



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



מרץ 2014

אדר תשע"ד

התוכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת

דו"ח מדעי לשנת 2013



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
פרופ' ברק חירות, חקר ימים ואגמים לישראל
פרופ' בועז לזר, האוניברסיטה העברית
מר רני עמיר, רא"ג ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה
ד"ר מעוז פיין, המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת ואוניברסיטת בר אילן
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' א. דיאמנט, מלח"י (מחלות וטפילים בדגים)
ד"ר י. שקד, האוניברסיטה העברית (אבק מרחף, פיטופלנקטון)

עזרה במכון הבינאוניברסיטאי:

עודד בן שפרוט
יגאל ברנשטיין
גנדי זלצמן
תימור כץ
אסף ריבלין

תוכן העניינים

4	א. מבוא	
4	א.1. מטרת הניטור במפרץ אילת	
4	א.2. הקדמה	
6	א.3. תקציר התוצאות והמסקנות	
10	א.4. המלצות	
11	א.5. תקציר באנגלית, <i>English Abstract</i>	
16	ב. שונית האלמוגים	
16	ב.1. סקר חברת השונית	
35	שולחן השונית	
39	דיון ומסקנות	
43	ב.2. צילום אתרים קבועים	
52	ב.3. חברת האלמוגים בלגונת שמורת האלמוגים	
56	ב.4. סקר חסרי חוליות	
60	ב.5. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית	
65	ב.6. סקר דגי השונית	
68	ג. ניטור הסביבה החופית	
68	ג.1. מי הים בקרבת החוף	
70	מדדים כימיים	
78	דיון	
79	ג.2. טפילים ומחלות בדגים לאורך חופי אילת	
84	ג.3. שינויים במאספי פורמיניפרים בנתונים בצפון המפרץ לאחר פינוי כלובי הדגים	
90	ד. עמודת המים בים העמוק	
92	ד.1. מדדים פסיקליים: טמפרטורה ומליחות	
97	ד.2. מדדים כימיים	
117	ד.3. מדדים ביולוגיים	
120	יצרנות ראשונית	
123	פיטופלנקטון וחיידקים בעמודת המים	
126	זואופלנקטון	
128	דיון	
129	ה. מדידות סביבתיות בתדירות גבוהה	
129	ה.1. כלורופיל	
130	ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג	
132	ה.3. משתנים מטאורולוגיים	
139	ה.4. זרמים	
140	ה.5. אבק מרחף	
142	ו. ביבליוגרפיה	
143	ז. נספחים	
143	ז.1. מפות אתרי הניטור	
145	ז.2. רשימות סוגי האלמוגים	
147	ז.3. אירועי זיהום בדלק	
149	ז.4. טבלת פעילות צוות הניטור בשנת 2013	

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 ותאמוד 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 2013. הדו"ח מחולק לפרקים התואמים סביבות ושיטות עבודה שונות, סיכום פעילויות הניטור ותדירותן מופיע בטבלה א.1. 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). זו השנה העשירית בה פועלת תכנית הניטור במתכונת אחידה וכך ניתן לבחון מגמות על פני עשר שנים בהן נאספו הנתונים בשיטות אחידות, ולהשוות תוצאות מדידות שנעשו באותו אופן על ידי אותו צוות. הדבר מקנה עצמה אנליטית משמעותית לניתוח התוצאות ההשוואתיות. על אף שעדיין לא מיצתה התכנית את טווח הערכים האפשרי במערכת, 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. 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 ניידיים 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, כפי שמשקף במגוון המדדים המנוטרים, הראה שיפור נוסף השנה, המחזק את המגמה העולה מעשר שנות הנתונים אשר נאספו במסגרת תכנית הניטור הלאומית. להלן מספר דגשים העולים מן הנתונים:
 - (א) כיסוי האלמוגים בשוניות אילת עלה באופן מובהק מאז תחילת הניטור (2004) ובפרט ניתן לציין שתי שנים בהן היה השינוי גדול במיוחד, שנת 2007 והשנה הנוכחית 2013. הדבר נכון גם לגבי כיסוי האלמוגים המנורמל לכמות המצע הקשה בכל אתר.
 - (ב) באתרי IUI הרדודים, בהם נמדד במשך השנים ניצול המצע על ידי אלמוגים הנמוך ביותר מסתמנת לאורך תקופת הניטור מגמה של עלייה. שלושת אתרי השמורה (NR) הם עדיין האתרים בעלי הכיסוי המנורמל הגבוה ביותר.
 - (ג) ישנה התאמה סבירה בין כיסוי האלמוגים ובין צפיפות המושבות באתרי הניטור. ההתאמה משתפרת מאד כאשר אתר השמורה הרדוד אינו נכלל באנליזה; אתר זה מאופיין באלמוגים גדולים וכך בכיסוי גבוה וצפיפות מושבות נמוכה. בשאר האתרים ההתאמה השתפרה עם השנים, עדות עקיפה לגדילה מוצלחת של מושבות אלמוגים.
 - (ד) במשך שנות הניטור נמצאה ירידה בחלקן של המושבות ה"קטנות" באתרי הניטור ועלייה בחלקן של המושבות הבינוניות מתוך ארבע קבוצות הגודל. נראה כי הירידה בחלקן היחסי של המושבות הקטנות נובע במידה רבה מירידה בכמות המושבות הקטנות וישנה ירידה בגיוס מושבות קטנות חדשות במקומן. יחד עם זאת, כמות המושבות הקטנות המגוייסות לשונית אינו גורם מגביל לאחוז הכיסוי בה. לא ניתן לומר האם צפויה התפתחות מגבלה שכזו בעתיד או אולי הירידה בגיוס נובעת מעלייה בכיסוי הקיים ומיצגת מצב חיובי.
 - (ה) מגוון המינים על פי מדד Shanon-Wiener כמו גם הרכב חברת האלמוגים, ותוחלת המגוון באתרי הניטור אינם שונים משמעותית משנה לשנה, עדות להרכב חברה יציב.
 - (ו) שני אתרים (5-NR ו-15-IUI) נסקרו השנה באופן אינטנסיבי על מנת לנסות למצות את עושר המינים באתרים אלה. מאמץ הדיגום באתרים שולש, ואכן נמצא השנה באתרים אלה מספר מינים גדול יותר בכ-20% בהשוואה לשנה הקודמת. יחד עם זאת, כל המינים שנמצאו היו מיוצגים באתרים בשנים קודמות, ובסך הכל לא גדל מספר המינים באתרי אילת בהשוואה לשנה הקודמת.
 - (ז) לאתר שולחן השונית התייחסות נפרדת מאשר לשאר אתרי הניטור, הממוקמים בקדמת השונית, עקב אופיו השונה והמיוחד. גם באתר זה נצפתה השנה עלייה גדולה בכיסוי האלמוגים ובצפיפות המושבות, כפי שעלה מהסקרים באתרי קדמת השונית.
 - (ח) באתרים המצולמים נסקרו השנה 2,405 מושבות אלמוגים שמתוכם 2,002 הן מושבות אלמוגי אבן. צפיפות מושבות אלמוגי האבן בכלל האתרים המצולמים יציבה במשך עשר שנות הניטור, בדומה לצפיפות המושבות הנסקרות בשיטת חתכי הקו. הרכב חברת השונית כפי שמתועדת באתרים המצולמים אף הוא יציב בתקופה זו.
 - (ט) שטחם של אלמוגי האבן אף הוא עלה באתרים המצולמים בדומה לנתונים העולים מסקר קדמת השונית בשיטת חתכי הקו. שטח האלמוגים המצולם עלה בשנים 2004-2009, ירידה נרשמה בשנים 2010-2012, ועלייה נוספת נרשמה השנה. בסך הכל שטח אלמוגי האבן באתרים המצולמים כמעט כפול השנה מזה שנמדד בשנת 2004.
 - (י) האלמוג *Acropora* שהיה הדומיננטי בשנים הראשונות שב השנה להיות האלמוג בעל השטח הגדול ביותר באתרים המצולמים.
 - (יא) 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. השנה נמצאה עלייה קלה בצפיפות מושבות האלמוגים בלגונה בהשוואה לשנה הקודמת.

- יב) יתכן כי הירידה הניכרת בצפיפות האלמוגים בלגונה נגרמה עקב סערות דרומיות חזקות שפגעו בשנים 2010-2011 בכל האזורים הרדודים מכ-4 מטרים. השנה היו הסערות מועטות וחלשות וצפיפות האלמוג *Stylophora pistillata* עלתה מעט. אוכלוסיית האלמוג *Stylophora* ידעה תנודות רבות במשך השנים (הקודמות לשנות פעילותה של תכנית הניטור) והתאוששה כעבור זמן. משך הזמן בו פועלת תכנית הניטור (10 שנים) עדיין אינו מספיק על מנת לעמוד על תנודות אלו או על זמן המחזור האופייני להן.
2. קבוצת הרועים החשובה ביותר בשונית מבין חסרי החוליות היא קיפודי הים, ומתוכה המין הנפוץ ביותר הוא *Diadema setosum*. הלגונה היא האתר היחיד בו נמצאו (במשולב) יותר פרטים של קיפודי ים מסוגים אחרים.
 3. השנה נצפתה ירידה בצפיפות קיפודי הים, לאחר שבשנה הקודמת היתה עלייה חדה. השינויים בצפיפות קיפודי הים משקפים, כנראה, מחזורים טבעיים בגודל האוכלוסייה, או השפעות סביבתיות מחזוריות.
 4. צפיפות חבצלות הים גדולה משמעותית משהייתה בשנות הניטור הראשונות.
 5. ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחיות התיישבות, ובעיקר לוחיות מוגנות מפני רעייה, מצויים בהתאמה לעומק הערבוב. השנה היו הריכוזים נמוכים בהשוואה לריכוזי השנה הקודמת, בה היה הערבוב עמוק.
 6. קבוצת הדגים הזואופלנקטיבורים – הניזונים מזואופלנקטון בגוף המים – היא הגדולה ביותר מבין הדגים שוכני השונית, והיוותה כ- 60% מכלל הדגים שנסקרו השנה. אלו דגים קטנים יחסית הנעים בלהקות בהן מספר גדול של פריטים ועל כן ישנה שונות גבוהה במספרם הנסקר בין השנים. דגים אלה מהווים חוליה חיונית במארג המזון ברכוז חמרי מזון מהרמות הנמוכות בגוף המים.
 7. קבוצת דגי השונית השניה בגודלה השנה (כ- 20%) היא הדגים הטורפים (קרניבורים), דגים המווסתים את אוכלוסיית השונית – בעיקר חסרי חוליות, וקבוצת הרועים (הרכיבורים) המהווה כ- 5%. 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.

הסביבה החופית

8. 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 וטמפרטורת המינימום בחורף נותרה גבוהה. עקב כך ערבוב עמודת המים היה רדוד ולא נמדדו ריכוזים גבוהים של נוטריינטים או פריחות פיטופלנקטון חזקות לאורך חופי אילת.
9. גם השנה, בדומה לשנה הקודמת, נמדדו מספר אירועים של ערכים חריגים בריכוזי הנוטריינטים, אשר בלטו על רקע הריכוזים הכלליים הנמוכים. בפרט נמדדו ריכוזי נוטריינטים חריגים בחודשים פברואר ואפריל בתחנות חיל הים/מרידיאן, ובחודשים אפריל ויוני בתחנת החוף הצפוני.
10. שכיחות הדבקה של דגי בר (סיכן משויש, *Siganus rivulatus*) בטפילי מעיים בעלי מחזור חיים הטרוקסני בדרך כלל גבוהה יותר בשנים האחרונות מאשר בשנתיים שקדמו להן. שכיחות גבוהה ושיפעה גבוהה של טפילים אלה מעידות על חוסנם של בתי הגידול הדרושים להשלמת מחזור חייהם. השנה לא זוהו חיידקי מיקובקטריום (*Micobacterium marinum*) בבדיקה היסטולוגית של טחולי הדגים. בסך הכל, ניכרת ירידה בשכיחות חיידק זה באזור הנבדק (החוף הדרומי, סמוך למכון הבינאוניברסיטאי), שהיה בעבר אזור שבו דגי הסיכן (ומיני דגים נוספים) הציגו שכיחויות ועוצמות הדבקה גבוהות בפתוגן זה.
11. בשנים האחרונות תומכת תכנית הניטור במעקב אחר שינויים בקרקעית הים באזור בו היו כלובי הדגים, מאז הוצאתם. המעקב נעשה על ידי הדוקטורנטית שי אורון ואחרים, ותחילתו כעבודת מחקרה לתואר שני. בחורף 2012-2013 היו מספר שיטפונות חזקים אשר הכניסו סדימנט רב לאזור החוף הצפוני בו מבוצע המעקב. לאחר השיטפונות לא נמצאו על פני הקרקע עשבי ים או

פורמיניפרים חיים וליבות סדימנט שנלקחו מנקודות שונות באזור כחודשיים לאחר השיטפון האחרון נמצאה שכבת פורמיניפרים מתים קבורים תחת מעטה של סדימנט דק בעובי סנטימטרים ספורים.

12. בחודש במאי 2013 תועדו עשבי ים מבצבצים מתוך הסדימנט הדק סמוך לגבול ישראל ירדן ונראו סימנים להתאוששות אוכלוסיית הפורמיניפרים בסדימנט עצמו, אך עלי עשב הים היו נקיים מפורמיניפרים. ביולי 2013, חמישה חודשים לאחר השיטפונות, מספר הפרטים החיים לגרם סדימנט ומגוון המינים היו נמוכים יותר מאשר ב 2012, וגודל הפרטים היה קטן. אין ספק שהאוכלוסייה הבנתונית במקום נפגעה בעקבות השיטפונות, אך השיקום לאחר ההפרעה הטבעית של השיטפונות מהיר בהרבה מהשיקום שלאחר הוצאת כלובי הדגים.

עמודת המים בים העמוק

13. 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, וזאת לאחר הערבוב העמוק של השנה הקודמת. יתכן שאנו נמצאים בתחילתו של מחזור רב-שנתי חדש.
14. 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. בשנה הקודמת, 2012, שוב תועדה ירידה בריכוזי ומאגרי הנוטריינטים בעמודת המים בחודשי החורף ועליה בחמצן המומס. השנה היה ערבוב המים רדוד, כצפוי מהטמפרטורות הגבוהות של סוף השנה הקודמת, וריכוזי הנוטריינטים במי העומק עלו במשך השנה.
15. על אף הערבוב הרדוד, נמדדו ערכים גבוהים מן הצפוי של כלורופיל, יצרנות ראשונית וריכוזי זואופלנקטון, במים הפתוחים.
16. טמפרטורת מי העומק ירדה בשנים 2007-2008 כתוצאה מהערבוב העמוק בשנים אלה, ובשנים האחרונות נמדדה עלייה קלה בטמפרטורות המים העמוקים. על אף הערבוב העמוק בשנה הקודמת לא ניכרת ירידה בטמפרטורת המים העמוקים מ-500 מטרים, והשנה נמשכה המגמה של עליית טמפרטורה במים העמוקים.
17. על אף שריכוזי הנוטריינטים במים החלו לעלות הם עדיין נמוכים מהערכים אשר נמדדו לפני הערבוב של השנה הקודמת. מאגרי הנוטריינטים נותרו במשך רוב השנה מעט נמוכים בהשוואה לשנים 2009-2011, אם כי לא במידה ניכרת.
18. הדינמיקה העונתית של פיטופלנקטון בעמודת המים מראה שבחדשי החורף ריכוז תאי ה-*Prochlorococcus* הוא הגדול ביותר ובחדשי הקיץ והסתיו ריכוזי תאי ה-*Prochlorococcus* הוא הגדול ביותר. ישנם יותר תאים של פיטופלנקטון אאוקריוטי בחדשי החורף וכמותם בקיץ יורדת לאחוזים בודדים מכלל התאים. יחד עם זאת מבחינת ביומסה האאוקריוטים דומיננטים במשך מרבית השנה, מלבד בחדשי הקיץ בהם *Prochlorococcus* מהווים כ-50% מכלל הביומסה של פיטופלנקטון בעמודת המים.

מדידות רציפות

19. השנה נמדדו ערכי כלורופיל מרביים בפני הים מוקדם, בחודש פברואר, והריכוזים המרביים היו נמוכים מאלה של השנה הקודמת, כצפוי מהערבוב הרדוד השנה. יחד עם זאת היה הריכוז המרבי גבוה בהשוואה לרוב שנות הניטור, אך משך הזמן בו נמדדו ריכוזים גבוהים היה קצר.
20. טמפרטורת פני המים השנה היתה בדרך כלל גבוהה מהמוצע הרב שנתי אולם לא באופן ניכר. טמפרטורת פני הים הגבוהה לא אפשרה ערבוב עמוק של עמודת המים. מגמת החימום הרב-שנתי של פני הים עדיין נמשכת.
21. טמפרטורת האויר בתחילת החורף, בחודש ינואר, היתה גבוהה אך במעט בהשוואה לשנה הקודמת, אולם הטמפרטורות הנמוכות החזיקו זמן קצר בלבד ועל כן לא גרמו לקירור משמעותי של פני הים ועל כן לא התפתח ערבוב עמוק של עמודת המים.

כללי

- השנה היו שני אירועים של כתמי דלק בים. בנובמבר דלף דלק מאנייה עוגנת מול החוף הצפוני. כתם גדול אותר בים, ובמשך מספר ימים הגיע דלק לחופים הדרומיים של אילת ופגע באיכות המים, בבעלי חיים (בעיקר חסרי חוליות באזור הכרית) ובמתרחצים. בדצמבר אותר כתם סולר בים. בשנים האחרונות נפגעים חופי אילת מדליפות דלק מספינות, אם עוגנות ואם בים, בתדירות של אחת לשנה בממוצע.

4.4. המלצות

I. לאחרונה נראית ירידה במספר מושבות האלמוגים הקטנות בשוניות אילת. ירידה זו מצביעה על גיוס מועט של אלמוגים חדשים לשוניות, אם כתוצאה מירידה באספקת המתיישבים, ואם כתוצאה מסיבות המשפיעות על יכולת ההתיישבות. הירידה נכרת בכל האתרים המנוטרים על אף אופיים השונה והריחוק הגיאוגרפי ביניהם, ועל כן נראה כי משקפת תופעה אזורית ולא מקומית. למרות זאת, כיסוי האלמוגים בשוניות לא נפגע בהיותו מוכתב בעיקר על ידי מושבות אלמוגים גדולות. 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 לשוניות, 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 הלחץ 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 תועדו מספר אירועים של זיהום ים בדלק אשר מקורם באניות. דליפות הדלק מאניות, אף כי לא גרמו לנזקים בקנה מידה גדול, מהוות גורם עקה אשר פוגע במערכת האקולוגית (וכמובן גם ברווחת המתרחצים) הן באופן ישיר והן פגיעה מצטברת הקשורה לעלייה בריכוזי מזהמים במערכת האקולוגית וברמות הטרופיות השונות. כיוון שלא ניתן לעצור דליפות כאלה לחלוטין, גודל העקה תלוי ישירות בכמות האניות העוברות/עוגנות בצפון המפרץ. יש להתחשב בגורם זה במכלול השיקולים הנוגעים לפיתוח צפון המפרץ.

V. בשנים האחרונות מתועדת התאוששות חברת עשב הים ושוכני הקרקעית בחוף הצפוני, אזור שנפגע רבות בעשורים האחרונים מפעילות אנושית. השנה שוב נפגע האזור כתוצאה מסדרת שיטפונות שהובילו לים כמות גדולה של סדימנט דק אשר כיסה את קרקעית הים עד לעומק של עשרות מטרים. כחצי שנה אחרי השיטפונות תועדה התחלת התאוששות בחברה הבנתונית. התאוששות האזור בעקבות הפגיעה הטבעית שנגרמה על ידי השיטפונות היתה מהירה בהרבה מההתאוששות שלאחר פיגועי כלובי הדגים. יש לפעול לשימור ועידוד ההתפתחות של חברות הקרקעית הטבעיות בבית הגידול החולי שבחוף הצפוני, המהווה – בנוסף לערכו העצמי – גם בית גידול ותחנת מעבר לשלבים מוקדמים של דגי שונית. מומלץ לחזק את מאמץ הניטור בכל הקשור לבית הגידול החולי, סדימנטים בעמודת המים וחברת עשב הים.

VI. לאחרונה נודע לנו על הכוונה להקים חוות לגידול דגים בעקבה. לאור המדידות המורות על התאוששות איטית של קרקעית הים בחוף הצפוני לאחר הוצאת כלובי הדגים בהשוואה להפרעות טבעיות ולאור הירידה במחלות בדגי בר מאז הוצאת הכלובים, ובהתחשב במגוון הנזקים האפשריים הנלווים לכלובי דגים אשר הביאו בסופו של דבר להוצאת כלובי הדגים של אילת – אנו קוראים למשרד להגנת הסביבה לפעול בכל דרך אפשרית לעצירת התכנית. צפון המפרץ הוא גוף מים משותף ומוגבל והאיומים האקולוגיים עליו אינם יודעים גבולות.

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

Scientific report 2013

Dr. Yonathan Shaked, Program Manager
Prof. Amatzia Genin, Scientific Director
(March, 2014)

Introduction

This report describes the work and results of the Israel National Monitoring Program in the Gulf of Aqaba (Eilat) – NMP – in 2013. 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.

This was the tenth year of continuous standard monitoring operations by NMP, in which data is collected using predetermined standard methods by 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: www.sviva.gov.il, and on the NMP web-site: www.iui-eilat.ac.il/NMP/.

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, as reflected in the various proxies measured by the monitoring program, has improved this year, supporting the data from previous years where a gradual trend of improvement was indicated. Below are several points revealed by the data that are worth noting:
 - a) Live coral cover at the reefs of Eilat has gradually increased since 2004. Two years have made particular contribution to this trend, 2007 and this year, 2013. This is the case for live coral cover and for the cover normalized according to the available hard substrate at the different sites.
 - b) At the shallow IUI sites, in which coral cover and substrate utilization is lowest these parameters have gradually increased throughout the past years of monitoring. The three sites at the nature reserve (NR) are still

those with the highest normalized cover.

- c) There is a good correlation between coral cover and colony density at the reef sites. The correlation improves dramatically when the shallow nature reserve site (NR-5) is removed from the analysis. The NR-5 site is characterized by especially large corals and so has a particularly high cover and low density. At the other monitored sites correlation has improved over the years, providing indirect evidence for coral growth.
- d) Over the past nine years of monitoring a decline in the fraction of "small" colonies has been observed at the monitored sites, and an increase in that of "medium" colonies out of the four size classes 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 a limiting factor for the live coral cover. It remains to be determined whether this will become a limiting factor or perhaps reduced recruitment reflects the increase in coral cover and thus is a side effect of a positive situation.
- e) The Shanon-wiener index for coral diversity at the monitored sites has remained stable throughout the monitoring years, as has the species composition for the coral community at Eilat.
- f) This year the sampling effort at two sites, NR-5 and IUI-15, was nearly tripled in an attempt to extract the true species richness of these sites. The increased sampling effort resulted in a 20% greater richness compared to the previous year. Nevertheless, all species found have cropped up in previous surveys, and the overall richness at the Eilat sites remained similar to last year's.
- g) 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 colony density have increased this year.
- h) 2,405 colonies, 2,002 of which are stony coral colonies, were surveyed this year at the permanent photo-sites. Stony coral density remains stable in the past ten years of monitoring, similar to the findings of the line-transect surveys. Reef community composition has also remained stable throughout this period.
- i) Stony coral area at the permanent photo-sites has also increased this year, as in the line-transect surveys. The coral cover at the photosites has increased in the period 2004-2009, has dropped in the interval 2010-2012, and an increase was noted this year. Overall, coral cover at the photo-sites has approximately doubled since 2004.
- j) The dominant coral *Acropora* that occupied the greatest area at the photo-sites in the initial monitoring years have regained this year its position as the most abundant coral (by cover).
- k) A sharp decrease in coral colony density was recorded at the nature reserve coral 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. This year a slight increase in coral density was noted in the lagoon.

- 1) It is possible that the dramatic decline in coral density at the lagoon was caused by severe southern storms that affected all areas shallower than ~4m in the years 2010-11. This year southern storms were few in number and weak and the density of *S. pistillata* increased slightly. The population of *S. pistillata* has fluctuated considerably in the past (prior to the establishment of the NMP) and has been known to recuperate. The NMP has not yet operated long enough to establish the natural timescale or amplitude of changes in the *S. pistillata* population.
2. Sea urchins are the most important invertebrate reef grazers. The urchin species *Diadema setosum* is the most abundant sea urchin in Eilat and outnumbers all other urchins. Only at the lagoon more individuals of other urchin species (combined) were counted.
3. This year a decrease in sea urchin density was noted, following last year's sharp increase. 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.
5. *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 were lower than last year, in which water column mixing was markedly deeper.
6. The zooplanktivorous fish are the largest functional fish group among the reef fish, comprising ~60% of the fish surveyed this year. These are small fish that comprise large migrating schools and therefore there is a large variance in the numbers counted on different years. This is an important functional group as it transfers nutrients up the aquatic food web.
7. The second largest group of reef fish (20%) is the carnivores that curb populations of invertebrates in the reef. The herbivore fish (grazers) comprise ~5% 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 water

8. 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. Sea surface temperatures (SST) at the coastal stations this year spread over a relatively small range, with high winter temperatures and low summer values. Therefore, this year's mixing was shallow and low nutrient concentrations and weak phytoplankton blooms were documented at the monitored coastal stations.
9. As in the previous year, several measurements of irregular nutrient concentrations were measured during the coastal cruises. These were especially conspicuous due to the overall low concentrations measured this year. Particularly, high nutrient concentrations were measured at the navy/Meridien Hotel station (February and April) and at the northern Fish-Farm station (April and June).
10. The prevalence of intestinal heteroxenic fish parasites in wild *Signus rivulatus*

caught near the IUI has increased in the past three years relative to the preceding two years. 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. Granulomas associated with the *Micobacterium marinum* pathogen, a harmful pathogen that was once common in local wild fish, were not detected in the wild fish caught this year.

