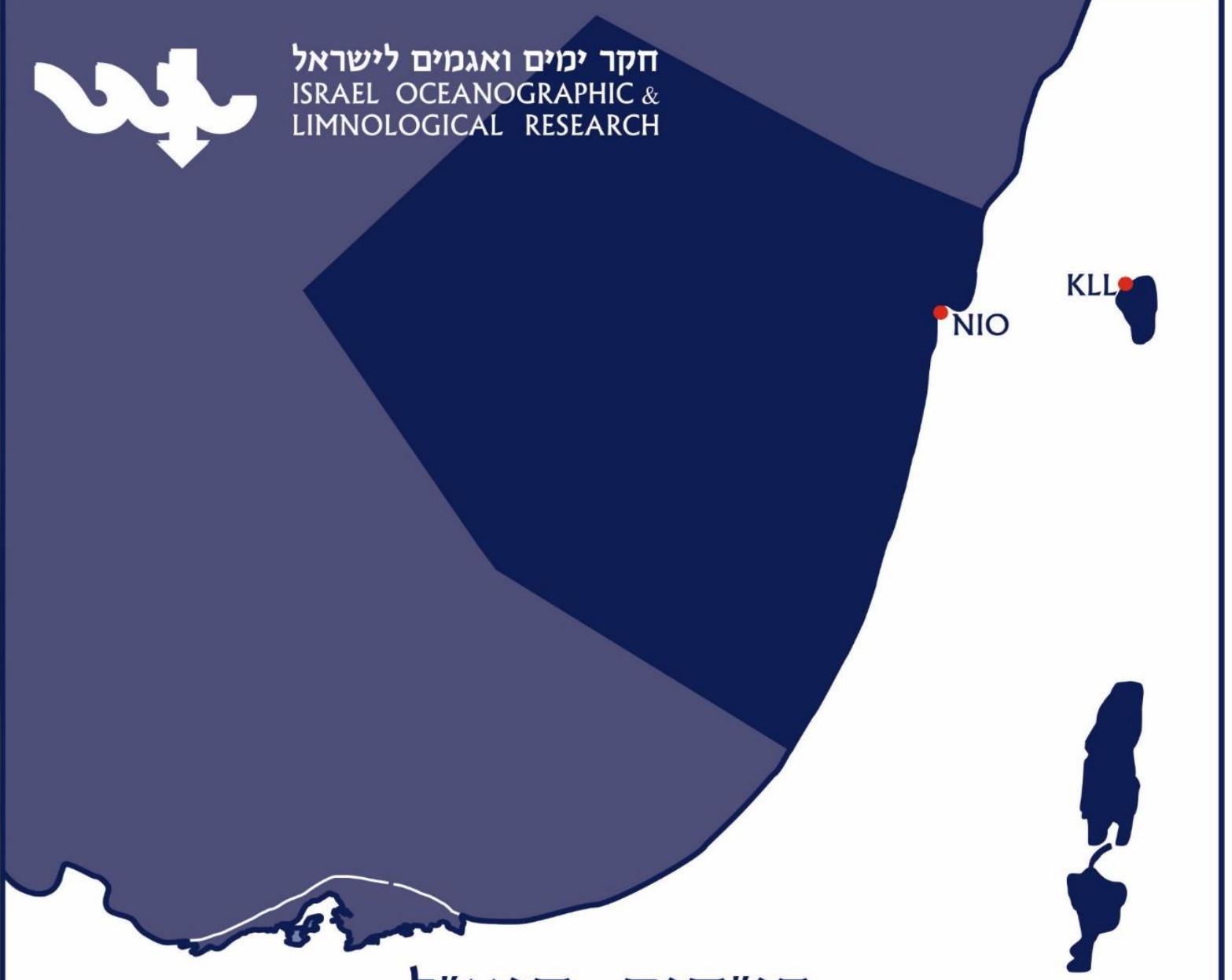




חקר ימים ואגמים לישראל
ISRAEL OCEANOGRAPHIC &
LIMNOLOGICAL RESEARCH



דו"חות חיאל IOLR REPORTS

תכנית הניטור הלאומית בים התיכון לשנת 2022
ניטור שינויי אקלים והמערכת
ההידרוגרפית

דו"ח חיאל H25/2023

NCM



חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ (חל"צ) Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd.(PBC)
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 2022 ניטור שינויי אקלים והמערכת ההידרוגרפית

עריכה וניהול מדעי: ברק חרות

דו"ח חיא"ל H25/2023

**ברק חרות, טל עוזר, איזק גרטמן, אלי ביטון, איה לזר, רון גולדמן ג'ק
סילברמן, גיא סיסמה ונטורה**

יוני 2023

שם הדו"ח לצורך ציטוט:

Herut B., Ozer T., Biton E., Lazar A., Silverman J., Sisma-Ventura G., Goldman R., Gertman I. (2023)*. The National Monitoring Program of Israel's Mediterranean waters – Scientific Report on Climate Change and Hydrography for 2022, Israel Oceanographic and Limnological Research, IOLR Report H25/2023.

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

תוכן

עמוד

4	פרק 1 - ניטור שינויים תרמו-הליניים ונתוני מדידה רציפה
33	פרק 2 - ניטור שינויי מפלס ים
36	פרק 3 - ניטור שינויים בחומציות ומערכת הקרבונט במי הים
43	פרק 4 - ניטור שינויים ברמת החמצן והנוטריונטים במי הים
52	פרק 5 - מרכז מידע ימי לאומי (היבטים הידרוגרפיים)

פרק 1 – ניטור שינויים תרמו-הליניים ונתוני מדידה רציפה

(מרכזים, ד"ר טל עוזר 'tal@ocean.org.il', ד"ר איזק גרטמן isaac@ocean.org.il, ד"ר אלי ביטון elib@ocean.org.il, פרופ' ברק חרות barak@ocean.org.il)

הפרק מתייחס למדדים הקשורים לשינויי אקלים וליעד אקולוגי E07 Hydrography במסגרת אמנת ברצלונה.

ממצאים עיקריים

ניטור שינויים תרמוהליניים באמצעות הפלגות ניטור

- תצפיות במהלך 40 שנים בים העמוק באזור דרום מזרח אגן הלבנט בעונה החמה (יולי-אוקטובר) מראות מגמת עלייה בטמפרטורה ($0.13 \pm 0.04^\circ\text{C}$ לשנה) ובמליחות (0.005 ± 0.004 לשנה) של מסת המים העליונה (LSW). עליית הטמפרטורה של מי השטח המתקבלת מניתוח נתונים זה גדולה מהתחזית של הפאנל הבין-ממשלתי לשינויי אקלים (IPCC 2021) העומד על בין 0.055°C ל- 0.069°C לשנה ונובעת ככל הנראה מהעובדה שהנתונים נאספים בעיתוי של שיא ההתחממות השנתית, בסוף הקיץ (איור 1.1).
- קיימת ירידה משמעותית סטטיסטית בעובי שכבת LSW בקיץ בקצב של כ-0.3db לשנה (בקירוב 30 ס"מ/שנה). בנוסף, ניתן להתרשם כי במשך 15 השנים האחרונות, השינויים בעובי שכבת LSW (סביב קו המגמה) התמתנו ל- $\pm 10\text{db}$. ניתן לשייך ממצאים אלו להמשך מהלך ההתחממות התומך ביציבות גבוהה יותר בפני השטח.
- מגמות ארוכות טווח של התחממות ($0.02 \pm 0.01^\circ\text{C}$ בשנה) והתמלחות (0.004 ± 0.002 בשנה) נשמרות גם בשכבת מי הביניים הלבנטיניים (LIW). סדרת המליחות של שכבת LIW מדגימה מחזור רב-שנתי (זמן מחזור של קרוב לעשור) בנוסף למגמת ההתמלחות הכללית. לדוגמא, החל משנת 2007 ועד שנת 2014 נרשמה מגמת ירידה במליחות. לאחריה התחלפה המגמה לחיובית עד לשנת 2018, ומאז 2019 נמצאת שוב במגמת ירידה. נתונים משנת 2022 מצביעים על התמתנות מגמת הירידה במליחות אשר יתכן כי מרמזת על מעבר למגמת עלייה בשנים הקרובות (איור 1.2). מגמות דומות נצפות גם בסדרת נתוני המליחות בשכבת LSW, אולם באופן פחות מובהק (איור 1.1).

- בשנת 2022 נמדדו ערכי טמפרטורה בשכבת המים העליונה הקרובים לממוצע הקלימטולוגי ונשמרו בטווח סטיית התקן לעונות הקיץ והחורף (איורים 1.3 ו-1.4).
- בחורף 2022 נמדדו ערכי מליחות הנמוכים מהממוצע הרב שנתי בכל שלושת התחנות (איור 1.4). ירידה זו (בשנת 2022) נתמכת ע"י המשך מגמת ירידת המליחות בשכבת LIW (איור 1.2) ויתכן גם בעליית כמות המשקעים בחורף 2021-2022 שהיו גבוהים באופן יחסי בחלק מתחנות מישור בחוף (מנתוני השירות המטאורולוגי).
- ערכי הטמפרטורה והמליחות באפריל 2022 בעומקי הביניים מדגימים אנומליה המתבטאת בהעמקה של שכבת הערבוב העליונה עד לעומק של כ-300 מטר (איור 1.4, טמפרטורה) ודחיפה של מקסימום המליחות המאפיין את שכבת מי הביניים הלבנטיניים (LIW) עד לעומק מקסימלי של כ-350 מטר (איור 1.4, מליחות). שונות זו נובעת ככל הנראה מנוכחות של מבנה זרם אנטי-ציקלוני באזור אשר מרכזו סמוך לתחנה H06. השפעה דומה נצפית בתחנה זו גם בהפלגת הקיץ באוגוסט 2022.
- בדומה לשנים הקודמת ערכי המליחות של שכבת המים ממקור אטלנטי (AW) ממשיכים להראות שונות גבוהה בעונת הקיץ (איור 1.5). פרופילים של שכבות המים העליונים ומי הביניים מדגימים שונות שנתית אשר מוסברת ע"י שינויים אקלימיים בכמות המשקעים באזור ובנוסף ע"י הנוכחות של דגמי זרם משתנים (איורים 1.4, 1.5).
- במי העומק, נמשכת מגמה של חזרה למצב שקדם לאירוע ה-EMT (East Mediterranean Transient) בשנות ה-90 של המאה שעברה, קרי, ירידה מונוטונית בערכים תרמוהליניים (טמפרטורה ומליחות). נצפתה התמתנות הגרדיינטיים וטשטוש אנומליית ה-EMT בגלל תהליכי דיפוזיה אנכית (איור 1.6).
- בעומקי מים בין 1700 – 1750 מטר (תחנה H06) נצפים שינויים תרמוהליניים וכימיים הקשורים הן למגמת השחיקה של אנומליית ה-EMT והן לשינויים, ככל הנראה עכשוויים מאז 2018, של כניסת מים עמוקים טריים יחסית, שייתכן ומקורם באדריאטי (איור 1.7). הקשר בין שינויי הטמפרטורה לריכוזי הפוספט מלמד על העשרה קטנה של פוספט הקשורה למים העמוקים מן השנים האחרונות. לא נמצא בשלב זה קשר מובהק בין

השינויים התרמוהליניים לשינויים בריכוזי הסיליקה, הניטרט וצריכת החמצן המדומה (AOU) במים אלה.

ניטור שינויים של טמפרטורת פני הים מהדמיות לוויין (ד"ר גדעון טיבור)

- הטמפרטורה החודשית הממוצעת מעל למדף היבשת של מדינת ישראל (עד למרחק מהחוף של עומק מים 200 מטר) חושבה לשנים 2020-2021 והשוותה לממוצעים החודשיים משנת 2022. הטמפרטורה חושבה על בסיס מדידות יומיות ע"י לוין VIIRS עם רזולוציה של 0.75 ק"מ לפיקסל. בחודש אפריל 2022 נראית אנומליה חיובית של כ-5 מעלות (איור 1.8) אשר אינה נתמכת במדידות ישירות במים חופיים (איורים 1.9, 1.10). באופן כללי ניתן להתרשם כי טמפרטורת פני הים הממוצעת בשנת 2022 נשמרה 1° -0.5 מתחת לממוצעים בשנתיים הקודמות (איור 1.8).

ניטור שינויים תרמו-הליניים בתחנות מדידה רציפה

- מדידות טמפרטורה רציפות מקצה מזחי הפחם בחדרה ואשקלון מתארות את המהלך העונתי. בתחנת אשקלון חודשו המדידות ביוני 2022 לאחר שנפסקו בנובמבר 2020 עקב נזק שנגרם מעבודות קבלן באתר. בחורף 2022 נמדד בתחנת חדרה שיא שלילי בטמפרטורה ובמליחות מאז תחילת המדידות בתחנה (איורים 1.9 ו-1.10).
- כפי שדווח בשנים קודמות, בחודשי האביב והקיץ, נמדדים ערכי טמפרטורה גבוהים יותר בתחנה באשקלון, עד לכדי 2 מעלות צלסיוס. שוני זה נובע על פי רוב מהבדלים גיאוגרפיים-אקלימיים המוכרים בין תחנות המדידה בחדרה ובאשקלון (איורים 1.11-1.12).
- ערכי המליחות שנמדדו בחודשים ינואר-אפריל 2022 בתחנת חדרה היו נמוכים מהממוצע הרב שנתי, ככל הנראה בעקבות עלייה בכמות המשקעים בחורף הקודם (2021-2022). בצורה דומה, ניתן לקשור את העלייה בערכי המליחות בחודשים אוקטובר-דצמבר 2022 (בהשוואה לממוצע הרב שנתי) בחורף האחרון (2022-2023) שהיה שחון משמעותית (איור 1.13).
- ניתוח ערכי המליחות והטמפרטורה שנמדדו מאז תחילת המדידות בתחנה בחדרה בשנת 2011 ועד היום תומך במגמות ההתמלחות וההתחממות החיוביות שנמצאו בנתונים

מהפלגות ים עמוק. יצוין כי קצב עליית הטמפרטורה בסמוך לחוף הינו כמחצית מזה שנמצא בשכבת LSW והוא בהתאמה טובה לפרסומים שונים על קצבי ההתחממות באגן המזרחי ולמדידות ב-LIW. קצב ההתמלחות דומה בשתי האנליזות (איור 1.14).

- ניתוח רב שנתי של המהלך היממתי בעונת הקיץ (חודש אוגוסט) ובעונת החורף (חודש מרץ) מדגיש את ההבדלים במשרעת השינויים בערכים התרמוהליניים בין שתי עונות אלו. בקיץ מתקיימת משרעת של 0.3°C בטמפרטורה וכ-3 מאיות יחידת המליחות, בעוד שבחורף משרעת הטמפרטורה קטנה ל- 0.2°C והמליחות נשמרת כמעט ללא שינוי (איור 1.15).

- המדידות בתחנת המדידה בשקמונה מדגימות את מהלך ההתחממות ההדרגתי בשכבת המים העליונה ואת בניית התרמוקלינה העונתית. במהלך חודש מאי 2022 נראית התחממות והתייצבות של 10 המטרים העליונים כאשר בהמשך נצפים 2 אירועי ערבוב של מסת המים העליונה עד לקרקעית, ככל הנראה כתוצאה מהתחזקות גלים ורוחות (איור 1.16).

היבטים תרמו-הליניים ממשימות גליידרים ימיים

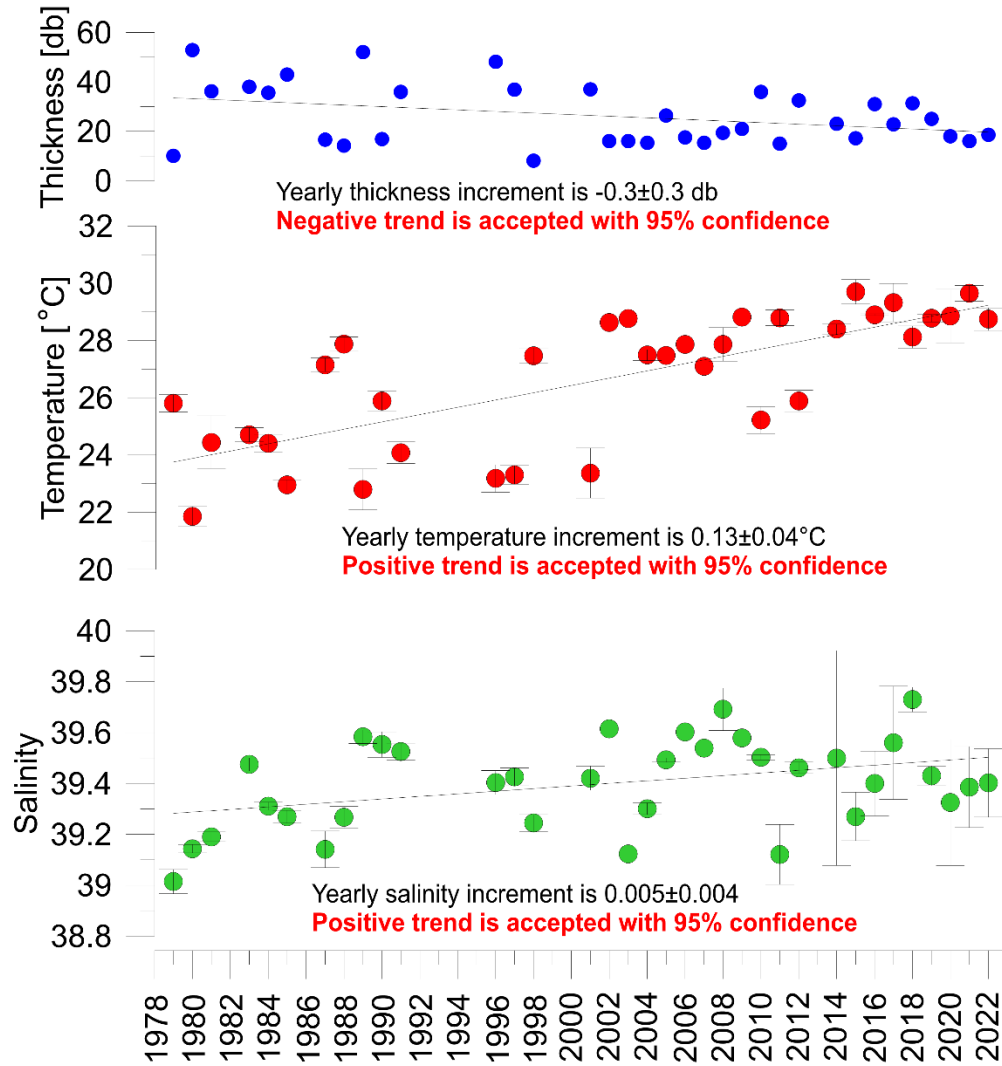
- טיפול תחזוקתי הנדרש לגליידרים אחת לארבע שנים צמצם משמעותית את הפעילות בשנת 2022 ואפשר קיומה של משימה אחת בנובמבר 2022 (איור 1.17). המשימה התבצעה לאורך טווח של כ-120 ק"מ מחופי ישראל ובמרחק של עד ל-60 ק"מ מקו החוף. לאורך המשימה נדגמו מספר חתכים מייצגים המוצגים להלן לפי סדר כרונולוגי.

- בחתכים הניצבים לחוף ניתן להתרשם מהתחממות והתמלחות של שכבת המים העליונה עם ההתקרבות לחוף. התוספת לצפיפות המים (ע"י עליית המליחות) גורמת להעמקת שכבת הערבוב העליונה, מ-40-50 מטר בעומק הים ל-70-80 מטר בקרבת החוף. (איורים 1.18, 1.19, 1.21, 1.22).

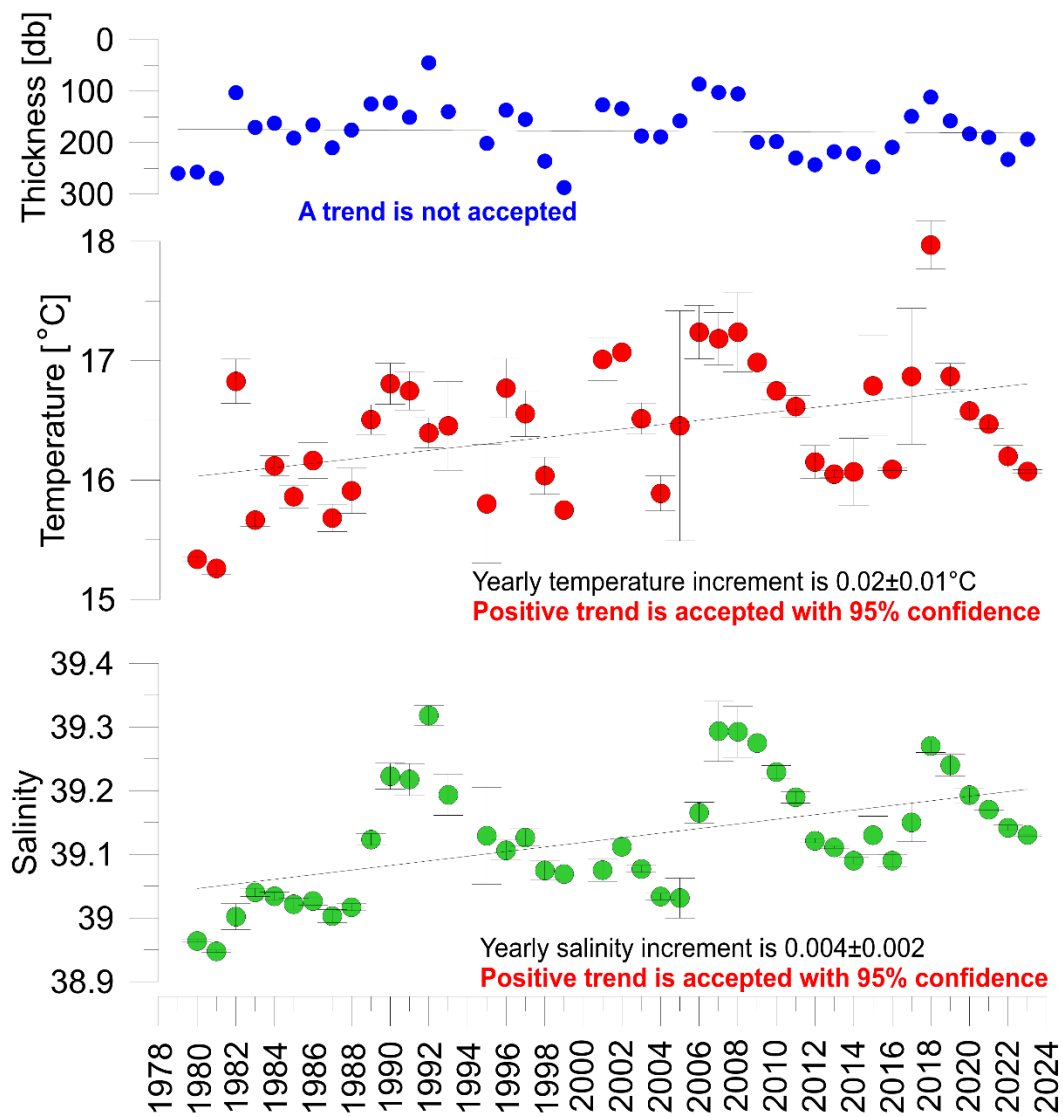
- במהלך החתך המקביל לחוף (איור 1.20) נרשמה עלייה בטמפרטורת פני השטח באזור קו רחב 32°N (מול חופי גוש דן) אשר מתאימה לפילמנט של מים חופיים החודר לים העמוק, כפי שתועד גם בתמונות לוויין ב-11 לנובמבר 2022 של טמפרטורת פני הים (איור 1.23) ובאופן ברור יותר בריכוזי הכלורופיל (איור 1.24).

