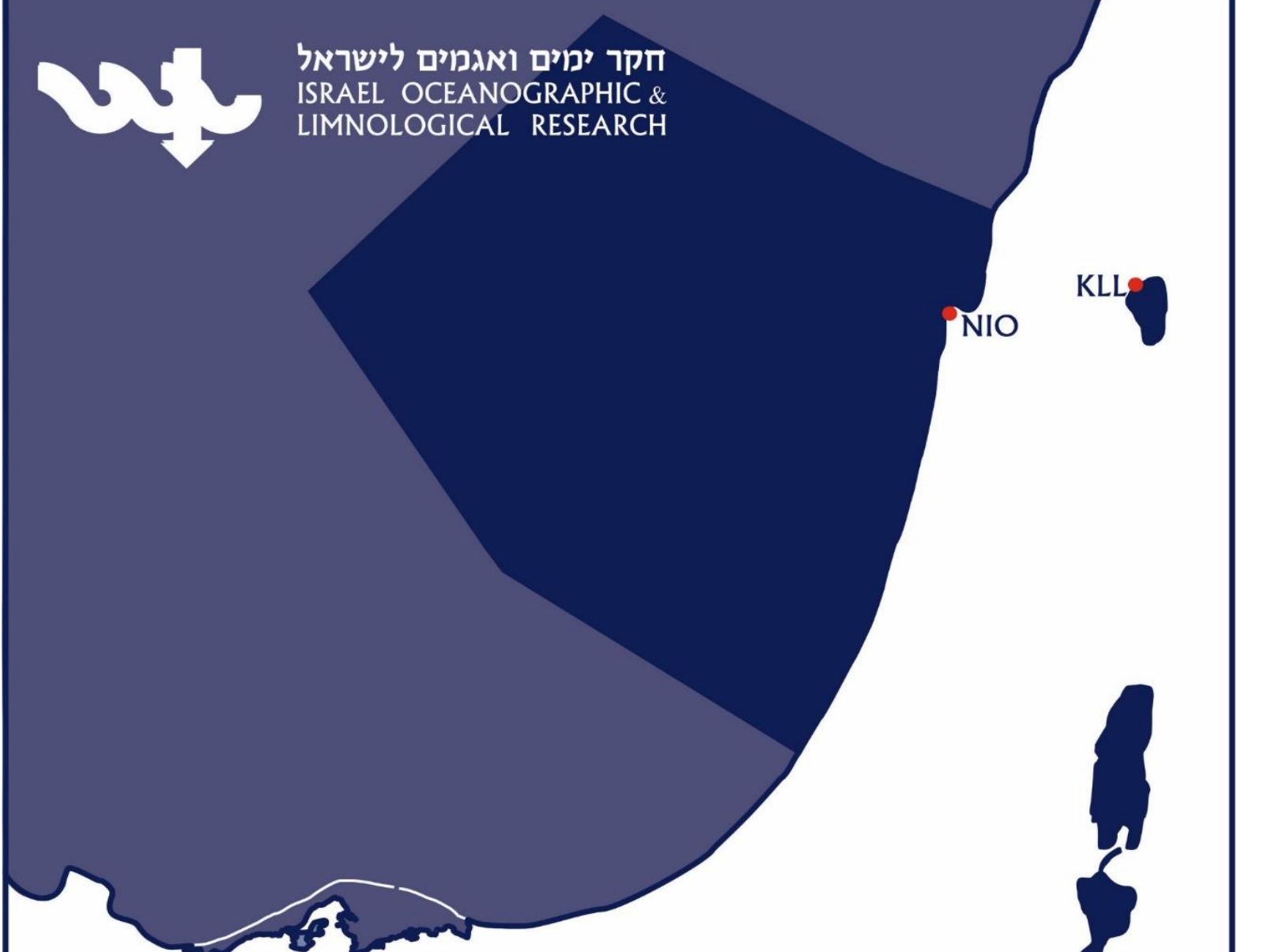




חקר ימים ואגמים לישראל
ISRAEL OCEANOGRAPHIC &
LIMNOLOGICAL RESEARCH



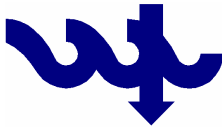
דו"חות חיא"ל IOLR REPORTS

תכנית הניטור הלאומית בים התיכון לשנת 2023

ניטור זיהום ים

דו"ח חיא"ל H18/2024

NCM



חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ (חל"צ) (PBC) Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd.
חיפה תל-שקמונה, ת"ד 9753, 3109701 Haifa, P.O.B. 9753, Tel-Shikmona,
פקס : 972-4-8511911 Fax: 972-4-8565200 טלפון :
<http://www.ocean.org.il>

תכנית הניטור הלאומית בים התיכון לשנת 2023

ניטור זיהום ים

דו"ח חיא"ל H18/2024

ברק חרות, יעל סגל, ג'ק סילברמן, ירון גרטנר, אייל רהב, גיא
סיסמה-ונטורה, גדעון טיבור

שותפים נוספים לדו"ח: אביב שכנאי, דבורה בורד, מריה אבו חדרה, דני לב, הגר
האוזנר, מיה מרמורי, נטשה בלקין

תכנית הניטור מוגשת
וועדת ההיגוי לניטור הלאומי בים תיכון
ניטור הנמלים והמעגנות מומן ע"י חיל הים/משרד הביטחון

יולי 2024

שם הדו"ח לצורך ציטוט:

Herut B., Segal Y., Silverman J., Gertner Y., Rahav E., Guy Sisma-Ventura G.,
Tibor G. (2024). The National Monitoring Program of Israel's Mediterranean waters
– Scientific Report on Marine Pollution for 2024, Israel Oceanographic and
Limnological Research, IOLR Report H18/2024.

* הדו"ח מיועד לשימוש הציבור וגופי הממשלה. לצורך פרסום מדעי של המידע המוצג יש לקבל אישור מראש מעורכי
הדו"ח.

נקודות עיקריות

- כ- 65% מהדגים החופיים המסחריים שנדגמו במפרץ חיפה מזוהמים בכספית וחורגים מהקו המנחה לבריאות הציבור. מומלץ לבחון הסיבות לעליה בריכוזי הכספית.
- הים העמוק באגן הלבנט מהווה "נקודה חמה" של זיהום בכספית. שם נמדדו ריכוזי כספית גבוהים (מעל התקן) ונצפית מגמת עליה בזמן בכרישים שנדגמו מן הים העמוק.
- רב שפכי נחלי החוף מזוהמים בחומרי דשן ועומס אורגני. חלה החמרה באיכות המים בשפך נחל הקישון (דרום מפרץ חיפה), שעלולה להוביל לפריחה של אצות רעילות.
- הזרמת ביוב גולמי לים ברצועת עזה גורמת לירידה באיכות מי הים בחלקו הדרומי של מדף היבשת הרדוד.
- קיים פוטנציאל של הסעת מזהמים אורגניים מאזור הדלתא של הנילוס. לבחינת הנושא מומלץ לקיים סקר משלים באזור הדרומי ביותר של המים הכלכליים.

תוכן עניינים:

שם הפרק	עמודים
פרק 1 – ניטור מזהמים בסדימנטים ימיים ושפכי נחלים.....	4
פרק 2 - מתכות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות.....	20
פרק 3 - ניטור כימי של מזהמים בבעלי חיים ימיים.....	29
פרק 4 - ניטור כימי של משקעים אטמוספיריים.....	41
פרק 5 - נוטריינטים וכלורופיל בנחלי החוף ובמדף היבשת הרדוד.....	46

פרק 1 - מזהמים בסדימנטים ימיים ושפכי נחלים

ממצאים עיקריים

- למרות מגמת ההפחתה של ריכוזי הכספית בסדימנטים במפרץ חיפה ביחס למצב בשנות ה-80' (בשני מוקדי הזיהום העיקריים: מפעל "התעשיות האלקטרוכימיות" (פרוטרום) בצפון, שנסגר בנובמבר 2004, ושפך נחל הקישון בדרום), הסדימנטים בחלקו הצפוני של המפרץ בניטור 2023, עד כ-4-3 ק"מ דרומית לעכו (איור 1.1), מראים דרגת זיהום בינונית של כספית, לפי הקריטריונים לאיכות סדימנטים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA) והמדד שאומץ ע"י אמנת ברצלונה. אמנם ריכוז הכספית בסדימנטים בצפון המפרץ פחת בפקטור של פי 3 לערך מאז שנות ה-80, אולם בשנים 2022-24 נמצאו ריכוזי הכספית חריגים מהתקן בדגים חופיים מצפון המפרץ (ראה פרק 3).
- ההפחתה בריכוזי הכספית בסדימנט פני השטח נראית בבירור בתחנות מס' 8 (3 מ' עומק מים) ו-9 (6 מ' עומק מים), הקרובות לאתר בו הייתה בעבר ההזרמה של שפכי "התעשיות האלקטרוכימיות" (איור 1.2), אולם החל מ-2012 ההפחתה נעצרה והריכוז התייצב בדרגת זיהום בינונית של כספית (גם בשנת 2023), לפי הקריטריונים לאיכות סדימנטים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב ואמנת ברצלונה.
- ריכוזי הכספית והקדמיום בסדימנטים בשפך נחל הקישון/דרום מפרץ חיפה (איור 1.4, תחנה 27) מייצגים מאז 2003 ערכים קרובים, אך קטנים מגבול הקריטריונים של NOAA להשפעות מזיקות. בשנת-2016 נמצאה עלייה בריכוז הכספית בערך גדול מ- ERL (השפעה מזיקה בינונית), שנבעה ככל הנראה מפעילות החפירה (וחשיפה של שכבות מזהמות בכספית) במסגרת בניית הנמל החדש, אך לא חזרה על עצמה. רמת הזיהום בכספית ובקדמיום ירדה מאז 1992 (באותה שנה אירע בקישון שיטפון גדול אשר הסיע לשפך הנחל כמויות גדולות של סדימנטים מזהמים). מהשינויים שנצפו בשנים 2012-2003 נראה שהירידה בריכוזי הקדמיום בשפך הנחל משמעותית יותר מהירידה 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). בשנים 2012 עד 2023 נצפית מגמת עליה של ריכוזי הקדמיום והכספית (איור 1.3), כמו גם של ריכוזי החומר האורגני בקרקעית (איור 1.4), שמקורם בנחל הקישון (לא נצפית מגמת עליה בתחנות במפרץ מחוץ לנמל החדש). מגמה זו קשורה ככל הנראה לשילוב של שינויים במשטר ההידרולוגי של הנחל ומוצאו הימי, פעולות החפירה ובניית הנמל החדש.

- מאז 1996 פחתו רמות העופרת בסדימנטים במפרץ חיפה ולאורך החוף. נתוני 2005 - 2007 מצביעים בד"כ על מגמת התייצבות ונתוני 2008 - 2013 על מגמת עלייה מסוימת. בשנים 2014 - 2023 נמשכת מגמת עליה קטנה בסדימנטים לאורך החוף (למעט בתחנה 18 מול שפך נחל שורק) וירידה בסדימנטים במפרץ חיפה, למעט עליה עד 2021 דרומית לעכו (תחנה 2) (איור 1.5). מגמה רב-שנתית זו משקפת את ההפחתה בפליטות העופרת כתוצאה מהמעבר לשימוש בדלקים דלי עופרת באירופה (סוף שנות ה-80), בישראל (אמצע שנות ה-90) ובמצרים (סוף שנות ה-90). השינויים במפרץ חיפה ביחס לאורך החוף דרומית למפרץ ייתכן וקשורים בתהליך הזנת החול שנעשה בשנים האחרונות ושינויים במשטר הסדימנטולוגי במפרץ.

- שינויים רב-שנתיים בריכוזי קדמיום ונחושת בסדימנטים בתחנה 23 (מול קריית ים) (איור 1.6) מראים מגמת ירידה משמעותית החל משנת 2000, שקשורה ככל הנראה להפחתה המשמעותית בהזרמת מתכות כבדות (במיוחד קדמיום) אל נחל הקישון החל משנת 2000 (רשות נחל הקישון, 2004). בשנים 2010-2011 נמדדה עלייה קטנה בריכוז הקדמיום, שייתכן שקשורה לפעילות חפירה בנמל, וירידה מסוימת/התייצבות ב- 2012 - 2023.

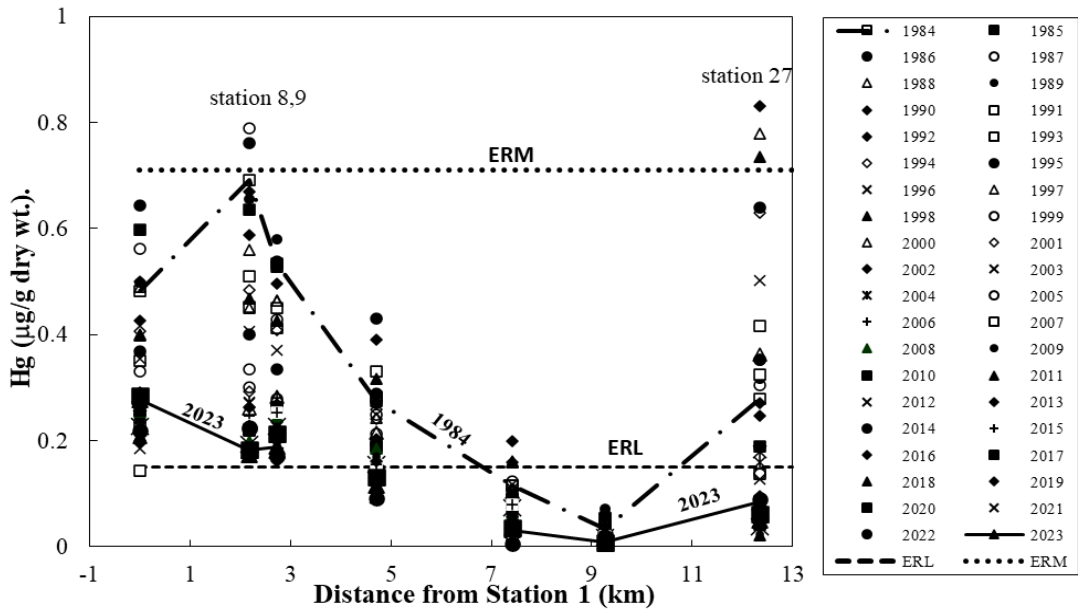
- בדומה לשנים קודמות, גם בשנת 2023 לא נמצאו ריכוזים חריגים של מתכות כבדות בסדימנטים הרדודים לאורך החוף דרומית למפרץ חיפה, למעט בכמה אתרים ממוקדים. ממצאים מפורטים של הניטור השנתי באזורי מוצאים ימיים לאורך החוף מוגשים למשרד להגנת הסביבה כחלק מהניטור האכפתי במסגרת היתרי הזרמה לים.

- תפוצת ריכוזי הכספית בסדימנטים במדף היבשת דרומית למפרץ חיפה (עומקי מים בין 10 ל- 90 מטר) מוצגת באיור 1.7, ומראה העשרה של ריכוזי כספית ככל שמתרחקים מהחוף. העשרה זו נובעת בעיקר כתוצאה מעליה במקטע הדק גרגר והפחתה בסדימנטציה של חלקיקי סדימנט שאינם מזוהמים בכספית.

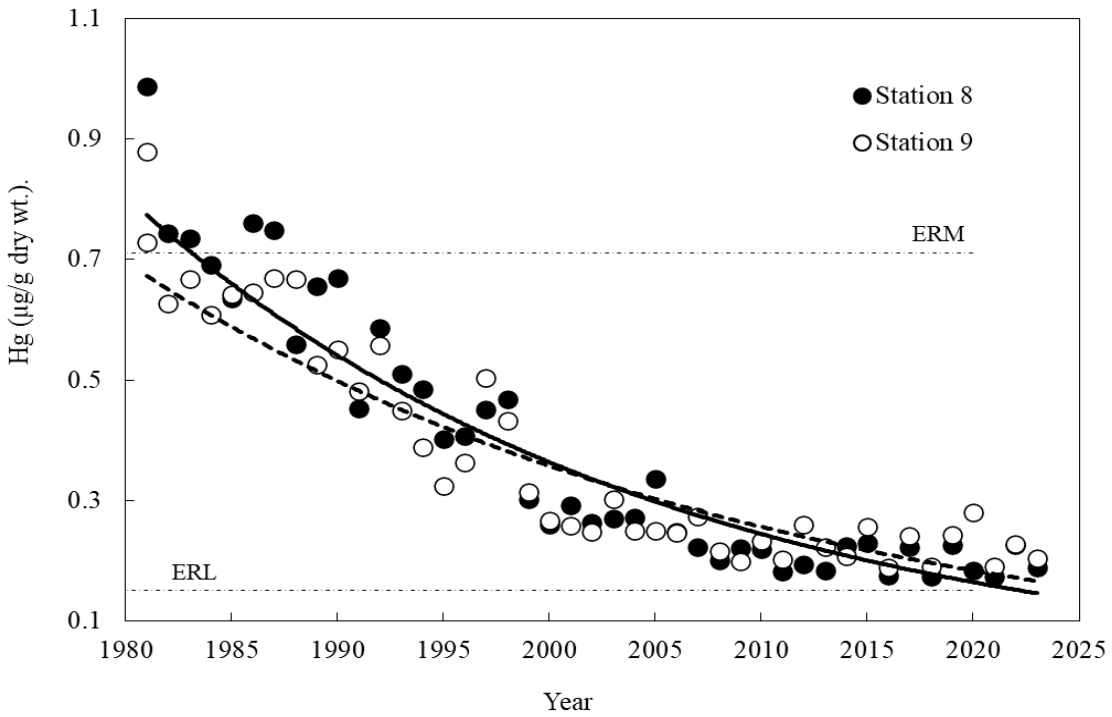
- הסדימנטים במרבית נחלי החוף בסמוך למוצאיהם לים מועשרים במתכות לעומת הסדימנטים במדף היבשת, במיוחד לעומת סדימנטים חוליים באזור הרדוד. אם נתעלם מהשפעות גודל הגרגר על ריכוז המתכות, הסיבות לכך הן כנראה הזרמת שפכים לנחלים וכמעט העדר זרימת מים טבעית בהם, פרט לשיטפונות בתקופת החורף.
- טבלה 1.1 ממינת את מצב הסדימנטים במורד נחלי החוף, עפ"י הקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA. בטבלה לא כלולים נחלים שבהם רמות הזיהום קטנות מ-ERL (בסוגריים ריכוזי המתכות ביחידות מיקרוגרם/גרם סדימנט יבש). בשנת 2023 לא נמצאו ריכוזים המייצגים דרגת זיהום גבוהה לפי הקריטריונים של NOAA. נמצאה רמת זיהום בינונית של נחושת, אבץ, ניקל וכרום בנחל חדרה; של ניקל וכרום בשפך נחל שורק ושל כספית בנחל נעמן (מקור העשרת הכספית כנראה זיהום שאריתי מהתקופה בה פעלו "התעשיות האלקטרוכימיות" הסמוכות לשפכו).
- ריכוזי כספית (ממוצעים וסטיות תקן) (איור 1.8), קדמיום (איור 1.9) ועופרת (איור 1.10) בשכבת השטח (0-0.5 ס"מ עליונים) ובשכבה 0.5-1 ס"מ מתחתיה, של קרקעית הים בתחנות הדיגום של הניטור הלאומי בים העמוק (2017-2023) מדגימות תבנית התנהגות של עליה משמעותית בריכוז לכיוון הים העמוק, המעידה על כך, שמקור דומיננטי של מתכות אלה הינו אטמוספרי. בהשוואת הריכוזים בין השכבות, ניתן לראות הבדלים משמעותיים של כספית, עופרת וקדמיום בתחנות המייצגות עומקי מים מעל 1700 מטר (H06, G04, G05) (גדולים מסטיות התקן). ניתן לפרש הבדלים אלה כהעשרה אנתרופוגנית, בעיקר ממקור אטמוספרי, הולכת וגוברת מאז תחילת המהפכה התעשייתית. תבנית זו והשונות בריכוזים משמשים כערכי ייחוס להערכת מידת ההעשרה של מתכות אלה כתוצאה מפעילות אנתרופוגנית מקומית (הטלת חומרי חפירה מהנמלים והמעגנות; הטלת עפר פחם בעבר; קידוחים בים העמוק ועוד).
- ריכוזי הכספית, העופרת והקדמיום בשכבת פני הקרקעית (0-0.5 ס"מ) בעומקי מים מעל 1150 מטר (תחנות H05;H06;G05;TA1100;TA1400 בשנים 2019-2023) מועשרים גם ביחס לשכבת סדימנט עמוקה יותר (9-10 ס"מ) המייצגת את התנאים טרם המהפכה התעשייתית (איור 1.11).

- באיור 1.12 מוצגים ריכוזי הבריום בשכבת השטח (0.5-0 ס"מ עליונים) ובשכבה 0.5-1 ס"מ מתחתיה, של קרקעית הים בתחנות הדיגום של הניטור הלאומי בים העמוק (2017-2023). מאיור זה ואיור 1.10 ניתן לראות שבשכבה העליונה ביותר יש ריכוזים גבוהים מאלה שבשכבות העמוקות יותר בתחנות העמוקות ביותר (TA1100, G05, G04, H06) ו-TA1400), ולפיכך ניתן לקבוע שאכן יש העשרה. לא ניתן להוציא מכלל אפשרות שהעשרה זו נובעת מהתפשטות של בוך קידוח (הכולל בריט – בריום סולפאט) במרחב הים העמוק מאתרי קידוח סמוכים.

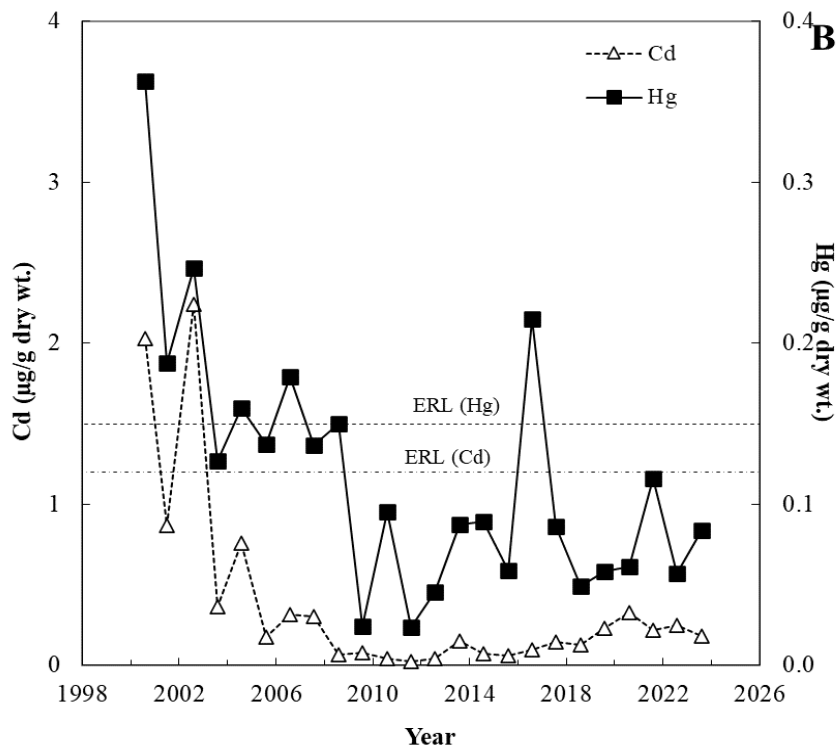
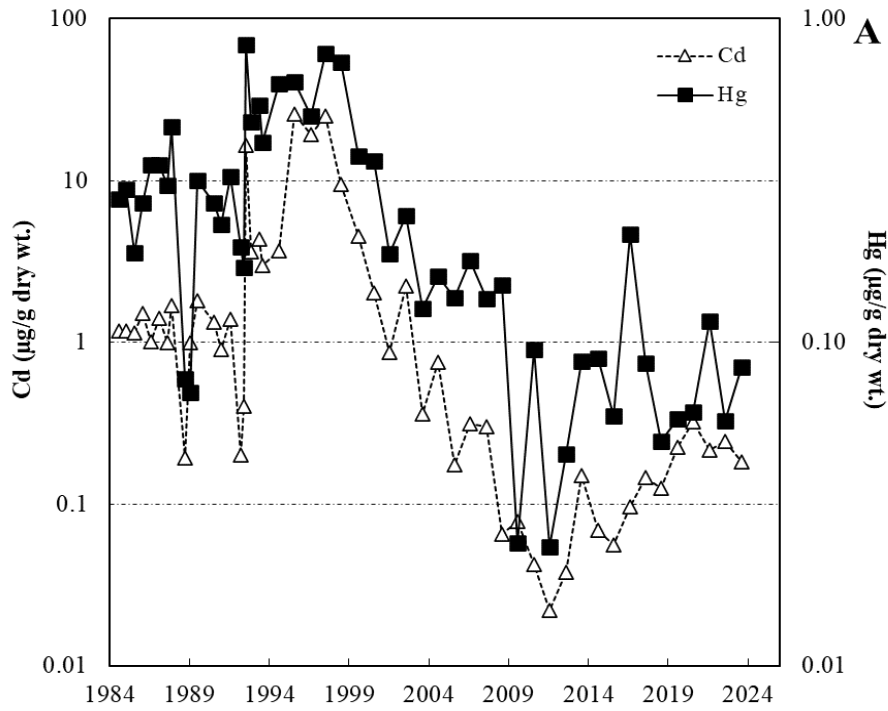
- באיור 1.13 מוצגים חומרים פוליציקלים ארומטיים (PAHs) בשכבת פני השטח של הסדימנט בשנים 2019 – 2023. מוצגת ההתפלגות באמצעות דיאגרמת קופסא והקשר בין הריכוז החציוני לבין עומק הקרקעית. ניתן לראות שנצפית העשרה בריכוזי ה-PAHs באזור מדרון היבשת והתחלת הבתיאל (בין 400 ל-1500 מטר עומק קרקעית). העשרה זו נובעת ככל הנראה משילוב של תרומה ממקורות אטמוספיריים ויבשתיים ותהליכי הסעה של חומר אורגני באמצעות משטר הזרמים באזור (איור 1.14). לאחרונה התפרסמו נתונים על ריכוזי PAHs בסדימנטים במדף היבשת של מצרים, המייצגים עומקי קרקעית בין 10 ל-90 מטר ומרחק של עד 44 ק"מ מהחוף (El-Maradny et al., 2023). אלה נמצאו גבוהים במעל 2 סידרי גודל מהריכוזים שנמדדו במסגרת הניטור הלאומי מול חופי ישראל. לפיכך, אין לשלול הסעה של חלקיקים מזוהמים ב-PAHs מאזור מדף היבשת המצרי לעבר המרחב הימי של ישראל, והצטברותו בעיקר באזור מדרון היבשת והתחלת הבתיאל (איור 1.14).



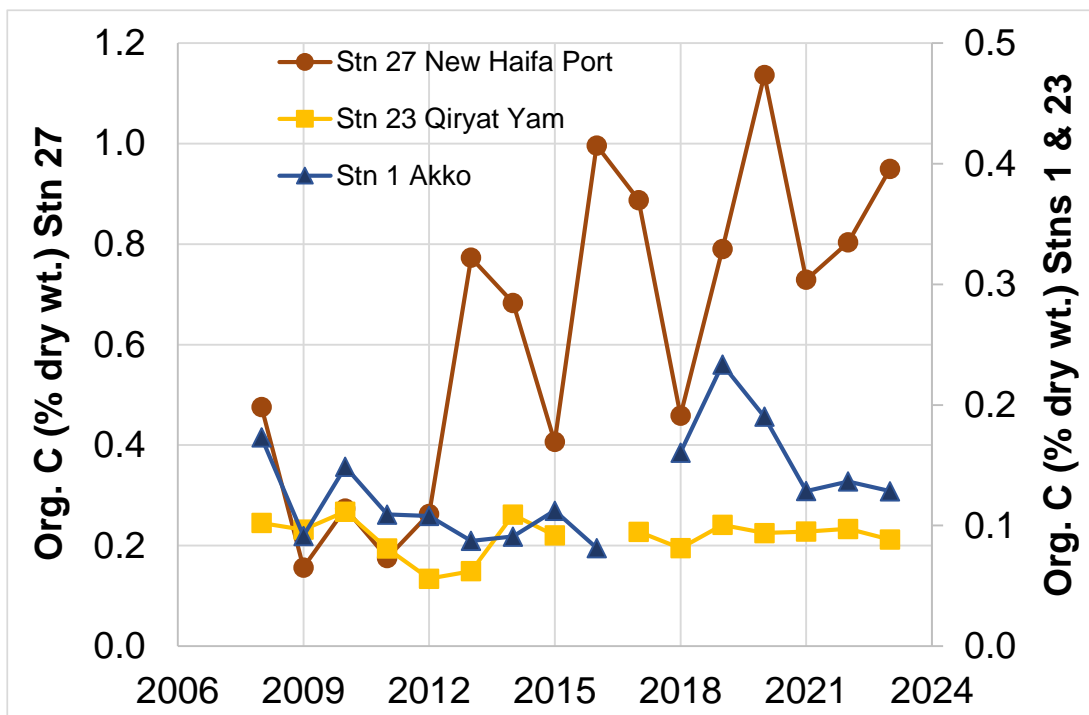
איור 1.1: ריכוזי כספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים באזור הרדוד של מפרץ חיפה בשנים 1984 - 2023.