11. In recent years the NMP supports the monitoring of the benthic community at the location where the fish farms used to be (at the northern beach of Eilat). This study is led by Shai Oron and began as her M.Sc. research in 2008 (see Appendix G4, in the NMP annual scientific report 2010). In the winter of 2012-2013 several flash-flood events transported sediment into the sea, notably close to the monitoring site. Following these flood events the sea floor was devoid of sea grass meadows and live benthic foraminifera were not found. In short sediment cores collected some two months after the floods a horizon of dead foraminifera was found buried under several centimeters of thin terrigenous sediments.
12. In May 2013 sea grass was found to emerge from the thin flood sediments, and some foraminifera were found on the sea floor, but not on sea grass. In July 2013, some five months after the flooding events the density and diversity of live foraminifera in sediment cores was lower than that of the previous year, and individuals were smaller. There is no doubt that the local benthic community was severely disturbed by sediment influx from the floods, but rehabilitation following this natural disturbance is much faster than following the removal of fish cages from this site.

The deep sea water column

13. The ecological system of the open waters is modulated by the annual dynamics of variability in concentrations of nutrients, dissolved oxygen and phytoplankton population through the seasonal water column mixing cycle. 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, in contrast to last year's deep mixing. Thus a new inter-annual cycle has begun.
14. Concentrations of nutrients in the deep waters decreased following the deep mixing of 2007-2008. In the years following nutrient concentrations and stock have increased. In 2012, following deep mixing, nutrient concentrations decreased and oxygen concentrations increased. This year mixing was shallow, as expected from the high surface temperatures at the end of 2012, and nutrient concentrations kept rising throughout the year.
15. Although mixing of the water column was shallow this year, high *chlorophyll-a* concentrations, primary productivity and zooplankton biomass were measured in the open waters.
16. 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 last year water temperature at depths greater than 500m hardly changed, and this year deep water temperature continued to rise.
17. Although nutrient concentrations are rising, nutrient stores in the water column are still lower than those measured before last year's deep mixing.

Throughout most of the year nutrient stocks were somewhat lower than those of the years 2009-2011.

18. Seasonal variability in phytoplankton in the open water column comprises dominant cell concentrations of prokaryotic *Synechococcus* in winter and a dominance of *Prochlorococcus* cells in summer and autumn. 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.

Continuous measurements

19. This year sea-surface *chlorophyll-a* concentration measured daily from the Observatory pier peaked early, in February, and were lower than those of the previous year – as expected from the shallow mixing this year. Nevertheless, the Peak chl-a concentration this year was higher than that of most monitored years, albeit for a short duration.
20. Sea surface temperatures were mostly higher than the multi-annual average, but not considerably so. The high sea surface temperatures prevented deep mixing of the water column. The multi-annual trend of rising sea surface temperatures continues.
21. Air temperature at the beginning of winter, in January, was only slightly higher than that of last year, but this was sustained only for a short duration and therefore did not cause significant cooling of the sea surface and deep mixing.
- 22.

General

- This year two oil spill events from ships were recorded. In November oil spilled from a ship anchored off the northern shore of Eilat. A large oil stain was identified at sea and for several days oil washed up on the southern beaches where water quality deteriorated and intertidal invertebrates were harmed. In December a stain of diesel fuel was identified at sea and was left to evaporate naturally. The past few years have seen several oil spillages from ships

ב. שונית האלמוגים

1.1. סקר חברת השונית

מטרה

אמדת 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 אמדת 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: אתרי הדיגום והעומקים בהם נערכו חתכי קו במהלך הקיץ.

Table B1: Locations and depths of the reef census 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. השנה נעשו בשני אתרים, 5-NR ו-15-IUI, שלושים חתכים בניסיון למצות את עושר המינים באתרים אלו. 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').

מושבות 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- $30 < \text{ס"מ} (M, S, L$ ו-H בהתאמה).

עבור כל אלמוג תחת סרט המדידה התבצעה הערכה של אחוז הרקמה החיה בהתחשב בכלל שטח המושבה. אחוז החיות 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 באומדת 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 אתרי הדיגום: (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: צוללות בעת 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: Divers 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 דיגום 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 1, 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.

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

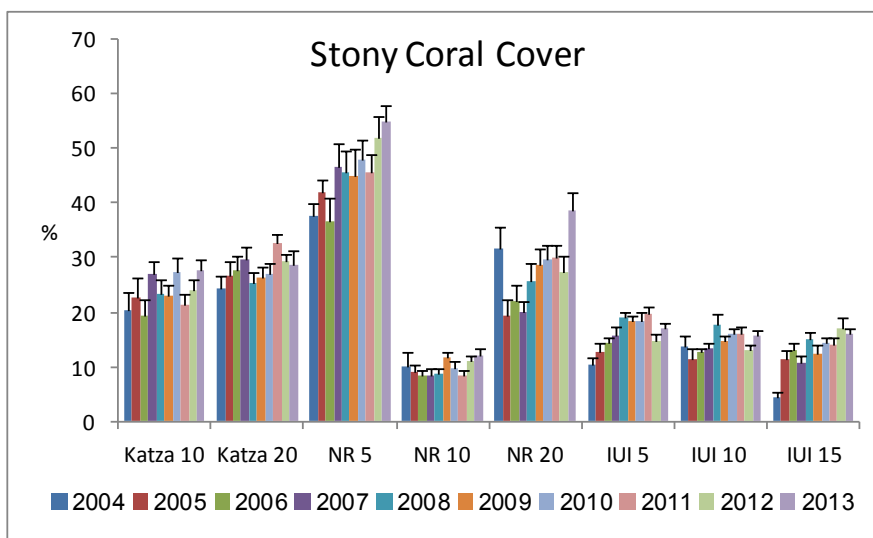
מדד המגוון של Shannon Wiener נבחר מכיוון שהוא המדד בו השתמשו סוקרי השונית באילת בעבר (Loya 1972) וכך מתאפשרת השוואה בין נתונים שנאספו במסגרת תוכנית הניטור לנתונים שנאספו בעבר. יחד עם זאת, מגוון המינים בעבודות הקודמות לתוכנית הניטור חושב עבור חתך בן עשרה מטרים בכל אתר, ולא עבור האתר כולו (דיון מקיף מובא בדו"ח התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, 2006). הניתוח הסטטיסטי נעשה באמצעות התוכנות Systat v9 (SPSS inc, 1998) 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.
 זו השנה השישית בה נסקר שולחן השונית בשמורת חוף אלמוג, 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 השונית תת-פרק נפרד בדו"ח זה.
 קווי שגיאה מייצגים את שגיאת התקן, אלא אם מצוין אחרת.

כיסוי אלמוגים

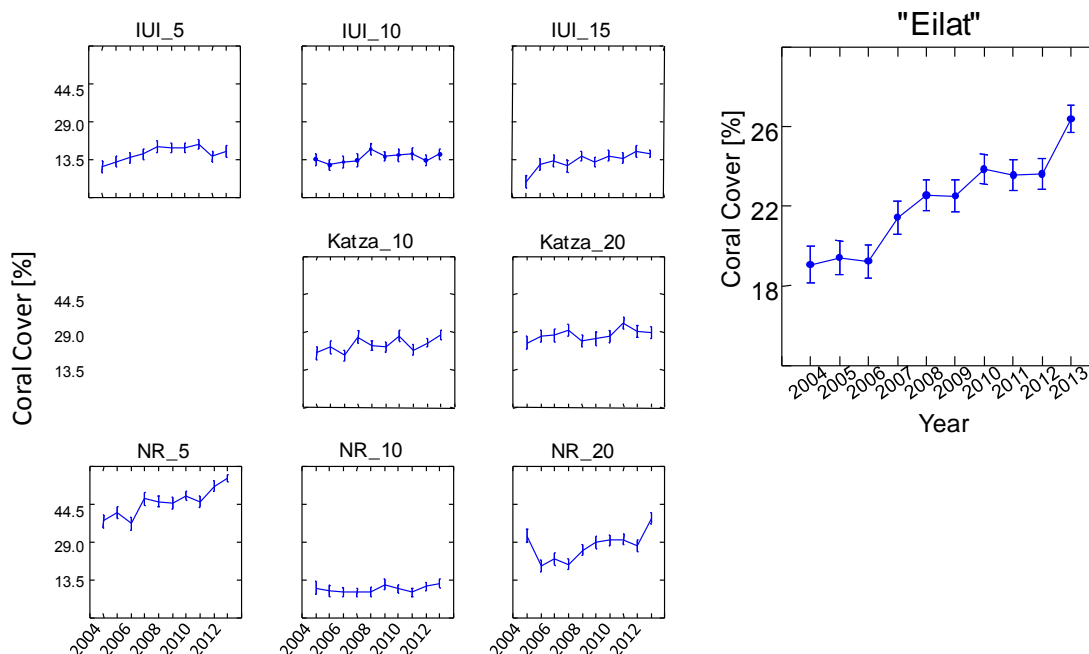
כיסוי האלמוגים החיים משתנה מאד בין האתרים (איור ב3). כיסוי האלמוגים הגדול ביותר נמצא בשונית הרדודה בשמורת האלמוגים (5-NR), בה נרשמה עלייה נוספת בכיסוי האלמוגים לערך של 54.9% השנה (בשנה הקודמת היה אחוז הכיסוי שם 51.9%). הכיסוי הדל ביותר נמצא אף הוא בשמורה, בעומק 10 מטרים (10-NR), השנה עלה הכיסוי גם שם לערך של 12.2% (10.9% בשנה הקודמת). בששה מתוך שמונה האתרים הנסקרים נמדדה השנה עלייה בכיסוי בהשוואה לשנה הקודמת, ובשניים (Katz-20, ו-IUI-15) נמדדה ירידה קלה. ברוב האתרים ההבדלים בין השנים קטנים ולרוב מצויים בטווח השגיאה של ההערכות, אולם באתר 5-NR נמדדת עלייה משמעותית במשך הזמן, ובאתר 20-NR נמדדה השנה עלייה גדולה בכיסוי. בסך הכל ב"שוניות אילת" נצפית עלייה הדרגתית ומתמשכת באחוז כיסוי אלמוגי האבן ובפרט מאז 2007 (איור ב3, למטה). על אף שבין השנים ובין האתרים ישנן תנודות של עלייה וירידה, קצב השינוי הממוצע בכל האתרים הנסקרים בעשר השנים האחרונות הוא עלייה של כ-0.75% בכיסוי האלמוגים החיים בשנה ($R^2=0.90$).

שגיאות בהערכת כיסוי האלמוגים נובעות בעיקר מהשונויות הטבעיות 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 22% (IUI-5) ל-47% (NR-10). מקדם שונות גבוה מצביע על כתמיות חזקה של מפזר האלמוגים באתר, ועל מגבלת דייקנותו (precision) של הערך הממוצע.

השנה נעשה מאמץ דיגום גדול במיוחד בשני אתרים, 5-NR ו-IUI-15. בשני אתרים אלה נעשו השנה 30 חתכים במטרה לבחון את דייקנות הערכת עושר ומגוון המינים (ראו למטה). יחד עם זאת נוצרה הזדמנות לבחון גם את דייקנותם של סטטיסטיים אחרים, ובפרט זה של המדד החשוב של אחוז כיסוי אלמוגי האבן. לרוב הדיגום מופסק כאשר דייקנות המדד מגיעה ל-20-25%. בשנה הקודמת נעשו באתרים אלה 12 ו-11 חתכים (בהתאמה). על פי נתוני השנה, לו היה הדיגום באתרים אלה נפסק לאחר 12 חתכים היה מתקבל כיסוי של 52.4% (בדייקנות של 18.5%) באתר 5-NR, וכיסוי של 13.4% (בדייקנות של 27.6%) באתר IUI-15. לאחר דיגום של 30 חתכים התקבלו באתרים אלה כיסוי של 54.9% (בדייקנות 10.4%) ו-15.9% (בדייקנות 15.0%) בהתאמה.



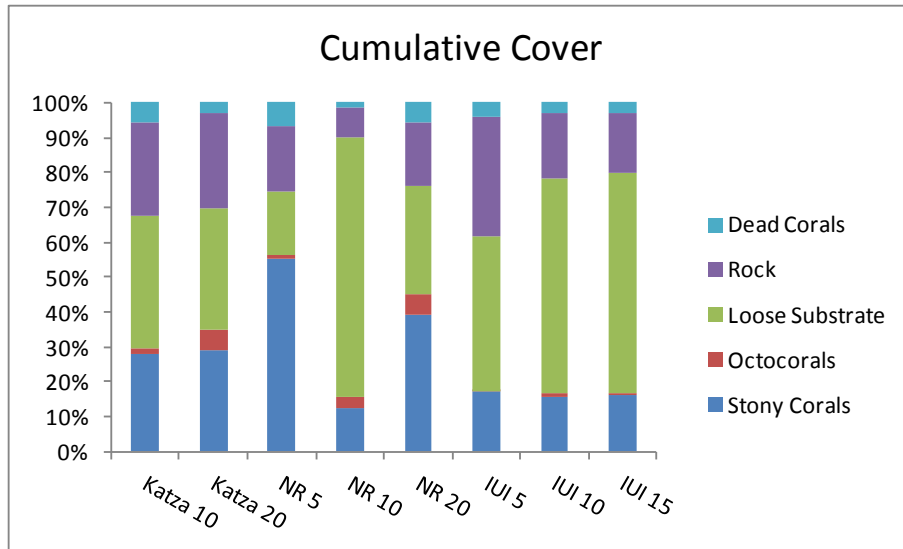
Stony Coral Cover



איור ב3: למעלה- שטח הכיסוי הממוצע של אלמוגי אבן חיים (לא כולל אלמוגים רכים) בכל אתר, באחוזים מכלל השטח. למטה- תוצאות מבחן ANOVA למובהקות סטטיסטית של שינויים בכיסוי האלמוגים החיים בשנים 2004-2013. 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.

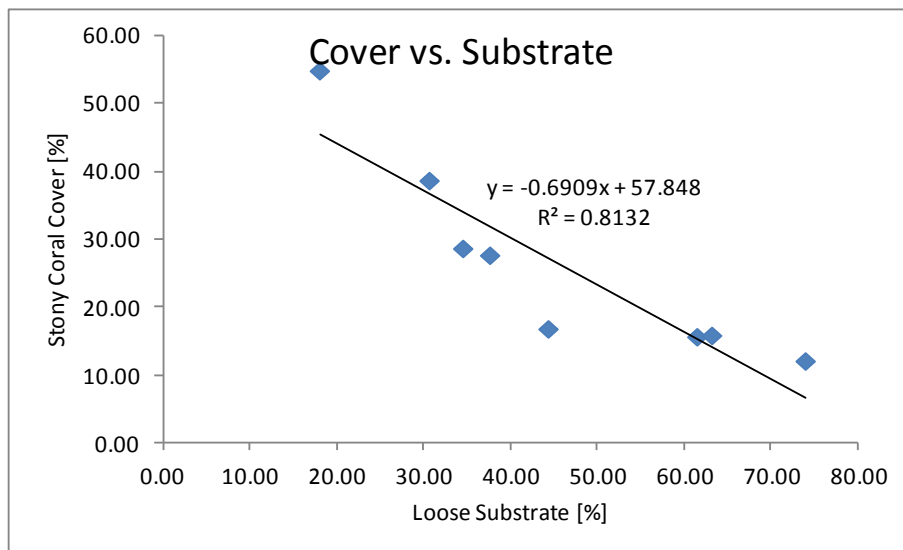
Figure B3: Top- average live coral cover (excluding soft corals) at each site (percent of total area). **Bottom-** ANOVA results (least square means) for live coral cover in the years 2004-2013. Differences between years are significant, as is the interaction between years and sites (two-way ANOVA, $P < 0.001$) 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 $R^2 = 0.81$).



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

Figure B4: Cumulative percent cover of live corals, sand, rock and dead corals. In 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 on 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.

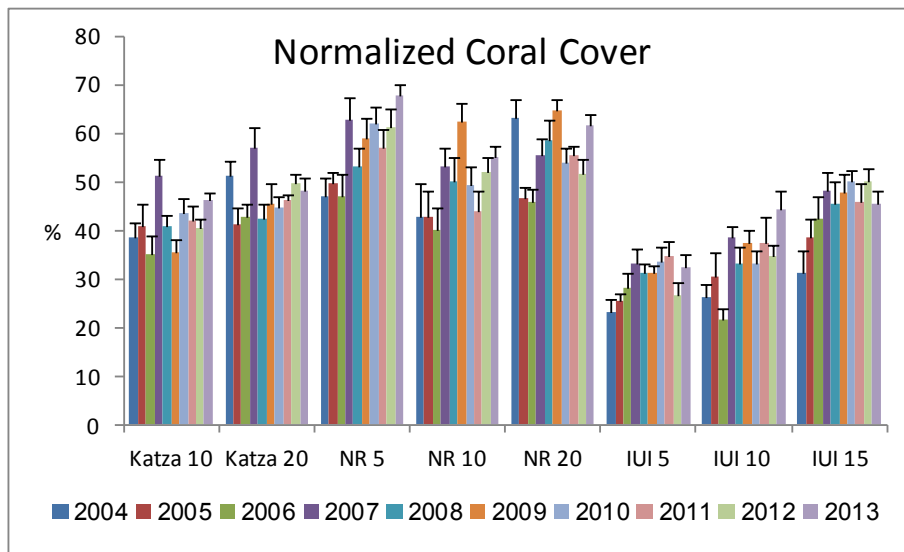
על מנת לנסות ולעמוד אחר הבדלים נוספים בין האתרים, הנוגעים להצלחת האלמוגים, יש לנרמל את אחוז הכיסוי לאחוז הקרקע המלוכדת המתאימה להתיישבות אלמוגים (איור ב6). ניצול המצע המתאים להתיישבות אלמוגים מחושב כיחס בין אחוז הכיסוי החי וסכום האחוזים של הקרקע המלוכדת והכיסוי החי, בהנחה שהמצע המתאים להתיישבות אלמוגים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

אתר IUI-5, אתר המעבדה הרדוד, הוא האתר בו ניצול המצע המתאים להתיישבות הוא הנמוך ביותר. בשני אתרי המעבדה הנוספים (IUI-10 ו-IUI-15) עלה ניצול המצע המתאים בעשר השנים

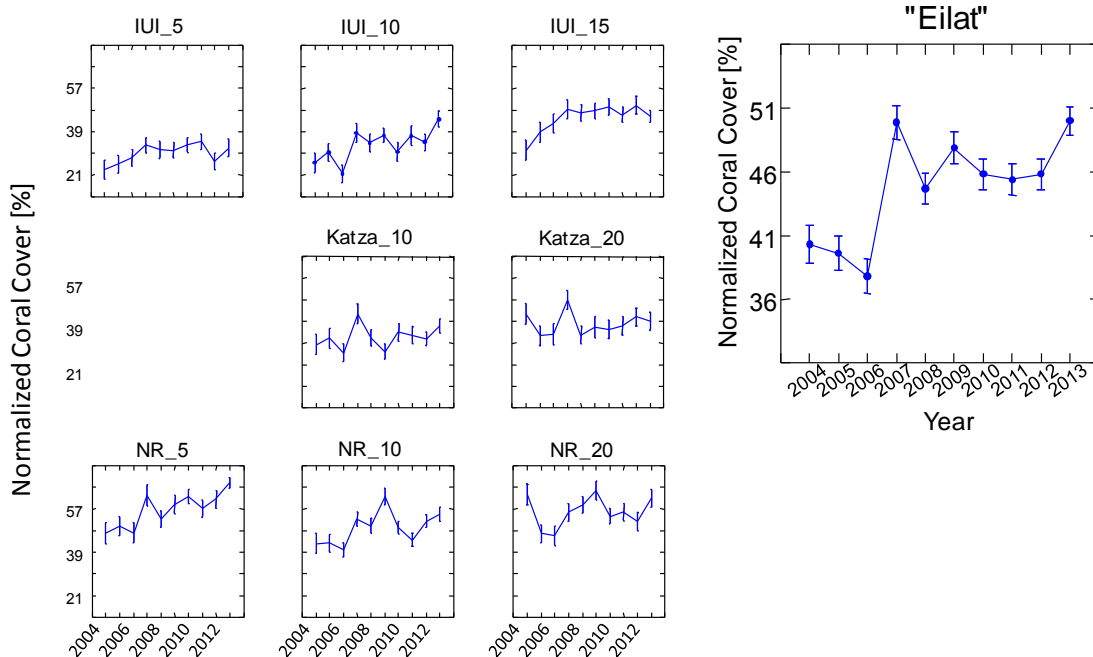
האחרונות והם השנה דומים, נמוכים באחוזים בודדים, לניצול המצע באתרי קצא"א (איור 6 למעלה). כיסוי האלמוגים באתרי IUI עולה עם הזמן אך עדיין נמוך, בעוד שניצול המצע המתאים כבר דומה לזה של אתרי Katza. הכיסוי המנורמל הנמוך ביותר השנה נמדד באתר IUI-5, (32.2% (התאוששות ועליה לאחר הירידה של השנה הקודמת, 26.7%), והגבוה ביותר נמצא באתר NR-5, (67.8% (עלייה גדולה לעומת השנה הקודמת 61.1%).

מאז 2007 ניצול המצע הזמין לגידול אלמוגים באתרי אילת גבוה באופן מובהק מזה אשר תועד בשלוש שנות הניטור הראשונות, 2004-2006, והשנה נמדדה עליה נוספת (איור 6 למטה).

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.



Substrate Utilization by Corals

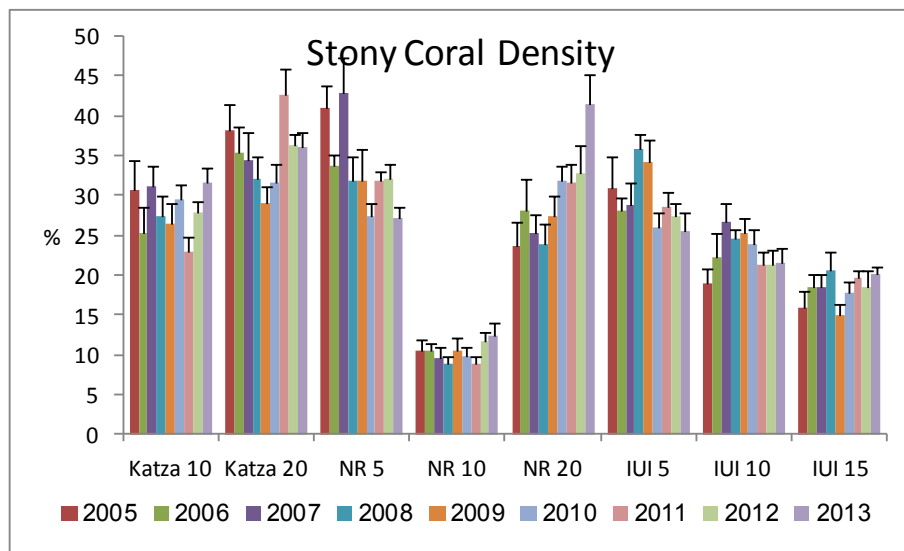


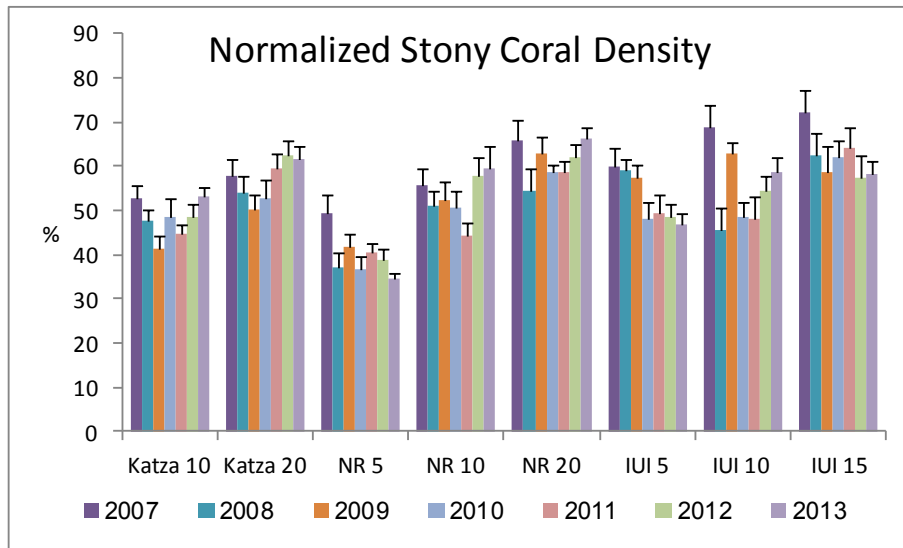
איור 6: ניצול המצע המתאים להתיישבות אלמוגים. למעלה - אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים מתוך סך הקרקע הסלעית בכל אתר. אחוזים אלה מורים עד כמה הקרקע הזמינה לאלמוגים מכוסה באלמוגים. למטה -

תוצאות מבחן ANOVA למובהקות סטטיסטית של שינויים בניצול המצע הזמין על ידי אלמוגים בשנים 2004-2013. ההבדלים בין השנים מובהקים והאינטראקציה בין שנים לאתרים מובהקת (two way ANOVA, P=0.012) 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- ANOVA results (least square means) for substrate utilization by corals in the years 2004-2013. changes over time are significant and the interaction between years and sites is significant (two way ANOVA, P=0.012) meaning sites differ significantly in the way they change over time.