- לאורך המשימה נרשמה ירידה של כ-1°C בטמפרטורת פני הים, כאשר החתכים הצפוניים (איורים 1.21, 1.22) קרים יותר מהדרומיים (איורים 1.19, 1.20). תצפית זו נובעת משינויים סינופטיים במזג האוויר (ולא משינויים במסות המים), שגרמו להתקררות שכבת המים העליונה, ונתמכת בנתוני לווין מהמועדים הרלוונטיים (איור 1.23).

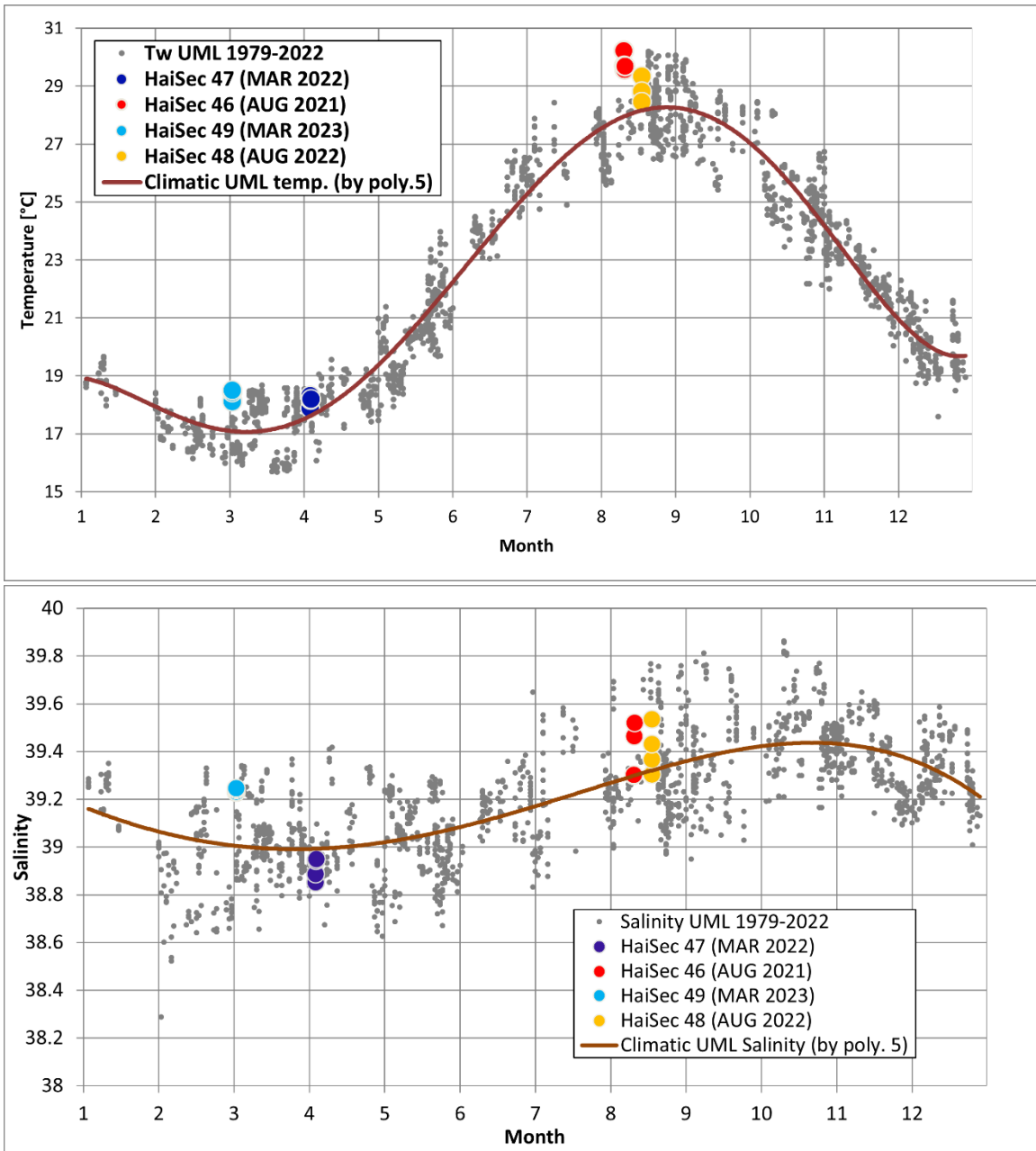
הפלגות



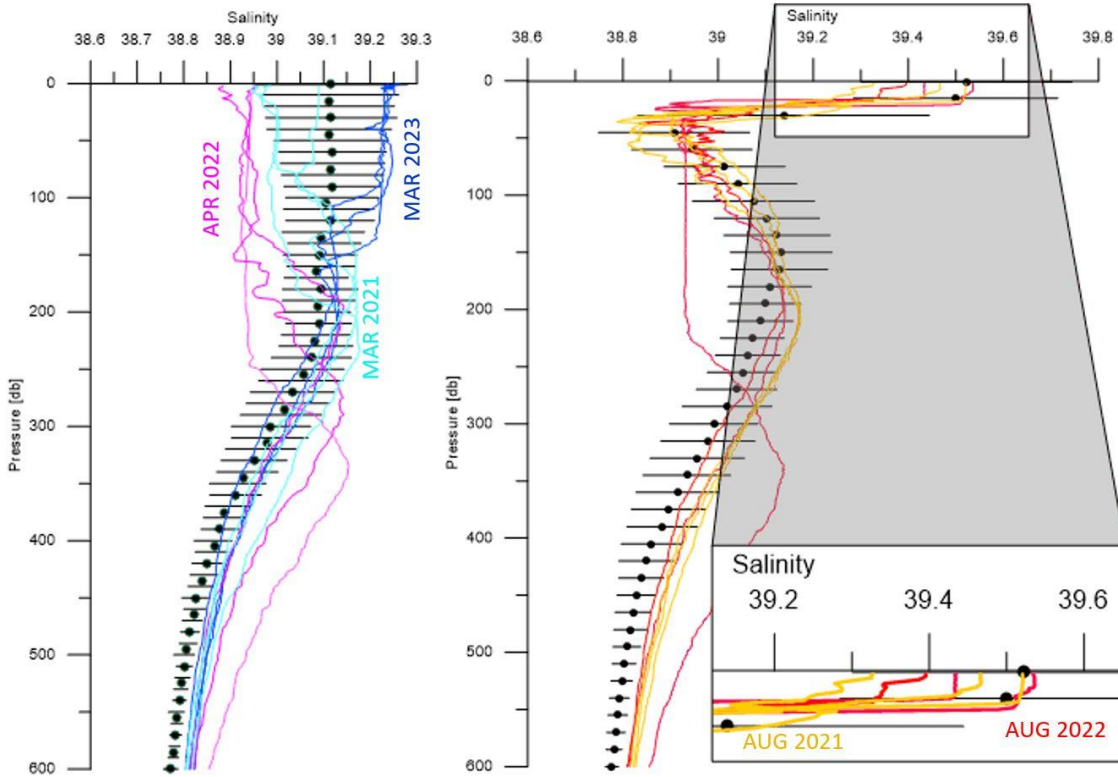
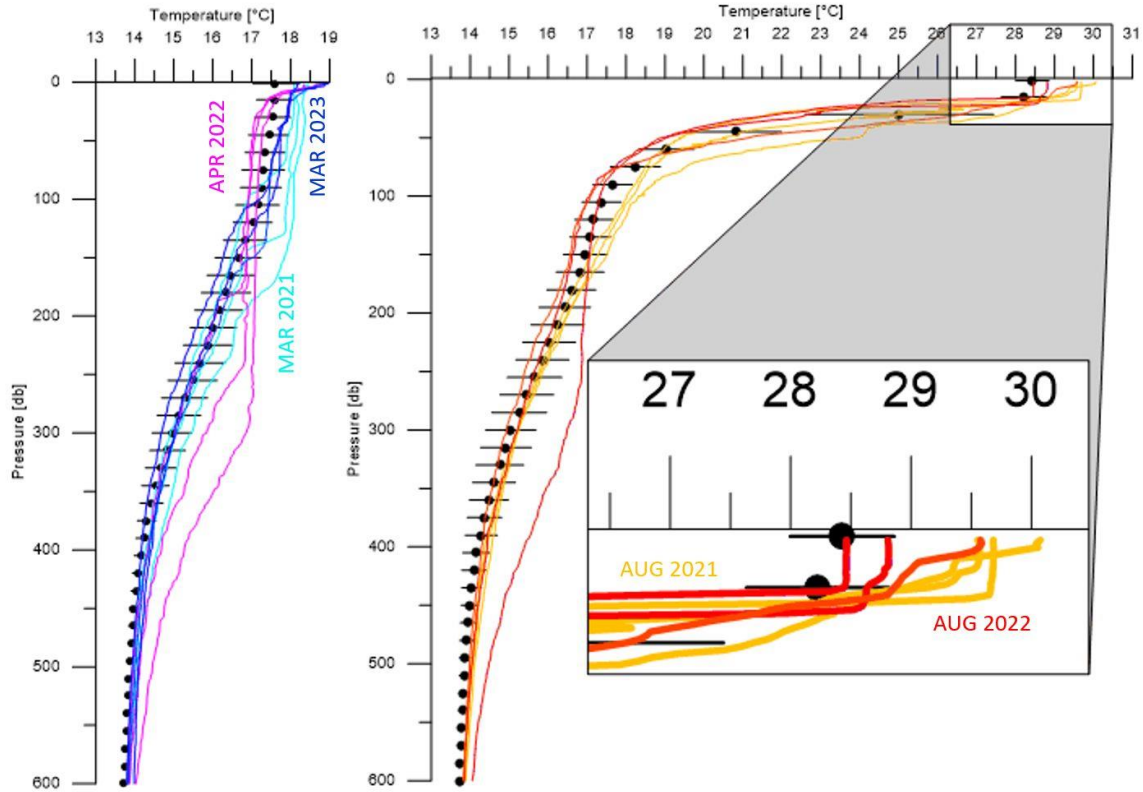
איור 1.1: מגמת השינוי בעובי, בטמפרטורה ובמליחות של שכבת LSW כפי שהתקבלה ממדידות CTD בעונת הקיץ (יולי – אוקטובר) בין 1978-2022. עובי שכבת LSW חושב כעומק שבו הצפיפות הייתה גבוהה מ- 0.08 kg/m^3 מהצפיפות בפני השטח. רווח בר-סמך לא חושב עבור שנים בהן נאספו פחות משלושה פרופילים של CTD בקרבת תחנה H05.



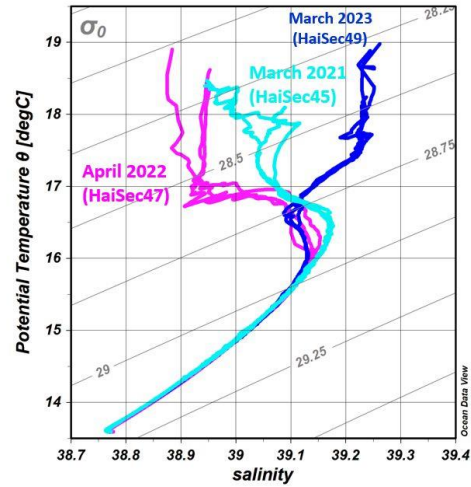
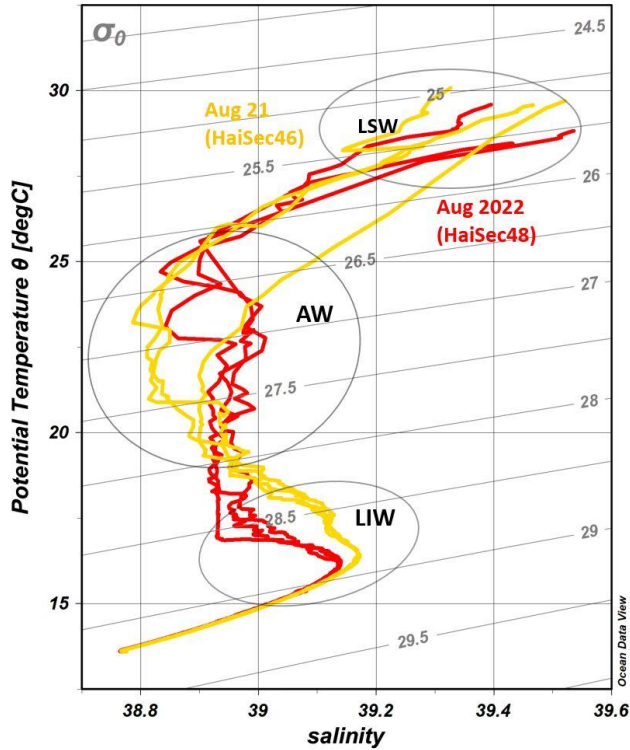
איור 1.2: מגמת השינוי בעומק, בטמפרטורה ובמליחות של שכבת LIW כפי שהתקבלה ממדידות CTD בקרבת תחנה H05 בין השנים 1978-2023. מיקום אנכי של LIW נבחר לפי מקסימום מליחות בפרופיל CTD.



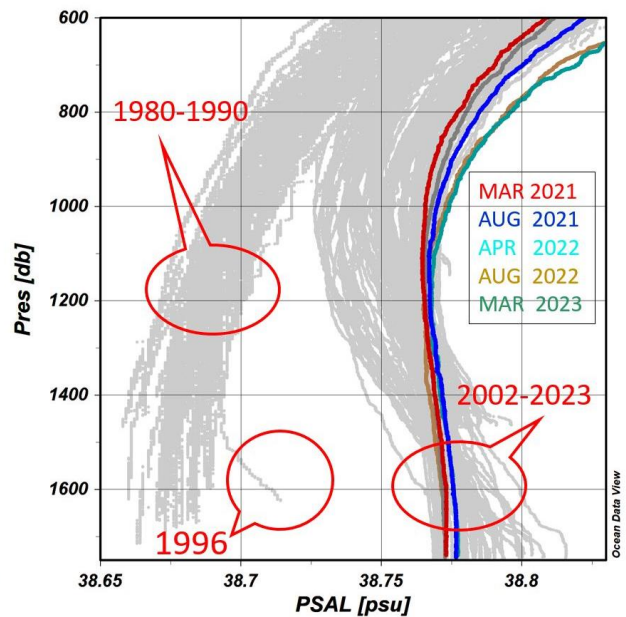
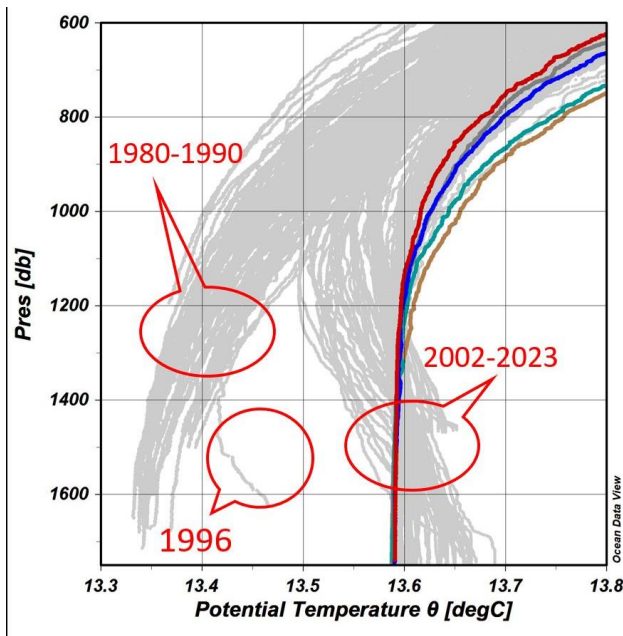
איור 1.3: פיזור חודשי של מדידות CTD בשנים 1978-2023 של טמפרטורה (למעלה) ומליחות (למטה) במסת המים העליונה (LSW) באזור תחנה H05. נקודות מודגשות בצבע מציגות מדידות מהשנים 2021-2023 בהפלגות חתר חיפה 46 עד 49. ממוצע קלימטולוגי מוצג בקו מגמה חום.



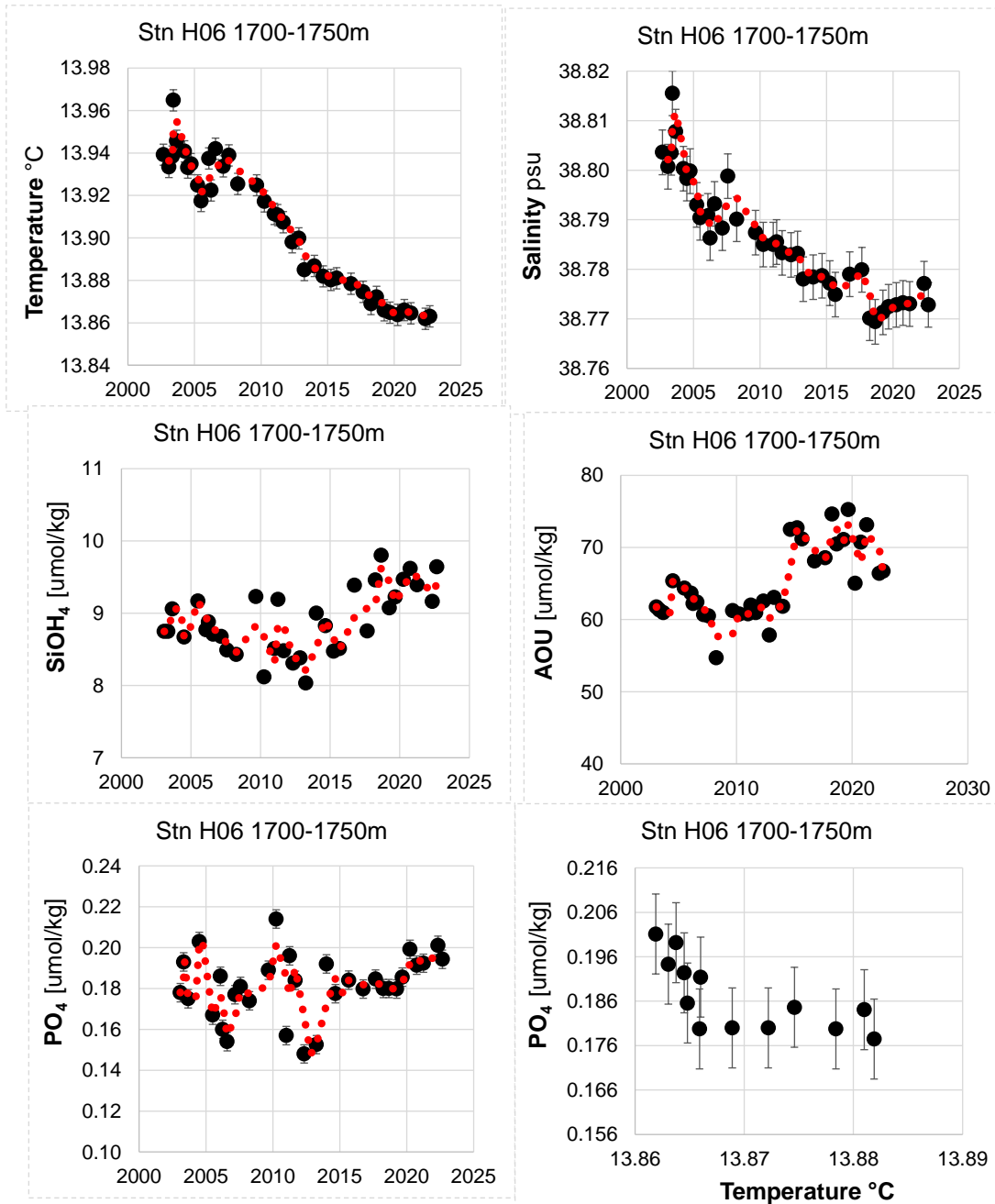
איור 1.4: פרופיל טמפרטורה (למעלה) ומליחות (למטה) בתחנות H04, H05, ו- H06 במרץ 2023 ובאפריל 2022 (שמאל) ובאוגוסט 2021 ו-2022 (ימין). ממוצעים עונתיים כפי שחושבו ממדידות בתחנות H05 ו-H06 מוצגים כנקודות שחורות עם קווי שגיאה.



איור 1.5: דיאגרמות θ/S של תצפיות בתחנות H04, H05 ו-H06 במרץ 2021, אפריל 2022 ומרץ 2023 (ימין), ובאוגוסט 2021 ו-2022 (שמאל). זיהוי מסות מים אופייניות מסומן בדיאגרמה הקיצית.

