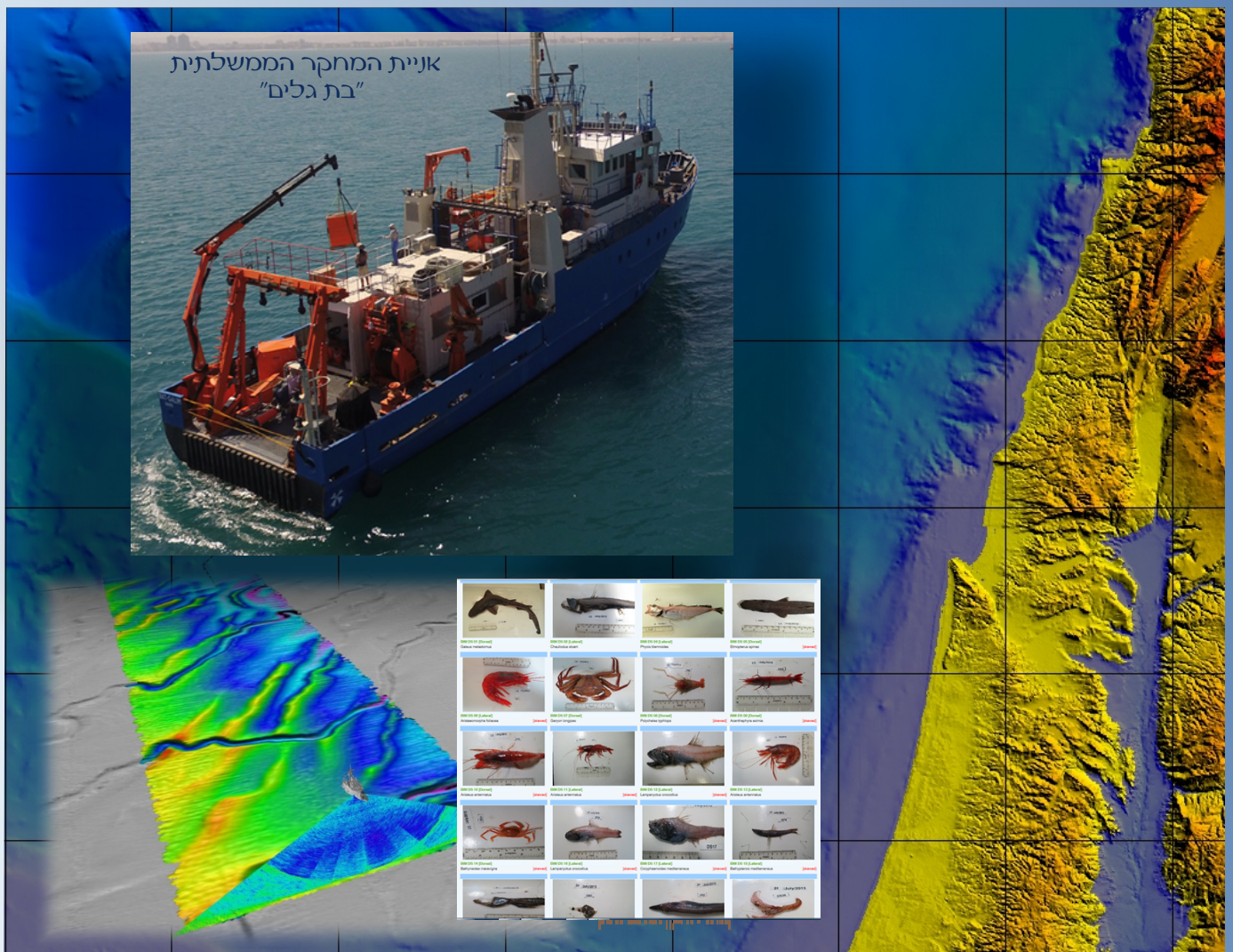


תכנית הניטור הלאומית של ישראל בים התיכון דו"ח מדעי ל-2016

חלק 2

ניטור האזון הביוואי



התכנית ממומנת ע"י המשרד להגנת הסביבה
ומשרד האנרגיה

חקר ימים ואגמים לישראל
דו"ח חיא"ל H48b/2017



תכנית הניטור הלאומית בים התיכון ל-2016

חלק II - ניטור המגוון הביולוגי

עריכה: איל רהב וברק חרות

תוכן

תכנית הניטור הלאומית של ישראל בים התיכון
מבוא ומטרות

חלק II - ניטור המגוון הביולוגי

- פרק 1 – הקדמה
- פרק 2 – ניטור אוכלוסיות המיקרואצות והחידקים במימי החופין
- פרק 3 - ניטור חי תוך המצע (הקרקעית)
- פרק 4 - ניטור חי על המצע (הקרקעית)
- פרק 5 - ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי
- פרק 6 - טקסונומיה מולקולרית (barcoding) של המגוון הימי בישראל

דגשים עיקריים

מיקרואצות וחידקים במים

1. ערכי היצרנות הראשונית והכלורופיל הכללי במימי החוף לא היו שונים משמעותית "מערך הרקע הטבעי" (השוואה למדידות רב שנתיות מניטורים קודמים 2013-2015).
2. רוב הביומסה של האצות הוכתבה ע"י הציאנובקטריה *Synechococcus* ואצות בעלות גרעין תא מוגדר (בעיקר אצות צורניות), ובניגוד לשנים קודמות נמצאו ערכים גבוהים יותר בתחנות הצפוניות. חיידקים הטרוטרופים הדגימו פיזור מרחבי עם ביומסה גבוהה בתחנות הדיגום הצפוניות (בעיקר מוצא נחל תנינים), בדומה לאצות.
3. בזמן השריפה בכרמל (נובמבר 2016), השתחררו לאטמוספירה כמויות רבות של אפר, דבר שככל הנראה הוביל לעליה משמעותית בריכוז כלל מיני האצות והחיידקים באיזור חיפה. המערכת המיקרוביאלית חזרה "לערכי הרקע הטבעיים" מספר ימים לאחר האירוע.
4. בשנת 2016 ביומסת המיקרואצות (צורניות, ודינופלגלטים בעיקר) בכל תחנות מפרץ חיפה הייתה גבוהה יחסית לשנת 2015 (עד פי 2 מהממוצע הרב שנתי). עליה זו מוסברת בעיקר על ידי פריחת אצה צורנית מהמין *Amphora* sp. שייתכן ונגרמה מפעילויות החפירה בדרום מפרץ חיפה.
5. בשנת 2016 נמדדה ירידה חדה במספר ומגוון מיני המיקרואצות לאורך החוף ובמפרץ חיפה בפרט. ייתכן ושינוי זה קשור לתהליכים אקלימיים (טמפרטורות מי השטח) והן לשינויים מקומיים כדוגמת פעילות החפירה במסגרת בניית נמל חיפה החדש ועליה משמעותית בתפוצת החומר המרחף כתוצאה מכך.
6. כמידי שנה נמצאו במימי החופין מיני מיקרואצות בעלות פוטנציאל טוקסי בריכוזים נמוכים יחסית. בשנת 2016 נמצא דינופלגלט מהמין *Dinophysis rotundata* בפתח נחל הקישון בריכוז גבוה יחסית לניטורים קודמים.

חי תוך המצע

7. נאספו, מוינו ונספרו 21,990 פרטים של חי תוך המצע מתוך 120 טקסות. הטקסה הנפוצים ביותר היו תולעים ממשפחת ה- *Spionidae*, סרטנאים ממחלקת ה- *Ostracoda*, סרטנאים מסדרת ה- *Tanaidacea* ותולעים נימיות נמטודות.
8. במפרץ חיפה נמצא עושר טקסות רב (40-50) ביחס לתחנות לאורך החוף (30-40), הן בחלקו הצפוני והן הדרומי. בשנתיים האחרונות נמצאה עליה במספר הטקסות לאורך החוף המתקרבים לערכים הנמדדים במפרץ חיפה. מגמה זו, אם תמשך, מלמדת על שינוי משמעותי בחברת תוך המצע לאורך החופים.
9. מספרם היחסי של מיני החלזונות המהגרים בחי תוך המצע נמוך ואינו עולה על 3% מסך הפרטים שנאסף ונספר. לעומת זאת, מספר מיני הרכיכות המהגרים נע בין 20-40 אחוזים, כאשר בתחנת הקישון אחוז המיני הרכיכות המהגרים מגיע ל- 70%.

10. תולעים ממשפחות נפוצות בניטור לאורך השנים (capitellidae, syllidae) לא הופיעו במספרים רבים בניטור הנוכחי.

חי על המצע

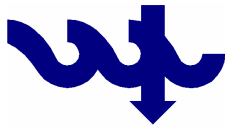
11. מאסף חי על המצע נדגמו 4 מיני צורבניים, 8 מיני קווצי עור, 21 מיני רכיכות, 22 מיני סרטנים, ו- 107 מיני דגים. מעל 90% מהרכב המאסף של חברת חי על המצע זוהה לרמת המין.
12. חי על המצע – מספר המינים המהגרים החודרים אל ים תיכון ממשיך לעלות ללא הרף ובקצב מוגבר בשנים האחרונות, דבר הגורם לשינוי מתמשך בדינמיקת חברות החי בבית גידול זה.

חברות אקולוגיות בחוף הסלעי

13. בכל שמונה שנות הניטור (2009-2016) בחוף הסלעי נמצא כי קיים עושר טקסונים גבוה יותר בשולי הטבלה ברוב האתרים, לעומת העושר במשטח מרכז הטבלה. ניטור טבלאות הגידוד מצביע בברור על כך שלמבנה החברה האקולוגית על הטבלאות יש תלות רבה במיקום, בעונת השנה ובשנת הדיגום. כמו כן, לאירועי קיצון (יובש, עליה בטמפ') השפעה נרחבת על הרכב מיני בע"ח סביב ועל טבלאות הגידוד, דבר שהוביל להעלמות מינים שונים.
14. כללית במהלך שנות הניטור נצפית מגמת שינוי מתונה בעושר הטקסונים הקשורה ככל הנראה לתגובת המערכת לאירועי קיצון (יובש וטמפרטורה).
15. במאי 2016 התרחש אירוע יוצא דופן של חשיפה וחוס גבוה מאוד על הטבלאות (עד 45 מעלות צלזיוס). יתכן שאירוע זה הכניס את הצדפה הפולשת בוצית מגוונת לעקה משמעותית, שגרמה בהמשך לתמותה עם התחממות המים בשיא הקיץ באוגוסט.

טקסונומיה מולקולרית (barcoding) של המגוון הימי

16. נאספו, זוהו וקוטלגו מאות פרטים מקבוצות שונות של דגים, חסרי חוליות ואצות. המידע הטקסונומי על המינים שאופיינו הופקד באתר חיא"ל הפתוח לציבור (www.ocean.org.il/isramar2009) כמו גם במאגרי מידע בינלאומיים כדוגמת ל-BoLD. במהלך 2016 הועלו למרכז התיוג 46 מינים של אצות, חסרי חוליות ודגים. ממשיך מאמץ מרוכז בזיהוי, אפיון וקיטלוג מקרו-אצות מתוך פרטים חיים ואוסף חיא"ל המונה למעלה מ-535 פרטים.



תכנית הניטור הלאומית של ישראל בים התיכון דו"ח מדעי ל-2016

דו"ח חיא"ל H48/2017

- ניטור שינויי אקלים
- ניטור מגוון ביולוגי
- ניטור איכות מימי החופין

עורכי הדו"ח ומנהל מדעי של תכנית הניטור – פרופ' ברק חרות וד"ר אייל רהב

חוקרים שותפים:

נורית גורדון, ד"ר אייל רהב, ד"ר נורית קרס, ד"ר ג'ק סילברמן, ד"ר איסק גרטמן, ד"ר אלי ביטון, טל עוזר, ד"ר תימור כץ, ד"ר הדס לובינסקי, ד"ר גדעון טיבור, ד"ר משה תום, ד"ר גיל רילוב, ד"ר אלוארז ישראל, פרופ' בוקי רינקביץ, ד"ר ניר שטרן.

צוות הניטור:

דיגוס, בדיקות ועיבוד נתונים: ירון גרטנר; כימיה: אביב שכנאי, ד"ר יעל סגל, מאיה מרמורי, רון פאר, ד"ר אפרת שהם-פריד; חי הקרקעית: אוה מזרחי, מרוא בולוס, לורה גולן, נרינה לנר; חישה מרחוק: ד"ר גדעון טיבור, לנא אשקר, יבגניה קריבנקו; השפעות ביולוגיות: ד"ר יאנה יודקובסקי; אקולוגיה של החוף הרדוד: ד"ר גיל רילוב, נמרוד לזרוס, אוהד פלג, דר גולומב, ניב דויד, תמר גיא-חיים וארז ירוחם; בסיסי נתונים: ד"ר איסק גרטמן, יבגניה קריבנקו, אייל גרינגרס, ד"ר דפנה בן יוסף; ברקודינג: ד"ר יעקב דואק, גיא פז; תחנות ניטור רציף: ד"ר אלי ביטון, לזר רסקין, טל עוזר, צוות ים: גדעון עמית, ארז חגי, מור סמואלסון, אלעד ישראלי (שפונגל).

תכנית הניטור ממומנת ע"י

המשרד להגנת הסביבה

ובמימון חלקי ע"י משרד האנרגיה

ניטור הנמלים והמעגנות מומן ע"י חיל הים/משרד הביטחון

שם הדו"ח לצורך ציטוט:

Herut B. , Rahav E. et al. (2017). The National Monitoring Program of Israel's Mediterranean waters – Scientific Report for 2016, Israel Oceanographic and Limnological research, IOLR Report H48/2017.

מבוא ומטרות - תכנית הניטור הלאומית של ישראל בים התיכון

(ברק חרות barak@ocean.org.il)

שלושת החלקים של דו"ח הניטור מציגים מידע על השפעות שינויי אקלים, זיהום ים והמגוון הביולוגי בים התיכון של ישראל בשנת 2016 (חלקם גם משנת 2017). הדו"ח מתבסס על התוצאות של ניטור שינויי אקלים והמערכת ההידרוגרפית, ניטור זיהום הים ומקורותיו, ניטור המגוון הביולוגי ומחקרים נלווים, שהתבצעו ע"י חוקרי המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה של "חקר ימים ואגמים לישראל" (חיא"ל) ושותפים נוספים. הדו"ח מציג גם מגמות שינויים בזמן ובמרחב על סמך נתונים רב-שנתיים.

היעד הכוללני של הניטור הוא הערכת מצב הסביבה הימית ויצירת בסיס מדעי ארוך טווח לקבלת החלטות בהקשר להגנה על הסביבה הימית, ובכלל זה אכיפת ההוראות של החקיקה הלאומית בעניין מניעת זיהום הים, שמירה על המערכת האקולוגית, יישום האמנות הבינלאומיות הרלוונטיות ותמיכה בקבלת החלטות על שימור, ניצול בר קיימא וניהול הסביבה הימית של ישראל ומשאביה.

תכנית הניטור מושתתת על עקרונות הביצוע הבאים:

- משימה שלטונית – מחויבות של המדינה
- ניטור רב-שנתי; בדיקות חוזרות באותם אתרים
- שיטות בדיקה אחידות, ברות השוואה
- התאמה למחויבויות באמנות בינלאומיות
- שמירת הנתונים ב"מרכז המידע הימי הלאומי"
- שקיפות, פתיחות ודיווח לציבור

תכנית הניטור כוללת את המרכיבים הבאים:

- ניטור זיהום מימי החופין במתכות כבדות (מתבצע מאז 1978);
- ניטור ההזרמות של נוטריאנטים (חומרי דשן) וחלקיקים למימי החופין דרך נחלי החוף (החל מ-1990);
- ניטור השטפים האטמוספיריים של נוטריאנטים ומתכות כבדות למימי החופין (החל מ-1996);
- ניטור ריכוזי הנוטריאנטים באזור הרדוד (עד עומק 30 מטר) של מימי החופין (החל מ-2000);
- מיפוי סביבתי של מימי החופין מנתוני לוויינים (החל מ-2005);
- ניטור סמנים להשפעות ביולוגיות של מזהמים (החל מ-2005, לא בוצע ב-2006 בגלל חוסר מימון);
- ניטור אוכלוסיית המיקרואצות באזור הרדוד (עד עומק 30 מטר) של מימי החופין (החל מ-2000);
- ניטור אוכלוסיות חי הקרקעית לאורך החוף (החל מ-2005);
- ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי (החל מסוף 2009);
- ניטור המגוון הביולוגי של מאקרו-פאונה (דגים וחסרי חוליות) על קרקע רכה (החל מ-2014);
- ניטור היצרנות הראשונית והחידקית במימי החופין (החל מ-2013);
- ניטור המערכת ההידרוגרפית להשפעות של שינויי אקלים (טמפרטורה, מליחות, חומציות, נוטריאנטים, יצרנות ראשונית וחידקית) (החל מ-2013).

החל משנת 2000 המכון מבצע עבור חיל הים ניטור שנתי של רמות הזיהום בנמלים ובמעגנות לאורך חוף הים התיכון, במסגרת היישום של המלצות ועדת החקירה בעניין פעילות צה"ל באזור נחל

הקישון ("ועדת שמגר"). חלק מהבדיקות של תכנית ניטור זו מתבצע ע"י מעבדות של המכון הגיאולוגי ובמעבדה בארה"ב. הממצאים העיקריים של הניטור משולבים בדו"ח זה (באדיבות חיל הים/משרד הביטחון).

בנוסף לתכנית הלאומית לניטור מימי החופין, המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה מבצע בדיקות תקופתיות של זיהום הים גם במסגרת תכניות ניטור מקומיות באתרים בהם מסולקים לים שפכים ופסולת (המתכונת של תכניות ניטור אלה נקבעת בהיתרי ההזרמה/סילוק הפסולת). כמו כן מתבצעים במכון מחקרים שונים, שתוצאותיהם מהוות בסיס לפענוח ממצאי הניטור ולהכוונה של מתכונת הניטור. הממצאים הרלוונטיים של תכניות הניטור המקומיות והמחקרים הנלווים לניטור משולבים בדו"ח זה.

הדו"ח כולל שלושה חלקים. **בחלק I** מוצגים עיקרי הממצאים הקשורים לשינויי אקלים וההשפעות על המערכת ההידרוגרפית; **בחלק II** מוצגים עיקרי הממצאים על זיהום ים והמלצות הנובעות מהם; **בחלק III** מוצגים הממצאים הקשורים לניטור המגוון הביולוגי. ניתוח המגמות של שינויים בזמן ובמרחב מתבסס על כלל הנתונים הרב-שנתיים שנאספו במסגרת תכנית הניטור.

חלק מהנתונים הגולמיים של הניטור נשמרים ב"מרכז המידע הימי הלאומי", אשר מרכז, מתעד ומפיץ נתונים ומידע על הסביבה הימית של ישראל. במרכז המידע פותחו מערכות לטיפול בנתוני הניטור, המאפשרות גישה קלה לנתונים ועיבודם למידע שימושי לצרכי ניהול סביבתי (www.ocean.org.il). כמו כן, הוקם המרכז התשתיתי המדעי לקוד-הקווים של DNA (barcoding molecular) של המגוון הימי בישראל כחלק מפרויקט ה-barcoding העולמי ומוקם מרכז מידע ביו-גיאוגרפי. הקמת המרכז התשתיתי נעשית בעזרת שני האוספים הלאומיים הביולוגיים הנמצאים באוניברסיטת תל-אביב ובאוניברסיטה העברית (בהם מאוכסנים כל בעלי החיים שנאספו) וכן בתשתית ISRAMAR (מרכז המידע הימי הלאומי בחי"ל), שבו מאוכסנים, מוצגים ומופצים (אינרנטית) התוצאות.

התכנית הלאומית לניטור מימי החופין של ישראל בים התיכון מרוכזת ע"י היחידה הארצית להגנת הסביבה הימית של המשרד להגנת הסביבה ומהווה מרכיב של מערכת המינהל הסביבתי המופעלת ע"י הממשלה. חלק מנתוני הניטור מועבר באמצעות המשרד להגנת הסביבה למרכז של "תכנית הפעולה לים התיכון" באתונה (MEDPOL), אשר מנהל את הפעילות הבינלאומית לשמירת איכות הסביבה בים התיכון במסגרת "אמנת ברצלונה".

בשנים האחרונות עלה הצורך בהרחבה משמעותית של תכנית הניטור הלאומית בים התיכון של ישראל, בעיקר עקב השינויים במשק המים והאנרגיה, לחצי הפיתוח לאורך החופים, הגידול במגוון ובהיקף הפעילויות ותכניות הפיתוח באזור הכלכלי בלעדי של ישראל בים התיכון, וכן עקב מחויבויות המדינה לאמנות בינלאומיות. בנוסף, על מנת שהתכנית תעמוד בדרישות ליישום "גישת המערכת האקולוגית" (Ecosystem Approach (EcAp), שאומצה על-ידי מוסדות אמנת ברצלונה (ומיושמת ע"י תכנית הפעולה לים התיכון (UNEP-MAP) באמצעות ארגון MEDPOL) על בסיס

הדירקטיבה הימית של הקהילה האירופית (Marine Strategy Framework Directive, MSFD), מתחייב להרחיב משמעותית את תכנית הניטור הלאומית. הרחבה זו והסדרת מנגנון המימון הממשלתי של תכנית הניטור הלאומית חיוניות לשיפור התמיכה המדעית לניצול וניהול מושכל של הסביבה הימית של ישראל ומשאביה. לצורך הפעלת תכנית הניטור הלאומית ובכדי לאפשר את הערכת מצב הסביבה הימית בים התיכון של ישראל ויצירת בסיס מדעי ארוך טווח לקבלת החלטות על שימור, ניצול בר קיימא וניהול הסביבה הימית ומשאביה, יש צורך במנגנון למימון האחזקה וההפעלה של התשתיות הדרושות לאיסוף שוטף של נתונים ימיים, ובמימון ריכוז, תיעוד, שמירה, הפצה והנגשה של נתונים על הסביבה הימית של ישראל באמצעות "מרכז המידע הימי הלאומי" בחי"ל. הפעלת המרכז באה לענות על הדרישה הגוברת במדינה לנתונים ומידע לצרכי תכנון, תפעול ובקרה של שימושים בסביבה הימית. מרכז המידע מקושר שנים רבות למרכזי מידע בינלאומיים ובכללם מייצג את ישראל במערכת הבינלאומית לחילופי מידע ימי (IODE) במסגרת IOC אונסקו.

התכנית הרחבה תיתן מענה למטרות להלן:

1. הערכת מצב הסביבה הימית בים התיכון של ישראל ויצירת בסיס מדעי ארוך טווח לקבלת החלטות בהקשר להגנה על הסביבה הימית, ובכלל זה אכיפת ההוראות של החקיקה הלאומית בעניין מניעת זיהום הים, שמירה על המערכת האקולוגית, יישום האמנות הבינלאומיות הרלוונטיות, ותמיכה בקבלת החלטות על שימור, ניצול בר קיימא וניהול הסביבה הימית של ישראל ומשאביה.

2. שיפור הידע הקיים על הסביבה החופית והימית בישראל בראייה אסטרטגית של מתן מענה למקבלי ההחלטות בנושאים הקשורים בניצולם, לצורך פיתוח תשתיות לאומיות תוך הקפדה על ניצול בר-קיימא ושמירת הסביבה הימית.

3. ריכוז, תיעוד, שמירה והפצת נתונים על הסביבה הימית של ישראל באמצעות "מרכז המידע הימי הלאומי" כדי להפיק מהנתונים מידע שימושי.

4. יצירת בסיס מדעי וכלים אופרטיביים לצורך תמיכה בתהליכי קבלת החלטות בזמן אמת באירועי קיצון כדוגמת זיהומים.

יעדי התכנית הרחבה מפורטים בנספח 1.

תכנית הניטור הלאומית בים התיכון ל-2016 חלק III - ניטור המגוון הביולוגי

פרק 1- מבוא

(פרופ' ברק חרות barak@ocean.org.il)

במהלך מאה ושבעים השנים האחרונות חלו שינויים פיזיקו-כימיים וביוטיים שונים לאורכו של החוף הישראלי של הים התיכון, חלקם בגלל גורמים טבעיים, חלקם אינם מזוהים, ובעיקר מעשה ידי האדם. בין הגורמים האנושיים ניתן למנות את השלכות שינויי האקלים, פתיחתה והרחבתה של תעלת סואץ (כולל לאחרונה ב-2015 בפתיחתו של נתיב חדש), בנייתו והרחבתו של סכר אסואן (וסכרים נוספים במערכת הנילוס), העצמת התעבורה הימית, הקמת תחנות כח, הקמת מתקני התפלה, התפתחות הדייג ותהליך הפיתוח והעיור של שפלת החוף. לכל אלה מצטרפים ניצול אוצרות הטבע הנמצאים לאורך החוף ובים העמוק, במיוחד פעילות רחבה הקשורה בחיפוש ובהפקת נפט וגז טבעי. כל אלה הביאו איתם שינויים דרמטיים בהרכב ובמגוון המינים של החברות הביוטיות לאורך החוף הישראלי.

בשני העשורים האחרונים חיא"ל עוסקת באינטנסיביות גדלה והולכת בניטור הביוטה לאורך החוף הישראלי של הים התיכון הן במסגרת הניטור הלאומי והן במסגרות של סקרים ייעודיים הקשורים בפיתוח המים הכלכליים של ישראל. כך נדגמות חברות ביוטיות קרקעיות על מצע רך וקשה וחברות פלנקטוניות. בנוסף, מפתחת חיא"ל משנת 2012 שני כלים מחקריים ושימושיים כאחד שמטרתם לשמר ולהנגיש את נתוני הניטור ולייעל האנליזה שלו כלהלן:

א) הגדרת מין הפרטים הנדגמים היא מדד מפתח בתיאור הרכב ומגוון המינים. הגדרה זו דורשת מומחיות שאינה זמינה בישראל לגבי כל קבוצת מינים, וודאי שאינה זמינה על בסיס של דיגום שגרתי לאורך זמן. הטקסונומיה המולקולרית או בשמה המוכר ברקודינג היא כלי מחקרי חדש המבוסס על רצפי דנ"א ספציפיים כמדד לזיהוי מינים ואוכלוסיות. השיטה מאפשרת זיהוי מהיר ומדויק של מינים שאינם דורש מיומנות טקסונומית קלאסית ומסייעת להתגבר על הקושי בהגדרה שגרתית של פרטים נדגמים. לכן מתבצע בחיא"ל פרויקט בירקוד מיני המרחב הימי של ישראל, ולשם כך הוקם מאגר מידע במסגרת מרכז המידע הימי הלאומי

(<http://isramar.ocean.org.il/IsraelBarcoding/BarcodingDef.aspx>).

ב) מעקב ארוך טווח אחר שינויים בהרכב חברות החי ומגוון המינים בהן, בסביבת חיים נתונה בתחום הגאוגרפי של המרחב הימי של ישראל, דורשים מערכת אגירת הנתונים, כולל נתוני עבר ואלה שייאספו בעתיד. כלי כזה יאפשר השוואה ארוכת טווח של הרכב ומגוון המינים, ובכך ייתן קנה מידה מגובה זמן לעוצמת השינוי בהרכב ובמגוון ולמהירות היווצרותו. לכן, מפותח בחיא"ל מאגר מידע ממוחשב של נתוני הדיגום ההיסטורי והעכשווי שיתעדכן עם כל נתון עתידי (מאגר מידע ביו-גיאוגרפי). למאגר יהיו גם יכולות אנליטיות שיאפשרו זיהוי וניתוח מגמות ושינויים.

שלושת המרכיבים שתוארו בהקדמה, ניטור ביוטי תקופתי, מאגר מידע בעל יכולות אנליטיות ושילוב של יכולות הגדרה מולקולרית ומורפולוגית נותנים מענה לסוגיית הניטור הביוטי שהוא מרכיב חיוני בכל ניטור סביבתי. תיאור מפורט של כל אחד מן המרכיבים מופיע בסעיפים הבאים.

להלן מיפוי של שיוך פעילות ניטור המגוון הביולוגי במסגרת התכנית הלאומית לדסקריפטורים השונים של הדירקטיבה הימית של הקהילה האירופית (MSFD), שכללית תואמים למתארים הנדרשים במסגרת "גישת המערכת האקולוגית" (Ecosystem Approach (EcAp), שאומצה על-ידי מוסדות אמנת ברצלונה (ומיושמת ע"י תכנית הפעולה לים התיכון (UNEP-MAP) באמצעות ארגון (MEDPOL).

מספר דסקריפטור MSFD	יעד MSFD	פעילות במסגרת תכנית הניטור הלאומית	שנת התחלה
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	1 המגוון הביולוגי נשמר. מצב בתי הגידול וקיומם נשמר ותפוצת ושפע המינים השונים נמצאים בקו אחד עם המצב הפיסיוגרפי, הגאוגרפי והאקלימי האופייניים לאזור ולזמן. 2 מינים זרים שהוכנסו למערכת בשל פעילות אנושית נשמרים ברמה שאינה משנה את תפקוד המערכת האקולוגית	הרכב אוכלוסיית מיקרואצות במימי החופין; מינים בעלי פוטנציאל רעילות	2000
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	הרכב אוכלוסיית חי תוך הקרקעית במימי החופין	2005
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	חברות אקולוגיות בחוף הסלעי	2009 (סוף)
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	פיילוט חברות אקולוגיות ברכסים תת-ימיים עד עומק מים של 20 מטר	2013
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	מאקרו-פאונה (דגים וחסרי חוליות) על קרקעיות רכות	2014
1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים	כנ"ל	ברקודינג, מרכז מידע ימי לאומי	2012

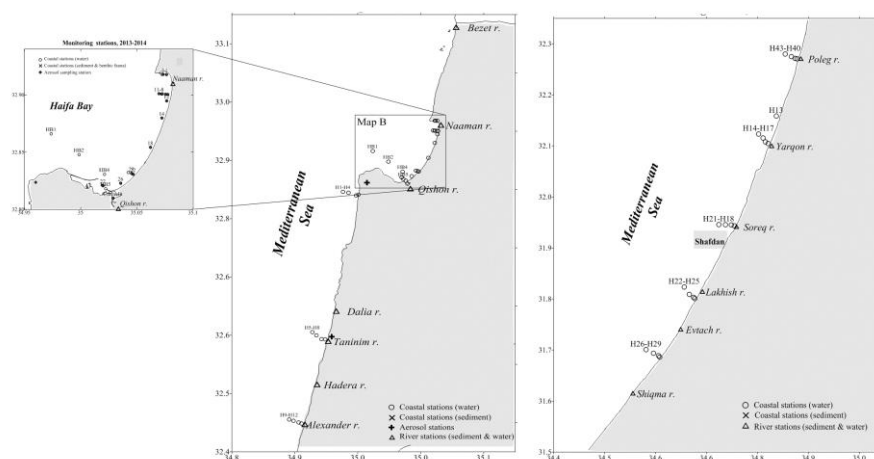
פרק 2- אוכלוסיות פיטופלנקטון וחיידקים פלנקטונים, 2002-2016

(מרכז: ד"ר איל רהב eyal.rahav@ocean.org.il)

מעקב אחר תפוצת פיטופלנקטון, חיידקים הטרוטרופים וכן מדידות יצרנות חיידקית וראשונית נבדקו בתחנת מדידה קבועה בחוף שקמונה (חיפה) ברזולוציה חודשית גבוהה (כ-19 דיגומים בשנת 2016), ולאורך החוף (אשקלון-חיפה) במהלך הקיץ בכ-14 תחנות דיגום (32 מדידות) (איור 2.1). ניטור זה אפשר מעקב עונתי ורב שנתי אחר אוכלוסיות בבסיס מארג המזון, כמוצג זה שנה רביעית במסגרת דו"ח זה (החל ממאי 2013). נוסף לכך, כהמשך לעבודה הרציפה משנת 2002, נעשה ניתוח טקסונומי מקיף למיני פיקו-מיקרופיטופלנקטון (ציאנובקטריות, דינופלגלטים, אצות צורניות, אצות ריסניות) ב-14 תחנות דיגום לאורך החוף כמתואר לעיל, כמו גם בתחנות מפרץ חיפה ועד מוצא הקישון. דו"ח זה מציג הממצאים שהתקבלו בשנים 2002 עד 2016.

אולטרא-פיטופלנקטון וחיידקים הטרוטרופים – שכיחות וקצבי יצרנות

החל משנת 2013 החל ניטור של אוכלוסיות אולטרא-פיטופלנקטון, חיידקים הטרוטרופים וקצבי יצרנות ראשונית וחיידקית במימי החופין של ישראל - הן לאורכו (איורים 2.2, 2.3) והן ברזולוציה גבוהה (מינימום דיגום אחד בחודש, בדו"ח יותר) בחוף שיקמונה (איורים 2.4, 2.5, 2.6). ספירות החיידקים נעשו עם Flow-cytometer (Attune® Acoustic Focusing Flow Cytometer, Applied Biosystems) ומדידות היצרנות נעשו בשיטות רדיואיזוטופיות ($\text{NaH}^{14}\text{CO}_3$ עבור יצרנות ראשונית ו- ^3H -leucine עבור יצרנות חיידקית). מטרת הדיגומים, בין היתר, הנה לבסס ערכי רקע עבור היצרנות ושכיחות מיקרואורגניזמים המהווים את בסיס מארג המזון הימי ואחראים להטמעה ומחזור רוב חומרי ההזנה במימי החופין.



איור 2.1: מיקום תחנות הניטור לאורך חוף הים התיכון של ישראל ובשפכי נחלי החוף.

ריכוז אולטרא-פיטופלנקטון וחיידקים הטרוטרופים לאורך החוף

במהלך חודש אוגוסט 2016 התבצע דיגום לאורך חופי ישראל מול מוצאי נחלים. בכל אזור דיגום נלקחו מי השטח (0.5 מ') ב-4 תחנות בגרדיאנט החל מתחנה בעלת קרקעית רדודה (6-7 מ') ועד

תחנה מערבית ורחוקה בעלת קרקעית עמוקה יותר (כ- 30 מ'). ככלל, ריכוז הכלורופיל הכללי (מדד לביומסה של אצות), היה נמוך ונע בין $0.1 \mu\text{g L}^{-1}$ ל- $1.7 \mu\text{g L}^{-1}$ (איור 2.2). ערכים אלה מתאימים לדיגומים קודמים באיזור במהלך הקיץ, כמו גם למקומות אולוגיטרופים (עניים בנוטריאנטים) אחרים. בקטריות כחוליות מהסוג *Synechococcus* היו את חלק הארי מכלל מיני האולטרא-פיטופלנקטון לאורך כל תחנות הדיגום ($1200-90000 \text{ cells ml}^{-1}$) (איור 2.2), זאת בדומה לדיגומים משנים שעברו. לעומתם, ריכוז תאי אצה אאוקריוטיות קטנים (בעלי גרעין תא מוגדר) היה על פי רוב נמוך יותר ($200-6000 \text{ cells ml}^{-1}$). הפיזור המרחבי של התאים האאוקריוטים היה דומה לזה שנצפה עבור ריכוז הכלורופיל, אך שונה מזה של ה- *Synechococcus* (איור 2.2). נראה כי ה- *Synechococcus* יותר מושפעים מתהליכים מקומיים כגון הזרמות או העשרה מקומית. ייתכן כי הבדלים אלה נובעים ממינים שונים באותה הקבוצה בעלי יכולת צריכת נוטריאנטים והתמודדות עם גורמים ביוטים ואביוטים שונים לאורך החוף.

כאשר בוחנים את תפוצת המינים האולטרא-פלנקטונים ממזרח (תחנות דיגום קרובות לחוף, עומק הקרקעית 6-7 מ') למערב (עומק קרקעית 30 מ'), לא נמצאה מגמה ברורה (בעלת מובהקות סטטיסטית), זאת בשונה מדיגום 2014 בו נמצא הבדל של עד פי עשרה בריכוז תאי ה- *Synechococcus*. שוני זה יכול להצביע על מגמה רב שנתית ודרושים דיגומים נוספים על מנת להבין את טיב הפיזור הנ"ל. בקטריות הטרוטרופיות היו שכיחות מאוד לאורך כל החוף ($90000-870000 \text{ cells ml}^{-1}$) והיו סדר גודל אחד גדול יותר מאשר אולטרא-פיטופלנקטון, עם ריכוז גבוהה יותר בתחנות הצפוניות מאשר בדרומיות (איור 2.2). ככלל, מספר התאים כפי שנמדדו ב- Flow cytometer היו גבוהים מהריכוזים המתקבלים בים הפתוח, ככל הנראה בגלל הקרבה לחוף, לנחלים ולהעשרות אנטרופוגניות שונות. אולם, ריכוזים אלה אינם גבוהים ביחס לאזורים חופיים אחרים המוגדרים כאוטרופים כדוגמת הים האדריאטי (Šantić et al. 2013) או מדיגומים קודמים באיזור החוף (Bar-Zeev and Rahav, 2015; Rahav et al., 2016).

יצרנות ראשונית וחיידיקית לאורך החוף

ערכי היצרנות הראשונית (PP) הגבוהים ביותר שנמדדו בסקר זה נמצאו סמוך למוצא נחל תנינים וכן באשקלון ($9-12 \mu\text{g C L}^{-1} \text{ d}^{-1}$) והנמוכים ביותר בתחנה העמוקה מול מוצא לכיש (חוף דדו, $1.2 \mu\text{g C L}^{-1} \text{ d}^{-1}$) (איור 2.3). ערכי יצרנות חיידיקית (BP) יחסית נמוכים נמצאו בשורק ולכיש ($2.5 \mu\text{g C L}^{-1} \text{ d}^{-1}$) וגבוהים במיוחד מול מוצא נחל תנינים ($\sim 21 \mu\text{g C L}^{-1} \text{ d}^{-1}$) (איור 2.3). ערכי היצרנות והביומסה החיידיקית מול מוצא תנינים עשויים להיות קשורים לריכוזי הנוטריאנטים, ובפרט ניטראט, המאפיינים את סביבה זו.

להבדיל מדוגמאות שנאספות בים הפתוח בהן ערכי היצרנות הראשונית גבוהים בדר"כ מהיצרנות החיידיקית (Siokou-Frangou et al. 2010), באוגוסט 2016, כמו גם ב- 2014-2015, קצבי היצרנות החיידיקית היו גבוהים מאלה של היצרנות הראשונית (עד פי 2) (איור 2.3). דבר זה עשוי להצביע על יתרון של מיקרואורגניזמים הטרוטרופים (יצרנים שניוניים) על פני אוטוטרופים (יצרנים ראשוניים) בניצול הנוטריאנטים במי החוף. ייתכן ומגמה זו קשורה לסוג וריכוז הנוטריאנטים הנכנסים למי

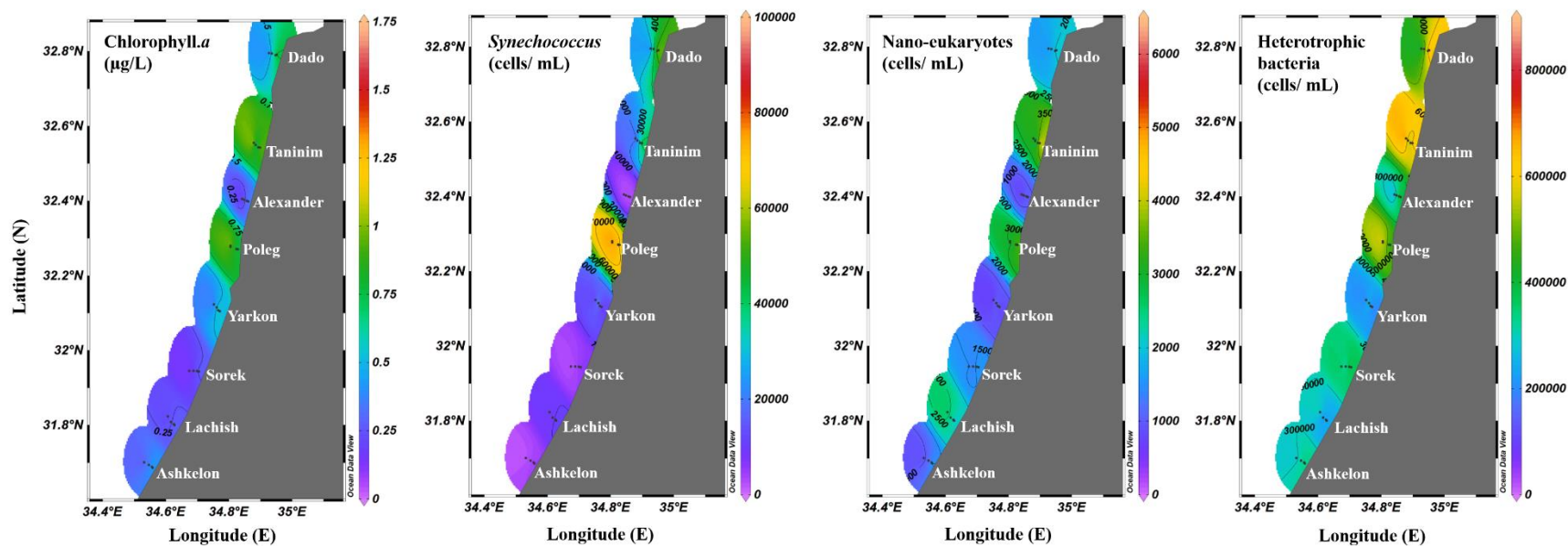
החוף ממקורות אנתרופוגנים וטבעיים, לשונות הרב שנתית במאפיינים פיזיקליים שונים (כגון התחממות המים, דחיה של עונות וכד') ועוד. למגמה זו, אם נכונה, ישנה משמעות אקולוגית רבה על בסיס מארג המזון ובכלל, ויש להמשיך לחקור את יחס זה גם בעתיד. שלא במפתיע, ערכי היצרנות הראשונית והחיידקית שהתקבלו מהלך אוגוסט 2015 לאורך החוף היו גבוהים מאלה הנמדדים על פי רוב בפני השטח באגן הלבנט האוליגוטרופי (Siokou-Frangou et al. 2010; Rahav et al., 2013), אולם אלה אינם חורגים משמעותית מאזורים חופיים אחרים בעולם כדוגמת ים סרגסו (Lomas et al. 2013). הסיבה לכך יכולה להיות תלויית נוטריאנטים שנמצאים בחסר רב יותר בים הפתוח, הבדל במיני הציאנובקטריות ועוד.

הדינמיקה העונתית בכלורופיל, חיידקים הטרוטרופים ויצרנות בחוף שיקמונה

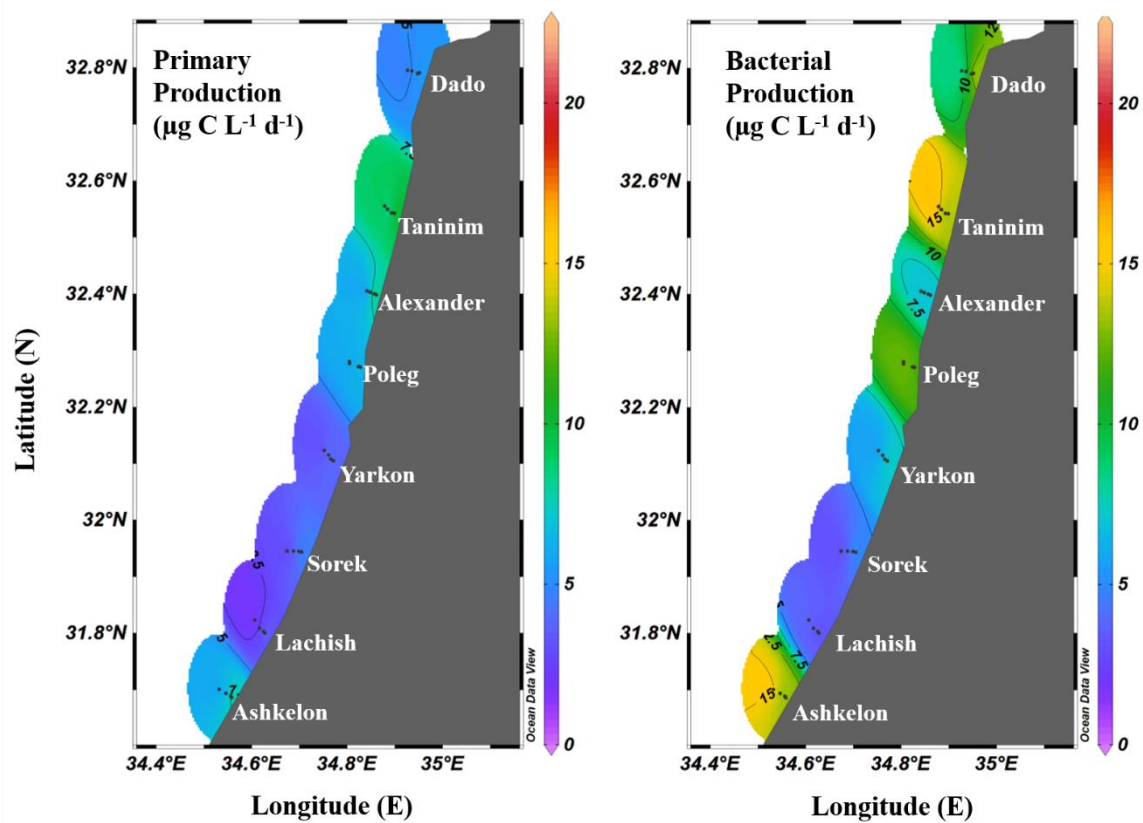
מי חוף שיקמונה נדגמו כסביבת מודל למים חופיים אוליגוטרופים (עניי נוטריאנטים) למעקב ברזולוציה גבוהה (בסיס חודשי) אחר דינמיקה של אוטוטרופים והטרוטרופים (ריכוז ויצרנות, איורים 2.4-2.6). דיגומים אלה כללו מדידות כלורופיל, אולטרא-פיטופלנקטון ויצרנות ראשונית וחיידקית. המדידות מהוות המשך של מאמץ דיגום שהחל במאי 2013 וסוכם בחלקו ע"י Raveh et al., 2015.

