



המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת
The Interuniversity Institute for Marine Sciences in Eilat
Founded by the H. Steinitz Marine Biology Laboratory ע"ש ח. שטיינץ



מרץ 2015

אדר תשע"ה

התוכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת

דו"ח מדעי לשנת 2014



מוגש לוועד המנהל של תכנית הניטור על ידי:

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

התכנית ממומנת ע"י המשרד להגנת הסביבה

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



חברי הוועד המנהל:

ד"ר סיניה נתניהו, מדענית ראשית, המשרד לאיכות הסביבה, יו"ר

פרופ' שמשון בלקין, האוניברסיטה העברית בירושלים
מר יצחק בן דוד, סמנכ"ל בכיר לאכיפה, המשרד לאיכות הסביבה
פרופ' חזי גלדור, האוניברסיטה העברית בירושלים
ד"ר רועי הולצמן, אוניברסיטת תל אביב
פרופ' ברק חירות, חקר ימים ואגמים לישראל
ד"ר אורן לוי, אוניברסיטת בר אילן
פרופ' בועז לזר, האוניברסיטה העברית
מר רני עמיר, רא"ג ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה
פרופ' אמציה גנין, המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת והאוניברסיטה העברית בירושלים
פרופ' אלדו שמש, מכון וייצמן למדע
ד"ר יהושע שקדי, רשות הטבע והגנים

צוות הניטור:

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

ענבל אילון, ביולוגיה
מוריאל דריי, כימיה
מרק צ'רניחובסקי, ביולוגיה
טניה ריבלין, כימיה
ניצן שגב, ביולוגיה

יעוץ וסיוע:

פרופ' יונתן ארז, האוניברסיטה העברית (יצרנות ראשונית, אוקיינוגרפיה)
פרופ' אריק דיאמנט, מלח"י (מחלות וטפילים בדגים)
ד"ר יעלה שקד, האוניברסיטה העברית (אבק מרחף, פיטופלנקטון, pH)

עזרה במכון הבינאוניברסיטאי:

עודד בן שפרוט
גנדי זלצמן
אסף ריבלין

תוכן העניינים

| | | |
|-----|--|-----|
| 4 | א. מבוא | 4 |
| 4 | א.1. מטרת הניטור במפרץ אילת | 4 |
| 4 | א.2. הקדמה | 6 |
| 6 | א.3. תקציר התוצאות והמסקנות | 9 |
| 9 | א.4. המלצות | 10 |
| 10 | א.5. תקציר באנגלית, <i>English Abstract</i> | 15 |
| 15 | ב. שונית האלמוגים | 15 |
| 15 | ב.1. סקר חברת השונית | 42 |
| 42 | ב.2. צילום אתרים קבועים | 51 |
| 51 | ב.3. חברת האלמוגים בלגונת שמורת האלמוגים | 55 |
| 55 | ב.4. סקר חסרי חוליות | 60 |
| 60 | ב.5. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית | 65 |
| 65 | ב.6. סקר דגי השונית | 68 |
| 68 | ג. ניטור הסביבה החופית | 68 |
| 68 | ג.1. מי הים בקרבת החוף | 80 |
| 80 | ג.2. טפילים ומחלות בדגים לאורך חופי אילת | 85 |
| 85 | ג.3. שינויים במאספי פורמיניפרים בנתונים בצפון המפרץ לאחר פינוי כלובי הדגים | 91 |
| 91 | ד. עמודת המים בים העמוק | 93 |
| 93 | ד.1. מדדים פיסיקליים: טמפרטורה ומליחות | 97 |
| 97 | ד.2. מדדים כימיים | 118 |
| 118 | ד.3. מדדים ביולוגיים | 121 |
| 121 | יצרנות ראשונית | 124 |
| 124 | פיטופלנקטון וחיידקים בעמודת המים | 127 |
| 127 | זואופלנקטון | 130 |
| 130 | ה. מדידות סביבתיות בתדירות גבוהה | 130 |
| 130 | ה.1. כלורופיל | 131 |
| 131 | ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג | 133 |
| 133 | ה.3. משתנים מטאורולוגיים | 141 |
| 141 | ה.4. זרמים | 144 |
| 144 | ה.5. אבק מרחף | 146 |
| 146 | ו. ביבליוגרפיה | 148 |
| 148 | ז. נספחים | 148 |
| 148 | ז.1: מפות אתרי הניטור | 150 |
| 150 | ז.2. רשימות סוגי האלמוגים | 152 |
| 152 | ז.3. שיטפונות בצפון המפרץ | 154 |
| 154 | ז.4. דליפת נפט בעין עברונה, צפונית למפרץ אילת | 160 |
| 160 | ז.5. טבלת פעילות צוות הניטור בשנת 2014 | |

א. מבוא

א.1. מטרת הניטור במפרץ אילת

מטרת התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת היא יצירת תשתית ידע עובדתי ארוך טווח על מצב המערכת האקולוגית, הכימית והפיסקלית הימית בצפון מפרץ אילת. על תשתית זו לשמש בסיס מדעי לגיבוש המלצות ביצועיות לפתרון בעיות אקולוגיות, ניהול תכניות ממשק סביבתי והמשך פיתוח מושכל של אזור החוף והמים בתחום מדינת ישראל במפרץ אילת. תכנית הניטור מפעילה מערך מתקדם למדידה קבועה ומתמשכת של הגורמים האקולוגיים המרכזיים בבתי הגידול העיקריים במפרץ אילת. התכנית בוחנת את קיומן של מגמות שינוי אקולוגי ואומדת את עצמתן, מעריכה את מצב "בריאות" המערכת ואת השפעתם האקולוגית של גורמי זיהום שונים. תפקידה של תכנית הניטור לדווח על מצב המערכת האקולוגית, להתריע על סכנות הנשקפות לה, ובמקרה של הידרדרות להציע דרכים לעצירתה ולשיקום המערכת.

א.2. הקדמה

הדו"ח שלהלן מתאר את עבודת הניטור הלאומי בצפון מפרץ אילת בשנת 2014. הדו"ח מחולק לפרקים התואמים סביבות ושיטות עבודה שונות. כל פרק כולל תיאור קצר של שיטות המדידה, תוצאות מפורטות (איורים, טבלאות) ודיון קצר במסקנות. תיאור מפורט של השיטות נמצא בדו"ח השנתי הראשון (2003) וסיכום פעילויות הניטור ותדירותן מופיע בטבלה א1. תכנית הניטור פועלת במתכונת אחידה מאז שנת 2004 וכך ניתן לבחון מגמות על פני עשור באמצעות נתונים אשר נאספו בשיטות אחידות, ולהשוות תוצאות מדידות שנעשו באותו אופן על ידי אותו צוות. הדבר מקנה עצמה אנליטית גדולה לניתוח התוצאות ההשוואתיות. על אף שעדיין לא מיצתה התכנית את טווח הערכים האפשרי במערכת (למשל, משרעת ריכוזי נוטריינטים במים העמוקים או אחוז כסוי אלמוגים מירבי באתרי השונית), פרק הזמן בו פועלת התכנית מאפשר התחלה של הערכת המחזוריים והתהליכים תלויי הזמן הפועלים בטווח הבינוני. נתונים הקודמים לנתוני תכנית הניטור מסוכמים בדו"ח 2004 שם נעשית השוואה בינם ובין נתוני תכנית הניטור. בדו"ח זה מוזכרים לעיתים נתונים הלקוחים משנים קודמות, לשם השוואה, ובמקרים אלה מאוזכר המקור. שני נושאים מחוץ למערך הפעילות השגרית של תכנית הניטור אשר טופלו השנה הם אירועי השיטפונות אשר הסיעו לים כמות גדולה של מי נגר וסדימנט, ואירוע דליפת הנפט בשמורת עין עברונה צפונית לאילת. נושאים אלה נידונים בנספחים 3ז ו-4 בהתאמה. נתוני תכנית הניטור, החל משנת 2004, מאוכסנים בבסיס נתונים אלקטרוני והגישה אליהם פתוחה לכל דורש דרך אתר תכנית הניטור במכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת: <http://www.iui-eilat.ac.il/NMP>

| פעילות | תדירות (משך הזמן לסקרים) |
|--|-------------------------------|
| שונית | |
| סקר חברת השונית | אחת לשנה, בקיץ (מספר שבועות) |
| ניטור שולחן השונית | אחת לשנה, בקיץ (שבוע) |
| צילום ריבועים קבועי מקום + ניתוח הצילומים | אחת לשנה, באביב (מספר שבועות) |
| ניטור חברת האלמוגים בלגונה | אחת לשנה, בקיץ (שבוע) |
| ניטור חסרי חוליות ניידים בשונית | אחת לשנה, בקיץ (מספר שבועות) |
| ניטור מאקרו-אצות בשונית | אחת לחודש |
| ניטור דגי השונית | אחת לשנה, בסתיו (מספר שבועות) |
| תחנות חופיות | |
| אפיון מי החופים (מדדים פיסיים, כימיים, ביולוגיים) | אחת לחודש |
| חברת הקרקעית בחוף צפוני | אחת לשנה, בקיץ |
| מחלות דגים וטפילים | אחת לשנה, בחורף (מספר שבועות) |
| ניטור מתכות במרינה אילת | אחת לשנתיים |
| ים פתוח | |
| אפיון עמודת המים (מדדים פיסיים, כימיים, ביולוגיים) | אחת לחודש |
| יצרנות ראשונית | אחת לחודש |
| ניטור זואופלנקטון | אחת לחודש |
| מדידות רציפות בסמוך למכון הבינאוניברסיטאי | |
| מדידות יומיות של טמפרטורה וכלורופיל במזח | מדי יום |
| זרמים | ניטור רציף |
| תחנה מטאורולוגית + כרית | ניטור רציף |
| אבק מרחף | ניטור רציף |

טבלה א1: פעילויות תכנית הניטור ותדירותן.

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

3.א. תקציר התוצאות והמסקנות

שונית האלמוגים

1. מצבה הכללית של שונית האלמוגים באילת, אשר נמצא במגמת שיפור בעשור האחרון, הראה השנה ירידה המשתקפת במרבית המדדים המנטורים. להלן מספר דגשים העולים מן הנתונים:
 - א) השנה נמצאה ירידה בכיסוי האלמוגים במחצית אתרי השונית המנטורים, וירידה בכיסוי האלמוגים בממוצע "שוניות אילת". יחד עם זאת, כיסוי האלמוגים באילת עלה באופן מובהק מאז תחילת הניטור (2004) ובפרט ניתן לציין שתי שנים בהן היה השינוי גדול במיוחד, שנת 2007 ושנת 2013.
 - ב) הירידה הגדולה ביותר בכיסוי האלמוגים נמדדה באתר 5-NR, שהוא האתר בו כיסוי האלמוגים הוא הגבוה ביותר. גם בשני אתרי השמורה הנוספים נמצאה ירידה בכיסוי, אם כי פחות דרמטית.
 - ג) עם הירידה בכיסוי האלמוגים באתר 5-NR השתפרה ההתאמה בין כיסוי אלמוגים וצפיפות מושבות. ההתאמה הגוברת לאורך השנים בין שני משתנים אלה, שנובעת מעלייה מתמשכת בכיסוי ברוב השנים, מהווה עדות עקיפה לגדילה מוצלחת של מושבות אלמוגים.
 - ד) במשך שנות הניטור נמצאה עליה בחלקה של קבוצת המושבות הבינוניות וירידה בחלקן של המושבות ה"קטנות" באתרי הניטור. נראה כי הירידה בחלקן היחסי של המושבות הקטנות נובע במידה רבה מירידה מתמשכת בכמות המושבות הקטנות. יחד עם זאת, כמות המושבות הקטנות המגוייסות לשונית אינו מצטייר כגורם מגביל לאחוז הכיסוי בה. השנה נמדדה עליה קלה בכמות המושבות הקטנות בשוניות אילת.
 - ה) מגוון המינים על פי מדד Shanon-Wiener היה נמוך השנה בהשוואה לשנה הקודמת, אך השינוי קטן. מגוון המינים, כמו גם הרכב חברת האלמוגים ותוחלת המגוון באתרי הניטור משתנים אך מעט משנה לשנה, עדות להרכב חברה יציב.
 - ו) לאתר שולחן השונית התייחסות נפרדת מאשר לשאר אתרי הניטור, הממוקמים בקדמת השונית, עקב אופיו השונה והמיוחד. גם באתר זה נצפתה השנה ירידה בכיסוי האלמוגים ובמדד Shanon-Wiener למגוון המינים, כפי שעלה מהסקרים באתרי קדמת השונית.
 - ז) גם באתרים המצולמים נמצאו השנה פחות מושבות אלמוגים מאשר בשנה הקודמת, אך גם בסקר זה השינוי קטן. צפיפות מושבות אלמוגי האבן בכלל האתרים המצולמים יציבה במשך שנות הניטור, בדומה לצפיפות המושבות הנסקרות בשיטת חתכי הקו. הרכב חברת השונית כפי שמתועדת באתרים המצולמים אף הוא יציב בתקופה זו.
 - ח) שטחם של אלמוגי האבן ירד גם באתרים המצולמים בדומה לנתונים העולים מסקר קדמת השונית בשיטת חתכי הקו. אם כי, בסך הכל שטח אלמוגי האבן באתרים המצולמים גבוה השנה בהרבה מזה שנמדד בשנת 2004.
 - ט) משנת 2010 נמצאה ירידה חדה בצפיפות האלמוגים בלגונה בכלל, וצפיפות האלמוג הדומיננטי *Stylophora pistillata* בפרט. בהיות האלמוג *S. pistillata* נפוץ בהרבה משאר המינים בלגונה (היווה השנה 35% ממספר מושבות האלמוגים בלגונה), תנודות באוכלוסייתו מכתיבות את השינויים הנצפים בחברת הלגונה בכלל, כולל עלייה במגוון המינים. בשנה הקודמת נמצאה עלייה קלה בצפיפות מושבות האלמוגים בלגונה והשנה צפיפות האלמוגים ללא שינוי.
2. קבוצת הרועים החשובה ביותר בשונית מבין חסרי החוליות היא קיפודי הים, ומתוכה המין הנפוץ ביותר הוא *Diadema setosum*. השנה היה הקיפוד *Echinometra mataei* הנפוץ ביותר בלגונה, וגם באתר 5-NR שיפעתו עלתה.
3. ברוב האתרים (מלבד 10-NR) נמצאה השנה ירידה בצפיפות קיפודי הים בהשוואה לשנה הקודמת (וירידה גדולה יחסית לשנת 2012). השינויים בצפיפות קיפודי הים משקפים, כנראה, מחזוריים טבעיים בגודל האוכלוסייה, או השפעות סביבתיות מחזוריות.
4. צפיפות חבצלות הים עדין גדולה משמעותית משהייתה בשנות הניטור הראשונות, אך השנה נמצאה ירידה ברוב האתרים (מלבד באתר 10-NR).
5. השנה תועד לראשונה במסגרת הניטור מלפפון הים גלילן צהוב-נקודות (*Holothuria*)

6. ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחיות התיישבות, ובעיקר לוחיות מוגנות מפני רעייה, מצויים בהתאמה לעומק הערבוב. השנה, על אף הערבוב הרדוד, נמצאו ריכוזים גבוהים באופן מפתיע בלוחיות מול המכון הבינאוניברסיטאי. הריכוז הגבוה נמדד בחודש ספטמבר, עובדה המצביעה על גורם שונה מעומק הערבוב.
7. קבוצת הדגים הזואופלנקטיבורים – הניזונים מזואופלנקטון בגוף המים – היא הגדולה ביותר מבין הדגים שוכני השונית, ומהווה כ- 60% מכלל הדגים שנסקרו השנה. דגים אלה מהווים חוליה חיונית במארג המזון ברכוז חמרי מזון מהרמות הנמוכות בגוף המים.
8. קבוצת דגי השונית השניה בגודלה (כ- 23% השנה) היא הדגים הטורפים (קרניבורים), דגים המווסתים את אוכלוסיית השונית – בעיקר חסרי חוליות. קבוצת הרועים (הרביבורים) מהווה כ- 7%. לדגים הרועים תפקיד חשוב בווסת כמות האצות צמודות-המצע בשונית וכך הינם בעלי השפעה ניכרת על התיישבות אלמוגים ושגשוגם. נוכחותם מקצרת את "שרשרת המזון" במעבר אנרגיה ישיר מהיצרנים הראשוניים (אצות) לדגה.

הסביבה החופית

9. ערכי רוב המדדים במי השטח גבוהים יותר בחודשי החורף מאשר בקיץ. התהליך השולט ברוב המדדים הכימיים, הפיסיקליים והביולוגיים הנמדדים בתחנות הניטור החופיות הוא מחזור הערבוב השנתי הנשלט על ידי קירור פני הים בחודשי החורף. טמפרטורות פני הים נעו השנה בטווח ערכים מצומצם וערבוב עמודות המים היה רדוד.
10. על אף הערבוב הרדוד נמדדו בתחנות חופיות רבות במשך השנה ריכוזי חנקן גבוהים מאשר בים הפתוח, ככל הנראה כתוצאה מכניסת נוטריינטים במי שיטפונות ולאחר מכן הרחפת נוטריינטים מהסדימנטים השיטפוניים. גם ריכוזי הכלורופיל בתחנות החופיות היו גבוהים מן המצופה וללא תבנית עונתית ברורה, ככל הנראה בתוצאה מהשפעת השיטפונות.
11. גם על רקע הריכוזים הגבוהים יחסית, ניתן היה גם השנה לזהות מספר אירועים של ערכים חריגים בריכוזי הנוטריינטים (בפרט פוספט וסיליקה, אך גם חנקן). מרבית הריכוזים החריגים נמדדו בתחנות "כלובי הדגים" ו"חיל הים\מרידיאן".
12. שכיחות ההדבקה של דגי בר (סיכן משובש, *Siganus rivulatus*) בטפילי מעיים בעלי מחזור חיים הטרוקסני בדרך כלל גבוהה יותר בשנים האחרונות מאשר בשנים 2009-10. שכיחות גבוהה ושיפעה גבוהה של טפילים אלה מעידות על חוסנם של בתי הגידול הדרושים להשלמת מחזור חייהם.
13. בטחולי הדגים אשר נתפסו השנה נמצאו גרנולומות החשודות כחיידיקי מיקובקטריום (*Micobacterium marinum*). בשנות הניטור ניכרת ירידה בשכיחות חיידיק זה באזור הנבדק (החוף הדרומי, סמוך למכון הבינאוניברסיטאי), בו נמצאו בעבר שכיחויות ועוצמות הדבקה גבוהות בפתוגן זה, אולם ניכר כי החיידיק עדיין קיים ופעיל. מנתוני מלח"י לגבי החוף הצפוני של אילת נראה כי האזור שם עדיין מהווה מוקד הדבקה בחיידיק.
14. בשנים האחרונות תומכת תכנית הניטור במעקב אחר שינויים בקרקעית הים באזור בו היו כלובי הדגים בראשותה של הדוקטורנטית שי אורון, אשר החל כעבודת מחקרה לתואר שני. גם השנה היו אירועים שיטפוניים אשר הכניסו סדימנט רב לאזור החוף הצפוני בו מבוצע המעקב. לאחר השיטפונות לא נמצאו על פני הקרקע עשבי ים או פורמיניפרים (בע"ח אינדיקטיבים, שוכני סדימנט) חיים. בדגימות הסדימנט מחודש יולי, נמצאו פרטים חיים – רובם בגודל קטן – המעידים על רה-קולוניזציה של האזור סמוך לאחר השיטפונות. כמות הפרטים החיים שנמצאו השנה נמוכה עדיין מזו של שנת 2012, לפני סדרות השיטפונות.
15. מרבדי עשב ים ששבו לאזור לאחר פינוי כלובי הדגים נפגעו מהשיטפונות אולם בחודשי הקיץ בצבצו עשבי ים מתוך הסדימנט השיטפוני.

עמודת המים בים העמוק

16. המערכת האקולוגית, ובפרט הדינמיקה השנתית של ריכוזי נוטריינטים וחמצן במים וזמינותם לאוכלוסיות הפיטופלנקטון בים הפתוח, מונעת על ידי הערבוב העונתי בעמודת המים. הדינמיקה הרב שנתית מושפעת מעומק ומשך הערבוב ומכמויות הנוטריינטים שנצברו במי

- העומק. השנה ערבוב עמודת המים היה רדוד, כ-290 מטרים. זו השנה השנייה של ערבוב רדוד לאחר הערבוב העמוק של שנת 2012.
17. ריכוזי הנוטריינטים בעמודת המים העמוקים, אשר ירדו בעקבות הערבוב העמוק בשנת 2012, עלו השנה בהשוואה לשנה הקודמת. זהו המחזור הרב-שנתי השלישי המתועד על ידי תכנית הניטור; מחזור רב שנתי מלא התחיל בערבוב עמוק בשנים 2007-8 והסתיים עם ערבוב עמוק בשנת 2012.
18. על אף הערבוב הרדוד, נמדדו ערכים גבוהים מן הצפוי של כלורופיל, יצרנות ראשונית וריכוזי זואופלנקטון, במים הפתוחים, בפרט בחודשי הקיץ. אלה קשורים, אולי לכניסת מי שיטפונות לצפון המפרץ.
19. טמפרטורת מי העומק ירדה בשנים 2007-2008 כתוצאה מהערבוב העמוק בשנים אלה, ובשנים האחרונות נמדדה עלייה קלה בטמפרטורות המים העמוקים. על אף הערבוב העמוק בשנת 2012 לא ניכרת ירידה בטמפרטורת המים העמוקים מ-500 מטרים, ומגמת העלייה בטמפרטורת המים העמוקים נמשכת.
20. ריכוזי הנוטריינטים במים העמוקים נמצאים במגמת עלייה בשנתיים האחרונות אך הם עדיין נמוכים מהערכים אשר נמדדו לפני הערבוב של שנת 2012. מאגרי הנוטריינטים נותרו במשך רוב השנה מעט נמוכים בהשוואה לשנים 2009-2011, אם כי לא במידה ניכרת.
21. בחדשי החורף ריכוזי תאי ה-*Synechococcus* הוא הגדול ביותר ובחדשי הקיץ והסתיו ריכוזי תאי ה-*Prochlorococcus* הוא הגדול ביותר. בחורף עולה מעט חלקם של הפיטופלנקטון האאוקריוטי וכמותם בקיץ יורדת לאחוזים בודדים מכלל התאים. מבחינת ביומסה האאוקריוטים דומיננטים במשך מרבית השנה, מלבד בחדשי הקיץ בהם *Prochlorococcus* מהווים כ-50% מכלל הביומסה של פיטופלנקטון בעמודת המים. בחורף 2012 היה חלקם של הפיטופלנקטון האאוקריוטי גדול באופן משמעותי בהשוואה לשנתיים האחרונות.

מדידות רציפות

22. גם השנה נמדדו ערכי כלורופיל מרביים בפני הים בסמוך לשונית מוקדם מן הממוצע, בחודש פברואר, ועיקר הפריחה התרחשה בחודשים ינואר-פברואר. בחודשים אלה כמו גם בחודשי הסתיו היו ריכוזי הכלורופיל גבוהים מן הממוצע הרב שנתי. בחודש מאי נמדד ריכוז כלורופיל גבוה, ככל הנראה כתוצאה מכניסת מי שיטפונות לים.
23. טמפרטורת פני המים גם השנה היתה בחודשי החורף גבוהה מהממוצע הרב שנתי אולם לא באופן ניכר. מממוצע הטמפרטורות השנתי היה נמוך השנה בהשוואה לשנתיים האחרונות.
24. בחודשי החורף תועדו מספר רב יחסית של ימים בהם היתה הקרינה גבוהה יחסית לממוצע.
25. בסוף פברואר-תחילת מרץ נמדדו ריכוזי האבק המרחף הגבוהים ביותר אשר מדדה התכנית עד כה.

כללי

- השנה היו מספר אירועי גשם ומספר אירועים של זרימות שיטפונות אשר הביאו מי נגר לים. סערה מלווה בשיטפונות חזקים במיוחד אירעה ב-7-8 במאי, ובעקבות עבודות הפיתוח בכביש לאורך החוף הדרומי ובמסוף הגבול טאבה, הגיעה כמות גדולה של מים עמוסים בסדימנט אל אזורי השונית הרגישים.
- כמות גדולה של נפט גולמי דלפה בשמורת עין עברונה, כ-15 ק"מ צפונית לאילת והובע חשש כי בסופו של דבר יגיע הנפט לים. אירועי גשם ימים ספורים לאחר הדליפה החריפו את החשש, אולם בסופו של דבר לא נשטף אגן עברונה אל הים. בינתיים נעשו ונעשים מאמצים לשקם את השמורה; מרבית הנפט נשאב וחלק מן הקרקע המזוהמת הוסרה והועברה לטיפול, אך ערוצים רבים עדיין ספוגים בנפט. בסמוך לאתר זיהום הנפט הנוכחי נמצא אזור שזוהם בשנת 1975 ולא טופל, קרקעית הערוצים שם עדיין ספוגה. ניסיון העבר ושני ניסויים בסיסיים, אשר ביצעה תכנית הניטור בעקבות אירוע הזיהום הנוכחי, מראים כי הסכנה הנשקפת לסביבה הימית עקב אירוע הזיהום הנוכחי אינה גדולה.

4.א. המלצות

I. השנה נמדדה עליה קלה במספר מושבות האלמוגים הקטנות בשונית, אך לאורך השנים נמצא כי כמות המושבות הקטנות (=חדשות) בשונית התמעטה. הסיבות לירידה בכמות המושבות הקטנות אינן ברורות וגם חשיבות התופעה לגבי מצבה של השונית אינו ידוע. כי בשנים האחרונות ישנו גיוס מועט של אלמוגים חדשים לשונית, אם כתוצאה מירידה באספקת המתיישבים, ואם כתוצאה מסיבות המשפיעות על יכולת ההתיישבות. אפשר שישנה כאן תופעה מחזורית שאינה מדאיגה, אולם אנו ממליצים לצאת בקול קורא למחקרים ייעודיים (ad hoc), אשר מטרתם תהייה לגלות את הסיבות לירידה בהצלחת גיוס אלמוגים לשונית, כמו גם הסף המגביל את שרידות האלמוגים לאורך זמן ואת מספר המושבות הגדולות. גם ללא מחקר מקיף, מעקב אחר גיוס מושבות אלמוגים (למשל באמצעות לוחיות התיישבות) עשוי לסייע בהבנת התהליך.

II. בשנות הניטור מתועדות תנודות בגודל אוכלוסיית קיפודי הים, אחת משתי קבוצות הרועים החשובות בשונית (הקבוצה השנייה היא דגים רועים) והקבוצה העיקרית הניזונה מכסוי מרבדי אצות (turf algae). תפקידם של הרועים לווסת פריחות של אצות צמודות מצע המתחרות עם האלמוגים על שטחי השונית. בהינתן התנודות בחברת הרועים יש לנסות ולהפחית את הלהץ האנושי על הקיפודים והדגים ובפרט אנו ממליצים לאסור כליל דייג של דגים אוכלי אצות בצפון המפרץ, ולפעול להגנתם מפני פגעים נוספים מעשה ידי אדם.

III. השנה, בדומה לשנה הקודמת, שוב נמדדו מספר אירועים של חריגות – "זיהום" – באזורים חופיים. התחנות בהן נמדדו רוב החריגות בשנים אלה הן תחנת "חיל הים\מלון מרידיאן", ותחנת "כלובי הדגים" אשר מול מוצא תעלת הקינט. החריגות מעלות חשש לכניסה מקומית של מים נושאי חומרים מומסים מהיבשה לים באזורים אלה. יש להגביר את המאמצים לזהות הגורמים לכך ולעצור את התופעה.

IV. בשנים האחרונות מתועדת התאוששות חברת עשב הים ושוכני הקרקעית בחוף הצפוני, אזור שנפגע רבות בעשורים האחרונים מפעילות אנושית. בשנתיים האחרונות נפגע האזור כתוצאה מסדרת שיטפונות שהובילו לים הרבה סדימנט דק אשר כיסה את קרקעית הים עד לעומק מים של עשרות מטרים. התאוששות האזור בעקבות השיטפונות מהירה בהרבה מההתאוששות שלאחר פינוי כלובי הדגים, אולם הפרעות חוזרות פגעו במצב המערכת האקולוגית שם, ובפרט במרבדי עשב הים האופייניים לאזור. הסביבה החולית ומרבדי עשב הים בחוף הצפוני של אילת מהווים – בנוסף לערכם העצמי – גם בית גידול ותחנת מעבר לשלבים מוקדמים של דגי שונית. יש לפעול לשימור ועידוד ההתפתחות של חברות הקרקעית הטבעיות בבית הגידול החולי שבחוף הצפוני, למשל על ידי ניהול האזור כשמורת טבע ימית.

V. אירועי השיטפונות בשנתיים האחרונות בשילוב עם אירוע דליפת הנפט בעברונה מדגישים את פוטנציאל הנזק שעשויה לסבול הסביבה הימית מהפרעות שמקורן ביבשה. השפעת השיטפונות כמו גם מיקוד הנזק הועצמו בעקבות עבודות תשתית והתערבות אנושית לאורך החופים. אנו ממליצים לבחון פיתוח ועבודות תשתית גם לאור תוכנית אלה. בנוסף לכך, יש להיערך מראש למניעת זרימה לא מבוקרת של נגר לים, אם באמצעות בריכות שיקוע או כל פתרון הנדסי אחר.

The Israel National Monitoring Program in the Northern Gulf of Aqaba
Funded by Israel's Ministry of Environmental Protection

Scientific report 2014

Dr. Yonathan Shaked, Program Manager
Prof. Amatzia Genin, Scientific Director
(March, 2015)

Introduction

This report describes the work and results of the Israel National Monitoring Program in the Gulf of Aqaba (Eilat) – NMP – in 2014. 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.

In addition, the NMP has added several new measurements and variables since its initiation, and these are presented in the respective annual reports of their start year.

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

The coral reefs of Eilat

1. The state of Eilat's coral reefs, that displays a long term improvement trend, seems to have declined somewhat in this past year, as reflected in various proxies measured by the monitoring program. Below are several points revealed by the data that are worth noting:
 - a) Live coral cover at the reefs of Eilat was reduced at most sites, compared to the previous year, and that is also true for the "Eilat average". Nevertheless, coral cover is still significantly higher now than it was at the start of monitoring, in 2004. Two years have made particular contribution to this trend, 2007 and 2013.
 - b) The most significant reduction in live coral cover was measured at the NR-5 site, which is the site where coral cover is highest. The two

- deeper NR sites have also declined but in a smaller amount.
- c) The drop in coral cover at the NR-5 site has improved correlation between coral cover and colony density at the reef sites. Improved correlation between these variables over the past years, mostly through increased coral cover at most sites, is indirect indication for successful coral growth.
 - d) Over the years of continuous monitoring a decline in the fraction of "small" colonies has been observed, and an increase in that of "medium" colonies was noted. It seems that the decrease in "small" colonies is driven by diminished recruitment of corals. However, the availability of small colonies does not seem to limit the live coral cover. This year, a slight increase in the number of small colonies was observed.
 - e) The Shanon-wiener index for coral diversity was lower than it was in the previous year, but only slightly. Overall, diversity and species composition of the coral community at Eilat remain stable.
 - f) The reef table is treated separately from other reef monitoring sites that are fore-reef sites, since it has a special and different set of ecological characteristics. Here too, as in the fore-reef sites, live coral cover and coral diversity have declined compared to the previous year.
 - g) At this year's permanent photo-sites survey, less coral colonies were encountered, but here too the difference is small. Coral density and community structure at the photo-sites are stable over the monitored period, similarly to findings of the line-transect surveys.
 - h) Stony coral area at the permanent photo-sites has decreased this year, as in the line-transect surveys. Here too coral area is significantly larger than it was at the start of monitoring, in 2004.
 - i) A decrease in coral colony density was recorded at the nature reserve back-reef lagoon since 2010, and particularly in the density of the dominant coral *Stylophora pistillata*. Since *S. pistillata* is the most dominant coral in the lagoon (~35% of coral colonies this year were of this species) changes in its population size dictate changes in the entire community of the lagoon. Last year a slight increase in coral density was noted in the lagoon and this year coral density remains unchanged.
2. Sea urchins are the most important invertebrate reef grazers. The most abundant sea urchin in Eilat is *Diadema setosum*. This year *Echinometra mataei* was the most abundant urchin in the lagoon, and it was found in increasing numbers at the NR-5 site as well.
 3. A decrease in sea urchin density was recorded at most sites (bar NR-10) compared to the previous year, and a large decrease relative to 2012. These changes in sea urchin density seem to reflect natural fluctuations of the sea urchin population, or are perhaps coupled with fluctuating environmental processes.
 4. The density of sea feathers is significantly greater than it was in the initial monitoring years, but has declined somewhat this year (in all but the NR-10 site).
 5. The Yellow-spotted sea cucumber *Holothuria (Semperothuria) flavomaculata* was documented in the Eilat nature reserve. This is the first time this species, previously described from the Red Sea, is documented in the Gulf of Eilat.

6. *Chlorophyll-a* concentrations on settlement plates, and particularly on protected settlement plates ("potential growth"), reflect the water column mixing depth. This year's *Chl-a* concentrations on settlement plates near the IUI were surprisingly high considering the shallow mixing depth. The high concentrations were measured in September, suggesting something other than seasonal mixing was the cause.
7. The zooplanktivorous fish are the largest functional fish group among the reef fish, comprising ~60% of the fish surveyed this year. This is an important functional group as it transfers nutrients up the aquatic food web.
8. The second largest group of reef fish (23% this year) is the carnivores that curb populations of invertebrates in the reef. The herbivore fish (grazers) comprise ~7% of the reef fish population and are responsible for curbing benthic algae growth on the reef. Thus, this group has a significant effect on coral settlement and recruitment. Grazers also short-cut the food web through direct passage of energy from primary producers (algae) to fish.

Coastal Environs

9. The seasonal cycle of mixing of the upper water column is the dominant process in determining the concentrations of chemical variables measured in the coastal waters of Eilat. Most of these are higher in winter than in summer. This year, sea surface temperatures (SST) at the coastal stations spread over a relatively small range, water column mixing was shallow.
10. Despite the shallow mixing relatively high nitrogen concentrations were measured throughout the year at many coastal stations, probably as a result of flash floods that carried sediments and nutrients into the sea.
11. Even considering these relatively high background concentrations, several incidents of abnormally high nutrient concentrations were documented. Most of these were measured at the "Navy/Meridien Hotel" and "Fish Farms" stations.
12. The prevalence of intestinal heteroxenic fish parasites in wild *Signus rivulatus* caught near the IUI has increased during the last years relative to 2009-10. An abundance of heteroxenic parasites indicates healthy ecosystem as these parasites require several hosts to complete their life cycle. Thus, their proliferation indicates local availability of healthy ecological niches.
13. Granulomas associated with the *Micobacterium marinum* pathogen, a harmful pathogen that was once common in local wild fish, were detected in intestines of wild fish caught next to the IUI this year. The occurrence of *M. marinum* has decreased in the past years, but these finding suggest that the pathogen is still present. Fish caught by the National Center for Mariculture at the northern beach of Eilat had high occurrences of the pathogen suggesting that the northbeach is still a hotspot for *M. marinum*.
14. In recent years the NMP supports monitoring of the benthic community at the location where the fish farms used to be (at the northern beach of Eilat), led by Shai Oron (see Appendix G4, in the NMP annual scientific report 2010). In the past two years several flash-flood events transported sediment into the sea, notably close to the monitoring site. Immediately following these flood events the sea floor at the site was devoid of sea grass meadows and live benthic foraminifera. Sediment samples collected in July of each year contained small numbers of small live foraminifera, indicating re-colonization of the site after

the floods.

15. Sea grass meadows that have begun to grow at the site after removal of the fish cages were buried by flood-born sediments, but in summer began to reappear.

The deep sea water column

16. The ecological system of the open waters is modulated by the variability in concentrations of nutrients, dissolved oxygen and phytoplankton population driven by seasonal mixing of the water column. The inter-annual dynamics are driven by the depth and duration of the seasonal mixing, and the amount of nutrients stored in the deep waters. This year's winter mixing was shallow, ~290 m. This is the second year of shallow mixing following the deep mixing of 2012.
17. Concentrations of nutrients in the deep waters, reduced by the deep mixing in 2012, were higher this year. This is the third inter-annual cycle monitored by NMP; a complete cycle starting with deep mixing in 2007-8 ended in the deep mixing of 2012.
18. Although mixing of the water column was shallow this year, *chlorophyll-a* concentrations, primary productivity and zooplankton biomass were higher than expected, particularly during the summer months. These were, perhaps, connected to flood waters that entered the northern end of the gulf.
19. Temperature of the deep waters dropped in the years 2007-2008 as a result of the deep mixing and has risen slightly since then. Despite deep mixing in 2012 water temperature at depths greater than 500m hardly changed, and temperatures of the deep waters continue to rise.
20. Nutrient concentrations are rising throughout the past two years, but nutrient stores in the water column are still lower than those measured before the deep mixing of 2012. Throughout most of the year nutrient stocks were somewhat lower than those of the years 2009-2011.
21. Seasonal variability in phytoplankton in the open water column comprises dominant Prokaryotic *Synechococcus* is dominantly abundant in winter and *Prochlorococcus* cells are dominant in summer and fall. There are more pico-eukaryotic cells in winter than in summer, a time in which they only comprise a few percent of the phytoplankton cell count. Nevertheless, when converted to biomass eukaryotic phytoplankton are dominant throughout most of the year, except for a few summer months in which *Prochlorococcus* comprise ~50% of the total phytoplankton biomass in the water column. In the winter of 2012 the fraction of eukaryotic phytoplankton was notably larger than during the subsequent two years.

Continuous measurements

22. This year sea-surface *chlorophyll-a* concentration measured daily from the Observatory pier peaked early, in February, and most of the bloom occurred in January-February. During these months and during the autumn months chl-a concentrations were higher than the multi-annual average. In May high chl-a was measured, probably related to flooding events.
23. Sea surface temperatures were mostly higher in winter than the multi-annual average, but not considerably so. The annual average SST was lower this year than it was in the past two years.

24. During winter high, above-average, solar radiation was measured in a relatively large number of days.
25. At the end of February-beginning of March the highest concentrations of air-born dust recorded thus far by the NMP were measured.

General

- This year several rain events caused flash floods that reached the sea in several locations. A storm accompanied by significant flooding occurred in 7-8 May and its effect was exacerbated by road works and development along Eilat's southern beaches. Consequently a large load of flood-born sediment flowed to the sea in sensitive reef sites.
- On December 3, 2014 a large oil spill occurred in Evrona, some 15 km north of the Gulf of Eilat, and concern was raised that it may eventually reach the gulf. Rain events several days after the spill caused additional worry, but the Evrona basin did not flow and pollution did not reach the sea. In the meanwhile, rehabilitation efforts included removal of crude oil from the riverbeds and partial removal of oil-soaked soil, but many rivulets are still oil-soaked. A similar oil spill occurred in 1975 in proximity to the current pollution site. This was not treated at the time, and oil-soaked soil is still found in many rivulets at that site. The past experience together with two initial basic experiments conducted by the NMP shortly after the present oil spill suggest that this event does not present a major threat to the marine environment in the gulf.

ב. שונית האלמוגים

1.1. סקר חברת השונית

מטרה

אמדתן השיפעה, "מצב הבריאות" ומבנה החברה באתרי השונית העיקריים לאורך חופי מדינת ישראל בצפון מפרץ אילת. סקר חברת השונית כולל אלמוגי אבן, אלמוגים רכים, וחסרי חוליות נייחים. כמו כן מבוצע סקר סוגי קרקעית הים (מצע) לצורך אמדתן פוטנציאל ההתיישבות בכל אתר.

שיטות

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

| אתר | סימול | קו רוחב | קו אורך | עומקים (מ') |
|------------------------------------|-------|-----------|-----------|-------------|
| המכון הבינאוניברסיטאי (מעבדה ימית) | IUI | 34°55'.02 | 29°30'.07 | 5,10,15 |
| השמורה הסגורה (גנים יפנים) | 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 מנקודת התחלה אקראית לאורך קו עומק כמפורט בטבלה ב1. לאורך סרט המדידה נבחרה מראש נקודת ההתחלה של החתך על-ידי מחולל מספרים אקראיים. מנקודה זו בוצעו חתכים באורך 10 מטרים לאורך סרט המדידה, כשבניהם מפרידים מטרים ספורים. מספר החתכים באתר (שילוב של מיקום גיאוגרפי ועומק) נע, בדרך כלל, בין 10 ל-20, ונקבע לפי תוצאות הסקר עד לקבלת דיוק גבוה מ-25% במדד אחוז כיסוי האלמוגים. בכל מקטע של עשרה מטרים נרשם ההיטל של כל מה שנמצא תחת סרט המדידה בדיוק של סנטימטר אחד (איור ב2). אלמוגים חיים (אלמוגי אבן ואלמוגים רכים) וחסרי חוליות אחרים זוהו לרמת הסוג, ובמידה והתאפשר אף לרמת המין (רשימת האלמוגים שנרשמו בכלל החתכים מופיעה בנספח 2ז, טבלה 1ז). בכל חתך נרשם גם סוג המצע תחת סרט המדידה (סלע חשוף, חול, חלוקים, אלמוגים מתים, וכו').

מושבנות האלמוגים תחת סרט המדידה חולקו לאחת מארבע קבוצות גודל ואחוז הרקמה החיה בכל מושבה הוערך ונרשם. ארבע קבוצות הגודל הן $5 < \text{ס"מ}, 5-15 \text{ ס"מ}, 15-30 \text{ ס"מ}$ ו- $30 < \text{ס"מ} (L, M, S, H$ בהתאמה).

עבור כל אלמוג תחת סרט המדידה התבצעה הערכה של אחוז הרקמה החיה בהתחשב בכלל שטח המושבה. אחוז הרקמה החיה של המושבה הוגדר כאחוז שטח המושבה שאינו מת, לבן או מכוסה באצות. לא כל השלד במושבות אלמוגים חיים מכוסה ברקמה. הרקמה היא הראשונה להיפגע מטריפה, ממחלות ומפגיעה מכאנית. במקרים רבים, בעיקר לאחר פגיעה מזערית, הרקמה הפגועה מחלימה. כאשר האלמוג מאבד חלק משמעותי מרקמתו, החלמת האזור הפגוע היא במקרים רבים חלקית או חסרה לחלוטין. לעיתים, בפרט כאשר האלמוג נמצא במצב עקה או כאשר הסיבה לפגיעה היא מחלה, הפגיעה הראשונית עלולה להתפשט לאזורים סמוכים במושבה. בתכנית הניטור אנו משתמשים באומדתן שיעור הרקמה הלא פגועה באלמוג כמדד ל"בריאותו". מדד זה, להלן (Live Tissue Index, LTI) נאמד עבור כל אחד מאלפי האלמוגים הנכללים בחתכי הקו בשונית, על ידי קביעה ויזואלית (על ידי הצולל הסוקר) של אחוז שטח המושבה המכוסה ברקמה חיה. מדד זה, אשר כונה בדו"חות קודמים (2004-2007) "מדד הבריאות" (Health Index, HI), מחושב עבור כל אתר כממוצע אחוז הרקמה החיה של כל המושבות החיות שנספרו באתר זה.

בדיקה של אמינות ההערכה נעשתה באמצעות סימולציה ממוחשבת בשנת 2008. תוצאות הסימולציה הצביעו על דיוק גבוה של ההערכה ושל המדד המחושב ממנה (התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת דו"ח מדעי 2008, נספח 3ז).

איור ב1: תצלום אווירי של קטע החוף הצפון-מערבי של המפרץ, דרומית לעיר אילת, עליו מצוינים האתרים בהם נסקרה חברת השונות, מהמעבדה הימית בדרום ועד לקצא"א בצפון. הקווים הצהובים מייצגים את האתרים הנסקרים: (1) המעבדה הימית, (2) שמורת האלמוגים, ו (3) קצא"א. קו קנה המידה השחור המופיע בתחתית התמונה מייצג 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 ההיטל של כל מה שנמצא תחת 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 נסקר מוגדר כשילוב של מיקום גיאוגרפי ועומק. עבור כל אתר נמדדו אחוזי כיסוי האלמוגים החיים, כיסוי החול והסלע, צפיפות מושבות אלמוגים, מגוון האלמוגים ועושר המינים, מדד הרקמה החיה לבריאות האלמוגים באתר והתפלגות גודל המושבות. מגוון מינים לפי מדד Shannon Wiener (משוואה ב1, כש- P_i הוא פרופורציית מספר המושבות של מין i (או סוג) מתוך סה"כ n המינים (או הסוגים) שנספרו) הוערך על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005; <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>) עבור כל אחד מהאתרים. התכנה צוברת את נתוני החתכים שנמדדו לקבלת עקומת רוויה: ככל שנוספות יחידות מדידה (חתכים) הערך המוערך מתקרב לערך האמיתי באתר עד למצב בו תוספת חתכים אינה משפיעה על הערך המוערך. בשלב זה המוערך קרוב לערך האמיתי.

$$H' = -\sum_{i=1}^n P_i \cdot \ln(P_i) \quad \text{משוואה ב1:}$$

מדד המגוון של Shannon Wiener נבחר מכיוון שהוא המדד בו השתמשו סוקרי השונית באילת בעבר (Loya 1972) וכך מתאפשרת השוואה בין נתונים שנאספים במסגרת תוכנית הניטור לנתונים שנאספו בעבר. יחד עם זאת, מגוון המינים בעבודות הקודמות לתוכנית הניטור חושב עבור חתך בן עשרה מטרים בכל אתר, ולא עבור האתר כולו (דיון מקיף מובא בדו"ח התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, 2006). ניתוח נוסף למגוון המינים נעשה באמצעות עקומות צבירה (rarefaction curves) המחושבות באמצעות תכנת EstimateS (Colwell, 2005), ומתוכן מחושבת גם תוחלת המינים הצפויה בספירה של 1500 מושבות מתוך כלל שוניות אילת.

הניתוח הסטטיסטי נעשה באמצעות התוכנות Systat v9 (1998, SPSS inc) ו-SPSS 16.0 (<http://www.spss.com/statistics>). בחינת המובהקות הסטטיסטית נעשתה בעזרת מבחן ANOVA. במידת הצורך נעשה המבחן לאחר שהנתונים עברו טרנספורמציה לשמירה על אחידות השונות. הטרנספורמציה כללה נרמול של כל ערך שנמדד על ידי חלוקתו בממוצע הרב שנתי באותו אתר. המובהקות הסטטיסטית המדווחת היא על סמך המבחן עם מסד הנתונים המנורמל. שולחן השונית בשמורת חוף אלמוג נסקר כאתר נפרד. ההחלטה להוסיף אתר זה לסקר נבעה מחשיבותו של שולחן השונית, לאור נתונים קודמים, לפיהם שולחן השונית נפגע ומצוי במצב של הידרדרות בעשורים 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 מאתרי קדמת השונית. יחד עם זאת בשל ההבדלים הניכרים בין שולחן השונית וקדמת השונית (ראו דו"ח

התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, 2007) מוקדש לשולחן השניית תת-פרק נפרד בדו"ח זה. קווי שגיאה מייצגים את שגיאת התקן, אלא אם מצוין אחרת.

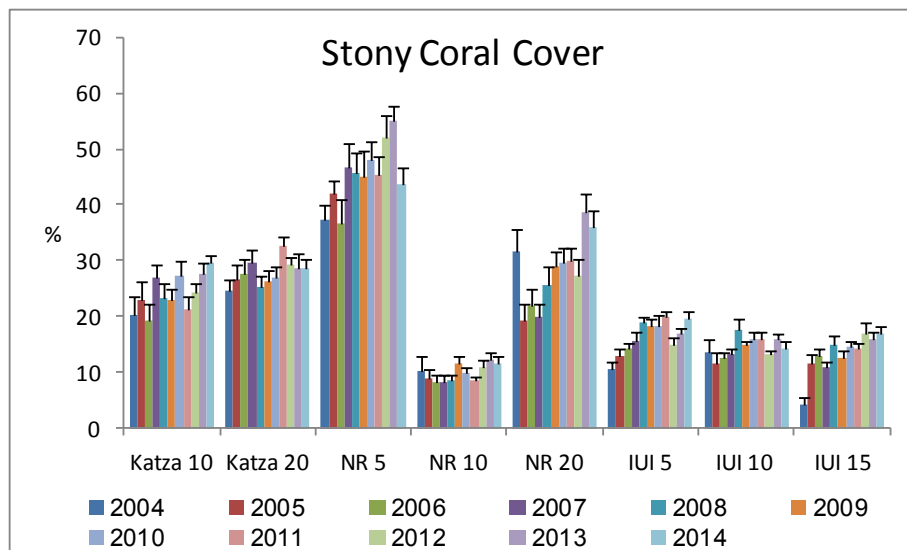
תוצאות:

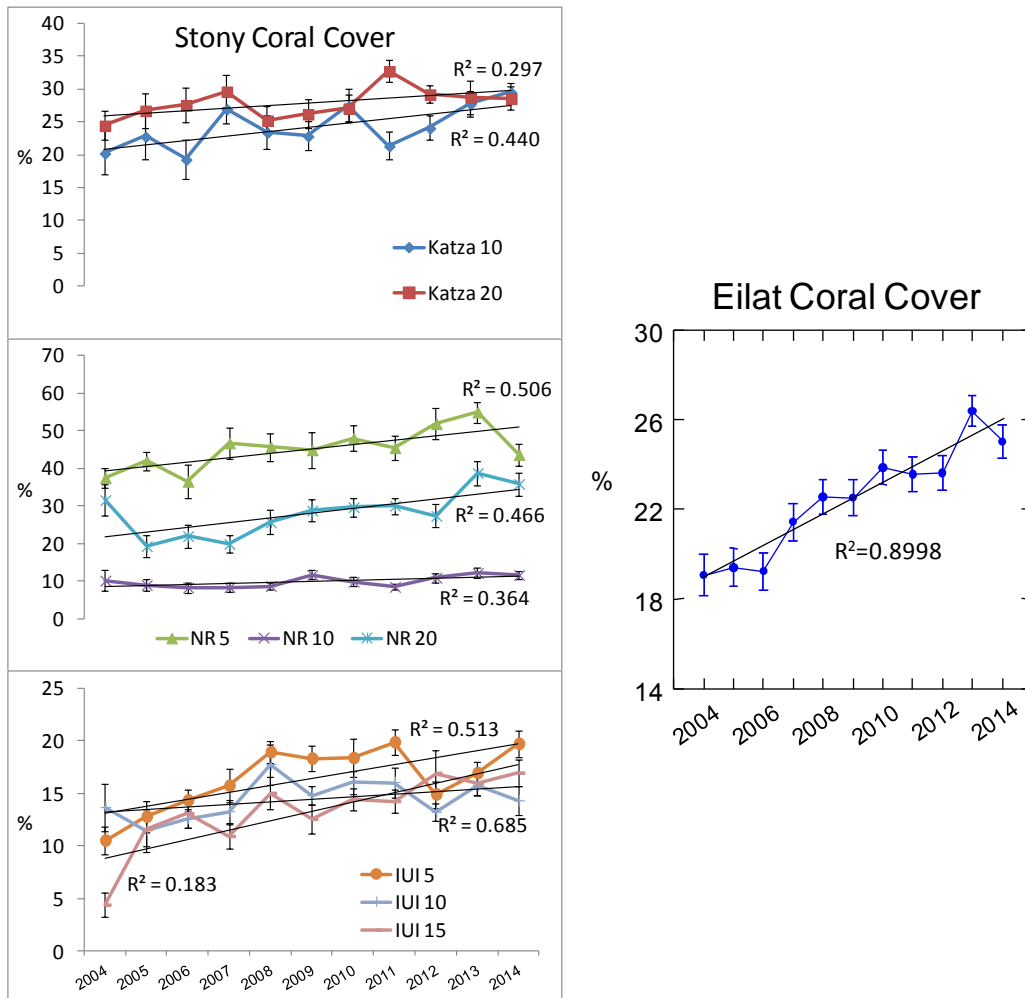
כיסוי אלמוגים

כיסוי האלמוגים החיים שונה מאד בין האתרים (איור ב3). כיסוי האלמוגים הגדול ביותר נמצא בשונית הרדודה בשמורת האלמוגים (5-NR), בה נמדדה השנה ירידה בכיסוי האלמוגים בהשוואה לשנה הקודמת, לערך של 43.7%. הכיסוי הדל ביותר נמצא אף הוא בשמורה, בעומק 10 מטרים (10-NR), וגם שם נמדדה השנה ירידה קלה, לערך של 11.6%. בארבעה מתוך שמונה האתרים הנסקרים נמדדה השנה ירידה בכיסוי בהשוואה לשנה הקודמת, בשלושה נמצאה עליה, ואתר אחד נמצא ללא שינוי בכיסוי האלמוגים הקשים. השינוי הגדול ביותר נמצא באתר 5-NR שם נמצאה בשנה הקודמת עליה גדולה בכיסוי ואילו השנה נמדדה ירידה גדולה. השינוי היה גדול מספיק עד כי גם בעיני הסוקרים (התרשמות תוך כדי הסקרים) נראה היה כי האתר השנה במצב פחות טוב מאשר בשנה הקודמת. אין בידינו הסבר לירידה זו וגם לא מזהה גורם יחיד כלשהו (מחלה, הלכנה, טריפה וכו') אשר יכול להסבירה. יחד עם זאת כיסוי האלמוגים באתר, אף כי נמוך מאשר בשנים 2012-13 דומה לכיסוי שנמדד בשנים 2007-2011 וגבוה מזה של השנים 2004-6.

בסך הכל ב"שוניות אילת" נצפית עליה הדרגתית ומתמשכת באחוז כיסוי אלמוגי האבן ובפרט מאז 2007 (איור ב3, מימין). על אף שבין השנים ובין האתרים ישנן תנודות של עליה וירידה, קצב השינוי הממוצע בכל האתרים הנסקרים בעשר השנים האחרונות הוא עלייה של כ- 0.70% בכיסוי האלמוגים החיים בשנה ($R^2=0.90$). בכל האתרים נמדדה לאורך תקופת הניטור עליה בכיסוי האלמוגים, אם כי באתרים 10-NR ו-10-IUI השינוי השנתי הממוצע בעשר השנים האחרונות קטן, פחות מרבע אחוז בשנה.

שגיאות בהערכת כיסוי האלמוגים נובעות בעיקר מהשוניות הטבעית הגדולה באתרי השונית, ובפרט באתרים בהם מצע חולי הוא מרכיב חשוב הגורם למופע כתמי של השונית. ההבדלים בין האתרים, לעומת זאת, משקפים בעיקר את אופיים השונה של בתי הגידול. בין האתרים שנסקרו ישנם הבדלים גדולים בשטח הכיסוי של אלמוגי אבן חיים (טבלה ב2), ומכאן ש"ערך מייצג" לכיסוי האלמוגים לאורך חופי המפרץ בשטח ישראל יהיה בהכרח מספר שאינו משקף את המצב באף אתר ספציפי. מקדם השונית של כיסוי האלמוגים באתר כלשהו (שילוב של מיקום ועומק) נע השנה בין 19% (KATZA-5) ל-45% (NR-10). מקדם שונית גבוה מצביע על כתמיות חזקה של מפוזר האלמוגים באתר, ועל מגבלת דייקנותו (precision) של הערך הממוצע.

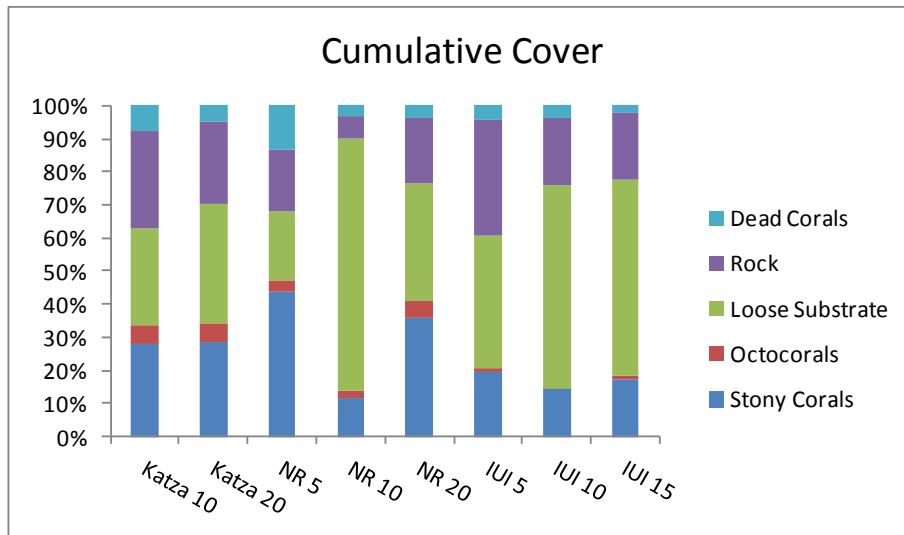




איור ב3: למעלה- שטח הכיסוי הממוצע של אלמוגי אבן חיים (לא כולל אלמוגים רכים) בכל אתר, באחוזים מכלל השטח. למטה- שינויים בכיסוי האלמוגים החיים באתרים הנסקרים ובכלל שוניות אילת בשנים 2004-2014. ההבדלים בין השנים מובהקים, וכן גם האינטראקציה בין שנים לאתרים (two way ANOVA, $P < 0.001$), שפירושה כי לא כל האתרים השתנו באותו אופן עם הזמן.

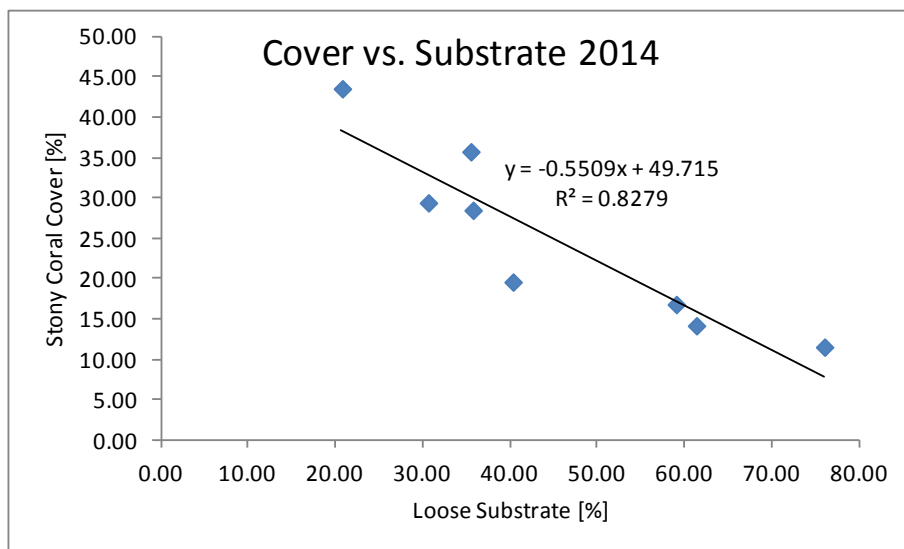
Figure B3: Top- average live coral cover (excluding soft corals) at each site (percent of total area). **Bottom-** temporal changes in live coral cover at the surveyed sites and at the "average Eilat reefs" in the years 2004-2014. Differences between years are significant, as is the interaction between years and sites (two-way ANOVA, $P < 0.001$) meaning different sites changed differently over the years.

הבדלים גדולים בין האתרים הנסקרים (מלבד הבדלים בעומק) ניכרים בהתפלגות סוג המצע עליו עשויים אלמוגים להתיישב (איור ב4). אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים באתר נמצא בהתאמה הפוכה לכמות המצע ה"לא מלוכד" (non-consolidated), הכולל חול וחלוקים, באותו אתר (איור ב5). נראה שאת רוב ההבדל באחוז הכיסוי החי בין האתרים ניתן להסביר באמצעות הבדלים באחוז המצע הלא מלוכד, אשר אינו מתאים להתיישבות אלמוגים (המתאם השנה עומד על $R^2 = 0.83$).



איור ב4: אחוזי הכיסוי המצטברים של אלמוגים, חול, סלע, ואלמוגים מתיים. באתרים בהם אחוזי הכיסוי אינם מסתכמים ב-100%, קיים כיסוי של אצות וחסרי חוליות כגון שושנות ים, צדפות ענק ו/או ספוגים אשר אינם מופיעים באיור 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.



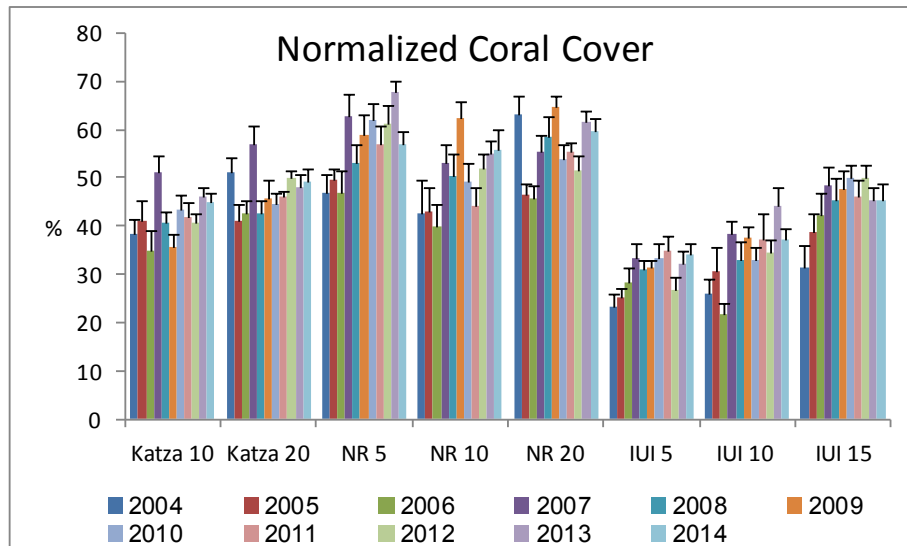
איור ב5: אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים כנגד אחוז המצע הלא-מלוכד (קרקע חולית) באתרים השונים.
Figure B5: Percent live stony coral coverage versus unconsolidated (sandy) sea floor in the sites examined.

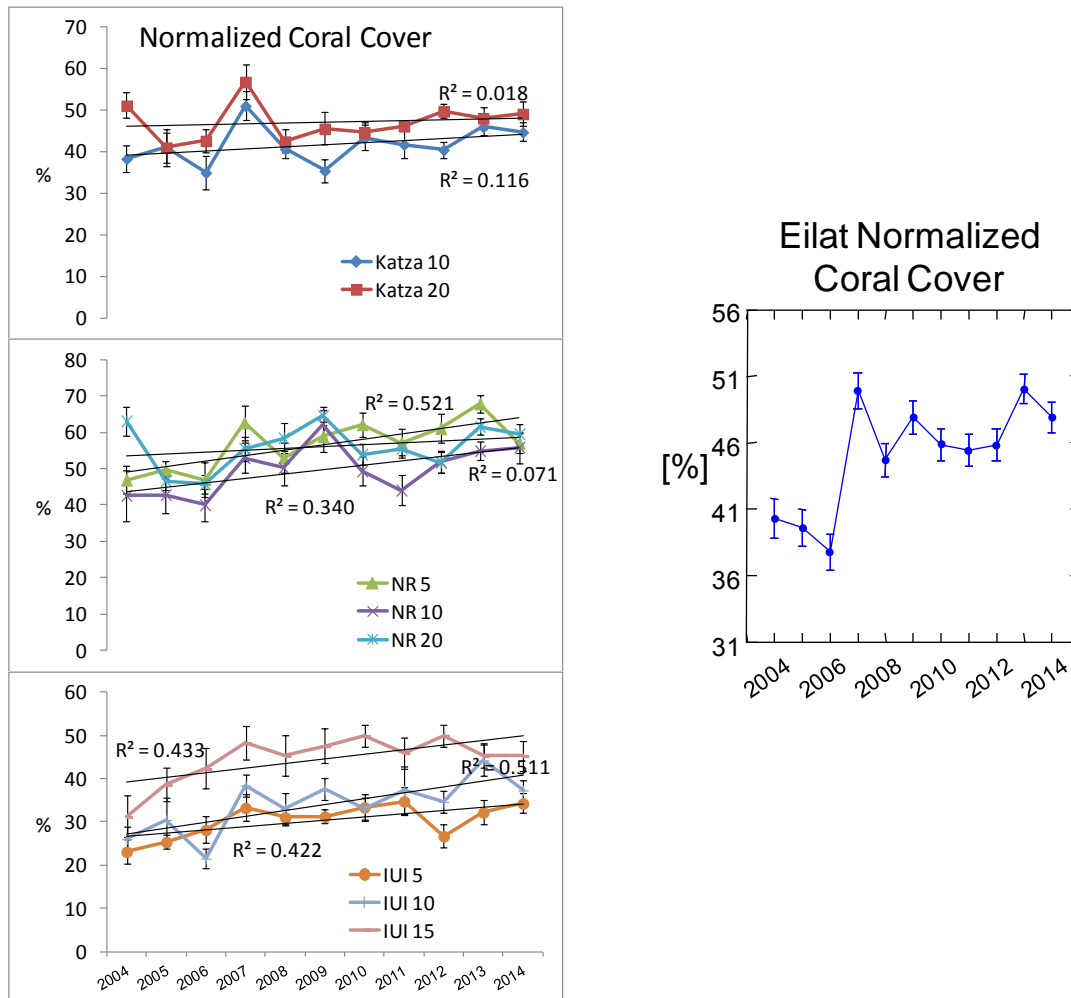
על מנת לנסות ולעמוד אחר הבדלים נוספים בין האתרים, הנוגעים להצלחת האלמוגים, יש לנרמל את אחוז הכיסוי לאחוז הקרקע המלוכדת המתאימה להתיישבות אלמוגים (איור ב6). ניצול המצע המתאים להתיישבות אלמוגים מחושב כיחס בין אחוז הכיסוי החי וסכום האחוזים של הקרקע המלוכדת והכיסוי החי, בהנחה שהמצע המתאים להתיישבות אלמוגים הוא קרקע מלוכדת (סלע) ושכל האלמוגים יושבים על מצע כזה.

אתר IUI-5, אתר המעבדה הרדוד, הוא האתר בו ניצול המצע המתאים להתיישבות הוא הנמוך ביותר, 34.3%, עליה קלה בהשוואה לשנה הקודמת. הכיסוי המנורמל הגבוה ביותר נמצא השנה באתר 20-NR, 59.6%, וזאת לאור הירידה שנמדדה באתר 5-NR בו נמצא השנה כיסוי מנורמל של 57%

בלבד (כעשרה אחוזים נמוך מאשר בשנה הקודמת ודומה לזה של שנת 2011, איור ב6 למעלה). עליה עקבית בניצול המצע הזמין להתיישבות אלמוגים במשך תקופת הניטור נרשמה באתרי המעבדה הימית (IUI) ובאתרי השמורה (NR) הרדודים, ואילו באתר השמורה העמוק ובאתרי קצא"א היה השינוי במשך תקופה זו קטן. מאז 2007 ניצול המצע הזמין לגידול אלמוגים בסך אתרי אילת גבוה באופן מובהק מזה אשר תועד בשלוש שנות הניטור הראשונות, 2004-2006 (איור ב6).

בחברת השונית קיימות תנודות משנה לשנה ואין די בשנה בודדת להעיד על מגמות ארוכות טווח, אך על אף זאת נראה כי בחלק מהאתרים העלייה מתמשכת על פני מספר שנים. עם הצטברות הנתונים בעשר השנים האחרונות נראה כי כיסוי אלמוגי האבן ברוב אתרי השונית יציב, ואולי אף משתפר באופן מתון.





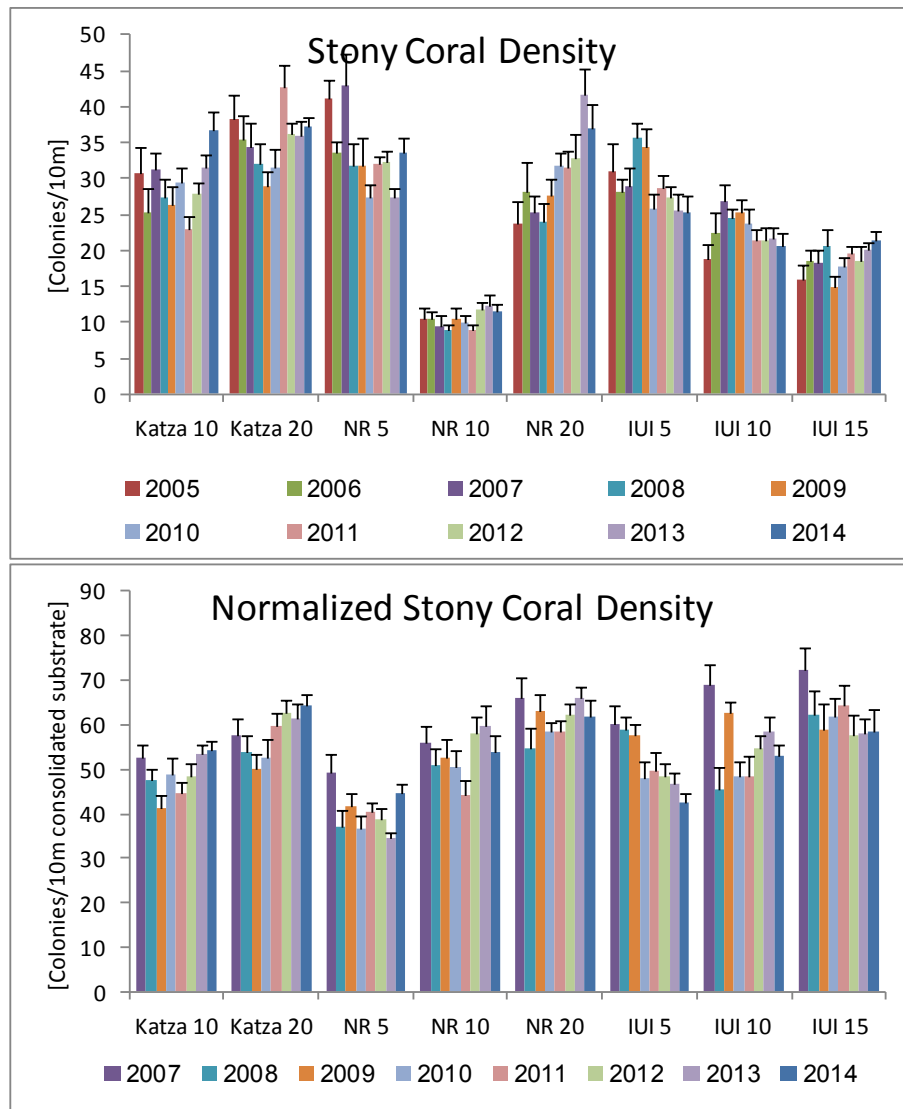
איור ב6: ניצול המצע המתאים להתיישבות אלמוגים. למעלה - אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים מתוך סך הקרקע הסלעית בכל אתר. אחוזים אלה מורים עד כמה הקרקע הזמינה לאלמוגים מכוסה באלמוגים. למטה - שינויים בכיסוי האלמוגים המנומל באתרים הנסקרים ובכלל שוניות אילת בשנים 2004-2014. ההבדלים בין השנים מובהקים והאינטראקציה בין שנים לאתרים מובהקת (two way ANOVA, $P=0.022$) ופירושה שאתרים 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 2004-2014. Changes over time are significant and the interaction between years and sites is significant (two way ANOVA, $P=0.022$) meaning sites differ significantly in the way they change over time.

בין האתרים ישנם הבדלים גדולים גם בצפיפות מושבות האלמוגים (מספר מושבות ממוצע בקו של עשרה מטרים). הצפיפות הגדולה ביותר נמצאה גם השנה באתר Katza-20 (כ-37 מושבות בממוצע בעשרה מטרים, מעט יותר מאשר בשנה הקודמת), כאשר באתרים Katza-10 ו-NR-20 הצפיפות כמעט זהה (בממוצע יותר מ-36.5 מושבות בחתך באורך 10 מטרים). צפיפות המושבות הקטנה ביותר (11.4 מושבות בעשרה מטרים) נמצאת באתר NR-10 (איור ב7). על מנת להקטין את שגיאות המדגם הנובעות מכתמיות השונית באתרים השונים כדאי להתבונן בצפיפות המושבות מנומלת לאחוז המצע הקשה, הזמין להתיישבות (איור ב7 למטה).

בארבעה אתרים נמדדה השנה עליה בצפיפות האלמוגים ובארבעה אתרים נמצאה ירידה. שינויים בצפיפות מושבות משנה לשנה נובעים מהיחס שבין תמותת אלמוגים והתיישבות אלמוגים חדשים, וכך ירידה מתמשכת בצפיפות המושבות מעידה על עודף תמותה על פני התיישבות. כיוון שהתמותה פוגעת

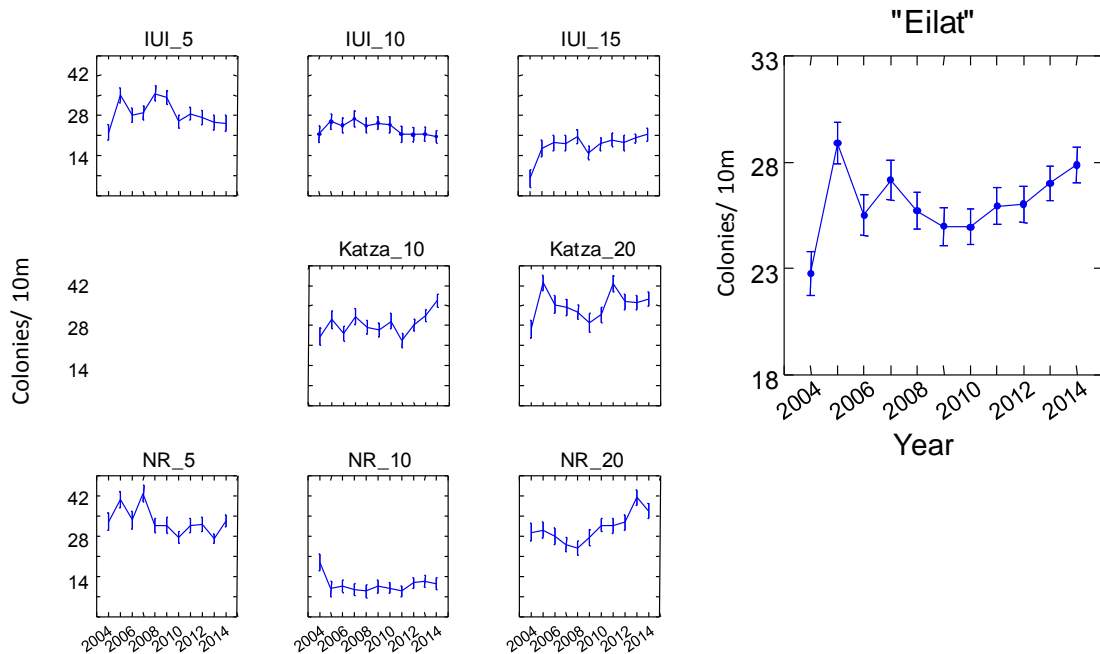
באלמוגים מכל מני גדלים ואילו התיישבות היא על ידי אלמוגים קטנים בלבד צפוי שירידה בצפיפות, או אפילו שוויון, ילווה בירידה בכיסוי האלמוגים – אלא אם תמותה פוגעת בעיקר באלמוגים קטנים. בסך הכל, השינויים בצפיפות האלמוגים בשנים האחרונות קטנים למדי, עם מגמת עליה קלה בשלוש השנים האחרונות (איור 8).



איור ב7: למעלה - מספר מושבות האלמוגים הממוצע בקו באורך עשרה מטרים בכל אתר. למטה – מספר מושבות האלמוגים מנורמל 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.

