

איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון

בשנת 2005



חקר ימים ואגמים לישראל

דוח חיא"ל H25/2006





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 2005

דוח חיא"ל H25/2006

עורכי הדוח: ברק חרות ויובל כהן

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-פרידר
חי הקרקעית : מל קופר, לימור שובל, סימה אוסביאצוב
השפעות ביולוגיות : יאנה יודקובסקי, אירנה ינקלביץ, הילה בן-יוסף
בסיסי נתונים : איסק גרטמן, לונין אירנה
צוות ים : גדעון עמית, יונה בישופ, ראובן רוזנטראוב

יועץ לניטור מיקרואצות : ברוך קימור, הטכניון

תכנית הניטור של מימי החופין ממומנת ע"י
המשרד לאיכות הסביבה ומשרד התשתיות הלאומיות
ניטור הנמלים והמעגנות מומן ע"י חיל הים/משרד הביטחון

יוני 2006

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

שם הדוח לצורך ציטוט בעברית/אנגלית :
חרות ב', כהן י', שפר ע', גורדון נ', גליל ב', טיבור ג' ותום מ' (2006). איכות מימי החופין של ישראל בים
התיכון בשנת 2005, דוח חיא"ל H25/2006.

Herut B., Cohen Y., Shefer E., Gordon N., Galil B., Tibor G. and Tom M. (2006). Environmental quality of Israel's Mediterranean coastal waters in 2005, IOLR Report H25/2006.

תוכן

עמוד

חלק א - מבוא, סיכום הממצאים והמלצות

- מבוא א-1
- סיכום הממצאים העיקריים א-3
- מיפוי המצב הסביבתי היחסי לאורך החוף א-8
- המלצות א-11

חלק ב - פירוט פעולות הניטור והממצאים

- מתכות בסדימנטים ב-1
- מתכות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות ב-4
- מתכות במים ב-9
- מתכות בבעלי חיים שוכני קרקעית ב-10
- מתכות בדגים ב-12
- מתכות במשקעים אטמוספיריים ב-14
- נוטריאנטים במשקעים אטמוספיריים ב-15
- נוטריאנטים בנחלי החוף ב-15
- הערכת עומס הנוטריאנטים באזור מימי החופין ב-20
- נוטריאנטים, כלורופיל ומיקרואצות במימי החופין ב-21
- אוכלוסיות חי הקרקעית ב-28
- סמנים השפעות בילוגיות של מזהמים (Biomarkers) ב-30
- רשימת ספרות ב-32

חלק ג - איורים וטבלאות

נספח 1 - טבלת אפיון תחנות הדיגום בשנת 2005

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 - מילון מונחים מקצועיים

חלק א - מבוא, סיכום הממצאים והמלצות

מבוא

דוח זה מציג מידע על איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון בשנת 2005, 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 מונחית ע"י אגף ים וחופים של המשרד לאיכות 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);
- ניטור אוכלוסיות חי הקרקעית לאורך החוף (החל מ-2005);
- ניטור סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים (החל מ-2005);
- מיפוי סביבתי של מימי החופין מנתוני לווינים (החל מ-2005);
- 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 וחמישה 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. נספח 5 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 לאיכות הסביבה, למרכז של "תכנית הפעולה לים התיכון" באתונה, אשר מנהל את הפעילות הבינלאומית לשמירת איכות הסביבה בים התיכון במסגרת "אמנת ברצלונה"

סיכום הממצאים העיקריים

מהממצאים המפורטים בדוח זה עולה שרמת הזיהום הכללית של מימי החופין של ישראל בים התיכון איננה גבוהה ביחס למדדים לאיכות הסביבה הימית המקובלים בעולם, למעט במפרץ חיפה ובכמה מוקדים אחרים לאורך החוף. זיהום במתכות כבדות ובחומרים אורגניים שונים והעשרה בנוטריאנטים באתרים אלה נובעים מהחדרת כמויות משמעותיות של חומרים אנתרופוגניים למימי החופין, הן ממקורות נקודתיים (מוצאי שפכים ונחלי החוף) והן ממקורות מבוזרים (מי נגר והסעה אטמוספירית). בשנת 2005 לא חל שינוי משמעותי באיכות מימי החופין לעומת 2004, אולם באופן כללי רמת הזיהום של מימי החופין פחתה במהלך העשור האחרון.

סיכום הממצאים והמסקנות של דוח זה מוצג להלן בשני אופנים: האחד - טבלה של איכות מימי החופין בשנת 2005 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 NOAA לאיכות מי נחלים (**נספח 5**); (4) מצב הסדימנטים מבחינת זיהום במתכות כבדות, DDT ו-PCB's ביחס לקריטריון של NOAA לסבירות גבוהה להשפעות ביולוגיות מזיקות (**נספח 5**); (5) מצב הסדימנטים מבחינת הזיהום ב-TBT (ראה הסבר על החומר ב**נספח 5**) – חלוקה לשתי רמות, מעל ומתחת ריכוז של 100 מיקרוגרם/ק"ג.

מצב מימי החופין בשנת 2005 ומגמות בעשור האחרון

מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2005	סמן סביבתי
↓ פחת הזיהום בכספית.	מפרץ חיפה : רמת זיהום בינונית של כספית בצפון המפרץ ובינונית עד קטנה בשפך הקישון. לא חל שינוי משמעותי ברמות הכספית לעומת 2004.	מתכות כבדות בקרקעית (כספית, קדמיום, נחושת, אבץ, עופרת, ניקל, כרום)
↓ פחתו ריכוזי העופרת.	😊 ריכוזים קטנים של מתכות כבדות אחרות. נחלים : ☹️ רמת זיהום גבוהה בקדמיום, אבץ וניקל ורמת זיהום בינונית בכספית, נחושת, עופרת וכרום במורד נחל קישון; רמת זיהום בינונית בכספית, נחושת, אבץ וכרום בנחל נעמן; רמת זיהום בינונית בנחושת, אבץ, ניקל וכרום	
↓ פחת הזיהום בשפך הקישון.		

סמן סביבתי	מצב בשנת 2005	מגמות בעשור אחרון
	בנחל חדרה ; רמת זיהום בינונית בניקל ונחושת בנחל אלכסנדר. לאורך החוף : כללית, במים הרדודים כל המתכות בריכוזים קטנים מהשפעות מזיקות. כמה בעיות זיהום מקומיות : ⦿ באזור המוצא של שפד"ן רמת זיהום גבוהה בכספית ובינונית בקדמיום. לאורך החוף דרומית לפלמחים העשרה בכרום ממקור לא ברור. ⦿ נמלים ומעגנות : רמת זיהום גבוהה בכספית בנמל חיפה ומעגן עכו ; רמת זיהום בינונית בקדמיום בנמלים קישון וחיפה, בכספית בנמל קישון, בכרום בנמלים חיפה, קישון ואשדוד, בנחושת בנמלים חיפה, קישון, אשדוד ובמעגנות עכו והרצליה, בניקל בנמלים חיפה, קישון ואשדוד ובמעגן עכו, באבץ בנמלים חיפה, קישון ואשדוד ובמעגנות הרצליה ואשקלון, בעופרת בנמלים חיפה ואשדוד ובמעגן עכו.	↔ אין מגמה ברורה של שינוי בשפכי שאר הנחלים. ↔ אין מגמה ברורה במוצא שפד"ן ; קיימות תנודות עונתיות ברמת הזיהום. ↔ בנמלי חיפה והקישון נמצאו בעבר רמות זיהום דומות וגבוהות יותר.
↔ ↓ ↔ ↔	מפרץ חיפה : בדרום המפרץ בקרבת שפך הקישון ריכוזים גדולים מאשר באתרים מחוץ למפרץ. שפכי נחלים : ⦿ ריכוזים גדולים במיוחד של כספית בנחלים שורק, לכיש, ירקון, ושיקמה בספטמבר. ריכוזים גדולים יחסית של קדמיום בנחלים שורק, פולג וקישון. ריכוזים גדולים במיוחד של נחושת בנחלים שורק, נעמן, תנינים ופולג במרץ, ובנחלים שורק, קישון, שיקמה ותנינים בספטמבר. לאורך החוף : ריכוזים קטנים בהרבה מאשר בשפכי הנחלים. העשרה בקדמיום מול שפך נחל הקישון.	לא חל שינוי ברמות הכספית. ריכוזי הקדמיום בדרום המפרץ פחתו החל מיולי 2000. אין מגמה מובהקת. אין מגמה מובהקת.
↔	⦿ הדגים ראויים למאכל לפי	ריכוזי הכספית התייצבו ברמה פחותה מאשר בעשור

סמן סביבתי	מצב בשנת 2005	מגמות בעשור אחרון
	התקן הישראלי. בדגים חופיים ממפרץ חיפה העשרה בכספית יחסית לדגים מאזורים אחרים (ב-5% מהדגים שנבדקו נמצאו חריגות ביחס לתקן מחמיר לדגי מאכל). העשרה בכספית בחלק מדגי המכמורת באזור המרכז לעומת הדרום.	הקודם. לא חל שינוי. ↔
מתכות כבדות בבעלי חיים שוכני קרקעית	מפרץ חיפה ועכו : העשרה בכספית בצדפות ובחלזונות יחסית לאזורים אחרים. הפחתה בריכוזי הכספית בצדפות בצפון מפרץ חיפה לעומת 2004. העשרה בכספית בחלזונות מקריית ים ועכו יחסית לאזורים אחרים. העשרה בקדמיום בחלזונות מדרום מפרץ חיפה (שפך הקישון) ומעכו יחסית לאזורים אחרים. לאורך החוף (אתרים נבחרים) : העשרה בקדמיום בחלזונות מפלמחים.	ריכוזי הכספית בצדפות פחתו בשנים 1980 - 1992. מאז 1993 חלה מגמת עלייה שנעצרה בארבע השנים האחרונות. ריכוזי הקדמיום פחתו בשפך הקישון. ↓
מתכות כבדות באבק	ריכוזים דומים לאירופה וגדולים מאשר באזורים לא מתועשים. ריכוזי העופרת דומים לערכים בשנת 2004.	ירידה בריכוזי העופרת באוויר. אין מגמה מובהקת של ריכוזי הקדמיום, הנחושת והאבץ. ↓ ?
מזהמים אורגניים בקרקעית	נמלים ומעגנות : ☹️ רמת זיהום בינונית בשאריות של חומרי הדברה אורגנוכלוריים מקבוצת ה-DDT במעגנות עכו ואשכול (אשדוד) ; רמות הזיהום ב-PCBs קטנות בהרבה מאלו שנמדדו ב-2004. 😊 לא נמצאו חומרים פוליציקלים ארומטיים (PAHs) ודיאוקסינים בריכוזים גדולים מסף הגילוי של הבדיקות. ☹️ זיהום משמעותי ב-TBT בנמלי חיפה, הקישון ואשדוד ובמרינות של עכו, מכמורת, הרצליה, ת"א ואשקלון ; הממצאים מעידים על המשך הזיהום.	הניטור החל בשנת 2000. בשנת 2005 פחתו רמות הזיהום בחומרי הדברה, PCBs, ובחלק מהאתרים גם ב-TBT. ↓

	מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2005	סמן סביבתי
↔	לא חל שינוי משמעותי בשנים 2002 - 2005.	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 באוכלוסיות החי הימי.	מזהמים אורגניים במים
↔	לא חל שינוי משמעותי בשנים 2002 - 2005.	😞 רמות זיהום גבוהות במיוחד של TBT נמצאו בנמל חיפה ובמעגנות עכו, מכמורת, הרצליה, ת"א ואשדוד. בכל הנמלים והמעגנות הריכוזים גדולים מהתקן לאיכות מי-ים שנקבע ע"י המשרד לאיכות הסביבה.	
↔	שטפי חנקן וזרחן תלויים בכמות המשקעים השנתית. לא חל שינוי משמעותי בשטף החנקן במהלך 8 השנים האחרונות.	שטפי חנקן וזרחן גדולים מבאוקיינוסים הפתוחים אולם קטנים מאשר באירופה.	נוטריאנטים במי גשם
↓	הפחתה מסוימת בריכוזי הנוטריאנטים (במיוחד בנחלים שורק וקישון).	😞 זיהום בינוני עד חמור ברוב הנחלים.	נוטריאנטים בשפכי נחלי החוף
↓	עפ"י דיווחים פחתו הכמויות המוזרמות לנחלים.	נחלים (כולל קישון) < מוצא שפד"ן < אחרים.	עומס נוטריאנטים ממקורות נקודתיים
?	יתכן שב-2002 חלה מגמה של הפחתה. בשנים האחרונות חלה עלייה משמעותית ביחס חנקן/זרחן בשפכי נחל הקישון ובדרום המפרץ.	😞 מפרץ חיפה: העשרה בזרחן וחנקן מול שפד הקישון והנעמן; הפחתה עם ההתרחקות מהחוף. לאורך החוף: 😞 העשרה בפוספאט מול הנחלים ירקון ושורק; העשרה בניטראט מול שפד נחל תנינים. 😞 העשרה בנוטריאנטים בקרבת מוצא הקולחים של מכון הטיהור של הרצליה.	נוטריאנטים במימי החופין
?	הבדיקות החלו בשנת 2000. יתכן שהחלה ירידה בריכוז.	מפרץ חיפה: ריכוזים גדולים יחסית לשאר החוף. 😞 כמויות גדולות במיוחד בשפד נחל הקישון.	נוכחות מיקרואצות

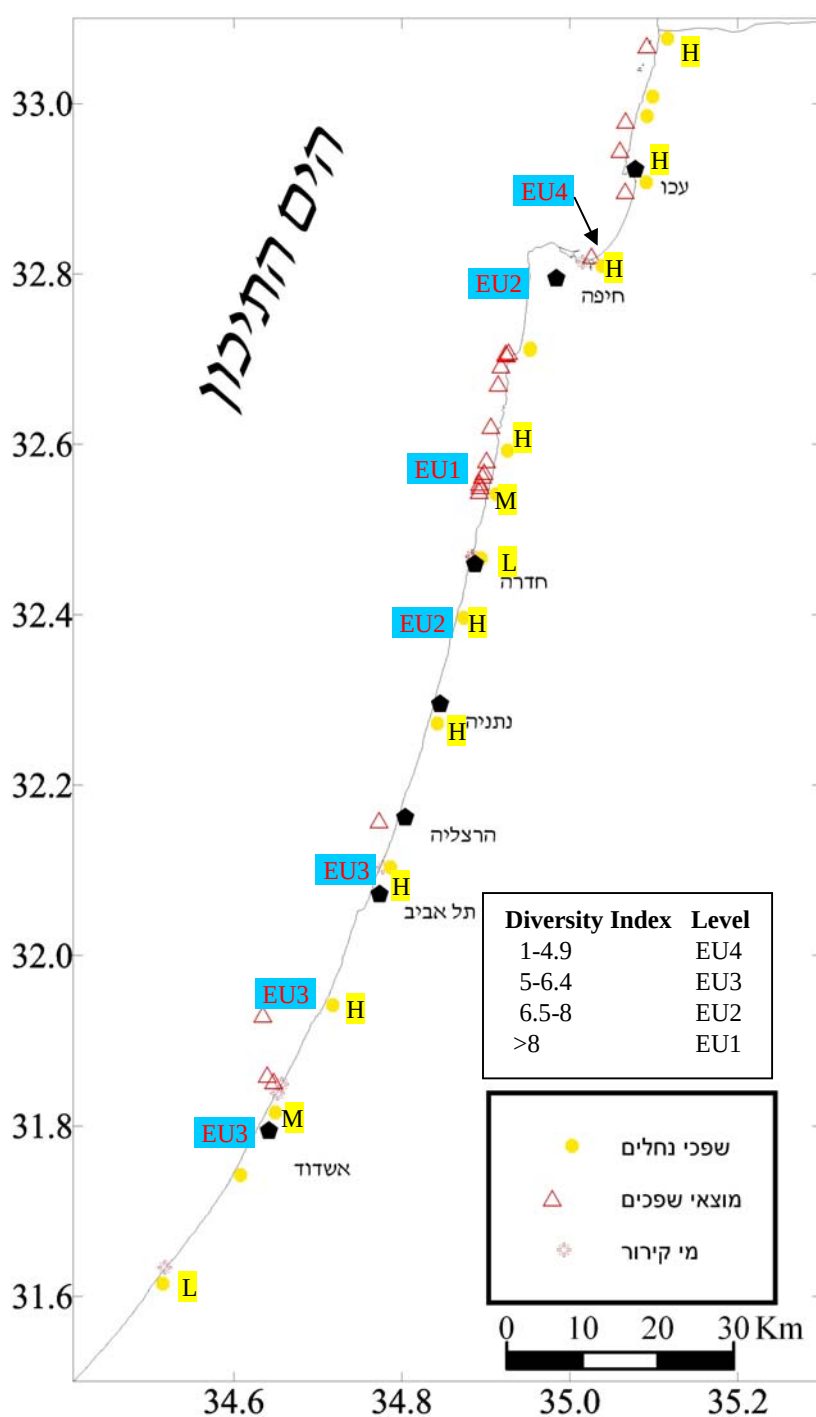
מגמות בעשור אחרון	מצב בשנת 2005	סמן סביבתי
בעבר נמצאו במפרץ חיפה מינים רעילים. מינים העלולים ליצור פריחות רעילות נמצאו בשנים קודמות.	נמצאו מינים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלים. לאורך החוף: ⚠️ ריכוזים גדולים יחסית מול הנחלים: תנינים, ירקון, אלכסנדר, שורק ולכיש. העשרה בחלקו הדרומי של החוף (אשקלון-אשדוד). ריכוזים גדולים יחסית במים רדודים (עד 10 מ') לעומת מים עמוקים יותר (30 מ'). בכל האזורים נמצאו סוגי אצות הכוללים מינים העלולים ליצור פריחות רעילות.	
הניטור החל ב-2005	מפרץ חיפה: סמנים להעשרה אורגנית מול עכו בצפון ומול שפך הקישון בדרום. לאורך החוף: סמנים להעשרה אורגנית באזור המוצא של שפד"ן במים רדודים: העשרה בחומר אורגני מול שפכי הנחלים: אלכסנדר, פולג, ירקון ושורק.	הרכב אוכלוסיות חי הקרקעית (סמן להעשרה אורגנית אנתרופוגנית)
הניטור החל ב-2004/5	השפעה גדולה יותר של מתכות כבדות ומזהמים אורגניים על דגים במפרץ חיפה לעומת דגים מאתרים דרומית למפרץ. 😊 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:

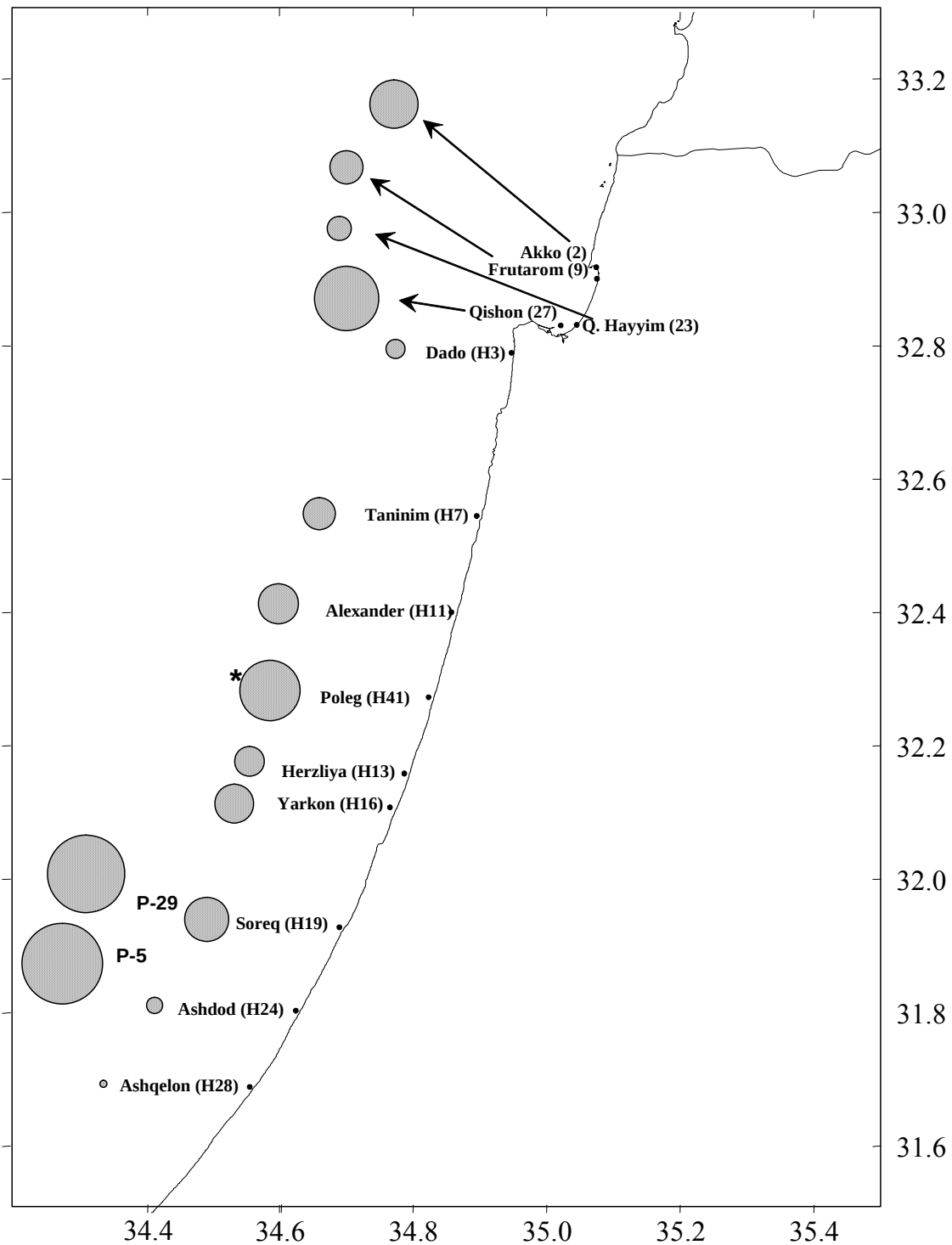
- 😊 - הדגשה של מצב טוב.
- ⚠️ - הדגשה של מצב גרוע.
- ↓ - מגמת שיפור; ↔ אין שינוי; ? אין מספיק נתונים להערכת מגמות.
- ↑ - מגמת החמרה.

מיפוי המצב הסביבתי היחסי לאורך החוף

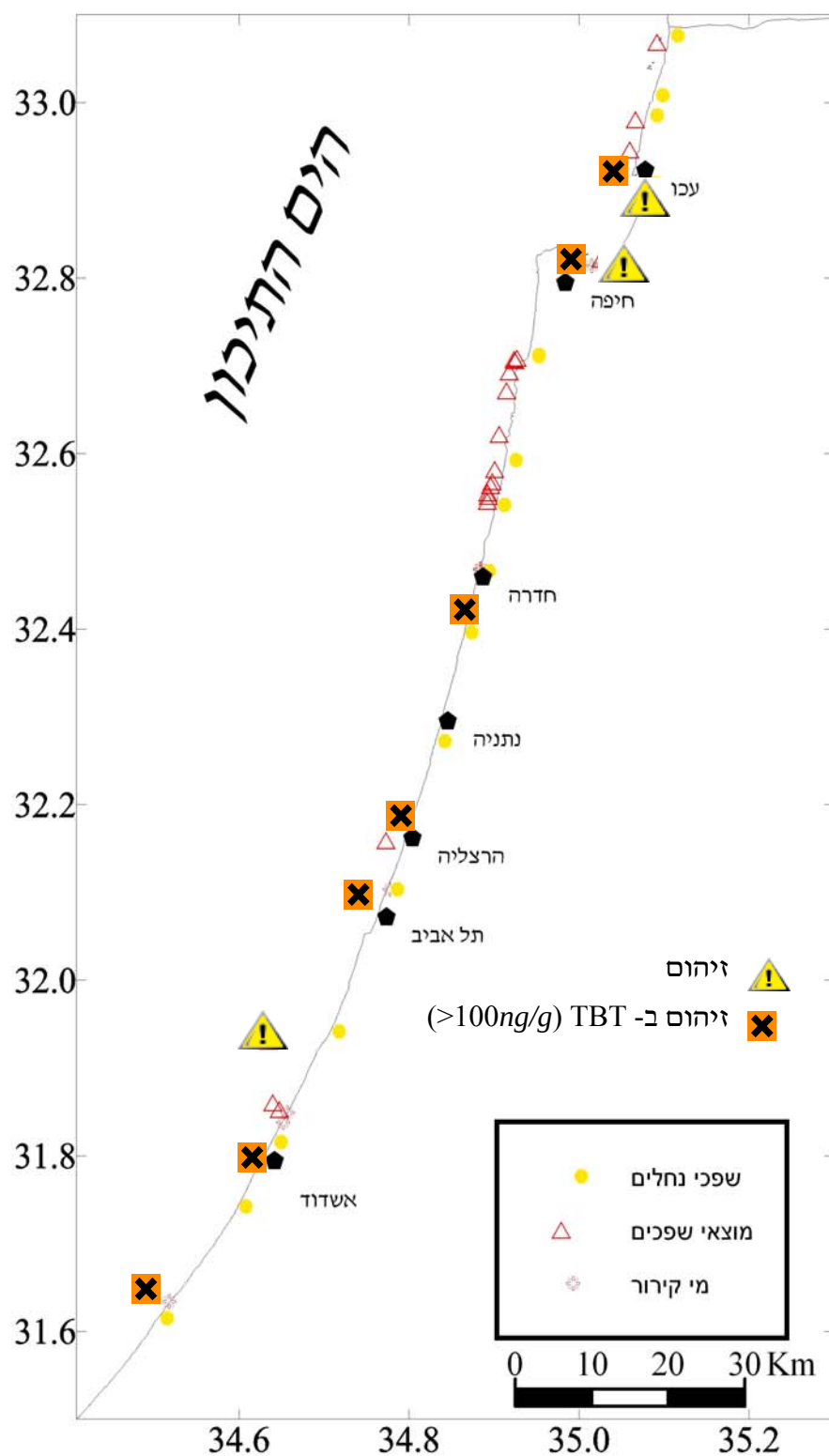
א. (1) מצב אזור המים הרדודים עפ"י "אינדקס השונות" של אוכלוסיות המיקרואצות במים - חלוקה לארבע רמות (EU4 – EU1). כללית, ערכים עולים של האינדקס משקפים מגמה של עלייה בעומס הנוטריאנטים. (2) מצב שפכי (מורד) נחלי החוף עפ"י ריכוזי הכלורופיל במים - חלוקה לשלוש רמות של העשרה בנוטריאנטים (גבוהה (H), בינונית (M), נמוכה (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 שאחוז החומר האורגני בקרקעית עולה, גדל מספרן היחסי של התולעים הרב-זיפיות שהינן מינים עמידים יחסית לזיהום.



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 5) ומבחינת הזיהום ב-TBT (חלוקה לשתי רמות, מעל ומתחת ריכוז של 100 מיקרוגרם/ק"ג).



המלצות

ההמלצות שלהלן, המבוססות על הממצאים של דוח זה, מופנות למשרדי הממשלה הנוגעים (במיוחד משרדי הגנת הסביבה, החקלאות, הבריאות, התחבורה והביטחון). ההמלצות מיועדות להביא לצמצום הזיהום של מימי החופין ולמניעת סכנות פוטנציאליות לבריאות הציבור ונזקים אקולוגיים כתוצאה מהזיהום. כל ההמלצות הוגשו בעבר.

1. יש להאיץ את הטיפול בצמצום ההזרמות של שפכים לנחלי החוף.
2. יש לקדם את הליך הטיפול במשקעי הקרקעית המזהמים שהצטברו בנחל הקישון ומהווים מקור של אספקת מתכות ומזהמים אורגניים לנמלי חיפה והקישון ולמפרץ חיפה, במיוחד באירועי שטפונות.
3. 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.
4. יש להאיץ את המאמץ לאתר את הגורמים המזרימים מתכות כבדות, ובמיוחד כספית, לביוב המגיע למפעל לטיהור שפכי גוש דן (שפד"ן) ולטפל בשפכים במקורותיהם על מנת לצמצם את הזרמתם לים.
5. יש לגבש ולאמץ, כמקובל בעולם, קריטריונים לאיכות סדימנטים ימיים, אשר ישמשו גם כמדדים מוסכמים לבחינת הממצאים של תכניות ניטור ימי.
6. יש לעדכן את 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.
7. על מנת למנוע סיכונים פוטנציאליים לבריאות הציבור, יש לאסור כל פעילות דיג במקומות מזהמים במימי החופין ובמקומות שבהם קיים חשש להצטברות חומרים מזהמים על סמך מידע על הזרמת שפכים לים.
8. למרות ההפחתה בריכוזי ה-TBT במספר נמלים ומעגנות, הממצאים מצביעים על המשך הזיהום ב-TBT. יש לאכוף בקפדנות את 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.
9. הממצאים בדוח זה, המעידים על הזרמת ביוב למימי החופין דרך נחלי החוף, מעלים 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. יש לבצע ניטור בקטריאלי בחופים כאלה אשר סמוכים לשפכי נחלי החוף ולהביא את הממצאים לידיעת הציבור.

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-14 תחנות; סדימנטים ממדף היבשת (לאורך החוף מאשדוד ועד חיפה) נדגמו בחודש אוגוסט ב-9 תחנות בעומק מים של כ-5 מטרים; הסדימנטים במוצאי נחלי החוף נדגמו בחודש מרץ ב-31 תחנות.

מפרץ חיפה - תפוצת רוב המתכות הכבדות בסדימנטים מצביעה על שני מוקדי זיהום עיקריים: מפעל "התעשיות האלקטרוכימיות" בצפון (בעיקר מקור לזיהום בכספית) ושפך נחל הקישון בדרום. עוצמתם של שני מוקדים אלה והשפעתם על המפרץ השתנו במידה ניכרת במהלך השנים מאז תחילת הניטור, לפני יותר משני עשורים.

כללית, 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 2005 (איור 3). ההפחתה בריכוזי הכספית נראית בבירור בתחנות מס' 8 (3 מ' עומק מים) ו-9 (6 מ' עומק מים) הקרובות לאתר ההזרמה של שפכי "התעשיות האלקטרוכימיות" (איור 4). 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 (בד"כ עד לעומק של כ-40 ס"מ) שנדגמו בתחנה 9 מאז 1985 (איור 6). השטח תחת הפרופיל של ריכוזי הכספית מייצג את הכמות הכוללת של הכספית בגלעין ליחידת שטח. בשנת 2005 כמות הכספית הצבורה בסדימנט עד לעומק של 40 ס"מ הייתה קטנה בכ-80% מהכמות ב-1985. 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. יתכן שבנוסף מתקיימת פליטה של כספית גזית מהמים לאוויר. בשנים האחרונות נראה שרמת הזיהום בסדימנטים באזור התייצבה ומתקיים שיווי משקל דינמי בין תהליכי האספקה והסילוק.

חלקיקים עשירים בכספית מצטברים בסדימנטים בנמלים ובמעגנות הקרובים למוקדי הזיהום (נמלי חיפה והקישון בדרום ומעגן עכו בצפון), שבהם ריכוזי הכספית גדולים ביחס לאתרים אחרים במפרץ ולאורך החוף (איור 7a). 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 5). בנוסף להעשרה בכספית, הסדימנטים בצפון המפרץ מועשרים גם בעופרת ובאבץ, בהשוואה לסדימנטים מאזורים רדודים נקיים יחסית לאורך החוף.

למעט כספית, ריכוזי המתכות בסדימנטים בשפך הקישון ב-2005 (תחנה מס' 27 ונמל חיפה) היו גדולים יותר מאשר בשאר שטחו של מפרץ חיפה (איור 7). ריכוזי הכספית והקדמיום בסדימנטים בתחנה 27, אשר נבדקה ברציפות במשך כשני עשורים, מייצגים מאז 2003 ערכים קרובים לגבול הקריטריונים של NOAA להשפעות מזיקות (איור 8). 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 לאיכות 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 עמוק יותר. באזור זה החלה פעילות ההרחבה של נמל חיפה (הקמת "נמל הכרמלי"), שתשפיע ככל הנראה על הקרקעית בתחנה 27. מזרחית לתחנה זו, בתוך נמל הקישון, נמצאו ריכוזי מתכות המייצגים דרגת זיהום בינונית עד גבוהה לפי הקריטריונים של NOAA.

למרות שב-2005 נמצאה עלייה קטנה בריכוזי העופרת בסדימנטים במפרץ, מאז 1996 פחתו ריכוזי העופרת (איור 9), בדומה למצב בסדימנטים מהאזור הרדוד מחוץ למפרץ. ההפחתה המשמעותית ביותר נמצאה בסדימנטים בצפון המפרץ. 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-2005 לא נמצאו ריכוזים חריגים של מתכות כבדות בסדימנטים הרדודים לאורך החוף, למעט בכמה אתרים ממוקדים (איור 10).

העשרה אנתרופוגנית של קדמיום נמצאה מול שפך נחל הירקון (0.48 מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש). העשרה אנתרופוגנית משמעותית בכמה מתכות, ובמיוחד בכספית, נמצאה בסדימנטים

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

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 שעברו מבוצע הניטור) ולמשרד לאיכות הסביבה.

כמו בשנים קודמות, באזור המוצא של צינור השפכים של אגן כימיקלים/בתי זיקוק אשדוד, מול תחנת הכוח באשדוד, נמצאה העשרה בכרום (46 מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש). מקור הכרום אינו ברור. העשרה דומה בכרום נמצאה גם בסמוך למרינה באשקלון. באזור המוצא של צינור השפכים של אגן כימיקלים/בתי זיקוק אשדוד נמצאו גם ריכוזים גדולים יחסית של מנגן, אולם לא נמצא זיהום במתכות אחרות. ממצאים מפורטים של הניטור שמתקיים באזור המוצא כלולים בדוחות נפרדים, המוגשים לאגן כימיקלים ובתי זיקוק אשדוד (הגורמים עבורם מבוצע הניטור) ולמשרד לאיכות הסביבה.

כללית, קיימת העשרה של כרום בסדימנטים מהאזור הרדוד (~10 מ' עומק מים) בכל חלקו הדרומי של חוף הים התיכון של ישראל (אשקלון-פלמחים). לא נמצאו שינויים משמעותיים בריכוזי שאר המתכות הכבדות בתחנות הרדודות לאורך החוף; בכל המתכות לא נמצאה העשרה משמעותית והריכוזים היו קטנים מהקריטריונים של NOAA להשפעות מזיקות.

כאמור, בכל התחנות לאורך החוף קיימת מגמה רב-שנתית של ירידה בריכוזי העופרת החל משנת 1996 (איור 9).

מוצאי נחלי החוף - כללית, הסדימנטים במרבית נחלי החוף, בסמוך למוצאיהם לים, מועשרים במתכות לעומת הסדימנטים במדף היבשת. הסיבות לכך הן כנראה הזרמת שפכים לנחלים והיעדר זרימת מים טבעית בהם, פרט לשטפונות בתקופת החורף.

נחל הקישון הוא המזוהם ביותר מבין נחלי החוף, וריכוזי מרבית המתכות בסדימנטים במעלה הנחל בחלקו המלוח (גשר יוליוס) מייצגים דרגת זיהום גבוהה לפי הקריטריונים של NOAA. בסדימנטים בנחלים נעמן וחדרה נמצאה העשרה בכספית (0.27 ו-0.06 מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש, בהתאמה). מקור הכספית בנעמן הוא כנראה "התעשיות האלקטרוכימיות" הסמוכות לשפכו, ומקורה בנחל חדרה לא ברור. בנחל חדרה ונחל נעמן נמצא גם זיהום משמעותי באבץ, נחושת, כרום וניקל.

הטבלה להלן ממיינת את מצב הסדימנטים במורד נחלי החוף עפ"י הקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA (נספח 5). לא כלולים בטבלה נחלים שבהם רמות הזיהום קטנות מ-ERL (בסוגריים ריכוזי המתכות ביחידות מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש).

קריטריון	Hg	Cd	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr
$\geq ERM$		קישון (9)		קישון (435)		קישון (50)	
$>ERL <ERM$	קישון (0.27) נעמן (0.27)		קישון (91) נעמן (79) חדרה (40) אלכסנדר ≈ 30 (ERL)	נעמן (270) חדרה (159)	קישון ≈ 30 (ERL)	בצת (46) חדרה (50) תנינים (26) אלכסנדר (43)	קישון (127) חדרה (112) נעמן (95)

מתכות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות

במסגרת סקר שבוצע עבור חיל הים נבדקו מתכות כבדות ומזהמים אורגניים במים ובסדימנטים בנמלי חיפה, הקישון ואשדוד ובמעגנות עכו, חדרה, עתלית, מכמורת, הרצליה, ת"א, אשדוד ואשקלון. מים מעומק של עד 10 ס"מ מפני השטח וסדימנטים של פני שטח נדגמו בחודש אוגוסט 2005. 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 (למעט כספית). 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 לאיכות 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 המיקרומזהמים האורגניים הנדיפים והנדיפים-למחצה במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות (0.3-10 מיקרוגרם/ליטר ו-0.2-5 מיקרוגרם/ליטר,

בהתאמה). ריכוזים אלה קטנים בסדר גודל ויותר מהריכוזים בהם צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי (ערכים מומלצים ע"י מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב - NOAA).

בנמל חיפה נמדדו ריכוזי פנול קרובים לתקן מי השתייה של ה-EPA ($2000 \mu\text{g/L}$). בכל האתרים שנבדקו, ריכוזי חומרים מקבוצת ה-PCB's, דיאוקסינים וחומרי הדברה אורגנוכלוריים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות ($0.01 \mu\text{g/L}$).

בנמלים חיפה, קישון ואשדוד ובמעגנות עכו, מכמורת, הרצליה, ת"א, אשדוד ואשקלון נמצא זיהום של מי הים בתרכובת האורגנית הרעילה של בדיל Tributyltin (TBT) ותוצרי הפירוק שלה DBT Dibutyltin ו-MBT Monobutyltin (ראה הסבר **בנספח 5**). בכל האתרים רמות הזיהום היו גבוהות בהרבה מהתקן לאיכות מי הים התיכון המומלץ ע"י המשרד לאיכות הסביבה (2 ng/L). תקן זה דומה לתקנים המקובלים כיום בעולם, ובכלל זה התקן המעודכן של הסוכנות להגנת הסביבה של ארה"ב (EPA) (1 ng/L). תחום ריכוזי ה-TBT במים, בנמלים ובמעגנות היה $88 - 1 \text{ ng/L}$. דירוג כל הנמלים והמעגנות לפי רמת הזיהום במים מוצג ב**איור 11**. בשנת 2004 נמצאו רמות זיהום גבוהות במיוחד ($>100 \text{ ng/L}$) בנמל חיפה ובמעגנות עכו, מכמורת, הרצליה, ת"א ואשדוד. נוכחות ריכוזים גדולים של TBT במים גם ב-2005 מעידה על המשך אספקה שוטפת של TBT לסביבה, אולם יחסית ל-2004 נמצאה ירידה בריכוזים, שיתכן שהינה ביטוי ראשוני לפעולות שננקטו לאחרונה ע"י הרשויות להפסקת השימוש בישראל בצבעים לכלי שיט המכילים TBT.

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 5**). הטבלה להלן ממיינת את מצב הסדימנטים בנמלים ובמעגנות ביחס לקריטריונים אלה.

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

רמות זיהום גבוהות של כספית בסדימנטים נמצאו בנמל חיפה ובמעגן עכו, ורמות זיהום בינוניות במרבית המתכות הכבדות נמצאו בנמלי הקישון, חיפה ואשדוד, מרינה עכו ומעגנות אחרות כמפורט בטבלה לעיל.

כללית, לא נמצאו בסדימנטים חומרים פוליציקלים ארומטיים (PAHs) ודיאוקסינים בריכוזים גדולים מסף הגילוי של הבדיקות.

בסדימנטים בנמל חיפה נמצאו ביפנילים מותמרי כלור (PCBs) בריכוזים קטנים מ-ERL. בסדימנטים במעגן אשכול ומעגן עכו נמצא זיהום בשאריות של חומרי הדברה אורגנוכלוריים מקבוצת ה-DDT בריכוזים גדולים מערכי ERL.

כללית, תחום ריכוזי ה-TBT שנמצאו בסדימנטים בנמלים ובמעגנות ($1 - 4217 \text{ ng/g}$), משקל יבש) דומה לממצאים מנמלים וממעגנות מזוהמים בעולם. דירוג של הנמלים והמעגנות לפי רמת הזיהום בסדימנטים מוצג באיור 12. זיהום משמעותי של TBT ונגזרותיו בסדימנטים ($>100 \text{ ng/g}$) נמצא בתחנות במעגן עכו, נמל חיפה, נמל קישון, מעגן מכמורת, מרינה הרצליה, מרינה ת"א, נמל אשדוד ומרינה אשקלון. בכל הנמלים והמעגנות היחס Dibutyltin/Tributyltin היה קטן מ-1 ומעיד על המשך אספקה שוטפת של TBT לסביבה (איור 12b).

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, במסגרת מחקר הביולוגיה והאקולוגיה של בע"ח מים סוף אשר פלשו לחוף הים תיכוני של ישראל, נבדקה בשנת 2003 אוכלוסיית החילזון *Murex forskoeili* במפרץ חיפה. בכל הנקבות הבוגרות שנאספו בקרבת נמל חיפה (כ-800 פרטים) נמצאה תופעת האימפוסקס המעידה על השפעה מזיקה של TBT (ראה הסבר בנספח 5). ממצא זה עולה בקנה אחד עם הרמות הגבוהות של TBT שנמצאו בסדימנטים ובמי הים בנמל חיפה.

מגמות השינויים בזמן של ריכוזי המזהמים בסדימנטים

איור 13 מציג נתונים רב-שנתיים (2000 – 2005) של מתכות כבדות (כספית, קדמיום, ניקל, נחושת וכרום) ומזהמים אורגניים (TBT, PCBs) בסדימנטים בתחנות נבחרות שנדגמו בנמלים ובמעגנות. 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:

מצב* ומגמות בשנים 2000 - 2005	סמן סביבתי
נמל חיפה ונמל הקישון: רמות זיהום גבוהות, שינויים בריכוזי המתכות ללא מגמה ברורה (יתכן מגמת הפחתה של נחושת). התנהגות דומה בשתי התחנות יכולה להעיד על מקור משותף. נמל אשדוד: רמות זיהום בינוניות, הפחתה ברמת הזיהום של כרום וניקל. מעגנות לאורך חוף הים התיכון: זיהום בינוני במספר מעגנות, אין מגמה ברורה למעט העשרה במעגן אשכול.	מתכות כבדות בקרקעית
נמל חיפה ונמל הקישון: רמות זיהום קטנות בהרבה מאשר ב-2004, אין מגמה רב-שנתית ברורה. נמל אשדוד: רמות זיהום קטנות בהרבה מאשר ב-2004, אין מגמה רב-שנתית ברורה. מעגנות לאורך חוף הים התיכון: אין מגמה ברורה.	ביפנילים מותמרי כלור (PCBs)
נמל חיפה ונמל הקישון: רמות זיהום גבוהות, אין מגמה ברורה. מסתמנת מגמת הפחתה בנמל הקישון. נמל אשדוד: רמת זיהום בינונית, הפחתה בנמל הצבאי. מגמת הפחתה בנמל האזרחי והצבאי. מעגנות לאורך חוף הים התיכון: רמות זיהום גבוהות במעגנות עכו ומכמורת, מרינה ת"א, מעגן אשכול ומרינה אשקלון. זיהום בינוני/נמוך במספר מעגנות אחרות. מגמת העשרה במרינה ת"א (4-2002), מגמת הפחתה במעגן קצא"א, אין מגמה ברורה במעגנות אחרות.	TBT ונגזרותיו
לא נמצאו ריכוזים משמעותיים, למעט מספר חומרים שנמצאו בריכוז בינוני בנמל חיפה ונמל אשדוד בסקרים קודמים.	חומרים פוליציקלים ארומטיים (PAHs)

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

מתכות במים

ריכוזי החומר המרחף במים והריכוזים של מתכות כבדות בחומר המרחף (ריכוזים חלקיקיים) נבדקו ב-11 אתרים לאורך החוף בין אשדוד לחיפה בעומקי מים של כ-5-10 מטרים (אוגוסט); ב-12 אתרים במפרץ חיפה (יולי-אוגוסט) וב-20 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 (1.2 – 6.6 מ"ג בליטר באוגוסט 2005) מושפעת בין היתר מעוצמת הזרימה בנחלים ומצב הים, ולכן היא משתנה עונתית וכתלות במרחק מהחוף. ריכוזים גדולים יחסית של חומר מרחף (עד כ-17 מ"ג בליטר), בהשוואה לים הרדוד (פקטור של כסדר גודל), נמצאו בדרום מפרץ חיפה, בסמוך לשפך נחל הקישון. כמו בשנים קודמות, ריכוזי החומר המרחף קטנו באופן לוגריתמי עם המרחק משפך נחל הקישון. ריכוזי החומר המרחף בנחלים בד"כ גדולים באחד עד שני סדרי גודל מהריכוזים לאורך החוף. תחום ריכוזי החומר המרחף בשפכי הנחלים בחודש מרץ (3 - 40 מ"ג בליטר) היה דומה או קטן מתחום הריכוזים שנמדד בחודש ספטמבר (1 - 85 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.

בחומר המרחף בשפכי הנחלים נמדדו בד"כ ריכוזים דומים של מתכות כבדות בדיגומי מרץ וספטמבר, למעט ריכוזי אלומיניום וברזל, שהיו בד"כ גדולים יותר במרץ למרות יחסי ברזל/אלומיניום דומים (איור 14), וריכוזי כספית שהיו גדולים יותר בספטמבר (ריכוז מירבי של 4 לעומת 0.7 חל"מ משקל יבש במרץ). ריכוזים גדולים במיוחד של כספית בחומר מרחף (>1.5 חל"מ משקל יבש) נמדדו בנחלים שורק, לכיש, ירקון ושיקמה בספטמבר. ריכוזים גדולים של קדמיום בחומר המרחף (>3 חל"מ) נמדדו בנחלים שורק ופולג במרץ ובשפך הקישון באוגוסט. ריכוזים גדולים במיוחד של נחושת (>90 חל"מ משקל יבש) נמצאו בנחלים שורק, נעמן, פולג ותנינים במרץ, ובנחלים שורק, קישון, שיקמה ותנינים בספטמבר.

ריכוזי הכספית בחומר מרחף בתחנות הדיגום בים הרדוד לאורך החוף מחוץ למפרץ חיפה היו קטנים מגבול הגילוי של הבדיקות. ריכוזי הקדמיום היו בתחום שבין גבול הגילוי ל-0.7 חל"מ. הערכים הגבוהים ביותר של קדמיום (כ-7 חל"מ) נמדדו באזור שפך נחל הקישון (HB5).

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

מתכות בבעלי חיים שוכני קרקעית

ריכוזי מתכות כבדות נבדקו ברקמות של 315 פרטים של צדפות, 460 פרטים של חלזונות ו-78 פרטים של סרטנים כלהלן: 148 פרטים של הצדפה *Mactra corallina* ממפרץ חיפה; 141 פרטים של הצדפה *Donax sp.* ממפרץ חיפה ומעגן מיכאל; 22 פרטים של הצדפה *Rudicardium tuberculatum* ו-4 פרטים של הצדפה *Chamelea gallina* ממפרץ חיפה; 321 פרטים של החילזון (גסטרופוד) *Patella sp.* שנאספו במפרץ חיפה ובחופי אכזיב, תל שקמונה, מעגן מיכאל, עתלית, חדרה, מכמורת, פלמחים ומרינה אשדוד; 43 פרטים של החילזון *Cellana rota* שנאספו במפרץ חיפה ובחופי אכזיב, תל שקמונה, עתלית, מכמורת, פלמחים ומרינה אשדוד; 94 פרטים של החילזון *Arcularia gibbosula* ממפרץ חיפה; 2 פרטים של החילזון *Siphonaria crenata* ו-23 פרטים של סרטן נזיר *Diogenes (pugilator)* ממפרץ חיפה. כמו כן נבדקו מתכות כבדות ב-55 פרטים של סרטני מאכל מקבוצת השרימפס: 25 פרטים של *Marsupenaeus japonicus* מבת גלים ומאזור נמל אשדוד; 20 פרטים של *Aristeus antennatus* ו-10 פרטים של *Parapenaeus longirostris* מאזור עתלית.

