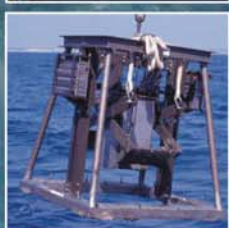
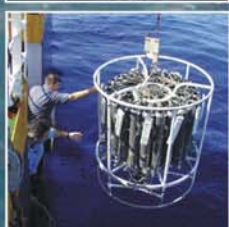


איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון

בשנת 2007





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

איכות מימי החופין של ישראל בים

התיכון בשנת 2007

דוח חיא"ל H52/2008

עורך הדוח: ברק חרות

חוקרים שותפים: עדנה שפר, נורית גורדון, בלה גליל, גדעון טיבור, משה תום

בעבודה השתתפו :

דיגום, בדיקות ועיבוד נתונים : ירון גרטנר
כימיה : לורה יזראלוב, גרטה פינשטיין, אפרת שהם-פרידור
חי הקרקעית : מל קופר, לימור שובל
השפעות ביולוגיות : יאנה יודקובסקי
בסיסי נתונים : איסק גרטמן, לונין אירנה
צוות ים : גדעון עמית, יונה בישופ, ראובן רוזנבלט

יועץ לניטור מיקרואצות : פרופ' ברוך קימור, הטכניון

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

אוקטובר 2008

© 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' ותום מ' (2008). איכות מימי החופין של ישראל בים
התיכון בשנת 2007, דוח חיא"ל H52/2008.

Herut B., Shefer E., Gordon N., Galil B., Tibor G. and Tom M. (2008). Environmental quality of Israel's Mediterranean coastal waters in 2007, IOLR Report H52/2008.

תוכן

עמוד

חלק א - מבוא, סיכום הממצאים והמלצות

- מבוא א-1
- סיכום הממצאים העיקריים א-3
- מיפוי המצב הסביבתי היחסי לאורך החוף א-10
- המלצות א-13

חלק ב - פירוט פעולות הניטור והממצאים

- מתכות בסדימנטים ב-1
- מתכות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות ב-4
- מתכות במים ב-10
- מתכות בבעלי חיים שוכני קרקעית ב-11
- מתכות בדגים ב-15
- מתכות במשקעים אטמוספיריים ב-17
- נוטריאנטים במשקעים אטמוספיריים ב-18
- נוטריאנטים בנחלי החוף ב-19
- הערכת עומס הנוטריאנטים באזור מימי החופין ב-22
- נוטריאנטים, כלורופיל ומיקרואצות במימי החופין ב-24
- אוכלוסיות חי הקרקעית ב-33
- סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים (Biomarkers) ב-34
- רשימת ספרות ב-37

חלק ג - איורים וטבלאות

- נספח 1 - טבלת אפיון תחנות הדיגום בשנת 2007
- 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 2007
- נספח 6 - הרכב ומספר הפרטים של חי תוך המצע (in fauna) שנאספו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2007
- 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 2007, 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 לקבלת החלטות בהקשר להגנה על הסביבה הימית, ובכלל זה אכיפת ההוראות של החקיקה הלאומית בעניין מניעת זיהום הים ושל האמנות הבינלאומיות הרלוונטיות.

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 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);
- הערכת עומס הזיהום הכללי במימי החופין המתבסס על מאגר המידע על 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 שמגרי"). 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 2007. 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".

סיכום הממצאים העיקריים

סיכום זה מציג מצב עכשווי ושינויים בזמן של רמות זיהום לאורך החוף, בשפכי נחלים, נמלים ומעגנות בשנת 2007. באופן כללי ניתן לומר כי בחמש השנים האחרונות לא נמצא שינוי משמעותי ברמות הזיהום של חומרי דשן, מתכות כבדות וחומרים אורגניים שונים לאורך חוף הים התיכון של ישראל. זאת, למעט שיפור קל ברמת זיהום ב-TBT במי נמלים (אך לא בקרקעית). בערך במחצית העשור האחרון חל שינוי מגמה משיפור וירידה ברמות הזיהום של המרכיבים השונים הנבדקים למגמת התייצבות. זאת למרות שהרמה הנוכחית של חומרי דשן, מתכות כבדות וחומרים אורגניים בחלק משפכי הנחלים, הנמלים והמעגנות לא משביעה רצון מאחר ועומדת על רמת זיהום אקולוגית בינונית עד חמורה. יחד עם זאת לאורך החוף, רמת המזהמים נמוכה באופן כללי, פרט למספר מוקדים, כמפורט להלן.

בהתייחס לרמת מתכות כבדות בדגי מאכל נמצא, כי בנוגע לכספית אין חריגה ביחס לתקן הישראלי, ובהתייחס לרמת מתכות כבדות אחרות לא נמצאה העשרה בהשוואה לריכוזי המתכות הידועים מאזורים אחרים בים התיכון. עם זאת, ביחס לתקנים מחמירים של רמת כספית נמצא, כי בכ-5% מהדגים שנבדקו קיימת חריגה מהתקן.

בבחינת המדדים (אינדיקטורים) המעידים על המצב הסביבתי המושפע מהעשרה בחומרי דשן והגברת היצרנות הראשונית ומהעשרה בחומר אורגני בקרקעית נמצא, כי מפרץ חיפה מראה את ההעשרה הגבוהה ביותר. באופן אבסולוטי, העשרה זו איננה גבוהה ביחס לאזורים אחרים בים התיכון בהם קיימת בעיית אאוטרופיקציה. לעומת זאת, בחלק משפכי הנחלים המצב עדיין רחוק מהסביר.

סיכום ממצאי הדוח מוצג להלן בשני אופנים: האחד - טבלת איכות מימי החופין בשנת 2007 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's 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 2007 ומגמות בעשור האחרון

מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2007	סמן סביבתי
↓	פחת הזיהום בכספית. בעשור האחרון מידת ההפחתה קטנה.	מתכות כבדות בקרקעית (כספית, קדמיום, נחושת, אבץ, עופרת, ניקל, כרום)
↓	פחתו ריכוזי העופרת. התייצבות (שינויים קטנים) בשנים האחרונות.	😊 ריכוזים קטנים יחסית של מתכות כבדות אחרות.
↓	פחת הזיהום בשפך הקישון. התייצבות (שינויים קטנים) בחמש שנים האחרונות.	😞 נחלים: רמת זיהום גבוהה בניקל במורד נחל בצת; רמת זיהום בינונית בכספית בנחלים קישון ונעמן; רמת זיהום בינונית בקדמיום במורד הקישון; רמת זיהום בינונית בנחושת, אבץ וכרום בנחלים קישון, נעמן, בצת (נחושת וכרום בלבד), חדרה (כרום בלבד), פולג (נחושת בלבד); רמת זיהום בינונית בניקל בקישון, אלכסנדר, נעמן, חדרה, פולג, ירקון, שורק.
↔	אין מגמה ברורה של שינוי בשפכי שאר הנחלים.	לאורך החוף: כללית, במים הרדודים כל המתכות בריכוזים קטנים מהשפעות מזיקות. כמה בעיות זיהום מקומיות:
↔	אין מגמה ברורה במוצא שפד"ן; קיימות תנודות עונתיות ברמת הזיהום כתוצאה מפיזור הבוצה בד"כ בעונת החורף.	😞 באזור המוצא של שפד"ן רמת זיהום בינונית בכספית והעשרה אנתרופוגנית משמעותית בנחושת ואבץ. באזור מוצא צינור אג"ן כמיקלים/בתי זיקוק אשדוד העשרה בכרום ממקור לא ברור.
?	נמל חיפה: תיתכן מגמת עלייה של כספית בנמל חיפה. שינויים בריכוזי שאר המתכות ללא מגמה ברורה.	😞 נמלים ומעגנות: רמת זיהום גבוהה בכספית בנמל חיפה ובניקל במעגן אשכול, בכסף בנמלים חיפה ואשדוד ובעתלית; רמת זיהום בינונית בקדמיום בנמלים קישון, חיפה ואשדוד ובמעגן רידינג; בכספית בנמל קישון ומעגן רידינג; בכסף בנמל אשדוד; בארסן בנמל חיפה; בכרום בנמל חיפה; בנחושת ואבץ בנמלים חיפה, קישון, אשדוד ובמעגנות ת"א, רידינג ואשקלון; בניקל בנמלים חיפה, וקישון ובמעגנות אשכול ואשקלון; בעופרת
↔	נמל אשדוד: בנמל האזרחי הפחתה ברמת הזיהום של כרום, נחושת, ניקל, קדמיום וכספית.	
	מעגנות: אין מגמה ברורה	

מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2007	סמן סביבתי
	למעט העשרה מסוימת של כרום, נחושת, וניקל במרינה אשקלון.	בנמלים חיפה ואשדוד.
↔ ↓	אין מגמה מובהקת ריכוזי הקדמיום בדרום המפרץ פחתו החל מיולי 2000.	מתכות כבדות בחומר מרחף במים 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.
↔ ↔	ריכוזי הכספית התייצבו ברמה פחותה מאשר בעשור הקודם. לא חל שינוי. התייצבות של רמות הכספית בדגים חופיים ממפרץ חיפה.	מתכות כבדות בדגים 😊 הדגים ראויים למאכל לפי התקן הישראלי לכספית. אין תקן לשאר המתכות. בדגים חופיים ממינים מסוימים ממפרץ חיפה העשרה בכספית יחסית לדגים מאזורים אחרים. בכ- 6.6% מהדגים החופיים ובכ- 4.2% מדגי המכמורת שנבדקו נמצאו חריגות ביחס לתקן מחמיר לדגי מאכל. נמצאו הבדלים בחלק מהמתכות בדגי המכמורת מאזורים שונים לאורך החוף.
↓	ריכוזי הכספית בצדפות פחתו בשנים 1980 - 1992. מאז 1993 חלה מגמת עלייה שנעצרה בארבע השנים האחרונות. בשנת 2007 עלייה בריכוז הכספית ביחס לשלוש השנים האחרונות. ריכוזי הנחושת נמצאים בירידה בשנים 2004-2006, אולם בשנת 2007 נצפתה עלייה משמעותית.	מתכות כבדות בבעלי חיים שוכני קרקעית מפרץ חיפה ועכו: העשרה בכספית בצדפות ובחלזונות יחסית לאזורים אחרים. העשרה של כספית בצדפות מצפון המפרץ לעומת חלקו הדרומי. ריכוזי נחושת בצדפות דומים בשני חלקי המפרץ. ריכוזי אבץ גדולים יותר בחלק הדרומי. ריכוזי ארסן בצדפות דומים בכל חלקי המפרץ וגדולים מהריכוזים במעגן מיכאל. ייתכן שהעשרה מסוימת של המתכות בדרום המפרץ ב-2007 נובעת מפעילות החפירה שמתבצעת בנמלי חיפה-קישון והקמת נמל הכרמל. העשרה של כספית בחלזונות ממפרץ חיפה ביחס לאזורים מדרום למפרץ.

סמן סביבתי	מצב בשנת 2007	מגמות בעשור אחרון
	העשרה בקדמיום בחלזונות ממפרץ חיפה (כולל תל-שקמונה) יחסית לאזורים אחרים לאורך החוף. ריכוזי ארסן ועופרת גדולים יחסית בחלזונות מקרית ים. לאורך החוף (אתרים נבחרים): העשרה בארסן בחלזונות משפך נחל תנינים.	ריכוזי הקדמיום והאבץ בחלזונות פחתו בשפך הקישון החל משנת 2000. ↓
מתכות כבדות באבק	ריכוזים דומים לאירופה וגדולים מאשר באזורים לא מתועשים. ריכוזי העופרת קטנים יותר מבשנת 2006 (הסיבה לא ברורה)	ירידה בריכוזי העופרת באוויר. אין מגמה מובהקת של ריכוזי הקדמיום, הנחושת והאבץ. ↓ ?
מזהמים אורגניים בקרקעית	נמלים ומעגנות: ☹️ רמות זיהום בינוניות בשאריות של חומרי הדברה אורגנוכלוריים מקבוצת ה-DDT בנמלי חיפה ואשדוד ובמעגנות אשכול, ת"א, רידינג ואשקלון; רמת זיהום בינונית בשאריות של חומרים אורגנוכלוריים מקבוצת ה-PCBs בנמלים חיפה ואשדוד. 😊 לא נמצאו דיאוקסינים בריכוזים גדולים מסף הגילוי של הבדיקות. ריכוזי חומרים פוליциקלים ארומטיים (PAHs) היו קטנים מהקריטריון האקולוגי להשפעות מזיקות שצפויות רק לעיתים נדירות (ERL). סף ריכוז ה-PAHs היה גדול יותר בנמל חיפה ומרינה ת"א ביחס לשאר אתרי הדיגום. ☹️ זיהום גבוה ב-TBT ונגזרותיו (>100 ng/g) נמצא בתחנות בנמל אשדוד, נמל חיפה, מעגן מכמורת, מרינה אשקלון, מעגן קצא"א, מעגן חדרה ומעגן רידינג ת"א.	
מזהמים אורגניים במים	נמלים ומעגנות: 😊 בכל האתרים שנבדקו ריכוזי המיקרומזהמים האורגניים הנדיפים והנדיפים-למחצה היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות או קטנים בסדר גודל ויותר מהריכוזים בהם צפויה פגיעה	לא חל שינוי משמעותי בשנים 2002 - 2005. ↔

מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2007	סמן סביבתי
↓	מסתמנת מגמת ירידה בנמלים בשנים 2002 - 2007.	באוכלוסיות החי הימי. ריכוזי חומרים מקבוצת ה- PCB's ורוב חומרי ההדברה אורגנוכלוריים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות (10-1 ng/L). יחד עם זאת נמצאו במים החומרים : Atrazine ,Bromacil , Diazinone ,Diuron ,Ametryn , Triphenylphosphate Propoclor ,Terbutryne ואחרים במספר תחנות. בנמל אשדוד ובמעגן אשכול נמצאו חומרי הדברה (הרביצידים) שמקורם ככל הנראה בשפכים של המוצא הימי של צינור אגן כימיקלים-בתי זיקוק אשדוד. ☹️ רמות זיהום גבוהות במיוחד של TBT נמצאו בנמלים חיפה ואשדוד ובמעגנות מכמורת, הרצליה, ת"א, אשדוד, אשקלון ורידינג ת"א. בכל הנמלים והמעגנות הריכוזים גדולים מהתקן לאיכות מי-ים שנקבע ע"י המשרד לאיכות 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 קלה בריכוזי הפוספאט בנחלים נעמן ופולג.	☹️ זיהום בינוני עד חמור ברוב הנחלים. ריכוזים גדולים יותר של חנקן ב-2007 לעומת 2006 בנחלים נעמן, שורק, ירקון ושל זרחן בנחל נעמן.
↓	עפ"י דיווחי המשרד להגנת הסביבה פחתו הכמויות המוזרמות לנחלים.	נחלים (כולל קישון) < מוצא שפד"ן > אחרים.
?	יתכן שב-2002 החלה מגמה של הפחתה. בשנים האחרונות חלה עלייה משמעותית ביחס	☹️ מפרץ חיפה : העשרה בזרחן וחנקן מול שפך הקישון ודרומית לעכו ; הפחתה עם ההתרחקות מהחוף.

סמן סביבתי	מצב בשנת 2007	מגמות בעשור אחרון
	לאורך החוף : ☹️ העשרה בפוספאט, ניטראט וחומצה סיליצית מול נחל הירקון ; העשרה בחומצה סיליצית וניטראט מול שפך נחל תנינים. העשרה בחומצה סיליצית מול אשקלון. ☹️ העשרה בנוטריאנטים בקרבת מוצא הקולחים של מכון הטיהור של הרצליה.	חנקן/זרחן בשפכי נחל הקישון ובדרום המפרץ.
נוכחות מיקרואצות	מפרץ חיפה : ריכוזים גדולים יחסית לשאר החוף. ☹️ כמויות גדולות במיוחד בשפך נחל הקישון. נמצאו מינים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים. לאורך החוף : ב-2007 הביומסה הכללית במים הרדודים הייתה גבוהה משמעותית בתחנות ירקון ותנינים ונמוכה יותר בתחנות האחרות יחסית לשנה קודמת 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 הרדודות הדרומיות, מול הירקון, שורק ואשקלון בשנים 2002 – 2007, יחסית לתחנות הצפוניות יותר.	הבדיקות החלו בשנת 2000. יתכן שהחלה ירידה בריכוז. בעבר נמצאו במפרץ חיפה מינים רעילים. מהתפלגות ביומסה רב שנתית (2001-2007) ממוצעת נראה שהביומסה בתחנת הירקון היא הגבוהה ביותר, ובתחנת אלכסנדר הנמוכה ביותר.
הרכב אוכלוסיות חי הקרקעית (סמן להעשרה אורגנית אנתרופוגנית)	מפרץ חיפה : סימנים להעשרה אורגנית מול עכו בצפון ומול שפך הקישון בדרום. לאורך החוף : סימנים להעשרה אורגנית באזור המוצא של שפד"ן במים רדודים : העשרה בחומר אורגני מול אשדוד ואשקלון.	הניטור החל ב-2005.

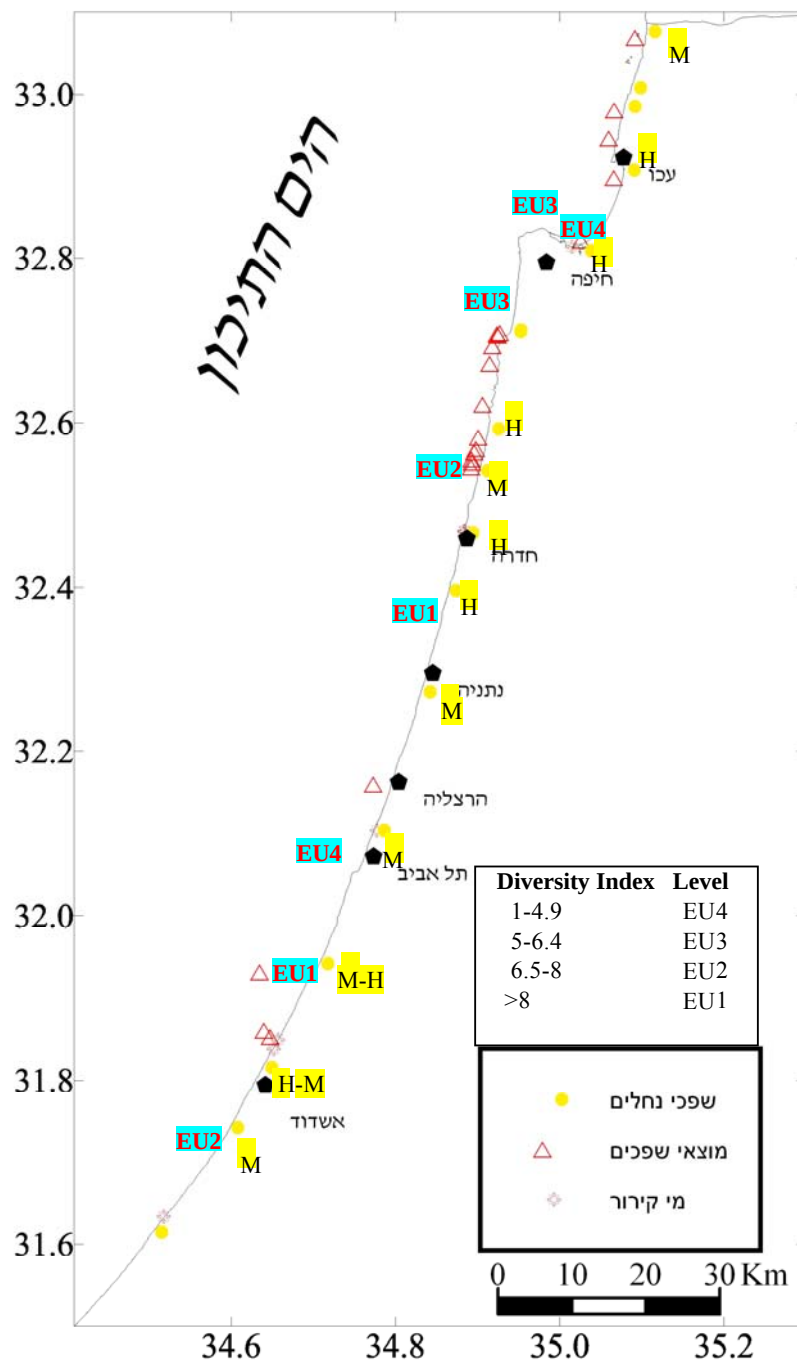
	מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2007	סמן סביבתי
	הניטור החל ב-2005 (לא התקיים ניטור ב-2006).	השפעה גדולה יותר של מתכות כבדות ובעיקר מזהמים אורגניים (הבדל מובהק) על דגים במפרץ חיפה לעומת דגים מאתרים דרומית למפרץ (חוף דור). 😊 לא נמצאו השפעות של חומרים משבשי רבייה הן בדגים ממפרץ חיפה והן דרומית לו.	סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים: * מטלותיונין (מתכות כבדות). * ציטוכרום P4501A (חומרים אורגניים) * כוריוגנין וויטלוגנין (חומרים משבשי פעילות רבייה).

מקרא לסימונים בטבלה:

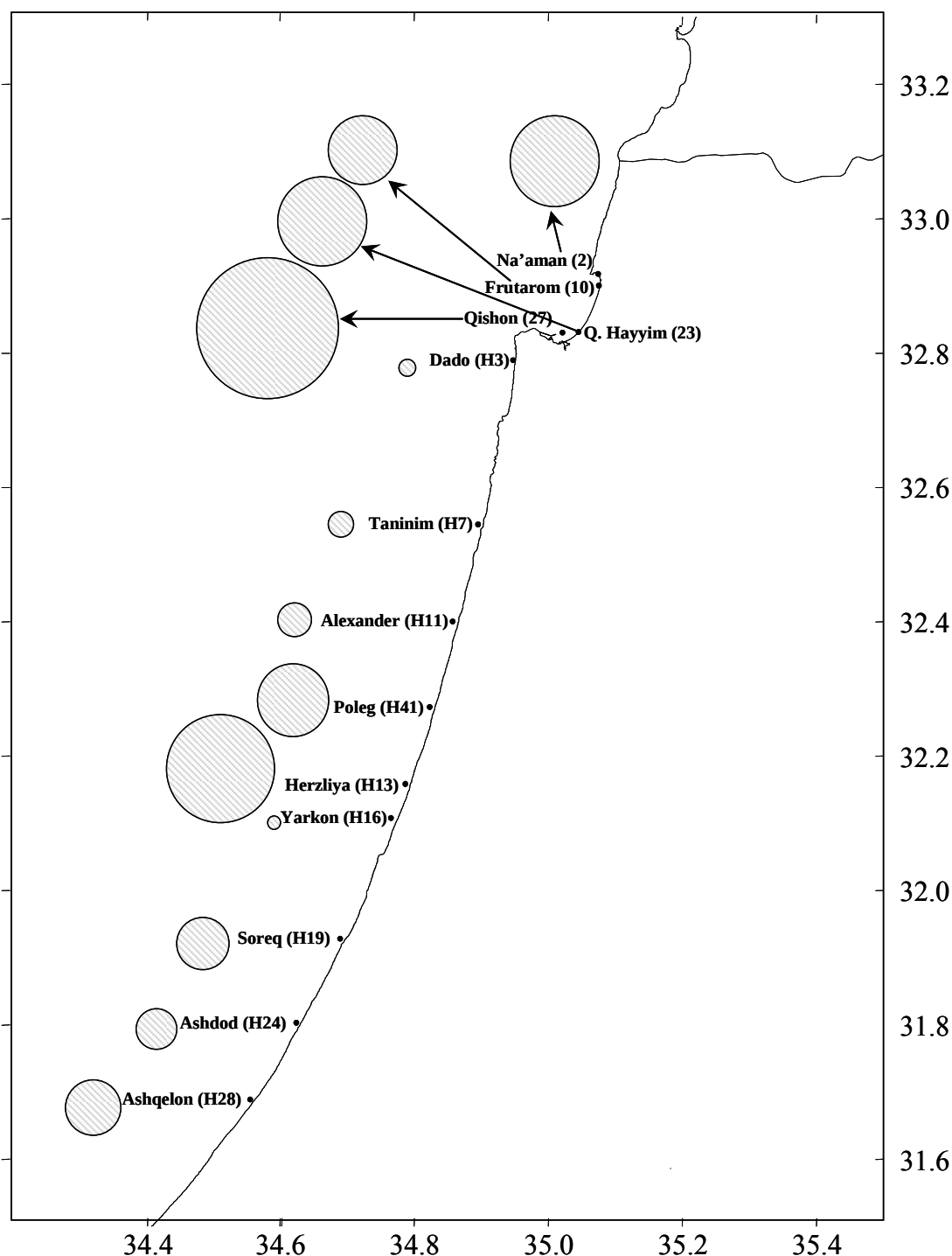
- 😊 - הדגשה של מצב טוב.
- ☹️ - הדגשה של מצב גרוע.
- ↔️ - מגמת שיפור; אין שינוי; ? אין מספיק נתונים להערכת מגמות.
- ↑ - מגמת החמרה.

מיפוי המצב הסביבתי היחסי לאורך החוף

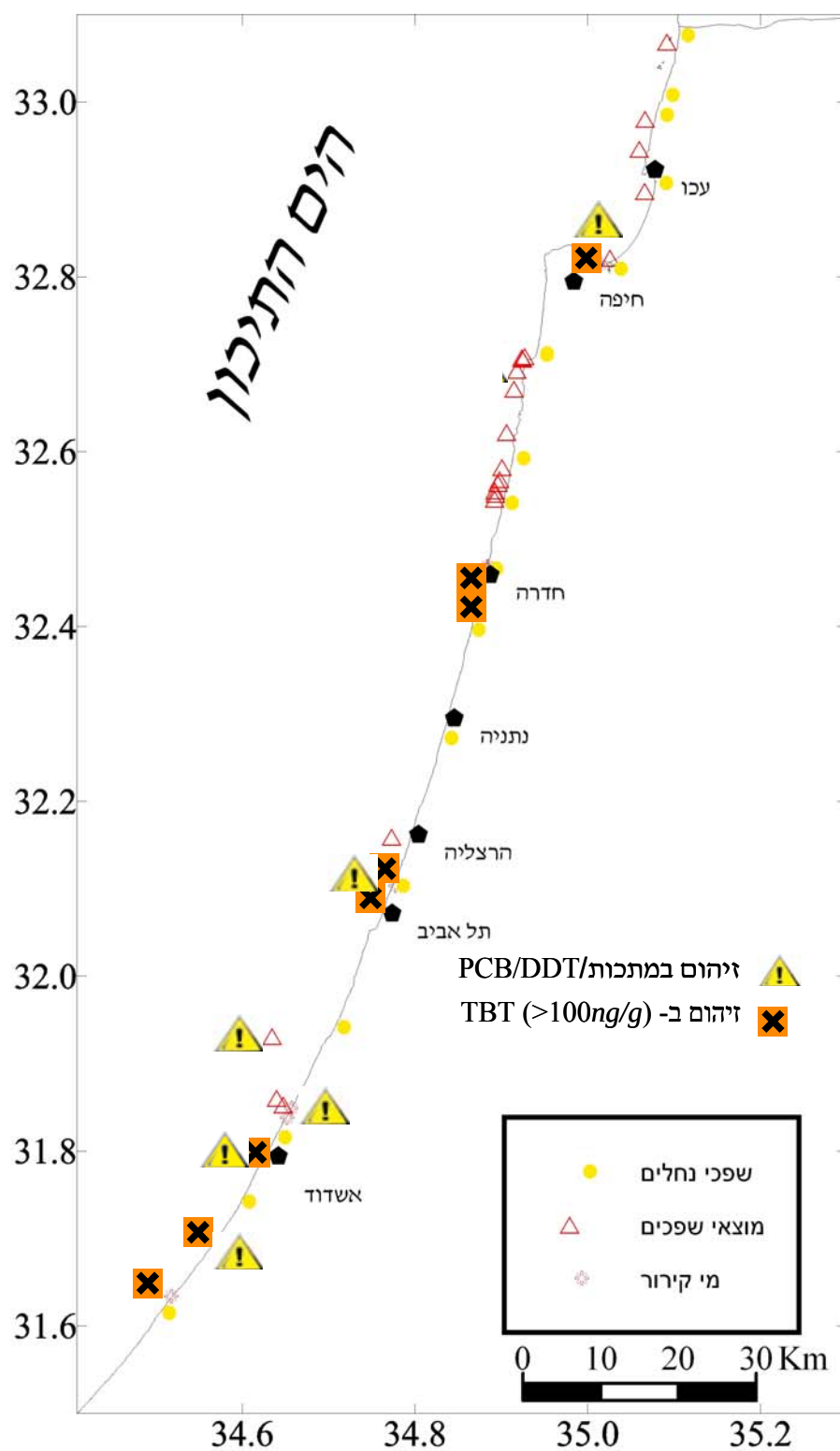
א. (1) מצב אזור המים הרדודים עפ"י "אינדקס השונות" של אוכלוסיות המיקרואצות במים - חלוקה לארבע רמות (EU1 – EU4). כללית, ערכים עולים של האינדקס משקפים מגמה של עלייה בעומס הנוטריאנטים. ע"פ מדד זה מפרץ חיפה ושפך הירקון חשופים לעומס הגדול ביותר. (2) מצב שפכי (מורד) נחלי החוף עפ"י ריכוזי הכלורופיל במים - חלוקה 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 עפ"י הרכב אוכלוסיות חי הקרקעית המהווה מדד להעשרה בחומר אורגני. קוטר העיגולים מציין את היחס בין מספר התולעים הרב-זיפיות (polychaete) לבין כלל הפרטים. יחס זה מהווה מדד להעשרה של חומר אורגני בקרקעית. ככל שזמינות החומר האורגני בקרקעית עולה, גדל מספרן היחסי של התולעים הרב-זיפיות שהינן מינים עמידים יחסית לזיהום. ע"פ מדד זה נמצאה העשרה במפרץ חיפה בשפך נחל הקישון והנעמן, בסמוך לצינור מוצא ימי קולחי מט"ש הרצליה, ובמידה מסוימת בחלקו הדרומי של החוף - מול אשקלון.



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, המבוססות על נתונים שנאספו בשנת 2007 ומוצגים בדוח זה, מופנות למשרדי הממשלה הנוגעים (במיוחד משרדי הגנת הסביבה, החקלאות, הבריאות, התחבורה והביטחון). יישום ההמלצות יביא לצמצום זיהום מימי החופין ולמניעת סכנות פוטנציאליות לבריאות הציבור ונזקים אקולוגיים כתוצאה מהזיהום. למרות שנצפתה מגמת שיפור ושינוי רמות הזיהום בתקופה של עד לפני כ-5 שנים (בחלק מן המקומות), בשנים האחרונות נעצרה מגמה זו ולא חל שינוי משמעותי ברמות הזיהום. לכן רוב ההמלצות שלהלן כבר הוגשו בעבר.

1. יש לקדם ולהאיץ את הטיפול ב:

א. צמצום סה"כ ההזרמות של שפכים לנחלי החוף ובמיוחד חומרי דשן/ביוב. בנוגע לזיהום של מתכות כבדות, יש לשים דגש על ההזרמות לנחלי קישון, בצת, נעמן וחדרה.

ב. משקעי קרקעית מזהמים שהצטברו בנחל ונמל הקישון, נמל חיפה ובמעגנות לפי הצורך.

2. יש לפעול לאיתור מקורות זיהום:

א. של מתכות כבדות ומזהמים אורגניים (במיוחד מקבוצת האורגנוכלוריים) בנמלים ומעגנות, ולפעול להפסקתם.

ב. של מתכות כבדות, ובמיוחד כספית, המוזרמות לביוב המגיע למפעל לטיהור שפכי גוש דן (שפד"ן) ולטפל בשפכים במקורותיהם על מנת לצמצם את הזרמתם לים.

3. יש להסדיר חקיקה ולפעול לאכיפה בתחומים הבאים:

א. עדכון התקן הקיים בישראל לריכוז המותר של כספית בדגי מאכל, אשר נקבע לפני שנים רבות, בהתחשב בהתפתחויות בעולם בתחום זה (התקנים הקיימים במדינות שונות נמוכים פי 2 ויותר מהתקן הישראלי של 1 חל"מ). בנוסף, יש לשקול, על סמך המקובל בעולם, קביעה של תקנים לריכוזים המירביים המותרים של מתכות אחרות ומזהמים אורגניים בדגי מאכל.

ב. האיסורים המנהליים על שימוש בתחומי ישראל ובכלי שיט הרשומים בישראל, בצבעים לכלי שיט אשר מכילים TBT, ולהסדיר בחקיקה את איסור השימוש בצבעים אלה בכלי שיט קטנים כמקובל בכל המדינות המפותחות.

ג. 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.

ד. הניטור הבקטריאלי גם בחופי רחצה לא מוסדרים, 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. כיום כמעט שלא מתבצע ניטור בקטריאלי שגרתי בחופים שאינם חופי רחצה מוכרזים אבל הרחצה בהם מותרת עפ"י החוק.

4. יש לפעול לשיפור מתכונת הניטור בהיבטים הבאים :

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

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

ג. 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.

ד. כיום, למעשה, לא מתקיים תיאום מספיק בין הגופים השונים העוסקים בפעילות ניטור לאורך החוף, בנחלי החוף ובמקורות הזרמת שפכים. יש להקים ועדת היגוי לגיבוש תפישה כוללת ומתכונת הניטורים הנדרשים.

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-16 תחנות בעומק מים של 5 – 10 מטרים; הסדימנטים במוצאי נחלי החוף נדגמו בחודש מרץ ב-27 תחנות.

מפרץ חיפה - תפוצת ריכוזי הכספית בסדימנטים מצביעה על 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 מול שני מוקדי הזיהום, בחלקו הצפוני של המפרץ ובאזור שפך נחל הקישון. מגמה זו המשיכה בשנת 2007 (איור 3). ההפחתה בריכוזי הכספית נראית בבירור בתחנות מס' 8 (3 מ' עומק מים) ו-9 (6 מ' עומק מים) הקרובות לאתר בו הייתה בעבר ההזרמה של שפכי "התעשיות האלקטרוכימיות" (איור 4), אולם 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 דרומה למוקד (איור 3). בעשור האחרון קטן גם ההבדל בריכוזי הכספית בין תחנה 8 לבין תחנה 9, ובהתאם נעלם הגרדיאנט של ריכוזי הכספית כתלות במרחק מהחוף. באוקטובר 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. מגמת השינוי הרב-שנתי של מאגר הכספית בסדימנטים בצפון המפרץ נראית גם מתפוצת הכספית בגלעיני סדימנט, כפי שהוצג בדוחות ניטור קודמים. 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 קטנה ברמות הכספית ביחס לאותם מינים מחוץ למפרץ (ראה בפרקים להלן).

חלקיקים עשירים בכספית מצטברים בסדימנטים בנמלים ובמעגנות הקרובים למוקדי הזיהום (נמלי חיפה והקישון בדרום ומעגן עכו בצפון שלא נדגם ב-2007), שבהם ריכוזי הכספית גדולים ביחס לאתרים אחרים במפרץ ולאורך החוף (איור 6a). ריכוזי הכספית בסדימנטים הרדודים בחלקו הצפוני של המפרץ (עד למרחק של כ-5 ק"מ דרומית לעכו) מייצגים דרגת זיהום בינונית,

לפי הקריטריונים לאיכות סדימנטים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA) (ראה הסבר הקריטריונים בנספח 7).

למעט כספית, ריכוזי המתכות בסדימנטים בשפך הקישון ב-2007 (תחנה מס' 27 ונמל חיפה) היו גדולים יותר מאשר בשאר שטחו של מפרץ חיפה (איור 6). ריכוזי הכספית והקדמיום בסדימנטים בתחנה 27, אשר נבדקה ברציפות במשך כשני עשורים, מייצגים מאז 2003 ערכים קרובים לגבול הקריטריונים של NOAA להשפעות מזיקות (איור 7). השינויים הקטנים ברמת המתכות בשנתיים האחרונות קשורים, ככל הנראה, לפעילות החפירה בבניית נמל הכרמל. 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 מזהמים). הירידה 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.

ממצאים נוספים של ניטור המתבצע באזור שפך הקישון ודרום המפרץ¹ מפורטים בדוחות נפרדים המוגשים להתאחדות התעשיינים (הגורמים עבורם מבוצע הניטור) ולמשרד להגנת הסביבה.

כפי שדווח בעבר, 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 נמשכת פעילות ההרחבה של נמל חיפה (הקמת "נמל הכרמל") ומתוכננת העמקת תעלת הכניסה והארכת שובר הגלים. פעילויות אלו ישפיעו על הרכב הקרקעית בתחנה 27. מזרחית לתחנה זו, בתוך נמל הקישון, נמצאו ריכוזי מתכות המייצגים דרגת זיהום בינונית עד גבוהה לפי הקריטריונים של NOAA.

מאז 1996 פחתו רמות העופרת בסדימנטים במפרץ חיפה (איור 8), בדומה למצב בסדימנטים מהאזור הרדוד מחוץ למפרץ. לעומת העופרת, לא נצפתה מגמת ירידה ברמות האבץ. נתוני 2004 - 2007 מצביעים על מגמת התייצבות. מגמה רב-שנתית זו משקפת כנראה את ההפחתה בפליטות העופרת כתוצאה מהמעבר לשימוש בדלקים דלי עופרת באירופה (סוף שנות ה-80), ישראל (אמצע שנות ה-90) ומצרים (סוף שנות ה-90).

מדף היבשת - בדומה לשנים קודמות, גם ב-2007 לא נמצאו ריכוזים חריגים של מתכות כבדות בסדימנטים הרדודים לאורך החוף, למעט בכמה אתרים ממוקדים (איור 9).

¹ ניטור זה אינו מתבצע ע"י "חקר ימים ואגמים לישראל".

העשרה אנתרופוגנית משמעותית בכספית, נחושת ואבץ 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. מבחינת ריכוזי הכספית, הסדימנטים בסמוך למוצא הבוצה הם בדרגת זיהום גבוהה לפי הקריטריונים של NOAA. בבעלי חיים שוכני קרקעית באזור (חסרי חוליות ודגים) לא נמצאה העשרה במתכות. ממצאים מפורטים של הניטור השנתי באזור מוצא הבוצה כלולים 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 222 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 (**איור 10**) ומצביעות על זיהום אנתרופוגני. מקור הזיהום לא ברור. **איור 10** מציג את הקשר בין כרום לברזל בסדימנטים לאורך החוף, בגלעיני סדימנט מאשקלון ופלמחים ובסדימנטים בשפכי הנחלים. הנתונים מצביעים 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 כימיקלים ובתי זיקוק אשדוד (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**). ב-2007 נמצאה רמת העשרה אחידה של עופרת, למרות שב-2006 נמצאה עלייה מסוימת בסדימנטים הרדודים לאורך החוף שבאזור בין נחל פולג לתנינים.

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 והיעדר זרימת מים טבעית בהם, פרט לשטפונות בתקופת החורף.

מבין נחלי החוף, בנחל הקישון נמצאו בד"כ הריכוזים הגבוהים ביותר, וריכוזי מרבית המתכות בסדימנטים בחלקו המלוח (גשר יוליוס-כרמלית) מייצגים דרגת זיהום בינונית לפי הקריטריונים של NOAA. דרגת זיהום גבוהה של ניקל ובינונית של כרום נמצאו בשפך נחל בצת. פרט לנחל הקישון, בסדימנטים בנחלים נעמן, חדרה, ירקון, בצת, אלכסנדר ושורק נמצאה העשרה בכספית (בין 0.2 ל-0.03 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
$\geq \text{ERM}$						בצת (63)	
$>\text{ERL} < \text{ERM}$	קישון (0.20) נעמן (0.21)	קישון (3.8)	קישון (91) נעמן (71) בצת (36) פולג (46)	נעמן (184) קישון (295)		בצת (50) נעמן (47) קישון (45) אלכסנדר (21) חדרה (37) פולג (30) ירקון (25) שורק (30)	בצת (124) נעמן (105) קישון (135) חדרה (82)

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 ואשקלון. מים מעומק של עד 5 ס"מ מפני השטח וסדימנטים של פני שטח נדגמו בחודש אוגוסט 2007. 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) 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 והנדיפים-למחצה (PAHs) במים היו בד"כ מתחת לסף הגילוי של הבדיקות בישראל (50-0.05 מיקרוגרם/ליטר ו-10-5 מיקרוגרם/ליטר, בהתאמה), 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 מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב - NOAA). מבין החומרים הנדיפים נמצא chloroform ($12 \text{ } \mu\text{g/L}$) בתחנה בחוף מפרץ עתלית. מבין החומרים הנדיפים למחצה שנבדקו בארה"ב נמצאו מספר חומרים מעל סף הגילוי, במיוחד החומר Benzo (a) pyrene בנמל חיפה ובערכים קטנים יותר בכניסה לנמל אשדוד ונמל היובל, מעגן רידינג ת"א ומעגן מכמורת.

ריכוזי פורמאלדהיד במים נמצאו קטנים מסף הגילוי האנליטי (0.5 mg/L).

בנמלים חיפה ואשדוד ובמעגנות מכמורת, הרצליה, ת"א, אשדוד, אשקלון ורידינג ת"א נמצא זיהום של מי הים בתרכובת האורגנית הרעילה של בדיל Tributyltin (TBT), ובחלק מהתחנות גם בתוצרי הפירוק שלה 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, ריכוזי ה-TBT גדולים יותר במעגנות מאשר בנמלים. בנמלים נמצאו ריכוזים גדולים יותר של התרכובת DBT (Dibutyltin) שהינה תוצר פירוק של TBT. תחום ריכוזי ה-TBT במים, בנמלים ובמעגנות היה $0.5 - 91 \text{ ng/L}$. דירוג כל הנמלים והמעגנות לפי רמת הזיהום במים מוצג באיור 11. בשנת 2004 נמצאו רמות זיהום גבוהות במיוחד של TBT ($>100 \text{ ng/L}$) בנמל חיפה ובמעגנות עכו, מכמורת, הרצליה, ת"א ואשדוד. ב-2007 הערכים שנמצאו קטנים יותר ($>91 \text{ ng/L}$). כמו כן, ניתן לומר שבאופן כללי נמדדו ריכוזי TBT גדולים יותר במעגנות מאשר בנמלים. מגמת הירידה בנמלים היא ככל הנראה ביטוי ראשוני לפעולות שנקטו לאחרונה ע"י הרשויות להפסקת השימוש בישראל בצבעים לכלי שייט המכילים TBT.

ריכוזי חומרים מקבוצת ה-PCB's ורוב חומרי ההדברה האורגנוכלוריים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות (1-10 ng/L). יחד עם זאת נמצאו במים החומרים: Atrazine, Bromacil, Diuron, Diazinone, Terbutryne, Triphenylphosphate, Ametryn ו-Propoclor. במספר תחנות. בנמל אשדוד ובמעגן אשכול (אשדוד) נמצאו חומרי הדברה (הרביצידים), שמקורם ככל הנראה בשפכים של המוצא הימי של צינור אגן כימיקלים-בתי זיקוק אשדוד הממוקם במרחק של כ-800 מטר מהחוף מול תחנת הכח אשכול.

ריכוזי דיאוקסינים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקה (0.5-1 pg/L).

איכות הסדימנטים בנמלים ובמעגנות

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

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

רמות זיהום גבוהות של כספית בסדימנטים נמצאו בנמל חיפה, של ניקל וונדיום במעגן רידינג, ושל כסף בנמל חיפה. רמות זיהום בינוניות של רוב המתכות הכבדות נמצאו בנמלי הקישון, חיפה, אשדוד ואילת, מרינות ת"א, אשקלון ואחרים, כמפורט בטבלה לעיל.

כללית, ריכוזי חומרים פוליциקלים ארומטיים (PAHs) היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקה בישראל, ועבור חומרים מסוימים מעל סף הגילוי בבדיקות שנעשו בארה"ב בתחנות נבחרות. בכל מקרה, הריכוזים היו קטנים מהקריטריון האקולוגי להשפעות מזיקות שצפויות רק לעיתים נדירות (ERL). סף ריכוז ה-PAHs היה גדול יותר בנמל חיפה ומרינה ת"א ביחס לשאר אתרי הדיגום. הבדיקות שנעשו בארץ נמצאו מתחת לסף הגילוי של הבדיקה למעט החומר Bis (2-ethylhexyl) phthalate המועשר יחסית בסדימנטים בנמל חיפה.

בסדימנטים בנמל חיפה, נמל אשדוד, מרינה ת"א ומעגן רידינג נמצא זיהום בשאריות של חומרי הדברה אורגנוכלוריים מקבוצת ה-DDT (DDE+DDD+DDT) בריכוזים גדולים מערכי ERL. בנמל אשדוד, מעגן אשכול ומרינה הרצליה נמצא גם החומר Diuron. בנמל חיפה נמצא החומר Endosulfan-II ובמעגן אשכול החומרים: Dyflufencian, Ametryn, Trifluralin.

בסדימנטים בנמל חיפה ואשדוד נמצא זיהום בינוני בפינילים מותמרי כלור (PCBs) (ריכוזים גדולים מ-ERL).

ריכוז הדיאוקסינים בסדימנטים היה מתחת לסף הגילוי של הבדיקה (0.5 pg/g) וגם ריכוזי התרכובות הנדיפות בסדימנט היו קטנים מסף הגילוי האנליטי ($> 0.2-100$ ננוגרם/גרם יבש).

כללית, תחום ריכוזי ה-TBT שנמצאו בסדימנטים בנמלים ובמעגנות ($7866 \text{ ng/g} - 1$), 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 בנמל אשדוד, נמל חיפה, נמל צבאי באילת, מעגן מכמורת, מרינה אשקלון, מעגן קצא"א, מעגן חדרה ומעגן רידינג ת"א.

בישראל ובעולם בכלל עדיין לא נקבעו תקנים סביבתיים מחייבים לריכוז 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. כפי שדווח בדוח לשנת 2002, בשנת 2003 נבדקה אוכלוסיית החילזון Murex forskoehli 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 – 2007) 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 - 2007
מתכות כבדות בקרקעית	נמל חיפה: רמות זיהום גבוהות, שינויים בריכוזי המתכות ללא מגמה ברורה. מגמת עלייה של כספית בנמל חיפה. נמל אשדוד: רמות זיהום בינוניות, בנמל האזורי הפחתה ברמת הזיהום של כרום, נחושת, ניקל, קדמיום וכספית. מעגנות לאורך חוף הים התיכון: זיהום בינוני במספר מעגנות, אין מגמה ברורה למעט העשרה מסוימת של כרום, נחושת, וניקל במרינה אשקלון.
ביפנילים מותמרי כלור (PCBs)	נמל חיפה: רמות זיהום קטנות בהרבה מסקרים קודמים בשנים 2001-2005 ודומות לשנת 2006. נמל אשדוד: רמות זיהום קטנות בהרבה מסקרים קודמים בשנים 2001-2005, ודומות לשנת 2006. מעגנות לאורך חוף הים התיכון: אין מגמה ברורה.

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

סמן סביבתי	מצב* ומגמות בשנים 2000 - 2007
TBT ונגזרותיו	נמל חיפה: רמות זיהום גבוהות, אין מגמה ברורה. נמל אשדוד: רמת זיהום בינונית עד גבוהה, אין מגמת הפחתה. מעגנות לאורך חוף הים התיכון: זיהום גבוה במעגנות עכו, מכמורת, ת"א, הרצליה, אשדוד, אשקלון וקצא"א. זיהום בינוני/נמוך במספר מעגנות אחרות.
חומרים פוליציקלים ארומטיים (PAHs)	נמצאו ריכוזים קטנים מקריטריון NOAA להשפעות אקולוגיות מזיקות. דירוג סך ריכוז ה-PAHs באתרי הדיגום הנבחרים הינו: נמל חיפה < מרינה ת"א.

מתכות במים

ריכוזי החומר המרחף במים והריכוזים של מתכות כבדות בחומר המרחף (ריכוזים חלקיקיים) נבדקו ב-9 אתרים לאורך החוף בין אשדוד 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 (2.9 - 6 מ"ג בליטר באוגוסט 2007) מושפעת בין היתר מעוצמת הזרימה בנחלים ומצב הים, ולכן היא משתנה עונתית וכתלות במרחק מהחוף. ריכוזי החומר המרחף בנחלים בד"כ גדולים באחד עד שני סדרי גודל מהריכוזים לאורך החוף (**איור 14**). תחום ריכוזי החומר המרחף בשפכי הנחלים בחודש מרץ 2007 (4 - 51 מ"ג בליטר) היה דומה או קטן מתחום הריכוזים שנמדד בחודש ספטמבר 2007 (1.5 - 126 מ"ג בליטר). במחקר על הסעת רחופת על-ידי הנחלים קישון ואלכסנדר² 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.

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

² הסעת רחופת על-ידי נחלי החוף אל מדף היבשת של ישראל – נחל קישון ונחל אלכסנדר. דינה וכטמן, עבודת מגיסטר, אוניברסיטת חיפה, פברואר 2004.

ריכוזי אלומיניום וברזל בנחלים היו בד"כ גדולים יותר מאשר בים, אולם יחסי ברזל/אלומיניום היו דומים (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).

מתכות בבעלי חיים שוכני קרקעית

ריכוזי מתכות כבדות נבדקו ברקמות של 272 פרטים של צדפות, 597 פרטים של חלזונות ו-23 פרטים של סרטנים כלהלן: 39 פרטים של הצדפה *Mactra corallina* ממפרץ חיפה; 217 פרטים של הצדפה *Donax sp.* ממפרץ חיפה; 13 פרטים של הצדפה *Rudicardium tuberculatum* ממפרץ חיפה; 3 פרטים של הצדפה *Chamelea gallina* ממפרץ חיפה; 12 פרטים של החילזון (גסטרופוד) *Strombus decorus persicus* ממפרץ חיפה; 5 פרטים של החילזון *Thais lacera* 340 פרטים של החילזון *Patella sp.* שנאספו במפרץ חיפה ובחופי אכזיב, תל שקמונה, מעגן מיכאל, עתלית, חדרה, מכמורת, פלמחים ומרינה אשדוד; 49 פרטים של החילזון *Cellana rota* שנאספו במפרץ חיפה ובחופי אכזיב, מכמורת, פלמחים ומרינה אשדוד; 190 פרטים של החילזון *Arcularia gibbosula* ממפרץ חיפה; 1 פרטים של החילזון *Siphonaria crenata* ו-23 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 15). בשנת 2007 נמצאה עלייה קטנה אך משמעותית בריכוזי הכספית, בהשוואה לממצאים של שלוש השנים האחרונות (2004-2006). הסיבה לעלייה זו לא ברורה, משום שהמפעל הפסיק להזרים שפכים לים בנובמבר 2004. יחד עם זאת האזור חשוף להזרמות שפכים דרך נחל הנעמן וצינור מוצא ימי (אלא) במרחק של כ-1 ק"מ מהחוף.

אזור צפון מפרץ חיפה בקרבת שפך נחל הנעמן מיוצג ע"י פרטים של *Donax trunculus*, שנדגמו בשנת 2007 הן באזור הדיגום שמול התעשיות האלקטרוכימיות (לשעבר) והן מאזור דיגום שמול חוף התמרים (אתר חדש יחסית בדרום עכו). שתי התחנות מראות בשנתיים האחרונות ריכוזים דומים של מתכות כבדות. בגלל מגבלות גישה לאתר הישן ישמש מעתה אתר חוף התמרים כתחנה המייצגת את אזור שפך נחל הנעמן. בדיגום 2006, שבוצע בחודש אוקטובר, נמצאו צדפות מהמין *Donax trunculus* באזור שמול קריית חיים בדרום המפרץ לאחר מספר שנים שבהן לא נמצאו

בתחנה זו. בשנת 2007 חזרנו לאזור זה בחודש יולי ושוב לא נמצאו חיות, לכן ביצענו דיגום נוסף בחודש אוקטובר 2007. על מנת לבדוק האם השינוי בחודש הדיגום משפיע על ריכוז המתכות, נאספו חיות בתקופה זו גם מאזור קריית ים שבו נעשה דיגום גם בחודש יולי. לא נמצאו הבדלים משמעותיים בריכוזי הכספית ושאר המתכות (למעט ארסן) בין חודשי הדיגום. ריכוזי הכספית שנמדדו בצדפות ממפרץ חיפה בשנת 2007, היו גבוהים משמעותית מריכוזי הכספית שנמצא בצדפות ממין זה בשפך התנינים. בתוך מפרץ חיפה, באזור קריית חיים וקריית ים, היתה רמת כספית נמוכה משמעותית מאשר בצדפות מאזור חוף התמרים (טבלה 1, איור 16).

לא נמצאו הבדלים בריכוזי הנחושת בצדפות *Donax sp.*, שנדגמו בחוף קריית ים, קריית חיים ושפך הנעמן. ריכוזי הנחושת בפרטים מקריית ים ומאזור חוף התמרים (והתעשיות האלקטרוכימיות) נמצאים בירידה בשנים 2004-2006, אולם בשנת 2007 נצפתה עלייה משמעותית בריכוזי הנחושת בתחנות אלו. ריכוזי האבץ ב-*Donax sp.* משתי התחנות די קבועים בשנים 2001-2006 (פרט לשנת 2004), ועומדים על 7-9 חלקים למיליון ברקמת צדפה רטובה. בצדפות משפך הנעמן נמצאה השנה רמה גבוהה משמעותית של אבץ מאשר בשנה שעברה (10.5 ± 4.6 לעומת 7.2 ± 2.0). רמה זו זהה לזו שנמצאה ב-*Donax* מאזור קריית חיים. בפרטים שנדגמו בשנתיים האחרונות בחוף קריית חיים (חודש אוקטובר) לא נמצאו הבדלים בין השנים (2006-2007) בריכוזי הנחושת והאבץ, אולם ריכוזים אלה גבוהים ממה שנמצא בדיגום האחרון שהתבצע בחוף זה בשנת 2002. ריכוזי הכספית בפרטים מאזור קריית חיים גדול יותר ב-2007 מזה שנמצא ב-2006. ייתכן שהדבר נובע מפעולות חפירה שמתבצעות בנמלי חיפה-קישון ומפעילויות הקשורות בהקמת נמל הכרמל. בפרטים מקריית חיים ריכוזי האבץ גבוה משמעותית (11.3 ± 1.2) מזה שנמצא בקריית ים (6.7 ± 1.6).

בשנת 2007 נמצאה רמה זהה של ארסן בפרטים של *Donax sp.* מכל תחנות המפרץ, רמה זו גבוהה משמעותית מזו שנמצאה בפרטים מאזור שפך נחל תנינים.

בצדפות מהמין *Mactra corallina*, שנדגמו בצפון מפרץ חיפה, נמצאה מגמה של ירידה חדה בריכוזי הכספית בין השנים 1980 - 1994 (איור 15). השינויים הרב-שנתיים (1980-2007) בריכוזי כספית בצדפות ממין זה מצפון מפרץ חיפה נבדקו סטטיסטית באמצעות Univariate Analysis Procedure (General Linear Model) GLM. בדיקת קיומן של מגמות בזמן נעשתה על שתי תקופות: 1980 - 1994 ו-2002 - 2007 (איור 17). הנתונים עד 1994 מראים כאמור מגמת ירידה מובהקת. בשנת 1992 נראים ערכים גבוהים יחסית, שיתכן 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 2002 - 2007 ריכוזי הכספית היו יציבים, ללא שינויים משמעותיים. יחד עם זאת נמדדה עלייה ברמות הכספית בשנת 2007 לעומת 2006.

