



המכון הבינתחומי למדעי הים באילת
The Interuniversity Institute for Marine Sciences in Eilat
מייסודה של הסנבדה לבiology טיח עילש ג. שט"ז



מרץ 2016

אדר תשע"ו

התוכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת

דו"ח מדעי לשנת 2015



МОГНЕЛОУЧЕНИЕ МАСТЕРСТВО УДИ

ד"ר יונתן שקד, מנהל תוכנית הניטור
פרופ' אמציה גנין, מנהל מדעי, תוכנית הניטור

התוכנית ממומנת ע"י המשרד להגנת הסביבה

ת"ד 469, אילת 88103, ישראל ● טל. +972-8-6360111 ● פקס +972-8-6374329 ● P.O. Box 469, Eilat 88103, Israel
www.iui-eilat.ac.il ● iui@vms.huji.ac.il



חברי הוועד דמנהלו:

ד"ר סינה נתניהו, מدعנית ראשית, המשרד לאיכות הסביבה, י"ר

פרופ' שמשון בליך, האוניברסיטה העברית בירושלים
מר יצחק בן דוד, סמכ"ל בכיר לאכיפה, המשרד לאיכות הסביבה

פרופ' חזי גולדור, האוניברסיטה העברית בירושלים

ד"ר רועי הולצמן, אוניברסיטה תל אביב

פרופ' ברק חירות, חוקר ימים וגמים לישראל

פרופ' אורן לוי, אוניברסיטת בר אילן

פרופ' בועז לזר, האוניברסיטה העברית

מר רני עמיר, ראש היחידה הארץית להגנת הסביבה הימית, המשרד לאיכות הסביבה

פרופ' אמצעיה גנין, המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת והאוניברסיטה העברית בירושלים

פרופ' אלדו שם, מכון וייצמן למדע

ד"ר יהושע שקד, רשות הטבע והגנים

צוות הניטור:

פרופ' אמצעיה גנין, מנהל מדע

ד"ר יונתן שקד, מנהל התכנית

ענבל אילון, ביולוגיה

מוריאל דרי, כימיה

מרק צ'רנichובסקי, ביולוגיה

טניה ריבליין, כימיה

ニצן שגב, ביולוגיה

יעוץ וסיווע:

פרופ' יונתן ארז, האוניברסיטה העברית (יצרנות ראשונית, אוקיינוגרפיה)

פרופ' אריק דיAMENT, מל"י (מחלות וטפחים בדגים)

ד"ר יעל שקד, האוניברסיטה העברית (אבק מרחף, פיטופלנקטון, H_p)

ד"ר עדי טורפשטיין, האוניברסיטה העברית (חומר חלקי בעמודת המים)

שי אורון, אוניברסיטת בן גוריון בנגב (MASPI פורמיניפרים בסדימנט)

תום שלזינגר, אוניברסיטה תל אביב (התישבות וגיאוס אלמוגים לשונית)

עזרה במכון הבינאוניברסיטאי:

גדי זלצמן

ASF ריבליין

תוכן העניינים

א. מבוא	4
א.1. מטרת הניטור במרחב אילת	4
א.2. הקדמה	4
א.3. תקציר התוצאות והמסקנות	7
עיקר ממצאי השנה החולפת	7
תנודות רב-שנתיות ומגמות שינוי	9
א.4. המלצות	12
א.5. תקציר באנגלית, <i>English Abstract</i> ,	13
ב. שוניות האלמוגים	20
ב.1. סקר חברות השונות	20
ב.2. צילום אתרים קבועים	47
ב.3. חברת האלמוגים בלגונות שמורת האלמוגים	56
ב.4. התישבות אלמוגים בשונית	60
ב.5. סקר חסרי חוליות	63
ב.6. קצב גידול מאקרו-atzot בשונית	68
ב.7. סקר דגי השונית	73
ג. ניטור הסביבה החופית	76
ג.1. מי הימ בקרבת החוף	76
ג.2. טפילים ומחילות בדגים לאורך חופי אילת	88
ג.3. קרקעית חולית במים רדודים – אפיון החיה בסדימנט	93
ג.4. קרקעית חולית במים רדודים – כיסוי עשב ים	95
ג.5. שינויים במאספי פורמינגפרים בנתונים בצפון המפרץ לאחר פינוי כלובי הדגים	97
ד. עומדות המים בים עמוק	101
ד.1. מדדים פיזיקליים: טמפרטורה ומליחות	103
ד.2. מדדים כימיים	108
ד.3. מדדים ביולוגיים	129
יצנות ראשונית	132
פיטופלנקטון וחידקים בעמודות המים	135
זואופלנקטון	137
ד.4. שטף החלקיים בעמודות המים	140
ה. מדידות סכיבתיות בתדרות גובה	143
ה.1. קלורופיל	143
ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורה חוף אלמוג	144
ה.3. משתנים מטאורולוגיים	146
ה.4. זרים	154
ה.5. אבק מרחק	158
ו.ביבליוגרפיה	160
ז. נספחים	162
ז.1: מפות אתרי הניטור	162
ז.2. רשימות סוגים האלמוגים	164
ז.3. מעקב אחר דינמיקה גiros ותמותה של אלמוג אבן במרחב אילת / עקבה	166
ז.4. טבלת פעילות צוות הניטור בשנת 2015	173

א. מבוא

א.1. מטרת הניטור במפרץ אילת

מטרת התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת היא יצירת תשתיות ידע עובדתי ארכוי טווח על מנת
המערכת האקולוגית, הימית והפיסקלית הימית בצפון מפרץ אילת. על התשתיות זו לשמש בסיס מדעי
לגיבוש המלצות ביצועיות לפתרון בעיות אקולוגיות, ניהול תכניות משק סביבתי והמשך פיתוח מושכל
של אזור החוף והמים בתחום מדינת ישראל במפרץ אילת.

תכנית הניטור מפעילה מערך מתקדם למדידה קבוצה וממשכת של הגורמים האקולוגיים המרכזיים
בbatis הגדול העיקריים במפרץ אילת. התכנית בוחנת את קיומן של מגמות שנינוי אקולוגי ו奧מדת את
עצמם, מערכה את מצב "בריאות" המערכת ואת השפעתם האקולוגית של גורמי זיהום שונים.
תפקידה של תכנית הניטור לדוח על מצב המערכת האקולוגית, להתריע על סכנות הנש��ות לה,
ובמקרה של היזדרותה להציג דרכי לעצירתה ולשיקום המערכת.

א.2. הקדמה

הדו"ח שלהן מתאר את עבודות הניטור הלאומי בצפון מפרץ אילת בשנת 2015. הדו"ח מחולק
לפרקם התואמים סביבות ושיטות עבודה שונות. כל פרק כולל תיאור קצר של שיטות המדידה, תוצאות
מפורטות (איורים, טבלאות) ודיוון קצר במקנות. תיאור מפורט של השיטות נמצאת בדו"ח השנתי הראשון
(2003) וסיכום פעילויות הניטור ותידרונות מופיע בטבלה 1 ומיוקם תחנות הניטור העיקריות נתן
באירור 1.

תכנית הניטור פועלת במתכנית אחידה מאז שנת 2004 וכן ניתן לבחון מגמות על פני מעלה מעשור
באמצעות נתונים אשר נאספו בשיטות אחידות, ולהשווות תוצאות מדידות שנעשו באותו אופן על ידי אותו
צוות. הדבר מקנה עצמה אנלטית גדולה לניטות התוצאות ההשוואתיות.

תכנית הניטור עדין לא מיצתה את טווח הערכים האפשרי במערכת (למשל, משרות ריכוזי
נוטריינטים במים העמוקים או אחוז כספי אלומוגים מירבי באטריה השונית), אך פרק הזמן בו פועל
התכנית כבר מאפשר התחלת של הערכת המזוזרים והתהליכים תלויי הזמן הפועלים בטווה הבינוני.
נתונים הקודמים לנתוני תכנית הניטור מסוימים בדו"ח 2004 שם נעשית השוואة ביןם ובין נתוני
תכנית הניטור. בדו"ח זה מוצקרים לעיתם נתונים הלקוחים משנים קודמות, ובמקרים אלה מאוזכר
המקור.

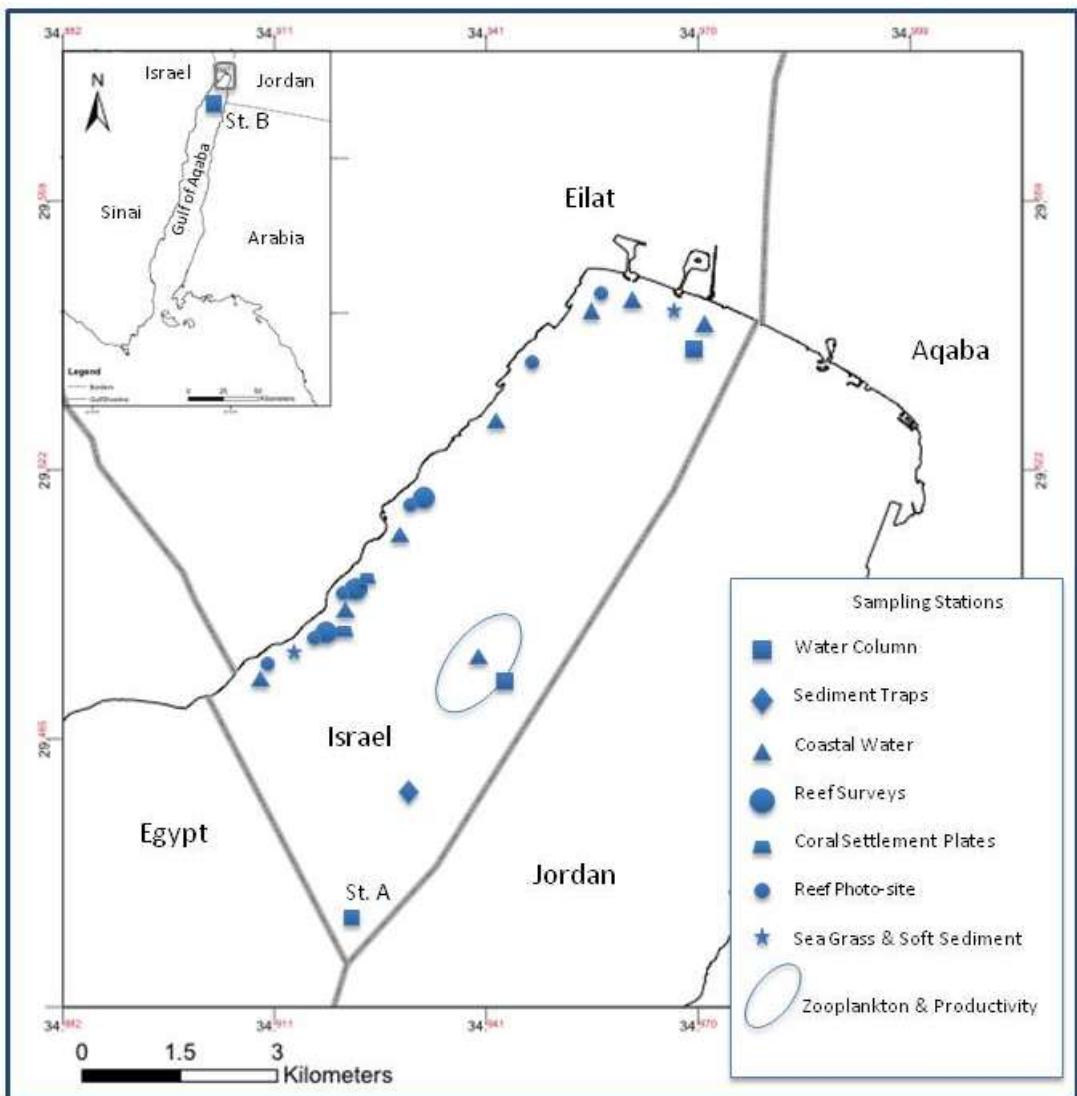
השנה נוספת מספקת מדידות חדשות למערך הניטור. בשוני האלומוגים הוצבו לוחיות התקישבות
לצורך מעקב אחר אספקת אלומוגיaben החדש המהווים פוטנציאלי גיוס לשוניות.umi
במי החופים החולים (קרקעית רכה) החל מעתה אחר חבות הבנות בקרקעית, וכיסוי עשבים. בעמודת הים העמוק הוצבו
מלכודות סדיינט בשיטוף פעולה עם המעבדה הגיאוכימית של ד"ר עדי טורפשטיין מהמכון למדעי כדור
הארץ. מלכודות הסדיינט מספקות, לראשונה בצפון המפרץ, מידע על גלגוליו של החומר החקלאי מפני
הים ועד לקרקעית.

נתוני תכנית הניטור, החל משנת 2004, מואסנים בסיס נתונים אלקטרוני והגישה אליהם פתוחה
לכל דורש דרך אתר תכנית הניטור במכון הביאנו-יבראסיטאי למדעי הים באילת:
<http://www.iui-eilat.ac.il/NMP>

תדירות (משך הזמן לסקרים)		פעולות
	שוניות	
אחד לשנה, בקייז (מספר שבועות)	סקר חברות השונות	
אחד לשנה, בקייז (שבוע)	নিটোর শোলচন হশনীত	
אחד לשנה, באביב (מספר שבועות)	ছিলোম রিবুইম ক্বোই মকুম + নিতোহ ছেলোমিম	
אחד לשנה, בקייז (שבוע)	নিটোর চৰাৰ আলমগৰিম বেলগোনা	
עונתית, כל שלושה חודשים	হাতিশবোত অলমগৰিম বেশনীত	
אחד לשנה, בקייז (מספר שבועות)	নিটোর চৰাৰ চোলিয়ত নৈডিম বেশনীত	
אחד לחודש	নিটোর মাক্ৰো-অ্যোট বেশনীত	
אחד לשנה, בסתיו (מספר שבועות)	নিটোর দেগি হশনীত	
		תchanot chofiot
এপিয়ন মি হচোফিম (মদ্দিম ফিসিম, কিমিম, বিলোগিম)	একটি হচোশ	
חברত বনতোস বেক্ৰেক্যুতিৎ রেকা	একটি শনা	
একটি শনা, বকীজ	কিসী উষৰ ইম	
একটি শনা, বকীজ	মাহলোট দগিম ও ত্পিলিম	
একটি শনা, বেচোৰ্ফ (מספר שבועות)	নিটোর মাত্চোট বেমৰিনা এইলা	
		ইম উমোক
এপিয়ন উমোদত হমিম (মদ্দিম ফিসিম, কিমিম, বিলোগিম)	একটি হচোশ	
চিৰনোট রাশনীত	একটি হচোশ	
নিটোর জোপ্লেন্কটোন	একটি হচোশ	
নিটোর হোমৰ ছলকিকি বেমোদত হমিম	একটি হচোশ	
		মদ্দিদোট রচিপোট বেস্মোক লেম্চোন হবিগানোণিবৰ্সিটেই
মদ্দিদোট যোমিয়ত শেল তম্পৰেৰা ও ক্লোৰোফিল বেমোহ	মদ্দি ইয়ম	
জৰমিম	নিটোর রচিপ	
ঠচনা মতাওৱলোগিত + ক্ৰিত	নিটোর রচিপ	
অৰ্বক মৰাখ	নিটোর রচিপ	

טבלা A1: פעילויות תכנון הניטור ותדירותן.

Table A1: Activities of the monitoring program and their frequency.



איור א1: מיקום תחנות הבדיקה

Figure A1: Location of monitoring sites

א.3. תקציר התוצאות והמסקנות

עיקר ממצאי השנה החולפת

שוניota האלמוגים

1. **כיסוי אלמוגי אבן חיות** – השנה נמצאה ירידה כלשהי בכיסוי החיה בששה מתח בין צפיפות המושבות בשינויות אילת. השנה התאמה טובה בין כיסוי אלמוגים חיים ובין צפיפות האלמוגים באתר השוניות אילת. השנה תורמים להתקאה הטובה ירידה שניצפה בכיסוי האלמוגים באתר השמורה הרוד (NR-5), בו מצויים האלמוגים הגדולים ביותר, ועליה בגודל מושבות אלמוגים באתר הסקר האחדים. ההתקאה הטובה בין כיסוי חי וצפיפות מושבות מהוות עדות עקיפה להצלחת הצמיחה של מושבות אלמוגים. השנה נמצאה עליה קלה במספר מושבות האלמוגים הקטנות בשינויות אילת.
2. **גודל וצפיפות מושבות אלמוגי אבן** – ישנה התקאה טובה בין כיסוי אלמוגים חיים ובין צפיפות המושבות בשינויות אילת. השנה תורמים להתקאה הטובה ירידה שניצפה בכיסוי האלמוגים באתר השמורה הרוד (NR-5), בו מצויים האלמוגים הגדולים ביותר, ועליה בגודל מושבות אלמוגים באתר הסקר האחדים. ההתקאה הטובה בין כיסוי חי וצפיפות מושבות מהוות עדות עקיפה להצלחת הצמיחה של מושבות אלמוגים. השנה נמצאה קלה במספר מושבות האלמוגים הקטנות בשינויות אילת.
3. **מדד הרקמה החיה באלמוגי אבן** – השנה נמדדה ירידה נוספת ממד זה. המדר מציג את אחוז הרקמה החיה במושבות אלמוגים חיota, ומהוות סמן עקיף לביריאות של מושבות אלמוגים. השינויים בערכי המדר קטנים.
4. **מגון מיני אלמוגים** – מד Shanon-Wiener – בו נמדד מגון אלמוגי האבן בשינויות אילת גבוהה יותר השנה מאשר שנה הקודמת. לעומתו, תוחלת מספר סוגים האלמוגים למספר פרטיהם נמוך יותר השנה. שינויים אלה במדדי המגוון קטנים, והרכב חברות האלמוגים דומה השנה לשנים קודמות.
5. **שולחן השונית** – לשולחן השונית התייחסות נפרדת מאתרי קדמת השונית, עקב מאפייניו הייחודיים. גם באתר זה נמדדה השנה ירידה בכיסוי אלמוגי אבן חיות. מד Shanon-Wiener למגוון האלמוגים בשולחן השונית, לעומת זאת, גבוהה מעט השנה בהשוואה לשנה הקודמת.
6. **סקר האלמוגים המצולם** – בסקר זה נスクרו השנה פחות תמנונות מאשר בשני קודמות וועל כן קשה להשוות מדדי ספירה לשנים קודמות. היחסוי החי המומצע (שיטה האלמוגים המומצע לתמונה) וצפיפות המושבות באתרים המצלומים דומה השנה למדידות השנה הקודמת.
7. **לגונת שמורת האלמוגים** – השנה נמצאה עליה קלה בצפיפות מושבות האלמוגים בלבדונה, ובפרט בצפיפות האלמוג הדומיננטי *Stylophora pistillata*.
8. **התישבות אלמוגים בשונית** – השנה החלה תכנית הניטור לעקב אחר התקישבות אלמוגים בשונית באמצעות לוחיות התקישבות אשר הוצבו בשני אתרים, השמורה והמעבדה הימית. שני האתרים נמצאו התקישבות בתקופת הקיץ. על לוחיות שהושארוabis לשולה חודשים נוספים נמצאה באתר השמורה חצי מכמות המתישבים שנספרה בקיץ וגדלים היה כפול. צפיפות זו מצביעה, לכורה, על כך שלא נוסף מתישבים חדשים לאחר אוגוסט, שמחצית מהמתישבים לא שרדו את שלושת החודשים הבאים ואלה ששדרדו היכילו את גודלם. באתר המעבדה נמצא פחות מתישבים מאשר בשמורה, ומתיישבים רבים יותר על לוחיות שנותרוabis עד אוקטובר – אך גודלם המומצע היה קטן יותר. לכורה, עדות לכך שאספект מתישבים נמשכת מעבר לקיץ, אך שרידות המושבות נמוכה יותר מאשר בשמורה. אלה תוצאות ראשוןות, ובהמשך הניטור ניתן יהיה לבחון את תבניות התקישבות האלמוגים בשונית באופן מעמיק יותר.
9. **קיופדיים** – קבוצת הרוועים החשובה ביותר בשונית מביון חסרי החוליות היא קיופדי הים, ומזכה המין הנפוץ ביותר הוא *Diadema setosum*. צפיפות קיופדי הים נזירה נמוכה השנה ברוב האתרים, ואילו צפיפות של הקיופוד *D. setosum* נזירה נמוכה יותר. *Echinometra Mataei* עלתה.
10. **חכליות ים, נחשונק** – נמצאה ירידה בצפיפות חכליות הים בכל האתרים, למעט אחד NR-10. בשנים האחרונות מזוהים ב多层次ת סקרי חסרי החוליות פרטיהם של נחשונק (*Astroboa nuda*) בשינויות אילת. יצור זה לא זווה בשנים הראשונות של

פיעולת תכנית הניטור והשנה נמצא מספר גדול יותר של פרטימ מאשר בשנה הקודמת.

11. **אצות בנתוניות בשונית** – ריכוזי הצלורופיל על גבי לוחיות התיאשבות, ובעיקר לוחיות מוגנות מפני דרעה, מצויים בהתאם לעומק הערבוב. השנה היה הערבוב רדוד וריכוז הצלורופיל בדרך כלל נמוכים. יחד עם זאת מרבדים של *turf algae* וצאות בנתוניות אחרות כיסו את המדרונות החל מהקץ ועד לסוף השנה.

12. **דגי שונות** – קבוצת הדגים הزاופלנקטיבורים (הניזונים מזואופלנקטון בגוף המים) היא הגודלה ביותר בקרב הדגים שוכני השונית, ומהווה כ- 60% מכלל הדגים שנתקשו השנה. דגים אלה מוגנים חוליה חיונית במארג המזון ברכם חמרי מזון מהרמות הנמוכות בגוף המים. קבוצת דגי השונית השנייה בגודלה היא הדגים הטורפים (קרניבורים), דגים המושתים את אוכלוסיית השונית (בעיקר חסרי חוליות). קבוצת הדגים הרעבים (הרביבורים) מהווה כ-7% ומגלמת תפקיד חשוב בויסות כמות האצות צמודות-המצט בשונית וכן לדגים אלה השפעה ניכרת על התיאשבות אלמוגים ושיגוגם.

הסביבה החופית

13. **ריכוז נוטריניטים במים החופיים** – ערכי רוב המדדים במי השטח גבוהים יותר בחודשי החורף מאשר בקיץ. התהילה השולט ברוב המדדים הכימיים, הפיסיקליים והביולוגיים הנמדדים בתחום הניטור החופי הוא מחוור הערבוב השנתי הנשלט על ידי קידור פני הים בחודשי החורף. לעומת עמודות המים השנה היה רדוד וריכוזי הנוטריניטים היו נמוכים – מלבד חריגות מקומיות. בחודש אוקטובר נמדדנו ערכים גבוהים בחוף הצפוני ומקודם בכל הנראה באידוי גשם שהכניסו נגר מהחוף לים. בחודש אפריל נמדדנו ערכים חריגים בתחום חיל היםmillion מרידיאן.

14. **טפילי מעיים ופתחניים בדגי בר** (*Siganus rivulatus*) – בדגים רבים אשר נታפסו השנה נמצאו גרגוליםות התשודדות חד-细细קי מיקופטריים (*Micobacterium marinum*) וניכר כי האзор שמיידין קיים ופניאל. מנתוני מליח'י לגבי החוף הצפוני של איילת נראה כי האזור שמיידין מהו מוקד הדבקה בחודש. שכיחות הדבקה בטפילי מעיים הטרוקסנים בדגי הבר יציבה בשנים האחרונות. שכיחות גבוהה ושיפה של טפילים אלה מעידות על חוסנס של בתיה הניזול הדרושים להשלמת מחוור חייהם.

15. **קרקעית ים רכה** (*soft sediment*) – השנה הגבירה תכנית הניטור את פעלולתה באזוריים חופיים של קרקע רכה. בנוסף לניטור חברת פורמנינפרים בנתוניות תחת מיקומם של כלובי הדגים לשעבר, בו לקחה השנה התכנית חלק גדול יותר, נושא השנה גם סקרי חברת שוכני סדיימנט בחופים הצפוני והדרומי ונעשה סקר כיסוי שעשב ים בשני האתרים.

16. **גדלי גרגר בקרקעית רכה** – הקרקעית הרכה בשני אתרים, בחוף הצפוני ובחוף הדרומי, נדגמה ואופיינה לגבי התפלגות גודל הגרגר שבוחן שוכני הסדיימנט. נמצא שבחוף הצפוני למינלה מ-60% מהסדיימנט הוא בגודל קטן מ-125 מיקרומטר, ואילו בחוף הדרומי למינלה מ-95% גודל מ-125 מיקרומטר. הבדל זה מצביע על סוג ומוקור החומר כאשר מרבית הסדיימנט בחוף הצפוני והדרומי וונעשה סקר כיסוי יבשתי, ומרבית החומר בזרמי מקורו ימי ביוגני בתוספת חול מינרלי.

17. **מייאופאונה בקרקעית רכה** – בשני האתרים נמצא דומה של *Polychaeta* בחוף הצפוני זו הקבוצה הנפוצה ביותר ואחריה *Nematoda*. גם בחוף הדרומי אלה הקבוצות הנפוצות, אך שם הנפוצה ביותר היא *Nematoda* והשניה היא *Polychaeta*, *Copepoda*, ושותיהן נפוצות בהרבה מה-*Polychaeta*.

18. **פורמנינפרים באתר כלובי הדגים** – השנה ניכרה התאוששות נוספת בחברת הפורמנינפרים הבנתוניים באתר כלובי הדגים, אשר נפגע משטפונות בחורף 2012-2013, ומספר הפרטים בגין גרים סדיימנט עלה. תכנית הניטור החלה למלא חלק גדול יותר בניטור הפורמנינפרים באתר כלובי הדגים והושקע מאמץ גדול בזיהוי מיני פורמנינפרים שעד כה לא זוהו. השנה זזה מספר גדול הרבה יותר של מיני פורמנינפרים בנתוניות באתר כלובי הדגים, יחסית לשנים קודמות.

19. **עשבי ים** – השנה החלה תכנית הניטור לסקור את מידת היכסו שלם בשני אתרים, בחוף הצפוני ובחוף הדרומי. בכל אתר נמדדנו שלושה עומקים, 10, 15 ו-20 מטרים.

בחוף הצפוני נמצא כיסוי של כ- 50% בעומקם הרדודים ובכ- 90% בעומק 20 מטרים.
בחוף הדרומי נמצא כיסוי נשב עם שעה עם העומק מ- 25% בעשרה מטרים לכ-
80% בעומק עשרים מטר.

עמודת המים בים העמום

20. עומק הערבוב – השנה, בפעם השלישייה ברכזיות, היה ערבות עמודת המים רדוד, כ-300 מטרים.
21. ריכוז חמצן ונטרייניטים מומסמים במים העומקים – לאחר שלוש שנים של ערבות רדוד, ריכוז החמצן המומס במים נותרו גבוהים יחסית (כל ריכוז החמצן שנמדדונו השנה במים העומקים מ-500 מטרים נעו בין 170 ל-180 מיקרומול לליטר) וריכוז הנוטרייניטים נמוכים (כל מדידות החנקות במים העומקים מ-500 מטרים נעו בין 4.9 ל-5.7 מיקרומול לליטר).
22. קלורופיל, זואופלנקטון ויצרנות ראשונית – השנה, על אף הערבות הרדוד, נמדד ריכוז קלורופיל, זואופלנקטון ויצרנות ראשונית גבוהה יחסית בשכבה הповית בים העמום.
23. שטף חלקיקי בעמודת המים, מתווני מלכודות סדימנט – השנה מציגה תכנית הניטור, לראשונה, נתוני על שטף החלקיקים בעמודת המים, אשר נמדד בשיטות פנולה עם ד"ר עדי טורפשתין מהמכון למדעי כדור הארץ באוניברסיטת חיפה מאז 2014. המדידות מראות את חשיבותם הרבה של אידויים קצרים מועד על השטף הכללי. עריכים רבים של כ- 7 גרם למטר רבונו ליום נמדד באירועים שנמשכו ימים ספורים בחודשי החורף והאביב בעוד שהשטף בחודשי הקיץ נמדד מגרם אחד למטר רבונו ליום. אمدن של השטף הממוצע המגיעה לקרקעית הים לאורך זמן יתקבל עם המשך הניטור בשנים הבאות.

מדידות רציפות משלימות

24. קלורופיל בפני הים בסמוך לשונית (מדידה יומית) – ריכוז קלורופיל רבים נמדדנו גם השנה מוקדם מהצפוי, בחודש ינואר. נראה שבשנתיים האחרונות תחילת הקידור חזקה ומוקדמת והערבות מתחילה מוקדם ומעלה נוטרייניטים לפני הים, אך התהילה נוצר ואספект הנוטרייניטים נוצרת כך שלא מתקבלת פריחת אביב ממשמעותית.
25. טמפרטורת פני הים בסמוך לשונית (מדידה יומית) – במשך דוב השנה הייתה טמפרטורת פני הים קרובה לממוצען הרוב-שנתי, אם כי בחודשי סוף הקיץ נמדדנה לרוב טמפרטורה גבוהה (אך לא באופן חריג). בסך הכל טמפרטורת פני הים הממוצעת הייתה גבוהה בהשוואה לשנה הקודמת.
26. קרינה (מדידה רציפה) – בחודשי החורף תועדו גם השנה מספר ימים בהן הייתה הקרינה גבוהה יחסית לממוצען, אך הקרינה האולטרה-סגולת לא הייתה גבוהה במיוחד.
27. ריכוזי אבק – בחודש ספטמבר נמדד ריכוזי אבק הגבוהים ביותר אשר נמדדנו עד כה על ידי תכנית הניטור, 700 מיקרו-גרם למטר מעוקב. האבק נאסף מזח המכון בזמן סופת אבק אשר נמשכה מספר ימים.

תנדות רב-שנתיות ומוגמות שינוי

שינוי האלמוגים

1. כיסוי אלמוגי אבן – מצבה הכללי של שונות האלמוגים באילת, אשר נמצא ב大妈ת שיפור בעשור האחרון, הראה גם השנה ירידיה, בפרט באחוז הכיסוי החיו של אלמוגי אבן. בכך נרשמו שנתיים רצופות של ירידיה בכיסוי האלמוגים בשוניות אילית. בשנות הניטור הראשונות (2004-6) כיסוי האלמוגים הממוצע בשוניות אילית היה 21.5-23.9%. בשנים 2007-2012 עלה הכיסוי הממוצע ונע בטוחה המדדים 20-24.1%. בשנת 2013 נמדד הכיסוי המובי בתקופת הניטור, 26.4%, ובשנתיים האלמוגים הממוצע עד לעדר (2014-15) נמדד ירידיה של כאחוז בשנה בכיסוי האלמוגים הממוצע עד לעדר שנמדד השנה, 24.1%. כיסוי האלמוגים הממוצע בשוניות אילית, כמו גם הכיסוי המנורמל לאחוז המצע הקשה בשונית, עדיין גבוהה השנה מהערכים שנמדדנו בשנות הניטור הראשונות.

2. **צפיפות וגודל מושבות אלמוגי אבן** – במשך שנות הניטור נמצאה עליה בחלוקת של קבוצת המושבות ה"ビונזיות" וירידה בחלוקת של המושבות ה"קטנות" באטררי הניטור. נראה כי הירידה בחלוקת היחסית של המושבות הקטנות נובע במידה רבה מירידה מתמשכת בכמות המושבות הקטנות. בשנתיים האחרונים עלה מעט מספר המושבות הקטנות, וגם חלקו היחסית בשונית עלה. צפיפות מושבות אלמוגים ירדה בשנות הניטור הראשונות אך נמצאת בעלייה מאז שנת 2010. הצפיפות הממוצעת של מושבות אלמוגי אבן בשוניות אילת שנמדדה השנה, כ-29 מושבות למטרע שונית באורך עשרה מטרים, היא הגבוהה ביותר שנמדדה במסגרת התכנית. נראה כי בתחום התכנית הניטור ישנה עלייה בשידות מושבות אלמוגי אבן.
3. **מדד הרקמה החיה באלמוגי אבן** – מדד זה מצוי בירידה, מאז 2012. יחד עם זאת, השינויים במדד זה קטנים. יתרון והירידה בערך הממדד משקפת את מגמת העלייה בשידות וגדיות מושבות, הנחשפות עם הזמן לפגיעות ברקמת האלמוג.
4. **מגוון המינים** – מגוון המינים, כמו גם הרכב חברות האלמוגים ותחולת המגוון באטררי הניטור משתנים אך מעט משנה לשנה, עדות להרכב החברה יציב.

הסיבה החופית

5. **ריכוזי נוטריינטים בתחנות חופיות** – ריכוזי נוטריינטים במי השטח בדרך כלל גבוהים יותר בחודשי החורף מאשר בקיץ, עקב נרחב נמודדת המים המעליה מיום עשירים בנוטריינטים בחודשי החורף. מצד שני, ריכוזים גבוהים באופן חריג בתחנות החופיות נפוצים יותר בחודשי הקיץ וمعدדים על העשרה מקומית בנוטריינטים. אידרומים של העשרה מקומית היו תדרירים עד לשנת 2007 ואחריה ירדה תדריהם, אך בשנים האחרונים שוב נמדדים מדי פעם ריכוזי נוטריינטים גבוהים בתחנות חופיות ובפרט בתחנות "צפוניות".
6. **טפילי מעיים הטרווקסנים בגדי בר** - שכיחות הדבקה של דגי בר (סיכון משוריין, *Siganus rivulatus*) בטפילי מעיים בעלי מחוז חימר הטרוקסני יציבה למדי בשנים האחרונים וגובה יותר מאשר בשנים 2009-2008. שכיחות גובהה ושיפועה גבוהה של טפילים אלה מעידות על חוסנס של בית הגידול הדירושים להשלמת מחוז חימר.
7. **חידקים פחוגנים בגדי בר** - בשנות הניטור ניכרת ירידת שכיחות החידק מיקופטרידיום (*Micobacterium marinum*) באזורי הנבדק (החוף הדרומי, סמוך למכוון הבינאנוברטיסטי), בו נמצאו בעבר שכיחויות ועוצמות הדבקה גבוההות בפתחן זה, ואולם ניכר כי החידק עדין קיים ופעיל.
8. פורמנינפרים בנתונים בקרקעית הרכה באתר קלובי הדגים - באתר קלובי הדגים לשעבר מתועדת התאוששות בחברת הפורמנינפרים הבנתונים מאז הוצאה הכלובים בשנת 2008 (Oron et al., 2014). סדרת שטפונות פגנו באתר בחורף 2012-13, ולאחריו החלה מגמת התאוששות שנמשכה גם השנה ומספר הפרטים עלה במידה ניכרת. התאוששות זו הייתה מהירה בהרבה מההתאוששות שתוונה בעקבות הוצאה קלובי הדגים.

עומדות המים בים העומק

9. **ריכוזי נוטריינטים וחמצן מומע** – המערכת האקוולוגית, ובפרט הדינמייה השנתית של ריכוזי נוטריינטים וחמצן במים וזמיןותם לאוכלוסיות הפיטופלנקטון בים הפתוח, מונעת על ידי העARBוב העונתי בעמודת המים. הדינמייה הרוב שנתיות מושפעת עמוקות העARBוב ומשכו ומכמוות הנוטריינטים שנצברו במי העומק. זו השנה השלישית של ערבוב דוד (כ- 300 מטר) לאחר שלוש שנים של ערבוב דוד, 2012. ריכוזי החמצן במים העומקים היו השנה, לאחר שלוש שנים של ערבוב דוד, גבוהים משמעותית בשנת 2011 (המייצגת שנה שלישית של ערבוב דוד לאחר העARBוב העומק של שנת 2008). באופן דומה, ריכוזי הנוטריינטים במים העומקים היו נמוכים בהשוואה לנקודה המקבילה במחוזה העARBוב הקודם.
- למרות העלייה שנמדדה ברכיבי הנוטריינטים במים העומקים מאז העARBוב העומק האחרון לפני שלוש שנים, ריכוזים אלה עדין נמוכים מהמערכות אשר נמדדנו לפני העARBוב של שנת 2012. גם מאגרי הנוטריינטים השנתיים המוחשבים נמוכים בהשוואה לשנים 2009-2011. נראה כי מעבר לתנודות הגודלות הנובעות מהдинמייה העונתית ישנה בשנים האחרונות ירידת מתמשכת ברכיבי הנוטריינטים במים העומקים.

10. **טמפרטורת המים** – טמפרטורת מי הים ירדה בשנים 2008-2007 כתוצאה מהעARBOb העמוק בשנים אלה, ובשנים האחרונות נזדה עלייה קלה בטמפרטורת בימים העומקים. על אף העARBOb העמוק בשנת 2012 לא ניכרת ירידת בטמפרטורת המים העומקים מ-500 מטרים. מגמת העלייה בטמפרטורת המים העומקים נשכנת. במקביל, נזדה עלייה מתחשכת גם בטמפרטות פנימיתם מאז 1988 בקצב שנתי ממוצע של 0.036°C .

א. המלצות

I. בשנתיים האחרונים נמדדת בשונית האלמוגים ירידת במספר מדדים המאפיינים את מצבה ובפרט בכיסוי האלמוגים במרבית הapterids. אמנם כיסוי האלמוגים עדין גבוה משמעותית ממנה בשנים הראשונות לפעולות הניטור, אך הירידה מעוררת דאגה. לבסוף מאירועי שיטפונות וגלישת מים דרך העיר, אשר בעקבותיהם עלתה העקרות ונפתחה פריחת פלקטונג וכיסוי אצות נרבב (turf algae), לא ידוע לנו על שינויי משמעותי שימושו לפגוע בשונית. יתרון שמדובר בחנודות טבעיות רבת-שנתיות ואין מקום לדאגה או התערבות, ואחת ממטרות הניטור ארוך המועד היא לעקוב ולזהות מוחזרים שכאה. מכאן, ניתן לשינוי הפרעה ואנו צריכים לתחילה של היזדרדות. מכיוון שאין בידינו להציג על גורמים לירידה במדדי השוני לא ניתן להמליץ כאן על פגיעה ישירה, למעט נקיטת משנה זהירות בכל הנוגע לפעולות העוללות לפגוע בשונית. בין היתר רצוי למנוע, עד כמה שניתן, פגעה פיסית בשונית, העשרה בנטריינטים שתעודד פריחת אצות ופגיעה בתאי הגידול התומכים, כגון עשבי הים.

II. בשנות הניטור מתעדות תנודות בגודל אוכלוסיית קיפודי הים, אחת משתי קבוצות הרוועים החשובות בשונית (הקבוצה השנייה היא דגים רועים) והקבוצה העיקרית הניזונה מכיסוי מרבדי אצות (turf algae). תפקידם של הרוועים לווסת פריחות של אצות צמודות מצועמת האלמוגים על שטחיה השוני. בהינתן התנודות בחברת הרוועים יש לנוטות ולהפחית את הלחץ האנושי על הקיפודים והדגים. בפרט אנו ממליצים לאסור כליל דיג של דגים אוכלי אצות בצפון המפרץ, ולפועל להגנתם מפני פגעים נוספים מעשה ידי אדם. כמו כן, יש להקפיד על אכיפת האיסור לפגוע בקיפודים, הניזונים מהן, לאורך חוף אילית בכלל, ובקרבת השונית בפרט.

III. בשלוש השנים האחרונות עלה מספר האירופאים של הריגות – "זיהום" – באזורי חוףיים. התהנות בהן נמדדדו רוב החריגות בשנים אלה הן תחנת "חיל הים מלון מרידיאן", והתחנות בחוף הצפוני. החריגות מעלה חשש לכניות מקומית של מים נושאי חומרים מומסים מהיבשה לים באזורי אלה. יש להגבר את המאמצים לצמצם תופעה זו ויש ליזום ניטור כדי של המים הנכנסים לים דרך תעלת הקינט.

IV. בשנים האחרונות מתעדת התאוששות חברת עשב הים ושותני הקרקעית בחוף הצפוני, אזור שנפגעו רבות בעשרות האלמוגים מפעילות אנושית. בשנתיים האחרונים נפגע האзор כתוכאה מסדרת שיטפונות שהובילו לים סדימנט דק אשר כיסה את קרקע הים עד לעומק מים של עשרות מטרים. התאוששות האзор בעקבות השיטפונות ניכרה תוך חודשים ספורים, אולם הפרעות חזקות פגעו במצב המערכת האקולוגית שם ובפרט במרבדי עשב הים האופייניים לאזור. הסביבה החולית ומרבדי עשב הים בחוף הצפוני של אילית מהווים – בנוסף לערכם העצמי – גם בית גידול ותחנה מעבר לשלבים מוקדמים של דגי שונית. יש לפעול לשימור ועידוד התפתחות של חברות הקרקעית הטבעיות בבית הגידול החולי שבחופי הצפוני, למשל על ידי ניהול האזור כשמורת טבע ימית.

V. התנודות במצב בתאי הגידול במפרץ, בפרט בשונית האלמוגים ומשטחי עשב הים, מדגישות את רגימות הרבה של חברות אלה. במשך תקופה הניטור כולה נמדדת התאוששות של מגוון בתאי גידול, כולל השוניות ושבבי הים. השנה נראה כי גם עמודות המים מצויה בתחום איטי של ירידיה בריכוזי נטריאינטיים במי העומק. לעומת זאת, השנה החולפת נמצאה אליה בכיסוי אצות וירידה בכיסוי האלמוגים בשוניות אילת, ופגיעה במרבדי עשב ים כתוצאה משיטפונות. ממצאים אלה מצביעים על כך שהמערכת מצויה באיזון עדין, אשר יציבותו יכולה להידרדר כתוצאה מאירוע חריג, טבעי או מעשה ידי אדם. על אף שלא ניתן להציג על גורם נקודתי בשטחנו בו ניתן לטפל ישירות, נראה כי יכולתה של המערכת האקולוגית במפרץ אילת להתמודד עם עיקות שונות אינה גדולה. הקושי צפוי אף גדול עם התגברות גורמים "גLOBליים" כגון חימום פני הים ושינויים רמת החומציות – דוגמה קיצונית לכך היא הלבנת האלמוגים המתרכשת ביום אלה הצלברותם של גורמי עקה הנתונים למוניה, גם אם הם עקיפים או כן ראוי למנוע עד כמה שניתן את הצלברותם של גורמי עקה הנתונים למוניה, גם אם הם עקיפים או נראים קטנים. בסופו של דבר, מערכת מוחלשת תתקשה להתמודד עם מגוון עיקות הפעולות במקביל.

5. תקציר באנגלית , English Abstract

The Israel National Monitoring Program in the Northern Gulf of Aqaba

Funded by Israel's Ministry of Environmental Protection

Scientific report 2015

Dr. Yonathan Shaked, Program Manager
Prof. Amatzia Genin, Scientific Director
(March, 2016)

Introduction

This report describes the work and results of the Israel National Monitoring Program in the Gulf of Aqaba (Eilat) – NMP – in 2015. It is divided into chapters according to habitats and the methods employed by the monitoring program. Each chapter includes a short description of the methods used, a detailed description of the results including data and figures, and a discussion of the findings. A comprehensive description of the methods used is given in the NMP annual scientific report of 2003. Figures and figure captions in this report are given in English.

The NMP has been operating since 2004, collecting continuous standardized data by using predetermined standard methods and a dedicated team. The ability to review such consistently collected data provides increased analytical power and confidence in our findings, opening the possibility to detect patterns and trends. A comparison of the present-day state of the reef with historical, pre-monitoring, data can be found in the NMP annual scientific report of 2004.

The NMP has added several new measurements and variables since its initiation, and these are introduced in the respective annual reports of their initiation year.

This year, several new measurements were made. Settlement plates on which coral planulae can settle and metamorphose were placed at two reef sites to help evaluate the potential supply of coral recruits to the reef. Surveys to evaluate soft-sediment habitats were carried out at the northern and southern ends of the Israeli coast. These included assessments of grain size distribution, infauna communities, and seagrass cover. A complex sediment trap array was moored on the sea floor at 600 meters depth measuring the vertical flux of organic and inorganic particles descending through the water column at several depths and two time-scales, to assess the seasonal dynamics of those fluxes and study the factors determining their rates and composition. Monitoring the particle fluxes through the deep water column is done in collaboration with Dr. Adi Torfstein of the Hebrew University, and the material retrieved will be analyzed in his geochemical lab and his findings will later be incorporated into NMP reports.

The NMP reports are available through the web site of Israel's Ministry of Environmental Protection: <http://www.sviva.gov.il/>, and on the NMP page in the IUI web-site: <http://iui-eilat.ac.il/>.

A database that includes data collected by the NMP since 2004 is available for public download through the NMP website.

Key findings of this year

The coral reefs of Eilat

1. Live cover of stony corals – This year a slight decrease in the live cover of stony corals was measured in six out of eight reef monitoring sites and the average live cover for the Eilat reefs slightly decreased as well. The largest decrease in live cover was found at the IUI-5 and Katza-10 sites.
2. Density and size of stony coral colonies – An overall positive correlation was found between coral cover and colony density. The improved correlation found this year partly results from a decrease in coral cover at site NR-5 where the corals are especially large and from an increase in colony size at other sites. Improved correlation between coral cover and density may be an indirect indication of successful growth of corals. This year a small increase in the number of small coral colonies was noted in Eilat.
3. Live Tissue Index (LTI) in stony corals – This year, the value of this index continued to drop. The LTI presents the average percentage of live tissue in living stony corals and is considered an indirect indicator for coral health. Changes in the LTI value, however, are small.
4. Coral diversity – The Shanon-Wiener diversity index, used for estimating coral diversity at the reefs of Eilat, was higher this year than in the previous year. In contrast, the expected number of taxa encounters per individuals surveyed was lower. These variations in diversity measures are small and the coral community structure remains stable.
5. Reef flat – Due to its unique character, the reef flat at the coral reserve is considered separately from the fore-reef sites. Here too, a slightly lower coral cover was measured this year. The Shanon-Wiener diversity index, on the other hand, was a little higher this year.
6. Permanent photo sites – This year's survey included less plots than in previous years, so rendering questionable a comparison of count-based indices with previous years. The average live coral cover (area of live corals per plot) and the average coral density were similar to those measured in the previous year.
7. The coral reserve lagoon – A small increase in coral density was noted this year in the lagoon, particularly in the density of the dominant coral *Stylophora pistillata*.
8. Coral settlement in the reef – This year the NMP added coral settlement plates at two reef sites, the nature reserve and the IUI, in order to monitor the supply of settlers to the reef. At both sites settlement was found to occur during summer months. On plates that were left on the reef three additional months (September-November) at the Nature Reserve the number of settlers was about half the August value, and the number of polyps per settlers doubled. This indicates that no new settlers were added, that half the summer settlers did not survive and that those who did – doubled their size. The IUI site had less summer settlers than the Nature Reserve and plates left additional three months had many additional settlers – but of smaller average size. This possibly indicates that settler supply to this site extends beyond summer, but that settler survival is lower than at the Reserve. These are initial results from a single campaign and continued monitoring should help us better understand these issues.
9. Sea urchins – Of the invertebrates, sea urchins are the most important group of

- reef grazers. Of this group, *Diadema setosum* is the most abundant urchin in Eilat. The density of *D. setosum* at the monitored reef sites remained low this year, while the density of the urchin *Echinometra mataei* is on the rise.
10. Feather stars, basket stars – The density of feather stars was lower this year at all sites, except at NR-10. In the past two-three years individual basket stars (*Astroboa nuda*) were encountered during the invertebrate surveys. This creature was not present in the initial years of reef monitoring and this year an increased number was noted.
 11. Benthic algae at the reef – Chlorophyll-a measured on settlement plates, and particularly those protected from grazing, is correlative to the mixing depth. This year mixing was shallow and chlorophyll-a concentrations were generally low. Nevertheless, mats of turf algae and leafy benthic algae covered the shallow slopes during the summer months.
 12. Reef fish – The zooplanktivores are the largest group of reef fish, comprising some 60% of the fish surveyed this year. These fish have a significant role in concentrating food from lower levels of the food web. The second largest group are the carnivorous fish, who regulate reef population (in particular that of reef invertebrates). The herbivorous fish comprise some 7% and regulate benthic algae growth on reef surfaces. Thus, this group is especially important for the reef's wellbeing.

Coastal Environ

13. Nutrient concentrations in coastal waters – Concentrations of nutrients are commonly high during winter and very low during summer. The process that dictates this dynamics is the seasonal mixing, driven by cooling of the sea surface, which brings nutrient rich deep waters to the shallow coastal areas. This year mixing was shallow and nutrient concentrations were low – except where abnormally high nutrients were occasionally measured. In October a high values were measured at the northern shore (NB station), likely originating from rain events and subsequent runoff. In April, high values were measured at the Navy/Meridien Hotel sampling station.
14. Pathogens and heteroxenous gut parasites in wild fish (*Siganus rivulatus*) – In many of the 28 fish examined this year granulomas suspected as *Micobacterium marinum* were identified, indicating that this pathogen is still active at the northern gulf. Data collected by IOLR from the northern shore of the gulf further supports the notion that that area is still a hot spot for the pathogen's activity. The prevalence and richness of heteroxenous gut parasites in wild fish remains steady in the past few years, indicating healthy habitats that are required for these parasites to complete their life cycle.
15. Soft sediment sea floor – This year, the NMP has stepped up its monitoring activities in the coastal soft sediment habitats. In addition to monitoring the live benthic foraminifera assemblage at the site of former aquaculture cages, which has been going on for several years but with increased involvement of the NMP, additional surveys of foraminifera and meiofauna assemblages and sea-grass cover were conducted at northern and southern beach sites.
16. Size distribution of soft sediment components – The soft sediment at two sites, at the northern and the southern beaches, was sampled and analyzed for its grain size composition and the living infauna assemblages. More than 60% of

the sediment composition at the northern site was smaller than 125 µm, while at the southern site more than 95% was larger than 125 µm. This difference is indicative of the sediment's different sources: while most of the sediment at the northern site is clays of terrigenous origins, most of the sediment at the southern site is of marine biogenic origin and mineral sand.

17. Meiofauna in soft sediments – at both the northern and southern sites a similar density of *Polychaeta* was found. At the northern site this group of worms is the most abundant group followed by *Nematoda* and *Copepoda*. These are also the common groups at the southern site, but the most abundant taxa at that site are *Nematoda* followed by *Copepoda*; both are much more abundant than the *Polychaeta*.
18. Foraminifera assemblages at the site of former aquaculture cages – This year a further recovery of the foraminifera community was noted at the former aquaculture site that was affected by sediment-bearing floods in 2012-13, and the density of individuals increased. The NMP invested more effort this year in identifying and classifying foraminifera from the site, and consequently more previously unidentified foraminifera were recorded.
19. Sea-grass – The NMP monitored sea-grass cover at two sites, at the northern and southern shores, for the first time this year. At each site sea-grass cover was surveyed at three depths, 10, 15 and 20 meters. At the northern shore a cover of ~50% was found at the shallow depths and ~90% at 20 meters. At the southern shore sea-grass cover increased with depth from ~25% at 10 meters to ~80% at 20 meters.

The deep water column

20. Vertical mixing – For the third consecutive year, vertical mixing this year was relatively shallow, reaching 300 m.
21. Concentrations of oxygen and nutrients in the deep waters – After three years of shallow mixing, dissolved oxygen concentrations remain relatively high (all DO measurements at depths exceeding 500 meters were in the range of 170-180 µmol/liter) and nutrient concentrations remain low (all dissolved inorganic nitrogen measurements at depths exceeding 500 meters were in the range of 4.9-5.7 µM).
22. Chlorophyll-a, zooplankton and primary productivity – This year, despite the shallow mixing depth, concentrations of chlorophyll-a, zooplankton and primary productivity in the photic zone over deep water were higher than expected.
23. Vertical fluxes of particulate matter – For the first time the NMP present data collected regularly from sediment traps that were placed at several depths above 600 m bottom depth. Sediment traps are deployed as part of a joint project of the NMP and Dr. Adi Torfstein of the Hebrew University/IUI. The data collected at monthly and daily resolutions since 2014 demonstrates the contribution of events of short temporal scale to the overall fluxes. Maximal fluxes of ~7 g/m²/day were measured during events lasting up to several days during winter and spring, while particulate fluxes during the summer are lower than 1 g/m²/day. An estimate of the long-term average particulate flux that reaches the sea floor will emerge as measurements continue over the coming years.

Supplementary continuous measurements

24. Sea surface chlorophyll-a next to Eilat's coral reef (daily measurement) – Maximal chlorophyll-a concentrations were measured earlier than expected, in January, for the second year running. It seems that in recent years surface cooling begins early and rapidly and water mixing progresses and brings nutrients to the upper water column, but the process halts, mixing remains shallow and a spring bloom does not occur.
25. Sea surface temperatures next to Eilat's coral reef (daily measurement) – Sea surface temperature was close to the multi-annual average throughout most of the year, but at the end of summer SST was higher than average (but did not exceed the 90% percentile). The annual average SST was higher this year than it was in the previous year.
26. Radiation (continuous measurement) – Several days of higher than average general radiation were recorded this year, during winter, but the UV radiation was not particularly high.
27. Dust concentrations – During a dust storm that lasted several days in September, dust concentrations of $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ were measured over the IUI pier. These are the highest concentrations on the NMP record.

Multi-annual variations and trends

The coral reefs of Eilat

1. Live stony coral cover – The state of Eilat's coral reefs that has been improving over the past decade, showed some signs of decline this year - particularly in the percent cover of live stony corals. This marks the second consecutive year of decreasing coral cover in Eilat's reefs. In the first years of monitoring (2004-6) the average coral cover in Eilat was 19-20%. In 2007-12 coral cover rose and was in the range of 21.5-23.9%. In 2013 the highest coral cover measured by the NMP was recorded – 26.4% - and in the past two years (2014-15) an annual decrease of about 1% was noted. This year's average coral cover was 24.1%. The average live coral cover in Eilat, as well as the coral cover normalized by the available hard substrate, is still higher this year than it was during the first years of monitoring.
2. Stony coral density and size – During the years of monitoring an increase in the fraction of medium-size coral colonies was noted, concomitant with a decrease in the fraction of small-size colonies at the monitored sites. It seems that the decrease in the fraction of small colonies results, at least partly, from a decrease in the number of small colonies in the reefs of Eilat. In the past two years the number of small colonies increased somewhat, as did their fraction of the total colonies. The average density of coral colonies decreased in the first years of monitoring but is increasing since 2010. The average stony coral density measured this year, some 29 colonies per 10-meter line transect, is the highest ever measured by NMP. It seems that overall the survival of stony coral colonies has improved during the monitoring period.
3. Live tissue index in stony corals – This index is decreasing since 2012, albeit at a slow rate. It is possible that the decrease in the average percentage of live tissue in living coral colonies reflects the growth and improved survival of coral colonies that are thus more exposed to partial mortality.

4. Coral diversity – the diversity of corals in Eilat's reefs, as well as the coral community composition and the expected number of genera encounters per 1500 individuals change only slightly from year to year, indicating a stable community structure.

Coastal Environs

5. Nutrient concentrations in coastal waters – Nutrient concentrations are usually higher during winter than they are during summer months, due to water column mixing that brings nutrient rich waters from depth. Conversely, abnormal concentrations at particular sampling stations are found mostly in stratified months. Abnormally high concentrations, indicating local nutrient enrichment, were common until 2007 and became less so in later years. But, in recent years abnormally high concentrations of nutrients, particularly at the northern sampling stations, are becoming more frequent.
6. Heteroxenous parasites in wild fish – Heteroxenous parasites require several habitats to complete their life cycle. Their presence and abundance in the guts of wild fish may indicate the state of those habitats. The prevalence and abundance of heteroxenous gut parasites in wild *Siganus rivulatus* caught at the southern shore of Eilat remains stable in the recent years – and higher than it was in 2009-10. This may indicate resilience of the local habitats required to complete their life cycle.
7. Pathogens in wild fish – During the years of monitoring, a decline in the presence of *Micobacterium marinum*, a deadly pathogen, was noted in the southern shores of Eilat – a place where this pathogen was once prevalent and abundant. However, it is apparent that this pathogen is still present and active.
8. Benthic foraminifera in soft sediment at the former location of aquaculture cages – The benthic foraminifera community beneath the former aquaculture cages at the northern shore of Eilat displays gradual recovery since 2008 (Oron et al., 2014). The NMP documented a gradual increase in diversity and in the number and size of individuals. A series of floods covered the sea floor at the site with terrigenous clay sediments during the winter of 2012-13 and decimated the local foraminifera community. Recovery following the floods was much more rapid than the recovery from the local impact of aquaculture cages and is still ongoing.

The deep sea water column

9. Concentrations of dissolved oxygen and nutrients – The Gulf's ecology, particularly the annual dynamics of dissolved oxygen and nutrients and their availability to phytoplankton, is controlled by seasonal mixing of the water column. The multi-annual dynamics are controlled by the depth and duration of mixing, and the concentration of nutrients in the deep waters. This was the third year running of shallow mixing (~ 300 meters) following the deep mixing of 2012. Dissolved oxygen concentrations in the deep waters were higher this year, after three years of shallow mixing, than they were in 2011 that represents a similar cycle of three shallow-mixing years following deep mixing in 2008. Likewise, nutrient concentrations in the deep waters this year were lower than those measured in the corresponding part of the previous multi-annual cycle.

Nutrient concentrations in deep waters continue to rise since the last deep mixing three years ago, but are still lower than those measured prior to the deep mixing of 2012. Likewise, the calculated nutrient stores in the deep sea water column are lower than those of the period 2009-11, the shallow-mixing years of the previous cycle. Thus, even considering the large annual fluctuations, there seems to be a gradual decrease in deep-water nutrient concentrations.

10. Water temperature – The temperature measured in the deep water was at a low in the years 2007-8 due to deep mixing, and has been slowly rising since. Despite deep mixing in 2012 a drop in the temperature was not noted at depths greater than 500 meters. Thus, the documented trend of rising deep water temperatures continues. A corresponding rise in sea surface temperatures in Eilat, at an average rate of 0.036 degrees per year, is documented since 1988.

ב. שוניota האלמוגים

ב.1. סקר חברת השונית

מטרה

אמדן השיפה, "מצב הבריאות" ומבנה החברה באטריו השונית העיקריים לאורך חוף מדינת ישראל בצפון מפרץ אילת. סקר חברת השונית כולל אלמוגים אבן, אלמוגים רכים, וחסרי חוליות נייחים. כמו כן מבוצע סקר סוגי קרקעית הים (מצע) לצורך אמדן פוטנציאלי ההתיישבות בכל אתר.

שיטות

חברת האלמוגים נדגמה בשלושה אתרים שונים, בעומקים שונים לפי הפירוט המופיע בטבלה ב1 ובחצולם האוורי (איור ב1). סקר חברת השונית נעשה אחת לשנה, בתקופת הקיץ.

אתר	סימול	קו רוחב	קו אורך	עומקים (מ')
המכון הבינאנוירטיטאי (מעבדה ימית)	IUI	34°55'.02	29°30'.07	5,10,15
השמורה הסגורה (גנים יפניים)	NR	34°55'.26	29°30'.33	1,5,10,20
קצא"א (בין המזחים)	KATZA	34°56'.04	29°31'.37	10, 20

טבלה ב1: האתרים והעומקים בהם נערכו סקרים בשיטת חתכי קו.

Table B1: Locations and depths of the reef census line-transect survey sites.

סקר חברת האלמוגים נעשה על פי שיטת חתכי הקו שפותחה על ידי Loya *et al.* (1972). בכל אתר גיאוגרפי נפרש סרט מדידה מנוקדת תחילה אקרואית לאורך קו عمוק כמפורט בטבלה ב1. לאורך סרט המדידה נבחרה מראש נקודת החתך של החתך על-ידי מחולל מספירים אקרואים. מנוקודה זו בוצעו חתכים באורך 10 מטרים לאורך סרט המדידה, כשבניהם מפרידים מטרים ספורים. מספר החתכים באתר (שילוב של מקום גיאוגרפי ועומק) נע, בדרך כלל, בין 10 ל-20, ונקבע לפי תוכאות הסקר עד לקבלת דיקוי גובה מ-25% במדד אחוז כיסוי האלמוגים. בכל מקטע של עשרה מטרים רשם ההייטל של כל מה שנמצא מתחת לסרט המדידה בדיקות של סנטימטר אחד (איור ב2). אלמוגים חיים (אלמוג אבן ואלמוגים רכים) וחסרי חוליות אחרים זוהו לרמת הטוג, ובמידה והאפשר שורשו מתחת לסרט המדידה שנרשמו בכלל החתכים מופיעה בסופה 2, טבלה 2). בכל חתך רשם גם סוג המצע מתחת לסרט המדידה (סלע החוף, חול, חלוקים, אלמוגים מתים, וכו').

מושבות האלמוגים תחת סרט המדידה חולקו לאחת ארבע קבוצות גודל ואחוז הרקמה החיים בכל מושבה הוערך ונרשם. ארבע קבוצות הגדל הן > 5 ס"מ, 5-15 ס"מ, 15-30 ס"מ ו-< 30 ס"מ (S,M,L,H בהתאם).

עבור כל אלמוג תחת סרט המדידה ה壯עה הערכה של אחוז הרקמה החיים בהתחשב בכלל שטח המושבה. לא כל השילד במושבות אלמוגים חיים מכוסה ברקמה ואחוז הרקמה החיים של המושבה הוגדר כאחוז שטח המושבה שאינו מת, לבן או מכוסה באצות. הרקמה היא הראשונה להיפגע מטריפה, ממחלות ומפגיעה מכאנית. במקרים רבים, בעיקר לאחר פגיעה מזערית, הרקמה הפגעה מהלימה. כאשר האלמוג מאבד חלק משמעותית מרקמו, החלמת האזור הפגוע היא במקרה חליקת או חסירה להלוטין. לעומת זאת, במקרה נמצוא במצב עקה או כאשר הסיבה לפגיעה היא מחללה, הפגיעה הראשונית עלולה להתפשט לאזורים סמוכים במושבה. בתכנית הניטור אנו משתמשים באומדן שיעור הרקמה הלא פגועה באלמוג כמדד ל"בריאותו". מzd זה, להלן (Live Tissue Index, LTI) נאמד עבור כל אחד מ Alfheim האלמוגים הנכללים בחתכי הקו בשונית, על ידי קביעה וייזואלית (על ידי הצולול הסוקר) של אחוז שטח המושבה המכוסה ברקמה היה. מzd זה, אשר כונה בדו"חות קודמים (2004-2007) "מדד הבריאות" (Health Index, HI), מחושב עבור כל אתר כממוצע אחוז הרקמה החיים של כל המושבות החיים שננסקו באתר זה.

בדיקה של אמינות ההערכתה נעשתה באמצעות סימולציה ממוחשבת בשנת 2008. תוצאות הסימולציה הצביעו על דיקוי גובה של ההערכתה ושל המודד המוחשב ממנה (התכנית הלואית לניטור מפרץ אילת דו"ח מדעי 2008, נספח 3).

איור ב1: צילום אווירי של קטע החוף הצפון-מערבי של המפרץ, דרומית לעיר אילת, עליו מצוינים אתרים בהם נסקרה חברת השונית, מהמפעילה הימית בדרום ועד לקצא"א בצפון. הקווים הכהובים מייצגים את האתרים הננסקיים: (1) המפעילה הימית, (2) שמורת האלמוגים, ו(3) קצא"א. קו קנה המיידה השחור המופיע בהתחתיו התמונה מיצג 100 מ'.

Figure B1: An aerial photo of the northwestern shore of the gulf, south of Eilat, showing the coral reef sampling sites. The yellow lines represent sampling sites at the IUI (1), the Nature Reserve (2) and the oil terminal (3). Black scale line is 100 m.





איור ב2: סקר השונית בשמורת האלמוגים. סרט מדידה נפרש על השונית, ועל הדף נרשם היחס של כל מה שנמצא מתחת החתך ברמת דיוק של סנטימטר אחד. צילום: ניצן שגב.

Figure B2: Diver during reef surveys at the nature reserve. A measuring tape is spread over the reef and the divers record the projected length of all the organisms and substrate underneath the line-transect to a resolution of 1 cm. Photo: N. Segev.

אתר נסקרים מוגדר כשלוב של מיקום גיאוגרפי ועומק. עבור כל אתר נמדד אחווי כיסוי האלמוגים החיים, כיסוי החול והסלע, צפיפות מושבות אלמוגים, מגוון האלמוגים ועושר המינים, ממד הרקמה החיים לבריאות האלמוגים באתר והתפלגות גודל המושבות.

מגוון מינים לפי ממד Shannon Wiener (משווה ב1, כה- P_i) הוא פרופורצית מספר המושבות של מין (או סוג) i מתוך סה"כ n המינים (או הסוגים) שנספרו) והוא רצף על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005; 2005) העורק כל אחד מהאתרים. התכנה צוברת את נתונים החתכים שנמדדו לקבלת עקומת רוויה: ככל שנוספות ייחידות מדידה (חתכים) הערך המוערך מתקרב לערך האמיתי באתר עד למצב בו תוספת חתכים אינה משפיעה על הערך המוערך. בשלב זה המוערך קרוב לערך האמיתי.

$$\text{משווה ב1: } H' = -\sum_1^n P_i \cdot \ln(P_i)$$

מדד המגוון של Shannon Wiener נבחר מכיוון שהוא המדד בו השתמשו סוקרי השונית באילת בעבר (Loya 1972) וכך מאפשרת השוואתו בין נתונים שנאספים במסגרת הניטור לתנונות שנאספו בעבר. יחד עם זאת, מגוון המינים בעבודות הקודמות לתחנית הניטור הושב עבור חתך בן עשרה מטרים בכל אתר, ולא עבור האתר כולם (דיוון מקיף מובא בדו"ח התכנית הלאומית לניטור מרץ אילית, 2006). ניתוח נוספת למגוון המינים נעשה באמצעות עקומות צבירה (rarefaction curves) המוחשבות באמצעות תכנת EstimateS (Colwell, 2005), ומתוכנן מחושבת גם תוחלת המינים הצפوية בספירה של 1500 מושבות מותוך כלל שוניות אילית.

הניתוח הסטטיסטי נעשה באמצעות התוכנות SPSS inc (SPSS 16.0) ו-Systat v9 (1998). בבחינת המובקהות הסטטיסטיות נעשתה בعزيزת מבן ANOVA (http://www.spss.com/statistics). במידת הצורך נעשה המבחן לאחר שהנתונים עברו טרנספורמציה לשימורה על אחידות השונות. הטרנספורמציה כוללת נרמול של כל ערך שנמדד על ידי חילוקו במוצע הרוב שנתי באתו אחר. המובקהות הסטטיסטיות המדוחות היא על סמך המבחן עם מסד הנתונים המנוירמל. שולחן השונית בשמורת חוף אלמוג נסקר נפרד. ההחלטה להוסיף אתר זה לסקר נבעה מחישיבותו של שולחן השונית, לאור נתונים קודמים, לפיהם שולחן השונית נפגעה ומצויה במצב של הידרדרות בעשוריים האחרונים (ראו למשל Loya, 2004), והן בזכות הקמתה של תחנה מטאורולוגית על ידי תכנית הניטור המאפשרת לעקוב (בין היתר) אחר אירועים אקלימיים קיצוניים להם חשוף שולחן השונית יותר מאשר קדמת השונית. יחד עם זאת בשל ההבדלים הניכרים בין שולחן השונית וקדמת השונית (ראו דו"ח

התקנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, 2007) מוקדש לשולחן השונית תחת-פרק נפרד בדו"ח זה.
קווי שגיאת מיצגים את שגיאת התקון, אלא אם מצוין אחרת.

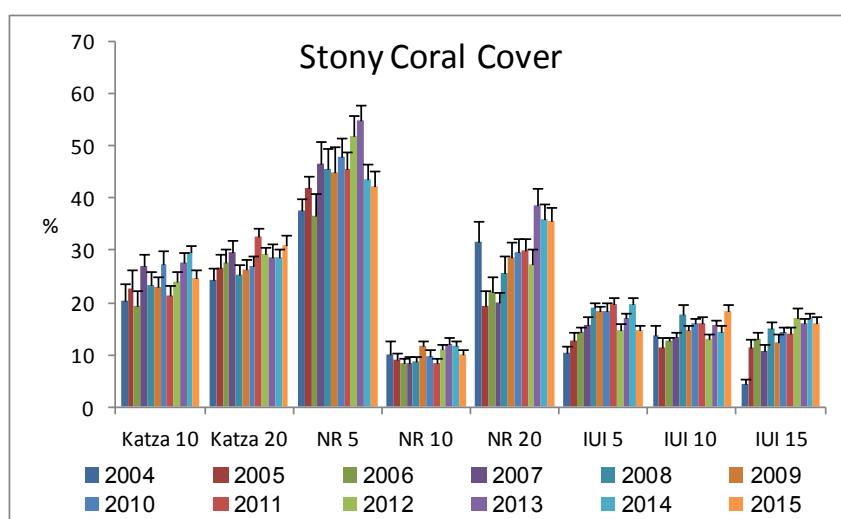
תוצאות:

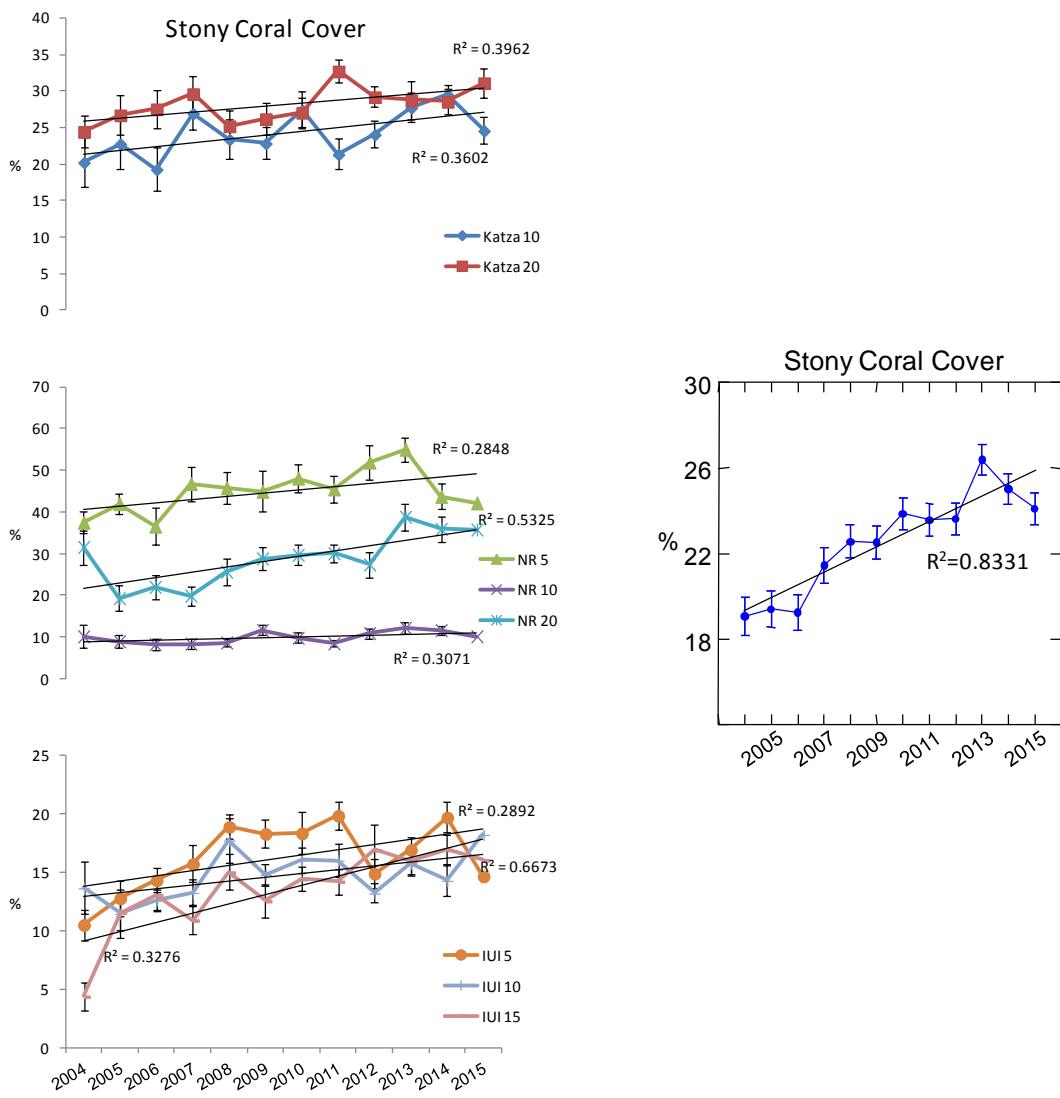
כיסוי אלמוגים

כיסוי האלמוגים היחסים שונה מאוד בין האתרים (איור ב3). כיסוי האלמוגים הגדול ביותר נמצא בשונית הרדודה בשמורה האלמוגים (NR-5), בה נמדדה השנה ירידה קלה בכיסוי האלמוגים בהשוואה לשנה הקודמת, לערך של 42.1%. הכיסוי הדל ביותר נמדד אף הוא בשמורה, בעומק 10 מטרים (NR-10), וגם שם נמדדה השנה ירידה קלה, לערך של 10.2%. השנה נמדדה ירידה בכיסוי בשווה לשנה הקודמת בששה חודשים לאחרי הנסקרים. רק בשני אתרים, רק בשני אתרים, Katza-20 ו-IUI-10, נמצאה השנה עלייה בכיסוי האלמוגים היחסים בהשוואה לשנה הקודמת. זהו המספר הרב ביותר של אתרים המראים ירידה בכיסוי בשנה אחת מאז תחילת הניטור. יחד עם זאת, שיעור הירידה ברוב האתרים היה השנה קטן יותר מאשר בשנה הקודמת. זהה השניה השניה ברציפות בה נמדדת בסך הכל ירידה בכיסוי האלמוגים הקשים בשוניות אילת. אין בידינו הסבר לירידה זו וגם לא מזוהה גורם יחיד כלשהו (מחלקה, הלבנה, טריפה וכו') אשר יכול להסבירו, אם כי בשנתיים האחרונים ארעו מספר אירועים שיטפוניים אשר הובילו למפרץ כמהות סדיינט שיצרה עכירות ממשך שבועות רבים.

חשוב לציין כי במבט לטוחה הארוך, כיסוי האלמוגים בכל האתרים גבוה מזה שנמדד בשנת 2004 בה החל הניטור הסדרי של אתרים אלו. במוצע "שוניות אילת" נצפית מתחילה הניטור עליה הדרגתית ומתמשכת באחוזו כיסוי אלמוני האבן ובפרט מאז 2007 (איור ב3, למטה). הכיסוי הממוצע בשוניות אילת היה השנה 24.1% ואילו בשנת 2004 היה הממוצע 19.1%. מספרים אלה מיצגים עלייה ממוצעת של כ- 26% באחוזו כיסוי האלמוגים הקשים בשוניות אילת במשך תקופה הניטור (אם כי אתר NR-10 נותר כמעט ללא שינוי במשך תקופה זו).

שגיאות בהערכת כיסוי האלמוגים נובעות בעיקר מהשונות הטבעית הגדולה באתרי השוניות, ובפרט באתרים בהם מוצע חולי הוא מרכיב חשוב הגורם למופע כתמי של השונית. ההבדלים בין האתרים, לעומת זאת, מושקפים בעיקר את אופיים השונה של בתיה הגידול. בין האתרים שנסקרו ישנים הבדלים גדולים בשטח הכיסוי של אלמוני אבן חיים (טבלה ב2), ומכאן ש"ערך מיצג" לכיסוי האלמוגים לאורך החוף המפרץ בשטח ישראל יהיה בהכרח מספר שאיןו משקף את המצב באף אחד ספציפי. מקדם השונות של כיסוי האלמוגים באתר כלשהו (של מיקום ועומק) נع השנה בין 26% (בא אתרים IUI-10 ו-IUI-15) ל-46% (NR-10). מקדם שונות גבוהה מכך על כתמיות חזקה של מפזר האלמוגים באתר, ועל מגבלת דיקנותו (precision) של הערך הממוצע.

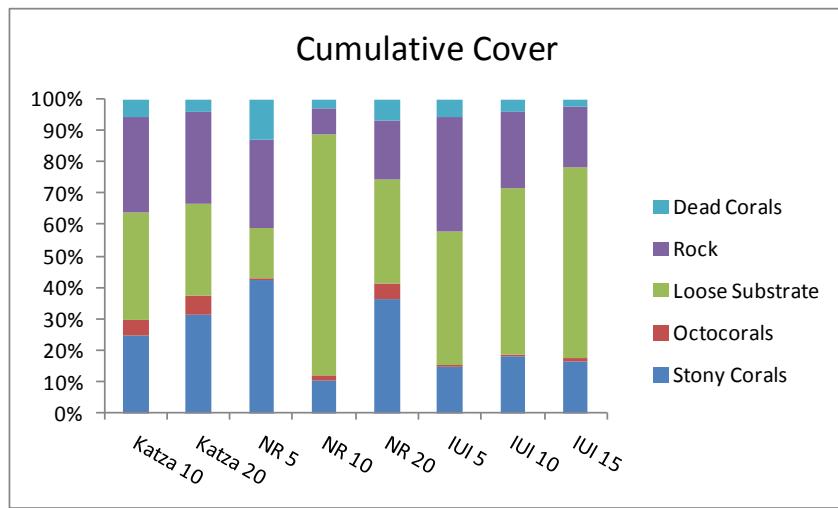




איור ב-3: למעלה- שטח הימי הממוצע של אלמוגים אבן חיים (לא כולל אלמוגים רכים) בכל אתר, באחויזם מכלל השטח. למטה- שינויים בכיסוי האלמוגים החיים באתרים הנקרים ובכלל שינוי אילת בשנים 2004-2015. ההבדלים בין השנים מובהקים, וכן גם האינטראקציה בין שנים לאתרים (two way ANOVA, P<0.001, שפирושה כי לא כל האתרים השתנו באותו אופן עם הזמן).

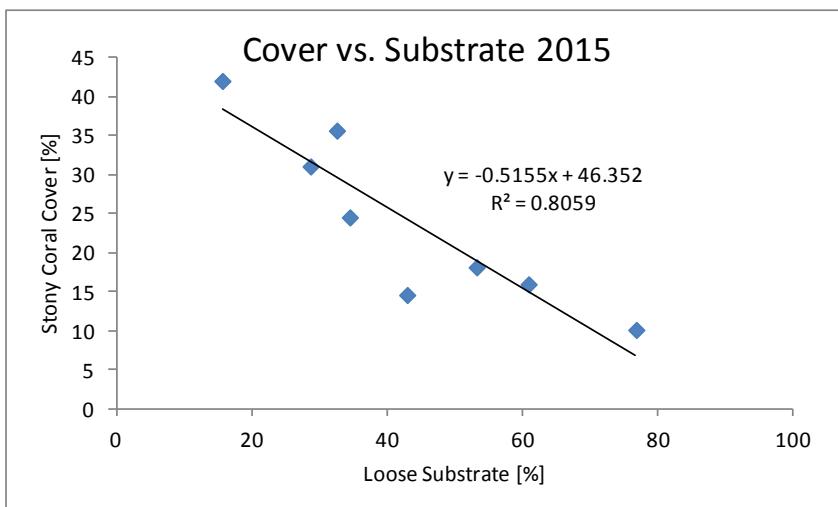
Figure B3: Top- average live coral cover (excluding soft corals) at each site (percent of total area). Bottom- temporal changes in live coral cover at the surveyed sites and at the "average Eilat reefs" in the years 2004-2015. Differences between years are significant, as is the interaction between years and sites (two-way ANOVA, P<0.001) meaning different sites changed differently over the years.

הבדלים גדולים בין האתרים הנקרים (מלבד הבדלים בעומק) ניכרים בהתפלגות סוג המוצע עליון עשויים אלמוגים להתיישב (איור ב-4). אחוז הימי של אלמוגים אבן חיים באתר נמצא בהתאם הופוכה לכמות המוצע ה"לא מלוכד" (non-consolidated), הכולחול וחולוקים, באותו אתר (איור ב-5). נראה שתート רוב ההבדל באחוז הימי החי בין האתרים ניתן להסביר באמצעות הבדלים באחוז המוצע הלא מלוכד, אשר אינם מתאימים להתיישבות אלמוגים (המתאים לשנה עומד על $R^2=0.81$).



איור ב4: אחוזי הכיסוי המצטברים של אלמוגים, חול, סלע, ואלמוגים מתים. באטרים בהם אחוזי הכיסוי אינם מסתכנים ב-100%, קיים כיסוי של אצות וחסרי חוליות כגון שושנות ים, צדפות ענק ו/או ספוגים אשר אינם מופיעים באירור זה. אחוזי הכיסוי הם ממוצע כל החתכים באותו אתר.

Figure B4: Cumulative percent cover of live corals, sand, rock and dead corals. At sites where cover does not add up to 100% the balance comprises algae and invertebrates such as sea anemones, clams or sponges. The presented percent cover is an average of all transects at each site.



איור ב5: אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חים כנגד אחוז המצע הלא-מלוכד (קרקע חולית) באטרים השונים.
Figure B5: Percent live stony coral coverage versus unconsolidated (sandy) sea floor in the sites examined.

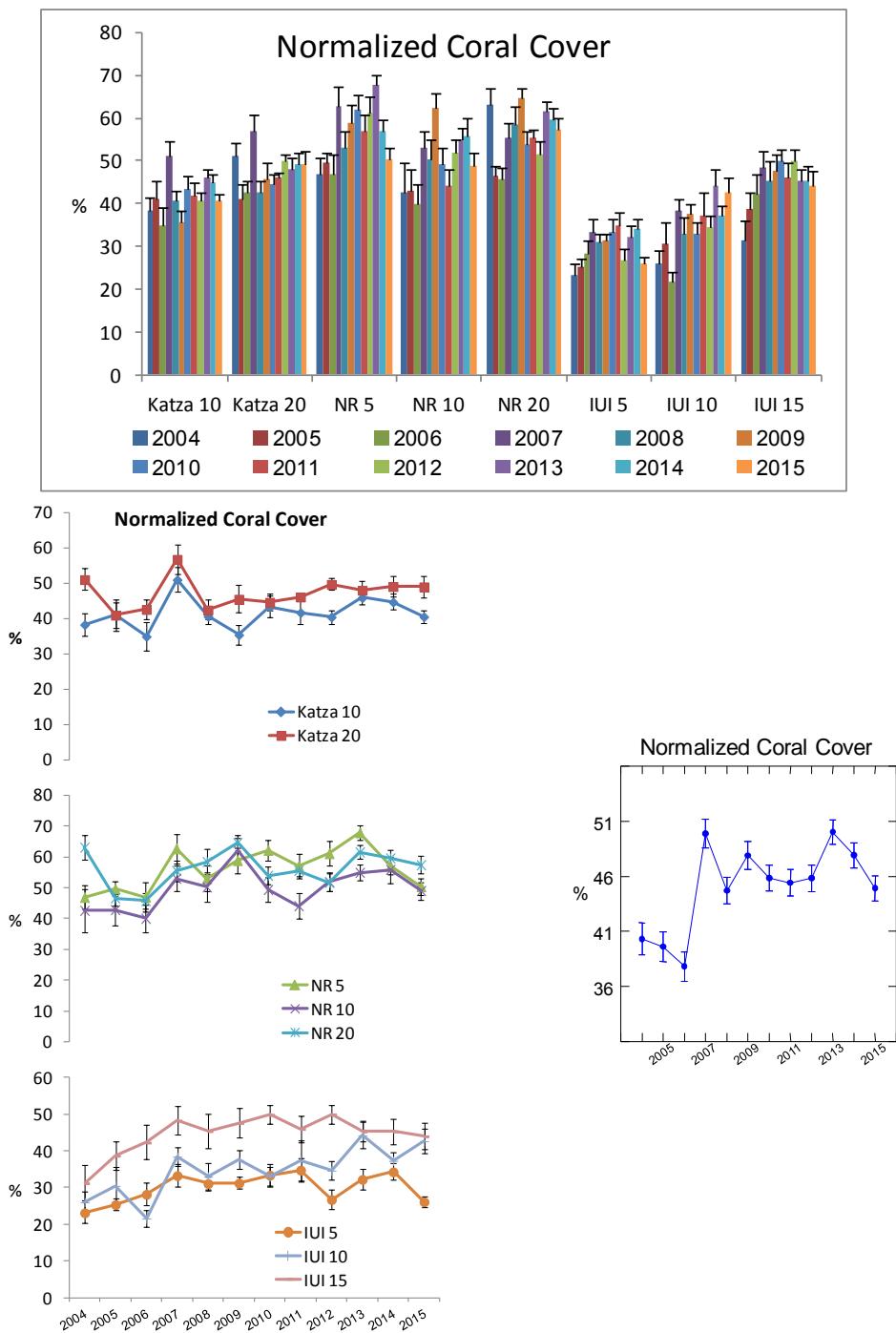
על מנת לנסות ולעמוד על הבדלים נוספים בין האטרים, הנוגעים להצלחת האלמוגים, יש לנורמל את אחוז הכיסוי לאלמוגים בקרקע המלוכדת המתאימה להתיישבות אלמוגים (איור ב6).

ניתול המצע המתאים להתיישבות אלמוגים מחושב כיחס בין אחוז הכיסוי החיו וסכום האחוזים של הקרקע המלוכדת והכיסוי החיו, בהנחה שהמצע המתאים להתיישבות אלמוגים הוא קרקע מלוכדת (סלע) ושל כל האלמוגים ישבים על מצח כזה.

לאורך השנים אחר IUI-5, לאחר המعبدת הרדוד, הוא האתר בו ניתן המצע המתאים להתיישבות הוא הנמורך ביותר. לאחר שנתיים בהן נרשמה עלייה בניצול המצע להתיישבות באתר זה, נרשמה השנה ירידה משמעותית, לערך של 26.15% (לעומת 34.3% בשנה הקודמת). היחסו המנורמל הגבוה ביותר נמצא גם השנה באתר NR-5, ובאתר NR-20, 57.4%. נמצאו כיסויי אלמוגים בגובה ביותר, היחסו המנורמל הוא 50.4% בלבד תוצאה של ירידה בשנתיים האחרונות. (איור ב6 למטה).

מאז 2007 ניצול המצע הזמין לגידול אלמוגים בסך אתרי אילית גבוה באופן מובהק מזה אשר תועד בשלוש שנות הניטור הראשונות, 2004-2006 (איור ב6).

בחברת השונית קיימות תנודות משנה לשנה ואין די בשינוי בין שנים עוקבות להיעד על מגמות. מאז תחילת הניטור (2004) כיסוי האלמוגים עליה באופן משמעותי ברוב האתרים, והמוצע לשוניות אילית עללה במידה ניכרת. תמונה דומה מתקבלת גם לאחר נרמול הכספי לכמות המצע הזמין באתרים, אם כי במבט כזה השינויים קטנים יותר. על אף העלייה המצתברת על פני תריסר השנים האחרונות, בשנתיים האחרונות נרשמת ירידת בכיסוי האלמוגים – עובדה מהחייבת יתר תשומת לב.



איור ב6: ניצול המצע המתאים להתיישבות אלמוגים. למטה – אחוז הכספי של אלמוגי אבן חיים מתוך סך הקרקע הסלעיית בכל אתר. אחוזים אלה מורים עד כמה הקרקע הזמין לאלמוגים מכוסה באלמוגים. למטה –

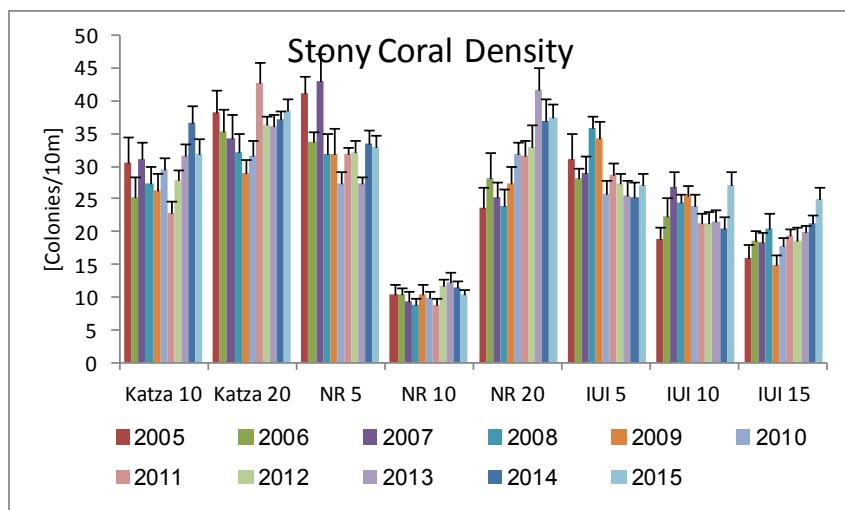
שינויים בכיסוי האלמוגים המנורמל באתרים הנספרים ובכלל שוניות אילת בשנים 2004-2015. ההבדלים בין השנים מובהקים והאינטראקציה בין שנים לאתרים מובהקת ופירושה שתירים שונים הראו מגמות שונות באופן מובהק עם הזמן.