ריכוזי הכספית בצדפות מהמין *Donax sp.* שנדגמו במפרץ חיפה, התייצבו בעשור האחרון ברמה נמוכה לאחר ירידה חדה בשני העשורים הקודמים (איור 15). בפרטים מאזור התעשיות האלקטרוכימיות, ריכוזי הכספית היו קטנים משמעותית בהשוואה לממצאים ב-2004 (0.015 ± 0.003 לעומת 0.019 ± 0.002 חל"מ משקל רטוב). יתכן שהירידה נובעת מסגירת המפעל והפסקת הזרמת השפכים שלו בנובמבר 2004. עם זאת, ריכוזי הכספית שנמדדו בצדפות ממפרץ חיפה בשנת 2005 (מול "התעשיות האלקטרוכימיות" בצפון המפרץ ובאזור קריית ים בדרום המפרץ) היו גדולים משמעותית מאלה שנמצאו באותו מין באזור מעגן מיכאל (טבלה 1, איור 16). גם בצדפות מהמין *Mactra corallina*, שנדגמו בצפון מפרץ חיפה, נמצאה מגמה של ירידה חדה בריכוזי הכספית בין השנים 1980 - 1994 (איור 15). השינויים הרב-שנתיים (1980-2005) בריכוזי כספית בצדפות ממין זה מצפון מפרץ חיפה נבדקו סטטיסטית באמצעות Univariate Analysis Procedure (General Linear Model) GLM בתוכנת SPSS. בדיקת קיומן של מגמות בזמן נעשתה על שתי תקופות: 1980 - 1994 ו-2002 - 2005 (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 8). בשנים 2002 - 2005 ריכוזי הכספית היו יציבים, ללא שינויים משמעותיים.

ריכוזי הכספית בצדפה *Rudicardium tuberculatum* ובסרטן *Diogenes pugilator* היו קטנים. ריכוזי הנחושת בצדפות *Donax sp.* שנדגמו בחוף קריית ים, היו גדולים באופן משמעותי מהריכוזים בצדפות מצפון מפרץ חיפה (איור 16), ככל הנראה כתוצאה מאספקה גדולה יותר של המתכת דרך נחל הקישון. ריכוזי הנחושת והאבץ שנמצאו ב-*Donax* מקריית ים ומאזור התעשיות

האלקטרוכימיות ב-2005 היו קטנים משמעותית בהשוואה לממצאים מ-2004. בשנת 2005 ריכוזי הנחושת בצדפות מאזורי מעגן מיכאל וקריית ים היו דומים.

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 מפרץ חיפה (עכו וקריית ים) היו גדולים באופן משמעותי מהריכוזים שנמצאו בחלזונות מחוף שמן ומחלזונות שנדגמו לאורך החוף מחוץ למפרץ (איור 18). בפרטים מחוף שמן ומנמל עכו נמצאו ריכוזי קדמיום גדולים יחסית לריכוזים שנמצאו בפרטים מתחנות אחרות במפרץ חיפה ומצפון לו (אכזיב, צפון עכו, קריית ים) ומאתרים אחרים לאורך החוף מחוץ למפרץ חיפה (איור 18). ריכוז גבוה של קדמיום נמצא גם בפרטים מאזור פלמחים. 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. ריכוזי האבץ, הקדמיום והנחושת בחלזונות מחוף שמן שנדגמו ב-2005 היו זהים לממצאים בשנת 2004; לעומת זאת, בחלזונות מחוף קריית ים נמצאה ירידה משמעותית בריכוזי הקדמיום, הנחושת והאבץ (איור 19). ריכוזי הכספית בפרטים ממפרץ חיפה מראים מגמת ירידה משנת 2003 ($P < 0.05$), לעומת פרטים ממעגן מיכאל ומאכזיב שלא מראים מגמה ברורה (איור 20).

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 (נמל עכו, קריית ים, פלמחים ונמל אשדוד). ב-2005 לא נמצאו הבדלים משמעותיים בריכוזי קדמיום, נחושת ואבץ, אולם ריכוז הכספית ב-*Cellana* מפלמחים היה גדול משמעותית מאשר ב-*Patella* (ב-2004 לא היו הבדלים בריכוזי הכספית אבל נמצאו הבדלים בריכוזי האבץ). כללית, לא נראה כי קיימים הבדלים משמעותיים ברמות הצבירה של המתכות בין שני סוגי החלזונות.

בסרטנים ממין *Marsupenaeus japonicus* לא נמצאו הבדלים בריכוזי הכספית והאבץ בין האתרים שנבדקו (בת גלים ואזור אשדוד). לעומת זאת, בסרטנים מאזור בת גלים ריכוזי הנחושת היו גדולים משמעותית (10.2 ± 2 חל"מ למשקל רטוב) מאשר בסרטנים מאזור נמל אשדוד-תחנת הכח (6.9 ± 1.76). השוואה לתוצאות שהתקבלו באותם סרטנים (*Marsupenaeus japonicus*) מאזור תחנת הכח ואורות רבין בחדרה (דיגומי מאי ואוקטובר 2005) מראה, כי ריכוז הכספית באזור חדרה גבוה משמעותית (ממוצע שני הדיגומים 0.015 ± 0.006 חל"מ משקל רטוב) מאשר בסרטנים מאזור בת גלים ואשדוד (0.011 ± 0.006 , 0.010 ± 0.002 חל"מ משקל רטוב). ריכוז הנחושת נמצא זהה בתחנות בת גלים ואורות רבין וגבוה משמעותית מאשר בסרטנים מאזור אשדוד. בריכוז האבץ לא נמצאו הבדלים משמעותיים.

מתכות בדגים

נבדקו מתכות כבדות ברקמות השריר של 145 פרטים של 10 מיני דגים חופיים נפוצים ו-80 פרטים של דגי מכמורת. הדגים החופיים כללו 44 פרטים של *Lithognathus mormyrus* ממפרץ חיפה, ג'סר-א-זרקא, קיסריה וצפונית לאשדוד; 43 פרטים של *Diplodus sargus* ממפרץ חיפה ומקיסריה; 3 פרטים של *Diplodus vulgaris* מאזור קיסריה; 18 פרטים של *Sargocentron rubrum* ממפרץ חיפה ומ-ג'סר-א-זרקא; 22 פרטים של *Mullus surmuletus* ממפרץ חיפה; 10 פרטים של *Pagellus erythrinus*, 26 פרטים של *Mullus barbatus* ו-29 פרטים של *Upeneus moluccensis* שנדוגו באזורי המרכז והדרום.

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, 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 2005, בשישה פרטים של דגים חופיים (בשני פרטים של *Sargocentron rubrum* מאזור עכו, בשני פרטים של *Diplodus sargus* ובשני פרטים של *Lithognathus mormyrus* מאזור קריית חיים) ריכוזי הכספית חרגו מ-0.5 חל"מ. חריגות אלה מייצגות כ-5% מכלל הדגים החופיים 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. לעומת זאת,

לא נמצאו הבדלים ביחס זה בדגים מהסוגים *Diplodus sragus* ו-*Lithognathus mormyrus* (טבלה 3). עם זאת, עדיין קיים הבדל משמעותי בין פרטים של *Lithognathus mormyrus* שנידוגו מול בת גלים (0.005 ± 0.0003), לעומת פרטים ממין זה שנידוגו מול קריית חיים (0.0026 ± 0.0009). בפרטים של *Diplodus sargus* שנידוגו ביוני 2005 מול מפעל "רפאל" נמצאו רמות כספית נמוכות במיוחד.

בדגי המכמורת מהמינים *Mullus barbatus* ו-*Upeneus moluccensis* נמצאו ריכוזי נחושת יותר גדולים בפרטים ממרכז הארץ (מול נתניה) יחסית לפרטים מדרום הארץ (מול אשדוד). כמו כן בדגי *Mullus barbatus* ממרכז הארץ נמצאו ריכוזים יותר גדולים של כספית ביחס לפרטים מדרום הארץ (0.0011 ± 0.0002 ; 0.0003 ± 0.0001 בהתאמה, מנורמל למשקל דג, חל"מ למשקל רטוב). בריכוזי שאר המתכות בדגים אלה לא נמצאו הבדלים גיאוגרפיים משמעותיים. בדגי *Pagellus erythrinus* מדרום הארץ נמצאו ריכוזים יותר גדולים של אבץ בהשוואה לפרטים ממרכז הארץ (4 ± 0.39 ; 3.41 ± 0.29 חל"מ למשקל רטוב, בהתאמה). בשאר המתכות לא נמצאו הבדלים.

על אף שבחלק מההשוואות הנ"ל בין ריכוזי המתכות בדגי המכמורת מהאזורים השונים נמצאו הבדלים משמעותיים במבחנים סטטיסטיים, סביר להניח שלהבדלים קטנים אלה אין 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 מזוהמים (למעט האיסור הכללי על דייג בשטחי נמלים). יש להסדיר עניין זה בחקיקה.

מתכות במשקעים אטמוספיריים

אבק מרחף (אארוסולים) נבדק בשני אתרים: תל שקמונה, חיפה (47 דוגמאות) ומעגן מיכאל (23 דוגמאות). הדיגום במעגן מיכאל בוצע בשיתוף עם איגוד ערים חדרה לאיכות הסביבה (רק בחלק מהשנה עקב תקלה במכשיר הדיגום). כל דוגמה מייצגת את התכולה הממוצעת של מתכות באבק מרחף במשך כ-3 ימים. תכולת המתכות הכבדות באבק מרחף באוויר נבדקה במטרה להעריך את מקורותיהן ואת השטפים האטמוספיריים שלהן אל הים.

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. כדי לאפיין את המקורות הנ"ל (טבעי או אנתרופוגני) ו/או את מנגנון ההסעה או השקיעה של המתכות, נעשה שימוש גם בניתוח סטטיסטי מסוג PCA (Principal Component Analysis). מניתוח זה מתקבל, שעיקר השונות של ריכוזי המתכות באוויר מוכתבת ע"י כמה מרכיבים עיקריים (PC's). מרכיב עיקרי מבדיל באופן ברור בין מתכות ממקורות אנתרופוגניים לעומת אלה שמקורן טבעי. 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 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 - 2005, 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. ככל הנראה במהלך 10 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. כמו בשנים קודמות, גם ב-2005, שטפי העופרת בתל שקמונה היו גדולים מהשטפים במעגן מיכאל, אולם ההבדלים בין שני האתרים קטנו. השטפים של מתכות אחרות (קדמיום ונחושת) לא מראים מגמה ברורה בשנים 1996 ל-2005 (איור 24). השינויים הרב-שנתיים של השטפים של מתכות אלה דומים בשתי תחנות הדיגום, ולפיכך יתכן 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). השטפים המחושבים של קדמיום

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

ועופרת (טבלה 4) לאורך החוף הישראלי קטנים מהשטפים שהוערכו בים הצפוני ובאגן הצפון-מערבי של הים התיכון, אולם הם גדולים מהשטפים שהוערכו באוקיינוסים, הרחק מהיבשות.

נוטריאנטים במשקעים אטמוספיריים

דוגמאות מי גשם נאספו במהלך חורף 2005/6 (29 דוגמאות) באתר תל שקמונה. בדוגמאות נבדקו ריכוזי הנוטריאנטים וה-pH, במטרה להעריך את השטפים ומקורות הנוטריאנטים במי הגשם.

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

בחורף 2005/6 כ-70% מהגשמים השתייכו לקבוצת הגשמים החמוצים ($\text{pH} < 5.6$).

במי הגשם נמצאו בד"כ ריכוזים דומים של ניטראט ואמוניום. 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 2005/6 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 (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 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-2005 נדגמו מוצאי הנחלים ב-31 תחנות בחודשים מרץ וספטמבר. בנחלים בצת, דליה, פולג, לכיש, אבטח ושיקמה לא הייתה זרימה לים בזמן הדיגום בספטמבר, ולכן בחלק מהנחלים בוצע הדיגום בתחנה הראשונה במעלה

הנחל במים "עומדים". סיכום הממצאים להלן מתייחס הן למצב הנחלים ב-2005 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 2005 (רשות הטבע והגנים, 2006), 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 6. 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). ערכי ה-pH שנמדדו אינם חריגים (בין 7.5 ל-9.2). ריכוזי החמצן בנחלים השתנו בתחום רחב, מערכי על-רוויה (עד כ-190%) ועד לחוסר חמצן (במי עומק). העל-רוויה קשורה בד"כ לפעילות פוטוסינתטית מוגברת של אצות (לדוגמה בנחלים קישון, דליה ואלכסנדר), ואילו המחסור בחמצן קשור בעומס יתר של חומרים אורגניים. 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 26).

מבחינת ריכוזי החמצן במי פני השטח, ביחס לקריטריונים של NOAA לאיכות מים בסמוך לשפכי נהרות (נספח 5), נחל נעמן נמצא במצב של היפוקסיה (מרץ) והאזורים של מעלה הנחלים חדרה, שורק וקישון נמצאים במצב של עקה (ריכוזי חמצן קטנים מ-5 mg/L בחודש מרץ ובחלקם גם בספטמבר). מבחינת ריכוזי החמצן בשכבת המים העמוקה, הנחלים נעמן, לכיש קישון ואלכסנדר נמצאים במצב של היפוקסיה עד אנוקסיה בד"כ בחודשי הקיץ (איור 27). ערכי ה-BOD בנחלים ב-2005 היו בד"כ קטנים מ-10 mg/L, למעט בנחלים לכיש, דליה ונעמן בחודש מרץ. עפ"י דוח ניטור מים ונחלים לשנת 2005 (רשות הטבע והגנים, מרץ 2006), ערכי BOD גדולים יחסית (מעל 10 mg/L) נמצאו בשפכי הנחלים חדרה ושורק בסתיו, ובנחלים חדרה, אלכסנדר, שורק ולכיש באביב.

מבחינת ריכוזי הכלורופיל במי שטח, בספטמבר האזורים של מעלה הנחלים בצת, נעמן, קישון, דליה, חדרה, אלכסנדר, פולג, ירקון, שורק ולכיש היו במצב היפר-איאוטרופי, על סמך הקריטריונים של NOAA. ריכוזי הכלורופיל בחודש מרץ היו קטנים משמעותית מהריכוזים שנמדדו בספטמבר, למעט בנחל לכיש (טבלה 6).

ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט, פוספאט ואמוניום) בתחנות הדיגום מוצגים באיור 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 ואמוניום 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 2005 של רשות הטבע והגנים (מרץ 2006) 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-2005, 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.

כללית, 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 5), מרבית הנחלים מצויים בקטגוריה של רמת זיהום גבוהה.

כללית, ניתן לדרג את הנחלים לפי רמת הזיהום בנוטריאנטים בשנת 2005 כלהלן (נתוני חודש מרץ, התחנות במעלה הנחלים כ-50 מ' ויותר מהמוצאים לים; בסוגריים מוצג מדגם של הריכוזים שנמדדו במיקרומול/ליטר):

עבור פוספאט:

שורק (130) < פולג (94) < חדרה < ירקון < לכיש < נעמן (36) < אלכסנדר (29) < קישון (21) < אבטח < דליה < תנינים < בצת

עבור אמוניה:

שורק (645) < לכיש < פולג < נעמן (334) < חדרה < אלכסנדר < ירקון (135) < קישון (50) < אבטח (36) < תנינים (26) < שיקמה < דליה < בצת

עבור ניטראט+ניטריט:

קישון (535) < פולג < אלכסנדר (250) < ירקון (259) < תנינים (195) < נעמן < חדרה < שורק (76) < לכיש (32) < דליה < אבטח < בצת < שיקמה

עבור חומצה סיליצית:

פולג (300) < דליה < חדרה < תנינים < נעמן < לכיש < שורק (146) < קישון < שיקמה < אלכסנדר < בצת < אבטח

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 27**, הממצאים מצביעים בבירור על הפחתה משמעותית של ריכוזי הנוטריאנטים ברוב הנחלים המזוהמים (שורק, פולג, אלכסנדר, קישון ונעמן) בשנת 2002 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 ירקון ופולג קיימת עלייה בריכוזי הפוספאט בארבע 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 2005 המליחויות בתחנות במעלה הנחלים היו קטנות יחסית (פחות מ-10% מי-ים, למעט בקישון ובאלכסנדר), בחישוב נלקחה בחשבון החדירה של מי-ים בעת הדיגום רק לנחלים קישון ואלכסנדר.

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 2005 (בדומה לשנים האחרונות) הם:

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

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

בנחלים שורק ונעמן עיקר החנקן מוזרם כאמוניום ובנחלים תנינים, קישון, אלכסנדר וירקון כניטראט (**טבלה 7**). בנחל חדרה נמצאו ערכים דומים של אמוניום וניטראט.

השוואה בין חישוב עומס הנוטריאנטים השנתי (טון/שנה) לפי נתוני דוח זה לבין עומס הנוטריאנטים מנתוני הדיווח של המפעלים המזרימים חומרי דשן לנחלים (דוח עומסי מזהמים בנחלים ב-2003, המשרד לאיכות הסביבה 2004) מוצגת להלן:

נחל	הערכות של דוח זה ⁴ 2005 (2004)		נתוני הזרמות לנחלים ⁵ לשנת 2003	
	סה"כ חנקן אי-אורגני	סה"כ זרחן אי-אורגני	חנקן כללי	זרחן כללי
נעמן	206 (780)	36 (16)	327	145
קישון ⁶	396	17	1081	217
קישון	668 (960)	49 (88)		
תנינים	68 (117)	0.1 (0.1)	22	7
חדרה	96 (214)	47 (28)	376	50
אלכסנדר	293 (81)	29 (13)	168	70
ירקון+אילון	456 (415)	181 (64)	878	202
שורק	438 (161)	51 (21)	1575	396
לכיש	nc (8)	nc (2)	49	24

nc = לא חושב בגלל העדר נתוני ספיקה.

הנתונים מראים מגמה כללית דומה של נחלים בעלי תרומה גדולה יחסית, על אף שצפויים הבדלים בין ההערכות של דוח זה לבין האומדן המבוסס על ההזרמות לנחלים, הן מאחר שהאחרון מתייחס לריכוזים הכוללים של חנקן וזרחן (תרכובות אורגניות ואי-אורגניות), הן כתוצאה מתהליכי שיקוע, צריכה ופירוק (דניטרפיקציה) של הנוטריאנטים בנחלים עצמם והן בגלל ההבדלים בשנים (אין עדיין אומדן של הזרמות לנחלים בשנת 2005).

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.

⁴ שנת 2005, בסוגריים עומס מחושב בשנת 2004.

⁵ עומס הזיהום בסוף 2003 עפ"י נתוני ההזרמות לנחלים. דוח עומסי מזהמים בנחלים, המשרד לאיכות הסביבה 2005. עדיין לא פורסם דוח עומסים לשנים 2004, 2005.

⁶ עומס הזיהום (סה"כ חנקן וזרחן כללי) בשנת 2005 עפ"י דוח בע"פ של רשות נחל הקישון. עדיין לא פורסם דוח עומסים לשנת 2005.

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 לאיכות הסביבה, לבין מאגר המידע של תוצאות הניטור במימי החופין. המידע שבידי המשרד לאיכות 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-60 מפעלים, שמהם ב-53 קיים מעקב רציף על נתוני ההזרמה.

לצורך ארגון וניהול הנתונים על ההזרמות למימי החופין פותחו ע"י חיא"ל, בשיתוף עם אגף ים וחופים במשרד לאיכות 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 לאיכות הסביבה עדיין לא מופעלת באופן שגרתי, ולכן אין ברשותנו נתוני עומסים של מזהמים לשנת 2005.

המקורות הנקודתיים העיקריים של נוטריאנטים הם: המוצא הימי לביוב של עכו, מוצא הבוצה של המפעל לטיהור שפכי גוש דן (שפד"ן), המוצא הימי לשפכי מפעלי "אגן-כימיקלים" ובתי הזיקוק באזור אשדוד ונחלי החוף. הערכת התרומה הכוללת של נחלי החוף (טבלה להלן) מראה, שמקור זה משמעותי ביחס למקורות האחרים ומדגישה את הצורך באומדן כמותי משופר.

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

להלן הערכה כמותית גסה של מקורות הנוטריאנטים הידועים:

נוטריאנט	נחל הקישון	נחלי החוף האחרים	מוצא ימי לבוצת שפד"ן ³	מוצא ימי אשדוד ³	מוצא ימי הרצליה ³	ביוב נהריה ⁵	ביוב עכו ⁵	משקעים אטמוספיריים ⁴
חנקן טון/שנה	668 ¹ 388 ²	1557 ¹	2982	316 ⁶	264	338	?	5000
זרחן טון/שנה	49 ¹ 21 ²	344 ¹	1420	6	59	100	?	150

1. 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).
2. עומס החנקן והזרחן הכללי עפ"י ההזרמות לנחל הקישון, דוח ניטור שנתי 2004. רשות נחל הקישון, אוקטובר 2005.
3. הערכים חושבו על סמך דיווחי המפעל למשרד לאיכות הסביבה בשנת 2003.
4. תרומת המשקעים האטמוספיריים חושבה לכל שטח מימי החופין של ישראל בים התיכון (180 ק"מ) עד למרחק 12 מילים ימיים מהחוף. החישוב כולל חנקן וזרחן מומסים במי גשם מאזור תל שקמונה ותוספת חנקן וזרחן באבק (נבדק במחקר נפרד, 2002; Herut et al., 1999).
5. מבוסס על דיגום אקראי שיתכן שאינו מייצג הזרמה שנתית, המשרד לאיכות הסביבה.
6. עומס של אמוניום בלבד.

לפי הנתונים שבטבלה, הכמות הידועה הכוללת של נוטריאנטים אשר מוחדרת מדי שנה למימי החופין ממקורות נקודתיים היא כ-6,700 טון חנקן וכ-1,800 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). דוגמאות מי פני שטח נדגמו בהפלגות ב-34 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-4 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) (ראה הסבר ופירוט צילומי הלוויינים בנספח 4).

עודפי נוטריאנטים בסביבה הימית, עקב העשרה אנתרופוגנית, עלולים לגרום לתהליכי אוטרופיקציה (פריחות מסיביות של אצות והגברת פעילותן) ולשינויים בהרכב אוכלוסיות האצות, וכתוצאה מכך להפרת המאזן האקולוגי הכולל. התופעות המדאיות ביותר העולות להתפתח בתנאים אלה הן פריחות של מיני אצות מיקרוסקופיות המייצרות רעלים. 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

באזור שמול שפך נחל הנעמן בצפון מפרץ חיפה ושפך נחל הקישון בדרומו נמצאו הריכוזים הגדולים ביותר של נוטריאנטים (ניטראט, אמוניום, פוספאט וחומצה סיליצית) (**איור 28**). מאזורים אלה ריכוזי הנוטריאנטים פוחתים ככל שמתרחקים משפכי הנחלים. המקור העיקרי של הזרחן והחנקן הוא הזרמות של מי קולחין ושפכי תעשיות הדשנים אל נחל הקישון ושפכי תעשייה ובריכות דגים אל נחל הנעמן. שני הנחלים תורמים חנקן וזרחן בכמויות יחסיות שונות, ובהתאם משפיעים על יחסי חנקן/זרחן במי המפרץ. מפרץ חיפה מאופיין בהעשרה של זרחן ביחס לחנקן בחלקו הצפוני לעומת העשרה של חנקן בחלקו הדרומי (**איור 29**), בהשוואה ליחס הממוצע בין שני היסודות באוקיינוסים. בעבר גם בחלקו הדרומי של המפרץ הייתה העשרה יחסית בזרחן כתוצאה מהזרמה מסיבית של שפכים המכילים זרחן לנחל הקישון. בשנים האחרונות חל שינוי בהרכב ההזרמות לנחל, ובהתאם קטן הריכוז היחסי של זרחן בדרום המפרץ. ריכוזי הנוטריאנטים במי השטח בנחל ונמל הקישון מראים יחסי חנקן/זרחן (אנאורגניים) גבוהים יחסית להרכב ההזרמות בשנות ה-90 (יחס ~140 בספטמבר 2005 לעומת יחס קטן מ-10 בשנות ה-90). לעומת זאת, יחסי חנקן/זרחן במי השטח בנחל נעמן היו ב-2005 קטנים מ-10.

תפוצת ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט, פוספאט וחומצה סיליצית) באזור הרדוד של מימי החופין דרומית למפרץ חיפה בקיץ (אוגוסט) 2005 מוצגת ב**איור 30**. כללית, 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. במיוחד נראה שקיימת השפעה משמעותית של שפך נחל הירקון ובמידה מסוימת שפך נחל שורק על ריכוזי הפוספאט בים, בהתאמה לדירוג נחל הירקון עם עומס פוספאט גדול יחסית לנחלי החוף האחרים (הזרמה של כ-180 טון זרחן ב-2005, **טבלה 6**). בדומה לתפוצה בשנים קודמות ריכוזי הניטראט במים הרדודים היו גדולים יחסית מול שפך נחל תנינים, אולם לא נצפתה העשרה מול שפך הירקון. תפוצת ריכוזי החומצה הסיליצית מראה העשרה משמעותית מול שפך נחל תנינים, העשרה מסוימת מול שפך הירקון ובכל החלק של מימי החופין מנתניה עד אשקלון. בקרבת מוצא הקולחים של מכון הטיהור של

הרצליה נמצאה העשרה גבוהה של פוספאט, אמוניום, ניטראט+ניטריט וחומצה סיליצית (6.4, 37, 4.3 ו-15.7 מיקרומולר, בהתאמה) (לא נכלל באיור 30).

כלורופיל

מידות במים: ריכוזי הכלורופיל הגדולים ביותר נמצאו בדרום מפרץ חיפה בשפך נחל הקישון. מחוץ למפרץ חיפה, התפוצה המרחבית של ריכוזי הכלורופיל באוגוסט 2005 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 תנינים (בסביבות $2 \mu\text{g/L}$), מול אשקלון ($1.4 \mu\text{g/L}$), מול הירקון (בסביבות $0.9 \mu\text{g/L}$), ומול הנחלים אלכסנדר, שורק ולכיש (בסביבות $0.7 \mu\text{g/L}$), לעומת זאת ריכוז הכלורופיל הממוצע בתחנות המרוחקות כ-5 ק"מ מהחוף היה $0.15 \mu\text{g/L}$. הריכוזים האבסולוטיים של כלורופיל, באתרים לאורך חופי ישראל בהם נמצאה העשרה, אינם גבוהים ביחס לערכים שנמדדים באזורים המוגדרים כאאוטרופים הן בים התיכון והן בימים אחרים בעולם.

תפוצת כלורופיל על סמך צילומי לוויינים

תפוצת ריכוזי הכלורופיל החודשיים הממוצעים במימי החופין, בערכים יחסיים (0-1), מוצגת באיור 31. כללית, ניתן לעקוב אחר השינויים העונתיים הטבעיים של ריכוזי הכלורופיל. כמו כן, ניתן לראות בברור את השפעת הדלתא של הנילוס על ריכוזי הכלורופיל, בעיקר בחלקו הדרומי של מדף היבשת, ובמיוחד בחודשים מאי, אוקטובר ונובמבר.

בתחילת החורף (דצמבר) ריכוזי הכלורופיל היו גדולים במיוחד בחלקו הצפוני של מדף היבשת (מתל-אביב צפונה), כאשר בדרום הריכוזים היו גדולים רק באזור הרדוד. בינואר ריכוזי הכלורופיל היו קטנים משמעותית, למעט בסמוך למספר מוקדים קרובים לחוף: אשקלון, תל-אביב (שפך הירקון ואזור יפו), אזור הרצליה, חדרה-עתלית ומפרץ חיפה. בפברואר, ובמיוחד במרץ, ריכוזי הכלורופיל התחילו לעלות. באביב (מאי-יוני) נראית עלייה משמעותית של ריכוזי כלורופיל, בעיקר בחלקו הדרומי של המדף הרדוד, ככל הנראה בהשפעת זרימה מאזור הדלתא של הנילוס, ובמפרץ חיפה. ביוני נראית ירידה של ריכוזי הכלורופיל בחלקו הדרומי של המדף הרדוד ועלייה מסוימת בצפון. במספר אתרים קרוב לחוף התקבלו ערכים יחסית גבוהים, בעיקר באזור אשקלון, תל-אביב, מפרץ חיפה ונהריה. בקיץ, ביולי-ספטמבר, ריכוזי הכלורופיל באזור שמנתניה צפונה היו קטנים יחסית לחלקו הדרומי של מדף היבשת. ריכוזים גבוהים מופו בשני מוקדים: באזור מפרץ חיפה ובאזור אשדוד אשקלון. בסתיו, באוקטובר-נובמבר, מוקדי הריכוזים הגבוהים שאותרו במיפוי של אוגוסט-ספטמבר התרחבו לכיוון צפון ומערב. בשאר מדף היבשת הריכוזים היו קטנים יחסית. בנובמבר, ריכוזי הכלורופיל גדלו בכל החלק הדרומי של מדף היבשת ובצפון באזור הרדוד.

מניתוח של צילומי הלוויינים ניתן לזהות כמה מוקדים של השפעת מקורות זיהום נקודתיים על תפוצת הכלורופיל במימי החופין (עקב מיעוט הצילומים שהיו זמינים ב-2005 מוצגות להלן רק כמה דוגמאות, במונחים יחסיים):

הקישון ונחל הנעמן: בצילום מתאריך 14 במאי (**איור 32**) נראים ריכוזי כלורופיל גדולים יחסית מול שפך נחל הקישון עד למרחק של כ-7 ק"מ ומול שפך נחל נעמן.

אזור תל-אביב - יפו: בצילום מתאריך 14 במאי (**איור 33**) נראים ריכוזי כלורופיל גדולים יחסית, שיתכן שנגרמו מהזרמות במוצא צינור הביוב בגבול תל-אביב - יפו בגלל השיפוץ של צינור הביוב המערבי של איגוד ערים דן. טווח ההשפעה המיידית משתרע על פני מספר ק"מ.

מוצא צינור השפד"ן: בצילום מתאריך 23 באוקטובר (**איור 34**) נראים ריכוזי כלורופיל גדולים יחסית עד למרחק של כ-6 ק"מ צפונית למוצא.

אזור נמל אשדוד: בצילום מתאריך 23 באוקטובר (**איור 34**) נראים ריכוזי כלורופיל גדולים מערבית לאזור הנמל עד לטווח של מספר ק"מ.

אזור עזה-אשקלון: בצילום מתאריך 23 באוקטובר (**איור 34**) נראית העשרה בכלורופיל מאזור עזה ועד אשקלון, שיתכן שהיא נובעת מהזרמת ביוב מרצועת עזה.

אוכלוסיות המיקרואצות

בדוגמאות שנבדקו האצות סווגו לשתי קבוצות גודל: 1. אצות קטנות מ- 5μ (כוללות את הפיקופלנקטון); 2. אצות גדולות מ- 5μ (כוללות את הנופלנקטון והמיקרופלנקטון). הפיקופלנקטון כלל עפ"י רוב תאי כחוליות חד-תאיות מהסוג *Synechococcus* ואצות אאוקריוטיות. המיקרופלנקטון כלל את קבוצות הדינופלגלטים והצורניות, ובנוסף פלגלטים מקבוצות שונות. בקבוצת הדינופלגלטים נמצאו מינים הידועים כיוצרי פריחות, כמו *Prorocentrum micans*, *Ceratium furca*, *Gonyaulax polygramma*, *Protoperidinium quinquecorne*. בקבוצה זו נמצאו גם מינים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים לצדפות ודגים, כמו המין *Gymnodinium sanguineum* שהופיע בריכוזים גדולים יחסית לשנים קודמות בחלק מהתחנות, ובגלל גודלו היווה בתחנות אלה חלק ניכר מהביומסה. המין *Prorocentrum minimum* הופיע בריכוז קטן מאוד, יחסית לשנים קודמות. המין *Ostreopsis siamensis* הופיע גם הוא בריכוז קטן, ובעיקר בתחנה הרדודה בשפך נחל אלכסנדר, אך נראה שריכוזו עולה מעט משנה לשנה. מבין הפלגלטים שהופיעו בריכוז גדול יחסית נמצאו אצות מקבוצת ה-*Cryptophyceae* ומקבוצת ה-*Prasinophyceae* בתחנות הרדודות במפרץ חיפה ובשפכי הנחלים.

בקבוצת הצורניות נצפתה ירידה בביומסה יחסית לשנה הקודמת במרבית התחנות, למעט אשקלון ותינינים (בתחנה הרדודה). מבין הצורניות בלטה פריחה של המין *Pseudonitzschia* sp. באשקלון. חלק מהמינים בסוג זה הם בעלי פוטנציאל לייצור רעלנים. מינים נוספים שהופיעו בריכוז גבוה היו *Cylindrotheca closterium* ומין קטן של *Thalassiosira* sp.

בפתח נמל הקישון פרח באוקטובר גם המין *Thalassiosira* sp., ובנוסף הופיע בריכוז גדול המין השכיח בתחנה זו *Thalassiosira pseudonana*. צורניות נוספות שהופיעו בשכיחות גבוהה יחסית היו מיני *Navicula* spp. ו-*Skeletonema costatum*, המהווה אינדיקטור למים איאטרופים. במאי נצפו בפתח הקישון פריחה מסיבית של הצורנית *Thalassiosira pseudonana* ופריחה של *Navicula* sp. קטנה.

אצות במפרץ חיפה – להוציא את אזור שפך הקישון, הביומסה הכללית של המיקרואצות במפרץ בשנת 2005 הייתה קטנה יחסית לשנה הקודמת. ריכוז התאים והביומסה הגדולים ביותר נמצאו בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה אליו (HB5) ובצפון המפרץ מול שפך הנעמן (איור 35). הביומסה הכללית של המיקרואצות פחתה לכיוון חלקו המערבי העמוק של המפרץ. תאי הכחוליות החד-תאיות מהסוג *Synechococcus* היוו 98% מריכוז התאים הכללי בחלקו המערבי של המפרץ. עם ההתקרבות לכיוון שפך נחל הקישון, ריכוזם קטן באופן הדרגתי ל-60% בשפך הקישון ול-55% בשפך הנעמן בצפון המפרץ (איור 36). ירידה זו נובעת מעלייה בריכוזי האצות הקטנות מ- $5\mu m$ עם ההתקרבות לשפך הקישון. באזור השפך נצפתה גם עלייה חדה בריכוזי האצות הצורניות. גם שיעורן של הכחוליות באחוזים מהביומסה הכללית היה גדול יותר בחלקו המערבי של המפרץ, והוא קטן עם ההתקרבות לשפך נחל הקישון (איור 37). לעומת זאת, ביומסת תאי הצורניות והדינופלגלטים גדלה עם ההתקרבות לכיוון הקישון (איור 38). בדומה גם שיעורם בביומסה הכללית עלה, במיוחד שיעור תאי הצורניות בשפך הקישון. גם בעכו נצפתה ביומסה גבוהה יחסית של דינופלגלטים וצורניות.

ריכוזי תאי הצורניות והביומסה שלהם היו קטנים בשתי התחנות המערביות במפרץ (HB1, HB2) (פחות מאחוז מהביומסה הכללית) יחסית לשתי התחנות הקרובות לנמל, בהם הצורניות היו כ-6%-15% מהביומסה הכללית (איור 37). בתחנת פתח הקישון היוו הצורניות 63% מהביומסה הכללית. גם מספר מיני הצורניות במפרץ השתנה במעבר מהים הפתוח לכיוון שפך נחל הקישון. בשתי התחנות הקרובות לים הפתוח מספר מיני הצורניות שנצפה היה כשליש עד חצי ממספרם בתחנות הקרובות לפתח הקישון. כמו בשנים קודמות, עיקר הביומסה בתחנות הקרובות לפתח הקישון היה מינים של צורניות קטנות.

גם הרכב הדינופלגלטים השתנה עם ההתקרבות לשפך נחל הקישון. קרוב אליו הופיעו בריכוזים גדולים יותר המינים *Prorocentrum*, *Oxyphysis oxytoxoides*, *Gymnodinium sanguineum*, *micans*, ומינים מהסוג *Protoperidinium* sp., בהם המין *Protoperidinium* sp. (שנמצא בדרך כלל בריכוזים גדולים גם בתחנות הרדודות לאורך החוף). לעומת זאת, בתחנה הרחוקה מהנמל מינים אלה הופיעו בריכוזים קטנים יותר או שנעדרו בחלקם, והופיעו מינים שנעדרו מהנמל, כמו מיני *Oxytoxum* spp., *Pronoctiluca* spp., *Podolampas* spp. ועוד. בנוסף, בעומק המפרץ הופיעו בריכוזים גדולים יותר מינים כמו *Ceratium kofoidii* ומיני *Dinophysis* שונים.

כמו בשנים קודמות, בתחנה הקרובה לשפך נחל הקישון הופיע בריכוזים גדולים המין *Cryptomonas* sp. הסביל למליחויות קטנות ממי-ים והמאפיין את מורד נחל הקישון. מין זה הופיע בריכוז גדול גם בפתח נמל הקישון.

בחודשים מאי ואוקטובר 2005 נדגמו מים בתחנה בפתח נמל הקישון במסגרת סקר שנעשה עבור רשות נחל הקישון (דוח חיא"ל H4/2006, ינואר 2006). ערכי הביומסה שהתקבלו בשני הדיגומים מאפיינים מים איאורופיים. ביומסת התאים במאי הייתה גדולה מאשר באוקטובר (איור 39), בדומה לממצאים משנה קודמת. הביומסה הממוצעת של דיגומי הקישון הייתה גדולה פי 16 מזו שנמצאה בתחנה HB5 ופי 38 מממוצע הביומסה בתחנות הרדודות לאורך החוף (איור 39).

בדיגום מאי האצות הצורניות שלטו מספרית בפתח הנמל, בדומה למצב במאי 2004. הצורנית *Thalassiosira pseudonana*, שהופיעה בפריחה גם בשנה קודמת, היוותה 86% מהביומסה הכללית; יחד איתה פריחה הצורנית *Navicula* sp. שהיוותה 7% מהביומסה הכללית. מבין הדינופלגטים המין *Prorocentrum triestinum*, אשר מאפיין תחנה זו, הופיע בריכוז גדול מבשנה הקודמת.

באוקטובר נצפתה פריחה של מיני צורניות קטנות מהסוג *Thalassiosira* sp., שהיוו 45% מהביומסה הכללית. הפלגלט *Cryptomonas* sp. הופיע בריכוז גדול בדומה לממצאי אוקטובר 2002 - 2004.

אצות לאורך מדף היבשת - ריכוז תאי המיקרופלנקטון והביומסה שלהם היו גדולים במרבית התחנות הרדודות יחסית לתחנות העמוקות (איור 35). לאורך החוף שלטו מספרית תאי הכחוליות החד-תאיות מהסוג *Synechococcus*, שהיוו בממוצע 93% מריכוז תאי המיקרופלנקטון בכלל. כחוליות אלה היוו כ-48% בממוצע מהביומסה הכללית בתחנות הרדודות לעומת 60% בתחנות העמוקות (איור 37). ביומסת האצות הצורניות הייתה קטנה מאוד במרבית התחנות לאורך החוף, והן היוו כ-2% מהביומסה הכללית (להוציא את אשקלון). ביומסת הצורניות הייתה לרוב גבוהה יותר בתחנות הרדודות יחסית לתחנות העמוקות (איור 38). במרבית התחנות נצפה המשך של מגמת הירידה בביומסת האצות הצורניות מאז 2003. לעומת זאת, באופן יוצא דופן נמצאה ביומסה גדולה יחסית של צורניות מול אשקלון, אשר נבעה מפריחה של הצורנית *Pseudonitzschia* sp. מיני צורניות שכיחים נוספים בתחנות לאורך החוף היו *Cylindrotheca closterium*, *Thalassiosira* sp. ומיני *Navicula* spp. קטנים. האחרונים הופיעו בריכוזים גדולים יותר בתחנות הרדודות לאורך החוף. מבין הדינופלגטים, המינים הקטנים (עד 15µm) היוו כ-29% מהביומסה. המין *Gymnodinium sanguineum*, שהופיע בריכוז גדול יחסית במפרץ חיפה, היווה מרכיב חשוב בביומסת הדינופלגטים גם לאורך החוף, בעיקר במים הרדודים. המין *Protoperidinium* sp. היווה מרכיב חשוב במים הרדודים, כפי שנמצא גם ב-2004. המין *Protoperidinium quinquecorne*, הידוע כיוצר פריחות, הופיע במרבית התחנות וריכוזו היה

גדול במיוחד בתחנה הרדודה בירקון. בין הדינופלגלטים נמצאו גם קבוצות ומינים נוספים המאפיינים את המים הרדודים (כמו *Ceratium furca*, *Prorocentrum micans*, מיני *Protophydinium* spp. ומיני *Gonyaulax* spp.) ומינים אחרים שאפיינו יותר את המים העמוקים (כמו *Pronoctiluca spinifera*, *Ceratium pulchellum*, *Ceratium teres* ועוד). הפלגלטים היוו 6%-11% מהביומסה בתחנות הרדודות בתנינים ובירקון. בתחנה הרדודה בתנינים הופיע מגוון גדול של מיני אצות האפייניות למים בעלי מליחות נמוכה: הופיע מגוון גדול של אצות מקבוצת הירוקיות כמו מיני *Scenedesmus* spp. שונים, מיני *Oocystis* spp., המין *Coleastrum microporum*, המין *Pediastrum tetras* ועוד. הופיעו מספר מינים מהכחוליות, מהחוטיות הופיעו מיני *Oscillatoria* spp. שונים, *Calothrix* sp. *Anabaenopsis elenkinii* ועוד. מהחד-תאיות המושבתיות הופיעו מיני *Merismopedia* שונים ומיני *Microcystis* שונים, שהנפוץ בהם היה *Microcystis aeruginosa*, שהוא בעל פוטנציאל ליצור רעלנים. גם בתחנה העמוקה באלכסנדר הופיע מגוון גדול יחסית של מיני אצות של מים בעלי מליחות נמוכה.

מגמות בזמן ובמרחב (2001 – 2005)

בכל חמש השנים הביומסה של המיקרופלנקטון הייתה גדולה יותר בתחנות הרדודות יחסית לתחנות העמוקות לאורך החוף (איור 40). בתחנות הרדודות לאורך החוף דרומית למפרץ חיפה, ממוצע הביומסה של המיקרופלנקטון היה באופן מובהק גדול יותר באזור הדרום והמרכז (אשקלון-ת"א) מאשר בחלקו הצפוני של החוף (איור 41). מגמה זו הוכתבה בעיקר ע"י תפוצת הדינופלגלטים והצורניות, שהראתה גידול של הביומסה כלפי דרום. מגמה זו נצפתה גם בתחנות המים העמוקים יותר, אך שם לא נמצאה מובהקות סטטיסטית בגלל שונות גבוהה של התוצאות. ב-2005 נצפתה עלייה בביומסה הכללית במים הרדודים והעמוקים (איור 40) ונמשכה מגמת העלייה ביחס סך כל הפלגלטים לצורניות בחלק ניכר מהתחנות הרדודות והעמוקות (איור 42), במקביל לירידה בביומסת האצות הצורניות, יחסית לשנים קודמות (יוצאות מכלל זה שתי התחנות הדרומיות, שורק ואשקלון, והתחנה הרדודה בתנינים).

במפרץ חיפה נמצא בדרך כלל גידול של הביומסה מעומק המפרץ לכיוון שפך נחל הקישון (איור 43). גם הרכב המינים השתנה בכיוון זה, כאשר קרוב לשפך הופיעו מיני צורניות קטנות בריכוזים גדולים, מיני דינופלגלטים המאפיינים מים חופיים ועשירים יותר בנוטריאנטים (גם כן בריכוזים גדולים), ומיני פלגלטים סבילים למליחות נמוכה יותר. למרות קיומם של הבדלים בפרמטרים אלה בין השנים, נראה שהמגמה של השינוי המרחבי נשמרת בדרך כלל. כאמור, בהשוואה לממצאי 2004, נמצאה ב-2005 ירידה בביומסה בכל תחנות המפרץ, להוציא את אזור שפך הקישון שבו הביומסה עלתה.

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 גדול הרבה יותר. השינויים במאסף המיקרואצות לאורך החוף הוערכו באמצעות "אינדקס השונות",

המחושב כמספר המינים מחולק בשורש הריבועי של ביומסת התאים. אינדקס השונות נמצא גדול יותר באופן מובהק בתחנות העומק יחסית לתחנות הרדודות וכלפי צפון בחתך לאורך החוף (איור 44). אינדקס השונות קטן לכיוון פנים מפרץ חיפה, ונמצא קטן במיוחד בתחנת פתח הקישון. מול הירקון נמצא ב-2005 מגוון המינים הקטן ביותר יחסית ליתר התחנות לאורך החוף (לא כולל מפרץ חיפה). מול נחל תנינים נמצא בכל השנים 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. מגוון מינים גדול ב-2005 יחסית לשנים קודמות נמצא מול שפך נחל אלכסנדר, במיוחד בתחנה העמוקה שבה אינדקס השונות היה גבוה באופן יוצא דופן (נבע גם כאן מהופעתם של מינים אפייניים למים בעלי מליחות נמוכה). כללית, ב-2005 נמצאו שינויים באינדקס השונות יחסית לשנה הקודמת. במפרץ חיפה אינדקס השונות עלה; בתחנות הרדודות לאורך החוף האינדקס עלה בחוף דדו וירד מול נחל הירקון ונחל שורק; בתחנות העמוקות האינדקס עלה משמעותית מול נחל אלכסנדר וירד באשקלון.

ריכוז תאים וביומסה גדולים בתחנות הרדודות יחסית לתחנות העמוקות, יחד עם אינדקס שונות קטן יחסית בתחנות הרדודות לעומת העמוקות, מצביעים על העשרה אורגנית מסוימת של המים הרדודים לאורך החוף. במפרץ חיפה בתחנות הקרובות לשפך נחל הקישון ובעכו, הפרמטרים של ריכוז תאים וביומסה גדולים הרבה יותר יחסית לעומק המפרץ ולכל התחנות לאורך החוף, ובהתאמה אינדקס השונות נמצא הקטן ביותר בשפך הקישון. הדבר מצביע באופן ברור על איאטרופיקציה של המים בכל שנות הדיגום בתחנות הסמוכות לשפך הקישון.

אוכלוסיות חי הקרקעית

הרכב חברות חי הקרקעית (infauna) נבדק ב-4 תחנות במפרץ חיפה (3 תחנות בעומק 6 מ' - נעמן, פרוטארום וקריית חיים, ותחנה אחת - מול מוצא הקישון, בעומק 12 מ') ו-9 תחנות לאורך החוף בין ראש כרמל לאשקלון, בעומק מים של כ-10 מ' (חוף דדו, מול הנחלים: תנינים, אלכסנדר, פולג, ירקון, שורק, לכיש, מול אשקלון ובאתר המוצא של קולחי הרצליה). בסה"כ נאספו, מוינו ונספרו 27,224 פרטים של חי הקרקעית. הטכסה הנפוצים ביותר היו תולעים ממשפחות *Spionidae*, *Syllidae* וסרטנאים מהסוגים *Canuella*, *Canuellina*, *Scottolana*, *Halectinosoma*.

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. אחת ההשפעות האנתרופוגניות הבולטות לאורך החוף הישראלי היא העשרה בחומר אורגני במקומות מסוימים. תגובת חברות החי לרמות נמוכות של העשרה בחומר אורגני היא עלייה בייצור (השקול לביומסה) ובשונות החי (מגוון המינים). רמות גבוהות יותר של חומר אורגני מביאות לירידה בשונות, אף כי הייצור יכול להשאר גבוה. תולעים

רב-זיפיות ממשפחות מסוימות מהוות סמנים (indicators) להעשרה אורגנית, משום שהן יצורים אופורטוניסטים המצויים בכמויות גדולות יותר באזורים מופרעים (איור 48).

רשימות בעלי החיים שנאספו בכל הדגימות מוצגות בטבלה 7. במרבית תחנות הדיגום ההבדלים בין הדגימות החוזרות היו קטנים. בתחנה אחת, פולג (H41), נמצא הבדל ניכר בין שתיים מהדגימות לבין השלישית, הן במספר הפרטים והן במספר המינים. הבדלים משמעותיים, קטנים יותר, נמצאו גם בדגימות אשדוד ופרוטארום.

הדגימות שנאספו באזור עכו ומול נחל הקישון היו העשירות ביותר במספר הפרטים, 2165 ו-1447 פרטים בממוצע בהתאמה, כתוצאה מחשיפה לעומס אורגני גדול יחסית. תוצאות אלו אינן מעידות על העשרה אורגנית גדולה יותר ליד עכו, משום שדגימות הקישון נאספו במרחק גדול יותר ממוצא הנחל. סביר להניח שנחל הקישון הוא התורם העיקרי להעשרה אורגנית במפרץ חיפה. השערה זו נתמכת גם ע"י המשקל היחסי הגדול יותר של תולעים באזור שפך הקישון, במיוחד ממשפחת ה-*Capitellidae* בכלל החי (איור 45). מחוץ למפרץ חיפה, מספר הפרטים הממוצע בדגימות שנאספו מול אשדוד ואשקלון היה גדול יותר יחסית לשאר החוף (674 ו-861 פרטים בהתאמה), אם כי מספר התולעים הרב-זיפיות היה יחסית קטן. לעומת זאת ליד מוצא השפד"ן ובסביבתו מספר הפרטים הכללי היה קטן בגלל תנאי אנוקסיים בקרקעית, אולם המשקל היחסי של התולעים הרב-זיפיות היה הגדול ביותר (איור 45).