ערכי הכלורופיל נעו בין $0.16 \mu\text{g L}^{-1}$ (שיא קיץ) ל- $0.45 \mu\text{g L}^{-1}$ (חורף) ולא היו שונים סטטיסטית מערך החציון עבור השנים 2013-2016 (איור 2.4). בהתאמה, ערכי היצרנות הראשונית שנמדדו בחורף היו הגבוהים ביותר ($11.8 \mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$), זאת לעומת הקיץ בו נמדדו ערכי יצרנות ראשונית נמוכים בסדר גודל אחד ($1.1 \mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$). ערכי יצרנות אלה לא היו שונים סטטיסטית מדיגומים קודמים (איור 2.4). בהתאמה, עיקר הבימוסה האצתית נמדדה בחורף, כמו גם לאחר השריפה בכרמל (קרה בזמן סופת אבק+פירח עשיר בפחמן אורגני+ריכוז של מעכבי בעירה עשירים בזרחן). מיני הציאנובקטריה (*Synechococcus* ו- *Prochlorococcus*) היו הדומיננטית מבחינה מספרית ($1.5 \times 10^5 - 4.1 \times 10^4 \text{ cells ml}^{-1}$) בעוד שאצות אוטוטרופיות ואוקריוטיות היו שכיחות ב-2-1 סדרי גודל פחות ($1.2 \times 10^3 - 1.6 \times 10^4 \text{ cells ml}^{-1}$). מדידות הנערכות ברזולוציה גבוהה שכזו מאפשרות להבין כיצד אירועים חריגים משפיעים על מארג המזון בסקאלות זמן מאוד מהירות (תוך שעות). הדינמיקה בריכוז חיידקים הטרוטרופים והאקטיביות שלהם אף היא הראתה שינויים עונתיים במי חוף שיקמונה, אולם עם מקסימום בקיץ/ אביב ($1.8 \times 10^6 \text{ cell ml}^{-1}$) ומינימום בסתו/ חורף ($5.6 \times 10^5 \text{ cell ml}^{-1}$) (איור 2.6). דינמיקה זו הנה הפוכה לזו של האצות האוטוטרופיות (איורים 2.4 ו-2.5). ערך החציון של מספר החיידקים ההטרוטרופים בחוף בשנת 2016 לא היה גבוה מערך הרקע עבור שכלול השנים 2013-2016, זאת בשונה משנת 2015 שם נראתה חריגה משמעותית המספר החיידקים הודות לסופת האבק החריגה בעוצמתה בספטמבר 2015 (Rahav et al., 2016). בדומה למספר החיידקים ההטרוטרופים, גם פעילותם (יצרנות חיידקית) היתה גבוהה בחודשי הקיץ ($29 \mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$) ונמוכה יותר בחורף ($9 \mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$), עם ערך חציון דומה למגמה הרב-שנתית הכללית עבור ערך זה (איור 2.6). ככל הנראה, כאשר תנאי הסביבה הקשים (מיעוט נוטריאנטים בעיקר) מביא לחיידקים הטרוטרופים יתרון סלקטיבי על פני אורגניזמים אחרים (קרי אצות ואוקריוטים, איורים 2.4 ו-2.5), דבר שמתבטא בריכוזם הגבוה. זאת ועוד, בשעה שריכוז

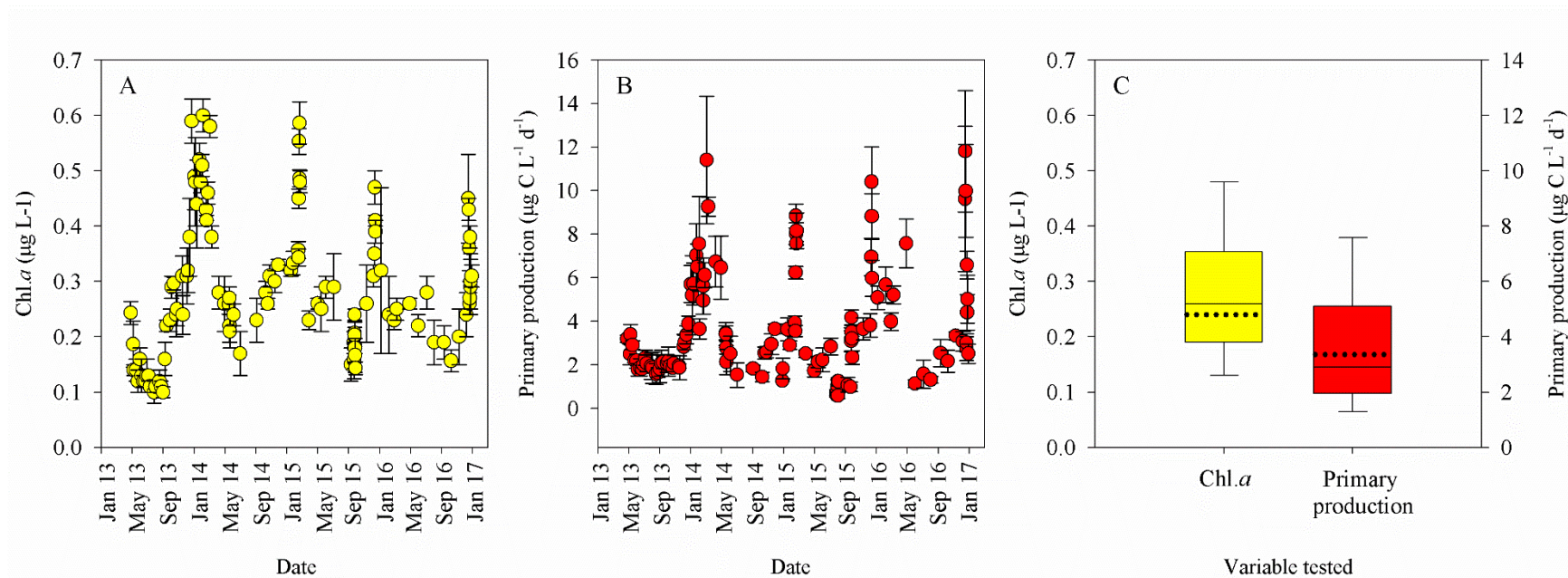
החיידקים במים החופיים דומה לזה שנמדד באגן הלבנט דרך קבע (Pulido-Villena et al. 2012), הפעילות החיידקית הייתה גבוהה מעט. הסבר אפשרי הוא טמפרטורת המים היחסית חמה במים החופיים שעשויה להעלות קצבי יצרנות ומטאבוליזם חיידקי בכלל (Shiah & Ducklow 1994).



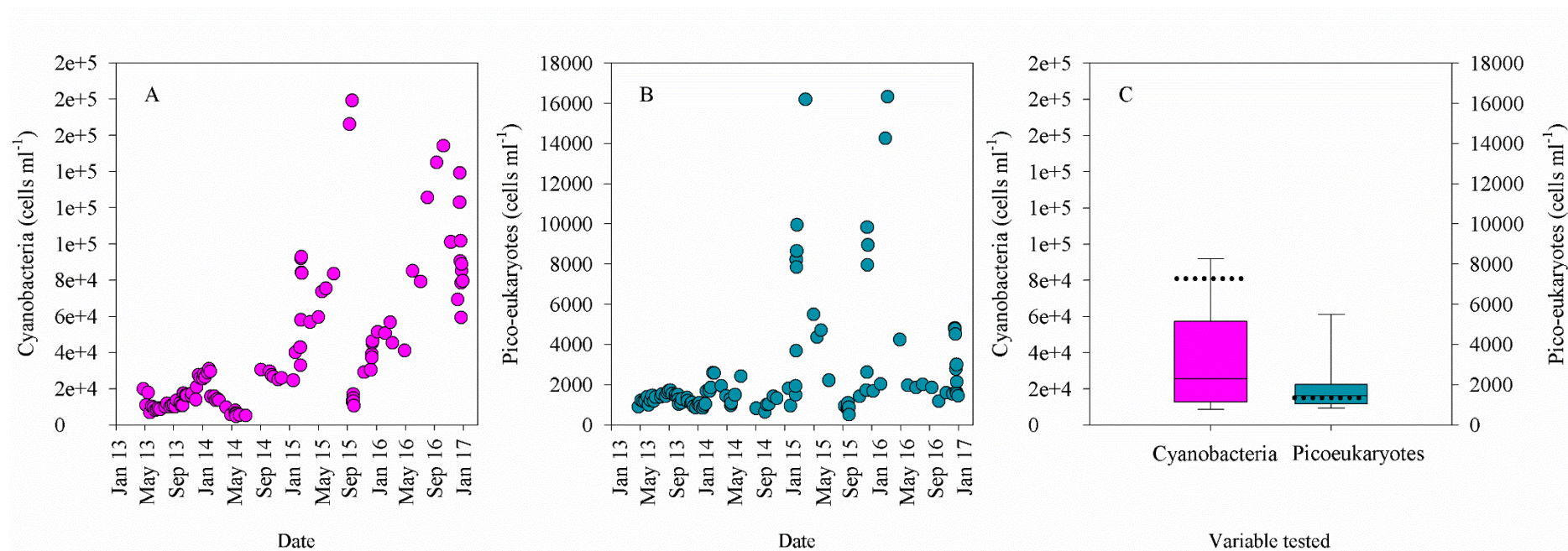
איור 2.2: תפוצת כלורופיל, פיקו-פיטופלנקטון (*Synechococcus*, autotrophic eukaryotes) וחיידקים הטרוטרופים (cells/mL) בפני השטח לאורך חוף הים התיכון של ישראל באוגוסט 2015. בכל איזור דיגום יש כארבע מדידות- החל מתחנה קרובה לחוף (עומק קרקעית 7 מ') ועד לתחנה רחוקה מהחוף (עומק קרקעית 30 מ').



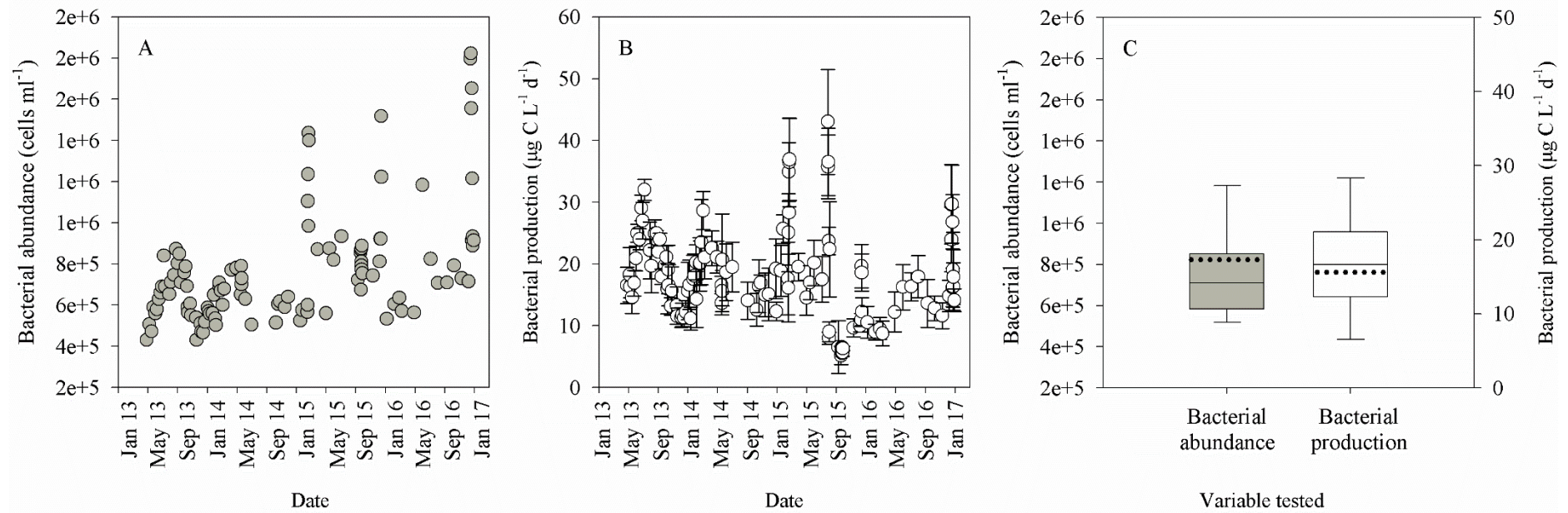
איור 2.3: ערכי יצרנות חיידקית (ימין) וראשונית (שמאל) ($\mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$) בפני השטח לאורך חוף הים התיכון של ישראל באוגוסט 2016. בכל איזור דיגום יש כארבע מדידות- החל מתחנה קרובה לחוף (עומק קרקעית 7 מ') ועד לתחנה רחוקה מהחוף (עומק קרקעית 30 מ').



איור 2.4: ריכוז כלורופיל (צהוב, A) וקצב יצרנות ראשונית (אדום, B) במי השטח (1-2 מטרים) של חוף שקמונה בין השנים 2013 ל-2016. הממוצע הרב שנתי עבור ערכים אלה מוצג כגרף קופסה (C). הקו בקופסה מייצג את ערך החציון עבור השנים 2013-2016 ואילו הקו המקווקו מייצג את ערך החציון ב-2016.



איור 2.5: ריכוז כחוליות (A, סגול, *Synechococcus+Prochlorococcus*) ואצות אאוקריוטיות (B, תכלת) במי השטח (1-2 מטרים) של חוף שקמונה בין השנים 2013 ל-2016. הממוצע הרב שנתי עבור ערכים אלה מוצג כגרף קופסה (C). הקו בקופסה מייצג את ערך החציון עבור השנים 2013-2016 ואילו הקו המקווקו מייצג את ערך החציון ב-2016.



איור 2.6: שכיחות לחיידקים הטרוטרופים (אפור, A) וקצב יצרנות חיידקית (לבן, B) במי השטח (1-2 מטרים) של חוף שקמונה בין השנים 2013 ל-2016. הממוצע הרב שנתי עבור ערכים אלה מוצג כגרף קופסה (C). הקו בקופסה מייצג את ערך החציון עבור השנים 2013-2016 ואילו הקו המקווקו מייצג את ערך החציון ב-2016.

אצות במפרץ חיפה

1. ריכוז התאים – בניטור 2016 ריכוז התאים הכללי הלך וירד עם ההתרחקות מהמים הרדודים לעבר עומק המפרץ, כפי שנמצא בשנים קודמות (איורים 2.7 ו-2.8). ממוצע ריכוז התאים מכל שנות הדיגום (2003-2016) נמצא גבוה באופן מובהק, במים הרדודים של הקישון ופתח הנמל, יחסית למים העמוקים שנדגמו במפרץ (איור 2.8). הבקטריות החוליות מהמין (1) *Synechococcus sp.*, השכיחות בכל הדיגומים לאורך החוף, היוו בדיגום 2016 מרכיב מרכזי בריכוז הפיטופלנקטון גם במפרץ חיפה, במיוחד במים העמוקים יותר (HB1-HB4), בהן הן היוו בממוצע $97\% \pm 1$ מריכוז התאים הכללי (איור 2.9). בניטור 2016 ריכוזן היה מכסימלי ודומה בפתח הקישון ובפתח הנמל וירד לכיוון עומק המפרץ (טבלה 2.1). במים הרדודים של פתח הקישון, היוו בקטריות אלה 47% מריכוז התאים הכללי, לעומת $5\% \pm 95$ בתחנות האחרות (איור 2.9), בדומה לממוצע הרב שנתי (איור 2.10). בקטריות כחוליות חד תאיות ממין נוסף (2) *Synechococcus sp.* הופיעו בריכוז גבוה יחסית בפתח הקישון (טבלה 1) והיוו $1\% \pm 48$ מריכוז התאים הכללי (איור 2.9). בקטריות אלה אופייניות בעיקר לשתי התחנות הרדודות במפרץ, והופיעו לעיתים גם במים הרדודים לאורך החוף, בעיקר בירקון (בפריחה ב – 2008) ולעיתים רחוקות יותר בתנינים ואלכסנדר (בריכוזים נמוכים יחסית למפרץ חיפה).

2. ביומסת האצות וריכוז הכלורופיל

בניטור 2016, ביומסת האצות וריכוז הכלורופיל נמצאו הגבוהים ביותר בפתח הקישון, והם הלכו וירדו עם היציאה מהמים הרדודים לחלקו המערבי העמוק של המפרץ (איור 2.11). הביומסה בניטור 2016 היה גדולה יחסית לביומסה בשנה קודמת בכל תחנות המפרץ. בדיגום 2016, במים העמוקים במפרץ, הביומסה בתחנה המערבית ביותר HB1 הייתה גבוהה פי 2 יחסית לתחנה העמוקה HB2, ואף גבוהה מהממוצע בתחנות הרדודות לאורך החוף (איור 2.11), בשונה משנים קודמות. בתחנה HB2 הביומסה הייתה הנמוכה ביותר במפרץ, והיא דמתה לממוצע הביומסה במים העמוקים לאורך החוף, כפי שנמצא גם בדיגומים קודמים. ריכוז הכלורופיל היה גם הוא גדול יחסית לשנה קודמת (איור 2.11), להוציא תחנות HB1 ו – HB4. במים העמוקים של תחנה HB2, ריכוז הכלורופיל נמצא גבוה באופן יוצא דופן, ומכסימלי יחסית לשנים קודמות (איור 2.12).

3. התפלגות קבוצות המיקרופלנקטון

ניטור 2016 התאפיין בהתפלגות שונה של קבוצות המיקרופלנקטון, יחסית לשנה קודמת (איור 2.13) ולשנים קודמות (איור 2.14). בדיגומים קודמים ביומסה גבוהה של אצות צורניות איפיינה את המים הרדודים במפרץ חיפה ואילו במים העמוקים הייתה דומיננטיות של בקטריות כחוליות מהמין (1) *Synechococcus sp.* (איור 2.14), השכיחות גם לאורך החוף. ניטור 2016, לעומת זאת התאפיין בביומסה גבוהה יחסית של אצות צורניות בכל התחנות (איורים 2.13 ו-2.15). במים העמוקים, ובמיוחד בתחנה HB1 הופיעה פריחה, של צורנית קטנה מהמין *Amphora sp.* (איור 2.16), שתרמה לביומסה הגבוהה, באופן יוצא דופן, בתחנה זו והיוותה בה 67% מהביומסה הכללית. צורנית זו היוותה 98% מביומסת הצורניות במים העמוקים בשתי התחנות HB1 ו HB2. ביומסה גבוהה של צורניות הופיעה גם במים הרדודים, אך בהם היא הייתה מורכבת ממגוון גדול יותר של

מינים אופייניים לתחנות אלה, כשהבולט בהם היה המין *Thalassiosira pseudonana* (טבלה 2.1), הנפוץ במיוחד בפתח הקישון. כתוצאה מהעלייה בביומסת הצורניות במים העמוקים, הביומסה היחסית (באחוזים מהביומסה הכללית) של הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp. (1) השכיחות במים אלה, היתה נמוכה בניטור 2016 (איור 2.15) בהשוואה לממוצע דיגומים קודמים (איור 2.14). כתוצאה מכך המגמה של עלייה בשיעורן היחסי של הבקטריות הכחוליות הללו, בביומסה הכללית, מפתח הקישון למים העמוקים, שהייתה שכיחה בדיגומים רבים (איור 2.14) השתנתה בניטור 2016, ושיעורן נמצא בירידה מתחנת הביניים HB4 לעומק המפרץ, כפי שקרה גם בשנה קודמת (איור 2.15). בפתח הקישון נמצאה ביומסה גבוהה יחסית של בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp. (2) (איור B2.13) המאפיינות את המים הרדודים בקישון, והן היוו 34% מהביומסה הכללית (איור B2.15). ביומסת הדינופלגלטים הייתה הגבוהה ביותר בפתח הקישון בניטור 2016, והיא נמצאה בירידה לכיוון עומק המפרץ (איור 2.13), כפי שנמצא בדיגומים קודמים (איור A2.14).

4. מיני מיקרואצות מקבוצות שונות

דינופלגלטים – הדינופלגלטים הקטנים מ – $15\mu\text{m}$, היוו אחוז ניכר מריכוז הדינופלגלטים בכל התחנות ($83\% \pm 9$) והיוו גם את עיקר הביומסה של הדינופלגלטים בכל תחנות המפרץ (טבלה 2.1). הם היוו $69\% \pm 7$ מביומסת הדינופלגלטים במים הרדודים ושיעור של $43\% \pm 1$ במים העמוקים. מיני דינופלגלטים שכיחים נוספים שהופיעו היו מינים המאפיינים במיוחד את המים הרדודים של פתח הקישון ופתח הנמל. הופיעו מיני *Protoperidinium*, שהיו נפוצים גם בדיגומים קודמים, ובהם המין השכיח ביותר היה *Protoperidinium* sp. (54), שהופיע בריכוז גבוה יחסית במיוחד בפתח הקישון. מיני *Prorocentrum* spp. היו נפוצים בעיקר בפתח הקישון ובהם המין *P. micans*. כמו כן היו נפוצים מיני *Scropsiella* spp. וכן המין *Oxyphysis oxytoxoides* המאפיין בעיקר את פתח הקישון. מינים אחרים לעומת זאת כמו *Pronoctiluca* sp., ומיני *Oxytoxum* spp. הופיעו בריכוז גבוה יותר במים העמוקים (טבלה 2.1). מינים אלה איפיינו בדרך כלל את המים העמוקים גם לאורך החוף.

צורניות – אצות צורניות הופיעו בריכוז גבוה יחסית בכל תחנות המפרץ, אולם הרכבם היה שונה במים הרדודים יחסית לעמוקים (איור 2.16). בפתח הקישון ובתחנה הסמוכה פרחו מיני *Thalassiosira pseudonana* המאפיינים תחנה זו יחד עם מיני *Pseudonitzschia* spp. והיוו את המרכיב המרכזי בביומסת הצורניות במים הרדודים. במים העמוקים לעומת זאת פרחו צורנית קטנה מהמין *Amphora* sp., במיוחד בתחנה המערבית ביותר HB1.

פלגלטים מקבוצת ה-Cryptophyceae – הופיעו בעיקר במים הרדודים, בפתח הקישון ובפתח הנמל (טבלה 1) והם בדרך כלל היו שכיחים במים הסמוכים לפתח הקישון. פלגלטים אלה מאפיינים מים במליחות נמוכה ממי ים, וכן מופיעים במים עשירים בחומר אורגני. בנוסף התאפיינו תחנת הביניים ושתי תחנות המים העמוקים בהופעה של ריכוז גבוה יחסית של ריסניות מהמין *Zoothamnium* sp., ממשפחת *Vorticellidae*. הן הופיעו בריכוז גבוה יותר במים העמוקים של התחנה המערבית ביותר HB1 (טבלה 2.1), בדומה לממצאי שנה קודמת. ריסניות אלה מופיעות בדרך כלל בסביבות עשירות בחומר אורגני, ממרכיביו הן ניזונות ע"י סינון המים.

5. מגוון המינים

תחנת פתח הקישון והתחנה הסמוכה לה פתח הנמל, נבדלו בהרכב המינים יחסית לכל תחנות המפרץ והתחנות לאורך החוף, כפי שנמצא גם בדיגומים קודמים (איור 2.17). בניטור 2016 חלה ירידה במספר המינים בכל תחנות המפרץ, במים הרדודים ובמים העמוקים (איור A2.18). במים העמוקים זו השנה השנייה שבה חלה ירידה במספר המינים. השנה מספר מיני הצורניות נמצא בירידה מהמים הרדודים של פתח הקישון והנמל למים העמוקים, כאשר במים העמוקים ביותר, בתחנה HB1 מספרם היה הקטן ביותר (פחות ממחצית ממספרם במים הרדודים). אינדקס השונות (המתחשב במספר המינים ובבינומס) ירד גם הוא בכל התחנות, ובתחנה העמוקה ביותר HB1 נראתה זו השנה השנייה ירידה באינדקס השונות (איור B2.18). ערכי אינדקס השונות נמצאו, הנמוכים ביותר בפתח הקישון והם עלו עם ההתקדמות למים העמוקים. בתחנה HB2 הם היו הגבוהים ביותר, ואילו במים העמוקים בתחנה HB1, המערבית ביותר, אינדקס השונות היה נמוך יחסית לדיגומים עד כה.

6. מינים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים – בניטור 2016 דינופלגלטים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים הופיעו בדרך כלל בריכוז נמוך יחסית במפרץ חיפה, להוציא המין *Dinophysis rotundata* שהופיע בפתח הקישון בריכוז הגבוה ביותר לניטורים עד כה (500 תאים/לליטר) (טבלה 2.1). מינים נוספים שהופיעו בריכוזים נמוכים היו המין *Akashiwo sanguinea* השכיח יותר בפתח הקישון כמו גם המין *Alexandrium* sp. מבין האצות הצורניות מינים מהסוג *Pseudonitzschia* היו שכיחים. חלק מהמינים בסוג זה הם בעלי פוטנציאל טוקסי, בהיותם מכילים חומצה דומואית הגורמת ל-ASP (Amnesic Shellfish Poisoning), אך בגלל הקושי לזהותם, הם לא זוהו למין במסגרת הניטור.

אצות לאורך מדף היבשת

1. ריכוז התאים – ריכוז התאים עלה יחסית לשנה קודמת בכל התחנות, בעיקר משום עלייה בריכוז הבקטריות הכחוליות השכיחות גם בדיגומים קודמים, מהמין (1) *Synechococcus* sp. (איור 1). בקטריות אלה היו הקבוצה השכיחה ביותר מספרית, בכל התחנות בשני העומקים, אולם ריכוזן היה גבוה יותר במים הרדודים (להוציא תחנת אשקלון בה ריכוזן היה דומה בשני העומקים) (איור 2.19). בקטריות אלה היו $94\% \pm 7$ בממוצע מריכוז התאים הכללי בכל התחנות, במים הרדודים והעמוקים. המיקרואצות הקטנות מ- $5\mu m$ היו המרכיב השני בחשיבותו מבחינה מספרית בשני הדיגומים, הן היו $5\% \pm 4$ מריכוז התאים הכללי בכל התחנות.

2. ביומסה האצות וריכוז הכלורופיל

בניטור 2016 הביומסה וריכוז הכלורופיל עלו באופן ניכר, יחסית לשנה קודמת, בתחנות הצפוניות, בעיקר בגלל עלייה בביומסה אצות צורניות, ואילו בדרומיות הייתה ירידה בביומסה ובריכוז הכלורופיל (איורים 2.20 ו-2.21).

תחנות צפוניות - הביומסה עלתה בדדו, תנינים ואלכסנדר בשני העומקים (איור 2.20) ואילו ריכוז הכלורופיל עלה בדדו ובתנינים בשני העומקים ונותר ללא שינוי באלכסנדר (איור 2.21). **בתחנות הדרומיות** - בניגוד לתחנות הצפוניות, נראתה ירידה בביומסה הכללית בירקון ובאשקלון, יחסית

לשנה קודמת, ואילו בשורק נראתה עלייה בביומסה. ריכוז הכלורופיל ירד בכל התחנות הדרומיות, בשני העומקים.

3. התפלגות קבוצות המיקרופלנקטון

בניטור 2016 נראתה התפלגות שונה של קבוצות המיקרופלנקטון בין התחנות (איורים 2.22 ו-2.23). באיזור הצפוני ובמיוחד בתחנות דדו ותנינים אצות צורניות היו דומיננטיות ואילו בתחנות האחרות בקטריות כחוליות מהמין (1) *Synechococcus* sp. היו דומיננטיות בדרך כלל, גם בשיעורן היחסי באחוזים מהביומסה הכללית (איורים 2.22 ו-2.23).

4. מיני מיקרואצות מקבוצות שונות

דינופלגלטים – הריכוז והביומסה של הדינופלגלטים לאורך החוף, היו גדולים יותר במים הרדודים, יחסית למים העמוקים (להוציא אשקלון בה הם היו דומים בשני העומקים) (איור 2.22). מיני דינופלגלטים הקטנים מ- $15\mu\text{m}$ היו הנפוצים ביותר (טבלה 2.1), כפי שנמצא בדיגומים קודמים. הם היוו בממוצע $82\pm 13\%$ מריכוז הדינופלגלטים הכללי, והיוו שיעור גבוה פי 2 בביומסת הדינופלגלטים בתחנות הדרומיות, יחסית לצפוניות. בשורק הביומסה שלהם הייתה מכסימלית. מיני *Protoperdinium* spp. היו שכיחים בכל התחנות, וריכוזם היה גבוה יותר במים הרדודים, כפי שנמצא בדיגומים קודמים. המין (54) *Protoperdinium* sp. היה הנפוץ ביותר בקבוצה זו, וריכוזו היה מכסימלי במים הרדודים בתנינים. דינופלגלטים הטרוטרופיים מהמין *Pronoctiluca spinifera* היו שכיחים בכל התחנות, וריכוזם היה גבוה יותר במים העמוקים, ובתחנות הדרומיות שורק ואשקלון. דינופלגלטים אלה איפיינו את המים העמוקים גם בדיגומים קודמים, והופיעו בריכוזים גבוהים בדרום גם בדיגום 2014, אולם בדיגום 2016 ריכוזם נמצא מכסימלי יחסית לניטורים עד כה.

מיני צורניות שכיחות - באופן יוצא דופן בתחנות הצפוניות ובמיוחד בדדו ובתנינים, הריכוז והביומסה של האצות הצורניות היו גבוהים יחסית לתחנות הדרומיות, שהתאפיינו עד כה דוקא בביומסה גדולה יותר של אצות צורניות (איורים 2.22 ו-2.23). בתחנות הצפוניות הללו נמצאה פריחה של צורנית קטנה מהמין *Amphora* sp., שפרחה גם במים העמוקים במפרץ חיפה (איור 2.16) (טבלה 2.1). צורנית זו הרכיבה 95% מביומסת הצורניות בתחנות אלה. מיני *Cylindrotheca* sp. היו שכיחים בעיקר במים הרדודים, בתחנות הצפוניות. מיני *Navicula* spp. קטנים היו נפוצים בתחנות הדרומיות של שורק ואשקלון. וכך גם המין *Dactyliosolen fragilissimus* היה נפוץ במים העמוקים באשקלון.

מינים נוספים שהופיעו – הופיע מגוון מיני אצות ירוקיות ובקטריות כחוליות חוטיות וגם חד תאיות, במספר גדול יותר בסדר יורד, בתחנות ירקון, תנינים ואלכסנדר (טבלה 2.1) בחלקם אלו הם מינים הסבילים לטווח מליחיות רחב ובדרך כלל מאפיינים מים בעלי מליחות נמוכה ממי ים. בתחנות הצפוניות ובמיוחד בתנינים הופיע ריכוז גבוה יחסית של ריסניות מהמין *Zoothamnium* sp., ממשפחת *Vorticellidae*, כמו במים העמוקים במפרץ (טבלה 2.1).

5. דינופלגלטים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים

בניטור 2016 הופיע מגוון מינים בעלי הפוטנציאל טוקסי אולם בריכוזים נמוכים יחסית. המין *Prorocentrum minimum* שהופיע בעבר בריכוזים גבוהים לעיתים, כמו בניטור 2015 באשקלון

(9×10^4 תאים/לליטר) הופיע בניטור 2016 בריכוזים נמוכים, וריכוזו היה מכסימלי לדיגום זה (גם אם נמוך יחסית) באשקלון. גם המין *Ostreopsis siamensis*, שאיפיין את תחנת תנינים הופיע בריכוז נמוך יחסית השנה בתחנות תנינים ואלכסנדר. המין *Karenia brevis*, שבעיקר איפיין את המים הרדודים במפרץ חיפה הופיעו אמנם בריכוז קטן יחסית, אך מכסימלי יחסית לניטור הקיץ, לאורך החוף, במים העמוקים באשקלון (טבלה 2.1).

6. מגוון המינים

באנליזת של מגוון המינים לאורך החוף נמצאו הבדלים במגוון המינים בין העומקים וכן מרחבית בין צפון לדרום (איור 2.24), כפי שהוזכר לעיל. בצפון לדוגמא היו שכיחים יותר מינים כמו *Amphora* sp., *Pseudonitzschia* spp. ו- *Cylindrotheca* sp. ואילו בדרום היו שכיחים מינים אחרים כמו *Navicula* sp. ו- *Dactyliosolen fragilissimus*. במים הרדודים היו שכיחים מיני דינופלגלטים כמו (54) *Protoperidinium* sp. וריכוזם היה גבוה יותר בצפון, ובמים העמוקים היו שכיחים יותר מינים כמו *Pronoctiluca spinifera*, שריכוזם היה גדול יותר בדרום. בניטור 2016 נמצאה ירידה במספר המינים בכל התחנות במים הרדודים ובמים העמוקים (להוציא מים עמוקים באלכסנדר) (איור 2.25) ובמקביל נראתה פריחה של אצות צורניות. אינדקס השונות גם הוא ירד בכל התחנות במים הרדודים במים הרדודים (להוציא ירקון) ובמים העמוקים בכל התחנות (איור 2.26). הירידה באינדקס השונות הייתה גדולה יותר בתחנות הצפוניות בהן הייתה פריחה גדולה של צורניות.

מגמות בזמן ובמרחב (2003 – 2016)

אצות במפרץ חיפה

קיימת מגמה רב-שנתית במפרץ חיפה של גידול בריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל מעומק המפרץ לכיוון שפך נחל הקישון (איורים 2.13, ו-2.27) הממוצע הרב שנתי של הביומסה במים הרדודים במפרץ (תחנות פתח הקישון ופתח הנמל), גבוה יחסית למים הרדודים לאורך החוף, כפי שניתן היה לראות גם בניטור 2016 (איור 2.11). במים העמוקים במפרץ, ממוצע הביומסה וריכוז הכלורופיל היו דומים לאורך השנים לממוצע המים העמוקים לאורך החוף. מאידך, בשונה משנים קודמות, בניטור 2016 חל שינוי במגמה זו. הביומסה במים העמוקים במפרץ, בתחנה המערבית ביותר HB1 הייתה גבוהה פי 2 יחסית לתחנה העמוקה HB2, ואף גבוהה מהממוצע בתחנות הרדודות לאורך החוף (איור 5A). ונבעה בעיקר מפריחה של אצות צורניות (איור 2.16). בתחנה HB2 הביומסה דמתה לממוצע הביומסה במים העמוקים לאורך החוף, כפי שנמצא גם בדיגומים קודמים, אולם ריכוז הכלורופיל בתחנה זו, נמצא גבוה, ומכסימלי יחסית לשנים קודמות (איור 2.12).

במפרץ חיפה קיים הבדל בין התחנות בהתפלגות קבוצות המיקרופלנקטון השונות (איור 2.14). הבקטריות הכחוליות מהמין (1) *Synechococcus* sp. היוו לאורך השנים, מרכיב מרכזי בריכוז התאים במפרץ חיפה, במיוחד במים העמוקים, כמו במים העמוקים לאורך החוף (איור 2.28). לאורך השנים נראתה מגמה של עלייה בריכוזן מעומק המפרץ לפתח הקישון (איור A2.14), וזאת

משום שגדילתן מעודדת ע"י העלייה בגרדיאנט הנוטריינטים הקיים מהמים העמוקים לכיוון פתח הקישון. מאידך נמצאה מגמה הפוכה של ירידה בביומסה היחסית שלהן (באחוזים מהביומסה הכללית), מעומק המפרץ לפתח הקישון (איור B2.14). הסיבה לכך נובעת מהעובדה שבמים הרדודים במפרץ העשרה בנוטריינטים הביאה לא רק לעלייה בריכוז בקטריות אלה, אלא גם לעלייה בביומסת מיני מיקרואצות שונות, ובמיוחד צורניות שלהן יתרון יחסי בגידול בתנאי העשרה, שנובע בין השאר, מעלייה בקצב חלוקה ובקצב קליטת נוטריינטים (Litchman, 2007). עלייה זו בביומסת האצות מקבוצות שונות במים הרדודים (איור A2.14), הורידה את שיעורן היחסי של הבקטריות הכחוליות מהמין (1) *Synechococcus sp.* בביומסה הכללית במים אלה, בשונה מהמים העמוקים, בהם יש לבקטריות אלה יתרון יחסי (איור 8B). מאידך, כבר בניטור 2015 החלה להשתנות המגמה של עלייה בשיעורן היחסי בביומסה הכללית עם ההתרחקות מפתח הקישון לעומק המפרץ. בניטור זה נראתה ירידה בשיעורן היחסי עם ההתרחקות מתחנת הביניים HB4, לעומק המפרץ בגלל עלייה בביומסת צורניות ומיקרואצות קטנות מ – 5 מיקרון (איור 9A). דפוס זה נראה גם בניטור 2016 (איור B2.15) ונבע מעלייה בביומסת אצות צורניות שפרחו במיוחד במים בתחנה המערבית ביותר HB1 (איור 2.16).

לאורך השנים ניתן לראות **שבמים העמוקים**, בתחנות HB1&HB2, התפלגות קבוצות המיקרופלנקטון הייתה דומה לזו שבמים העמוקים לאורך החוף (איורים 2.14 ו- 2.28) כלומר, לאורך השנים נראתה דומיננטיות של הבקטריות הכחוליות מהמין (1) *Synechococcus sp.* בהרכב המיקרופלנקטון. הן שלטו, במים העמוקים במפרץ, מבחינה מספרית (היוו 99% בממוצע מריכוז התאים) (איור 2.10) ומבחינת ביומסה (היוו 59% מהביומסה הכללית) (איור 2.14) וממוצע הביומסה של קבוצות המיקרופלנקטון האחרות, היה דומה בשתי התחנות. **במים הרדודים** לעומת זאת הבקטריות הכחוליות היוו בממוצע רב שנתי 15% בלבד מהביומסה הכללית, ובתחנת הביניים HB4 47% מהביומסה הכללית, לאחר שלאורך השנים למרות התנודות נראתה מגמת עלייה בשיעור הבקטריות הכחוליות בתחנה זו (איור B2.14). הביומסה הממוצעת של הקבוצות האחרות, הצורניות, המיקרואצות הקטנות מ – 5µm והדינופלגלטים היתה דומה בפתח הקישון ואילו בתחנת פתח הנמל הביומסה של הדינופלגלטים ירדה יחסית לפתח הקישון, וקבוצות המיקרואצות והצורניות היו דומיננטיות (איור A2.14). תחנת הביניים HB4 הייתה דומה יותר בהתפלגות הקבוצות בה למים העמוקים, אולם ערכי הביומסה בה היו גבוהים יותר בדרך כלל. **הרכב המינים** משתנה מפתח הקישון לעומק המפרץ. קרוב לשפך הקישון מופיעים מיני צורניות קטנות בריכוז גבוה, מיני פלגלטים סבילים למליחות נמוכה יותר, ומיני דינופלגלטים המאפיינים מים חופיים ועשירים יותר בנוטריאנטים בריכוז גבוה יחסית. כמו כן שתי התחנות הרדודות מתאפיינות בהופעה של בקטריות כחוליות חד תאיות מהמין (2) *Synechococcus sp.*, שהגיעו לשיא פריחה בניטור 2009, ולריכוז גבוה יחסית בשנים 2011, 2012. בניטור 2016 ריכוזן בפתח הקישון היה גבוה יחסית לשנה קודמת (איור 2.13).

בשנתיים אחרונות הופיעו במים העמוקים במפרץ, ובמיוחד בתחנה המערבית ביותר HB1 ריכוז גבוה יחסית של ריסניות מהמין *Zoothamnium sp.*, ממשפחת *Vorticellidae*. (טבלה 2.1), השנה ריכוזן היה גבוה פי 2 יחסית לממצאי שנה קודמת. ריסניות אלה מופיעות בדרך כלל בסביבות

עשירות בחומר אורגני, ממרכיביו הן ניזונות ע"י סינון המים. יתכן שהופעתן קשורה לריכוז הגבוה של צברי הצורנית והחומר האורגני שהיה במים בתחנה זו.

אצות לאורך מדף היבשת

קיימת מגמה רב-שנתית שמראה ביומסה של מיקרופלנקטון וריכוז כלורופיל גדולים באופן מובהק במים הרדודים יחסית למים העמוקים בתחנות השונות לאורך החוף (איורים 2.29 ו- 2.30). בהשוואה רב שנתית (שנים 2003-2016), נראתה במים העמוקים עלייה בביומסה הכללית מצפון לדרום וכן נמצא הבדל מובהק במוצע **הביומסה בין התחנות במים העמוקים**, כאשר במי העומק באשקלון הביומסה הייתה גבוהה יחסית למים העמוקים ביתר התחנות (איור 2.30). **במים הרדודים** מאידך, למרות ממוצע הביומסה הגבוה יותר בירקון ואשקלון, לא נמצא הבדל מובהק בביומסה בין התחנות בגלל השונות הגבוהה בין השנים. **ריכוז הכלורופיל -** עד ניטור 2015 ריכוז הכלורופיל, הממוצע לכל שנות הניטור, היה גבוה באופן מובהק במים **העמוקים** באשקלון, אך עם הירידה הגדולה בריכוז בתחנות הדרומיות, יחסית לשנה קודמת (איור 15) ולניטורים קודמים, ממוצע הכלורופיל במים העמוקים באשקלון לא נבדל באופן מובהק מיתר התחנות (איור 24). **במים הרדודים** ממוצע הכלורופיל ממשיך להיות דומה לשנים קודמות, בירקון גבוה באופן מובהק יחסית לדדו, אלכסנדר ושורק, ובאשקלון ותנינים גבוה יחסית לשורק (איור 2.30).

נשמרת בדיגום זה המגמה הרב שנתית (2003-2016) של ממוצע ביומסה גדול באופן מובהק במים באזור הדרום והמרכז (אשקלון-ת"א) יחסית לחלקו הצפוני של החוף, במים הרדודים והעמוקים (איור 2.31). משום הירידה בריכוז הכלורופיל השנה בדרום, לא נמצאו הבדלים מובהקים בריכוז הכלורופיל בשני העומקים בין צפון לדרום, אלא רק בין המים הרדודים לעמוקים בשני האזורים (איור 2.31). לא נמצא הבדל מובהק **בין השנים** במוצע ריכוז הכלורופיל או הביומסה, בין התחנות.

התפלגות קבוצות המיקרופלנקטון –

הבקטריות הכחוליות מהמין (1) *Synechococcus* sp. מהוות מרכיב חשוב בפיטופלנקטון בים (Johnson and Sieburth, 1979), במיוחד בימים אוליגוטורפים כמו הים התיכון. בכל הניטורים עד כה, הן היו דומיננטיות בכל התחנות לאורך החוף (איור 22) והיו במוצע $94\% \pm 5$ מריכוז התאים הכללי של הפיטופלנקטון, במים הרדודים ובמים העמוקים.

מים רדודים מול מים עמוקים – בדומה לביומסה הכללית, גם ממוצע הביומסה של הבקטריות הכחוליות גבוה יותר במים הרדודים לאורך החוף יחסית למים העמוקים (איורים 2.28 ו- 2.32). הבדל זה יכול לנבוע מרמת נוטריינטים גדולה יותר, באופן יחסי, במים הרדודים לעומת המים העמוקים. מאידך, במים העמוקים הביומסה של בקטריות כחוליות אלה הייתה דומיננטית וגבוהה באופן מובהק יחסית לקבוצות המיקרופלנקטון האחרות, בכל התחנות (איור 2.28). במים הרדודים, לעומת זאת, הן היו דומיננטיות רק בחלק מהתחנות, באשקלון לדוגמה הייתה דומיננטיות של אצות צורניות ובירקון הייתה ביומסה גדולה גם של מיקרואצות קטנות מ-5 מיקרון. ממוצע שיעורם היחסי בביומסה הכללית היה לכן גדול באופן מובהק במים העמוקים ($54\% \pm 15$) יחסית לרדודים ($42\% \pm 16$) (איור 2.33). במים העמוקים הביומסה **היחסית** שלהם עולה, כנראה משום שבמים אוליגוטורפיים אלה לידי ביטוי יכולתם המוצלחת להתחרות עם קבוצות פיטופלנקטון אחרות על הנוטריינטים המעטים. היתרון הזה נובע כנראה מגודלם, המקנה להם שטח פנים גדול יחסית לנפח, מאפשר להם קליטה טובה יותר של נוטריינטים ומאפשר להם ציפה טובה יותר ומשך זמן

שהייה ארוך יותר באיזור האיאופוטי (Raven, 1986). לבקטריות אלה גם אפיניות גבוהה לפוספאט (יחסית לבקטריות ואצות איאוקריוטיות) (Moutin et al., 2002) הנוטריינט המגביל באגן המזרחי של הים התיכון (Krom et al., 2004) וגם יכולת להסתגל לרמות נמוכות ביותר של חנקן (Gorl et al., 1998).

הבדלים בין התחנות - בשני העומקים, לא נמצא הבדל מובהק בביומסה של בקטריות אלה בין התחנות, אולם במים העמוקים הביומסה שלהן עלתה מצפון לדרום, ונמצאה מכסימלית באשקלון (איור 2.32). ממוצע הביומסה שלהן **במים העמוקים** בתחנות הדרומיות היה גבוה באופן מובהק יחסית לביומסה בתחנות הצפוניות (איור A2.34). שיעורם באחוזים מהביומסה הכללית, לעומת זאת, היה גדול יותר, באופן מובהק, בתחנות הצפוניות בשני העומקים (איור B2.34).

קבוצת הצורניות – הצורניות היו מרכיב חשוב בביומסה של הפיטופלנקטון לאורך החוף (איור 2.32). ביומסת האצות הצורניות כמו יתר הקבוצות הייתה גדולה יותר במים הרדודים יחסית לעמוקים (איורים 2.32 ו-2.34). גם שיעורן באחוזים מהביומסה הכללית נמצא גדול באופן מובהק במים הרדודים יחסית לעמוקים. לצורניות כפי שצויין לעיל, יש יתרון על מיקרופלנקטון מקבוצות אחרות בתנאי העשרה בנוטריינטים, וכאשר צורן אינו מהווה גורם מגביל, במיוחד הודות לקצב גידול המהיר שלהם יחסית לקבוצות אחרות וכן הודות לקצב קליטת נוטריינטים מהיר יותר (Sartou et al., 2005). תכונה זו יכולה להסביר חלק מהביומסה הגבוהה יותר במים הרדודים, ואת שיעורן היותר גבוה בביומסה הכללית במים הרדודים יחסית לעמוקים.