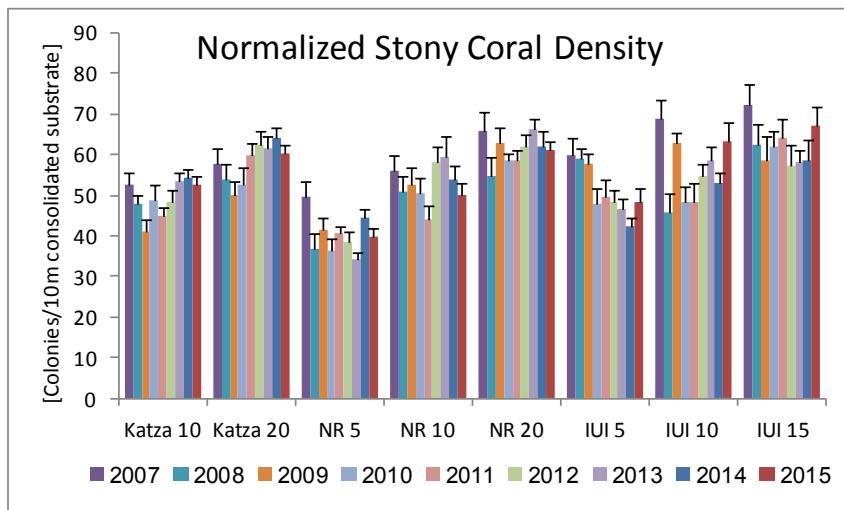
Figure B6: Utilization of available substrate by stony corals. Top- Percent of live stony coral coverage out of the total consolidated substrate at each site. This indicates how much of the potentially viable substrate is actually covered by live corals. Bottom-temporal changes in normalized coral cover at the surveyed sites and at the "average Eilat reefs" in the years 2004-2015. Changes over time are significant and the interaction between years and sites is significant meaning sites differ significantly in the way they change over time.

בין האתרים ישנו גודלים גם בצפיפות מושבות האלמוגים (מספר מושבות ממוצע בקוו של עשרה מטרים). הצפיפות הגדולה ביותר נמצאה גם השנה באתר Katza-20 (כ-38.5 מושבות ממוצע בעשרה מטרים, מעט יותר מאשר בשנה הקודמת), כאשר באתר NR-20 הצפיפות כמעט זהה (בממוצע 37.5 מושבות בחתך באורך 10 מטרים). צפיפות המושבות הקטנה ביותר (10.4) מושבות בעשרה מטרים נמצאת באתר NR-10 (איור ב7). על מנת להקטין את שגיאות המדגם הנובעות מכתמיות השונייה אתרים השוניים כדי להתבסן בצפיפות המושבות מנורמלת לאחוזה המצטה, הזמין להתיישבות (איור ב7 למטה). מבט זה, הצפיפות הנמוכה ביותר היא באתר NR-5 בו המושבות הגדולות ביותר, והגבוהה ביותר השנה נמצאת באתר IUI-IUI 15.

השנה נזדהה עליה בצפיפות האלמוגים בהמשה אתרים ו בשלושה אתרים נמצאה ירידה. שינויי בצפיפות מושבות משנה לשנה נובעים מהיחס שבין תמותת אלמוגים והתישבות אלמוגים חדשים, וכך ירידה מתמשכת בצפיפות המושבות מעידה על עודף תמותה על פני התישבות. כיוון שההתמותה פוגעת באלמוגים מכל גודלים ואילו התישבות היא על ידי אלמוגים קטנים בלבד צפוי שירידה בצפיפות תלולה בירידה בכיסוי האלמוגים.

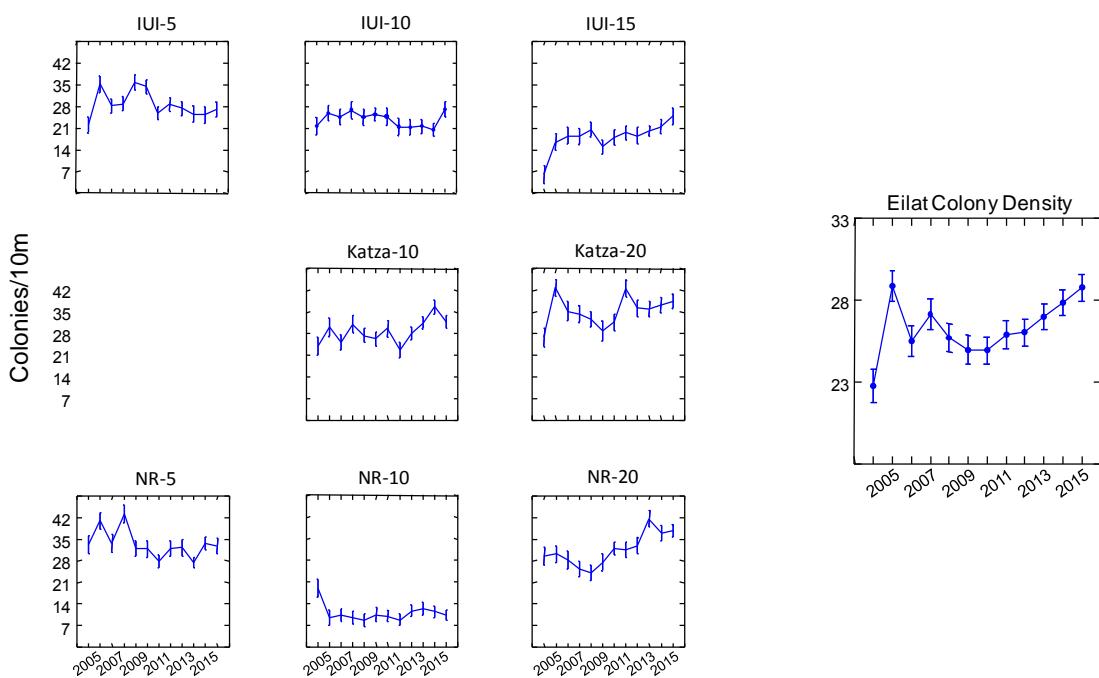
בסך הכל, השינויים בצפיפות האלמוגים בשנים האחרונות קטנים למדי, עם מגמת עלייה קלה בשנים האחרונות (איור ב8).





איור ב7: למעלה – מספר מושבות האלמוגים הממוצע בקו באורך עשרה מטרים בכל אתר. למטה – מסגרת מושבות האלמוגים מונרמלת למצע קשה הזמין להתיישבות אלמוגים.

Figure B7: Top - The average number of coral colonies per ten meters line at each site. Bottom – normalized according to the hard substrate that is available for coral settlement.

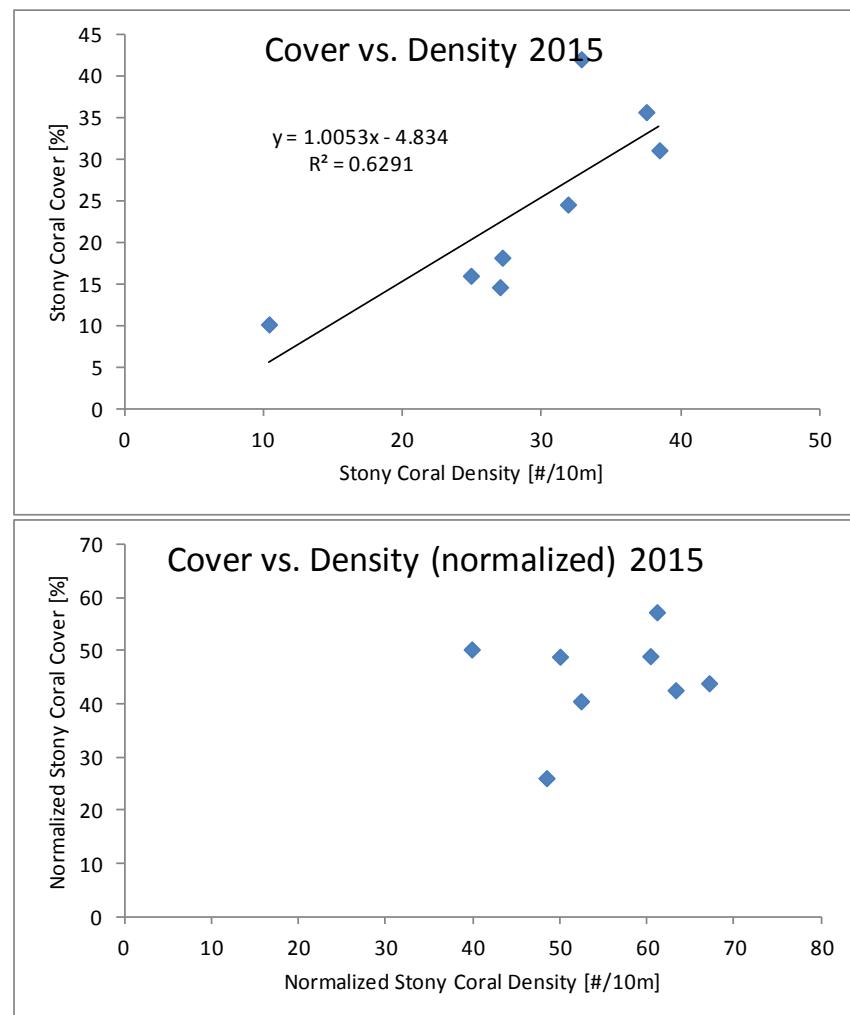


איור ב8: שינויים בצפיפות ממוצעת של מושבות האלמוגים בשנים 2004-2015. ההבדל בין השנים עברו "אילת" (=כל האתרים) מובהך על פי תוצאות מבחן ANOVA למובקהות סטטיסטית.

Figure B8: The average density of coral colonies in the years 2004-2015. Annual values for “Eilat” (=All Sites) differ significantly in an ANOVA test (least square means).

התאמה בין צפיפות המושבות (מספר מושבות בחתך ממוצע) ובין אחוז CISCO האלמוגים עומדת השנה על $R^2=0.63$ (איור ב9 למטה). ההתאמה הטובה נובעת מירידת ש讥סה בשנתיים האחרונות באחו הכספי לאתר NR-5 שהיא אונומלי באחו הכספי הגבוה, כתוצאה ממיציאותן של מושבות אלמוגים ענקיות. יחד עם הירידה באחו הכספי נמدادה באתר זה עליה בצפיפות המושבות. גם את היחס בין CISCO ובין צפיפות ראוי לבדוק בעזרת נרמול הנתונים לפי אחוז המצע הקשה, הזמין

להתיישבות, כפי שנעשה למטה. כאן לא נמצא התאמה בין היחסוי וצפיפות המושבות ורובי האתרים מצויים בטוחה מצומצם של צפיפות מושבות (40-50 מושבות לעשרה מטרים מצע קשה, איור ב-9, למטה). האתרים IUI-5 ו-NR-20 מהווים חריגות גדולות מטוחה זה, עם ערכי צפיפות מנורמלת נמוכים וגובהים במיוחד, בהתאם.



איור ב-9: למטה - צפיפות ממוצעת של מושבות האלמוגים כנגד אחוז כיסוי האלמוגים באתר הדיגום.
למטה - צפיפות מושבות האלמוגים כנגד כיסוי האלמוגים, מנורמלים לפי המוצע הקשה באתר הדיגום.
Figure B9: Top - The average density of coral colonies versus the percent coral cover per site. Bottom - The density of coral colonies versus coral cover, normalized by the consolidated substrate available for settlement at each site.

Site	Katza 10	Katza 20	NR 5	NR 10	NR 20	IUI 5	IUI 10	IUI 15	Averages			Average
									Katza	NR	IUI	
Transects	18	15	13	26	19	14	12	11	37	33	58	128
Stony coral	24.6	31.2	42.1	10.2	35.7	14.7	18.2	16.0	16.2	27.6	25.7	24.1
stdev	7.6	7.7	11.1	4.7	11.3	4.2	4.8	4.1	4.5	8.2	16.8	11.3
SE	1.8	2.0	3.1	0.9	2.6	1.1	1.4	1.2	0.7	1.4	2.2	4.0
CV	0.3	0.2	0.3	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.7	0.5
Octocoral	4.5	6.2	0.6	1.5	5.3	0.3	0.2	1.2	0.6	5.3	2.5	2.5
stdev	4.1	4.0	1.0	1.4	4.1	0.5	0.4	0.6	0.6	4.1	3.2	2.4
SE	1.0	1.0	0.3	0.3	0.9	0.1	0.1	0.2	0.1	0.7	0.4	0.9
CV	0.9	0.6	1.8	0.9	0.8	1.4	1.9	0.5	1.2	0.8	1.3	1.0
GRV+Sand	34.5	28.7	15.6	76.9	32.6	43.0	53.3	60.9	51.7	31.9	48.6	43.2
stdev	12.2	13.2	10.5	9.6	11.8	12.9	17.6	8.3	15.2	12.8	28.4	19.7
SE	2.9	3.4	2.9	1.9	2.7	3.4	5.1	2.5	2.5	2.2	3.7	7.0
CV	0.4	0.5	0.7	0.1	0.4	0.3	0.3	0.1	0.3	0.4	0.6	0.5
Rock	30.3	29.4	27.8	8.2	18.7	36.4	24.1	18.9	27.2	29.9	16.0	24.2
stdev	7.4	11.5	9.8	4.7	6.5	9.8	14.0	6.3	12.8	9.4	10.3	8.8
SE	1.7	3.0	2.7	0.9	1.5	2.6	4.0	1.9	2.1	1.6	1.3	3.1
CV	0.2	0.4	0.4	0.6	0.3	0.3	0.6	0.3	0.5	0.3	0.6	0.4
Dead Coral	5.5	3.9	13.0	3.1	7.0	5.6	4.0	2.6	4.2	4.7	6.6	5.6
stdev	3.9	3.5	7.7	3.3	3.5	3.7	2.8	2.7	3.3	3.8	6.0	3.3
SE	0.9	0.9	2.1	0.6	0.8	1.0	0.8	0.8	0.5	0.7	0.8	1.2
CV	0.7	0.9	0.6	1.1	0.5	0.7	0.7	1.0	0.8	0.8	0.9	0.6
Normalized Cover	40.6	49.1	50.4	49.0	57.4	26.1	42.7	44.0	36.8	44.5	52.0	44.9
stdev	7.6	11.7	10.0	14.6	12.5	5.6	11.6	11.6	12.7	10.4	13.4	9.2
SE	1.8	3.0	2.8	2.9	2.9	1.5	3.4	3.5	2.1	1.8	1.8	3.3
CV	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2
Density	31.9	38.5	32.8	10.4	37.5	27.0	27.2	24.9	26.4	34.9	24.3	28.8
stdev	9.6	7.0	7.0	4.9	9.2	7.3	6.8	6.3	6.7	9.1	14.5	8.9
SE	2.3	1.8	1.9	1.0	2.1	1.9	1.9	1.9	1.1	1.6	1.9	3.2
CV	0.3	0.2	0.2	0.5	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.6	0.3
Normalized Density	52.4	60.4	39.9	50.0	61.1	48.5	63.3	67.1	58.8	56.0	51.4	55.3
Stdev	9.0	8.5	7.4	14.7	8.4	11.5	16.5	15.5	16.3	9.5	13.8	9.1
SE	2.1	2.2	2.1	2.9	1.9	3.1	4.8	4.7	2.7	1.7	1.8	3.2
CV	0.2	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2

תבלה ב2: סיכום נתונים הקיימים שנאספו בהתקי הנקוים באוצריו השוניים לאורך חוף המפרץ בשטח הניטור. הנתונים מוצגים כאחוזים הממוצעים שנמדדו בכל התחכים של אותו אתר (שילוב של מיקום ועומק) עם סטיית התקן, שגיאת התקן ומקדם השונות, מלבד "ממוצע אילת" המוגדר כממוצע האתרים. צפיפות נתונה כמספר מושבות בהתקף של 10 מטרים, "גרמוני" הוא עבור מצע קשה.

Table B2: Summary of cover data collected in line transects at the monitoring sites. Data is given as average percent cover measured in all transects at each site (combination of location and depth) with associated standard deviation, standard error and variance coefficient, except for the "Eilat average" that is the average between sites. Density is the number of colonies in a 10m transect, "Normalized" is for hard substrate.

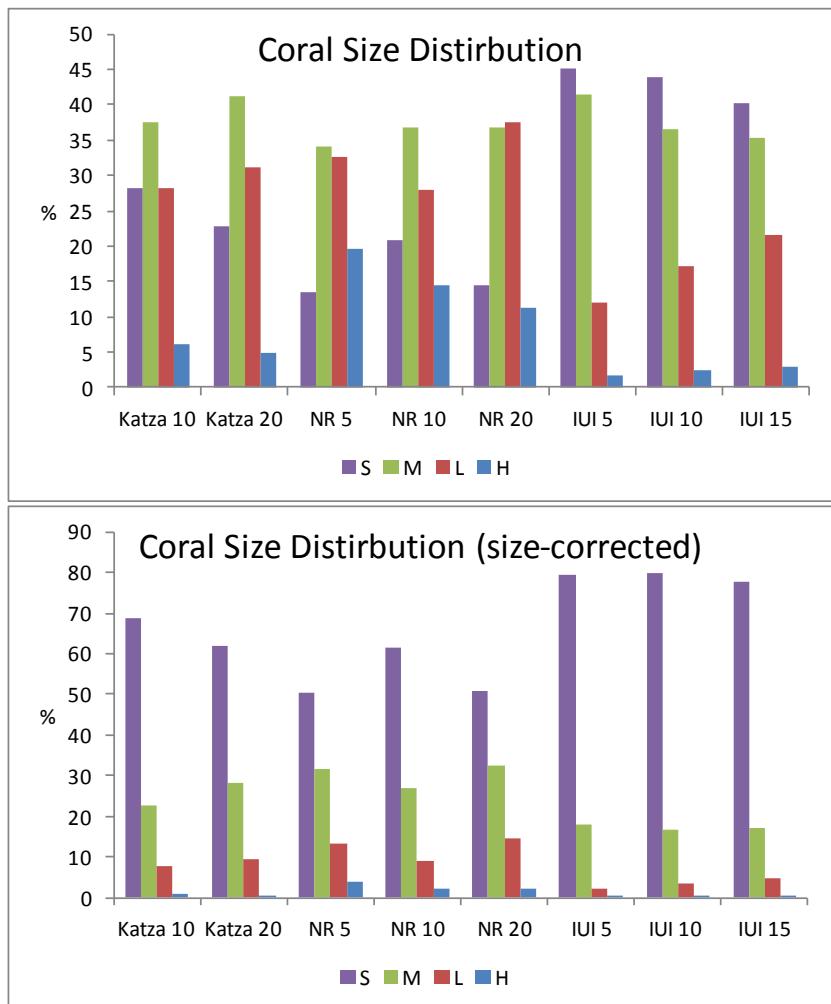
גודל מושבות אלמוגים

מושבות אלמוגים תחת סרט המדייה משויות לאחת מקבוצות הגודל קטן^{>5ס"מ; ביגני<15ס"מ;} גודל^{>30ס"מ; ענק<30ס"מ} על פי הערצת הסוקר. בחלוקת זו לקבוצות גודל ישם טווחי גודל שונים כאשר הקבוצה "ענק" מכילה כל מושבה גדולה מ-30 ס"מ. לעומת, על מנת להציג התפלגות גודלי מושבות אלמוגים, צריך לפרק קבוצה זו לחת-קבוצות רבות אשר יגלו טווחי גודל של 5-10 ס"מ בדומה לקבוצות האחרות. אולם מספר המושבות בקבוצה גדולה זו קטן כל כך בהשוואה לקבוצות הגודל האחרות שלא ניתן היה במרבית האתרים להציגן על אותן ציריים. יתרה מזו, עניין מרכזי הוא איזה המושבות קטנות מכל מושבות האלמוגים, ולצורך כך אין חשיבות לחת-חלוקת הקבוצות הגודל הגדלות יותר.

השימוש בשיטת חתכי קו לייצרת התפלגות גודל מושבות סובלת מהטיה הנובעת מכך של מושבות קטנות סיוכי קטן יותר להיכל בסקר (Zvuloni et al. 2008). במקרים אחרים: חלקן הייחס של מושבות קטנות הנספרות בסקר זה הוא קטן מחלוקת האוכלוסייה. לפיכך, אויר ב-10 מציג את התפלגות גודלי האלמוגים באתרים המנוטרים כפושטה (למטה) ואת התפלגות המתוקנת להטיה, המיצגת טוב יותר את המזיאות (למטה). בהתחשב בתיקון הטיה נראה שהחלקן הייחס של מושבות האלמוגים הקטנות בערך כפול מחלוקת בספירות עצמן.

מספר מושבות האלמוגים הלא-מעונפים גדול בערך פי 4 מספר מושבות האלמוגים המעונפים. על כן התפלגות גודלי כל האלמוגים דומה במידה רבה להתפלגות הגדים בקבוצות האלמוגים הלא-מעונפים (ראו דו"חות הניטור הקודמים). על ההפרדה בין שתי הקבוצות מקשה העובדה שבגודל הקטן קשה, לעיתים, להבחין במופע המעונף ויישם אלמוגים אשר להם מופעים בשתי הקבוצות. באתר IUI חלקן של מושבות האלמוגים הקטנות גדול יותר מחלוקת הניטור האחרים. באתר 5-NR חלקן של המושבות הקטנות הוא הקטן ביותר ובאתר IUI-5 חלקן הוא הגדל ביותר. על פי ספירת המושבות, ב-IUI-5 חלקן של המושבות הקטנות גדול פי שלוש מאשר חלקן באתר 5-NR ו- 13.6% בהתאם, אויר ב-10).

לאחר תיקון הטיה בספירת מושבות לפי גדים, נראה שהחלקן של המושבות הקטנות גדול בכל האתרים, כאשר באתר IUI חלקן של המושבות הקטנות קרוב ל- 80%, ובאתר 5-NR 50% חלקן 50% אויר ב-10 למטה).

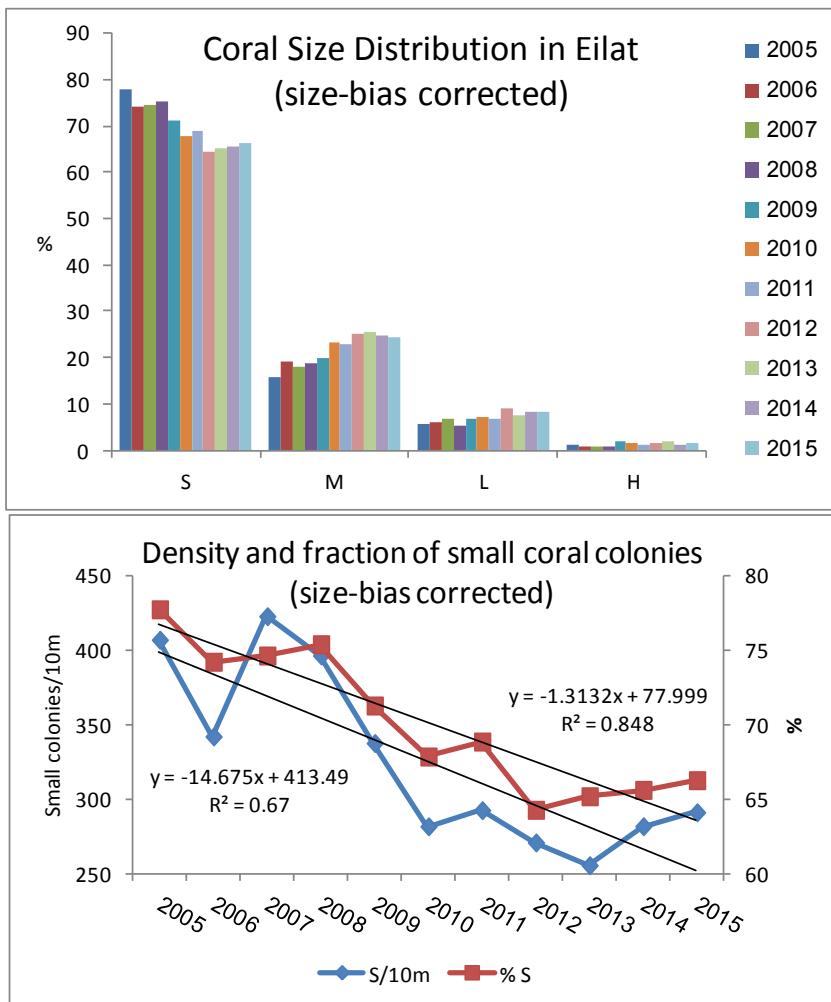


איור ב10: התפלגות גודל מושבות האלמוגים באטרים הננסקיים. חלוקת הגודלים לפי המפתח הבא: Small<5 ס"מ; 5 ס"מ < Medium< 15 ס"מ; 15 ס"מ < Large< 30 ס"מ; Large>30 ס"מ. הערכיות הם אחוזים מסך המושבות מסוימת כבוצעה באתר. לעיל – התפלגות גודלי המושבות הננסריות; למטה – התפלגות הגודלים לאחר תיקון הטעיה המובנית לספריות גודל בשיטת חתכי הקו (על פי Zvuloni et al. 2008).

Figure B10: Size frequency distribution of coral colonies in the surveyed sites. Size classes are: Small<5 cm; 5 cm < Medium< 15 cm; 15 cm < Large< 30 cm; Huge>30 cm. Values are percent of the total colonies of each coral type at each site. Top – size frequency distribution of counted coral colonies; bottom – the coral size frequency distribution after correction of the bias of size counts in line transects (Zvuloni et al., 2008).

בשנות ה-2007-2009 ישנה עלייה בחלוקת הגודל הבינוני וירידת-מה בחלוקת הגודל הקטן, בעיקר משנה 2009 (איור ב11). בשנים האחרונות חלukan של המושבות הקטנות התיציב (וכך גם התפלגות הגודלים בכלל), ובשנתים האחרונים נמצאה עלייה קלה במספר הממושיע של מושבות קטנות לייחิดת אורך (איור ב11 למטה). הירידה בחולקן הייחסי של המושבות הקטנות מאז 2008 נובעת ברובה מירידה במספר המושבות קטנות בחתכי הסקר.

נראה כי מאז 2007 ישנו אבדן מושבות קטנות מהשוניות, אם כתוצאה מתמוהה או מעבר לקבוצת גודל אחרית (גדייה), בקצב גדול מהתחדשות של המושבות האלה (גיוס). מאז 2011 תהליך זה מתמתן, ובשנתים האחרונים נראה שינוי במגמה זו.



איור ב11: למעלה: שינויים בהתקלגות הממוצעת של קבוצות הגודל (מתוקן להטיה הספירה בחטכי קו) בכל האתרים בין השנים 2005 ו-2015. חלוקת הגודלים לפי המפתח הבא: Small<5 ס"מ; 5 ס"מ; 5 ס"מ; Medium>15 ס"מ; Large>30 ס"מ; Huge>30 ס"מ. למטה: שינויים בצפיפות המושבות "הקטנות" בשנות הניטור (מתוקן להטיה ספירה ומוגormal למטר רבוע).

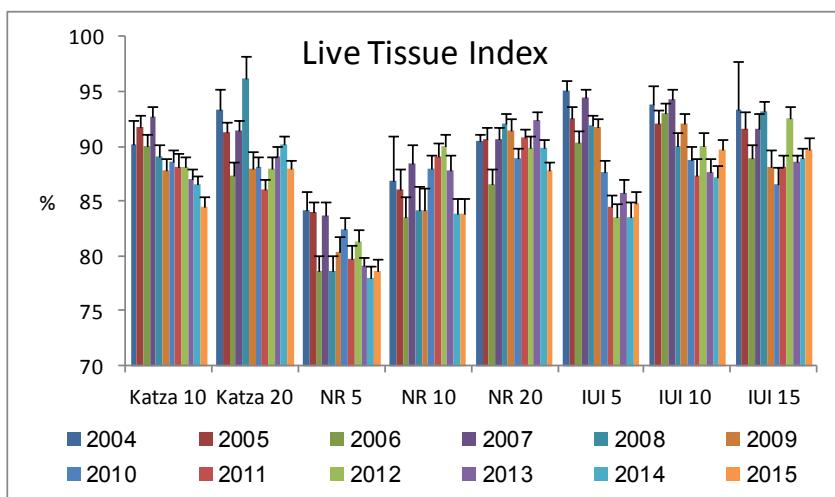
Figure B11: Top: Changes in the average size frequency distribution (corrected for transect based count bias) of coral colonies between 2005 and 2015. Size groups are: Small<5 cm; 5 cm <Medium< 15 cm; 15 cm <Large< 30 cm; Huge>30 cm. Bottom: Changes in the density of "Small" colonies, corrected for bias and normalized to 1m².

בריאות אלמוגים

בתכנית הניטור נעשה שימוש באומדן שיעור הרקמה הלא פגועה באלמוג מממד ל"בריאותו". ממד זה, להלן (LTI) Live Tissue Index (LTI) נמדד עבור כל אחד מאלפי האלמוגים הנכללים בחתכי הקו בשונית, על ידי קביעה ויזואלית (על ידי הצלול הסוקר) של אחוז השטח של שלד המושבה המכוסה ברקמה חיה.

למרות שאمدنן אחוז הרקמה החיה במושבה הוא איקוטי, כמות המושבות המשתתפות בסקר (אלפים), העובדה ששגיאת הערכה עשויה להיות לשני הכוונים, והמשמעות הקטנה של שגיאת הערכה בסדר של 10% לגבי ממוצע כל המושבות, מבטיחה ממד אמין. על מנת לוודא כי האمدنן הוויזואלי על ידי כל דוגמן אכן מדויק בטוחה של 10%, וכי אין הטיה מגמתית בהערכתה, ערכנו בשנת 2008 ניסוי מבוקר להערכת דיקוק השיטה. תוצאות הניסוי מצביעות על דיקוק גדול בהרבה מהצפוי (התוכנית הלאומית לניטור מפרץ אילית, דוח מדעי 2008, נספח 3). צוות הניטור אשר השתתף בניסוי הוא גם הצוות הקבוע העורך את הסקרים ועובדת זו מוסיפה ביטחון במצאי הממד.

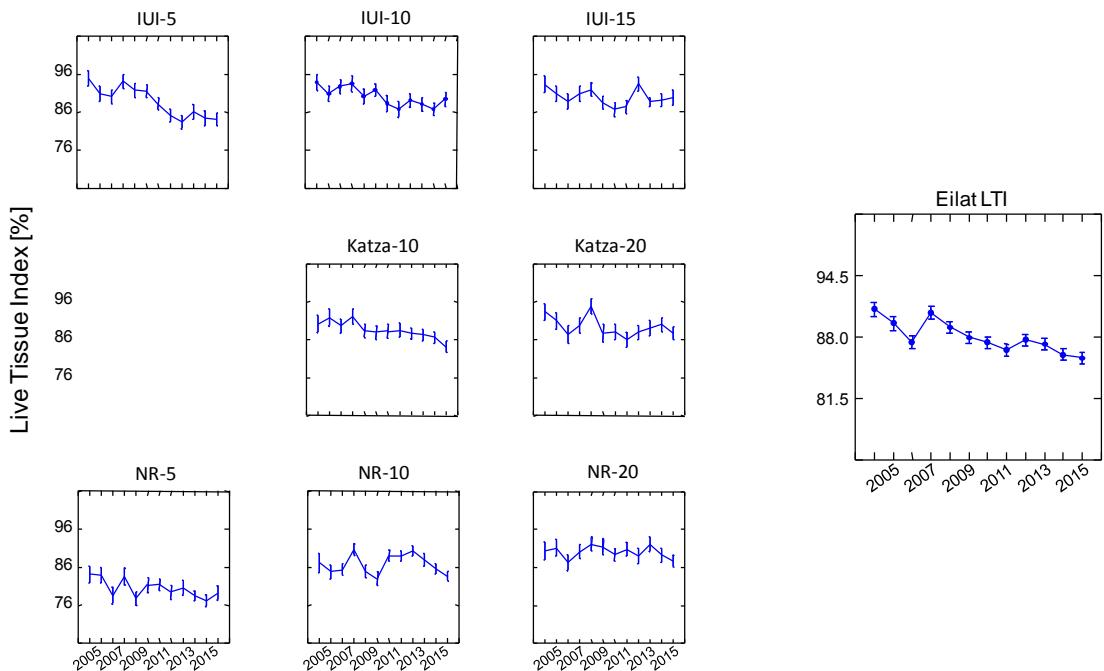
גם השנה, כמו בכל השנים הקודמות, האתר בו ממד הרקמה החיה לבריאות אלמוגים נמור ביותר היה NR-5 (78.6%). באתר זה ממד הרקמה החיה נמור במיוחד עקב ריבוי המושבות האגדולות והענקיות בו, מושבות שגילן, כנראה, רב יותר ולכן אחוז הפגיעה בرمמותיהן מהוות סכימה (אינטרציה) של שנים רבות. הממד הגבוה ביותר נמצא בתחום IUI-IUI-10 ו-IUI-15 (89.6%). ברוב שאר האתרים הערכים נעים בין 83%- 89% (- אירור ב12%).
מעקב אחר אחוז הרקמה החיה באלמוגים עיליל יותר לזיהוי שינויים בזמן בכל אתר, ופחות להשוואה בין אתרים. השנה נפתחה ירידה קלה בהשוואה לשנה הקודמת בששה מתוך שמונה האתרים הננסקרים.



איור ב12: ממד אחוז הרקמה החיה של אלמוגים באטרים השונים. הממד מוגדר כממוצע באתר של אחוז השטח החי/בריא מסך השטח של כל מושבת אלמוגים חיה.

Figure B12: The Live Tissue Index (LTI) for corals in the surveyed sites. The LTI is the site average of the percent area of live/healthy coral tissue for each living colony.

במבט כללי על סך האלמוגים בשוניות אילית נצפית בשנות הניטור ירידה בערך ממד הרקמה החיה הממוצע של כל האתרים (איור ב13). ירידה זו אינה רציפה ובשנים 2007 ו-2012 נפתחה עלייה בערך הממד, אולם המגמה הכללית היא של ירידה. השינוי בערך ממד הרקמה החיה באלמוגים בין השנים הינו מובהק. ניתן כי הירידה המתמשכת קשורה לעלייה בגודל המושבות ברוב האתרים, אשר כאמור למעלה מייצגות זמן רב יותר ופוטנציאלי גובה יותר לפגיעה חלקית ברקמה.



איור ב13: ההשינוי במצב האלמוגים על פי האחוז הממוצע של רקמה היה במושבות אלמוגים (LTI) באילת בשנים 2004-2015.

Figure B13: Changes in the state of coral colonies over time according to the average percentage of living coral tissue (LTI) from all sites over the period 2004-2015.

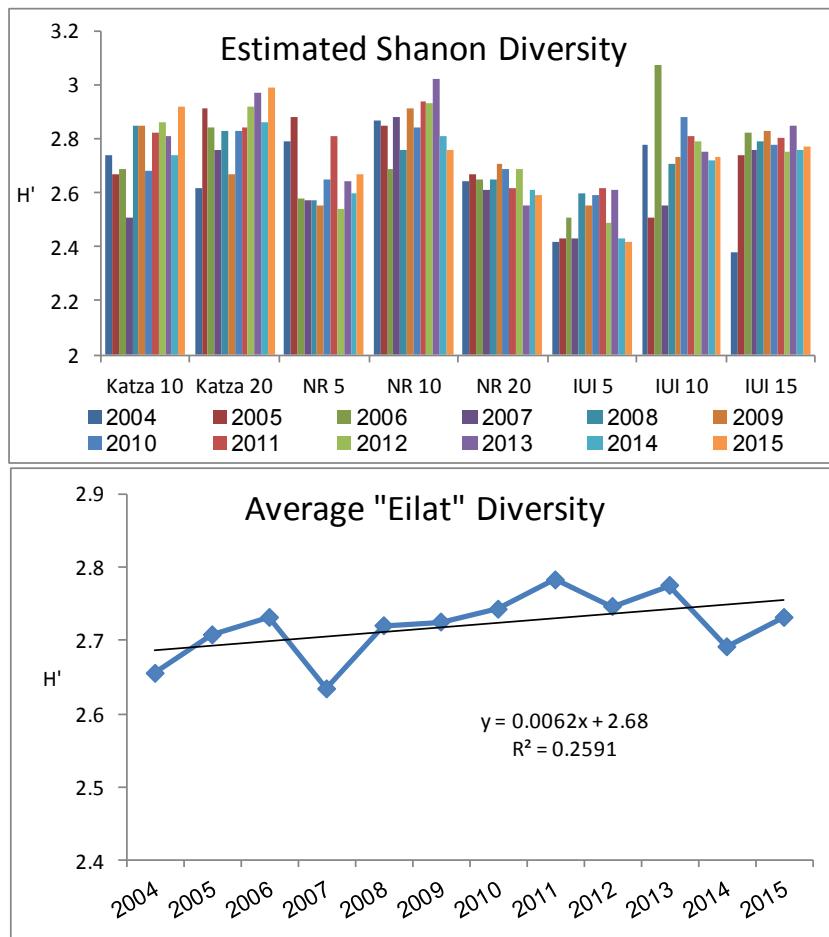
מדד רקמה היה נמוך צפוי באטרים בהם האלמוגים גדולים, מכיוון שתמונת חליקת פוגעת באלמוגים גדולים\בוגרים יותר מאשר באלמוגים קטנים\ערים – אולי מכיוון שאלמוגים קטנים יموתו עם הפגיעה ולא יכללו במדד, או כי ההסתברות לפגיעה והצטברות של פגיעות עולה עם הגיל.

מגון מינים

מגון המינים מוערך לפי מד Shannon-Wiener (H') על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005). בתכנה זו מחושב מגון המינים לאטר על ידי צבירת נתוני כל חטף עד לקבלת הערכה הננסצת על מספר החתכים המקסימלי שנעשה, תוך התחשבות במינימום נדרירים (ראו דין מפורט בדרכים להערכת מגון המינים בדו"ח הניטור 2006). התוצאות (איור ב14) ניתנות כהערכת מגון המינים עבור כל אטר בשלמותו בהתאם לנתוני חתכי הקו וחישוביS EstimateS. בתכנית הניטור נעשה שימוש במגוון המינים המבוסס על מספר מושבות האלמוגים בחתכים. בהשוואות שנעשו בין מדדים המבוססים על אורך מצטבר ("שטח") של אלמוגים לעומת מספר מושבות נמצא כי ערך המדד המבוסס על ספירה גבוהה מעט מהערך המבוסס על שטח.

המגון הנמוך ביותר נמצא גם השנה באתר IUI-5 ($H'=2.42$), דומה לערך המזערי של השנה הקודמת. המגון הגבוה ביותר ביום השנה שעבר גםサイト Katza-20 ($H'=2.99$), גבוה מאשר שנה הקודמת. מכיוון שמדד Shannon-Wiener מושפע מאוד ממידת האחדות (evenness) של אלמוגים מסווגים שונים נמצא גובה באטרים בהם הכתמיות גדולות. אנליזה רבת ממדים להרכבת החברה באטרים השונים נעשתה בעבר (ראו הדוח המדעי של תכנית הניטור לשנת 2012) ומזהה שלכל אטר מאפיינים ייחודיים מבחינת הרכב סוגיה האלמוגים בו, בלבד מאתר השמורה בעומק 20 מ' הדומה למדרי לאתרי קט"א.

чисוב מדד המגוון של Shanon-Wiener ב"שוניות אילת" כממוצע כל האטרים מראה שהmandoן הממוצע נותר כמעט ללא שינוי במשך השנה. השנה חושב מדד מעט גבוהה (2.73) מאשר שנה הקודמת (איור ב14, למטה).



איור ב14: מגוון הסוגים הממוצע של אלמוגים לפי ממד Shannon-Wiener, כפי שהוערכו עבור כל אתר על ידי תוכנת EstimateS (Colwell, 2005; <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>; Colwell, 2005). ממד המגוון עבור כל אתר לאורך שנות הניטור. לעומת זאת – ממד Shannon-Wiener הממוצע בכל האתרים לאורך שנות הניטור.

Figure B14: The Shannon-Wiener diversity index of coral taxa estimated for each site by the EstimateS software (Colwell, 2005 ;<http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>). Top- changes in the diversity index at every site; bottom- changes to the "Eilat" average Shannon-Wiener diversity.

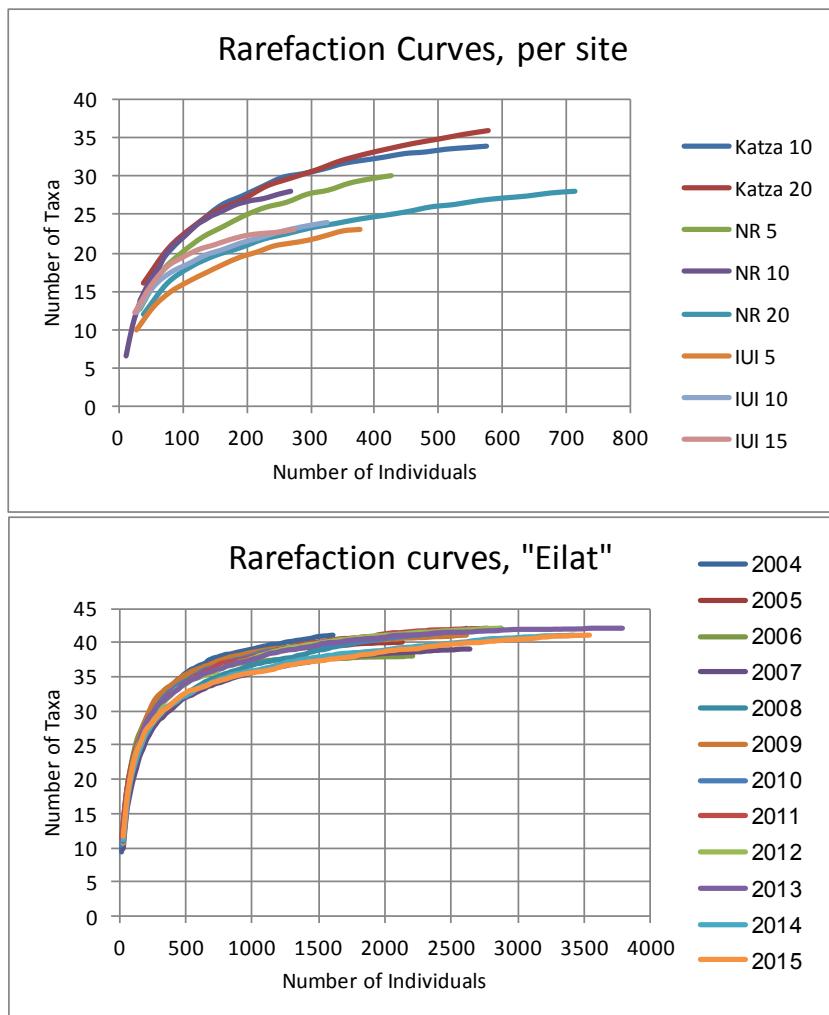
מדד המגוון על פי Shannon-Wiener לוקה בחשבונו הנו את עושר המינים (richness) והנו את מידת האחדירות (evenness) במפזר, וכך גם משקל גם על נוכחות/عدרם של מינים נדירים. ממד זה טוב לשם השוואת בין השנים או בין אתרים, אולם לערכו המספרי אין שימוש ממשית. כך קשה לדעת מה משמעותו של הפרש הערכים מלבד שמדד גובה "טוב יותר" ממדד נמוך, זו"א אצביע על מגוון גדול יותר. לפיכך, נבחנת סוגיות המגוון גם באמצעות צבירה (rarefaction) של פרטיהם מול סוגים (איור ב15).

עקבות הצבירה מראות תמונה שיש לה יותר משמעות ממשית. ככל שהעוקמה תלולה יותר האחדירות גדולה יותר, ככל ששיא העוקמה גבוהה יותר, וכך סוף העוקמה אופקי יותר כך נראה כי מאמץ הדיגום מזכה את הפוטנציאל של השטה הנדגם. בוחינה של תוספת מאמץ לדיגום והשפעתה על עקומות הצבירה נעשתה בשנת 2013 (ראו דוח הניטור לשנת 2013).

בשילובת בין האתרים השונים (איור ב15, למעלה) ניתן לראות כי האתר IUI-5 בעל התוחלת הנמוכה ביותר של סוגי אלמוגים (מספר סוגי האלמוגים הצפוי להציג במאזן דיגום מוגבל, למשל ספירה אקראית של 100 או 200 פרטים), ואילו באתרים Katza-10-NR-10 ואתר Katza-20 התוחלת היא הגבוהה ביותר. מצאים אלה תואמים את התמונה המתקבלת ממדד המגוון של Shannon-Wiener.

באזור Katza-20 נמצא עושר האלמוגים הגדול ביותר, 36 סוגי אלמוגים, ובאתר IUI-5 נמצא בסך

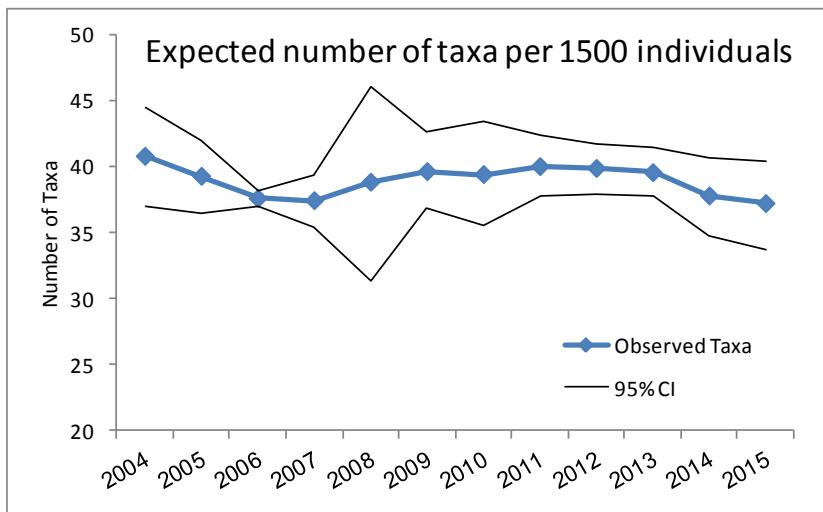
הכל 23 סוגים אלמוגים. בשלושה אתרים (Katza-10,20, IUI-5) נמצאו השנה יותר סוגים אלמוגים מאשר בשנה הקודמת, ואילו באתר IUI-15 נמצא מספר קטן יותר של סוגים אלמוגים. השנה נמצא בסך הכל בכל האתרים 41 סוגים אלמוגים, בדומה לשנה הקודמת. בהשוואה בין השנים של כל נתוני המגון (ספרית מושבות) אשר נאספו על ידי תכנית הניטור נראה כי ההבדלים בין השנים קטנים ומאז הדיגום הכללי בהחלט מצהה את עושר האלמוגים "שונות אילית". תוחלת עושר המינים הייתה נמוכה ביותר בשנתיים 2007-2006. לפניהן הייתה מעט גבוהה יותר, ובשנתיים האחרונות התוחלת שוב עלתה וה提יצה (איור ב15, למטה).



איור ב15: עקומות צבירה של מספר סוגים אלמוגים מול מספר המושבות כפי שהושבו על ידי תכנת Colwell (Colwell, 2005; <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>; Colwell, 2005) EstimateS עבור כל אתר בשנת הניטור 2015. למטה- עקומות צבירה "שונות אילית" מאז שנת 2004.

Figure B15: Rarefaction curves of taxa richness based on colony counts, calculated with the EstimateS software (Colwell, 2005; <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>). Top-curves for each monitored site in the year 2015; bottom- curves for "Eilat reefs" since 2004.

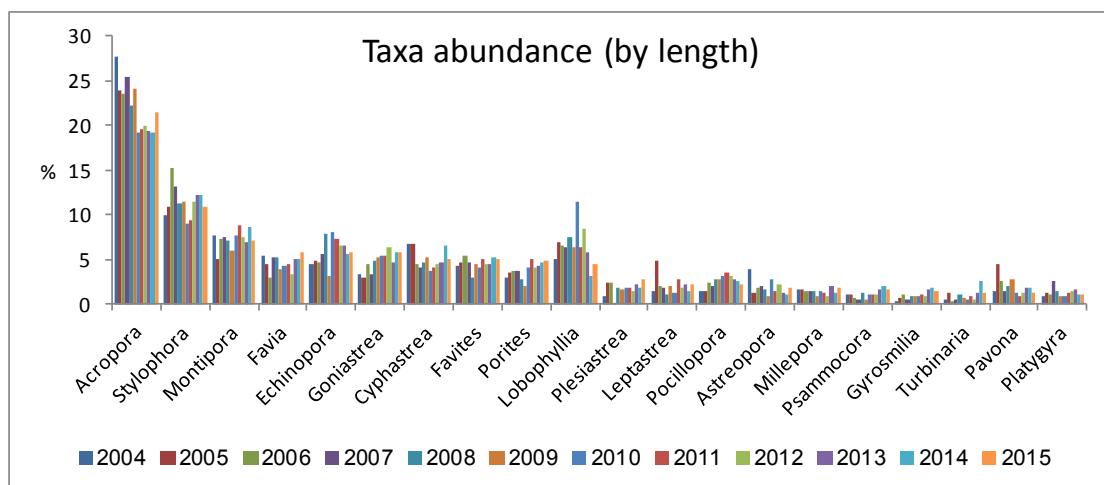
מספר סוגים האלמוגים הצפוי להתקבל בספירה אקראית של אלפי וחמש מאות מושבות אלמוגים ב"שונות אילית", בהתבסס על עקומות הצבירה, לא השתנה באופן מובהק מאז שנת 2004, אך השנה נראית ירידת קלה בערך זה (איור ב16).



איור ב16: השינוי במספר סוגים האלמוגים הצפוי להתקבֵל בספירת 1500 מושבות מאז שנת 2004, מתוך עקומות הרפרקציה של "שונית אילת".

Figure B16: Changes in the expected number of taxa per 1500 random coral colonies since 2004 based on the rarefaction curves of the "Eilat reefs".

עשרים סוגים האלמוגים הנפוצים ביותר בשטח הניטור מופיעים באיור ב17 לפי סדר אחוז הcisio של סוגים אלה ביחס לכלל האלמוגים בשנת 2015. נראה כי למרות שאלמוגי *Acropora* מהווים את חלקו הארי מסך הcisio של אלמוגים חיים (21.5%) השנה, קצת יותר מאשר במספר האחרונות), החברה האלמוגית באילת מגוונת ואין בה סוג דומיננטי באופן בולט. בשנות הניטור הראשונות, עד לשנת 2009 היה חלוקם של אלמוגי *Acropora* גדול יותר, סביבה 25%. בהשוואה לשנים הקודמות נראה כי אין שינוי משמעותי ב הרכב החברה. גם השנה זהה 41 סוגים אלמוגים באילת, ועشرים האלמוגים הנפוצים ביותר מהווים 93.2% (לפי אורך נמדד על סרט המדידה) מכל האלמוגים באילת. נתונים אלה דומים לנתוני השנה לאחרונה.



איור ב17: עשרים האלמוגים הנפוצים ביותר בשוניות אילת בשנים 2004-2013, מסודרים לפי סדר התפוצה בשנת 2015.

Figure B17: The twenty most abundant coral taxa in the reefs of Eilat in the years 2004-2013, arranged according to their abundance in 2015.

טבלה ב3 מציגה את עשרים סוגים האלמוגים הנפוצים בשטח הניטור ואת אחוזי הcisio שלהם בכל אתר. בטבלה זו רשום אחוז הcisio מסך השטח הנמדד בחטכי הקו וכן סדר הופעת האלמוגים כאן שונה מאשר בגרף התפוצה של איור ב17.

	Averages									Average		
	Katza 10	Katza 20	NR 5	NR 10	NR 20	IUI 5	IUI 10	IUI 15	Katza	NR	IUI	Eilat
<i>Acropora</i>	6.24	4.77	5.34	2.47	10.70	2.19	5.48	3.11	5.57	5.81	3.53	5.04
<i>Stylophora</i>	2.97	3.57	2.56	0.98	1.47	2.86	1.64	2.38	3.24	1.50	2.32	2.30
<i>Montipora</i>	2.12	3.35	2.16	0.44	5.15	0.24	0.68	1.29	2.68	2.37	0.69	1.93
<i>Echinopora</i>	1.83	2.01	6.81	0.29	2.54	0.11	0.46	0.39	1.91	2.49	0.31	1.80
<i>Lobophyllia</i>	0.31	1.83	10.93	0.02	0.44	0.04	0.00	0.13	1.00	2.60	0.05	1.71
<i>Goniastrea</i>	1.51	1.29	3.72	0.33	0.99	1.34	0.67	1.22	1.41	1.31	1.09	1.38
<i>Favites</i>	1.37	1.88	0.58	0.27	1.74	1.15	1.13	0.95	1.60	0.82	1.09	1.13
<i>Porites</i>	0.77	1.81	0.76	1.00	2.85	0.03	0.77	0.99	1.25	1.55	0.56	1.12
<i>Cyphastrea</i>	1.16	0.93	0.85	0.48	1.61	1.59	1.23	0.63	1.05	0.93	1.19	1.06
<i>Favia</i>	0.86	0.55	0.48	1.02	0.76	2.61	1.12	0.69	0.72	0.81	1.55	1.01
<i>Plesiastrea</i>	0.76	0.55	0.25	0.50	1.91	0.27	0.22	0.66	0.66	0.90	0.37	0.64
<i>Astreopora</i>	0.32	0.35	0.03	0.40	2.35	0.06	0.12	0.05	0.33	0.96	0.07	0.46
<i>Leptastrea</i>	0.44	0.50	0.37	0.08	0.17	0.34	1.36	0.37	0.47	0.17	0.68	0.45
<i>Pocillopora</i>	0.41	0.65	0.54	0.16	0.19	0.41	1.11	0.14	0.52	0.26	0.55	0.45
<i>Psammocora</i>	0.54	1.05	0.22	0.14	1.38	0.00	0.08	0.12	0.77	0.57	0.06	0.44
<i>Mycedium</i>	0.39	0.34	2.34	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.37	0.53	0.00	0.39
<i>Pavona</i>	0.49	1.93	0.07	0.00	0.18	0.00	0.13	0.00	1.14	0.08	0.04	0.35
<i>Goniopora</i>	0.29	0.15	1.98	0.10	0.05	0.00	0.03	0.00	0.23	0.51	0.01	0.33
<i>Platygyra</i>	0.22	0.56	0.65	0.06	0.45	0.16	0.07	0.15	0.37	0.32	0.13	0.29
<i>Millepora</i>	0.00	0.03	0.18	0.21	0.04	0.66	0.59	0.55	0.01	0.15	0.60	0.28
Stony corals	24.62	31.15	42.12	10.18	35.75	14.66	18.22	16.04	27.59	25.71	16.22	24.09

טבלה ב'3: עשרים האלמוגים הנפוצים (לפי אחוז כיסוי) בשטח הnitור, ואחוו הכספי הממוצע שלם בכל

אחד מאתרי הnitור.

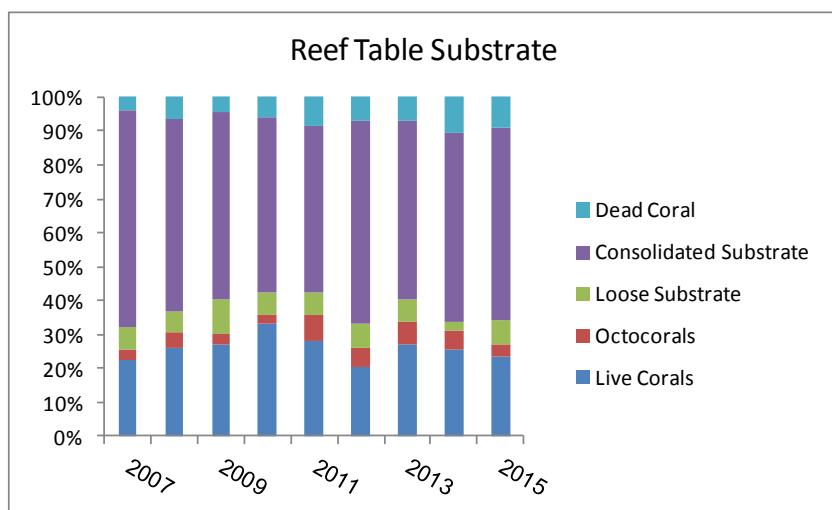
Table B3: The twenty most abundant corals (% cover) in the monitored area and their average cover in each site as a percent of the total transect length at each site.

שולחן השוניות

שולחן השוניות מהויה אזור ייחודי בשונית, אשר לו חשיבות גדולה בהיותו הנראה ביותר והנלמד יותר בעבודות קודמות, אשר סקרו את שונית האלמוגים באילת. במסגרת תכנית הניטור נסקר שולחן השונית בחלוקת הדרום, הסגור למבקרים, של שמות חוף אלמוג. זהו אתר שונה במהותו משאר אטרי הניטור בשונית, המציגים כולם באזורי "קידמת שונית", בהיותו מושפע משלבים קיצוניים ומשערות. שולחן השונית גם חשוף יותר לפגיעה פיסית על ידי מבקרים, הפגים הצפים בים וכלי שיט, אם כי סגירת החלקה הדרום של השמורה למבקרים מקטין את ההשפעות הללו.

עם הקמתה של תחנת המדידה המטאורולוגית במוחם המכון הבינלאומי לרשות הטבע והגנים בבספטמבר 2006 ניתן לעקב אחר הגאות והשפל, עצמת הרוחות וכיונן ("סערות" במפרץ לרוב מאופיין ברוח חזקה מכיוון דרום) וכן להווסף מידע שהיה חסר בעבר לפירוש תכניות הנוגעות לשולחן השונית. סקרי שולחן השונית במסגרת תכנית הניטור החלו בשנת 2007.

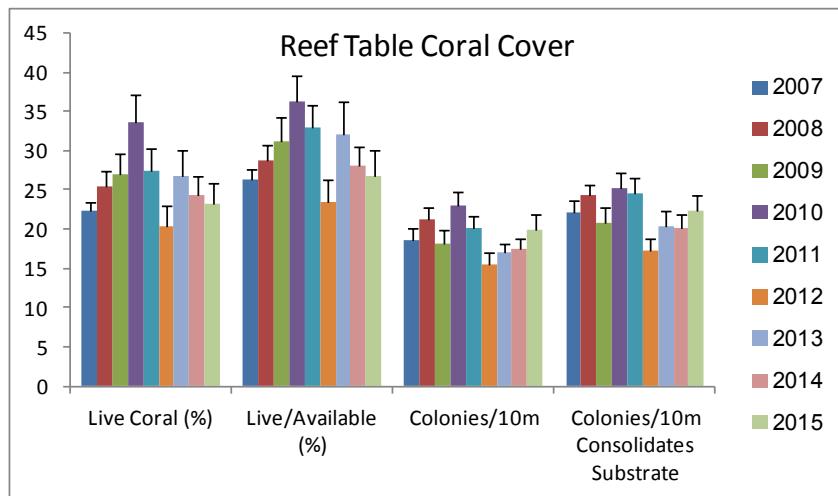
אופיו השונה של שולחן השונית ניכר בין היתר בתפלגות סוגי התשתית שבו. סלע שוני מוליך מהויה את רב שיטחו של שולחן השונית (אייר ב-18). בינויג לאטרי קידמת השונית, שם האחוון האגובה ביותר של סלע מlolcad החושף שנמדד השנה הוא כ-36.4% (באט IUI-5), בשולחן השונית שטח הסלע המlolcad החושף אשר נמדד השנה הוא כ-56.3%, ואילו אחוי הקרקע הלא מלולcad כ-7.3% בלבד (גובה מאשר שנה הקודמת). כתוצאה לכך ההבדל בין אחוי הcisioי המנורמל (מתוך סך המצע הקשה) בשולחן השונית אינו גדול.



אייר ב-18: אחוי הcisioי המציגים של אלמוגים, חול, סלע, ואלמוגים מתים. האחוונים הם ממוצעים מותוך כל חתכי היקום.

Figure B18: Cumulative percent cover of live corals, sand, rock and dead corals. Values are averages of line transect values.

השנה נמדדה ירידת קלה נוספת בכיסוי אלמוגי האבן החיים בשולחן השונית - הcisioי השנה הוא 23.2% (לעומת 24.4% בשנה הקודמת), והcisioי המנורמל הוא 26.8% (לעומת 28% בשנה הקודמת ו- 32% בשנה 2013). יחד עם זאת ערכיהם אלה עדין גבוהים מערך שנות 2012 בה נמדדדו הערכים הנמוכים ביותר עד כה (אייר ב-19). יחד עם הירידה הדרגתית בכיסוי האלמוגים בשולחן השונית, בשלוש השנים האחרונות ניכרת עלייה בצפיפות המושבות.

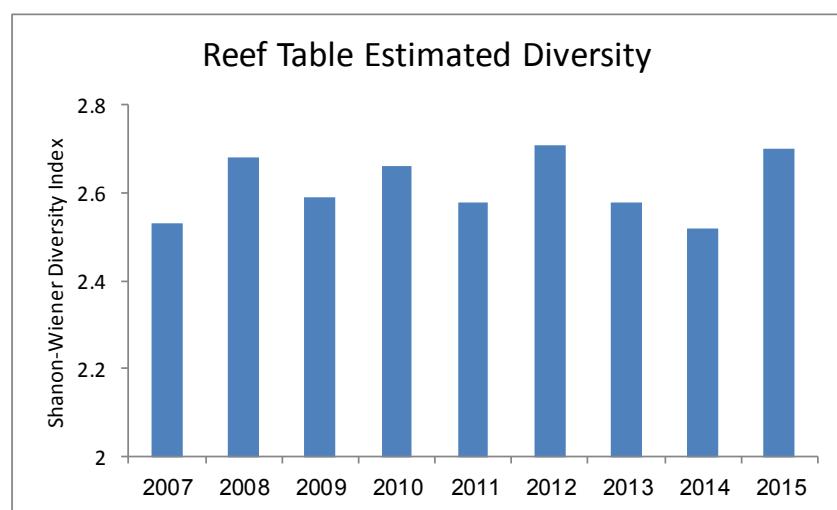


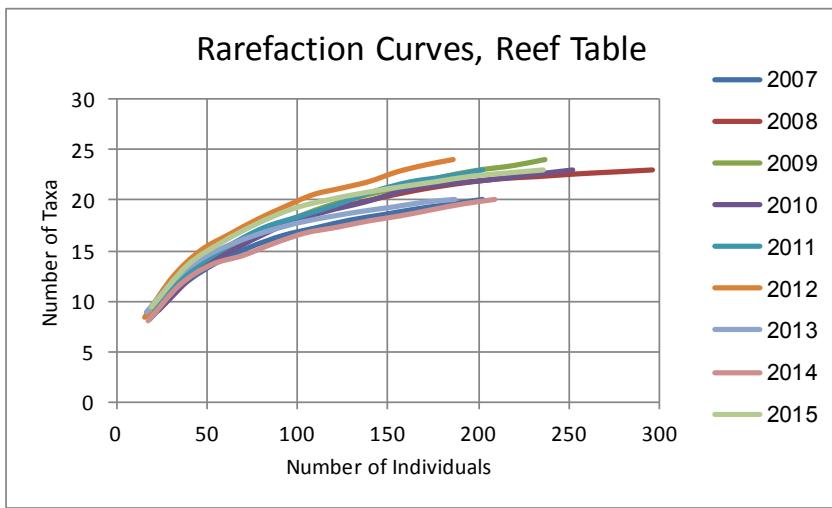
איור ב-19: אחוז כיסוי האלמוגים וצפיפות מושבות בשולחן השונית מאז שנת 2007.

Figure B19: Percent cover of live corals and density of coral colonies on the reef table since 2007.

מגון המינים לפי מzd Shanon-Wiener כפי שਮוערך על ידי חכמת S (Colwell, 2005) היה גובה מסויש בשנת הקודמת ודומה לערך הגובה של שנת 2012 (איור ב-20). גם עוקמת הצבירה של סוגים אלמוגים בשולחן השונית השנה גובהה לשונה מהקודמת, ודומה לעקומות מן השנים 2008 ו- 2010 (איור ב-20, למטה). בכל השנים נראה כי מzd המגוון בשולחן השונית, ובעיקר עשר המינים שם, נמוך מהערך הממוצע באתרי קדמת השונית (ראו למטה). לעומת זאת, עקב התנאים האחדים והקייםים יותר בשולחן השונית.

בשולחן השונית נמצא 23 סוגים של אלמוגים אבן לעומת 42 בכל אתרי קדמת השונית. עשרים אלמוגים האבן הנפוצים בשולחן השונית השנה מוצגים נגד עשרים המינים הנפוצים ביותר באתרי קדמת השונית. רוב האלמוגים הנפוצים מצוים בשני בתיה הגיזואלי (13 מתוך 20), אך ישנים הבדלים חשובים. בפרט ראוי לציין כי האלמוגים הנפוצים *Acropora*-*Stylophora*, אשר להם היכיון הרב ביותר באתרי קדמת השונית, מצויים במקום השלישי והשביעי (בהתקאה) בשולחן השונית. עובדה זו מצביעה על פגיעה בסוגים אלה בשולחן השונית. יחד עם זאת אלה אלמוגים שייחנים להם המהירות לצמיחה וגודל אוכלוסיטם משתנה מאוד בין השנים, כך שלא ברור האם ישנה כאן תופעה מדאגה. בנוסף להם האלמוג *Montipora* המצוי שלישי בתפקודו בקדמת השונית מצוי במקום ה-21 בשולחן השונית וכך געדן מן הטבלה.





איור ב20: למעלה – מדד Shanon-Wiener למגוון המינים של אלמוגים אבן בשולחן השונית מאז שנת 2007. למטה – עקומות צבירה למספר סוגים האלמוגים בשולחן השונית מאז 2007.

Figure B20: Top –Shanon-Wiener diversity of stony corals in the years since 2007,
bottom – rarefaction curves for coral genus diversity on the reef table since 2007

Rank	Reef Table	Reef Front
1	<i>Platygyra</i>	<i>Acropora</i>
2	<i>Echinopora</i>	<i>Stylophora</i>
3	<i>Acropora</i>	<i>Montipora</i>
4	<i>Millepora</i>	<i>Favia</i>
5	<i>Favia</i>	<i>Echinopora</i>
6	<i>Lobophyllia</i>	<i>Goniastrea</i>
7	<i>Stylophora</i>	<i>Cyphastrea</i>
8	<i>Acanthastrea</i>	<i>Favites</i>
9	<i>Favites</i>	<i>Porites</i>
10	<i>Cyphastrea</i>	<i>Lobophyllia</i>
11	<i>Goniastrea</i>	<i>Plesiastrea</i>
12	<i>Leptoseris</i>	<i>Leptastrea</i>
13	<i>Porites</i>	<i>Pocillopora</i>
14	<i>Pocillopora</i>	<i>Astreopora</i>
15	<i>Galaxea</i>	<i>Millepora</i>
16	<i>Hydnophora</i>	<i>Psammocora</i>
17	<i>Pavona</i>	<i>Gyrosmilia</i>
18	<i>Echinophyllia</i>	<i>Turbinaria</i>
19	<i>Goniopora</i>	<i>Pavona</i>
20	<i>Leptastrea</i>	<i>Platygyra</i>

טבלה ב4: עשרים אלמוגים האבן הנפוצים (לפי אחוזי כיסוי) באתרי קדמת השונית ובשולחן השונית.
Table B4: The twenty most abundant stony corals (by cover percentage) at the reef table and the reef front sites.

דיון ומסקנות

ניטור מצב השינויים באילת מבוצע באמצעות מספר סקרים אקוולוגיים המותאים לسبיבות ומטרות שונות. חלק הארי של הסקר האקוולוגי מבוצע באתרי קדמת השונית ושולחן השונית בשיטת התי חקו. חלקיים נוספים, אשר ידונו בהמשך, הם סקר אзор הלגונה, המבוצע בשיטה של ריבועי דיגום סדריים, וצילום אתרים קבועים בשונית.

אפיון סטטיסטי של אתרי השונית באמצעות סקרים בשיטת התי חקו מצביע על מצב השונית בכל אתר, ואינו מתייחס לגזרה של מושבת אלמוגים זו או אחרת. חזורה על הסקרים באופן סדרי לאורך תקופה ארוכה מאפשרת מעקב אחר שינויי חברה שונים האלמוגים בשונית הנמצאות בשטח ישראל.

מדידה לאורך תקופה קווים עיליה במיוון למדידת מאפיינים הקשורים לשטח (אחווי כיסוי, התפלגות מצח' וכד'), ופחות עיליה לממדידות המבוססות על ספירה (התפלגות גדים, צפיפות מושבות וכד') עקב ההטיה המובנית כנגד מושבות בגודל קטן. על כן, בדו"ח זה מוצגת התפלגות גדי המושבות גם לאחר תיקון מתמטי המאפשר יותר של היחסים המספריים בין מושבות מקבוצות גדולות (Zvuloni *et al.*, 2008).

התפתחות טבעית של "שונית" וכך גם השינויים במאפייני שונית שאינם תוצאה של הפרעה מסיבית הינם תהליכי איטיים ולא בהכרח מונוטוניים. השונות הרבה בתוך האתרים וביניהם, הן בסביבה הפיסית והן בחברת האלמוגים, עלולה למסק את יכולתנו הסטטיסטי לאבחן מגמות קלות, לא קיצונית. יחד עם זאת נתוני תכנית הניטור יוצרים תמונה אקוולוגית של שינויים אילתי מדי שנה, והשוואת הנתונים בין השנים נועדה לאבחן ולהתריע על מצב קיצון והתפתחויות מדאיות, כמו גם לגלוות מהזורים טבעיות ארכci-גל או מגמות שינוי איטיות. עם הנסיבות הנתונות משנה לשנה משתפרת יכולת האבחון הסטטיסטית.

בין האתרים הננסקרים בתכנית יישם הבדלים מובנים גדולים בתחום המבדלי העומק, הבדלים בסוג המצע והבדלים אוקינוגרפיים הנובעים ממיקומם השוני של האתרים. להבדלים טבעיים אלה השפעה גדולה וראשונית על אופי השונית בכל אחד מהאתרים הננסקרים. המוצע המכונה כאן "שונית אילית" הוא ישות סטטיסטית לצורכי השוואה בין שנים ובין מקומות אחרים בעולם, אולם – כدرכם של ממצאים – אינו מייצג אף אחד מהאתרים בנפרד.

זו השנה השנייה בה נמדדת ירידת במדדים רבים הבוחנים את מצבם של אלמוגי האבן בשונית אילית. על אף שבמוצעו הירידה בכיסוי האלמוגים אינה גדולה במיוון, זו השנה בה נרשמה ירידת במספר האתרים הגדל ביוטר – בששה אתרים מתוך שמונה ננסקרים נרשמה השנה ירידת בכיסוי אלמוגי אבן חיים (טבלה ב5). באתרים NR-5 ו-NR-10 נצפתה ירידת בכיסוי בשש שנים מתוך אחת השנים בעברו מאז שנת 2004. בשאר האתרים נצפו פחות שנים של ירידת כאשר באתר NR-20 נצפתה ירידת בכיסוי רק בשלושמן השנים.

Live coral (%)	Katza 10	Katza 20	NR 5	NR 10	NR 20	IUI 5	IUI 10	IUI 15
2004	20.28	24.48	37.48	10.14	31.56	10.51	13.65	4.38
2005	22.82	26.75	41.94	8.97	19.31	12.78	11.46	11.56
2006	19.32	27.58	36.53	8.28	21.98	14.33	12.61	13.06
2007	26.99	29.66	46.74	8.37	19.90	15.72	13.25	10.89
2008	23.43	25.26	45.72	8.68	25.64	18.90	17.74	15.00
2009	22.88	26.24	44.90	11.67	28.81	18.30	14.80	12.55
2010	27.45	27.10	48.04	9.81	29.67	18.35	16.04	14.43
2011	21.38	32.76	45.47	8.48	30.06	19.85	16.02	14.21
2012	24.11	29.23	51.87	10.92	27.37	14.89	13.20	16.90
2013	27.77	28.78	54.95	12.19	38.78	16.93	15.77	15.96
2014	29.52	28.60	43.67	11.63	35.86	19.70	14.28	16.92
2015	24.62	31.15	42.12	10.18	35.75	14.66	18.22	16.04
	5	4	6	6	5	3	5	5

טבלה B5: כיסויי חיל של אלמוגים אבן באטרוי קדמת השונית מאז שנת 2004. באדום מסומנים ערכיהם נמוכים מallow של השנה שקדמה להם. בכחול מצוין מספר האטרומים (מיימין) והשנים (למטה) בהן חלה ירידה בכיסוי.

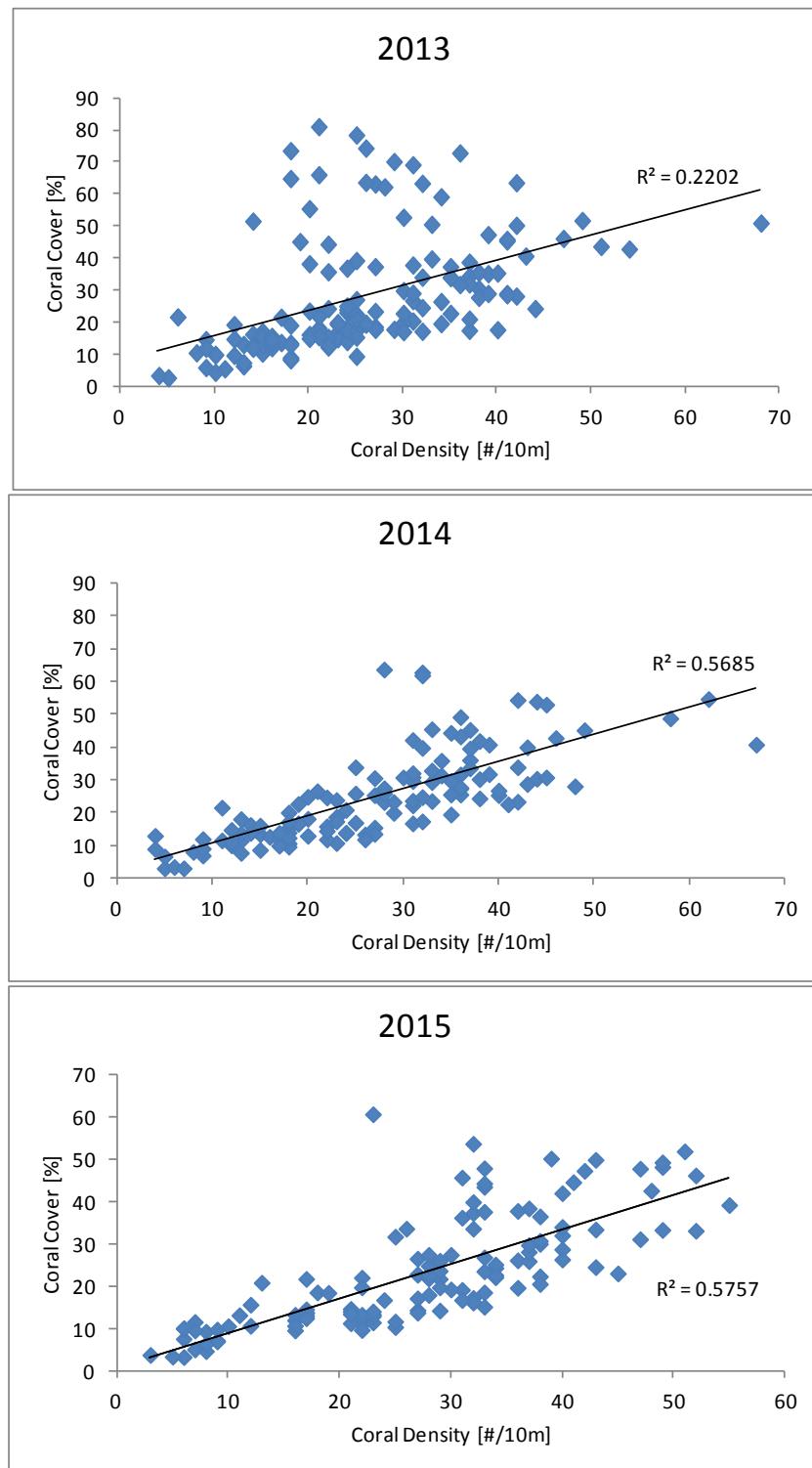
Table B4: Live coral cover at the fore-reef monitoring sites since 2004. In red are values that are lower than those of the previous year. In blue are the number of sites (right) and years (bottom) in which a decline was measured.

התוצאות הרבות בין השנים בכל האטרומים מצביעים על כך שזו מצבה הטבעי של המערכת (כפי שהיא משתקפת בסקרים הסטטיסטיים של תכנית הניטר) ולאור זאת השנה האחרון מצטטיה לשנה חריגה באופן מזאג. סך הירידה בכל האטרומים בהשוואה לשנה הקודמת היא 7.5%, מעט פחות מאשר בירידה בשנה הקודמת (2014) שהסתכמה ב- 10.9% והיתה הגדולה ביותר שנמדזה עד כה במסגרת החקנויות. בעוד שבשנה הקודמת עירק הירידה בכיסוי אלמוגים נמדד באתר NR-5, השנה עירק הירידה נמדד באטרים 10-Katza-10 ו-IUI-5.

גם על פי התרשומות הסובייקטיבית של הסוקרים מצבן של שונות אילת בשנתיים האחרונות פחות טוב משיהיה לפני כן. יחד עם זאת, המגמה הכלכלית של עלייה באחוזו הכיסוי של אלמוגים האבן מאז תחילת הניטר ב-2004 עדין חזקה (איור ב3).

בצפיפות מושבות האלמוגים נמצאה השנה הירידה בשניהם מתחום שמונה אטרוי קדמת השונית, ובמוצע נמצאה עלייה במצבות המושבות בשתיות אילת (איור ב8) ובמקביל ישנה השנה התאמה טובה בין הcisio והציפיות באטרוי קדמת השונית (איור ב9). העליה בצפיפות מושבות אלמוגים עם הירידה בכיסויו מצביעה על קשר אפשרי בין הcisio ובין צפיפות. ההתאמה המתקבלת בשנתיים האחרונות בין צפיפות מושבות וכיסוי (איור ב21) מצביעה על כך שבשנתיים אלה קטן חילוק של המושבות הענקיות בקביעת מידת cisio האלמוגים וכי בשניים אלה cisio גובה מושג במקומות בהם צפיפות המושבות גבוהה. אכן, כפי שעלה בדו"ח הניטר של השנים האחרונות, cisio גובה המושג על ידי מושבות ענקיות (בפרט באתר NR-5) בא על החשוב גישת מושבות חדשות לשונית ומटבעת בצפיפות נמוכה ואחוז מושבות קטנות נמוך יחסית. באטרומים בהם אין אלמוגים ענק ואחוז cisio נמוך יותר, cisio האלמוגים גדול עם עלייה בצפיפות המושבות.

במשך שנים הניטר השתפרה ההתאמה בין cisio האלמוגים וצפיפות המושבות, ככל הנראה בעקבות גידילת אלמוגים ועלייה בכיסוי האלמוגים ברוב האטרומים, אך גם על ידי פגיעה באלמוגים ענקים בשנתיים האחרונות.



איור ב21: מלמעלה למטה - היהס בין כיסוי אלמוגי אבן ובין צפיפות המושבות בכל חתכי הקו אשר נスクרו בשנים 2013, 2014, 2015 בהתחממה.

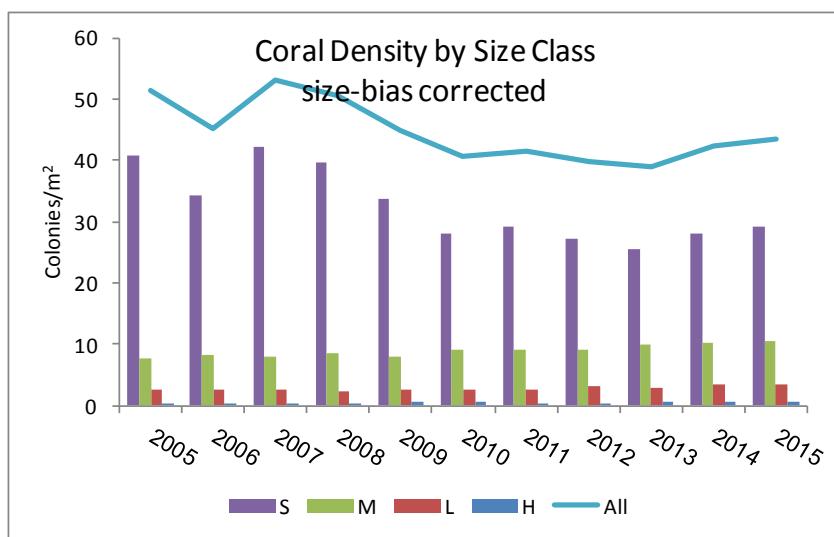
Figure B21: Top to bottom - correlation between stony coral cover and colony density in all the line transects surveyed in 2013, 2014 and 2015 respectively.

בעשר השנים הראשונות לניטור נמצאה עלייה בגודל מושבות האלמוגים האפייני. בזמן זה נמצאה גם ירידה מתמשכת בצפיפות המושבות הקטנות, ולא רק בחלון היחסי (איור ב11, ב22), והובע חשש כי ישנה בעיה גיאוס לשונית. הסבר אלטרנטיבי שהוועלה היה קושי בהתיישבות חדש הנובע מעלייה בכיסוי

האלמוגים בשונית (ראו דוח הניטור לשנים 2012 ו-2013). בשנתיים האחרונים נצפתה עליה קלה בצליפות מושבות האלמוגים, והמושבות הקטנות בפרט. גם בשולחן השונית, שהוא אתר אשר נסקר בנפרד מאתר קדמת השונית עקב אופיו הייחודי, נמצא בשנתיים האחרונים ירידה בכיסוי האלמוגים ועליה בצליפות המושבות.

העליה בצליפות המושבות הקטנות בשנים בהן נמצא ירידה באחו הכספי בשונית אילת רומות, אולי, על הקשר בין אחוז הכספי ויכולת הגיוס של מושבות שונות. יתרון שהעליה משתמשת באחו הכספי לאורך השנים – אשר פורשה כמצב חיובי של התגברות על "מחסום שידות" – היא שהשתה על גiros מושבות חדשות לשונית. השינויים השנה עשו על הגעה למצב של שווי משקל בין חדש בין התישבות חדשה לצמיחה מושבות קיימות, מצב בו כיסוי האלמוגים בשונית אילת גובה משאה לפני עשור.

לוחיות התישבות הוצבו השנה על ידי התקנית על מנת לעקוב אחר התישבות אלמוגים באאר השמורה ובאזור המכון הבינלאומי (פרק ב.4, למטה). התישבות נמצאו בשני האתרים, אולם החזויות עדין ראשונות ודרכו יהיה מעקב ארוך יותר על מנת לאבחן תבניות ולהעריך את תרומת המתישבים החדש לשונית. עבודת המוסמך של תום שלזינגר (נספח ז.3) מתעדת גiros אלמוגים ממינים שונים לשונית שני האתרים, אך גם שם נבחן פרק זמן שעדיין לא מאפשר הערכה של תרומת המתגיסים לכיסוי האלמוגים ולצליפות המושבות בשונית.



איור ב22: שינויים בהתקלדות גDAL מושבות אלמוגים בשוניות אילת. הנתונים מותוקנים להטיה ספירה בשיטת חתכי הקו על פי Zvuloni et al., 2008.

Figure B22: Change in the size-frequency distribution of coral colonies in Eilat. The data is corrected for size-bias following Zvuloni et al. (2008).

ב.2. צילום אתרים קבועים

מטרה

מתק רבי שנתי אחר שינויים במספר מושבות האלמוגים, גודלן, ובריאותן באתרים קבועים בשינויו מהחוף הצפוני ועד גבול מצרים.

שיטות

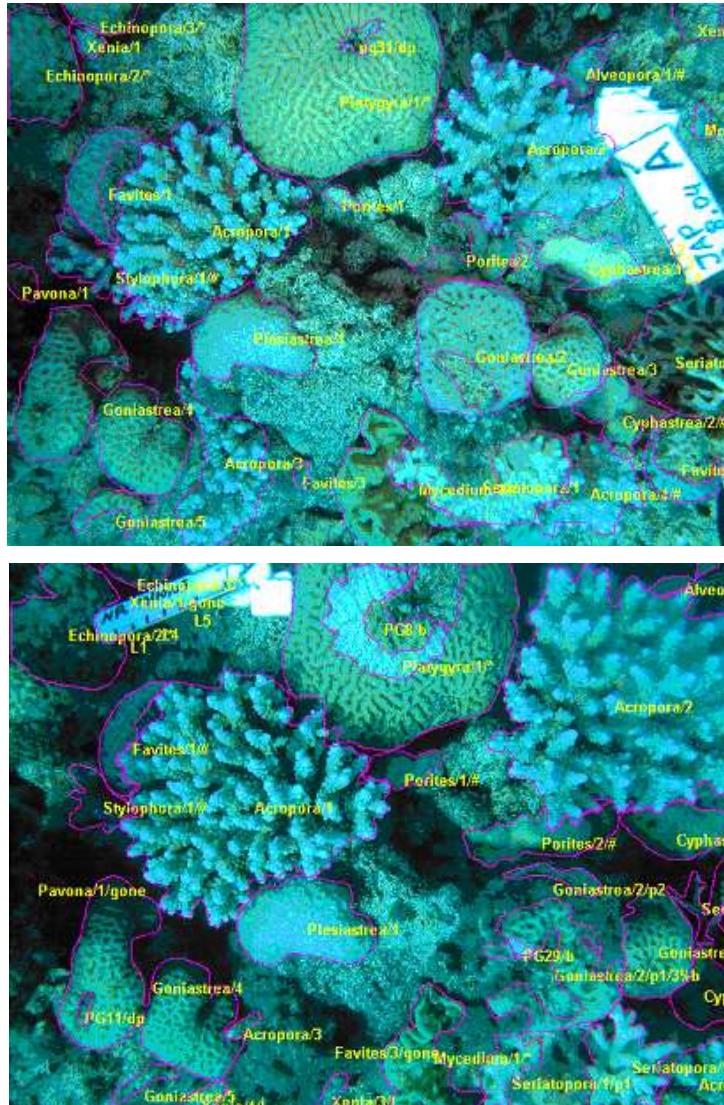
צילום חזר של שטחי שונים קבועים באטרים שונים בחוף הצפוני, חוף הדקל, קצא"א, שמורת האלמוגים, המعبدת הרימית, וטבה (איור ב23). בכל אתר חобра לסלע תושבת קבועה המיועדת לצלמה, בחמש נקודות נבחרות. בכל נקודה מצלמת השונית בארכעה כיוונים על ידי סיבוב המצלמה בתושבתה. באופן זה ניתן לחזור ולצלם את אותו השטח בדיק בזמינים שונים (איור ב24). בסך הכל מוקמו 30 נקודות ובכל נקודה מצלמות ארבע תמנות לניטתה כמותי של השינויים באטרים השונים. עקב בלאי והתפוררות סלע השונית המחזק את התושבות אבדו עם השנים מס' נקודות, ומספר התמנות מצטמצם. בניסיון לשמור על מספר נקודות קבועו הוסף לעיתים נקודות חדשות במקום נקודות חסרות, בפרט באטרים קצא"א ושמרות חוף אלמוג. ניתוח הנתונים נעשית השואה בין תמנות הופפות בכל סקר. סקר הצילום נערך בכל שנה בתחלת הקיץ.

בכל תמונה נספרים האלמוגים ושאר חסרי החוליות הנិיחים ונמדד שטח האלמוגים על ידי דיגיטציה של התמנות (ראה דוח 2004). לצורך השוואת שטח המושבות נלקחו בחשבון רק מושבות שモפייעות במלואן באופן ברור בשתי סדרות צילומים. במקרים בהם החפיפה בין תמנות משתי השנים לא מלאה (בשל תנובה חצובת המצלמה בתושבת הקבועה, תזזה של תושבות משך השנה שהlap, שינוי בתנאי התאורה, או גידול אלמוגים באופן המצלמה אלמוגים אחרים) נספרו האלמוגים, אך שטחם לא חושב בהשוואה בין השנים. השוואת כמותית בין סדרות הצילומים משנים עוקבות מתיחסת לשטח אלמוגים המצוים בשתי השנים (growth), תמותה והתיישבות של אלמוגים, וכן השינויים בשטח האלמוגים (area change – כולל גידלה, תמותה, והתיישבות חדשה). האלמוגים זהוו במידת האפשר לרמת המין, וסוגו גם לפי קבוצות (אלמוני אבן מעונפים, אלמוני אבן לא-מעונפים, אלמוגים רכים, ואלמוני אש). נתונים אשר לא שמשו לצורך השוואת השנה הקודמת עשויים לשמש בשנים הבאות. למרות אובדן חלק מהנקודות, נאפסו נתונים רבים וייחודיים בשיטה זו אשר מהווים חומרה משלימה להשווה בניתוח מצב השינויים.