התחנות בהן נמצא המספר הגבוה ביותר של פרטים ומינים הן: סביבות עכו, הקישון, אשדוד, אשקלון ופולג. המספרים הנמוכים ביותר נמצאו צפונה לנמל אשדוד (AS 10, 11) ומול פרוטארום, חוף דדו, נחל תנינים, נחל אלכסנדר, הרצליה, נחל ירקון ונחל שורק (איור 46). היחס בין מספר התולעים הרב-זיפיות לבין מספר הפרטים הכולל באתרי הדיגום מוצג באיור 47. בתחנות מול עכו והקישון, שבהן נמצאו מספרי הפרטים הגדולים ביותר, גם חלקן היחסי של התולעים היה הגדול ביותר; כמויות קטנות יותר של תולעים נמצאו מול נחלי הירקון, אלכסנדר ושורק, אך חלקן היחסי היה כשליש. באשדוד ובאשקלון נמצאו מספרים ניכרים של בעלי חיים, אולם חלקן היחסי של התולעים היה קטן. היחס בין מספר פרטי התולעים לבין כלל הפרטים יכול לשמש כמדד למידת ההעשרה של חומר אורגני. בסדר גודל יורד יחס זה בתחנות הדיגום לאורך החוף הוא: שפד"ן < קישון < אזור עכו < פולג < שורק < אלכסנדר < ירקון < פרוטארום < תנינים < קריית חיים < חוף דדו < אשדוד < שתי התחנות צפונה לנמל אשדוד < אשקלון (איור 47).

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 ב-2004/5 בדג הקרקעית החופי שישן משורטט (*Lithognathus mormyrus*). בשנת 2004 נבדקו 20 דגים מדרום מפרץ חיפה ו-8 דגים מאזור הכניסה הדרומית לחיפה (כ-10 ק"מ מדרום למפרץ חיפה). ב-2005 נבדקו 20 דגים מדרום מפרץ חיפה ו-20 דגים מחוף 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. 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 מהם⁷. תוצאות הניטור של סמנים אלה בשנים 2004/5 מוצגות בטבלה שלהלן:

⁷ הסמנים הם כלי דיאגנוסטי לזיהוי השפעות מזהמים על הדגים ואין להם כל משמעות בהקשר של שיווק ומאכל דגים.

סמן ביולוגי	מזהם משפיע	גודל דגימה (מספר דגים בדגימה)		Biomarker/ Actin (atomol/femtomol)	
		דרום מפרץ חיפה	חוף דדו - דרום חיפה או חוף דור	מפרץ חיפה	חוף דדו - דרום חיפה או חוף דור
2004					
Metallothionein	מתכות כבדות	20	8	430±400	240±130
Cytochrome P4501A	מזהמים אורגניים (PAHs, PCBs)	20	8	2070±1480	530±250
Choriogenin	חומרים משבשי רבייה	20	8	BDL	BDL
Vitellogenin	חומרים משבשי רבייה	20	8	BDL	BDL
2005					
Metallothionein	מתכות כבדות	20	20	790 ± 480	310±470
Cytochrome P4501A	מזהמים אורגניים (PAHs, PCBs)	8	8	3838±3865	537±357
Choriogenin	חומרים משבשי רבייה	20	20	BDL	BDL
חלבון					
2004					
Cytochrome P4501A protein (nmol/mg total protein)	מזהמים אורגניים (PAHs, PCBs)	20	8	27.9 ± 19.9	5.3 ± 4.8

BDL – ערכים נמוכים, מתחת לסף הגילוי (1 atomol/μg RNA).

בשתי שנות הניטור נמצאו הבדלים משמעותיים (t-test, $P<0.05$) ברמות הממוצעות של הסמנים מטלותריונין (תעתיק) וציטוכרום P4501A (תעתיק וחלבון) בדגים ממפרץ חיפה לעומת הדגים משני האתרים מחוץ למפרץ. הריכוזים הגדולים יחסית של סמנים אלה בדגים ממפרץ חיפה מצביעים על השפעה קבועה של מתכות כבדות ומזהמים אורגניים (PCBs, PAHs) המתאימה לתוצאות הניטור הכימי באזור (בתוך קבוצות הדגים מהאתרים השונים נמצאה שונות די גבוהה של ערכי הסמנים שהיו מעל לסף רגישות המדידה שמקורה העיקרי הוא כנראה הבדלים טבעיים בין פרטים). בניסויים מבוקרים של האכלת דגי שישן משורטט בקדמיום, ברמה המדמה את החשיפה למתכות כבדות בים, נמצאו בדגים רמות מטלותריונין הקרובות לרמות שנמדדו באתר בדרום מפרץ חיפה.

הכוריוגנין והויטלוגנין הם סמנים להשפעה של חומרים המשבשים פעילות רבייה בדגי שישן משורטט; ללא נוכחות של חומרים כאלה הערכים של שני הסמנים זניחים הן בדגים זכרים והן בנקבות שאינן נמצאות בפעילות רבייה (בניסויים מבוקרים נמצאו ערכים גבוהים של הסמנים בנקבות בעת פעילות רבייה ובזכרים שהוזרקו בהורמון רבייה). הערכים של שני הסמנים היו נמוכים מאוד (מתחת לסף הגילוי) בשתי שנות הניטור, הן בדגים ממפרץ חיפה והן בדגים מחוץ למפרץ. המסקנה מכך היא שבכל האתרים שנבדקו לא קיימת השפעה של חומרים משבשי רבייה בדגים.

רשימת ספרות

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

Tom, M., Myers, C.R., Waterman M.R. 2002. Competitive ELISA utilizing membrane-free, recombinant fish CYP1A as standard for evaluation of its microsomal homologue molar concentrations. *Aquat. Toxicol.* 59: 101-114.

Tom, M., Chen, N., Segev, M., Herut, B., Rinkevich, B. 2004. Quantifying fish metallothionein transcript by real time PCR for its utilisation as an environmental biomarker. *Mar. Pollut. Bull.* 48: 705-710.

רשות נחל הקישון (2004). דוח מסכם לשנת 2003.

דוח עומסי מזהמים בנחלים (1994, 2000, 2001, 2003), המשרד לאיכות הסביבה (2004).

קרבס נ' גורדון נ' חרות ב' (2006) אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח, ניטור אוקטובר 2005. דוח חיא"ל H4/2006.

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

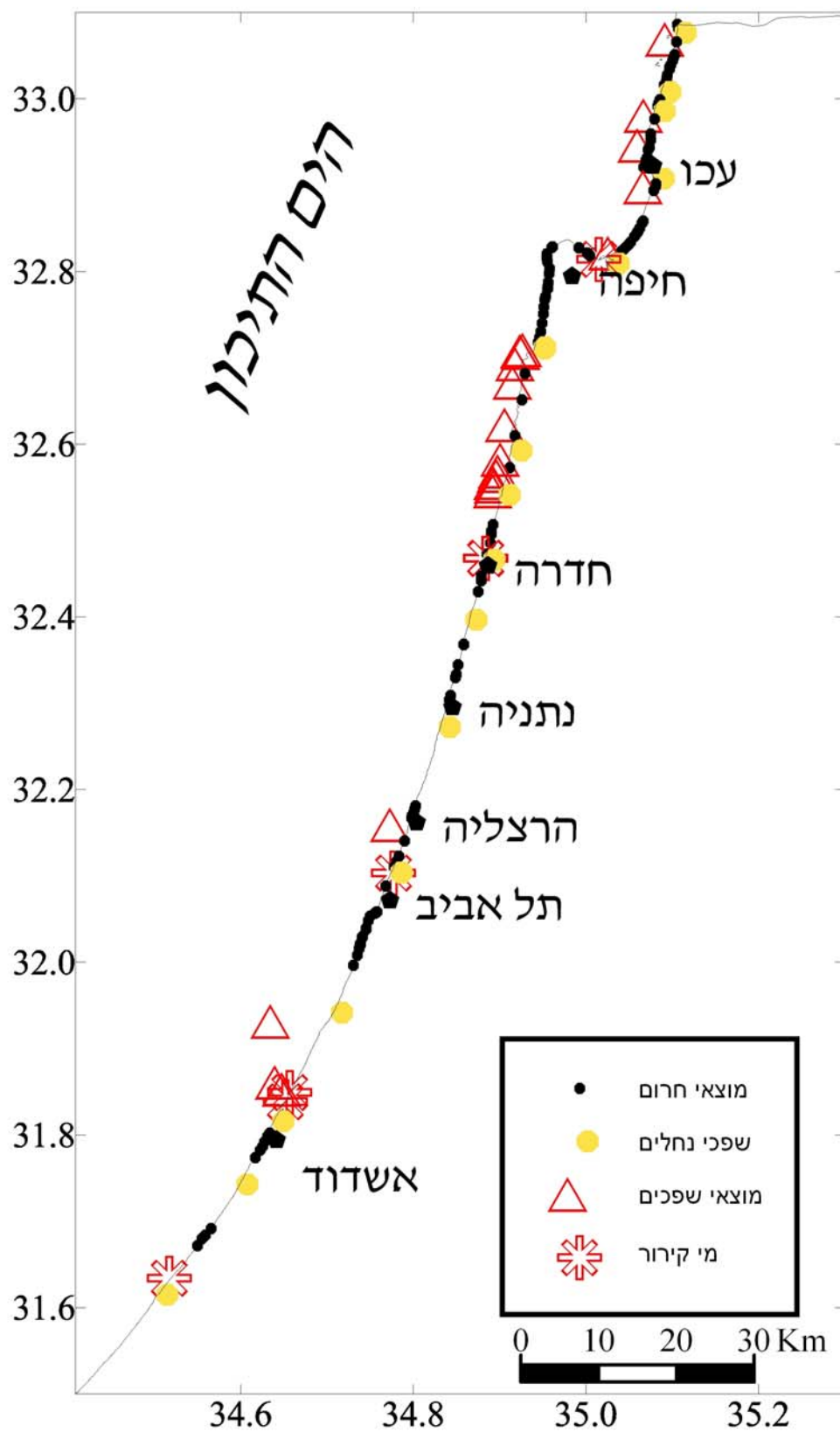
"תקני סביבה לאיכות מי הים התיכון בישראל" המשרד לאיכות הסביבה, אוגוסט 2002.

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 2005 (רשות הטבע והגנים, 2006).

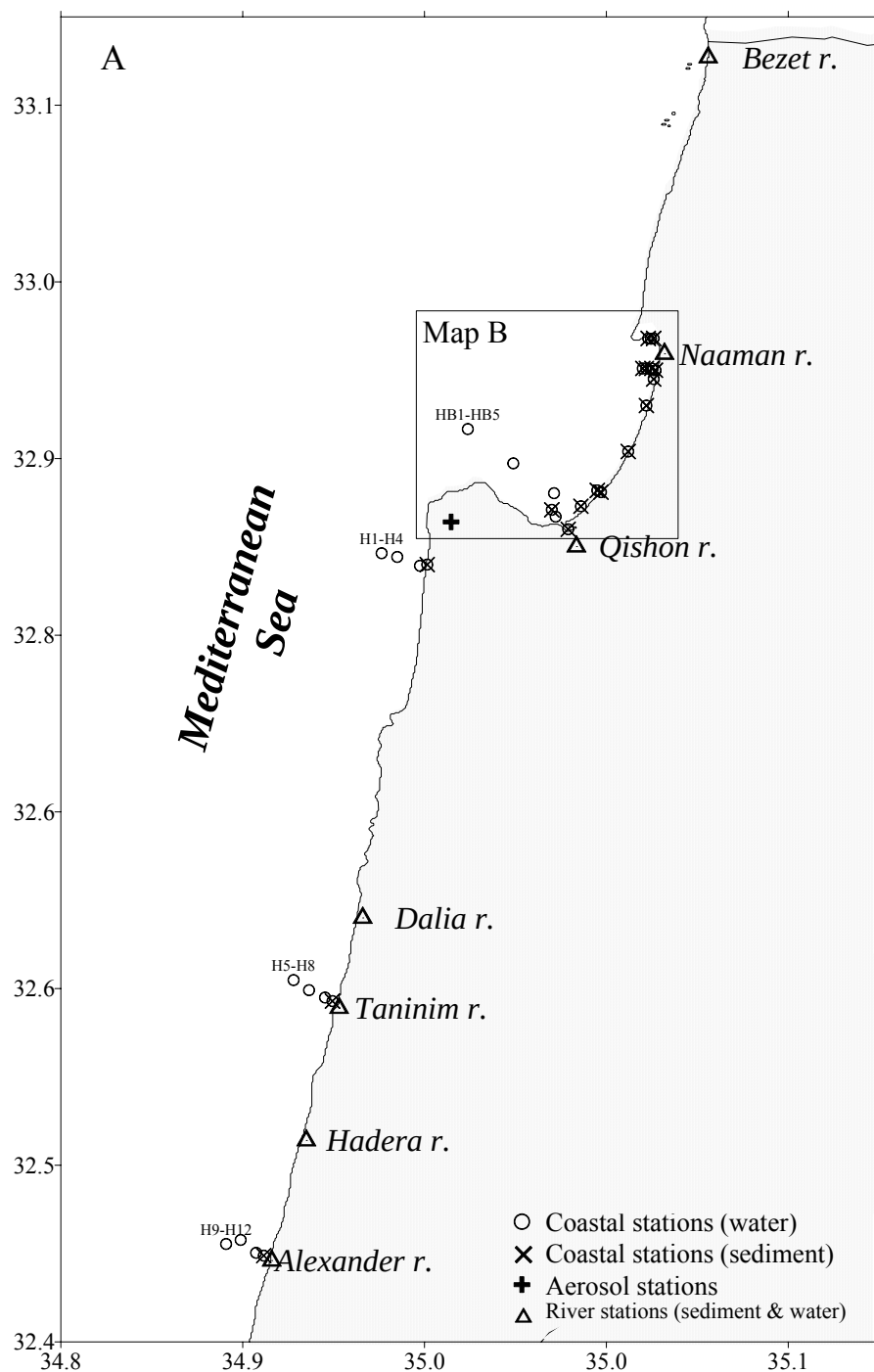
דוח רשות נחל הקישון, ניטור אוקטובר 2005.

רשות נחל הקישון דוח מסכם לשנת 2004, אוקטובר 2005.

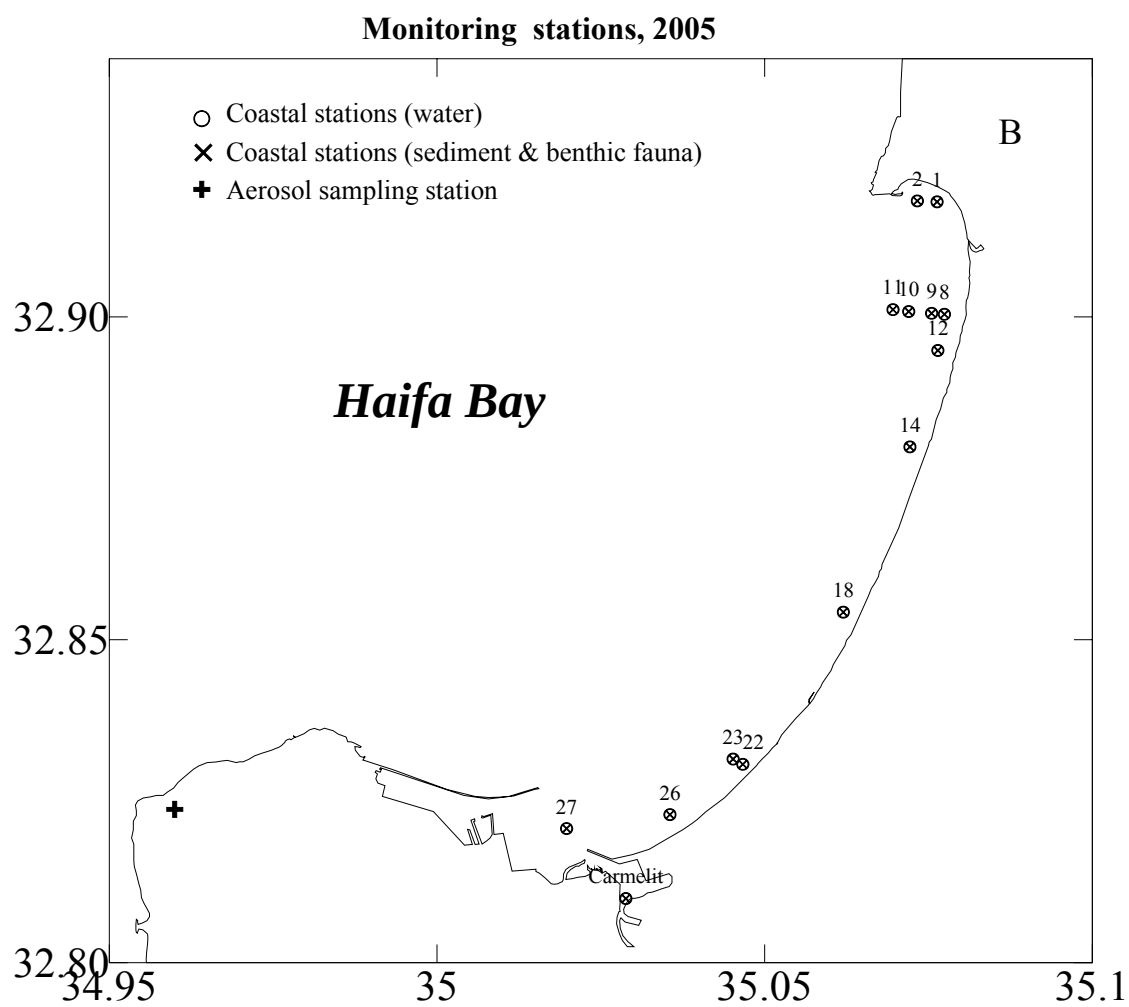


איור 1: מפת מוצאי חרום ושפכים ממקורות יבשתיים.

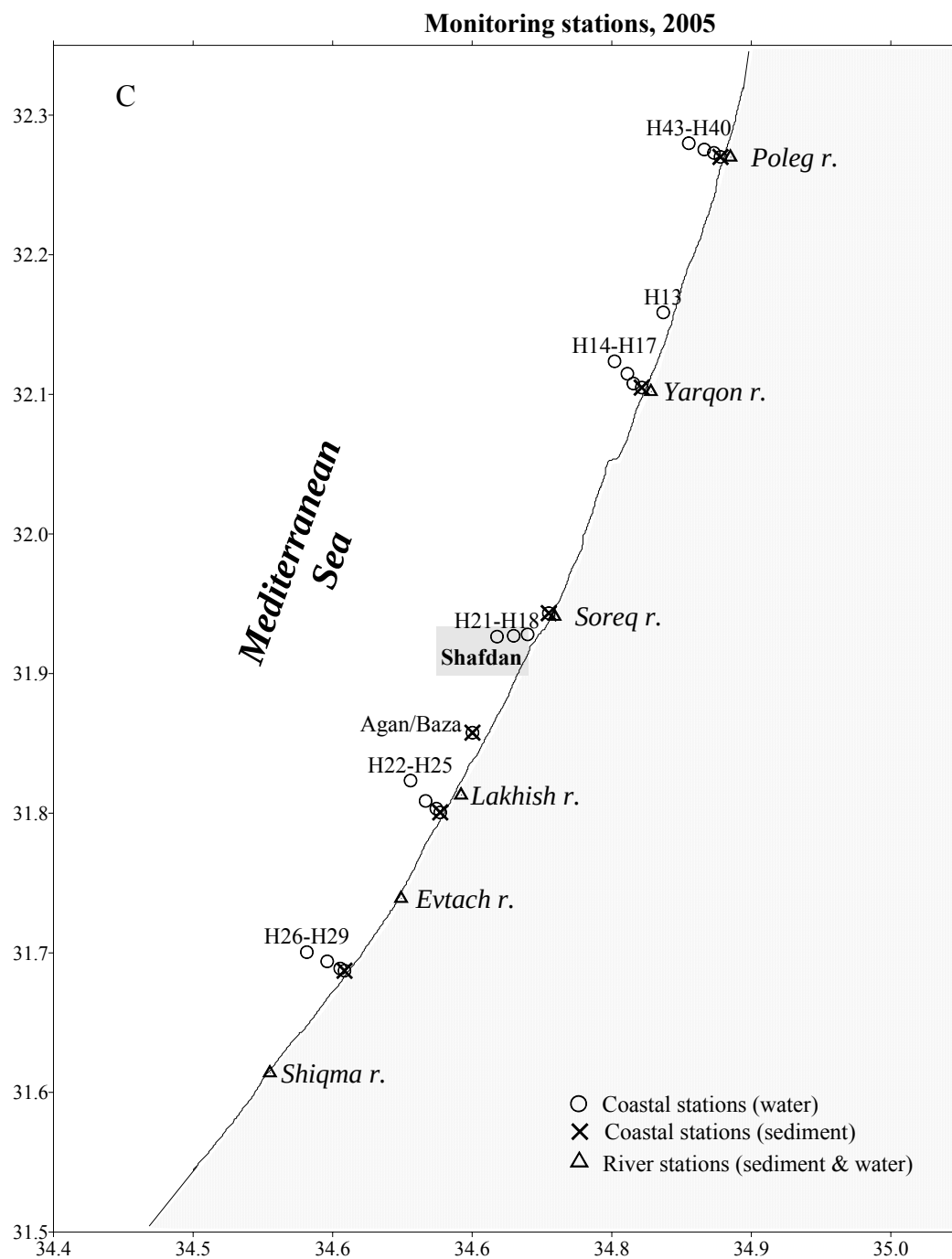
Monitoring stations, 2005



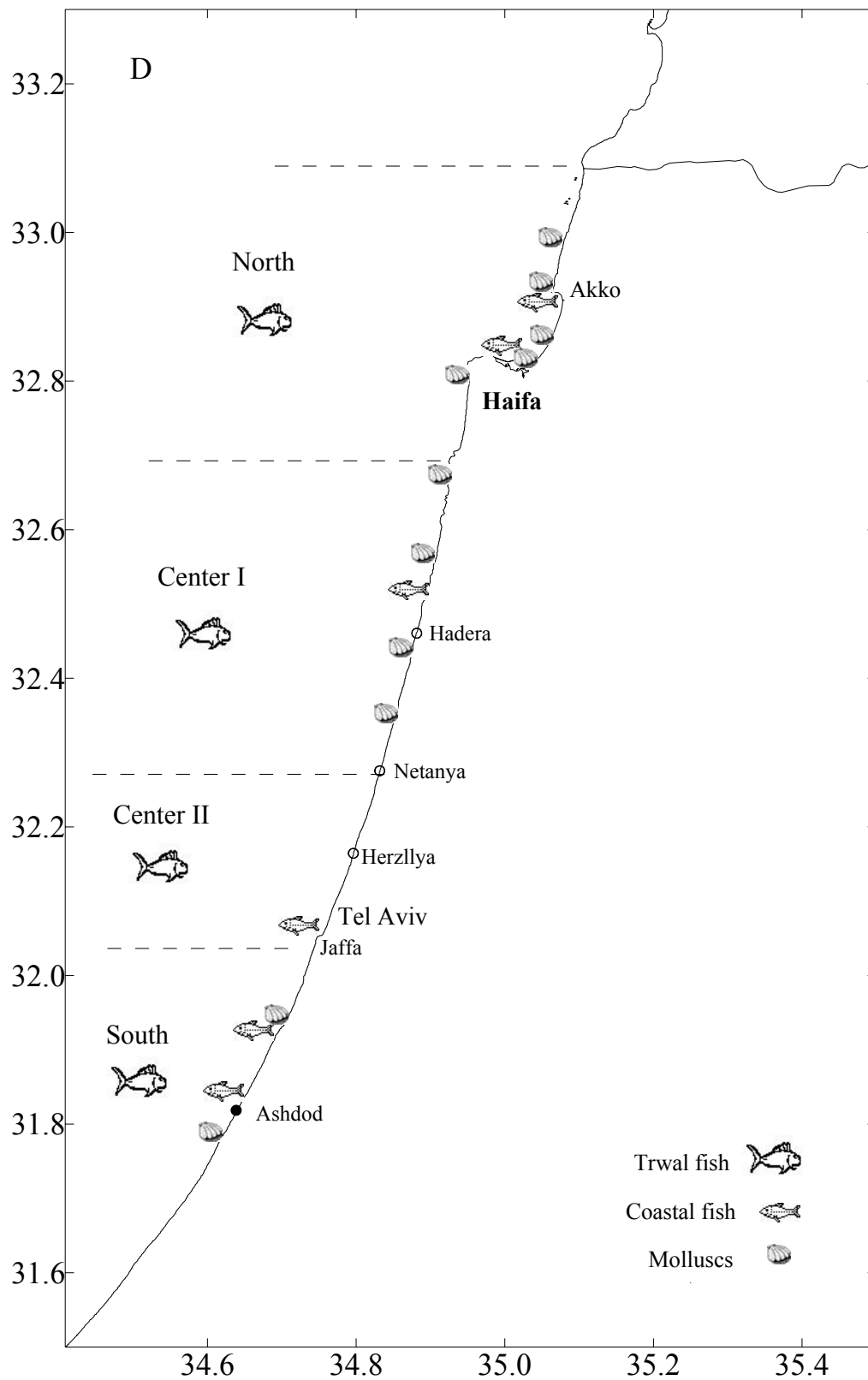
איור 2: מיקום תחנות הניטור לאורך חוף הים התיכון של ישראל ובשפכי נחלי החוף A) – האזור הצפוני, B – מפרץ חיפה, C – האזור הדרומי, D – אתרי דיגום של בע"ח ימיים). המרובע מול פלמחים (מפה C) הוא אזור הנטור של המוצא הימי לבוצת השפדי"ן.



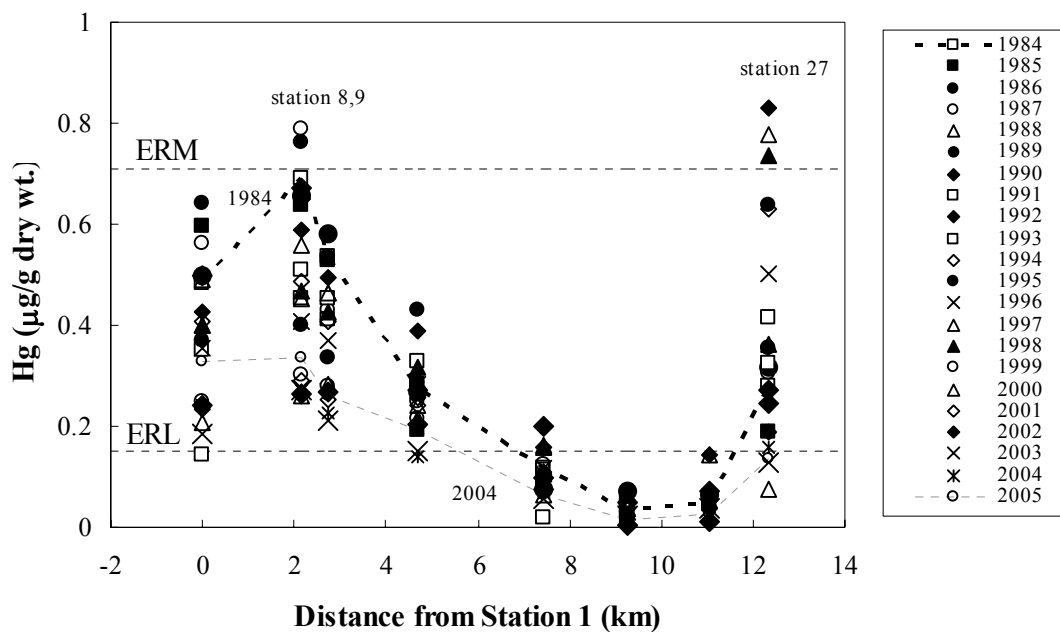
איור 2 : המשך



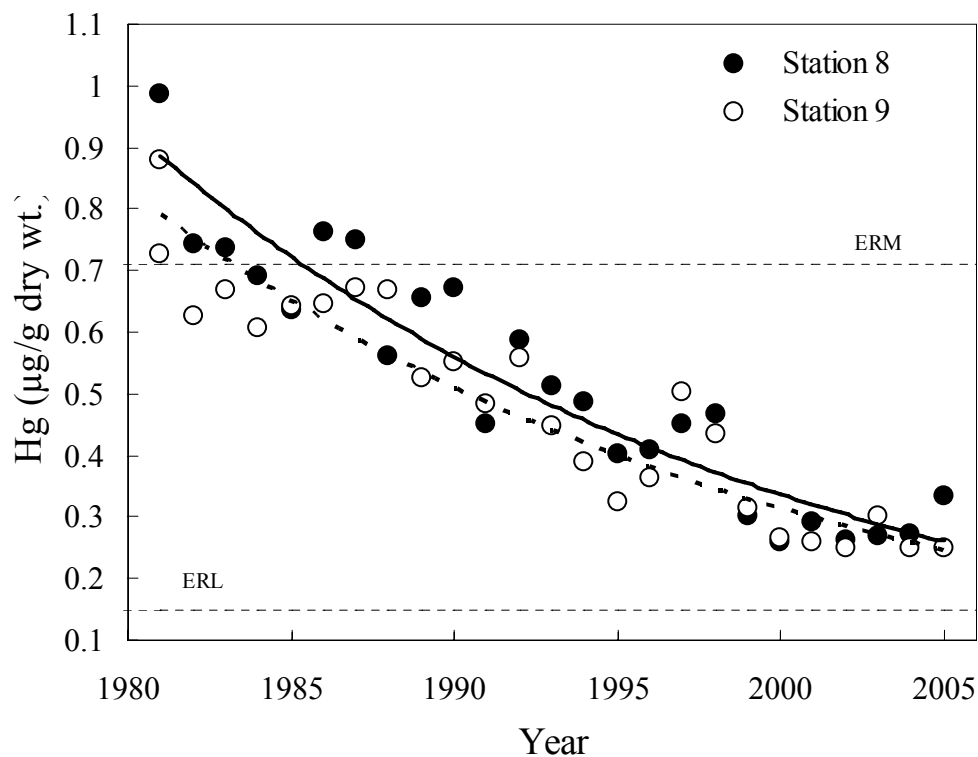
איור 2 : המשך



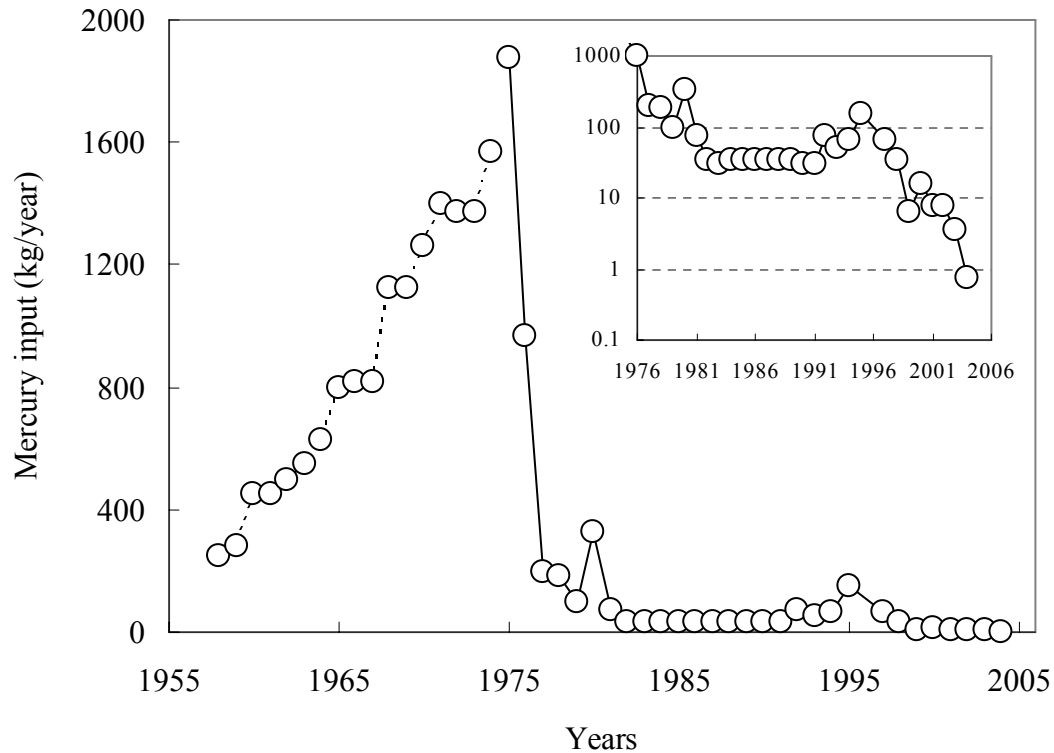
איור 2 : המשך



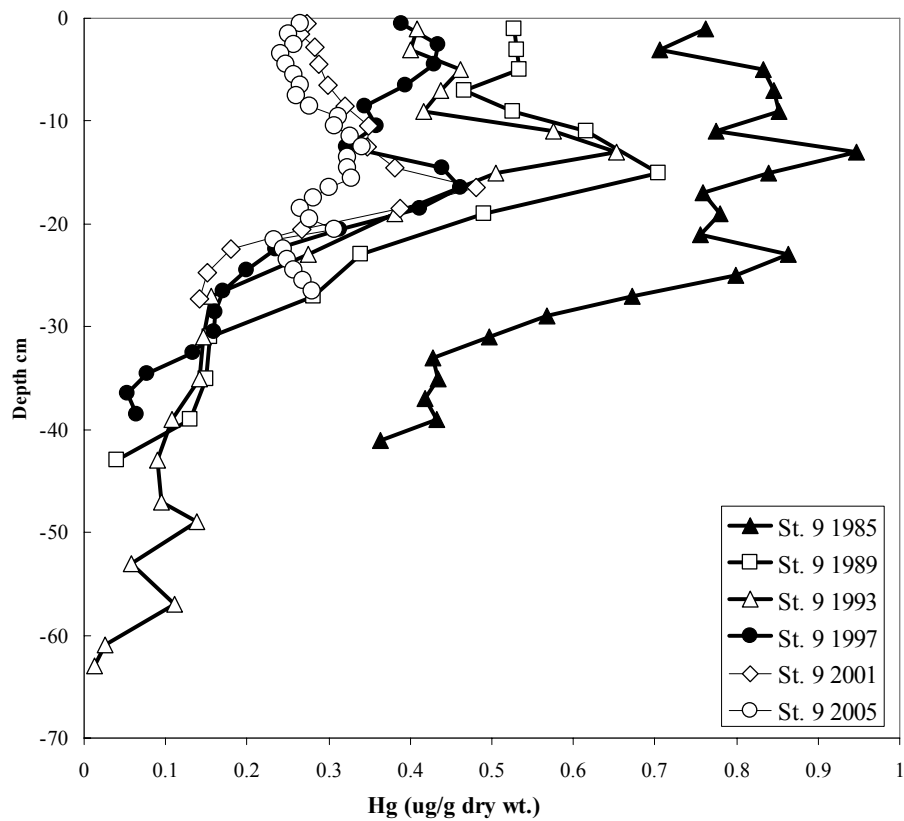
איור 3: ריכוזי כספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים באזור הרדוד של מפרץ חיפה בשנים 1984 - 2005.



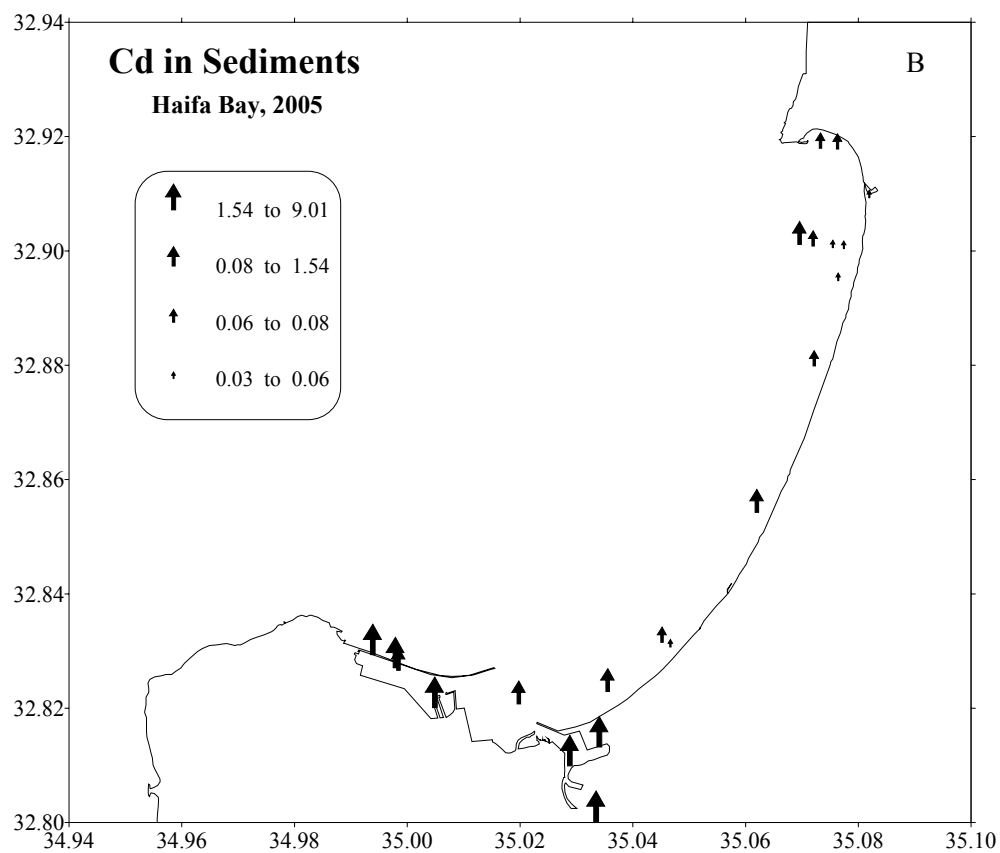
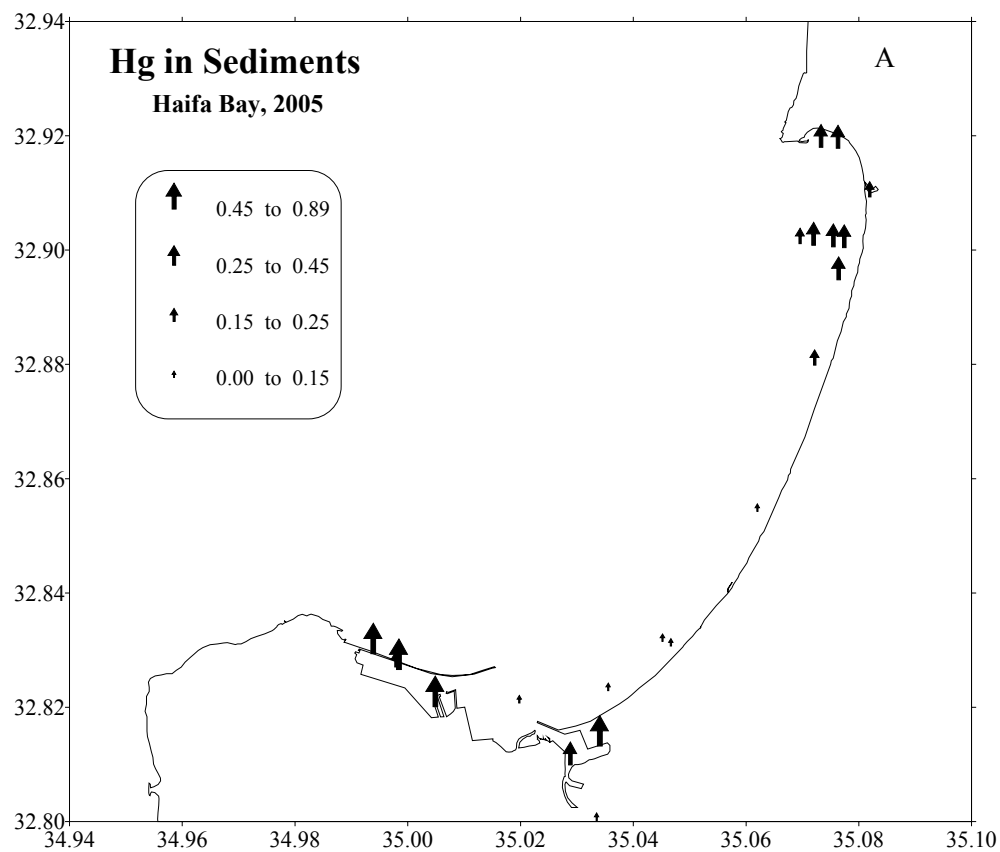
איור 4: ריכוזי כספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים בתחנות 8 ו-9 במפרץ חיפה (מול "התעשיות האלקטרוכימיות"), בעומקי מים של 3 ו-6 מ', בשנים 1981 - 2005.



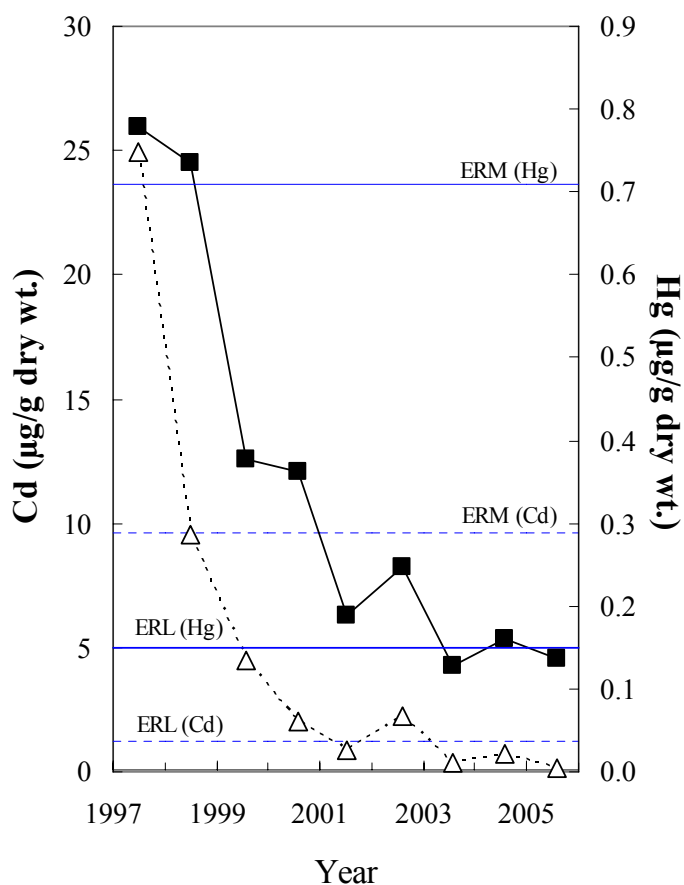
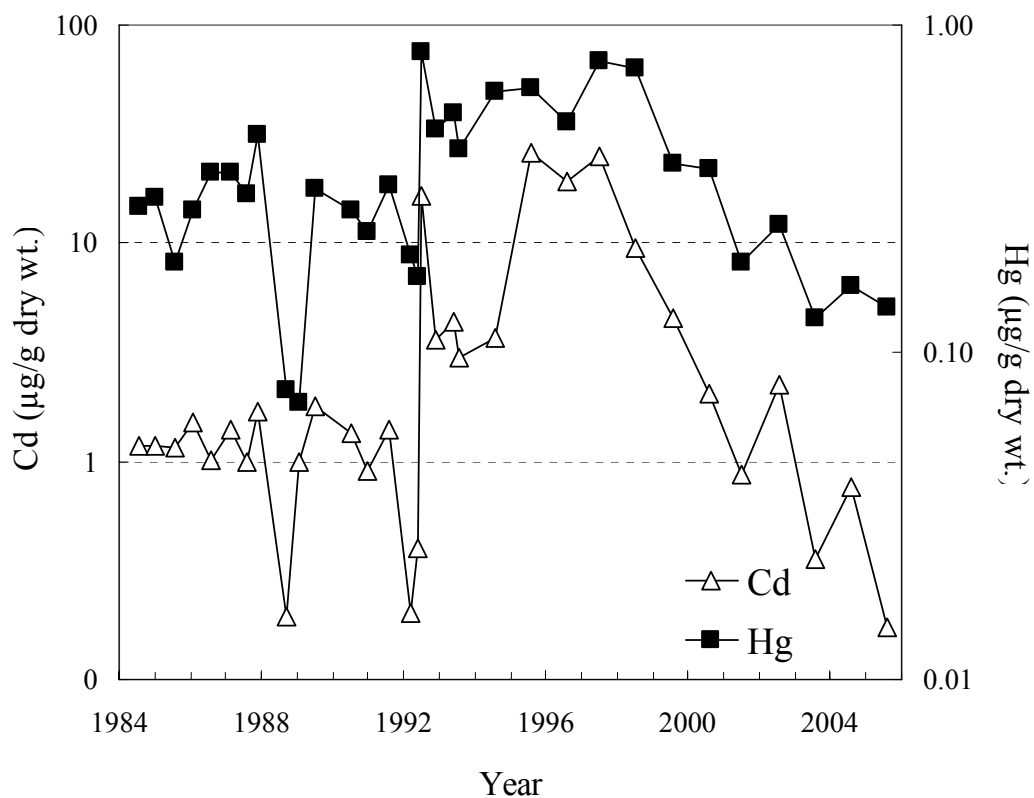
איור 5: שינויים בכמות השנתית של כספית שהוזרמה לים בשפכי "התעשיות האלקטרוכימיות". המפעל נסגר ב-2004.



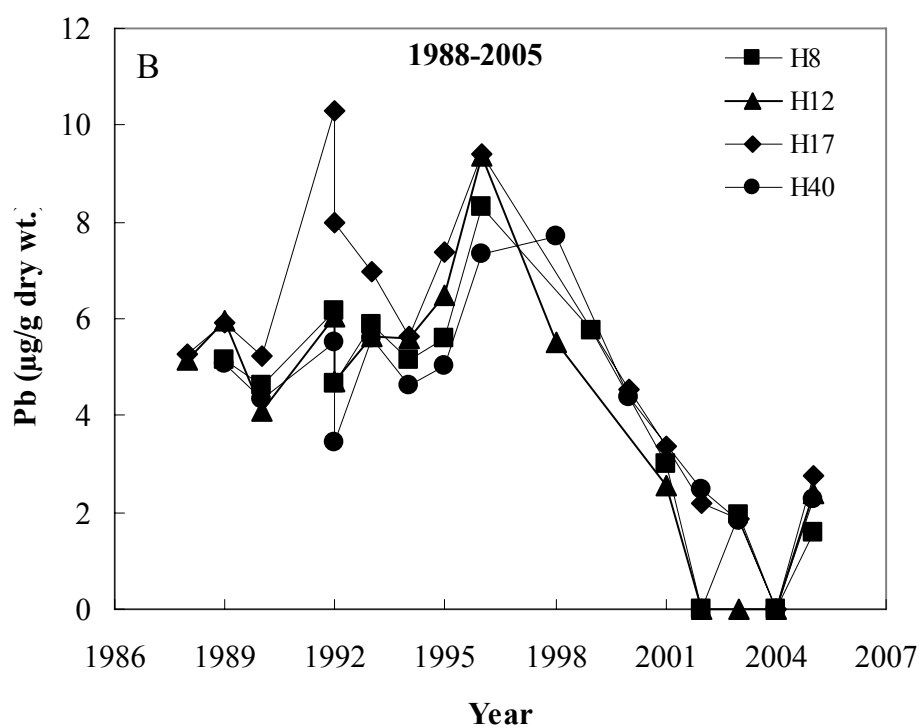
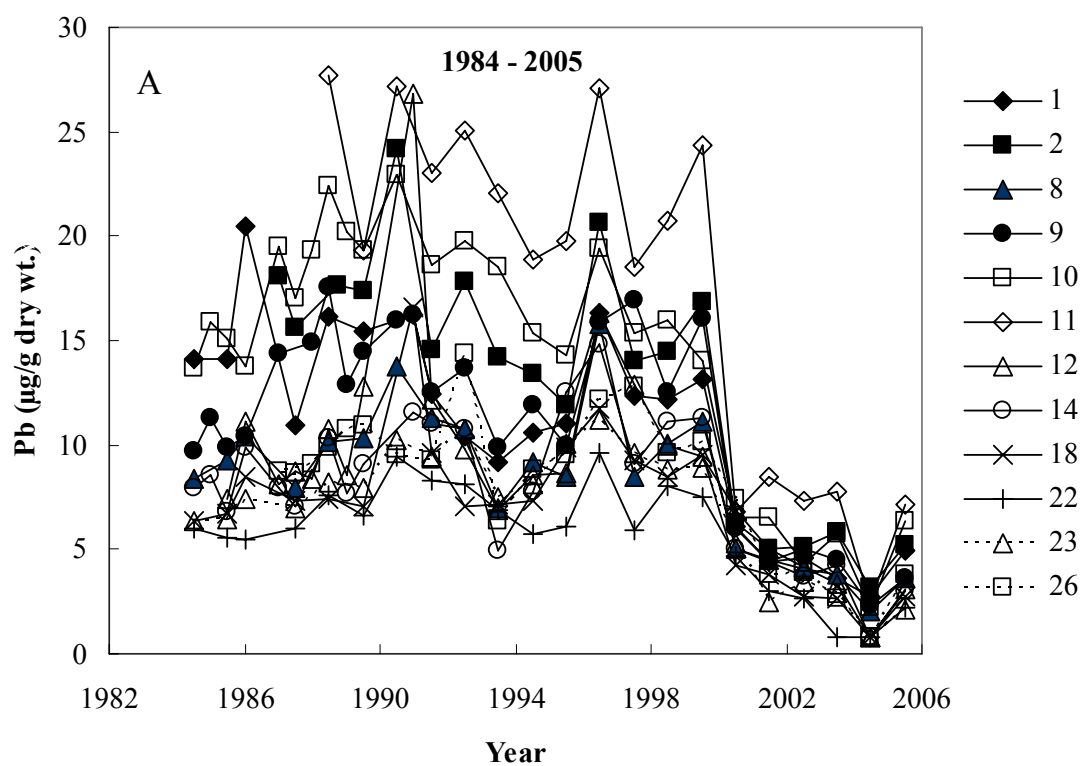
איור 6: ריכוז הכספית בגלעיני סדימנט שנדגמו בתחנה 9 במפרץ חיפה בשנים 1985 – 2005 (השטח תחת פרופיל ריכוזי הכספית מייצג את הכמות הכוללת של הכספית בגלעין ליחידת שטח).