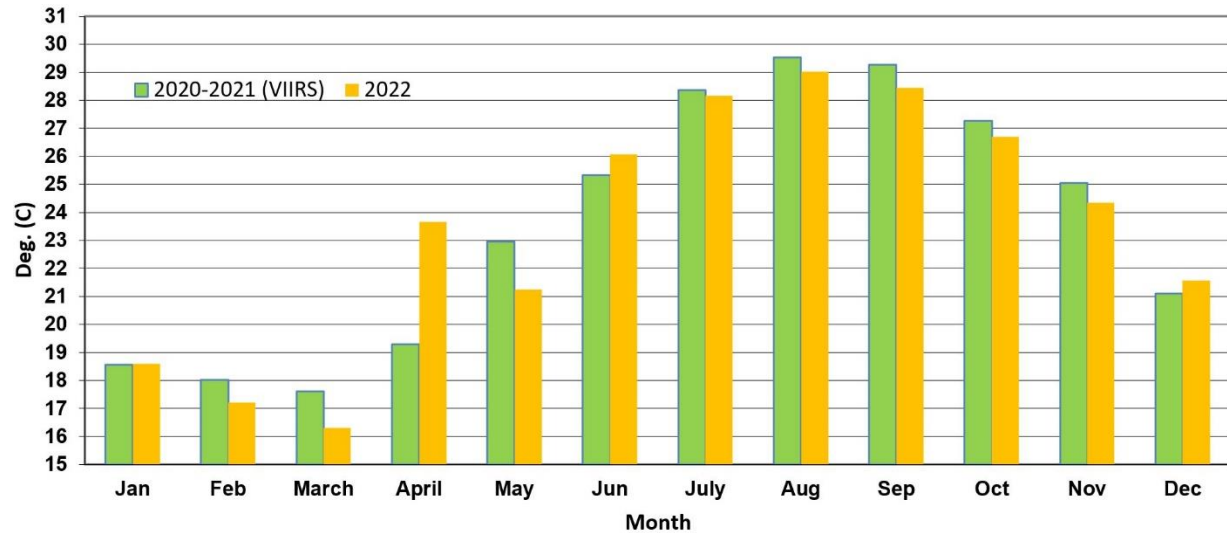


איור 1.6: שינויים רב-שנתיים בטמפרטורה פוטנציאלית ומליחות מי העומק במזרח הים התיכון כפי שנצפו בפרופילים האנכיים בתחנות H05 ו-H06. בפרופיל מ-1996 ניתן לראות את הגעת מסת מים שמקורה באנומליית האיגאי למדרון מדף היבשת הישראלי. פרופילים בצבע – המדידות בשנים 2021-2023.



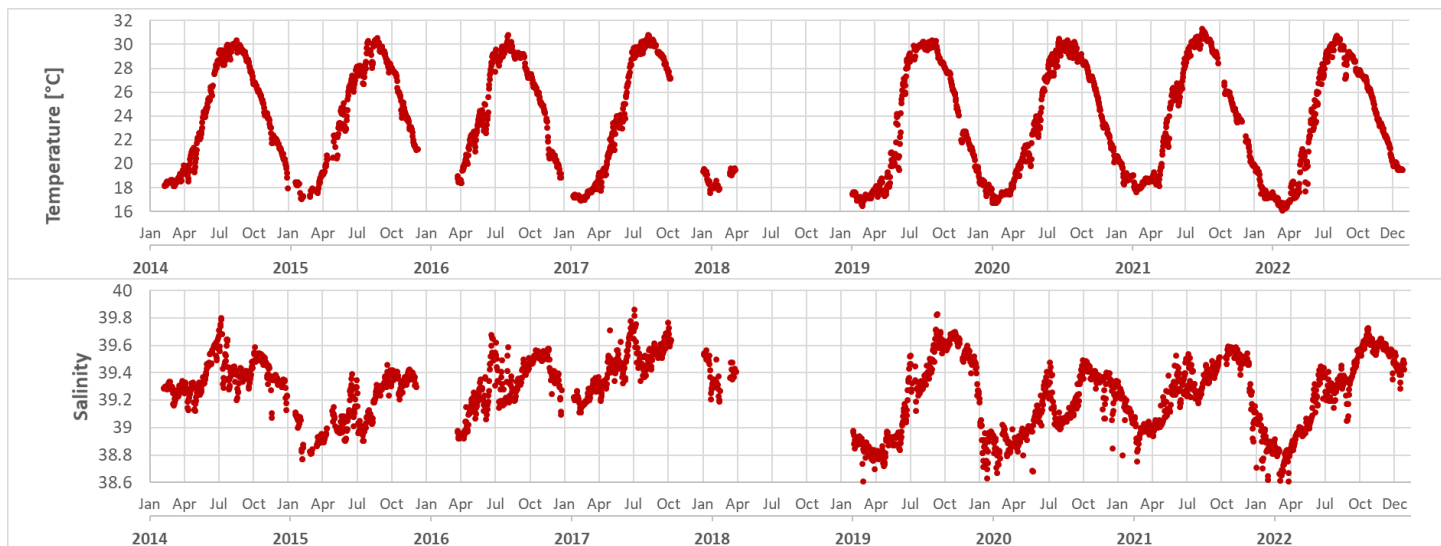
איור 1.7: שינויים רב-שנתיים (2002 – 2022) של טמפרטורה, מליחות, סיליקה, פוספט, צריכת חמצן מדומה (AOU) בעומקי מים שבין 1700 ל- 1750 מטר בתחנה H06 (כ- 70 ק"מ מערבית לחיפה). הפנל התחתון הימני מציג את הקשר שבין ריכוזי פוספט לטמפרטורה במי העומק (1700-1750 מ') בשנים 2002 – 2022. עמודות השגיאה מייצגות את שגיאת מכשור המדידה של טמפרטורה ומליחות (± 0.0045 for salinity and ± 0.005 °C for temperature) והשגיאה האנליטית במדידת ריכוזי הפוספט. הקו המקווקו האדום מייצג ממוצע נע.

הדמיות לוויין

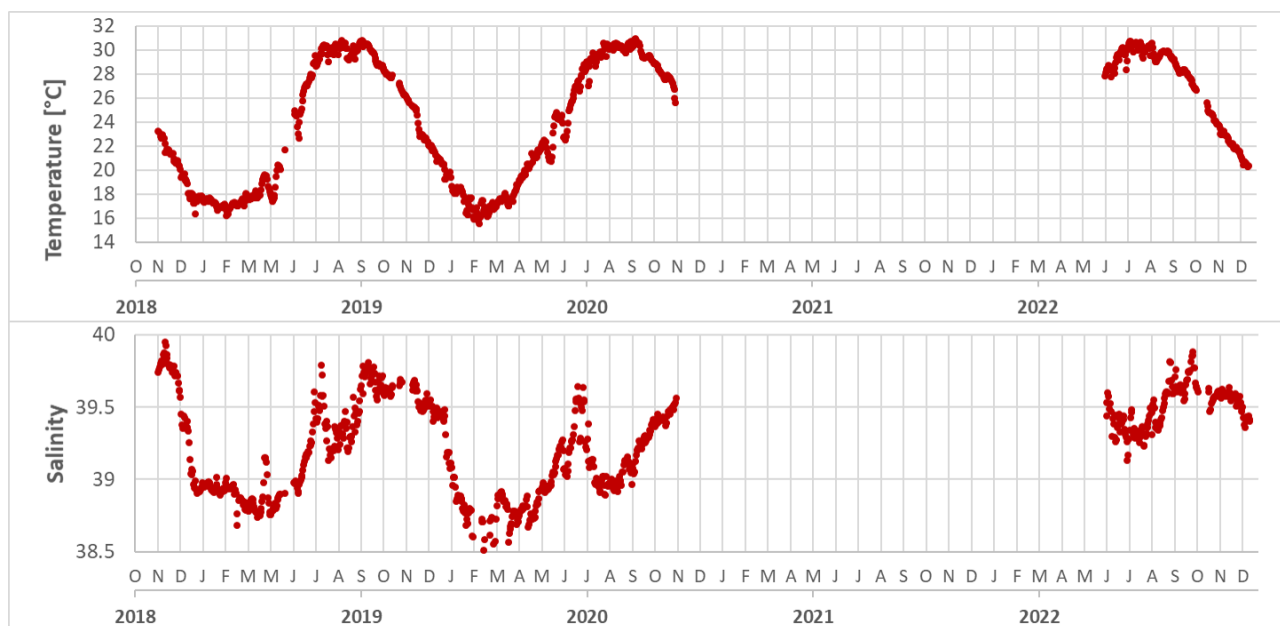


איור 1.8: טמפרטורה חודשית ממוצעת לשנת 2022, בהשוואה לממוצע 2020-2021. הנתונים מבוססים על לפחות 4 הדמיות של לוויין VIIRS המצלם ברזולוציה של 750 מטר לפיקסל. דיוק המדידה הוא 0.1 מעלה והיא מייצגת את הטמפרטורה במיקרונים העליונים של פני המים.

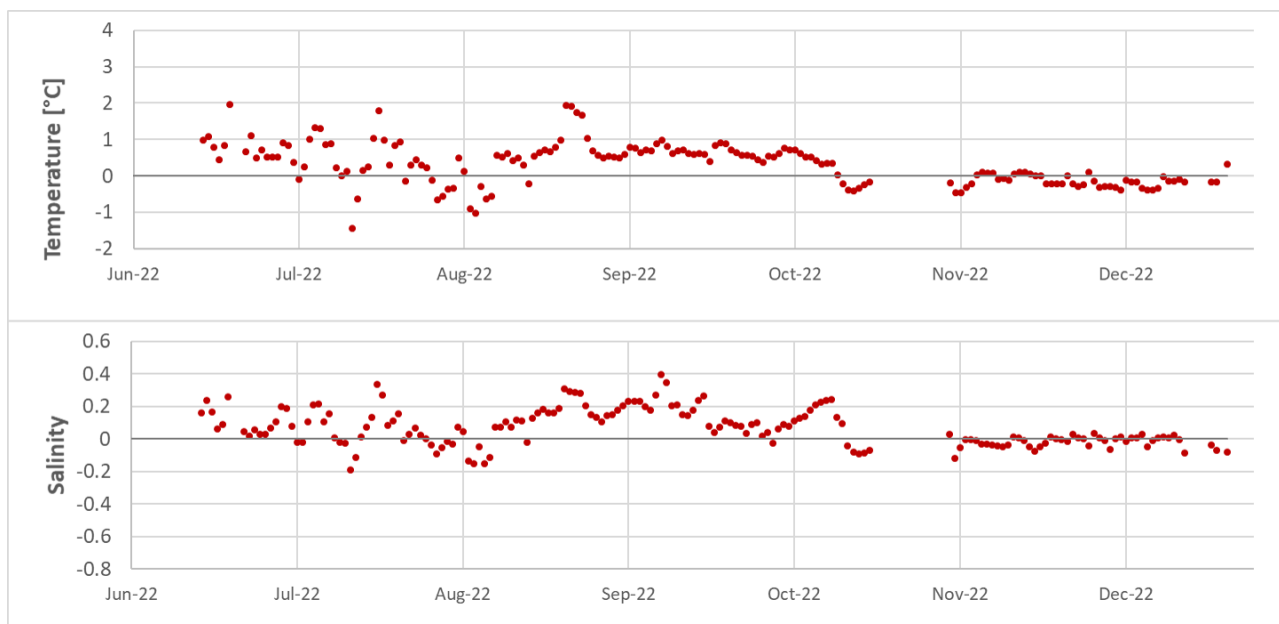
תחנות מדידה רציפה



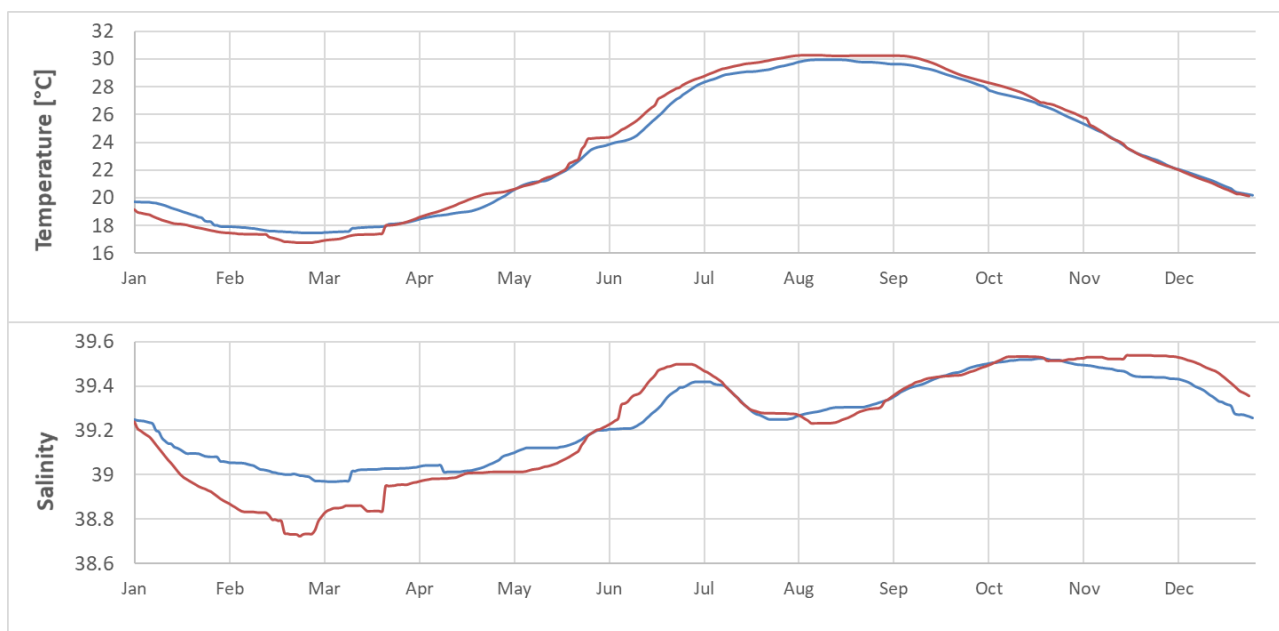
איור 1.9: ממוצעים יומיים של טמפרטורה ומליחות הנמדדים בתחנת חדרה באמצעות מכשיר CTD לתקופה פברואר 2014 ועד ינואר 2023.



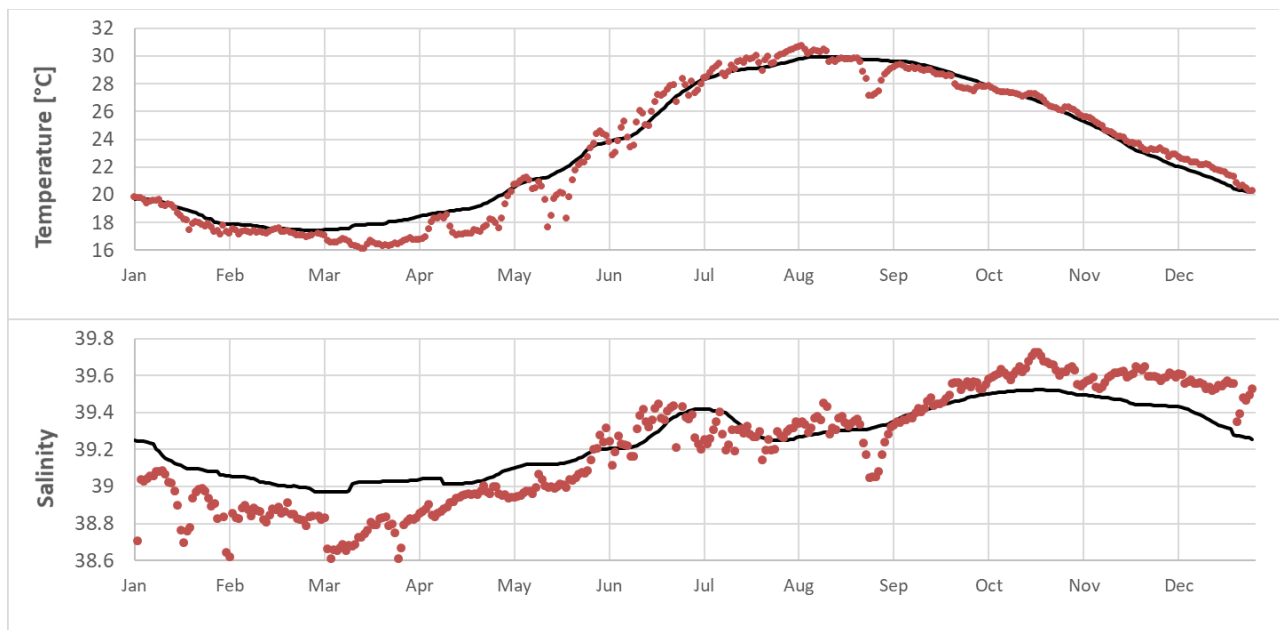
איור 1.10: ממוצעים יומיים של טמפרטורה ומליחות הנמדדים בתחנת אשקלון באמצעות מכשיר CTD לתקופה נובמבר 2018 עד ינואר 2023.



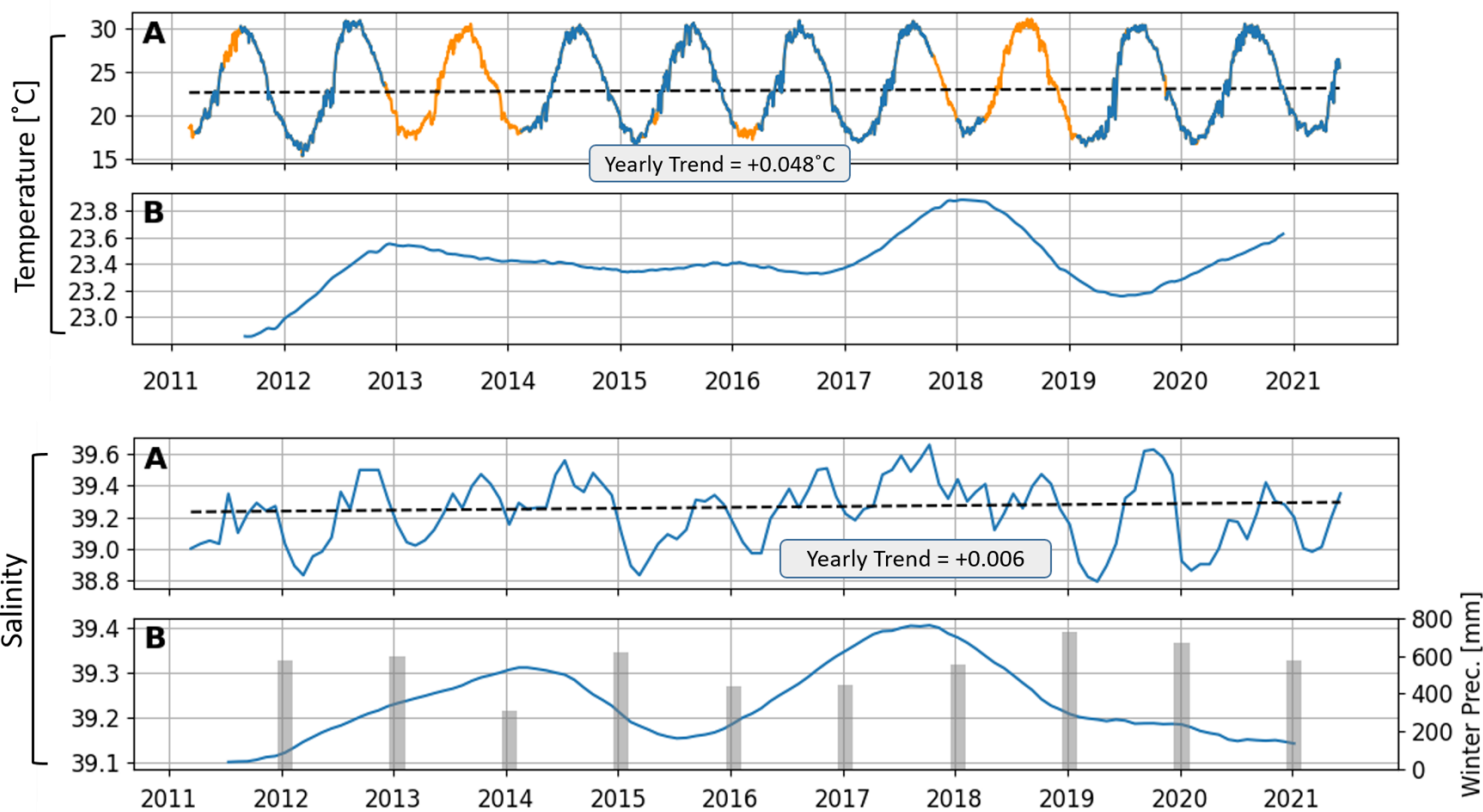
איור 1.11: השוואת ממוצעים יומיים של טמפרטורה ומליחות הנמדדים בתחנות אשקלון וחדרה למחצית השנייה של שנת 2022 (מאז חידוש המדידות באשקלון). הערכים המוצגים הינם השארית לאחר חיסור הערך הנמדד בתחנת חדרה מזה הנמדד בתחנת אשקלון.



איור 1.12: השוואת נתונים קלימטולוגיים של טמפרטורה ומליחות בתחנות אשקלון (אדום) וחדרה (כחול). הערכים המוצגים הינם ממוצע רב-שנתי המעודכן עד לסוף שנת 2022. הערכים המוצגים חושבו לאחר החלקת הממוצע היומי (המוצג באיורים הקודמים) באמצעות חישוב ממוצע נע בחלון של 10 ימים.