ריכוזי הכספית בצדפה *Mactra corallina* מאזור צפון מפרץ חיפה ($\mu\text{g/g wet wt.}$) 0.064 ± 0.055 , בתחנות הקרובות לאזור התעשיות האלקטרוכימיות (תחנות 1,2,8,9,10,11,12,14, **איור 2**), היו גבוהים משמעותית מאשר הריכוזים באותו מין מתחנות דרומיות במפרץ (תחנות 18,22,23) 0.027 ± 0.008 ($\mu\text{g/g wet wt.}$). גם ריכוזי האבץ בצדפה *Mactra corallina* מתחנות בצפון מפרץ חיפה (תחנות 1,2,8,9,10,11,12,14) 22.3 ± 3.5 ($\mu\text{g/g wet wt.}$) היו גבוהים משמעותית מאשר באותו מין מתחנות דרומיות במפרץ (תחנות 18,22,23) 15.9 ± 4.4 . ריכוזי האבץ והנחושת גבוהים משמעותית בשנת 2007 בהשוואה לשנת 2006.

מהצדפה *Rudicardium tuberculatum* נמצאו מעט מאוד פרטים בתחנות בצפון מפרץ חיפה (קרובות לעכו). ריכוזי הכספית היה דומה לריכוז שנמצא בשנת 2006 ($\mu\text{g/g wet wt.}$) 0.023 ± 0.006 . באזור שמול קריית חיים וקריית ים נמצאו רק שני פרטים, ולכן אין אפשרות לעשות השוואה סטטיסטית. גם מהצדפה *Camelea galina* נמצאו רק 2 פרטים בתחנות הקרובות לעכו (צפון המפרץ) ולא נמצאו פרטים ממין זה בתחנות אחרות במפרץ חיפה.

החלזונות ממין *Patella sp.*, אשר חיים בצמוד למצע קשה (בד"כ סלעים באזור משברי הגלים), נדגמו באתרים רבים לאורך החוף (**טבלה 1, איור 18**). ריכוזי הכספית בחלזונות מצפון הארץ וממפרץ חיפה (עכו, קריית חיים) היו גדולים באופן משמעותי מהריכוזים שנמצאו בחלזונות שנדגמו לאורך החוף מחוץ למפרץ (**איור 18**). ריכוזי הכספית בפטלות מנמל עכו ומחוף שקמונה בשנת 2007 גדולים בהשוואה לשנת 2006.

בפרט אחד, שנמצא בחוף שמן, ובפרטים שנדגמו מנמל עכו, אכזיב ותל שקמונה נמצאו ריכוזי קדמיום גדולים יחסית לריכוזים שנמצאו בפרטים מתחנות אחרות במפרץ חיפה ומצפון לו (קריית ים, עכו-ביוב) ומאתרים אחרים לאורך החוף מחוץ למפרץ חיפה (**איור 18**). ריכוזי הקדמיום בפרטים מחוף שמן (שפך הקישון) וקריית ים מראים מגמת ירידה משנת 2000 (**איור 19**), ככל הנראה כתוצאה מההפחתה בהזרמת הקדמיום אל נחל הקישון, בעיקר ממפעל "חיפה כימיקלים" (החל מחודש יוני 2000; רשות נחל הקישון, 2004). בדומה, נראית גם מגמת ירידה בריכוזי האבץ בחלזונות החל משנת 2000.

בדומה לשנת 2006 גם ב-2007 נבדקו בחלק מהחלזונות גם המתכות ארסן ועופרת. בפטלות מקריית ים ומאזור מעגן מיכאל (שפך נחל תנינים) נמצאה רמה גדולה משמעותית של ארסן בהשוואה לפטלות מעכו, תל שקמונה, חדרה ואשדוד. כמו כן, נמדדה ירידה משמעותית בריכוז העופרת בפטלות מנמל עכו, מעגן מיכאל וחדרה לעומת 2006. בפטלות מתל שקמונה ומאשדוד לא חל שינוי משמעותי בריכוז העופרת.

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

תחנה	ארסן	עופרת
Ak-p נמל עכו	2.28 ± 0.29	0.25 ± 0.09
QY קריית ים	3.4 ± 0.9	0.25 ± 0.06
TS תל שקמונה	2.3 ± 0.4	0.49 ± 0.7
MM מעגן מיכאל	2.8 ± 0.5	0.25 ± 0.17
HAD חדרה	2.17 ± 0.39	0.21 ± 0.07
ASH אשדוד	2.2 ± 0.3	0.43 ± 0.29

החל משנת 2003 נדגמו חלזונות רבים מהסוג *Cellena rota*, חילזון ממשפחת הצלחיתיים שאליה משתייך גם *Patella*, אשר היגר לים התיכון מים סוף. נערכה השוואה בין ריכוזי המתכות בשני החלזונות, בתחנות בהן נמצאו יותר משני פרטים משני המינים (אכזיב, קריית ים מכמורת ואשדוד). לא נמצאו הבדלים בריכוז המתכות שנבדקו בין שני החלזונות פרט להבדלים משמעותיים בריכוז הקדמיום בתחנות אכזיב, קריית ים ואשדוד, ובריכוז האבץ באשדוד. ב-2007 נמצאו ריכוזים גבוהים משמעותית של נחושת בפרטים ממרינה אשדוד, של קדמיום בפרטים מאכזיב, של כספית בפרטים מקריית ים ושל אבץ בפרטים מחוף שמן.

בשנת 2007 נבדקו 12 פרטים של החילזון *Strombus decorus persicus* ממפרץ חיפה. מין זה נפוץ במפרץ, ונמצא השנה בתחנות 2 ו-11 בצפון המפרץ בקרבת המפעלים האלקטרוכימיים (לשעבר) ובתחנה 23 מול קריית חיים בעומקים שונים. החלזונות צמחוניים וצוברים מתכות כבדות ברמה גבוהה בהרבה מהצדפות שנמצאות באותו אזור. בתחנות 2 ו-11 ריכוז הכספית היה גבוה משמעותית ($0.854 \pm 0.62 \mu\text{g/g wet wt.}$) מאשר בתחנה 23 (0.30 ± 0.13). ריכוז הקדמיום, הנחושת והאבץ היה זהה. ריכוזי המתכות כספית, נחושת ואבץ שנמדדו ב-2007 במפרץ חיפה היו קטנים משמעותית מריכוזים שנמדדו בעבר (1991) בחלזונות מחוץ למפרץ בתחנה מאזור חוף פולג (H41).

בחילזון *Arcularia gibosulla*, הניזון מחסרי חוליות קטנים המתחפרים בחול ומבשרם של גורים, לא נמצאו הבדלים בריכוז הכספית, הקדמיום, הנחושת והאבץ בתחנות בצפון מפרץ חיפה, הקרובות למפעלים האלקטרוכימיים לשעבר, בהשוואה לתחנות הקרובות לשפך הקישון (בדרום המפרץ). כמו כן, לא נמצאו הבדלים בריכוז מתכות אלו בחלזונות ממין זה שנאספו בתחנות הקרובות למפעלים האלקטרוכימיים, בהשוואה לרמות שנתקבלו בשנת 2006. בסרטן הנזיר (*Diogenes pugilator*), שפרטים ממנו נמצאו בתוך קונכיות של ארכולריה, בתחנות של צפון המפרץ (2,10,14) ובתחנות מול הקריות (18,22,23), נמצא הבדל משמעותי בריכוזי הנחושת, גבוהים יחסית בצפון המפרץ, ולא נמצאו הבדלים בריכוז הכספית והאבץ בין שני האזורים (ריכוזי הקדמיום היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקה).

מתכות בדגים

נבדקו מתכות כבדות ברקמות השריר של 120 פרטים של 7 מיני דגים חופיים נפוצים ו-96 פרטים של דגי מכמורת. הדגים החופיים כללו 70 פרטים של *Lithognathus mormyrus* ממפרץ חיפה, ג'סר-א-זרקא, דור, נהריה ואשדוד; 28 פרטים של *Diplodus sargus* ממפרץ חיפה, אשדוד ומאזור ג'סר-א-זרקא; 4 פרטים של *Sarus aurata* מאזור אשדוד, 11 פרטים של *Siganus rivulatus* מהרצליה ואזור דור; 4 פרטים של *Siganus lurides* מהרצליה ומדור; 3 פרטים של *Sargocentron rubrum* ממפרץ חיפה; דגי המכמורת כללו 32 פרטים של *Pagellus erythrinus* שנידוגו באזורי הדרום והצפון, 32 פרטים של *Mullus barbatus* ו-28 פרטים של *Upeneus moluccensis* שנידוגו באזורי המרכז והדרום. כמו כן נבדקו מתכות ב-50 דוגמאות כבד של דגים מסוג *Lithognathus mormyrus* ו-*Diplodus sargus*.

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). בכמה מדינות, כגון ארה"ב, מתקיים עתה תהליך של בחינה מחדש של התקנים לריכוז כספית בדגים, והמגמה הכללית היא בכיוון החמרה. מבין הדגים שנבדקו בשנת 2007, ריכוז הכספית חרג מ-0.3 חל"מ ב-4 פרטים של דג חופי - *Lithognathus mormyrus* מאזור אכזיב, ב-3 פרטים של *Sargocentron rubrum* מאזור מפרץ חיפה, ובפרט אחד של *Diplodus sargus* מאזור אשדוד. חריגות אלה מייצגות כ-6.6% מכלל הדגים החופיים שנבדקו. מבין דגי המכמורת נמצאה חריגה של מעל 0.3 (חל"מ משקל רטוב) בפרט אחד של *Pagellus erythrinus* ממפרץ חיפה, בשני פרטים של *Upeneus moluccensis*, אחד מאזור המרכז והשני מהדרום, ובפרט אחד של *Mullus barbatus* מאזור המרכז. חריגות אלה מייצגות 4.2% מכלל דגי המכמורת שנבדקו.

כמו בשנים קודמות, בכל הדגים לא נמצאה העשרה במתכות האחרות שנבדקו (Zn, 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).

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 21-23, **טבלה 3**). במהלך שני

העשורים האחרונים חלה ירידה ניכרת ברמות הכספית בדגים מהמפרץ. בשנים האחרונות רמות הכספית בדגים מהמפרץ התייצבו בערכים נמוכים יחסית למצב בראשית שנות ה-80 (איורים 21-23). בשנת 2005 נמצא הבדל משמעותי ביחסי כספית/משקל גוף בין פרטים של דגי *Sargocentron rubrum* שנידוגו במפרץ חיפה לבין פרטים שנידוגו באזורים אחרים. בשנים 2006-2007 לא נדגם מין זה בתחנות מחוץ למפרץ.

נמצאו הבדלים ברמת הכספית (מנורמל למשקל דג) ב-*Lithognathus mormyrus* שנידוגו במפרץ חיפה לעומת דג ממין זה שנידוגו באזורים אחרים (טבלה 3). לא נמצאו הבדלים בריכוז הכספית בדגים שנידוגו ממקומות שונים בתוך מפרץ חיפה (טבלה 3). לא נמצאו הבדלים משמעותיים ברמת הכספית בדג *Diplodus sragus* ממפרץ חיפה לעומת אזורים אחרים (טבלה 3).

בדג המכמורת *Mullus barbatus*, שנידוגו במרכז הארץ (נתניה - הרצליה), נמצאו רמות גדולות יחסית של כספית (מנורמל למשקל דג) (0.0023 ± 0.0016) ביחס לפרטים מדרום הארץ, דרומית לאשדוד (0.0005 ± 0.0002). ריכוזי הנחושת והארסן במין זה מאזור המרכז היו גבוהים יותר מאשר בדגים שנידוגו דרומית לאשקלון. ריכוז האבץ לעומת זה היה גבוה בדגים מאזור הדרום. בדג *Upeneus moluccensis* לא נמצאו הבדלים בריכוזי נחושת ואבץ וברמות הכספית בפרטים מדרום הארץ לעומת פרטים ממרכז הארץ (מול נתניה-הרצליה). בדגי *Pagellus erythrinus* מצפון הארץ (אזור מפרץ חיפה) נמצאו רמות כספית גבוהות יותר (לאחר נרמול למשקל הדג) מאשר בדגים מהדרום (טבלה 3). ריכוז הנחושת גבוה משמעותית בדגים אלו, אולם לא נמצאו הבדלים בריכוז האבץ.

החל משנת 2003 נבדק ריכוז הארסן בדגים. ריכוז הארסן נבדק בשנת 2007 בשריר של הדגים החופיים *Lithognathus mormyrus*, *Diplodus sargus* ו-*Siganus rivulatus* וכן בדג *Mullus barbatus* המייצג את דגי המכמורת. ריכוז הארסן ב-*L. mormyrus* גדול יותר בדגים ממפרץ חיפה (4.92 ± 3.37) יחסית לדגים שנידוגו מחוץ למפרץ (דור, נהריה וגיסר-א-זרקא; 2.33 ± 0.79). בדגי *Lithognathus mormyrus* שנידוגו באזור אשדוד נמצאה העשרה בריכוז ארסן (5.42 ± 4.21). בדג *Diplodus sargus* לא נמצאו הבדלים בריכוז ארסן בין האזורים השונים. הבדל משמעותי בריכוז ארסן נמצא בדגי *Mullus barbatus* מאזור המרכז ($10.9 \pm 4.23 \mu\text{g/g wet}$) בהשוואה לדגים מאזור הדרום (5.86 ± 1.73 wt).

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.

דגים אשר שוהים בסביבה מזוהמת יכולים בתנאים מסוימים לקלוט מזהמים כגון מתכות, חומרים אורגניים ומיקרואורגניזמים פתוגניים. לכן מומלץ, כאמצעי ביטחון להגנה על הציבור

וגם כאשר אין עדויות להצטברות חומרים מזהמים בדגים, לאסור כל פעילות של דייג ולאכוף איסור זה בקפדנות באזורים שבהם נמצא זיהום משמעותי או שקיים חשש לזיהום עקב הזרמת שפכים. על סמך המידע הקיים, האזורים בתחום מימי החופין שבהם מומלץ לאסור פעילות דייג כוללים את המוצא הימי של בוצת השפד"ן, המוצא הימי של צינור אגן כימיקלים/בתי זיקוק אשדוד, המוצא הימי של מט"ש הרצליה, מוצאי הנחלים קישון, שורק, אלכסנדר, נעמן והתחום הפנימי בכל הנמלים והמעגנות (בחלקם אזורים אלה הם ממילא שטחים צבאיים סגורים או אזורים אסורים לדייג). ההמלצה על איסור דייג הוגשה כבר בדוחות קודמים. כפי שנמסר ע"י אגף הדייג במשרד החקלאות, אין כיום סמכות חוקית לאסור דייג במקומות מזהמים (למעט האיסור הכללי על דייג בשטחי נמלים). יש להסדיר עניין זה בחקיקה.

מתכות במשקעים אטמוספיריים

אבק מרחף (אארוסולים) נבדק ב-2007 רק באתר אחד, תל שקמונה, חיפה (53 דוגמאות). חלק מן הדוגמה מייצגת את התכולה הממוצעת של מתכות באבק מרחף במשך כ-3 ימים וחלק את התכולה במשך כיממה. 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 להרכב 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 כרבע מימי השנה³. השטפים המחושבים של המתכות (טבלה 4) מראים שונות בין תחנות הדיגום בשנים 1996 - 2006, 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 12 השנים האחרונות חלה ירידה של שטפי העופרת לאורך החוף הישראלי (איור 24), כפי שמתבטא גם במגמת ההפחתה הרב-שנתית של ריכוזי העופרת בסדימנטים לאורך החוף. הסיבה לירידה המשמעותית של ריכוזי

³ מאמר שפורסם לאחרונה מציג הערכה כוללת יותר של שטף המתכות הכבדות עבור דרום וצפון אגן הלבנט (Kocak et al., 2005).

העופרת בתל שקמונה ב-2007 לא ברורה⁴. השטפים של מתכות אחרות (קדמיום ונחושת) לא מראים מגמה ברורה בשנים 1996 - 2007 (איור 24). לפי דוח 2006, השינויים הרב-שנתיים של השטפים של מתכות אלה דומים בשתי תחנות הדיגום, ולפיכך ייתכן שהם מושפעים ממקורות מרוחקים. 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 (exchangeable phase), ולפיכך גם זמינה ביולוגית, כוללת את עיקר המתכת (מעל 50%) בדגימה (Kocak et al., 2007).

נוטריאנטים במשקעים אטמוספיריים

דוגמאות מי גשם נאספו במהלך חורף 2007/8 (30 דוגמאות) באתר תל שקמונה. בדוגמאות נבדקו ריכוזי הנוטריאנטים וה-pH, במטרה להעריך את השטפים ומקורות הנוטריאנטים במי הגשם.

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

בחורף 2007/8 כ-30% מהגשמים (9 מתוך 30 דגימות) השתייכו לקבוצת הגשמים החמוצים ($\text{pH} < 5.6$).

בכ-70% מדגימות מי הגשם נמצאו ריכוזים דומים של ניטראט ואמוניום, ובכ-30% נמצאו ריכוזי אמוניום גדולים מניטראט. המקור העיקרי של ניטראט קשור ככל הנראה לשריפת דלקים. מקור האמוניום במי הגשם עדיין לא ברור, וככל הנראה קשור בחומרי דשן והפרשות בעלי חיים.

בחורף 2007/8 חושבו ערכים של שטפי זרחן וחנקן מומסים במי הגשם בתל שקמונה, שדומים לערכים שהתקבלו בחורף הקודם (איור 25). מאז חורף 1997/8 נמצא מתאם חיובי בין כמות המשקעים לשטפי החנקן והזרחן (איור 25). שטף החנקן היה במגמת עלייה בין החורפים 1992/3 ל-1996/7, ובשנים שלאחר מכן התחילה מגמת התייצבות עם שינויים חדים, למעט בארבעת השנים האחרונות (איור 25). לעומת זאת, שטף הזרחן מראה שינויים רב-שנתיים חדים ללא מגמה ברורה (איור 25). כללית, שטפי החנקן והזרחן לאורך החוף הישראלי גדולים מהשטפים שחושבו

⁴ בדיקת הסיבות להפחתה בריכוז העופרת כוללת גם היבטים אנליטיים.

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-2007 נדגמו מוצאי הנחלים ב-30 תחנות בחודשים מרץ וספטמבר. סיכום הממצאים להלן מתייחס הן למצב הנחלים ב-2007 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. שתי הפרקציות הנוספות מכילות כמויות משמעותיות של חנקן וזרחן, שמשתוות כנראה לכמויות האי-אורגניות המומסות, או אף גדולות מהן. עפ"י דוח ניטור מים ונחלים בשנת 2007 (רשות הטבע והגנים, יולי 2008), במים שנדגמו באביב ובסתיו במעלה של חלק מנחלי החוף, הריכוזים הכוללים של חנקן מומס היו גדולים פי 2 לערך מהריכוזים של הצורונים האי-אורגניים. 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 מזעריות.

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 26). ערכי ה-pH שנמדדו אינם חריגים (בין 7.5 ל-9.5). ריכוזי החמצן בנחלים השתנו בתחום רחב, מערכי על-רוויה (עד כ-216%) ועד לחוסר חמצן (במי עומק). העל-רוויה קשורה בד"כ לפעילות פוטוסינתטית מוגברת של אצות ומגיעה לערכים קיצוניים יותר בספטמבר (איור 26, לדוגמא בנחלים קישון, אלכסנדר, דליה ולכיש בספטמבר), ואילו המחסור בחמצן קשור בעומס יתר של חומרים אורגניים שמתבטא בד"כ בערכי BOD גבוהים, במיוחד בחודש ספטמבר (איור 26). בנחלים רבים, למרות ריכוזי כלורופיל גדולים, נמדדו ערכי חמצן נמוכים יחסית. בחלק מהנחלים נמדדה ירידה חדה בריכוזי החמצן ועלייה במליחות בשכבת המים העמוקה, במיוחד בחודש ספטמבר (איור 27).

מבחינת ריכוזי החמצן במי פני השטח, ביחס לקריטריונים של NOAA לאיכות מים בסמוך לשפכי נהרות (נספח 7), מעלה הנחלים נעמן וחדרה נמצאו במצב של היפוקסיה (ספטמבר). מבחינת

ריכוזי החמצן בשכבת המים העמוקה, הנחלים נעמן, קישון ואלכסנדר נמצאים במצב של היפוקסיה עד אנוקסיה (**איור 27**). ערכי ה-BOD בנחלים ב-2007 היו בד"כ קטנים מ-11 mg/L. ערכים גדולים יחסית נמדדו במעלה הנחלים נעמן, חדרה ושורק (14-50 mg/L).

מבחינת ריכוזי הכלורופיל במי שטח, בספטמבר האזורים של מעלה הנחלים נעמן, קישון, חדרה, שורק ולכיש ובמרץ נחל דליה 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 בנחלים דליה ותנינים (**טבלה 5**).

ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט, פוספאט ואמוניום) בתחנות הדיגום מוצגים ב**איור 28**. ההבדלים בריכוזי הנוטריאנטים בין הנחלים הם בטווח של סדר גודל ויותר. באופן כללי, ריכוזי הנוטריאנטים בנחלים גדולים מאוד, בהשוואה לריכוזים המירביים שנמדדו במימי החופין. במרבית הנחלים, הריכוזים הגדולים של פוספאט ואמוניה קשורים בעיקר בהזרמת שפכים ביתיים וקולחים. מקורם של ריכוזי ניטראט גדולים הוא, ככל הנראה, מי נגר חקלאיים המועשרים בחומרי דשן וגלישות מבריכות לחמצון שפכים. פירוט מקורות הזיהום במעלה חלק מהנחלים (נעמן, קישון, דליה, תנינים, אלכסנדר, אילון - ירקון, שורק, לכיש) מוצג בדוח ניטור מים ונחלים לשנת 2007 של רשות הטבע והגנים (יולי 2008), 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-2007, בדומה לשנים קודמות (Herut et al., 2000), נמצאו הבדלים בין ריכוזי הנוטריאנטים במי הנחלים במרץ ובספטמבר. הסיבה העיקרית להבדלים אלה היא כנראה שינויים בהזרמות האנתרופוגניות.

ב-2007, כמו בשנים קודמות, 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. למרות הבדלים גדולים בריכוזי הנוטריאנטים שנמדדו בכל נחל בשנים שונות, ההבדלים בין הנחלים השונים מצביעים על מגמה קבועה, רב-שנתית של נחלים מזוהמים במיוחד. 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 2007 כלהלן (נתוני חודש מרץ, התחנות במעלה הנחלים כ-50 מ' ויותר מהמוצאים לים; בסוגריים מוצג מדגם של הריכוזים שנמדדו במיקרומול/ליטר):

עבור פוספאט:

אבטח(120)<ירקון(86)<לכיש(85)<נעמן(77)<פולג(70)<שורק(59)<קישון(42)<אלכסנדר(31)<
דליה(3)<חדרה(2)<תנינים(0.9)<בצת(0.4)

עבור אמוניה:

ירקון(1101)<לכיש(1054)<אבטח(903)<שורק(866)<אלכסנדר(604)<נעמן(357)<קישון(316)<
פולג(140)<תנינים (71)< חדרה (17)<בצת(1.3)<דליה(1)

עבור ניטראט+ניטריט:

שורק(765)<קישון(539)<אבטח(537)<פולג(415)<אלכסנדר(263)<תנינים(185)<לכיש(99)<נעמן(80)
<ירקון (44)<בצת(18)<חדרה(4)<דליה(0.3)

עבור חומצה סיליצית:

פולג(441)<שורק(246)<קישון(213)<נעמן(194)<ירקון(191)<תנינים(183)<לכיש(182)<דליה(143)<
אלכסנדר(138)<אבטח(84)<בצת(11)<חדרה(6.4)

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 28**, הממצאים מצביעים בבירור על הפחתה משמעותית של ריכוזי הנוטריאנטים ברוב הנחלים המזוהמים (שורק, פולג, אלכסנדר, קישון ונעמן) לעומת העשור הקודם. מגמה זו של הפחתה בעומס הנוטריאנטים מוצגת בדוח של המשרד לאיכות הסביבה על עומסי מזהמים בנחלים בשנים 1994, 2000, 2001 ו-2003 (התפרסם ב-2004) ובדוחות הניטור השנתיים של רשות נחל הקישון. מאז 2002 ברוב הנחלים אין מגמה של הקטנת ריכוזי הנוטריאנטים. בנחלים נעמן ופולג מסתמנת עלייה קלה בריכוזי הפוספאט בחמש השנים האחרונות.

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 2007 המליחויות בתחנות במעלה הנחלים היו קטנות יחסית (פחות מ-9% 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. מהנתונים שבטבלה ברור, שעבור נחל מסוים השגיאה עלולה להיות של סדר גודל או יותר.

מבין נחלי החוף, התורמים העיקריים של נוטריאנטים למימי החופין בשנת 2007 (בדומה לשנים האחרונות) הם:

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

בנחלים ירקון, לכיש, חדרה ונעמן עיקר החנקן מוזרם כאמוניום, ובנחלים תנינים ואלכסנדר כניטראט, בשאר קיימת התפלגות דומה בין שני הצורונים (**טבלה 6**). על פי נתוני דוח ניטור מים ונחלים לשנת 2007 (רשות הטבע והגנים, יולי 2008) נמצאה מגמה דומה של התפלגות ריכוזי האמוניום והניטראט ברוב הנחלים.

הנתונים מראים מגמה כללית דומה של נחלים בעלי תרומה גדולה יחסית, עבור זרחן: ירקון, שורק וחדרה, ועבור חנקן, ירקון, קישון, חדרה ושורק.

טבלה 6 כוללת גם את הערכת עומסי ההזרמה של חנקן וזרחן כללי אל הנחלים בשנת 2006 (לא התקבלו עדיין נתונים עבור 2007) בעיקר ממתקני הטיפול בשפכים (נתוני המשרד להגנת הסביבה). 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), והן כתוצאה מתהליכי שיקוע, צריכה ופירוק (דניטריפיקציה) של הנוטריאנטים בנחלים עצמם, והן מאחר שההזרמות לנחלים מתייחסות לשנת 2006 (שנה קלנדרית ולא הידרולוגית).

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.

לצורך ארגון וניהול הנתונים על ההזרמות למימי החופין פותחו ע"י חיא"ל, בשיתוף עם אגף ים וחופים במשרד להגנת הסביבה, תוכנה להעברת הנתונים המתקבלים ממקבלי היתרי ההזרמה לבסיס נתונים יחסי (Relational Data Bases) בסביבת ACCESS וממשק לשימוש בבסיס הנתונים. התוכנות מאפשרות שליפה של נתונים מתוך בסיסי הנתונים היחסיים והצגתם בחתכים שונים בהתאם לשאלות שונות. המערכת שפותחה מאפשרת להציג את כלל נתוני ההזרמה של מפעל ספציפי, את כלל נתוני ההזרמות ממקורות שונים ואת תרומתם היחסית עבור מזהם ספציפי, את השינויים בזמן של עומס המזהמים במפעל ספציפי או לכלל המפעלים, ואת התפלגות עומס הזיהום לאורך החוף (עפ"י אזורים או עפ"י סוג המפעל). המערכת שהותקנה במשרד להגנת הסביבה עדיין לא מופעלת באופן שגרתי, ולכן אין ברשותנו נתוני עומסים של מזהמים לשנת 2007.

המקורות הנקודתיים העיקריים של נוטריאנטים הם: מוצא הבוצה המשופעת של המפעל לטיהור שפכי גוש דן (שפד"ן), המוצא הימי לשפכי מפעלי "אגן-כימיקלים" ובתי הזיקוק באזור אשדוד, המוצא הימי לביוב של עכו, המוצאים הימיים של מט"ש הרצליה ומט"ש אשדוד, מוצא ימי אלא 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:

משקעים אטמוספיריים ⁴	ביוב עכו ³	מוצא ימי נהריה ³	מוצא ימי אלא ³	מוצא ימי הרצליה ³	מוצא ימי אשדוד ³	מוצא ימי לבוצת שפד"ן ³	נחלי החוף האחרים	נחל הקישון	נוטריאנט
5000	287	116	8.9	271	109 ⁶	3180	1795 ¹ 3241 ²	186 ¹ 269 ²	חנקן טון/שנה
150	37	25	1.3	48	19	1712	230 ¹ 673 ²	20 ¹ 2.2 ²	זרחן טון/שנה

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 (השנה גם ללא נחל לכיש).
- עומס החנקן והזרחן הכללי עפ"י ההזרמות לנחל הקישון, דוח ניטור שנתי 2007. רשות נחל הקישון. עומס החנקן והזרחן הכללי עפ"י ההזרמות לנחלים בשנת 2006, נתוני המשרד להגנת הסביבה.
- הערכים חושבו על סמך דיווחי המפעל למשרד להגנת הסביבה בשנת 2006 (לא נתקבלו נתונים ל-2007).
- 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, Herut et al., 1999; 2002).

לפי הנתונים שבטבלה, הכמות הידועה הכוללת של נוטריאנטים אשר מוחדרת מדי שנה למימי החופין ממקורות נקודתיים היא כ-6,600 טון חנקן וכ-2,400 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-12 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)

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 במפרץ חיפה ובחלק מנחלי החוף בהם מתקיימת חדירה של מי-ים. כתוצאה מהזרמה מסיבית של נוטריאנטים למפרץ דרך נחל הקישון, אירעו בו בעשור האחרון כמה פריחות חריגות של אצות, שכללו מינים המשתייכים לקבוצות המייצרות רעלנים ומינים שגרמו למטרדים בחופי הרחצה.

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 פריחות של אצות (ובכללן אצות מזיקות) במימי החופין כתוצאה מהעשרה בנוטריאנטים, מופו ריכוזי הנוטריאנטים והכלורופיל באזור הרדוד של מימי החופין.

נוטריאנטים

מפרץ חיפה: באזור שמול שפך נחל הקישון בדרום המפרץ נמצאו הריכוזים הגדולים ביותר של נוטריאנטים (ניטראט, אמוניום, פוספאט וחומצה סיליצית). מאזור זה ריכוזי הנוטריאנטים פוחתים ככל שמתרחקים משפכי הנחל. המקור העיקרי של הזרחן והחנקן הוא הזרמות של מי קולחין ושפכי תעשיות הדשנים אל נחל הקישון. גם בחלקו הצפוני של המפרץ, דרומית לעכו, נמצאו ריכוזים גדולים יחסית, ככל הנראה, בהשפעת חומרי דשן מנחל הנעמן, ואולי מדליפות שפכים בדרום העיר עכו.

שני הנחלים תורמים חנקן וזרחן בכמויות יחסיות שונות. יחסי חנקן/זרחן (יחס מולארי) בשפכי נחל הקישון (<20) גדולים משמעותית מהיחס בשפכי נחל נעמן (>10). ריכוזי הנוטריאנטים במי השטח בנחל ונמל הקישון מראים יחסי חנקן/זרחן (אנאורגניים) גבוהים יחסית להרכב ההזרמות בשנות ה-90 (יחס של כ-300 וכ-70 במאי וספטמבר 2007, לעומת יחס קטן מ-10 בשנות ה-90). לעומת זאת, יחסי חנקן/זרחן במי השטח בנחל נעמן היו ב-2007 קטנים מ-10.

בהתאם חל שינוי מאז שנות ה-90 ביחסי חנקן/זרחן במי המפרץ. בעבר, מפרץ חיפה אופיין בהעשרה של זרחן ביחס לחנקן (יחסי חנקן/זרחן >4 בקיץ) כתוצאה מהזרמה מסיבית של שפכים המכילים זרחן לנחל הקישון. כיום היחס גדל בפקטור של פי 3 לערך (**איור 29**). למרות יחסי חנקן/זרחן גדולים בשפכים ומי השטח בנחל הקישון (**איור 29**) לא נצפתה העשרת חנקן משמעותית (יחסי חנקן/זרחן <16 (יחס רדפילד)) במי המפרץ. הסבר אפשרי לכך הוא סילוק של חנקן בחלקו התחתון של נחל הקישון כתוצאה מתהליכי דניטריפיקציה וקבורה בסדימנט.

תפוצת ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט, פוספאט וחומצה סיליצית) באזור הרדוד של מימי החופין דרומית למפרץ חיפה בקיץ (אוגוסט) 2007 מוצגת ב**איור 30**. בד"כ ריכוזי הנוטריאנטים יורדים ככל שמתרחקים מהחוף, אולם במקומות מסוימים, בסמוך לשפכי נחלים והזרמות של קולחים, קיימים מוקדי העשרה. תפוצת ריכוזי הפוספאט והניטראט בתחום הרדוד של מימי החופין מוכתבת, לפיכך, בעיקר ע"י מקורות זיהום יבשתיים מצד אחד, וקצב צריכתם ע"י היצרנים הראשוניים מצד שני. במיוחד נראה שקיימת השפעה משמעותית של שפך נחל הירקון על ריכוזי הפוספאט והניטרט בים. זאת בהתאמה לדירוג נחל הירקון עם עומס פוספאט גדול יחסית לנחלי החוף האחרים (**טבלה 6**). בדומה לתפוצה בשנים קודמות, ריכוזי הניטראט במים הרדודים היו גדולים יחסית מול שפך נחל תנינים. תפוצת ריכוזי החומצה הסיליצית מראה העשרה משמעותית מול שפך נחל תנינים, העשרה מול שפך הירקון ובחלקו הדרומי ביותר של החוף (אזור אשקלון). בקרבת מוצא הקולחים של מכון הטיהור של הרצליה נמצאה העשרה של פוספאט, אמוניום, ניטראט+ניטריט וחומצה סיליצית (1.75, 19.4, ו-4.7 מיקרומולר, בהתאמה) (לא נכלל ב**איור 30**).

כלורופיל

מידדות במים: ריכוזי הכלורופיל הגדולים ביותר נמצאו בדרום מפרץ חיפה בשפך נחל הקישון. מחוץ למפרץ חיפה, התפוצה המרחבית של ריכוזי הכלורופיל באוגוסט 2007 מראה מגמה כללית של ירידה ככל שמתרחקים מקו החוף (**איור 30d**). 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 נחל הירקון (בסביבות $1.8 \mu\text{g/L}$), מול נחל תנינים (בסביבות $2 \mu\text{g/L}$) ובמידה מסוימת מול חוף דדו בדרום חיפה (בסביבות $0.75 \mu\text{g/L}$). הריכוזים האבסולוטיים של כלורופיל, באתרים לאורך חופי ישראל בהם נמצאה העשרה, אינם גבוהים ביחס לערכים שנמדדים באזורים המוגדרים כאוטרופים 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 באיור 31. כללית, ניתן לעקוב אחר השינויים העונתיים הטבעיים של ריכוזי הכלורופיל. כמו כן, ניתן לראות בברור את השפעת המרחק מהחוף והמרחק מהדלתא של הנילוס על ריכוזי הכלורופיל, בעיקר בחלקו הדרומי של מדף היבשה, ובמיוחד בחודשים ינואר, אפריל, ספטמבר ונובמבר 2007. בנוסף, ייתכן שהעשרת כלורופיל באזור עזה - אשקלון נובעת מהזרמת ביוב מרצועת עזה. 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 2007 נקלטו ועובדו במערכת SISCAL 162 צילומי לוויין מסוג Aqua & MODIS (Terra) ברזולוציה $1\text{X}1$ ק"מ, 55 צילומי לוויין מסוג MERIS מתוכם מעל 20 צילומים ברזולוציה גבוהה ($300\text{X}300$ מטר). כמו כן בסוף 2006 הותקנה תחנת קליטה של צילומי MERIS במכון לחקר ימים ואגמים - דבר המאפשר קבלה ועיבוד של הצילומים כמעט בזמן אמת.

במהלך 2007 נעשתה התקדמות רבה בכיול האלגוריתם של כלורופיל, אולם עדיין בדוח זה הערכים של ריכוזי כלורופיל הם בערך יחסי. האנליזות של ריכוזי הכלורופיל, טמפרטורת פני הים ועומק סקי במדף היבשה של ישראל מאפשרות מעקב סינופטי אחר שינויים עונתיים ורב-שנתיים של מאפייני המים, תוך איתור והערכת השפעתם של מקורות יבשתיים על איכות המים.

באיור 31 ניתן לראות את התפלגות החודשית הממוצעת של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשה. בתחילת 2007 (ינואר – מרץ) ריכוזי הכלורופיל היו קטנים משמעותית, למעט בסמוך למספר מוקדים קרובים לחוף: מפרץ חיפה (פברואר), באזור הנמצא בין תל-אביב לחדרה (ינואר-פברואר) כנראה בגלל הזרמים ובאזור אשדוד ואשקלון (ינואר). בחודש אפריל ניתן להבחין בהשפעה המקסימאלית של דלתת הנילוס המעלה את ריכוזי הכלורופיל בסמוך לחוף בדרום המדינה. בחודשים מאי-אוקטובר (למעט בחודש ספטמבר) יש ירידה בערכי הכלורופיל במימי החופין. בחודש אוקטובר ניתן להבחין בעלייה בערכים בדרום המדינה בקרבת החוף. בחודש נובמבר יש עלייה חזקה בריכוזי הכלורופיל בכל מדף היבשה, ובחודש דצמבר מתחילה ירידה בערכים. השוואה של אנליזה זו לאנליזה שנעשתה בשנת 2006 מראה, שהתופעות הסינופטיות הם דומות, אולם בשנת 2007 התופעות היו קצרות יותר ובעוצמה פחותה (ראה גרף השוואתי **בנספח 4 ואיור 32**).

בדומה לשנת 2006, גם ב-2007 ניתן לזהות כמעט לאורך כל חודשי השנה מוקדים בהם ערכי כלורופיל גדולים יחסית לרקע. הבולט שבהם הוא מפרץ חיפה, ולאחריו האזור צפונית לנמל אשדוד. באזורים אלו נעשתה אנליזה באמצעות צילומי לוויין ברזולוציה גבוהה (MERIS FR), והערכים המוצגים **באיורים 33 ו-34** התקבלו באמצעות הפעלת אלגוריתם חדש המושפע מפלורוסנציה של הכלורופיל. הערכים המוצגים עדיין לא מכויילים וניתנים כערכים יחסיים.

מפרץ חיפה: באיור 33 מוצגות אנליזות של ריכוזי כלורופיל מצילומי לוויין ברזולוציה גבוהה (MERIS FR) מחודשים ינואר ומרץ 2007, בהם ניתן להבחין בברור בהשפעת שפך נחל הקישון על תפוצת הכלורופיל במפרץ חיפה וסביבתו. תפוצת כתמי הכלורופיל (הפיטופלנקטון) מושפעת מהזרמים והרוחות במפרץ ונצפית עד צפונית לעכו (29 במרץ 2007) ולעיתים עד ראש כרמל (15 בינואר 2007). המקור הנקודתי השני במפרץ הוא שפך נחל הנעמן המשפיע על סביבתו הקרובה, בעיקר בחודשי החורף כאשר עצמת הזרימה בו גדולה יותר.

אשדוד-פלמחים: במספר צילומי לוויין ברזולוציה גבוהה במהלך 2007 (**איור 34**) ניתן לראות באזור זה מספר מוקדים של ריכוזי כלורופיל גבוהים יחסית הנמצאים בקרבת תחנת הכוח צפונית לנמל אשדוד (30 באפריל 2007) ובשפך נחל שורק (10 במרץ ו-30 באפריל 2007). המקורות העיקריים של חומרי דשן באזור נמל אשדוד הם הזרמת מט"ש אשדוד, מוצא אגן כימיקלים/בתי זיקוק וכלובי הדגים בנמל.

אוכלוסיות המיקרואצות

בדוגמאות שנבדקו האצות סווגו לשתי קבוצות גודל: 1. אצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ וכוללים בתוכם את הפיקופלנקטון, שחולק בדוח לשתי קבוצות: א. בקטריות כחוליות חד-תאיות מהסוג *Synechococcus*. ב. אצות אוקריוטיות קטנות מ- $5\mu\text{m}$. 2. אצות גדולות מ- $5\mu\text{m}$ וכוללים את הננופלנקטון והמיקרופלנקטון ובהם הדינופלגלטים והצורניות, ובנוסף פלגלטים מקבוצות שונות. בקבוצת הדינופלגלטים נמצא מגוון מינים שהופיעו גם בדיגומים קודמים, כולל מינים הידועים כיוצרי פריחות כמו *Prorocentrum micans*, *Ceratium furca* ו-*Gonyaulax polygramma*, שהופיעו בדיגום זה בריכוזים נמוכים יחסית. בקבוצה זו נמצאו גם מינים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים לצדפות ודגים כמו המינים *Prorocentrum minimum*, שהופיע בריכוז נמוך עד בינוני והמינים *Dinophysis caudata*, *Ostreopsis siamensis*, *Gymnodinium sanguineum* והמין *Dinophysis rotundata* שהופיעו בריכוזים נמוכים מאוד.

פלגלטים מקבוצת ה-*Cryptophyceae* ומקבוצת ה-*Prasinophyceae* המאפיינים מים בעלי מליחות נמוכה יחסית הופיעו בתחנת פתח הקישון ובתחנה הרדודה במפרץ חיפה בלבד כפי שנמצא גם בדיגומים קודמים. בתחנות אלה נמצא בריכוז בינוני פלגלט בעל פוטנציאל טוקסי מקבוצת ה-*Raphidophyceae*, ככל הנראה מהמין *Heterosigma akashiwo* שנמצא כבר בעבר בפריחה בפתח הקישון, ביוני 2002.

בקבוצת הצורניות לא נצפתה פריחה של מין מסויים, אלא הופיע מגוון מינים בריכוז גבוה, כמו המינים *Leptocylindrus danicus*, מין קטן של *Navicula* sp., מיני *Pseudonitzschia* spp. ומיני *Chaetoceros* spp. ראוי לציין הופעה של מיני הצורנית הארוכה יחסית *Rhizosolenia alata*, בריכוז גבוה יחסית לדיגומים קודמים, בכל התחנות ובמיוחד בחוף הכרמל ותנינים. בפתח נמל הקישון בדיגום אוקטובר פרח הצורנית *Thalassiosira pseudonana* מין שכיח בתחנה זו. ואילו בדיגום מאי נצפתה פריחה מסיבית של האצה הירוקית *Chlrydomonas coccooides* שהייתה 50% מהביומסה הכללית בשפך נחל הקישון.

אצות במפרץ חיפה – ריכוז התאים הגבוה ביותר נמצא בפתח נמל הקישון (איור 35). ריכוז גבוה יחסית נמצא גם בשתי התחנות הרדודות הסמוכות לשפך נחל הקישון. הריכוז הנמוך ביותר נמצא בתחנה העמוקה במפרץ (HB1). ביומסת האצות וריכוז הכלורופיל הגבוהים ביותר נמצאו בפתח הקישון בהתאמה לריכוז התאים (איור 36), והם הלכו וירדו עם היציאה מהמים הרדודים לחלקו המערבי העמוק של המפרץ. בתחנה העמוקה ביותר הביומסה וריכוז הכלורופיל היו הנמוכים ביותר ודומים לאלו של התחנות העמוקות לאורך החוף (איור 37). תאי הכחוליות החד-תאיות מהסוג *Synechococcus* היוו 95% מריכוז התאים הכללי. ראוי לציין שאוכלוסיית הכחוליות החד-תאיות הייתה מורכבת משני מינים: המין הנפוץ בכל התחנות ובכל הדיגומים הקודמים *Synechococcus* sp., שלו פלורוסנציה צהובה והוא בדרך כלל בקוטר עד $1.25\mu\text{m}$, ומין נוסף *Synechococcus* sp., שהוא מתג מאורך יותר ובעל פלורוסנציה אדומה יותר, והופיע בפתח הקישון ובתחנה הרדודה במפרץ, כמו גם בתחנות הרדודות של נחל תנינים ונחל הירקון (איור 38). מין זה הופיע בעבר בחלק מהדיגומים לאורך החוף, ואפיין אז רק את פתח הקישון ואת שתי התחנות הרדודות הסמוכות לו.

ביומסת הכחוליות (איורים 38, 39) עלתה עם ההתקרבות לשפך הקישון. לעומת זאת שיעור ביומסת הכחוליות באחוזים מכלל ביומסת המיקרופלנקטון (איור 40) הייתה הקטנה ביותר בפתח הקישון, כפי שנמצא גם בדיגומים קודמים. ביתר תחנות המפרץ שיעור ביומסת הכחוליות באחוזים היה דומה וכפול יחסית לפתח הקישון ועמד על כ-40% מהביומסה הכללית. ביומסת הדינופלגלטים בתחנת פתח הקישון נמצאה הגבוהה ביותר והיא הלכה וירדה לכיוון המים העמוקים במפרץ (איור 39). בכל התחנות במפרץ, להוציא את התחנה הרדודה HB5, נצפתה עלייה בביומסת הדינופלגלטים יחסית לשנה קודמת.

שלא כמו בשנים קודמות, מגוון מיני הדינופלגלטים במפרץ היה דומה בכל התחנות, אך אינדקס השונות המתחשב גם בביומסה בתחנות אלה הלך וירד במעבר מהים הפתוח לכיוון שפך נחל הקישון כפי שנמצא בשנים קודמות (איור 41).

בפתח הקישון ובתחנה הרדודה הקרובה אליו הופיעו בריכוזים גבוהים יותר מיני דינופלגלטים קטנים מ- $15\mu\text{m}$, כמו כן הופיעו בתחנות הרדודות הדינופלגלט *Protoperdinium* sp., הנפוץ יותר גם במים הרדודים לאורך החוף ומינים יוצרי פריחות כמו *Gonyaulax spinifera*, *Gonyaulax polygramma* ו-*Prorocentrum micans*. המין בעל הפוטנציאל הטוקסי *Gymnodinium sanguineum* הופיע בעיקר בפתח הקישון ובריכוז גבוה יחסית לתחנות האחרות

(נספח 5). לעומת זאת, בתחנה העמוקה במפרץ הופיע בריכוז גבוה יותר הדינופלגלט *Pronoctiluca spinifera*, המאפיין בדרך כלל את התחנות העמוקות לאורך החוף. פלגלטים מקבוצת ה-*Cryptophyceae* (*Cryptomonas* sp. ו-*Hemiselmis* sp.) ומקבוצת ה-*Prasinophyceae* (*Pyramimonas* sp.), המאפיינים מים בעלי מליחות נמוכה יחסית, הופיעו בריכוז גבוה יחסית בתחנת פתח הקישון ובתחנה הרדודה הסמוכה אליו (איור 39, נספח 5). הראשונים היוו כרבע מהביומסה בתחנת פתח הקישון.

בפתח הקישון הופיע בריכוז בינוני פלגלט בעל פוטנציאל טוקסי, מקבוצת ה-*Raphidophyceae*, ככל הנראה *Heterosigma akashiwo*, שהופיע גם ב-2002 בפריחה בתחנה זו, ותרומתו לביומסה הייתה משמעותית (19%) (איור 39).

ביומסת האצות הצורניות הייתה נמוכה מאוד בפתח הקישון ובתחנה הרדודה הסמוכה לה. ביומסה זו נמוכה גם יחסית לשנים קודמות בשתי תחנות אלה (איור 39). לעומת זאת בשתי התחנות המערביות והעמוקות יותר במפרץ, ביומסת הצורניות הייתה גבוהה יחסית לשנים קודמות, והן היוו 38% בממוצע מהביומסה הכללית בתחנות אלה ב-2007. המינים הנפוצים יותר היו מיני *Pseudonitzschia* spp., המין *Leptocylindrus danicus* שהופיעו כמעט בכל תחנות המפרץ, והמינים *Cyclotella* sp. ו-*Navicula* sp. שהופיעו בפתח הקישון ובתחנה הרדודה.

הביומסה של קבוצת המיקרואצות הקטנות מ-5 μm הייתה קטנה יחסית, ושיעורה היחסי באחוזים, יחסית לכלל ביומסת המיקרופלנקטון, עמד על כ-10% בממוצע בכל התחנות. בחודשים מאי ואוקטובר 2007 נדגמו מים בתחנה בפתח נמל הקישון במסגרת סקר שנעשה עבור רשות נחל הקישון. ערכי הביומסה והכלורופיל שהתקבלו בשני הדיגומים מאפיינים מים איאטרופיים. בדומה לממצאי שנים קודמות, ביומסת התאים באוקטובר הייתה קטנה משמעותית יחסית לדיגומי הסתיו בשנים קודמות (איור 42).

בדיגום מאי נצפתה בפתח הקישון פריחה מסיבית של האצה הירוקית *Chlamydomonas* *coccoides* שהיוותה 50% מהביומסה הכללית בתחנה זו. ביומסת האצות הצורניות, למרות שהיוו גם הם מרכיב חשוב בביומסה הכללית (שיעורם בביומסה הכללית כ-40%), פחת לכדי מחצית יחסית לשנה קודמת. באוקטובר, לעומת זאת, עיקר הביומסה היה של הצורניות והן היוו 80% מהביומסה, בעיקר משום פריחה של הצורנית השכיחה בתחנה זו *Thalassiosira pseudonana*.

אצות לאורך מדף היבשת - ריכוז תאי המיקרופלנקטון, הביומסה וריכוזי הכלורופיל היו גדולים בכל התחנות הרדודות יחסית לתחנות העמוקות (איורים 35, 36). לאורך החוף שלטו מספרית תאי הכחוליות החד-תאיות מהסוג *Synechococcus*, שהיוו בממוצע 95% מכלל תאי המיקרופלנקטון בדומה לשנים קודמות. כחוליות אלה היוו כ-58% בממוצע מהביומסה הכללית בכל התחנות (איור 44). ראוי לציין כי בדומה למה שנמצא בפתח הקישון ובתחנה הרדודה הסמוכה לו, אוכלוסיית הכחוליות החד-תאיות הייתה מורכבת בתחנות תנינים וירקון משני מינים, האחד נפוץ ומופיע בכל התחנות ובכל הדיגומים, והשני נמצא בתחנות שבהן איאטרופיקציה מסויימת. התרומה של המין הפחות נפוץ לביומסה הכללית בתחנות אלה הייתה

גדולה במיוחד בירקון - שם מין זה היווה 93% מביומסת הכחוליות ו-76% מהביומסה הכללית. בתחנות הדרומיות למפרץ באזור הדרום והמרכז (אשקלון - ת"א) שיעור הכחוליות בביומסה הכללית היה גבוה משמעותית יחסית לתחנות הצפוניות יותר.

ביומסת האצות הצורניות הייתה גדולה יותר בתחנות הרדודות יחסית לתחנות העמוקות (איור 43). במחצית מתחנות פני השטח הביומסה עלתה יחסית לשנה קודמת, בעיקר בתנינים ובירקון, ביתר התחנות הייתה בעיקר ירידה בביומסה, כולל המשך ירידה בתחנת אשקלון. בתחנות העמוקות הייתה גם כן ירידה בביומסה במרבית התחנות ועלייה בעיקר בתחנת חוף דדו. מבין הצורניות לא נצפתה פריחה של מין מסויים, אלא הופיע מגוון מינים בריכוז גבוה, כמו המין *Leptocylindrus danicus* המאפיין מים איאטרופיים, אשר הופיע בריכוז גבוה יותר בתחנות הרדודות; מיני *Pseudonitzschia* spp. הופיעו גם כן בריכוז גבוה יותר בתחנות הרדודות; מין קטן של *Navicula* sp., שהופיע בריכוז יותר גבוה יחסית בתחנת תנינים וירקון והנמצא גם במפרץ בתחנה הרדודה (HB5), וגם מיני *Chaetoceros* spp. היו נפוצים בכל התחנות. ראוי לציין הופעה של הצורנית הארוכה יחסית, *Rhizosolenia alata*, בריכוז גבוה יחסית לדיגומים קודמים, בכל התחנות במיוחד בחוף הכרמל ותנינים. צורנית נוספת מאותו סוג *Rhizosolenia calcar-avis*, שהופיעה באופן ייחודי בשנה שעברה, הופיעה גם השנה אך בריכוז נמוך בהרבה.

ביומסת הדינופלגלטים ממשיכה את מגמת הירידה שאפינה אותה בשנתיים האחרות בכל התחנות, להוציא את תחנת ירקון, שם הייתה עלייה מסויימת בביומסה. מבין הדינופלגלטים המינים הקטנים (עד $15\mu\text{m}$) היוו כ-60% מביומסת הדינופלגלטים. המין *Prorocentrum* *minimum* הידוע כיוצר פריחות רעילות, הופיע גם השנה כבשנים קודמות. הוא הופיע בריכוז נמוך יותר מזה שבשנה שעברה, והתפלגות התאים הייתה גם היא שונה יחסית לשנה קודמת. מין זה הופיע בריכוז גבוה יותר דווקא בתחנות הצפוניות לאורך החוף (חוף דדו, תנינים ואלכסנדר), ובריכוז גבוה יותר בתחנות הרדודות. בשנה שעברה, לעומת זאת, מין זה הופיע בריכוז גבוה יותר בתחנות הדרומיות ובריכוז גבוה יותר בתחנה העמוקה בשורק וברדודה באשקלון. מינים נוספים שהופיעו היו המין *Ceratium kofoidii*, שהיה שכיח כמו בשנים קודמות, אם כי המספר המכסימלי של התאים היה נמוך יחסית לשנה שעברה. מיני *Protoperidinium* spp. שונים היו שכיחים בכל התחנות ובריכוז גבוה יותר בתחנות הרדודות, כפי שנמצא גם בשנים קודמות. לעומת המינים שהוזכרו כמאפייני מים רדודים, נמצאה התפלגות חוזרת, רב-שנתית, של מינים המאפיינים בלעדית, או בריכוזים גבוהים יותר את המים העמוקים כמו המינים *Oxytoxum*

Ceratium teres, *Ceratium candelabrum*, *Podolampas palmipes*, *scolpax* כמו בדיגומים קודמים, נמצא גם השנה בתחנה הרדודה בתנינים מגוון גדול של אצות מקבוצת הירוקיות המאפיינים מים בעלי מליחות נמוכה (נספח 5) כמו מיני *Scenedesmus* spp. שונים, מיני *Oocystis* spp., המין *Coleastrum microporum*, המין *Pediastrum tetras* ועוד. כמו כן הופיעו מספר מינים מקבוצת הבקטריות הכחוליות (Cyanobacteria) החד-תאיות מושבתיות, ובהם מיני *Merismopedia* spp. שונים ומיני *Microcystis* spp. שונים, שהנפוץ בהם היה

Microcystis aeruginosa, שהוא בעל פוטנציאל ליצור טוקסינים. בדומה לשנה שעברה, מגוון מיני אצות אלה המאפיינים מים בעלי מליחות נמוכה, הופיע בעיקר בתחנה הרדודה בתנינים. מינים אלה תרמו משמעותית למגוון המינים בתנינים, אך תרומתם לביומסה הכללית שולית בלבד.