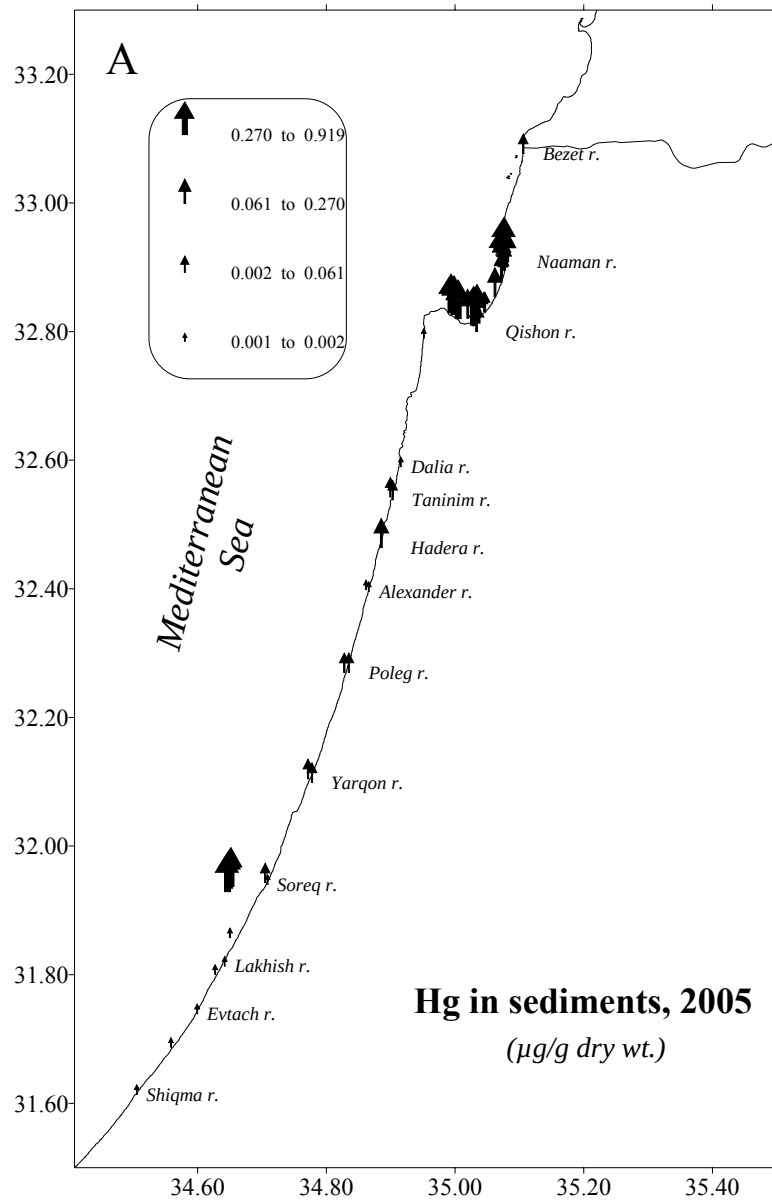
איור 7: ריכוזי כספית (A) וקדמיום (B) בסדימנטים ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) במפרץ חיפה בשנת 2005 (גודל החץ מבטא את תחום הריכוזים; נקודות הדיגום ממוקמות בבסיסי החיצים).



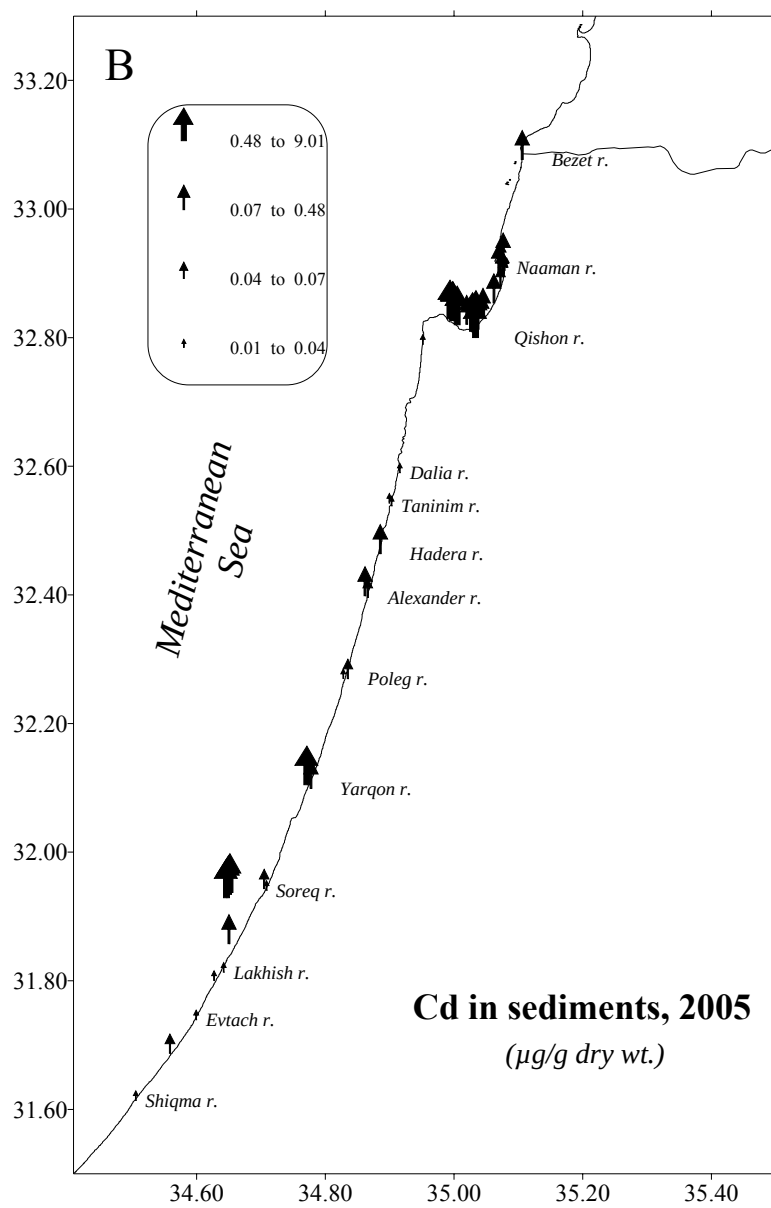
איור 8: ריכוזי קדמיום וכספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים בשפך נחל הקישון (תחנה מס' 27) בשנים 1984 - 2005. (A) סקלה לוגריתמית; (B) סקלה ליניארית לשנים 1997-2005.

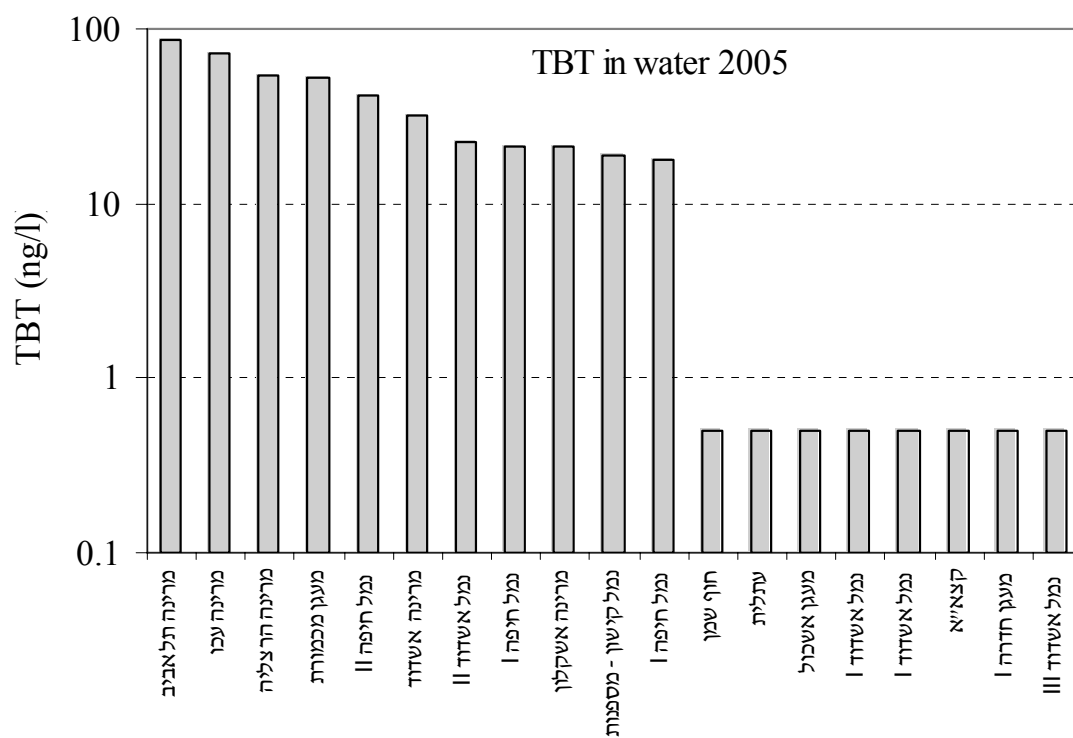


איור 9: מגמות בריכוז העופרת בסדימנטים ממפרץ חיפה (A) ולאורך החוף (B) בשנים 1984 – 2005.

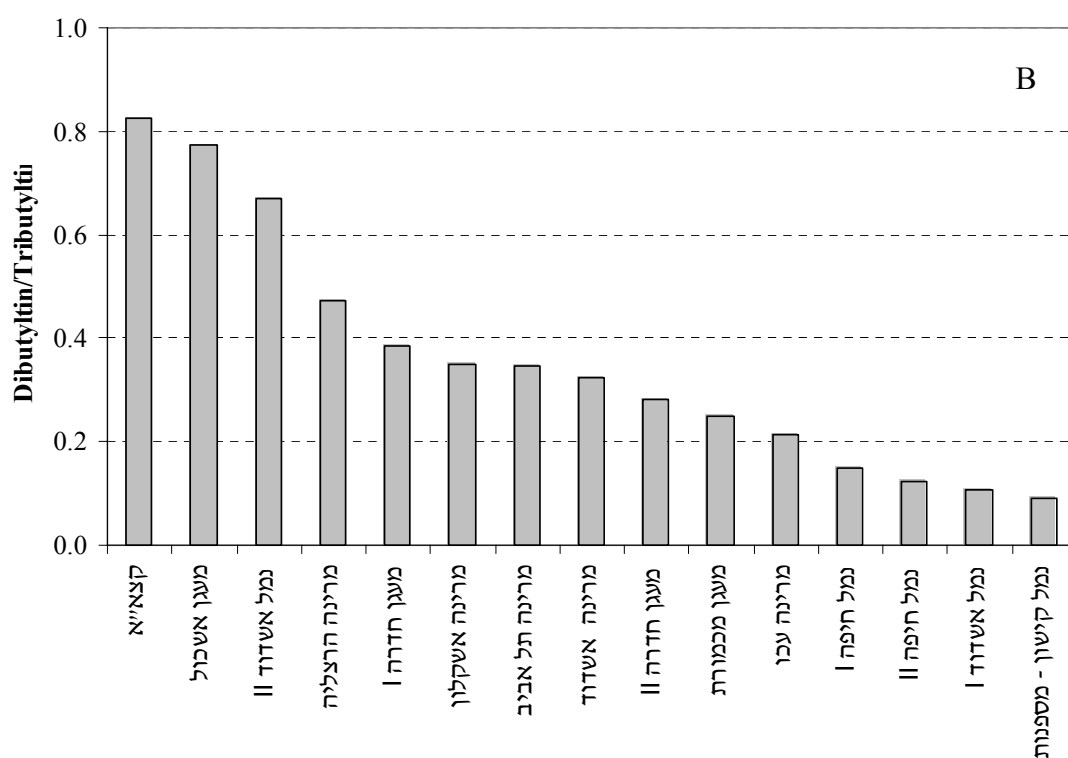
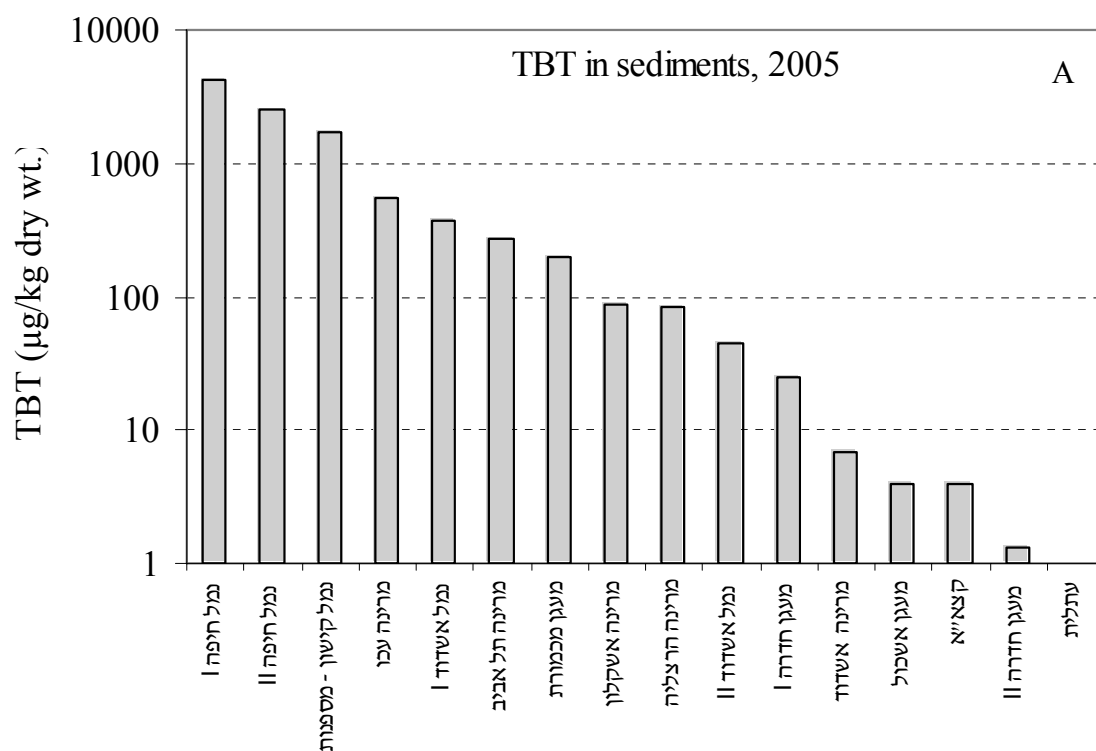


איור 10: ריכוזי כספית (A) וקדמיום (B) בסדימנטים לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2005 (גודל החצים מבטא את תחום הריכוזים).

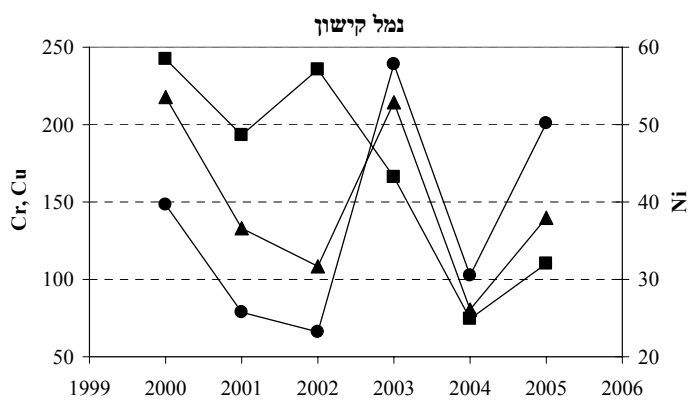
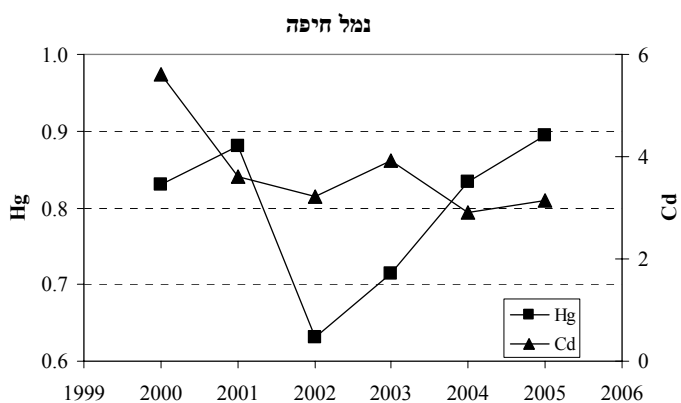




איור 11: ריכוזי TBT במי הים (ננוגרם/ליטר) בנמלים ובמעגנות בישראל בשנת 2005. הנתונים מוצגים בסקאלה לוגריתמית.

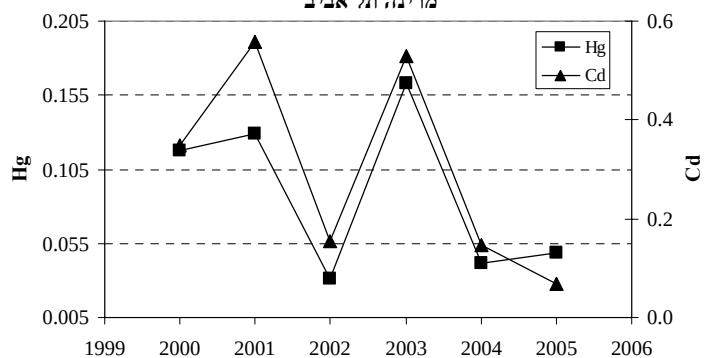


איור 12: ריכוזי TBT בסדימנטים (A) (מיקרוגרם/ק"ג - סקאלה לוגריתמית) והיחס Dibutyltin/Tributyltin (B) בנמלים ובמעגנות בישראל בשנת 2005.

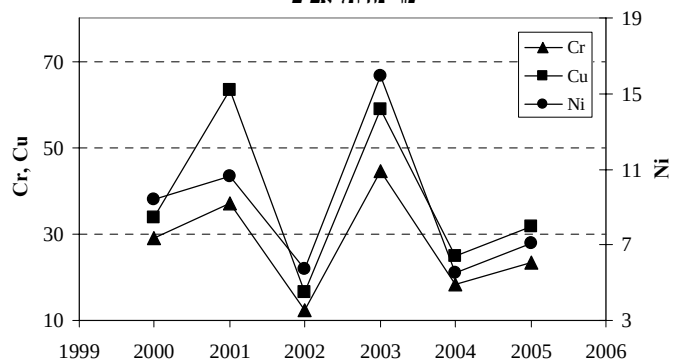


איור 13: מגמות השתנות של ריכוזי מזהמים בסדימנטים בנמלים ומעגנות בשנים 2000 - 2005.
מתכות כבדות (μg/g dry wt.) TBT ;(ng/g dry wt.) PCB's ;(μg/g dry wt.)

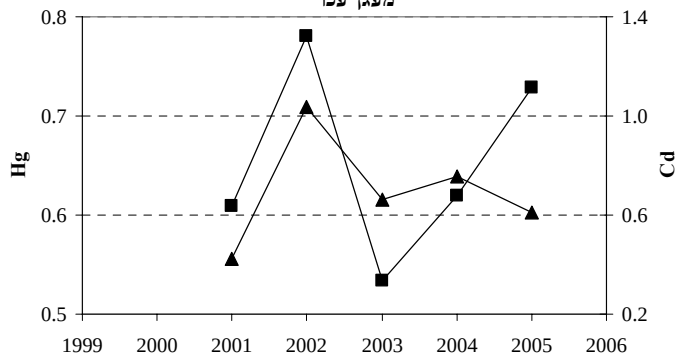
מרינה תל אביב



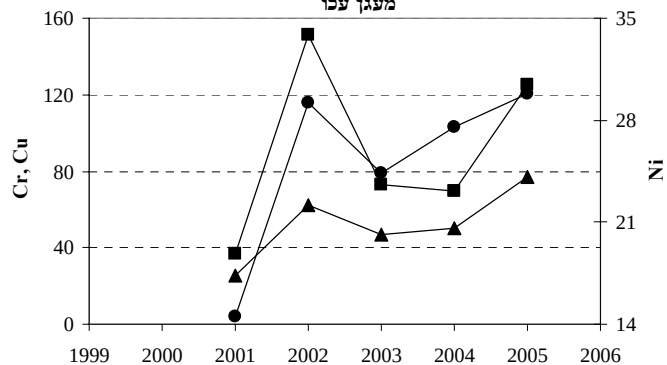
מרינה תל אביב



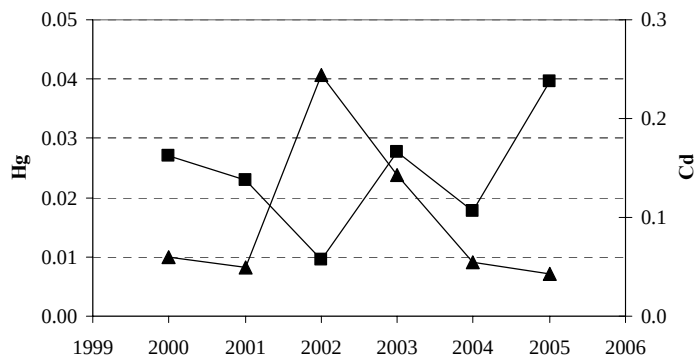
מעגן עכו



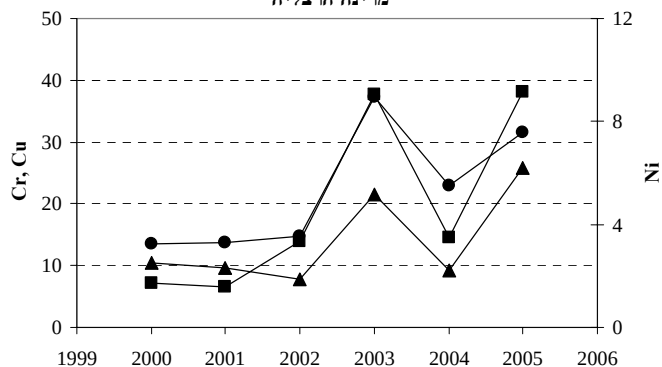
מעגן עכו



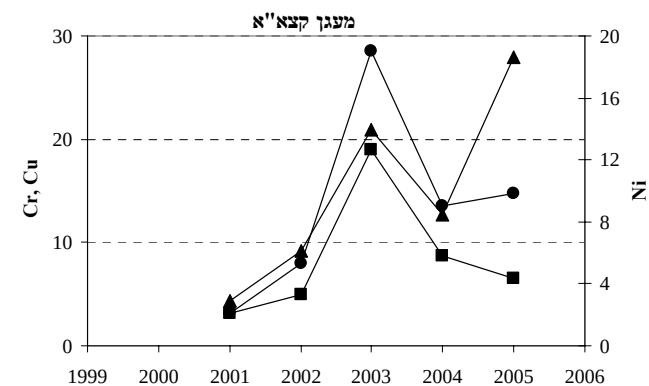
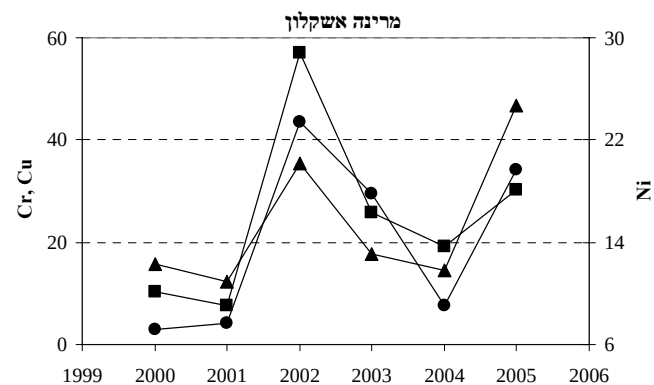
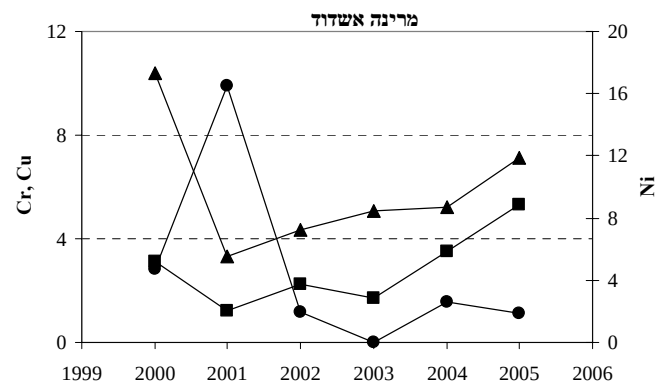
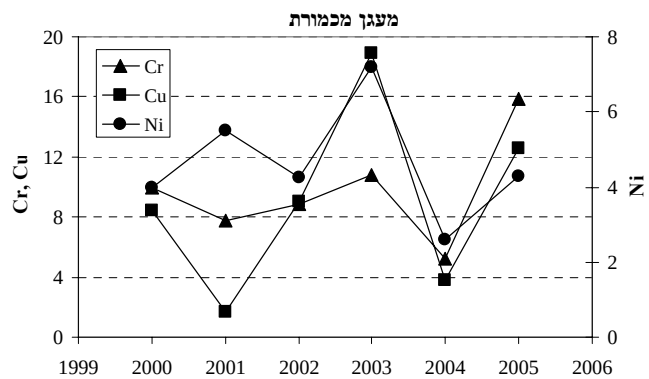
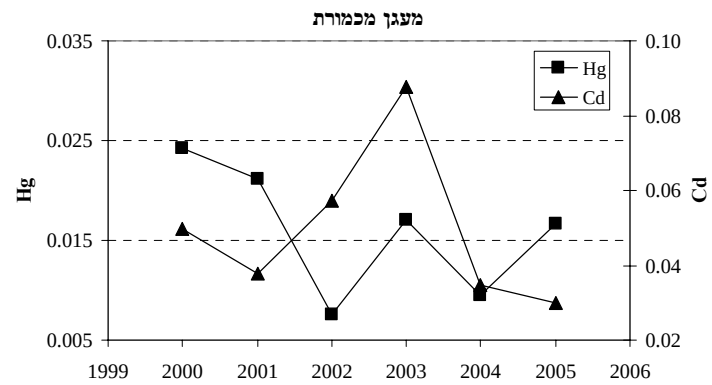
מרינה הרצליה



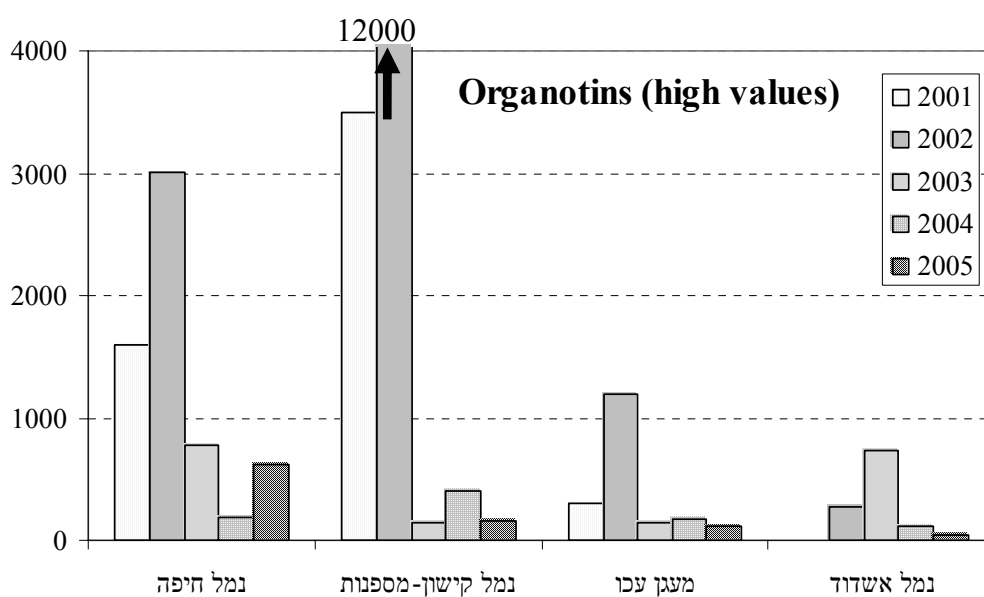
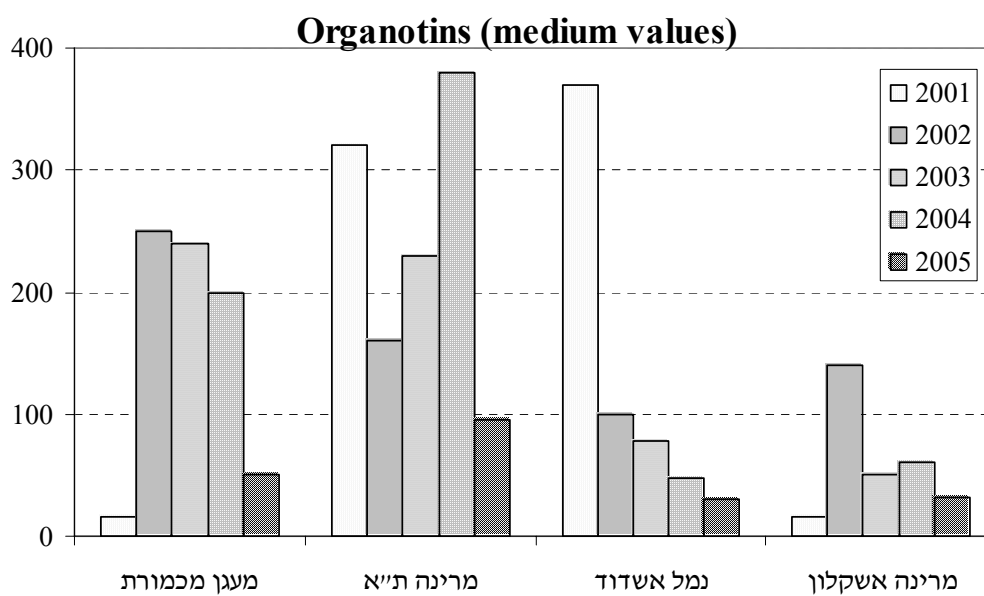
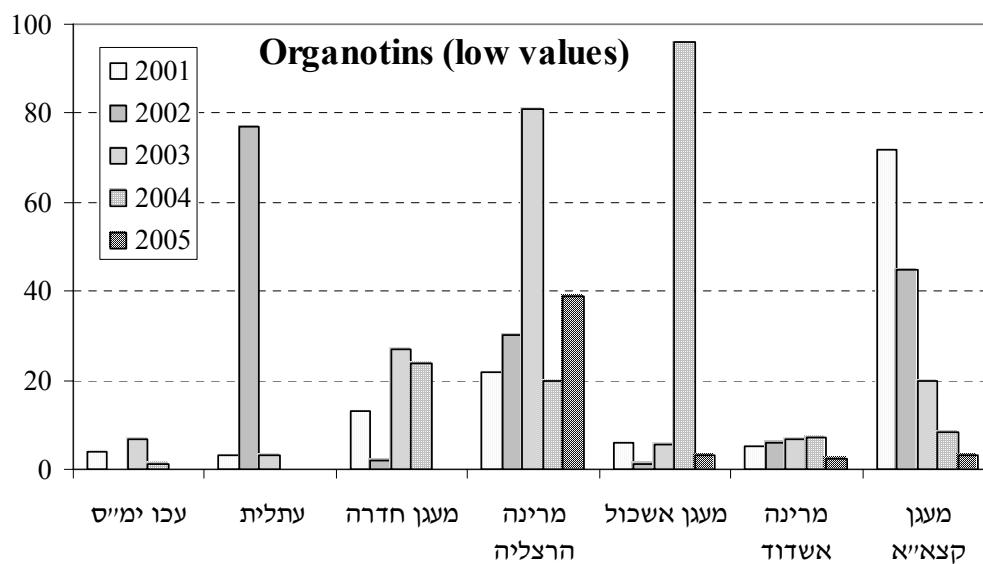
מרינה הרצליה



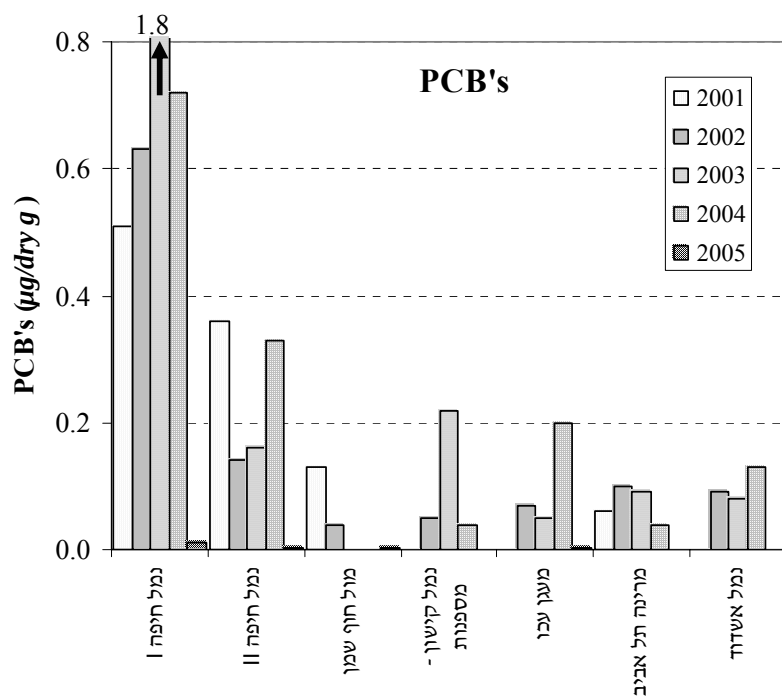
איור 13: המשך (מתכות כבדות)



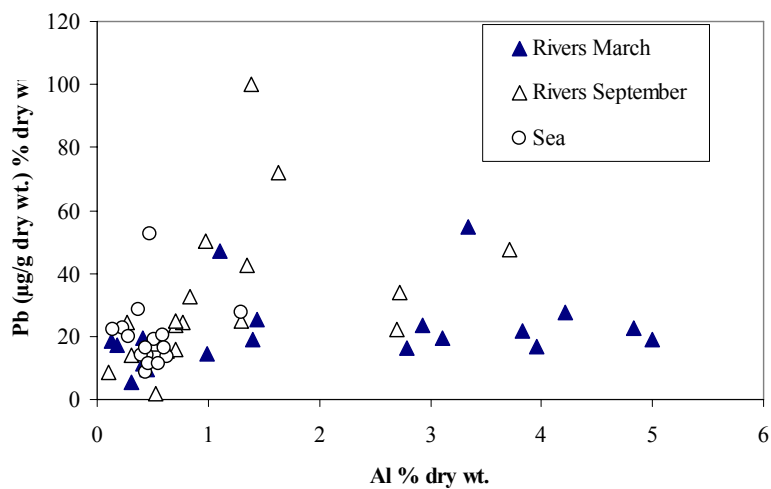
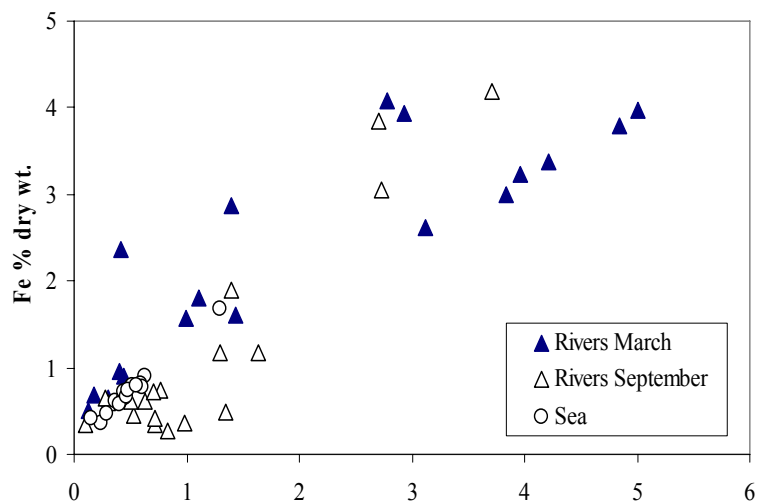
איור 13: המשך (מתכות כבדות)



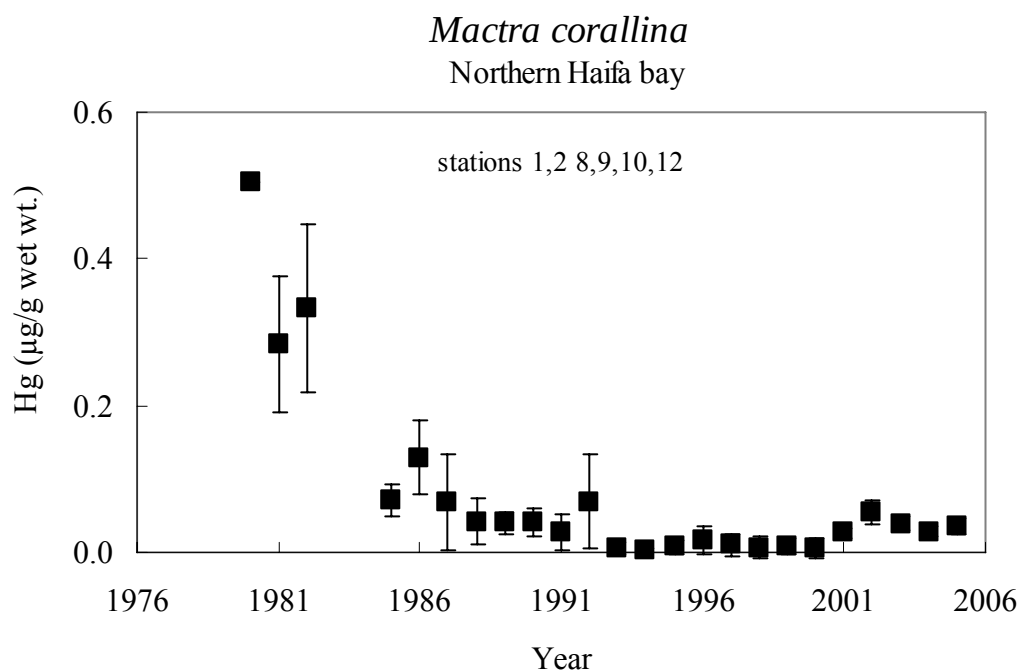
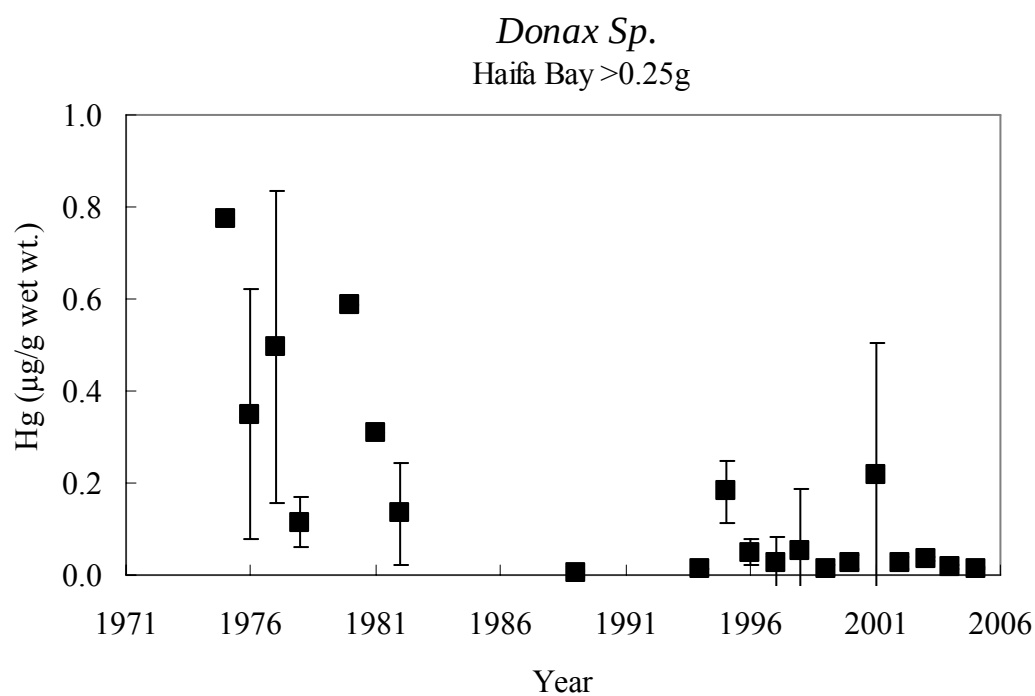
איור 13: המשך (TBT)



איור 13: המשך (PCB's)

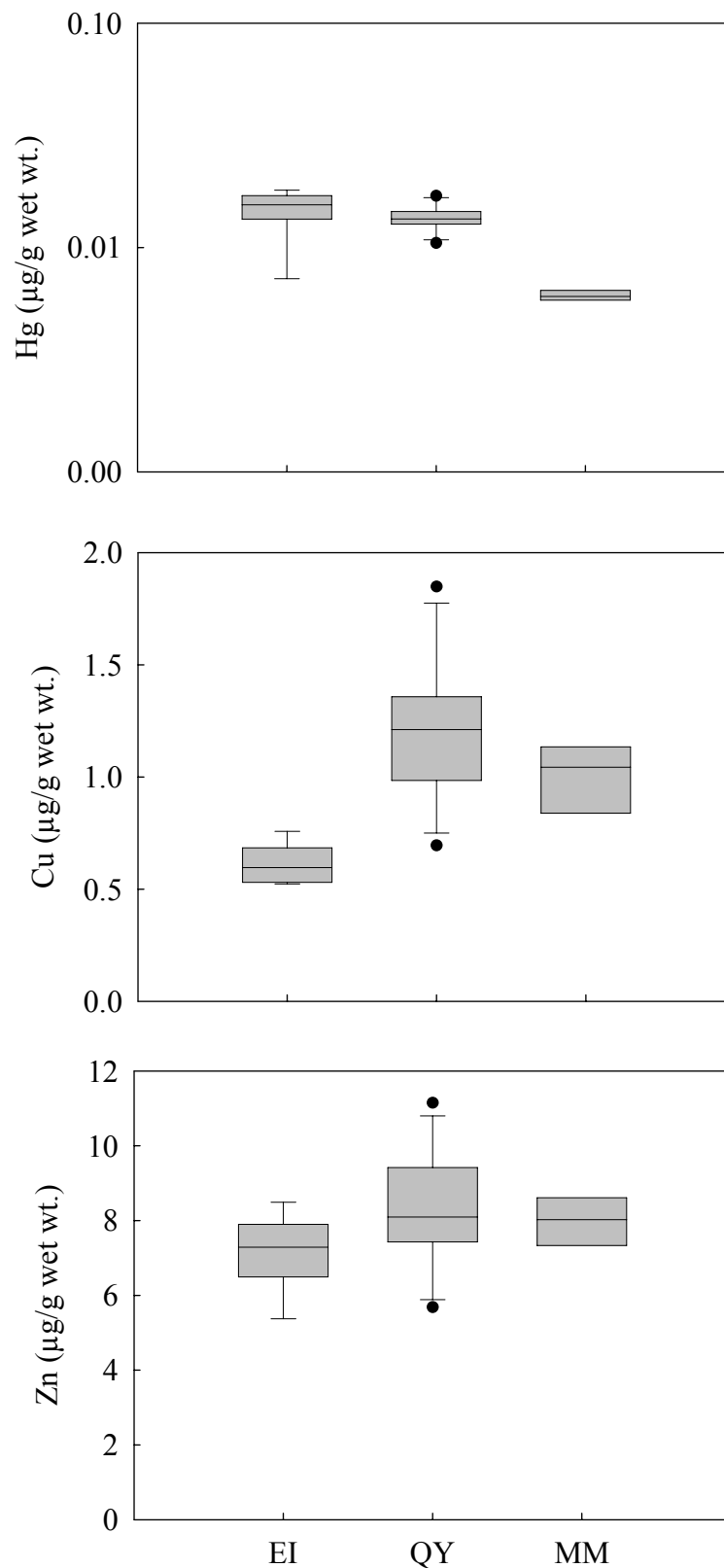


איור 14: הקשר בין ריכוזי הברזל (Fe) והעופרת (Pb) לבין ריכוזי האלומיניום (Al) בחומר מרחף שנדגם במים רדודים לאורך חוף הים התיכון ובשפכי הנחלים בשנת 2005.

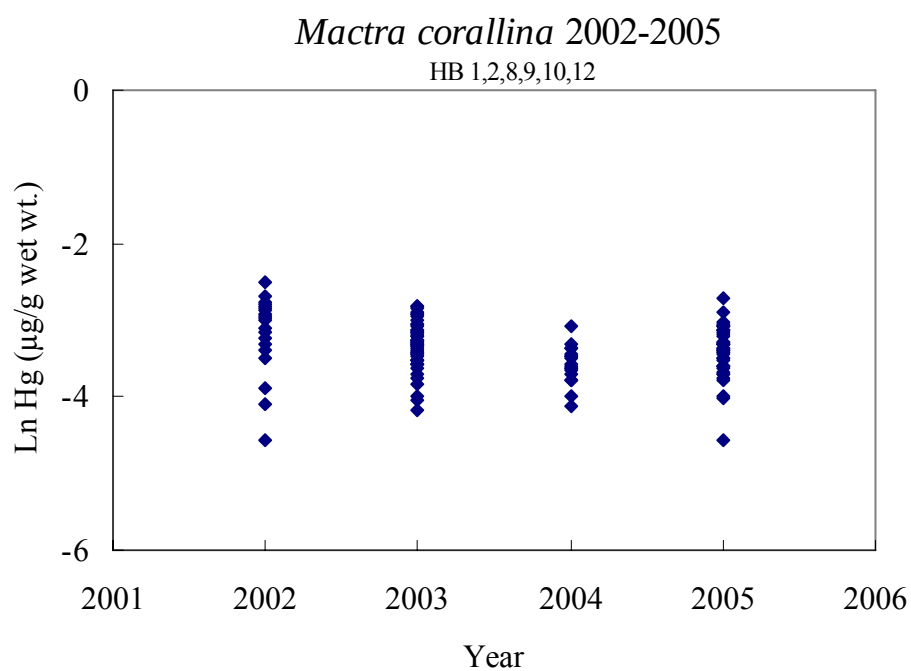
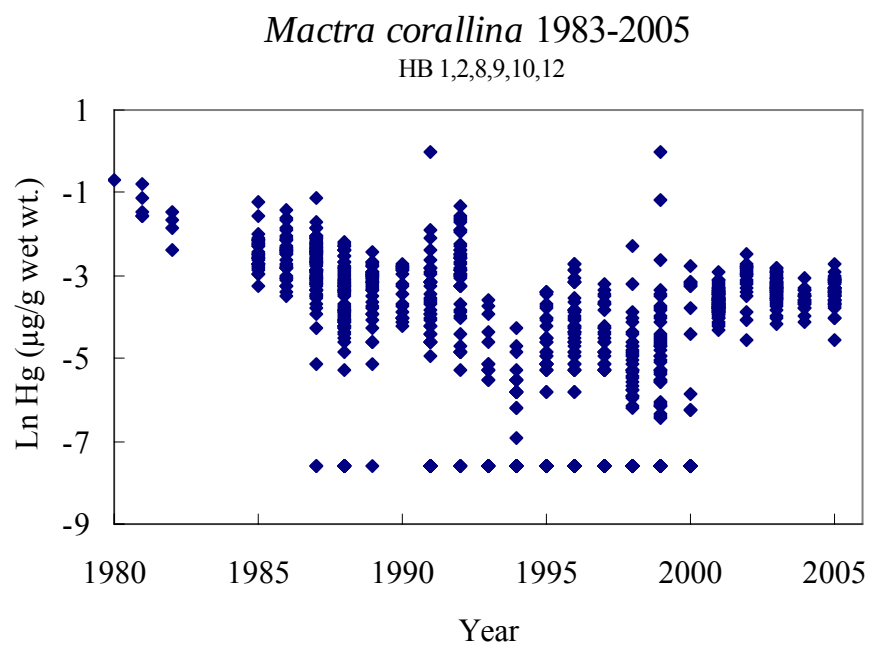


איור 15: ירידת ריכוזי הכספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ wet wt.) ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) בצדפות ממפרץ חיפה: *Donax sp.* (1975 - 2005); *Mactra corallina* (1980 - 2005).