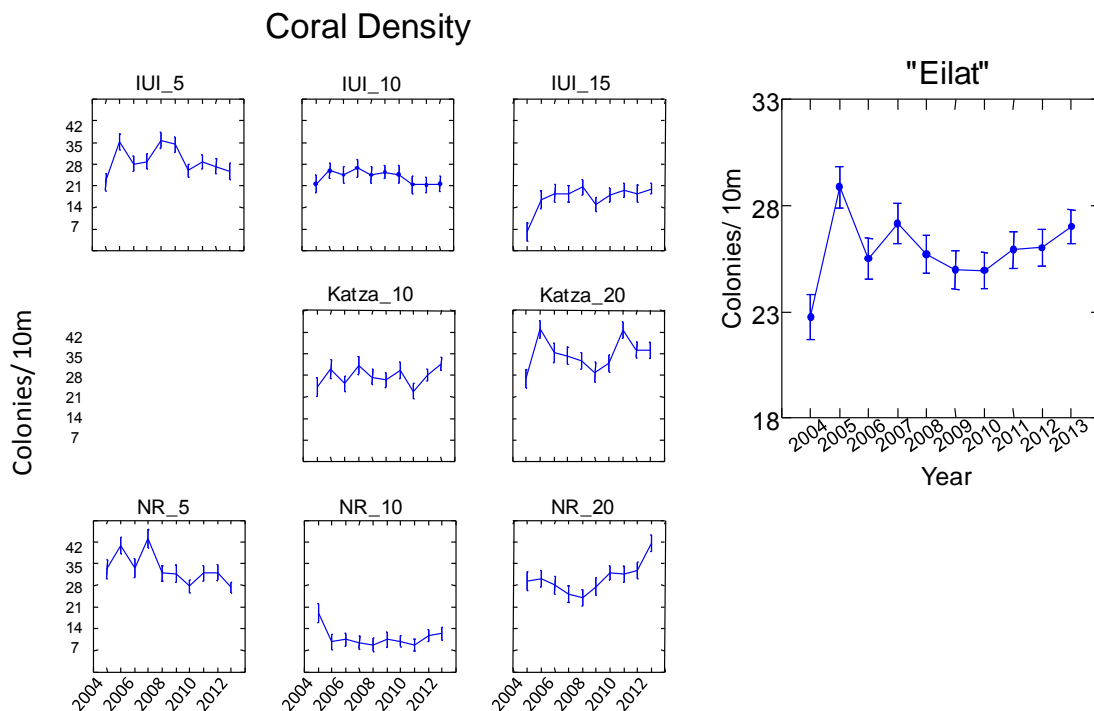
בין האתרים נמצאו גם הבדלים גדולים בצפיפות מושבות האלמוגים (מספר מושבות ממוצע בקו של עשרה מטרים). הצפיפות הגדולה ביותר נמצאה גם השנה באתר Katza-20 (כ-36 מושבות בממוצע בעשרה מטרים, בדומה לשנה הקודמת), והקטנה ביותר ב-NR-10 (כ-12) (איור 7). על מנת להקטין את שגיאות המדגם הנובעות מכתמיות השונית באתרים השונים כדאי להתבונן בצפיפות המושבות מנורמלת לאחוז המצע הקשה, הזמין להתיישבות (איור 7 למטה). 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 (איור 8).





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

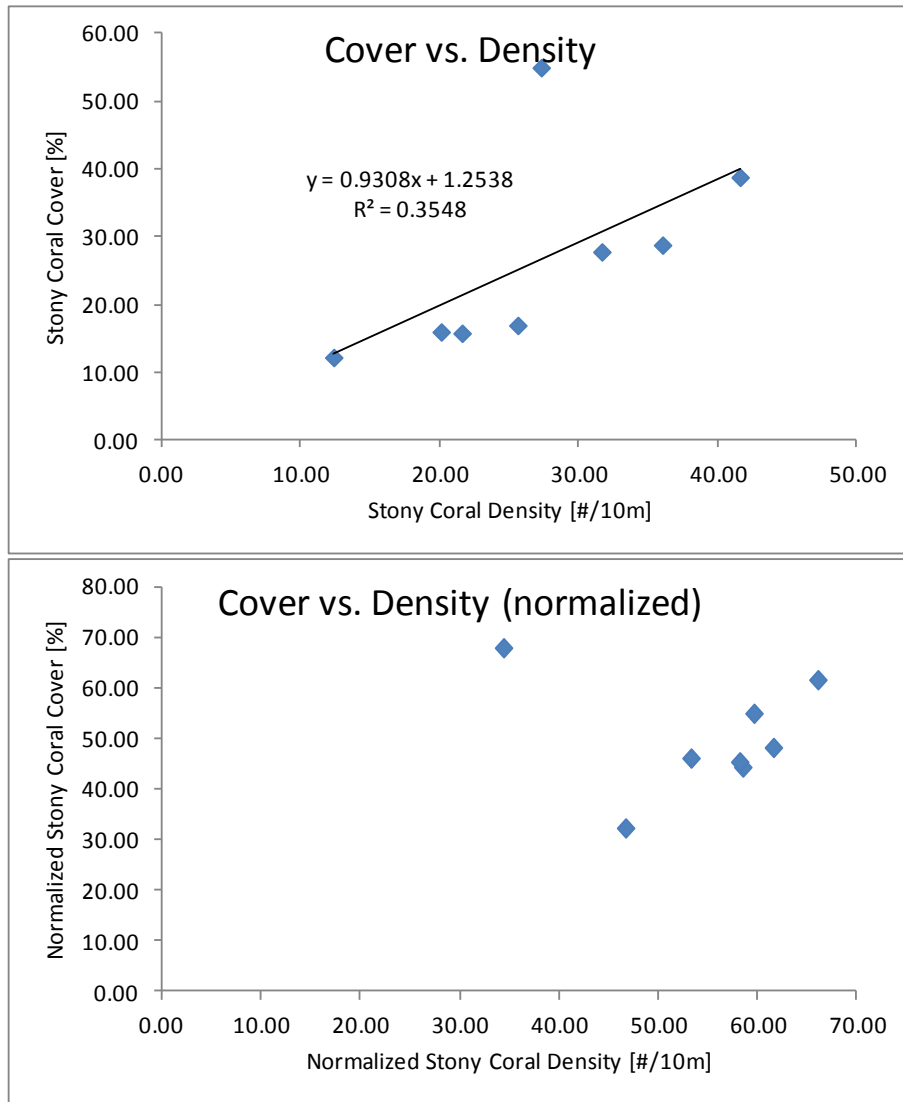


איור ב8: שינויים בצפיפות ממוצעת של מושבות האלמוגים בשנים 2004-2013. ההבדל בין השנים עבור "כל האתרים" מובהק על פי תוצאות מבחן ANOVA למובהקות סטטיסטית.

Figure B8: The average density of coral colonies in the years 2004-2013. Annual values for "All Sites" differ significantly in an ANOVA test (least square means).

ההתאמה בין צפיפות המושבות (מספר מושבות בחתך ממוצע) ובין אחוז כיסוי האלמוגים אינה טובה במיוחד ($R^2=0.35$, איור ב9, למעלה). אולם ההתאמה הנמוכה נובעת בעיקר מאתר 5-NR בו הכיסוי הגבוה ביותר אך צפיפות המושבות בו אינה כה גבוהה. למעשה, הכיסוי הגבוה באתר 5-NR הוא הפוגע בהתאמה בין כיסוי וצפיפות מושבות ונראה שללא אתר זה ישנו קשר ישיר בין כיסוי וצפיפות מושבות

(ראו מטה בדיון). אך 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 עוד יותר ($R^2 < 0.02$, איור ב9, למטה), אולם גם כאן - בשונה משנים קודמות - ההתאמה מושפעת בעיקר מאתר 5-NR ובלעדיו נמצאת התאמה טובה.



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	19	12	30	18	12	12	14	30	31	60	56	147
Stony coral	27.8	28.8	55.0	12.2	38.8	16.9	15.8	16.0	28.2	38.9	16.1	26.4
stdev	8.5	8.9	15.3	5.8	10.9	3.7	3.8	6.4	8.5	22.3	5.3	14.6
SE	2.0	2.6	2.8	1.4	3.2	1.1	1.0	1.2	1.5	2.9	0.7	5.2
CV	0.3	0.3	0.3	0.5	0.3	0.2	0.2	0.4	0.3	0.6	0.3	0.6
Octocoral	1.5	5.6	1.1	3.5	6.0	0.2	0.6	0.6	3.1	2.8	0.5	2.4
stdev	2.6	2.7	1.8	2.6	3.3	0.4	1.5	0.8	3.3	3.1	1.0	2.3
SE	0.6	0.8	0.3	0.6	1.0	0.1	0.4	0.1	0.6	0.4	0.1	0.8
CV	1.7	0.5	1.7	0.8	0.5	2.4	2.5	1.2	1.1	1.1	1.8	1.0
GRV+Sand	37.7	34.6	18.1	74.0	30.7	44.4	61.5	63.3	36.5	37.4	58.8	45.5
stdev	14.3	10.4	12.8	11.8	13.8	15.7	9.7	8.6	12.9	27.7	13.0	19.0
SE	3.3	3.0	2.3	2.8	4.0	4.5	2.6	1.6	2.3	3.6	1.7	6.7
CV	0.4	0.3	0.7	0.2	0.5	0.4	0.2	0.1	0.4	0.7	0.2	0.4
Rock	26.8	26.7	18.5	8.5	18.1	34.1	19.0	16.8	26.8	15.4	21.1	21.1
stdev	9.0	4.0	10.9	5.3	5.7	15.7	9.6	8.4	7.4	9.6	12.5	7.8
SE	2.1	1.2	2.0	1.3	1.6	4.5	2.6	1.5	1.3	1.2	1.7	2.8
CV	0.3	0.1	0.6	0.6	0.3	0.5	0.5	0.5	0.3	0.6	0.6	0.4
Dead Coral	5.7	3.2	7.0	1.6	5.5	4.3	2.7	3.0	4.7	5.1	3.2	4.1
stdev	3.2	2.2	5.6	1.6	2.8	2.9	2.1	2.0	3.1	4.8	2.3	1.8
SE	0.7	0.6	1.0	0.4	0.8	0.8	0.6	0.4	0.5	0.6	0.3	0.6
CV	0.6	0.7	0.8	1.0	0.5	0.7	0.8	0.7	0.6	1.0	0.7	0.4
Normalized Cover	46.1	48.1	67.8	54.9	61.5	32.2	44.3	45.3	46.9	62.7	42.3	50.0
stdev	8.1	9.1	12.8	11.2	7.7	9.6	13.8	15.2	8.4	12.6	14.6	11.1
SE	1.9	2.6	2.3	2.6	2.2	2.8	3.7	2.8	1.5	1.6	1.9	3.9
CV	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2
Density	31.6	36.0	27.3	12.3	41.6	25.6	21.6	20.1	33.3	25.7	21.6	27.0
stdev	7.8	7.1	7.1	6.7	12.4	7.9	6.6	5.7	7.7	13.2	6.7	9.3
SE	1.8	2.0	1.3	1.6	3.6	2.3	1.8	1.0	1.4	1.7	0.9	3.3
CV	0.2	0.2	0.3	0.5	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.5	0.3	0.3
Normalized Density	53.3	61.6	34.4	59.6	66.1	46.7	58.5	58.2	56.5	48.3	55.8	54.8
Stdev	9.2	10.5	8.7	20.3	8.8	8.7	12.8	16.8	10.4	19.3	15.0	10.0
SE	2.1	3.0	1.6	4.8	2.5	2.5	3.4	3.1	1.9	2.5	2.0	3.6
CV	0.2	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.4	0.3	0.2

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.

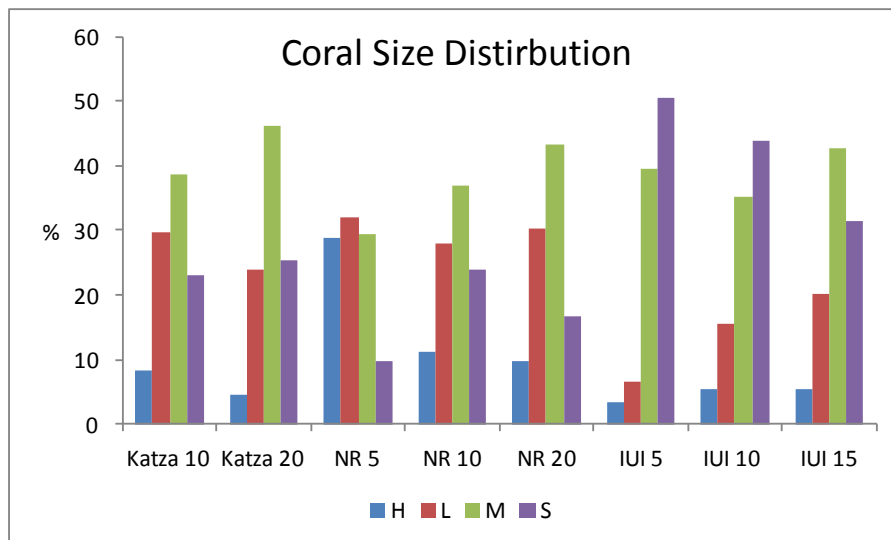
Table B2: Summary of cover data collected in line transects at the monitoring sites. Data is given as average percent cover measured in all transects at each site (combination of location and depth) with associated standard deviation, standard error and variance coefficient, except for the "Eilat average" 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 5cm; בינוני 15cm; גדול 30cm; ענק 30cm 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 בסקר זה הוא קטן מחלקן היחסי באוכלוסייה. בבחינה שנעשתה על ידי תכנית הניטור עולה כי חלקן האמיתי של מושבות האלמוגים הקטנות מתוך כלל המושבות גדול פי 2 ויותר מהחלק המוצג להלן מתוך נתוני חתכי הקו בשונית (התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, דו"ח מדעי לשנת 2008).

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 קבוצת הגודל הנפוצה ביותר במשך כל שנות הניטור היתה קבוצת המושבות הקטנות. השנה לראשונה באתר IUI-15 קבוצת הגודל הבינוני גדולה משמעותית מקבוצת הגודל הקטן (איור 10). בשני אתרי IUI הרדודים יותר קבוצת המושבות הקטנות עדיין דומיננטית. בכל שאר האתרים קבוצת הגודל הדומיננטית היא של הגודל הבינוני, מלבד באתר השמורה הרדוד (5-NR) שם שלוש קבוצות הגודל הגדולות דומות, עם מעט יותר מושבות גדולות מאשר בינוניות וענקיות.

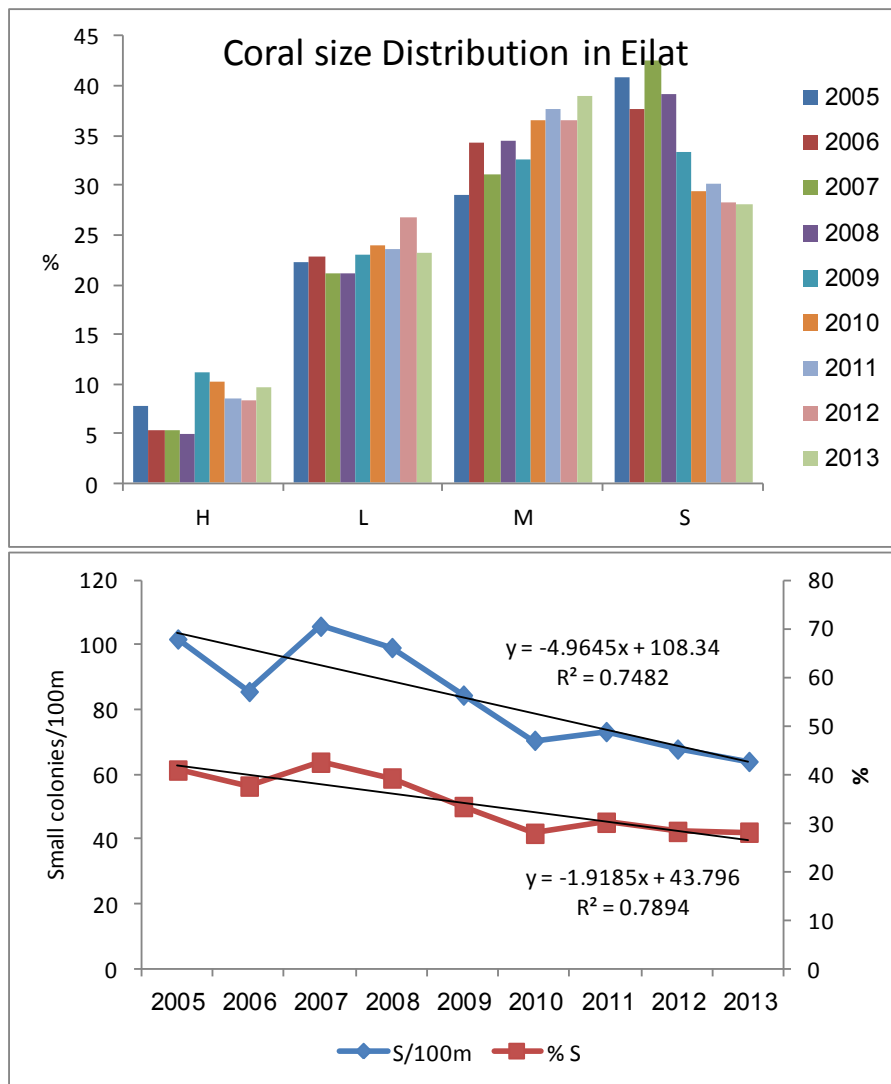


איור 10: התפלגות גודל מושבות האלמוגים באתרים הנסקרים. חלוקת הגדלים לפי המפתח הבא: Small 5cm; Medium 5cm - 15cm; Large 15cm - 30cm; Huge 30cm. הערכים הם אחוזים מסך המושבות מאותה קבוצה באתר.

Figure B10: Size frequency distribution of coral colonies in the surveyed sites. Size classes are: Small 5cm; Medium 5cm - 15cm; Large 15cm - 30cm; Huge 30cm. Values are percent of the total colonies of each coral type at each site.

בשנות הניטור ישנה עליה בחלקה של קבוצת הגודל הבינוני וירידת-מה בקבוצת הגודל הקטן (איור 11). הירידה בחלקן היחסי של המושבות הקטנות נובעת ברובה מירידה במספר המושבות הקטנות בחתכי הסקר (איור 11 למטה). קצב הירידה במספר המושבות כפול מקצב הירידה בחלקן היחסי והבדל

זה נובע ברובו ממספרן הגדול יחסית של המושבות הקטנות בשוניות אילת (28% מסך המושבות השנה הן מושבות קטנות). יחד עם זאת נראה כי אבדן המושבות הקטנות מהשוניות, אם כתוצאה מתמותה או ממעבר לקבוצת גודל אחרת (גדילה), גדול מקצב ההתחדשות של המושבות האלה (גיוס).



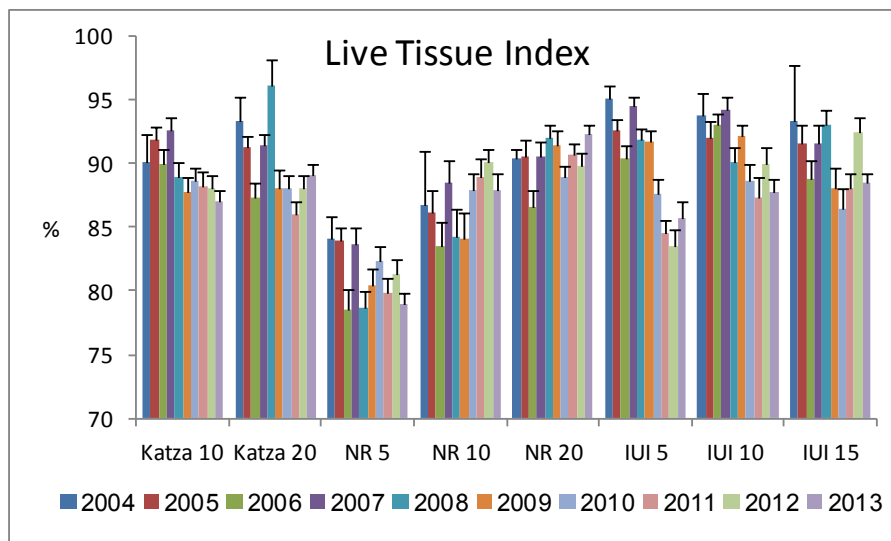
איור ב11: למעלה: שינויים בהתפלגות הממוצעת של קבוצות הגודל בכל האתרים בין השנים 2005 ו-2013. חלוקת הגדלים לפי המפתח הבא: Small < 5 ס"מ; 5 ס"מ < Medium < 15 ס"מ; 15 ס"מ < Large < 30 ס"מ; Huge > 30 ס"מ. למטה: שינויים בקבוצת הגודל "קטן" בשנות הניטור (מנורמל לאורך חתך של 100 מטרים).

Figure B11: Top: Changes in the average size frequency distribution of coral colonies between 2005 and 2013. Size groups are: Small < 5 cm; 5 cm < Medium < 15 cm; 15 cm < Large < 30 cm; Huge > 30 cm. Bottom: Changes in the "Small" size group, normalized to a 100 meter-long transect.

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 (79%, ירידה בהשוואה לשנה הקודמת בה היה ערכו 81.3%). 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 השנה באתר 20-NR (92.3%). ברוב שאר האתרים הערכים דומים (85-89%, איור ב12). מעקב מדד בריאות האלמוגים בכל אתר יעיל יותר להשוואת שינויים בזמן, ופחות להשוואה בין אתרים. השנה עלה ערך המדד בשלושה אתרים בהשוואה לשנה הקודמת וירד בחמישה.

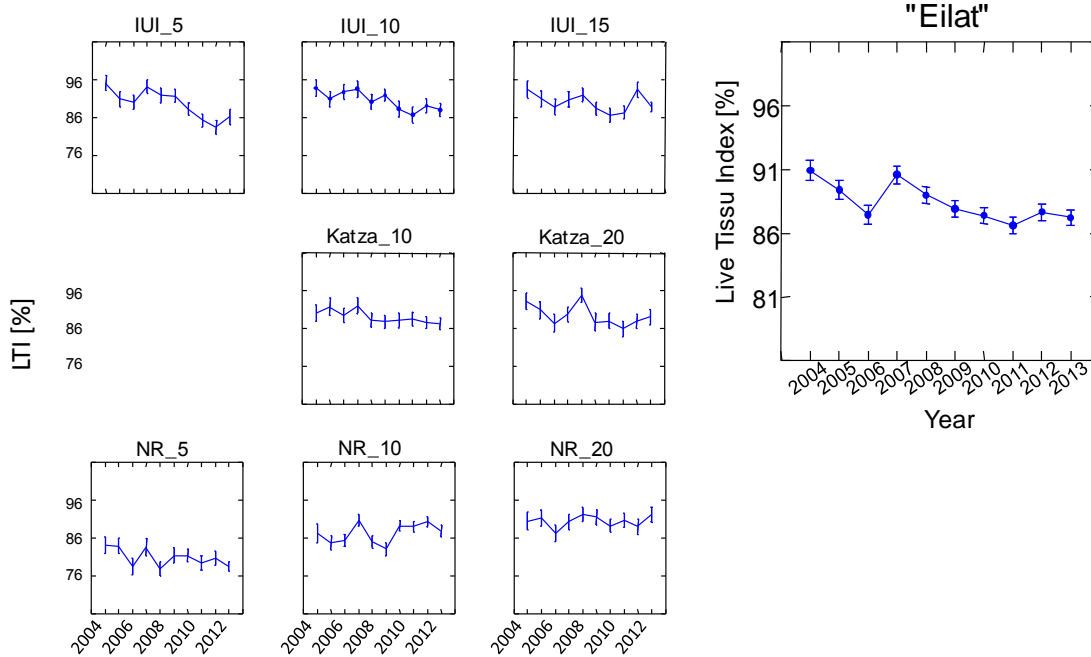


איור ב12: מדד אחוז הרקמה החיה של אלמוגים באתרים השונים. המדד מוגדר כממוצע באתר של אחוז השטח החי/בריא מסך השטח של כל מושבת אלמוגים חיה.

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 המדד הממוצע של כל האתרים (איור ב13). ירידה זו אינה רציפה ובשנים 2007 ו-2012 נצפתה עלייה בערך המדד, אולם המגמה הכללית היא של ירידה - אם כי באחוזים בודדים. 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 2004-2013.