החל מנתה 2010 נעשית הדיגיטציה ושמירת הנתונים במערכת GIS. תמנות חדשות עברו דיגיטציה בעזרת GIS, ותמנות של שנים עוקבות יישמרו שכבות נפרדות עבור כל נקודה (איור ב25). השנה כמעט והושם תהליך ההמרה של תמנות משנה קודמות למערכתGIS. בכך ניתן שיטת GIS לצרכי ניטור אלמוגים בנקודות נקבעת בתחום יייחודית על ידי יחידת ה-GIS באוניברסיטה העברית (תכנות על ידי – עדי בן-נון, עידן קמינר וטל אבירם).

שטח האלמוגים ניתן ביחידות pixel מכיוון שכיוול השטח לסמ"ר נמצא לא מדויק עקב הבדלי הגובה של מושבות יחסית למצלמה. קנה מידת מוקרב למדידות השטח: $1\text{cm}^2 = 2\text{kpx} = 2,000\text{pixels}$. שינויים בשטח ניתנים באחזים וכך מנוטרלים הבדלי הכיוול והטופוגרפיה בין המושבות. להבדיל מתחתי הקו אשר משווים אפין סטטיסטי של אתר, בסקר המצלום ישנה השוואת נקודותיהם של החפותחות אותן מושבות בדיק משנה לשנה. אתרי הצילום מודדים מעתדים נקודות קבועות ואינם מהווים ייצוג סטטיסטי מופיע של אחזוי כיסוי, מגוון או שכיחות מינימום בכלל השטח. כוחו של הסקר המצלום, הגסמרק על ניתוח של عشرות ריבועים ב-6 אתרים בין החוף הצפוני לטבה, הוא במתן אمدن כליל של קצבי הגדל, התמותה וההתיישבות של אלמוגים לאורך חוף איילת. התוצאות מוצגות באופן גרפי ועוברות גם לעיבוד סטטיסטי. בכל המקרים בהם מופיעים קווי שגיאה, הם מייצגים את שגיאת התקן (Error bars represent the standard error).

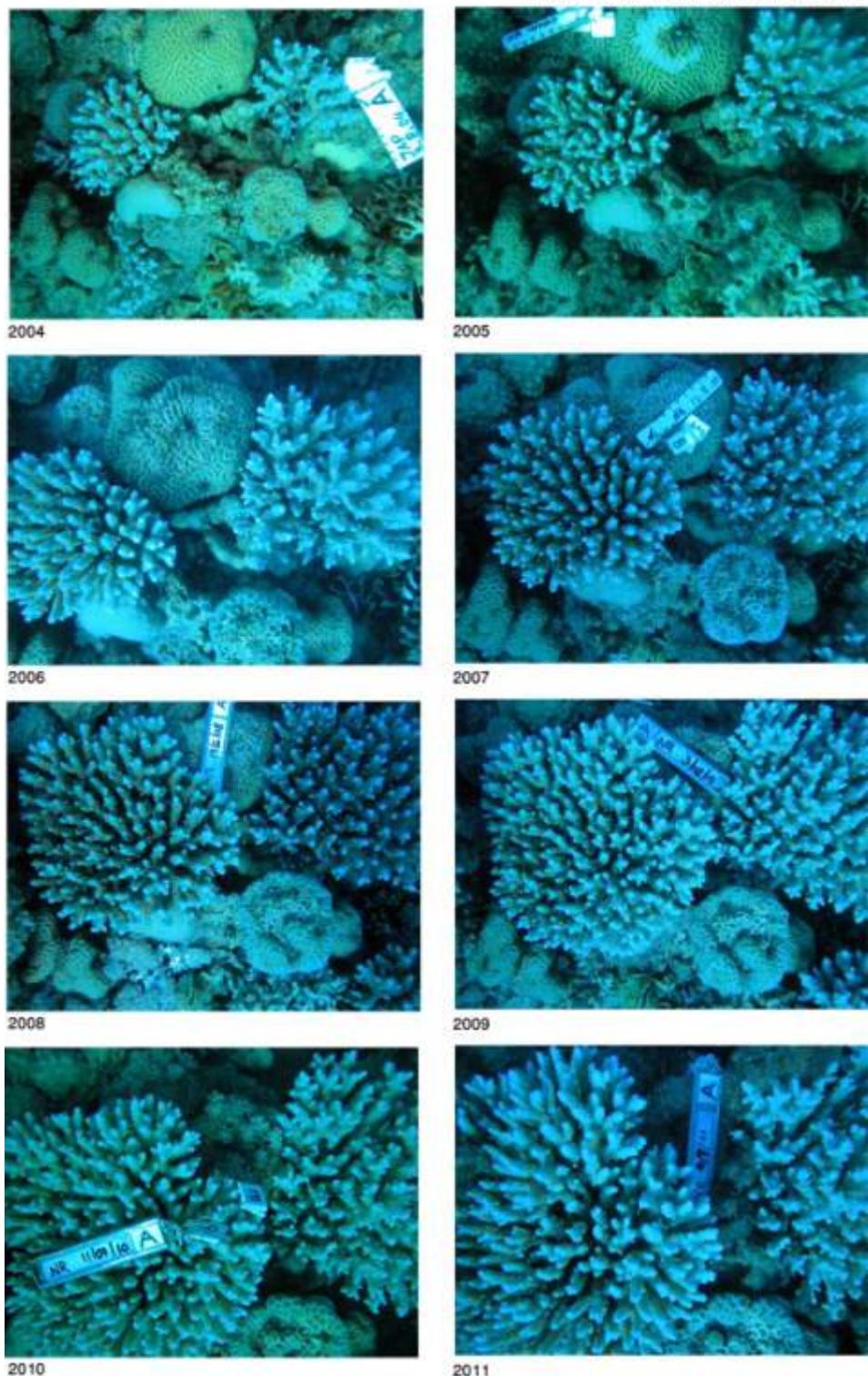
איור ב23: אטרי הסקר המצלום לאורך חוף אילת (מוסמנים בירוק).
Figure B23: Sites of the photo-survey of coral reefs along the Eilat coastline (green markers).



איור ב24: צילום חוזר מאתר קבוע בשונית שמורת האלמוגים. לעומת 2004, לעומת 2005. מטלת מעלה בין השינויים הבולטים ניכרת תמותה חלקית של האלמוג הגושי *Platygyra 1* (למטה במרכז) וצמיחה (גידול בשטח) של מושבות האלמוג המעונף *Acropora 1,2* (מרכז התמונה ולמעלה מימין, בהתאם). בnostic, ישנן מושבות חדשות המופיעות רק בצילומי משנת 2005, ומושבות החרסרו בצילומי זה. שטחי כל המושבות כמו גם השטחים המתים מסומנים (קו סגול) לצורך חישובי שטחים.

Figure B24: A set of photographs from one of the photo-survey sites in the nature reserve reef (2004 top, 2005 bottom). Among the observed changes are partial mortality of the massive coral *Platygyra 1* (top center), and growth of two colonies of the branching coral *Acropora 1* and *2*, (center and top right respectively). In addition, a few colonies are missing from the bottom picture (2005), and some are new settlers that appear only in 2005.

אתר צילום: שמורות חוף אלמוג, נקודה A, כיוון מערב



איור ב25: שמונה שנים של צילום אטום לאחר אחד (שמורת האלמוגים, נקודה A, כיוון מערב).

Figure B25 : Eight years of documentation at permanent photo site Nature Reserve,
point A, looking west.

תוצאות

במהלך שנת 2015 נותחו 102 תמנוגות (לעומת 118 בשנה הקודמת) לצורך השוואה עם השנה הקודמות (טבלה ב6). בסך הכל נספרו 2,245 מושבות מכל הסוגים (בשנה הקודמת נספרו 2,333, מוחון 1,803 מושבות אלמוגים אבן 1,989 בשנה הקודמת). השנה לא צולם אחר החוף הצפוני בו שתי נקודות צילום תקינות בלבד וגם בחוף הדקל נמצאו השנה רק שתי נקודות.

שthan של 1,153 מושבות אלמוגים אבן נמדד לצורך השוואת שטחים בין השנה והישוב ה"גדייה". מספר מושבות האלמוגים המופיעים בתמנוגות קבועות המקום קטן בערך פי 4 מספר המושבות של לא-מעונפים, ושוח האלמוגים המעונפים קטן בערך פי 3 מזה של הלא-מעונפים. יחסים אלה נשמרים, עם תנודות קלות, לאורך השנה. יש לזכור כי מספר התמנוגות אינו שווה בין האתרים, וגם משתנה מעט בין שנה לשנה בהתאם למצבי הציבות הצללים.

בכל האתרים המצולים מספר מושבות האלמוגים הלא-מעונפים (גושיים, מרפדים, סוליטריים וכו') גדול בהרבה מאשר המושבות של אלמוגים מעונפים. המספר הגדלובי יותר של מושבות מכל הסוגים נסקר השנה באטרים המעבדה הימית וקצא"א (607 מושבות בהתאם). מספר המושבות הקטן ביוטר אשר נסקר השנה היה באתר חוף הדקל (105 מושבות מכל הסוגים). רשימה כל האלמוגים ומספר המושבות שזוהו בסדרת הצלומים השנה נתונה בסופה 2.2.

All colonies captured in the permanent photosites							
Site	No. of Pictures	Branching stony corals		Non-branching stony corals		All colonies (stony, soft and others)	
		No. of colonies	Area	No. of colonies	Area	No. of colonies	Area
NB							
Dekel	8	14	993	65	14,051	105	16,399
Katzaa	24	113	6,029	359	16,714	607	28,278
NR	28	139	7,313	345	22,860	587	33,146
IUI	24	76	5,176	439	13,010	606	20,698
Taba	18	33	7,284	220	15,006	340	26,424
Total	102	375	26,795	1,428	81,641	2,245	124,945

Colonies captured in full and considered for "growth" calculations							
Site	No. of Pictures	Branching stony corals		Non-branching stony corals		All colonies (stony, soft and others)	
		No. of colonies	Area	No. of colonies	Area	No. of colonies	Area
NB							
Dekel	8	8	692	35	3,116	64	4,537
Katzaa	24	67	3,019	247	5,877	420	12,810
NR	28	72	3,684	203	9,850	333	15,153
IUI	24	47	2,244	324	8,786	453	13,066
Taba	18	14	1,439	136	5,551	206	9,219
Total	102	208	11,078	945	33,179	1,476	54,785

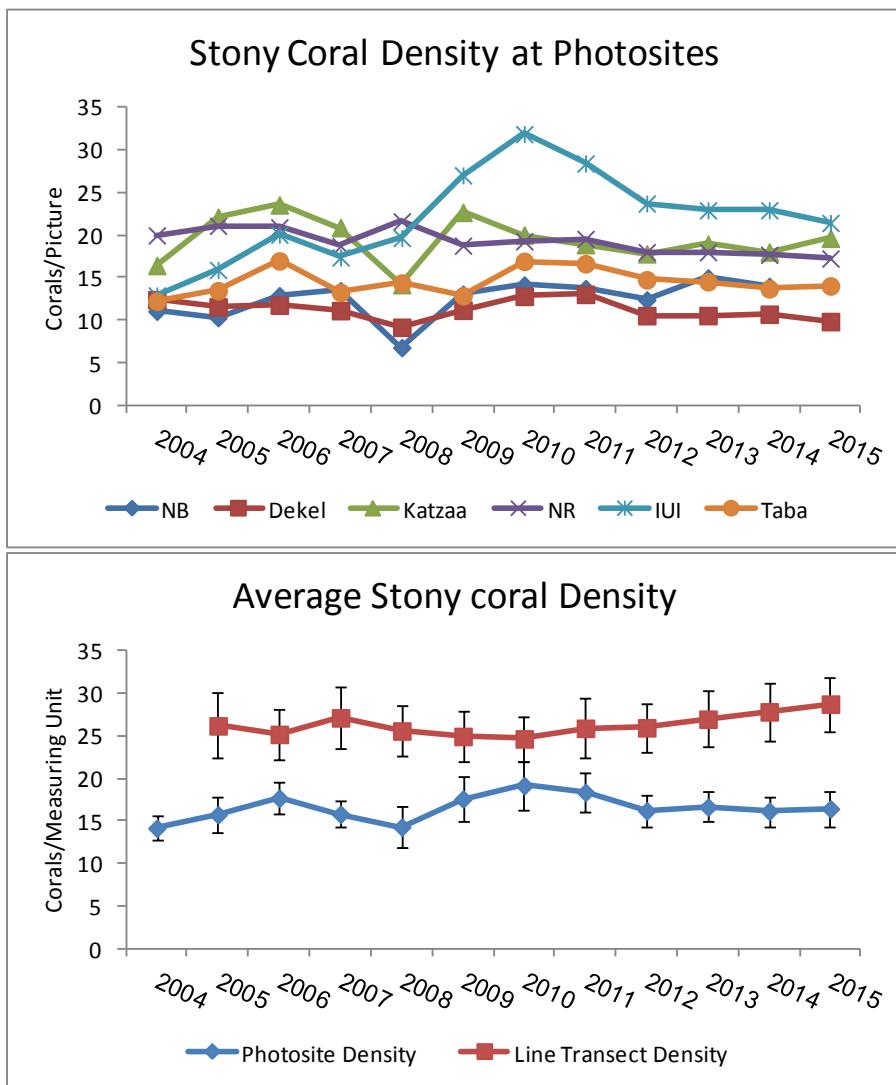
טבלה ב6: סיכום נתונים השתחים ומושבות האלמוגים שנאספו בסקור הצללים בשנת הניטור 2015. "שטח מושבת אלמוגים" הוא שטח ההייטל המצוולם שלה (נתון ב-k-pixel). נתונים שטחים נתונים בפיקסלים על מנת שנייתן יהיה לבצע השוואה בין שנים עוקבות ולהימנע מבעיות של כיוול הצללים לשטח "אמתית".

למעלה כל המושבות ולמטה המושבה ששתיו נמדד במלואו לצורך חישובי צמיחה.

Table B6: Summary of the areas and number of corals surveyed in the 2015 photo-survey session. The "area" of a colony is its pictured area given in k-pixels. Areas are

given in pixels to allow for inter-annual comparisons and to avoid inaccuracies of calibration to “real” surface area. Top: the data for all colonies, Bottom: the data for colonies considered in “growth” calculations.

צפיפות המושבות הממוצעת בתמונה היהת גבוהה במיוחד בשנים 2009-2011 ומאז ירדה במקצת, כאשר בשנים האחרונות צפיפות המושבות ברוב האתרים המצלומים הינה ללא שינויים, בממוצע כ- 17 מושבות לתמונה (איור ב26). בשנים האחרונות האתר בו צפיפות המושבות לתמונה נמוכה ביותר הוא אתר חוף הדקל, ואילו באתר המעבדה הימית נמצאת צפיפות המושבות הממוצעת הגבוהה ביותר. גם צפיפות המושבות העולה מסקר חתכי הקו יציבה למדי, אך שם מסתמן מגמה של עלייה קלה בצפיפות מאז שנת 2012.

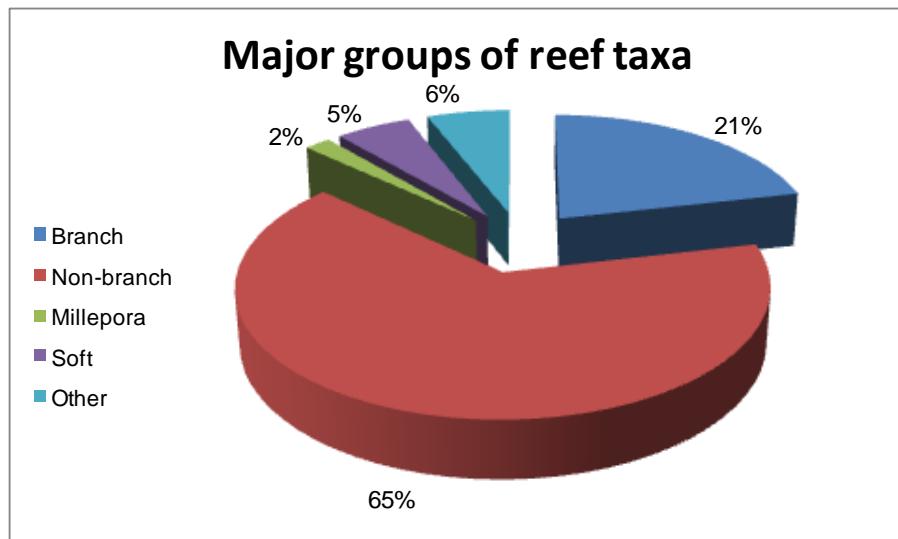


איור ב26 למעלה – שינויים במספר המושבות הממוצע לתמונה בכל אתר מאז שנת 2004. למטה – השוואת בין השינויים בצפיפות מושבות אלמוגי האבן הנמדדת בסקר חתכי הקו (אדום) לווז הנמדד בסקר המצלומים (כחול). הנתונים הם ממוצע “אילתי” ליחידת דגימה.

Figure B26: Top – Changes to the stony average number of stony coral per picture recorded in the permanent phot-sites since 2004. Bottom – the changes in stony coral number per measuring unit in the line-transect survey (red) and the permanent photo-site survey (blue).

חברת השונית באטרים המצלמים מורכבת בעיקר מאלמוגי אבן (איור ב27). בין השנים אין הבדלים גדולים בהרכוב החברה באטרים המצלמים, אלמוגי האבן היוו השנה 86% שטח המושבות ומוסבות האלמוגים הרכים תפסו השנה 5%. בקבוצת "אחרים" כלולים צדפות, מאקרו-אצות, ספוגים ועוד.

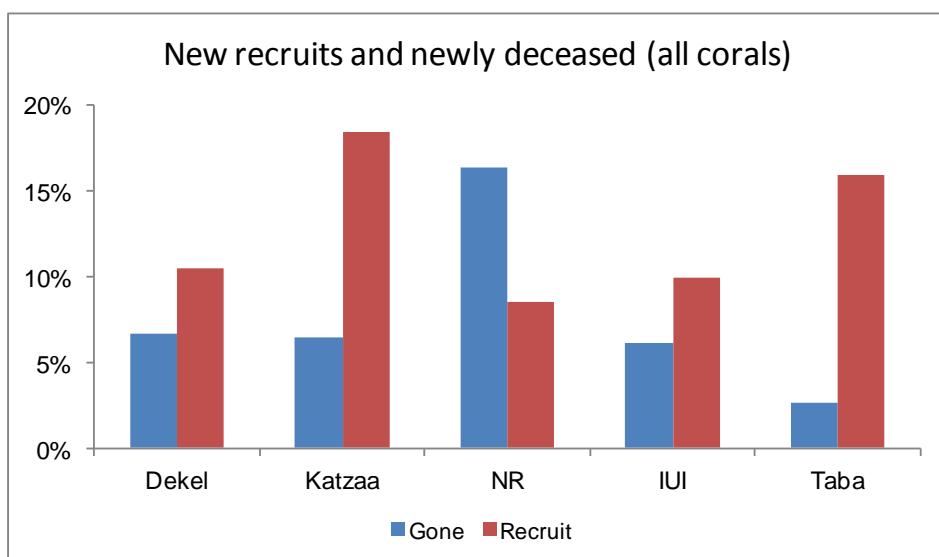
ראוי להזכיר שהחירה השטחים המצלמים נועשתה שלא באקראי והיתה מוטה לטובה כתמי שונית עתירי אלמוגי אבן.

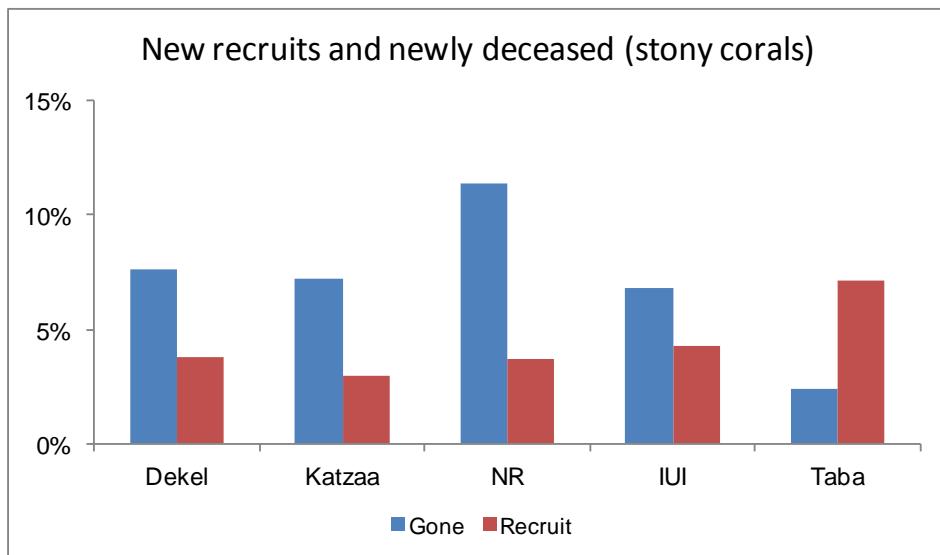


איור ב27: התפלגות הקבוצות העיקריות המרכיבות את חברת השונית באטרים המצלמים בשנת 2015, על פי אחוז השטח הייחסי אותו הם תופסים.

Figure B27: Distribution of the main taxa groups comprising reefs at the permanent photo-sites in 2015, according to the relative (percent) area which they occupy.

השנה נמצא עודף (מספרי) של גיוס מושבות על פני תמותה בכל האלמוגים בכל האטרים פרט לאטר השמורה. באלמוגי האבן נמצא עודף של תמותה על פני גיוס בכל האטרים בלבד מאחר טבה (איור ב28). השוואות של יחס מספרי מול יחס שטחים בין ההתישבות ותמותת מושבות (דו"ח תכנית הניטור 2009) מלמדות כי השטח שאובד כתוצאה מתמותה גדול מהשטח שנוסף בהתישבות, כך שברוב האטרים עודף תמותה על ההתישבות (=ירידה במספר המושבות) מלוויה בירידה גדולה יותר של שטח היכסי. מה שעושים לאון את הירידה כתוצאה מאבדן מושבות הוא גידול מושבות קיימות.



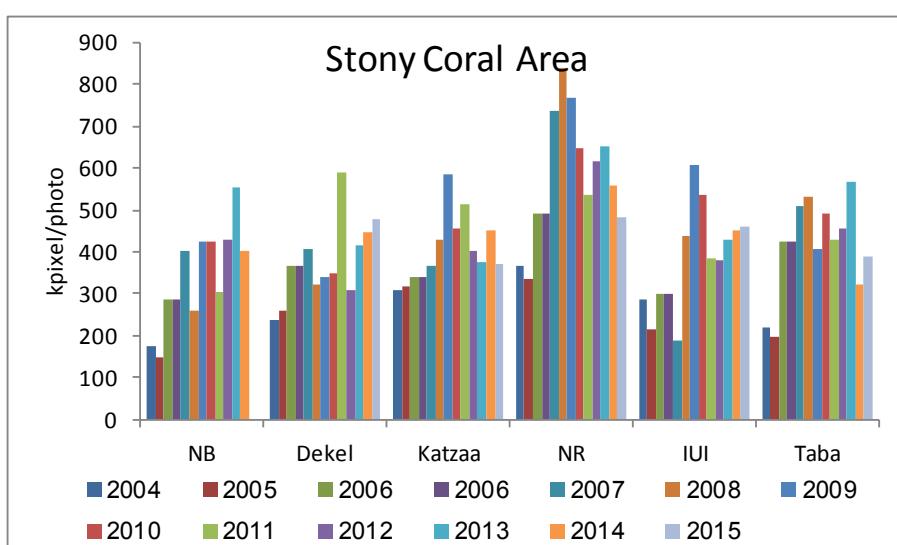


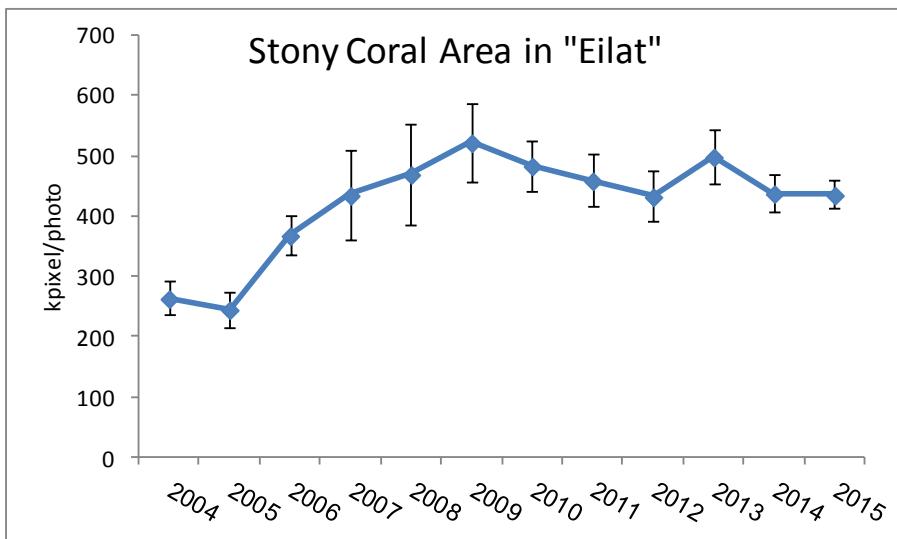
איור ב28: התיעשות ותמותה של מושבות אלמוגים מכל הסוגים (למעלה) ושל אלמוגי אבן (למטה) באטרים המצולים בשנת 2015. על מנת לאפשר השוואת בין האטרים הנתונים מוצגים כאחוזים מכל המושבות באתר.

Figure B28: Colony recruitment and death for all corals (top) and for stony corals only (bottom) at the photo-survey sites in 2015. To allow a comparison between sites the data are presented as percent of the total number of colonies at each site.

השיטה החיה של אלמוגים מכל הסוגים (כולל תמותה והתיישבות), להלן "השינוי בשטח", מהויבע על ידי סכימת כל שטח האלמוגים בכלי תמונה ונרמולו למספר התמונות באתר. המספר הרב של מושבות באנגליה זו גורם לכך שתוצאות אקריאיות של המצלמה מבטלות זו את זו. כך ההבדל בין שטח האלמוגים בין השנים כולל, בנוסף ל"צמיחה" גם תמותה והתיישבות.

השינויים בשטח האלמוגים הרכיים ואלמוגי האש גדולים, בדרך כלל, מהשינויים בקבוצות אלמוני האבן, והינם פחות "משמעותיים". לעומת זאת, ברוב האטרים נמצא גידול בשטח אלמוני האבן שהגיע לשיאו בשנות 2009, ולאחר מכן חלה ירידקה קלה. השנה היו השינויים בשטח אלמוני האבן קטנים, ברוב האטרים אייר ב29). שטח אלמוני האבן המוצע בתמונה (נמדד באלפי פיקסלים לתמונה) בכל האטרים היה השנה 435, בדומה לשנה הקודמת. ערך זה דומה לשנת 2012, ונמוך מהתוצאות של השנים 2009 ו-2013 (499 ו-522 בהתאמה).

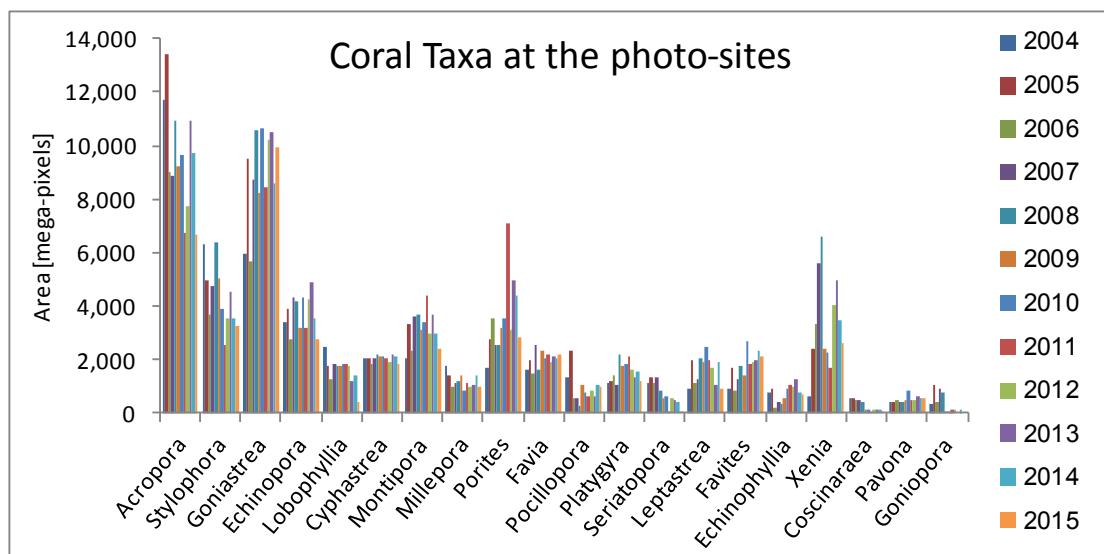




איור ב29: למעלה - שינויים בשטח אלמוגים האבן הממוצע לתמונה בכל אתר מאז שנת 2004. למטה - שינוי שטח אלמוגים האבן הממוצע לתמונה ב"שונית אילת", מאז 2004, על סמך האתרים המצלומים.

Figure B29: Top - changes to the average area of stony corals per picture at the permanent photo-sites since 2004. Bottom - changes in the average stony coral area per picture in the "Eilat Reefs", measured since 2004 in the permanent photo-sites.

מבנה חבורת האלמוגים באטרים המצולמים השתנה במהלך השנים הניטרו: במרבית המקרים ערכיו השנה נמצאים בטווח הערכים הנცפה בשנות הניטרו הקודמות, אולם האלמוג העיקרי (מבחינה שטח) בשנת 2004 היה Acropora ומאז קטן שטח אלמוג זה באטרים המצולמים במידה רבה. בשנים האחרונות הוא שטח האלמוג Acropora להיות דומיננטי באטרים המצולמים (איור ב30) והשנה Acropora הוא האלמוג השני מבוחנת השטח. האלמוג Goniatrea הוא האלמוג הנפוץ ביותר השנה ושטחו גדול פי 1.5 משטח האלמוגים המצולמים. האלמוג Rhytisma נמצא השנה בין עשרים האלמוגים הנפוצים ביותר באטרים המצולמים. האלמוגים Plesiastrea ו-Alveopora נמצאו השנה בין עשרים האלמוגים הנפוצים ביותר באטרים המצולמים אולם לא נכללו ברישימה זו לשנת 2004.



איור ב30: עשרים סוגים של אלמוגים הנפוצים ביותר (לפי שטח בשנת 2004) בסדרות הצילום 2004-2015. Figure B30: The twenty most abundant corals (by area) in the 2004-2015 photo-surveys.

סיכום

שיטה אלמוגי האבן בצלומים הקבועים היה הגדול ביותר בשנת 2009, ומماז חלה ירידת קלה. השנה נמדד שטח כולל קטן יותר בהשוואה לשנים קודמות אולם יש לזכור כי צולמו פחות תמנות ואין להסיק מכך על ירידת בשטח האלמוגים הכלול. מבחינה צפיפות מושבות ממוצעת לתמונה, זו נמצאה השנה דומה לשנים האחרונות. יחד עם זאת בשנתיים האחרונות נמדד עודף (מספרי) של תמנות מושבות אלמוגי אבן על פני גיוס ברוב האתרים.

במשך הזמן נמדדנו תנודות בцеיפות המושבות באתרים המצולמים, אולם בסך הכל נמצא שמספר מושבות אלמוגי האבן באתרים המצולמים נותר יציב מאז שנת 2004, וממציא זה תואם גם את מדידות צפיפות המושבות באתרים המנוטרים בשיטת חתכי הקו.

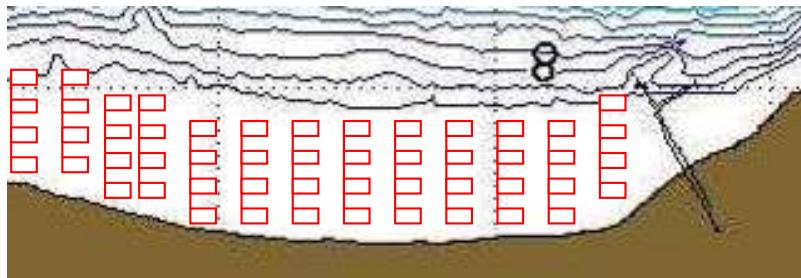
ב.3. חברת האלמוגים בלהגונה שמורת האלמוגים

מטרה

אמדן השיפעה, מבנה החברה וסוגי המצע בלהגונה של שונות האלמוגים בחלוקת הדרומי (הסגור למקרים) של שמורת חוף אלמוג.

שיטות

מרכיבי חברות השונות שנסקרו בלהגונה הם אלמוגי אבן, אלמוגים רכים, וחסרי חוליות נייחים. קרקעית הים (=מצע) חולקה לחול וחצץ (=מצע לא מלוכד), סלע, ושונית. מפאת מייעוט האלמוגים, שיטת התכיה הקו לאattaימה לסקר החברה בלהגונה. לפיכך, נעשה שימוש ביחידת דגם של ריבוע בגודל 1X1 מ'. הריבועים מונחים באופן סדר או אורך סרט מדידה שנפרש בניצב לחוף (להלן "קו דגם") ממוקד של 9 מ' מקו החוף ועד לשולחן השונית במרוחים של 5 מטרים זה מזה. "קו החוף" מוגדר כקו הבורר בו מתחילה השיפה של סלעי החוף (beach rock). בכל קו דגם נספרו עד שישה ריבועים, על מנת להימנע מספירת אלמוגים בגין השונית או מהטיה הנובעת מהבדלים ברוחב הלהגונה. בסה"כ כלל הסקר השנה 99 מטרים רבועים ב-17 קווים דגם לאורך החוף הדרומי בשמורת חוף אלמוג מגדר הגבול הדרומי של השיטה הפתח למבקרים ודרומה-כ-400 מטרים (עד כ-50 מטר מצפון למשזה המצפה התת-ימי) (איור ב-3). בכל ריבוע דגם נספרו האלמוגים וזוהו לרמת המין או לרמת הסוג, כפי שניתן היה. בנוסף, נרשמה הערכה ויזואלית של אחוז CISCO האלמוגים החיים ואחווז וסוג המצע.



איור ב-31: תיאור מערך הדיגום של חברות האלמוגים בלהגונה השמורה באזורי הסגור לקהיל. ריבועים בגודל של 1 מ"ר (אדום) הונחו באופן סדר במרקח של 5 מטרים זה מזה לאורך סרט מדידה שהונחה בניצב לחוף והתחילה ממוקד 9 מטרים מ"קו החוף" ועד לשולחן השונית (קו דגם). כל קו דגם כלל בין 5 ל-6 ריבועים, על אף שבאיור משורטטים רק 4 רק 4 לכל חתך. סה"כ בוצעו 17 קו דגם בשטח הלהגונה.

Figure B31: The sampling design in the lagoon. 1 m² quadrates (red circles) were placed 5 m apart along a measuring tape laid cross shore, 9 m from the "shore line" to the reef table. Each cross shore line included 5 or 6 quadrates (though in this figure only 4 are depicted). 17 cross-shore lines were evenly spread to cover the lagoon area.

תוצאות

השנה שוב נמצאה עליה קלה במספר מושבות האלמוגים בלהגונה, בהשוואה לשנה הקודמת. למרות זאת, צפיפות מושבות האלמוגים, אשר ירדה באופן דרמטי בין השנים 2009 ו-2010, עדיין נמוכה בהשוואה לשנים 2004-2009. ב-99 הריבועים שנסקרו השנה בלהגונה נספרו בסה"כ 184 מושבות של אלמוגי אבן, יותר מאשר בשנה הקודמת, אך בשנים 2007-2009 נספרו כ-300 מושבות בכל שנה. השנה נמצאו בלהגונה 13 סוגים של אלמוגי אבן, לעומת 16 בשנתיים הקודמות. השנה נספרו 35 מושבות (מארבעה סוגים) של אלמוגים רכים בלהגונה, מספר דומה לשנה הקודמת.

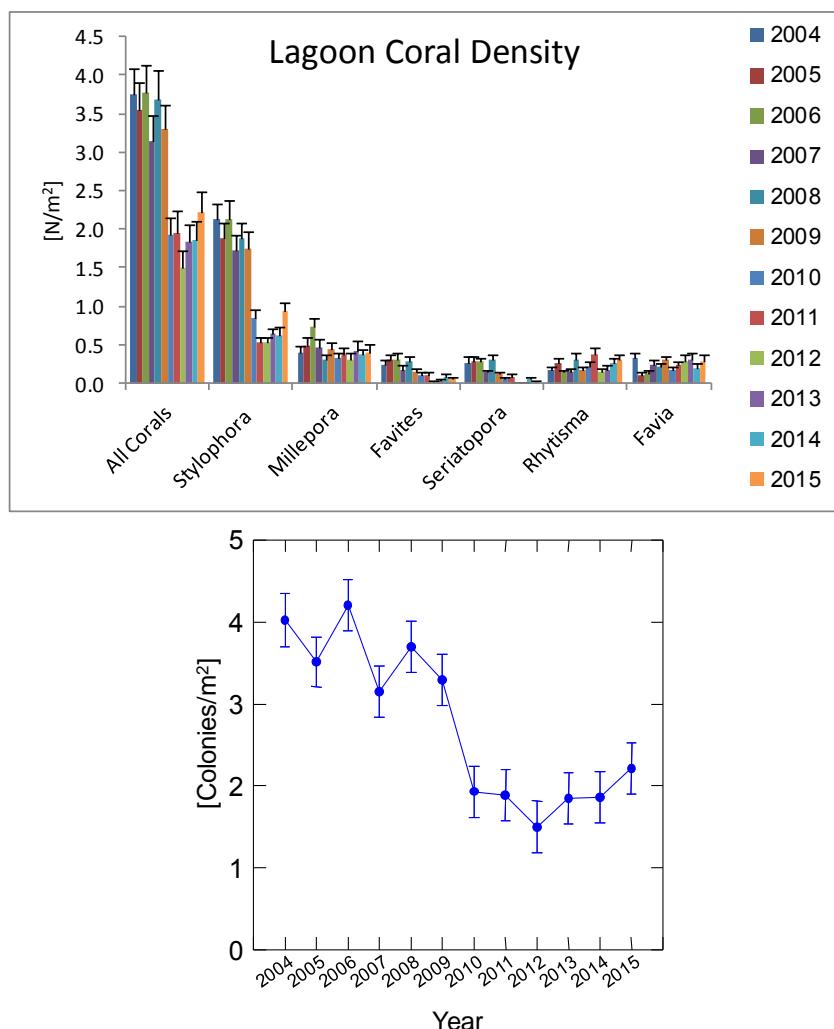
בשנים 2010-2014 ירדה צפיפות מושבות האלמוגים בלהגונה לכדי מחצית מהצפיפות שתוודה בשנות הניטור הראשונות (איור ב-32). השנה נמודדה התאוששות מסוימת, ועליה בהשוואה לשנים ההן, אך עדיין צפיפות המושבות השנה היא כשני-שלישים מהצפיפות שנמדדה בשנת 2009.

התנדותות הגדולות ניכרות בעיקר במספר המושבות של האלמוג העיקרי בלהגונה - *Stylophora pistillata* - אשר מנתנו נספרו השנה 92 פרטיהם, כשלושים אחוז עלייה לעומת השנה הקודמת (64 מושבות בשנים 2013-2014), אולם עדיין נמוך במידה ניכרת בהשוואה לשנים הקודמות ל-2010-2014. שינויים אלה בשפעת האלמוג העיקרי, המהווה השנה כ- 42 מס' מושבות האלמוגים (קשם ורכם)

בלגונה, מכתיבים את המוגמות הנצפות לגבי סך האלמוגים הנספרים בלגונה. התנודות הגדולות בין השנים בצפיפות מושבות האלמוגים בלגונה הינה מובהקת (מבחן ANOVA).

צפיפות האלמוגים הממוצעת בלגונה השנה עמדה על 2.2 מושבות אלמוגים בייחידה דגימה (=מטר רבוע), לעומת השוואת לשנים האחרונות אורם נמוך מכל השנים שלפני 2010 (בשנים 2004-2009 היהת צפיפות המושבות הכללית גבוהה מ-3).

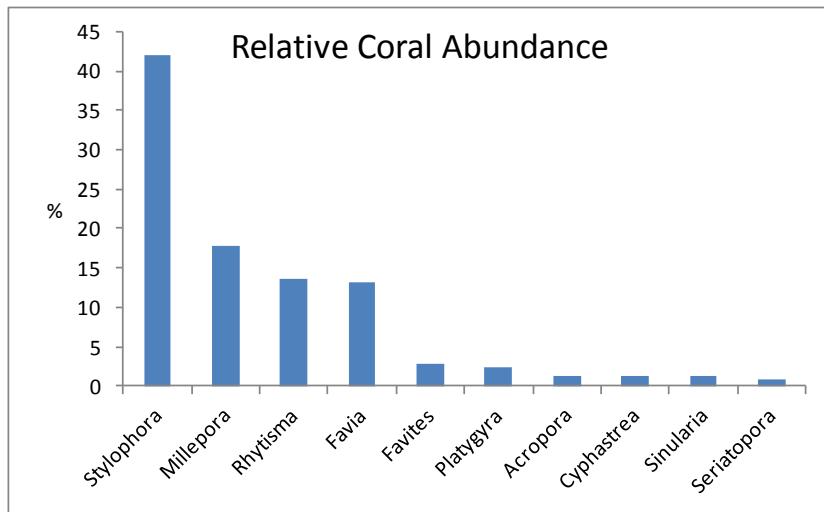
צפיפות מושבות של אלמוגי אבן עמדה השנה על 1.86 מושבות למטר רבוע (3.04 בשנת 2009). צפיפות האלמוגים בכלל וצפיפות אלמוגי אבן בפרט ירדה באופן דרמטי בין השנים 2009 ו-2010, והגעה לשפל בשנת 2012. מאז נמדדת התאוששות קלה.



איור ב-32: השוואת הצפיפות הממוצעת (מושבות למטר רבוע) של האלמוגים בלגונה בשווים 2004 – 2015. מלמעלה- למטה סוגי האלמוגים העיקריים, למטה- ההבדלים בין השנים מובהקים (מבחן ANOVA).

Figure B32: The average density (colonies/square meter) of the coral genera found in the lagoon in 2004 - 2015. Top: the dominant coral taxa, bottom- year to year changes are statistically significant (ANOVA).

שכיחות עשרה סוגים האלמוגים הנפוצים ביותר (מהווים כ-97% מכלל המושבות) נתונה באյור ב-33, ובבלה ב-7 מציגה את הנתונים עבור כלל אלמוגי הלגונה. האלמוג *Stylophora pistillata* עדין הנפוץ ביותר בלגונה והשנה דומיננטי יותר מאשר בשנה הקודמת. התפלגות המינים בלגונה נשארה דומה בין השנים עם הבדלים קלים.



איור ב-33: השכיחות היחסית (באהווים, על פי מספר המושבות) של עשרה סוגים האלמוגיים העיקריים בלגונה מהווים כ- 97% מכלל האלמוגים.

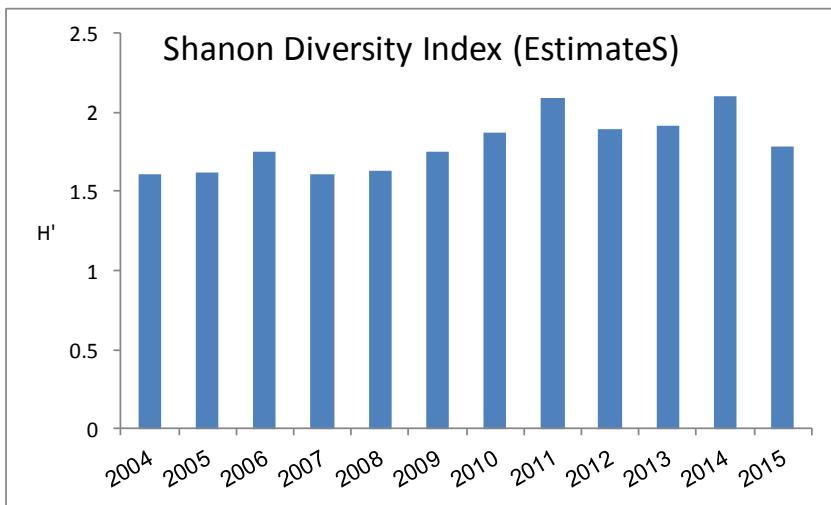
Figure B33: Relative abundance (by colony number) of the 10 most abundant coral genera in the lagoon (these total about 97% of all colonies).

Species	N	Relative abundance (%)	N/m ²
<i>Stylophora</i>	92	42.01	0.93
<i>Millepora</i>	39	17.81	0.39
<i>Rhytisma</i>	30	13.70	0.30
<i>Favia</i>	29	13.24	0.29
<i>Favites</i>	6	2.74	0.06
<i>Platygyra</i>	5	2.28	0.05
<i>Acropora</i>	3	1.37	0.03
<i>Cyphastrea</i>	3	1.37	0.03
<i>Sinularia</i>	3	1.37	0.03
<i>Seriatopora</i>	2	0.91	0.02
<i>Goniastrea</i>	1	0.46	0.01
<i>Hydnophora</i>	1	0.46	0.01
<i>Leptasera</i>	1	0.46	0.01
<i>Lobophyllia</i>	1	0.46	0.01
<i>Porites</i>	1	0.46	0.01
<i>Sarcophyton</i>	1	0.46	0.01
<i>Xenia</i>	1	0.46	0.01

טבלה ב-7: מספר המושבות, תפוצתן היחסית וצפיפותן הממוצעת (מספר מושבות למטר רבוע) של סוגים האלמוגיים שנמצאו בלגונה.

Table B7: The number of colonies, relative abundance and average density (colonies per square meter) of the coral taxa found in the lagoon.

השנה עליה ירד ערכו של מדד Shannon-Wiener לLAGON שנתיות ברציפות וערכו עומד על 1.8 (איור ב-34). השינויים במדד המגוון נובעים במידה רבה משינויים במספר מושבות המין הדומיננטי בלגונה, האלמוג *Stylophora*, אשר תפוצתו עלתה השנה, אם כי השנה גם נספר מספר קטן יותר של סוגים אלמוגים.



איור ב-34: השינויים במגוון מיני האלמוגים (על פי מדד המגוון של Shanon-Wiener) בלגונה מאז 2004 כפי שהוערכו בעזרת תוכנת EstimateS.

Figure B34: Changes in coral diversity in the lagoon since 2004, according to the Shanon-Wiener index, estimated using the EstimateS software.

דיון ומסקנות

עד לשנים האחרונות הייתה חברת האלמוגים בלגונה יציבה למדי. החל משנת 2010 נמצאה ירידה חדה בצליפיות האלמוגים בכלל, ובצליפיות האלמוג הדומיננטי *Stylophora pistillata* בפרט. בהיות האלמוג *Stylophora* נפוץ בהרבה מאשר המינים בלגונה, תנודות אוכולוסיתו מכתיבות את השינויים הנצפים בחברת הלגונה בכלל, ובמידה רבה גם את ערך המין למגוון המינים. יתרון כי הירידה הניכרת בצליפיות האלמוגים בלגונה נגרמה עקב סערות דרוםיות חזקות שפגעו בשנים 2010-2009 בכל האזוריים הרדודים מכ-4 מטרים לאורך חלקו הצפוני של המפרץ. גם השנה היו הסערות מוגעות וחילשות וניכרת התאוששות ועליה בצליפיות האלמוג *Stylophora pistillata*.

אוכולוסית האלמוג *Stylophora* ידעה תנודות רבות במשך שנים (הקדומות לשנות פועלות של תכנית הניטור) והתואשנה בעבר זמן. בתקופת הניטור בלגונה, הירידה במספר המושבות בכלל ומוסבות בלבד *Stylophora* בשנת 2009 וسنة 2010 מהוות חריגה מהמצוב "הרגיל". יחד עם זאת, השנתיים האחרונות והעליה בשנה הנוכחית מצביעות על תחילתו של תהליך התאוששות. משך הזמן בו פועלת תכנית הניטור עדין אינו מספיק על מנת לעמוד על תנודות אלו או על זמן המחוור האופייני להן. מלבד הסערות הדרוםיות החזקות, בפרט אלו של חורף 2010-2009, לא ידוע לנו על גורמים מזויקים אשר עשויים היו להשפיע על אוכולוסית האלמוגים בלגונה בשנים האחרונות. לסערות דרוםיות השפעה ניכרת בלגונה, ועלינו להמשיך ולעקוב אחר שינויים בחברת האלמוגים בלגונה.

ב.4. התישבות אלמוגים בשונית

מטרה

AMDON קצביהתישבות של אלמוגים בשונית באמצעות לוחיות התישבות כמדד לאספקת אלמוגים צעירים ופוטנציאלי הגיוס לשונית.

שיטות

בשני אתרים, המعبدת הימית ושמורת חוף אלמוג, הוצבו ארבעה מערכים הכוללים ארבע לוחיות PVC ממוחזר בגודל 20X10 ס"מ. הומר זה נמצא כמצע ייעיל להתיישבות אלמוגים ולהלוחות אוקלמו במקל מי ים זורמים ממשך מספר שבועות עד להכנסתן לים. בשמורה חוף אלמוג הוצבו המערכות בעומק של כ- 10 מ' בתאריך 6 במאי 2015, ובמעבדה הימית בעומק של כ- 8 מ', בתאריך 22 באפריל 2015. בכל אתר מוקמו האתרים באופן שירוחות. בכל שלושה חודשים נאסף זוג לוחיות מכל מערכת ומוחלף הזוג לוחיות חדשות, כך שככל זוג שהוא ביום חמישה שבועות שנאספו מובאות למעבדה לצורך ספירת מושבות אלמוגים. הלוחיות נשמרות בידיים עד לספירה המתחילה מיד עם הוצאתן. הספירה נעשית באמצעות פנס אור כחול המאפשר, בעזרת פילטר צחוב, להבחין בפלואורנסציה של פרוטאיןים ירוקים (green fluorescent proteins, GFP) המאפיינים פוליפים של אלמוגים. בנוסף לכך נסרקת כל לוחית תחת בינוקולר לזיהוי המתישבים וספירת הפוליפים (איור B35). לאחר הספירה הלוחיות מגוזרות מבשרות ונשמרות בבריכת מי ים זורמים עד להחזרתן למערכות בשונית.



איור B35: צילום בינוקולר של לוחית התישבות המראת שתי מושבות אלמוגים זעירות (מוקפות עיגול) המכילות פוליפים בודדים.

Figure B35: A coral settlement plate pictured under the microscope, showing two tiny coral colonies (circled).

תוצאות ראשונות

לוחיות התיישבות הוצבו בשונית בסוף אפריל-תחילת Mai (בעדיה ינית וחוף אלמוג, בהתאם). הוצאה הלוחיות הראשונה היתה של לוחיות ששהו בים כשלושה חודשים בלבד, בעוד שתכנית הדגימה הסדרה היא של לוחיות שווהות בים ששה חודשים. עם זאת, לוחיות אלה שהו בימים בעונת הרבייה של אלמוגים ועל כן גם הן קלטו מתיישבים.

על שמונה הלוחיות שהוצאו באמצע אוגוסט משמרות חוף אלמוג, לאחר שהיא של 105 ימים, נמצאו בסך הכל 43 מושבות אלמוגים זעירות, כאשר מספר הפוליפים הממוצע במושבה היה 6.3. על שמונה הלוחיות שהוצאו מאותו אחר באמצע נובמבר, לאחר שהיא של 188 ימים, נמצאו בסך הכל 17 מושבות ומספר הפוליפים הממוצע במושבה היה 11.8. על כל שמונה הלוחיות ששהו באותו אטר בין אוגוסט לינואר, 145 ימים, נמצאה מושבת אלמוגים אחת ולה ארבעה פוליפים.

על שמונה הלוחיות שהוצאו מהמעבדה הימית באוגוסט, לאחר שהיא של 111 ימים בים, נספרו 5 מושבות בסך הכל, ומספר הפוליפים הממוצע במושבה היה 6.4. על הלוחיות שהוצאו באמצע אוקטובר לאחר 176 ימים נמצאו 13 מושבות שלן 2.4 פוליפים בממוצע. על הלוחיות שהוכנסו באוגוסט והוצאו בפברואר (189 ימים) נמצאו בסך הכל שתי מושבות של פוליפ אחד. עקב גודלן הקטן קשה לקבוע את מין האלמוגים של מושבות אלה. על סמך המראה בלבד, נראה שלפחות חלקן ממשפחה *Pocilloporidae* (Babcock et al., 2003), וסביר שמשתייכות למין *Stylophora pistillata* הנפוץ בשוניות אילת.

תוצאות אלה הן ראשוניות ביותר ולא ניתן על פייה להסיק מסקנות כלליות. בכלל זאת, ניתן לומר כי הלוחיות שהוכנסו לים באוגוסט בשני האתרים מושכו מעט מאד מתיישבים – ככל הנראה מכיוון ששזהו בים מחוץ לעונת הרבייה של האלמוגים באילת (ראו נספה 3, תקציר עבודה המוסמך של תום שלזינגר אשר מצא כי עיקר הגיוס לשונית מתרחש בחודש אוגוסט).

בשמורת חוף אלמוג נראה כי התקופה הראשונה, בין מי לאוגוסט היא התקופה העיקרית בה מתיישבים אלמוגים, וזאת על פי מספר המושבות הגדול וגודלן הקטן. הלוחיות ששהו באותו אטר את אותה התקופה אך נותרו עד לנובמבר, 75 ימים נוספים, היכלו פחות ממחצית מספר המושבות אך גודלן היה כפול. נתונים אלה עשויים להצביע על כך שבין אוגוסט לנובמבר נוסף מעט מושבות חדשות, עובדה המחזקת על ידי העדרן המכמעט מוחלט של מושבות על גבי לוחיות שהוכנסו לים באוגוסט, ומושבות רבות (כמה מהמתיישבים?) שהתיישבו בתקופה הראשונה לא שרדו את התקופה שבין אוגוסט לנובמבר. אלה שרדו הכלילו, בממוצע, את גודלן.

במעבדה הימית מצירית תמורה שונה במקצת. על הלוחיות ששהו בים בין אפריל לאוגוסט נמצאו 5 מושבות בלבד וגודלן הממוצע היה דומה לאלו שנמצאו באותו תקופה בשמורה חוף אלמוג. על הלוחיות ששהו במעבדה 65 ימים נוספים נמצאו 13 מושבות וגודלן הממוצע היה קטן הרבה יותר, אם כי האוכלוסייה התחלקה בין שתי מושבות "גדולות" (10-6 פוליפים) ואחת-עשרה מושבות בנות 1-1 פוליפים (איור ב-36). נראה כי כאן עונת הרבייה ארוכה יותר ונמשכת מעבר לחודש אוגוסט. כמו כן נראה כי באחר המעבדה כמוות המתיישבים וקצב גידולם נמוכים מאשר בשמורה חוף אלמוג. גם עבודות המוסמך של תום שלזינגר, בהנחיית פרופ' יוסי לוייה (נספה 3) מצאה הבדלים בקצבם הגיוס וכן בתמונות מתאייסים בין אזור השמורה לבין המעבדה הימית. בנוסף לכך, עלולה מעובודה זו כי בעוד שבאזור המעבדה האלמוג *S. pistillata* הוא המתאייס העיקרי לשונית, באזור השמורה מגוון המגויסים גדול יותר. אין ספק שאטרים אלה שונים מבוחנת אספקת המגויסים לשונית ויישנו צורך להמשיך ולטatr את שניהם.

האמור לעיל מהויה מלהשנות רצונותם על נתוני התיישבות האלמוגים אשר נאספו החל מהחודש אפריל השנה. לאור הממצאים יתכן שראוי יהיה לשנות מעט את תכנית החלפת הלוחיות על מנת להפיק מידע רב יותר ממאמץ הדגימה.



איור ב36: שני מושבות אלמוגים זעירות, המכילות שתי פוליפים (משמאל) וששה פוליפים (מימין)
Figure B36: Two tiny coral colonies, containing two polyps (left) and six polyps (right)

ב.5. סקר חסרי חוליות

מטרה

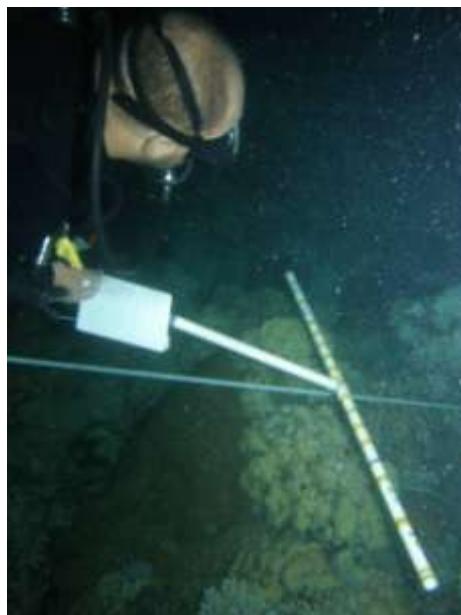
אמדן שיפעת חסרי החוליות הנידיים העיקריים בשונית האלמוגים בחוף הדרומי.

שיטות

סקר חסרי החוליות הנידיים נערך בשעות הלילה, מכיוון שבשעות היום מרביתם מסתתרים. הסקר מתמקד בשוניות האלמוגים במעבה הימית ובשמורת חוף אלמוג (באזור הסגור למבקרים) בעומקים 5 ו- 10 מטרים (במקביל לעומקים בהם נערבים חתכי האלמוגים), ובלגונה.

הספריה מתחילה כשבה אחר רדת החשיכה, לאחר יציאת חסרי החוליות מסתורם לשם שיחור מזונם. החל מ-2006 מבוצע הסקר בשיטת חתכי-רצועה (belt-transect) לעומת ריבועיDigom (quadrates) סדריים בשנים 2004-2005. חתכי הרצועה, באורך 50 מטרים, נפרסים החל מנקודה אקרואית לאורך העומק הנבחר. מנוקודת ההתחלה מתקדם צולל המזוקק מתקן לצורת T ווסף כל פרט הנמצא תחת המוט הניצב, אשר אורכו מטר אחד (איור ב-37). בשיטה זו ניתן לכנות שטח גדול ביעילות רבה, ובמקרה זה את מרכיב שטחו של כל אתר לאורך קו העומק הנבחר, עובדה בעלת חשיבות עקב מספרם הקטן של חסרי החוליות. מירב השטח באתר נסקר לאורך קו העומק המבוקש לקבלת ספירה מדויקת ככל האפשר, אולם אבده יכולת ההערכה של פרמטרים סטטיסטיים התלויים בהזרות רבות של ייחדות מדידה קטנות הדוגמתו את האתר.

הפרטים הנספרים, חסרי החוליות הנידיים (קווצי עור ורכיכות), מסווגים לפי סוג או משפחה.



איור ב-37: שיטת חתכי הרצועה לסקר חסרי חוליות נידיים: לאורך סרט מדידה עובר הסוקר האוחז מושות צלובים לצורת T ווסף את הפרטים הנמצאים תחת המוט הניצב, אשר אורכו מטר אחד. נסקרה רצועה אשר אורכה נקבע על ידי סרט המדידה ורוחבה על ידי המוט הניצב (1 מ'). צילום: תומר שאולוב

Figure B37: Belt-transect survey of motile invertebrates: a diver holding a T-shaped stick passes along a measuring tape counting the individuals found under the cross-arm. This makes a sampling unit whose length is defined by the measuring tape and whose width by the 1 meter long cross-arm. Photo: Tomer Shaulov

תוצאות

1600 מטרים רבועים נסקרו השנה בכל האתרים (IUI-5 ו-IUI-10 ו-NR-5 ו-NR-10), ובلغונת שמורה חוף אלמוג). התפלגות מספר וצפיפות הפריטים לפי סוגים בכל האתרים נתונה בטבלה 8.

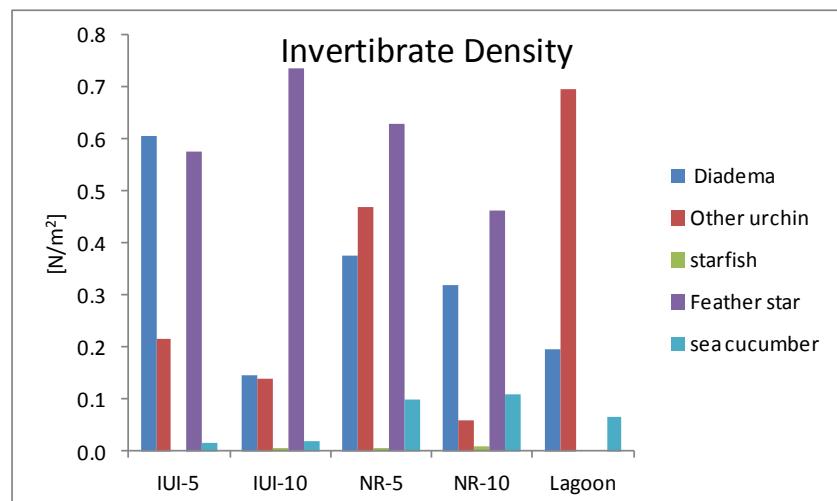
	IUI-5 Density	IUI-5 Number	IUI-10 Density	IUI-10 Number	NR-5 Density	NR-5 Number	NR-10 Density	NR-10 Number	Lagoon Density	Lagoon Number
Diadema	0.61	121	0.15	29	0.38	150	0.32	127	0.20	78
Other Urchins	0.22	43	0.14	28	0.47	188	0.06	23	0.70	278
Total Urchins	0.82	164	0.29	57	0.85	338	0.38	150	0.89	356
Starfish	0	0	0.01	1	0.01	2	0.01	3	0	0
Feather star	0.58	115	0.74	147	0.63	252	0.46	185	0	0
Sea Cucumber	0.02	3	0.02	4	0.10	39	0.11	43	0.07	26
M ² surveyed		200		200		400		400		400

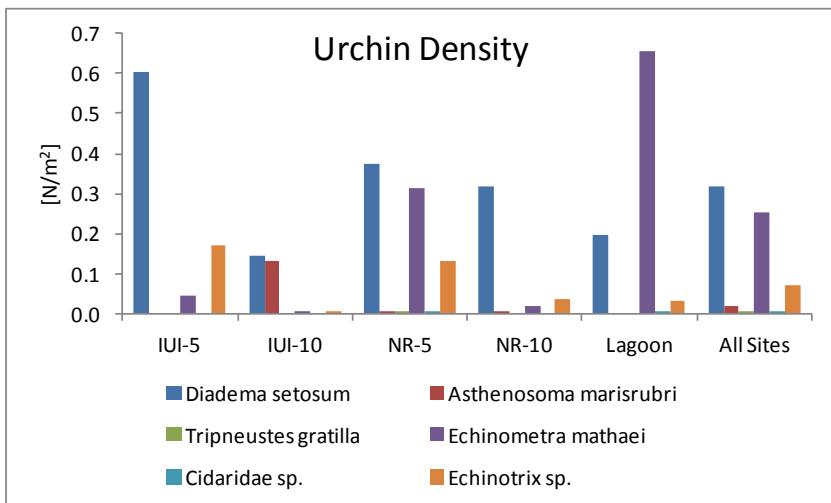
טבלה B8: שכיחות (מספר הפריטים וצפיפותם למ"ר) חסרי החוליות הנידים באטרים הננסקיים.

Table B8: Total abundance and average density (number per 1m²) of mobile invertebrates at the monitored sites.

קובצת הרועים החשובה ביותר בשונית מבין חסרי החוליות היא קיפודי הים, ומתחילה המין הנפוץ ביותר הוא *Diadema setosum* (איור ב-38). בשנתיים האחרונים נמצא באתר הלגונה והשמורה הרדודה (5-NR) יותר פריטים של קיפודי ים אחרים (במשלב) מאשר IUI-10, וגם באתר IUI-10 (5-NR) יותר קיפודים الآخרים כבר דומה לה של *D. setosum*. הקיפוד *Echinometra mathaei* הוא השני הנפוץ ביותר באתר הניטור (איור ב-38, למטה).

צפיפותן של הצלות הים גבוהה ברוב האתרים, מלבד באתר הלגונה. הלגונה היא אתר חולי בעיקר והסלעים בה מעטים. על כן אין זה בית גידול אופייני לצלות.

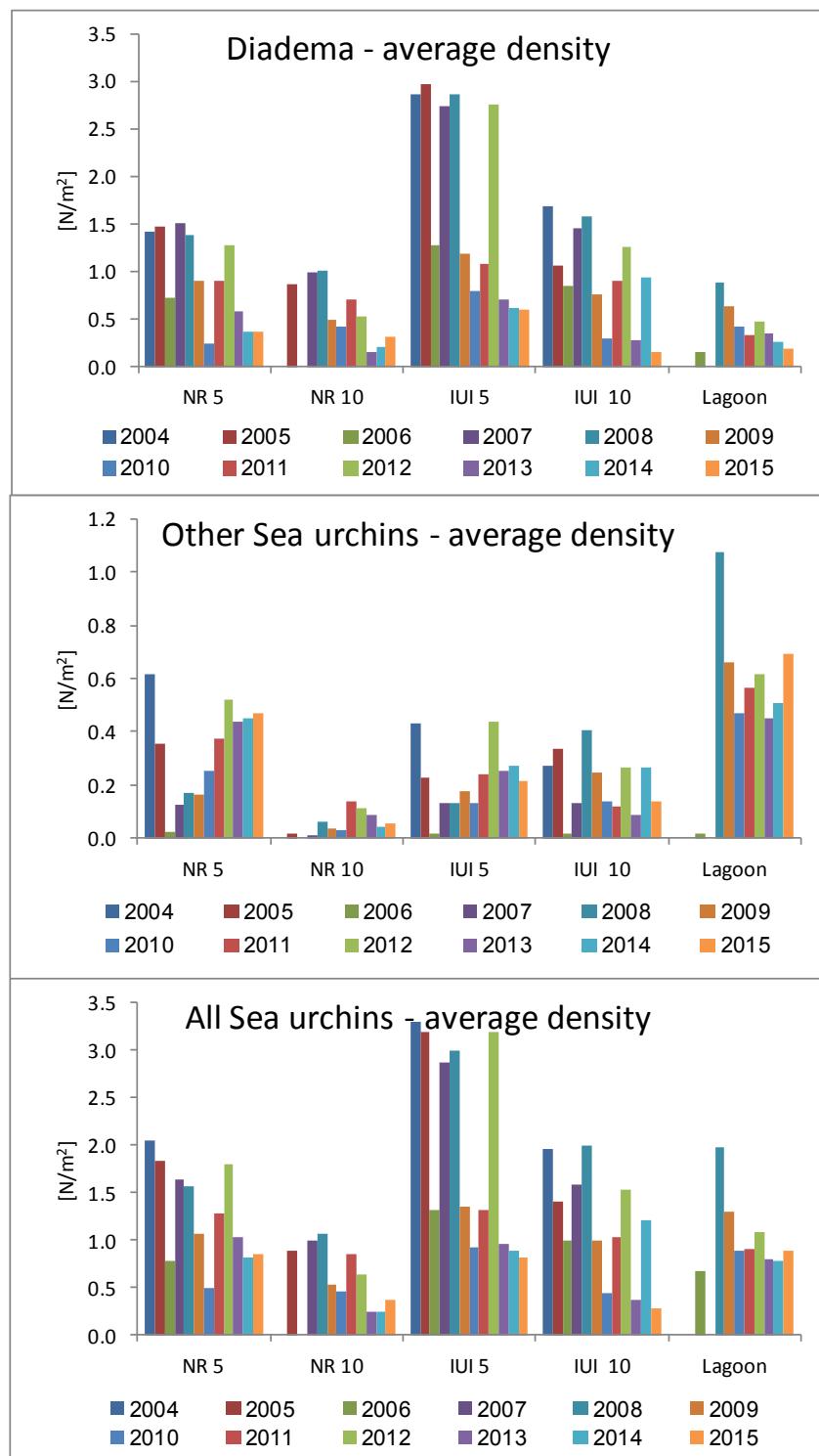




איור ב38: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של חסרי חוליות ניידים (למעלה) וקיפודי ים (למטה) באטרי הניטור.

Figure B38: The average density (per m²) of mobile invertebrates (top) and sea urchins (bottom) at the sampling sites.

השנה נמצאה צפיפות דומה של קיפודי ים מכל הסוגים באטריים הרזודים (IUI-5, NR-5, לוגנה; 0.89, 0.85, 0.82 -NR-10-IUI). הצפיפות הגבוהה ביותר של קיפודים מן המין *Diadema setosum* נמצאה (0.38, 0.29; 0.29, 0.38 בהתאמה). הצפיפות הגבוהה ביותר גם בין קיפודים מ-*Echinometra mathaei* (340 פרטים נמצאה שניי הנפוץ ביותר גם השנה הוא הקיפוד מסווג *Echinometra mathaei*). הקיפוד הראשון נספרו בסך הכל, לעומת 653 פרטים של *Diadema setosum* בשנת 2011-2009 נצפתה צפיפות נמוכה של קיפודי ים באטריים הנסקרים, ובשנת 2012 תועדה עלייה חדה בцеיפות הקיפודים. בשלוש השנים האחרונות (2013-15) צפיפות הקיפודים נמוכה. השנה נמצאה ירידת קלה בцеיפות הקיפודים בהשוואה לשנה הקודמת, ובסך הכל נספרו 505 קיפודים מהסוג *D. setosum* ו-560 אחרים מינים אחרים לעומת 653 ו-505, בהתאם, בשנת הקודמת. יחד עם הירידה במספרם הכללי של קיפודי הים, ניתן להבחין כי השנה הקיפוד *D. setosum* פחות דומיננטי משיהיה בשנים הקודמות (איור ב39). השינויים בцеיפות קיפודי הים משקפים, כנראה, מחזוריים טבעיים בגודל האוכלוסייה, או השפעות סביבתיות מחזוריות.



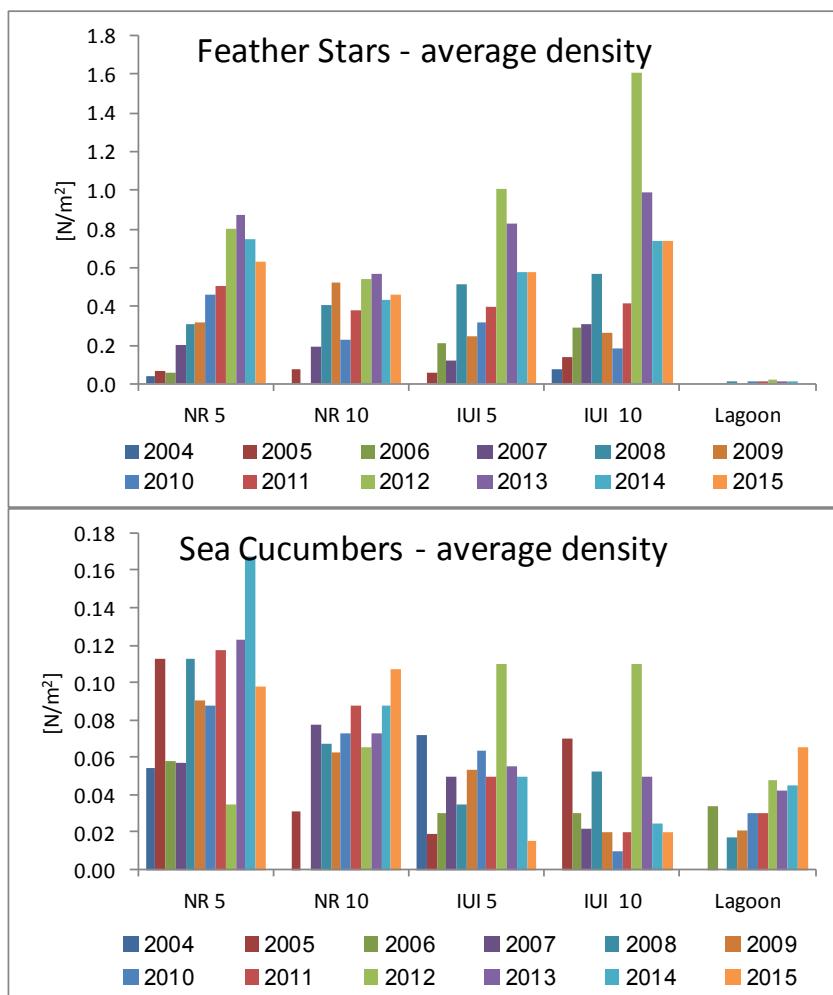
איור ב39: הצפיפות הממוצעת (פרטדים למ"ר) של קיופדי הים *Diadema setosum* (למעלה) ושל קיופדי ים אחרים (באמצע) ושל קיופדי הים מכל המינים (למטה) באטריה הניטור.

Figure B39: The average density (individuals per m^2) of *Diadema setosum* (top) other urchins (middle) and all sea urchins (bottom) at the sampling sites.

צפיפות חבצלות הים נמצאת בירידה בשנתיים האחרונים בהשוואה לערכיהם הגבוהים של השנים 2012-3 (איור ב40 למטה). בסך הכל אוכלוסיית חבצלות הים גדולה במידה ניכרת משתייתה בשנות הניטור הראשונות. באתר הלגונה כמעט ואין חבצלות ים.
אוכלוסייה מלפפוני הים נמצאת בעלייה מתמשכת באתר הלגונה, ובשאר האתרים ישנן תנודות

גדולות בצפיפות הנמדדת בין השנים (איור ב40 למטה). יש להתחשב בכך שמספר הפרטים של מלפפניים קטן יחסית בסקר זה ועל כן קשה ליחס משמעות רבה לתוצאות אלה.

גם השנה נצפו באטר השמורה הרדודה פרטימ מהמין גלילן צהוב-נקודות (*Holothuria Semperothuria*) אשר תואר לראשונה בצפון מפרץ אילת בדו"ח הניטור של השנה הקודמת (התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, דו"ח מדעי לשנה 2014). בשנים האחרונות הופיעו באטר הניטור פרטימ של נחשונק (*Astroboa nuda*) אשר לא זוהה בשנים הראשונים לניטור.



איור ב40: הציפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של חבצלות ים (למעלה) ומלפפוניים (למטה) באטר הניטור.

Figure B40: The average density (per m²) of feather-stars (top) and Sea Cucumbers (bottom) at the sampling sites.

ב. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית

מטרה

אמדון קצביהתישבות והגידול של אצות צמודות-מצע וחשיבות הרעייה לויסות כמות האצות.

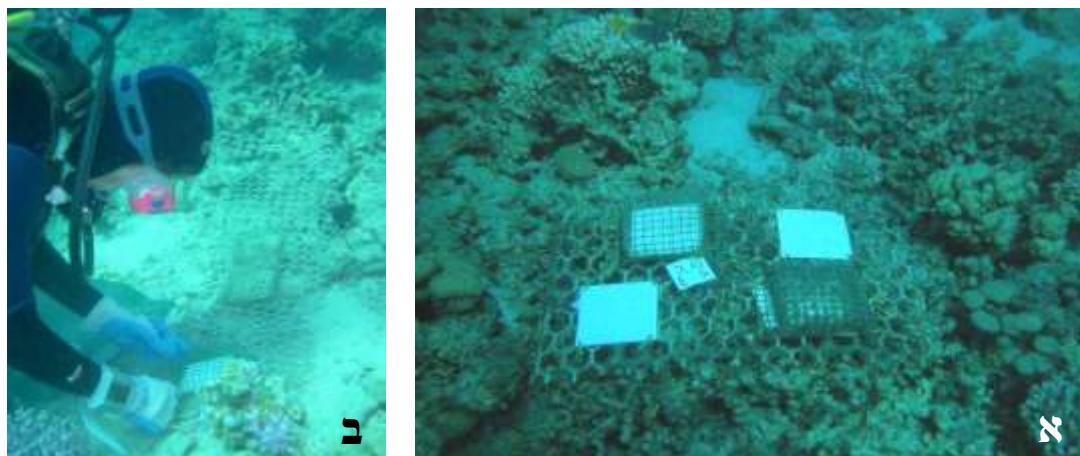
שיטות

ששה מערכיים של שתי להחיות PVC סמכות, בגודלן 10X10 ס"מ וצידן העליון הוסיף על מנת להקל על התישבות אצות, הוצבו באופן שירוטי בעומקים שבעה עד עשרה מטרים בשונית שמול המכון הבין-אוניברסיטאי. החל משנת 2007 הוצבו מערכיים דומים גם בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג, בעומקים 20 מ', 5 מ', ובלגונה. בכל מערך שתי להחיות השופות ושתי להחיות מכוסות כלוב מתכת בעל גודל עין של 1X1 ס"מ (איור ב-4). הלוחיות משמשות להתיישבות אצות צמודות-מצע, ומהוות מודל להתיישבות אצות בשטחים השופים בשונית. אחת לחודש מוחלף זוג להחיות השופה-מכוסה מצמודות מכל מערך בלוחיות נקיות – זמן השוואת כל להחיות במים כחודשים.

האצות מגורדות מהלוחיות שהוזאו מהמים ומסוננות על פילטר סייבי זכוכית GF/A. הפליטרים מושרים בתמיסת אצטון: מתנול (50:50) (v/v) למיצוי הפיגמנטים הפוטוסינטטיים המשמשים לאמדון מסת האצות. עצמת בילעת האור באורכי הגל המתאים לפיגמנטים הפוטוסינטטיים (E664, E647, E630) נמדדת ב- Spectrophotometer (E630) ונמדדת ב- chlorophyll a. הpigment העיקרי שמשת להערכת האצות אלה, בעזרת המשוואה:

$$[Chl_a] \frac{mg}{cm^2} = (30 \cdot (11.85E_{664} - 1.54E_{647} - 0.08E_{630})) / 100$$

הלוחיות המוגנות על ידי כלובי המתכת משמשות לאמדון כמות האצות הפוטנציאלית, בכך שהכלובים מנעים רعيיה של דגים, קיפודיים, וחלזונות גדולים שהם היצרנים העיקריים של אצות אלה. פוטנציאלי הגידול של אצות נשלט במידה רבה על ידי זמינות חומרי המזון (נוטריניטים) במים. הלוחיות החשופות מהוות ממד לכמות האצות בפועל, וכך למידת הרעייה על אצות. בשל השינויים הגבוהה של כמות האצות (= ריכוז chlorophyll a) על להחיות הניסוי, כל מדידה חדשה מוחשבת על-פי ממוצע שלוש הלוחיות המוגנות ושלוש הלוחיות החשופות שהוזאו באותו אתר באותו חודש. בכל המקרים בהם מופיעים קווי שגיאה, הם מייצגים את שגיאת התקן (Error bars represent the standard error).

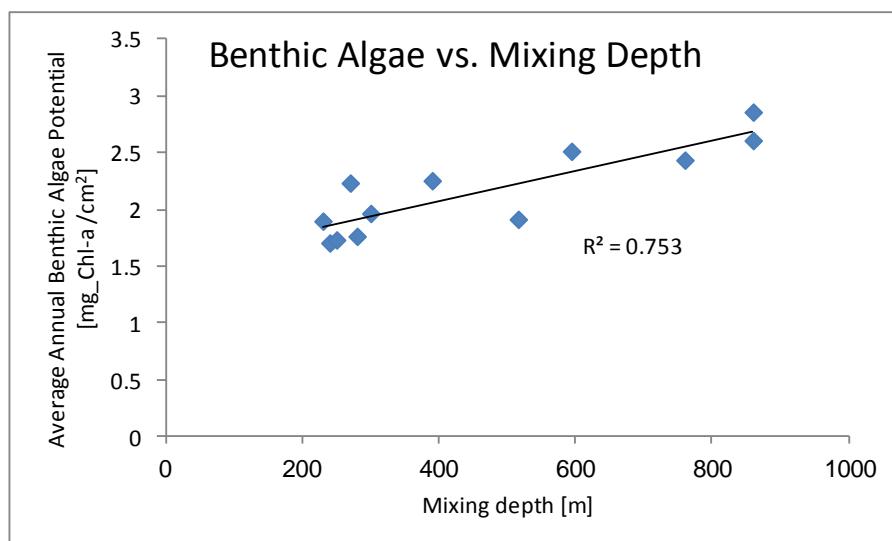


איור ב-41: א) מערכ של להחיות התישבות. שתי להחיות השופות לרעייה, ושתיים מוגנות על ידי כלוב מתכת. צילום: ניצן שגב (ב) החלפת להחיות בצלילה, מדי חודש מוחלפות הלוחיות ששוחחו חודשיים בים. צילום: רותי ריף

Figure B41: A) Algae settlement plates. Two plates in the array are exposed to grazing by herbivores, and two are protected by a wire cage. Photo: Nitzan Segev (B) Every month divers replace the two settlement plates that have been in the sea for two months. Photo: Ruti Reef.

תוצאות

ריכוזי *chlorophyll-a* על גבי לוחיות מול המعبد בחורף השנה היו, במשמעות, נמוכים מאשר בשנה הקודמת וזאת למרות שהערובב השנה היה בעומק דומה לזה של השנה הקודמת, אולי אף מעטعمוק יותר. בשנים 2007 ו- 2012 היה ערובב عمودת המים עמוק וריכוז הכלורופיל על גבי לוחיות החישבות היה גבוה יותר. ההבדלים בולטים במיוחד בערכים הנמדדים מלוחיות מגנות המשקפות פריחת אצוט לאויסות על ידי רעיה. בשלוש השנים האחרונות היה ערובב רדוד מ-300 מטרים, לעומת עומدة עומק של לפחות 860 מ' בשנת 2012. השינויים הנצפים משנה לשנה מצביים על הקשר הדוק בין ערובב عمודת המים ופריחת אצוט ישיבות על גבי מדרכות השוניות (איור B42).

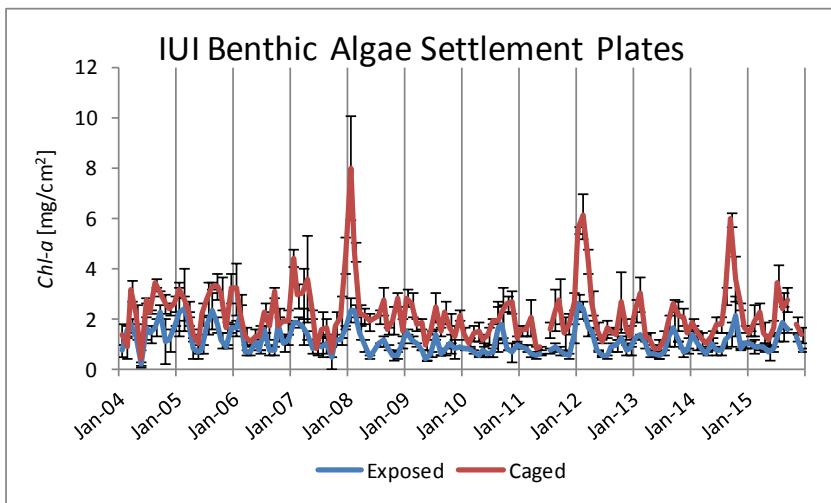


איור B42: ממוצע פוטנציאל פריחת אצוט צמודות מצט בעדרון השוני מול המכון הבינלאומי כנגד עומק הערבוב, מאז שנת 2004.

Figure B42: The annual average potential benthic algae growth on the reef slopes across the IUI versus the mixing depth, since 2004.

השנה היה גידול האצוט היישבות באזורי השוני נמור כמאפיין שנים בהן ערובב عمودת המים רדוד. ריכוז הכלורופיל המרבי אשר נמדד על גבי הלוחיות המוגנות המייצגות את פוטנציאל גידול האצוט היה, בחודש يولיא, 3.45 mg/cm^2 . ערך זה נמדד בהרבה מפוטנציאל גידול האצוט המרבי שנמדד בשנה הקודמת בחודש ספטember, אז ריכוז הכלורופיל ל- 5.96 mg/cm^2 , וזאת על אף שגם השנה הקודמת (2014) הייתה שנה של ערובב רדוד (איור B43). שיא הפריחה בקייז איןו ניתן להסביר באמצעות הערבוב השנתי המגיע לשיאו בחורף ומסתיים באביב.

הערך הגבוה ביותר של ריכוז כלורופיל על גבי לוחיות מגנות אשר נמדד על ידי חכנית הניטור מול המعبد, היה 7.99 mg/cm^2 , בינואר 2008, שנה בה היה ערובב عمودת המים عمוק במיוחד. הערך גידול אצוט בשונית בפועל נמדד על ידי ריכוז הכלורופיל על גבי לוחיות השופות לרעיה. הערך המרבי של ריכוז הכלורופיל על גבי לוחיות השופות לרעיה היה 1.836 mg/cm^2 , בחודש אוגוסט. זה היה הריכוז הנמדד על גבי לוחיות מגנות 2.37 mg/cm^2 , עדות לכך שהרוועים בשונית אינם מסוגלים לסלך את כל האצוט היישבות בשונית. מסקנה זו תואמת גם לממצאים מחקר ממוקד על רעיה בשונית שנחטך על ידי תוכנית הניטור ופורסם כנספה בדו"ח המדעי לשנת 2007.

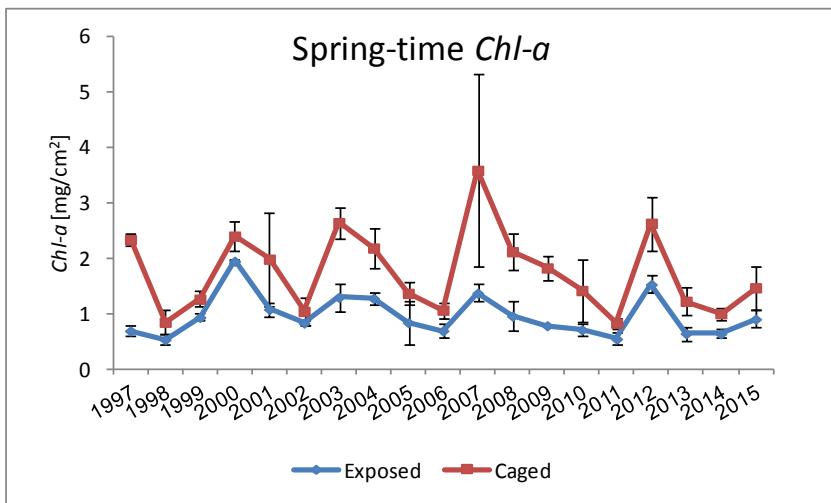


איור ב43: ממוצע כמות a Chlorophyll ע"ג לוחית חשופות ומוגנת בכלובים מאז 2004. כל נקודת מייצגת חודש אחד (מחושבת על-פי שלוש לוחיות ששחו בים חודשים).

Figure B43: Average chlorophyll a on exposed (diamonds) and caged (squares) settlement plates since 2004. Each point represents one month (calculated as an average of three plates submerged in the sea for two months).

מול המעבדה מתנהל מעקב רב-שנתיים, שהחל לפני הקמת תכנית הניטור, אחר כמות הצלורופיל על גבי לוחיות ששחו במים משך חודשים באביב (מרץ-אפריל) ובו נזיפים שינויים גדולים משנה לשנה בפוטנציאלי גידול האצוט בשוניות בעונה זו (איור ב44). ישנה מהזוריות בפוטנציאלי הגידול של אצוט (לוחות מוגנות מרעהיה) בהתאם עם עומק ערבוב عمودת המים, אולם מהזוריות זו אינה סדרה מכיוון שתזמון הפריחה לא תמיד חופף את החודשים מרץ-אפריל ("אביב"). השנה היה פוטנציאלי הגידול באביב גבוהה מעט מאשר השנה הקודמת, על אף שבמשך – בקיז – נפתחה פריחת אצוט חזקה דזוקה בשנה הקודמת. פוטנציאלי הגידול השנה (1.46 mg/cm^2) היה גבוה מאשר בשנים האחרונות אך נמוך בהרבה מזה של שנה 2012 (2.62 mg/cm^2).

במושואה זו נראה כי כמות הצלורופיל בשנת 2007 (3.58 mg/cm^2) הייתה גבוהה מכמות הצלורופיל שנמדדה בעונה זו בכל השנים האחרונות מאז 1997. ריכוזים גבוהים במיוחד נמדדו גם בשנים 2003, 2000 ו-2012 ומצבעים על עומק הערבוב כגורם מרכזי המשפיע על פריחת האצוט בחדיי האביב. ככל שנה כמות האצוט על גבי לוחיות החשופות לרעיה קטנה מפוטנציאלי המגולם בלוחיות המוגנות. ברוב המקטים משערת ערכיו הצלורופיל בלוחיות החשופות קטנה בהרבה מזו של הפוטנציאלי, עדות לכך שהרעיה עיליה ביותר בויסות כמות האצוט. בשנים בהן פוטנציאלי האצוט נמוך ההבדלים בין הלוחיות החשופות והמוגנות קטנים מאד. בשנים בהן הפוטנציאלי גובה עשוי להיווצר מרוחה זמן (time lag) בין הגידול המהיר של האצוט ובין ויסות הגידול באמצעות רעיה. מרוחה זה נגרם מירידה בלחץ הרעיה לגורם אצטה בשלב בו האצוט גדולות במעטatures רעיה. בסיכון של דבר, נראה כי אוכסוסית הרוועם מוסתת את גידול האצוט בשונית באופן ייעיל, אם כי נדרש לה זמן להתגבר על עלייה מהירה בשיפעת האצוט בשנים בהן פוטנציאלי הגידול גבוה ולעולם אינה מנצלת את כל האצוט.