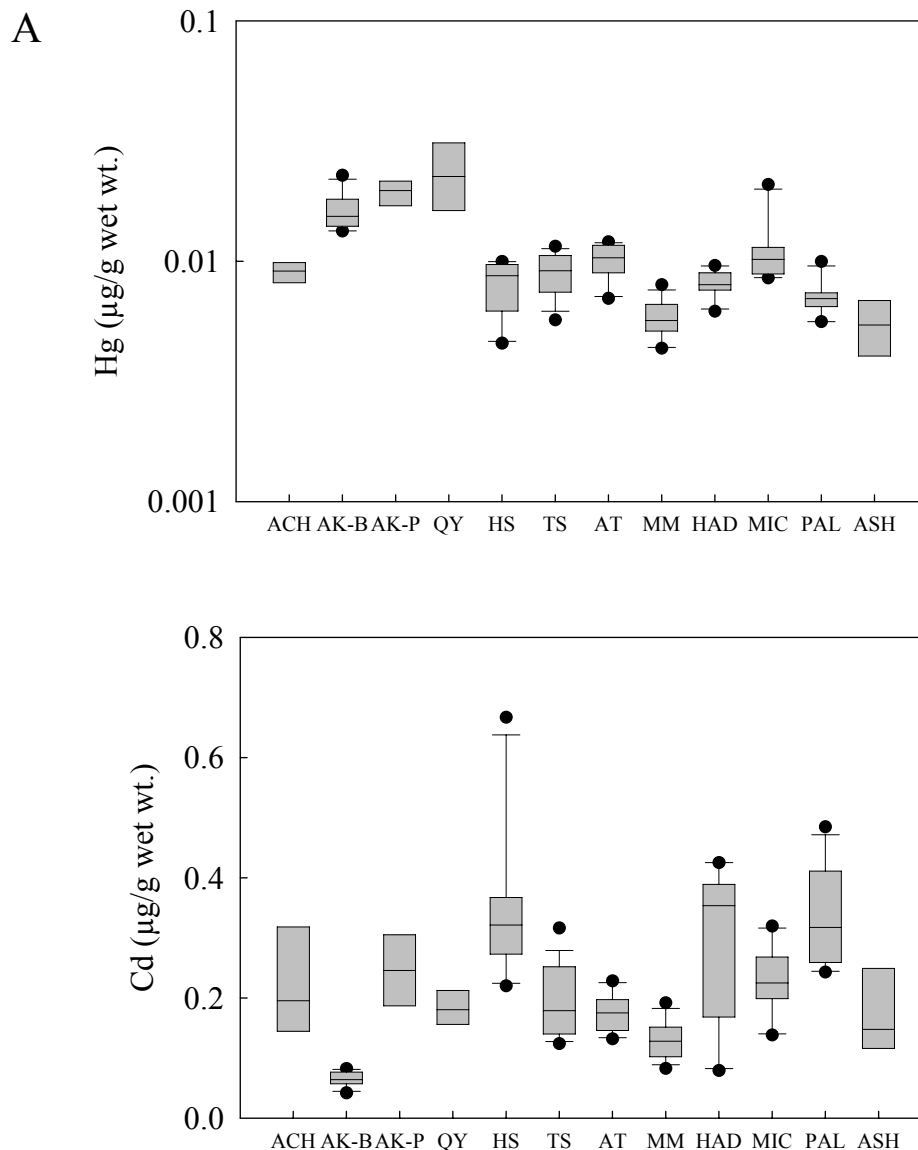
Donax sp.



איור 16: דיאגרמות קופסא של ריכוזי כספית, נחושת, ואבץ בצדפה *Donax sp.* מאזורים שונים בשנת 2005. הקופסא כוללת את ערכי 50% מהדוגמאות, הקו האופקי שבתוכה מייצג את ערך החציון, העמודות מייצגות את ערכי ה-10% וה-90% והנקודות - ערכים קיצוניים. EI=תעשיות אלקטרוכימיות, QY=קריית ים, MM=מעגן מיכאל).

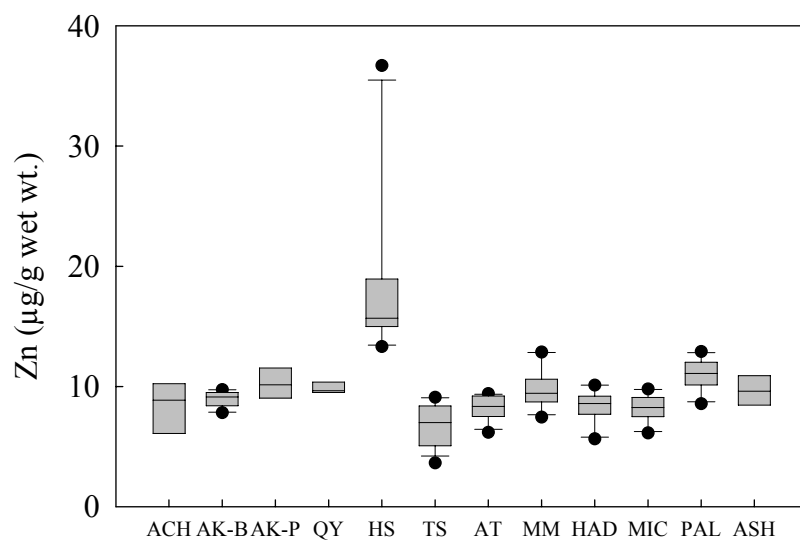
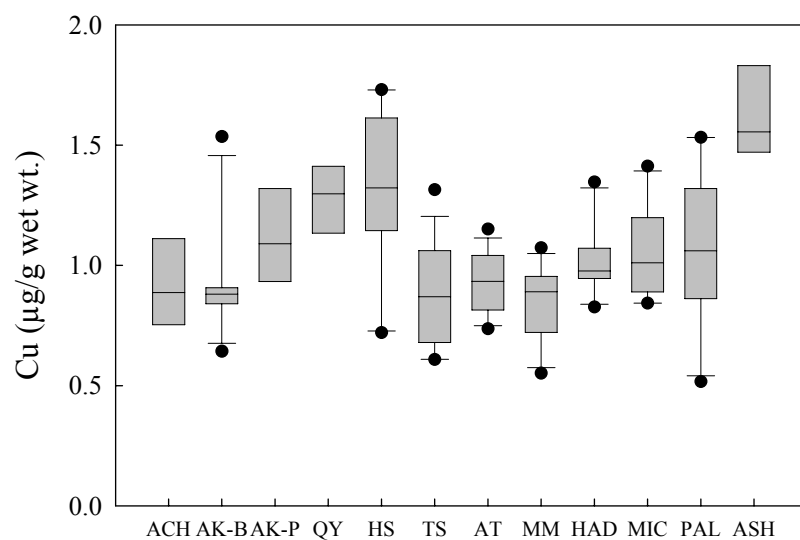


איור 17: שינויים בריכוזי הכספית (סקלה לוגריתמית של $\mu\text{g g}^{-1} \text{ wet wt.}$) בצדפה *Mactra corallina* מצפון מפרץ חיפה בשנים 1980 - 2005. ערכי גבול הקביעה האנליטית הוחלפו ב-0.0005 מיקרוגרם/גרם רקמה יבשה.

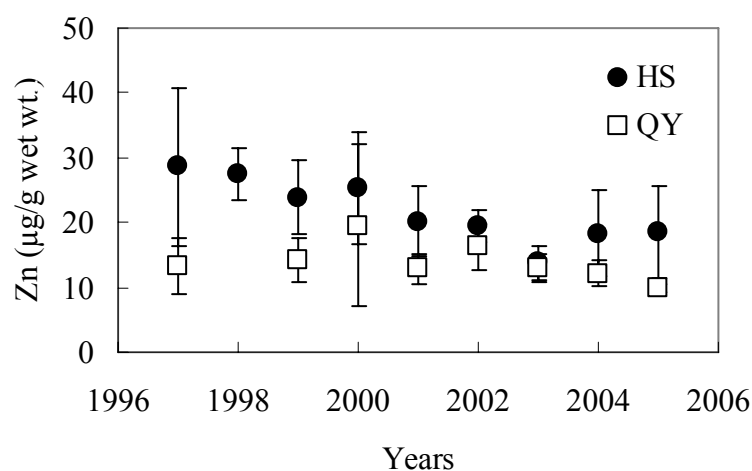
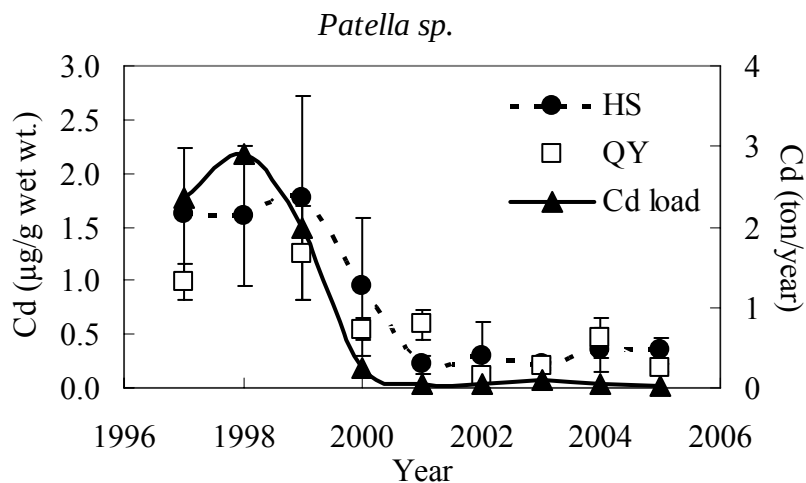


איור 18: דיאגרמות קופסא של ריכוזי כספית וקדמיום (A), נחושת ואבץ (B), בחלזון *Patella* שנדגמו לאורך חופי ישראל בשנת 2005. הקופסא כוללת את ערכי 50% מהדוגמאות, הקו האופקי שבתוכה מייצג את ערך החציון, העמודות מייצגות את ערכי ה-10% ו-90% והנקודות - ערכים קיצוניים. (ACH=אכזיב, AK-B=עכו ביוב, AK-P=עכו נמל, QY=קריית ים, HS=חוף שמן, TS=תל שקמונה, AT=עתלית, MM=מעגן מיכאל, HAD=חדרה, MIC=מיכמורת, PAL=פלמחים, ASH=מרינה אשדוד).

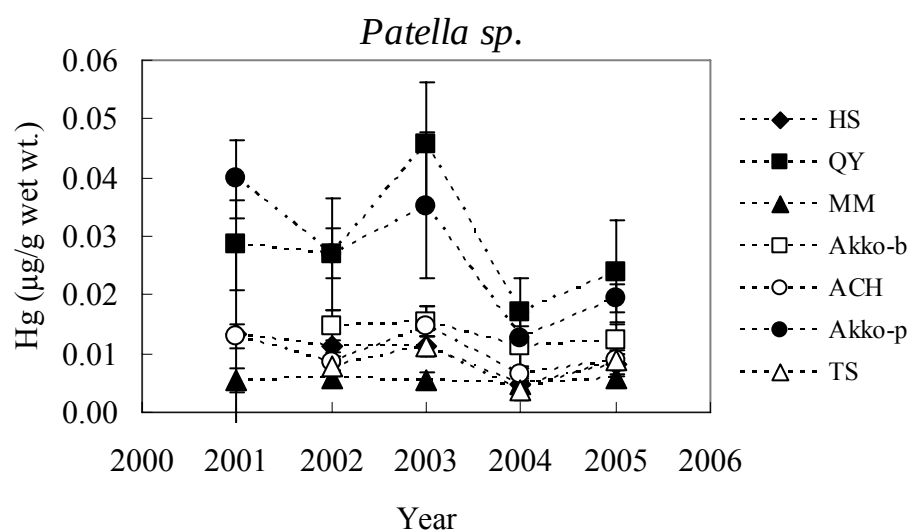
B



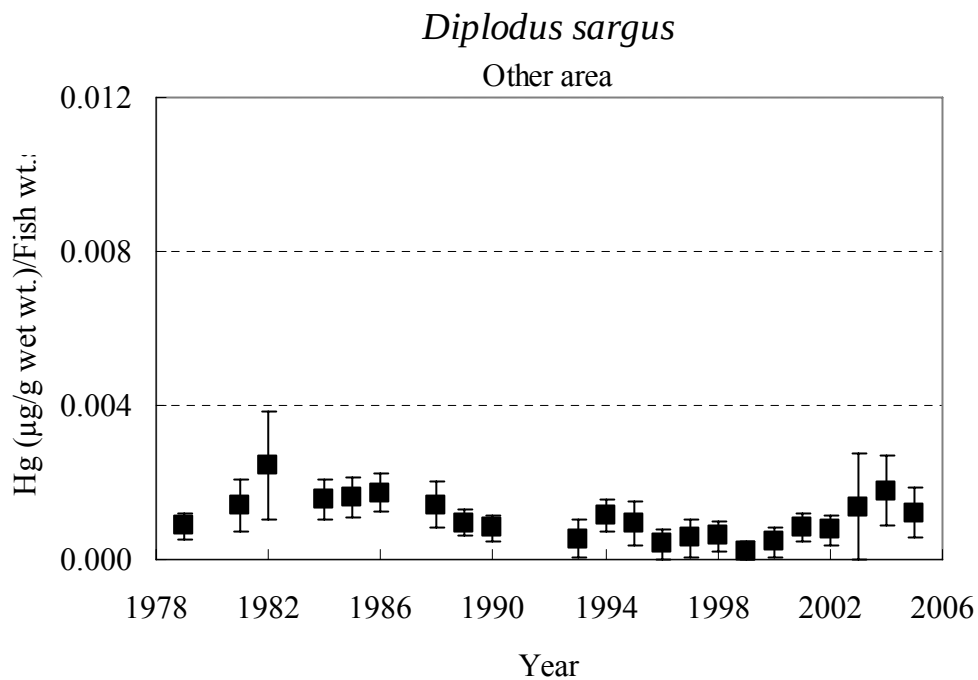
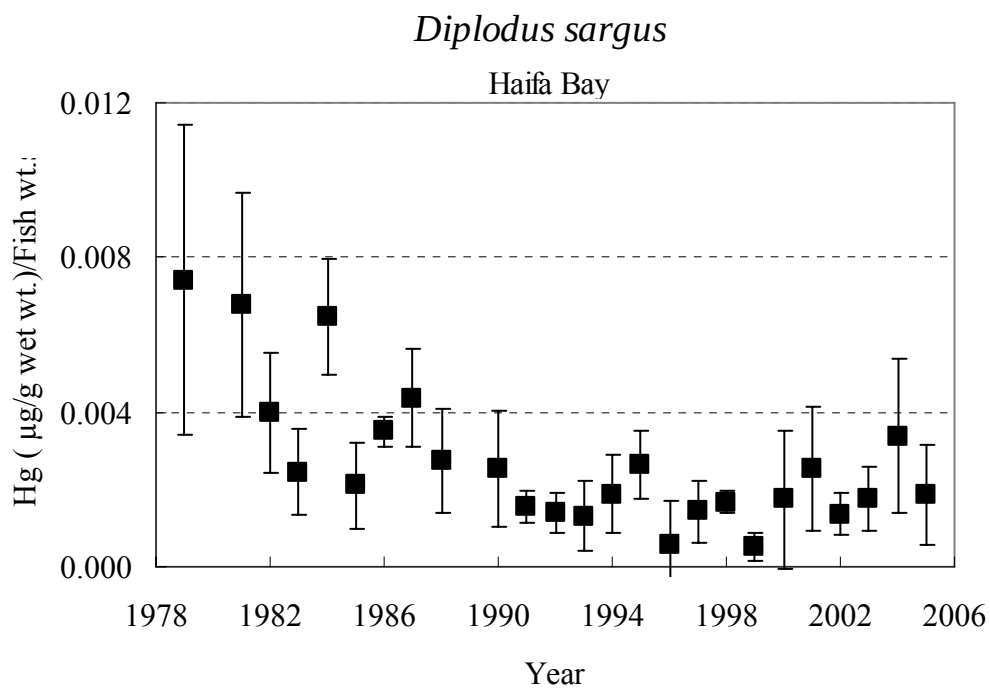
איור 18 : המשך



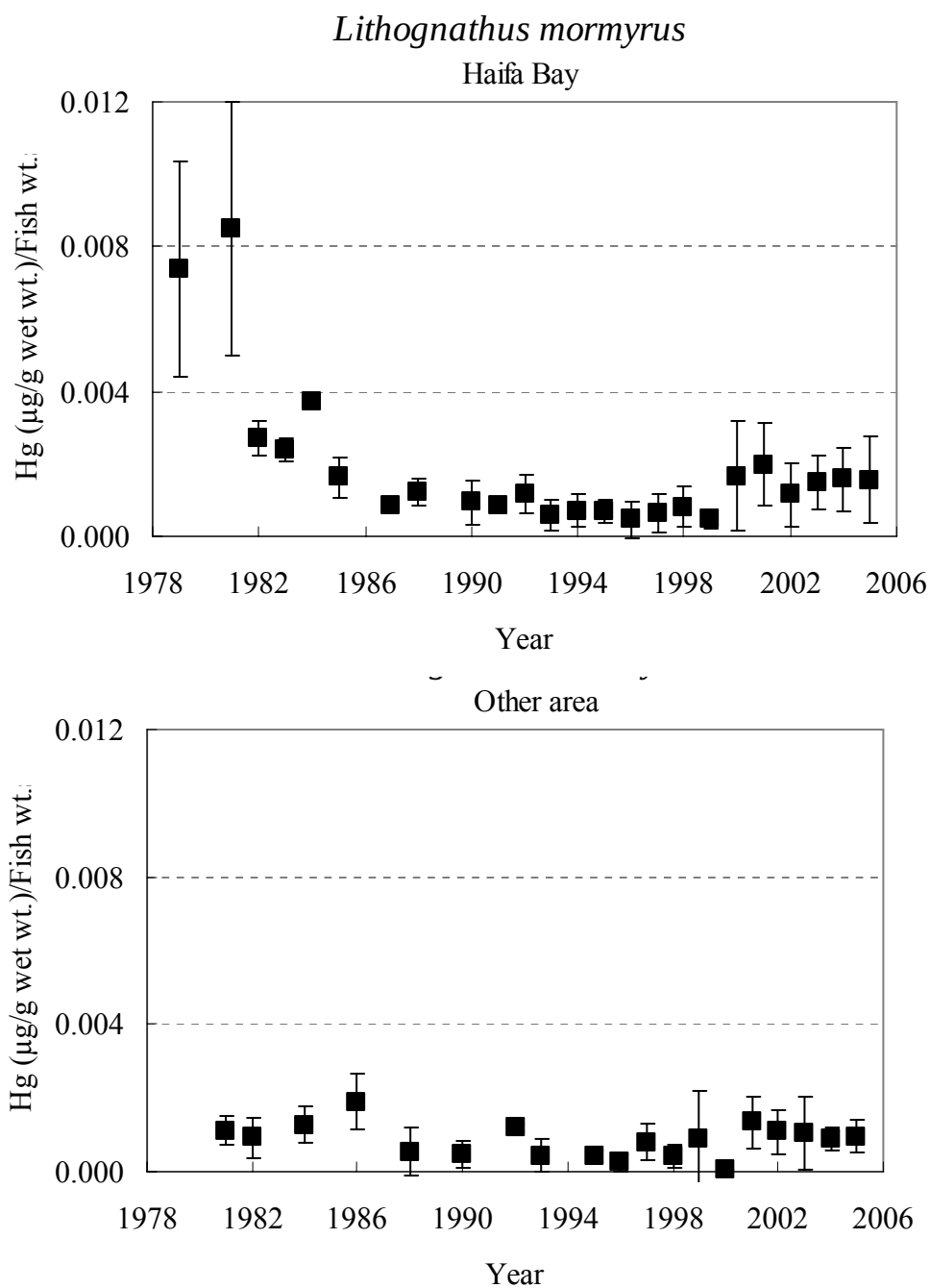
איור 19: ריכוזי קדמיום (A) ואבץ (B) בחלזונות *Patella sp.* מחוף שמן בשפך נחל הקישון (HS) ומקריית ים (QY) בשנים 1997 - 2005. הקו הרציף בגרף A מציג את השינויים בכמויות הקדמיום שהוזרמו במשך השנים לנחל הקישון.



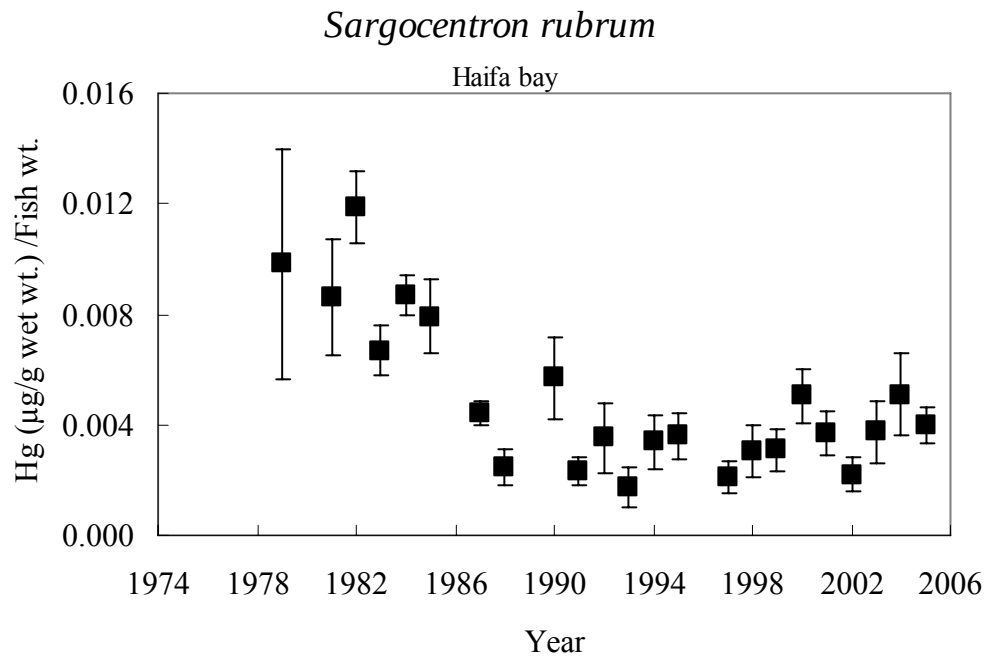
איור 20: שינויים בריכוזי הכספית בחלזונות *Patella sp.* באתרים שונים לאורך החוף הצפוני של ישראל בשנים 2001 - 2005.



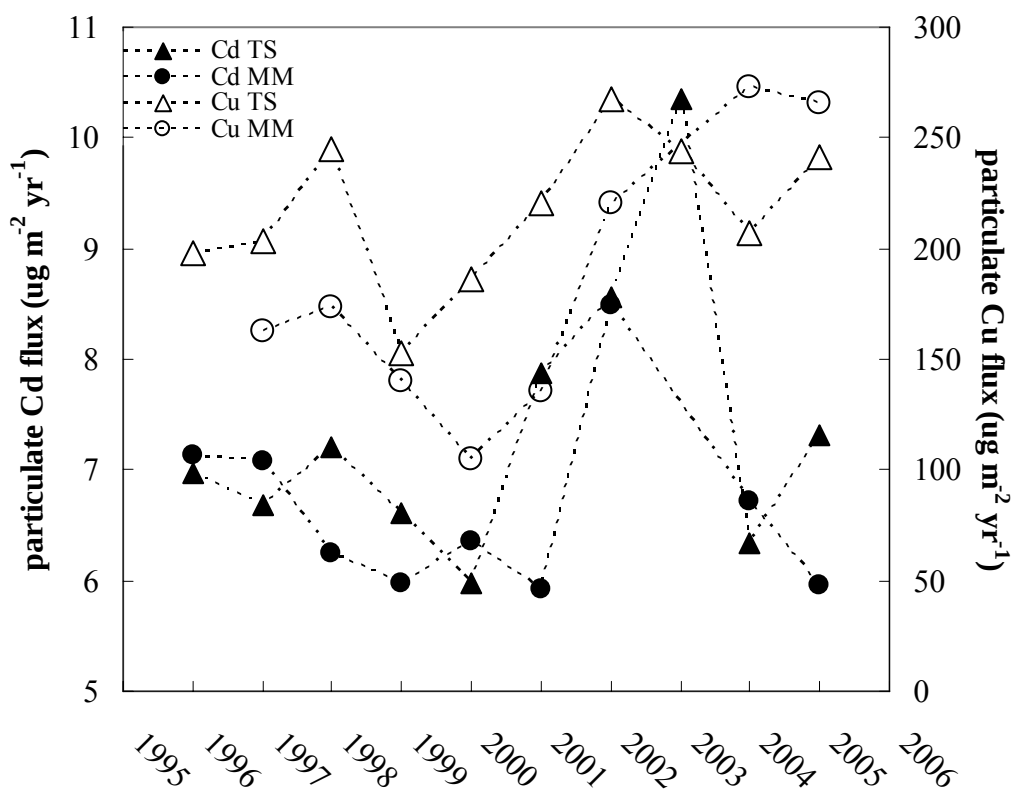
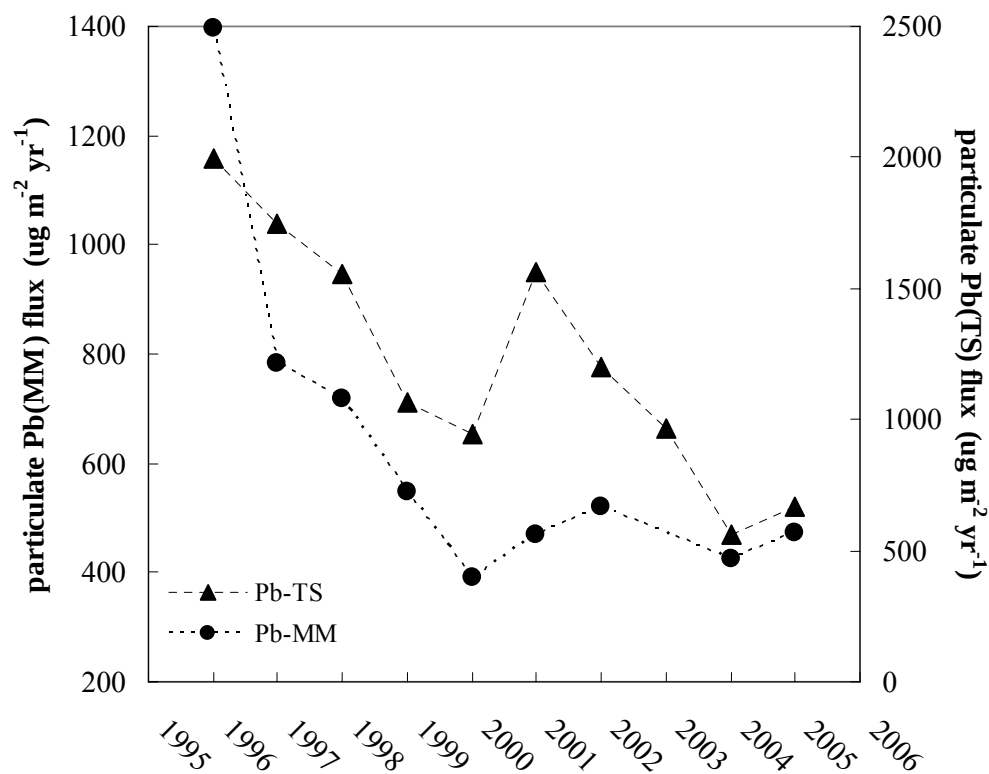
איור 21: היחס כספית/משקל ברקמות השריר של דגי *Diplodus sargus* (ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2005.



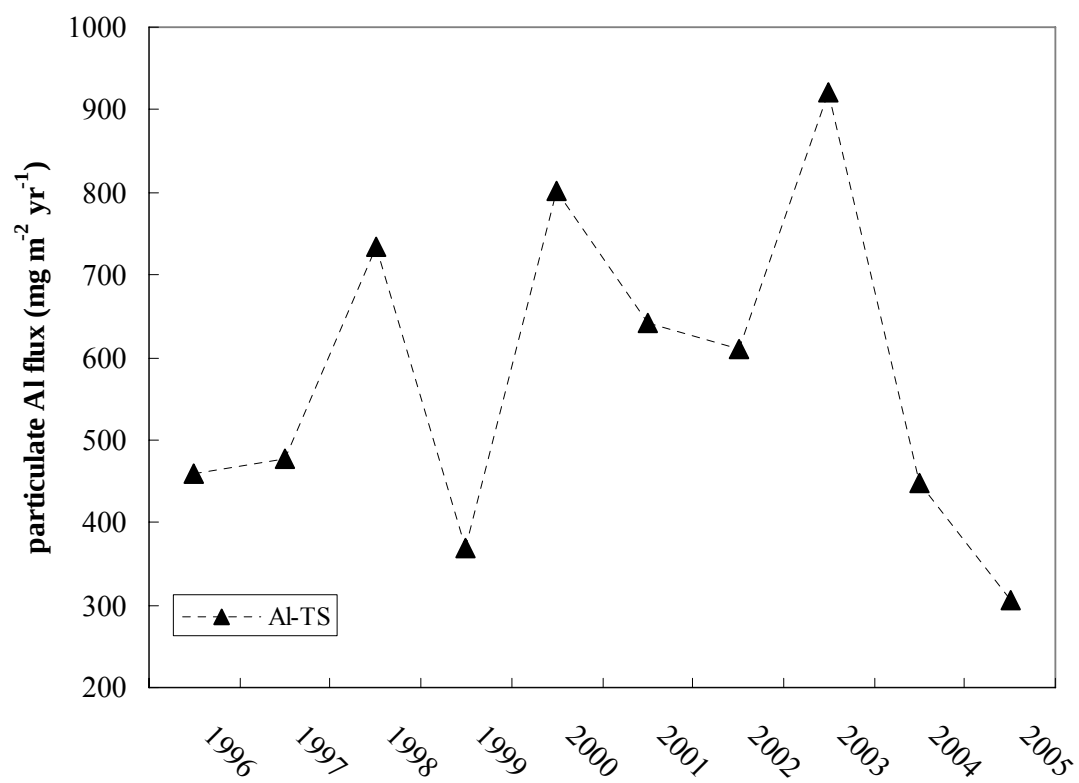
איור 22: היחס כספית/משקל ברקמות השריר של דגי *Lithognathus mormyrus* (ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2005.



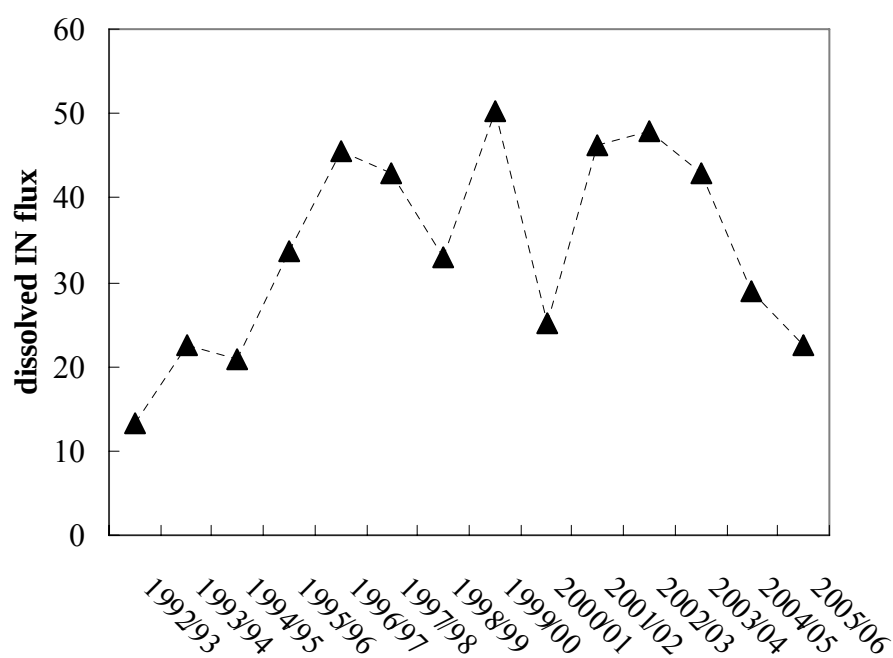
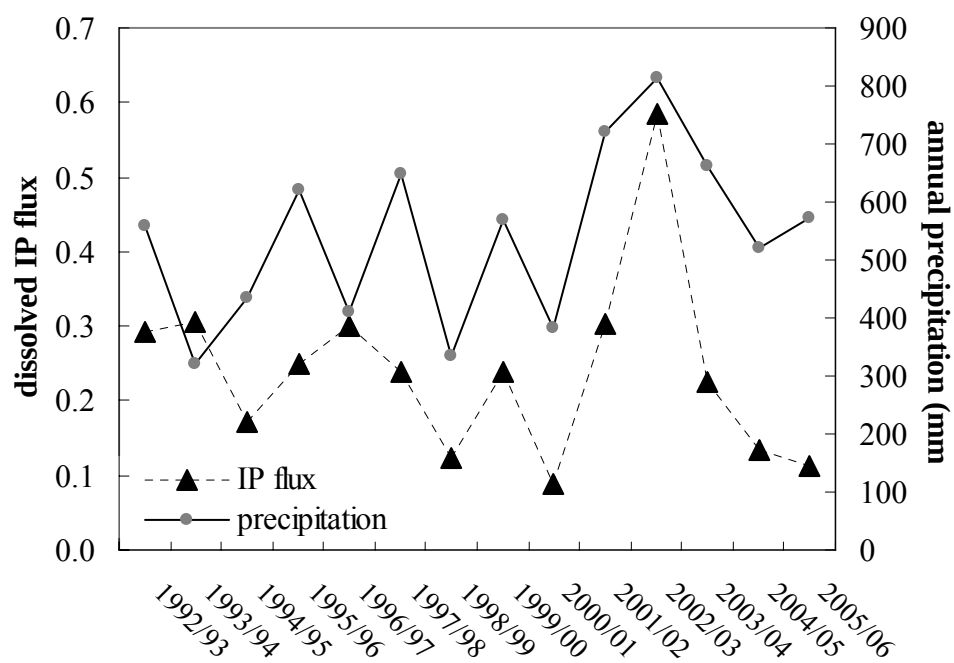
איור 23: היחס כספית/משקל ברקמות השריר של דגי *Sargocentron rubrum* (ממוצע שנתי $\pm$ סטיית תקן) ממפרץ חיפה בשנים 1979 - 2005.



איור 24: שטפים יבשים של עופרת, קדמיום, נחושת ואלומיניום בתל-שקמונה (TS) ובמעגן מיכאל (MM) בשנים 1996 - 2005; הערכות המבוססות על דיגום של כרבע מימי השנה.

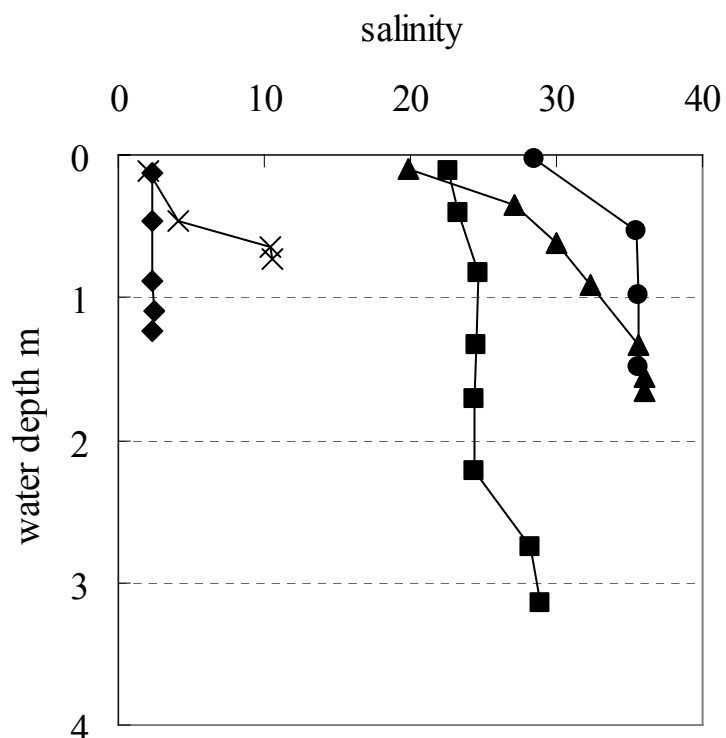
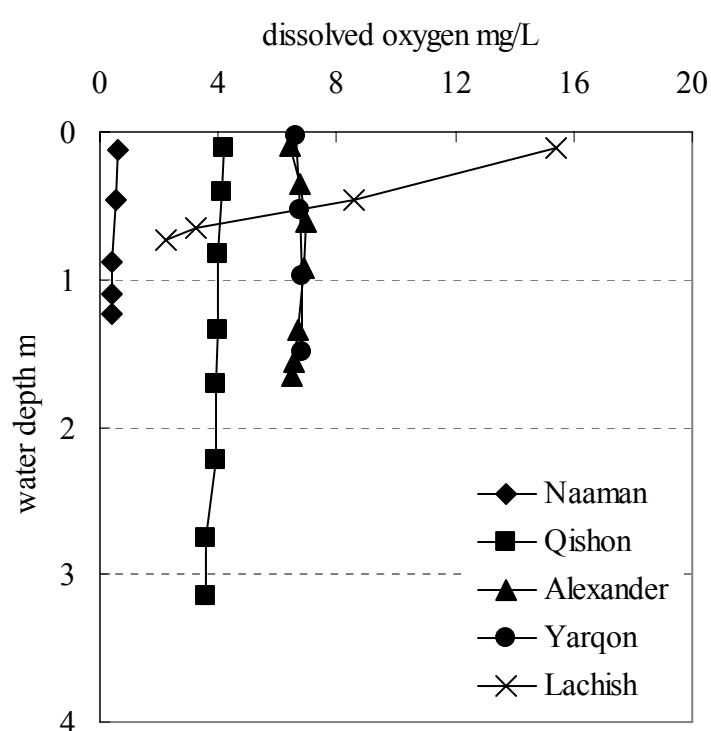


איור 24 : המשך

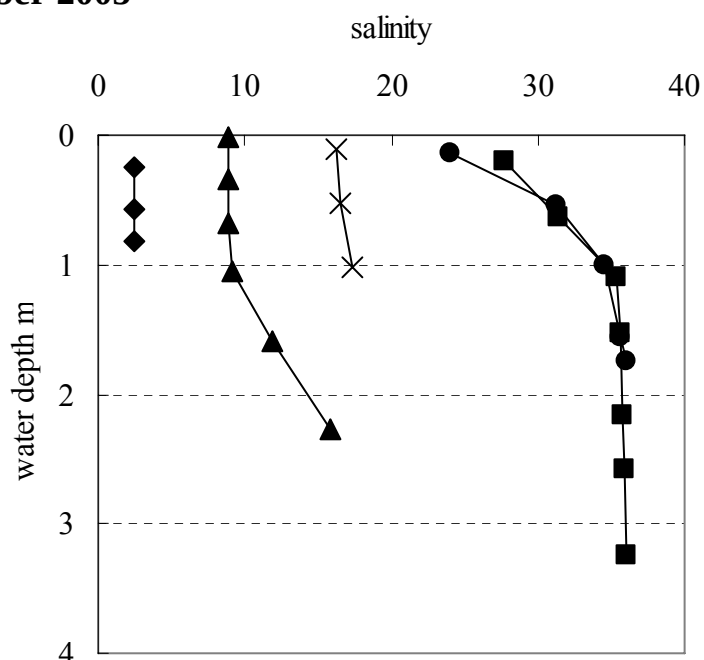
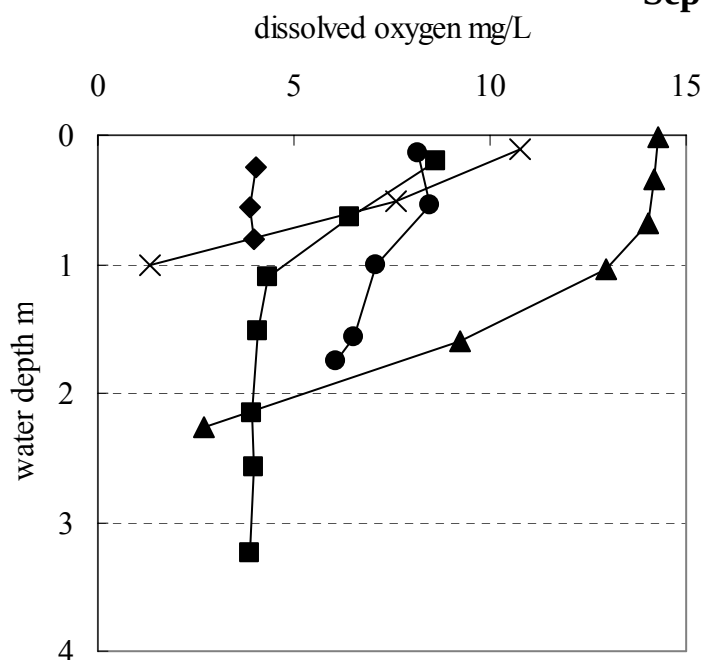


איור 25: שטפים של זרחן אי אורגני (IP) וחנקן אי אורגני (IN) מומסים במי גשם ($\text{mmol m}^{-2} \text{yr}^{-1}$) בתל-שקמונה בשנים 1992 – 2005. מוצג הקשר בין השטפים לכמות המשקעים השנתית בנמל חיפה (השירות המטאורולוגי).

March 2005



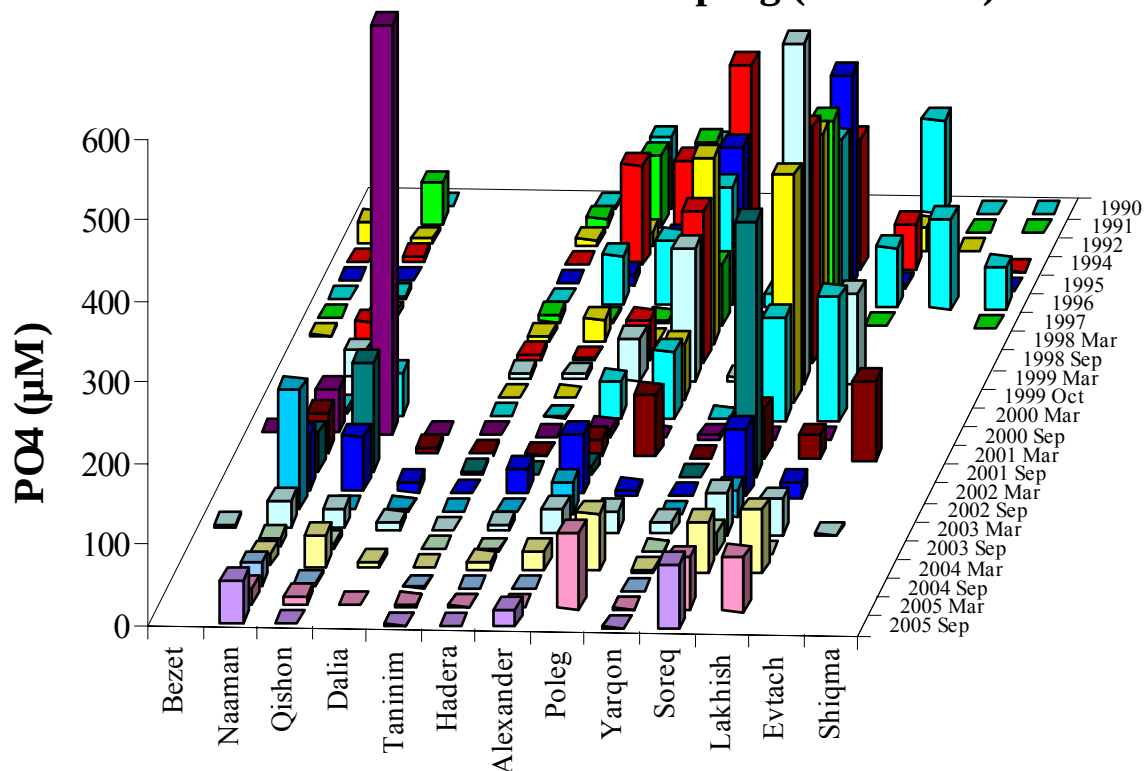
September 2005



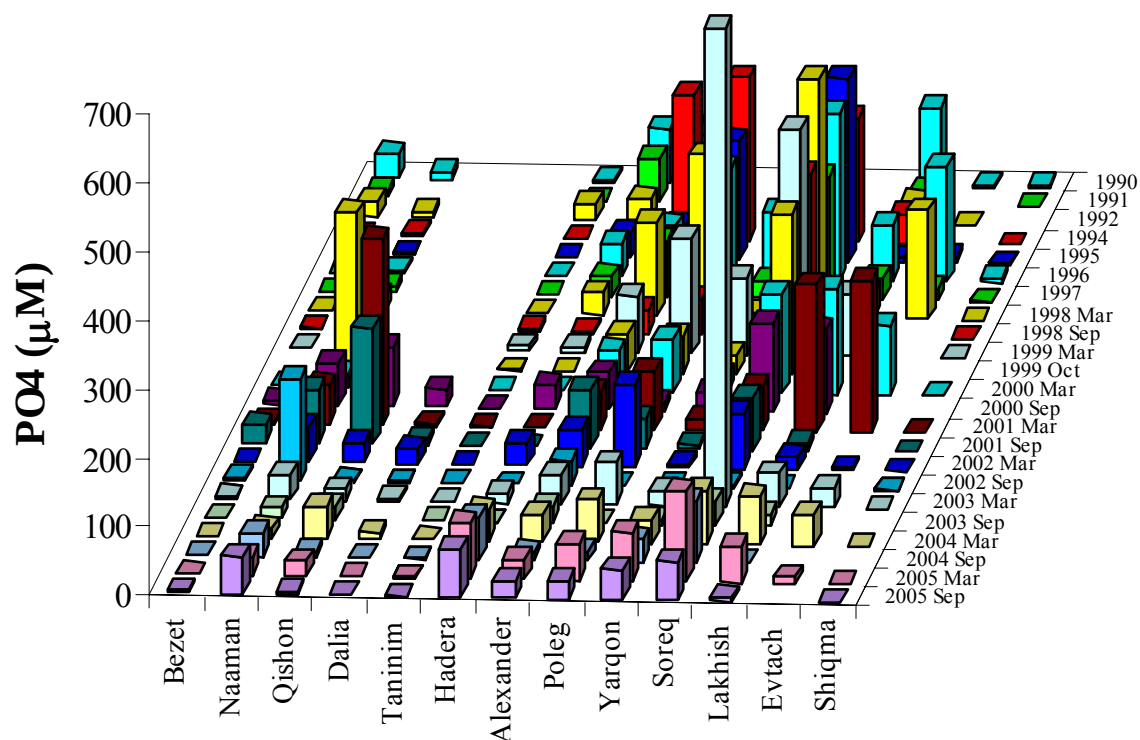
איור 26 : פרופילי עומק של חמצן ומליחות בשפכי הנחלים נעמן, קישון, אלכסנדר, ירקון ולכיש במרץ
וספטמבר 2005.