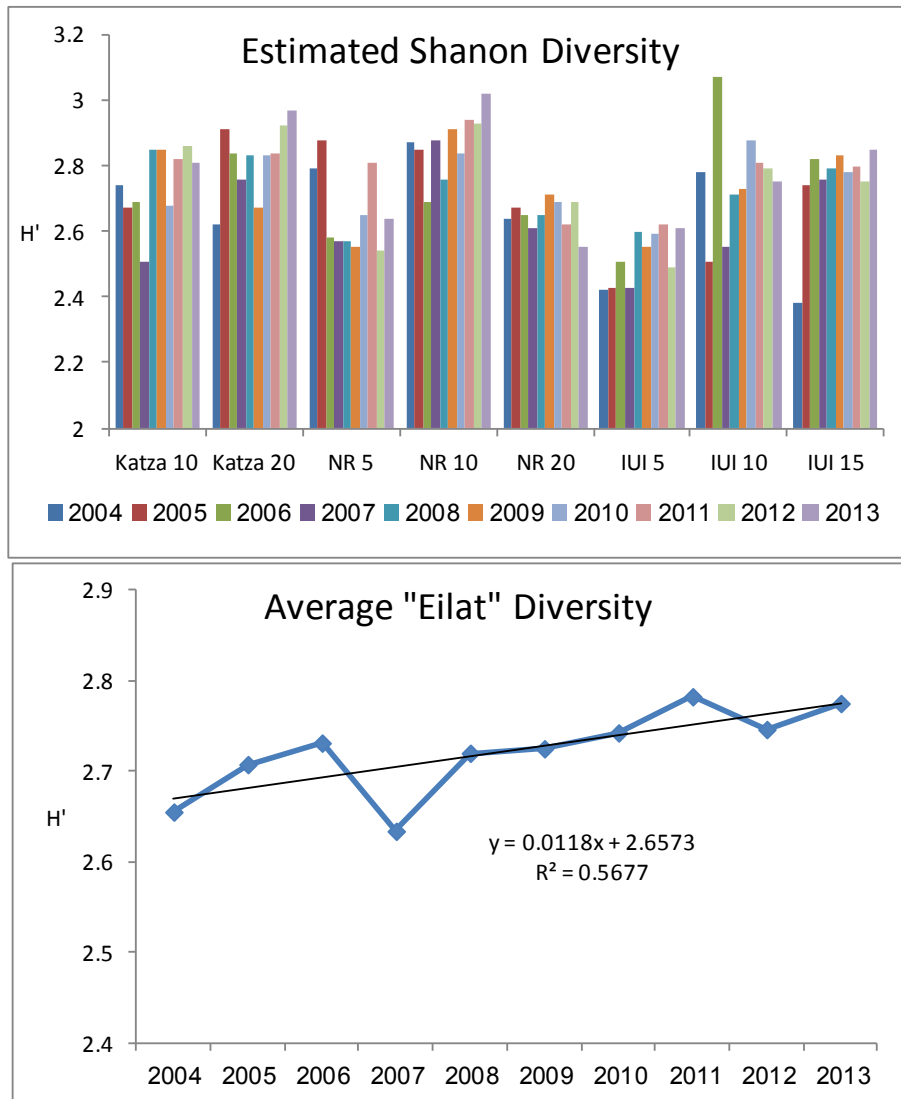
Figure B13: Changes in the state of coral colonies over time according to the average percentage of living coral tissue (LTI) from all sites over the period 2004-2013.

מדד רקמה חיה נמוך צפוי באתרים בהם האלמוגים גדולים, מכיוון שתמותה חלקית פוגעת באלמוגים גדולים/בוגרים 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 ב14) ניתנות כהערכת מגוון המינים עבור כל אתר בשלמותו בהסתמך על נתוני חתכי הקו וחישובי 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 NR-20 ($H'=2.55$), וערכו גבוה מעט מזה של האתר הנמוך ביותר בשנה הקודמת - אתר IUI-5 - שעד כה היה תמיד בעל מדד המגוון הנמוך ביותר. המגוון הגבוה ביותר חושב עבור Katza-20 ($H'=2.97$, מעט גבוה מהמדד הגבוה 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 בשנה הקודמת (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"שוניות אילת" כממוצע כל האתרים מראה מגמה חלשה של עלייה במגוון לאורך שנות הניטור (איור ב14, 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.

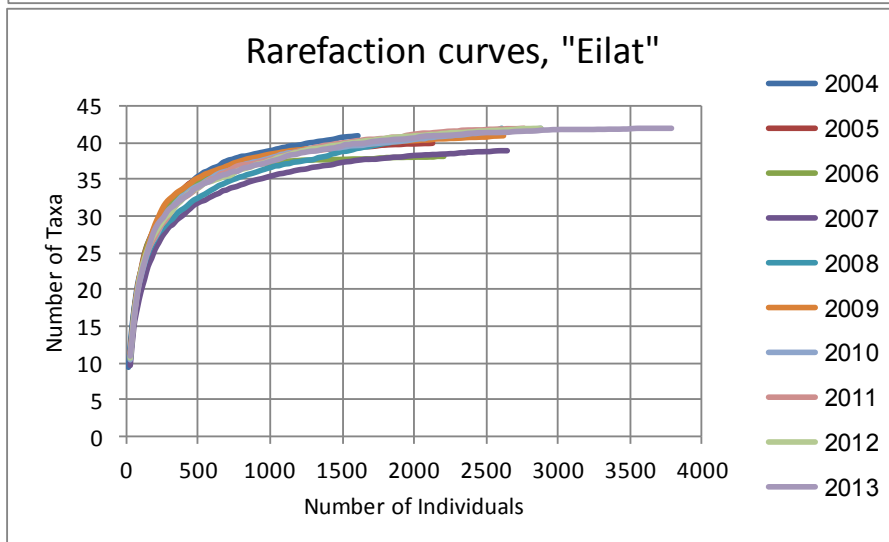
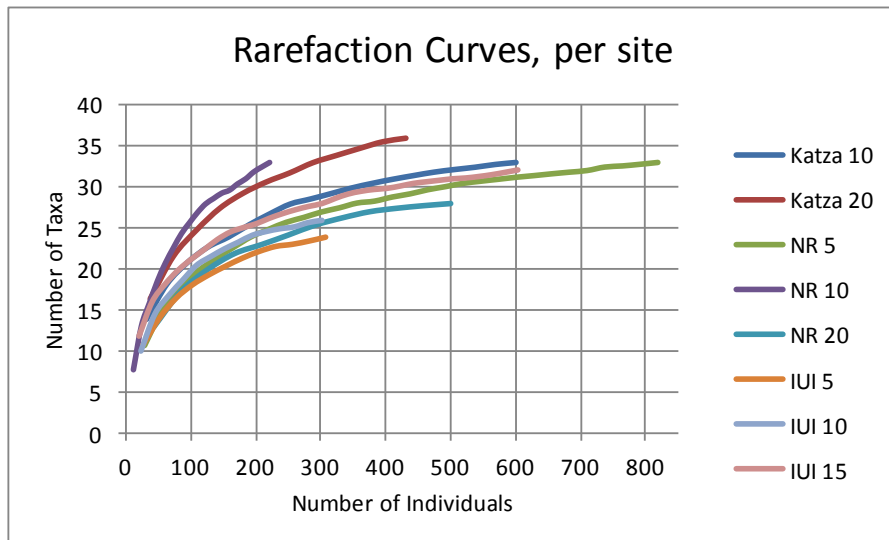
מדד המגוון על פי Shannon-Wiener לוקח בחשבון הן את עושר המינים (richness) והן את מידת האחידות (evenness) במפזר, וכך שם משקל גם על נוכחותם/העדרם של מינים נדירים. מדד זה טוב לשם השוואה בין השנים או בין אתרים, אולם לערכו המספרי אין משמעות ממשית. כך קשה לדעת מה משמעותו של הפרש הערכים מלבד הידיעה האיכותית 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. על מנת לבחון את מאמץ הדיגום ואת הפוטנציאל באתרים ספציפיים הוספנו השנה חתכים רבים בשני אתרים – NR-5, אתר השמורה הרדוד בו הכיסוי הגבוה ביותר, ואתר IUI-15 המייצג כיסוי אלמוגים נמוך יותר ומושבות קטנות יותר. בשני אתרים אלה הדיגום בשנה הקודמת לא מיצה את עושר המינים (על פי עקומות

הצבירה) והשנה נעשו בכל אחד מהם 30 חתכי דיגום, לעומת 12 ו-11 חתכים (בהתאמה) בשנה הקודמת. ניסינו לבחון האם מאמץ הדיגום ממצה את מגוון המינים באתרים אלה והאם יש לכך משמעות לגבי מגוון המינים הכללי באילת.

בהשוואה בין האתרים השונים (איור ב15, למעלה) ניתן לראות כי האתר 5-IUI בעל התוחלת הנמוכה ביותר של טקסונים (מספר הטקסונים הצפוי להדגם במאמץ דיגום מוגבל, למשל ספירה אקראית של 100 או 200 פרטים), ואילו באתר 10-NR התוחלת היא הגבוהה ביותר. ממצאים אלה תואמים את התמונה המתקבלת ממדד המגוון של Shannon-Wiener.

באתרים 10-Katza, 15-IUI, 20-NR ו-5-NR מאמץ הדיגום כמעט ממצה את פוטנציאל המגוון ונראה כי העקומות קרובות לרוויה. בשני האתרים הנדגמים ביותר, 5-NR ו-15-IUI בהם מאמץ הדיגום שולש בהשוואה לשנה הקודמת תוספת החתכים העלתה את מספר הטקסונים הנדגמים: באתר 5-NR זהו השנה 33 סוגי אלמוגים לעומת 27 בשנה הקודמת, ובאתר 15-IUI נמצאו 32 לעומת 26 בשנה הקודמת. יחד עם זאת, מספר הטקסונים אשר זוהה בסך הכל במהלך סקר השנתי (42) זהה בין השנים.

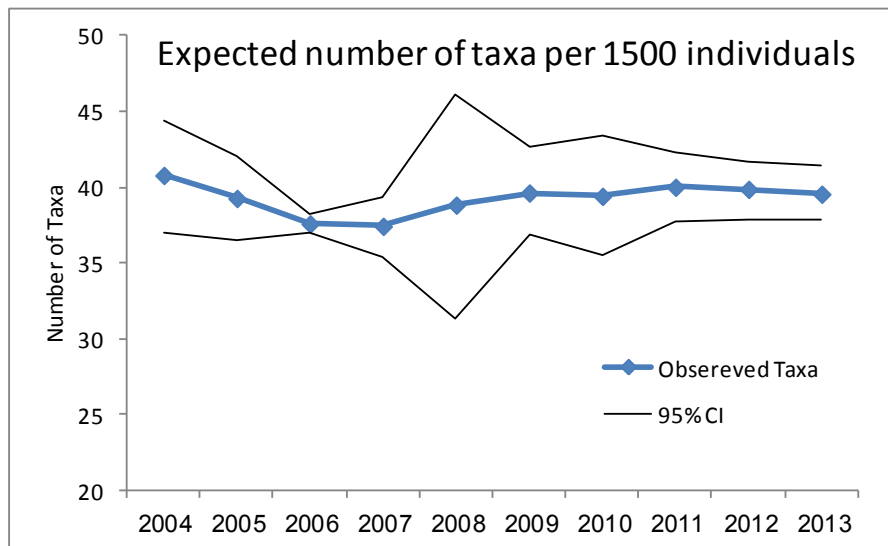
בהשוואה בין השנים של כל נתוני המגוון (ספירת מושבות) אשר נאספו על ידי תכנית הניטור נראה כי תוחלת עושר המינים הייתה נמוכה ביותר בשנתיים 2006-2007. לפני כן הייתה מעט גבוהה יותר, ובשנים האחרונות התוחלת שוב עלתה והתייצבה, כך שבשנים האחרונות העקומות חופפות (איור ב15, למטה). יחד עם זאת, ההבדלים בין השנים קטנים ונראה כי מאמץ הדיגום הכללי בהחלט ממצה את עושר האלמוגים ב"שוניות אילת".



איור ב15: עקומות צבירה של מספר הטקסונים מול מספר המושבות כפי שהושבו על ידי תכנת EstimateS

(<http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS> ; Colwell, 2005). 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.

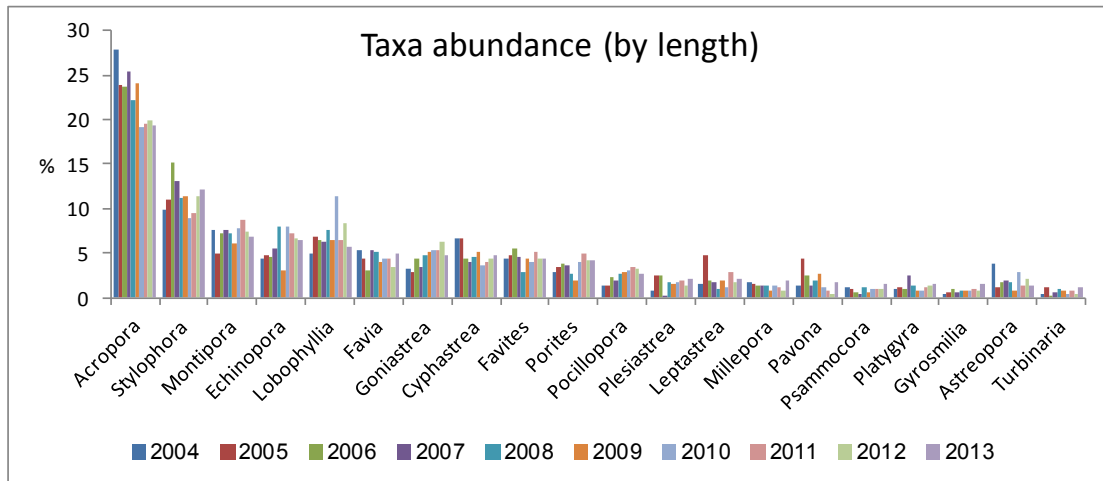
תוחלת מספר סוגי האלמוגים בספירה אקראית של אלף וחמש מאות מושבות אלמוגים ב"שוניות אילת", בהתבסס על עקומות הצבירה, לא השתנתה באופן מובהק מאז שנת 2004 (איור 16).



איור 16: השינוי בתוחלת מספר הטקסונים 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 ב-17 לפי סדר אחוז הכיסוי של סוגים אלה ביחס לכלל האלמוגים בשנת 2013. נראה כי למרות שאלמוגי *Acropora* מהווים את חלק הארי מסך הכיסוי של אלמוגים חיים (19.4% 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 42 סוגי אלמוגים באילת, ועשרים האלמוגים הנפוצים ביותר מהווים כ-92% (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 2013.

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

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>	7.28	4.37	4.70	3.00	11.42	2.00	3.21	3.03	6.15	5.54	2.86	4.88
<i>Stylophora</i>	0.98	1.10	20.18	0.09	0.25	0.00	0.07	0.05	1.03	10.17	0.04	2.84
<i>Lobophyllia</i>	3.69	3.39	3.48	1.26	2.18	2.97	2.58	2.64	3.58	2.56	2.69	2.77
<i>Montipora</i>	1.71	2.23	9.87	0.43	3.86	0.07	0.66	0.41	1.91	5.84	0.40	2.40
<i>Echinopora</i>	2.40	3.05	1.38	0.52	6.77	0.25	0.71	0.89	2.65	2.20	0.71	2.00
<i>Goniastrea</i>	1.52	0.73	5.55	0.47	1.38	1.57	0.29	0.21	1.21	3.19	0.52	1.46
<i>Favites</i>	1.71	0.59	0.95	0.34	2.22	0.94	1.29	0.90	1.28	1.02	1.01	1.12
<i>Cyphastrea</i>	0.87	1.83	0.58	0.47	2.11	1.16	0.80	0.67	1.24	0.85	0.81	1.06
<i>Porites</i>	0.76	1.24	0.59	0.83	2.70	0.08	0.54	1.34	0.95	1.08	0.87	1.01
<i>Favia</i>	1.12	0.83	0.47	0.76	0.70	2.18	1.50	0.33	1.01	0.60	1.02	0.99
<i>Pocillopora</i>	0.71	1.82	0.25	0.07	0.75	0.13	0.09	0.23	1.14	0.29	0.18	0.51
<i>Astreopora</i>	0.45	0.11	0.25	0.34	0.13	0.63	1.34	0.64	0.32	0.25	0.81	0.49
<i>Mycedium</i>	0.66	0.83	0.37	0.12	0.29	0.75	0.38	0.40	0.73	0.28	0.47	0.48
<i>Leptastrea</i>	0.57	0.33	0.49	0.50	0.55	0.77	0.44	0.15	0.47	0.50	0.36	0.47
<i>Plesiastrea</i>	0.51	0.87	0.42	0.27	1.25	0.04	0.05	0.17	0.65	0.54	0.11	0.45
<i>Platygyra</i>	0.08	0.03	0.44	0.07	0.06	1.44	0.34	0.47	0.06	0.26	0.64	0.37
<i>Pavona</i>	0.41	0.64	0.42	0.55	0.29	0.44	0.04	0.02	0.50	0.43	0.11	0.35
<i>Psammocora</i>	0.13	0.06	2.46	0.06	0.06	0.00	0.04	0.00	0.10	1.26	0.01	0.35
<i>Galaxea</i>	0.41	0.35	0.07	0.43	0.34	0.08	0.24	0.24	0.38	0.23	0.21	0.27
<i>Seriatopora</i>	0.00	0.15	0.00	0.17	0.00	0.06	0.16	1.49	0.06	0.05	0.85	0.25
Stony Corals	27.77	28.78	54.95	12.19	38.78	16.93	15.72	15.96	28.16	38.89	16.11	26.39

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

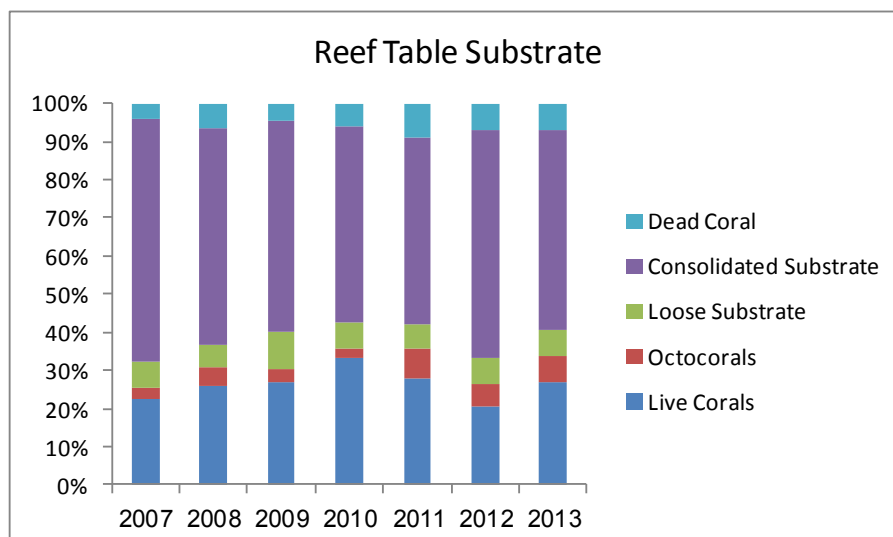
Table B3: The twenty most abundant corals (% cover) in the monitored area and their average cover in each site as a percent of the total transect length at each site.

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 חזקה מכיוון דרום) וכך להוסיף מידע שהיה חסר בעבר לפירוש תצפיות הנוגעות לשולחן השונית. סקרי שולחן השונית במסגרת תכנית הניטור החלו בשנת 2007.

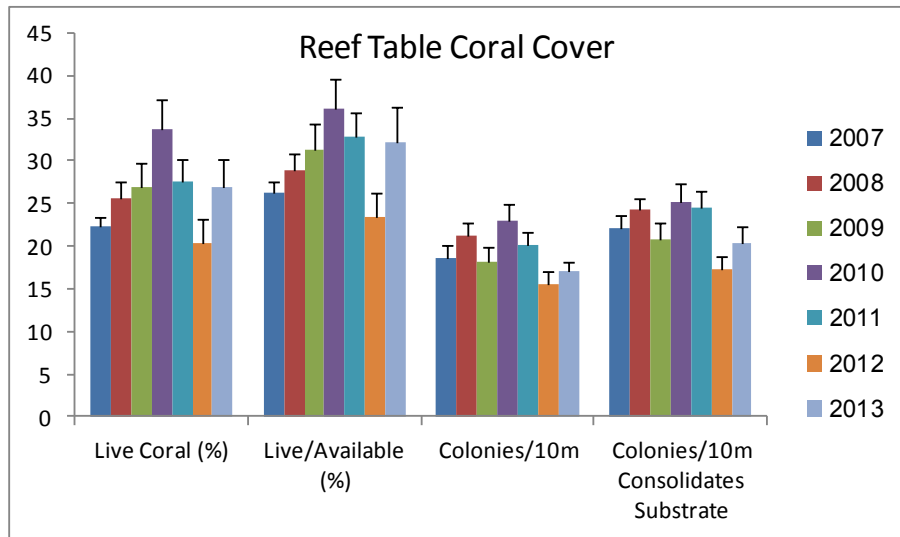
אופיו השונה של שולחן השונית ניכר בין היתר בהתפלגות סוגי התשתית שבו. סלע שונית מלוכד מהווה את רב שיטחו של שולחן השונית (איור ב18). בניגוד לאתרי קידמת השונית, שם האחוז הגבוה ביותר של סלע מלוכד חשוף שנמדד השנה הוא כ-34% (באתר 5-IUI), בשולחן השונית שטח הסלע המלוכד החשוף אשר נמדד השנה הוא כ-52% (נמוך יותר מאשר בשנה שעברה) ואילו אחוז הקרקע הלא מלוכדת כ-7% (בדומה לשנים הקודמות). כתוצאה מכך ההבדל בין אחוז הכיסוי החי לאחוז הכיסוי המנורמל (מתוך סך המצע הקשה) בשולחן השונית אינו גדול.



איור ב18: אחוזי הכיסוי המצטברים של אלמוגים, חול, סלע, ואלמוגים מתים. האחוזים הם ממוצעים מתוך כל חתכי הקו.

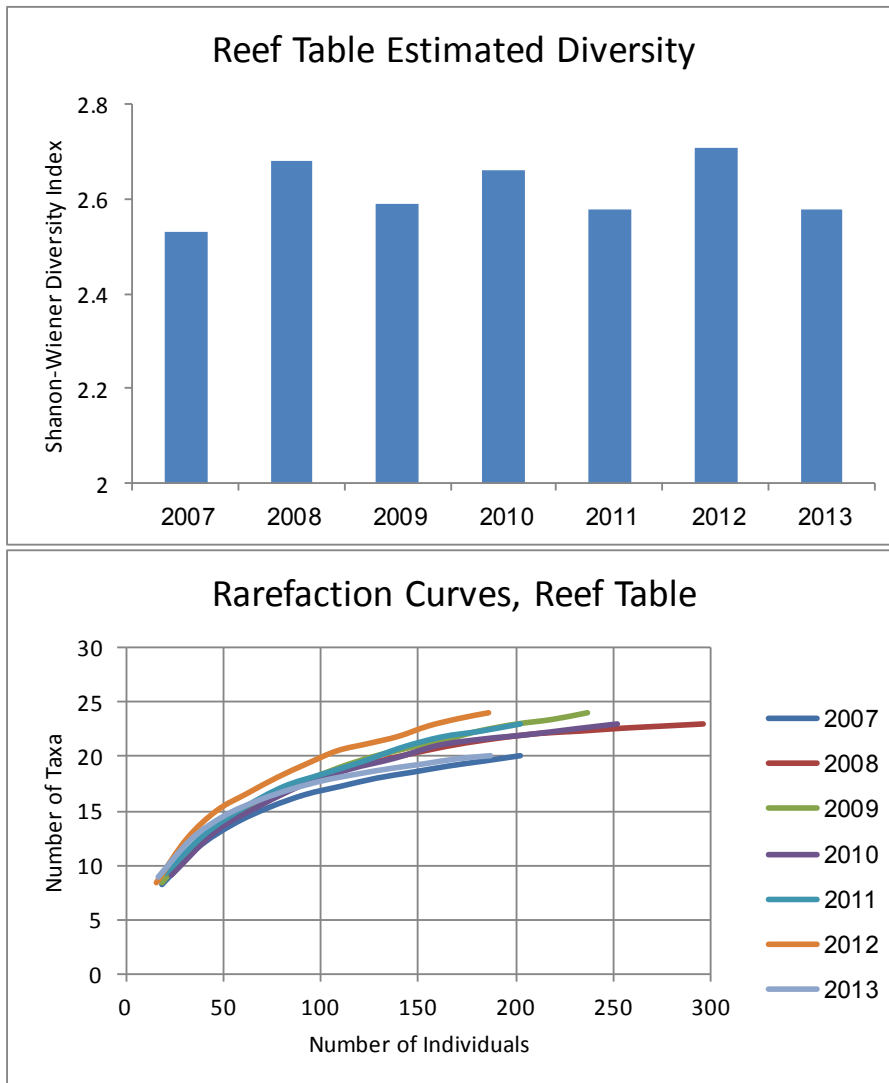
Figure B18: Cumulative percent cover of live corals, sand, rock and dead corals. Values are averages of line transect values.