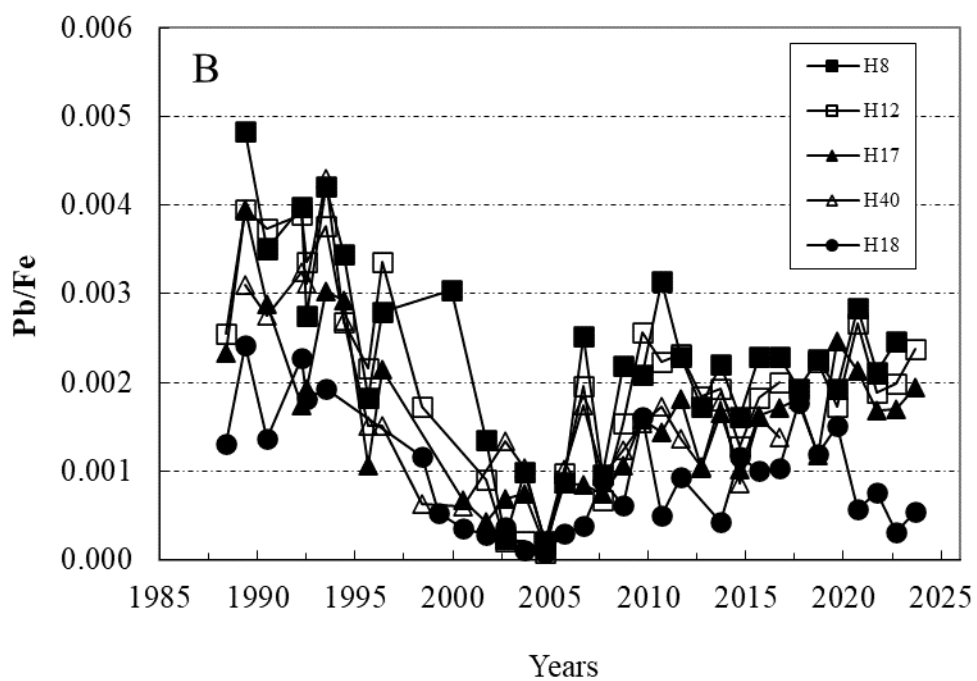
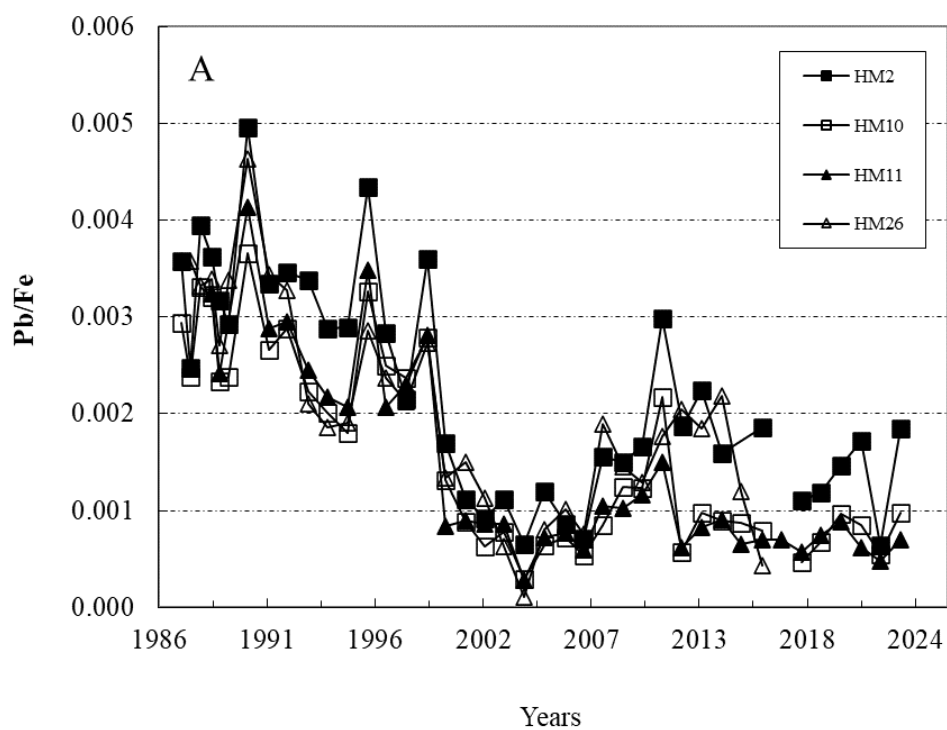
איור 1.2: ריכוזי כספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים בתחנות 8 ו-9 במפרץ חיפה (מול "התעשיות האלקטרוכימיות"), בעומקי מים של 3 ו-6 מ', בשנים 1981 - 2023.



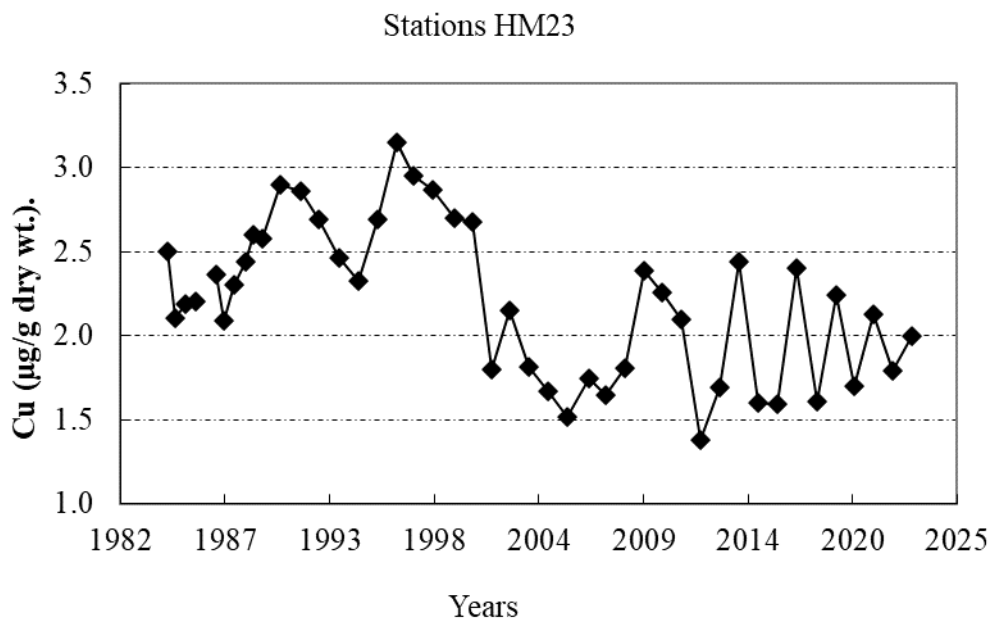
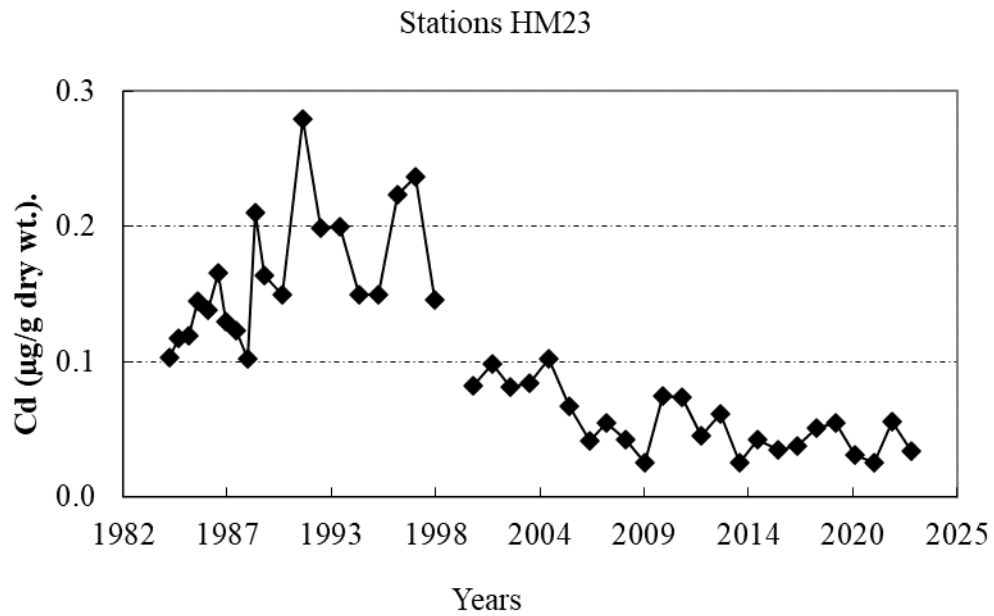
איור 1.3: ריכוזי קדמיום וכספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt.) בסדימנטים בשפך נחל הקישון (תחנה מס' 27) בשנים 1984 - 2021. (A) סקלה לוגריתמית; (B) סקלה ליניארית לשנים 1997 - 2023.



איור 1.4: ריכוזי חומר אורגני בסדימנט פני שטח (% dry wt.) בסדימנטים בשפך נחל הקישון (תחנה מס' 27), בתחנה 23 מול קריית חיים ובתחנה 1 דרומית לעכו, בשנים 2008 - 2023.



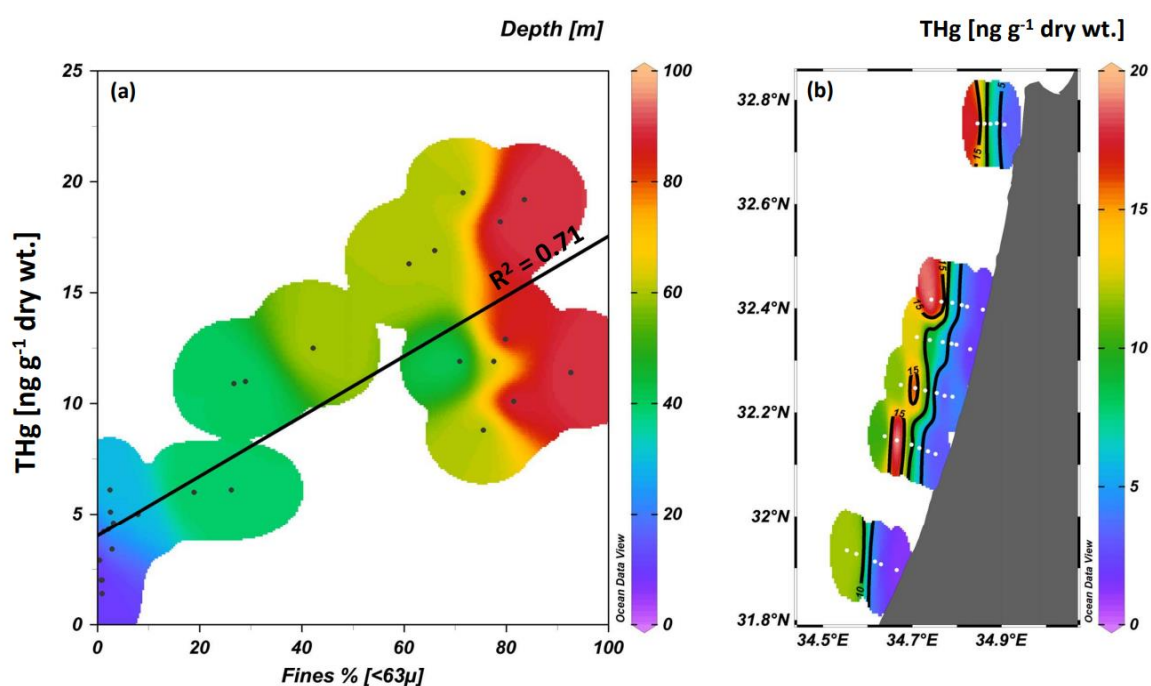
איור 1.5: מגמות ביחסי עופרת/ברזל בסדימנטים ממפרץ חיפה (A) ולאורך החוף (B) בשנים 1987 – 2023.



איור 1.6: שינויים רב-שנתיים בריכוזי נחושת וקדמיום בסדימנטים בתחנה HM23 מול קריית חיים בשנים 1988 – 2023.

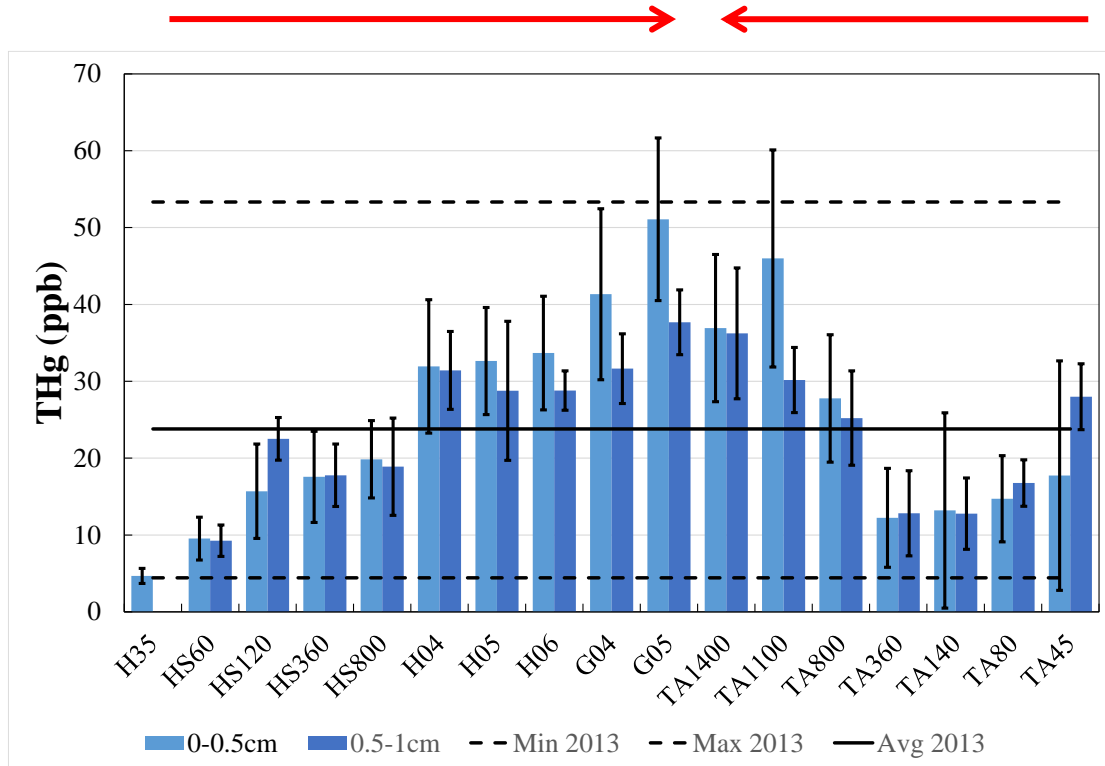
טבלה 1.1: מצב הסדימנטים במורד נחלי החוף, בהתאם לקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA בשנת 2023.

Cr (µg/g)	Ni (µg/g)	Pb (µg/g)	Zn (µg/g)	Cu (µg/g)	Cd (µg/g)	Hg (µg/g)	קריטריון
							ERM _≤
שורק (85) חדרה (98)	חדרה (28) שורק (23)		חדרה (183)	חדרה (50)		נעמן (0.18)	ERL - ERM

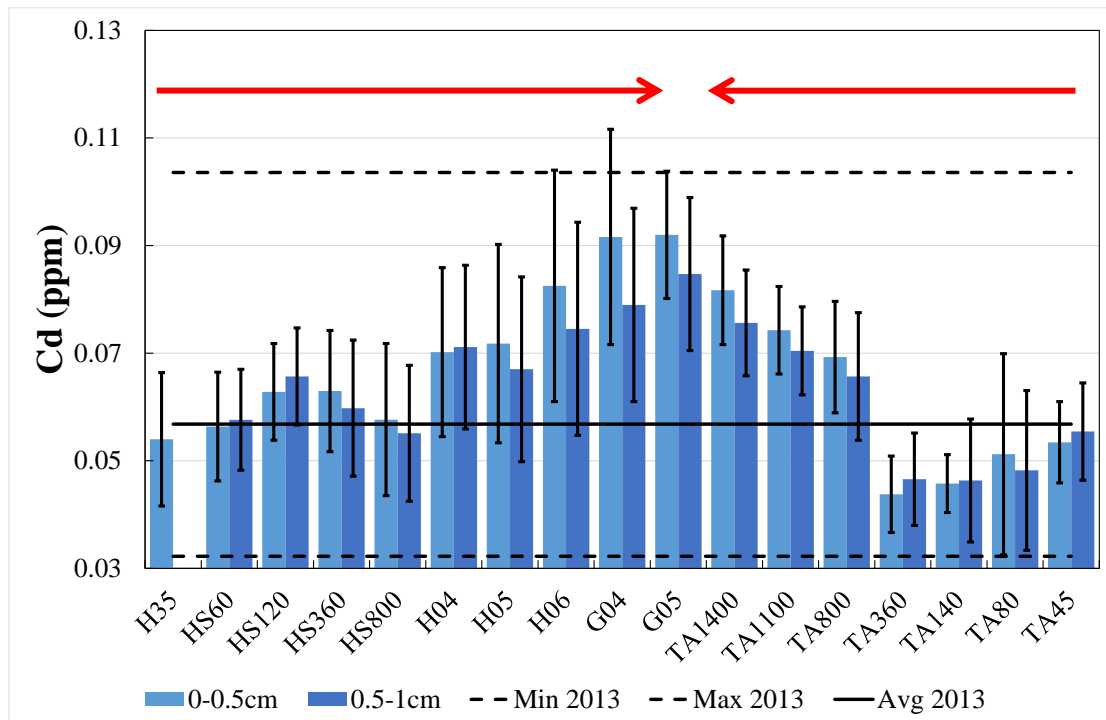


איור 1.7: יחסי גומלין בין ריכוזי כספית בסדימנט לבין גודל הגרגר (% המקטע הקטן מ-63 מיקרומטר) (a) ותפוצת ריכוזי הכספית בסדימנטים (פני שטח) במדף היבשת של ישראל בים התיכון דרומית למפרץ חיפה (עומקי מים בין 10 ל-90 מטר). הנקודות הלבנות מייצגות מיקום תחנות הדיגום. מקור:

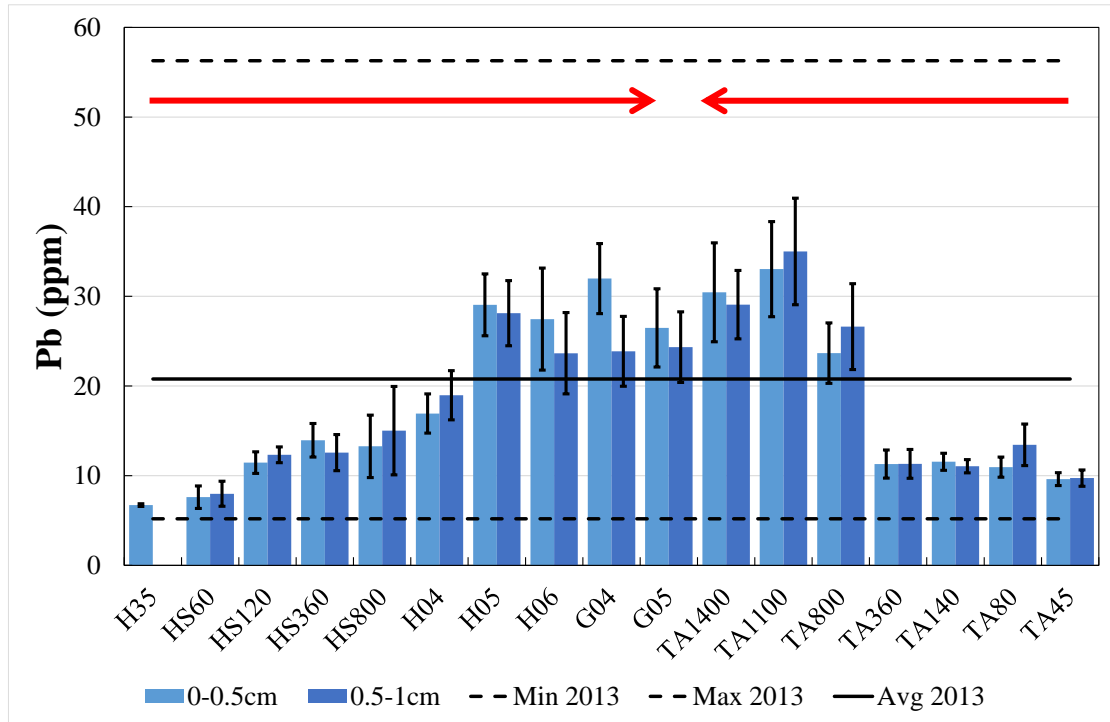
Sisma-Ventura, G., Silverman, J., Guy-Haim, T., Stern, N., Shachnai, A., Mori, M. M., ... & Herut, B. (2024). Accumulation of total mercury in deep-sea sediments and biota across a bathymetric gradient in the Southeastern Mediterranean Sea. *Chemosphere*, 351, 141201.



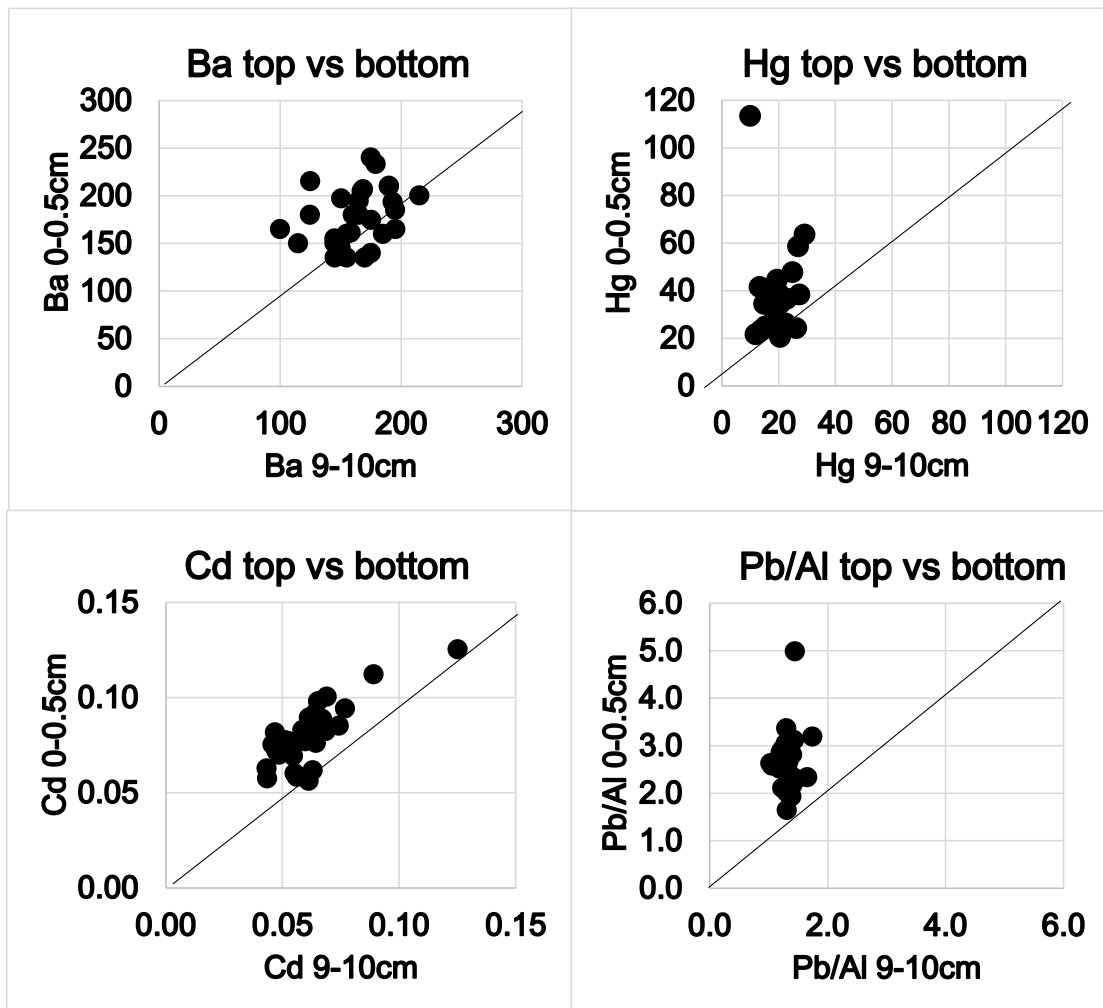
איור 1.8: ממוצעים וסטיות התקן של ריכוזי הכספית הכללית שנמדדו במהלך הניטור הלאומי בתחנות הדיגום לאורך חתך חיפה (רקע ירוק) וחתך מול תל אביב (רקע אדום). הריכוזים נמדדו בשכבת השטח 0-0.5 ו-0.5-1 ס"מ של הקרקעית שנדגמה. החיצים מייצגים את הכיוון מהתחנה הרדודה ביותר לתחנה העמוקה ביותר לאורך החתך (1900 מ' מול חיפה ו-1400 מ' מול ת"א). הקו האופקי הרצוף והקווים המקווקים השחורים מייצגים את הערך הממוצע ואת ערכי הקיצון של ריכוזי הכספית שנמדדו בשכבה 0-1 ס"מ של הקרקעית ב-52 תחנות שנדגמו בכל רחבי המים הכלכליים של מדינת ישראל מעבר לקצה מדף היבשת בסקר הרקע 2013.



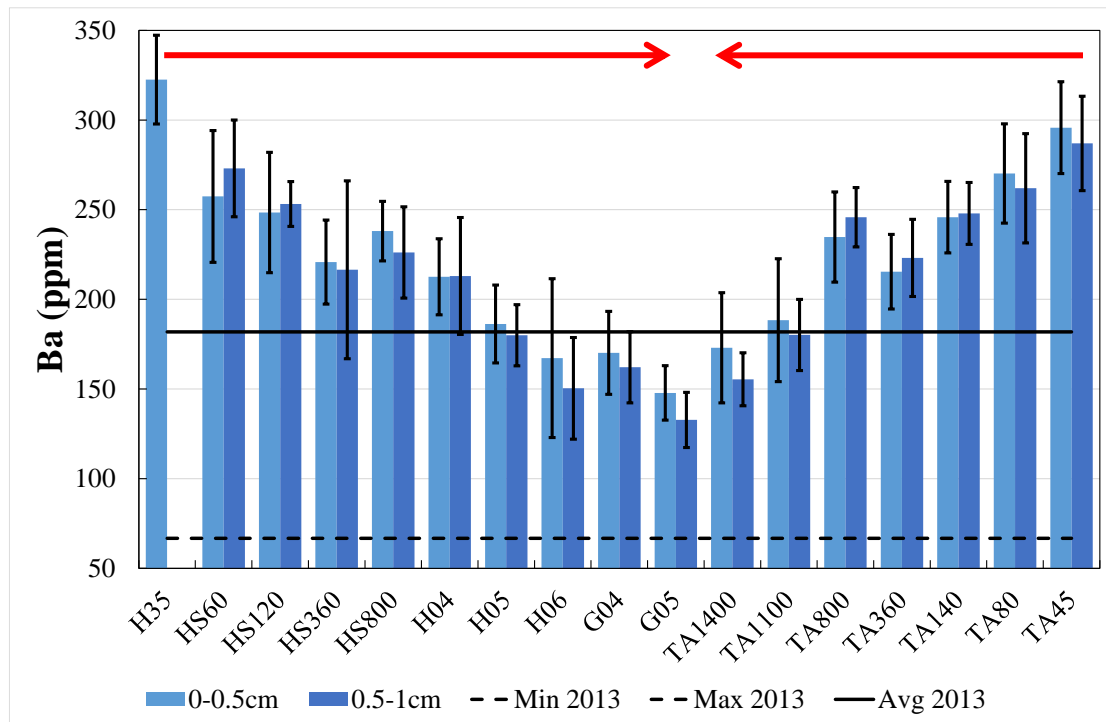
איור 1.9: ממוצעים וסטיות התקן של ריכוזי הקדמיום שנמדדו במהלך הניטור הלאומי -2017. בתחנות הדיגום לאורך חתר חיפה (רקע ירוק) וחתך מול תל אביב (רקע אדום). הריכוזים נמדדו בשכבת השטח 0-0.5 ו-0.5-1 ס"מ של הקרקעית שנדגמה. החיצים מייצגים את הכיוון מהתחנה הרדודה ביותר לתחנה העמוקה ביותר לאורך החתר (1900 מ' מול חיפה ו-1400 מ' מול ת"א). הקו האופקי הרצוף והקווים המקווקים השחורים מייצגים את הערך הממוצע ואת ערכי הקיצון של ריכוזי הקדמיום שנמדדו בשכבה 0-1 ס"מ של הקרקעית ב-52 תחנות שנדגמו בכל רחבי המים הכלכליים של מדינת ישראל מעבר לקצה מדף היבשת בסקר הרקע 2013.



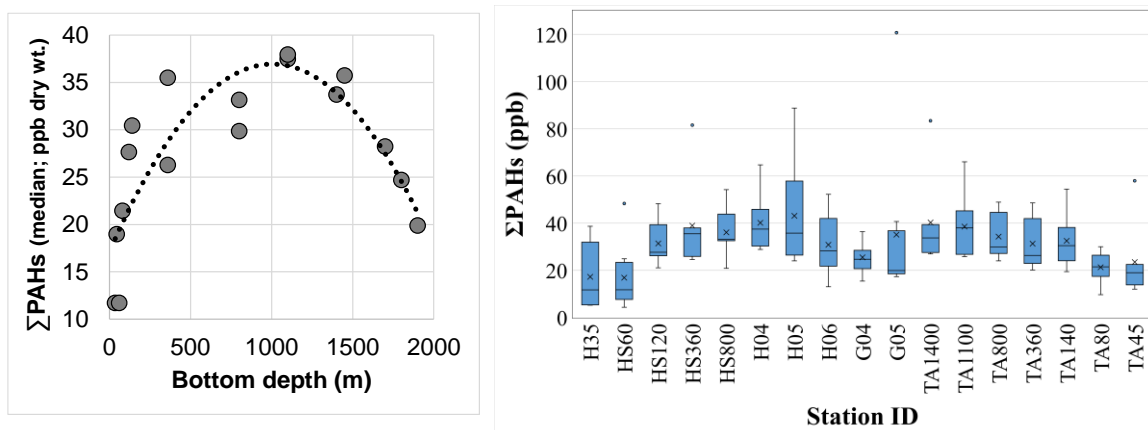
איור 1.10: ממוצעים וסטיות התקן של ריכוזי העופרת שנמדדו במהלך הניטור הלאומי - 2017-2023 בתחנות הדיגום לאורך חתך חיפה (רקע ירוק) וחתך מול תל אביב (רקע אדום). הריכוזים נמדדו בשכבת השטח 0-0.5 ו-0.5-1 ס"מ של הקרקעית שנדגמה. החיצים מייצגים את הכיוון מהתחנה הרדודה ביותר לתחנה העמוקה ביותר לאורך החתך (1900 מ' מול חיפה ו-1400 מ' מול ת"א). הקו האופקי הרצוף והקווים המקווקים השחורים מייצגים את הערך הממוצע ואת ערכי הקיצון של ריכוזי העופרת שנמדדו בשכבה 0-1 ס"מ של הקרקעית ב-52 תחנות שנדגמו בכל רחבי המים הכלכליים של מדינת ישראל מעבר לקצה מדף היבשת בסקר הרקע 2013.