מגמות בזמן ובמרחב (2001 – 2007)

אצות במפרץ חיפה – קיימת מגמה רב-שנתית במפרץ חיפה של גידול הביומסה וריכוז הכלורופיל מעומק המפרץ לכיוון שפך נחל הקישון (איור 37). 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. שיעור הכחוליות באחוזים מהביומסה הכללית גבוה בעומק המפרץ ויורד עם ההתקדמות לכיוון שפך הקישון. בניגוד למגמה הרב-שנתית שצוינה לעיל, ב-2007 נצפתה ירידה משמעותית בביומסת הצורניות בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה בדיגום אוגוסט, ועלייה בביומסת הצורניות בתחנות העמוקות יותר. גם בדיגום מאי 2007 נצפתה בפתח הקישון ירידה בביומסת הצורניות יחסית לשנה קודמת. לעומת זאת, בדיגום אוקטובר 2007 נשמרה המגמה הנ"ל שהתבטאה בפריחה של צורנית קטנה האופיינית לפתח הקישון. ב-2007 נמצא שינוי גם בשיעור הכחוליות בביומסה הכללית. המגמה של שיעור כחוליות חד-תאיות נמוך יחסית בפתח הקישון נשמרת, אך שיעורם בביומסה הכללית דומה ביתר תחנות המפרץ.

בהשוואה עם ממוצעי הביומסה בשנים 2002-2007 (איור 42) נמצאה השנה ירידה בביומסה בפתח הקישון ובתחנות הרדודות הקרובות לפתח הקישון, HB5 ו-HB4, בשתי 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 45). בנוסף, מהתפלגות ביומסה רב-שנתית (2001-2007) ממוצעת נראה, שהביומסה בתחנת הירקון היא הגבוהה ביותר ובתחנת אלכסנדר הנמוכה ביותר, ביתר התחנות הביומסה דומה (איור 46).

ב-2007 הביומסה הכללית במים הרדודים הייתה גבוהה משמעותית בתחנות ירקון ותנינים ונמוכה יותר בתחנות האחרות יחסית לשנה קודמת, ואילו במים העמוקים היתה דומה או מעט נמוכה יחסית לשנה קודמת, להוציא את תחנת חוף דדו. באופן כללי לא נמצא הבדל מובהק בממוצע הביומסה בין התחנות הרדודות או העמוקות ב-5 השנים האחרונות. המגמה שהייתה עד 2006, שבה ממוצע הביומסה של המיקרופלנקטון בתחנות הרדודות לאורך החוף דרומית למפרץ חיפה גדול יותר באופן מובהק באזור הדרום והמרכז (אשקלון-ת"א) מאשר בחלקו הצפוני של החוף, אינה מובהקת ב-2007. זאת, ככל הנראה, בגלל שינוי בהתפלגות הביומסה בתחנות השונות, כולל ירידה בביומסת הצורניות בתחנות הדרומיות ועלייה בחוף דדו, כמו גם ירידה כללית בביומסת הדינופלגלטים. שינוי מגמה זה נצפה גם בתחנות המים העמוקים.

הירידה בביומסת הצורניות בפתח הקישון ובשתי התחנות הסמוכות והעלייה בריכוז הדינופלגלטים והפלגלטים האחרים הביאו לשינוי ביחס פלגלטים לצורניות במפרץ. ישנה עלייה

ביחס זה בפתח הקישון ובשתי התחנות הסמוכות אליו, לעומת ירידה ביחס זה בשתי התחנות העמוקות.

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 לדוגמא 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 47). אינדקס השונות קטן לכיוון פנים מפרץ חיפה, ונמצא קטן במיוחד בתחנת פתח הקישון. אינדקס השונות הממוצע קטן באופן מובהק בתחנות הרדודות הדרומיות, מול הירקון, שורק ואשקלון בשנים 2002 – 2007, יחסית לתחנות הצפוניות יותר. מול הירקון נמצא גם השנה מגוון המינים הקטן ביותר יחסית ליתר התחנות לאורך החוף (לא כולל מפרץ חיפה). 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. כללית, נמצאו שינויים באינדקס השונות יחסית לשנים קודמות. במפרץ חיפה אינדקס השונות ב-2007 נשאר קבוע בפתח הקישון, עלה מעט בתחנה הרדודה הסמוכה לו, וירד בתחנות האחרות (איור 41), בתחנות הרדודות לאורך החוף הוא ירד בחוף דדו, בתנינים (בגלל הביומסה הגבוהה) ובירקון, נשאר קבוע באלכסנדר ובאשקלון, ועלה בשורק (איור 47).

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 – 8.1 מ', פרוטארום וקריית חיים בעומק 10 מ' לערך, ומול מוצא הקישון בעומק 12.2 מ') ו-9 תחנות לאורך החוף בין ראש כרמל לאשקלון, בעומק מים של כ-9.0-12.7 מ' (חוף דדו, מול הנחלים: תנינים, אלכסנדר, פולג, ירקון, שורק, לכיש, מול אשקלון ובאתר המוצא של קולחי הרצליה). בסה"כ נאספו, מוינו ונספרו 49,752 פרטים של חי הקרקעית. הטכסה הנפוצים ביותר היו תולעים ממשפחות Spionidae (13826 פרטים) ו-Onuphidae (2211), סרטנאים מהסוגים *Canuella* (2564) ו-*Canuellina* (7837) ו-Calanoida (8242).

רשימות בעלי החיים שנאספו בכל הדגימות מוצגות בנספח 6. במרבית תחנות הדיגום 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 – למשל ההפרשים בגודל גרגר בתחנות מפרץ חיפה – כאשר בתחנה הרדודה ביותר (8.1 מ') חלקם של גרגרי החול (< 250 מיקרון) גדול מבתחנות שעומקן 10 מ', ובתחנה העמוקה ביותר (12.2 מ') כמותם נמוכה יותר.

אחת ההשפעות האנתרופוגניות הבולטות לאורך החוף הישראלי היא העשרה בחומר אורגני במקומות מסוימים. תגובת חברות החי לרמות נמוכות של העשרה בחומר אורגני היא עליה 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 (נעמן, פרוטארום) ומול נחל הקישון היו העשירות ביותר במספר הפרטים (6706, 3810, 1392 ו-1333 פרטים בממוצע, בהתאמה) כתוצאה מחשיפה לעומס אורגני גדול יחסית. אמנם מספר הפרטים של תולעים ממשפחת ה-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 הממוצע בדגימות עומד על כ-1100.

התחנות בהן נמצא המספר הגבוה ביותר של פרטים הן (בסדר יורד): נעמן, פרוטארום, קריית חיים, קישון. המספרים הנמוכים ביותר נמצאו באשקלון, פולג, הרצליה, דדו, נחל אלכסנדר

וירקון. ערכי ביניים נמצאו מול נחל תנינים, נחל שורק, אשדוד (איור 48). התחנות בהן נמצא המספר הגבוה ביותר של מינים הן שוב תחנות במפרץ חיפה, והתחנות מעוטות המינים הן דדו, אשקלון ופולג. היחס בין מספר התולעים הרב-זיפיות לבין מספר הפרטים הכולל באתרי הדיגום מוצג באיור 50. בקישון היוו התולעים למעלה ממחצית מספר הפרטים שנאספו, בחלק ניכר מן האתרים היוו התולעים קרוב למחצית מספר הפרטים (כולל נעמן, פרוטארום, קריית חיים, פולג והרצליה), חלקן היחסי של התולעים היה הקטן ביותר בחוף דדו ומול שפך הירקון (איור 50). היחס בין מספר פרטי התולעים לבין כלל הפרטים יכול לשמש כמדד למידת ההעשרה של חומר אורגני.

הנתונים נבחנו כדי לייחד קיבוצי חי וזיהוי תחנות שתכולתן הפאונסטית דומה. שיטות המיון שנבחרו הן אגד היררכיאל (clustering) (איור 51) ופסיקה (ordination) (איור 52). קיבוץ 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 לאורך החוף נחלקות בברור לשני קבוצים, האחד כולל את דגימות ירקון, הרצליה, אשדוד, שורק, אלכסנדר ותנינים, והשני את אשקלון, פולג וחוף דדו.

השוואה בין נתוני 2007, 2006 ו-2005 מראה על עלייה גדולה במספרי הפרטים שנאספו בנעמן ופרוטארום, עלייה מתונה יותר בקריית חיים וירידה במספר הפרטים שנאספו מול הקישון. באתרים שלאורך החוף יש יציבות במספרי הפרטים – עם ירידה באשקלון ובאשדוד. במספרי המינים המצויים בדגימות אנו רואים יציבות גדולה יותר – עם עלייה זניחה בתחנות המפרץ, במיוחד בקריית חיים (איורים 53, 54).

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*). ב-2007 נבדקו 11-12 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 ופיסיוולוגיות 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 המושרה פרמקולוגית בזכרים ובנקבות מחוץ לעונת הרבייה ע"י חומרים המשבשים פעילות רבייה בדג שישן משורטט; ראוי לציין שבנקבות המפתחות שחלות גבוהה מאוד רמת הכוריוגנין 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 "הבונים" אשר נבחר כאתר נקי.

בשנת 2007 ביצענו דיגום נוסף אשר תוצאותיו מוצגות בטבלה שלהלן. הסמן המגלה הבדלים משמעותיים (t -test, $P < 0.05$) בין מפרץ חיפה וחוף דור בכל שלושת הדיגומים הוא התעתיק של הגן המקדד את החלבון ציטוכרום P4501A, כאשר הריכוזים שלו בדגים ממפרץ חיפה גבוהים מאלה של הדגים מדור. התעתיק המקדד את המטלותיונין הראה בשנים 2004-5 הבדלים דומים אך קטנים יותר כמותית ביו שני אתרי הדיגום. הבדלים אלה קטנים עוד יותר ולא משמעותיים סטטיסטית בדיגום הנוכחי. ערכי תעתיק הכוריוגנין בדגים זכרים ובנקבות שאינן נמצאות בפעילות רבייה היו זניחים בכל האתרים ולאורך כל שנות הדיגום ועל גבול יכולת הגילוי של שיטות המדידה בהן אנו משתמשים.

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

היות שהניטור הביולוגי הוא תוספת חדשה לדוח איכות מימי החופין וכשיטה כמותית הוא חידוש בכלל, נראה לנו נכון להוסיף הערה טכנית. 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.

המסקנות הסביבתיות משלוש השנים בהן בוצע הדיגום הן :

- (1) אין בסביבת החיים שנבדקה השפעה של חומרים משבשי פעילות רבייה בדגים.
- (2) יש הבדל מובהק בין רמות הסמנים המושפעים ממתכות כבדות ומזהמים אורגניים מסוימים בין שני אתרי הדיגום, כאשר השפעת המזהמים האורגניים בולטת יותר וקבועה.

מסקנה כללית יותר היא, שהשפעתם הביולוגית של המזהמים האורגניים, שכנראה לא כולם מזהמים, על דג המבחן קבועה וגבוהה מזו של המתכות הכבדות.

סמן ביולוגי	מזהם משפיע	גודל דגימה [מספר דגים בדגימה]		Biomarker/ Actin [atomol/femtomol]	
		מפרץ חיפה	חוף דור	מפרץ חיפה	חוף דור
תעתיק					
Metallothionein	מתכות כבדות	11	12	71±56	55±51
Cytochrome P4501A	מזהמים אורגניים [PAHs, PCBs]	11	11	551±444	51±32
Choriogenin	חומרים משבשי רבייה	11	12	0.27±0.41	0.2±0.44

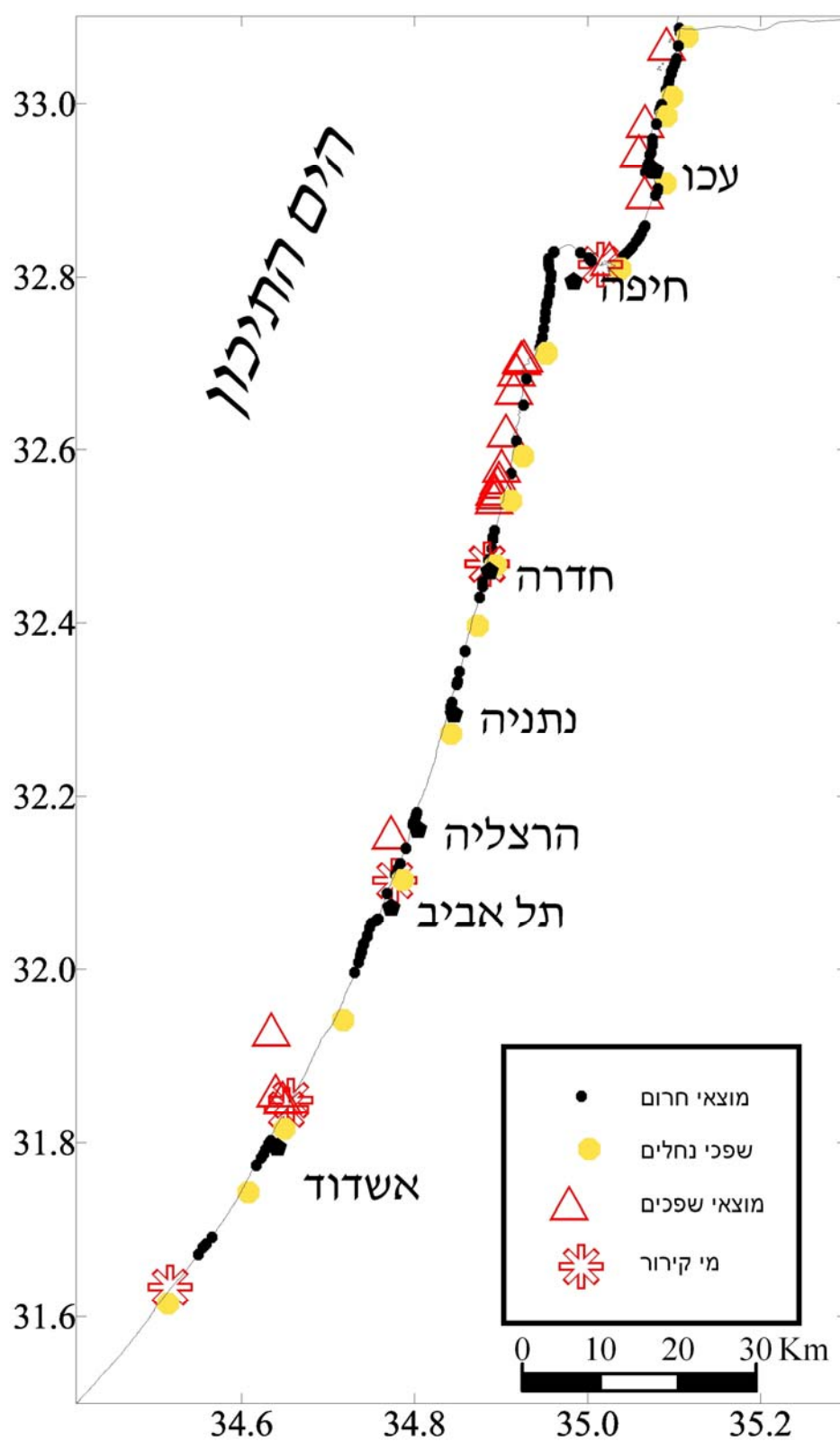
הערה : ערכים המודגשים ברקע אפור שונים משמעותית זה מזה (t-test, p<0.05).

- 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.

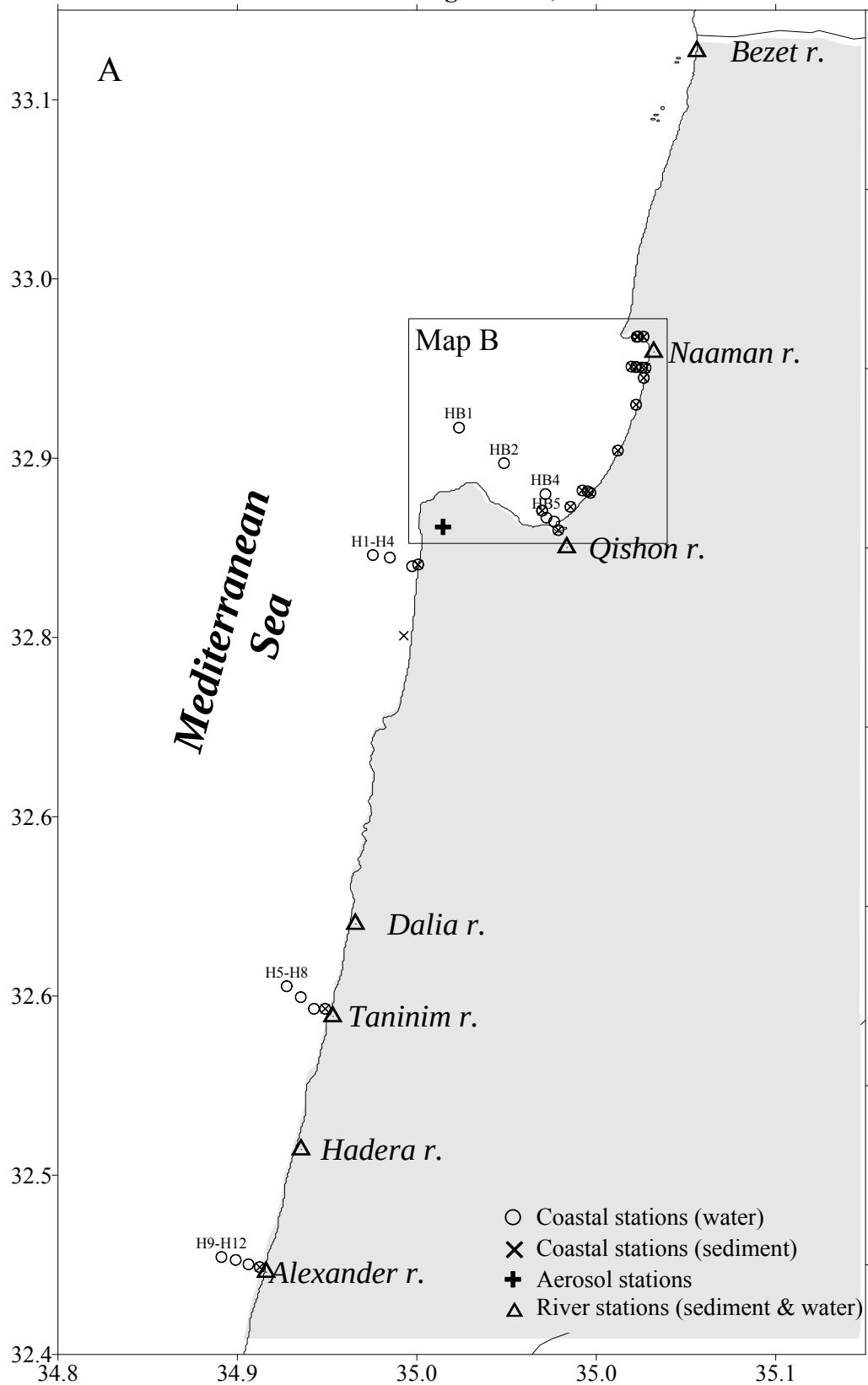
Strathman, R.R. (1967). Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnol. Oceanogr.* 12: 411-418.

דוח עומסי מזהמים בנחלים (1994, 2000, 2001, 2003), המשרד לאיכות הסביבה (2004).
קרב נ', גורדון נ', חרות ב', 2007. אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח, דוח לניטור אוקטובר 2006. מוגש לרשות נחל הקישון. דוח חיא"ל H15/2007.
קרב נ', גליל ב', שהם-פרידר א', 2007. השפעת בוצה משופעלת על הסביבה הימית תוצאות הניטורים שנערכו בשנת 2006 באזור המוצא הימי של השפד"ן. מוגש ל"מי אזור דן" אגודת מים שיתופית חקלאית בע"מ. דוח חיא"ל H18/2007.
שהם-פרידר א', קרב נ', גליל ב', 2007. ניטור במוצא הימי של שפכי המפעלים אגן יצרני כימיקלים בע"מ ובתי זיקוק לנפט בע"מ (אשדוד). דוח סופי לדיגומי 2006, מוגש לאגן יצרני כימיקלים בע"מ ולבתי זיקוק לנפט אשדוד בע"מ. דוח חיא"ל H21/2007.
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 2007 (רשות הטבע והגנים, 2008).
רשות נחל הקישון דוח מסכם לשנת 2007, ספטמבר 2008.



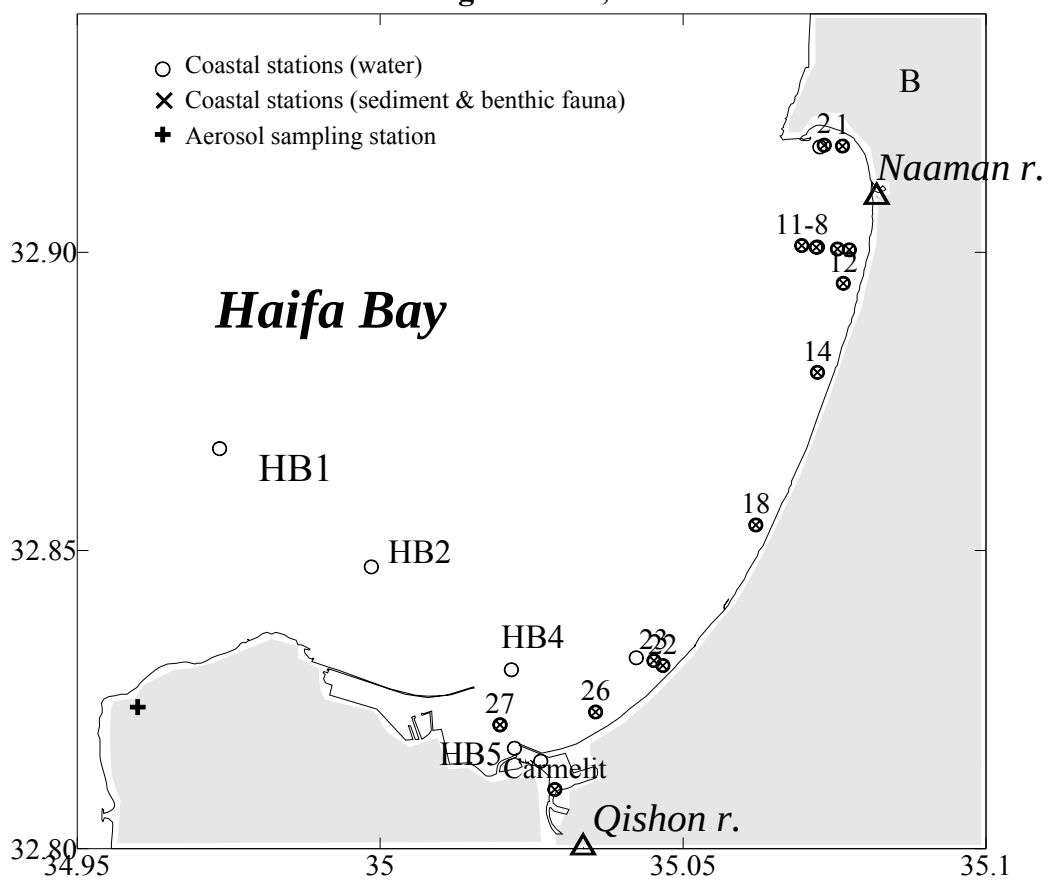
איור 1: מפת מוצאי חירום ושפכים ממקורות יבשתיים.

Monitoring stations, 2007

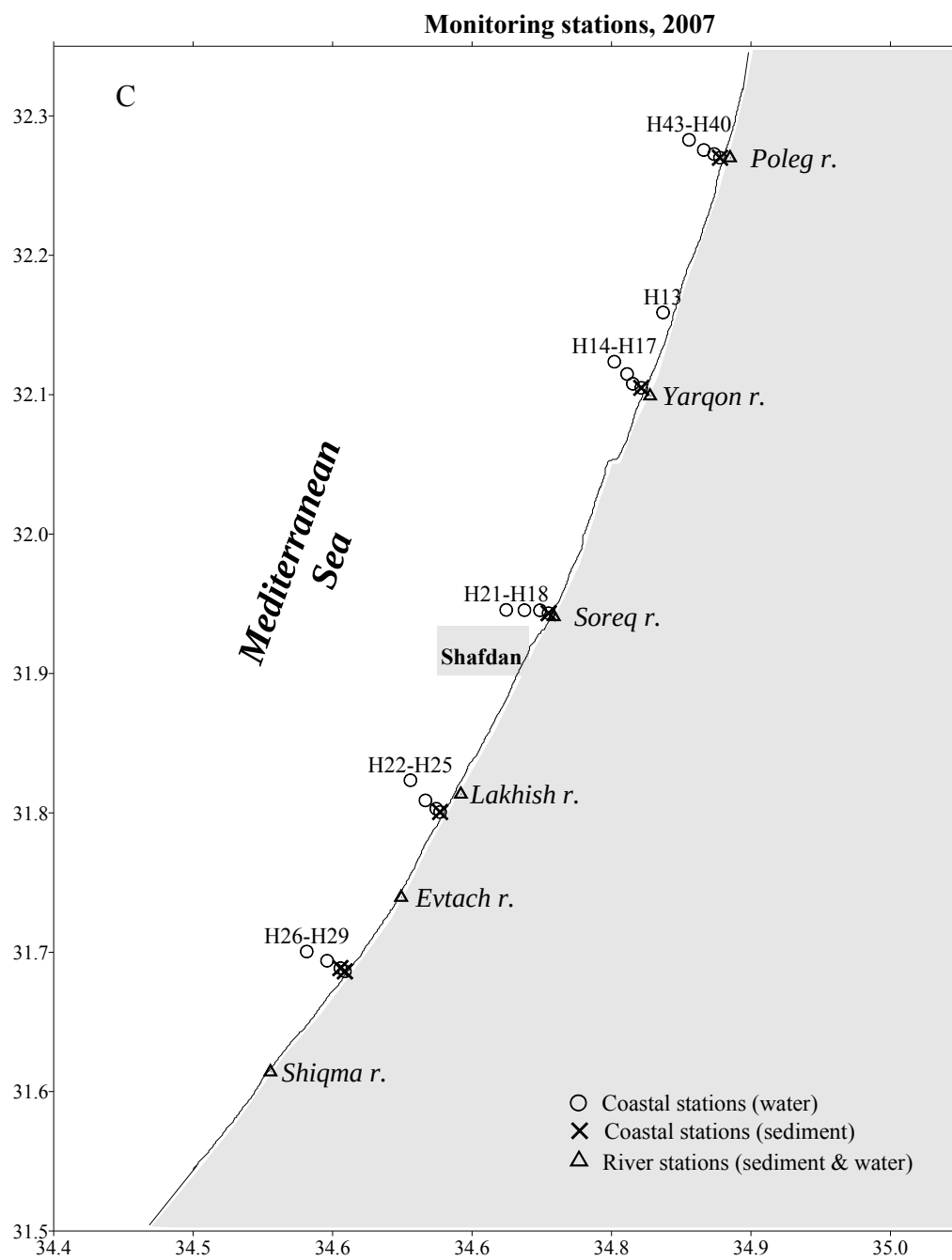


איור 2: מיקום תחנות הניטור לאורך חוף הים התיכון של ישראל ובשפכי נחלי החוף (A – האזור הצפוני, B – מפרץ חיפה, C – האזור הדרומי, D – אתרי דיגום של בע"ח ימיים). המרובע מול פלמחים (מפה C) הוא אזור הניטור של המוצא הימי לבוצת השפד"ן.

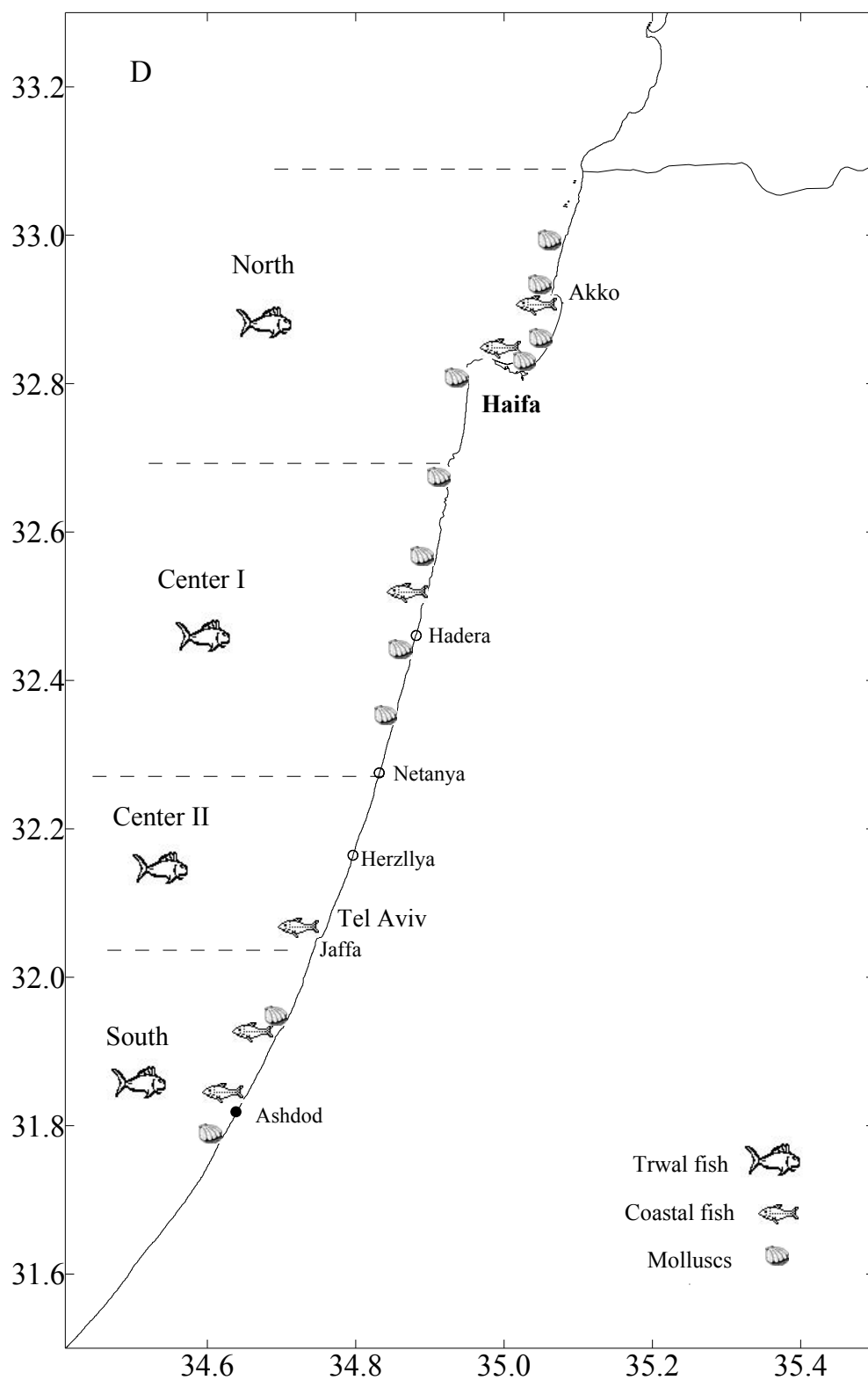
Monitoring stations, 2007



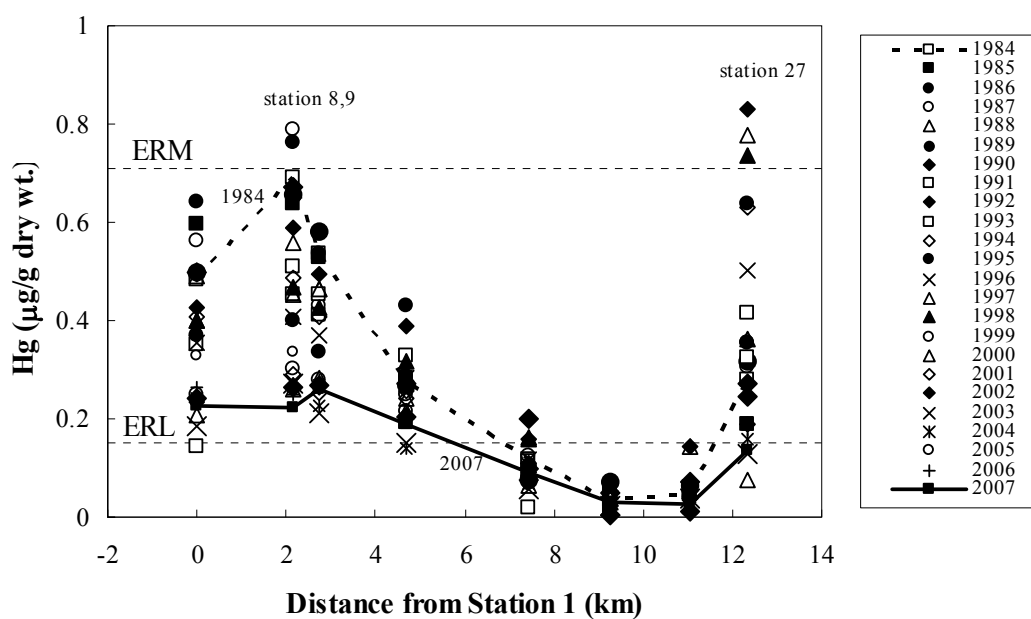
איור 2: המשך



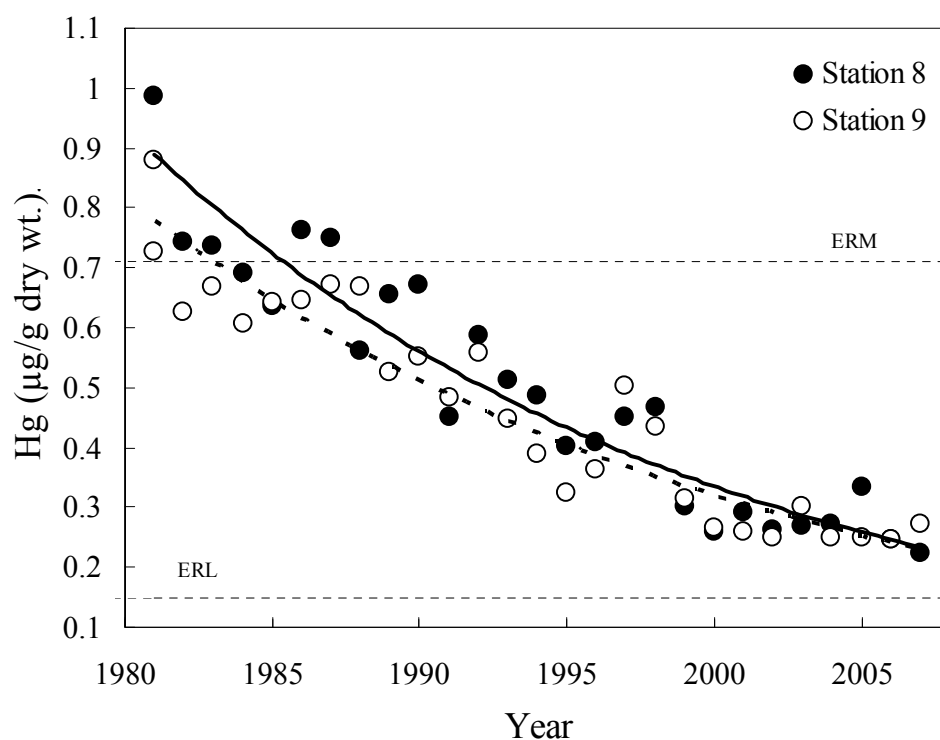
איור 2: המשך



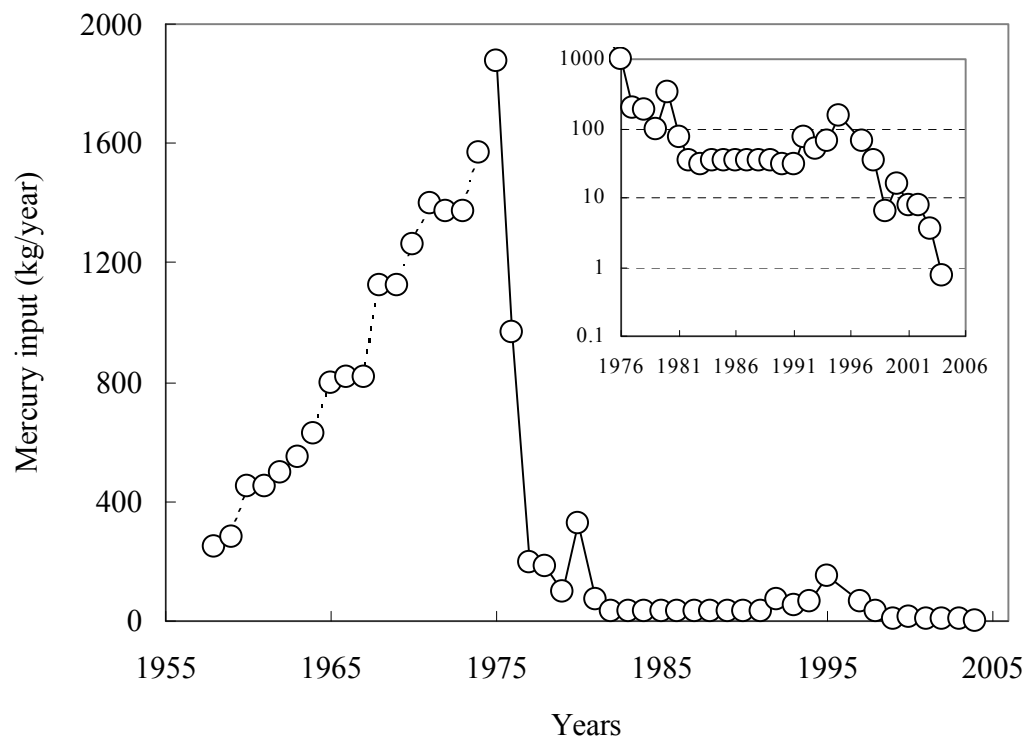
איור 2: המשך



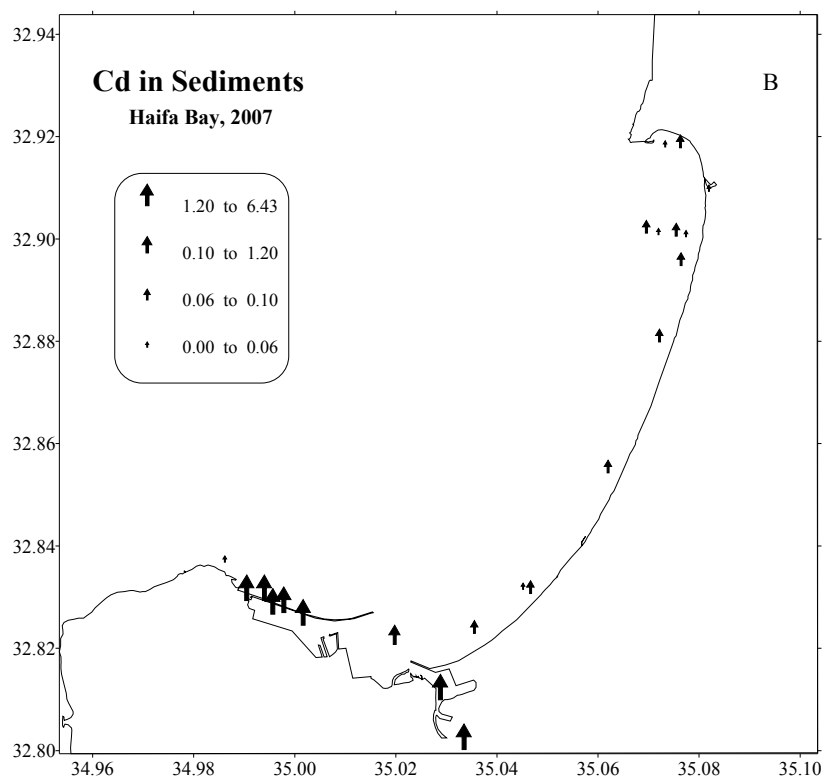
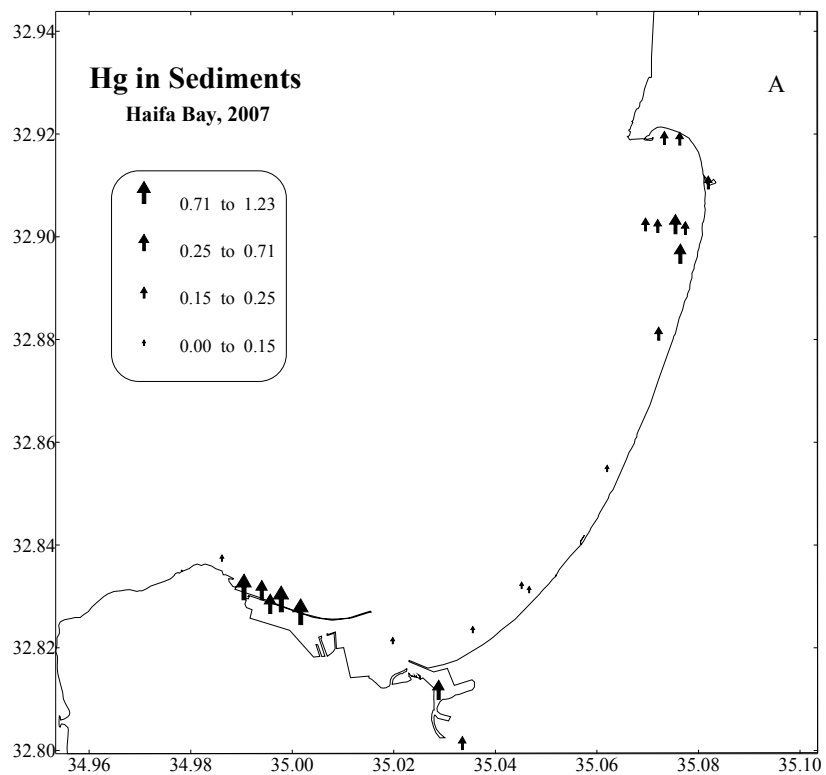
איור 3: ריכוזי כספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים באזור הרדוד של מפרץ חיפה בשנים 1984 - 2007.



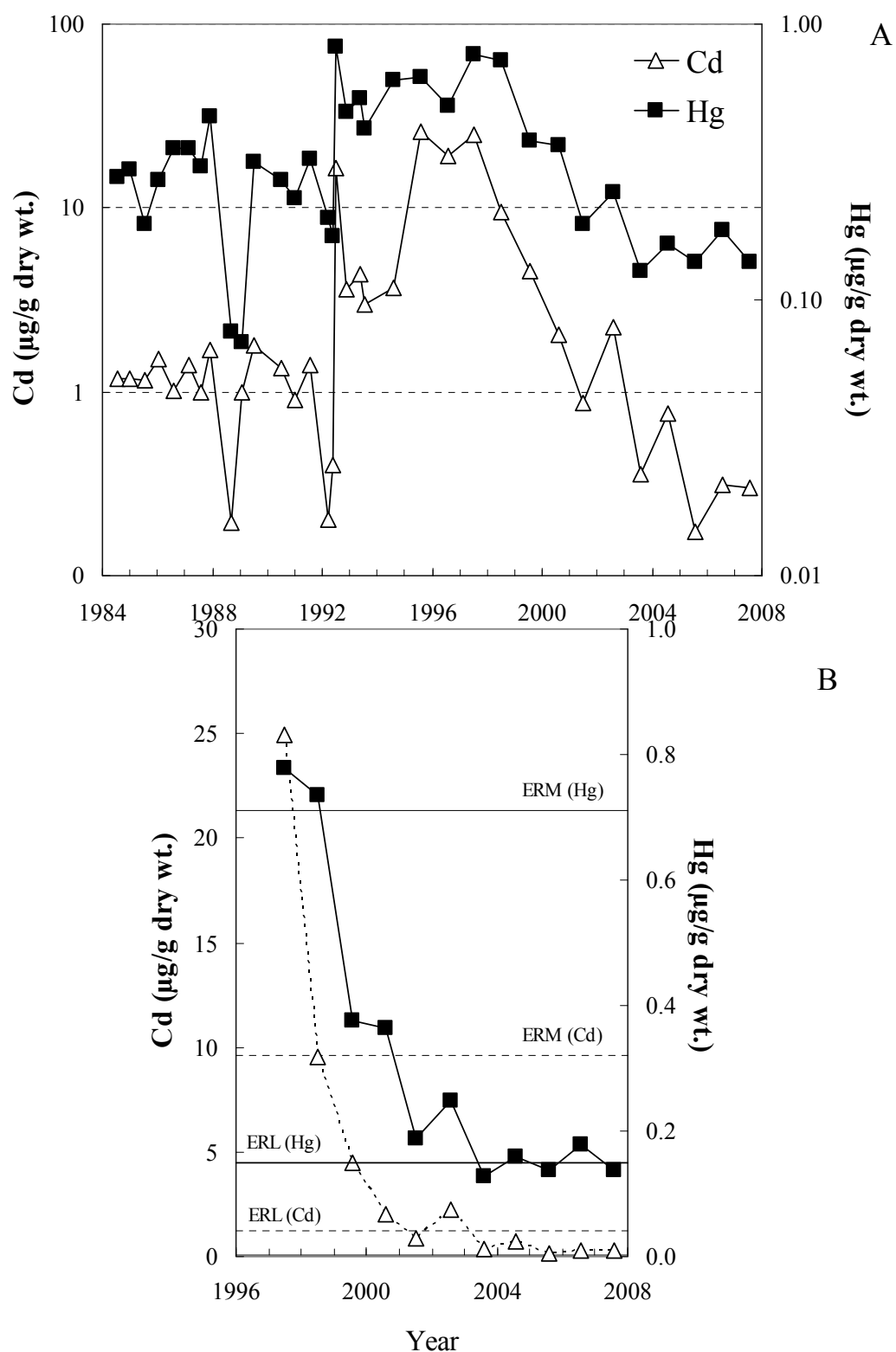
איור 4: ריכוזי כספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים בתחנות 8 ו-9 במפרץ חיפה (מול "התעשיות האלקטרוכימיות"), בעומקי מים של 3 ו-6 מ', בשנים 1981-2007.



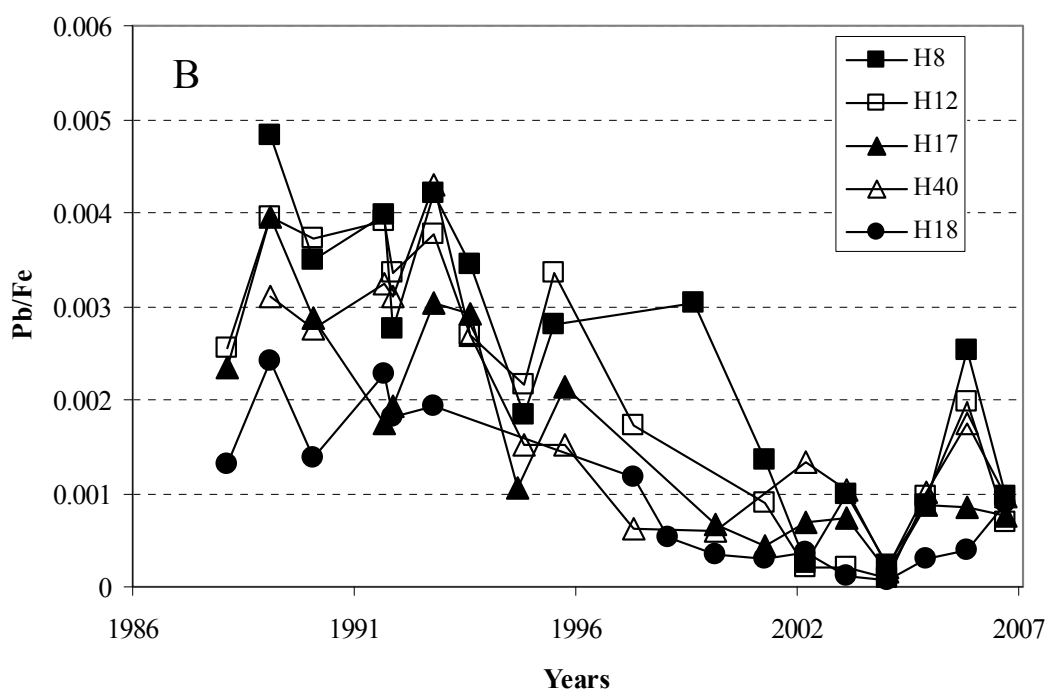
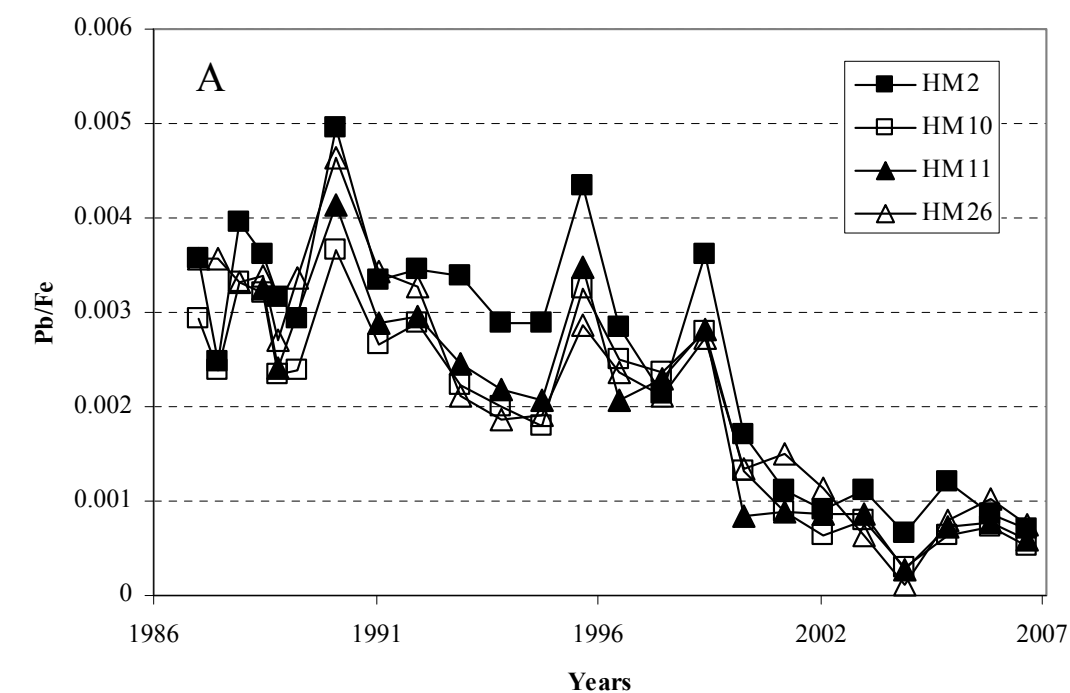
איור 5: שינויים בכמות השנתית של כספית שהוזרמה לים בשפכי "התעשיות האלקטרוכימיות". המפעל נסגר ב-2004.



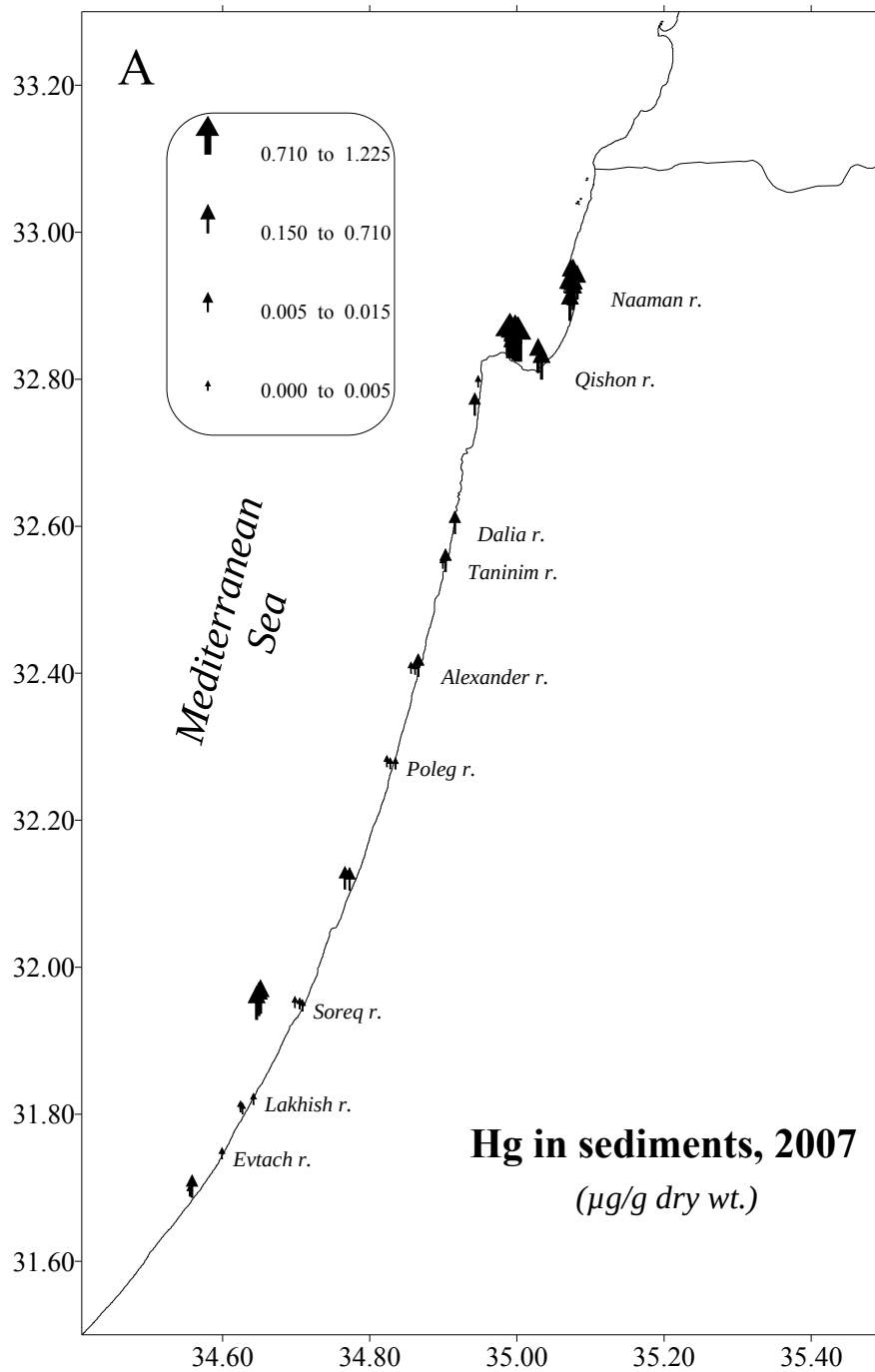
איור 6: ריכוזי כספית (A) וקדמיום (B) בסדימנטים ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) במפרץ חיפה בשנת 2007 (גודל החץ מבטא את תחום הריכוזים; נקודות הדיגום ממוקמות בבסיסי החיצים).