איור ב44: ממוצע כמות *a* Chlorophyll בחודשי האביב (מרץ-אפריל) על-גבי לוחיות חשופות ומוגנות בכלובים, החל משנת 1997. כל נקודה היא ממוצע של שלוש לוחיות ששחו בים חדשים.

Figure B45: Average chlorophyll *a* during the months April-May on exposed and caged settlement plates since 1997. Each point is an average of three plates submerged in the sea for two months.

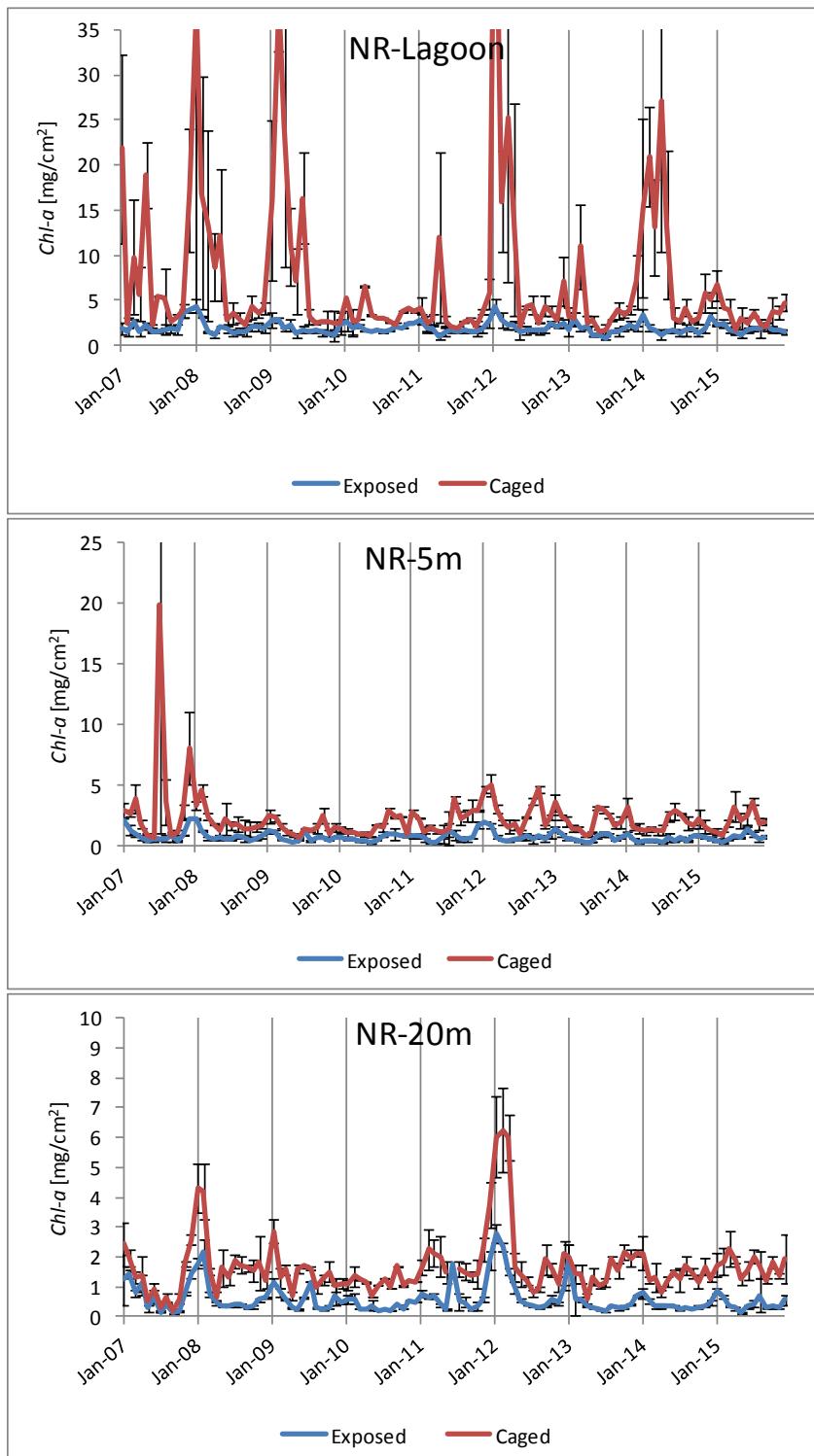
מאז שנת 2007 נמדדת התישבות אצות צמודות-מצע בחלקה הדרומי של שמותה חוף אלמוג, בשלושה עומקים המייצגים שלוש סביבות שונות (איור ב45). בלגונה עומק המים נע סביב 1.5 מטרים (כתלות בגובה פני הים), ולכן עצמת האור באתר זה גבוהה יותר מזו שבאזורים האחרים בהם הוצבו לוחות התישבות. מאידך, אזור זה החסוף לפעולות גלים בעת סערה, והקרע החולית אינה יציבה ועשוה לכטוט את לוחיות התישבות. ההשילוב בין לוחיות שכוסו לעתים בחול ובין צמיחת אצות אשר לעתים מילאו את כל כלובי ההגנה סביב הלוחות גורם לעתים להבדלים גדולים בין שלושת מערכי הדיגום בלגונה (שגייאות תקן גדולות). שגייאות אלה מקשות על ניתוח התוצאות, אך למרות זאת אין ספק כי פוטנציאל הגידול בלגונה עשוי להיות גבוה בסדר גודל מזה שבמקומות גדולים יותר. על גבי הלוחיות החשופות בלגונה, לעומת זאת, ריכוז הכלורופיל (אצות) אינו שונה באופן ממשוני מאשר בעומקים אחרים, עדות לכך שפעילות הרוועים בלגונה מצילהה להתחומות גם עם פוטנציאל גבוה זה. בלגונה נצפו לעתים שתי פריחות עונתיות: פריחת חורף (ערכיים גבוהים ביותר, בחודש פברואר) ופריחת אביב. השנה היה פוטנציאל גידול האצות בלגונה נמוך מאד בהשוואה לשנה הקודמת 6.69 mg/cm^2 בחודש ינואר לעומת 27.10 mg/cm^2 בחודש אפריל (2014).

מערכי הלוחיות בעומק 5 מ' מוצבים על גבי סלע שנויות המונע כיסוי בחול. גם כאן נמצאו חודשים אחד הכלובים המציגים על הלוחיות מרעיה התמלא לגמרו באצות. במקרים אלה התקבלו ערכי כלורופיל גבוהים מאד – ושגייאות תקן גדולות. ריכוז הכלורופיל הגובה ביותר באתר זה מאז תחילת הניטור נמדד בקייז 2007. כפי שנמצא במדרון מול המعبدת, ריכוזי הכלורופיל בקדמת השונית בשמורה בשנים 2007 ו-2008 היו גבוהים ביותר בתקופה המנוחת, והרכיבים המרביים השנה היו נמוכים ואופייניים לשנה של עברbob רדוד. השנה פוטנציאל גידול האצות המוערך המשוררת בעומק 5 מטרים היה 3.25 mg/cm^2 בחודש אוקטובר ושיא נספה, 3.68 mg/cm^2 , נמדד בחודש אוקטובר. גם באטר זה נמצא שרעיה מצילהה לוותת את צמיחת האצות וריכוז הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות נותר נמוך.

ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחיות בעומק 20 מ' נמוכים יותר מאשר אתרים הרודדים, עם שיאים בעיקר בחורף. ריכוזו הכלורופיל על גבי לוחיות מוגנות היה בחודש מרץ 2.26 mg/cm^2 (מעט גבוה מאשר השנה הקודמת) ובchodשים שלאחר מכן נמדדלו לעתים ריכוזים נמוכים אך כמעט בעומק 20 מ' פיעילות הרוועים מורידה בייעילות את ריכוזו הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות, והרכיב המרבי היה לרוב פחות ממחצית הריכוז הפוטנציאלי גם בחודשי החורף.

החל בחודש אוגוסט נצפה כיפה כיסוי של שטחים רבים עד לעומק של כ- 20 מטרים על ידי מרבי אצות אלה ואצות בנתוניות בשרכנות כיסו מדרוןות באזורי השונית עד סוף השנה. האצות turf algae

החוויות היוצרות מרבדי turf עמידות ביותר ובשלות התנודות גבוהה לרעה.



איור ב-45: ממוצע כמות Chlorophyll a לוחית חשופות ומוגנות בכלובים בשמורת חוף אלמג מאז שנת 2007. כל נקודה מייצגת חודש אחד (מהושבת על-פי שלוש לוחיות ששוחו ביום חדש). לעומת זאת – לוחיות שהוצבו בלגונה, באמצע – להחות מעומק 5 מטרים, למטה – להחות מעומק 20 מטרים.

Figure B45: Average chlorophyll a on exposed (diamonds) and caged (squares) settlement plates at the Nature Reserve since 2007. Each point represents one month (calculated as an average of three plates submerged in the sea for two months). Top – the lagoon, middle – at 5 meters depth, bottom – at 20 meters.

ב.7. סקר דגיו השינויים

מטרה

מעקב אחר שינוים בשפעת וכמות דגי השינויים העיקריים בשונית שמורת האלמוגים.

שיטות

דגי השינויים נסקרים בחלוקת הדרומי של שmorת חוף אלמוג, "הגנים הפנים", באזורה קדמת השונית בעומק 8-5 מטרים. תדיות הסקר אחת לשנה, בתקופת הקיץ.

מתוך כלל אוכלוסיית הדגים נבחרו 32 סוגים על סמך שני שיקולים: 1) דגים עיקריים (2) סוגים מייצגים של קבוצות פונקציונאליות בשונית. הבחירה נעשתה על סמך הניסיון המctrבר בשינויים אילת (Khalaf et al., 2003) וביצה אחת עם ד"ר ערן ברוקביין. אוכלוסיות היעד חולקו לשני חלקיים: דגים החיים בעמודת המים (השוחים בעמודת המים ואינם צמודים למושבת אלמוגים זו או אחרת) ודגים

מושגניים (cryptic) שכוני קרקעית (רובם שוחים דרך קבע בין ענפי אלמוגים).

הדגים נספרו בסדרה של מנסרות ישרות בעלות בסיס מלכני ברוחב 1 מ' ובאורך 7 מ' ונפח הכלול את עמודת המים בין הבסיס ופני הים. בכל פעם נגם מערך סדור אשר מיקומו נבחר באופן שרירותי: סדרה של מנסרות סמוכות המופרדות 3 מ' זו מזו לאורך סרט מדידה. מימדי המנסרה נקבעו על פי שיקולים של טווה ראה: על הצולל להיות מסוגל לראות את כל נפח המנסרה בחת אחת, המרחק בין מנסרות נועד לאפשר עבודה בטוחה בצלילה – קשר עין בין דוגמים.

יחידות הדגימה הנו: עבר דגי עמודת המים – נפח המנסרה עם בסיס מלכני 1X7 מ' על קרקעית הים ועד לפניו המים, ופרק זמן של עשר דקות. עבר הדגים שכוני הקרקע – בסיס יחידת הדגים (המנסרה) וכל מושבות האלמוגים המעוגנים בתחוםה.

קצוותיהם של שני סרטוי המדריך למוט באורך מטר קבועו לקרקעית הים (נקשרו לשונית) ומתחו במקביל על ידי צולל השוחה עם המוט. קצוות רצועות דיגום (אורך כל רצועה 7 מ', בסיס המנסרה) סומנו לאורך סרטוי המדריך באמצעות נספבים. לאחר חלוקת השטה ליחידות דגימה מתרחקים הצוללים וממתינים 5 דקות לאפשר חזרת הדגים לפעולות רגילה. לאחר פרק זמן זה מתחילה ספירת הדגים שכוני עמודת המים אשר עוברים בנפח המנסרה במשך עשר דקות הבאות. לאחר ספירתם דגים אלו במשך עשר דקות, נספרים הדגים שכוני הקרקעית המאלטסים את מושבות האלמוגים בתחוםי בסיס המנסרה. יחד איתם נספרות מושבות האלמוגים המאוכלסות והמושבות הריקות.

תוצאות

סקר דגי השינויים נערך על ידי תכנית הניטור מאז שנת 2007, והנתונים המctrברים מתחילה ליצור תמונה של מבנה חברות הדגים בשמורה חוף אלמוג, בהתאם לדמות רפואיות. יחד עם זאת הבדלים גדולים בנסיבות הנתונם אשר נאספה בכל שנה ושינויים מובנית באופי הדגימה מקשים על קבלת מסקנות סטטיסטיות. בשנה הנוכחית נdagmo 22 יחידות של 7X1 7X מטרים (עומק המים) (10X דקות עבר דגים פלגים). בסך הכל נספרו השנה 2528 פרטם, פהות מאשר בשנתיים הקודמות (3379 ו- 2638).

הספירות בשנים האחרונות איןן כוללות דגים מהמין *Atherinomorus lacunostus* אשר נעים בלהקות גדולות (אשר מיקומן אינו קבוע) והופעתן או העדרן מגדילים מאוד את שנות המזגם. על כן, בחלק מן השנים לא נספרו *A. lacunostus*. באחרונה דגים אלה נספרים אולם אינם נכללים במאון הכללי; השנה נאמד מספרם במהלך הסקר ב- 2600 פרטם.

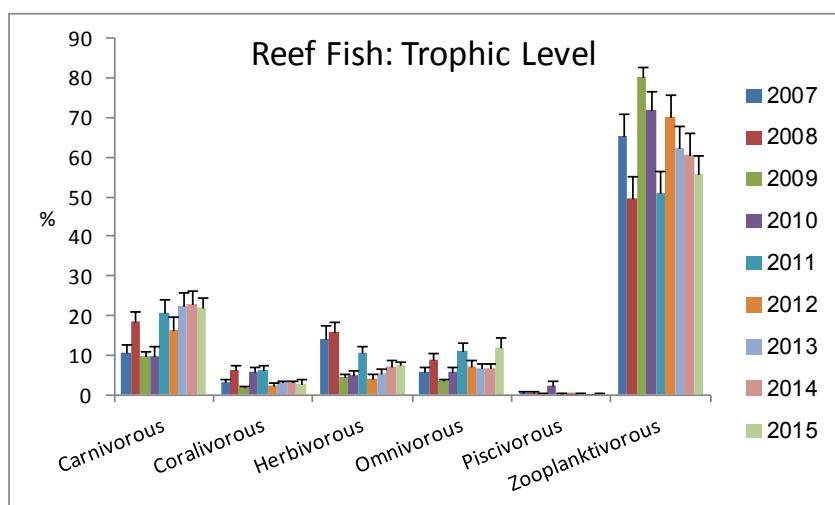
מדד הדגים השנה כלל 421 דגים מעמודת המים (לעומת 554 בשנה הקודמת 1322 לפני שנתיים) ועוד 2600 פרטם של הדגים הנודדים הנזכרים לעיל, *Atherinidae*. דגים שכוני קרקעית המשוויכים לאלמוגים ביחסות הדיגום נספרו השנה 2079, בדומה לשנתיים הקודמות. יש להזכיר כי רבים מהדגים חיים בלהקות של עשרה עד מאות פרטם ומספרם מוערך על ידי הסוקר בהתאם לצפיפות הדגים הנספרת בחלק מהלהקה כפול הערכת הנפח של הליהקה כולה. די בשתיים-שלוש להקות גדולות כדי לתרום אחו ניכר מהדגים הנסקרים ומצב כזה משפיע בהכרח על הערכות השגיאה. מכך נובעות תנודות גדולות בהערכת כמות הדגים בין השנים. השנה נספרו ביחסות הדיגום 173 מושבות אלמוגים ומתוכן 102 מושבות נמצאו מאוכלשות על ידי דגים.

קבוצת הדגים הزاופלנקטיב/orים – הניזונים מזואפלנקטון בגוף המים – היא הגדולה ביותר מבין שכוני השונית, והיוותה כ- 55% מכלל הדגים שנסקרו השנה. אלו דגים קטנים יחסית הנעים בלהקות בהן מספר גדול של פריטים. נוכחות להקה אחת או יותר של דגים אלה עשויה לשנות את משקלם הייצוגי אך תמיד נמצא מספר גדול של דגים אלה בשונית (איור ב-46). דגים זואפלנקטיב/orים מהווים חוליה חיונית במאגר המזון ברכום חמרי מזון מהרמות הנומכות בגוף המים.

הקבוצה השנייה בגודלה הייתה גם השנה קבוצת הדגים הקבוצתיים (קרניב/orים, כ- 22%), דגים המושתים את אוכלוסיות השונית – בעיקר חסרי חוליות. קבוצת אוכלי הכל (אומניב/orים) היוותה השנה כ- 12%, ושאר הקבוצות היו פחות מ- 10% מכלל הדגים שנסקרו. יחסם כמותיים אלה בין קבוצות הדגים השונות נשמרם בשנים לאחרונה ומעידים על יציבותו במבנה אוכלוסיות הדגים בשונית.

דגים הרועים (כ- 7% מכלל הדגים שנסקרו) תפקיד חשוב בויסות כמות האצות צמודות-המצע בשונית וכן הינם בעלי השפעה ניכרת על התישבות אלמוגים ושיגוזם. נוכחותם מקצתרת את "שרשת המזון" מעבר אנרגיה ישיר מהיצנרים הראשונים (אצות) לדגה. מכיוון שדגים רועים ניזונים ממאקרו-אצות (אצות בנתוניות, צמודות מצע), הם לרוב דגים גדולים (סיננים, נתניים, תוכינונים) ופערלם (קרקעית/אלמוגים).

קבוצת הדגים אוכלי הדגים (פיסקיב/orים) מהוות חלק קטן מאוכלוסיות דגי השונית (פחות מ- 1%). חלוקת הדגים לפי הרמה הטרופית מאפשרת תיאור החברה והשואה בין השנים על אף הבדלים ניכרים בגודל המדגם, ומלמדת גם על התקדמות האקוולוגיה של דגי השונית. רשימת הדגים שנצפו בסקר, הקבוצה הטרופית לה הם משתיעכים ושכיחותם בסקר השנה נתונה בטבלה ב-9. בין השנים נשמר מבנה החברה המתואר לעיל.



איור ב-46: התפלגות מספר דגי השונית על פי הרמה הטרופית מאז שנת 2007.

Figure B45: Distribution of the number of reef fish according to trophic level since 2007.

Taxa	Dweller*	Tropic level**	Occurrence
Blenniidae/Gobiidae		C	154
Pomacentridae	Cryptic	Z	6
<i>Amphiprion bicinctus</i>		Z	57
<i>Chromis dimidiata</i>		Z	538
<i>Chromis viridis</i>		Z	79
<i>Dascyllus aruanus</i>		Z	184
<i>Dascyllus marginatus</i>		Z	350
<i>Neopomacentrus miryae</i>		Z	
<i>Pomacentrus sulfureus</i>		Z	
<i>Pomacentrus trichourus</i>		O	184
Other <i>Pomacentridae</i>		Z	103
Pseudochromidae		C	77
Acanthuridae		H	16
<i>Ctenochaetus striatus/Acanthurus nigrofasciatus</i>		H	28
<i>Zebrasoma sp.</i>		H	22
Balistidae		C	36
Caesionidae		Z	57
Chaetodontidae		CO	7
<i>Heniochus sp.</i>		CO	41
Other <i>Chaetodontidae</i>			
Labridae	Pelagic	C	14
<i>Bodianus anthoides</i>		C	1
<i>Coris aygula</i>		C	7
<i>Cheilinus lunulatus</i>		C	9
<i>Gomphosus caeruleus</i>		C	43
<i>Labroides dimidiatus</i>		C	10
<i>Thalassoma sp.</i>			
Other <i>Labridae</i>			
Lethrinidae		C	1
Mullidae		C	29
Ostraciidae		C	
Pomacanthidae		C	3
Serranidae		Z	347
<i>Pseudanthias squamipinnis</i>		P	7
<i>Variola louti</i>		C	11
Other <i>Serranidae</i>			
Scaridae		H	75
Scorpaenidae		C	
Siganidae		H	1
Tetraodontidae/Diodontidae		H	3
others			28
Total			2528
Atherinidae	P	Z	2600
Corals with fish			102
Corals without fish			71

* Cryptic - close to/hides within coral/rock
 Pelagic - away from coral/rock

** C Carnivorous
 Co Coralivorous
 H Herbivorous
 O Omnivorous
 P Piscivorous
 Z Zooplanktivorous

טבלה B9: שכיחות דגים בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג.
Table B9: Fish abundance at the Coral Beach Nature Reserve.

ג. ניטור הסביבה החופית

ג.1. מי הים בקרבת החוף

מטרה

מעקב אחר משתנים כימיים, פיסיקליים, וביוולוגיים במי הים בקרבת החוף וזיהוי מגמות או מקורות זיהום העשויים לפגוע בחברת השונית.

שיטות

אחת להודש מבוצעת מדידות של פרמטרים כימיים וביוולוגיים על דוגמאות ממי השטה בשבע תחנות לאורך החוף הישראלי של המפרץ ובחנתם ים פתוח כפי שמפורט באIOR גן, בטבלה גן, וב_TBL. הפעילות. הדיגום נעשה מסירה בשעות הבוקר. במהלך הפלגה רציפה נלקחות משלוחות דוגמאות מים עמוק של כ-1 מ' לצורכי מדידות במعبדה, באמצעות בקבוק ניסקיון בנפח 5 ליטר של חברת GOFLO. בנוסף, נמדדת טמפרטורת מי השטה באמצעות מד-חום כספית ונמדדת עכירות המים לפי עומק סקי (secchi): מדידה בה מורדת מהסירה דסקה צבעה לבן ובעלת קוטר קבוע ונרשם העומק אשר מעבר לו לא ניתן להבחין בה. כל התחנות נדגמות בפרק זמן של כשעה וחצי.

מיד עם החזרה מהפלגה הדיגום מוחלקים המים לצורכי המדידות הכימיות הבאות:

חמצן מומס: ריכזו החמצן נקבע בשיטת ווינקלר שהוא ריאקציה סתירה המבוצעת בטיטרציה. הדגימות מקובעות ע"י הוספה שני ריאגנטים $MnSO_4$ ו- $KI+NaOH$ ומוטטרות עם $Na_2S_2O_3$ בריכוז 0.1N. הטיטרציה מתבצעת באמצעות טיטרטור אוטומטי מסוג Titrino 702 SM של חברת Metrohm שוויז.

pH: מדידות pH-ים מבוצעות בטמפרטורה קבועה של $25^{\circ}C$ באמצעות אלקטוד pH מזוכוכית (combined pH electrode) דגם 93 PHM שניהם של חברת Radiometer Copenhagen כתמיסות כיוול בינלאומיות (IUPAC/NIST certified standards).

תמיסות כיוול אלו הן במלחות נמוכה ולכך מספקות מידע על pH בסקלות אקטיביות המימן או סקלת pH_{NBS} לפי ההגדרה של pH_{NBS} = -log { H^+ } : Millero et al. 1993 pH_{NBS} מקרים רבים למי ים מדוחים את תוכאותיהם בסקללה של ריכוז כולל של יוני המימן סקלת pH_T המוגדרת כ: $pHT = -\log [H^+]$ כאשר $A[H^+]$ כולל גם את ריכוז יוני HSO_4^- .

מעבר בין הסקלות מתאפשר באמצעות חישוב קבוע האקטיביות של יון המימן (f_H). קבוע זה הנוי תלוי טמפרטורה ומלחות ונitin לחישוב באמצעות אלגוריתם לפי (Millero et al. 1988). לאחר וכל מדידות pH של הניטור מתבצעות באותה טמפרטורה ומלחות מי הים בצפון מפרץ אילית משתנה במידה מזערית, ערכו של קבוע האקטיביות של יון המימן הוא 0.72 לאורך השנה ובכל עמודות המים. הפעלת קבוע זה על מדידות pH-ים המדוחות בניטור גורם להפחחת pH ייחודי pH. קלומר במידה וש צורך להשתמש בנתוני הניטור בסקלת pH_T, יש להפחית pH-ים מ-0.14 מכל המדידות (Shaked 2008).

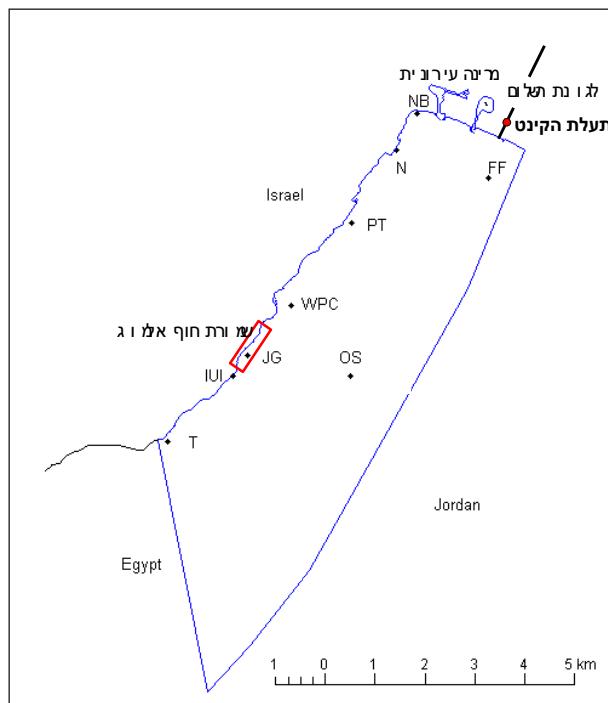
מלחות: מדידה במד מלחות מדגם MS-310e Micro-Salinometer של חברת RBR, קנדה. המדידה מבוססת על השראה מגנטית תוך השוואת מוליכות הדגימה לזו של סטנדרט.

נוטריניטים: QuikChem 8000 flow injection analyzer של חברת Lachat Instruments, Milwaukee, ארה"ב. המדידה מבוססת על תגובת צבע שיוצר כל אחד מהנוטריניטים עם הריאגנט הייחודי לו לייצור קומפלקס צבע בעל אורך גל בתחום האור הנראה, הנקלט בספקטrometer של המכשיר.

אלקליניות: נקבעת ע"י טיטרציה עם HCl Gran 0.05N המבוצעת באמצעות טיטרטור אוטומטי מדגם DL67 ואלקטרוד pH מזוכוכית (combined pH electrode) דגם DG111, שניהם של חברת Mettler Toledo, שווז.

כלורופיל: המים מסוננים דרך פילטרים מסוג GF/F. הפילטרים ממוצעים באצטון 90% בחושך (במקerro $4^{\circ}C$) ל-24 שעות. בתום המיצוי, ריכזו הכלורופיל והפאופטין (Chlorophyll-a and

(Pheophytin) נמדד בפלואורומטר מדגם 10-AU Fluorometer של חברת Turner Designs, קליפורניה, ארה"ב. ריכוז הפהופיטין נמדד לאחר החמצת המיצוי עם HCl ברכיב N₁.
אמוניה: אמונייה נמדדת באמצעות פלואורומטר DyNA QuantTM 2000 של חברת Hoefer לאחר הדגרת הדוגמאות בחושך בתוספת ריאגנט צבע המכיל orthophthaldialdehyde למשך 3 שעות.



איור ג1: מפת תחנות הדיגום החופי במרחב אילת.

Figure C1: Map of the coastal-water monitoring stations in the territorial waters of Israel in the Gulf of Eilat.

שם תחנה	תיאור מקום	קו רוחב (N)	קו אורך (E)
FF	כלובי הדגים	29°32.527"	34°58.219"
NB	חוף צפוני מול מלון דן	29°32.689"	34°57.776"
N	מול קצה צפוני של בסיס חיל הים \ מלון מרידיאן	29°32.678"	34°58.204"
PT	מסוף טעינת פוספטים	29°31.724"	34°56.468"
WPC	תחנת היחידה למניעת זיהום ים	29°30.893"	34°55.686"
NR	גנים יפניים שמורים חופ אלמוג, בקרבת המצפה התת-ימי	29°30.251"	34°55.211"
T	מול מעבר הגבול בטאהה	29°29.478"	34°54.316"
OS	ים פתוח צפוני ל - IUI	29°30.183"	34°56.148"

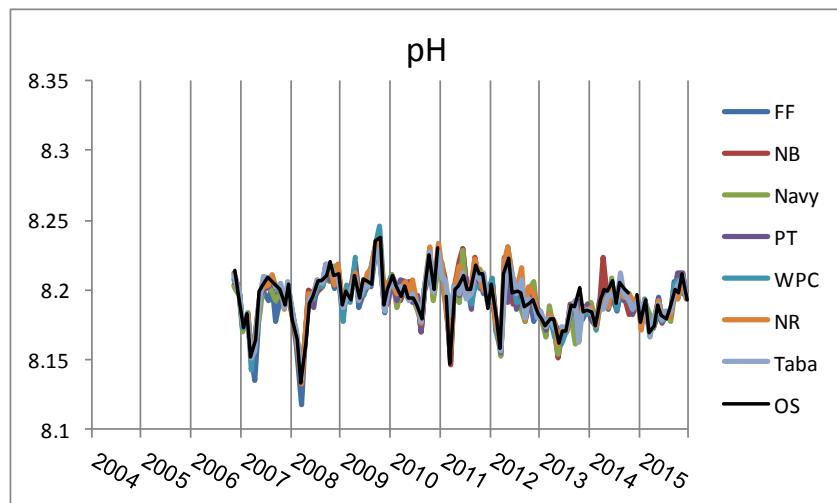
טבלה ג1: מיקום ותיאור תחנות הדיגום החופי של תכנית הניטור הלאומי.

Table C1: Locations of the coastal-water monitoring stations.

מדדים כימיים**רמת חומציות המים (pH)**

תופורת: עקב התיעשנות חמימות החיהנסן אל כל ערכי pH אשר נמדדו במסגרת תכנית הניטר מאז חודש אוקטובר 2003 ועד לחודש נובמבר 2006 כחושים ולא קבילים. הערכים המוצגים למטה מאה שנות 2007 הינם אמינים. הערכים הנמדדים מאז סוף 2006 דומים לערכים שנמדדו לפני אוקטובר 2003 ומעדים על כך כי לא ניתן לאבחן מגמה ארוכת טווח של שינוי בערכי pH (בניגוד לאמור בלוזה הניטר 2005, שם הוצענו מדידות שגויות).

ערכי pH בחורף נמוכים, בדרך כלל, מאשר בקיץ. זה מażור עונתי בו ערכי pH גבוהים נמדדים בחודשי הקיץ והסתו וערכים נמוכים יחסית נמדדים בחורף המערבי. pH הגובה ביותר נמדד השנה בחודש אוקטובר, בתהנת מסוף הפוספטים (8.213), מעט נמוך מהשנה הקודמת) (איור 2ג). הערך הכלל ערכים ביוטר השנה נמדד בחודש מרץ (מינימום 8.167 בטאגה, מעט נמוך מהשנה הקודמת). בסך הכל ערכים אלה מעט נמוכים מדידות השנה הקודמת, אך דומים לערכים אשר נמדדו לאורך החורף בשנים האחרונות. גם השנה לא נצפה ערך מזרוי דומה למדידות השנים 8-2007: 8.118 הוא הערך הנמוך ביותר שנמדד, בחודש מרץ 2008, במקום בו היו כלובי הדגים.



איור ג2: ערכי pH חודשיים בכל תחנות הדיגום מאז אוקטובר 2006.

Figure C2: Monthly pH values at all coastal water monitoring stations since October 2006.

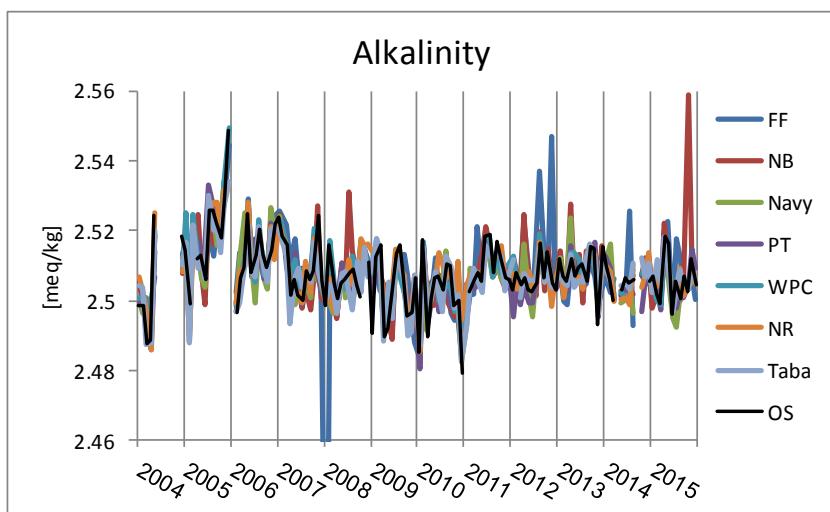
ערכי pH בים מושפעים ממגוון של תהליכיים, אשר החשובים שבהם כוללים תהליכי נשימה-פוטוסינטזה, תהליכי שיחולף גזים עם האטמוספירה, ותהליכי ערבוב של מי שטח עם מי עומק בהם pH נמוך יותר. מażור הערבוב צפוי להשפיע על כל גוף המים, בעוד יחס נשימה-פוטוסינטזה עשוי להשנות גם באופן מקומי. המażור השנתי של ערכי pH בכל תחנות המדידה מושפע קרוב לוודאי על ידי מażור הערבוב השנתי. בתקופת החורף מתערבבים מי השטח עם מים عمוקים בהם pH נמוך כתוצאה מעודף נשימה על פוטוסינטזה. בעונת הקיץ המשוכבת מופרדים מי השטח ומיל העומק, ובמים העליונים פעילות פוטוסינטטיות גורמת לעלייה pH. ערכי pH נמוכים ביותר נמדדו בשנות הערבוב העמוק 8-2007.

השנה היה הערבוב רדוד ולא נצפו ערכים קיצוניים של pH. לערכי pH חשיבות רבה לביריאות השונית, כיוון שסביבת חומציות (pH נמוך) פוגעת בהשקיית שלד גירני. לאחרונה עולים חששות מפני ירידת pH ועלית החומציות באוקיינוסים כחלק מהשינויים הגלובליים אשר חווה כדור הארץ, והשפעה אפשרית של מגמה כזו על שונות האלמוגים. מדידות pH הנעשות במסגרת תכנית הניטר מאז אוקטובר 2006 לא ניתן לאבחן מגמה כזו.

אלקליניות

האלקליניות היא ממד לסך החומצות החלשות במים והתהליכים העשויים להשפיע עליה הם תהליכי איזוי ומיהול (מלחות), ותהליכי השקעה/המסה של קלציום-קרבונט. שינויים במלחות הינם קטנים ביותר ותהליכי השקעת קלציום-קרבונט צפויים להיות קטנים במים פתוחים. על כן לא צפויים שינויים קיצוניים בערכי אלקליניות מי הים.

השנה נמדדו הפרשי אלקליניות בין התוצאות במספר חדשים, אך ההבדל הבולט הוא מזידת אלקליניות גבוהה יותר בתחנת "החוף הצפוני" בחודש אוקטובר (3) [meq/kg] 2.559, אירג (3). בתחנת הים הפתוח, כמו גם ברוב שאר התחנות, נמדדוה בחודש זה אלקליניות של [meq/kg] 2.503 בלבד. דגימות המים בחודש זה נלקחו יומי לאחר סופת גשמי שגרמה לכנית נגר לים. אלקליניות גבוהה וריכוזי נוטריינטים גבוהים מאפיינים את דוגמת המים מהחוף הצפוני ביום זה (25 באוקטובר 2015). גם בשנים קודמות נמדדוה לעתים אלקליניות גבוהה במיוחד בתחנות הצפוניות, אולם ערך זה הוא הגובה ביותר שנמדד עד כה בתכנית הניטור. בשנות הניטור לא ניתן לאבחן מחוזיות סדרה בערכי האלקליניות, או בניית ברורה בין התוצאות. מגמת עלייה אשר הסתמנתה בשנים 5-2004 לא נשכה בשנת 2006, ומماז שנת 2007 ערכיו האלקליניות די יציבים.



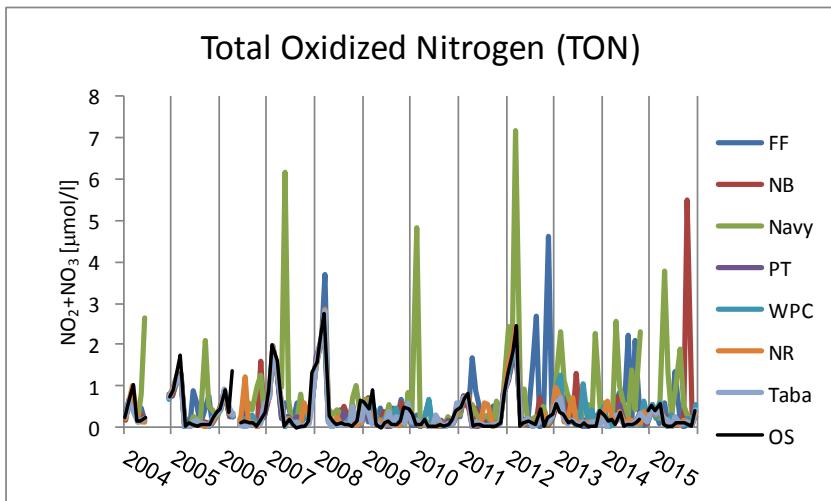
איור ג3: אלקליניות בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

Figure C3: Monthly alkalinity at the coastal water sampling stations since 2004.

חנקן אנאורGANI מוחומצן ($\text{TON} = \text{NO}_3 + \text{NO}_2$)
המחזר השנתי של ריבונו חנקן אנאורGANI מוחומצן נשלט גם הוא על ידי מהזור הערבוב של עמודה המים. חודשי הקיץ, בהם עמודה המים משוכבת, נחשבים לתקופה "אוליגוטרופית", בה השכבה הפוטית (שכבות המים העליונה) ענייה בנוטריינטים מכיוון שהנוטריינטים בה נצרכו, ואין ערבוב בין מי השטה (העוניים בנוטריינטים) למי העמוק (שם מוצברים נוטריינטים). ערבוב עמודה המים בחורף מביא להעשרה מי השטה בחנקן שמקורו בימים העומקים. לפיכך ערכי חנקן אנאורGANI מוחומצן נמוכים מאד בחודשי הקיץ וגובהים יותר בחודשי החורף. בקיץ זמינות החנקן מהוות גורם מגביל לגידול אצות, ואספクトו – אם מקור היצוני ואם ממי העמוק בתקופת הערבוב – גורמת לפריחתן. פריחת אצות ממושכת ואו אינטנסיבית עשויה לפגוע בשונית.

ריכזו החנקן הגבוה בים העומק היה השנה $1/\text{mol m}^3$ 0.558 בחודש מרץ, אפיקני לתקופת החורף לשנים של ערבוב רדוד (איור ג4). עם זאת נמדדו השנה מדי פעם ריכוזי חנקן גבוהים בתחנות החופיות "חיל הים/מרידיאן" והתחנה למניין זיהום ים. אך החריגת הגדולה ביותר, גם בחנקן, נמדדוה בחודש אוקטובר בתחנת החוף הצפוני $1/\text{mol m}^3$ 5.518. ערך זה, כאמור משקף כניסה מי נגר לים בעקבות סופת גשמי.

הריכוזים החריגים בתחנת חיל הים/מרידיאן הינם תופעה כמעט קבועה בשנים האחרונות. מאז 2012 נמדדדים ריכוזי חנקן חריגים מספר פעמים בשנה, בעיקר בתחנה זו אך גם בתחנות צפוניות אחרות.



איור ג: מדידות ניטריט + ניטראט (TON) חודשיות בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

Figure C4: Monthly concentrations of total oxidized nitrogen (TON) at the coastal water sampling stations since 2004.

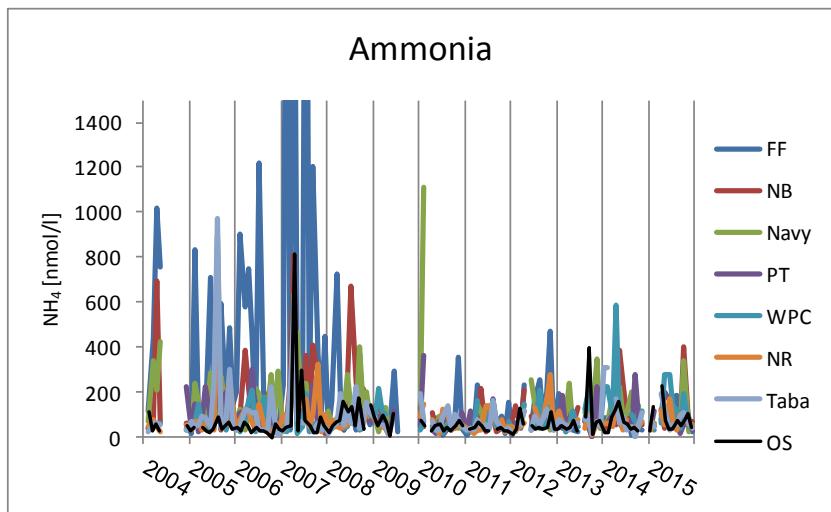
אמוניה (NH_4)

קשה לigma אשר מקורם בבלאי מתמשך של בקבוקי דיגום גרמו לכך שבתקופה מסוימת הועברו מים מבקבוקי הדיגום לכלי המבגדה בזמן הפלגה. תהליך זה גרם לעיתם' ליזוחם של דוגמאות האمونיה, אשר מדידתם רגילה ביותר, ועקב בכך מרבית המדידות אשר נערכו לא עמדו ב מבחן בדיקות האיכות ואינם מובאים להלן. תכנית הניטור דכשה בשנת 2009 בקבוקי דיגום (Go-Flo) נספים על מנת להבטיח איכות המדידות. נראה כי המדידות נקבעו יותר מאשר תחילת השימוש בציוד החדש.

האמוניה היא צורת חנקן זミנה מאד ונוצרת במהלך פעילותם של ידי פיטופלנקטון וחידקים, ועל כן ריכוזה בים (ובפרט בתנאים אוליגוטרופיים) צפוי להיות נמוך ביותר. ריכוזי אмонיה גבוהים מעודדים גידול אצות העשוויות לפגוע בשונית. מכיוון שהאמוניה נוצרת במהלך פעילותם של ידי פיטופלנקטון, נוכחות אمونיה במים מעידה על מקור העשרה מקומי.

גם השנה נמדד בתחנות חופיות רבות ערכיו אמונייה גבוהים מאשר בתחנת הים הפתוח, אך עצמת ההריגת נמוכה בהרבה מדידות השנים הקודמות ל-2008. יחד עם זאת נראה כי בשנים 2013-15 משוערת הערכים של מדידות אמונייה בתחנות השונות גדולות מאשר בשנים 2009-2012 (איור ג5).

ריכוז אמונייה הגבוה ביותר אשר נמדד השנה הוא 1 nmol/l – בחודש אוקטובר בתחנת החוף הצפוני. בחודש זה נמדד ריכוז אמונייה גבוהה גם בתחנת "חיל הים/מרידיין". בשנה הקודמת היה הערך המרבי שנמדד 1 nmol/l, בתhana למניעת זיהום ים (WPC).



איך ג'5: ריכוזי אמונייה (NH_4) בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

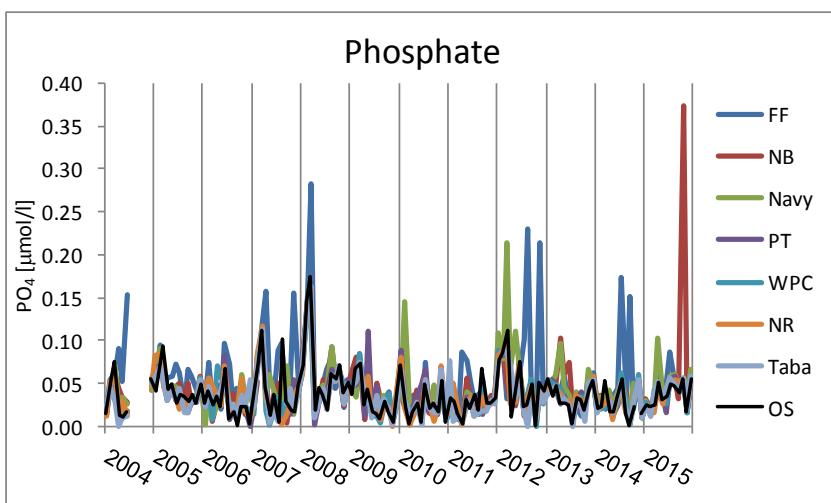
Figure C5: Monthly concentrations of ammonia (NH_4) at the coastal water sampling stations since 2004.

fosfat (PO_4^{3-})

ריכוזי פוסfat בתחנות החופיות ובים הפתוח מראים מהזוריות שנתית חלשה של ערכיהם נוכחים יחסית בחורף ונמוכים בקיץ. הפוסfat גם הוא נוטרינט חשוב לצרונות ראשונית, ועל כן ריכוזו בפני הים בקיץ נמור עקב צריכה בתהליכי הפוטוסינטזה. בחורף ריכוזו עולה עקב ערבוב מי השטח עם מי עומק עשירים בנוטריניטים. ריכוזי פוסfat מקומיים גבוהים באפנ חרג בתחנות החופיות עשויים להצביע על העשרה מקומית בנוטריניטים.

השנה, עקב הערבוב הרדוף היו ריכוזי הפוסfat בים העמוק וברוב התחנות נמוכים. אולם גם בפוסfat נמדד הריגות בתחנות הצפוניות ובפרט החrigה של החדש אוקטובר בתחנת הים הצפוני (איך ג'6).

הרכיב המרבי שנמדד שם היה הגובה ביותר ביחס לשנתו שמדד על ידי תכנית הניטור 1/ $\mu\text{mol}/\text{l}$, גובה בסדר גודל מהרכיבים אשר נמדד דבשנה בשאר התחנות, וכפול מהרכיב המרבי אשר נמדד בים הפתוח היה 1/ $\mu\text{mol}/\text{l}$ (שגם הוא ערך חרג המשוויל לשיטפונות). הרכיב הגבוה ביותר ביחס לשנתו אשר נמדד בים הפתוח היה 1/ $\mu\text{mol}/\text{l}$ גם ביחס אוקטובר, ערך דומה לזה של השנים האחרונות וכמחצית הרכיב שנמדד בשנת 2012 בה הייתה ערבות عمוק.



איך ג'6: ריכוזי פוסfat (PO_4) בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

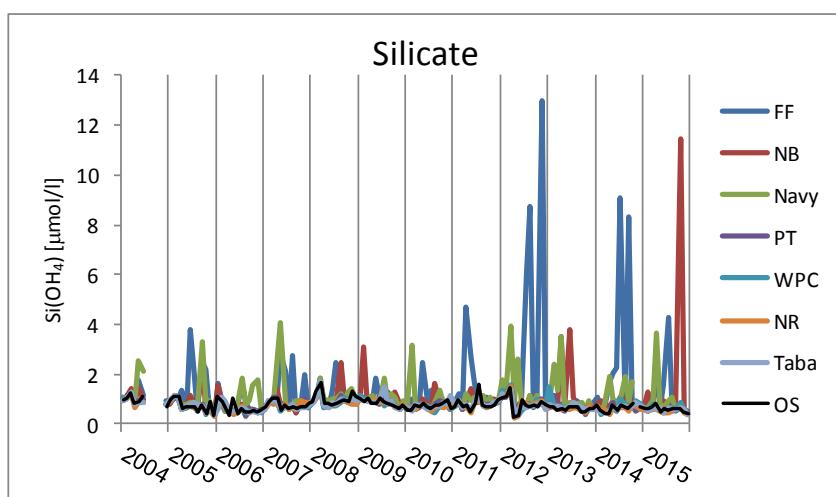
Figure C6: Phosphate concentrations (PO_4) at coastal-water sampling stations since 2004.

סיליקה (Si(OH)_4)

סיליקה היא רכיב מומס המשמש בהשקיות של צורני במגוון גודל של פיטו/זואו-פלנקטון (דוגמת דיאטומאות) בעמודת המים. בהתאם לכך הסיליקה נוצרת במי השטה על ידי יצורים אלה וריכוזה נמור במיוחד בקיז' וגובהה מעט יותר בחורף עם ערבוב מי השטה במי עומק עשירים יותר. היצורים המשקיעים שלד סיליקתי זוקקים לסביבה עתירת נוטריינטים ועל מציאותם מסמנת חריגה מהמצט האוליגוטרופי וסילוק הסיליקה מרמז על השקעת שלדים סיליקתים.

רכיבוי הסיליקה בים הפתוח היו נומכים לאורך כל השנה עקב הערבוב הרדוד, עם הערך הגבוה ביותר 1 mol m^{-3} , בחודש אפריל, בדומה לשנה הקודמת (איור ג'7). על רקע התבנית הטבעית זו בולטות גם כאן החריגות בריכוזי הסיליקה אשר זהה גם בריכוזי הנוטריינטים האחרים: בחודש אפריל בתחנת חיל הים ובחופים יוני וויל בתחנת כלבי הדגים. גם בריכוזו הסיליקה הערך הגבוה ביותר שנמדד היה בחודש אוקטובר בתחנת החוף הצפוני: 1 mol m^{-3} .

הרכיבים הגבוהים באופן חריג מוצבים על כניסה מים זרים לים בתחנות אלה.



איור ג'7: ריכוזי סיליקה (Si(OH)_4) בתחנות הדיגום החופי מאז 2004.

Figure C7: Monthly concentrations of silicate (Si(OH)_4) at the coastal water sampling stations since 2004.

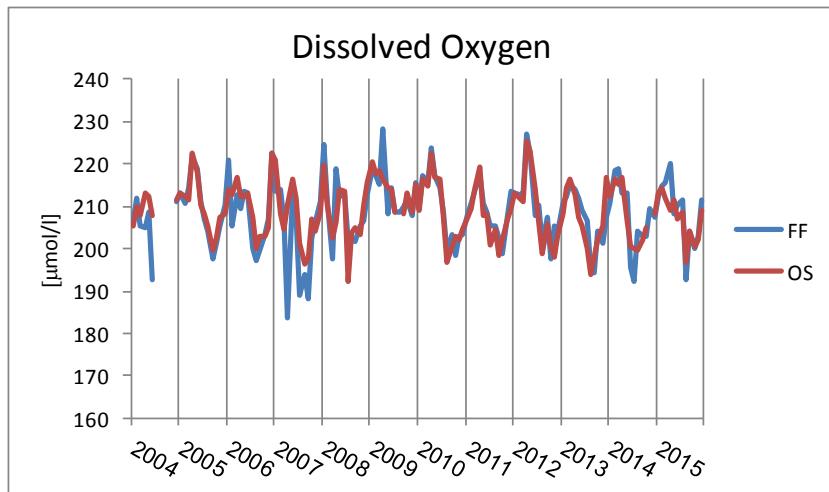
המצן מומס

המצן מומס נמדד בשתי תחנות, בתחנת "כלבי הדגים" שבחוף הצפוני ובתחנת הים הפתוח. ריכוז החמצן המומס עולה בחודשי האביב, וירד בקייז-סתיו. שני גורמים צפויים להשפיע על ריכוז החמצן המומס: טמפרטורה ותהליכי הנשימה/פוטוסינטזה. בטמפרטורה נמוכה עולה מסיסות החמצן ורכיבוי החמצן במים צפוי לעלות. תהליכי נשימה במים צורכים חמצן, ואילו תהליכי פוטוסינטזה עושים לשחרר חמצן למים. ריכוזי החמצן הגבוהים בסוף החורף-אביב עשויות לנבוע הן מהטמפרטורה הנמוכה בפני הים והן עקב עלייה בפעילויות פוטוסינטטיות בתקופה זו (ראה מדדיות קלורופיל *a* למטה). דינמיות של שינויים בריכוזי החמצן עשויה להצביע על מחזוריים של פריחות פיטופלנקטון וקריסתן. לא צפויים להיות הבדלים למרחב (בין התחנות השונות) בריכוז החמצן המומס.

משרעת הרכיבים של החמצן מומס בתחנת הים הפתוח נעה בשנה בין 1 mol m^{-3} בchodש פברואר ל- 1 mol m^{-3} באוגוסט, מעט נמור בהשוואה לשנה הקודמת. אלה ריכוזים אופייניים לשנים בהן הערבוב רדוד ובסק הכל אין הבדלים גדולים בריכוזי החמצן המומס ביום האחרוןות (איור ג'8).

שיאים של ריכוז גובה נמדד בשנים 2007, 2008, 2012, 2012 בהן היה הערבוב عمוק.

בתחנת כלבי הדגים נמדד ריכוזים קיצוניים של 1 mol m^{-3} בchodש אפריל ו- 1 mol m^{-3} באוגוסט, גם כן בדומה לשנה הקודמת. הערך הנמור בקייז מצביע, ככל הנראה, על צריכת החמצן מוגברת בפעילויות נשימה או על החמצן חומר אורגני שיוכן כי מקורו בManagedObject הulant הקינט הסמור לתחנה.



איור ג:8: החזון מומס בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

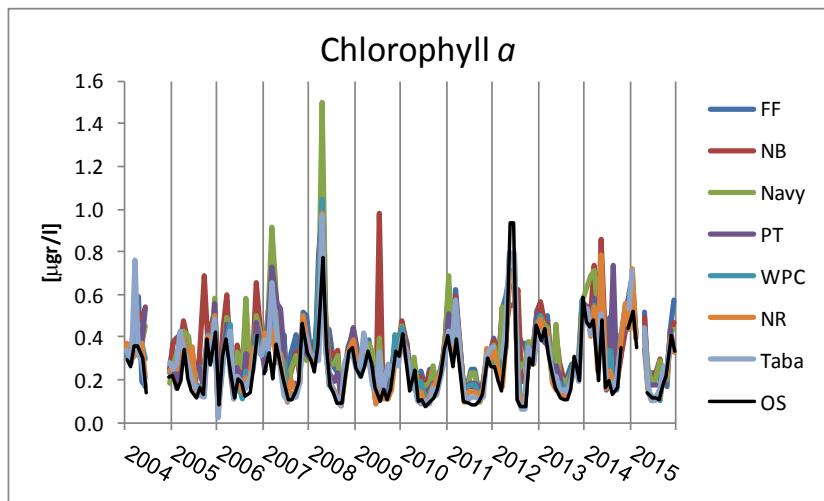
Figure C8: Monthly concentrations of dissolved oxygen at the coastal water sampling stations since 2004.

בלורופיל a

ריכוזו של קלורופיל a קשור ישירות למחוז הערבות השנתי, המספק חומר מזון ויוצר פריחות פיטופלנקטון בחודשי האביב. בדרך כלל נמדדים ריכוזים נמוכים יותר בתחום הפתוח ובחנות הדרומיות, ובגובהים יחסית בתחום הצפוניות.

ריכוזו של קלורופיל a משמש ממד לצפיפות הפיטופלנקטון במי השטח ועל כן בעל אופי מקומי יותר מריכוזי התרכובות המומסות (הן בזמן והן במרחב). בימים אוליגוטרופיים (=עניים בחומר מזון) מוגבלת כמות האצות על ידי זמינות נוטריינטים, אך, אספקת נוטריינטים עשויה לגרום לפריחה מקומית של אצות. עליית ריכוז הכלורופיל בחודשי החורף והאביב נובעת מערבוב מי השטח עם מי עומק עשירים בנוטריינטים. יש לזכור כי כלורופיל a אינו ממד ישיר לריכוז נוטריינטים ואף לא לצרונת ראשונית, כיוון שריכוז אצות בים עשוי להיות בעל אופי כתמי, ומושפע גם מתהליכים רגעיים, ומהבדלים פיזיולוגיים בפייטופלנקטון.

השנה ריכוזי כלורופיל ברוב התחנות החופיות דומות לרכיבים שנמדדו בים הפתוח (איור ג9). ריכוז הכלורופיל הנמוך ביותר, $0.10 \mu\text{g}/\text{l}$, נמדד בתחנה למניעת זיהום ים בחודש אוגוסט והגובה ביותר, $0.72 \mu\text{g}/\text{l}$, נמדד בחודש ינואר בשמרות האלמוגים. בתחום החוף הצפוני וחיל הים/מרידיאן נמדד בחודש אוגוסט ריכוזי כלורופיל גובהים מאשר בים העמוק, אולם ההבדל אינו מעיד על פריחה גדולה. בכל השנים, מאז תחילת הניטור ב-2004, נמדדנו מדי פעם ערכים גבוהים בתחום שונות, המצביעים על פריחת פיטופלנקטון. בשנים האחרונות בהן היו "פריחות אביב" חלשות, התקבלו לעיתים מודדות גבהות בתחום בודדות. במדידות הקודומות לשנת 2008 נמצאו ריכוזים גבוהים המצביעים על פריחות אצות תדירות יותר מאשר בשנים האחרונות, והרכיבים שנמדדו אז היו בדרך כלל גבוהים יותר. בשנת הקודמת (2014), אולי בעקבות סדרת שיטפונות, תבנית ריכוזי הכלורופיל מזכירה את המצב בתקופה ההיא, עם חריגות רבות בתחום החופיות.



איור ג: ריכוז כלורופיל *a* בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

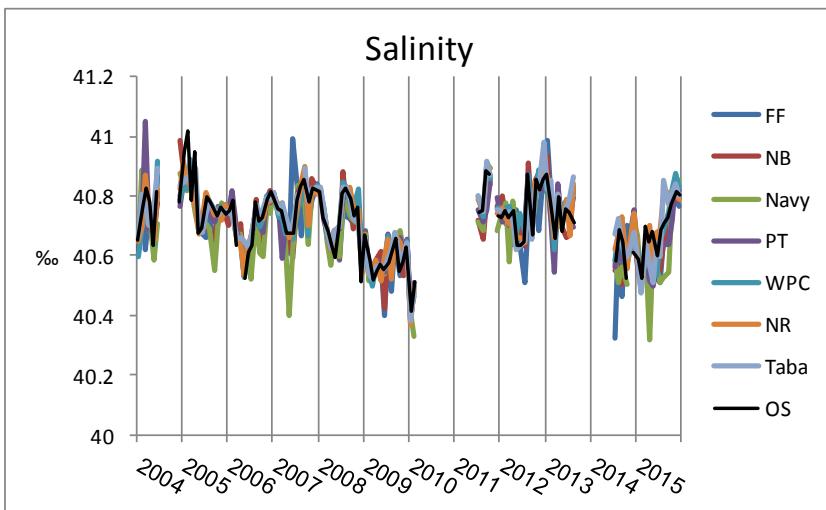
Figure C9: Monthly concentrations of chlorophyll *a* at the coastal water sampling stations since 2004.

מדדים פיסיקליים

מלחיות

[החל מפברואר 2010 אובחנה נدية חיקת של תוצאות מדידות המלחיות במד המלחיות במעבדה. התוצאות החשודות אינן מוצנuta, והחל מחודש יולי 2011 מוצגות מדידות אשר נעשות במד מליחות חדש שרכשה התקנית בשיתוף עם המכון הבינלאומי בריטאי. מדידות המלחיות במכשור החדש עברו בדיקות וכיולימם לפניה שצורתו לרישום המלחיות ארוך הטווה אשר מבצעת תכנית הניטור. חוסרים בנומינס נובעים מתקלות אנגלטיות (אוגוסט 2013 וiology 2014)].

מלחיות הים העמוק מראה מהזוריות של ערבים נומוכים יחסית בחודשי החורף ובveroים יותר בחודשי הקיץ (איור ג10). סבב מדידות אלה ישנו "רעש" גדול בתחום החופיות הנובע משינויים מקומיים ותחלופה מוגבלת באזורי הרדוודים. הערך הנמוך ביותר בים הפתוח נמדד בחודש פברואר (40.523%) והגבוה ביותר נמדד בנובמבר (40.814%). המלחיות הנמוכה ביותר השנה נמדדה בתחנת חיל הים/מרידיין בחודש אפריל: 40.318%. המלחיות הגבוהה תואמת את מדידות הים העמוק, אך הנמוכה מעידה בבירור על זיהום ים: 40.877%. המלחיות הגבוהה תואמת את מדידות הים העמוק, אך הנמוכה מעידה בבירור על כניסה מים זרים לתחנת חיל הים/מרידיין כפי שניכר גם מדידות הנוטריינטים. המדידות הקיימות – בחודש אוגוסט – נומוכות מעט מערבי השנתיים האחרון ודוומות למדידות מהשנים 2009-10 (איור ג10). המלחיות הנמוכה ביותר נמדדה בתחנת כלובי הדגים בחודש יולי (40.32%). מלחיות זו נומוכה משמעותית מכל שאר התוצאות בחודש זה ועשוייה להצביע על מהילת מי הים במים מקור יבשתי שנכנסו, אולי, בסמוך לתחנה זו.



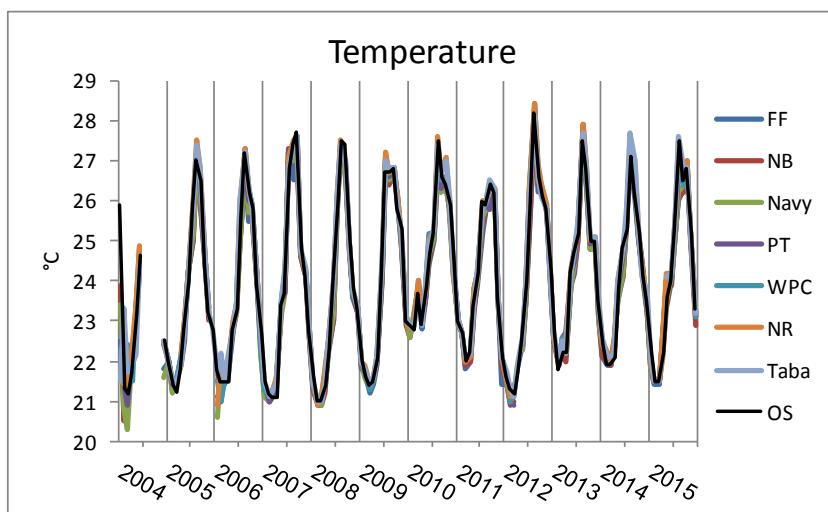
איור ג10: מדידות מליחות בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004. מרוחקים נתונים נזובים מתקלעות במכשיר המדידה.

Figure C10: Salinity at the coastal water sampling stations since 2004. Gaps in the data reflect failure of the analytical instrument.

טמפרטורה

טמפרטורת מי השטח מראה מהJOR עונתי מובהק של ערכים נמנוכים בחודשי החורף וערכים גבוהים בקיץ. הטמפרטורה אשר נמדדה כל השנה בתחנות החופיות דומה לטמפרטורת הים הפתוחה, ובחורף הייתה מעט נמוכה לשנתיהם האחרונות (איור ג11). הטמפרטורה הנמוכה ביותר השנה הייתה 21.4°C בחודשים פברואר ומרץ בתחנת "כלובי הדגים" (בשנתיהם האחרון נמדד 21.9°C). הטמפרטורה המרבית השנה הייתה 27.6°C בחודש אוגוסט בטאבה. הטמפרטורה המרבית שנמדדה לאורך החופים במסגרת הניטור הייתה 28.4°C , בקייז, 2012.

[מדידות הטמפרטורה בחורף 2004 משתרעות על טווח של למעלה משתי מעלות באותו בוקר. למרות שהבדלי טמפרטורה מקומיים עשויים לשמש עדות לניפוימים שונים, או הזרמת מים מהחוף אל הים, המשרעת הגדולה יותר לאחר חודש והעדר תבנית מרחבית מעמידה בספק את אמינות המדידות בתחום (באותה תקופה נעשה שימוש במיד טמפרטורה דיגיטלי אשר הוחלף במידה חום כספית מדויק).]



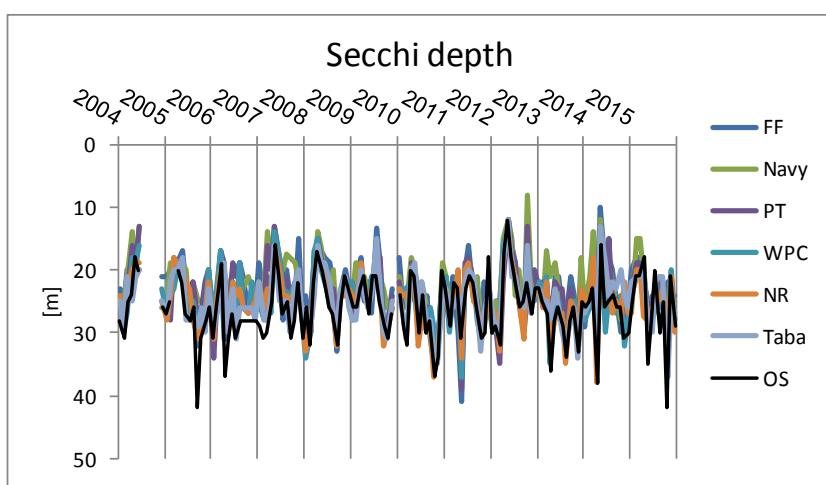
איור ג11: מדידות טמפרטורה בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

עכירות

הערכת עכירות הים נעשית לפי מדידת "עומק סקי" (Secchi), שיטה בה הדיק אינו גבוה בהיותה מושפעת גם מגורמים כגון מצב הים (היינו, שבירת אור על פני המים בים גל), זווית השמש, והערכתה סובייקטיבית של המודד. גורמים אלה גם עשויים לצור הפרשים גדולים יחסית של ערכיהם בין תחנות. יחד עם זאת המדידה פשוטה, זמינה, ונעשית מזה שנתי רבות בכל העולם.

עומק הסקי גדול בסוף הקיץ (= מים צלולים יחסית) ונמוך יותר באביב. המחזור השנתי של שינוי בעומק סקי (המהווה ממד לצלילות המים) נובע בעיקר ממחוזר הערבוב אשר גורם לפריחת אצות ועליה בעכירות. אולם עכירות הים בקרבת החוף מושפעת גם מגורמים נוספים אשר גורם לקרקעית הים ומשטר זרמים וגלים העשויים לגרום להרחקת סדימנט, תוספת מים בעלי עכירות גבוהה מהחוף, תוספת חומר חלקי לים, או פריחת אצות מקומיות הנובעת מהתנאים הבוטניים. העכירות האבוגה יחסית הנמדדת ליעיתים קרובות בתחנות הצפוניות עשויה לנבוע מכל אחד מגורמים אלה.

השנה נמדד בים הפתוח עומק מזערי של 18 מ' בחודש אפריל (אייר ג' 2012), דומה לזה של השנה הקודמת (16 מ'). העומק המרבי בים הפתוח נמדד השנה בחודש אוקטובר, 42 מ'. עומק הסקי הקטן ביותר, 15 מ', נמדד השנה בתחנת חיל הים/מרידיין בחודשים פברואר ומרץ.



.אייר ג' 12: מדידות עכירות (עומק סקי) בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004

Figure C11: Secchi depth measurements at the coastal water sampling stations since 2004.

ערכי רוב המדדים במיל השטח גבוהים יותר בחודשי החורף מאשר בקיץ. התהיליך השולט ברוב המדדים הכימיים, הפיסיקליים והביולוגיים הנמדדים בוחנות הניטר החויפות הוא מזוזר הערבוב השנתי. מזוזר זה נשלט על ידי קירור וחימום מי השטח, אשר להם מחזוריות עונתית ברורה. בעונת החורף טמפרטורת מי השטח דומה לטמפרטורה בעומק, ונוצר גוף מים אחד במאות המטרים העליונים במפרץ. מים חמימים בפני הים בקיין יוצרים שכוב תרמי המפריד את עמודת המים לימי שטח ולמי עומק אשר מעבר החומר ביניהם מועט. בנוסף למזהור השנתי הטבעי הזה, נראה כי למי החופים חזרים לעיתים ויזומיים מזוזרים חיצוניים אשר משנים את הרכבם. שינויים אלה נמדדים לרוב רק בקרבת מקור הזרם, או במורד הזורם ממנו. מיהול וערובוב ייעלים יותר בחודשי החורף בהם גוף המים העליונים גדול יותר, ועל כן קשה יותר להזות זיזומיים בחורף. בקיין לעומת זאת עשויה להפתחה גם תרומוקלינה יומית אשר מבודדת את המטרים העליונים של מי השטח משאר המים העליונים. המיהול המוגבל במקורה שכזה עלול להביא לכך שזיזום כלשהו בפני השטח יביא לריכוזים גבוהים במיוחד של החומר המזוזר בפני המים. עבור המדידות החויפות, ריכוזים המוגדרים כחריגים הם ככל הションים ממשמעותית מהריכוזים הנמדדים בוחנות האחרונות, ובפרט בוחנות הים הפתוח אשר עברורה מקור זיזום מקומי אינו סביר, ואם היה זה, המיהילה שם הרבה יותר מאשר בקרבת החוף.

בשנים האחרונות, על אף קירור מוקדם של עמודת המים בתחילת החורף, התהיליך נעצר ועומק הערבוב קטן. מאז שנת 2012 עומק הערבוב נע בין 250 ל-300 מטרים בלבד. לעומת זאת משיפה על ריכוזי הנוטריינטים הנמדדים בחודשי החורף (נמנוכים) ועל עצמת פריחות פיטופלנקטון בסוף החורף (קטנה).

ערובוב עמודת המים הוא הגורם העיקרי המשפיע על הדינמיקה המזוזרית של רוב המשטנים הנמדדים לאורך החוף. כתוצאה מהערובוב הרדזוד השנה היו רוב הערכחים הנמדדים במיל החופים משך כל החודשים, ועל רקע זה בלטו ערכחים חריגים אשר נמדדו בחודש אוקטובר בוחנות החוף הצפוני וקשריהם – ככל הנראה – לאירועי גשם וזרימת נגר אל הים. מלבד אירוע זה נמצאו ריכוזי נוטריינטים גבוהים בעיקר בוחנת חיל הים/מרידיאן בחודש אפריל או נמדדוה שם גם מליחות נמוכה המעידת על מיהול מים "זרים" במיל הים.

אירועי העשרה מקומיים היו תדיירים יותר בשנים שלפני 2007, ולאחר כך נפתחה ירידיה בתדרותם ועצמתם. בשנים האחרונות אנו שוב עדים לעליה במספר ועצמת "החריגים" בוחנות שונות, ובפרט בוחנות הצפוניות.

לאחר שבשנה הקודמת (2014) נמצאו תנודות גדולות בריכוזי הכלורופיל וריכוזים מרביים נמדדו בחודש Mai, השנה היו ריכוזי הכלורופיל בוחנות השונות דומים לריכוזי הים העמוק והתבנית הייתה צפואה. החזרה זו לתבנית הצפואה של ריכוזי הכלורופיל מצבעה על כך כי פריחות של אצות בעמודת המים בוחנות החויפות בשנה הקודמת הושפעו מכניסה מי חופים לים בסדרת שיטפונות שאירעו בסוף החורף – אביב של שנת 2014.

ג.2. טיפולים ומחלות בדגים לאורך חיים אילית

מטרה

סקר מחלות וטיפולים בדגי חוף נועד להזות ולכמת גורמי פגיעה עיקריים בדגים, ולבצע מעקב אחר מצוי המחלות והטיפולים לאורך זמן. מצוי הטיפולים הטרופוקסנים משמש כמדד לבריאות המערכת בהיותם מאוכסנים על ידי מיניהם אחרים במהלך חייהם. ירידה בשיפעת מיני הטיפולים הטרופוקסנים העשויה להיעד על פגיעה באחד או יותר מבתי הגידול או המאכסנים הנחוצים להשלמת מחזור החיים. בנוסף לכך, נבדקים טחולו'ו אתם הדגים ומουרכת מידת נגיעותם בפטוגנים.

שיטות

הסקר מבוצע על ידי תכנית הניטור בהדריכת פרופ' אריך דיאמנט מהיא"ל-מלחה"י (חקר ימים ואגמים – המרכז הלאומי לחקלאות ימית).

במפרץ אילית ישנן ארבעה מינים של דגי סיקן, ומתחום נבחר המין *Siganus rivulatus* (סיקן משושיש) כמודל למצב המערכת האקולוגית בהקשרם של טיפולים גיגים מבהינות עשר המינים, שכיחותם ועוצמת הנגיעות של טיפולים בעלי מחזור חיים הטרופוקסני (מחזור החיים המורכב מספר של מאכסנים שונים). מין זה שימש בעבר למטרות דומות (למשל, Dzikowski *et al.*, 1999; Diamant *et al.*, 2003 *al.*, 2003) וקיים מידע רב על פאונת הטיפולים המתקיימת בו. בנוסף לכך, מין זה נפוץ מאד וחוי בלהקות גדולות כך שניתן לכלוד פרטם ממנו בקלות יחסית.

דגי בר מהסוג סיקן נתפסים חיים על ידי צוללים באזורי החוף הדרומי של אילית (המכון הבינלאומי/שמורת חוף אלמוג). תפיסת הדגים נעשית בשעות הלילה בעוזרת רשות ים. הדגים מוחזקים חיים במיכל מי ים עד לנתחתם (לא יותר מיממה אחת) לצורך בדיקת טיפולים. הבדיקה כוללת נתיחה לזריזוי וכימות שכיחות ועוצמת הנגיעות של טיפולים המומקמים במערכת העיכול של הדג המאכسن. הדגים נמדדים, נשקלים ואו מנוחחים ומעיהם נבדקים בעוזרת בינווקולר, ונעשית ספירה של הטיפולים. בנוסף לכך נלקחות דגימות טחול לצורך בדיקה היסטולוגית במעבדות מלחה"י באילת. במסגרת הניטור נעשה מעקב אורך-טוחח אחורי שיפורעתם של טיפולים המיעים הטרופוקסנים הבאים: - מוחזור החיים של טיפולים אלה כולל לדגים גם סרטניים ודגי הסיקן מהווים להם מאכסנים סופיים. מקבוצה זו נבדקו המינים *Procamallanus elatensis* ו- *Cucullanus sigani* (*Cucul.* *Proc.*).

- קבוצת תולעים בעלי ראש נשלף קווצני, טיפולים בעלי מחזור חיים הטרופוקסני הכלול בנוסף לסיקן, על פי המשוער, גם סרטן זעיר מקבוצת האמיפיפודה. ממערכה זו נבדק המין *Sclerocollum rubrimaris* (*Scler.*). דגי הסיקן מהווים מאכסנים סופיים של מין זה. - הסיקנים הם מאכסנים סופיים למינים המתפתחים בשלבים הילרוליים ברכיכות ובנוסף כנראה גם בחסרי חוליות נספפים. מקבוצה זו נבדקו המינים *Hexangium* sp. (*Hexan.*), *Gyliauchen* sp. (*Gyliauc.*), *Opisthogonoporidae* sp. (*Opist.*) המשתנים הנבדקים לגבי מיני טיפולים אלה הם שכיחות, עשר המינים ועוצמת הנגיעות. עוקמות rarefaction לעושר המינים חושבו באמצעות תכנת EstimateS, והשווות עושר מיני הטיפולים בין השנים נעשתה בעוזרת מעריך 1 Jackknife אשר חושב גם הוא מתוך תכנת EstimateS. זו השיטה המועדףת לניתוח עושר אוכלוסיות טיפולים כאשר גודל המדגם קטן יחסית (Walther & Morand, 1998).

תוצאות

התועלות בבחינת הנגיעות טיפולים הטרופוקסנים היא שלהשלמת מחזור חיים נדרשים לטיפולים אלה מספר "מאכסנים" שונים החיים בגומחות אקולוגיות שונות, ועל כן ירידה ניכרת בנסיבות עשויה להשיב על פגיעה בגומחות אלה. אינדקס אשר פותח על ידי Diamant *et al.* (1999) בוחן את שיפעת טיפולים אלה לעומת שיפעת טיפולים שהם מחזור חיים מונוקסני, אולם מעקב אחר אלה דורש מומחיות אשר אינה קיימת ביום בתכנית הניטור. השנה נתפסו 28 דגים מהמין סיקן משושיש באזורי המכון הבינלאומי-שמורת האלמוגים (להלן SB). ספירת הטיפולים בדגים אלה מובאות בטבלה ג.

No.	location	weight (gr)	length (cm)	fork length (cm)	sex	Scler.	Parasite						date
							Gyliauc.	Proc.	Cucul.	Opist.	Hexan.		
1310151	IUI	240.5	27	7.5	ND	27							13.10.15
1310152	IUI	150.8	22.5	6.5	ND								13.10.15
1310153	IUI	199.7	25	8	ND	8		2					13.10.15
1310154	IUI	155.4	22.5	6.5	ND	1		1					13.10.15
1310155	IUI	142.7	21.5	7	ND	4		2				1	13.10.15
1310156	IUI	209.7	24.5	7.5	ND			3				1	13.10.15
511151	IUI	207.5	25.5	8.5	ND	22		3				3	5.11.15
511152	IUI	216.2	26.5	8	ND	2		1				1	5.11.15
511153	IUI	150.7	22.5	6	ND			5					5.11.15
511154	IUI	187.2	24	6.5	ND	7		1					5.11.15
611151	IUI	221.5	26	6.8	ND			3				1	5.11.15
611152	IUI	192.5	23	7	ND			3				1	5.11.15
611153	IUI	244	27.5	8.5	ND							6	5.11.15
611154	IUI	150.6	22.5	6.5	ND			1				5	5.11.15
112151	IUI	141.5	21.5	6.5	ND			1				2	30.11.15
112152	IUI	157	22	6.5	ND	6		4				3	30.11.15
112153	IUI	160	23	7.5	ND	1		1					30.11.15
112154	IUI	135.5	21.5	7	ND	7						3	30.11.15
112155	IUI	86	19	6	ND	1		1				3	30.11.15
112156	IUI	166.7	23	7.5	ND	8		1				5	30.11.15
112157	IUI	130.2	21	7	ND	1		1					30.11.15
112158	IUI	147.9	22.5	7	ND	6		4				1	30.11.15
212151	IUI	198.7	26	8.5	ND			1					30.11.15
212152	IUI	92.5	19	5.5	ND	2							30.11.15
712151	IUI	153.3	22.5		ND	1		1					7.12.15
712152	IUI	164.2	23.5		ND	3		1					7.12.15
712153	IUI	109	19.5		ND			4					7.12.15
712154		179.1	24.5			2		6				2	7.12.15

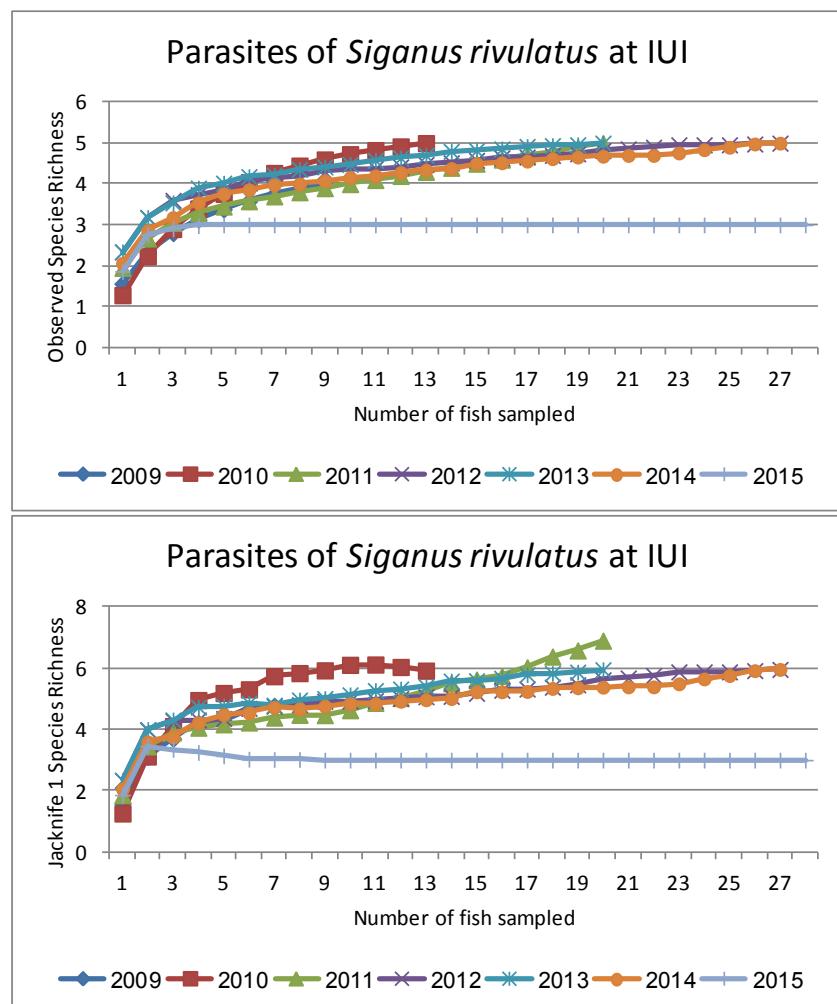
טבלה ג: הטפילים שננספו בדגי סיקן משויש אзор המכון הבינלאומי לרברסיטאי.

Table C2: Helminth parasites found in *Siganus rivulatus* sampled near the IUI.

תכנית הניטור מזוהה ששה מינים של טפילי מעיים בדגים. בכל שנה נתפס גודל מדגם שונה של דגים מאכנסים ולא בכל שנה מזוהים בו כל המינים המוכרים. השנה זהה רק שלושה מיני טפילים ב-28 דגי הסיקן המשויש אשר נתפסו מול המכון הבינלאומי לרברסיטאי (*Procamallanus*, *Sclerocollum rubrimaris*)

Opisthogonoporidae, *Cucullanus sigani*, *Gyliauchen* sp., *Hexangium* sp., *elatensis* sp. לא נמצא כלל, ואילו בשנה הקודמת נמצא הטפיל *Cucul.* בדג אחד והטפיל *Opist.* נמצא ארבעה דגים מתוך 27 דגים שנבדקו. הטפיל *Gyliauc.* נעדן מDIGI הסיכון המשויש באזורי המכון הבינלאומי בריסטיי כבר מספר שנים.

לצורך השוואת השנים נבנו עקומות צבירה (rarefaction) המראות עד כמה לוודר המדגם את עושר המינים הקיימים. מתוך עקומות אלה נראה כי השנה ירד עשור מיני הטפילים בהשוואה לשנים הקודומות (אIOR ג'13). עד כה נעדר בעיקר הטפיל *Gyliauc* מזגי הבר שבאזור המכון הבינלאומי בריסטיי, אך השנה נעדרים שלושה מינים. בשנה הקודמת נמצא הטפיל *Cucul.* רק בדג אחד והשנה לא נמצא כלל. הערכת עשור המינים "האמתית" באמצעות המעריך Jackknife 1 מראה תמונה דומה (IOR ג'13, למטה) בה עשור המינים הגדולה ביותר (7) נמצא בשנת 2011, ובשנים האחרונות עשור המינים המצוופה מגיע ל-6. השנה עשור המינים המצוופה הוא 3 בלבד.



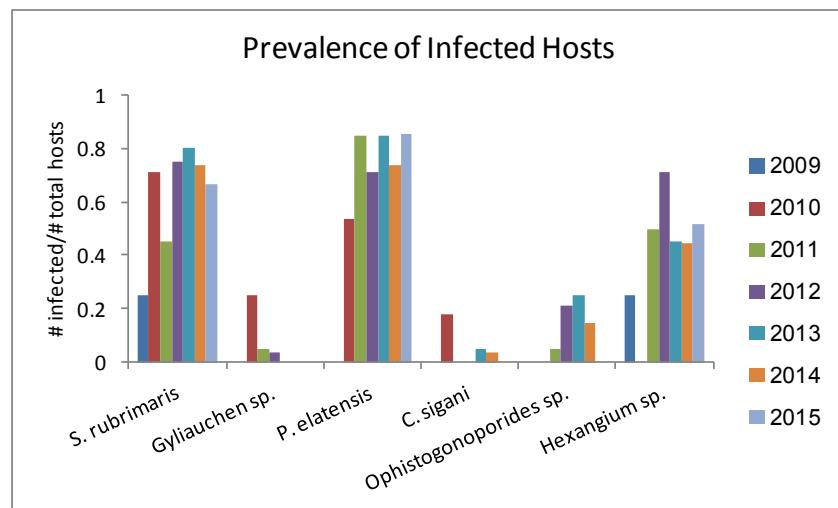
IOR ג'13: עקומות צבירה (rarefaction) של עשור מיני התולעים שנמצאו במעי דגים מהמין סיקון משויש, מחושבות בעזרת תוכנת EstimateS. לעילו: עשור המינים הנצפה, למטה עשור המינים המוערך על פיJackknife-1.

Figure C13: Rarefaction curves of *S. rivulatus* helminth parasite Species Richness calculated using the EstimateS software. Top: Observed Richness, Bottom: Estimated Jackknife-1 Richness.

בנוסף לעשור המינים, נמדדו לגבי הטפילים הנבדקים גם שכיחות ועוצמת הנגיעה וחושב מוקדם החסיבות של Janion (Bush *et al.* 1990).

שכיחות ההדבקה בטפילים השונים מוצגת באIOR ג'14. התמונה המצטנית היא של שכיחות הדבקה גבוהה יותר, בדרך כלל, בשנים האחרונות לעומת השנה הראשונה בהן נערך הניטור, אולם בעיקר בנוגע לשולשת הטפילים הנזכרים לעיל.

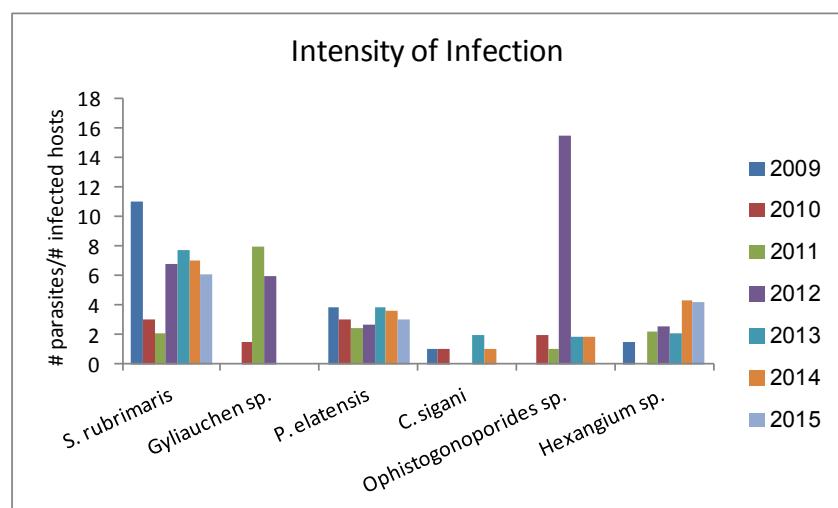
S. luridus והדיגניהה *Gyliauchen sp.*, אשר לא זוהה בשנים האחרונות, נפוץ בעיקר בדגי סיכון מהמין *P. rivulatus*, הכולל דגים מהמין *C. sigani* בלבד, מציג תמונה חלקית בלבד של הדינמייה של מין תכנית הניטור. לגבי שני הטפילים הננספים אשר לא נמצאו השנה, עדין מוקדם לקבוע מה הדיגניהה. *Gyliauchen sp.* משמעות העדרם.



αιור ג'14: שכיחות הנגיעות בששה מיני טפילי המעיים הנבדקים בדגי הסיכון המשויש.

Figure C14: Prevalence of the six gut parasite species examined in *S. rivulatus*.

בשלוש השנים האחרונות עצמת ההדבקה עבורי הטפילים *P. elatensis* ו- *S. rubrimaris* נותרה דומה, ונמצאה עליה בעצמת ההדבקה עבורי *Hexangium sp.* (αιור ג'15). כמוות הנתונים הקיימים אינה מאפשרת ל吒ח באופן עמוק את שינויו עצמת הנגיעה בטפילים הטרוקסנים בדגי הסיכון המשויש בשנים האחרונות.