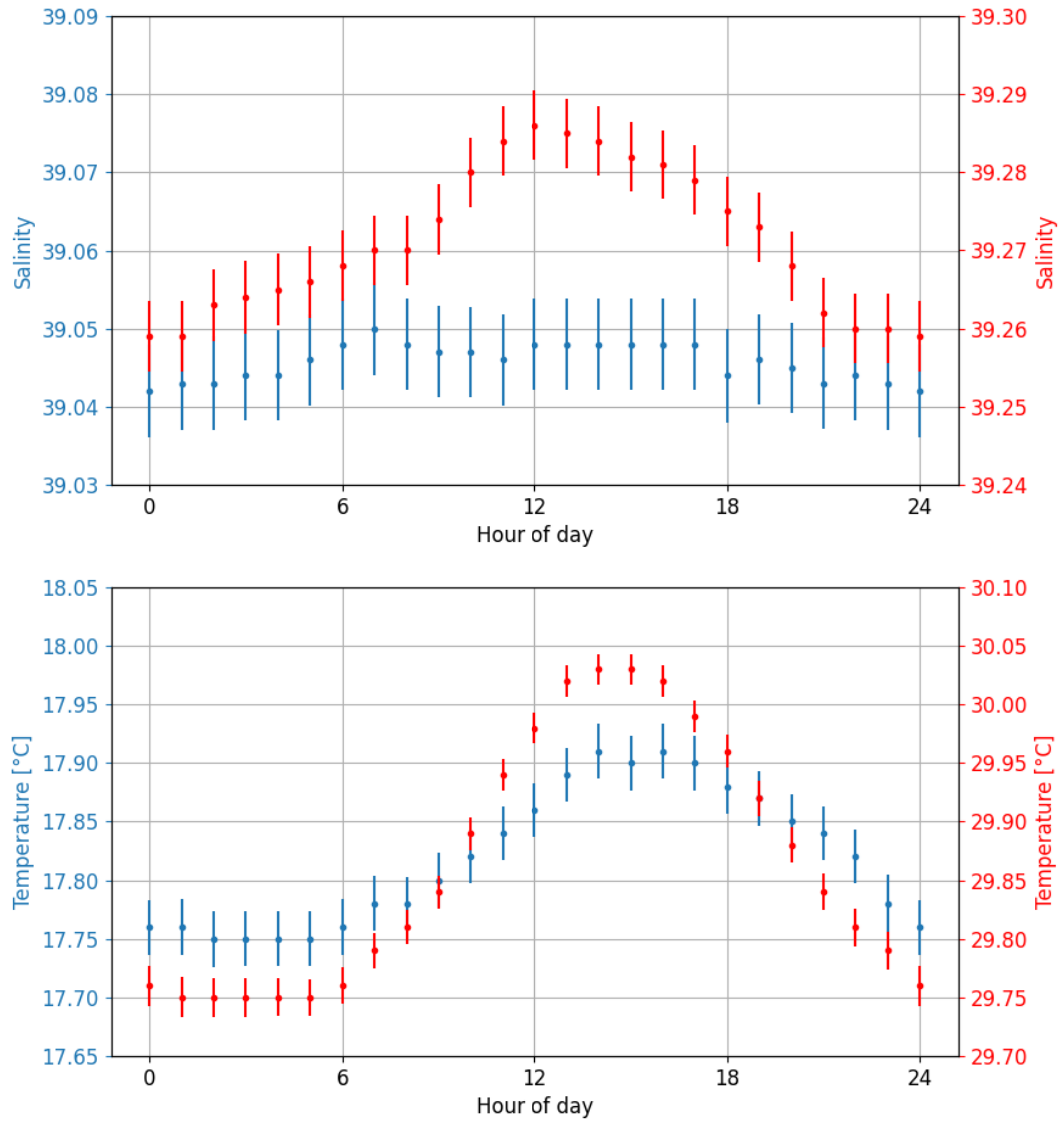


איור 1.13: השוואת נתונים תרמוהליניים קלימטולוגיים (קו שחור רציף) לממוצע היומי בשנת 2022 בתחנת חדרה (נקודות אדומות).

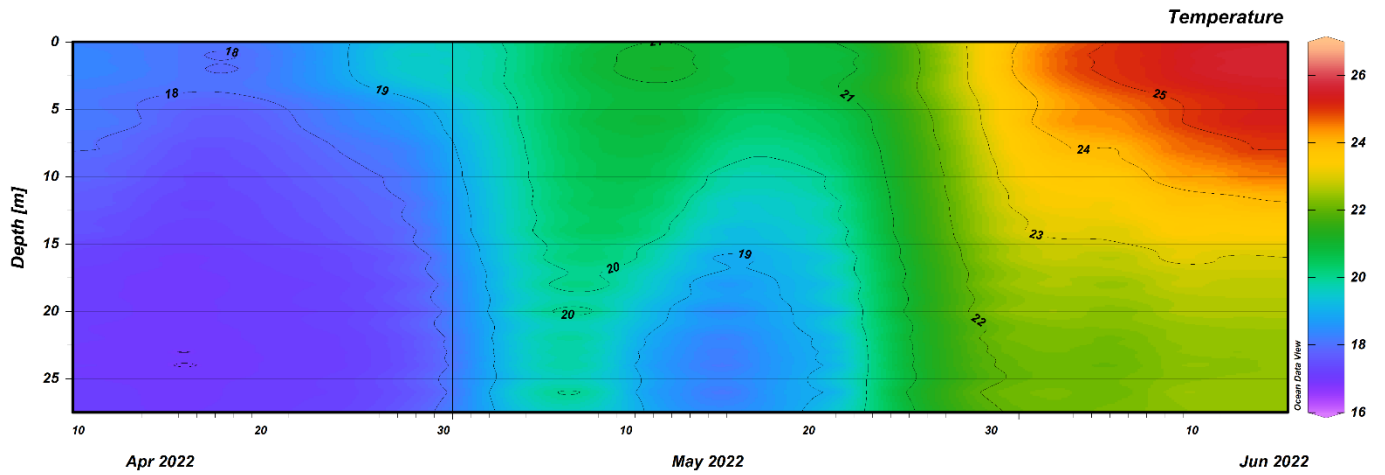


איור 1.14: סדרות זמן של טמפרטורה ומליחות עם חישוב מגמת שינוי שנתית בשיטת seasonal Mann-Kendall test (A). ניתוח של מגמות רב שנתיות על ידי דיקומפוזיציה של סדרת הזמן

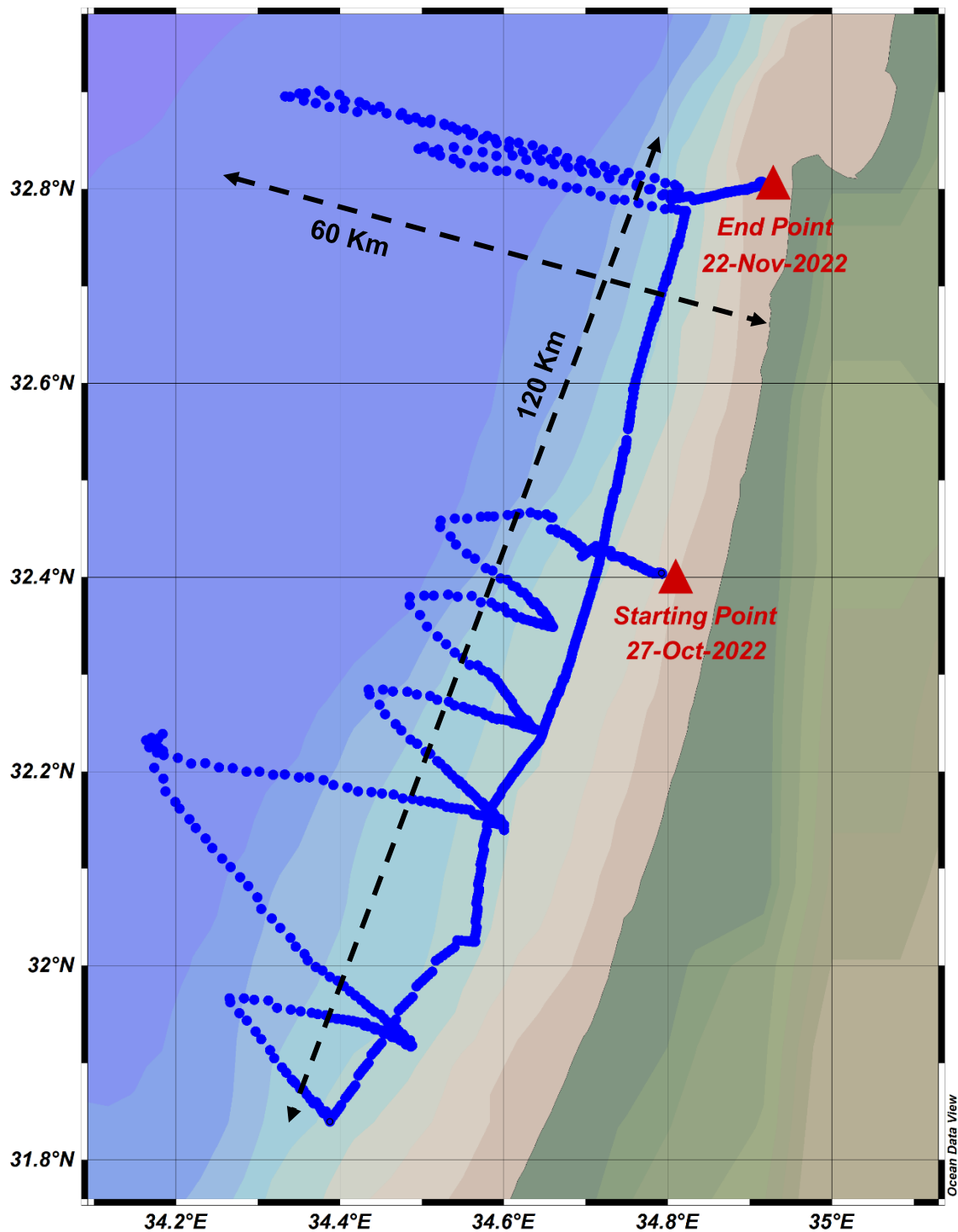
בשיטת X11-ARIMA (B). משקעים שנתיים (ערך מצטבר לכל עונת חורף) מוצגים גל גבי סדרת המליחות באפור).



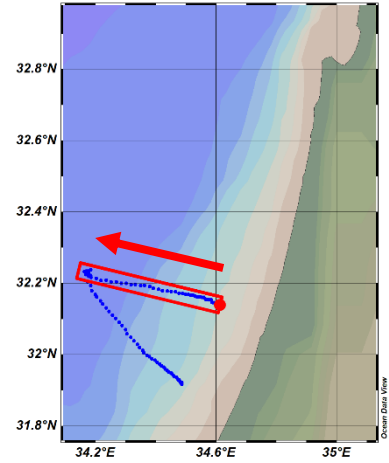
איור 1.15: ממוצעים שעתיים של טמפרטורה ומליחות המחושבים של פני עשור של מדידות לחודש אוגוסט (באדום) וחודש מרץ (בכחול).



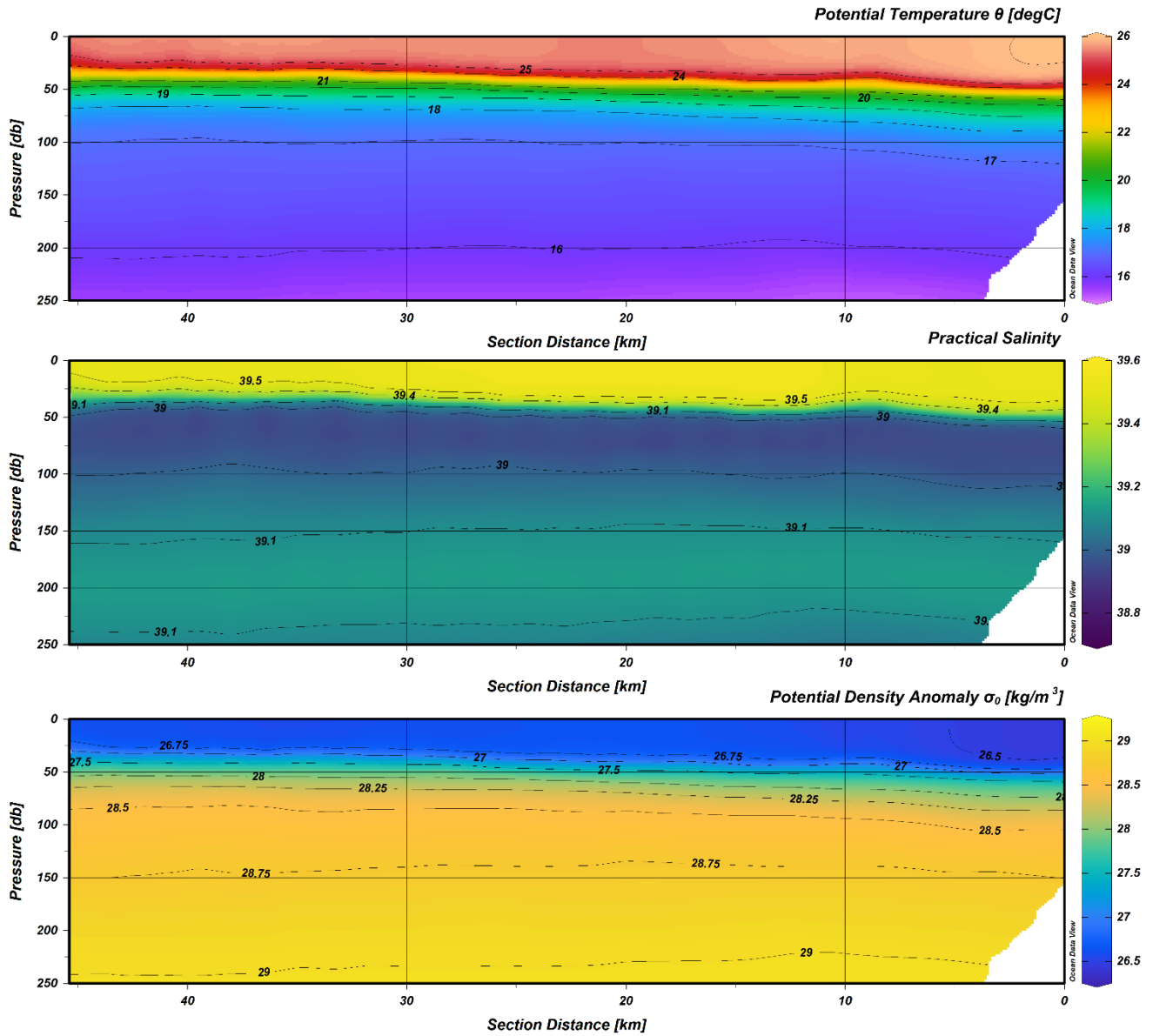
איור 1.16: סדרת זמן של נתוני טמפרטורה בארבע-עשר מפלסים ממערכת טרמיסטורים חדשה שהוצבה בתחנת הניטור המוצבת מול תל שקמונה (עומק מים של 26 מטר). הנתונים לתקופה 11 לאפריל עד 14 יוני 2022.

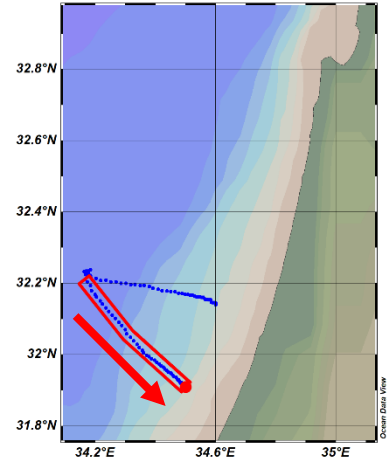


איור 1.17: משימת גליידר SEA012-M178, נובמבר 2022.

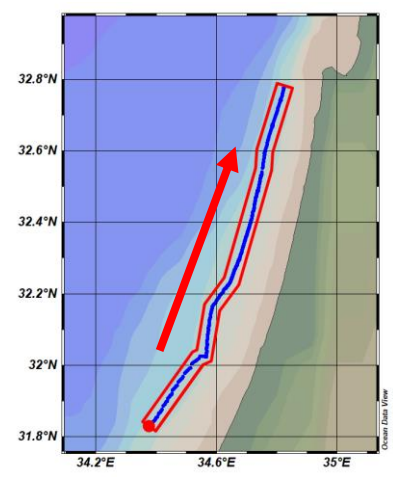
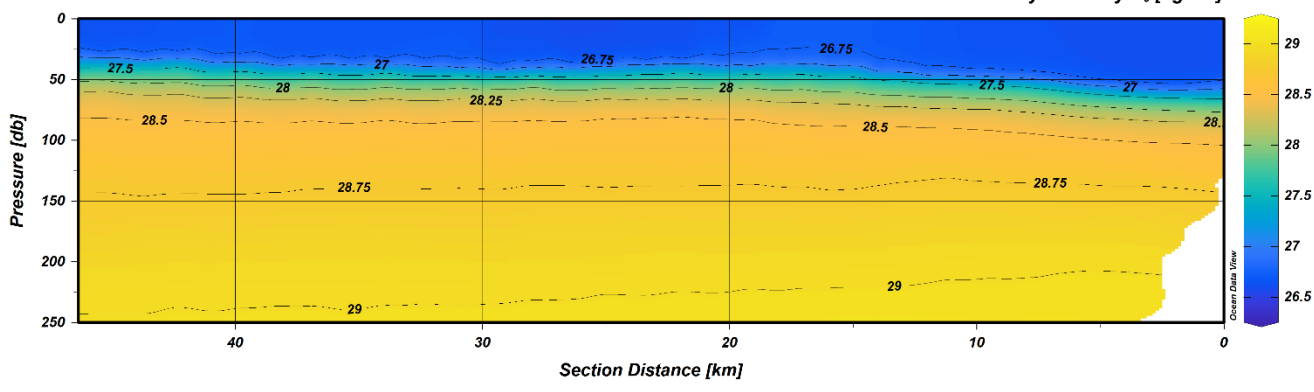
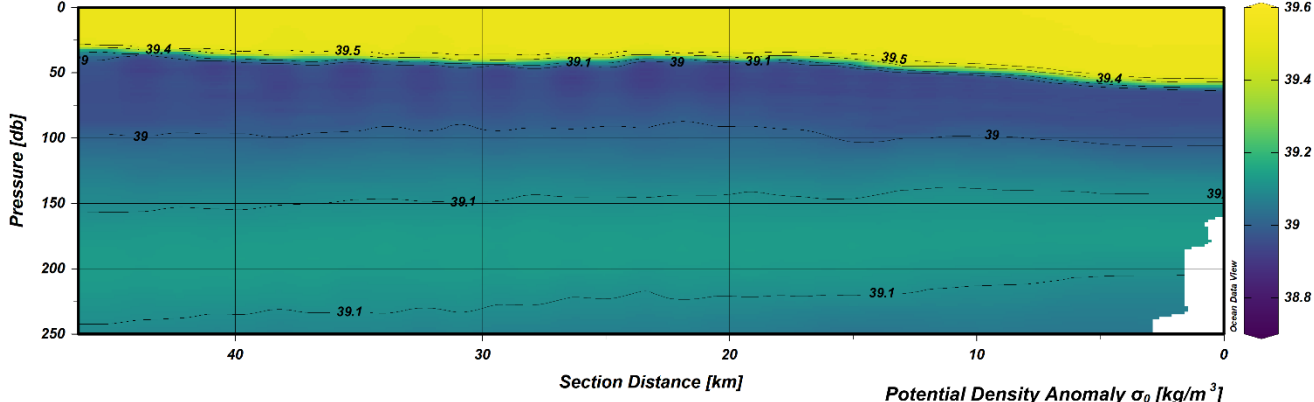
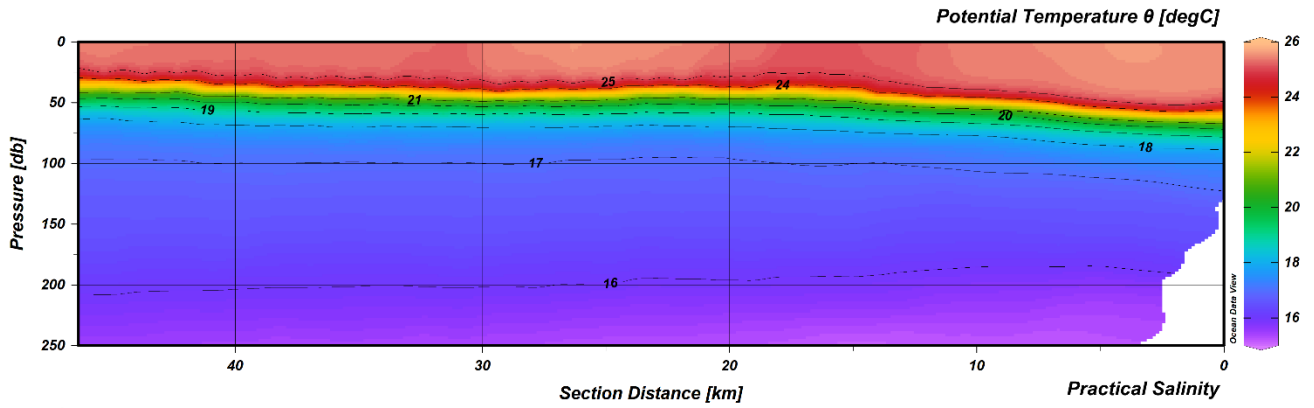


איור 1.18: חתך דרומי יוצא (Outbound) ניצב לחוף שבוצע בין הימים 3 ל- 5 לנובמבר 2022 ממשימת גליידר SEA012-M178.