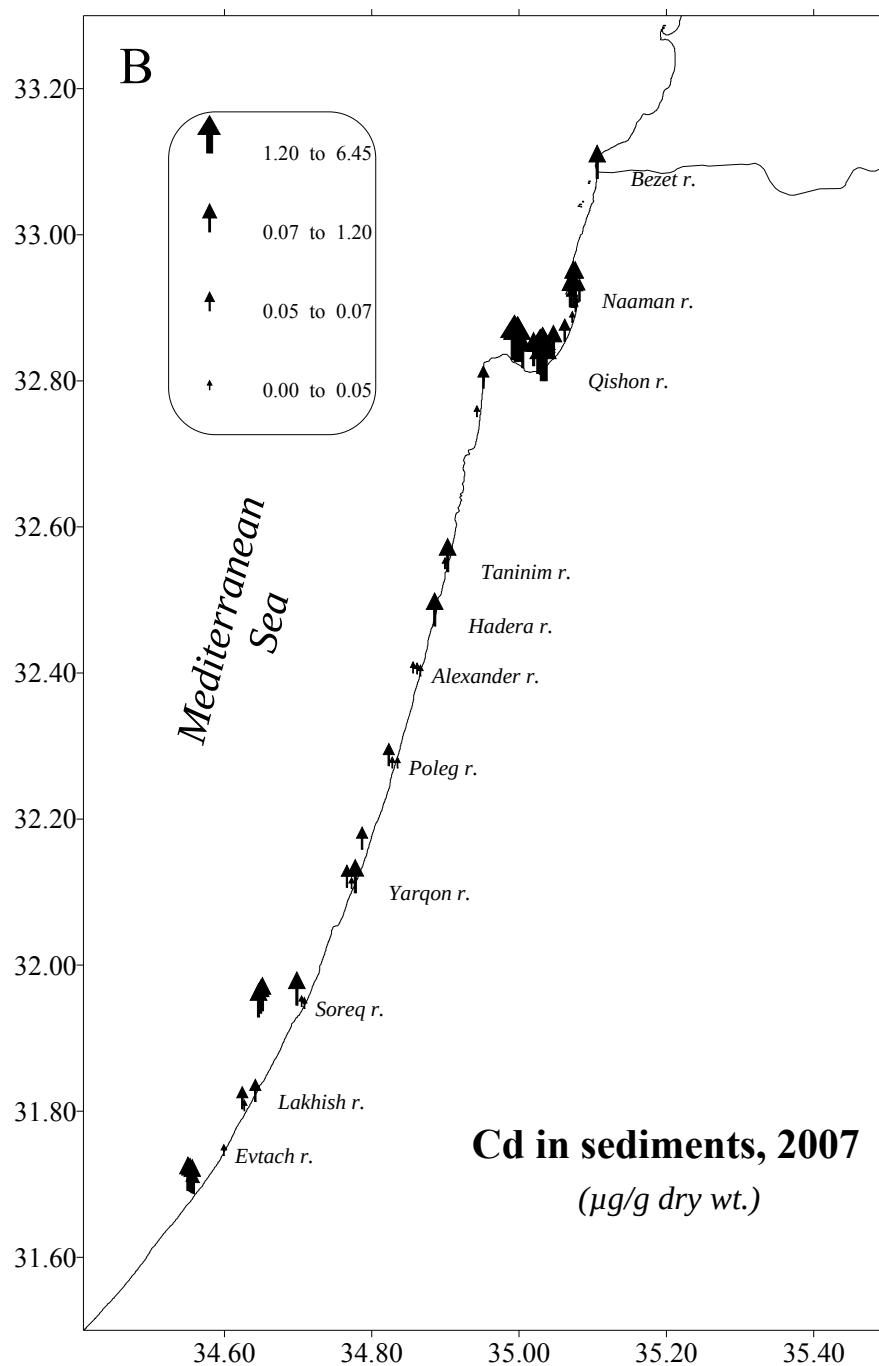
איור 7: ריכוזי קדמיום וכספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים בשפך נחל הקישון (תחנה מס' 27) בשנים 1984 - 2006. (A) סקלה לוגריתמית; (B) סקלה ליניארית לשנים 1997 - 2007.



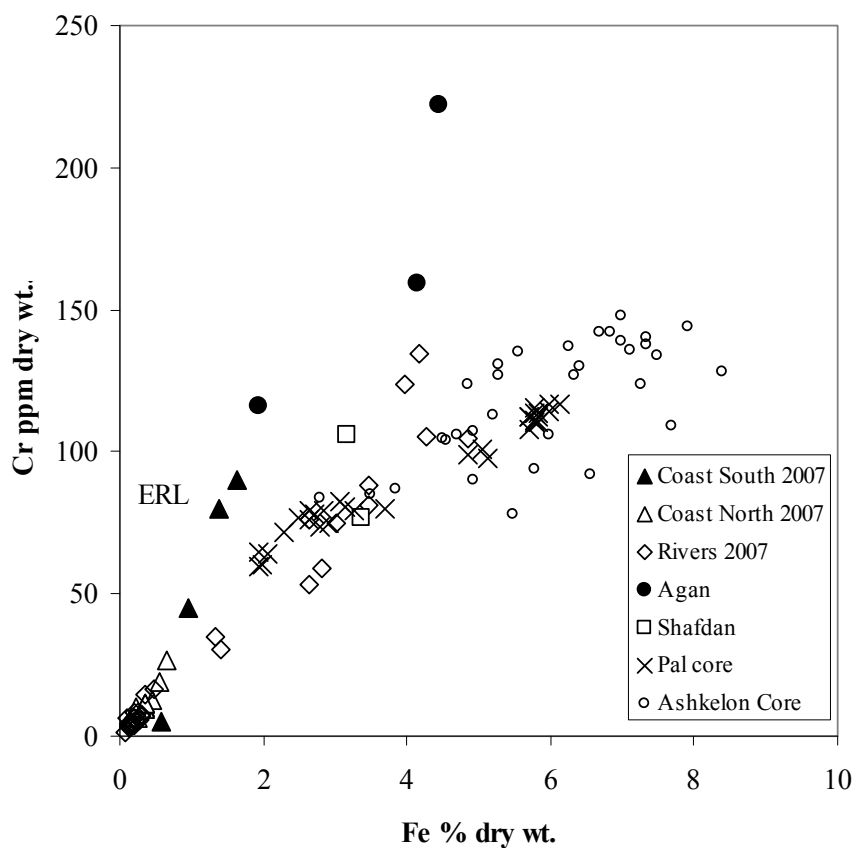
איור 8: מגמות ביחסי עופרת/ברזל בסדימנטים ממפרץ חיפה (A) ולאורך החוף (B) בשנים 1987 – 2007.



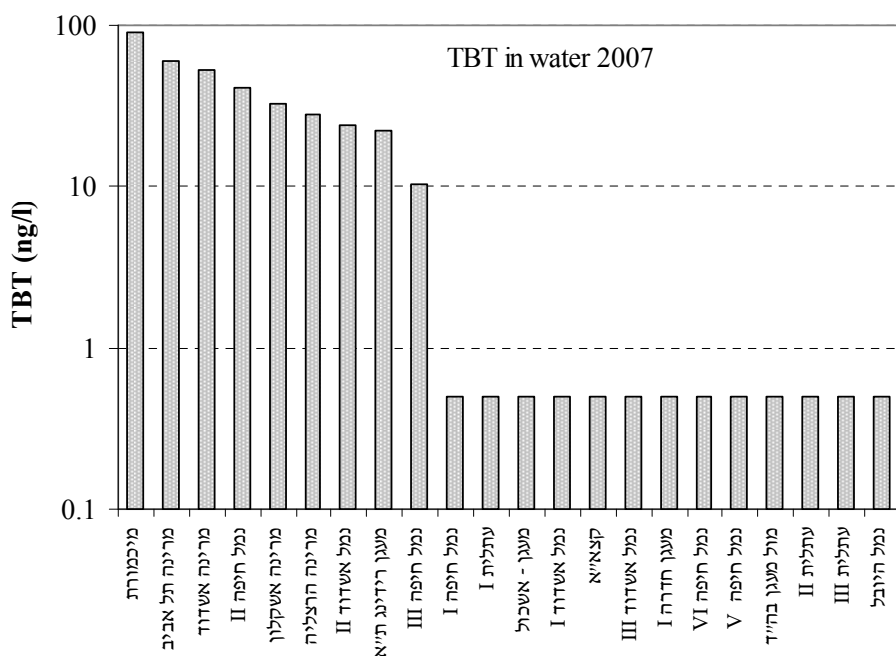
איור 9: ריכוזי כספית (A) וקדמיום (B) בסדימנטים לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2007 (גודל החצים מבטא את תחום הריכוזים).



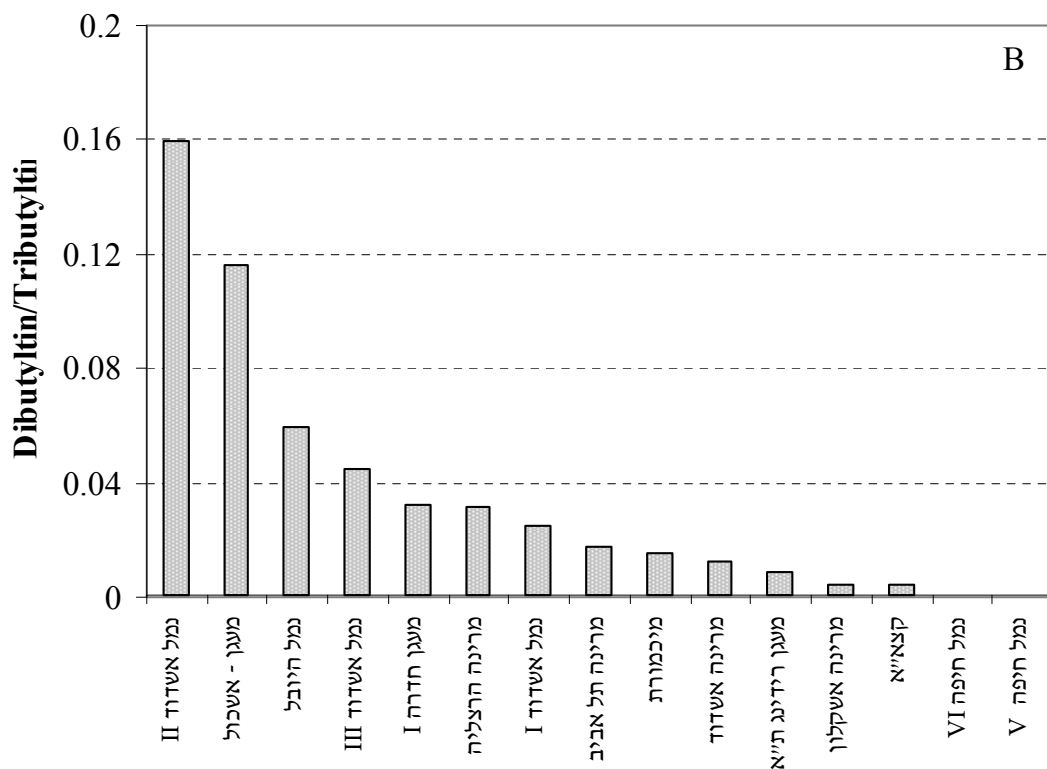
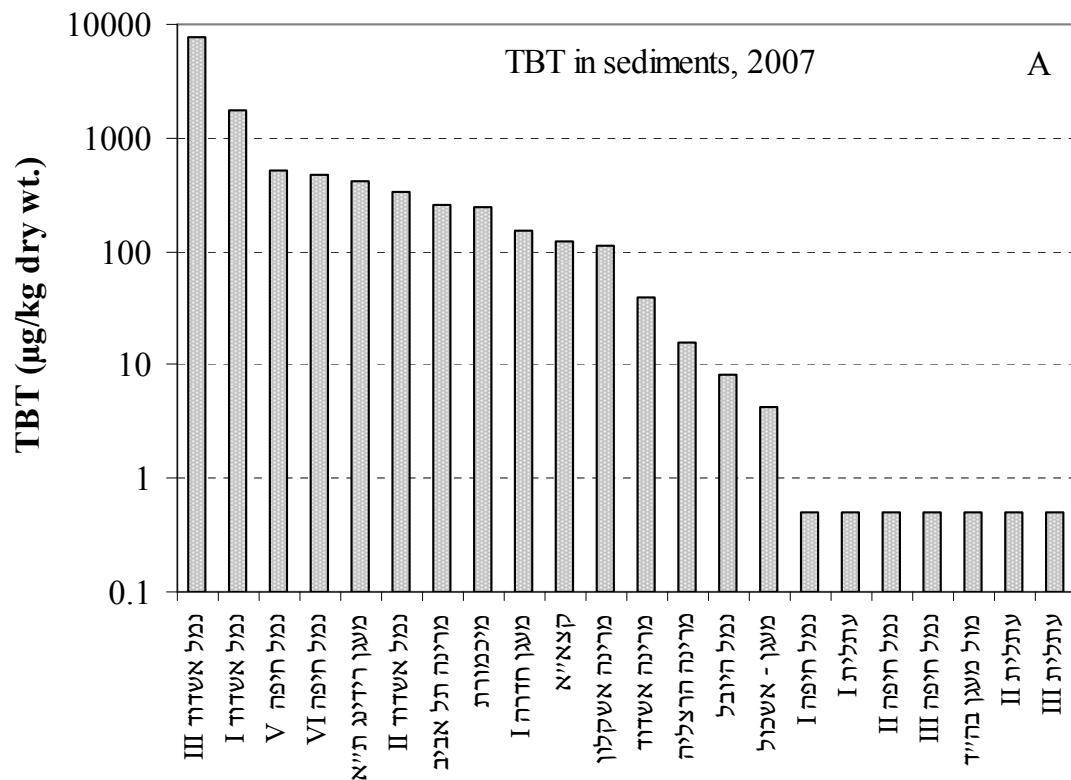
איור 9 : המשך



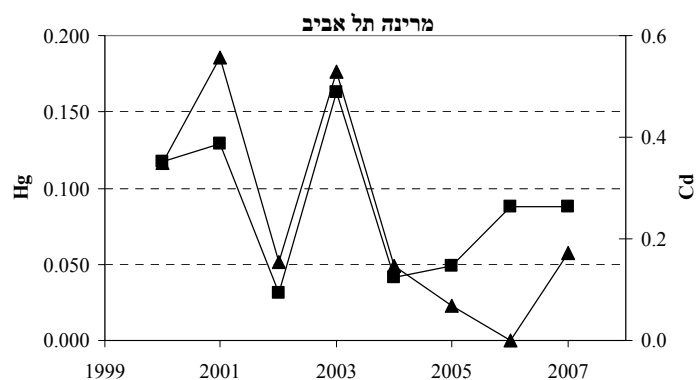
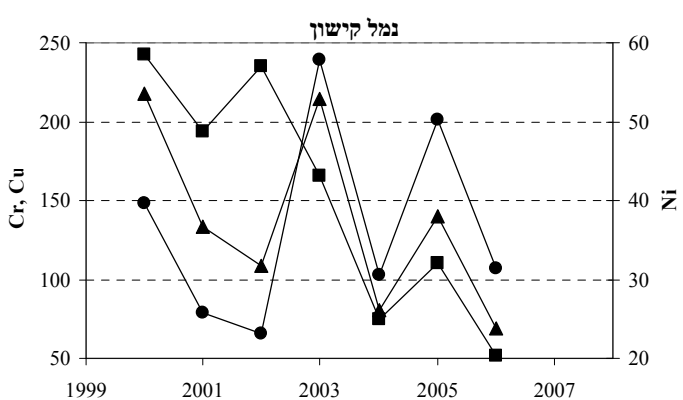
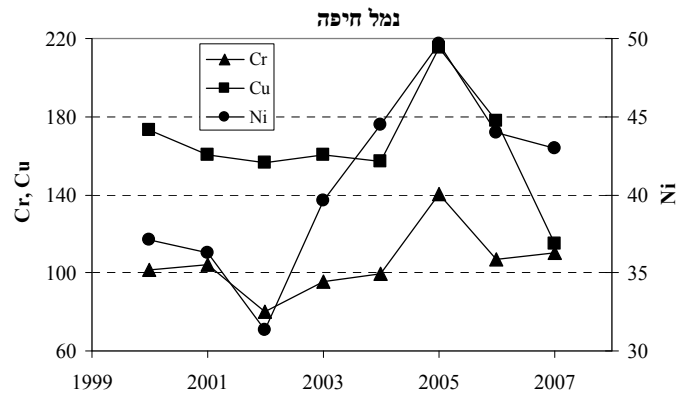
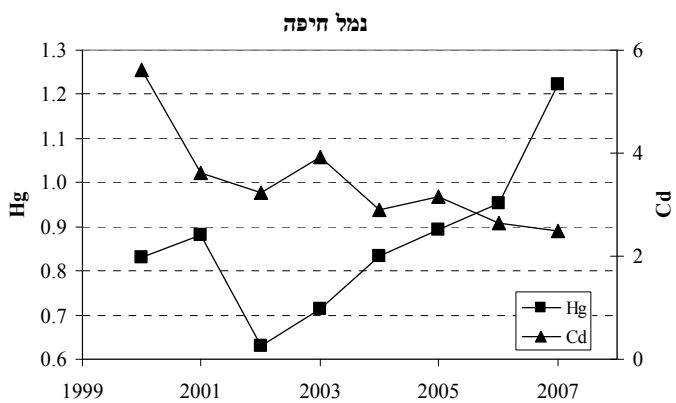
איור 10: הקשר בין ריכוזי הכרום (Cr) לבין הברזל (Fe) בסדימנטים לאורך חוף הים התיכון של ישראל, בשפכי נחלים בשנת 2007, ובגלעיני סדימנט מול אשקלון ופלמחים.



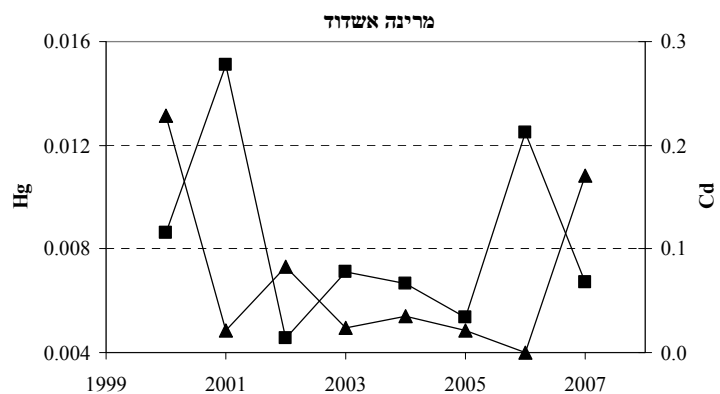
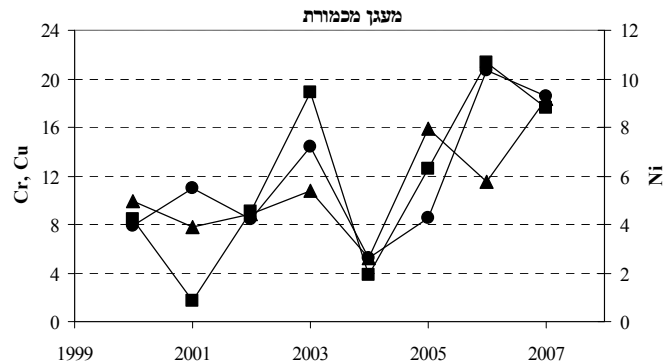
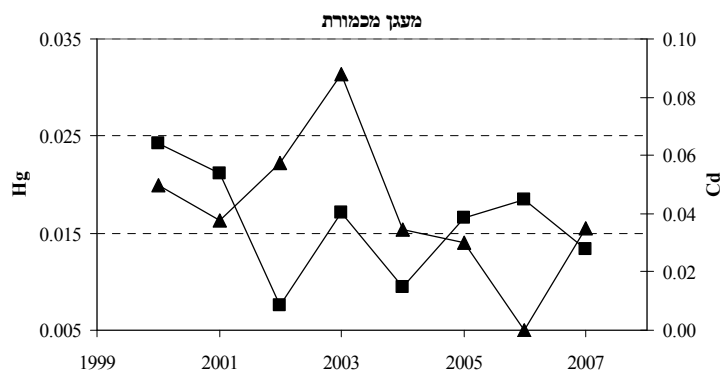
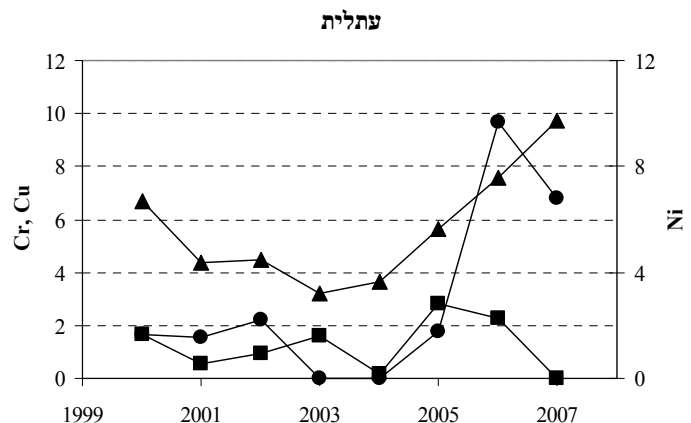
איור 11: ריכוזי TBT במי הים (ננוגרם/ליטר) בנמלים ובמעגנות בישראל בשנת 2007. הנתונים מוצגים בסקאלה לוגריתמית.



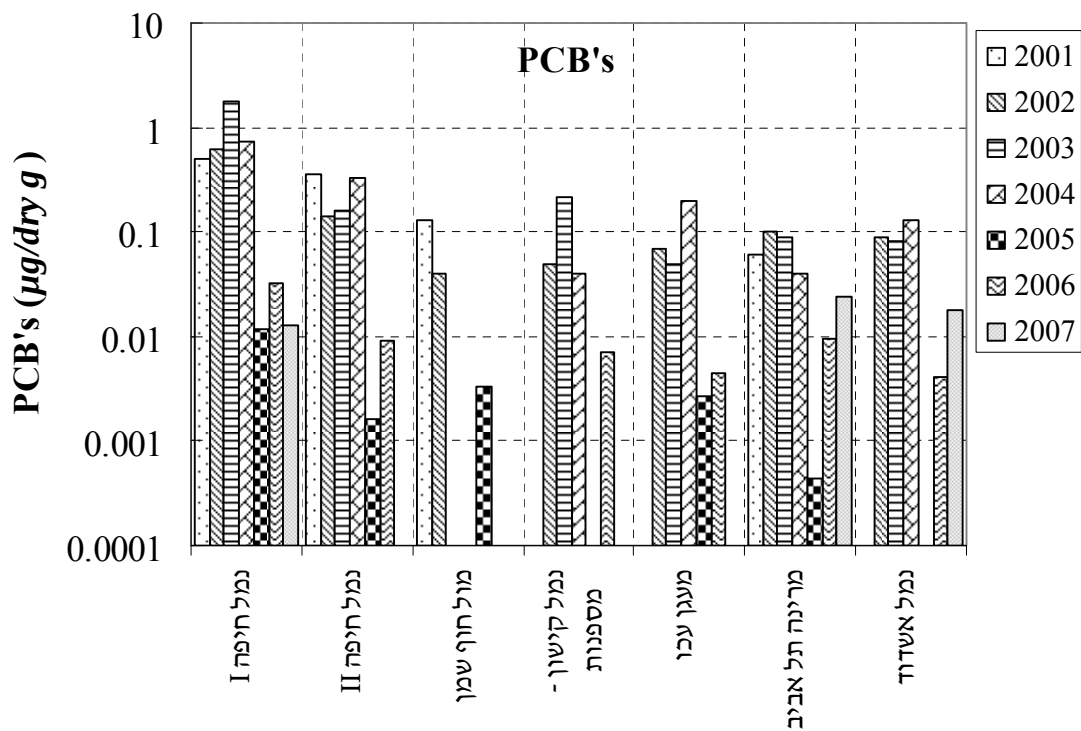
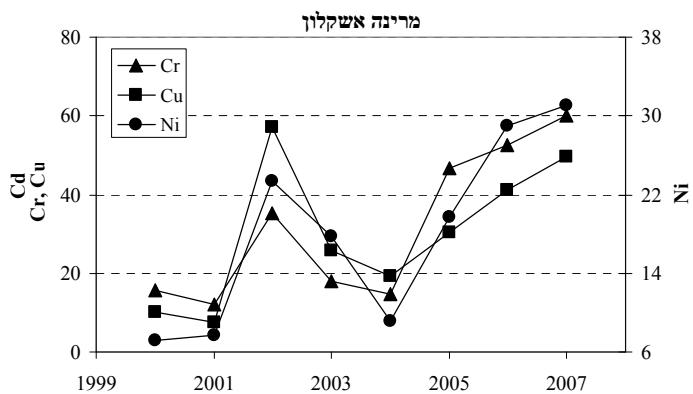
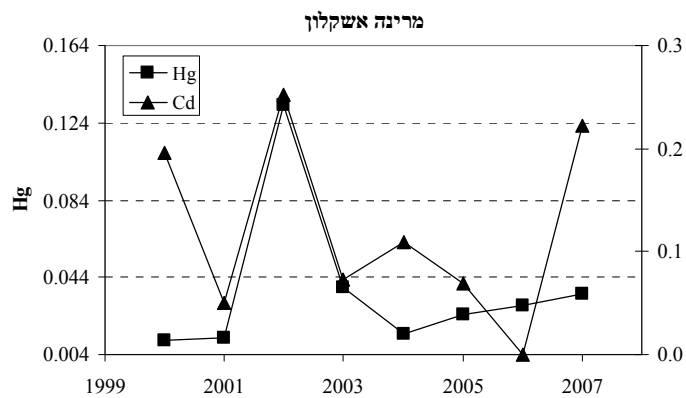
איור 12: ריכוזי TBT בסדימנטים (A) (מיקרוגרם/ק"ג - סקאלה לוגריתמית) והיחס Dibutyltin/Tributyltin (B) בנמלים ובמעגנות בישראל בשנת 2007.



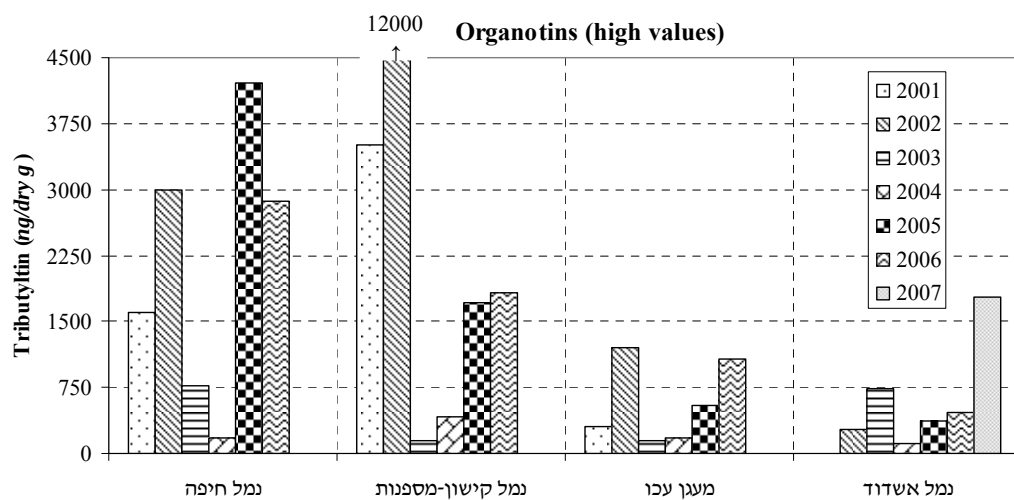
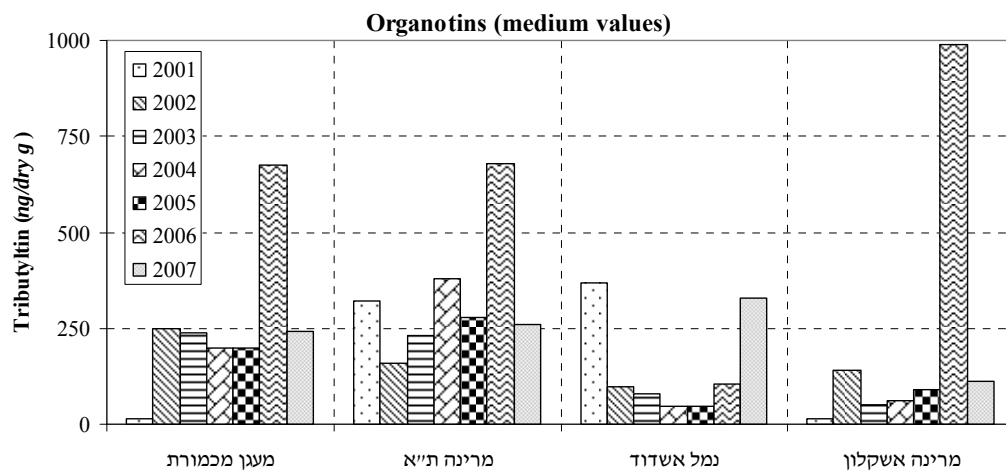
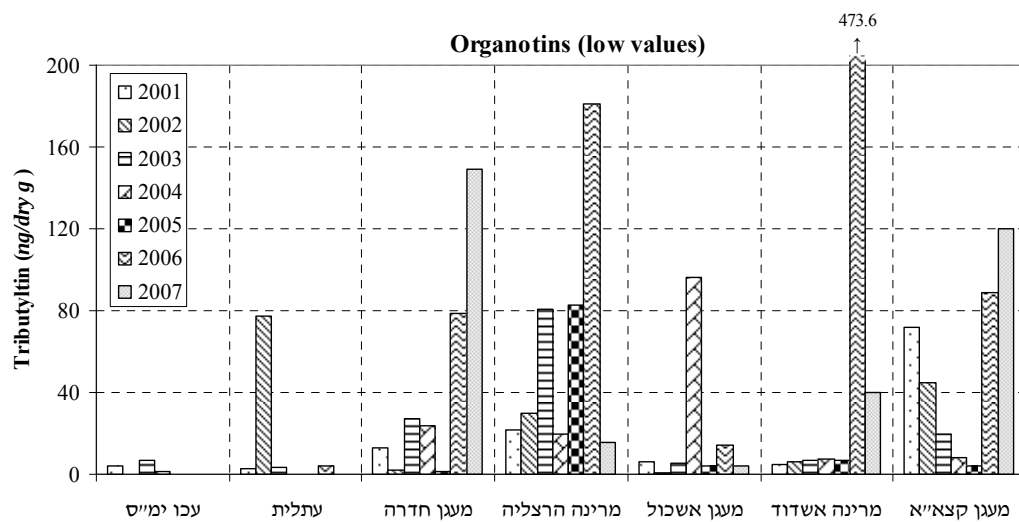
איור 13: מגמות השתנות של ריכוזי מזהמים בסדימנטים בנמלים ומעגנות בשנים 2000 – 2007.
 מתכות כבדות (µg/g dry wt.) PCB's ;(ng/g dry wt.) TBT ;(µg/g dry wt.)



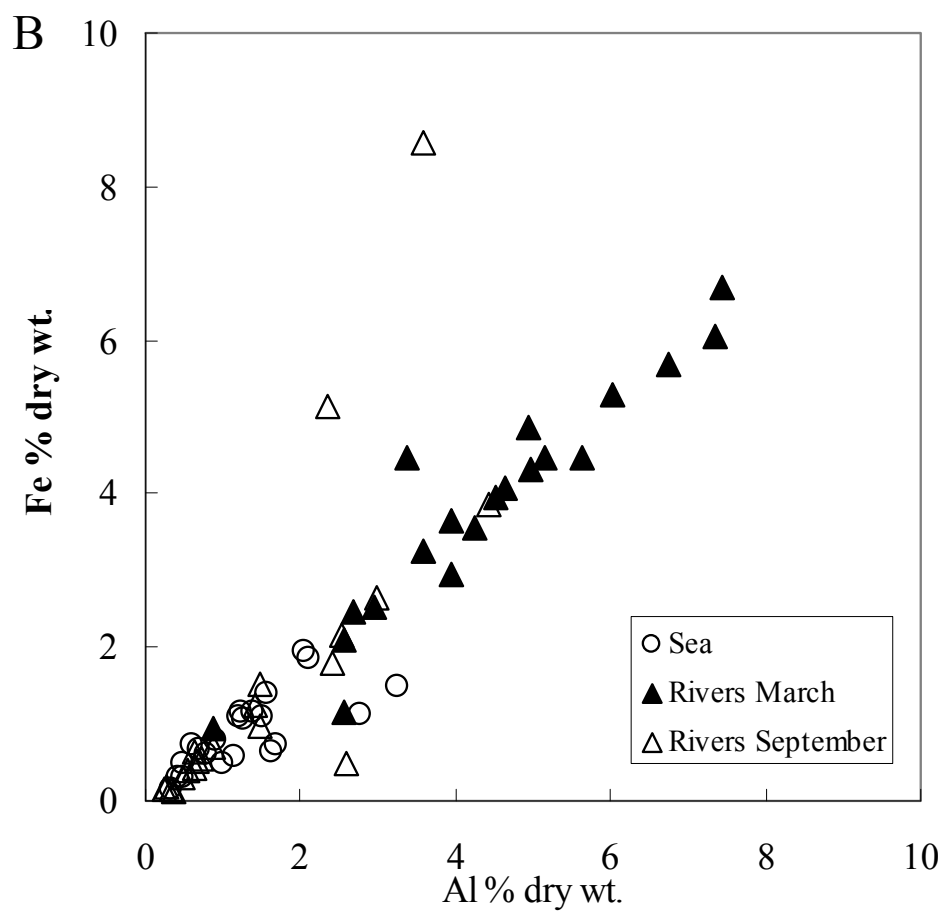
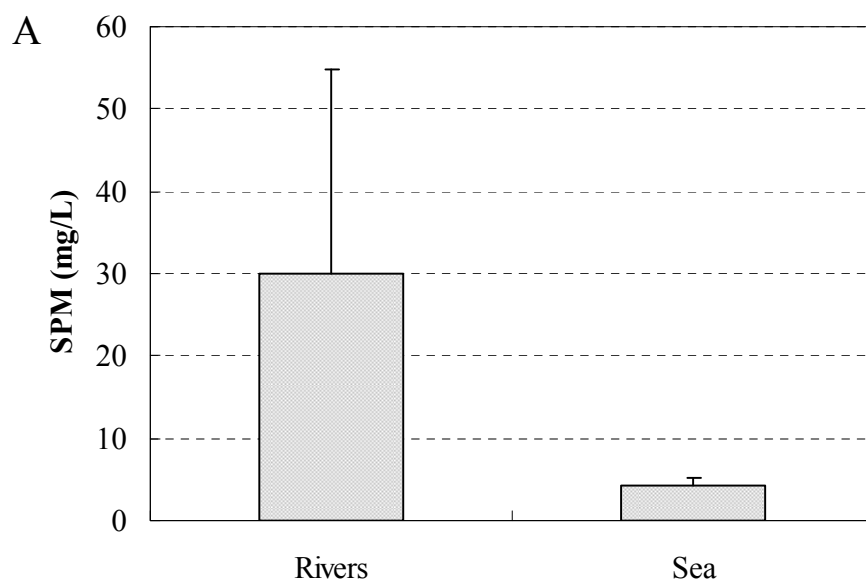
איור 13 : המשך (מתכות כבדות)



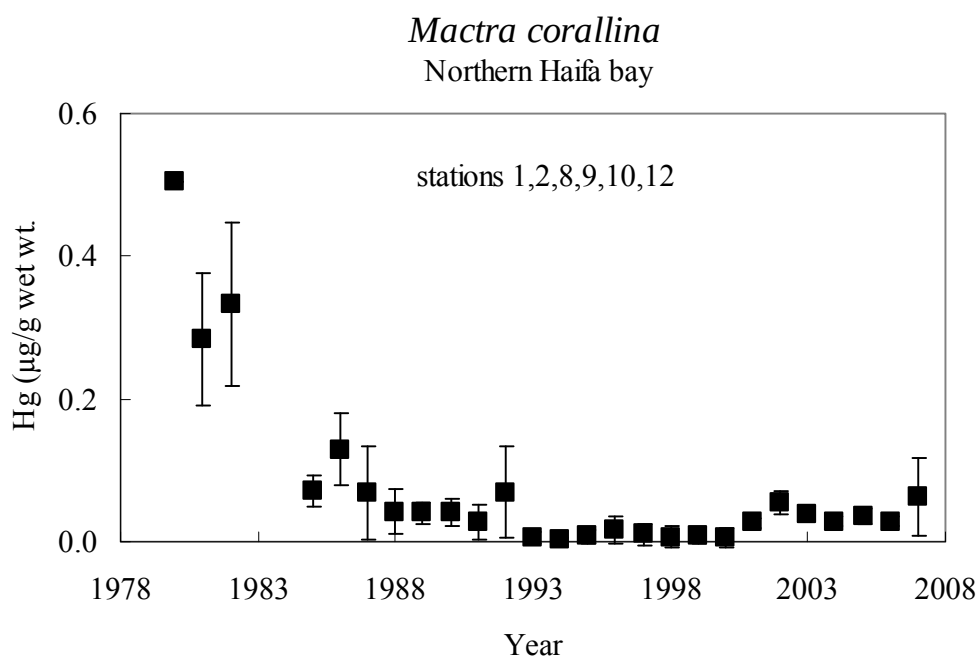
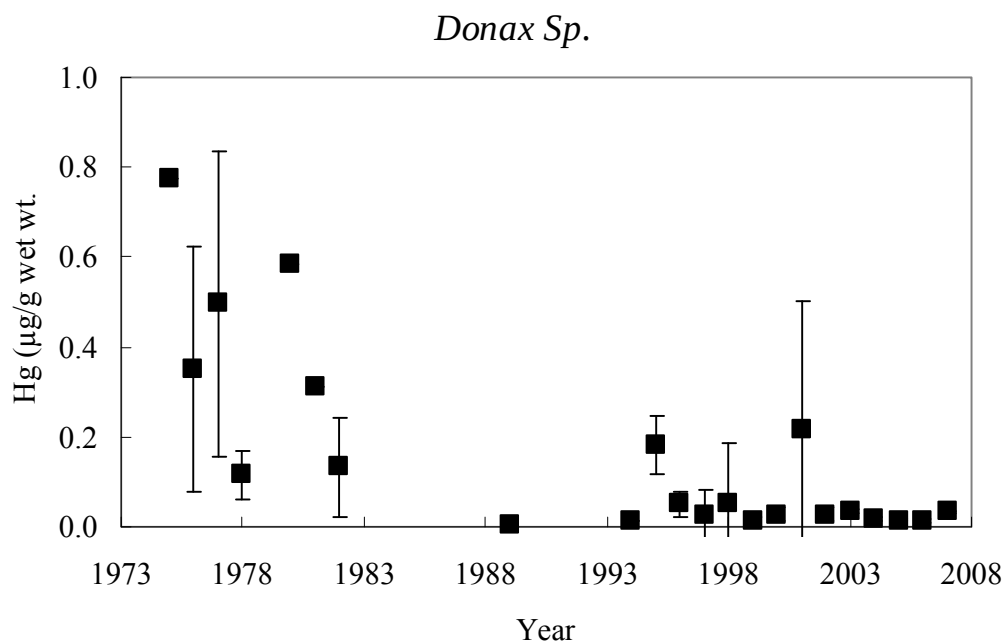
איור 13: המשך (מתכות כבדות ו PCB's)



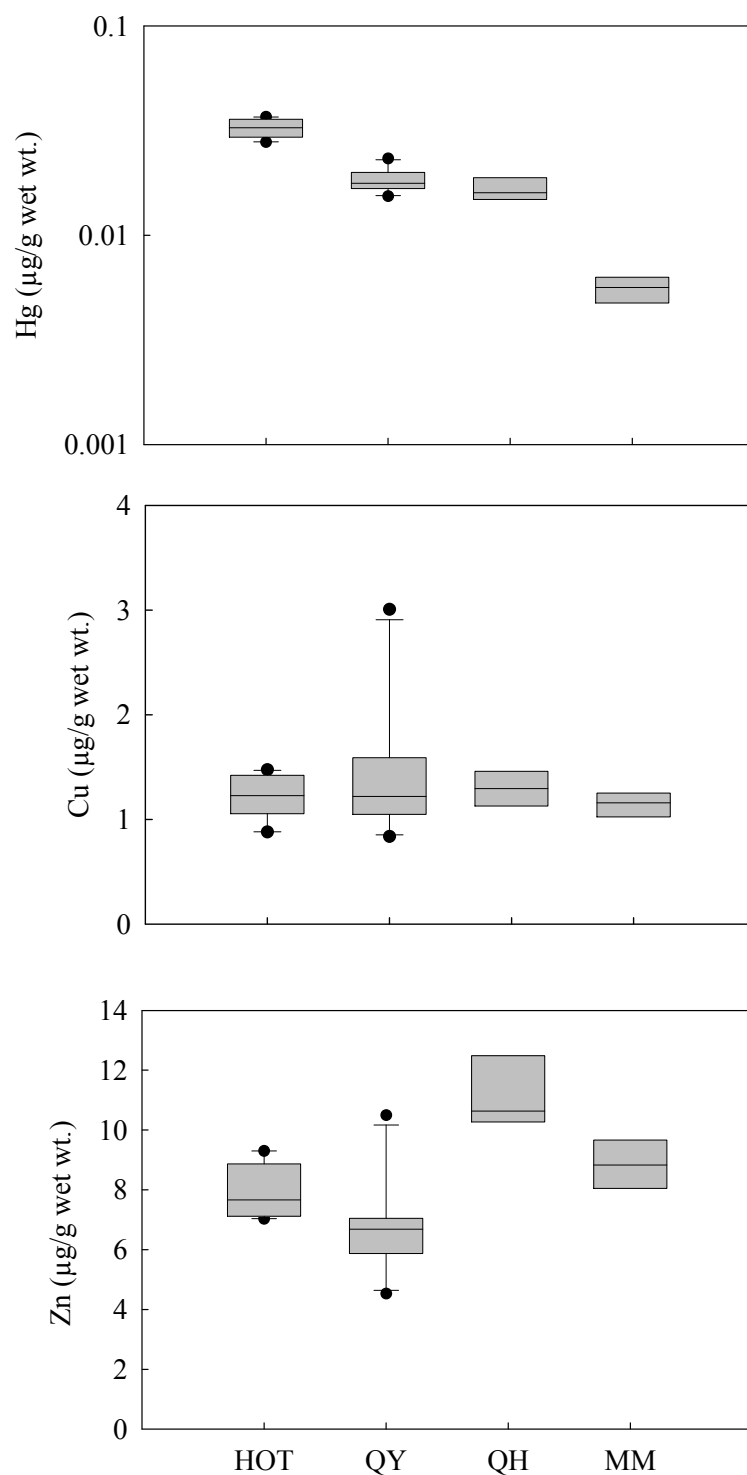
איור 13 : המשך (TBT)



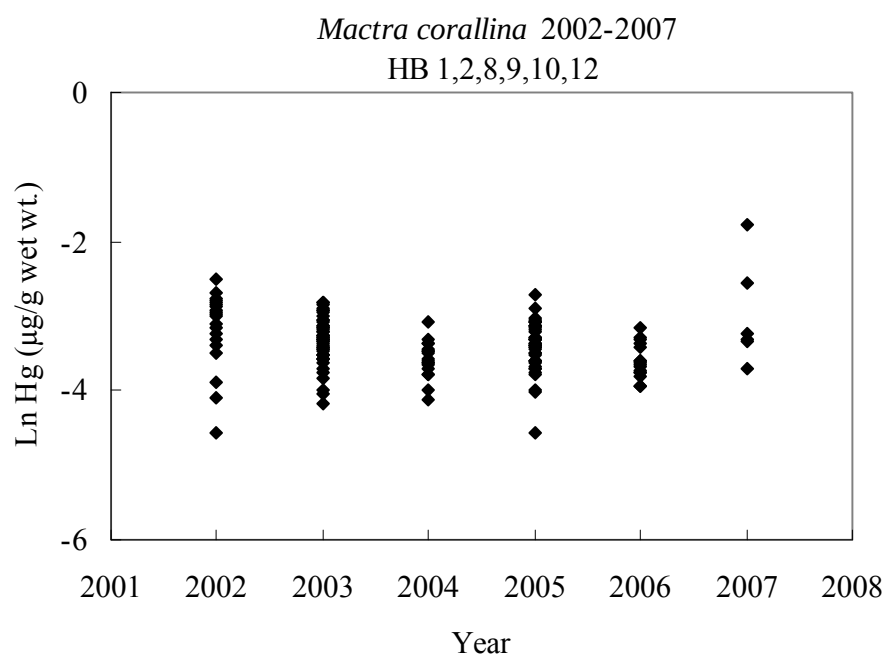
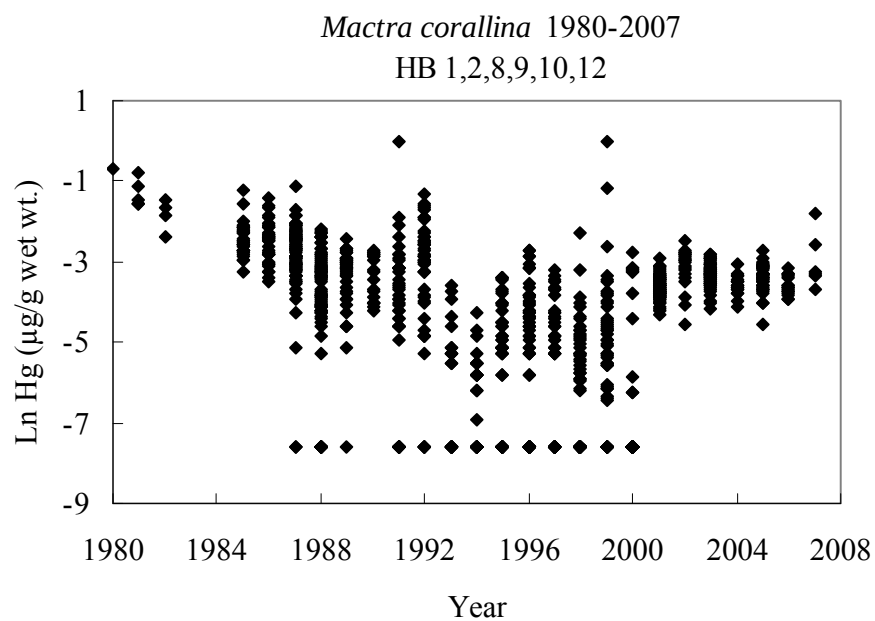
איור 14: ממוצע וסטיות תקן של ריכוזי החומר המרחף (A) והקשר בין ריכוזי הברזל (Fe) לבין ריכוזי האלומיניום (B) בחומר מרחף בשפכי הנחלים ובמים הרדודים לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2007.



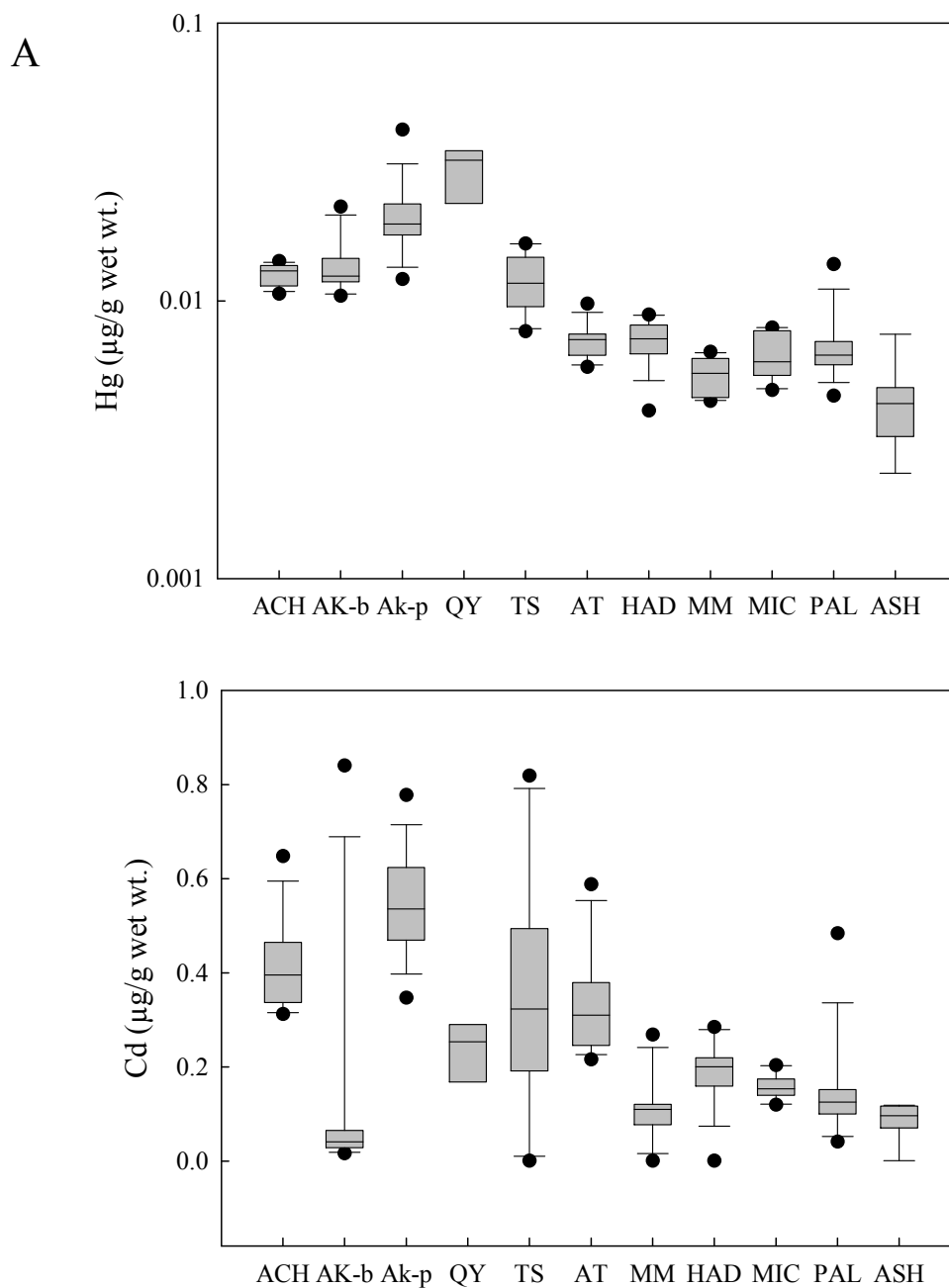
איור 15: ירידת ריכוזי הכספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ wet wt.) ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) בצדפות ממפרץ חיפה: *Donax sp.* (1975 - 2007); *Mactra corallina* (1980 - 2007).



איור 16: דיאגרמות קופסא של ריכוזי כספית, נחושת, ואבץ בצדפה *Donax sp.* מאזורים שונים בשנת 2007. הקופסא כוללת את ערכי 50% מהדוגמאות, הקו האופקי שבתוכה מייצג את ערך החציון, העמודות מייצגות את ערכי ה-10% ו-90% והנקודות - ערכים קיצוניים. (HOT=חוף התמרים, QY=קריית ים, QH=קרית חיים, MM=מעגן מיכאל).

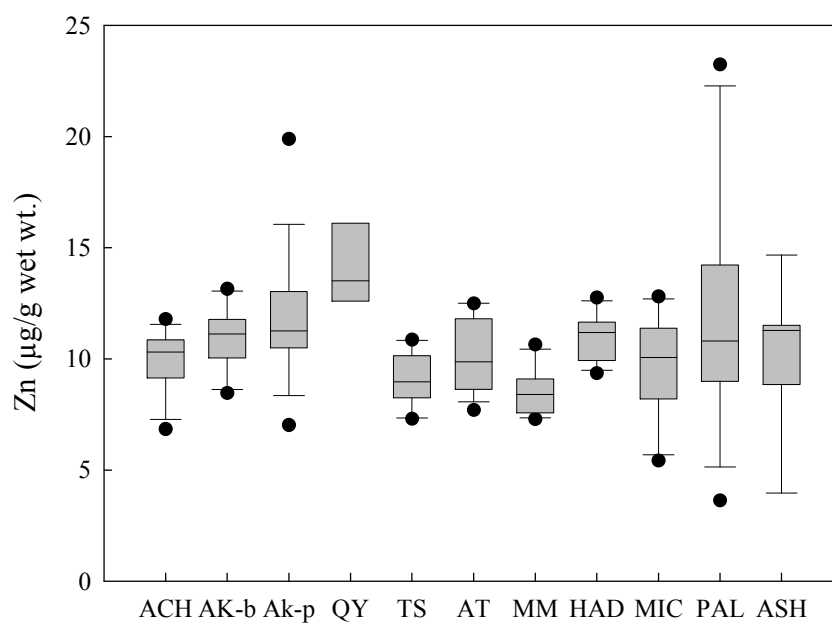
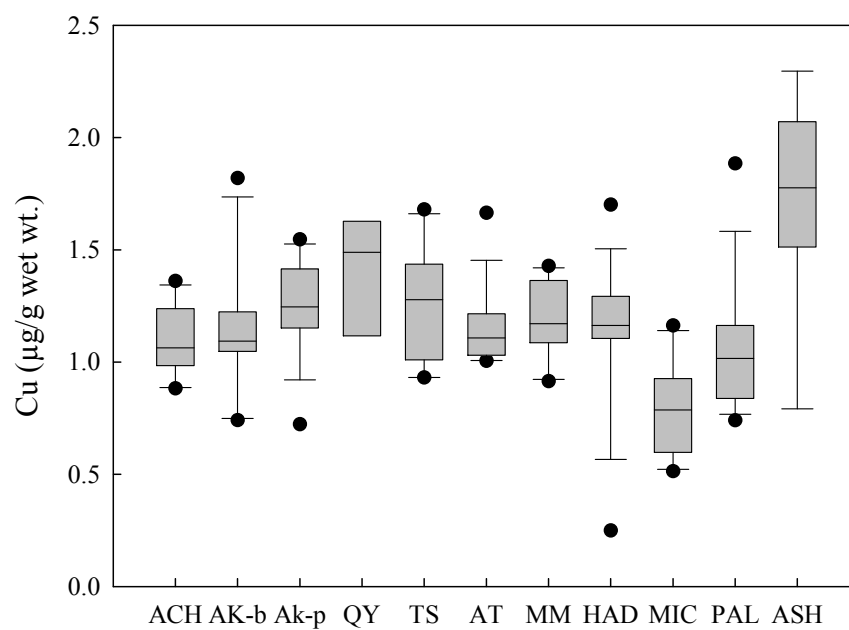


איור 17: שינויים בריכוזי הכספית (סקלה לוגריתמית של $\mu\text{g g}^{-1}$ wet wt.) בצדפה *Mactra corallina* מצפון מפרץ חיפה בשנים 1980 - 2007. ערכי גבול הקביעה האנליטית הוחלפו ב-0.0005 מיקרוגרם/גרם רקמה יבשה.