ממוצע הביומסה של הצורניות **באשקלון, במים הרדודים**, נמצא גבוה יחסית לממוצע במים הרדודים בתחנות האחרות (איור 2.32), וכך גם שיעורן באחוזים מהביומסה הכללית (איור 2.33), אולם הבדל זה לא נמצא מובהק בגלל השונות הגבוהה שנובעת מוריאביליות בביומסה שלהן לאורך השנים. גם **במים העמוקים** ממוצע הביומסה **באשקלון** היה גבוה יחסית למים העמוקים ביתר התחנות, ונמצא גבוה באופן מובהק יחסית לחלק מהתחנות במים העמוקים (איור 2.32) וכך גם שיעורן בביומסה הכללית היה גדול יותר במים העמוקים באשקלון יחסית לתחנות האחרות (איור 2.33).

בהשוואה של ממוצע הביומסה הכללית של צורניות בין **צפון לדרום**, ממוצע הביומסה בדרום גדול יותר אך לא באופן מובהק (איור A2.34), מאידך, שיעור הצורניות באחוזים מהביומסה הכללית, גדול יותר, באופן מובהק, במים העמוקים בדרום (איור B2.34).

קבוצת המיקרואצות הקטנות מ-5 מיקרון היוותה מרכיב חשוב בביומסה הכללית (איור 2.32), ובמים הרדודים השיעור הממוצע של הביומסה באחוזים ($19\pm 3\%$) היה דומה לזה שבמים העמוקים (איור 2.33). ממוצע ביומסת מיקרואצות אלה היה גדול יותר בדרום בשני העומקים, אך רק במים העמוקים הבדל זה נמצא מובהק (איור A2.34).

קבוצת הדינופלגלטים – ביומסת הדינופלגלטים הייתה קטנה יחסית לקבוצות האחרות ונראה גרדיאנט של עלייה בביומסה שלהם מצפון לדרום במים הרדודים והעמוקים, כשבאשקלון ממוצע הביומסה היה הגבוה ביותר (איור 2.32). ממוצע הביומסה שלהם נמצא גדול יותר בדרום בשני העומקים (איור 28A). במים הרדודים בדרום הם היו אחוז גדול יותר בביומסה יחסית לצפון (איור B2.34).

מגוון המינים

מעקב אחר מגוון המינים מאפשר לאמוד את השינויים בהרכב הפיטופלנקטון לאורך החוף. מגוון מינים קטן מאפיין בדרך כלל מים שבהם יש השפעה אנתרופוגנית המובילה לאיאוטרופיקציה, מים כאלה יהיו מלווים תדיר בפריחה של מספר מצומצם של מיני אצות כפי שנמצא לדוגמא בפתח נמל הקישון. במים אוליגוטרופיים מגוון המינים בד"כ כלל יהיה הרבה יותר גדול. חשוב לציין שגם במים מופרעים ברמה בינונית, מספר המינים צפוי לעלות, יחסית למים אוליגוטרופיים (Ninčević-Gladan et al., 2015). השינויים במאסף המיקרואצות לאורך החוף הוערכו באמצעות "אינדקס השונות" (Menhinick index) (Karydis & Tsirtsis, 1996), המחושב כמספר המינים מחולק בשורש הריבועי של ביומסת התאים, ונחשב לאינדקס טוב להערכת איאוטרופיקציה (Nincevic-Gladan et al., 2015., Buzancic et al., 2016).

מגוון המינים - מפרץ חיפה

בפתח הקישון נראתה עלייה כללית (לא רצופה) במספר המינים (איור A2.18). באינדקס השונות גם כן נראתה עלייה עד 2013 (איור B2.18), אולם בשלוש שנים אחרונות נראתה תנודתיות עם עלייה גדולה בניטור 2014 וירידה גדולה בניטור 2016, גם במספר המינים. הירידה החדה ב- 2016 במספר ומגוון המינים ייתכן וקשורה לפעילות החפירה במסגרת בניית נמל חיפה החדש ועליה דרמטית בתפוצת החומר המרחף במפרץ חיפה כתוצאה מכך. אינדקס השונות בפתח הקישון עדיין נמוך באופן ניכר יחסית לתחנות האחרות. המגמה של אינדקס שונות הקטן לכיוון פנים מפרץ חיפה נשמרה לאורך השנים עד כה (איור 2.35).

במים העמוקים במפרץ - בניטור 2016 נראתה ירידה חדה באינדקס השונות בכל תחנות המפרץ, ובמיוחד במים העמוקים. בתחנה המערבית ביותר HB1 האינדקס ירד זו השנה השנייה והגיע לערך מינימלי לתחנה זו (5.9), בדיגומים עד כה (איור B2.18). נראה הבדל במוצא מספר המינים בין השנים (איור 30). בשנים 2008-2011 מספר המינים הממוצע היה דומה ועמד על 62 ± 6 מינים, והוא עלה בשלוש השנים העוקבות (2012-2014) למספר דומה של 107 ± 7 מינים. ב- 2015 היתה ירידה במספר המינים שנמשכה גם ב- 2016 שבה מספר המינים עמד על 66. אינדקס השונות עלה במקביל בשנים 2012-2015, וירד בצורה חדה בניטור 2016. הירידה החדה באינדקס השונות ב- 2016 ככל הנראה נבעה מעליה משמעותית בתפוצת החומר המרחף במפרץ חיפה כמוזכר לעיל, כמו גם מהעלייה הגדולה בביומסה עקב פריחת האצות הצורניות.

מגוון המינים - אורך החוף

מספר המינים – נמשכת המגמה של ממוצע רב שנתי של מספר מינים גבוה יותר במים הרדודים יחסית למים העמוקים (איורים 2.37 ו- 2.38). בניטור 2016 נראתה ירידה במספר המינים במים הרדודים והעמוקים בכל התחנות להוציא אלכסנדר (איור 2.25).

במים הרדודים - ניתן לראות בדרך כלל עלייה במספר המינים בשנים 2008-2012 ולאחר מכן התייצבות במספרם וירידה חדה בניטור 2016 (איור 2.25 ו- 2.38). בתחנת דדו נראתה תנודתיות גדולה יותר בין השנים ולכן אינה נכללת בדפוס מתואר זה (איור 2.25).

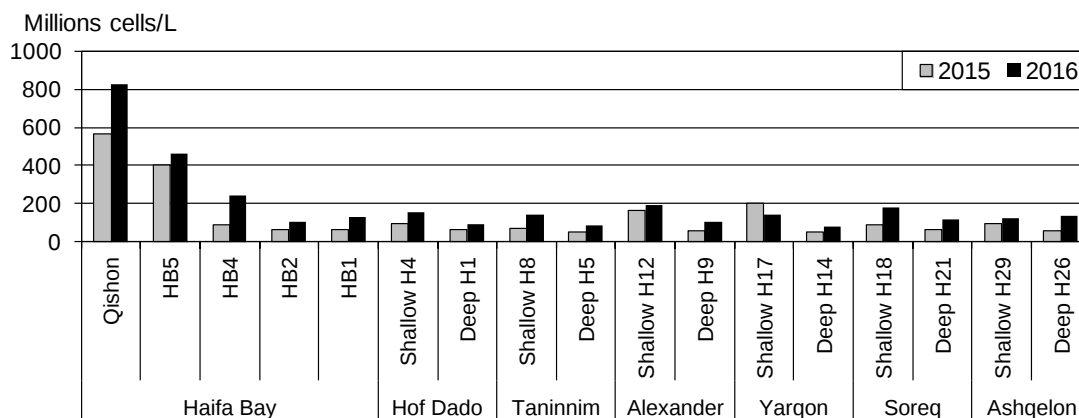
במים העמוקים לא נראתה אותה מגמת עלייה כמו במים הרדודים, אלא יותר תנודתיות שנבעה מהבדלים בין השנים (איור 2.25), אותה ניתן לראות גם בהסתכלות על ממוצע מספר המינים מכל

שנה (איור 2.38). בניטור 2016 ניתן לראות גם במים העמוקים ירידה גדולה בממוצע מספר המינים. ממוצע אינדקס השונות מכל הדיגומים גדול יותר במים העמוקים יחסית לרדודים (איור 2.35), ובמים העמוקים בתחנות הצפוניות יחסית למים העמוקים בתחנות הדרומיות. במים הרדודים נראתה עלייה הדרגתית בממוצע אינדקס השונות מ – 2008-2015 (להוציא 2013), כאשר בניטור 2016 הייתה ירידה חדה באינדקס (איור 2.37). במים העמוקים במרבית השנים האינדקס נע בין 12-15 עם ממוצע של 14 ± 3 להוציא ניטור 2016 שבו ירד האינדקס בצורה ניכרת (איור 2.38).

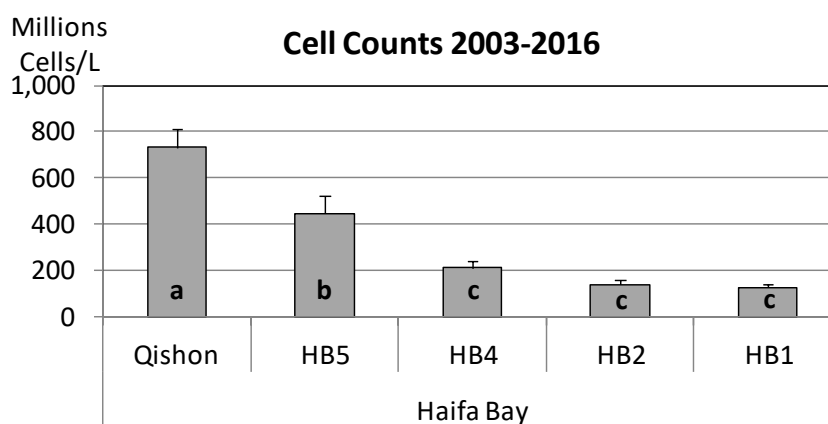
מינים בעלי פוטנציאל טוקסי

מינים בעלי פוטנציאל טוקסי הופיעו במגוון יחסית גדול, אולם בדרך כלל בריכוז נמוך, עד מספרים בודדים לליטר. לעיתים נצפתה עלייה בריכוזם של חלק מהמינים, ולעיתים נדירות הם הגיעו לידי פריחה.

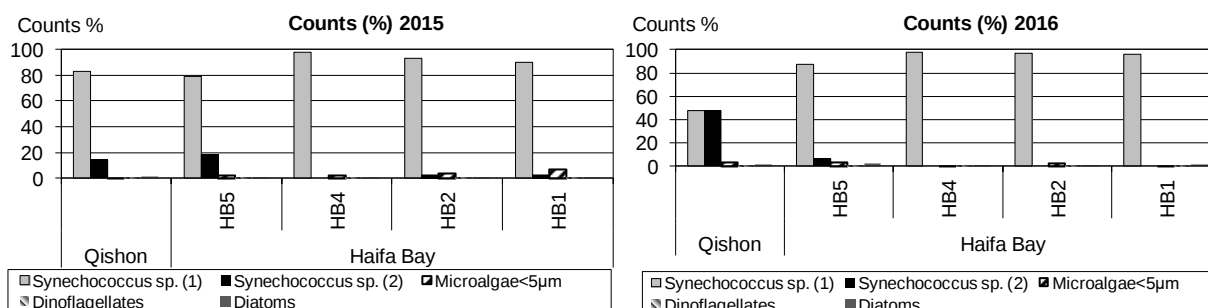
בניטור 2016 דינופלגלטים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים הופיעו בדרך כלל בריכוז נמוך יחסית במפרץ חיפה, להוציא המין *Dinophysis rotundata* שהופיע בפתח הקישון בריכוז הגבוה ביותר לניטורים עד כה (500 תאים/ליטר) (טבלה 2.1). מבין האצות הצורניות מינים מהסוג *Pseudonitzschia* היו שכיחים. גם לאורך החוף הופיע מגוון מינים בעלי הפוטנציאל בריכוזים נמוכים יחסית. המין *Prorocentrum minimum* שהופיע בריכוזים גבוהים לעיתים, כמו בניטור 2015 באשקלון (9×10^4 תאים/ליטר) הופיע בניטור 2016 בריכוזים נמוכים, וריכוזו היה עדיין מכסימלי, גם אם נמוך יחסית, בתחנת אשקלון. מין זה היה שכיח בניטורים קודמים, בתחנות הדרומיות, זהו מין חופי ונפוץ במים ממוזגים וטרופיים. הוא ידוע כיוצר פריחות וכבעל פוטנציאל ליצירת רעלנים, המצטברים באורגניזמים הימיים כמו מיני צדפות שונות, ואף יכול להזיק ישירות לאורגניזמים בסביבה הימית (Davidson et al., 2014). גם המין *Ostreopsis siamensis*, שאיפיין את תחנת תנינים הופיע בריכוז נמוך יחסית בניטור 2016 בתחנות תנינים ואלכסנדר. המין *Karenia brevis*, שבעיקר איפיין את המים הרדודים במפרץ חיפה, הופיעו במים העמוקים באשקלון, בריכוז קטן יחסית, אך מכסימלי לניטורי הקיץ, לאורך החוף.



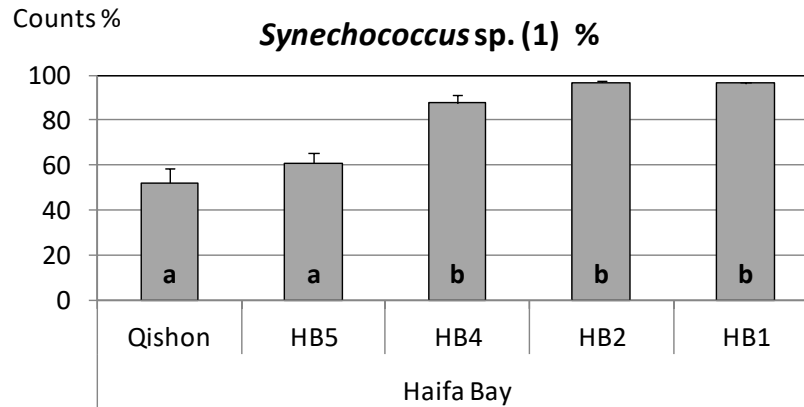
איור 2.7: התפלגות ריכוז כלל תאי המיקרואצות, במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2015-2016



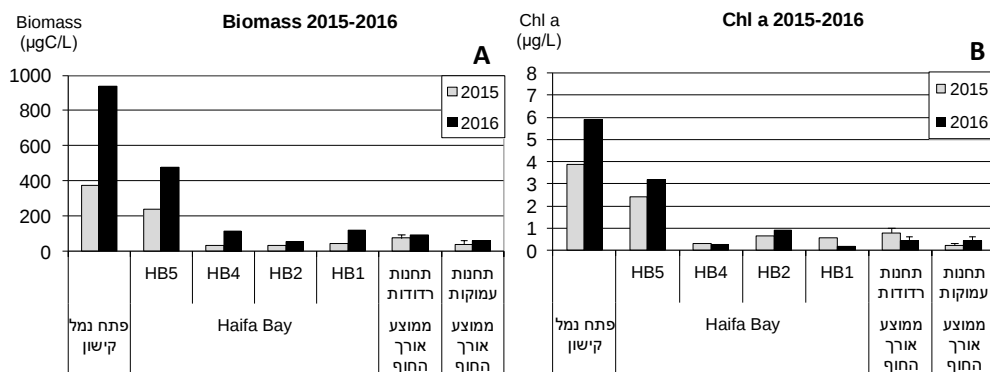
איור 2.8: התפלגות ממוצע ריכוז התאים הכללי של המיקרופלנקטון במפרץ חיפה בשנים 2003-2015 (Data±SE, Anova, $p < 0.05$), אותיות שונות נבדלות סטטיסטית.



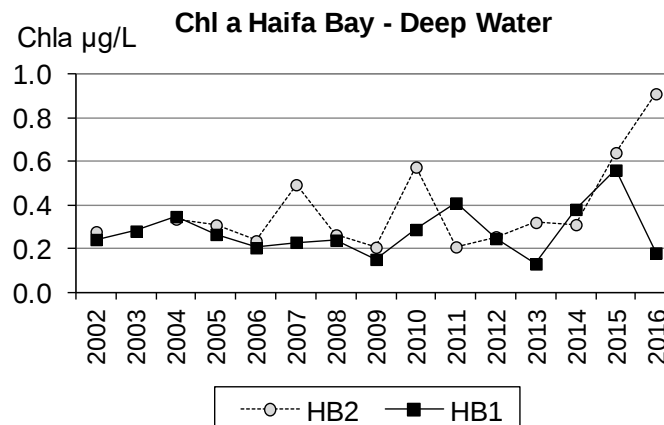
איור 2.9: התפלגות ריכוז התאים היחסי (באחוזים מהריכוז הכללי) של קבוצות המיקרופלנקטון במפרץ חיפה באוגוסט 2015-2016



איור 2.10: ההתפלגות ריכוז התאים היחסי (באחוזים) של הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(1), במפרץ חיפה, שנים 2003-2016 ($Avg \pm SE$, Anova, $p < 0.05$).

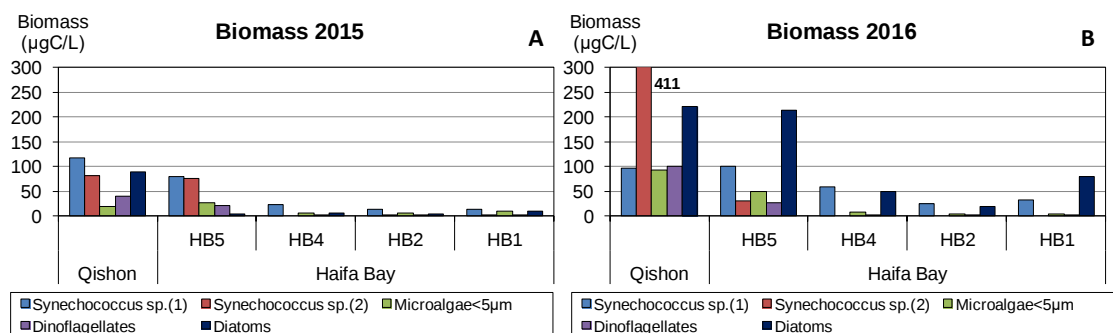


איור 2.11: התפלגות הביומסה הכללית של המיקרופלנקטון (A) וריכוז הכלורופיל (B), בתחנות מפרץ חיפה, כולל תחנת פתח הקישון בשנים 2015-2016, בהשוואה עם ממוצעי הביומסה של מי השטח במים הרדודים והעמוקים לאורך החוף ($Avg \pm SE$).

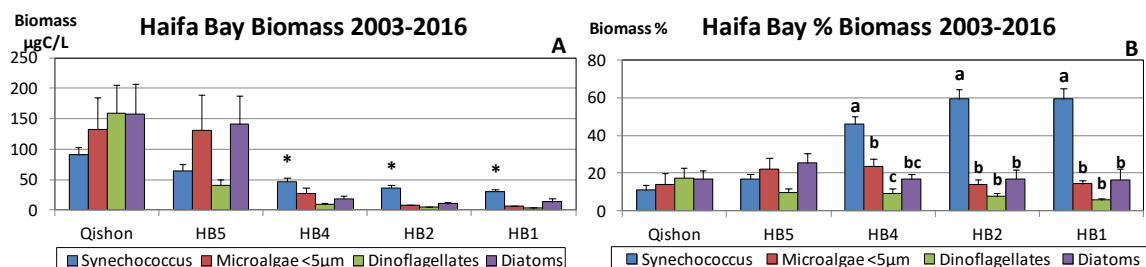


איור 2.12: ריכוז הכלורופיל במפרץ חיפה במים העמוקים, תחנות HB1 & HB2, בשנים 2002-

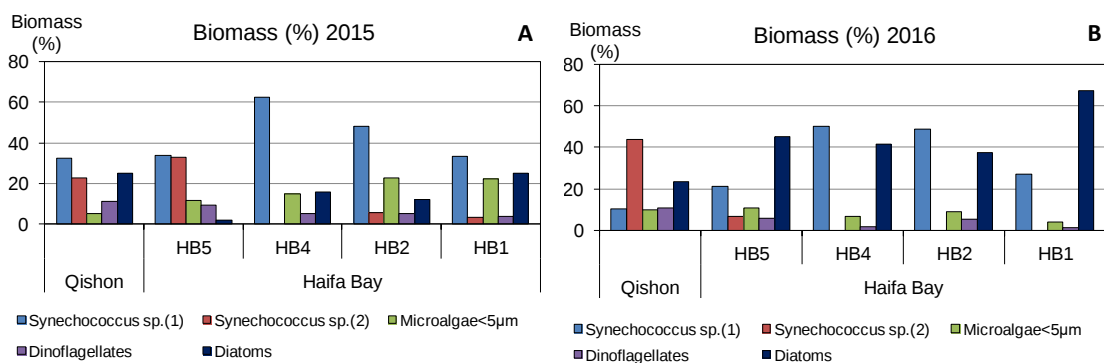
2016



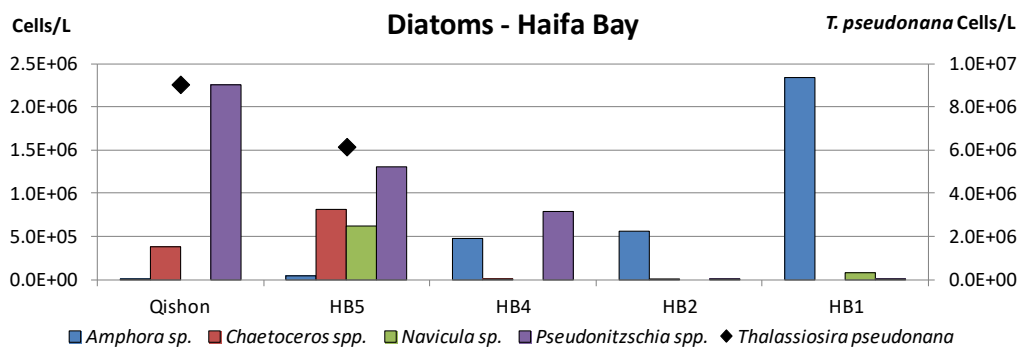
איור 2.13 : התפלגות ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון השונות בתחנות מפרץ חיפה, כולל תחנת פתח הקישון בשנים 2015-2016



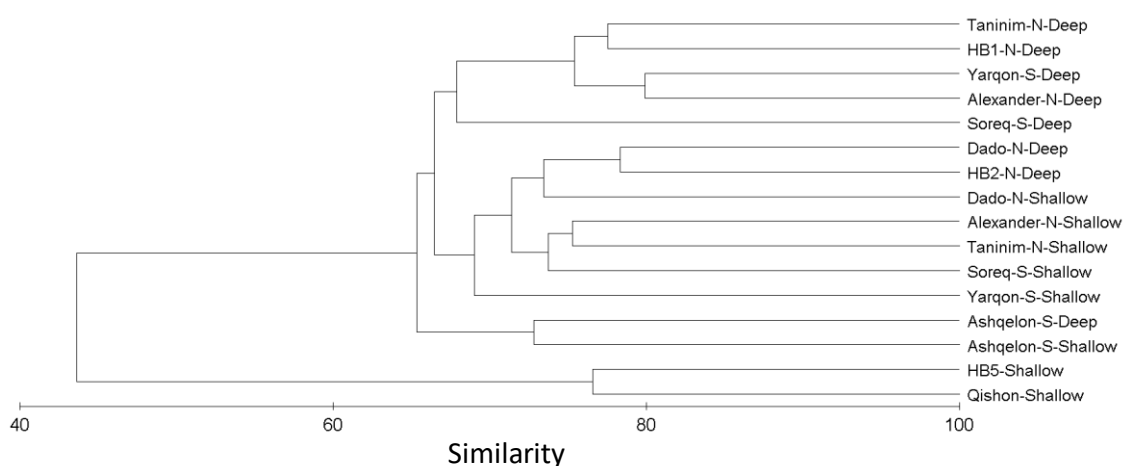
איור 2.14 : השוואת בין תחנות מפרץ חיפה, בהתפלגות ממוצע ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון (A) וממוצע שיעור הביומסה שלהן באחוזים מהביומסה הכללית (B), שנים 2003-2016, (Avg, $\pm$ SE, Anova, $p < 0.05$)



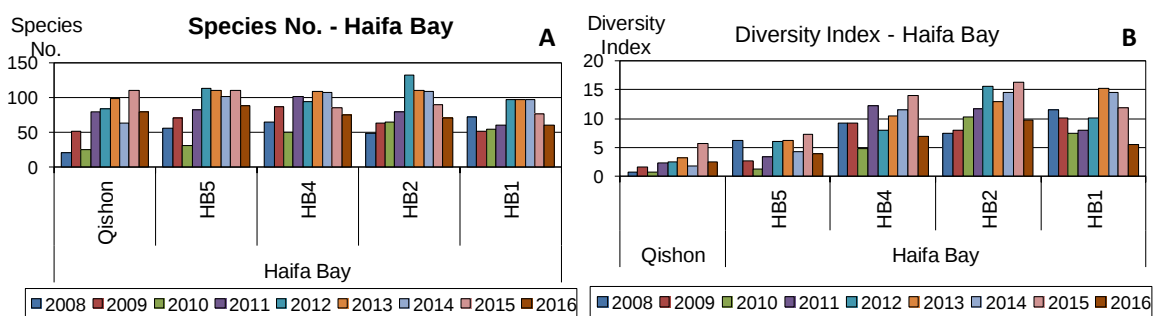
איור 2.15 : ביומסה יחסית של קבוצות המיקרופלנקטון (אחוזים מהביומסה הכללית) מפרץ חיפה 2015-2016



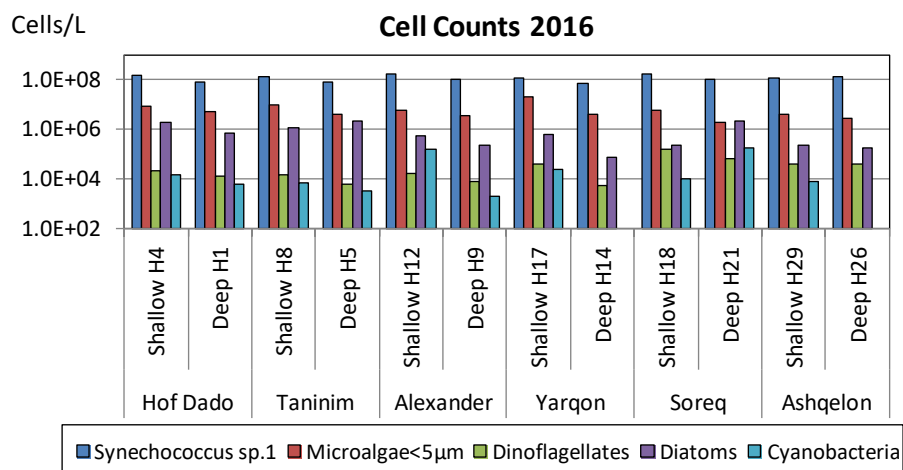
איור 2.16 : התפלגות ריכוז מיני צורניות שכיחות במפרץ חיפה – ניטור 2016



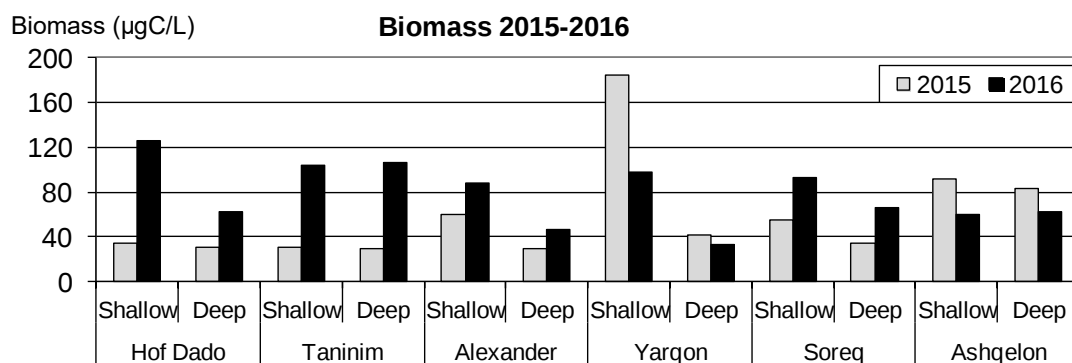
איור 2.17 : אנליזה היררכיאלית של מגוון המינים במי שטח במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') אוגוסט 2016



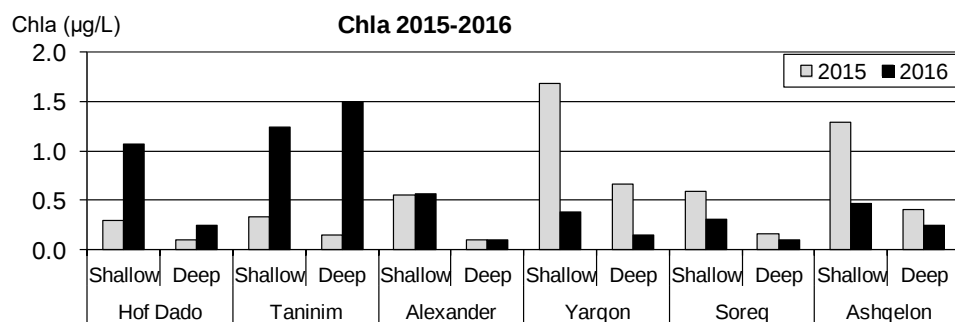
איור 2.18 : התפלגות מספר המינים (A) ואינדקס השונות (B) במפרץ חיפה שנים 2008-2016



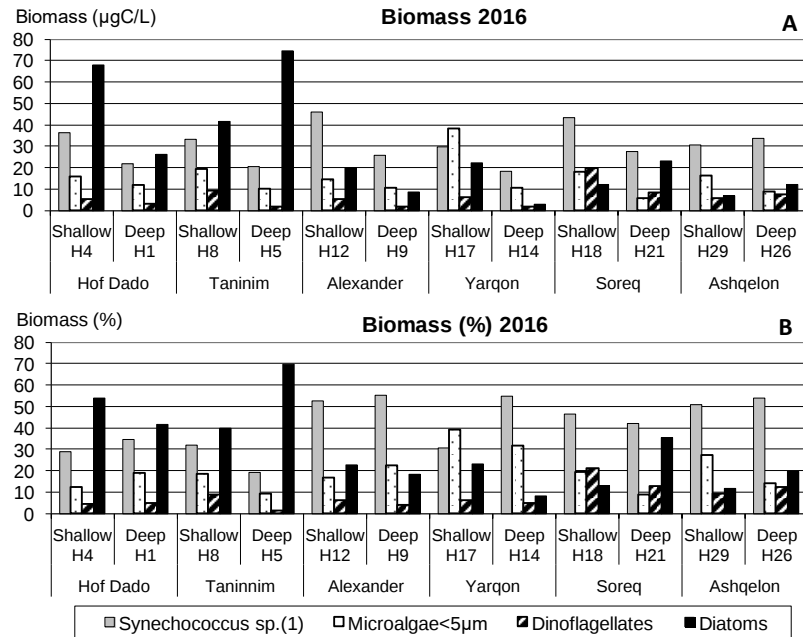
איור 2.19: התפלגות ריכוז התאים במי שטח לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') בשנת 2016



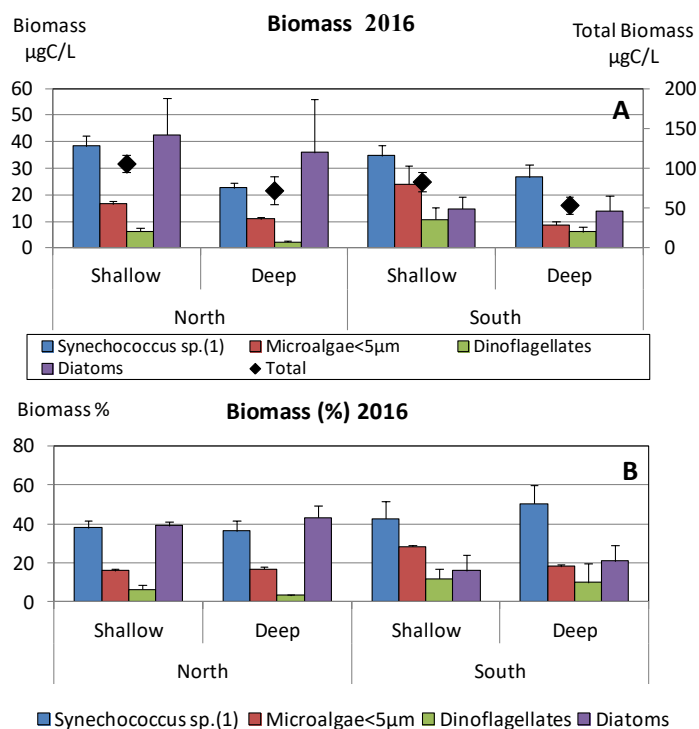
איור 2.20: הביומסה הכללית לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוג' 2015-2016



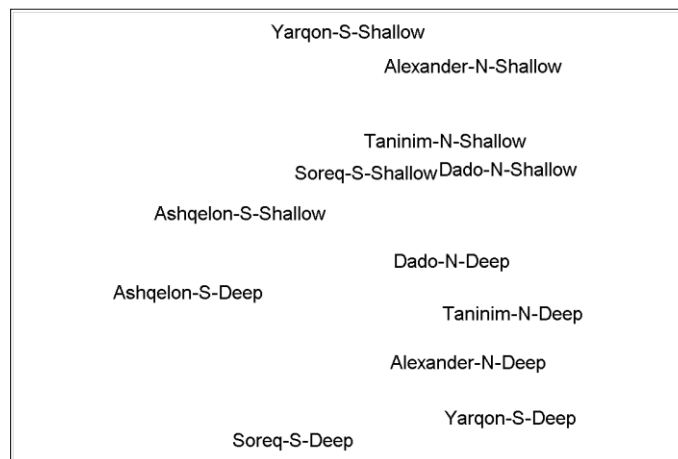
איור 2.21: ריכוז הכלורופיל לאורך החוף (מים רדודים ומים עמוקים - 30 מ'), אוגוסט 2015-2016



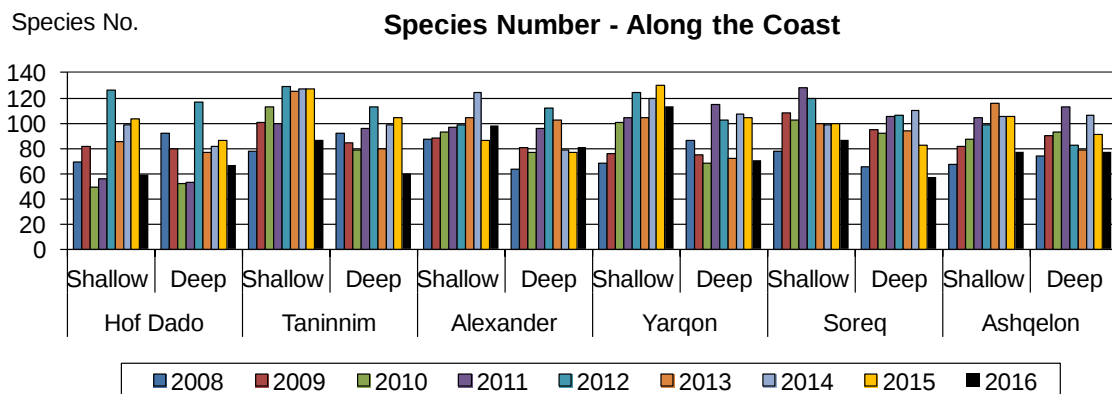
איור 2.22: התפלגות הביומסה הכללית (A) והביומסה היחסית באחוזים (B) של קבוצות המיקרופלנקטון - ניטור 2016



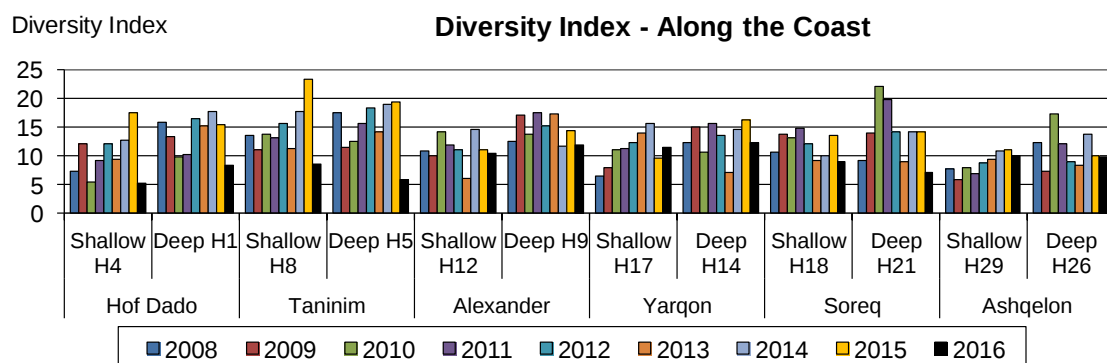
איור 2.23: התפלגות הביומסה הכללית (A) ובאחוזים (B) של קבוצות המיקרופלנקטון לאורך החוף באוגוסט 2016, לפי חלוקה איזורית, צפון (דדו-אלכסנדר) ודרום (ירקון – אשקלון).



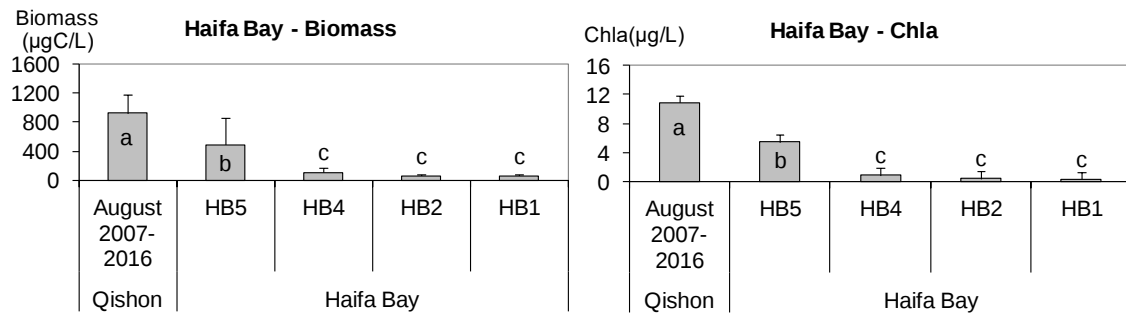
איור 2.24: אנליות אורדינציה של מגוון המינים לאורך החוף, במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ' (S-South, N-North) – באוג 2016



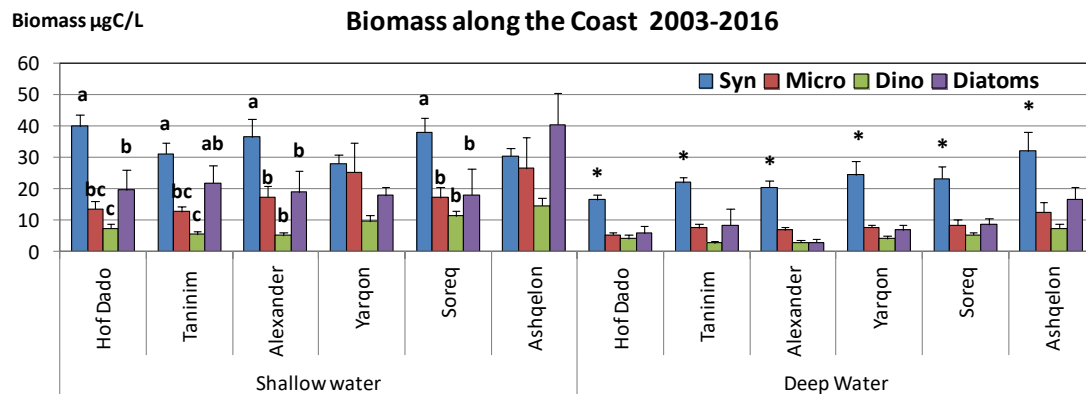
איור 2.25: התפלגות מספר המינים לאורך החוף במים רדודים ועמוקים (30 מ'), שנים 2008-2016



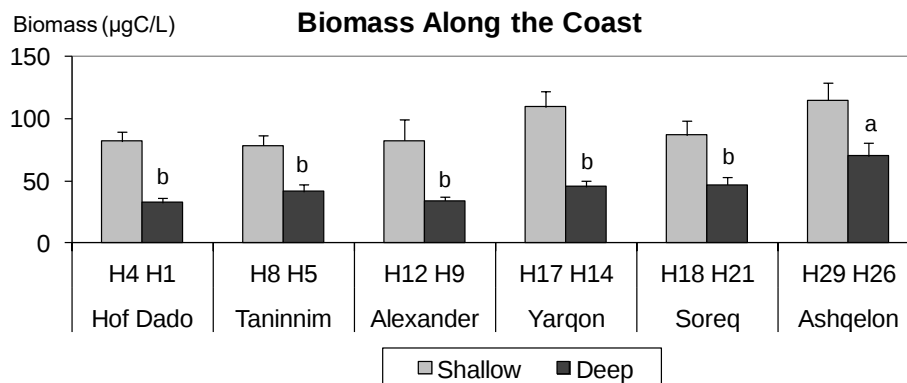
איור 2.26: התפלגות אינדקס השונות לאורך החוף במים רדודים ועמוקים (30 מ') שנים 2008-2016



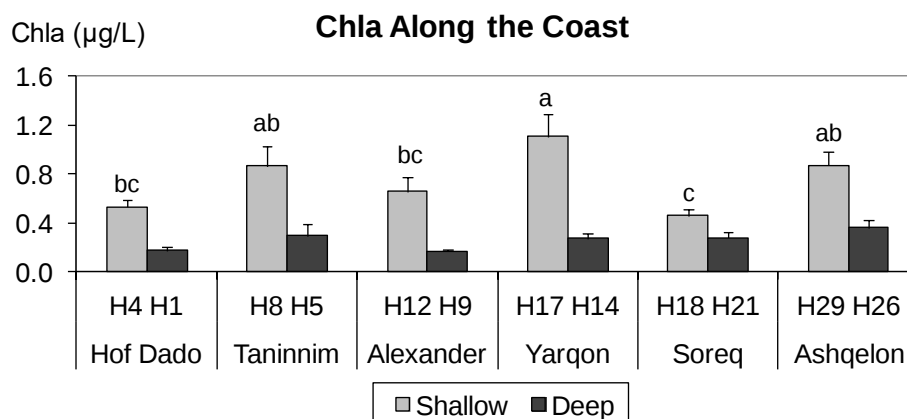
איור 2.27: התפלגות ממוצעי הביומסה וריכוז הכלורופיל במפרץ חיפה באוגוסט 2003-2016
 (Avg±STD, Anova, $p < 0.05$).



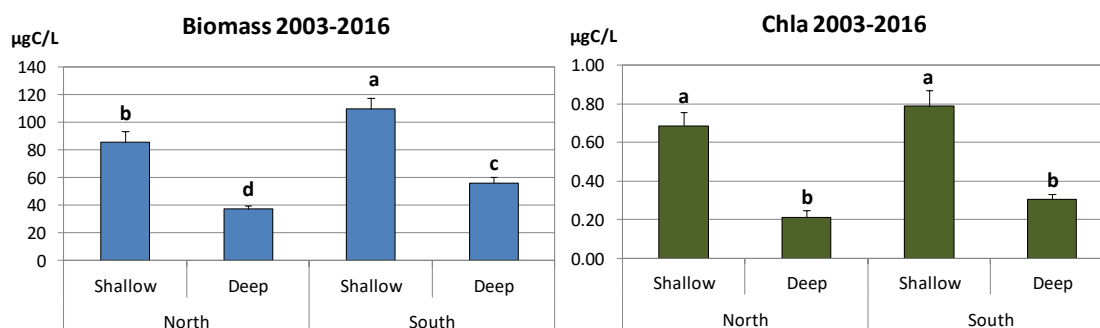
איור 2.28: התפלגות ממוצע הביומסה של קבוצות המיקרופלנקטון לאורך החוף לפי תחנות, במים הרדודים ובמים העמוקים (30 מ'), שנים 2003-2016. במים הרדודים - אותיות שונות נבדלות סטטיסטית, במים העמוקים - כוכביות נבדלות סטטיסטית ($p < 0.05$, Anova, Data±SE).



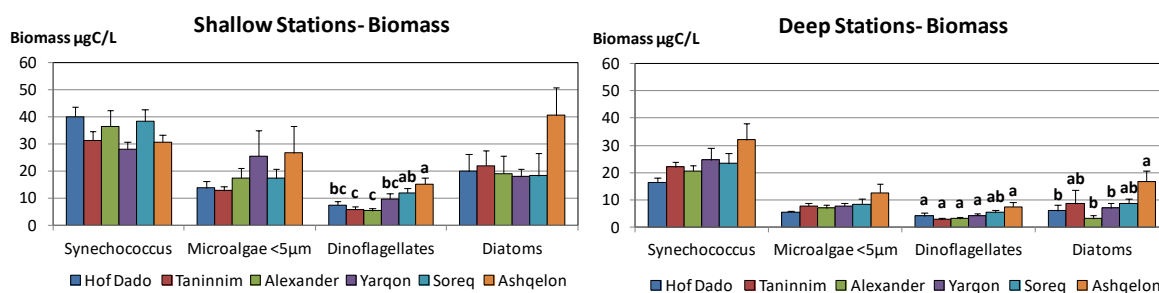
איור 2.29: התפלגות ממוצע הביומסה, בין התחנות במים הרדודים לאורך החוף, ובמים העמוקים (30 מ'), באוגוסט 2003-2016 ($p < 0.05$, Anova, Avg±SE).



איור 2.30 : התפלגות ממוצע ריכוז הכלורופיל בין התחנות במים הרדודים והעמוקים (30 מ') לאורך החוף, באוגוסט 2003-2016 ($\text{Data} \pm \text{SE}$, Anova, $p < 0.05$).