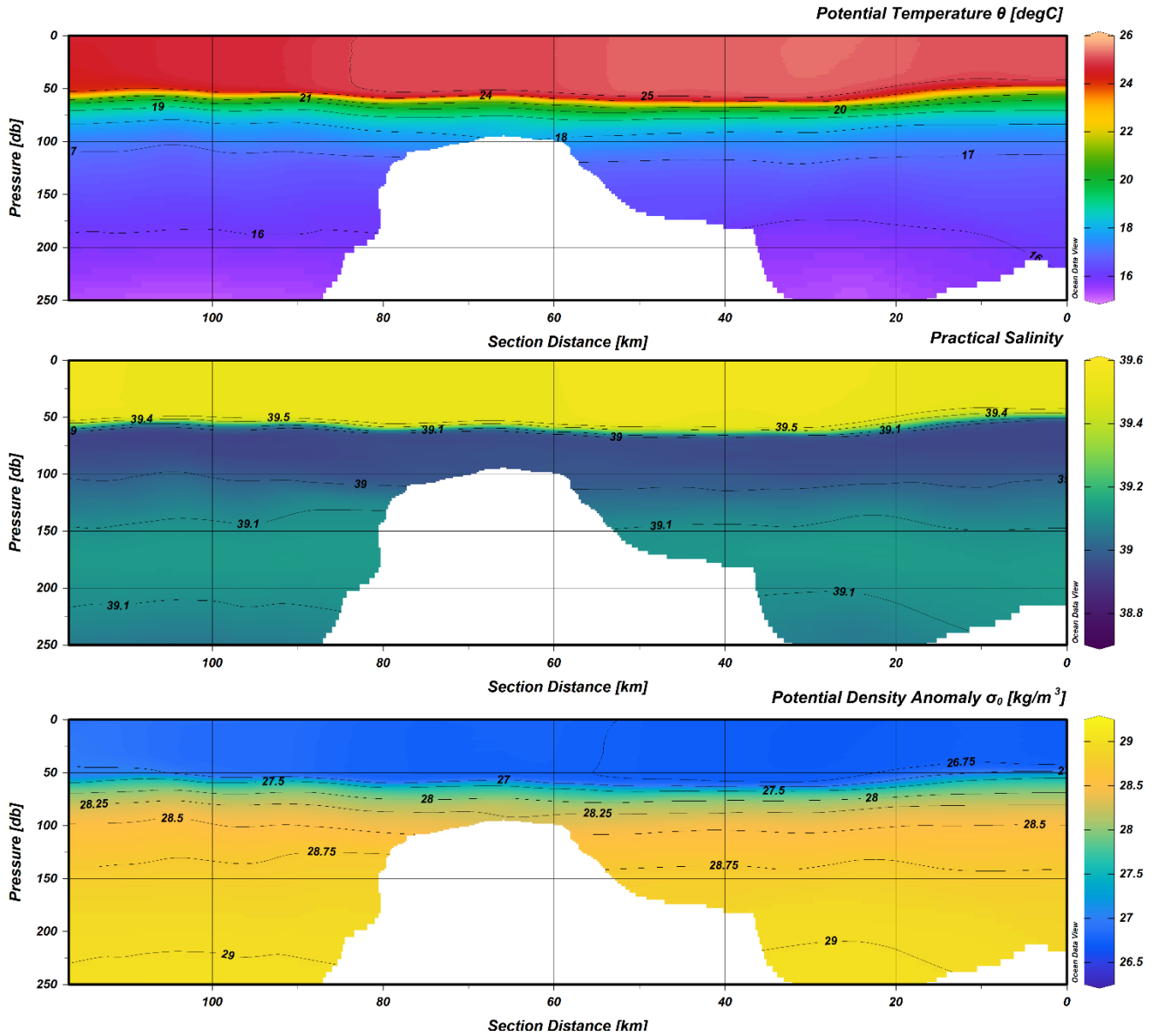


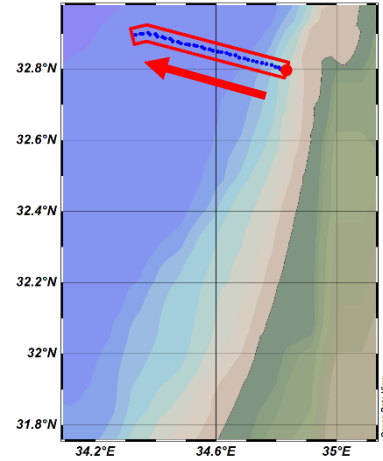


איור 1.19: חתך דרומי חוזר (Inbound) ניצב לחוף שבוצע בין הימים 5 ל- 7 לנובמבר 2022 ממשימת גליידר SEA012-M178.

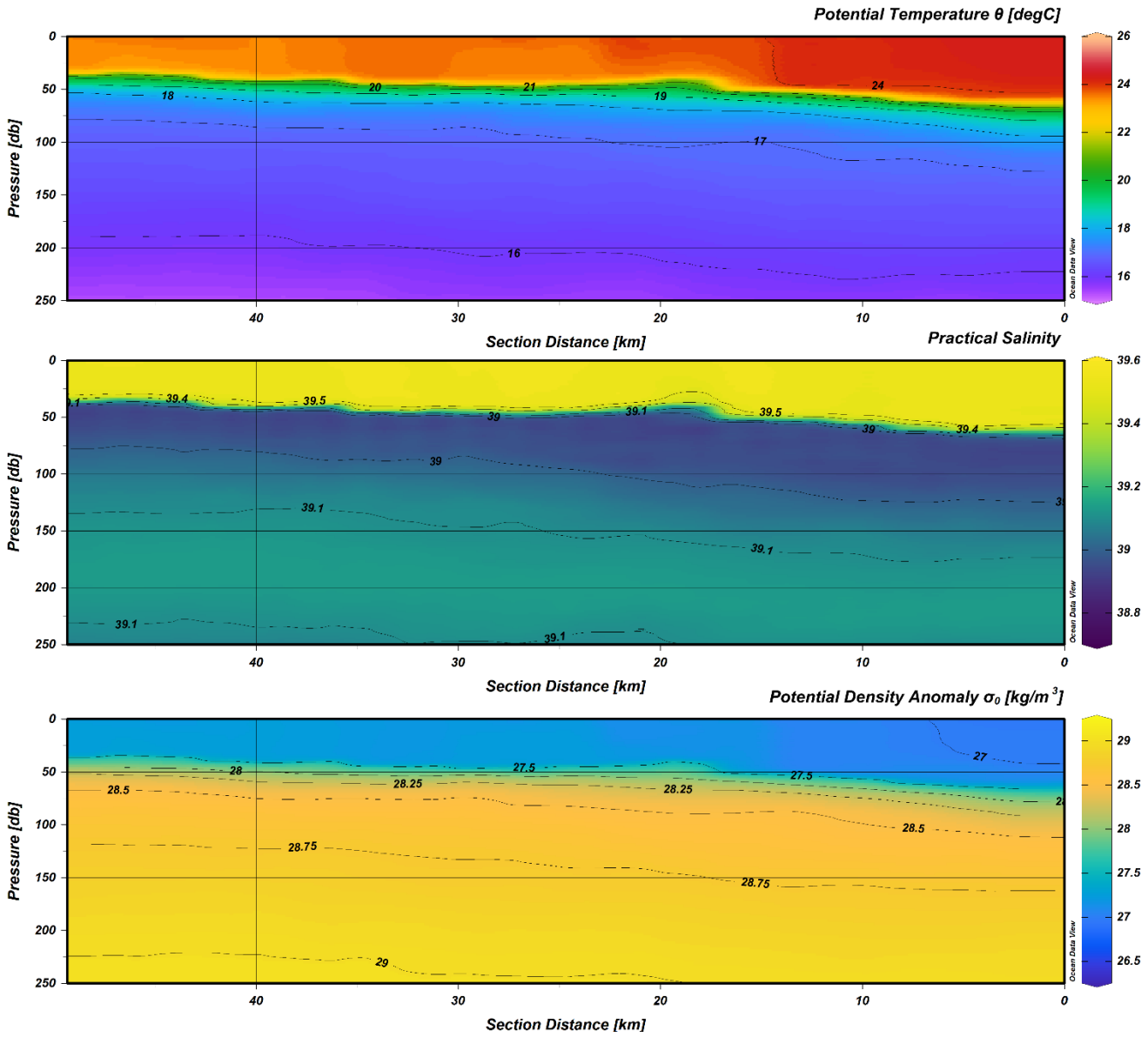


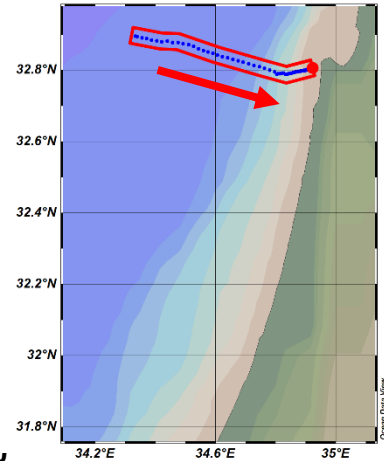
איור 1.20: חתך מקביל לחוף שבוצע בין הימים 9 ל-14 לנובמבר 2022 ממשימת גליידר .SEA012-M178



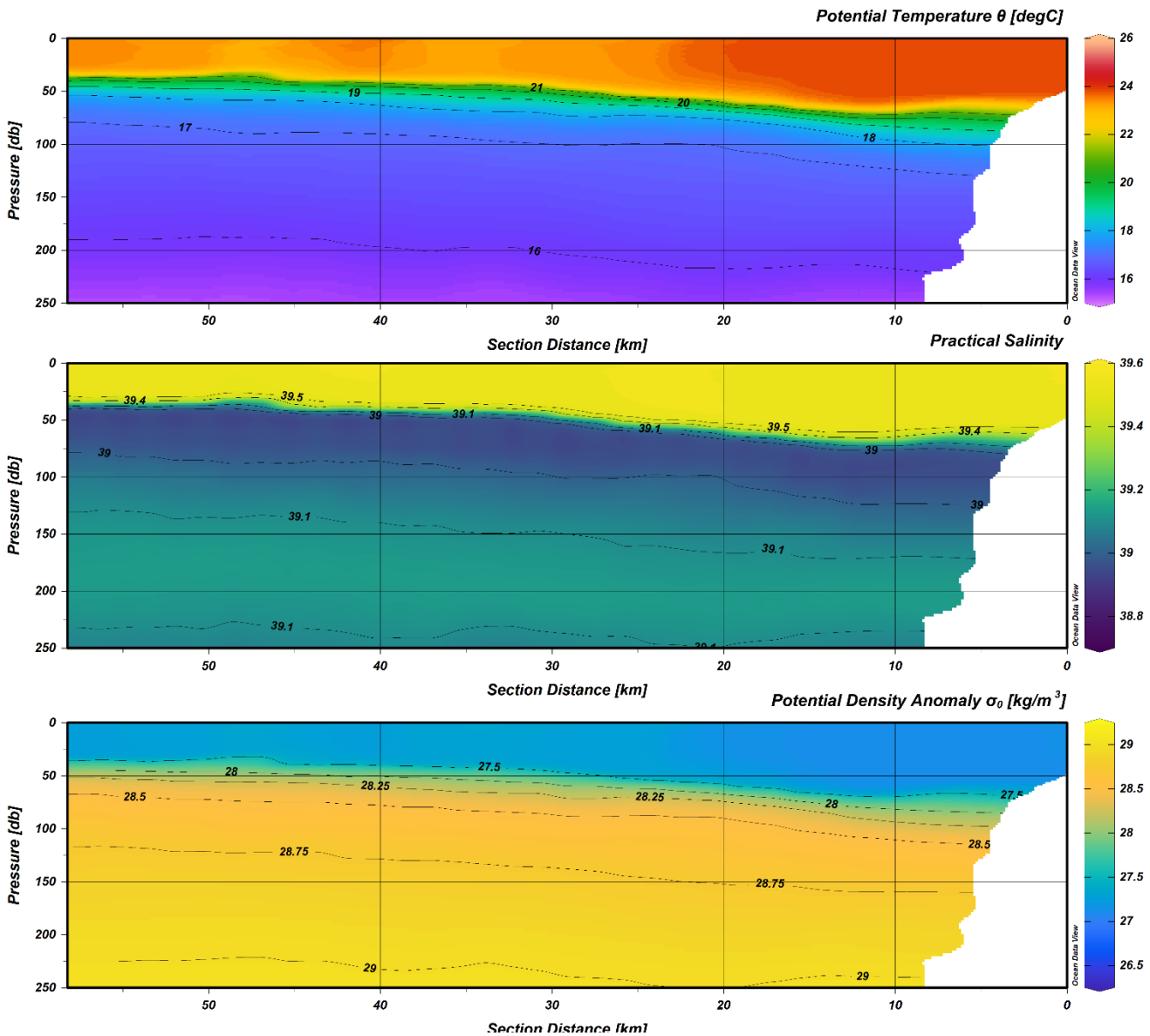


איור 1.21: חתך צפוני יוצא (Outbound) ניצב לחוף שבוצע בין הימים 17 ל- 19 לנובמבר

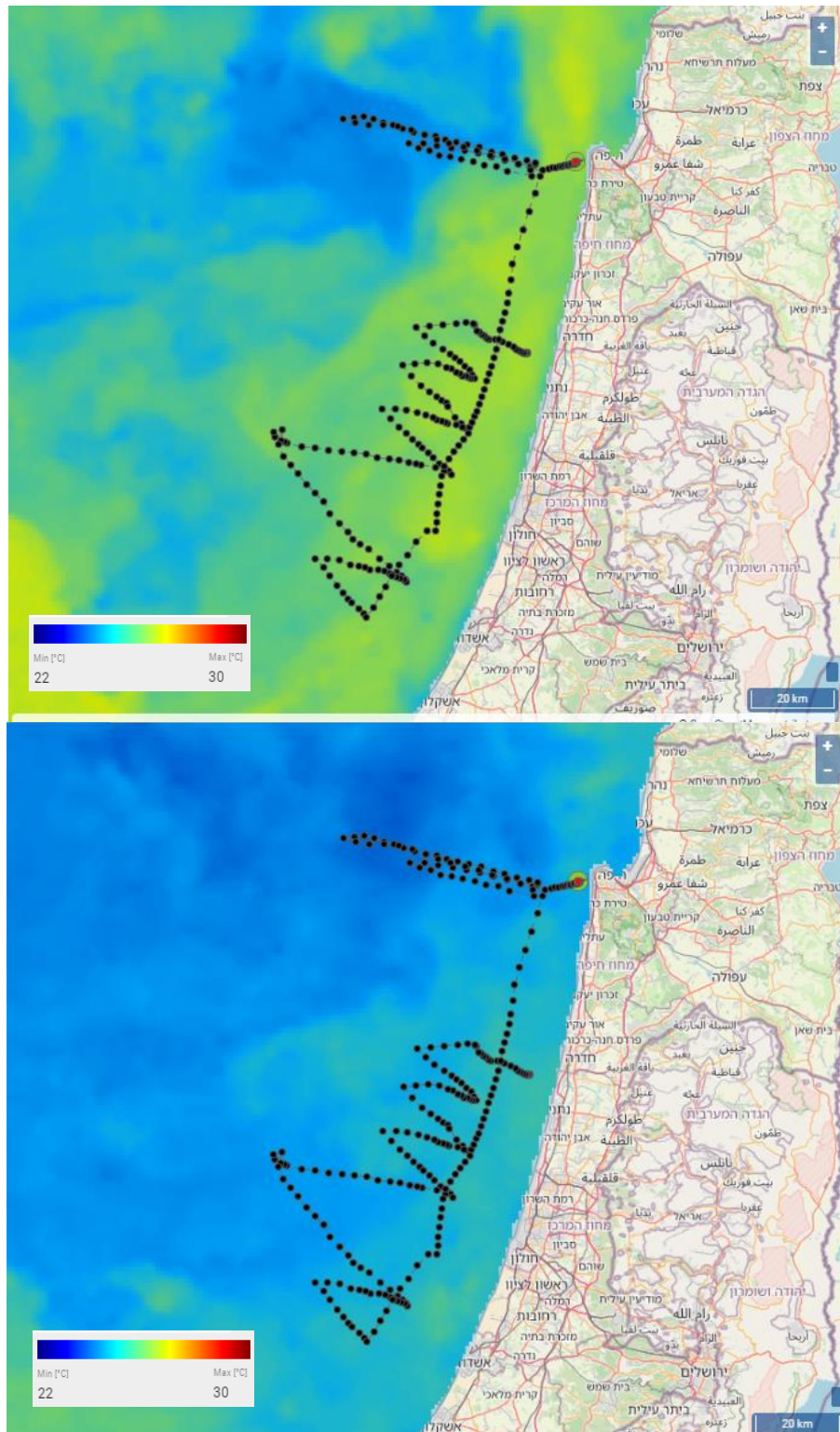




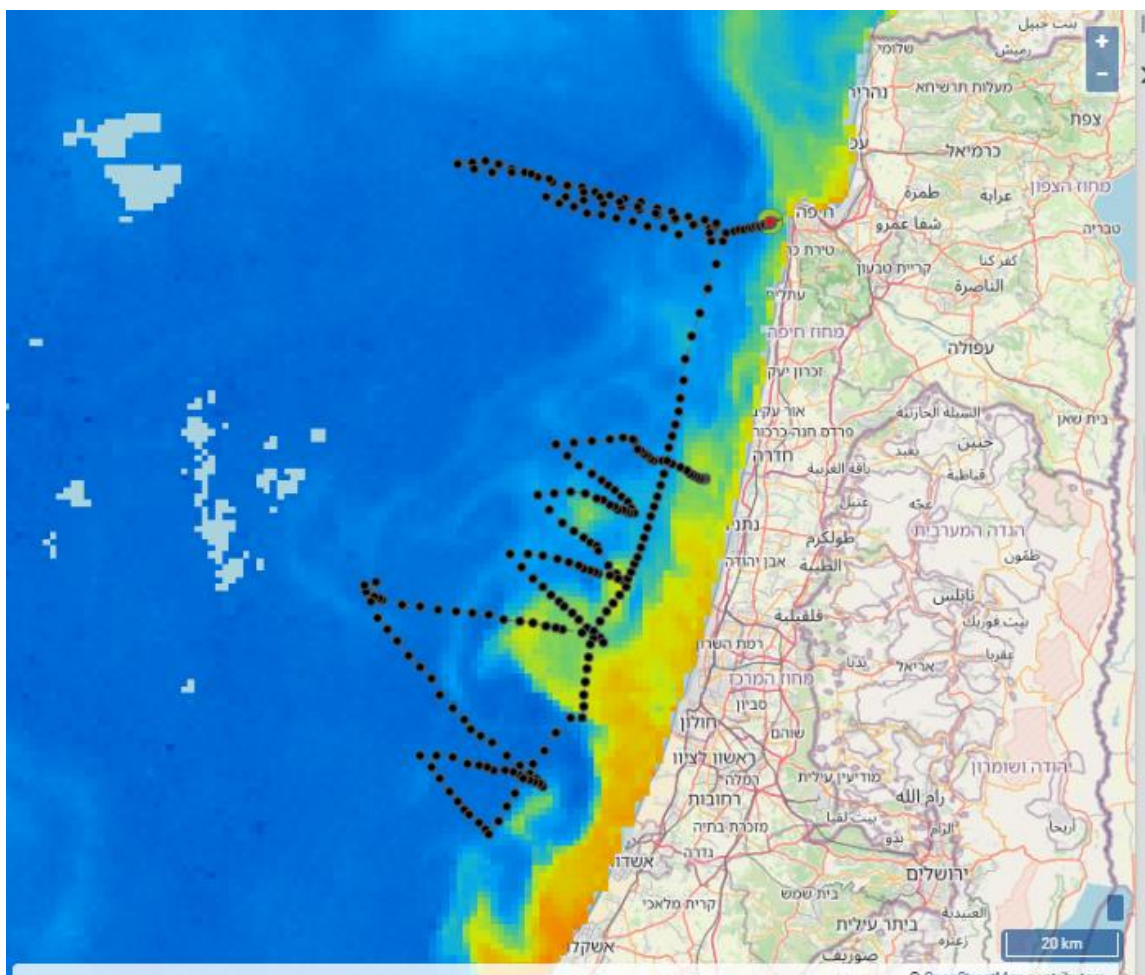
איור 1.22: חתך צפוני חוזר (Inbound) ניצב לחוף שבוצע בין הימים 19 ל- 22 לנובמבר 2022 ממשימת גליידר SEA012-M178.



איור 1.23: טמפרטורת פני השטח מנתוני לוויין (SST) כפי שתועדה בממשק ההטסה של הגליידרים (Glimpse) לתאריכים 11 לנובמבר 2022 (עליון) ו-17 לנובמבר 2022 (תחתון).



איור 1.24: ריכוזי כלורופיל בפני השטח מנתוני לוויין כפי שתועדה בממשק ההטסה של הגליידרים (Glimpse) בתאריך 11 לנובמבר 2022.



פרק 2 - שינויי מפלס ים

(מרכזים, ד"ר איה לזר ayahlazar@ocean.org.il וד"ר אלי ביטון elib@ocean.org.il)

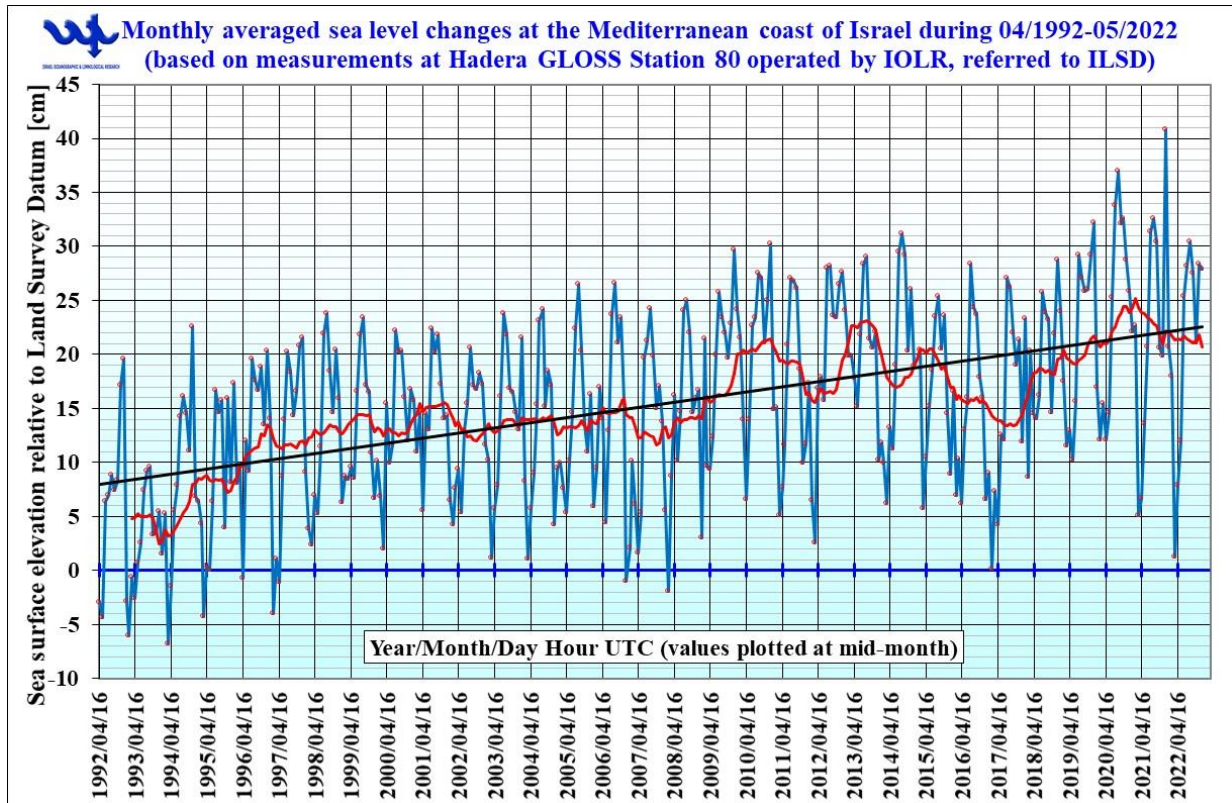
הפרק מתייחס למדדים הקשורים לשינויי אקלים וליעד אקולוגי E07 Hydrography במסגרת אמנת ברצלונה.