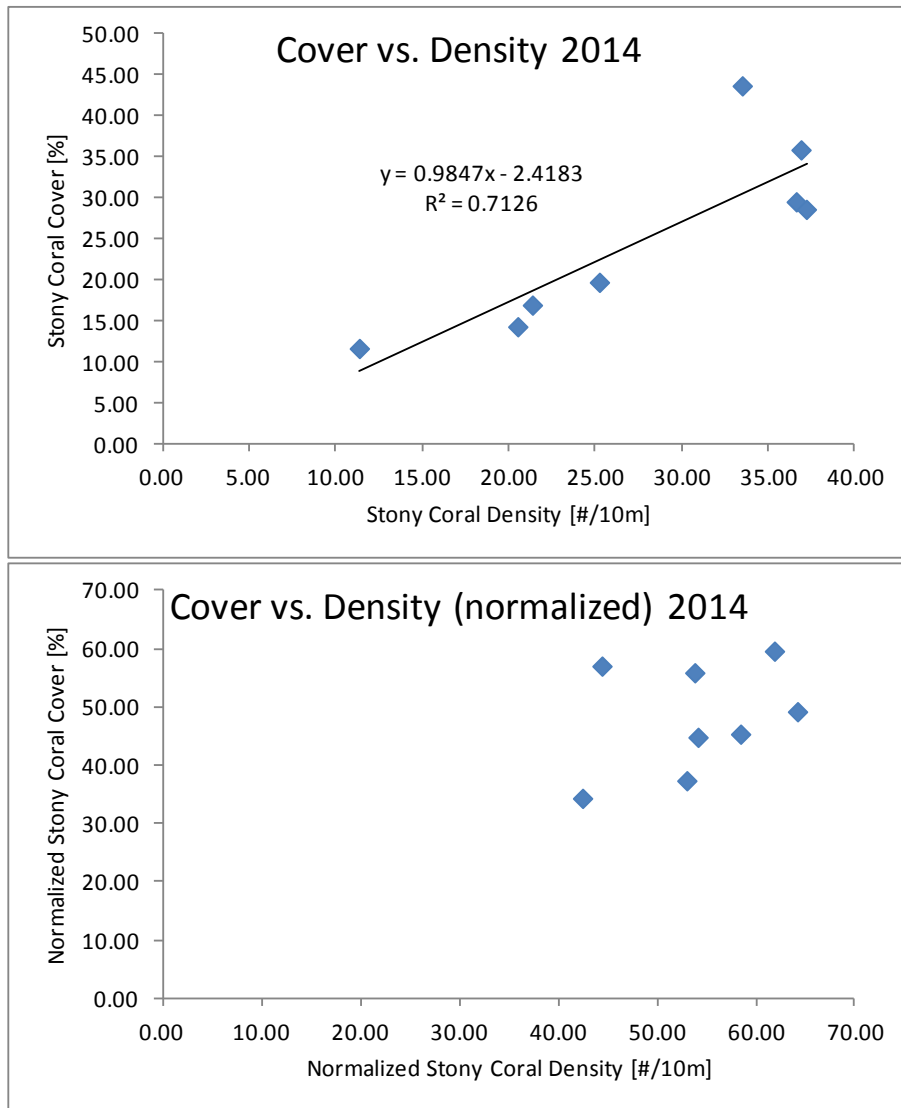
Coral Density



איור 8: שינויים בצפיפות ממוצעת של מושבות האלמוגים בשנים 2004-2014. ההבדל בין השנים עבור "אילת" (=כל האתרים) מובהק על פי תוצאות מבחן ANOVA למובהקות סטטיסטית.
Figure B8: The average density of coral colonies in the years 2004-2014. Annual values for "Eilat" (=All Sites) differ significantly in an ANOVA test (least square means).

השנה ההתאמה בין צפיפות המושבות (מספר מושבות בחתך ממוצע) ובין אחוז הכיסוי האלמוגים טובה יותר מאשר בשנה הקודמת ($R^2=0.71$ השנה, איור ב-9 למעלה, לעומת $R^2=0.35$ בשנת 2013). ההתאמה הטובה יותר השנה נובעת מהירידה באחוז הכיסוי באתר 5-NR שהיה אנומלי באחוז הכיסוי הגבוה כתוצאה ממצאותן של מושבות אלמוגים ענקיות. ההתאמה הטובה יותר השנה נובעת מכך שיחד עם הירידה באחוז הכיסוי אשר נמדדה באתר 5-NR השנה, נמדדה באתר זה עליה בצפיפות המושבות. שינויים אלה באתר 5-NR עשויים ללמד על הגורמים המגבילים את אחוז הכיסוי בשונית (ראו מטה בדיון).

גם את היחס בין כיסוי ובין צפיפות ראוי לבחון בעזרת נרמול הנתונים לפי אחוז המצע הקשה, הזמין להתיישבות, כפי שנעשה למעלה. כאן ההתאמה בין המשתנים נמוכה הרבה יותר ($R^2=0.12$, איור ב-9, למטה), אולם גם כאן ההתאמה מושפעת מאד מאתר 5-NR ובלעדיו נמצאת התאמה טובה יותר ($R^2=0.48$).



איור ב9: למעלה - צפיפות ממוצעת של מושבות האלמוגים כנגד אחוז כיסוי האלמוגים באתרי הדיגום. למטה - צפיפות מושבות האלמוגים כנגד אחוז כיסוי האלמוגים, מנורמלים לפי המצע הקשה באתרי 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 | Eilat |
| Transects | 17 | 13 | 19 | 20 | 13 | 11 | 18 | 15 | 30 | 52 | 44 | 126 |
| Stony coral | 29.5 | 28.6 | 43.7 | 11.6 | 35.9 | 19.7 | 14.3 | 16.9 | 28.2 | 29.4 | 16.5 | 25.0 |
| stdev | 5.5 | 6.5 | 13.2 | 5.2 | 11.4 | 4.3 | 5.8 | 4.9 | 5.9 | 17.7 | 5.5 | 11.3 |
| SE | 1.3 | 1.8 | 3.0 | 1.2 | 3.1 | 1.3 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 2.4 | 0.8 | 4.0 |
| CV | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.6 | 0.3 | 0.4 |
| Octocoral | 6.0 | 5.4 | 3.2 | 2.3 | 4.9 | 0.8 | 0.3 | 1.3 | 5.5 | 3.3 | 0.8 | 3.0 |
| stdev | 7.8 | 3.2 | 5.0 | 2.8 | 3.1 | 1.1 | 0.6 | 1.2 | 6.2 | 3.9 | 1.0 | 2.2 |
| SE | 1.9 | 0.9 | 1.1 | 0.6 | 0.9 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 1.1 | 0.5 | 0.2 | 0.8 |
| CV | 1.3 | 0.6 | 1.5 | 1.2 | 0.6 | 1.4 | 1.8 | 0.9 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 0.7 |
| GRV+Sand | 30.5 | 35.6 | 20.7 | 75.9 | 35.4 | 40.2 | 61.3 | 58.9 | 31.7 | 45.6 | 55.2 | 44.8 |
| stdev | 13.1 | 7.1 | 14.8 | 9.7 | 11.8 | 12.4 | 12.2 | 11.4 | 11.1 | 27.6 | 14.6 | 18.6 |
| SE | 3.2 | 2.0 | 3.4 | 2.2 | 3.3 | 3.7 | 2.9 | 2.9 | 2.0 | 3.8 | 2.2 | 6.6 |
| CV | 0.4 | 0.2 | 0.7 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.6 | 0.3 | 0.4 |
| Rock | 31.1 | 25.1 | 18.8 | 7.1 | 19.9 | 35.0 | 20.4 | 20.3 | 27.6 | 14.5 | 24.0 | 22.2 |
| stdev | 14.2 | 6.9 | 10.4 | 4.9 | 6.1 | 10.8 | 8.3 | 10.9 | 11.9 | 9.6 | 11.6 | 8.5 |
| SE | 3.4 | 1.9 | 2.4 | 1.1 | 1.7 | 3.3 | 2.0 | 2.8 | 2.2 | 1.3 | 1.7 | 3.0 |
| CV | 0.5 | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.7 | 0.5 | 0.4 |
| Dead Coral | 8.1 | 4.7 | 13.3 | 3.1 | 3.6 | 4.2 | 3.6 | 2.2 | 6.4 | 6.9 | 3.3 | 5.4 |
| stdev | 6.9 | 2.9 | 7.2 | 2.9 | 2.0 | 3.6 | 2.5 | 1.5 | 5.7 | 6.8 | 2.6 | 3.6 |
| SE | 1.7 | 0.8 | 1.7 | 0.7 | 0.5 | 1.1 | 0.6 | 0.4 | 1.0 | 0.9 | 0.4 | 1.3 |
| CV | 0.9 | 0.6 | 0.5 | 1.0 | 0.5 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | 1.0 | 0.8 | 0.7 |
| Normalized Cover | 44.8 | 49.2 | 57.0 | 55.9 | 59.6 | 34.3 | 37.3 | 45.3 | 45.2 | 57.2 | 39.3 | 47.9 |
| stdev | 9.3 | 10.3 | 11.4 | 19.0 | 9.9 | 7.6 | 9.2 | 13.3 | 9.8 | 14.4 | 11.2 | 9.2 |
| SE | 2.2 | 2.8 | 2.6 | 4.3 | 2.8 | 2.3 | 2.2 | 3.4 | 1.8 | 2.0 | 1.7 | 3.3 |
| CV | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.2 |
| Density | 36.6 | 37.2 | 33.5 | 11.4 | 36.9 | 25.3 | 20.6 | 21.4 | 35.7 | 25.9 | 22.0 | 27.9 |
| stdev | 10.7 | 4.7 | 8.9 | 5.2 | 12.4 | 7.5 | 7.6 | 5.0 | 8.5 | 14.5 | 6.9 | 9.7 |
| SE | 2.6 | 1.3 | 2.0 | 1.2 | 3.4 | 2.3 | 1.8 | 1.3 | 1.6 | 2.0 | 1.0 | 3.4 |
| CV | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.6 | 0.3 | 0.3 |
| Normalized Density | 54.2 | 64.3 | 44.5 | 53.9 | 61.9 | 42.5 | 53.1 | 58.5 | 56.7 | 52.5 | 52.3 | 54.1 |
| Stdev | 9.4 | 9.3 | 9.6 | 16.0 | 13.5 | 6.8 | 10.0 | 19.5 | 10.5 | 14.8 | 14.6 | 7.7 |
| SE | 2.3 | 2.6 | 2.2 | 3.6 | 3.8 | 2.0 | 2.3 | 5.0 | 1.9 | 2.1 | 2.2 | 2.7 |
| CV | 0.2 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.3 | 0.1 |

טבלה ב2: סיכום נתוני הכיסוי שנאספו בחתכי הקווים באתרי השוניית לאורך חופי המפרץ בשטח הניטור. הנתונים מוצגים כאחוזים הממוצעים שנמדדו בכל החתכים של אותו אתר (שילוב של מיקום ועומק) עם סטיית התקן, שגיאת התקן ומקדם השונות, מלבד "ממוצע אילת" המוגדר כממוצע האתרים. צפיפות ניתנת כמספר מושבות בחתך של 10 מטרים, "נירמול" 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

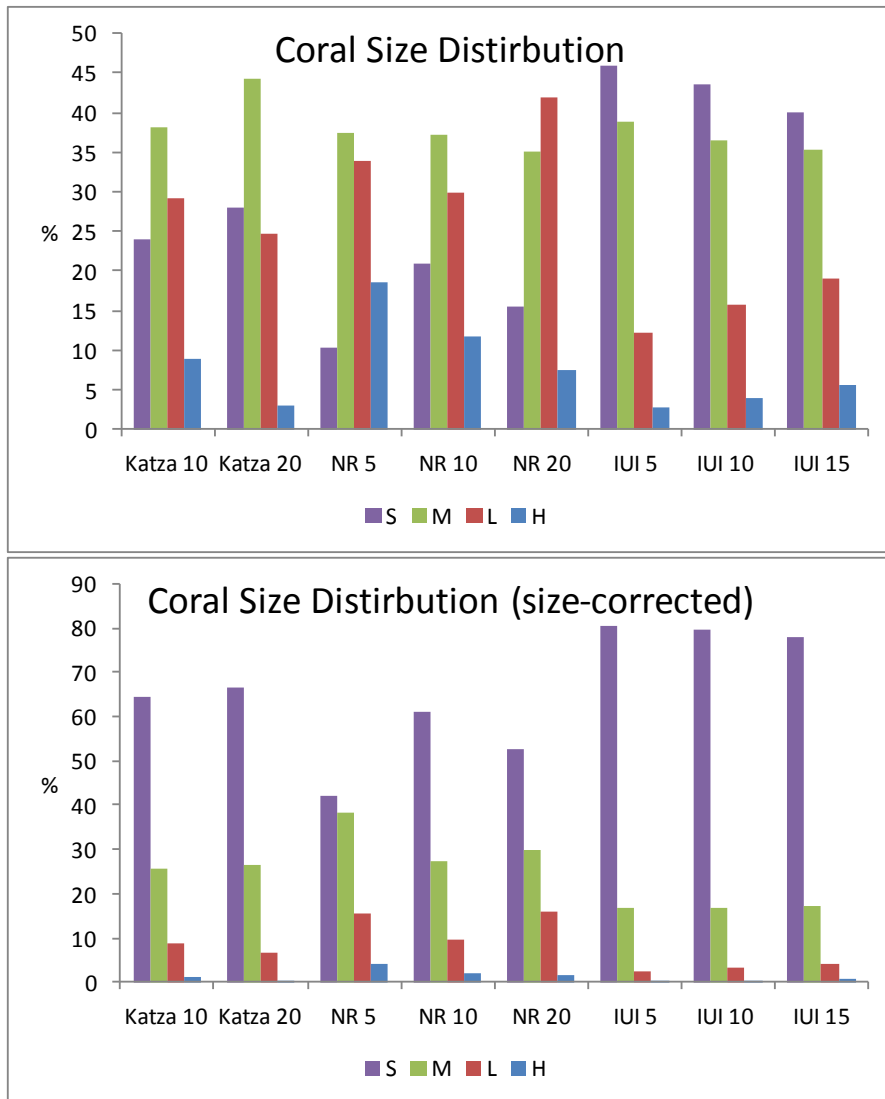
מושבות אלמוגים תחת סרט המדידה משויכות לאחת מקבוצות הגודל קטן >5 ס"מ; בינוני >15 ס"מ; גדול >30 ס"מ; ענק >30 ס"מ על פי הערכת הסוקר. בחלוקה זו לקבוצות גודל ישנם טווחי גודל שונים כאשר הקבוצה "ענק" מכילה כל מושבה גדולה מ-30 ס"מ. לכאורה, על מנת להציג התפלגות גדלי מושבות אלמוגים, צריך לפרק קבוצה זו לתת-קבוצות רבות אשר יגלמו טווחי גודל של 5-10 ס"מ בדומה לקבוצות האחרות. אולם מספר המושבות בקבוצת גודל זו קטן כל כך בהשוואה לקבוצות הגודל האחרות שלא ניתן יהיה במרבית האתרים להציגן על אותם צירים. יתרה מזו, עניין מרכזי הוא אחוז המושבות הקטנות מכלל מושבות האלמוגים, ולצורך כך אין חשיבות לתת-החלוקה של קבוצות הגודל הגדולות יותר.

בנוסף לכך השימוש בשיטת חתכי קו ליצירת התפלגות גודל מושבות סובלת מהטייה הנובעת מכך שלמושבות קטנות סיכוי קטן יותר להיכלל בסקר (Zvuloni et al. 2008). במילים אחרות: חלקן היחסי של מושבות קטנות הנספרות בסקר זה הוא קטן מחלקן היחסי באוכלוסיה. לפיכך, איור ב-10 מציג את התפלגות גדלי האלמוגים באתרים המנוטרים כפשוטה (למעלה) ואת ההתפלגות המתוקנת להטייה, המייצגת טוב יותר את המציאות (למטה). בהתחשב בתיקון ההטייה נראה שחלקן היחסי של מושבות האלמוגים הקטנות בערך כפול מחלקן בספירות עצמן.

מספר מושבות האלמוגים הלא-מעונפים גדול בערך פי 4 ממספר מושבות האלמוגים המעונפים. על כן התפלגות גדלי כל האלמוגים דומה במידה רבה להתפלגות הגדלים בקבוצת האלמוגים הלא-מעונפים (ראו דו"חות הניטור הקודמים). על ההפרדה בין שתי הקבוצות מקשה העובדה שבגודל הקטן קשה, לעיתים להבחין במופע המעונף, וישנם אלמוגים אשר להם מופעים בשתי הקבוצות.

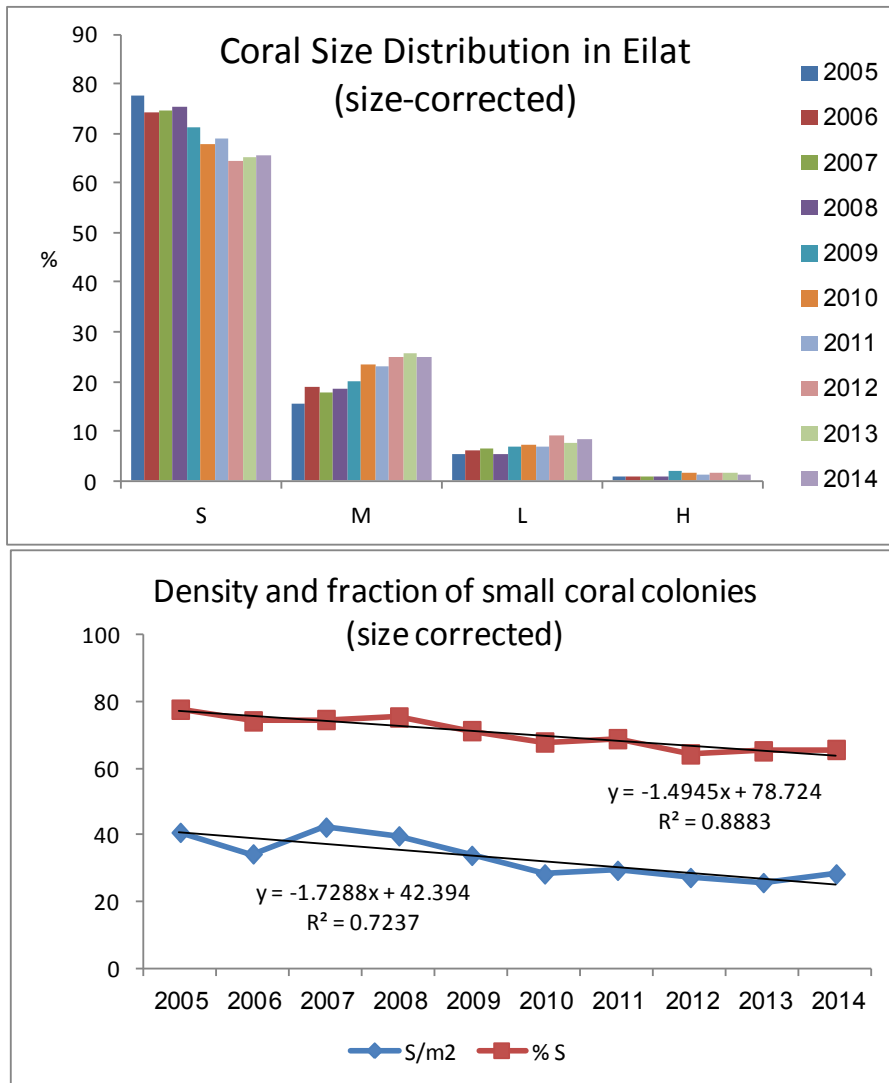
באתרי IUI חלקן של מושבות האלמוגים הקטנות גדול יותר מחלקן באתרי הניטור האחרים. באתר 5-NR חלקן של המושבות הקטנות הוא הקטן ביותר ובאתר 5-IUI חלקן הוא הגדול ביותר. על פי ספירת המושבות ב-5-IUI חלקן של המושבות הקטנות כפול מאשר חלקן באתר 5-NR, ובפועל, לאחר התיקון ההטייה, נמצא שחלקן של המושבות הקטנות ב-5-IUI גדול פי ארבע מאשר ב-5-NR (איור ב-10).

בשנות הניטור ישנה עליה בחלקה של קבוצת הגודל הבינוני וירידת-מה בקבוצת הגודל הקטן, בעיקר בשנים 2008-2012 (איור ב-11). בשנים האחרונות חלקן של המושבות הקטנות התייצב, והשנה נמצאה עליה קלה במספר המושבות הקטנות הממוצע ליחידת אורך (איור ב-11 למטה). הירידה בחלקן היחסי של המושבות הקטנות מאז 2007 נובעת ברובה מירידה במספר המושבות הקטנות בחתכי הסקר. נראה כי מאז שנת 2007 ישנו אבדן מושבות קטנות מהשונית, אם כתוצאה מתמותה או ממעבר לקבוצת גודל אחרת (גדילה), בקצב גדול מקצב ההתחדשות של המושבות האלה (גיוס). מאז 2011 תהליך זה התמתן, ויתכן כי השנה מסמנת תחילתו של היפוך במגמה זו.



איור 10: התפלגות גודל מושבות האלמוגים באתרים הנסקרים. חלוקת הגדלים לפי המפתח הבא: Small >5 ס"מ; Medium >15 ס"מ; Large >30 ס"מ; Huge >30 ס"מ. הערכים הם אחוזים מסך המושבות מאותה קבוצה באתר. למעלה – התפלגות גדלי המושבות הנספרות; למטה – התפלגות הגדלים לאחר תיקון ההטיה המובנית לספירות 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).



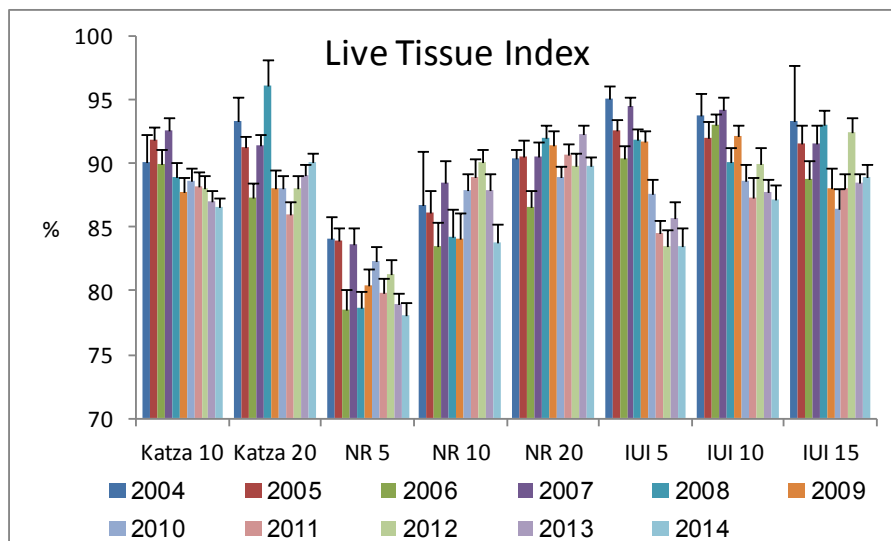
איור ב11: למעלה: שינויים בהתפלגות הממוצעת של קבוצות הגודל (מתוקן להטיית הספירה בחתכי קו) בכל האתרים בין השנים 2005 ו-2014. חלוקת הגדלים לפי המפתח הבא: Small > 5 ס"מ; 5 ס"מ < Medium < 15 ס"מ; 15 ס"מ < Large < 30 ס"מ; Huge > 30 ס"מ. למטה: שינויים בצפיפות המושבות "הקטנות" בשנות הניטור (מתוקן להטיית ספירה ומנורמל למטר רבוע).

Figure B11: Top: Changes in the average size frequency distribution (corrected for transect based count bias) of coral colonies between 2005 and 2014. 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 כמדד ל"בריאותו". מדד זה, להלן Live Tissue Index (LTI) נמדד עבור כל אחד מאלפי האלמוגים הנכללים בחתכי הקו בשונית, על ידי קביעה ויזואלית (על ידי הצולל הסוקר) של אחוז השטח של שלד המושבה המכוסה ברקמה חיה. למרות שאומדן אחוז הרקמה החי במושבה הוא איכותי, כמות המושבות המשתתפות בסקר (אלפים), העובדה ששגיאת ההערכה עשויה להיות לשני הכיוונים, והמשמעות הקטנה של שגיאת הערכה בסדר של 10% לגבי ממוצע כל המושבות, מבטיחה מדד אמין. על מנת לוודא כי האומדן הוויזואלי על ידי כל דוגם אכן מדויק בטווח של 10%, וכי אין הטיה מגמתית בהערכה, ערכנו בשנת 2008 ניסוי מבוקר להערכת דיוק השיטה. תוצאות הניסוי (התוכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, דו"ח מדעי 2008, נספח 3ז) מצביעות על דיוק גדול בהרבה מהצפוי. צוות הניטור אשר השתתף בניסוי הוא גם הצוות הקבוע העורך את הסקרים ועובדה זו מוסיפה ביטחון בממצאי המדד.

גם השנה, כמו בכל השנים הקודמות, האתר בו מדד הרקמה החיה לבריאות אלמוגים נמוך ביותר היה 5-NR (78%). באתר זה מדד הרקמה החיה נמוך במיוחד עקב ריבוי המושבות הגדולות והענקיות בו, מושבות שגילן כנראה רב יותר ולכן אחוז הפגיעה ברקמותיהן מהווה סכימה (אינטגרציה) של שנים רבות. המדד הגבוה ביותר נמצא באתר 20-Katza (90.1%, נמוך מהערך המרבי של השנה הקודמת שעמד על 92.3% באתר 20-NR). ברוב שאר האתרים הערכים נעים בין 83% ל-89% (איור 12). מעקב מדד בריאות האלמוגים בכל אתר יעיל יותר להשוואת שינויים בזמן, ופחות להשוואה בין אתרים. השנה נצפתה ירידה קלה בהשוואה לשנה הקודמת בששה מתוך שמונה האתרים הנסקרים.

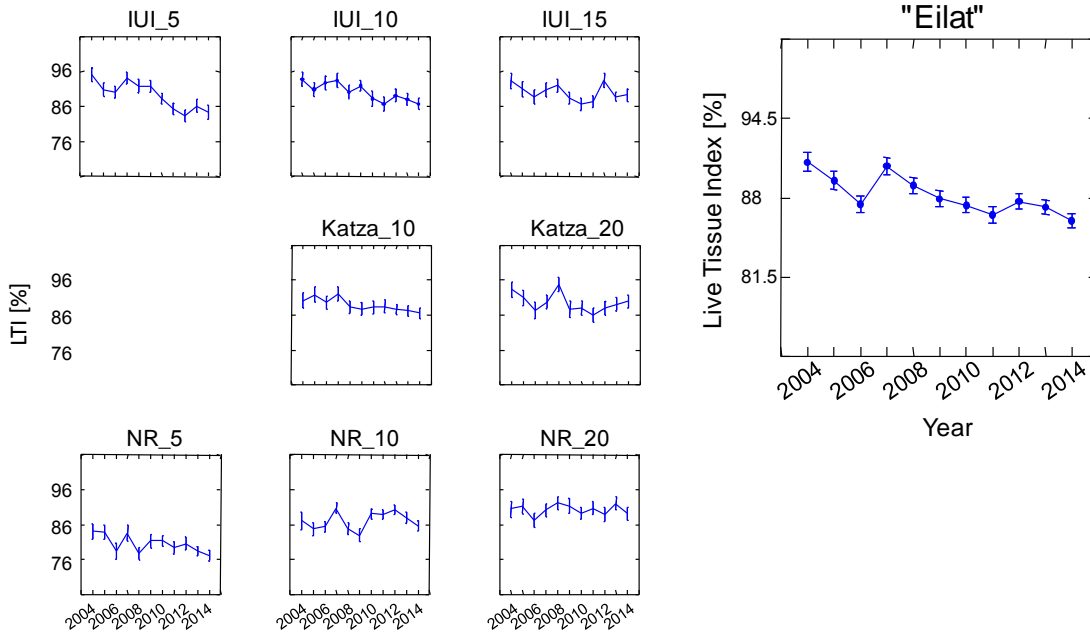


איור 12: מדד אחוז הרקמה החיה של אלמוגים באתרים השונים. המדד מוגדר כממוצע באתר של אחוז השטח החי/בריא מסך השטח של כל מושבת אלמוגים חיה.

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 אילת נצפית בשנות הניטור ירידה בערך מדד הרקמה החיה הממוצע של כל האתרים (איור 13). ירידה זו אינה רציפה ובשנים 2007 ו-2012 נצפתה עלייה בערך המדד, אולם המגמה הכללית היא של ירידה. השינוי בערך מדד הרקמה החיה באלמוגים בין השנים הינו מובהק. יתכן כי הירידה המתמשכת קשורה בעלייה בגודל המושבות ברוב האתרים, אשר כאמור למעלה מייצגות זמן רב יותר ופוטנציאל גבוה יותר לפגיעה חלקית ברקמה.

Coral Health: Live Tissue Index



איור ב13: השינוי במצב האלמוגים על פי האחוז הממוצע של רקמה חיה במושבות אלמוגים (LTI) באילת בשנים 2004-2014.

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 2004-2014.

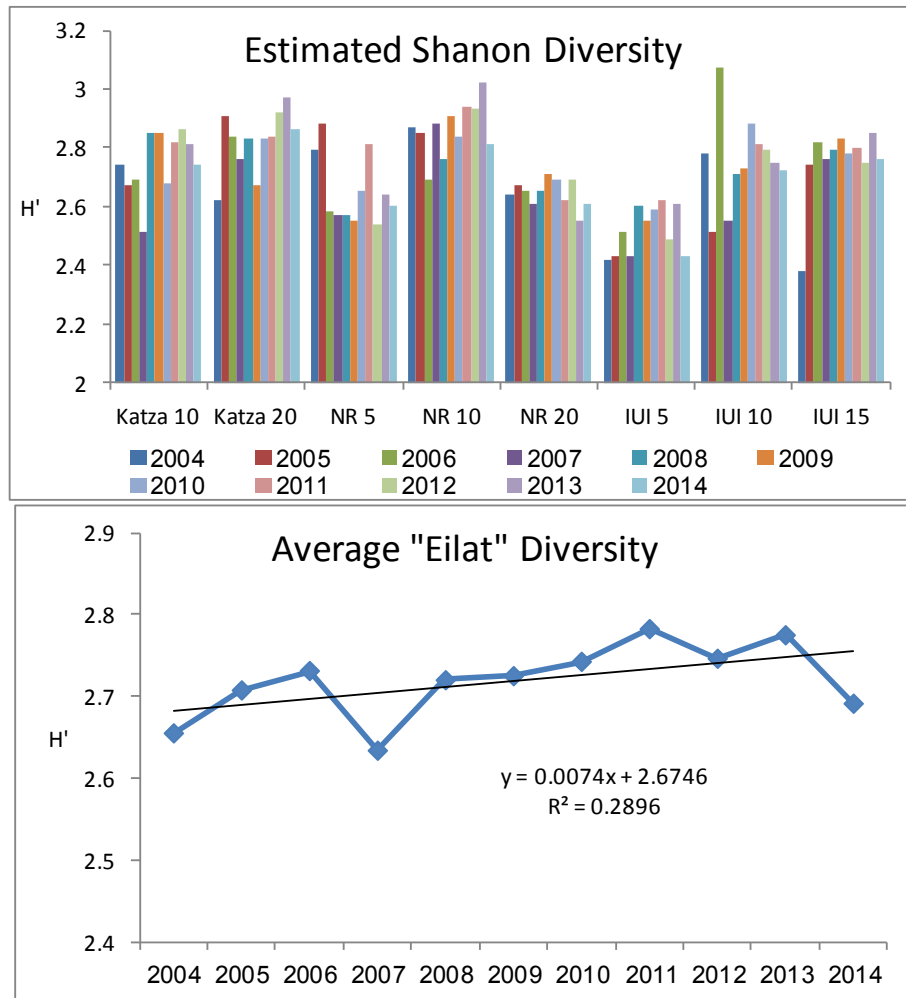
מדד רקמה חיה נמוך צפוי באתרים בהם האלמוגים גדולים, מכיוון שתמותה חלקית פוגעת באלמוגים גדולים ובוגרים יותר מאשר באלמוגים קטנים/צעירים – אולי מכיוון שאלמוגים קטנים ימותו עם הפגיעה ולא יכללו במדד, או כי ההסתברות לפגיעה והצטברות של פגיעות עולה עם הגיל.

מגוון מינים

מגוון המינים מוערך לפי מדד Shannon-Wiener (H') על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005). בתכנה זו מחושב מגוון המינים לאתר על ידי צבירת נתוני כל חתך עד לקבלת הערכה הנסמכת על מספר החתכים המקסימלי שנעשה, תוך התחשבות במינים נדירים (ראו דיון מפורט בדרכים להערכת מגוון המינים בדו"ח הניטור 2006). התוצאות (איור 14) ניתנות כהערכת מגוון המינים עבור כל אתר בשלמותו בהסתמך על נתוני חתכי הקו והישובי 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 גבוה מעט מהערך המבוסס על שטח.

המגוון הנמוך ביותר נמצא השנה באתר IUI-5 ($H'=2.43$), נמוך מהערך המזערי של השנה הקודמת, 2.55 (באתר NR-20). המגוון הגבוה ביותר חושב גם השנה עבור Katza-20 ($H'=2.86$), מעט נמוך מאשר בשנה הקודמת). מכיוון שמדד Shannon-Wiener מושפע מאד ממידת האחידות (evenness) של אלמוגים מסוגים שונים נמצא מגוון גבוה באתרים בהם הכתמיות גדולה. אנליזה רבת מימדים להרכב החברה באתרים השונים נעשתה בעבר (ראו הדו"ח המדעי של תכנית הניטור לשנת 2012) ומצאה שלכל אתר מאפיינים ייחודיים מבחינת הרכב סוגי האלמוגים בו, לבד אולי מאתר השמורה בעומק 20 מ' הדומה למדי לאתרי קצא"א.

חישוב מדד המגוון של Shannon-Wiener ב"שונות אילת" כממוצע כל האתרים הראה מגמה חלשה של עלייה במגוון לאורך שנות הניטור עד לשנה זו, בה נמצאה ירידה במגוון (איור 14, למטה).

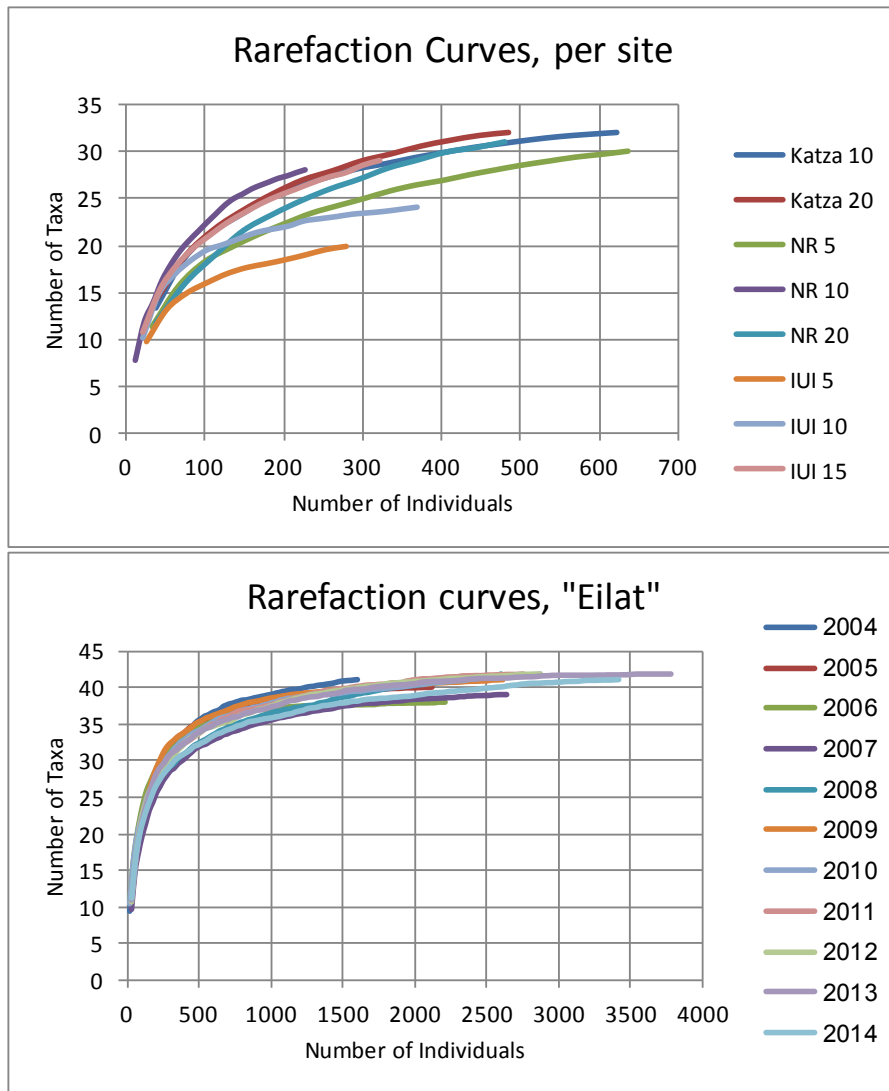


איור ב14: מגוון הסוגים הממוצע של אלמוגים לפי מדד Shannon-Wiener, כפי שהוערכו עבור כל אתר על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005 ;<http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>). למעלה- מדד המגוון עבור כל אתר לאורך שנות הניטור. למטה- מדד Shannon-Wiener הממוצע בכל האתרים לאורך שנות הניטור.

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 לוקח בחשבון הן את עושר המינים (richness) והן את מידת האחידות (evenness) במפזר, וכך שם משקל גם על נוכחותם/העדרם של מינים נדירים. מדד זה טוב לשם השוואה בין השנים או בין אתרים, אולם לערכו המספרי אין משמעות ממשית. כך קשה לדעת מה משמעותו של הפרש הערכים מלבד הידיעה האיכותית שמדד גבוה טוב יותר ממדד נמוך. לפיכך נבחנת סוגיית המגוון גם באמצעות עקומות צבירה (rarefaction) של פרטים מול סוגים (איור ב15). עקומות הצבירה מראות תמונה שיש לה יותר משמעות פיסית. ככל שהעקומה תלולה יותר כך האחידות גדולה יותר, ככל ששיא העקומה גבוה יותר כך עושר המינים גדול יותר, וככל שסוף העקומה אופקי יותר כך נראה כי מאמץ הדיגום ממצה את הפוטנציאל של השטח הנדגם. בחינה של תוספת מאמץ לדיגום והשפעתה על עקומות הצבירה נעשתה בשנה הקודמת (ראו דו"ח הניטור לשנת 2013). בהשוואה בין האתרים השונים (איור ב15, למעלה) ניתן לראות כי האתר IUI-5 בעל התוחלת הנמוכה ביותר של טקסונים (מספר הטקסונים הצפוי להדגם במאמץ דיגום מוגבל, למשל ספירה אקראית של 100 או 200 פרטים), ואילו באתר NR-10 התוחלת היא הגבוהה ביותר. ממצאים אלה תואמים את התמונה המתקבלת ממדד המגוון של Shannon-Wiener.

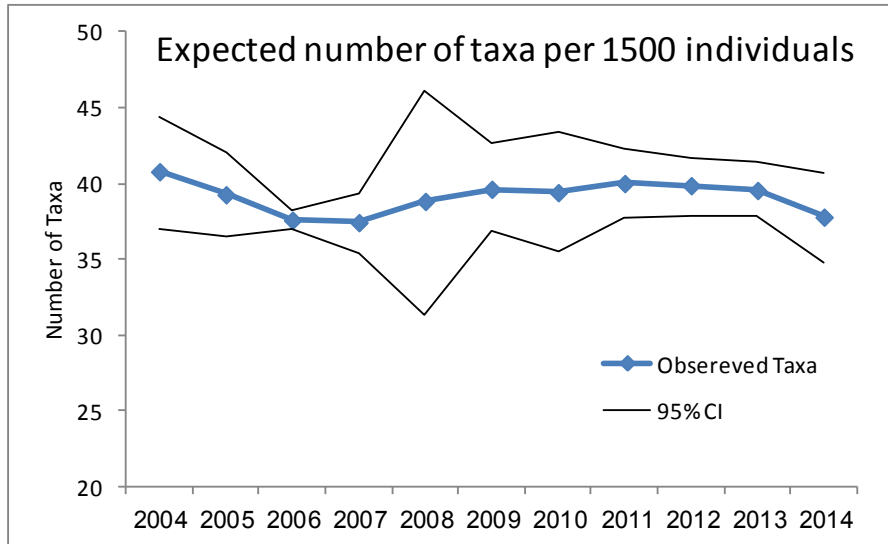
באתרי קצא"א נמצא עושר האלמוגים הגדול ביותר, 32 סוגי אלמוגים, ובאתר 5-IUI נמצאו בסך הכל 20 סוגי אלמוגים. השנה נמצאו בסך הכל בכל האתרים 41 סוגי אלמוגים, לעומת 42 בשנה הקודמת. בהשוואה בין השנים של כל נתוני המגוון (ספירת מושבות) אשר נאספו על ידי תכנית הניטור נראה כי ההבדלים בין השנים קטנים ומאמץ הדיגום הכללי בהחלט ממצה את עושר האלמוגים ב"שוניות אילת". תוחלת עושר המינים הייתה נמוכה ביותר בשנתיים 2006-2007. לפני כן הייתה מעט גבוהה יותר, ובשנים האחרונות התוחלת שוב עלתה והתייצבה. השנה שוב נמצאת ירידה קלה במגוון המינים הכללי (איור ב15, למטה).



איור ב15: עקומות צבירה של מספר הטקסונים מול מספר המושבות כפי שהושבו על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005; <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>). למעלה - עקומות צבירה עבור כל אתר בשנת הניטור 2013. למטה - עקומות צבירה עבור "שוניות אילת" 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 2013; bottom- curves for "Eilat reefs" since 2004.

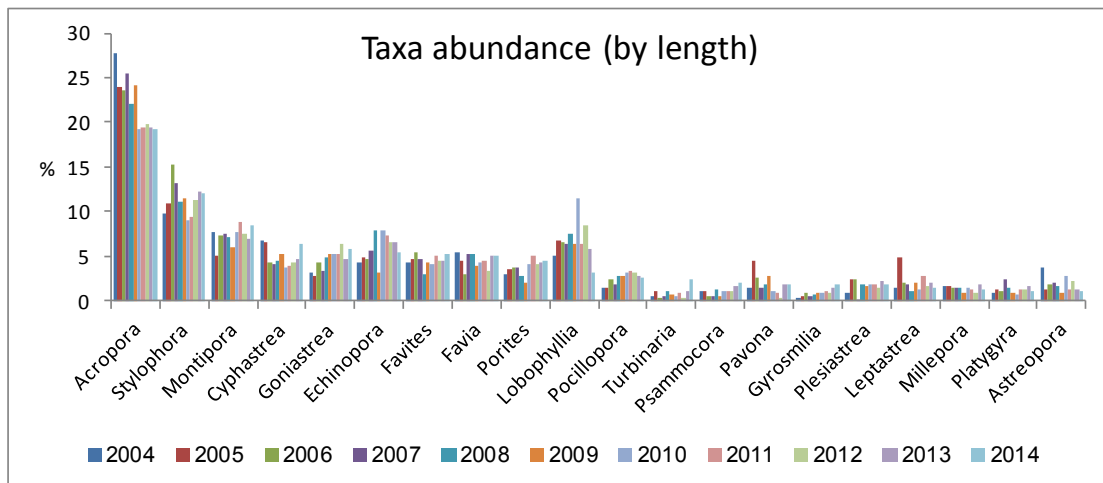
מספר סוגי האלמוגים הצפוי להתקבל בספירה אקראית של אלף וחמש מאות מושבות אלמוגים ב"שוניות אילת", בהתבסס על עקומות הצבירה, לא השתנתה באופן מובהק מאז שנת 2004, אך השנה נראית ירידה קלה גם בערך זה (איור ב16).



איור ב16: השינוי במספר הטקסונים הצפוי להתקבל בספירת 1500 מושבות מאז שנת 2004, מתוך עקומות הרפרקציה של "שוניות 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 סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר בשטח הניטור מופיעים באיור ב17 לפי סדר אחוז הכיסוי של סוגים אלה ביחס לכלל האלמוגים בשנת 2014. נראה כי למרות שאלמוגי *Acropora* מהווים את חלק הארי מסך הכיסוי של אלמוגים חיים (19.2% השנה, בדומה לשנים האחרונות), חברת האלמוגים באילת מגוונות ואין בה סוג דומיננטי באופן בולט. בשנות הניטור הראשונות, עד לשנת 2009 היה חלקם של אלמוגי *Acropora* גדול יותר, סביב 25%. בהשוואה לשנים הקודמות נראה כי אין שינוי משמעותי בהרכב החברה. השנה נסקרו 41 סוגי אלמוגים באילת, ועשרים האלמוגים הנפוצים ביותר מהווים 93.5% (לפי אורך נמדד על סרט המדידה) מכלל האלמוגים באילת. נתונים אלה דומים לנתוני השנים האחרונות. עובדה זו מדגישה את חשיבותם של המינים הנדירים בקביעת מדדי עושר ומגוון המינים בשוניות של אילת.



איור ב17: עשרים האלמוגים הנפוצים ביותר בשוניות אילת בשנים 2004-2013, מסודרים לפי סדר התפוצה בשנת 2014.

Figure B17: The twenty most abundant coral taxa in the reefs of Eilat in the years 2004-2013, arranged according to their abundance in 2014.

טבלה ב3 מציגה את עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים בשטח הניטור ואת אחוזי הכיסוי שלהם בכל אתר. בטבלה זו מופעל קריטריון של אחוז הכיסוי מסך השטח הנמדד וכך 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> | 6.91 | 4.03 | 7.61 | 2.99 | 9.25 | 2.83 | 2.39 | 2.76 | 3.86 | 10.82 | 2.22 | 4.85 |
| <i>Stylophora</i> | 3.87 | 3.56 | 4.39 | 1.04 | 1.34 | 3.97 | 1.84 | 2.67 | 2.55 | 4.05 | 2.25 | 2.84 |
| <i>Montipora</i> | 2.94 | 3.96 | 2.12 | 1.01 | 6.21 | 0.42 | 0.59 | 1.25 | 2.30 | 4.70 | 0.65 | 2.31 |
| <i>Echinopora</i> | 1.60 | 2.18 | 6.87 | 0.32 | 2.68 | 0.05 | 0.37 | 0.42 | 1.26 | 5.72 | 0.26 | 1.81 |
| <i>Goniastrea</i> | 1.91 | 1.12 | 3.76 | 0.74 | 1.84 | 1.90 | 0.66 | 0.31 | 1.07 | 3.68 | 0.72 | 1.53 |
| <i>Cyphastrea</i> | 2.16 | 0.88 | 1.07 | 0.38 | 1.93 | 2.92 | 1.65 | 0.67 | 1.09 | 1.77 | 1.38 | 1.46 |
| <i>Lobophyllia</i> | 0.80 | 0.27 | 8.73 | 0.07 | 0.42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.39 | 5.75 | 0.00 | 1.28 |
| <i>Favites</i> | 2.13 | 1.99 | 0.35 | 0.42 | 2.18 | 0.96 | 1.03 | 0.84 | 1.41 | 1.44 | 0.80 | 1.24 |
| <i>Porites</i> | 1.32 | 1.21 | 0.88 | 0.21 | 3.59 | 0.00 | 0.64 | 1.65 | 0.87 | 2.25 | 0.70 | 1.19 |
| <i>Favia</i> | 0.76 | 0.90 | 0.55 | 0.87 | 0.42 | 2.34 | 0.83 | 1.30 | 0.56 | 1.11 | 1.16 | 1.00 |
| <i>Psammocora</i> | 0.71 | 1.42 | 0.27 | 0.07 | 2.34 | 0.00 | 0.00 | 0.21 | 0.70 | 1.23 | 0.06 | 0.63 |
| <i>Pavona</i> | 0.84 | 2.63 | 0.13 | 0.05 | 0.50 | 0.00 | 0.11 | 0.07 | 1.10 | 0.33 | 0.06 | 0.54 |
| <i>Turbinaria</i> | 0.05 | 0.09 | 1.09 | 1.26 | 0.00 | 0.82 | 0.03 | 0.31 | 0.05 | 1.53 | 0.28 | 0.46 |
| <i>Plesiastrea</i> | 0.15 | 0.98 | 0.27 | 0.15 | 1.15 | 0.37 | 0.24 | 0.27 | 0.35 | 0.77 | 0.24 | 0.45 |
| <i>Pocillopora</i> | 0.24 | 0.20 | 0.04 | 0.54 | 0.20 | 0.62 | 0.90 | 0.85 | 0.15 | 0.47 | 0.69 | 0.45 |
| <i>Mycedium</i> | 0.38 | 0.29 | 2.27 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.23 | 1.45 | 0.00 | 0.37 |
| <i>Gyrosmlia</i> | 0.00 | 0.12 | 0.00 | 0.04 | 0.07 | 0.00 | 0.81 | 1.44 | 0.03 | 0.05 | 0.69 | 0.31 |
| <i>Platygyra</i> | 0.35 | 0.12 | 0.85 | 0.22 | 0.39 | 0.39 | 0.02 | 0.10 | 0.17 | 0.85 | 0.12 | 0.30 |
| <i>Leptastrea</i> | 0.36 | 0.31 | 0.28 | 0.22 | 0.15 | 0.45 | 0.40 | 0.22 | 0.23 | 0.39 | 0.30 | 0.30 |
| <i>Goniopora</i> | 0.46 | 0.59 | 0.94 | 0.02 | 0.04 | 0.11 | 0.11 | 0.01 | 0.35 | 0.63 | 0.06 | 0.29 |
| Stony corals | 29.50 | 28.60 | 43.67 | 11.63 | 35.86 | 19.70 | 14.28 | 16.92 | 19.85 | 50.95 | 13.99 | 25.02 |

טבלה ב3: עשרים האלמוגים הנפוצים (לפי אחוז כיסוי) בשטח הניטור, ואחוז הכיסוי הממוצע שלהם בכל אחד מאתרי הניטור.

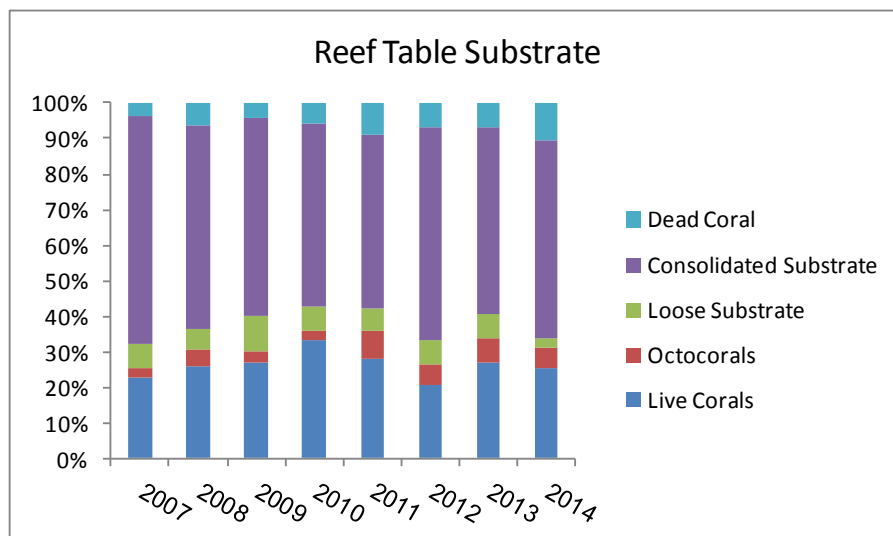
Table B3: The twenty most abundant corals (% cover) in the monitored area and their average cover in each site as a percent of the total transect length at each site.

שולחן השונית

שולחן השונית מהווה אזור ייחודי בשונית, אשר לו חשיבות גדולה בהיותו הנראה ביותר והנלמד ביותר בעבודות קודמות, אשר סקרו את שונית האלמוגים באילת. במסגרת תכנית הניטור נסקר שולחן השונית בחלקה הדרומי, הסגור למבקרים, של שמורת חוף אלמוג. זהו אתר שונה במהותו משאר אתרי הניטור בשונית, המצויים כולם באזורי "קידמת שונית", בהיותו מושפע משפלים קיצוניים ומסערות. שולחן השונית גם חשוף ביותר לפגיעה פיסית על ידי מבקרים, חפצים הצפים בים וכלי שיט, אם כי סגירת חלקה הדרומי של השמורה למבקרים מקטין את ההשפעות הללו.

עם הקמתה של תחנת המדידה המטאורולוגית במזח המכון הבינאוניברסיטאי על ידי תכנית הניטור בספטמבר 2006 ניתן לעקוב אחר הגאות והשפל, ועצמת הרוחות וכיוונן ("סערות" במפרץ לרוב מאופיינות ברוח הזקה מכיוון דרום) וכך להוסיף מידע שהיה חסר בעבר לפירוש תצפיות הנוגעות לשולחן השונית. סקרי שולחן השונית במסגרת תכנית הניטור החלו בשנת 2007.

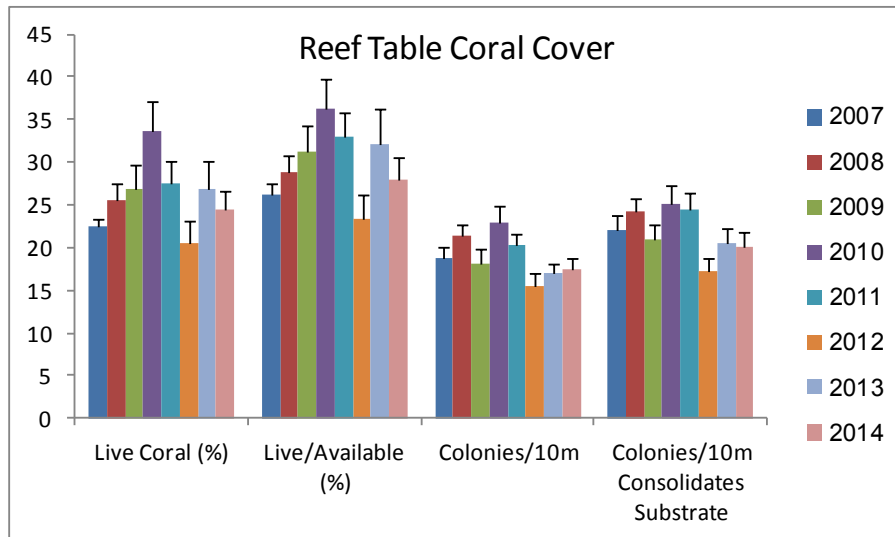
אופיו השונה של שולחן השונית ניכר בין היתר בהתפלגות סוגי התשתית שבו. סלע שונית מלוכד מהווה את רב שיטחו של שולחן השונית (איור 18). בניגוד לאתרי קידמת השונית, שם האחוז הגבוה ביותר של סלע מלוכד חשוף שנמדד השנה הוא כ-35% (באתר 5-IUI), בשולחן השונית שטח הסלע המלוכד החשוף אשר נמדד השנה הוא כ-53% ואילו אחוז הקרקע הלא מלוכדת כ-2.5% בלבד (נמוך מאשר בשנים הקודמות). כתוצאה מכך ההבדל בין אחוז הכיסוי החי לאחוז הכיסוי המנורמל (מתוך סך המצע הקשה) בשולחן השונית אינו גדול.



איור 18: אחוזי הכיסוי המצטברים של אלמוגים, חול, סלע, ואלמוגים מתים. האחוזים הם ממוצעים מתוך כל חתכי הקו.

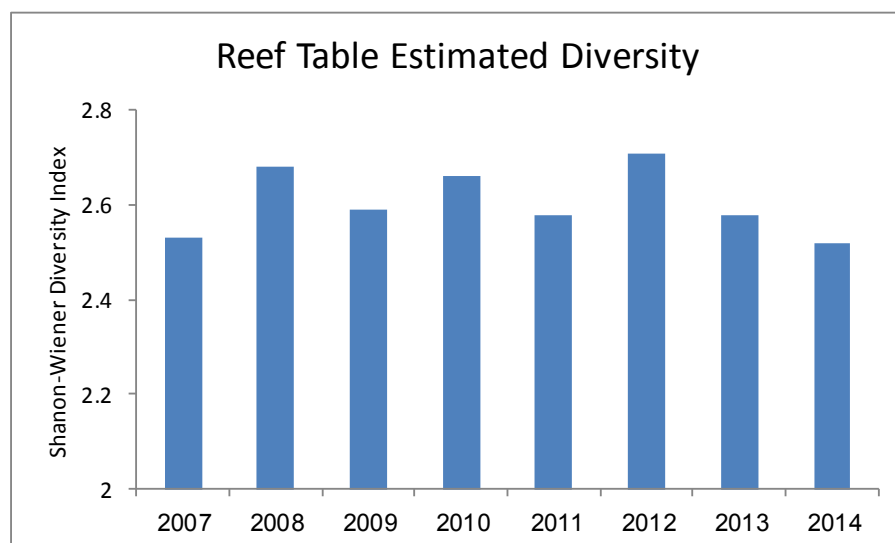
Figure B18: Cumulative percent cover of live corals, sand, rock and dead corals. Values are averages of line transect values.

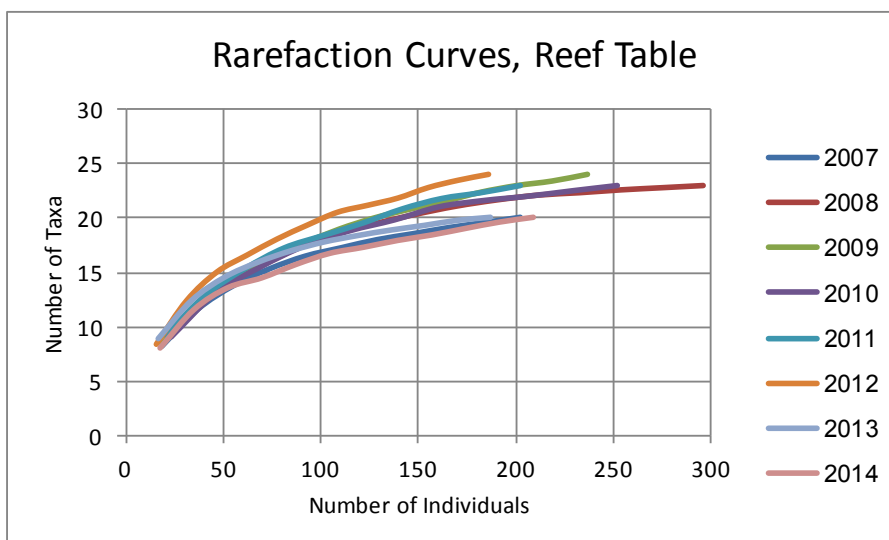
השנה נמדדה ירידה בכיסוי אלמוגי האבן החיים בשולחן השונית - הכיסוי השנה 24.4%, והכיסוי המנורמל 28%, ובשנה הקודמת נמדדו 27% ו-32%, בהתאמה. יחד עם זאת ערכים אלה עדיין גבוהים מערכי שנת 2012 בה נמדדו הערכים הנמוכים ביותר עד כה (איור 19).



איור ב19: אחוז כיסוי האלמוגים וצפיפות מושבות בשולחן השוני מאז שנת 2007.
Figure B19: Percent cover of live corals and density of coral colonies on the reef table since 2007.

מגוון המינים לפי מדד Shanon-Wiener כפי שמוערך על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005) היה השנה 2.52, ערך נמוך בהשוואה לשנתיים הקודמות (2.71 ב-2012 ו-2.58 בשנת 2013). זהו הערך הנמוך ביותר שנמדד מאז תחילת ניטור השולחן ב-2007 (איור ב20). עקומת הצבירה של טקסונים בשולחן השוני השנה נמוכה מעט, ודומה לעקומה של שנת 2007 (איור ב20, למטה). בכל השנים נראה כי מדד המגוון בשולחן השוני, ובעיקר עושר המינים שם, נמוך מהערך הממוצע באתרי קדמת השוני (ראו למעלה). עובדה זו צפויה, עקב התנאים האחידים והקיצוניים יותר בשולחן השוני. בשולחן השוני נמצאו השנה 20 סוגים של אלמוגי אבן לעומת 42 בכל אתרי קדמת השוני. עשרים אלמוגי האבן הנפוצים בשולחן השוני השנה מוצגים כנגד עשרים המינים הנפוצים ביותר באתרי קדמת השוני בטבלה ב4. רוב האלמוגים הנפוצים מצויים בשני בתי הגידול (15 מתוך 20), אך ישנם הבדלים חשובים. בפרט ראוי לציין כי האלמוגים הנפוצים *Acropora* ו-*Stylophora*, אשר להם הכיסוי הרב ביותר באתרי קדמת השוני, נמצאים במקום השלישי והשביעי (בהתאמה) בשולחן השוני. עובדה זו מצביעה על פגיעה בסוגים אלה בשולחן השוני. בפרט ניכרת ירידה בתפוצתו של האלמוג *Stylophora* בהשוואה לשנה הקודמת. יחד עם זאת אלה אלמוגים שיחניים המהירים לצמוח וגודל אוכלוסייתם משתנה מאד בין השנים, כך שלא ברור האם ישנה כאן תופעה מדאיגה.





איור ב20: למעלה – מדד Shanon-Wiener למגוון המינים של אלמוגי אבן בשולחן השוניית מאז שנת 2007. למטה – עקומות צבירה למספר סוגי האלמוגים בשולחן השוניית 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>Porites</i> | <i>Echinopora</i> |
| 5 | <i>Millepora</i> | <i>Goniastrea</i> |
| 6 | <i>Favia</i> | <i>Cyphastrea</i> |
| 7 | <i>Stylophora</i> | <i>Lobophyllia</i> |
| 8 | <i>Pocillopora</i> | <i>Favites</i> |
| 9 | <i>Favites</i> | <i>Porites</i> |
| 10 | <i>Cyphastrea</i> | <i>Favia</i> |
| 11 | <i>Acanthastrea</i> | <i>Psammocora</i> |
| 12 | <i>Galxea</i> | <i>Pavona</i> |
| 13 | <i>Hydnophora</i> | <i>Turbinaria</i> |
| 14 | <i>Lobophyllia</i> | <i>Plesiastrea</i> |
| 15 | <i>Plesiastrea</i> | <i>Pocillopora</i> |
| 16 | <i>Leptastrea</i> | <i>Mycedium</i> |
| 17 | <i>Seriatopora</i> | <i>Gyrosmlia</i> |
| 18 | <i>Pavona</i> | <i>Platygyra</i> |
| 19 | <i>Montipora</i> | <i>Leptastrea</i> |
| 20 | <i>Goniastrea</i> | <i>Goniopora</i> |

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

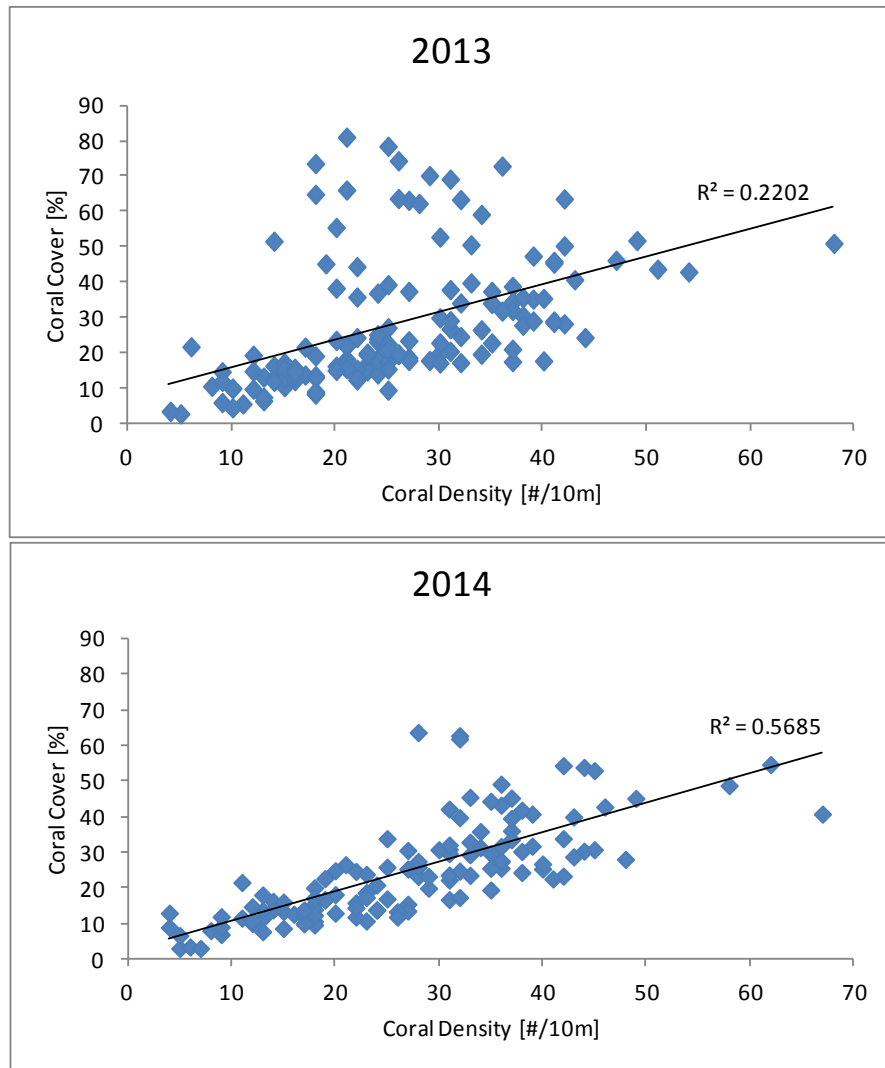
ניטור מצב השוניות באילת מבוצע באמצעות מספר סקרים אקולוגיים המותאמים לסביבות ומטרות שונות. חלק הארי של הסקר האקולוגי מבוצע באתרי קדמת השונית ושולחן השונית בשיטת חתכי הקו. חלקים נוספים, אשר ידונו בהמשך, הם סקר אזור הלגונה, המבוצע בשיטה של ריבועי דיגום סדורים, וצילום אתרים קבועים בשונית. אפיון סטטיסטי של אתרי השונית באמצעות סקרים בשיטת חתכי הקו מצביע על מצב השונית בכל אתר, ואינו מתייחס לגורלה של מושבת אלמוגים זו או אחרת. חזרה על הסקרים באופן סדיר לאורך תקופה ארוכה מאפשרת מעקב אחר שינויים בזמן של מאפייני חברת שונית האלמוגים בשוניות הנמצאות בשטח ישראל. מדידה לאורך חתכים קווים יעילה במיוחד למדידת מאפיינים הקשורים לשטח (אחוזי כיסוי, התפלגות מצע וכד'), ופחות יעילה במיוחד למדידת על ספירה (התפלגות גדלים, צפיפות מושבות וכד') עקב ההטיה המובנית כנגד מושבות בגודל קטן (Zvuloni *et al.*, 2008).

התפתחות טבעית של "שונית" וכך גם השינויים במאפייני שונית שאינם תוצאה של הפרעה מסיבית הינם תהליכים איטיים ולא בהכרח מונוטוניים. השונות הרבה בתוך האתרים וביניהם, הן בסביבה הפיסית והן בחברת האלמוגים, עלולה למסך את יכולתנו הסטטיסטית לאבחן מגמות קלות, לא קיצוניות. יחד עם זאת נתוני תכנית הניטור יוצרים תמונה אקולוגית של שוניות אילת מדי שנה, והשוואת הנתונים בין השנים נועדה לאבחן ולהתריע על מצבי קיצון והתפתחויות מדיניות, כמו גם לגלות מחזוריים טבעיים ארוכי-גל או מגמות שינוי איטיות. עם הצטברות הנתונים משנה לשנה משתפרת יכולת האבחון הסטטיסטית.

בין האתרים הנסקרים בתכנית ישנם הבדלים מובנים גדולים כתוצאה מהבדלי העומק, הבדלים בסוג המצע והבדלים אוקינוגרפיים הנובעים ממיקומם השונה של האתרים. להבדלים טבעיים אלה השפעה גדולה וראשונית על אופי השונית בכל אחד מהאתרים הנסקרים. הממצע המכונה כאן "שוניות אילת" הוא ישות סטטיסטית לצורכי השוואה בין שנים ובין מקומות אחרים בעולם, אולם – כדרכם של ממוצעים – אינו מייצג אף אחד מהאתרים בנפרד.

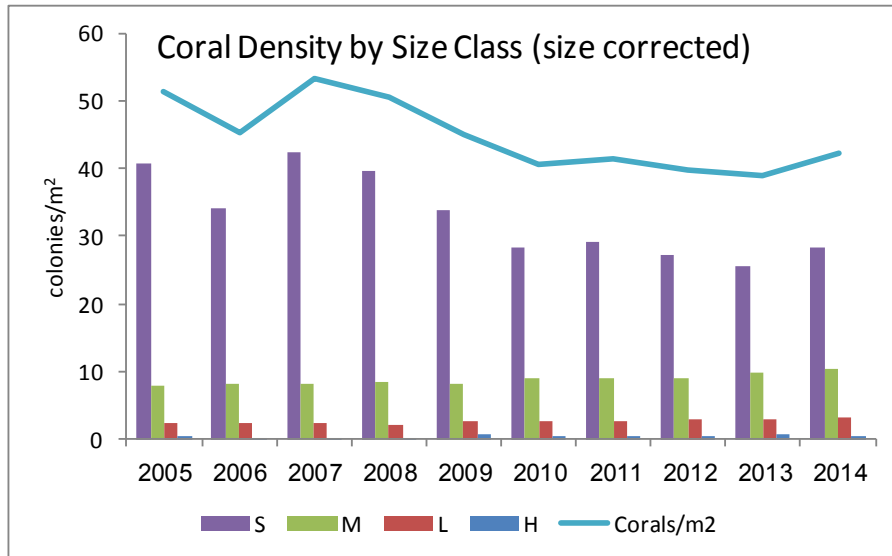
השנה נמדדה ירידה במדדים רבים הבוחנים את מצבם של אלמוגי האבן בשוניות אילת. בארבעה מתוך שמונה אתרי קדמת שונית נסקרים נמצאה השנה ירידה בכיסוי אלמוגי האבן, כאשר הירידה הגדולה ביותר נמדדה באתר השמורה הרדוד, 5-NR, בו כיסוי האלמוגים גדול ביותר וכך גם התנודות בו במשך השנים גדולות. השנה נמדד באתר זה כיסוי אלמוגים של 43.7%, לעומת 54.9% בשנה הקודמת. זו ירידה גדולה אשר ניכרה גם בהתרשמותם היוזואלית של הסוקרים במהלך הסקר. הכיסוי הנמדד השנה באתר זה דומה בערכו למדידות השנים 2007-11: ירידה לעומת הערכים הגבוהים בשנים 2012-3, אולם עדיין גבוה מערכים שנמדדו בשנים 2004-6. באתרים האחרים הנסקרים היו השינויים, הן לטובה והן לרעה, בשיעור קטן. הירידה הגדולה בכיסוי האלמוגים באתר 5-NR השפיעה על הכיסוי הממוצע ב"שוניות אילת" וזה ירד מערך של 26.4% בשנה הקודמת ל- 25.0% השנה. יחד עם זאת, המגמה הכללית של עליה באחוז הכיסוי של אלמוגי האבן מאז תחילת הניטור ב-2004 עדיין חזקה (איור 3ב).

בצפיפות מושבות האלמוגים נמצאה השנה ירידה בשלושה מתוך שמונה אתרי קדמת השונית, ובממוצע נמצאה עליה בצפיפות המושבות בשוניות אילת (איור 8). גם באתר 5-NR בו נמדדה ירידה בכיסוי האלמוגים נמצאה עליה בצפיפות המושבות ובסך הכל ישנה השנה התאמה טובה בין הכיסוי והצפיפות באתרי קדמת השונית (איור 9). העליה בצפיפות מושבות אלמוגים עם הירידה בכיסוי, בפרט באתר 5-NR בו הכיסוי גבוה ביותר והשינויים השנה גדולים ביותר, מצביעה על קשר אפשרי בין הכיסוי ובין צפיפות. ההתאמה המתקבלת בין צפיפות וכיסוי בשתי השנים האחרונות (איור 21) מחזקת את ההשערה כי כיסוי גבוה מושג באמצעות מושבות גדולות (אשר מאפשרות צפיפות מושבות נמוכה). יתכן, כפי שעלה בדו"חות הניטור של השנים האחרונות, כי כיסוי גבוה בא על חשבון גיוס מושבות חדשות לשונית ומתבטא בצפיפות נמוכה ואחוז מושבות קטנות נמוך יחסית. בשנה הקודמת נראה היה כי באתרים בהם אין אלמוגי ענק ואחוז הכיסוי נמוך יותר, כיסוי האלמוגים גדל עם עליה בצפיפות המושבות. במשך שנות הניטור השתפרה ההתאמה בין כיסוי האלמוגים וצפיפות המושבות, ככל הנראה בעקבות גדילת אלמוגים ועליה בכיסוי האלמוגים ברוב האתרים.



איור ב21: למעלה- היחס בין כיסוי אלמוגי אבן ובין צפיפות המושבות בכל חתכי הקו אשר נסקרו בשנת 2013. למטה- היחס בין כיסוי אלמוגי אבן ובין צפיפות המושבות בכל חתכי הקו אשר נסקרו בשנת 2014.
Figure B21: Top- correlation between stony coral cover and colony density in all the line transects surveyed in 2013. Bottom - correlation between stony coral cover and colony density in all the line transects surveyed in 2014.

בעשר שנים האחרונות נמצאה עליה בגודל מושבות האלמוגים האפייני. בזמן זה נמצאה גם ירידה מתמשכת בצפיפות המושבות הקטנות, ולא רק בחלקן היחסי (איור ב11, ב22), והובע חשש כי ישנה בעיית גיוס לשונית. הסבר אלטרנטיבי שהועלה היה קושי בהתיישבות חדשה הנובע מעלייה בכיסוי האלמוגים בשונית (ראו דו"חות הניטור לשנים 2012 ו-2013). השנה, נצפתה שוב, לאחר מספר שנים, עליה קלה בצפיפות מושבות האלמוגים, והמושבות הקטנות בפרט. גם בשולחן השונית, שהוא אתר אשר נסקר בנפרד מאתרי קדמת השונית עקב אופיו הייחודי, נמצאה השנה ירידה בכיסוי האלמוגים ועליה בצפיפות המושבות. העליה בצפיפות המושבות הקטנות בשנה בה נמצאה ירידה באחוז הכיסוי בשוניות אילת רומזת, אולי, על הקשר בין אחוז הכיסוי ויכולת הגיוס של מושבות לשונית. יתכן שהעליה המתמשכת באחוז הכיסוי לאורך השנים – אשר פורשה כמצב חיובי של התגברות על "מחסום שרידות" – היא שהקשתה על גיוס מושבות חדשות לשונית. השינויים השנה עשויים לרמוז על הגעה למצב של שיווי משקל דינמי חדש בין התיישבות חדשה לצמיחת מושבות קיימות, מצב בו כיסוי האלמוגים בשוניות אילת גבוה משהיה לפני עשור. המשך המעקב אחר הדינמיקה של התיישבות לעומת צמיחה יסייע לאשש או להפריך השערה זו.



איור ב22: שינויים בהתפלגות גדלי מושבות אלמוגים בשוניות אילת – ירידה בחלקן היחסי של המושבות הקטנות בד בבד עם עלייה קלה בצפיפות מושבות אלמוגים השנה. הנתונים מתוקנים להטיית ספירה בשיטת חתכי הקו על פי Zvuloni et al., 2008.

Figure B22: Change in the size-frequency distribution of coral colonies in Eilat, showing a decrease in the share of "small" colonies, and a small rise in coral colony density this year.

השנה נמצאה ירידה קלה גם במדדי מגוון האלמוגים בשוניות אילת. יחד עם זאת, השינויים משנה לשנה במגוון המינים על פי מדד Shannon-Wiener כמו גם בתוחלת המגוון הצפויה עם ספירת 1500 מושבות ובהרכב חברת האלמוגים באתרי הניטור קטנים. נראה שהרכב חברת האלמוגים בשוניות אילת יציב לאורך העשור האחרון.

ב.2. צילום אתרים קבועים

מטרה

מעקב רב שנתי אחר שינויים במספר מושבות האלמוגים, גודלן, ובריאותן באתרים קבועים בשונות מהחוף הצפוני ועד גבול מצרים.