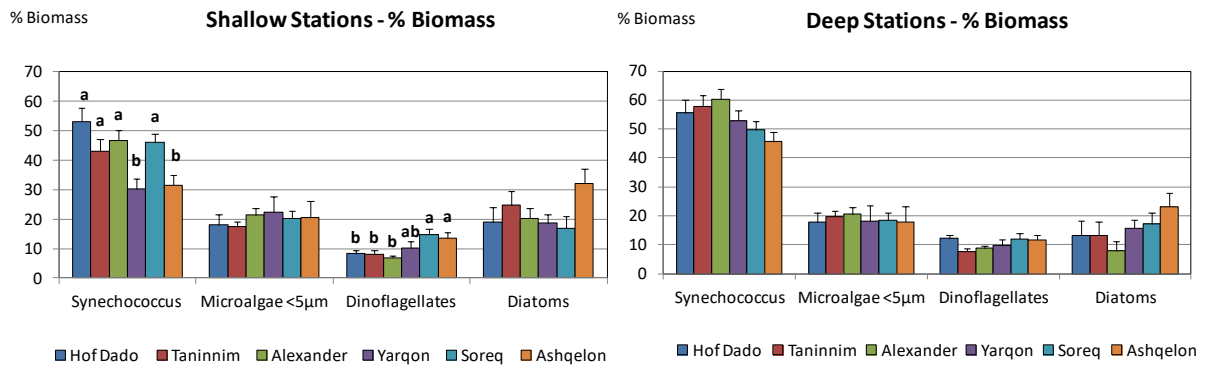


איור 2.31 : התפלגות ממוצעי ריכוז הכלורופיל והביומסה במים הרדודים והעמוקים (30 מ'), לאורך החוף, לפי חלוקה איזורית של צפון-דרום, באוגוסט 2003-2016 ($\text{Avg} \pm \text{SE}$, Anova, $p < 0.05$).

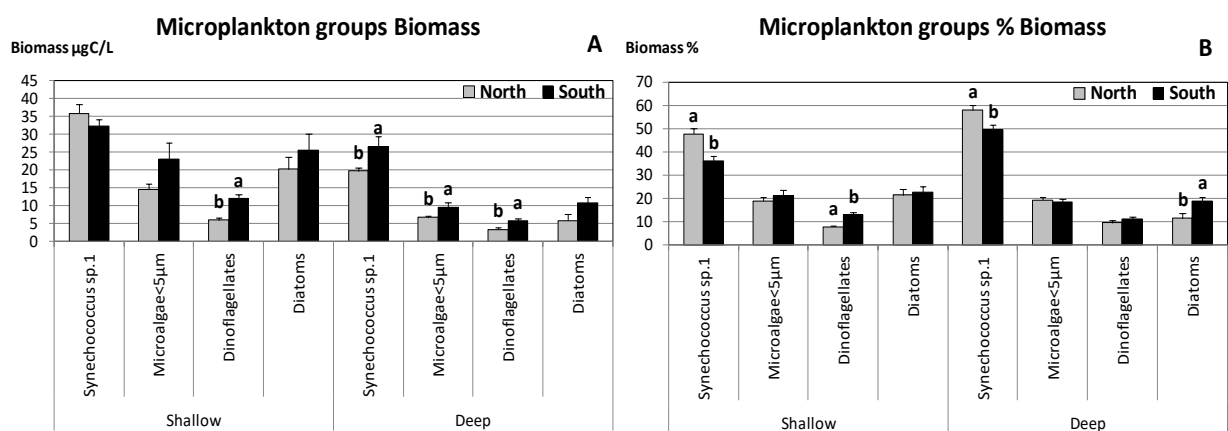


($p < 0.05$)

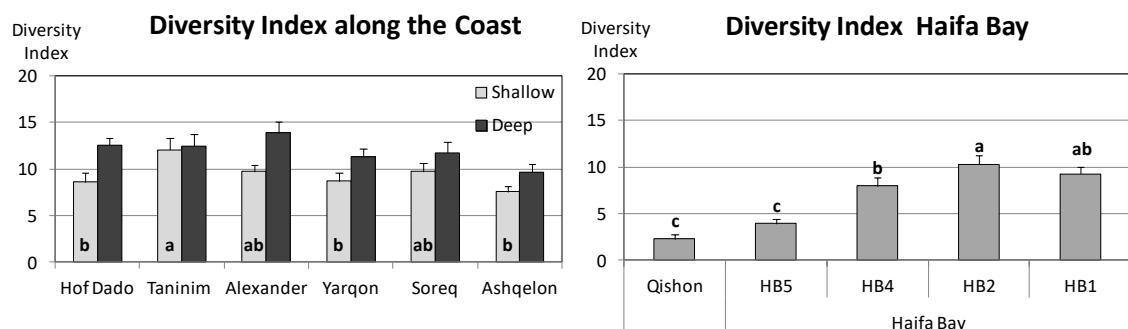
איור 2.32 : התפלגות ממוצע ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון השונות בין התחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2003-2016 ($\text{Avg} \pm \text{SE}$, Anova, $p < 0.05$).



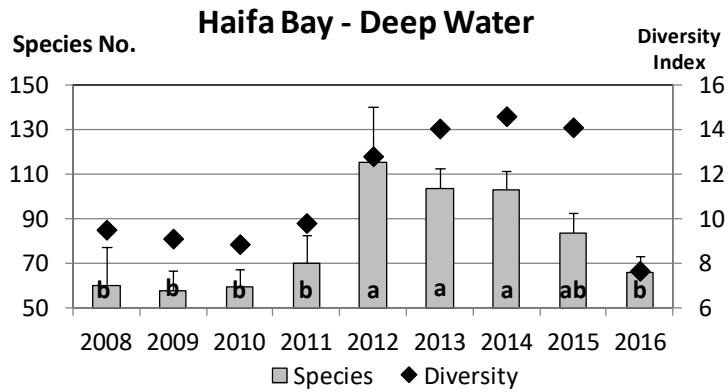
איור 2.33: התפלגות ממוצע ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון באחוזים, בתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2003-2016 ($\text{Avg} \pm \text{SE}$, Anova, $p < 0.05$).



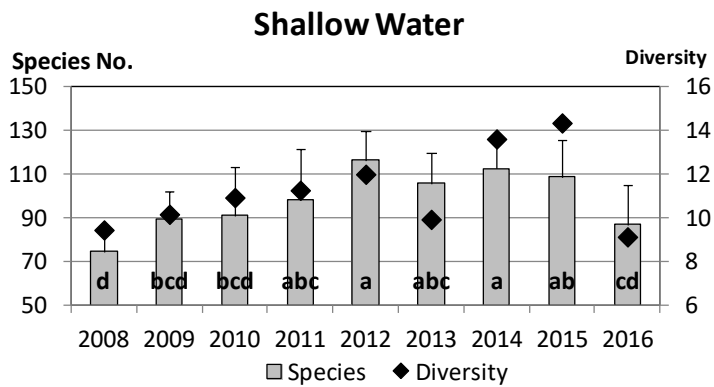
איור 2.34: השוואת התפלגות הביומסה הכללית (A) והביומסה באחוזים (B) של קבוצות המיקרופלנקטון השונות בין צפון לדרום, במים הרדודים ובמים העמוקים (30 מ') באוגוסט 2003-2016 ($\text{Avg} \pm \text{SE}$, Anova, $p < 0.05$).



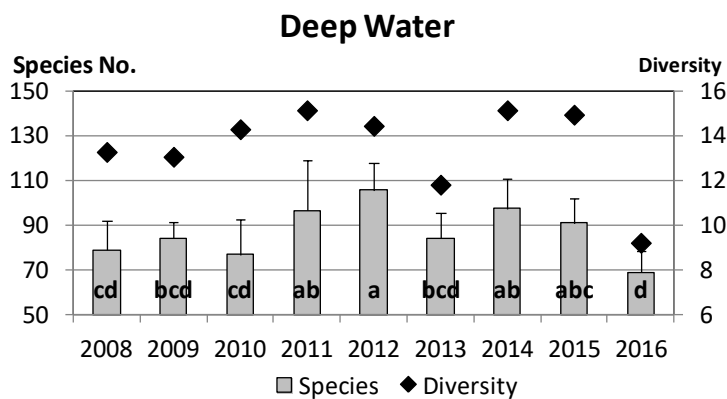
איור 2.35: התפלגות ממוצע אינדקס השונות במפרץ חיפה ובתחנות לאורך החוף (במים רדודים ובמים עמוקים - 30 מ') באוגוסט 2003-2016 ($\text{Avg} \pm \text{SE}$, Anova, $p < 0.05$).



איור 2.36 : ממוצע מספר המינים ואינדקס השונות (Avg ±STD) מהתחנות העמוקות (HB1+HB2) במפרץ חיפה בשנים 2008-2016 (Anova, $p < 0.05$).



איור 2.37 : התפלגות ממוצע מספר המינים ואינדקס השונות במים הרדודים לאורך החוף, שנים 2008-2016 (Avg±STD, Anova, $p < 0.05$).



איור 2.38 : התפלגות ממוצע מספר המינים ואינדקס השונות במים העמוקים לאורך החוף באוגוסט 2008-2016 (Avg±STD, Anova, $p < 0.05$).

טבלה 2.1: מיני אצות ירוקיות, בקטריות כחוליות, ואחרים וריכוזם (תאים לליטר) - במפרץ חיפה ובתחנות

לאורך החוף – אוגוסט

	Haifa Bay					Hof Dado		Tanimim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
	Qishon	HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow H4	Deep H1	Shallow H8	Deep H5	Shallow H1	Deep H9	Shallow H1	Deep H14	Shallow H1	Deep H21	Shallow H2	Deep H26
Dinoflagellates																	
<i>Achradina pulchra</i>											4		10				
<i>Akashiwo sanguinea</i>	200	133	60	42		4	36	368	8	16		38		136	2	36	8
<i>Alexandrium spp.</i>	75				2	2	2	20		2	6	3		2		2	26
<i>Amphidinium sp. (374)</i>										10							
<i>Ceratium furca</i>			2				8	4	6	2		5		60	20	30	22
<i>Ceratium fusus</i>				2	6				8	6	10	3	6		6	2	6
<i>Ceratium kofoidii</i>	11		2	4	8		4				4	20	6	4	4		4
<i>Ceratium macroceros</i>					2				2		2						
<i>Ceratium massiliense</i>													2				
<i>Ceratium pulchellum</i>							4		2		2						
<i>Ceratium teres</i>			2										4		2		
<i>Ceratium trichoceros</i>				2		4	2	2	2	2	4			2	4	2	22
<i>Cochlodinium citron</i>		8	2	4	4		4				2	3	6				
<i>Cochlodinium helicoideis</i>	17	8	2					8			2		4	4			
<i>Cochlodinium sp. (195A)</i>			4						2				4				
<i>Cochlodinium sp. (744A)</i>				4													
<i>Corythodinium sp.</i>	33	42	6					2	2			3		2	10		
<i>Dinophysis caudata</i>		8					4	2							2		4
<i>Dinophysis exigua</i>					8				6		18	13	16		12		
<i>Dinophysis micropterygia</i>							2	2	2	2	8						
<i>Dinophysis rotundata</i>	508	175	14	14	14		2	14	2	4	14	13	18		2		
<i>Dinophysis sphaeroideum</i>			2		8				2	2		3	2		2		
<i>Dinophysis spp.</i>					4	2					2	3				2	
<i>Diplopsalis spp.</i>	17	42	6		6	2	4	52	18	62	4	5	8	98	8	32	2
<i>Goniadoma sp. (746A)</i>											2	3					
<i>Gonyaulax polygramma</i>	17	8			2			2	4		6		2				
<i>Gonyaulax scrippsae</i>		25															
<i>Gonyaulax spinifera</i>	250	117	10	10	4	44	58	176	16	12		75	8	38		120	16
<i>Gonyaulax spp.</i>	33	83															60
<i>Gymnodinium elongatum</i>			4	6	12		8	28	26	32	120	18	142		12		
<i>Gymnodinium sp. (1188)</i>		450															
<i>Gymnodinium sp. (120A)</i>																	42
<i>Gymnodinium sp. (1402)</i>		50	16	28	30		10	24	14	12	24	5	6	4	156	38	458
<i>Gymnodinium sp. (264A)</i>											8						
<i>Gymnodinium sp. (291A)</i>		183	52	98			60		12				8				
<i>Gymnodinium sp. (319A)</i>					2					6	18		12				
<i>Gymnodinium sp. (320A)</i>			176	190	38	220	732	20	88	72	24	20	52	84	6	16	2
<i>Gymnodinium sp. (595A)</i>											4			48		84	120
<i>Gymnodinium sp. (751A)</i>														14			
<i>Gymnodinium sp. (97A)</i>			4	14	4					12	88		28		2		4
<i>Gymnodinium spp.</i>	133	300	40	66	32	12	26	22	24	12	84	13	4	60	28	28	8
<i>Gyrodinium instriatum</i>	33	8	2	2		2	2	26		8		5		6		10	18
<i>Karenia brevis (=G. brevis)</i>		8		4						6			2	4	2	14	434
<i>Kofoedinium sp.</i>		33			6		2	2			2		4	2	2		
<i>Mesoporus perforatus</i>					2				2	12		3	12				2
<i>Nematodinium sp.</i>							2								2		
<i>Ostreopsis cf. siamensis</i>	8		6			4		30	6	56		8		2			
<i>Oxyphysis oxytaoideis</i>	2075	642	6								2		2				
<i>Oxytoxum adriaticum</i>													2				
<i>Oxytoxum crassum</i>								2									
<i>Oxytoxum laticeps</i>									4		3		4				
<i>Oxytoxum pachyderme</i>								2			6		22				
<i>Oxytoxum sceptrum</i>													2				
<i>Oxytoxum scolopax</i>			4		2		2	4			10		10				
<i>Oxytoxum sphaeroideum</i>				2							2		2				
<i>Oxytoxum tessellatum</i>							2				4		2				
<i>Oxytoxum variabile</i>		83	14	26	32		4	12	10	16	10	38	60	10	32		
<i>Palaeophthalacroma uncinatum</i>													2				
<i>Peridinium quinquecorne</i>	25	117				4		74		24		863	2	28	2	150	42
<i>Podolampas palmipes</i>			2		6			2	2	2	6		122				2
<i>Pronoctiluca spinifera</i>	50	50	214	666	512	192	408	298	434	188	232	538	92	478	2844	130	4242
<i>Pronoctiluca pelagica</i>		25	94	72	32	20	32	30	26	2	8	65	2	8	216		100

		Haifa Bay					Hof Dado			Taninim			Alexander			Yarqon			Soreq			Ashqelon	
	Qishon	HB5	HB4	HB2	HB1		Shallow H4	Deep H1		Shallow H8	Deep H5		Shallow H1	Deep H9		Shallow H1	Deep H14		Shallow H1	Deep H21		Shallow H1	Deep H26
Dinoflagellates																							
<i>Prorocentrum compressum</i>		8		2	6					2			2	10			4			4			
<i>Prorocentrum gracile</i>	889	67	6	4	2	6				12						3						20	54
<i>Prorocentrum mexicanum</i>	17	33			2																		
<i>Prorocentrum micans</i>	4667	325	6			6	2						4					2			8	22	
<i>Prorocentrum minimum</i>	25	150	56	36	12		22	16	10	40	4	25	8	38	576	2773							
<i>Prorocentrum oblongum</i>							2	2					2										
<i>Prorocentrum rotundatum</i>				2	8		2			2	12		4								2	2	
<i>Prorocentrum</i> sp. (26A)				2	2					2			2										
<i>Prorocentrum triestinum</i>		17																					
<i>Protoceratium reticulatum</i>					2					2	10	6		2									
<i>Protoperidinium abei</i>										12							2						
<i>Protoperidinium bipes</i>	17	75	4	4		4	6	4		1120	2	68	4	86							64	8	
<i>Protoperidinium brochii</i>										2													
<i>Protoperidinium claudicans</i>	325																						
<i>Protoperidinium conicum</i>	8					2	2	4				2					2						
<i>Protoperidinium curvipes</i>						4		8															
<i>Protoperidinium depressum</i>	8							14								2	4						
<i>Protoperidinium excentricum</i>	175	8	6			2															2		
<i>Protoperidinium cf. joergensenii</i>	58	92	44	8		176	112	254	56	108	10	55		184	20	16	8						
<i>Protoperidinium oblongum</i>		225																					
<i>Protoperidinium obtusum</i>																						2	
<i>Protoperidinium oviforme</i>				2	2					2				3							4		
<i>Protoperidinium oviforme</i>													6	3									
<i>Protoperidinium solidicorne</i>			4		24	2	2	92	6	18	38	8	46	102	20	8							
<i>Protoperidinium</i> sp. (1201a)																							
<i>Protoperidinium</i> sp. (1242)	25	8	10	20	28	6		8	12	4													
<i>Protoperidinium</i> sp. (1366a)								6							2	2							
<i>Protoperidinium</i> sp. (1807a)						2																	
<i>Protoperidinium</i> sp. (708A)				12	28																		
<i>Protoperidinium</i> sp. (747A)															3								
<i>Protoperidinium</i> sp. (AG134)													6										
<i>Protoperidinium</i> spp. 571k	1717	1083	42	92	42	62	78	92	28	46	8	115	10	26	12	64	20						
<i>Protoperidinium steinii</i>						2				12	4	8		10	4								
<i>Protoperidinium subinermis</i>													4										
<i>Protoperidinium</i> sp. (54)	9333	3033	194	760	26	676	666	4100	122	1756	52	1313		2184	34	900	18						
<i>Pselodinium</i> sp.													2										
<i>Pyrophacus horologium</i>	17	25	2		2	4		14	8	4	2	15	2	24	4	2	10						
<i>Scrippsiella</i> sp.	2000	433	80	78	22	4480	512	632	82	100	28	28	12	40	96	68							
<i>Scrippsiella</i> sp. (329k)	5450									3627													
<i>Scrippsiella spinifera</i>	17		4	2				44				10		4	8	30	2						
<i>Torodinium robustum</i>		8	8	10			2		2	4	4	8	6										
<i>Warnowia</i> spp.		17	10	8																			
Unidentified<15µm	8.4E+05	1.9E+05	8.3E+03	1.2E+04	6.9E+03	1.7E+04	1.0E+04	9.3E+03	5.5E+03	9.6E+03	6.8E+03	3.8E+04	5.0E+03	1.6E+05	6.2E+04	3.6E+04	3.5E+04						
Diatoms																							
<i>Achnanthes</i> spp.	33		64	22	4	22	18	88	40		76	707.5	8	14	2696	2	46						
<i>Actinocyclus canestrus</i>						2						2.5											
<i>Amphora</i> sp. (16µm)	7467	4.4E+04	4.7E+05	5.5E+05	2.3E+06	2.0E+06	6.9E+05	1.2E+06	2.2E+06	4.8E+05	2.4E+05	6.2E+05	7.6E+04	2.2E+05	2.2E+05	1.6E+05	1.4E+05						
<i>Amphora</i> sp. (1998)										12		5											
<i>Amphora</i> sp. (741)	50	58										5										54	
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	2.7E+04	5967	32									48											
<i>Asterolampra marylandica</i>												10										6	
<i>Asteromphalus hookeri</i>				4		18	22	4	8	6	8	18	16	4	6	4	34						
<i>Bacillaria paxillifera</i>		6		14						38				6			16						
<i>Bacteriastrium</i> sp.						28	2					40		8		12	764						
<i>Bellerophon</i> spp.		67		2		4	2	16	4	16		103		48		452	10						
<i>Biddulphia tuomeyi</i>	33																						
<i>Cerataulina bicornis</i>		25																					
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	4967	2533	152					60				60											
<i>Chaetoceros danicus</i>							8					5			28		8						
<i>Chaetoceros didymus</i>												125					32						
<i>Chaetoceros</i> spp.	3.8E+05	8.2E+05	88	24	0	52	942	648	48	164	126	2735	136	28		296	6400						
<i>Climacospheia</i> spp.			4							4						4							
<i>Cochlearisigma falcatum</i>																							

		Haifa Bay					Hof Dado		Taninim		Alexander		Yarqon		Soreq		Ashqelon	
	Qishon	HB5	HB4	HB2	HB1	Shallow H4	Deep H1	Shallow H8	Deep H5	Shallow H1	Deep H9	Shallow H1	Deep H14	Shallow H1	Deep H21	Shallow H2	Deep H26	
Diatoms																		
Coscinodiscus spp.	8	17		4		12	20	2		4	8	11		2			2	
Cyclotella spp.		600	8					8		4		5		8	8		14	
Cylindrotheca closterium				60	427			4.5E+04		1.6E+04	8	5653		4240			6827	
Dactylosolen fragilissimus	17											15				34	1.4E+04	
Diplaneis spp.							2							128				
Entomoneis gigantea	208	133	6											2				
Entomoneis paludosa	8		2											2				
Entomoneis sp. (1622)										32		75					2	
Entomoneis sp. (BS21)	58	67	8	4														
Entomoneis spp.																8		
Guinardia flaccida												10					10	
Guinardia striata		8										75		16		318	420	
Hemiaulus hauckii				4			24		4	6	16	8	36	14	50	150	202	
Hemiaulus membranaceus											12							
Lauderia annulata	42																2	
Leptocylindrus danicus		400									20	130				106		
Licmophora spp.	8		4	2		38	28	78	28	94	2	440	4	42		168	76	
Lithodesmium undulatum	33						2			16		53					14	
Lyrella sp. (750A)														8				
Melosira moniliformis								4				15						
Meuniera membranacea	83	50	8	8				14			20		8	22	28	40	466	
Navicula cancellata														6				
Navicula sp. (1015)														8				
Navicula sp. (1521)	17																8	
Navicula sp. (1530)												20						
Navicula sp. (1590)					2						2		4	4				
Navicula sp. (1891)																4		
Navicula sp. (1987)							2											
Navicula sp. (19A)						4				24								
Navicula sp. (251A)												15	2	14	4	12	8	
Navicula sp. (313)										8		30		4	2	2		
Navicula sp. (320)	183	142	4	6	4	2				4	2	48	4	4		4	8	
Navicula sp. (345A)		8																
Navicula sp. (346A)																4		
Navicula sp. (748A)												5						
Navicula sp. (968)	33	108	4													4	16	
Navicula sp. (12u)		6.2E+05			8.0E+04										2.1E+06	5.8E+04	2.7E+04	
Navicula spp.	8	67		708	8	20	8	188		266	116	905	4	16	2012	56	24	
Nitzschia acicularis			2.6E+04	2			8			2104				4				
Nitzschia longissima				12	4							3						
Nitzschia lorenziana	8	42	16	4						2								
Nitzschia rectilonga						4						8						
Nitzschia sicula var. bicuneata										2								
Nitzschia sp. (244A1)												5		4		16		
Nitzschia sp. (592A)		8								8						8		
Odontella aurita var. minima		250								36		160		8			20	
Odontella mobiliensis	517					2				2		5						
Pleurosigma spp.	33		10	2	2	2		12						7200		6	8	
Proboscia alata					2		20			6	36	8	8	12			260	
Pseudonitzschia spp.	2.3E+06	1.3E+06	7.9E+05	1.1E+04	533		5.2E+04	3.1E+04		7.7E+04		4907	3840	7200			16	
Rhizosolenia calcar-ovis		17		28		24	44		2	4	4	5				2	8	
Rhizosolenia hebetata																1200	280	
Rhizosolenia imbricata							12				40							
Skeletonema costatum	6.1E+04	1.4E+05	250				70				84	20						
Streptotheca tamesis	492	342										5						
Surirella spp.	83	50				2				2								
Thalassionema sp.	44															28	6	
Thalassiosira pseudonana	9.0E+06	6.2E+06																
Thalassiosira sp. (237A)	67	67	8															
Thalassiosira spp.	13669	4967	18		4		8	44	16	12	10	55	8	18	24	48	50	
Taxonidea sp.							4											
Trachyneis aspera						2				2				2				

- ערכי היצרנות הראשונית והכלורופיל הכללי במימי החוף לא היו שונים משמעותית "מעריך הרקע הטבעי" בסביבה זו (2013-2016). באופן דומה, ערך החציון עבור חיידקים הטרוטרופים ומידת האקטיביות שלהם לא חרגו מערכי הרקע. אולם, ערך החציון שנמדד ב-2016 לציאנובקטריות (בעיקר *Synechococcus*) חרג משמעותית מהתנודות הרב שנתיות באיזור זה, ככל הנראה בגלל אירוע השריפה בכרמל שם נמדדו מספר ימים לאחר האירוע ריכוז תאים גדול.
- נראתה באופן יוצא דופן פריחה של אצה צורנית קטנה מהמין *Amphora* sp., בעיקר במים העמוקים במפרץ חיפה, ובתחנות הצפוניות דדו ותנינים. בהתאמה, ביומסת האצות עלתה בכל תחנות המפרץ יחסית לשנה קודמת, ובמים העמוקים של תחנה HB1 הביומסה הגיע לערך מקסימלי הגבוה פי 2 מהממוצע הרב שנתי.
- מגוון המינים – נמצאה ירידה במספר המינים בכל תחנות המפרץ ולאורך החוף. במים העמוקים זו השנה השנייה שבה חלה ירידה במספר המינים. אינדקס השונות - ירד גם הוא בכל התחנות לערך הנמוך ביותר לניטורים עד כה.
- מיקרואצות לאורך החוף – ריכוז התאים עלה יחסית לשנה קודמת בכל התחנות, בעיקר משום עלייה בריכוז הבקטריות הכחוליות הנפוצות לאורך החוף (בהתאמה למדידות ה-flow-cytometer).
- מינים בעלי פוטנציאל טוקסי - בנדיופלגלטים בעלי פוטנציאל ליצירת רעלנים הופיעו בריכוז נמוך יחסית במפרץ חיפה, להוציא המין *Dinophysis rotundata* שהופיע בפתח הקישון בריכוז מכסימלי יחסית לניטורים עד כה.

References:

1. Davidson, K., Gowen, R.J., Harrison, P.J., Fleming, L.E., Hogland, P., Moschonas, G. (2014). Anthropogenic nutrients and harmful algae in coastal waters Journal of Environmental Management, 146, 206–216.
2. Gorl, M., Sauer, J., Baier, Forchhammer, K. (1998). Nitrogen-starvation-induced chlorosis in *Synechococcus* PCC 7942: adaptation to long-term survival. Microbiol. 144, 2449-2458.
3. Johnson, P.W., Sieburth, J.McN. (1979). Chroococcoid cyanobacteria in the sea: a ubiquitous and diverse phototrophic biomass. Limnol. Oceanog. 24: 928-935.
4. Karydis, M., Tsirtsis, G. (1996). Ecological indices: a biometric approach for assessing eutrophication levels in the marine environment. The Science of the Total Environment, 186, 209-219.

5. Krom, M. D., Herut, B., Mantoura, R.F.C. (2004). Nutrient budget for the Eastern Mediterranean: Implications for phosphorus limitation, *Limnol. Oceanog.* 49(5) 1582-1592.
6. Litchman, 2007. Resource Competition and the Ecological Success of Phytoplankton. In: *Evolution of Primary Producers in the Sea*. Falkowski P.G. and Knoll A.H. (eds). Academic Press, Burlington, pp. 351-375.
7. Moutin, T., Thingstad T.F., Wambeke, F.V., Marie, D., Slawyk, G., Raimbault P., Claustre, H. (2002). Does competition for nanomolar phosphate supply explain the predominance of the cyanobacterium *Synechococcus*? *Limnology and Oceanog.* 47(5), 1562–1567.
8. Ninčević-Gladan, Ž., Bužančić, M., Kušpilić, G., Grbec, B., Matijević, S., Skejić, S., Marasović, I., Morović, M. (2015). The response of phytoplankton community to anthropogenic pressure gradient in the coastal waters of the eastern Adriatic Sea. *Ecological Indicators* 56, 106–115.
9. Raven, J. A. (1986). Physiological consequences of extremely small size for autotrophic organisms in the sea. In: Platt, T., Li, W.K.W. [eds.] *Photosynthetic picoplankton*. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 214, 1–70.

פרק 3-אוכלוסיות חי תוך המצע

(מרכזת: ד"ר הדס לובינסקי hadas@ocean.org.il)

הרכב חברות חי הקרקעית (infauna) נבדק ב-4 תחנות במפרץ חיפה (נעמן – 7.5 מ', פרוטארום – 8.8 מ' וקריית חיים בעומק 9.8 מ' לערך, ומול מוצא הקישון בעומק 11 מ') וב-9 תחנות לאורך החוף בין ראש כרמל לזיקים, בעומק מים של כ-8.6-13.7 מ' (חוף דדו, מול הנחלים: תנינים, אלכסנדר, פולג, מוצא קולחי הרצליה, ירקון, שורק, אשדוד ואשקלון). בסה"כ נאספו, מונו ונספרו 21,990 פרטים של חי תוך המצע מתוך 120 טקסות. הטקסה הנפוצים ביותר היו תולעים ממשפחת ה-Spionidae (4,860 פרטים), סרטנאים ממחלקת ה-ostracoda (4,158 פרטים), סרטנאים מסדרת ה-tanaidacea (3,040 פרטים) ותולעים נימיות (נמטודות) (2,182 פרטים).

קרקע חולית מהווה בית גידול הומוגני (בעל נישות אקולוגיות מועטות יחסית) ובעל יציבות ומורכבות נמוכה (גרגרי החול מהווים תשתית הנתונה להשפעת זרמים והפרעות מכניות), דבר המכתיב מגוון מינים נמוך יחסית. ככל שמתרחקים מהחוף ומעמיקים אל הים הפתוח, פוחתת השפעת הגלים על הקרקעית ונוצרים תנאים יציבים יותר. תשתיות חוליות תומכות בקיומם של חברות חיים שונות (על הקרקעית ובין גרגרי החול). הרכב האוכלוסייה של הקרקעית (חי תוך המצע) נקבע על סמך מכלול של תנאים: תנאים פיזיקו-כימיים (הרכב כימי של המים, הרכב סדימנט, גודל גרגר, תכולת חומר אורגני), אינטראקציות ביולוגיות שמעצבות את החברה (תחרות וטריפה, פלישה של מינים חדשים וכו'), וכמובן השפעות אנתרופוגניות (מעשה ידי אדם) שנכפות על המערכת (Elliott & Gray, 2009). בסביבה בעלת תנאים יציבים, אוכלוסיית בעלי החיים הבנטית (חולית) עוברת שינויים קטנים במשך הזמן. שינוי בתנאים הסביבתיים (ממקור טבעי ו/או ממקור אנתרופוגני), עלול לגרום לשינויים בפרמטרים הבסיסיים של חברת בעלי החיים כמו שינוי בהרכב המינים, בשכיחותם, ובביומסה (Pearson and Rosenberg, 1978). מעקב אחר מגוון המינים, מספר הפרטים, ביומסה, יחסים בין טקסונים שונים ועוד מאפשר לאמוד את השינויים המתרחשים בבית הגידול לאורך זמן.

ברוב תחנות הדיגום ההבדלים בין הדגימות החוזרות היה קטן. מסיכום הנתונים עולה כי נמצאו 120 טכסונים. יש לציין כי לא כל הקבוצות הוגדרו לרמת מין בגלל מחסור בטקסונומים מומחים, ולפיכך מגוון המינים עשוי להיות גבוה יותר ממה שמוצג בפרק זה. ישנן 22 משפחות של תולעים רב זיפיות (היוו 31.5% מכלל הפרטים שנספרו), 37 טכסונים של סרטנאים (היוו 53% מכלל הפרטים שנספרו), 47 טכסונים של רכיכות (46 מוגדרים לרמת המין והיוו כ-5.1% מכלל הפרטים שנספרו), ונציגים נוספים ממספר מערכות (קוצי עור, נמטודות ועוד). במרבית תחנות הדיגום ההבדלים בין הדגימות החוזרות היו קטנים.

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

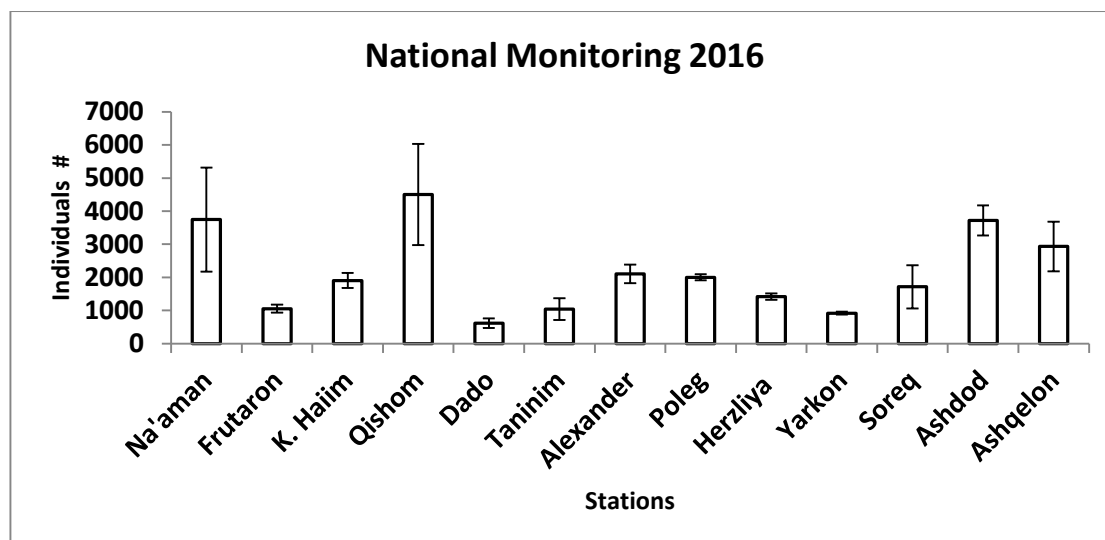
בחיבתן כסמנים אקולוגים להעשרה (כאשר בדרך כלל נמטודות נאספות החל מ- 20 מיקרון). בדיגום הנוכחי, בהשוואה לשנת 2015, מספר הפרטים שנאסף היה קטן פי 4 (21,000 בשנת 2016 לעומת 80,000 בשנת 2015). סרטנאים ממחלקת ה- copepoda, נמטודות ותולעים רב זיפיות ממשפחת ה- spionidea היו כמעט בסדר גודל יותר בשנה שעברה בהשוואה לשנת 2016 (22,000, 16,000, 14,250 לעומת 1991, 4,860, 2,182 פרטים בהתאמה). מידי פעם, אנו עדים להתפרצות של מינים מסויימים בהשוואה לשנים אחרות. מכיוון שאין בחלק מהקבוצות ירידה לרמת המין אין לנו אפשרות לדעת אם מדובר במין אחד או במספר מינים.

הדגימות שנאספו במפרץ חיפה מול נחל הקישון, קרית חיים ובמפעל פרוטרום, היו מן העשירות ביותר במספר הפרטים, כל הנראה כתוצאה מחשיפה לעומס אורגני גדול יחסית. באופן דומה, גם בתחנות אשקלון, הרצליה ואשדוד נמצא עושר רב של בעלי חיים (בדומה מאוד לשנים קודמות).

המשפחה העשירה ביותר במספר הפרטים במערכת התולעים הרבה זיפיות היא ה- spionidae (4,860 פרטים) אשר היוו 70% מסך כל התולעים הרב זיפיות. תולעים ממשפחה זו לרוב מאפיינים בתי גידול לא מופרים, אולם ישנם מינים של תולעים ממשפחה זו אשר משנים את צורת התזונה שלהם (מ- suspension feeders - מסנני עמודת המים ל- deposit feeders אוכלי רקב מהסדימנט) כתלות במצב שבבית הגידול (Dauer et al., 1981). עצם העובדה שאנו לא יורדים בדו"ח זה לרמה של הגדרת המין אין אנו יכולים לומר הרבה על בית הגידול. יתר הפרטים ממערכת התולעים הרב זיפיות (2,070 פרטים) התחלקו בין 21 משפחות נוספות (6% - megalonidae, 4% - orbiniidae, 4% - poecilochaetidae). המשפחות שלרוב היו נפוצות בניטור זה, כמו capitellidae, chaetopteridae ו- syllide הופיעו במספרים נמוכים מאוד השנה (1,143, 1, 82 פרטים בהתאמה). בשנים הראשונות של הניטור נמצאו במפרץ חיפה (בעיקר בתחנת קריית חיים) תולעים ממערכת ה- Phoronida במספרים של למעלה מאלף פרטים, אולם החל משנת 2013, חלה ירידה משמעותית במספר הפרטים של התולעים ממערכת זאת, והשנה נספרו 44 פרטים בלבד.

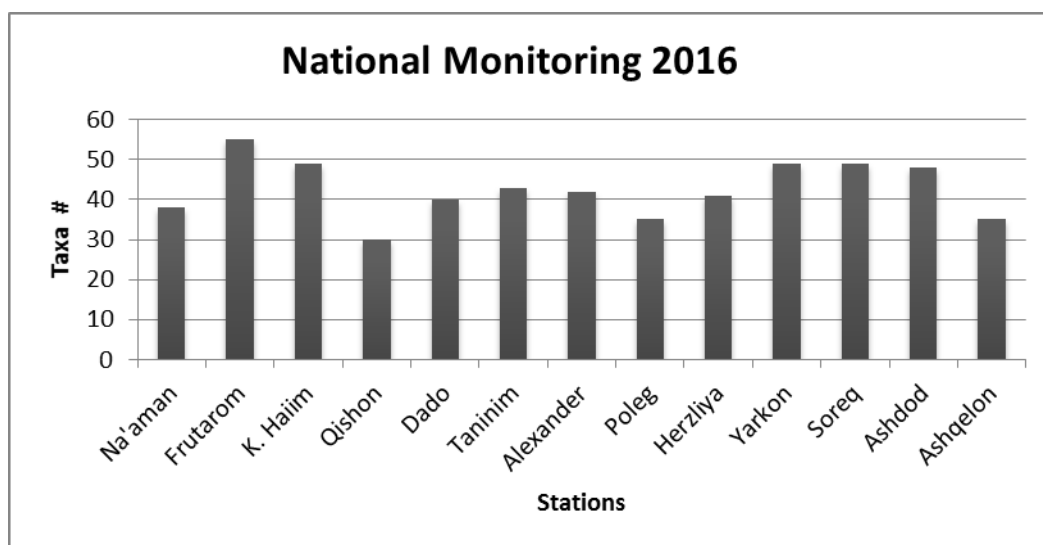
התחנות בהן נמצא המספר הגבוה ביותר של פרטים (**ממוצע** של שלוש דגימות חוזרות בתחנה) הן (בסדר יורד): הרצליה, פרוטרום, אשדוד (1,285, 1,120, 1,066 פרטים בהתאמה). המספרים הנמוכים ביותר נמצאו בתחנת שורק (218). תחנת דדו היתה השנה עשירה יחסית בהשוואה לשאר התחנות כאשר לפני שנה היא היתה התחנה הענייה ביותר. ביתר התחנות נמצאו ערכי ביניים (**איור**

3.1).



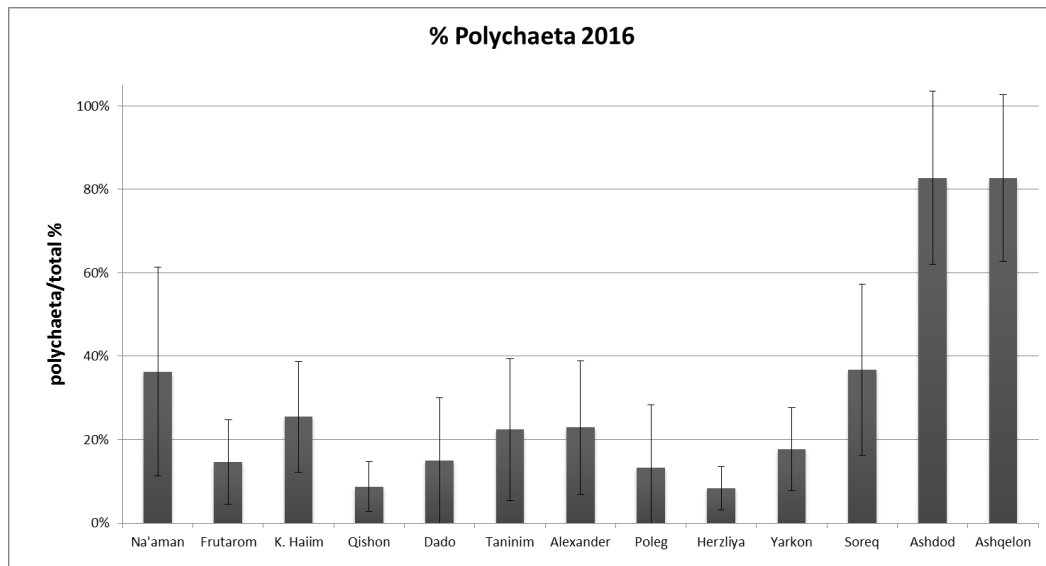
איור 3.1: מספר הפרטים הממוצע בכל תחנה בניטור 2016.

מספר הטקסה הגבוה ביותר נצפה בתחנת פרוטרום (55 טקסה) ובתחנות קרית חיים, שורק, ירקון ואשדוד היו 49 טקסונים בכל אחת מהתחנות. בקישון, מספר הטקסה היה הנמוך ביותר מכל התחנות (30 בלבד לעומת 73 בשנה שעברה) (איור 3.2).



איור 3.2: מספר הטקסה שנמצאו בכל תחנה בניטור 2016.

היחס בין מספר התולעים הרב-זיפיות לבין מספר הפרטים הכולל באתרי הדיגום מוצג ב**איור 3.3**. היחס בין מספר התולעים הרב זיפיות לבין שאר הפרטים שנספרו בכל דגימה היה גבוה בשתי התחנות הדרומיות (אשדוד ואשקלון) למעלה מ- 80% מכלל הפרטים שנאספו בתחנות אלו היו שייכים למערכת התולעים הרבה זיפיות, בעיקר למשפחת ה-spionidae, בתחנות הקישון והרצליה אחוז התולעים מסך כל הפרטים שנספרו היה נמוך מעשרה אחוזים ובשאר החופים שנדגמו היו התולעים בין 15-40 אחוזים בלבד מסך הפרטים שנאספו (איור 3.3).



איור 3.3: היחס בין המספר הממוצע של תולעים רב זיפיות לממוצע הפרטים שנאסף במהלך הדיגום בשנת 2016.

הנתונים נבחנו כדי לייחד קיבוצי חי וזיהוי תחנות שתכולתן הפאוניםטית דומה. שיטות המיון שנבחרו הן אגד היררכיאל (clustering) ופסיקה (ordination). בכל התהליך החישובי, ערכי המשתנים התלויים שנבדקו- מספר הפרטים, הביומסה ומספר המינים- עברו ייחוס (נירמול) של טרנספורמצית שורש ריבועי בשביל לאזן את התרומה של המינים הנפוצים והנדירים (Clarke & Warwick, 2001). קיבוץ היררכיאל של הנתונים נעשה בנתונים שעברו טרנספורמציה של פעמיים שורש מרובע באמצעות מקדם דמיון Bray-Curtis, היעיל לסקירת חברות ימיות בהיותו חסר רגישות לערכים גבוהים (FAO, 1992). Multi Dimensional Scaling - MDS היא השיטה המועדפת בשיטות הפסיקה במחקרים העוסקים בהפרעות סביבתיות, ונבדקת באמצעות התוכנה Plymouth Routine In Multivariate Ecological Research, Primer 7. התוכנה מתבססת על יצירת מטריצה של דמיון בין הדגימות. כאשר ערך דמיון בין שתי דגימות שווה לאפס לא קיים שום מין משותף, וכאשר הוא שווה 100 שתי הדגימות זהות זו לזו. אנליזת מקבץ יוצרת דנדוגרמה המבוססת על מטריצת הדמיון, ומבצעת השוואה בין התחנות השונות בכדי למצוא "קבוצה טבעית" של הדגימות. רמת הדמיון נבחרה בהשוואת המינים בין התחנות השונות, כאשר בכל תחנה נספרו מספר הפרטים. ובנוסף, יצירת טבלה המחשבת את מדדי המגוון השונים של המאספים בתחנות הדיגום.

תוצאות הדיגום:

מאפיינים כללים (הרכב המאסף):

מספר המינים (S) שנאסף בכל התחנות נע בין 30-59 מינים (טבלה 3.1). מספר המינים הגבוה ביותר נמצא בתחנת פרוטרום והנמוך ביותר בתחנת הקישון (בשנת 2015 מס' המינים הגבוה ביותר היה בתחנת הקישון). בתחנות קרית חיים, ירקון, שורק ואשדוד מספר המינים בכל תחנה היה 50, בשאר התחנות לאורך החוף מספר המינים היה בין הערכים 37-47 (טבלה 3.1).

מספר הפרטים החיים (N) שנאסף בכל התחנות היה הטרוגני נע בין 3,855-655 פרטים (טבלה 3.1). בתחנת הרצליה מספר הפרטים היה הגבוה ביותר ובשורק מספר הפרטים היה הנמוך ביותר. בשתי תחנות נוספות (אלכסנדר ודדו) מספר הפרטים היה נמוך מ-1,000 ובתחנות פרוטרום, קישון, אשדוד ואשקלון 1850 פרטים ומעלה (טבלה 3.1).

אינדקס מגוון המינים (d) היה הטרוגני ונע בין 3.85 ל-7.56. ערך אינדקס מגוון המינים הנמוך ביותר התקבל בתחנת קישון והגבוה ביותר בתחנת שורק. שאר התחנות היו מעל הערך 4.75 (טבלה 3.1).

מדד השוויוניות (J') הטרוגני מאוד ונע בין הערכים 0.32 ל-0.75. ככל שהערך המתקבל נמוך- הדבר מעיד על ייצוג לא שווה של המינים השונים וקיומם של מינים דומיננטיים ו/או נדירים ולהיפך. ערכים נמוכים התקבלו בתחנות אשקלון, אשדוד, הרצליה, קישון (>0.4) ובשאר התחנות התקבל ערך הגדול מ-0.6. בתחנות עם הערך הנמוך יש נוכחות משמעותית של טקסות מסוימות וקיים ייצוג לא שווה ביניהן (טבלה 3.1).