ממצאים עיקריים

- מאפריל 1992 עד סוף 2022 נמדדה עלייה ממוצעת של כ-4.7 מ"מ בשנה בתחנה בחדרה, המייצרת עלייה רב-שנתית (מאז 1992) של כ-14.59 ס"מ (קו מגמה שחור באיור 2.1). קצב עלייה של מפלס הים גדול משמעותית מהממוצע הגלובלי. על פי הדו"ח האחרון של הפאנל הבין-ממשלתי לשינויי אקלים (IPCC, 2022) העלייה הגלובלית בשנים 1993 - 2018 עומדת על 3.25 מ"מ בשנה, כלומר נמוכה משמעותית מזו שנמדדה בחדרה. בשנים 2006 - 2018 העלייה הגלובלית עומדת על 3.69 מ"מ בשנה (בתחום 3.21 עד 4.17).
- קצב עלייה זה גדול מהעלייה הגלובלית, גם כתוצאה מהעלייה החדה בתחילת תקופת המדידה, הנובעת מאפקטים מקומיים בים התיכון, ובפרט ה- Eastern Mediterranean Transient (מפורט מטה). דבר זה אינו מעיד שקצב עליית מפלס הים באזורנו צפוי להיות גבוה באותה מידה גם בעתיד. פירוט תרחישי עליית מפלס עד לסוף המאה הנוכחית על-פי נתוני ה- IPCC, ניתן למצוא בדו"ח חיא"ל H04/2023.
- החל מאמצע שנות השמונים ועד אמצע העשור הראשון של שנות האלפיים ניכרת השפעת ה- Eastern Mediterranean Transient (EMT) על מפלס מזרח הים התיכון. ה- EMT הוא האירוע המתאר מעבר מיקום יצירת המים העמוקים באגן המזרחי מהים האדריאטי לים האגאי והתנאים שקדמו לו, והוא לווה בשינויי צפיפות לאורך עמודת המים ולתבניות הסירקולציה באגן המזרחי. שינויי צפיפות אלו התבטאו בירידה חדה במפלס בין השנים 1987-1993 (בשנים שקדמו לתחילת איסוף הנתונים בתחנה בחדרה) ולאחריה בעלייה חדה במפלס עד תחילת שנות האלפיים, כפי שניתן גם לראות ברקורד מפלס הים בתחנה בחדרה (איור 2.1), זאת בדומה למדווח בספרות עבור אגן הלבנט.
- בשנתיים האחרונות, מאז קיץ 2020, המשרעת העונתית הייתה מעט מעל 30 ס"מ, בעוד שבמשך רוב שנות המדידה המשרעת העונתית הממוצעת במפלס הים הייתה מעט מעל 20 ס"מ. כאשר שנת 2020 גבוהה בכ-5 ס"מ משנת 2021, חוץ מנקודה גבוהה במיוחד

בדצמבר 2021. בשנה זו (2021), החורף, חודשים פברואר-מרץ, נמוך יחסית. אז נרשם השפל הגדול שזכה להד תקשורתי נרחב.

- שינויים החלים בעונתיות מפלס הים באזורינו (בפאזה ובמשרעת) (איור 2.1) נובעים משונות פנימית במערכת – בהשפעת לחץ אטמוספרי, רוחות, זרמים, והמאזן ההידרולוגי, וכן ממגמת ההתחממות הגלובלית הכללית והתחממות האגן המזרחי בפרט.
- שינויים חודשיים במפלס הים התיכון מושפעים בעיקרם מתרומות סטריות הנובעות מהתחממות המים בשכבה העליונה בימות הקיץ והתקררותם בחודשי החורף, ומשינויים במאזן הנפחי של הים התיכון הנקבעים על-ידי השטפים במצרי גיברלטר ושטפי אידוי-משקעים בפני הים. עם זאת, באזור החופי של דרום מזרח אגן הלבנט נראה כי הגורם הסטרי הוא המשמעותי ביותר.
- בתחילת שנת 2023 יצא דו"ח חיא"ל (דו"ח מספר H04/2023) לתרחישי עליית מפלס ים עתידיים על-פי תחזיות הפאנל הבינלאומי לשינוי אקלים.



איור 2.1: נתוני מפלס ים בממוצעים חודשיים כפי שנמדדו בתחנת הניטור הממוקמת בקצה מזח הפחם של תחנת הכוח אורות רבין בחדרה בין אפריל 1992 ועד מאי 2022 (כחול), ממוצע רץ שנתי (אדום), וקו מגמה לכל התקופה (שחור). הערכים המוצגים מיוחסים לאפס האיזון הארצי.

פרק 3 - ניטור שינויים רב-שנתיים בחומציות ומערכת הקרבונט במי

הים

(מרכז ד"ר ג'ק סילברמן jacobs1@ocean.org.il)

הפרק מתייחס למדדים הקשורים לשינויי אקלים וליעדים אקולוגיים במסגרת אמנת ברצלונה כלהלן:

שימור או שיפור של מגוון במים החופיים ובים העמוק (E01); מינים פולשים לא משנים לרעה את בתי הגידול במים החופיים ובים העמוק (E02); שינויים במרכיבי מארג מזון ימי חסרי השפעה ארוכת טווח על בתי הגידול במים החופיים ובים העמוק (E04); מניעה של אוטרופיקציה (גם פחמן) על-ידי האדם (E05); שינויים בתנאים הידרוגרפיים אינם פוגעים בבתי גידול במים החופיים (E07); הדינמיקה הטבעית של סביבות, בתי גידול ומתארים חופיים נשמרת (E08); מזהמים אינם פוגעים בתפקודי מערכת של בתי גידול במים חופיים ופתוחים ולא פוגעים בבריאות האדם (E09).

ממצאים עיקריים

- משנת 2018 נרכשה לטובת הניטור הלאומי מערכת ספקטרופוטומטרית למדידת pH של חברת Contros-Kongsberg (HydroFIA pH). במכשיר זה המדידה מתבצעת בטמפרטורה קבועה של $25^{\circ}\text{C} \pm 0.006^{\circ}\text{C}$ (ללא נדידת אות - drift free) בטווח מליחות של 0-40 עם דיוק מדידה של ± 0.003 pH. לחלופין, עד אוגוסט 2017 חושבו הפרמטרים השונים של מערכת הפחמן במי הים ממדידות של אלקליניות ו-DIC ומאוגוסט 2018 באמצעות אלקליניות ו-pH. כתוצאה מכל האמור לעיל היו הבדלים בין חישובי פרמטרים של מערכת הקרבונט בין שתי התקופות והיה צורך לעשות כיוול והתאמת שתיהן כדי לקבל רקורדים אחידים ורציפים.
- מאנליזה חוזרת של נתוני מערכת הקרבונט מהניטור הלאומי במים הפתוחים (הפלגות חתר), בשנים 2012-2022, התקבלה מגמה חיובית ממוצעת לשנים 2014-2022 של עליית ריכוז הלחץ החלקי של פחמן דו חמצני בקצב של כ- $+3.7 \text{ ppmV/yr}$, שהינו גבוה פי 1.5 מקצב עליית הפד"ח באטמוספירה על פי נתוני NOAA (איור 3.1). מגמה זו מושפעת בעיקר ממגמת העלייה המוגברת בחודשי החורף (2012-2022, $+5 \text{ ppmV/yr}$) לעומת חודשי הקיץ (2014-2022, $+0.1 \text{ ppmV/yr}$).

- בשקלול כללי, ערכי ה-PCO₂ מעידים על כך שהמים הפתוחים עדיין מהווים מקור לפחמן דו-חמצני אטמוספרי ולא מבלע.
- במקביל למגמת העלייה בלחץ החלקי של פד"ח, ישנה עלייה בחומציות מי הים בקצב ממוצע (2014-2022) של -0.003 יחידות pH לשנה או -0.03 יחידות pH לעשור (איור 3.2). גם שינוי ממוצע זה גבוה מקצב החמצה באוקיאנוסים (-0.002 יחידות pH לשנה).
- קצב ההחמצה במדידות החורף (2012-2022, -0.0045 יחידות pH לשנה) יותר מהיר מקצב ההחמצה בקיץ (2014-2022, -0.0001 יחידות pH לשנה). יש לציין, שקצב ההחמצה הממוצע לשנים 2014-20212 (חורף-קיץ) לאחר תיקון ערך ה-pH לטמפרטורה קבועה של 25 מעלות צלזיוס הינו -0.0026 יחידות pH לשנה. קצב זה, נמוך בפקטור של 2 מהקצב המדווח למערב הים התיכון לשנים 2012-2015 על ידי Flecha et al (2015).

ניטור החמצת מי ים בטבלאות הגידוד של חופי אכזיב, שקמונה, הבונים ופלמחים

- גם בסדרת הנתונים הזאת נעשתה אנליזה חדשה לכיול חישוב הפרמטרים של מערכת הקרבונט עם אלקליניות ו-DIC, ואקליניות ו-pH, שנמדד בשיטה ספקטרופוטומטרית.
- בשנים 2013 עד 2021 ניתן לראות עונתיות ברורה של ערכי pCO₂ מחושבים במים בקצה טבלאות הגידוד – גבוה בקיץ ונמוך בחורף (איור 3.3).
- בקיץ המים בקצה טבלאות הגידוד בעל-רוויה גבוהה יחסית ל-CO₂ אטמוספרי (~420 ppmv) ובטבלת הגידוד של אכזיב (AKE) התקבל הערך הגבוה ביותר, דווקא באפריל 2019 (911 ppmv) ובאוגוסט 2019 התקבל הערך הגבוה ביותר הבא בתור (835 ppmv). מעניין לציין שבאפריל 2019 ריכוז האלקליניות בקצה הטבלה של אכזיב היה 2771 μmole/kg, המעיד על נוכחות גבוהה של מי תהום מועשרים באלקליניות וגם DIC עם pCO₂ מאוד גבוה.
- בחורף הערכים המינימליים (~200 ppmv) התקבלו בטבלאות הגידוד של תל שקמונה (SKE) והבונים (HBE) (איור 3.3), ובאופן כללי נמצאים בתת-רוויה משמעותית ביחס ללחץ החלקי של פחמן דו-חמצני באטמוספירה (~420 ppmv).
- הממוצע הרב-שנתי של pCO₂ בקצה טבלאות הגידוד של אכזיב (AKE), תל שקמונה (SKE), הבונים (HBE) ופלמחים הינו 486, 410, 449, 544 ppmv, בהתאמה. יש לציין

שכל אתר נדגם בשעה אחרת של היום (באותה שעה פחות או יותר בכל אתר, בכל חודש), שיכול להסביר את החריגה הממוצעת מרוויה בכל אתר. עם זאת, בממוצע, המים בקצה טבלאות הגידוד בעלי pCO_2 של 470 ± 129 ppmv, כלומר בעל רוויה בהשוואה ללחץ החלקי של פחמן דו-חמצני באטמוספירה (איור 3.3).

- pCO_2 הראה מגמה חיובית עם הזמן בערכים של אכזיב ($+7$ ppmV/yr - AKE), תל שקמונה ($+5$ ppmV/yr - SKE) והבונים ($+1$ ppmV/yr - HBE). לחלופין, בקצה טבלת הגידוד של פלמחים (-2 ppmV/yr - PLE) המגמה הינה שלילית (איור 3.3).

- המגמה הממוצעת של כל טבלאות הגידוד עם הזמן היא $+4 \pm 5$ ppmV/yr, הדומה מאוד לקצב הגידול של פחמן דו חמצני באטמוספירה (איור 3.3).

- הסטייה הממוצעת של לחץ חלקי של פד"ח במי ים מריכוז הפד"ח באטמוספירה בכל תחנות הניטור הינו $+370 \pm 210$ ppmV (איור 3.3). כאשר מי הים נמצאים בעל רוויה ביחס לפד"ח אטמוספרי יותר מ-90% מהזמן. הווה אומר, שמי הים החופיים הסמוכים לטבלאות הגידוד מהווים מקור נטו לפד"ח אטמוספרי.

- יש לציין שהדיגומים בטבלאות מבוצעים במהלך היום, כאשר פוטוסינתזה אמורה להוריד את הלחץ החלקי של פד"ח במי הים ולכן, כאשר בלילה נשימה מעלה את הלחץ החלקי של פד"ח במי הים. לפיכך, המים הסמוכים לטבלאות מהווים מקור לפד"ח אטמוספרי כמעט כל הזמן.

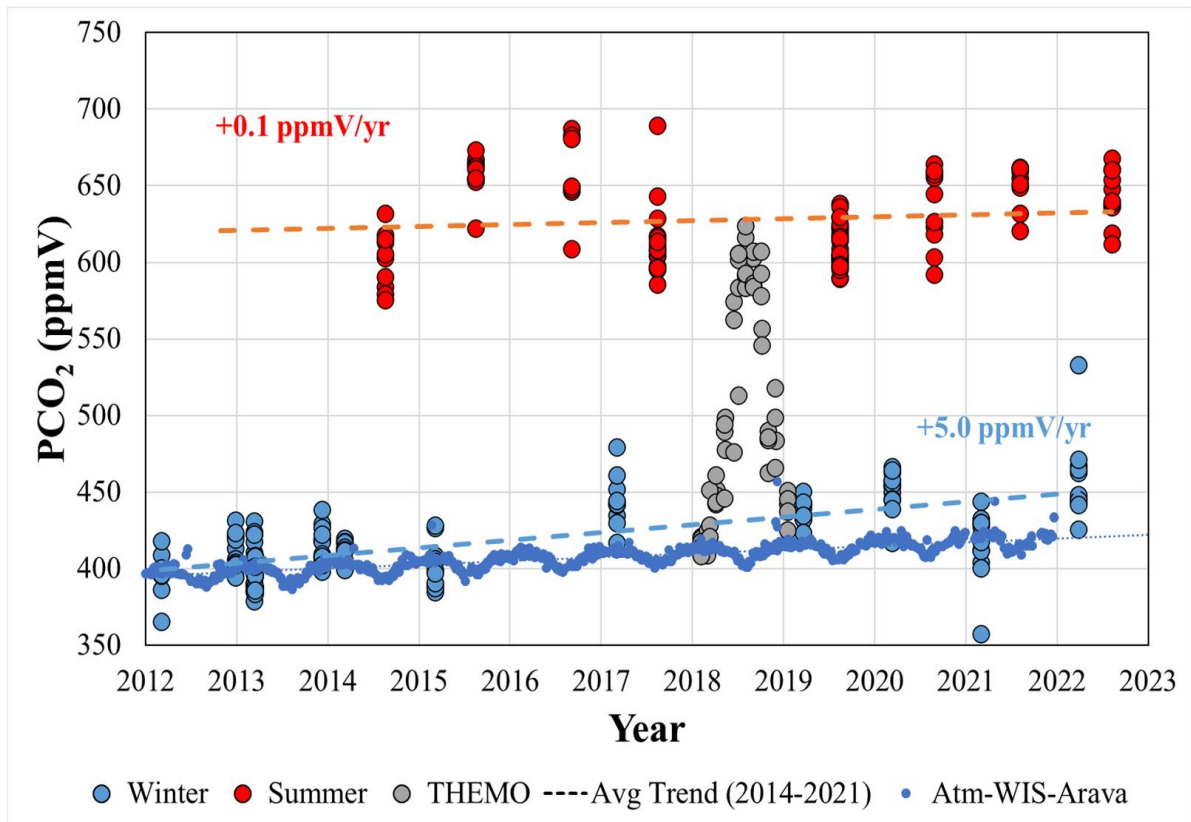
- קיימת מגמת עליה בסטייה של לחץ חלקי של פד"ח במי הים בקצה טבלאות הגידוד עם קצב גידול שנתי של $+2.5 \pm 3.9$ ppmV/yr (לא משמעותי סטטיסטית).

- ניתן לראות עונתיות ברורה של ערכי pH בקצה טבלאות הגידוד – נמוך בקיץ וגבוה בחורף (איור 3.4).

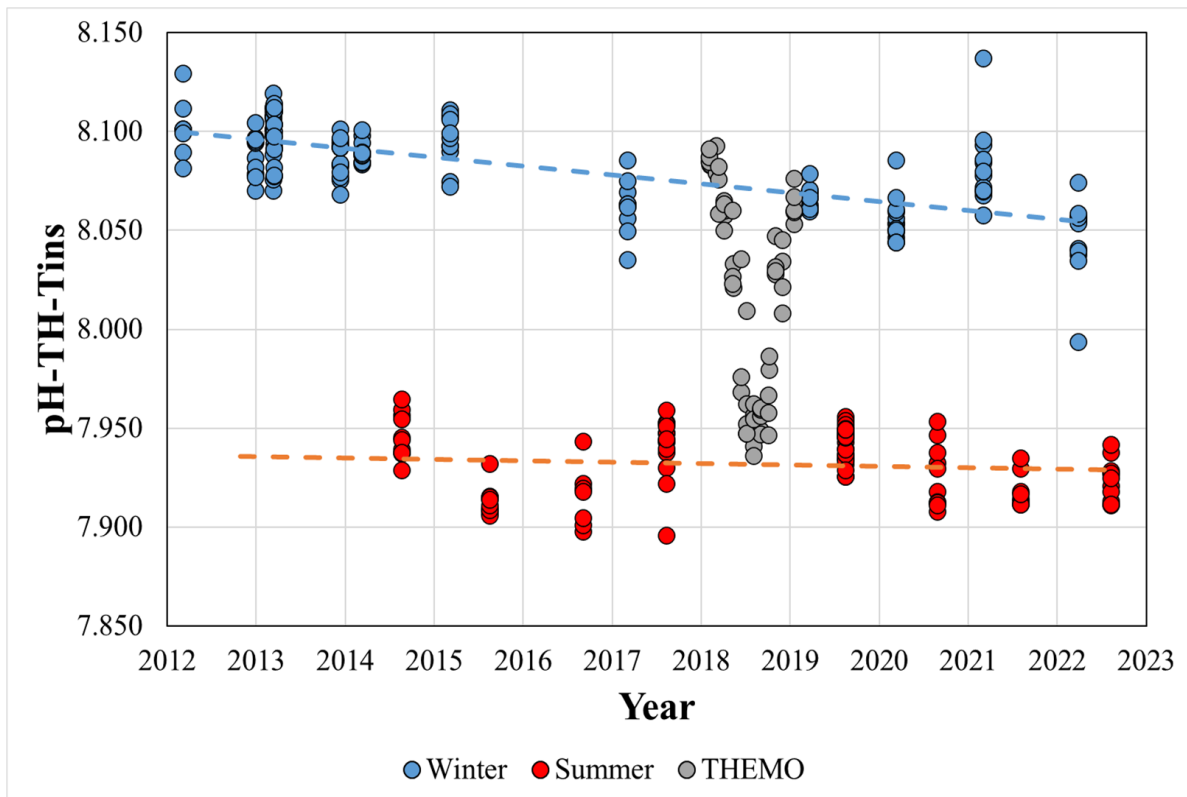
- בקיץ המים בקצה טבלאות הגידוד בעלי pH נמוך יחסית לממוצע ומגיע לערכים מינימליים של 7.8-7.9 בטבלת הגידוד של פלמחים (PLE) ואכזיב (AKE). בחורף הערכים המקסימליים התקבלו לרוב בטבלאות הגידוד של תל שקמונה (SKE) והבונים (HBE) עד מעל 8.5, כאשר הערך הגבוה ביותר (8.545) התקבל דווקא בחורף בינואר 2017 בקצה

טבלת הגידוד של תל שקמונה. יש לציין שכל אתר נדגם בשעה אחרת של היום (באותה שעה פחות או יותר בכל אתר, בכל חודש), שיכול להסביר את ההבדלים ב-pH בין התחנות (איור 3.4).