שיטות

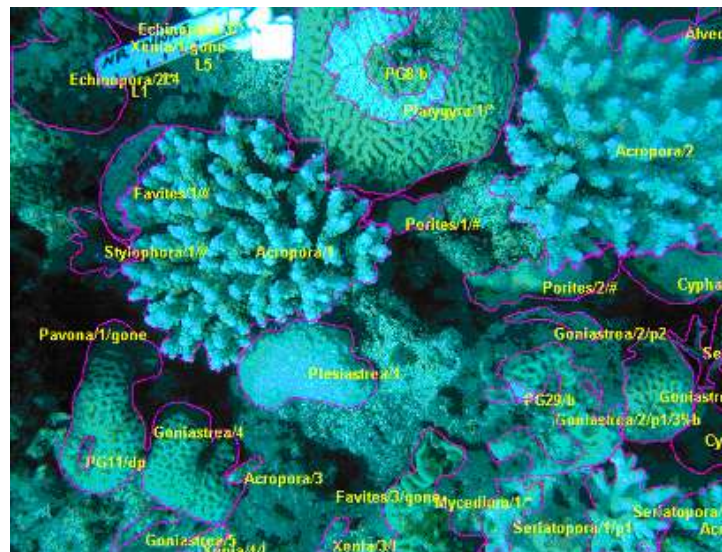
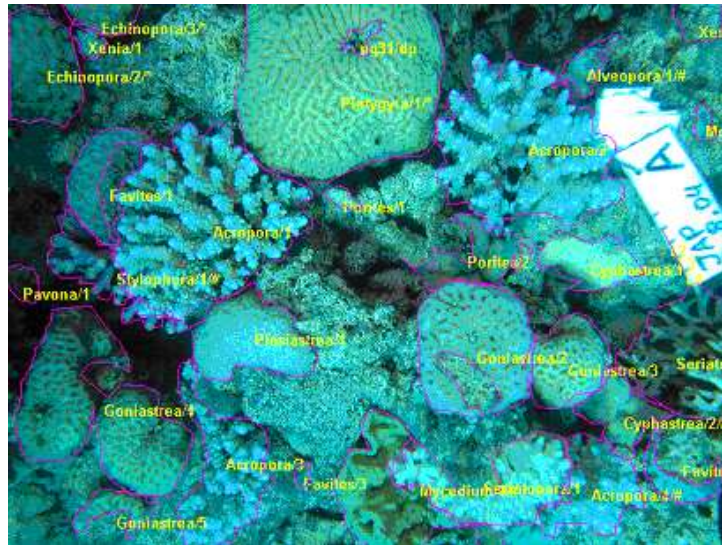
צילום חוזר של שטחי שונית קבועים באתרי שונית בחוף הצפוני, חוף הדקל, קצא"א, שמורת האלמוגים, המעבדה הימית, וטאבה (איור ב23). בכל אתר חוברה לסלע תושבת קבועה המיועדת למצלמה, בחמש נקודות נבחרות. בכל נקודה מצולמת השונית בארבעה כיוונים על ידי סיבוב המצלמה בתושבתה. באופן זה ניתן לחזור ולצלם את אותו השטח בדיוק בזמנים שונים (איור ב24). בסך הכל מוקמו 30 נקודות ובכל נקודה מצולמות ארבע תמונות לניתוח כמותי של השינויים באתרים השונים. עקב בלאי והתפוררות סלע השונית המחזיק את התושבות אבדו עם השנים מספר נקודות, ומספר התמונות מצטמצם. בניסיון לשמור על מספר נקודות קבוע הוספו לעיתים נקודות חדשות במקום נקודות חסרות, בפרט באתרים קצא"א ושמורת חוף אלמוג. בנייתו הנתונים נעשית השוואה בין תמונות חופפות בכל סקר. סקר הצילום נערך בכל שנה בתחילת הקיץ.

בכל תמונה נספרים האלמוגים ושאר חסרי החוליות הנייחים ונמדד שטח האלמוגים על ידי דיגיטציה של התמונות (ראה דו"ח 2004). לצורך השוואת שטח המושבות נלקחו בחשבון רק מושבות שמופיעות במלואן באופן ברור בשתי סדרות צילומים. במקרים בהם החפיפה בין תמונות משתי השנים לא מלאה (בשל תנועת חצובת המצלמה בתושבת הקבועה, תזוזה של תושבות במשך השנה שחלפה, שינויים בתנאי תאורה, או גידול אלמוגים באופן המסתיר מהמצלמה אלמוגים אחרים) נספרו האלמוגים, אך שטחם לא חושב בהשוואה בין השנים. השוואה כמותית בין סדרות הצילומים משנים עוקבות מתייחסת לשטח אלמוגים המצויים בשתי השנים (growth), תמותה והתיישבות של אלמוגים, וסך השינויים בשטח האלמוגים (area change – כולל גדילה, תמותה, והתיישבות חדשה). האלמוגים זוהו במידת האפשר לרמת המין, וסווגו גם לפי קבוצות (אלמוגי אבן מעונפים, אלמוגי אבן לא-מעונפים, אלמוגים רכים, ואלמוגי אש). נתונים אשר לא שימשו לצורך השוואה עם השנה הקודמת עשויים לשמש בשנים הבאות. למרות אובדן חלק מהנקודות, נאספו נתונים רבים וייחודיים בשיטה זו אשר מהווים חוליה משלימה חשובה בניטור מצב השונית.

החל משנת 2010 נעשית הדיגיטציה ושמירת הנתונים במערכת GIS. תמונות חדשות עברו דיגיטציה בעזרת GIS, ותמונות של שנים עוקבות יישמרו כשכבות נפרדות עבור כל נקודה (איור ב25). השנה כמעט והושלם תהליך ההמרה של תמונות משנים קודמות למערכת ה-GIS. בכדי ליישם שיטת GIS לצרכי ניטור אלמוגים בנקודות קבועות נבנתה מערכת קבלת נתונים ייעודית על ידי יחידת ה-GIS באוניברסיטה העברית (תכנות על ידי - עדי בן-נון, עידן קמינר וטלי אבירם).

שטח האלמוגים ניתן ביחידות pixel מכיוון שכיול השטח לסמ"ר נמצא לא מדויק עקב הבדלי הגובה של מושבות יחסית למצלמה. קנה מידה מקורב למדידות השטח: $1\text{cm}^2=2\text{kp}=2,000\text{pixels}$. שינויים בשטח ניתנים באחוזים וכך מנוטרלים הבדלי הכיול והטופוגרפיה בין המושבות. להבדיל מחתכי הקו אשר משווים אפיון סטטיסטי של אתר, בסקר המצולם ישנה השוואה נקודתית של התפתחות אותן מושבות בדיוק משנה לשנה. אתרי הצילום מתעדים נקודות קבועות ואינם מהווים ייצוג סטטיסטי מאפיין של אחוזי כיסוי, מגוון או שכיחות מינים בכלל השטח. כוחו של הסקר המצולם, הנסמך על ניתוח של עשרות ריבועים ב-6 אתרים בין החוף הצפוני לטאבה, הוא במתן אומדן כללי של קצבי הגידול, התמותה וההתיישבות של אלמוגים לאורך חופי אילת. התוצאות מוצגות באופן גרפי ועוברות גם עיבוד סטטיסטי. בכל המקרים בהם מופיעים קווי שגיאה, הם מייצגים את שגיאת התקן (Error bars represent the standard error).

איור ב23: אתרי הסקר המצולם לאורך חופי אילת (מסומנים בירוק).
Figure B23: Sites of the photo-survey of coral reefs along the Eilat coastline (green markers).



איור ב24: צילום חוזר מאתר קבוע בשוניית שמורת האלמוגים. למעלה 2004, למטה 2005. בין השינויים הבולטים ניכרת תמותה חלקית של האלמוג הגושי *Platygyra* 1 (למעלה במרכז) וצמיחה (גידול בשטח) של מושבות האלמוג המעונף *Acropora* 1,2 (מרכז התמונה ולמעלה מימין, בהתאמה). בנוסף, ישנן מושבות חדשות המופיעות רק בצילום משנת 2005, ומושבות החסרות בצילום 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 מצולם: שמורת חוף אלמוג, נקודה A, כיוון מערב



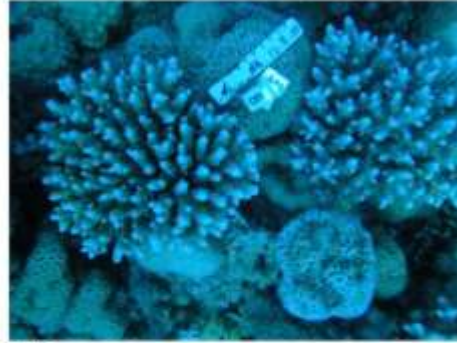
2004



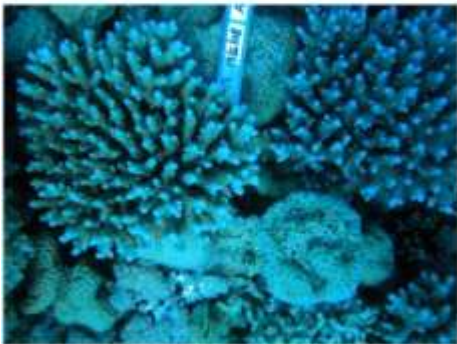
2005



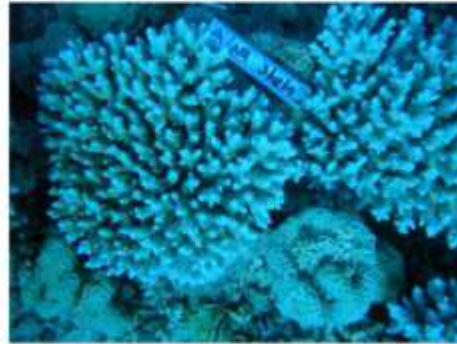
2006



2007



2008



2009



2010



2011

איור ב25: שמונה שנות מעקב אחר אתר מצולם (שמורת האלמוגים, נקודה A, כיוון מערב).
Figure B25 : Eight years of documentation at permanent photo site Nature Reserve, point A, looking west.

תוצאות

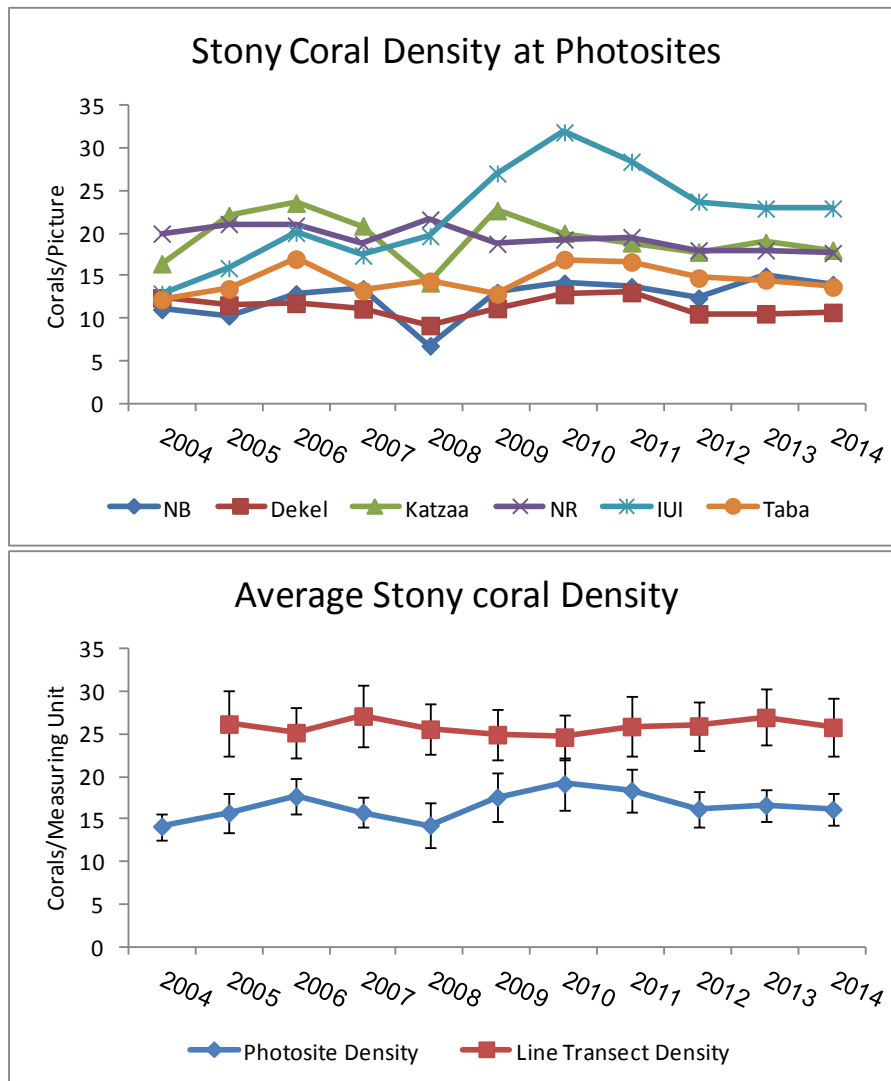
במהלך שנת 2014 נותחו 118 תמונות לצורך השוואה עם השנים הקודמות (טבלה ב5). בסך הכל נספרו 2,333 מושבות מכל הסוגים, מתוכן 1,989 מושבות אלמוגי אבן (בשנה הקודמת נספרו 2,002 מושבות אלמוגי אבן ב-117 תמונות). שטחן של 1,211 מושבות אלמוגי אבן נמדד לצורך השוואת שטחים בין השנים וחישוב ה"גדילה". מספר מושבות האלמוגים המעונפים המופיעות בתמונות קבועות המקום קטן בערך פי 4 ממספר המושבות של לא-מעונפים, ושטח האלמוגים המעונפים קטן בערך פי 2.5 מזה של הלא-מעונפים. יחסים אלה נשמרים, עם תנודות קלות, לאורך השנים. יש לזכור כי מספר התמונות אינו שווה בין האתרים, וגם משתנה מעט בין שנה לשנה בהתאם למצב הצובות הצילום. בכל האתרים המצולמים מספר מושבות האלמוגים הלא-מעונפים (גושיים, מרפדים, סוליטריים וכו') גדול בהרבה ממספר המושבות של אלמוגים מעונפים. המספר הגדול ביותר של מושבות מכל הסוגים נסקר גם השנה באתר השמורה (618 מושבות), כאשר באתר המכון האוניברסיטאי (בו נמצא מספר המושבות הגדול ביותר בשנים 2010-11) נמצא מספר דומה, 611. מספר המושבות הקטן ביותר נסקר גם השנה באתר החוף הצפוני (117 מושבות מכל הסוגים). רשימת כל האלמוגים ומספר המושבות שנמצאו בסדרת הצילומים השנה נתונה בנספח 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 | 8 | 15 | 458 | 97 | 8,028 | 117 | 9,681 |
| Dekel | 19 | 44 | 4,466 | 160 | 26,695 | 239 | 35,393 |
| Katzaa | 21 | 105 | 6,375 | 274 | 13,110 | 435 | 21,735 |
| NR | 28 | 141 | 13,506 | 355 | 24,288 | 618 | 42,942 |
| IUI | 24 | 72 | 5,334 | 479 | 13,190 | 611 | 19,092 |
| Taba | 18 | 33 | 7,365 | 214 | 16,258 | 313 | 27,018 |
| Total | 118 | 410 | 37,504 | 1,579 | 101,569 | 2,333 | 155,862 |
| 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 | 8 | 4 | 106 | 51 | 3,098 | 57 | 3,894 |
| Dekel | 19 | 16 | 2,006 | 82 | 6,465 | 115 | 9,999 |
| Katzaa | 21 | 73 | 4,257 | 179 | 5,194 | 285 | 10,230 |
| NR | 28 | 87 | 4,974 | 206 | 10,683 | 355 | 18,285 |
| IUI | 24 | 48 | 2,308 | 338 | 8,514 | 432 | 11,341 |
| Taba | 18 | 11 | 1,207 | 116 | 4,587 | 163 | 7,323 |
| Total | 118 | 239 | 14,857 | 972 | 38,542 | 1,407 | 61,072 |

טבלה ב5: סיכום נתוני השטחים ומספר מושבות האלמוגים שנאספו בסקר הצילום בשנת הניטור 2014. "שטח מושבת אלמוגים" הוא שטח ההיטל המצולם שלה (נתון ב-k-pixel). נתוני שטחים נתונים בפיקסלים על מנת שניתן יהיה לבצע השוואה בין שנים עוקבות ולהימנע מבעיות של כיוול הצילומים לשטח "אמיתי". למעלה כל המושבות ולמטה המושבות ששטחן נמדד במלואו לצורך חישובי צמיחה.

Table B5: Summary of the areas and number of corals surveyed in the 2014 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.

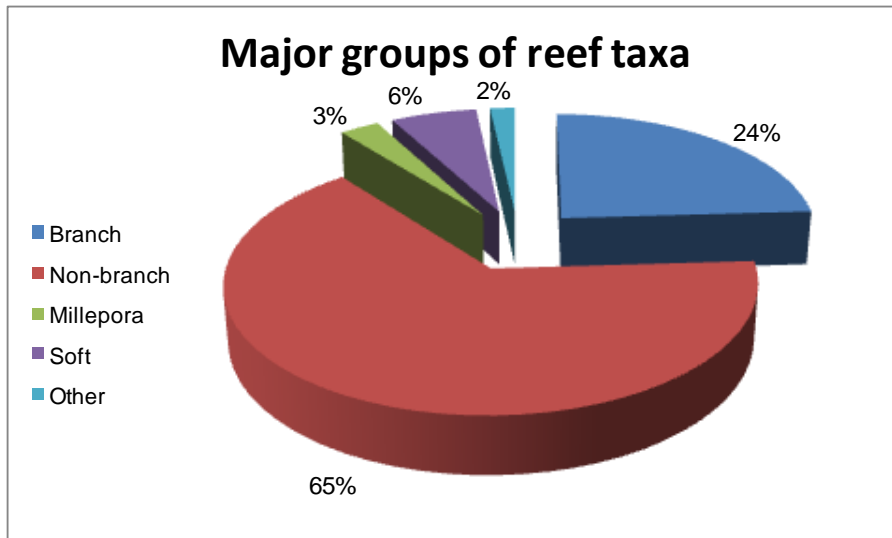
צפיפות המושבות הממוצעת בתמונה באתר השמורה ירד מעט השנה בהשוואה לשנתיים האחרונות (22.1 השנה, 22.8 בשנה הקודמת ו-23.5 בשנת 2012), וגם באתר IUI נרשמה ירידה קלה בצפיפות המושבות (25.5 השנה, 26 בשנתיים הקודמות ו-32 בשנת 2011). יחד עם זאת, נראה כי בשנת 2010 הייתה כמות המושבות באתר IUI גבוהה במיוחד ובסך הכל שינויי צפיפות המושבות בשנתיים האחרונות אינם גדולים (איור ב26 למעלה). בחוף הצפוני צפיפות המושבות הממוצעת (מכל הסוגים) כ-16 מושבות בתמונה בלבד, מעט גבוה יותר מאשר בשנתיים האחרונות. בממוצע צפיפות מושבות אלמוגי האבן באתרים המצולמים נותרה יציבה בתקופת הניטור (השנה כ-17 מושבות לתמונה), בדומה לתמונה המתקבלת מסקר חתכי הקו (איור ב26, למטה). שטח האלמוגים הגדול ביותר נסקר באתר שמורת חוף אלמוג.



איור ב26 למעלה – שינויים במספר המושבות הממוצעת לתמונה בכל אתר מאז שנת 2004. למטה – השוואה בין השינויים בצפיפות מושבות אלמוגי האבן הנמדדת בסקר חתכי הקו (אדום) לזו הנמדדת בסקר המצולם (כחול). הנתונים הם ממוצע "אילת" 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).

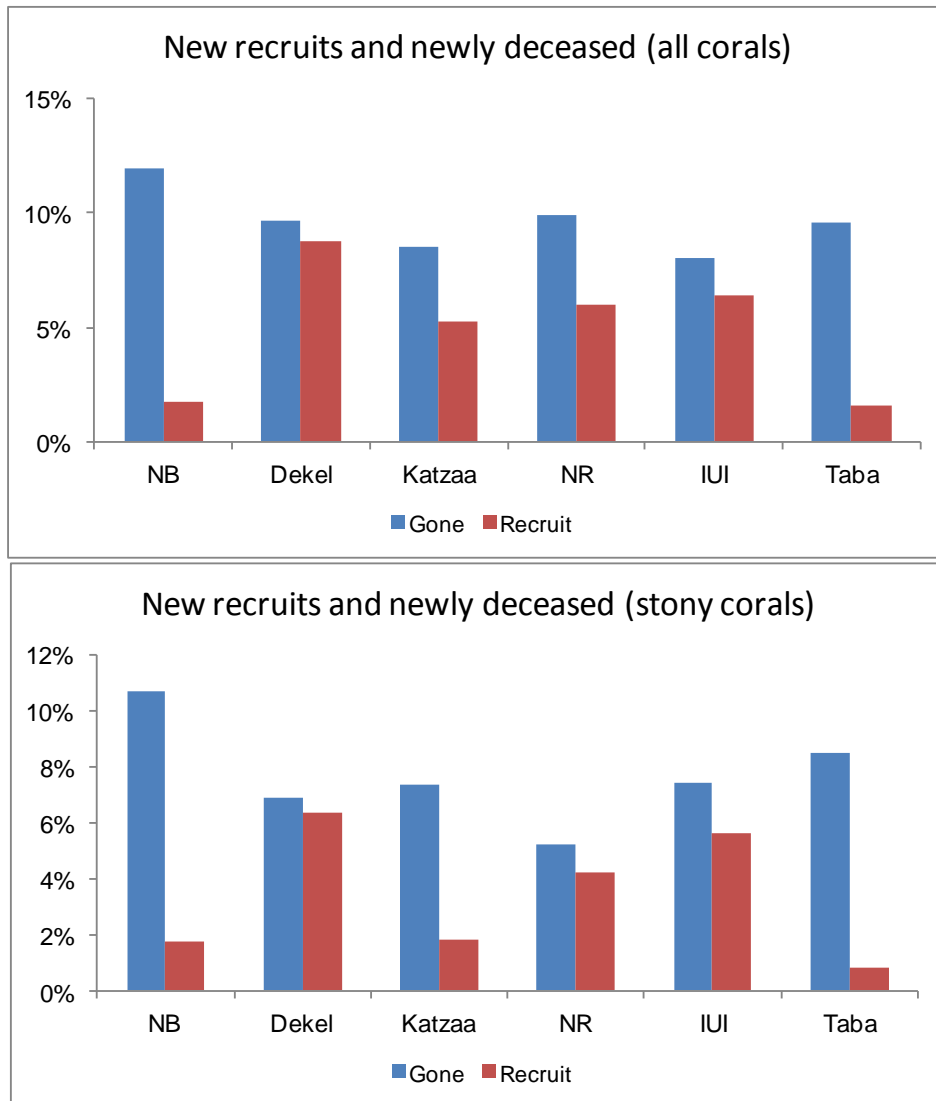
חברת השונית באתרים המצולמים מורכבת בעיקר מאלמוגי אבן (איור ב27). השנה היוו אלמוגי האבן 89% מסך שטח המושבות אשר נמדדו באתרים המצולמים, מעט יותר מאשר בשנתיים האחרונות ובדומה לשנת 2011. לעומתם, חלקן היחסי של מושבות האלמוגים הרכים קטן השנה (6%) בהשוואה לשנתיים האחרונות. בקבוצת "אחרים" כלולים צדפות, מאקרו-אצות, ספוגים ועוד. ראוי להזכיר שבחירת השטחים המצולמים נעשתה שלא באקראי והייתה מוטה לטובת כתמי שונית עתירי אלמוגי אבן.



איור ב27: התפלגות הקבוצות העיקריות המרכיבות את חברת השונית באתרים המצולמים בשנת 2014, על פי אחוז השטח היחסי אותו הם תופסים.

Figure B27: Distribution of the main taxa groups comprising reefs at the permanent photo-sites in 2014, according to the relative (percent) area which they occupy.

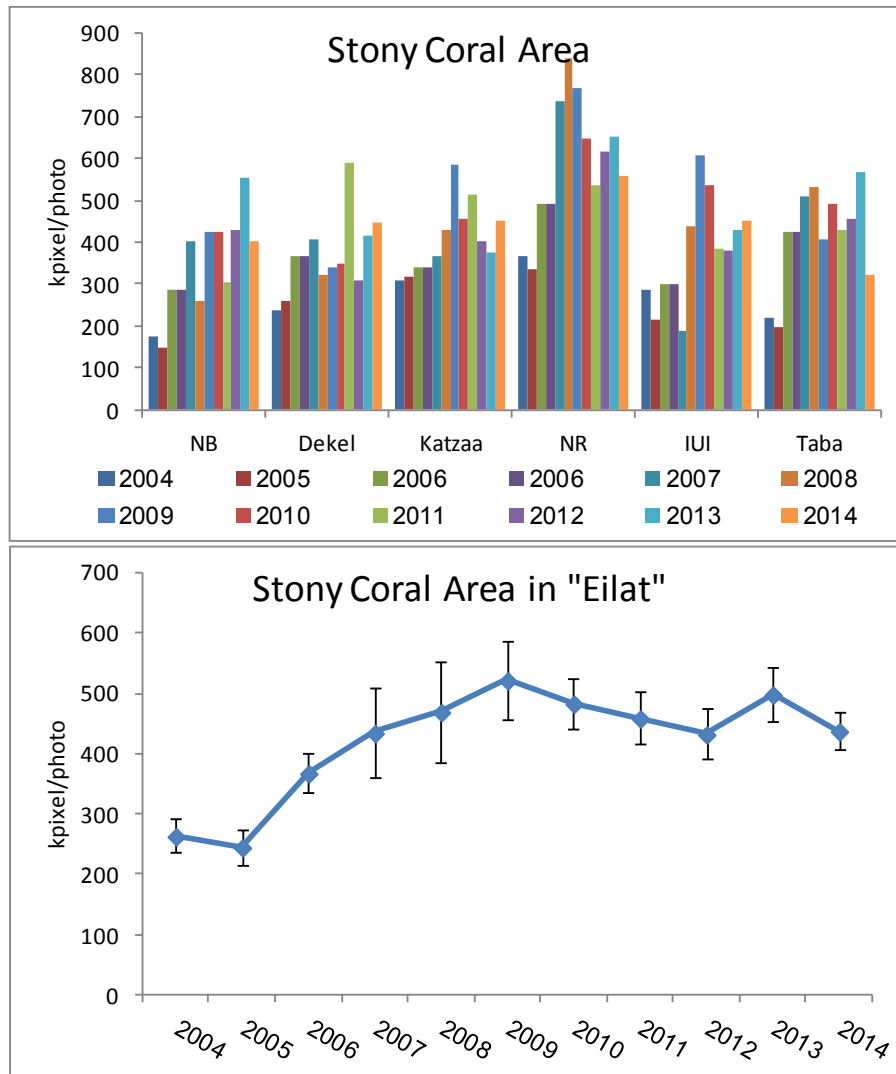
השנה נמצא עודף (מספרי) של תמותת מושבות על פני התיישבות בכל האתרים הנסקרים, הן בנוגע לכלל המושבות והן בנוגע למושבות אלמוגי אבן (איור ב28). השוואות של יחס מספרי מול יחסי שטחים בין התיישבות ותמותת מושבות (דו"ח תכנית הניטור 2009) מלמדות כי השטח שאובד כתוצאה מתמותה גדול מהשטח שנוסף בהתיישבות, כך שברוב האתרים עודף תמותה על התיישבות (=ירידה במספר המושבות) מלווה בירידה גדולה יותר של שטח הכיסוי. מה שעשוי לאזן את הירידה כתוצאה מאבדן מושבות הוא גידול מושבות קיימות.



איור ב28: התיישבות ותמותה של מושבות אלמוגים מכל הסוגים (למעלה) ושל אלמוגי אבן (למטה) באתרים המצולמים בשנת 2014. על מנת לאפשר השוואה בין האתרים הנתונים מוצגים כאחוזים מכלל המושבות באתר.

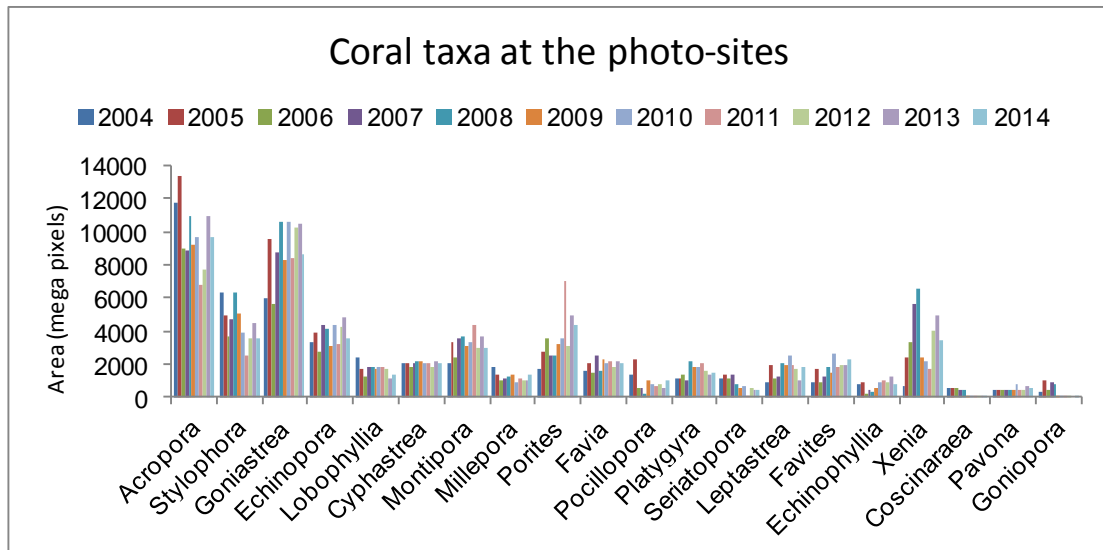
Figure B28: Colony recruitment and death for all corals (top) and for stony corals only (bottom) at the photo-survey sites in 2014. To allow a comparison between sites the data are presented as percent of the total number of colonies at each site.

השטח החי של אלמוגים מכל הסוגים (כולל תמותה והתיישבות), להלן "השינוי בשטח", מחושב על ידי סכימת כל שטח האלמוגים בכל תמונה ונרמולו למספר התמונות באתר. המספר הרב של מושבות באנליזה זו גורם לכך שתנועות אקראיות של המצלמה מבטלות זו את זו. כך ההבדל בין שטח האלמוגים בין השנים כולל, בנוסף ל"צמיחה" גם תמותה והתיישבות. השינויים בשטח האלמוגים הרכים ואלמוגי האש גדולים, בדרך כלל, מהשינויים בקבוצות אלמוגי האבן, והינם פחות "מגמתיים". לעומת זאת, ברוב האתרים נמצא גידול בשטח אלמוגי האבן שהגיע לשיאו בשנת 2009, ולאחר מכן חלה ירידה קלה. בשנה הקודמת שוב נמדדה עליה בשטח אלמוגי האבן הממוצע בתמונה (נמדד באלפי פיקסלים לתמונה) והשנה שטח זה שוב ירד מעט, לערך של 438 (איור ב29). ערך זה דומה לשנת 2012, ונמוך מהשיאים של השנים 2009 ו-2013 (499 ו-522 בהתאמה).



איור ב29: למעלה - שינויים בשטח אלמוגי האבן הממוצע לתמונה בכל אתר מאז שנת 2004. למטה - שינוי שטח אלמוגי האבן הממוצע לתמונה ב"שוניות אילת", מאז 2004, על סמך האתרים המצולמים.
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 חברת האלמוגים באתרים המצולמים השתנה במהלך בשנות הניטור: במרבית המקרים ערכי השנה נמצאים בטווח הערכים הנצפה בשנות הניטור הקודמות, אולם האלמוג העיקרי (מבחינת שטח) בשנת 2004 היה *Acropora* אולם מאז קטן שטח אלמוג זה באתרים המצולמים במידה רבה. בשנתיים האחרונות חזר שטח האלמוג *Acropora* להיות הגדול ביותר באתרים המצולמים (איור ב30). בשנים האחרונות האלמוג *Goniastrea* תופס שטח נרחב יותר מאשר בשנת 2004, ותופס שטח נרחב יותר מהאלמוג *Stylophora* שהיה בעבר נפוץ יותר. השנה נמדדה ירידה בשטחם של ארבעת הסוגים הדומיננטים בצילומים הקבועים.



איור ב30: עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר (לפי שטח בשנת 2004) בסדרות הצילום 2004-2014.
Figure B30: The twenty most abundant corals (by area) in the 2004-2014 photo-surveys.

סיכום

שטחם הממוצע של אלמוגי האבן באתרים המצולמים עלה מאד מאד מאז תחילת הניטור בשנת 2004. שטח זה מחושב על פי סך שטח התמונה בו מופיעים אלמוגי אבן, וכולל הן צמיחה של מושבות קיימות והן את הדינמיקה של התיישבות ותמותה. גבולות השגיאה כאן מושפעים גם מתזוזות של המצלמה בין השנים, אולם תנועות אלה אקראיות וכך מקזזות זו את זו בחישוב הכולל למעלה מ-100 תמונות בכל שנה בעשר השנים האחרונות. שטח אלמוגי האבן בצילומים הקבועים היה הגדול ביותר בשנת 2009, ומאז חלה ירידה קלה. בנוסף לכך, השנה נמצא עודף (מספרי) תמותה על התיישבות בכל האתרים. במשך הזמן נמדדו תנודות בצפיפות המושבות באתרים המצולמים, אולם בסך הכל נמצא שמספר מושבות אלמוגי האבן באתרים המצולמים נותר יציב מאז שנת 2004, וממצא זה תואם גם את מדידות צפיפות המושבות באתרים המנוטרים בשיטת חתכי הקו. הירידה אשר נרשמה השנה במדדי האלמוגים כפי שחושבו מתוך התמונות קבועות המקום מחזקת את הממצאים מסקר השונית בשיטת חתכי הקו ומלמדת על כך שבשנה האחרונה אכן חלה הזדקנות מסוימת במצב שוניות אילת. יחד עם זאת, יש לשים לב שירידה זו היא קטנה ביחס לסך העליה המגמתית אשר מצטיירת לאורך העשור האחרון. יש לקוות שזוהי תנודה זמנית ושמגמת השיפור תימשך בשנים הקרובות. בכל מקרה הממצאים מחייבים תשומת לב גדולה במעקב אחר מצבה של השונית.

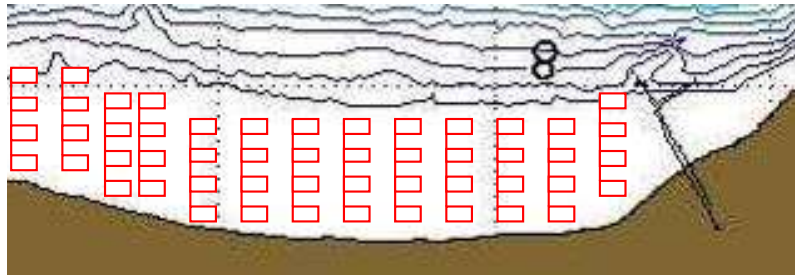
ב.3. חברת האלמוגים בלגונה שמורת האלמוגים

מטרה

אמזן השיפעה, מבנה החברה וסוגי המצע בלגונה של שוניות האלמוגים בחלקה הדרומי (הסגור למבקרים) של שמורת חוף אלמוג.

שיטות

מרכיבי חברת השונית שנסקרו בלגונה הם אלמוגי אבן, אלמוגים רכים, וחסרי חוליות ניחים. קרקעית הים (=מצע) חולקה לחול וחצץ (=מצע לא מלוכד), סלע, ושונית. מפאת מיעוט האלמוגים, שיטת חתכי הקו לא התאימה לסקר החברה בלגונה. לפיכך, נעשה שימוש ביחידת דגום של ריבוע בגודל 1X1 מ'. הריבועים מונחים באופן סדור לאורך סרט מדידה שנפרש בניצב לחוף (להלן "קו דגום") ממרחק של 9 מ' מקו החוף ועד לשולחן השונית במרווחים של 5 מטרים זה מזה. "קו החוף" מוגדר כקו הברור בו מתחילה השיפה של סלעי החוף (beach rock). בכל קו דיגום נספרו עד ששה ריבועים, על מנת להימנע מספירת אלמוגים בגב השונית או מהטיה הנובעת מהבדלים ברוחב הלגונה. בסה"כ כלל הסקר השנה 102 מטרים רבועים ב-17 קווי דיגום לאורך החוף הדרומי בשמורת חוף אלמוג מגדר הגבול הדרומי של השטח הפתוח למבקרים ודרומה כ-400 מטרים (עד כ-50 מטר מצפון למזח המצפה התת-ימי) (איור ב31). בכל ריבוע דגום נספרו האלמוגים וזוהו לרמת המין או לרמת הסוג, כפי שניתן היה. נרשמה הערכה ויזואלית של אחוז כיסוי האלמוגים החיים ואחוז וסוג המצע.



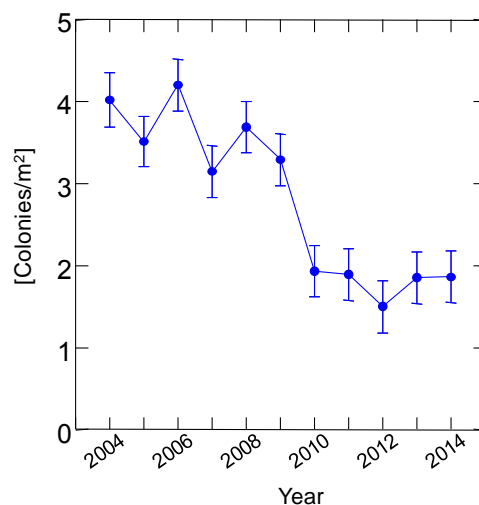
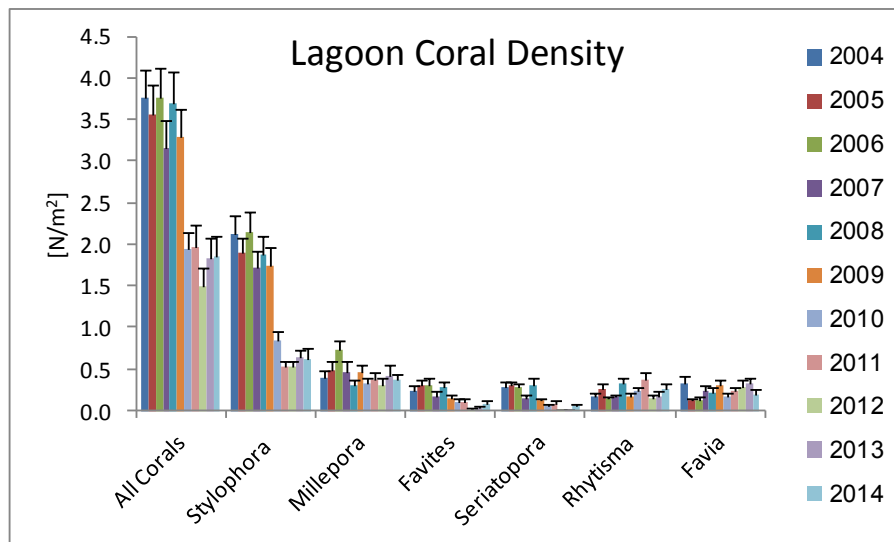
איור ב31: תיאור מערך הדיגום של חברת האלמוגים בלגונה השמורה באזור הסגור לקהל. ריבועים בגודל של 1 מ"ר (באדום) הונחו באופן סדור במרחק של 5 מטרים זה מזה לאורך סרט מדידה שהונח בניצב לחוף והתחיל ממרחק 9 מטרים מ"קו החוף" ועד לשולחן השונית (קו דיגום). כל קו דיגום כלל בין 5 ל-6 ריבועים, (על אף שבאיור משורטטים רק 4 לכל חתך). סה"כ בוצעו 17 קווי דיגום בשטח הלגונה.

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

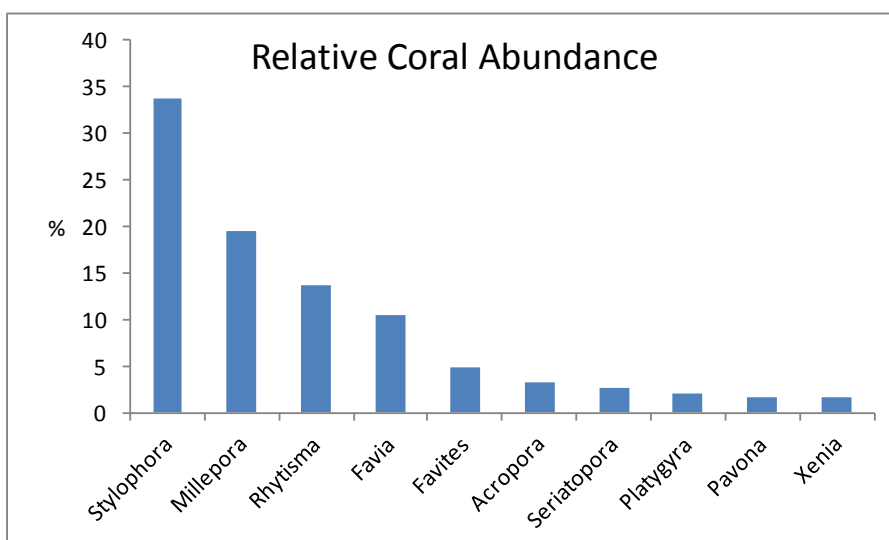
השנה שוב נמצאה עלייה קלה במספר מושבות האלמוגים בלגונה, בהשוואה לשנה הקודמת. למרות זאת, צפיפות מושבות האלמוגים אשר ירדה באופן דרמטי החל משנת 2010 עדיין נמוכה בהשוואה לשנים 2004-2009. ב-102 הריבועים שנסקרו השנה בלגונה נספרו בסה"כ 157 מושבות של אלמוגי אבן (בשנים 2007-2009 נספרו כ-300 מושבות בכל שנה). השנה נמצאו בלגונה 16 סוגים של אלמוגי אבן, בדומה לשנה הקודמת, ועליה קלה בהשוואה לשלוש השנים שלפניה. השנה נספרו 33 מושבות (מחמישה סוגים) של אלמוגים רכים בלגונה, מספר גבוה מאשר בשנתיים האחרונות אולם עדיין נמוך מאשר שנים קודמות. הירידה הגדולה במספר המושבות ניכרת בעיקר באלמוג העיקרי בלגונה - *Stylophora pistillata* - אשר ממנו נספרו השנה 64 מושבות, כמו בשנה הקודמת אולם נמוך מאשר בשנים שלפני 2012. בשנים האחרונות ירדה צפיפות מושבות האלמוגים בלגונה לכדי מחצית מהצפיפות שתועדה בשנות הניטור הראשונות (איור ב32). בשנה הקודמת היתה עליה קלה בצפיפות, לראשונה מאז 2008, והשנה נמצאו ערכים דומים לאלו של השנה הקודמת. הירידה העיקרית בצפיפות האלמוג הנפוץ ביותר (*Stylophora*), ממנו נספרו השנה פחות משליש מספר המושבות שנמצאו בשנת 2009, משפיעה, כמובן,

על סך צפיפות האלמוגים. בד בבד, ירדה תפוצתו היחסית של האלמוג מ- 50-60% בשנות הניטור הראשונות לכ-35% בשנים האחרונות (מסך מושבות האלמוגים, קשים ורכים, בלגונה). הירידה הגדולה בצפיפות מושבות האלמוגים בלגונה הינה מובהקת (מבחן ANOVA). צפיפות האלמוגים הממוצעת בלגונה השנה עמדה על 1.86 מושבות אלמוגים ביחידת דיגום (=מטר רבוע), מעט גבוה מאשר בשנה הקודמת אולם נמוך מכל השנים שלפני 2012 (בשנים 2004-2009 הייתה צפיפות המושבות הכללית גבוהה מ-3). צפיפות מושבות של אלמוגי אבן עמדה השנה על 1.53 מושבות למטר רבוע (1.6 בשנה הקודמת ו-3.04 בשנת 2009). צפיפות האלמוגים בכלל וצפיפות אלמוגי אבן בפרט ירדה באופן דרמטי בין השנים 2009 ו-2010, והגיעה לשפל בשנת 2012. בשנתיים האחרונות נמצאת התאוששות קלה.



איור ב32: השוואת הצפיפות הממוצעת (מושבות למטר רבוע) של האלמוגים בלגונה בשנים 2004 – 2014. למעלה - לפי 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 - 2014. Top: the dominant coral taxa, bottom- year to year changes are statistically significant (ANOVA).

שכיחות עשרה סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר (מהווים כ-93% מכלל המושבות) נתונה באיור ב33, וטבלה ב6 מציגה את הנתונים עבור כלל אלמוגי הלגונה. האלמוג *Stylophora pistillata* עדיין הנפוץ ביותר בלגונה אם כי כבר אינו דומיננטי כשהיה. התפלגות המינים בלגונה נשארה דומה בין השנים עם הבדלים קלים.



איור ב33: השכיחות היחסית (באחוזים, על פי מספר המושבות) של עשרה סוגי האלמוגים העיקריים בלגונה (מהווים כ- 95% מכלל האלמוגים).

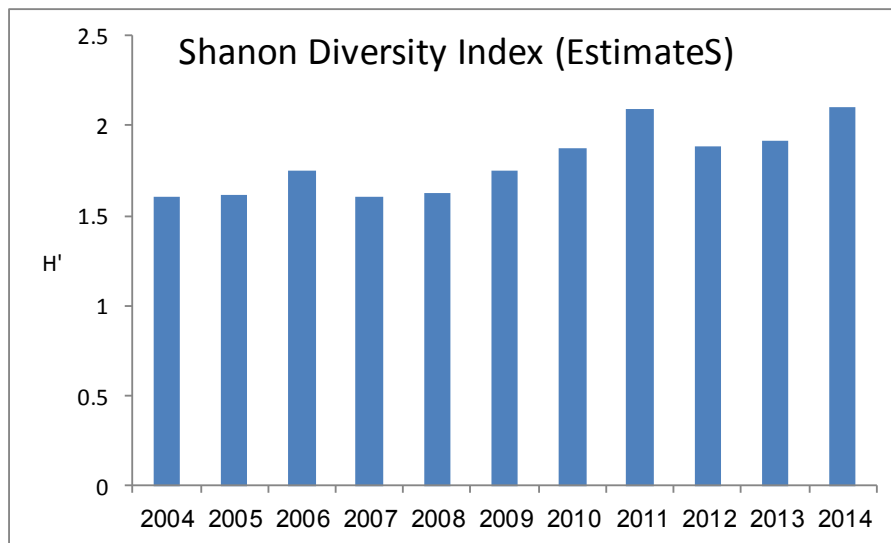
Figure B33: Relative abundance (by colony number) of the 10 most abundant coral genera in the lagoon (these total about 95% of all colonies).

| Species | N | Relative abundance (%) | N/m ² |
|---------------------|----|------------------------|------------------|
| <i>Stylophora</i> | 64 | 33.68 | 0.63 |
| <i>Millepora</i> | 37 | 19.47 | 0.36 |
| <i>Rhytisma</i> | 26 | 13.68 | 0.25 |
| <i>Favia</i> | 20 | 10.53 | 0.20 |
| <i>Favites</i> | 9 | 4.74 | 0.09 |
| <i>Acropora</i> | 6 | 3.16 | 0.06 |
| <i>Seriatopora</i> | 5 | 2.63 | 0.05 |
| <i>Platygyra</i> | 4 | 2.11 | 0.04 |
| <i>Pavona</i> | 3 | 1.58 | 0.03 |
| <i>Xenia</i> | 3 | 1.58 | 0.03 |
| <i>Echinopora</i> | 2 | 1.05 | 0.02 |
| <i>Nephthea</i> | 2 | 1.05 | 0.02 |
| <i>Acanthastrea</i> | 1 | 0.53 | 0.01 |
| <i>Astreopora</i> | 1 | 0.53 | 0.01 |
| <i>Cyphastrea</i> | 1 | 0.53 | 0.01 |
| <i>Hydnophora</i> | 1 | 0.53 | 0.01 |
| <i>Leptastrea</i> | 1 | 0.53 | 0.01 |
| <i>Litophyton</i> | 1 | 0.53 | 0.01 |
| <i>Porites</i> | 1 | 0.53 | 0.01 |
| <i>Sympodium</i> | 1 | 0.53 | 0.01 |
| <i>Turbinaria</i> | 1 | 0.53 | 0.01 |

טבלה ב6: מספר המושבות, תפוצתן היחסית וצפיפותן הממוצעת (מספר מושבות למטר רבוע) של סוגי האלמוגים שנמצאו בלגונה.

Table B6: The number of colonies, relative abundance and average density (colonies per square meter) of the coral taxa found in the lagoon.

השנה עלה מעט ערכו של מדד Shannon-Wiener למגוון המינים בהשוואה לשנה הקודמת וערכו עומד על 2.1 (איור ב34). השינויים במדד המגוון נובעים במידה רבה משינויים במספר מושבות המין הדומיננטי בלגונה, האלמוג *Stylophora*, אשר תפוצתו ירדה מעט השנה.



איור ב34: השינויים במגוון מיני האלמוגים (על פי מדד המגוון של Shannon-Wiener) בלגונה מאז 2004 כפי שהוערכו בעזרת תכנת EstimateS.

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

דיון ומסקנות

עד לשנים האחרונות הייתה חברת האלמוגים בלגונה יציבה למדי. החל משנת 2010 נמצאה ירידה חדה בצפיפות האלמוגים בכלל, ובצפיפות האלמוג הדומיננטי *Stylophora pistillata* בפרט. בהיות האלמוג *Stylophora* נפוץ בהרבה משאר המינים בלגונה, תנודות באוכלוסייתו מכתיבות את השינויים הנצפים בחברת הלגונה בכלל, וכך גם את ערך המדד למגוון המינים. יתכן כי הירידה הניכרת בצפיפות האלמוגים בלגונה נגרמה עקב סערות דרומיות חזקות שפגעו בשנים 2009-2010 בכל האזורים הרדודים מכ-4 מטרים לאורך חלקו הצפוני של המפרץ. השנה היו הסערות מועטות וחלשות ולא נמצא שינוי גדול בצפיפות האלמוג *Stylophora pistillata*.

על סמך ניסיוננו בלגונה הירידה במספר המושבות בכלל ומושבות *Stylophora* בפרט מהווה חריגה מהמצב "הרגיל". יחד עם זאת, אוכלוסיית האלמוג *Stylophora* ידעה תנודות רבות במשך השנים (הקודמות לשנות פעילותה של תכנית הניטור) והתאוששה כעבור זמן. צפיפות האלמוגים השנה בדומה לשנה הקודמת גבוהה מעט מהערך המזערי של שנת 2012, ויש לקוות כי הלגונה בתחילתו של תהליך התאוששות. משך הזמן בו פועלת תכנית הניטור עדיין אינו מספיק על מנת לעמוד על תנודות אלו או על זמן המחזור האופייני להן. לא ידוע לנו על גורמים מזיקים, מלבד הסערות הדרומיות החזקות, אשר עשויים היו להשפיע על אוכלוסיית האלמוגים בלגונה בשנים האחרונות. לסערות דרומיות השפעה ניכרת בלגונה, ועלינו להמשיך ולעקוב אחר שינויים בחברת האלמוגים בלגונה.

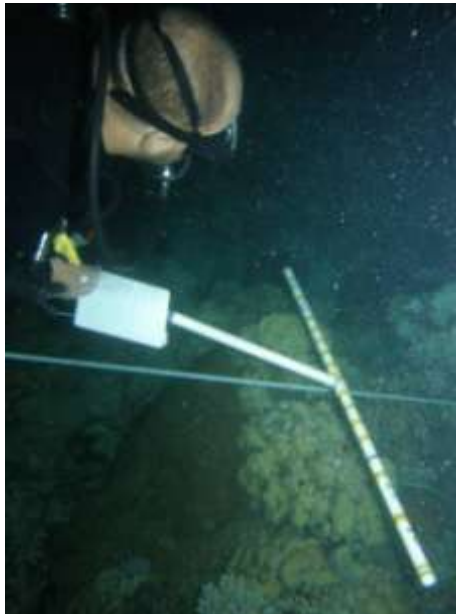
ב.4. סקר חסרי חוליות

מטרה

אמזן שיפעת חסרי החוליות הניידים העיקריים בשונית האלמוגים בחוף הדרומי.

שיטות

סקר חסרי החוליות הניידים נערך בשעות הלילה, מכיוון שבשעות היום מרביתם מסתתרים. הסקר מתמקד בשוניות האלמוגים במעבדה הימית ובשמורת חוף אלמוג (באזור הסגור למבקרים) בעומקים 5 ו-10 מטרים (במקביל לעומקים בהם נערכים חתכי האלמוגים), ובלגונה. הספירה מתחילה כשעה אחר רדת החשיכה, לאחר יציאת חסרי החוליות ממסתורם לשם שיחור מזונם. החל מ-2006 מבוצע הסקר בשיטת חתכי-רצועה (belt-transect) לעומת ריבועי דיגום (quadrates) סדורים בשנים 2004-2005. חתכי הרצועה, באורך 50 מטרים, נפרסים החל מנקודה אקראית לאורך העומק הנבחר. מנקודת ההתחלה מתקדם צולל המחזיק מתקן בצורת T וסופר כל פרט הנמצא תחת המוט הניצב, אשר אורכו מטר אחד (איור ב35). בשיטה זו ניתן לכסות שטח גדול ביעילות רבה, ובמקרה זה את מרבית 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 אבדה יכולת ההערכה של פרמטרים סטטיסטיים התלויים בחזרות של יחידות מדידה קטנות הדוגמות את האתר. הפרטים הנספרים, חסרי החוליות הניידים (קוצי עור ורכיכות), מסווגים לפי סוג או משפחה.



איור ב35: שיטת חתכי הרצועה לסקר חסרי חוליות ניידים: לאורך סרט מדידה עובר הסוקר האוחז מוטות צלובים בצורת T וסופר את הפרטים הנמצאים תחת המוט הניצב, אשר אורכו מטר אחד. נסקרת רצועה אשר אורכה נקבע על ידי סרט המדידה ורוחבה על ידי המוט הניצב (1 מ'). צילום: תומר שאולוב

Figure B35: Belt-transect survey of motile invertebrates: a diver holding a T-shaped stick passes along a measuring 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

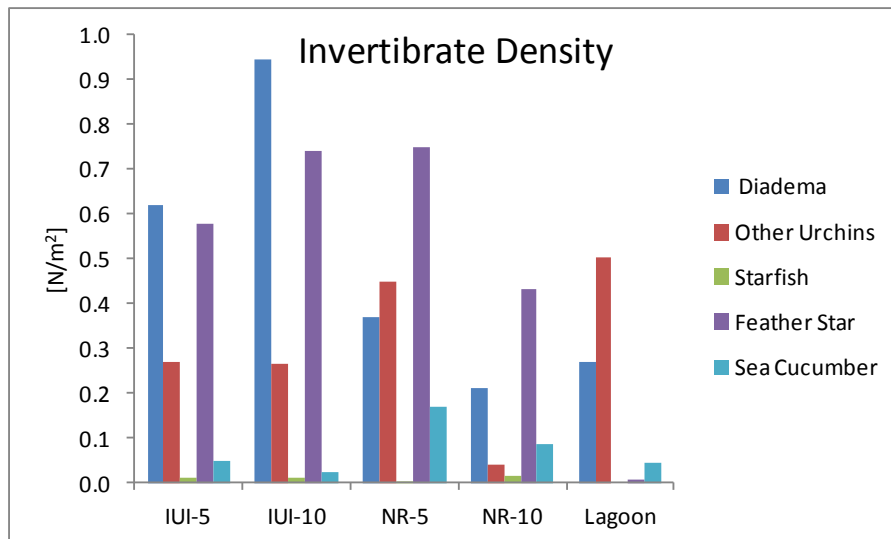
1600 מטרים רבועים נסקרו השנה בכל האתרים (IUI-5 ו-10, NR-5 ו-10, ובלגונת שמורת חוף אלמוג). התפלגות מספר הפריטים לפי סוגים בכל האתרים נתונה בטבלה ב7.

| | IUI-5 | | IUI-10 | | NR-5 | | NR-10 | | Lagoon | |
|-------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | Density | Number | Density | Number | Density | Number | Density | Number | Density | Number |
| Diadema | 0.62 | 124 | 0.95 | 189 | 0.37 | 148 | 0.21 | 85 | 0.27 | 107 |
| Other Urchins | 0.27 | 54 | 0.27 | 53 | 0.45 | 180 | 0.04 | 16 | 0.51 | 202 |
| Total Urchins | 0.89 | 178 | 1.21 | 242 | 0.82 | 328 | 0.25 | 101 | 0.77 | 309 |
| Starfish | 0.01 | 2 | 0.01 | 2 | 0.003 | 1 | 0.02 | 6 | 0 | 0 |
| Feather star | 0.58 | 116 | 0.74 | 148 | 0.75 | 300 | 0.43 | 173 | 0.01 | 3 |
| Sea Cucumber | 0.05 | 10 | 0.03 | 5 | 0.17 | 67 | 0.09 | 35 | 0.05 | 18 |
| M ² surveyed | 200 | | 200 | | 400 | | 400 | | 400 | |

טבלה ב7: שכיחות (מספר הפרטים וצפיפותם למ"ר) חסרי החוליות הניידים באתרים הנסקרים.

Table B7: Total abundance and average density (number per 1m²) of mobile invertebrates at the monitored sites.

קבוצת הרועים החשובה ביותר בשונית מבין חסרי החוליות היא קיפודי הים, ומתוכה המין הנפוץ ביותר הוא *Diadema setosum* (איור ב36). השנה נמצאו באתרים הלגונה ולראשונה גם בשמורה הרדודה (5-NR) יותר פרטים של קיפודי ים אחרים (במשולב) מאשר *D. setosum*. באתרים אלה הקיפוד הנפוץ ביותר הוא *Echinometra mathaei*. צפיפותן של חבצלות הים גבוהה ברוב האתרים, מלבד באתר הלגונה.

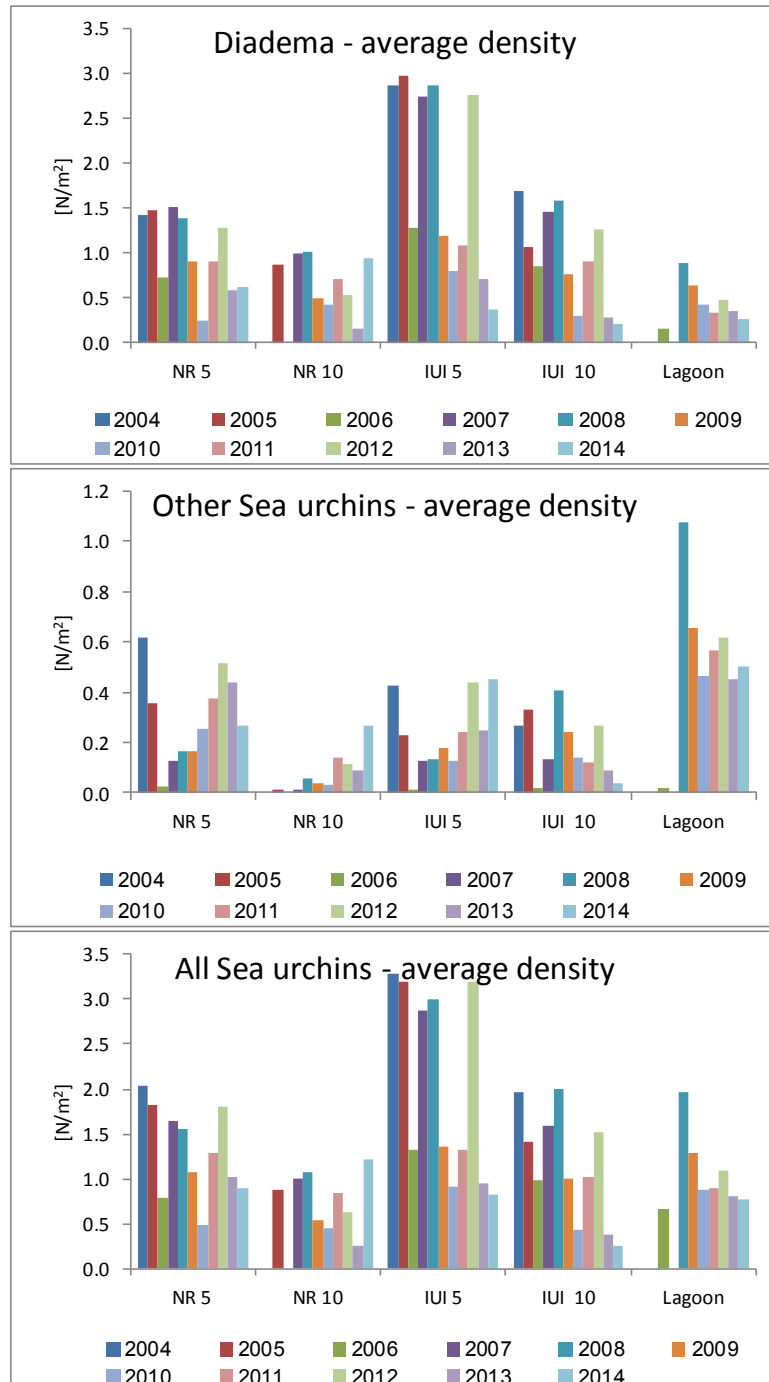


איור ב36: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של חסרי חוליות ניידים באתרי הניטור.

Figure B36: The average density (per m²) of mobile invertebrates at the sampling sites.

הצפיפות הגדולה ביותר של קיפודי ים מכל הסוגים נמצאה השנה באתר IUI-10 והנמוכה ביותר באתר NR-10. הצפיפות הגבוהה ביותר של קיפודים מן המין *Diadema setosum* גם היא נמצאה באתר IUI-10. הקיפוד השני הנפוץ ביותר גם השנה הוא הקיפוד מסוג *Echinometra mataei* (340 פרטים

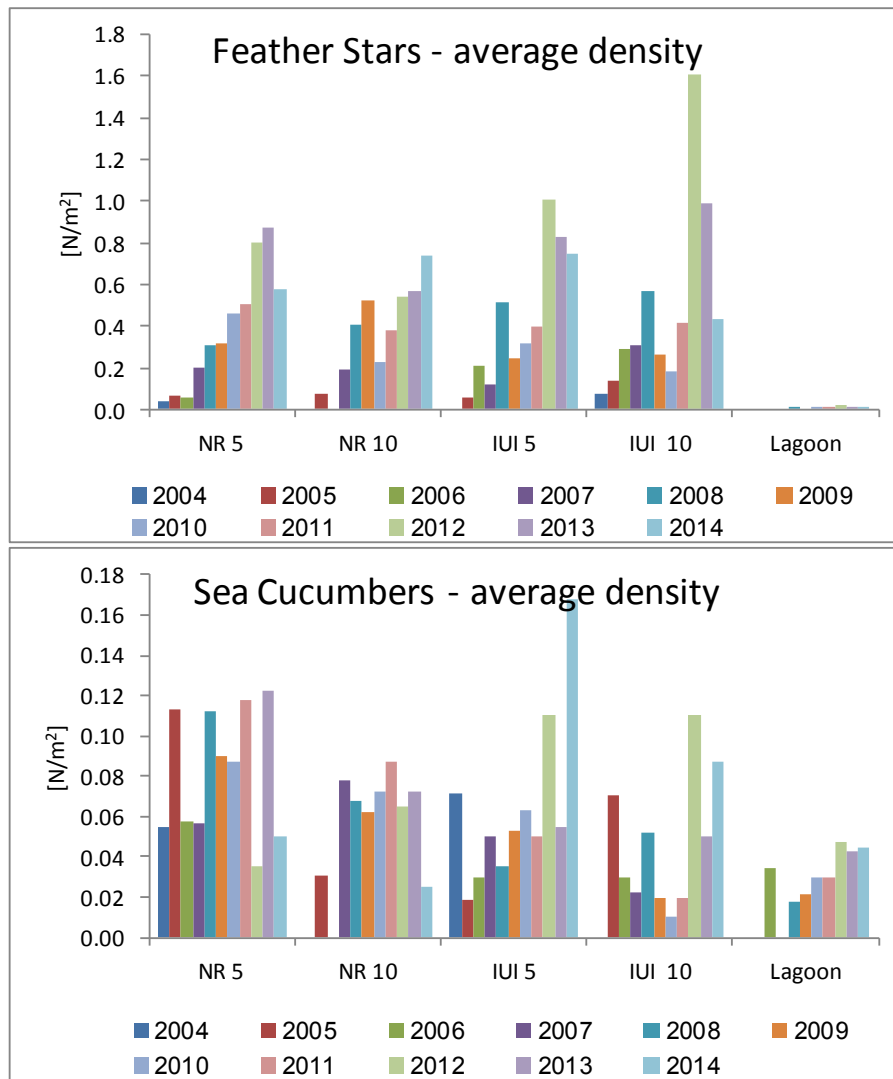
נספרו בסך הכל, לעומת 653 פרטים של *Diadema setosum*). בשנים 2009-2011 נצפתה צפיפות נמוכה של קיפודי ים באתרים הנסקרים, ובשנת 2012 תועדה עלייה חדה בצפיפות הקיפודים. בשנה הקודמת (2013) שוב נרשמה ירידה גדולה בצפיפות הקיפודים והשנה הערכים בדרך כלל דומים לשנה שעברה, מלבד באתר NR-10 בו נמצאה עלייה (איור ב37). נראה כי קבוצה זו נוטה לתנודות חזקות בגודל האוכלוסיה. השינויים בצפיפות קיפודי הים משקפים, כנראה, מחזורים טבעיים בגודל האוכלוסיה, או השפעות סביבתיות מחזוריות.



איור ב37: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של קיפודי הים *Diadema setosum* (למעלה) של קיפודי ים אחרים (באמצע) ושל קיפודי הים מכל המינים (למטה) באתרי הניטור.

Figure B37: The average density (individuals per m²) of *Diadema setosum* (top) other urchins (middle) and all sea urchins (bottom) at the sampling sites.

צפיפות חבצלות הים ירדה השנה בהשוואה לשנתיים האחרונות, בהן היתה גבוהה במיוחד, מלבד באתר 10-NR אשר בו נרשמה עליה, בדומה לצפיפות הקיפודים (איור ב38 למעלה). בסך הכל אוכלוסיית חבצלות הים גדולה משמעותית משהייתה בשנות הניטור הראשונות. באוכלוסיית מלפפוני הים הייתה השנה ירידה בצפיפות באתרי קדמת השונית בשמורת חוף אלמוג, ועליה באתרי המעבדה הימית (איור ב38 למטה). בלגונה כמעט ואין חבצלות ים ואוכלוסיית מלפפוני הים נותרה יציבה וגבוהה בשלוש השנים האחרונות. יש לשים לב כי צפיפות מלפפוני ים בכלל קטנה מאד, ועל כן התנודות הנרשמות לא בהכרח משקפות שינויים דרמטיים.



איור ב38: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של חבצלות ים (למעלה) ומלפפוני ים (למטה) באתרי הניטור.
Figure B38: The average density (per m²) of feather-stars (top) and Sea Cucumbers (bottom) at the sampling sites.

השנה נמצא לראשונה באתרי הניטור מלפפון ים מהמין גלילן צהוב-נקודות (Yellow-spotted sea cucumber, *Holothuria (Semperothuria) flavomaculata*). מין זה תועד בים סוף ע"י החוקרים פיטר ווין ולב פישלזון בשנות השבעים, אך אין תיעוד שלו ממפרץ אילת. השנה תועדו 5 פרטים של המלפפון בחתכים שונים באתר 5-NR (איור ב39).



איור ב39: קיפוד ים מהמין גלילן צהוב-נקודות (*Holothuria (Semperothuria) flavomaculata*) אשר תועד בפעם הראשונה השנה באזור שמורת חוף אלמוג (אתר 5-NR).

Figure B39: Yellow-spotted sea cucumber (*Holothuria (Semperothuria) flavomaculata*) documented for the first time at the Gulf of Aqaba. Five individuals were counted at the shallow Nature Reserve site (NR-5).

ב.5. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית

מטרה

אמדן קצבי ההתיישבות והגידול של אצות צמודות-מצע וחיבורות הרעייה לויסות כמות האצות.

שיטות

ששה מערכים של שתי לוחיות PVC סמוכות, שגודלן 10X10 ס"מ וצידן העליון חוספס על מנת להקל על התיישבות אצות, הוצבו באופן שרירותי בעומקים שבעה עד עשרה מטרים בשונית שמול המכון הבין-אוניברסיטאי. החל משנת 2007 הוצבו מערכים דומים גם בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג, בעומקים 20 מ', 5 מ', ובלגונה. בכל מערך שתי לוחיות חשופות ושתי לוחיות מכוסות כלוב מתכת בעל גודל עין של 1X1 ס"מ (איור ב40). הלוחיות משמשות להתיישבות אצות צמודות מצע, ומהוות מודל להתיישבות אצות בשטחים חשופים בשונית. אחת לחודש מוחלף זוג לוחיות חשופה-מכוסה מצומדות מכל מערך בלוחיות נקיות – זמן שהות של כל לוחית במים כחודשיים. האצות מגורדות מהלוחיות שהוצאו מהמים ומסוננות על פילטר סיבי זכוכית GF/A. הפילטרים מושרים בתמיסת אצות: מתנול (50:50) (v/v) למיצוי הפיגמנטים הפוטוסינתטיים המשמשים לאומדן מסת האצות. עצמת בליעת האור באורכי הגל המתאימים לפיגמנטים הפוטוסינתטיים (E664, E647, E630) נמדדת ב-Spectrophotometer ומשמשת לחישוב כמות ה-*chlorophyll a*, הפיגמנט העיקרי באצות 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 לאומדן כמות האצות הפוטוסינתטית, בכך שהכלובים מונעים רעייה של דגים, קיפודי ים, וחלזונות גדולים שהם הצרכנים העיקריים של אצות אלה. פוטנציאל הגידול של אצות נשלט במידה רבה על ידי זמינות חומרי המזון (נוטריינטים) במים. הלוחיות החשופות מהוות מדד לכמות האצות בפועל, וכך למידת הרעייה על אצות. בשל השונות הגבוהה של כמות האצות (= ריכוז *chlorophyll a*) על לוחיות הניסוי, כל מדידה חודשית מחושבת על-פי ממוצע שלוש הלוחיות המוגנות ושלוש הלוחיות החשופות שהוצאו באותו אתר באותו חודש. בכל המקרים בהם מופיעים קווי שגיאה, הם מייצגים את שגיאת התקן (Error bars represent the standard error).

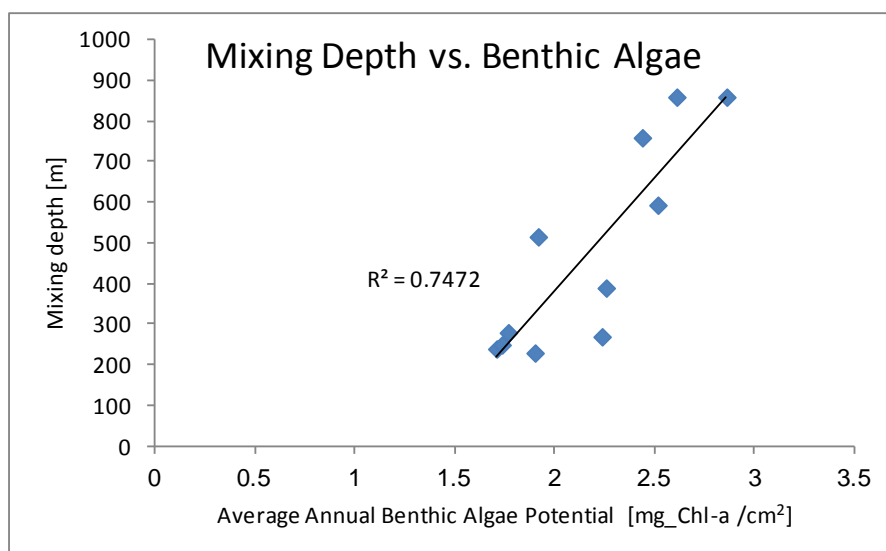


איור ב40: א) מערך של לוחית התיישבות. שתי לוחיות חשופות לרעייה, ושתיים מוגנות על ידי כלוב מתכת. צילום: ניצן שגב ב) החלפת לוחיות בצלילה, מדי חודש מוחלפות הלוחיות ששהו חודשיים בים. צילום: רותי ריף

Figure B40: 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

ערכי *chlorophyll-a* על גבי לוחיות מול המעבדה בחורף השנה היו, בממוצע, גבוהים מאשר בשנה הקודמת למרות ערבוב עמודת המים הרדוד גם השנה. בשנים 2007, 2008 ו-2012 היה ערבוב עמודת המים עמוק וריכוז הכלורופיל על גבי לוחיות התיישבות היה גבוה יותר. ההבדלים בולטים במיוחד בערכים הנמדדים מלוחיות מוגנות המשקפות פריחת אצות ללא ויסות על ידי רעייה. גם השנה, בדומה לשנה הקודמת, היה הערבוב רדוד מ-300 מטרים (כ-270 מ' בחודש ינואר), לעומת עומק של לפחות 860 מ' בשנת 2012. השינויים הנצפים משנה לשנה מצביעים על הקשר ההדוק בין ערבוב עמודת המים ופריחת אצות ישיבות על גבי מדרונות השונית (איור ב41).



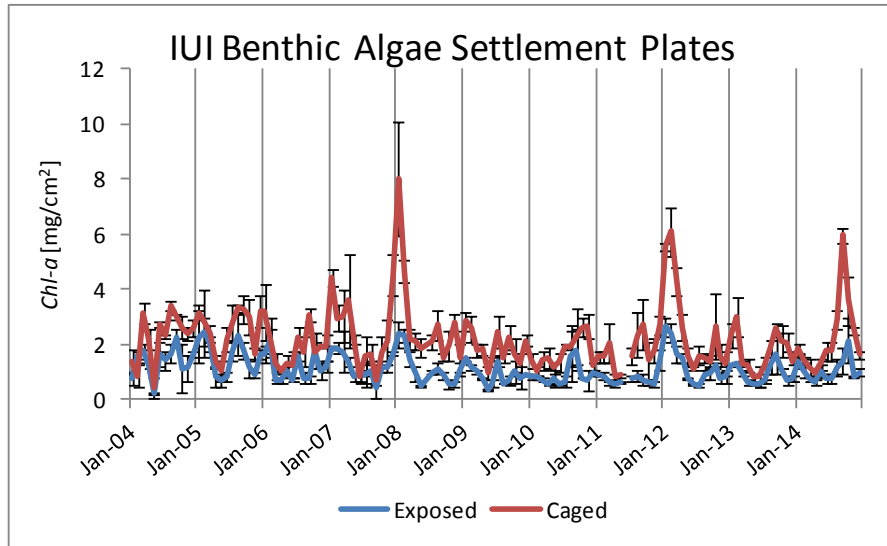
איור ב41: עומק הערבוב כנגד ממוצע פוטנציאל פריחת אצות צמודות מצע במדרון השונית מול המכון הבינאוניברסיטאי, מאז שנת 2004.

Figure B41: Mixing depth versus the annual average potential benthic algae growth on the reef slopes across the IUI since 2004.

פוטנציאל גידול האצות כפי שנאמד על סמך ריכוז הכלורופיל על גבי לוחיות מוגנות מרעיה היה השנה גבוה במיוחד בחודש ספטמבר, והגיע לערך קרוב לפריחת האצות של שנת 2012 בה היה הערבוב עמוק. הריכוז הגבוה אשר נמדד בספטמבר השנה על גבי לוחיות מוגנות מרעיה היה 5.96 mg/cm^2 , כמעט כפול מאשר בשנה הקודמת (איור ב42) על אף שבשתי השנים היה הערבוב דומה (ורדוד). גם מועד ה"פריחה" מצביע על כך שנגרמה מגורם שונה מהערבוב העונתי, הגורם לפריחה צמודת מצע בחודשי החורף.

הערך הגבוה ביותר של ריכוז כלורופיל על גבי לוחיות מוגנות אשר נמדד על ידי תכנית הניטור מול המעבדה, היה 7.99 mg/cm^2 , בינואר 2008.

גידול אצות בשונית בפועל נאמד על ידי ריכוז הכלורופיל על גבי לוחיות חשופות לרעייה. ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחיות חשופות לרעיה היו אף הם גבוהים מעט מריכוזי השנה הקודמת (ערך מרבי 2.13 mg/cm^2 בחודש אוקטובר), עדות לכך שתמיד ישנה שארית אשר הרועים אינם מצליחים לנצל. מסקנה זו תואמת גם לממצאים ממחקר ממוקד על רעייה בשונית שנתמך על ידי תוכנית הניטור ופורסם כנספח בדו"ח המדעי לשנת 2007.