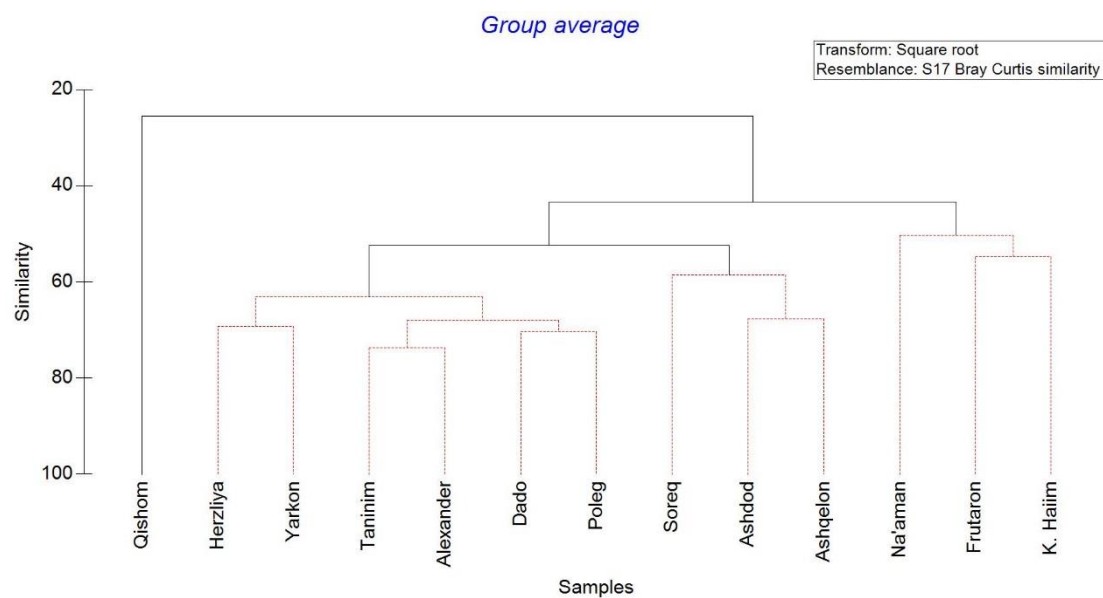
טבלה 3.1: מאפייני החי על המצע בסקר ניטור לאומי 2016. S- מספר המינים. N- מספר הפרטים שנאספו, d- מדד מגוון המינים, J- מדד השיויונות.

	S	N	d	J'
Na'aman	41	917	5.86	0.68
Frutaron	59	3360	7.14	0.60
K. Haiim	50	1099	7.00	0.74
Qishom	30	1852	3.85	0.39
Dado	39	959	5.53	0.68
Taninim	47	883	6.78	0.72
Alexander	41	770	6.02	0.75
Poleg	35	1283	4.75	0.65
Herzliya	42	3855	4.97	0.39
Yarkon	50	1295	6.84	0.60
Soreq	50	655	7.56	0.76
Ashdod	50	3199	6.07	0.33
Ashqelon	37	1859	4.78	0.32

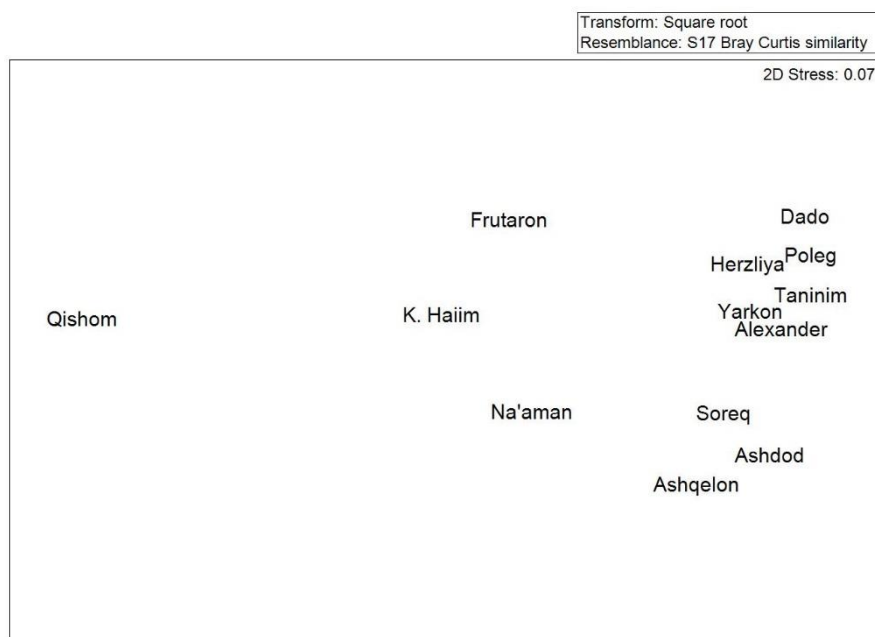
ניתוח רב משתנים:

אנליזת מקבצים בוצעה במספר דרכים- על סכום החזרות/ ממוצע החזרות/ נירמול לאחוזים עם טרנספורמציה או עם סטנדרטיזציה, ובכל ניתוח המגמה שהתקבלה היתה דומה מאוד אחת לשנייה, דבר המעיד על הבדלים קטנים מאוד בין שלושת החזרות בכל תחנה- מעיד על הומוגניות בשטח הדיגום. האיורים שמוצגים בדו"ח זה הם לאחר טרנספורמציה של שורש ריבועי על סכום הפרטים. מעיון באיורים 3.4 ו- 3.5, אנו רואים כי תחנת הקישון נבדלת באופן ברור ומובהק מכל שאר התחנות והיא דומה להן ב- 25% בלבד. בנוסף, התקבלו שני צוברים (עם רמת דמיון של 40%) כאשר צובר אחד כולל את כל שאר התחנות שנבדקו במפרץ חיפה (נעמן, פרוטרום וקרית חיים) והצובר השני, המורכב משני תתי צוברים, מכיל את שאר התחנות, כאשר תת צובר אחד כולל התחנות הדרומיות ביותר (אשקלון, אשדוד ושורק) עם רמת דמיון של 60% ותת הצובר השני את התחנות הנותרות (דדו-ירקון) (עם רמת דמיון של כ- 60%). אחוז הדמיון בין שני הצוברים הוא כ- 40%. ערך ה- stress שנמדד במבחן הפסיקה הוא 0.07 ולכן המטריצה מייצגת את הנתונים בצורה מהימנה. אנליזה דומה מאוד לזו שהתקבלה בניטור זה (2016) התקבלה גם בשנת 2015 (מבחינת פיזור התחנות על המטריצה) על אף ההבדל הבולט במספר הפרטים הכללי בין שתי השנים. תחנת הקישון מאופיינת במספר הנמוך ביותר של מינים בהשוואה ליתר תחנות הדיגום, במדד מינים נמוך ובמדד שיויוניות הנמוך ביותר. כמו כן, הסרטן מהמין *Cristapseudes omercooperi* נמצא כמעט רק בתחנה זו (893 פרטים מתוך 917), סרטנאים ממחלקת ה- copepoda, הנפוצים בכל תחנות הדיגום, נמצאו רק 14 פרטים מהם בתחנת הקישון. שאר תחנות המפרץ, המקובצות יחדיו מכילות פרטים רבים של נמטודות בהשוואה לשאר תחנות הדיגום, בנוסף, הצדפה *Donax semistratus* הידוע כעמיד בפני זיהומים שונים, נפוץ מאוד בתחנות שנדגמו במפרץ חיפה והם אלו הגורמים לתחנות מפרץ חיפה להיות מקובצות יחדיו בצובר נפרד. התחנות הדרומיות (שורק,

אשדוד, אשקלון) הצבורות בתת צובר הנפרד משאר החוף הישראלי מאופיינות במספרים גבוהים של תולעים רב זיפיות מהמשפחות spionodae ו-poecilochaetidae.

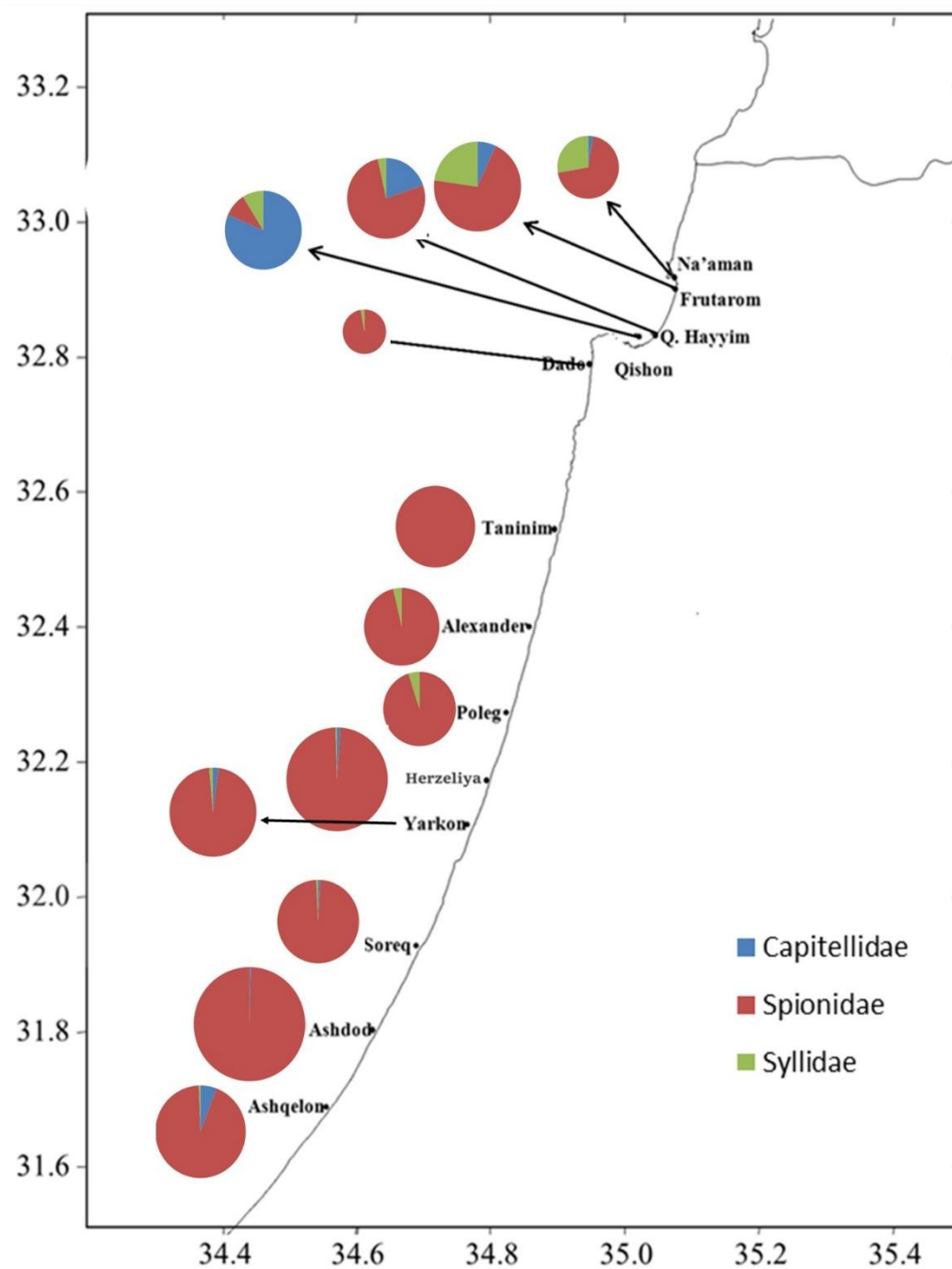


איור 3.4: אנליזה היררכיאלית (clustering) של דגימות חי תוך המצע בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2016.



איור 3.5: אנליזה פסיקה (ordination) של דגימות חי תוך המצע בתחנות הניטור הלאומי, אוגוסט 2016.

מספר התולעים הכולל של שלושת המשפחות ממערכת התולעים הרב זיפיות (Capitellidae, Sillidae, Spionidae) הנפוצות לאורך החוף, כאשר תולעים ממשפחת ה-capitellidae מושפעים מהעשרה בחומר אורגני ובהתאם נפוצים באזורים מופרים בהעשרה בחומר אורגני. תולעים ממשפחת ה-spioniidae אופיינים לרוב באזורים נקיים אך בעלי יכולת של שינוי צורת התזונה במידה ומתרחש זיהום אורגני בבית הגידול (Dauer et al., 1981). איור 3.6 מציג את הגודל היחסי של מספר הפרטים הכולל של התולעים ממשפחות אלה בדיגומי 2016. לפי מדד זה, תחנת הקישון, מועשרת מאוד בחומר אורגני בהשוואה לשאר תחנות המפרץ וליתר תחנות החוף בפרט. ניתן לראות לאורך כל החוף דומיננטיות כמעט מוחלטת של תולעים ממשפחת ה-spioniidae, אולם אין אנו יודעים אם מדובר במין אחד או שניים עיקריים או במגוון רחב מאוד של מינים.



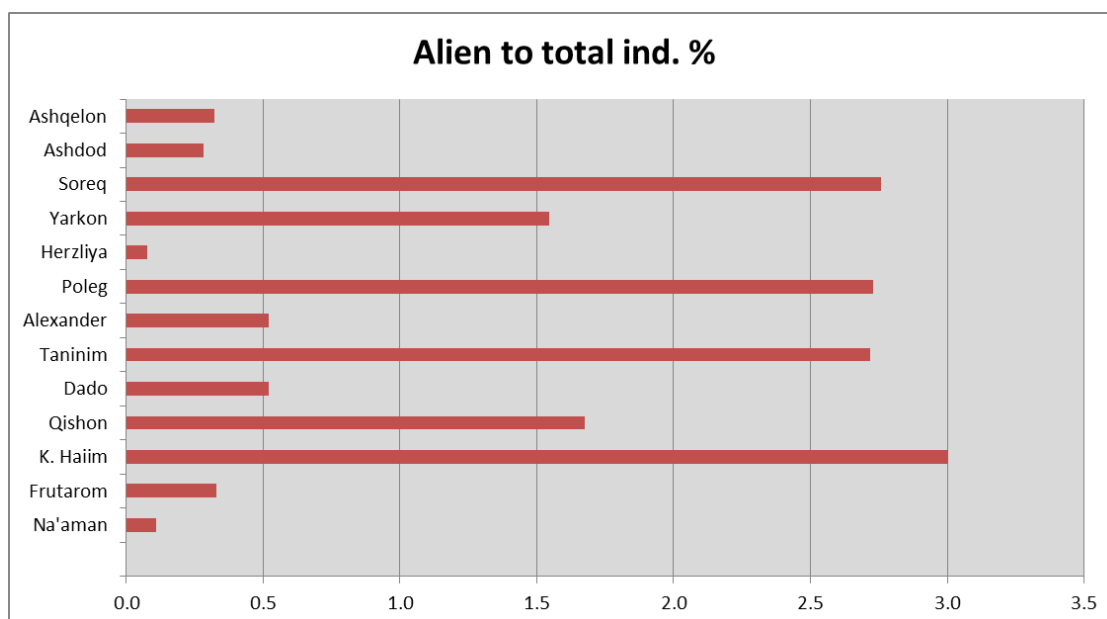
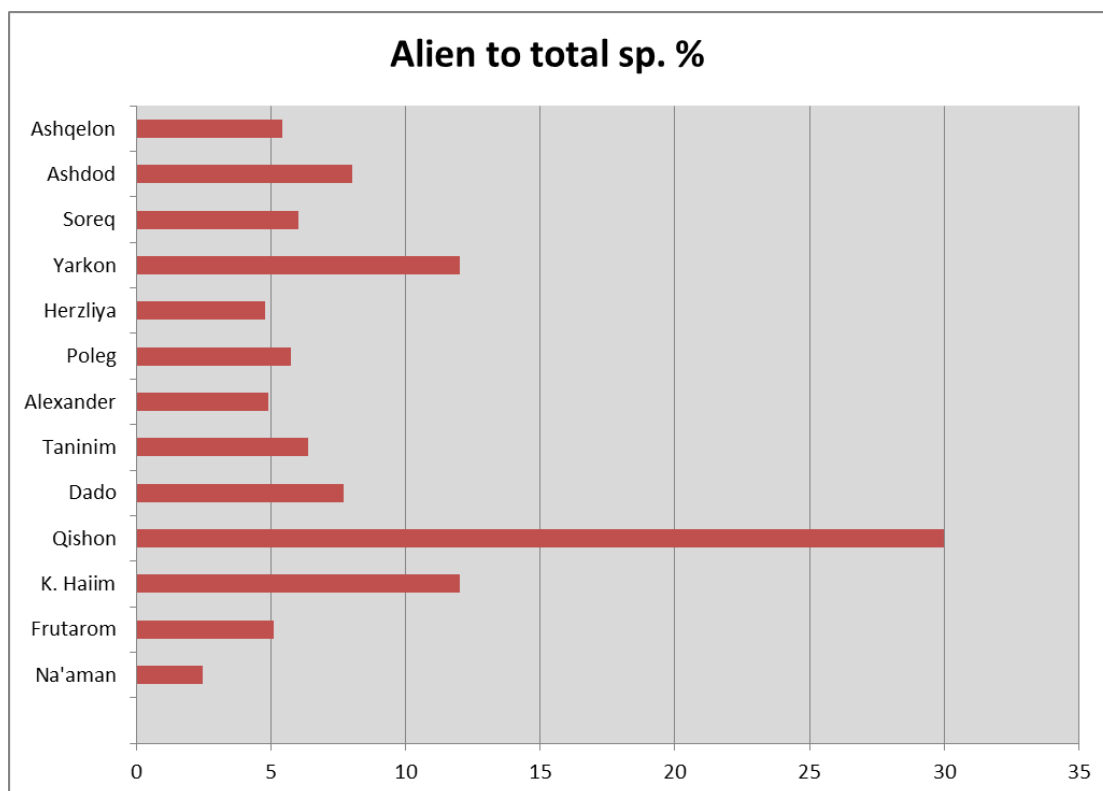
איור 3.6: מספר התולעים הכולל של שלושת המשפחות ממערכת התולעים הרב זיפיות (Capitellidae, Syllidae, Spionidae) בשנת 2016.

מינים מהגרים:

מערכת הרכיכות מוגדרת כולה לרמה של מין (הרמה הטקסונומית הגבוהה ביותר), דבר המאפשר מעקב אחר הגירת מינים באזורי הדיגום השונים. מספר מיני הרכיכות המהגרות בשנת 2016 עמד על 18 מינים שכללו 208 פרטים לעומת 29 מינים מקומיים שכללו 925 פרטים. מידי שנה אנו עדים להופעה של מינים מהגרים נוספים, אך במספרים לא גבוהים. חלק מהמינים המהגרים שנמצאו בשנים קודמות, לא נמצאו בדיגום זה (2016) וההיפך. אנו רואים כניסה מתמשכת של מינים חדשים, אולם לא תמיד הם מצליחים להעמיד אוכלוסיות משגשגות, ולעיתים אנו רואים התפוצצות אוכלוסין כעבור מספר שנים (לדוגמא, מתוך פרויקט אל"א המבוצע במפרץ חיפה: חילזון מהגר מהמין *Finella pupoides* היווה למעלה מ- 65% מכלל הפרטים שנספרו השייכים למערכת הרכיכות מתוך 68 מינים שנאספו).

איור 3.7 מציג את אחוז המינים המהגרים במערכת הרכיכות מסך כל המינים שזוהו/נספרו (בכל המערכות) ואת היחס בין מספר הפרטים המהגרים במערכת הרכיכות לבין סך הפרטים שנאספו ונספרו בכל המאסף.

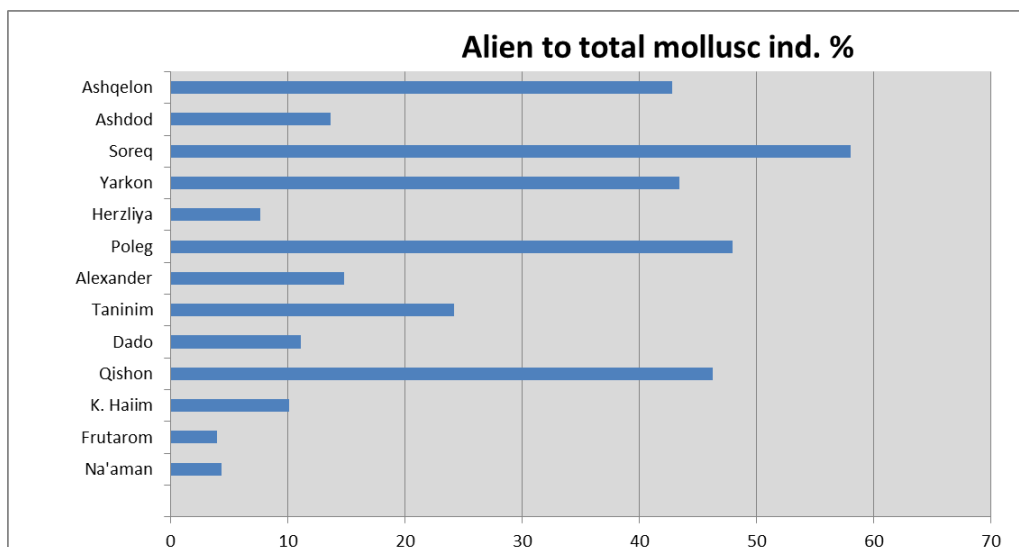
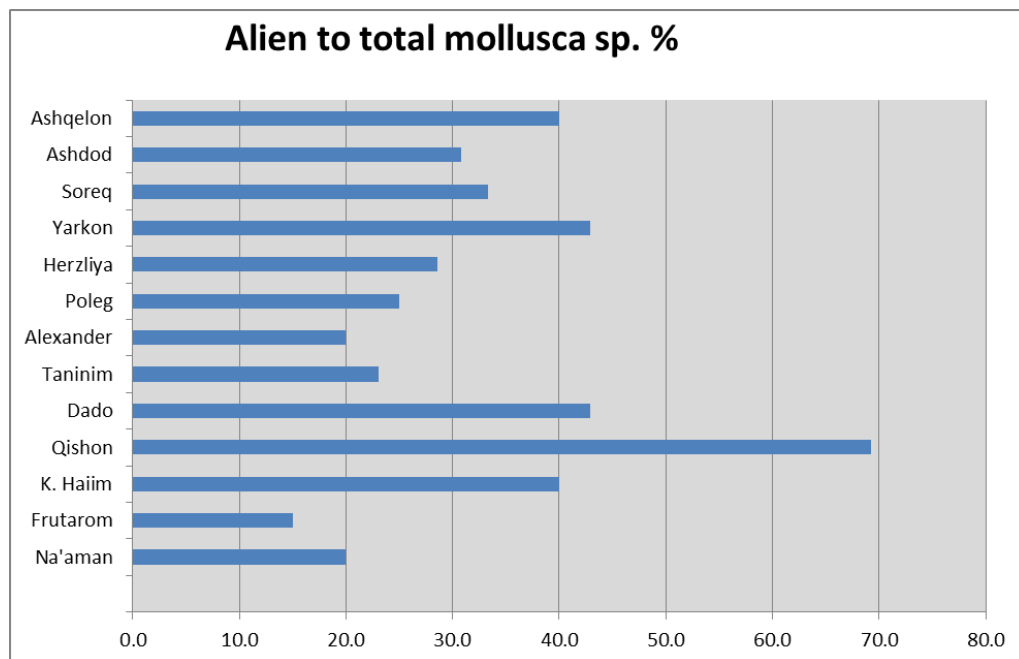
ניתן לראות כי אחוז המינים המהגרים גבוה בהשוואה למספר הפרטים המהגרים (בסדר גודל), דבר המעיד על כך שמבחינה מספרית חלקם היחסי באוכלוסיה קטן. אנו רואים כי בתחנת הקישון יש הרבה יותר מינים מהגרים בהשוואה לשאר תחנות המפרץ ויתר התחנות הפזורות לאורך החוף הישראלי. יתכן ומקור המינים המהגרים הרבים בתחנת הקישון הוא בהגעה של אוניות לנמל. אולם, המינים המהגרים לא נמצאים תמיד ביציבות אקולוגית, לדוגמא, בשנת 2013 היה החילזון *Cerithium scabridum* נפוץ מאוד בתחנת נעמן, אולם בדיגומים של השנתיים האחרונות כמעט ולא נאספו ממנו פרטים, בשנת 2015 היה החילזון *Cerithidium perparvelum* נפוץ מאוד בתחנת הקישון ובדיגום זה לא נמצא אפילו לא פרט אחד. מבחינת מספר הפרטים המהגרים מסך כל האוכלוסיה- אנו לא רואים מגמה קבועה לאורך החופים, אך גם בתחנות היותר עשירות בפרטים מהגרים (קריית חיים, תנינים, פולג, שורק) מספרם היחסי אינו עולה על 3% מסך הפרטים שנאסף ונספר באותה תחנה.



איור 3.7: אחוז המינים המהגרים (פאנל עליון) ומספר הפרטים המהגרים (פאנל תחתון) ממערכת הרכיכות מסך כל המינים/ הפרטים שנמצאו בכל המאסף של חי תוך המצע בניטור 2016.

איור 3.8 מציג את שכיחות (%) מספר הפרטים ומספר המינים של הרכיכות המהגרות מתוך שאר הפרטים והמינים שנספרו במערכת הרכיכות. מבחינת מספר המינים, ניתן לראות כי מינים מהגרים נמצאים לאורך כל חופי הארץ ובכל החופים אחוז המינים המהגרים הוא בין 20-40 אחוזים, כאשר בתחנת הקישון אחוז המינים המהגרים מגיע ל- 70%. בין השנים השונות של הניטור אנו רואים ואריאביליות באחוז המינים המהגרים בתחנות השונות, אך תמיד ישנה נוכחות דומיננטית של

מינים מהגרים. לדוגמא, בשנים קודמות הגיע אחוז המינים המהגרים בתחנת נעמן ל 60% מסך כל מיני הרכיכות ולאורך החופים נעו הערכים בין 25-35 אחוזים. מבחינת מספר הפרטים, ניתן לראות כי בתחנות קישון, פולג, ירקון, שורק ואשקלון ישנם מעל 40% פרטים של מינים מהגרים ובשורק מעל ל- 60%. אולם, מתצפיות של שנים קודמות אנו עדים לכך שאין מדובר בדחיקה של מינים מקומיים, אלא בהתפוצצות אוכלוסין שנתית בלבד (לדוגמא, תחנת נעמן, ניטור 2013, שלמעלה מ- 95% מהפרטים בתחנה זו היו של חילזון מהגר מהמין *Cerithium scabridum*, שבשנת 2015 נספר ממנו רק פרט אחד ובדיגום השנה לא נספר ממנו אפילו לא פרט אחד. אך השנה נספר ממנו בתחנת הנעמן רק פרט אחד). גם בתחנת אשדוד 60% מסך הפרטים שנאספו היו שייכים למינים מהגרים. בשאר התחנות שנבדקו לאורך החוף עמד אחוז הפרטים המהגרים בין 8-20 אחוזים.



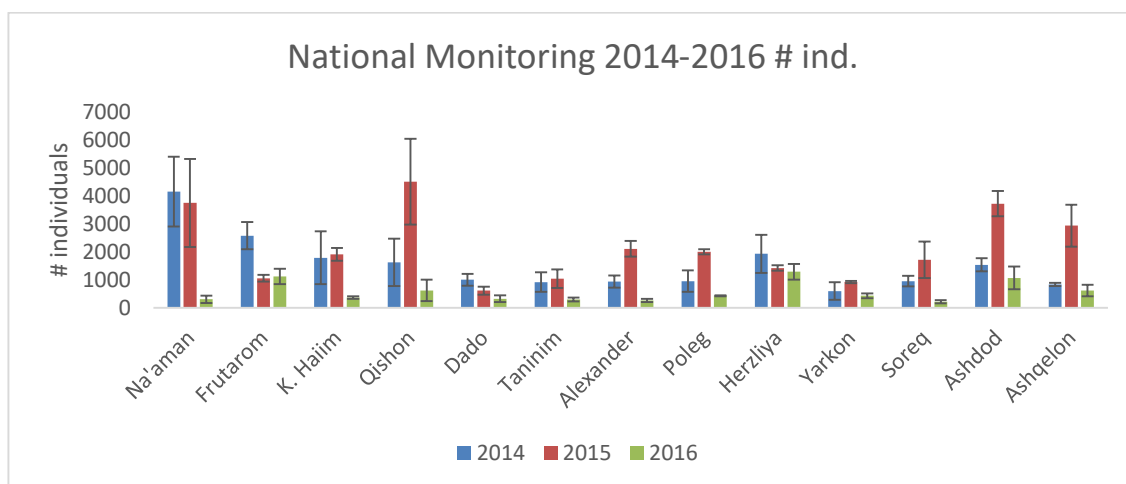
איור 3.8: אחוז המינים המהגרים (פאנל עליון) ומספר הפרטים המהגרים (פאנל תחתון) ממערכת הרכיכות מסך כל המינים/ הפרטים שנמצאו **במערכת הרכיכות** בניטור 2016.

השוואה רב שנתית:

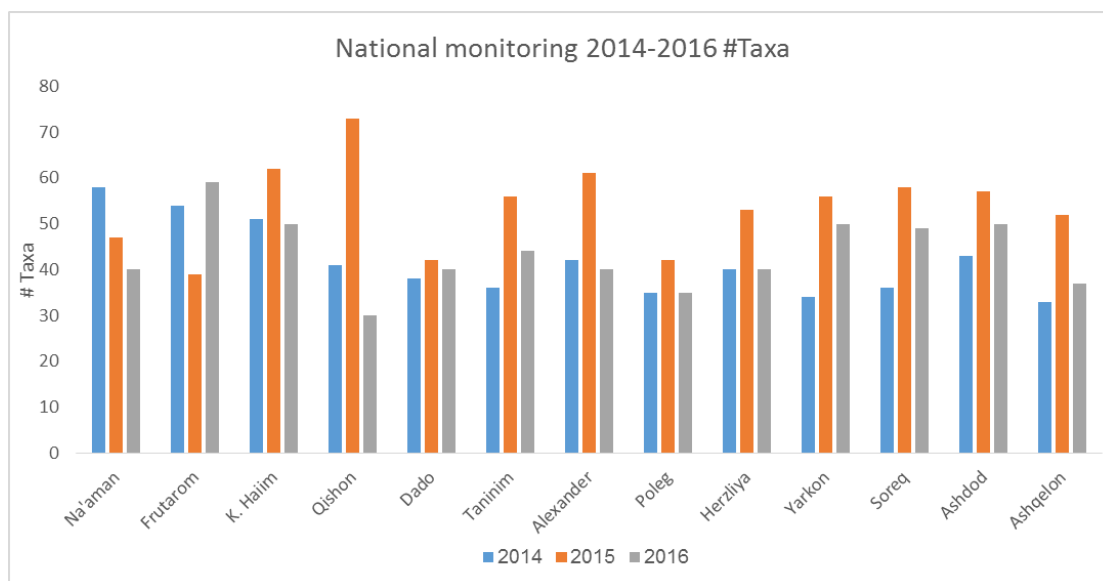
מעקב רב שנתי אחר מיני התוך מצע מראה מגמות משתנות לאורך הזמן: בחלק מהשנים ישנה עליה במספר הפרטים /מספר הטקסה שנאספו ובחלק מהשנים ישנה מגמת ירידה. לעיתים מדובר במינים חדשים שמגיעים ואז נעלמים, לעיתים מינים "מתפרצים" בכמותם כאשר התנאים נוחים להם. באיורים 3.9 ו-3.10 ניתן לראות את השינויים בשלושת השנים האחרונות של הניטור (2014-2016) לאורך השנים מבחינת מספר הפרטים ומבחינת מספר המינים בהתאמה. אנו רואים ירידה משמעותית במספר הפרטים שנאספו בשנת 2016 בהשוואה לשנתיים האחרונות, ומעיון באיור 3.11 המציג בצורת box-plot את כל שנות הדיגום שלמעשה שנת 2016 היתה הענייה ביותר מבחינת מספר הפרטים. מבחינת מספר הטקסה שנת 2016 לא שונה משאר שנות הדיגום. באיור 3.11 ניתן לראות כי קיימת ואריאביליות לאורך השנים מבחינת מספר הטקסה ומבחינת מספר הפרטים, אך נראה גם כי קיימת מגמה של עליה וירידה במספר טקסות לאורך השנים. הנתונים הרב-שנתיים מראים שינויים במרחב ובזמן כלהלן:

במפרץ חיפה נמצא עושר טקסות רב (40-50) ביחס לתחנות לאורך החוף (30-40), הן בחלקו הצפוני והן הדרומי. בשנתיים האחרונות נמצאה עליה במספר הטקסות לאורך החוף המתקרבים לערכים הנמדדים במפרץ חיפה. מגמה זו, אם תמשך, מלמדת על שינוי משמעותי בחברת תוך המצע לאורך החופים.

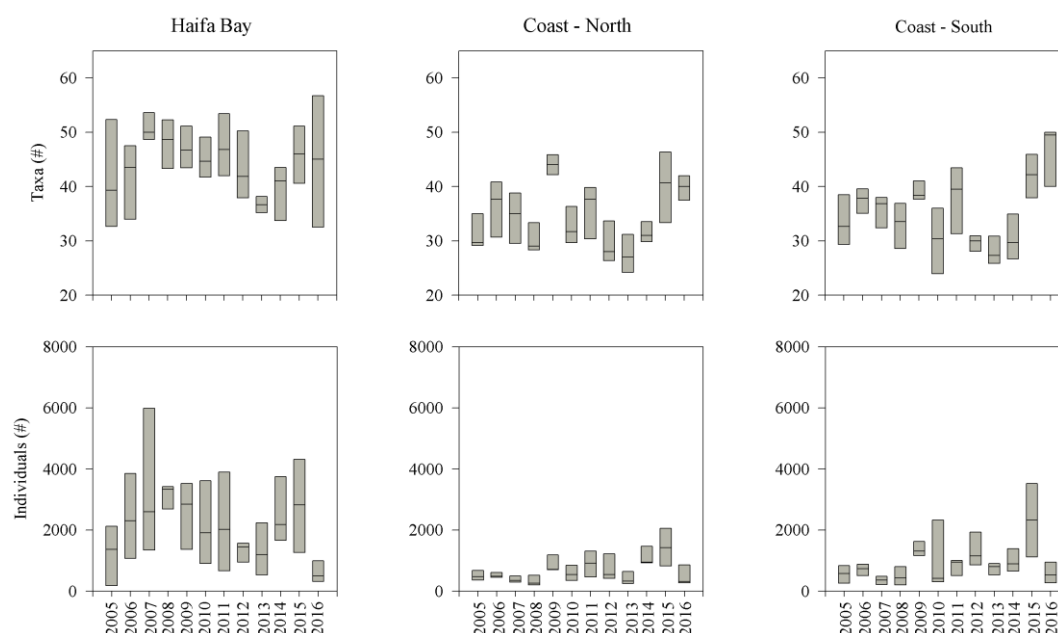
כמו כן, נמצאו מגמות רב-שנתיות אחידות במספר הטקסות בכל האתרים, שככל הנראה קשורות לשינויים סביבתיים איזוריים במרחב הימי של ישראל (איור 3.11).



איור 3.9: ממוצע מספר הפרטים שנאספו בתחנות הניטור הלאומי בשנים 2014-2016 בתחנות השונות.



איור 3.10: סך כל מספר המינים שנאספו בתחנות הניטור הלאומי בשנים 2014-2016 לפי התחנות השונות.



איור 3.11: התפלגות מספר הפרטים (פאנל תחתון) ומספר הטקסה (פאנל עליון) בכל שנות הדיגום לפי איזורים לאורך החוף.

סיכום:

- בדיגום הנוכחי (2016) נאספו 21,990 פרטים מתוך 120 טקסה שונים. מספר הפרטים שנאסף נמוך בהשוואה לשנים קודמות, אולם התמונה הכללית המתקבלת מהניטור דומה לתוצאות של השנים הקודמות.
- במפרץ חיפה נמצא עושר טקסות רב (40-50) ביחס לתחנות לאורך החוף (30-40), הן בחלקו הצפוני והן הדרומי. בשנתיים האחרונות נמצאה עליה במספר הטקסות לאורך החוף

המתקרבים לערכים הנמדדים במפרץ חיפה. מגמה זו, אם תמשך, מלמדת על שינוי משמעותי בחברת תוך המצע לאורך החופים.

- ניתוח רב משתנים של הרכב אוכלוסיות חי תוך המצע מראה כי מוצא נחל הקישון נבדל משאר התחנות שנדגמו, כולל יתר התחנות ממפרץ חיפה. באופן דומה, תחנות מפרץ חיפה נבדלו משמעותי משאר תחנות הדיגום לאורך חוף.
- תולעים ממשפחת capitellidae ו-syllidae הופיעו במספרים נמוכים בהשוואה לדיגומים משנים שעברו.
- כשליש ממיני בע"ח במערכת הרכיכות שזוהו ונספרו בסקר זה הינם מינים מהגרים (18 מינים מתוך 47 מינים).
- תחנת הקישון עשירה במספר רב של מינים מהגרים, בעיקר חלזונות.

רשימת ספרות:

- Clarke, K. R., and R. M. Warwick 2001 Change in marine communities: An approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. Plymouth: Plymouth marine laboratory, Natural environment research council. 172pp.
- Cranston, P.S. (1990). Biomonitoring and invertebrate taxonomy. Environmental Monitoring and Assessment, vol. 14- 265-273.
- Dauer, D.M., Maybury, C.A. and Ewing, M. (1981). Feeding behavior and generaecology of several spionid polychaetes from the Chesapeake Bay. J. exp. mar. Biol. Ecol., 1981, Vol. 54: 21-38.
- Gray, J.S. and Elliot, M. (2009). Ecology of marine sediment: from science to management. Oxford. Second edition.
- Pearson, T.H. and Rosenberg, R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 16:229-311.
- Lenat, D. and Resh, V.H. (2001). Taxonomy and stream ecology-The benefits of genus- and species-level identifications. J. N. Am. Benthol. Soc. Vol.20(2):287-298.
- Rainbow, P.S. (1995). Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. Mar. Pol. Bul. Vol. 31: 183-192.
- Resh, V. H. and Unzicker, J. D. (1975). Water quality monitoring and aquatic organisms: the importance of species identifications. J. of the Water Pollution Control Federation 475-19.
- Samir, A.M. (2000). The response of benthic foraminifera and ostracods to various pollution sources: A study from two lagoons in Egypt. J. Foram. Research. 30: 83-98.

פרק 4 - אוכלוסיות חי על המצע (מרכז: ד"ר ניר שטרן nirstern@ocean.org.il)

פרק זה מציג נתוני ניטור לדגימות חי על המצע אל מול חופי אשדוד בחתכי עומק קרקעית של 20, 40, 60, ו-80 מ'. אתר אשדוד נבחר בשל נתוני הרקע הקיימים עבור החתכים הרדודים (40 מ') מנתוני ניטור (אכיפתי) היסטוריים בתחנות הביקורת של אתר שפד"ן ואתרים נוספים, כמו גם בזכות נתוני מחקר מקדים. ניטור החי על המצע במתכונת זו החל בסתיו 2014 וכלל מאז שני דיגומים שנתיים בעומקים השונים ביום ובלילה, בסתיו-תחילת החורף ובאביב-תחילת הקיץ. במסגרת הניטור נבחן הרכב חברת החי, הכולל מגוון רחב של מיני דגים וחסרי חוליות, ע"י שימוש בספינת דיג מסחרית הגוררת רשת מכמורת על הקרקעית. שלל הדיג הועבר לבדיקה במכון לחקר ימים ואגמים, הוגדר טקסונומית, נמדד ונשקל והוזן למאגר הנתונים הכולל. עיקר האנליזות הסטטיסטיות שבוצעו הם השוואת עומק הקרקעית וזמן הדיגום (שנה, עונה, יום/לילה) לעושר המינים, השיוך הטקסונומי ומוצאם (מין מקומי/פולש).

מבוא כללי, אגן הלבנט

קצהו הדרום-מזרחי של הים תיכון, קרי אגן הלבנט, נחשב לחלקו העתיק ביותר והוא מאופיין בעומקי קרקעית של מעל 2000 מטרים, עם עומק מקסימלי של 5,093 מטרים בים האיוני (Por, 1989). בנוסף, אגן הלבנט מאופיין במדדי טמפרטורה ומליחות גבוהים בהשוואה לאגן המערבי, עם טווח טמפרטורה של 17°C בחורף ועד למעל 30°C בקיץ, וגרדיאנט מליחות הנע בין 3.7%-3.9%. לפיכך, האגן נחשב לגוף מים אולטרה-אוליגוטרופי (עני בחומרי הזנה, נוטריאנטים), עם רמת יצרנות נמוכה מאוד, בעיקר הודות למשטר הזרמים אנטי-אסטוריאני המסיע מי שטח עניים בנוטריאנטים מהאוקיינוס האטלנטי מזרחה (Powley *et al*, 2014). כמות משקעים נמוכה, זרימה מעטה של מי נחלים עשירים בנוטריינטים, העדר תופעת עליית מי עומק (upwelling) ומדף יבשת יחסית צר, תורמים גם הם לאוליגוטרופיות המערכת.

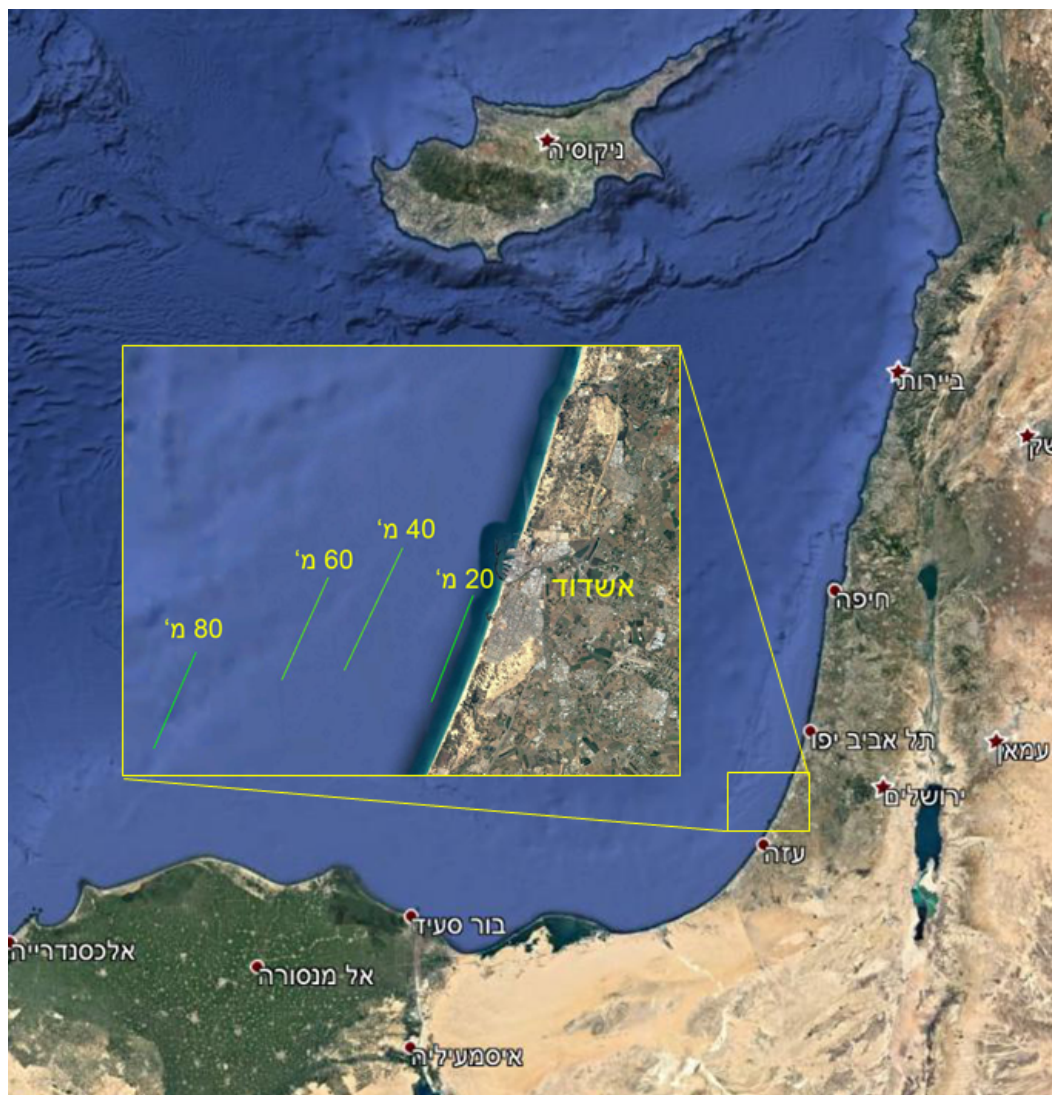
לישראל מדף יבשת באורך של 180 ק"מ ורוחב של 60 ק"מ בחלקו הדרומי ועד ל-26 ק"מ בחלקו הצפוני (Sandler & Herut, 2000). עמודת המים מעורבת בעונת החורף (דצמבר-מרץ) עד לעומק של כ-120-130 מטרים, אך בקיץ הערבוב מוגבל לעומק של 25 מטרים בלבד (Herut *et al*, 2000). תנאים מקומיים אלו הפכו את האזור לפחות מתאים למיני בעלי החיים הילידים, אשר מוצאם אטלנטי ממוזג, והוא מהווה מעין קצה גבול אקולוגי של בית גידול עבורם (Por, 1989; Galil, 2008). כתוצאה מכך, אזור אגן הלבנט הינו נוח יותר לחדירה של מינים חדשים בעלי יכולת אדפטיבית גבוהה (Boudouresque, 2004).

ואכן, לא קיים אזור ימי ברחבי העולם שהושפע משינויים מעשה ידי אדם יותר מאשר מזרח ים תיכון. העיקרי שבהם, הוא חפירת תעלת סואץ אשר הביאה לפלישה הביולוגית הידועה הגדולה בעולם (Galil, 2017). נכון להיום, כ-300 מינים רב-תאיים פלשו לים סוף דרך התעלה, וביניהם קרוב למאה מיני דגים (Galil, 2012; Galil & Goren, 2013). חלק ניכר מן המינים הפולשים אף ביסס אוכלוסיות גדולות ומשגשגות ברחבי הלבנט, אשר השפעותיהן נחקרות רבות. לצערנו, לא ניתן לחזות את התוצאה הסופית של ההגירה אך נראה שקצב הפלישה לים תיכון אינו פוסק ועלול אף להתגבר נוכח פעולות הרחבת התעלה האחרונות (Galil *et al*, 2015).