השנה נמדדה עליה בכיסוי אלמוגי האבן החיים בשולחן השונית (הכיסוי השנה 26.9%, והכיסוי המנורמל 32.2%. בשנה הקודמת נמדדו 20% ו-23%, בהתאמה. איור ב19). ערכי השנה דומים לערכים הגבוהים אשר נמדדו בשולחן השונית בשנת 2010. לעומת זאת נמדדה השנה ירידה באחוז הכיסוי של אלמוגים רכים.



איור ב19: אחוז כיסוי האלמוגים וצפיפות מושבות בשולחן השוניית 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 2.58, ערך נמוך בהשוואה לשנה הקודמת (2.71, איור ב20). עקומת הצבירה של טקסונים בשולחן השוניית השנה נמוכה מעט, ודומה לעקומה של שנת 2007 (איור ב20, למטה). בכל השנים נראה כי מדד המגוון בשולחן השוניית, ובעיקר עושר המינים שם, נמוך מהערך הממוצע באתרי קדמת השוניית (ראו למעלה). עובדה זו צפויה, עקב התנאים האחידים והקיצוניים יותר בשולחן השוניית. בשולחן השוניית נמצאו השנה 20 סוגים של אלמוגי אבן לעומת 42 בכל אתרי קדמת השוניית. עשרים אלמוגי האבן הנפוצים בשולחן השוניית השנה מוצגים כנגד עשרים המינים הנפוצים ביותר באתרי קדמת השוניית בטבלה ב4. רוב האלמוגים הנפוצים מצויים בשני בתי הגידול (12 מתוך 20), אך ישנם הבדלים חשובים. בפרט ראוי לציין כי האלמוגים הנפוצים *Acropora* ו-*Stylophora* אשר להם הכיסוי הרב ביותר באתרי קדמת השוניית נמצאים במקום השני והשלישי בשולחן השוניית. עובדה זו מצביעה על פגיעה בסוגים אלה בשולחן השוניית. יחד עם זאת אלה אלמוגים המהירים לצמוח וגודל אוכלוסייתם משתנה מאד בין השנים, כך שלא ברור האם ישנה כאן תופעה מדאגה.



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

טבלה ב4: עשרים אלמוגי האבן הנפוצים (לפי אחוז 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.

דיון ומסקנות

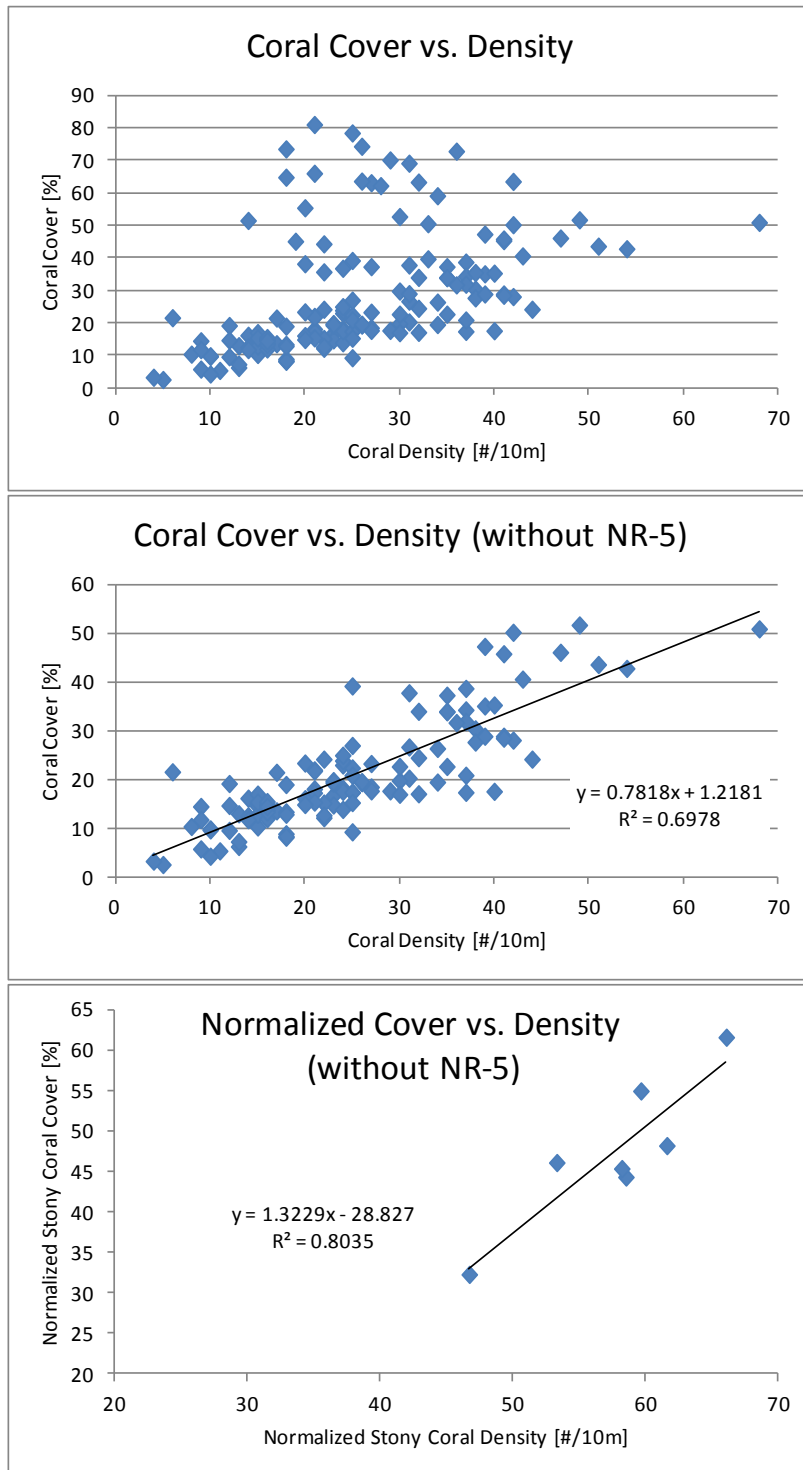
ניטור מצב השוניות באילת מבוצע באמצעות מספר סקרים אקולוגיים המותאמים לסביבות ומטרות שונות. חלק הארי של הסקר האקולוגי מבוצע באתרי קדמת השונית ושולחן השונית בשיטת חתכי הקו. חלקים נוספים, אשר ידונו בהמשך, הם סקר אזור הלגונה, המבוצע בשיטה של ריבועי דיגום סדורים, וצילום אתרים קבועים בשונית. אפיון סטטיסטי של 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 למדידות המבוססות 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 מדאיגות, 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, הן כתוצאה מהבדלי העומק, הן הבדלים בסוג המצע, והן הבדלים אוקינוגרפיים הנובעים ממוקומם השונה של האתרים. להבדלים טבעיים אלה השפעה גדולה וראשונית על אופי השונית בכל אחד מהאתרים הנסקרים. הממוצע המכונה כאן "שונית אילת" הוא ישות סטטיסטית לצורכי השוואה בין שנים ובין מקומות אחרים בעולם, אולם – כדרכם של ממוצעים – אינו מייצג אף אחד מהאתרים בנפרד.

השנה נמדדה עלייה במדדי הכיסוי החי של אלמוגי אבן. בששה מתוך שמונה אתרים נמדדה עליה באחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים בהשוואה לשנה הקודמת. עלייה גדולה במיוחד נמדדה באתר השמורה העמוק, 20-NR, והכיסוי החי אשר נמדד שם השנה עמד על כ- 39%. גם באתר השמורה הרדוד נמצאה עליה בשטח המכוסה אלמוגי אבן חיים אשר הגיע השנה ל- 55%. שקלול של כל האתרים הנסקרים באילת הראה השנה כיסוי חי ממוצע של 26.4%, לעומת 23.6% בשנה הקודמת.

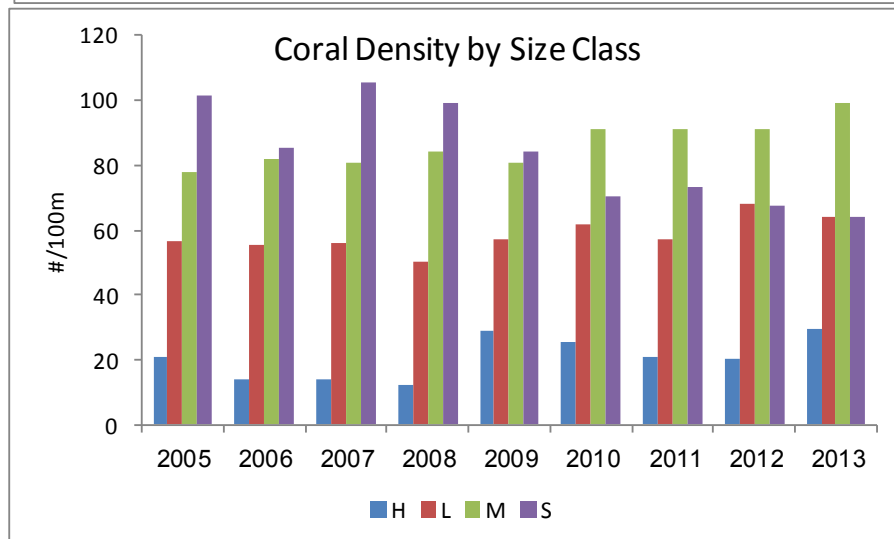
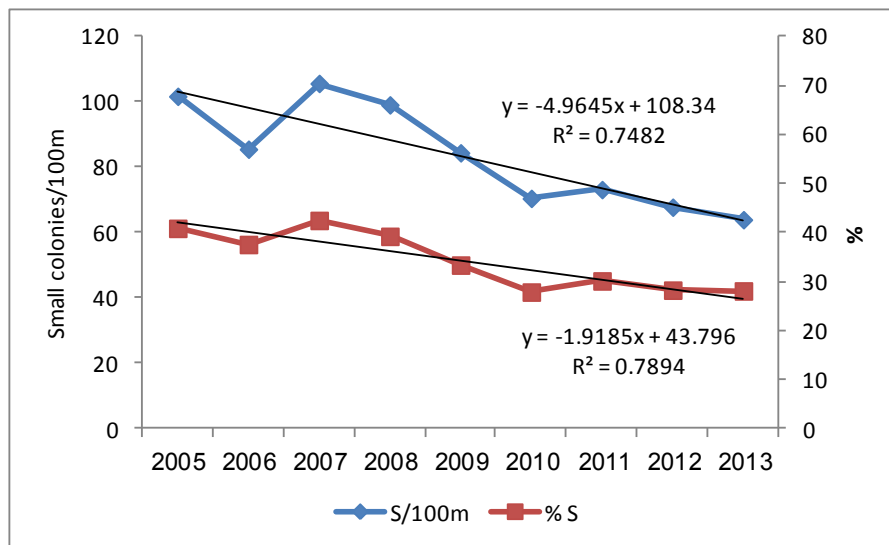
גם במדדים כלליים אחרים, צפיפות מושבות וגודל מושבות האלמוגים נמצאה עליה. ההתאמה הכללית בין כיסוי האלמוגים ובין צפיפות המושבות אינה טובה, אולם חוסר ההתאמה נובע בעיקר מאתר השמורה הרדוד, 5-NR, בו נמצא כיסוי גבוה במיוחד המושג באמצעות מושבות אלמוגים ענקיות. כאשר נבחן המתאם בין כיסוי וצפיפות מושבות ללא אתר זה, נמצאת התאמה מצוינת בין המשתנים (איור ב21). נראה כי באתרים בהם אין אלמוגי ענק ואחוז הכיסוי נמוך יותר כיסוי האלמוגים גדל עם עליה בצפיפות המושבות. בשנים קודמות ההתאמה שנבחנה מפעם לפעם בין כיסוי האלמוגים ובין צפיפות המושבות לא היתה טובה, אולם נראה שבמשך שנות הניטור ההתאמה השתפרה; בשנה הקודמת דווחה התאמה סבירה בין כיסוי אלמוגים וצפיפות מושבות, אולם לא בערכים המנורמלים למצע הקשה. השנה, ככל הנראה בעקבות גדילת אלמוגים ועליה בכיסוי האלמוגים ברוב האתרים, השתפרה מאד ההתאמה גם בערכים המנורמלים. יתכן כי זו עדות לשיפור במצב השונית בהקשר ל"מחסום השרידות" שהוזכר כגורם מגביל בשנים קודמות.

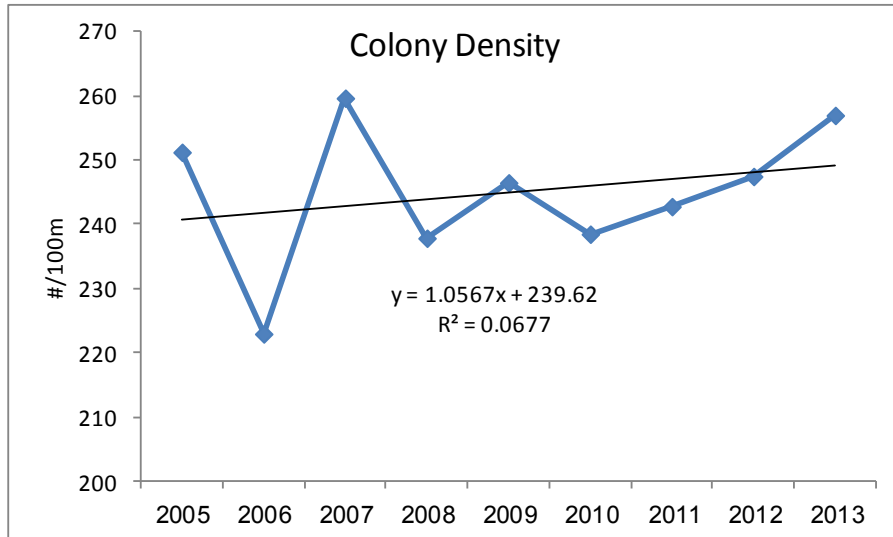


איור ב21: למעלה- היחס בין כיסוי אלמוגי אבן ובין צפיפות המושבות בכל חתכי הקו אשר נסקרו בשנת 2013. באמצע- היחס בין כיסוי אלמוגי אבן ובין צפיפות המושבות בחתכי הקו אשר נסקרו בשוניות אילת ללא אתר 5-NR. למטה- היחס בין כיסוי אלמוגי אבן ובין צפיפות המושבות באתרי הניטור ללא אתר 5-NR, לאחר נירמול על פי מצע קשה.

Figure B21: Top- correlation between stony coral cover and colony density in all the line transects surveyed in 2013. **Middle-** correlation between stony coral cover and colony density in line transects at the Eilat reefs excluding the NR-5 site. **Bottom-** correlation between stony coral cover and colony density at the monitoring sites excluding NR-5, normalized for consolidated substrate.

גם גודל מושבות האלמוגים האפייני גדל במהלך עשר השנים האחרונות: בחמשת אתרי השמורה וקצא"א (5,10,20-NR ; 10,20-KATZA), וכן באתר המעבדה העמוק (15-IUI) גודל המושבות הדומיננטי הוא "בינוני" ("גדול" באתר 5-NR) ולא "קטן". ובסך הכל בשנות הניטור נצפתה עליה בגודל המושבות בשוניות אילת, כך שהגודל ה"בינוני" מהווה השנה 39% מסך המושבות (לעומת 29% בשנת 2005) והגודל "קטן" מהווה 28% (לעומת כ-40% בשנת 2005). יחד עם הגידול ההדרגתי במושבות האלמוגים הדומיננטי בשוניות אילת, אשר תורם לעליה באחוז הכיסוי, ישנן שתי תצפיות נוספות: ישנה ירידה במספר המושבות הקטנות (איור ב22, וראו גם דיון בדו"ח התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת לשנת 2012) ואין שינוי מגמתי בצפיפות מושבות האלמוגים באתרי הניטור (איור ב22 למטה). הירידה במספר המושבות הקטנות לאורך זמן מצביעה על קושי בגיוס אלמוגים חדשים לשוניות, אולם קושי זה אינו בא לידי ביטוי בכיסוי החי תודות לשיפור בשרידות וגידול מושבות הניכר ביציבות צפיפות המושבות ובמעבר לקבוצות גודל גדולות יותר בשוניות.





איור ב22: למעלה- ירידה מתמשכת במספר מושבות קטנות ובחלקן היחסי בשוניות אילת. אמצע- שינוי בקבוצת הגודל הדומיננטי של מושבות אלמוגים בשוניות אילת מ"קטן" בשנים 2005-2009 ל"בינוני" מאז 2009. למטה- צפיפות מושבות אלמוגים ללא שינוי מגמתי.

Figure B22: Top- gradual drop in the number and fraction of small coral colonies at the Eilat reefs. Middle- change in the dominant size class of coral colonies in Eilat from "small" during 2005-9 to "medium" since 2009. Bottom- coral colony density has not changed significantly over the past ten years.

השנה הוקדש מאמץ לבחון עד כמה ממצה הדיגום את מגוון הטקסונים של אלמוגים בשוניות. עקומות הצבירה של טקסונים בכלל אתרי השוניות באילת מגיעים לרוויה ונראה כי מספר הטקסונים המזוהים בשנים האחרונות, 42, מייצג בצורה טובה את המגוון הקיים בשוניות אילת. יחד עם זאת, בכל אתר בנפרד עקומות הצבירה אינן רוויות וקיים חשש כי המגוון המזוהה בכל אתר מהווה הערכת חסר. השנה הגדלנו את מאמץ הסקר במידה משמעותית בשני אתרים, 5-NR ו-15-IUI, על מנת לנסות מצות את המגוון בכל אחד מהם בנפרד. בשני האתרים האלה נעשו השנה 30 חתכי קו (לעומת 12 ו-11 בהתאמה, בשנה הקודמת). על אף תוספת המאמץ לא הגיעו עקומות הצבירה בשני האתרים לרוויה. באתר 5-NR נסקרו למעלה מ-800 מושבות אלמוגים, ובאתר 15-IUI יותר מ-600. ב-5-NR זוהו 33 סוגי אלמוגים וב-15-IUI 32. בשנה הקודמת נמצאו באתר 5-NR 27 סוגים (מתוך 390 מושבות שנסקרו) ובאתר 15-IUI זוהו 26 סוגים בכ-200 מושבות. תוספת המאמץ הביאה לסקירת מגוון אלמוגים גדול יותר בשני האתרים. אולם, מאמץ הדיגום עלה פי שלושה כמעט, ותוספת המידע בשני האתרים קטנה מ-20% ולא באה כלל לידי ביטוי בהערכת מגוון סוגי האלמוגים בכלל שוניות אילת. מגוון המינים על פי מדד Shannon-Wiener כמו גם הרכב חברת האלמוגים באתרי הניטור אינם שונים משמעותית משנה לשנה. גם מספר סוגי האלמוגים הצפויים בספירה של 1500 מושבות אקראיות לא משתנה לאורך עשר שנות הניטור. 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

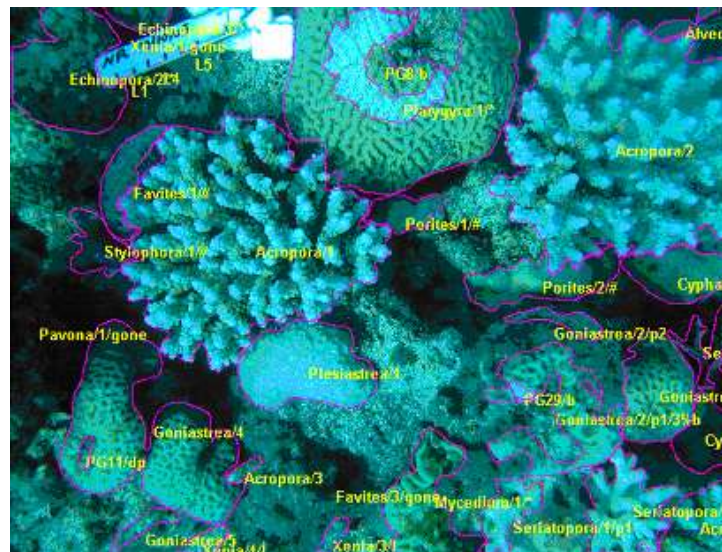
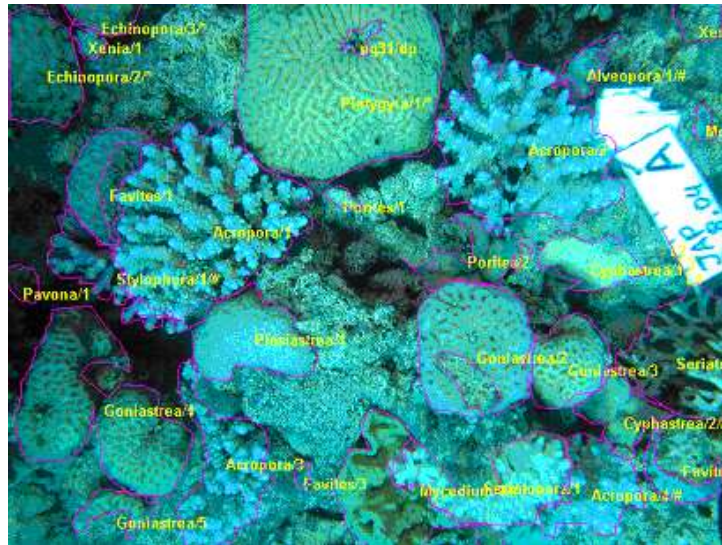
צילום חוזר של שטחי שונית קבועים באתרי שונית בחוף הצפוני, חוף הדקל, קצא"א, שמורת האלמוגים, המעבדה הימית, וטאבה (איור ב23). בכל אתר חוברה לסלע תושבת קבועה המיועדת למצלמה, בחמש נקודות נבחרות. בכל נקודה מצולמת השונית בארבעה כיוונים על ידי סיבוב המצלמה בתושבתה. באופן זה ניתן לחזור ולצלם את אותו השטח בדיוק 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. בנייתוח הנתונים נעשית השוואה בין תמונות חופפות בכל סקר. סקר הצילום נערך בכל שנה באותה עונה.

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 (תיכנות 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 בשונית 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



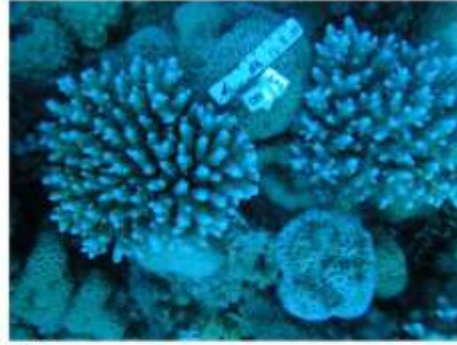
2004



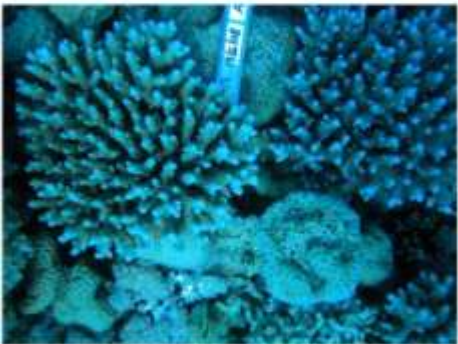
2005



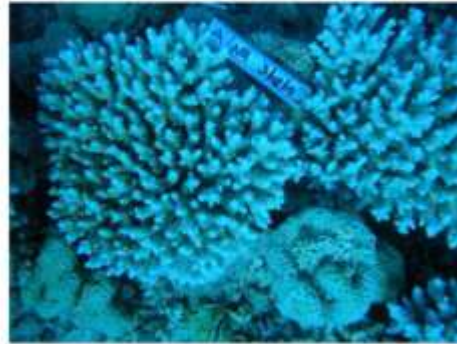
2006



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

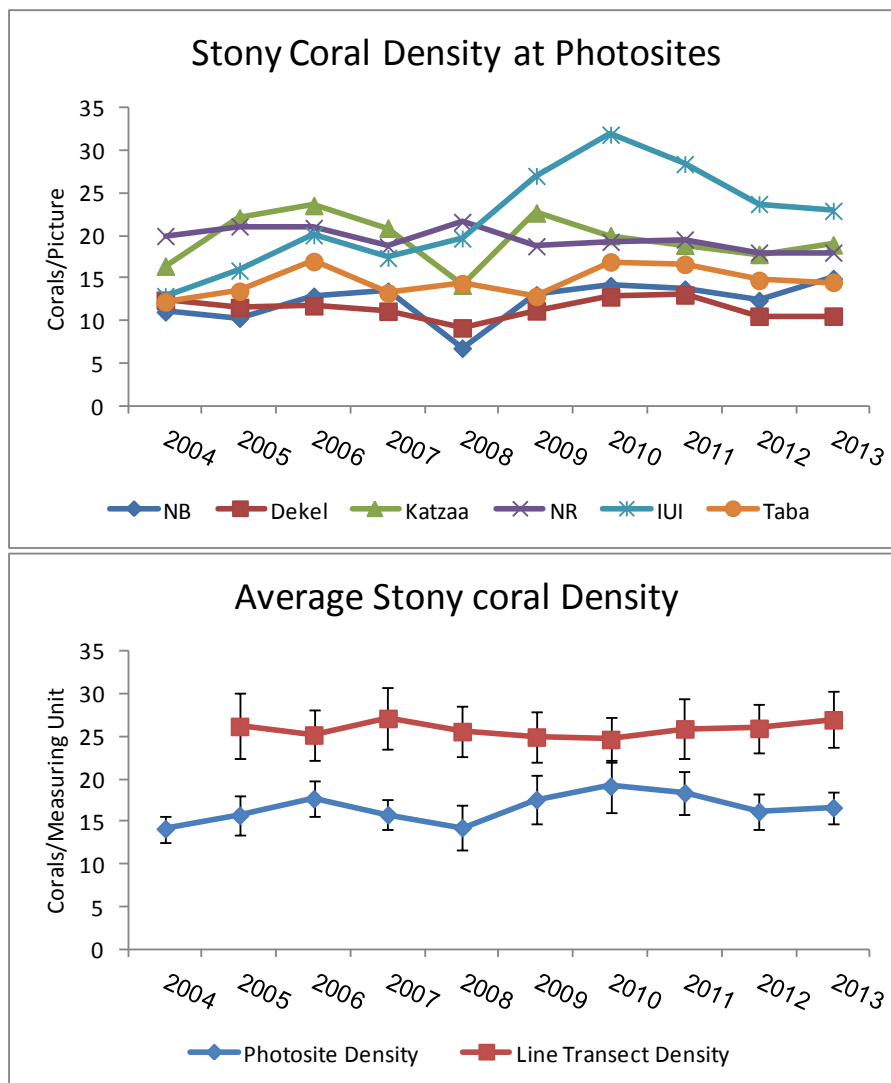
במהלך שנת 2013 נותחו 117 תמונות לצורך השוואה עם השנים הקודמות (טבלה ב5). בסך הכל נספרו 2,405 מושבות מכל הסוגים, מתוכן 2,002 מושבות אלמוגי אבן. שטחן של 1,228 מושבות אלמוגי אבן נמדד לצורך השוואת שטחים בין השנים וחישוב ה"גדילה". מספר מושבות האלמוגים המעונפים המופיעות בתמונות קבועות המקום קטן בערך פי 4 ממספר המושבות של לא-מעונפים, ושטח האלמוגים המעונפים קטן בערך פי 2.5 מזה של הלא-מעונפים. יש לזכור כי מספר התמונות אינו שווה בין האתרים, וגם משתנה מעט בין שנה לשנה בהתאם למצב הצובות הצילום. ככל 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 (639 מושבות). בשנים 2010-2011 מספר המושבות הגדול ביותר נמצא באתר המכון הבינאוניברסיטאי. מספר המושבות הקטן ביותר נסקר גם השנה באתר החוף הצפוני (131 מושבות מכל הסוגים).