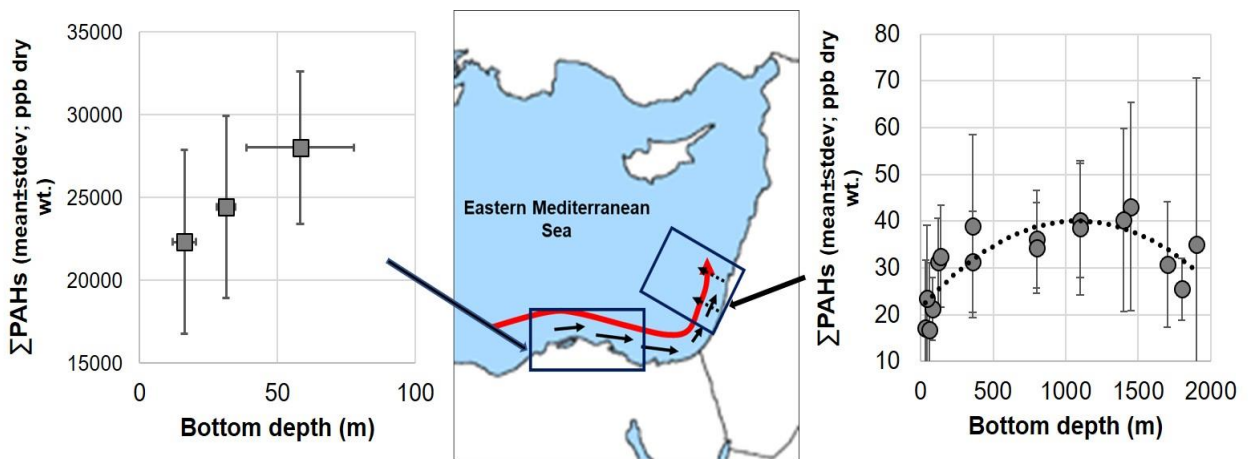
איור 1.11: יחסי הגומלין בין ריכוזי כספית, קדמיום, עופרת (כ- Pb/Al_2O_3) ובריום בין שכבת הסדימנט העליונה ביותר (0-0.5 ס"מ) לבין שכבה עמוקה יותר (9-10 ס"מ, המייצגת התנאים טרם המהפכה התעשייתית) בתחנות הים העמוק בין 1170 ל-1900 מטר עומק מים (תחנות TA1400 ו-TA1100, G05, G04, H06) בשנים 2019-2023.



איור 1.12: ממוצעים וסטיות התקן של ריכוזי הבריום שנמדדו במהלך הניטור הלאומי -2017 בתחנות הדיגום לאורך חתך חיפה (רקע ירוק) וחתך מול תל אביב (רקע אדום). הריכוזים נמדדו בשכבת השטח 0-0.5 ו-0.5-1 ס"מ של הקרקעית שנדגמה. החיצים מייצגים את הכיוון מהתחנה הרדודה ביותר לתחנה העמוקה ביותר לאורך החתך (1900 מ' מול חיפה ו-1400 מ' מול ת"א). הקו האופקי הרצוף והקווים המקווקים השחורים מייצגים את הערך הממוצע ואת ערכי הקיצון (מחוץ לגרף, 532 ppm) של ריכוזי הבריום שנמדדו בשכבה 0-1 ס"מ של הקרקעית ב-52 תחנות שנדגמו בכל רחבי המים הכלכליים של מדינת ישראל מעבר לקצה מדף היבשת בסקר הרקע 2013.



איור 1.13: התפלגות דיאגרמת קופסא (ימין) וריכוז חציוני (שמאל) של חומרים פוליציקליים ארומטיים (PAHs) בשכבת פני השטח של הסדימנט בשנים 2019 – 2023. הקו המקווקו (ימין) מייצג עקומת פוליון ממעלה שניה ביחסי הגומלין בין הריכוז החציוני לעומק הקרקעית.



איור 1.14: ריכוזים ממוצעים וסטיות התקן של חומרים פוליציקלים ארומטיים (PAHs) בשכבת פני השטח של הסדימנט במרחב הימי של ישראל (ימין) ובמדף היבשת של מצרים (שמאל), מייצג עומקי קרקעית עד עומק 90 מטר במרחק של עד 44 ק"מ מהחוף. המפה במרכז מייצגת את אזורי הדיגום (מרובעים שחורים) ומשטר הזרמים (חיצים בשחור ואדום, Schattner et al., 2015). מקור הנתונים ממצרים: El-Maradny, A., Radwan, I. M., Amer, M., Fahmy, M. A., Mohamed, L. A., & Ibrahim, M. I. (2023). Spatial distribution, sources and risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in the surficial sediments of the Egyptian Mediterranean coast. *Marine Pollution Bulletin*, 188, 114658.

פרק 2 - מתכות ומזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות

פרק זה מציג ממצאים מניטור שבוצע עבור חיל הים/משרד הביטחון בו נבדקו מתכות כבדות ומזהמים אורגניים במים ובסדימנטים בנמלים ובמעגנות לאורך חוף הים התיכון של ישראל.

ממצאים עיקריים

איכות מי הים בנמלים ובמעגנות

- ריכוזי המתכות הכבדות במים (ריכוזים מומסים) היו בד"כ קטנים מסף הגילוי. ריכוזי כל המתכות הכבדות היו קטנים מערכי התקן הסביבתי, מערכי תקן מי השתייה של ישראל (תקנות בריאות העם - איכות התברואה של מי שתייה תשל"ד 1974, נוסח משולב התש"ס 2000) או של הסוכנות להגנת הסביבה של ארה"ב (EPA), ומהתקנים לאיכות מי ים (ריכוזים מומסים בהם לא צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי כתוצאה מחשיפה מתמשכת), המומלצים ע"י המשרד להגנת הסביבה או ע"י ה-EPA.
- ריכוזי פורמאלדהיד במים נמצאו קטנים מערכי סף הגילוי האנליטי (0.1 mg/L).
- ריכוזי התרכובות הנדיפות שנמצאו במים היו קטנים מסף הגילוי האנליטי (> 0.05- 100 ug/L) למעט החומר מתיל כלוריד במספר תחנות: מרינה הרצליה, מרינה ת"א, נמל אשדוד, מרינה אשקלון, מעגן קצא"א. כללית, הריכוזים קטנים מערכים בהם צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי.
- כל ריכוזי המיקרו מזהמים האורגניים הנדיפים למחצה (PAH's) במים נמצאו קטנים מערכים בהם צפויה פגיעה בלתי קבילה באוכלוסיית החי הימי (ערכים מומלצים ע"י מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב - NOAA).
- ריכוזי התרכובת האורגנית של בדיל, Tributyltin (TBT) ו/או תוצרי הפירוק שלה DBT) Dibutyltin ו-MBT) Monobutyltin נמצא (לפי סדר יורד) בתחנות: מעגן עכו < נמל חיפה = מרינה ת"א < מרינה אשקלון. בתחנות אלה הריכוז דומה או גדול מהתקן לאיכות מי ים (2 ng/L) המומלץ ע"י המשרד להגנת הסביבה, אולם קטן מהתקן לאיכות מי ים של הסוכנות להגנה על הסביבה של ארה"ב (EPA 10 ng/L).
- נצפתה מגמת ירידה לערכים נמוכים בשנים 2011-2014 והתייבבות על ערכים קטנים מסף הגילוי האנליטי משנת 2014 והילך, כפי שהיינו מצפים כביטוי לפעולות שנקטו ע"י הרשויות להפסקת השימוש בישראל בצבעים לכלי שייט המכילים TBT. יחד עם זאת הסדימנטים בנמלים עדיין מכילים ריכוזים גדולים יחסית של TBT כמפורט להלן.
- ריכוזי חומרים מקבוצת ה-PCB's ורוב חומרי ההדברה האורגנוכלוריים במים היו מתחת לסף הגילוי של הבדיקות, למעט לגבי חומר ההדברה Diuron שנמצא במספר

תחנות בריכוזים נמוכים (סדר יורד): במרינות אשקלון, הרצליה, ת"א, מעגן עכו ובנמל חיפה.

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

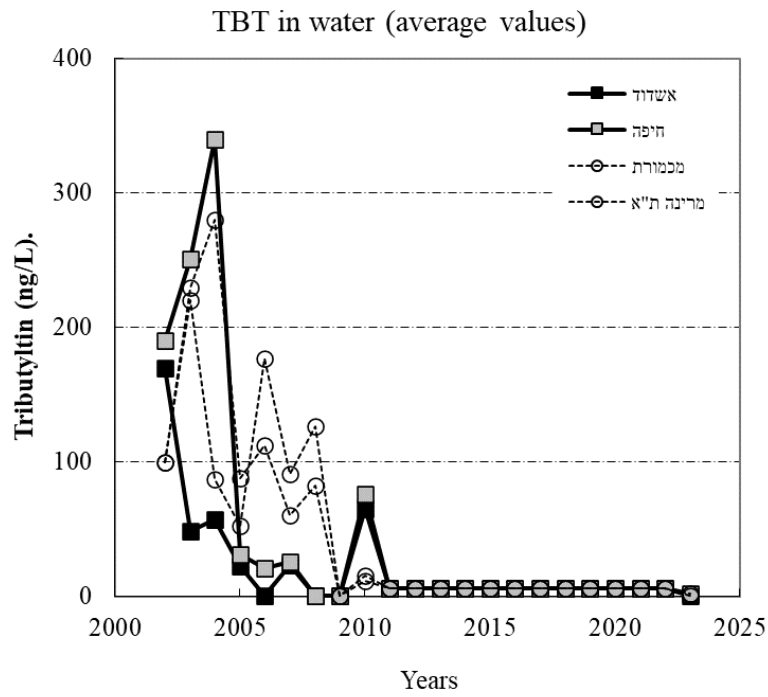
איכות הסדימנטים בנמלים ובמעגנות

- רמות הזיהום של הסדימנטים במתכות ובמזהמים אורגניים בנמלים ובמעגנות נבחנו עפ"י הקריטריונים לאיכות סדימנטים של NOAA ומוצגים בטבלה 2.1.
- בשנת 2023 רמת זיהום גבוהה של ארסן בסדימנטים במרינה ת"א ונמל היובל (כך גם נמצא בשנת 2022), של עופרת בנמל אשדוד וניקל בנמלי חיפה ואשדוד, ורמות זיהום בינוניות של רב המתכות הכבדות נמצאו בנמלי חיפה ואשדוד, במספר מרינות ומעגן עכו כמפורט בטבלה 2.1.
- איור 2.3 מציג נתונים רב-שנתיים (בשנים 2000 – 2023) של מתכות כבדות (כספית, קדמיום, ניקל, נחושת וכרום) בסדימנטים בתחנות נבחרות שנדגמו בנמלים ובמעגנות. בנמל חיפה במהלך 2 עשורים ירידה אקספוננציאלית בריכוזי הקדמיום. מגמת ירידה בכספית בשנים 2007-2012 ואח"כ התייצבות/עליה קלה עד 2023. בהתאם, שינויים בריכוזי המתכות בחמש השנים האחרונות מראים מגמה מתונה של ירידה בקדמיום ועליה בכספית. בנמל אשדוד מגמת הפחתה אקספוננציאלית ברמת הזיהום של כרום, נחושת, ניקל, כספית וקדמיום במהלך שני העשורים האחרונים עם שינויים/עליה מסוימת בשנים האחרונות. במעגנות לאורך החוף, מגמת עליה רב-שנתית של נחושת, ניקל וכרום במספר מרינות (הרצליה, ת"א, אשדוד, מעגן חדרה) שנקטעת בגלל חפירות העמקה. אין מגמה ברורה לגבי כספית וקדמיום.
- בשנת 2023 לא נמצאו שאריות של חומרי הדברה אורגנוכלוריים מעל גבול הגילוי האנליטי, למעט החומרים Diuron, Diflufenican ו-Diphenylamine בעיקר בנמל ומרינה אשדוד ו-DDT במרינה ת"א ובנמל אשדוד. במעגן עכו נמצא ריכוז חריג בחומר ההדברה האסור לשימוש בשם Hexachlorobenzene.
- זיהום משמעותי של TBT ונגזרותיו בסדימנטים ($< 100\text{ ng/g}$) נמצא בתחנות: מעגן עכו $<$ נמל חיפה $<$ מרינה ת"א $<$ מעגן חדרה (97) $<$ נמל אשדוד (85), וערכים גבוהים יחסית במרינה הרצליה (איור 2.4). נתונים רב-שנתיים של ריכוזי TBT בסדימנטים בנמלים ובמעגנות מראים מגמת ירידה בנמלים חיפה ואשדוד, אולם ב-2023 עדיין נמדדת רמת זיהום גבוהה (איור 2.4). למרות שבמים ריכוזי ה-TBT היו קטנים, היחס של Tributyltin/Dibutyltin בסדימנטים בנמלים ובמעגנות רבות מלמד שעדיין קיים זיהום טרי יחסית.

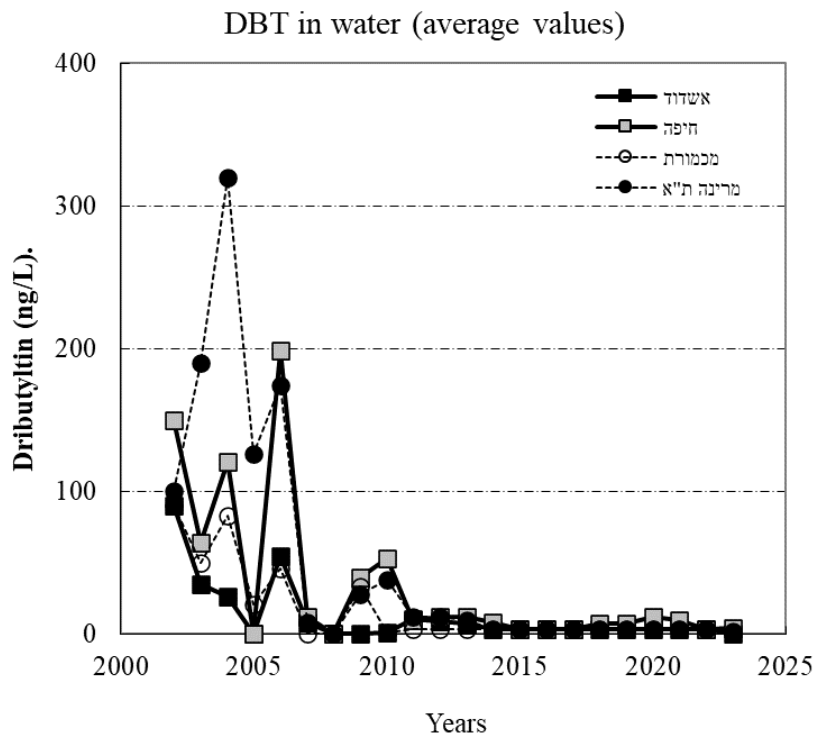
- ריכוזי הביפנילים מותמרי כלור (PCB's) היו קטנים מסף הגילוי האנליטי בשנת 2023, למעט נוכחות של חלק מה- PCBs במעגנות עכו וחדרה, נמלי חיפה ואשדוד, ומרינה ת"א. במעגן עכו ונמלי חיפה ואשדוד הריכוזים מראים זיהום בינוני, מעל ערכי ERL, איור 2.5.
- כללית רוב החומרים הפוליציקלים הארומטיים (PAHs) נמצאו מתחת לגבול הגילוי האנליטי. יחד עם זאת בחלק מהתחנות נמדדו מספר חומרים מעל גבול הגילוי. במעגן עכו (בדומה לשנת 2022) נמצאו הכי הרבה חומרים המעידים על זיהום מסוים בשמן (נגזרות נפט).
- ריכוזי התרכובות הנדיפות בסדימנט נמצאו קטנים מסף הגילוי האנליטי ($0.2-100 >$ ננוגרם/גרם יבש או רטוב), למעט החומר למעט החומר Dichloromethane במעגן חדרה, נמל חיפה ונמל אשדוד-היובל.
- ריכוז הדיאוקסינים בסדימנטים היו מתחת או דומים לסף הגילוי של הבדיקה, למעט סימנים (ריכוז נמוך ביותר, לא כמותי) בנמל חיפה ומעגן עכו.

טבלה 2.1: מצב הסדימנטים בנמלים ובמעגנות ביחס לקריטריונים של NOAA בשנת 2023.

	Hg	Ag	As	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	DDT	PCB's
>ERM			מרינה ת"א, נמל היובל				נמל אשדוד	נמל חיפה, נמל אשדוד		נמל הכרמל	
>ERL <ERM	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה				עכו-קציני ים, נמל חיפה, מעגן חדרה, נמל אשדוד, מעגן קצא"א	מעגן עכו, נמל חיפה, מרינה הרצליה, נמל מרינה ת"א, נמל אשדוד, מרינה אשדוד		מעגן עכו, נמל חיפה, מעגן חדרה, מרינה הרצליה	נמל חיפה, נמל אשדוד	מרינה ת"א, נמל אשדוד	מעגן עכו, נמל חיפה, נמל אשדוד
<ERL	נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מרינה מכמורת, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, נמל היובל, מול נחל אשדוד, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מרינה מכמורת, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, נמל היובל, מול נחל אשדוד, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מרינה מכמורת, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, נמל היובל, מול נחל אשדוד, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מרינה מכמורת, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, נמל היובל, מול נחל אשדוד, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מרינה מכמורת, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, נמל היובל, מול נחל אשדוד, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	עכו-קציני ים, עתלית, מעגן מיכאל, מרינה מכמורת, הרצליה דרום, נמל אשדוד, נמל היובל, מול נחל אשדוד, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מרינה מכמורת, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, נמל היובל, מול נחל אשדוד, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מרינה מכמורת, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, נמל היובל, מול נחל אשדוד, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מרינה מכמורת, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, נמל היובל, מול נחל אשדוד, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	מעגן עכו, עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מרינה מכמורת, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, נמל היובל, מול נחל אשדוד, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג	עכו-קציני ים, נמל חיפה, עתלית, מעגן מיכאל, מעגן חדרה, מרינה מכמורת, הרצליה דרום, מרינה ת"א, נמל אשדוד, נמל היובל, מול נחל אשדוד, מרינה אשדוד, מעגן אשקלון, מוצאים קצא"א, רוטנברג

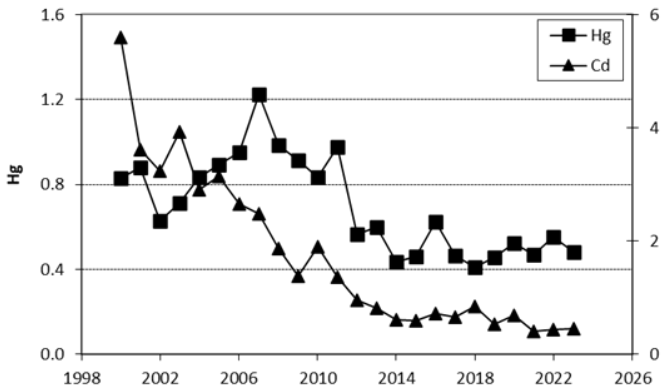


איור 2.1 מגמות השתנות של ריכוזי מזהמים TBT במים בשנים 2002 - 2023.

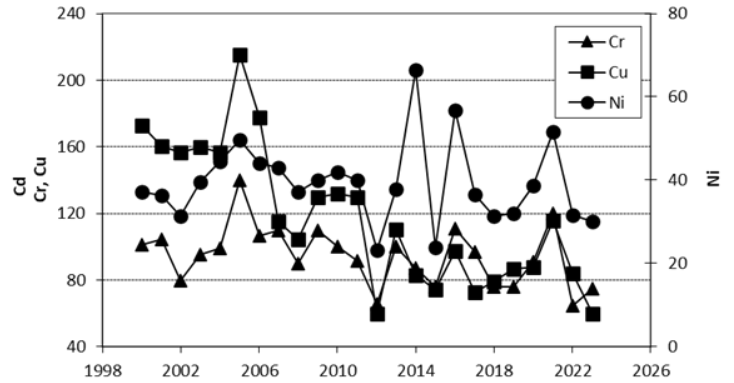


איור 2.2: מגמות השתנות של ריכוזי מזהמים DBT במים בשנים 2002 - 2023.

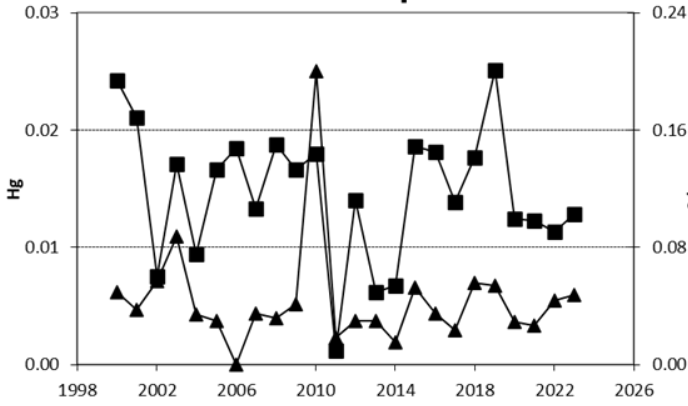
נמל חיפה



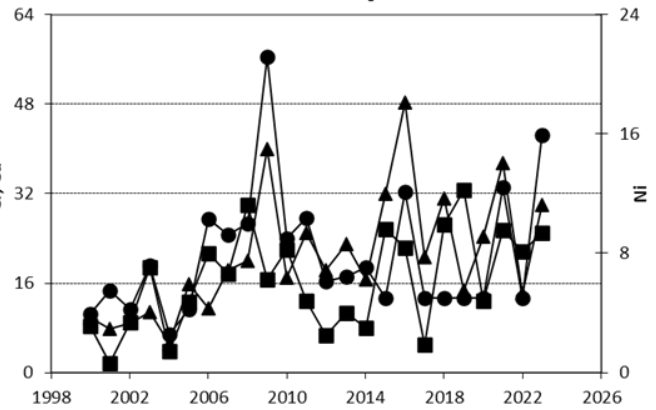
נמל חיפה



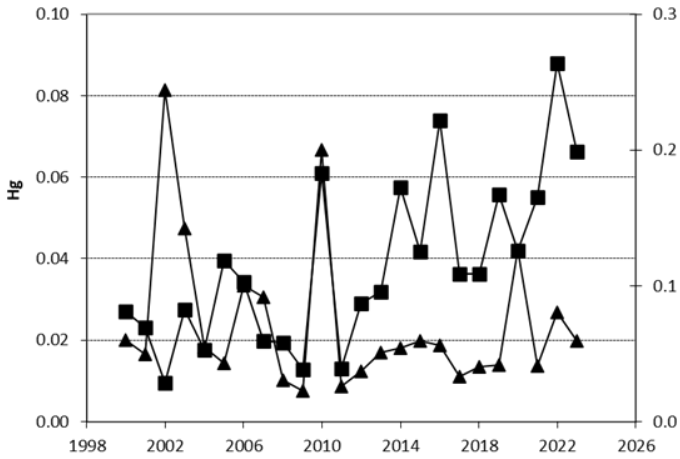
מעגן מכמורת



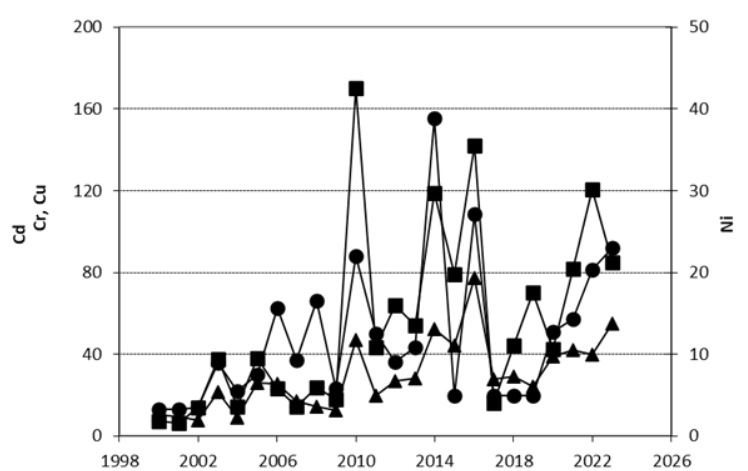
מעגן מכמורת



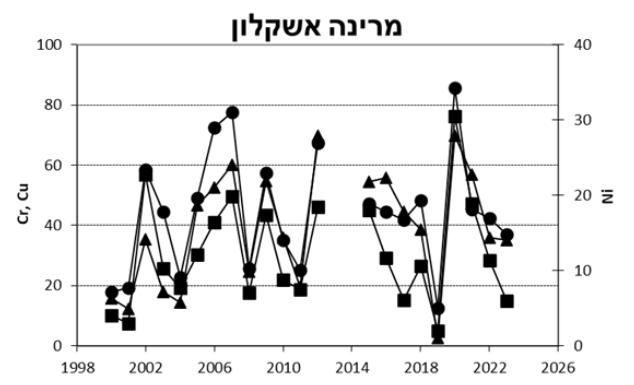
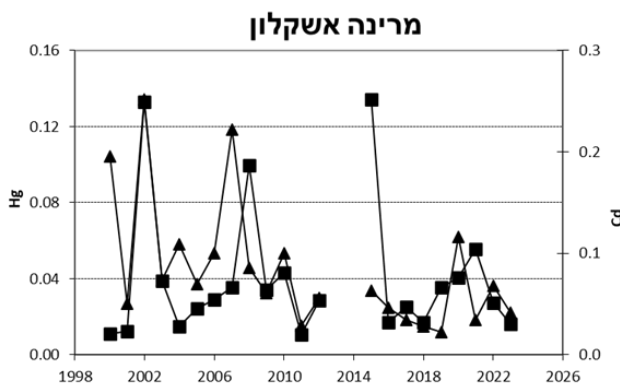
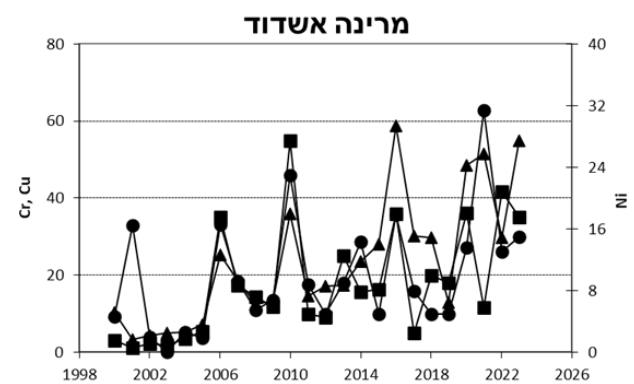
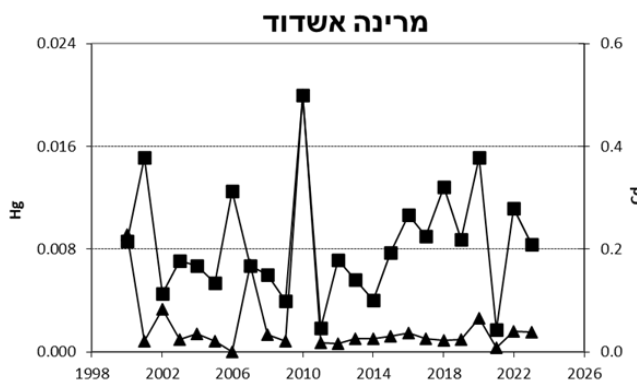
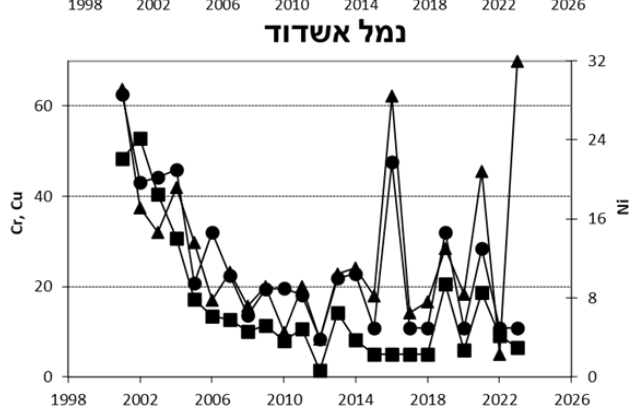
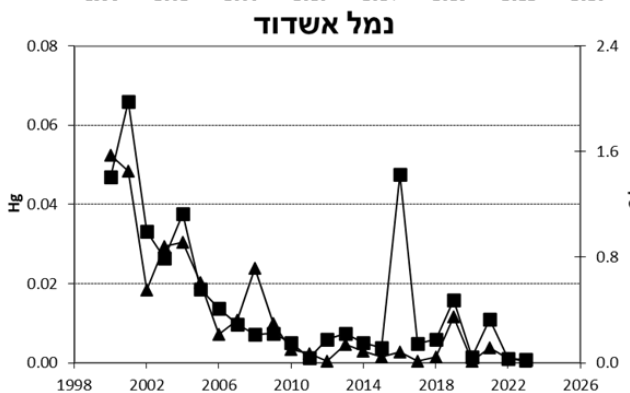
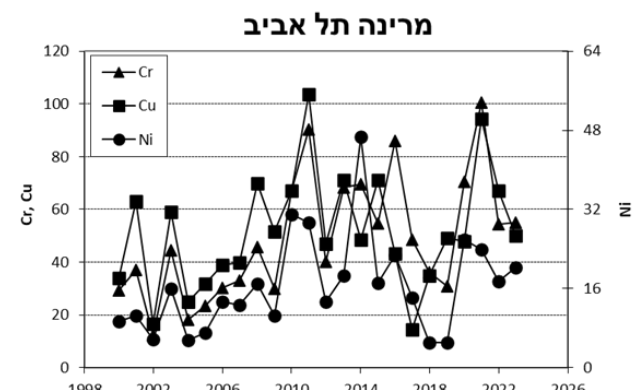
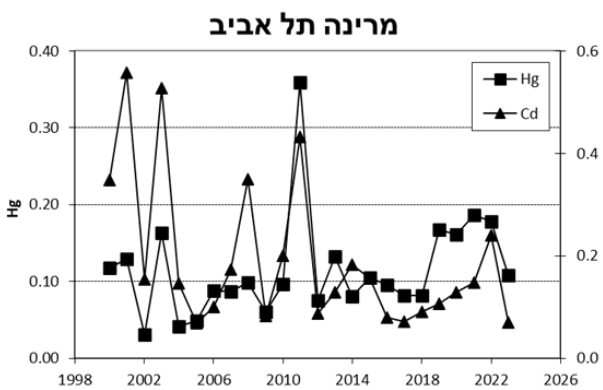
מרינה הרצליה