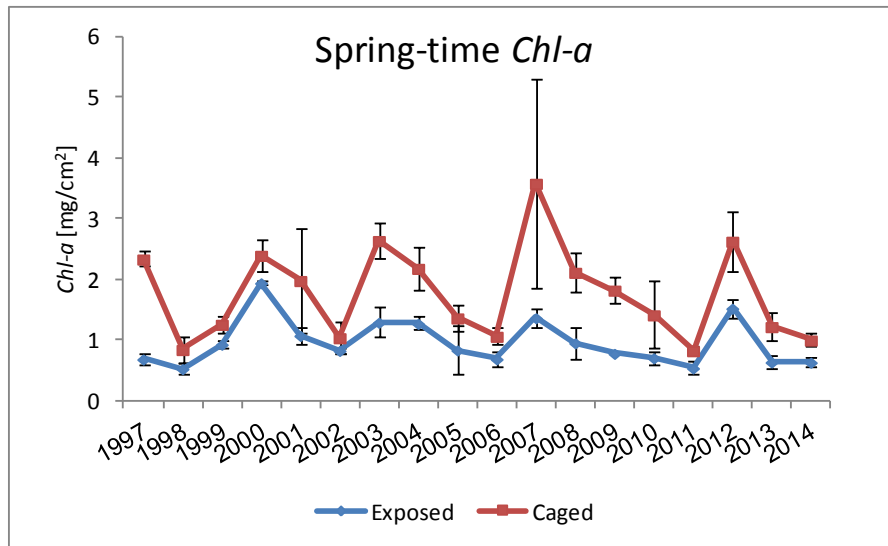


איור ב42: ממוצע כמות Chlorophyll a ע"ג לוחית חשופות ומוגנות בכלובים מאז 2004. כל נקודה מייצגת חודש אחד (מחושבת על-פי שלוש לוחיות ששהו בים חודשיים).

Figure B42: 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-שנים, שהחל לפני הקמת תכנית הניטור, אחר כמות הכלורופיל על גבי לוחיות ששהו במים משך חודשיים באביב (מרץ-אפריל) ובו נצפים שינויים גדולים משנה לשנה בפוטנציאל גידול האצות בשונית בעונה זו (איור ב43). ישנה מחזוריות בפוטנציאל הגידול של אצות (לוחות מוגנות מרעיה) בהתאמה עם עומק ערבוב עמודת המים, אולם מחזוריות זו אינה סדורה מכיוון שתזמון הפריחה לא תמיד חופף את החודשים מרץ-אפריל ("אביב"). השנה היה פוטנציאל הגידול באביב נמוך מעט מאשר בשנה הקודמת, בהתאם לערבוב הרדוד והקצר השנה, ועל אף שבהמשך – בקיץ – נצפתה פריחת אצות. פוטנציאל הגידול השנה (1.00 mg/cm^2) היה פחות ממחצית זה של שנת 2012, ומעט גבוה בהשוואה לשנת 2011.

בהשוואה זו נראה כי כמות הכלורופיל בשנת 2007 הייתה גבוהה מכמות הכלורופיל שנמדדה בעונה זו בכל השנים האחרות מאז 1997. ריכוזים גבוהים במיוחד נמדדו גם בשנים 2000, 2003 ו-2012 ומצביעים על עומק הערבוב כגורם מרכזי המשפיע על פריחת האצות בחדשי האביב. בכל שנה כמות האצות על גבי לוחיות החשופות לרעייה קטנה מהפוטנציאל המגולם בלוחיות המוגנות. ברוב המקרים משרעת ערכי הכלורופיל בלוחיות החשופות קטנה בהרבה מזו של הפוטנציאל, עדות לכך שהרעייה יעילה ביותר בויסות כמות האצות. בשנים בהן פוטנציאל האצות נמוך ההבדלים בין הלוחיות החשופות והמוגנות קטנים מאד. בשנים בהן הפוטנציאל גבוה עשוי להיווצר מרווח זמן (time lag) בין הגידול המהיר של האצות ובין ויסות הגידול באמצעות רעייה. מרווח זה נגרם מירידה בלחצי הרעייה לגרם אצה בשלב בו האצות גדלות במהירות. בסיכומו של דבר נראה כי לאוכלוסיית הרועים הקיימת נדרש זמן להתגבר על עלייה בשיפעת האצות בשנים בהן פוטנציאל הגידול גבוה.

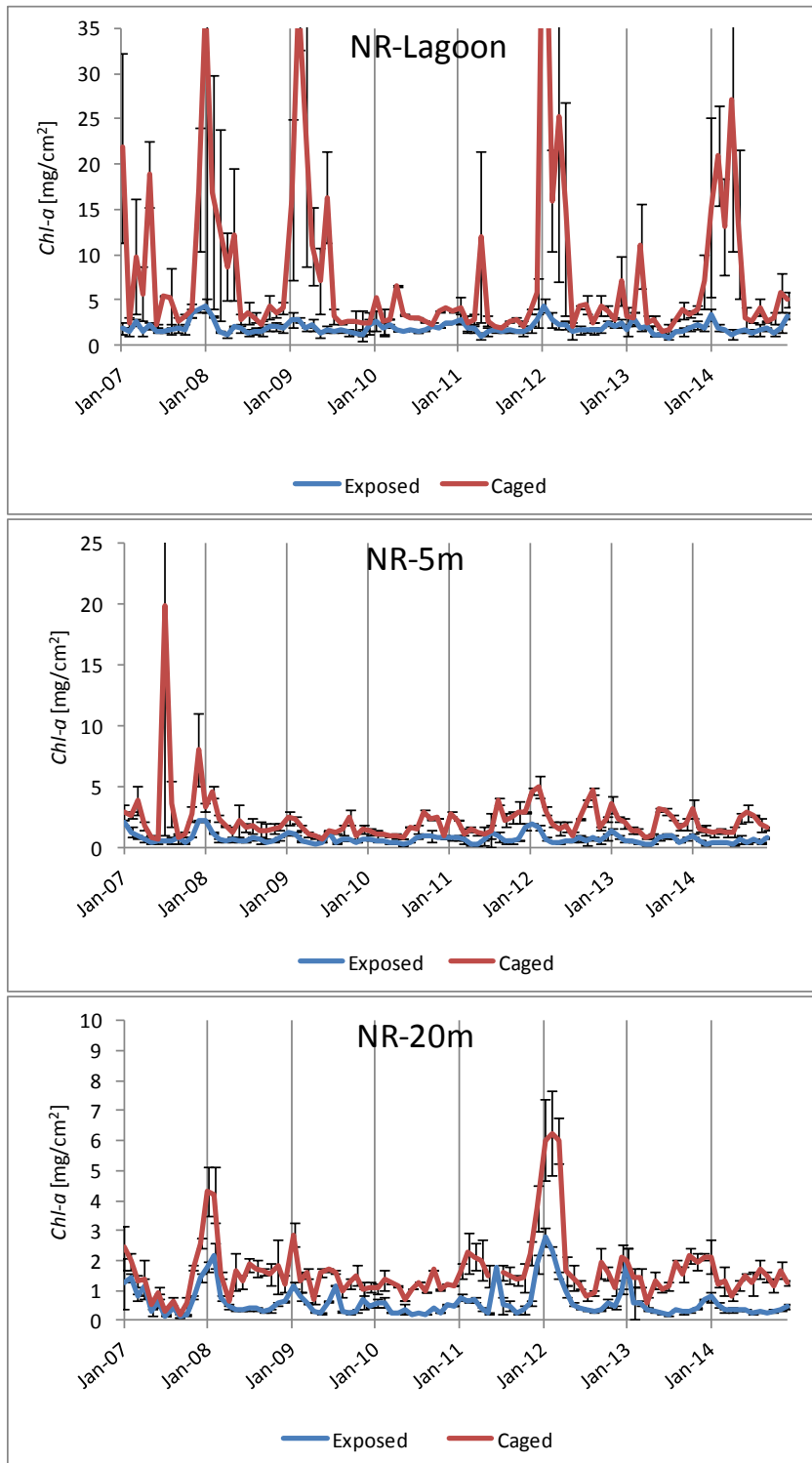


איור ב43: ממוצע כמות Chlorophyll a בחודשי האביב (מרץ-אפריל) על-גבי לוחית חשופות ומוגנות בכלובים, החל משנת 1997. כל נקודה היא ממוצע של שלוש לוחיות ששהו בים חודשיים.
Figure B43: Average chlorophyll a during the months April-May on exposed and caged settlement plates since 1997. Each point is an average of three plates submerged in the sea for two months.

מאז שנת 2007 נמדדת התיישבות אצות צמודות-מצע בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג, בשלושה עומקים המייצגים שלוש סביבות שונות (איור ב44). בלגונה עומק המים נע סביב 1.5 מטרים (כתלות בגובה פני הים), ולכן עוצמת האור באתר זה גבוהה יותר מזו שבאתרים האחרים בהם הוצבו לוחות התיישבות. מאידך, אזור זה חשוף לפעולת גלים בעת סערה, והקרע החולית אינה יציבה ועשויה לכסות את לוחיות ההתיישבות. השילוב בין לוחיות שכוסו לעיתים בחול ובין צמיחת אצות אשר לעיתים מילאו את כל כלובי ההגנה סביב הלוחות גורם לעיתים להבדלים גדולים בין שלושת מערכי הדיגום (שגיאות תקן גדולות). שגיאות אלה מקשות על ניתוח התוצאות, אך למרות זאת אין ספק כי פוטנציאל הגידול בלגונה עשוי להיות גבוה בסדר גודל מזה שבועמקים גדולים יותר. על גבי הלוחיות החשופות בלגונה, לעומת זאת, ריכוז הכלורופיל (אצות) אינו שונה באופן משמעותי מאשר בעומקים אחרים, עדות לכך שפעילות הרועים בלגונה מצליחה להתמודד גם עם פוטנציאל גבוה זה. בלגונה נצפו לעיתים שתי פריחת עונתיות: פריחת חורף (ערכים גבוהים ביותר, בחודש פברואר) ופריחת אביב. השנה היה פוטנציאל גידול האצות בלגונה גדול יותר מכפול בהשוואה לשנה הקודמת, 27.10 mg/cm^2 בחודש אפריל.

מערכי הלוחיות בעומק 5 מ' מוצבים על גבי סלע שונית המונע כיסוי בחול. גם כאן נמצאו חודשים בהם אחד הכלובים המגינים על הלוחיות מרעייה התמלא לגמרי באצות. במקרים אלה התקבלו ערכי כלורופיל גבוהים מאד – ושגיאות תקן גדולות. ריכוז הכלורופיל הגבוה ביותר באתר זה מאז תחילת הניטור נמדד בקיץ 2007. כפי שנמצא במדרון מול המעבדה, ריכוזי הכלורופיל בקדמת השונית בשמורה בשנים 2007 ו-2008 היו הגבוהים ביותר בתקופה המנוטרת, והריכוזים המרביים השנה היו נמוכים יותר ודומים לאלה של השנה הקודמת. השנה פוטנציאל גידול האצות המוערך המרבי בשמורה בעומק 5 מטרים היה 3.18 mg/cm^2 בחודש ינואר, וערך מעט נמוך יותר, 2.89 mg/cm^2 , בחודש ספטמבר. גם באתר זה נמצא שרעייה מצליחה לווסת את צמיחת האצות וריכוז הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות נותר נמוך.

ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחיות בעומק 20 מ' נמוכים יותר מאשר באתרים הרדודים, עם שיאים בעיקר בחורף. ריכוז הכלורופיל על גבי לוחיות מוגנות היה בחודש ינואר 2.13 mg/cm^2 (דומה לערך השנה הקודמת) ובחודשים שלאחר הקיץ נמדדו שם ריכוזים סביב $1.5\text{-}1.7 \text{ mg/cm}^2$. גם בעומק 20 מ' פעילות הרועים מורידה ביעילות את ריכוז הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות, והריכוז המרבי היה לרוב פחות מחצי הריכוז הפוטנציאלי גם בחודשי החורף.



איור ב44: ממוצע כמות Chlorophyll a ע"ג לוחית חשופות ומוגנות בכלובים בשמורת חוף אלמוג מאז שנת 2007. כל נקודה מייצגת חודש אחד (מחושבת על-פי שלוש לוחיות ששהו בים חודשיים). למעלה – לוחיות שהוצבו בלגונה, באמצע – לוחיות מעומק 5 מטרים, למטה – לוחיות מעומק 20 מטרים.

Figure B44: 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.6. סקר דגי השונית

מטרה

מעקב אחר שינויים בשפעת וכמות דגי השונית העיקריים בשונית שמורת האלמוגים.

שיטות

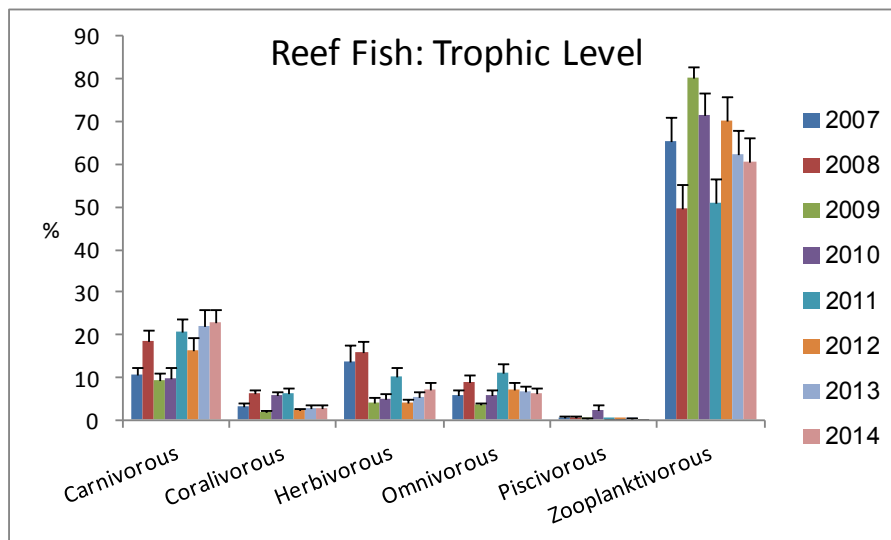
דגי השונית נסקרים בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג, "הגנים היפנים", באזור קדמת השונית בעומקים 5-8 מטרים. תדירות הסקר אחת לשנה, בתקופת הקיץ. מתוך כלל אוכלוסיית הדגים נבחרו 32 סוגים על סמך שני שיקולים: (1) דגים עיקריים (2) סוגים מייצגים של קבוצות פונקציונאליות בשונית. הבחירה נעשתה על סמך הניסיון המצטבר בשונית אילת (Khalaf et al., 2003) ובעצה אחת עם ד"ר ערן ברוקוביץ. אוכלוסיות היעד חולקו לשני חלקים: דגים החיים בעמודת המים (השוחים בעמודת המים ואינם צמודים למושבת אלמוגים זו או אחרת) ודגים מוצנעים (cryptic) שוכני קרקעית (רובם שוהים דרך קבע בין ענפי אלמוגים). הדגים נספרו בסדרה של מנסרות ישרות בעלות בסיס מלבני ברוחב 1 מ' ובאורך 7 מ' ונפח הכולל את עמודת המים בין הבסיס ופני הים. בכל פעם נדגם 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 טווח ראייה: על הצולל להיות מסוגל לראות את כל נפח המנסרה בבת אחת, המרחק בין מנסרות נועד לאפשר עבודה בטוחה בצלילה – קשר עין בין דוגמים. יחידות הדיגום הן: עבור דגי עמודת המים – נפח מנסרה עם בסיס מלבני 7X1 מ' על קרקעית הים ועד לפני המים, ופרק זמן של עשר דקות. עבור הדגים שוכני הקרקעית – בסיס יחידת הדיגום (המנסרה) וכל מושבות האלמוגים המעונפים בתחומה. קצותיהם של שני סרטי מדידה מחוברים למוט באורך מטר קובעו לקרקעית הים (נקשרו לשונית) ונמתחו במקביל על ידי צולל השוחה עם המוט. קצות רצועות דיגום (אורך כל רצועה 7 מ', בסיס המנסרה) סומנו לאורך סרטי המדידה בעזרת מוטות נוספים. לאחר חלוקת השטח לאזורי דיגום מתרחקים הצוללים מרצועות הדיגום וממתינים 5 דקות לאפשר חזרת הדגים לפעילות רגילה. לאחר פרק זמן זה מתחילה ספירת הדגים שוכני עמודת המים אשר עוברים בנפח המנסרה במשך עשר הדקות הבאות. לאחר ספירת דגים אלו במשך עשר דקות, נספרים הדגים שוכני הקרקעית המאכלסים את מושבות האלמוגים בתחומי בסיס המנסרה. יחד איתם נספרות מושבות האלמוגים המאוכלסות והמושבות הריקות.

תוצאות

סקר דגי השונית נערך על ידי תכנית הניטור מאז שנת 2007, והנתונים המצטברים מתחילים ליצור תמונה של מבנה חברת הדגים בשמורת חוף אלמוג, בחלוקה לרמות טרופיות. יחד עם זאת הבלדים גדולים בכמות הנתונים אשר נאספה בכל שנה ושונות מובנית באופי הדגימה מקשים על קבלת מסקנות סטטיסטיות. בשנה הנוכחית נדגמו 26 יחידות של 7X 7X1 מטרים (עומק המים) 10X דקות (עבור דגים פלגים). בסך הכל נספרו השנה 2638 פרטים, פחות מאשר בשנה הקודמת (3379). בשנת 2009 נספרו 7289, אולם תוצאה זו נובעת בעיקרה מספירת להקות גדולות של דגים נודדים ממין *Atherinomorus lacunostus*. דגים אלה לא נספרו בחלק מן השנים מכיוון שהדגים נודדים בלהקות ענק (אשר מיקומן אינו קבוע) המטות את הספירה על ידי הימצאותן או העדרן בזמן הסקר. מדגם הדגים השנה כלל 554 דגים מעמודת המים (לעומת 1322 בשנה הקודמת) ועוד 300 פרטים של הדגים הנודדים הנזכרים למעלה, *Atherinidae*. דגים שוכני קרקעית המשוייכים לאלמוגים ביחידות הדיגום נספרו השנה 2051, בדומה לשנה הקודמת. יש להזכיר כי רבים מהדגים חיים בלהקות של עשרות עד מאות פרטים ומספרם מוערך על ידי הסוקר בהתאם לצפיפות הדגים הנספרת בחלק מהלהקה כפול הערכת הנפח של הלהקה כולה. די בשתיים-שלוש להקות גדולות כדי לתרום אחוז ניכר מהדגים הנסקרים ומצב כזה משפיע בהכרח על הערכות השגיאה. מכך נובעות תנודות גדולות בהערכת כמות הדגים בין השנים. השנה נספרו ביחידות הדיגום 202 מושבות אלמוגים ומתוכן 108 מושבות נמצאו מאוכלסות על ידי דגים.

קבוצת הדגים הזואופלנקטיבורים – הניזונים מזואופלנקטון בגוף המים – היא הגדולה ביותר מבין שוכני השונית, והיוותה כ- 60% 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 ב45). דגים זואופלנקטיבורים מהווים חוליה חיונית במארג המזון ברכוזם חמרי מזון מהרמות הנמוכות בגוף המים. הקבוצה השניה בגודלה (כ- 23%) היתה גם השנה קבוצת הדגים הטורפים (קרניבורים), דגים המווסתים את אוכלוסיית השונית – בעיקר חסרי חוליות. קבוצת הרועים (הרביבורים), וקבוצת אוכלי הכל (אומניבורים) מהוות כ-7% ו-6% בהתאמה, וקבוצת אוכלי האלמוגים (קורליבורים) היוותה השנה כ-3% בלבד מכלל הדגים שנסקרו. יחסים כמותיים אלה בין קבוצות הדגים השונות נשמרים בשנים האחרונות ומעידים על יציבות במבנה אוכלוסיית הדגים בשונית. לדגים הרועים תפקיד חשוב בוויסות כמות האצות צמודות-המצע בשונית וכך הינם בעלי השפעה ניכרת על התיישבות אלמוגים ושגשוגם. נוכחותם מקצרת את "שרשרת המזון" במעבר אנרגיה ישיר מהיצרנים הראשוניים (אצות) לדגה. מכיוון שדגים רועים ניזונים ממאקרו-אצות (אצות בנתוניות, צמודות מצע), הם לרוב דגים גדולים (סיכנים, נתחנים, תוכינונים) ופעולתם (ביחד עם קבוצת הקורליבורים, אוכלי האלמוגים) עשויה גם היא לגרום לבלייה של המצע (קרקעית/אלמוגים). קבוצת הדגים אוכלי הדגים (פיסקיבורים) מהווה חלק קטן מאוכלוסיית דגי השונית (פחות מ-1%). חלוקת הדגים לפי הרמה הטروفית מאפשרת התייחסות למבנה החברה והשוואה בין השנים על אף הבדלים ניכרים בגודל המדגם, ומלמדת גם על התפקוד האקולוגי של דגי השונית. רשימת הדגים שנצפו בסקר, הקבוצה הטروفית לה הם משתייכים ושכיחותם בסקר השנה נתונה בטבלה ב8. בין השנים נשמר מבנה החברה המתואר למעלה.



איור ב45: התפלגות דגי השונית על פי הרמה הטروفית מאז שנת 2007.
Figure B45: Distribution of reef fish according to trophic level since 2007.

| Taxa | Dweller* | Tropic level** | Occurrence |
|---|----------|----------------|-------------|
| Blenniidae/Gobiidae | | C | 59 |
| Pomacentridae | Cryptic | | |
| <i>Amphiprion bicinctus</i> | | Z | 5 |
| <i>Chromis dimidiata</i> | | Z | 33 |
| <i>Chromis viridis</i> | | Z | 716 |
| <i>Dascyllus aruanus</i> | | Z | 33 |
| <i>Dascyllus marginatus</i> | | Z | 135 |
| <i>Neopomacentrus miryae</i> | | Z | 909 |
| <i>Pomacentrus sulfureus</i> | | Z | 1 |
| <i>Pomacentrus trichourus</i> | | O | 85 |
| Other Pomacentridae | | Z | |
| Pseudochromidae | | C | 75 |
| Acanthuridae | | | |
| <i>Ctenochaetus striatus/Acanthurus nigrofuscus</i> | | H | 18 |
| <i>Zebrasoma sp.</i> | | H | 23 |
| Other Acanthuridae | | H | 4 |
| Balistidae | | C | 22 |
| Caesionidae | | Z | 33 |
| Chaetodontidae | | | |
| <i>Heniochus sp.</i> | | CO | 2 |
| Other Chaetodontidae | | CO | 36 |
| Labridae | Pelagic | | |
| <i>Bodianus anthioides</i> | | C | 10 |
| <i>Coris aygula</i> | | C | 3 |
| <i>Cheilinus lunulatus</i> | | C | |
| <i>Gomphosuse caeruleus</i> | | C | 6 |
| <i>Labroides dimidiatus</i> | | C | 3 |
| <i>Thalassoma sp.</i> | | C | 28 |
| Other Labridae | C | | |
| Lethrinidae | | C | 4 |
| Mullidae | | C | 47 |
| Ostraciidae | | C | |
| Pomacanthidae | | C | 8 |
| Serranidae | | | |
| <i>Pseudanthias squamipinnis</i> | | Z | 259 |
| <i>Variola louti</i> | | P | |
| Other Serranidae | | C | 9 |
| Scaridae | | H | 39 |
| Scorpaenidae | | C | |
| Siganidae | | H | |
| Tetraodonitidae/Diodonitidae | | H | |
| others | | | 33 |
| Total | | | 2638 |
| Atherinidae | P | Z | 300 |
| Corals with fish | | | 108 |
| Corals without fish | | | 94 |

* 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 ב8: שכיחות דגים בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג.

Table B8: Fish abundance of at the Coral Beach Nature Reserve.

ג. ניטור הסביבה החופית

ג.1. מי הים בקרבת החוף

מטרה

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

שיטות

אחת לחודש מבוצעות מדידות של פרמטרים כימיים וביולוגיים על דוגמאות ממי השטח בשבע תחנות לאורך החוף הישראלי של המפרץ ובתחנת ים פתוח כפי שמפורט באיור 1ג, בטבלה 1ג, ובטבלת הפעילות. הדיגום נעשה מסירה בשעות הבוקר. במהלך הפלגה רציפה נלקחות משמונה התחנות דוגמאות מים מעומק של כ-1 מ' לצורך מדידות במעבדה, באמצעות בקבוק ניסקין בנפח 5 ליטר של חברת GOFLO. בנוסף, נמדדת טמפרטורת מי השטח באמצעות מד-חום כספית ונאמדת עכירות המים לפי עומק סקי (secchi): מדידה בה מורדת מהסירה דסקה צבועה בלבן ובעלת קוטר קבוע ונרשם העומק אשר מעבר לו לא ניתן להבחין בה. כל התחנות נדגמות בפרק זמן של כשעה וחצי.

מיד עם החזרה מהפלגת הדיגום מחולקים המים לצורך המדידות הכימיות הבאות:

חמצן מומס: ריכוז החמצן נקבע בשיטת ווינקלר שהיא ריאקציה סתירה המבוצעת בטיטרציה. הדגימות מקובעות ע"י הוספת שני ריאגנטים MnSO_4 ו- $\text{KI} + \text{NaOH}$ ומטוטרות עם $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ בריכוז 0.1N. הטיטרציה מתבצעת באמצעות טיטרטור אוטומטי מסוג Titrino 702 SM של חברת Metrohm, שוויץ.

pH: מדידות ה-pH במי הים מבוצעות בטמפרטורה קבועה של 25°C באמצעות אלקטרודת pH מזכוכית (combined pH electrode) דגם pHC2401-7 ומד pH דגם PHM 93 שניהם של חברת Radiometer Copenhagen. כיוול האלקטרודה מתבצע בעזרת תמיסות סטנדרטיות מסחריות ומוכרות כתמיסות כיוול בינלאומיות (IUPAC/NIST certified standards).

תמיסות כיוול אלו הן במליחות נמוכה ולכן מספקות מידע על pH בסקלת אקטיביות המימן או סקלת pH_{NBS} לפי ההגדרה של Millero et al. 1993: $\text{pH}_{\text{NBS}} = -\log \{H^+\}$

מחקרים רבים במי ים מדווחים את תוצאותיהם בסקלה של ריכוז כולל של יוני המימן סקלת pHT המוגדרת כ: $\text{pHT} = -\log [H^+]_T$

כאשר $[H^+]_T$ כולל גם את ריכוז יוני HSO_4^- .

מעבר בין הסקלות מתאפשר באמצעות חישוב קבוע האקטיביות של יון המימן (f_H). קבוע זה הנו תלוי טמפרטורה ומליחות וניתן לחישוב באמצעות אלגוריתם לפי (Millero et al. 1988). מאחר וכל מדידות ה-pH של הניטור מתבצעות באותה טמפרטורה ומליחות מי הים בצפון מפרץ אילת משתנה במידה מזערית, ערכו של קבוע האקטיביות של יון המימן הוא 0.72 לאורך השנה ובכל עמודת המים.

הפעלת קבוע זה על מדידות ה-pH המדווחות בניטור גורם להפחתת 0.14 יחידות pH. כלומר במידה ויש צורך להשתמש בנתוני הניטור בסקלת ה-pHT, יש להפחית 0.14 מכל המדידות (Shaked 2008).

מליחות: מדידה במד מליחות מדגם Micro-Salinometer MS-310e של חברת RBR, קנדה.

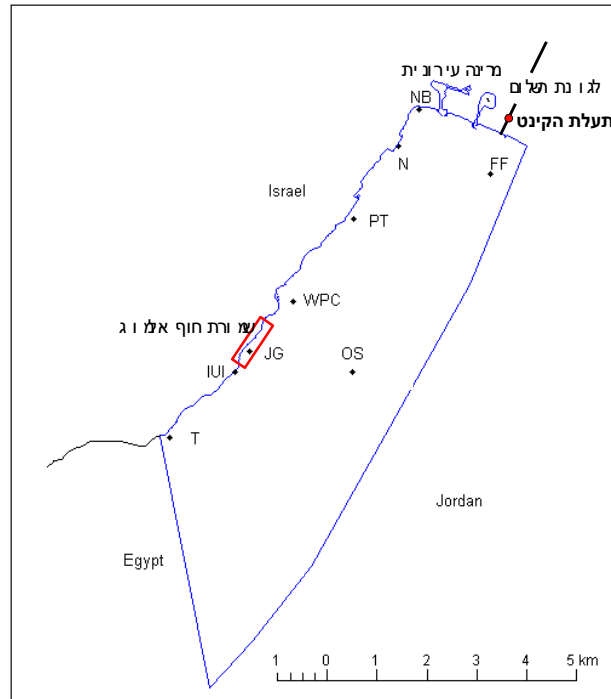
המדידה מבוססת על השראה מגנטית תוך השוואה של מוליכות הדגימה לזו של סטנדרט.

נוטריינטים: NO_2 , NO_3 , Si(OH)_4 , PO_4 נמדדים במכשיר QuikChem 8000 flow injection analyzer של חברת Lachat Instruments, Milwaukee, ארה"ב. המדידה מבוססת על תגובת צבע שיוצר כל אחד מהנוטריינטים עם הריאגנט הייחודי לו ליצירת קומפלקס צבע בעל אורך גל בתחום האור הנראה, הנקלט בספקטרופוטומטר של המכשיר.

אלקליניות: נקבעת ע"י טיטרציה Gran עם HCl בריכוז 0.05N המתבצעת באמצעות טיטרטור אוטומטי מדגם DL67 ואלקטרודת pH מזכוכית (combined pH electrode) דגם DG111, שניהם של חברת Mettler Toledo, שוויץ.

כלורופיל: המים מסוננים דרך פילטרים מסוג GF/F. הפילטרים ממוצים באצטון 90% בחושך (במקרר 4°C) ל-24 שעות. בתום המיצוי, ריכוז הכלורופיל והפאופיטין (Chlorophyll-a and)

נמדד בפלואורומטר מדגם 10-AU Fluorometer של חברת Turner Designs, קליפורניה, ארה"ב. ריכוז הפאופיטין נמדד לאחר החמצת המיצוי עם HCl בריכוז 1N. אמוניה: אמוניה נמדדת באמצעות פלואורומטר DyNA Quant™ 2000 של חברת Hoefler לאחר הדגרת הדוגמאות בחושך בתוספת ריאגנט צבע המכיל orthophthaldialdehyde למשך 3 שעות.



איור ג1: מפת תחנות הדיגום החופי במפרץ אילת.

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

| שם תחנה | תיאור מיקום | 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 שמורת חוף אלמוג, בקרבת המצפה התת-ימי | 29°30.251" | 34°55.211" |
| T | מול מעבר הגבול בטאבה | 29°29.478" | 34°54.316" |
| OS | ים פתוח צפונית ל- IUI | 29°30.183" | 34°56.148" |

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

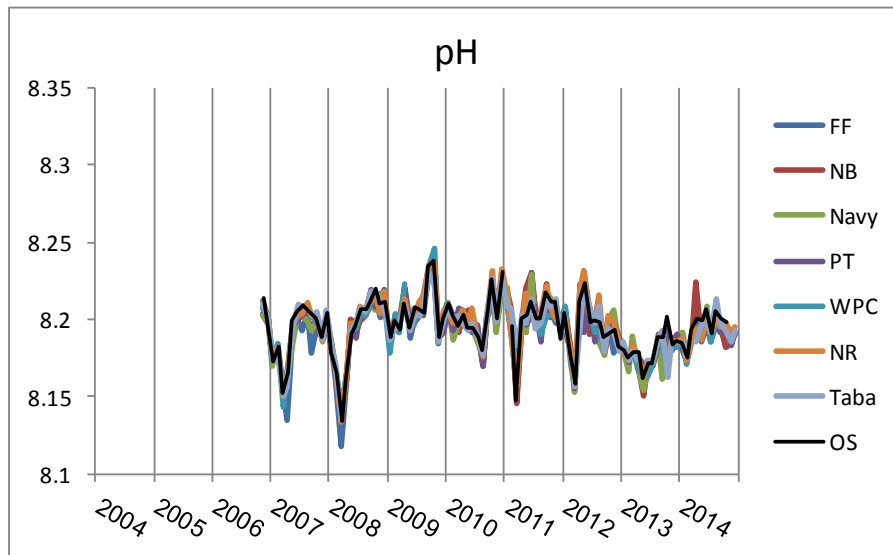
Table C1: Locations of the coastal-water monitoring stations.

מדדים כימיים

רמת חומציות המים (pH)

תזכורת: עקב התיישנות תמיסות התייחסנו אל כל ערכי pH אשר נמדדו במסגרת תכנית הניטור מאז חודש אוקטובר 2003 ועד לחודש נובמבר 2006 כחשודים ולא קבילים. הערכים המוצגים למטה מאז שנת 2007 הינם אמיתיים. הערכים הנמדדים מאז סוף 2006 דומים לערכים שנמדדו לפני אוקטובר 2003 ומעידים על כך כי לא ניתן לאבחן מגמה ארוכת טווח של שינוי בערכי pH (בניגוד לאמור בלוח הניטור 2005, שם הוצגו מדידות שגויות).

ערכי ה-pH בחורף נמוכים, בדרך כלל, מאשר בקיץ. זהו מחזור עונתי בו ערכי pH גבוהים נמדדים בחודשי הקיץ והסתיו וערכים נמוכים יחסית נמדדים בחורף המערבב. ה-pH הגבוה ביותר נמדד השנה בחודש אפריל, בתחנת החוף הצפוני (8.224) (איור 2). הערכים הנמוכים ביותר השנה נמדדו בחודש פברואר (מינימום 8.171 בתחנה למניעת זיהום ים, WPC). בסך הכל ערכים אלה מעט גבוהים ממדידות השנה הקודמת, אך דומים לערכים אשר נמדדו לאורך החוף בשנים האחרונות. גם השנה לא נצפה ערך מזערי דומה למדידות השנים 2007-8: 8.118 הוא הערך הנמוך ביותר שנמדד, בחודש מרץ 2008, במקום בו היו כלובי הדגים.



איור 2: ערכי pH חודשיים בכל תחנות הדיגום מאז אוקטובר 2006.

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

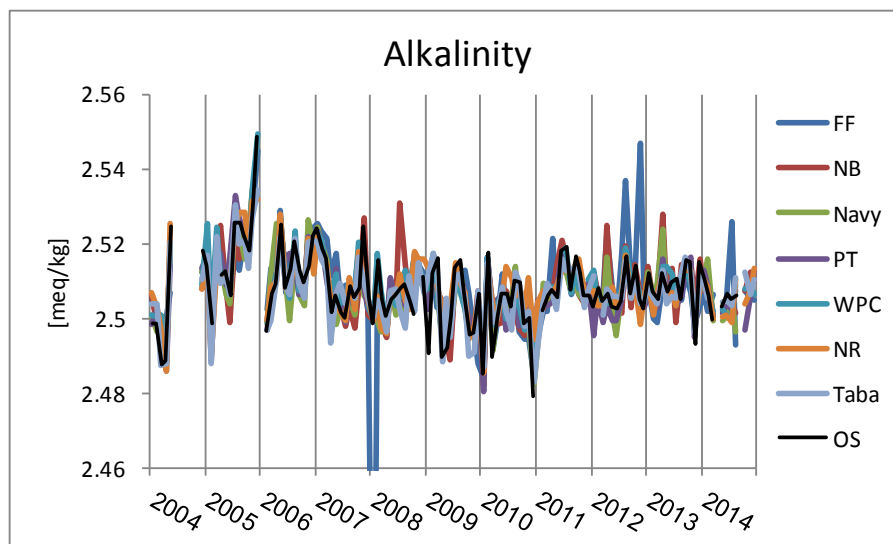
ערכי pH בים מושפעים ממגוון של תהליכים, אשר החשובים שבהם כוללים תהליכי נשימה-פוטוסינטזה, תהליכי שיחלוף גזים עם האטמוספירה, ותהליכי ערבוב של מי שטח עם מי עומק בהם ה-pH נמוך יותר. מחזור הערבוב צפוי להשפיע על כל גוף המים, בעוד יחס נשימה-פוטוסינטזה עשוי להשתנות גם באופן מקומי. המחזור השנתי של ערכי pH בכל תחנות המדידה מושפע קרוב לודאי על ידי מחזור הערבוב השנתי. בתקופת החורף מתערבבים מי השטח עם מים עמוקים בהם ה-pH נמוך כתוצאה מעודף נשימה על פוטוסינטזה. בעונת הקיץ המשוכבת מופרדים מי השטח ומי העומק, ובמים העליונים פעילות פוטוסינטטית גורמת לעליית ה-pH. ערכי pH נמוכים ביותר נמדדו בשנות העמוק 2007-8. השנה היה הערבוב רדוד ולא נצפו ערכים קיצוניים של pH. לערכי pH חשיבות רבה לבריאות השונית, כיוון שסביבה חומצית (pH נמוך) פוגעת בהשקעת שלד גירני. לאחרונה עולים חששות מפני ירידת pH ועליית החומציות באוקיינוסים כחלק מהשינויים הגלובליים אשר חווה כדור הארץ, והשפעה אפשרית של מגמה כזו על שוניות האלמוגים. ממדידות ה-pH הנעשות במסגרת תכנית הניטור מאז שנת 2007 לא ניתן לאבחן מגמה כזו.

אלקליניות

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

השנה נמדדו הפרשי אלקליניות בין התחנות במספר חודשים, אך ההבדל הבולט הוא מדידת אלקליניות גבוהה בתחנת "כלובי הדגים" בחודש יולי (2.526 [meq/kg], איור ג3). בתחנת הים הפתוח נמדדה בחודש זה אלקליניות של 2.505 [meq/kg] בלבד. גם בשנים קודמות נמדדה לעיתים אלקליניות גבוהה במיוחד בתחנות הצפונית. בחודש מאי אירעו שיטפונות אשר זרמו למפרץ בעיקר דרך תעלת הקינט הסמוכה לתחנת כלובי הדגים. בחודשים מאי ויוני לא נמדדו שם ערכי אלקליניות חריגים אולם גם בחודש יולי נצפתה סביב מוצא הקינט פלומה של מים עכורים, אולי כתוצאה של הרחפה מאוחרת של חומרים דקים שהובאו לאזור החוף בשיטפונות.

בשנות הניטור לא ניתן לאבחן מחזוריות סדירה בערכי האלקליניות, או תבנית ברורה בין התחנות. מגמת עלייה אשר הסתמנה בשנים 2004-5 לא נמשכה בשנת 2006, ומאז שנת 2007 ערכי האלקליניות די יציבים.



איור ג3: אלקליניות בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

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

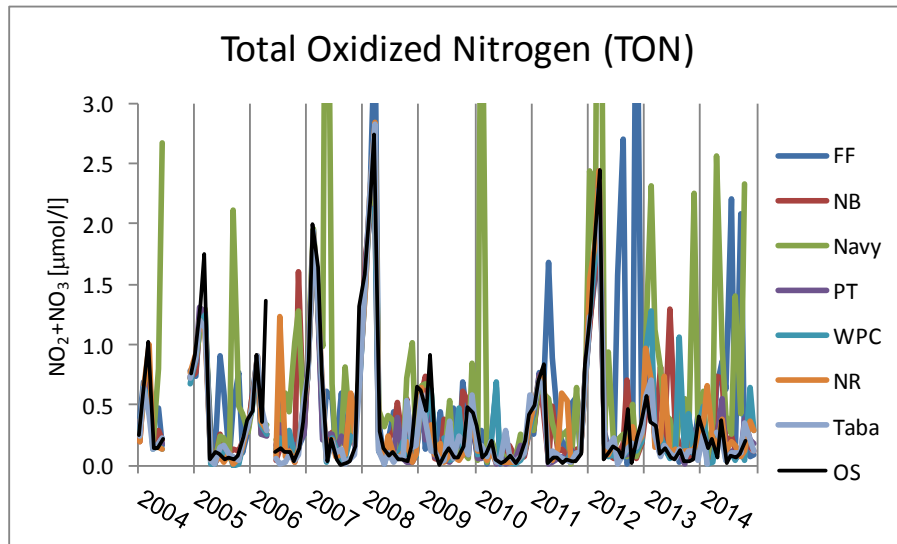
חנקן אנאורגאני מחומצן (TON – Total Oxidized Nitrogen = $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$)

המחזור השנתי של ריכוז חנקן אנאורגאני מחומצן נשלט גם הוא על ידי מחזור הערבוב של עמודת המים. חודשי הקיץ, בהם עמודת המים משוכבת, נחשבים לתקופה "אוליגוטרופית", בה השכבה הפוטית (שכבת המים העליונה) ענייה בנוטריינטים מכיוון שהנטורינטים בה נצרכו, ואין ערבוב בין מי השטח (העניים בנוטריינטים) למי העומק (שם מצטברים נוטריינטים). ערבוב עמודת המים בחודשי החורף מביא להעשרת מי השטח בחנקן שמקורו במים העמוקים. לפיכך ערכי חנקן אנאורגאני מחומצן נמוכים מאד בחודשי הקיץ וגבוהים יותר בחודשי החורף. בקיץ זמינות החנקן מהווה גורם מגביל לגידול אצות, ואספקתו – אם ממקור היצוני ואם ממי העומק בתקופת הערבוב – גורמת לפריחתן. פריחת אצות ממושכת ואו אינטנסיבית עשויה לפגוע בשונית.

ערבוב עמודת המים השנה היה רדוד ועל כן נמדדו ריכוזי חנקן אנאורגאני מחומצן נמוכים במים הפתוחים גם בחודשי החורף. יחד עם זאת נמדדה לאורך כל השנה משרעת ריכוזים גדולה בין התחנות החופיות (איור ג4). ריכוזי החנקן בתחנה החופית הדרומית, סמוך למסוף הגבול בטאבה היו דומים בדרך כלל לריכוזי הים הפתוח, אולם ברוב התחנות האחרות נמצאו לעיתים ריכוזים גבוהים יותר. בפרט נמצאו ריכוזים גבוהים בתחנת חיל הים בחודשים אפריל, אוגוסט ואוקטובר (ערך מרבי של $2.57 \mu\text{mol/l}$).

בחודש אפריל בו נמדד בתחנת הים הפתוח ריכוז חנקן של $0.06 \mu\text{mol/l}$ (בלבד) אך גם בתחנת כלובי הדגים ובתחנות אחרות. ריכוז החנקן הגבוה ביותר בים הפתוח השנה היה $0.41 \mu\text{mol/l}$ בחודש דצמבר, נמוך מהריכוז המרבי בים הפתוח בשנה הקודמת ונמוך בהרבה מהריכוז המרבי בשנת 2012 בה היה ערבוב עמוק.

הריכוזים החריגים בתחנת חיל הים\מרידיאן הינם תופעה כמעט קבועה. על אף הירידה בסך הכל בתדירות אירועים של ריכוזים חריגים, היו גם השנה מדידות רבות של ריכוזי חנקן חריגים לאורך החוף.



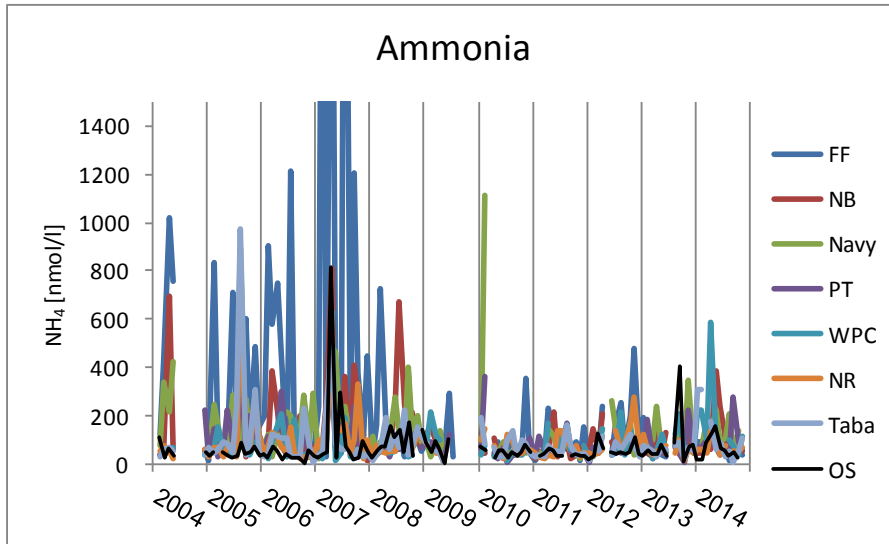
איור ג4: מדידות ניטריט + ניטראט (TON) חודשיות בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.
Figure C4: Monthly concentrations of total oxidized nitrogen (TON) at the coastal water sampling stations since 2004.

אמוניה (NH_4)

קשיי דיגום אשר מקורם בבלאי מתמשך של בקבוקי דיגום גרמו לכך שבתקופה מסוימת הועברו מים מבקבוקי הדיגום לכלי המעבדה בזמן ההפלגה. תהליך זה גרם לעיתים לזיהום של דוגמאות האמוניה, אשר מדידתם רגישה ביותר, ועקב כך רבים מערכי האמוניה אשר נמדדו לא עמדו במבחן בדיקות האיכות ואינם מובאים להלן. תכנית הניטור רכשה בשנת 2009 בקבוקי דיגום (Go-Flo) נוספים על מנת להבטיח איכות המדידות. נראה כי המדידות נקיות יותר מאז תחילת השימוש בציוד החדש.

האמוניה היא צורת חנקן זמינה מאד ונצרכת במהירות על ידי פיטופלנקטון וחיידקים, ועל כן ריכוזה בים (ובפרט בתנאים אוליגוטרופיים) צפוי להיות נמוך ביותר. ריכוזי אמוניה גבוהים מעודדים גידול אצות העשויות לפגוע בשונית. האמוניה היא צורן הנצרך במהירות על ידי פיטופלנקטון, ועל כן נוכחות אמוניה במים מעידה על מקור העשרה מקומי.

השנה נמדדו בתחנות חופיות רבות ערכי אמוניה גבוהים מאשר בתחנת הים הפתוח, אך עצמת החריגה נמוכה בהרבה מדידות השנים הקודמות ל-2008. יחד עם זאת בשנתיים האחרונות משרעת הערכים של מדידות אמוניה בתחנות השונות גדולה מאשר בשנים 2009-2012 (איור 5). ריכוז אמוניה הגבוה ביותר אשר נמדד השנה הוא 587 nmol/l , בחודש אפריל בתחנה למניעת זיהום ים (WPC). ריכוז זה גבוה ממדידות השנה הקודמת. גם בתחנות החוף הצפוני וחיל הים נמדדו השנה לעיתים ריכוזים גבוהים.



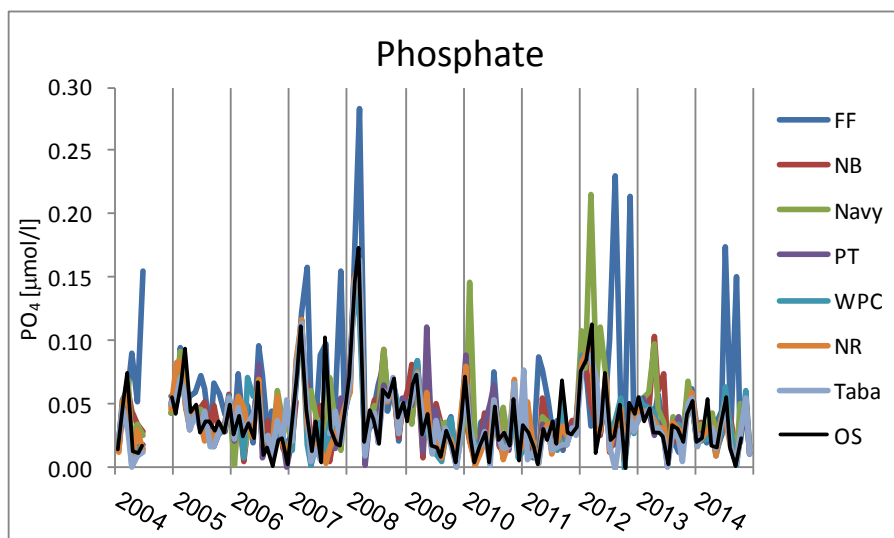
איור 5: ריכוזי אמוניה (NH_4) בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

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

פוספט (PO_4^{-3})

ריכוזי פוספט בתחנות החופיות ובים הפתוח מראים מחזוריות שנתית חלשה של ערכים גבוהים יחסית בחורף ונמוכים בקיץ. הפוספט גם הוא נוטריינט חשוב ליצרנות ראשונית, ועל כן בקיץ ריכוזו בפני הים נמוך עקב צריכה בתהליך הפוטוסינטיזה. בחורף ריכוזו עולה עקב ערבוב מי השטח עם מי עומק עשירים בנוטריינטים. ריכוזי פוספט מקומיים גבוהים באופן חריג בתחנות החופיות עשויים להצביע על העשרה מקומית בנוטריינטים.

השנה, עקב הערבוב הרדוד היו ריכוזי הפוספט ברוב התחנות נמוכים, אולם שוב נמדדו חריגות גדולות בסמוך לתחנת כלובי הדגים, בחודשים יולי וספטמבר (איור 6). הריכוז המרבי אשר נמדד, בחודש יולי בתחנת כלובי הדגים, היה $0.174 \mu\text{mol/l}$. הריכוז הגבוה ביותר אשר נמדד בים הפתוח היה $0.055 \mu\text{mol/l}$ גם כן בחודש יולי, ערך דומה לזה של השנה הקודמת וכמחצית הריכוז שנמדד בשנת 2012 בה היה ערבוב עמוק.

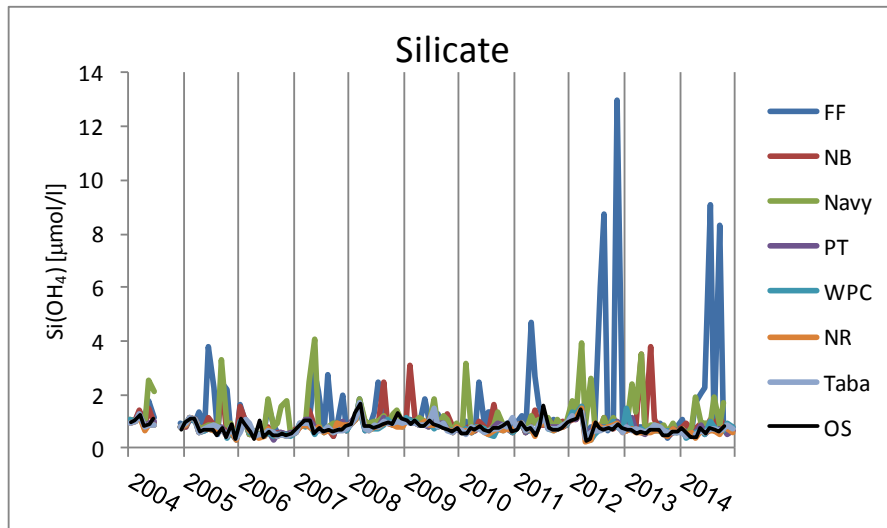


איור 6: ריכוזי פוספט (PO_4) בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

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

סיליקה (Si(OH)_4)

סיליקה היא רכיב מומס המשמש בהשקעת שלד צורני במגוון גדול של פיטו-זואו-פלנקטון (דוגמת דיאטומאות) בעמודת המים. בהתאם לכך הסיליקה נצרכת במי השטח על ידי יצורים אלה וריכוזה נמוך במיוחד בקיץ וגבוה מעט יותר בחורף עם ערבוב מי השטח במי עומק עשירים יותר. ריכוזי הסיליקה בים הפתוח היו נמוכים לאורך כל השנה עקב הערבוב הרדוד, עם הערך הגבוה ביותר ($0.8 \mu\text{mol/l}$, מעט גבוה מריכוזי השנה הקודמת) בחודש אוקטובר (איור ג7). על רקע התבנית הטבעית הזו בולטות גם כאן החריגות בריכוזי הסיליקה בתחנת כלובי הדגים עם ערך מרבי של $\mu\text{mol/l}$ 9.11 בחודש יולי, כמעט פי שלושה ממדידות השנה הקודמת. גם בתחנת חיל היסמרידיאן נמדדו לעיתים ערכים גבוהים. הריכוזים הגבוהים באופן חריג מצביעים על כניסת מים זרים לים בתחנות אלה.



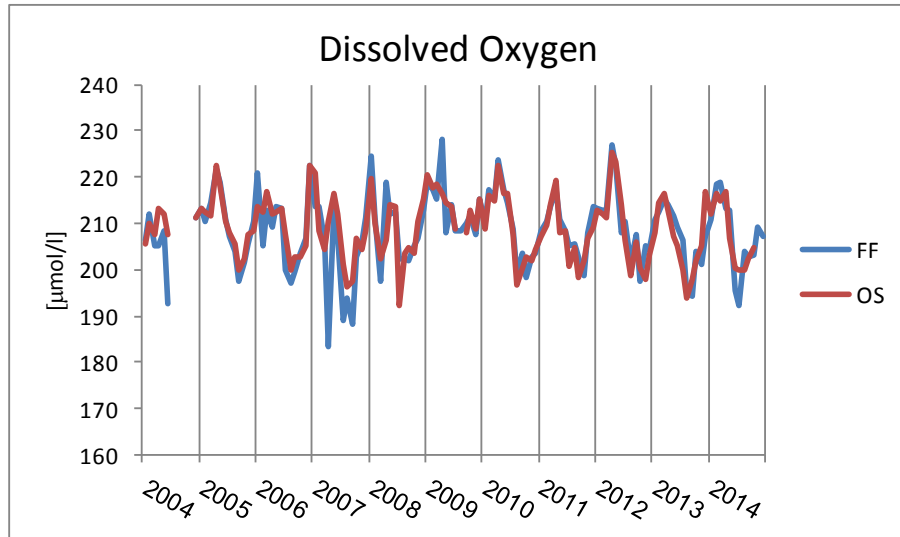
איור ג7: ריכוזי סיליקה (Si(OH)_4) בתחנות הדיגום החופי מאז 2004.
Figure C7: Monthly concentrations of silicate (Si(OH)_4) at the coastal water sampling stations since 2004.

חמצן מומס

חמצן מומס נמדד בשתי תחנות, בתחנת "כלובי הדגים" שבחוף הצפוני ובתחנת הים הפתוח. ריכוז החמצן המומס עולה בחודשי האביב, ויורד בקיץ-סתיו. שני גורמים צפויים להשפיע על ריכוז החמצן המומס: טמפרטורה ותהליך הנשימה/פוטוסינטזה. בטמפרטורה נמוכה עולה מסיסות החמצן וריכוז חמצן מומס במים צפוי לעלות. תהליכי נשימה במים צורכים חמצן, ואילו תהליכי פוטוסינטזה עשויים לשחרר חמצן למים. ריכוזי החמצן הגבוהים בסוף החורף-אביב עשויות לנבוע הן מהטמפרטורה הנמוכה בפני הים והן עקב עליה בפעילות פוטוסינטטית בתקופה זו (ראה מדידות כלורופיל a למטה). לא צפויים להיות הבדלים במרחב (בין התחנות השונות) בריכוז החמצן המומס.

משרעת הריכוזים של חמצן מומס בתחנת הים הפתוח נעה השנה בין $217 \mu\text{mol/l}$ בחודש אפריל ל- $200 \mu\text{mol/l}$ ביולי, דומה לערכי השנה הקודמת. אלה ריכוזים אופייניים לשנים בהן הערבוב רדוד ובסך הכל אין הבדלים גדולים בריכוזי החמצן המומס בים בשנים האחרונות (איור ג8), ושיאים של ריכוז גבוה נמדדו בשנים 2007, 2008, 2012 בהן היה הערבוב עמוק. בתחנת כלובי הדגים נמדדו ריכוזים קיצוניים של $219 \mu\text{mol/l}$ בחודש מרץ ו- $191 \mu\text{mol/l}$ בחודש יולי. הערך הנמוך בחודש יולי מצביע, אולי על צריכת חמצן מוגברת בפעילות נשימה או על חמצון חומר אורגני שמקורו, אולי, במוצא תעלת הקינט הסמוך לתחנה.

דינאמיות של שינויים בריכוזי החמצן עשויה להצביע על מחזוריים של פריחות פיטופלנקטון וקריסתן.



איור 8: חמצן מומס בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

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

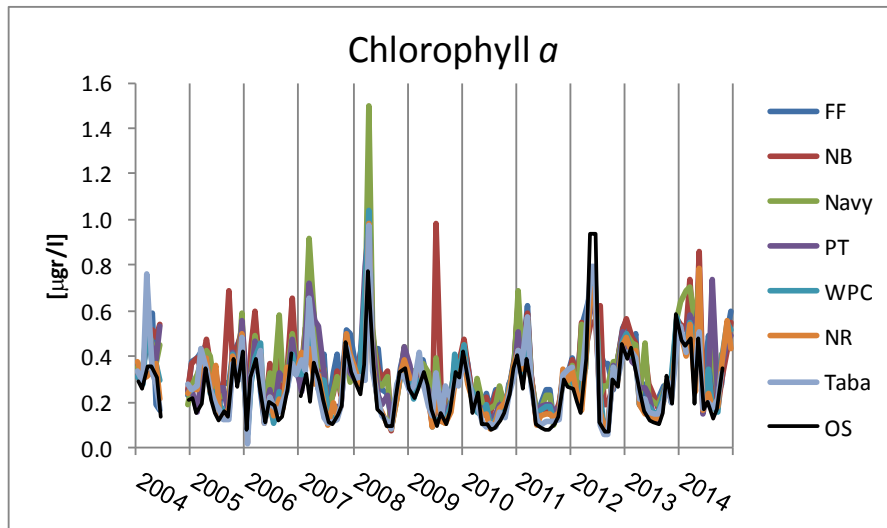
כלורופיל *a*

ריכוז כלורופיל *a* קשור ישירות למחזור הערבוב השנתי, המספק חומרי מזון ויוצר פריחת פיטופלנקטון בחודשי האביב. בדרך כלל נמדדים ריכוזים נמוכים יותר בתחנת הים הפתוח ובתחנות הדרומיות, וגבוהים יחסית בתחנות הצפוניות.

השנה נמדדו ריכוזי כלורופיל במשרעת גדולה בין התחנות ובין החודשים, כולל חודשי הקיץ. אמנם לא נמצאו שיאים המעידים על פריחה מסיבית כמו בשנים של ערבוב עמוק, אך בחלק מהתחנות כולל תחנות דרומיות נמדדו לעיתים ריכוזי כלורופיל גבוהים (איור 9). הריכוז הגבוה ביותר נמדד בחודש מאי בתחנת החוף הצפוני, $0.86 \mu\text{gr/l}$. הריכוז הגבוה ביותר שנמדד בים הפתוח היה $0.48 \mu\text{gr/l}$, באותו חודש.

בכל השנים, מאז תחילת הניטור ב-2004, נמדדו מדי פעם ערכים גבוהים בתחנות שונות, המצביעים על פריחת פיטופלנקטון. בשנים האחרונות בהן היו "פריחות אביב" חלשות, התקבלו לעיתים מדידות גבוהות בתחנות בודדות. במדידות הקודמות לשנת 2008 נמצאו ריכוזים גבוהים המצביעים על פריחת אצות תדירות יותר מאשר בשנים האחרונות, והריכוזים שנמדדו אז היו בדרך כלל גבוהים יותר. השנה תבנית ריכוזי הכלורופיל מזכירה את המצב בתקופה זו. יתכן כי שיטפונות בסוף החורף/אביב השפיעו על אופי מפזר ריכוזי הכלורופיל השנה.

ריכוז כלורופיל *a* משמש מדד לצפיפות הפיטופלנקטון במי השטח ועל כן בעל אופי מקומי יותר מריכוזי התרכובות המומסות (הן בזמן והן במרחב). בימים אוליגוטרופיים (=עניים בחומרי מזון) מוגבלת כמות האצות על ידי זמינות נוטריינטים, לכן, 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 מדד ישיר לריכוז נוטריינטים ואף לא ליצרנות ראשונית, כיוון שריכוז אצות בים עשוי להיות בעל אופי כתמי, ומושפע גם מתהליכי רעייה, ומהבדלים פיסיולוגיים בפיטופלנקטון.



איור 9: ריכוז כלורופיל *a* בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

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

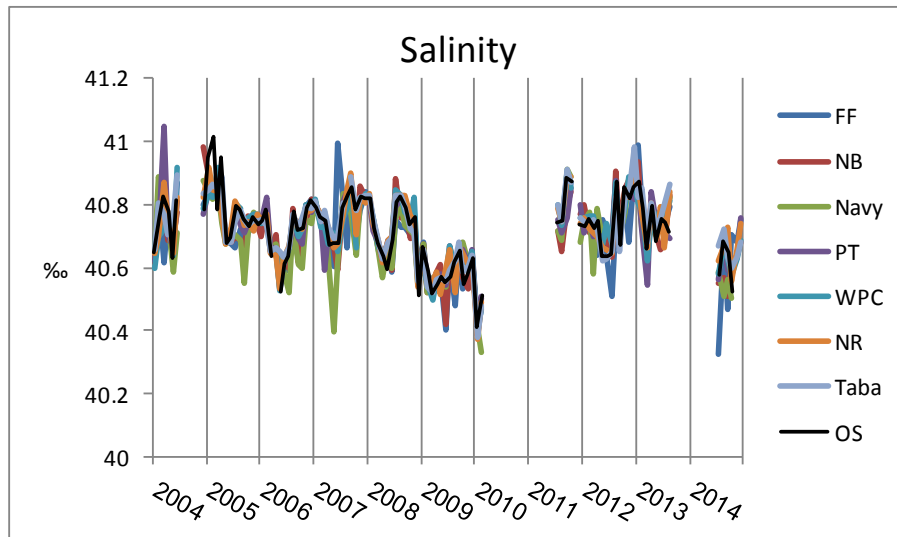
מדדים פסיקליים

מליחות

[החל מפברואר 2010 אובחנה נדידה חזקה של תוצאות מדידות המליחות במד המליחות במעבדה. התוצאות החשודות אינן מוצגות, והחל מחודש יולי 2011 מוצגות מדידות אשר נעשות במד מליחות חדש שרכשה התכנית בשיתוף עם המכון הבינאוניברסיטאי. מדידות המליחות במכשיר החדש עברו בדיקות וכיולים לפני שצורפו לרישום המליחות ארוך הטווח אשר מבצעת תכנית הניטור. החל מקיץ 2013 שוב נתגלו תקלות במכשיר המדידה ומדידות המליחות בין אוגוסט 2013 ויולי 2014 חסרות.]

במדידות המליחות של השנה חסרים ערכים עבור החודשים ינואר-יוני עקב תקלות במכשיר במדידה במעבדה.

המדידות הקיימות – מחודש אוגוסט – נמוכות מעט מערכי השנתיים האחרונות ודומות למדידות מהשנים 2009-10 (איור 10). המליחות הנמוכה ביותר נמדדה בתחנת כלובי הדגים בחודש יולי (40.32%). מליחות זו נמוכה משמעותית מכל שאר התחנות בחודש זה ועשויה להצביע על מהילת מי הים במים ממקור יבשתי שנכנסו, אולי, בסמוך לתחנה זו.



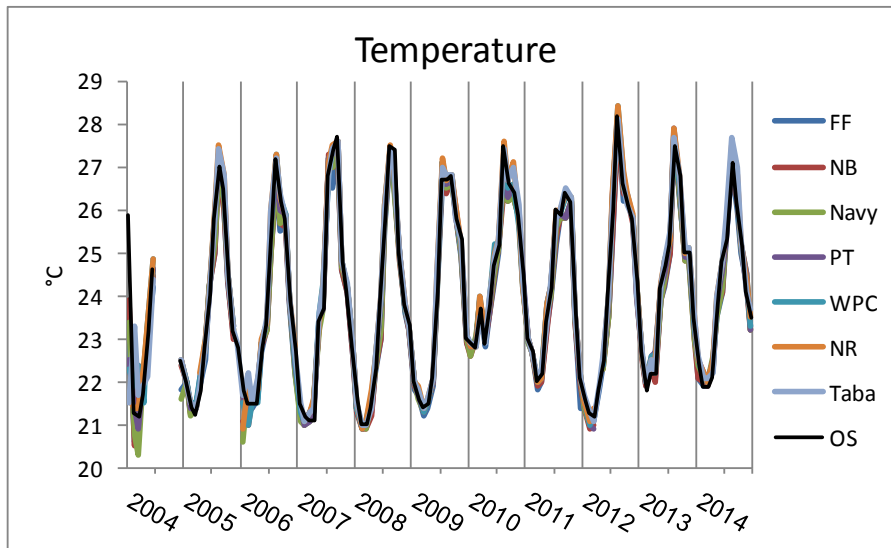
איור ג10: מדידות מליחות בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004. מרווחים בנתונים נובעים מתקלות במכשיר המדידה.

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 מחזור עונתי מובהק של ערכים נמוכים בחודשי החורף וערכים גבוהים בקיץ. הטמפרטורה אשר נמדדה כל השנה בתחנות החופיות דומה לטמפרטורת הים הפתוח, מלבד בחודש אוגוסט בו נמדדו בתחנות הדרומיות – טאבה ושמורת האלמוגים – טמפרטורות גבוהות יותר: 27.7°C בטאבה לעומת 27.1°C בים הפתוח. תופעה זו תואמת תצפיות מרובית השנים הקודמות (איור ג11). הטמפרטורה הנמוכה ביותר השנה, 21.9°C בחודשים פברואר ומרץ דומה לטמפרטורה המזערית בשנה הקודמת ובשנת 2011, אשר גם בה היה ערבוב רדוד. ובסך הכל היתה משרעת הטמפרטורות בתחנות החופיות השנה קטנה מעט בהשוואה לשנה הקודמת. בשנת 2010 נמדדה הטמפרטורה המזערית הגבוהה ביותר במסגרת תכנית הניטור (22.8°C). הטמפרטורה המרבית השנה נמוכה מעט מאשר בשנה הקודמת ונמוכה ביותר מחצי מעלה מהטמפרטורה המרבית שנמדדה לאורך החופים במסגרת הניטור (28.4°C , בקיץ 2012).

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



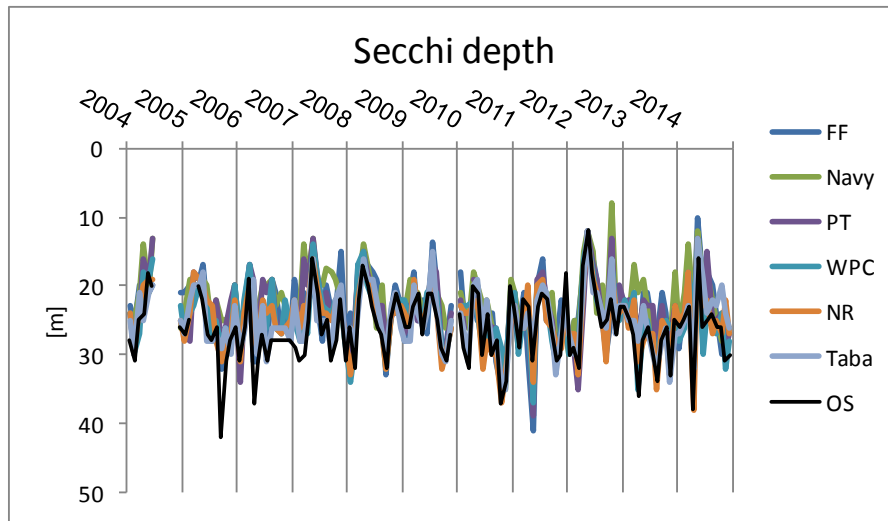
איור ג11: מדידות טמפרטורה בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.
Figure C11: Temperature at the coastal water sampling stations since 2004.

עכירות

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

עומק הסקי גדול בסוף הקיץ (= מים צלולים יחסית) ונמוך יותר באביב. המחזור השנתי של שינויים בעומק סקי (המהווה מדד לצלילות המים) נובע בעיקר ממחזור הערבוב אשר גורם לפריחת אצות ועליה בעכירות. אולם עכירות המים בקרבת החוף מושפעת גם מגורמים נוספים כגון סוג קרקעית הים ומשטר זרמים וגלים העשויים לגרום להרחפת סדימנט, תוספת מים בעלי עכירות גבוהה מהחוף, תוספת חומר חלקיקי לים, או פריחת אצות מקומית הנובעת מהעשרה בנוטריונטיים. העכירות הגבוהה יחסית הנמדדת לעיתים קרובות בתחנות הצפוניות עשויה לנבוע מכל אחד מגורמים אלה.

השנה נמדד בים הפתוח עומק מזערי של 16 מ' בחודש מאי (איור ג12), רדוד מהעומק המזערי של השנה הקודמת (23 מ'), ומלמד על עכירות גבוהה יותר. העכירות הגבוהה נובעת ככל הנראה משטפונות חזקים שהזרימו מים ממקור יבשתי, עמוסי סדימנטים, למפרץ בחודש מאי. העומק המרבי בים הפתוח נמדד השנה בחודש אפריל, 38 מ', ומעיד על היעדרה של פריחת אצות משמעותית השנה. עומק הסקי הקטן ביותר, 10 מ', נמדד השנה בתחנת כלובי הדגים שמול מוצא תעלת הקינט – מקור כניסת מים יבשתיים למפרץ – בחודש מאי.



איור ג12: מדידות עכירות (עומק סקי) בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

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

דיון

ערכי רוב המדדים במי השטח גבוהים יותר בחודשי החורף מאשר בקיץ. התהליך השולט ברוב המדדים הכימיים, הפיסיקליים והביולוגיים הנמדדים בתחנות הניטור החופיות הוא מחזור הערבוב השנתי. מחזור זה נשלט על ידי קירור וחימום מי השטח, אשר להם מחזוריות עונתית ברורה. בעונת החורף טמפרטורת מי השטח דומה לטמפרטורה בעומק, ונוצר גוף מים אחיד במאות המטרים העליונים במפרץ. מים חמים בפני הים בקיץ יוצרים שכוב תרמי המפריד את עמודת המים למי שטח ולמי עומק אשר מעבר החומר ביניהם מועט. בנוסף למחזור השנתי הטבעי הזה, נראה כי למי החופים חודרים לעיתים זיהומים ממקורות חיצוניים אשר משנים את הרכבם. שינויים אלה נמדדים לרוב רק בקרבת מקור הזיהום, או במורד הזרם ממנו. מיהול וערבוב יעילים יותר בחודשי החורף בהם גוף המים העליונים גדול יותר, ועל כן זיהוי זיהומים בחורף עשוי להיות קשה יותר. בקיץ לעומת זאת עשויה להתפתח גם תרמוקלינה יומית אשר מבודדת את המטרים העליונים של מי השטח משאר המים העליונים. המיהול המוגבל במקרה שכזה עלול להביא לכך שזיהום כלשהו בפני השטח יביא לריכוזים גבוהים במיוחד של החומר המזהם בפני המים. עבור המדידות החופיות, ריכוזים המוגדרים כחריגים הם כאלה השונים משמעותית מהריכוזים הנמדדים בתחנות האחרות, ובפרט בתחנת הים הפתוח אשר עבודה מקור זיהום מקומי אינו סביר, ואם היה כזה, המהילה שם רבה יותר מאשר בקרבת החוף.

לאחר שהשנה הקודמת נסתיימה בטמפרטורה נמוכה יחסית ניתן היה לצפות ערבוב עמוק השנה, ואכן קירור פני הים הגיע מוקדם ועומק ערבוב מרבי של כ-270 מ' נמדד בחודש ינואר. אולם לאחר מכן קירור הים נעצר ואיתו הערבוב. ערבוב עמודת המים הוא הגורם העיקרי המשפיע על הדינמיקה המחזורית של רוב המשתנים הנמדדים לאורך החוף. כתוצאה מהערבוב הרדוד השנה היו רוב הערכים הנמדדים במי החופים נמוכים משך כל החודשים, ועל רקע זה בלטו מספר אירועים של ריכוזים חריגים בתחנות שונות. בפרט נרשמו ריכוזי נוטריינטים גבוהים בחודשים יולי וספטמבר בתחנת כלובי הדגים, וריכוזי חנקן גבוהים בתחנת חיל הים/מרידיאן שנמדדו מספר פעמים השנה. אירועי העשרה מקומיים היו תדירים יותר בשנים שלפני 2007, ואחר כך נצפתה ירידה בתדירותם ועצמתם. בשנתיים-שלוש האחרונות אנו שוב עדים לעליה במספר ועצמת "החריגים" בתחנות שונות, ובפרט בתחנות כלובי הדגים וחיל הים/מרידיאן.

לאורך השנה גם נמצאו תנודות גדולות בריכוזי הכלורופיל וריכוזים מרביים נמדדו בחודש מאי. יתכן כי פריחות של אצות בעמודת המים בתחנות החופיות הושפעו גם מכניסת מי חופים לים בסדרת שיטפונות שאירעו בסוף החורף – אביב.

ג.2. טפילים ומחלות בדגים לאורך חופי אילת

מטרה

סקר מחלות וטפילים בדגי חוף נועד לזהות ולכמת גורמי פגיעה עיקריים בדגים, ולבצע מעקב אחר מצאי המחלות והטפילים לאורך זמן. מצאי הטפילים ההטרוקסנים משמש כמדד לבריאות המערכת בהיותם מאוכסנים על ידי מינים אחרים במהלך מחזור חייהם. ירידה בשיפעת מיני הטפילים ההטרוקסנים עשויה להעיד על פגיעה באחד או יותר מבתי הגידול או המאכסנים הנחוצים להשלמת מחזור חייהם. כמו כן נבדקים טחולי הדגים ומוערכת מידת נגיעותם בפתוגנים.

שיטות

הסקר מבוצע על ידי תכנית הניטור בהדרכת פרופ' אריק דיאמנט מחיא"ל-מלח"י (חקר ימים ואגמים – המרכז הלאומי לחקלאות ימית).

במפרץ אילת ישנם ארבעה מינים של דגי סיכון, ומתוכם נבחר המין *Siganus rivulatus* (סיכון משויש) כמודל למצב המערכת האקולוגית בהקשרם של טפילי דגים מבחינת עושר המינים, שכיחותם ועוצמת הנגיעות של טפילי מעיים בעלי מחזור חיים הטרוקסני (מחזור החיים המורכב ממספר של מאכסנים שונים). מין זה שימש בעבר למטרות דומות (למשל, *Diamant et al.*, 1999, *Dzikowski et al.*, 2003) וקיים מידע רב על פאונת הטפילים המתקיימת בו. בנוסף לכך, מין זה נפוץ מאד וחי בלהקות גדולות כך שניתן ללכוד פרטים ממנו בקלות יחסית.

דגי בר מהסוג סיכון נתפסים חיים על ידי צוללים באזור החוף הדרומי של אילת (המכון הבינאוניברסיטאי/שמורת חוף אלמוג). תפיסת הדגים נעשית בשעות הלילה בעזרת רשתות יד. הדגים מוחזקים חיים במיכל מי ים עד לנתיחתם (לא יותר מיממה אחת) לצורך בדיקת טפילים. הבדיקה כוללת נתיחה לזיהוי וכימות שכיחות ועוצמת הנגיעות של טפילים הממוקמים במערכת העיכול של הדג המאכסן. הדגים נמדדים, נשקלים ואז מנותחים ומעיהם נבדקים בעזרת בינוקולר, ונעשית ספירה של הטפילים. בנוסף לכך נלקחות דגימות טחול לצורך בדיקה היסטולוגית במעבדות מלח"י באילת. במסגרת הניטור נעשה מעקב ארוך-טווח אחרי שיפעתם של טפילי המעיים ההטרוקסנים הבאים: *Nematoda* - מחזור החיים של טפילים אלה כולל בנוסף לדגים גם סרטנים ודגי הסיכון מהווים להם מאכסנים סופיים. מקבוצה זו נבדקו המינים *Cucullanus sigani* (*Cucul.*) ו-*Procamallanus elatensis* (*Proc.*)

Acanthocephala - קבוצת תולעים בעלות ראש נשלף קוצני, טפילי מעיים בעלי מחזור חיים הטרוקסני הכולל בנוסף לסיכון, על פי המשוער, גם סרטן זעיר מקבוצת האמפיפודה. ממערכה זו נבדק המין *Sclerocollum rubrimaris* (*Scler.*). דגי הסיכון מהווים מאכסנים סופיים של מין זה. *Digenea* - הסיכנים הם מאכסנים סופיים למינים המתפתחים בשלבים הלרווליים ברכיכות ובנוסף כנראה גם בחסרי חוליות נוספים. מקבוצה זו נבדקו המינים *Hexangium sp.* (*Hexan.*), *Gyliauchen sp.* (*Gyliauc.*), *Opisthogonoporides sp.* (*Opist.*)

המשתנים הנבדקים לגבי מיני טפילים אלה הם שכיחות, עושר המינים ועוצמת הנגיעות. עקומות rarefaction לעושר המינים הושבו באמצעות תכנת EstimateS, והשוואת עושר מיני הטפילים בין השנים נעשתה בעזרת מעריך Jackknife 1 אשר חושב גם הוא מתוך תכנת EstimateS. זו השיטה המועדפת לניתוח עושר אוכלוסיות טפילים כאשר גודל המדגם קטן יחסית (Walther & Morand, 1998).