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	11	638	109	8,607	131	11,321
Dekel	19	38	4,765	163	27,193	239	37,230
Katzaa	24	129	8,343	326	17,242	521	29,975
NR	28	134	14,469	371	24,257	639	49,585
IUI	20	70	4,124	389	10,323	523	15,082
Taba	18	31	6,000	231	17,553	352	27,013
Total	117	413	38,340	1,589	105,175	2,405	170,207
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	6	122	71	4,305	85	5,574
Dekel	19	13	1,724	78	6,189	117	9,079
Katzaa	24	79	3,854	208	5,155	320	10,430
NR	28	81	5,798	224	12,503	376	21,786
IUI	20	38	1,704	282	6,873	365	8,976
Taba	18	18	3,646	130	6,530	191	11,230
Total	117	235	16,848	993	41,555	1,454	67,075

טבלה ב5: סיכום נתוני השטחים ומספר מושבות האלמוגים שנאספו בסקר הצילום בשנת הניסוי 2013. "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 2013 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 היה השנה מעט נמוך מאשר בשנה הקודמת (22.8 לעומת 23.5), ואילו באתר IUI צפיפות המושבות עדיין גבוהה יותר, כ-26, בדומה לשנה הקודמת – אולם זו ירידה של כ-15% בהשוואה לשנת 2011 שם (כ-32 מושבות). יחד עם זאת, נראה כי בשנת 2010 הייתה כמות המושבות באתר IUI גבוהה במיוחד והירידה בשנים האחרונות עדיין אינה מדאיגה (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.

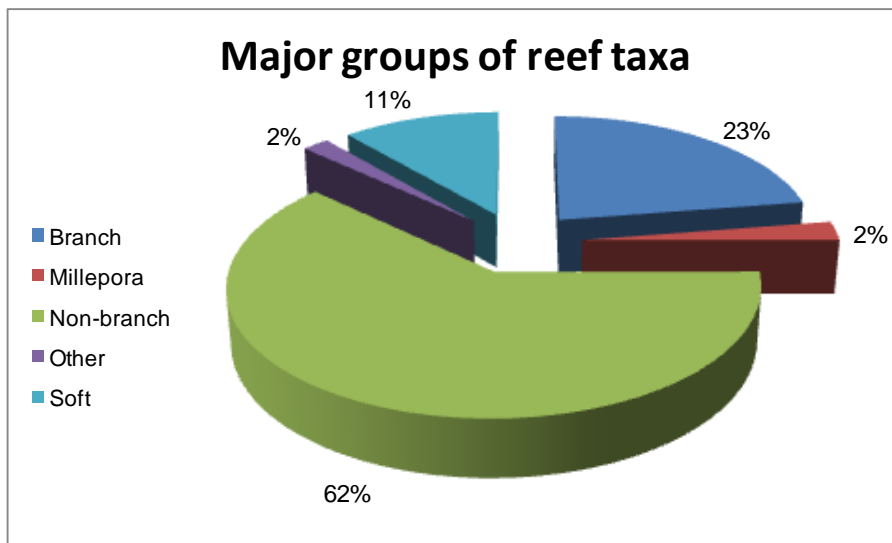


איור ב26 למעלה – שינויים במספר המושבות הממוצע לתמונה בכל אתר מאז שנת 2004. למטה – השוואה בין השינויים בצפיפות מושבות אלמוגי האבן הנמדדת בסקר חתכי הקו (אדום) לזו הנמדדת בסקר המצולם (כחול). הנתונים הם ממוצע "אילת" ליחידת דגימה.

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, בדומה לשנה הקודמת, היוו אלמוגי האבן 85% מסך שטח המושבות אשר נמדדו באתרים המצולמים (בשנת 2011 היוו אלמוגי האבן כ-92%). חלקן היחסי של מושבות האלמוגים הרכים הוסיף לגדול, כ-11% השנה לעומת

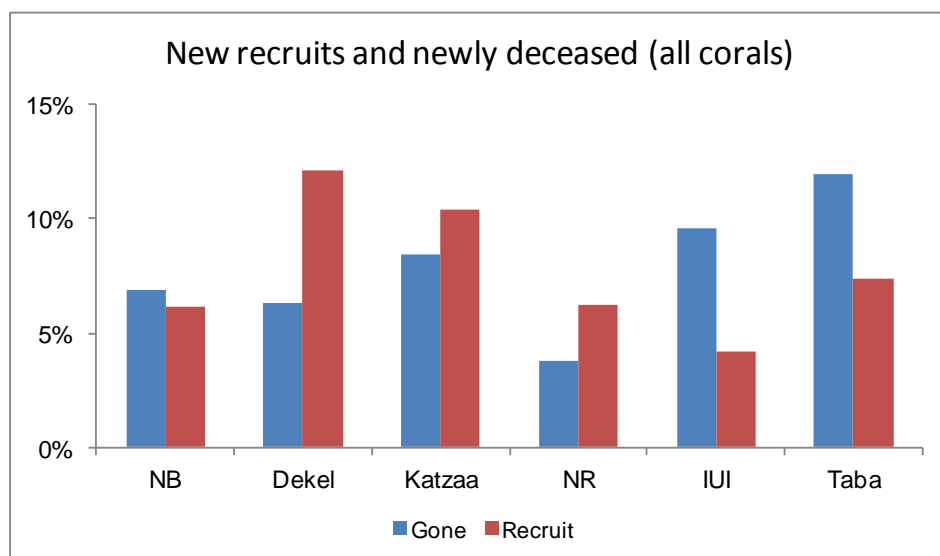
כ-9% בשנה הקודמת ו-4% בשנת 2011. בקבוצת "אחרים" כלולים צדפות, מאקרו-אצות, ספוגים ועוד. ראוי להזכיר שבחירת השטחים המצולמים נעשתה שלא באקראי והייתה מוטה לטובת כתמי שונית עתירי אלמוגי אבן.

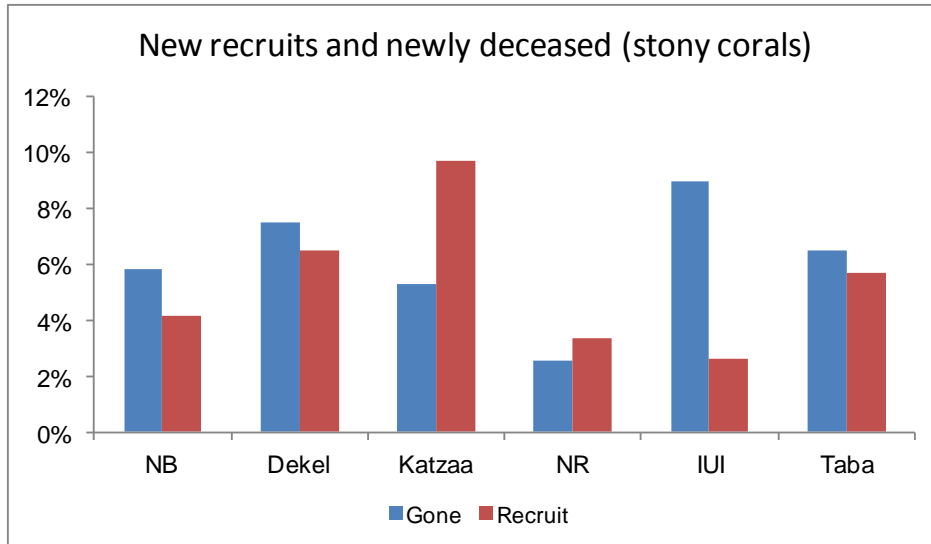


איור ב27: התפלגות הקבוצות העיקריות המרכיבות את חברת השונית באתרים המצולמים בשנת 2013, על פי אחוז השטח היחסי אותו הם תופסים.

Figure B27: Distribution of the main taxa groups comprising reefs at the permanent photo-sites in 2013, according to the relative (percent) area which they occupy.

עודף (מספרי) של התיישבות על פני תמותת מושבות מכל הסוגים נמצא השנה באתרים חוף אלמוג, קצא"א וחוף הדקל (איור ב28 למעלה). עודף התיישבות של אלמוגי אבן נמצא השנה רק באתרים חוף אלמוג וקצא"א (איור ב28 למטה). בשאר האתרים נמצא עודף מספרי של תמותה על פני התיישבות. 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 הירידה במספר המושבות מלווה בירידה גדולה יותר של שטח הכיסוי. מה שעשוי לאזן את הירידה כתוצאה מאבדן מושבות הוא גידול מושבות קיימות.

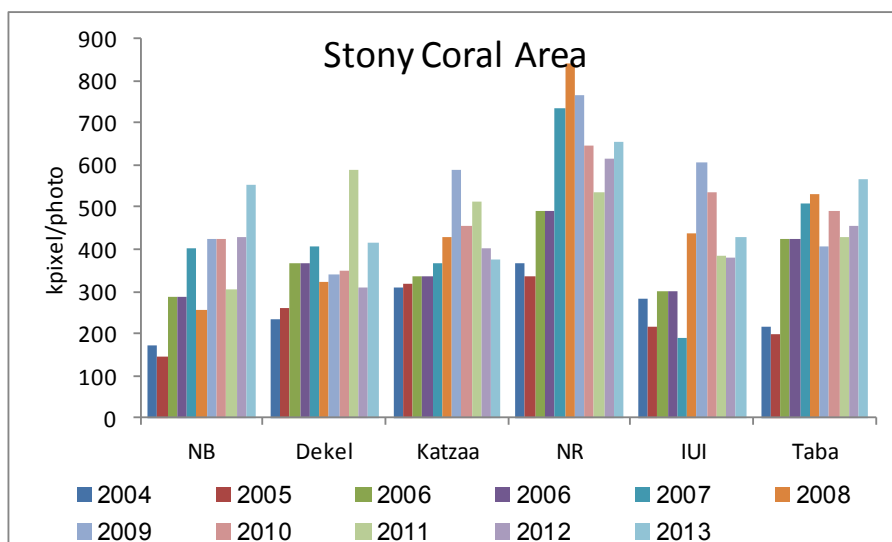


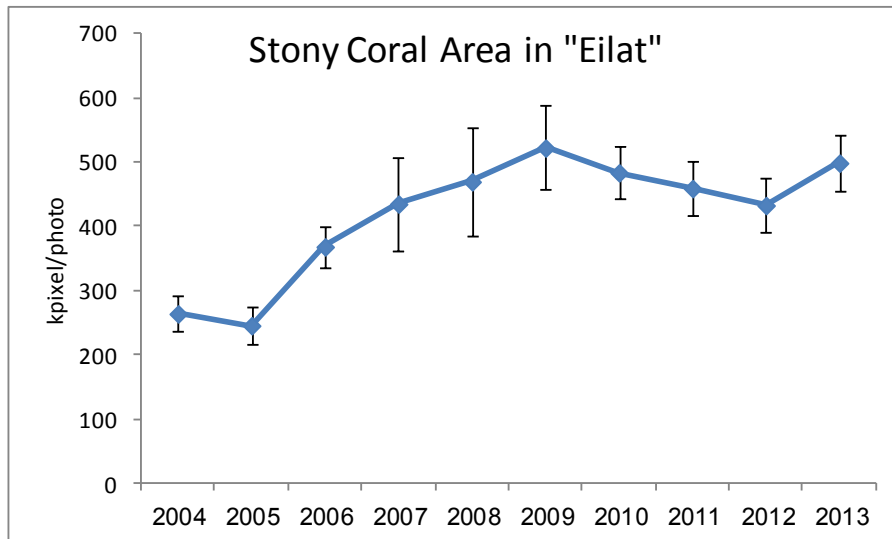


איור ב28: התיישבות ותמותה של מושבות אלמוגים מכל הסוגים (למעלה) ושל אלמוגי אבן (למטה) באתרים המצולמים בשנת 2013. על מנת לאפשר השוואה בין האתרים הנתונים מוצגים כאחוזים מכלל המושבות באתר.

Figure B28: Colony recruitment and death for all corals (top) and for stony corals only (bottom) at the photo-survey sites in 2013. 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. השנה שוב נמדדה עליה ושטח אלמוגי האבן הממוצע בתמונה (נמדד באלפי פיקסלים לתמונה) קרוב לזה של שנת 2009, 499 ו-522 בהתאמה (איור ב29). בממוצע, גדל שטח אלמוגי האבן באתרים המצולמים לאורך חופי אילת בין השנים 2004 ו-2009, בשנים 2009-2012 נרשמה ירידה, ובשנה האחרונה שוב נראית עליה בשטח אלמוגי האבן.

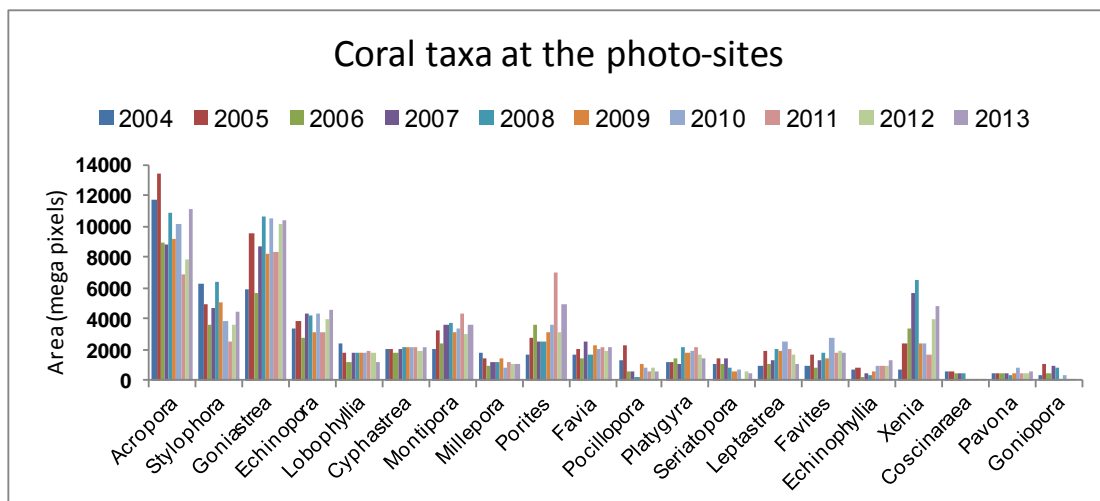




איור ב29: למעלה - שינויים בשטח אלמוגי האבן הממוצע לתמונה בכל אתר מאז שנת 2004. למטה - שינוי שטח אלמוגי האבן הממוצע לתמונה ב"שוניות אילת", מאז 2004, על סמך האתרים המצולמים.

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. השנה שוב לאחר מספר שנים שטח האלמוג *Acropora* הוא 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. גם השנה עלה שטחם של ארבעת הסוגים הדומיננטים בצילומים הקבועים.



איור ב30: עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר (לפי שטח בשנת 2004) בסדרות הצילום 2004-2013.
Figure B30: The twenty most abundant corals (by area) in the 2004-2013 photo-surveys.

סיכום

באתרים המצולמים שטחם הממוצע של אלמוגי האבן כמעט כפול בהשוואה לשנת 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. עודף של התיישבות אלמוגי אבן חדשים על פני תמותת מושבות נמצא רק באתרים חוף אלמוג וקצא"א.

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.

השנה שב האלמוג *Acropora* ותפס את השטח הגדול ביותר באתרים המצולמים. אלמוג זה היה דומיננטי בשנות הניטור הראשונות אולם מאז שנת 2008 ועד השנה המדד לאלמוג *Goniastrea* שטח גדול יותר. האלמוג מסוג *Stylophora* שהיה בעבר נפוץ ביותר עדיין תופס שטח קטן יותר בשנים האחרונות, אם כי השנה גם שטחו גדל.

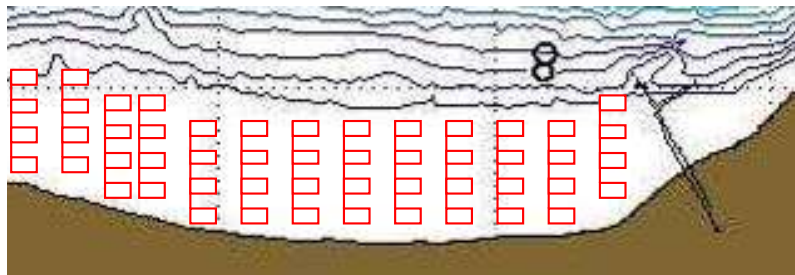
ב.3. חברת האלמוגים בלגונה שמורת האלמוגים

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 נייחים. 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 חשיפה 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 101 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.



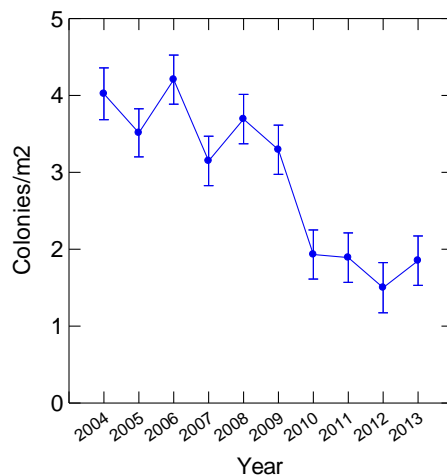
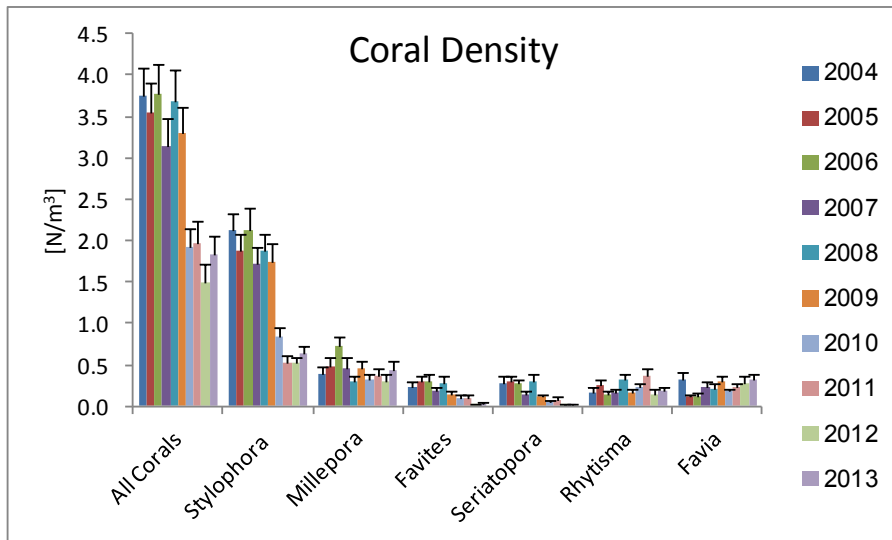
איור ב31: תיאור מערך הדיגום של חברת האלמוגים בלגונה השמורה באזור הסגור לקהל. ריבועים בגודל של 1 מ"ר (באדום) הונחו באופן סדור במרחק של 5 מטרים זה מזה לאורך סרט מדידה שהונח בניצב לחוף והתחיל ממרחק 9 מטרים מ"קו החוף" ועד לשולחן השונית (קו דיגום). כל קו דיגום כלל בין 5 ל-6 ריבועים, (על אף שבאיור משורטטים רק 4 לכל חתך). סה"כ בוצעו 17 קווי דיגום בשטח הלגונה (101 ריבועי דיגום).

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 (totaling 101 quadrates).

תוצאות

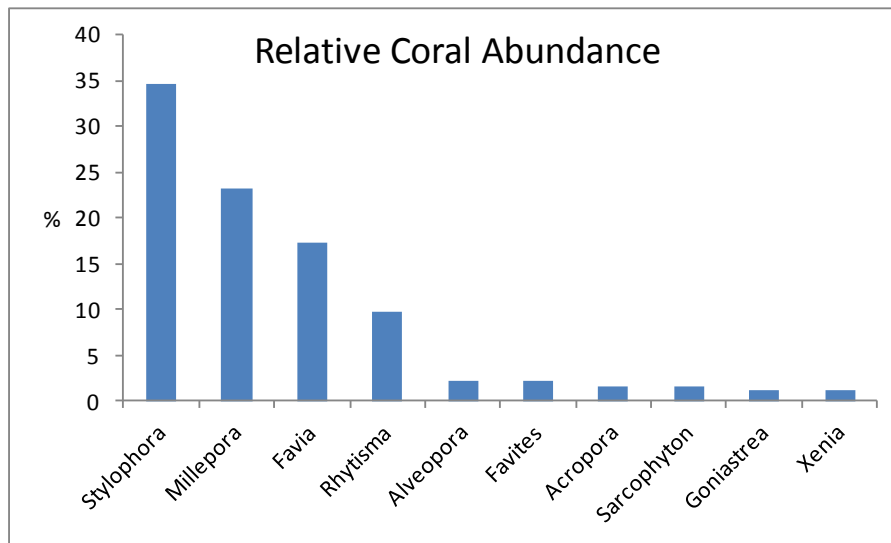
השנה נמצאה עליה קלה במספר מושבות האלמוגים בלגונה, בהשוואה לשנה הקודמת. למרות זאת, צפיפות מושבות האלמוגים אשר ירדה באופן דרמטי החל משנת 2010 עדיין נמוכה בהשוואה לשנים הקודמות. ב-101 הריבועים שנסקרו השנה בלגונה נספרו כ-161 מושבות של אלמוגי אבן (בשנה הקודמת נספרו 127 מושבות בלבד, ובשנים 2007-2009 נספרו כ-300 מושבות בכל שנה). השנה נמצאו בלגונה 16 סוגים של אלמוגי אבן, עליה קלה בהשוואה לשלוש השנים האחרונות. לעומת זאת, נספרו השנה רק 24 מושבות (מארבעה סוגים) של אלמוגים רכים בלגונה, מספר דומה לשנה הקודמת אולם נמוך משמעותית מאשר בשנה שלפניה. הירידה הגדולה במספר המושבות ניכרת בעיקר באלמוג העיקרי בלגונה - *Stylophora pistillata* - אשר ממנו נספרו השנה 64 מושבות, מעט יותר מאשר בשנה הקודמת אולם נמוך מאשר בשנים שלפניה. בשנים האחרונות ירדה צפיפות מושבות האלמוגים בלגונה לכדי מחצית מהצפיפות שתועדה בשנות הניטור הראשונות (איור ב32). הירידה העיקרית בצפיפות האלמוג הנפוץ ביותר, *Stylophora*, ממנו

נספרו השנה פחות משליש מספר המושבות שנמצאו בשנת 2009. ירידה זו בשיפעת האלמוג העיקרי בלגונה משפיעה, כמובן, על סך צפיפות האלמוגים. בד בבד, ירדה תפוצתו היחסית של האלמוג מ-50% בשנות הניטור הראשונות לכ-35% בשנתיים האחרונות (מסך מושבות האלמוגים, קשים ורכים, בלגונה). הירידה הגדולה בצפיפות מושבות האלמוגים בלגונה הינה מובהקת (מבחן ANOVA). צפיפות האלמוגים הממוצעת בלגונה השנה עמדה על 1.8 מושבות אלמוגים ביחידת דיגום (=מטר רבוע), מעט גבוה מאשר בשנה הקודמת אולם נמוך מכל השנים שלפניה (בשנים 2004-2009 הייתה צפיפות המושבות הכללית גבוהה מ-3). צפיפות מושבות של אלמוגי אבן עמדה השנה על 1.6 מושבות למטר רבוע (1.3 בשנה הקודמת ו-3.04 בשנת 2009).