דיגום חי על המצע

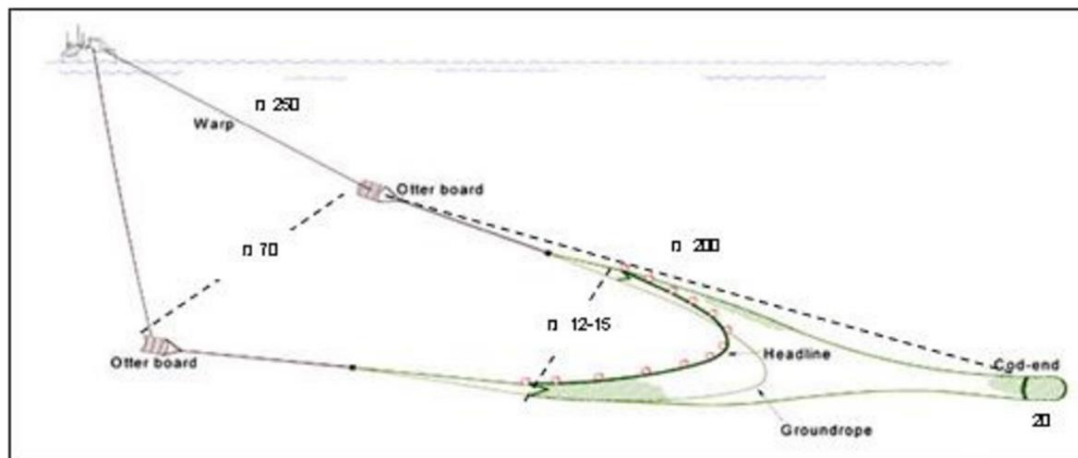
הניטור התמקד באזור החוף הדרומי של ישראל, מול נמל אשדוד, הנמל הגדול בישראל. שתי תקופות הדיגום שנבחרו הן עם תחילת התחממות המים בעונת האביב-תחילת הקיץ (מאי-יוני), ועם תחילת התקררות המים בעונת הסתיו-תחילת החורף (אוקטובר-דצמבר). בחירה זו נעשתה מתוך שיקולים של ניטור בזמן עונת הרבייה (באביב) ובזמן עונת גיוס הצעירים לשלל דיג המכמורת (סתיו) (Stern, 2016).

מיקום הדיגום נקבע באמצעות שימוש בנקודות GPS קבועות על מנת לחזור ולנטר את בדיוק אותו השטח (איור 4.1). קרקעית הים באזור המחקר שטוחה אך הרכב הסדימנט משתנה בין העומקים השונים. ע"פ (Galil & Lewinsohn, 1981), קרקעית הים בחגורת העומק של ה-20 מטרים באזור המחקר מורכבת בעיקר מחול, אשר כמותו הולכת ופוחתת עם העלייה בעומק, במקביל לעלייה של הטיין. מעומק 60 מטרים הסדימנט מורכב בעיקר מטיין וחרסית, כך שהקרקע בוצית וקשה יותר (Nir, 1984).



איור 4.1: אזור הדיגום וקווי גרירת רשתות הדיג, לפי עומקי הקרקעית השונים.

דגימות חי על המצע נאספו בעזרת רשת מכמורת (Bottom trawler). כל הדגימות נאספו בצורה קבועה, ע"פ פרוטוקול הדיג הנהוג בספינה. מפתח רשת המכמורת היה 12 מטרים וגובהה כ-1.2 מטרים. המכמורת מצוידת בשני חבלי טיאטוא (sweep lines) המביאים את מפתח הרשת ואת הרוחב האפקטיבי הנדגם לכ-70 מטרים. גודל עין הרשת בקצה הרחוק שלה הוא 42 מ"מ. המרחק של מרחב הדיגום מן הספינה הוא כ-500 מטר והוא משתנה במקצת עם עליית עומק הדיגום (איור 4.2). הכבלים הנגררים מרחיפים חול ומבריחים את הדגים אל פתח הרשת וכתוצאה מתנועת כלי השיט והרשת נדחקים הדגים אל קצהו הסגור של הרשת. העומקים הנבדקים היו 20, 40, 60 ו-80 מטרים (איור 4.1). בכל עומק שנבחר בוצעו שתי רפליקטים (שתי גרירות רשת), כאשר כל גרירה נמשכה שעה וחצי (לא כולל זמן הורדתה למים והעלתה) במהירות ממוצעת של שלושה קשרים (5 קמ"ש).



איור 4.2: איור סכמטי של רשת המכמורת בעת גרירה על גבי הקרקע.

השלל שנתפס ברשת הועבר לסיפון למיון ראשוני לרמה הטקסונומית האפשרית בהתאם לתנאי ההפלגה, נארו בארגזים מסומנים, ונשמר בקירור עד החזרה אל הנמל. בסוף ההפלגה הובלו הארגזים אל המכון לחקר ימים ואגמים והושמו בחדר קור של 4°C . כל האורגניזמים שנתפסו הוגדרו לרמה הטקסונומית הנמוכה ביותר ככל שניתן על ידי מומחים. מקבוצות הסרטנים והדגים נמדדו, ביחידות של מ"מ, ונשקלו ברמת דיוק של 0.1 גרם, 100 פרטים ראשוניים מכל מין והשאר נספרו ונשקלו יחד ללא מדידות אורך. בשאר הקבוצות הטקסונומיות, כגון קווצי העור והרכיכות, הפרטים נספרו ונשקלו בלבד ולא בוצעו מדידות אורך (איור 4.3). בנוסף, מספר פרטים מייצגים מכלל הקבוצות הטקסונומיות, ומינים נדירים אשר לא ניתן להגדירם, נמסרו לבדיקה מולקולרית ע"פ הפרוטוקול המפורט בפרק 6.



איור 4.3: דיגום החיות על הספינה, שלבי המיון וההגדרה, והמדידה במכון לחקר ימים ואגמים.

על מנת לאפיין את החי שהתקבל בגרירות השונות, ולבחון את הקשר בין המינים שנאספו לבין שאר המשתנים (עומק, עונה, יום/לילה), בוצעו אנליזות סטטיסטיות באמצעות תוכנת Primer, v.7. תוכנה זו מאפשרת ביצוע אנליזות מקבצים (cluster analysis), אנליזות גורמים ראשוניים (Principal component analysis- PCA), וסילום רב מימדי (Non- metric multidimensional scaling, nMDS). התוכנה מתבססת על יצירת מטריצה של דמיון בין הדגימות. כאשר ערך דמיון בין שתי דגימות שווה לאפס לא קיים שום מין משותף, וכאשר הוא שווה 100 שתי הדגימות זהות זו לזו. בכל התהליך החישובי, ערכי המשתנים התלויים שנבדקו- מספר הפרטים, הביומסה ומספר המינים- עברו ייחוס (נירמול) של טרנספורמצית שורש ריבועי בכדי לאזן את התרומה של המינים הנפוצים והנדירים (Clarke & Warwick, 2001). אנליזות מקבץ יוצרת דנדוגרמה המבוססת על מטריצת הדמיון, ומבצעת השוואה בין העומקים השונים בכדי למצוא "קבוצה טבעית" של הדגימות. רמת הדמיון נבחרה בהשוואת המינים בין העומקים השונים, כאשר בכל רשת מספר

הפרטים. שונות חברת החי בפרמטרים של מרחב וזמן הוצגו בסקלה דו-מימדית באמצעות אורדינציית MDS. המטרה של האורדינצייה היא לבנות "מפה" של דגימות בהתאם למטריקס הדומה/שונה (Clarke & Warwick, 2001). עם זאת, אורדינציית MDS יכולה במקרים רבים לטעות בפרשנות שלה. בשימוש בסקלת ערך החשיבות: ערך החשיבות $(stress) < 0.05$ נותן ייצוג מעולה בלי שום אפשרות לפרשנות מוטעית, $0.1 < (stress)$ מספק אורדינצייה טובה, ככל הנראה ללא פרשנות מוטעית, $0.2 < (stress)$ עדיין מספק תמונה דו-מימדית יעילה למרות שרצוי לבצע בדיקה חוזרת, למשל ע"י שימוש באנליזת מקבץ.

לבסוף, במקרים בהם נצפו הבדלים מובהקים בין הקבוצות הנבדקות, בוצעה אנליזת ההמשך SIMPER (Similarity Percentage), אשר מדרגת ומכמתת את התרומה היחסית של המינים האחרים על ההבדלים בין הקבוצות הנבדקות. בנוסף לתכנת ה-Primer, נעשה שימוש בתכנת הסטטיסטיקה SPSS v.20 על מנת לייצר גרפים ומבחנים סטטיסטיים משלימים. הפרמטרים שנבחרו להשוואה הם שנת הדיגום, עומק הקרקעית, עונת הדיגום, וזמן גרירת הרשת (דיגום יום מול לילה). שלושת המשתנים הבסיסיים שנבחרו להשוואה הם מספר המינים (S), מספר הפרטים (N) והביומסה הכללית (TW). כל אחד מהמשתנים הנ"ל חושבו כממוצע לגרירת רשת אחת, בצירוף סטיית התקן הנלווית. בנוסף, חושב היחס בין קבוצות החי השונות, ויחס המינים המקומיים ומינים הפולשים בכל אחד מהפרמטרים לעיל. על מנת לבחור את המבחן הסטטיסטי הנכון, נערכו בדיקות מקדימות לבדיקת התפלגות נורמלית של תתי הנתונים דרך מבחן Shapiro-Wilk.

תוצאות כלליות

בשקלול כלל הדיגום של שנת 2016, נדגמו 163 מינים השייכים לחמש קבוצות חי שונות – צורבניים (4 מינים), קווצי עור (8 מינים), רכיכות (21 מינים), סרטנים (22 מינים) ודגים (107 מינים). מלבד שני מיני צורבניים, חמישה מינים של קווצי עור, שני מיני רכיכות, חמישה מיני סרטנים ומין של דג אחד אשר הוגדרו רק עד רמת הסוג, שאר השלל הוגדר עד רמת המין (90.8% מכלל המינים). 15 מינים נדגמו לראשונה בשנת 2016, כאשר מתוכם שישה הם מינים מקומיים, ארבעה הם מינים פולשים ממוצא ים-סופי וחמישה זוהו רק עד רמת הסוג, לכן לא ניתן היה להעריך את מוצאם. חשוב לציין, כי מרבית התצפיות החדשות לשנה זו אינן מציינות תיעוד ביוגיאוגרפי חדש, אלא שיפור יכולות הזיהוי הטקסונומיות, כמו לדוגמא בסרדין הפולש *Sardinella gibbosa* (Stern et al, 2015).

יוצא דופן, הינו התיעוד הראשון של דג פולש ממוצא ים סופי-אינדו-פסיפי, החלילון האדום *Fistularia petimba*, מדיגום הסתיי-תחילת החורף של 2016 (Stern et al, 2018). מצאי המינים שנדגמו בשלושת שנות הניטור, לפי חלוקתם הטקסונומית מפורט בטבלה 4.1. בניית רב משתנים אשר בוחן את מספר הפרטים של הרכב חברת החי על המצע לא נצפו הבדלים מובהקים בין שלושת שנות הדיגום (ANOSIM, $R=0.068$).

טבלה 4.1 רשימת מיני חי על המצע ומספר הפרטים מכל מין שנאספו בסקר ניטור לאומי (בין העומקים 20-80 מטרים). המינים המהגרים מסומנים בכוכבית. N = מספר הדגימות

Taxa	Species	Year		
		2014 (N=16)	2015 (N=28)	2016 (N=26)
Cnidaria	<i>Alcyonium sp.</i>	10	91	-
	<i>Pennatula rubra</i>	68	899	438
	<i>Pennatula sp.</i>	-	-	3
	<i>Pteroeides spinosum</i>	-	10	-
Mollusca	<i>Acanthocardia deshayesii</i>	-	1	-
	<i>Acanthocardia echinata</i>	-	3	-
	<i>Aequipecten opercularis</i>	-	48	-
	<i>Aporrhais pespelecani</i>	-	43	68
	<i>Conomurex persicus</i>	3	3	79
	<i>Eledone moschata</i>	14	6	-
	<i>Galeodea echinophora</i>	-	4	1
	<i>Gastropoda sp.</i>	1	-	-
	<i>Hexaplex trunculus</i>	-	1	1
	<i>Illex coindetii</i>	6	6	-
	<i>Loligo vulgaris</i>	5511	1888	2778
	<i>Murex forskoehlII *</i>	1	5	7
	<i>Naticarius stercusmuscarum</i>	-	1	-
	<i>Octopus salutii</i>	97	3	3
	<i>Octopus sp.</i>	3	2	1
	<i>Octopus vulgaris</i>	1	119	56
	<i>Pinna nobilis</i>	-	1	-
	<i>Pleurobranchaea meckeli</i>	-	2	-
	<i>Pleurobranchus forskalii</i>	-	1	-
	<i>Sepia officinalis</i>	11	112	95
	<i>Sepioteuthis lessoniana *</i>	-	1	-
Crustacea	<i>Aegaeon cataphractus</i>	25	381	167
	<i>Arcania sp.</i>	-	-	1
	<i>Calappa granulata</i>	-	1	-
	<i>Charybdis hellerii</i>	-	-	5
	<i>Charybdis longicollis *</i>	172	26582	5457
	<i>Erugosquilla massavensis *</i>	-	30	92
	<i>Hermit crab</i>	-	2	-
	<i>Inachidae sp.</i>	-	7	-
	<i>Ixa monodi *</i>	-	-	3
	<i>Macropodia sp.</i>	-	1	-
	<i>Marsupenaeus japonicus *</i>	1658	261	251
	<i>Medorippe lanata</i>	-	70	60
	<i>Metapenaeopsis aegyptia *</i>	24	37	548

	<i>Metapenaeus monoceros</i> *	3	-	37
	<i>Myra subgranulata</i> *	1	19	19
	<i>Nikoides sibogae</i> *	-	12	1
	<i>Pagurus prideaux</i>	-	50	-
	<i>Parapenaeus longirostris</i>	3561	19514	15266
	<i>Pisa</i> sp.	-	-	1
	<i>Portunus segnis</i> *	83	639	383
	<i>Scyllarus pygmaeus</i>	-	2	-
	<i>Squilla mantis</i>	3	12	4
Echinodermata	<i>Antedon mediterranea</i>	-	4	41
	<i>Asteroidea</i> sp.	-	14	14
	<i>Astropecten bispinosus</i>	1	2	3
	<i>Astropecten</i> sp.	-	-	4
	<i>Echinoidea</i> sp.	-	6	49
	<i>Luidia</i> sp.	-	-	6
	<i>Ophiurid</i> sp.	1	5	26
	<i>Stylocidaris lineata</i>	3	-	-
Fish	<i>Alectis alexandrina</i>	1	-	-
	<i>Alepes djedaba</i> *	1	-	2
	<i>Apogonichthyoides pharaonis</i> *	2	5	1
	<i>Argyrosomus regius</i>	-	-	1
	<i>Ariosoma balearicum</i>	4	-	6
	<i>Arnoglossus</i> sp.	5	12	33
	<i>Balistes capriscus</i>	8	8	12
	<i>Blennius ocellaris</i>	2	10	2
	<i>Boops boops</i>	84	1847	359
	<i>Bothus podas</i>	38	273	46
	<i>Bregmaceros atlanticus</i>	24	2	16
	<i>Buglossidium luteum</i>	2	55	35
	<i>Callionymus filamentosus</i> *	1932	3534	363
	<i>Capros aper</i>	-	1	-
	<i>Carangidae</i> sp.	-	4	-
	<i>Caranx crysos</i>	1	8	3
	<i>Carcharhinus plumbeus</i>	-	-	1
	<i>Champsodon nudivittis</i> *	-	2	150
	<i>Cheilodipterus novemstriatus</i> *	-	-	6
	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	-	8	39
	<i>Citharus linguatula</i>	86	411	304
	<i>Conger conger</i>	-	18	2
	<i>Cynoglossus sinupearabici</i> *	3	54	39
	<i>Dactylopterus volitans</i>	2	12	-
	<i>Dasyatis pastinaca</i>	-	-	1
	<i>Decapterus russelli</i> *	1156	1740	455

<i>Deltentosteus quadrimaculatus</i>	-	9	7
<i>Dentex gibbosus</i>	2	9	-
<i>Dentex macrophthalmus</i>	-	32	-
<i>Dentex maroccanus</i>	1	53	8
<i>Diplodus annularis</i>	18	3	-
<i>Diplodus cervinus</i>	-	-	1
<i>Diplodus sargus</i>	4	15	21
<i>Diplodus vulgaris</i>	1	-	16
<i>Dussumieria elopsoides</i> *	65	22	841
<i>Echelus myrus</i>	17	19	16
<i>Echeneis naucrates</i>	4	3	18
<i>Engraulis encrasicolus</i>	9257	2245	29091
<i>Epinephelus aeneus</i>	2	1	5
<i>Equulites klunzingeri</i> *	18195	18144	10759
<i>Etrumeus golanii</i> *	4	1731	24
<i>Fistularia commersonii</i> *	54	48	76
<i>Fistularia petimba</i> *	-	-	1
<i>Gobius niger</i>	-	13	5
<i>Jaydia smithi</i> *	877	1081	877
<i>Lagocephalus guentheri</i> *	82	127	179
<i>Lagocephalus scleratus</i> *	48	8	22
<i>Lagocephalus suezensis</i> *	803	2267	1282
<i>Lepidotrigla cavillone</i>	226	637	638
<i>Lithognathus mormyrus</i>	490	1162	27
<i>Macrorhamphosus scolopax</i>	-	1369	-
<i>Microchirus ocellatus</i>	-	1	4
<i>Mullus barbatus</i>	120	26	87
<i>Mullus surmuletus</i>	-	277	24
<i>Nemipterus randalli</i> *	2623	6089	8852
<i>Ophidion barbatum</i>	73	86	141
<i>Ostorhinchus fasciatus</i> *	899	3276	4587
<i>Oxyurichthys petersii</i> *	5	1	2
<i>Pagellus acarne</i>	107	5175	1603
<i>Pagellus erythrinus</i>	171	5884	609
<i>Pagrus caeruleostictus</i>	43	30	600
<i>Pagrus pagrus</i>	-	252	-
<i>Parexocoetus mento</i> *	-	1	-
<i>Phycis blennoides</i>	-	3	-
<i>Plotosus lineatus</i> *	7415	9565	20250
<i>Pomadasys incisus</i>	3	-	4
<i>Pomadasys stridens</i> *	-	4	3
<i>Pomatomus saltatrix</i>	5	-	-
<i>Raja clavata</i>	-	20	1

<i>Raja miraletus</i>	9	25	7
<i>Rhinobatos rhinobatos</i>	7	7	10
<i>Sardina pilchardus</i>	9	287	1546
<i>Sardinella aurita</i>	54	55	112
<i>Sardinella gibbosa</i> *	-	-	2
<i>Sargocentron rubrum</i> *	-	2	-
<i>Saurida lessepsianus</i> *	563	1106	893
<i>Sciaena umbra</i>	-	1	-
<i>Scomber japonicus</i>	24	182	1571
<i>Scomberomorus commerson</i> *	48	13	42
<i>Seriola dumerili</i>	-	-	1
<i>Serranus cabrilla</i>	2	75	19
<i>Serranus hepatus</i>	93	491	229
<i>Serranus scriba</i>	-	37	-
<i>Siganus rivulatus</i> *	-	856	10
<i>Sillago suezensis</i> *	318	421	40
<i>Solea solea</i>	-	-	2
<i>Sparus aurata</i>	4	-	5
<i>Sphyræna chrysotaenia</i> *	-	4	150
<i>Sphyræna sphyræna</i>	6	7	6
<i>Spicara maena</i>	539	222	766
<i>Spicara smaris</i>	5	74	9
<i>Stephanolepis diaspros</i> *	103	66	15
<i>Symphurus nigrescens</i>	-	1	-
<i>Synodus saurus</i>	5	10	13
<i>Terapon puta</i> *	-	11	-
<i>Torpedo marmorata</i>	-	1	-
<i>Torquigener flavimaculosus</i> *	17	2	60
<i>Trachurus mediterraneus</i>	44	3530	481
<i>Trachurus trachurus</i>	-	704	4
<i>Trichiurus lepturus</i>	-	2	5
<i>Trigloporus lastoviza</i>	5	39	2
<i>Trypauchen vagina</i> *	-	-	7
<i>Upeneus moluccensis</i> *	5881	7822	4477
<i>Upeneus pori</i> *	1504	196	648
<i>Uranoscopus scaber</i>	12	16	14
<i>Xyrichthys novacula</i>	5	2	35
<i>Zeus faber</i>	5	41	-
Total	488,65	901,134	709,119

השוואה בין עומקי הדיגום

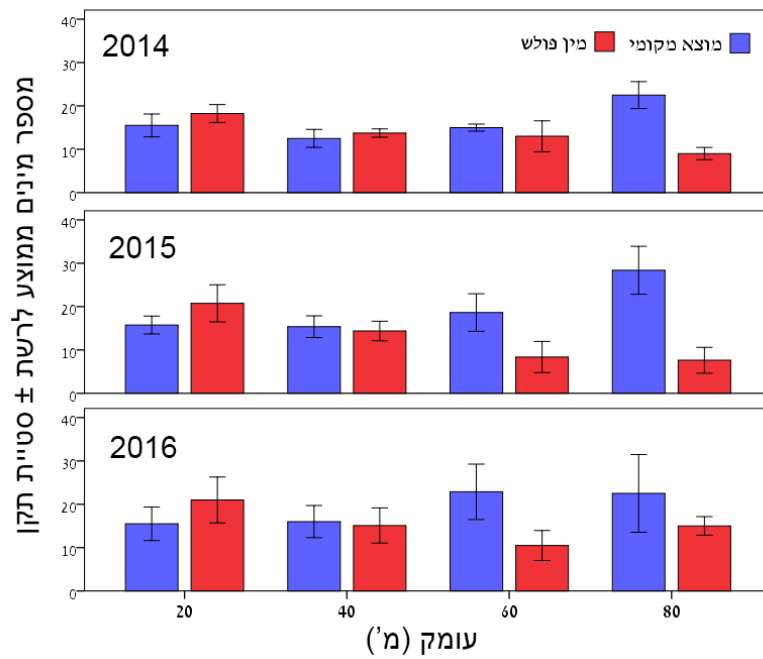
מפאת מגבלות מרחביות שהוטלו ע"י אגף הדיג בעונה זאת, לא התאפשר לבצע בדיגום הראשון גרירות רשתות בעומק הרדוד של ה-20 מטרים. בהמשך, לאחר שהופעל איסור דיג גורף לספינות

המכמורת בחודשים יוני עד אוגוסט, הדיגום שנותר הוגבל רק לעומקים 40 ו-60 מטרים. כתוצאה מכך, בעונת האביב-תחילת הקיץ של 2016 לא התבצע כלל דיגום בחגורת העומק של 80 מטרים. בשקלול הנתונים שנאספו בין השנים 2014 ל-2016, לא נמצא הבדל מובהק במספר המינים בין עומקי הדיגום השונים (Kruskal-Wallis, $p=0.066$) ובין מספר הפרטים בין העומקים (Kruskal-Wallis, $p=0.281$). יחד עם זאת, נמצא הבדל מובהק בבידול הכללית בין העומקים, עם ממוצע של 28.15 ± 12.01 ק"ג לרשת ב-80 מ' ועד ל- 91.8 ± 30.12 ק"ג לרשת ב-20 מ' (Kruskal-Wallis, $p < 0.001$).

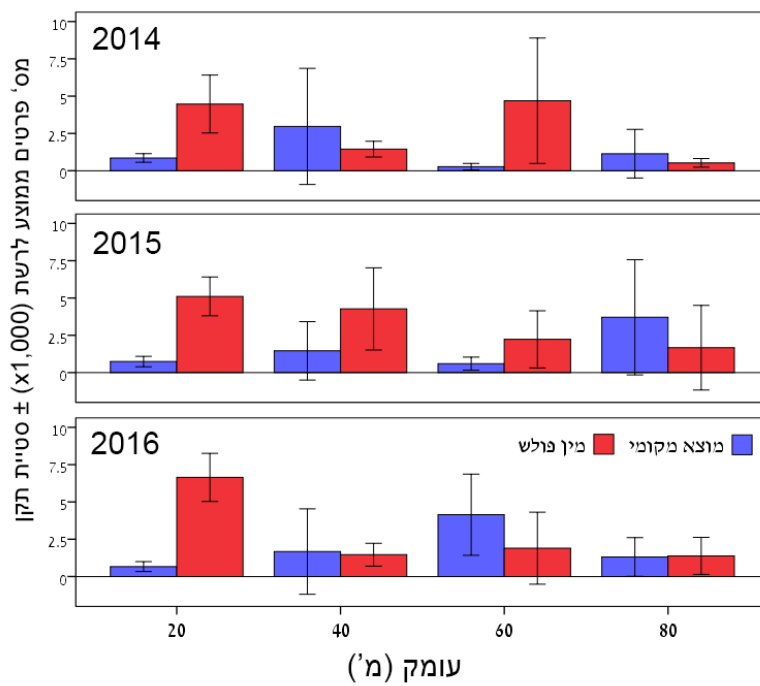
בחגורת העומק הרדודה של ה-20 מ' נמצא רוב של מינים פולשים, ואילו ב-80 מ' נמצא רוב של מינים מקומיים (איור 4.4). דומיננטיות המינים הפולשים במספר הפרטים וגם במשקל הממוצע לרשת (40 מ' ב-2015 ו-60 מ' ב-2014), הינה כתוצאה מייצוג יתר של מספר קטן של מינים אופרטוניסטים אשר נתפסים בכמויות גדולות ומשפיעים גם על עוצמת סטיית התקן (איורים 4.5, 4.6, בהתאמה). שתי דוגמאות בולטות למינים כאלו הם הדג שרבוּבון קלונצינגר *Equulites klunzingeri* והסרטן הפולש שייטית נודדת *Charybdis longicollis*, אשר נתפסו בכמויות שיא של 8,100 פרטים ברשת במשקל של 28.4 ק"ג ומעל 9,000 פרטים ברשת במשקל של מאה ק"ג, בהתאמה.

בניתוח רב משתנים אשר בוחן את מספר הפרטים של הרכב חברת החי על המצע נצפו הבדלים מובהקים בין עומקי הדיגום השונים בשנת 2016 (ANOSIM, $R=0.494$, $p < 0.001$). הבדלים אלו ניתנים לזיהוי בנקל באילוסטרציית הסילום הרב-מימדי, כאשר דגימות העומק הרדוד נראו שונות במיוחד משאר עומקי הדיגום (איור 4.7).

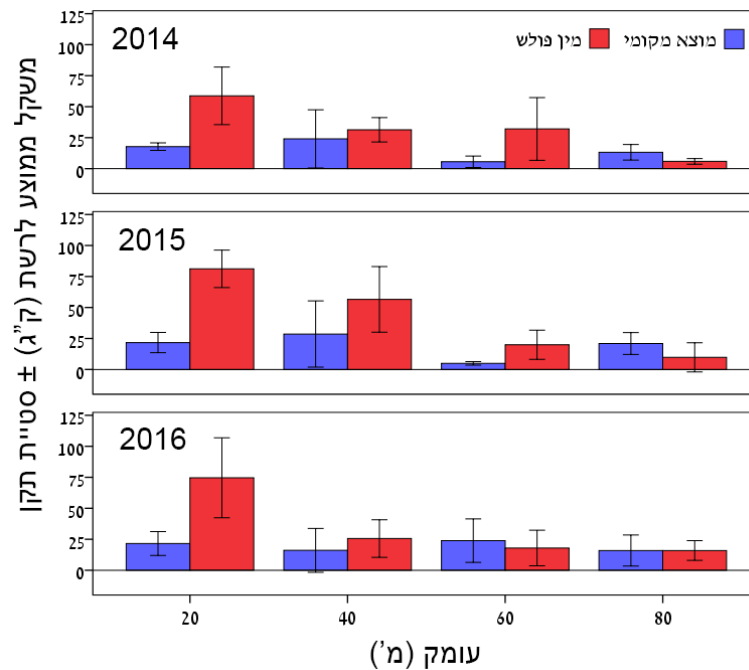
בניתוח ההמשך SIMPER נצפו המינים המייצגים כל חגורת עומק ותורמים לשונות בין העומקים: הדג הפולש שפמית ארסית *Plotosus lineatus* היה המין המייצג העיקרי לחגורת העומק של ה-20 מ' עם תרומה של מעל 17%; הסרטן הפולש שייטית נודדת *C. longicollis* הינו המין המייצג את ה-40 מ' עם תרומה יחסית של 5% ומעלה; האנשובי המקומי *E. encrasicolus* מייצג את ה-60 מ' עם תרומה של מעל 6%, והסרטן הפולש *Parapenaeus longirostris* ייצג את חגורת העומק של ה-80 מ', עם תרומה 4.94% ומעלה.



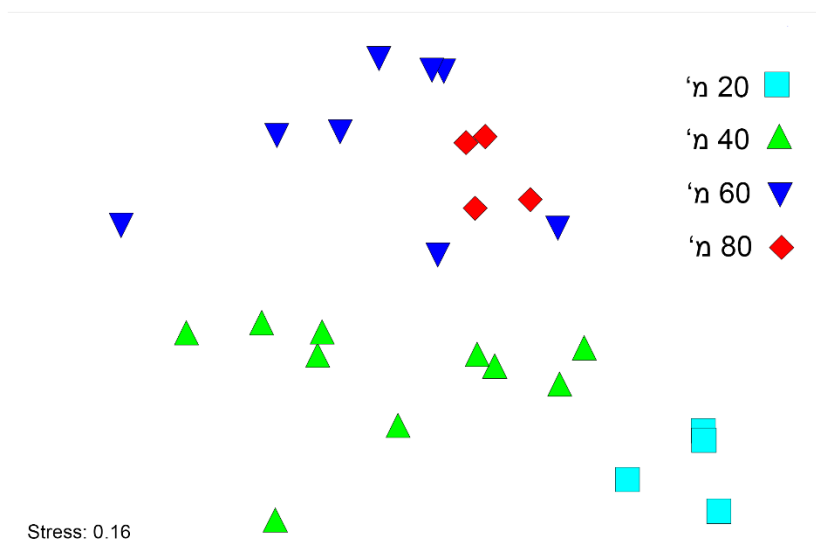
איור 4.4 מספר המינים הממוצע לרשת בבית הגידול החולי, על פי מוצאם הביוגיאוגרפי



איור 4.5 מספר הפרטים הממוצע לרשת בבית הגידול החולי, על פי מוצאם הביוגיאוגרפי



איור 4.6 משקל ממוצע לרשת בבית הגידול החולי, על פי מוצאם הביוגיאוגרפי



איור 4.7
אורדינציית
MDS המשקפת
את הבדלי מספר
הפרטים של
חברות החי
בעומקים השונים
בבית הגידול
החולי

השוואה עונתית

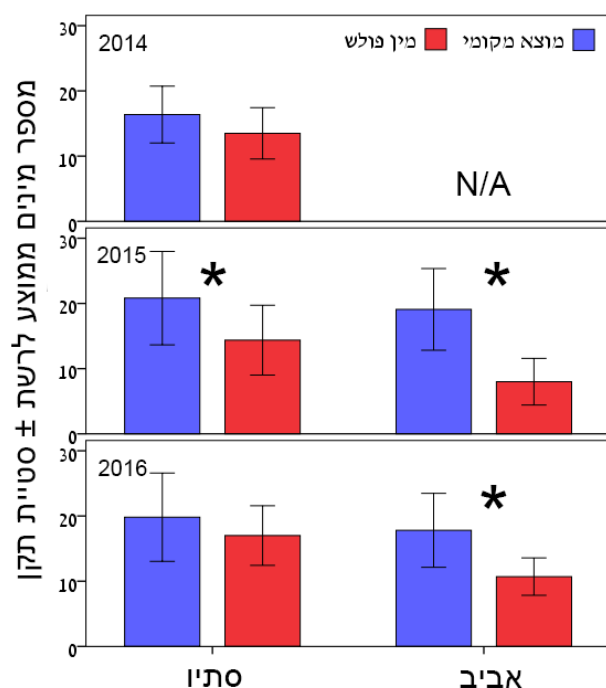
כאמור, שתי העונות שנבחרו לצורך הניטור הינן תחילת התחממות המים בסוף האביב-תחילת הקיץ ותחילת התקררות המים בסוף הסתיו-תחילת החורף. בהשוואת נתוני השלל בין שתי עונות הדיגום בשקלול השנים נמצא כי מספר המינים הממוצע לרשת בדיגומי האביב היה נמוך באופן מובהק מדיגומי הסתיו (test, $p < 0.005$ -Mann-Whitney U). מספר הפרטים והמשקל הממוצע לרשת, לעומת זאת, לא הראו הבדלים עונתיים מובהקים. סיכום הנתונים העונתיים ההשוואתיים מופיע בטבלה 4.2. בהתחשב במוצא הביוגיאוגרפי, ניתן לראות כי מספר המינים המקומיים גבוה מהמינים הפולשים בשתי העונות, אך לא תמיד עם מובהקות סטטיסטית (איור 4.8). מספר הפרטים

ומשקלם הממוצע, לעומת זאת, הראה מגמה שונה ומובהקת סטטיסטית, עם ערכים גבוהים יותר של מינים פולשים ממקומיים בעונות הסתיו-תחילת החורף (AONVA One-way, $p < 0.05$); איורים 4.9, 4.10, בהתאמה).

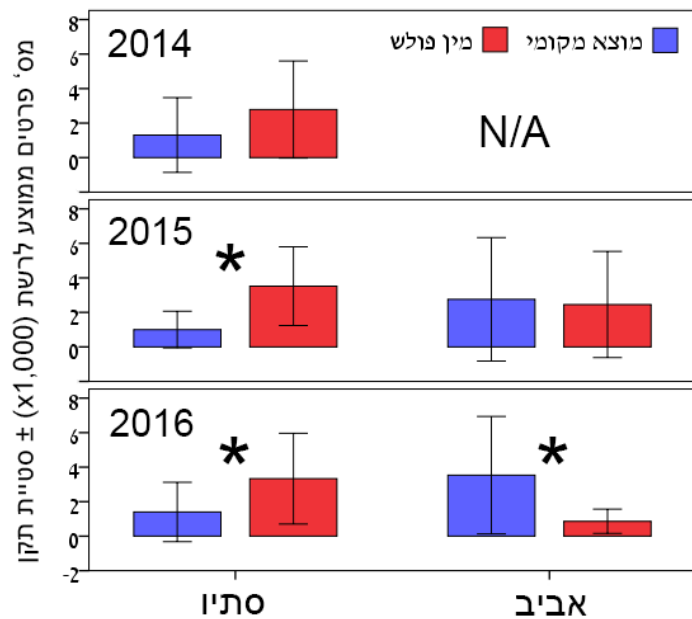
בניתוח רב משתנים אשר בוחן את מספר הפרטים של הרכב חברת החי על המצע נצפו הבדלים מובהקים בין שתי עונות הדיגום של שנת 2016 (ANOSIM, $R = 0.426$, $p < 0.001$). ניתן לראות בבירור את ההבדל באיור 4.11, המייצג סילום רב-מימדי (nMDS) של שתי העונות הנדגמות. בניתוח ההמשך SIMPER נצפה כי האנשובי המקומי *E. encrasicolus* הינו מין המייצג בעיקר את האביב, ואחראי ב-10.9% על ההבדלים בין עונות הדיגום.

טבלה 4.2 הרכב חברת החי על המצע החולי, לפי עונות ושנות הדיגום

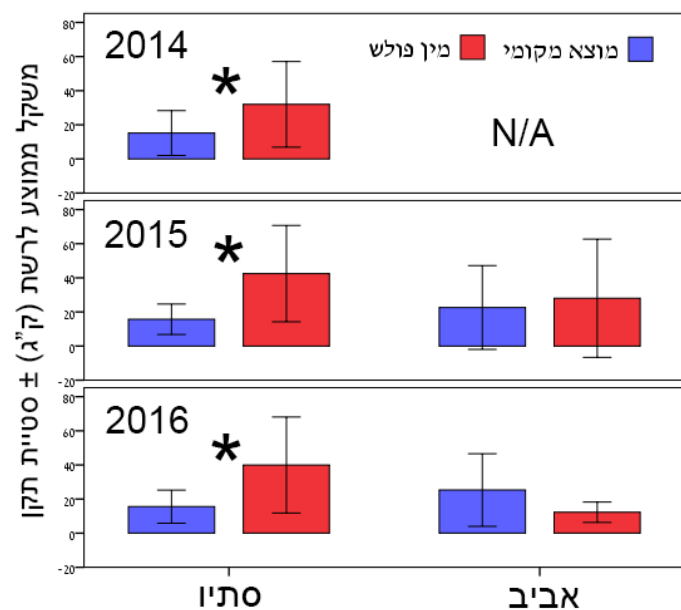
משתנה			אביב			סתיו
(ממוצע לרשת ± סטיית תקן)			2014	2015	2016	
מס' מינים	-	13.5 ± 7.5	14.25 ± 5.7	-	14.9 ± 4.3	2014
מס' פרטים	-	2607.4 ± 3265.5	2199.0 ± 2755.4	-	2260.1 ± 2167.8	2015
משקל כללי (ק"ג)	-	25.3 ± 29.5	18.8 ± 16.6	-	23.5 ± 21.4	2016



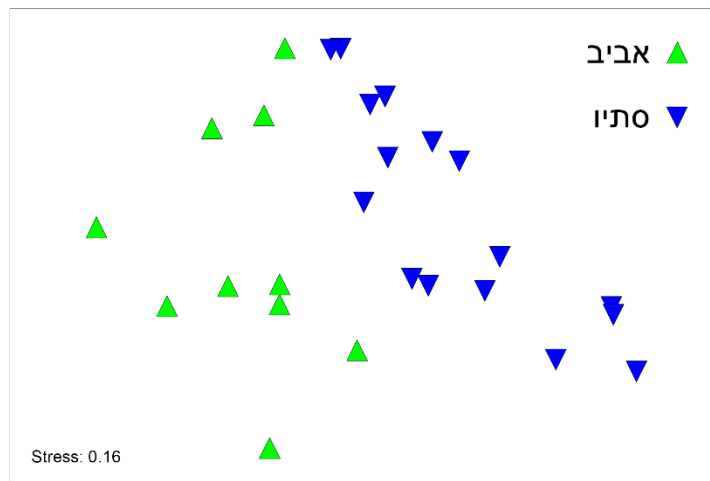
איור 4.8 מספר מינים ממוצע לרשת בבית הגידול החולי, על פי המוצא הביוגיאוגרפי, שנת הניטור ועונת הדיגום. * הבדלים בעלי מובהקות סטטיסטית (ANOVA One-way, $p < 0.05$)



איור 4.9 מספר פרטים ממוצע לרשת בבית הגידול החולי, על פי המוצא הביוגיאוגרפי, שנת הניטור ועונת הדיגום. * הבדלים בעלי מובהקות סטטיסטית (ANOVA One-way, $p < 0.05$)



איור 4.10 משקל ממוצע לרשת בבית הגידול החולי, על פי המוצא הביוגיאוגרפי, שנת הניטור ועונת הדיגום. * הבדלים בעלי מובהקות סטטיסטית (ANOVA One-way, $p < 0.05$)



איור 4.11 אורדינציית
MDS המשקפת את
הבדלי מספר הפרטים של
חברות החי בבית הגידול
החולי בשתי עונות הניטור

השוואה בין דיגומי היום ללילה

על מנת לבחון את השינויים היממתיים בהרכב חברת החי על המצע, כל דגימת עומק חולקה לשתי גרירות יום ושתי גרירות לילה. גרירות הלילה החלו רק בחלוף כשעה מזמן שקיעת השמש.

בבדיקת מספר הפרטים במבחן א-פרמטרי לא נמצאו הבדלים מובהקים בין גרירות היום ללילה, לכל אחד מעומקי הדיגום של 2016 בנפרד (Mann-Whitney U-test, $p > 0.05$). המשתנים מספר הפרטים והמשקל הממוצע לרשת הראו התפלגות נורמלית בכל העומקים השונים, אך גם כאן ללא הבדלים מובהקים בין שלל היום ללילה במבחנים הפרמטריים (ANOVA One way, $p > 0.05$).

יחד עם זאת, נצפה כי כאשר נבחנו בנפרד שלושת קבוצות החי העיקריות של בית הגידול המצע רך, קרי הרכיכות, הסרטנים והדגים, נצפו הבדלים מובהקים בין דגימות היום והלילה (Kruskal-Wallis, $p < 0.001$). הבדלים אלו היו בולטים במיוחד בקבוצת הסרטנים אשר ערכי שלושת המשתנים עלו דרמטית בדיגומי הלילה לעומת דיגומי היום (טבלה 4.3).

בניתוח רב משתנים אשר בוחן את מספר הפרטים של הרכב חברת החי על המצע נצפו הבדלים מובהקים, אם כי במידה נמוכה, בין זמני גרירת הרשתות בשנת 2016 (ANOSIM, $R = 0.206$), $p < 0.003$. מבחן SIMPER הראה כי המין העיקרי שייצג את דיגומי היום ואשר היה אחראי על 9.94% מההבדלים בין היום ללילה היה האנשובי *E. encrasicolus*; ואילו המין שייצג את הלילה ואשר היה אחראי על 7.47% מההבדלים היה הסרטן המהגר *P. logirostris*.

מחקרים רבים מאזורים שונים בעולם אשר בדקו את הרכב ופיזור חברת החי שוכנת הקרקע במדף היבשת הראו שמשתנה העומק הוא המשפיע העיקרי על פיזור הפאונה (Demestre *et al*, 2000; Colloca *et al*, 2003; Labropoulou & Papaconstantinou, 2004; Leathwick *et al*, 2006). גורמים משפיעים נוספים שנראו הם המאפיינים הפיזיקליים והכימיים של המים כגון: טמפרטורה, מליחות, זרמים ורמת חמצן (Demestre *et al*, 2000; Leathwick *et al*, 2006). ואינטראקציות ביוטיות פנימיות בין חברי המקבץ (Labropoulou & Papaconstantinou, 2004).

בסקר זה גרדיאנט העומק הוא יחסית קטן ואיסוף הנתונים התבצע כולו במדף היבשת, לכן לא תמיד נצפו הבדלים ברורים בין העומקים, שעת הדיגום והעונות. יחד עם זאת, ההבדלים העונתיים שכן נצפו, שיקפו נכונה את השונות הטבעית בעונות הרבייה של המינים השונים ע"פ מוצאם. מאחר והמינים המקומיים מתרבים בעונת האביב, גיוסם לשלל המכמורת יהיה במהלך הקיץ (מחוץ לעונת הניטור) ומאחר והמינים הפולשים מתרבים בקיץ, גיוס הדור הצעיר הפולש לשלל המכמורת יתרחש במהלך הסתיו-תחילת החורף (Stern, 2016). תוצאות סקר זה מחזקות מחקרים קודמים שנעשו במדף היבשת הישראלי המראים כי מספר המינים המהגרים החודרים אל ים תיכון ממשיך לעלות ללא הרף ובקצב מוגבר בשנים האחרונות, דבר הגורם לשינוי מתמשך בדינמיקת חברות החי בבית גידול זה (Galil, 2017).

טבלה 4.3 מס' המינים, מס' הפרטים והמשקל הממוצע לרשת לשנות הדיגום השונות, בהפרדה לדיגומי היום והלילה, ולשלושת קבוצות החי העיקריות לשנת 2016

משתנה (ממוצע לרשת ± סטיית תקן)	יום			לילה		
	רכיכות	סרטנים	דגים	רכיכות	סרטנים	דגים
מס' מינים	2.6±1.0	2.6±3.0	25.7±6.1	2.2±0.9	5.1±2.6	26.4±5.3
מס' פרטים	101.8±82.1	391.4±577.1	4,560.4±3,333.1	138.7±275.3	1,401.2±1,373.2	2,491.0±2,540.4
משקל כללי (ק"ג)	4.8±2.9	3.1±2.2	39.0±16.8	4.2±6.8	9.9±4.5	36.5±33.9

סיכום:

- זו השנה השנייה בה סקר זה מתבצע בקיץ ובחורף במסגרת הניטור הלאומי של חופי ישראל והוא עתיד להתבצע מידי שנה. סקרים אלה מאפשרים בחינת שינויים עונתיים ורב שנתיים מבחינת ביומסה, מספר המינים ומגוון המינים של בע"ח החיים ע"ג המצע. כמו כן, סקרים אלה מאפשרים מעקב רציף אחר כניסות מזדמנות של מינים מהגרים. כמו כן, הניטור מאפשר מעקב על שינויים אפשריים בפיזור הבתימטרי של חברת החי עם הזמן, מעקב אחר המינים הדומיננטים בכל עומק, בחינת הרכב החברה כתלות בעומק ולאורך ציר הזמן ועוד.
- מין פולש חדש של דג ממוצא אינדו-פסיפי תועד השנה לראשונה בניטור מהים התיכון, ו-14 מינים נוספים נוספו לראשונה לרשימת המצאי.
- בגרירות הרשת העמוקות (80 מ') נמצאו יותר מיני דגים מקומיים מאשר פולשים. ככל שעומק גרירת הרשת היה קטן יותר (20 מ'), אחוז מיני הדגים הפולשים היה גדול יותר מכלל מיני הדגים.

רשימת ספרות:

- Boudouresque, C. (2004) Marine biodiversity in the Mediterranean: Status of species, populations and communities. *Sci.Rep.Port-Cros nat.* **20**, 97-146.
- Clarke, K. & Warwick, R. (2001) *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation* PRIMER -E, Plymouth.