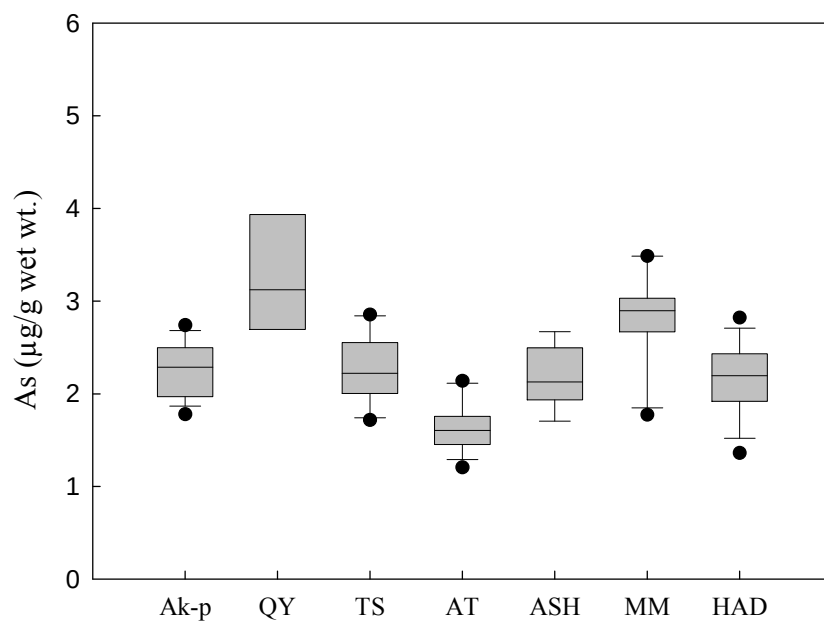
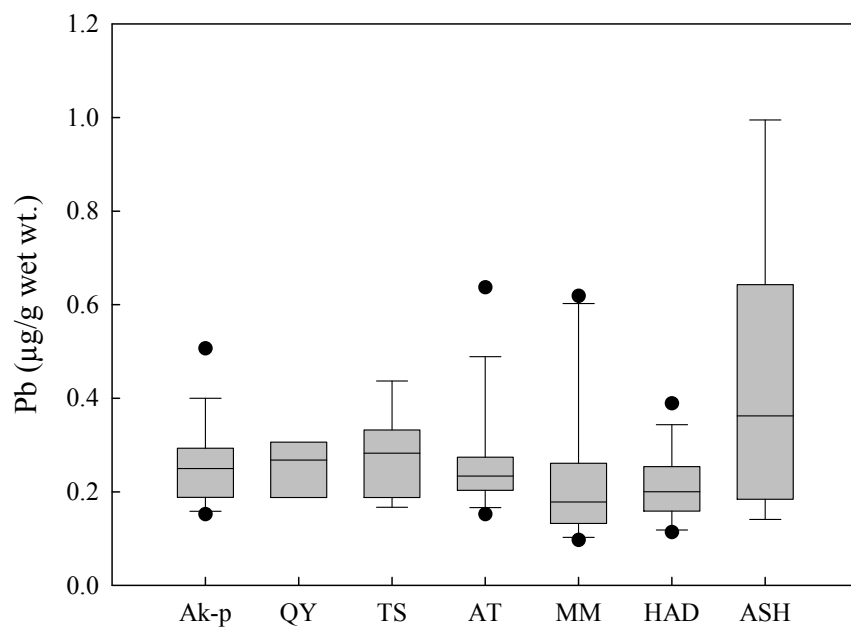
איור 18: דיאגרמות קופסא של ריכוזי כספית וקדמיום (A), נחושת ואבץ (B), עופרת וארסן (C) בחלזון *Patella sp.* שנדגמו לאורך חופי ישראל בשנת 2007. הקופסא כוללת את ערכי 50% מהדוגמאות, הקו האופקי שבתוכה מייצג את ערך החציון, העמודות מייצגות את ערכי ה-10% ו-90% והנקודות - ערכים קיצוניים. (ACH=אכזיב, AK-b=עכו ביוב, 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

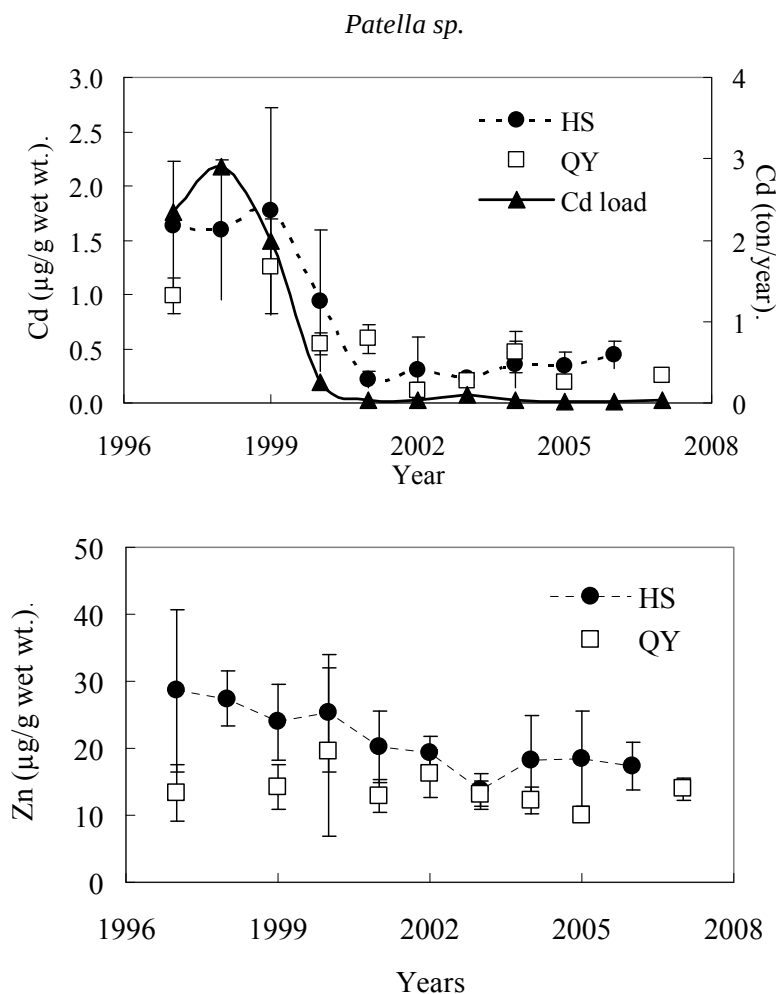


איור 18 : המשך.

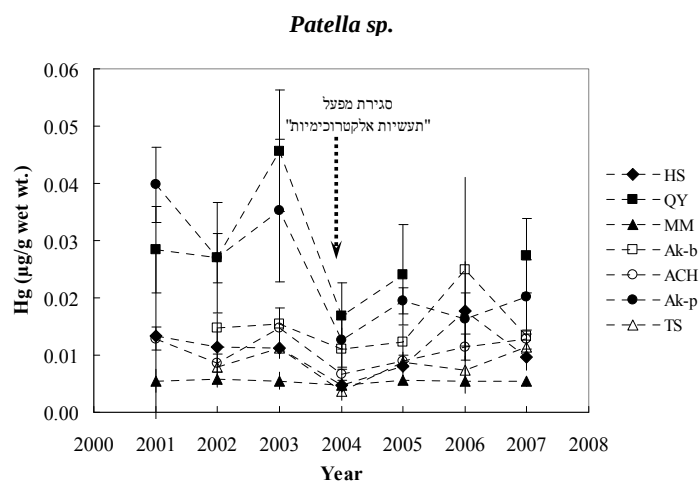
C



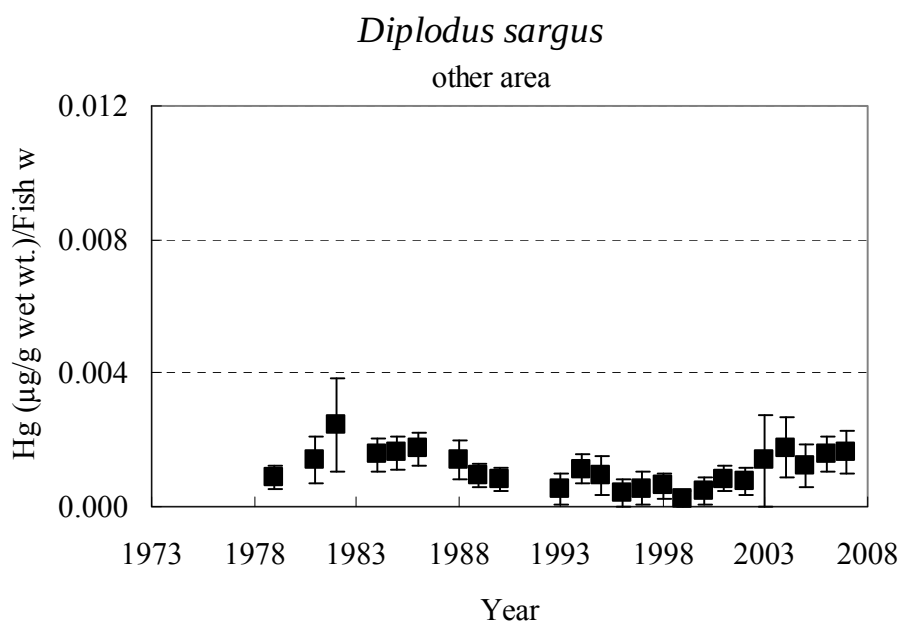
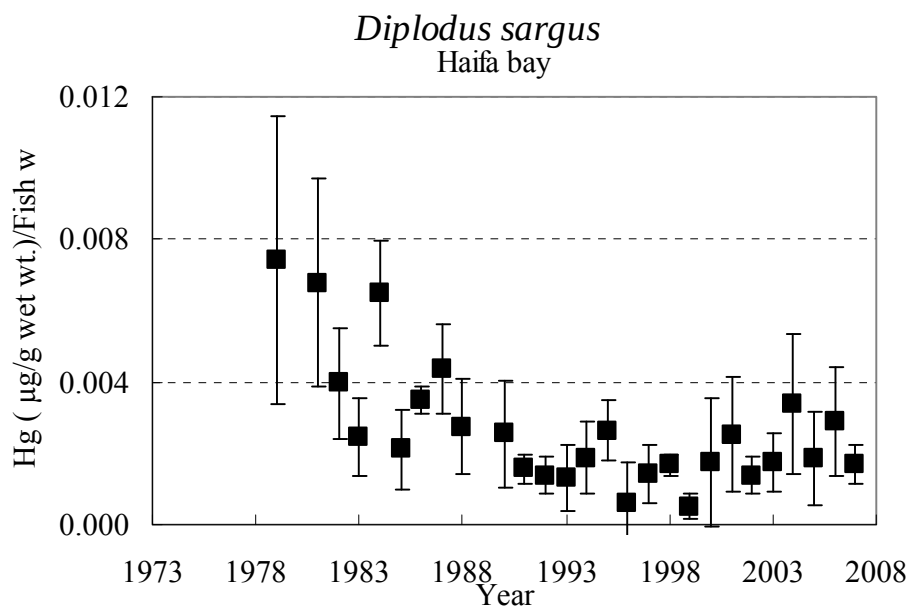
איור 18 : המשך.



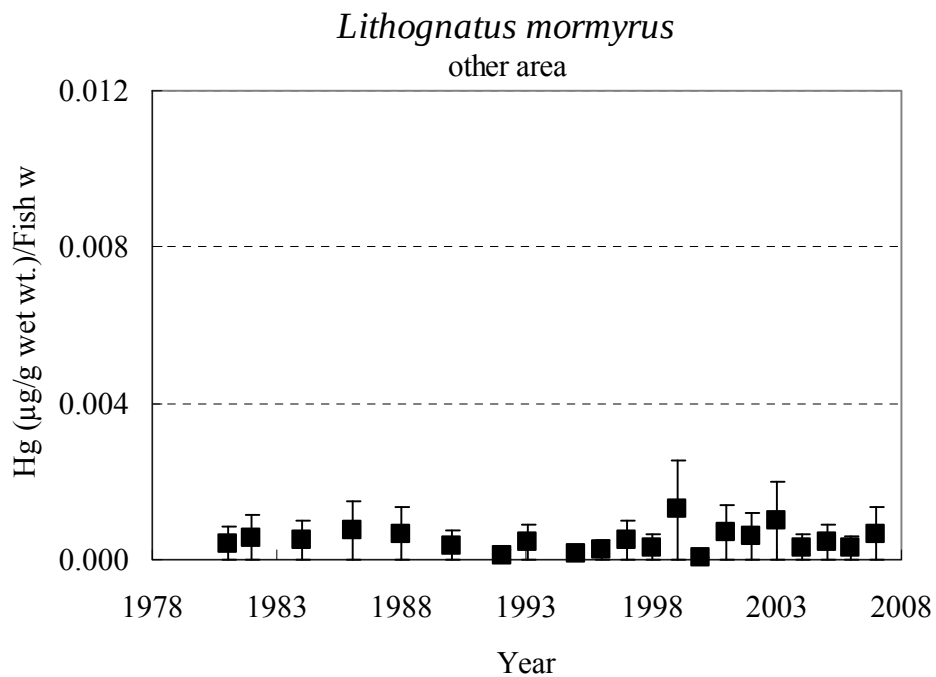
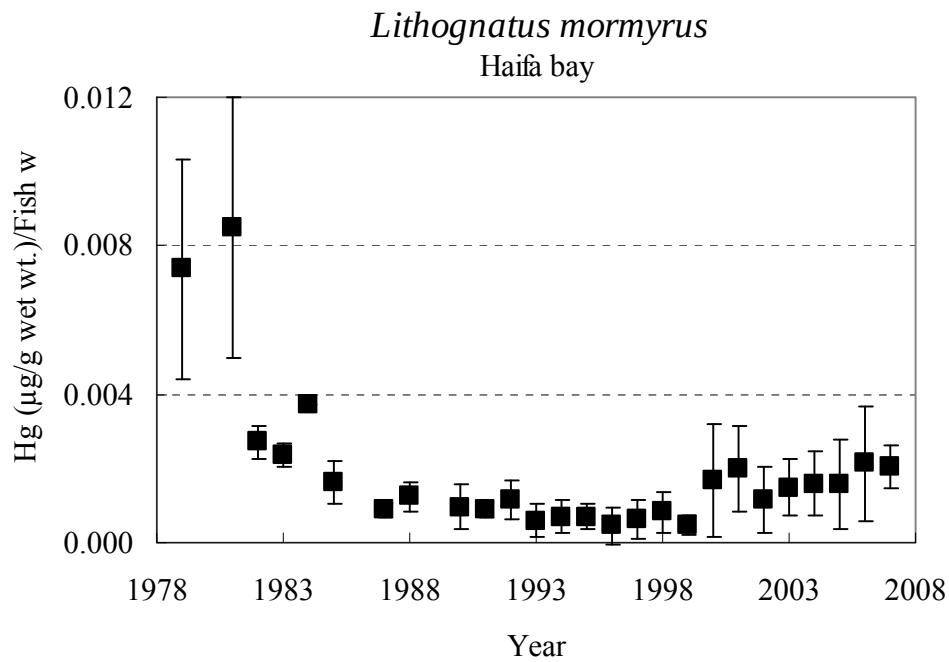
איור 19: ריכוזי קדמיום (A) ואבץ (B) בחלזונות *Patella sp.* מחוף שמן בשפך נחל הקישון (HS) ומקריית ים (QY) בשנים 1997 - 2007. הקו הרצף בגרף A מציג את השינויים בכמויות הקדמיום שהוזרמו במשך השנים לנחל הקישון.



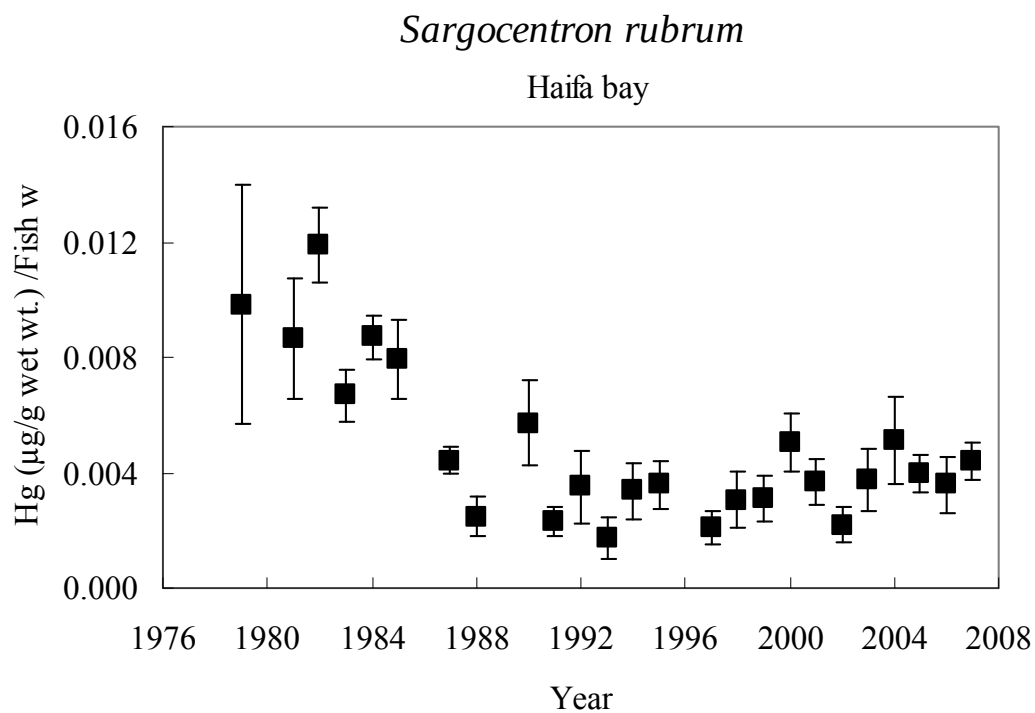
איור 20: שינויים בריכוזי הכספית בחלזונות *Patella sp.* באתרים שונים לאורך החוף הצפוני של ישראל בשנים 2001 - 2007.



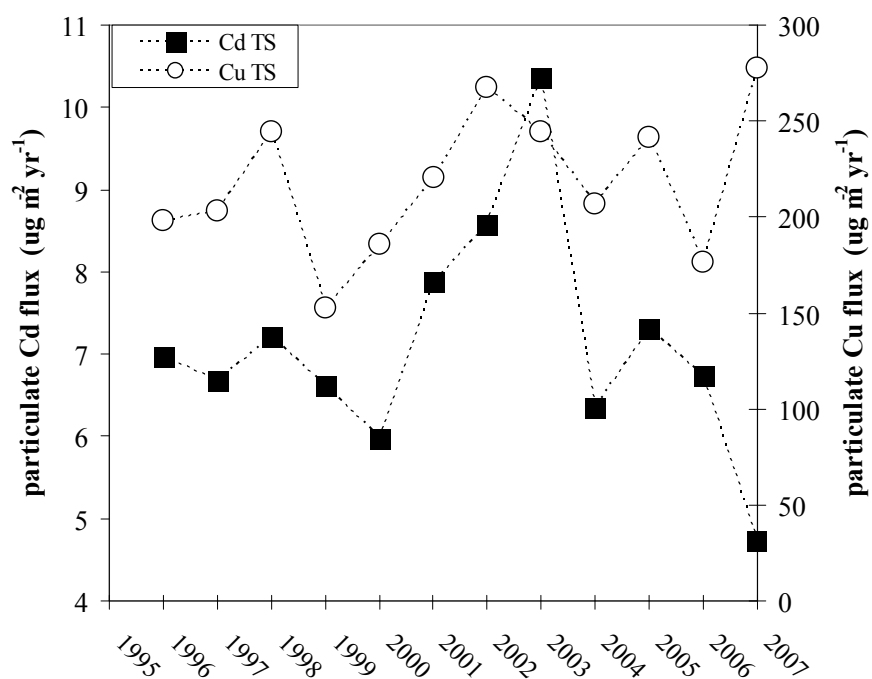
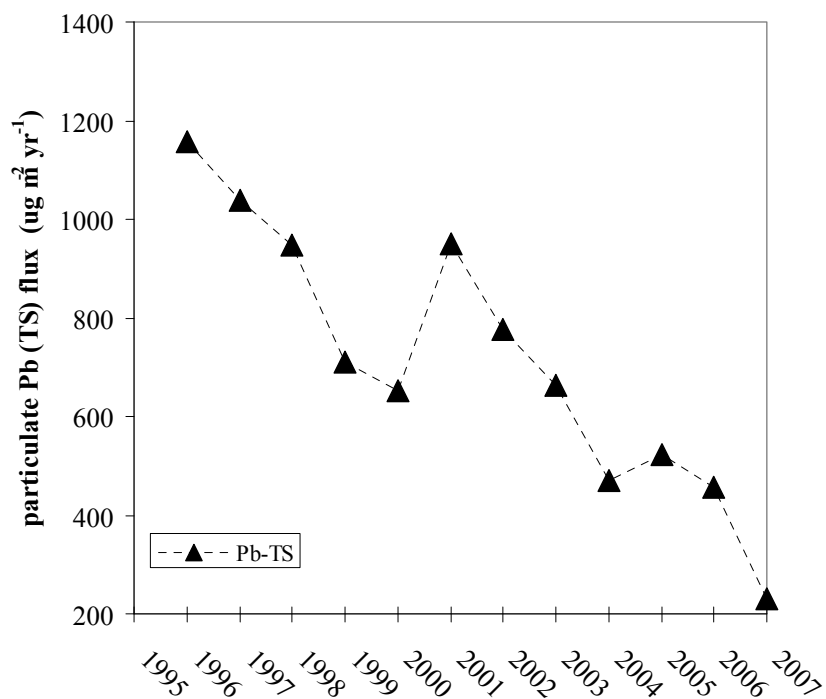
איור 21: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Diplodus sargus* (ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2007.



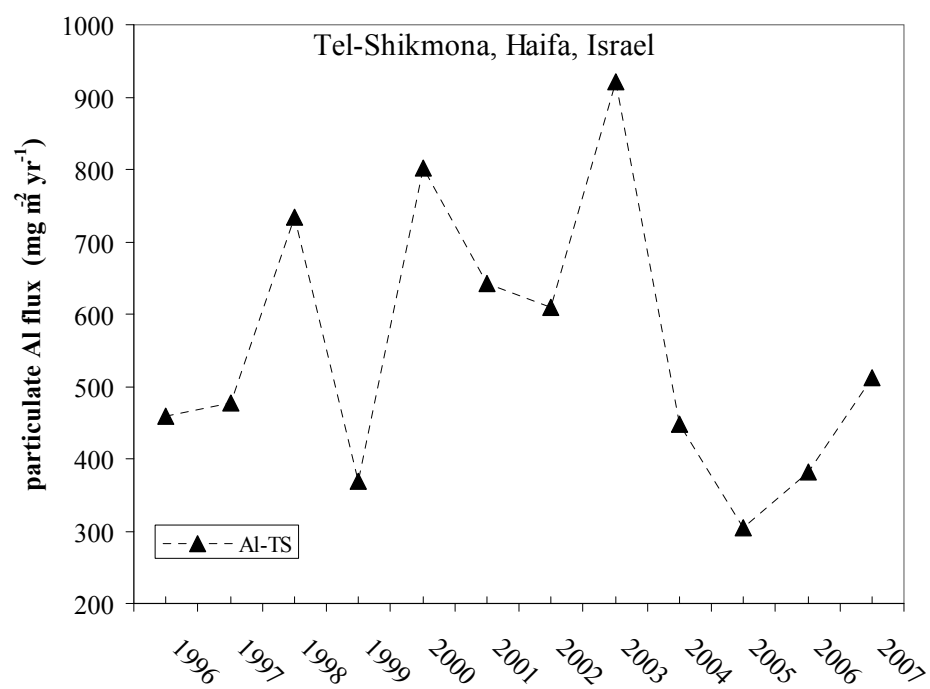
איור 22: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Lithognathus mormyrus* (ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2007.



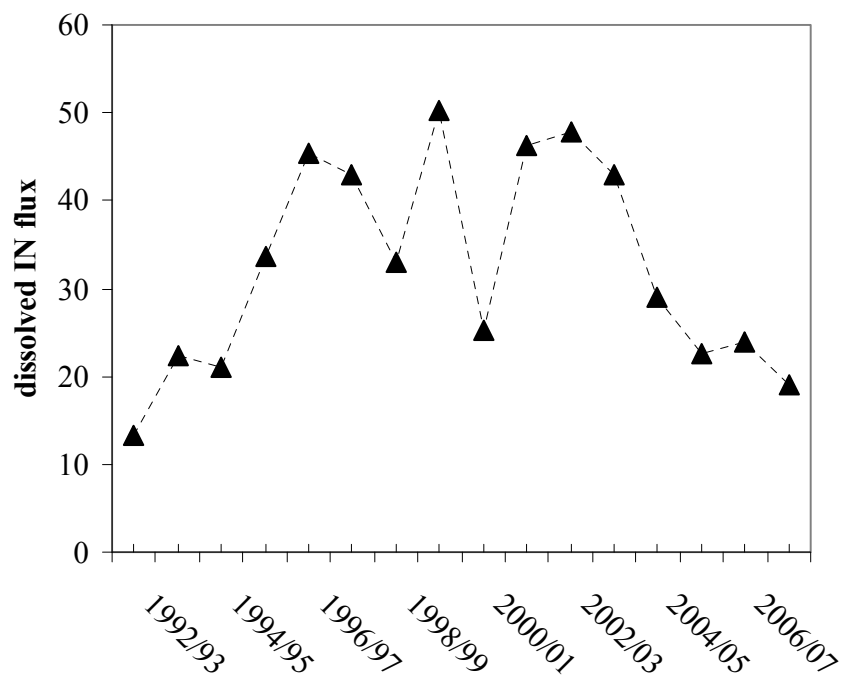
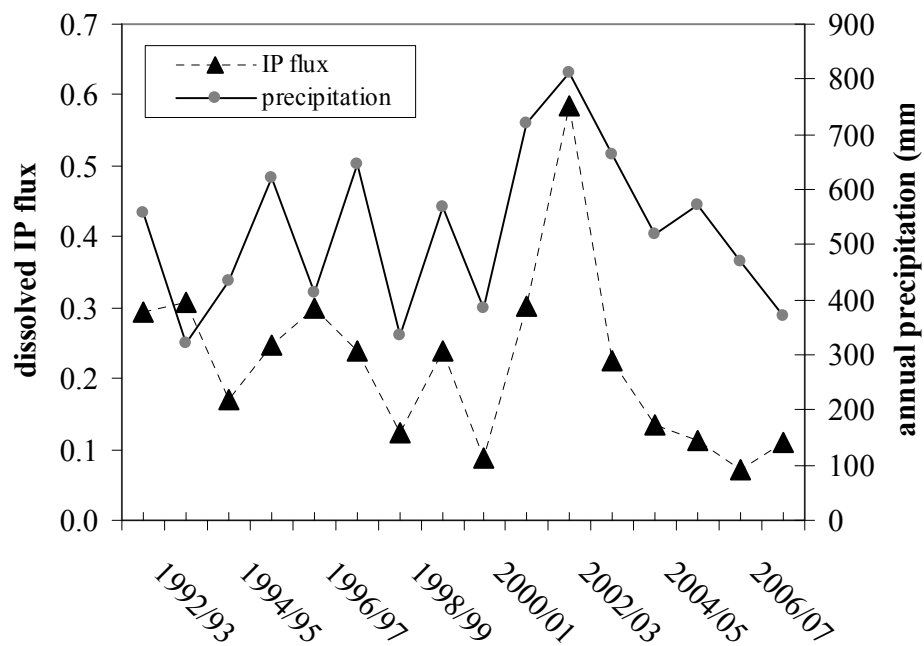
איור 23: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Sargocentron rubrum* (ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) ממפרץ חיפה בשנים 1979 - 2007.



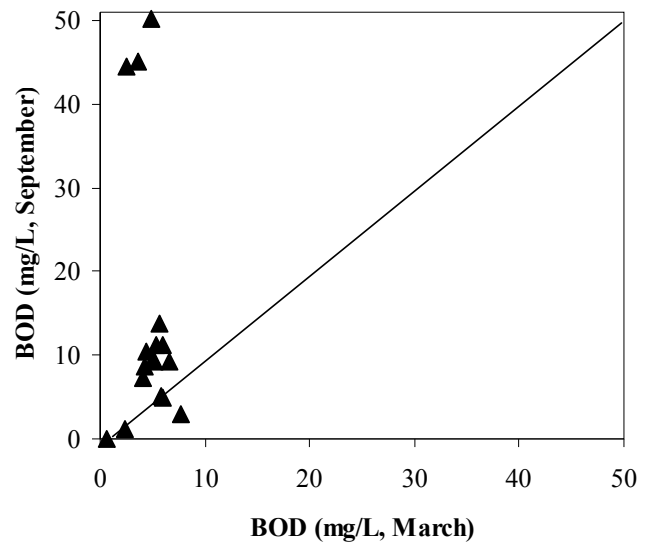
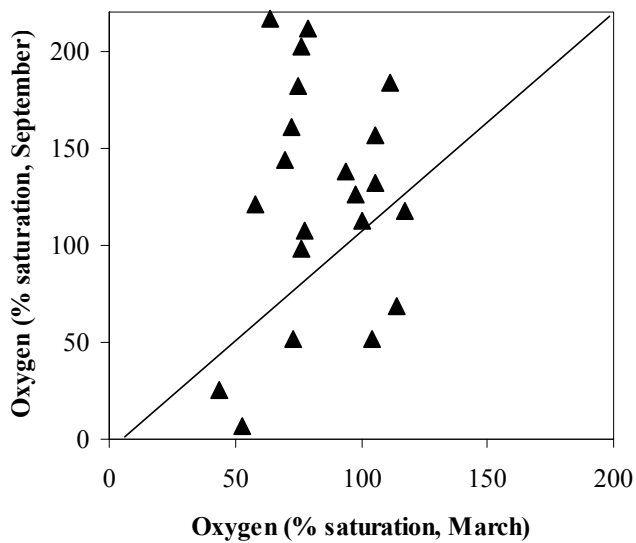
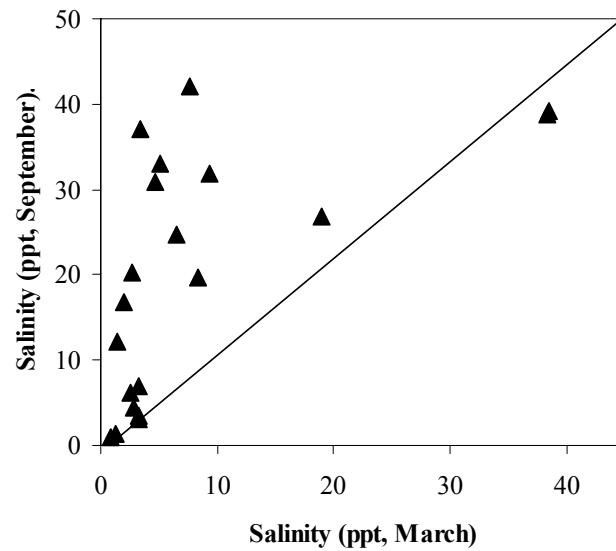
איור 24 : שטפים יבשים של עופרת, קדמיום, נחושת ואלומיניום בתל-שקמונה (TS) בשנים 1996 - 2007 ; הערכות המבוססות על דיגום של כרבע מימי השנה.



איור 24 : המשך

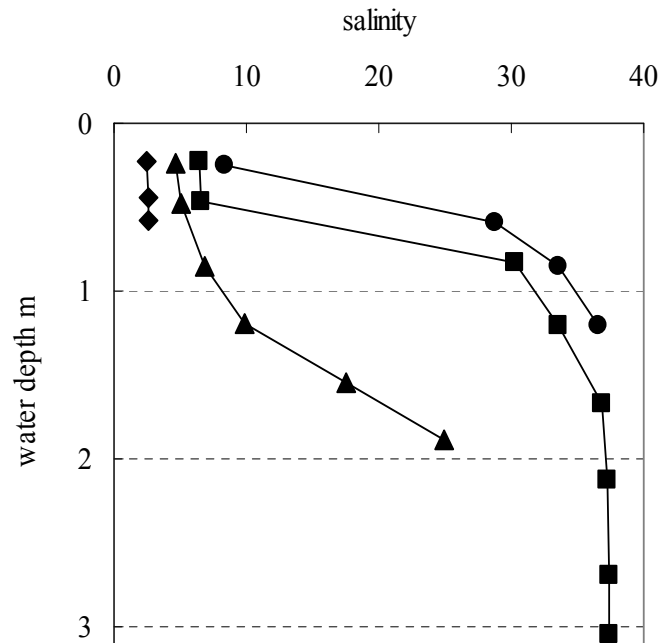
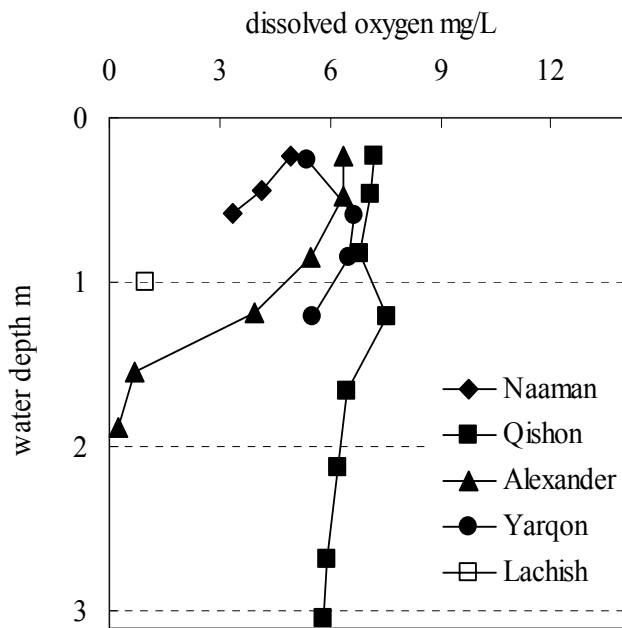


איור 25: שטפים של זרחן אי אורגני (IP) וחנקן אי אורגני (IN) מומסים במי גשם (mmol $m^{-2} yr^{-1}$) בתל-שקמונה בשנים 1992 – 2007. מוצג הקשר בין השטפים לכמות המשקעים השנתית בנמל חיפה (השירות המטאורולוגי).

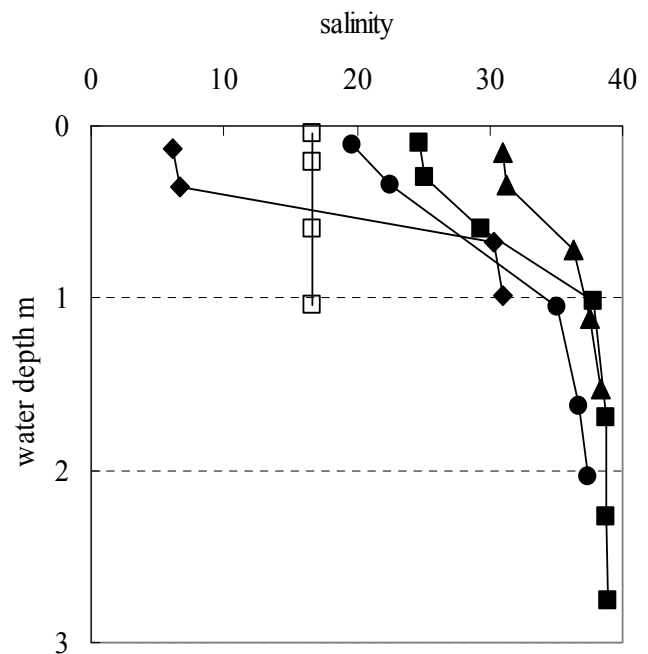
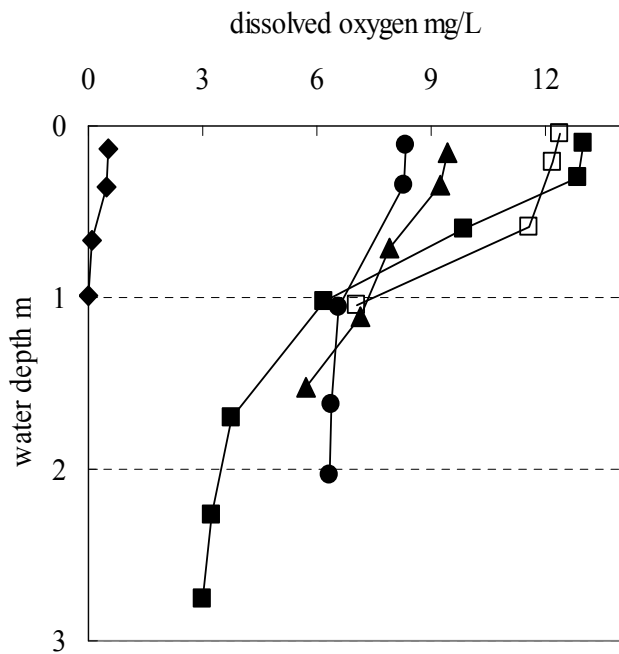


איור 26: הקשר בין ערכי מליחות, אחוז הרוויה בחמצן וצריכת חמצן ביולוגית (BOD) בדיגום ספטמבר לדיגום מרץ בשפכי הנחלים בשנת 2007.

March 2007

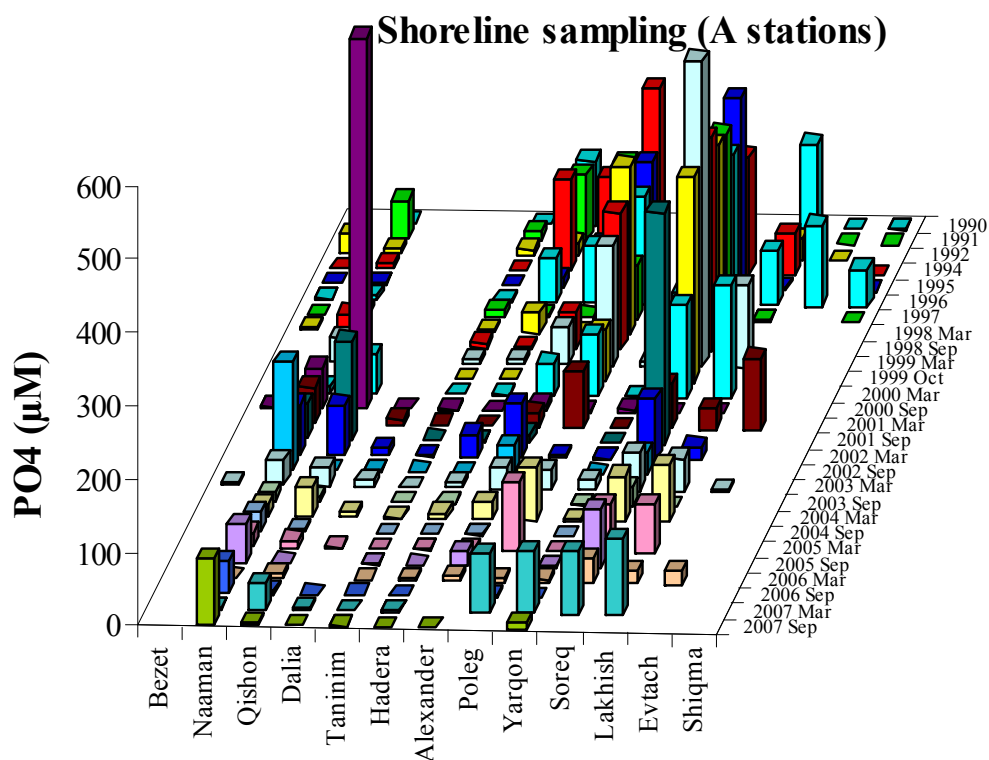


September 2007

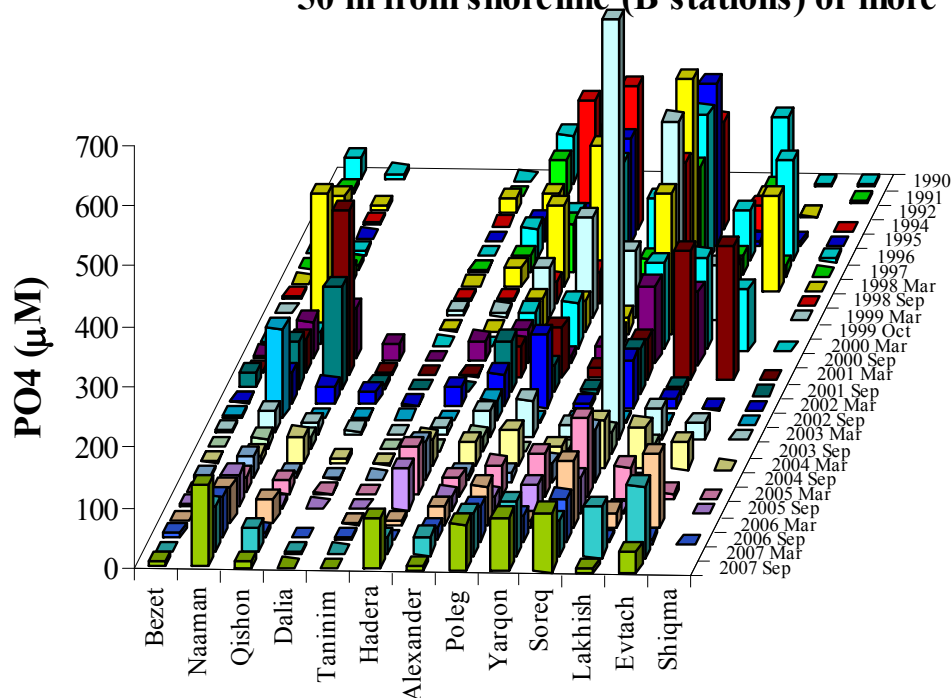


איור 27: פרופילי עומק של חמצן ומליחות בשפכי הנחלים נעמן, קישון, אלכסנדר, ירקון ולכיש במרץ וספטמבר 2007.

A



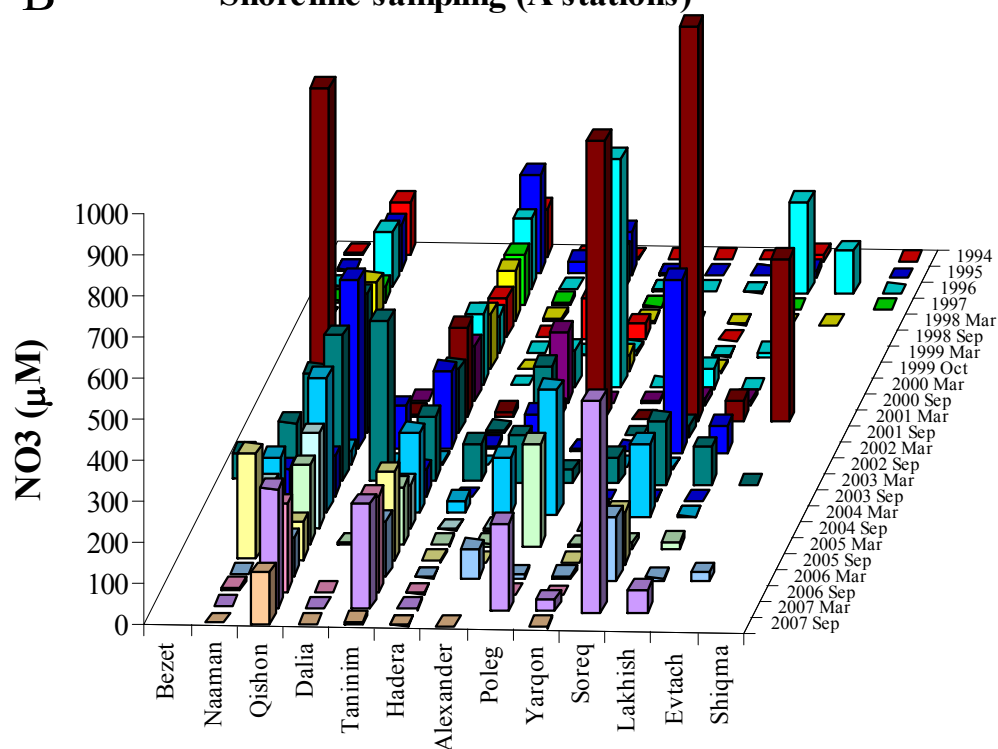
50 m from shoreline (B stations) or more



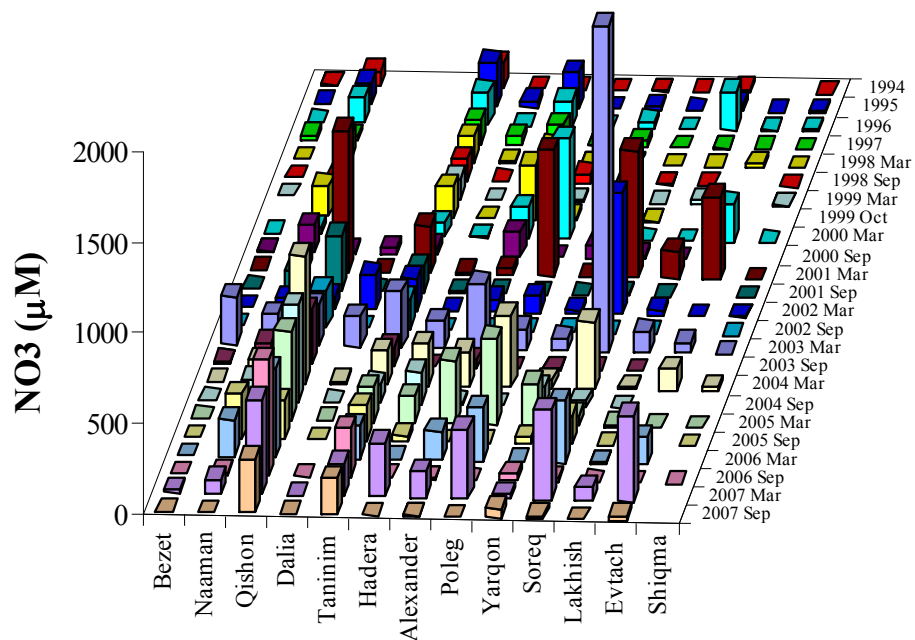
איור 28: ריכוזי פוספט (A), ניטראט (B) ואמוניום (C) במים בשפכי נחלי החוף הים התיכון בשנים 1990 – 2007 (מרץ וספטמבר).

B

Shoreline sampling (A stations)



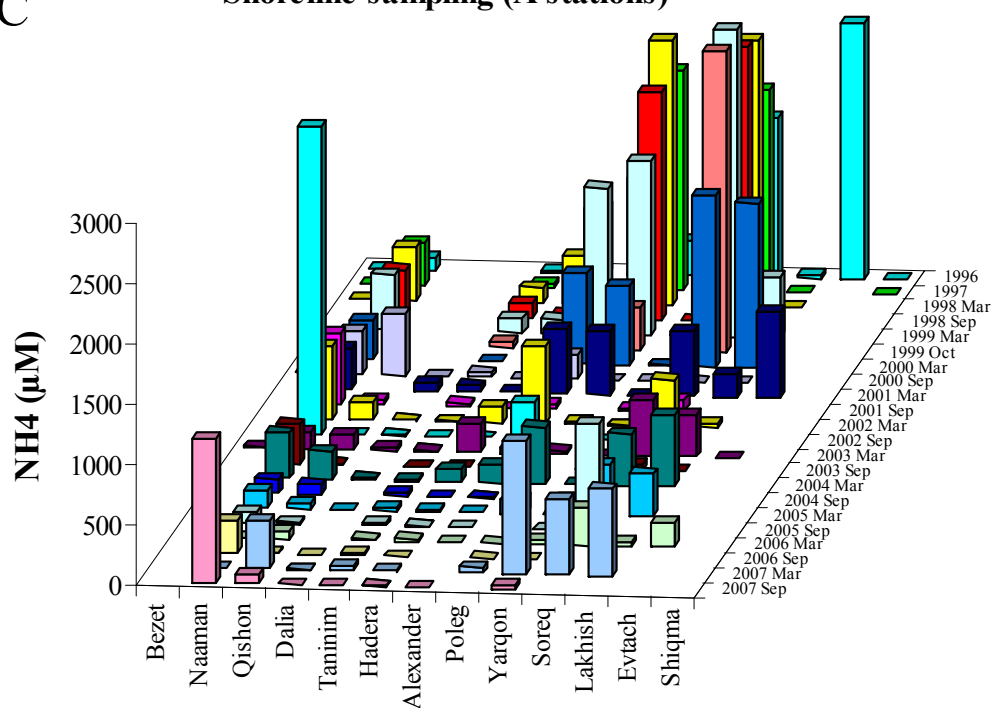
50 m from shoreline (B stations) or more



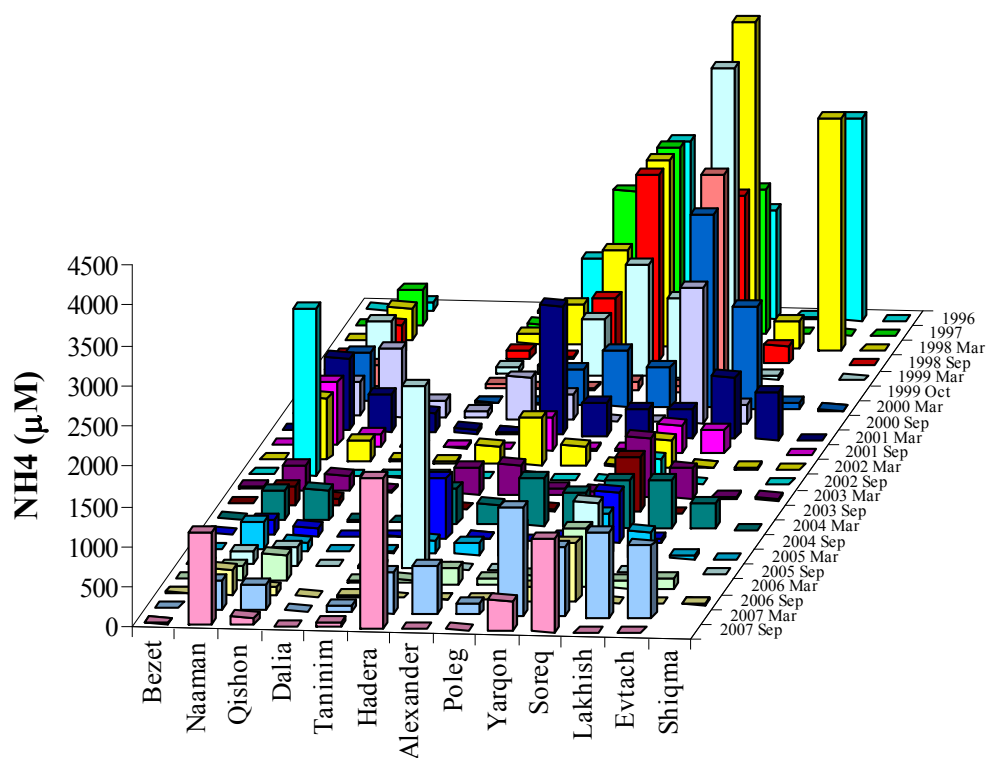
איור 28 : המשך

C

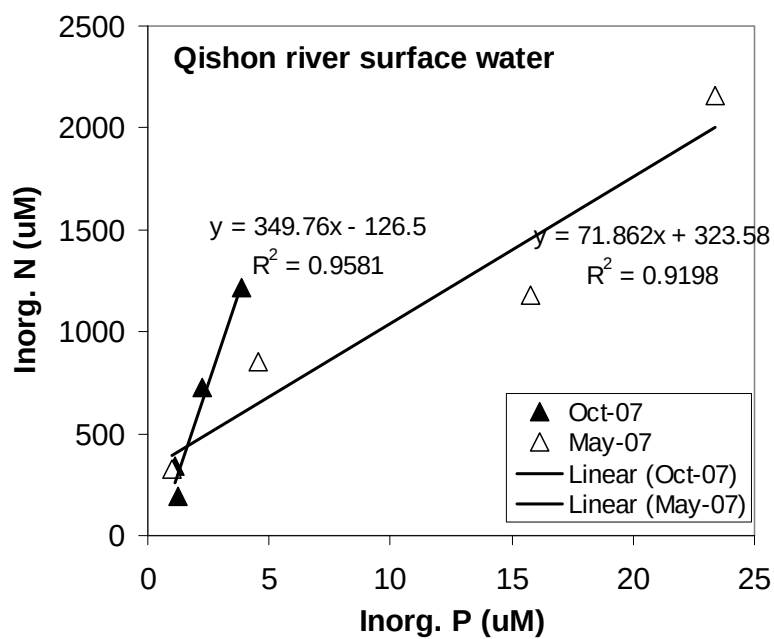
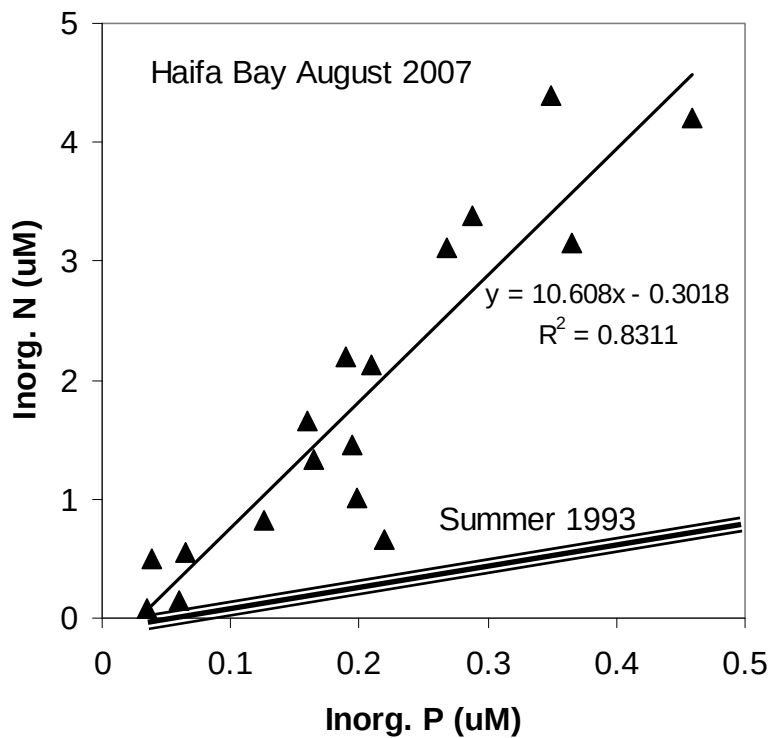
Shoreline sampling (A stations)