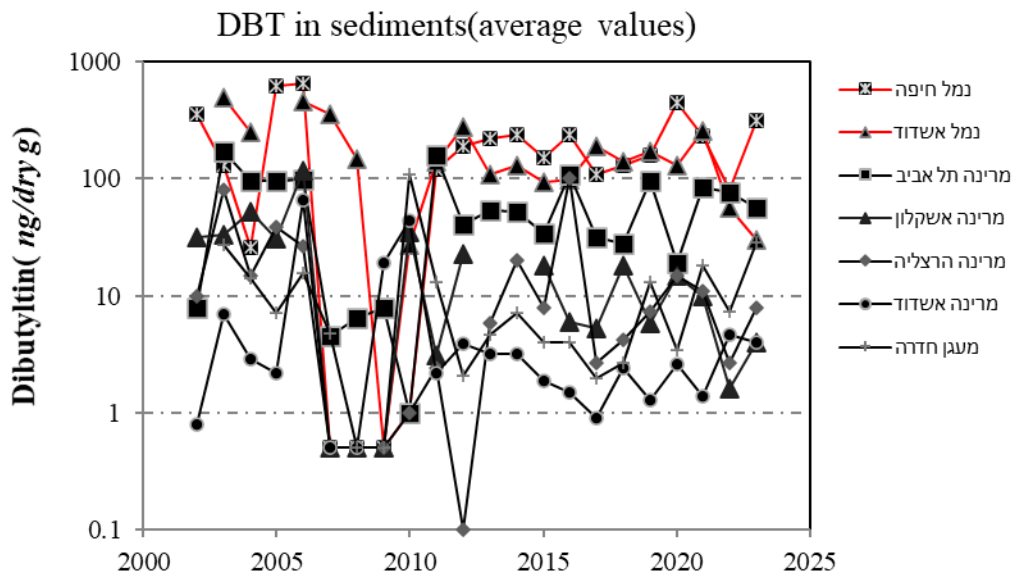
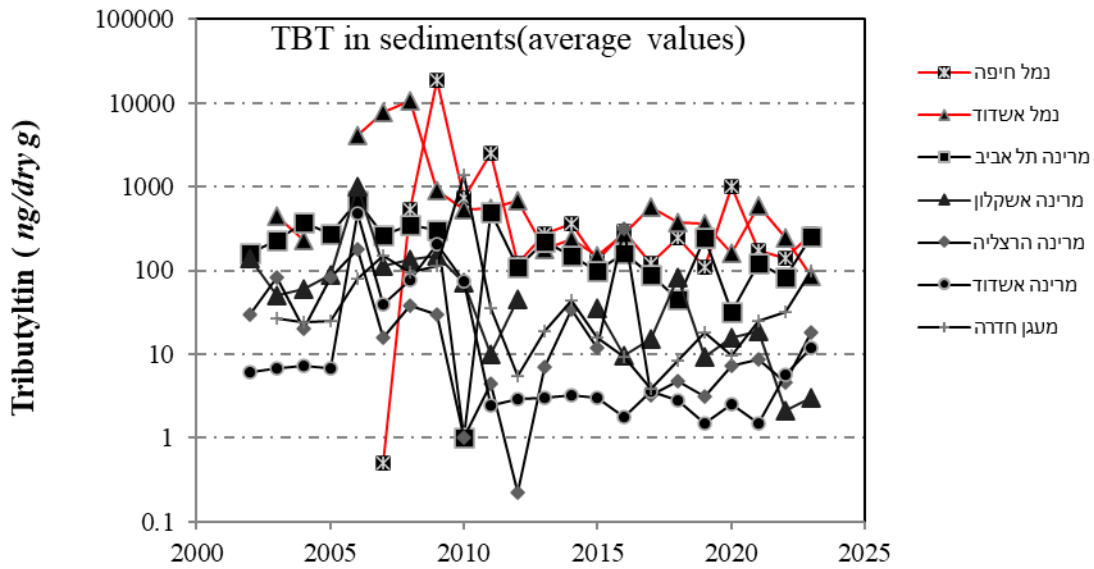
מרינה הרצליה



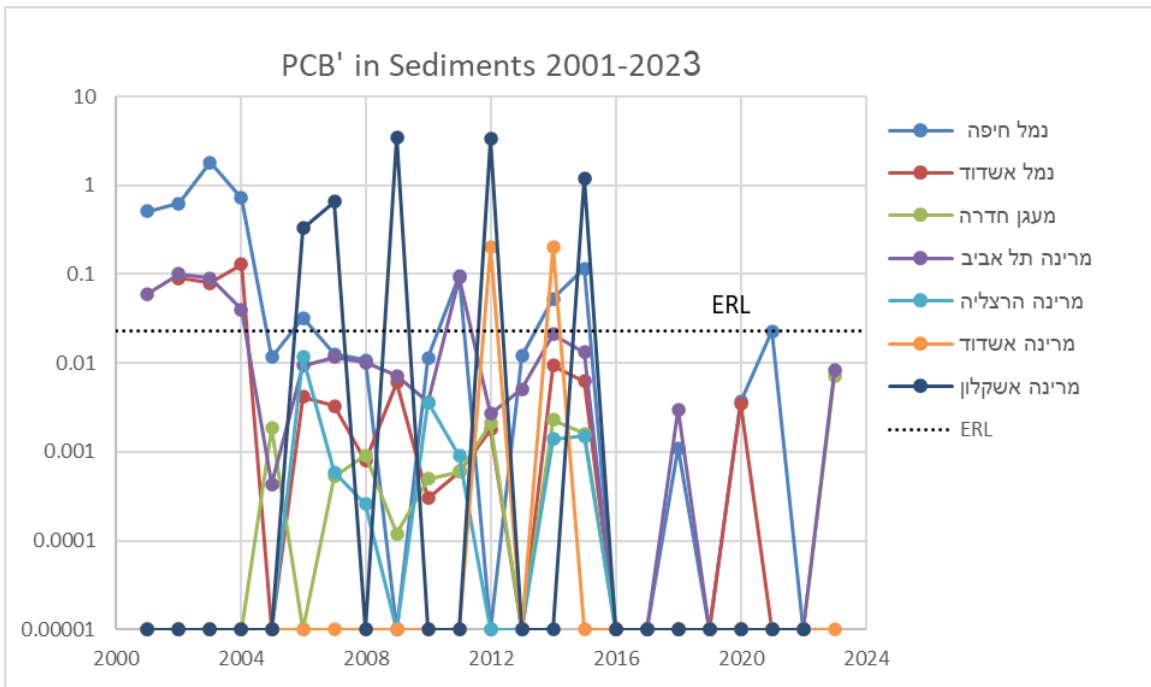
איור 2.3: מגמות השתנות של ריכוזי מתכות כבדות בסדימנטים ($\mu\text{g/g dry wt.}$) בנמלים ובמעגנות בשנים 2000 – 2023.



איור 2.3 המשך



איור 2.4 מגמות השתנות של ריכוזי מזהמים TBT ו-DBT בסדימנטים (בסקלה לוגריתמית) בנמלים ומעגנות לאורך חוף הים התיכון של ישראל, בשנים 2002 - 2023.



איור 2.5 שינויים של ריכוזי מזהמים PCB בסדימנטים (בסקלה לוגריתמית) בתחנות: נמל חיפה, אשדוד, מרינה ת"א, חדרה, מרינה אשדוד, מרינה אשקלון, מרינה הרצליה, בשנים 2001 - 2023.

פרק 3 - ניטור כימי של מזהמים בבעלי חיים ימיים

ממצאים עיקריים

- בניטור 2023 נבדקו ריכוזי מתכות כבדות ברקמות של 145 דגים ו- 148 רכיכות ממדף היבשת הרדוד.
- השינויים הרב-שנתיים (1980-2022) בריכוזי הכספית בצדפות ממין *Mactra stultorum* מצפון מפרץ חיפה הראו ירידה מובהקת בשנים 1981-1994. מאז נצפית ירידה קלה נוספת והתייצבות החל משנות ה-2000, למעט עלייה מסוימת בשנים 2017-2019 וב-2023 (איור 3.1). הסיבה לעליות אלה לא ברורה וייתכן וקשורה לאירועי דליפת מי תהום מזהמים בכספית, שנצפו בעבר.
- החלזונות ממין *Patella sp.*, אשר חיים בצמוד למצע קשה (בד"כ סלעים באזור משברי הגלים), נדגמו באתרים רבים לאורך החוף ומראים בד"כ ריכוזי כספית גדולים יותר במפרץ חיפה בהשוואה לאורך החוף דרומית למפרץ (איור 3.2). בחינת המובהקות הסטטיסטית של השונות בין התחנות השונות מוצגת בטבלה 3.1, ומראה העשרה בריכוזי כספית בתחנות מפרץ חיפה ביחס לאזורים דרומיים יותר. טבלה 3.1 מראה גם העשרה של קדמיום בחוף שמן ובאכזיב ושל מתכות נוספות באתרים שונים.
- בפרטים של החילזון ממין *Patella sp.* מחוף שמן (שפך הקישון) וקריית ים נצפתה מגמת ירידה בריכוזי הקדמיום משנת 1997 עד 2001 והתייצבות עד 2015 (איור 3.3), כתוצאה מההפחתה בהזרמת הקדמיום אל נחל הקישון, בעיקר ממפעל "חיפה כימיקלים" (החל מחודש יוני 2000). נראה כי קיימת ירידה נוספת בפרטים מחוף שמן מאז 2016, ונמדדים ערכים דומים לפרטים מקריית ים. יחד עם זאת, בשנים האחרונות נראה שאוכלוסיית הפטלות בחוף שמן נעלמת ככל הנראה בגלל בניית נמל המפרץ וקיים קושי בהמשך דיגום תחנה זו. בנוסף נמצא שגם ריכוזי האבץ מועשרים בפטלות מחוף שמן בהשוואה לקריית ים כתוצאה מהשפעת שפך נחל הקישון, הבדל שהצטמצם בשנים האחרונות. נראה שריכוזי הקדמיום בפטלות מקריית ים ירדו מעט בשנים 2021-2022, אולם חלה עליה משמעותית בשנת 2023.
- משנות השמונים ועד שנות ה-2000 (במהלך שני עשורים) חלה ירידה ניכרת ברמות הכספית (ובכספית המנורמלת למשקל הדג) בדגים ממפרץ חיפה. אולם, ב-15 שנות הדיגום אחר כך רמות הכספית בדגים *Sargocentron rubrum*, *Diplodus sargus* ו- *Lithognathus mormyrus* מהמפרץ עלו באופן משמעותי. החל משנת 2012 (עבור *Sargocentron rubrum*) ומשנת 2014 (עבור *Diplodus sargus*) מסתמנת ירידה נוספת בריכוזי הכספית וחזרה לערכים נמוכים יותר, ובכלל זה בשנת 2019 (איורים 3.4 – 3.6). במהלך "שנות הקורונה" לא התאפשר דיגום/קבלת דגים חופיים ממפרץ חיפה, אולם בשנתיים האחרונות נעשה דיגום בתחנות שונות ממפרץ חיפה (ראה מפה בטבלה 3.2). ריכוזי הכספית בדגים מצפון מפרץ חיפה גדולים מהריכוזים של אותם מינים מאזורים

אחרים לאורך החוף כתוצאה מזיהום בכספית, זאת על בסיס שנת 2023 ושנים קודמות (טבלה 3.2).

- ב- 2023 (תחילת 2024) נדגמו במפרץ חיפה 48 דגים ממספר מינים שמתוכם ב- 31 דגים נמדדו חריגות של ריכוזי כספית מהקו המנחה של שירות המזון הארצי ביחס לריכוז המרבי המותר של כספית, קדמיום ועופרת בדגים במדף היבשת (שזקוק לרביזיה כפי שמומלץ מידי שנה בדו"ח הניטור). ב- 2022 נדגמו 44 דגים ממספר מינים, מתוכם ב- 14 דגים נמדדו חריגות של ריכוזי כספית מהקו המנחה של שירות המזון הארצי. סה"כ מדובר על כ- 65% חריגה (איור 3.7). בכל הדגים שנדגמו בתל שקמונה (חלקו הדרום מערבי של המפרץ) לא נמצאו חריגות. עיקר החריגות נמצאו בדגים מהמינים: *Sargocentrum rubrum* (~80%); *Pomadasy incises or stridens* (67%); *Diplodus sp.* (18%). גם בשנים קודמות (לפני 2017) נמצאה חריגה ביחס לכספית במיני דגים חופיים, במיוחד בדגים *Diplodus sargus* ו-*Sargocentron rubrum* שנדוגו באזור עכו/צפון מפרץ חיפה. מומלץ (כפי שנעשה בעבר) לשקול הפסקת השיווק של דגים אלה מהמפרץ.

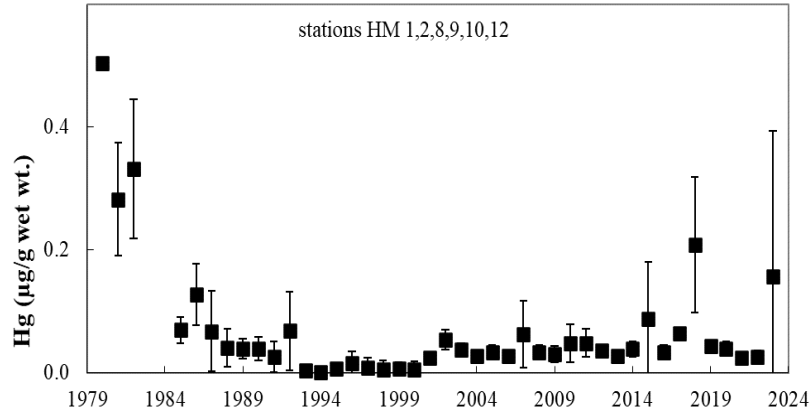
- מומלץ לאסור שיווק של דגים מהמינים הנ"ל, ואף מינים מסחריים נוספים מצפון מפרץ חיפה. סביר להניח שדגים במשקל גדול יותר מאלה שנדוגו במסגרת הניטור, למשל מהמין *Sargocentrum rubrum*, יראו אחוז גבוה יותר של חריגה ביחס לקו המנחה של כספית, בגלל תהליכי ביואקומולציה של כספית. כמו כן, מומלץ לבצע סקר רחב של תכולת הכספית בכל המינים המסחריים מאזור מפרץ חיפה וכלל מדף היבשת.

- בשנת 2023 לא נעשה דיגום של בע"ח בים העמוק. יחד עם זאת נבדקו כרישים ועובדו נתונים משנים קודמות. הממצאים פורסמו בשני מאמרים המראים העשרה של כספית בכרישי עומק ובסדימנטים בים העמוק (Sisma-Ventura et al., 2024ab). בכל הכרישים שנדגמו מן הים העמוק נמצאו ריכוזי כספית גדולים משמעותית מהתקן.

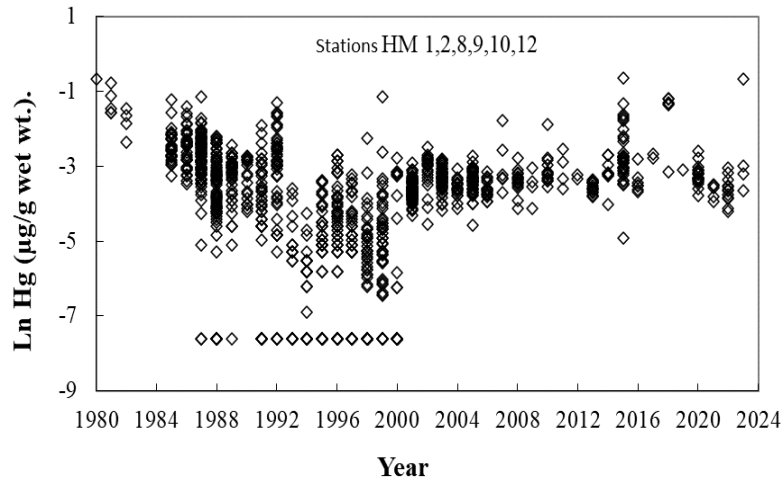
- באיור 3.8 מוצגים ריכוזי הכספית בכרישים ממינים שונים (*G. Melastomus*, *E.*) של ישראל. בכרישים ממין *Centrophorus granulosus* נמדדו ריכוזי הכספית הגבוהים בפקטור של למעלה מפי 7 ביחס לכרישים באזורים אוקייניים אחרים. הים העמוק באגן הלבנט מייצג מוקד העשרה של כספית ממקור אנטרופוגני, שכלל הנראה ימשיך להשפיע בעתיד על המערכת האקולוגית והצטברות הכספית בבע"ח ימיים. ריכוזי הכספית שנמדדו בכל המינים חורגים מהקו המנחה וצריכת מוצרי כרישים מהווה סיכון מבחינת בריאות הציבור.

- מומלץ לפרסם המלצות תזונתיות לכמות מקסימאלית מומלצת של צריכת דגים לפי אוכלוסיות (נשים בהריון, ילדים לפי גיל) ולפי קבוצות של מיני דגים, כמקובל בארה"ב (ע"י FDA ו-EPA "FISH" COLLECTIVELY AS "FISH" ADVICE REFERS TO FISH AND SHELLFISH COLLECTIVELY AS "FISH" EPA - FDA <https://www.fda.gov/food/consumers/advice-about-eating-fish>, איור 3.9), בעיקר בהקשר לכספית. זאת ללא קשר לפרסום הקווים המנחים של ריכוז מותר של מתכות בדגים ע"י משרד הבריאות (עדכון 1.5.2016).

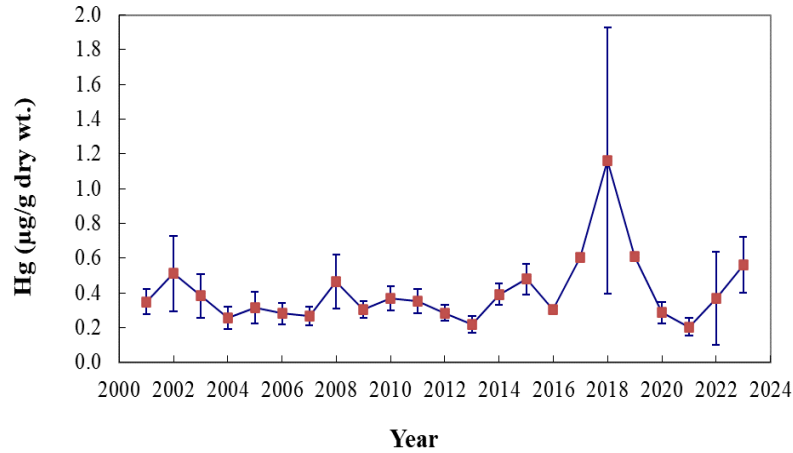
Maetra corallina
Northern Haifa bay



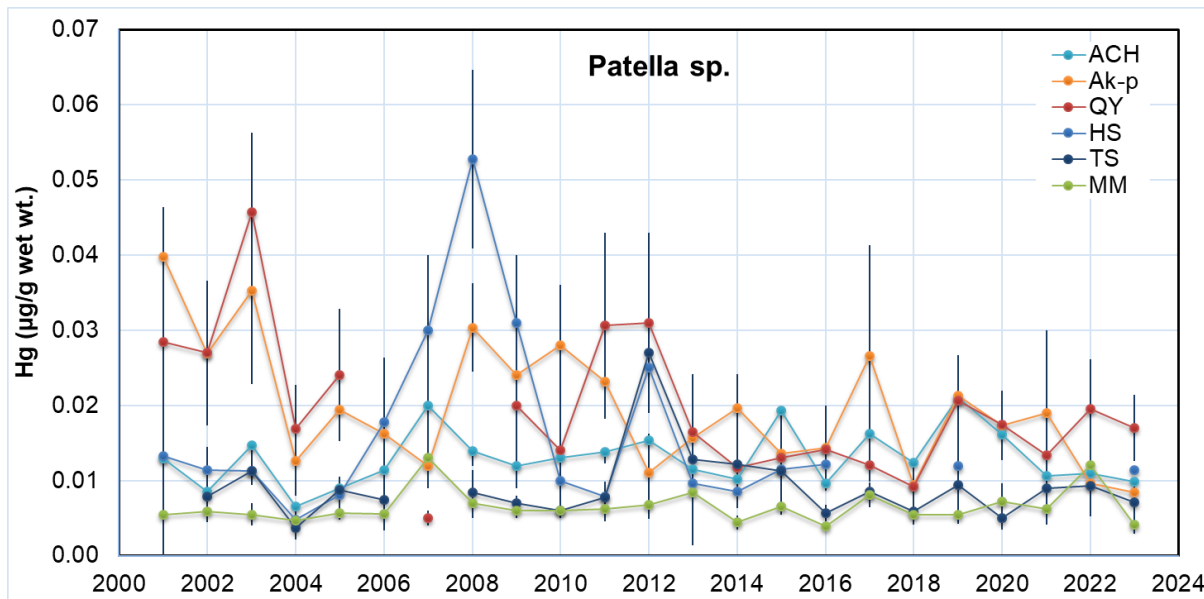
Maetra corallina
North Haifa Bay



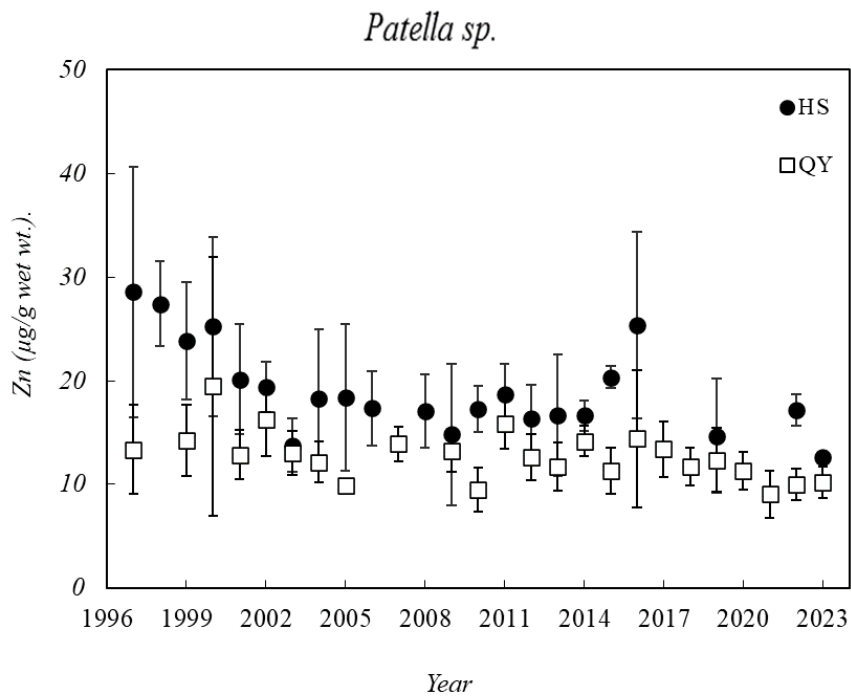
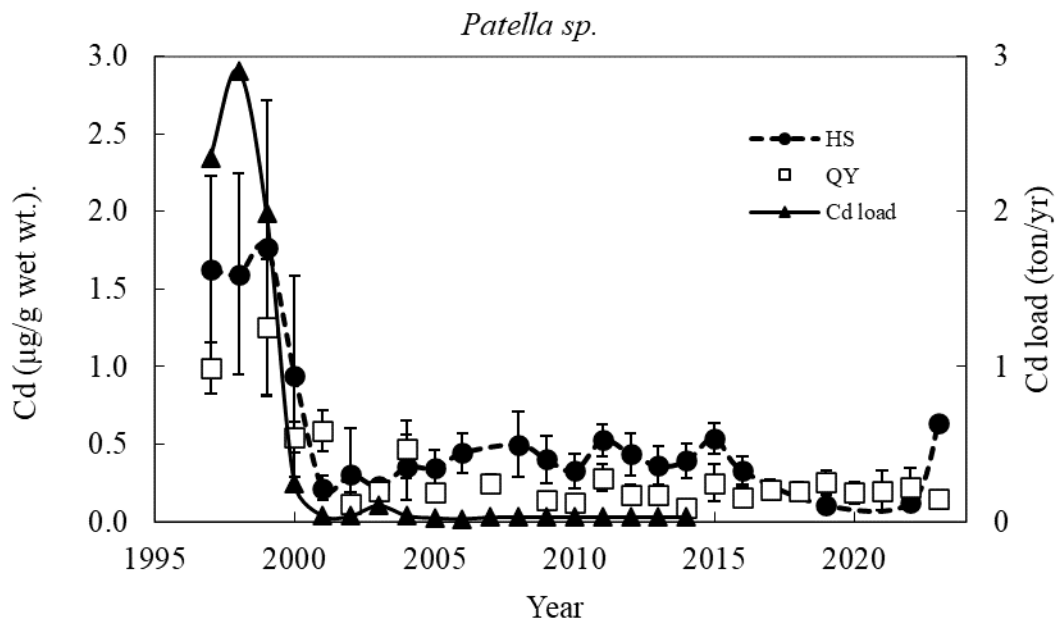
Maetra corallia 2001-2023
HM 8-12



איור 3.1: ריכוזי הכספית ($\mu\text{g g}^{-1}$ wet wt., ממוצע שנתי \pm סטיית תקן) בצדפות *Maetra stultorum* מצפון מפרץ חיפה בשנים 1980 - 2023.



איור 3.2: שינויים בריכוז הכספית בחלזונות *Patella sp.* באתרים שונים לאורך החוף (אכזיב, עכו, קריית ים, חוף שמן, תל שקמונה, ומעגן מיכאל) של ישראל בשנים 2001 – 2023.



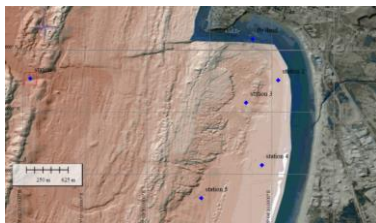
איור 3.3: ריכוזי קדמיום ואבץ ($\mu\text{g g}^{-1}$ wet wt.) בחלזונות *Patella sp.* מחוף שמן בשפך נחל הקישון (HS) ומקריית ים (QY) בשנים 1997 - 2023. הקו הרציף בגרף העליון מציג את השינויים בכמויות הקדמיום שהוזרמו במשך השנים לנחל הקישון.

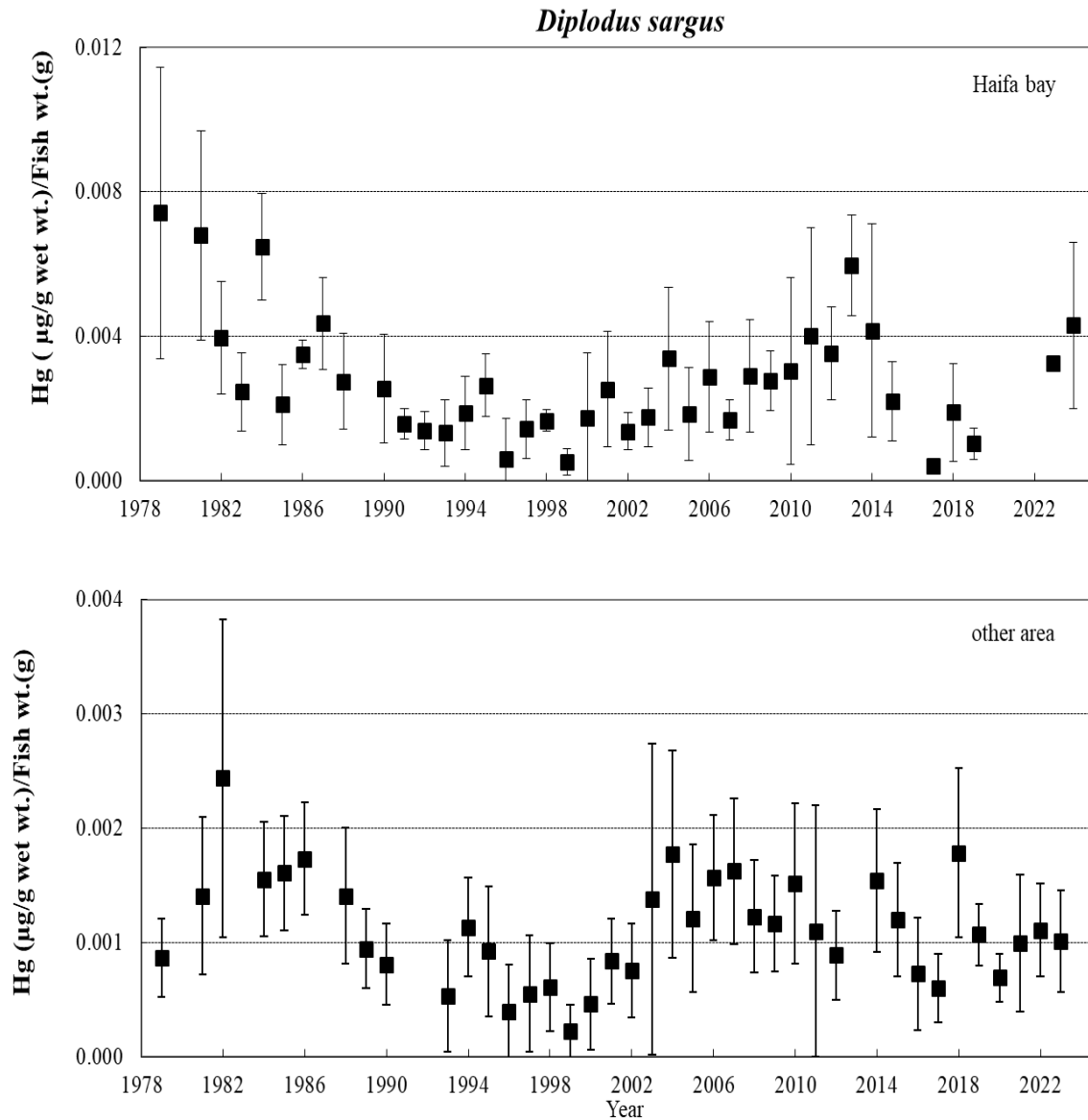
טבלה 3.1: ריכוזים ממוצעים של מתכות בחילזונות *Patella sp.* ו- *Cellana sp.* במפרץ חיפה ובתחנות שונות לאורך החוף בשנת 2023. מובהקות סטטיסטית נבחנה ע"י Anova+duncken. אותיות שונות מצביעות על הבדל סטטיסטי מובהק.