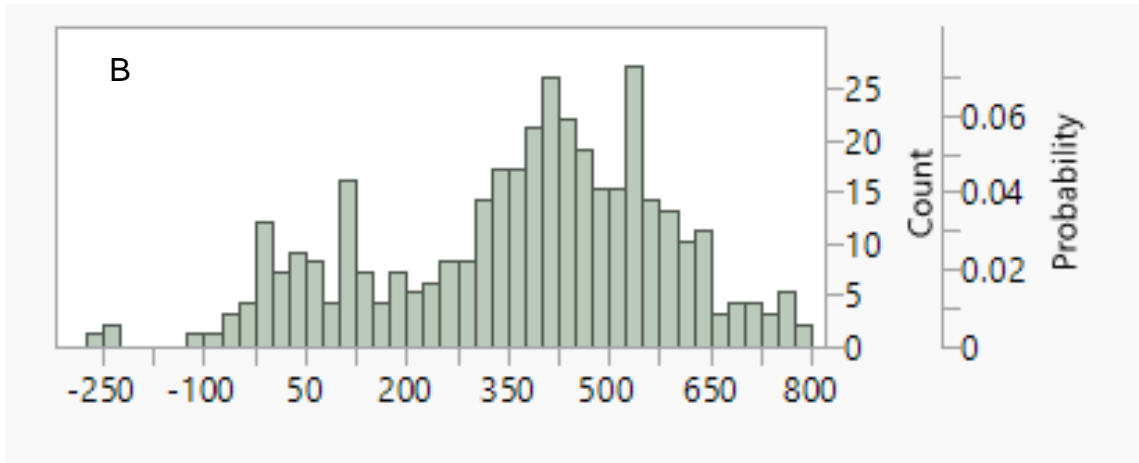
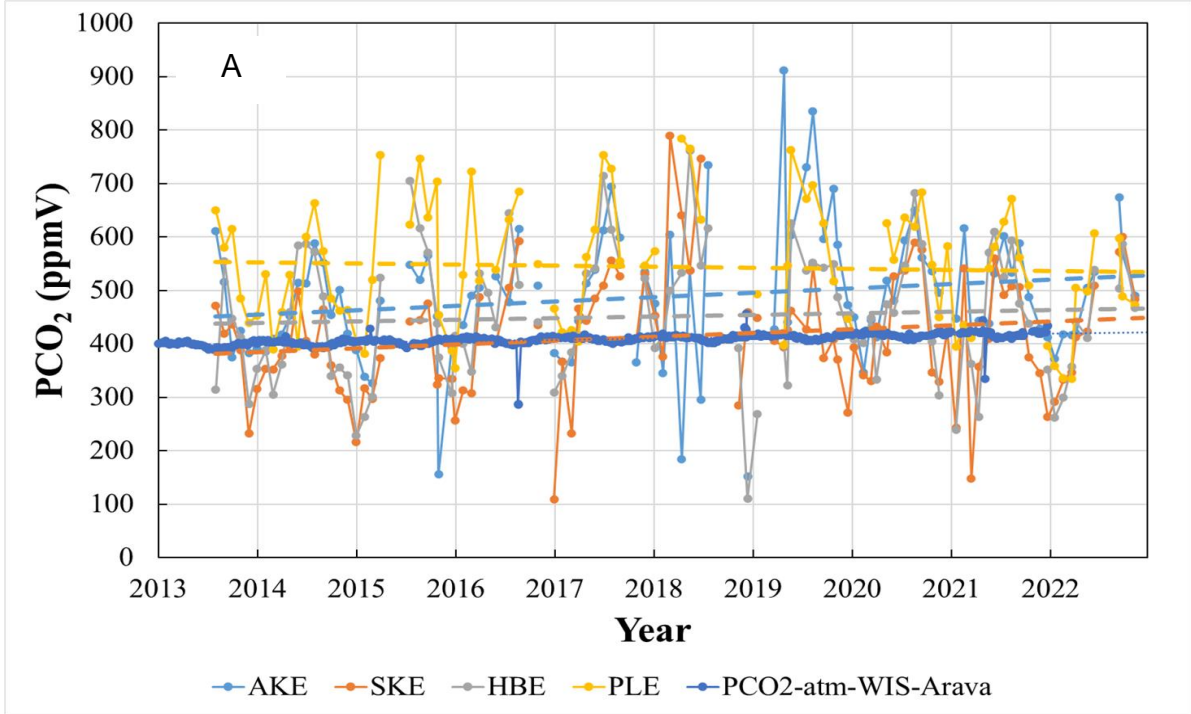
- מגמה שלילית בערכי pH עם הזמן נמצאה באכזיב (AKE), תל שקמונה (SKE) והבוניס (HBE). בקצה טבלת הגידוד של פלמחים (PLE) המגמה הינה חיובית (איור 3.4).
- המגמה הממוצעת של כל טבלאות הגידוד עם הזמן היא -0.002 ± 0.003 , הדומה מאוד לקצב הירידה של pH באוקיינוסים (איור 3.4).



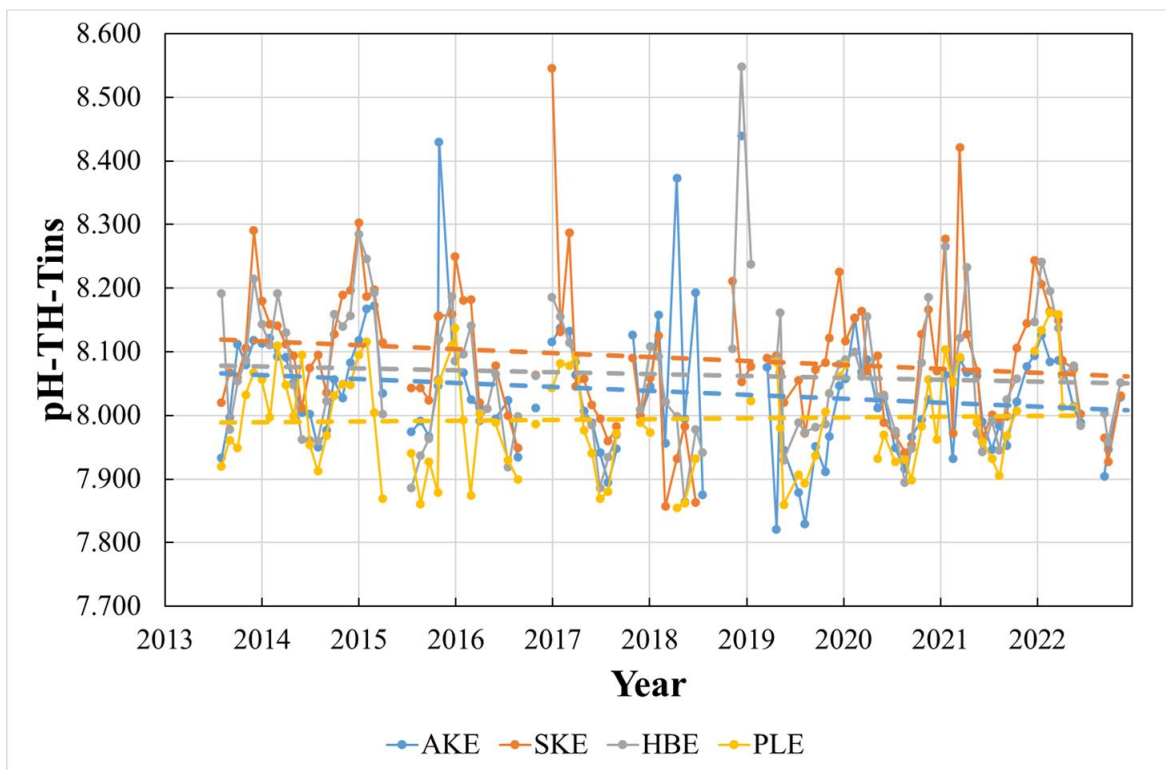
איור 3.1: ערכי לחץ חלקי של פחמן דו-חמצני מומס במי הים (עד עומק מים של 30 מ') (PCO₂) מ-2012 עד 2022 פעם עד פעמיים בשנה בעונת הקיץ (עיגולים אדומים) ובעונת החורף (עיגולים כחולים) בים הפתוח של מדינת ישראל בים התיכון, בהשוואה למדידות של פחמן דו-חמצני באוויר בתחנת הניטור של מכון ויצמן בערבה (עיגולים כחולים קהים וקו מגמה כחול דק). העיגולים העפורים מציינים את המדידות שנעשו בתחנות THEMO במהלך פרויקט משותף עם אוניברסיטת חיפה על בסיס חודשי בשנים 2018-2019.



איור 3.2: ערכים מחושבים של pH בסקלה Total Hydrogen מתוקנים לטמפרטורת מי הים מ-2012 עד 2022 פעם עד פעמיים בשנה בעונת הקיץ (עיגולים אדומים) ובעונת החורף (עיגולים כחולים) במים הפתוחים של מדינת ישראל בים התיכון (עד עומק מים של 30 מ'). העיגולים העפורים מציינים את המדידות שנעשו בתחנות THERMO במהלך פרויקט משותף עם אוניברסיטת חיפה על בסיס חודשי בשנים 2018-2019. קצב השינוי של pH בתקופת החורף הינו -0.0045 לשנה, קצב הגבוה בפקטור של 2 מהמוצע במי השטח של האוקיאנוסים (<https://www.eea.europa.eu/ims/ocean-acidification>)



איור 3.3: A - סדרות הזמן של PCO_2 במי הים שנדגם פעם בחודש בין 2013 ל-2022 בקצה טבלאות הגידוד של אכזיב (AKE), תל שקמונה (SKE), הבונים (HBE) ופלמחים (PLE), בהשוואה לסדרת הזמן של פחמן דו חמצני באטמוספירה שנמדד בתחנת הניטור של מכון ויצמן בערבה (WIS Arava CO_2). הקווים המקווקוים מייצגים את ההתאמה המיטבית של קו ישר לנתוני סדרות הזמן השונות. קצבי הגידול של הלחצים החלקיים של CO_2 בתחנות השונות ובאטמוספירה הינן: AKE - $+8 \text{ ppmV/yr}$, SKE - $+7 \text{ ppmV/yr}$, HBE - $+3 \text{ ppmV/yr}$, PLE - -2 ppmV/yr ו-WIS - $+2.4 \text{ ppmV/yr}$. קצב העלייה של הלחץ החלקי של CO_2 הממוצע בכל התחנות הינו $4 \pm 5 \text{ ppmV/yr}$. B - התפלגות החריגות מהלחץ החלקי של פד"ח אטמוספרי של הלחץ החלקי של פד"ח במי הים בכל תחנות הניטור בתקופה 2013-2022. ציר ה-X מייצג את הסטיה מלחץ אטמוספרי ($\Delta PCO_2 = PCO_{2-sw} - PCO_{2-atm}$)



איור 3.4: סדרות הזמן של pH בסקלה Total Hydrogen מעודכן לטמפרטורת מי הים שנדגמו פעם בחודש בין 2013 ל-2022 בקצה טבלאות הגידוד של אכזיב (AKE), תל שקמונה (SKE), הבונים (HBE) ופלמחים (PLE). הקווים המקווקים מייצגים את ההתאמה המיטבית של קו ישר לנתוני סדרות הזמן השונות.

פרק 4: ניטור שינויים רב-שנתיים ברמת החמצן המומס והנוטריינטים

(מרכזים, ד"ר גיא סיסמה-ונטורה guy.siv@ocean.org.il; פרופ' ברק חרות barak@ocean.org.il)

פרק זה מציג אפיון כימי, נוטריינטים וחמצן במי הים התיכון של ישראל תוך התייחסות להיבטים הקשורים בשינויי אקלים ולמספר יעדים אקולוגיים במסגרת אמנת ברצלונה (E01, E04, E06, E09).

ממצאים עיקריים

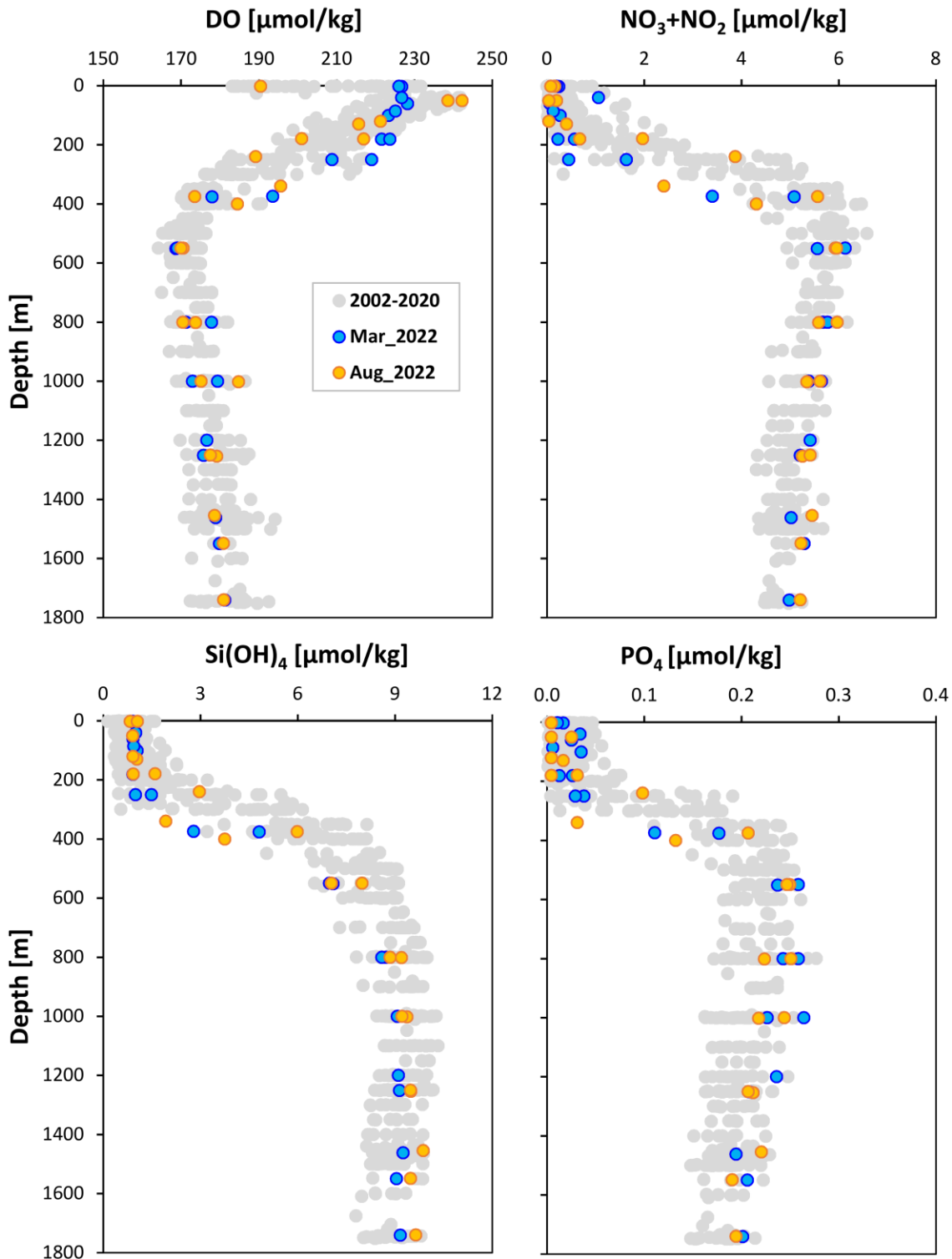
- הפיזור האנכי של נוטריינטים אנאורגניים (קרי NO_2+NO_3 , PO_4 , Si(OH)_4) והחמצן המומס בעמודת המים בתחנות H05-H06 ו-G05 (מייצגות "ים פתוח", מרחק מעל 50 ק"מ מהחוף ועומקי מים בין 1500-1900 מטר) בהפלגות שנערכו בשנת 2022 (אפריל ואוגוסט 2022) מוצג באיור 4.1. ככלל, ריכוזי הנוטריינטים בשכבת המים העליונה, מפני השטח ועד לעומק של כ-200 מטר, היו נמוכים מאוד, ולעיתים מתחת לגבול הקביעה האנליטית (פוספאט וניטראט+ניטריט), כצפוי ממערכת אולטרה-אוליגוטרופית כדוגמת מזרח הים התיכון.
- ריכוזי הנוטריינטים בשכבת המים העליונה בשנת 2022, תאמו את טווח המדידות שנלקחו בין השנים 2002-2021, ללא חריגות. ככלל, ריכוזי הפוספט שנמדדו בשיטה רגישה (שיטת MAGIC ובשיטת long path liquid waveguide capillary cells) בים הפתוח היו נמוכים מ-10 ננו-מולר ומעידים על הגבלה משמעותית של זרחן בעומק הפוטי לאורך רוב ימות השנה. הגבלה משמעותית של חנקן אנאורגני מומס נצפתה בעיקר בחודשי הקיץ (ערכים מתחת לסף הקביעה). עם זאת, ערכי NO_2+NO_3 נמוכים ולעיתים מתחת לסף הקביעה נמדדו גם בהפלגות החורף. יש לציין כי ריכוזים נמוכים יחסית של סיליקה (0.4-1.2 מיקרו-מולר) נצפו בפני השטח (מטרים עליונים, איור 4.1), המעידים על הגבלה גם בנוטריינט זה. אינטגרציה של ערכי החומצה הסיליציית בשכבת מי השטח (50 מי עליונים) מראה ריכוזים של 26-96 מילימול למ"ר, שהם נמוכים אפילו ביחס לאזורים אוליגוטרופיים באוקיאנוסים (כ-40-200 מילימול למ"ר).
- ניכרת מחזוריות בריכוזי הסיליקה של מי השטח (2-3 ו-50 מ' עליונים) שבה נצפו ערכים גבוהים בשנים 2004-2006, ולאחרונה בשנים 2018-2022 (איורים 4.2 ו-4.3). מחזוריות דומה נצפתה באינטגרציה של עמודת המים העליונה עד עומק בסיס הנוטריקלינה (0-500 מ', איור B4.3). הסיבות למחזוריות במים העליונים לא ברורה וייתכן ומוכתבת בין היתר על ידי המערכת

הביולוגית/צריכת סיליקה. מגמת ירידה מובהקת בריכוזי הסיליקה נצפתה באינטגרציה של עמודת המים עד לעומק של 1450 מ'. מגמה זו קשורה, ככל הנראה, להשפעה מתמשכת של הפחתה בעומסי הסיליקה ממקורות יבשתיים למזרח הים התיכון (כתוצאה מפרגמנטציה של מערכות הנחלים באמצעות סכרים ומאגרים).

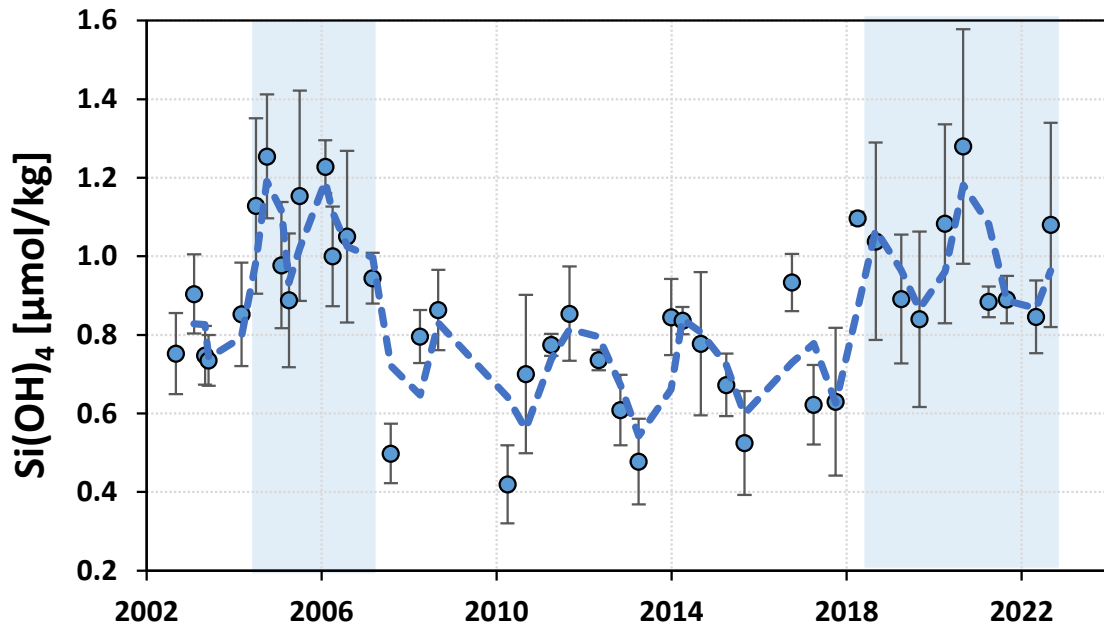
- נתוני 2022 מראים המשך מגמות רב-שנתיות (2003-2021) של טמפרטורה, מליחות, ניטראט+ניטריט, פוספט וסיליקה במי מסת הביניים (LIW, ~130-350 מטר עומק) בתחנות הניטור בים העמוק ושקלול כמות הכלורופיל בעמודת המים (עד 200 מטר עומק) מראים מחזוריות המושפעת משינויים בעוצמת/שטף הכניסה של מים אטלנטיים (AW) אל אגן הלבנט במזרח הים התיכון ושטף היציאה של מי ביניים (LIW) מהאגן המזרחי של הים התיכון דרך מיצרי סיציליה. ניתן להניח שמחזוריות של ריכוזי הנוטריינטים והחמצן במי הביניים (LIW) (איור 4.4) נובעת משינויים שנתיים בשטפים הנ"ל. שינויים אלה נגרמים ככל הנראה על ידי מנגנון שנקרא Adriatic-Ionian Bimodal Oscillating System (BiOS). בשנים מסוימות נצפים טמפרטורה ומליחות גבוהים (שיאים) במי הביניים (LIW) (2008-2010; 2014-2015; 2018-2019), וריכוזי נוטריינטים נמוכים (בחוסר התאמה למליחות), התואמים תקופות של סירקולציה אנטי-ציקלונית של המערבל - North Ionian Gyre.

- ירידה בריכוזי החמצן בגופי המים העמוקים נצפתה בשנים 2008-2021 בפרופילי העומק של תחנות H05-H06 (>1400 מ') ובתחנה העמוקה ביותר G05 (עומק מרבי של 1925 מ') (איורים 4.4 ו-4.5). בהפלגת חורף 2022 נצפתה עדות לאירוע וונטילציה של מי העומק, שבה נמדדו ריכוזים של 183 מיקרו-מול ק"ג בסמוך לקרקעית של תחנה H06. אירוע דומה התרחש בשנת 2008. מגמת ירידה בריכוזי החמצן במי העומק (איור 4.5) נצפתה מאז אירוע ה- Eastern Mediterranean Transient (EMT) Mediterranean Transient (EMT), שבו נוצרו מי עומק חדשים באגן שמקורם בים האגאי, בשנים 1988 – 1995, עדות להתיישנות מי העומק, קרי ירידה בקצב הוונטילציה (-Sisma Ventura et al., 2021). בחורף 2021 נצפתה ירידה חריגה של יותר מ 4 מיקרו-מול/ק"ג חמצן מומס (איור 4.5). קצב הירידה בין השנים 2008-2021 עמד על 0.58 יחידות/שנה. בעבר נצפו קצבים גבוהים יותר של כ 1.3 יחידות/בשנה לאחר אירוע ה-EMT ולכן יש להמשיך ולעקוב אחר מגמות אלו, הקשורות באופן ישיר בשינויי אקלים וההתחממות וההמלחה של מי הים התיכון המזרחי (Ozer et al., 2022).