- Colloca, F., Cardinale, M., Belluscio, A. & Ardizzone, G. (2003) Pattern of distribution and diversity of demersal assemblages in the central Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **56**, 469-480.
- Demestre, M., Sanchez, P. & Abello, P. (2000) Demersal fish assemblages and habitat characteristics on the continental shelf and upper slope of the north-western Mediterranean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **80**, 981-988.
- Galil, B. (2017) Eyes Wide Shut: Managing Bio-Invasions in Mediterranean Marine Protected Areas. *Management of Marine Protected Areas: A Network Perspective* 187.
- Galil, B.S., Boero, F., Campbell, M.L., Carlton, J.T., Cook, E., Fraschetti, S., Gollasch, S., Hewitt, C.L., Jelmert, A. & Macpherson, E. (2015) 'Double trouble': the expansion of the Suez Canal and marine bioinvasions in the Mediterranean Sea. *Biological Invasions* **17**, 973-976.
- Galil, B.S. (2012) Truth and consequences: the bioinvasion of the Mediterranean Sea. *Integrative Zoology* **7**, 299-311.
- Galil, B. & Goren, M. (2013) Metamorphoses: Bioinvasions in the Mediterranean Sea. *The Mediterranean Sea: Its history and present challenges* (ed. by S. Goffredo & Z. Dubinsky), pp. 463-478. Springer, Dordrecht.
- Galil, B.S. & Lewinsohn, C. (1981) Macrobenthic Communities of the Eastern Mediterranean Continental Shelf. *Marine Ecology* **2**, 343-352.
- Galil, B.S. (2008) Alien species in the Mediterranean Sea: which, when, where, why? *Hydrobiologia* **606**, 105-116.
- Herut, B., Almogi-Labin, A., Jannink, N. & Gertman, I. (2000) The seasonal dynamics of nutrient and chlorophyll a concentrations on the SE Mediterranean shelf-slope. *Oceanologica Acta* **23**, 771-782.
- Labropoulou, M. & Papaconstantinou, C. (2004) Community structure and diversity of demersal fish assemblages: the role of fishery. *Scientia Marina* **68**, 215-226.
- Leathwick, J., Elith, J., Francis, M., Hastie, T. & Taylor, P. (2006) Variation in demersal fish species richness in the oceans surrounding New Zealand: an analysis using boosted regression trees. *Marine Ecology Progress Series* **321**, 267-281.
- Nir, Y. (1984) *Recent sediments of the Israel Mediterranean continental shelf and slope*. Univ. of Goteborg, Sweden.

- Por, F. (1989) *The legacy of Tethys: on aquatic biogeography of the Levant* Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Powley, H., Krom, M., Emeis, K. & Van Cappellen, P. (2014) A biogeochemical model for phosphorus and nitrogen cycling in the Eastern Mediterranean Sea: Part 2. Response of nutrient cycles and primary production to anthropogenic forcing: 1950–2000. *Journal of Marine Systems* **139**, 420-432.
- Sandler, A. & Herut, B. (2000) Composition of clays along the continental shelf off Israel: contribution of the Nile versus local sources. *Marine Geology* **167**, 339-354.
- Stern, N. (2016) The reproduction seasonality of the commercial marine fauna at the Israeli coasts - its temporal and spatial distribution. 1-34, Society for the Protection of Nature in Israel, Israel.
- Stern, N., Rinkevich, B. & Goren, M. (2015) First record of the Goldstripe sardinella- *Sardinella gibbosa* (Bleeker, 1849) in the Mediterranean Sea and confirmation for its presence in the Red Sea.
- Stern, N., Paz, G., Yudkovsky, Y., Lubinevsky, H. & Rinkevich, B. (2018) The arrival of a second ‘Lessepsian sprinter’? A first record of the red cornetfish *Fistularia petimba* in the Eastern Mediterranean. *Mediterranean Marine Science* DOI: <http://dx.doi.org/10.12681/mms.14144>

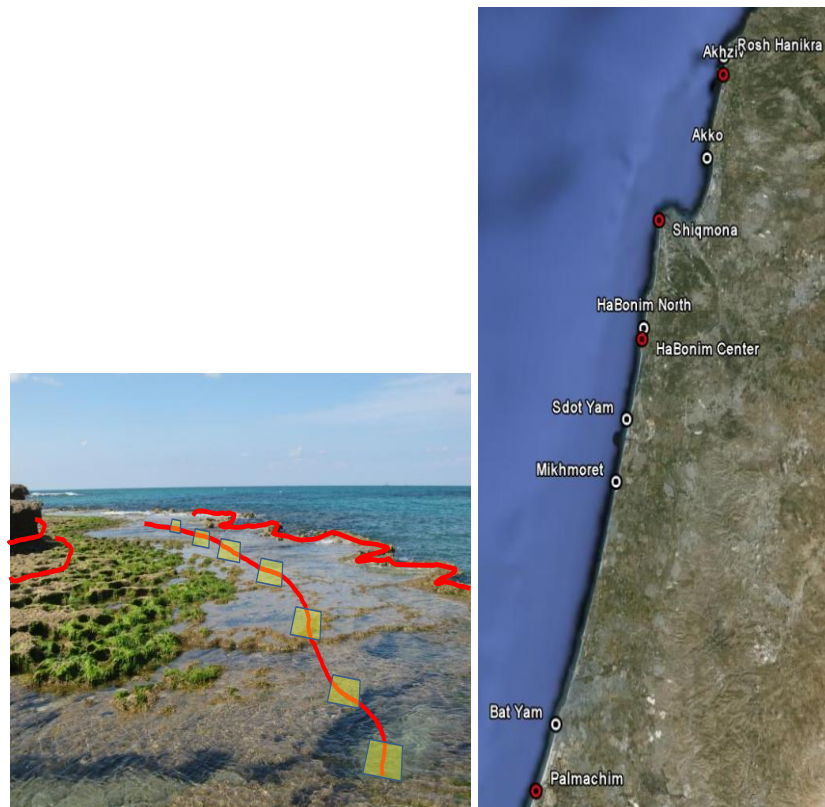
פרק 5- ניטור חברות אקולוגיות בחוף הסלעי

(מרכז: ד"ר גיל רילוב, rilovg@ocean.org.il)

מטרת תכנית הניטור היא לבחון שינויים בזמן ובמרחב במבנה החברות האקולוגיות של טבלאות הגידוד באופן שאינו הרסני (כלומר תצפית בלבד ללא איסוף, פרט לצורך זיהוי טקסונומי), וכן של מספר פרמטרים סביבתיים היכולים להשפיע על חברות אלו. הסקרים מתרכזים במרכיבים הביולוגיים העיקריים של היצורים החיים על ומכסים את הסלע. אין הכוונה ולא קיימת היכולת לתעד את כל המגוון הביולוגי בבית הגידול המונה מאות מינים, רובם זעירים, רבים מהם נסתרים מן העין. במסגרת התכנית נדגמים אחד עשר אתרים פעם בשנה בעונת הסתיו, וארבעה "אתרי ליבה" (אכזיב, שקמונה, הבונים ופלמחים) הנדגמים עונתית. הדיגום נעשה בעזרת ריבועי דיגום בגודל 50 על 50 ס"מ, המונחים לאורך חתכים המסומנים בעזרת ברגיי נירוסטה בארבע רצועות המקבילות לקו החוף מקו המים ועד גב הטבלאות (איור 5.1). ישנן שתי רצועות בחגורת הכרית האמצעי-תחתון (low-mid shore) על טבלת הגידוד: שולי הטבלה (platform edge) באזור הכרכוב ומרכז הטבלה (platform center), ושתי רצועות בגב הטבלה המאופיינת לרוב בסלע באוריינטציה אנכית או במדרון מתון: אמצע כרית תחתון (low-mid shore) ואמצע כרית אמצעי (mid-mid shore) הנדגמות רק באתרי הליבה בחלק מהעונות. במקביל לדיגום הביולוגי, מתבצע בארבעה אתרי הליבה כל חודש ניטור של תנאים סביבתיים, הכוללים טמפרטורת מי ים בעזרת אוגרי נתונים דיגיטליים קבועים על הסלע וכן נתונים ביוכימיים (נוטריינטים וכלורופיל). טבלה 5.1 מפרטת את תכנית הניטור.

טבלאות הגידוד (abrasion platforms או vermetid reefs), החובקות כ- 10% מקו החוף לאורך חופי ישראל, הן בית גידול סלעי ייחודי המצוי רק בחופי הדרומיים של הים התיכון במקומות בהם הסלע רך יחסית (כמו כורכר או גיר), כאשר בחופי דרום-מזרח הלבנט הן נחשבות המפותחות ביותר (Safriel 1975, Chemello and Silenzi 2011). מיקומן בקצה האגן המזרחי של הים התיכון מהווה גם את קצה גבול התפוצה של חלק מן המינים הים תיכוניים. אחד הגורמים העיקריים ההופכים את טבלאות הגידוד לאורך חופי ישראל לבית גידול ייחודי מסוגו הינו העובדה כי זהו מבנה ביוגני בחלקו הכולל כרכוב מוגבה, בעיקר בשולי הטבלה (ברוחב וגובה של כ-10-20 ס"מ), הנוצר על-ידי צינורות גירניים אותם בונים חלזונות קבועי מקום מהמין צינוריר בונה, *Dendropoma petraeum* (Safriel 1974), וכן שכבה ביוגנית על פני הטבלה שנוצרה לאורך השנים על ידי צינוריר שני, גדול יותר אך צפוף פחות, צינוריר תולעני (*Vermetus triquetrus*). ההשערה היא כי בנייה ביוגנית מתמדת זו של צינורות החלזונות מפצה או שומרת על הטבלה מפני בליית הסלע ושמירת פני הטבלה בגובה פני הים. בשנות השישים נעשו סקרים חצי-כמותיים חשובים שתיארו את החיגור הביולוגי של הטבלאות בחוף מכמורת (Lipkin and Safriel 1971), ומאז נעשו מספר עבודות נקודתיות (אתר אחד, עונה אחת או שנה אחת) על קבוצות או מינים ספציפיים בבית הגידול כמו תולעים (Ben Eliahu 1975), אצות (Lundberg 1996), בלוטי ים (Shkedy et al. 1995), חלזונות צמחוניים (Menzies et al. 1992), חלזונות טורפים (Rilov et al. 2004a, Rilov et al. 2001) וצדפות פולשות (Safriel et al. 1980, Rilov et al. 2004b). אולם, עד סוף 2009 היו קיימים רק נתונים כמותיים מועטים ביותר על מבנה החברה האקולוגית בטבלאות הגידוד ועל השונות במרחב ובזמן במבנה חברה זו בבית הגידול. מאידך, בית הגידול הסלעי בקו החוף חשוף לעקות רבות, הן מקומיות והן אזוריות, היכולות להשפיע על החברה האקולוגית. טבלאות הגידוד נחשבות רגישות וחשובות במיוחד לניטור על פי הפרוטוקולים של UNEP-MEP המנסים ליישם את אמנת ברצלונה לשמירה על הים התיכון. בית גידול זה נתון גם לשינויים רבים, חלקם ארוכי טווח, למשל השתלטות מין פולש של צדפה ים סופית, בוצית מגוונת, במהלך שנות התשעים

(Rilov et al. 2004b), והתמעטות של החילזון הטורף, ארגמנית סמוקת פה באותו עשור (Rilov et al. 2001). הארגמנית נעלמה לחלוטין בעשור האחרון וכך גם המין צינוריר בונה שאוכלוסיותיו קרסו לאורך החוף כמו גם אלה של מינים רבים נוספים גם בשוניות שמתחת למים (Rilov 2016). העדויות מהשנים האחרונות מתבססים על ממצאים מתכנית ניטור זו. להעלמות מיני מפתח אלה יכולות להיות השלכות אקולוגיות מרחיקות לכת. מטרת תכנית הניטור היא לבחון את החברה האקולוגית המאפיינת את טבלאות הגידוד ולעקוב כיצד היא משתנה בזמן ובמרחב בכלים לא הרסניים. מחקרים הנערכים במקביל לניטור מכוונים לקשור את הדגמים הנצפים לתהליכים הטבעיים המתרחשים לאורך החוף, וכן להשפעות האדם השונות כמו פלישות מינים ושינוי אקלים גלובלי וגם לתת תחזיות לעתיד.



איור 5.1 : מפת אתרי הדיגום בתכנית הניטור (באדום – אתרי הליבה) וכן אילוסטרציה מחוף דור-הבונים המדגים את מיקום חגורות הדיגום בתכנית הניטור. יש לציין במסגרת דו"ח זה יוצגו התוצאות משתי חגורות הכרית על פני הטבלה (השוליים ומרכז הטבלה) ולא החגורות העליונות.

טבלה 5.1: הפרמטרים השונים הנבדקים במהלך פרויקט הניטור בטבלאות הגידוד. האותיות מראות את תדירות הדיגום לפי הפירוט למטה.

Biological data				Method	Field surveys			
				Parameter	Biodiversity/community structure			
Region	Site	Period	Zone		Mid-High	Mid-Mid	Platform center	Platform edge
North	Rosh Hanikra	Nov 09-Nov 15					A	A
North	Achziv	Nov 09-Nov 15			S	S	S	S
North	Akko	Nov 09-Nov 15					A	A
North	Shikmona 1	Nov 09-Nov 15			S	S	S	S
North	Shikmona 2	Nov 09-Nov 15					A	A
Center	HaBonim 1	Nov 09-Nov 15					A	A
Center	HaBonim 2	Nov 09-Nov 15			S	S	S	S
Center	Sdot Yam	Nov 09-Nov 15					A	A
Center	Mikmoret	Nov 09-Nov 15					A	A
South	Bat Yam	Nov 09-Nov 15					A	A
South	Palmachim	Nov 09-Nov 15			S	S	S	S

Biophysical data				Method	Logger	multiprobe (YSI)			Water sampling			
				Parameter	SST	SST	pH	Salinity	Alkalinity	DIC	Chl. a	Nutrients
					water/platform /air	off-edge	off-edge	off-edge	off-edge	off-edge	off-edge	off-edge
Region	Site	Period	Zone									
North	Akhziv	Mar 10-Nov 16			H	M	M	M	M	M	M	M
North	Shikmona 1	Mar 10-Nov 16			H	M	M	M	M	M	M	M
Center	HaBonim 2	Mar 10-Nov 16			H	M	M	M	M	M	M	M
South	Palmachim	Mar 10-Nov 16			H	M	M	M	M	M	M	M

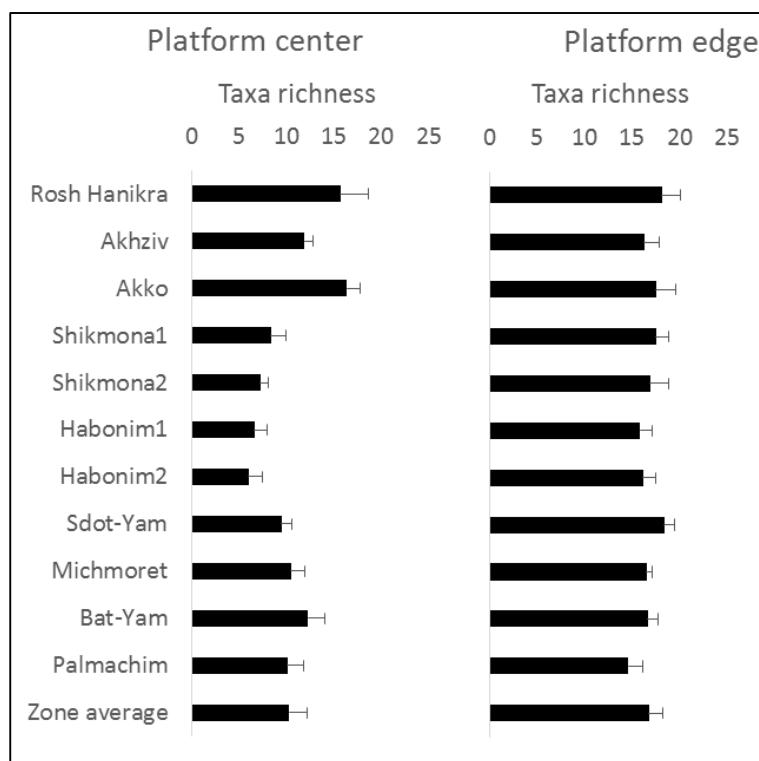
H= Hourly, M = Monthly, S = Seasonally, A = Annually

תוצאות ודיון

עושר מינים

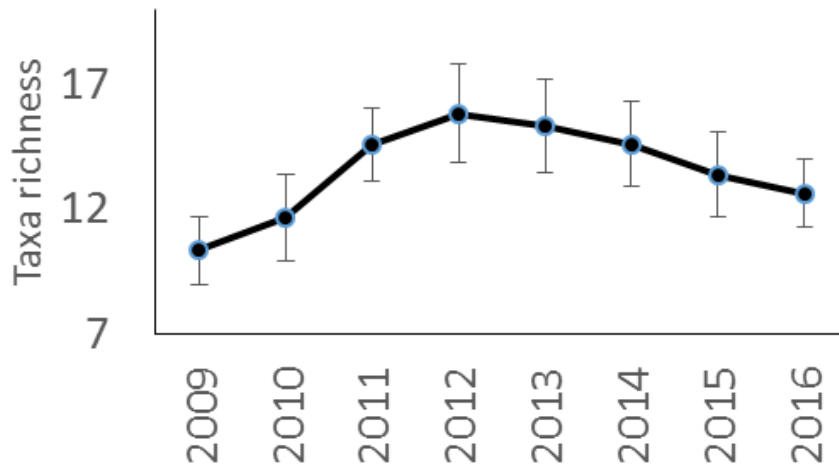
עד כה בכל תקופת הדיגומים נספרו כ- 91 טקסונים, מהם 48 אצות ו-43 חסרי חוליות. חשוב לציין כי סקר מסוג זה נועד בעיקר לתיעוד מינים צמודי מצע או ניידים במידה חלקית המצויים על פני השטח. ישנה הערכת חסר משמעותית לקבוצות יצורים אחרות כמו סרטנים ניידים ודגים, וכן מינים קריפטיים (נחבאים) יותר, כמו שושנות ים, וכן של מינים קטנים או מכוסים, או החיים בתוך אצות (כמו מיני פרוקי רגליים קטנים, תולעים וכו'). לצורך תיעודם יש צורך בשיטות אחרות, לרוב הרסניות (איסופים). כמו כן, מינים במספר טקסונים כדוגמת צלחיות (שני מינים מקומיים ואחד פולש) אוחדו לרמה טקסונומית גבוהה- ברוב המקרים בשל הקושי בהבדלה ביניהם בשדה, בין היתר בשל היותם מכוסים בצימדת ים (פאוליג). לצורך תיעודם הכמותי של המינים השונים בקבוצות אלו יש צורך בסקרי משנה משלימים בקנה מידה קטן יותר.

בכל שמונה שנות הניטור (2009-2018) נמצא כי קיים עושר טקסונים גבוה יותר בשולי הטבלה ברוב האתרים, לעומת העושר במשטח מרכז הטבלה (איור 5.2). במהלך שנות הניטור ניתן לראות עליה בממוצע עושר הטקסונים עד 2012 ולאחריו ירידה עד 2016 (איור 5.3). אנליזת Kruskal-Wallis מצביעה על השפעה חזקה של שנת הדיגום על העושר ($H_{7,173}=18.41, p=0.01$) אך זו נובעת בעיקר מהבדל מובהק בין שנת 2009 לשנת 2012 בה העושר היה הגבוה ביותר. יתכן שהסיבה לעליה במספר הטקסונים ביחס לשנות הדיגום הראשונות היא שיפור ביכולת הזיהוי וההפרדה בין המינים עם התקדמות תכנית הניטור והתמקצעות הצוות, אך לא ניתן לפסול את האפשרות כי גם כי ישנם הבדלים אמיתיים בין השנים, וכי יתכן שבשנים 2010-2012 הייתה התאוששות מאירוע הפרעה (עקה) משמעותי שהתרחש בשנים שלפני כן. לפני שהחל הניטור, בחורף 2009, התרחש אירוע שרב קיצוני בחודש פברואר שנמשך כשבועיים אשר חשף את הטבלאות לאוויר למשך ימים וייבש אותן ובכך גרם להלבנה ותמותה רבה של אצות על פניהן (ג. רילוב תצפית אישית). יתכן ואירוע קיצוני זה פגע באופן משמעותי באוכלוסיות של מספר מינים שלאחר מכן התאוששו למצבן הקודם, תהליך שלקח מספר שנים. אירוע שרב חורפי דומה התרחש גם ב 2014 ויתכן שהערכים הנמוכים יותר בסתיו של השנים 2014-16 קשורים להשפעת אירוע זה. המשך הניטור בשנים הבאות יאפשר להבחין בהמשך המגמות בזמן וגם להבין אותם בקונטקסט הסביבתי, המקומי והאזורי.

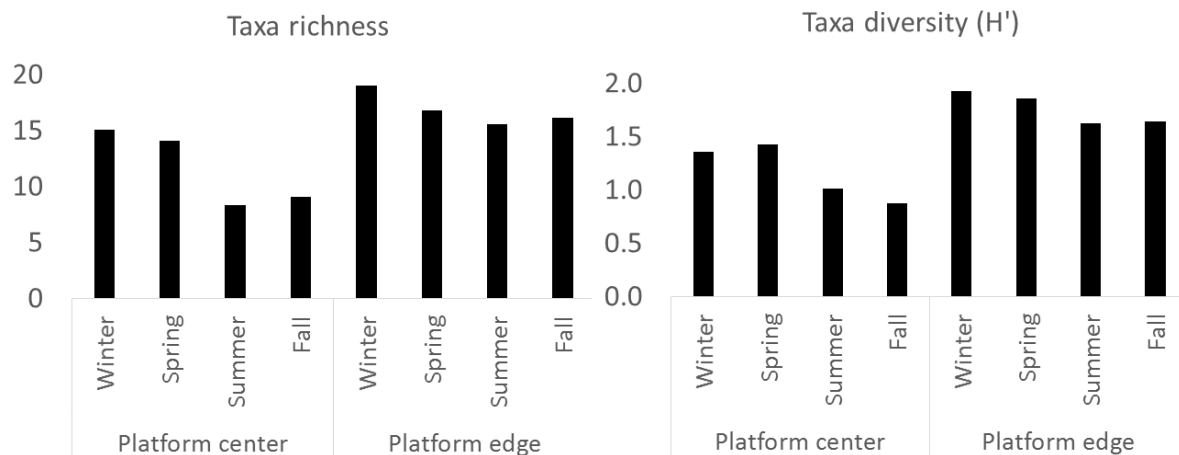


איור 5.2: ממוצע ערכי עושר המינים (או הטקסונים) במרכז ובקצה טבלאות הגידוד באחד עשר האתרים שנדגמו בעונת הסתיו בין השנים 2009-2016.

איור 5.3: ממוצע מספר הטקסונים S במרכז וקצה הטבלה (על פני כל האתרים בסתיו) בין השנים 2009-2016 (השגיאה מייצגת SE).



הממוצע (בין כל שנות הניטור) של עושר ומגוון הטקסונים בארבעת אתרי הליבה במרכז ושולי הטבלה מראה כי המגוון הגדול ביותר בכל האתרים מתקיים בעונות החורף והאביב, והוא גבוה יותר בשוליים לעומת מרכז הטבלה בכל העונות (איור 5.4). מתצפיות בשטח ניכר, כאמור, כי אירועי התייבשות ארוכים (מיום ועד שבוע ולעיתים יותר) של הטבלאות, המתרחשים לרוב בעת אירועי שרב בהם נושבות רוחות מזרחיות, גורמים להלבנה ותמותה של מרכיבי צומח ולעיתים גם חי על הטבלאות, וכנראה גורמים לירידה בעושר המינים ומאיצים את התחלופה בין חברת חורף-אביב לזו של קיץ-סתיו. ממחקר שנעשה בחיא"ל בשיתוף עם אוניברסיטת תל-אביב (זמיר, אלפרט, רילוב, ממצאים לא מפורסמים) נמצא כי תדירותן של מערכות סינופטיות היוצרות שרבים (בעיקר אפיק ים סוף) עלתה מאוד בארבעים השנים האחרונות. משמעות הדבר כנראה היא שטבלאות הגידוד כיום יותר חשופות לאירועי יובש קיצוניים מאשר בעבר ולכן יכולה להיות השפעה על מבנה החברה והמגוון הביולוגי.



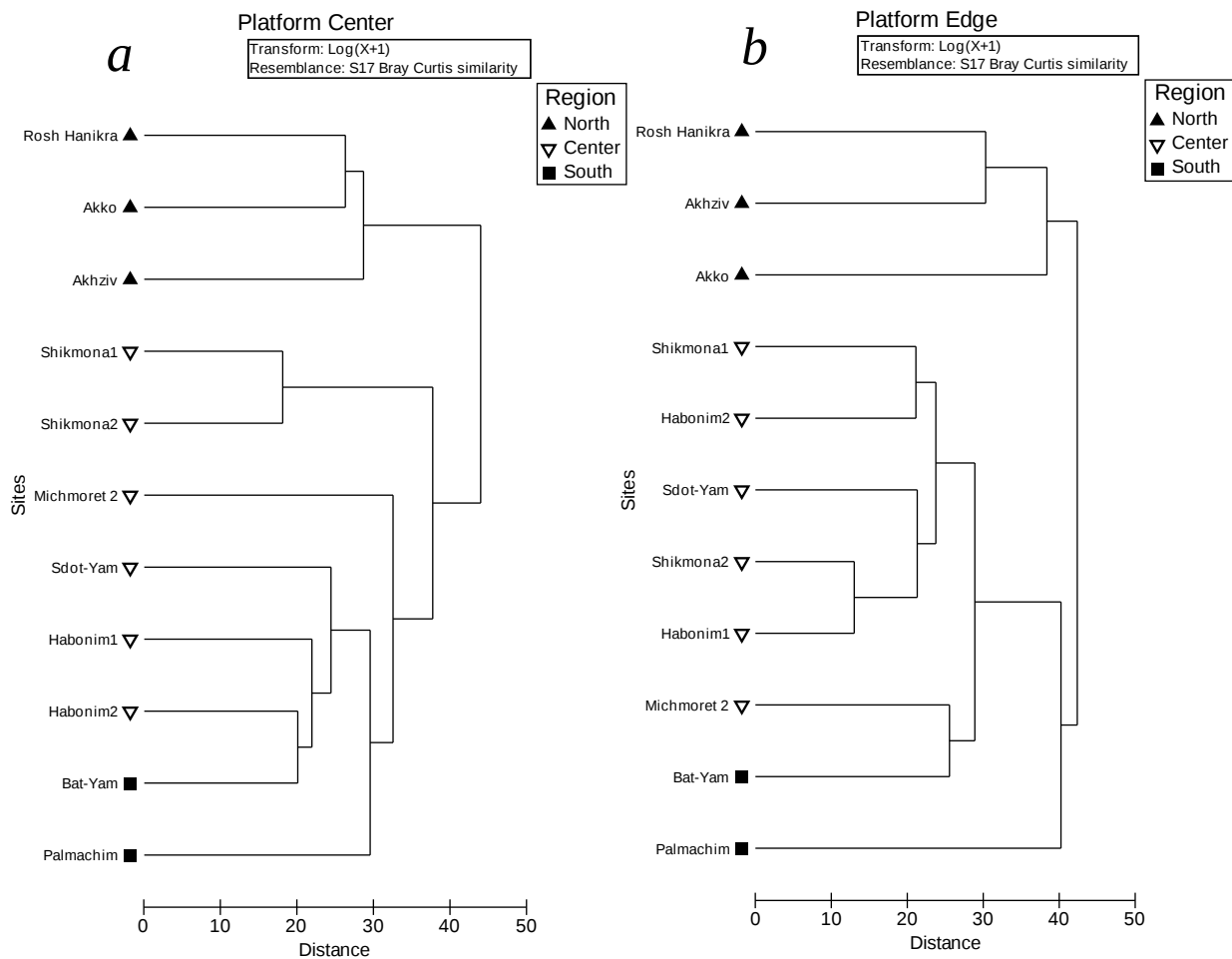
איור 5.4: ממוצע של מגוון הטקסונים והמגוון הביולוגי (H') על פני שמונה שנים (2009-2016) בארבע העונות בארבע אתרי הליבה ובשתי חגורות הדיגום.

מבנה חברות

לשם בחינת מבנה החברה וכיצד הוא משתנה במרחב ובזמן התבצעה אנליזה רבת-משתנים של מדדי דמיון בין חברות. חשוב לציין כי הבדלים בין חברות של אותו בית גידול מבטאים לרוב שונות בשכיחות היחסית בין מינים (בעיקר אלה הדומיננטיים) ולא דווקא בגלל הבדל בנוכחות או העדר של מינים בין אתרים, עונות או שנים. זאת למרות שישנם מינים הקיימים רק בעונות מסוימות או באתרים מסוימים ולא באחרים.

שונות מרחבית – נתוני סתיו, 11 אתרים

מדדי הדמיון (cluster analysis ו-MDS, Multidimensional Scaling) של נתוני דיגומי הסתיו בין השנים 2009-2016 מאפשרים בחינת שונות מרחבית ב-11 אתרים לאורך החוף הישראלי, ובחינת מגמות השתנות בזמן. ניתן לראות בברור כי ישנו הבדל במבנה החברה בין האתרים הצפוניים, לאלה המרכזיים והדרומיים וגם שאתר פלמחים שונה מאוד מכל האחרים (איור 5.5). ממצאים אלה מצביעים על כך שישנו מרכיב ביוגאוגרפי במבנה החברה לאורך החוף הנשאר קבוע כבר שמונה שנים (ראה דוחות קודמים). הבדלים ביוגאוגרפים אלה מונעים בעיקר מהבדלים בשכיחות של מספר מינים דומיננטיים השכיחים באזורים מסוימים ולא באחרים, כפי שהודגם בדוחות הקודמים. ממצא זה מעניין כיוון שהמרחק בין האתר הצפוני והדרומי ביותר הוא כ-140 ק"מ בלבד, מרחק קטן במונחים ביו-גאוגרפיים, אלא אם כן הוא כולל שבירת רצף טופוגרפית וואו אוקינוגרפית משמעותית. יתכן שההבדלים הביו-גאוגרפיים נובעים מהפרשי הטמפ' בין האתרים (בין חצי מעלה למעלה בין צפון לדרום), מהגאומורפולוגיה השונה במעט של הטבלאות (הטבלאות בדרום נמוכות יותר) וממידת הרציפות של החוף הסלעי (בצפון רציף לאורך קילומטרים ובדרום הטבלאות מקוטעות ומבודדות יותר), או משילוב של גורמים אלה. יתכן גם כי מפרץ חיפה וראש כרמל מהווים גבול ביוגאוגרפי מסוים (משטר הזרמים והסדימנטציה שונים מצפון ומדרום לראש כרמל). אנליזה רבת משתנים (PERMANOVA) מראה השפעה סטטיסטית מובהקת של השנה והאתר על הרכב החברה (טבלה 5.4). האנליזה מראה כי לחגורת הדיגום, לשנה וגם לאזור השפעה מובהקת על הרכב החברה, וכי עיקר ההבדל האזורי נובע מהבדל בין אתרי הצפון לאתרי המרכז והדרום וכן ישנו הבדל גדול בין אתרים גם בתוך האזורים.



איור 5.5: ניתוח אשכולות (cluster analysis) המראה את מידת הדימיון במבנה החברה האקולוגית בין אתרים במרכז ובקצה טבלאות הגידוד בעונת הסתיו בין השנים 2009-2016. הסמלים השונים מייצגים את שלושת אזורי הדיגום בצפון מרכז ודרום החוף.

טבלה 5.2: תוצאות מבחן PERMANOVA הבודקת את השפעת חגורת הדיגום והשנה וכן האזור, האתר (בתוך אזור) והשנה על מבנה החברה במרכז וקצה הטבלה בכל 11 האתרים בעונת הסתיו.

A. Both zones							
Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(permutation)	Unique perms	Variance partitioning (%)
Zone	1	35686	35686	25.061	0.0001	9932	29.3
Year	7	53001	7571.6	5.3173	0.0001	9858	24.8
Zone x Year	7	6731	961.57	0.67528	0.9579	9855	-9.6
Res	157	2.24E+05	1424				55.5
B. Platform Center							
Year	7	28135	4019.3	4.0496	0.0001	9902	19.6
Region	2	23494	11747	3.0054	0.0065	7103	18.7
Site(Re)	8	31832	3979	4.0091	0.0001	9864	20.5
Year x Region	14	16635	1188.2	1.1972	0.1839	9877	8.3
Res	54	53596	992.51				33.0
Total	85	1.63E+05					
C. Platform Edge							
Year	7	19346	2763.7	4.4557	0.0001	9866	18.5
Region	2	27449	13724	4.4887	0.0003	7050	24.3
Site(Re)	8	24641	3080.2	4.9659	0.0001	9876	21.0
Year x Region	14	10070	719.3	1.1597	0.179	9843	6.6
Res	55	34114	620.26				29.6
Total	86	1.21E+05					
D. Pairwise test on regions							
		Platform Center			Platform Edge		
	t	P(permutation)	Unique perms		t	P(permutation)	Unique perms
North, Center	2.2222	0.0001	252		2.2088	0.004	252
North, South	1.8597	0.1007	30		1.9502	0.0998	30
Center, South	0.99549	0.4608	28		2.1052	0.0359	28

שונויות עונתיות ורב-שנתיות (ארבעה אתרי ליבה)

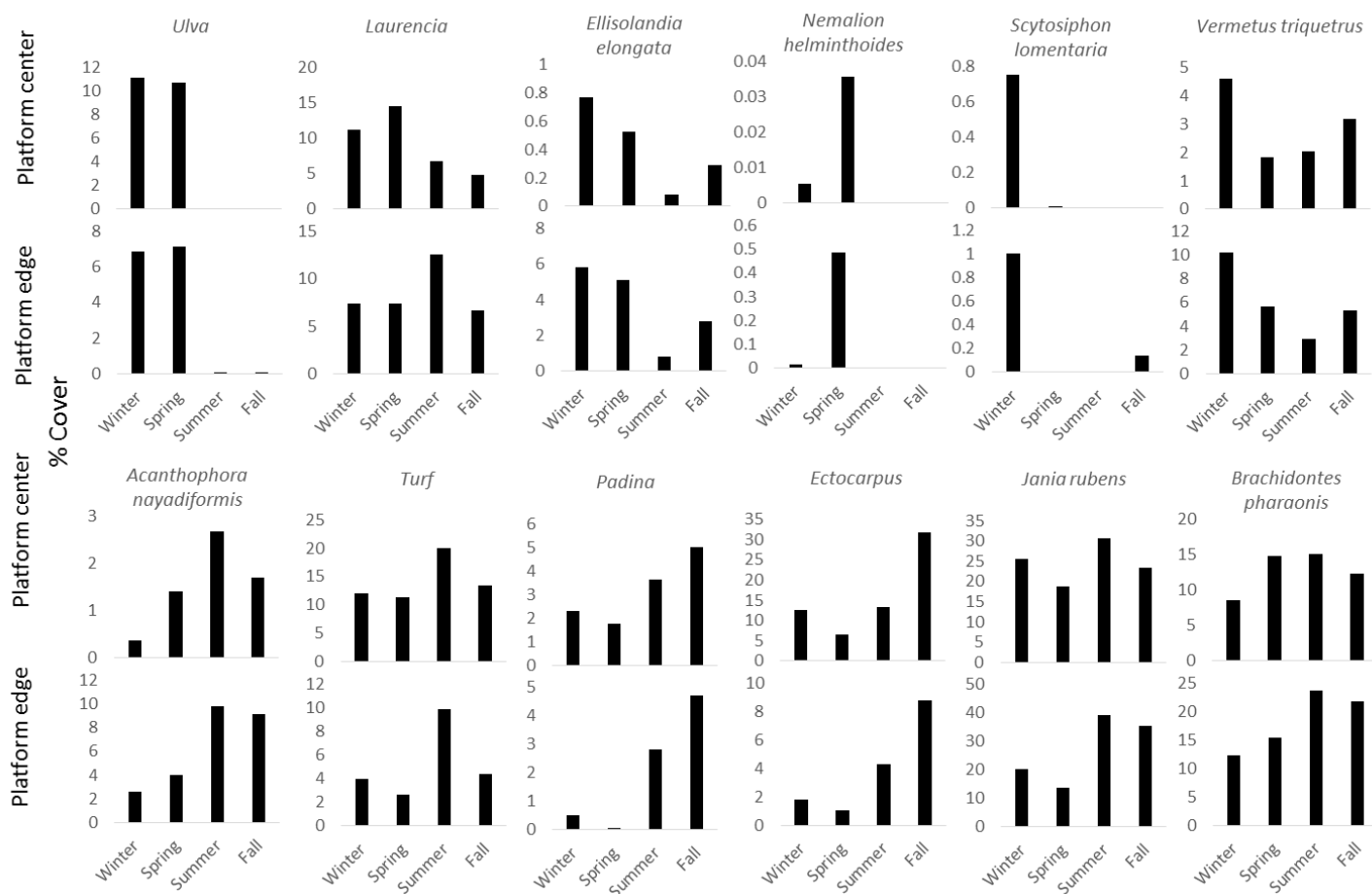
כפי שרואים באיור 5.4, עושר המינים הגבוה ביותר על הטבלאות מתקיים בעונות החורף והאביב. אנליזת PERMANOVA על נתוני ארבעת אתרי הליבה מצביעה על השפעה חזקה של החגורה, האתר וגם העונה על מבנה החברה אקולוגית (טבלה 5.3). השכיחות הממוצעת של המינים העיקריים האחראיים להבדלים במבנה החברה בין העונות מוצגים באיור 5.6. ניתן לראות כי בחברת הקיץ–סתיו ישנו כיסוי גבוה בעיקר של האצה האדומית גנית אדומה (*Jania rubens*) בקצה הטבלה, וכן של הסוג *Ectocarpus* ושל האצה הפולשת *Acanthophora nayadiformis*. בחורף ובאביב ישנם כמה מינים שמופיעים כמעט רק בתקופה זו כמו החסנית (*Ulva* spp.), וכן האצה החומית חלולית משונצת, *Scytosiphon lomentaria*, המופיעה רק לתקופה קצרה בחורף קרוב לקצה הטבלה.

טבלה 5.3: תוצאות מבחן PERMANOVA הבודק את השפעת חגורת הדיגום האתר, והעונה על מבנה החברה בארבעת אתרי הליבה. תרומת כל גורם ניתנת בטבלת המשנה וכן מידת הדמיון בין חגורות הדיגום.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	Unique perms	Variance partitioning (%)
Zone	3	2.29E+05	76257	106.67	0.0001	9944	29.6
Site	3	57298	19099	26.716	0.0001	9909	14.7
season	3	20726	6908.7	9.6637	0.0001	9905	8.5
Zone x Site	9	49310	5478.9	7.6637	0.0001	9827	14.8
Zone x Season	9	11718	1302	1.8212	0.0001	9833	5.2
Site x Season	9	12994	1443.8	2.0196	0.0001	9841	5.8
Zone x Site x Season**	26	19586	753.32	1.0537	0.3118	9764	2.6
Res	118	84360	714.92				19.0
Total	180	4.98E+05					

** Term has one or more empty cells

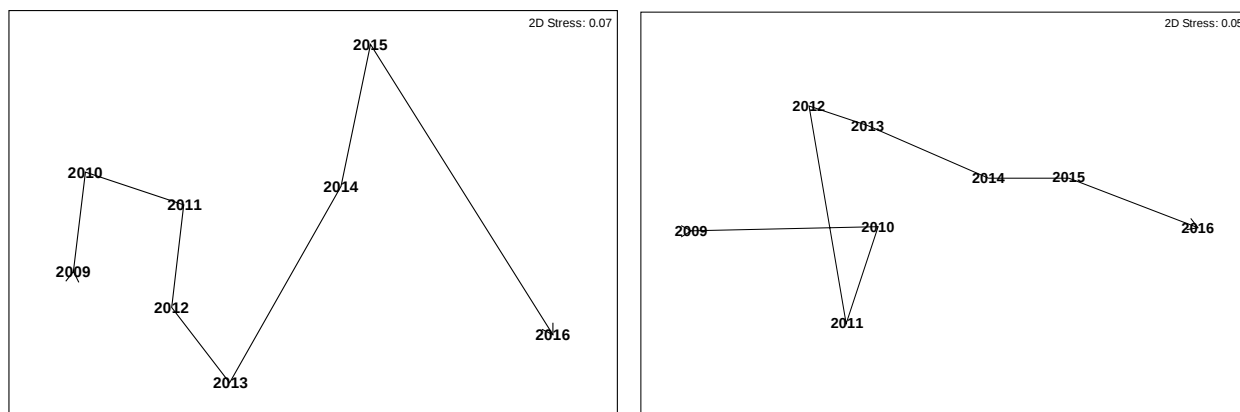
Pairwise test on zones				Average Similarity between/within zones				
	t	P(perm)	perms		Center	Edge	Mid-high	Mid-mid
Center, Edge	3.89	0.0001	9938	Center	36.1			
Center, Mid-high	13.59	0.0001	9921	Edge	37.2	47.5		
Center, Mid-mid	7.99	0.0001	9946	Mid-high	7.7	7.9	65.6	
Edge, Mid-high	17.98	0.0001	9932	Mid-mid	18.5	19.1	43.9	45.1
Edge, Mid-mid	10.16	0.0001	9940					
Mid-high, Mid-mid	6.39	0.0001	9945					



איור 5.6: שכיחות ממוצעת (בין כל אתרי הליבה ושנות המחקר ושתי חגורות הדיגום : מרכז וקצה הטבלה) של המינים העיקריים הנבדלים בין עונות החורף והקיץ בטבלאות הגידוד (על פי ניתוח SIMPER). שתי השורות העליונות הם בעיקר מיני חורף או חורף ואביב, והשתיים התחתונות הם בעיקר מיני קיץ וסתיו. * ישנם הבדלים בסקלה בציר ה-Y בין הגרפים כתלות בשכיחות המקסימלית.

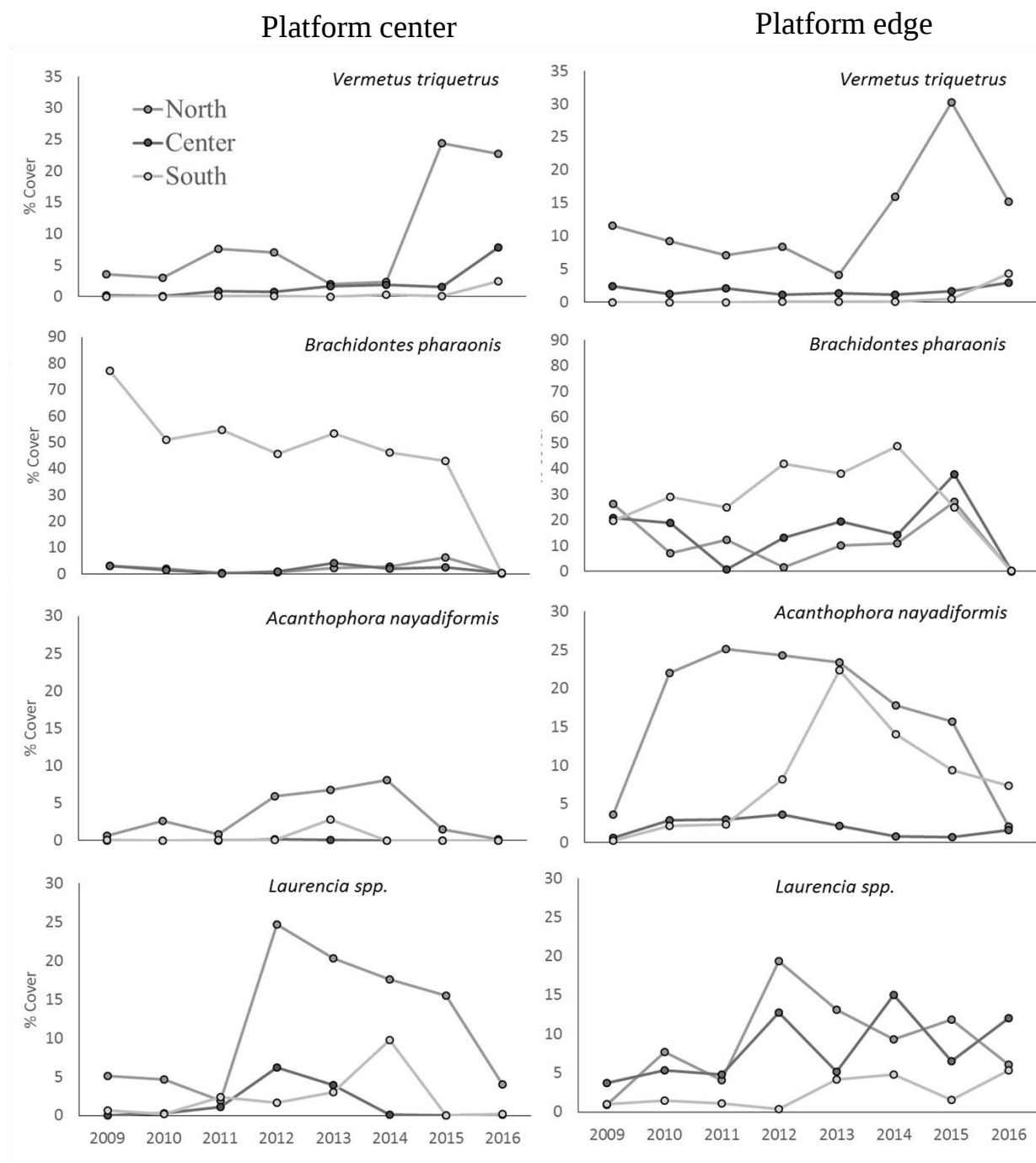
שונות רב שנתית במבנה החברה.

השוואת מבנה החברה בעונת הסתיו בכל 11 האתרים ולאורך שמונה שנות הניטור מצביעה על שינויים משמעותיים שהתרחשו במבנה כפי שמראה אורדינציה ה-MDS בשתי חגורות הדיגום העיקריות (איור 5.7). השינוי המשמעותי ביותר נראה משנת 2014 ובעיקר בין השנים 2015 ל-2016 (המרחק בין שנים על האורדינציה גדול, בעיקר במרכז הטבלה). שוב יתכן שאירוע עקת היובש הממושך (שבועות) בעת נשיבת רוחות מזרחיות חזקות בחורף 2013-14 היה הגורם העיקרי לשינוי. רוחות אלה גורמות להלבנה ותמותה של אצות וגם בעלי חיים, וניתוח אקלימי שבוצע במחקר בחיא"ל הראה שהמערכות הסינופטיות היוצרות אירועים אלה (בעיקר אפיק ים סוף) הכפילו את תדירותם, בעיקר בחורף, בארבעת העשורים האחרונים (Zamir et al. 2018). אם כך הרי שלהתגברות אירועים אלה ישנו פוטנציאל משמעותי לפגיעה במגוון הביולוגי על טבלאות הגידוד בעשורים הקרובים, והמניע העיקרי לשינוי האקלימי האזורי הוא כנראה שינוי האקלים הגלובלי.