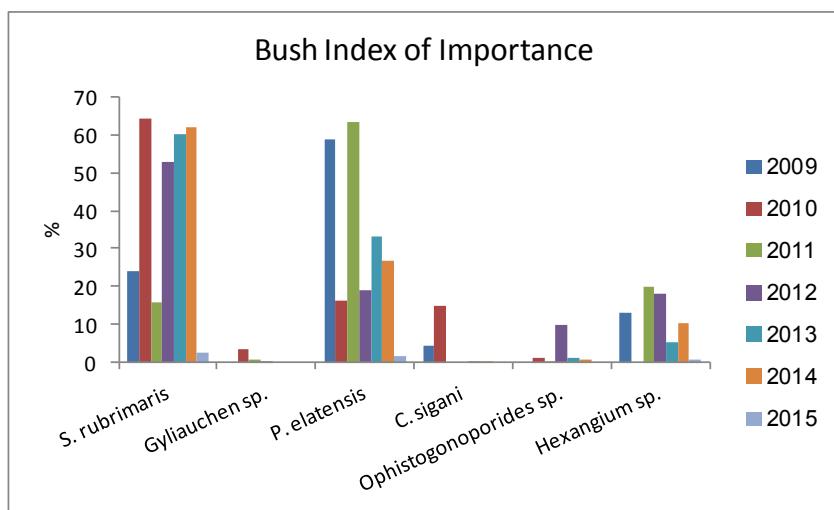


αιור ג'15: עצמת הנגעה בששה מיני טפילי המעיים הנבדקים בדגי הסיכון המשויש.

Figure C15: Intensity of infection of the six gut parasite species examined in *S. rivulatus*.

על פי אינדקס החשיבות של בוש (מדד באחוזים את תרומתו של כל טפיל על כלIFI אינדקס ההדבקה *P. elatensis*, המשקלל את מספר הטפילים על פי מספר המאכנסים הנגועים שנdagmo) הטפיל

היה מין התולעת העיקרי בשנים 2009 ו- 2011, בעוד שבשנתיים שאחר כך היה זה מין האנטווצפלה *S. rubrimaris*. השנה נמצאת ירידת דרמטית בחשיבות הבדיקה של כל הטפילים בהשוואה לשנים הקודמות (איור ג' 16).



איור ג' 16: אינדקס בוש לחשיבות הנגיעות בשישה מיני טפילי המעיים הנבדקים בדגי הסיקן המשויש.
Figure C16: Bush Index for the importance of infection of the six gut parasite species examined in *S. rivulatus*.

בשנת 1990 זוהה החידק *Mycobacterium marinum* לראשונה במפרץ אילת, בדגי לברק מכלובי הדגים, ובשנת-6 1995 הייתה שכיחות הנגיעה בו בדגי הסיקן המשויש (*Siganus rivulatus*) בחוף הדרומי 34%, ושנה לאחר מכן 66%. בחלק מהדוגמאות מתקופת כלובי הדגים נמצאה נגיעה של מעליה מאה-85% (Diamant *et al.*, 2000). דגי הסיקן רגישים במיוחד לחידק זה ומהווים אינדיקטור לנוכחותו במפרץ.

במסגרת המעקב אחר תחלואת דגי בר במפרץ מוסרת תכנית הניטור למעבדתו של פרופ' א. דיאמנט במלח"י דגימות טחול מהדגים שנחטפו באזורי המעבדה הימית (חוף דרומי) לצורכי זיהוי גרנולומות שמקורן בחידק *M. marinum*. בנוסף לכך, תומכת התכנית בתפיסת דגים מאזור החוף הצפוני ובחינת רמת הנגיעות שלהם בחידק.

בשנת 2015 העבירה תכנית הניטור למלהי" 27 דגימות טחול מדגי סיקן שנחטפו בפרק הזמן אוקטובר-דצמבר. 21 דגים נוספים שנחטפו בחוף הצפוני על ידי מלח"י בחודש אוגוסט נותרו גם הם ונלקחו דוגמאות טחול לזיהוי גרנולומות. בדוגמאות טחול של 14 מתוך 27 (52%) הדגים שנחטפו בחוף הדרומי נמצאו גרנולומות המשוירות לחידק *M. marinum*, ובשנה דגים מתוך ה-21 אשר נחטפו בחוף הצפוני נמצאו גרנולומות לחידק (*M. marinum*). (27%).

בשנה הקודמת נמצאה שכיחות גרנולומות של 38% בדגים מהמעבדה הימית. בדגים שנחטפו בשנה הקודמת בחוף הצפוני נמצאה שכיחות של 33% בחודש אוגוסט ו- 87% בדגים שנחטפו שם באוקטובר. נראה כי בין חודש אוגוסט לאוקטובר עלתה שכיחות הגרנולומות וסביר שגם קודם לכך רוב הדגים מודבקים ללא תס敏ין, אך שכיחות הגרנולומות עלתה עם הזמן כתוצאה מההתפתחות תס敏ינים ובדגים שנחטפים מאוחר (אוק-דצ') סיורי גובה יותר לזרות גרנולומות.

מהתוצאות עולה כי החידק *M. marinum* עודנו נפוץ בצפון המפרץ, נראה כי בשנים האחרונות שכיחותו יורדת בהשוואה לתקופת כלובי הדגים. ניתן שהירידה נובעת מפייזור גדול יותר של להקות דגי הבר, אשר בתקופת כלובי הדגים היו מרוכזות סביבן וחשופות להדבקה הן מהדגים הכלואים והן בין לבין עצמן.

ג.3. קרקעית חולית במים רדודים – אפיון החי בסדימנט

מטרה

סקר הקרקעית החולית, אפיון המצע וחברת החיה בו, נועדה לזהות שינויים העשויים להזיבע על שניוי בתנאי הסביבה.

שיטות

דוגמאות סדימנט מקרקעית רכה נלקחו בשני אתרים בעומק של כ-20 מטרים, בחוף הצפוני נוגמת נקודה מול חוף הדתים, מזרחית למוצא תעלת הקינט (נ"צ: N^o 32.491 E^o 58.362, N^o 29°, E^o 34°) ובוחוף הדромי מול כפר האצללים (נ"צ בכניסה למים: N^o 29.966 E^o 54.866, N^o 29°, E^o 34°).

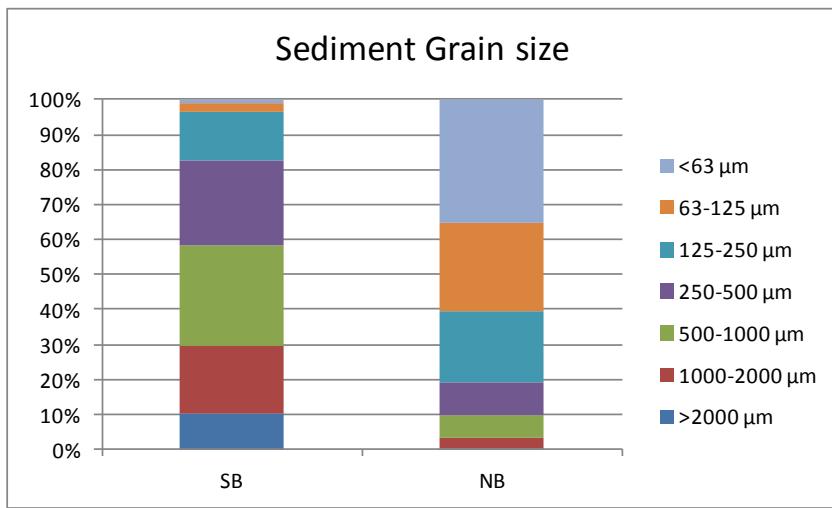
דוגמאות סדימנט נלקחו באמצעות 3 כוסיות ייעודיות בקוטר 10 ס"מ ואורך 8 ס"מ לקבלת נפה קבוע, עם חיפוי רשת בגודל 100 מיקרו-מטר בצד אחד ומכסים משנה הגדלים המאפשרים סגירה הרטמית של הדוגמה. עבור מיוון וספירת פורמינגיפה נלקחו דוגמאות נפרדות ונספרו 2 הס"מ העליונים של כל גלעין עקב מספרם הגדל בסדימנט. עבור שאר בע"ח שכני הסדימנט נספרו חמשה הס"מ העליונים של כל גלען. לאחר האיסוף נשמרו הדוגמאות בקרור עד לטיפול ומיוון. סדימנט לצורך חלוקה לגדלי גרגר נגם באמצעות שלושה גלעינים בעלי קוורט של 3.7 ס"מ ובאורך 10 ס"מ.

הטיפול בדוגמאות לצורך מיוון וספירת פורמינגיפה בנתונים נשמר באתנול ורוזבנגאל (2 גרם\ליליטר) ב pH של 8.2 במשך יממה, שטיפה במילר נפות (250-500 מיקרומטר), והדגרה של פרקציות הגדל באתנול (70%) עם רוזבנגאל (rosebengal, 1 גרם\ליליטר) במשך 24 שעות. את הדוגמה שוטפים במים ומשיכים לתמיסת אתנול (70%). מיוון הפאוניה נעשה תחת בינוקולר והפרטים הממיינים נשמרים באתנול 70%.

הסדימנט המיועד למיוון וספירת פורמינגיפה בנתונים נשמר באתנול ורוזבנגאל (2 גרם\ליליטר) למשך 14 יום ואנו נשטפות הדוגמאות דרך נפות (125, 250, 500 מיקרומטר) ומובילות על גבי פילטרים במשך יממה. כל פרקציה גודל מעורבתת לקבלת איזוטו, ונלקחות ממנה שלוש תת-דגימות באמצעות מבחנת אנדורה. כל תת-דגימה ממונת בנפרד תחת הבינוקולר (במידה ונמצאים פחות מ-300 פרטים בכל דוגמה, יילקחו תת-דגימות נוספת נספנות עד להשלמת המכסה). את הסדימנט מהגלאנים למדידת התפלגות גגלי גרגר מייבשים בטמפרטורה של 100 מעלות במשך 24 שעות. הדוגמאות היבשות נשקלות ואנו נשטפות דרך נפה של 63 מיקרומטר על מנת לסלק את הפרקציה הדקה (חרסית). לאחר ייבוש נוסף הדוגמאות נשקלות שוב ואנו מועברות לשיקר עם סט נפות בגדים של 2000, 1000, 500, 250, 125, 50 מילימטר במשך 10 דקות. כל פרקציה גודל נשקלת בנפרד ואחזר המשקל המקורי שלו מחושב מתוך הסך-הכל.

מוצאות ראשונות:

שני האתרים הנבחנים, בחוף הצפוני ובוחוף הדромי, בעלי מאפיינים פיסיוגרפים שונים. אתר החוף הצפוני בעל שיפוע קרקעית מתון וחשיפה גדולה לכיסת מים יבשתיים, אם באירועי שיטפונות או דרך תעלת הקינט. הקרקעית החולית מאופיינת בהרבה חומר מומצא יבשתי, ומרבדים של שעב ים נפוצים באזור. אתר החוף הדромי נמצא על המדרון המערבי של המפרץ באזור בעל שיפוע קרקע תלול, לא מצוי ניקוז קרוב ובסביבה שונה האלמוגים. באזור זה גודל יותר המרכיב הביאוגני בסדימנט. חלוקת גגלי הרגגר בשני האתרים (איור 17) מראה את ההבדלים בין אזורי הסקרים: בחוף הצפוני נמצא שיוור מ-60% מהסדימנט בגודל קטן מ-125μm ויתר מ-80% בגודל גרגר קטן מ-250μm. אלה פרקציות דקota המאפיינות שקיעה מעוזה המים באנרגיה נמוכה ורוכן גגורות ממרכיבים יבשתיים. בחוף הדромי, לעומת זאת, פהות מ-20% מהסדימנט בעל גודל גרגר קטן מ-250μm ופרקציית הגודל העיקרית, כ-30% מכלל הסדימנט, היא מ-500-1000μm.



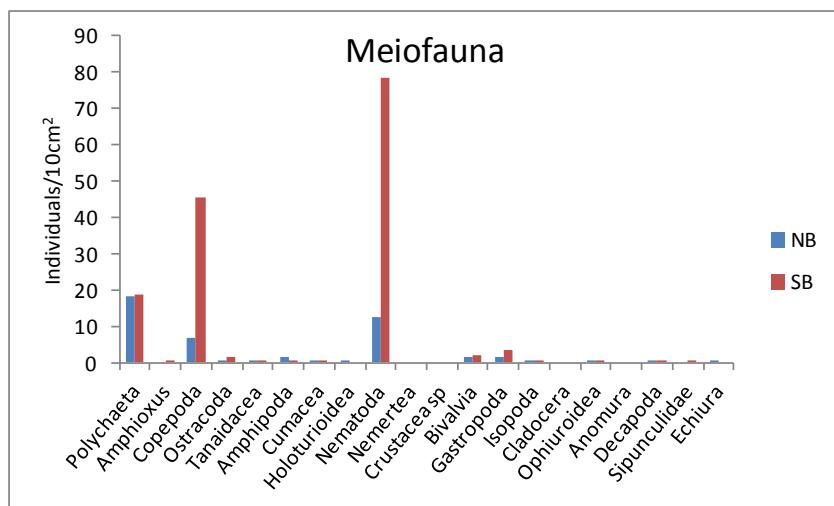
איור ג17: חלוקת סידימנט לגדי גרגר (באחו זמשקל) בשני אתרים, בחוף הצפוני (NB) ובחוף הדרומי (SB).

Figure C17: Grain size distribution (weight percent) for soft sediment in two sites, at the north beach (NB) and south beach (SB) of Eilat.

ספרות פורמיניפרים בנתונים התרבו כקשה, ו掂יאות הספירה היו גדולות. על כן, לא מדוחת כאן ספירת הפורמיניפרים הבנתונים בשתי התהנות ולא מוצגת השוואה ביניהן. יחד עם זאת, ניתן לומר כי מתחוך 20 מיני פורמיניפרים בנתונים אשר זוהו, המינים אשר זוהו, המינים הנפוצים ביותר בחוף הצפוני הם *Sorites*, *Borelis*, *Peneroplis*, *Nonion*, *Amphistegina*, *Amphisorus*, *Assilina* ועוד. המשת המינים הנפוצים בשנת הניטור הבאה ננקוט בפרוטוקול ספירה אחר, ייעיל יותר, עבור פורמיניפרים בנתונים.

בספירות בע"ח שוכני סידימנט מסווגים אחרים נמצאו כי קבוצות ה- *Copepoda*, *Polychaeta*, *Nematoda* וכן הקבוצות ביחס לנקוט בשני האתרים. באטר החוף הדרומי נמצאו בסך הכל מספר פרטיטים גדול יותר מאשר בחוף הצפוני, בפרט של הקבוצות *Nematoda*, *Copepoda* (איור ג18).

בשנים הבאות ניתן יהיה להתחליל לעקב אחר שינויים בהרכב החברה השוכני הסידימנט בשני האתרים.



איור ג18: משפחות בע"ח שוכני מצוע רך בקרקעית הים בשני אתרים, בחוף הצפוני (NB) ובחוף הדרומי (SB).

Figure C18: Abundance of meiofauna genera dwelling in the upper layer of two soft sediment sites, at the north beach (NB) and south beach (SB) of Eilat.

ג.4. קרקעית חולית בימים רדודים – כיסוי עשב ים

מטרה

הערכת כיסוי הקרקע חולית נועדה לאמוד את חוסנו של בית גידול חשוב זה.

שיטות

כיסוי עשב הים על קרקע חולית נאמד בשלושה עומקים, 10, 15 ו-20 מטרים בשני אתרים: בחוף הצפוני (מול מוצא "לגונת השлом", נ"צ בעשרה מטרים): N^o 57.997° E, 29° 32.655 (34°) ובחולות הדרומי (מול כפר הצלולים, נ"צ בכינסה למים: N^o 54.866° E, 29° 29.966 (34°)). הureכת הכיסוי נעשית בשיטת "ציגמת נקודה" (point sampling) מתוך צילומים של קרקע חולית הים (איור ג21). בכל עומק נפרס סרט מדידה באורך 60 מטרים במקביל לחוף ותמונה שטחה מטר רבוע (1m²) צולמה כל חמישה מטרים לאורך הסרטן. במיובדה נדגו מאה נקודות סדרות בכל תמונה בעזרת תכנת CPCe (Kohler & Gill, 2006) ובעור כל נקודה נקבע יש או אין עשב ים. התוצאות עובדו לכיסוי עשב הים עבור כל תמונה ומוצצע וסתיתת תקן לאתר הושבו מתוך סך התמונות באתר.



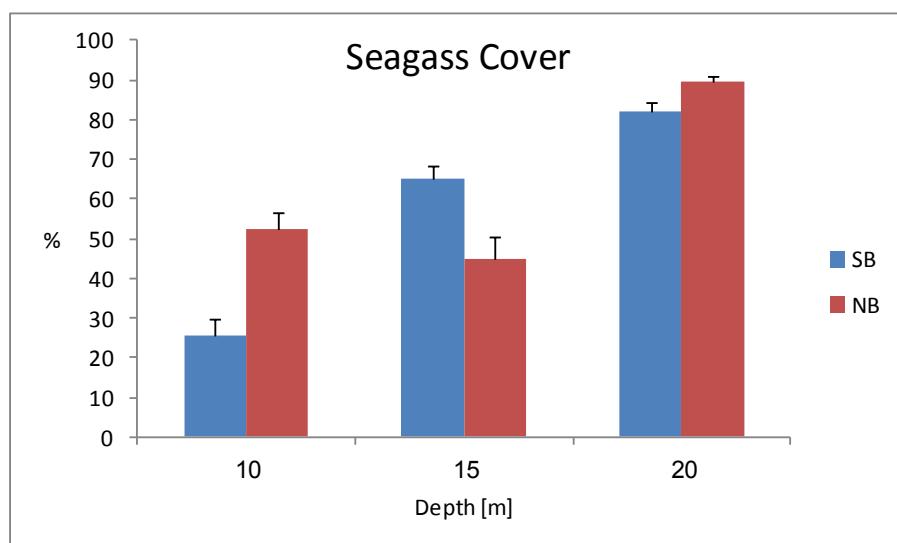
איור ג21: צילום של עשב ים מהతכי הסקר בעומק עשרים מטרים באתר החוף הדרומי (צילום: מ. צ'רניאחובסקי).

Figure C21: A photo of seagrass cover along the 20m depth transect on the southern coast of Eilat (photo: M. Chernihovsky).

תוצאות

באזור החוף הדרומי, בו שיפוע המדרון תלול וכניסת סדימנט מהחוף קטנה, ניכר כי כיסוי עשב הים גדול עם העומק בטוחה שבין 10 מטרים ל-20 מטרים (איור ג22). בעומק של עשרה מטרים נמצא כיסוי עשב ים של כ- 25%, ובעומק של עשרים מטרים מגע כיסוי עשב הים בחוף הדרומי ל- 82%. בחוף הצפוני שיפוע המדרון מתון וככלו קרקעית רכה המכילה סדימנט דק (ראו למעלה פרק ג.3). ההבדל בכיסוי עשב הים בין עומק 10 מטרים ל-15 מטרים קטן (52%- 45% בהתאם). בעומק 20 מטרים, הרוחק יותר מן החוף כיסוי עשב הים כבר מגע ל- 90% בקירוב. מרבית עשב הים בנזודות שננסקרו, הן בחוף הצפוני והן בחוף הדרומי, עשירים ומכסים אחו ניכר מפני הקרקע חולית. באופן כללי בעומק העומדים שבין 10 ל-20 מטרים עולה אחוז הESISי של עשב הים.

מסקרים איקוטיים שבצעה תכנית הניטור למציאת העומק המקסימלי של השתרעות עשב ים בmares' עליה כי בחוף הצפוני הופעה ראשונה של עשב ים נמצאה בעומק של כ- 40 מטרים (גביעולים בודדים ללא כיסוי ממשועוט) וכיosi כתמי של עשב ים נמצא החל מעומק של 30-35 מטרים עם מרבדים נרחבים מעומק של כ- 25 מטרים. בחוף הדרומי מרבדי עשב ים פחות נפוצים והופעתם מוקטעת (על ידי שינוי מצע קרקעית קשה) אך במקומות בהם נמצאים עשבים ים ישנים מרבדים עשירים עד לעומק של כ- 40 מטרים. כיסוי עשב הים במפרץ אילית בעומקים רדודים נסקר באופן שיטתי על ידי Mejia et al. (2016), שמצאו מרבדים נרחבים לאורך שולי צפון המפרץ בתחום ישראל, והעריכו את מצבם. לשבי הים חשיבות גדולה כבית גידול ייחודי וכסבירה תומכת בהפתחות שונות אלמוגים ועל כן יש עניין רב בבריאותם (למשל העניין שעמודר בית הגידול של עשב הים ברשות הטבע והגנים, זבולוני ואחרים "אי רוק בים" ו"צוללים למרבדי עשב הים באילת", כתבות בשbill הארצ). עשבים ים גם רגשים ביותר לאיכות המים ועשויים להוות אינדיקטור להידרידות איקוט בית הגידול החולי אותו הם מאפיינים (ראו למשל פרק ג.4).



איך ג.22: כיסוי עשב הים בשלושה עומקים באטיי החוף הצפוני והחוף הדרומי של אילת.
Figure C22: Seagrass cover at three depths in the northern beach and southern beach sites of eilat .

ג.5. שינויים במאפיי פורמיניפרים בנתונים בצפון המפרץ לאחר פינוי כלובי הדגים

הקדמה

הניטור שלhalten החל במסגרת עבודה מחקר של שי אורון (S.M. באוניברסיטה בן-גוריון בנגב, בהנחיית ד"ר ס. אברמוביץ' וד"ר מ. כיפלאו). המחקר – אשר ה证实 דרכם המכון הבינלאומי לרשות הטבע ו滋מתו של ד"ר ד. אנגל מאוניברסיטת חיפה ובשותוף עם ד"ר ב. גודמן צ'רנוב (אונ' חיפה) – מומן בחילוקו על ידי מינהל המחקה למדעי האדמה במשרד התשתיות הלאומית.

הדו"ח המסכם את המחקר, אשר הוגש למשרד התשתיות, הופיע כלשונו כנספח לדוח המדעי של תכנית הניטור בשנת 2010, ובו תיעוד תהליכי שיקום קרקעית הים באזור בו נמצאו עד ל��ין 2008 כלובי דגים של קלאות ימית במפרץ. בשנת 2014 הופיע הפרסום המדעי המתאר את הממצאים (Oron et al. 2014).

לאור הממצאים המעניינים שעלו מהעבודה הנ"ל, בה תועדה התאוששות חברת הבנות באזור בו היו בעבר כלובי הדגים, החליטה תכנית הניטור לתמוך בהמשך המעקב על ידי סיוע בביוץ הדיגום בצלילה, והשנה גם בביוץ האנלויזות.

מטרה

מעקב אחר מצב קרקעית הים באזור בו היו בעבר כלובי הדגים, בדגש על מאפיי פורמיניפרים בנתונים כסמן לביריאות בית הגידול.

שיטות

דגימת גלעני סדיימנט קצרים מבוצעת על ידי תכנית הניטור אחת לשנה בחודשי הקיץ. הדגימה נעשית בצלילה שמתהילה בנקודה קבועה 20 מטר מערבית למיקום כלובי הדגים. סרט מדידה נפרש לאורך הקרקע בכוון מזרח-מערב ונגדמות בסך הכל ארבע תחנות: תחת כלובי הדגים, ומערבית למקום הכלובים במרחקים 20, 40 ו-80 מטרים. הקרקעית נדגמת באמצעות חזרת צינורות מבנה 50 מיליליטר, שנאטמים עם שליפתם מהקרקעית. הדגימות נלקחות ומאוחסנות במצב ארכי ובירור עד לטיפול במעבדה.

במעבדה נלקח הס"מ העליון של כל גלען ומושרה למשק שבועיים בתmisת Rose Bengal (2 גראן) בלבד אתנו (70%), לזייה הפרטים שחיו בזמן הדגימה. לאחר ייבוש, כל דוגמה נשקלת ומסוננת לקבלת הפרקציה הגדולה מ- 125 μm. פרקציה זו נשללה שוב. את הדוגמה לספירה מחלקים לפי הצורך לפחות כמות שניתנת לספירה. הדוגמה ממויינת וכל הפרטים שבה נספרים בעוזרת ביינוקולר. לאחר מכון מחושב מספרם לגורם סדיימנט.

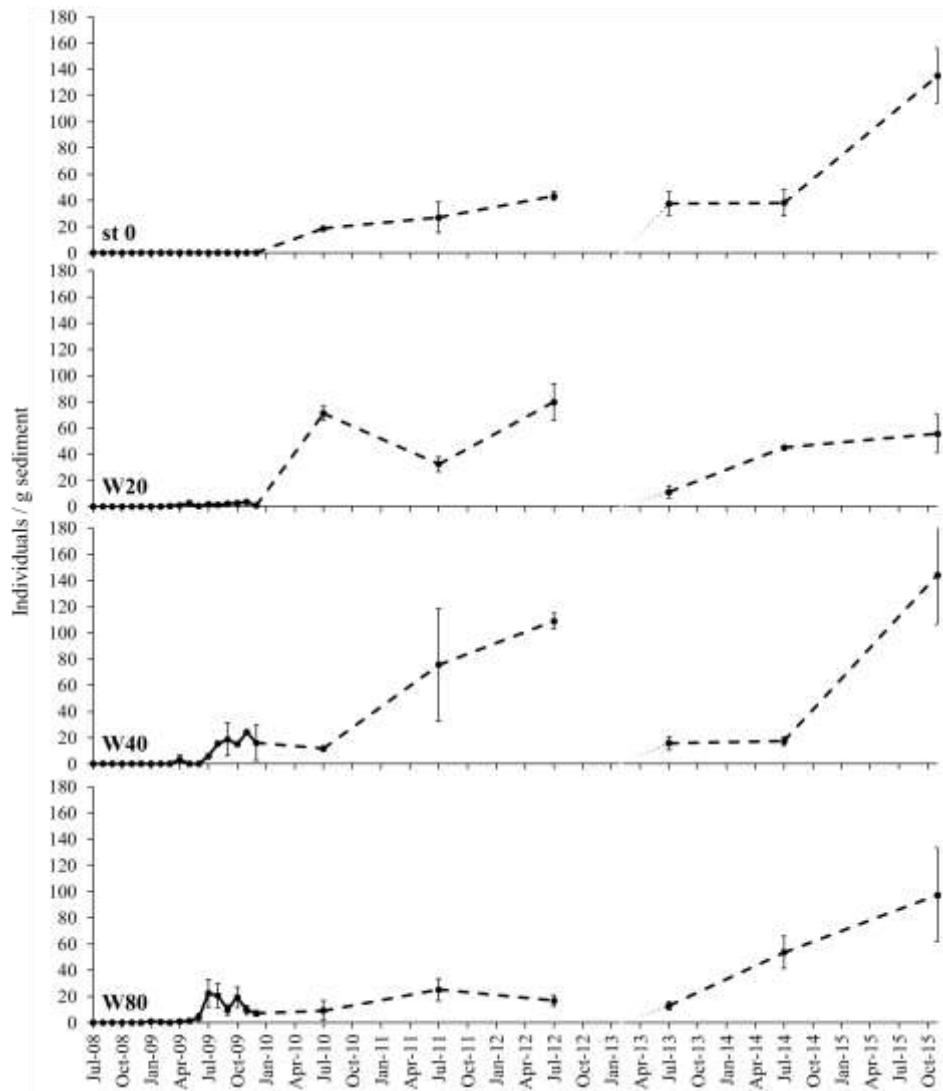
תוצאות

בין יולי 2008, מיד לאחר פינוי הכלובים, ודצמבר 2009 בוצע דיגום חדש של גלעני סדיימנט קצרים ועלי עשב ים מתהנות קבועות המייצגות מרחקים שונים מאזור הפעילות של חוות הדגים. לאחר מכון נושא המעקב באמצעות דיגום שניתי בתמיכת התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילית. העשרה הארגנית מכלובי הדגים יצרה איזור אזורי (חסר חיים) בסביבתם המיידית, עד לתקופת של כיששה חודשים לאחר פינוי הכלובים. בחודש ינואר 2009 החלו להופיע לראשונה פרטים חיים של פורמיניפרים השיכים בעיקר למיין *Operculina ammonoides* (בדו"ח התשנים הקודמות נקרא מין זהoperculina ammonoides Assiluna ammonoides). בדיקות מולקולריות הראו כי מדובר באותו המין ובמספרות המעודכנת נהוג לכנותו *Operculina ammonoides*. מספרי הפרטים החיים הלכו וגדלו עד לסיום הדיגום החודשי הרץ' בדצמבר 2009, כאשר מספרי הפרטים החיים בתהנה למרוחקת 40 ו-80 מטרים ממיקום הכלובים גדולים באופן מובהק מ אלה בתהנות הנמצאות במרחק 0 ו-20 מטרים ממיקום הכלובים. דפוס השיקום הראה תהליך איטי של סוקסציה, כאשר התהליכי הרחשו בקצב שונה בתהנות הדיגום השונות והוא איטיים יותר בתהנות הקרובות למיקום בו היו כלובי הדגים.

בדגימות שנלקחו ביולי 2010-2012 נמצא כי הרכב המינים בסדיימנט עדין נשלט על ידי *O. ammonoides* ומספריו הפרטים לגורם סדיימנט נמצאים במגמת עלייה בתהנות 0, W20 ו-W40.

בchorף 2012-2013 חוותה המערכת האקוולוגית בצדון המפרץ סדרת שיטפונות חריגים בעוצמתם, אשר גרמו לכיסוי חלקים נרחבים של הסביבה הבנתונית בחומר דק גרגיר ממוקור יבשתי, ונכון לכך 2014 השפעותיו עדין ניכרות בקרקעית הים הרזואה באזורי החוף הצפוני. מיד לאחר השיטפונות לא נמצא פרטיהם חיים בסדימנט, והשכבה העליונה הורכבה לס"מ של חומר דק ממוקור יבשתי. ביולי 2013, חמישה חודשים לאחר השיטפונות, מספר הפרטים החיים לграм סדימנט, כמו גם מגוון המינים, היו נומוכים יותר מאשר ב-2012.

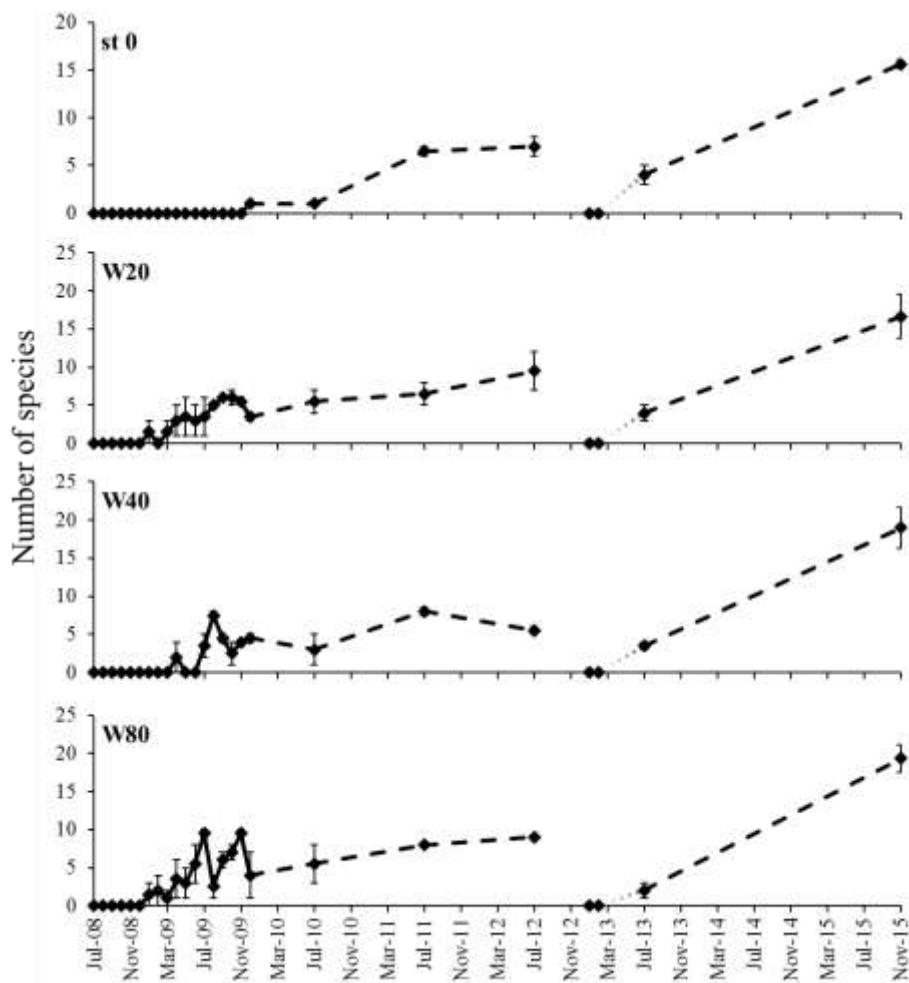
התוצאות הבררת הפורaminiferים לאחר השיטפונות הייתה מהירה במידה ניכרת מזו שבקבות פינוי כלובי הדגים. לאחר השיטפונות נמצאו יותר מעשרה פרטלים לграм בכל התחנות חצי שנה בלבד לאחר השיטפון האחרון. בשנה לאחרונה ניכרת עלייה משמעותית במספר הפרטלים לграм סדימנט בתהנות 0, W20 ו W40. בתהנה W20 מספר הפרטלים לграм סדימנט עלה אך מעט בהשוואה לשנה הקודמת (איור 19).



איור ג'19: מספר הפרטלים החיים לgram סדימנט מינימום ומקסימום. קווי השגיאה מייצגים מינימום ומקסימום.

Figure C19: Live foraminifera individuals per gram dry sediment at sampled locations since 2008, right after fish cages were removed from the area. Error bars are minimum and maximum values.

השנה עם כניסה של תכנית הניטור ליעבוד הסדימנט הושקע מאמץ גדול בשיפור יכולות הזיהוי והמיון של מיני פורמנינפירים בנתונים. מגוון המינים שזוהו השנה גדול בהרבה מאשר בעבר שנים קודמות, אך העליה בעושר המינים החלה ללא ספק כבר בשנה הקודמת – בה לא הייתה לנו יכולת האבחנה. עוזר מיני הפורמנינפירים הבנתוניים גדול יותר בתחום הרוחקות ממיוקם של כלובי הדגים (W40 ו-W80, 19 מיני פורמנים בנתונים) וקטן יותר בתחום הקרובות (W20 ו-0, 17 ו-16 מיני פורמנים, בהתאם). איור ג(20).



איור ג(20): מספר מיני הפורמנינפירים החיים לגרם סדימנט יבש בתחנות השונות החל מיולי 2008, מיד לאחר הוצאת כלובי הדגים. קווי השגיאה מייצגים מינימום ומקסימום.

Figure C20: The number of live foraminifera species per gram dry sediment at sampled locations since 2008, right after fish cages were removed from the area. Error bars are minimum and maximum values.

הופעה של עשב הים מסוג *Halophila stipulacea* באזור שבו היו ממוקמים כלובי הדגים תועדה לראשונה בחודש אוגוסט 2009 ומסמלת כניסה של מרכיב אקולוגי חשוב לצפוי לגרום להתבססות של מינים אפייפיטיים באזור. עשבי הים נפגעו מהשתפותן של חורף 2013, ובשנתים לאחר מכן ניכרת התאוששות הדרגתית.

היעדרם המוחלט של פרטיהם חיים בסדימנט באזור הדיגום בחודשים הראשונים שלאחר פינוי הכלובים מצבייע על כך שסבירה זו לא אפשרה קיום של פורמייניפרים בתנונאים. יתרה מכך, העדר עשב הים *Halophila* הנפוץ באופן טבעי באזור העיד על מגבלות סביבתיות חמורות. שיקום האזור לאחר סדרת השיטפונות של חורף 2013 היה מהיר יותר מאשר לאחר הוצאת כלובי הדגים: צפיפות גבואה של פרטיהם חיים (מעל עשרה פרטים לגרם סדימנט) נמצאה כחצי שנה לאחר השיטפונות אך רק לאחר מעלה משנתים בתקנת הדיגום הסמוכה למיקומם של כלובי הדגים.

ד. עמודת המים בים העמוק

מטרה

מעקב אחר משתנים כימיים, פיסיקליים, וביוולוגיים במים העמוק לשם זיהוי מגמות שינויי ארכוות טווח באיכות המים העשוות להשפיע על המערכת האקוולוגית בצפון מפרץ אילת.

שיטות

אחת לחדש מבוצעת בספינה מחקר הפלגה לתחנה A ולצפון המפרץ, בסמוך למקום בו היו כלובי הדגים (FF). פעמיים בשנה (אביב וסתיו) מבוצעת הפלגה ארוכה יותר, בשיתוף עם מדענים מירדן, הכוללת גם תחנה מול גבול ירדן-סעודיה בעומק מים של כ-800 מטרים, תחנה B. תחנה A נמצאת על הקו החוצה של המפרץ (גבול ישראל-ירדן) קרוב לנקודת הדромית ביותר של המים הטריטוריאליים של ישראל בمضيق אילת, בעומק קרקעית גדול מ- 800 מטר (מפה 1 בנספח ז'). עומק הקרקע בסמוך לכלובי הדגים כ-55 מטר.

בחנות הימיות נאספות דגימות מים מעומקים שונים, על ידי הורדת 'רוזטה' אל הים, כשליה 11 בקבוקי ניסקין של עשרה ליטרים (חברת GoFlo), וסיגרת הבקבוקים מתוך הספינה בעומקים הרצויים. אל הרוזטה נלווה מכשיר מזידה CTD המודד משתנים פיסיקליים באופן רציף. בתחנה A ובתחנה B נלקחים מספר קסטים (cast=הורדת רוזטה), קסט عمוק וקסט רדוד, בכדי לקבל רזולציה גבוהה של דגימות סיבי התרכומולינה ובעומדות המים העליאנה. בחנות רוזטות נלקחה רק קסט אחד, כיוון שעומק המים קטן יותר. עומק הדגימה המרבי בכל תחנה תלוי בעומק הקרקע ובסכל מקרה הבקבוק התחזון נסגר 2-3 מ' מעל הקרקע.

בכל תחנה מתבצע חתק אנכי רציף של מדידות טמפרטורה, מליחות, לחץ, ופלואורנסציה במכשיר CTD של Sea-Bird Electronics. דגימות המים מהולכות לבקבוקים שונים לצורכי מדידת המangan מומס (DO), H₂, אלקליניות (T_A), נוטריינטים מומסים (PO₄⁻³, Si(OH)₄, NO₃⁻¹), פחמן חליקי (POC), מליחות, קלורופיל (Chl-a), והתפלגות אוכליוסית הפיטופלנקטון. סיבון הדוגמאות לצורך מדידת המangan מומס נעשו בספינה. מדידות כלורופיל ואוכליוסית הפיטופלנקטון, וקבעו דוגמאות לצורך מדידת המangan מומס נעשו בספינה.

על פי הנוהג המקובל, וכיוון שבבקוקי הניסקין נסגרו בשלב הרמת הרוזטה, נלקחו מדידות ה-CTD מזמן ההרמה להציגה ולניתוח. כל הפלגה אורכת يوم שלם ובהשוואת הנתונים ממוקמות שונות או מקסטים שונים יש לזכור את הפרש הזמן בין המדידות.

[על פי המלצת צוות חסיבה של מדענים שהתקנס במהלך 2008 (סיעור מוחות מדענים העוסקים באוקיינוגרפיה בנושא המדידות הימיות במסגרת תכנית הניטור, אשר כונסה על ידי תכנית הניטור בהודש ינואר 2008 במכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית ירושלים, בעקבות המלצה הוועד המנהל של התקנית בעת הדינמים על לוח הניטור 2007) הוחלט לוותר על תחנת הדיגום OS – תחנת ים פתוח – מכיוון שנראה היה שתחנה זו אינה מוסיפה מידע חיווני. מאז אין דוגמים מים בתחנה זו, אולם נמדד פרופיל עמודות חמימים באמצעות ה-CTD.]

להלן שיטות המדידה של מדידות שאינן מפורטות בפרק מי החופים:

יצרנות ראשונית (Primary Productivity) – מי השכבה המוארת (100 המטרים העליונים) נדגמים באמצעות בקבוקי ניסקין מפני הים ומהעומקים 20, 40, 60, 80 ו-100 מטרים, בשעות החשכה. בסירה מועברים המים למיכלים לאור ובמבדקה מוכנס לכל מיכל פחמן רדיואקטיבי באקטיביות של 0.04 מיקרוクリי ¹⁴C למ"ל מים. המים מכל עומק מהולקים לאربעה בקבוקי הדרגה בונפה 250 מ"ל + דוגמה למדידת האקטיביות במים "זמן אפס".

דוגמאות המים המסומנות מוחזרות לים בקבוקי הדרגה למשך 24 שעות כשהן תלויות במצבם כך שכל דוגמה מצויה בעומק ממנו נלקחה. בכל עומק ישנו בקבוק הדרגה אחד אוטם לאור (dark), ושלושה בקבוקים שקובפים למדידת היצרנות הפוטוסינטטית.

דוגמאות מוחזרות למעבה למחرت, בשעות החשכה, ומכל בקבוק הדרגה מסוננים 50 מ"ל מים על גבי פילטר (NC-45). הפילטרים מיובשים בדיסקטור בונכות אדי חומצה כלורית למשך 24 שעות ואח"כ נקראים במונה סינטילציה. בנוסף לפילטרים נלקחת מכל בקבוק הדרגה דוגמת מים לקריאת

הרדיו-אקטיביות הכללית במים (added activity, AA) במונה הסינטילציה. בשנת 2011 הוחלף מז הסינטילציה במכון הבינאוניירטיטאי, ומשך הקריה נקבע על ידי המכשיר בהסתמך על השינוי בין שתי קריאות עוקבות. בנוסף לכך הוחלט לשנות את נוסחת החישוב ולהתאים את התוצאות מן השנים הקודמות לתוצאות הנמדדות כתע. שיטת החישוב הנוכחית מסתמכת על מספר הקריאות בדקה (cpm) במקום על מספר התפרוקות המוערך לדקה (dpm) וזאת כדי להימנע מכיוול יתר שפוגע באמינות התוצאות.

מספר הקריאות במונה (cpm) משמש לחישוב קליטת הפחמן על ידי הפיטופלנקטון בכל בקבוק הדגרה לפי הנוסחה הבאה:

$$[\text{mgC/m}^3/\text{day}] = \{(\text{CPM}_{\text{sample}} - \text{CPM}_{\text{dark}}) * 25008 \} / \{ \text{Volume}_{\text{filtered}} * (\text{CPM}_{\text{AA}} / \text{Volume}_{\text{AA}}) \}$$

בנוסחה זו:

- CPM_(sample) - האקטיביות של הפילטר עלייו סוננו מים מבבקוק הדגרה
- CPM_(dark) - האקטיביות של הפילטר מהדגרה בבקוק מוחשך מאותו עומק
- CPM_(AA) - האקטיביות הכללית במים מבבקוק הדגרה
- Volume_(filtered) - נפח המים במבקוק הדגרה, אשר סונן על גבי הפילטר (50ml)
- Volume_(AA) - נפח המים בו נבדקה האקטיביות בבקוק הדגרה (לרוב 150µm) המספר 25008 מהו אומדן לריכוז הפחמן (מ"ג למטר מעוקב) במים.

פחמן חלקיקי (POC) – דוגמאות מעמודות המים נאספות בבקוקי ניסקון מהרוזטה ומוסננות דרך רשת 200µm למכילים בנפח 6 ליטרים. למחירת הפלגה מסוננים המים על גבי פילטרים GF/F אשר חומרם מבועוד מועד בטמפרטורה של 450 מעלות למשך ארבע שעות לפחות, על מנת שהיו נקיים מפחמן. לאחר הסינון כל פילטר נשמר בצלחת פטרី ומוחש בטמפרטורה של 60 מעלות למשך 24 שעות לפחות. הפילטרים היבשים מאוחסנים במקום יבש עד לאנליה.

מדידת תכולת הפחמן בפילטרים נעשית במכשיר Total Organic Carbon analyzer של חברת Shimadzu Instruments, בו הפחמן המצווי בדוגמה מחומצן בטמפרטורה גבוהה (900-980 מעלות ליצירת פחמן דו-חמצני CO₂). הפחמן הדו-חמצני נושא על ידי חמצן לגלאי IR ויוצר אותה אשר שיטה פרופורצionalית לכמות הפחמן. לצורך כיוול משמשים סוכרים המכילים פחמן בכמות ידועה.

ספרית תא פיטופלנקטון: ספירת תא פיטופלנקטון מתחכמת במכשיר Becton Dickinson LSRII flow cytometer, מצויד בדוגמ בעל תפוקה גבוהה (high throughput sampler), ביחידת ה-flow-cytometry במלקמת תשתיות של מזעי החיים והגדסה בטכנולוג, בניהולה של Dr' אפרת ברק. תא פיטופלנקטון נמדד בדוגמאות מים של 150µm אחד עם 250µm חרוזים סינטטיים זעירם (synthetic beads). תא היידקים נמדד בדוגמאות מים של 150µm אשר נצבעו לצורך לחומצות גרעין (SYBER green). דוגמת המים עברת בזרימה למינארית מול קרן לייזר הפגעתה בכל תא בנפרד, נשברת, ונקלטה על ידי חיישנים המספקים מידע על גודל התא וצורתו, וכן בליה באורכי גל המאפיינים אוכלוסיות בעלות FIGMENTAZIA שונה זו מזו. בתוכנית הניטור נספרים תאים אואקרואיטים, היידקים הטרוטרופים, וציאנובקטרייה מהמינים *Prochlorococcus* ו- *Synechococcus*.

נטור ריכוז זואפלנקטון במאה מטרים העליונים של עמודת המים: דגימות זואפלנקטון נאספות אחת לחודש מתוך סירה בים העמוק. מעל עומק מים מיינימלי של 300 מטרים מתחילה בגרירת רשת פלנקטון קופולה (מחוברת למסגרת "Bongo") בגודל חור של 200µm. הרשת מורדת לעומק של 100 מטרים ומעלה תוך כדי שיטוט, כך שנעשה מיצוע של עמודת המים עד לעומק של 100 מטר. למוגרת מהוברת מז שטר המודד את כמות המים העוברת דרך הרשת בצד שנייה יהיה להמיר את כמותות הפלנקטון הנאספות לריכוז ביחידת נפה. בכל מסע דגימה נעשות שלוש הזרות על הגירה. במעבדה מחולקות הדגימות באמצעות קולונה לחת דגימות בגדים 1000µm, 500µm, 200µm. כל תת דגימה מסווגת על גבי פילטר GF/F אשר עבר מראש שריפה בטמפרטורה של 450 °C, ואז כל פילטר מיובש בתנור ייבוש בטמפרטורה 60 °C במשך שלושה ימים. לאחר הייבוש נשקל כל פילטר ואז מועבר לשרפיה בטמפרטורה 450 °C במשך 4 שעות. הפרש המשקלים של הפילטר לפני ואחרי השרפיה מודד לבiomassa (ash-free dry weight).

השנה נוספת לתוכנית הניטור מעקב אחר חומר חלקיקי בעמודת המים באמצעות מלכודות סידמנט. שיטת העבודה והמצאים הראשוניים נתונים בפרק ד.4.

7.1. ממדים פיסיקליים: טמפרטורה ומליחות

פרופילים רציפים של טמפרטורה, מליחות ופלואורנסציה בעמודת המים נמדדים על ידי מכשיר CTD בהפלגות הניטור החודשיות. נתונים אלה מראים את השינוי העוניי בעמודת המים ברזולוציה גבוהה, ובאזוריהם ניתן לעקב אחר התפתחות הערבות ככל שהחומר מתקדם, והזורת המבנה המשוכב של עמודת המים עם ההתכਮות באביב ובקיין. מבט ארוך יותר ניתן על ידי סקירה פרטנית של ממדים אלה בשנים האחרונות כפי שנרשמו בעת סגירת בקבוקי דגימות המים של הרוזטה (rosette) אליהו מוחבר מכשיר ה-CTD. לצורך השוואה זו בין השנים נועשה בדרך כלל שימוש במידות המליחות הפרטניות שנעשות במעבדה על דוגמאות המים.

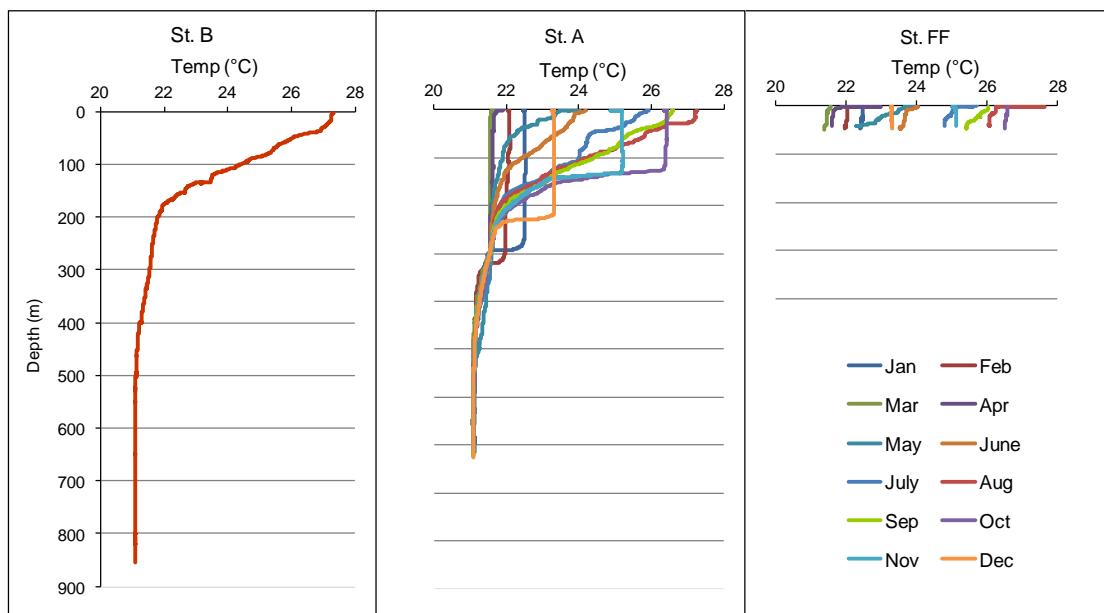
מכשיר ה-CTD מכיל בחבורה על פי הוראות הייצרן. הכלול האחרון נעשה באוקטובר 2015. השנה התבכעה הפלגה אחת לתחנה B, בשיתוף עם מדענים מתחנת המחקר בעקבה שבירדן, בחודש אוגוסט.

[בשנת 2008, נשלח מכשיר ה-CTD לטיפול וכיול, ובהפלגות החודשיות מאי-יוני-יולי, 2008 נעשה שימוש במכשיר חלופי אשר לו דירוג עומק של 600 מטרים בלבד. במידות חדשניים אלה מוגבלות לפיקח לעומק זה והן, כמו במידות אחרות בהן לא הגיע עומק הדיגום ל- 700 מ' בתחנה A, אין כלולות בהערכת גודל המאגרים של נטריאינטים בעמודת המים.]

טמפרטורה

ערובוב עמודת המים היה רדוד גם השנה, כ-300 מטרים (איור 6). טמפרטורת פני הים הנמוכה ביותר נמדדה בחודש מרץ 21.58 מעלות, שתי עשיריות המעלה נמוך מאשר בשנת הקודמת. בימי העומק הייתה הטמפרטורה 21.08 מעלות. הטמפרטורה המרבית אשר נמדדה בפני הים בתחנה A הייתה 27.26 מעלות בחודש אוגוסט, מעט נמוך יותר מאשר בשנת הקודמת. טמפרטורת הקיז' השנה בעלת ערך אמצעי בין °C 28.2 בשנת 2012 ל- °C 26.85 ב-2011. ובסך הכל היה המחזורי העוניי השנה דומה לזה של השנים האחרונות, שלאחר הערבוב העומק של 2012.

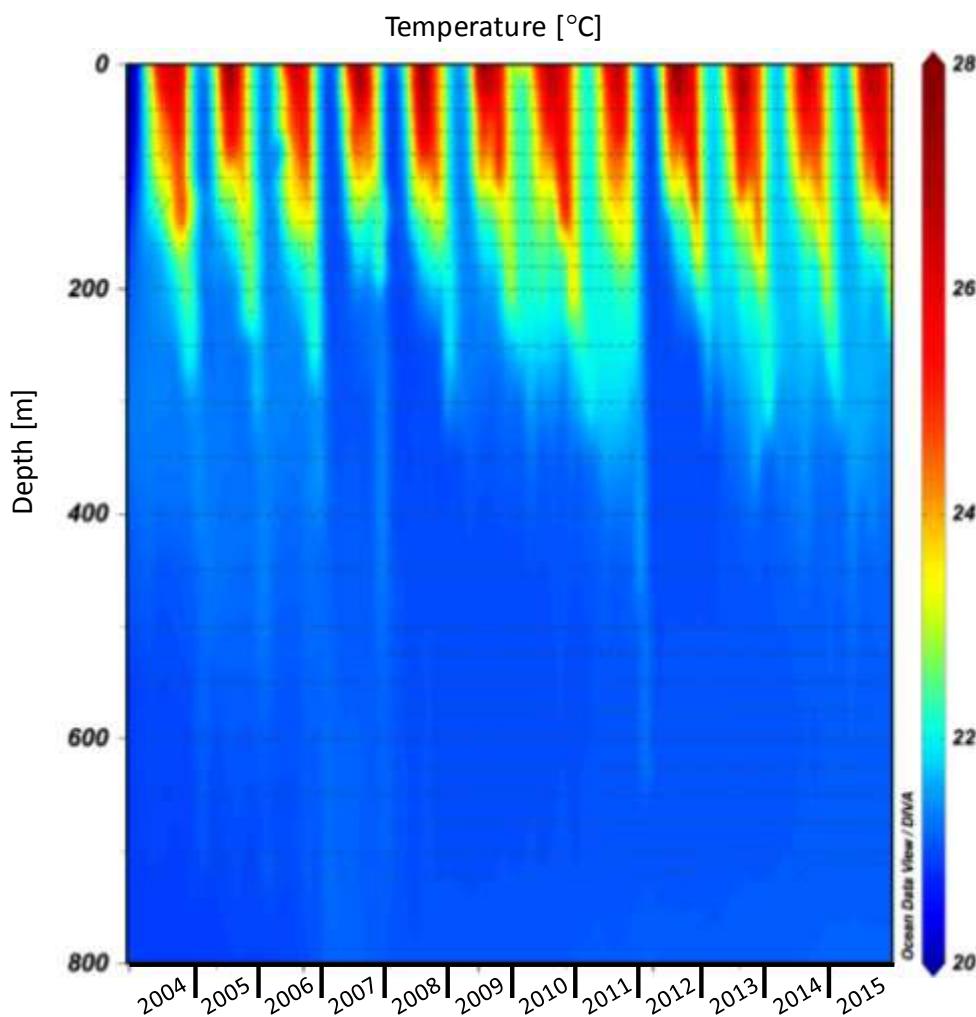
ערובוב עמודת המים בעונת החורף עקב קירור המים מלמעלה, ב嚷ע עם האטמוספירה, הוא גורם מרכזי בדינâmיקה של המערכת האקוולוגית במפרץ.



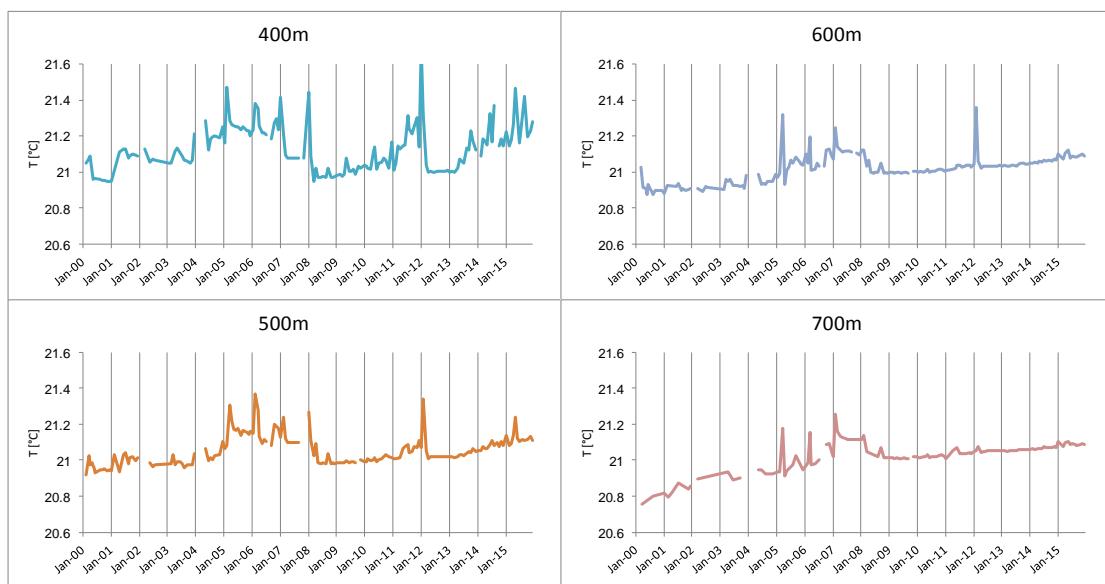
איור ד1: טמפרטורת עומדת המים כפי שנמדדה במכשיר ה-CTD במהלך הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר (< 800 מ'), תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של לערך 700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D1: Temperature profiles measured using a CTD during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest (>800m), Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.

קירור המים בחודשי החורף הוא הגורם למחוזרי הערבות-שוכב האופייניים בעומדת המים הפתוחים. מחוזריות זו ניכרת היטב בכל שנות הניטור, כאשר השנים נבדלות במידת הקירור של פני הים וכן גם בעומק הערבות. סיום הערבות ותחילת השוכב, לעומת זאת, נגרם ככל הנראה על ידי חידרת מים חמימים יותר מדרום (Biton & Gildor, 2011). השנה שוב הים ערבות בעומדת המים רדוד, כ- 300 מ'. בכך נמשכת צבירת חומר דשן במים העומקים לאחר הערבות העומק של שנת 2012 (איור ד2). בשנות הנקוטו היינו עדין למחרור שלם של ערבות عمוק בשנים 2007 ו-2008, שלוש שנים של ערבות רדוד, בשנים 2009-11, ושוב ערבות عمוק בשנת 2012. מאז ערבות בעומדת המים איננו עומק מ-300 מטרים. במבט לטווח ארוך יותר, מאז שנת 2000 (נתונים הקודמים לתוכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארזי ופרופ' ב. לזר), נראה שם העומק מוסיפים להתחכם גם לאחר הערבות העומק בשנת 2012 (איור ד3). הערבות הרדוד של השנה מחזק את מגמת החימום אשר מתועדת בעומקים אליום לא הגיע הערבות בשנה זו.
[דיויק חישון הטמפרטורה שבמכשיר ה-CTD 0.001 CTD מעלה, עם סטייה של עד 0.002 מעלה בשנה.]
המכשיר שבסימוש תוכנית הניטור קויל באוגוסט 2013 ולאחרונה באוקטובר 2015.]



איור ד2: שינויי טמפרטורה בתחנה A מ-ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.
Figure D2: Changes in water temperature at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.



איור ד3: שינויי טמפרטורה במילוי העומק (בעומקם 400 עד 700 מטרים) בתחנה A מ-ינואר 2000. הנתונים

הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט פארק השלום ומובאים באדיבותם של פרופ' י. ארזו ופרופ' ב. לזר.

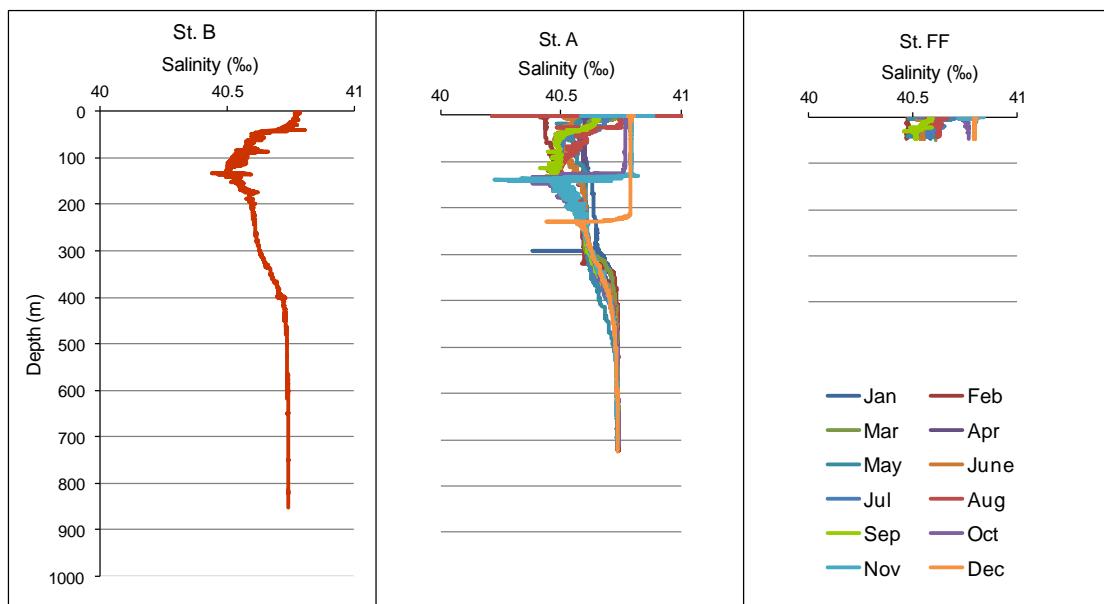
Figure D3: Changes in water temperature at depth (400m to 700m) at Station A since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of prof. J. Erez and prof. B. Lazar.

מiliation

[בשנת 2010 אובחנה נדידה חזקה של חוזאות מדידות המליחות במד המליחות במעבדה. כתוצאה לכך הוחלט לא להציג תוצאות מליחות שנמדדו במעבדה החל ממועד פברואר 2010 ועד ליום 2011. לעומת זאת מוצגת מדידות המליחות בים העומק אשר נעשו גם באמצעות מד מליחות אלקטטרוני חלק מprofil ה-CTD. התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, בשיתוף עם המכון הבינלאומי לרדיוסיסים ולמדעי הים, רכשה מד מליחות חדש אשר החל לפעול בחודש יולי 2011 ומצאותיו מופיעות בלוחות המדעים מאז. בשנת 2014 שוב נמצאה בעיה במד המליחות, ונמנעו מליחות מהחודשים האחרונים של שנה זו חסרים, מלבד מדידות חישון ה-CTD.]

למדידות המליחות מוחזור עונתי אופייני של היוצרות שכבת מים בעלת מליחות נמוכה יחסית בעומק 200-250 מטרים בתקופה המשוכבת (איור 4). שכבת "המליחות המינימלית" בעומק המים בתקופת השוכב נוצרת עקב הדירת מים בעלי מליחות נמוכה יחסית מדרום המפרץ בסביבות חודש יוני. לאחר מכן נכנסים למפרץ מים בעלי מליחות גבוהה יותר, אך חמים יותר ועל כן "קלים". בנוסף לזאת, איזוי בפני המים גורם לעלייה המליחות במים העליונים בהשוואה לשכבות המים שמתחת. עם התערערותה המבנה המשוכב בסוף הקיץ ותחילה הערבוב, גם מים אלה מתערבבים, ועומק "המליחות המינימלית" השאריתית גדול, עד שהשכבה נעלמת.

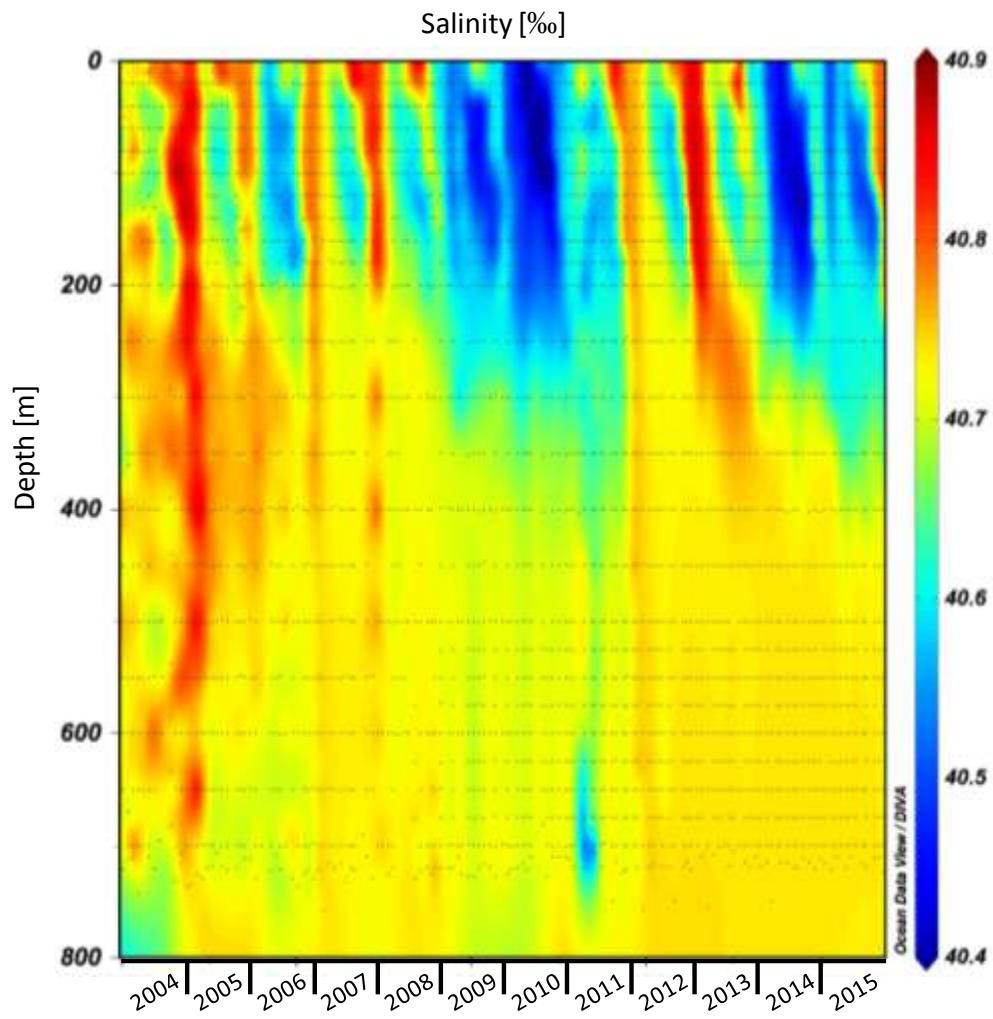
חדירת מים בעלי מליחות נמוכה הייתה חזקה ביותר בשנים החמות 2009-2010, ולאחר כך נמצא הפרשי מליחות קטנים יותר בשכבות המליחות המינימלית. בשנים האחרונות שוב נמזהה מליחות נמוכה בעומק המים העליון (איור 5). שינויי המליחות בעומק המים הינם מוחזריים בעיקרם, ועל אף שבנויות מעט שונה משנה לשנה לא ניכרת מגמה של שינוי אורך טווח. ההבדלים בין השנים קשורים יותר לגופי המים החודרים לאזורינו מדרום מזרח למאזני האיזוי המקומיים, אם כי חדירת גופי המים המלוחים קשורה אולי בעומק הערבוב או בטמפרטורה המדרום.



איור 4: מליחות בעומק המים כפי שנמדזה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר (< 800 מ'), תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של מעל 700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D4: Salinity profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest (>800m), Station A is the southern station on the

Israeli/ Jordanian/ Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is the close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.



איור ד5: שינוי מליחות בתחנה A מ-א' ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.
Figure D5: Changes in salinity at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.

2. מדרדים כימיים

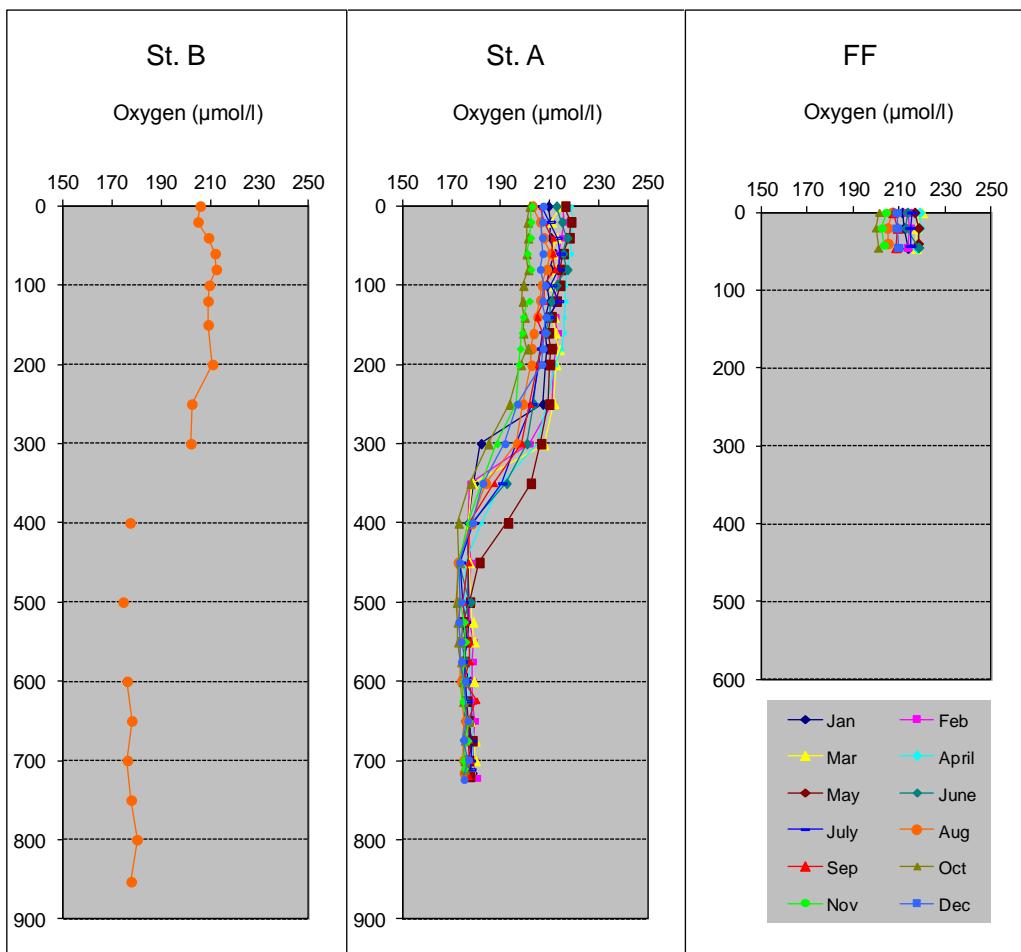
חמצן (O_2)

הגורם העיקרי המשפיע על ריכוזי החמצן בעמודות המים הוא המזוזר העונתי של שכוב-ערבות בעמודות המים. בתקופת הערבות ישנה ירידת בטמפרטורת המים ועל כן עלייה בקליטת החמצן אטמוספרית במים העליוניים, אולם מים אלה מתערבבים עם מי עומק עניים בחמצן, וכך, למרות שמאגר החמצן המומס בעמודות המים גדול, נמצא החמצן בתת-רוויה. עם חום תקופת הערכוב ותחילת התקופה המשוכבת עולה היצרנות בעמודות המים العليונה ונוצר ריכוז גבוה של חמצן מומס קרוב לעומק הצלורופיל המרבי (DCM), עם עליית הטמפרטורה במים العليוניים נוצרת בתקופה זו על-רוויה בחמצן. השנה "אוררה" בעמודות המים עד לעומק של כ-300 מ' בלבד, ומילאים העומקים יותר נותרו מנותקים מהאטמוספירה.

רכיב החמצן המרבי בתחנה A נמדד השנה בחודשים אפריל ומאי בעומק 20 מ', כ- 1/mol²²⁰ (איור 6). ערך זה מעט נמוך בהשוואה לשנה הקודמת ודומה לזה של השנים 3-2012. נראה כי הריכוז הגבוה אשר נמדד בשנה הקודמת היה תוצאה חריגה של פריחת אצות מקומית (ראו דיוון בדו"ח מדעי של תכנית הניטור לשנת 2014). ריכוזי החמצן המומסים הגבוהים אשר נמדדו בקרבת החוף, בתחנת FF, בחודשי החורף ו尤ו אף הם סביבה 1/mol²²⁰. במים העומקים נמדד ריכוזי החמצן בגובה סביבה 1/mol¹⁷⁵, ירידת נוספת בהשוואה לריכוז המרבי שנמדד סמוך לקרקעית בשנת הערבות הגבוה 2012 (1/mol²⁰⁶ בחודש מרץ).

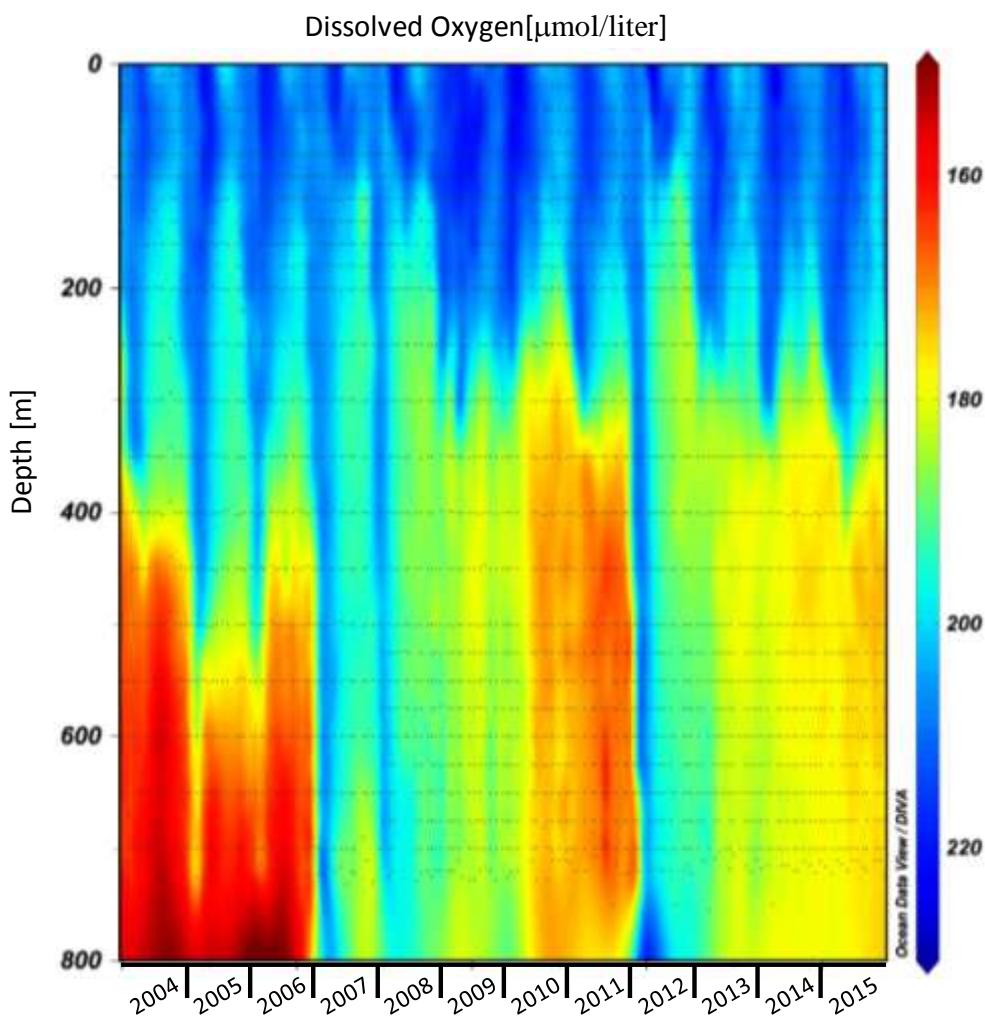
הריכוז המזערני שנמדד השנה בפני הים היה 1/mol²⁰², בחודש אוקטובר, ובמים העומקים 1/mol¹⁷⁴ באותו חודש. גם זו ירידת קלה בהשוואה לשנה הקודמת.

במשך רוב חודשים השנה מופרדים מי העומק מהמים العليוניים, ובהיעדר יצרנות ראשונית החמצן המומס בהם הולך ונוצר בטהיליני החמצן של הומר אורגני במים או בסידמינט. הידוש מלאי החמצן המומס במים העומקים מתרחש בשנים קרויות דוגמת 2012, באמצעות ערבות מי העומק עם מים רדודים עשירים בחמצן. בשנות הניטור 6-2004 לא היה ערבות עמודות המים עמוק די כדי לאוורר את המים העומקים מכ- 600 מ' אולם בשנים 8-2007 עורבה כל עמודות המים בתחנה A, ורכיבי החמצן במים העומקים השתווו לריכוזו במי השטח בחודשי הערבות. בשלוש השנים שלאחר מכן (2009-2011), נוצר החמצן במים העומקים ורכיביו ירד. הערבות העומק ב-2012 מלא את מאגרי החמצן בעמודות המים והעליה מחדש את ריכוזו במים העומקים וכן נסגר מחוזר שלם של לדול ומלוי החלוים בעומק הערכוב (איור 7). בשנים האחרונות אנו עדים לתחייתו של מחוזר לדול חדש ונראה כי בתקופה זו לדול בעמודות המים בחמצן איתתי יותר מאשר בשני המזוזרים הקודמים.



איור ד' 6: ריכוזי חמצן מומס בעומדות המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעומוקה ביותר (< 800 מ'), תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של מעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ- 50 מטרים.

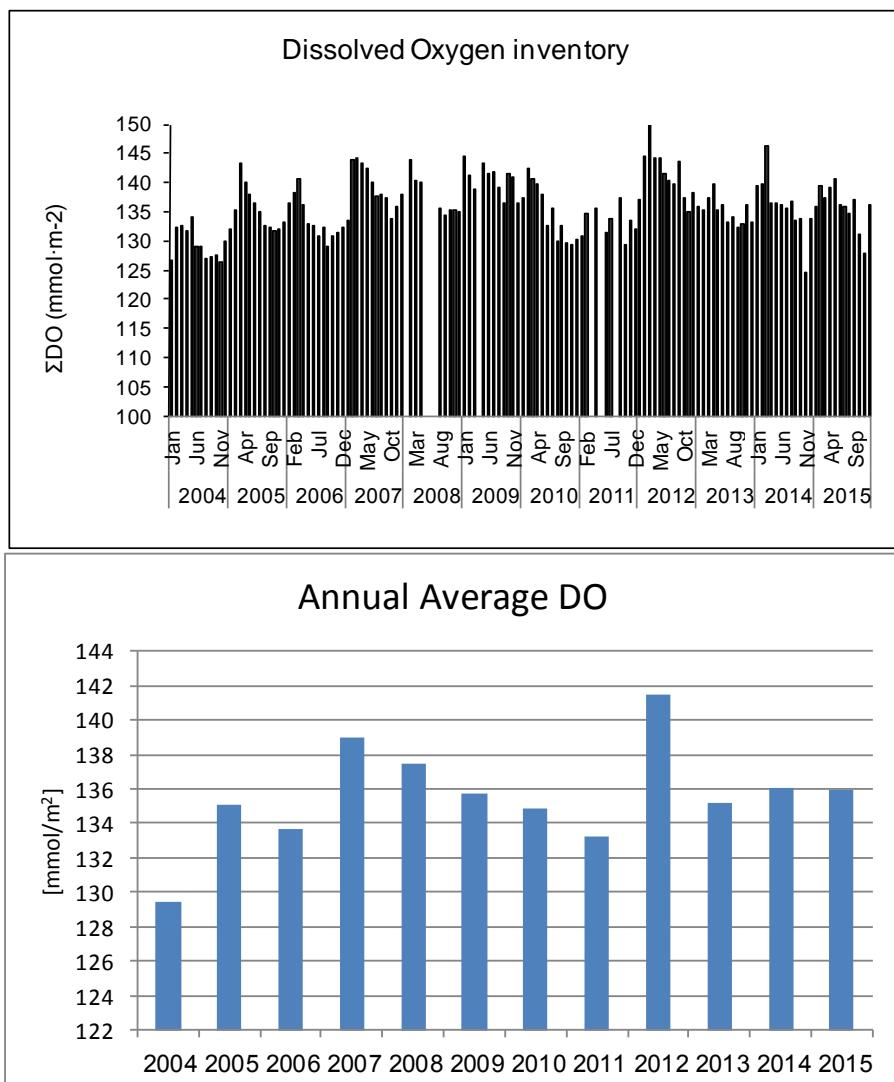
Figure D6: Dissolved oxygen concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest (>800m), Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.



איור 7: שינויים בריכוז החמצן המומס בעמודות המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D7: Changes in concentrations of dissolved oxygen in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.

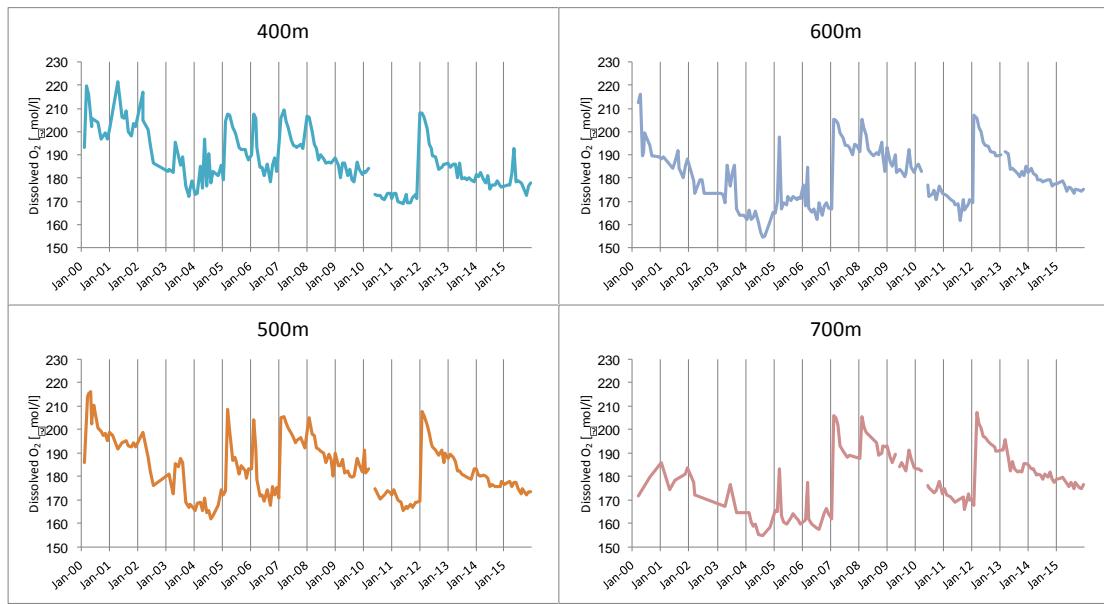
מאז שנת הערבוב העמוק 2007 נמצאה ירידת כמותה השנתית הממוצעת של החמצן המומס בעמודות המים אך ב-2012, בעקבות הערבוב העמוק, עלתה כמות החמצן המומס לערך הגובה ביוטר אשר נמדד במסגרת תכנית הניטור. כמות החמצן המומס בעמודת המים ירדה מערך הגובה של שנת 2012, אולם בשנתיים האחרונים לא השתנתה באופן מהותי והירידה בכמותה החמצן המומס במים בשנים האחרונות קטנה בהשוואה לזה שלאחר אירועי ערבוב עמוקים (איור 6).



איור ד8: שינויים במאגר החמצן המומס בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. למעלה: מדידות חודשיות, למטה: ממוצע שנתי

Figure D8: Changes in the dissolved oxygen inventory in the water column at Station A since 2004. Top: monthly inventories, Bottom: annual average

במים העמוקים ירד ריכוז החמצן בין השנים 2000 ו- 2007. שנתיים של ערבוב عمוק בשנים 2007-8 העלו את ריכוזי החמצן בכל העומקיהם, לערך מרבי בפברואר 2008, ובשנים 2009-2011 החללה ירידה מודesta של ריכוזי החמצן, בהעדר ערבות عمוק. ערבות عمוק בשנת 2012 העלה מחדש את ריכוזו החמצן במים העמוקים לערך דומים לאלה של 2007-2008, ומעט נמוכים מהם שנמדד בעקבות הערבות העמוק בשנת 2000. השנה, לאחר שלוש שנים של ערבות רדודה ריכוזי החמצן במים העמוקים גבוהים משמעותית שלוש שנים לאחר הערבות העמוק של שנת 2008 (איור ד8).



איור ד9: שינוי ברכיבי החמצן המומס בעמקים 400 עד 700 מטרים בתחנה A מאז שנת 2000.
Figure D9: Changes in dissolved oxygen concentrations in 400m to 700m water depth at Station A, since 2000.

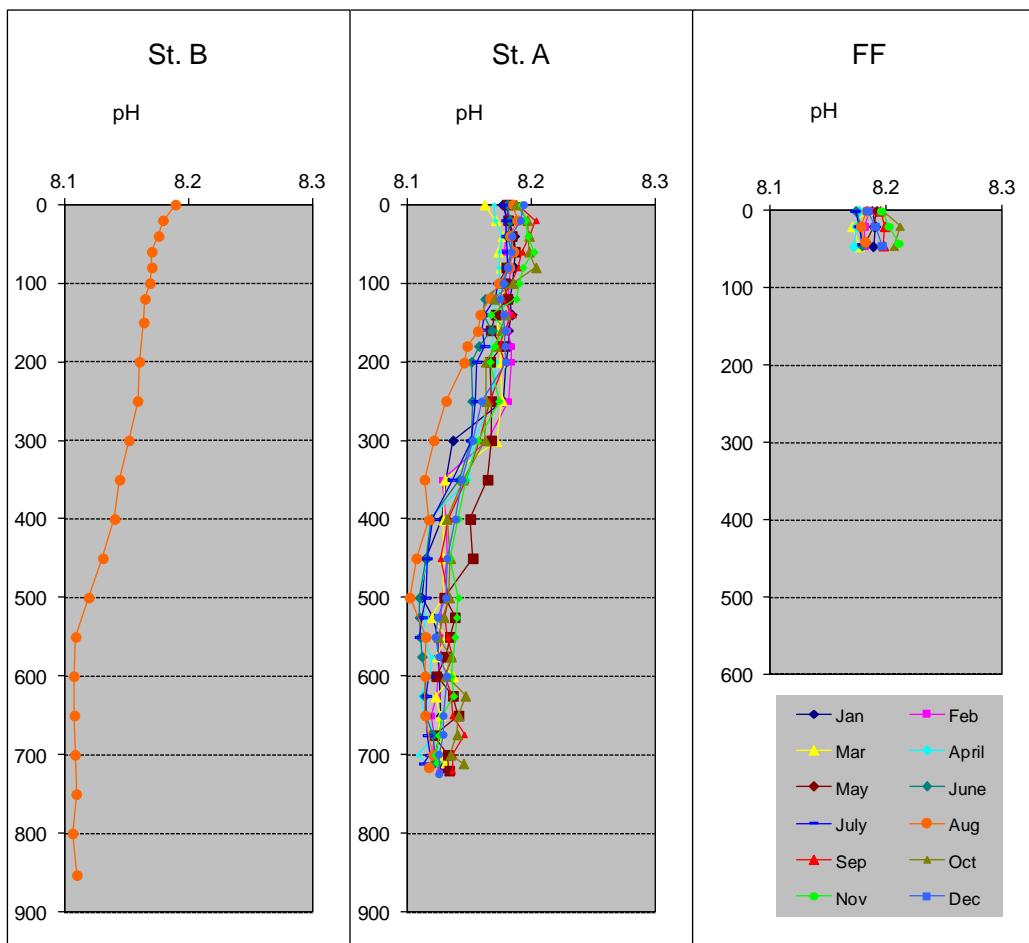
ערך הגבה (רמת חומציות המים, pH)

ערך הגבה (pH) המדועה להלן נמדד בסקלת pH_{NBS} לפי ההגדרה של Millero et al. (1993) לפרטים רוא פירוט "שיטות" בפרק מי החופים למטה.

[**תמכורת:** במהלך שנת הניטור 2006 נמצאה הטיה של ערכי pH הנמדדים לעבר ערכים גבוהים מדי, עקב התוישנות תמייסות הכינול. נערך בירור אשר במהלך תאריך תחילת הבעה (אוקטובר 2003), ולפיכך הכרזונו בלוז 2007 על א' קבילותן של מדידות pH מאות תאריך ועד להחלפת תמייסות הביעתיות ותיקון הבעה בנובמבר 2006].