Station name	Station code	Length (mm)	Hg (ppb)	Cd (ppm)	Groups	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	As (ppm)
אכזיב	ACZ	24.5±2.0	CD 9.89±1.45	BC 0.841±0.244	A	0.87±0.23	E 9.63±2.11	ABC 0.75±0.26	BC 175±53	EF 3.04±0.29
עכו	AK	27.6±3.1	BC 8.46±1.84	CD 0.186±0.062	C	1.46±0.26	BCD 10.5±1.6	AB 0.36±0.15	C 148±16	F 3.50±0.76
קרית ים	QY	32.9±3.4	A 17.0±4.4	A 0.150±0.050	C	1.69±0.29	AB 10.2±1.5	ABC 1.79±1.10	BC 234±35	CDEF 3.77±0.67
חוף שמן	HS	13.70	E 11.38	B 0.641	AB	1.86	A 12.6	A 0.73	BC 345	AB 4.33
תל שיקמונה	TS	23.2±2.3	D 7.15±2.65	DE 0.510±0.172	B	1.40±0.47	BCD 10.0±5.6	ABC 0.85±0.98	BC 186±67	DEF 4.13±1.06
עתלית	AT	32.9±5.4	A 4.13±0.75	F 0.501±0.166	B	1.20±0.29	DE 7.59±1.36	BC 1.48±0.50	BC 255±65	CDE 2.13±0.31
מכמורת	MIC	29.9±5.6	AB 4.03±0.82	F 0.478±0.137	B	1.12±0.28	DE 7.25±1.25	C 2.38±1.89	B 275±77	BCD 2.07±0.34
תנינים	MM	33.5±4.1	A 4.15±1.27	F 0.283±0.138	C	1.15±0.35	DE 7.55±1.72	BC 2.29±1.90	B 309±66	BC 2.41±0.57
גבעת אולגה	HAD	31.1±3.4	AB 3.69±0.56	F 0.198±0.053	C	1.15±0.30	DE 8.71±1.28	BC 0.77±0.41	BC 190±62	EF 2.36±0.55
הרצליה	HRZ	30.0±3.5	AB 6.91±1.69	DE 0.199±0.083	C	1.25±0.34	CDE 8.63±2.07	BC 0.92±0.44	BC 211±51	DEF 2.87±0.61
פלמחים	PAL	24.0±3.3	D 6.10±1.64	DEF 0.471±0.186	B	1.64±0.26	ABC 8.70±1.46	BC 4.76±2.74	A 408±106	A 2.27±0.27
אשדוד	ASD	31.6±2.8	A 5.40±0.90	EF 0.513±0.113	B	1.07±0.19	DE 7.55±1.12	BC 1.44±0.53	BC 247±85	CDE 1.70±0.62

טבלה 3.2: הבדלים ברמות הכספית (ריכוז מנורמל למשקל דג) בדגים ממינים שונים ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים בשנת 2023 תחילת 2024. בנוסף מוצגים ריכוזי נחושת ואבץ. בנובמבר 2022 ומאי 2024 נעשה דיגום עצמאי במספר אתרים במפרץ חיפה (מפה להלן שמציגה גם תחנות מדיגום קודם), בהם נמצאו חריגות של ריכוזי כספית ביחס לתקן כמפורט בטקסט לעיל).

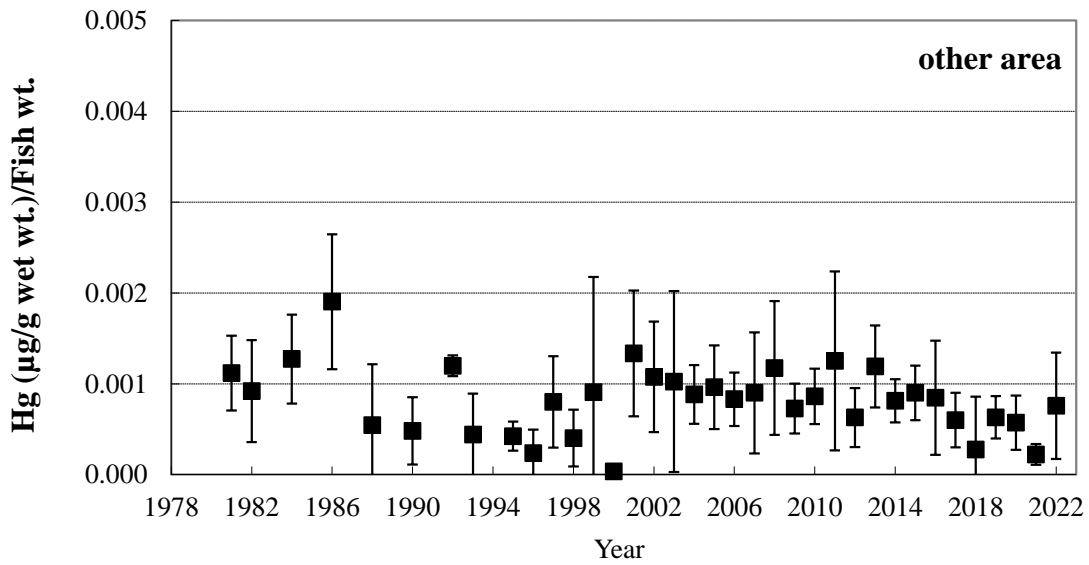
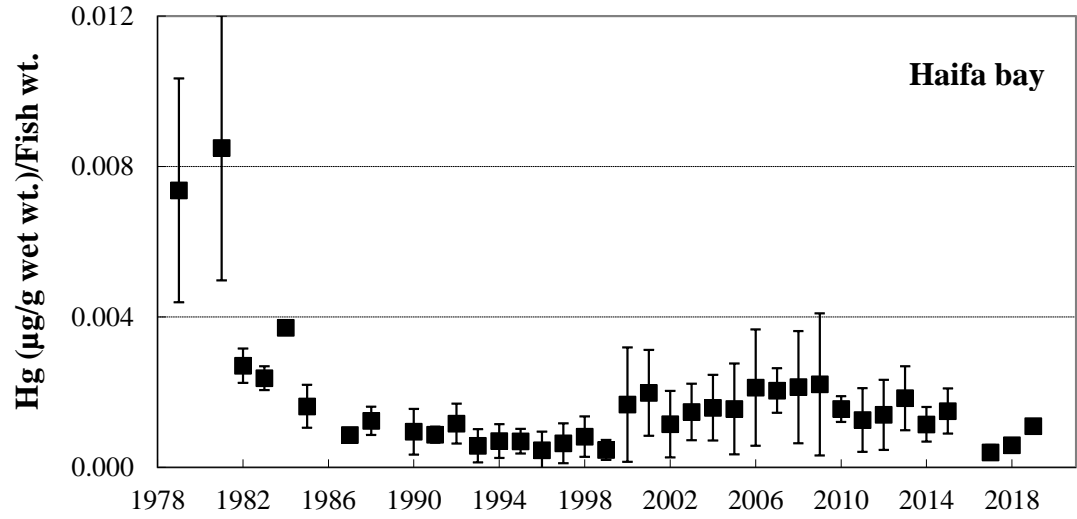
Sampling Site	Hg (ppm wet wt.)	Hg/W (ppm wet wt./Wt g)	ANOVA/t-test	Cu (ppm wet wt.)	Zn (ppm wet wt.)
<i>Diplodus vulgaris</i>					
מפרץ חיפה	0.38±0.24	0.0043±0.0023	p-value 0.022	0.12±0.01	3.8±0.3
שיקמונה	0.086±0.039	0.0009±0.0004		0.09±0.02	3.7±0.5
<i>Nemipterus randalli</i>					
אשדוד 40מ'	0.06±0.02	0.0007±0.0002	p-value 0.006	0.11±0.03	2.6±0.2
אשדוד 60מ'	0.04±0.02	0.0009±0.0005		0.12±0.04	2.9±0.3
<i>Pagellus erythrinus</i>					
אשדוד	0.06±0.03	0.0011±0.0007		0.22±0.05	3.0±0.3
<i>Pagrus coeruleostictus</i>					
מפרץ חיפה	0.0970	0.0007	A	0.10	1.7
אשדוד	0.02±0.00	0.0004±0.0001	A	0.34±0.32	3.5±0.4
שיקמונה	0.14±0.06	0.0005±0.0001	A	0.079±0.003	2.8±0.1
<i>Pomadasys incisus</i>					
אי הזבובים במפרץ חיפה	0.12±0.05	0.0018±0.0008	p-value 0.016	0.25±0.05	4.3±0.7
תחנה 2 במפרץ חיפה	0.65±0.07	0.0068±0.0007		0.25±0.07	3.7±0.5
<i>Sargocentrum rubrum</i>					
אי הזבובים במפרץ חיפה	0.72±0.27	0.0086±0.0025	B	0.53±0.44	3.7±0.0
תחנה 2 במפרץ חיפה	0.81±0.07	0.0097±0.0013	B	0.18±0.04	3.2±0.3
תחנה 3 במפרץ חיפה	0.78±0.08	0.0120±0.0011	A	0.16±0.06	3.0±0.4
תחנה 5 במפרץ חיפה	0.53±0.10	0.0096±0.0020	B	0.12±0.03	2.7±0.1
תחנה 6 במפרץ חיפה	0.72±0.21	0.0080±0.0015	B	0.15±0.01	2.9±0.1
שיקמונה	0.22±0.14	0.0024±0.0017	C	0.19±0.03	3.0±0.3
<i>Saurida lessepsianus</i>					
אשדוד	0.19±0.13	0.0010±0.0006		0.18±0.07	3.0±0.3
<i>Upeneus moluccensis</i>					
אשדוד	0.07±0.07	0.0019±0.0014		0.29±0.06	3.9±0.3
<i>Balistes capriscus</i>					
אשדוד	0.04±0.02	0.00011±0.00004		0.31±0.04	3.5±0.4
<i>epinephelus costae</i>					
מפרץ חיפה	0.08±0.04	0.0015±0.0010		0.12±0.01	2.9±0.0
<i>Lagocephalus scleratus</i>					
אשדוד	0.14±0.13	0.0017±0.00009		0.22±0.08	4.9±0.9
<i>oblada melanura</i>					
מפרץ חיפה	0.19±0.07	0.0014±0.0002		0.28±0.06	3.1±0.1
<i>pomadasys stridens</i>					
מפרץ חיפה	0.70±0.17	0.0154±0.0030		0.27±0.04	4.1±0.8
<i>serranus scriba</i>					
מפרץ חיפה	0.49±0.16	0.0098±0.0042		0.09±0.02	3.2±0.6



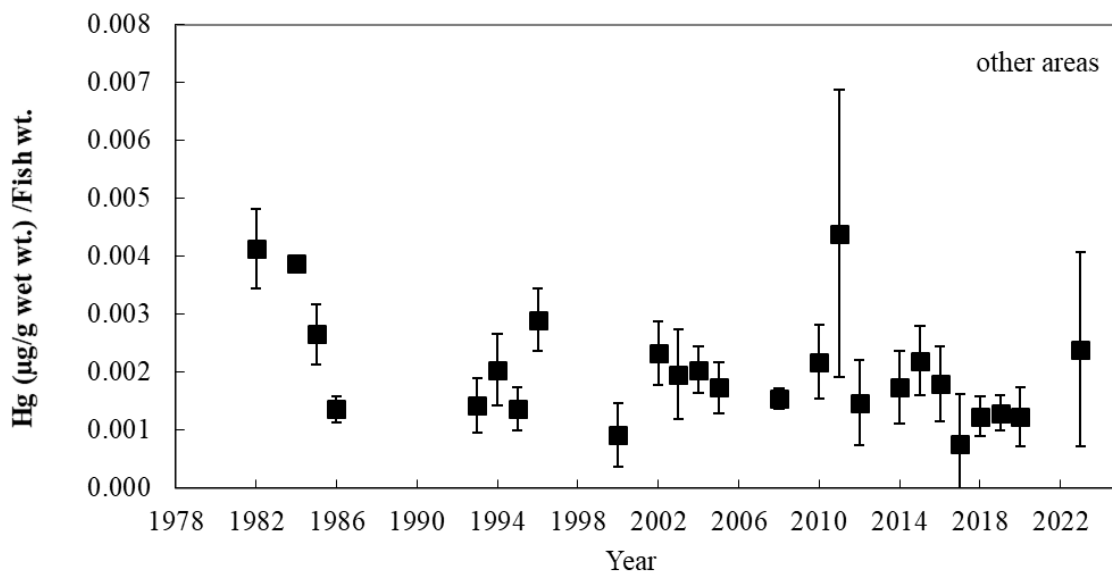
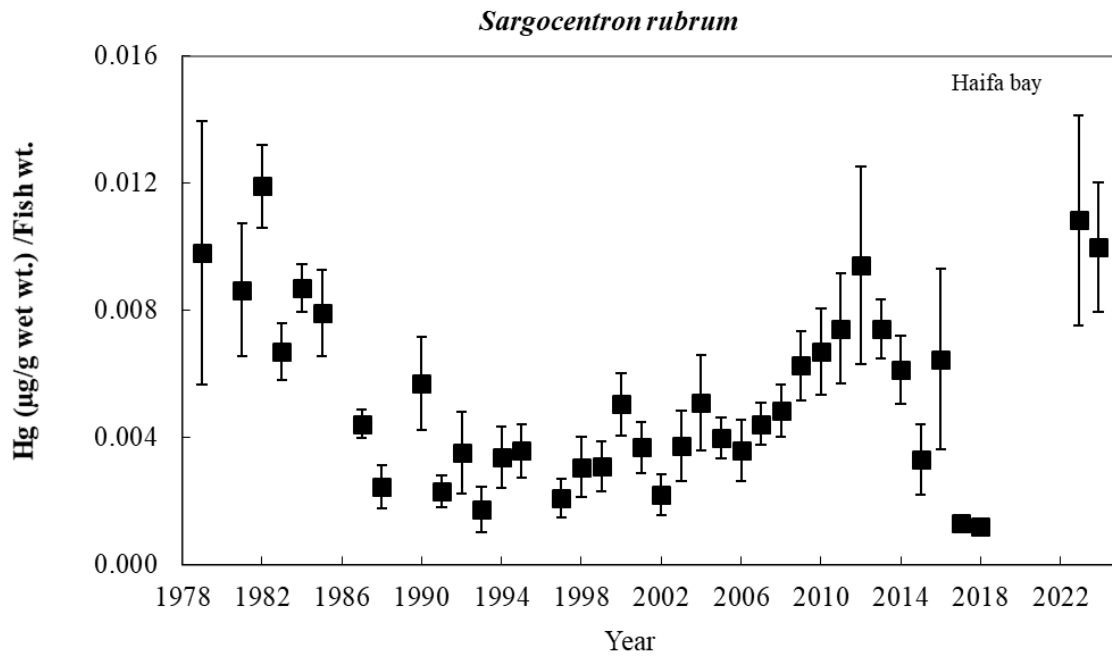


איור 3.4: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Diplodus sargus* (ממוצע שנתי ± סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2023.

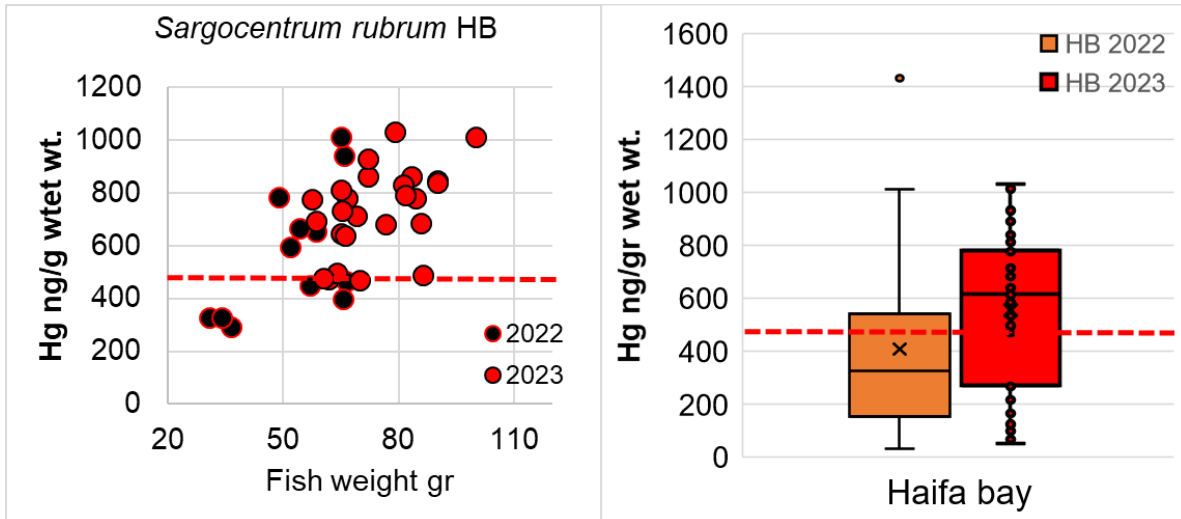
Lithognathus mormyrus



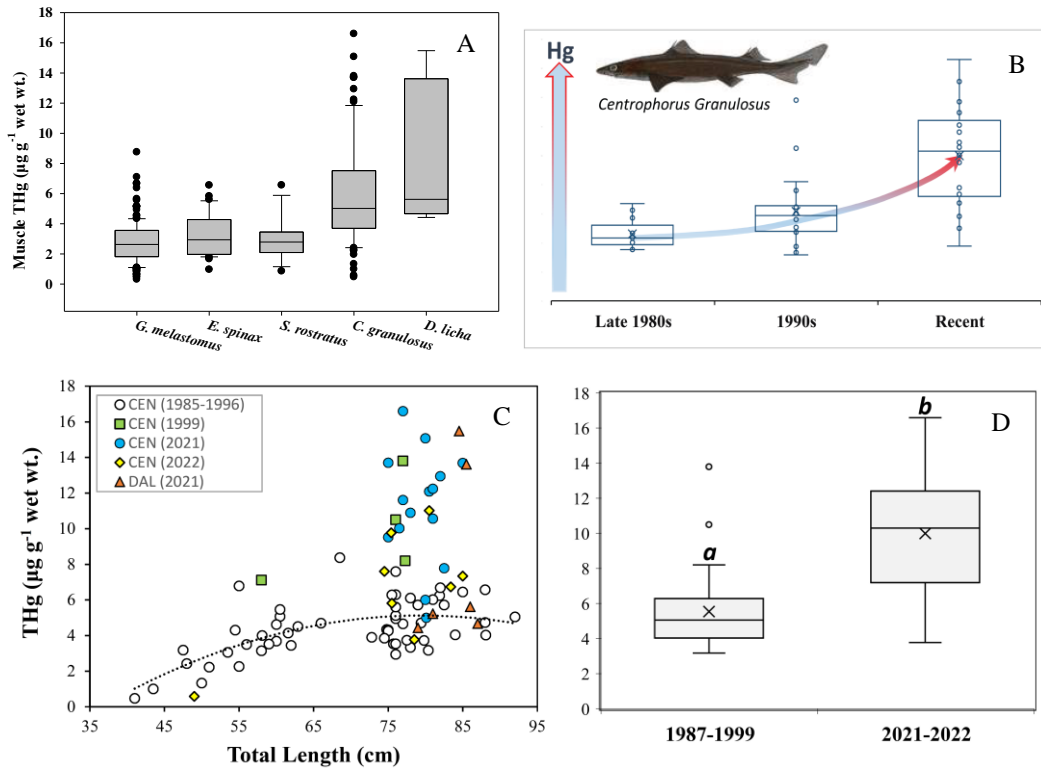
איור 3.5: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Lithognathus mormyrus* (ממוצע שנתי \pm סטיית תקן) ממפרץ חיפה ומאזורים אחרים לאורך החוף הישראלי בשנים 1979 - 2022.



איור 3.6: היחס כספית/משקל דג ברקמות השריר של דגי *Sargocentron rubrum* (ממוצע שנתי \pm סטיית תקן) בשנים 1979 - 2023 (מאז 2020 לא הצלחנו להשיג פרטים ממין זה מחוץ למפרץ חיפה).



איור 3.7: ריכוזי כספית ברקמות השריר של דגי *Sargocentron rubrum* ביחס למישקל הדג (תחילת 2022-2023) והתפלגות ריכוזי הכספית (A) ובידגים שנדוגו בשנים 2022-2023 (תחילת 2024) במפרץ חיפה. הקו המקוקו האדום מייצג את הקו המנחה של שירות המזון הארצי ביחס לריכוז המרבי המותר של כספית בידגים במדף היבשת.



(1) *G. Melastomus*, איור 3.8: ריכוזי כספית בשריר של כרישים מים עמוק מהמינים: (2) *E. Spinax*, (3) *S. Rostratus*, (4) *C. Granulosus* and (5) *D. Licha*. מגמה – B. יחסי גומלין בין ריכוזי כספית ברקמת שריר של הכרישים ממין *C. granulosus* (CEN) לבין *D. licha* (DAL) – C. דיאגרמת קופסא של ריכוזי כספית בשריר של כרישים בוגרים (75 ס"מ) בשתי תקופות זמן: 1987 – 1999 (n=33) ו- 2021 – 2022 (n=22).

מקור: Sisma-Ventura, G., Silverman, J., Segal, Y., Hauzer, H., Khadra, M. A., Stern, N., ... & Herut, B. (2024). Exceptionally high levels of total mercury in deep-sea sharks of the Southeastern Mediterranean sea over the last~ 40 years. *Environment International*, 187, 108661.




Choose a variety of fish that are lower in mercury.

While it is important to limit mercury in the diets of those who are pregnant or breastfeeding and children, many types of fish are both nutritious and lower in mercury.


This chart can help you choose which fish to eat, and how often to eat them, based on their mercury levels.

What is a serving? As a guide, use the palm of your hand.



Pregnancy and breastfeeding:
1 serving is 4 ounces

Eat 2 to 3 servings a week from the "Best Choices" list
(OR 1 serving from the "Good Choices" list).





Childhood:
On average, a serving is about:

- 1 ounce at age 1 to 3
- 2 ounces at age 4 to 7
- 3 ounces at age 8 to 10
- 4 ounces at age 11

Eat 2 servings a week from the "Best Choices" list.

Best Choices			Good Choices		
Anchovy	Herring	Scallop	Bluefish	Monkfish	Tilefish (Atlantic Ocean)
Atlantic croaker	Lobster, American and spiny	Shad	Buffalofish	Rockfish	Tuna, albacore/white tuna, canned and fresh/frozen
Atlantic mackerel	Mullet	Shrimp	Carp	Sablefish	Tuna, yellowfin
Black sea bass	Oyster	Skate	Chilean sea bass/Patagonian toothfish	Sheepshead	Weakfish/seatrout
Butterfish	Pacific chub mackerel	Smelt	Grouper	Snapper	White croaker/Pacific croaker
Catfish	Sole	Squid	Halibut	Spanish mackerel	
Clam	Perch, freshwater and ocean	Tilapia	Mahi mahi/dolphinfish	Striped bass (ocean)	
Cod	Pickrel	Trout, freshwater			
Crab	Plaice	Tuna, canned light (includes skipjack)	Choices to Avoid HIGHEST MERCURY LEVELS		
Crawfish	Pollock	Whiting	King mackerel	Shark	Tilefish (Gulf of Mexico)
Flounder	Salmon		Marlin	Swordfish	Tuna, bigeye
Haddock	Sardine		Orange roughy		

What about fish caught by family or friends? Check for [fish and shellfish advisories](#) to tell you how often you can safely eat those fish. If there is no advisory, eat only one serving and no other fish that week. Some fish caught by family and friends, such as larger carp, catfish, trout and perch, are more likely to have fish advisories due to mercury or other contaminants.

www.FDA.gov/fishadvice
www.EPA.gov/fishadvice
 U.S. FOOD & DRUG ADMINISTRATION
 United States Environmental Protection Agency

† This advice refers to fish and shellfish collectively as "fish" / Advice revised October 2021

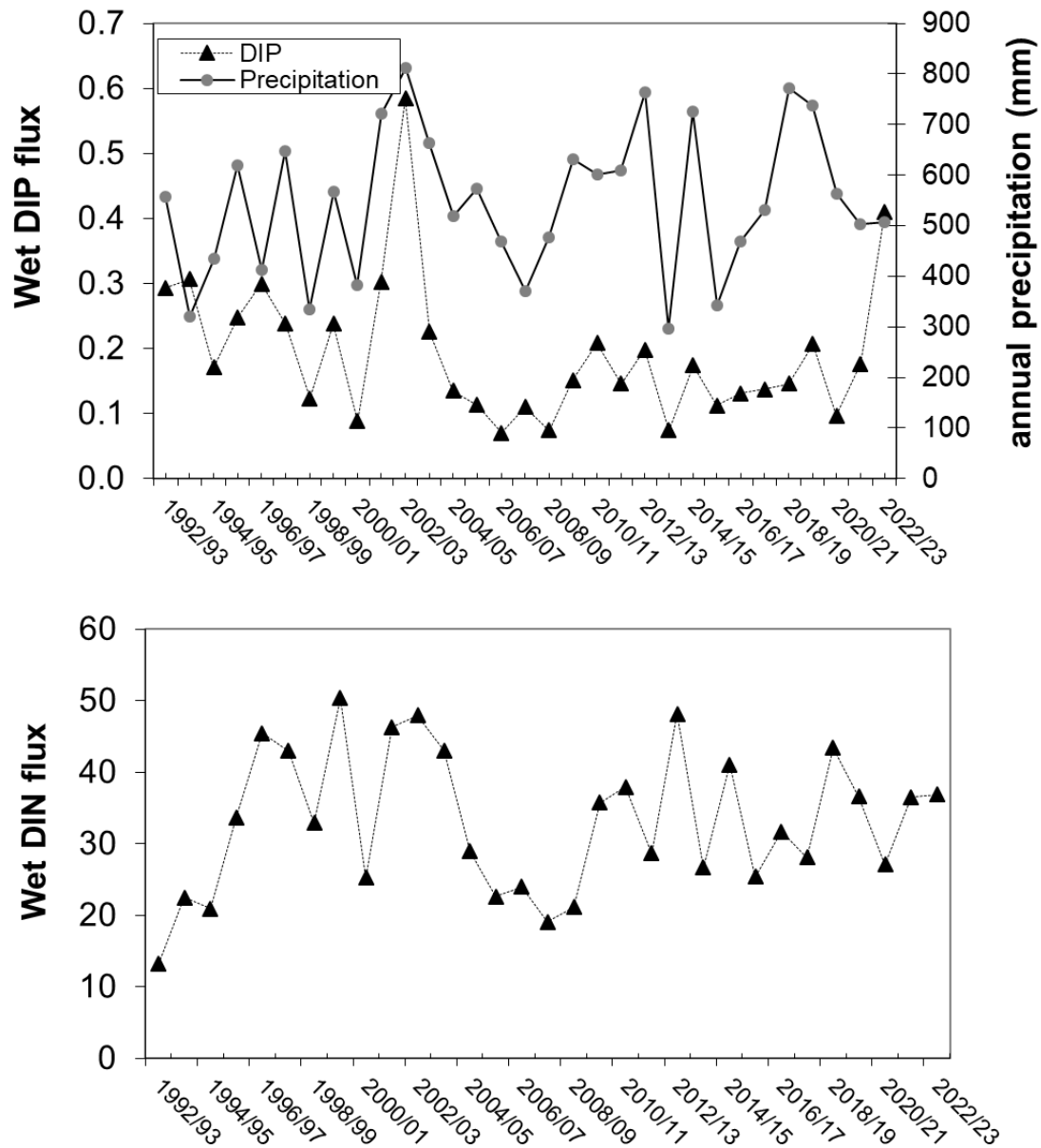
איור 3.9 – המלצה של ה-FDA וה-EPA בארה"ב לצריכת דגי ים עבור נשים בהריון או מניקות וילדים בגילאי 3 עד 11. מקור: <https://www.fda.gov/food/consumers/advice-about-eating-fish>