תוצאות

התועלת בבחינת הנגיעות בטפילים הטרוקסנים היא שלהשלמת מחזור חייהם נדרשים לטפילים אלה מספר "מאכסנים" שונים החיים בגומחות אקולוגיות שונות, ועל כן ירידה ניכרת בהמצאותם עשויה להצביע על פגיעה בגומחות אלה. אינדקס אשר פותח על ידי *Diamant et al.* (1999) בוחן את שיפעת טפילים אלה לעומת שיפעת טפילי דגים להם מחזור חיים מונוקסני, אולם מעקב אחר אלה דורש מומחיות אשר אינה קיימת כיום בתכנית הניטור.

השנה נתפסו 27 דגים מהמין סיכון משויש באזור המכון הבינאוניברסיטאי-שמורת האלמוגים (להלן SB). ספירת הטפילים בדגים אלה מובאות בטבלה ג.2.

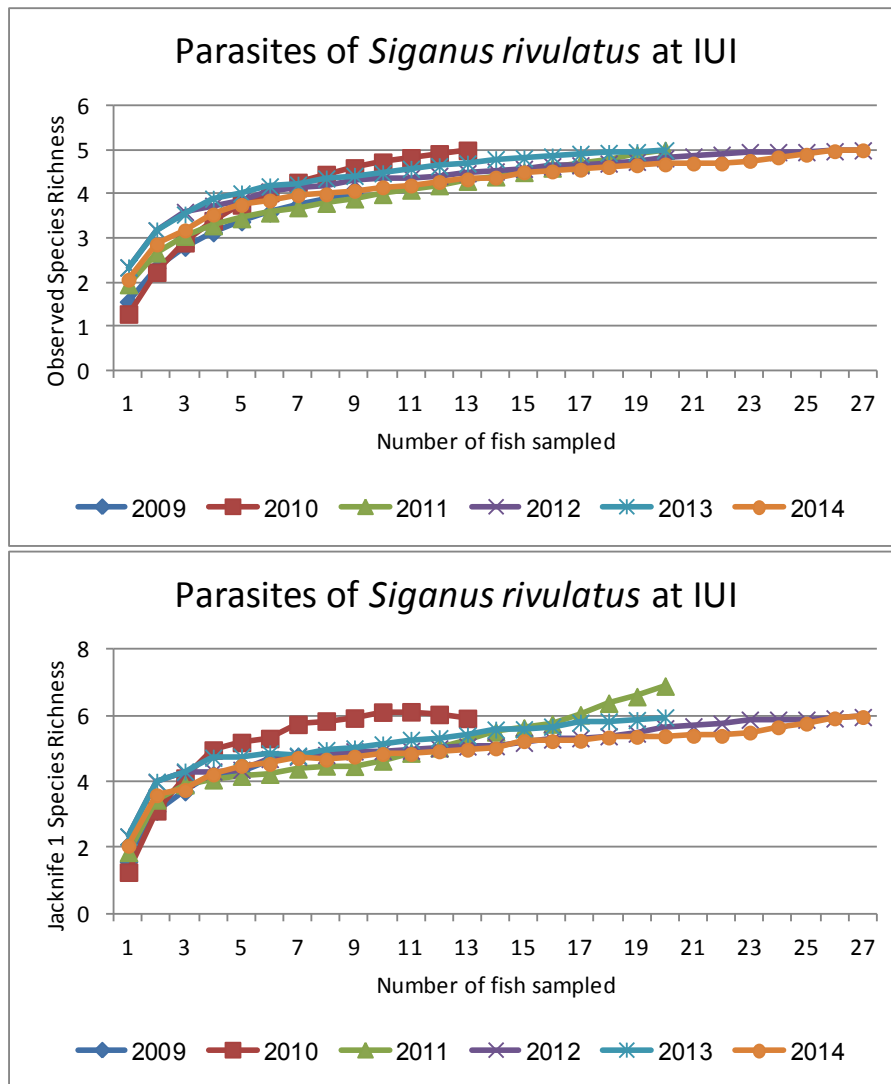
| No. | location | weight (gr) | length (cm) | fork length (cm) | sex | Parasite | | | | | | date |
|---------|----------|-------------|-------------|------------------|-----|----------|----------|-------|--------|--------|--------|----------|
| | | | | | | Scler. | Gyliauc. | Proc. | Cucul. | Opist. | Hexan. | |
| 1910141 | IUI | 94.3 | 20.5 | 5.5 | ND | 2 | | 1 | | | | 19.10.14 |
| 1910142 | IUI | 100.3 | 20 | 5.7 | ND | | | 4 | 1 | | | 19.10.14 |
| 1910143 | IUI | 183.4 | 25 | 8 | ND | | | 4 | | 4 | | 19.10.14 |
| 1910144 | IUI | 109.7 | 21 | 6 | ND | 14 | | 1 | | | | 19.10.14 |
| 1910145 | IUI | 99.6 | 20 | 6 | ND | 2 | | 1 | | | | 19.10.14 |
| 611141 | IUI | 179.7 | 24 | 7.5 | ND | | | | | | 11 | 6.11.14 |
| 611142 | IUI | 179.3 | 24 | 7 | ND | 10 | | 2 | | 1 | 6 | 6.11.14 |
| 611143 | IUI | 273.8 | 28 | 7 | ND | 3 | | 5 | | | | 6.11.14 |
| 611144 | IUI | 232.2 | 28.5 | 8 | ND | 2 | | 4 | | | | 6.11.14 |
| 611145 | IUI | 176.8 | 24.5 | 8 | ND | 9 | | 5 | | | 2 | 6.11.14 |
| 911141 | IUI | 112.6 | 21 | 6.5 | ND | 1 | | 5 | | | | 9.11.14 |
| 911142 | IUI | 202.2 | 26 | 8.5 | ND | 2 | | 7 | | | | 9.11.14 |
| 911143 | IUI | 107.1 | 19.5 | 7 | ND | 1 | | | | 1 | 2 | 9.11.14 |
| 911144 | IUI | 202.7 | 25.5 | 8.5 | ND | 4 | | 1 | | | 2 | 9.11.14 |
| 911145 | IUI | 108.4 | 19.5 | 6.2 | ND | 13 | | 1 | | | 3 | 9.11.14 |
| 911146 | IUI | 155.6 | 24.5 | 8 | ND | 27 | | 6 | | 3 | 4 | 9.11.14 |
| 911147 | IUI | 54 | 16.5 | 5.3 | ND | 16 | | 3 | | | 2 | 9.11.14 |
| 112141 | IUI | 108 | 20 | 6.7 | ND | 3 | | | | | | 1.12.14 |
| 112142 | IUI | 100.5 | 20.5 | 6.5 | ND | 7 | | 1 | | | 1 | 1.12.14 |
| 112143 | IUI | 124 | 22 | 6.7 | ND | 3 | | 3 | | | | 1.12.14 |
| 312141 | IUI | 175.3 | 25 | 9 | ND | | | 4 | | | | 3.12.14 |
| 312142 | IUI | 174.7 | 28 | 9.8 | ND | 7 | | | | | | 3.12.14 |
| 312143 | IUI | 234.1 | 27 | 8 | ND | | | | | | | 3.12.14 |
| 312144 | IUI | 100.2 | 19 | 5.5 | ND | 12 | | | | | 2 | 3.12.14 |
| 312145 | IUI | 112.5 | 20 | 7.5 | ND | | | 1 | | | 3 | 3.12.14 |
| 312146 | IUI | 105 | 19 | 7 | ND | 2 | | | | | | 3.12.14 |
| 312147 | IUI | 100.4 | 19.2 | 6.6 | ND | | | 2 | | | 1 | 3.12.14 |

טבלה ג2: הטפילים שנספרו בדגי סיכן משויש אזור המכון הבינאוניברסיטאי.

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

גם השנה לא נמצאו בדגים שנבדקו פריטי דיגיניאה מהמין *Gyliauchen* sp. ואילו הנמטודה *Cucullanus sigani* נמצא בדג אחד בלבד. תכנית הניטור מזהה ששה מינים של טפילי מעיים בדגים. בכל שנה נתפס גודל מדגם שונה של דגים

מאכסנים ולא בכל שנה מזוהים בו כל המינים המוכרים. השנה, כמו גם בשנים הקודמות, נמצאו 5 מיני טפילי מעיים הטרוקסנים בעשרים ושבעה הדגים אשר נבדקו. לצורך השוואה בין השנים נבנו עקומות צבירה (rarefaction) המראות עד כמה הצליח המדגם ללכוד את עושר המינים הקיים. מתוך עקומות אלה נראה כי בשנת 2009 היה מספר הטפילים ההטרוקסנים קטן מאשר בשנים 2010-13 (איור ג13). הערכת עושר המינים "האמיתי" באמצעות המעריך 1 Jackknife מראה תמונה דומה (איור ג13, למטה) בה עושר המינים ב-2009 מגיע ל-4, העושר הגבוה ביותר (7) נמצא בשנת 2011, ובשנה הנוכחית, בדומה לשנה הקודמת, עושר המינים המצופה מגיע ל-6.

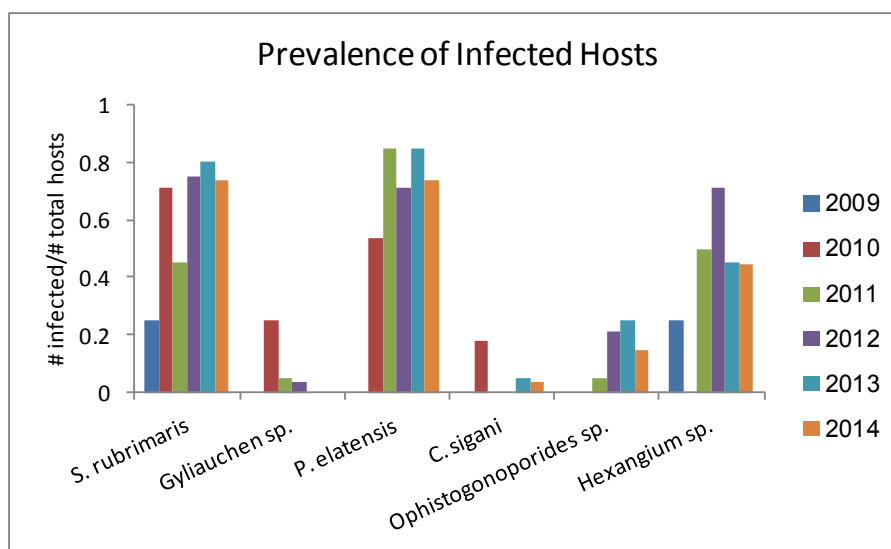


איור ג13: עקומות צבירה (rarefaction) של עושר מיני התולעים שנמצאו במעי דגים מהמין סיכן משויש, מחושבות בעזרת תכנת EstimateS. למעלה: עושר המינים הנצפה, למטה עושר המינים המוערך על פי המדד Jackknife-1.

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

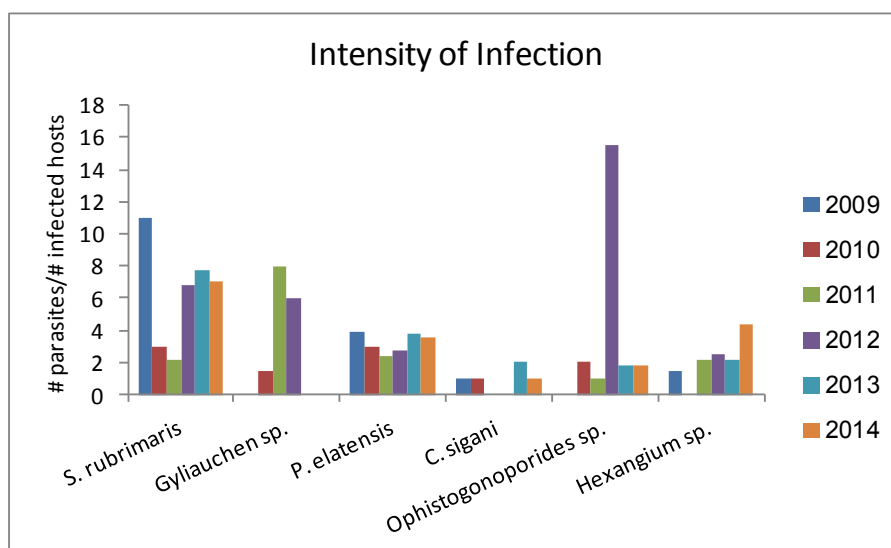
בנוסף לעושר המינים, נמדדו לגבי הטפילים הנבדקים גם שכיחות ועוצמת הנגיעות וחושב מקדם החשיבות של Janion (Bush *et al.* 1990). שכיחות ההדבקה בטפילים השונים מוצגת באיור ג14. גם כאן התמונה המשתקפת היא שכיחות הדבקה גבוהה יותר, בדרך כלל, בארבע השנים האחרונות לעומת השנתיים שקדמו להן. יוצא מן הכלל הוא מין הדיגיניאה *Gyaliuchen sp.*, אשר גם השנה לא זוהה

והנמצא בירידה בשנים האחרונות. מין זה נפוץ בעיקר בדגי סיכן מהמין *S. luridus*, ובעבר נמצאו בדגים אלה עשרות ואף מאות פרטים בדג בודד. יתכן שהמדגם הנבחר במסגרת תכנית הניטור, הכולל דגים מהמין *S. rivulatus* בלבד, מציג תמונה חלקית בלבד של הדינמיקה של מין הדיגינאה *Gyliauchen* sp.



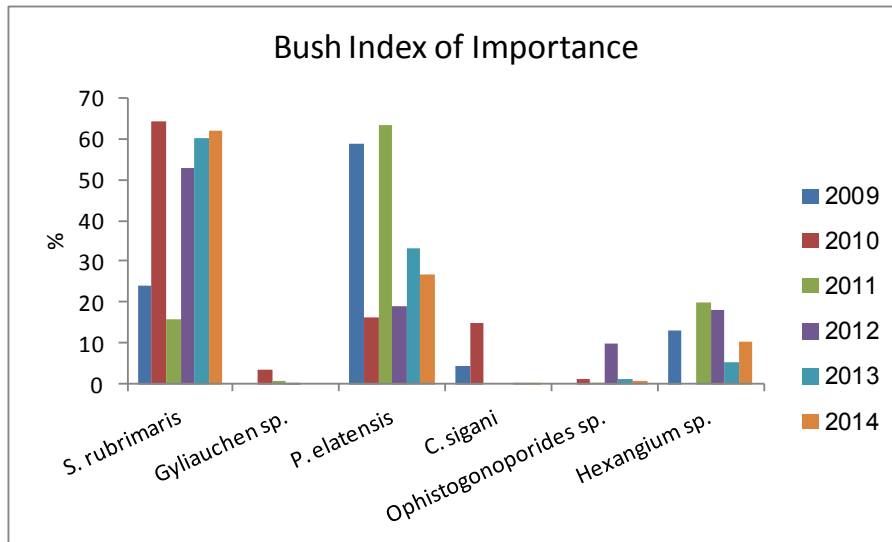
איור ג14: שכיחות הנגיעות בששה מיני טפילי המעיים הנבדקים בדגי הסיכן המשוויש.
Figure C14: Prevalence of the six gut parasite species examined in *S. rivulatus*.

עצמת ההדבקה עבור הטפילים *S. rubrimaris* ו-*P. elatensis* נותרה דומה לזו של השנה הקודמת, ונמצאה עליה בעצמת ההדבקה עבור *Hexangium* sp. (איור ג15). עצמת ההדבקה עבור *Opisthognoporides* sp. היתה דומה לשנה הקודמת והערך הגבוה של שנת 2012 נותר חריג. כמות הנתונים הקיימים אינה מאפשרת לנתח באופן מעמיק את שינויי עוצמת הנגיעות בטפילים הטרוקסנים בדגי הסיכן המשוויש בשנים האחרונות.



איור ג15: עצמת הנגיעות בששה מיני טפילי המעיים הנבדקים בדגי הסיכן המשוויש.
Figure C15: Intensity of infection of the six gut parasite species examined in *S. rivulatus*.

על פי אינדקס החשיבות של בוש (מדרג באחוזים את תרומתו של כל טפיל על פי אינדקס ההדבקה של Janion, המשקלל את מספר הטפילים על פי מספר המאכסנים הנגועים שנדגמו) הטפיל *P. elatensis* היה מין התולעת העקרי בשנים 2009 ו-2011, בעוד שבשלוש השנים האחרונות היה זה מין



איור ג16: אינדקס בוש לחשיבות הנגיעות בששה מיני טפילי המעיים הנבדקים בדגי הסיכן המשוּיֵש. **Figure C16: Bush Index for the importance of infection of the six gut parasite species examined in *S. rivulatus*.**

טחולי הדגים נותחו לזיהוי גרנולומות פתוגניות. בפרט מושם דגש על חיידקי מיקובקטריום (*Mycobacterium marinum*), שהיו בעבר שכיחים בדגי הסיכן (ומיני דגים נוספים) באזור החוף הדרומי.

ב-11 טחולי דגים נמצאו גרנולומות חשודות (38%=11/29) ומתוכן שויכו שתיים (7%=2/29) בוודאות לחיידק *M. marinum*, ואילו את האחרות לא ניתן היה לשייך באופן ודאי. יחד עם זאת, על פי נסיון העבר והמגבלות המוכרות בזיהוי החיידק הפתוגן באמצעות צביעה (Acid Fast) ניתן להניח שגם אלו בהן לא זוהה החיידק בוודאות נגרמו על ידו (א. דיאמנט, חוות דעת אישית). בנוסף לכך בבדיקה שנעשתה במעבדת מלח"י אילת (בראשות פרופ' א. דיאמנט) נבדקו בחודש אוגוסט 24 דגים שנתפסו בחוף הצפוני (אתר כלובי הדגים לשעבר) ונמצאו בהם 8 גרנולומות המשויכות לחיידק *M. marinum* (33.3%). בחודש אוקטובר נתפסו שם 15 דגים ובהם נמצאו 13 מקרים המשויכים לחיידק זה (87%). נראה כי בין חודש אוגוסט לאוקטובר עלתה שכיחות הגרנולומות וסביר שגם קודם לכן היו רוב הדגים מודבקים ללא תסמינים. לפיכך, אזור החוף הצפוני עודנו מוקד (hot spot) לחיידקי *Mycobacterium marinum* ושכיחות החיידק בו נותרה גבוהה.

בשנת 1990 זוהה החיידק ממין זה לראשונה במפרץ אילת, בדגי לברק מכלובי הדגים, ובשנת 1995-6 הייתה שכיחות הנגיעות בו בדגי הסיכן המשוּיֵש (*Siganus rivulatus*) בחוף הדרומי 34%, ושנה לאחר מכן 66% (Diamant et al., 2000). לעומת נתונים אלה, המדגמים שנבדקו במסגרת תכנית הניטור בשנים האחרונות מצביעים על מגמה של ירידה בשכיחות ההדבקה בחיידק זה בדגי הבר באזור החוף הדרומי בעשור האחרון. השכיחות באזור החוף הצפוני עודנה גבוהה.

ג.3. שינויים במאספי פורמיניפרים בנתונים בצפון המפרץ לאחר פינוי כלובי הדגים

הקדמה

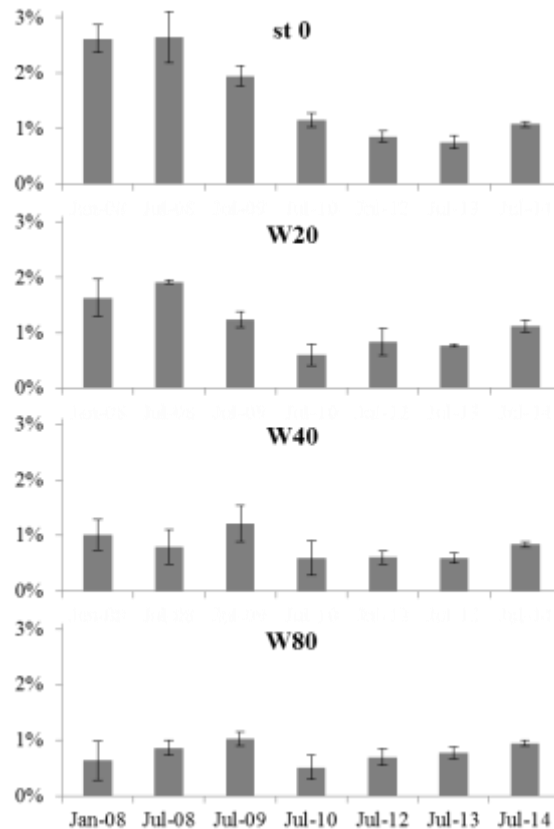
הניטור שלהלן החל במסגרת עבודת מחקר של שי אורון (M.Sc. באוניברסיטת בן-גוריון בנגב, בהנחיית ד"ר ס. אברמוביץ וד"ר מ. כיפלאווי). המחקר – אשר התבצע דרך המכון הבינאוניברסיטאי ביזמתו של ד"ר ד. אנג'ל מאוניברסיטת חיפה ובשיתוף עם ד"ר ב. גודמן צ'רנוב (אוני' חיפה) – מומן בחלקו על ידי מינהל המחקר למדעי האדמה במשרד התשתיות הלאומיות. הדו"ח המסכם את המחקר, אשר הוגש למשרד התשתיות, הופיע כלשונו כנספח בדו"ח המדעי של תכנית הניטור בשנת 2010, ובו תיעוד תהליכי שיקום קרקעית הים באזור בו נמצאו עד לקיץ 2008 כלובי דגים של חקלאות ימית במפרץ. בדו"ח זה ניתן גם למצוא את פרטי שיטות הדגימה והשיטות האנליטיות.

לאור הממצאים המעניינים שעלו מעבודת המוסמך הנ"ל, אשר תיעדו התאוששות חברת הבנתוס באזור בו היו בעבר כלובי הדגים, החליטה תכנית הניטור לתמוך בהמשך המעקב על ידי סיוע בביצוע הדגום בצלילה. הוחלט לבצע צלילות אלה בתדירות נמוכה יותר מאשר נעשו בזמן עבודת המוסמך של שי אורון, אחת לשנה. להלן הממצאים המשקפים פרק זמן של כחמש שנים, כפי שנכתבו על ידי שי אורון והמעורבים הנוספים במחקר (ניטור הסביבה הבנתונית בחוף הצפוני של מפרץ אילת באמצעות מאספי פורמיניפרים המהווים סמן אקולוגי, תקציר עבור דו"ח ניטור 2014. שי אורון^{1,3}, בברלי גודמן צ'רנוב², דרור אנג'ל², סיגל אברמוביץ¹, אוניברסיטת בן גוריון בנגב shaoron@yahoo.com, אוניברסיטת חיפה,³ המכון הבינאוניברסיטאי באילת)

בין יולי 2008, מיד לאחר פינוי אחרוני הכלובים, ודצמבר 2009 בוצע דיגום חודשי של גלעיני סדימנט קצרים ועלי עשב ים מתחנות קבועות המייצגות מרחקים שונים מאזור הפעילות של חוות הדגים. לאחר מכן נמשך המעקב באמצעות דיגום שנתי בתמיכת התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת (בחודש יולי, בשנים 2010-2014). בדגימות תועדו השינויים במגוון ונפיצות המינים בסנטימטר העליון של הסדימנט על ידי אפיון מאסף תמותה ומאסף חי המזוהה על ידי צביעה ב Rose Bengal. הופעה של עשב הים מסוג *Halophila stipulacea* באזור שבו היו ממוקמים כלובי הדגים תועדה בחודש אוגוסט 2009 ומסמלת כניסה של מרכיב אקולוגי חשוב הצפוי לגרום להתבססות של מינים אפיפטים באזור. בחורף 2012-2013 חוותה המערכת האקולוגית בצפון המפרץ סדרת שטפונות חריגים בעוצמתם, אשר גרמו לכיסוי חלקים נרחבים של הסביבה הבנתונית בחומר דק גרגר ממקור יבשתי, ונכון לקיץ 2014 השפעותיו עדיין ניכרות בקרקעית הים הרדודה באזור החוף הצפוני.

תכולת חומר אורגני בסדימנט

תכולת החומר האורגני בסדימנט ירדה בתחנות הנמצאות במרחק 0 ו-20 מטרים מהמיקום בו היו כלובי הדגים בשנים שלאחר הוצאתם, ומאז יולי 2010 נשארה יציבה יחסית בכל תחנות הדיגום. השנה אובחנה עליה קלה בתכולת החומר האורגני בכל נקודות הדגימה (איור ג17). תנודות קלות ברמות החומר האורגני עשויות לנבוע מאוכלוסיית אצות הגדלה בחלקו העליון של הסדימנט, או מכניסת חומר בשטפונות ושקיעתו לקרקעית. בשנה החולפת היו שטפונות גדולים בחודש מאי.



איור ג17: תכולת חומר אורגני בסדימנט בינואר 2008, כחצי שנה לפני פינוי כלובי הדגים, ביולי 2008, מייד לאחר הפינוי, ובשנים 2009-2014.

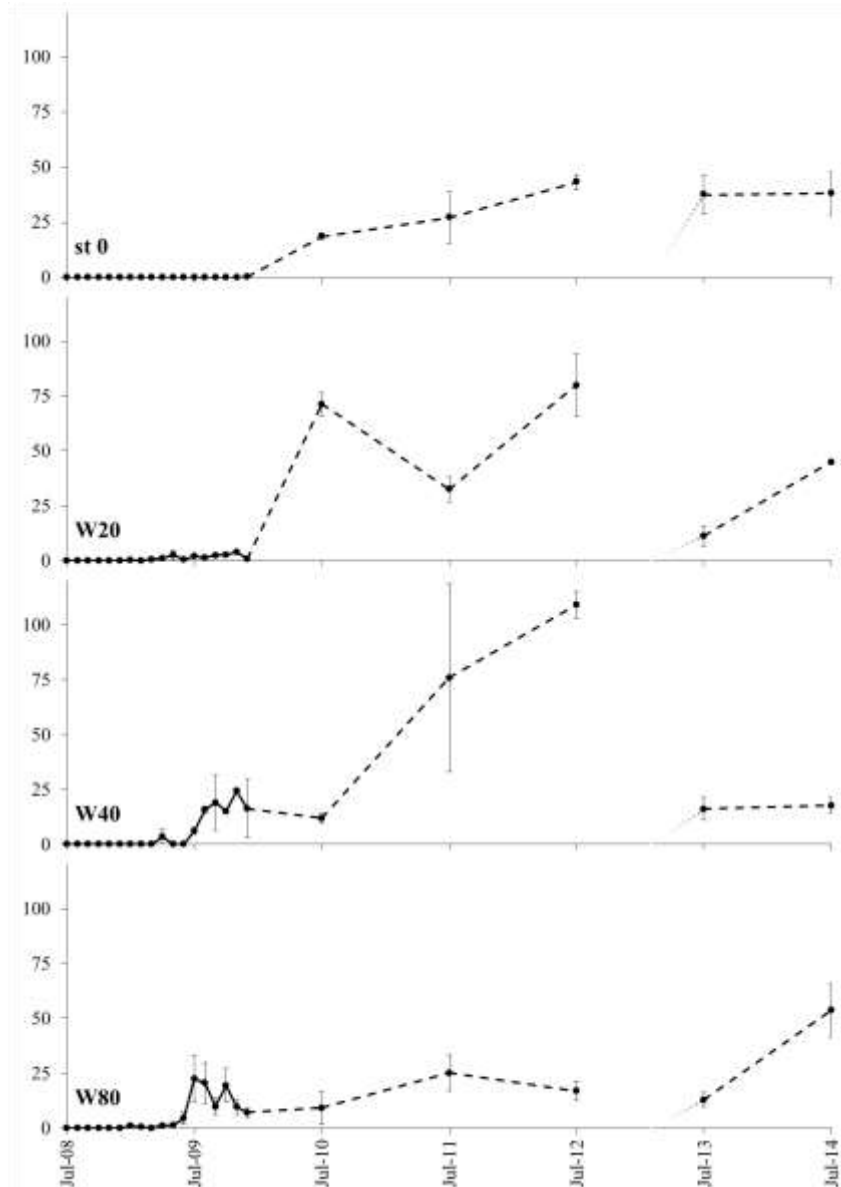
Figure C17: Organic matter in sediments in January 2008, app. half a year before the fish cages were removed, in July 2008 right after cages were removed and in 2009-2014.

ההעשרה האורגנית מכלובי הדגים יצרה איזור אזואי (חסר חיים) בסביבתם המיידית, עד לתקופה של כשישה חודשים לאחר פינוי הכלובים. בחודש ינואר 2009 החלו להופיע לראשונה פרטים חיים של פורמיניפרים השייכים בעיקר למין *Operculina ammonoides* (בדו"חות השנים הקודמות נקרא מין זה *Assiluna ammonoides*). בדיקות מולקולאריות הראו כי מדובר באותו המין ובספרות המעודכנת נהוג לכנותו *(Operculina ammonoides)*, מספרי הפרטים החיים בתחנה המרוחקת 40 ו 80 מטרים ממיקום החודשי הרציף בדצמבר 2009, כאשר מספרי הפרטים החיים בתחנה המרוחקת 40 ו 80 מטרים ממיקום הכלובים גדולים באופן מובהק מאלה בתחנות הנמצאות במרחק 0 ו 20 מטרים ממיקום הכלובים. דפוס השיקום הראה תהליך איטי של סוקסציה, כאשר התהליכים התרחשו בקצב שונה בתחנות הדיגום השונות והיו איטיים יותר בתחנות הקרובות למיקום בו היו כלובי הדגים.

בדגימות שנלקחו ביולי 2010-2012 נמצא כי הרכב המינים בסדימנט עדיין נשלט על ידי *O. ammonoides* ומספרי הפרטים לגרם סדימנט נמצאים במגמת עליה בתחנות W20 ו W40. בליבות סדימנט שנלקחו מנקודות שונות באזור כחודשיים לאחר סדרת שיטפונות חזקים ששטפו את החוף הצפוני בחורף 2013 נמצאה שכבת פורמיניפרים מתים קבורה תחת מעטה של סדימנט דק בעובי סנטימטרים ספורים. על פני השטח של הסדימנט לא נמצאו פורמיניפרים חיים כלל. ביולי 2013, חמישה חודשים לאחר השיטפונות, מספר הפרטים החיים לגרם סדימנט, כמו גם מגוון המינים, היו נמוכים יותר מאשר ב 2012.

אולם השיקום לאחר השיטפונות היה מהיר יותר מהשיקום שלאחר הוצאת כלובי הדגים: בשיקום שלאחר הכלובים נמצאו יותר מעשרה פרטים חיים לגרם סדימנט בתחנות המרוחקות ממיקום הכלובים רק לאחר שנה ובתחנות הקרובות לאחר שנתיים. לעומת זאת, לאחר השיטפונות נמצאו יותר מעשרה פרטים לגרם בכל התחנות חצי שנה בלבד לאחר השיטפון האחרון. השנה, ביולי 2014, ניכרת עליה במספר הפרטים לגרם סדימנט בתחנות W20 ו W80, וערכים דומים לאלה של קיץ 2013 בשאר התחנות (איור 18).

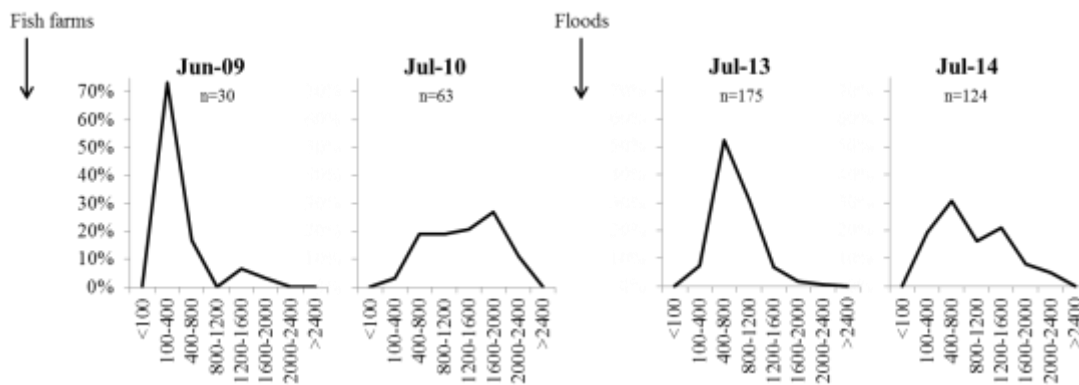
היעדרם המוחלט של פרטים חיים בסדימנט באזור הדיגום בחודשים הראשונים שלאחר פינוי הכלובים מצביעה ללא ספק על כך שסביבה זו לא אפשרה קיום של פורמיניפרים בנתונים. יתרה מכך, העדר עשב הים *Halophila* הנפוץ באופן טבעי באזור העיד על מגבלות סביבתיות חמורות. השיקום לאחר ההפרעה הטבעית של השיטפונות מהיר יותר מהשיקום שלאחר הוצאת כלובי הדגים: בשיקום שלאחר הכלובים הופיעו יותר מעשרה פרטים חיים לגרם סדימנט רק לאחר שנה בתחנות המרוחקות ממיקום הכלובים ולאחר שנתיים בתחנות הקרובות. לעומת זאת, בהתאוששות שלאחר השיטפונות נמצאו יותר מעשרה פרטים לגרם בכל התחנות חצי שנה בלבד לאחר השיטפון האחרון. ככל הנראה מגבלות האכלוס העיקרית עבור פורמיניפרים הן שינויים ברמות תאורה בקרקעית בשל עכירות עמודת המים וחוסר סבילות לריכוזי חמצן נמוכים וריכוזי אמוניה וסולפיידים גבוהים במי החללים בסדימנט הנגרמים עקב הריכוזים הגבוהים של החומר האורגני.



איור ג18: מספר הפרטים החיים לגרם סדימנט יבש בתחנות השונות החל מיולי 2008, מיד לאחר הוצאת כלובי הדגים. קווי השגיאה מייצגים מינימום ומקסימום.

Figure C18: 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.

שכיחות הגדלים היחסית באוכלוסיית המין השולט בסדימנט *O. ammonoides* משמשת להערכת גיל האוכלוסייה והשלב בו היא נמצאת בתהליך השיקום של הסדימנט. כאשר אוכלוסייה חדשה מתפתחת לאחר תמותה מאסיבית ניתן לראות שכיחות גבוהה של פרטים הקטנים מ $1000\mu\text{m}$. תופעה זו ניכרת בדגימות מיולי 2009, בזמן השיקום שלאחר כלובי הדגים, וביוולי 2013, בזמן השיקום שלאחר השיטפונות הגדולים. כאשר האוכלוסייה מתבגרת פיזור הגדלים הופך הומוגני יחסית ויותר מ 50% מהפרטים גדולים מ $1000\mu\text{m}$, כפי שניתן לראות בדגימות מיולי 2010 ויולי 2014 (איור ג19).

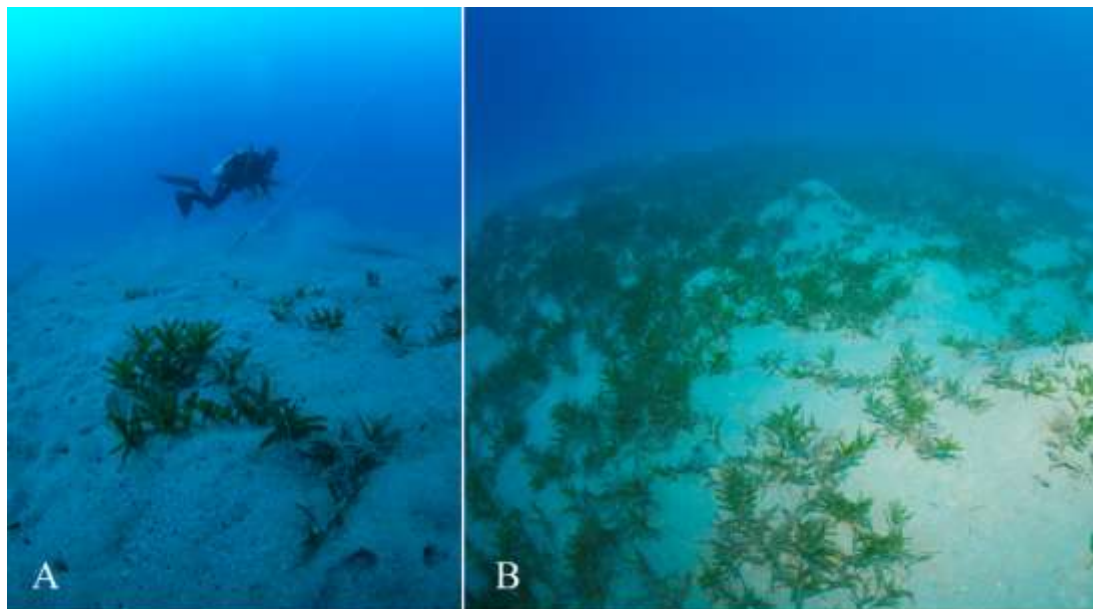


איור 19: שכיחות הגדלים היחסית [μm] באוכלוסיית המין השלט בסדימנט החוף הצפוני, *O. ammonoides*.

Figure C19: Size frequency distribution [μm] within the dominant species in the sediment at the northern beach, *O. ammonoides*.

עשב הים *Halophila stipulacea*

נעשה אפיון של מאספי הפורמיניפירה שהתפתחו בעקבות ההתבססות של עשב הים באזור, וזהו בעיקר מינים הידועים ככאלה החיים באסוציאציה עם עשבי ים ואבנים. כל המינים אשר נמצאו על עשב הים מאפיינים גם את המאסף המת. ולכן ניתן להניח כי מקורם במאסף המת הוא עשבי ים אשר כיסו את האזור בעבר ונעלמו בעקבות השפעת כלובי הדגים. עשבי הים חזרו לאזור כשנה לאחר פינוי הכלובים, ונפגעו שוב בשטפונות של חורף 2013. באביב וקיץ 2013 כבר בצבצו עשבי ים מתוך הסדימנט השטפוני, בעיקר בתחנה 0, אך אלה היו עדיין נקיים ממינים אפיפטיים של פורמיניפירה. תצפיות ביולי ודצמבר 2014 הראו התאוששות הדרגתית של מרבדי עשב הים בכל תחנות הדיגום למעט תחנה W80 (איור 20).



איור 20: עשב הים *H. stipulacea* בתחנות W20 (תמונה A) ותחנה 0 (תמונה B) בחוף הצפוני
Figure C20: *H. stipulacea* sea grass at sampling stations W20 (A) and 0 (B)

סיכום

היעדרם המוחלט של פרטים חיים בסדימנט באזור הדיגום בחודשים הראשונים שלאחר פינוי הכלובים מצביע על כך שסביבה זו לא אפשרה קיום של פורמיניפרים בנתוניים. 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 גבוהה של פרטים חיים (מעל עשרה פרטים לגרם סדימנט) נמצאה כחצי שנה לאחר השיטפונות אך רק לאחר למעלה משנתיים בתחנת הדיגום הסמוכה למיקומם של כלובי הדגים. ככל הנראה מגבלות האכלוס העיקריות עבור פורמיניפרים הן שינויים ברמות תאורה בקרקעית בשל עכירות עמודת המים וחוסר סבילות לריכוזי חמצן נמוכים וריכוזי אמוניה וסולפיידים גבוהים במי החללים בסדימנט, הנגרמים עקב הריכוזים הגבוהים של החומר האורגני.

ד. עמודת המים בים העמוק

מטרה

מעקב אחר משתנים כימיים, פיסיקליים, וביולוגיים במי הים העמוק לשם זיהוי מגמות שינוי ארוכות טווח באיכות המים העשויות להשפיע על המערכת האקולוגית בצפון מפרץ אילת.

שיטות

אחת לחודש מבוצעת בספינת 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 לנקודה הדרומית ביותר של המים הטריטוריאליים של ישראל במפרץ אילת, בעומק קרקעית גדול מ-700 מטר (מפה 1 בנספח 1.ז). עומק הקרקעית בסמוך לכלובי הדגים כ-55 מטר.

בתחנות הימיות נאספות דגימות מים מעומקים שונים, על ידי הורדת 'רוזטה' אל הים, כשעליה 11 בקבוקי ניסקין של עשרה ליטרים (חברת GoFlo), וסגירת הבקבוקים מתוך הספינה בעומקים הרצויים. אל הרוזטה נלווה מכשיר מדידה CTD המודד משתנים פיסיקליים באופן רציף. בתחנה A נלקחו שני קסטרים (cast = הורדת רוזטה), קסט עמוק וקסט רדוד, בכדי לקבל רזולוציה גבוהה של דגימות סביב התרמוקלינה ובעמודת המים העליונה. עומקי הדגימה נקבעו בהתאם לשינויי טמפרטורה, מליחות, ופלווארסנציה כפי שהצטיירו בזמן אמת מנתוני ה-CTD בכל הפלגה. בתחנות האחרות נלקח רק קסט אחד, כיוון שעומק המים קטן יותר. עומק הדגימה המרבי בכל תחנה תלוי בעומק הקרקעית ובכל מקרה הבקבוק התחתון נסגר 2-3 מ' מעל הקרקעית.

בכל תחנה מתבצע חתך אנכי רציף של מדידות טמפרטורה, מליחות, לחץ, ופלווארסנציה במכשיר CTD של Sea-Bird Electronics. דגימות המים מחולקות לבקבוקים שונים לצורך מדידת חמצן מומס (DO), pH, אלקליניות (A_T), נוטריינטים מומסים (NO_2^{-1} , NO_3^{-1} , $Si(OH)_4$, PO_4^{-3}), פחמן חלקיקי (POC), מליחות, כלורופיל (Chl-a), והתפלגות אוכלוסיית הפיטופלנקטון. סינון הדוגמאות לצורך מדידת כלורופיל ואוכלוסיית הפיטופלנקטון, וקיבוע דוגמאות לצורך מדידת חמצן מומס נעשו בספינה. המדידות בוצעו במעבדה לפי השיטות המתוארות בפרק העוסק במי החופים.

על פי הנוהג המקובל, וכיוון שבקבוקי הניסקין נסגרו בשלב הרמת הרוזטה, נלקחו מדידות ה-CTD בזמן ההרמה להצגה ולניתוח. כל הפלגה אורכת יום שלם ובהשוואת הנתונים ממקומות שונים או מקסטים שונים יש לזכור את הפרש הזמן בין המדידות.

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

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 אטומים לאור ובמעבדה מוכנס לכל מיכל פחמן רדיואקטיבי באקטיביות של 0.04 מיקרוקירי ^{14}C למ"ל מים. המים מכל עומק מחולקים לארבעה בקבוקי הדגרה בנפח 250 מ"ל + דוגמה למדידת האקטיביות במים "בזמן אפס".

דוגמאות המים המסומנות מוחזרות לים בבקבוקי הדגרה למשך 24 שעות כשהן תלויות ממצוף כך שכל דוגמה מצויה בעומק ממנו נלקחה. בכל עומק ישנו בקבוק הדגרה אחד אטום לאור (dark), ושלושה בקבוקים שקופים למדידת היצרנות הפוטוסינתטית.

הדוגמאות מוחזרות למעבדה למחרת, בשעות החשכה, ומכל בקבוק הדגרה מסוננים 50 מ"ל מים על גבי פילטר (NC-45). הפילטרים מיובשים בדסיקטור בנוכחות אדי חומצה כלורית למשך 24 שעות ואח"כ נקראים במונה סינטילציה. בנוסף לפילטרים נלקחת מכל בקבוק הדגרה דוגמת מים לקריאת

הרדיואקטיביות הכללית במים (added activity, AA) במונה הסינטילציה. בשנת 2011 הוחלף מד הסינטילציה במכון הבינאוניברסיטאי, ומשך הקריאה 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 כעת. שיטת החישוב הנוכחית מסתמכת על מספר הקריאות בדקה (cpm) במקום על מספר ההתפרקויות המוערך לדקה (dpm) וזאת כדי להימנע מכיול 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:

$\text{CPM}_{(\text{sample})}$ - האקטיביות של הפילטר עליו סוננו מים מבקבוקי ההדגרה
 $\text{CPM}_{(\text{dark})}$ - האקטיביות של הפילטר מההדגרה בבקבוק מוחשך מאותו עומק
 $\text{CPM}_{(\text{AA})}$ - האקטיביות הכללית במים מבקבוק ההדגרה
 $\text{Volume}_{(\text{filtered})}$ - נפח המים מבקבוק ההדגרה, אשר סונן על גבי הפילטר (50ml)
 $\text{Volume}_{(\text{AA})}$ - נפח המים בו נבדקת האקטיביות בבקבוק ההדגרה (לרוב 250µl)
 המספר 25008 מהווה אומדן לריכוז הפחמן (מ"ג למטר מעוקב) במי ים.

פחמן חלקיקי (POC) – דוגמאות מעמודת המים נאספות בבקבוקי ניסקין מהרוזטה ומסוננות דרך רשת 200µm למיכלים בנפח 6 ליטרים. למחרת ההפלגה מסוננים המים על גבי פילטרים GF/F אשר חוממו מבעוד מועד בטמפרטורה של 450 מעלות למשך ארבע שעות לפחות, על מנת שיהיו נקיים מפחמן. לאחר הסינון כל פילטר נשמר בצלחת פטרי ומיובש בטמפרטורה של 60 מעלות למשך 24 שעות לפחות. הפילטרים היבשים מאוחסנים במקום יבש עד לאנליזה.

מדידת תכולת הפחמן בפילטרים נעשית במכשיר Total Organic Carbon analyzer של חברת Shimadzu Instruments, בו הפחמן המצוי בדוגמה מחומצן בטמפרטורה גבוהה (900-980 מעלות) ליצירת פחמן דו-חמצני (CO₂). הפחמן הדו-חמצני נישא על ידי חמצן לגלאי IR ויוצר אות אשר שיטחו רופורצונלי לכמות הפחמן. לצורך כיול משמשים סוכרים המכילים פחמן בכמות ידועה.

ספירת תאי פיטופלנקטון: ספירת תאי פיטופלנקטון וחיידקים הטרוטרופים מתבצעת במכשיר Becton Dickinson LSRII flow cytometer, מצויד בדוגם בעל תפוקה גבוהה (high throughput sampler), ביחידת ה-flow-cytometry במחלקת תשתיות של מדעי החיים וההנדסה בטכניון, בניהולה של ד"ר אפרת ברק. תאי פיטופלנקטון נמדדו בדוגמאות מים של 250µl יחד עם 1.0µm חרוזים סינטטיים זעירים (synthetic beads). תאי חיידקים נמדדו בדוגמאות מים של 150µl אשר נצבעו בצבע לחומצות גרעין (SYBER green). דוגמת המים עוברת בזרימה למינארית מול קרן לייזר הפוגעת בכל תא בנפרד, נשברת, ונקלטת על ידי חיישנים המספקים מידע על גודל התא וצורתו, וכן בליעה באורכי גל המאפיינים אוכלוסיות בעלות פיגמנטציה שונה זו מזו. בתוכנית הניטור נספרים תאים אוקריוטים, חיידקים הטרוטרופים, וציאנובקטריה מהמינים *Synechococcus* ו-*Prochlorococcus*.

ניטור ריכוזי זואופלנקטון במאה מטרים העליונים של עמודת המים: דיגום זואופלנקטון נעשה אחת לחודש מתוך סירה בים העמוק. מעל עומק מים מינימלי של 300 מטרים מתחילים בגרירת רשת פלנקטון כפולה (מחוברת למסגרת "Bongo") בגודל חור של 200µm. הרשת מורדת לעומק של 100 מטרים ומועלה תוך כדי שיוט, כך שנעשה מיצוע של עמודת המים עד לעומק של 100 מטר. למסגרת מחוברת מד שטף המודד את כמות המים העוברת דרך הרשת בכדי שניתן יהיה להמיר את כמויות הפלנקטון הנאספות לריכוז ביחידת נפח. בכל מסע דיגום נעשות שלוש חזרות על הגרירה.

במעבדה מחולקות הדגימות באמצעות קולונה לתת דגימות בגדלים 200µm, 500µm, 1000µm. כל תת דגימה מסוננת על גבי פילטר GF/F אשר עבר מראש שריפה בטמפרטורה של 450 °C, ואז כל פילטר מיובש בתנור ייבוש בטמפרטורה 60°C למשך שלושה ימים. לאחר הייבוש נשקל כל פילטר ואז מועבר לשריפה בטמפ' 450 °C למשך 4 שעות. הפרש המשקלים של הפילטר לפני ואחרי השריפה מהווה מדד לביומסה (ash-free dry weight).

ד.1. מדדים פיסיקליים: טמפרטורה ומליחות

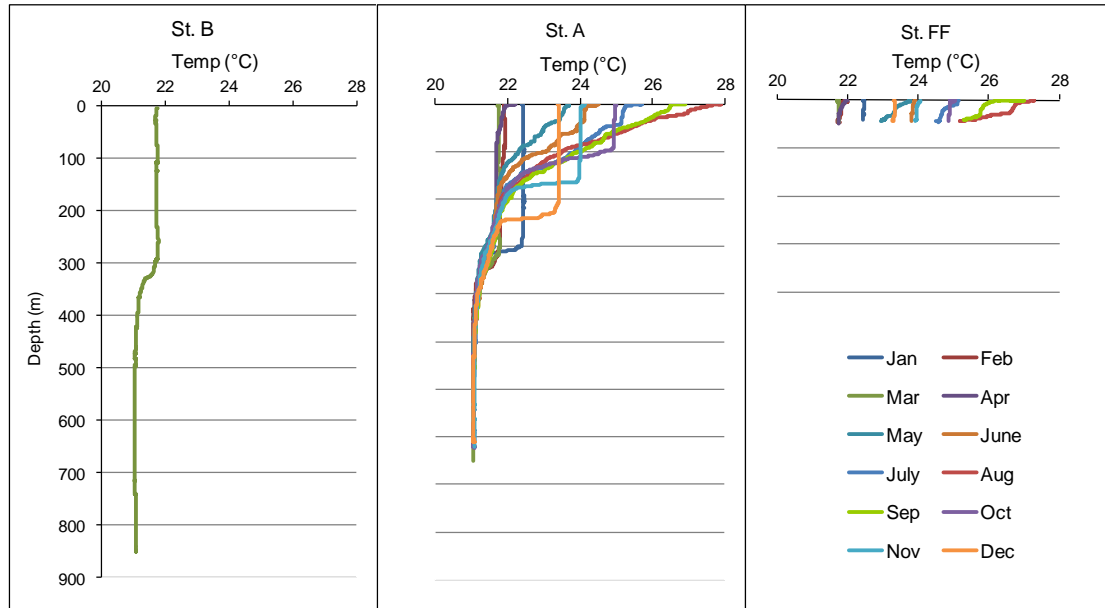
פרופילים רציפים של טמפרטורה, מליחות ופלאורסנציה בעמודת המים נמדדים על ידי מכשיר CTD בהפלגות הניטור החודשיות. נתונים אלה מראים את השינוי העונתי במבנה עמודת המים ברזולוציה גבוהה, ובעזרתם ניתן לעקוב אחר התפתחות הערבוב ככל שהחורף מתקדם, וחזרת המבנה המשוכב של עמודת המים עם ההתחממות באביב ובקיץ. מבט ארוך טווח יותר ניתן על ידי סקירה פרטנית של מדדים אלה בשנים האחרונות כפי שנרשמו בעת סגירת בקבוקי דגימת המים שעל הרוזטה (rosette) אליה מחובר מכשיר ה-CTD. לצורך השוואה זו בין השנים נעשה בדרך כלל שימוש במדידות המליחות הפרטניות שנעשות במעבדה על דוגמאות המים.

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

טמפרטורה

ערבוב עמודת המים השנה היה רדוד, כ-290 מטרים (איור ד1). טמפרטורת פני הים בחודש פברואר היתה 21.78 מעלות, כעשירית המעלה נמוך מאשר בשנה הקודמת ועדיין גבוה בהרבה מזו של חורף 2012. במי העומק היתה הטמפרטורה בחודש זה 21 מעלות. הטמפרטורה המרבית אשר נמדדה בפני הים בתחנה A היתה 27.82 מעלות בחודש אוגוסט, מעט גבוה יותר מאשר בשנה הקודמת. טמפרטורת הקיץ השנה בעלת ערך אמצעי בין 28.2°C בשנת 2012 ל- 26.85°C ב-2011. ובסך הכל היה המחזור העונתי השנה דומה לזה של השנה הקודמת.

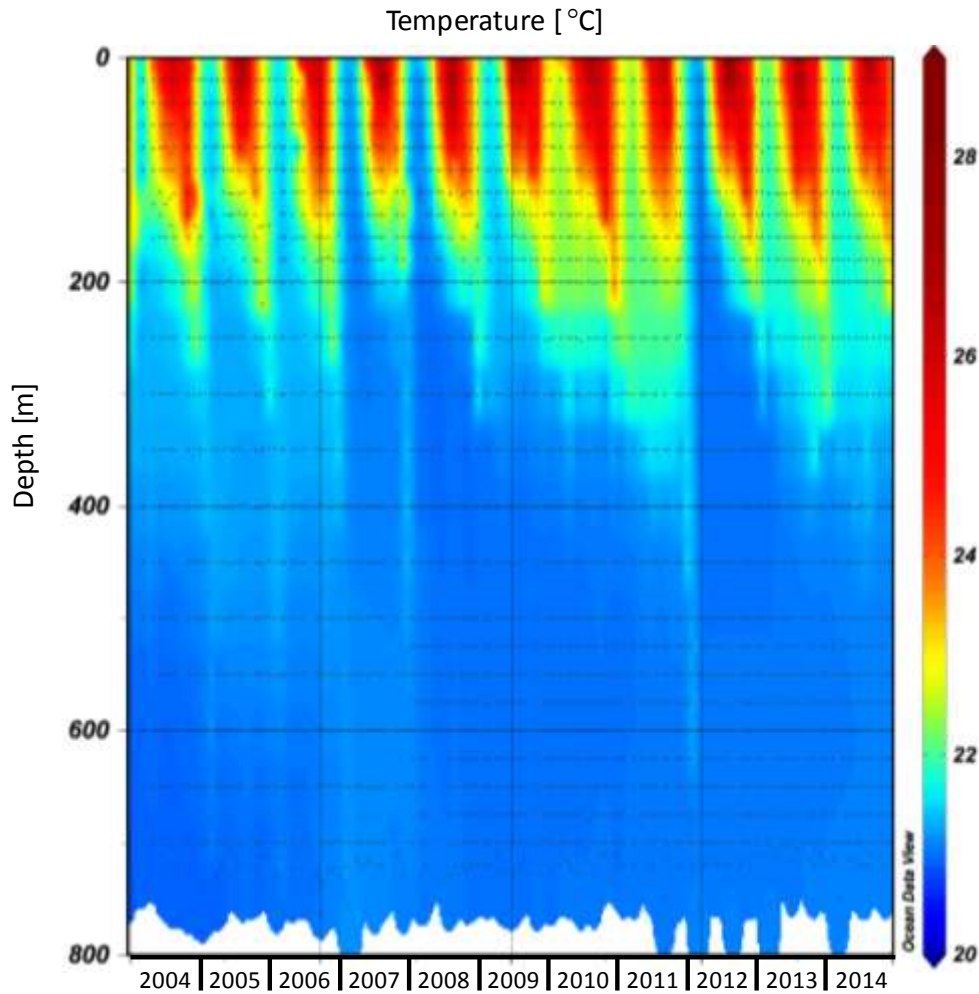
ערבוב עמודת המים בעונת החורף עקב קירור המים מלמעלה, במגע עם האטמוספירה, הוא גורם מרכזי בדינאמיקה של המערכת האקולוגית במפרץ.



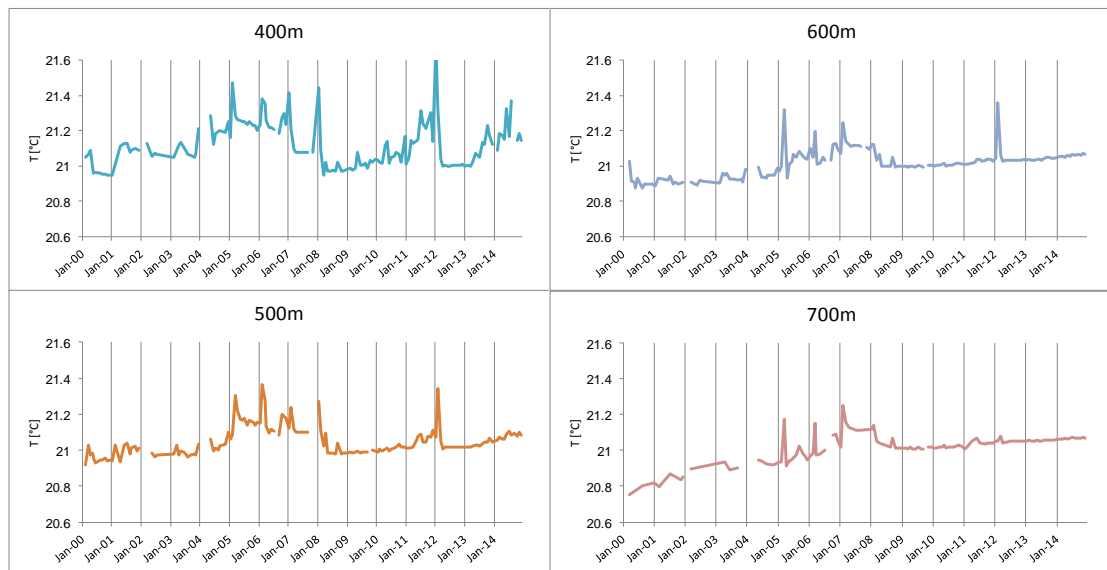
איור ד1: טמפרטורת עמודת המים כפי שנמדדה במכשיר ה-CTD בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D1: Temperature profiles measured using a CTD during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest, 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 למחזורי הערבוב-שכוב האופייניים בעמודת המים הפתוחים. מחזוריות זו ניכרת היטב בכל שנות הניטור, כאשר השנים נבדלות במידת הקירור של פני הים וכך גם בעומק הערבוב. סיום הערבוב ותחילת השכוב, לעומת זאת, מונעים ככל הנראה על ידי חדירת מים חמים יותר מדרום (Biton & Gildor, 2011). השנה שוב היה ערבוב עמודת המים רדוד, כ-290 מ'. בכך נמשכת צבירת חומרי דשן במים העמוקים לאחר הערבוב העמוק של שנת 2012 (איור ד2). בשנות הניטור היינו עדים למחזור שלם של ערבוב עמוק בשנים 2007 ו-2008, שלוש שנים של ערבוב רדוד, בשנים 2009-11, ושוב ערבוב עמוק בשנת 2012. במבט לטווח ארוך יותר, מאז שנת 2000 (נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז ופרופ' ב. לזר), נראה שמי העומק מוסיפים להתחמם גם לאחר הערבוב העמוק בשנת 2012 (איור ד3). הערבוב הרדוד של השנה מחזק את מגמת החימום אשר מתועדת בעומקים אליהם לא הגיע הערבוב בשנה זו. [דיוק חיישן הטמפרטורה שבמכשיר ה-CTD מעלה, עם סטייה של עד 0.002 מעלות בשנה. המכשיר שבשימוש תכנית הניטור כוייל לאחרונה באוגוסט 2013].



איור ד2: שינויי טמפרטורה בתחנה A מאז 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.



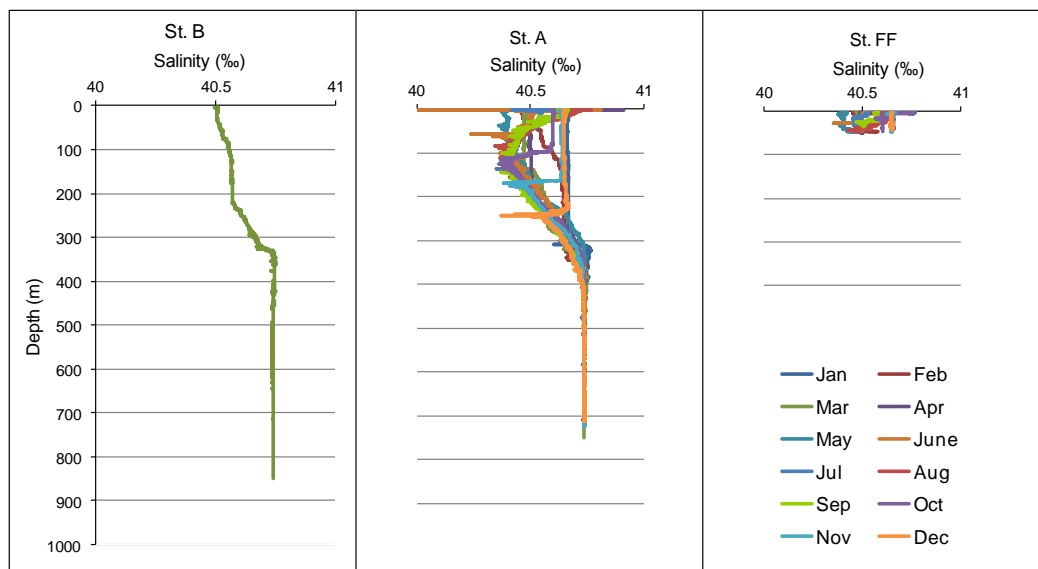
איור ד3: שינויי טמפרטורה במי העומק (בעומקים 400 עד 700 מטרים) בתחנה A מאז ינואר 2000. נתונים הקודמים לתכנית הניטור גאספו במסגרת פרויקט פארק השלום ומובאים באדיבותם של פרופ' י. ארז ופרופ' ב.

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.

מליחות

עקב של תוצאות מדידות המליחות במד המליחות במעבדה. כתוצאה מגדידה חזק של מדידות המליחות הוחלט לא להציג תוצאות מליחות שנמדדו בממעבדה החל המחודש פברואר 2010. מדידות המליחות בים העמוק אשר נעשו גם באמצעות מד מליחות אלקטרוני כחלק מפרופיל ה-CTD מוצגות כאן. התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, בשיתוף עם המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים, רכשה מד מליחות חדש אשר החל לפעול בחודש יולי 2011 ותוצאותיו מופיעות בלוחות המדעיים מאו. השנה שוב נמצאה בעיה במד המליחות, ונתוני המליחות מהחודשים האחרונים השנה חסרים, מלבד ממדידות חיישן ה-CTD.

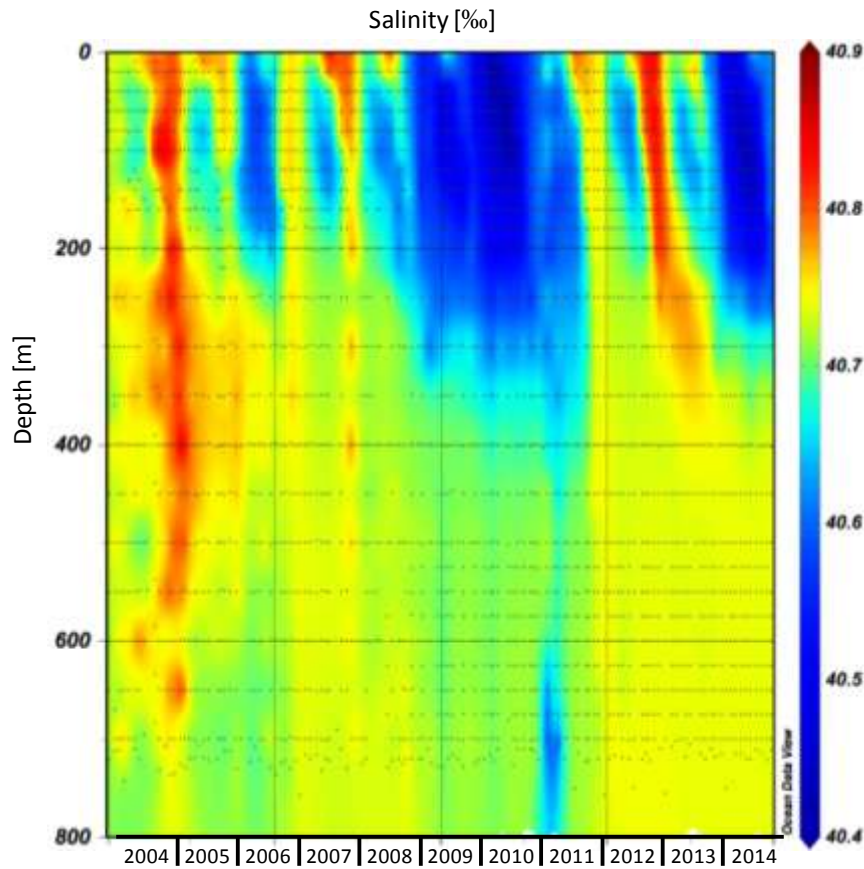
למדידות המליחות מחזור עונתי אופייני של היווצרות שכבת מים בעלת מליחות נמוכה יחסית בעומקים 200-250 מטרם בתקופה המשוכבת (איור 4). שכבת "המליחות המינימלית" בעמודת המים בתקופת השכוב נוצרת עקב חדירת מים עם מליחות נמוכה יותר שמקורם בדרום המפרץ בסוף החורף. מים אלה מתערבבים עם המים העמוקים יותר של השכבה העליונה, בעוד שבפני הים האידיוי גורם ליצירת שכבה בעלת מליחות גבוהה יחסית (וטמפרטורה גבוהה יחסית). באופן זה "נלכדת" שכבת מים בעלת מליחות נמוכה יחסית בחודשי הקיץ מתחת לפני הים. עם התערערות המבנה המשוכב בסוף הקיץ ותחילת הערבוב, גם מים אלה מתערבבים, ועומק "המליחות המינימלית" השאריתית גדל, עד שהשכבה נעלמת. השנה היתה מליחות המים בעמודת המים העליונה (כ-300 מ') בתחנה B נמוכה בהשוואה לשנה הקודמת, וגם המליחות שנמדדה בחודשי הקיץ היתה נמוכה יחסית. חדירת מים בעלי מליחות נמוכה הייתה חזקה ביותר בשנים החמות 2009-2010, ואחר כך נמצאו הפרשי מליחות קטנים יותר בשכבת המליחות המינימלית. השנה שוב נמדדה מליחות נמוכה בעמודת המים העליונה (איור 5). שינויי המליחות בעמודת המים הינם מחזוריים בעיקרם, ועל אף תבנית מעט שונה משנה לשנה לא ניכרת מגמה של שינוי ארוך טווח. ההבדלים בין השנים קשורים יותר לגופי המים החודרים לאזורינו מדרום מאשר למאזני האידיוי המקומיים, אם כי חדירת גופי המים המלוחים קשורה אולי בעומק הערבוב או בטמפ' הים מדרום.



איור 4: מליחות בעמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-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, 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 D5: שינויי מליחות בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.
Figure D5: Changes in salinity at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.

2.2. מדדים כימיים

חמצן (O_2)

הגורם העיקרי המשפיע על ריכוזי החמצן בעמודת המים הוא המחזור העונתי של שכוב-ערבוב בעמודת המים. בתקופת הערבוב ישנה ירידה בטמפרטורת המים ועל כן עלייה בקליטת חמצן אטמוספירי במים העליונים, אולם מים אלה מתערבבים עם מי עומק עניים בחמצן, וכך, למרות שמאגר החמצן המומס בעמודת המים גדל, נמצא החמצן בתת-רוויה. עם תום תקופת הערבוב ותחילת התקופה המשוכבת עולה היצרנות בעמודת המים העליונה ונוצר ריכוז גבוה של חמצן מומס קרוב לעומק הכלורופיל המרבי (DCM), ועם עליית הטמפרטורות במים העליונים נוצרת בתקופה זו על-רוויה בחמצן. השנה "אווררה" עמודת המים עד לעומק של כ-290 מ' בלבד, ומי הים העמוקים יותר נותרו מנותקים מהאטמוספירה.

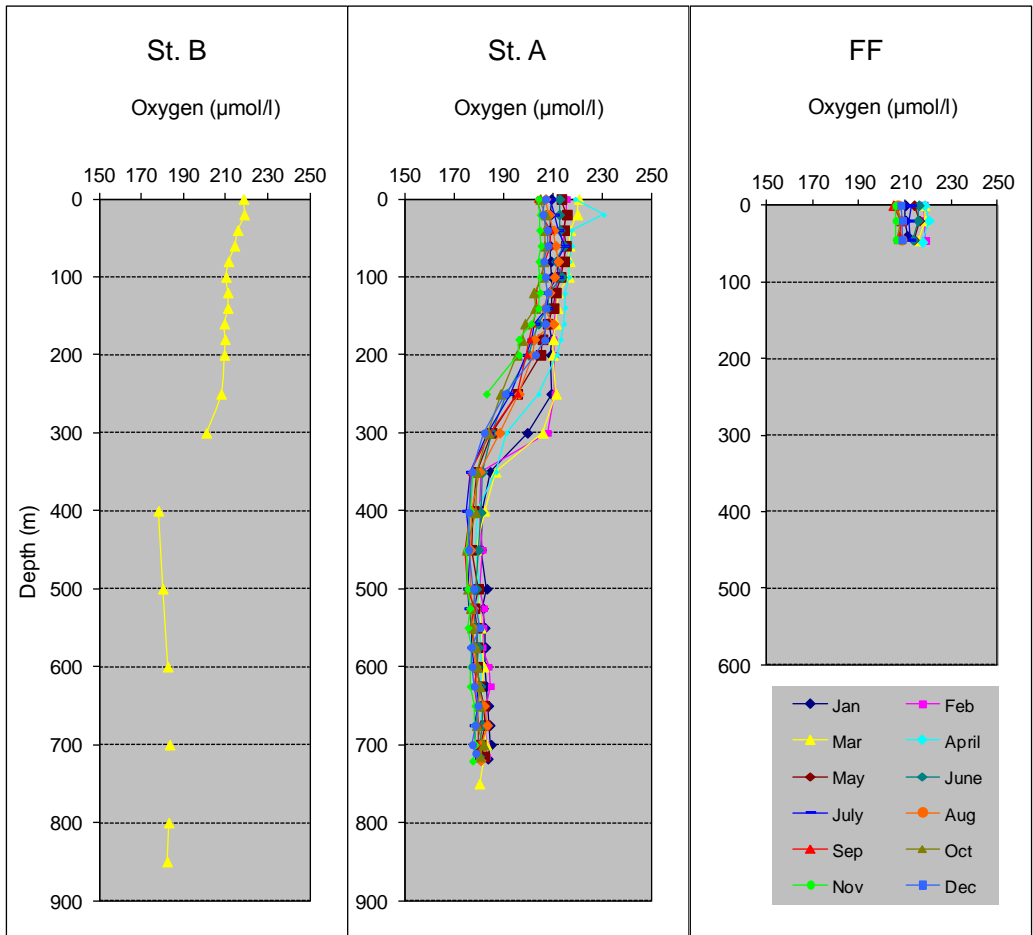
ריכוז החמצן המרבי בתחנה A נמדד השנה בחודש אפריל בעומק 20 מ', $231 \mu\text{mol/l}$ (איור D6). ערך זה גבוה מהערך המרבי שנמדד בשנה הקודמת, $220 \mu\text{mol/l}$ בחודש מרץ, ודומה לזה שנמדד בשנת 2012 בחודש מאי. ערך זה חריג בהשוואה לשאר הערכים אשר נמדדו בעמודת המים באותו חודש, אולם בדוגמת המים שנלקחה מעומק 80 מ' נמצא ריכוז גבוה במיוחד של כלורופיל (ראו למטה) ונראה שריכוז פיטופלנקטון אחראי ליצירת ריכוז החמצן הגבוה. ריכוזי חמצן גבוהים אחרים השנה במים העליונים נעו סביב $220 \mu\text{mol/l}$, בחודשים מרץ-אפריל. ריכוזי החמצן המומס הגבוהים אשר נמדדו בקרבת החוף, בתחנת FF, נעו אף הם סביב $220 \mu\text{mol/l}$. במים העמוקים נמדדו ריכוזי חמצן גבוהים של $\mu\text{mol/l}$

185, ירידה נוספת בהשוואה לריכוז המרבי שנמדד סמוך לקרקעית בשנת הערבוב הגבוה 2012 (206 $\mu\text{mol/l}$ בחודש מרץ).

הריכוז המזערי שנמדד השנה בפני הים היה $204 \mu\text{mol/l}$, בחודש נובמבר, ובמים העמוקים $177 \mu\text{mol/l}$ באותו חודש.

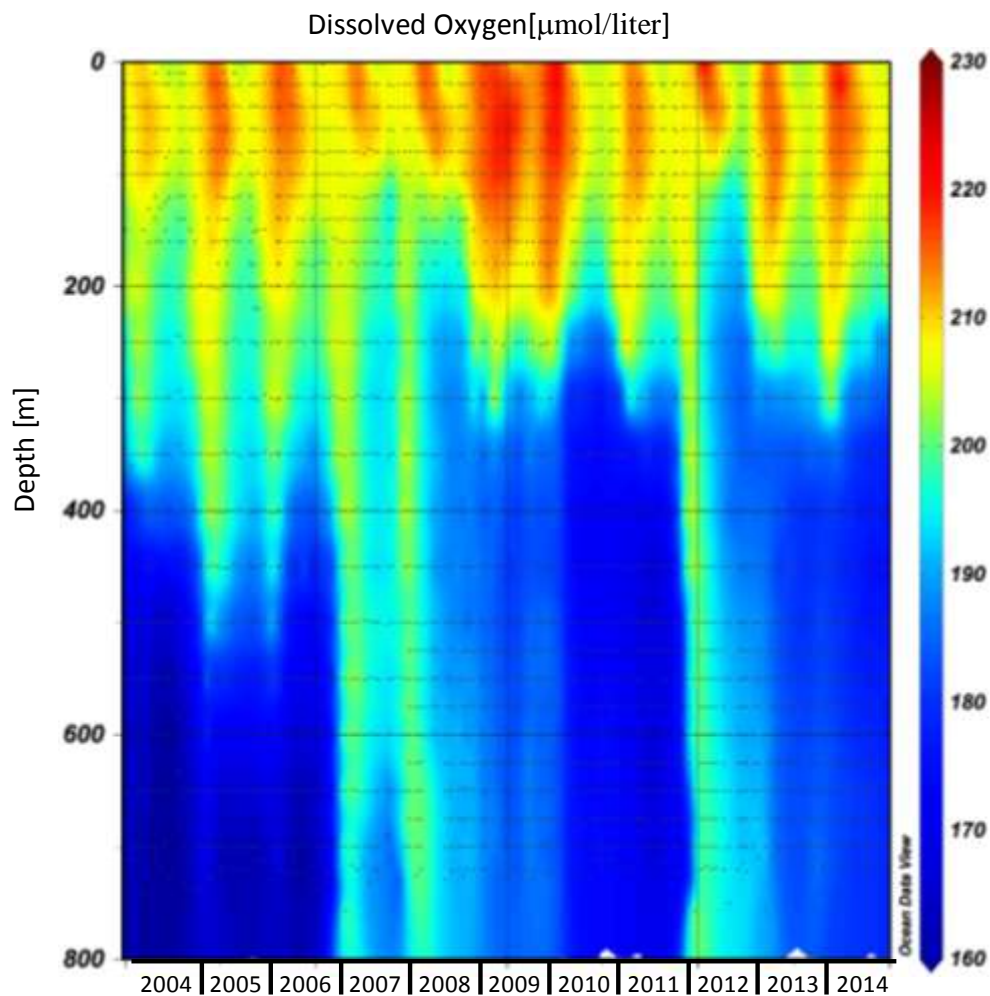
במשך רוב חודשי השנה מופרדים מי העומק מהמים העליונים, ובהיעדר יצרנות ראשונית החמצן המומס בהם הולך ונצרך בתהליכי חמצון של חומר אורגני במים או בסדימנט. חידוש מלאי החמצן המומס במים העמוקים מתרחש בשנים קרות דוגמת 2012, באמצעות ערבוב מי העומק עם מים רדודים עשירים בחמצן. בשנות הניטור 2004-6 לא היה ערבוב עמודת המים עמוק דיו כדי לאוורר את המים העמוקים מכ- 600 מ' אולם בשנים 2007-8 עורבבה כל עמודת המים בתחנה A, וריכוז החמצן במים העמוקים השתווה לריכוזו במי השטח בחודשי הערבוב. בשלוש השנים שלאחר מכן (2009-2011), נצרך החמצן במים העמוקים וריכוזו ירד. הערבוב העמוק ב-2012 מלא את מאגרי החמצן בעמודת המים והעלה מחדש את ריכוזו במים העמוקים וכך נסגר מחזור שלם של דלדול ומילוי התלויים בעומק הערבוב (איור ד7). בשנתיים האחרונות אנו עדים לתחילתו של מחזור חדש.