איור ב32: השוואת הצפיפות הממוצעת (מושבות למטר רבוע) של האלמוגים בלגונה בשנים 2004 – 2013. 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 - 2013. Top: the dominant coral taxa, bottom- year to year changes are statistically significant (ANOVA).

שכיחות עשרה סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר (מהווים כ-95% 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, השנה מיוצגים שלושה אלמוגים רכים ברשימת עשרת סוגי האלמוגים הנפוצים לעומת שניים בשנה הקודמת.



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

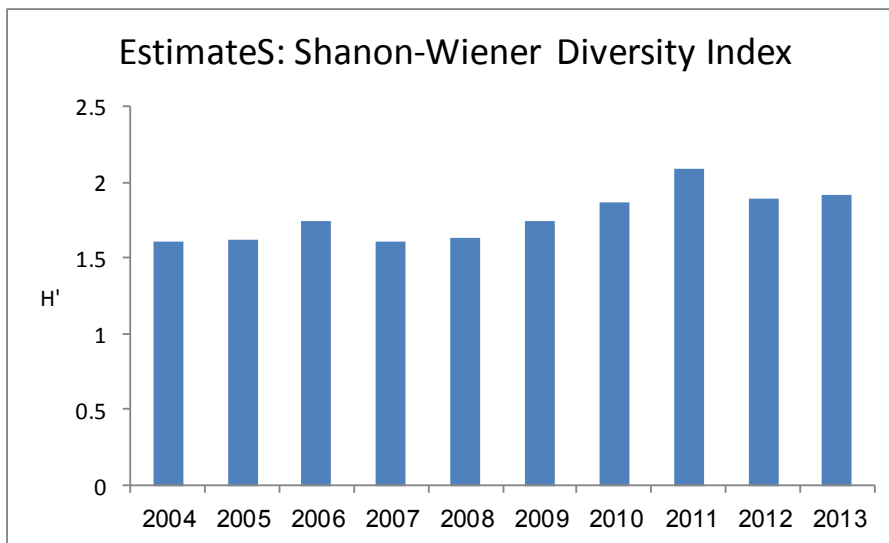
Figure B33: Relative abundance (by colony number) of the 10 most abundant coral genera in the lagoon (these total 95%).

Species	N	Relative abundance (%)	N/m ²
<i>Stylophora</i>	64	34.59	0.63
<i>Millepora</i>	43	23.24	0.43
<i>Favia</i>	32	17.30	0.32
<i>Rhytisma</i>	18	9.73	0.18
<i>Alveopora</i>	4	2.16	0.04
<i>Favites</i>	4	2.16	0.04
<i>Acropora</i>	3	1.62	0.03
<i>Sarcophyton</i>	3	1.62	0.03
<i>Goniastrea</i>	2	1.08	0.02
<i>Xenia</i>	2	1.08	0.02
<i>Cladiella</i>	1	0.54	0.01
<i>Cyphastrea</i>	1	0.54	0.01
<i>Echinophyllia</i>	1	0.54	0.01
<i>Echinopora</i>	1	0.54	0.01
<i>Leptasera</i>	1	0.54	0.01
<i>Pavona</i>	1	0.54	0.01
<i>Platygyra</i>	1	0.54	0.01
<i>Porites</i>	1	0.54	0.01
<i>Psammocora</i>	1	0.54	0.01
<i>Seriatopora</i>	1	0.54	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 1.92 (איור ב34). השינויים במדד המגוון נובעים במידה רבה משינויים במספר מושבות המין הדומיננטי בלגונה, האלמוג *Stylophora*.



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, וצפיפות 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 2010-2011 בכל האזורים הרדודים מ-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" ולא ברור אם חריגה זו "טובה". יחד עם זאת, אוכלוסיית האלמוג *Stylophora* ידעה תנודות רבות במשך השנים (הקודמות לשנות פעילותה של תכנית הניטור) והתאוששה כעבור זמן. משך הזמן בו פועלת תכנית הניטור (10 שנים) 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.

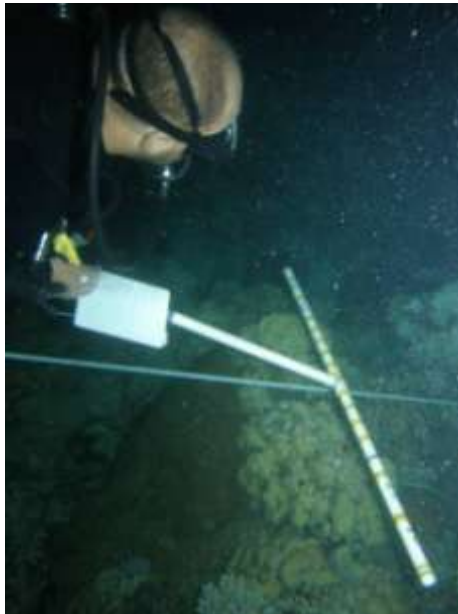
ב.4. סקר חסרי חוליות

מטרה

אמזן שיפעת חסרי החוליות הניידים העיקריים בשונית האלמוגים בחוף הדרומי.

שיטות

סקר חסרי החוליות הניידים נערך בשעות הלילה, מכיוון שבשעות היום מרבית חסרי החוליות 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

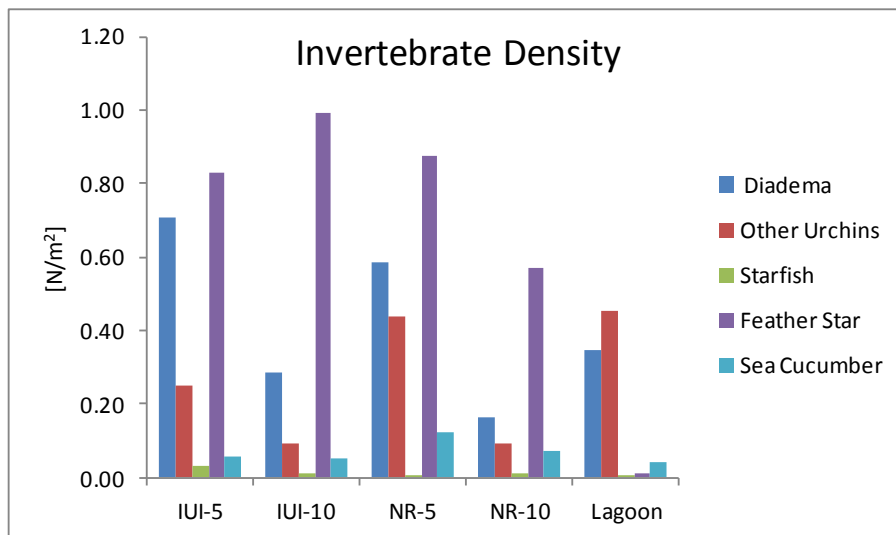
1600 מטרים רבועים נסקרו השנה בכל האתרים (IUI-5 ו-10, NR-5 ו-10, ובלגונת שמורת חוף אלמוג). התפלגות מספר הפריטים לפי סוגים בכל האתרים נתונה בטבלה ב7.

	IUI-5		IUI-10		NR-5		NR-10		Lagoon	
	Density	Number	Density	Number	Density	Number	Density	Number	Density	Number
Diadema	0.71	141	0.285	57	0.59	235	0.1625	65	0.35	139
Other Urchins	0.25	50	0.09	18	0.44	176	0.09	36	0.45	181
Total Urchins	0.96	191	0.375	75	1.03	411	0.2525	101	0.80	320
Starfish	0.03	6	0.01	2	0.00	1	0.01	4	0.00	1
Feather star	0.83	166	0.99	198	0.87	349	0.57	228	0.01	5
Sea Cucumber	0.06	11	0.05	10	0.12	49	0.0725	29	0.04	17
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.

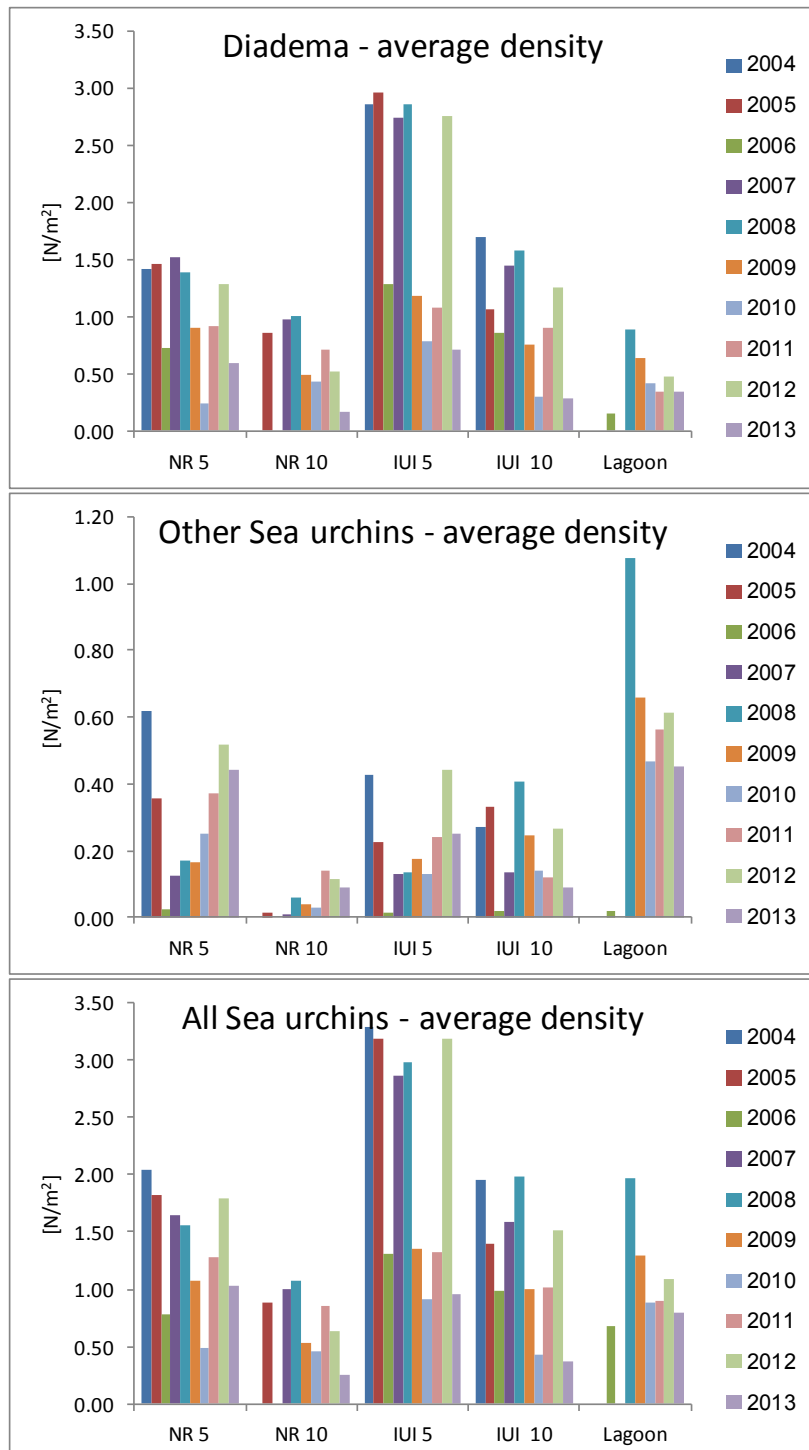
קבוצת הרועים החשובה ביותר בשונית מבין חסרי החוליות היא קיפודי הים, ומתוכה המין הנפוץ ביותר הוא *Diadema setosum* (איור ב36). רק באתר הלגונה נמצאו יותר פרטים של קיפודי ים אחרים (במשולב) מאשר *D. setosum*. צפיפותן של חבצלות הים היתה גבוהה השנה מצפיפות קיפודי הים, מלבד באתר הלגונה.



איור ב36: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של חסרי חוליות ניידים באתרי הניטור בשנה הנבדחת.
Figure B36: This year's average density (per m²) of mobile invertebrates at the sampling sites.

הצפיפות הגדולה ביותר של קיפודי ים מכל הסוגים נמצאה השנה באתר NR-5, צפיפות מעט גבוהה מאשר באתר IUI-5 בו נמצאה הצפיפות הגבוהה ביותר של קיפודים מן המין *Diadema setosum*. הקיפוד השני הנפוץ ביותר גם השנה הוא הקיפוד מסוג *Echinometra mataei*.

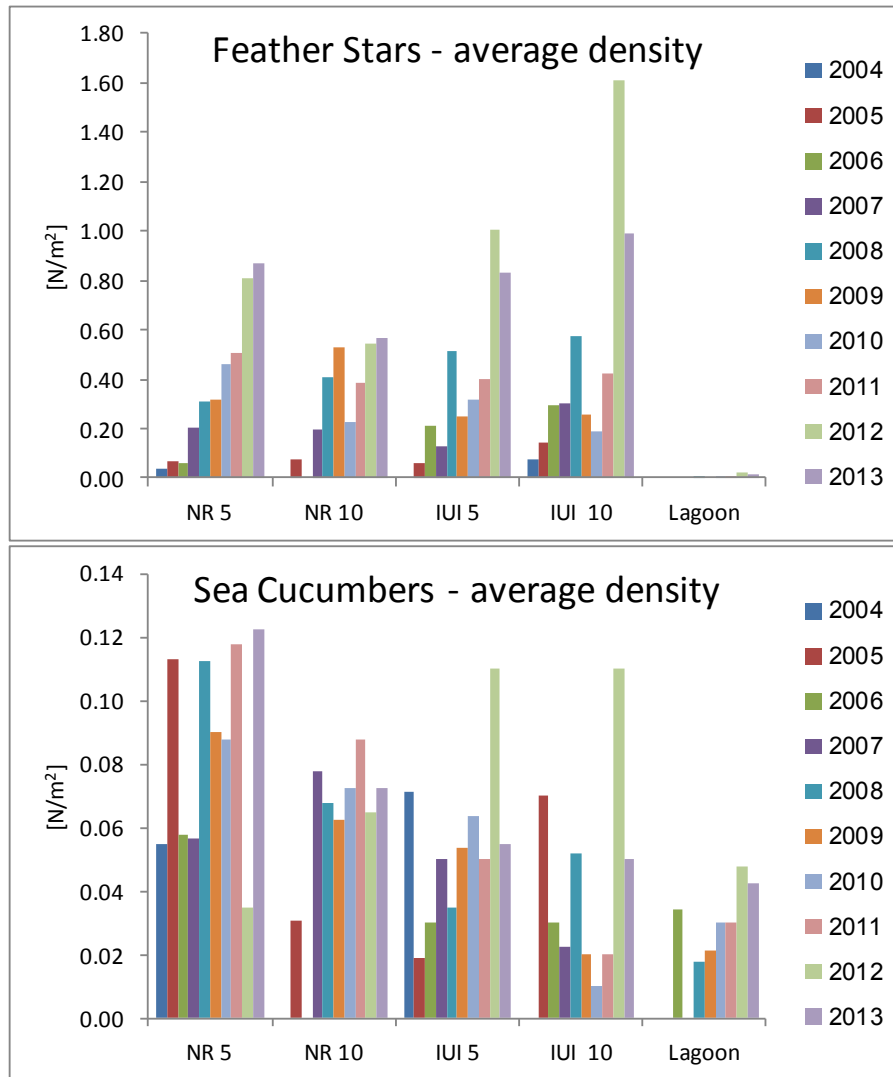
בשנים 2009-2011 נצפתה צפיפות נמוכה של קיפודי ים באתרים הנסקרים, ובשנת 2012 תועדה עלייה חדה בצפיפות הקיפודים. השנה שוב נרשמה ירידה גדולה בצפיפות הקיפודים ונראה כי קבוצה זו נוטה לתנודות חזקות בגודל האוכלוסיה (איור ב37). השינויים בצפיפות קיפודי הים משקפים, כנראה, מחזורים טבעיים בגודל האוכלוסיה, או השפעות 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 נותרה גבוהה גם השנה, אם כי בחלק מן האתרים נרשמה ירידה בהשוואה לשנה הקודמת (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 קלה באתרי המעבדה הימית (איור ב38 למטה). בלגונה כמעט ואין חבצלות ים ואוכלוסיית מלפפוני הים, על אף שירדה מעט, עדיין גבוהה בהשוואה לשנים קודמות. 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.

ב.5. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית

מטרה

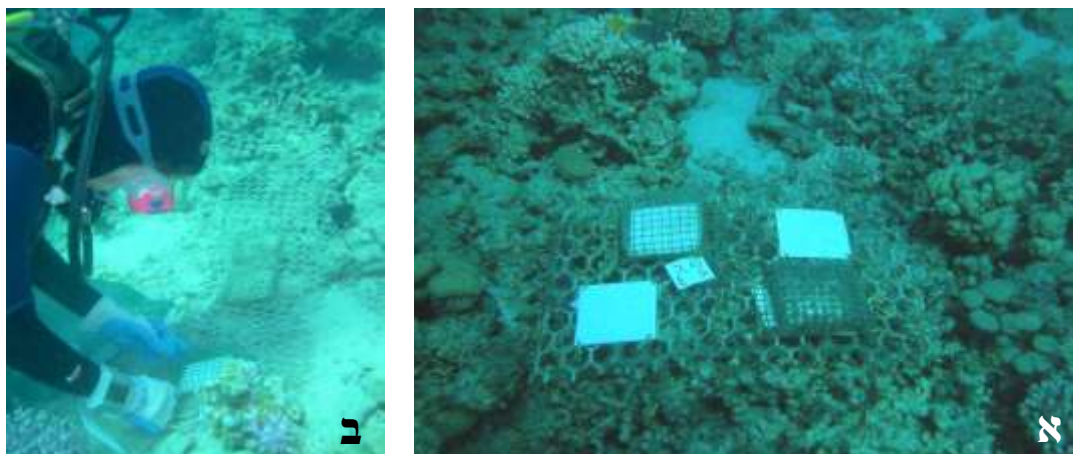
אמדן קצבי ההתיישבות והגידול של אצות צמודות-מצע וחיבור הרעייה לויסות כמות האצות.

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 ב39). 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 ההשהות 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 הפוטנציאלית, 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 חודש. בכל המקרים בהם מופיעים קווי שגיאה, הם מייצגים את שגיאת התקן (Error bars represent the standard error).



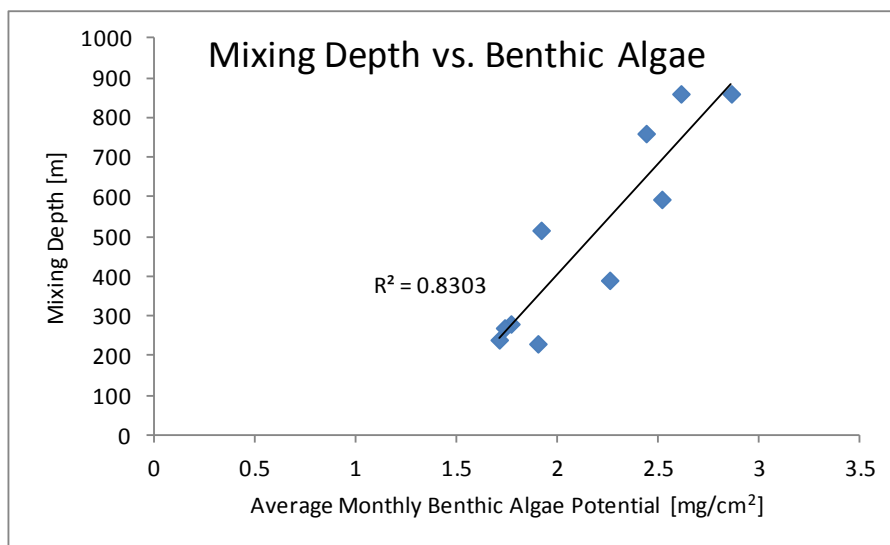
איור ב39: (א) מערך של לוחית התיישבות. שתי לוחיות חשופות לרעייה, ושתיים מוגנות על ידי כלוב מתכת. צילום: ניצן שגב (ב) החלפת לוחיות בצלילה, מדי חודש מוחלפות הלוחיות ששהו חודשיים בים. צילום: רותי ריף

Figure B39: 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 נמוכים מאשר בשנה הקודמת, ודומים לאלו של השנים 2009-2011, אשר גם בהן היה ערבוב עמודת המים רדוד. בשנים 2008, 2007 ו-2012 היה ערבוב עמודת המים עמוק וריכוז הכלורופיל על גבי לוחיות התיישבות היה גבוה. ההבדלים בולטים במיוחד בערכים הנמדדים מלוחיות מוגנות המשקפות פריחת אצות ללא ויסות על ידי רעייה. השנה הגיע הערבוב רדוד מ-300 מטרים לעומת עומק של לפחות 860 מ' בשנה הקודמת. השינויים הנצפים משנה לשנה מצביעים על הקשר ההדוק בין ערבוב עמודת המים ופריחת אצות ישיבות על גבי מדרונות השונית (איור ב40).

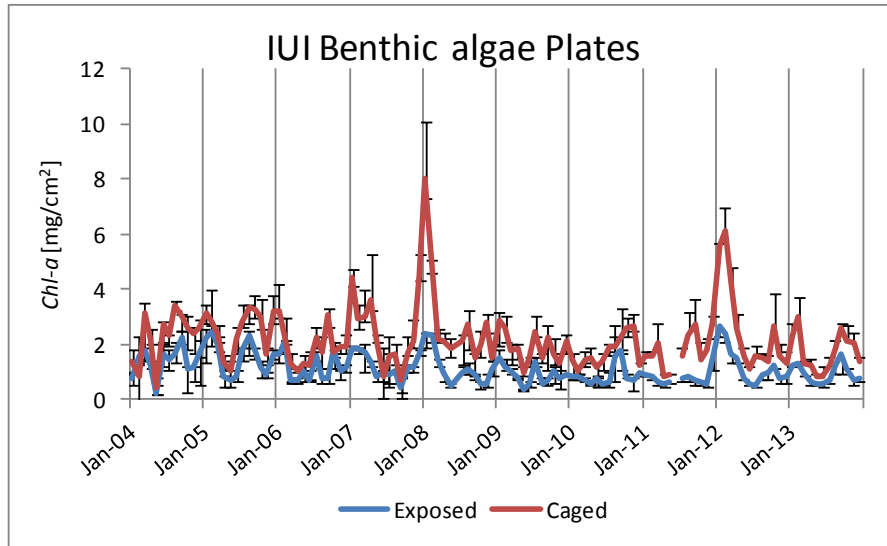
פוטנציאל גידול האצות כפי שנאמד על סמך ריכוז הכלורופיל על גבי לוחיות מוגנות מרעיה היה גבוה בחודש פברואר ובחודש ספטמבר. הריכוז הגבוה ביותר אשר נמדד השנה על גבי לוחיות מוגנות מרעיה היה 2.99 mg/cm^2 בחודש פברואר, כמחצית הריכוז אשר נמדד בשנה הקודמת (איור ב41). הערך הגבוה ביותר של ריכוז כלורופיל על גבי לוחיות מוגנות אשר נמדד על ידי תכנית הניטור מול המעבדה היה 7.99 mg/cm^2 בינואר 2008.



איור ב40: עומק הערבוב כנגד פוטנציאל פריחת אצות צמודות מצע במדרון השונית מול המכון הבינאוניברסיטאי.

Figure B40: Mixing depth versus potential benthic algae growth on the reef slopes across the IUL.

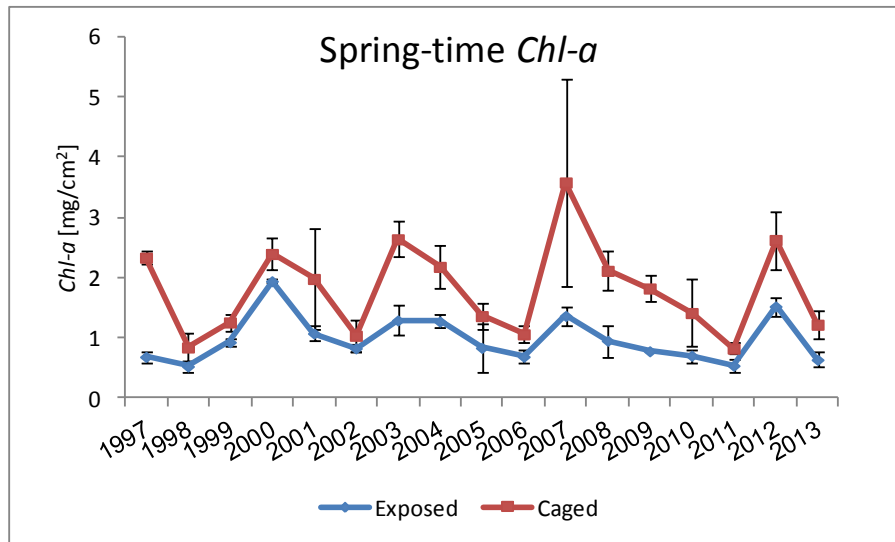
גידול אצות בשונית בפועל נאמד על ידי ריכוז הכלורופיל על גבי לוחיות חשופות לרעייה. ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחיות חשופות לרעיה היו אף הם דומים לאלה של השנים 2009-11 ולא נבדלו הרבה מהריכוזים על גבי הלוחיות המוגנות, עדות לכך שתמיד ישנה שארית אשר הרועים אינם מצליחים לנצל. מסקנה זו תואמת גם לממצאים ממחקר ממוקד על רעייה בשונית אשר נתמך על ידי תוכנית הניטור ופורסם כנספח בדו"ח המדעי לשנת 2007. הריכוז המרבי שנמדד השנה, בחודש ספטמבר, היה 1.62 mg/cm^2 , כמחצית הריכוז הפוטנציאלי המרבי.