פרק 4 - ניטור כימי של משקעים אטמוספיריים

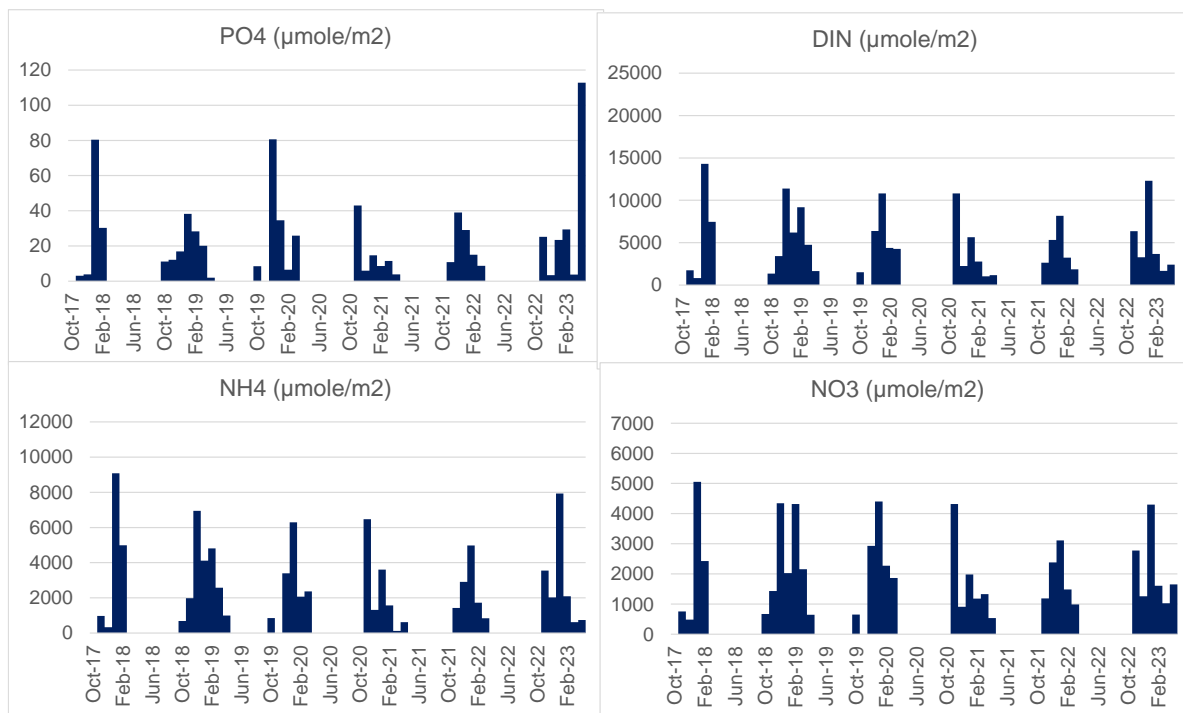
ממצאים עיקריים

- שטפי החנקן והזרחן במי הגשם מראים שינויים רב-שנתיים חדים ומוכתבים מפליטות לאטמוספירה ושינויים בכמות המשקעים השנתית (איורים 4.1 ו-4.2). כללית, שטפי החנקן והזרחן לאורך החוף הישראלי גדולים מהשטפים שחושבו עבור אזורים נקיים יחסית ברחבי העולם וקטנים משטפי החנקן שחושבו עבור אזורים באירופה, כמו הים הבלטי והים הצפוני.
- כמות המשקעים באזור חוף חיפה בחורף 2023/24 הייתה גדולה משמעותית ביחס לשני החורפים הקודמים (~844 לעומת ~507 מ"מ). מאחר ונצפה קשר משמעותי בין כמות המשקעים למליחות המים העליונים במדף הרדוד (Ozer et al., 2022), ככל הנראה התקבלו מליחיות קטנות יותר בחורף 2023/24.
- המקור העיקרי של ניטראט קשור, ככל הנראה, לשריפת דלקים ויצירת תחמוצות חנקן. מקור האמוניום במי הגשם ככל הנראה קשור בחומרי דשן והפרשות בעלי חיים, ובד"כ קשור למקורות מקומיים בגלל סילוק מהיר יחסית מהאוויר. יחד עם זאת, קיימת גם אפשרות לריאקציה בין חומצה חנקתית לאמוניה היוצרת אירוסולים של NH_4NO_3 .
- בדומה לשנים קודמות, מהשוואת הרכב המתכות באבק שנדגם במסגרת הניטור להרכב באבק מדברי טבעי עולה, שהמקור של ברזל, אלומיניום, מנגן וכרום (במידה רבה) באוויר לאורך החוף הישראלי הוא קרקעות ואבק מדברי טבעי. המקור העיקרי של העופרת, הקדמיום, הנחושת והאבץ הוא אנתרופוגני.
- השטפים האטמוספיריים של המתכות (כמויות המתכות השוקעות על פני יחידת שטח של הים ביחידת זמן) חושבו ע"י מכפלה של ריכוזי המתכות באבק מרחף (הממוצע הגיאומטרי או החציון של הריכוזים של מתכת חלקיקית) בהערכה של מהירות שקיעת האבק. במהלך 22 השנים האחרונות חלה ירידה של שטפי העופרת לאורך החוף הישראלי (איור 4.3). בדומה לאוויר, גם בסדימנטים לאורך החוף נמצאה מגמת הפחתה רב-שנתית של ריכוזי העופרת (עם עלייה מסוימת בשנים האחרונות). השטף השנתי הממוצע מעט גבוה ביחס לשטף שנמדד במסגרת הפלגת אניית המחקר הגרמנית מטאור במזרח הים התיכון במהלך ינואר-תחילת פברואר 2024.
- שטפי הנחושת והקדמיום מראים ירידה מתונה בעשור האחרון בבתל שקמונה (איור 4.3). השינויים הרב-שנתיים של השטפים של מתכות אלה דומים בשתי תחנות הדיגום, ולפיכך ייתכן שהם מושפעים ממקורות דומים, חיצוניים.

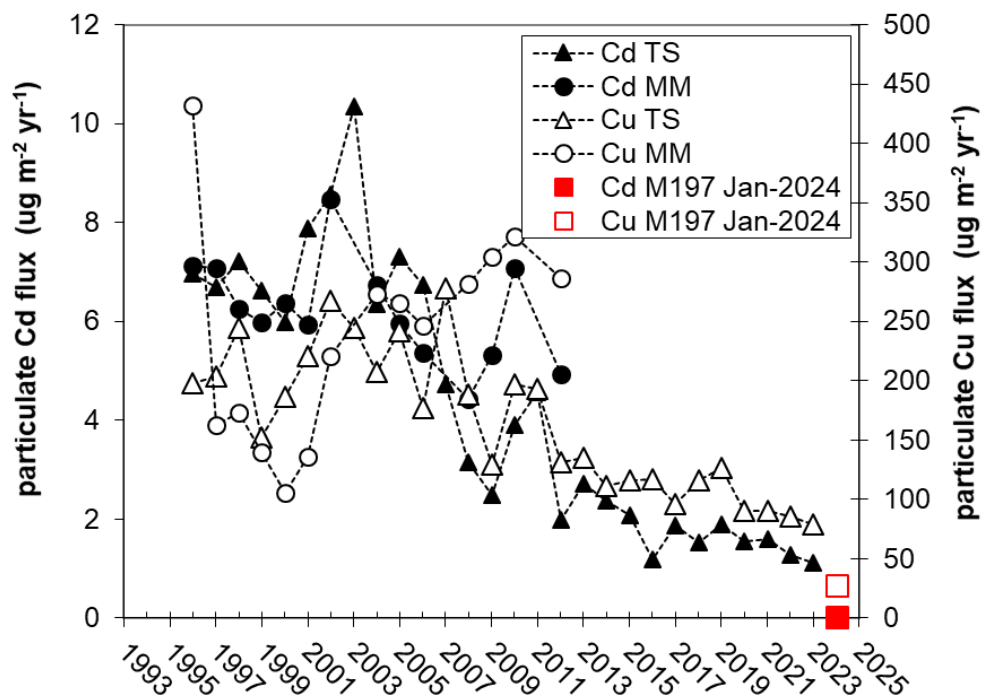
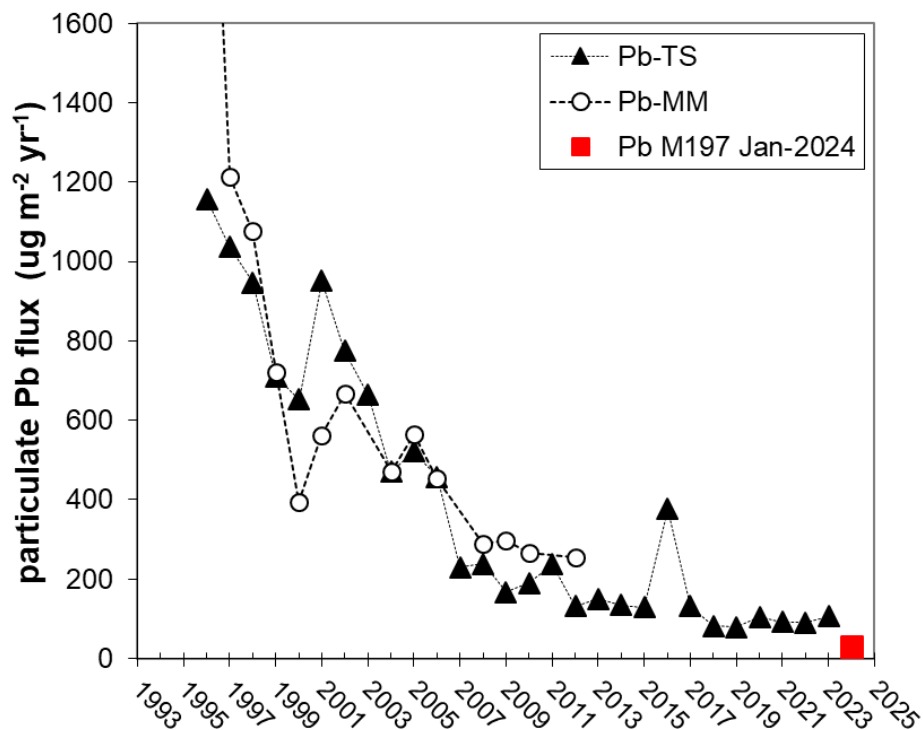
- התרומה האטמוספירית לכמויות הכוללות של עופרת ואבץ המוחדרות למימי החופין (כל אזור מדף היבשת) משמעותית ביחס לתרומה הידועה של המקורות האחרים (הזרמת שפכים לים).
- השטפים האטמוספיריים של חנקן וזרחן זמינים ביולוגית (מחלקיקים וגשם, איור 4.2) יכולים פוטנציאלית לתרום משמעותית ליצרנות הראשונית (חישוב קיבוע הפחמן על בסיס שטף החנקן, בהנחת יחסי רדפילד בין חנקן לפחמן אורגני).



איור 4.1: שטפים של זרחן אי אורגני (IP) וחנקן אי אורגני (IN) מומסים במי גשם ($\text{mmol m}^{-2} \text{yr}^{-1}$) בתל שקמונה בשנים 1992 – 2023 (אפריל). מוצג הקשר בין השטפים לכמות המשקעים השנתית בנמל חיפה (השירות המטאורולוגי, תחנת נמל חיפה).



איור 4.2: שטפים חודשיים של פוספאט וצורוני חנקן אי אורגני מומסים במי גשם בתל שקמונה בשנים 2017 – 2023.



איור 4.3: שטפים יבשים של עופרת, קדמיום ונחושת בתל שקמונה (TS) ובמעגן מיכאל (MM) בשנים 1996 – 2023; הערכות המבוססות על דיגום של כרבע מימי השנה. בנוסף מוצג שטף ממוצע בזמן הפלגת אניית המחקר הגרמנית מטאור בינואר-פברואר 2024 בים התיכון המזרחי.

פרק 5 - נוטריינטים וכלורופיל בנחלי החוף ובמדף הרדוד

ממצאים עיקריים

- שפכי נחלי החוף מזוהמים בנוטריינטים (איור 5.1). ניתן לדרג את הנחלים לפי רמת הזיהום בנוטריינטים בשנת 2023 כלהלן (התוצאות מתייחסות לנתוני דיגום מרץ בתחנות במעלה הנחלים כ-50 מ' ויותר מהמוצאים לים; בסוגריים מוצג מדגם של הריכוזים שנמדדו במיקרומול לליטר):

פוספט

אלכסנדר (32) < שורק (29) < קישון (29) < לכיש (23) < חדרה (17) < נעמן (15)
< ירקון (14) < פולג (8.1) < תנינים (1.1)

סך זרחן מומס

אלכסנדר (45) < שורק (39) < קישון (34) < לכיש (33) < חדרה (25) < נעמן (24)
< ירקון (21.8) < פולג (12.7) < תנינים (1.4)

אמוניום

אלכסנדר (702) < חדרה (286) < נעמן (285) < שורק (231) < קישון (230) < לכיש
(61.1) < ירקון (51.7) < פולג (30.0) < תנינים (18.3)

ניטריט+ניטראט

שורק (490) < אלכסנדר (381) < קישון (376) < חדרה (332) < נעמן (253) < תנינים
(230) < לכיש (201) < ירקון (135) < פולג (45.3)

סך חנקן מומס

אלכסנדר (1148) < שורק (775) < חדרה (686) < קישון (655) < נעמן (558) <
לכיש (360) < תנינים (291) < ירקון (212) < פולג (85.5)

חומצה סיצילית

תנינים (231) < אלכסנדר (196) < חדרה (185) < שורק (167) < נעמן (152) <
לכיש (141) < קישון (118) < פולג (117) < ירקון (105)

- נצפית מגמת עליה בריכוזי הניטראט בסוף החורף בנחלים: ירקון (2011 – 2023); תנינים (2000 – 2023) ונעמן (2017 – 2023) ובמידה מסוימת גם בשפך נחל אלכסנדר.

- נצפית עליה בריכוזי אמוניום בסוף החורף בנחלים אלכסנדר (2012 – 2023) וקישון (2019 – 2023), ככל הנראה מהגברת הזרמות קולחים/ביוב. ייתכן שהעליה בקישון קשורה גם לשינויים הידרולוגיים כתוצאה מבניית נמל המפרץ. בהתאם נצפית בנחל אלכסנדר גם עליה מסוימת בריכוזי הפוספט.

- ערכי המליחות, ה-pH, ריכוזי החמצן המומס, העכירות והכלורופיל בשפכי הנחלים (מי שטח) שנמדדו בשנת 2023 מוצגים בטבלה 5.1. ריכוזי החמצן בנחלים השתנו בתחום רחב, ובד"כ יורדים ככל שמעמיקים, לעיתים לערכים של עקה ביולוגית (ריכוזים קטנים מ-5 מ"ג/ל) או אנוקסיה (איור 5.2, נחל אלכסנדר בספטמבר 2023). ריכוזי הכלורופיל בחלק גדול מהנחלים (טבלה 5.1) מראים רמת זיהום בינונית עד גבוהה (נחלים שורק, קישון ונעמן (ואלכסנדר בקירוב) בספטמבר 2023) על סמך הקריטריונים של NOAA לאיכות מים בשפכי נחלים (נמוכה: 0-5; בינונית 20-60; גבוהה >60 ug/l).

- לאחר מגמת שיפור רב-שנתית, נראה שבשנים האחרונות (מאז 2019) חלה החמרה בסטטוס האקולוגי של שפך נחל הקישון (ובכלל זה בריכוזי תאי הפיטופלנקטון בעלי פוטנציאל רעילות, ראה כרך מגוון ביולוגי) (Herut et al., 2023), שקשורה ככל הנראה להאטת תחלופת המים (הגדלת זמן השהות) בגלל בניית נמל המפרץ, אולם יש צורך לאשש מסקנה זו. לחילופין אולי חל שינוי בהזרמות/מקורות. הטבלה להלן מציגה הצעה ראשונית של ערכי סף אקולוגיים לאיכות מי שפכי הנחלים, המתבססת על הצעות לערכי סף של גורמים שונים כמפורט ב-Herut et al (2023). מצב שפך נחל הקישון וחלק מנחלי החוף האחרים לא טוב ביחס לקריטריונים אלה. איור 5.3 מציג, כדוגמה, את מצב איכות המים בשפך נחלי הירקון ואלכסנדר ביחס לקריטריונים אלה.

Criteria	Reference	PO ₄ ³⁻ (µM)	NO ₃ (µM)	NH ₄ ⁺ (µM)	Chl-a (µg L ⁻¹)	DO (mg L ⁻¹)
Bad	Herut et al 2023	>10	>400	>110	>60	≤2
Moderate		2.2–10	71–400	28–110	5–60	2–5
Good		<2.2	<71	<28	<5	≥5

- ריכוזי הנוטריינטים (NH₄; PO₄; NO₃+NO₂) ויחסי NO_x/PO₄ במי טבלאות הגידוד (קו החוף) מראים הבדלים משמעותיים בין אכזיב (ACH) בצפון לבין התחנה בפלמחים (PAL) בדרום, בשנים 2010 – 2023 (איור 5.4). קיימת העשרה של ריכוזי הניטרט באכזיב ביחס לפלמחים, ככל הנראה בגלל השפעה של זליגת מי תהום מועשרים בתחמוצות חנקן אל הים. ריכוזי הפוספט מועשרים בפלמחים לעומת אכזיב, במיוחד בעשור הקודם, ומומלץ לברר את הסיבה לכך. בהתאם היחס בין ריכוזי הניטרט לפוספט גבוה באופן משמעותי (בד"כ מעל סדר גודל) באכזיב לעומת פלמחים (איור 5.4). ריכוזי האמוניום מראים ערכים והתנהגות דומה בשתי התחנות. נצפים שינויים רב-שנתיים המראים עליה בשנים 2019 – 2023 לעומת בשנים 2016 – 2018. לעומת הפוספט והניטרט שכלל הנראה מועשרים ממקור נקודתי, נראה כי האמוניום המשפיע על המים הרדודים לא מגיע ממקור נקודתי בודד מאחר והשפעתו נכרת לאורך החוף מפלמחים ועד אכזיב בצפון.

- תפוצת ריכוזי הנוטריינטים (ניטראט, פוספאט וחומצה סיליציית) באזור הרדוד של מימי החופין דרומית למפרץ חיפה בקיץ (אוגוסט) מוצגת באיור 5.5. בד"כ ריכוזי הנוטריינטים יורדים ככל שמתרחקים מהחוף, אולם במקומות מסוימים, בסמוך לשפכי נחלים והזרמות של קולחים, קיימים מוקדי העשרה. תפוצת ריכוזי הפוספט והניטראט מוכתבת, לפיכך, בעיקר ע"י מקורות זיהום יבשתיים מצד אחד, וקצב צריכתם ע"י היצרנים הראשוניים מצד שני. ב-2023 נראית העשרה של פוספט מול נחל הירקון ודרומית עד אשקלון ובמפרץ חיפה. העשרה של סיליקה נצפית בעיקר מול נחל הירקון ובמפרץ חיפה.

- התפוצה המרחבית של ריכוזי הכלורופיל מראה מגמה כללית של ירידה ככל שמתרחקים מקו החוף (איורים 5.5 ו-5.6). הגרדיאנט של הירידה בריכוזי הכלורופיל עם הריחוק מקו החוף (פקטור של כ-3) נובע מההשפעה של החדרת חומרי דשן ממקורות יבשתיים. הריכוזים האבסולוטיים של כלורופיל, באתרים לאורך חופי ישראל בהם נמצאה העשרה, אינם גבוהים ביחס לערכים שנמדדים באזורים המוגדרים

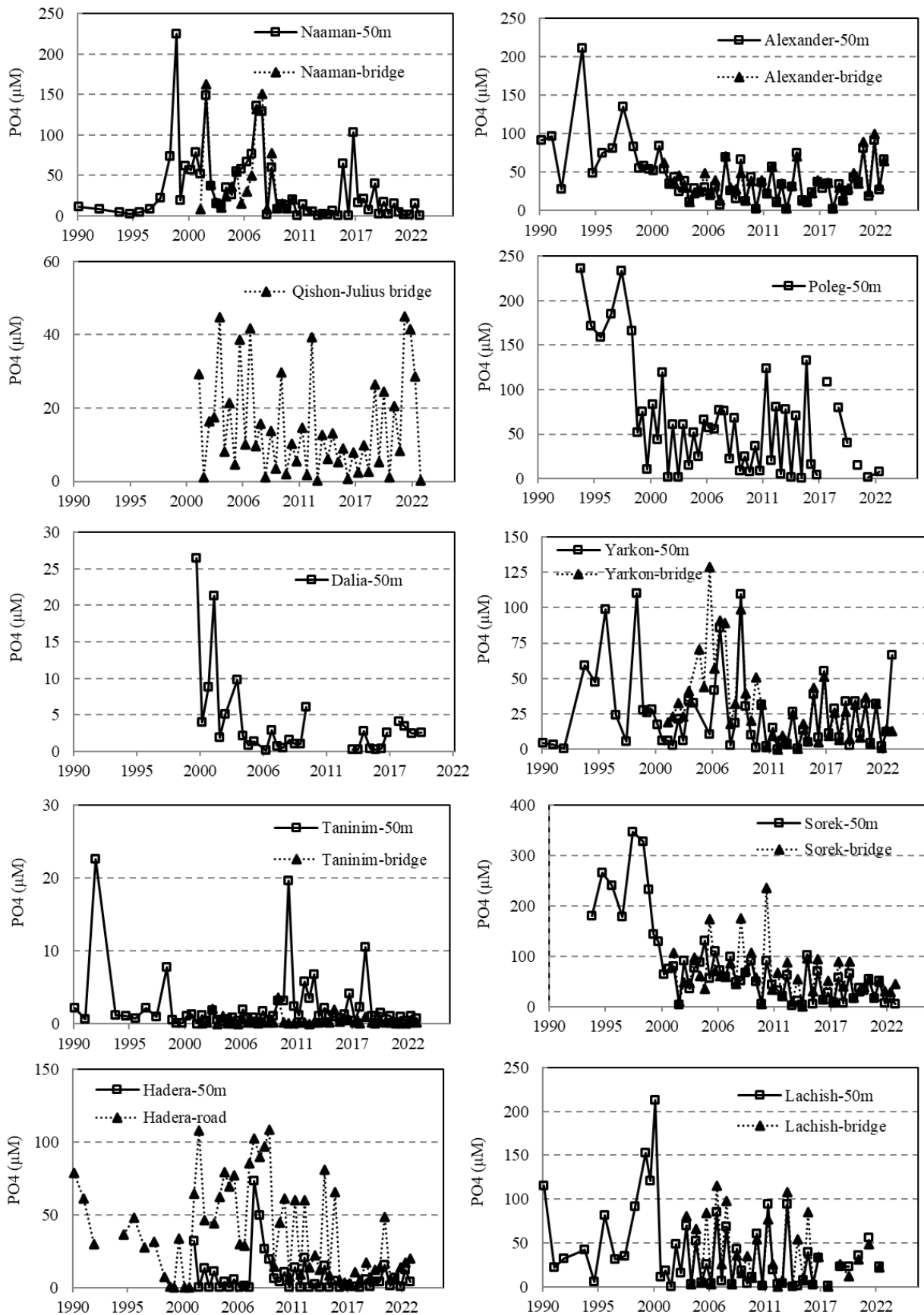
כאאוטרופיים, הן בים התיכון והן בימים אחרים בעולם. ב- 2023 נצפית העשרה של ריכוזי כלורופיל במפרץ חיפה ובאזור הדרומי של החוף, בין אשקלון לת"א.

ממצאים עיקריים בניטור מלווינים (SISCAL)

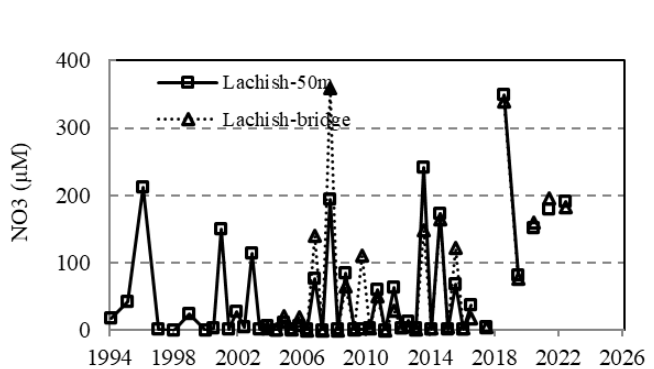
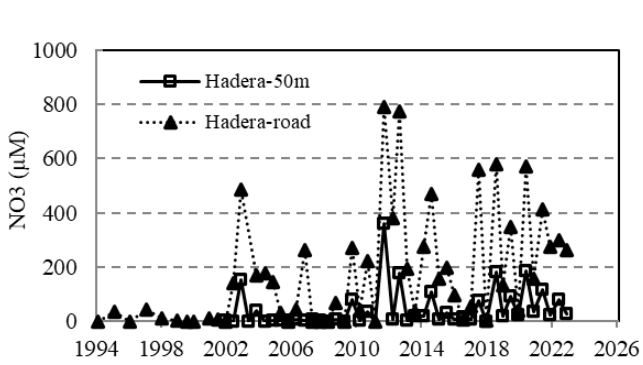
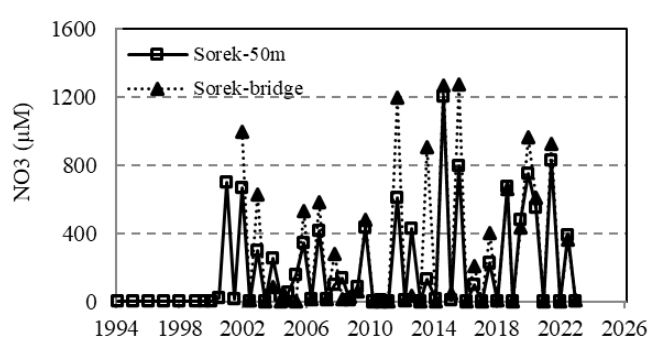
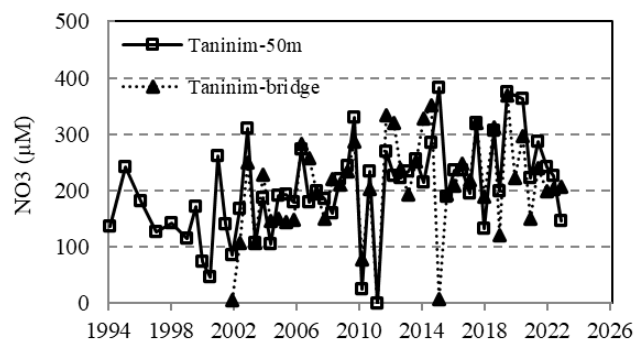
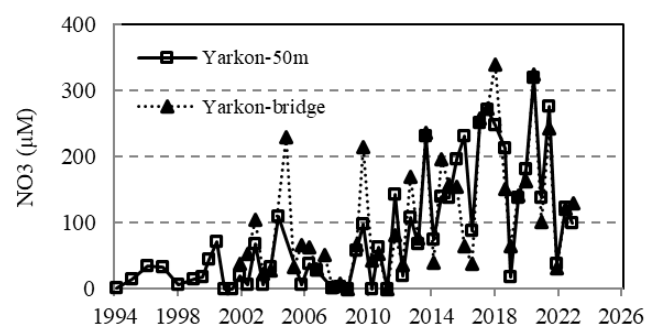
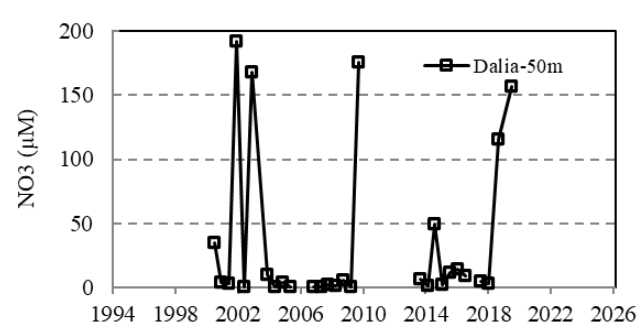
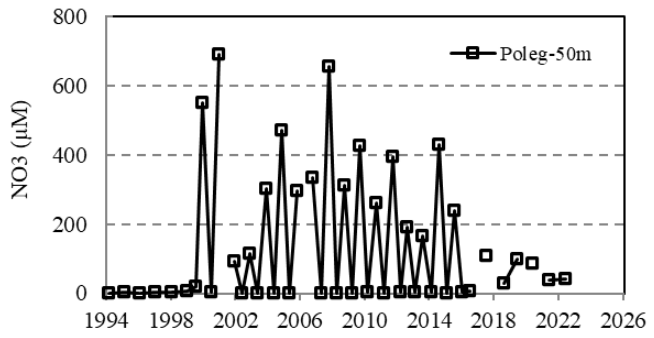
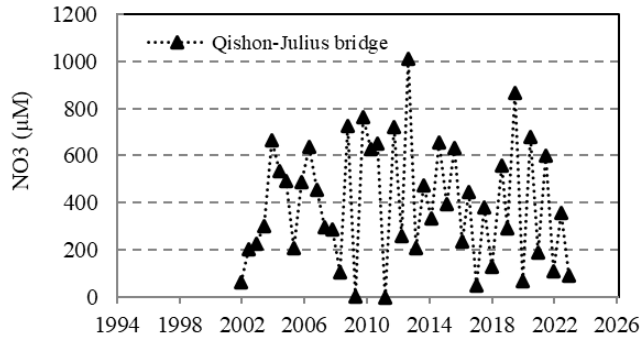
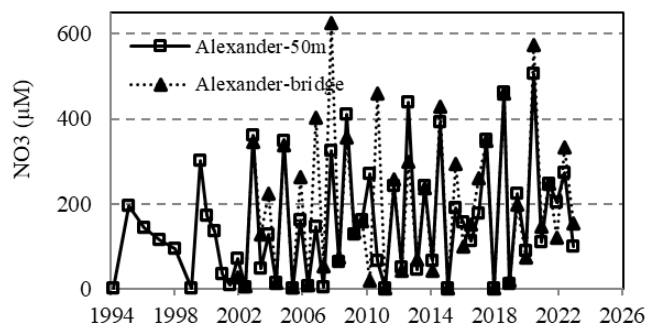
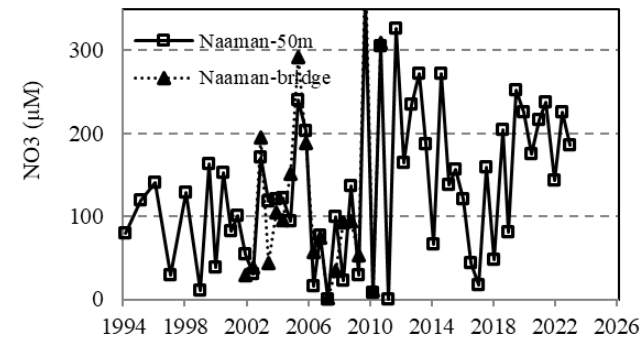
- מעקב אחר ריכוזי הכלורופיל באמצעות צילומי לוויין יומיים מסוג VIIRS (רזולוציה של 750 מטר לפיקסל) מראה השפעה אפשרית של הדלתא של הנילוס, ובנוסף הזרמת ביוב מעזה על החופים הדרומיים, ובכלל זה באזור היניקה של מתקן ההתפלה באשקלון) (איור 5.6). סביר להניח שהזרמת ביוב גולמי לים ברצועת עזה גורם לפגיעה אקולוגית ולירידה באיכות מי הגלם לצרכי התפלה, כפי שהוצג כדוגמה בדוח משנת 2021 (דו"ח חיא"ל H22/2021).