מאז שנת הערבוב העמוק 2007 נמצאה ירידה בכמות השנתית הממוצעת של חמצן המומס בעמודת המים אך ב-2012, בעקבות הערבוב העמוק, עלתה כמות החמצן המומס לערך הגבוה ביותר אשר נמדד במסגרת תכנית הניטור. בשנתיים האחרונות ישנה ירידה מחודשת בכמות החמצן המומס בעמודת המים, אם כי השנה נמצאה בעמודת המים כמות חמצן גדולה יותר מאשר בשנה הקודמת (איור ד8). ריכוז החמצן במים העמוקים ירד בין השנים 2000 ו-2007. שנתיים של ערבוב עמוק בשנים 2007-8 העלו את ריכוזי החמצן בכל העומקים, לערך מרבי בפברואר 2008, ובשנים 2009-2011 החלה ירידה מחודשת של ריכוזי החמצן, בהיעדר ערבוב עמוק. ערבוב עמוק בשנת 2012 העלה מחדש את ריכוז החמצן במים העמוקים לערכים דומים לאלה של 2007-8, ומעט נמוכים ממה שנמדד בעקבות הערבוב העמוק בשנת 2000. השנה ירדו מעט ריכוזי החמצן המומס במים העמוקים בהשוואה לשנה הקודמת, ודומים בסוף השנה הנוכחית לאלו שנמדדו בקיץ 2010 (איור ד9).



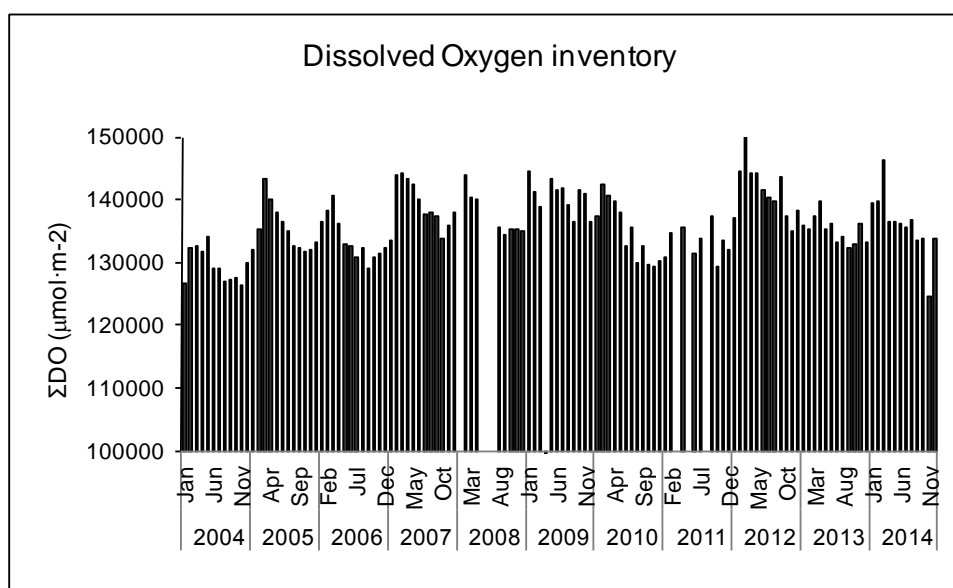
איור ד6: ריכוזי חמצן מומס בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

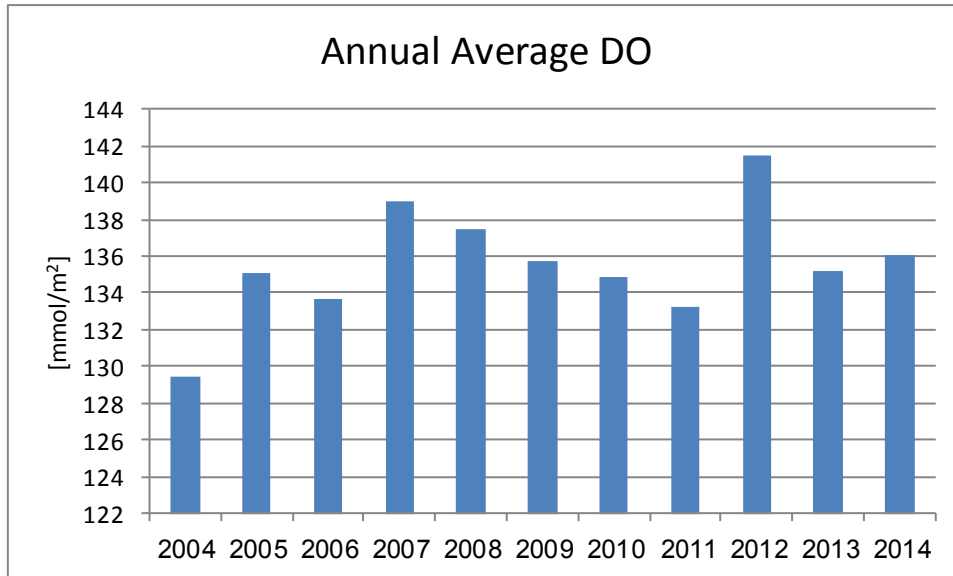
Figure D6: Dissolved oxygen concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest, Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is close to the northern shore of the Gulf at ca. 50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



איור ד7: שינויים בריכוז החמצן המומס בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

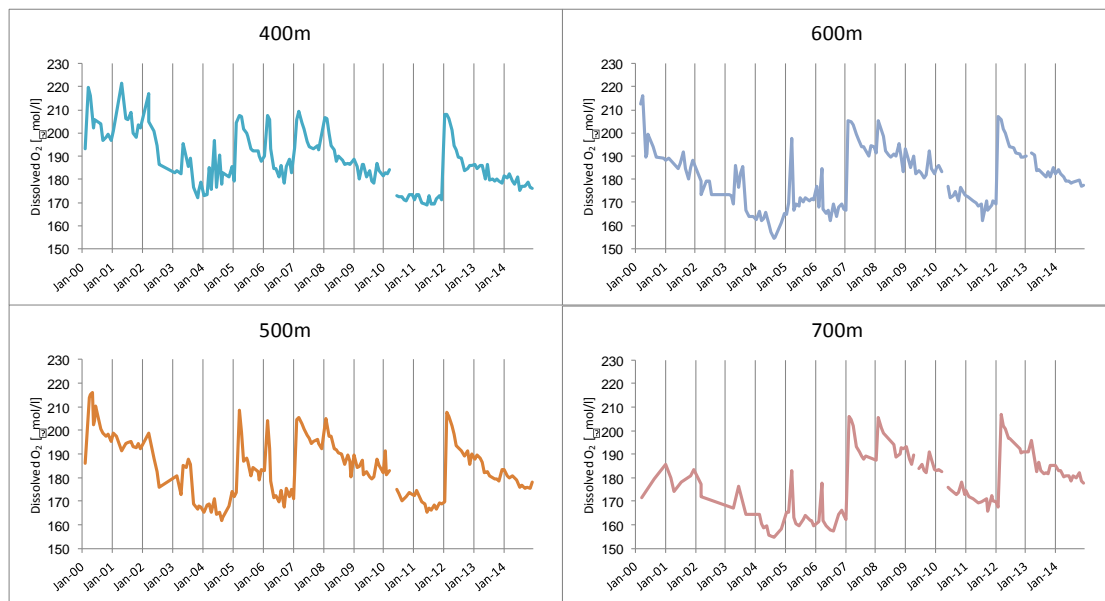
Figure D7: Changes in concentrations of dissolved oxygen in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.





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



איור ד9: שינויים בריכוזי 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.

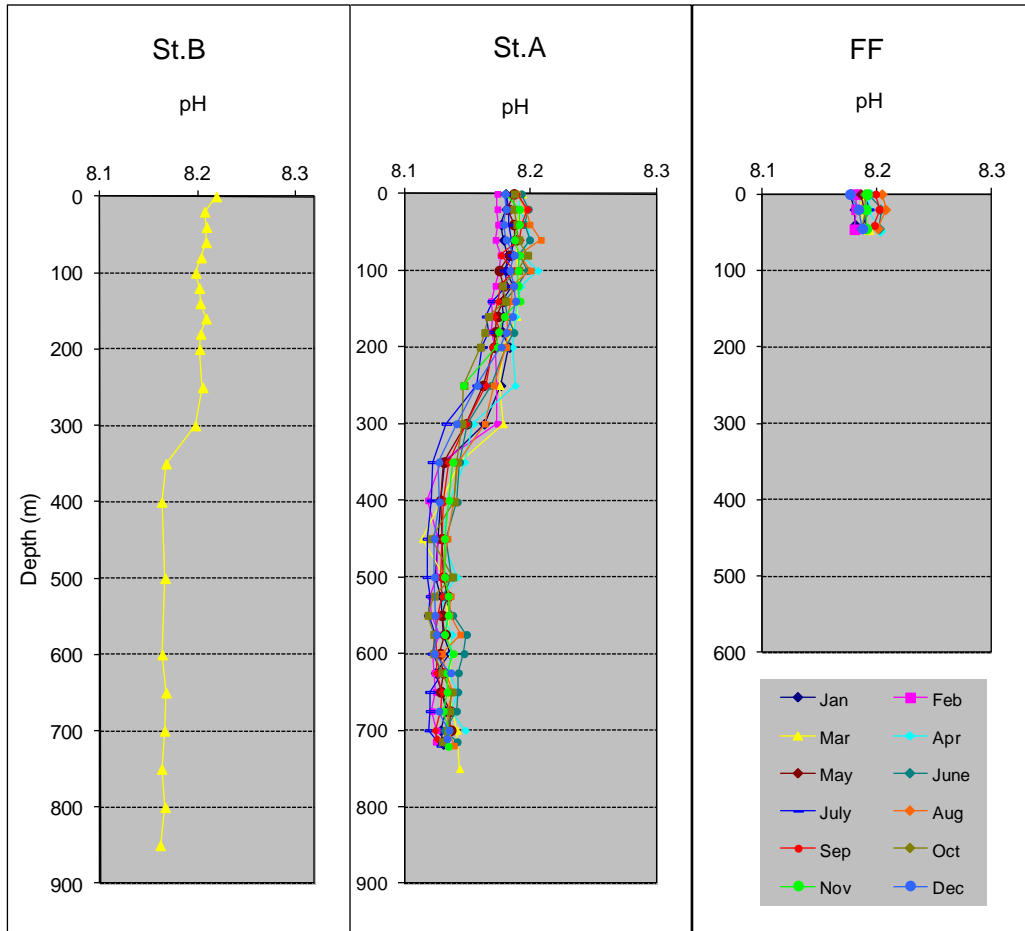
ערך הגבה (רמת חומציות המים, pH)

ערך הגבה (pH) המדווח להלן נמדד בסקלת pH_{NBS} לפי ההגדרה של (Millero et al. (1993): $pH_{NBS} = -\log \{H^+\}$. לפרטים ראו פירוט "שיטות" בפרק מי החופים למעלה.

[תזכורת: במהלך שנת הניטור 2006 נמצאה הטייה של ערכי ה-pH הנמדדים לעבר ערכים גבוהים מדי, עקב התיישנות תמיסות הכיול. נערך בירור אשר במהלכו זוהה תאריך תחילת הבעיה (אוקטובר 2003), ולפיכך הכרזנו בלוח 2007 על אי קבילותן של מדידות ה-pH מאותו תאריך ועד להחלפת התמיסות הבעייתיות ותיקון הבעיה בנובמבר 2006.]

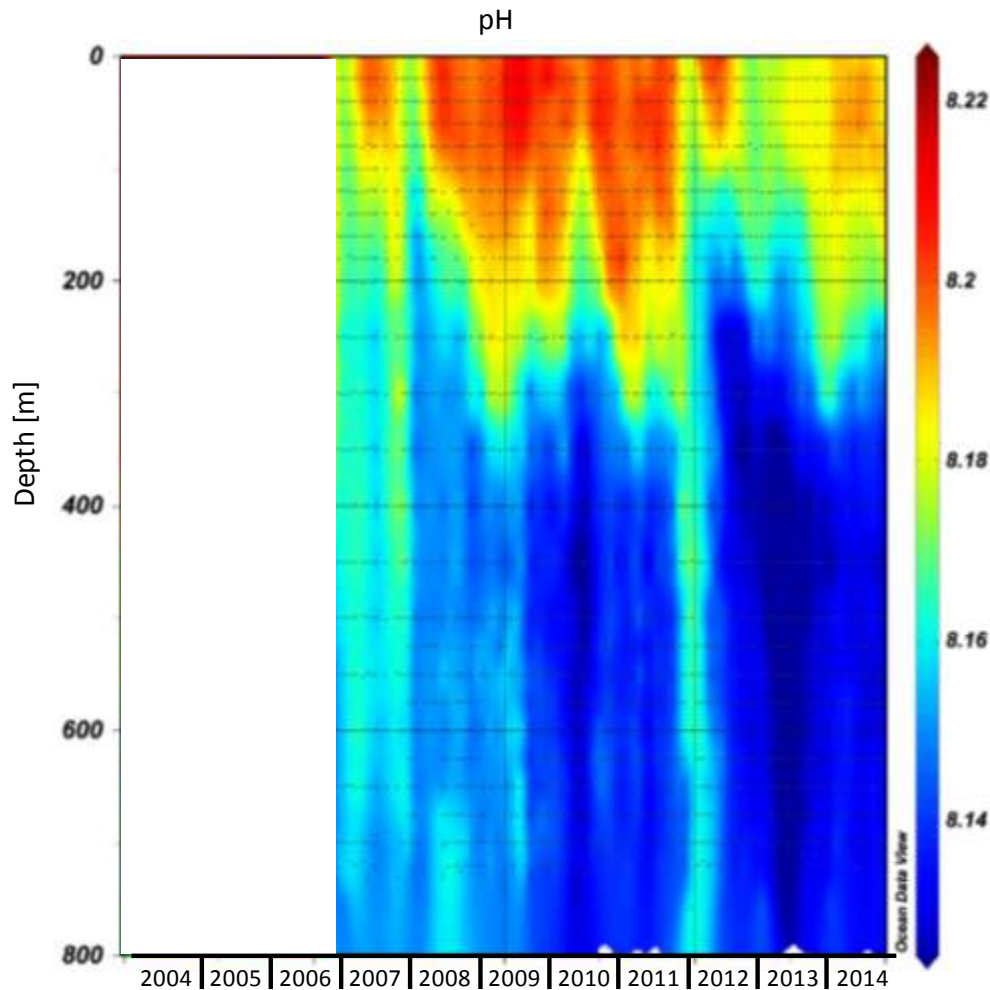
ערכי ה-pH במי העומק בדרך כלל נמוכים יותר מאשר במים הרדודים ועל כן מושפעת גם רמת החומציות בעמודת המים ממחזור הערבוב-שכוב העונתי. מבנה הפרופיל של ערך הגבה (pH) בעמודת המים דומה, לרוב, לזה של החמצן המומס מכיוון ששני המשתנים תלויים בקצבי הפוטוסינתזה והנשימה. ערכי pH הגבוהים נמדדו השנה בחדשי הקיץ, בעומקים של עד כ- 100 מ' (איור 10). הערך המרבי אשר נמדד השנה בתחנה A היה 8.209 בחודש אוגוסט, וגם בחוף הצפוני בתחנת כלובי הדגים נמדד pH מרבי דומה באותו חודש.

ערך הגבה במים העמוקים עולה כתוצאה מערבוב עמודת המים ויורד בשנים בהן הערבוב רדוד. באופן כללי היו השנה ערכי הגבה במים העליונים גבוהים מעט בהשוואה לשנה הקודמת, אך עדיין נמוכים בהשוואה לשנת 2012 בה נמדד ערך מרבי של 8.229 בתחנת כלובי הדגים בחודש אוגוסט (איור 11).



איור 10: ערכי רמת חומציות בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 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, 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.



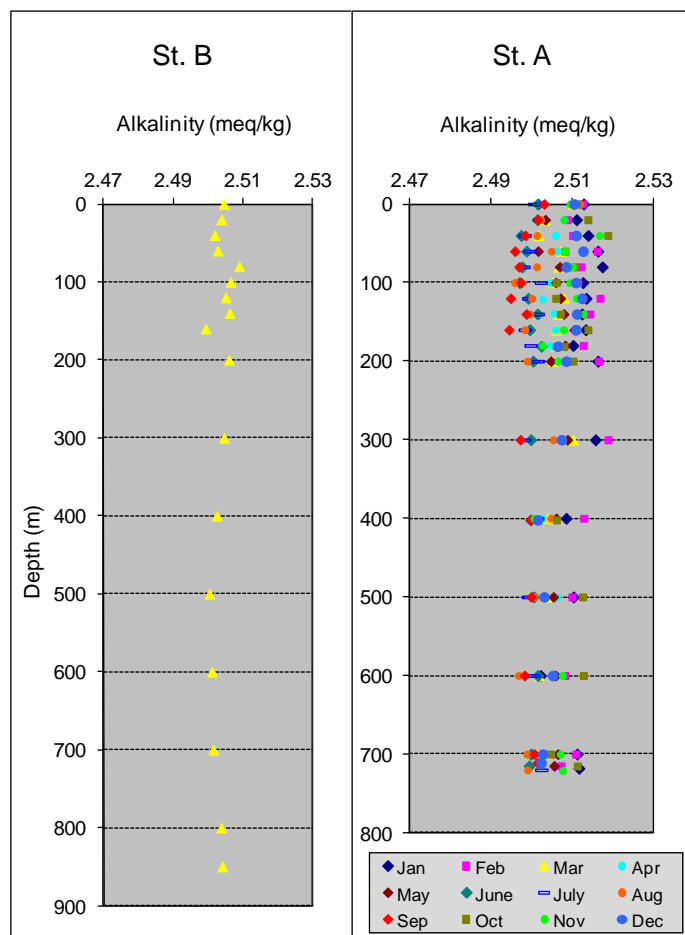
איור 11: שינויים ברמת החומציות בעמודות המים בתחנה A מאז נובמבר 2006. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

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

אלקליניות

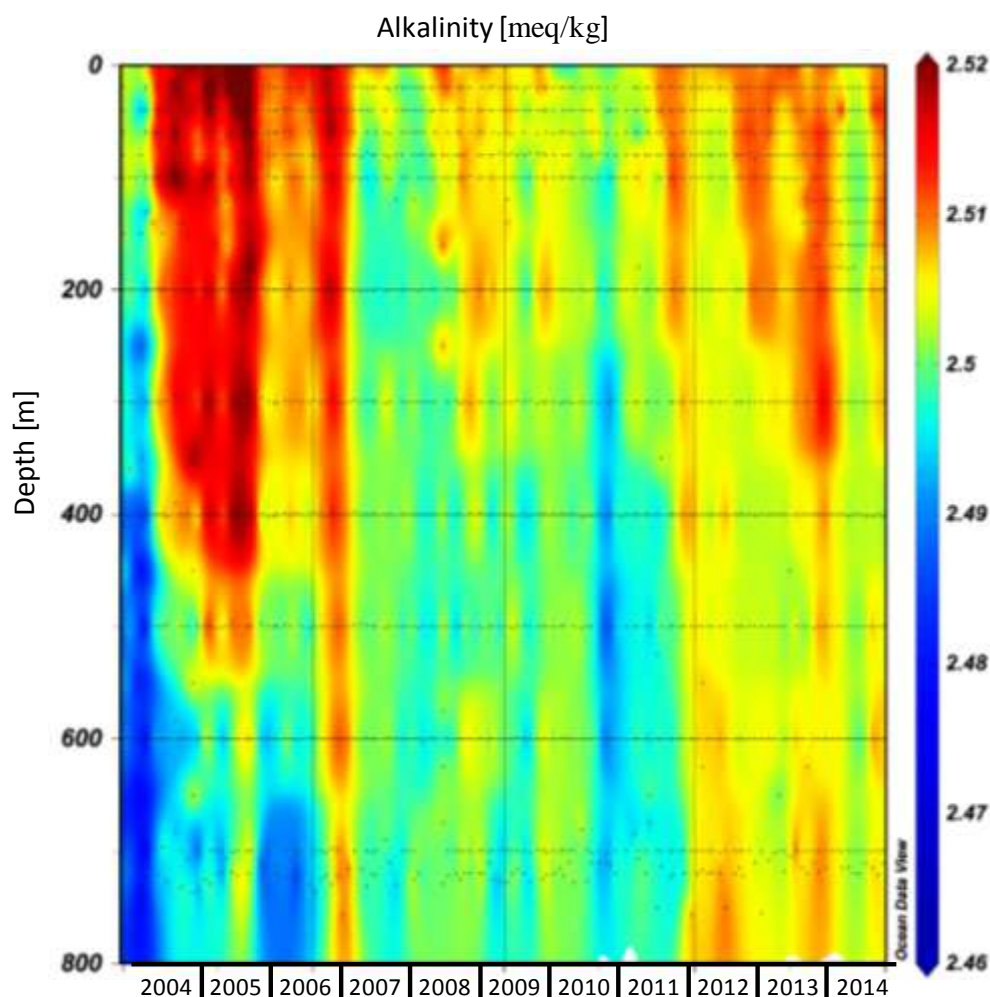
האלקליניות היא מדד לריכוז החומצות החלשות במים, ובעיקר לריכוז יוני הקרבונט והביקרבונט (CO_3^{2-} ו- HCO_3^- בהתאמה). טווח הערכים במדידות האלקליניות קטן מאד, הן בשינויים העונתיים והן בין העומקים (איור 12). ערכים נמוכים יחסית של אלקליניות במים העמוקים נרשמים לאחר הקיץ (בחודשים נובמבר-דצמבר), וערכים גבוהים יותר בחודשי הערבוב (חודש פברואר). הערך המרבי שנמדד השנה, 2.5190 meq/kg , זהה לזה של השנה הקודמת, אך נראה כי פיזור ערכי האלקליניות היה השנה גדול יותר מאשר בשנה הקודמת.

בשנת הערבוב 2007 ניכרה עליה באלקליניות, ובאופן דומה אם כי במידה פחותה גם בשנת הערבוב 2012 עלתה מעט האלקליניות בעמודות המים. השנה עלו ערכי האלקליניות במים העליונים לבהשוואה לערכי השנה הקודמת, ובמים העמוקים נמדדו ערכים מעט נמוכים יותר (איור 13).



איור ד12: ערכי אלקליניות בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניסוח החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה יותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים.

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



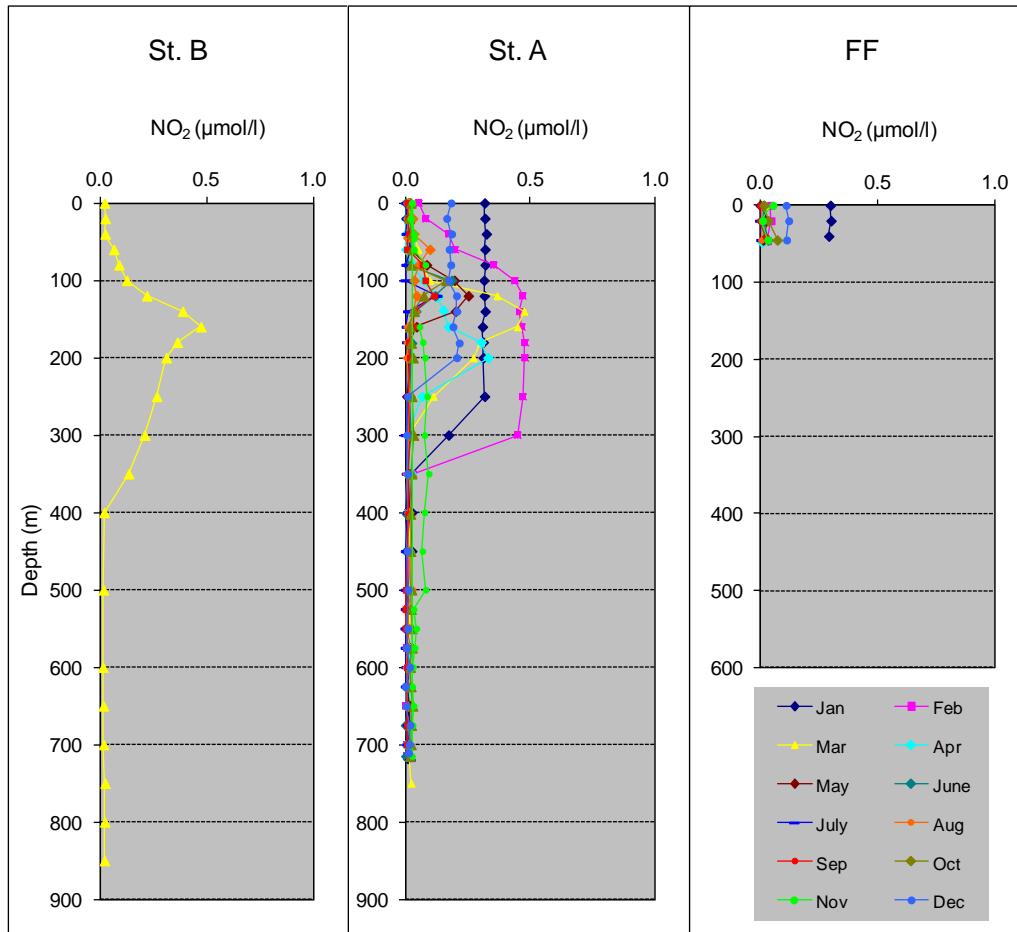
איור ד13: שינויי אלקליניות בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

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 נצרך הן על ידי פיטופלנקטון באזור הפוטי (המואר) והן על-ידי בקטריות וארכיאה המחמצנים אותו לניטראט בתהליך הניטריפיקציה המתרחשת בכל עמודת המים, ועל כן ריכוזי הניטריט במים נמוכים מאד. ניטריט יכול להיווצר גם על ידי דניטריפיקציה, היזור ניטראט על ידי חיידקים אנאירוביים, אולם תהליך זה פחות סביר במי המפרץ המחומצנים. יתכן שדניטריפיקציה מתרחשת בסדימנט.

ריכוזי הניטריט גבוהים יחסית בתקופת הערבוב בחורף, ועם תחילת השכוב נוצר בין העומקים 100 ו-300 מ' (מתחת לשכבה הפוטית) אזור בו ריכוזי הניטריט גבוה יחסית (איור ד14). באזור זה מתרחשים תהליכי פרוק חומר אורגאני וחמצון בקטריאלי של אמוניה. ככל שעמודת המים מתייצבת, מאגר הניטריט באזור זה קטן והולך. השנה ניתן לראות כי תהליך זה מתרחש כבר בחודש פברואר: השנה התחילה קרה והחל ערבוב אולם בסוף ינואר נפסק הקירור ותהליך העמקת הערבוב נעצר. ריכוזי הניטריט המרבי בתחנה A נמדד השנה בחודש פברואר, $0.481 \mu\text{mol/l}$, נמוך מהערך המרבי של השנה הקודמת ($0.571 \mu\text{mol/l}$, בחודש מרץ).

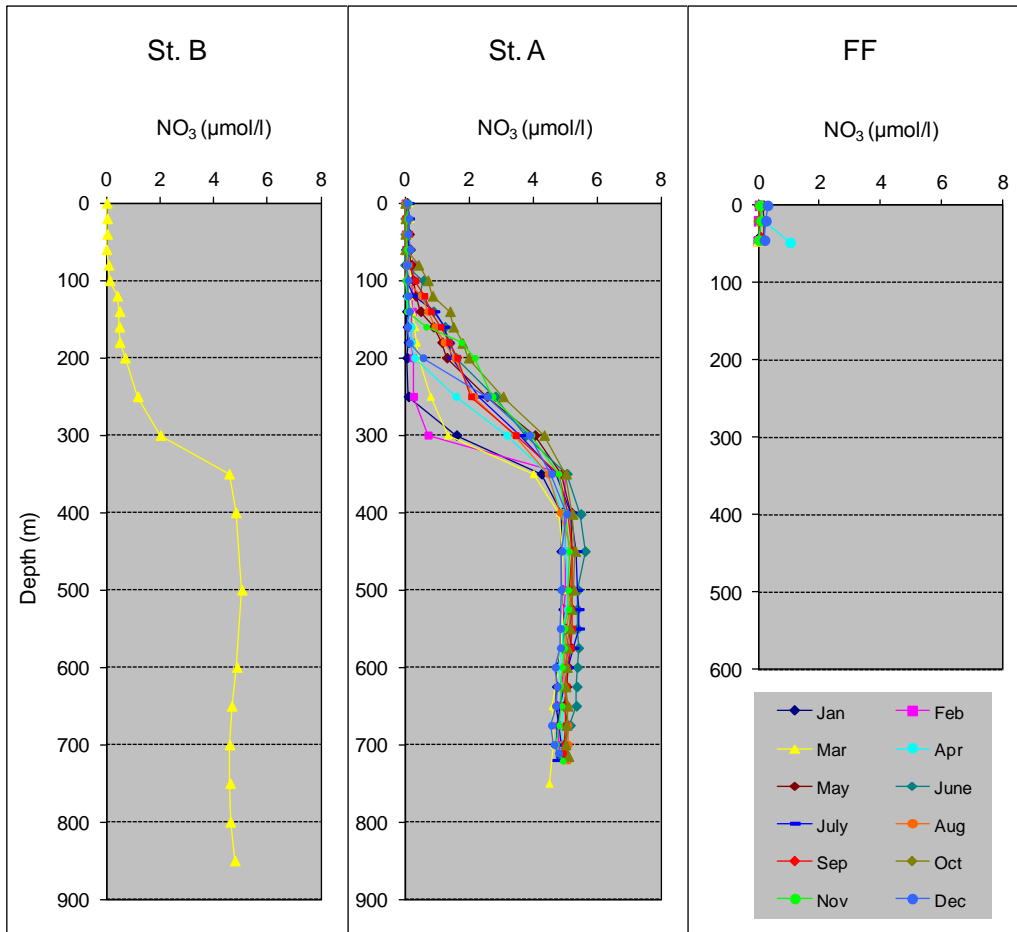


איור 14: ריכוזי ניטריט (NO_2) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D14: Nitrite (NO_2) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest, 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.

ניטראט הוא המרכיב העיקרי של מאגר החנקן המחומצן במי העומק. הניטראט הינו התוצר הסופי של תהליך הניטריפיקציה שתחילתו חמצון בקטריאלי של אמוניה ועל כן מהווה מדד לכמות החומר האורגני שפורק בתהליכי נשימה במים העמוקים. בחורף גורם הערבוב להעשרה של מי השטח בניטראט המגיע מהעומק. קליטת הניטראט על ידי פיטופלנקטון בשכבה הפוטית מהווה גורם מרכזי בהגברת היצרנות הראשונית ב"פריחת האביב". עקב צריכתו הגבוהה, ריכוזו בשכבה הפוטית נמוך מהריכוז הנמדד במים העמוקים. בתקופת השכוב ריכוז הניטראט בשכבה העליונה קרוב לאפס, ובזמן הערבוב, ריכוזו עולה.

השנה, בדומה לשנה הקודמת, ערבוב רדוד של עמודת המים לא העלה נוטריינטים רבים לפני הים וריכוז הניטראט במים הרדודים כמעט ולא עלה בחודשי החורף (איור 15). ריכוז הניטראט במים העמוקים עלה בהדרגה במשך הזמן אולם השינויים השנה לא היו גדולים. הריכוז המרבי אשר נמדד השנה בתחנה A בפני הים היה $0.12 \mu\text{mol/l}$, נמוך מאשר בשנה הקודמת. לשם השוואה, הריכוז המרבי בפני הים בשנת 2012, בה היה הערבוב עמוק, הגיע ל- $2.158 \mu\text{mol/l}$ בחודש מרץ. במים העמוקים היה ריכוז הניטראט השנה דומה לערכי השנה הקודמת $5.37 \mu\text{mol/l}$, לעומת ריכוזים סביב $4 \mu\text{mol/l}$ בשנת 2012 ו- $5.9 \mu\text{mol/l}$ בשנת 2011. הריכוז המרבי שנמדד השנה היה $5.63 \mu\text{mol/l}$ בעומק 450 מ'.

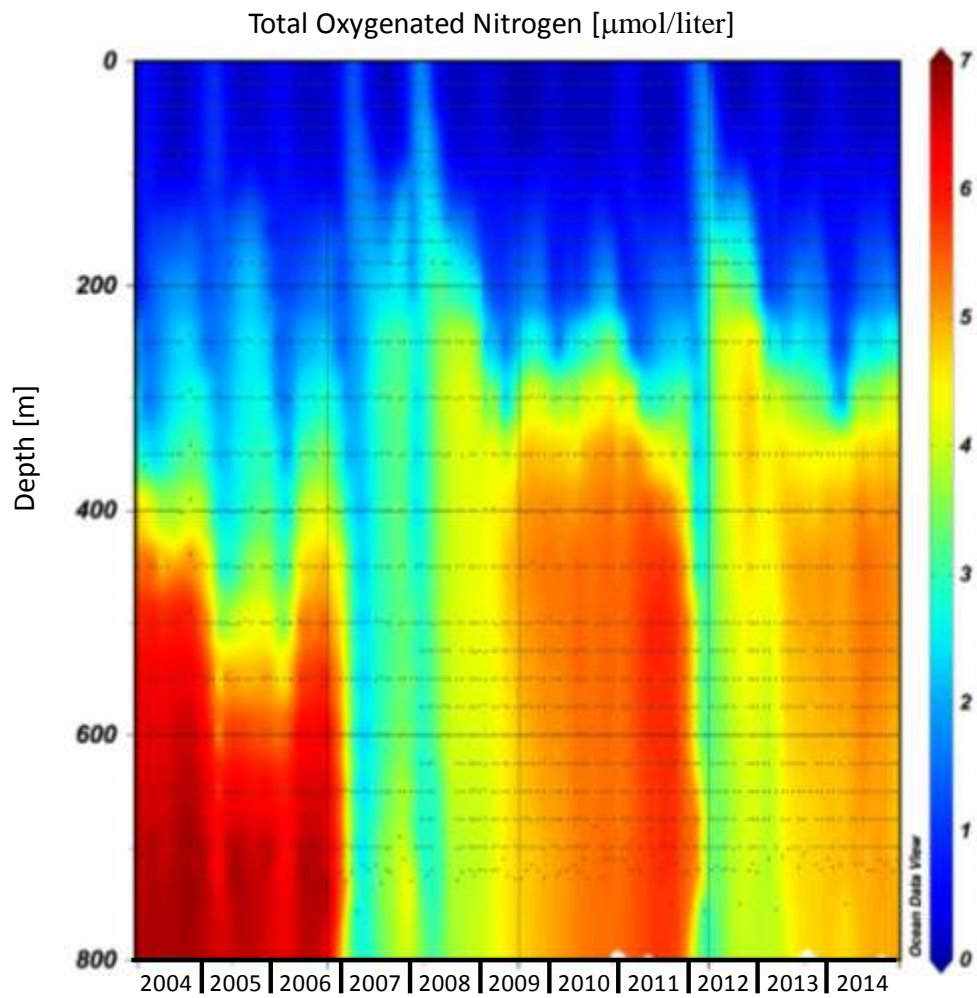


איור ד15: ריכוזי ניטראט (NO_3^-) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D15: Nitrate (NO_3^-) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest, 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.

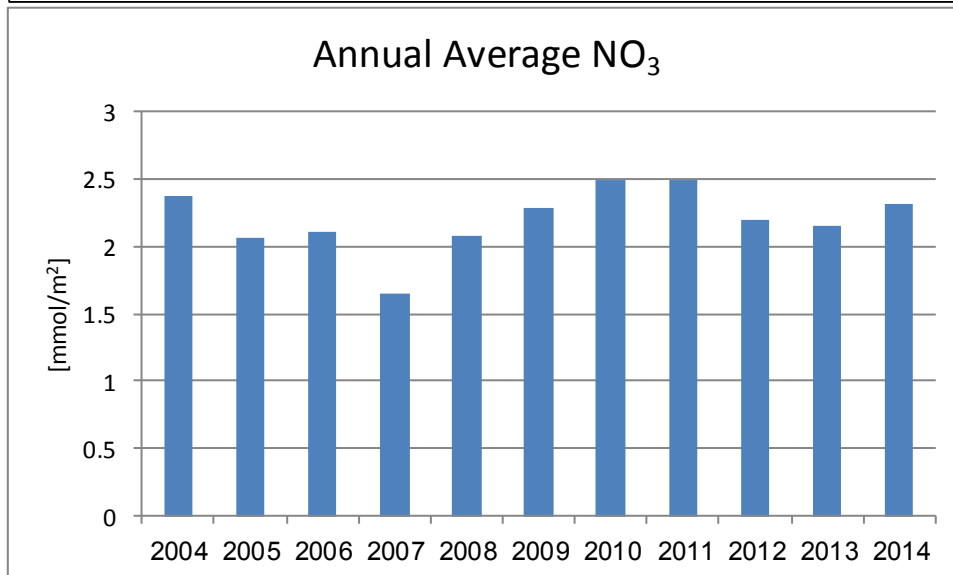
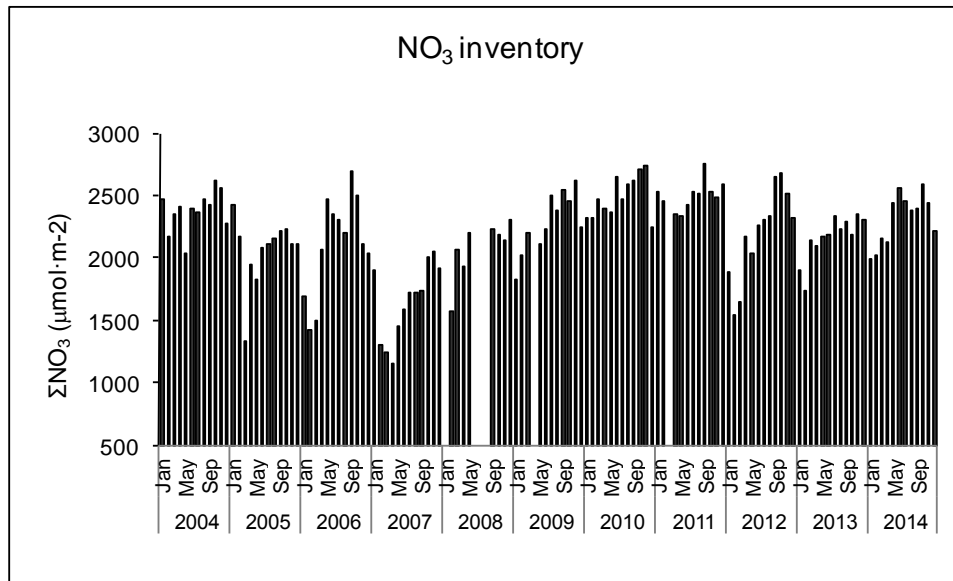
ריכוז החנקן המחומצן בעמודת המים (Total Oxidized Nitrogen - TON) דומה לריכוז מרכיבו העיקרי, הניטראט. משנת 2000, בה היה ערבוב עמוק, עלו ריכוזי החנקן המחומצן במים העמוקים. בחורף 2004-5 בו היה ערבוב של עמודת המים עד לכ-600 מטר ירדו מעט ריכוזי הניטראט במי העומק אולם ב-2006 נמדדו ריכוזים דומים לאלה של שנת 2004. שנתיים של ערבוב עמוק (2007-8) הורידו משמעותית את ריכוזי החנקן במים העמוקים, אך מאז פברואר 2008, ריכוזי החנקן במים העמוקים מכ-350 מטרים היו במגמת עלייה. בשנת 2012, עקב הערבוב העמוק, ירדו ריכוזי הניטראט והחנקן המחומצן בכלל במים העמוקים במידה ניכרת. מאז תחילת השכוב בשנת 2012 ריכוזי החנקן במים העמוקים ובמי הביניים נמצאים במגמת עליה (איור ד16).

מאגר הניטראט בעמודת המים מאז 2004 מראה תמונה דומה לזו של הריכוזים ונמצא במגמת עליה מאז שנת 2012. כמות החנקן המחומצן האגור בעמודת המים עלתה מאז שנת 2004, בשנות הערבוב 2007-8 נמדדה ירידה ובשנים שלאחר מכן עליה. בחורף 2012 שוב נרשמה ירידה בכמות החנקן המומס בעמודת המים ובחודשים שלאחר מכן עקב התגברות פעילות הפירוק נרשמה עליה אשר נמשכת כמגמה בשנתיים האחרונות. התנודות במאגר החנקן בשנתיים האחרונות קטנות יחסית (איור ד17) – הערך הנמוך נמדד השנה בחודש ינואר, $1990 \mu\text{mol}/\text{m}^2$, והגבוה ביותר, $2584 \mu\text{mol}/\text{m}^2$, בחודש אוקטובר. הממוצע השנתי של מאגר החנקן המומס בעמודת המים השנה גבוה מזה שחושב בשנתיים האחרונות ונמוך מזה של השנים 2010-11 (איור ד17, למטה).



איור ד16: שינויים בריכוז החנקן המחומצן (TON= NO₃+NO₂) בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

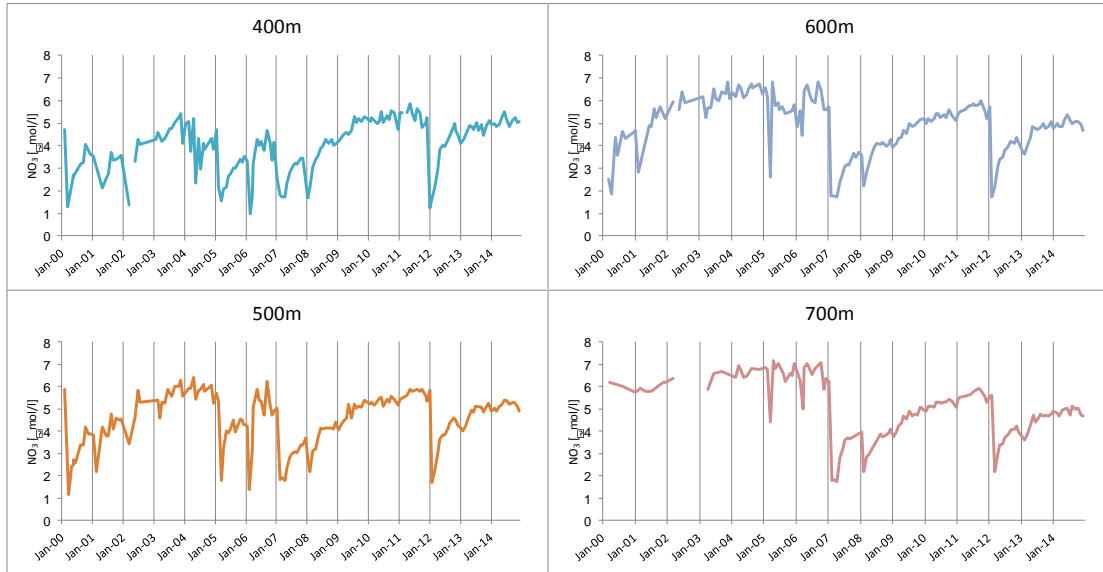
Figure D16: Changes in the concentration of total oxidized nitrogen (TON= NO₃+NO₂) in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.



איור ד17: שינויים במאגר הניטראט (NO_3) בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. למעלה: מדידות חדשיות, למטה: ממוצע שנתי

Figure D17: Changes in the nitrate (NO_3) inventory in the water column at Station A since 2004. Top: monthly inventories, Bottom: annual average

נראה כי ריכוז הניטראט במים העמוקים (~700 מטר) הגיע לשייוי משקל גבוה בשנים 2003-2007, אחרי הערבוב העמוק של שנת 2000, והשינויים בו בתקופה זו היו קטנים. ערבוב עמודת המים בתקופת החורף מוריד את ריכוז הניטראט בעומק אליו מגיע הערבוב, אולם החזרה לערכים קודמים היתה מהירה. הערבוב העמוק בשנת 2007 הוריד משמעותית את ריכוזי הניטראט בעומק (ערך מינימום בתקופה זו כ- $1.7 \mu\text{mol/l}$), והעלייה שאחרי היתה איטית. בסוף 2007 ריכוז הניטראט בעומק 700 מטרים היה כ- $3.9 \mu\text{mol/l}$. חורף 2008 הוריד את הריכוז (ל- $2.16 \mu\text{mol/l}$), ובסוף 2008 היה הריכוז בעומק 700 מטרים כ- $4 \mu\text{mol/l}$. בשלוש השנים 2009-2011 כלל לא הגיע הערבוב למים העמוקים וריכוזי הניטראט הוסיפו לעלות בכל העומקים הגדולים מ-400 מטרים, אולם נותרו נמוכים מהערכים של לפני שנת 2007. הערבוב העמוק בשנת 2012 הוריד את הריכוזים בכל העומקים, ובשנתיים האחרונות ריכוזי החנקן המומס במי העומק עולים באיטיות (איור ד18). ריכוז הניטראט המרבי בעומק 700 מ' השנה היה $5.10 \mu\text{mol/l}$ (בחודש אוגוסט) לעומת $3.95 \mu\text{mol/l}$ בדצמבר 2012.



איור 18: שינויים בריכוז הניטראט בעמקים (400 עד 700 מטר) בתחנה A מאז ינואר 2000. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז והפרופ' ב. לזר.

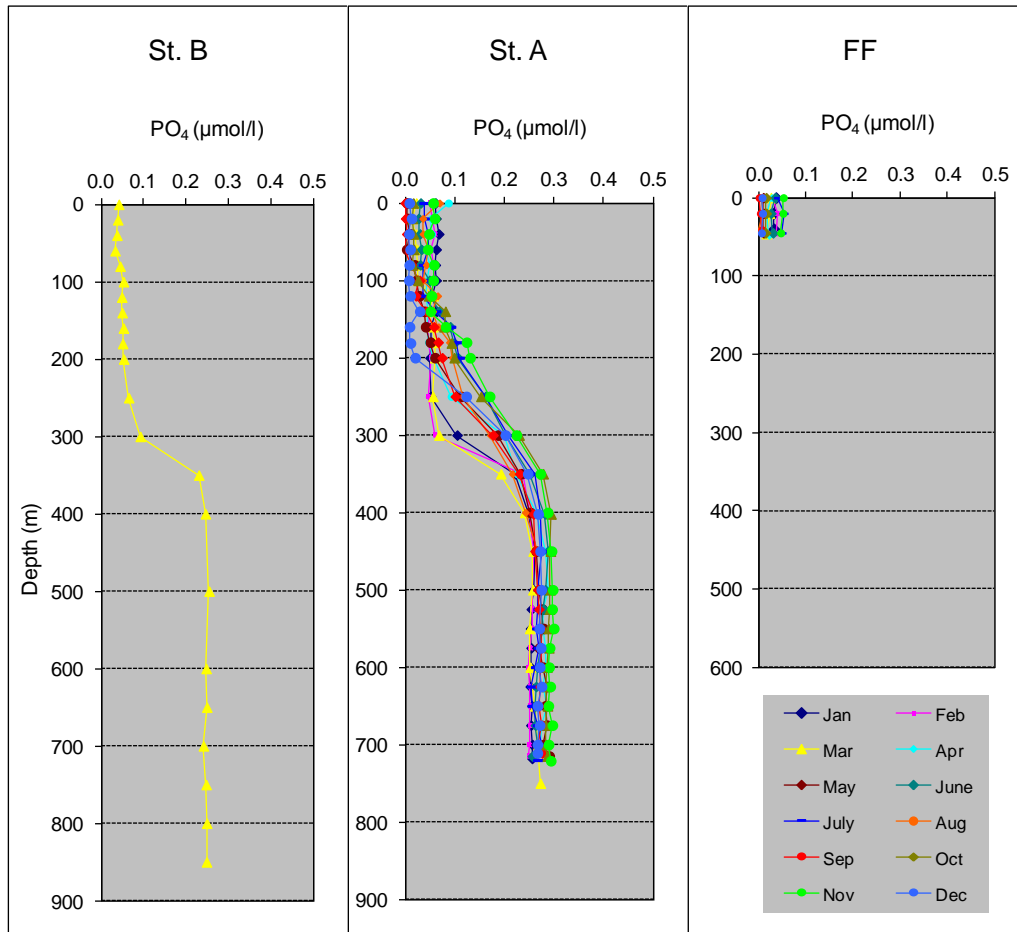
Figure D18: Changes in nitrate concentration water depth of 400m to 700m at Station A since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of Prof. J. Erez and Prof. B. Lazar.

פוספט

בדומה לנוטריינטים אחרים, ריכוזי הפוספט בעמודת המים נמוכים בקרבת פני הים וגבוהים יותר בעומק (איור 19). במים הרדודים נצרכים חומרים אלה בתהליכי יצירת חומר אורגני על ידי היצרנים הראשוניים, ובעקבות שקיעת חלקיקים אורגנים מהמים הרדודים ופירוקם בעומק עולה ריכוז הנוטריינטים, ובכלל זה הפוספט, עם העומק. המחזור העונתי של הפוספט דומה לזה הנראה עבור חנקן ומאופיין בעליית הריכוזים בפני הים בעת הערבוב, אך ריכוזי הפוספט נמוך בהרבה משל החנקן המחומצן המומס (TON, ניטריט + ניטרט). השנה הגיע ריכוזי הפוספט בפני הים בתחנה A לערך מרבי של $0.087 \mu\text{mol/l}$ בחודש אפריל, גבוה מזה שנמדד בשנה הקודמת – אך זהו ערך חריג השנה, בד"כ היו הריכוזים בפני הים דומים לערכי השנה הקודמת. במים העמוקים היה ריכוזי הפוספט בתחילת השנה (פברואר) סביב $0.250 \mu\text{mol/l}$, ובסוף השנה (נובמבר) $0.297 \mu\text{mol/l}$ מעט גבוה בהשוואה לשנה הקודמת.

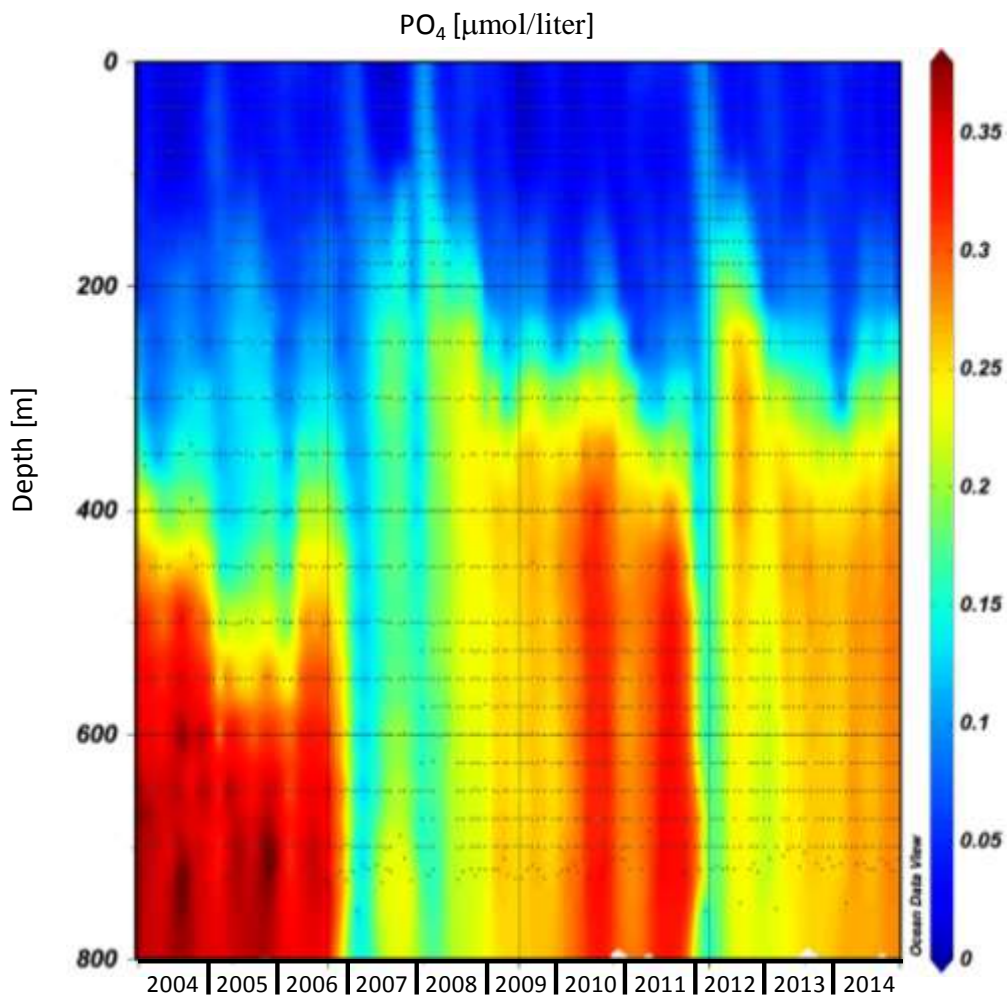
בעקבות אירועי הערבוב העמוק בשנת 2007 ואחר כך שוב בשנת 2008 ירדו ריכוזי הפוספט בעמודת המים באופן משמעותי, ובשלוש השנים שלאחר מכן עלה ריכוזי הפוספט במים העמוקים. הערבוב העמוק בשנת 2012 גרם לירידת ריכוזי הפוספט במים העמוקים, ומאז עולים ריכוזי הפוספט במי הביניים ובמים העמוקים (איור 20). ריכוזי הפוספט במים העמוקים נמוכים בשנים האחרונות מהריכוזים שנמדדו בשנים 2004-5.

בשנת 2007 הצטמצם מאגר הפוספט המומס במים אולם החל משנת 2008 שב ונבנה. בחורף 2012 כמות הפוספט בעמודת המים ירדה מאד, אולם בקיץ עלתה שוב. בדומה לניטראט, מאגר הפוספט ידע תנודות קטנות יותר בשנתיים האחרונות מאשר בשנת 2012 (איור 21). כמות הפוספט השנתית הממוצעת המומסת בעמודת המים גבוהה מעט השנה בהשוואה לשנתיים האחרונות, ונמוכה מזו של שנות הערבוב הרדוד 2010-11.



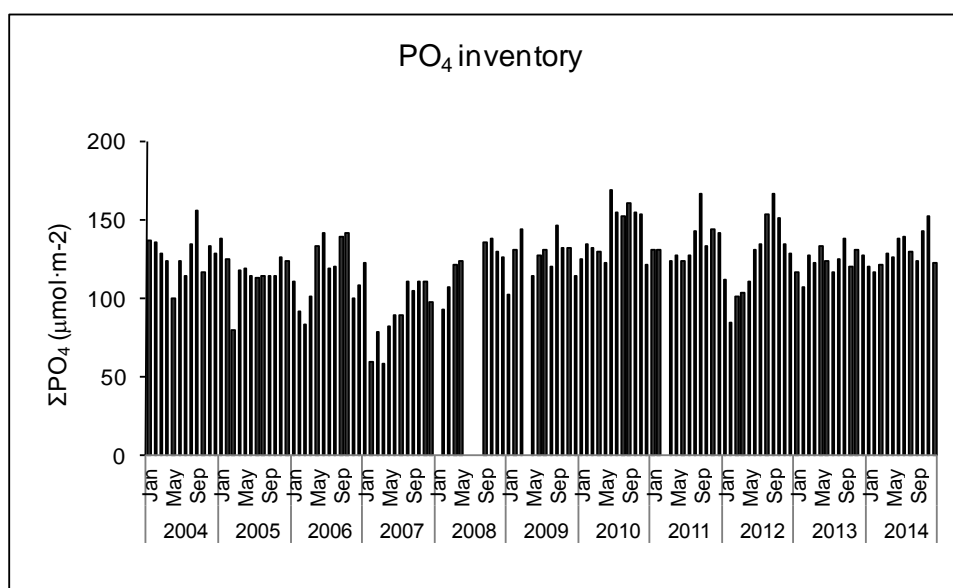
איור D19: ריכוזי פוספט (PO_4^{-3}) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

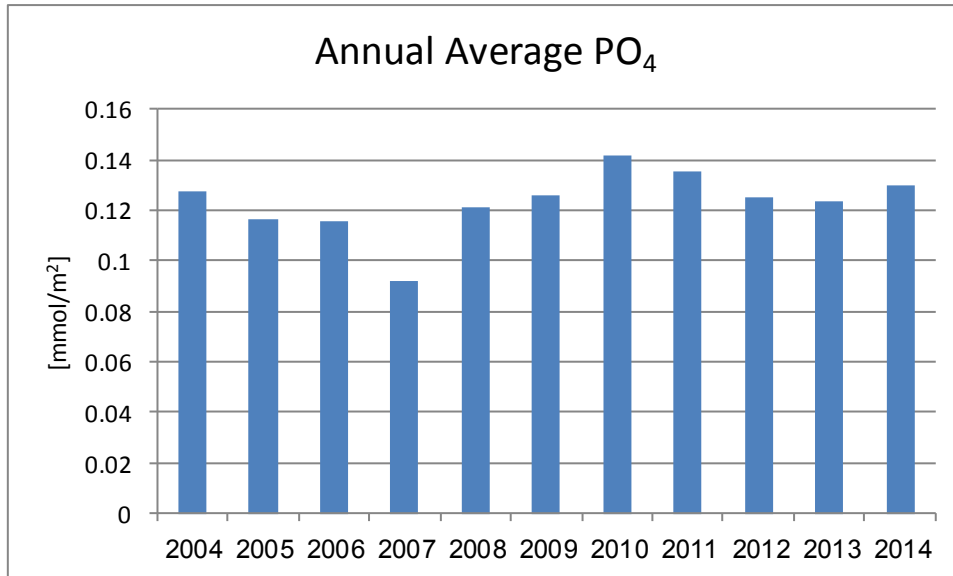
Figure D19: Phosphate (PO_4^{-3}) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest, Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is close to the northern shore of the Gulf at ca.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



איור D20: שינויים בריכוז הפוספט 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.



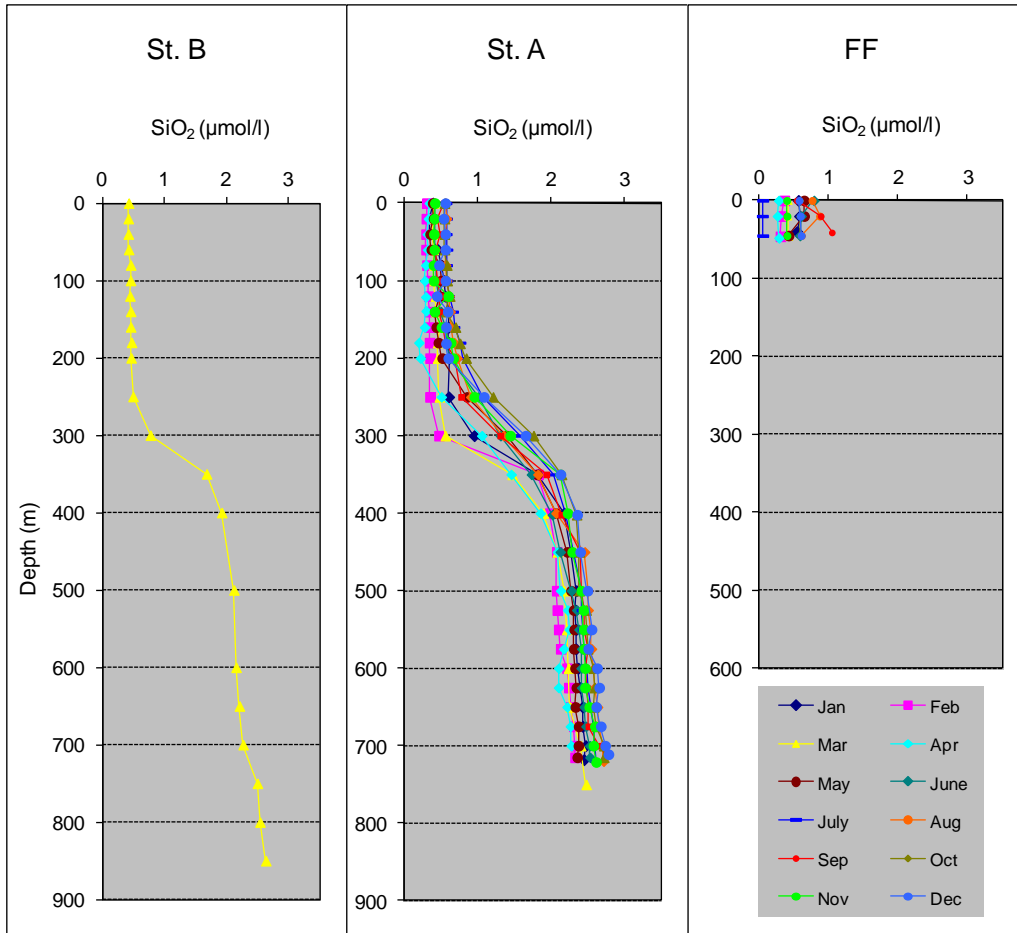


איור ד21: שינויים במאגר הפוספט בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. למעלה: מדידות חדשיות, למטה: ממוצע שנתי

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

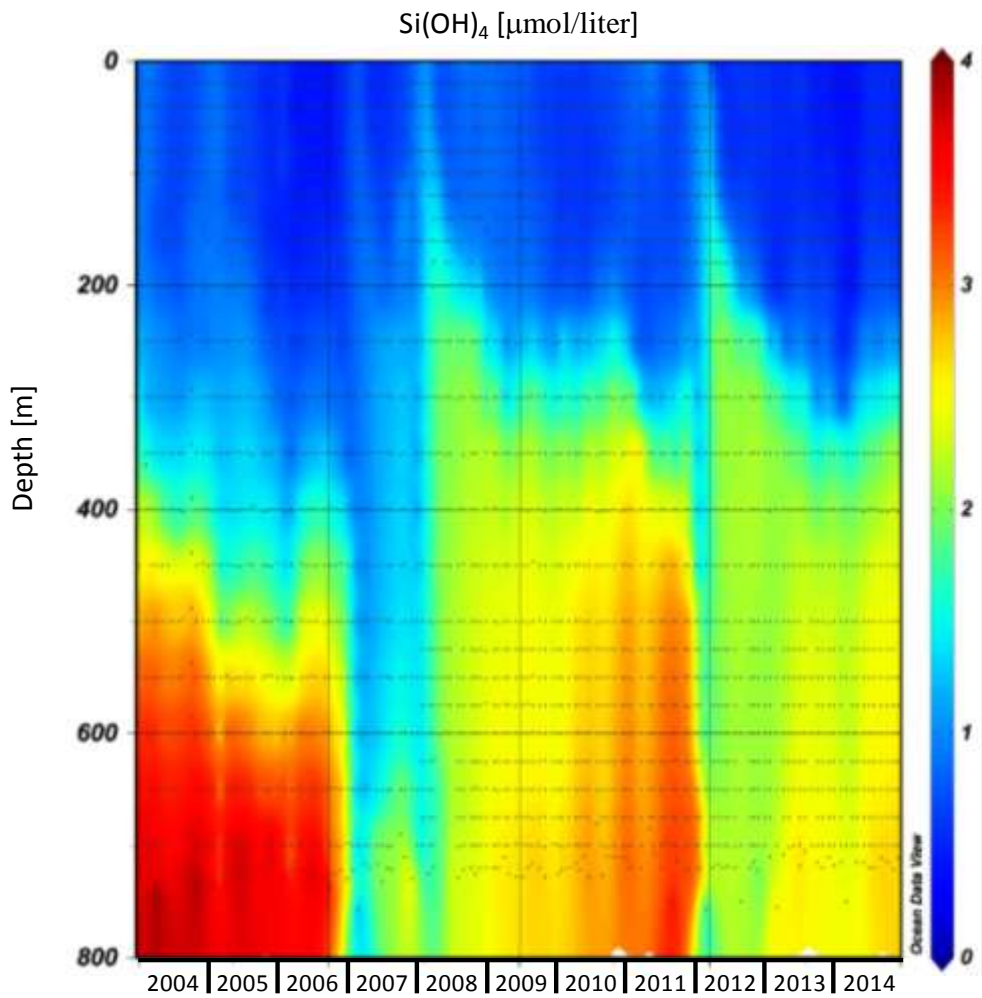
סיליקה

ריכוזי הסיליקה בפני הים בתחנה A היו נמוכים במשך כל השנה (איור ד22) מכיוון שהערבוב הרדוד לא העלה מן העומק כמות סיליקה גדולה. הערך המרבי שנמדד השנה במים הרדודים בתחנה A היה $0.59 \mu\text{mol/l}$, מעט נמוך מאשר בשנה הקודמת. בשנת 2012 נמדד בפני הים ריכוז סיליקה של $1.293 \mu\text{mol/l}$. במים העמוקים המשיכו ריכוזי הסיליקה לעלות, בדומה לריכוזי שאר הנוטריינטים, מ- $2.33 \mu\text{mol/l}$ בפברואר ל- $2.79 \mu\text{mol/l}$ בדצמבר. ריכוזי הסיליקה במים העמוקים בחודש ינואר 2012 היה $3.267 \mu\text{mol/l}$ ובחודש מרץ 2012, לאחר הערבוב העמוק ירד ל- $1.274 \mu\text{mol/l}$. לשינוי בריכוזי הסיליקה במים העמוקים חשיבות רבה מכיוון שהוא מצביע על מקור סיליקה בסדימנט (עליית ריכוזי הסיליקה בסמוך לקרקעית הים, איור ד22), המסת סיליקה ממוצא יבשתי או שלדים סיליקטים של פלנקטון, בעיקר אצות צורניות [diatoms]. מחזורי הערבוב העמוק ניכרים בעליית ריכוזי סיליקה במים הרדודים בעקבות ערבוב עמוק, וירידה מתמשכת בשנים של ערבוב רדוד, ותמונה הפוכה במים העמוקים (איור ד23). מאגר הסיליקה בעמודת המים הגיע לערכים נמוכים ביותר בשנת 2007 אולם מאז עלתה כמות הסיליקה המומסת במים עד לשנת 2012 בה קטן מאגר הסיליקה המומסת בעמודת המים בעקבות הערבוב העמוק. בשנה הקודמת נותרה כמות הסיליקה המומסת במים נמוכה, והשנה החל המאגר להתמלא מחדש (איור ד24). ירידה במאגר הסיליקה המומסת בתחילת החורף (סביב תקופת הערבוב המרבי) נובעת, אולי, מפריחת אצות פלנקטוניות צורניות. הירידה הדרמטית במאגר הסיליקה בשנת 2007 מעידה כנראה על פריחה חזקה של אצות אלה עקב הערבוב העמוק שהעלה כמויות גדולות של נוטריינטים.



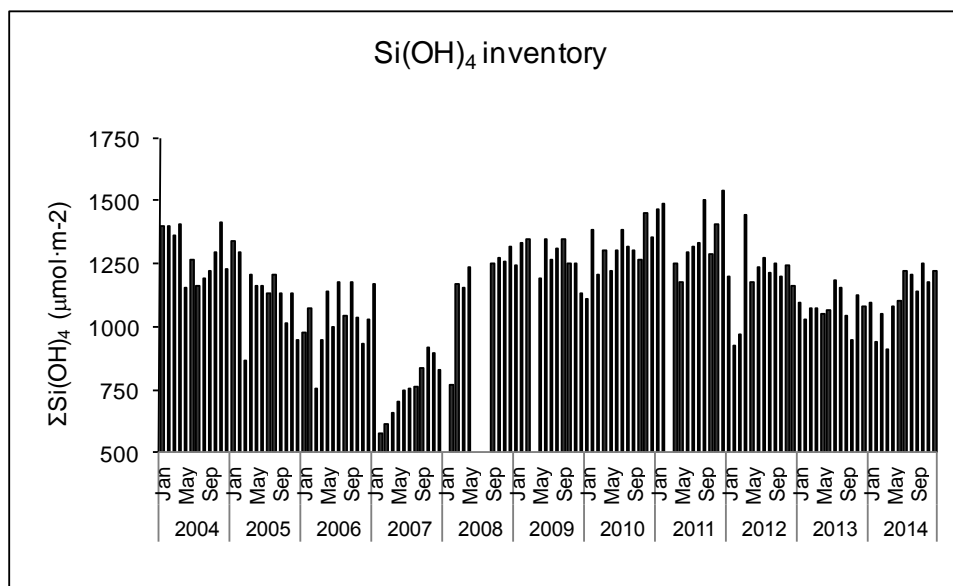
איור D22: ריכוזי סיליקה (Si(OH)_4) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

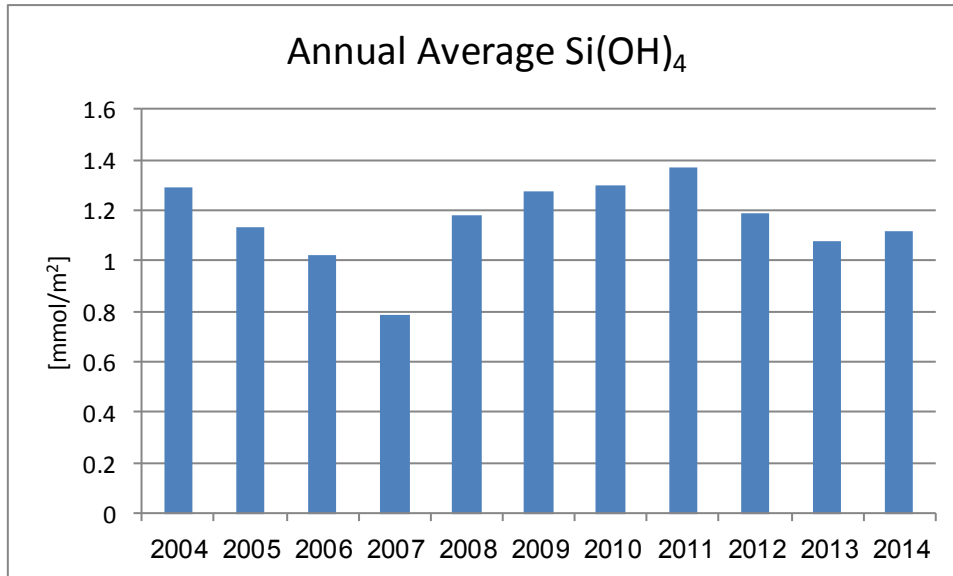
Figure D22: Silicate (Si(OH)_4) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest, Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is close to the northern shore of the Gulf at ca.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



איור ד23: שינויים בריכוז 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.





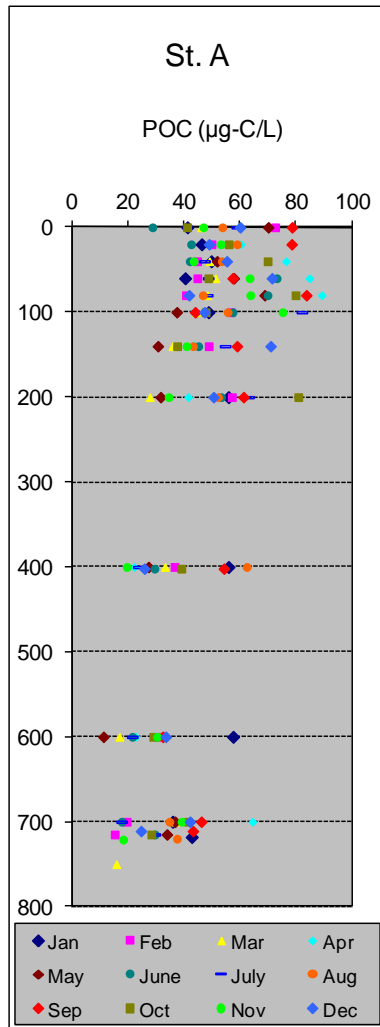
איור 24: שינויים במאגר הסיליקה בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. למעלה: מדידות חדשיות, למטה: ממוצע שנתי

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

פחמן אורגני חלקיקי (POC)

[בעקבות המלצת תת-הוועדה המיוחדת בנושא הכימיה בים (אשר כינסה תכנית הניטור בשנת 2008) להוסיף מדדים אשר יסייעו לכמת את מחזור הפחמן בצפון המפרץ, הוחל בשנת 2009 במדידות פחמן אורגני חלקיקי. המדידה מתאפשרת בזכות מכשור אנליטי (Total Organic Carbon analyzer של חברת Shimadzu Instruments), אשר נרכש במכון הבינאוניברסיטאי ומצוי במעבדת הכימיה של פרופ' בעז לזר. המדידה נעשית על פי הפרוטוקול הסטנדרטי של חברת Shimadzu.]

פרופילים של ריכוז הפחמן החלקיקי נמדדו בעמודת המים בתחנה A, עם צפיפות דגימות גדולה בשכבה הפוטית, וקרוב לקרקעית. ריכוזי הפחמן החלקיקי גבוהים במיוחד ב-100 המטרים העליונים של עמודת המים, וריכוז מרבי של $89 \mu\text{gC/l}$ נמדד השנה בחודש אפריל בעומק 80 מטרים (איור 25). הריכוז המרבי אשר נמדד בשנה הקודמת היה $123 \mu\text{gC/l}$ בחודש ספטמבר בעומק 80 מ', אולם זה נראה כחריג ואינו מייצג פרופיל של עמודת המים. לעומת זאת נמדדו בשנה הקודמת מספר ריכוזים שמעל $100 \mu\text{gC/l}$ במים העליונים. בעומקים גדולים מ-100 מ' ריכוז הפחמן החלקיקי יורד, ומשרעת הערכים בקרבת הקרקעית בתחנה A היתה השנה $15-65 \mu\text{gC/l}$, ערכים נמוכים מאשר בשנה הקודמת. עלייה בריכוז פחמן חלקיקי בקרבת הקרקעית עשויה להצביע על הרחפת חלקיקים מהקרקעית.



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

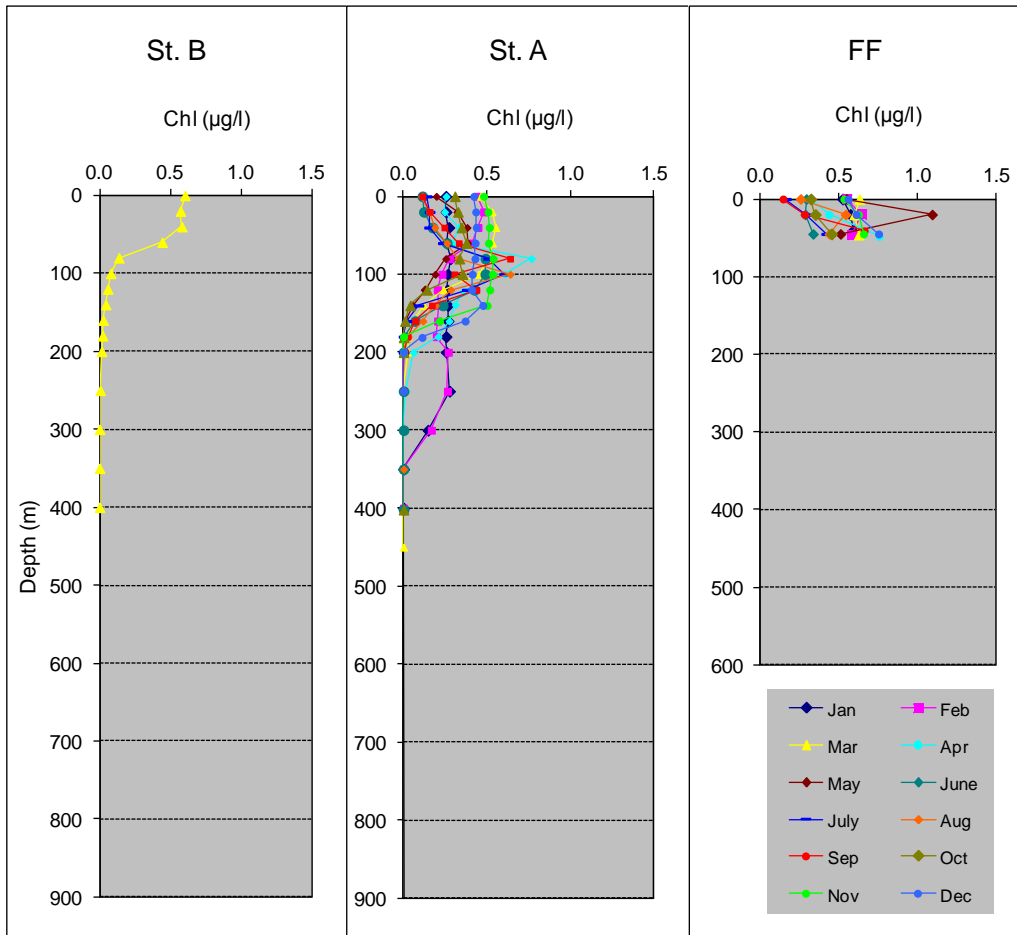
Figure D25: Particulate organic carbon (POC) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth.