A

Shoreline sampling (A stations)



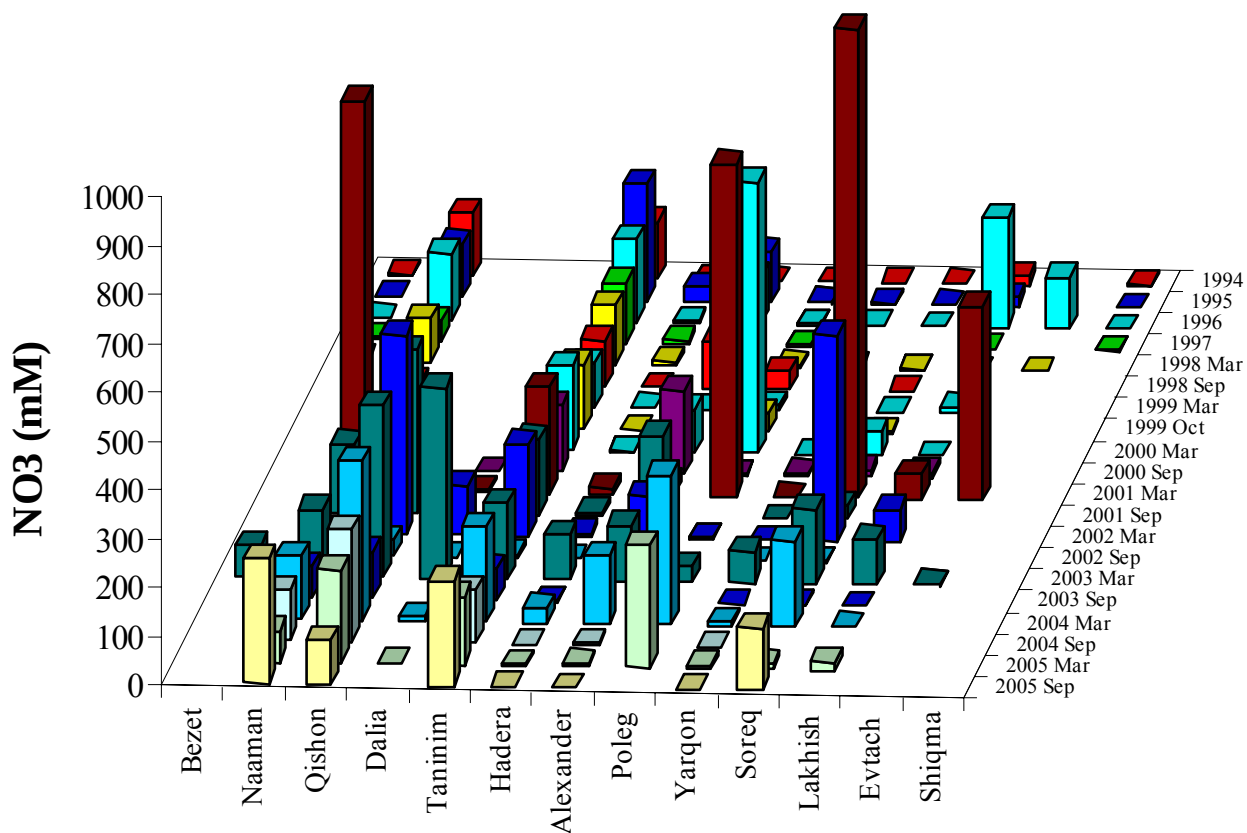
50 m from shoreline (B stations) or more



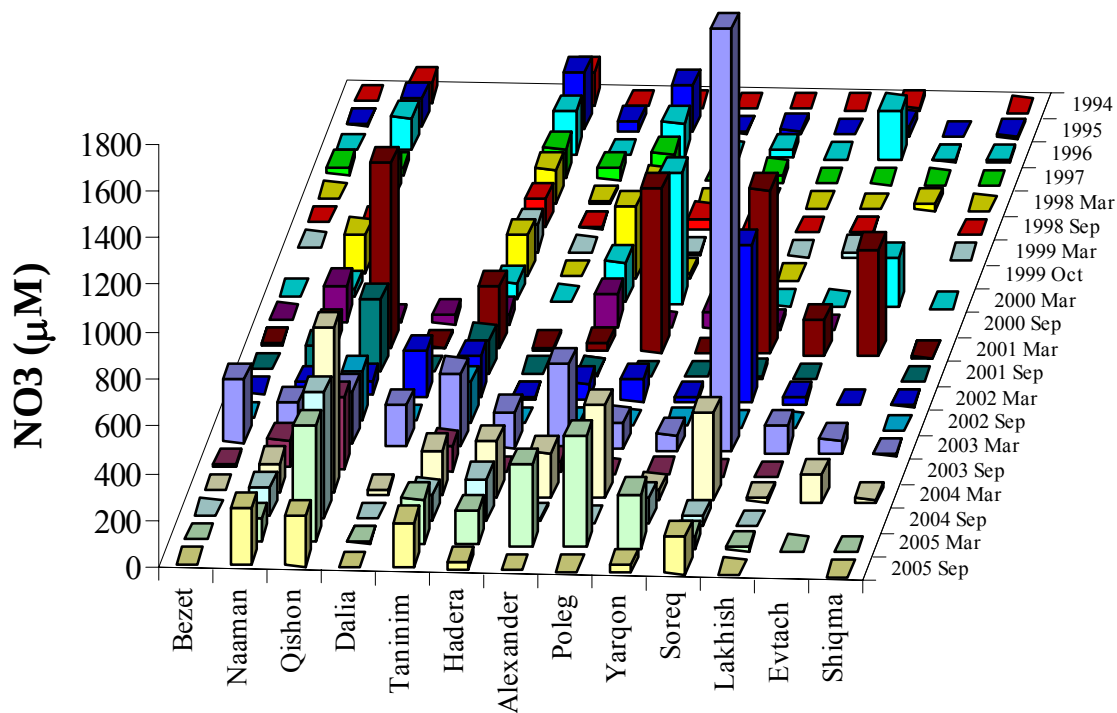
איור 27: ריכוזי פוספט (A), ניטראט (B) ואמוניום (C) במים בשפכי נחלי החוף הים התיכון בשנים 1990 – 2005 (מרץ וספטמבר).

B

Shoreline sampling (A stations)

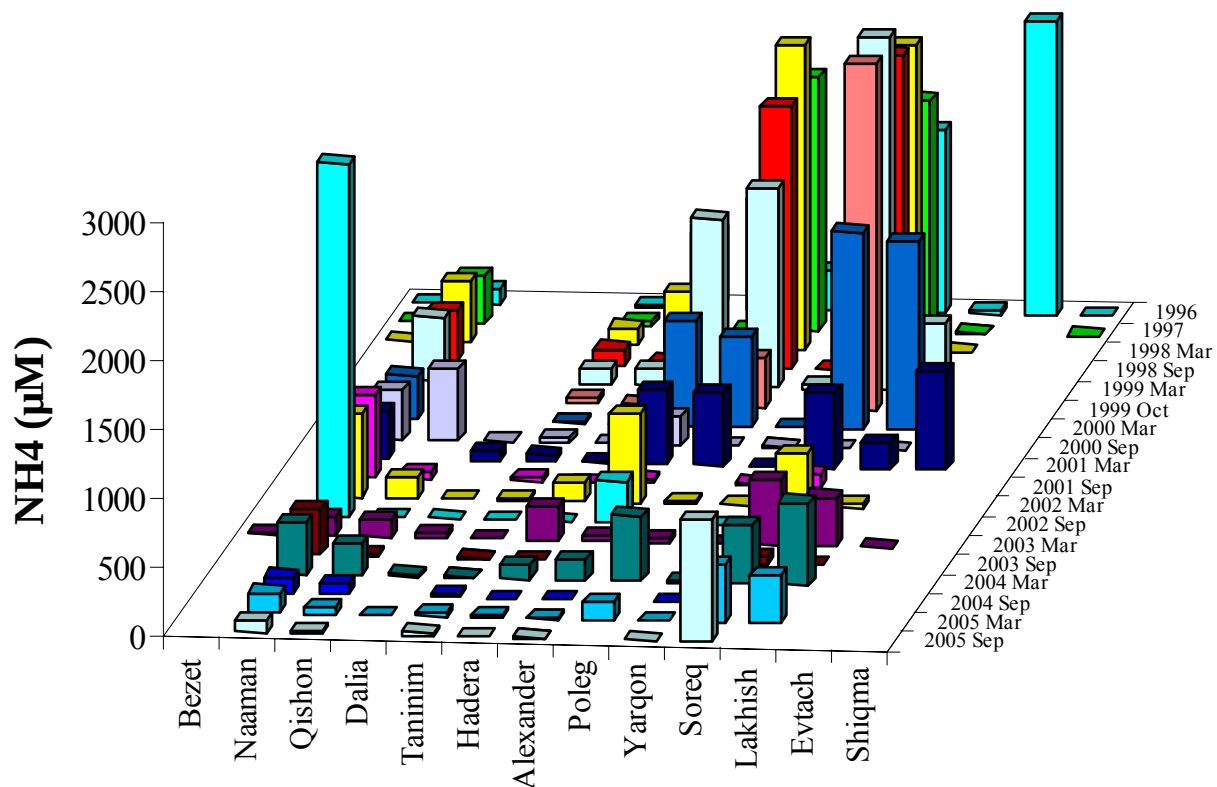


50 m from shoreline (B stations) or more

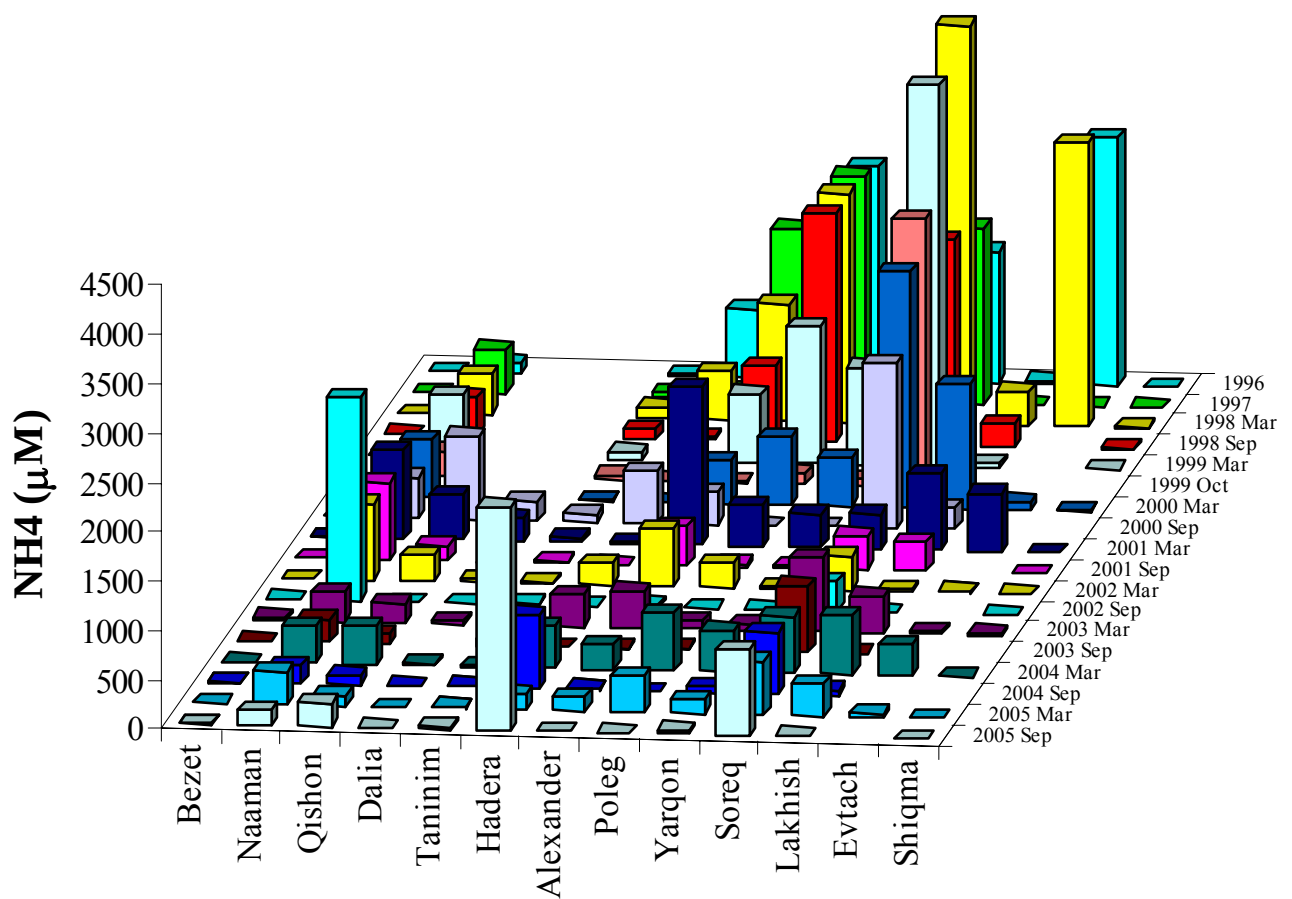


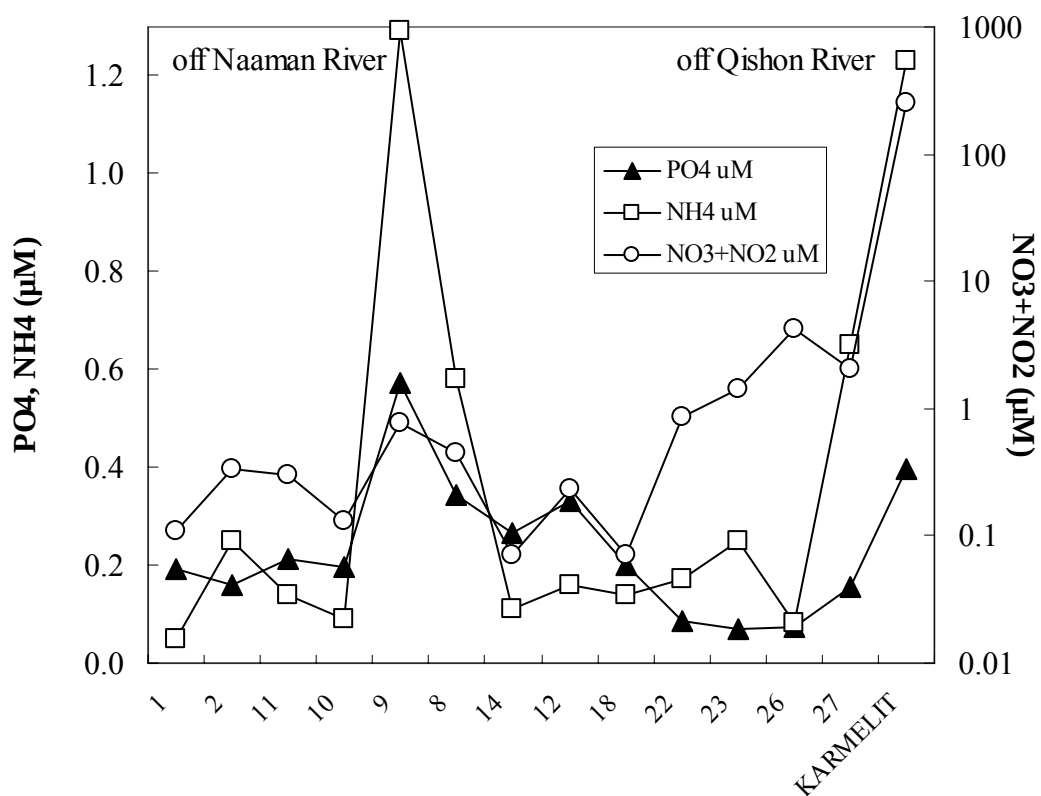
C

Shoreline sampling (A stations)

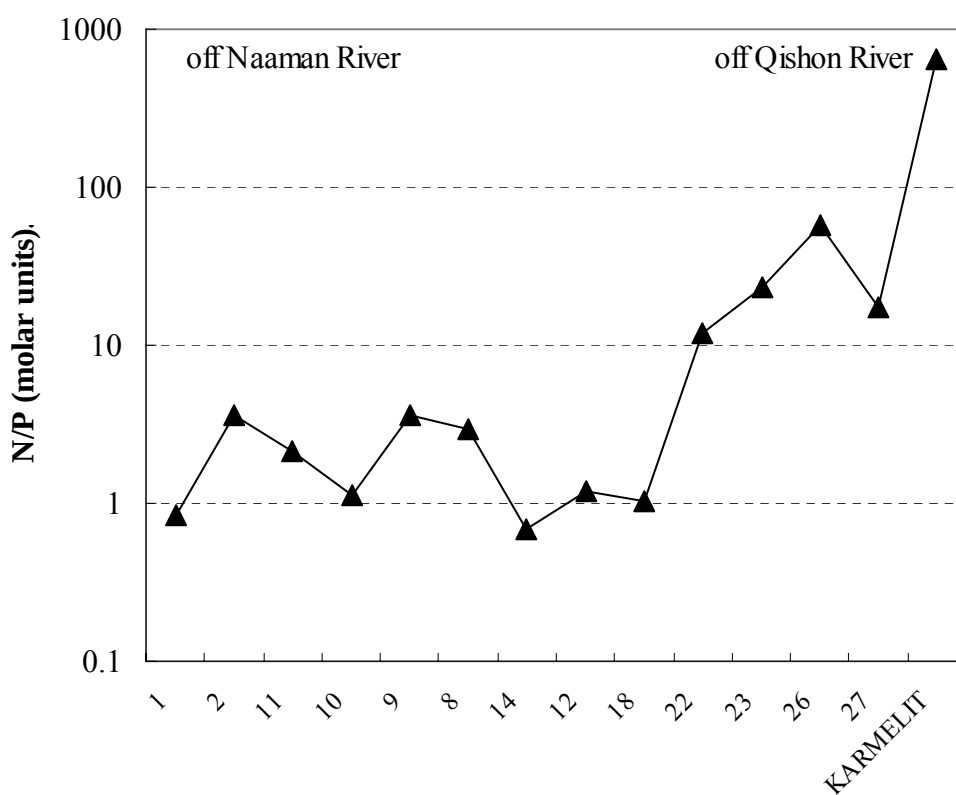


50 m from shoreline (B stations) or more

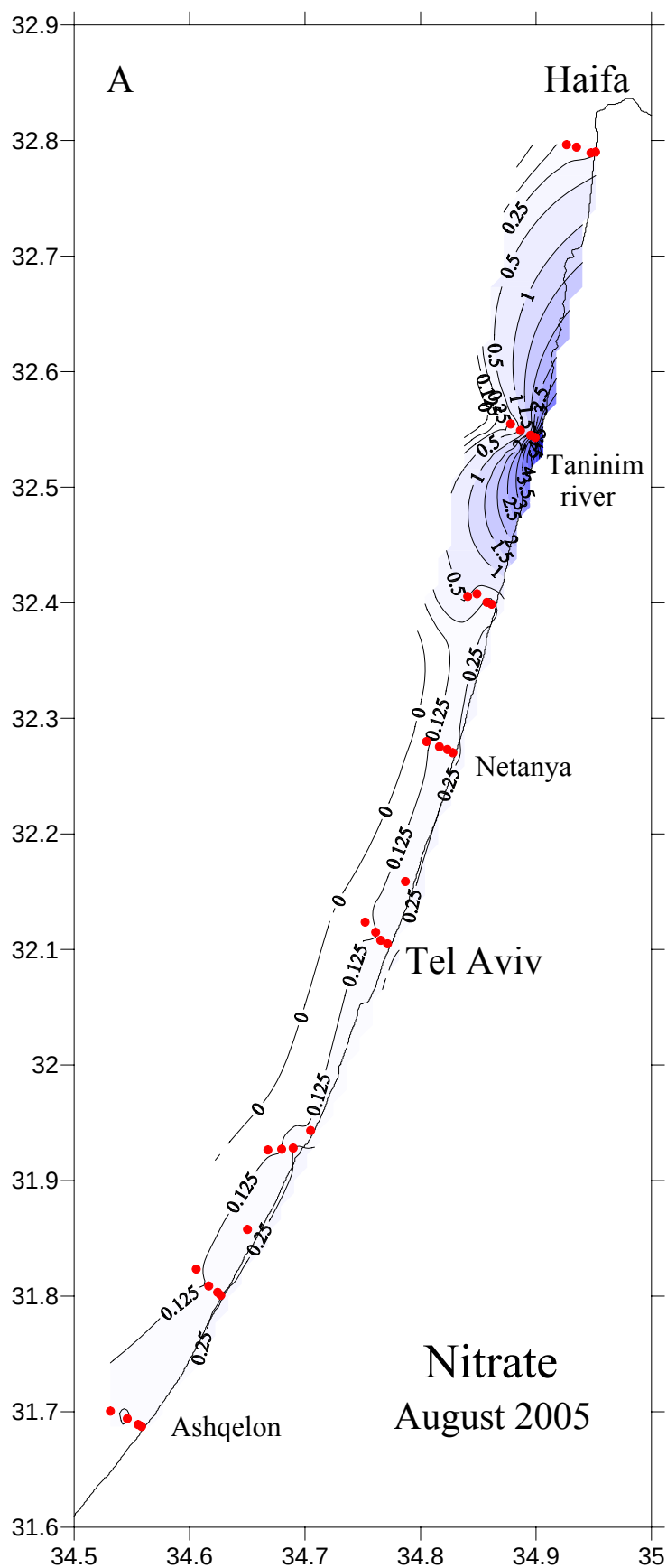




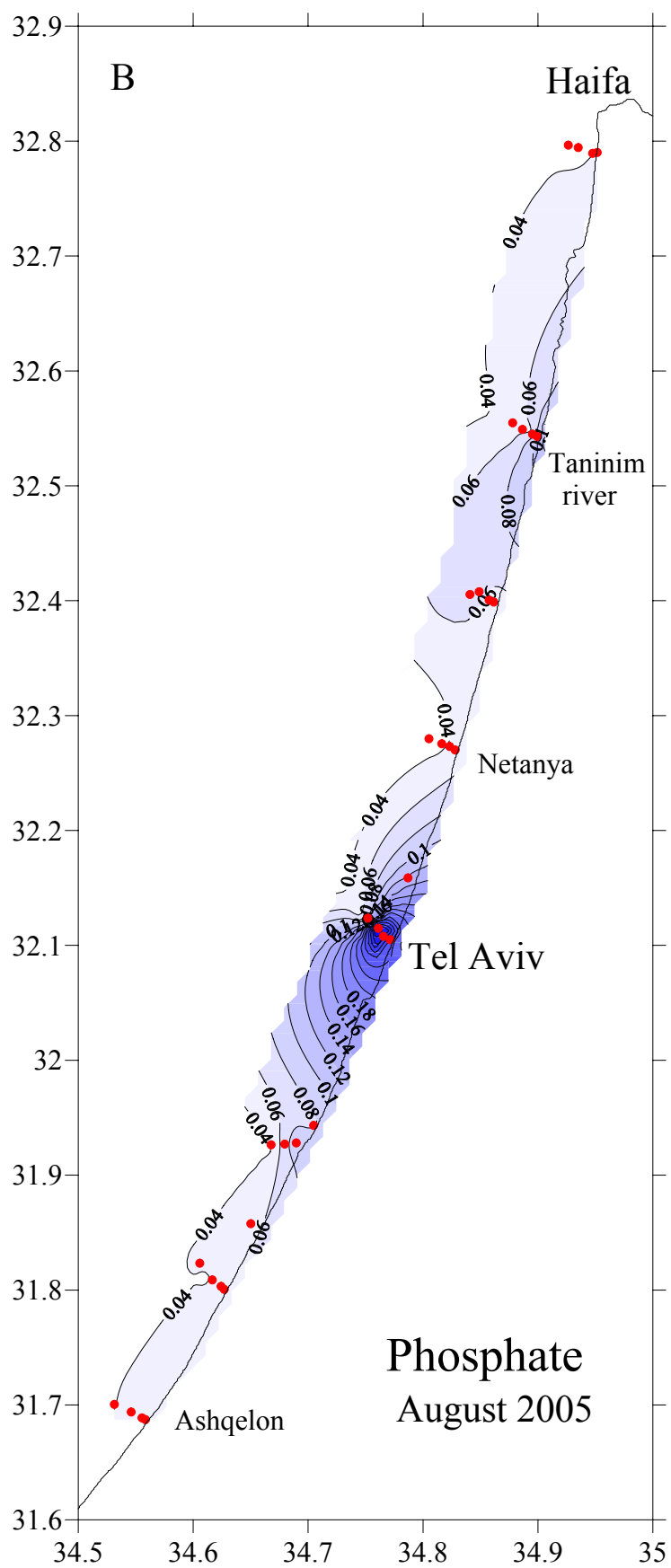
איור 28 : ריכוזים מומסים של נוטריאנטים אי-אורגניים (פוספט, אמוניום וניטרט+ניטריט) במים רדודים במפרץ חיפה, יולי 2005.

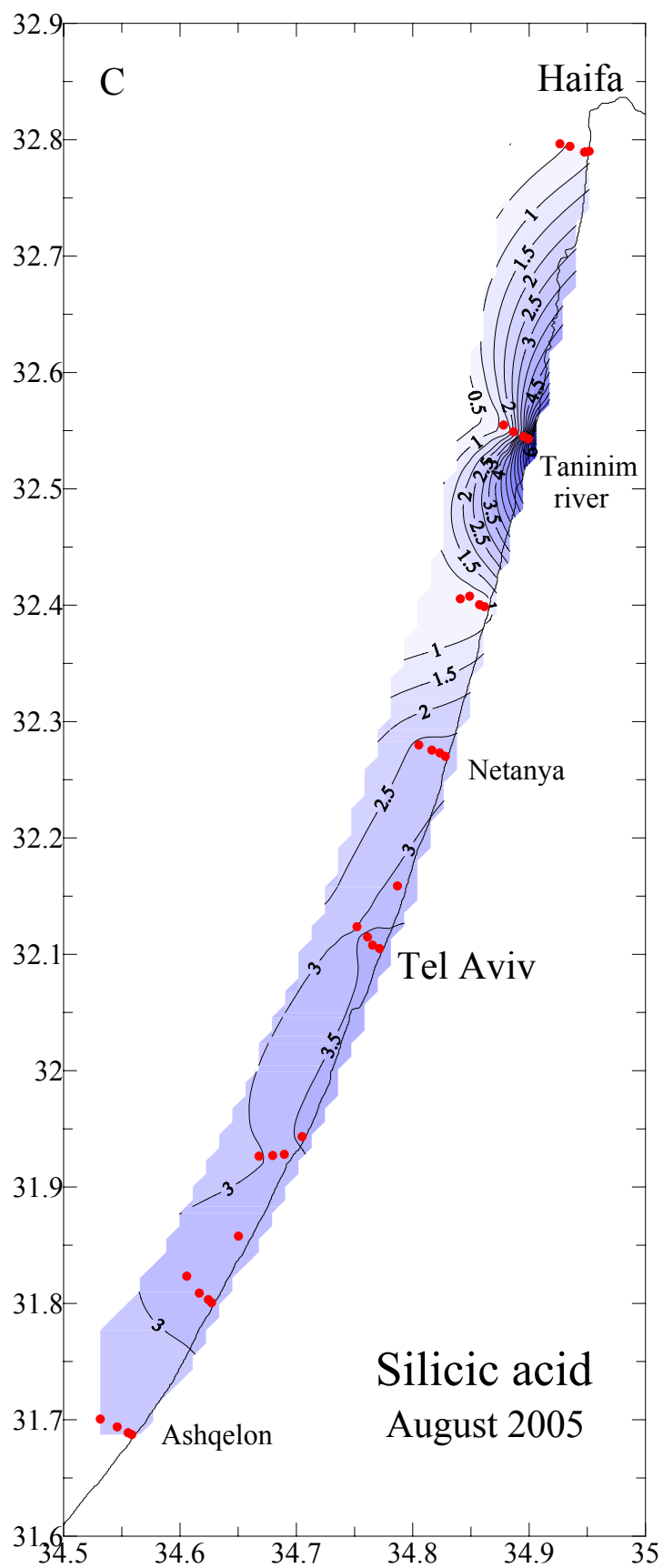


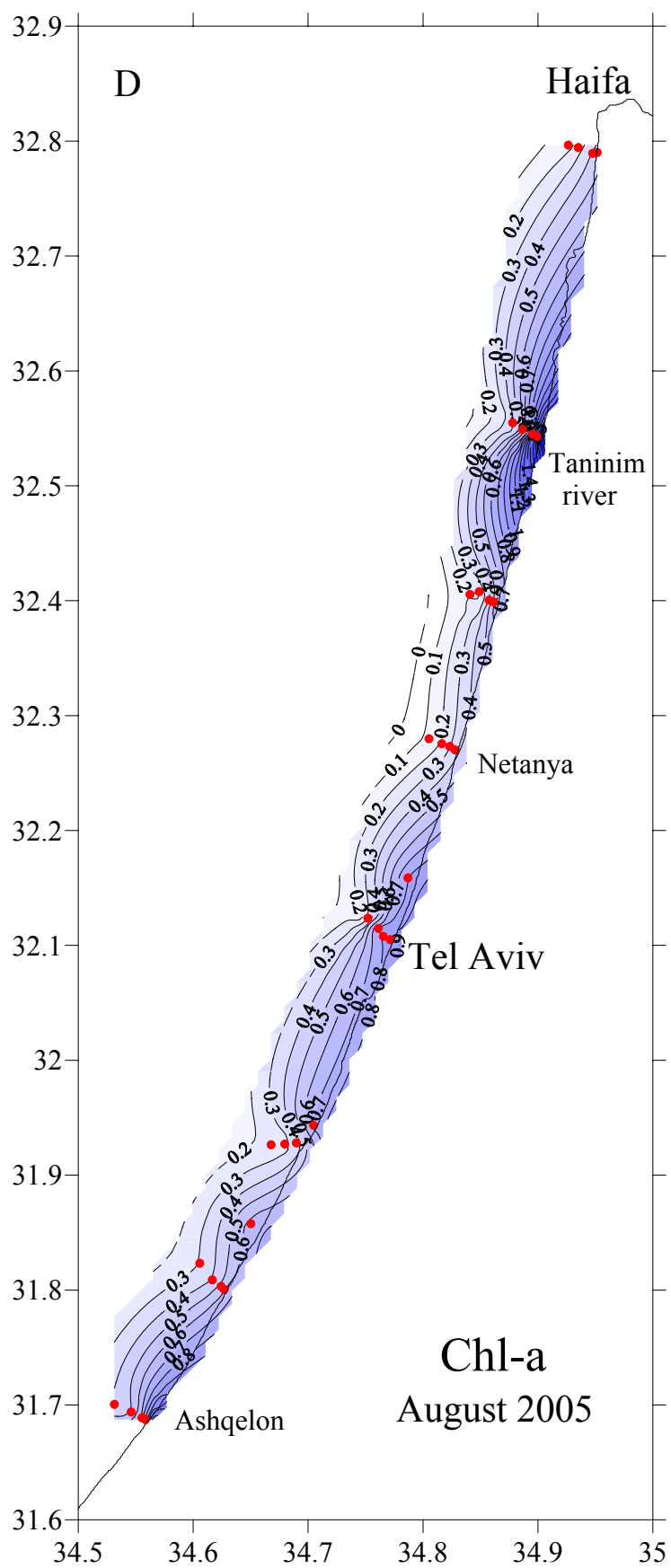
איור 29 : יחסי חנקן/זרחן (ריכוזים מומסים אי-אורגניים) במים הרדודים במפרץ חיפה, יולי 2005.

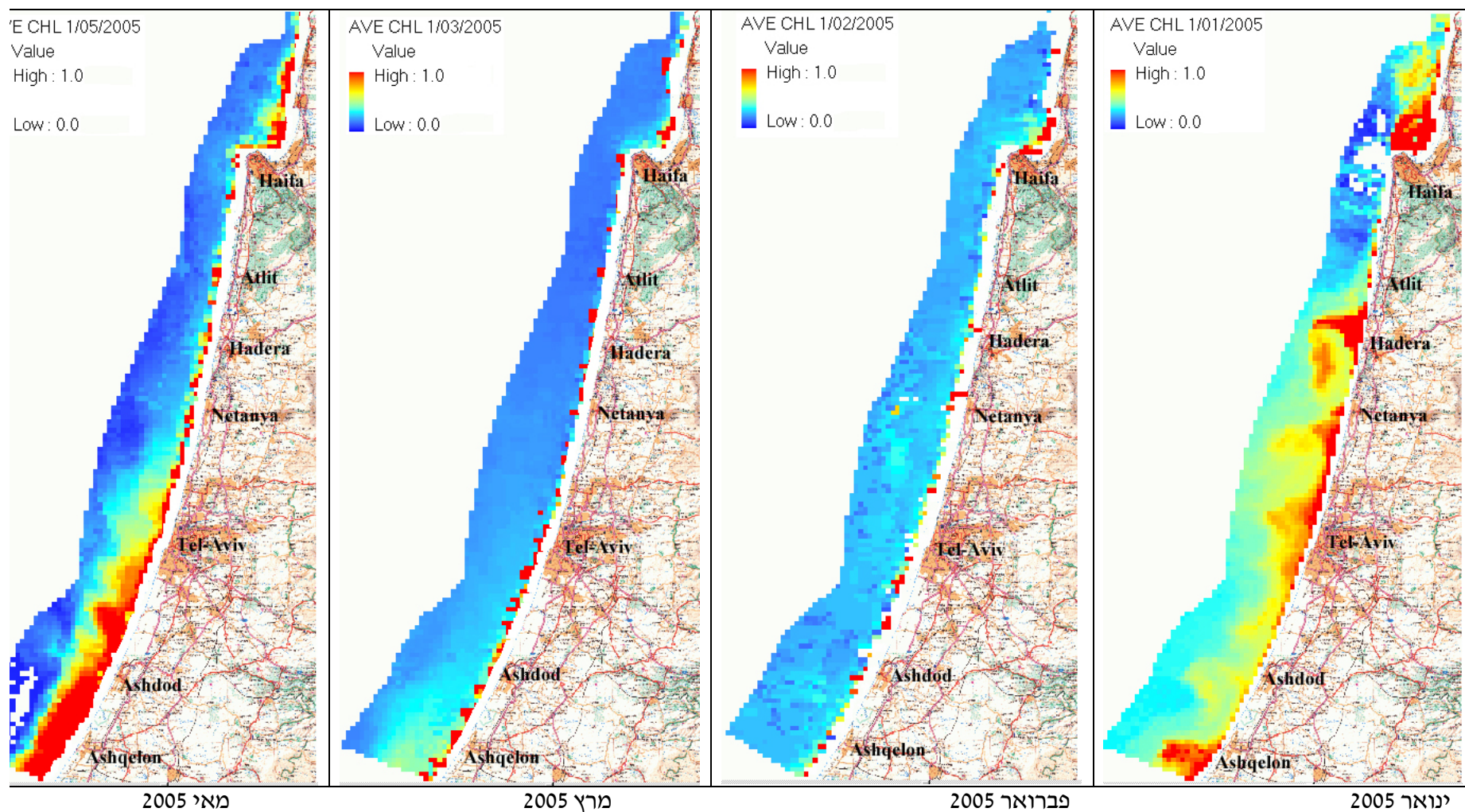


איור 30: ריכוזי נטריאטים (μM) – ניטראט (A), פוספאט (B), חומצה סיליצית (C) וכלורופיל a (D) ($\mu\text{g/L}$) במי שטח באזור הרדוד (עד עומק מים 30 מ') של מימי החופין בחודש אוגוסט 2005.

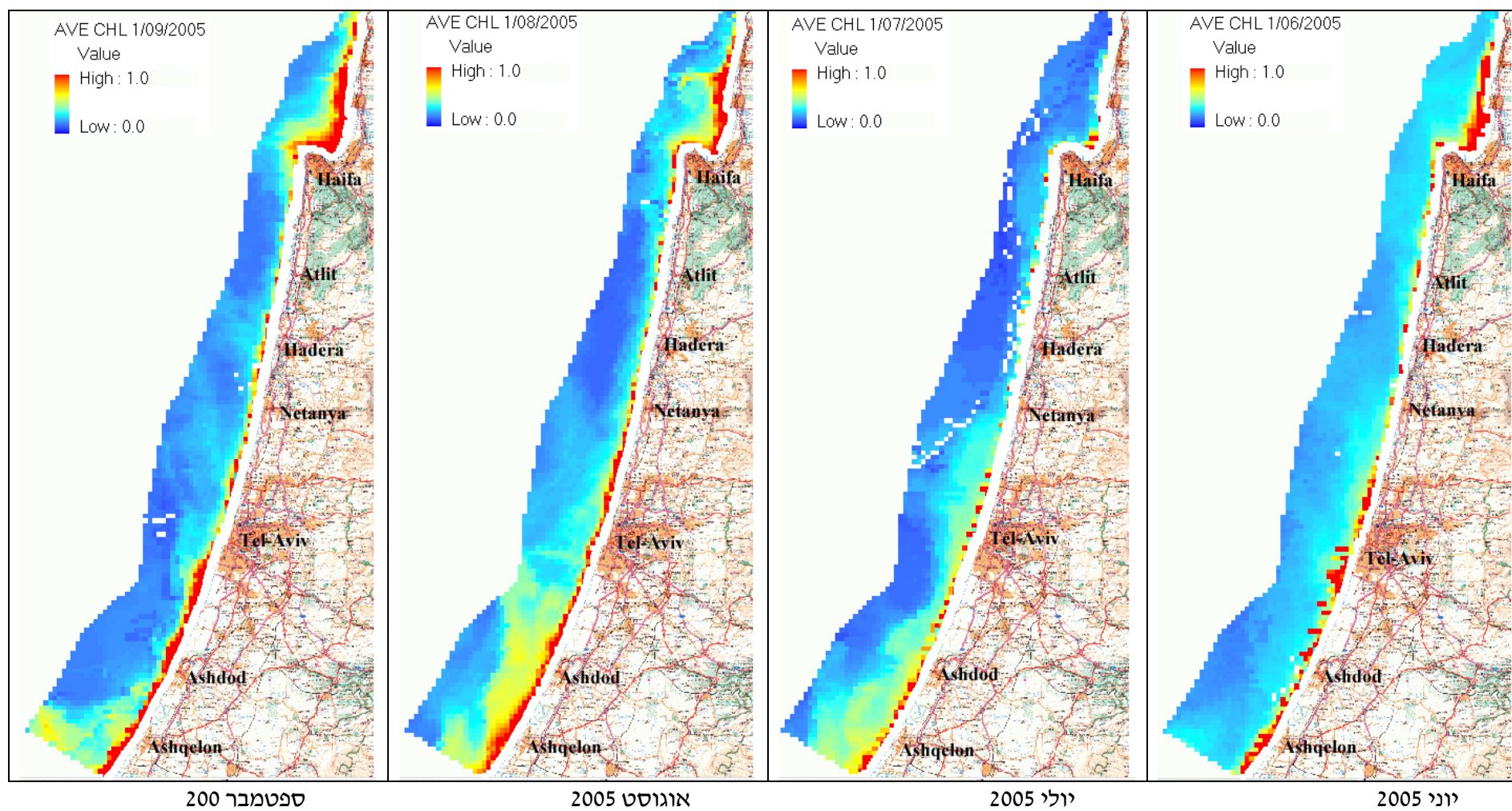




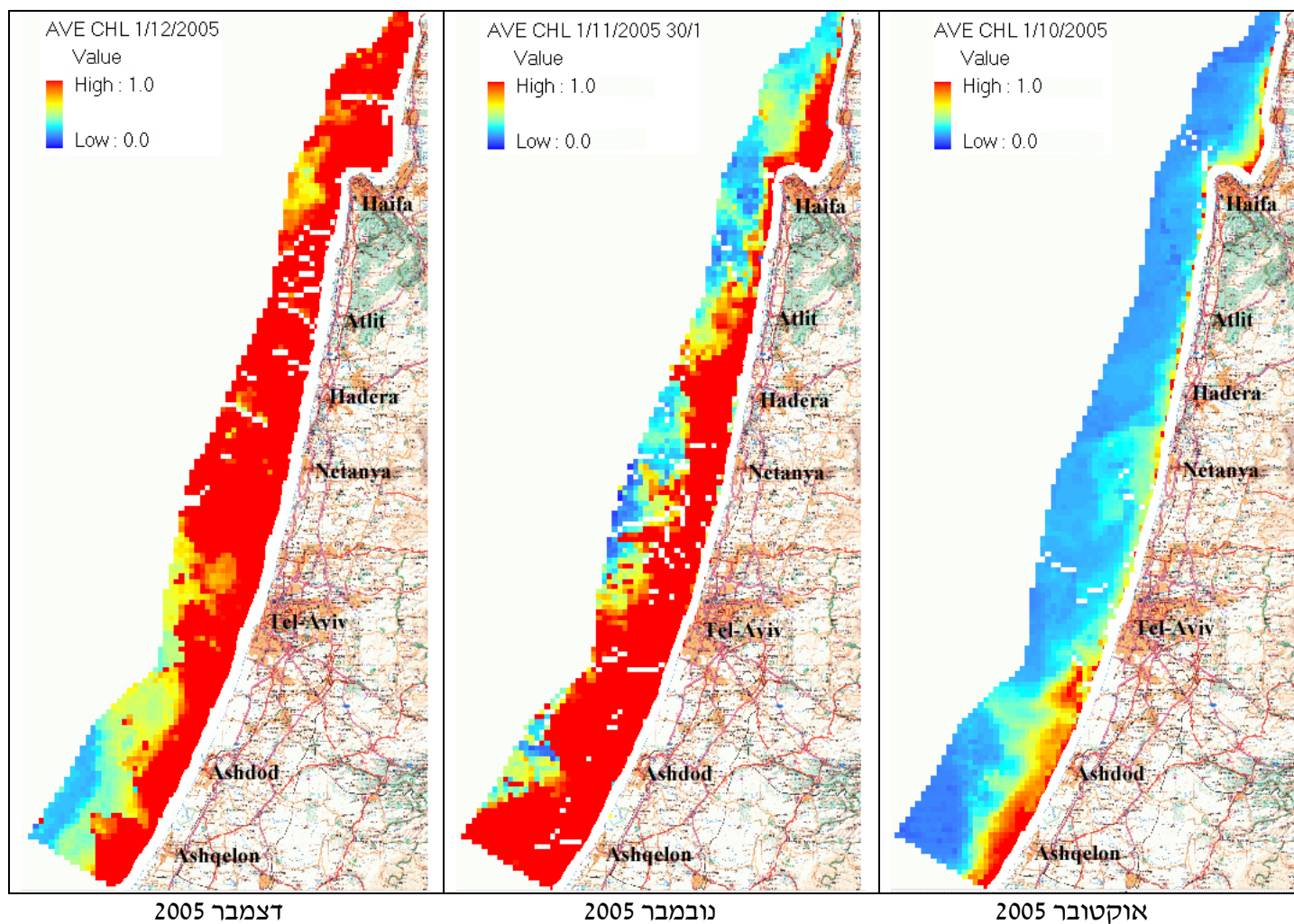




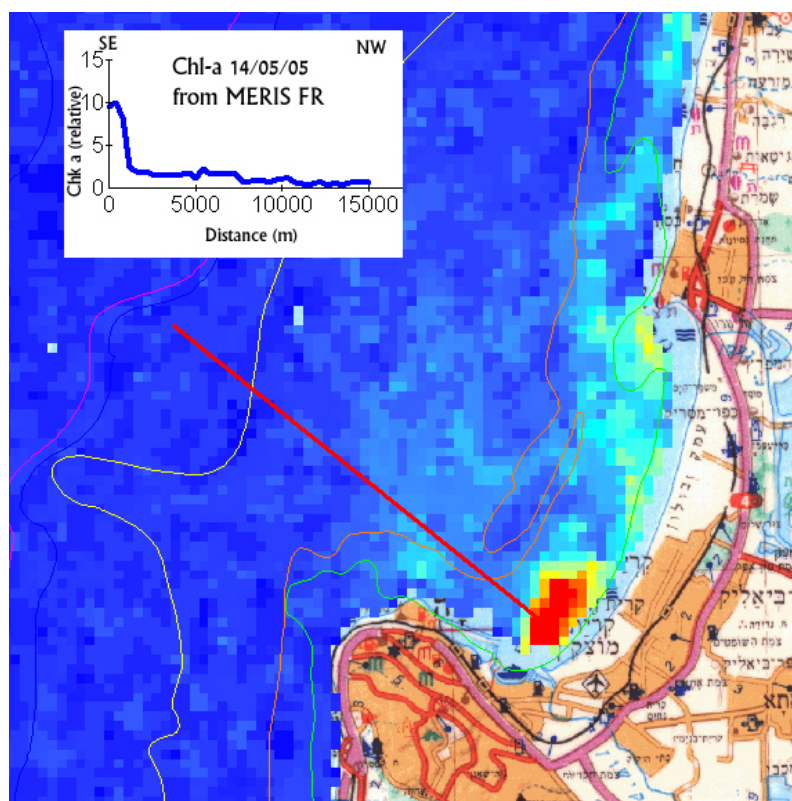
איור 31 : ממוצע חודשי של ריכוזי כלורופיל (ערך יחסי) במדף היבשת (עומק מים 0-200 מטר) כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין MODIS במערכת ה-SISCAL



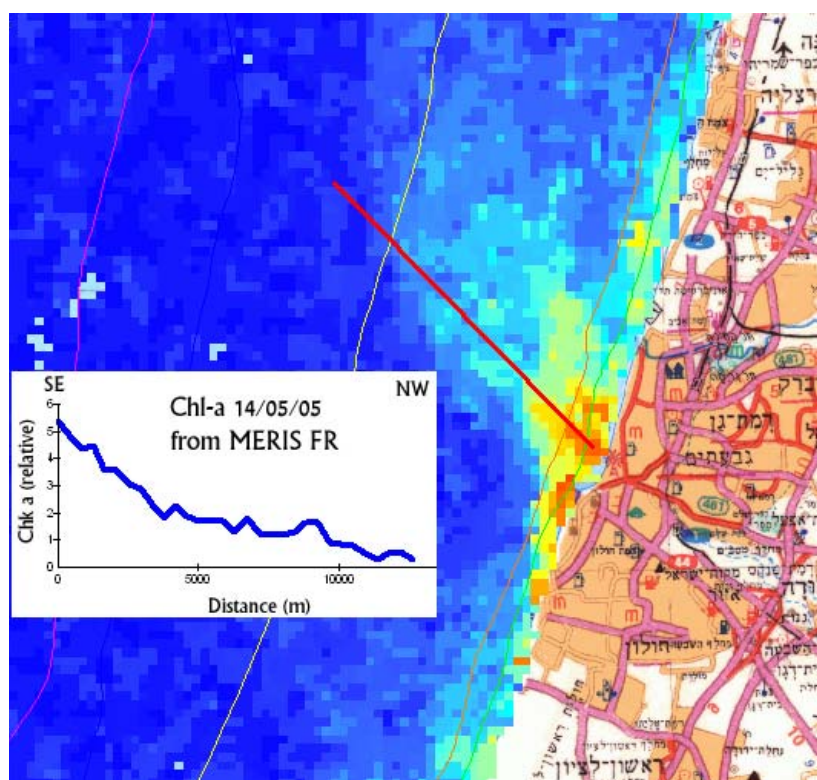
איור 31 : המשך



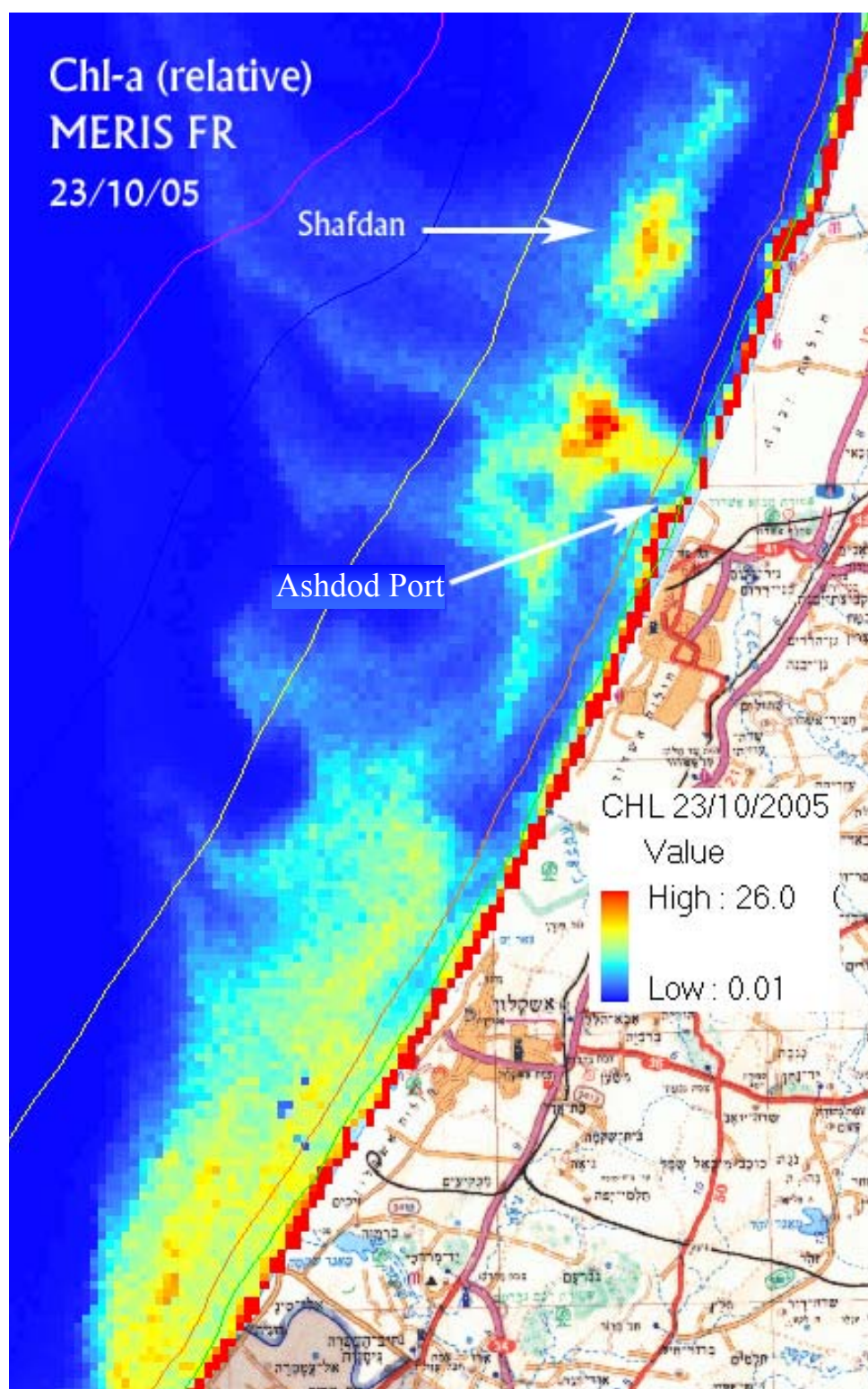
איור 31 : המשך



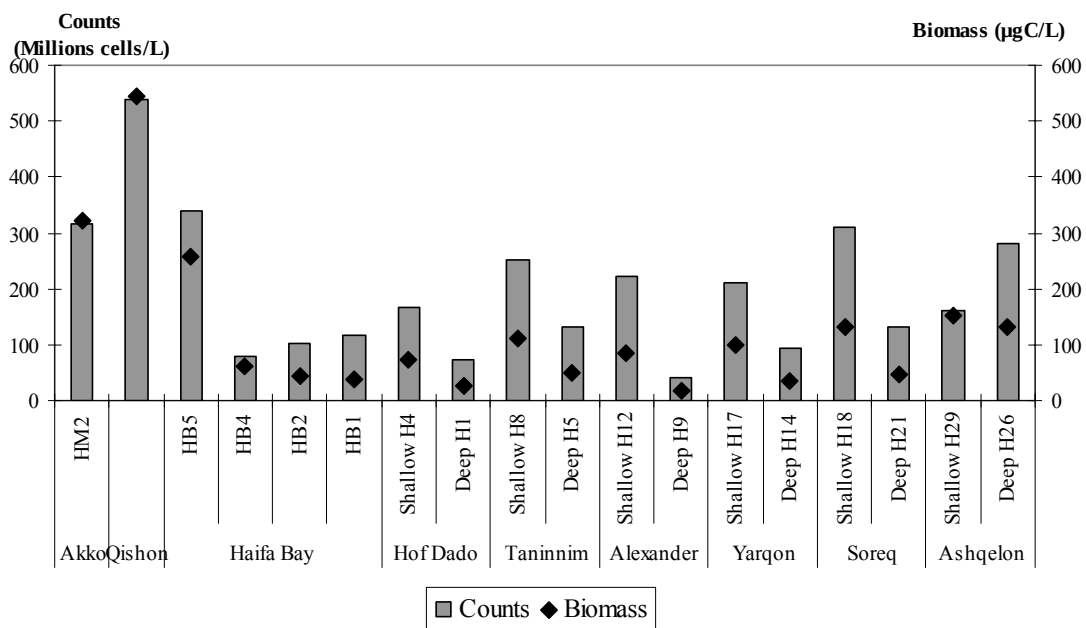
איור 32: השפעת שפך נחל הקישון ושפך נחל הנעמן על ריכוזי הכלורופיל (ערכים יחסיים) במפרץ חיפה (עד כ-7 ק"מ מערבה). האנליזה נעשתה על צילום לוויין מסוג MERIS FR (רזולוציה 300 מטר) מתאריך 14 במאי 2005.