- מפאת החשיבות הרבה שיש להזרמת ביוב מעזה ושיפכי נחל עזה על החופים הדרומיים, ובכלל זה באזור היניקה של מתקן ההתפלה באשקלון ובעיקבות המלחמה הוגדר האזור שבין נחל עזה ועד מרינה אשקלון ועד 5 ק"מ מהחוף כ-Hot Spot והחל מעקב יומי אחר ריכוזי הכלורופיל ופרמטרים נוספים (TSM, SEC, PAR, SST) באמצעות צילומי לוויין מסוג Sentinel-3 (רזולוציה של 300 מטר לפיקסל). ערכי הכלורופיל לאורך חופי עזה הם יחסית גבוהים ומושפעים משילוב השפעה אפשרית של הדלתא של הנילוס, נחל עזה (הבשור) ומשפכי ביוב ממוקדים שונים לאורך החוף (איור 5.7). מפאת החשיבות הרבה שיש להזרמות ברצועת עזה על מתקן ההתפלה באשקלון פותחה אפליקציה בדומה למפרץ חיפה שפתוחה לציבור בכתובת הבאה:
<https://iolr.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=7aa4671d338746c38f33f22023c796d9>

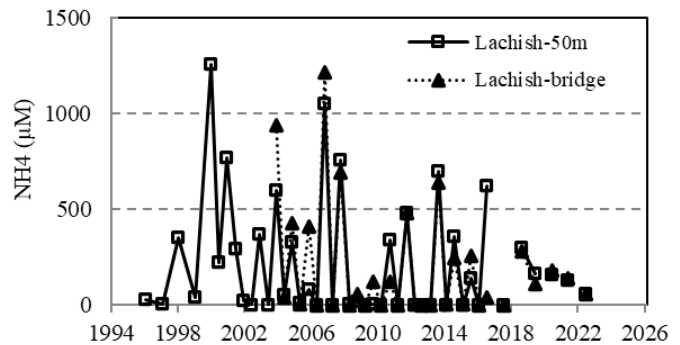
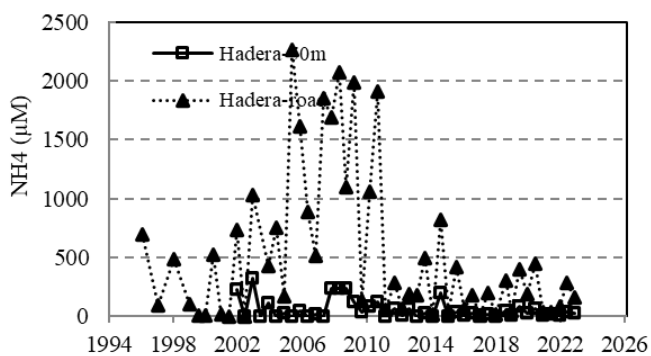
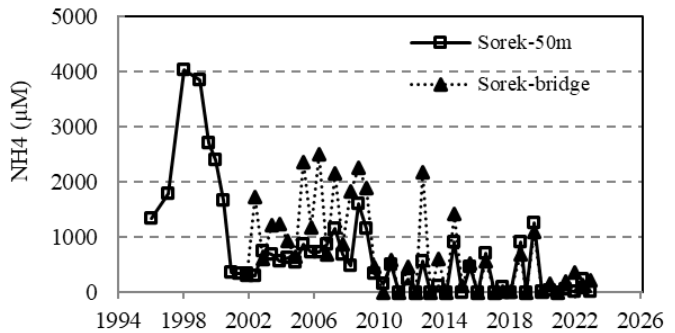
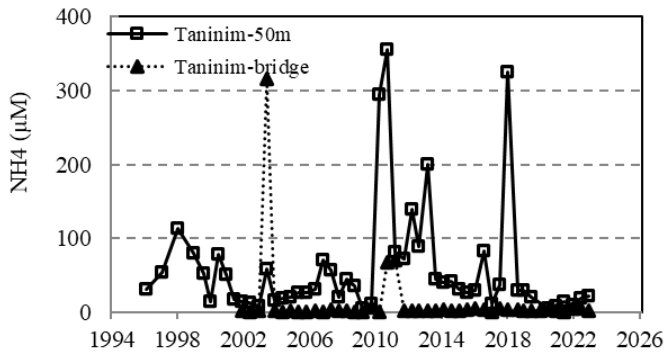
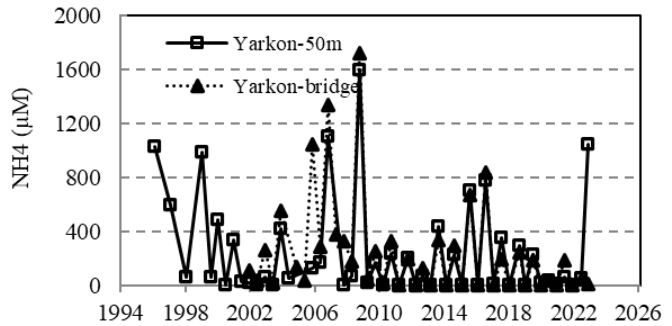
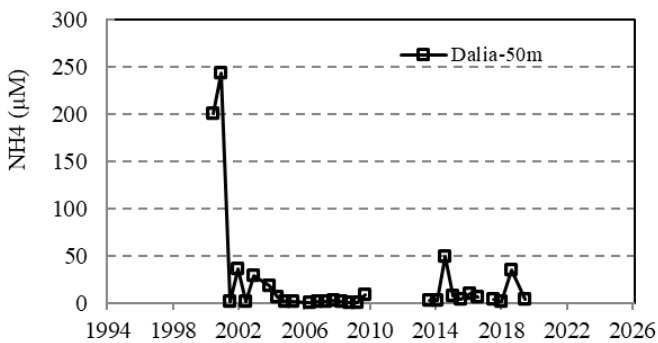
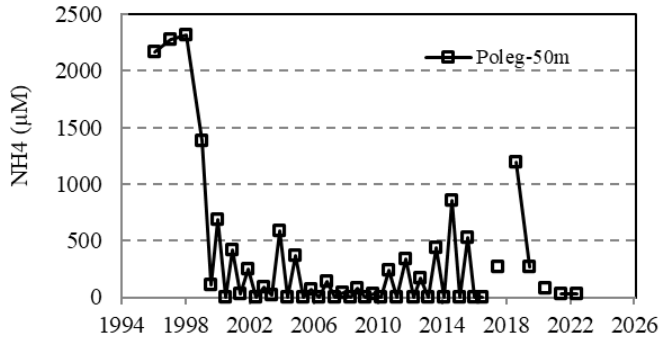
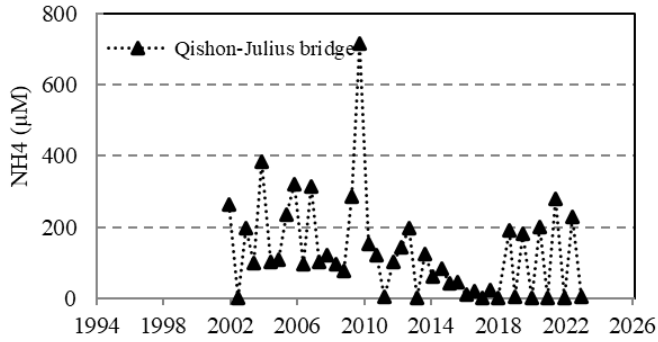
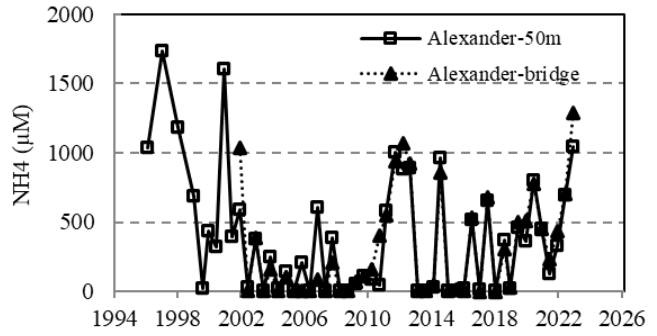
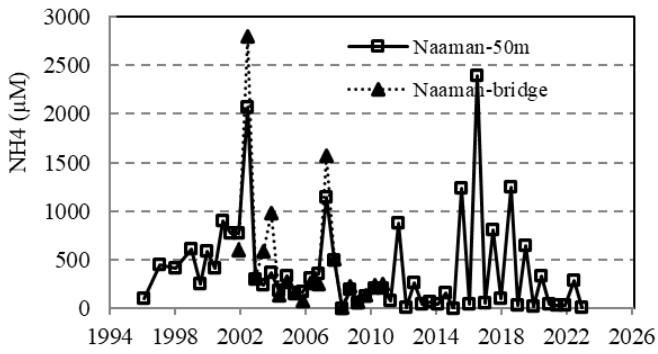
- ריכוזי הכלורופיל במפרץ חיפה גבוהים מהערכים לאורך החוף (איור 5.8, ריכוזי כלורופיל (לא מכוילים) על סמך אנליזות של צילומי לוויין) וקשורים בעיקר להזרמות נוטריינטים משפכי נחלי הקישון והנעמן, לזמן השהות ומידת השיכוב של המים. בחודשים פברואר ואפריל 2023 נצפו במפרץ חיפה ערכים גבוהים יחסית לשאר חודשי השנה ויחסית לתפוצה לאורך החוף (איור 5.7), ככל הנראה כתוצאה משהפעה של העשרת נוטריינטים בדרום המפרץ. נראה שבניית הנמל החדש והגדלת זמן השהות של המים במרחבו מגבירים את ריכוזי הכלורופיל והחומר המרחף באזור הדרומי (בהמשך ייעשה ניתוח כמותי). בניית הנמל כללה גם חפירת חול במפרץ ושינוי התכסית/המצע באזור הכרייה. ייתכן שפעולות אלה השפיעו על התפלגות החומר המרחף במפרץ והדבר יבחן בהמשך הניטור. נתוני SISCAL מוצגים באפליקציה ייעודית כמוצג באיור 5.9 הן עבור כל אורך החוף והן עבור חופי עזה.



איור 5.1: ריכוזי פוספט (A) אמוניום (B) וניטראט (C) בשפכי נחלי חוף הים התיכון, בשנים 1990 – 2023 (מרץ וספטמבר).



איור 5.1 המשך

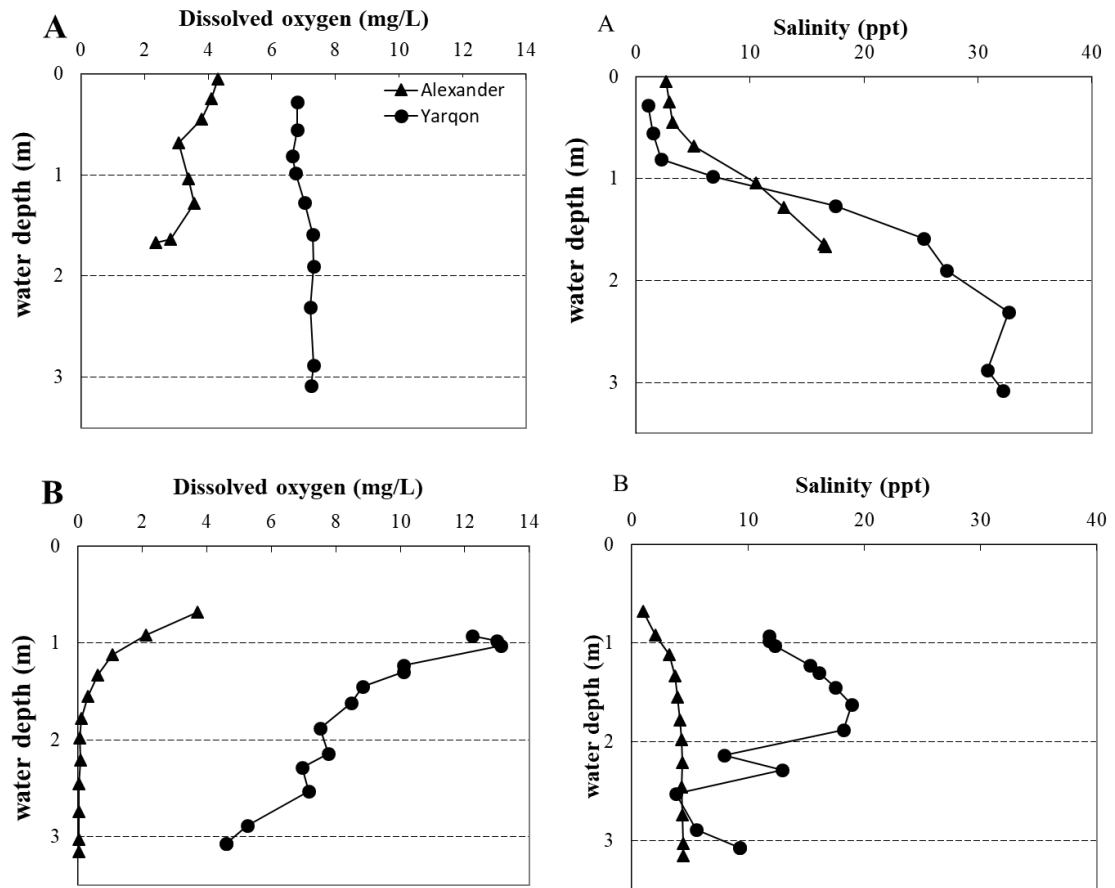


איור 5.1 המשך

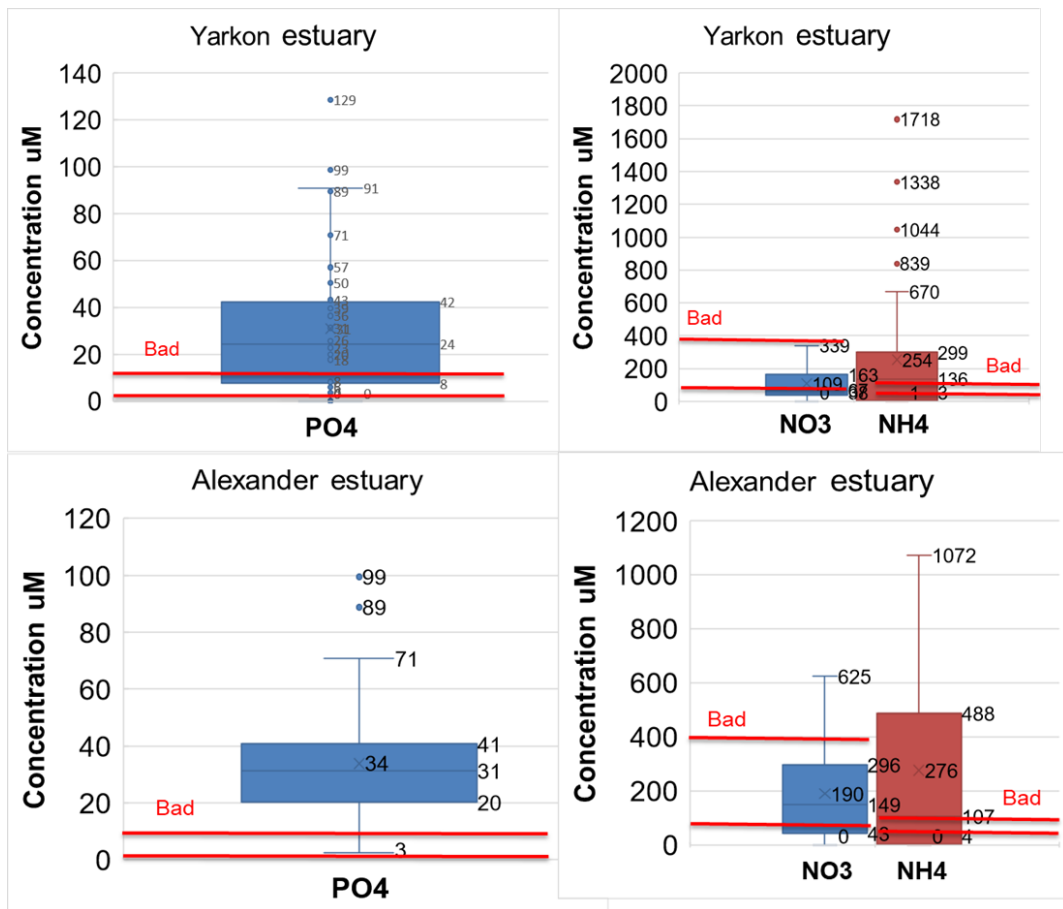
טבלה 5.1: מאפיינים כלליים של המים בשפכי נחלי החוף בשנת 2023.

		March 2023									September 2023									
Station	River	Temp C	Salinity ppt	DO Conc mg/L	DO % %	pH	Turbidity+ NTU	SPM mg/L	Chl µg/L	BOD mg/L	Temp C	Salinity ppt	DO Cor mg/L	DO % %	pH	Turbidity+ NTU	SPM mg/L	Chl µg/L	BOD mg/L	
R1b R1c	בצת																			
R4a R4b	נעמן	22.29 20.58	5.83 1.72			8.40 8.16	30.6 31.5		28.42 30.50		27.75 27.51	17.57 12.80	9.83 12.64	142.6 172.5	8.26 8.34	7.0 14.7		58.67 78.61		8.25
R5a R5c	קישון										28.76 29.39	26.50 26.40	15.90 17.24	214.5 235.0	8.54 8.62	54.5 2.4	12.83 17.50	43.17 66.77	10.69 12.98	
R5.5a R5.5b	דליה																			
R6a R6b R6c	תנינים	18.98 18.96 22.34	8.02 3.43 3.91	8.10 7.08 7.41	91.8 78.0 87.5	7.73 7.78 7.84	10.4 8.0 4.7		6.27 6.87 0.73		28.58 27.08 27.13	21.80 2.80 1.10	7.90 6.66 7.43	115.8 86.0 95.8	7.89 7.54 7.38	5.1 11.6 4.0		2.54 1.10 0.52		0.87 0.23
R7a R7b R7c	חדרה	19.48 19.60 18.59	31.29 24.61 0.84	7.73 6.21 2.13	101.5 78.5 23.0	8.22 8.11 8.19	4.6 5.4 15.9		1.81 2.32 5.04		32.28 32.53 28.07	32.80 30.00 5.50	8.00 7.60 3.48	111.6 106.9 46.3	8.13 8.10 7.90	0.0 0.3 9.1		4.94 4.87 6.76		2.12
R8a R8b R8c	אלכסנדר	18.06 18.65 17.72	3.23 3.04 2.60	7.10 6.61 4.31	76.7 72.3 46.1	8.19 8.24 8.13	24.1 24.7 34.2		46.77 43.80 62.06		28.34 27.56 27.87	5.10 3.70 1.00	8.30 6.85 3.70	107.4 89.6 49.5	8.02 8.01 8.02	1.6		48.90 48.09 56.00		5.14 2.15
R9a R9b	פולג	19.27 18.26	0.31 0.26	4.20 3.27		7.78 7.68	37.8 43.4		4.25 3.19											
R10b R10c	ירקון	20.92 19.41	1.48 1.05	7.33 6.80	83.1 74.6	8.12 8.03	29.4 33.7	37.20 40.40	1.54 1.41	2.68 2.18	30.40 30.46	13.70 11.80	12.37 12.24	180.4 188.2	8.27 8.06	6.8 0.0		5.70 4.70	20.64 21.43	4.63 6.35
R11a R11b R11c	שורק	18.60 18.34 18.26	20.61 0.73 0.52	6.96 5.98 6.25	84.4 64.1 66.8	8.08 7.93 8.13	5.1 21.9 20.9		2.77 3.07 5.31		29.94 30.87 28.96	39.20 33.70 8.40	7.31 9.11 4.18	119.1 142.0 56.6	8.24 8.27 7.75	0.0 5.1 14.7		8.58 22.61 60.58		3.91 3.09
R12a R12b R12c	לכיש	17.77 17.40 17.76	1.61 0.31 0.31	6.98 6.67 6.83	74.3 69.9 72.1	8.01 8.00 7.97	42.8 48.6 37.5		2.78 2.50 5.57											

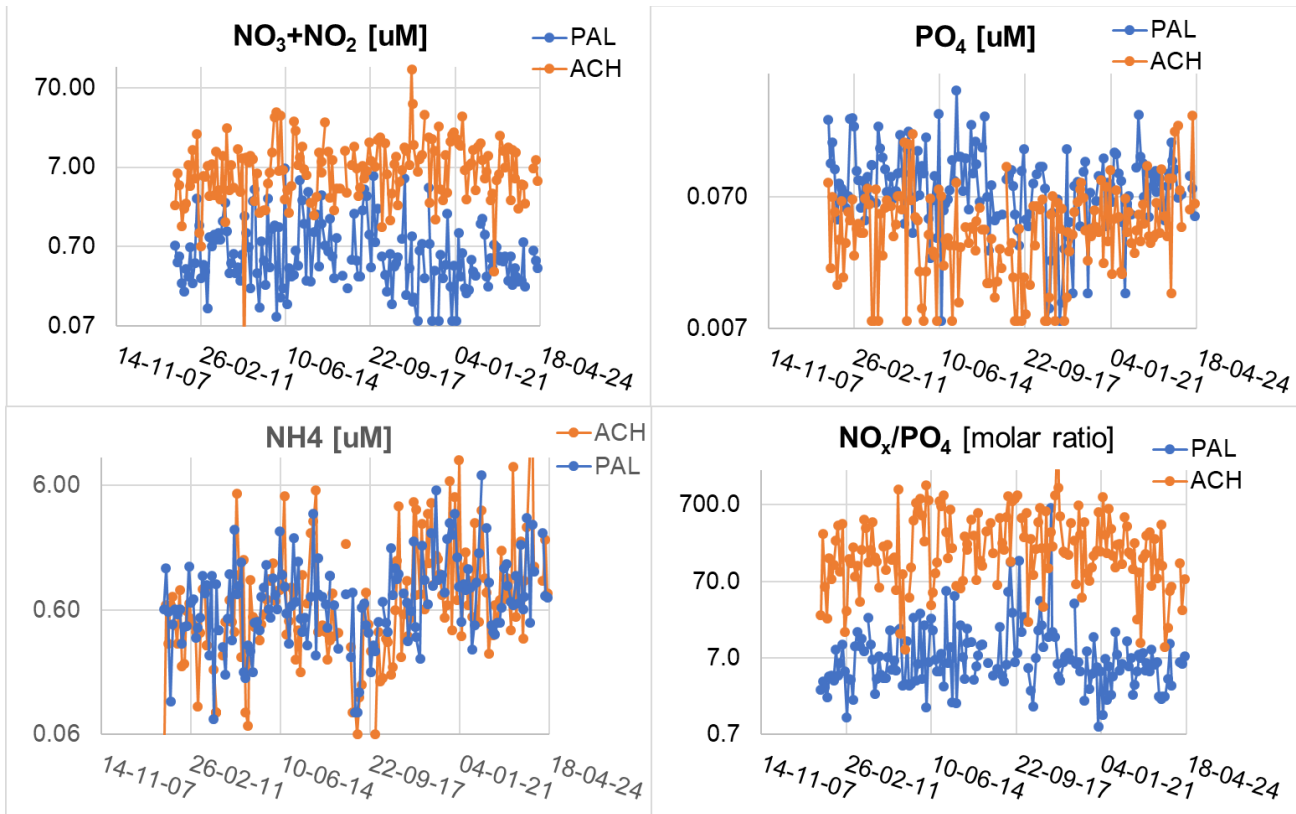
* A=river outlet, B=50m from outlet upstream, C=nearest highway bridge



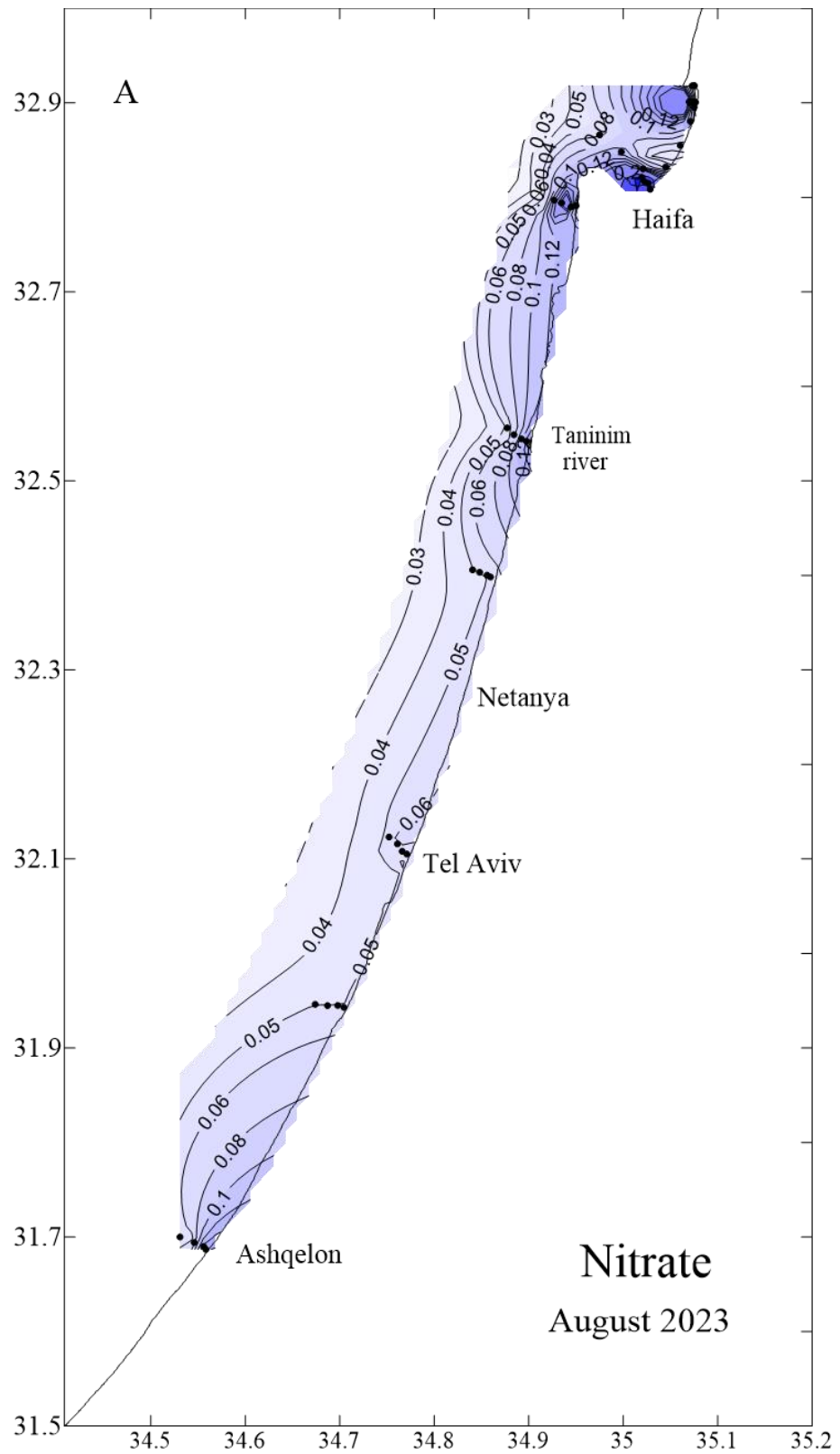
איור 5.2: פרופילי עומק של חמצן ומליחות בשפכי הנחלים קישון, אלכסנדר וירקון במרץ (A) וספטמבר (B) 2023.