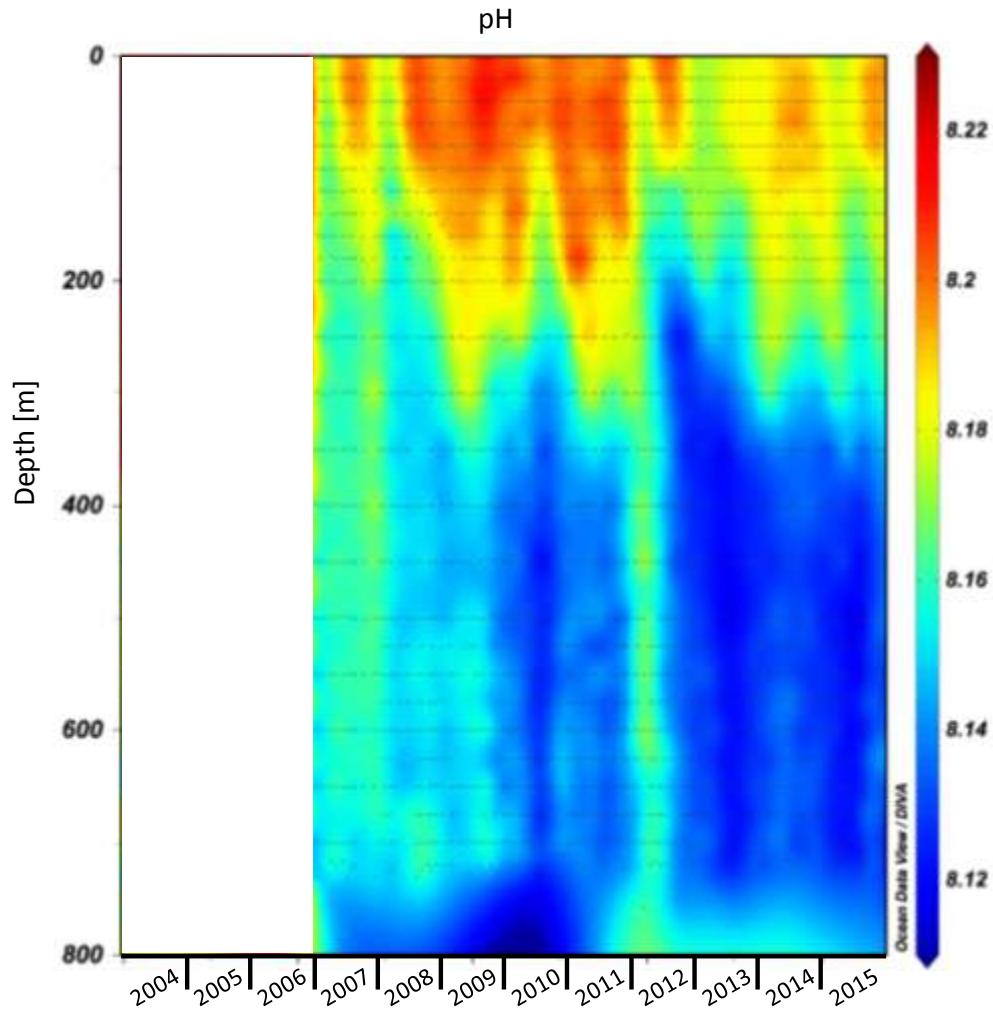
ערכים pH בימי העומק בדרך כלל נמוכים יותר מאשר במים הרדודים ועל כן מושפעת גם רמת החומציות בעמודות המים מהאזור הערבות-שוכב העונתי. מבנה הפרופיל של ערך הגבה (pH) בעמודות המים דומה, לרוב, להה של החמצן המומס מכיוון שני המשתנים תלויים בקצב הפוטוסינזה והגשימה. ערכי pH הגבאים נמדדו השנה בחודשים ספטמבר-נובמבר, בעומקים של עד כ- 100 מ' (איור 10). הערך המרבי אשר נמדד השנה בתחנה A היה 8.204, ואילו בחוף הצפוני בתחנת כלובי הדגים נמדד pH מרבי של 8.213.

ערך הגבא בימים העומקים עולה כתוצאה מערבוב עמודת המים ויורד בשנים בהן הערבות רדוד. באופן כללי היו השנה ערכי הגבא בימים העליונים דומים לאלה של השנים הקודמות, אך עדין נמוכים בהשוואה לשנה 2012 בה נמדד ערך מרבי של 8.229 בתחנת כלובי הדגים בחודש אוגוסט (איור 11). גם כאן ניתן לראות שהשינויים בערך הגבא בעמודות המים מהאזור הערבותיים הרדודים האחרון (מאז שנת 2012) קטנים מהשינויים שנמדדו במהלך הקודם.



איור D10: ערכי רמת חומציות בעמודות המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעומקה ביותר (< 800 מ'), תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למיניה מ-500 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D10: Depth profiles of pH values measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest (>800m), Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.

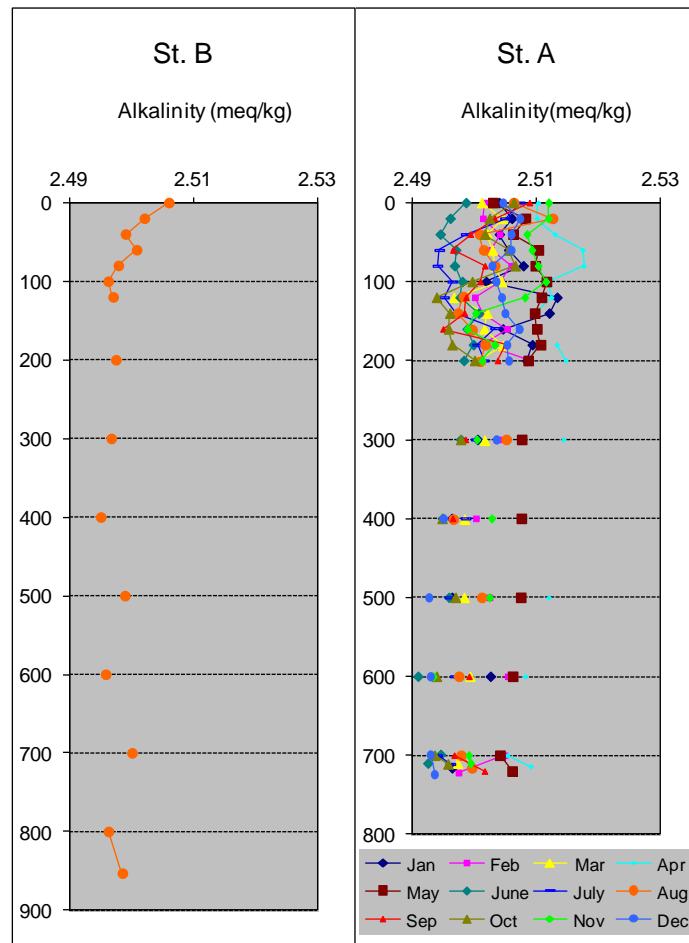


איור ד11: שינויים ברמת החומציות בעמודת המים בתחנה A מאז נובמבר 2006. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D11: Changes in pH in the water column at Station A since November 2006. Black dots represent the sampling depths.

אלקליניות

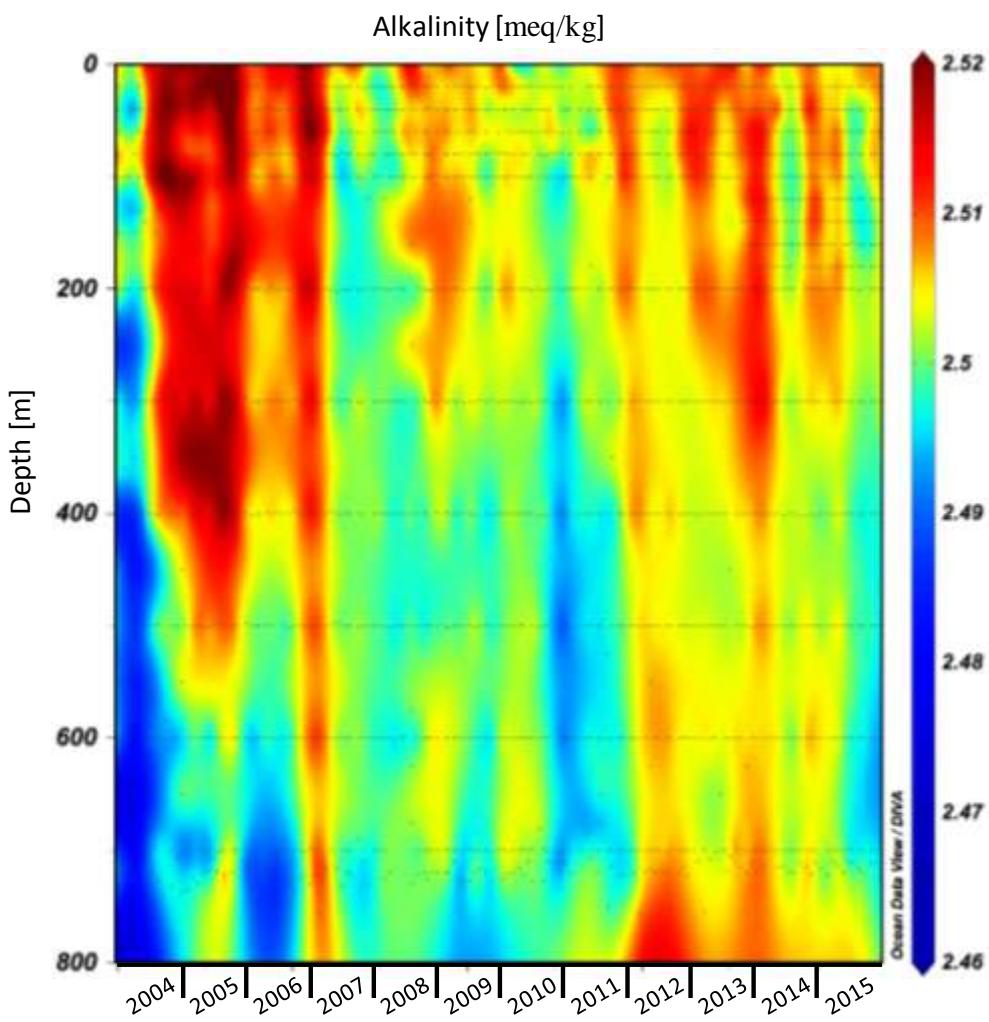
האלקליניות היא מזד לרכיבי חומציות הchlשות במים, ובעיקר לרכיבי יוני הקרבונט והביירבונט (CO_3^{2-} ו- HCO_3^- בהתאם). טווח הערכיהם במדידות האלקליניות קטן מאד, הן בשינויים העונתיים והן בין העומקם (איור ד12). ערכיהם נמוכים יחסית של אלקליניות במים העליונים נרשמים לאחר הקיז, וערכיהם גבוהים יותר בחודשי העורבות. בחודשי הקיז האלקליניות במים העליונים נמוכה מעט מאשר במים התתונים, ובחודשי האביב גבוהה מעט יותר. הערך המרבי שנמדד השנה היה 2.5177 meq/kg, נמוך מעט מזה של השנה הקודמת.



איור 12: ערכי אלקליניות בעמודות המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעומקה יותר (< 800 מ') ותחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של מעלה מ-700 מטרים.

Figure D12: Alkalinity profiles measured during the monthly monitoring cruises.
Station B is the southernmost and deepest (>800m) and Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth.

שינויים באלקליניות אינם מונעים רק על ידי מחוורי הערבוב. בשנים 2004-2006 נזדה אלקליניות גבוהה בעומדות המים, ובפרט במים העליזוניים, ולאחר הערבוב העומק בשנת 2007 ירדה האלקליניות הנמזהת. בשנים 2012-2014 שוב נזדה אלקליניות גבוהה יחסית, אם כי לא באותה מידת, והשנה נמצאה ירידת קלה בערכי האלקליניות הנמדדים בעמודות המים (איור 13).



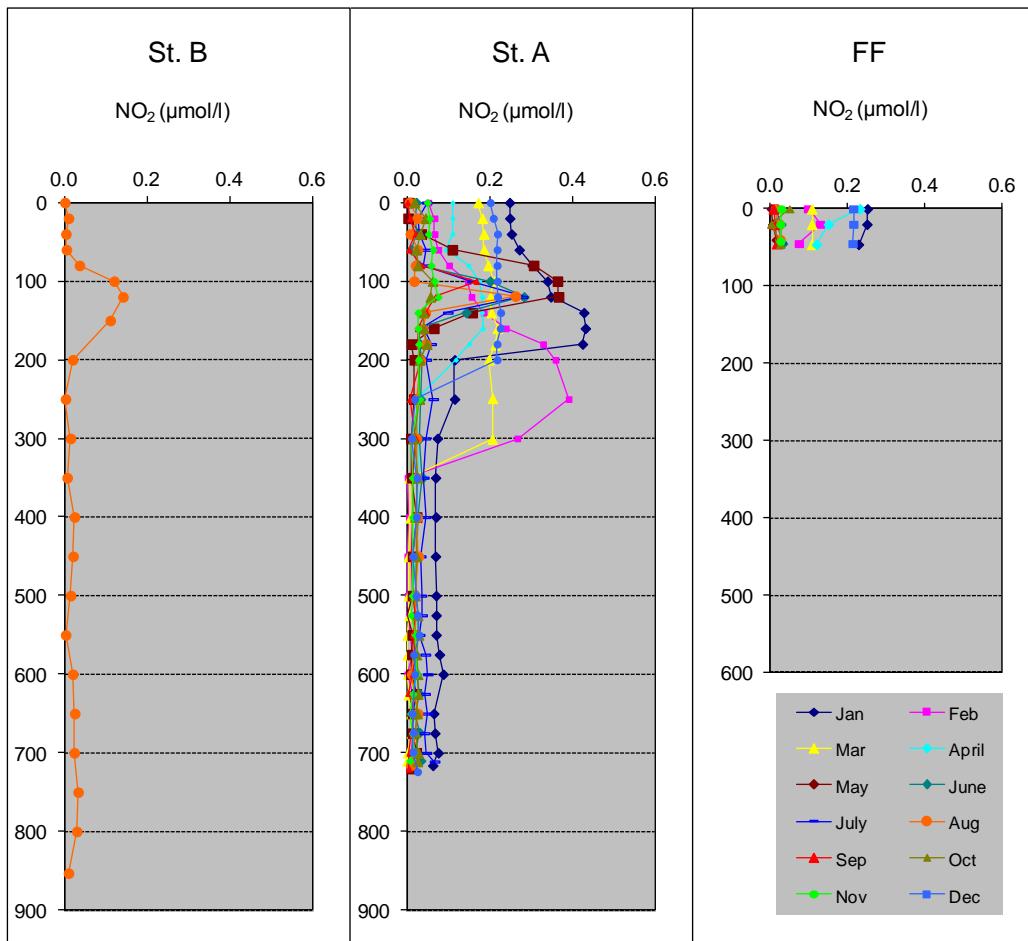
איור ד13: שינוייALKALINITY בעמודות המים בתחנה A מ-2004 ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D13: Changes in alkalinity in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.

ניטריט (NO_2) וניטראט (NO_3^-)

ניטריט נוצרן על ידי פיטופלנקטון באזורי הפוטי (המואר) והן על-ידי בקטניות וארכיאה הממחצנים אותו לניטראט בתחום הניטריפיקציה המתרחש בכל עמודות המים, ועל כן ריכוזי הניטריט במים נמוכים מאד. ניטריט יכול להיווצר גם על ידי דניטריפיקציה, חיזור ניטראט על ידי חיידקים אנairoביים, ואולם תהליך זה פחות סבירימי המפזר מהמחצנים. תיכון שדניטריפיקציה מתרחש בסדימנט.

רכיבי הניטריט גבוהים יחסית בתקופת הערבוב בחורף, עם תחילת השוכב נוצר בין העומקאים 100 ו-300 מ' (מתוך לשכבה הפוטית) אזור בו ריכוז הניטריט גבוהה יחסית. באזורי זה מתרחשים תהליכי פרוק חומר אורגני וחמצון בקטרילי של אמונייה. ככל שעמודות המים מתיצבת, מאגר הניטריט באזורי זה קטן והולך (איור ד14). השנה נוצר ריכוז הניטריט הגבוה כבר בחודש ינואר, וההתפתח בחודשים פברואר ומרץ אז היה הריכוז גבוה בכל עמודות המים העליונה, המעורבבת. בחודש אפריל כבר קטן מאוד ריכוז הניטריט ובחודשי הקיץ היה ריכוזו ניטריט גבוה יחסית רק בעומק 120 מטרים. ריכוז הניטריט המרבי בתחנה A נמדד השנה בחודש ינואר, 0.43 μmol/l בעומק 140-180 מטרים. זהו ריכוז נמוך מזה של השנה שעברה, בהן נמדד 0.48 μmol/l ו- 0.57 μmol/l בהתאם).



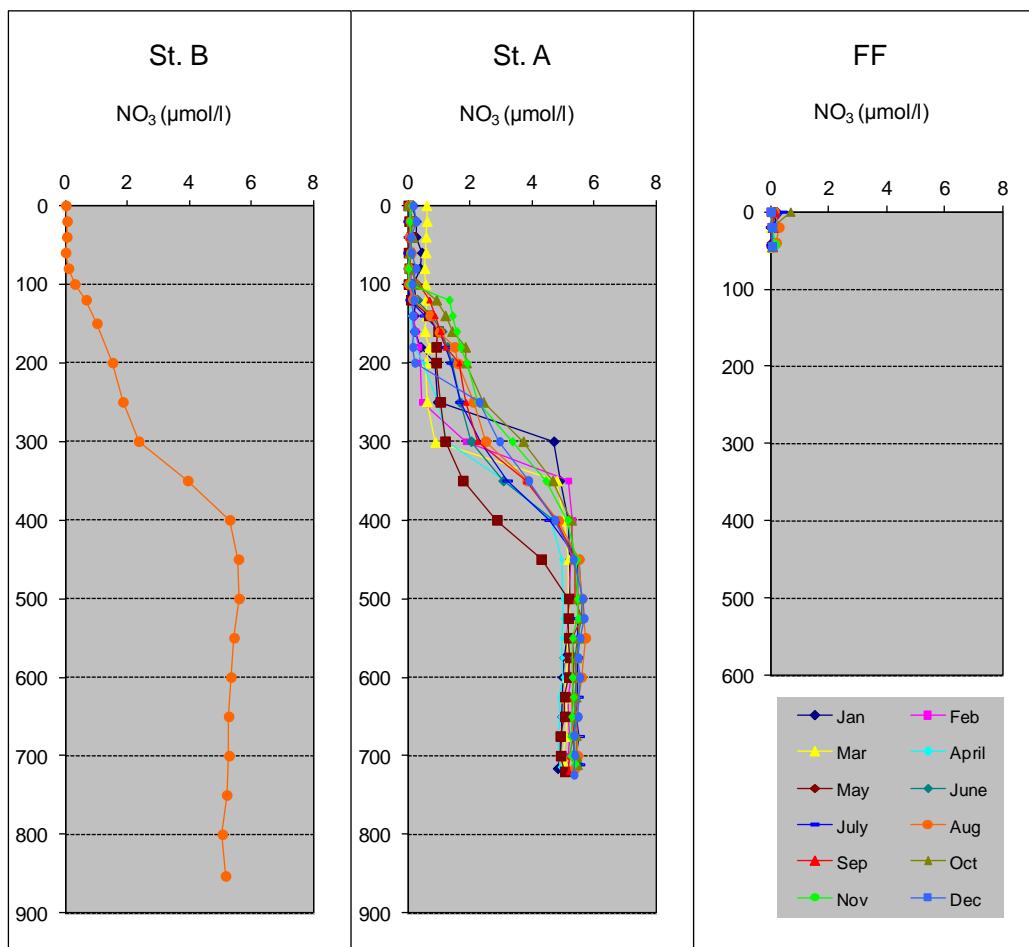
איור 14: ריכוזי ניטריט (NO_2) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר (< 800 מ'), תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של מעל 700 מטרים, ותחנה FF לחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D14: Nitrite (NO_2) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest (>800m), Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.

ניטרט הוא המרכיב העיקרי של מאגר החנקן האנאורגани המוחמץ במי העומק. הניטרט הינו חותוצר הסופי של תהליכי חניטיפיקציה שתחלתו חמוץון בקרטיאלי של אמונייה ועל כן מהווה ממד לנמות החומר האורגני שפורק בתהליכי נשימה במים העומקים. בחורף גורם הערבוב להעשרה של מי השטה בניטרט המגיע מהעומק. קליטת הניטרט על ידי פיטופלנקטון בשכבה הפוטית מהו גורם מרכזי בהגברת הייצור הראשונית ב"פריחת האביב". עקב ציריכתו הגבוהה, ריכוזו בשכבה הפוטית נזוך מהריכוז הנמדד במים העומקים. בתקופת השacob ריכוז הניטרט בשכבה העילונה קרוב לאפס, ובזמן הערבוב, ריכוזו עולה.

השנה, בדומה לשנתיהם הקודמות, ערבות רדוד של עמודת המים לא העלה נוטריינטים רבים לפני הים וריכוז הניטרט במים הרדודים כמעט ולא עלה בחודשי החורף (איור 15). בחודש מרץ היה ריכוז הניטרט במים העילונים 1 mol/l , גובה מאשר בשנתיהם האחראונות (בשנה הקודמת נמדד לפני הים ריכוז מרבי של 0.12 mol/l בלבד). לשם השוואה, הריכוז המרבי בפני הים בשנת 2012, בה היה הערבוב عمוק, הגיע ל- 2.158 μmol/l בחודש מרץ.

במים העומקים היה ריכוז הניטרט השנה גבוהה מעט מערכיו השנה הקודמת (1 mol/l ו- 5.4 μmol/l , בהתאם). בשנת 2012 נמדד ריכוזים סכיב 1 mol/l 4 ובשנת 2011 הגיע ריכוז הניטרט במים העומקים ל- 1 mol/l 5.9 μmol/l .



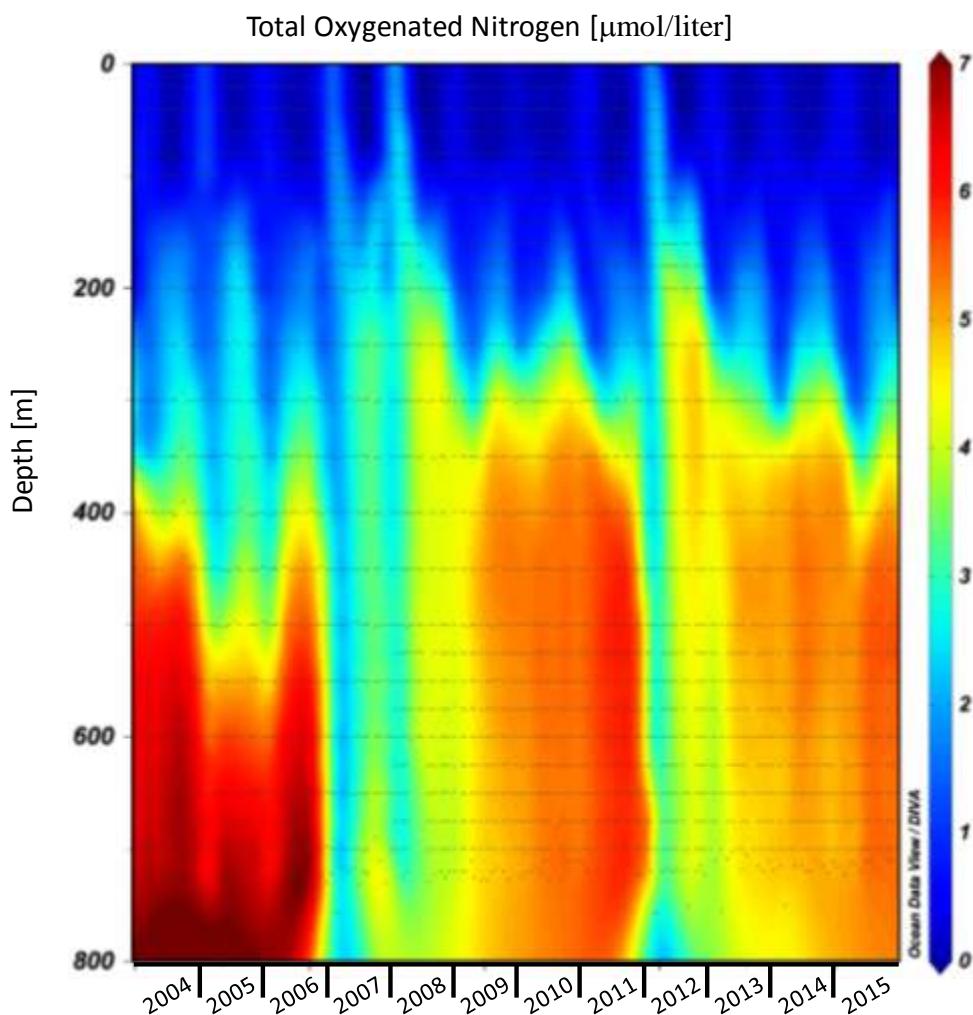
איור 15: ריכוזי ניטרט (NO₃⁻) בעמודות המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטרו החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר (< 800 מ'), תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ- 700 מטרים, ותחנה FF לחוף הצפוני בעומק של כ- 50 מטרים.

Figure D15: Nitrate (NO₃⁻) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest (>800m), Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.

ריכוז החנקן המוחמצן בעמודות המים (Total Oxidized Nitrogen - TON - דומה לריכוז מרכיבו העיקרי, הניטרט). משנת 2000, בה היה ערבותם עמוק, עלו ריכוזי החנקן המוחמצן במים העומקים. בחורף 2004-5 בו היה ערבותם של עמודות המים עד לכ- 600 מטר ירדו מעט ריכוזי הניטרט בימי העומק אולם ב-2006 נמדדנו ריכוזים דומים לאלה של שנת 2004. שנתיים של ערבותם עמוק (2007-8) הורידו משמעותית את ריכוזי החנקן במים העומקים, אך מאז פברואר 2008, ריכוזי החנקן במים העומקים מכ- 350 מטרים היו במגמת עלייה. בשנת 2012, בעקבות ערבותם עמוק, ירדו ריכוזי הניטרט והחנקן המוחמצן בכלל במים העומקים במידה ניכרת. מאז תחילת השכוב בשנת 2012 ריכוזי החנקן במים העומקים ובמי הביניים נמצאים במגמת עלייה, אולם זו איטית במידת ניכרתה ממה שנראה בmonths הקודמים. שלוש שנים לאחר הערבותם העמוק של שנת 2012 ריכוזי החנקן במים העומקים נמוכים משל שנת 2011, 2012, שלוש שנים לאחר הערבותם העמוק של שנת 2008 (איור 16).

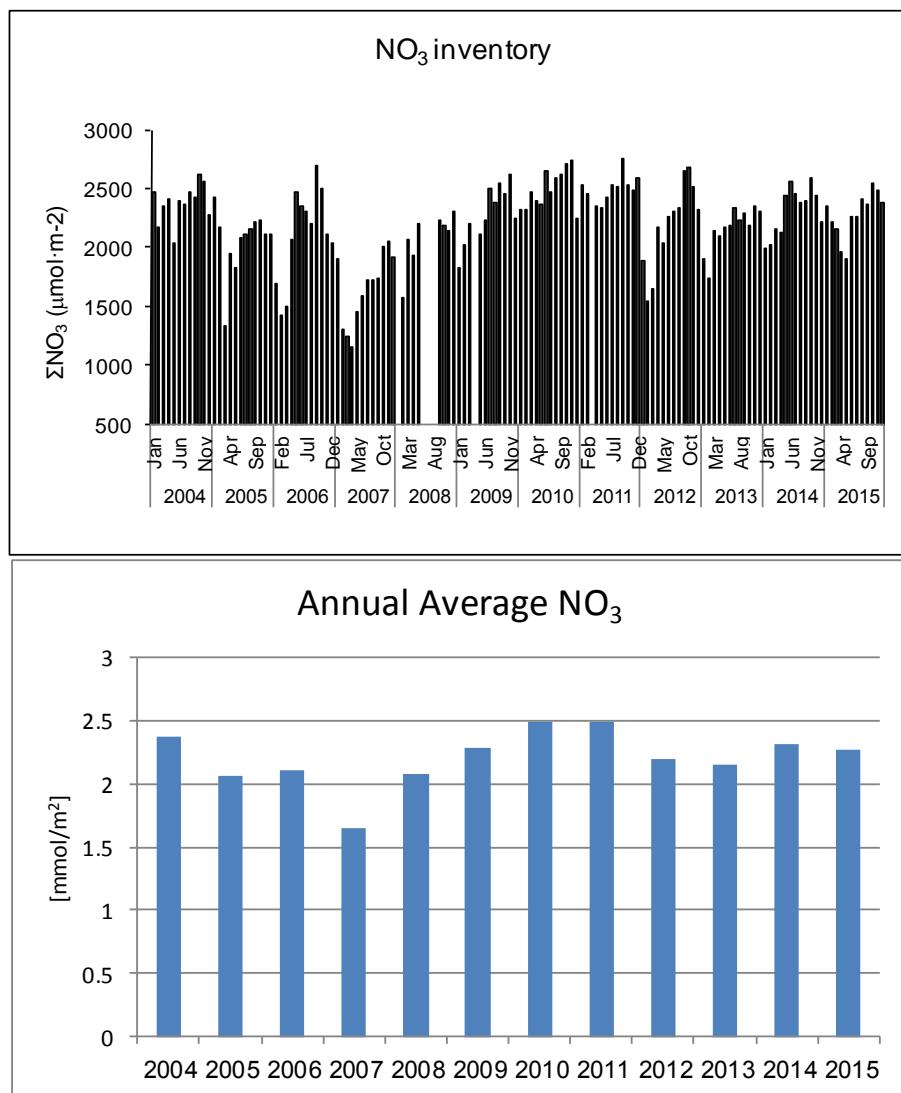
מאזור הניטרט בעמודות המים מאז 2004 מראה תמונה דומה לו של הריכוזים ונמצא במגמת עלייה מאז שנת 2012. כמות הניטרט האגורר בעמודות המים עלה מזאת שנות הערבות 2004-2007, בשנות הערבות 2012-2013 נמדהה ירידת ובשנתיים שלאחר מכן עלייה. בחורף 2012 שוב נרשמה ירידת בכמות הניטרט בעמודות המים ובחודשים שלאחר מכן עקב התגברות פעילות הפירוק נרשמה עלייה. השנה, מאזור הניטרט הממוצע נמוך מעט מאשר השנה הקודמת, ובשנתים האחרון (2014-15) מאזור הניטרט השנתי הממוצע נמוך

משהיה בשנים המקבילות במחוז הערבות הקודם, 11-2010 (ינואר 17).
אילו



אילו 16: שינויים בריכוז החנקן המוחמצן (TON= $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D16: Changes in the concentration of total oxidized nitrogen (TON= $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$) in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.

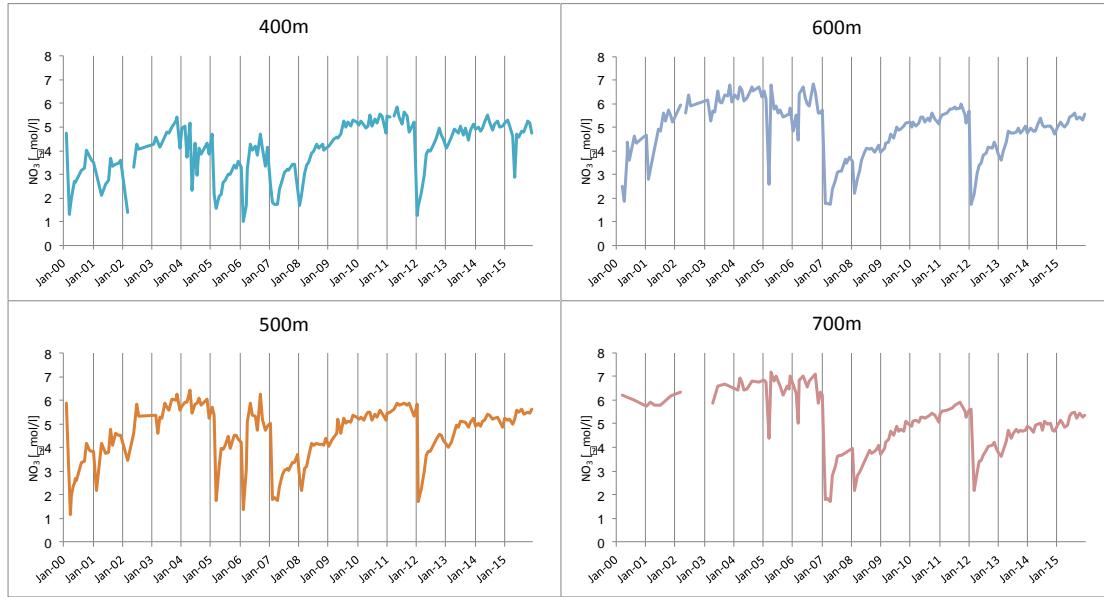


איור ד17: שינויים במ Lager הניטרט (NO₃) בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. למעלה: מדידות חדשות, למטה: ממוצע שנתי

Figure D17: Changes in the nitrate (NO₃) inventory in the water column at Station A since 2004. Top: monthly inventories, Bottom: annual average

נראה כי ריכוז הניטרט במים העומקים (~ 700 מטר) הגיע לשיאו משקל גובה בשנים 2003-2007, אחרי הערבוב העמוק של שנת 2000, והשינויים בו בתקופה זו היו קטנים. ערבוב עמודת המים בתקופת החורף מוריד את ריכוזו הניטרט בעומק אליו מגיע הערבוב, אולם החזרה לערכים קודמים היתה מהירה. הערבוב העמוק בשנת 2007 הוריד משמעותית את ריכוזו הניטרט בעומק (ערך מינימום בתקופה זו כ- 1.7 μmol/l), והעליה שאחריו הייתה איטית. בסוף 2007 ריכוז הניטרט בעומק 700 מטרים היה כ- 3.9 μmol/l. חורף 2008 שוב הוריד את הריכוז (לכ- 2.16 μmol/l), ובסוף 2008 היה הריכוז בעומק 700 מטרים כ- 4.4 μmol/l. בשלוש השנים 2009-2011 כללו לא הגיע הערבוב למים העומקים וריכוזו הניטרט הוסיף לעלות בכל העומקים הגדולים מ- 400 מטרים, אולם נותרו נוכחים מהערכים של לפני שנת 2007.

הערbob העמוק בשנת 2012 הוריד את הריכוזים בכל העומקים (לכ- 2.16 μmol/l בעומק 700 מ' במרץ 2012) וריכוז החנקן המרבי אשר נמדד השנה (2015) בעומק 700 מ' עמד על כ- 5.47 μmol/l. לשם השוואת, הריכוז המרבי בעומק זה בשנת 2011 היה כ- 5.93 μmol/l ובשנת 2006 נמדד ריכוז של (18) 7.09 μmol/l.



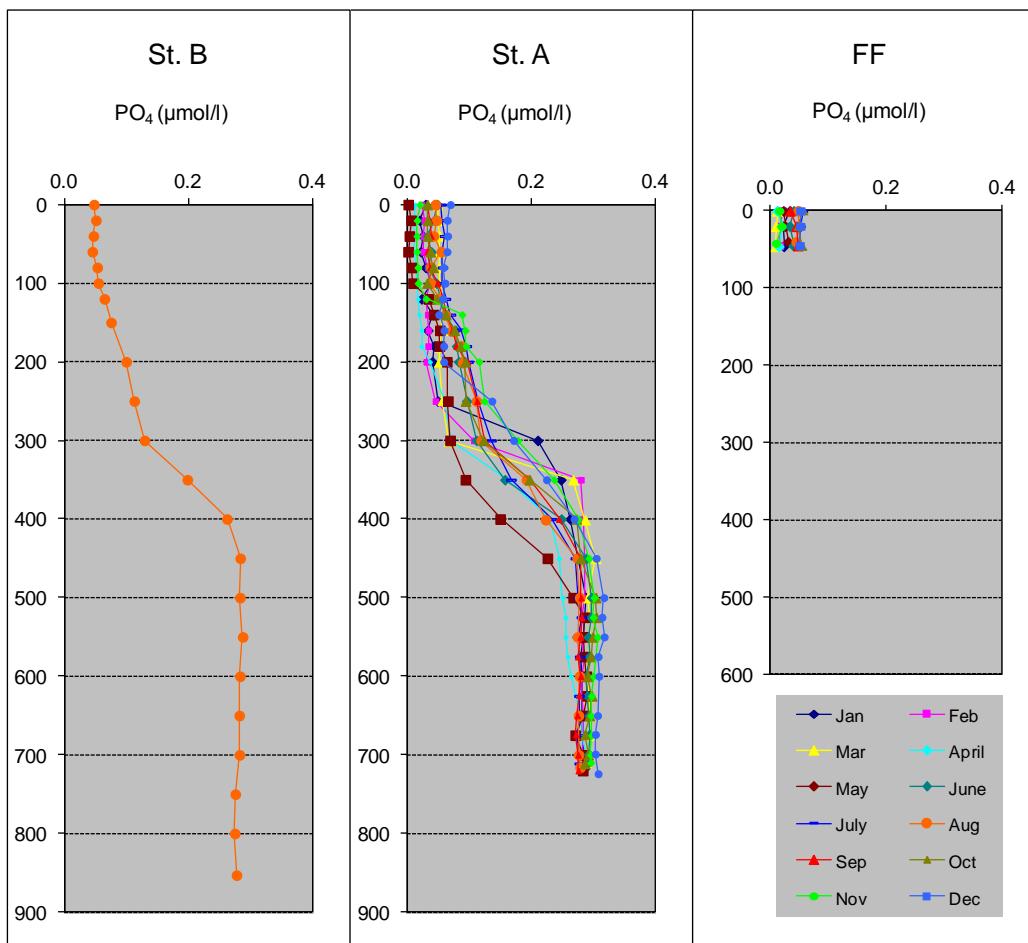
איור 18: שינוי בריכוז הניתרaat בעומקם (400 עד 700 מטר) בתחנה A מאז ינואר 2000. נתוני הקודמים לתכנית הניטרור נאספו במסגרת פרויקט "פרק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארץ והפרופ' ב. לזר.

Figure D18: Changes in nitrate concentration water depth of 400m to 700m at Station A since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of Prof. J. Erez and Prof. B. Lazar.

পোস্পত

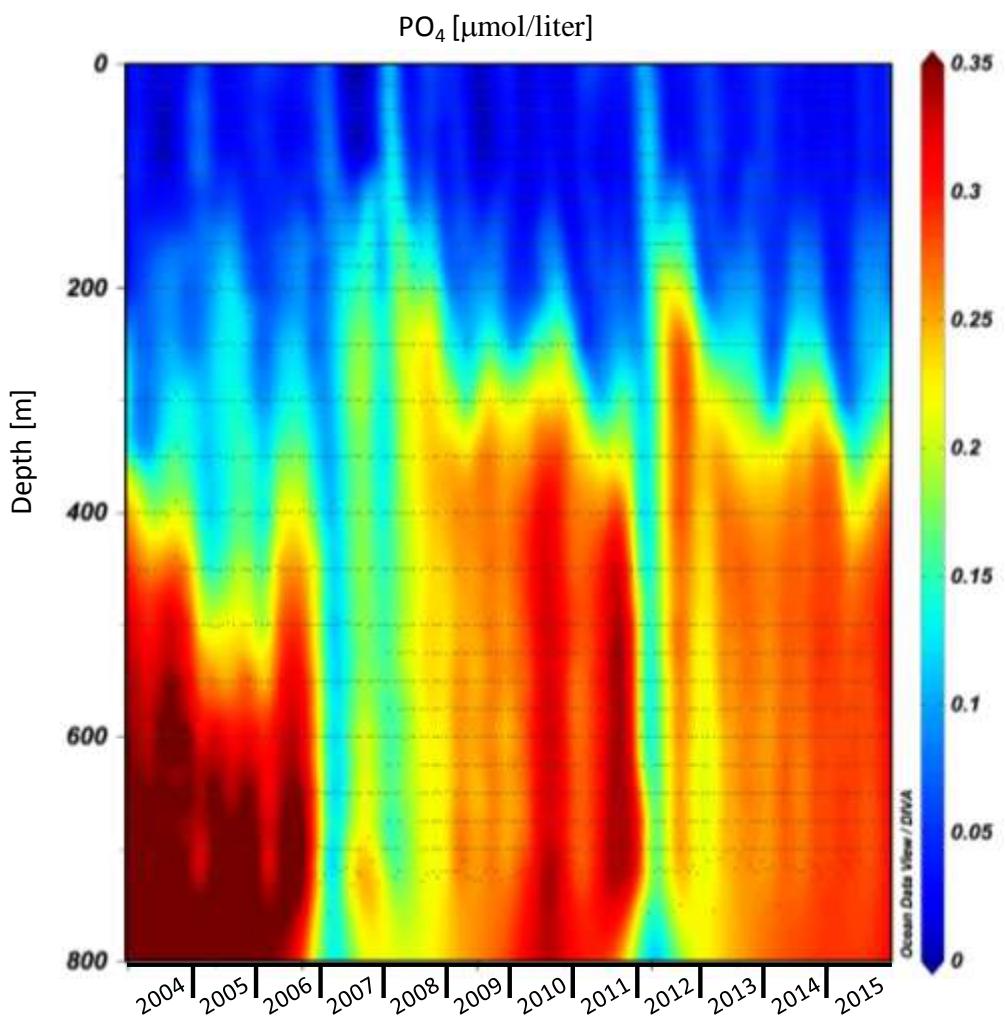
בדומה לנוטריינטים אחרים, ריכוזי הfosfat בעומdot המים נמוכים בקרבת פני הים וגובהים יותר בעומק (איור 19). בימי הרדוודים נצרכים חומרים אלה בתהיליכי יצירת חומר אורגני על ידי היצרנים הראשונים, ובעקבות שקיעת חלקיים אורגניים מהמים הרדוודים ופירוקם בעומק עולה ריכוז הנוטריינטים, ובכלל זה הfosfat, עם העומק. המחוור העונתי של הfosfat דומה לזה הנראה עבור חנקן ומאופיין בעליית הריכוזים בפני הים בעת הערבוב, אך ריכוז הfosfat נמוך בהרבה משלה החנקן המוחומצן (TON, ניטרט + ניטרט). השנה הגיעה ריכוז הfosfat בפני הים בתחנה A לערך מרבי של 0.070 $\mu\text{mol/l}$, בסך הכל דומה לערבים שנמדדו בפני הים אחרי שנת 2012. במים העומקים היה ריכוז הfosfat סביב 0.29 $\mu\text{mol/l}$, והערך המרבי שנמדד, בסוף השנה (דצמבר) היה סביב 0.31 $\mu\text{mol/l}$, מעט גבוהה בהשוואה לשנה הקודמת.

בעקבות אירועי הערבוב העומק בשנת 2007 ואחר כךשוב בשנת 2008 ירדו ריכוזי הfosfat בעומdot המים באופן משמעותי, ובשלוש השנים שלאחר מכן עלה ריכוז הfosfat במים העומקים. הערבוב העומק בשנת 2012 גרם גם הוא לירידת ריכוזי הfosfat במים העומקים, ומאז ריכוזי הfosfat במים הביניים ובמים העומקים עולים בהדרגה (איור 20). גם ריכוזי הfosfat במים העומקים ניתן להבחין כי שלוש שנים של ערבות רזות לאחר הערבוב של שנת 2012, ריכוזי הfosfat נמוכים מאליה שנמדדוו בשנים 6-2004 ו- 2009-11.



איור 19ד: ריכוזי פוסfat (PO_4^{3-}) בעמודת המים כפי שנמדד בהפינות התיירות החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעומקה ביותר (< 800 מ'), תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למיניה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

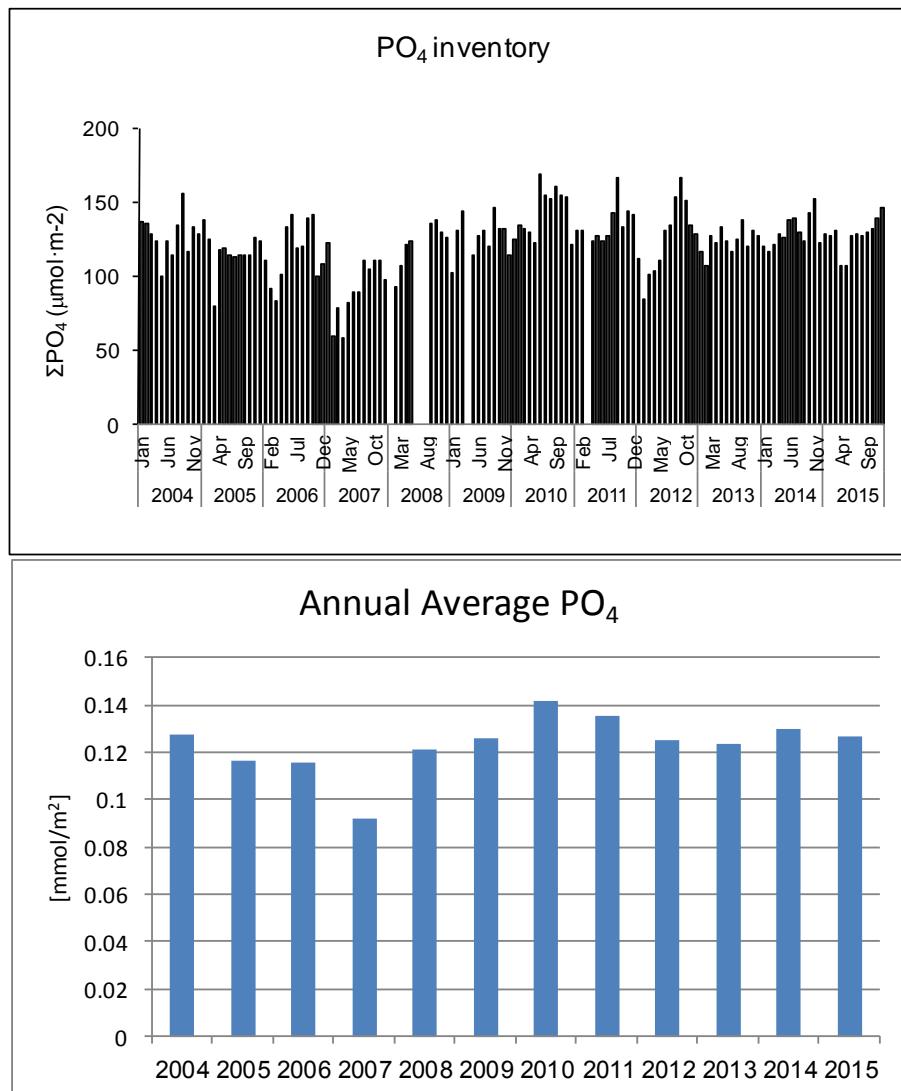
Figure D19: Phosphate (PO_4^{3-}) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest (>800m), Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.



איור ד20: שינויים ברכיב הfosfat בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D20: Changes in the concentration of phosphate in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.

בשנת 2007 הצטמצם מאגר הfosfat המומס במים אולם החל משנת 2008 שב ונבנה. בחורף 2012 כמות הfosfat בעמודת המים ירדה מאד, אולם בקייז עלהה שוב. בדומה לניטראט, התנדות החודשיות במאגר הfosfat בעמודת המים קבועות, יחסית, בשלוש השנים האחרונות (איור ד21). כמוות הfosfat השנתית המומוצעת המומסת בעמודת המים דומה בשנים האחרונות ונמוכה מזו המוחושבת לשנים- 2010-11, לפני הערבוב של שנת 2012.

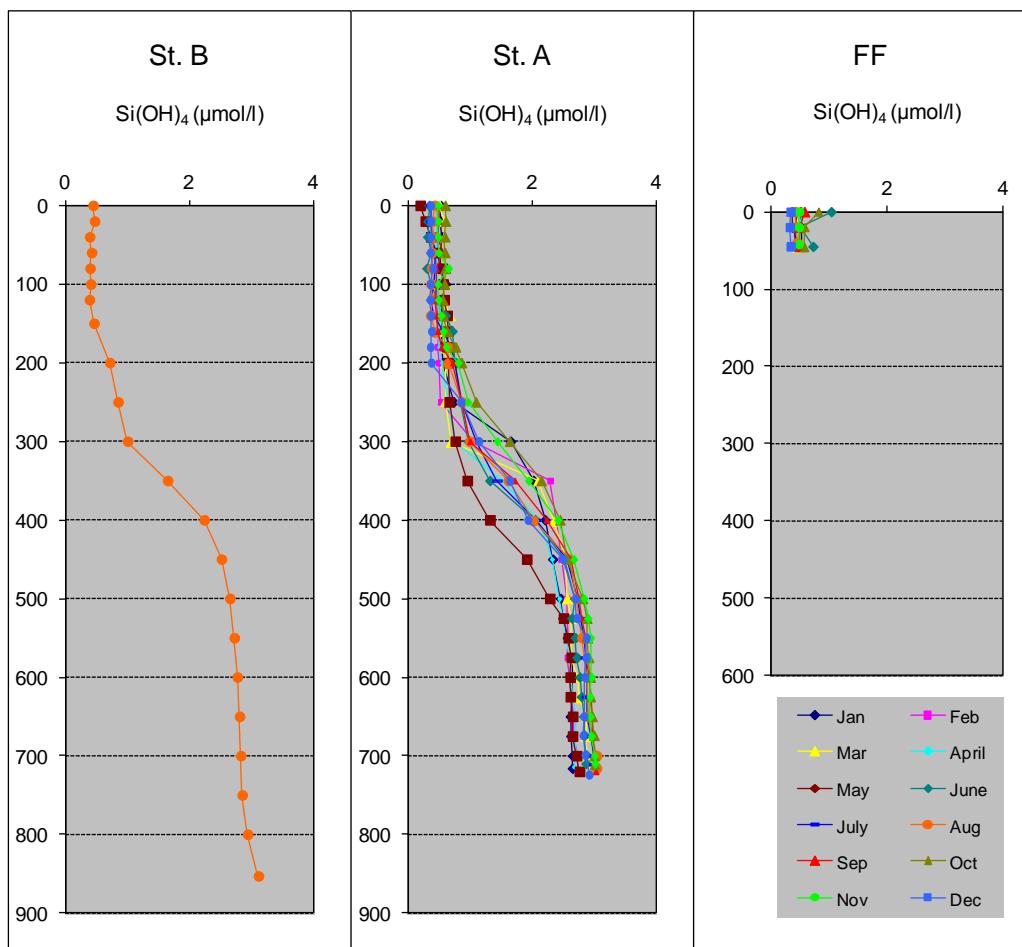


איור ד21: שינויים במאגר הfosfat בעמודות המים בתחנה A מאז ינואר 2004. למעלה: מדידות חדשות, למטה: ממוצע שנתי

Figure D21: Changes in the phosphate inventory in the water column at Station A since 2004. Top: monthly inventories, Bottom: annual average

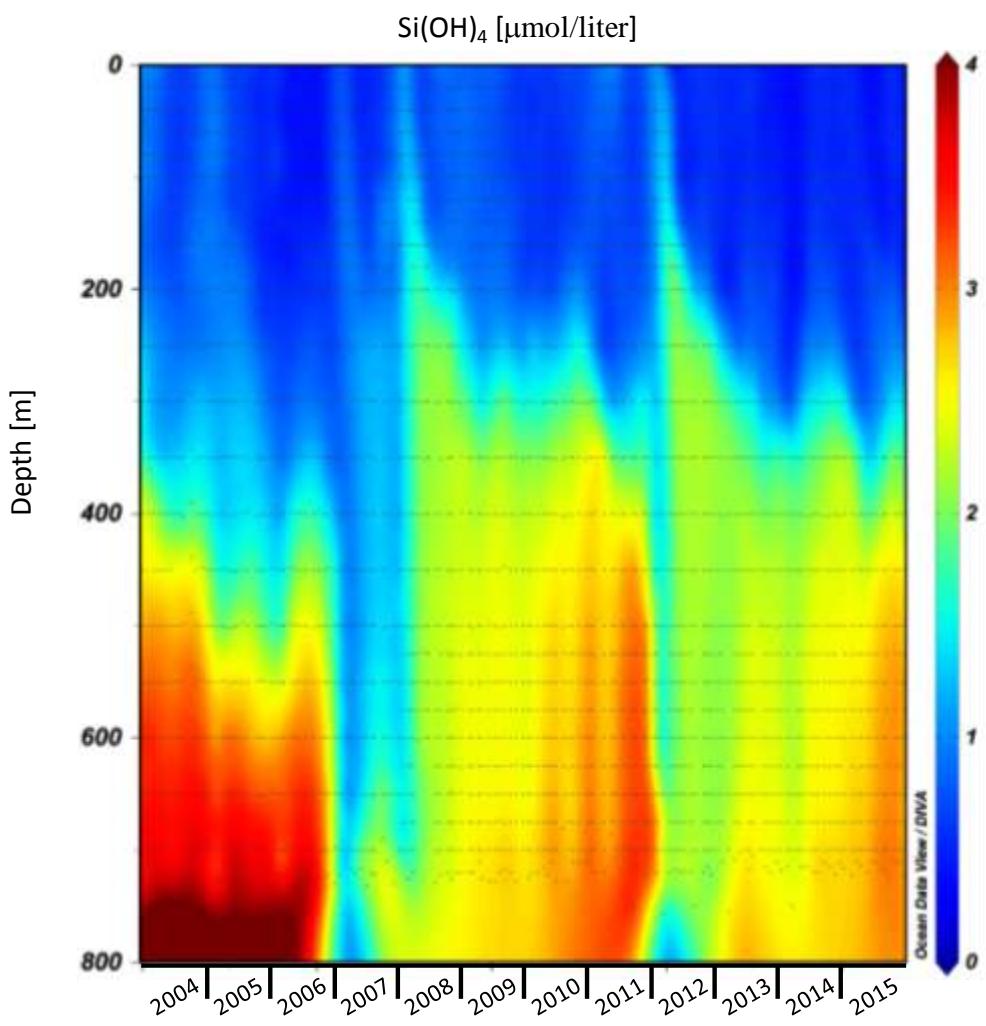
סיליקה

רכיבי הסיליקה בפני הים בתחנה A היו נמוכים ($0.20-0.60 \mu\text{mol/l}$, בדומה לשנה הקודמת) במשך כל השנה מכיוון שהערובות הרדודות לא העלה מן העומק כמות סיליקה גדולה (22). בשנת 2012 נמדד בפני הים ריכוז סיליקה של $1.293 \mu\text{mol/l}$. בימים העומקים עלו ריכוזי הסיליקה במשך השנה מינימלי של $2.65 \mu\text{mol/l}$ בינואר ל- $3.02 \mu\text{mol/l}$ בנובמבר. בינואר 2012 היה ריכוז הסיליקה בימי העומקים $3.267 \mu\text{mol/l}$ ובמרץ 2012 העומק ירד ל- $1.274 \mu\text{mol/l}$. עלית ריכוזי הסיליקה בסמוך לקרקעתיים הים (איור ד22) מצביעה על מקור סיליקה בסידימנט, המסתה מהזרוי הערובות העומק ניכרים בעלית ריכוזי סיליקה בימים הרדודים בעקבות ערובם עמוק וירידה מתמשכת בשנים של ערוב רדו, ותמונה הפוכה בימים העומקים (איור ד23). גם בסיליקה, כמו בנוטריניטים אחרים, ניכרים שלושה מחזוריים רב-שנתיים הקשורים לערובם עמוק, כאשר במחזור האחרון (לאחר הערוב העומק בשנת 2012) ריכוזי הסיליקה נותרים נמוכים משמעותו לאחר אירופי הערוב העומק הקודמים.



איור ד22: ריכוזי סיליקה ($\text{Si}(\text{OH})_4$) בעומקם המים כפי שנמדד בהפלאות הניתור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעומקה ביותר (< 800 מ'), תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של לערך 700 מטרים, ותחנה FF לחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

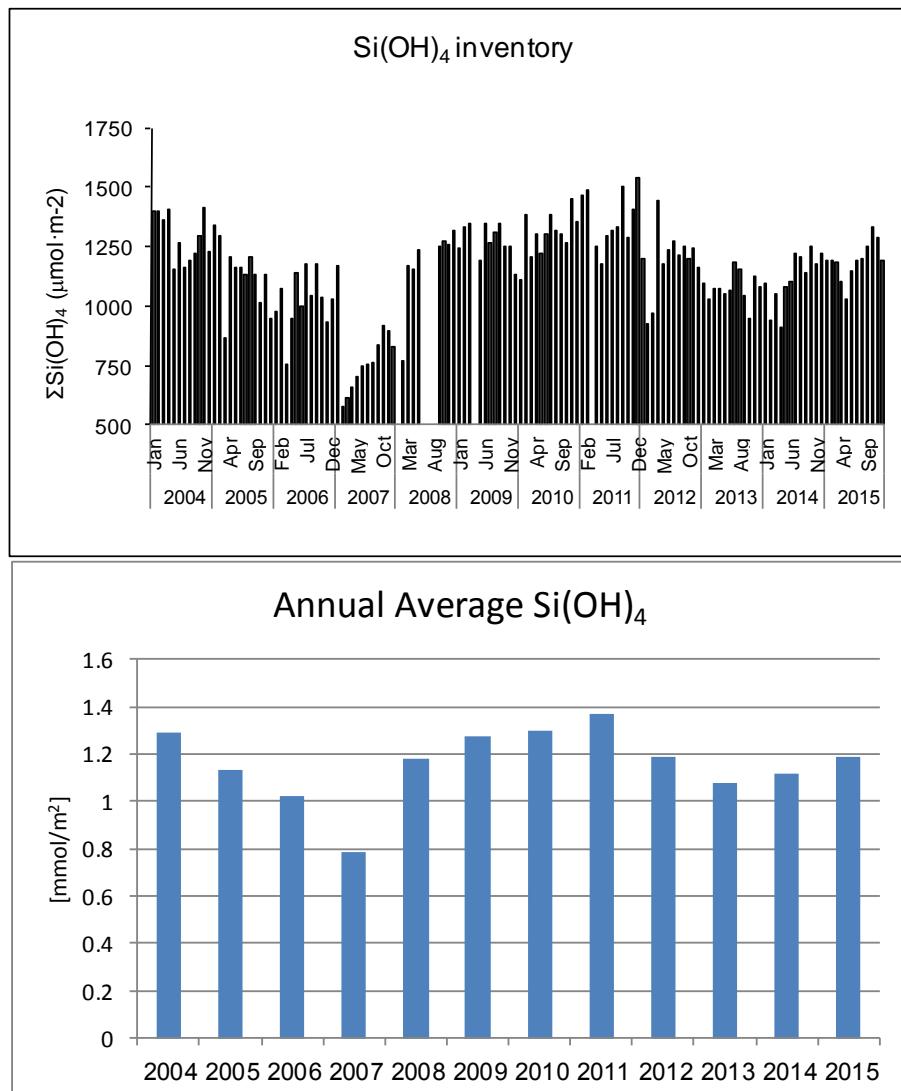
Figure D22: Silicate ($\text{Si}(\text{OH})_4$) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest (>800m), Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.



איור ד23: שינויים ברכזו הסיליקה בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D23: Changes in the concentration of silicate in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.

מאזור הסיליקה בעמודת המים הגיע לערכיהם הנוכחיים ביוטר בשנת 2007, אז העלה הערבות סיליקה לאזור הפוטי והזין פריחה אצות צורניות. בשנים שלאחר מכן ועד לשנת 2012 עלה כמות הסיליקה המומסמת במים ושוב ירדה בעקבות הערבות העומק, אם כי במידה פחותה – נראה כי בעקבות הערבות בשנת 2012 לא התרחשה פריחה חזקה של אצות צורניות שיסלקו סיליקה מהמים. מאז 2012 מאזור הסיליקה בעמודת המים קטן בהשוואה לשנים 2009-11 (איור ד24).



איור 24: שינויים במאגר הסיליקה בעמודות המים בתנה A מאז ינואר 2004. למטה: מדידות חדשות, למטה: ממוצע שנתי

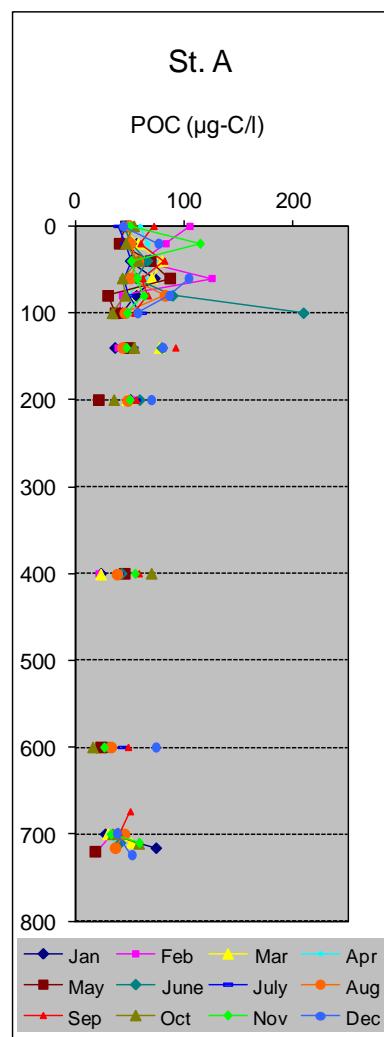
Figure D24: Changes in the silica inventory in the water column at Station A since 2004.
Top: monthly inventories, Bottom: annual average

פחמן אורגני חלקי (POC)

[בעקבות המלצת תח-הוועדה המיוחדת בנושא הכימיה בים (אשר כניסה תכנית הניתר בשנת 2008) להוציא מדדים אשר ישיוו לכמות את מתחור הפחמן בצפון המפרץ, הוחל בשנת 2009 במדידות פחמן אורגני חלקיין. המדידה מתאפשרת בזכות מכשור אנגלי (Total Organic Carbon analyzer), אשר נרכש במכון הביאוניברסיטאי ומצוי במעבדת הכימיה של פרופ' בעז לזר. המדידה נעשית על פי הפרוטוקול הסטנדרטי של חברת Shimadzu Instruments.]

פרופילים של ריכוז הפחמן החלקי נמדדו בעמודות המים בתנה A, עם צפיפות דגימות גדולה בשכבה הפורטית, וקרוב לקרקעית. ריכוזי הפחמן החלקי גבוהים במיוחד ב-100 המטרים העליונים של עמודות המים (איור 25). ריכוז מרבי של 123 µgC/l נמדד השנה בחודש יוני בעומק 100 מטרים, אולם ריכוז זה חריג באופן בולט ואני משקף את המצב בעמודות המים. ריכוזים כאלה נמדדים לעיתים (למשל, בספטמבר 2013 נמדד ריכוז של 123 µgC/l בעומק 80 מ') וניתן לשיכם לתפיסה אקרואית של חלקיין כלשהו שנוכחו מעל אמצע הפילטר הנמדד. ריכוז הפחמן החלקיי במים העליונים גדול באופן יחסי בחודשי החורף ונמוך יותר בחודשי הקיץ ובמים העומקים. עלייה בריכוז פחמן חלקיי בקרבת

הקרקעית עשויה להצביע על הרחפת חלקיקים מהקרקעית.



איור D25: ריכוזי פחמן אורגני חלקי (POC) בעמודות המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של מ-700 מטרים.

Figure D25: Particulate organic carbon (POC) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth.

ד. מדדים ביולוגיים

כלורופיל a

כלורופיל *a* הוא הpigment הפוטוסינטטי העיקרי, ועל כן משמש ריכוזו אינדיקציה (חלkit) לכמות האצות והפעילות הפוטוסינתטית בעמודת המים. ריכוזי הכלורופיל משתנים במחזוריות עונתיות של ריכוזים אחידים ונומכים יחסית בתקופת החורף בעמודת המים המעורבת וריכוזים גבוהים יותר בשכבות המים העליונה באביב, בסוף תקופת הערבוב. במקרים העומקים אין כלורופיל ללא ערבות.

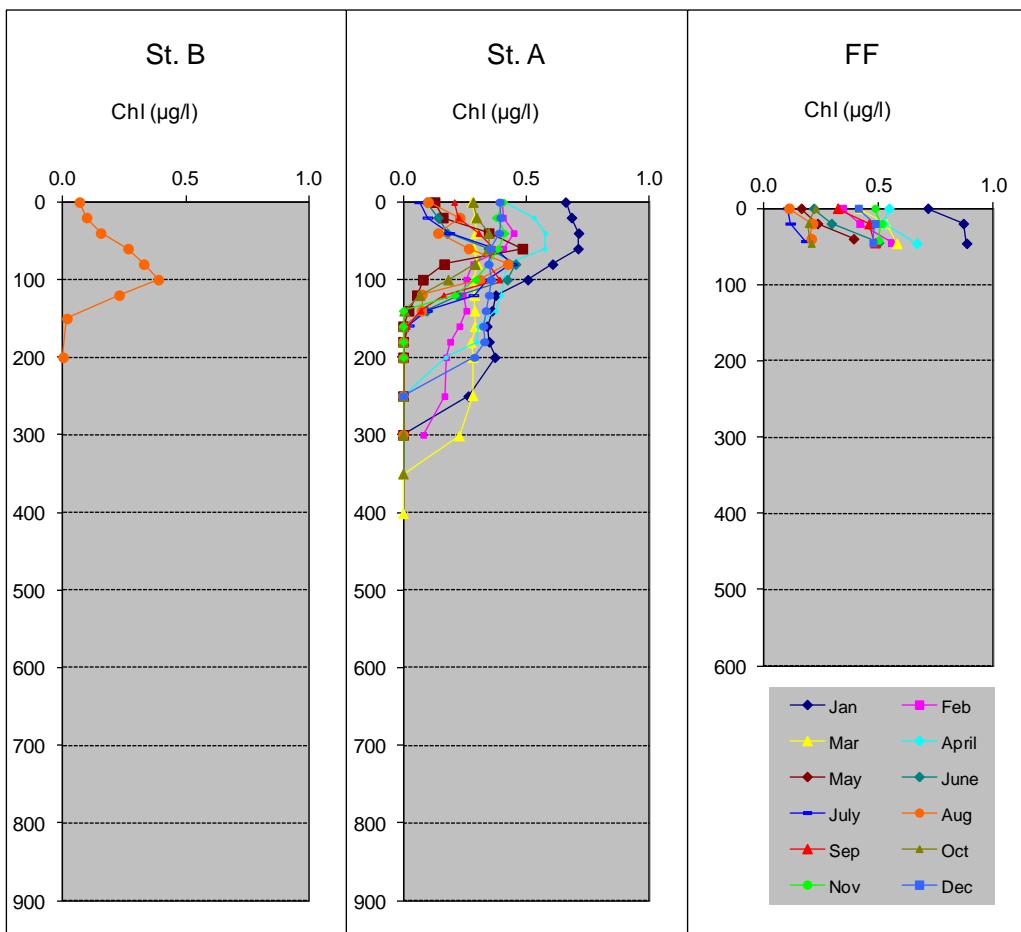
התקופה המשוכבת מאופיינת בריכוז מרבי של כלורופיל *a* בעומקים 80-100 מטרים (deep chlorophyll maximum). עומק יותר מה- DCM עוצמת האור קטנה וריכוז הכלורופיל יורם לאפס, ורדוד יותר ישנה מגבלת נוטרייניטים וריכוזי הכלורופיל בפני הים נומכים.

ריכוז הכלורופיל השנה דומה לזה שנמדד בשנה הקודמת. הערך המרבי אשר נמדד בתחנה A היה $0.71 \mu\text{g}/\text{m}^2$, בחודש ינואר בעומקים 40-60 מ' (איור 26).

ריכוז הכלורופיל המרבי בחוף הצפוני, בתחנת קלובי הדגים היה $0.88 \mu\text{g}/\text{m}^2$, נמוך בהשוואה לשנה הקודמת בה נמדד שם ריכוז כלורופיל של $1.10 \mu\text{g}/\text{m}^2$. ערך זה הוען ככל הנראה מכנית מים עשירים בנוטרייניטים באזורה זה, ואינו מייצג את מצב הים.

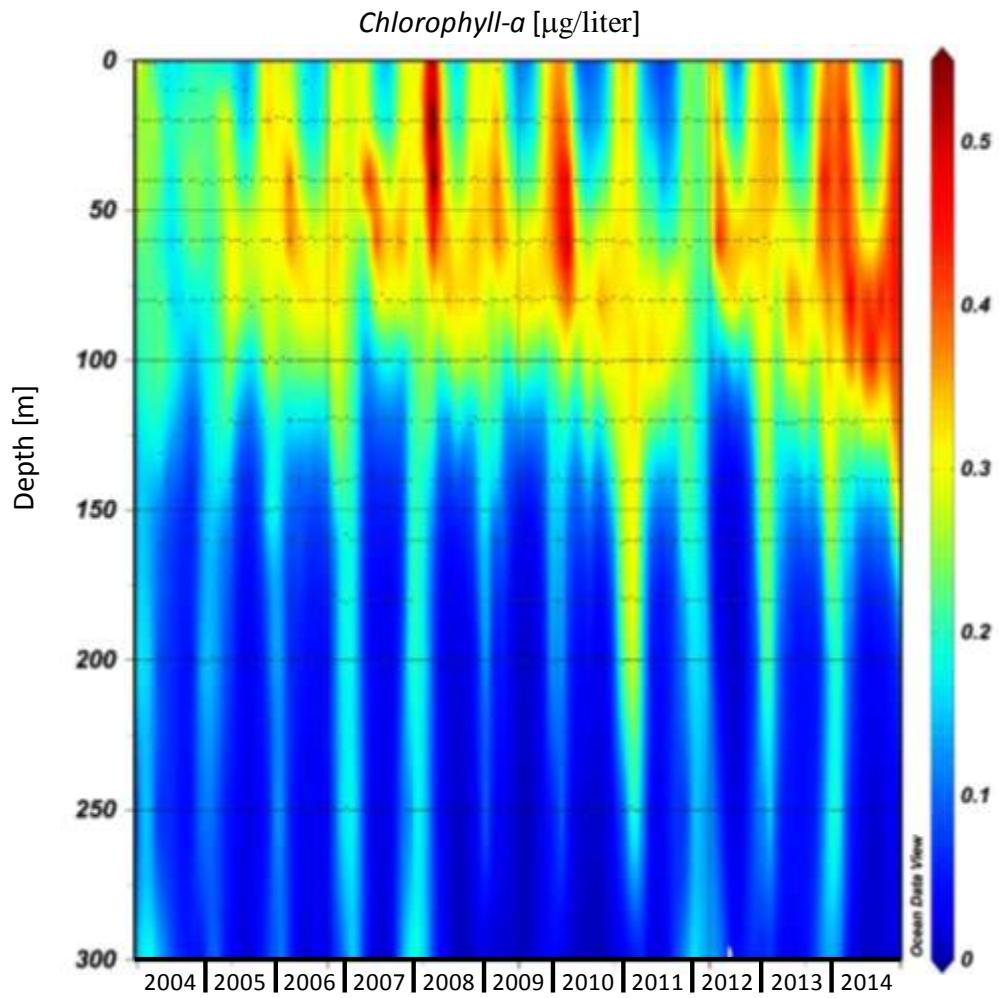
בשנת 2012, בה היה ערבות עמוק של עמודת המים, היה ריכוז הכלורופיל באביב (mai) בתחנה A ($0.834 \mu\text{g}/\text{m}^2$). ריכוזי הכלורופיל הנמדדים בסוף תקופת הערבוב בעומק "ריכוז הכלורופיל המרבי" הגיעו לערכים הגבוהים ביותר בשנה השניה ברציפות של ערבות עמוק, 2008, אז היה ריכוז הכלורופיל המרבי $1.14 \mu\text{g}/\text{m}^2$. יחד עם זאת היו ריכוזי הכלורופיל לאורך כל השנה הנוכחית בסך הכל גבוהים בעומק ה-DCM (איור 27).

במבט לטוח אורך יותר על ריכוזי הכלורופיל בעומק הריכוז המרבי (DCM) לא נמצא שינוי ממשי בריכוזי הכלורופיל בעמודת המים העליונה (איור 28), וشنנות העARBוב העומק (2000, 2007, 2008 ו- 2012) ניכרות בריכוזי אביב גבוהים. מעבר לשנים אלה, נמדדנו ריכוזים גבוהים גם בשנת 2010 וריכוזי הכלורופיל בשנה הקודמת היו גבוהים מהמצופה. אמנם היו או מספר אירוני שיטפונות (כפי שארע גם בשנת 2010) אולם יש לעקוב אחר השינויים בריכוזי הכלורופיל על מנת לשלול מגמה של עליה קבועה המצביעת על שינוי במצב המערכת.



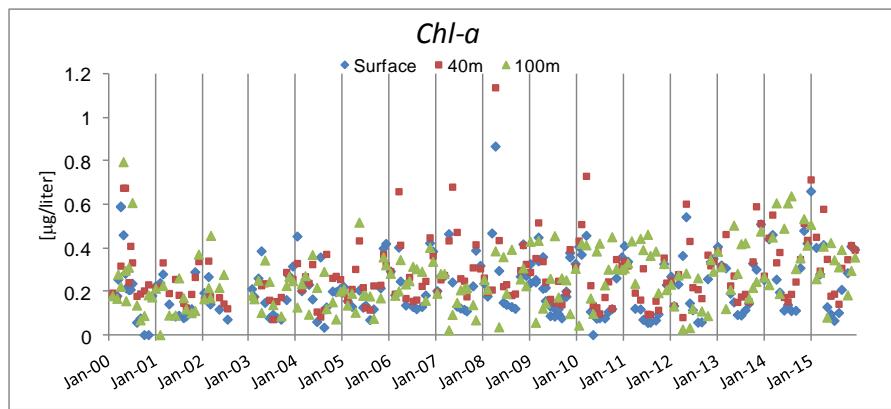
איור ד26: ריכוזי כלורופיל *a* בעמודות המים כפי שנמדדו בהפלגות הנתיות החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר (< 800 מ'), תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של מעלת מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D26: Chlorophyll-*a* concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest (>800m), Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.



איור 27: שינויים בריכוז כלורופיל *a* בעומدة המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D27: Changes in the concentration of *chlorophyll-a* in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.



איור 28: ריכוזי כלורופיל *a* בתחנה A מאז ינואר 2000 בפני הים ובעומקים 40 ו- 100 מטרים. נתונים הקובדים לתחנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט פארק השלום ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז והפרופ' ב. לזר.

Figure D28: Concentrations of *chlorophyll-a* at Station A at the surface and at water depths of 40 and 100 meters since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of Prof. J. Erez and Pro. B. Lazar.

يَعْرِفُونَ رَأْشَوْنَيَا

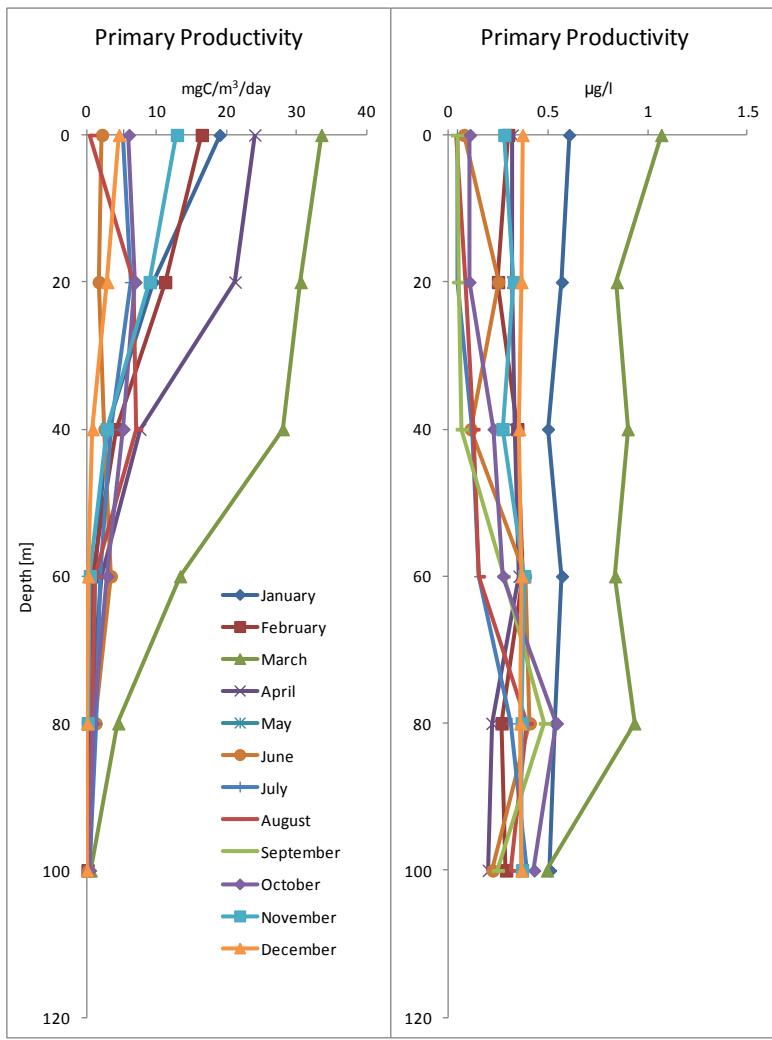
بعקבות הרחבת פעילות הניטור כפי שהומלץ בפגישת ת-הועדה לנושא הכימיה של מי המפרץ, החל משנת 2009 נוסף לתוכnia הניטור מדידות חדשית של יצرنות ראשונית בעמודת המים הרחק מן החוף.

لمידית יצرنות ראשונית בעמודת המים השיבות גדולה בהערכת מצב המערכת האקולוגית במפרץ מכיוון שהעשרה בנוטריינטים עשויה לגרום לפעולות מוגברת של פיטופלנקטון. פעילות מוגברת לא בהכרח תגרום לעלייה משמעותית בריכוז הפיטופלנקטון (המורעך באמצעות ריכוז הכלורופיל) מכיוון שקצב הרעה של פיטופלנקטון על ידי זואפלנקטונו עשויה גם הוא לעלות. לפיכך עליה ביצרנות עשויה להיות אינדיקציה אמינה ואולי יחידה בשלבים הראשונים, של שינוי מצב במעבר ממuarת כמו-אוליגוטרופית בה היצרנות הראשונית נמוכה והתנאים נוחים לאלמוגים, למערכת אוטרופית בה היצרנות גבוהה.

מידית היצרנות מסוכמת וקשה מבחינה טכנית, הן עקב הפעולות הימית המורכבות והן עקב פעילות המעבדה והשימוש באיזוטופים דיאקטייביים, ועל כן לא בוצעה במפרץ אילית באופן סדרי בשנים האחרונות. מדידות יצرنות בוצעו בין השנים 1989-2002 במסגרת הtentatives הקודמות לתוכנית הניטור (Reeflux, Red Sea Program, Red Sea Marine Peace Park) המדידה אשר פותח על ידי ד"ר דוד אילוז ופרופ' יונתן ארז (Iluz, 1991) במפרץ אילית ושימש בוריאציות שונות בתכניות הקודמות, תוך שימוש בפרטוקול מתוחנת המדידה של ברמודה (BATS, <http://bats.bios.edu>) וסיעו של ד"ר דוד אילוז (מכילת בית ברל) פרופ' יונתן ארז (המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית) וד"ר יוסף יעקובי (המעבדה לחקר הכרנת ע"ש יגאל אלון, חקר ימים וגמים). הפרטוקול אשר משמש את תכנית הניטור ואשר תוכנותיו מוצגות בדו"חות המדעים של התכנית, עבר חודשים של פיתוח וניסויים. מדידות יצرنות החלו להתבצע באופן סדרי מאמצע 2009. היצרנות הראשונית נמדדת בכל חודש בסמיוכות להפלגות החודשיות.

[החל מסוף 2011 נמדדת היצרנות בעורת מונה סינטילציה חדשה אשר נרכש במכון הבינלאומי מונה זה אמין יותר ואני סובל מבעיתת בהן מתקלנו בעבר, ועל כן ביצענו בשנת 2011, ביצה עם פרופ' יונתן ארז, תיקון בחישוב היצרנות (בסיס על מנויות (cpm) ולא על התפרקויות מהושבות (dpm)) ונמנוי היצרנות משנים קודמות המוצגת כאן חושבו מחדש. השוואת תוכנות החישוב בשני האופנים בהתאם על נתוני המכשיר החדש וניסויים במעבדה הראתה התאמאה טוביה].

בפרופילים החודשיים נכרת תלות היצרנות עצמה האור בכך שיצrnות גבואה נמדדת בעומקם רודדים וייננה ירידיה ביצרנות עם העומק. בנוסף לכך, התפלגות ריכוז הכלורופיל עם העומק לא תמיד משקפת את התפלגות היצרנות, עובדה המדגישה את חשיבות מדידת היצרנות. השנה, על אף הערבוב הרדוד של עםות המים הייתה היצרנות הראשונית גבואה לשנה ההשוואה (33.6 mgC/m³/day נמדדה בחודש מרץ בפני הים (אייר 29)). ערך זה כפוף מהערך המרבי שנמדד בשנה הקודמת. היצרנות הראשונית הגבואה יותר השנה נתמכת גם במידות ריכוז הכלורופיל (מאוות דגימות מים) אשר גם הן גבואה מדידות השנה הקודמת. מהמדידות נראה כי היצרנות בחודש מרץ הייתה גבואה באופן ניכר מאשר החודשים. עוד נראה שבמועד שבחודש אפריל נמצא ריכוז כלורופיל נמוך יחסית בעמודת המים העלונה (בשיעור דומה למשל לחודש ינואר), היצרנות נותרה גבואה גם בחודש זה.



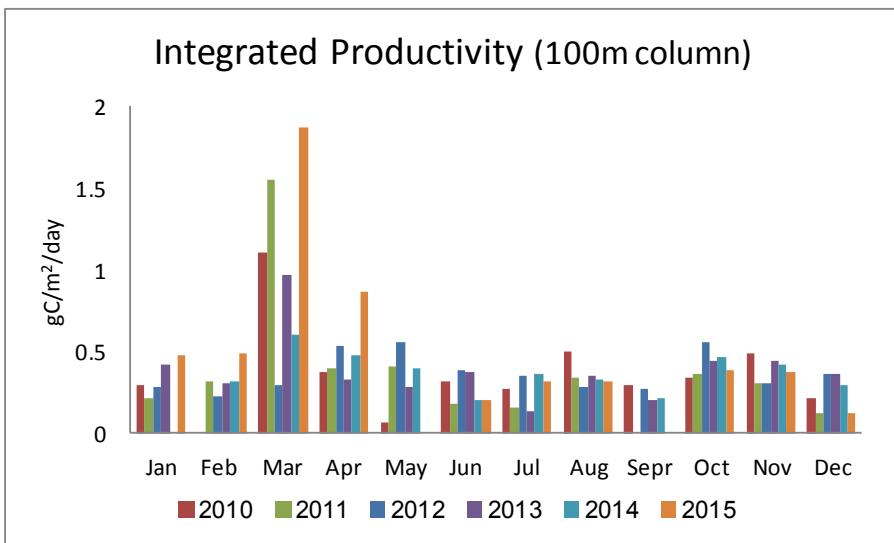
איור ד29: יצרנות ראשונית וריכוזי כלורופיל חודשיים בעמודות המים העליונה.

Figure D29: Monthly primary productivity and Chl-a concentrations at the upper water column.

אינטגרציה של היצרנות בעמודות המים בכל אחד מהימים בהן נעשתה המדידה מוצגת באIOR 6.30. השנה נעה היצרנות המוחושבת מערך מסויר של $0.12 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ בחודש דצמבר, נמוך מהערך המזרחי בשונה הקודמת, לערך מרבי של $1.87 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ בחודש מרץ (לעומת $0.60 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ בשונה הקודמת ו- $0.97 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ בשנת 2013). היצרנות היומית הממוצעת השנה עמדה על $0.541 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ בשנת 2009. על פי מדידות אלה, היצרנות הראשונית השנה הייתה גבוהה במיוחד בימי יונן.

לשם השוואה, בתחנות הניטור הקבועות בימים האוליגוטרופיים שמול הוואי וברמודה, נמדדים ערכים ממוצעים רב-שנתיים הנעים סביב ~ $0.5 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ (<http://hahana.soest.hawaii.edu/hot/methods/fig54.gif>) (http://bats.bios.edu/bats_form_prod.html).

האינטגרל השנתי המוחושב על סמך ממוצע המדידות החודשיות של תכנית ניטור בשנת 2015 הוא $197 \text{ gC/m}^2/\text{year}$. בשנה הקודמת נמדדה יצרנות של $135 \text{ gC/m}^2/\text{year}$, והממוצע השנתי של ששת השנים האחרונות הוא $147 \text{ gC/m}^2/\text{year}$.



איור ד-30: אינטגרצייה של הייצנות הראשונית במאה המטרים העליונים של עמודת המים, מתוך מדידות הייצנות החודשיות המוצגות באיור ד-31.

Figure D30: Integrated values of primary productivity in the upper 100m of the water column, based on the monthly productivity profiles presented in Figure D30.

בדוח הביניים הראשון של תכנית הניטור (גנין וסליברמן, 2003) מובאים ערכי יצנות אשר נמדדו בחודשים ינואר ואו פברואר בשנים 2000-3. המדידות נעשו תוך שימוש בפרוטוקול הדגירה קצר (ארבע שעות), תוצאות אותן מדידות נעו בטוחה בתווות 0.14-0.78 gC/m²/day. טווח הערכים השנה היה 0.12-1.87 gC/m²/day, עם ערך הגובה בחודש מרץ. בזמן פריחתן קצרה המועד באפריל 2008 של דיאТОמאות (אצות צורניות גדולות) נמדדה בעשרים המטרים העליונים עליה ביצנות מערכיים סכיב ~15mgC/m³/day (Iluz et al., 2009). השינוי היומי הגדל עליו מדועחים Iluz et al. (2009) מדגים את הדינמייקה המהירה של יצנות במפרץ ומלמד כי מדידות בדיות עשוית לסתות משמעותית ממוצע יצנות.

משנות ה-70 ועד לתחילת שנות ה-90 של המאה ה-20 הייצנות הראשונית בצפון מפרץ אילית נאמדה ב- ~80gC/m²/year (Levanon-Spanier et al., 1979) ובשנים 2000-2004 עלתה לממוצעשנתי של ~170gC/m²/year (Lazar et al. 2008), עם גובה של כ- 230 gC/m²/year בשנת 2004.

הייצנות השנתית הממוצעת על פי מדידות הניטור בחמש השנים האחרונות היא ~147gC/m²/year, ערך גבוה מהערכת הייצנות במפרץ בשנות ה-70' עד 90' של המאה העשורים (~80gC/m²/year), אך נמוך מהייצנות בתחלת העשור הקודם בשנים 2000-2004 (~170gC/m²/year).

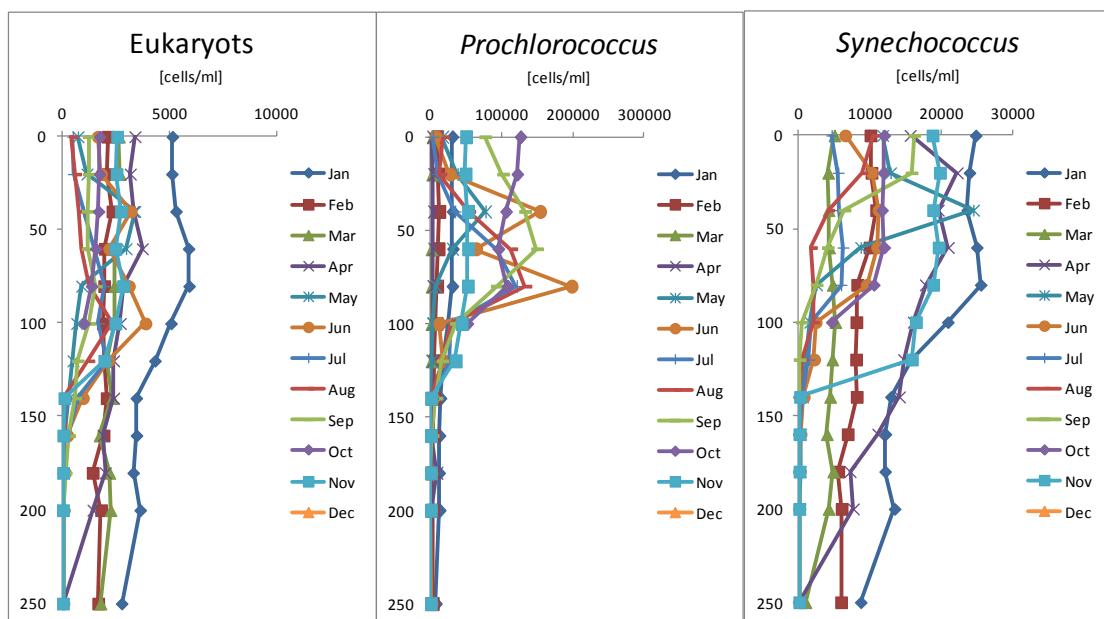
피יטופלנקטון וחידקים בעמודת המים

[לאחר מספר שנים בהן לא נספרו תאי פיטופלנקטון וחידקים, אך נלקחו דוגמאות מים וושמרו לצורך כך, הchallenge הניתר לשולוח דוגמאות למספר תאים ליחידה ה- flow-cytometry במחalker התשתיות של מדעי החיים והנדסה בטכניון, בניהול ד"ר אפרת ברק. למדיות קדם תהליך ארוך של יצירה פרוטוקול המדידה, ובו היה שותף מרכז ד"ר גיתאי יהל מבית הספר למדעי חיים במכmorת.]