ד.3. מדדים ביולוגיים

כלורופיל a

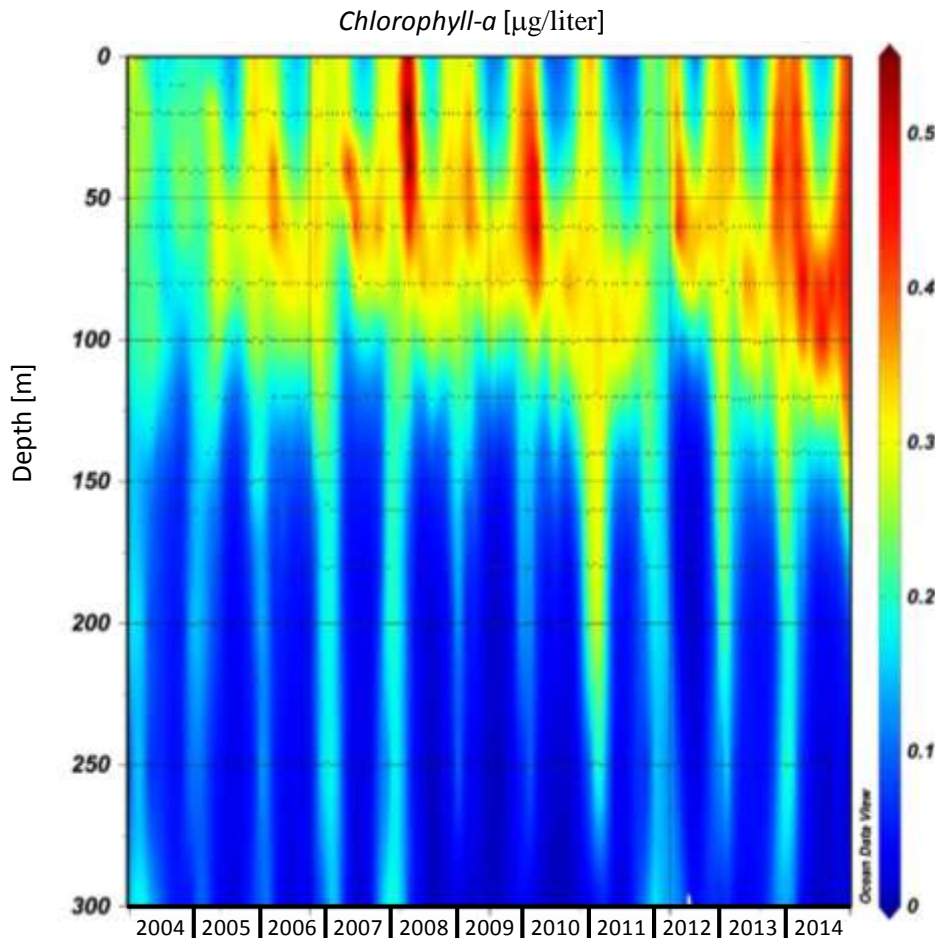
כלורופיל a הוא הפיגמנט הפוטוסינתטי העיקרי, ועל כן משמש ריכוזו אינדיקציה (חלקית) לכמות האצות והפעילות הפוטוסינתטית בעמודת המים. ריכוזי הכלורופיל משתנים במחזוריות עונתית של ריכוזים אחידים ונמוכים יחסית בתקופת החורף בעמודת המים המעורבת וריכוזים גבוהים יותר בשכבת המים העליונה באביב, בסוף תקופת הערבוב. במים העמוקים אין כלורופיל ללא ערבוב. התקופה המשוכבת מאופיינת בריכוז מרבי של כלורופיל a בעומקים 80-100 מטרים (deep chlorophyll maximum). עמוק יותר מה- DCM עוצמת האור קטנה וריכוז הכלורופיל יורד לאפס, ורדוד יותר ישנה מגבלת נוטריינטים וריכוזי הכלורופיל בפני הים נמוכים. ריכוז הכלורופיל השנה היה גבוה מאשר בשנה הקודמת, אף על פי שגם השנה היה הערבוב הרדוד. הערך המרבי אשר נמדד בתחנה A היה $0.764 \mu\text{g/l}$, בחודש אפריל בעומק 80 מ' (איור 26), במקביל לערך המרבי של החומר האורגני החלקיקי. בשנת 2012, בה היה ערבוב עמוק של עמודת המים, היה ריכוז הכלורופיל באביב (מאי) גבוה יותר ($0.834 \mu\text{g/l}$). ריכוז הכלורופיל המרבי בחוף הצפוני, בתחנת כלובי הדגים היה $1.097 \mu\text{g/l}$, גם כן גבוה מאשר בשנה הקודמת. ערך זה מוזן ככל הנראה מכניסת מים עשירים בנוטריינטים באזור זה, ואינו מייצג את מצב הים.

ריכוזי הכלורופיל הנמדדים בסוף תקופת הערבוב בעומק "ריכוז הכלורופיל המרבי" הגיעו לערכים הגבוהים ביותר בשנה השנייה של ערבוב עמוק, 2008, אז היה ריכוז הכלורופיל המרבי $1.137 \mu\text{g/l}$. יחד עם זאת היו ריכוזי הכלורופיל לאורך כל השנה הנוכחית בסך הכל גבוהים מהצפוי לאור הערבוב הרדוד (איור 27), והוזנו כנראה משטפונות שנכנסו לים בחודשי האביב. במבט לטווח ארוך יותר על ריכוזי הכלורופיל בעומק הריכוז המרבי (DCM) לא נמצא שינוי מגמתי בריכוזי הכלורופיל בעמודת המים העליונה (איור 28), ושנות הערבוב העמוק (2000, 2007, 2008 ו-2012) ניכרות בריכוזי אביב גבוהים. מעבר לשנים אלה, נמדדו ריכוזים גבוהים גם בשנת 2010 וריכוזי הכלורופיל השנה היו גבוהים מהמצופה. אמנם היו השנה מספר אירועי שיטפונות (כפי שאירע גם בשנת 2010) אולם יש לעקוב אחר השינויים בריכוזי הכלורופיל על מנת לשלול מגמה של עליה קבועה.



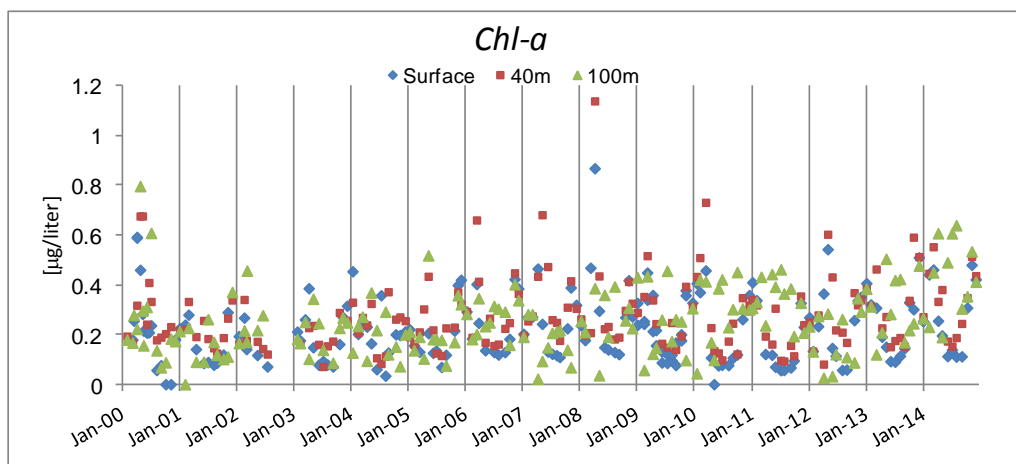
איור ד26: ריכוזי כלורופיל a בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D26: Chlorophyll- a concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest, 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 ד27: שינויים בריכוז כלורופיל *a* בעמודת 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 ד28: ריכוזי כלורופיל *a* בתחנה A מאז ינואר 2000 בפני הים ובעומקים 40 ו-100 מטרים. נתונים הקודמים לתכנית 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.

יצרנות ראשונית

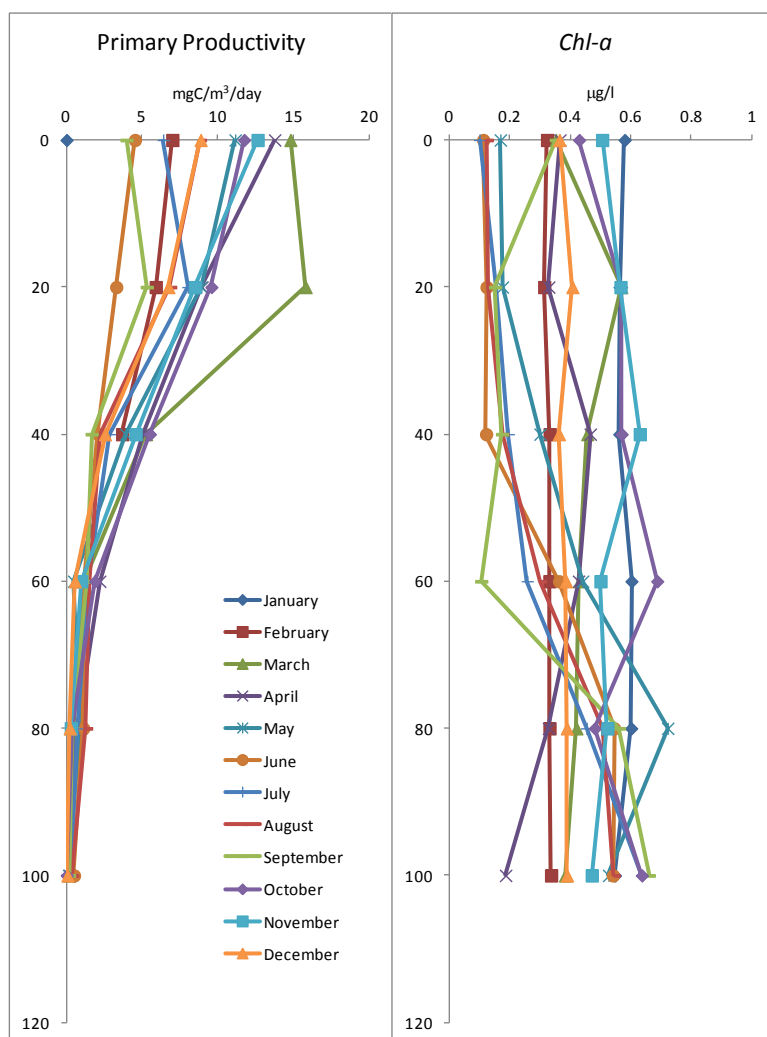
בעקבות הרחבת פעילות הניטור כפי שהומלץ בפגישת תת-הוועדה לנושא הכימיה של מי המפרץ, החל משנת 2009 נוספו לתכנית הניטור מדידות חודשית של יצרנות ראשונית בעמודת המים הרחק מן החוף.

למדידת יצרנות ראשונית בעמודת המים חשיבות גדולה בהערכת מצב המערכת האקולוגית במפרץ מכיוון שהעשרה בנוטריינטים עשויה לגרום לפעילות מוגברת של פיטופלנקטון. פעילות מוגברת לא בהכרח תגרום לעלייה משמעותית בריכוז הפיטופלנקטון (המוערך באמצעות ריכוז הכלורופיל) מכיוון שקצב הרעיה של פיטופלנקטון על ידי זואופלנקטון עשוי גם הוא לעלות. לפיכך עלייה ביצרנות עשויה להיות אינדיקציה אמינה ואולי יחידה בשלבים הראשונים, של שינוי מצב במעבר ממערכת כמו-אוליגוטרופית בה היצרנות הראשונית נמוכה והתנאים נוחים לאלמוגים, למערכת אוטרופית בה היצרנות גבוהה.

מדידת היצרנות מסובכת וקשה מבחינה טכנית, הן עקב הפעילות הימית המורכבת והן עקב פעילות המעבדה והשימוש באיזוטופים רדיואקטיביים, ועל כן לא בוצעה במפרץ אילת באופן סדיר בשנים האחרונות. מדידות יצרנות בוצעו בין השנים 1989-2002 במסגרת התכניות הקודמות לתכנית הניטור (Reeflux, Red Sea Program, Red Sea Marine Peace Park). תכנית הניטור התאימה את פרוטוקול המדידה אשר פותח על ידי ד"ר דוד אילוז ופרופ' יונתן ארז (Iluz, 1991) במפרץ אילת ושימש בווריאציות שונות בתכניות הקודמות, תוך שימוש בפרוטוקול מתחנת המדידה של ברמודה (BATS, <http://bats.bios.edu/>) וסיוע של ד"ר דוד אילוז (מכללת בית ברל) פרופ' יונתן ארז (המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית) וד"ר יוסף יעקובי (המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון, חקר ימים ואגמים). הפרוטוקול אשר משמש את תכנית הניטור ואשר תוצאותיו מוצגות בדו"חות המדעיים של התכנית, עבר חודשים של פיתוח וניסויים. מדידות יצרנות החלו להתבצע באופן סדיר מאמצע 2009. היצרנות הראשונית נמדדת בכל חודש בסמיכות להפלגות החודשיות.

[החל מסוף 2011 נמדדת היצרנות בעזרת מונה סינטילציה חדש אשר נרכש במכון הבינאוניברסיטאי. מונה זה אמין יותר ואינו סובל מבעיות בהן נתקלנו בעבר, ועל כן ביצענו בשנת 2011, בעצה עם פרופ' יונתן ארז, תיקון בחישוב היצרנות (מבוסס על מניית cpm) ולא על התפרקויות מחושבות (dpm)) ונתוני היצרנות משנים הקודמות המוצגות כאן חושבו מחדש. השוואת תוצאות החישוב בשני האופנים בהתבסס על נתוני המכשיר החדש וניסויים במעבדה הראתה התאמה טובה.]

בפרופילים החודשיים נכרת תלות היצרנות בעצמת האור בכך שיצרנות גבוהה נמדדת בעומקים רדודים וישנה ירידה ביצרנות עם העומק. השנה, כתוצאה מערבוב רדוד של עמודת המים היתה היצרנות הראשונה נמוכה. יצרנות מרבית של $15.8 \text{ mgC/m}^3/\text{day}$ נמדדה בחודש מרץ בעומק 20 מ' (איור ד29), כשליש מהערך המרבי אשר נמדד בשנה הקודמת, בפני הים. מלבד זאת, הערכים הגבוהים ביותר נמדדו השנה בפני הים, והיו נמוכים מ- $15 \text{ mgC/m}^3/\text{day}$.

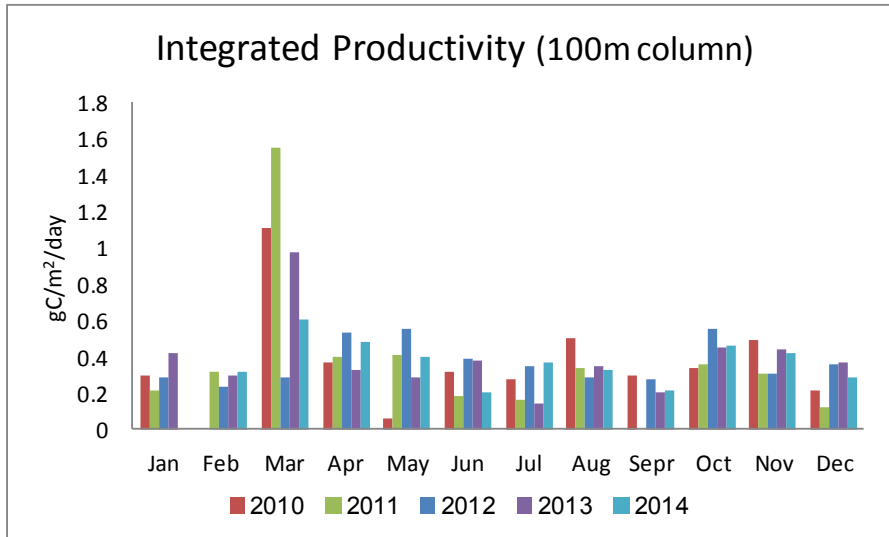


איור ד29: יצרנות ראשונית וריכוזי כלורופיל חודשיים בעמודת המים העליונה.

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

אינטגרציה של היצרנות בעמודת המים בכל אחד מימי הדיגום מוצגת באיור ד30. השנה נעה היצרנות המחושבת מערך מזערי של $0.20 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ בחודש יוני, נמוך מהערך המזערי בשנה הקודמת, לערך מרבי של $0.60 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ בחודש מרץ (לעומת $0.97 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ בחודש מרץ של השנה הקודמת). היצרנות היומית הממוצעת השנה עמדה על $0.370 \text{ gC/m}^2/\text{day}$, נמוכה מעט בהשוואה לשנה הקודמת אך גבוהה מעט מזו של השנים 2011-12. לשם השוואה, בתחנות הניטור הקבועות בימים האוליגוטרופים שמול הוואי וברמודה, נמדדים ערכים ממוצעים רב-שנתיים הנעים סביב $\sim 0.5 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ (<http://hahana.soest.hawaii.edu/hot/methods/fig54.gif>) (http://bats.bios.edu/bats_form_prod.html).

האינטגרל השנתי המחושב על סמך ממוצע המדידות החודשיות של תכנית ניטור בשנת 2014 הוא $135 \text{ gC/m}^2/\text{year}$. והממוצע השנתי של חמש השנים האחרונות הוא $137 \text{ gC/m}^2/\text{year}$.



איור ד30: אינטגרציה של היצרנות הראשונית במאה המטרים העליונים של עמודת המים, מתוך מדידות היצרנות החודשיות המוצגות באיור ד31.

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.

בדו"ח הביניים הראשון של תכנית הניטור (גנין וסילברמן, 2003) מובאים ערכי יצרנות אשר נמדדו בחודשים ינואר ו־אפריל פברואר בשנים 2000-3. המדידות נעשו תוך שימוש בפרוטוקול הדגרה קצר (כארבע שעות), תוצאות אותן מדידות נעו בטווח $0.14-0.78 \text{gC/m}^2/\text{day}$. בזמן פריחתן קצרת המועד באפריל 2008 של דיאטומאות (אצות צורניות גדולות) נמדדה בעשרים המטרים העליונים עליה ביצרנות מערכים סביב $15 \text{mgC/m}^3/\text{day}$ ל- $30 \text{mgC/m}^3/\text{day}$ (Iluz *et al.*, 2009). הערכים שנמדדו השנה היו נמוכים מערכים אלה. השינוי היומי הגדול עליו מדווחים Iluz *et al.* (2009) מדגים את הדינאמיקה המהירה של יצרנות במפרץ ומלמד כי מדידות בדידות עשויות לסטות משמעותית ממוצע היצרנות.

משנות ה-70 ועד לתחילת שנות ה-90 של המאה ה-20 היצרנות הראשונית בצפון מפרץ אילת נאמדה ב- $80 \text{gC/m}^2/\text{year}$ (Iluz, 1991, Levanon-Spanier *et al.*, 1979) ובשנים 2000-2004 עלתה לממוצע שנתי של $170 \text{gC/m}^2/\text{year}$ (Lazar *et al.* 2008), עם ערך גבוה של כ- $230 \text{gC/m}^2/\text{year}$ בשנת 2004.

היצרנות השנתית הממוצעת על פי מדידות הניטור בחמש השנים האחרונות היא $137 \text{gC/m}^2/\text{year}$, ערך גבוה מהערכת היצרנות במפרץ בשנות ה-70 עד '90 של המאה העשרים ($80 \text{gC/m}^2/\text{year}$), אך נמוך מהיצרנות בתחילת העשור הקודם בשנים 2000-2004 ($170 \text{gC/m}^2/\text{year}$).

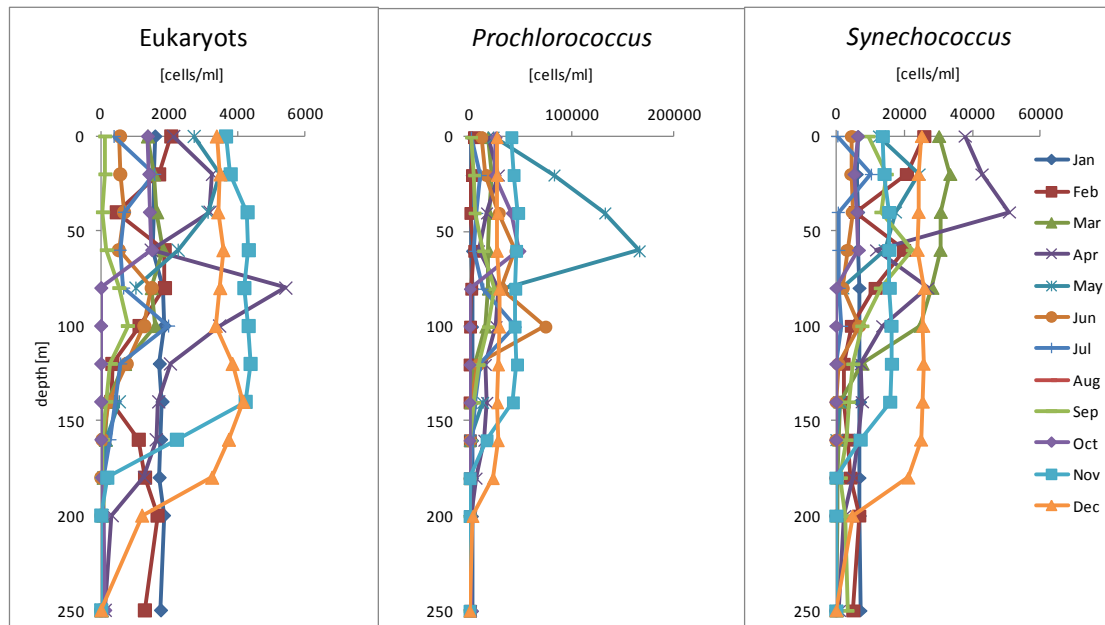
פיטופלנקטון וחיידקים בעמודת המים

[לאחר מספר שנים בהן לא נספרו תאי פיטופלנקטון וחיידקים, אך נלקחו דוגמאות מים ושומרו לצורך כך, החלה תכנית הניטור לשלוח דוגמאות לספירת תאים ליחידת ה- flow-cytometry במחלקת התשתיות של מדעי החיים וההנדסה בטכניון, בניהול ד"ר אפרת ברק. למדידות קדם תהליך ארוך של יצירת פרוטוקול המדידה, ובו היה שותף מרכזי ד"ר גיתאי יהל מבית הספר למדעי הים במכמורת].

הספירות כוללות תאי פיטופלנקטון פרוקריוטי (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*) ואאוקריוטי (Pico-Eukaryotic) וחיידקים הטרוטרופים במים הפתוחים, ונעשות מתוך דגימות הנאספות בהפלגות הניטור החודשיות. חשוב לשים לב להבדלים בריכוזים בין התאים הנמדדים: התאים האאוקריוטים וסינקוקוקוס נמדדים באלפים, תאי פרוקלורוקוקוס נמדדים בעשרות אלפים, וחיידקים הטרוטרופים נמדדים במיליונים למיליטר.

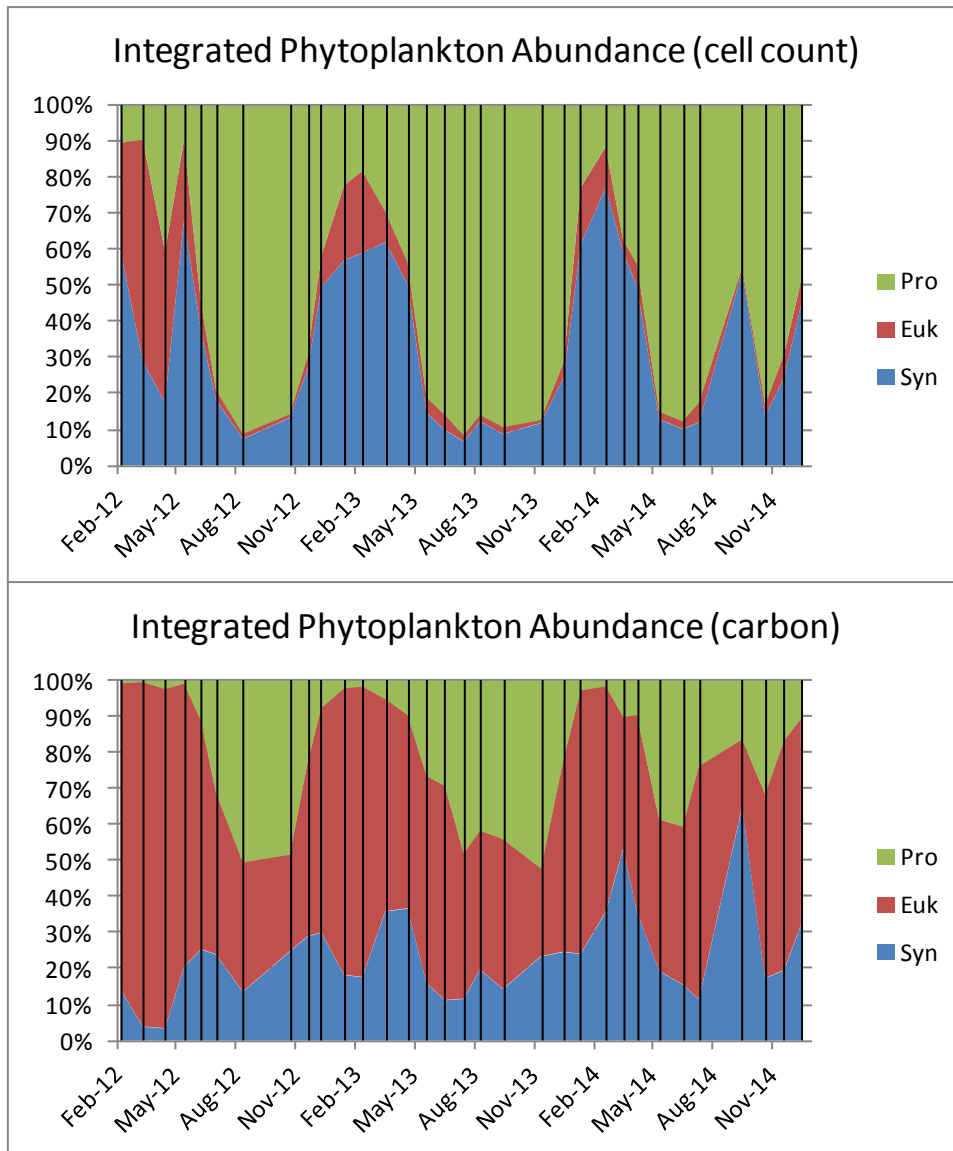
הפרופילים החודשיים של פיטופלנקטון מראים ריכוזים גבוהים של אאוקריוטים בחודשים נובמבר-דצמבר לעומקים 150-200 מ', וערך מרבי בחודש אפריל בעומק 80 מ' (איור 31). ריכוזי *Proc.* גבוהים נמדדו בחודשים מאי-יוני בעומקים רדודים מ-100 מ', ואילו ריכוזי *Synech.* מרבי נמדד בחודש אפריל בעומק 40 מ'.

בין שלוש הקבוצות ניתן להבחין בהבדלים עונתיים כאשר ריכוזי *Synech.* גבוהים בחודשי החורף והאביב ואילו ריכוזי *Proc.* גבוהים בחודשי הקיץ (איור 32). ריכוזי האאוקריוטים גבוהים יחסית בחודשי החורף ונמוכים ביותר בחודשי הקיץ, אז הם מהווים אחוזים בודדים בלבד מסך תאי הפיטופלנקטון. בהמרה לביומסה מתגלה תמונה שונה (לצורך ההמרה נעשה שימוש בערכים מתוך Campbell et al. 1998, וזאת בעקבות עבודת הדוקטורט של א. מידר (2012) ובעצה עם ד"ר יעלה שקד. ערכי ההמרה הם: *Synech.*=175fg C/cell, *Proc.*=53fg C/cell, *Euc.*=2100fg C/cell). בחודשי החורף ועונות המעבר מהווים האאוקריוטים את מרבית הביומסה, ורק בחודשי הקיץ מהווים ה-*Proc.* את החלק העיקרי, בין 40-50% מכלל מסת הפיטופלנקטון בחודשים יולי - נובמבר. מחזור זה נשמר בשלוש השנים האחרונות.



איור 31: ריכוזים חודשיים של תאי פיטופלנקטון פרוקריוטים (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*) ואאוקריוטים בעמודת המים בתחנה A.

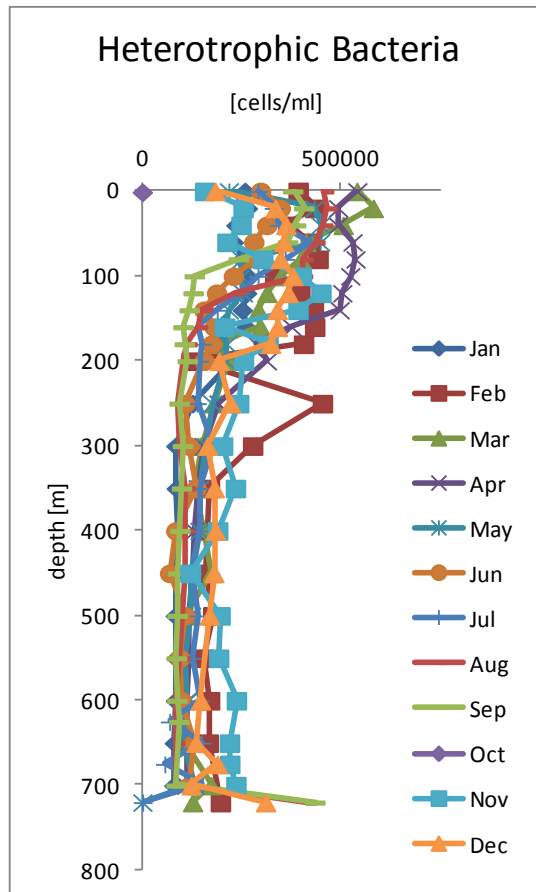
Figure D31: Monthly phytoplankton concentrations of prokaryotes (*Synechococcus* and *Prochlorococcus*), and pico-eukaryotes in the water column at Station A.



איור ד32: אינטגרלים חודשיים של תאי פיטופלנקטון פרוקריוטים (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*) ואאוקריוטים ב-250 המטרים העליונים של עמודת המים בתחנה A, והתפלגות היחסים הכמותיים בין שלוש הקבוצות מאז פברואר 2012. למעלה לפי מספר התאים ולמטה לפי ביומסה.

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.

התפלגויות ריכוזי החיידקים ההטרוטרופים בעמודת המים מראות לאורך כל השנה ריכוזים גבוהים יחסית ב-150 המטרים העליונים ונמוכים יותר ואחידים למדי בעומקים גדולים מכ-200 מטרים. בחודש דצמבר נמדדו תנודות גדולות בריכוזי החיידקים עד לעומק של כ-500 מ', עם ריכוזים גבוהים במיוחד בעומקים רדודים מכ-250 מ' (איור ד33).



איור ד33: ריכוזים חודשיים של תאי חיידקים הטרוטרופים בעמודת המים בתחנה A.
Figure D33: Monthly concentrations of heterotrophic bacteria in the water column at Station A.

זואופלנקטון

קבוצת הזואופלנקטון כוללת יצורים הטרוטרופים זעירים החיים בעמודת המים והניזונים מפייטופלנקטון, חיידקים ומזואופלנקטון אחר. הזואופלנקטון מהווים חוליה מקשרת עיקרית במארג המזון בים – המעבר מיצרנים ראשוניים לבעלי חיים ברמות טרופיות גבוהות יותר, כמו גם חוליה חשובה בלולאה המיקרוביאלית בים (קליטת חומר אורגני מומס המופרש מיצורים שונים על ידי חיידקים, ואכילתם לאחר מכן על ידי מיקרוזואופלנקטון אשר נאכלים על ידי זואופלנקטון גדול יותר). החל מחודש מרץ 2011, לאחר תקופת ניסוי והרצה, מבצעת תכנית הניטור מעקב קבוע וסדיר אחר שינויים בביומסה של זואופלנקטון בשכבה הפוטית לפי פרקציות גודל. הניטור נועד לתעד שינויים כמותיים בזואופלנקטון בכלל, כמו גם בהרכב קבוצות הגודל בקרבו.

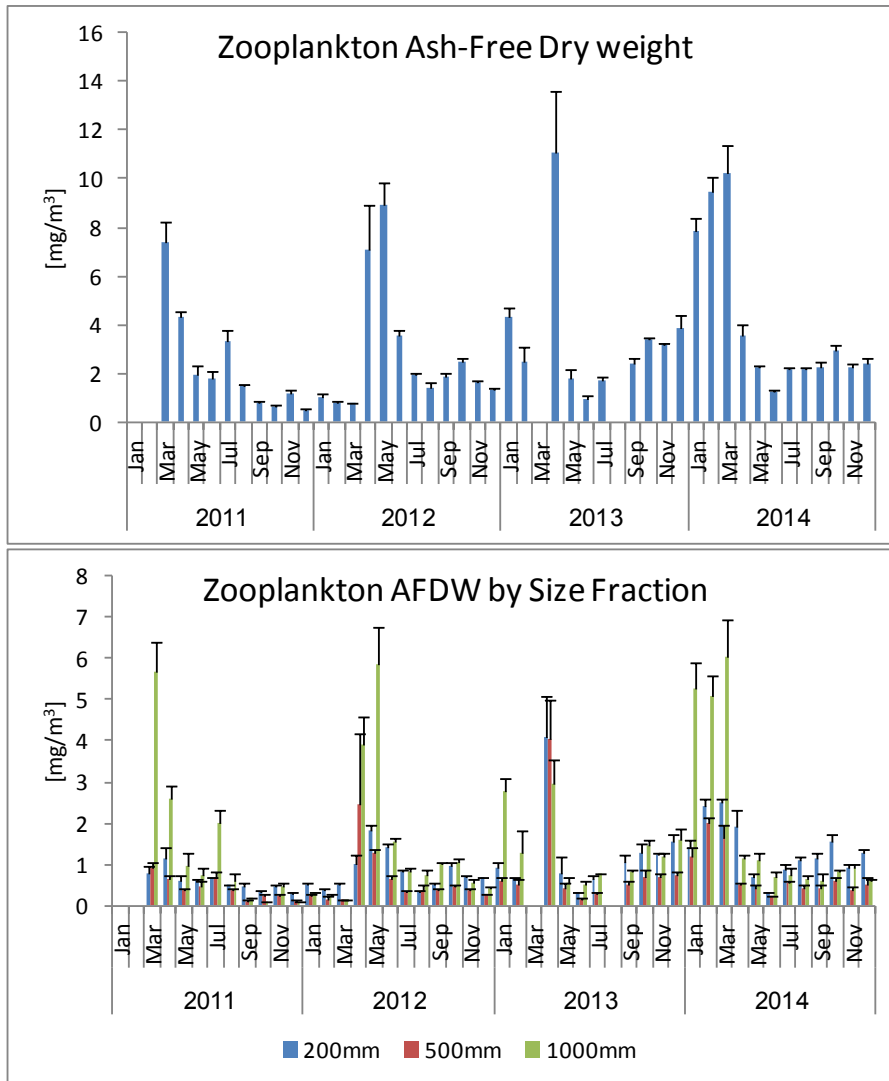
דגימות זואופלנקטון נאספות מדי חודש בים העמוק (עומק קרקעית 300-400 מ'), באמצעות גרירה אלכסונית של רשת פלנקטון כפולה ("Bongo") עם גודל חור של $200\mu\text{m}$ (איור ד34). הדגימה מתבצעת בשעות היום (בין השעות 9-11), בדרך כלל בשבוע האחרון של כל חודש. הגרירה מתחילה בהורדת רשת הפלנקטון באיטיות לעומק של כ-100 מ', תוך כדי שיט. מיד עם הגעת הרשת לעומק זה היא מועלית חזרה לפני השטח. במשך כל זמן ההורדה וההעלאה הסירה שטה במהירות של כ-2 קשר (1 מ' לשניה) וזוית חבל הגרירה (140 מ' ארכו) נשמרת סביב 45° . משך הגרירה הכולל הוא כ-10 דקות. בסה"כ מתבצעות בכל פעם 3 גרירות (= 6 דגימות מאותו יום בכל חודש), כולן במים הפתוחים שבאזור החוף הדרומי של אילת (בין מלון הנסיכה למצפה התת-ימי). לאחר כל גרירה הדגימות מוצאות מקצה הרשת ומועברות לצנצנות פלסטיק הנשמרות בצידנית עם קרח עד לטיפול במעבדה מיד עם החזרה לחוף. במעבדה כל דגימה מופרדת לשלוש 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 סיבי זכוכית GF/A (גודל חור נומינלי של $1.6\mu\text{m}$) אשר נשרף מראש בתנור ב 450°C למשך 4 שעות ומשקלו נמדד (יחד עם זה של הכורית שאליה הוא מוכנס). לאחר מכן הפילטרים עוברים ייבוש בתנור 60°C למשך שלושה ימים לפחות, נשקלים שוב (לקבלת המשקל היבש של הזואופלנקטון בתת הדגימה) ואח"כ נשרפים ב 450°C למשך 4 שעות לקבלת משקל יבש של החומר האורגני (Ash Free Dry Weight – AFDW). התוצאות מוצגות בגרם למ"ק (ממוצע ושגיאת תקן של שלוש גרירות רשת) ומייצגות את הביומסה של זואופלנקטון ב-100 מ' העליונים של עמודת המים (שהיא השכבה המוארת).



איור ד34: רשת הפלנקטון הכפולה ("Bongo") נגררת מהסירה בים העמוק. צילום: מ. צ'רניחובסקי
Figure D34: A double plankton net ("Bongo") towed from the boat in deep waters.
Photo: M. Chernihovsky

מסת הזואופלנקטון הגדולה ביותר השנה נמדדה בחודש מרץ – 10.23 mg/m^3 , מעט נמוך מהערך המרבי אשר נמדד בחודש אפריל בשנה הקודמת. מסת הזואופלנקטון עלתה באופן ניכר בחודשים ינואר-מרץ ובחודש אפריל שוב נמדדו הערכים הנמוכים המאפיינים את החודשים "העניים" במחזור העונתי (איור ד35).

התפלגות הזואופלנקטון לפי פרקציות גודל (איור ד36, למטה) מראה שעיקר המסה אשר נמדדה בחודשים ינואר-מרץ מקורה בקבוצת הגודל של $>1000\mu\text{m}$, וזאת בניגוד לתצפיות מהשנה הקודמת בה היוו קבוצות הגודל הקטנות יותר את עיקר המסה. בחודשי הקיץ מהווה קבוצת הגודל הקטנה $>200\mu\text{m}$ את עיקר המסה.



איור ד35: ריכוזי זואופלנקטון חודשיים ב-100 המטרים העליונים בים העמוק. למעלה – סך הזואופלנקטון, למטה – חלוקה לפרקציות גודל מסוננות על פילטר של 1000, 500 ו-200 מיקרון (ירוק, אדום וכחול, בהתאמה).

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).

דיון

עמודת המים העמוקים מעוצבת בעיקר על ידי המחזור העונתי, המורכב מירידת טמפרטורות בפני הים וכתוצאה מכך ערבוב של המים העליונים עם המים העמוקים בחורף ותוך כך - העלאת נוטריינטים, חומרי דשן, מהעומק והעשרת המים העמוקים בחמצן. כשמתחילה העונה החמה, חדירת מים חמים יותר, שמקורם בדרום המפרץ, יוצרת שכוב פסיקלי יציב המונע ערבוב בין מי השטח והמים העמוקים. במהלך עונה זו נצרכים הנוטריינטים במים העליונים ונצברים נוטריינטים במים העמוקים, ובמקביל מדלדל מאגר החמצן המומס במים העמוקים. הדינאמיקה העונתית של ריכוזי נוטריינטים וחמצן במים וזמינותם לאוכלוסיות הפיטופלנקטון בעמודת המים העליונה מכתיבה את פרופיל הריכוזים של המרכיבים השונים בעמודת המים לאורך השנה.

הגורם העיקרי המשפיע על הדינאמיקה הרב שנתית הוא עומק ומשך הערבוב וכמויות הנוטריינטים שנצברו במי העומק. גם השנה היה ערבוב עמודת המים רדוד – כ-290 מטרים – וזאת לאחר ערבוב עמוק בשנת 2012. בכך אנו מצויים במחזור חדש (שלישי בתקופת הניטור) של דינמיקה רב-שנתית. המחזור הקודם, אשר כולו תועד במסגרת תכנית הניטור, כלל ערבוב עמוק בשנים 2007-8, שלוש שנים של ערבוב רדוד (2009-2011) ושוב ערבוב עמוק בשנת 2012.

בעקבות הערבוב העמוק בשנים 2007-2008 ירד משמעותית ריכוז הנוטריינטים במים העמוקים ועלה ריכוז החמצן המומס בהם. בשנים שלאחר מכן נמדדה עלייה בריכוזי הנוטריינטים במים העמוקים והמאגרים המומסים התמלאו, אם כי לא הגיעו לערכים הגבוהים של השנים 2004-2006 במחזור הרב-שנתי הקודם. בשנת 2012 שוב תועדה ירידה בריכוזי ומאגרי הנוטריינטים בעמודת המים בחודשי החורף ועליה בחמצן המומס. יחד עם זאת, עליית הטמפרטורות בסוף חורף 2012 הייתה מהירה וגדולה הרבה יותר מאשר בעקבות הערבוב העמוק של 2007-2008 ומאגרי הנוטריינטים המומסים התמלאו אף כי הריכוזים במי העומק נותרו נמוכים.

זו השנה השנייה בה היה ערבוב המים רדוד וריכוזי הנוטריינטים במי העומק עלו במשך השנה. במקביל נמדדה ירידה בריכוזי החמצן המומס במים העמוקים, על אף שמאגר החמצן בכלל עמודת המים עלה בהשוואה לשנה הקודמת. על אף הערבוב הרדוד, נמדדו ערכים גבוהים מן הצפוי של כלורופיל, יצרנות ראשונית וריכוזי זואופלנקטון, אשר ככל הנראה ניזונו בחלקם מסדרת שיטפונות שנכנסו לצפון המפרץ בחודש מאי.

טמפרטורת מי העומק ירדה בשנים 2007-2008 כתוצאה מהערבוב העמוק בשנים אלה, אך מאז נמדדת עלייה קלה בטמפרטורות המים העמוקים. על אף הערבוב העמוק של שנת 2012, לא ניכרת ירידה בטמפרטורת המים העמוקים מ-500 מטרים, והשנה נמשכה המגמה של עליית טמפרטורה במים העמוקים.

ה. מדידות סביבתיות בתדירות גבוהה

ה.1. כלורופיל

מטרה

מעקב רציף ורב שנים אחר שינויים בכמות פיטופלנקטון באזור השונית של שמורת האלמוגים.

שיטות

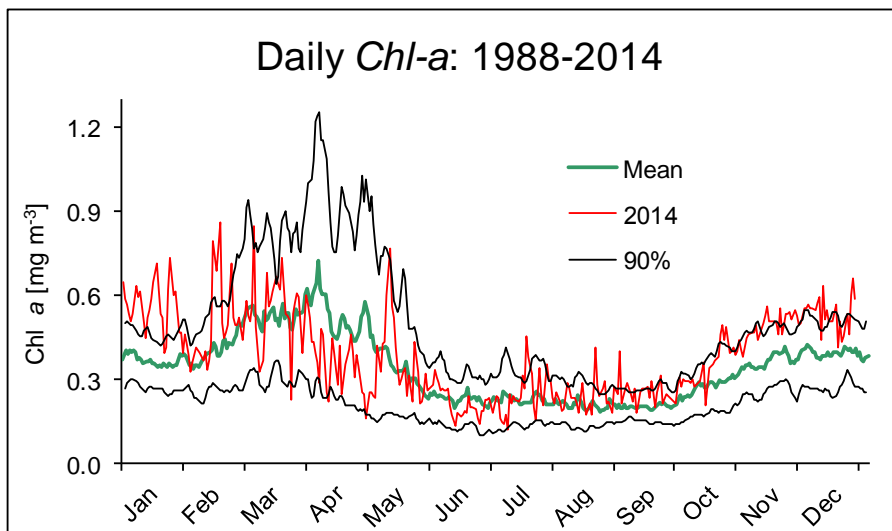
מדידה יומית של ריכוז כלורופיל a במים כמדד לשינויים בכמות הפיטוקלנקטון. מדי בוקר בין שמונה לתשע נלקחות שתי דגימות מים של 300 ml כל אחת ממי השטח בנקודה קבועה במזח המצפה התת-ימי, מחוץ לשולחן השונית. המים מסוננים במקום דרך רשת $100 \mu\text{m}$ להוצאת זואופלנקטון, ומובאים למדידה במעבדה, שם מסוננת כל דוגמה על פילטר GF/F. מיצוי הכלורופיל נעשה ב- 10 ml Acetone (90%) במשך 24 שעות בחושך ב- 4°C . האצטון כולל בופר של מגנזיום קרבונט. מדידת ריכוז הכלורופיל מתבצעת בפלואורומטר (Turner Designs TD-700) ומכילות באמצעות מדידה יומית של סטנדרט עם הדוגמאות.

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

תוצאות

גם השנה נמדדו ריכוזים מרביים של כלורופיל בפני הים בחודש פברואר (בדומה לשנה הקודמת, לעומת החודשים מרץ-אפריל בשנת 2012 ובמרבית השנים מאז 1988 (איור ה-1)). בנוסף לכך נמדד שיא נוסף בחודש מאי, ככל הנראה בהקשר לשיטפונות שהחדירו מי נגר לים. ריכוזי הכלורופיל המרבי אשר נמדד השנה היה 0.86 mg/m^3 , נמוך משמעותית בהשוואה לשנה הקודמת (בה נמדד ריכוז מרבי של 1.42 mg/m^3). השיא בחודש מאי היה 0.77 mg/m^3 .

בתקופת הניטור היו השנים 2012 ו-2007-2008 שנים של ערבוב עמוק. בשנת 2012 היה ריכוז הכלורופיל המרבי 1.78 mg/m^3 , בשנת 2008 הייתה פריחה ארוכה אך ריכוז הכלורופיל המרבי הגיע ל- 1.03 mg/m^3 בלבד, ובשנת 2007 היה הריכוז המרבי 1.95 mg/m^3 , הערך הגבוה ביותר אשר נמדד מאז הערבוב העמוק בשנת 2000.



איור ה-1: ריכוז כלורופיל a בפני השטח בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום - בשנת הניטור 2014, קו ירוק - ממוצע רב שנתי (1988-2013), קו שחור גבול 90% מהנתונים שהצטברו.

Figure E1: Chlorophyll a concentrations sampled daily at the Underwater Observatory jetty in 2014 (red line) and the long-term average (1988-2013, green line). Black lines mark the 90% of all accumulated data.

ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג

מטרה

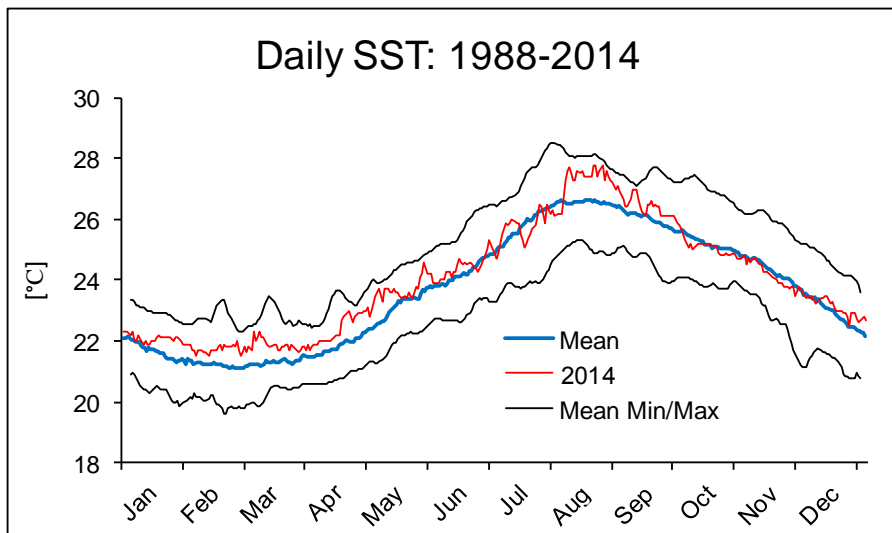
מעקב רציף וארוך-טווח אחר טמפרטורת המים בפני הים.

שיטות

טמפרטורת המים בפני הים נמדדת בצמידות למדידה היומית של הכלורופיל בקצה מזח המצפה הימי, בעזרת מד חום כספית מדויק עד כדי עשירית המעלה.

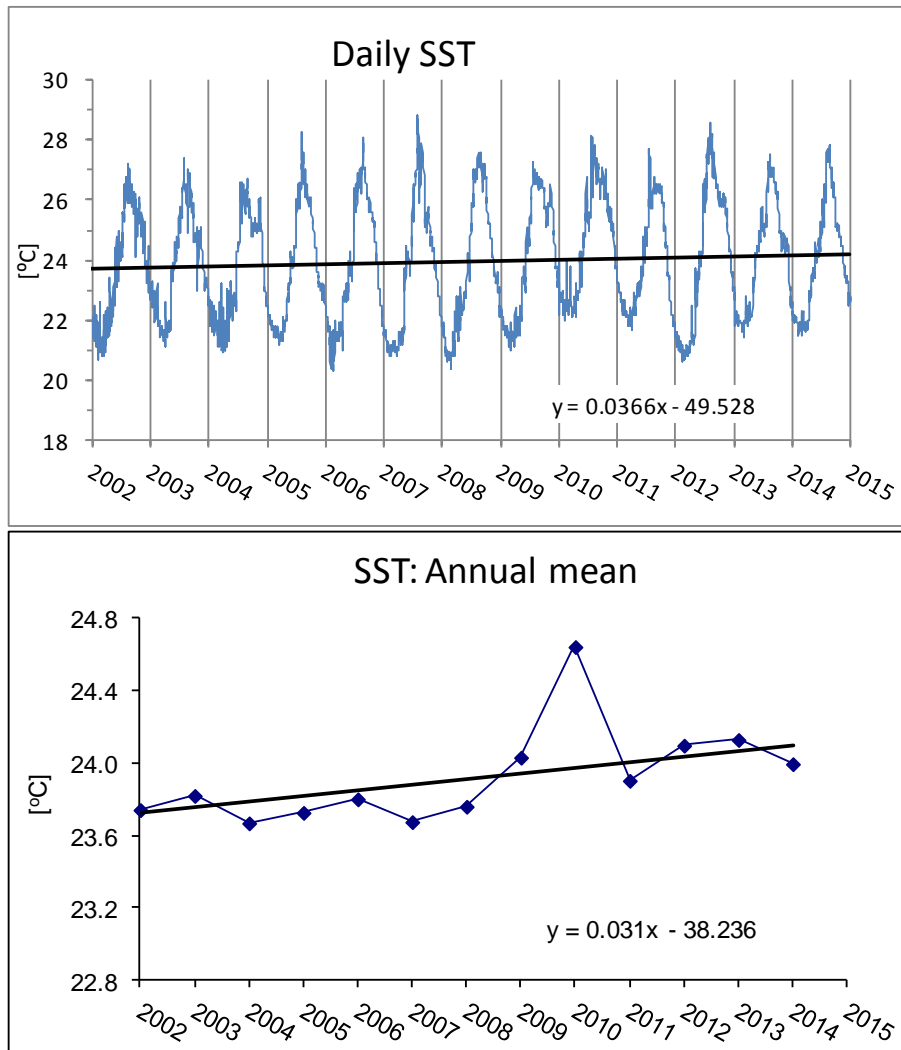
תוצאות

השנה היתה טמפרטורת פני המים גבוהה מעט מהמוצע הרב שנתי בחודשי החורף והאביב, ובמיוחד בחודש אוגוסט (איור ה-2). טמפרטורת פני הים הגבוהה בחודשי החורף לא אפשרה ערבוב עמוק של עמודת המים. הטמפרטורה המזערית אשר נמדדה השנה היתה דומה לזו של השנה הקודמת, 21.5°C בחודש פברואר, לעומת 20.65°C בשנת 2012. הטמפרטורה המרבית אשר נמדדה השנה הייתה 28.0°C , בחודש אוגוסט, גבוה בחצי מעלה מהערך המרבי בשנה הקודמת. מאז שנת 1988 נרשמת מגמה של עלייה בטמפרטורת פני הים הנמדדת מדי יום בסמוך למצפה התת-ימי (איור ה-3). השנה הייתה טמפרטורת פני הים הממוצעת 24.00°C , מעט נמוך מהמוצע בשנה שעברה (24.13°C). מגמת החימום הרב-שנתי של פני הים עדיין נמשכת.



איור ה-2: טמפרטורת המים בפני הים בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום - שנת הניסוי 2014, קו כחול - ממוצע רב שנתי של המדידות היומיות 1988-2013, קווים שחורים - ערכי קיצון ממוצעים (ממוצע שבעה ימים) ממדידות 1988-2013.

Figure E2: Daily sea surface temperatures measured from the Underwater Observatory jetty during 2014 (red line), the average SST for 1988-2013 (blue line), and long-term average (1-week running mean) minimum and maximum values from 1988 to 2013.



איור 3: למעלה: טמפרטורת המים בפני הים בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי) מאז 2002. קו הרגרסיה מייצג מגמה ארוכת טווח של עליית טמפרטורת פני המים מאז 1988 (נתונים באדיבות פרופ' אמציה 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

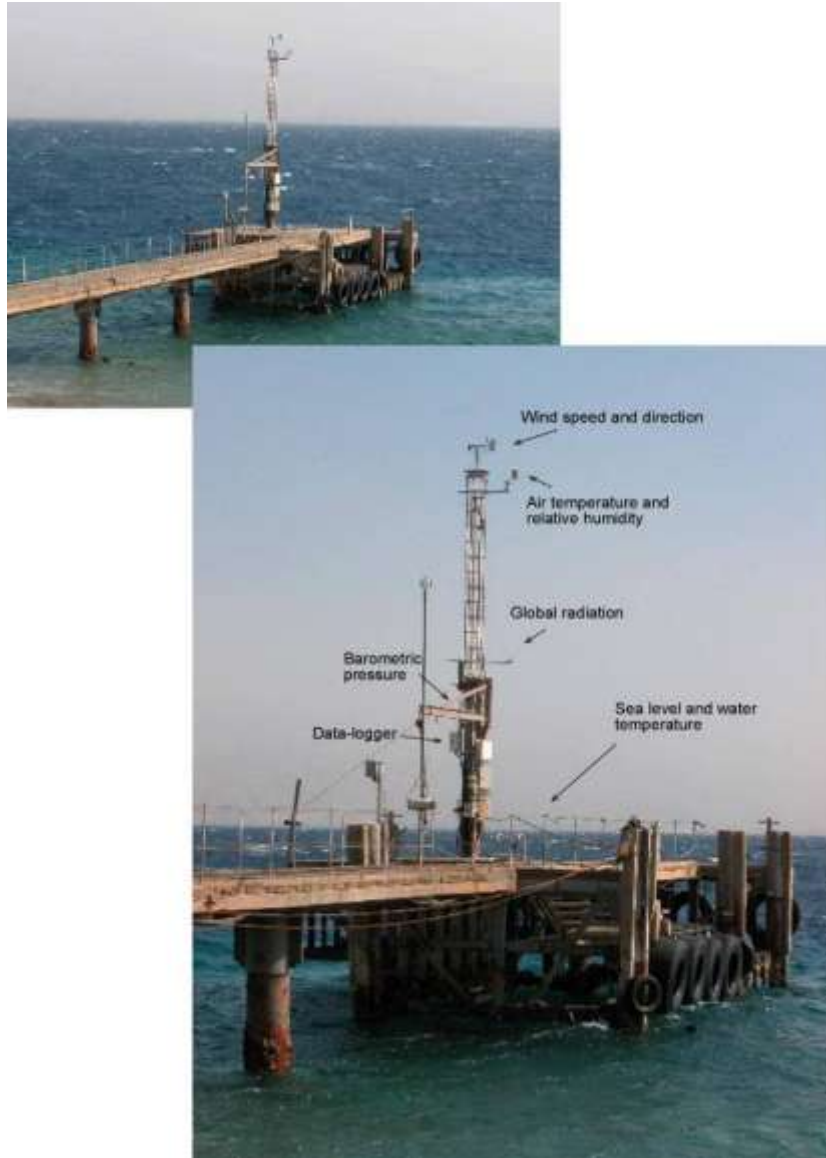
מדידות מטאורולוגיות ארוכות טווח נועדו להשלים את התמונה האקולוגית באבחון שינויים ארוכי טווח במשתנים אקלימיים להם עשויה להיות השפעה על התנאים האקולוגיים (כגון שינויים בעוצמת הקרינה, טמפרטורת המים, תדירות ועוצמת סערות), ולבחון אירועים אקלימיים נקודתיים והשפעתם על המערכת האקולוגית (כגון אירועי שפל, סערות, ערכי חום וקרינה קיצוניים). בקיץ 2006 (21.9.2006) הוקמה על ידי תכנית הניטור תחנה מטאורולוגית בקצה המזרח של המכון הבין-אוניברסיטאי באילת (מיקום: $34^{\circ} 55.068' E$ $29^{\circ} 30.211' N$).

מטרה

מעקב רציף וארוך-טווח אחר משתנים מטאורולוגיים במפרץ.

שיטות

התחנה המטאורולוגית של תכנית הניטור כוללת מגוון של חיישנים מהטובים בשוק (טבלה ה1), ומבצעת מדידות רציפות של המשתנים הבאים: טמפרטורת האוויר, לחות יחסית, לחץ ברומטרי, קרינה גלובלית, מהירות הרוח, כיוון הרוח, טמפרטורת המים ולחץ מים (= מפלס הים). החיישנים מחוברים לרשם-נתונים (data-logger) והמערכת כולה מצויה מעל הים ופועלת באופן עצמאי (איור ה4), כאשר נתונים מועברים אוטומטית לשרת המכון הבינאוניברסיטאי. באביב 2010 (26.5.2010) הוספו שני חיישני קרינה לתחנה המטאורולוגית לצד חיישן הקרינה הגלובלית; חיישן לקרינה אולטרא-סגולית (UV), וחיישן לקרינה באורך גל הזמין לפעילות פוטוסינטטית (PAR). שני החיישנים הוספו בעקבות התייעצויות עם חוקרים המתמקדים באספקטים שונים של אקולוגיה בשונית (כגון יצרנות ומחלות אלמוגים) ותהליכים פוטוסינטטיים ופוטוכימיים בים, עקב חשיבותם הרבה של אורכי גל אלה לאקולוגית המפרץ. הזמן לפיו נרשמים הנתונים המטאורולוגיים הוא שעון החורף של ישראל (GMT+2).



איור ה-4: התחנה המטאורולוגית בקצה המזח 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 |

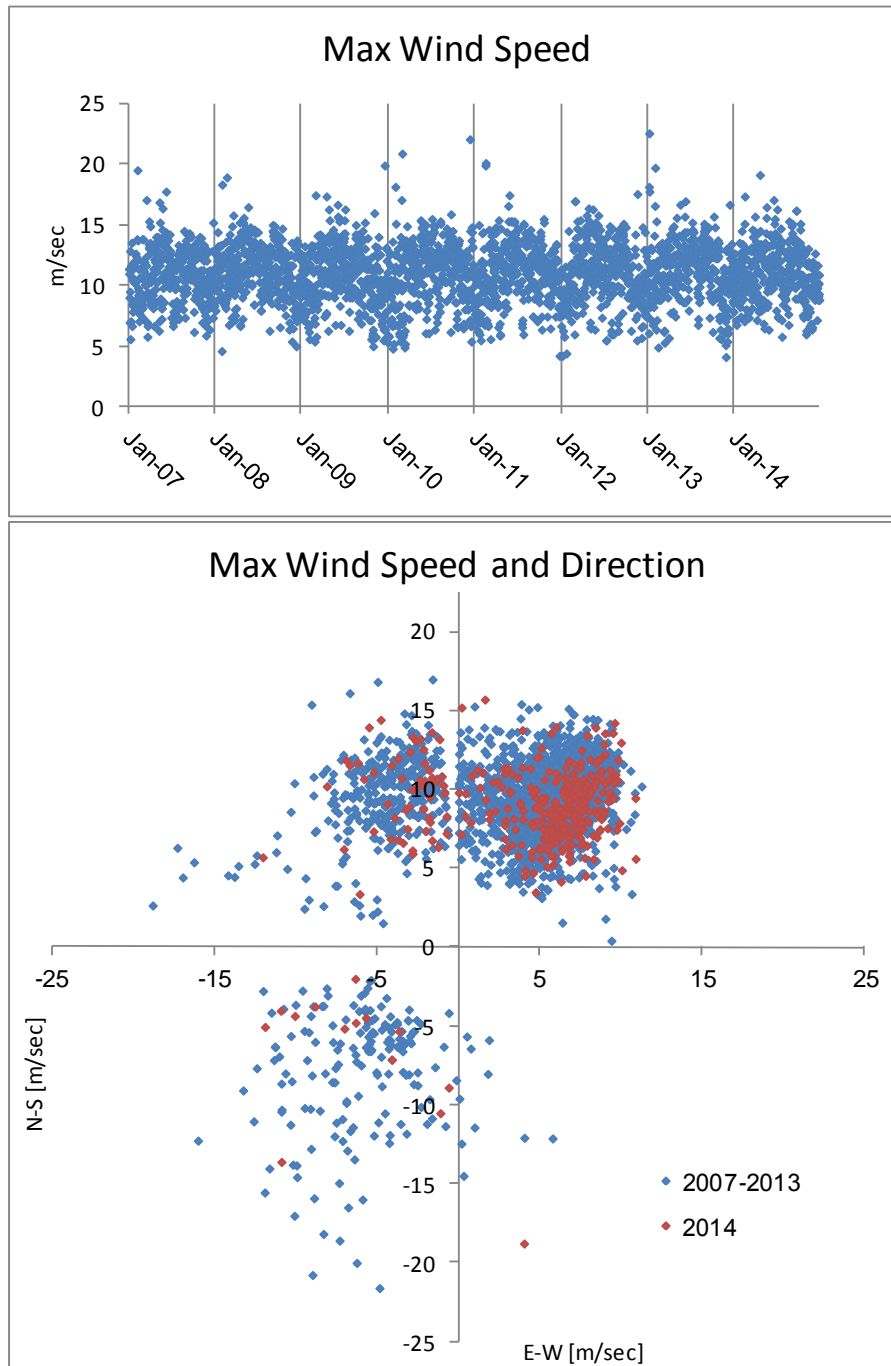
טבלה ה-1: רשימת הרגשים המרכיבים את התחנה המטאורולוגית בקצה המזח של המכון הבין-אוניברסיטאי.
Table E1: Setup of the meteorological station at the end of the IUI pier, list of sensors.

מהירות וכיוון הרוח, וטמפרטורת האוויר והלחות נמדדים מראש התורן שבקצה המזח, כעשרה מטרים מעל לפני הים (בזמן שפל). מד הלחץ הברומטרי ממוקם כחמישה מטרים מעל הים ומתוקן לגובה פני הים. החיישנים המודדים קרינה (גלובלית, UV, PAR) ממוקמים על זרוע במרחק 0.7 מטרים דרומית לתורן בכדי למנוע הצללה, כ-6 מטרים מעל הים. מד לחץ המים מקובע בצינור באורך 3 מטרים וקוטר של 3" המחובר אנכית אל העמוד המרכזי של המזח, ישירות מתחת לתורן. הצינור נועד לשכך את תנודות הגלים, ולצורך כך הוא פקוק בבסיסו בפקק בו קדוח חור בקוטר 3 מ"מ אשר מונע משינויי מפלס בעלי תדירות גבוהה להשפיע על החיישן. החיישן עצמו נמצא בעומק של כ- 75 ס"מ יחסית למפלס הים הרשמי של המפרץ – כיול גובה החיישן לפני הים נעשה באדיבותו של יוסי מלצר מהמרכז למיפוי ישראל. חיישן זה גם מודד את טמפרטורת המים. חיישן נוסף לטמפרטורת המים, שזה ייעודו היחיד, ממוקם כמטר עמוק יותר, מחוזק אל אותו עמוד מרכזי של המזח.

כל המדידות מועברות לרשם-הנתונים הממוקם בקופסה עמידה למים על גבי התורן. מדידות כל המשתנים נרשמות בתדירות של שנייה, למעט מדידות מפלס הים אשר נרשמות בתדירות של דקה. רשם-הנתונים ממצע עשר דקות של מדידה לערך אחד הנשמר בזיכרונו הפנימי. מדי שעה מחשב ייעודי מתקשר עם רשם-הנתונים ואוסף את נתוני השעה החולפת לאיכסון על גבי שרת המכון. בנוסף לנתונים הממוצעים על פני עשר דקות, שומר רשם-הנתונים את מהירות הרוח המרבית ואת כיוונה, ואת סטיית התקן של הכיוון בפרק זמן של עשר דקות. בנוסף לאלה שומרת המערכת סיכום של נתוני היממה האחרונה: ערכי קיצון (מרבי ומזערי) של כל המשתנים והזמן בו נקלטו (עבור נתוני הרוח והקרינה נרשמים רק הערכים המרביים, יחד עם כיוון הרוח).

מעבר למעקב השיטתי אחר משתנים מטאורולוגיים, כמפורט למטה, היו השנה מספר אירועי גשם שגרמו לזרימות נגר בערוצים והביאו לים כמות גדולה של סחופת וסדימנט. לאירועים אלה השפעה על באזורים החופיים ועל שוניות רדודות וחלקם נזכרים בפרקים שונים של הלוח. פירוט אירועי הגשם והשיטפונות ניתן בנספח 3ז.

הרוחות השנה לא היו חריגות בעוצמתן וגם הרוחות הדרומיות היו פחות חזקות מאלו שנמדדו בשנים 2010-11 ו-2013 (איור 5). מהירות הרוח המרבית אשר נמדדה השנה היתה 19.2 m/sec מכיוון דרום (168°), ב-21 באפריל.

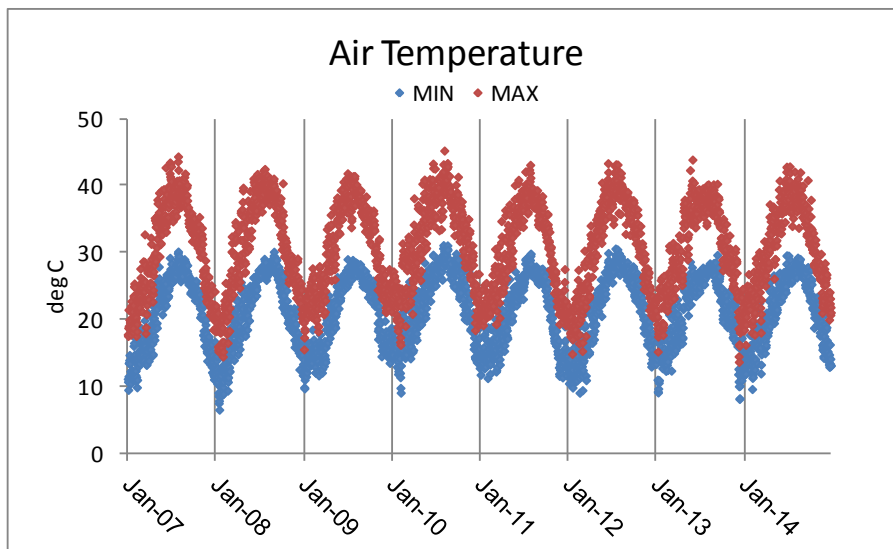


איור 5: למעלה- מדידות מהירות הרוח המרבית בכל יממה במטרים לשנייה. למטה- מהירות הרוח המרבית ביממה וכיוונה מאז תחילת 2007. מדידות השנה האחרונה באדום.

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 מעל הים משקפת את המחזור העונתי בשינויים הדרגתיים של הטמפרטורה המרבית והמזערית בכל יממה (איור 6). הטמפרטורה הגבוהה ביותר השנה הייתה 42.7°C , כמעלה נמוך מאשר בשנה הקודמת (43.8°C), אך יחד עם זאת, טמפרטורות גבוהות נרשמו במשך ימים רבים יותר. הטמפרטורה הנמוכה ביותר השנה הייתה בתחילת השנה, 9.5°C בחודש פברואר, אולם זו כבר עליה לעומת טמפרטורת המינימום אשר נמדדה בסוף השנה הקודמת (8.0°C). בסוף השנה הייתה הטמפרטורה הנמוכה 12.8°C , ערך גבוה יחסית.

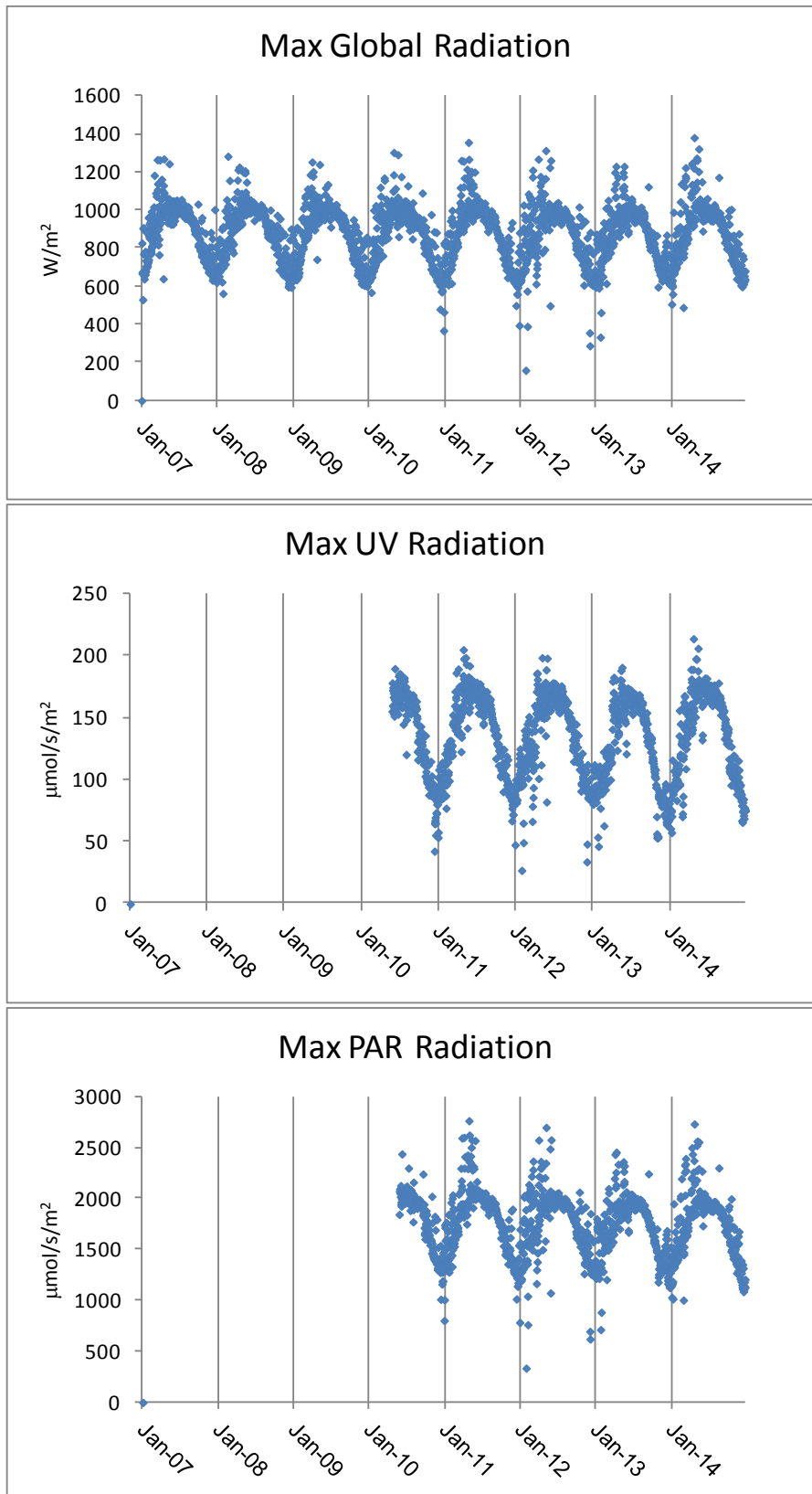
בחודשי הקיץ ההבדלים בין הטמפרטורה המרבית והמזערית ביממה (בשעות הערב ולפנות בוקר בהתאמה) גדולים מאשר בחודשי החורף. יש לציין כי הטמפרטורות נמדדות מעל הים ויש לצפות למשרעת ערכים קטנה יותר מזו המתקבלת מעל יבשה, דהיינו ערכים מרביים נמוכים יותר וערכים מזעריים גבוהים יותר.



איור 6: ערכים מרביים ומזעריים (באדום ובכחול, בהתאמה) של טמפרטורת האוויר מעל הים, בכל יממה.
Figure E6: Maximum and minimum (red and blue, respectively) daily air temperature above the sea.

הקרינה הגלובלית בעלת מחזור עונתי דומה לזה של טמפרטורת האוויר, אולם ערכים מרביים נמדדים בחודשי האביב. הקרינה החזקה ביותר במפרץ נרשמת בדרך כלל בין השעה 11 ל-1 בעהריים, ואילו טמפרטורת האוויר המרבית נרשמת לרוב אחר הצהריים המאוחרים. הקרינה המרבית השנה (1381 ואט\מטר רבוע, באפריל) הייתה מן הגבוהות אשר נמדדו עד כה במסגרת הניטור (איור 7).

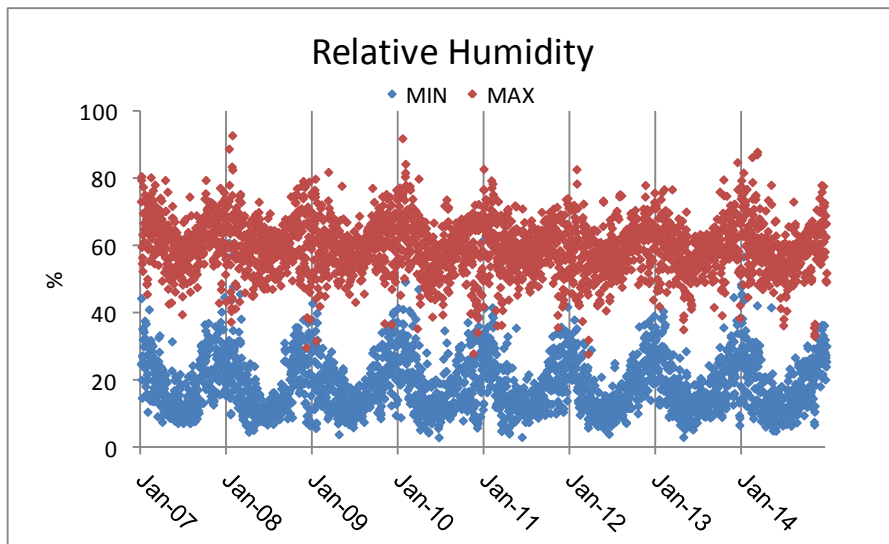
לא תמיד ישנה התאמה בין זמני מדידות הערכים המרביים של סוגי הקרינות השונות (קרינה גלובלית, קרינת UV, וקרינת PAR), אם כי התבנית הכללית דומה. ישנה סטייה בעיקר בין הימים והשעות של ערכי הקרינה האולטרא-סגולית המרביים ובין זמני המדידות המרביות של הקרינה הגלובלית וקרינת ה-PAR. בנוסף, נראה כי עצמת הקרינה האולטרא-סגולית פוחתת במידה רבה יותר מהקרינה הכללית עם המעבר מקיץ לחורף.