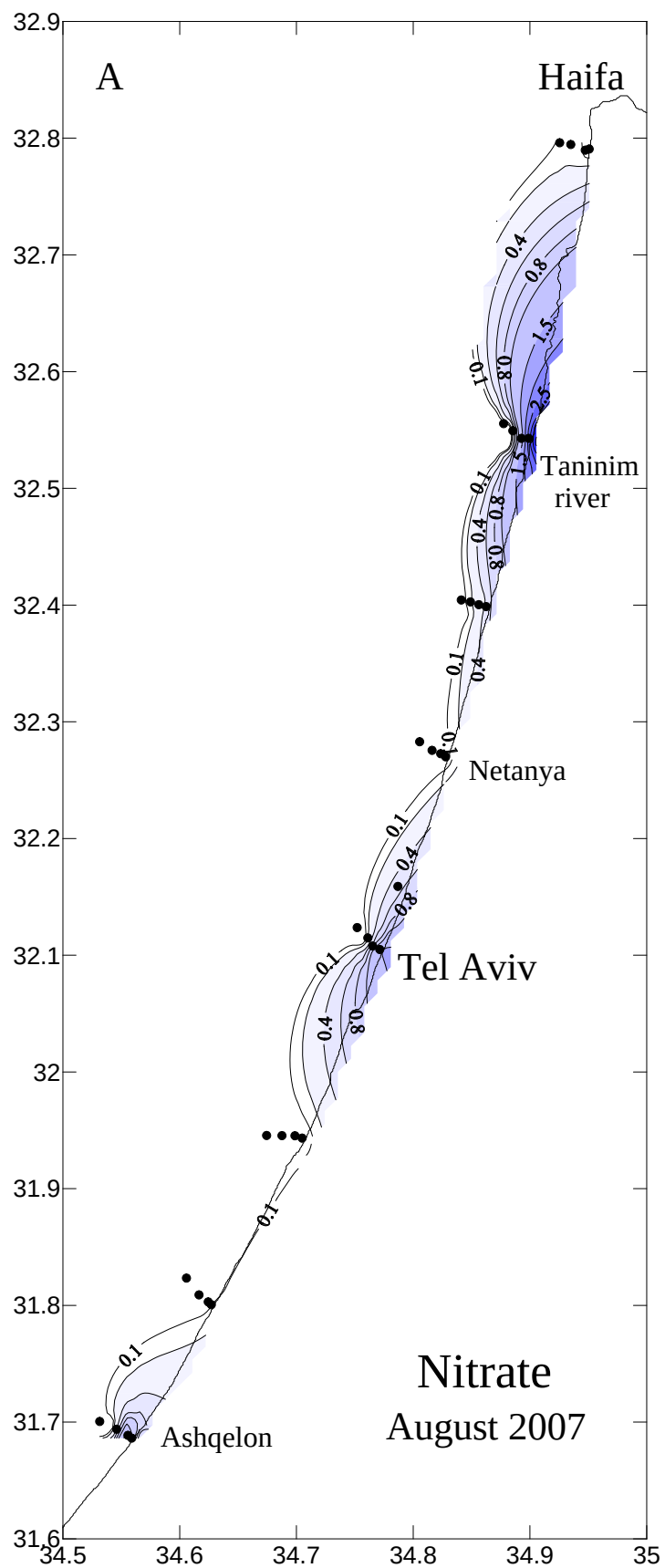
50 m from shoreline (B stations) or more



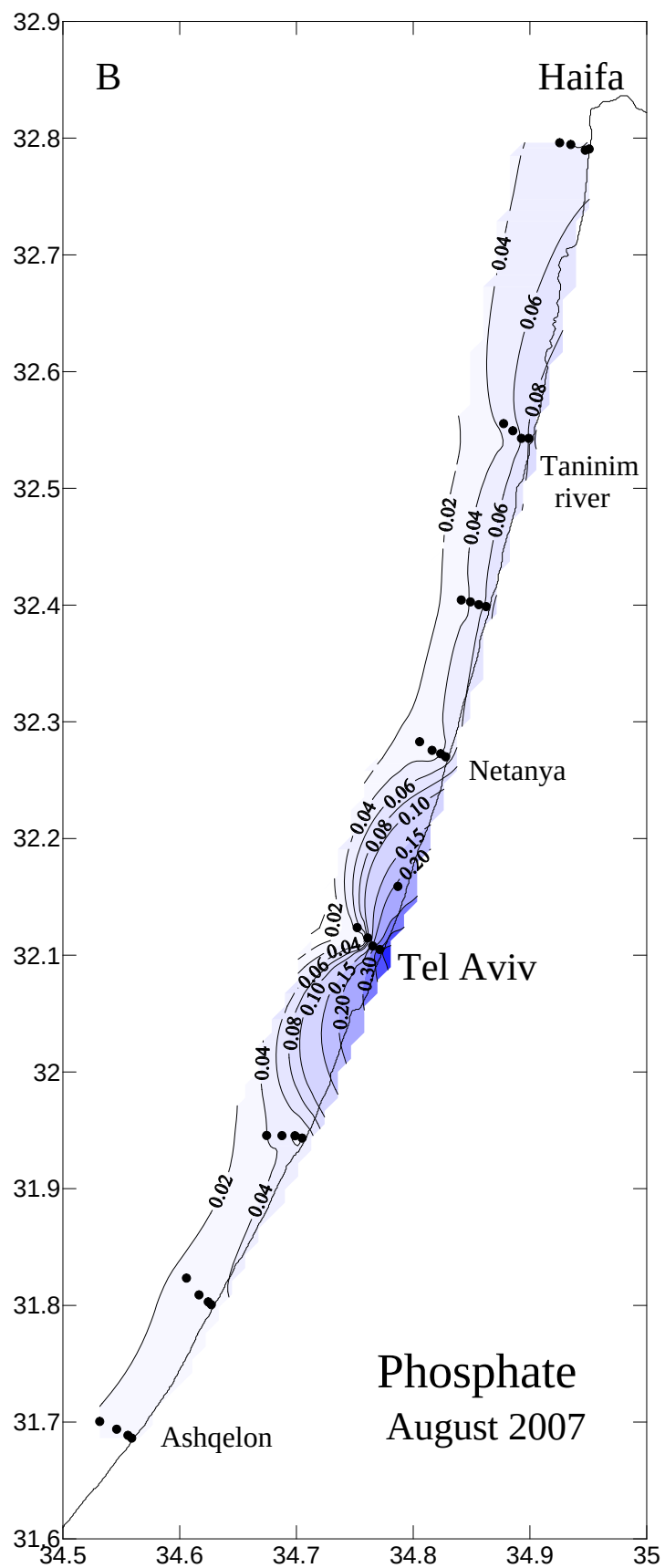
איור 28 : המשך

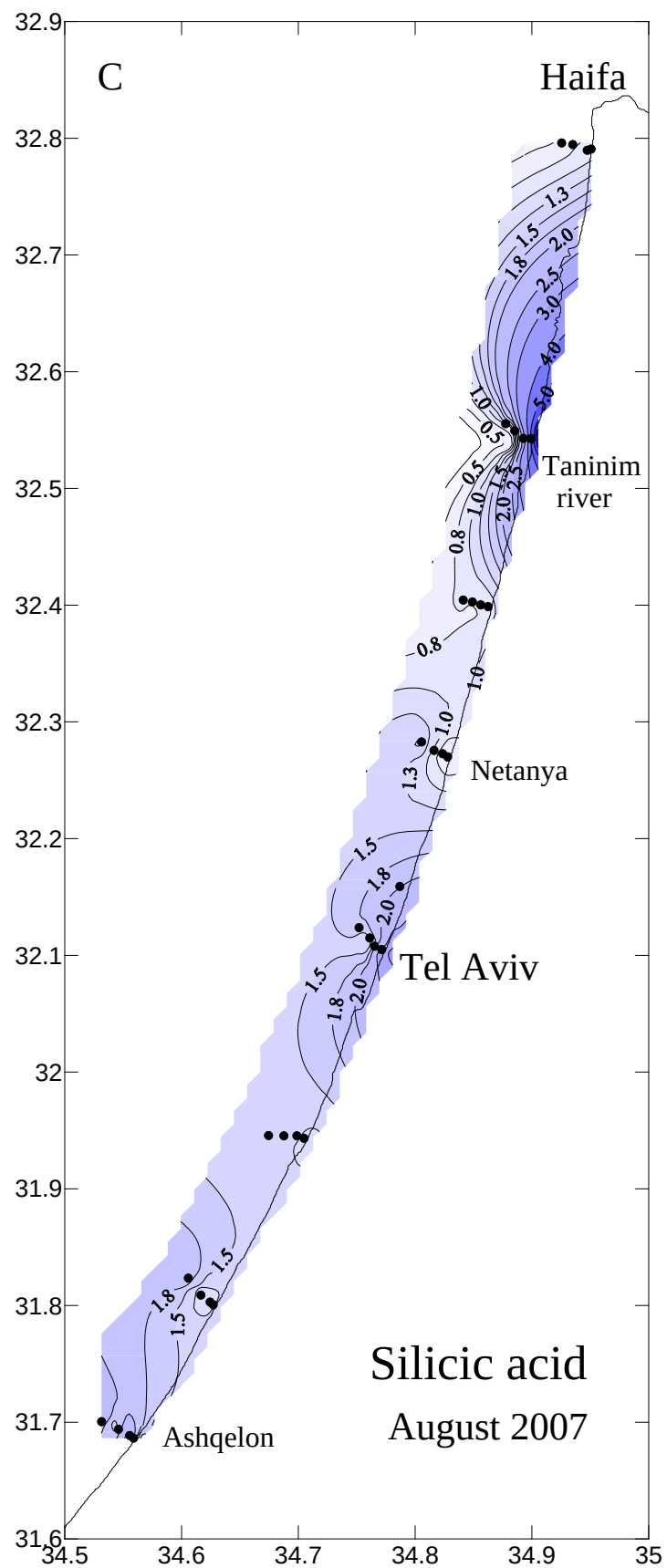


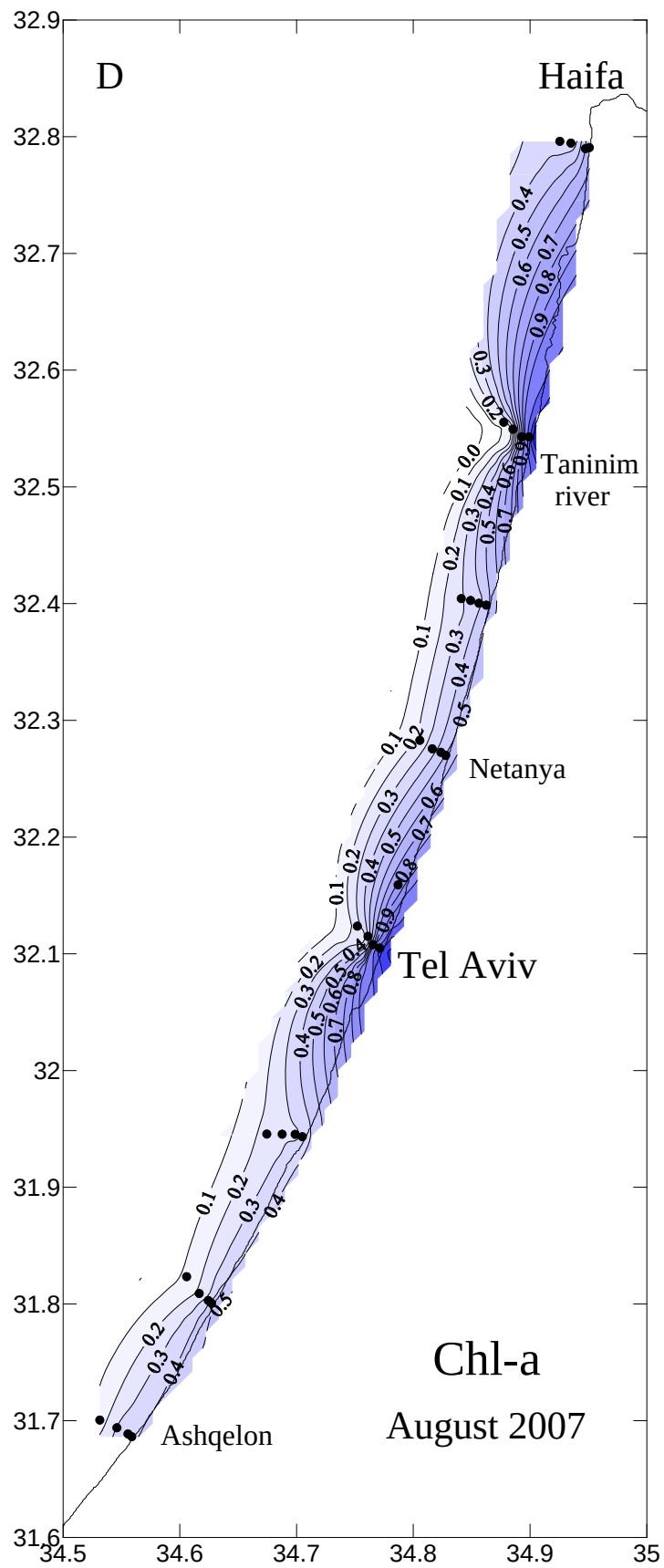
איור 29: הקשר בין ריכוזי חנקן אי-אורגני לריכוזי פוספאט במי מפרץ חיפה (אוגוסט 2007) ובמי שטח בנחל הקישון (מאי ואוקטובר 2007). בגרף העליון מוצג קו המייצג את יחסי חנקן/זרחן בשנות ה-90.



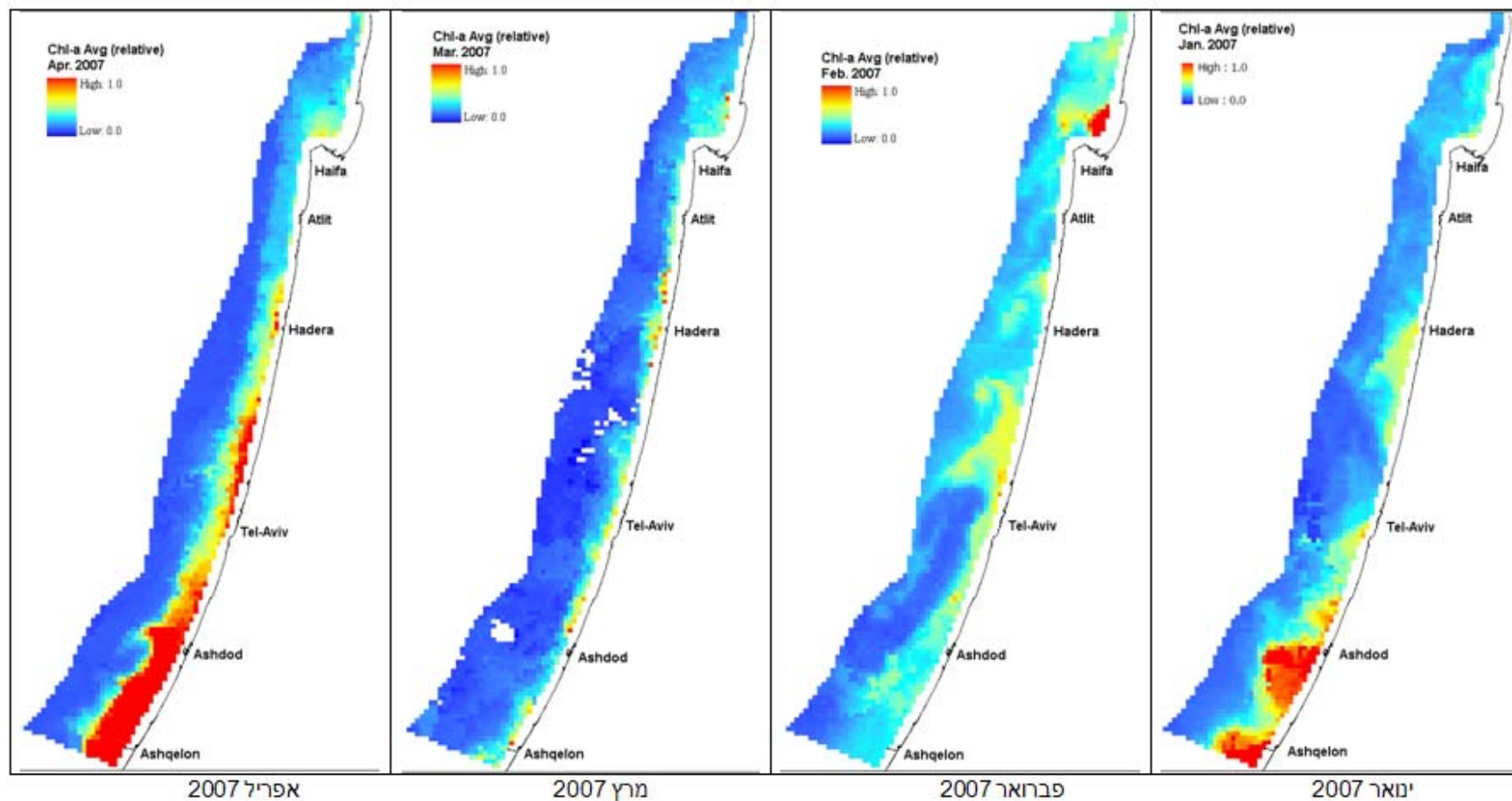
איור 30 : ריכוזי נוטריאנטים (μM) – ניטראט (A), פוספאט (B), חומצה סיליצית (C) וכלורופיל a (D) במי שטח באזור הרדוד (עד עומק מים 30 מ') של מימי החופין בחודש אוגוסט 2007.



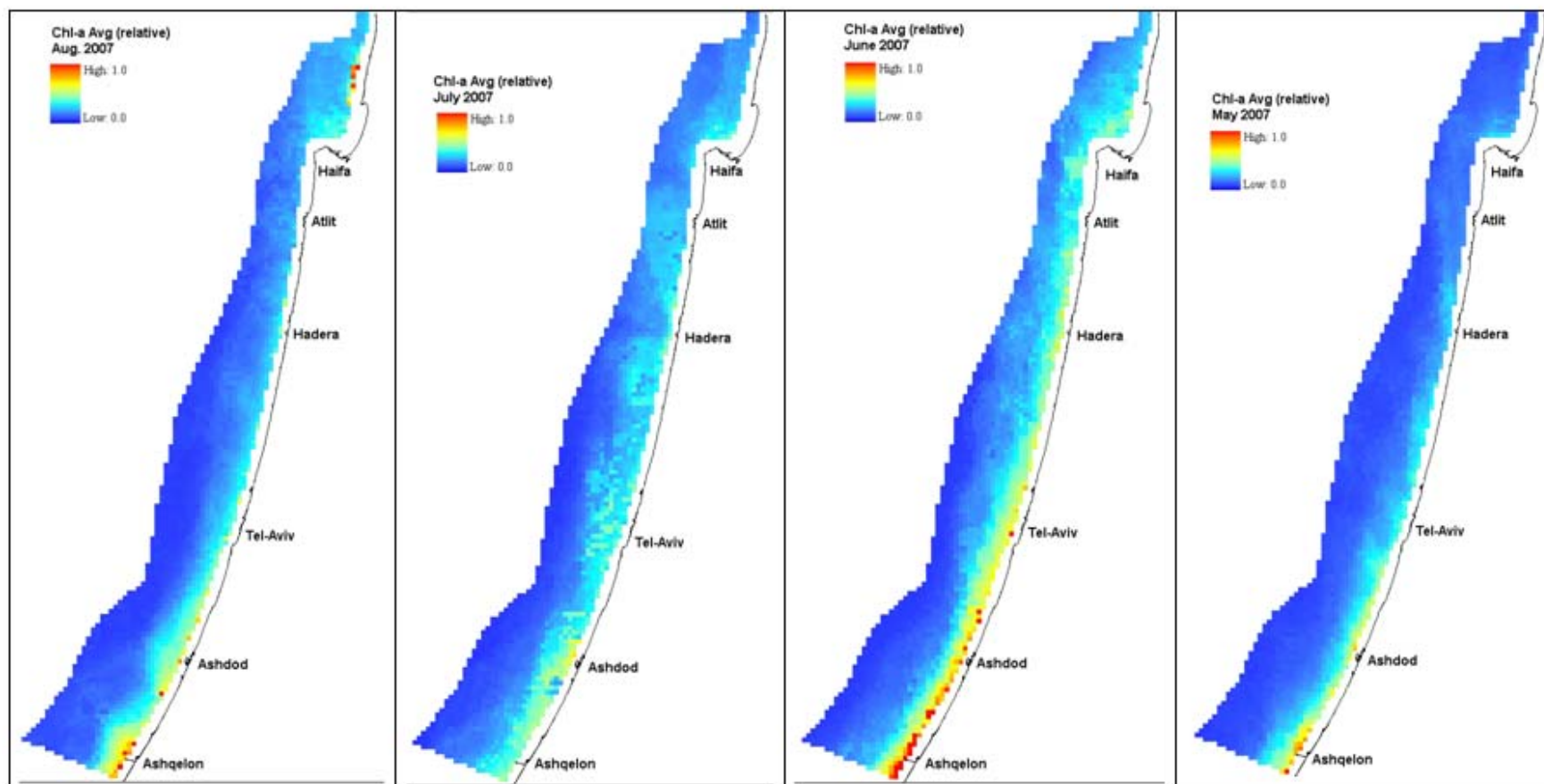




התפלגות ממוצע חודשי של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשתי (2 ק"מ מהחוף עד עומק מים 200 מטר) מאנליזה של צילומי לוויין MODIS



איור 31 : ממוצע חודשי של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשתי (עומק מים 0-200 מטר) כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין MODIS במערכת ה-SISCAL



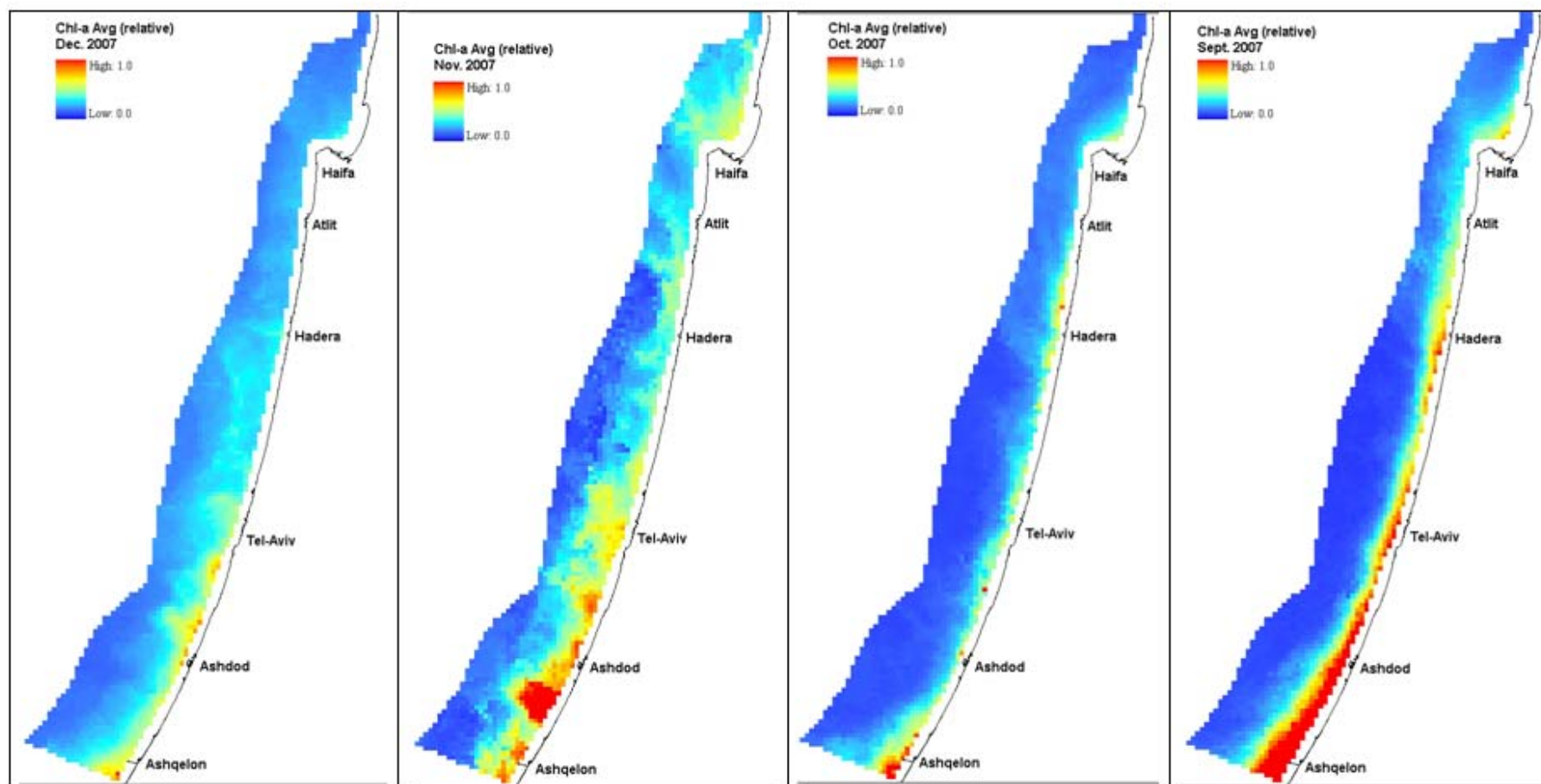
אוגוסט 2007

יולי 2007

יוני 2007

מאי 2007

איור 31: המשך



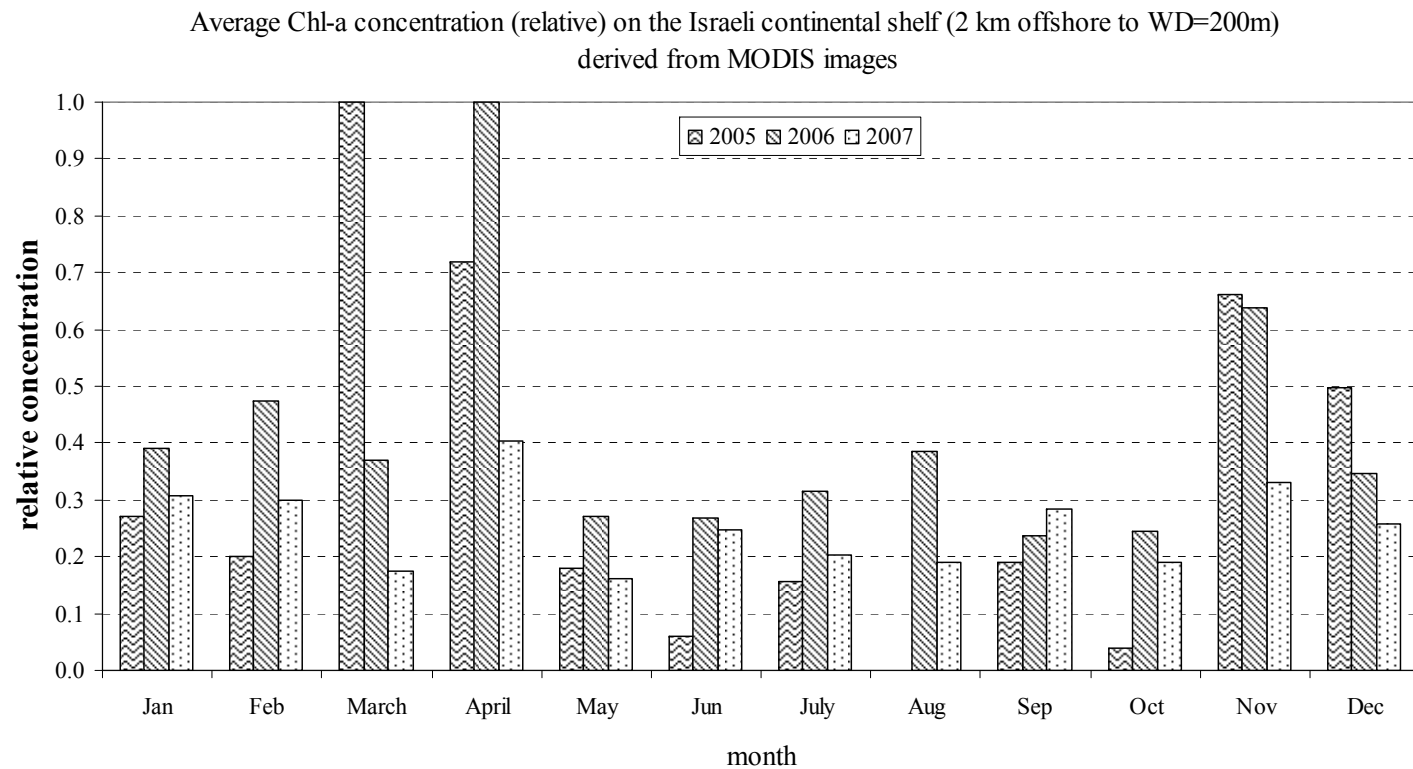
דצמבר 2007

נובמבר 2007

אוקטובר 2007

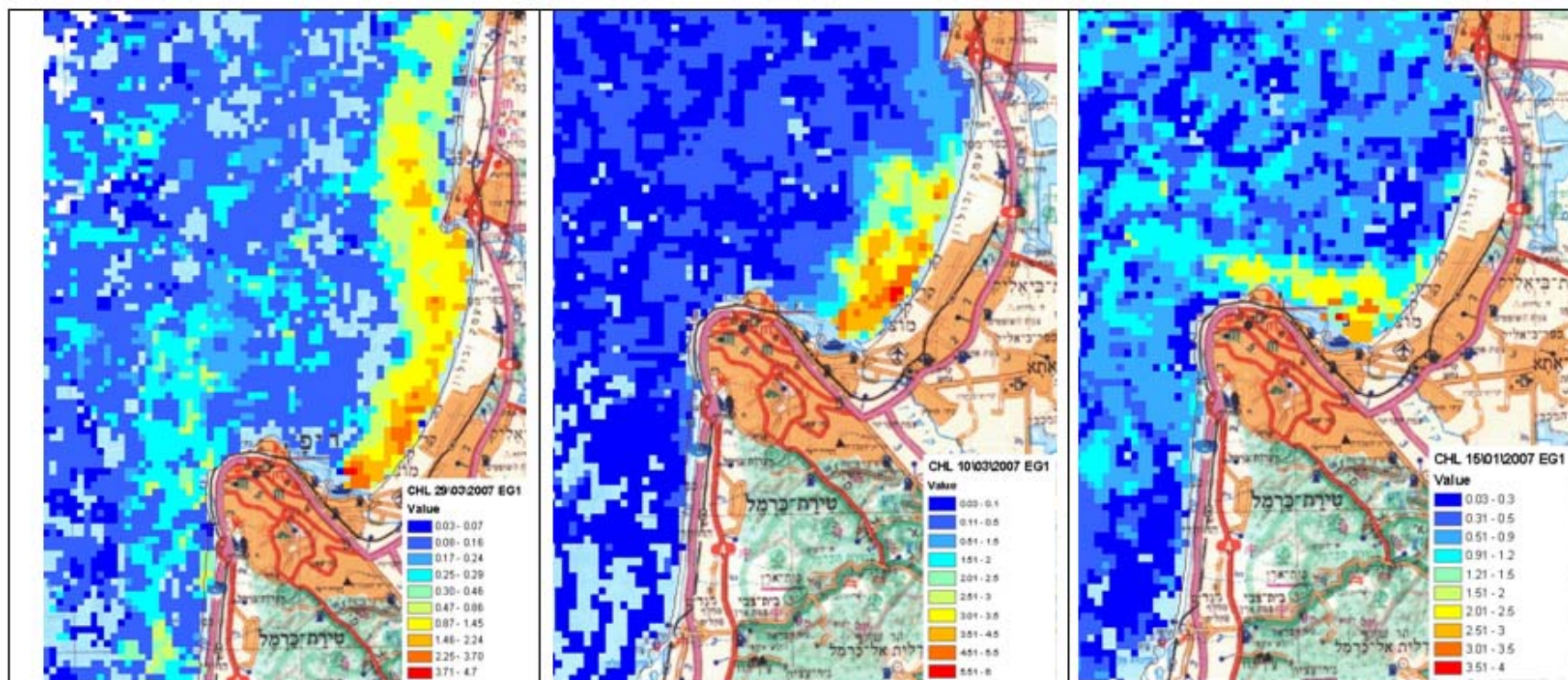
ספטמבר 2007

איור 31 : המשך



איור 32 : ממוצע חודשי של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשת (עומק מים 0-200 מטר) בשנים 2005-2007, כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין MODIS במערכת ה-SISCAL

מיפוי של ריכוזי כלורופיל (לא מכויל) במוקדי זיהום (point source) במפרץ חיפה באמצעות אנליזה של צילומי לוויין MERIS FR



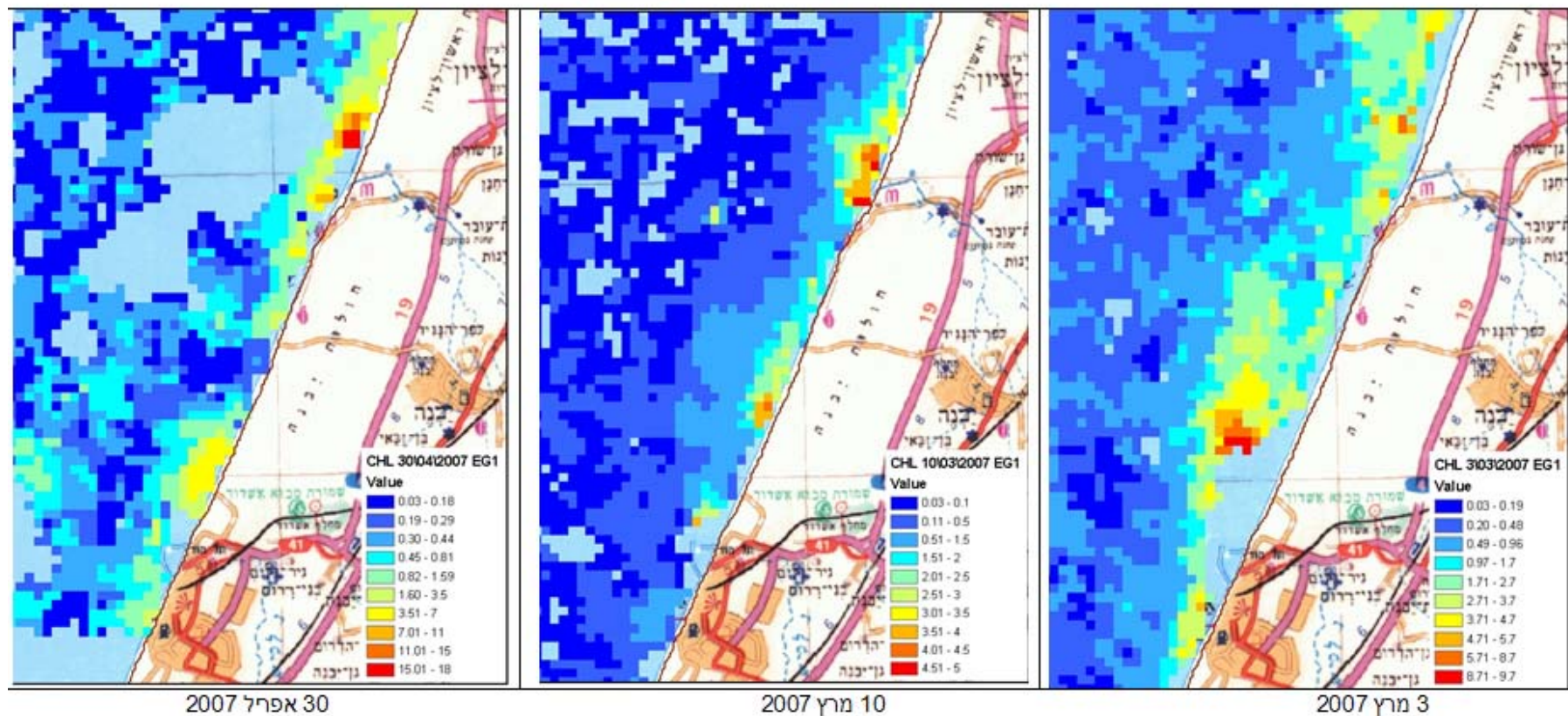
29 מרץ 2007

10 מרץ 2007

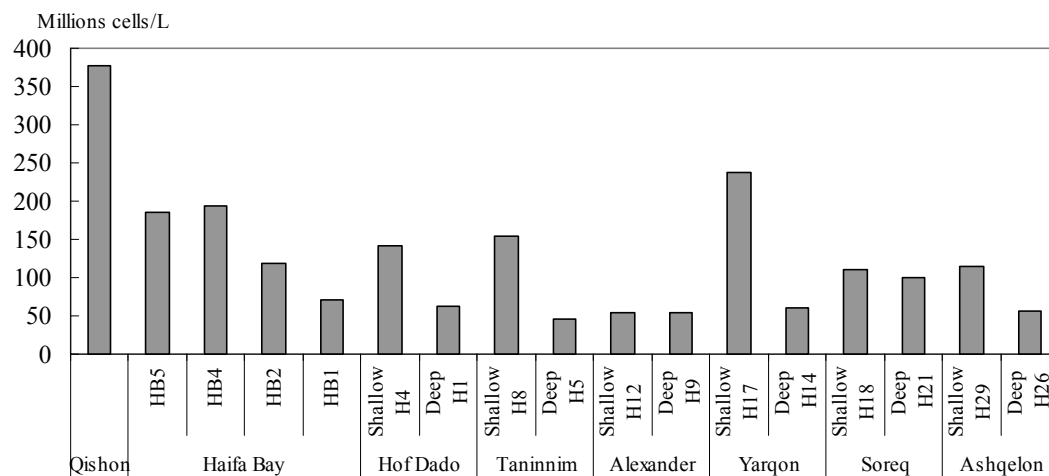
15 ינואר 2007

איור 33 : השפעת שפך נחל הקישון ושפך נחל הנעמן על ריכוזי הכלורופיל (ערכים יחסיים) במפרץ חיפה (עד כ-7 ק"מ מערבה). האנליזה נעשתה על צילום לוויין מסוג MERIS FR (רזולוציה 300 מטר) בחודשים ינואר ומרץ 2007.

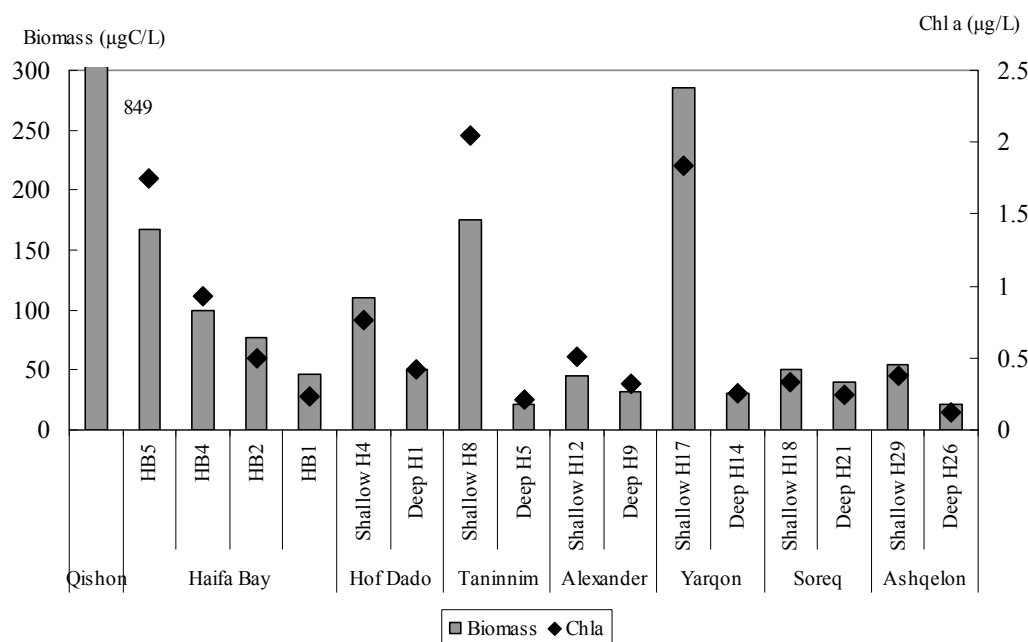
מיפוי של ריכוזי כלורופיל (לא מכויל) במוקדי זיהום (point source) באזור אשדוד/פלמחים באמצעות אנליזה של צילומי לוויין MERIS FR



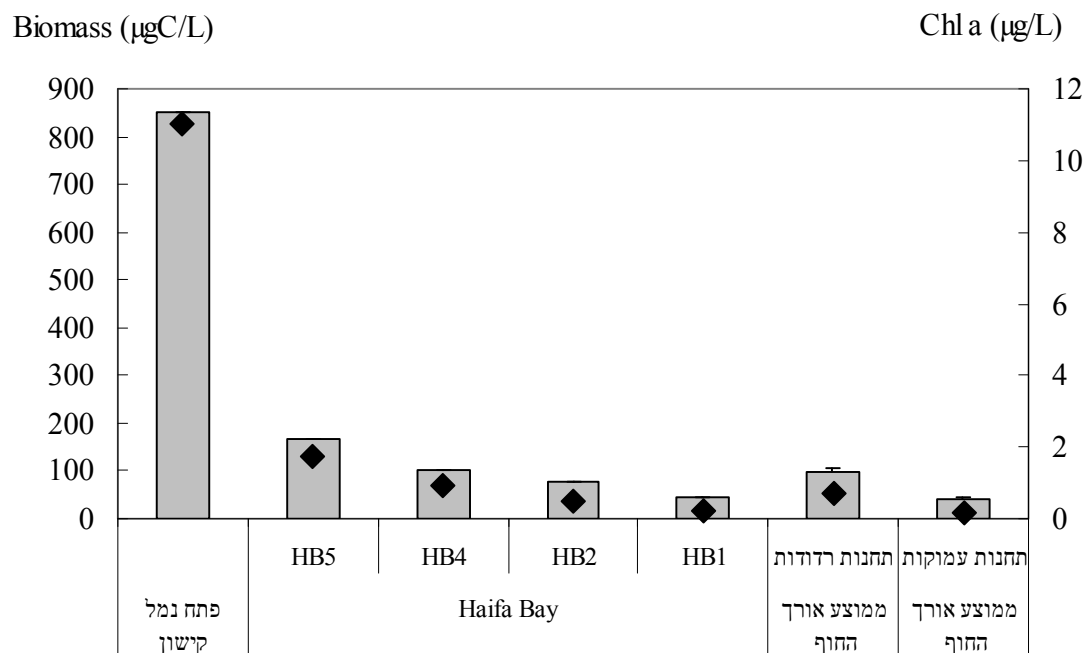
איור 34: ריכוזי הכלורופיל (ערכים יחסיים) באזור אשדוד-פלמחים. האנליזה נעשתה על צילום לוויין מסוג MERIS FR (רזולוציה 300 מטר) בחודשים מרץ ואפריל 2007.



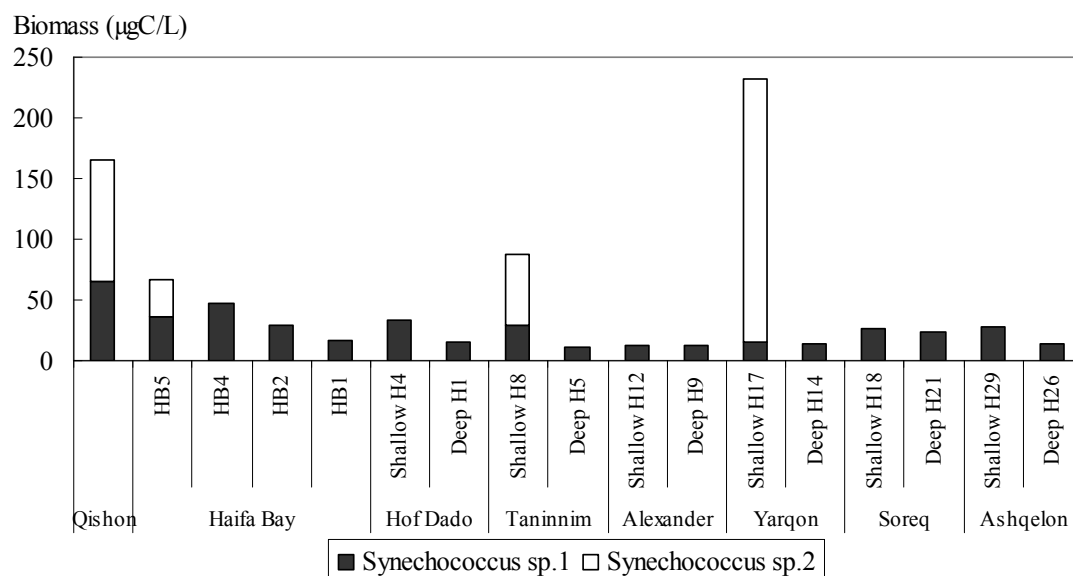
איור 35: התפלגות ריכוז כלל תאי המיקרואצות, במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2007



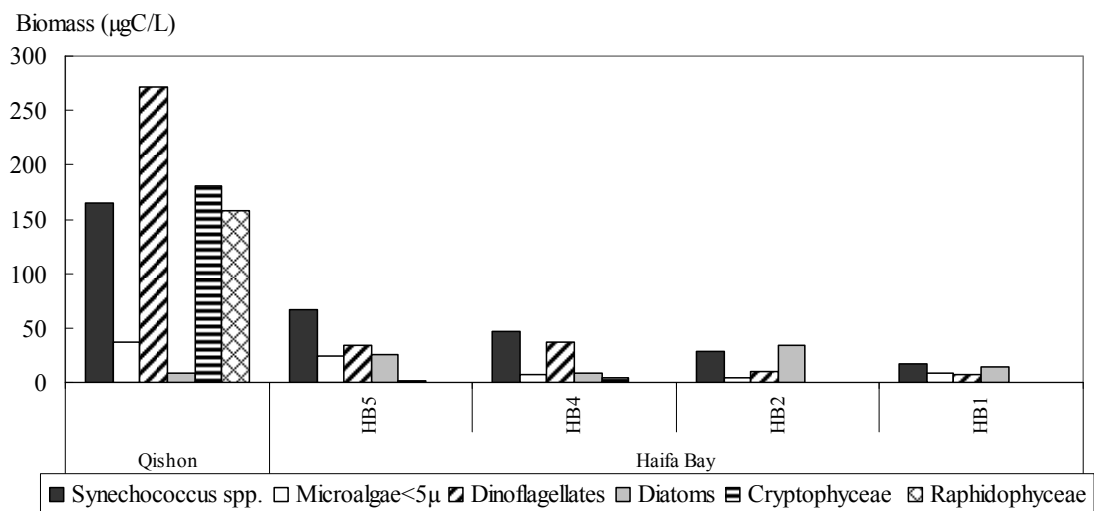
איור 36: התפלגות הביומסה הכללית וריכוזי הכלורופיל במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2007



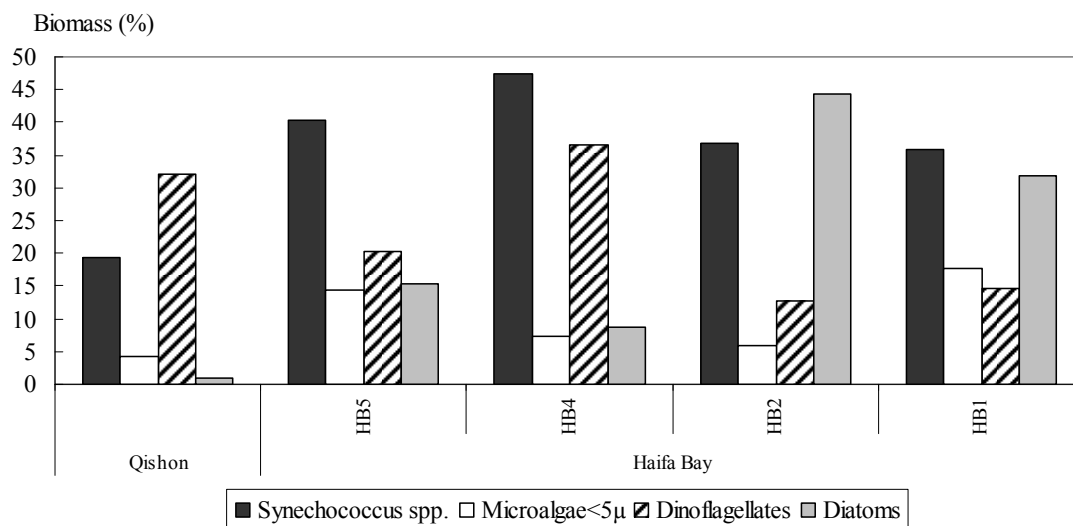
איור 37: התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון וריכוז הכלורופיל בתחנות במפרץ חיפה באוגוסט 2007, כולל תחנת פתח הקישון בהשוואה עם ממוצעי התחנות הרדודות והעמוקות לאורך החוף באוגוסט 2007.



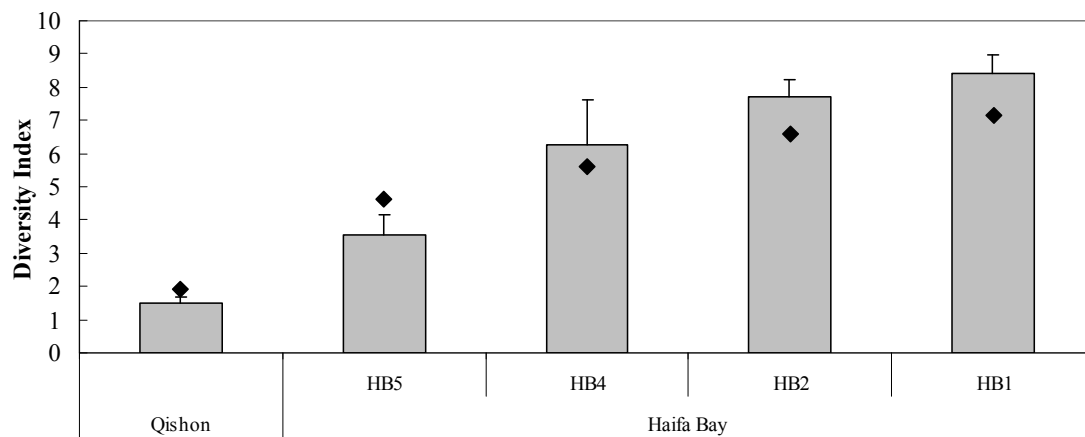
איור 38: התפלגות ביומסת שני מיני הכחוליות החד תאיות במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2007



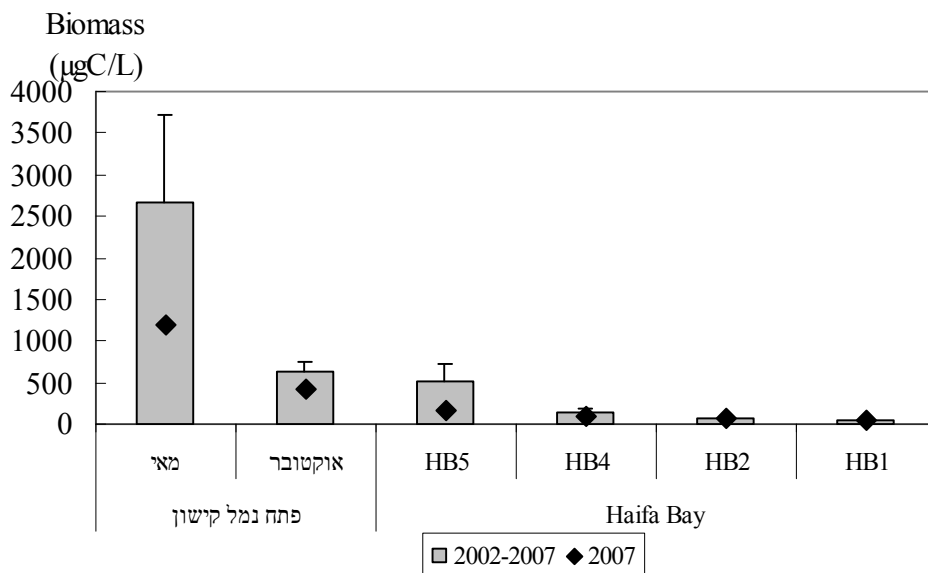
איור 39: התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון מהקבוצות השונות במפרץ חיפה באוגוסט 2007



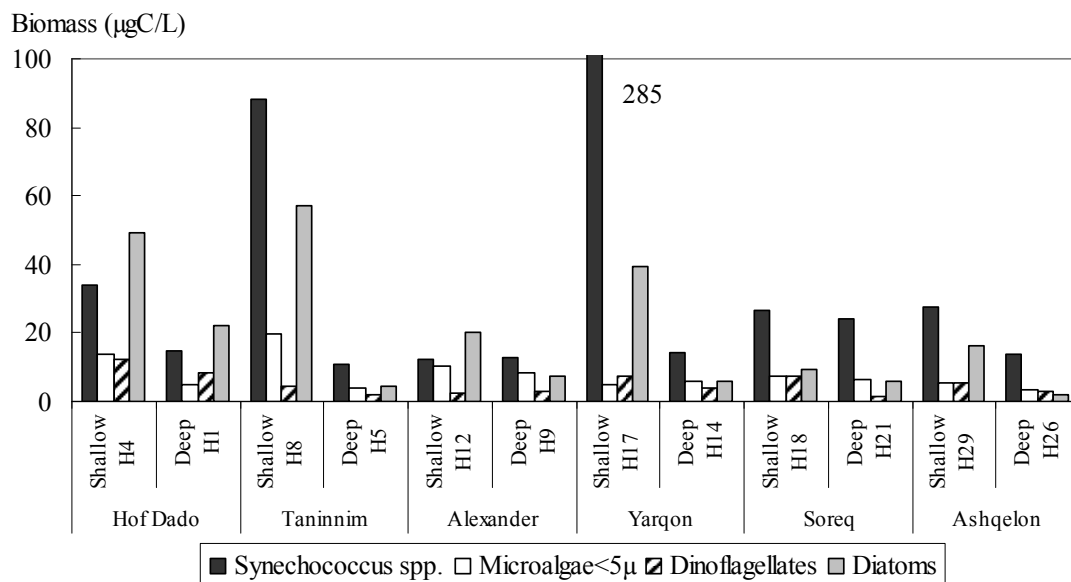
איור 40: התפלגות באחוזים של ביומסת תאי המיקרופלנקטון מהקבוצות השונות במפרץ חיפה באוגוסט 2007.



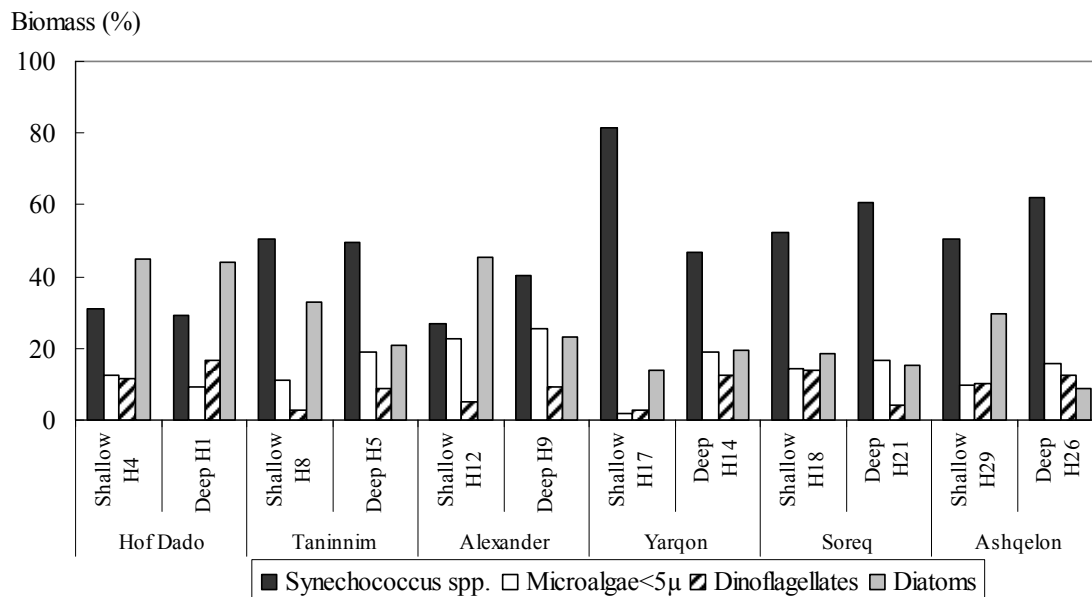
איור 41: השינויים בממוצע מגוון מיני המיקרואצות במפרץ חיפה בשנים 2002-2007 בהשוואה עם ערכי אינדקס השונות של שנת 2007. אינדקס השונות (Diversity Index) מחושב כמספר המינים מחולק בשורש הריבועי של הבימסה.