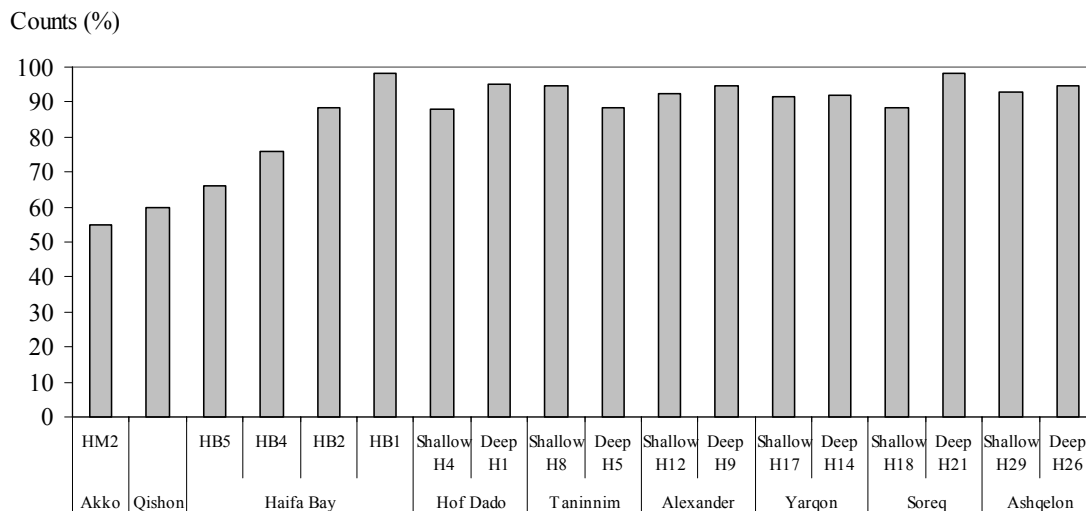
איור 33: ריכוזי הכלורופיל (ערכים יחסיים) מול ת"א-יפו. יתכן והאנומליה נובעת מהזרמת ביוב לים. האנליזה נעשתה על צילום לוויין מסוג MERIS FR (רזולוציה 300 מטר) מתאריך 14 במאי 2005.



איור 34: ריכוזי הכלורופיל (ערכים יחסיים) באזור נמל אשדוד, מוצא השפדן ומול אשקלון-
עזה. האנליזה נעשתה על צילום לוויין מסוג MERIS FR (רזולוציה 300 מטר) מתאריך 23
באוקטובר 2005.

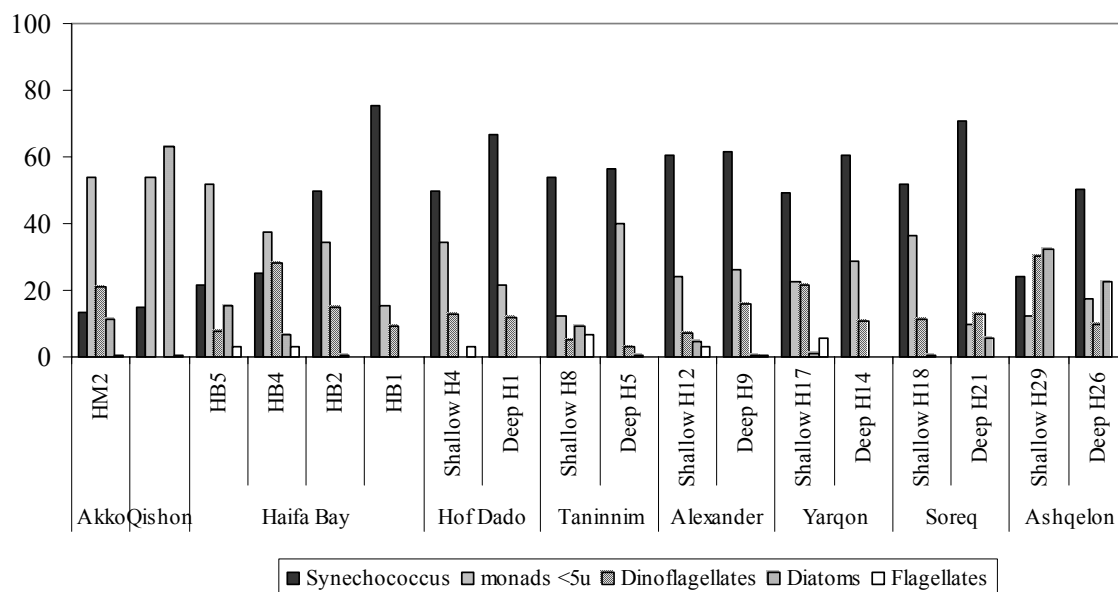


איור 35: התפלגות ריכוז כלל תאי המיקרואצות והביומסה במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2005



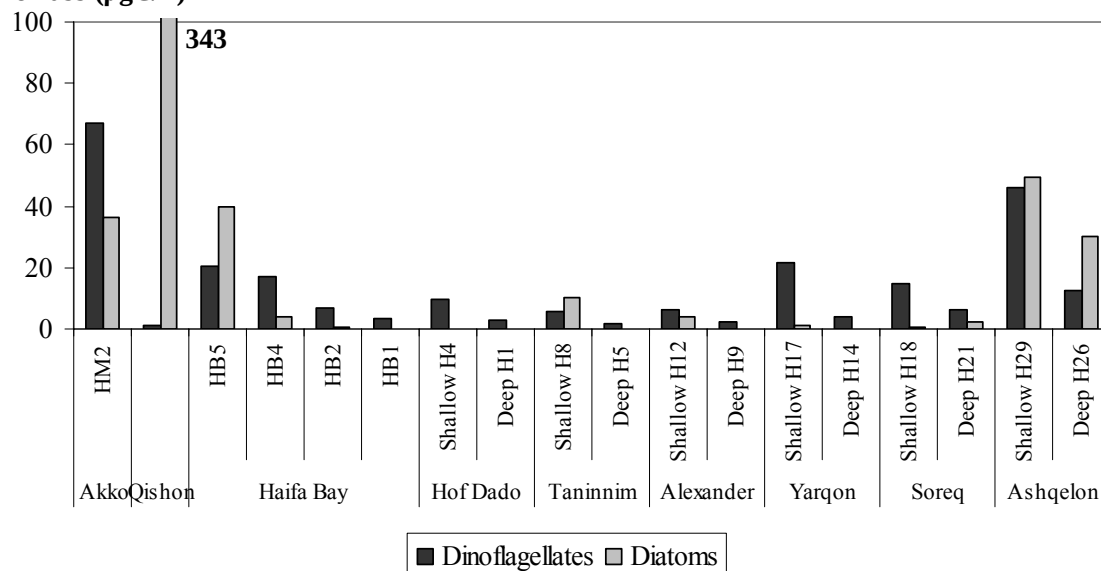
איור 36: התפלגות באחוזים של ביומסת הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp. במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2005.

Biomass (%)

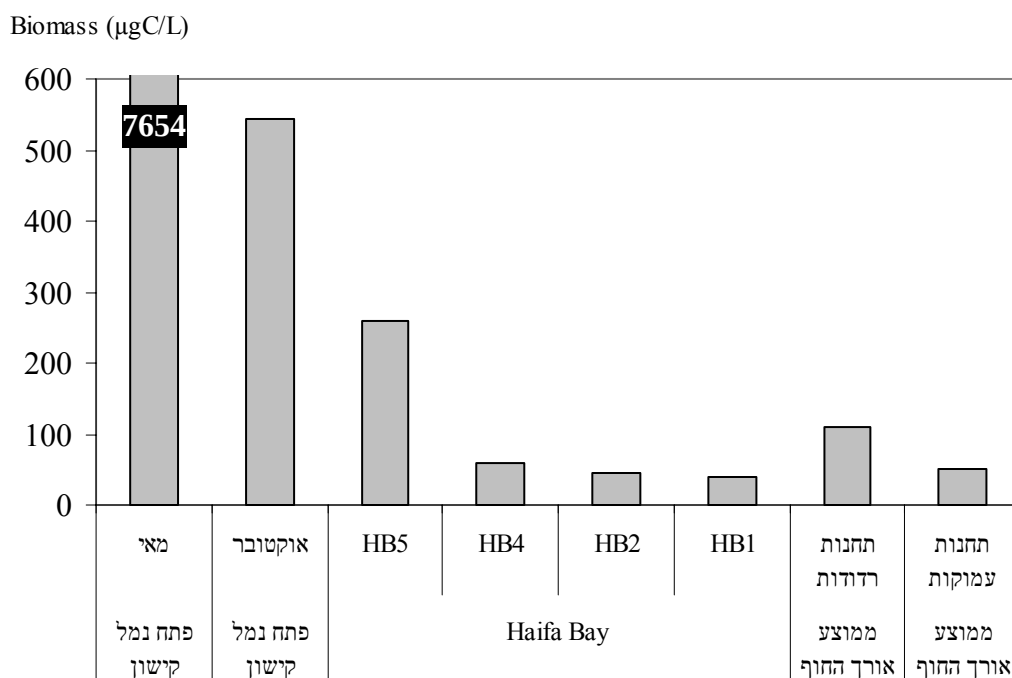


איור 37 : התרומה היחסית של קבוצות המיקרואצות לביומסה הכללית

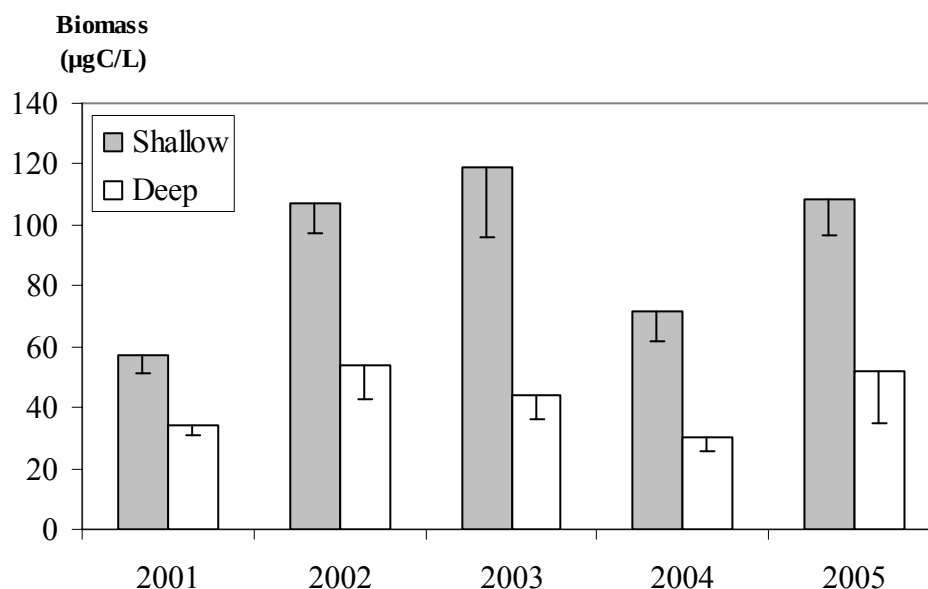
Biomass (µgC/L)



איור 38 : התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון מקבוצת הדינופלגלטים והצורניות במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2005. (ערך ביומסת הצורניות בקישון מצויינת לצד העמודה)

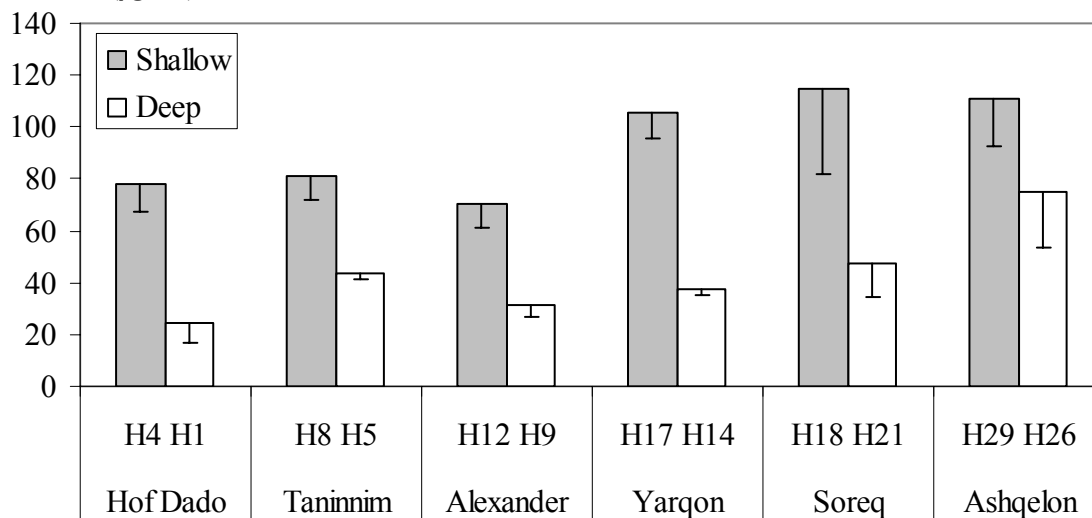


איור 39: התפלגות ביומסת תאי המיקרופלנקטון בתחנות במפרץ חיפה באוגוסט 2005, כולל תחנת פתח הקישון (מאי ואוקטובר 2005) בהשוואה עם ממוצעי התחנות הרדודות והעמוקות לאורך החוף באוגוסט 2005. (ערך הביומסה בקישון במאי, מצויין על גבי העמודה)



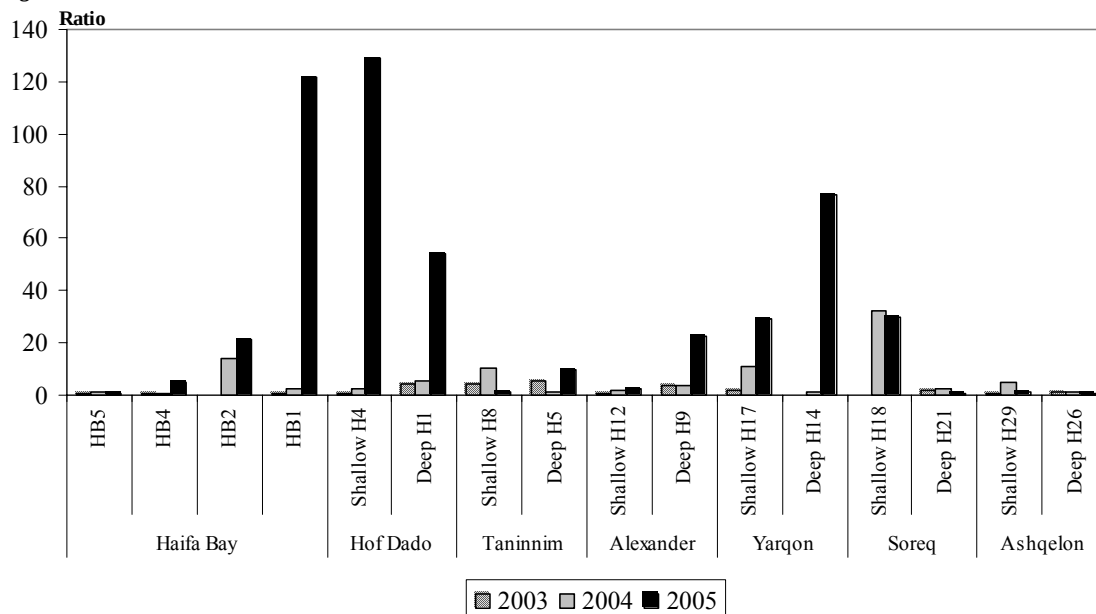
איור 40: התפלגות ממוצעת של ביומסת המיקרופלנקטון במי שטח בתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') בשנים 2005-2001.

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

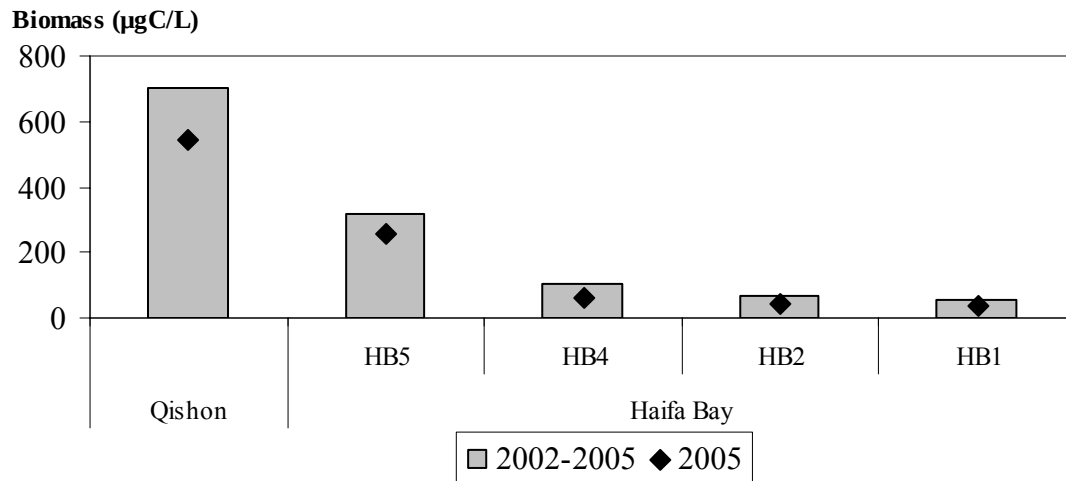


איור 41: התפלגות ממוצעת של ביומסת המיקרופלנקטון במי שטח בתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') בשנים 2001-2005.

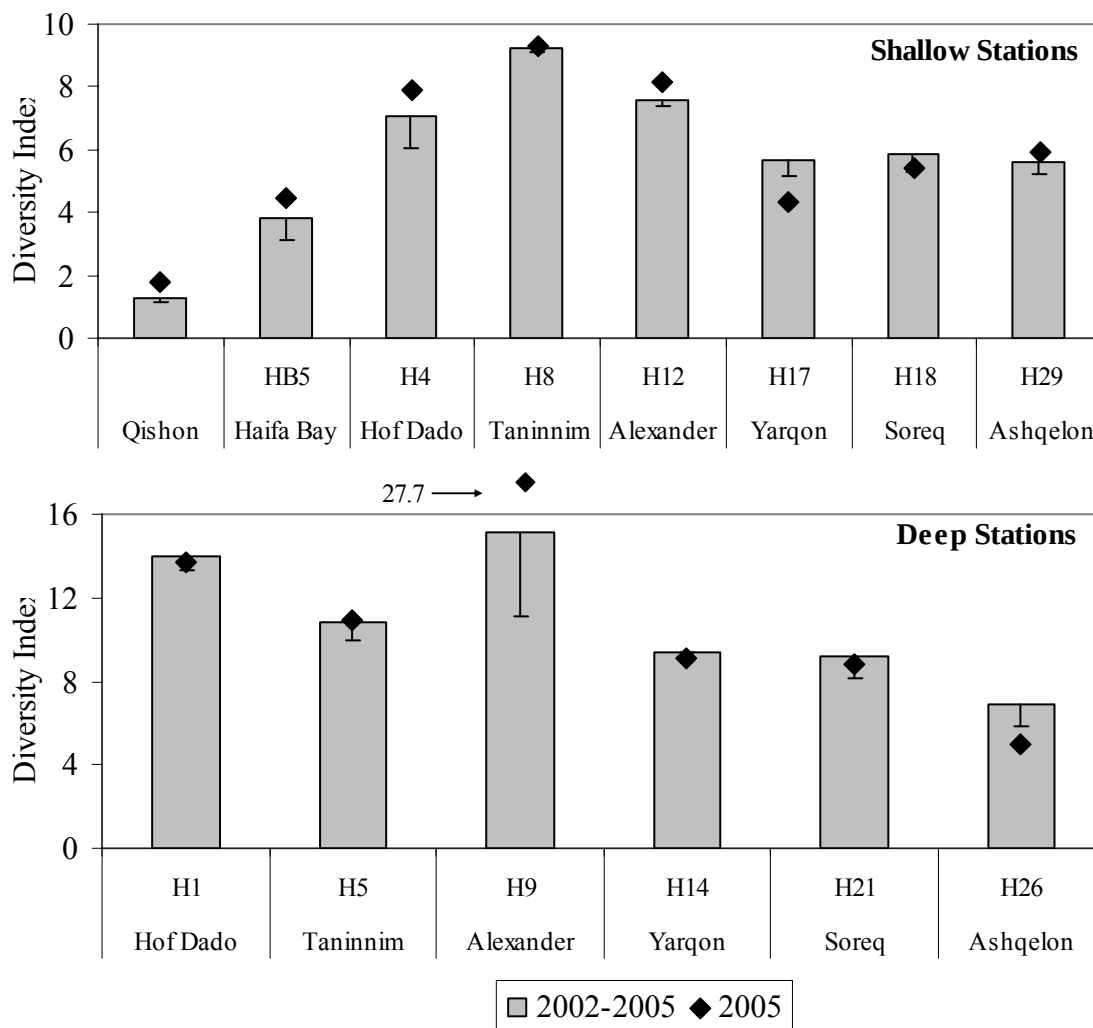
Flagellates/Diatoms Ratio



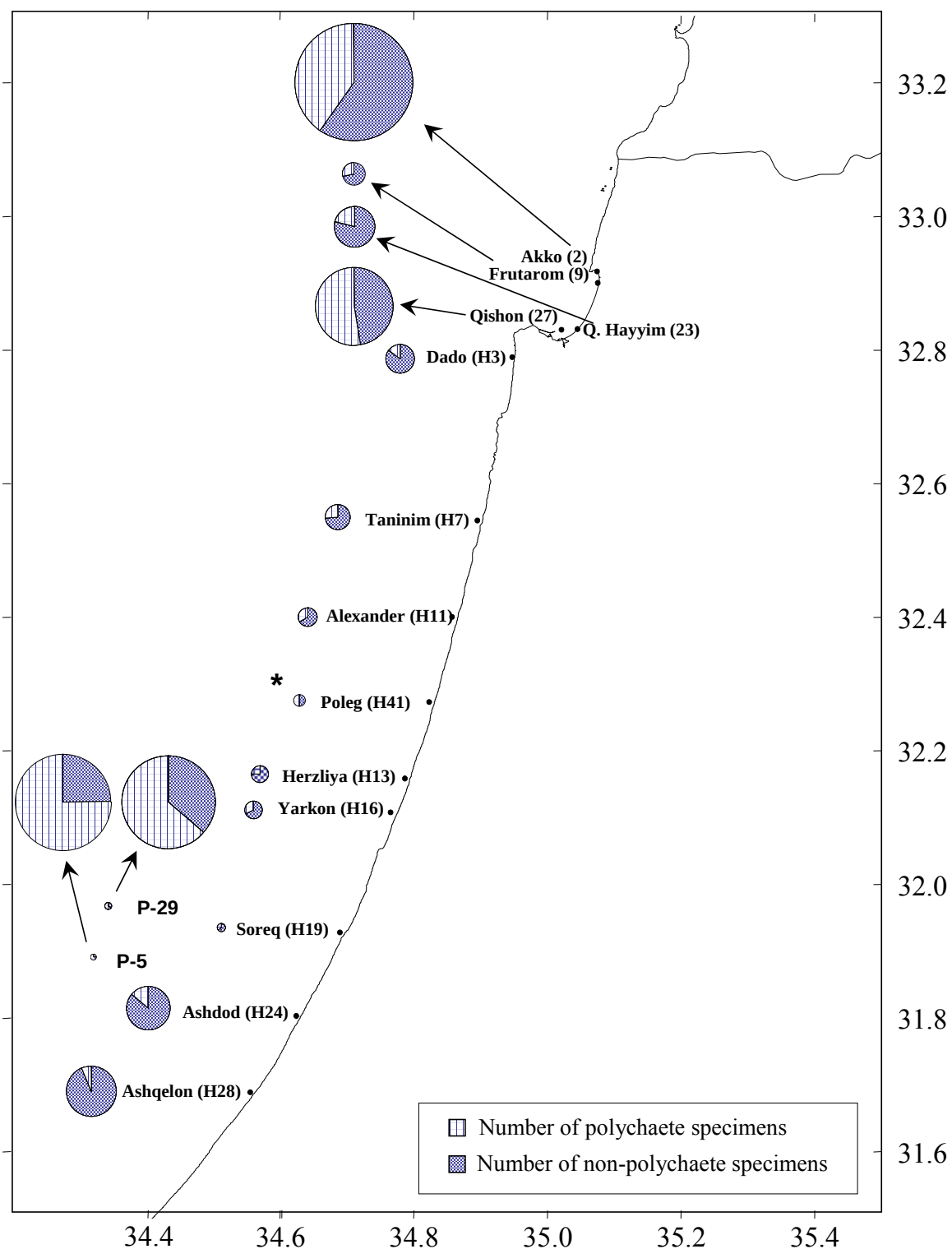
איור 42: יחס הביומסה של פלגלטים לצורניות במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') בשנים 2003-2005.



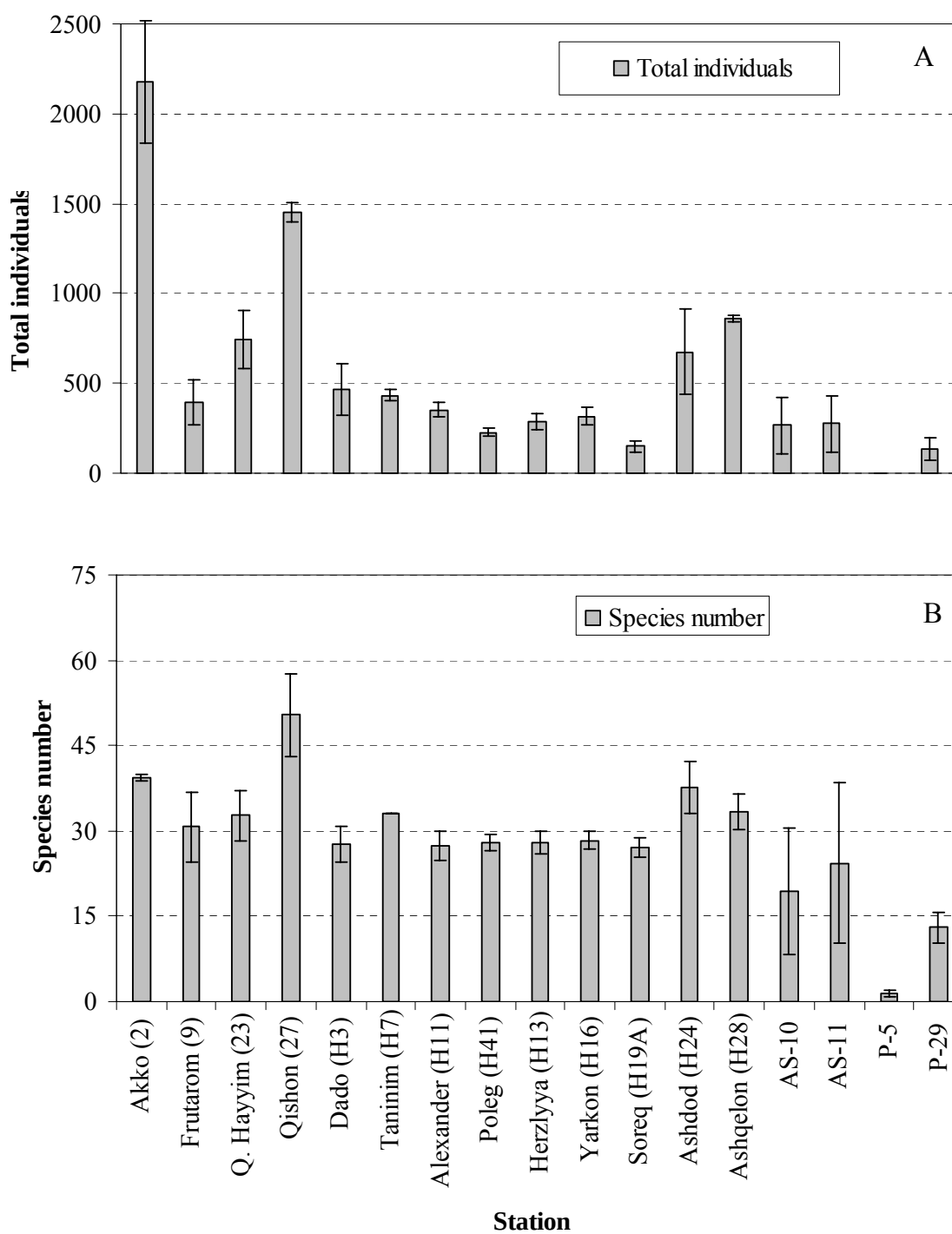
איור 43: ביומסה ממוצעת של המיקרופלנקטון במי שטח במפרץ חיפה ובפתח הקישון בשנים 2002-2005 וב-2005.



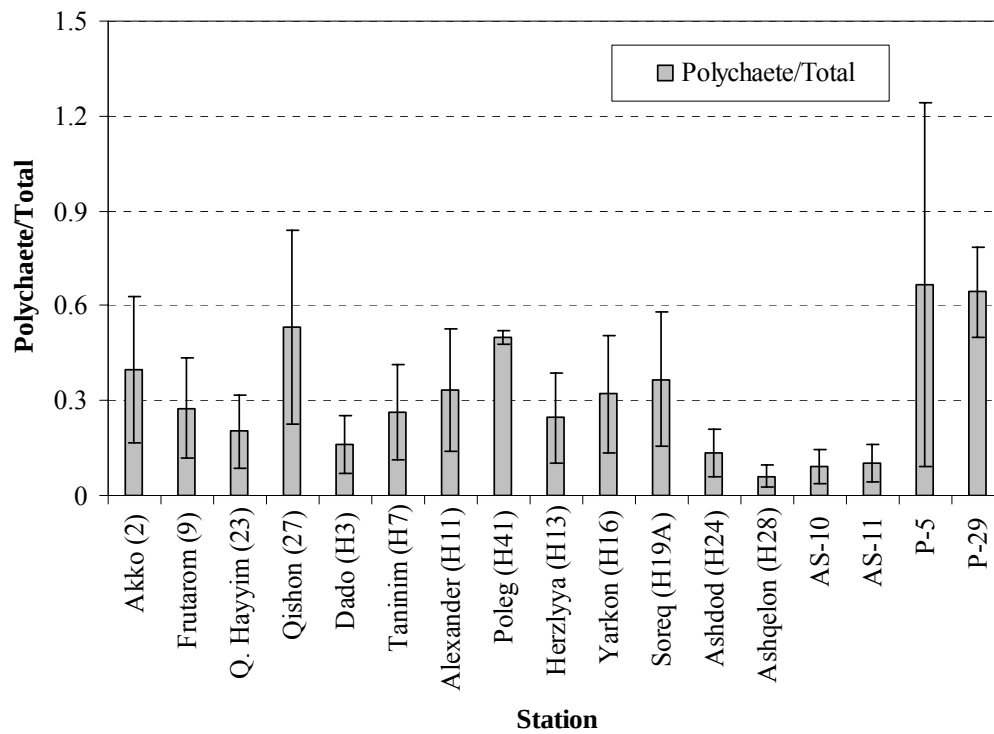
איור 44: השינויים בממוצע מגוון מיני המיקרואצות בתחנות הרדודות והעמוקות לאורך החוף ובמפרץ חיפה בשנים 2002-2005 בהשוואה עם ערכי אינדקס השונות של שנת 2005. "אינדקס השונות" (Diversity Index) מחושב כמספר המינים בשורש הריבועי של הביומסה.



איור 45: מספר פרטים של תולעים רב-זיפיות ומספר כולל של פרטים בתחנות הניטור הלאומי ובשתי תחנות סמוך למוצא השפד"ן, אוגוסט-ספטמבר 2005.



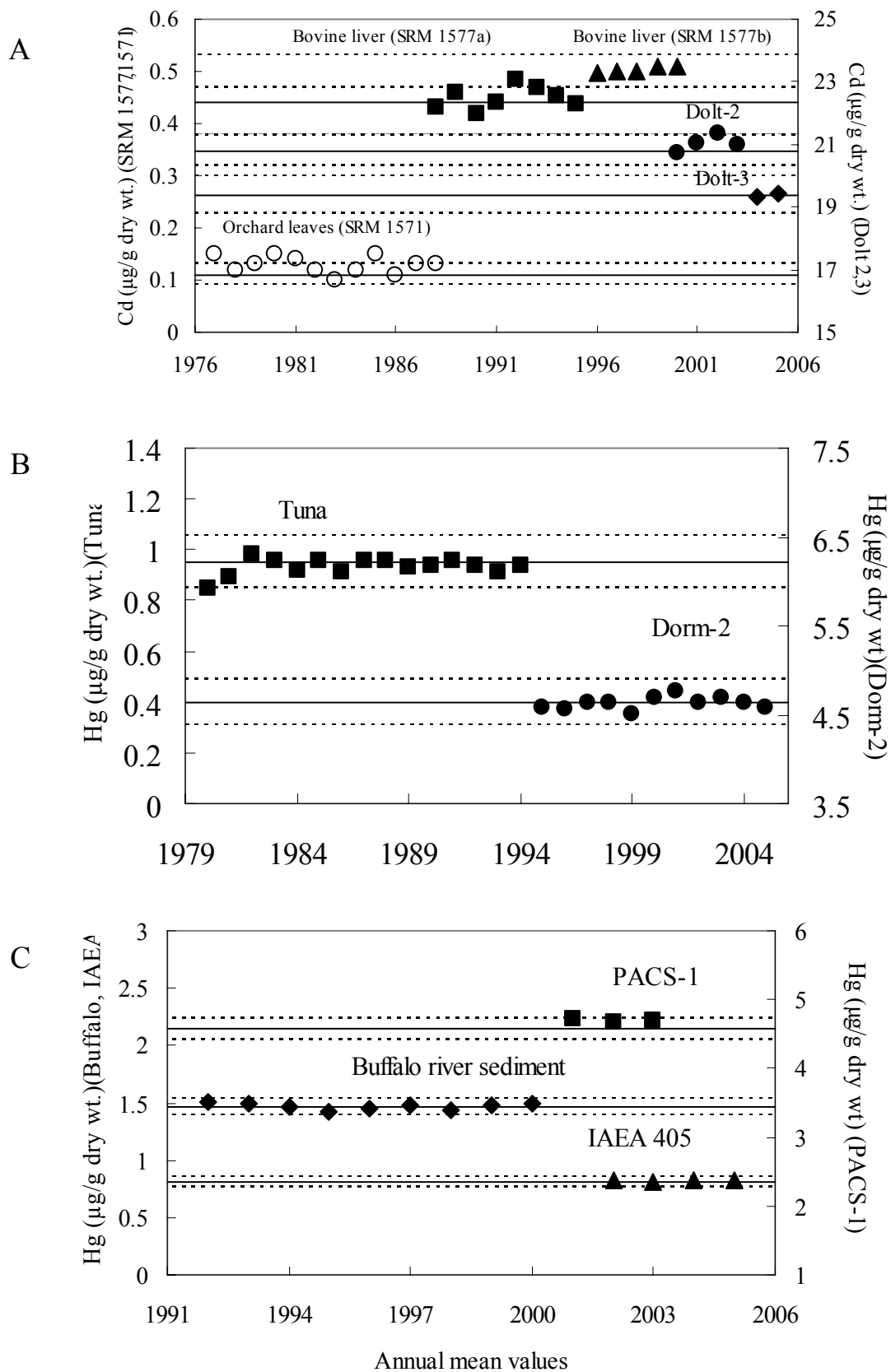
איור 46: מספר פרטים (A) ומספר מינים (B) שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי. האיור כולל גם נתונים משתי תחנות שנדגמו במסגרת תכנית ניטור נפרדת עבור מפעל אגן כימיקלים ובתי זיקוק אשדוד (AS-10, AS-11) ועבור השפד"ן (P5, P29), אוגוסט-ספטמבר 2005.



איור 47: היחס בין מספר פרטי התולעים הרב זיפיות למספר הכולל של הפרטים שנמצאו בתחנות הניטור הלאומי. האיור כולל גם נתונים משתי תחנות שנדגמו במסגרת תכנית ניטור נפרדת עבור מפעל אגן כימיקלים ובתי זיקוק אשדוד (AS-10, AS-11) ועבור השפד"ן (P5, P29), אוגוסט-ספטמבר 2005.



איור 48: תמונות של שתי תולעים רב-זיפיות.



איור 49: נתוני בקרת איכות לבדיקות קדמיום (A) וכספית ברקמות דגים (B) וכספית בסדימנטים (C). הנקודות מייצגות תוצאות (ממוצע שנתי) של בדיקות סטנדרטים בינלאומיים. הקו המודגש מייצג את הריכוז המדווח והקווים לצידיו את סטיית התקן.

טבלה 1: ריכוזים ממוצעים של מתכות ($\mu\text{g g}^{-1}$ wet wt.) בצדפה - *Donax sp.* ובחלזון *Patella sp.* במפרץ חיפה בתחנות שונות לאורך החוף ב-2005. אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק.

Biota		Hg		Cd		Cu		Zn	
<i>Donax sp.</i>	Avg wt. (g)								
	EI	0.015±0.003	a			0.607±0.089	b	7.14±0.97	a
	QY	0.014±0.002	a			1.21±0.3	a	8.13±1.47	a
	MM	0.006±0.000	b			1.00±0.18	a	7.95±0.61	a
<i>Patella sp.</i>	Avg wt. (g)								
	ACH	0.009±0.001	cd	0.229±0.105	abcd	0.912±0.211	cd	8.53±2.61	bc
	AK- B	0.012±0.003	b	0.191±0.012	e	1.050±0.232	cd	9.54±0.65	bc
	AK- P	0.019±0.002	b	0.243±0.070	abc	1.118±0.188	bcd	10.00±1.59	bc
	QY	0.024±0.009	a	0.189±0.042	cd	1.277±0.137	bc	9.90±0.59	bc
	HS	0.008±0.002	cd	0.345±0.122	a	1.327±0.347	b	18.39±7.13	a
	TS	0.009±0.002	cd	0.193±0.055	cd	0.895±0.211	d	6.83±1.79	c
	AT	0.010±0.002	cd	0.176±0.031	cd	0.929±0.128	cd	8.23±1.06	bc
	MM	0.006±0.001	d	0.129±0.031	de	0.848±0.161	d	9.70±1.66	bc
	HAD	0.008±0.001	cd	0.300±0.127	ab	1.014±0.138	bcd	8.37±1.34	bc
	MIC	0.011±0.004	c	0.228±0.054	bcd	1.041±0.182	bcd	8.20±1.08	bc
	PAL	0.007±0.001	cd	0.340±0.084	ad	1.077±0.327	bcd	10.87±1.31	b
	ASH	0.006±0.002	d	0.189±0.116	cd	1.671±0.408	a	9.79±1.73	bc

טבלה 2. תחום ריכוזי מתכות ברקמות השריר של דגים חופיים ודגי מכמורת שנדוגו לאורך חוף הים התיכון של ישראל בשנת 2005.

Species	Location	No. of specimens	Size (cm)	Hg	Cd	Cu	Zn	Fe
דגי מכמורת								
<i>Mullus barbatus</i>	South part of Israel, 32 m depth	16	120-165	0.010-0.014	bdl	0.282-0.543	3.26-4.60	2.29-8.12
	Center part of Israel, 45 m depth	10	115-150	0.020-0.052	bdl	0.409-0.680	3.56-6.94	3.04-7.37
<i>Upeneus moluccensis</i>	South part of Israel, 32 m depth	17	130-160	0.031-0.256	bdl	0.356-0.619	3.53-4.90	2.38-7.43
	Center part of Israel, 45 m depth	12	120-140	0.036-0.152	bdl	0.482-0.681	3.98-4.88	2.99-9.08
<i>Pagellus erythrinus</i>	South part of Israel, 32 m depth	15	150-175	0.072-0.225	bdl	0.269-0.524	3.43-5.05	2.01-9.75
	Center part of Israel, 45 m depth	10	125-160	0.028-0.282	bdl	0.291-0.510	2.97-3.90	1.71-11.10
<i>Pargus coeruleostictus</i>	Agan, 14m depth.	4	160-190	0.025-0.051	bdl	0.237-0.324	3.15-3.51	1.30-4.36
דגים חופיים								
<i>Lithognathus mormyrus</i>	Q.Haim, 4m depth	9	220-265	0.254-0.620	bdl	0.214-0.432	4.08-5.49	2.14-3.91
	Bat-galim, 11m depth	9	170-240	0.036-0.252	bdl	0.255-0.580	4.05-6.05	1.14-6.44
	Dor, 5-9m depth	10	120-240	0.021-0.225	bdl	0.264-0.465	4.04-5.63	2.01-4.05
	Agan, 14m depth	15	125-200	0.013-0.141	bdl	0.272-0.364	4.41-6.24	2.14-7.33
<i>Diplodus sargus</i>	Q.Haim, 4m depth	6	175-265	0.142-0.949	bdl	0.181-0.302	4.14-5.02	1.49-3.10
	Bat galim, 11m depth	13	145-205	0.025-0.411	bdl	0.23-0.507	3.93-5.7	1.52-3.9
	Rafael, 50m depth	13	150-195	0.019-0.158	bdl	0.208-0.484	3.46-4.83	1.73-3.91
	Qesarya, 4 m depth	11	150-180	0.030-0.169	bdl	0.20-3.02	2.95-5.22	1.30-4.12
<i>Diplodus vulgaris</i>	Qesarya, 4 m depth	3	165-170	0.058-0.148	bdl	0.147-0.197	3.20-4.00	0.99-2.51
<i>Sargocentron rubrum</i>	Akko, 8.5m depth	13	145-195	0.268-0.748	bdl	0.245-0.414	2.70-4.46	2.4-6.6
	Qesarya, 4 m depth	9	165-190	0.133-0.319	bdl	0.255-0.536	2.63-4.31	2.33-6.69
<i>Siganus rivulatus</i>	Akko, 8.5m depth	8	170-195	0.005-0.029	bdl	0.266-0.357	3.83-5.09	2.69-7.22
	Gaser-a-zarqa, 5m depth	10	175-225	0.004-0.009	bdl	0.325-0.499	4.00-8.2	2.17-7.9
<i>Mullus surmuletus</i>	Bat galim	1	235	0.158	bdl	0.294	3.94	3.46
	Akko, 8.5m depth	10	170-200	0.109-0.284	bdl	0.282-0.841	2.69-3.75	1.22-5.64

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 2005. $p < 0.05$ - הבדל סטטיסטי מובהק.

Coastal Fish	Haifa bay	Other areas	p
<i>Lithognathus mormyrus</i>	0.0016±0.0012	0.0010±0.0005	ns
<i>Diplodus sargus</i>	0.0014±0.0012	0.0012±0.0007	ns
<i>Sargocentron rubrum</i>	0.004±0.0006	0.0017±0.0004	<0.05

Trawl Fish	center	South	p
<i>Mullus barbatus</i>	0.0011±0.0002	0.0003±0.0001	<0.05
<i>Pagellus erythrinus</i>	0.004±0.002	0.002±0.001	<0.05
<i>Upeneus moluccensis</i>	0.002±0.001	0.003±0.002	n.s

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>L.mormyrus</i>	Q.Haim	0.0026±0.0009	a	0.316±0.063	a	4.92±0.59	a
	Bat galim	0.0005±0.0003	a	0.352±0.091	a	3.66±1.57	a
<i>D.sargus</i>	Rafael	0.0005±0.0003	c	0.291±0.078	ab	4.29±0.36	b
	Bat galim	0.0015±0.0007	b	0.330±0.093	a	4.85±0.62	a
	Q.Haim	0.0030±0.017	a	0.277±0.044	b	4.60±0.29	ab
<i>S.rubrum</i>	Akko	0.0051±0.0015		0.366±0.047		3.31±0.55	

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 - 2005.

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

*Probably overestimate due to association with small particles.