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

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

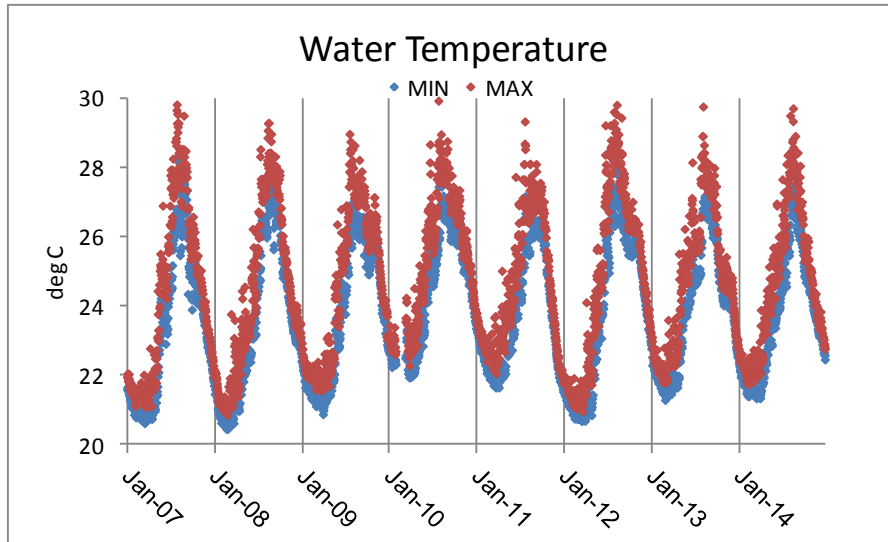
הלחות היחסית, כפי שנמדדה השנה ממזח המכון מעל הים, מראה ימים של לחות גבוהה בתחילת השנה (חודש פברואר) עם ערך מרבי של 87% (איור 8). שינויים עונתיים במדידות הלחות היחסית קטנים בהשוואה למשרעת היומית הגדולה, ומונעים במידה רבה על ידי שינויים בכיוון ועוצמת הרוח. ערכי לחות נמוכים נמדדו בסוף החורף ובקיץ וערכים גבוהים יותר – הן של הלחות המרבית והן המזערית – נמדדו בסתיו ובחורף. הלחות המרבית נמדדת לרוב בשעות הלילה או הבוקר המוקדמות ואילו הלחות המזערית בשעות אחר הצהריים-ערב. רוחות דרומיות גורמות לרב לעליה בלחות. גם כאן יש לזכור כי ערכים אלה נמדדים מעל הים וצפויים להיות שונים (גבוהים) מהלחות הנמדדת ביבשה באזור אילת.



איור 8: ערכים מרביים ומזעריים (באדום ובכחול, בהתאמה) 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 המים (עומק כ-2 מטרים) ניתן לעקוב אחר המחזור העונתי בו טמפרטורת המינימום (21.34°C , בסוף מרץ) הייתה גבוהה מהערכים אשר נמדדו בשנתיים הקודמות. טמפרטורת המקסימום (29.71°C) נמדדה בחודש אוגוסט, והייתה דומה לזו של השנתיים הקודמות (איור 9). טמפרטורת פני הים המזערית בסוף השנה הייתה יחסית גבוהה (22.6°C). משרעת טמפרטורת המים הייתה גם השנה קטנה יחסית: בחורף הייתה הטמפרטורה בדרך כלל גבוהה יחסית ובקיץ רק בימים בוודים נרשמו ערכים מרביים.

ההפרש הממוצע בין טמפרטורת המים המרבית והמזערית גדל בחודשי הקיץ אז מתפתחת תרמוקלינה יומית. בחודשי החורף, ובעיקר בחודשים המובילים לשיא הערבוב, משרעת הטמפרטורות היומית קטנה.

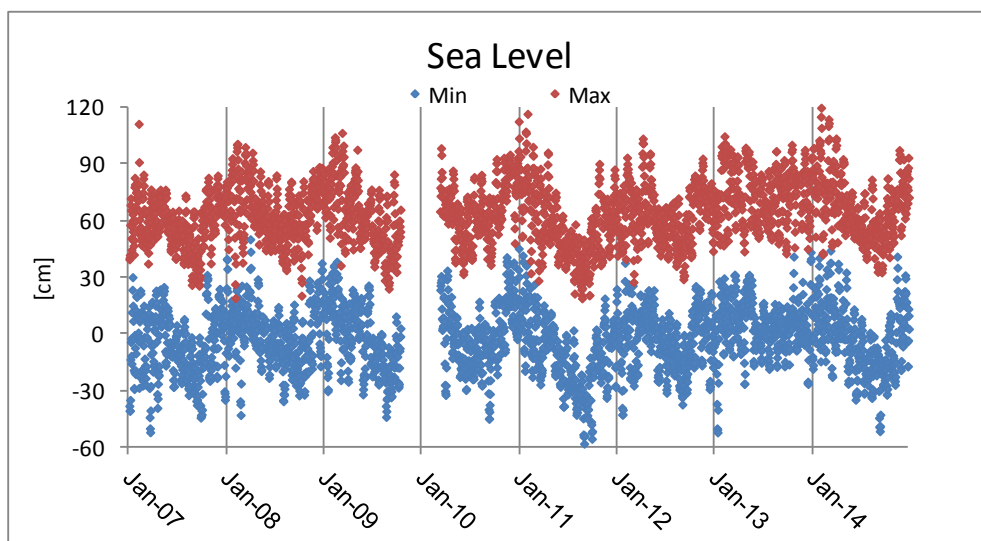


איור 9: ערכים יומיים מרביים ומזעריים (באדום ובכחול, בהתאמה) של טמפרטורת המים (בעומק כ-2 מ').
Figure E9: Maximum and minimum (red and blue, respectively) daily water temperature at ~2m depth.

[מדידות מפלס הים בין 15 באוקטובר 2009 ו-10 במרץ 2010 לקו בשגיאה הנובעת מבעיית חיישן. החיישן הוחלף וכייל והמדידות השגויות הוסרו מבסיס הנתונים של תכנית הניטור. השנה שוב נמצאה סטייה של מדידות המפלס והותקן חיישן חדש ב-6 בנובמבר 2012. המדידות השגויות הוחלפו במדידות אשר נעשות על ידי המרכז למיפוי ישראל ממזח המכון הבינאוניברסיטאי. במשך השנה כוייל החיישן מספר פעמים כנגד מדידות המפלס של המרכז למיפוי ישראל.]

מפלס הים משתנה בעיקר במחזוריות חצי יממית של גאות ושפל. המחזור השנתי מורכב ממפלס ים גבוה בחודשי החורף ונמוך יותר בחודשי הקיץ (איור ה-10). בחודשי החורף גם נמדדות תנודות גדולות יותר במפלס הים המזערי ביממה, וזאת ככל הנראה בהשפעת הרוחות ומערכות האקלים הפחות יציבות בחודשים אלה.

אירועים של שפל חזק נמדדו השנה אשר חושף את שולחן השונית נמדדו השנה סביב ה-14 בספטמבר.



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

ה.4. זרמים

בקיץ 2010 הציבה תכנית הניטור מכשיר למדידת זרמים (ADCP – acoustic Doppler current profiler) על קרקעית הים בעומק של כ-44 מטרים מול קצהו הדרומי של המכון הבין-אוניברסיטאי מכשיר המדידה סבל מספר קילקולים אשר חייבו הוצאתו מן המים לזמן ממושך לצורך תיקונים. לאחרונה חזר המכשיר מתיקון והוצב מול מזח המכון הבינאוניברסיטאי על מדף מורפולוגי רחב בעומק 42 מטרים. מכשיר המדידה מספק נתוני זרמים באופן רציף החל מחודש אוגוסט 2014.

מטרה

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

שיטות

מכשיר ה-ADCP מודד החזרים מחלקיקים 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 הרדודות ביותר, בקרבת פני הים הן באיכות נמוכה עקב גלים וערבול אשר יוצרים החזרים רבים במים הרדודים. מיקום המדידה נקבע על סמך מורפולוגיית הקרקעית, על גבי "מדף" אופקי ביחס למדרון התלול אשר מאפיין את שולי המפרץ באזור (איור ה-11). המכשיר מחובר באמצעות כבל חשמל ותקשורת למכון הבינאוניברסיטאי והנתונים (בתדירות של חמש דקות) נשמרים על שרת המכון.



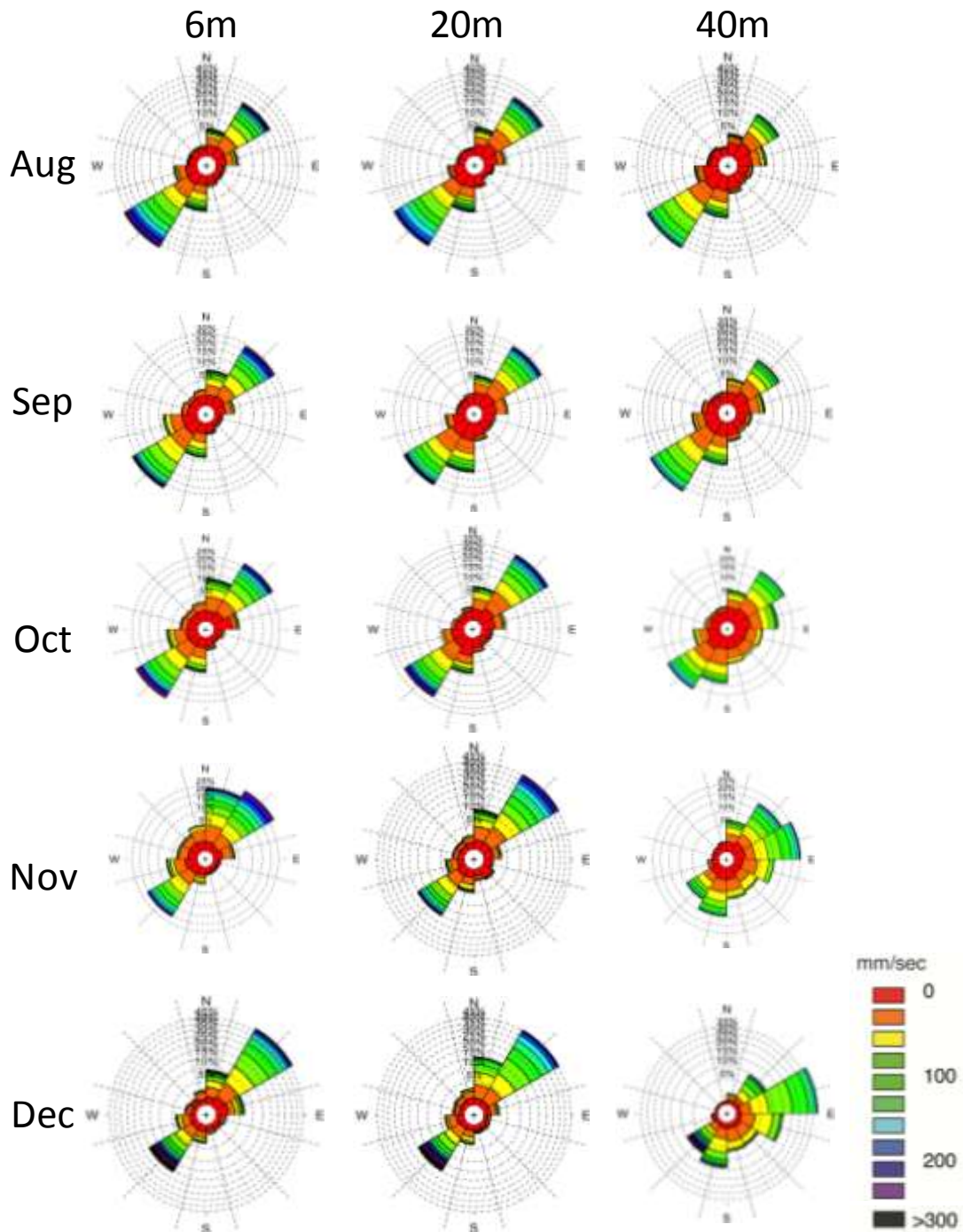
איור ה-11: מכשיר ה-ADCP על קרקעית הים בעומק 44 מ', מול הקצה הדרומי של המכון הבין-אוניברסיטאי. המכשיר מחובר בכבל תקשורת וחשמל ומזין נתונים ישירות לשרת המכון.

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

השנה נמדדו זרמים בעמודת המים מול המכון הבינאוניברסיטאי החל מחודש אוגוסט. כיוון ועצמת הזרם נמדדו באופן רציף החל מעומק של ~40 מ' (שניים-שלושה מטרים מעל לקרקעית) באינטרוולים של שני מטרים. הנתונים כולם שמורים עם נתוני תכנית הניטור ובדו"ח זה מוצגים הזרמים בעומקים 40מטרים (סמוך לקרקעית), 20 מטרים (אמצע עמודת המים במקום המדידה) ו-6 מטרים (מייצג את

הזרם בקרבת פני הים ללא הפרעות הגלים).
ככלל, הזרמים הדומיננטים בקרבת המכון מקבילים לחוף, והזרמים בסמוך לקרקעית חלשים יותר מהזרמים בקרבת פני הים (איור ה-12). בנוסף לכך, בעומק הרדוד כיוון הזרם לרוב אחיד יותר, עם תדירות גבוהה יותר לזרמים דרומיים באוגוסט וזרמים צפוניים בדצמבר, בקרבת הקרקעית התפלגות הכיוונים מצביעה על רכיב דרום-מזרחי (מתרחק מהחוף) שמתחזק בין אוגוסט לדצמבר. רכיב זה מצביע על זרימת מים מונעת התקררות הנוחתת בפני הים בקרבת החוף וזורמת לאורך המדרון (down-welling). תופעה זו היתה חזקה במיוחד בחודש נובמבר בו נמדד בקרבת פני הים גם רכיב בכיוון צפון צפון-מזרח (לעבר החוף). בזרמים באמצע עמודת המים משתנים פחות במשך הזמן ועצמתם דומה לזו של העומק הרדוד.
הזרמים בחודש דצמבר היו החזקים ביותר בחמשת החודשים הנמדדים, עם מהירות ממוצעת של כ- 100 מ"מ/שניה בקרבת פני הים ובאמצע עמודת המים, וכ-90 מ"מ/שניה בקרבת הקרקעית.
בשאר החודשים המהירות הממוצעת מעט נמוכה יותר, כאשר המהירות הממוצעת באמצע עמודת המים לרוב 90-95% מהמהירות בפני הים והמהירות בקרבת הקרקעית 70-80% מהמהירות בקרבת פני הים.
מהירות הזרם הגדולה ביותר אשר נמדדה בחמשת חודשי המדידה היתה 515 מ"מ/שניה בעומק 20 מטרים בחודש דצמבר, בפני הים נמדדה מהירות דומה של 512 מ"מ/שניה.



איור ה-12: זרמים מול המכון הבינאוניברסיטאי בשלושה עומקים (6, 20 ו-40 מטרים) בחודשים אוגוסט-דצמבר. דיאגרמות- "שושנת הרוחות" – מראות את תדירות הזרמים בכל כיוון (חלוקה ל-12 עלים של 30°) מכלל המדידות לתקופה המוצגת, מיוצג על ידי גודל העלה, ועצמת הזרמים המיוצגת על ידי סולם הצבע (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) in the months August to December. 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-טווח אחר ריכוזי האבק המרחף מעל לצפון המפרץ.

שיטות

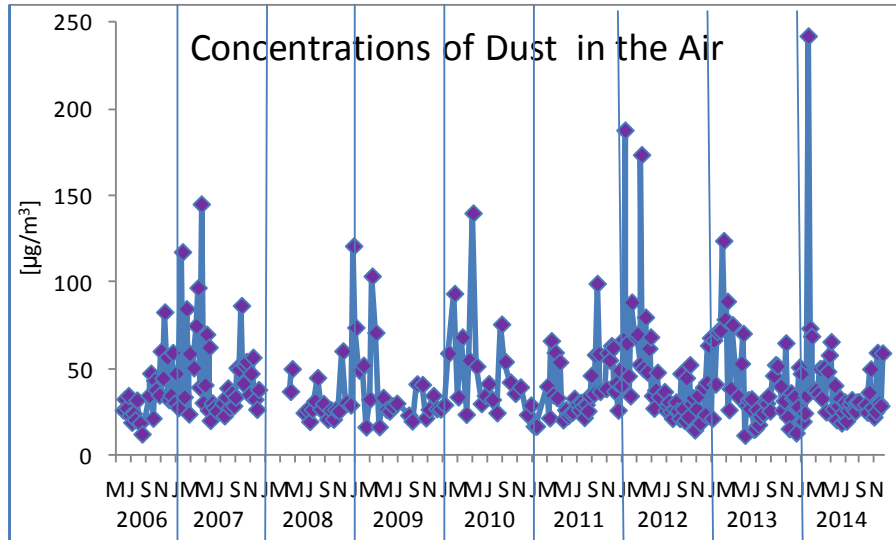
אבק מרחף נאסף על גבי פילטר נקי ($0.45\mu\text{m}$) דרכו נשאב אויר בעזרת משאבת ואקום הפועלת ברציפות. הפילטר מותקן בתושבת המורמת מעל מזח המכון הבינאוניברסיטאי בגובה של כ-4 מ' מעל הים ומוחלף מדי שבוע, כך שכל שקילה מהווה אינטגרל שבועי. לאחר סופות אבק נבדקת יעילות השאיבה ואם יש צורך מוחלף הפילטר בתדירות גבוהה יותר. ריכוזי האבק ביחידות של משקל (אבק) לנפח (אוויר) מחושבים כמשקל האבק על גבי הפילטר במשך השבוע חלקי שטף האוויר דרך הפילטר באותו שבוע. יש לציין כי בתנאי סערה או בהתקרב ספינה לעגינה במזח מופסקת פעולת השאיבה על מנת למנוע זיהום הדוגמה. מכיוון שכך יתכן כי הרקורד השבועי אינו מלא, אך נשמרת אחידות תנאים לשם השוואה והערך המחושב (ריכוז) אינו נפגע מהפסקות אלה. פילטר האבק נשקל במאזנים אנליטיים עם רגישות של חמש ספרות (לפני ואחרי איסוף האבק) והטיפול כולו נעשה במעבדה נקייה. לאחר שקילת האבק וחישוב ריכוזו, במכון הבינאוניברסיטאי, הפילטר נשלח למכון למדעי כדור הארץ לאנליזה גיאוכימית.

תוצאות

[מדידות ריכוז האבק מעל צפון המפרץ הן חלק ממחקר ארוך טווח אשר מבוצע על ידי חוקרים מהמכון למדעי כדור הארץ באוניברסיטה העברית (בראשות פרופ' יגאל אראל), ונתמך בחלקו על ידי תכנית הניטור. תכנית הניטור בתמיכתה במחקר עוקבת אחר כמויות האבק המגיעות למפרץ במחשבה שאבק עשוי להיות מקור חשוב לנוטריינטים, ובפרט יסודות קורט חיוניים. עם הצטברות הנתונים ולאחר שיתבצע ניתוח של הרכבם (על ידי החוקרים המובילים את המחקר) ניתן יהיה לבחון את תקפותה של ההנחה: עד כמה מהווה האבק מקור משמעותי, עד כמה אחידה תרומת האבק לאורך העונות והשנים, ועד כמה גדולה השפעתו על המערכת האקולוגית במפרץ.]

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

ניטור האבק נעשה באופן רציף מאמצע שנת 2006, מלבד הפסקות יזומות להגנה על הדוגמה כאמור לעיל ותקלות שחייבו החלפת משאבות. במשך תקופה זו מסתמן מחזור עונתי של שינויים בכמויות האבק המגיע למפרץ (איור ה-13). ריכוזי האבק באוויר גבוהים במיוחד בחורף ובאביב, נמוכים יחסית בחודשי הקיץ ועולים שוב בחודשי הסתיו. השנה היו ריכוזי האבק המרביים הגבוהים ביותר שנמדדו עד כה במסגרת תכנית הניטור, $242\ \mu\text{m}/\text{m}^3$ בסוף פברואר- תחילת מרץ. ריכוז זה כמעט כפול מהערך המרבי אשר נמדד בשנה הקודמת, $124\ \mu\text{m}/\text{m}^3$ בחודש מרץ 2013.



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

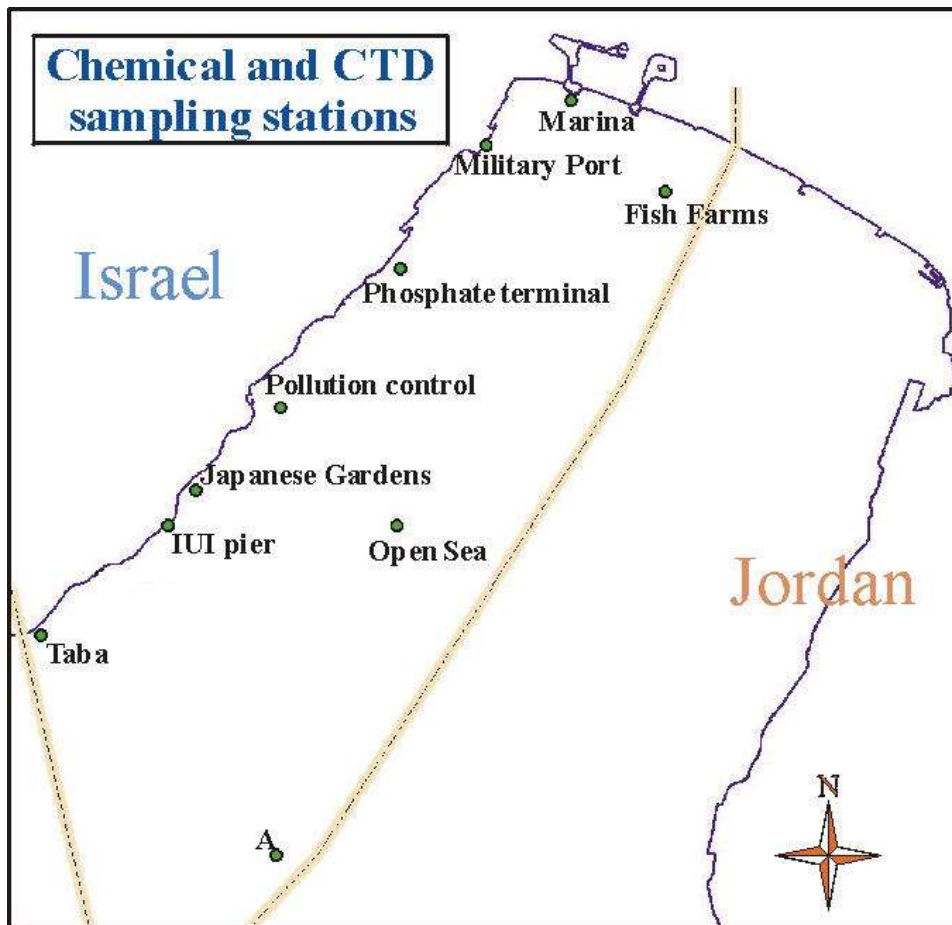
Figure E13: Weekly dust concentrations in the air above the sea. Dust is measured on filters through which air is continuously pumped.

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

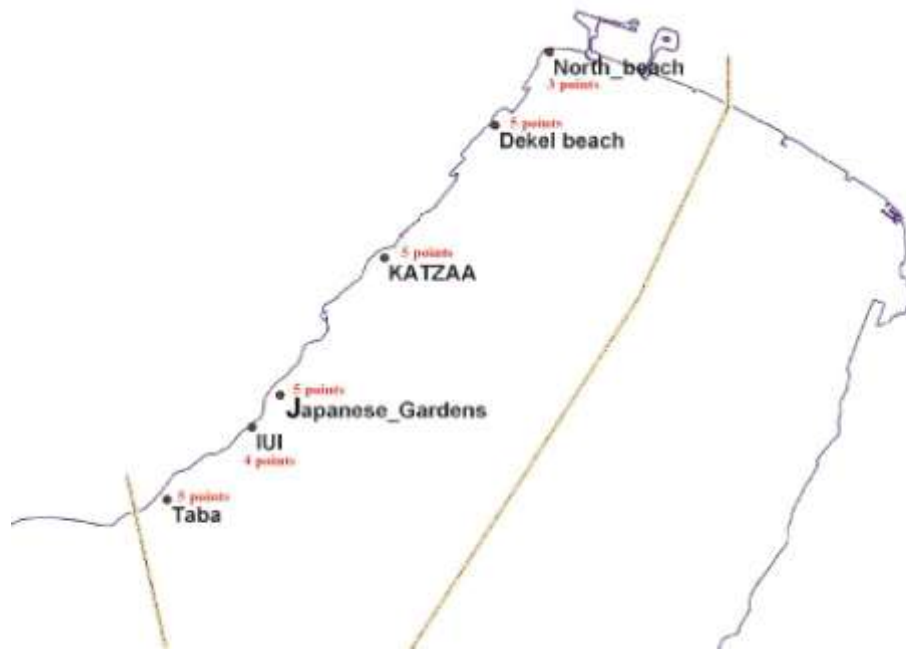
ז. נספחים

ז.1: מפות אתרי הניטור



מפה ז1: תחנות דיגום מים (פני הים ועמודת 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 ז2: מפת מיקום אתרי השוניית בהם הוצבו תושבות למעקב צילומי אחר חלקות קבועות. ראה פירוט תצלום האוויר באיור ב1 בגוף הדו"ח.

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

2.2. רשימות סוגי האלמוגים

טבלה ז1: רשימת אלמוגי האבן (ומספר המושבות) בחתכי הקו בסקר חברת השונית בשנת 2014.
Table G1: List of stony corals and the number of colonies of each taxa found in the coral reef line-transect survey, 2014.

| Genus | IUI | Katza | NR | Eilat Total |
|----------------------|------------|--------------|-------------|--------------------|
| <i>Acanthastrea</i> | 21 | 16 | 11 | 48 |
| <i>Acropora</i> | 83 | 138 | 222 | 443 |
| <i>Agariciella</i> | 1 | 2 | | 3 |
| <i>Alveopora</i> | | | 1 | 1 |
| <i>Astreopora</i> | 6 | 5 | 19 | 30 |
| <i>Balanophyllia</i> | | | 1 | 1 |
| <i>Blastomussa</i> | 1 | | | 1 |
| <i>Coscinaraea</i> | 15 | 6 | 8 | 29 |
| <i>Ctenactis</i> | | | 4 | 4 |
| <i>Cynarina</i> | 1 | 2 | 3 | 6 |
| <i>Cyphastrea</i> | 117 | 74 | 66 | 257 |
| <i>Echinophyllia</i> | 3 | 6 | 5 | 14 |
| <i>Echinopora</i> | 11 | 73 | 160 | 244 |
| <i>Favia</i> | 120 | 40 | 48 | 208 |
| <i>Favites</i> | 86 | 116 | 72 | 274 |
| <i>Fungia</i> | 1 | 2 | 1 | 4 |
| <i>Galaxea</i> | 2 | 9 | 5 | 16 |
| <i>Goniastrea</i> | 41 | 60 | 126 | 227 |
| <i>Goniopora</i> | 6 | 15 | 13 | 34 |
| <i>Gyrosmlia</i> | 50 | 2 | 5 | 57 |
| <i>Herpolitha</i> | | 1 | 2 | 3 |
| <i>Hydnophora</i> | 2 | 3 | 3 | 8 |
| <i>Leptastrea</i> | 31 | 22 | 20 | 73 |
| <i>Leptoseris</i> | | 3 | 1 | 4 |
| <i>Lobophyllia</i> | | 13 | 50 | 63 |
| <i>Millepora</i> | 55 | 3 | 6 | 64 |
| <i>Montipora</i> | 51 | 129 | 141 | 321 |
| <i>Mycedium</i> | | 12 | 25 | 37 |
| <i>Oxypora</i> | | 1 | 1 | 2 |
| <i>Pachyseris</i> | | 1 | 1 | 2 |
| <i>Pavona</i> | 5 | 83 | 15 | 103 |
| <i>Platygyra</i> | 9 | 9 | 14 | 32 |
| <i>Plerogyra</i> | | 2 | 2 | 4 |
| <i>Plesiastrea</i> | 16 | 14 | 16 | 46 |
| <i>Pocillopora</i> | 29 | 7 | 13 | 49 |
| <i>Porites</i> | 46 | 58 | 85 | 189 |
| <i>Psammocora</i> | 6 | 37 | 43 | 86 |
| <i>Seriatopora</i> | | 12 | 1 | 13 |
| <i>Siderastrea</i> | 21 | | 2 | 23 |
| <i>Stylophora</i> | 130 | 127 | 128 | 385 |
| <i>Turbinaria</i> | 3 | 3 | 6 | 12 |
| Total | 969 | 1106 | 1345 | 3420 |

טבלה ז2: רשימת מושבות האלמוגים (מכל הסוגים) אשר זוהו באתרי הצילום הקבועים בשנת 2014.
Table G2: list of colonies (of all types) that were recognized in all permanent photo-sites, in 2014.

| Genus | NB | Dekel | Katzaa | NR | IUI | Taba | Total |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| <i>Acanthastrea</i> | 0 | 1 | 3 | 4 | 21 | 0 | 29 |
| <i>Acropora</i> | 5 | 33 | 49 | 87 | 15 | 8 | 197 |
| <i>Alveopora</i> | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 10 | 16 |
| <i>Astreopora</i> | 2 | 0 | 0 | 5 | 2 | 1 | 10 |
| <i>Balanophyllia</i> | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 6 |
| <i>branch sp.</i> | 2 | 1 | 21 | 13 | 7 | 0 | 44 |
| <i>Coral sp.</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| <i>Coscinaraea</i> | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 7 |
| <i>Ctenactis</i> | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| <i>Cyphastrea</i> | 2 | 10 | 17 | 30 | 61 | 18 | 138 |
| <i>Echinophyllia</i> | 2 | 5 | 1 | 1 | 3 | 8 | 20 |
| <i>Echinopora</i> | 6 | 15 | 32 | 69 | 14 | 5 | 141 |
| <i>Favia</i> | 6 | 10 | 16 | 10 | 81 | 31 | 154 |
| <i>Favites</i> | 11 | 14 | 49 | 31 | 59 | 17 | 181 |
| <i>Fungia</i> | 0 | 0 | 5 | 3 | 1 | 2 | 11 |
| <i>Galaxea</i> | 2 | 1 | 4 | 1 | 0 | 0 | 8 |
| <i>Goniastrea</i> | 14 | 18 | 28 | 77 | 97 | 44 | 278 |
| <i>Goniopora</i> | 0 | 4 | 0 | 3 | 0 | 0 | 7 |
| <i>Herpolitha</i> | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 3 |
| <i>Hydnophora</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 8 |
| <i>Leptastrea</i> | 6 | 0 | 11 | 6 | 46 | 11 | 80 |
| <i>Leptoria</i> | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 1 | 4 |
| <i>Lobophyllia</i> | 7 | 6 | 6 | 8 | 6 | 0 | 33 |
| <i>Lobophyton</i> | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Millepora</i> | 0 | 3 | 1 | 2 | 35 | 45 | 86 |
| <i>Montipora</i> | 1 | 16 | 40 | 32 | 7 | 6 | 102 |
| <i>Mycedium</i> | 2 | 2 | 7 | 4 | 0 | 0 | 15 |
| <i>non branch sp.</i> | 1 | 8 | 19 | 17 | 28 | 15 | 88 |
| <i>Oxipora</i> | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Palythoa</i> | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 7 |
| <i>Pavona</i> | 0 | 5 | 15 | 14 | 3 | 2 | 39 |
| <i>Platygyra</i> | 10 | 4 | 0 | 7 | 25 | 13 | 59 |
| <i>Plerogyra</i> | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| <i>Plesiastrea</i> | 0 | 0 | 4 | 4 | 10 | 2 | 20 |
| <i>Pocillopora</i> | 2 | 4 | 2 | 12 | 7 | 9 | 36 |
| <i>Porites</i> | 13 | 32 | 15 | 16 | 9 | 19 | 104 |
| <i>Psammocora</i> | 2 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 8 |
| <i>Rhytisma</i> | 0 | 4 | 5 | 22 | 2 | 5 | 38 |
| <i>Sarcophyton</i> | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 |
| <i>Seriatopora</i> | 0 | 0 | 6 | 8 | 0 | 0 | 14 |
| <i>Sinularia</i> | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| <i>Stylophora</i> | 6 | 6 | 27 | 21 | 43 | 16 | 119 |
| <i>Tridacna</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| <i>Tubastrea</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| <i>Turbinaria</i> | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| <i>Xenia</i> | 2 | 23 | 27 | 81 | 5 | 0 | 138 |
| Total | 115 | 234 | 416 | 604 | 598 | 304 | 2271 |

3.ז. שיטפונות בצפון המפרץ

ב- 3-4 במרץ היו גשמים, זרימות בנחלים ואובך כבד אשר גרם לסגירת שדה התעופה באילת. האובך נשאר גם יומיים-שלושה אחר כך ומי הים היו עכורים, אם כתוצאה מאבק ואם מסדימנט דק שהוסע בזרימות הנחלים. ב- 9 במרץ סופת גשמים נוספת מלווה ברוחות דרומיות. זרימות מים לאורך כל החופים וכמות פלנקטון גדולה בים.

ב- 7-8 במאי גשמים חזקים וזרימות מים ניכרות מהעיר אל הים, ולאורך החופים הדרומיים. שיטפונות גם בערבה. הצפות במקומות נמוכים לאורך החופים ופינוי של מים וסדימנט אל הים במספר נקודות, ובפרט מול שמורת חוף אלמוג ובסמוך למסוף הגבול בטאבה. בגבולה הצפוני של שמורת חוף אלמוג הצטברו מים רבים עם עומס סדימנטים גדול עקב עבודות תשתית וכבישים שנמשכות הודשים רבים. על מנת לנקות את הכביש נפרצה למים דרך אל הים ומים נדחפו לחוף השמורה באמצעות טרקטורים. ענן העכירות אשר התפשט בים נע דרומה וכיסה את השונית החוגרת בחוף אלמוג (איור 1ז).

בסמוך למסוף טאבה זרמו מים צפונה מאזור ואדי טאבה ומעבר הגבול תוך הצפת אזורי כביש נרחבים, עד שפרצו מעבר לחוף בין טאבה למלון הנסיכה (איור 2ז). השיטפונות גרמו לארוזיה של מדרגת הכביש ולהתפשטות החוף לכיוון הים. כמות גדולה של סדימנט זרמה גם בים לאורך החוף מדרום (אזור טאבה כסיני אשר גם הוא הוצף).

גם באזור המכון הבינאוניברסיטאי נמצאה בים עכירות גבוהה ושפע של פלנקטון. העכירות הגבוהה בים נמשכה שבועות רבים, בפרט באזור החוף הצפוני והחוף הדרומי – אזור טאבה ומלון הנסיכה. 24 בנובמבר, גשם קל.

9 בדצמבר, גשם קל באילת שיטפונות בערבה וכניסת סדימנט מתעלת הקינט בחוף הצפוני (לא נמצא זיהום נפט מעברונה) (דליפת הנפט אירעה ב-3 בדצמבר בסמוך לבאר אורה) במים סדימנט שהגיעו מן הקינט).

12 בדצמבר, גשם חזק וברד.



איור 1ז: סדימנט שנכנס לים מגבולה הצפוני של שמורת חוף אלמוג ומתפשט דרומה לשמורה תוך כיסוי השונית החוגרת. צילום: ד"ר אסף זבולוני, אקולוג מפרץ אילת רט"ג

Figure G1: Sediment plume covering the nature reserve fringing reef after breaking to the sea following extensive rain-driven floods. Photo: Dr. Assaf Zvuloni, Israel NPA



איור 2: הצפות סמוך למעבר הגבול טאבה וחדירת מי שיטפונות עכורים לים בין טאבה למלון הנסיכה, באזור השוניות של החוף הדרומי של אילת. צילום: ד"ר אסף זבולוני, אקולוג מפרץ אילת, רט"ג

Figure G2: Floods near the southern border of Israel (Taba) and sediment plumes extending over the shallow reefs along the coast. Photo: Dr. Assaf Zvuloni, Israel NPA

4. דליפת נפט בעין עברונה, צפונית למפרץ אילת

ב- 3 בדצמבר, בשעות הלילה, נפרץ צינור נפט של חברת קצא"א עקב עבודות שנעשו בסמוך ליישוב באר אורה. כתוצאה מכך נשפכו, על פי הדיווחים, כ- 5,000 מ"ק נפט גולמי, שזרמו בערוצי הניקוז הטבעיים של שמורת עין עברונה. מעבר לנזק האקולוגי בשמורת עין עברונה, הועלה החשש ששיטפונות עשויים לשאת את הזיהום אל המפרץ ולגרום שם לנזק רב. צפי לגשמים ימים ספורים לאחר דליפת הנפט הגביר חששות אלה.

בשלב ראשון התרכזו מאמצי השיקום בשאיבת נפט שנאגם על פני השטח בערוצים הראשיים ובבריכות האיגום המלאכותיות שנחפרו בליל הארוע, וכמות גדולה מן הנפט הגולמי סולקה בדרך זו. בחלק קטן מן השטח שנפגע הוסרה שכבת הקרקע העליונה, הספוגה בנפט, ופונתה מהשמורה. לקראת גשמים צפויים בתאריך ה-9 לדצמבר הוקמו סכרי עפר נקודתיים, והונחו "פונפונים" (סופגים מרצועות פלסטיק) באזורים אסטרטגיים, כדי למנוע הגעת זיהום לתעלת ה"קינט" וליים. בפתח תעלת הקינט אל הים הוצבו מצופי איגום של ה"תחנה למניעת זיהום ים", אך השיטפון היה בעצמה חלשה, ונשא עמו רק סדימנטים מקומיים (איור 3).



איור 3: מוצא תעלת ה"קינט" לים בעת שיטפון שהתרחש בערבה ב-9 לדצמבר (צילום: ניצן שגב).

במהלך אירוע הגשם היו זרימות חלשות בלבד, ונראה היה כי שאריות הנפט הגולמי הנוזלי שהיו בשטח הן שצפו והוסעו על פני המים. לא התרחשה הסעה של נפט הספוג בקרקע או הסעה של הקרקע עצמה (איור 4). אירוע זה עבר בלי שאגן עברונה שטף אל הים ובינתיים לא הגיע זיהום הנפט אל המפרץ.



איור 4: סמני נפט על הקרקע לאחר אירוע גשם ב-9 לדצמבר (צילום: ניצן שגב).

בשבועות שלאחר הדליפה נאספו על ידי צוות הניטור דוגמאות של נפט ושל קרקע מהאזור המזוהם בעברונה ונעשו שני ניסויים ראשוניים ובסיסיים במטרה לאמוד את הסיכויים שנפט מהדליפה יגיע בסופו של דבר אל המפרץ בכמות שעלולה לחולל נזקים אקולוגיים משמעותיים. תיאור ניסויים אלה ותוצאותיהם – כפי שהופצו למשרד להגנת הסביבה ולרשות הטבע והגנים – ניתן למטה.

בסמוך לאזור זיהום הנפט הנוכחי התרחש בשנת 1975 אירוע דליפת נפט בסדר גודל דומה (כמות הנפט שנשפך הייתה גדולה פי 2, והרכבו היה שונה), בזמנו לא טופל השטח וערוצים רבים עדיין ספוגים בנפט שנשפך לפני ארבעים שנה. יחד עם זאת, אין בדיווחים ובעדויות מאותה תקופה אזכור לפגיעה במפרץ אילת בעקבות אותו אירוע דליפה.

מסקנות הניסוי הראשון אותו ביצעה תכנית הניטור מיד לאחר דליפת הנפט היו ששיטפונות שישטפו דרך אגן עברונה מסוגלים לשאת את הנפט הגולמי שנאגם על פני השטח, וזה יצוף על המים כפאזה נפרדת ממי השיטפון ולא יספח גם לסדימנט הנישא על ידו. במקרה כזה, אם יגיע הנפט הנישא לים יצוף על פניו וניתן יהיה ללכודו ולסלקו באמצעים העומדים כיום לרשות היחידה למניעת זיהום ים של המשרד לאיכות הסביבה.

הניסוי השני בוצע כמה שבועות מאוחר יותר, אחרי שמרבית הנפט הגולמי סולק. בניסוי זה נלקחה קרקע ספוגה ונעשתה סימולציה של הסעה בשיטפון על מנת לבדוק את מידת שחרור הנפט מהקרקע אל המים. המסקנות היו שקרקע ספוגה, אם תוסע על ידי שיטפונות ותגיע לים, לא תשחרר את הנפט הספוח (אשר איבד בינתיים את רוב המרכיבים הנדיפים) וזה יושקע יחד עם שאר הסדימנט השיטפוני.

תוצאות הניסויים, יחד עם הלקח הנלמד מאירוע הדליפה הקודם (בו נראה שהנפט נותר בקרקע ורובו המכריע לא הוסע אל הים בארבעים השנים האחרונות) מצביעים על כך שלא צפוי נזק משמעותי לסביבה הימית במפרץ כתוצאה מאירוע הדליפה האחרון. מסקנה זו אינה מפחיתה, מן הסתם, מן הנזק אשר נגרם בשמורת עברונה עצמה – או מהנזק הפוטנציאלי אם אירוע כזה ישנה קרוב יותר למפרץ או בכמויות גדולות יותר.

אפקט שיטפון על מידת הרחפת נפט לעומת ספיחתו בחול: דו"ח הניסוי הראשון (ינואר 2015)

צוות תכנית הניטור הלאומי בצפון מפרץ אילת
(פרופ' אמציה גנין, ד"ר יוני שקד, ענבל איילון, ניצן שגב)

מטרת הניסוי: קבלת אמדן גס על השפעתו של שיטפון, אם יתרחש בתקופה הקרובה, על הסעת נפט גולמי מאזור עין עברונה לים ועל שיקרה לנפט המוסע בים.

רקע: בסיוור בסביבת עין עברונה מצאנו (עם צוות מעבדתו של ד"ר דרור הבלנה) את שכבת החול המזוהמת בנפט כתוצאה מהדליפה בצינור קצא"א שהתרחשה בשנת 1975. מיקומה של אותה דליפה היה כמה מאות מטרים מדרום לדליפה הנוכחית. מגלעינים אותם קדחו דרור הבלנה ותלמידו מוש מספר ימים לאחר האירוע הנוכחי, דהיינו 40 שנה לאחר הדליפה הקודמת, מסתבר שעובי שכבת החול שזוהמה בנפט הוא כיום כ- 30 ס"מ. שכבה זו מכוסה כיום בשכבת חול וחרסיות "נקיים" (ללא נפט) בעובי של סנטימטרים ספורים. השאלה הנשאלת היא האם כמות הנפט שנותרה קבורה באותה שכבה של 30 ס"מ מעידה על כך ששיטפונות (אשר ללא ספק התרחשו ב-40 השנים האחרונות) השאירו את רוב הנפט מאחור, קבור בחול, ובכך לא הסיעו את הנפט לכוון הים. יש לציין שאין מידע על מועדי השיטפונות שהתרחשו ועוצמתם. לכן הניסוי שבוצע כאן מתייחס לאפשרות ששיטפון יתרחש בקרוב (בחורף זה) ויסיע נפט שנותר בערוצים במצבו הגולמי כיום (נוזלי למדי).

שיטות (איורים 5ז, 6): נפט במשקל מדוד (בסביבות ה- 100 גר') אשר נאסף בסמוך לבאר אורה עורבב עם 500 גר' חול שנלקח מערוץ סמוך ועם 1 ליטר מים (מי ים או מים מתוקים), כל זאת בשלוש חזרות. כלי הניסוי היו בקבוקי מיץ שטופים היטב. בסדרה אחת (3 בקבוקים) עורבבו הנפט, המים והחול. בסדרה שנייה, סדרת הביקורת, עורבבו רק מים וחול (ללא נפט). כל סדרה כללה שלוש חזרות על כל אחד מארבעת הטיפולים (סה"כ 12 בקבוקים = נפט, ללא נפט, X מי ים, מים מתוקים).

כל הבקבוקים עורבבו בחוזקה מידי 15 דק' (בערך) במשך כ- 6 שעות. לאחר יום, סולקה מכל בקבוק שכבת הנוזל (נפט, מים) והמשקע של החול (עם הנפט שנכלא בחול) הושארה לייבוש בחצר המכון למשך 11 יום (החול עם הנפט התייבש באיטיות רבה יחסית לחול שהורטב במים ללא נפט).

בסיומו של הניסוי נמדד משקלו של החול היבש שנותר.

כל השקילות בוצעו בדייקנות של 1 גרם.

הצפי היה שאם כמות הנפט שנכלאת בחול היא משמעותית, משקלו של החול היבש בכלים עם הנפט יעלה באופן ניכר, לעומת אי שינוי במשקל של החול שעורבב במים ללא נפט.

הניסוי הוצב ב- 24 דצמבר 2014 ומועד סיומו היה 1 ינואר 2015.

תוצאות: אחוז הנפט שנשאר כלוא בחול לאחר הערבוב המסיבי של החול, המים והנפט היה נמוך מרגישות המדידה. דהיינו, רובו המכריע של הנפט נותר מוצף ומורחף במים.

מסקנות:

במידה ושיטפון יעבור בערוצים עם נפט גולמי רובו המכריע יצוף ויוסע עם המים. דהיינו הכמות שתשאר לכודה בשכבת החול העליונה היא מזערית.

נפט אשר יגיע לים בשיטפון (מעורבב היטב עם חול וחרסיות) יופרד מהסדימנט, יורחף בעמודת המים ורובו יצוף בפני הים.

יש לציין שהניסוי שביצענו לא התייחס למידת מיהולו של הנפט במי שיטפון שיגיע מבאר אורה לים, דבר המחייב מומחיות בנושאים בהם לנו אין ידע ומידע. למיהול זה ישנה כמובן חשיבות על מידת השפעת הנפט על המערכת האקולוגית בים.

המלצות:

לאור מסקנה (ב), טיפול בשיטפון צריך להיות כמו בטיפול באירוע של זיהום ים בנפט ממקור נקודתי, בהתאם לנהלים המתבצעים על יד היחידה למניעת זיהום ים.



איור 5: בקבוקי הניסוי עם הטיפולים שכללו עירבוב של חול עם מים ונפט (תמונה משמאל) ועירבוב עם מים וחול ללא נפט (ימין).



איור 6: החול היבש שנותר לאחר הערבוב עם מים ונפט (מצד שמאל) ועם מים ללא נפט (צד ימין).

**אפקט שיטפון על מידת הרחפת נפט – דו"ח הניסוי השני, לאחר התייבשות הנפט
(25 פברואר 2015)**

צוות תכנית הניטור הלאומי בצפון מפרץ אילת
(פרופ' אמציה גנין, ד"ר יוני שקד, ענבל איילון, ניצן שגב)

מטרת הניסוי: לבחון את מידת הרחפת הנפט מתוך הקרקעית הספוגה על ידי מים המדמים שיטפון (ובכך לאפשר הסעתו של הנפט עם מי השיטפון לים).

רקע: תוצאות הניסוי הראשון (ראה מטה, נספח 1) הצביעו על כך שאם יתרחש שיטפון זמן קצר לאחר דליפת נפט, רובו המכריע של הנפט יורחף ויוסע עם המים. דהיינו, הנפט במצבו הנוזלי יוסע עם מי השיטפון. המסקנה הייתה שכל עוד הנפט נוזלי, שיטפון בעצמה גבוהה אשר יגיע לים יסיע עימו את רוב הנפט לים ושם הוא יורחף במי הים.

לאחר סילוקו האקטיבי של רוב הנפט הנוזלי על ידי שאיבתו, תוך פחות מחודשיים רוב מרכיבי הנדיפים של הנפט שנותר התנדפו וכיום (שלהי פברואר 2015) הנפט הינו חצי מוצק ("זפת") וספוח לגררי החול. להלן ייקרא "קרקעית ספוגה".

שיטות: שיטות הניסוי ומהלכו זהים לאלו שבוצעו בניסוי הראשון (ראה מטה), למעט העובדה שהפעם לא השמשנו בנפט נוזלי אותו ערבבנו בתחילת הניסוי עם חול נקי, אלא בקרקע ספוגה בנפט שנאספה בשטח (איור 7).

תמצית מהלך הניסוי: ערבוב משקל מדוד של קרקע ספוגה בנפט או קרקע טבעית נקייה עם נפח מדוד ושל מים (מי ים בשלשה בקבוקים, מים מתוקים בשלושה בקבוקים אחרים), טילטול התערובת במשך מספר שעות (על מנת לדמות שיטפון), שפיכת הנוזל, ייבוש מושלם של השארית (לאחר סילוק הנוזל) במשך 12 יום ושקילתה של השארית לאחר הייבוש (ראה איור 1).

תוצאות: בהתחשב בניסוי הביקורת, בממוצע 98.5% מהנפט נותר בקרקע ולא הורחף במים אשר דימו שיטפון. קרי, כ- 1.5% בלבד מהנפט (הזפת) מסולק עם המים.



איור 7: מגשי הניסוי לאחר ייבושם. משמאל- החול הספוג בנפט, במרכז – ניסוי הביקורת (מים עם חול נקי), מימין שאריות הנפט שנספחו לחול בניסוי הראשון (אשר בו לקחנו חול נקי וערבבנו אותו עם נפט נוזלי).

מסקנות:

חודשיים לאחר סילוקו האקטיבי של הנפט הנוזלי והתייבשות שארית הנפט וספיחתה לחול עבר הנפט לצורון הספוח לקרקעית אשר רובו המוחלט (98.5%) איננו מורחף על ידי מים המדמים שיטפון של מספר שעות. המסקנה היא ששיטפון שיתרחש בשלב זה יסיע כמות מוגבלת של נפט לים- את זו הספוחה לגררי החול. דהיינו נפט יגיע לים רק יחד עם גררי החול שבעצמם יגיעו לים עם מי השיטפון.

אחר כך יישאר רוב הנפט בקרקעית ולא יורחף אל גוף המים. ריכוז הנפט בקרקעית הים כתוצאה מהסעה שכזו צפוי להיות קטן וחלקו גם ייקבר מתחת לפני השטח. בנוסף לכך, לאחר הגעת הגרגרים ספוחי הנפט לים, מכיוון שהם יישארו בקרקעית ובתוך מים, צפוי שהנפט הספוח לגרגרים יתפרק פירוק ביולוגי תוך זמן לא ארוך. מאידך, במקרה בו הדליפה תהייה גבוהה ביותר ואזור הקרקע הספוגה בנפט יהיה נרחב, כל מתקן שיצמצם את הסעת הקרקע הספוגה לעבר הים יקטין את הסיכוי לנזק אקולוגי. איננו סבורים שזה המצב לאחר הדליפה האחרונה בבאר אורה. גם אם יגיע שיטפון בעתיד, רוב הנפט יישאר בקרקע, כפי שקרה בעקבות השיטפונות שהתרחשו ב-40 השנים שחלפו מאז הדליפה ב 1975. זאת בהתבסס על הימצאותה כיום של השכבה ספוגת שאריות נפט באותו אזור.

5.ז. טבלת פעילות צוות הניטור בשנת 2014

| תאריך וסוג הפעילות | מס' דגימות | מטרת העבודה | ימי עבודה | המבצעים |
|--|--|--|-----------|---|
| ינואר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי | דוגמא אחת כל יום. | מדידת כמות הכלורופיל בשונית. | 0.3 | ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני, מרק |
| 7 ינואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות בשמורה הסגורה | 18 לוחיות משלושה עומקים | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 1 | צלילה : ענבל, טניה, שנירקול מרק, מוריאל |
| 8 ינואר | אנליזת דוגמאות | עיבוד נתונים ואנליזת דוגמאות | 1 | ענבל |
| 9 ינואר דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף | 24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH, 16 אלקליות, 8 מליחות 8 כלורופיל 8 FACS | השוואה בין התחנות השונות | 6 | טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק |
| 12 ינואר הפלגה לתחנות: FF OS, A | 78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקליות, 25 מליחות, 25 כלורופיל, 40 FACS | כימיה ופיזיקה של עמודות המים | 8 | טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק |
| 19-23 ינואר אנליזת דוגמאות | אנליזת דוגמאות | עיבוד נתונים ואנליזת דוגמאות | 5 | ענבל מוריאל, טניה, ניצן, יוני, מרק |
| 26-27 ינואר דיגום ראשונית | 24 דוגמאות | מדידת כמות היצרנות הראשונית | 3 | מרק, ענבל, יוני |
| 29 ינואר דיגום זואופלנקטון | 6 דוגמאות מ 3 גרירות | הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ | 2 | ענבל, מרק, יוני |
| 30 ינואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות במכון | 6 לוחיות | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 1 | ענבל מוריאל |
| פברואר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי | דוגמא אחת כל יום. | מדידת כמות הכלורופיל בשונית. | 0.3 | ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני, מרק |
| 1-5 פברואר אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים + כתיבת דוח שנתי | אנליזת דוגמאות מההפלגה | אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים | 3 ימים | טניה, מוריאל, ענבל, יוני, ניצן, מרק |
| 6 פברואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות בשמורה הסגורה | 18 לוחיות. | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 1 | צלילה : ענבל, יוני, שנירקול: מרק, מוריאל עבודה במעבדה : ענבל |
| 9-13 פברואר אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים + כתיבת דוח שנתי | אנליזת דוגמאות מההפלגה | אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים | 3 ימים | טניה, מוריאל, ענבל, יוני, ניצן, מרק |
| 10-11 פברואר דיגום יצרנות ראשונית | 24 דוגמאות | מדידת כמות היצרנות הראשונית | 3 | מרק, ענבל, יוני |

| | | | | |
|---|--|---|--------|--|
| 18 פברואר דיגום חופי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף | 24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16, אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל 8 FACS | השוואה בין התחנות השוונות | 6 | טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק |
| 19 פברואר הפלגה לתחנות: A, OS, FF | 78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, מליחות 25 כלורופיל, FACS 40 | כימיה ופיזיקה של עמודת המים | 10 | טניה, ענבל, מוריאל, מרק |
| 25 פברואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות במכון | 6 לוחיות | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 1 | ענבל מוריאל |
| 26 פברואר דיגום זואופלנקטון | 6 דוגמאות מ 3 גרירות | הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ | 2 | ענבל, מרק, יוני |
| מרץ דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי | דוגמא אחת כל יום. | מדידת כמות הכלורופיל בשונית. | 0.3 | ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק |
| מרץ 2-5 אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים + כתיבת דוח שנתי | אנליזת דוגמאות מההפלגה | אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים | 3 ימים | טניה, מוריאל, ענבל יוני, ניצן, מרק |
| 10-11 מרץ דיגום יצרנות ראשונית | 24 דוגמאות | מדידת כמות היצרנות הראשונית | 3 | מרק, ענבל, יוני |
| 12 מרץ צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות בשמורה הסגורה | 18 לוחיות. | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 1 | צלילה: ענבל, יוני שנירקול: מוריאל מרק עבודה במעבדה: ענבל |
| 13 מרץ בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות | קריאת 18 דוגמאות בפלווארומטר, הכנסת הנתונים למחשב | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 0.5 | ענבל |
| 17 מרץ דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף | 24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16, 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS | השוואה בין התחנות השוונות | 3 | טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק |
| 18 מרץ הפלגה לתחנות: A, OS, FF, | 78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, מליחות 25 כלורופיל, FACS 39 | כימיה ופיזיקה של עמודת המים | 10 | טניה, ענבל, מוריאל, מרק |
| 19-28 מרץ אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים | אנליזת דוגמאות מההפלגה | אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים | 10 | טניה, מוריאל, ענבל יוני, ניצן, מרק |
| 29 מרץ דיגום זואופלנקטון | 6 דוגמאות מ 3 גרירות | הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ | 2 | ענבל, מרק, יוני |
| 27 מרץ צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות מול המעבדה | שש לוחיות. | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 1 | צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל |
| 31 מרץ דיגום זואופלנקטון | 6 דוגמאות מ 3 גרירות | הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ | 2 | ענבל, מרק, יוני |
| אפריל דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי | דוגמא אחת כל יום. | מדידת כמות הכלורופיל בשונית. | 0.3 | ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן |

| | | | | |
|--|---|---|--------|--|
| 3 אפריל צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות בשמורה הסגורה | 18 לוחיות. | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 1 | צלילה : ענבל, יוני שנירקול: מוריאל, מרק עבודה במעבדה: ענבל |
| 4 אפריל בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות | קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 0.5 | ענבל |
| 7 אפריל דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף | 24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS , אמוניה | השוואה בין התחנות השוונות | 3 | טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק |
| 8 אפריל הפלגה לתחנות: A, FF OS | 78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, אמוניה 39 FACS | כימיה ופיזיקה של עמודת המים | 6 | טניה, ענבל, מוריאל, מרק |
| 22-23 אפריל דיגום יצרנות ראשונית | 24 דוגמאות | מדידת כמות היצרנות הראשונית | 3 | מרק, ענבל, יוני |
| 27 אפריל צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות | שש לוחיות. | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 1 | צלילה : ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל |
| 29 אפריל דיגום זואופלנקטון | 6 דוגמאות מ 3 גרירות | הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ | 2 | ענבל, מרק, יוני |
| מאי דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי | דוגמא אחת כל יום. | מדידת כמות הכלורופיל בשונית. | 0.3 | ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק |
| 1, 4, 7 מאי אנליזות | אנליזות של דוגמאות | | 3 ימים | טניה, מוריאל ענבל יוני, מרק |
| 8 מאי צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות באתר השמורה הסגורה | הוצאת 18 לוחיות. מאתר השמורה הפתוחה וקריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 1 | ענבל, טניה, מוריאל, יוני, מרק |
| 9 מאי קריאת כלורופיל | קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 0.5 | ענבל |
| 12 מאי דיגום חופי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף | 24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS | השוואה בין התחנות השוונות | 6 | טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק |
| 13 מאי הפלגה לתחנות: A, FF OS ותחנה B הפלגה משותפת עם הירדנים | 78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39 | כימיה ופיזיקה של עמודת המים | 6 | טניה, ענבל, מוריאל, מרק |
| 14-29 מאי אנליזות | 78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, אמוניה 39 FACS אנליזות דוגמאות והזנה במחשב אנליזות של דוגמאות | אנליזת דוגמאות כימיה וביולוגיה | ימים | טניה, מוריאל ענבל יוני, מרק |

| | | | | |
|--|--|---|--|---|
| מרק, ענבל, יוני | 3 | מדידת כמות היצרנות הראשונית | 24 דוגמאות | 19-20 מאי דיגום יצרנות ראשונית |
| מרק, ניצן, טניה, ענבל | 1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב | סקר חברת השונית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | 25 מאי צלילות חתכים בשונית באתר המעבדה הימית |
| ניצן, טניה, ענבל | 1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב | סקר חברת השונית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | 26 מאי צלילות חתכים בשונית באתר המעבדה הימית |
| צלילה יוני ומרק | 1 | מדידה רציפה של הזרם בים באמצעות מכשר ADCP | הצבת ADCP באתר המעבדה הימית | 26 מאי הצבת מכשיר מדידת זרמים |
| ענבל, מרק, יוני | 2 | הערכת ביומאסה הזואופלנקטון במפרץ | 6 דוגמאות מ 3 גרירות | 27 מאי דיגום זואופלנקטון |
| מרק, ניצן, טניה, ענבל | 1 יום עבודה צלילה והכנסת הנתונים במחשב | סקר חברת השונית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | 28 מאי צלילות חתכים בשונית באתר המעבדה הימית |
| צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל | 1 | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונית | שש לוחיות. | 29 מאי צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתונות |
| ענבל | 0.5 | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונית | קריאת שש דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב | 30 מאי בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות |
| ענבל, טניה, מוריאל, יוני, מרק | 0.3 | מדידת כמות הכלורופיל בשונית. | דוגמא אחת כל יום. | יוני דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממוזח המצפה התת-ימי |
| מרק, ניצן, טניה, ענבל | 1 יום עבודה צלילה והכנסת הנתונים במחשב | סקר חברת השונית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | 1 יוני צלילות חתכים בשונית באתר המעבדה הימית |
| מרק, ניצן, טניה, ענבל | 1 יום עבודה צלילה והכנסת הנתונים במחשב | סקר חברת השונית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | 2 יוני צלילות חתכים בשונית באתר המעבדה הימית |
| מרק, ניצן, טניה, ענבל | 1 יום עבודה צלילה והכנסת הנתונים במחשב | סקר חברת השונית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | 8 יוני צלילות חתכים בשונית באתר המעבדה הימית |
| ענבל, טניה, מוריאל, יוני, מרק | 1 | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונית | הוצאת 18 לוחיות. מאתר השמורה הפתוחה וקריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב | 9 יוני צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתונות באתר השמורה הסגורה |
| מרק, ניצן, טניה, ענבל | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | סקר חברת השונית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | 10 יוני צלילות חתכים בשונית באתר המעבדה הימית |
| ענבל | 0.5 | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונית | קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב | 10 יוני קריאת כלורופיל |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 15 יוני צלילות חתכים בשונית באתר המעבדה הימית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 16 יוני דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף | 24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8 | השוואה בין התחנות השוונות | 3 | טניה, ענבל, מוריאל, יוני |
| 17 יוני הפלגה לתחנות: FF OS, A | 78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39 | כימיה ופיזיקה של עמודת המים | 6 | טניה, ענבל, מוריאל, מרק |
| 18-30 יוני אנליזות | 78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, אמוניה FACS 39 אנליזות דוגמאות והזנה במחשב אנליזות של דוגמאות | אנליזת דוגמאות כימיה וביולוגיה | ימים | טניה, מוריאל ענבל יוני, מרק |
| 19 יוני צלילות חתכים בשונית באתר המעבדה הימית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 22 יוני צלילות חתכים בשונית באתר המעבדה הימית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 23-24 יוני דיגום יצרנות ראשונית | 24 דוגמאות | מדידת כמות היצרנות הראשונית | 3 | מרק, ענבל, יוני |
| 23 יוני צלילות חתכים בשונית באתר המעבדה הימית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 24 יוני צלילות חתכים בשונית באתר המעבדה הימית | סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 25 יוני צלילות חתכים בשונית באתר השמורה הסגורה | סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 26 יוני דיגום זואופלנקטון | 6 דוגמאות מ 3 גרירות | הערכת ביומאסה הזואופלנקטון במפרץ | 2 | ענבל, מרק, יוני |
| 29 יוני צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות | שש לוחיות. | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 1 | צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל |
| 30 יוני צלילות חתכים בשונית בקצאא | סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| יולי דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי | דוגמא אחת כל יום. | מדידת כמות הכלורופיל בשונית. | 0.3 | ענבל, טניה, מוריאל, יוני, מרק |

| | | | | |
|---|--|---|---|--|
| 1 יולי צלילות חתכים בשונית בקצאא | סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 2 יולי צלילות חתכים בשונית בקצאא | סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 3 יולי צלילות חתכים בשונית בקצאא | סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 6 יולי צלילות חתכים בשונית בשמורה הסגורה | סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 7 יולי צלילות חתכים בשונית בשמורה הסגורה | סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 8 יולי צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך | הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 3 | יוני, ענבל, טניה, מוריאל |
| 9 יולי צלילות חתכים בשונית בקצאא | סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 10 יולי צלילות חתכים בשונית בשמורה הסגורה | סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 13 יולי צלילות חתכים בשונית בשמורה הסגורה | סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 14 יולי צלילות חתכים בשונית בקצאא | סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | סקר חברת השונית | 1 יום צלילה והכנסת הנתונים במחשב | מרק, ניצן, טניה, ענבל |
| 15 יולי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף | 24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS | השוואה בין התחנות השוניות | 5 | טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק |
| 16 יולי הפלגה לתחנות : FF OS , A | 78 נוטריינטים , 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 39 FACS | כימיה ופיזיקה של עמודת המים | 10 שעות | טניה, ענבל, מוריאל, מרק |
| 17 יולי צלילות חתכים בשונית בשמורה הסגורה | סקר חברת האלמוגים | סקר חברת האלמוגים באתר הלגונה הסגורה | 1 | מרק , ענבל יוני, מוריאל, טניה, ני צן |
| 21 יולי צלילות חתכים בשונית בשמורה הסגורה | סקר חברת האלמוגים | סקר חברת האלמוגים באתר הלגונה הסגורה | 1 | מרק , ענבל יוני, מוריאל, טניה, ני צן |
| 22 יולי צלילות חתכים בשונית בשמורה הסגורה | סקר חברת האלמוגים | סקר חברת האלמוגים באתר הלגונה הסגורה | 1 | מרק , ענבל יוני, מוריאל, טניה, ני צן |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| מרק, ענבל, יוני | 3 | מדידת כמות היצרנות הראשונית | 24 דוגמאות | 21-22 יולי דיגום יצרנות ראשונית |
| מרק, ניצן | 1 יום עבודה צלילה וכנסת הנתונים במחשב | סקר חברת השונית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב. | 23 יולי צלילות חתכים בשונית בקצאא |
| ענבל, ניצן, טניה, מרק | 1 יום עבודה צלילה והכנסת הנתונים במחשב | סקר חברת השונית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-בשמורה וקצאא והכנסת הנתונים למחשב. | 24 יולי צלילות חתכים בשונית שמורה הסגורה |
| ענבל, ניצן, טניה, מרק | 3 ימים | קורס להגנת הסביבה | קורס להגנת הסביבה | 28-30 יולי קורס להגנת הסביבה |
| ענבל, מוריאל עבודה במעבדה : ענבל | 1 | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונית | שש לוחיות. | 30 יולי צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתונות |
| ענבל, מרק, יוני | 2 | הערכת ביומאסה הזואופלנקטון במפרץ | 6 דוגמאות מ 3 גרירות | 31 יולי דיגום זואופלנקטון |
| ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני, מרק | 0.3 | מדידת כמות הכלורופיל בשונית. | דוגמא אחת כל יום. | אוגוסט דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי |
| ענבל, ניצן | 1 | מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית | צילום 5 נקודות קבועות בטאבה | 3 אוגוסט צילום ריבועים קבועים בטאבה |
| מרק, טניה, ענבל | 1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב | סקר חברת השונית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-בחוף המעבדה הימית והכנסת הנתונים למחשב. | 5 אוגוסט צלילות חתכים בשונית בשמורה הסגורה |
| יוני, ענבל, טניה, מוריאל | 3 | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונית | הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה | 6 אוגוסט צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתונות + חתך |
| ניצן, ענבל, טניה | 1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב | סקר חברת השונית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב שמורה הסגורה והכנסת הנתונים למחשב. | 7 אוגוסט צלילות חתכים בשונית בקצאא |
| ניצן, ענבל | 1 | מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית | צילום 5 נקודות קבועות בטאבה | 10 אוגוסט צילום ריבועים קבועים בקצאא |
| טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק | 5 | השוואה בין התחנות השונות | 24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8 | 11 אוגוסט דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף |
| מוריאל, ענבל, מרק | 12 שעות | כימיה ופיזיקה של עמודות המים | 78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39, אמוניה | 12 אוגוסט הפלגה לתחנות: OS, A, FF |
| ניצן, ענבל, טניה, מרק | 1 | מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית | צילום 5 נקודות קבועות בטאבה | 13 אוגוסט צילום ריבועים קבועים במעבדה |
| מרק, טניה, ענבל, ניצן | 1 יום עבודה הכנסת הנתונים במחשב | סקר חברת השונית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשולחן השונית | 14 אוגוסט סקר השולחן בשמורה הסגורה |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| ענבל, מרק, מוריאל, ני צן יוני | 1 יום | סקר דגים בשמורה הסגורה | צלילה לספירת דגים | 17 אוגוסט סקר דגים בשמורה הסגורה |
| ענבל, מרק, מוריאל, ני צן יוני | 1 יום | סקר דגים בשמורה הסגורה | צלילה לספירת דגים | 18 אוגוסט סקר דגים בשמורה הסגורה |
| מרק, ענבל, יוני | 3 | מדידת כמות היצרנות הראשונית | 24 דוגמאות | 17-18 אוגוסט דיגום יצרנות ראשונית |
| ענבל, מרק, מוריאל, ני צן יוני | 1 יום | סקר דגים בשמורה הסגורה | צלילה לספירת דגים | 20 אוגוסט סקר דגים בשמורה הסגורה |
| ניצן, ענבל, טניה, מרק | 1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב | סקר חברת השונית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב מעבדה הימית והכנסת הנתונים למחשב. | 26 אוגוסט צלילות חתכים בשונית המעבדה הימית |
| מרק, טניה, ענבל, ניצן | 1 יום עבודה הכנסת הנתונים במחשב | סקר חברת השונית | ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשולחן השונית | 27 אוגוסט סקר השולחן בשמורה הסגורה |
| ענבל, מוריאל : צלילה : ענבל, עבודה במעבדה : ענבל | 1 | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונית | שש לוחיות. | 28 אוגוסט צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתונות |
| ענבל, מרק, יוני | 2 | הערכת ביומסה הזואופלקטון במפרץ | 6 דוגמאות מ 3 גרירות | 31 אוגוסט דיגום זואופלקטון |
| ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני | 0.3 | מדידת כמות הכלורופיל בשונית. | דוגמא אחת כל יום. | ספטמבר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממוח המצפה התת-ימי |
| ענבל, מרק, מוריאל, יוני, ניצן, טניה | 3 שעות | סקר חסרי חוליות | צלילת לילה לספירת חסרי חוליות | 2 ספטמבר סקר חסרי חוליות צלילת לילה |
| ניצן, ענבל, טניה, מרק | 1 | מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית | צילום 5 נקודות קבועות בטאבה | 3 ספטמבר צילום ריבועים קבועים במעבדה |
| יוני, ענבל | 1 | טיפול שותף במד הזרם | צלילה לטיפול שותף במכשיר מד הזרם | 4 ספטמבר צלילה לטיפול במד זרם |
| ענבל, מרק, מוריאל, ניצן, יוני, טניה | 3 שעות | סקר חסרי חוליות | צלילת לילה לספירת חסרי חוליות | 7 ספטמבר סקר חסרי חוליות צלילת לילה |
| ענבל, טניה, מוריאל מרק | 3 | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונית | הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה | 8 ספטמבר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתונות + חתך |
| ענבל, מרק, מוריאל, ניצן, יוני, טניה | 3 שעות | סקר חסרי חוליות | צלילת לילה לספירת חסרי חוליות | 8 ספטמבר סקר חסרי חוליות צלילת לילה |
| טניה, ענבל, מוריאל, מרק | 5 | השוואה בין התחנות השונות | 24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8 | 15 ספטמבר דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף |
| טניה, ענבל, מרק | 12 שעות | כימיה ופיזיקה של עמודת המים | 78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39, אמוניה | 16 ספטמבר הפלגה לתחנות: FF OS, A |
| מרק, ענבל, יוני | 3 | מדידת כמות היצרנות הראשונית | 24 דוגמאות | 21-22 ספטמבר דיגום יצרנות ראשונית |

| | | | | |
|--|---------|--|--|---|
| צלילה : ענבל, מוריאל עבודה במעבדה : ענבל | 1 | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | שש לוחיות. | 29 ספטמבר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות |
| ענבל, מרק, יוני | 2 | הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ | 6 דוגמאות מ 3 גרירות | 30 ספטמבר דיגום זואופלנקטון |
| ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני, מרק | 0.3 | מדידת כמות הכלורופיל בשונית. | דוגמא אחת כל יום. | אוקטובר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי |
| ענבל, מרק, מוריאל, יוני, ניצן, טניה | 3 שעות | סקר חסרי חוליות | צלילת לילה לספירת חסרי חוליות | 5 אוקטובר סקר חסרי חוליות צלילת לילה |
| ענבל, מוריאל, יוני טניה | 3 | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | הוצאת 18 לוחיות הסגורה התיישבות בשמורה | 6 אוקטובר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך |
| טניה, ענבל, מוריאל, מרק, יוני | 5 | השוואה בין התחנות השונות | 24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8 | 20 אוקטובר דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף |
| ענבל, מוריאל, מרק | 10 שעות | כימיה ופיזיקה של עמודת המים | 78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39 | 21 אוקטובר הפלגה לתחנות: FF OS, A |
| מרק, ענבל, יוני | 3 | מדידת כמות היצרנות הראשונית | 24 דוגמאות | 26-27 אוקטובר דיגום יצרנות ראשונית |
| ענבל, ניצן, טניה | 3 שעות | סקר חסרי חוליות | שנירקול לילה לספירת חסרי חוליות | 28 אוקטובר סקר חסרי חוליות בלגונה הסגורה |
| ענבל, מוריאל : עבודה במעבדה : ענבל | 1 | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | שש לוחיות. | 29 אוקטובר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות |
| ענבל, מוריאל, ניצן, יוני, מרק | 0.3 | מדידת כמות הכלורופיל בשונית. | דוגמא אחת כל יום. | נובמבר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי |
| מוריאל, אירנה | 3 שעות | סקר חסרי חוליות | שנירקול לילה לספירת חסרי חוליות | 2 נובמבר סקר חסרי חוליות בלגונה הסגורה |
| ענבל, מרק, יוני | 2 | הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ | 6 דוגמאות מ 3 גרירות | 3 נובמבר דיגום זואופלנקטון |

| | | | | |
|---|---|---|---------|--|
| 11 נובמבר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך | הוצאת 18 לוחיות התיישבות הסגורה בשמורה | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 3 | ענבל, טניה, מוריאל מרק |
| 16 נובמבר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף | 24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8 | השוואה בין התחנות השוונות | 5 | טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק |
| 19 נובמבר הפלגה לתחנות: OS, A, FF | 78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39, אמוניה | כימיה ופיזיקה של עמודת המים | 12 שעות | מוריאל, ענבל, מרק |
| 23-24 אוקטובר דיגום יצרנות ראשונית | 24 דוגמאות | מדידת קצב היצרנות הראשונית | 3 | מרק, ענבל, יוני |
| 26 נובמבר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות | שש לוחיות. | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 1 | ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל |
| 30 נובמבר דיגום זואופלנקטון | 6 דוגמאות מ 3 גרירות | הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ | 2 | ענבל, מרק, יוני |
| דצמבר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי | דוגמא אחת כל יום. | מדידת כמות הכלורופיל בשונית. | 0.3 | ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני, מרק |
| 8 דצמבר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך | הוצאת 18 לוחיות התיישבות הסגורה בשמורה | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | 3 | ענבל, טניה, מוריאל מרק |
| 14 דצמבר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף | 24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8 | השוואה בין התחנות השוונות | 5 | טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק |
| 15 דצמבר הפלגה לתחנות: OS, A, FF | 78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39, אמוניה | כימיה ופיזיקה של עמודת המים | 12 שעות | מוריאל, ענבל, מרק |
| 16-18 דצמבר עיבוד נתונים | עיבוד נתונים | עיבוד נתונים | 3 ימים | יוני, ניצן, טניה, מוריאל, ענבל, מרק |

| | | | | |
|--|---|--|----------------------|--|
| מרק, ענבל, יוני | 3 | מדידת כמות היצרנות הראשונית | 24 דוגמאות | 21-22 דצמבר דיגום יצרנות ראשונית |
| ענבל, צלילה: מוריאל עבודה במעבדה: ענבל | 1 | מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית | שש לוחיות. | 29 דצמבר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות |
| ענבל, מרק, יוני | 2 | הערכת ביומסה הזואופלקטון במפרץ | 6 דוגמאות מ 3 גרירות | 30 דצמבר דיגום זואופלקטון |