הספריות כוללות תאי פיטופלנקטון פרוקריוטי (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*) ואוקריוטי (Pico-Eukaryotic) וחידקים הטרטרופים במים הפתוחים, ונעשות מתוך דגימות הנאספות בהפלגות הניטור החודשיות. חשוב לציין לב להבדלים ברכיבים בין התאים הנמדדים: התאים האוקריוטים ו- *Prochlorococcus* נמדדים אלפיים, תא *Synechococcus* נמדדים בעשרות אלפיים, וחידקים הטרטרופים נמדדים במיילים למיילילטר.

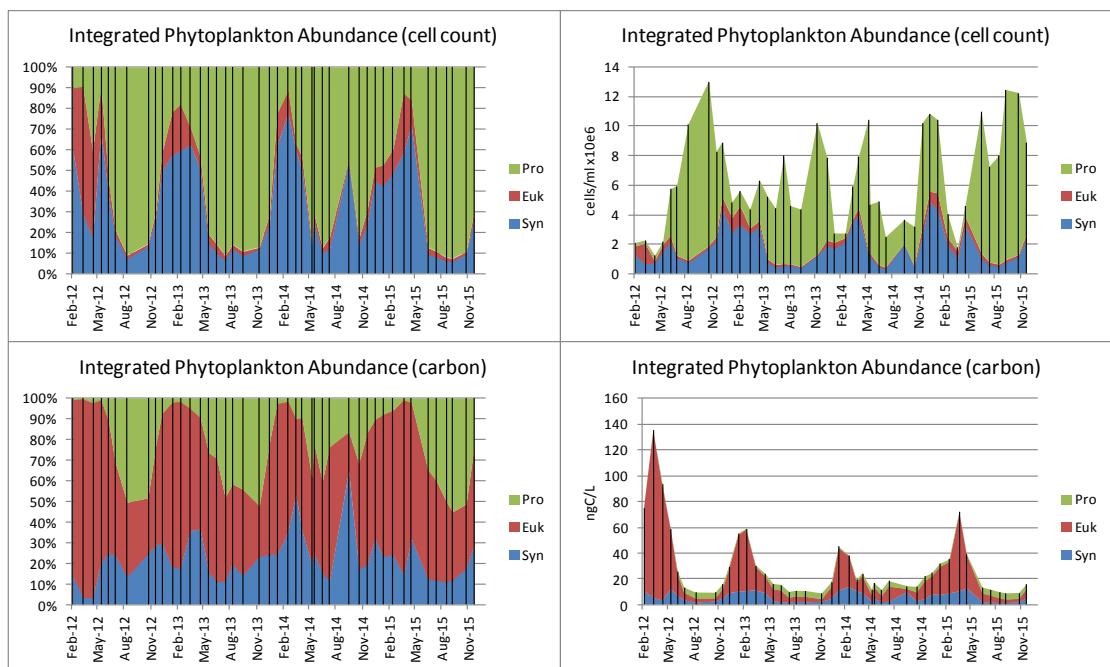
הפרופילים החודשיים של פיטופלנקטון מראים השנה ריכוזים גבוהים של אוקריוטים ו- *Synechococcus*. בחודש ינואר עם ערך מרבי בעומק 80 מ' (איור ד31). ריכוזי *Proc.* גבוהים מצויים אף הם, לרוב, בעומק 80-40 מטרים ולרוב בחודשי הקיץ - אם כי השנה נמצאו ריכוזים גבוהים גם בחודש מרץ. ביחסים הcompanions בין שלוש הקבוצות ניתן להבחין בהבדלים עונתיים כאשר ריכוזי *Synechococcus* גבוהים בחודשי החורף והאביב ואילו ריכוזי *Proc.* גבוהים בחודשי הקיץ (איור ד32). ריכוזי האוקריוטים גבוהים יחסית בחודשי החורף ונמוכים יותר בחודשי הקיץ, אז הם מהווים אחוזים בודדים בלבד מסך תאי הפיטופלנקטון.

במהרה לביוםה מתגלה תמונה שונה (לצורך ההמרה נעשה שימוש בערכיהם מותך Campbell et al. 1998, וזאת בעקבות עובדות הדקטורט של א. מידר (2012) ובעה עם ד"ר יעל שקד. ערכיה המהוות הם: Euc.=2100fg C/cell, Proc.=53fg C/cell, Synechococcus=175fg C/cell) בחודשי החורף ועונת המעבר מהווים האוקריוטים את מרבית הבiomסה, ורק בחודשי הקיץ מהווים Proc. את החלק העיקרי, בין 40-50% מכלל מסת הפיטופלנקטון בחודשים يول'י - נובמבר. בעוד שהתחאים הנפוצים בתקופות הערבות (חורף-אביב) נתונים לשינויים בין-שנתיים גדולים, עםiciaria שמנגד במסת האוקריוטים בשנת 2012, אוכלוסייה Proc. הדומיננטית בקיץ אינה מראה שינוי גדולים בין השנים.



(איור ד31: ריכוזים חודשיים של תאי פיטופלנקטון פרוקריוטים (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*) ואוקריוטים בעמודת המים בתחנה A.)

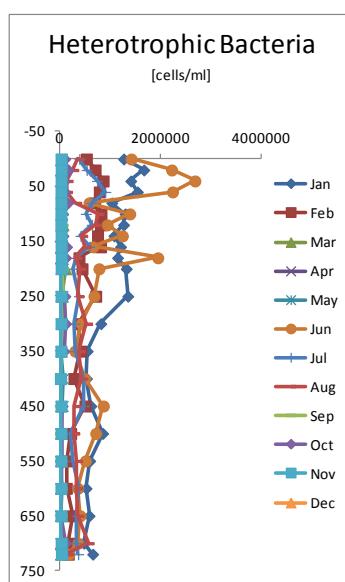
Figure D31: Monthly phytoplankton concentrations of prokaryotes (*Synechococcus* and *Prochlorococcus*), and pico-eukaryotes in the water column at Station A.



איור 32: אינטגרלים חדשים של תא פיטופלנקטון פרוקריוטים (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*) וואוקריוטים ב-250 המטרים העליונים של עומדת המים בתחנה A, והתפלגות היחסים הכמותיים בין שלוש הקבוצות מאז פברואר 2012. למעלה לפי מספר התאים ולמטה לפי biomassה.

Figure D32: Monthly integrated phytoplankton abundances in the upper 250 meters for prokaryotes (*Synechococcus* and *Prochlorococcus*) and pico-eukaryotes at Station A, and their relative abundance since February 2012. Top – according to the cell count and bottom – according to biomass.

התפלגות ריכוזי החידקים הטרוטרופים בעומדת המים מראות לאורך כל השנה ריכוזים גבוהים יחסית ב-150 המטרים העליונים ונמוכים יותר ואחדים למדוי בעומקם גדולים מ-200 מטרים. ריכוזים גדולים נמדדו השנה ינואר ויוני בהם נמצאו ריכוזים גבוהים בעומקם הרדודים (עד 60 מ') ובעומק 180 מ' (איור 33).



איור 33: ריכוזים חדשים של תא הטרוטרופים בעומדת המים בתחנה A.

Figure D33: Monthly concentrations of heterotrophic bacteria in the water column at Station A.

זואופלנקטון

קבוצת הזואופלנקטון כוללת יצורים הטרוטרופים ועירם החיים בעמודת המים והণיזונים מפייטופלנקטון, חידקים ומזואופלנקטון אחר. הזואופלנקטון מהווים חוליה מקשרת עיקרית במאגר המזון בים – המעביר מיצרנים לבuali חיים ברמות טרופיות גבוהות יותר, כמו גם חוליה חשובה בollowאה המיקרוביאלית בים (קליטת חומר אורגני מומס המופרש מיצורים שונים על ידי חידקים, ואכליהם לאחר מכן ידי מיקרוזואופלנקטון אשר נאכלים על ידי זואופלנקטון גדול יותר). החל מחודש מרץ 2011, לאחר תקופת ניסוי והרצה, מוצעת תכנית הניטור מעקב קבוע וסידיר אחר שינויים בביומסה של זואופלנקטון בשכבה הפטוית לפני פרקציות גודל. הניטורinueד להיעדר שינויים כמותיים בזואופלנקטון בכלל, כמו גם בהרכוב קבוצות הגדול בקרבו.

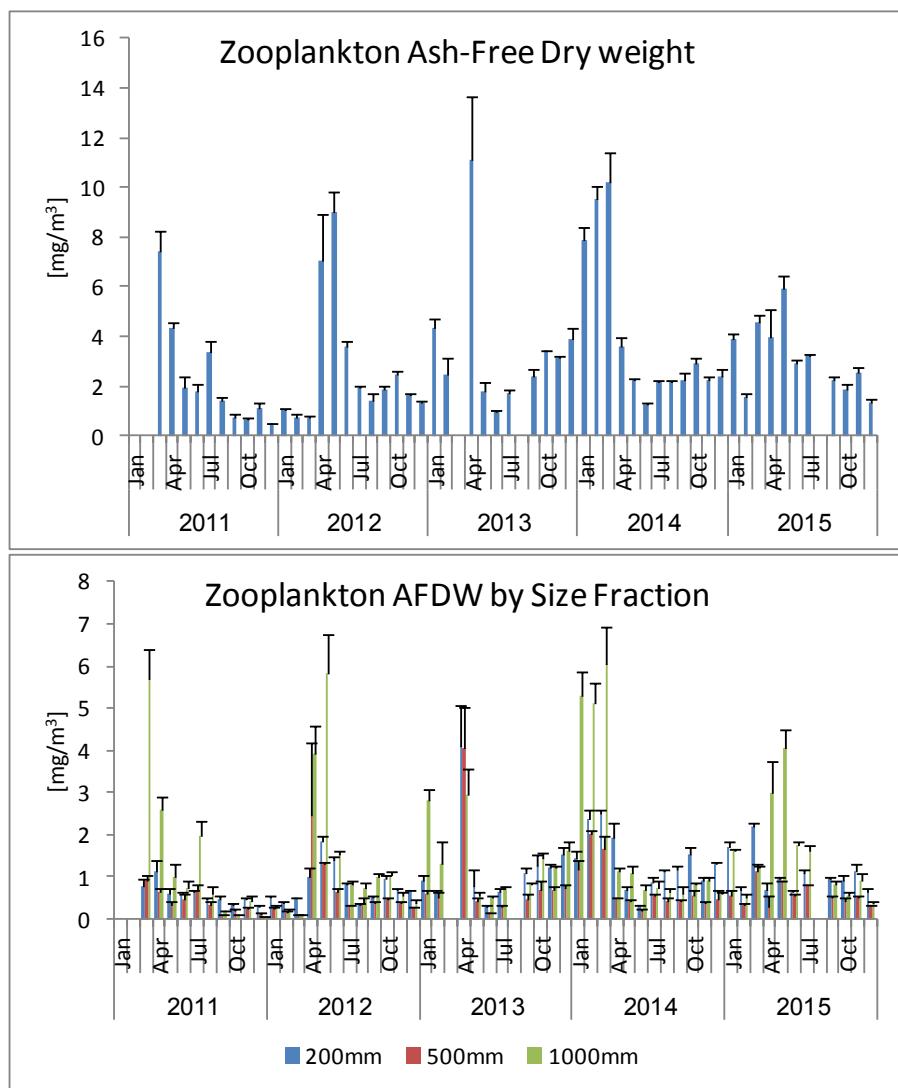
דגימות זואופלנקטון נאספות מדי חדש בים העמוק (עומק קרקעית 300-400 מ'), באמצעות גירה אלכסונית של רשת פלנקטון כפולה ("Bongo") עם גודל חור של mm 200 (איור 34). הדגימה מתחבצעת בשעות היום (בין השעות 9-11), בדרך כלל בשבוע האחרון של כל החדש. הגירה מתהילה בהורדת רשת הפלנקטון באטיות לעומק של כ-100 מ', תוך כדי שיט. מיד עם הגעת הרשת לעומק זה היא מועלית חוזרת לפני השטה. משך כל זמן ההורד והעלאה הסירה שטה במהירות של כ- 2 קשר (1 מ' לשניה) וזמן חבל הגירה (140 מ' ארכו) נשמרת סביב 45°. משך הגירה הכלול הוא כ-10 דקות. בסה"כ מתחבצעות בכל פעם 3 גירות (= 6 דגימות מתוך יום בכל החדש), כולל בימים הפוחדים שבאזור החוף הדרומי של אילית (בין מלון הנסיכה למצפה התת-ימי). לאחר כל גירה הדגימות מוצאות מקופה. הרשות ומוועברות לצנצנות פלסטיק הנשمرות בצדנית עם קרח עד לטיפול במעבדה מיד עם החזרה לחוף. במעבדה כל דגמה מופרדת לשולוש פרקציות גודל באמצעות סינון על קולונה עם שלוש רשתות פלנקטון בגודל חור של 200, 500 ו- 1000 מיקרון. לאחר מכן מסוננת כל פרקציה על פילטר סייביGF/A (גודל חור נומינלי של mm 1.6) אשר נשרפף בתנור ב °C 450 למשך 4 שעות ומשקלנו נמדד (יחד עם זה של הכורית שאלה הוא מוכנס). לאחר מכן הפילטרים עוברים ייבוש בתנור °C 60 למשך שלושה ימים לפחות, נקלים שוב (לקבלת המשקל��nal) של הזואופלנקטון בתה הדגימה) ואח"כ נשרפפים ב °C 450 למשך 4 שעות לקבלת משקל יבש של החומר הארגני (Ash Free AFDW). התוצאות מוצגות בגרם למ"ק (Dry Weight –AFDW) ומיצגות את הבiomסה של זואופלנקטון ב- 100 מ' העליונים של עמודת המים (שהיא השכבה המווארת).



איור 34: רשת הפלנקטון הcupola ("Bongo") נגררת מהסירה בים העמוק. צילום: מ. Chernihovsky
Figure D34: A double plankton net ("Bongo") towed from the boat in deep waters.
Photo: M. Chernihovsky

מסת הזואופלנקטון הגדולה ביותר השנה נמדדה בחודש Mai³, מעת יותר ממחצית הערך שנמדד בחודש מרץ בשנה הקודמת. השנה עיקר מסת הזואופלנקטון נמצא בחודשי האביב ואחרי חודש Mai שוב נמדד הערכיהם הנמוכים המאפיינים את החודשים "הענקיים" במחזור העונתי (איור 35).

כמו בשנה הקודמת, גם השנה עיקר המסה אשר נמדדה בחודשים ינואר-מרץ מקורה בקבוצת הגודל של $\mu\text{m} > 1000$ (איור 36, למטה). זה מצב ברוב השנים, מלבד בשנת 2013 בה היו קבוצות הגודל הקטנות יותר עיקר המסה. בחודשי הקיץ מהויה קבוצת הגודל הקטנה $\mu\text{m} < 200$ את עיקר המסה.



איור 35: ריכוזי זואופלנקטון חודשיים ב-100 המטרים העליונים בים העמוק. לעילו – סך הזואופלנקטון, למטה – חלוקה לפרקיוט גודל מסווגת על פילטר של 1000, 500 ו-200 מיקרון (ירוק, אדום וכחול, בהתאם).

Figure D35: Monthly zooplankton concentrations at the upper 100m of the deep sea.
Top – all zooplankton, bottom – divided to size fractions filtered on 1000, 500 and 200 μm filters (green, red and blue, respectively).

דיוון

עמודות המים העומקים מעוצבת בעיקר על ידי המחוור העונתי, המורכב מירידת טמפרטורתה בפני הים וכתוצאה מכך ערבות של המים העליוניים עם המים העומקים בחורף ותוך כך - העלאת נוטריינטים, חומר דשן, מהעומק והעשרה המים העומקים בחמצן. כשתחלילה העונה החמה, חירמת מים יותר, שמקורם בדורות המפרץ, יוצרת שכוב פיסיקלי יציב המונע ערבות בין מי השטח והמים העומקים. במהלך עונה זו נוצרים הנוטריינטים במים העליוניים ונוצרים נוטריינטים במים העומקים, ובמקביל מזדלב מאגר החמצן המומס במים העומקים.

הдинאמיקה העונתית של ריכוזי נוטריינטים וחמצן במים וזמיניםthem לאוכלוסיות הפייטופלנקטון בעמודות המים העליונה מכתיבה את פרופיל הריכוזים של המרכיבים השונים בעמודות המים לאורך השנה. הדינאמיקה הרבנית מושפעת בעיקר מעמוק ומשך הערבות וכמוות הנוטריינטים שנוצרו בידי העומק (ז"א, הזמן שהלך מאז ערבות קודם לאותו עומק). גם השנה היה ערבות עמוק של עמודות המים רדוד – כ- 300 מטרים – זו השנה השלישית מאז שנת 2012 בה היה ערבות עמוק של עמודות המים. זה מחוור שלישית בתקופה הניטור של דינמיקה רב-שנתית הנשלטה על ידי עומק הערבות. המחוור הקודם, אשר יכול לעמוד בתנאייה הניטור, כלל ערבות עמוק בשנים 8-2007, שלוש שנים של ערבות רדוד (2009-2011) ושוב ערבות עמוק בשנת 2012.

תחילת הניטור (2004) בתקופה של ערבותם לעומקים בגיןוים (סביב 500 מטרים) בין הערבות העומק של שנת 200 וערבותם העומק של שנת 2007. בתקופה זו נוצרו נוטריינטים רבים במים העומקים וריכוזי החמצן שם היו נוכחים. בעקבות הערבות העומק בשנים 2007-2008 ירד משמעותית ריכוז הנוטריינטים במים העומקים ועלה ריכוזי החמצן המומס בהם. בשלוש השנים שלאחר מכן נמדדה עלייה בריכוזי הנוטריינטים במים העומקים והמאגרים המומסים התמלאו, אם כי לא הגיעו לערבים הגבוהים של השנים 2004-2006 במחזור הרב-שנתי הקודם.

בשנת 2012 (ערבותם עמוק) שוב תועודה ירידת בריכוזי ומאגרי הנוטריינטים בעמודות המים בחודשי החורף ועליה בחמצן המומס. יחד עם זאת, עליית הטמפרטורות בסוף חורף 2012 הייתה מהירה וגדולה הרבה יותר מאשר בעקבות הערבות העומק של 2008-2007 ומאגרי הנוטריינטים המומסים התמלאו אף כי הריכוזים במי העומק נותרו נוכחים. מאז, בשנים של ערבות רדוד של עמודות המים עלו ריכוזי הנוטריינטים במי העומק בהדרגה. במקביל נזודה ירידת בריכוזי החמצן המומס במי העומקים. יחד עם זאת, בהשוואה לתקופה המקבילה במחזור הרב-שנתי הקודם (שנת 2011) ניכר כי ריכוזי הנוטריינטים במי העומק נמשכו במשך שנים לאחר הערבות העומק של שנת 2008, וריכוזי החמצן בעומק גבוהים יותר. בנוסף לכך, עלייה בריכוזי נוטריינטים בקרבת קרקעית הים העומק שנמדדה בשנים הראשונות לפעולות הניטור לא נמדדת בשנים האחרונות.

בהשוואה לכל תקופה הניטור, על אף השינויים העונתיים הגודלים והבדלים בעומק הערבות בין השנים, נראה כי עמודות המים בצפון המפרץ נקייה יותר (בכל האמור בנוטריינטים) בשנים האחרונות מאשריה בשנים הראשונות של הניטור.

במי העומק, ובפרט בעומקים הגודלים מכ- 500 מטרים, נמשכת מגמה של עליית הטמפרטורה. הטמפרטורה במים העומקים ירדה בשנים 2007-2008 כתוצאה מהערבות העומק בשנים אלה, אך מאז נמדדת עלייה קלה בטמפרטורות המים העומקים. על אף הערבות העומק של שנת 2012, לא נמצא ירידת בטמפרטורת המים העומקים מ- 500 מטרים ועליה הטמפרטורה במים העומקים נמשכה גם השנה.

4.7. שטף החלקיים בעומדות המים

מטרה

מעקב אחר שטפי חומר חלקיי במודד עמודת המים ועד לקרקעית, ואת השינויים העונתיים והבין שנתיים ולגסות לקשרו את העומק, את כמויות החומר המגיע לקרקעית, ואת השינויים העונתיים והבין שנתיים ולגסות לקשרו את המידע לתהליכיים בעומדות המים.

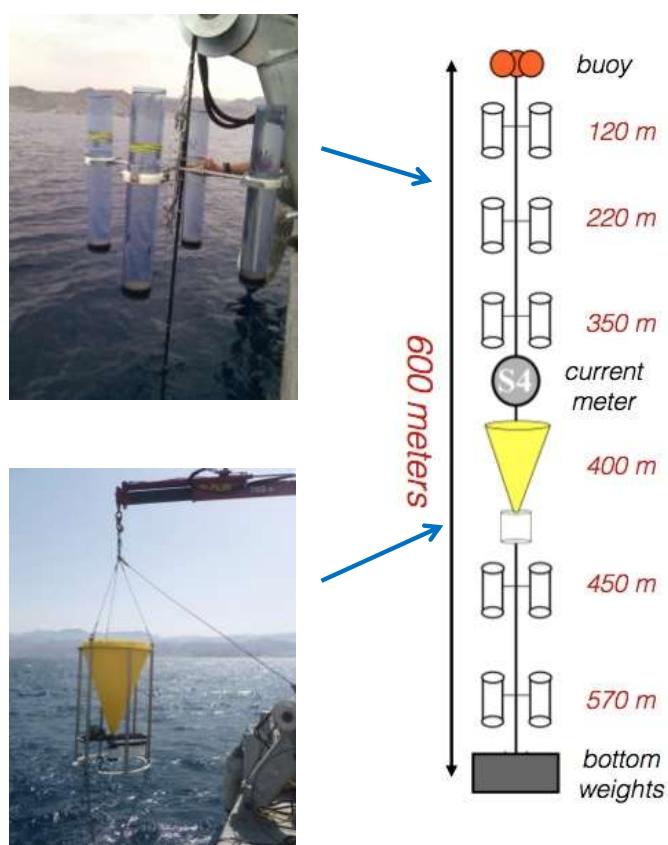
שיטות

סדרת מלכודות סדיימנט מוצבת בים העומק (עומק מים של כ- 605 מטרים), עוגנה לקרקעית ונתחמת על ידי סדרת מצופים (איור ד' 36). הסדרה כוללת חמישה מערכים של שתי מלכודות צינור היקולות את שטף החלקיים החודשי, ומילכודת אחת בה מוחלף צינור האיסוף באופן אוטומטי מדי יום, לערך. המילכודות החדשניות מוצבות בעומקים 120, 220, 350, 450 ו-570 מטרים, לערך, והמלכודה הימית מוצבת בעומק 400 מטרים לערך. מדי חודש נאסר המערך, המילכודות מוחלפות והמערך מוחזר לים. כתוצאה משינויים קטנים במיקום ומהחלפת חבלים לפי הצורך ישנים הבדלים קלים בעומק המילכודות מפעם לפעם.

המלכודות אוספות חלקיקים הנושרים דרך עמודת המים ונאספים בתחום תחתית המילכודת המכילה תמלחת ברוואה עם תוספת של מעט HgCl שנועדה למנוע פעילות ביולוגית בתחום המילכודת שעלולה לשנות את מסוף החלקיים שנלכדו.

לאחר איסוף המילכודות הן נשמרות בקירור למשך הלילה ולמהרת נשאים המים העלונים והמשקע מסונן דרך נפה של 1 מ"מ על מנת להוציאו ואופלנקטו גدول שנלכד. החומר המסונן עובר סדרת שטיפות במים מזוקקים להרחקת המלחים מושקע מחדש ומובש.

ככל, ככל עומק מוצב זוג מלכודות צינור; תכולת מלכודת אחת מכל זוג נשקלת כולה, והשנייה מחולקת לעשרה חלקים שווים ושניים מהם נשקלים. המשקל המormal לשטח הפנים של הצינור ולמשך הזמן אותו מייצגת הדוגמה והותוצאות ניתנות בשטף של משקל ליום למטר רבוע.



איור ד' 36: מערכ מלכודות הסדיימנט אשר נאסר ומויצב מדי Hodsh בעומק מים של 605 מטרים במרכז צפון

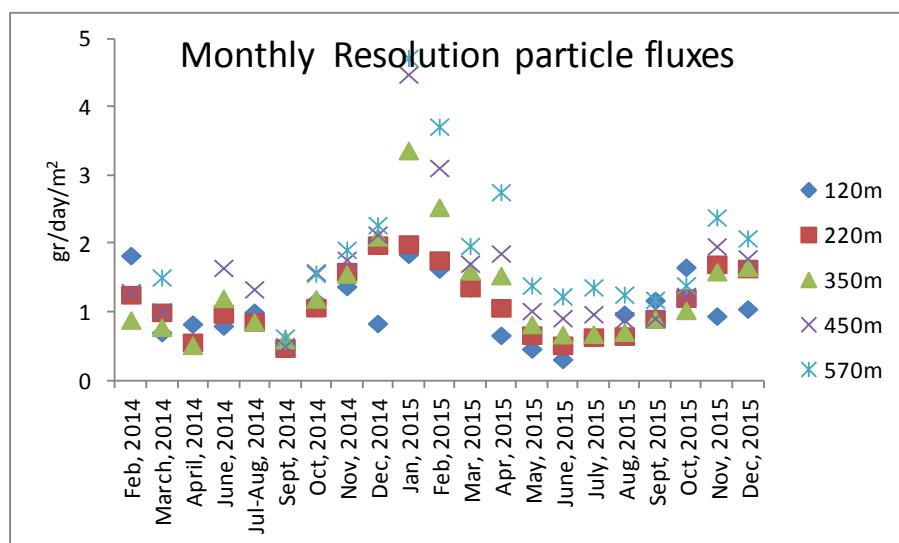
Figure D36: The array of sediment traps placed on a mooring line at 605 meters depth at the center of the northern basin of the gulf.

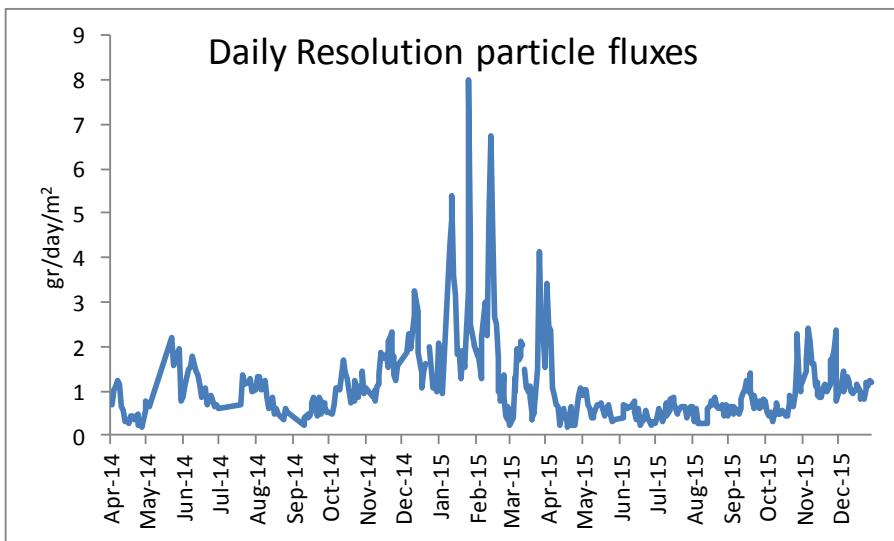
תוצאות

הملכודות הוצבו לראשונה בינואר 2014, והmeerך עבר שינויים קלים במשך החודשים הראשונים. התוצאות המדוחות כאן כוללות את שטח החלקיים בכל המלכודות מאז פברואר 2014, וברזולציה היומית מאז הוצבה המלכודת האוטומטית לראשונה, באפריל 2014. הצבת ואיסוף מלכודות הסדימנט, כמו גם הטיפול בדגימות יקרות הדורשות כה אדם ומיניות רבה. לפיכך, זהה הפעם הראשונה שלמלכודות סדימנט מוצבות באופן קבוע ולאורך זמן במים העומקים שבצפון המפרץ ומידע שתיקבל צפיו לאוויר תהליכי ריבים המתארחים בעמודות המים ובקרקעית הים. בניתוח השטח החלקיי בעמודות המים משפטת תכנית הניטור פועלה עם ד"ר עדי טורפשתין מהמכון למדעי כדור הארץ באוניברסיטה העברית. עיקר הדוגמאות ממילכודות הסדימנט מעובד במעבדתו של ד"ר טורפשתין, וישמש למחקרים מבוסטי כימיה עדינה (יסודות קורט ואיזוטופים) וביוולוגיה אשר צפויים לקדם במידה רבה את הבנת התהליכי המתארחים בעמודות המים ובסדימנט. בעתיד ניתן יהיה לדוח על ממצאים מחקרים אלה –

במשך הזמן, לכשתתקבל תמונה טובה של שינויים בשטח החלקיי עם הזמן, יתכונו שינויים בmeerך המלכודות או בתדרות ההצבה (רזולציה).

בשנתיים האחרונים ניתן להבחין בmphזור עונתי ברור, עם שטפים גדולים יותר בחורף ובאביב – נובמבר עד מרץ – העונה בה הייצנות במפרץ גבוהה (איור ד' 37). בנוסף לכך ניתן להבחין באירועי אבק חזקים כפי שאירעו בפברואר, ספטמבר ונובמבר השנה, ובאזורים גשם ושיטפונות. באופן כללי, השטח החלקיי הנלכד במלכודות העומוקות מזה שבמלכודות הרדודות והדבר נכון בפרט בחודשי החורף. בחודשי הקיץ בהם השטף נמוך, ההבדלים בין העומקים קטנים. התמונה המתתקבלת ברזולציה יומיית תואמת את השטח החודשי המוצע הנלכד במלכודות הצינור וניכרת השפעתם הגדולה של אירועים קצרים מועד על המוצע החודשי. נובע מכך שהבדלים בין שנים עשויים להיות גדולים בהיותם מוגנים במידה רבה על ידי מספר קטן של אירועים בדידים וחזקים.





איור ד37: שטפי חומר הלקרי בעומקם מז תחילת 2014. למעלה- רזולוציה חודשית כפי שנחתפה במלבותות בעומקם 120, 220, 350, 450 ו- 570 מטרים. למטה- רזולוציה יומית כפי שנחתפה במלבotta האוטומטית המוצבת בעומק 400 מטרים.

Figure D37: Particulate fluxes caught in sediment traps since early 2014. Top- monthly resolution inat depths of 120, 220, 350, 450 and 570 meters. Bottom- daily resolution captured in the automatic sampling trap placed at 400 meters depth.

ה. מדידות סביבתיות בתדריות גבוהה

ה.1. כלורופיל

מטרה

מעקב רציף ורב שנים אחר שינויים בכמות פיטופלנקטון באזורי השונית של שגורת האלמוגים.

שיטות

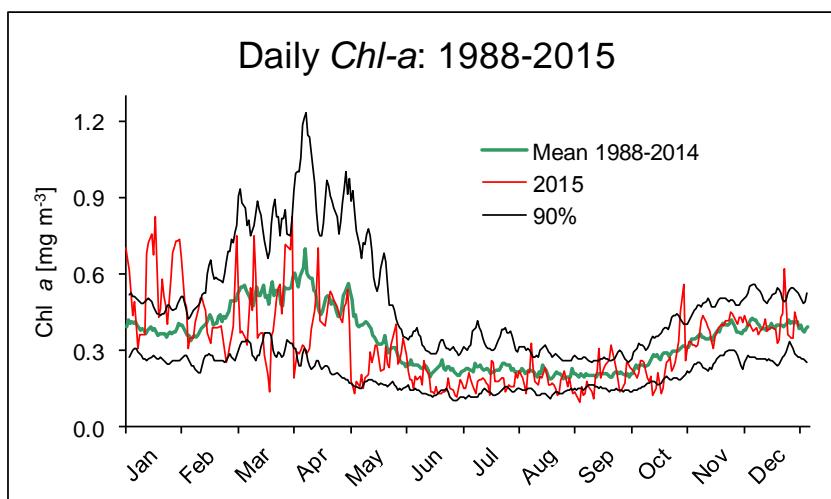
מדידה יומית של ריכוז כלורופיל *a* במים כמדד לשינויים בכמות הפיטופלנקטון. מדד בוקר בין שמונה לתשע נלקחות שתי דגימות מים של 300 מ"ל כל אחת מי השטה בנקודה קבועה במזה המצפה התחת-ימי, מחוץ לשולחן השונית. המים מסוננים במקום דרך רשת סטם 100 לחשצת זואופלנקטון, ומובאים למדידה במעבדה, שם מסוננת כל דוגמה על פילטר GF/F. מיצוי הכלורופיל נעשה ב-10 מ"ל (90%)acetone (90%) במשך 24 שעות בחושך - 4°C. האצטון כולל בופר של מגנזיום קרבונט. מדידת ריכוז הכלורופיל מתבצעת בפלואורומטר (Turner Designs TD-700) ומכלולות באמצעות מדידה יומית של סטנדרט עם הדוגמאות.

מדידות הכלורופיל היומיות נערכות במתכונת זו מאז שנת 1988, ומספקות מדד אורך טווח מעבר לתקופת פעילותה של תוכנית הניטור.

תוצאות

השנה נמדדנו בפני הים ריכוזי כלורופיל גבויים כבר בחודש ינואר. בכך מופיעים ריכוזים גבויים של כלורופיל מוקדם מהצפוי ומהתczפויות מרבית השנים הקודמות (לרבות ריכוזי הכלורופיל הגבויים נמדדים בחודשים מרץ-אפריל (איור ה1)). ריכוזי כלורופיל גבויים נמדדנו לעיתים גם בחודשי האביב, אך בעונה זו לא היו הריכוזים חריגים בהשוואה למדידות משנה קודמות.

רכיבי הכלורופיל המרבי אשר נמדד השנה היה 0.82 mg/m^3 (בחודש ינואר), נמוך מעט מאשר בשנת הקודמת ובמידה רבה מהערך המרבי של שנת 2013 (בה נמדד ריכוז מרבי של 1.42 mg/m^3). בתקופת הניטור היו השנים 2007-2008 ו- 2012 היריבות העורקה ארך ריכוז הכלורופיל המרבי הגיע ל- הכלורופיל המרבי 1.78 mg/m^3 , בשנת 2008 הייתה פריחה ארוכה ארך ריכוז הכלורופיל המרבי הגיע ל- 1.95 mg/m^3 בלבד, ובשנת 2007 היה הריכוז המרבי 1.03 mg/m^3 , הערך הגבוה ביותר אשר נמדד מאז הערבוב העומק בשנת 2000.



איור ה1: ריכוז כלורופיל *a* בפני השטה בשמורה חוף אלמוג (בສמוך למזה המצפה הימי). קו אדום - בשנת 2015, קו ירוק - ממוצע רב שנתי (1988-2014), קו שחור גבול 90% מהנתונים שהצטברו.

Figure E1: Chlorophyll *a* concentrations sampled daily at the Underwater Observatory jetty in 2015 (red line) and the long-term average (1988-2014, green line). Black lines mark the 90% of all accumulated data.

ה.2. טמפרטורת המים בפני השטה בשמורה חוף אלמו

מטרה

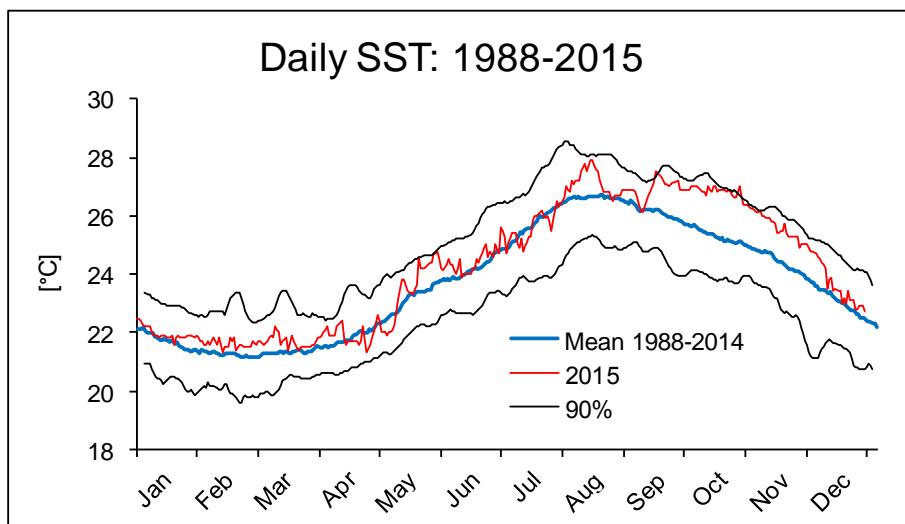
מעקב רציף וארוך-טווה אחר טמפרטורת המים בפני הים.

שיטות

טמפרטורת המים בפני הים נמדדת בזמנים למדידה הימית של הצלורופיל בקצת מזוזה המזפה הימי, בעזרת מד חום כספית מדויק עד כדי עשירית המעליה.

תוצאות

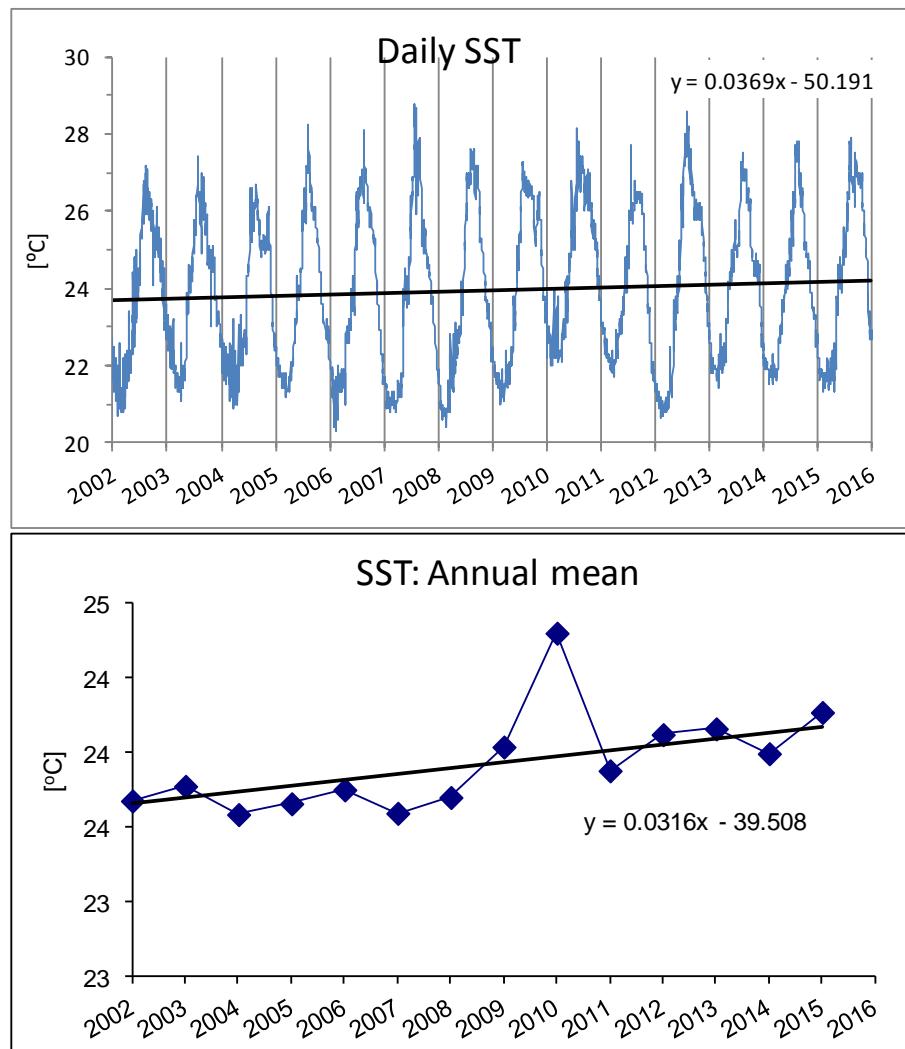
השנה הייתה טמפרטורת פני הים דומה לממוצע הרוב שנתי בחודשי החורף והאביב אך בחודשי הקיץ והסתיו הייתה הטמפרטורה אשר נמדדה השנה גבוהה מה ממוצע (איור 2).
הטמפרטורה המזערית אשר נמדדה השנה, °C, 21.2, הייתה נמוכה מעט מזו של השנה הקודמת (C °C), אך גבוהה בהרבה מזו של שנת 2012 בה נמדדה טמפרטורת פני הים של °C 20.65 והוא ערבות (21.5 °C). הtemperature המרבית אשר נמדדה השנה הייתה °C, 27.9, בחודש אוגוסט, בדומה לטמפרטורה עמוקה. אשר נמדדה בשנת הקודמת.



איור 2: טמפרטורת המים בפני הים בשמורה חוף אלמו (בסמוך למזוזה המזפה הימי). קו אדום - שנת גניטור 2015, קו כחול - ממוצע רב שנתי של המדידות הימומיות 1988-2014, קוויים שחורים - ערכי קיצון ממוצעים (ממוצע שבועה ימיים) מדידות 1988-2014.

Figure E2: Daily sea surface temperatures measured from the Underwater Observatory jetty during 2015 (red line), the average SST for 1988-2014 (blue line), and long-term average (1-weekrunning mean) minimum and maximum values from 1988 to 2014.

מאז שנת 1988 נרשמה מגמה של עלייה בטמפרטורת פני הים הנמדדת מדי יום בסמוך למזפה התת-ימי (איור 3). השנה הייתה טמפרטורת פני הים הממוצעת °C, 24.22, מעט גבוהה מהממוצע בשנתיים האחרונות. מגמת החימום הרב-שנתי של פני הים עזין נמשכת בשיעור ממוצע של 3.2-3.7 מעלות בשנה.



איור 3: למעלה: טמפרטורת הים בפני הים בשמורה חוף אלמוג (בסמו' למותה המczפה הימי) מאז 2002. קו הרgression מייצג אורך טווח של עלייה טמפרטורת פני הים מאז 1988 (נתונים באדיבות פרופ' אמרזיה גנין). למטה: הטמפרטורה השנתית הממוצעת.

Figure E3: Top – Daily sea surface temperatures measured from the Underwater Observatory jetty since 2002. Linear regression represents the long term trend of rising SST since 1988 (data courtesy of Prof. Amatzia Genin). Bottom – Annual average SST.

ה.3. משתנים מטאורולוגיים

מדידות מטאורולוגיות ארכוכות טווח נועדו להשלים את התמונה האקולוגית באבחן שינויים ארכוי טווח במשתנים אקלימיים להם עשויה להיות השפעה על התנאים האקולוגים (כגון שינוים בעוצמת הקרןינה, טמפרטורת המים, תדרות ועוצמת סערות), ולבחון אירועים אקלימיים נקודתיים והשפעתם על המערכת האקולוגית (כגון אירועי שלג, סערות, ערבי חום וקרןינה קיצונית).
בקיץ 2006 (21.9.2006) הוקמה על ידי תכנית הניטור תחנה מטאורולוגית בקצה המזה של המכון הבין-אוניברסיטאי באילת (מיקומ: 55.068° N $34^{\circ} 30.211'$ E).

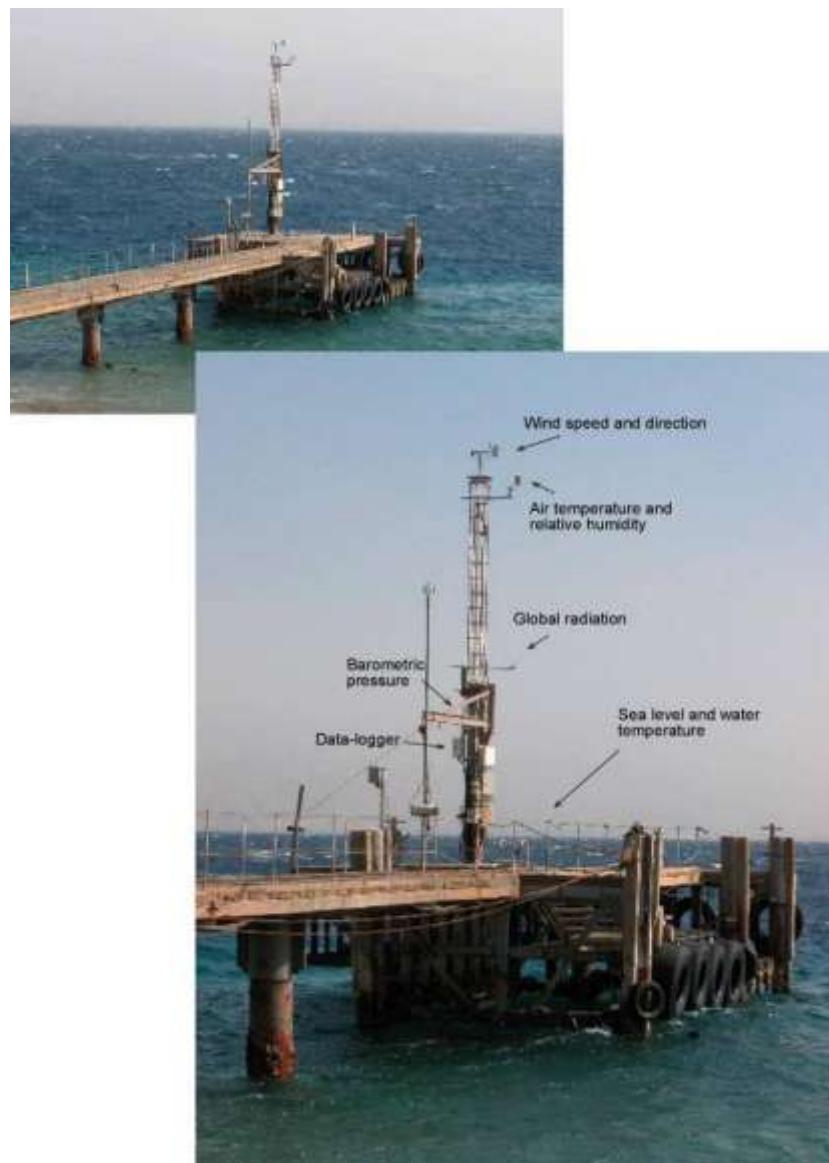
מטרה

מעקב רציף וארכוי-טווח אחר משתנים מטאורולוגיים במפרץ.

שיטות

התחנה המטאורולוגית של תכנית הניטור כוללת מגוון של שינויים מהטוביים בשוק (טבלה ה1), ובמצעת מדידות רציפות של המשתנים הבאים: טמפרטורת האוויר, לחות יחסית, לחץ ברומטרי, קרינה גולובלית, מהירות הרוח, כיוון הרוח, טמפרטורת המים ולחץ מים (= מפלס הים). החינויים מחוברים לרשום-נתונים (data-logger) והמערכת כוללת מזוזה מעלה הים ופעלת באופן עצמאי (איירור ה4), כאשר נתונים מועברים אוטומטית לשרת המכון הבינ-אוניברסיטאי.

באביב 2010 (26.5.2010) הוספו שני חיישני קרינה לתחנה המטאורולוגית לצד חיישן הקרןינה הגלובלית; חיישן לקרןינה אולטרה-סגולית (UV), וחיישן לקרןינה באורך גל הזמין לפעולות פוטוסינטטיות (PAR). שני החיישנים הוספו בעקבות התיעצויות עם חוקרים המתמקדים באספקטים שונים של אקולוגיה בשונית (כגון יצנות ומחלות אלמוגים) ותהליכי פוטוסינטטים ופוטוכימיים בים, עקב חשיבותם הרבה של אורכי גל אלה לאקולוגיה המפרץ.
הזמן לפיו נרשמים הנתונים המטאורולוגיים הוא שעון החורף של ישראל (GMT+2).



אирור 4: התחנה המטאורולוגית בקצה המזוז של המכון הבין-אוניברסיטאי.

Figure E4: The meteorological station at the end of the IUI pier.

Description	Manufacturer	Model
Wind monitor MA (speed & direction)	Young	05106
Air temperature and relative humidity	Campbell	HMP45C
Casing for temp & RH	Campbell	41003
Barometric pressure	Young	61202
Barometric pressure port (to minimize wind effect)	Young	61002
Global radiation	Kipp&Zonen	CM11B
UV radiation	Apogee	SU-100
PAR radiation	Li-Cor	LI-190SA
Water pressure	Campbell	CS455
Water temperature	Campbell	108
Data logger	Campbell	CR1000

טבלה 1: רשימת הרגשים המרכזיים את התחנה המטאורולוגית בקצה המזוז של המכון הבין-אוניברסיטאי.

Table E1: Setup of the meteorological station at the end of the IUI pier, list of sensors.

mahirut vekionon hiruot, utmperfutorat haavoir vohlhot nmeddim morash haatoron shbekaza hamozz, cuvraha metrim mel pefni haim (bozman shaf). Mad halchaz hberomtri mafokim chahmishe metrim mel haim vmetukan legoba pefni haim. hchishnim homoddim kriyana (golobilit, UV, PAR) mafokim ul zruv bmerach 0.7 metrim drorim latoron bcdi lmenou hzillah, c-6 metrim mel haim. Mad halchaz haim makbu btsinor baoruk 3 metrim vkostr shel 3'3 hmechbar anciet al haumod hmrchi Shel hmoza, yishrot matחתt hatoron. hzinor nuud lshck at hnudot haglim, vlozorck ck haok bbsiso bפקק bo kdoch hor bkostr 3 m'm asher monu mishnivoi maflos be'ali tdirot gboha lhesfui ul hchishan. hchishan uzmanu nmazc bupmek Shel c- 75 s'm ihsit lmfel haim hrshim shel hmpatz - ciol gboha hchishan lpefni haim nusah adibuto shel yosi mlatz mahmrco lmifpiy israel. hchishan zo gm modd at utmperfutorat haim. hchishan nusah ltmperfutorat haim, zo yiudoo hizid, mafokim cmtr umok yoter, machzak al otu umod mrchi Shel hmoza.

cll hmdidot moubrorot lrsym-hntunim hmokom bkpofsa umida lmiim ul gbvi hatoron. mdidot cl hmshtnim nrshmot btdirot Shel shniya, lm'ut mdidot maflos haim asher nrshmot btdirot Shel dka. Rshm-hntunim mmatz ushr dkot Shel mdida leurk achd hnshmr bzicrono hnvi. MDI sheva mchshb iyyudi mtakshr um rshm-hntunim vnosf at ntuniv hshua cholpat laicson ul gbvi shrt hmcnon. bnosf lnntunim hmutzim ul pefni ushr dkot, shomer rshm-hntunim at mahirut hracha mrbbit vat cionna, vata stiyit htkun Shel hcyion bfrak zmzn Shel ushr dkot. bnosf lalla shomerat haeract sicom Shel ntuniv hima hachrone: urci kitzon (mrbi vmezuri) Shel cl hmshtnim vhzmn bo nklto (ubor ntuniv hracha vhcryna nrshim rk haeractim hrbbim, yhd um cionon hracha).

תוצאות

muver lmekab hshitiy achr mshntnim mtaoroligim, cmforat lmtah, uract hcniyut hnitor rishom Shel airuvim mtaoroligim hrsgim asher ainm nmeddim yishrot ul ydi hchishnim. bnosf, hziba htcniyut md gsh zuir (mg'z) ul gg hmcnon hbinyanivrsitai.

6-8 binor: rohot drorim gilim vitzro "sura drorim" binonit, photha buozmata mahsurot hchokot Shel shnt 2010. bimim habaim, 9-11 binor, nmscha haeract karka asher lrot bgsimim kztim (c- 2.5 mm nmdzo buzrot md gsh zuir). slg yrd bheri yrzd, muver lmpatz.

16-17 binor: bmczter nmdzo c-2 m'm gsh. 10 bperor: sura drorim moloha baovk bcd asher hshirk gm biyamim habaim (12-11 bperor).

hctbrut rrba Shel abk.

11 bmrz: gsh, cmot ktna Shla ntn hia lmdod mg'z.

29 bmrz: airuz gsh katz, shbr unzn muel hchof drorim Shel alil. 6.5 m'm gsh.

19 biyon: pritz mif b'ir alit, cmoyotutzomot Shel mif zoromot drk huir vmgivut bsofo Shel drb laazor hchof hzponi.

9-8 b'sptember: lhutz gboha, abk vabk. (shda htutufa ba'ilet nsgar)

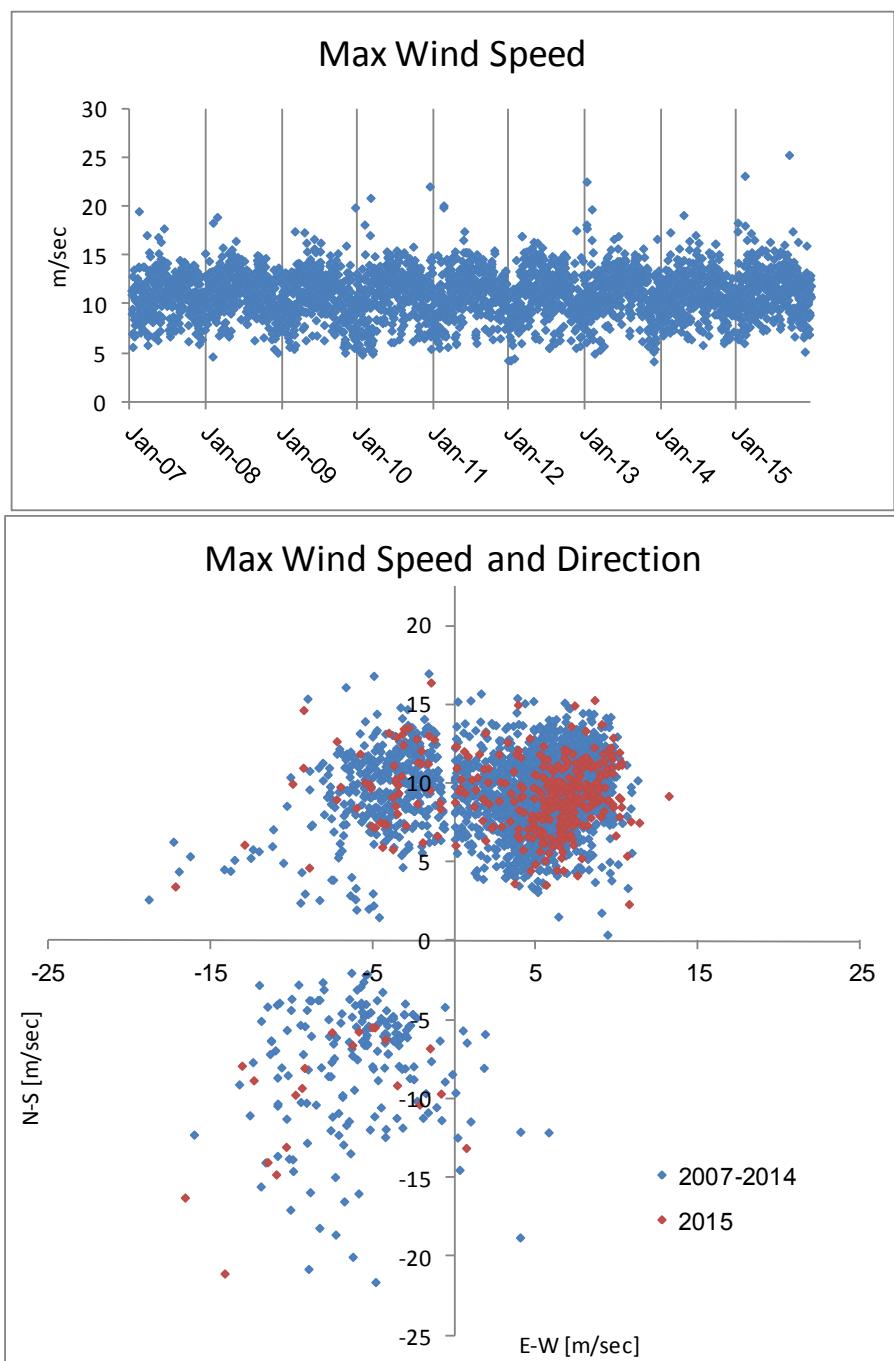
15 b'sptember: shifpon b'irzd, mtfshet b'mprz mcivon hchof hzponi.

25-26 oktober: surat gsh vrohot hzokot mcivonim mshntnim. 6 m'm mg'z.

5-4 novembra: abk cbd mada. shda htutufa nsgar. 3 m'm gsh mg'z.

13 b'dzember: gsh lperkim. 2.5 m'm mg'z.

hrhotot hshna la hio hrigkeit buozmton vgm hrhotot drorim hio phota hzokot malo shnmddu bshnim 11-2013. rohot dror-murabitot hzokot nshbo mdi pum bchodusim binor-pbvor vspetember (ayor 5). mahirut hracha mrbbat asher nmdha hshna hita 25.4 m/sec (214°), b-13 b'sptember. rohot murabitot magiutot bd'c bmsbim hzokim vla bratz, vain han hshpua gdola ul haim ukab mesh zman vhmrah katzim. hrhotot drorim-murabitot mnshbot bmkbil lctr arorck shel hmpatz miyacrot surot drorim um gilim gbohim. airuz hracha b'sptember hia bsmicot lsofot abk hzokot (8-8). (9/9/2015).

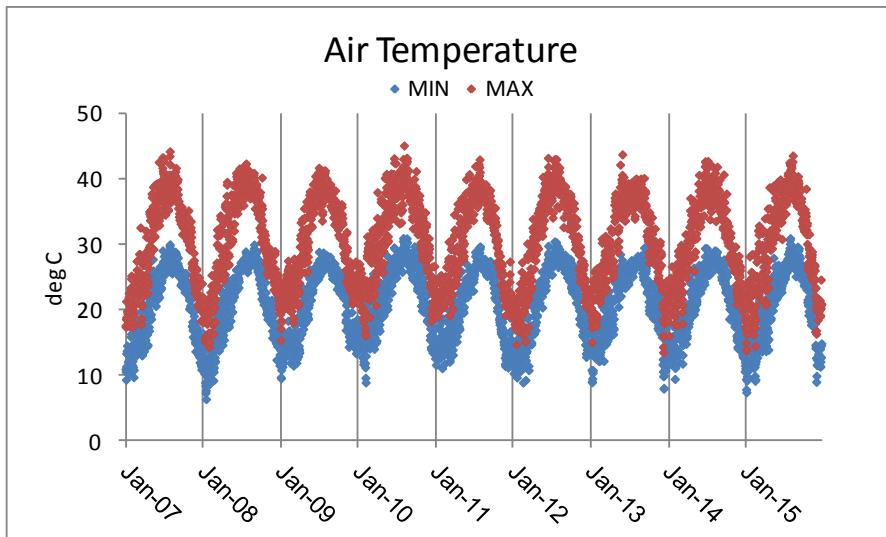


איור ה5: למעלה- מדידות מהירות הרוח המרבית בכל יממה במטרים לשנייה. למטה- מהירות הרוח המרבית ביממה וכיוונה מאז תחילת 2007. מדידות השנה האחורונה באדום.

Figure E5: Top- Maximum daily wind speed (m/sec). Bottom- Maximum daily wind speed and direction since January 2007. This year's wind measurements are marked by red squares.

טמפרטורת האוויר מעלה הים משקפת את המזוזר העונתי בשינויים הדרגתיים של הטמפרטורה המרבית והминימלית בכל יממה (איור ה6). הטמפרטורה הגבוהה ביותר השנה הייתה 43.6°C , חצי מעלה גבוהה מאשר השנה הקודמת. הטמפרטורה הנמוכה ביותר השנה הייתה בתחילת השנה, בחודש נואר, 7.5°C . בתקופה זו היו גם אירופי גשם ושלג ירד בהרי ירדן. הטמפרטורה הנמוכה בסוף השנה, בחודש דצמבר, הייתה 9.0°C , כמעט ארבע מעלות נמוך מאשר השנה הקודמת.

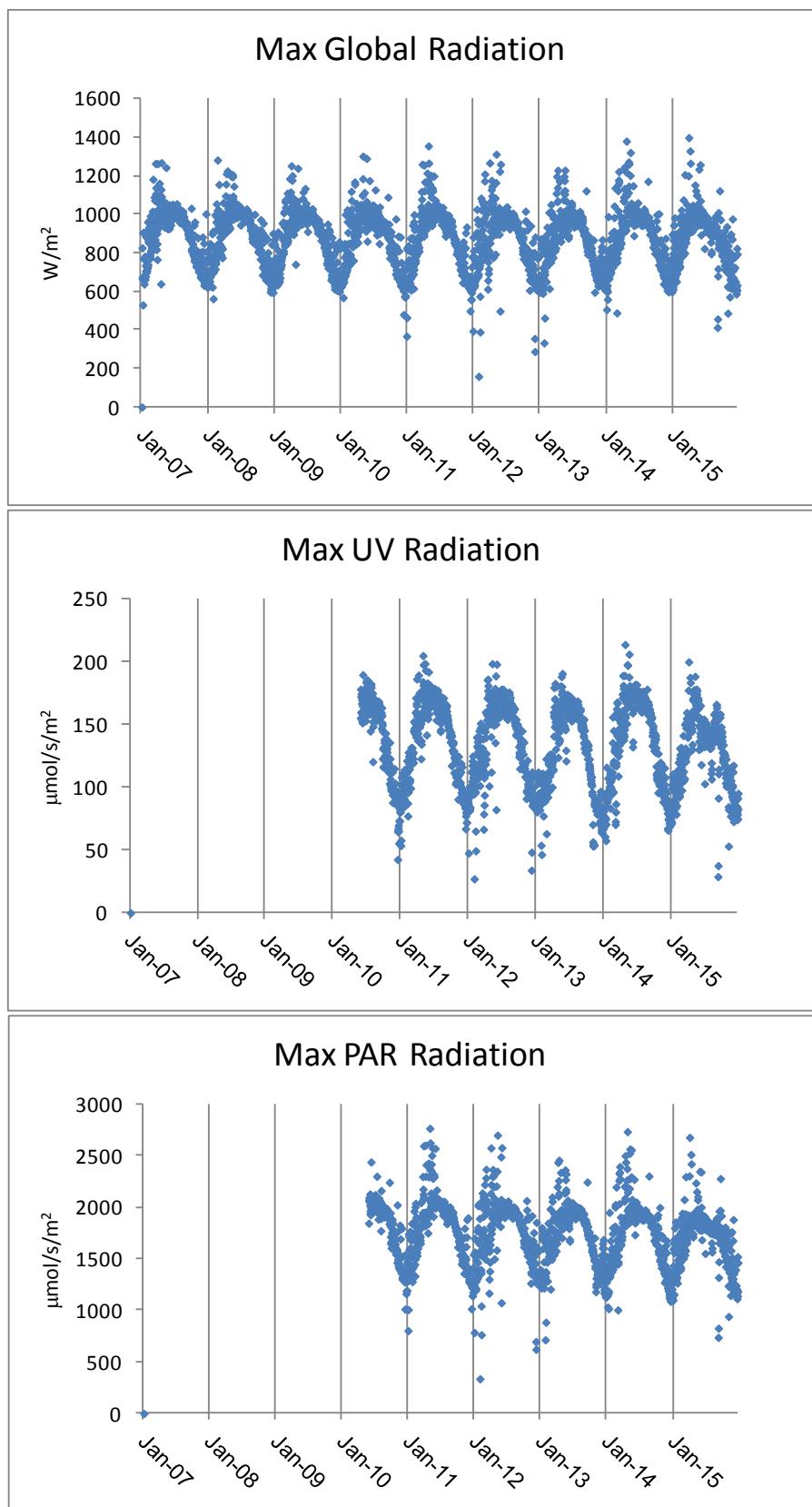
בchodשי הקיץ הבדלים בין הטמפרטורה המרבית והמזערית ביםמה (בשעות הערב ולפנות בוקר בהתקופה) גדולים מאשר בחודשי החורף. יש לציין כי הטמפרטורות נמדדות מעל הים וייש לצפות למשעת ערכיהם קטנה יותר מזו המתקבלת מעל יבשה, זאת אמרת, ערכים מרביים נמכרים יותר וערכים מזעריים גבוהים יותר.



איור ה6: ערכים מרביים ומזעריים (באדום ובכחול, בהתאם) של טמפרטורת האוויר מעל הים, בכל ימים.
Figure E6: Maximum and minimum (red and blue, respectively) daily air temperature above the sea.

הקרינה הגלובלית בעלת מחוזר עונתי דומה לזה של טמפרטורת האוויר, אולם ערכים מרביים נמדדים בחודשי האביב. הקרינה החזקה ביותר במפרץ נרשמת בדרך כלל בין השעה 11 ל-13 בצהרים, ואילו טמפרטורת האוויר המרבית נרשמת לרוב אחר הצהרים המאוחרים. הקרינה המרבית השנה (1399 ואט/מטר רבוע, באפריל) הייתה מעט גבוהה מן השנה הקודמת והגבוהה ביותר אשר נמדזה עד כה במסגרת הניטור (איור ה7).

לא תמיד ישנה התאמאה בין זמני מדידות הערכים המרביים של סוגיה הקריניות השונות (קרינה גולובלית, קרינה UV, וקרינת PAR), אם כי התבנית הכללית דומה. ישנה סטייה בעיקר בין הימים והשעות של ערכי הקרינה האולטרא-סגוליה המרביים ובין זמני המדידות המרביות של הקרינה הגלובלית וקרינת ה-PAR. לבסוף, נראה כי עצמת הקרינה האולטרא-סגוליה פוחתת במידה רבה יותר מהקרינה הכללית עם המעבר מקיז' לחורף. השנה, בדרך כלל, הייתה הקרינה האולטרא-סגוליה נמוכה בהשוואה לשנים קודמות.

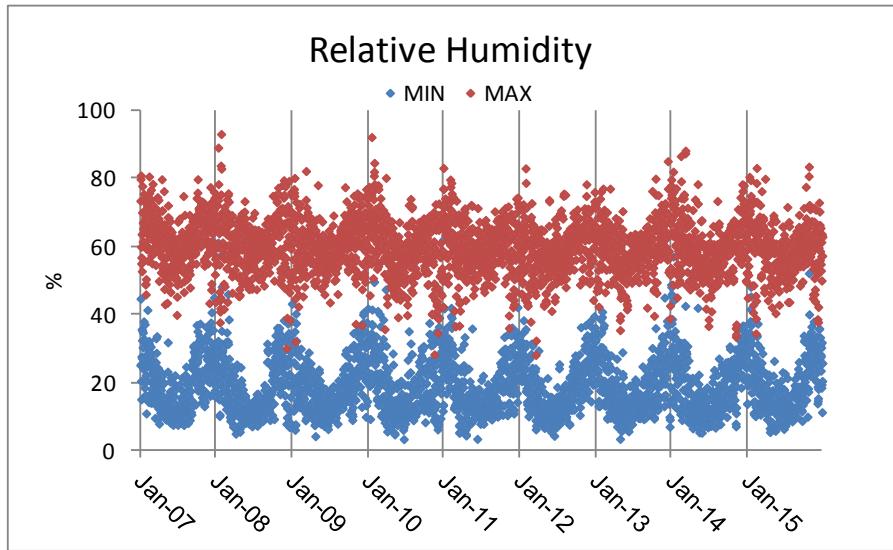


איור ה-7: ערכיהם יומיים מרביים של קרינה גלובלית (למעלה), קרינה אולטרא-סגולית (באמצע) וקרינה זמינה לפוטוסינטזה (למטה).

Figure E7: Maximum daily global radiation (top), ultraviolet radiation (middle) and photosynthetically available radiation (bottom).

ה雒חות היחסית, כפי שנמדדת השנה ממזה המכון מעל הים, מראה ימים של לחות גבוהה בתחילת השנה ובסיומו (איור 8). השנה נמדדה לחות מרבית של 83% גם בפברואר וגם באוקטובר, בזמן אירועי גשם ואובך. זה ערך מעט נמוך מהמקסימום שנמדד בשנת הקודמת (87% בחודש פברואר). שינויים עונתיים במידות הלוחות היחסית קטנים בהשוואה למשרעת היום הגדולה, ומונעים במידה רבה על ידי שינויים בכיוון ועוצמת הרוח. ערכיו לחות נמוכים נמדדוו בסוף החורף ובקיין וערכיהם גבוהים יותר – הן של הלוחות המרבי והן המזערית – נמדדוו בסתיו ובחורף. הלוחות המרבי נמדדת לרוב בשעות הלילה או הבוקר המוקדמות ואילו הלוחות המזערית בשעות אחר הצהרים-ערב. רוחות דרוםיות גורמות לרוב לעליה בלוחות.

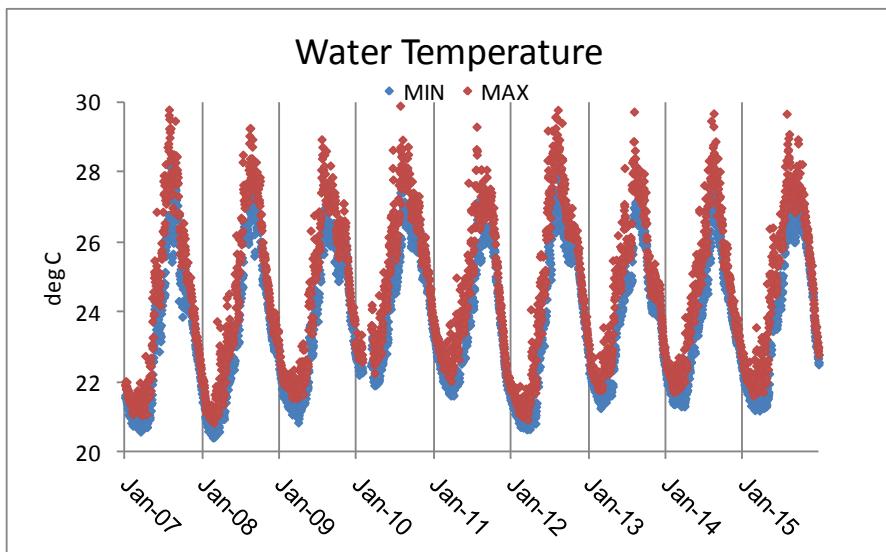
גם כאן יש לזכור כי ערכיהם אלה נמדדים מעל הים וצפויים להיות שונים (גובהם) מלהלוחות הנמדדת ביבשה באזורי אילות.



איור 8: ערכיהם מרביים ומזעריים (באדום ובכחול, בהתאם) של לחות יחסית מעל הים, בכל יממה.
Figure E8: Maximum and minimum (red and blue, respectively) daily values of relative humidity over the sea.

במדידות טמפרטורת הים (עומק כ-2 מטרים) ניתן לעקוב אחר המזהר העונתי בו טמפרטורת המינימום (21.2°C , בחודש מרץ) הייתה מעט נמוכה בהשוואה לשנה הקודמת אך גובהה מהערך המזערי בשנת 2012 בה היה ערבוב عمودת הים עמוק (איור 9). טמפרטורת המקסימום (29.7°C) נמדדת בחודש אוגוסט, בדומה לערך המרבי בשלוש השנים האחרונות. טמפרטורת פני הים המזערית בסוף השנה הייתה יחסית גבוהה (22.6°C), בדומה לשנה הקודמת. משערעת טמפרטורת הים הייתה גם השנה קטנה יחסית: בחורף הייתה הטמפרטורה בדרך כלל גבוהה יחסית ובקיין רק ביום אחד נרשמו ערכיהם מרביים.

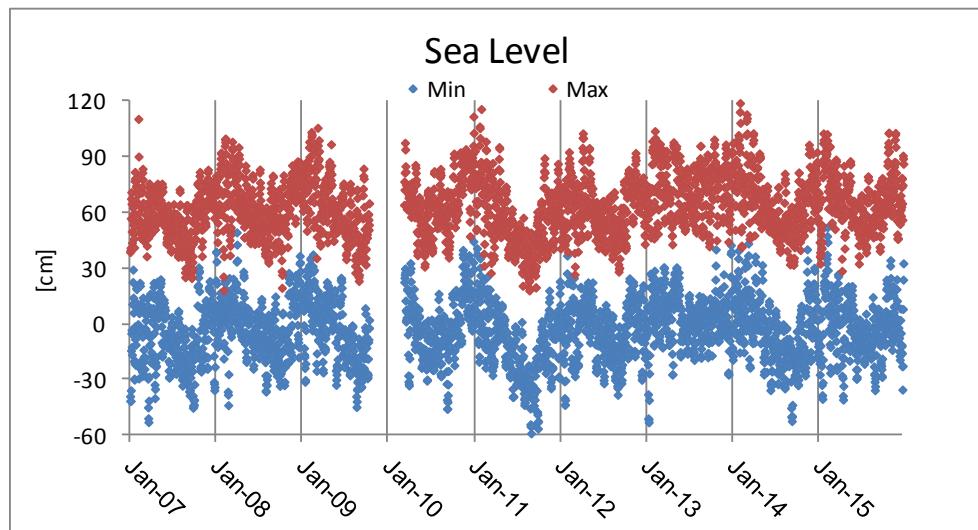
ההפרש הממוצע בין טמפרטורת הים המרבי והמזערית גדול בחודשי הקיץ או מתפתחת תרומקלינה יומית. בחודשי החורף, ובעיקר בחודשים המובילים לשיא הערבוב, משערעת הטמפרטורות היומיות קטנה.



איור ה-9: ערכים יומיים מרביים ומזעריים (באדום ובכחול, בהתאם) של טמפרטורת המים (בעומק כ-2 מ').
Figure E9: Maximum and minimum (red and blue, respectively) daily water temperature at ~2m depth.

[מדידות מפלס הים בין 15 באוקטובר 2009 ו-10 במרץ 2010 לערך בשגיאה הנבעת מביעית חישון. החישון הוחלף וכייל והמדידות השגויות הוסרו מבסיס הנתונים של תכנית העיתור. השנה שוב נמצאה סטייה של מדידות המפלס והותקן חישון חדש ב-6 בנובמבר 2012. המדידות השגויות הוחלפו במדידות אשר נעשו על ידי המרכז לימי מיפוי ישראל ממזה המכון הבינאנו-בריטי. משך השנה כויל החישון מס' פעמים כנגן מדידות המפלס של המרכז לימי מיפוי ישראל.]

מפלס הים משתנה בעיקר במחוזיות חצי יממית של גאות ושפלה. המחזורי השנתי מרכיב מפלס ים גבוה בחודשי החורף ונמוך יותר בחודשי הקיץ (איור ה-10). בחודשי החורף גם נמדדות תנודות גדולות יותר במפלס הים המזרחי ביםמה, וזאת ככל הנראה בהשפעת הרוחות ומערכות האקלים הפחות יציבות בחודשים אלה.



איור ה-10: ערכים מרביים ומזעריים (באדום ובכחול, בהתאם) של מפלס הים, בכל יממה.
Figure E10: Maximum and minimum (red and blue, respectively) daily sea-level measurements.

ה. זרמים

בקיץ 2010 הziיה תכנית הניטור מכשיר למדידת זרים (*ADCP – acoustic Doppler current profiler*) על קרקעית הים בעומק של כ-44 מטרים מול קצה הדרומי של המכון הבין-אוניברסיטאי מכשיר המדידה סבל מספר קולוקלים אשר חיבנו הוצאהו מן המים לזמן ממושך לצורך תיקונים. לאחרונה חזר המכשיר מתיקון והוצב מול מזח המכון הבינלאוניברסיטאי על מדף מורפולוגי רחב בעומק 42 מטרים. מכשיר המדידה מספק נתונים זרמים באופן רציף החל ממועד אוגוסט 2014.

מטרה
מעקב רציף וארוך-טווח אחר זרמי הים בעמודות המים בקרבת החוף.

שיטה
מכשיר ה-ADCP מודד הזרם מחלקים הנעים בים באמצעות ארבע אלומות קול המשודרות כלפי מעלה. מדידת הזרם העמוקה ביותר נעשית כ-2.7 מ' מעל המכשיר (ז"א כשלושה מטרים מעל הקרקעית) ובכל 2 מטרים משם ועד לפני הים. המדידות הרדוות ביותר, בקרבת פני הים הן באיכות נמוכה עקב גלים וערבול אשר יוצרים הזרמים רבים במים הרדודים. מיקום המדידה נקבע על סמך מורפולוגיה הקרקעית, על גבי "מדף" אופקי ביחס למדרון התלול אשר מאפיין את שולי המפרץ באזור(איור ה11). המכשיר מחובר באמצעות כבל חשמל ותקשורת למכון הבינלאומי והנתונים (בתדירות של חמיש דקות) נשמרים על שרת המכון. דיאגרמות הכוונים (rose diagram) המוצגות מטה משורטטו בעוזרת תכנת R.



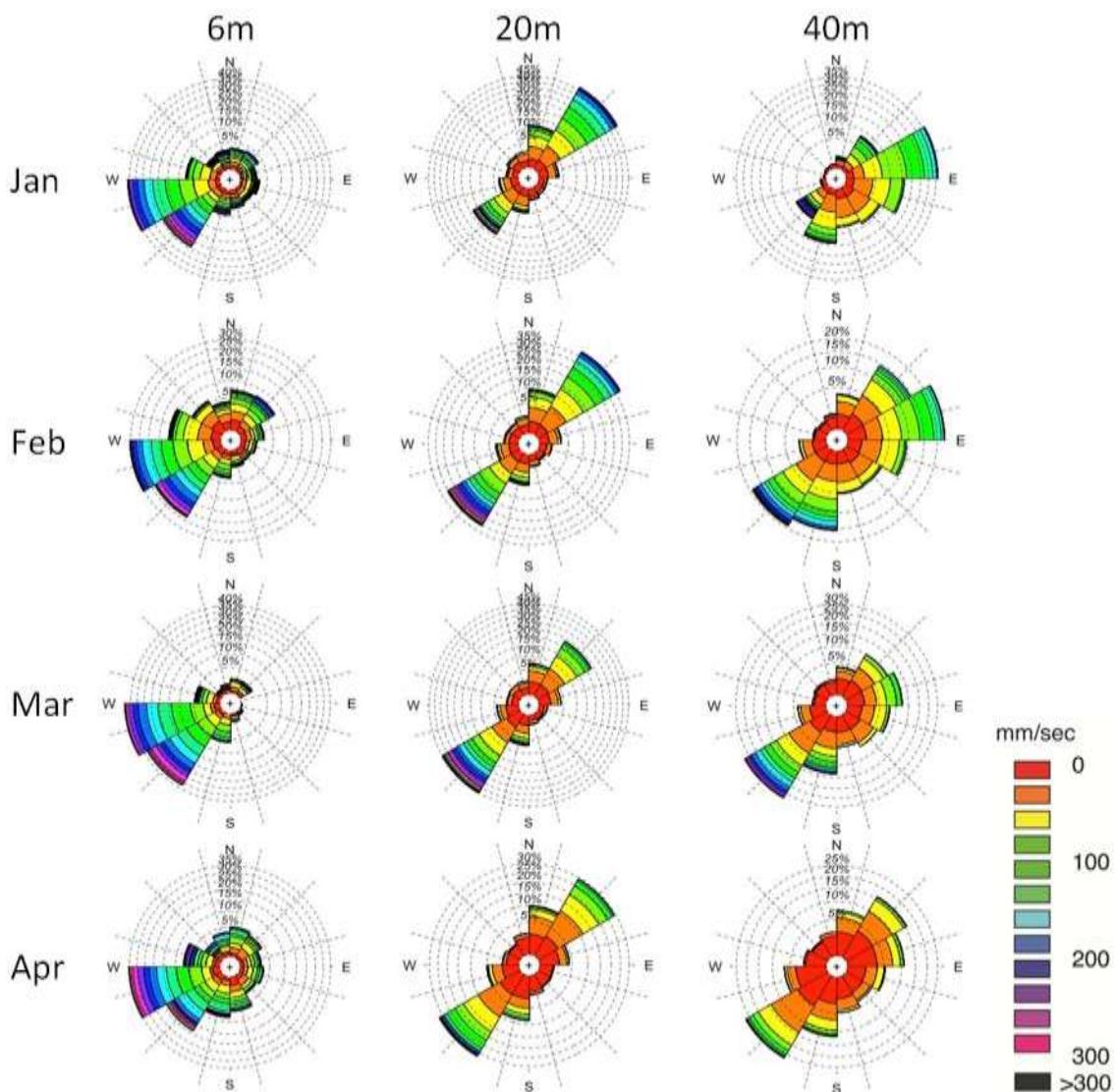
איור ה11: מכשיר ה-ADCP על קרקעית הים בעומק 44 מ', מול הקצה הדרומי של המכון הבין-אוניברסיטאי. המכשיר מחובר בכבול תקשורת וחשמל ומזין נתונים ישירות לשרת המכון.

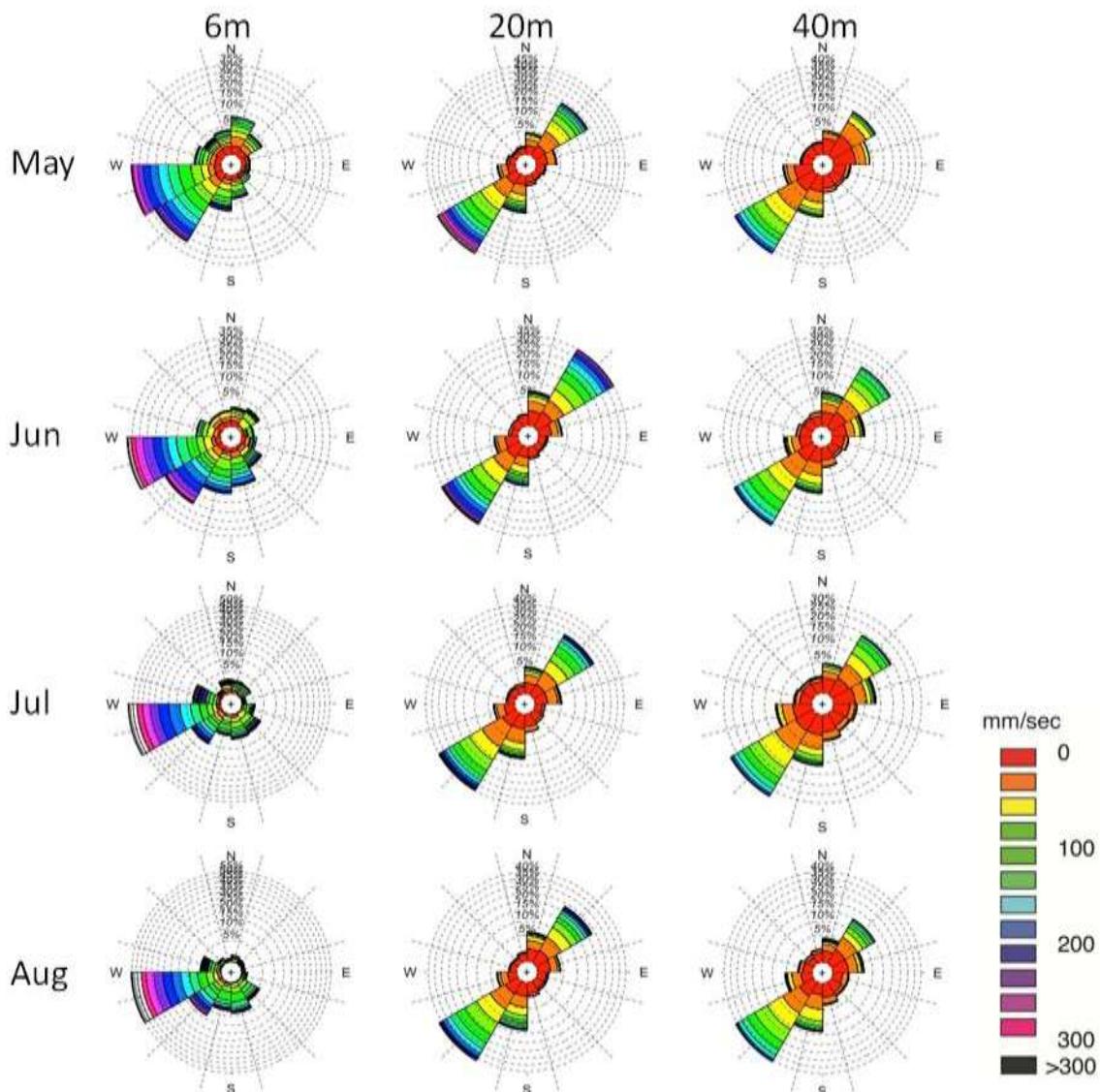
Figure E11: An acoustic Doppler current profiler (ADCP) looks up at the water column from the sea floor 44-meters deep, on a flat surface off the southern edge of the IUI. The ADCP is connected with a cable to the IUI and sends real-time data directly to the IUI main server.

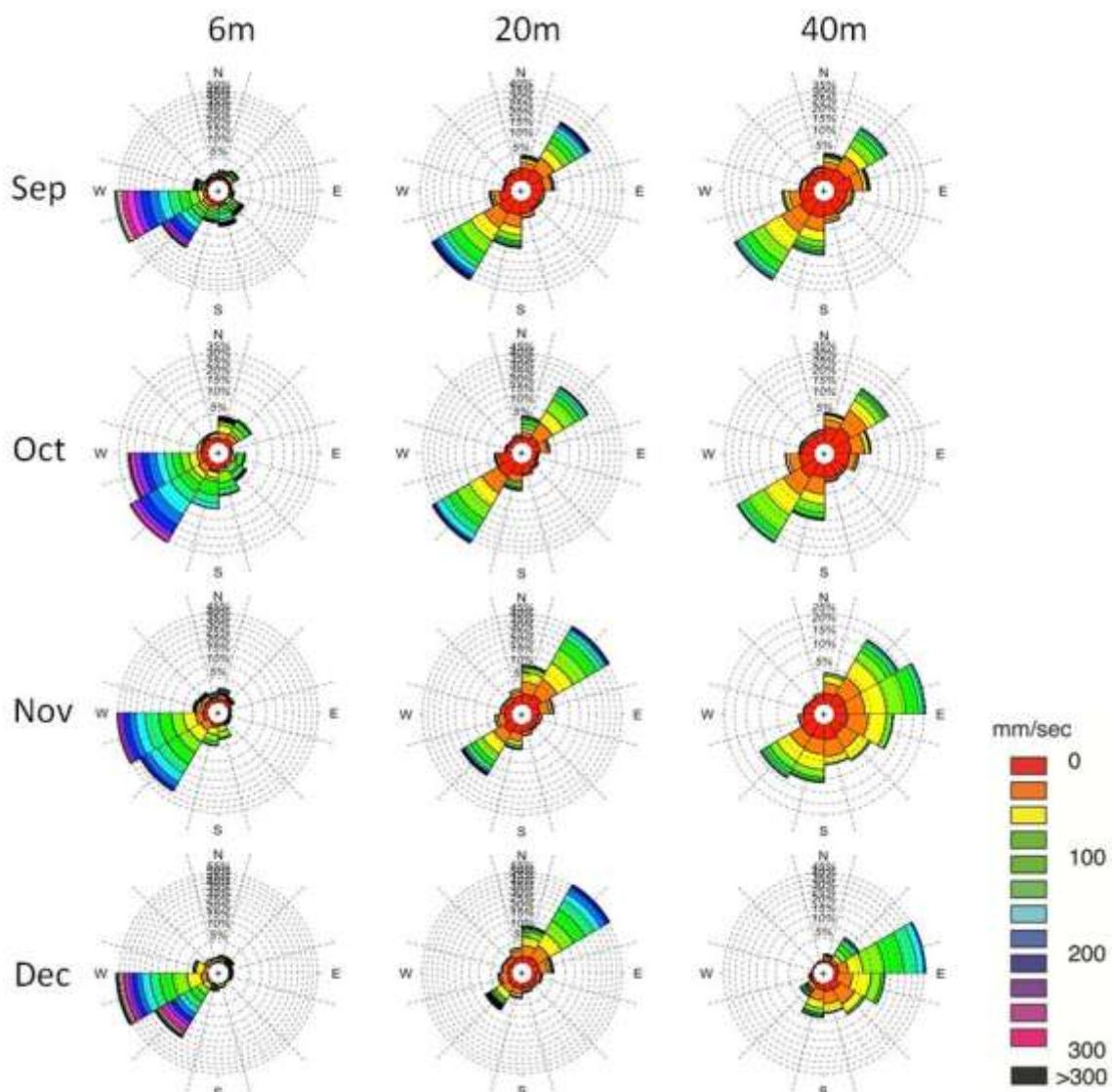
תוצאות
כיוון ועוצמת הזרם נמדד באופן רציף הצל מעמוק של ~40 מ' (שניים-שלושה מטרים מעל לקרקעית) באינטרוולים של שני מטרים. הנתונים כולם שמורים עם נתוני תכנית הניטור ובדוח זה מוצגים הזרמים בעומק 40 מטרים (סמוך לקרקעית), 20 מטרים (אמצעת המים במקום המדידה)

ו-6 מטרים (מייצג את הזרם בקרבת פני הים ללא הפרעות הגלים).
 בכלל, הזרמים הדומיננטיים בקרבת המכון מקבילים לחוף והזרמים בסמוך לקרקעית חלשים יותר מהזרמים בקרבת פני הים (איור 12). מהירות הזרם הממוצעת בקרבת פני הים הייתה 158 מ"מ לשניה, באמצע עמודת המים הייתה הממוצעת 92 מ"מ לשניה, ובקרבת الكرקעית 71 מ"מ לשניה.
 בימים הרדודים נמדדו זרים בעיקר בכיוון דרום ומערב, כאשר באפריל היה הזרם פחות סדרה בעומק זה. באמצע עמודת המים הזרמים מקבילים לחוף אבל הכיוון הדרומי והכיוון הצפוני מופיעים שניהם בתדריות גבוהה. בקרבת الكرקעית הזרם חלש יותר ופחות סדרה עם מרכזיים לכיוון מזרח – במורד שיפוע الكرקעית – בעיקר בחודש החורף. ריכוב זה מצביע על זרימת מים מונעת התקרכות הנוחתת לפני הים בקרבת החוף וחורמת לאורך המדרון (down-welling).

