea										4	2	5									
Phoronida		3			2347	34	649															
Sipunculida																						
Cephalochordata	<i>Branchiostoma</i> sp.														1							
Fish	<i>Ariosoma balearicum</i>											1										

נספח 7: 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.

ויטלוגנין - גן המשתתף בבניית השחלה. ייצורו בכבד הדג מבוקר ע"י הורמונים אסטרוגניים. מושפע גם ע"י חומרים המחקים פעילות אסטרוגנית, מתערבים בתהליכי רבייה ועלולים לשבשם. נבדק ברמת התעתיק והחלבון.

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. בדוח 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.

כוריוגנין - גן המשתתף בבניית השחלה. ייצורו בכבד הדג מבוקר ע"י הורמונים אסטרוגניים. מושפע גם ע"י חומרים המחקים פעילות אסטרוגנית, מתערבים בתהליכי רבייה ועלולים לשבשם. נבדק ברמת התעתיק.

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. בדוח זה החלוקה היא: **פיקופלנקטון** - אצות בגודל של עד 5 מיקרון; **מיקרופלנקטון (כולל ננופלנקטון)** - אצות גדולות מ-5 מיקרון.

מיקרומזהמים אורגניים - בדוח 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). בדוח 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 למליון), 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 לפריחת 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 דוח 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).

ציטוכרום P450A - גן שרמת התבטאותו מושפעת ע"י מספר קבוצות של מזהמים אורגניים, כמו PCBs, PAHs. נבדק ברמת התעתיק והחלבון.

קריטריונים לאיכות סדימנטים - הערכת רמת הזיהום של סדימנטים במתכות כבדות ובמזהמים אורגניים בדוח 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. בדוח 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".

	<u>ERM</u>	<u>ERL</u>
<u>מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש</u>		
מתכת		
כספית	0.71	0.15
קדמיום	9.6	1.2
כרום	370	81
נחושת	270	34
עופרת	220	47
ניקל	52	21
אבץ	410	150
<u>ננוגרם/גרם סדימנט יבש</u>		
מזהם אורגני		
DDT (DDE כולל)	46	1.6
PCB's	180	23
PAH's	45,000	4000

קריטריונים לאיכות מי הנחלים - הערכת רמת הזיהום של מי נחלי החוף בנוטריאנטים בדוח 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 : $0 < \text{hypoxia} < 2 \text{ mg/l}$
 $\text{anoxia} = 0 \text{ mg/l}$
 $2 < \text{biological stress} < 5 \text{ mg/l}$

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, פיסילוגיות 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.

גן – מקטע של חומצת הגרעין דנ"א המקדד בעזרת הצופן הגנטי את האינפורמציה ליצור של חלבון ספציפי. בדגים נמצא בגרעין התא.

תעתיק – מקטע של חומצת הגרעין רנ"א, מועתק מגן בתהליך הנקרא תיעתוק ומכיל את האינפורמציה ליצור של חלבון ספציפי שהייתה בגן אשר שימש כתבנית. תפקידו הוא להעביר את האינפורמציה הגנטית מן הגרעין לאתר ייצור החלבון.

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.

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 $Cd > Zn > Cu > Ag > Hg$.

ציטוכרום P450A – גן שרמת התבטאותו מושפעת ע"י מספר קבוצות של מזהמים אורגניים כמו PCBs, PAHs. נבדק ברמת התעתיק והחלבון.

כוריוגנין – גן המשתתף בבניית השחלה. ייצורו בכבד הדג מבוקר ע"י הורמונים אסטרוגניים. מושפע גם ע"י חמרים המחקים פעילות אסטרוגנית, מתערכים בתהליכי רבייה ועלולים לשבשם. נבדק ברמת התעתיק.

בטא-אקטין – גן המקדד לחלבון המהווה חלק משלד התא ומופיע ב"כ בכמויות קבועות בתא החי. משמש כגורם נירמול.

Real time PCR – שיטה למדידת רמת תעתיק ספציפי בתוך תערובת של תעתיקים.

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 באיזורים 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 זוויתו במהלך חייו, מתחיל מזכר והופך לנקבה. לא ניתן לאפיין את זווית השישן בהסתכלות חיצונית. הגונדות עוזרות באיבחון הזווית רק כאשר הן מתפתחות. גונדות בלתי מפותחות מכילות מרכיב של אשך ושחלה בזכרים ונקבות כאחד. הקייץ היא עונת הרבייה שלו בים התיכון.