איור 5.7 אורדינציות MDS המראה את השינויים במבנה החברה במרכז (פנל שמאל) ובקצה (פנל ימין) הטבלה לאורך שמונה שנות הניטור. מיוצגים פה הצנוראידים של כל שנה של כל 11 האתרים שנוטרו בעונת הסתיו.

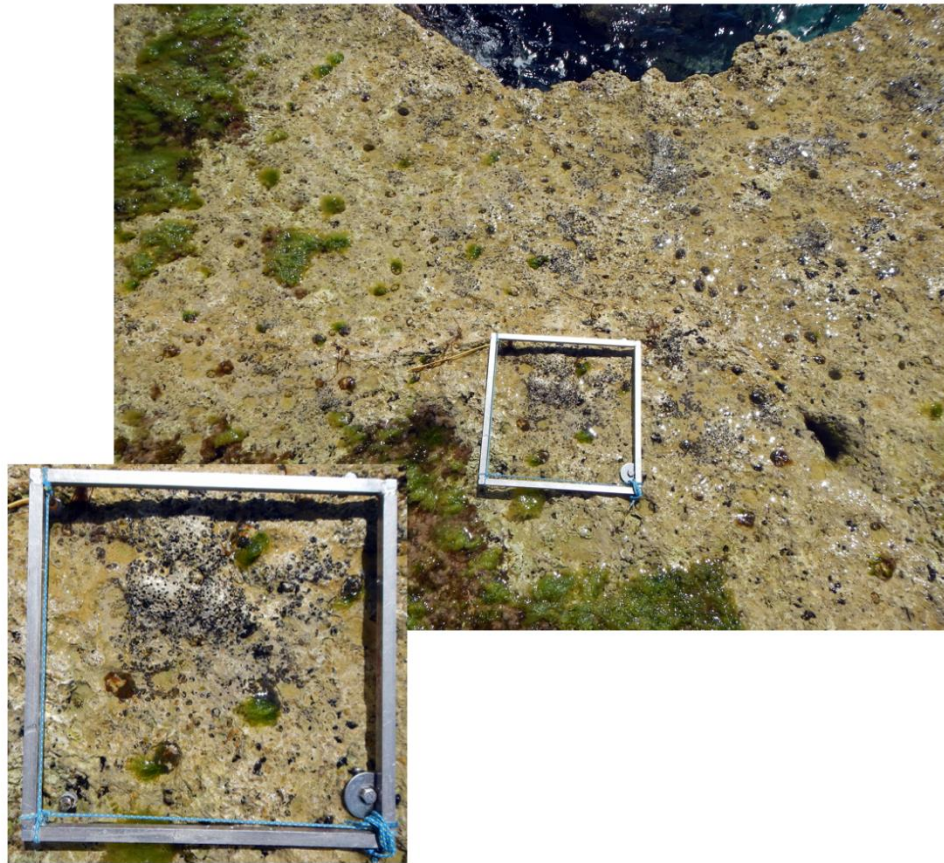
בין המינים העיקריים שאחראים לשינויים בזמן במבנה החברה (על פי אנליזת SIMPER) הם החילזון הישיב בונה השונית, צינוריר תולעני, *Vermetus triquetrus*, הצדפה הפולשת בוצית מגוונת, *Brachidontes pharaonis*, האצה הפולשת קוצנית, *Acathophora nayadiformis*, וסוג האצה המקומית פיטמית *Laurencia* spp. (איור 5.8). החילזון הראה עליה בכיסוי במרכז וגב הטבלה בעיקר בצפון הארץ בשנתיים-שלוש האחרונות. יתכן שעליה זו קשורה בפינוי של חלק מהשטח מאצות גדולות בשל אירוע ההלבנה הגדול (ובעקבותיו תמותה) של חורף 2013-14, אך זו ספקולציה בלבד בשלב זה. לעומת זאת, בקיץ 2016, עברה הצדפה הפולשת אירוע תמותה מסיבי בו נעלמו כל מרבדי האצות על טבלאות הגידוד (וגם על סלעי החוף, תצפית איכותית) לכל אורך החוף. זאת לאחר דומיננטיות של הצדפה על טבלאות רבות מתחילת שנות ה-90 לפחות (Rilov et al. 2004b). כרגע אין לנו הסבר מניח את הדעת לתופעה רחבה זו ולא ברור אם התמותה נובעת מעקה חיצונית, או מהופעת גורם ביולוגי כדוגמת פתוגן שפגע בצדפה, ואולי שילוב של שניהם. אירוע אחד יוצא דופן שהתרחש באותה השנה הוא יומיים של חשיפה וחום גבוה מאוד על הטבלאות (עד 45 מעלות) באמצע מאי 2016. יתכן שאירוע זה הכניס את הצדפה לעקה משמעותית, שגרמה בהמשך לתמותה עם התחממות המים בשיא הקיץ באוגוסט. האצה הפולשת קוצנית הראתה עליה משמעותית בכיסוי הסלע, בעיקר בקצה הטבלה ולאחר מכן דעיכה מהירה, בעיקר בשנת 2016. הסיבות לכך אינן ברורות בשלב זה. בדומה לכך, כיסוי הפיטמית עלה במרכז הטבלה וירד גם הוא ב-2016. נראה כי שנת 2016 הייתה שנה שבה חוו מספר מינים דומיננטיים עקה משמעותית שגרמה לירידה גדולה בשכיחותם.



איור 5.8: אחוז כיסוי הממוצע לאזור (צפון, מרכז, דרום) של צינוריר התולעני, *Vermetus triquetrus*, הצדפה הפולשת בוצית מגוונת, *Brachidontes pharaonis*, של האצה הפולשת, *Acanthophora nayadiformis*, והאצה המקומית, *Laurencia spp.*, בסתיו בין השנים 2009-2016.

הצינוריר הבונה, *Dendropoma petraeum*, שבשנות הניטור הראשונות נעדר לחלוטין בחתכי הדיגום (נצפו פרטים בודדים באתר או שניים), ושהעדרו הינו חלק מתופעת קריסה של מינים מקומיים רבים לאורך החוף הישראלי (כמו למשל קיפודי הים והארגמנית אדומת פה שהיו פעם נפוצים מאוד לאורך החוף (Rilov 2016)), החל להופיע בצברים קטנים (כ- 10 סמ"ר) בשנת 2013 בחופי הבונים ואכזיב, אך אחוז הכיסוי היה מזערי ביותר. בשנים 2014-16 אחוז הכיסוי באתר

הדיגום באכזיב עלה כבר למעל אחוז אחד, בעוד שבאתר הבונים הוא נשאר נמוך מאוד. הכיסוי באכזיב (איור 5.9) עדיין זניח יחסית ברמת האוכלוסייה ולפיכך גם ביכולתו להשפיע על מבנה הטבלה או החברה האקולוגית, אך יתכן שהופעת הצברים מצביעה על התאוששות מסוימת של המין באזור, ויש להמשיך ולעקוב אחר הכיסוי הכולל ואחרי צברים ספציפיים על מנת לבחון אם אכן יש מגמה של שינוי בגודל האוכלוסייה.



איור 5.9: צילום של שולי הטבלה הצפונית באכזיב ואחד הריבועים המסומנים אחריהם נעשה מעקב תקופתי מדצמבר 2015 וצילום תקריב של אותו הריבוע. ניתן לראות בברור את הצברים השחורים של הצינוריר. סלסולי הקוכניות של הצינוריר לרוב משוקעים בתוך שכבה של אצה גירנית מרפדת מהסוג *Lithothamnium*.

סיכום:

- למבנה החברה האקולוגית על טבלאות הגידוד יש תלות רבה במיקום, בעונת השנה ובשנת הדיגום, וישנן מגמות משמעותיות של שינוי לאורך זמן.
- אירועי קיצון אקלימיים גורמים לעקה משמעותית על הטבלאות. תדירות מערכות האקלים היוצרות אירועים אלה עלתה בעשורים האחרונים, בעיקר בעונת החורף, שהיא העשירה ביותר במגוון הביולוגי (Zamir et al. 2018).
- כללית במהלך שנות הניטור נצפית מגמת שינוי מתונה בעושר הטקסונים הקשורה ככל הנראה לתגובת המערכת לאירועי קיצון (יובש וטמפרטורה).

- במאי 2016 התרחש אירוע יוצא דופן של חשיפה וחוס גבוה מאוד על הטבלאות (עד 45 מעלות צלזיוס). יתכן שאירוע זה הכניס את הצדפה הפולשת בוצית מגוונת לעקה משמעותית, שגרמה בהמשך לתמותה עם התחממות המים בשיא הקיץ באוגוסט.
- מעקב אחר דינמיקות רב שנתיות מראה כי מינים דומיננטיים ביותר בבית הגידול יכולים להופיע ולהיעלם כמעט לחלוטין לאורך זמן (צדפות, חלזונות).
- אירועי קיצון של יובש או חום גבוה יכולים להשפיע הן על מגוון המינים והן על שכיחותם של מינים חשובים אקולוגית, מקומיים ופולשים.

מקורות

- Ben Eliahu, M. N. 1975. Polychaete cryptofauna from rims of similar intertidal vermetid reefs on Mediterranean coast of Israel and in gulf of Elat - sabellidae (polychaeta sedentaria). Israel Journal of Zoology **24**:54-70.
- Chemello, R. C. R., and S. Silenzi. 2011. Vermetid reefs in the Mediterranean Sea as archives of sea-level and surface temperature changes. Chemistry and Ecology **27**:121-127.
- Lipkin, Y., and U. Safriel. 1971. Intertidal zonation of the rocky shores at Mikhmoret (Mediterranean, Israel). Journal of Ecology **59**:1-30.
- Lundberg, B. 1996. Composition of the seaweed vegetation along the Mediterranean coast of Israel. Nature Reserves Authority, Jerusalem.
- Menzies, R., Y. Cohen, B. Lavie, and E. Nevo. 1992. Niche adaptation in two marine gastropods, *Monodonta turbiformis* and *M. turbinata*. Italian Journal of Zoology **59**:297-302.
- Rilov, G. 2016. Multi-species collapses at the warm edge of a warming sea. Scientific reports **6**.
- Rilov, G., Y. Benayahu, and A. Gasith. 2001. Low abundance and skewed population structure of the whelk *Stramonita haemastoma* along the Israeli Mediterranean coast. Marine Ecology Progress Series **218**:189-202.
- Rilov, G., Y. Benayahu, and A. Gasith. 2004a. Life on the edge: do biomechanical and behavioral adaptations to wave-exposure correlate with habitat partitioning in predatory whelks? Marine Ecology Progress Series **282**:193-204.
- Rilov, G., Y. Benayahu, and A. Gasith. 2004b. Prolonged lag in population outbreak of an invasive mussel: a shifting-habitat model. Biological Invasions **6**:347-364.
- Safriel, U. N. 1974. Vermetid gastropods and intertidal reefs in Israel and Bermuda. Science **186**:1113-1115.
- Safriel, U. N. 1975. The role of vermetid gastropods in the formation of Mediterranean and Atlantic reefs Oecologia (Berlin) **20**:85-101.
- Safriel, U. N., T. Felsenburg, and A. Gilboa. 1980. The distribution of *Brachidontes variabilis* (Krauss) along the Red Sea coasts of Sinai. Argamon Israel Journal of Malacology **7**:31-43.
- Shkedy, Y., U. N. Safriel, and T. Keasar. 1995. Life-history of *Balanus amphitrite* and *Chthamalus stellatus* recruited to settlement panels in the Mediterranean coast of Israel. Israel Journal of Zoology **41**:147-161.
- Zamir, R., P. Alpert, and G. Rilov. 2018. Increase in weather patterns generating extreme desiccation events: implications for Mediterranean rocky shore ecosystems. Estuaries and Coasts **in press**.

פרק 6- טקסונומיה מולקולרית (barcoding) של המגוון הימי בישראל

(מרכז, פרופ' בוקי רינקביץ buki@ocean.org.il)

מאז שנת 2011 היא"ל עוסקת בהקמה ובפיתוח של התשתית לקוד-הקווים של DNA (barcoding molecular) של המגוון הימי בישראל כחלק מפרויקט הברקודינג העולמי וכחלק מהניטור הלאומי. עד כה נערך בירקוד הדני"א על למעלה מ- 535 פרטים (בים התיכון) בנוסף למספר עשרות ממפרץ אילת. המטרה העיקרית של הפעילות הנוכחית היא להקים ולפתח את המרכז התשתיתי המדעי הישראלי לקוד-הקווים המולקולרי של המגוון הימי בישראל, לאור השנויים הנצפים במדעי הימים בארץ בעידן של שינויים גלובליים ופיתוח סביבתי מואץ. הקמת המרכז התשתיתי נעזרת בשני האוספים הלאומיים הביולוגיים המצויים באוניברסיטת תל-אביב והאוניברסיטה העברית (בהם מאוכסנות החיות עליהן נעשה המחקר) ועל תשתית ISRAMAR (מרכז המידע הימי הלאומי שבמכון לחקר ימים ואגמים בחיפה), שבו מאוכסנות, מוצגות ומופצות תוצאות המחקר. מטרה נוספת וחשובה של פיתוח התשתית לקוד-הקווים של DNA היא להביא את מדינת ישראל כחברה שוות ערך במרכז העולמי לקוד-הקווים המולקולרי הימי.

האזור הכלכלי הבלעדי של ישראל בים התיכון נתון, כבר למעלה ממאה וחמישים שנים, תחת איומי פלישה ביולוגית. למעלה מ-550 מינים זרים של דגים, חסרי חוליות, ואצות כבר הוגדרו בעזרת הטקסונומיה הקלאסית כמינים פולשים ברוב בתי הגידול לחופי הים התיכון. לפי שעה, קיים מידע מועט על השפעתם האקולוגית של מינים אלו על הצמחיה והחי בים התיכון (מלבד מינים בודדים), אם כי ההשערה הרווחת היא כי מינים זרים עשויים לגרום לשינויים גדולים למגוון הביולוגי. מספרם של המינים הפולשים גדל משמעותית וקיים חשש שמספר רב של מינים פולשים נוספים לא רק שלא הוגדרו עדיין אלא שההגדרה המבוססת על מאפיינים מורפולוגיים אינה יכולה להבחין ביניהם (למשל המין *Laurenciella marilzae*). סביר להניח שהשפעת פעילות האדם יחד עם ההשפעות בעקבות שינויים אקלימיים רק יגבירו את קצב הפלישה לבתי גידול שונים, וסביבות ימיות המצויות בשלבי הרס מתקדמים תהיינה פגיעות אף יותר למינים פולשים. המידע המצוי כיום, מצביע גם על קשר ברור בין פלישת מינים לבין אזורים מזהמים בהם קיימת פעילות דיג מרובה, במיוחד בנתיבי שיט בינלאומיים. בנוסף, הפעילות לאורך חופי ישראל (בים הרדוד והעמוק כאחד), הקמת המתקנים לגילוי והפקת נפט וגז (כולל תפעולם), כל אלה מאיצים השינויים וגורמים לפגיעות נקודתיות ורחבות בסביבה הטבעית, ללא מעקב מעמיק.

לאור הבעיות הללו, קיימת חשיבות עליונה למצוא כמה מינים חיים במערכת האקולוגית באזור הכלכלי הבלעדי של ישראל בים התיכון על מנת להבין ולשמר את המגוון הקיים. יש לפיכך צורך דחוף, בהקמה של מאגר נתונים שלם ומהימן על היצורים הימיים בישראל ככלי טקסונומי לניטור והבנה של המגוון הביולוגי הימי בישראל. אולם, זיהוי והגדרה טקסונומית של אורגניזמים לרמת המין הוא תהליך מובנה עם כללים ברורים ודורש מומחיות ספציפית לקבוצות חי שונות. בכל זמן נתון אין טקסונומים זמינים לכל קבוצה טקסונומית שאנו מעוניינים להגדירה או שזמנם לא מאפשר שיתוף פעולה. המצב נעשה גרוע יותר עם השנים כי טקסונומיה אינה "מקצוע מבוקש" בין ביולוגים והמצב חמור עוד יותר בישראל. לכן, מאגר נתונים שלם ומהימן על היצורים הימיים בישראל יכול להיבנות רק על בסיס של קידוד DNA. קידוד DNA הינו שיטה טקסונומית המשתמשת בסמנים גנטיים באורגניזם על מנת להגדירו כשייך למין מסוים.

מתודולוגיה: לאור מצג הידע הנוכחי הדל והכיסוי התקציבי המצומצם, מחקר זה המבוצע בחיא"ל מתרכז בקבוצות ימיות עיקריות שיש אודותן ידע טקסונומי נרחב בארץ (דגים, סרטנים, רכיכות, אצות), ובמינים החיים באתרים של הים העמוק (לאור הפיתוח הסביבתי המואץ בים העמוק בשל תגליות אנרגיה). בנוסף, ישנו מאמץ מרוכז לאסופי דגימות DNA מאצות (חומר חדש וחומר מוזאון) ואיסופים מכוונים מפעילויות מחקריות שונות ומחוקרים שבמכון לחקר ימים. לשם כך, נדגמו היצורים בחופי הים התיכון בתהליך מובנה הכולל הגדרה בכלים מקובלים, צילום, וריצוף DNA מאפיין מין. התהליך תואם את התקן הבינלאומי. המחקר מתנהל במקביל על אסופים יזומים ועל חומר המצוי באוספים שבאוניברסיטאות תל-אביב וירושלים ושניתן לעבדו לצורך זה (חומר

ששומר באלכוהול ולא בפורמלין). חוקרי חי"ל עוסקים בברקודינג מולקולרי של הדגימות שנאספות, אכסון התוצאות במאגרי מידע והצגתן.

מטרת המחקר הינה להבין וללמוד בעזרת הקידוד הביולוגי את הסביבות הימיות בישראל. מאחר ולא קיימת רשימה של מינים זרים במימי ישראל, יש להרכיב רשימה של בתי גידול ימיים בהם יבוצע הקידוד הביולוגי מתוך אתרי אינטרנט ציבוריים ומידע זמין ברשת. עם הזמן, נתוני קידוד חדשים ייצרו ויקובצו מתוך (1) מוזיאונים ישראלים ובינלאומיים אשר ישמשו לאוספים של דגימות מישראל והמזרח התיכון, (2) דגימות חדשות ייאספו באופן קבוע בסביבה הימית בישראל.

קידוד ה-DNA משולב בסקר הביוטי של חי"ל, ומשמש כבר כעת לשתי מטרות. האחת, להגדיר רצפי דנ"א של מינים הנמצאים באזורנו בים התיכון ועדיין אינם ב-BoLD. השנייה היא להשתמש בברקודינג של מינים בהם מוכר הסמן ככלי הגדרה יעיל. בייחוד חשוב הנושא בהקשר לחברות החי המיופאונליות והמקרופאונליות בסדימנט כמו גם חברות הפלנקטון הכוללות מינים רבים קשי הגדרה. תיעוד הסמנים המולקולריים של מינים אלה חיוני בכדי לאפשר בעתיד הגדרה מהירה ברמת המין הבודד. המינים הבודדים, מספרם ומסתם הם כלי מדידה ללא תחליף באקולוגיה של חברות חי. בהתאם מתבצע מהלך השימור של דגימות הביוטה בתאימות עם היכולת להפיק מהם דגימות DNA לאחר זמן רב.

כל דגימה עוברת שיוך באמצעות קידוד DNA ובנוסף, מבוצעים זיהויים מורפולוגיים ואנטומיים. תהליך תיוג המגוון הביולוגי כולל כמה סדרות של מיזמי שטח שמטרתם להגדיר ולתעד את המינים הימיים. במעבדה, התהליך עבור כל פרט שנאסף מוגדר בפרוט: איסוף, הגדרה, דיגום רקמה, צילום דיגיטלי, מיקום GPS, מיספור וקיטלוג, קידוד רצף ה-DNA ופרטים נוספים הדרושים על פי ה-BoLD העולמי. לאחר איסוף הנתונים, נבנים לכל דגימה דפי הדגימה ובו פירוט הנתונים (איור 6.1). על מנת למצוא את מידת הפולימורפיזם של המינים, דגימות נוספות מכל מין (עד 5 דגימות) נלקחות מאיסופים שונים, ואם אפשרי- מאתרים אחרים. המידע המולקולרי מועבר ל-BoLD העולמי ובדיקות קידוד ה-DNA מבוצעות למציאת שיוך המינים. בדיקות טקסונומיות נוספות נערכות על פרטים בהתאם ליכולת המדעית ולפי צורך. במידת האפשר, מאופיינות תכונות וגטטיביות ורבייתיות החשובות להגדרה מהימנה של המינים. מידע טקסונומי על המינים המאופיינים מוצג במרכז המידע הימי בישראל (ISRAMAR.ocean.org.il)

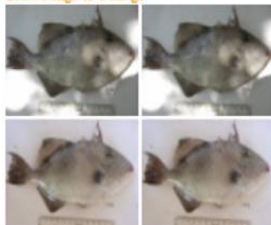
יצורי הוואוצ'ר נשלחים לאוספים הלאומיים שבאוניברסיטאות תל-אביב ובירושלים ודפי המידע אודות היצורים נשלחים למאגר נתוני הקודים שב-BoLD העולמי, שם איכות רצפי ה-DNA ושאר הפרטים עוברים תהליכי בקרת איכות. המידע הטקסונומי על המינים המאופיינים מועבר בנוסף ל-BoLD גם למרכז המידע הימי בישראל (ISRAMAR) שבחי"ל (למאגר בחי"ל יש תאימות עם מאגר המידע הבינלאומי לטקסונומיה מולקולרית ומשמש גם כיחידת הקשר הישראלית לרשת המגוון הביולוגי הבינלאומית).

Specimen - Marine Biota of the Israel-Mediterranean [BIM]

Taxonomy & Photographs

Identification: *Balistes capriscus*
Rank:
Identifier: Nir Stern
Identification Method: Morphology
Institution: Tel-Aviv University
Identifier Email: nirstern@outlook.com
Phylum: Chordata
Class: Actinopterygii
Family: Tetraodontiformes
Sub-Family: Balistidae
Genus: Balistes
Species: *Balistes capriscus*

Click image to enlarge



Sample Identifiers

Sample ID: BIM E124
Process ID: BIM160-13
Institution Storing: Tel-Aviv University
Field ID: BIM E124
Museum ID: P. 14732
Collection Code: E124

Geography

Country: Israel
Region: Mediterranean
Sector: Nitzanim
Lat/Lon: 31.795/34.619

Collection Details

Collectors: Nir Stern
Date Collected: 27-Jun-2012
Time Collected: Night
Depth Collected: 11
Habitat: Sandy bottom
Sampling Protocol: Trawling

Sequence Data

Sequence:
 TTAAACCCAAACCCCAAGACATTGGCACCCTTTACCTGATCTTTGGTGCTTGGGCTGGGATAGTAGGCACAGCTTTAAGCCT
 CCTAATCCGAGCAGAATTAAGCCAACCCGGCGCCCTTTTAGGCGATGATCAAATTTATAATGTTATCGTCACAGCACATGCTT
 TCGTAATAATTTCTTTATAGTAATACCAATTATGATTGGAGGATTGGAAACTGACTCATTCCCTTAATAATTGGAGCCCT
 GATATGGCTTTTCTCGAATAAATAACATGAGCTTCTGGCTTCTCCCCCTCTTTACTCCTACTCCTCGCCTCCTCAAGCGTA
 GAAGCGGGGGCCGGAACCTGGTTGAACAGTGTACCCCTCTCGCGGGGAACCTCGCCCATGCAGGAGCCTCTGTTGATCTAA
 CCATCTTTTCATTACATTTAGCGGGTATTTCTGCAATTTCTGGGAGCAATTAACCTTTATTACAACAATTATTAACATAAAACCC
 CTGCTATTTCTCAATATCAAACGCCCTTGTGTTGCTGAGCAGTCTAATTACGGCTGTTCTTCTCTTTTATCGCTCCCGCTCC
 TAGCCGCCGGCATTACAATGCTTCTCACTGATCGAACTTAAATACCACATTCTTTGACCCTGCAGGAGGCGGCGACCCCATC
 CTTACCCAGCACC

Sequence Composition: A (166), G (121), C (192), T (200)

איור 6.1: דוגמת פרט שנאסף במסגרת תוכנית הניטור של חי"ל של הדג *Balistes capriscus* ומוצג באתר מרכז המידע הימי הלאומי (isramar.ocean.org.il).

בשנת 2016 חי"ל המשיכה בפיתוח של התשתית לקוד-הקווים של DNA (barcoding molecular) של המגוון הימי בישראל. במשך השנה הועלו למרכז התיוג 46 מינים של אצות, חסרי חוליות ודגים (טבלה 6.1).

טבלה 6.1: פירוט הדוגמאות שעברו תיוג מולקולרי אשר נתקבלו מאיסופים ומפעילויות מחקריות שונות ומחוקרים במכון במהלך 2016.

Process ID	Sample ID	Museum ID	Genus	Species	Site	Depth
<u>Cnidaria</u>						
BIM458-16	BIM AP-07		<i>Cotylorhiza</i>	<i>erythraea</i>	Michmoret	0.5m
BIM459-16	BIM AP-08		<i>Cotylorhiza</i>	<i>erythraea</i>	Michmoret	0.5m
BIM460-16	BIM AP-09		<i>Cotylorhiza</i>	<i>erythraea</i>	Michmoret	0.5m
BIM461-16	BIM AP-10		<i>Cotylorhiza</i>	<i>erythraea</i>	Michmoret	0.5m
BIM462-16	BIM AP-11		<i>Cotylorhiza</i>	<i>erythraea</i>	Michmoret	0.5m
<u>Arthropoda</u>						
BIM474-16	BIM NA-010	SMNHTAU AR.29385	<i>Medorippe</i>	<i>lanata</i>	Ashdod	100m
BIM475-16	BIM NA-016	SMNHTAU AR.29386	<i>Medorippe</i>	<i>lanata</i>	Ashdod	100m
BIM476-16	BIM NA-017	SMNHTAU AR.29387	<i>Aegaeon</i>	<i>cataphractus</i>	Ashdod	100m
BIM477-16	BIM NA-025	SMNHTAU AR.29381	<i>Squilla</i>	<i>mantis</i>	Ashdod	80m
BIM478-16	BIM NA-029	SMNHTAU AR.29632	<i>Dromia</i>	<i>personata</i>	Ashdod	80m
BIM479-16	BIM NA-030	SMNHTAU AR.29382	<i>Charybdis</i>	<i>longicollis</i>	Ashdod	60m
BIM480-16	BIM NA-031	SMNHTAU AR.29383	<i>Heterosaccus</i>	<i>dollfusi</i>	Ashdod	60m
BIM481-16	BIM NA-409	SMNHTAU AR.29384	<i>Lophoura</i>	<i>edwardsi</i>	Ashdod	400m
BIM482-16	BIM NA-040	SMNHTAU AR.29614	<i>Pagurus</i>	<i>prideaux</i>	Ashdod	80m
BIM483-16	BIM NA-048	SMNHTAU AR.29633	<i>Scyllarus</i>	<i>pygmaeus</i>	Ashdod	80m
BIM484-16	BIM NA-056	SMNHTAU AR.29601	<i>Calappa</i>	<i>granulata</i>	Ashdod	80m
BIM485-16	BIM AP-020	SMNHTAU AR.29623	<i>Penaeus</i>	<i>aztecus</i>	Ashdod	36m
BIM486-16	BIM AP-028	SMNHTAU AR.29634	<i>Xantho</i>	<i>incisus</i>	Haifa	2m
BIM487-16	BIM AP-005	SMNHTAU AR.29391	<i>Matuta</i>	<i>victor</i>	Hadera	3m
<u>Chordata</u>						

BIM463-16	BIM NA-036	SMNHTAU P.15864	<i>Sciaena</i>	<i>umbra</i>	Ashdod	60m
BIM464-16	BIM NA-037	SMNHTAU P.15843	<i>Microchirus</i>	<i>ocelatus</i>	Ashdod	60m
BIM465-16	BIM NA-038	SMNHTAU P.15836	<i>Pterois</i>	<i>miles</i>	BatYam/ Ashdod	50m
BIM466-16	BIM NA-044	SMNHTAU P.15863	<i>Torpedo</i>	<i>marmorata</i>	Ashdod	80m
BIM467-16	BIM NA-046	SMNHTAU P.15842a	<i>Trachurus</i>	<i>picturatus</i>	Ashdod	60m
BIM468-16	BIM NA-047	SMNHTAU P.15842b	<i>Trachurus</i>	<i>picturatus</i>	Ashdod	60m
BIM469-16	BIM NA-049	SMNHTAU P.15850	<i>Symphurus</i>	<i>nigrescens</i>	Ashdod	80m
BIM470-16	BIM NA-050	SMNHTAU P.15849	<i>Capros</i>	<i>aper</i>	Ashdod	80m
BIM471-16	BIM NA-052	SMNHTAU P.15848	<i>Phycis</i>	<i>phycis</i>	Ashdod	60m
BIM472-16	BIM NA-064	SMNHTAU P.15844	<i>Parexocoetus</i>	<i>mento</i>	Ashdod	60m
BIM473-16	Kyph1	SMNHTAU P.15861	<i>Kyphosus</i>	<i>vaigiensis</i>	Ashdod	-
BIM491-16	BIM F-026	SMNHTAU P.15637	<i>Diplodus</i>	<i>cervinus</i>	Ashdod	15m
BIM492-16	BIM F-027	SMNHTAU P.15666	<i>Ranzania</i>	<i>laevis</i>	Haifa	Stranded
BIM493-16	BIM F-028	SMNHTAU P.15649	<i>Pagrus</i>	<i>pagrus</i>	Ashdod	100m
BIM494-16	BIM F-029	SMNHTAU P.15638	<i>Capros</i>	<i>aper</i>	Ashdod	100m
BIM495-16	BIM F-030	SMNHTAU P.14527	<i>Callionymus</i>	<i>risso</i>	Ashdod	100m
BIM496-16	BIM F-031	SMNHTAU P.15642	<i>Microchirus</i>	<i>ocellatus</i>	Ashdod	15m
BIM497-16	BIM F-032	SMNHTAU P.15637	<i>Pagrus</i>	<i>auriga</i>	Ashdod	15m
BIM498-16	BIM F-043	SMNHTAU P.15841	<i>Alopias</i>	<i>superciliosus</i>	Ashdod	-
BIM499-16	BIM F-044	SMNHTAU P.14384	<i>Chaetodon</i>	<i>trifasciatus</i>	Ashdod	10m
BIM500-16	BIM F-045	SMNHTAU P.15837	<i>Pomacanthus</i>	<i>imperator</i>	Nahariyya	1m
BIM501-16	BIM F-046	HUJ 20396	<i>Epinephelus</i>	<i>chlorostigma</i>	Gaash	-
<u>Chlorophyta</u>						
BIM488-16	BIM-FI GA-00610	00610	<i>Ulva</i>	<i>ohnoi</i>	Shikmona	

BIM489-16	BIM-FI GA- 00653	00653	<i>Ulva</i>	<i>compressa</i> <i>hap.1</i>	Achziv	
BIM490-16	BIM-FI GA- 00660	00660	<i>Ulva</i>	<i>compressa</i> <i>hap.2</i>	Achziv	

חלק מתוצאות הברקודינג מפורסמות בעיתונות מדעית בין-לאומית מבוקרת. בשנת 2016 יצא לאור מאמר אחד העוסק בקוד-הקווים של DNA ומציג את החשיבות בשימוש בכלי מולקולרי זה להבנת המוצא של מינים פולשים: Galil, B.S., Innocenti, G., Douek, J., Paz, G., Lubinevsky, H., Rinkevich, B. (2016). Foul play? On the rapid spread of the brown shrimp *Penaeus aztecus* Ives, 1891 (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) in the Mediterranean, with new records from the Gulf of Lion and the southern Levant. *Marine Biodiversity* (in press).

במאמר זה, דגימות של הסרטן *Penaeus aztecus*, מין מערב אטלנטי, נאספו מצרפת ומחוף הים התיכון של ישראל. מין זה שיש לו חשיבות מסחרית נמצא בעבר מטורקיה, יוון, מונטנגרו והחוף הטירני של איטליה. הזהות של המין אושרה על סמך תווים מורפולוגיים ועל ידי ברקוד גנטי על הגנים 16S rRNA ו-COI. הרצפים של 16S rRNA של הדגימות שנאספו בישראל, צרפת ואיטליה היו זהות, אך הציגו שלושה הפלוטיפים שונים של ה-COI. הרישומים הקרובים בו זמנית ממיקומים מרוחקים בים התיכון לא תמכו בהנחה כי *Penaeus aztecus* הוכנס לתוך הים התיכון במימי נטל. תובנה נכונה יותר מציגה שאוכלוסיות הסרטן הפולש מוצאן מאיכלוס מכוון לא חוקי (חקלאות ימית). הסיכונים הפוטנציאליים למגוון הביולוגי הטבעי של איכלוס מכוון לא חוקי הם התחרות האפשרית עם מינים מקומיים בעלי חשיבות מסחרית, שילוב של פתוגנים וטפילים וסיכון להדבקת אוכלוסיות מקור במקומות אחרים בים התיכון.

נספח 1

יעדי התכנית הניטור הרחבה

1. אימוץ האינדיקטורים והיעדים למצב סביבתי טוב (Good Environmental Status) ליישום "גישת המערכת האקולוגית" (Ecosystem Approach, EcAp) של מוסדות אמת ברצלונה (מדינות הים התיכון) שמתבססת על הדירקטיבה הימית של הקהילה האירופית (Marine Strategy Framework Directive, MSFD). אינדיקטורים אלו אומצה גם ע"י ארגון הסביבה של האו"ם (UNEP) לבניית תכנית הניטור הבין לאומית בים התיכון לה שותפה מדינת ישראל.

האינדיקטורים מפורטים להלן בתרגום חופשי:

תחום	פירוט (יעדים)	פעולות ניטור
1. מגוון ביולוגי	המגוון הביולוגי נשמר. מצב בתי הגידול וקיומם נשמר ותפוצתם ושפע המינים השונים נמצאים בקו אחד עם המצב הפיסיוגרפי, הגאוגרפי והאקלימי האופייניים לאזור ולזמן. כמו כן, א. מתן כלים לצורך בחינה ועדכון תקופתי של מדיניות ניהול שימושים במרחב הימי כגון ממשק דייג, שמורות טבע, וחקלאות ימית. ב. תמיכה ועדכון של מדיניות הפיתוח המבוססת על המיפוי הראשוני הקיים של בתי הגידול וערכיהם. עמידה במחויבויות ניטור בינלאומיות במסגרת אמת ברצלונה לשמירה על המגוון הביולוגי.	מעקב אחר שינויים במגוון המינים ומצב בתי הגידול. ניטור המגוון הביולוגי בבתי גידול מייצגים של קרקעית קשה ובתי גידול של קרקעית רכה.
2. מינים פולשים	מינים זרים שהוכנסו למערכת בשל פעילות אנושית נשמרים ברמה שאינה משנה את תפקוד המערכת האקולוגית	מעקב אחר חדירת והתבססות מינים פולשים ומינים רעילים. מעקב אחר השפעות מינים פולשים על המערכת המקומית.
3. דגים וחסרי חוליות בעלי ערך מסחרי	אוכלוסיות מיני הדגים וחסרי החוליות המסחריים נמצאות ברמה ביולוגית בטוחה, בעלות תפוצת גילאים וגודל המעידה על מאגר מדגה יציב. קיום מרכיבי מארג המזון מבטיחים שמירה לטווח ארוך על השפע ויכולת ההתרבות של אוכלוסיות הדגים המסחריים	מעקב אחר פעילות דייג. מצב אוכלוסיית הדגה ויכולת ההתרבות של מאגר המדגה
4. מארגי המזון הימיים	כל האלמנטים הידועים של מארג המזון הימי נמצאים בנפוצות נורמלית ומגוון המינים נשמר ברמה המאפשרת קיום ארוך טווח של המינים השונים ואת יכולתם להתרבות.	מעקב אחר יציבות מארג המזון הימי
5. העתרה בחומרי דשן (אאוטרופיקציה)	האאוטרופיקציה שמקורה בפעילות אנושית מצומצמת לרמה המינימלית שאינה גורמת לאובדן מגוון המינים, להריסה של בתי גידול, פריחת אצות מזיקה או שינויים בריכוז החמצן בקרקעית.	איתור ומעקב אחר מקורות העתרה פוטנציאליים לים ממקורות שונים כגון פתחי נחלים ותשתיות הזרמת שפכים שונות והערכת מידת השפעתם האפשרית על הסביבה הימית. מעקב אחר התפוצה של הנוטריינטים במרחב הים, זיהוי מגמות של שינויים לאורך זמן רב והתערע על תופעות חריגות. יצירת בסיס להערכת פוטנציאל הסיכון לבריאות הציבור והנוזקים האקולוגיים הצפויים כתוצאה העתרת מימי החופין. יצירת בסיס להערכת הממצאים של תכניות הניטור המקומיות באתרים בהם מתאפשרת הזרמה לים.
6. שלמות קרקעית הים	שלמות קרקעית הים נמצאת ברמה שמבטיחה שהמבנה והתפקוד של המערכת האקולוגית נשמרים ואין השפעה ניכרת על בתי הגידול, בדגש על הבנתוס.	ניטור מאזן הסדימנטים, כולל הסעה וסדימנטציה, וקצבי בליה. השפעות של תשתיות ימיות על שלמות הקרקעית בקנה מידה רחב

7. תנאים הידרוגרפיים	שינויים תמידיים בתנאים ההידרוגרפיים אינם משפיעים לרעה על המערכת האקולוגית	ניטור ארוך טווח של המערכת ההידרוגרפית למעקב אחר השפעות כגון שינויי אקלים (מפלס ים, טמפ', מליחות, חומציות, נוטריאנטים, יצרנות ראשונית וחידקית).
8. זיהום ים	ריכוזי מזהמים נמצאים מתחת לסף המשפיע על המערכת האקולוגית ואינם במגמת עליה.	איתור ואיפיון מקורות זיהום פוטנציאליים לים ממקורות שונים כגון חופים, פתחי נחלים ותשתיות שונות. קביעת התפוצה של חומרים מזהמים במרחב הים, זיהוי מגמות של שינויים לאורך זמן רב והתרעה על תופעות חריגות. יצירת בסיס להערכת פוטנציאל הסיכון לבריאות הציבור והנזקים האקולוגיים הצפויים כתוצאה מזיהום מימי החופין (כימי וחידקי). יצירת בסיס להערכת הממצאים של תכניות הניטור המקומיות באתרים בהם מתאפשרת הזרמה לים. ניטור איכות מי הים כמי גלם להתפלה. עמידה במחויבויות ניטור בינלאומיות במסגרת האמנות השונות למניעת זיהום ים.
9. מזהמים בדגי מאכל ובחשרי חוליות מסחריים	ריכוז המזהמים במאכלי הים מתחת לרמה הבטוחה	בדיקת ריכוזי מזהמים בדגי המאכל ובחשרי חוליות מסחריים בישראל
10. פסולת ימית	תכונות וכמות הפסולת הימית אינן מהוות מטרד ומפגע למערכת האקולוגית החופית והימית	ניטור כמויות וסוג הפסולת בים ובחופים ניטור תוצרי וקצב פירוק אשפה בים והשפעתם הגדרת נקודות חמות המהוות מקור לפסולת ימית וחופית ומעקב אחר השפעתן
11. רעש תת ימי וסוגי אנרגיה נוספים	הכנסת אנרגיה למים ממקור אנושי, לרבות רעש, נשמרת ברמות שאינן מזיקות למערכת האקולוגית הימית.	ניטור רמות הרעש לאורך חופי ישראל ניטור השפעת הזרמת מי קירור ואנרגיית חום ממקורות נוספים על המערכת הימית (תוך הישענות על תכניות הניטור המקומיות השונות)

2. פיתוח ותחזוקת של מרכז מידע ימי לאומי (בחיא"ל)

- פיתוח ותחזוקה של מאגר מידע שיאסוף את כל המידע המדעי והנתונים של תוכניות הניטור החדשות וההיסטוריות מן מהניטור הלאומי ומתכניות הניטור המקומיות.
- ביצוע בדיקה שוטפת של איכות ואמינות נתוני הניטור של התוכניות המקומיות.
- הנגשת המידע המדעי ונתוני הניטור לציבור ובעלי העניין תוך קביעת מדיניות פרסום שקופה והוגנת ועמידה בסטנדרטים בינלאומיים.

3. תמיכה בתשתיות איסוף נתונים (תשתיות ניטור לאומי)

- תחנות ומערכות למדידה רציפה של פרמטרים פיזיקליים (לדוגמא טמפ', מליחות, גלים, זרמים)
- מערכת רדאר למדידות זרמים
- אחזקה וכיול מודלים אוקיאנוגרפיים אופרטיביים
- הכנת תרחישים ריאליים לצורך התמודדות עם אירועי זיהום.

להלן שיוך פעילות הניטור לדסקריפטורים השונים של הדירקטיבה הימית של הקהילה האירופית.

שנת התחלה	פעילות במסגרת תכנית הניטור הלאומית	יעד MSFD	מספר דסקריפטור MSFD
1978	מדידת זיהום מימי החופין במתכות כבדות – סדימנטים, חומר מרף, בעלי חיים ימיים	8 ריכוזי מזהמים נמצאים מתחת לסף המשפיע על המערכת האקולוגית. 9 מזהמים בדגי מאכל ובחשרי חוליות מסחריים לא חורגים מערכי ייחוס או סטנדרטים מקובלים.	8 זיהום ים 9 מזהמים בבע"ח ימיים מסחריים (בראות הציבור)
1990	מדידת נורטריאנטים ואפיון מיקרואצות במימי החופין ושפכי נחלים	8 כנ"ל. 5 האוטורופיקציה שמקורה בפעילות אנושית מצומצמת לרמה המינימלית שאינה גורמת לאובדן מגוון המינים, להריסה של בתי גידול, פריחת אצות מזיקה או שינויים בריכוז החמצן בקרקעית.	8 זיהום ים 5 אוטורופיקציה
1996	כימות שטפים אטמוספיריים של מתכות ונוטריאנטים	כנ"ל	8 זיהום ים 5 אוטורופיקציה
2007	בחינת סמנים ביולוגיים להשפעות מזהמים	כנ"ל	8 זיהום ים
2013	ניטור היצרנות הראשונית והחידקית במימי החופין	כנ"ל	5 אוטורופיקציה
שנות ה-70	ניטור חידקי בחופי רחצה מוכרזים	אין חריגה מתקן ארצי	במסגרת דירקטיבת המים
2000	אפיון הרכב אוכלוסיית מיקרואצות במימי החופין ; כולל מינים בעלי פוטנציאל רעילות	1 המגוון הביולוגי נשמר. מצב בתי הגידול וקיומם נשמר ותפוצת ושפע המינים השונים נמצאים בקו אחד עם המצב הפיזיוגרפי, הגאוגרפי והאקלימי האופייניים לאזור ולזמן. 2 מינים זרים שהוכנסו למערכת בשל פעילות אנושית נשמרים ברמה שאינה משנה את תפקוד המערכת האקולוגית	1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים
2005	אפיון הרכב אוכלוסיית חי תוך הקרקעית במימי החופין	כנ"ל	1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים
2009 (סוף)	אפיון חברות אקולוגיות בחוף הסלעי	כנ"ל	1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים
2013	אפיון חברות אקולוגיות ברכסים תת-ימיים עד עומק מים של 20 מטר	כנ"ל	1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים
2014	אפיון מאקרו-פאונה (דגים וחשרי חוליות) על קרקעיות רכות	כנ"ל	1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים
2012	ברקודינג	כנ"ל	1 מגוון ביולוגי 2 מינים פולשים
חדרה-1992 אשקלון-2013	הוצבו תחנות מטא-הידרוגרפיות של מדידה רציפה – חדרה, אשקלון, מפלס ים	7 שינויים תמידיים בתנאים ההידרוגרפיים אינם משפיעים לרעה על המערכת האקולוגית	7 הידרוגרפיה ושינויי אקלים
2014	הפלגת חתך מול חיפה	כנ"ל	7 הידרוגרפיה ושינויי אקלים
סקרי ממוקדים עבר	מעקב אחר שינויים סדימנטולוגיים בים רדוד (עד 100 מטר עומק מים)	6 שלמות קרקעית הים נמצאת ברמה שמבטיחה שהמבנה והתפקוד של המערכת האקולוגית נשמרים ואין השפעה ניכרת על בתי הגידול, בדגש על הבנתוס (קרקעית).	6 שלמות קרקעית/ תהליכים סדימנטולוגיים
2001 ברקודינג וביו- גיאוגרפי החל ב-	• קליטת נתונים ימיים מגורמי האיסוף, בקרת איכותם, תיעודם ושמירתם בארכיון.	מרכז מידע ימי לאומי	MSFD and Directive

2010 ו-2013 בהתאמה.	• ארגון הנתונים בבסיסי נתונים המאפשרים גישה נוחה לנתונים ושליפתם, עיבודם והצגתם לפי הצורך. • הפעלת מאגר ביו-גיאוגרפי כולל ברקודינג. • הפעלה שוטפת של מודלים לחיזוי ימי ובנית ארכיון של תוצאותיהן. • עיבודים סטטיסטיים של הנתונים והפקת מוצרי מידע בהתאם לצרכי המשתמשים. • קביעת סטנדרטים לאיסוף נתונים ימיים, לבקרת איכות נתונים ולדוקומנטציה של מידע. • הפצת נתונים ומידע בצורות שונות: תדפיסים, דו"חות, תקליטורים, רשת האינטרנט. • קיום קשרים עם מרכזי מידע אוקיאנוגרפיים בחו"ל והחלפת נתונים ומידע. • ייצוג ישראל ברשת הבינלאומית לחילופי מידע אוקיאנוגרפי.	2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information
------------------------------------	---	--