**Possible contamination

*** Samples collected during Jan-May and Dec 2005.

טבלה 5: מאפיינים כלליים של המים בשפכי נחלי החוף בשנת 2005

		March 2005									September 2005								
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	בצת																		
R1b		18	7.2	12.8	142	8.9	6.7	9.1	8.0	5.8	28	36.2	7.5	118	8.2	26.4	69.4	59.7	5.7
R1c		18	6.6	9.9	110	8.1	4.5	17.3	47.9	7.9									
R4a	נעמן	20	23.3	7.2	91	7.9	25.5		7.2		29	7.8	8.2	111	8.0	21.2		68.9	
R4b		21	4.3	2.0	23	7.7	36.7	21.0	8.3	1.0	27	2.4	7.7	98	8.0	28.8	27.9	114.7	6.7
R4c		20	2.3	0.6	7	7.5	67.1	20.4	5.9	16.8	25	2.4	4.0	49	7.9	41.1	31.0	80.3	2.2
R5a	קישון	19	31.3	5.7	75	7.9	12.8	22.8	2.5		28	34.0	6.9	107	8.1	2.6	18.6	34.2	3.7
R5c		19	22.5	4.2	52	7.8	52.1	24.8	7.2	1.7	30	27.7	8.6	132	8.1	5.7	12.0	85.8	7.5
R5.5a	דליה								51.5										
R5.5b		22	2.6	14.6	170	8.7	20.6	24.0	63.6	11.6	30	9.3	11.0	152	8.4	18.0	26.0	48.9	9.1
R6a	תנינים	22	11.5	7.1	88	7.8	15.5		2.6		27	3.5	8.2	106	7.6	11.8		13.6	
R6b		23	3.2	6.8	81	7.7	23.9	21.6	7.1	2.4	27	3.3	7.5	96	7.6	10.8	16.1	15.2	2.3
R6c		24	3.3	7.0	86	7.5	4.8	17.4	1.9	0.5	28	3.3	9.3	121	7.5	9.4	7.5	1.0	0.7
R7a	חדרה	27	38.4	6.4	100	8.2	12.0		0.7		37	38.0	5.9	107	8.2	0.0		1.3	
R7b		28	37.7	5.9	93	8.1	30.7	31.5	1.1	1.1	37	38.2	6.7	122	8.3	0.0	4.5	0.6	0.6
R7c		20	1.1	4.2	46	7.8	22.2	24.4	22.5	2.8	26	1.4	2.7	34	8.0	47.9	78.3	246.0	1.8
R8a	אלכסנדר	18	38.2	7.3	98	8.2	2.8		0.4		27	24.5	8.8	126	8.7	5.9		77.2	
R8b		19	13.2	6.1	71	8.0	19.2	27.7	4.9	2.7	26	9.0	14.8	193	9.2	10.0	24.5	127.1	9.4
R8c		20	19.8	6.5	79	7.9	11.6	23.3	7.7	2.3	27	8.8	14.3	188	9.1	11.7	23.9	164.2	8.8
R9a	פולג	21	10.4	7.1	86	8.0	6.4		1.2										
R9b		20	0.9	5.3	59	8.1	5.7	3.5	2.2	3.8	29	10.1	12.0	165	8.6	9.8	16.0	49.8	8.0
R10a	ירקון	21	37.6	6.8	94	8.2	0.0		3.6		30	38.2	6.0	97	8.2	0.0		2.1	
R10b																			
R10c		21	28.4	6.6	89	8.1	4.5	12.8	7.3	2.1	29	24.1	8.2	121	8.3	8.3	11.5	45.1	6.8
R11a	שורק	21	5.7	4.3	50	8.2	14.9		9.7		30	23.9	9.3	139	8.2	11.2		255.1	
R11b		21	4.0	5.6	64	8.3	13.9	25.2	14.7	4.4	27	4.3	15.3	197	8.4	26.8	44.0	439.9	9.3
R11c		20	1.1	5.2	58	8.4	19.3	20.3	37.1	4.2	28	1.3	7.9	102	8.1	60.5	37.0	210.0	6.7
R12a	לכיש	22	10.2	13.0	158	8.5	7.0		65.1										
R12b		21	4.1	16.5	191	8.6	11.1	39.6	99.0	12.8	28	17.8	10.6	149	8.7	15.3	32.0	6.2	9.3
R12c		20	2.1	15.4	173	8.6	13.0	30.8	62.8	12.9	29	16.3	10.8	153	8.7	14.5	48.0	36.8	9.1
R13a	אבטח																		
R13b		24	11.7	14.4	182	8.5	7.3	23.8	51.6	6.7									
R14b	שקמה	18	1.3	6.6	70	8.1	0.0	10.9	1.3	0.9	25	2.6	5.7	70	7.8	0.0	1.4	3.5	0.8

* 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 2005.¹

River	Discharge	NO3+NO2-N	NH4-N	Total	PO4-P	Si(OH)4-Si
	<i>cubic meter * 1000 /yr.</i>			inorg. N		
נעמן	32283	79.5	127	206	36.2	541
קישון ²	18554	556	112	668	49	265
תנינים	31680	66.9	0.82	67.7	0.12	337
חדרה	19045	46.5	49.9	96.4	47.0	154
אלכסנדר	21399	230	63	293	29	764
ירקון ²	82620	300	157	456	181	823
שורק	11706	12.4	88.8	101	47.4	51.0

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.

טבלה 7: מספר הפרטים שנאספו בתחנות הניטור הלאומי, ובתחנות מניטור אגן - בז"א ספטמבר 2005 (AS10, AS11) ותחנות מניטור תחנת הכוח אורות רבין, מאי 2005 (OR1, OR2, OR3) שנדגמו עבור נציבות המים.

		National Monitoring																												
Taxa	Stations	2a	2b	2c	H3a	H3b	H3c	H7a	H7b	H7c	9a	9b	9c	H11a	H11b	H11c	H13a	H13b	H13c	H16a	H16b	H16c	H19a	H19a	H19a	23a	23b	23c		
Polychaeta	Aphroditidae																													
	Capitellidae		1	1							1	5									1	1		1	1		4	2	4	
	Chaetopteridae																													
	Cirratulidae	2							1		36	101	107	4	4	2		8	14	9	14	13	3	3	8	4	9	8		
	Dorvilleidae																		2		6	2								
	Eunicidae		1																											
	Glyceridae	4	3	5				1			3		1					4	3	1	3						1	1		
	Goniadidae																													
	Hesionidae																													
	Isopilidae																													
	Lumbriconereidae																													
	Magelonidae	6	6	2		8	14	8	12	10	9	1	1	2	2	1		9	12	7	4	6	4	2	6	5		3		
	Maldanidae	1	2			1							2	1				1								1				
	Nephtyidae	1				2	1	8		2	3	2	1		5	7	4	5	3		4	3	4	2	2	5				
	Nereididae																													
	Onuphidae	16	12	22		7	8	16	6		4	1	3	3	3	2	2	1	3	1		1	2	3	2	1	3	4	5	
	Orbiniidae	55	23	29		14	2	2	3	5	2																			
	Oweniidae	3	1							1																1	1		7	
	Paraonidae	9	25	13		14	3	8	3	9	7		5	1	11	5		16	17	11	14	3	10	5	1	7	9	7	11	
	Pectinariidae																													
	Phyllodocidae		1				1										1									1				
	Poecilochaetidae																													
	Pilargidae														1	1		1			1									
Sabellidae																											1			
Sigalionidae	2	1			5	8	2	1	2	2	1	2	3	1	3	2	1		1	3	2		1		1		1			
Spionidae	160	116	523		37	22	13	51	51	72	1		7	73	120	98	24	28	33	64	63	70	36	34	24	35	211	118		
Syllidae	544	477	552		2		2	16	24	45	11	17	18										1		1	11	3	12		
Terebellidae																														
Crustacea	AMPHIPODA																													
	Ampelisca sp.					1			2																					
	Ampelisca brevicornis							1						11	4	9	3	5	1	2		1			1					
	Ampelisca sarsi																													
	Atylus swammerdami																													
	Bathyporeia guilliamsoniana						4			2														1	5	1				
	Bathyporeia sunnivae				34	9	211	1	2	2	1							2												
	Cheiriphotis mediterranea																										1			
	Corophium sp.					1																								
	Corophium acutum											1	1																	
	Erichthonius sp.											1																		
	Erichthonius punctatus																													
	Lembo spiniventris																													
	Leucothoe occulta	1		1					1		1			3														1		
	Megaluropus massiliensis	5	12	11						2	3	7	15	10	1	1				1	1						1	2	1	
	Pariambus typicus																													
	Perioculodes longimanus		3	1		8	2		1	5	6		1	2	2	1	3				4	2		1						
	Pontocrates arenarius					3	1	6				2	6	8																
	Priambus sp.																													
	Pseudoprotella phasma																													
	Urothoe grimaldii					14	12	12	5	5	6				13	2	2	4	2	2				7	6	1				
	COPEPODA																													
	Longipedia coronata	9	7	11			2	3			2					3	1				4	9	8	3	11	12	4	3	7	
	Canuella aff. furcigera	97	111	102					7	5	8	5	11	15	9	13	7	5	7	6	9	11	9				7	11	5	
	Canuella aff. Perplexa	56	69	71		2	6	9	2	15	7								2	5	13	7	4	2	7	3	6	9	7	
	Canuellina insignis	631	715	688								4	10	15		3	9	12	39	66	45	41	33	49	11	33	26	89	105	94
	Scotiolana bulbosa	1	5	1		16	38	57	53	78	103	85	86	127	23	4	3	11	29	18	12	7	3	8	15	12	56	67	71	
	Canuellidae	2	4	1		3	8	12							4	2	3	2	7	4				3	7	4	3	7		
	Canuellidae gen. et sp. Nov. 1																													
	Halectinosoma canaliculatum	21	33	37		4	11	8	47	38	42	29	34	21				4	15	9	11	5	4				45	61	33	
	Halectinosoma diops			1	2					2			2	5								1					3	9	7	
	Halectinosoma herdmani																													
	Halectinosoma sp. 1	16	23	27					10	13	7	4	5	9														4	1	
	Halectinosoma sp.2	12	19	11									1	7																
	Haloschizopera sp.																													
	Pseudobradya sp.																													
	Pseudobradya sp. 1	12	19	15					23	17	7	3	5	10													29	40	23	
	Pseudobradya sp. 2																													
	Euterpina acutifrons	3	10	4				1											2	1		1		1						
	Thompsonula hyaenae	11	9	14															1							1			6	
	Ambuiguipus rufocinctus																													
	Dactylopusia tisboides																													
	Amphiascopsis cinctus																													
Asellopsis sp.																														
Diosaccus truncatus	1	6	4																											
Robertgurneya oligochaeta																														
Teissierella salammboi	8	6	9																											
Ameira scotti																														
Stenocopia longicaudata																														
CYCLOPOIDA																														
Tococheres sp.																														
Tococheres sp. 1	14	19	13						2	1	1		1		1		2	1	1	1	2	1				5	1	7		
Cyclopina sp.	21	30	25														3	2	7							7	22	17		
Euryte sp.	5	7	11											2	1	3											1			
Oithona sp.						4				2		1	3								1									
Calanoida																														

טבלה 7 : המשך

[illegible]

National Monitoring													Agan September						Orot Rabin July										
Taxa	Stations	H24a	H24b	H24c	27a	27b	27c	H28a	H28b	H28c	H41a	H41b	H41c	AS-10a	AS-10b	AS-10c	AS-11a	AS-11b	AS-11c	OR-1a	OR-1b	OR-1c	OR-2a	OR-2b	OR-2c	OR-3a	OR-3b	OR-3c	
Polychaeta	Aphroditidae				2	1																							
	Capitellidae	1	1	1	420	426	468	1	1		1	28		3		1	1	2	2	5	1		5	5	3	2	1	1	
	Chaetopteridae					2	4													28	30	24	22	14	16	28	11	21	
	Cirratulidae				3	5	2	1			1	8	1	3	3	4		6	1	6			1	6	1	1		1	
	Dorvilleidae																												
	Eunicidae					2																							
	Glyceridae				3	16	5				2	13	1					1	1		2	2	3		2	2			
	Goniadidae				2	2	5																						
	Hesionidae				14	12	14																						
	Isopilidae				134	4	5																						
	Lumbriconereidae					1	1					1									3	4	1		1		1	2	
	Magelonidae		5	3		1	3		4	3	1	1		5	1				1	1	40	37	29	19	7	16	30	23	36
	Maldanidae				43	36	23						2							3	3	1	3	1	1	6	2	2	
	Nephtyidae	9	22	18	3	7	7	3	10	16		2	2	1	8	1	3	4	2	5	13	11	9	10	4	6	1	2	9
	Nereididae																	5											
	Onuphidae		1		5		4	6	1	4		1	1						1			1			1	2		2	
	Orbiniidae	4	12	7	4	4	7		2	3		9	10	5					1		5	3	2	2	3	9	8	6	6
	Oweniidae				1			2	4												1	3				1			
	Paraonidae	1	2	3	22	30	16	1				7	4	6	10	9	2					1	2	2	6	3	3	6	
	Pectinariidae																				1			3	1	1	1		
	Phyllodocidae		1	4	3	2	1					5	1							1	1	1	5	3	1	2	2	2	
	Poecilochaetidae				12	6	11																						
	Pilargidae				5	7	7				6	74	4					2		1	1								
Sabellidae				38	19	22																							
Sigalionidae	1	5	5	1		2					1		3	1	1	2	1		2	10	15	20	1	10	6	9	7	5	
Spionidae	29	49	44	120	135	143	28	20	25	79	132	85		8	9	4	5	14	18	71	44	37	65	78	95	33	24	31	
Syllidae	2	21	28	2			10	6	4	1	3	4								1					1				
Terebellidae					1																								
Crustacea	AMPHIPODA																												
	Ampelisca sp.			2																									
	Ampelisca brevicornis		1					2	2		3	6								1	5	6	3	3	2	5	5	3	
	Ampelisca sarsi							1																					
	Atylus swammerdami										1																		
	Bathyporeia guilliamsoniana		1					1													5	2		1	1	2		3	
	Bathyporeia sunnivae		1	3				3													3	4	2	1	2	2	1	3	1
	Cheiriphotis mediterranea				4	11	7																						
	Corophium sp.																												
	Corophium acutum																												
	Erichtonius sp.	2		1	31	32	14			1											5					8			
	Erichtonius punctatus																												
	Lembos spiniventris																					2	1		2				
	Leucothoe occulta						1															1	1		1				
	Megaluropus massiliensis							1		1	1											1							
	Pariambus typicus				52	45	50																						
	Perioculodes longimanus			1	4	7	5	3													42	80	87	38	42	78	24	38	35
	Pontocrates arenarius																												
	Priambus sp.																				1				1	3			
	Pseudoprotella phasma																				1								
	Urothoe grimaldii	1	5	7				2	9	4	7		10		4	3	4				2	7	5	7	2	2		4	5
	COPEPODA																												
	Longipedia coronata	3	16	9	23	27	25	11	9	8	2	619	3		3	1	3	5	3	9									
	Canuella aff. furcigera	12	34	39	11	30	22	34	12	23			24	11			1	2	5	8	7	4	6	4	4	7	3	1	2
	Canuella aff. Perplexa	1	5	4	1	4	2	1		2	8	37	18		12	7	4			1	3	5	2	1		2			
	Canuellina insignis	99	156	178	101	88	123	153	98	55	24	129	27		45	34	41	23	55	69		2	2						
	Scottolana bulbosa	19	59	76	45	34	68	45	34	59	6	29	1		67	78	70	31	33	29									
	Canuellidae	2	3	4	12	29	34	41	22	15		55									3	5	7	12	9	14	4	3	3
	Canuellidae gen. et sp. Nov. 1																												
	Halectinosoma canaliculatum	23	68	36	42	47	39	54	34	45		35			12	6	3	7	13	15									
	Halectinosoma diops				3	5		3	1			8												2	1	2			
	Halectinosoma herdmanni																				4	3	3	2	5	7	4	5	2
	Halectinosoma sp. 1																												
	Halectinosoma sp.2																												
	Haloschizopera sp.																										1		
	Pseudobradya sp.																										1		
	Pseudobradya sp. 1				1	2	1	3		1		3																	
	Pseudobradya sp. 2											15	8																
	Euterpina acutifrons		2				1																						
	Thompsonula hyaenae				3	2	6	3	1			17									2		2	3	2	1			
	Ambuiguipus rufocinctus	1	4	4																									
	Dactylopusia tisboides	1																											
	Amphiascopsis cinctus	1	3	2			1																						
	Asellopsis sp.																									1			
	Diosaccus truncatus									1		4																	
	Robertgurneya oligochaeta			1																									
	Teissierella salammboi				1	2		3				13	3																
	Ameira scotti		4	1	1		1	3	2	3																			
	Stenocopia longicaudata	1		3						3																			
	CYCLOPOIDA																												
	Tococheres sp.																						2						
	Tococheres sp. 1		1									3							1	1									
	Cyclopina sp.	6	11	24	14	3	2	19	15	16		32						1	2	4									
	Euryte sp.	4	1	3	2		1	2		3		27																	
	Oithona sp.	1	4	6		1		4	5	3		3																	
	Calanoida														75	98	89	112	99	123		1		3	4		1	2	2

National Monitoring													Agan September						Orot Rabin July										
Taxa	Stations	H24 a	H24 b	H24 c	27a	27b	27c	H28 a	H28 b	H28 c	H41 a	H41 b	H41 c	AS- 10a	AS- 10b	AS- 10c	AS- 11a	AS- 11b	AS- 11c	OR- 1a	OR- 1b	OR- 1c	OR- 2a	OR- 2b	OR- 2c	OR- 3a	OR- 3b	OR- 3c	
Crustacea	CALANOIDA indet.	147	261	298	203	297	276	301	234	267	27	186	22																
	Cumacea																												
	Bodotria pulchella																												
	Bodotria gibba																												
	Iphinoe douniae																												
	Iphinoe sp.																												
	Cumopsis goodsir																												
	Pseudocuma longicorne																												
	DECAPODA																												
	brachyuran postlarva			1	2		1																						
	Brachyura (larva)																												
	Diogenes pugilator	1				1				1		6	1		2	3	7	9	6	3	1	1		3	3	5	3	1	6
	Leptochela																												
	Leptochela pugnax						1	3											1										
	Leucosiid																												
	Liocarcinus																												
	Macrophthalmus graeffei						1														1					1			
	Ogyrides mjobergi		1	8	8				3	7	5			4	3	8	8	7	7	12	1					1		1	1
	penaeid			1		3		1																					
	Philocheras monacanthus													1														1	
	Philocheras trispinosus																									1			
	Processa																									1			
	ISOPODA																												
	Stomatopoda (larva)														1														
Mollusca	Abra alba					1	1																						
	Acanthocardia tuberculata																												
	Acteocina mucronata	1		1							1	3	1		3	1													
	Adelacteon amoenus	1	1						3	4																			
	Anachis troglodytes					1																							
	Anadara corbuloides														3														
	Anisocycla pointeli																												
	Bela cfr. Nebula			1																									
	Bivalvia sp.	20				11		100	300	300																			
	Bittium latreillei																												
	Cerithium sp.												200																
	Chrysallida limitum										1																		
	Chamalea gallina																												
	Chrysallida maiae						5	1																					
	Corbula gibba						8	7																					
	Cylichna cylindracea						3																						
	Cylichna umbilicata												1																
	Diplodonta bogii						3	5					2						2										
	Donax semistriatus																												
	Dosinia lupinus																												
	Ensis sp.						1																						
	Finella pupoides												1																
	Fulvia fragilis			1	4		2																						
	Glycymeris glycymeris	1	1							1						1		1		1									
	Graphis albidia																												
	Hydrobia sp.																												
	Loripes lacteus			2			8	5	2	1	2	1		1		1	1	2	1	1	2		1	17	18	14	2	4	
	Macoma cumana										1																		
	Mactra stultorum								1	2																			
	Monoptygma amoena																												1
	Montacuta ferruginosa																												
	Musculus subpictus																												
	Mysia undata							1																					
	Nassarius gibbosulus				1								1																
	Neverita josephina											1	4												2				3
	Odostomia conoidea																												
	Paphia textilis						1				2																		
	Plagiocardium papylosum																												
	Pusillina cfr. Margiminia	2																											

נספח 1: טבלת אפיון תחנות הדיגום בשנת 2005

* אזורי דיגום הדגים – ראה איור 2.

תחנה	תאריך	אזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו אורך		קו רוחב			
HB1	20-Jul-05	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.070	35	4.579	3	Sediment, Water, Benthic fauna
HB2	20-Jul-05	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	55.078	35	4.398	6	Sediment, Water, Benthic fauna
HB8	20-Jul-05	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.025	35	4.646	3	Sediment, Water, Benthic fauna
HB9	20-Jul-05	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.034	35	4.528	6	Sediment, Water, Benthic fauna
HB10	20-Jul-05	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.050	35	4.319	9	Sediment, Water, Benthic fauna
HB11	20-Jul-05	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	54.068	35	4.175	12	Sediment, Water, Benthic fauna
HB12	20-Jul-05	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	53.689	35	4.586	3	Sediment, Water, Benthic fauna
HB14	20-Jul-05	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	52.793	35	4.330	3	Sediment, Water, Benthic fauna
HB18	20-Jul-05	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	51.257	35	3.720	3	Sediment, Water, Benthic fauna
HB22	20-Jul-05	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.843	35	2.800	3	Sediment, Water, Benthic fauna
HB23	20-Jul-05	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.892	35	2.711	6	Sediment, Water, Benthic fauna
HB26	20-Jul-05	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.375	35	2.133	6	Sediment, Water
HB27	20-Jul-05	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	49.246	35	1.187	12	Sediment, Water
Carmelit	20-Jul-05	Shallow coastal water-Haifa Bay	32	48.595	35	1.730	11.5	Sediment, Water
H1	18/Aug/05	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.786	34	55.585	31	Water, Phytoplankton
H2	18/Aug/05	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.658	34	56.1	21.2	Water
H3	18/Aug/05	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.36	34	56.852	9.7	Water
H4	18/Aug/05	Shallow coastal water-off Dado beach	32	47.402	34	57.091	6.6	Water, Sediment, Phytoplankton
H5	18/Aug/05	Shallow coastal water-off Taninim river	32	33.285	34	52.68	31.3	Water, Phytoplankton
H6	18/Aug/05	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.943	34	53.189	20.1	Water
H7	18/Aug/05	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.696	34	53.717	10	Water
H8	18/Aug/05	Shallow coastal water-off Taninim river	32	32.574	34	53.964	5	Water, Sediment, Phytoplankton
H9	18/Aug/05	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.326	34	50.451	29.7	Water, Phytoplankton
H10	18/Aug/05	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.464	34	50.933	20.2	Water
H11	18/Aug/05	Shallow coastal water-off Alexander river	32	24.023	34	51.444	12	Water
H12	18/Aug/05	Shallow coastal water-off Alexander river	32	23.926	34	51.697	6.1	Water, Sediment, Phytoplankton
H13	23/Aug/05	Shallow coastal water-off Herzlyya	32	9.524	34	47.211	10.5	Water, Sediment
H14	23/Aug/05	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	7.421	34	45.12	30	Water, Phytoplankton
H15	23/Aug/05	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.89	34	45.67	20.1	Water
H16	23/Aug/05	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.47	34	45.928	12.3	Water
H17	23/Aug/05	Shallow coastal water-off Yarkon river	32	6.296	34	46.287	6.2	Water, Sediment
H18	23/Aug/05	Shallow coastal water-off Soreq river	31	56.597	34	42.292	6	Water, Sediment, Phytoplankton
H19	23/Aug/05	Shallow coastal water-off Soreq river	31	55.687	34	41.379	10	Water
H20	23/Aug/05	Shallow coastal water-off Soreq river	31	55.625	34	40.779	20	Water
H21	23/Aug/05	Shallow coastal water-off Soreq river	31	55.587	34	40.07	30	Water, Phytoplankton
H22	24/Aug/05	Shallow coastal water-off Ashdod	31	49.404	34	36.348	31.5	Water
H23	24/Aug/05	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.53	34	36.996	21.8	Water
H24	24/Aug/05	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.195	34	37.458	11.2	Water
H25	24/Aug/05	Shallow coastal water-off Ashdod	31	48.038	34	37.624	6	Water, Sediment
H26	24/Aug/05	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	42.03	34	31.888	32.6	Water, Phytoplankton
H27	24/Aug/05	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.634	34	32.763	20	Water
H28	24/Aug/05	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.328	34	33.326	9.6	Water
H29	24/Aug/05	Shallow coastal water-off Ashqelon	31	41.234	34	33.51	5.4	Water, Sediment, Phytoplankton
H40	23/Aug/05	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.204	34	49.675	6.2	Water, Sediment
H41	23/Aug/05	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.381	34	49.394	9.9	Water
H42	23/Aug/05	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.525	34	48.977	20.2	Water
H43	23/Aug/05	Shallow coastal water-off Poleg river	32	16.792	34	48.31	29.5	Water
HB1	18/Aug/05	Haifa Bay	32	52.003	34	58.425	25.5	Water, Phytoplankton
HB2	17/Aug/05	Haifa Bay	32	50.837	34	59.93	19	Water, Phytoplankton
HB4	17/Aug/05	Haifa Bay	32	49.825	35	1.272	14.1	Water, Phytoplankton
HB5	17/Aug/05	Haifa Bay	32	49.027	35	1.324	11.5	Water, Phytoplankton
Agan/Baza	24/Aug/05	Near Agan/Baza marine outfall	31	51.463	34	39.012	14.6	Water, Sediment

אפיון תחנות הדיגום בשנת 2005 (המשך)

תחנה	תאריך	איזור	מיקום				עומק מים	דיגום
			קו רוחב		קו אורך			
R1a	9/Mar/05	Betzet river-mouth	33	4.617	35	6.327		Water, Sediment
R1b	9/Mar/05	Betzet river-50m	33	4.569	35	6.378		Water, Sediment
R1c	9/Mar/05	Betzet river-500m	33	4.550	35	6.592		Water, Sediment
R4a	9/Mar/05	Naaman river-mouth	32	54.547	35	4.899		Water, Sediment
R4b	9/Mar/05	Naaman river-50m	32	54.606	35	4.924		Water, Sediment
R4c	9/Mar/05	Naaman river-bridge	32	54.731	35	5.065		Water, Sediment
R5a	9/Mar/05	Qishon port (Carmelit)	32	48.524	35	1.736		Water, Sediment
R5b	9/Mar/05	Qishon river-Julius bridge	32	48.095	35	2.093		Water, Sediment
R5.5a	8/Mar/05	Dalia river-mouth	32	35.248	34	54.855		Water, Sediment
R5.5b	8/Mar/05	Dalia river-50m	32	35.270	34	54.888		Water, Sediment
R6a	8/Mar/05	Taninim river-mouth	32	32.370	34	54.133		Water, Sediment
R6b	8/Mar/05	Taninim river-50m	32	32.336	34	54.173		Water, Sediment
R6c	8/Mar/05	Taninim river-bridge	32	32.966	34	54.923		Water, Sediment
R7a	8/Mar/05	Hadera river-mouth	32	27.861	34	53.054		Water, Sediment
R7b	8/Mar/05	Hadera river-50m	32	27.879	34	53.306		Water, Sediment
R7c	8/Mar/05	Hadera river-road	32	28.029	34	54.024		Water, Sediment
R8a	8/Mar/05	Alexander river-mouth	32	23.707	34	51.929		Water, Sediment
R8b	8/Mar/05	Alexander river-50m	32	23.741	34	51.993		Water, Sediment
R8c	8/Mar/05	Alexander river-bridge	32	23.631	34	52.175		Water, Sediment
R9a	8/Mar/05	Poleg river-mouth	32	16.292	34	49.965		Water, Sediment
R9b	8/Mar/05	Poleg river-50m	32	16.227	34	50.028	Water, Sediment	
R10a	7/Mar/05	Yarkon river-mouth	32	6.189	34	46.617	Water, Sediment	
R10c	7/Mar/05	Yarkon river-bridge	32	5.947	34	46.660	Water, Sediment	
R11a	7/Mar/05	Sorek river-mouth	31	56.477	34	42.479	Water, Sediment	
R11b	7/Mar/05	Sorek river-50m	31	56.433	34	42.507	Water, Sediment	
R11c	7/Mar/05	Sorek river-bridge	31	56.082	34	43.489	Water, Sediment	
R12a	7/Mar/05	Lachish river-mouth	31	48.922	34	38.379	Water, Sediment	
R12b	7/Mar/05	Lachish river-50m	31	48.912	34	38.450	Water, Sediment	
R12c	7/Mar/05	Lachish river-bridge	31	49.038	34	38.924	Water, Sediment	
R13a	7/Mar/05	Evtach river-mouth	31	44.433	34	35.783	Water, Sediment	
R13b	7/Mar/05	Evtach river-50m	31	44.490	34	35.951	Water, Sediment	
R14a	7/Mar/05	Shikma river-mouth	31	36.868	34	30.308	Water, Sediment	
R14b	7/Mar/05	Shikma river-50m	31	36.786	34	30.423	Water, Sediment	
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	דיגום
			קו רוחב		קו אורך		מים	
ACH	March	Patella - Achziv (near Miluz)	33	3.894	35	6.253	~5 cm	Molluscs
AK-P	March	Patella - Akko marina	32	55.147	35	4.241	~5 cm	Molluscs
QY	March	Patella - Qiryat yam	32	51.328	35	3.873	~5 cm	Molluscs
AT	March	Patella - Atlit south	32	40.987	34	55.682	~5 cm	Molluscs
MIC	March	Patella - Michmoret	32	24.132	34	51.930	~5 cm	Molluscs
HAD	March	Patella - Givaat Olga	32	26.871	34	52.741	~5 cm	Molluscs
PAL	March	Patella - Palmachim	31	55.808	34	41.906	~5 cm	Molluscs
ASH	March	Patella - Ashdod marina	31	47.794	34	37.535	~5 cm	Molluscs
HS	March	Patella - Hoh Shemen	32	48.874	35	0.859	~5 cm	Molluscs
MM	March	Patella - Taninim river	32	32.353	34	54.044	~5 cm	Molluscs
AK-B	March	Patella - Biuv Akko	32	56.739	35	4.413	~5 cm	Molluscs
TS	March	Patella - Tel Shiqmona rocks	32	49.579	34	57.400	~5 cm	Molluscs
EI	March	Donax - Frutarom	32	54.000	35	4.667	~60 cm	Molluscs
QY	March	Donax - Qiryat yam	32	51.328	35	3.873	~60 cm	Molluscs
MM	March	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 - 2005)

<i>Diplodus sargus</i>	863
<i>Lithognathus mormyrus</i>	996
<i>Mullus barbatus</i>	774
<i>Sargocentron rubrum</i>	462
<i>Upeneus asymmetricus</i>	21
<i>Upeneus moluccensis</i>	423
<i>Siganus rivulatus</i>	275
<i>Mullus surmuletus</i>	264
<i>Oblada melanura</i>	122
<i>Pagellus erythrinus</i>	364
<i>Saurida undosquamis</i>	148
Other	897
סה"כ דגים	5609¹

רכיכות וסרטנים* (1975 - 2005)

<i>Macra corrallina corrallina</i>	1755
<i>Astropecten bispinosus</i>	55
<i>Rudicardium tuberculatum</i>	166
<i>Neverita josephina</i>	80
<i>Patella sp.</i>	748
<i>Diogenes pugilator</i>	195
<i>Donax trunculus</i>	419
<i>C. gallina</i>	58
<i>Arcularia gibbosula</i>	243
<i>Cellana rota</i>	108
<i>Aristeus antennatus</i>	20
<i>Parapenaeus longirostris</i>	10
<i>Donax semistriatus</i>	10
<i>Penaeus japonicus</i>	25
other	283
סה"כ רכיכות וסרטנים	4175¹

סדימנט וחומר מרחף

Sea Sediments (1981-2004)	705
River Sediments (1988-2004)	570
SPM (1994-2004)	991
סה"כ דוגמאות	2266

*דוגמאות מורכבות (17043 פרטים)

¹ בבדיקה במהלך 2005 התגלו פערים קטנים בין מספרי הבדיקות של דגים, רכיכות וסרטנים שבוצעו בשנים קודמות של הניטור לבין המספרים שהוצגו בדוחות הניטור. הרשימות לעיל מתוקנות ומעודכנות.

נספח 3: שיטות הדיגום והבדיקה ובקרת איכות התוצאות

דיגום מי-ים ומי נחלים

מים וחומר מרחף נדגמו בים מספינות המחקר "שקמונה" ו"עציונה" בעזרת בקבוקי ניסקין, ובשפכי הנחלים בעזרת בקבוקי פלסטיק.

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

לבדיקות של חומר מרחף, נפח ידוע של מים סונן דרך פילטרים שקולים מסוג $0.45 \mu\text{m}$ Millipore Type HA, לאחר סינון מוקדם דרך $63 \mu\text{m}$. הפילטרים יובשו בליאופיליזציה (הקפאה וייבוש בוואקום) במשך 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 "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 ודגים לבדיקות כימיות

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

דגי מכמורת נאספו משלל דיג מסחרי בעומקי מים של 36-50 מטר, רובם ע"י אגף הדיג במשרד החקלאות. דגים חופיים נאספו משלל דיג מסחרי ברשתות סבחה שהוצבו לאורך החוף בעומקי מים של 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 3 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 בספקטרוֹפוטומטריה של בליעה אטומית ללא להבה Coleman Mercury Analyzer MAS-50A עד 2003 ואח"כ עם גלאי פלואורסצנטי במכשיר Merlin Millennium System – PS Analytical. בשנת 2001 שונה מרכיב מסוים בשיטת הבדיקה של כספית בבע"ח, והחל שימוש בשיטה יותר רגישה בריכוזים נמוכים של כספית (פחות מעשירית מהתקן). התוצאות בשיטה החדשה גבוהות יותר. לשינוי אין השפעה משמעותית בריכוזים גבוהים, ולכן אין לו השלכות לגבי איכות הדגים ביחס לתקן. בהמשך ייעשה שימוש רק בשיטה החדשה. שאר המתכות נבדקו בספקטרוֹפוטומטריה 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 49. כמו כן, המעבדה משתתפת בתרגילי כיול בינלאומיים תקופתיים מאז סוף שנות ה-70.

בדיקות ריכוזי מיקרואצות

לבדיקת תאי כחוליות ותאי פיקופלנקטון בעלי כלורופיל (עד 5μ), נעשה שימוש בשיטה המתוארת ע"י Booth, 1987 עם מספר שינויים. דוגמאות המים סוננו דרך פילטר פוליקרבונט 0.45μ , בשתי חזרות. הפילטר עם הדוגמא המרוכזת והמשומרת הונח על גבי טיפת שמן אימרסיה שהושמה על זכוכית מכסה. על הפילטר הונחה טיפה נוספת של שמן אימרסיה והפילטר כוסה בזכוכית מכסה. הדוגמא נשמרה בהקפאה עד לספירה. הספירה נעשתה בעזרת מיקרוסקופ אפיפלואורסנטי. נספרו 30 שדות אקראיים מכל שטח הפילטר באמצעות האובייקטיב $\times 100$.

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

א. הפילטר עם הדוגמא המרוכזת והמשומרת הונח על גבי טיפת שמן אימרסיה שהושמה על זכוכית מכסה. על הפילטר הונחה טיפה נוספת של שמן אימרסיה והפילטר כוסה בזכוכית מכסה. הדוגמא נשמרה בהקפאה עד לספירה. הספירה נעשתה בעזרת מיקרוסקופ אפיפלואורסנטי. פילטר זה יועד לספירת המיקרופלנקטון השכיח יותר והקל לזיהוי באמצעות פלואורסנציה.

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

ביומסת הכחוליות החד-תאיות חושבה לפי תכולת פחמן של 294 fgC לתא (Cuhel & Waterbury, 1984). זוהי הערכה מספרית המסתמכת על חישוב נפח התא ועל הנחת ריכוז פחמן לנפח המחושב, לכן היא אינה מספר אבסולוטי, ובספרות ניתן למצוא גם ערכים אחרים (Li, 1992, W.K.W, 1986). 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 הזוויג ואיפיון הפעילות הרבייתית. רמות הסמנים הביולוגיים בחומר שהופק מפיסות כבד נבדקו בשיטות המפורטות ב- (Tom et al. 2002, 2004), עם שיפורים שהוכנסו לשימוש לאחר כתיבת המאמרים.

בדיקות חי הקרקעית (infauna)

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

מיפוי סביבתי מנתוני לוויינים

ראה נספח 4

נספח 4: מערכת SISCAL למיפוי סביבתי מנתוני לוויינים

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

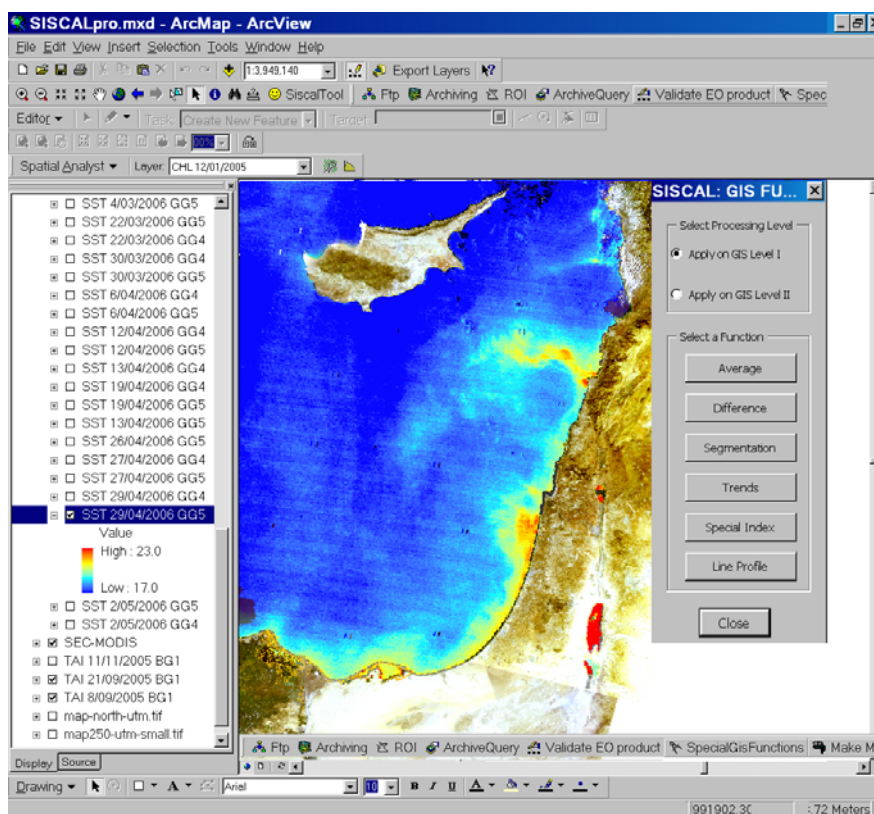
במסגרת המחקר פותח מודול של מ"מ (מערכת מידע גיאוגרפית) למשתמש קצה (EU-GIS) אשר מאפשר לבצע מספר משימות: הורדת מוצרי לוויין (EO Products) מהשרת של SISCAL, בניית ארכיון לסדרות זמן של מוצרי לוויין, ניהול מערכת המידע וביצוע ניתוחים סביבתיים מורכבים באמצעות פונקציות מ"מ ייעודיות (תמונה 1). מערכת כזו הותקנה בחדר המצב של אגף ים וחופים במשרד לאיכות הסביבה.

המיפוי מתבסס על שלושה לוויינים החולפים מעל אזור ישראל מידי יום בין השעות 10:00 – 12:30 (MODIS-Terra, MODIS-Aqua ו-MERIS). 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 (ב-2005 הוקמה בגרמניה תחנת קליטה ללוויין זה שמאפשרת קבלה ועיבוד צילום תוך שעה מקליטתו).

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

- כיול האלגוריתם לטמפרטורת פני הים;
- המשך כיול אלגוריתמים של כלורופיל, ריכוזי חומר מרחף ועומק סקי (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) באינטרנט קרוב לזמן אמת באמצעות מרכז המידע הימי הלאומי;
- התקנת כל בסיסי הנתונים שנאספו בשנת 2005 במערכת EU-GIS (ראה תמונה 1 להלן) של אגף ים וחופים במשרד לאיכות הסביבה.

המיפויים שבוצעו במהלך 2005 התבססו על 72 צילומי MODIS ו-42 צילומי MERIS מהם 17 ברזולוציה גבוהה.



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

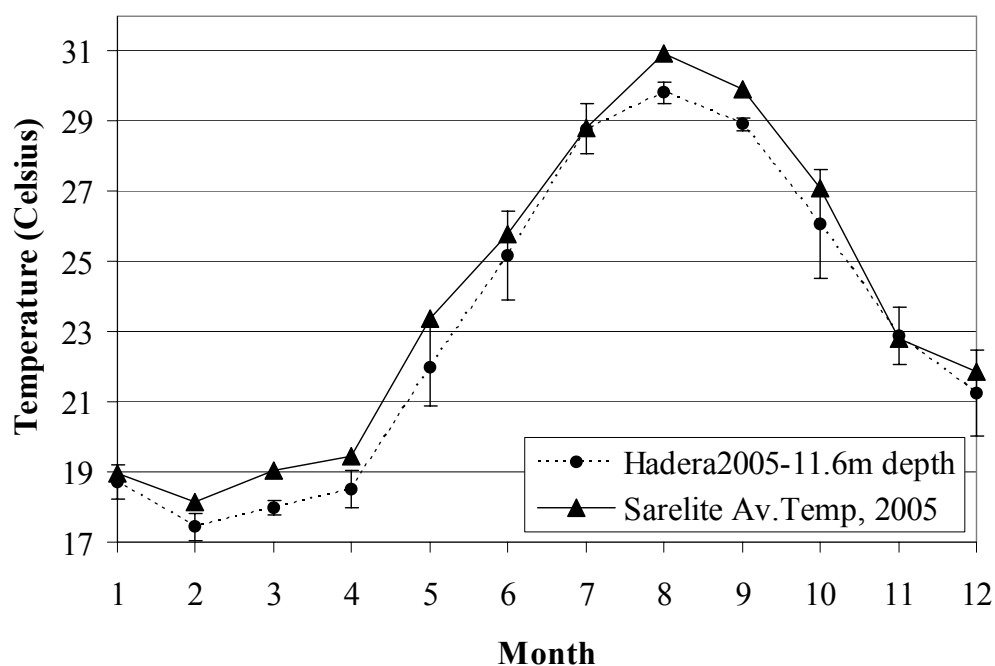
Product	Algorithm	Unit
TSM, Total suspended matter	FA4, Total suspended matter, Clark, MODIS SeaDAS 4.8.4	g/m ³
SST, Sea surface temperature	GG5, Sea surface temperature, MODIS SeaDAS 4.8.4	°C
SST, Sea surface temperature	GG4, Sea surface temperature, MODIS split window, SISCAL specific noise reduction	°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 במדף היבשת

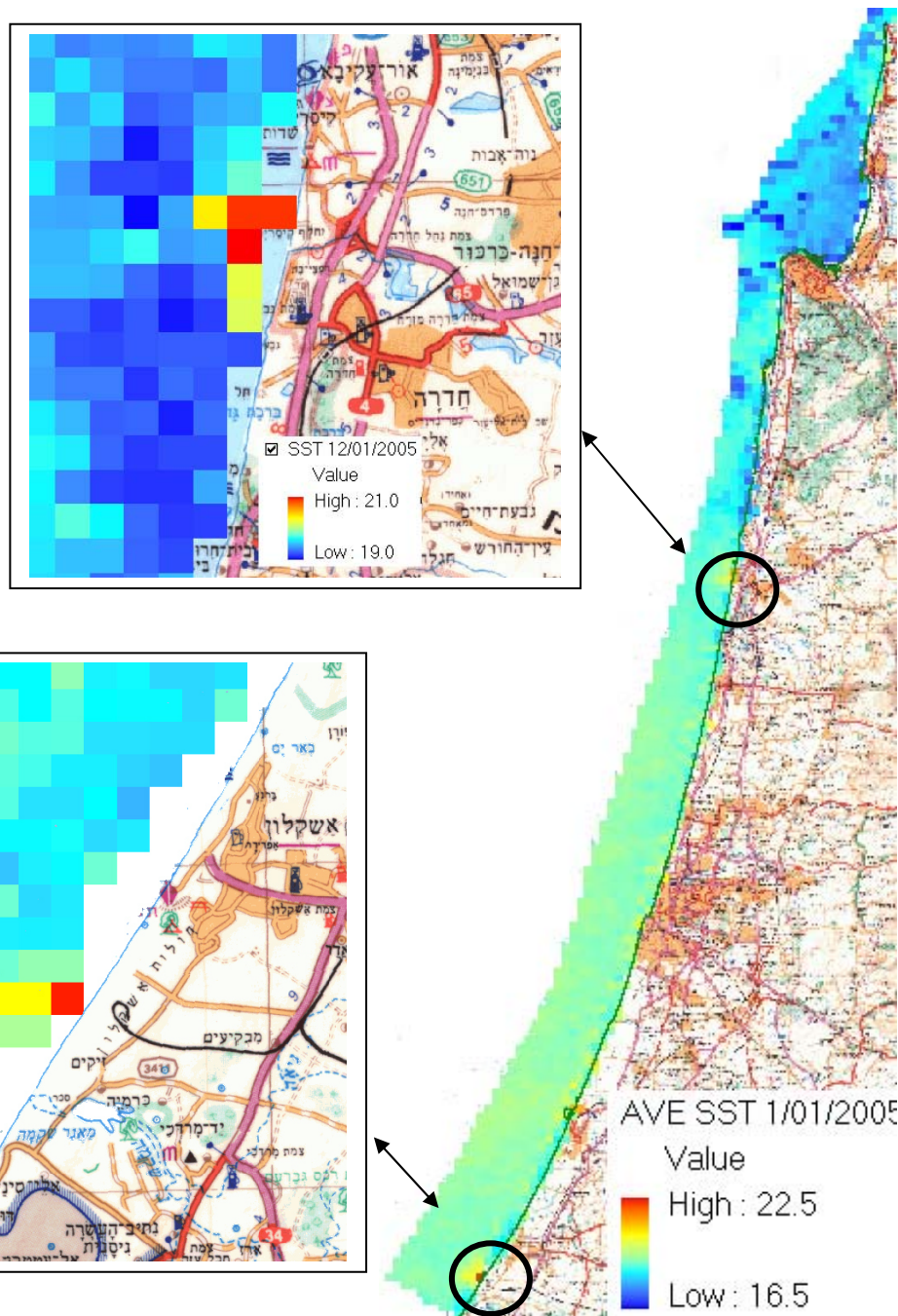
המיפוי של טמפרטורת פני המים (SST) בשנת 2005 התבסס על 72 צילומי לווייני MODIS מסוג Terra ו-Aqua שבהם הרזולוציה המרחבית היא 1x1 ק"מ ורזולוציית הטמפרטורה היא 0.1°C. לאחר כיוול האלגוריתם של SST למדף היבשת של ישראל ניתן היה לבצע:

- מיפוי סינופטי של מדף היבשת (עד 200 מטר עומק מים) ובניית ממוצעים חודשיים כדי לאפשר ניטור סינופטי ארוך טווח ולאתר חריגות/שינויים בעתיד.
- מיפוי באזורי מוצאים ימיים ותשתיות לאורך החוף כולל נמלים, תחנות כוח, מתקני התפלה ועוד (לאנומליות תרמיות יכולה להיות השפעה על הסביבה הימית כמו, לדוגמא, פריחת אצות ויצירת מוקדי התיישבות של מינים פולשים).

הטמפרטורה החודשית הממוצעת במדף היבשת חושבה בתוכנת EU-GIS. השינויים החודשיים מוצגים להלן. 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). הטמפרטורה הממוצעת המקסימלית במדף (31°C) נמדדה בחודש אוגוסט, ואילו הטמפרטורה הממוצעת המינימלית (18°C) נמדדה בחודש פברואר.



מיפוי ה-SST בסמוך למוצאים יבשתיים ומתקני תשתית מצביע על כך, שלחלק מהם יש השפעה על הסביבה הניתנת להבחנה גם ברזולוציה המרחבית היחסית נמוכה של הלוויין (1 ק"מ). לדוגמא, בממוצע החודשי בחודש ינואר 2005 (תמונה 2 להלן) ניתן לראות בברור את ההשפעה של תחנות הכוח בחדרה (12.1.05) ובאשקלון (8.1.05).



תמונה 2: מפת טמפרטורת פני הים הממוצעת לחודש ינואר 2005 (ימין), העיגולים השחורים מצביעים על תחנות הכוח בחדרה ובאשקלון. דוגמא להשפעת תחנות הכוח ניתן לראות במיפויים באזור אשקלון ב-8 בינואר ובאזור בחדרה ב-12 בינואר.

נספח 5: 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.

מטליתיונין - 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 כולל)	46	1.6
PCB's	180	23
PAH's	45,000	4000

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

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

חמצן מומס: $0 < \text{hypoxia} < 2 \text{ mg/l}$
 $\text{anoxia} = 0 \text{ mg/l}$
 $2 < \text{biological stress} < 5 \text{ mg/l}$

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

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