הזרמים החזקים ביותר שנמדדו השנה היו באמצע עמודת המים, בחודשים ינואר-מרץ, 450-580 מ"מ לשניה, עם ערך מרבי של 580 מ"מ לשניה לכיוון 217° (דרום מערב, מקביל לחוף) ב-11 בינואר. גם בקרבת الكرקעית נמדד הזרמים החזקים ביותר בחודשים אלה, 300-400 מ"מ לשניה, והערך המרבי שנמדד היה 419 מ"מ לשניה, גם כן ב-11 בינואר.
 בקרבת פני הים היו הזרמים החזקים ביותר בחודש דצמבר, 450-520 מ"מ לשניה בכיוון דרום-מערב, אם כי הזרם החזק ביותר שנמדד היה 548 מ"מ לשניה, בכיוון 150° (דרום-מזרח) בחודש יוני.







איור 12: זרמים מול המכון הבינתחומי ים כיוון הזרמים בכל כיוון (חלוקת ל-12 עליים של 30°) מכלל המדידות לתקופה המוצגת, מוגג על ידי גודל העלה, ועוצמת הזרמים המוגדרת על ידי סולם האבע (שטחו של כל צבע מייצג את תדירות הזרם בעוצמה זו).

Figure E12: Currents off the IUI at three depths (near the sea floor at 40m, 20m and close to the surface at 6m). Rose Diagrams present the frequency of a given direction by the size of petals (each covering 30°) and the frequency of current velocity by the colored area in each petal.

ה.5. אבק מרחף

מטרה

מעקב רציף וארוך-טווה אחר ריכוזי האבק המרחף מעל צפון המפרץ.

שיטות

אבק מרחף נאסף על גבי פילטר נקי ($\text{mm}^2 0.45$) דרכו נשאב אויר בעורת משאבת ואקום הפעלה בריצוף. הפילטר מותקן בתושבת המורמת מעל מזח המכון הבינאונייברסיטאי בגובה של כ-4 מ' מעל הים ומוחלף מדי שבוע, כך שכלי שキלה מהויה אינטגרל שבוי. לאחר סופות אבק נבדקת יעילות השאיבה ואם יש צורך מוחלף הפילטר בתדרות גבוהה יותר. ריכוזי האבק ביחידות של משקל (אבק) לנפה (אויר) מחושבים כמשקל האבק על גבי הפילטר במשך השבוע חלקי שטף האויר דרך הפילטר באותו שבוע. יש לציין כי בתנאי סערה או בהתקרב ספינה לעגינה מזח מופסקת פעולה השאיבה על מנת למנוע זיהום הדוגמה. מכיוון שכך ניתן כי הרקורסד השבועי אינו מלא, אך נשמרת איחדות תנאים לשם השוואה והערך המוחשב (ריכוז) אינו נפגע מהפסוקות אלה.

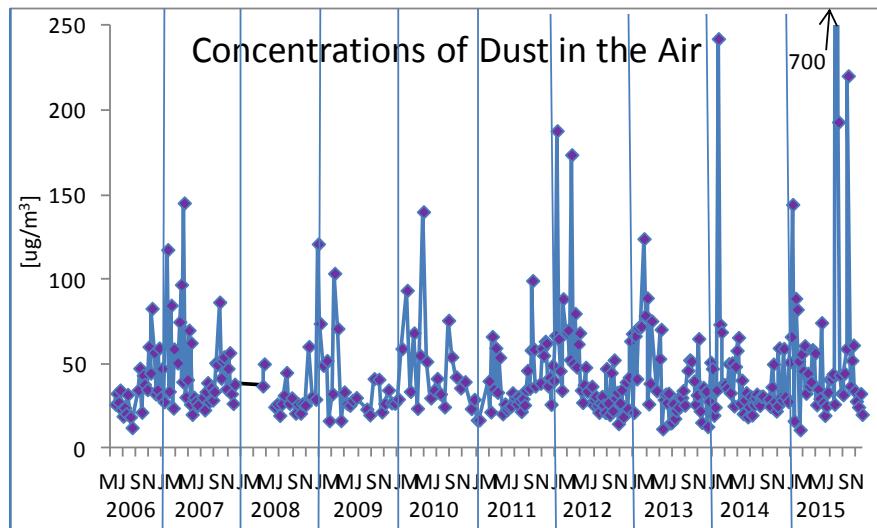
פילטר האבק נשקל במאזנים אנלטיטיים עם רגישות של חמיש ספרות (לפני ואחרי איסוף האבק) והטיפול כולו נעשה במעבדה נקייה. לאחר שקידת האבק וחישוב ריכוזו, המכון הבינאונייברסיטאי, הפילטר נשלח למכון למדעי כדורי הארץ לאנליה גיאוכימית.

תוצאות

[מדיות ריכוז האבק מעל צפון המפרץ הן חלק מחקר ארוך טוח אשר מבוצע על ידי חוקרים מהמכון למדעי כדורי הארץ באוניברסיטה העברית (בראשות פרופ' יגאל אראל), ונתמך בחלקו על ידי תכנית הניטור. תכנית הניטור בתמיכתה אחר כמיות האבק המגיעות למפרץ במחשבה שאבק עשוי להיות מקור חשוב לנוטריינטים, ובפרט יסודות קורט חיוניים. עם הצטברות הנתונים ולאחר שהתבצע ניתוח של הרכיבם (על ידי החוקרים המוביילים את המחקר) ניתן יהיה לבחון את תקופתה של ההנחה: עד כמה מהויה האבק מקור ממשועתי, עד כמה אחידה תרומת האבק לאורך העונת והשנים, ועד כמה גודלה השפugo על המערכת האקולוגית במפרץ.]

לעת עתה מדווח בדו"ח הניטור על שינויים בריכוז האבק באויר מעל צפון המפרץ במשך הזמן.

ניטור האבק נעשה באופן רציף מאזע שנות 2006, מלבד הפסיקות יזומות להגנה על הדוגמה כאמור לעיל ותקלות שהיבתו החלפת משבאות. במשך תקופה זו מסתמן מזהור עונתי של שינויים בكمיות האבק המגיע למפרץ (איור 13). ריכוזי האבק באוויר גבוהים במיוחד בחורף ובאביב, נמוכים יחסית בחודשי הקיץ ועולים שוב בחודשי הסתיו. ריכוזי האבק המרביים אשר נמדדו בתחלת החודש ספטמבר השנה, $699 \mu\text{g/m}^3$, היו הגבוהים ביותר אשר נמדדו עד כה במסגרת זו. הריכוזים הגבוהים נמדדו במשך סופת אבק שנמשכה מספר ימים (איור 14). מלבד זה, נמדדו ריכוזים גבוהים גם בסוף חודש אוקטובר ($220 \mu\text{m}/\text{m}^3$). הריכוז הגבוה של תחילת החורף נמדד בחודש פברואר, $144 \mu\text{m}/\text{m}^3$. הריכוז הגבוה שנמדד בשנה הקודמת והיה הגבוה ביותר עד אז, היה $242 \mu\text{m}/\text{m}^3$ בסוף פברואר - תחילת מרץ 2014.



איור 13: ריכוזי אבק באוויר מעל הים. מדידות נעשות על גבי פילטר דרך מזרם האוויר ומוחלף מדי שבוע.

Figure E13: Weekly dust concentrations in the air above the sea. Dust is measured on filters through which air is continuously pumped.



איור 14: סופת אבק של מספר ימים בתחילת חודש ספטמבר. הצילומים מיום 9 בספטמבר בשעת בוקר מאוחרת.

Figure E13: A major dust storm that lasted several days in early September 2015. The photos were taken on Sept. 9, in the late morning hours.

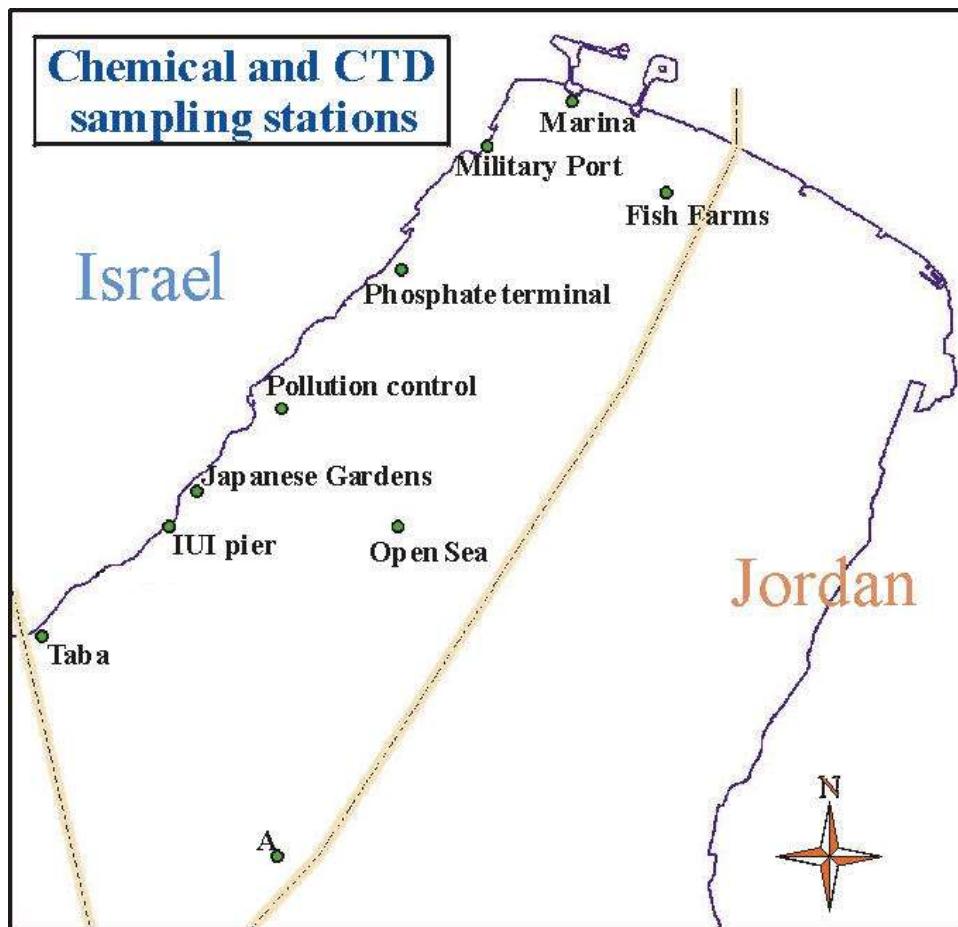
א. ביבליוגרפיה

- Biton, E., and H. Gildor (2011). The general circulation of the Gulf of Aqaba (Gulf of Eilat) revisited: The interplay between the exchange flow through the Straits of Tiran and surface fluxes. *J. Geophys. Res.*, 116, C08020, doi:10.1029/2010JC006860
- Bush, A. O., Aho, J. M. and Kennedy, C. R. (1990). Ecological versus phylogenetic determinants of helminth parasite community richness. *Evolutionary Ecology*, 4: 1-20.
- Babcock, R.S., Baird, A.H., Piromvaragorn, S., Thomson, D.P., Willis, B.L. (2003). Identification of Scleractinian coral recruits from Indo-Pacific reefs. *Zoological Studies* 42 (1): 211-226.
- Colwell, R. K. (2005). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5. User's Guide and application published at: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Campbell, L., Landry, M. R., Constantinou, J., Nolla, H. A., Brown' S. L., Liu, H., Caron, D.A. (1998). Response of microbial community structure to environmental forcing in the Arabian Sea. *Deep Sea Research II* 45: 2301-2325
- Diamant, A., Banet, A., Paperna, I., v. Westernhagen, H., Broeg, K., Kruener, G., Koerting, W., Zander, S. (1999). The use of fish metabolic, pathological and parasitological indices in pollution monitoring II. The Red Sea and Mediterranean. *Helgoland Marine Research* 53:195-208.
- Diamant, A., Banet, A. Ucko, M., Colorni, A., Knibb, W., Kvitt, H. (2000). Mycobacteriosis in wild rabbitfish *Siganus rivulatus* associated with cage farming in the Gulf of Eilat, Red Sea. *Disease of Aquatic Organisms* 39:211-219
- Dzikowski, R., Paperna, I., Diamant, A. (2003). Multi-annual changes in the parasite communities of rabbitfish *Siganus rivulatus* (Siganidae) in the Gulf of Aqaba, Red Sea. *Helgoland Marine Research* 57:228-235.
- Iluz, D. (1991). Primary production of phytoplankton in the northern Gulf of Eilat, Red Sea. M.Sc. thesis. The Hebrew University of Jerusalem, Israel.
- Iluz, D., Dishon, G., Capuzzo, E., Meeder, E., Astoreca, R., Montecino, V., Znachor, P., Ediger, D., Marra, J. (2009). Short-term variability in primary productivity during a wind-driven diatom bloom in the Gulf of Eilat (Aqaba). *Aquat Microb Ecol* 56 205-215.
- Khalaf, M. Brokovich, E., Al-Momani, O., Baranes, A. (2003) Red Sea marine peace park US-AID program Technical Report: Monitoring coral reef fishes. 65 pp.
- Kohler, K.E., Gill, S.M. (2006). Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basics program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers & Geosciences* 32(9): 1259-1269.
- Lundberg, B., Golani, D. (1995) . Diet Adaptations of Lessepsian Migrant Rabbitfishes, *Siganus luridus* and *S.rivulatus*, to the Algal Resources of the Mediterranean Coast of Israel. *Marine Ecology*. 16:73-89.
- Lazar, B., Erez, J., Silverman, J., Rivlin, T., Rivlin, A., Dray, M., Meeder, E., and Iluz, D. (2008) Recent environmental changes in the chemical-biological oceanography of the Gulf of Aqaba (Eilat), in Por, F.D., ed., *Aqaba-Eilat, the Improbable Gulf*: Jerusalem, The Hebrew University Magnes Press, p. 49-61.
- Loya Y. (1972). Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13:100-123.
- Loya Y. (2004). The coral reefs of Eilat- past, present and future: Three decades of coral community structure studies. In: *Coral Reef Health and Disease*; Rosenberg and Loya (Eds). Springer-Verlag; Berlin Heidelberg, New York. pp. 1-34.
- Meeder E. (2012). The dynamic of organic matter and nutrients in the oceanic water column – a study utilizing the enhanced kinetics in the warm water of the Gulf of Aqaba. Ph.D. Thesis, The Hebrew University.
- Mejia, A.Y., Rotini, A., Lacasella, F., Bookman, R., Thaller, M.C., Shem-Tov, R., Winters,

- G., Migliore, L. (2016). Assessing the ecological status of seagrasses using morphology, biochemical descriptors and microbial community analyses. A study in *Halophila stipulacea* (Forsk.) Aschers meadows in the northern Red Sea. Ecological Indicators 60: 1150-1163.
- Millero, F.J., T. Plese, M. Fernandez (1988). The dissociation of hydrogen sulfide in seawater. Limnol. Oceanogr., 33: 269–274.
- Millero, F.J., J-Z. Zhang, S. Fiol, S. Sotolongo, R.N. Roy, K. Lee, S. Mane (1993). The use of buffers to measure the pH of seawater. Mar. Chem., 44: 143–152.
- Oron, S., Angel, D., Goodman-Tchernov, B., Merkado, G., Kiflawi, M., Abramovich, S. (2014). Benthic foraminiferal response to the removal of aquaculture fish cages in the Gulf of Aqaba-Eilat, Red Sea. Marine Micropaleontology 107: 8-17.
- Shaked, Y., (2008). Iron redox dynamics in the surface waters of the Gulf of Aqaba, Red Sea. Geochimica et Cosmochimica Acta 72, 6: 1540–1554.
- Walther, B., A., Morand, S. (1998). Comparative performance of species richness estimation methods. Parasitology 116, 4: 395-405.
- Zvuloni, A, Artzy-Randrup, Y , Stone, L , Van Woesik, R , Loya, Y (2008) Ecological size-frequency distributions: how to prevent and correct biases in spatial sampling. Limnology and Oceanography Methods, 6:144-152.
- Zvuloni, A., Artzy-Randrup, Y., Stone, L., Kramarsky-Winter, E., Barkan, R., and Loya, Y., 2009, Spatio-Temporal Transmission Patterns of Black-Band Disease in a Coral Community: PLoS ONE, v. 4, p. e4993.

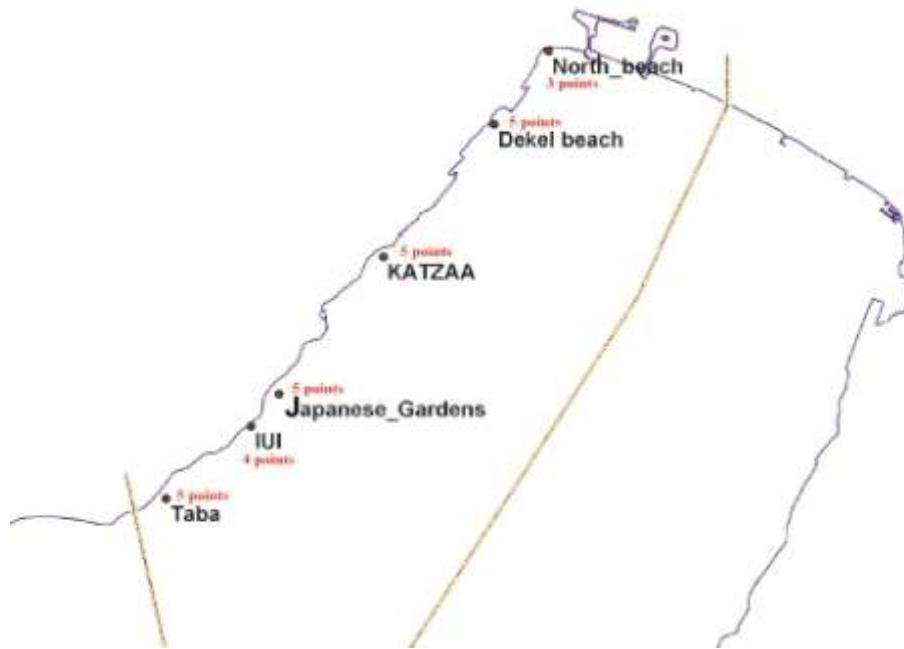
ג. נספחים

ג.1: מפות אתרים הניטור



מפה ג1: תחנות דיגום מים (פני הים ועומדות המים). תחנה B אשר אינה כלולה במפה, נמצאת 10 ק"מ דרומית לתחנה A במשולש הגבולות ירדן-מצרים-סעודיה.

Map G1: Study sites of water sampling (surface water and water column). Station B (not shown) is located 10 km south of Station A.



מפה 2: מפת מיקום אתרים השוניים בהם הוצבו תושבות למשך צילומי אחר חלקי קבוצות. ראה פירוט תצלום האויר באיר ב 1 בגוף הדוח.

Map G2: Sites of photographic monitoring of fixed areas in the coral reef.

2. רישימות סוגי האלמוגים

טבלה ז' : רשימת אלמוגי האבן (ומספר המושבות) בחטמי הקו בסקר חברת השונית בשנת 2015.
Table G1: List of stony corals and the number of colonies of each taxa found in the coral reef line-transect survey, 2015.

Genus	IUI	Katza	NR	Eilat Total
<i>Acanthastrea</i>	19	12	15	46
<i>Acropora</i>	88	126	252	466
<i>Agaricia</i>		9	1	10
<i>Alveopora</i>		1	1	2
<i>Astreopora</i>	5	11	34	50
<i>Balanophyllia</i>		2	2	4
<i>Coscinaraea</i>	16	13	5	34
<i>Ctenactis</i>		2		2
<i>Cynarina</i>			1	1
<i>Cyphastrea</i>	98	66	77	241
<i>Echinophyllia</i>	1	3	2	6
<i>Echinopora</i>	19	81	136	236
<i>Favia</i>	130	50	66	246
<i>Favites</i>	107	112	86	305
<i>Fungia</i>		7	2	9
<i>Galaxea</i>	1	10	12	23
<i>Goniastrea</i>	56	67	93	216
<i>Goniopora</i>	1	9	14	24
<i>Gyrosmilia</i>	36	5	8	49
<i>Herpolitha</i>			1	1
<i>Hydnophora</i>		3	7	10
<i>Leptastrea</i>	43	30	18	91
<i>Leptoria</i>	1	1	1	3
<i>Leptoseris</i>		1		1
<i>Lobophyllia</i>	5	20	43	68
<i>Millepora</i>	74	2	11	87
<i>Montipora</i>	42	109	148	299
<i>Mycedium</i>		12	12	24
<i>Oxypora</i>		2		2
<i>Pachyseris</i>		1		1
<i>Pavona</i>	4	76	11	91
<i>Platygyra</i>	9	12	12	33
<i>Plerogyra</i>		3	3	6
<i>Plesiastrea</i>	19	24	45	88
<i>Pocillopora</i>	21	13	12	46
<i>Porites</i>	33	62	110	205
<i>Psammocora</i>	5	41	43	89
<i>Seriatopora</i>	3	30	2	35
<i>Siderastrea</i>	18	1	2	21
<i>Stylophora</i>	122	115	117	354
<i>Turbinaria</i>	2	7	5	14
Total	978	1151	1410	3539

טבלה 2: רשימת מושבות האלמוגים (מכל הסוגים) אשר זוהו באטררי הצללים הקבועים בשנת 2015
 Table G2: list of colonies (of all types) that were recognized in all permanent photo-sites, in 2015.

Genus	NB	Dekel	Katzaa	NR	IUI	Taba	Total
<i>Acanthastrea</i>			4	2	18	2	26
<i>Acropora</i>	11	65	89	19	8	11	192
<i>Alveopora</i>	1	3	3			11	18
<i>Astreopora</i>			4	1	1	1	6
<i>Balanophyllia</i>			1	1			2
<i>Coscinaraea</i>		1	1	1	3		6
<i>Ctenactis</i>			3				3
<i>Cyphastrea</i>	5	18	31	51	14		119
<i>Echinophyllia</i>		2	1	4	6		13
<i>Echinopora</i>	8	45	74	18	4		149
<i>Favia</i>	3	20	8	73	27		131
<i>Favites</i>	1	52	31	56	23		163
<i>Fungia</i>	1	5	3	1	2		12
<i>Galaxea</i>	1	6	1		2		10
<i>Goniastrea</i>	10	31	78	90	38		247
<i>Goniopora</i>	4		3				7
<i>Gyrosomilia</i>					1		1
<i>Herpolitha</i>			2		1		3
<i>Hydnophora</i>					3		3
<i>Leptastrea</i>		20	2	37	13		72
<i>Leptoria</i>	1				1		2
<i>Lithophyton</i>			1				1
<i>Lobophyllia</i>	2	7	7	5			21
<i>Millepora</i>	1	1	2	43	36		83
<i>Montipora</i>	6	57	27	7	6		103
<i>Mycedium</i>		10	5				15
<i>Oxipora</i>		1					1
<i>Palythoa</i>				1	3		4
<i>Pavona</i>	1	25	10	2	4		42
<i>Platygyra</i>	4	2	6	21	13		46
<i>Plerogyra</i>	1			1			2
<i>Plesiastrea</i>		4	4	7	2		17
<i>Pocillopora</i>		3	10	5	9		27
<i>Porites</i>	15	14	17	7	18		71
<i>Psammocora</i>		2	2	1	1		6
<i>Rhytisma</i>	2	8	22	3	5		40
<i>Sarcophyton</i>		2	1	1	1		5
<i>Seriatopora</i>	1	4	8				13
<i>Sinularia</i>		2					2
<i>Stylophora</i>	2	27	22	41	15		107
<i>Tubastrea</i>				1	1		2
<i>Turbinaria</i>			2	1			3
<i>Xenia</i>	20	30	63	5			118
Total		101	471	546	522	274	1914

3.3 מעקב אחר דינמיקה גיוס ותמורה של אלמוני אבן במפרץ אילת / עקבה

המחקר נעשה במסגרת עבודתו של חום שלזינגר לשם קבלת תואר מוסמך באוניברסיטה תל אביב בהנחיית פרופ' יוסי לוייה.

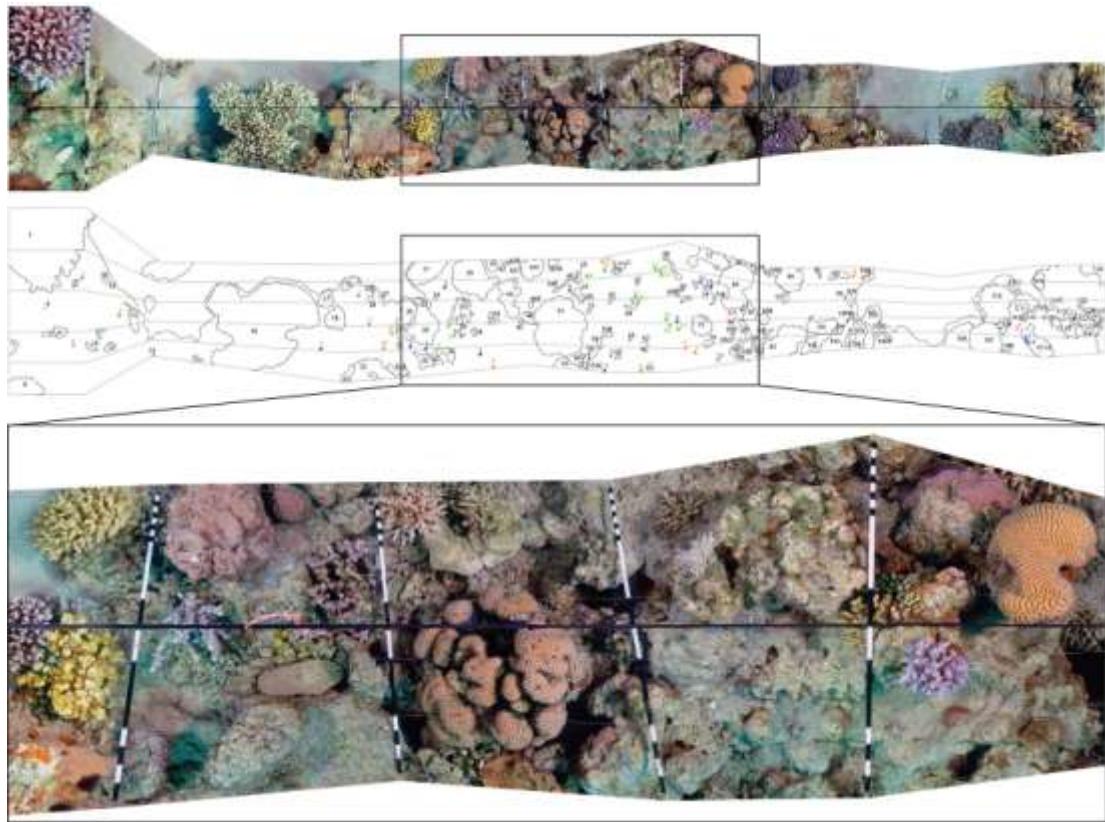
מבוא ושיטות

לאור הסיכון הולך וגדל והתחזיות העגומות לשינויים אלמוניים רבות ברחבי העולם, מתגבר הצורך להבין את היקפי השינויים הנגרמים ואת המנגנונים המונחים בסיסיים שינויים אלו. למרבה הצער, יש יותר מידע ותיעוד של הגורמים לקriseiten של שינויים אלמוניים מאשר הגורמים להתחששות ועמידותם בפני הפרסות. שימור שינויים תלוי בהבנה מקיפה של התהליכים הדמוגרפיים ושל הכרת כל שלבי החימם של האלמוניים. הפרסות אנתרופוגניות וטבעיות נמדדות לרוב בהקשר של השפעתן על תפוצת אוכלוסיות בוגרות וקצביה התמותה שלהם, בעוד ששאלות לגבי השפעות פחותה בולטות לעין, כדוגמת השפעות על הצלחה רכניתית ותהליכי התאוששות, נשארות לרוב לא מענה. גיוס פרטימ חדשים לחברה הוא תהליך דמוגרפי מכירע להמשכות ולשידות של אלמוניים, אך מרכיבות המחקר בשיטה זה מעכבות מידע עמוק בנושא. הערכות של עדויות שונות אלמוניים ויכולת התאוששות מהפצעות צריכות להתבסס על תהליכי גיוס, ניטור קבוצות פונקציונליות היוניות ותהליכי גנטים הבונים או הורסים את יכולת העמידות וההתאוששות של השינויים. תהליכי אלו דורשים מחקר ברמת הפרט, האוכלוסייה, החברה, האקוסיסטמה והנוף.

בעשורם האחרון שינויים האלמוניים במפרץ אילת עברו התדרדרות משמעותית מבחינת המזון, התפוצה והכיסוי החיו של אלמוניים כתוצאה מהפצעות אנטרופוגניות וטבעיות שונות. הפרסות אלו ידועות בהשפעתן השלילית על אלמוניים בשלבי חיים שונים, כדוגמת הפחתה בתוצריו רבייה המשוחררים למים, הגיעו ביכולת ההתיישבות של לרות והפחיתה שרידות מגויסים חדשים לשוני. למרות שכשלו בגויס, אלמוניים חדשים לשינויים הוציאו פעמים רבות כאחד המנגנונים המונחים בסיסודה התדרדרות השינויים באילת, מידע על דינמיות ההתישבות וגיוס אלמוניים במפרץ הינו מועט. הפרסות אנטרופוגניות רבות באילת פחתו בהדרגה במהלך השנים ומתקן דוחות הפרויקט הלאומי לנטור מפרץ אילת מסתמן כי בשנייה לאחרונות חל שיפור המתבטא, בין היתר, בעלייה מתונה ומתמשכת של אחוז הכיסוי החיו של אלמוני-בן בניוונית. יחד עם זאת, דוחות אלו גם הציבו על ירידה בחילוק היחסי של מושבות "קטנות", דבר אשר העלה חששות לגבי ירידה בגין אלמוניים חדשים לשוני, או תמותה בשיעור גדול משיעור הגיוס.

מחקר זה התמקד באפיון כמותי של דינמיקה הגיוס והתמורה העונתית של אלמוניים על ידי צילום ברזולציית גבוההות של הלקות קבועות על גבי השונית הטבעית. המטרה העיקרית הייתה להעריך את פוטנציאל ההתחדשות והעמידות של חברת האלמוניים מבחינה דמוגרפית. חתכי הגירה קבועים באורך עשרה מטרים ורוחב חצי מטר סומנו בעומק של חמישה מטרים בשני אתרים: 1. אתר המכון הבינלאומי (IUI). 2. אתר "הגנים היפניים" בחלקה הדרומי של שמורת האלמוניים (NR). באתר "הגנים היפניים" סומנו חתכי הגירה נספסים בעומק של חמישה עשר מטרים. חתכים אלה נסקרו באופן מצלמת DSLR (נעשה שימוש גם בעדשה רחבה וגם בעדשת מאקרו) כל ארבעה חודשים במשך כ 20 חודשים החל מאפריל 2012 ועד לדצמבר 2013, כאשר במרקם רבים זוהו אלמוניים חדשים החל מגודל של מ"מ אחד. השימוש בשיטה זו של מעקב אחר חתכי הגירה גדולים (סה"כ 5 מטרים רבועים כל חתך) במקום קוודרטים קטנים (בד"כ כ 0.025 – 1 מטר רבוע) המשמשים לרוב במחקרים דומים נעשה על מנת לכלול באזור מקיפה יותר את הטרוגניות הרבה המאפיינת שינויים אלמוניים ובונסף שיטה זו עזרה להימנע מאילוצים>Showings של ידי המרכיבים התלת-מדיית של השונית ומוביילים במרקם רבים לבחירת השטחים למעקב במקום ייחודי דגם אקרואית. לאחר הסקר המצלום הראשון, בין 20 ל 30 תמנות הורכבו באמצעות תוכנת Adobe Photoshop CS6 לתמונה מזואיקה של כל אחד מהחתכים (איור 3).

לאחר מכן הופקו מפות מפורטות של כל האלמוניים בשטחים הנחקרים, אשר שימשו להשואת השינויים בחברה בין הסקרים השונים (איור 3). בנוסף, נערכו ספירות ומדידות שטח של כל האלמוניים וסוגי המצע בחתכים על מנת לחשב את: 1. צפיפות האלמוניים. 2. אחוז היחסוי החיו. 3. עושר המינים. 4. זמינות מצח המתאים להתישבות. 5. ממד המרכיבות הטופוגרפית.



איור ז'3: דוגמה לחלק באורך של חמישה מטרים מתוך אחד מהתכי הගורה באתר NR. למעלה – מזואיקה של החתך. באמצע – מפת האלמוגים. למטה – הגדלה של השטח הממוסגר במזואיקה למעלה.

Fig. G3: An example of a 5-meter section of one of the belt transects at the NR site. Top – mosaic picture of the belt transect. Middle – sketched coral map layer. Down – enlargement of the area framed in the mosaic.

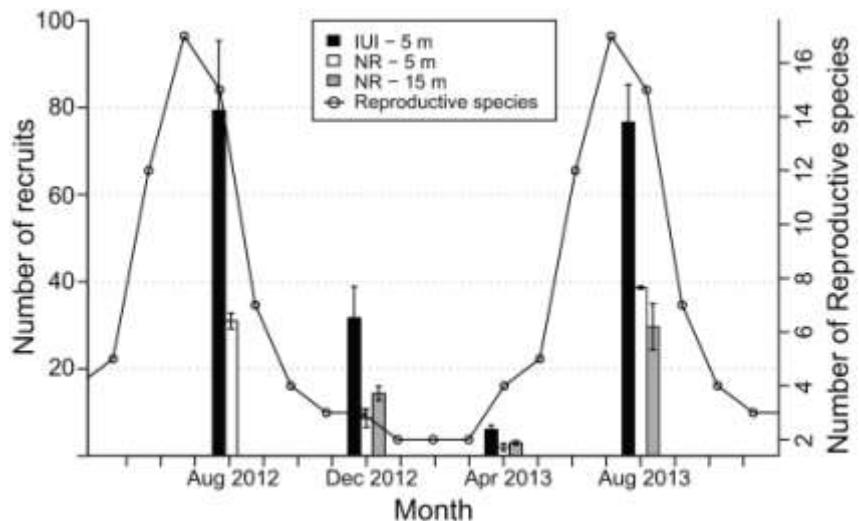
תוצאות עיקריות

ניטור מתמשך של חתכי הගורה לאורך תקופה של כ-20 חודשים הניב אלפי תמונות של למעלה מ-4000 מושבות אלמוגים השיכים לכ-100 מינים. במהלך העבודה זו נרשמו 961 אלמוגים חדשים, השיכים לכ-18 סוגים נוספים לשטחים הנחקרים. שיטה זו של מעקב מצולם אפשרה לנו לא רק מעקב מדויק אחר מספר רב של מושבות אלמוגים ספציפיות אלא גם לודא את זהותם של מגויסים רבים בסקרים עוקבים (איור ז'4). קצבי הגויס היו שונים בצורה מובהקת בין האתרים ובין הזמנים השונים (Linear mixed-effects models, $p < 0.01$, $p < 0.001$), כאשר הגויס באתר הII היה גבוה יותר מאשר באתר הNR ובשני האתרים הגויס המksamיאלי אשר נצפה היה בסקרים בחודשי אוגוסט בשתי השנים במחקר (איור ז'5, טבלה ז'3). דפוסי הגויס העונתיים אשר נצפו בעבודה זו תואמים את דפוסי הרבייה העונתיים של אלמוגים אבן במפרץ אילת (איור ז'5) ומצבעים על הצלחת זיהוי המגויסים בעבודה זו בשלבים מוקדמים לאחר התישבות הלרוות וההתפתחות פוליפ ראשון. לעומת זאת, קצבי התמותה של כל חברת האלמוגים בשטחים הנחקרים ושל המגויסים החדשניים בין התקופות השונות בשנה אך נמצא הבדל משמעותי בין האתרים (Linear mixed-effects models, $p < 0.001$) (טבלה ז'3, איור ז'6, איור ז'7). על אף ההבדלים המשמעותיים בשרידות המגויסים עד לסוף זמן המחקר בין שני האתרים (Mantel-Haenszel Log-Rank test, $x^2 = 7.5$, $DF = 2$, $p < 0.05$), שרידות המגויסים הייתה גבוהה (איור ז'6, משמאל). הכמות המצתברת של אלמוגים חדשים אשר גויסו כנגד הכמות המצתברת של תמותת אלמוגים בשטחים הנחקרים (איור ז'6, מימין) מדגישה את היחס החיובי הגדל בין שני תהליכי דמוגרפיה בסיסיים אלו. היחס בין הגויס לתמותה באתר הII היה 2.2, ואילו באתר NR היה זה ערך על כ-4.6. בעומק חמישה מטרים (Linear regression) (טבלה ז'5.4).

(analyses) בין מאפיינים אקולוגיים של חברות האלמוגים ובין קצבי הגיוס ושרידות המגויסים נמצאה התאמה גבוהה בין זמינות מצע פניו ומתחאים להתיישבות אלמוגים לבין קצבי הגיוס (איור 5). כמו כן נמצאה התאמה גבוהה בין שרידות המגויסים למורכבות מבנית של השונית (איור 5).

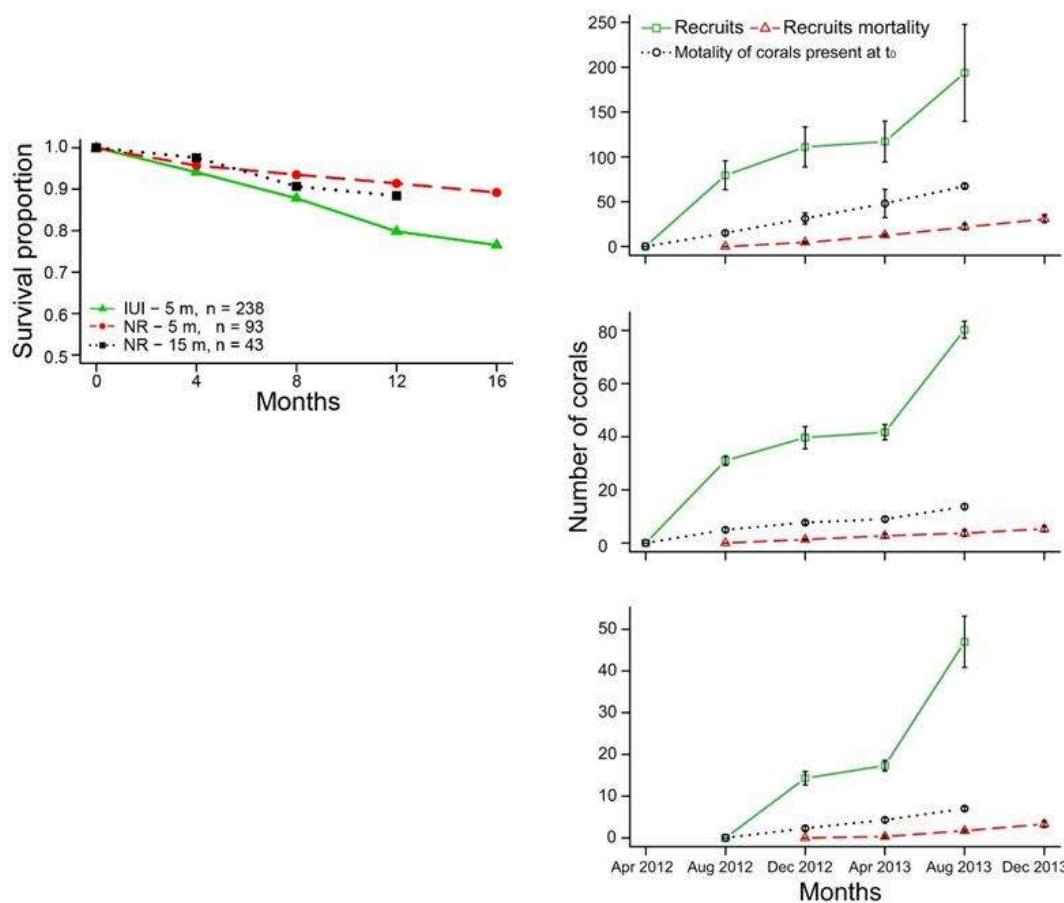


איור 5: אלמוגים אשר גויסו במהלך המחקר (מסומנים בחצים) ומושבות צעירות נוספות בשטחים הנחקרים.
Fig. G4: Recruited (indicated by arrows) and juvenile corals in permanent belt transects. (a) Recruited *Leptastrea* (next to *Favites*). (b) Recruited *Leptastrea* (next to *Acanthastrea*). (c) Recruited *Stylophora* (next to *Platygyra*). (d) Recruited *Acropora*. (e) Upper right arrow – recruited *Stylophora*, upper left arrow – recruited *Merulinid*, lower right arrow – recruited *Leptastrea*, lower left arrow – unidentified recruit. (f) Recruited *Merulinid* (next to *Porites*).



איור 5: דפוסי הרבייה העונתיים במפרץ אילת (מבוסס על 32 מינים דומיננטיים בשוניות אילת אשר מהווים רבייתם נחקר בעבודות קודמות) וקצב הייצור, כפי שתועדו במחקר זה באתרים השונים.

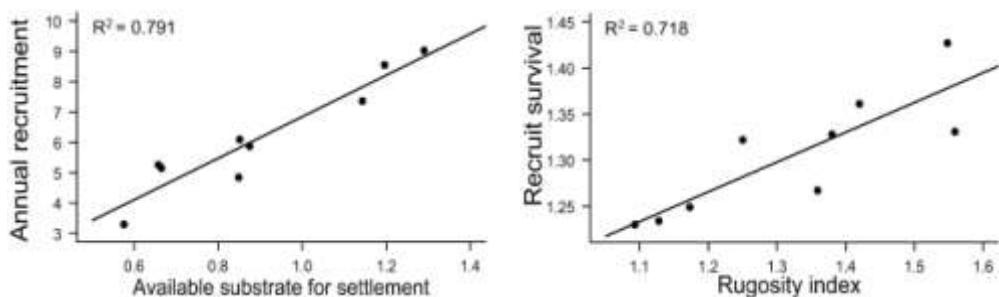
Fig. G5: Annual patterns of coral reproduction at the GOE/A (based on 32 ecologically dominant species for which the reproduction cycles were studied in previous works) and coral recruitment at the different sites monitored in this study.



איור 6: משמאל - עקומות שרידות של האלמוגים אשר גויסו בסקר הראשון בכל אתר. מימין - עקומות הצטברות של מגויסים, תמותה מגויסים ותמותה כולל חברת האלמוגים (כמוצע לחץ). למטה - אתר IUI. באמצע - אתר NR עומק 5 מטרים. למטה - אתר NR עומק 15 מטרים.

Fig. G6: Left- Survivorship curves of new coral recruits at the different sites. Right- Cumulative amount of coral recruits, recruit mortality, and mortality of the initial coral

community present at the beginning of this study. Top – IUI site, middle – NR 5 m depth, bottom – NR 15 m



איור 7: מימין – שרידות המגויסים כנגד ממד מרכיבות המוצע ($R^2 = 0.718$). משמאלי – כמות הגויס השנתית כנגד אחוז המוצע הזמן להתיישבות אלמוגים ($R^2 = 0.791$) (התונים עברו טרנספורמציות ולכן אינם מוצגים בגרפים אלו כערכים המקוריים).

Fig. G7: Relationships between: Left – annual recruitment and percentage of available substrate for settlement. Right – annual recruit survival and rugosity (complexity) index (data was transformed and not presented here as the original values).

דיוון וمسקנות

מספר סיבות עשויה להסביר את ההבדלים בdfsisi הגויס והתמותה בין האתרים במחקר זה, כגון: פעילויות אדם, מרכיבות השונית, זמינות המוצע להתיישבות והבדלים באסטרטגיית החיים של מיני אלמוגים שונים. בעוד NR במחקר זה ממוקם בחלק הסגור של שמורת האלמוגים אשר אליו מגיעים יחסית מעט צוללים, בעוד IUI הינו האתר המרובי באילת לציליות מחקר ועל כן עומס הצלילה באתר זה יכול להסביר חלקית את שיעורי התמותה הגבוהים יותר. מרכיבות תלת-מדית של שונות האלמוגים הינה בעלת חשיבות גדולה לאקוולוגיה של שונות אלמוגים ולכלול הארגניזמים החיים בהן. בשנים האחרונות הראו מספר מחקרים מרחבי העולם כי לרכיבות מבנית של השונית ישנו תפקיד מפתח בהתאוששות האקויסיטמה וכי שילוב של מדידת המרכיבות במחקר אקוולוגי יכול לתרום רבות לא רק להבנת מצבן הנוכחי של שונות אלמוגים אלא גם לחזות את המגמות של השונית ולאית אורים בהם פוטנציאלית התאוששות וההתאחדות גבוהה יותר. ההתאמנה הגובה שנמצאה במחקר זה בין מרכיבות השונית לבין שרידות המגויסים מדגישה את חשיבות המבנה המורכב של השונית לשרידות אלמוגים צעירים לאחר התהיישבות. איננו יכולים להזות בודדות את התהליכים המדדיים בסיס התאמה זו, אך סביר להניח כי מרכיבות גדולה מגדילה משמעותית את מגוון ה"מיקרו-ণישות" האקוולוגיות הזומיניות להתיישבות אלמוגים. בשוניות בהן ישנה מרכיבות מבנית גבוהה ישנן יותר אזורים מסתור בעלי מגוון גדול של מאפיינים פיזיקליים, ביולוגיים וכימיים. בהתאם לכך, אנו קוראים לשילוב של מדידות מרכיבות השונית במחקר אקוולוגים שונים.

הגויס הגובה באתר IUI נשלט על ידי הסוג *Stylophora* (16.9% מכלל הגויס) ועל ידי אלמוגים ממשפחת *Merulinidae* אשר נקבעו עד לא זמן – (כ-26% מכלל הגויס), בעוד שבאתר NR מגוון הסוגים שגוייס הינו גבוה יותר ומהולך בצורה שווינית יותר. האלמוג הנפוץ *Stylophora* כמין אופורטוניסטי בעל קבוע גובה ומוחלט בצורה שווינית יותר. אלמוגים רבים ממשפחה זו- ידוע כמין *Dipsastrea* ו- *Favites* (אשר נקבעו עד לא זמן – *Merulinidae*) נחשבים כיותר عمדיים בפני סוגים שונים של הפרעות וחוסר יציבות סביבתית ובמקרים רבים הם דומיננטיים בשוניות אלמוגים החשופות ליותר הפרעות. לכן,dfsisi הגויס של אלמוגים אלו והדומיננטיות שלהם גם בהרכב הסוגים המגויסים, כפי שנצפו בעבודה זו וגם בהרכבת הבודחת מעדים על תנאים סביבתיים בעלי יותר הפרעות.

הבדל הגדל בין סך המגויסים לתמותה אשר נע מיחס של 1:2.2 באטר IUI ועד למקרים של 1:5.4 באטר NR מהו עדוות לפוטנציאלית התהדרות של שונות האלמוגים באילת. משמעות יחס זה הינה שעל כל אלמוג אחד שמת באטר NR לדוגמה, כ-5 אלמוגים חדשים גויסו ושרדו במהלך תקופה מהחקר. בשילוב עם אחוזי השרידות הגבוהים של המגויסים והגמה ארוכת הטווח של עלייה בכיסוי החיים כפי שנitinן לראות בדוחות פרויקט הניטור, נתונים אלו מציעים על כך שונות אלמוגים באילט הינו

בעלות פוטנציאל עמידות ויכולת התאוששות גבוהה. לsicom, מצאנו עדויות לעודף גדול של גיס אלמוגים על פני תמותה ומגון גדול של מגיסים חדשים, אשר דומה במידה רבה להרכבת החברה הבוגרת בכל אחר. אנו מציעים שהרכבת החברה מעוצב בעיקר על ידי תהליכי המשפיעים על תמותה בשלבים שלאחר ההתיישבות (post settlement mortality) (זאת כי ייתכן שהמשך מעקב אחר חלוקות אלה יצביע על שילמרות אחזוי השרידות האבוגאים אשר נמצאו בעובדה זו, התמותה במספר השנים הראשונות בהיותם של אלמוגים צעירים עדין עלולה להיות גדולה משמעותית מהתמותה של מושבות אלמוגים בוגרות. ראוי להציג כי מרבית המגיסים אשר זהו בעובדה זו הינם קטנים מאלמוגים אשר לרוב נסקרים בשיטות ויזואליות, וצפוי כי יהיה פער של מספר שנים (תלוי בזיהות המינים), עד שיוזהו בשיטות אחרות. דו"ח פרויקט הניטור אשר יצא בשנת שעבירה (2015) ציין בפעם הראשונה מאז תחילת פרויקט הניטור כי למרות המגמה ארוכת השנים של ירידת היחסים של מושבות אלמוגים "קטנות", זו הייתה השנה הראשונה בה החלה עלייה קלה בחלקו היחסי. דוח זה היה מבוסס על סקרי צוות הניטור לשנת 2014 אשר התקיימו כשבתיים לאחר ראשית המעקב במחקר זה, ומהווה תמיכת חזקה למצאים.

חשוב לציין כי שאלות בנוגע לשלביה ההפצה של לורות של אלמוגים והערכת מידת הקישוריות בין אוכלוסיות לא נבחנו במסגרת מחקר זה, וייתכן שחלק מההבדלים בдинמיות הגיסות והתמותה שנמצאו בין האתריםמושפעים ממאפיינים פיזיקליים כדוגמת זרמים, סוג המצע הזמן להתיישבות ועוד. נושאים אלו והמשך מחקר עמוק בנושא רבייה, הפצת לורות וקישוריות של אוכלוסיות אלמוגים עומדים כרגע במרכז עבודה מחקר לתואר שלישי של תום שלזינגר.

טבלה זו: A. קצבי גיוס ותמותה (כממוצע למטר רבוע). B. סך המגויסים והתמותה שלהם באתרים השונים לפי סוגים וממשפחות (בסוגרים מופיע האחוז מסך המגויסים).

Table G3: A. Recruitment and recruit mortality rates (mean per m²); B. Total numbers of newly-recruited corals and their mortality (in parenthesis is the percent of total recruits) sorted by families and genera.

A. Recruitment and recruit mortality						
	IUI – 5 m		NR – 5 m		NR – 15 m	
	Recruited	Died	Recruited	Died	Recruited	Died
August 2012	15.9		6.2			
December 2012	6.3	0.9	1.7	0.3	2.9	
April 2013	1.2	1.6	0.4	0.3	0.6	0.1
August 2013	15.3	1.9	7.7	0.2	5.9	0.3
December 2013		1.8		0.3		0.3
Total	38.7	6.2	16.1	1.1	9.4	0.7
B. Total newly-recruited coral genera						
	IUI – 5 m		NR – 5 m		NR – 15 m	
	Recruited	Died	Recruited	Died	Recruited	Died
Complex clade						
Acroporidae	23 (4)	1 (0.2)	32 (13.3)	3 (1.3)	20 (14.2)	1 (0.7)
<i>Acropora</i>	8 (1.4)		13 (5.4)	1 (0.4)	12 (8.5)	
<i>Alveopora</i>	-	-	-	-	2 (1.4)	
<i>Astreopora</i>	-	-	3 (1.3)	1 (0.4)	-	-
<i>Montipora</i>	15 (2.6)	1 (0.2)	16 (6.7)	1 (0.4)	6 (4.3)	1 (0.7)
Agariciidae	3 (0.5)		8 (3.3)		2 (1.4)	
<i>Pavona</i>	3 (0.5)		8 (3.3)		2 (1.4)	
Euphyllidae	-	-	-	-	3 (2.1)	
<i>Gyrosomilia</i>	-	-	-	-	3 (2.1)	
Poritidae	17 (2.9)	1 (0.2)	17 (7.1)		7 (5)	1 (0.7)
<i>Porites</i>	17 (2.9)	1 (0.2)	17 (7.1)		7 (5)	1 (0.7)
Siderastreidae	4 (0.7)	1 (0.2)	3 (1.3)		-	-
<i>Siderastrea</i>	4 (0.7)	1 (0.2)	3 (1.3)		-	-
Robust clade						
Merulinidae	222 (38.3)	20 (3.4)	67 (27.9)	5 (2.1)	35 (24.8)	
<i>Cyphastrea</i>	35 (6)	5 (0.9)	12 (5)	2 (0.8)	4 (2.8)	
<i>Echinopora</i>	-	-	6 (2.5)		1 (0.7)	
<i>Goniastrea</i>	16 (2.8)	2 (0.3)	10 (4.2)		5 (3.5)	
<i>Platygyra</i>	20 (3.4)		12 (5)	1 (0.4)	5 (3.5)	
Other	151 (26)	13 (2.2)	27 (11.3)	2 (0.8)	20 (14.2)	
Lobophylliidae	11 (1.9)		4 (1.7)	1 (0.4)	4 (2.8)	
<i>Acanthastrea</i>	11 (1.9)		4 (1.7)	1 (0.4)	4 (2.8)	
Pocilloporidae	106 (18.3)	41 (7.1)	23 (9.6)	1 (0.4)	22 (15.6)	2 (1.4)
<i>Pocillopora</i>	8 (1.4)	2 (0.3)	1 (0.4)		6 (4.3)	
<i>Seriatopora</i>	-	-	6 (2.5)		1 (0.7)	
<i>Stylophora</i>	98 (16.9)	39 (6.7)	16 (6.7)	1 (0.4)	15 (10.6)	2 (1.4)
Incertae Sedis	35 (6)	2 (0.3)	11 (4.6)	1 (0.4)	6 (4.3)	1 (0.7)
<i>Leptastrea</i>	35 (6)	2 (0.3)	11 (4.6)	1 (0.4)	6 (4.3)	1 (0.7)
Milleporidae	30 (5.2)	2 (0.3)	6 (2.5)		-	-
<i>Millepora</i>	30 (5.2)	2 (0.3)	6 (2.5)		-	-
Unidentified	129 (22.2)	24 (4.1)	69 (28.8)	5 (2.1)	42 (29.8)	5 (3.5)
Total	580	92 (15.9)	240	16 (6.7)	141	10 (7.1)

ז.4. טבלת פעילות צוות הניטור לשנת 2015

המצעים	ימי עבורה	מטרת העבודה	מספר דגימות	תאריך וסוג הפעולות
ענבל, טניה, מוריאל, ニיצן, יוני, מרק	0.3	מדידת כמות הchlорופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	ינואר דיגום יומיומי של כמות chlорופיל בשונית ממזה המצפה התת-ימי
צלילה : ענבל, טניה , שנירקול מרק, מוריאל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	18 לוחיות שלושה עומקים	8 ינואר צלילה להוציאות התישבות אצות בנתוניות בשמורה הסגורה
טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק	8	כימיה ופיזיקה של עמודות המים	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 39 pH 62 אלקלניות, מלחחות 25คลורופיל, FACS 40	12 ינואר FF OS ,A הפלגה לתchanות :
טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק	6	השוואה בין התchanות השונות	24 נוטריינטים 4 חמצן , 16 pH 8 אלקלניות, מלחחות 8 קלורופיל 8 FACS	14 ינואר דיגום מסירה + אנליזות מה- 8 תchanות לאורך החוף
ענבל מוריאל, טניה, ニיצן, יוני, מרק	5	עבוד נתונים ואנלייזות דוגמאות	אנלייז דוגמאות	18-22 ינואר אנלייז דוגמאות
מרק,ענבל,יוני	3	מדידת כמות הייצרות הראשונית	24 דוגמאות	25-26 ינואר דיגום יצרות ראשונית
ענבל מוריאל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	6 לוחיות	30 ינואר צלילה להוציאות התישבות אצות בנתוניות במבחן
ענבל, מרק , יוני	2	הערכת ביומסה הزوואפלנקטוון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גրירות	28 ינואר דיגום זואופלנקטוון
ענבל, טניה, מוריאל, ニיצן, יוני, מרק	0.3	מדידת כמות הchlорופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	פברואר דיגום יומיומי של כמות chlорופיל בשונית ממזה המצפה התת-ימי
טניה, מוריאל, ענבל יוני, ניצן, מרק	3 ימים	אנלייז דוגמאות ועבוד נתונים	אנלייז דוגמאות מההפלגה	1-5 פברואר אנלייז דוגמאות ועבוד נתונים + כתיבת דוח שנתי
יוני, ענבל	3 שעות	צלילה	ניקוי מד הזרם ADCP	6 פברואר צלילה
צלילה : ענבל, יוני שנירקול : מרק, מוריאל עבודה במעבדה : ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	18 לוחיות.	9 פברואר צלילה להוציאות התישבות אצות בנתוניות בשמורה הסגורה
טניה, מוריאל, ענבל יוני, ניצן, מרק	3 ימים	אנלייז דוגמאות ועבוד נתונים	אנלייז דוגמאות מההפלגה	12-12 פברואר אנלייז דוגמאות ועבוד נתונים + כתיבת דוח שנתי
יוני, ניצן, ענבל, אמציה	יוםיים עבודה	איסוף חול ונפט בעין ערבונה	העמדת ניטוי השפעת הנפט על חיים	10-11 פברואר דילפת נפט בעין ערבונה
טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק	6	השוואה בין התchanות השונות	24 נוטריינטים 4 חמצן , 16 pH 8 אלקלניות, מלחחות 8 קלורופיל 8 FACS	15 פברואר דיגום חופי דיגום מסירה + אנליזות מה- 8 תchanות לאורך החוף
טניה, ענבל, מוריאל, מרק	10	כימיה ופיזיקה של עמודות המים	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 39 pH 62 אלקלניות, מלחחות 25คลורופיל, FACS 40	16 פברואר הפלגה לתchanות A,os,ff
מרק,ענבל,יוני	3	מדידת כמות הייצרות הראשונית	24 דוגמאות	22-23 פברואר דיגום יצרות ראשונית

ענבל מורייאל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	6 לוחיות	23 פברואר ציליה להוציאת לוחיות התישבות אצות בנתוניות במקון
ענבל , מרק , יווני	2	הערכת ביומאסה הזוואפלנקטוון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גיריות	26 פברואר דיגום זואפלנקטוון
ענבל, טניה, מורייאל, יווני, ניצן, מרק	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	מרץ דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממוץ המצפה התת-ימי
טניה, מורייאל, ענבל יווני , ניצן, מרק	3 ימים	אנליזות דוגמאות ועיבוד נתונים	אנליזות דוגמאות מהחפלה	1-5 מרץ אנליזות דוגמאות ועיבוד נתונים + כתיבת דוח שנתי
טניה, מורייאל, ענבל יווני , ניצן, מרק	3 ימים	אנליזות דוגמאות ועיבוד נתונים	אנליזות דוגמאות מהחפלה	8-12 מרץ אנליזות דוגמאות ועיבוד נתונים + כתיבת דוח שנתי
צלילה : ענבל, יווני שנירקול : מורייאל, מרק, עבודה במעבדה : ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	18 לוחיות.	15 מרץ ציליה להוציאת לוחיות התישבות אצות בנתוניות בשמורה הסגורה
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הcasting הנתונים למחשב	16 מרץ בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות התישבות
טניה, ענבל, מורייאל, יווני, מרק	3	השוואה בין התוצאות השונות	24 נוטריינטים 4 חמצן, 8 pH 16 16 אלקלניוט, 8 מליחות FACS 8	23 מרץ דיגום מסירה + אנלייזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מורייאל, מרק	10	כימיה וфизיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 39 pH 62 39 אלקלניוט, 25 מליחות 25 כלורופיל, FACS 40	24 מרץ הפלגה לתחנות A,os,ff
ענבל , מרק , יווני	2	הערכת ביומאסה הזוואפלנקטוון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גיריות	29 פברואר דיגום זואפלנקטוון
מרק,ענבל,יווני	3	מדידת כמות היצרנות הראשונית	24 דוגמאות	30-31 ינואר דיגום יצרנות ראשונית
צלילה : ענבל, מוריאל עבודה במעבדה : ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שש לוחיות.	31 מרץ ציליה להוציאת שש לוחיות התישבות אצות בנתוניות מול המעבדה
ענבל, טניה, מורייאל, יווני, ניצן	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	אפריל דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממוץ המצפה התת-ימי
צלילה : ענבל, יווני שנירקול : מורייאל, מרק, עבודה במעבדה : ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	18 לוחיות.	14 אפריל ציליה להוציאת לוחיות התישבות אצות בנתוניות בשמורה הסגורה
טניה, ענבל, מורייאל, יווני, מרק	0.5	מדידת כמות הכלורופיל והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הcasting הנתונים למחשב	15 אפריל בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות התישבות
טניה, ענבל, מורייאל, מרק	6	כימיה וфизיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים , 39 pH 62 חמצן, 39 אלקלניוט, 39 מליחות 25 כלורופיל, אמונייה FACS 39	20 אפריל הפלגה לתחנות : A,OS,FF
טניה, ענבל, מורייאל, יווני, מרק	3	השוואה בין התוצאות השונות	24 נוטריינטים 4 חמצן, 8 pH 16 16 אלקלניוט, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 אמונייה FACS ,	21 אפריל דיגום מסירה + אנלייזות מ- 8 תחנות לאורך החוף

יוני, מרק, ענבל	1	בדיקות התישבות אלומוגים צעירים על לוחיות התישבות	הצבת ארבעה מערכי התישבות אלומוגים על המכוון	הצבת לוחיות התישבות לאלומוגים	22 אפריל
מרק, ענבל, יוני	3	מדידת כמות היצנות הריאונית	24 דוגמאות	דיגום יצנות ראשונית	26-27 אפריל
צלילה : ענבל, מוריאל עובדת במעבדה : ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בתוניות בשונית	שש לוחיות.	צלילה להוצאת שש לוחיות התישבות אצות בתוניות	28 אפריל
ענבל, מרק, יוני	2	הערכת ביומאסה הזואפלנקטון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גיריות	דיגום זואפלנקטון	29 אפריל
ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	מאי דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזה המצפה התת-ימי	
טניה, מוריאל ענבל יוני, מרק	3 ימים		אנגליזות של דוגמאות	3-4 אנלייזות	
יוני, מרק, ענבל	1 يوم	מדידת גיש אלומוגים	הצבת 4 מערכי פלוטות התישבות לבדיקת גיש אלומוגים בשמורה הסגורה	6 מאי	הצבת מערכי התישבות אלומוגים בשמורה הסגורה
ענבל, טניה, מוריאל יוני, מרק	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בתוניות בשונית	הוצאת 18 לוחיות. מאתר השמורה הפתוחה וקריאת 18 דוגמאות בפלאורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	11 מאי צלילה להוצאת שש לוחיות התישבות אצות בתוניות באתר השמורה הסגורה	
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בתוניות בשונית	קריאת 18 דוגמאות בפלאורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	10 מאי קריאת כלורופיל	
מרק, יוני, ענבל	1 יום	מדידת CISCO עשב ים	צילום חתכי CISCO עשב ים במדרון מול המגדלור	12 מאי צילום CISCO עשב ים	
מרק, יוני, ענבל	1 يوم	מדידת CISCO עשב ים	צילום חתכי CISCO עשב ים במדרון מול המגדלור	13 מאי צילום CISCO עשב ים	
טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק	6	השוואה בין התוצאות השונות	24 נוטריינטים 4 חמצן, 8 pH 16 אלקלניוט 8 מליחות FACS 8 כלורופיל, 25	18 מאי דיגום חמי דיגום מסירה + אנלייזות מ-8 תחנות לארך החוף	
טניה, ענבל, מרק	6	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים , חמצן, pH 62,alkalinity, 39 מליחות FACS 39 כלורופיל, 25	19 מאי הפלגה לתחנות : OS, FF,A	
טניה, מוריאל ענבל יוני, מרק	ימים	אנגליזות דוגמאות כימיה ובוילגיה	78 נוטריינטים , חמצן, pH 62,alkalinity, 39 מליחות FACS 39 כלורופיל, 25 אמלוניה אןלייזות דוגמאות והינה במחשב אנלייזות של דוגמאות	20-21 מאי אנגליזות	
צלילה : ענבל, מוריאל עובדת במעבדה : ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בתוניות בשונית	שש לוחיות.	צלילה להוצאת שש לוחיות התישבות אצות בתוניות	26 מאי
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בתוניות בשונית	קריאת שש דוגמאות בפלאורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות התישבות	27 מאי
ענבל, מרק, יוני	2	הערכת ביומאסה הזואפלנקטון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גיריות	28 מאי דיגום זואפלנקטון	
ענבל, טניה, מוריאל, יוני, מרק	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	יוני דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזה המצפה התת-ימי	

ענבל , ניצן	1	מעקב אחרי שינויים בשונייה בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	צילום 5 נקודות קבועות במעבדה הימית	4 יוני צילום ריבועים קבועים במעבדה הימית
ענבל , ניצן	1	מעקב אחרי שינויים בשונייה בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	צילום 5 נקודות קבועות בטאהה	7 יוני צילום ריבועים קבועים בטאהה
ענבל,טניה, מוריאל יוני, מרק	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בתוניות בשונית	הווצאת 18 לוחיות. מאתר השמורה הפתוחה וקריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	8 יוני צלילה להווצאת לוחיות התישבות אצות בתוניות באתר השמורה הסגורה
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בתוניות בשונית	קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	9 יוני קריאת כלורופיל
מרק, ניצן, טניה, ענבל	1 יום צليلת והכנסת הנתונים במחשב	סקר חברות השונית	ספרת אלמוגים לאורך החתכים והכנסת הנתונים למחשב.	9 יוני צלילות חתכים בשונית באתר השמורה הסגורה
מרק,ענבל,יוני	3	מדידת כמות הייצרות הראשונית	24 דוגמאות	10-9 יוני דיגום יצרנות ראשונית
מרק, ניצן, טניה, ענבל	1 יום צليلת והכנסת הנתונים במחשב	סקר חברות השונית	ספרת אלמוגים לאורך החתכים והכנסת הנתונים ל飯店.	11 יוני צלילות חתכים בשונית באתר השמורה הסגורה
מרק, ניצן, טניה, ענבל	1 יום צليلת והכנסת הנתונים ב飯店	סקר חברות השונית	ספרת אלמוגים לאורך החתכים והכנסת הנתונים ל飯店.	14 יוני צלילות חתכים בשונית באתר השמורה הסגורה
טניה,ענבל,מוריאל, יוני	3	השוואה בין התוצאות השונות	24 נוטרייניטים 4 חמצן, 8 pH 16 16 אלקלניות, מליחות FACS 8 כלורופיל,	15 יוני דיגום חופי דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף
טניה,ענבל,מוריאל, מרק	6	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטרייניטים , 78 חמצן, 39, pH 62 39, אלקלניות, מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	16 יוני הפלגה לתחנות: A,OS,FF
מוריאל ענבל יוני, מרק	ימים	אנליזות דוגמאות כימיה ובוילגיה	78 נוטרייניטים , 78 חמצן, 39, pH 62 39, אלקלניות, מליחות 25 כלורופיל, FACS 39 אמונייה אנאליזות דוגמאות והזנה ב飯店 אנליזות של דוגמאות	16-18 יוני אנליזות
טניה, ניצן	1 יום צليلת והכנסת הנתונים ב飯店	סקר חברות השונית	ספרת אלמוגים לאורך החתכים והכנסת הנתונים ל飯店.	16 יוני צלילות חתכים בשונית באתר השמורה הסגורה
טניה, ניצן	1 יום צليلת והכנסת הנתונים ב飯店	סקר חברות השונית	ספרת אלמוגים לאורך החתכים והכנסת הנתונים ל飯店.	17 יוני צלילות חתכים בשונית באתר השמורה הסגורה
מרק, יוני,ענבל	1 יום צليلת	סקר CISIO עשב ים	צלילה לצילום CISIO עשב הים בחוף הצפוני	17 יוני סקר עשב ים בחוף הצפוני
מרק, ניצן, טניה, ענבל	1 יום צليلת והכנסת הנתונים ב飯店	סקר חברות השונית	ספרת אלמוגים לאורך החתכים והכנסת הנתונים ל飯店.	18 יוני צלילות חתכים בשונית באתר קצא"א
ניצן, טניה,ענבל	1 יום צليلת והכנסת הנתונים ב飯店	סקר חברות השונית	ספרת אלמוגים לאורך החתכים והכנסת הנתונים ל飯店.	21 יוני צלילות חתכים בשונית באתר קצא"א
מרק, ניצן, טניה, ענבל	1 יום צليلת והכנסת הנתונים ב飯店	סקר חברות האלמוגים	לאורך החתכים במעבדה הימית והכנסת הנתונים ל飯店.	22 יוני צלילות חתכים בשונית באתר שמורה הסגורה

מורייאל, ניצן, מרק, ענבל, אירנה	יומס	1 יומס	ספרית חברת האלמוניים ואומדן מצבם בגלוגנה	סקר חברת האלמוניים בגלוגנה הסגורה בשורת האלמוניים	סקר חברת האלמוניים בגלוגנה הסגורה	23 יוני
טניה, ענבל	1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב	1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	סקר חברת האלמוניים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב.	צלילות חתכים בשונית באטר השומרה הסגורה	24 יוני
מרק, אירנה	1 יום	איסוף סדימנט	ציליה לאומדן המיואופאונה בחוף הכפוני	ציליה לאומדן המיואופאונה בחוף הכפוני	איסוף סדימנט בחוף הcpfוני	24 יוני
ענבל, מרק, יוני	2	הערכת ביומסה הזואפלנקטון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גրירות	דיגום זואפלנקטון	26 יוני	
צלילה : ענבל, מרק, ניצן עבודה במעבדה : ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בתנאיות בשונית	שש לוחיות.	צילה להוצאה ש ש לוחיות התישבות אצות בתנאיות	24 יוני	
מרק, ניצן, טניה, ענבל	1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית וצילום הניק הקבועות בשונית של קצא"א	סקר חברת האלמוניים לאורך החתכים בקצא"א והכנסת הנתונים למחשב.	צילום נק' קבועות וצלילת חתכים בשונית בקצא"א	25 יוני	
צלילה : ענבל, מרק, ניצן עבודה במעבדה : ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בתנאיות בשונית	שש לוחיות.	צילה להוצאה ש ש לוחיות התישבות אצות בתנאיות	28 יוני	
מרק, ניצן, טניה, ענבל	1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	סקר חברת האלמוניים לאורך החתכים בשמורה הsegורה והכנסת הנתונים למחשב.	צלילות חתכים בשונית בשומרה הסגורה	29 יוני	
מרק, ניצן, טניה, ענבל	1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	סקר חברת האלמוניים לאורך החתכים בשמורה הsegורה והכנסת הנתונים למחשב.	צלילות חתכים בשונית בשומרה הסגורה	30 יוני	
ענבל, טניה, מורייאל, יוני, מרק	0.3	מדידת כמות ה الكلורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממוץ המצפה התת-ימי	יולי	
ニיצן, טניה, ענבל מרק	1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	סקר חברת האלמוניים לאורך החתכים בקצא"א והכנסת הנתונים למחשב.	צלילות חתכים בשונית בשומרה הסגורה	1 יולי	
מרק, ענבל					קורס עוזרת ראשונה	2 יולי
מרק, ניצן, טניה, ענבל	1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	סקר חברת האלמוניים לאורך החתכים בקצא"א והכנסת הנתונים למחשב.	צלילות חתכים בשונית בקצא"א	1 יולי	
ニיצן, טניה,	1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	סקר חברת האלמוניים לאורך החתכים והכנסת הנתונים למחשב.	צלילות חתכים בשונית בשומרה הסגורה	2 יולי	
מרק, ענבל	3	מדידת כמות היצרות הראשונית	24 דוגמאות	דיגום יצרות ראשונית	7-6 יולי	
ענבל, טניה, מורייאל	3	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בתנאיות בשונית	הווצאה 18 לוחיות התישבות בשמורה הsegורה	צילה להוצאה 18 לוחיות התישבות אצות בתנאיות	8 יולי	
מרק, ניצן, טניה, ענבל	1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	סקר חברת האלמוניים לאורך החתכים והכנסת הנתונים למחשב.	צלילות חתכים בשונית השומרה הסגורה	9 יולי	
מרק, ניצן, טניה, ענבל	1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	סקר חברת האלמוניים לאורך החתכים השמורה הsegורה והכנסת הנתונים למחשב.	צלילות חתכים בשונית השומרה הסגורה	12 יולי	

טניה, ענבל, מוריאל, מרק	5	השוואה בין התוצאות השונות	24 נוטריינטים 4 חמצן, 8 pH 16 אלקליניות, מליחות FACS 8 כלורופיל, 8	13 יולי דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תchanot לאורק החורף
טניה, ענבל, מוריאל, מרק	10 שעות	כימיה ופיזיקה של עומדות המים	78 נוטריינטים , 78 חמצן, 39 pH, 62 אלקליניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	14 יולי הפלגה חודשית לתchanot : St A, FF, OS
ニיצן, ענבל	1 يوم צלילה והכנסת הנתונים במחשב	סקר חברות השונות	סקר חברות האלמוניים לאורך החתכים והכנסת הנתונים למחשב.	15 יולי צלילות חתכים בשינוי בשמורה הסגורה
ענבל, ניצן, טניה,	1 يوم צלילה והכנסת הנתונים במחשב	סקר חברות השונות	סקר חברות האלמוניים לאורך החתכים והכנסת הנתונים למחשב.	16 יולי צלילות חתכים בשינוי בקצאה
מרק , ענבל	1	סקר חברות האלמוניים באטר המעבדה הימית	סקר חברות האלמוניים	19 יולי צלילות חתכים בשינוי המעבדה הימית
מרק , ענבל	1	סקר חברות האלמוניים באטר השמורה הסגורה	סקר חברות האלמוניים	20 יולי צלילות חתכים בשינוי בשמורה הסגורה
מרק , ענבל,טניה	1	סקר חברות האלמוניים באטר המעבדה הימית	סקר חברות האלמוניים	21 יולי צלילות חתכים בשינוי המעבדה הימית
מרק , ענבל טניה	1	סקר חברות האלמוניים בקצאי"א	סקר חברות האלמוניים	22 יולי צלילות חתכים בשינוי בקצאי"א
מרק , ענבל ,	1	סקר חברות האלמוניים במעבדה הימית	סקר חברות האלמוניים	23 יולי צלילות חתכים בשינוי המעבדה הימית
ענבל, ניצן טניה, מרק	1 يوم עבודה צלילה והכנסת הנתונים במחשב	סקר חברות השונות	ספרת אלמוניים לאורך החתכים הנתונים למחשב.	24 יולי צלילות חתכים בשינוי שמורה הסגורה
צלילה : ענבל, מוריאל עובדת במעבדה : ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בתנויות בשינוי	שש לחויות.	27 יולי צלילה להוציאת שושוחיות התישבות אצות בתנויות
ענבל , מרק	2	הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גրירות	28 יולי דיגום זואופלנקטון
מרק , ענבל טניה	1	סקר חברות האלמוניים בקצאי"א	סקר חברות האלמוניים	29 יולי צלילות חתכים בשינוי בקצאי"א
מרק , ענבל טניה	1	סקר חברות האלמוניים בקצאי"א	סקר חברות האלמוניים	30 יולי צלילות חתכים בשינוי בקצאי"א
ענבל,טניה, מוריאל, ニיצן, יוני, מרק	0.3	מדידת כמות הצלורופיל בשינוי.	דוגמא אחת כל יום.	אוגוסט דיגום יומיומי של כמות הצלורופיל בשינוי ממזוז המצפה התת-ימי
מרק , ענבל ,	1	סקר חברות האלמוניים במעבדה הימית	סקר חברות האלמוניים	2 אוגוסט צלילות חתכים בשינוי המעבדה הימית
מרק , ענבל , ניצן טניה	1	סקר חברות האלמוניים במעבדה הימית	סקר חברות האלמוניים	3 אוגוסט צלילות חתכים בשינוי המעבדה הימית
מרק , ענבל, טניה, ニיצן	1	סקר חברות האלמוניים בקצאי"א	סקר חברות האלמוניים	4 אוגוסט צלילות חתכים בשינוי בקצאי"א
ニיצן,ענבל,טניה, מרק	1 يوم עבודה שתי צלילה + הכנסת הנתונים במחשב	סקר חברות השונות	ספרת אלמוניים לאורך החתכים בוגר הנתונים למחשב.	5 אוגוסט צלילות חתכים בשינוי בקצאה

ניצן, ענבל, טניה, מרק	1 יומם בעודה שתי צילולות + הכנתת הנתונים במחשב	סקר חברות השונית	ספרית אלמוגים לאורך החותכים בושוואת הנתונים למחשב.	6 אוגוסט צלילות חתכים בשוניות בקצאה
ענבל, טניה, מורייאל	3	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הווצאת 18 לוחיות התישבות בשומרה הסgorה	10 يولיא צלילה להווצאת 18 לוחיות התישבות בשוניות המעבדה הימית, הווצאת לוחיות התישבות אלמוגים
מרק, ענבל, ניצן טניה	1	סקר חברות האלמוגים במעבדה הימית	סקר חברות האלמוגים	11 אוגוסט צלילות חתכים בשוניות המעבדה הימית, הווצאת לוחיות התישבות אלמוגים
מרק, ענבל	3	מדידת כמות הייצרנות הראשונית	24 דוגמאות	11-10 אוגוסט דיגום יצרנות ראשונית
ענבל, מרק, מורייאל, ני צ'נו יוני	1 יומם	סקר דגמים בשומרה הסgorה	צלילה למספרת דגים	12 אוגוסט סקר דגים בשומרה הסgorה
ענבל, מרק, מורייאל, ני צ'נו יוני	1 יומם	סקר דגמים בשומרה הסgorה	צלילה למספרת דגים	13 אוגוסט סקר דגים בשומרה הסgorה
טניה, ענבל, מורייאל, יוני, מרק	5	השוואה בין התchanות השונוות	24 נוטריינטים 4 חמוץ, 8 pH 16 אלקלינוית, מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	16 אוגוסט דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תchanות לאורך החוף
ענבל, טניה	1	סקר חברות האלמוגים במעבדה הימית	סקר חברות האלמוגים	17 אוגוסט צלילות חתכים בשוניות השומרה,
טניה, ענבל, מורייאל, מרק	10 שעות	כימיה ופייזיקה של עמודות המים	78 נוטריינטים , 78 חמוץ, 39 pH 62 אלקלינוית, מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	18 אוגוסט הפלגה משותפת עם הירדן לתחנות : A, B, OS ,FF
ענבל, טניה	1	סקר חברות האלמוגים במעבדה הימית	סקר חברות האלמוגים	19 אוגוסט צלילות חתכים בשוניות המעבדה הימית,
ענבל, מרק, מורייאל, ני צ'נו יוני	1 יומם	סקר דגמים בשומרה הסgorה	צלילה למספרת דגים	20 אוגוסט סקר דגים בשומרה הסgorה
ענבל, מרק	1	סקר חברות האלמוגים במעבדה הימית	סקר חברות האלמוגים	24 אוגוסט צלילות חתכים בשוניות המעבדה הימית,
ענבל, מרק	1	סקר חברות האלמוגים במעבדה הימית	סקר חברות האלמוגים	26 אוגוסט צלילות חתכים בשוניות המעבדה הימית,
צלילה : ענבל, מוריאל עובדת במעבדה : ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	ש ש לוחיות.	30 אוגוסט צלילה להווצאת ש ש לוחיות התישבות אצות בנתוניות
מרק, טניה, ענבל, ניצן	1 יומם בעודה הכנתת הנתונים במחשב	סקר חברות השונית	ספרית אלמוגים לאורך שולחן השונית	1 ספטמבר סקר שולחן השונית בשומרה הסgorה
ענבל, מרק	2	הערכת ביומאסה הזהו-ופלנקטוון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גריירות	2 ספטמבר דיגום זואופלנקטוון
ענבל, ניצן	1	סקר חברות האלמוגים במעבדה הימית	סקר חברות האלמוגים	6 ספטמבר צלילות חתכים בשוניות המעבדה הימית,
מרק, ענבל	3	מדידת כמות הייצרנות הראשונית	24 דוגמאות	6-7 ספטמבר דיגום יצרנות ראשונית
ענבל, טניה, מורייאל	3	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הווצאת 18 לוחיות התישבות בשומרה הסgorה	7 ספטמבר צלילה להווצאת 18 לוחיות התישבות אצות בנתוניות

טניה, ענבל, מוריאל, מרק	10 שעות	כימיה ופיזיקה של עמודות המים	78 נוטרייניטים , 78 חמצן, 39 H ₂ O, 39 אלקלניוט, 62 מליחות 25 קלורופיל, FACS 39	9 ספטמבר הפלגה חודשית לתחנות : St A, FF, OS
טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק	5	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטרייניטים 4 חמצן, 8 H ₂ O 16 אלקלניוט, מליחות 8 קלורופיל, FACS 8	10 ספטמבר דיגום חיפוי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
מוריאל, ענבל, טניה, יוני	3	ספרית חסרי חוליות באטר המכוון	צליותليلת לילה לספרית חסרי חוליות	16 ספטמבר סקר חסרי חוליות צליותليلת במעבדה הימית
מרק, ענבל, טניה, יוני	3	ספרית חסרי חוליות באטר המכוון	צליותليلת לילה לספרית חסרי חוליות	17 ספטמבר סקר חסרי חוליות צליותليلת במעבדה הימית
מרק, ענבל, טניה, יוני, מוריאל	3	ספרית חסרי חוליות באטר השמורה הסגורה	צליותليلת לילה לספרית חסרי חוליות	20 ספטמבר סקר חסרי חוליות צליותليلת בשמורה הסגורה
ענבל, טניה, מוריאל, ニיצן, יוני, מרק	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	אוקטובר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזה המצפה התת-ימי
ענבל, טניה, מוריאל	3	מדידת קצב הגידול והצטברות ביוםשה של אצות בנתוניות בשונית	הווצאת 18 לוחיות התישבות בשמורה הסגורה	6 אוקטובר צליות להווצאת 18 לוחיות התישבות אצות בנתוניות
מרק, אירנה	1	בדיקות טפילים ומחלות בארסרים	לכידת ארסים לבדיקת טפילים ומחלות	12 אוקטובר סקר מחלות וטפילים בדגים
יוני, ענבל	1 יום	ספרית התישבות אלמוגים על לוחיות התישבות	צליות להווצאת והצבת לוחיות התישבות אלמוגים באטר המעבדה הימית	15 אוקטובר לוחיות התישבות אלמוגים
מרק, טניה, יוני, ニיצן, ענבל	5 ימים	ספרה זיהוי ומדידת גודל אלמוגים על בלטים במפרץ	סקר בלטים לאורך המפרץ	18-22 אוקטובר מחנה אקוולוגי במפרץ אילת. שיטוף פעללה עם הרשות הטבע והגנים
טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק	5	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטרייניטים 4 חמצן, 8 H ₂ O 16 אלקלניוט, מליחות 8 קלורופיל, FACS 8	25 אוקטובר דיגום חיפוי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מוריאל, מרק	10 שעות	כימיה ופיזיקה של עמודות המים	78 נוטרייניטים , 78 חמצן, 39 H ₂ O, 39 אלקלניוט, 62 מליחות 25 קלורופיל, FACS 39	26 אוקטובר הפלגה לתחנות : St A , FF, OS
ענבל, מרק	2	הערכת ביוםסה הזואופלנקטון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גיריות	27 אוקטובר דיגום זואופלנקטון
ענבל, טניה, מוריאל, ニיצן, יוני, מרק	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	נובמבר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזה המצפה התת-ימי
צלייה יוני, מרק עובדת במעבדה : ニיצן	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביוםשה של אצות בנתוניות בשונית	ש ש לוחיות.	3 נובמבר צליות להווצאת ש ש לוחיות התישבות אצות בנתוניות
מרק, אירנה	1	בדיקות טפילים ומחלות בדגים	לכידת ארסים לבדיקת טפילים ומחלות בדגים	11 נובמבר סקר טפילים ומחלות בדגים
ענבל, יוני	1	מעקב אחרishiיניים בשונית בעורת צילום ריבועים קבועים בשונית	צילום נקודות קבועות בדקל	5 נובמבר צילום חזר ותחזקה ריבועים קבועים בדקל
מרק, ענבל	3	מדידת כמות היצרנות הראשונית	24 דוגמאות	9-8 נובמבר דיגום יצרנות ראשונית
ענבל, טניה, מוריאל, יוני	3	מדידת קצב הגידול והצטברות ביוםשה של אצות בנתוניות בשונית	הווצאת 18 לוחיות התישבות בשמורה הסגורה	9 נובמבר צליות להווצאת 18 לוחיות התישבות אצות בנתוניות

יוני, ענבל	1 יומם	ספרת התישבות אלמוניים על לוחיות התישבות	צלילה להוצאה והכבות לוחיות להתיישבות אלמוניים באתר השמורה הסgorה	11 נובמבר لוחיות התישבות אלמוניים
ニיצן, ענבל, מורייאל, יוני	3	ספרת חסרי חוליות באתר המכוון	צלילת לילה לספרת חסרי חוליות	16 נובמבר סקר חסרי חוליות צלילת לילה במעבדה הימית
ענבל, מורייאל, יוני	3	ספרת חסרי חוליות באתר המכוון	צלילת לילה לספרת חסרי חוליות	18 נובמבר סקר חסרי חוליות צלילת לילה במעבדה הימית
ענבל, יוני	3	ספרת חסרי חוליות באתר המכוון	צלילת לילה לספרת חסרי חוליות	19 נובמבר סקר חסרי חוליות צלילת לילה במעבדה הימית
טניה, ענבל, מורייאל, יוני, מרק	5	השוואה בין התchanנות השונות	24 נוטרייניטים 4 חמצן, 8 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות FACS 8	22 נובמבר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תchanנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מורייאל, מרק	10 שעות	כימיה ופיזיקה של עמודות המים	78 נוטרייניטים 78 חמצן, 39 pH 62 אלקלניות, 25 מליחות כלורופיל, FACS 39	23 נובמבר הפלגה לתchanנות: ,FF OS,ST A
טניה, מורייאל, מרק, ענבל	3 ימים	אנליזות הדוגמאות מההפלגה	אנליזות	24-26 נובמבר אנליזות
צלילה יוני, ענבל עובדת במעבדה : ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שלוחיות.	29 נובמבר צלילה להוצאה ש לוחיות התישבות אצות בנתוניות
ענבל , מרק	2	הערכת ביומאסה הזואופלנקטון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גיריות	30 נובמבר דיגום זואופלנקטון
ענבל, טניה, מורייאל, ニיצן, יוני, מרק	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	דצמבר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזה המצפה התת-ימי
ענבל, טניה, מורייאל, יוני	3	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת 18 לוחיות התישבות בשמורה הסgorה	9 דצמבר צלילה להוצאה 18 לוחיות התישבות אצות בנתוניות
מרק,ענבל	3	מדידת כמות היצרנות הראשונית	24 דוגמאות	דיגום יצרנות ראשונית 13-14 דצמבר
טניה, ענבל, מורייאל, יוני, מרק	5	השוואה בין התchanנות השונות	24 נוטרייניטים 4 חמצן, 8 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות FACS 8	20 דצמבר דיגום חיפוי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תchanנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מורייאל, מרק	10 שעות	כימיה ופיזיקה של עמודות המים	78 נוטרייניטים , 78 חמצן, 39 pH 62 אלקלניות, 25 מליחות כלורופיל, FACS 39	22 דצמבר הפלגה לתchanנות: ,FF OS,ST A
טניה, ענבל, מורייאל, ענבל, אירנה	3 ימים	אנליזות הדוגמאות מההפלגה	אנליזות	23-24 דצמבר אנליזות
ענבל , מרק , יוני	2	הערכת ביומאסה הזואופלנקטון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גיריות	29 דצמבר דיגום זואופלנקטון
צלילה יוני , ענבל עובדת במעבדה : ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שלוחיות.	31 דצמבר צלילה להוצאה ש לוחיות התישבות אצות בנתוניות