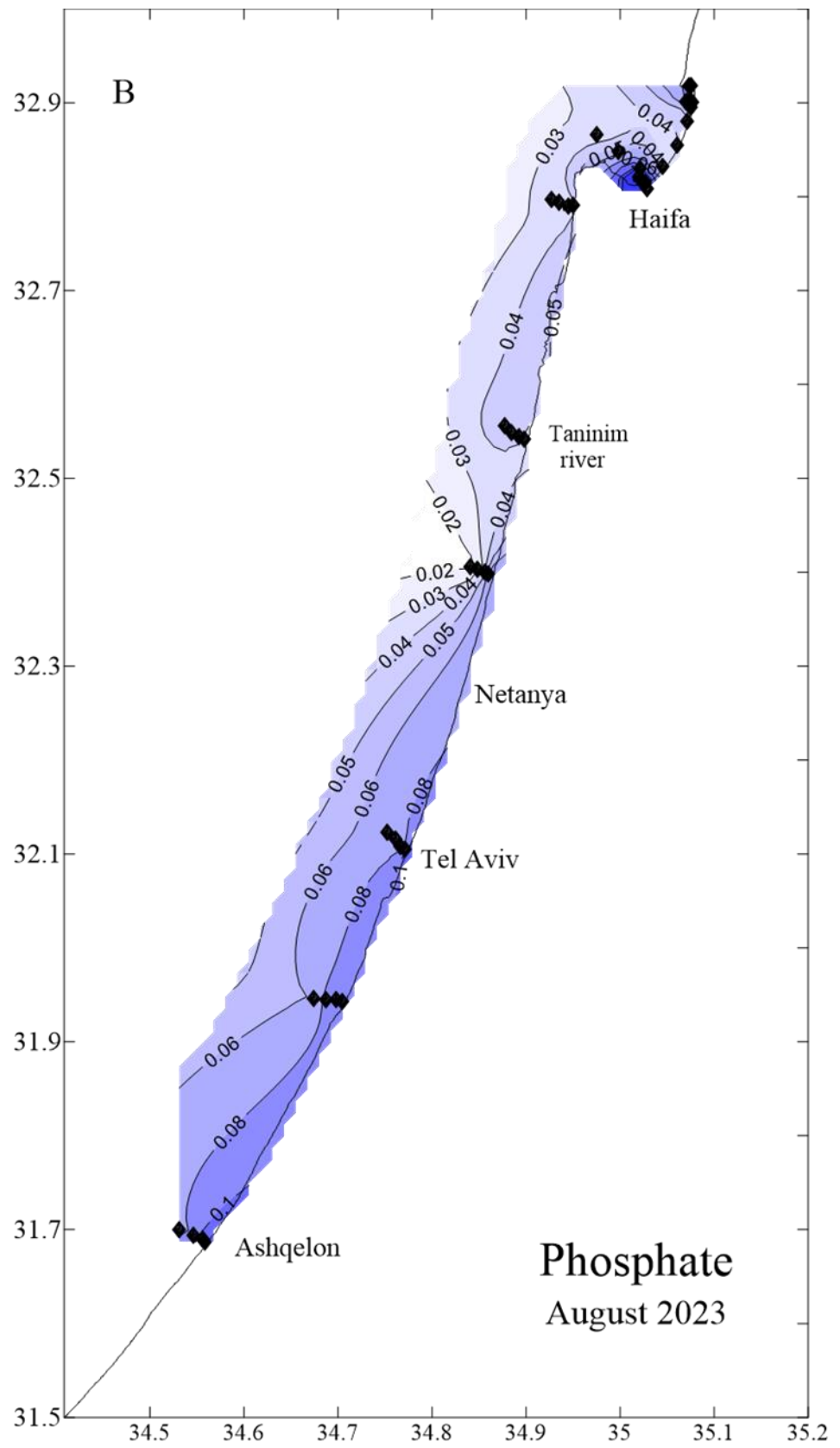
איור 5.3: התפלגות (דיאגרמות קופסא) של ריכוזי הנוטריינטים בשפך נחלי הירקון ואלכסנדר (נתוני הניטור האלומי). הקווים האדומים מייצגים הצעה ראשונית של ערכי סף אקולוגיים לאיכות מי שפכי הנחלים, המתבססת על הצעות לערכי סף של גורמים שונים כמפורט ב-Herut et al (2023).



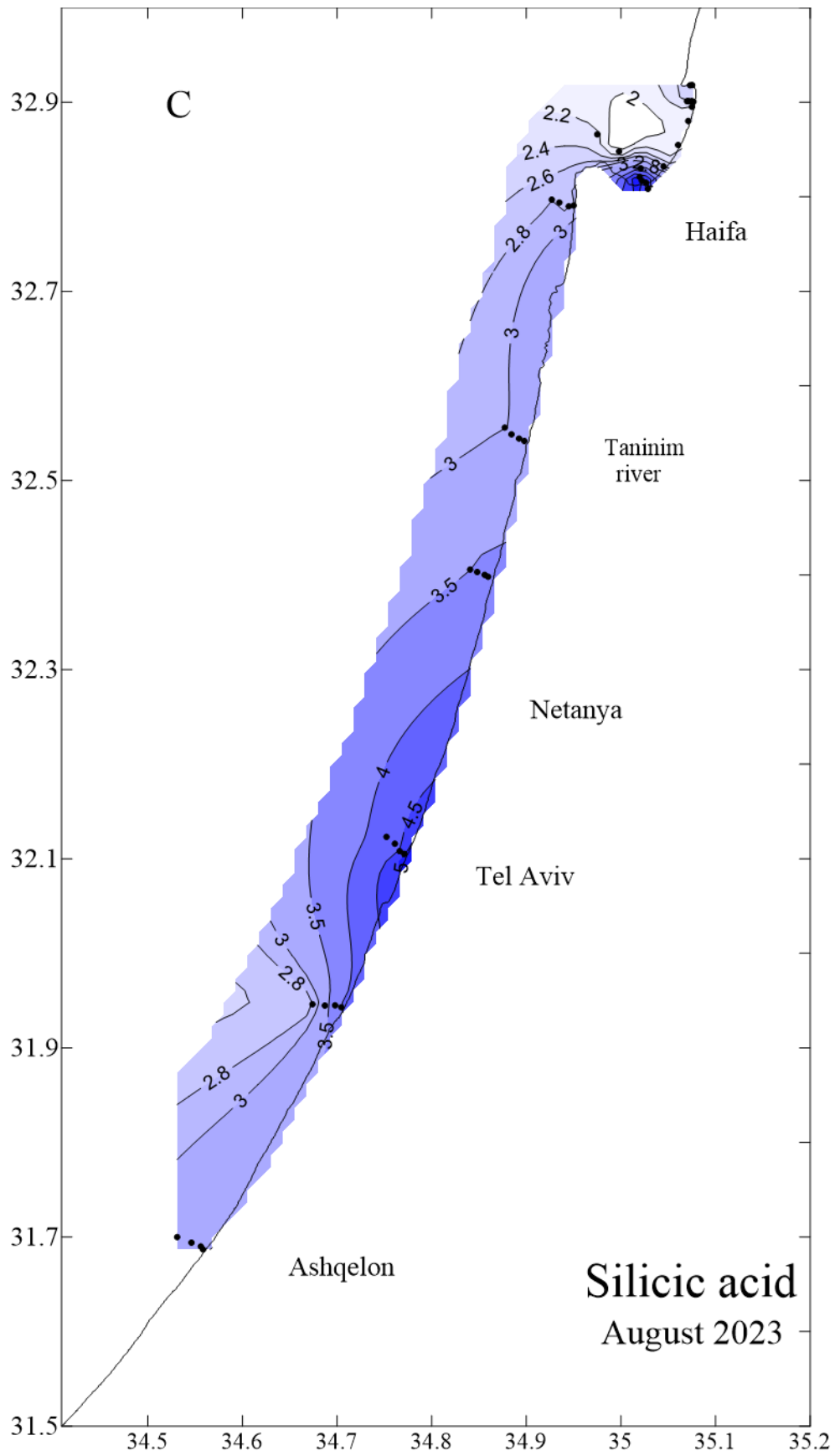
איור 5.4: שינויים בריכוזי הנוטריינטים (NO_3+NO_2 ; PO_4 ; NH_4) ויחסי NO_x/PO_4 במים הרדודים (טבלאות הגידוד) באכזיב (ACH) ובפלמחים (PAL) בשנים 2010 – 2023. קיימת העשרה של ריכוזי הניטרט באכזיב ביחס לפלמחים, ככל הנראה בגלל השפעה של זליגת מי תהום מועשרים בתחמוצות חנקן. ריכוזי הפוספט מועשרים בפלמחים לעומת אכזיב במיוחד בעשור הקודם מסיבה לא ברורה. בהתאם היחס בין ריכוזי הניטרט לפוספט גבוה באופן משמעותי (בד"כ מעל סדר גודל) באכזיב לעומת פלמחים. ריכוזי האמוניום דומים בשתי התחנות ומראים שינויים רב-שנתיים דומים, ועליה בשנים 2019 – 2023 לעומת 2016 – 2018.



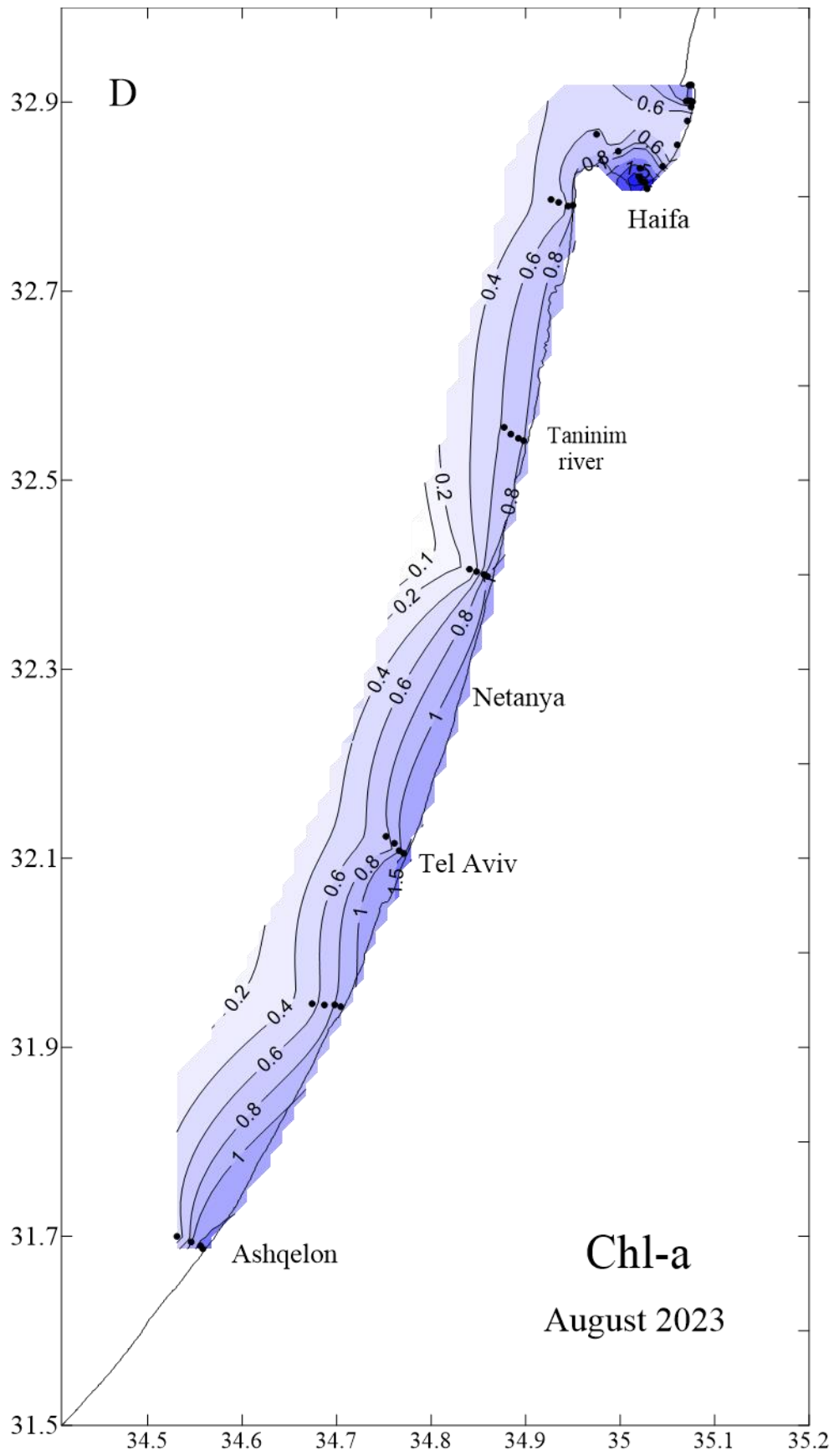
איור 5.5: ריכוזי נוטרייטים (μM) – ניטראט (A), פוספאט (B), חומצה סיליצית (C) וכלורופיל a (D) $\mu\text{g/l}$ במי שטח באזור הרדוד (עד עומק מים 30 מ') של מימי החופין באוגוסט 2023.



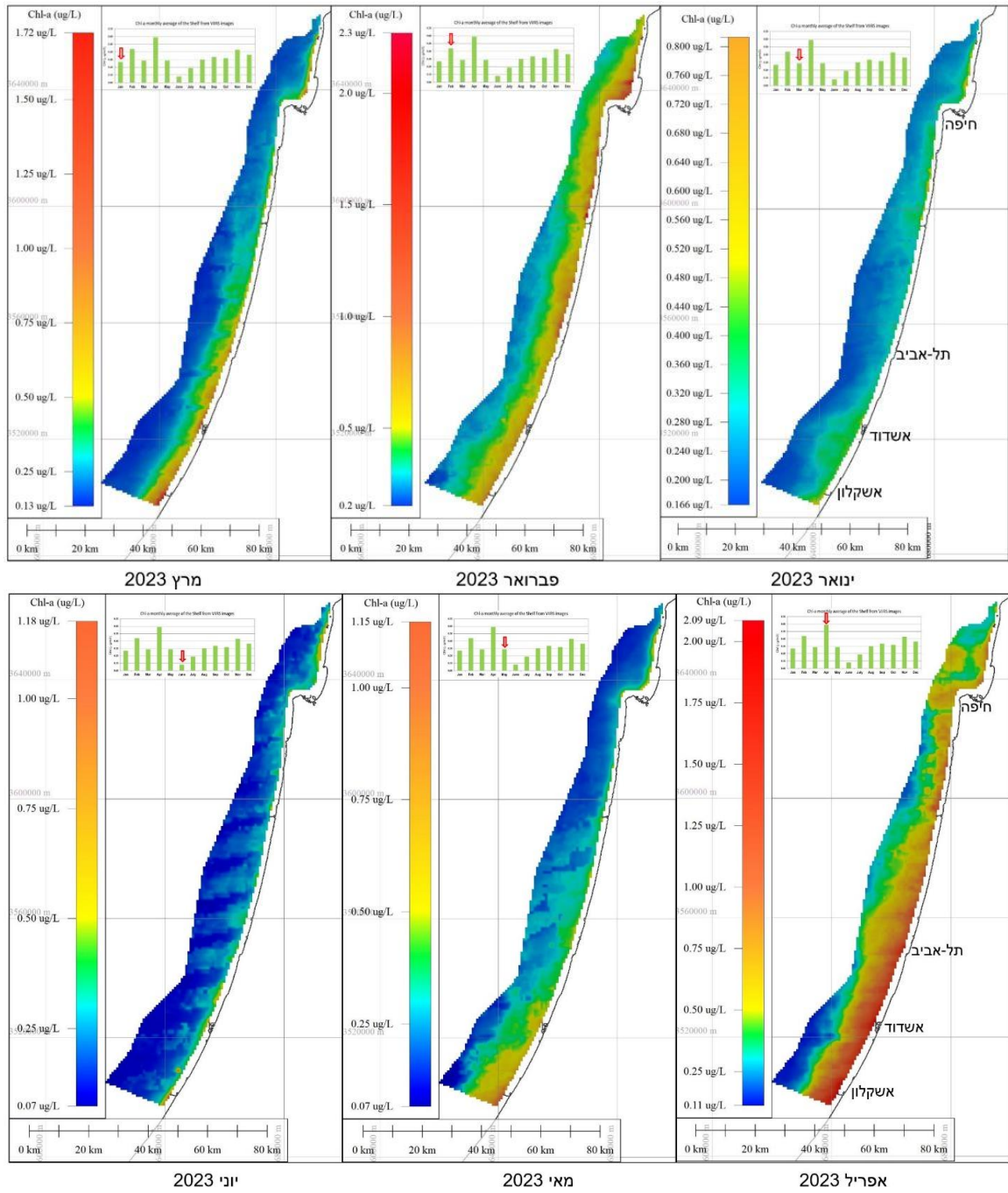
איור 5.5 המשך



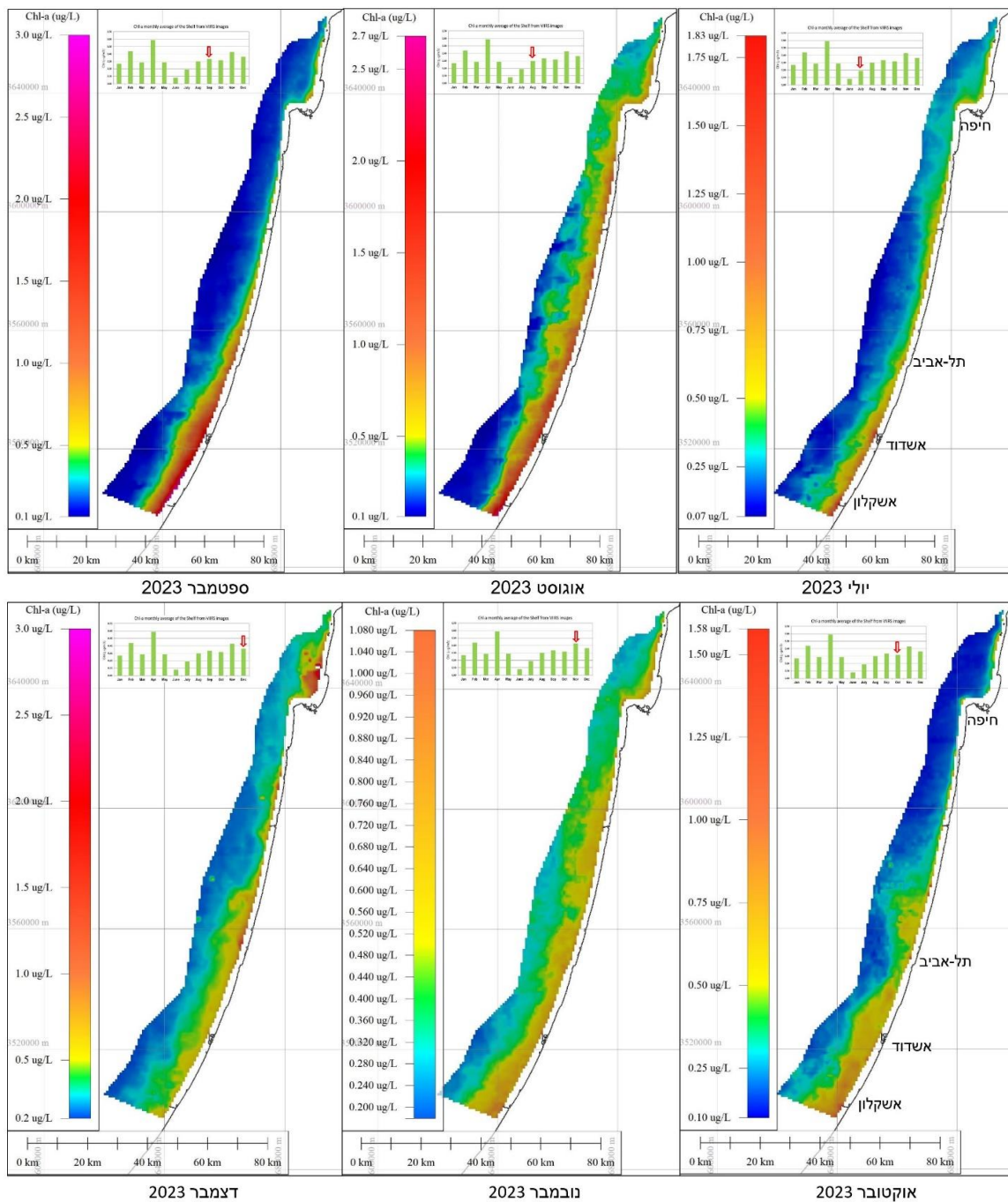
איור 5.5 המשך



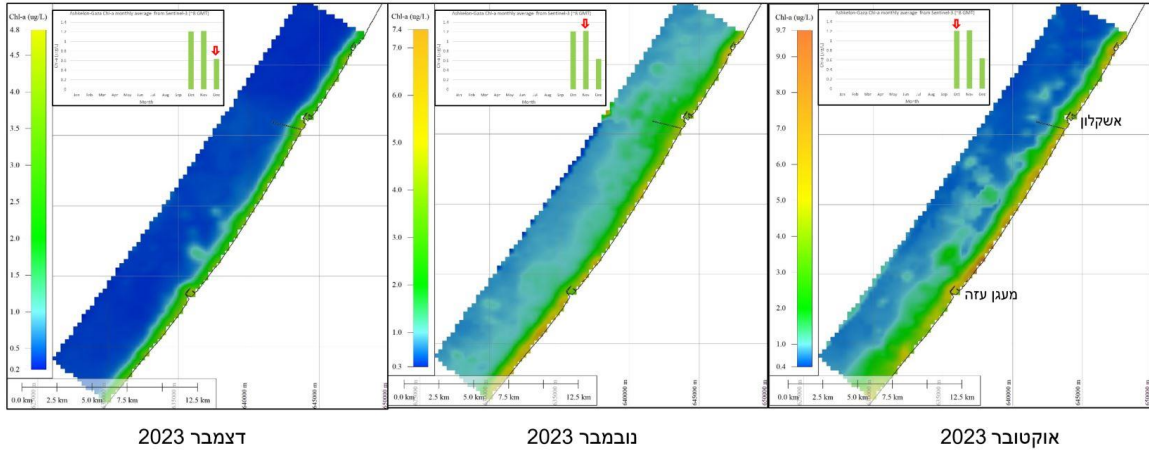
איור 5.5 המשך



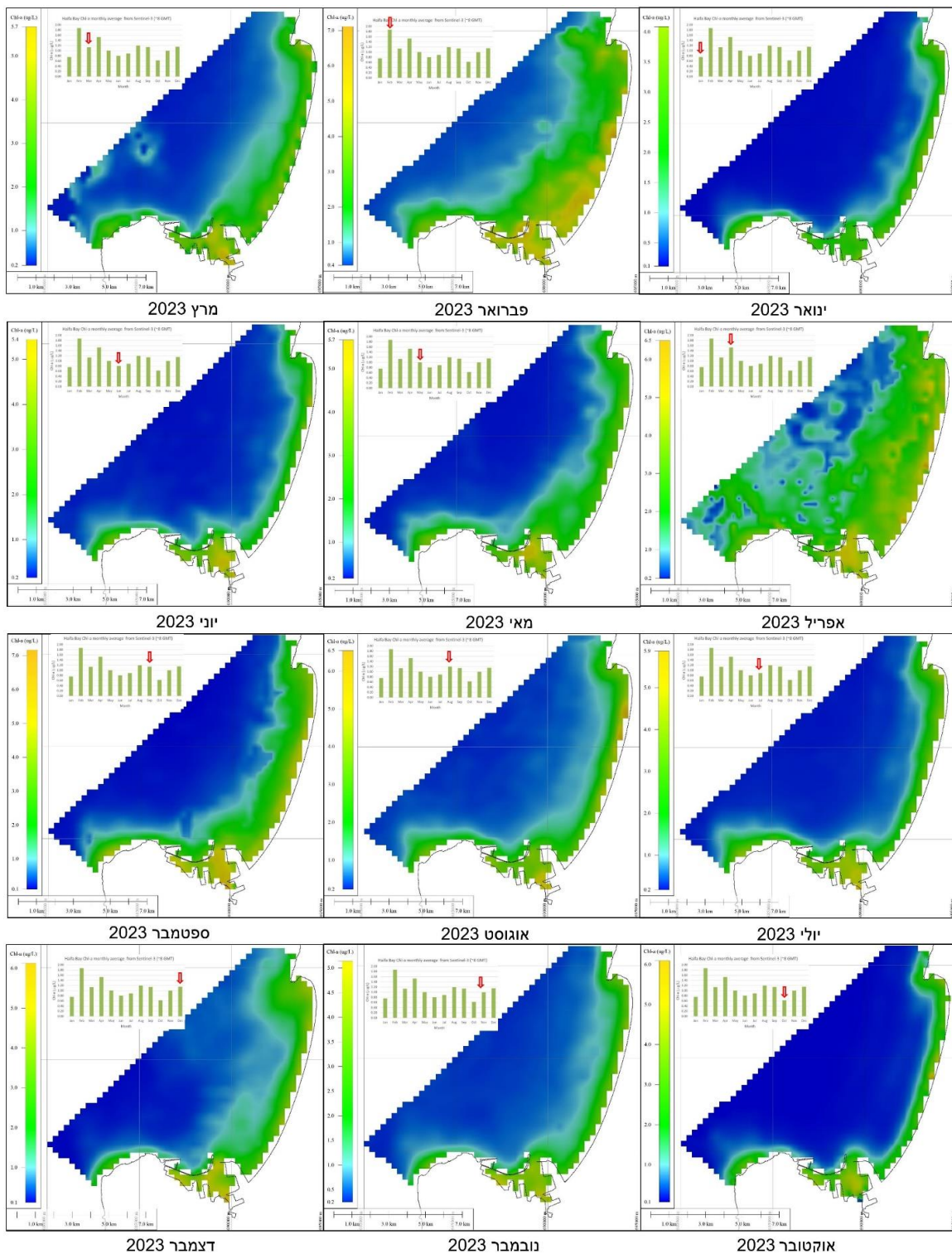
איור 5.6: תפוצת ריכוזי הכלורופיל החודשיים הממוצעים ב- $\mu\text{g/L}$ (לא מכוויל) במימי החופין (ממרחק של 2 ק"מ מערבית לחוף ועד לקצה המדף~ עומק מים של 200 מטר), כפי שהתקבלו מאנליזה של צילומי לוויין מסוג VIIRS (רזולוציה 750X750 מטר) במהלך ינואר 2023 עד דצמבר 2023.



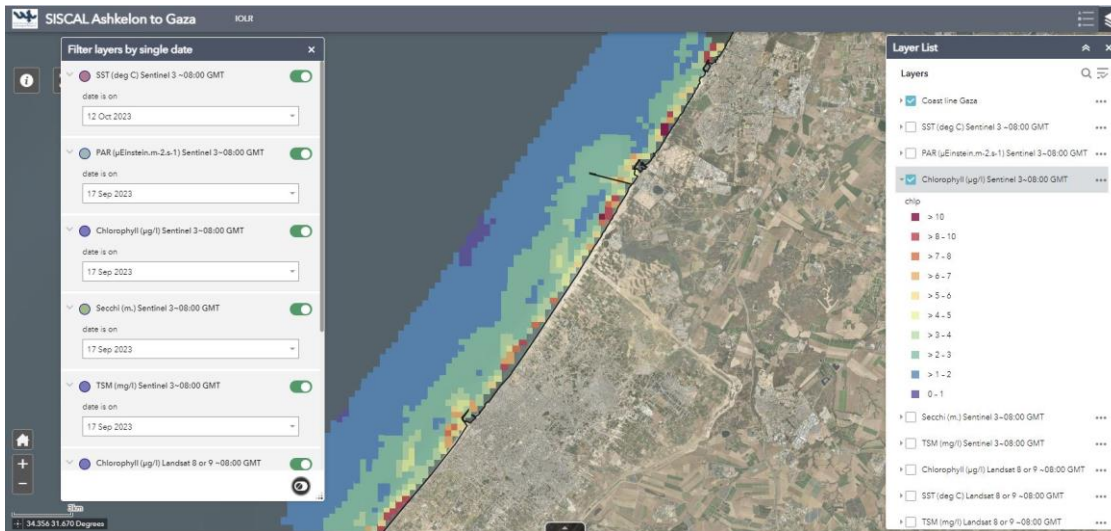
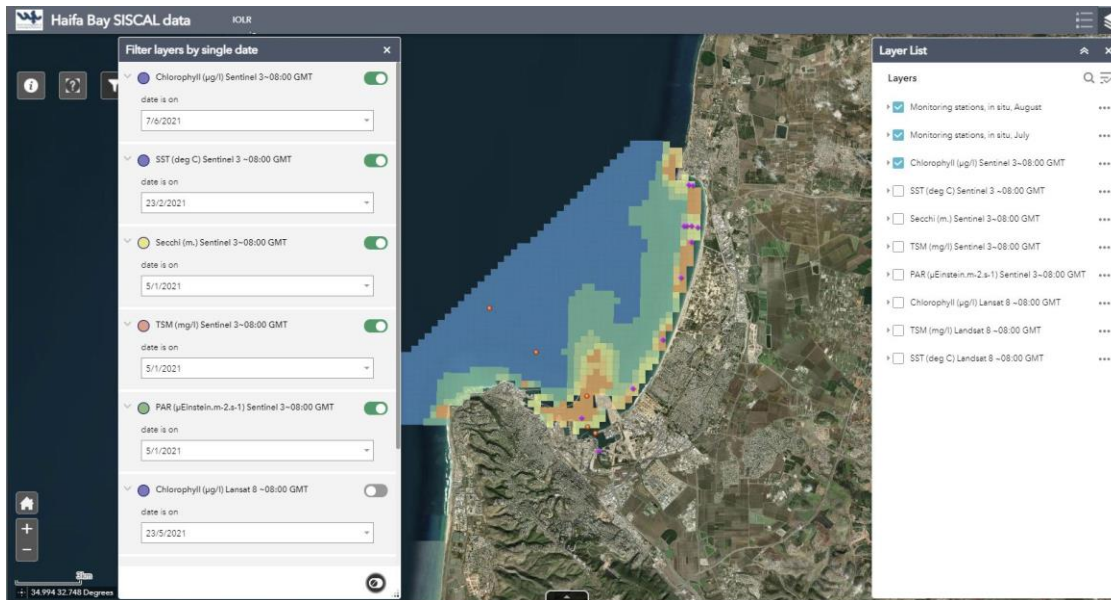
איור 5.6 - המשך



איור 5.7: ממוצע חודשי של תפוצת ריכוזי הכלורופיל ב- $\mu\text{g/L}$ (לא מכויל) באזור עזה-אשקלון בשנת 2023 כפי שהתקבלה מאנליזה של צילומי לוויין מסוג Sentinel-3 (רזולוציה 300X300 מטר). הגרפים בחלק העליון של כול מפה מייצגים את הממוצע החודשי של הכלורופיל באזור המיפוי.



אזור 5.8: תפוצת ריכוזי כלורופיל (ממוצעים חודשיים) ב- $\mu\text{g/L}$ (לא מכוויל) במפרץ חיפה בשנת 2022 ממוצע חודשי של תפוצת ריכוזי הכלורופיל ב- mg/L (לא מכוויל) במפרץ חיפה בשנת 2023 כפי שהתקבלה מאנליזה של צילומי לוויין מסוג Sentinel-3 (רזולוציה 300X300 מטר). הגרפים בחלק העליון של כול מפה מייצגים את הממוצע החודשי של הכלורופיל בכול המפרץ.



איור 5.9: פנל עליון: אפליקציית הניטור של מפרץ חיפה בזמן אמת המבוססת על אנליזות של צילומי לוויין מסוג Landsat 8 עם רזולוציה של 30 מטר ולווין Sentinel-3 (כיסוי יומי) עם רזולוציה של 300 מטר. הפרמטרים שממופים כוללים: SST, PAR, SEC, TSM, Chl-a. פנל תחתון: אפליקציה (בדומה לפנל העליון) המתייחסת לרצועת עזה וחלקו הדרומי של החוף.