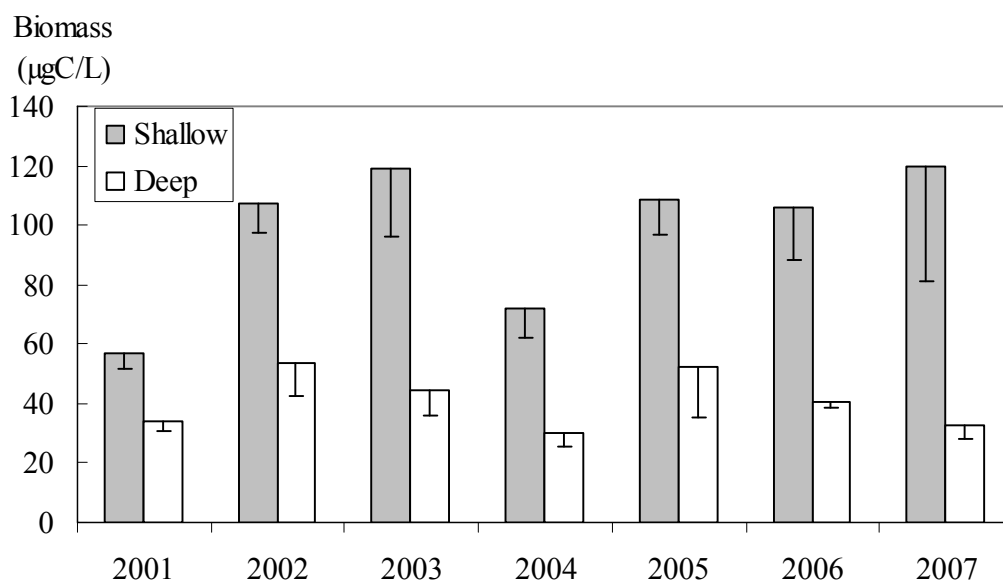
איור 42: ביומסה ממוצעת של המיקרופלנקטון במי שטח במפרץ חיפה ובפתח הקישון (שנים 2002-2007) בהשוואה ל- 2007



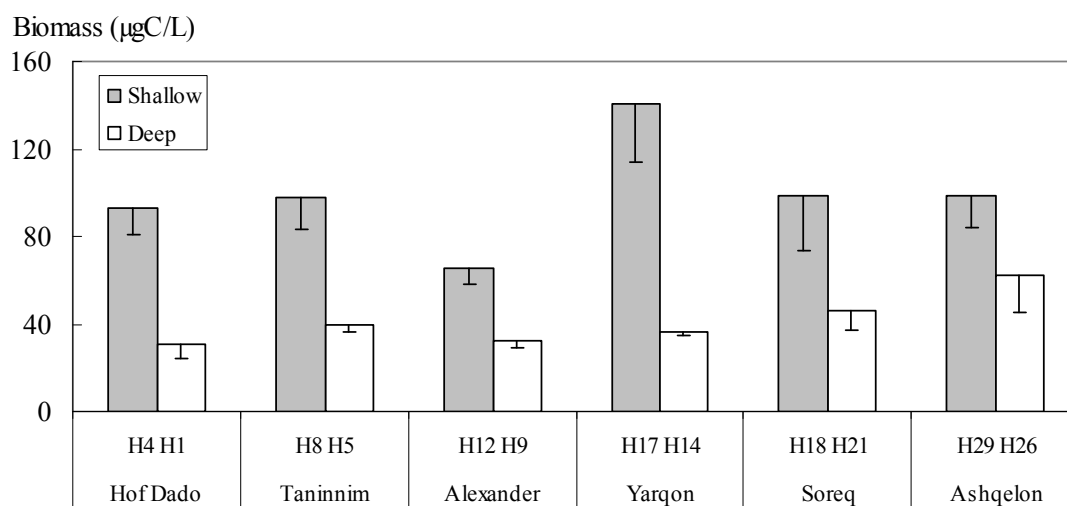
איור 43: התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון מהקבוצות השונות לאורך החוף באוגוסט 2007 (ערך ביומסת הכחוליות החד תאיות בירקון מצויין ליד העמודה)



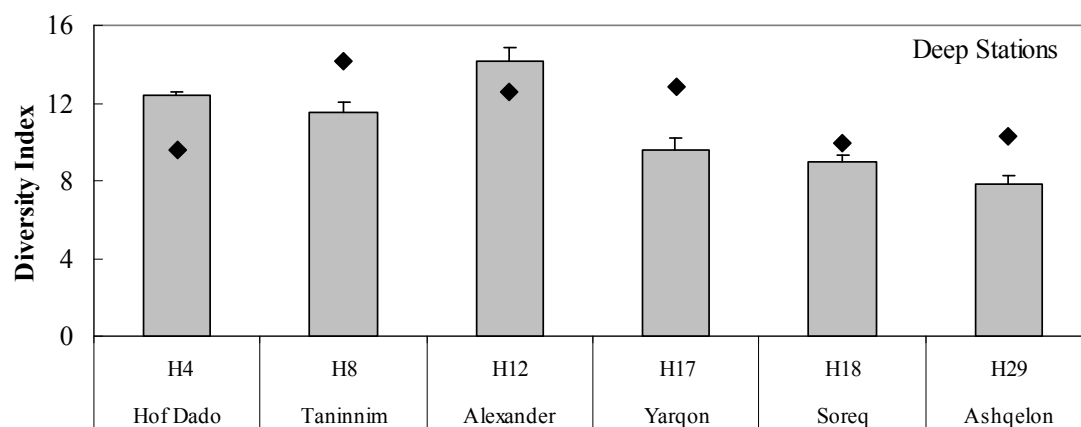
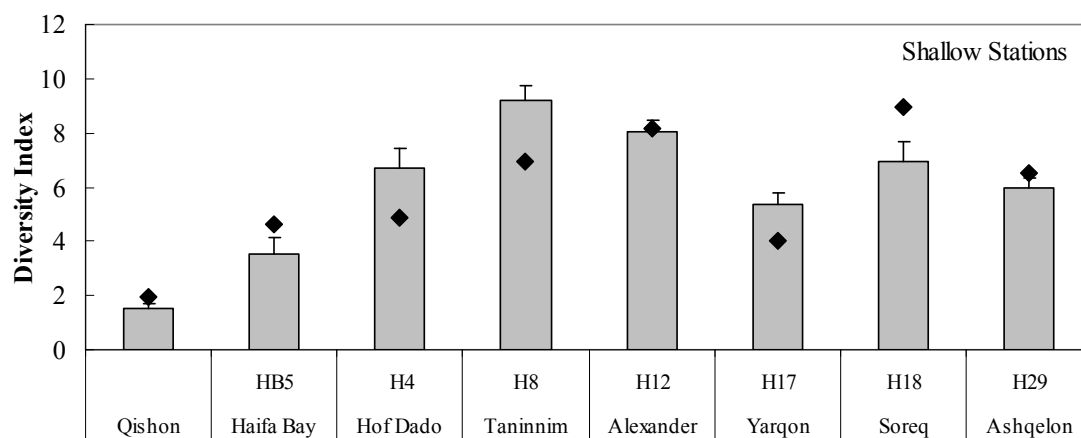
איור 44: התפלגות באחוזים של הביומסה הכללית בתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2007



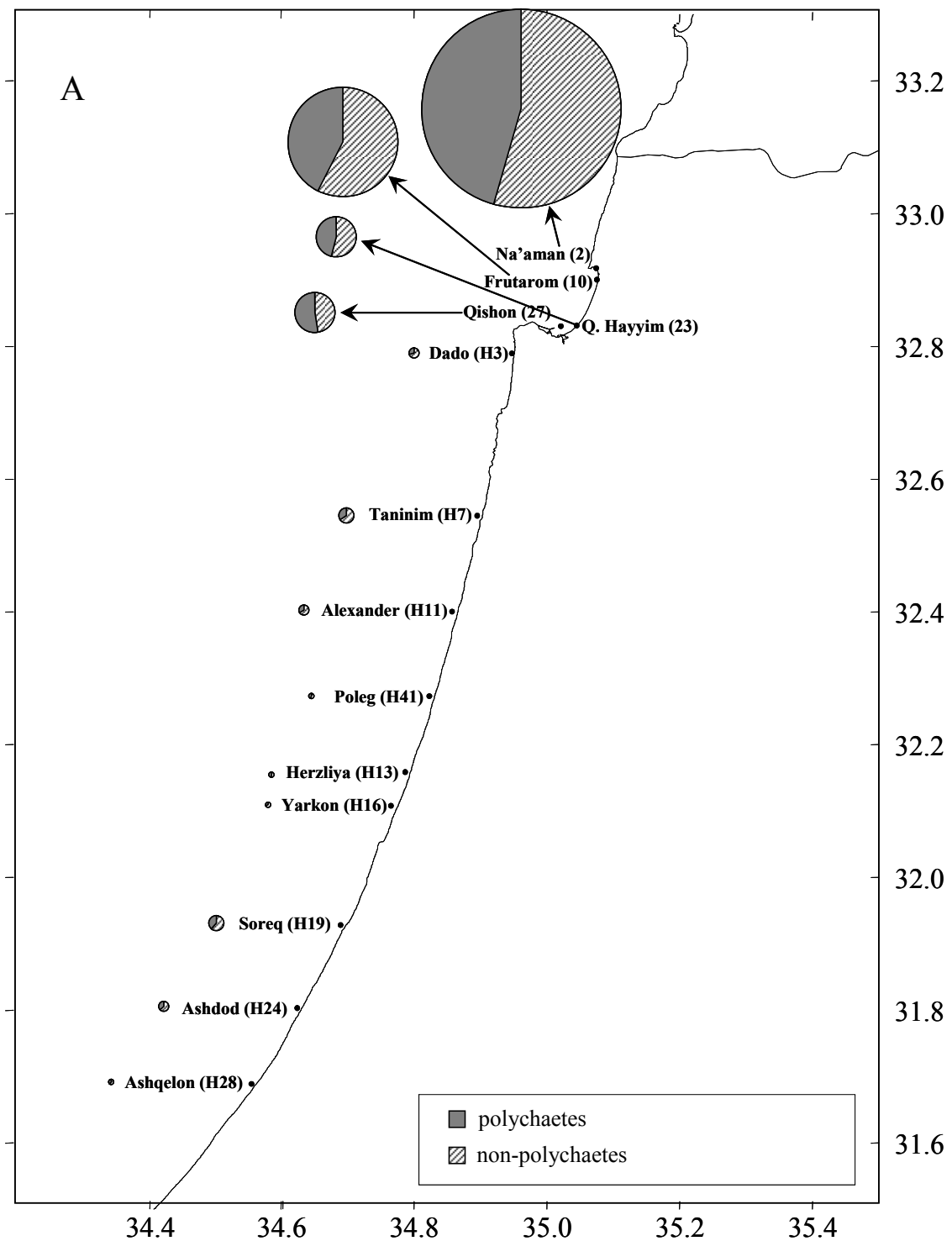
איור 45: התפלגות ממוצעת שנתית של ביומסת המיקרופלנקטון במי שטח בתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') בשנים 2001-2007



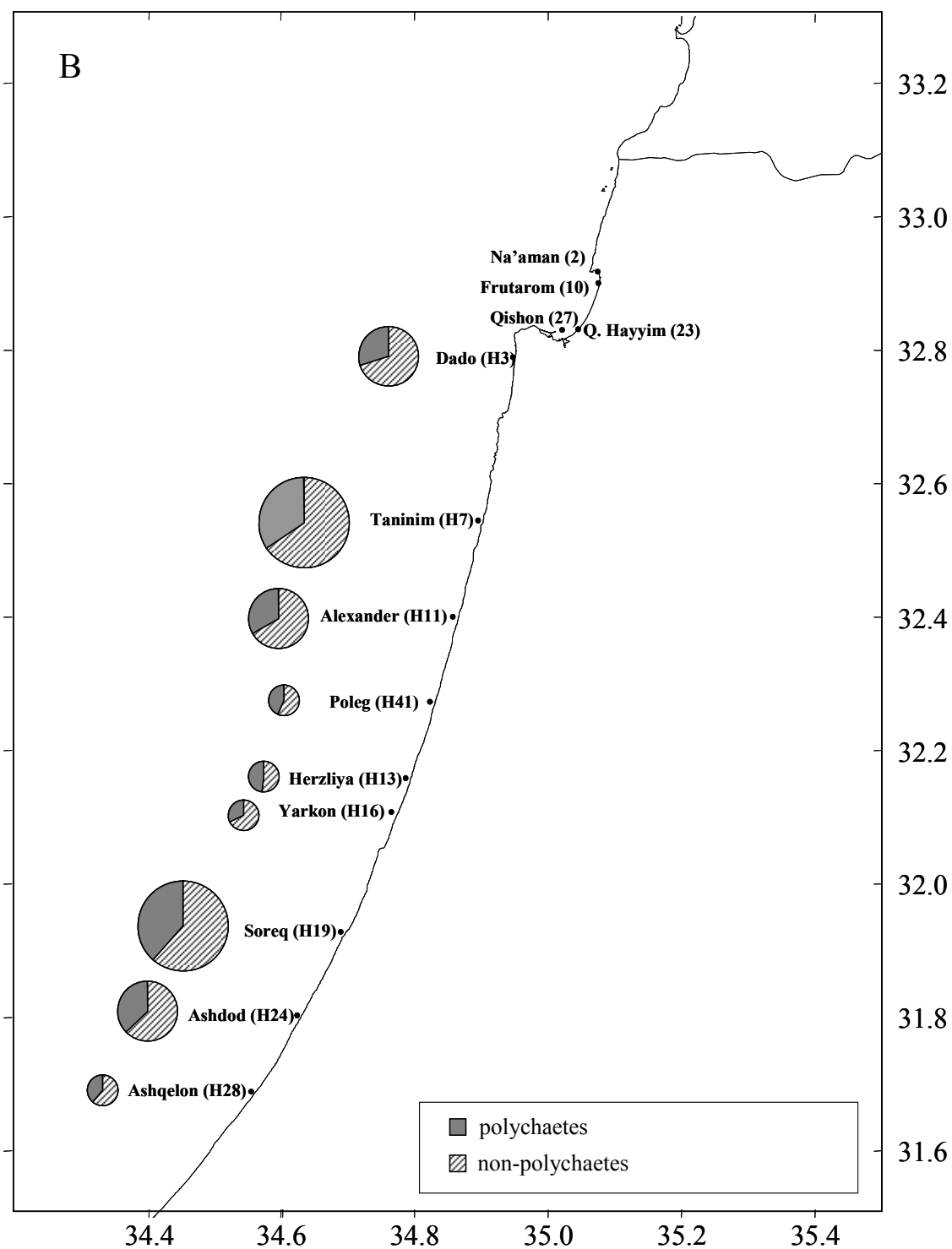
איור 46: התפלגות ממוצעת (שנים 2001-2007) לפי תחנות של ביומסת המיקרופלנקטון במי שטח לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ').



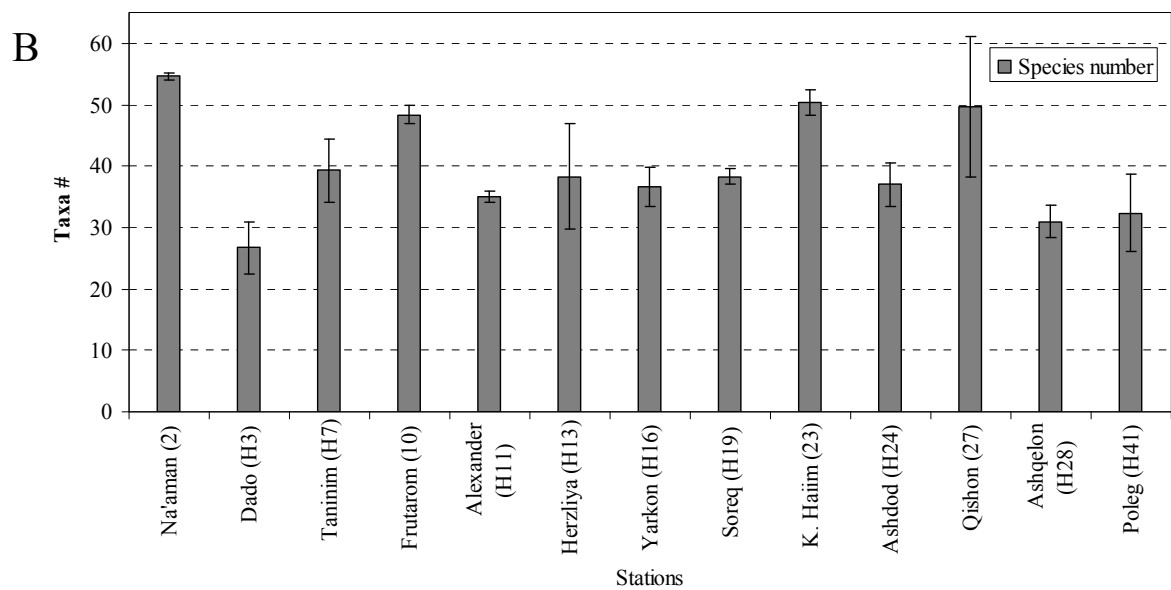
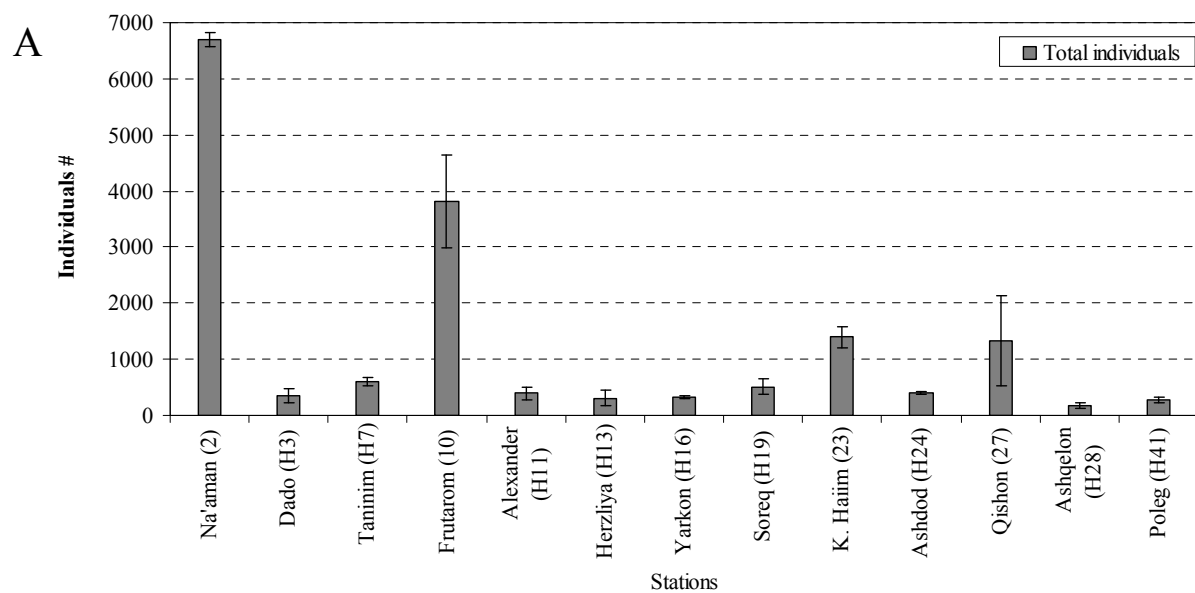
איור 47: השינויים בממוצע מגוון מיני המיקרואצות בתחנות הרדודות והעמוקות לאורך החוף ובמפרץ חיפה בשנים 2002-2007 בהשוואה עם ערכי אינדקס השונות של שנת 2007.



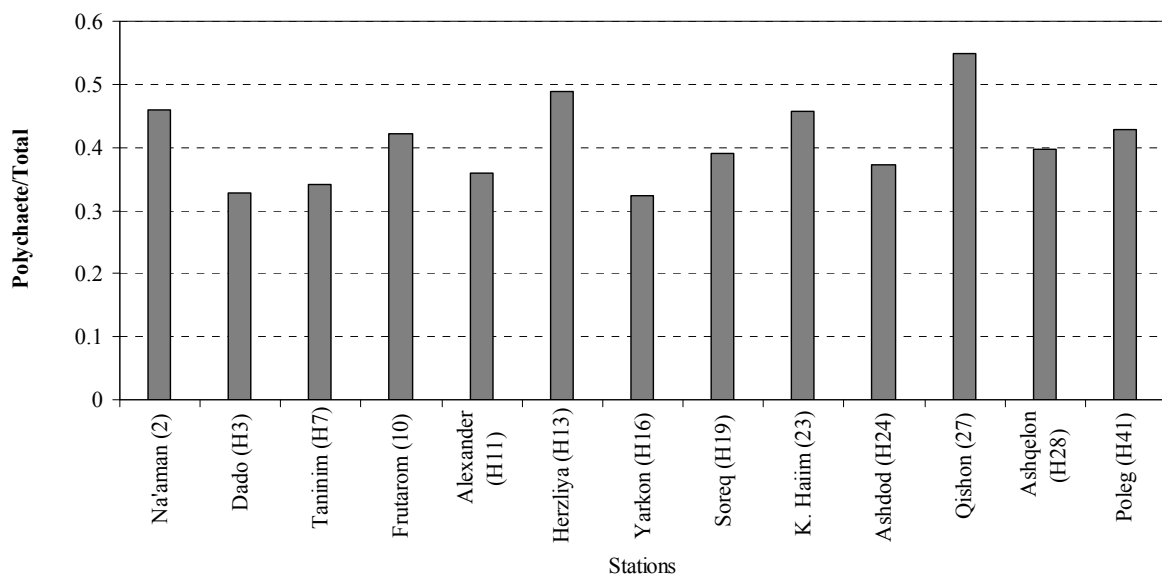
איור 48: מספר פרטים של תולעים רב-זיפיות ומספר כולל של פרטים בכל תחנות הניטור הלאומי (A). B מייצג את כל התחנות ללא מפרץ חיפה, בסקלה מוגדלת פי 6. אוגוסט 2007.



איור 48 : המשך

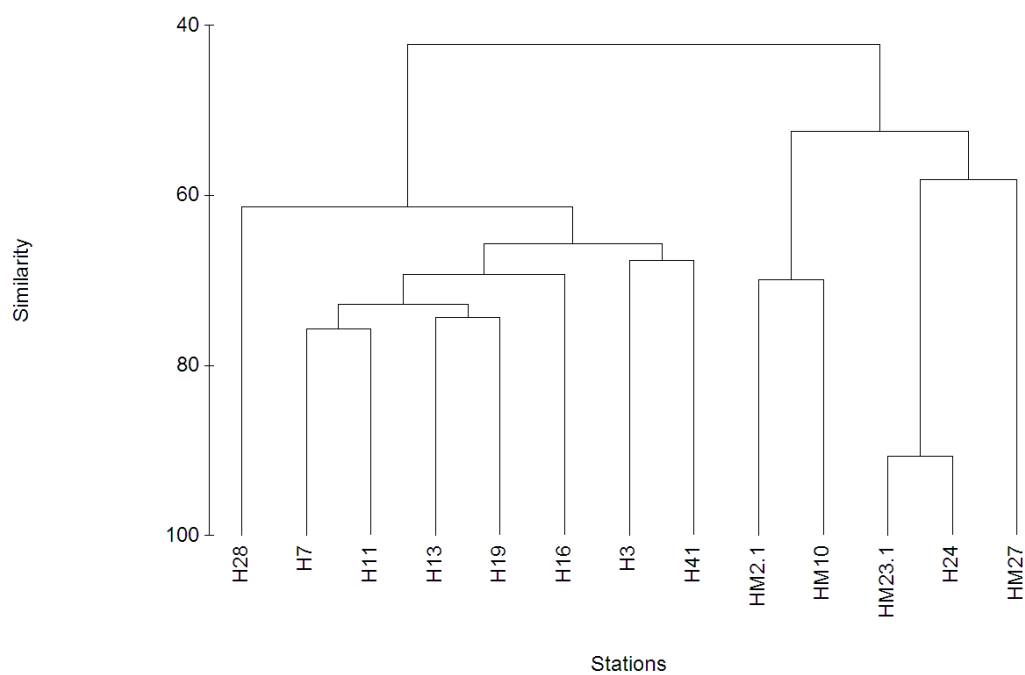


איור 49: מספר פרטים (A) ומספר מינים (B) שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2007.



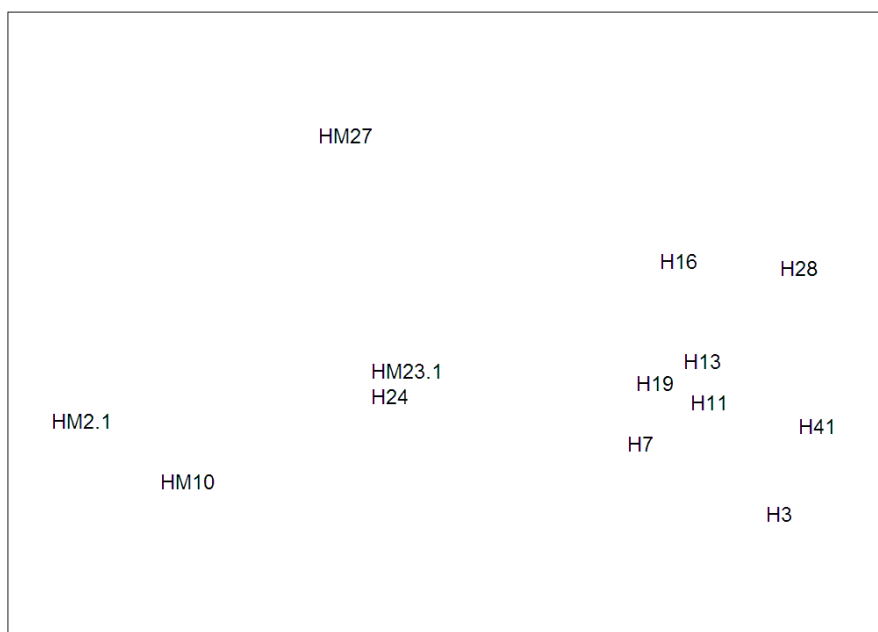
איור 50 : היחס בין מספר פרטי התולעים הרב זיפיות למספר הכולל של הפרטים שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2007.

National Monitoring - infauna , August - 2007

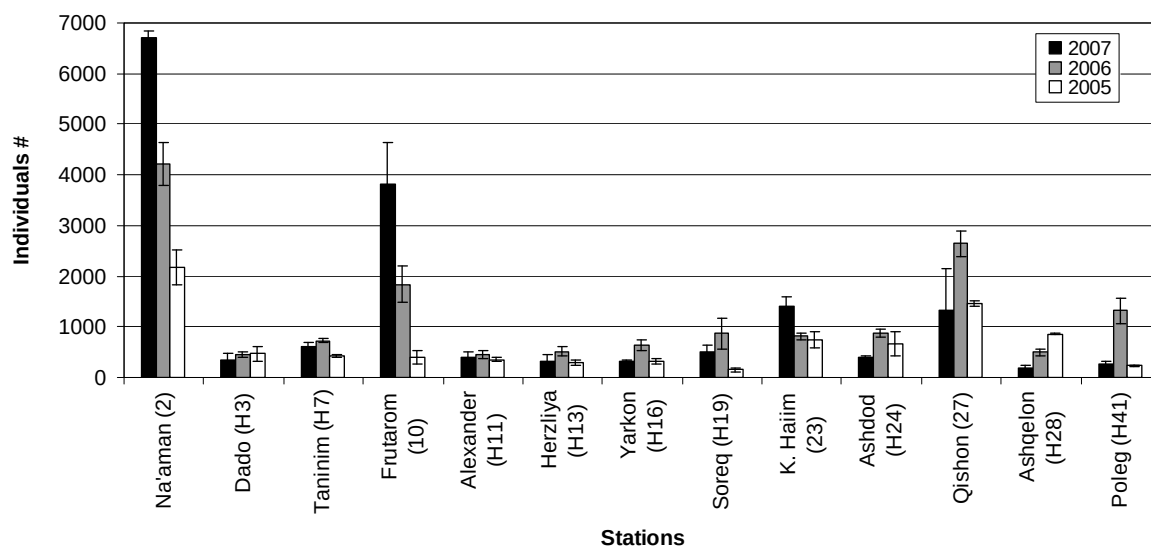


איור 51: אנליזה היררכיאלית (clustering) של דגימות חי תוך המצע בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2007.

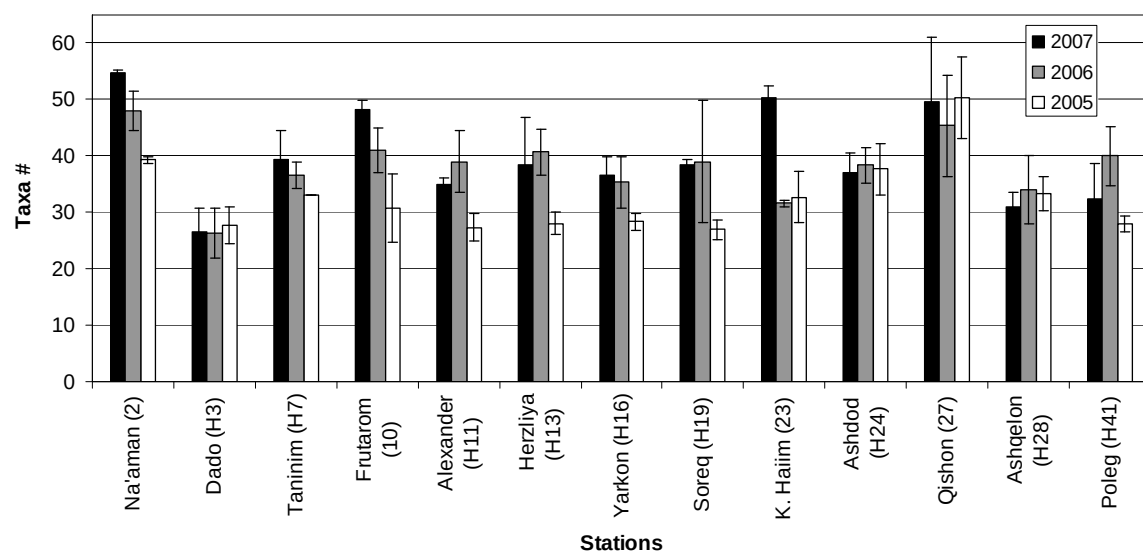
National Monitoring - infauna , August - 2007



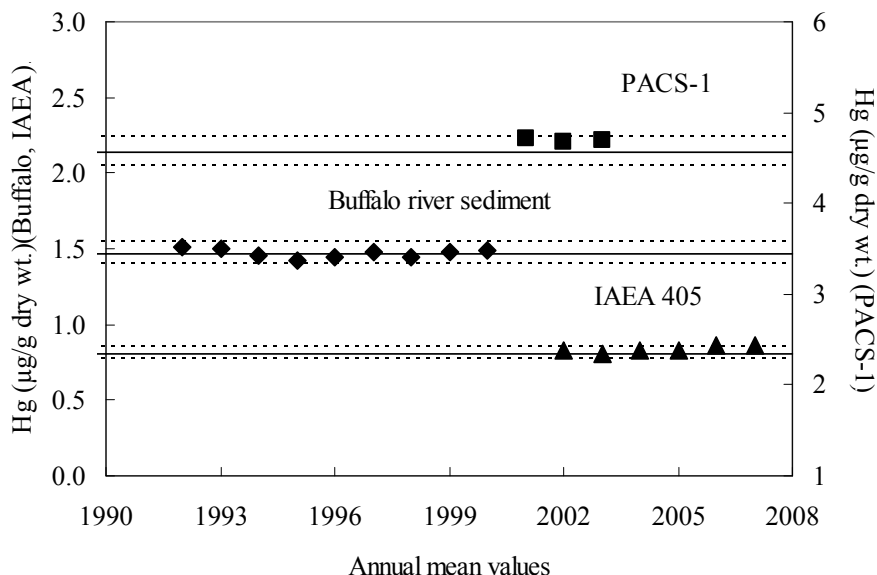
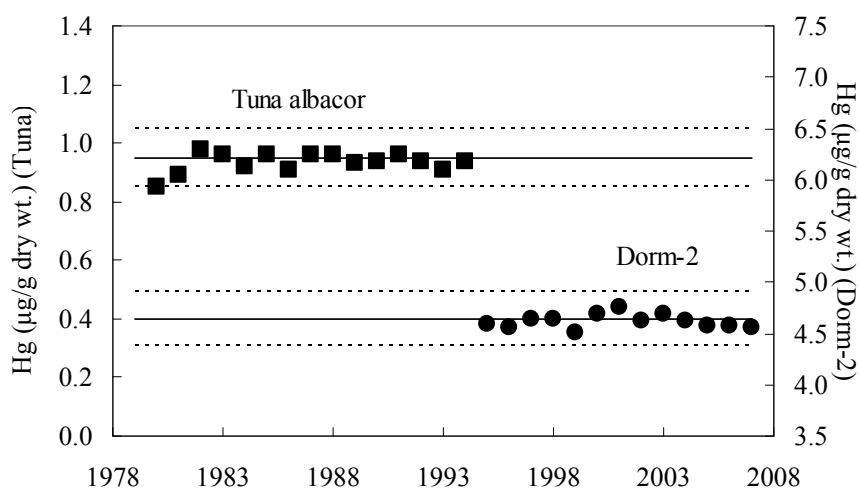
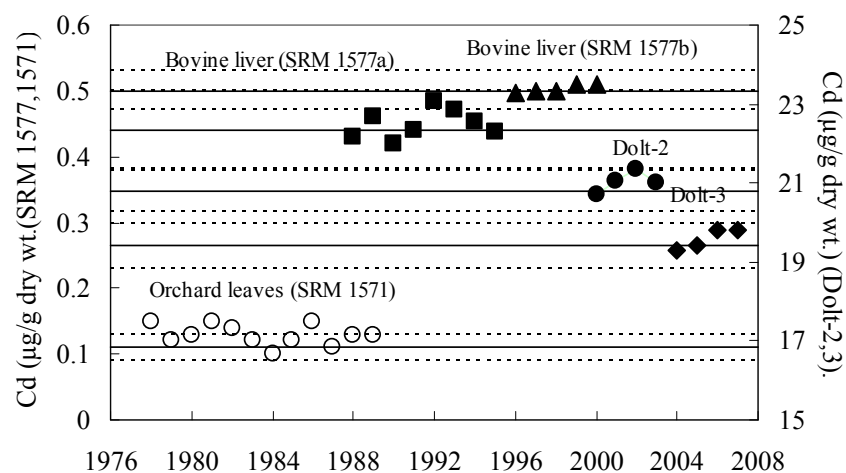
איור 52: אנליזה פסיקה (ordination) של דגימות חי תוך המצע בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2007.



איור 53 : מספר פרטים שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, בשנים 2005 - 2007.



איור 54 : מספר מינים שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי, בשנים 2005 - 2007.



איור 55: נתוני בקרת איכות לבדיקות קדמיות (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-2007. אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק (Anova+dunken).

Biota	Length (mm)		Hg		Cd		Cu		Zn	
<i>Donax sp.</i>										
HOT	29.9±3.60	a	0.033±0.016	a	bdl		1.06±0.047	a	10.54±4.59	a
QY	28.2±2.00	a	0.018±0.002	b	bdl		1.43±0.64	a	6.74±1.55	b
QH	23.8±1.60	b	0.018±0.005	b	bdl		1.27±0.29	a	11.25±1.24	a
MM	28.9±3.00	a	0.005±0.001	c	bdl		1.17±0.20	a	8.96±1.10	ab
<i>Patella sp.</i>										
ACH	24.8±4.6	d	0.012±0.001	c	0.413±0.0092	b	1.09±0.15	c	9.91±1.36	bcd
AK- B	30.2±4.9	ab	0.013±0.003	c	0.115±0.241	de	1.14±0.29	bc	10.9±1.40	bcd
AK- P	29.6±5.7	ab	0.020±0.007	b	0.546±0.108	a	1.26±0.21	bc	11.8±2.77	ab
QY	34.4±4.3	a	0.030±0.010	a	0.250±0.060	cd	1.40±0.40	b	13.9±1.70	a
TS	28.1±4.7	bcd	0.012±0.003	c	0.380±0.213	bc	1.25±0.25	bc	9.10±1.10	cd
AT	29.3±4.8	abc	0.007±0.001	d	0.331±0.111	bc	1.20±0.20	bc	10.1±1.70	bcd
MM	30.0±5.5	ab	0.005±0.001	d	0.122±0.005	e	1.20±0.20	bc	8.50±1.00	d
HAD	28.6±5.9	bcd	0.007±0.001	d	0.204±0.042	de	1.14±0.31	bc	11.0±1.00	bc
MIC	27.6±5.3	bcd	0.006±0.001	d	0.158±0.026	de	0.78±0.20	d	9.67±2.12	bcd
PAL	25.3±2.7	cd	0.007±0.002	d	0.148±0.104	de	1.10±0.30	c	11.9±5.10	ab
ASH	31.6±6.8	ab	0.004±0.001	d	0.097±0.021	e	1.70±0.50	a	10.3±2.90	bcd

HOT	שפך נעמן
QY	קרית ים
QH	קרית חיים
ACH	אכזיב
AK-B	עכו – ביוב
AK-P	עכו נמל
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 2007.

Species	Location	No. of specimens	Size (cm)	Hg	Cd	Cu	Zn	Fe	As
דגי מכמורת									
<i>Mullus barbatus</i>	South part of Israel, 50 m depth	17	130-150	0.11-0.028	bdl	0.190-	3.00-5.10	3.2-5.9	2.43-8.0
	Center part of Israel, 60 m depth	15	140-175	0.024-0.386	bdl	0.268-	2.80-4.92	1.57-5.27	3.97-22.5
<i>Upeneus moluccensis</i>	South part of Israel, 13-40 m depth	17	140-160	0.060-0.365	bdl	0.353-	2.99-4.58	3.00-8.52	
	Center part of Israel, 60 m depth	13	120-155	0.049-0.300	bdl	0.379-0.609	3.20-5.75	2.59-5.38	
<i>Pagellus erythrinus</i>	North part of Israel 10m depth	13	135-160	0.051-0.331	bdl	0.201-	3.46-4.59	0.68-3.12	
	South part of Israel, 40m depth	13	160-190	0.036-0.130	bdl	0.177-	3.16-4.30	2.03-4.70	
	Q.Haim. 14m depth	6	140-160	0.083-0.192	bdl	0.269-	3.17-3.63	1.47-2.34	
<i>Pagellus acarne</i>	South part of Israel, 12m depth	4	180-200	0.036-0.057	bdl	0.293-	2.74-3.05	2.50-3.65	
דגים חופיים									
<i>Lithognathus mormyrus</i>	Q.Haim, 14m depth	12	150-205	0.083-0.275	bdl	0.228-	5.12-7.28	1.43-4.76	1.81-17.2
	Dor, 5m depth	12	140-170	0.023-0.036	bdl	0.210-	4.96-6.78	1.13-3.60	1.71-3.53
	Nahariyya 4.5m depth	10	170-215	0.180-0.535	bdl	0.230-	4.44-6.08	0.73-5.68	1.91-4.4
	Ashdod, 13m depth	5	180-190	0.061-0.232	bdl	0.198-	4.23-4.70	2.27-6.00	0.69-11.8
	Haifa port, 12m depth	25	130-165	0.042-0.141	bdl	0.169-2.59	4.16-8.85	0.36-5.38	2.60-5.17
	Gaser-a-zarqa, 5 m Depth	6	190-240	0.060-0.117	bdl	0.269-0.398	3.85-6.11	0.91-2.19	0.69-2.02
<i>Diplodus sargus</i>	Haifa bay, 12m depth	12	135-190	0.064-0.189	bdl	0.237-	3.51-7.06	0.89-3.68	1.04-11.7
	Ashdod, 13m depth	3	210-220	0.148-0.410	bdl	0.212-	3.21-3.74	2.26-5.80	1.59-9.27
	Gaser- a-Zarqa, 5m depth	13	140-175	0.040-0.123	bdl	0.166-0.402	4.22-7.19	0.51-5.07	1.11-9.48
<i>Sargocentron rubrum</i>	Haifa bay, 12m depth	3	175	0.336-0.497	bdl	0.255-	3.11-3.87	3.17-5.80	
<i>Siganus rivulatus</i>	Herzliyya, 5m depth	7	185-215	0.008-0.022	bdl	0.206-0.575	4.71-7.79	2.88-5.92	0.43-0.63
	Gaser - a Zarqa, 5m depth	4	185-195	0.007-0.012	bdl	0.225-0.417	3.76-6.68	3.24-4.97	0.35-0.81
<i>Siganus luridis</i>	Gaser - a Zarqa, 5m depth	4	155-190	0.004-0.009	bdl	0.240-	4.99-6.40	2.69-4.02	0.32-0.44
<i>S.aurata</i>	Ashdod, 13m depth	4	175-190	0.040-0.266	bdl	0.232-0.309	3.89-5.09	1.05-2.47	

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 2007. $p < 0.05$ - הבדל סטטיסטי מובהק.

Coastal Fish	Haifa bay	Other areas	p
<i>Lithognathus mormyrus</i>	0.0020±0.0006	0.0009±0.0007	<0.05
<i>Diplodus sargus</i>	0.0017±0.0006	0.0016±0.0005	ns
<i>Sargocentron rubrum</i>	0.0044±0.0007		

Trawl Fish	North	center	South	p
<i>Mullus barbatus</i>		0.0023±0.0016	0.0005±0.0002	<0.01
<i>Pagellus erythrinus</i>	0.0023±0.0014		0.0013±0.0023	<0.05
<i>Upeneus moluccensis</i>		0.0042±0.0033	0.0035±0.0024	ns

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>	Q.Haim	0.0022±0.0005	a	0.313±0.042	a	6.04±0.63	a
	Haifa port	0.0020±0.0010	a	0.271±0.088	a	5.63±1.02	a
<i>Diplodus sargus</i>	Q.Haim	0.00017±0.0006		0.270±0.031		3.99±0.114	
<i>Sargocentron rubrum</i>	Q.Haim	0.0044±0.0007		0.303±0.070		3.91±0.87	

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 - 2007.

Year	Cd	Cu	Pb	Zn	Mn	Cr*	Fe	Al
1996	7.0	198	1157	4044**	11173	1641	601927	458171
1997	6.7	203	1038	1866	6804	1222	389454	477690
1998	7.2	245	948	1487	14333	2357	704705	734461
1999	6.6	152	710	595	8429	1274	341387	369135
2000	6.0	186	652	868	11471		466954	802659
2001	7.9	221	952	674	11678	1410	555016	642650
2002	8.6	267	775	1055	12132	1750	536535	609921
2003	10.4	244	664	1247	15313	1999	843581	920562
2004	6.3	207	470	871	8725	1223	419420	446834
2005	7.3	242	522	1261	8971	1855	473349	305288
2006	6.7	176	457	1103	6587	1370	522146	381464
2007	4.7	277	230	1073	14201	1463	514373	511765
1996	7.1	432	2491	887	13796	1297	496060	455016
1997	7.1	162	1213	2852	10003	3287	395393	-
1998	6.3	173	1077	1032	8114	1490	380366	410553
1999	6.0	140	722	508	5685	1025	257030	286231
2000	6.4	105	395	154	4771	615	189666	302450
2001	5.9	136	563	281	7941	731	322722	342977
2002	8.5	221	667	739	8671	1143	361219	391416
2004	6.7	273	472	883	10335	1810	596062	584918
2005***	6.0	266	565	864	14603	2130	766990	682634
2006***	5.4	246	455	855	8373	1619	564760	451678

*Probably overestimate due to association with small particles.

**Possible contamination

*** Samples collected during Jan-May and Dec 2005; Jan-May 2006

טבלה 5: מאפיינים כלליים של המים בשפכי נחלי החוף בשנת 2007

		March 2007									September 2007								
Station	River	Temp C	Salinity ppt	DO mg/L	DO% %	pH	Turbidity NTU	SPM mg/l	Chl-a μg/l	BOD mg/l	Temp C	Salinity ppt	DO mg/L	DO% %	pH	Turbidity NTU	SPM mg/l	Chl-a μg/l	BOD mg/l
R1a																			
R1b		20	7.7	9.7	111	8.2	24.2	27.7	14.4	5.2	30	42.1	11.0	184	8.6	19.2	52.2	43.6	9.2
R1c		21	6.5	12.9	151	8.0	11.2	12.3	11.6	5.4									
R4a		19	37.9	8.5	114	8.3	3.0		5.3		31	19.0	4.6	69	7.8	66.6		142.7	
R4b		20	3.3	6.5	73	7.7	24.2	34.0	29.8	4.9	30	6.9	3.8	52	7.7	71.1	126.1	227.4	50.2
R4c		18	2.5	5.0	53	7.9	34.7	35.3	28.4	3.7	29	6.1	0.5	7	7.6	72.9	100.9	182.8	45.1
R5a		16	9.4	8.6	94	7.9	14.5	26.7	25.3	5.9	31	31.8	8.6	138	8.2	8.4	28.0	27.6	4.9
R5c		16	6.5	7.2	76	7.8	13.4	29.7	39.8	6.0	32	24.8	13.0	202	8.2	12.8	40.0	94.7	11.3
R5.5a		20	19.0	8.5	106	8.4			88.7		32	26.8	8.4	132	8.2	7.4		7.9	
R5.5b		20	2.8	5.6	64	8.4			107.4	4.4	32	4.4	15.4	216	8.4	26.5	29.4	45.2	10.4
R6a		19	3.3	7.1	77	7.6	13.6		41.4		31	37.1	6.6	108	8.1	2.3		3.4	
R6b		19	3.3	7.0	76	7.7	16.8	22.8	49.2	5.8	28	3.4	7.5	98	7.6	21.8	23.6	40.9	5.1
R6c		23	3.3	10.0	118	7.7	2.2	4.2	0.6	2.4	26	3.2	9.3	117	7.5	13.3	17.7	1.2	1.2
R7a		22	38.5	6.9	100	8.2	0.0		0.7		40	39.2	5.9	112	8.2	0.4		1.9	
R7b		23	38.3	6.7	98	8.2	13.8	21.6	0.8	0.6	39	38.9	6.7	126	8.2	0.4	1.5	1.4	0.0
R7c		18	1.3	4.1	44	8.1	42.9	50.6	24.7	2.6	29	1.4	1.9	25	8.0	54.6	38.3	132.0	44.5
R8a											29	39.0	6.7	109	8.2	1.4		1.2	
R8b		19	5.1	9.5	105	8.2	19.2	17.5	34.0	6.7	28	33.1	10.2	157	8.7	14.7	53.3	26.3	9.2
R8c		17	4.6	6.4	70	8.1		21.3	26.7	4.3	28	30.9	9.4	144	8.6	16.9	79.3	23.7	8.7
R9a						8.2			1.6										
R9b						8.2		51.0	4.4		29	6.4	4.0	53	7.8	6.3	16.3	26.9	3.0
R10a											32	34.9	6.4	104	8.1	4.5		9.2	1.6
R10b		15	8.8	6.3	66	7.1	17.6	19.2	9.8	3.3							9.8		
R10c		16	8.3	5.4	58	7.8	11.7	32.0	11.9	4.1	29	19.7	8.3	121	8.2	11.1	14.8	50.3	7.3
R11a		20	12.2	7.4	90	7.9													
R11b		20	1.4	7.0	79	8.0		11.9	7.9	5.7	30	12.1	15.1	212	8.5	13.8	27.3	85.0	13.8
R11c		19	0.9	9.4	104	8.0		11.5	6.8	7.7	30	1.0	3.9	52	8.0	19.2	21.0	68.8	2.9
R12a		20	2.9	7.5	86	7.8			4.9										
R12b		20	2.7	6.3	72	8.2		19.0	23.0	5.0	28	20.3	11.3	161	9.3	24.4	23.0	69.6	9.4
R12c		20	1.9	6.6	75	8.2		17.8	12.7	5.4	31	16.7	12.4	182	8.8	24.9	31.0	84.0	11.2
R13a																			
R13b						8.4		7.8	32.8		30	6.0	10.3	140	9.5	6.8	11.5	24.8	9.1

* A=river outlet, B=50m from outlet upstream, C=nearest highway bridge, na=not analyzed

טבלה 6: הערכה של עומס הנוטריאנטים (טון) השנתי (אוקטובר עד ספטמבר) מנחלי החוף. החישוב מניח ריכוזי נוטריאנטים קבועים במהלך השנה ושינוי עומס בהתאם לספיקה. החישוב נעשה לפי הריכוזים שנמדדו במרץ 2007¹. כמו כן, מוצגים נתוני עומס החנקן והזרחן הכללי שהוזרמו לנחלים בשנת 2006 בעיקר ממתקני טיפול בשפכים (נתוני המשרד להדנת הסביבה).

River	Discharge	NO3+NO2-N	NH4-N	Total inorg. N	PO4-P	Si(OH)4-Si	² Total N	² Total P
cubic meter * 1000 /yr.								
נעמן	6939	7.48	24.8	32.3	10.8	33.8	218	32
קישון	15533	117	68.6	186	20.0	93.0	332	24
תנינים	24491	100	0.33	100	0.16	996	30	9.6
חדרה	11209	56.7	118	175	10.1	105	653	101
אלכסנדר	17196	100	20.5	121	21.0	439	266	32
ירקון	46388	31.7	869	901	130	205	649	204
שורק	7454	76.4	70.7	147	13.6	572	1254	262
לכיש	6892	15.8	117	133	24.6	96.5	171	32

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 לנחלים בשנת 2006 (בעיקר ע"ס דיווחי מתקני טיפול בשפכים)

נספח 1: טבלת אפיון תחנות הדיגום בשנת 2007

* אזורי דיגום הדגים – ראה איור 2.