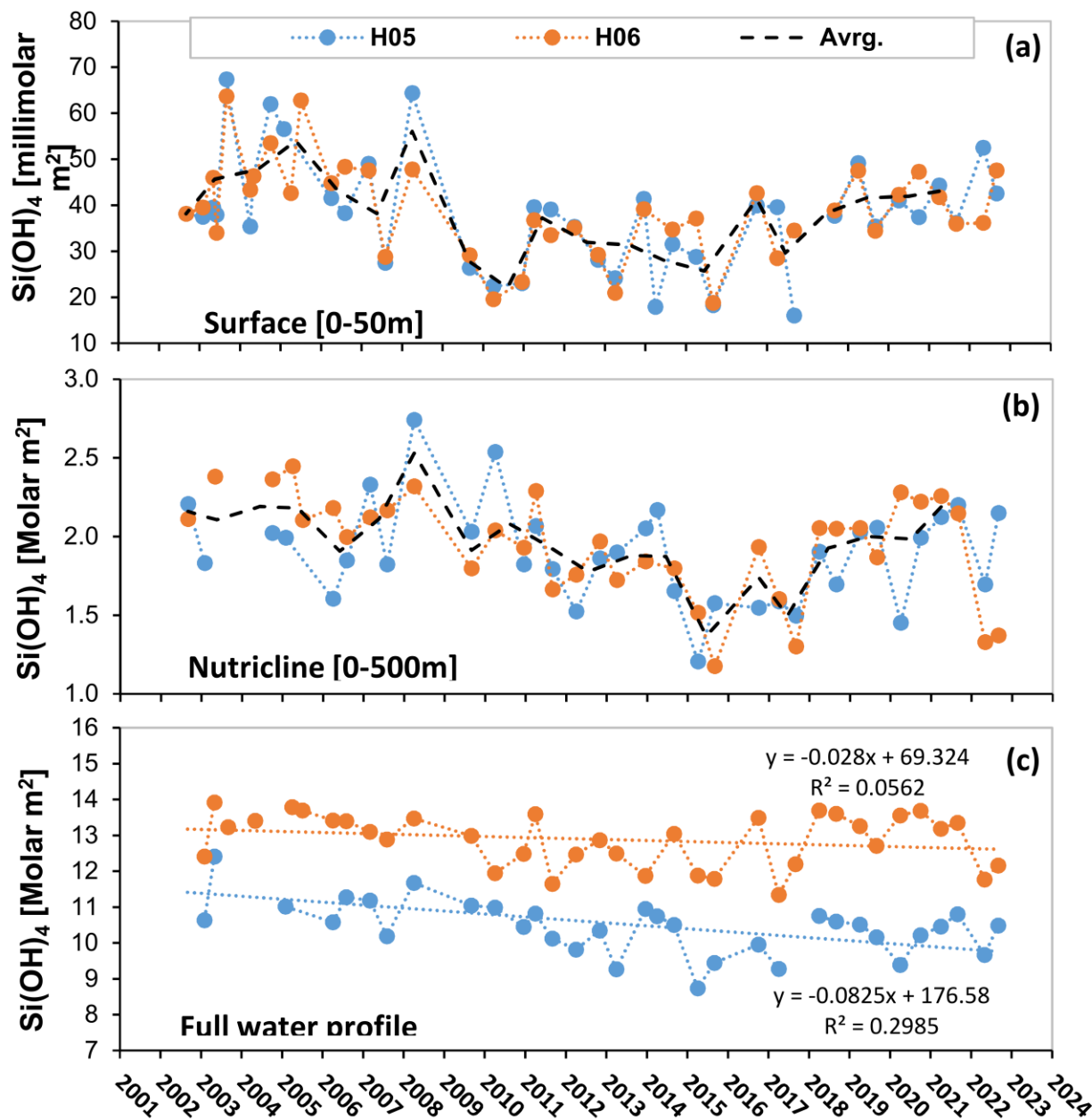
- יחס החנקן/לזרחן (שיפוע המשוואה) המוצג באיור 4.6 ממדידות שנעשו בעומקי הנוטריקלינה מדגים ערך מעט גבוה יותר (כ- 19:1) ליחס הסטויכומטרי של 16:1 שנקבע על-ידי Redfield (1963). הערך b ברגרסיה הלינארית ($y=ax+b$) מייצג עודף (ערך חיובי) ו/או חוסר (ערך שלילי) של אחד המשתנים ביחס לשני. ערך זה גדול מ-1 בשכבת הנוטריקלינה, דבר המעיד על עודף של חנקן ביחס לזרחן במי העומק במזרח הים התיכון. ככלל, היחס הסטויכומטרי של חנקן/לזרחן בשנת 2022 תאם את נתוני 2002-2020. הקשר בין צריכת החמצן (AOU) לנוטריינטים (איור 4.6) בתחום הנוטריקלינה מראה שעבור כל יחידת חמצן שנצרכת משתחרר יותר חנקן ביחס לזרחן לעומת יחסי רדפילד (יחס לש כ- 20 לעומת 16). בשלב זה לא נראית השפעה משמעותית של התחממות המים העליונים על יחסי הנוטריינטים.



איור 4.1: פרופילי עומק של חמצן, ניטראט+ניטריט, פוספאט, וחומצה סיליצית בתחנות H05 ו H06 (עומקי מים של כ- 1500 ו- 1700 מטר). נתוני הפלגות 2021 מוצגים ביחס להתפלגות הרב-שנתית מכ- 40 הפלגות בין השנים 2002 ל 2020.

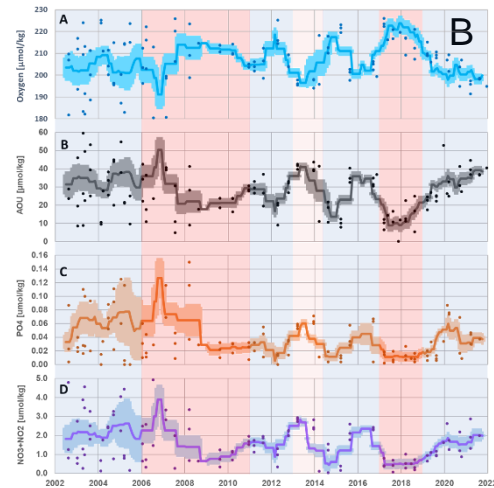
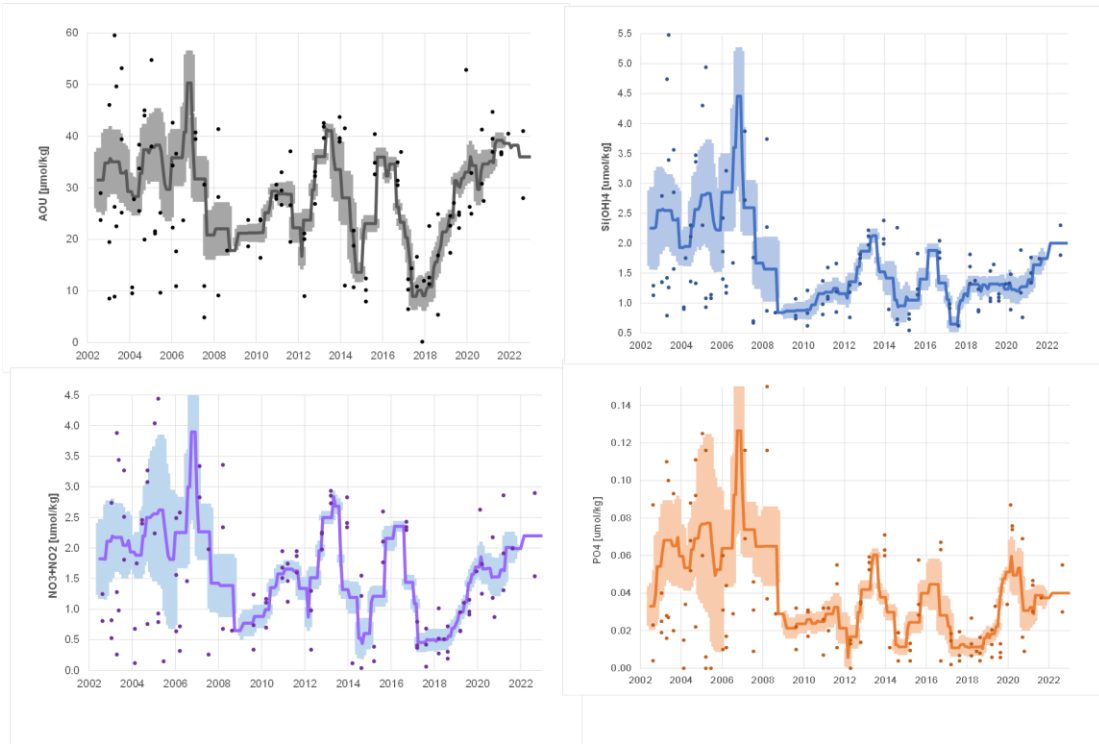


איור 4.2: ריכוזי סיליקה ממוצעים בפני השטח (2-3 מטרים עליונים) בין השנים 2002-2022.

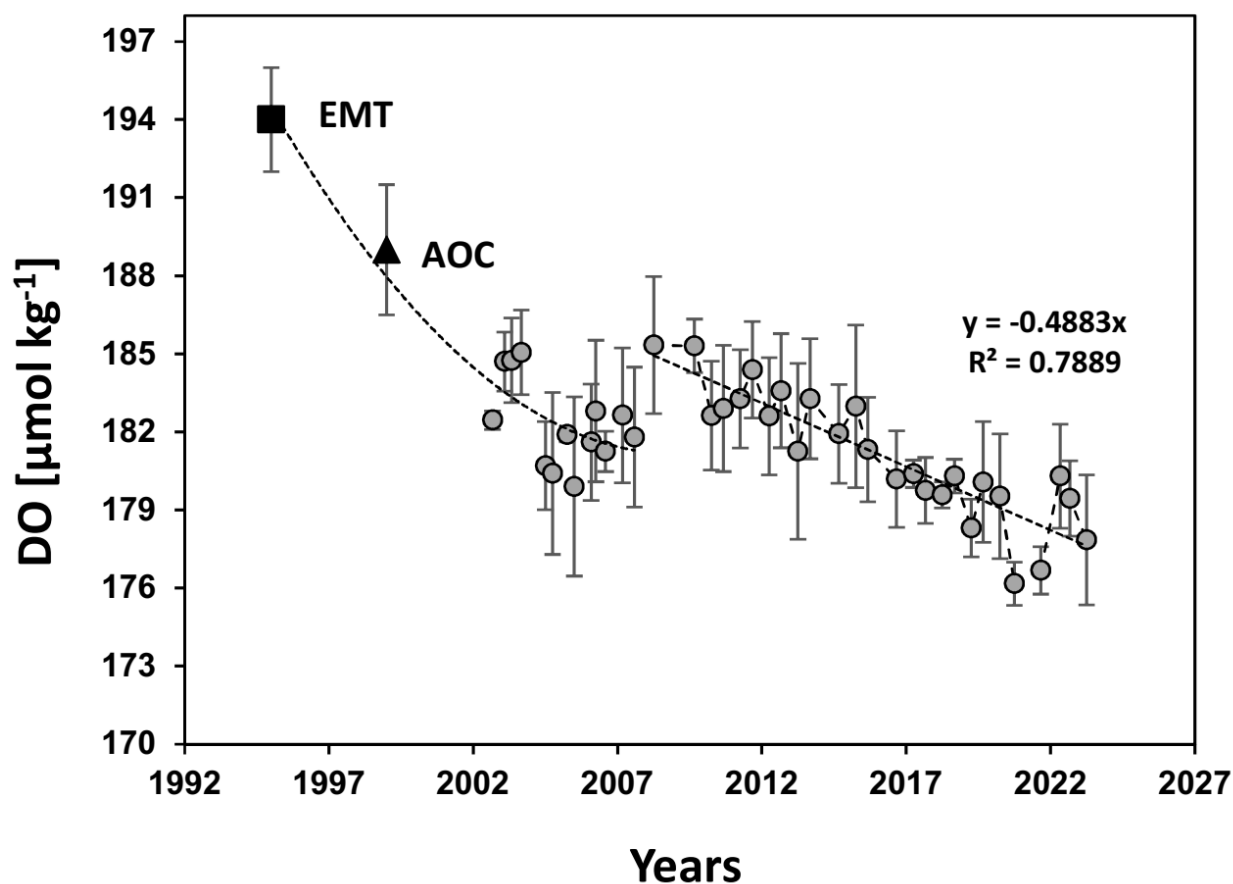


איור 4.3: שינויים רב-שנתיים (2003 – 2022) בריכוז הסיליקה באינטגרציה של (a) מי השטח (50 מטרים עליונים), (b) לעומק הניטרקלינה (0-500 מ') ו (c) לכל עמודת המים, בתחנות H05 ו H06.

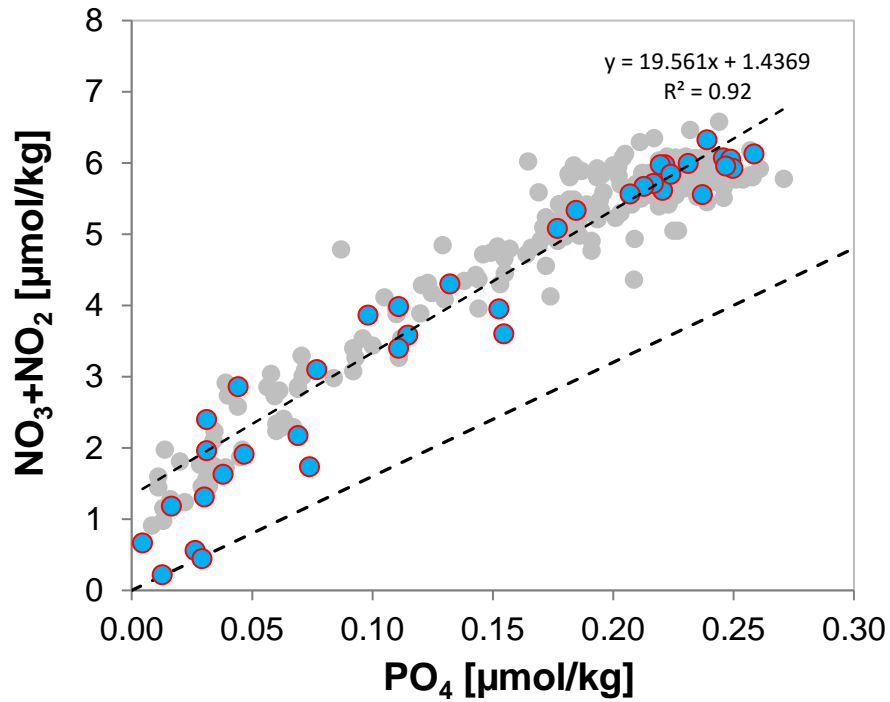
A



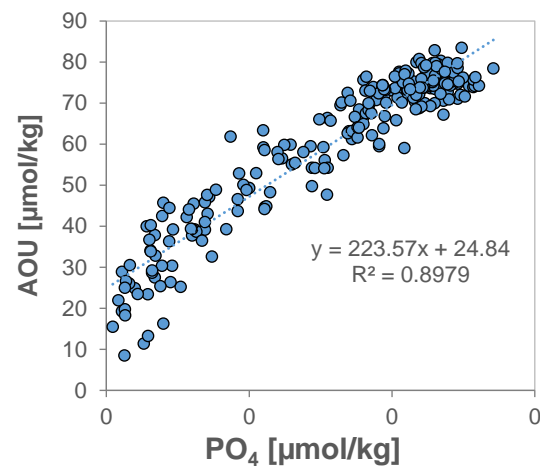
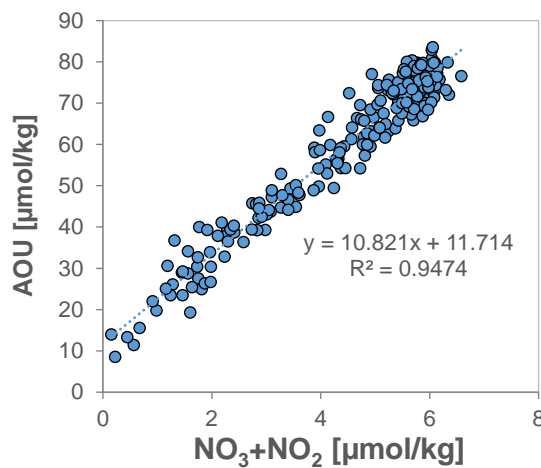
איור 4.4: מגמות רב-שנתיות (2002-2022) של ניטראט+ניטריט (סגול), פוספט (כתום), סיליקה (כחול) וצרכית החמצן (שחור) במי הביניים (LIW) (A). השינויים קשורים ככל הנראה לשינויים בין שנתיים בשטף כניסת מים אטלנטיים ויציאת מי ביניים מהאגן המזרחי של הים התיכון דרך מיצרי סיציליה על ידי מנגנון שנקרא Adriatic-Ionian Bimodal Oscillating System (BiOS). בשנים מסוימות נצפים טמפרטורה ומליחות גבוהים (שיאים) במי הביניים (LIW) (2008-2010; 2014-2015); (2018-2019) וריכוזי נוטריינטים נמוכים (בחסור התאמה למליחות), התואמים תקופות של סירקולציה אנטי-ציקלונית של המערבל - North Ionian Gyre (Ozer et al., 2022, B)



איור 4.5: שינויים בריכוזי החמצן במסות המים העמוקות (200-1200 מ'), 2002-2022. מגמת ירידה בריכוזי החמצן נצפתה מאז אירוע ה EMT שבו נוצרו מי עומק חדשים באגן הלבנט בתחילת שנות ה-90, עדות להתיישנות מי העומק, קרי ירידה בוונטילציה (Sisma-Ventura et al., 2021). באביב 2021 נצפתה ירידה חריגה של יותר מ 4 מיקרו-מול/ק"ג חמצן מומס. קצב הירידה בין השנים 2008-2022 עמד על 0.49 יחידות/שנה. בעבר נצפו קצבים גבוהים יותר של כ 1.3 יחידות/בשנה. יש להמשיך ולעקוב אחר מגמות אלו, הקשורות באופן ישיר בשינויי אקלים והתחממות המהירה של מי הים התיכון (Ozer et al., 2022).



A



B

איור 4.6: A - יחס חנקן (ציר Y) זרחן (ציר X) בעמודת המים בשנים 2002 ו-2022 (עיגולים אפורים) ובשנים 2020-2022 (עיגולים כחולים) בעומק הנוטריקלינה (180-600 מ'). חישוב היחס הכללי בעמודת המים ברגרסיה לינארית מוצג בהשוואה ליחס הסטוכיומטרי של 16:1 שנקבע על-ידי Redfield (1934) (קו מקוקו). B - יחסי גומלין בין צריכת חמצן מדומה (AOU) לבין ריכוזי ניטרט (+ניטריט) ופוספט בעומקי הנוטריקלינה בשנים 2002-2022. שיפוע הקווים מייצג את היחס בין צריכת חמצן לשחרור הנוטריינטים ומראה שחרור גדול יותר של חנקן לעומת זרחן ביחס לצריכת החמצן ביחסי רדפילד.

פרק 5 – מרכז מידע ימי לאומי

(מרכזים, ד"ר איזק גרטמן isaac@ocean.org.il ורון גולדמן ron@ocean.org.il)
(התייחסות להיבטים הידרוגרפיים)

"מרכז המידע הימי הלאומי" הוקם במטרה לרכז, לבקר, לתעד, ולהפיץ נתונים על הסביבה הימית של ישראל ולהפיק מהנתונים מידע שימושי. תפעול המרכז בא, בין היתר, לענות על הדרישה הגוברת במדינה לנתונים ומידע לצרכי תכנון, תפעול ובקרה של הסביבה הימית, כמו גם לצרכים אקדמיים שונים.

תקצוב מרכז המידע נלווה להחלטת הממשלה, אולם לא נמצא עד כה מקור תקציבי להפעלתו (דו"חות מפורטים על פעילות המרכז ודרישות התקציב שהוצגו כנספח להחלטת הממשלה מדצמבר 2018, נשלחו ב- 2019 ובאוקטובר 2020 למשרדי האנרגיה והגנת הסביבה). למרות זאת, **במהלך 2022 נמשכה פעילות מרכז המידע ונרשמו כ-900 אלף מבקרים באתר. כמו כן**, מאז ינואר 2020 הועברו כ-50 סדרות נתונים היסטוריים (גלים, זרמים, מפלס ים, טמפרטורה, מליחות) למחקרים אקדמיים (אונ' ת"א; אונ' חיפה; מרכז אקדמי רופין; אונ' בר אילן; אונ' העברית; ומכללת תל חי). פעילות מרכז המידע במהלך 2022 כוללת:

- המשך קליטה אוטומטית של נתונים מתחנת החוף בחדרה לבסיס נתונים של סדרות זמן. עקב בעיות תשתית, נתונים מתחנת אשקלון הועברו ידנית כל חודשיים ללא תקשורת בזמן אמת. הנתונים נמדדו מיוני 2022 ועד התאונה שהתרחשה במרץ 2023.
- נפסקה פעילות תחנת דור נחשולים בתחילת 2022. שרשרת התרמיסטורים מול תל שקמונה לא עבדה במהלך 2022 עקב וואנדליזם, התחנה המטאורולוגית בשיקמונה המשיכה לעבוד. הנתונים השעתיים משודרים באתר מרכז המידע ומעודכנים בבסיס הנתונים לסדרות זמן
- פיתוח תוכנה לקליטת נתונים הידרוגרפיים מאסדת תמר. נתונים מהאסדה מועברים אוטומטית על בסיס יומי למרכז המידע.
- הסתיים פיתוח כלי לאחזור נתונים מבסיס הנתונים ההידרוגרפי על סמך הגובה מעל קרקעית הים. הכלי שימש לחישוב מפות קלימטולוגיות של טמפ' מליחות וחמצן מומס בשכבת הקרקעית של האזור הכלכלי בלעדי של ישראל.
- עודכנה התוכנה ליצור גרפים של סדרות זמן באתר מרכז המידע. התוכנה החדשה משפרת יציבות המערכת.
- המשך השתלבות בפרוטוקול להעברת נתונים במסגרת הרשת האירופאית למידע אוקיאנוגרפי - SeaDataNet.

להלן איורים המתארים נתונים סטיסטיים שונים.