אפיון תחנות הדיגום בשנת 2007

תחנה	תאריך	איזור	מיקום			עומק	דיגום	
			קו רוחב	קו אורך	מים			
1	18-Jul-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.070	35	4.579	3	Sediment, Water, Benthic fauna
2	18-Jul-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.078	35	4.398	6	Sediment, Water, Benthic fauna
8	18-Jul-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.025	35	4.646	3	Sediment, Water, Benthic fauna
9	18-Jul-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.034	35	4.528	6	Sediment, Water, Benthic fauna
10	18-Jul-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.050	35	4.319	9	Sediment, Water, Benthic fauna
11	18-Jul-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.068	35	4.175	12	Sediment, Water, Benthic fauna
12	18-Jul-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	53.689	35	4.586	3	Sediment, Water, Benthic fauna
14	18-Jul-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	52.793	35	4.330	3	Sediment, Water, Benthic fauna
18	18-Jul-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	51.257	35	3.720	3	Sediment, Water, Benthic fauna
22	18-Jul-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.843	35	2.800	3	Sediment, Water, Benthic fauna
23	18-Jul-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.892	35	2.711	6	Sediment, Water, Benthic fauna
26	18-Jul-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.375	35	2.133	6	Sediment, Water
27	18-Jul-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.246	35	1.187	12	Sediment, Water
Carmelit	18-Jul-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	48.595	35	1.730	11.5	Sediment, Water
H1	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.76	34	55.53	30	Water, Phytoplankton
H2	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.675	34	56.099	21	Water
H3	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.384	34	56.842	9.4	Water, Sediment, infauna
H4	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.442	34	57.046	6.3	Water, Sediment, Phytoplankton
H5	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Taninim river	32	33.327	34	52.649	32	Water, Phytoplankton
H6	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.96	34	53.12	22	Water
H7	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.57	34	53.562	12.6	Water, Sediment, infauna
H8	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.57	34	53.938	6.1	Water, Sediment, Phytoplankton
H9	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.261	34	50.468	30	Water, Phytoplankton
H10	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.164	34	50.945	20	Water
H11	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.017	34	51.372	12.7	Water, Sediment, infauna
H12	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Alexander river	32	23.924	34	51.747	5.5	Water, Sediment, Phytoplankton
H13	8-Aug-07	Shallow coastal water-off Herzlyya	32	9.539	34	47.216	10.2	Water, Sediment, infauna
H14	8-Aug-07	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	7.42	34	45.12	3	Water, Phytoplankton
H15	8-Aug-07	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.89	34	45.67	20	Water
H16	8-Aug-07	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.472	34	45.916	13.2	Water, Sediment, infauna
H17	8-Aug-07	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.296	34	46.28	5.95	Water, Sediment
H18	8-Aug-07	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.595	34	42.292	6.1	Water, Sediment, Phytoplankton
H19	8-Aug-07	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.719	34	41.922	11.6	Water, Sediment, infauna
H20	8-Aug-07	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.725	34	41.254	21.6	Water
H21	8-Aug-07	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.735	34	40.47	31.8	Water, Phytoplankton
H22	8-Aug-07	Shallow coastal water-off Ashdod	31	49.404	34	36.348	31.5	Water
H23	8-Aug-07	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.536	34	36.995	21.4	Water
H24	8-Aug-07	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.177	34	37.462	10.9	Water, Sediment, infauna
H25	8-Aug-07	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.038	34	37.625	5.3	Water, Sediment
H26	9-Aug-07	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	42.031	34	31.888	32.5	Water, Phytoplankton
H27	9-Aug-07	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.634	34	32.764	20.2	Water
H28	9-Aug-07	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.317	34	33.336	9	Water, infauna, Sediment
H29	9-Aug-07	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.178	34	33.53	5.2	Water, Sediment, Phytoplankton
H40	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.201	34	49.666	6.4	Water, Sediment
H41	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.359	34	49.416	10	Water, Sediment, infauna
H42	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.533	34	48.97	21	Water, Sediment, infauna
H43	7-Aug-07	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.97	34	48.334	30	Water
HB1	5-Aug-07	Haifa Bay	32	52.025	34	58.41	25	Water, Phytoplankton
HB2	5-Aug-07	Haifa Bay	32	50.835	34	59.913	19	Water, Phytoplankton
HB4	5-Aug-07	Haifa Bay	32	49.8	35	1.3	15	Water, Phytoplankton
HB5	5-Aug-07	Haifa Bay	32	49.01	35	1.33	13	Water, Phytoplankton
Qishon port	5-Aug-07	Haifa Bay	32	48.88	35	1.59	12.4	Water (no YSI), Phytoplankton
HM2.1	4-Aug-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.06	35	4.354	8.15	infauna
HM10	4-Aug-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.0538	35	4.3297	9.9	infauna
HM23.1	4-Aug-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.92056	35	2.5363	9.8	infauna
HM27	4-Aug-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.2457	35	1.187	12.2	infauna
Karmelit	5-Aug-07	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	48.5953	35	1.7298	3.97	Water

אפיון תחנות הדיגום בשנת 2007 (המשך)

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו רוחב		קו אורך			
R1a	6-Mar-07	Betzet river-mouth	33	4.617	35	6.327		Water, Sediment
R1b	6-Mar-07	Betzet river-50m	33	4.569	35	6.378		Water, Sediment
R1c	6-Mar-07	Betzet river-500m	33	4.550	35	6.592		Water, Sediment
R4a	6-Mar-07	Naaman river-mouth	32	54.547	35	4.899		Water, Sediment
R4b	6-Mar-07	Naaman river-50m	32	54.606	35	4.924		Water, Sediment
R4c	6-Mar-07	Naaman river-bridge	32	54.731	35	5.065		Water, Sediment
R5a	6-Mar-07	Qishon port (Carmelit)	32	48.524	35	1.736		Water, Sediment
R5b	6-Mar-07	Qishon river-Julius bridge	32	48.095	35	2.093		Water, Sediment
R5.5a	12-Mar-07	Dalia river-mouth	32	35.248	34	54.855		Water, Sediment
R5.5b	12-Mar-07	Dalia river-50m	32	35.270	34	54.888		Water, Sediment
R6a	8-Mar-07	Taninim river-mouth	32	32.370	34	54.133		Water, Sediment
R6b	8-Mar-07	Taninim river-50m	32	32.336	34	54.173		Water, Sediment
R6c	8-Mar-07	Taninim river-bridge	32	32.966	34	54.923		Water, Sediment
R7a	5-Mar-07	Hadera river-mouth	32	27.861	34	53.054		Water, Sediment
R7b	5-Mar-07	Hadera river-50m	32	27.879	34	53.306		Water, Sediment
R7c	5-Mar-07	Hadera river-road	32	28.029	34	54.024		Water, Sediment
R8a	5-Mar-07	Alexander river-mouth	32	23.707	34	51.929		Water, Sediment
R8b	5-Mar-07	Alexander river-50m	32	23.741	34	51.993		Water, Sediment
R8c	5-Mar-07	Alexander river-bridge	32	23.631	34	52.175		Water, Sediment
R9a	5-Mar-07	Poleg river-mouth	32	16.292	34	49.965		Water, Sediment
R9b	5-Mar-07	Poleg river-50m	32	16.227	34	50.028	Water, Sediment	
R10a	7-Mar-07	Yarkon river-mouth	32	6.189	34	46.617	Water, Sediment	
R10c	7-Mar-07	Yarkon river-bridge	32	5.947	34	46.660	Water, Sediment	
R11a	7-Mar-07	Sorek river-mouth	31	56.477	34	42.479	Water, Sediment	
R11b	7-Mar-07	Sorek river-50m	31	56.433	34	42.507	Water, Sediment	
R11c	7-Mar-07	Sorek river-bridge	31	56.082	34	43.489	Water, Sediment	
R12a	7-Mar-07	Lachish river-mouth	31	48.922	34	38.379	Water, Sediment	
R12b	7-Mar-07	Lachish river-50m	31	48.912	34	38.450	Water, Sediment	
R12c	7-Mar-07	Lachish river-bridge	31	49.038	34	38.924	Water, Sediment	
R13b	7-Mar-07	Evtach river-50m	31	44.490	34	35.951	Water, Sediment	

אפיון תחנות הדיגום בשנת 2007 (המשך)

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו רוחב		קו אורך			
R1a	4-Sep-07	Betzet river-mouth	33	4.617	35	6.327		Water
R1b	4-Sep-07	Betzet river-50m	33	4.569	35	6.378		Water
R1c	4-Sep-07	Betzet river-500m	33	4.550	35	6.592		Water
R4a	4-Sep-07	Naaman river-mouth	32	54.547	35	4.899		Water
R4b	4-Sep-07	Naaman river-50m	32	54.606	35	4.924		Water
R4c	4-Sep-07	Naaman river-bridge	32	54.731	35	5.065		Water
R5a	4-Sep-07	Qishon port (Carmelit)	32	48.524	35	1.736		Water
R5b	4-Sep-07	Qishon river-Julius bridge	32	48.095	35	2.093		Water
R5.5a	4-Sep-07	Dalia river-mouth	32	35.248	34	54.855		Water
R5.5b	4-Sep-07	Dalia river-50m	32	35.270	34	54.888		Water
R6a	4-Sep-07	Taninim river-mouth	32	32.370	34	54.133		Water
R6b	4-Sep-07	Taninim river-50m	32	32.336	34	54.173		Water
R6c	4-Sep-07	Taninim river-bridge	32	32.966	34	54.923		Water
R7a	4-Sep-07	Hadera river-mouth	32	27.861	34	53.054		Water
R7b	4-Sep-07	Hadera river-50m	32	27.879	34	53.306		Water
R7c	4-Sep-07	Hadera river-road	32	28.029	34	54.024		Water
R8a	4-Sep-07	Alexander river-mouth	32	23.707	34	51.929		Water
R8b	4-Sep-07	Alexander river-50m	32	23.741	34	51.993		Water
R8c	4-Sep-07	Alexander river-bridge	32	23.631	34	52.175		Water
R9a	4-Sep-07	Poleg river-mouth	32	16.292	34	49.965		Water
R9b	4-Sep-07	Poleg river-50m	32	16.227	34	50.028		Water
R10a	4-Sep-07	Yarkon river-mouth	32	6.189	34	46.617		Water
R10c	4-Sep-07	Yarkon river-bridge	32	5.947	34	46.660		Water
R11a	4-Sep-07	Sorek river-mouth	31	56.477	34	42.479		Water
R11b	4-Sep-07	Sorek river-50m	31	56.433	34	42.507		Water
R11c	4-Sep-07	Sorek river-bridge	31	56.082	34	43.489		Water
R12a	4-Sep-07	Lachish river-mouth	31	48.922	34	38.379		Water
R12b	4-Sep-07	Lachish river-50m	31	48.912	34	38.450		Water
R12c	4-Sep-07	Lachish river-bridge	31	49.038	34	38.924		Water
R13b	4-Sep-07	Evtach river-50m	31	44.490	34	35.951		Water
משקעים אטמוספריים								
TS		Tel Shikmona	32	49.579	34	57.400		Dust, Rain
MM		Maagan Michael	32	32.946	34	54.871		Dust

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו רוחב		קו אורך			
ACH	March-07	Patella - Achziv (near Miluz)	33	3.894	35	6.253	~5 cm	Molluscs
AK-P	March-07	Patella - Akko marina	32	55.147	35	4.241	~5 cm	Molluscs
QY	March-07	Patella - Qiryat yam	32	51.328	35	3.873	~5 cm	Molluscs
AT	March-07	Patella - Atlit south	32	40.987	34	55.682	~5 cm	Molluscs
MIC	March-07	Patella - Michmoret	32	24.132	34	51.930	~5 cm	Molluscs
HAD	March-07	Patella - Givaat Olga	32	26.871	34	52.741	~5 cm	Molluscs
PAL	March-07	Patella - Palmachim	31	55.808	34	41.906	~5 cm	Molluscs
ASH	March-07	Patella - Ashdod marina	31	47.794	34	37.535	~5 cm	Molluscs
HS	March-07	Patella - Hof Shemen	32	48.874	35	0.859	~5 cm	Molluscs
MM	March-07	Patella - Taninim river	32	32.353	34	54.044	~5 cm	Molluscs
AK-B	March-07	Patella - Biuv Akko	32	56.739	35	4.413	~5 cm	Molluscs
TS	March-07	Patella - Tel Shiqmona rocks	32	49.579	34	57.400	~5 cm	Molluscs
EI	July-07	Donax - Frutarom	32	54.000	35	4.667	~60 cm	Molluscs
HOT	July-07	Donax - Hof Hatmarim	32	54.807	35	4.830	~60 cm	Molluscs
QY	July Oct 2007	Donax - Qiryat yam	32	51.328	35	3.873	~60 cm	Molluscs
QH	October-07	Donax - Qiryat Haim	32	49.542	35	2.633	~60 cm	Molluscs
MM	July-07	Donax - Taninim river	32	32.370	34	54.133	~60 cm	Molluscs

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

דגים (1974 – 2007)

<i>Diplodus sargus</i>	919
<i>Lithognathus mormyrus</i>	1117
<i>Mullus barbatus</i>	836
<i>Sargocentron rubrum</i>	477
<i>Upeneus asymmetricus</i>	21
<i>Upeneus moluccensis</i>	479
<i>Siganus rivulatus</i>	328
<i>Mullus surmuletus</i>	265
<i>Oblada melanura</i>	122
<i>Pagellus erythrinus</i>	426
<i>Saurida undosquamis</i>	148
Other	910
סה"כ דגים	6048

רכיכות וסרטנים* (1975 - 2007)

<i>Mactra corrallina corrallina</i>	1816
<i>Astropecten bispinosus</i>	55
<i>Rudicardium tuberculatum</i>	187
<i>Neverita josephinia</i>	80
<i>Patella sp.</i>	1008
<i>Diogenes pugilator</i>	210
<i>Donax trunculus</i>	500
<i>C. gallina</i>	81
<i>Arcularia gibbosula</i>	282
<i>Cellana rota</i>	169
<i>Aristeus antennatus</i>	20
<i>Parapenaeus longirois</i>	10
<i>Donax semistriatus</i>	10
<i>Penaeus japonicus</i>	25
other	317
סה"כ רכיכות וסרטנים	4770

סדימנט וחומר מרחף

Sea Sediments (1981-2007)	771
River Sediments (1988-2007)	634
SPM (1994-2007)	1235
סה"כ דוגמאות	2640

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 6600 YSI. 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 48 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. 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 ודיגום 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 3-20 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, הדוגמאות עוכלו בחומצה חנקתית מרוכזת (65%) בתאי לחץ (Uniseal), במשך 4 שעות, בטמפרטורה של 140°C. עבור בדיקות של Fe, Cr, Al, Mn בסדימנטים וחומר מרחף, הדוגמאות עוכלו בתערובת של חומצה פלואורית ומי מלכים בשיטת ASTM (1983).

כספית נבדקה בספקטרופוטומטריה של בליעה אטומית ללא להבה Coleman Mercury Analyzer MAS-50A עד 2003 ואח"כ עם גלאי פלואורסצנטי במכשיר Merlin Millennium System – PS. בשנת 2001 שונה מרכיב מסוים בשיטת הבדיקה של כספית בבע"ח, והחל שימוש בשיטה יותר רגישה בריכוזים נמוכים של כספית (פחות מעשירית מהתקן). התוצאות בשיטה החדשה גבוהות יותר. לשינוי אין השפעה משמעותית בריכוזים גבוהים, ולכן אין לו השלכות לגבי איכות הדגים ביחס לתקן. בהמשך ייעשה שימוש רק בשיטה החדשה. שאר המתכות נבדקו בספקטרופוטומטריה של בליעה אטומית עם להבה ובתנור גרפיט (Varian Spectra AA220 and AA880).

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-2, Dolt-3, Buffalo River Sediment, Estuarine sediment ועוד). דוגמא לבקרה שנתית של תוצאות בדיקות החומרים הסטנדרטים מוצגת באיור 55. כמו כן, המעבדה משתתפת בתרגילי כיול בינלאומיים תקופתיים מאז סוף שנות ה-70.

בדיקות ריכוזי מיקרואצות

לבדיקת תאי כחוליות ותאי פיקופלנקטון בעלי כלורופיל (עד 5 μm), נעשה שימוש בשיטה המתוארת ע"י Booth, 1987 עם מספר שינויים. דוגמאות המים סוננו דרך פילטר פוליקרבונט 0.45 μm, בשתי חזרות. הפילטר עם הדוגמא המרוכזת והמשומרת הונח על גבי טיפת שמן אימריסיה שהושמה על זכוכית מכסה. על הפילטר הונחה טיפה נוספת של שמן אימריסיה 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 3 μm, 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 אפיפלוארסנטי. 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 אפיפלוארסנטי. 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 ביולוגיים 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 הזיווג 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 בינוקולר 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

ראהנספח 4

נספח 4: מערכת SISCAL למיפוי סביבתי מנתוני לוויינים

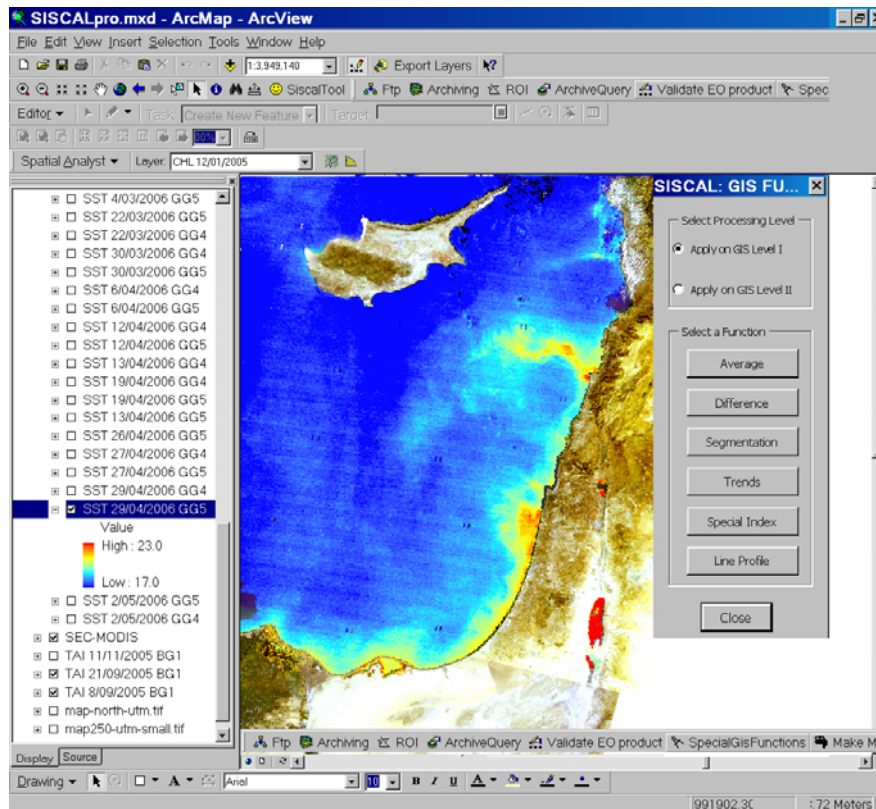
במסגרת מחקר SISCAL (Satellite Information System on Coastal Areas and Lakes) במימון האיחוד האירופי, פותחו כלים ייעודיים ונוחים לתפעול עבור משתמשי קצה לצורך מיפוי, מעקב, ניהול ובקרה של הסביבה הימית, המבוססים על פרמטרים הקשורים לאיכות מים אשר מפוענחים מנתוני לוויינים יומיים. מערכת SISCAL מספקת מיפוי של 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 (תמונה 1). 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 (תחנת קליטה ללוויין ה-MERIS הוקמה 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
- המשך כיול אלגוריתמים של כלורופיל וריכוזי חומר מרחף (טבלה 1);
- 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 תוצאות האנליזות (בשלב זה טמפרטורת פני הים ועומק סקי) באינטרנט קרוב לזמן אמת באמצעות מרכז המידע הימי הלאומי;
- התקנת כל בסיסי הנתונים שנאספו בשנת 2006 במערכת EU-GIS (ראה תמונה 1 להלן) של אגף ים וחופים במשרד לאיכות הסביבה.



תמונה 1 : מערכת הממ"ג (EU-GIS) של SISCAL

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

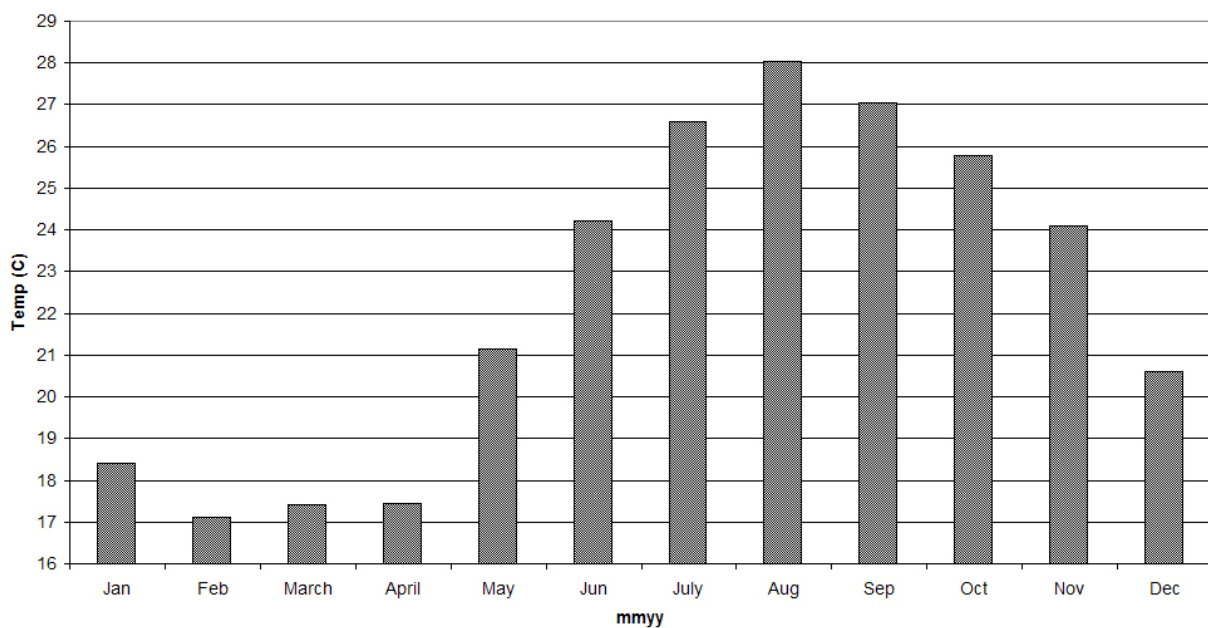
MODIS

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

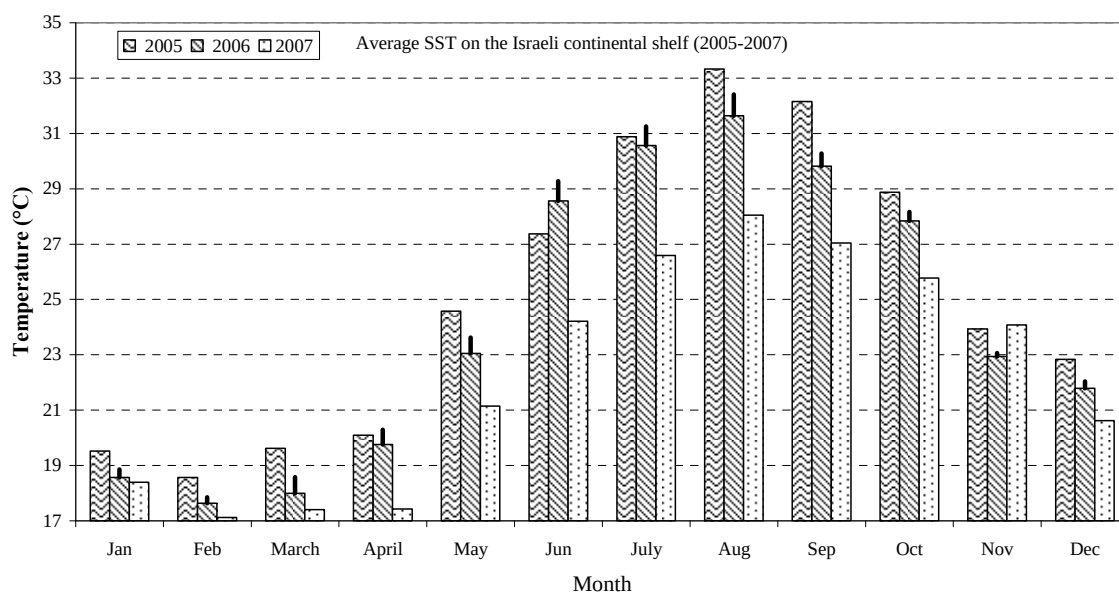
מיפוי סינופטי של טמפרטורת פני הים וריכוזי כלורופיל (יחסי) במדף היבשת

במהלך 2007 נקלטו ועובדו במערכת ה-SISCAL 162 צילומי MODIS ו-55 צילומי MERIS מהם 20 ברזולוציה גבוהה. כול תוצאות העיבוד של טמפרטורת פני המים ועומק סקי שולבו באתר SISCAL במרכז המידע הלאומי הימי וניתן לראותם דרך האינטרנט. האנליזות הסינופטיות נעשו באמצעות תוכנת ה-EU-GIS. תוצאות האנליזה הסינופטית של טמפרטורת פני המים (SST) במדף היבשת מוצגת בגרף להלן.

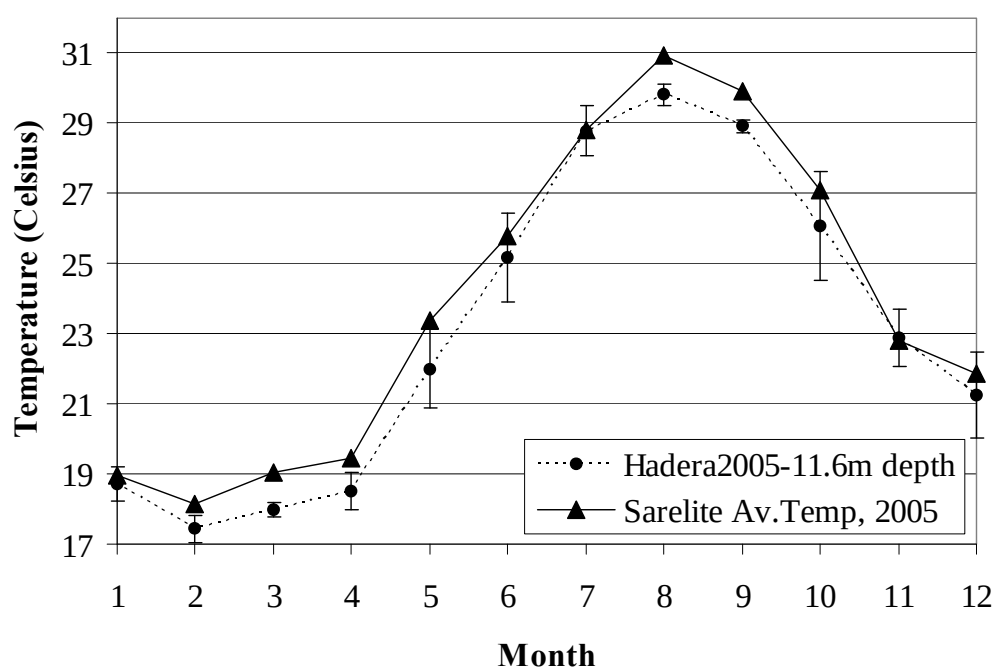
Average SST 2007 Israeli shelf



תוצאות האנליזה הסינופטית של ריכוזי כלורופיל בערכים יחסיים משנת 2005 ועד 2007 במדף היבשת (מ-2 ק"מ מערבית לחוף ועד לעומק מים של 200 מטר) מוצגת בגרף להלן.



במהלך 2005 נעשתה השוואה בין הטמפרטורה שחושבה מצילומי הלווין לזו שנמדדה בקצה מסוף הפחם בחדרה. משולשים - הטמפרטורה החודשית הממוצעת של פני הים במדף היבשת (עד עומק מים של 200 מטר) כפי שחושבה מאנליזה של צילומי לוויין מסוג MODIS. עיגולים - הטמפרטורה שנמדדה בקצה מסוף הפחם בחדרה, בעומק מים של 11.6 מטר (בתחנת הניטור של מפלס הים המופעלת ע"י חי"ל).



נספח 5: מיני המיקרופלנקטון וריכוזם (תאים לליטר) במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף – אוגוסט 2007

Species	Qishon	HB5	HB4	HB2	HB1	Hof Carmel		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
						Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
Dinophyceae - Dinoflagellates																	
<i>Achradina pulchra</i>											4						2
<i>Ceratium candelabrum</i>							2				2		1				
<i>Ceratium extensum</i>			7										2				
<i>Ceratium furca</i>	7	10	4	5			2		2		4	12	4	1	6	3	
<i>Ceratium fusus</i>				4			2				2	4			3		
<i>Ceratium fusus</i> var. <i>schuettii</i>							2										
<i>Ceratium kofoidii</i>	100	20	27	36	38		72	21	150	30	292	296	354	78	146	166	50
<i>Ceratium pulchellum</i>				1		12	4		8	3	2	4	4		4		4
<i>Ceratium teres</i>					4		2		2								2
<i>Ceratocorys horrida</i>														3			
<i>Cochlodinium</i> sp.				4	10		8										
<i>Corythodinium</i> sp.			7									4		5	2		2
<i>Dinophysis caudata</i>	13	5	3	3	2				4			8	4	3	2		2
<i>Dinophysis exigua</i>							8										
<i>Dinophysis rotundata</i>							2		4								2
<i>Dinophysis sphaeroideum</i>							6										
<i>Dinophysis</i> spp.							2							3	2		
<i>Gonyaulax digitale</i>	173																
<i>Gonyaulax polygramma</i>	173	83															
<i>Gonyaulax scripsae</i>				4	4		60										
<i>Gonyaulax spinifera</i>	3010	712			4												
<i>Gonyaulax</i> sp.	160	80	4								4						
<i>Gonyaulax</i> spp.	13	5		4		8	4		12	15	24		4	25	6	80	8
<i>Gymnodinium breve</i>									20	15							
<i>Gymnodinium elongatum</i>			3				8		4		4				2		
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	60		3						16	5	5	16	12	15	16	26	
<i>Gymnodinium</i> sp. (179)	160	105	7	4	2		2		6						4		
<i>Gymnodinium</i> spp.	40		27				4	63	8						32	17	60
<i>Gyrodinium</i> sp.	840		13	4													
<i>Ostreopsis siamensis</i>										3							

	Qishon	HB5	HB4	HB2	HB1	Hof Carmel		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
Dinophyceae - Dinoflagellates						Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	100	80				4	4				2	8					2
<i>Oxytoxum caudatum</i>							2										
<i>Oxytoxum crassum</i>							4		4						4		
<i>Oxytoxum laticeps</i>							2										
<i>Oxytoxum scolpax</i>									4		2		1				2
<i>Oxytoxum tessellatum</i>			7														
<i>Podolampas palmipes</i>											2		4		1		
<i>Pronoctiluca pelagica</i>				20	46		16		2			8					
<i>Pronoctiluca spinifera</i>	100	147	87	35	1130	52	140	42	36	35	12	16	2	10	2		32
<i>Prorocentrum balticum</i>									2								
<i>Prorocentrum compressum</i>	10			2	6		8		6	3	8		8	13	4		16
<i>Prorocentrum gracile</i>	13	5	3	4	2	4		10	4		9	12	3	13	10	23	
<i>Prorocentrum micans</i>	620	320	13	4		8			10	8	8	56	9	30	6	86	4
<i>Prorocentrum minimum</i>		30	67	480	52	8000		6267	747	2250	2400		28	30	20		
<i>Prorocentrum rotundatum</i>									2		2					3	2
<i>Protoperidinium claudicans</i>	7	15	4			2	2		4	3	8	8	4	5	2	3	
<i>Protoperidinium conicum</i>															2		
<i>Protoperidinium divergens</i>			4			4				3	4		4	10	4		
<i>Protoperidinium murrayi</i>				2													
<i>Protoperidinium pentagonum</i>											4	4	8			3	
<i>Protoperidinium quinquecorne</i>								650						20		29	
<i>Protoperidinium</i> sp. (1)						4	2							5		9	
<i>Protoperidinium</i> sp. (2)						8	28										
<i>Protoperidinium</i> sp. (3)										3				160		3	
<i>Protoperidinium</i> sp. (4)														3			
<i>Protoperidinium</i> sp. (54)	3680	2095	3478	1480	530	772	664	1410	174	513	248	592	80	1025	38	309	22
<i>Protoperidinium</i> spp.	33	95	157	159	136	216	298	80	72	103	46	176	12	63	4	43	2
<i>Protoperidinium stenii</i>		5					4	10			4	12	4	8	6		4
<i>Scripsiella trochoidea</i>	10						16		8				28				
<i>Spiraulax jollifei</i>						2								1		4	
<i>Torodinium teredo</i>									2		2					3	22

	Qishon	HB5	HB4	HB2	HB1	Hof Carmel		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
Diatomophyceae – Diatoms						Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<i>Achnanthes logipes</i>										5							
<i>Achnanthes</i> sp.	7																
<i>Amphora biggiba</i>									2				110		4		
<i>Amphora</i> sp. (1)										5							
<i>Amphora</i> sp. (2)						4		21		5							
<i>Amphora</i> sp. (3)	20				2			21					4				
<i>Amphora</i> sp. (4)		25					12	21							12		
<i>Asterionella glacialis</i>	167	507	72									16			22		
<i>Asteromphalus hookeri</i>			5	12	2	8	2		2		2		12	10	8		6
<i>Bacillaria paradoxa</i>									16			88	24				
<i>Bacteriastrium delicatulum</i>			40	60	20	864	148	270	172	40	240	1968	648	895	376	2994	48
<i>Biddulphia aurita</i> var.minima		43	27		4	4		1562	12	165	28	760	60	140	36	223	2
<i>Biddulphia mobiliensis</i>	40	36															
<i>Biddulphia rhombus</i>						4											
<i>Campylodiscus ralfsii</i>								21									
<i>Cerataulina</i> sp.								42									
<i>Chaetoceros</i> sp. (3-5µm)								2.4 x 10 ⁶		5.4 x 10 ⁴							
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	1620	405				64	64	422	20		28		20	185	216	91	108
<i>Chaetoceros danicus</i>						8											
<i>Chaetoceros didymus</i>			147		12	166	116	338	60		52	560	216	175	132	183	
<i>Chaetoceros</i> spp.	1520	1627	5027	1.4x10 ⁴	1540		2368	3.3x 10 ⁴	1.4x10 ⁴	370	2.7x10 ⁴	3.4x10 ⁴	2.1x10 ⁴	4.4x10 ⁴	2.4x10 ⁴	1.1x10 ⁵	4747
<i>Coscinodiscus radiatus</i>		10		10		28	4		12		10	16	16	20	28	40	6
<i>Coscinodiscus</i> sp. (1)			7		2	2	4		4		6	4				10	
<i>Coscinodiscus</i> sp. (2)												16					
<i>Coscinodiscus</i> sp. (3)											8		8	5			
<i>Coscinodiscus stellaris</i>					2		2				4						
<i>Cyclotella</i> spp.	1.8x10 ⁴	658			8	24	8	1x 10 ⁵			4		4				
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1660	8889		1.2x 10 ⁵				4.9x 10 ⁴	1.2x 10 ⁴	5550	7680	1.2x 10 ⁵	8533	8800	4587	1.3x10 ⁴	3520
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>			107		16		20		56	685				95	52		
<i>Diploneis</i> sp. (1)					4			21	28	5	4	20	35	13	8		6
<i>Diploneis</i> sp. (2)			7	24	2	32	4			5		16	8				
<i>Entomoneis</i> sp. (1)								2.0x 10 ⁴									
<i>Entomoneis</i> sp. (2)	40		12							10	8	8				6	

	Qishon	HB5	HB4	HB2	HB1	Hof Carmel		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
Diatomophyceae –						Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
<i>Guinardia striata</i>	800	1180	427	184	94	520	322	870	70	360	48	96	88	120	108		60
<i>Hemiaulus hauckii</i>	13	195	953	500	148	2788	1104	63	322	95	426	224	92	140	88	194	88
<i>Lauderia annulata</i>							8		6	10		16	4	25	50	24	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	5.6x	9.5x		3.8x10 ⁵	1.5x10 ⁵	5.2x 10 ⁴	2.3x10 ⁵	1.0x10 ⁵	6347	1.8x10 ⁵	1.4x10 ⁴	1.4x10 ⁴	4320	75		23	
<i>Licmophora</i> sp.	27	53	47	12		8	12	1372		4800	20	1560	12	25	4	63	4
<i>Lithodesmium undulatum</i>		75						106	16	5		176	8			17	
<i>Melosira moniliformis</i>											4		16				
<i>Meuniera membranaceae</i>	240	735	520	636	340	396	316	21	320	15	124	872	396	725	476	520	108
<i>Navicula cancellata</i>						36		21		15		56	4				
<i>Navicula</i> sp. (1)		1.9x		144				7.0x			6.3x10 ⁴	5.2x10 ⁵					
<i>Navicula</i> sp. (313)							8	10	8		18	4	24	10	20	17	2
<i>Navicula</i> sp. (320)		15		4	8	4	12	63	32	15	12	16	52	20	20	23	4
<i>Navicula</i> spp.	307	1487	367	133	34	168	98	2234	342	363	368	1656	656	790	612	3554	98
<i>Neostreptothea subindica</i>												8		15			
<i>Nitzschia longissima</i>				4	4			190		5		40	4				
<i>Nitzschia paduriformis</i>		27													4		
<i>Nitzschia</i> sp. (1350)		80	24		8				10		8	32	8				
<i>Pinnularia</i> sp.																	
<i>Pleurosigma</i> sp. (1)		97		8													
<i>Pleurosigma</i> sp. (2)	80	27	27	7	4	12		169	108	50	16	16	136	95	128	86	12
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	5x 10 ⁴	7x 10 ⁴	2.7x10 ⁵	7.2x10 ⁴	1.1x10 ⁵	4.8x10 ⁴	1.5x10 ⁴	4.3x10 ⁴	3147	1.8x10 ⁴	1.4x10 ⁴	4.3x10 ⁴	8693	5.3x10 ⁴	1.7x10 ⁴	6400	1760
<i>Rhizosolenia alata</i>	20	50	61	72	17	1168	1224	1281	300	335	672	704	224	275	282	366	268
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>		15	27	56	26	256	40	21	7		8		4	8	8		
<i>Rhizosolenia imbricata</i>		72	8	32	7			21									
<i>Skeletonema costatum</i>	1000	1200											48	88	36		
<i>Streptothea tamesis</i>	60	310	4										4		16		
<i>Surirella</i> sp.							4		2	3			4			6	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>									24		24		16	65		103	32
<i>Thalassiosira pseudonana</i>								3.6x10 ⁵									
<i>Thalassiosira subtilis</i>												352					
<i>Thalassiosira</i> spp.	120	1453	420	136	36	368	144		156	50	160	496	184	110	276	354	76
<i>Thalassiothrix</i> sp.									4			72	8	10	32	11	
<i>Triceratium dubium</i>		5															

Species	Qishon	HB5	HB4	HB2	HB1	Hof Carmel		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
						Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
Ebriidea																	
<i>Hermesinium adriaticum</i>	40		23	16	4	84	104	42	158	35	240	256	336	180	616	417	58
Chlorophyceae - ירוקיות																	
<i>Cosmarium</i> sp.								84									
<i>Coelastrum microporum</i>								2.3x10 ⁴		50	12	320					
<i>Crucigenia rectangularis</i>								9943			64						
<i>Crucigenia tetrapedia</i>								1077									
<i>Golenkinia radiata</i>								1900		8							
<i>Olmanskiella lineata</i>			53	48	28	12		84		15	12						
<i>Oocystis borgei</i>								3336									
<i>Oocystis</i> spp.								908									
<i>Palmodictyon varium</i>								106									
<i>Pediastrum boryanum</i>								739									
<i>Pediastrum tetras</i>								1140									
<i>Scenedesmus abundans</i>								84									
<i>Scenedesmus acuminatus</i>								380									
<i>Scenedesmus acuminatus</i> var. <i>acuminatus</i>								84			16						
<i>Scenedesmus acutus</i> f. <i>alterans</i>								4962									
<i>Scenedesmus arcuatus</i>								1752									
<i>Scenedesmus arcuatus</i> var. <i>platydisca</i>								169									
<i>Scenedesmus bernardii</i>								338									
<i>Scenedesmus bijuga</i>								2892									
<i>Scenedesmus ecornis</i>								338									
<i>Scenedesmus lunatus</i>								84									
<i>Scenedesmus opoliensis</i>								84									
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>mononesis</i>								2913									
<i>Scenedesmus quadricauda</i>								338									
<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>quadricauda</i>								1583									
<i>Selenastrum minutum</i>								338									
<i>Tetraedron trigonum</i>								63									
Unidentified			740	400	28	264		8508									

	Qishon	HB5	HB4	HB2	HB1	Hof Carmel		Taninnim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
						Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep	Shallow	Deep
Cryptophyceae																	
<i>Cryptomonas</i> spp.	1.2x10 ⁷	7.9x10 ⁵						148									
<i>Hemiselmis</i> sp.	2.2x10 ⁶	1.8x10 ⁵															
Prasinophyceae																	
<i>Pyramimonas</i> sp.	8.7x10 ⁴																
Euglenophyceae																	
<i>Euglena</i> sp.	6400	3173	40	8	4	68	20	42	28	10	12	136	4	30	2	74	12
Raphidophyceae	7x10 ⁵	3493	80	16		80	4										
Dictyochophyceae																	
<i>Dictyocha</i> sp.				4		20	4		4		4	8	28	5	20		8
Prymnesiophyceae																	
<i>Coccolithophorales</i>											8						
Cyanophyceae - כחוליות																	
<i>Synechococcus</i> sp. (1)	2.6x10 ⁸	1.4x10 ⁸	1.9x10 ⁸	1.1x10 ⁸	6.7x10 ⁷	1.4x10 ⁸	5.9x10 ⁷	1.2x10 ⁸	4.3x10 ⁷	4.9x10 ⁷	5.2x10 ⁷	6.1x10 ⁷	5.8x10 ⁷	1.1x10 ⁸	9.7x10 ⁷	1.1x10 ⁸	5.4x10 ⁷
<i>Synechococcus</i> sp. (2)	7.9x10 ⁷	2.5x10 ⁷						2.4x10 ⁷				1.7x10 ⁸					
<i>Aphanocapsa</i> sp.								9310									
<i>Calothrix</i> sp.										20							
<i>Lyngbya</i> sp.							1040										
<i>Merismopedia glauca</i>								3504									
<i>Merismopedia tenuissima</i>								2.6x10 ⁴									
<i>Microcystis aeruginosa</i>								1.0x10 ⁵			100						
<i>Microcystis</i> sp. (1)								6.1x10 ⁴					400				
<i>Microcystis</i> sp. (2)								422									
Microphytoplankton < 5µm	3.0x10 ⁷	1.5x10 ⁷	4.1x10 ⁶	3.8x10 ⁶	3.8x10 ⁶	5.6x10 ⁶	2.4x10 ⁶	6.3x10 ⁶	2.0x10 ⁶	4.9x10 ⁶	3.0x10 ⁶	2.4x10 ⁶	3.4x10 ⁶	4.3x10 ⁶	3.7x10 ⁶	3.5x10 ⁶	2.3x10 ⁶
Total Cells/L	3.9x10 ⁸	1.9x10 ⁸	1.9x10 ⁸	1.2x10 ⁸	7.1x10 ⁷	1.4x10 ⁸	6.2x10 ⁷	1.5x10 ⁸	4.5x10 ⁷	5.4x10 ⁷	5.5x10 ⁷	2.4x10 ⁸	6.1x10 ⁷	1.1x10 ⁸	1.0x10 ⁸	1.1x10 ⁸	5.7x10 ⁷

נספח 6: הרכב ומספר הפרטים של חי תוך המצע (in fauna) שנאספו בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2007.

Taxa	Specie	HM2.1a	HM2.1b	HM2.1c	H3a	H3b	H3c	H7a	H7b	H7c	HM10a	HM10b	HM10c	H11a	H11b	H11c	H13a	H13b	H13c	H16a	H16b
Polychaeta	Capitellidae	5	10	6					19		2	2	4	5					2	3	2
	Cirratulidae	1		7						5	8	5	12	1		1	2				
	Glyceridae	5	8	2				1	2		2	7	9		1			3	2		1
	Hesionidae																				
	Lumbrineridae																				
	Magelonidae	4	2	4	30	24	34	5	5	18	7	3	4	14	11	9	3	7	12	3	
	Maldanidae	1		1							8	4	2			1					
	Nephtyidae	2		1	9	9	22	7	10	6	4	3	2	14	2	4	2	2	4	10	9
	Nereididae																4				
	Onuphidae	172	178	187	6	7	1	1	1	1	358	406	779	1	1	2		7	4		1
	Orbiniidae	108	99	127	8	2	7	4	1	3	51	71	61		1	2	1	3	11	2	2
	Oweniidae									1	1						1	2	1		
	Paraonidae	40	81	57		7	2	4	2	3	38	62	9		1	1			4	3	2
	Phyllodocidae		2S	1		1	1	15	6	6			2	2	1	4			2	2	
	Poecilochaetidae	1		1		3	1	5	1	8	3	2	7	3	3	4	2	2	9	9	
	Pilargidae							2	2	1									3	1	2
	Sabellidae																				
	Sigalionidae	1		1	7	10	5	8	3	1	1	1	1	1	2	1	3				1
	Spionidae	2072	2957	2277	30	52	34	157	101	211	773	729	1205	100	93	104	90	92	163	63	99
	Syllidae	223	268	307		1		1		2	68	2	150	2			1		5	1	
	terrebelidae																				
Crustacea	Amphipoda																				
	Ampelisca sp.								1	8	4	2	4	3	3	2		1			
	Ampelisca brevicornis	1		3	1		3	3		1	3	3		1		3	2	1	1		
	atylus swammerdami	2																			
	Ampelisca sarsi									1						3			4		
	Bathyporeia guilliamsoniana																				
	Bathyporeia sunniva				2	2															
	Caprellidae gen. sp.																				
	Cheiriphotis mediterranea	1	1	7							1		2					1			2
	Corophium acutum																				
	Erichthonius sp.																				
	Leucothoe occulta	7	10	15					1		4	2	3						1		
	Megaluropus massiliensis	15	5	10	6		4		1	2	14	41	19		1				2		
	Pariambus typicus																				
	Perioculodes longimanus longimanus	3	6	8	4	1	5	9	5	21	25	42	66	1	4	1	1	1	1	2	1
	Urothoe sp.																				
	Urothoe grimaldii				13	8	23	9	6	10				7	4	2	17	3	3	4	6
	Copepoda																				
	HARPACTICOIDA																				
	Ameira scotti	11	19	23																	
	Canuella aff. furcigera	105	123	103	6	3		4	4	2	41	56	33	8	23	11	12	7	16	6	10
	Canuella aff. perplexa	313	256	234	3	4	6	5	2	6	101	155	99	7	6	4	11	9	23	15	7
	Canuellidae gen. et sp. nov. 1	45	19	39		1		2	1	3	1		3	7	7	6	2	1	3	11	9
	Canuellina insignis	2056	1462	1783				7	9	11	645	701	563		2	4	3	4	21	4	1
	Dactylopusia tisboides																				
	Diosaccus truncatus																				

	Specie	HM2.1a	HM2.1b	HM2.1c	H3a	H3b	H3c	H7a	H7b	H7c	HM10a	HM10b	HM10c	H11a	H11b	H11c	H13a	H13b	H13c	H16a	H16b
	<i>Euterpina acutifrons</i>																				1
	<i>Halectinosoma canaliculatum</i>	29	23	13			3	74	88	55			1	12	16	4	4	1	9		
	<i>Halectinosoma diops</i>	1	3	4			3	12	9	5		1		1	5	3					
	<i>Halectinosoma</i> sp. 1	3		6							14	11	12				1		4	12	9
	<i>Halectinosoma</i> sp. 2	1	2	7																2	1
	<i>Hemicyclops</i> sp.	6	1						1	2		2			1						1
	<i>Laophonte</i> sp. 1	2	11	9																	
	<i>Longipedia coronata</i>	147	111	125				6	7	4	33	12	21	1	2	4		2	7	11	8
	<i>Normanella</i> sp. 1	1																			
	<i>Phyllothalestris mysis</i>																				
	<i>Pseudobradia</i> sp. 1	1	3	5	4	2	5				16	23	29						1		
	<i>Pseudobradia</i> sp. 2		1	1				2	5	1											3
	<i>Robertgurneya oligochaeta</i>	1	2																		
	<i>Scottolana bulbosa</i>	13	9	15							23	11	15	1	2	1	2	2	5	2	1
	<i>Stenocopia longicaudata</i>																				
	<i>Teissierella salammboi</i>	25	13	23							11	3	7					1	5	8	7
	<i>Thompsonula hyaenae</i>	1	2																1		
	CYCLOPOIDA																				
	<i>Cyclopina</i> sp.	19	13	34		2		3	2	2	2	9	5	1	2	1			2	4	
	<i>Euryte</i> sp.	11	3	7			3	2	1											1	
	<i>Tococheres</i> sp. 1	12	9	4		1					1	2		1	3	3					3
	CALANOIDA	1204	807	1007	128	54	244	207	166	137	634	398	733	53	276	145	27	49	77	134	98
	Cumacea																				
	<i>Bodotria pulchella</i>	8	11	5							1	9	9								
	<i>Bodotria gibba</i>	15	14	15	1		1			2	8	10	22	1			1	1	2		
	<i>Cumopsis goodsir</i>		2	1																	
	<i>Eocuma rosae</i>		1	1							1										
	<i>Iphinoe douniae</i>				1			6		6	1							1	1		
	<i>Pseudocuma longicorne</i>	10	11	12		1		5	8	12	14	104	59	1	1				1	1	1
	<i>Scherocumella gurneyi</i>																				
	Tanaidacea				30	29	44	58	40	89				25	17	19	15	13	36	12	10
	Decapoda																				
	<i>Albunea carabus</i>				1																
	<i>Calianassa tyrrenna</i>																				
	<i>Diogenes pugilator</i>	9	5	2	2	16	16	2	2	7	2	2	5	11	5	5	2	1	3		
	<i>Leptochela pugnax</i>																				
	<i>Liocarcinus</i> sp.																				
	<i>Lucifer hanseni</i>		1																1		
	<i>Ogyrides mjobergi</i>	4		3		1	3	2		2	4	1	1	5	9	3	6	1	1	1	2
	penaeid juv.										1							1			
	<i>Philocheras monacanthus</i>																		1		
	<i>Trachysalambria palaestinaensis</i>											1									
	larva & postlarva	2																			
	Isopoda									1				1							
	Ostracoda		6	6			16			2					1			2			10
	Copepoda					1						1				1		1			1
Echinodermata	Ophiuroidea																				
	Echinoidea																				
Coelenterata	Actinaria																				
Phoronida		20	55	13							134	673	712								1
Pantopoda																					
fish																					

	Specie	H16c	H19a	H19b	H19c	HM23.1a	HM23.1b	HM23.1c	H24a	H24b	H24c	HM27a	HM27b	HM27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c
Taxa																				
Polychaeta	<i>Capitellidae</i>	1	19	1	15	9	1	2	2	1		132	89	271					2	
	<i>Cirratulidae</i>	1	2		14	56	33	14			5	31	17	59			5	3	3	1
	<i>Glyceridae</i>	1	1	3	3	3		2		1	1	39	16	34		1	2		2	5
	<i>Hesionidae</i>						1					1								
	<i>Lumbrineridae</i>				2					1		1		1						
	<i>Magelonidae</i>	3	9	13	9	3	3	4	13	13	4		1	2	7	3		29	35	27
	<i>Maldanidae</i>						2						1	2			1			
	<i>Nephtyidae</i>	6	15	14	14	3	4	4	10	9	8		5	7	6	2	3	7	9	10
	<i>Nereididae</i>							2												
	<i>Onuphidae</i>	1	2	3	6	10	7	1	1	4	2	18	6	16	8	6	3	1	2	1
	<i>Orbiniidae</i>		5	15		15	8		7	12					16	11		11	8	2
	<i>Oweniidae</i>		2													1	1	1		
	<i>Paraonidae</i>	1	5	9	4	613	531	2	1	3		44	41	102	2	2		3	8	
	<i>Phyllodocidae</i>	2		1								6		4	1			1	1	
	<i>Poecilochaetidae</i>	3	1	2		3	9	2	1		2	17	5	31			1	2	3	1
	<i>Pilargidae</i>				3			1		1		9		7					1	
	<i>Sabellidae</i>											16	12	27						
	<i>Sigalionidae</i>	2	3	2	3		5	2	1	1	7		1	1	1				1	
	<i>Spionidae</i>	76	115	100	174	29	45	452	105	118	104	270	85	486	25	33	30	45	87	45
	<i>Syllidae</i>			1	2	18	22	1	3	1	1	17	15	155	16	12	13	3		
	<i>terrebelidae</i>													1						
Crustacea	Amphipoda																			
	<i>Ampelisca sp.</i>			1	1	2	3			1	6				6	4	3		4	3
	<i>Ampelisca brevicornis</i>		2							1	2				3	2	2	3	6	3
	<i>atylus swammerdami</i>																			
	<i>Ampelisca sarsi</i>	1	1			6		2								1				
	<i>Bathyporeia quilliamsoniana</i>				1															
	<i>Bathyporeia sunnivae</i>		1	2														1		
	<i>Caprellidae gen. sp.</i>					1						2		1						
	<i>Cheiriphotis mediterranea</i>		1		2	4	2	3				58	1	33	1		1			
	<i>Corophium acutum</i>																			
	<i>Erichthonius sp.</i>											1			1					
	<i>Leucothoe occulta</i>	1		1		3	1	1		1								2		
	<i>Megaluropus massiliensis</i>			1		7	6	1		1	1							1		
	<i>Pariambus typicus</i>																			
	<i>Periculodes longimanus longimanus</i>	2	4	1	5	22	4	6	6	4	5	6		2		1			2	
	<i>Urothoe sp.</i>															1				
	<i>Urothoe grimaldii</i>	1	27	22	7				12	19	21				3		7	42	27	41
	Copepoda																			
	HARPACTICOIDA																			
	<i>Ameira scotti</i>										1	35	3	27						
	<i>Canuella aff. furcigera</i>	7	7	9	11	16	19	23	7	4	5	12	5	12	11	7	5	11	10	9
	<i>Canuella aff. perplexa</i>	11	4	5	2	33	27	17	36	22	21	178	16	145	1	3	9	2	2	1
	<i>Canuellidae gen. et sp. nov. 1</i>	7	4	5	3	2	5	3		2	1	23	9	19					5	1
	<i>Canuellina insignis</i>			3	1	105	202	93	23	19	15	45	16	29	4	2	2	2		
	<i>Dactylopusia tisboides</i>			1					1		1	5		4					2	
	<i>Diosaccus truncatus</i>					2	1	2						1						

	Specie	H16c	H19a	H19b	H19c	HM23.1a	HM23.1b	HM23.1c	H24a	H24b	H24c	HM27a	HM27b	HM27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c
	<i>Euterpina acutifrons</i>					2	1								4					
	<i>Halectinosoma canaliculatum</i>		7	11	5		1		5	3	1	1			2	2		5	27	2
	<i>Halectinosoma diops</i>					2	1	2												
	<i>Halectinosoma</i> sp. 1	8							2	1	3							2	1	
	<i>Halectinosoma</i> sp. 2	3				34	45	29												
	<i>Hemicyclops</i> sp.	2				2	1								1	1				
	<i>Laophonte</i> sp. 1											1								
	<i>Longipedia coronata</i>	9	11	9	7	11	7	15	11	8	6	58	9	66	11	5	7			
	<i>Normanella</i> sp. 1						1	1												
	<i>Phyllothalestris mysis</i>					2	1	1												
	<i>Pseudobradya</i> sp. 1																			
	<i>Pseudobradya</i> sp. 2																			
	<i>Robertgurneya oligochaeta</i>											3	1	1						
	<i>Scotollana bulbosa</i>	4	3	1	2	1	3	6	3	1	3	37	11	56						
	<i>Stenocopia longicaudata</i>	2																		
	<i>Teissierella salammboi</i>	11	3	1	2	7	9	4	1	3	3	3		2	6	6	10			
	<i>Thompsonula hyaenae</i>							2												
	CYCLOPOIDA																			
	<i>Cyclopina</i> sp.	1		1		5	4	3				2						1		
	<i>Euryte</i> sp.	1				1	5	1	1											
	<i>Tococheres</i> sp. 1	2		1		12	16	5	3	6	2	9	2	7	1	1			1	
	CALANOIDA	88	112	126	182	210	245	220	50	46	35	101	13	91	25	21	28	48	17	6
	Cumacea																			
	<i>Bodotria pulchella</i>					4	6	2						2						
	<i>Bodotria gibba</i>		3	1	1	2				1	1	2				2		1	1	
	<i>Cumopsis goodsir</i>																			
	<i>Eocuma rosae</i>					2	2					39	2	22						
	<i>Iphinoe douniae</i>		2	2	1					1								1	2	
	<i>Pseudocuma longicorne</i>		1		1	7	11	7	1			3		1	1	3	2			1
	<i>Scherocumella gurneyi</i>																			
	Tanaidacea	45	44	108	182	61	106	60	60	90	75	127	26	173	66	11	8	23	51	25
	Decapoda																			
	<i>Albunea carabus</i>																			
	<i>Calianassa tyrrenna</i>																	12	2	2
	<i>Diogenes pugilator</i>			1			1	4						1				1		1
	<i>Leptochela pugnax</i>						1													
	<i>Liocarcinus</i> sp.															1				
	<i>Lucifer hanseni</i>																			
	<i>Ogyrides mjobergi</i>	1	1		3	1	8	5	2	4	5				4	5	5	2	2	1
	penaeid juv.	1	1			1		3	1	1						1	1	1		
	<i>Philocheras monacanthus</i>																			
	<i>Trachysalambria palaestinensis</i>																			
	larva & postlarva				1	1						2		1						
	Isopoda																			
	Ostracoda											37		27						
	Copepoda																			
Echinodermata	Ophiuroidea					7						11		4						
	Echinoidea																			
Cocenterata	Actinaria																			
Phoronida						158		133						5						
Pantopoda						2								1						
fish												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.

מטלותריוגנין - 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 לפריחות מסיביות של אצות ולהגברה של פעילותן.

ניטור - מדידה תקופתית של אותם משתנים (פרמטרים).

סמן ביולוגי (biomarker) - פרמטר ביולוגי מדיד באורגניזם המעיד על פעילות או על השפעה ביולוגית. בהקשר של 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)	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, פיסיוולוגיות 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, מתערבים 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 זוויגו במהלך חייו, מתחיל מזכר והופך לנקבה. לא ניתן לאפיין את זוויג השישן בהסתכלות חיצונית. הגונדות עוזרות באיבחון הזוויג רק כאשר הן מתפתחות. גונדות בלתי מפותחות מכילות מרכיב של אשך ושחלה בזכרים ונקבות כאחד. הקייץ היא עונת הרבייה שלו בים התיכון.