איור ב41: 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).

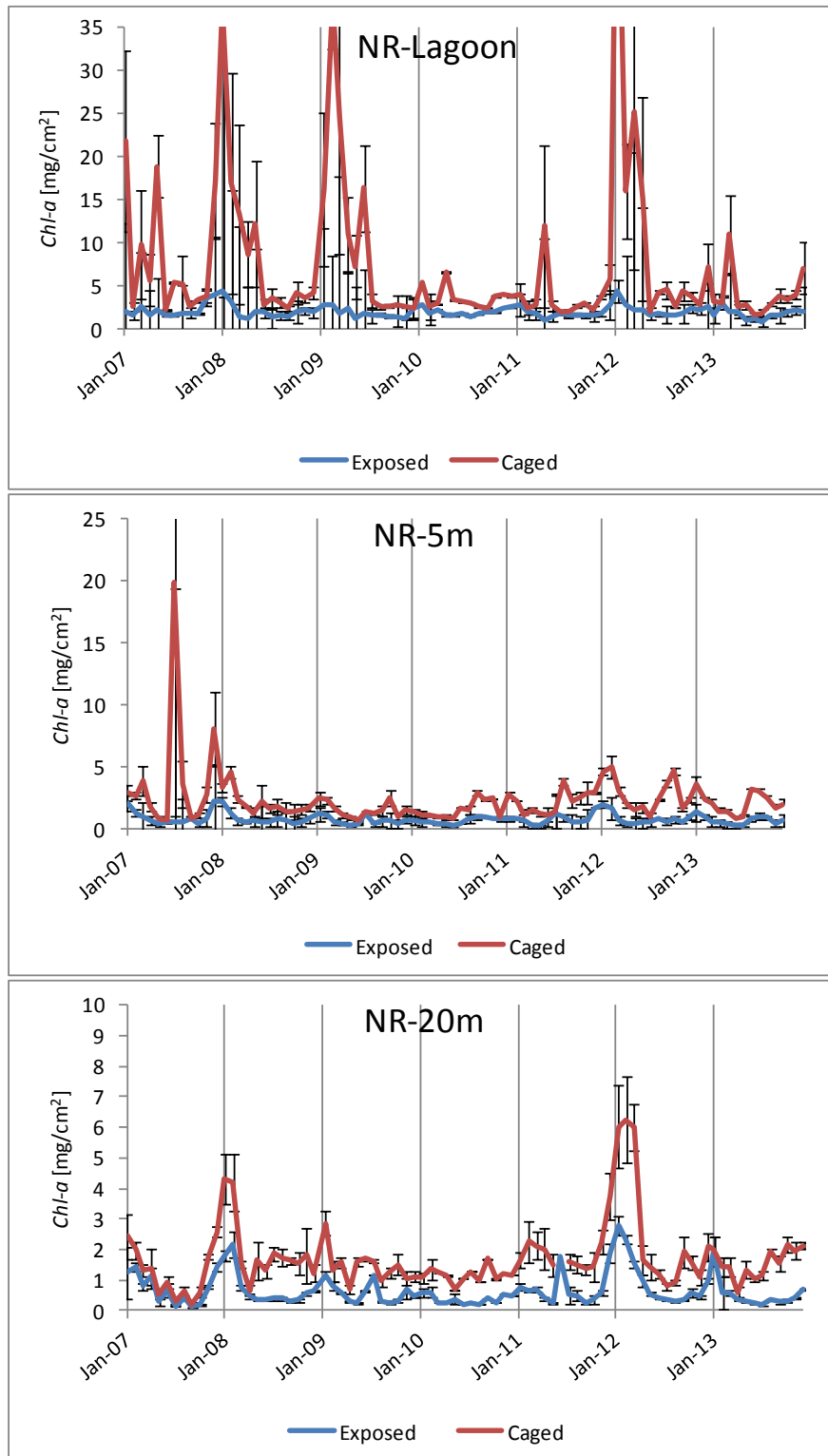
Figure B41: Average chlorophyll a on exposed (diamonds) and caged (squares) settlement plates since 2004. Each point represents one month (calculated as an average of three plates submerged in the sea for two months).

מול המעבדה מתנהל מעקב רב-שנים 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 ב42). ישנה מחזוריות בפוטנציאל הגידול של אצות (לוחות מוגנות מרעיה) בהתאמה עם עומק ערבוב עמודת המים, אולם מחזוריות זו אינה סדורה. השנה היה פוטנציאל הגידול באביב נמוך מאשר בשנה הקודמת בהתאם להבדלים בעומק הערבוב. פוטנציאל הגידול השנה (1.12 mg/cm^2) היה פחות ממחצית זה של השנה הקודמת 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. 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 ב42: 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 B42: 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 ב43). 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 הלוחות 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 הלוחות 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 פריחות עונתיות: פריחת חורף (ערכים גבוהים ביותר, בחודש פברואר) ופריחת אביב. השנה היה פוטנציאל גידול האצות בלגונה נמוך בסדר גודל מאשר בשנה הקודמת, בהתאם לעומק הערבוב הרדוד. מערכי הלוחות בעומק 5 מ' מוצבים על גבי סלע שונית המונע כיסוי בחול. גם כאן נמצאו חודשים בהם אחד הכלובים המגינים על הלוחות 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. השנה פוטנציאל גידול האצות המוערך בשמורה בעומק 5 מטרים היה 3.60 mg/cm^2 בחודש ינואר, וערך מעט נמוך יותר, 3.18 mg/cm^2 , בחודש אוגוסט. גם באתר זה נמצא שרעייה מצליחה לווסת את צמיחת האצות וריכוז הכלורופיל על גבי הלוחות החשופות נותר נמוך. ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחות בעומק 20 מ' נמוכים יותר מאשר באתרים הרדודים, עם שיאים בעיקר בחורף. ריכוז הכלורופיל על גבי לוחות מוגנות היה בחודש ינואר 2.00 mg/cm^2 (כשליש מהשנה הקודמת) ובחודשים שלאחר הקיץ עלה הריכוז שם בהדרגה ל- 2.14 mg/cm^2 בחודש דצמבר. גם בעומק 20 מ' פעילות הרועים מורידה ביעילות את ריכוז הכלורופיל על גבי הלוחות החשופות, והריכוז המרבי היה לרוב פחות מחצי הריכוז הפוטנציאלי גם בחודשי החורף.



איור ב43: 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 B43: 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 נסקרו 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 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.

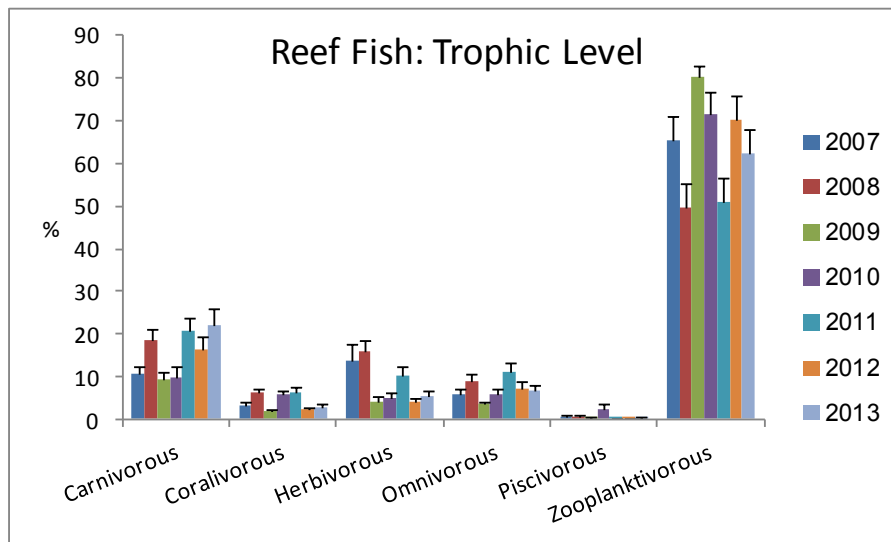
תוצאות

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 מאופי הדגימה מקשים על קבלת מסקנות סטטיסטיות. בשנה הנוכחית נדגמו 25 יחידות של 7X1 7X7 מטרים (עומק המים) 10X דקות (עבור דגים פלגים). בסך הכל נספרו השנה 3327 פרטים, מעט יותר מאשר בשנה הקודמת. 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 כלל 1322 דגים מעמודת המים (ועוד 450 פרטים של הדגים הנודדים הנזכרים למעלה, *Atherinidae*) ו-2057 דגים שוכני קרקעית המשוייכים לאלמוגים ביחידות הדיגום. יש להזכיר כי רבים מדגים אלה 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 216 מושבות אלמוגים מתוכם 96 מושבות מאוכלסות על ידי דגים.

קבוצת הדגים הזואופלנקטיבורים – הניזונים מזואופלנקטון בגוף המים – היא הגדולה ביותר מבין שוכני השונית, והיוותה כ- 62% מכלל הדגים שנסקרו השנה (לעומת 70% בשנה הקודמת). 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 ב44). דגים זואופלנקטיבורים מהווים חוליה חיונית במארג המזון ברכוזם חמרי מזון מהרמות הנמוכות בגוף המים. הקבוצה השנייה בגודלה השנה (כ- 22%) היתה הדגים הטורפים (קרניבורים) דגים המוסתים את אוכלוסיית השונית – בעיקר חסרי חוליות. קבוצת הרועים (הרביבורים), וקבוצת אוכלי הכל (אומניבורים) מהוות כ-5% ו-7% בהתאמה, וקבוצת אוכלי האלמוגים (קורליבורים) היוותה השנה כ-3% בלבד מכלל הדגים שנסקרו.

לדגים הרועים תפקיד חשוב בויסות 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, תוכיננים) ופעולתם (ביחד עם קבוצת הקורליבורים, אוכלי האלמוגים) עשויה גם היא לגרום לבליייה 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 ב44: התפלגות דגי השונית על פי הרמה הטروفית מאז שנת 2007.

Figure B44: Distribution of reef fish according to trophic level since 2007.

Taxa	Dweller*	Tropic level**	Occurrence
Blenniidae/Gobiidae		C	36
Pomacentridae	Cryptic		
<i>Amphiprion bicinctus</i>		Z	17
<i>Chromis dimidiata</i>		Z	63
<i>Chromis viridis</i>		Z	551
<i>Dascyllus aruanus</i>		Z	19
<i>Dascyllus marginatus</i>		Z	81
<i>Neopomacentrus miryae</i>		Z	1077
<i>Pomacentrus sulfureus</i>		Z	1
<i>Pomacentrus trichourus</i>		O	116
Other Pomacentridae		Z	5
Pseudochromidae		C	91
Acanthuridae			
<i>Ctenochaetus striatus/Acanthurus nigrofuscus</i>		H	16
<i>Zebrasoma sp.</i>		H	18
Other Acanthuridae		H	5
Balistidae		C	26
Caesionidae		Z	266
Chaetodontidae			
<i>Heniochus sp.</i>		CO	1
Other Chaetodontidae		CO	59
Labridae	Pelagic		
<i>Bodianus anthioides</i>		C	5
<i>Cheilinus lunulatus</i>		C	3
<i>Gomphosuse caeruleus</i>		C	8
<i>Labroides dimidiatus</i>		C	7
<i>Thalassoma sp.</i>		C	45
Other Labridae		C	26
Lethrinidae		C	1
Mullidae		C	61
Ostraciidae		C	1
Pomacanthidae		C	2
Serranidae			
<i>Pseudanthias squamipinnis</i>		Z	600
<i>Variola louti</i>		P	11
Other Serranidae		C	47
Scaridae		H	37
Scorpaenidae		C	19
Siganidae		H	5
Tetraodonitidae/Diodonitidae		H	1
others			52
Total			3379

* 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 southern part of the Coral Beach Nature Reserve.

ג. ניטור הסביבה החופית

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: מדידה בעזרת אלקטרודת pH מזכוכית (combined pH electrode) דגם pHC2401-7 ומד pH דגם PHM 93 שניהם של חברת Radiometer Copenhagen. ערכי pH נמדדים בטמפרטורה קבועה של 25°C .

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 , $\text{Si}(\text{OH})_4$, 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.

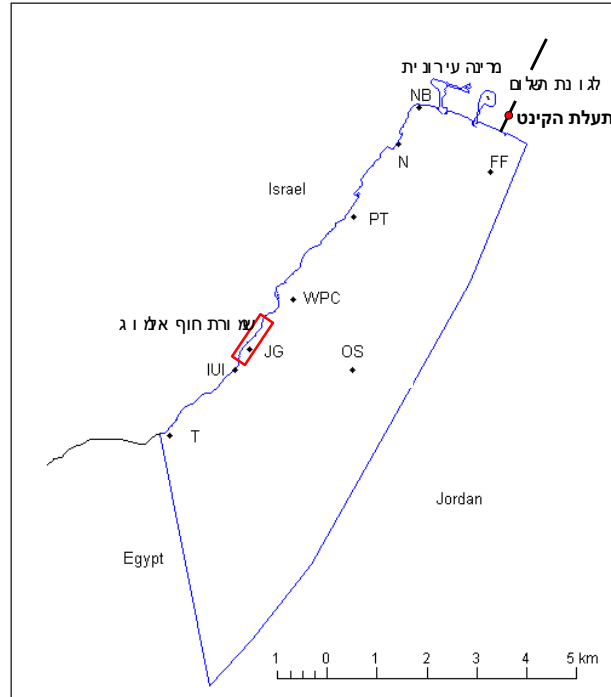
אלקליניות: נקבעת ע"י טיטרציה Gran עם HCl בריכוז 0.05N המתבצעת באמצעות טיטרטור אוטומטי מדגם DL67 ואלקטרודת pH מזכוכית (combined pH electrode) דגם DG11, שניהם של חברת Mettler Toledo, שוויץ.

כלורופיל: המים מסוננים דרך פילטרים מסוג GF/F. הפילטרים מוצים באצטון 90% בחושך

(במקרר 4°C) ל-24 שעות. בתום המיצוי, ריכוז הכלורופיל והפאופיטין (Chlorophyll-a and Pheophytin)

(Pheophytin) 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 QuantTM 2000 של חברת Hoefel. 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 צפוני ל - IUI	29°30.183"	34°56.148"

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

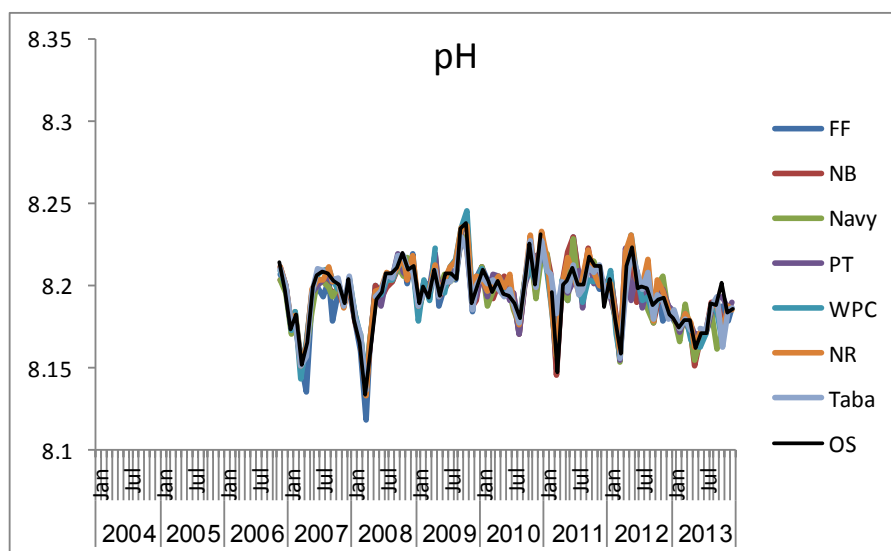
Table C1: Locations of the coastal-water monitoring stations.

מדדים כימיים

רמת חומציות המים (pH)

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 בלחץ 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 המעורבב. ערכי ה-pH הגבוהים ביותר נמדדו השנה בחודש אוקטובר, בתחנת הים הפתוח (8.202) (איור ג2). הערכים הנמוכים ביותר השנה נמדדו בחודש מאי (מינימום 8.151 בחוף הצפוני). בסך הכל ערכים אלה דומים לערכים אשר נמדדו לאורך החוף בשנים האחרונות, אם כי הערך המרבי השנה מעט נמוך יותר. 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 ג2: ערכי pH חודשיים בכל תחנות הדיגום מאז אוקטובר 2006.

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

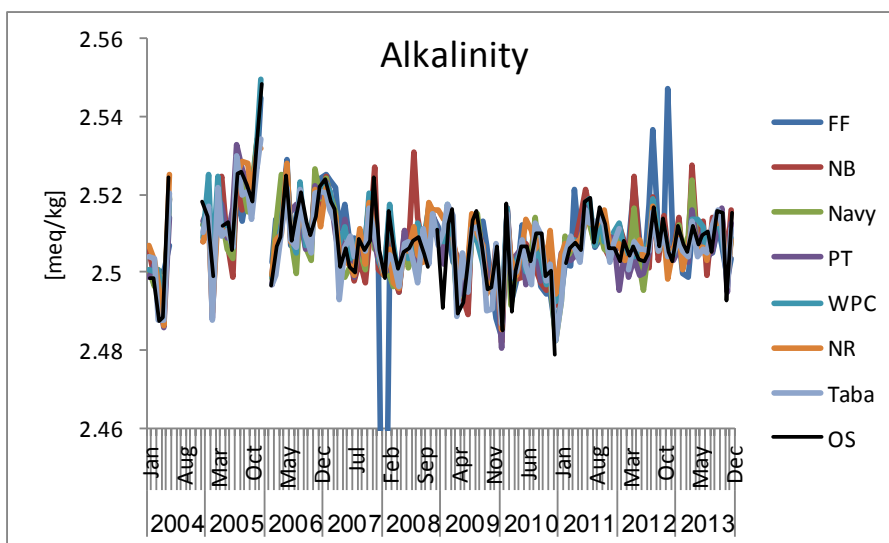
ערכי pH בים מושפעים ממגוון של תהליכים, אשר החשובים שבהם כוללים תהליכי נשימה-פוטוסינטזה, תהליכי שיחלוף גזים עם האטמוספירה, ותהליכי ערבוב של מי שטח עם מי עומק בהם ה-pH נמוך יותר. מחזור הערבוב צפוי להשפיע על כל גוף המים, בעוד יחס נשימה-פוטוסינטזה עשוי להשתנות גם באופן מקומי. המחזור השנתי של ערכי pH בכל 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 הערבוב 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 בעיקר בחודש אפריל בתחנות החוף הצפוני וחיל הים (הסמוכות זו לזו) בהן נמדדה אלקליניות גבוהה מבשאר התחנות (איור ג3). בחודש אפריל נמדדה בתחנות החוף הצפוני וחיל הים אלקליניות של 2.528 [meq/kg] ו- 2.524 [meq/kg] בהתאמה, בעוד שבתחנת הים הפתוח נמדדו באותו החודש 2.512 [meq/kg] בלבד. גם בשנה הקודמת בחודש אפריל נמדדו ערכי אלקליניות חריגים בתחנות אלה.

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.

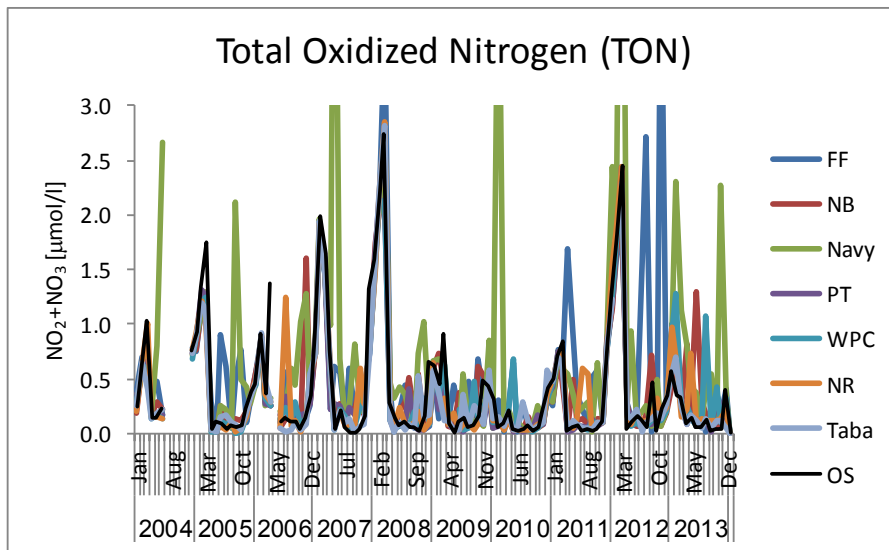
חנקן אנאורגאני מחומצן ($\text{TON} = \text{NO}_3 + \text{NO}_2$)

המחזור השנתי של ריכוז חנקן אנאורגאני מחומצן נשלט גם הוא על ידי מחזור הערבוב של עמודת המים. חודשי הקיץ, בהם עמודת המים משוככת, 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 חיצוני ואם ממי העומק בתקופת הערבוב – גורמת לפריחתן. פריחת אצות ממושכת ולא אינטנסיבית עשויה לפגוע בשוניית.

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 בכל שאר התחנות נמצאו ריכוזים גבוהים יותר. בפרט נמצאו ריכוזים גבוהים בתחנת חיל הים בחודשים פברואר ונובמבר ($2.31 \mu\text{mol/l}$ ו- $2.26 \mu\text{mol/l}$, בהתאמה, לעומת $0.35 \mu\text{mol/l}$ ו- $0.05 \mu\text{mol/l}$ בתחנת הים הפתוח באותם חודשים) אך גם בתחנות אחרות ובחודשים אחרים. ריכוזי החנקן הגבוה ביותר בים הפתוח השנה היה $0.57 \mu\text{mol/l}$ בחודש ינואר. ריכוזי נמוך בהרבה

(כמעט פי 5) מהריכוז המרבי בשנה הקודמת.

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



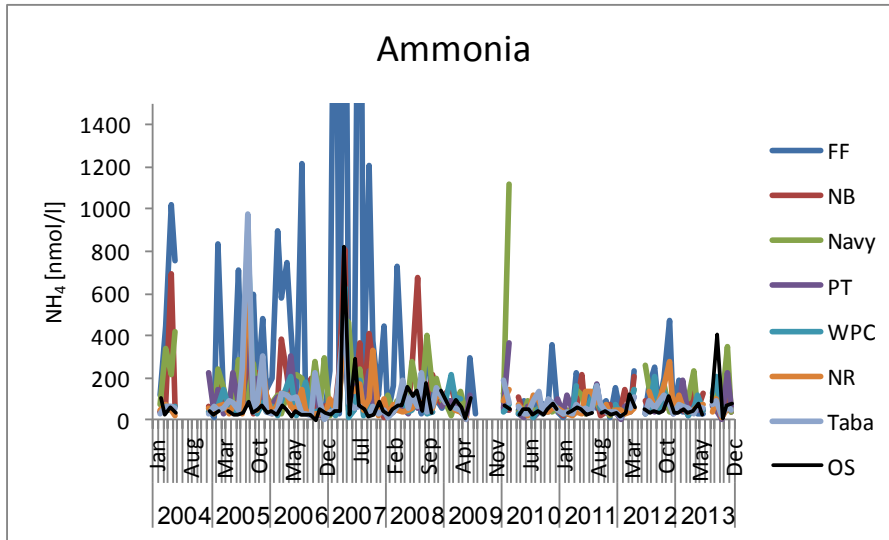
איור 4: מדידות ניטריט + ניטראט (TON) חודשיות בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.
Figure C4: Monthly concentrations of total oxidized nitrogen (TON) at the coastal water sampling stations since 2004.

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 לא נמדדו חריגות גדולות בריכוזי האמוניה בתחנות החופיות, על אף שהריכוזים שם עדיין גבוהים לרוב מריכוזי הים הפתוח (איור 5). הריכוז הגבוה ביותר השנה נמדד דווקא בתחנת הים הפתוח, בחודש ספטמבר (401 nmol/l). ערך זה נמוך מעט מהערך המרבי בשנה הקודמת (שנמדד בתחנת "כלובי הדגים") אולם עדיין גבוה מרוב הערכים שנמדדו בשנים האחרונות. בסוף השנה נמדדו ערכים גבוהים נוספים בתחנות חיל הים/מרידיאן ונמל הפוספטים. בכל זאת, ניכר שיפור גדול לעומת ריבוי החריגות בשנות הניטור הראשונות. בסך הכל מאז 2008 התמעטו המקרים של מדידות חריגות, בפרט באזור כלובי הדגים והחוף הצפוני.

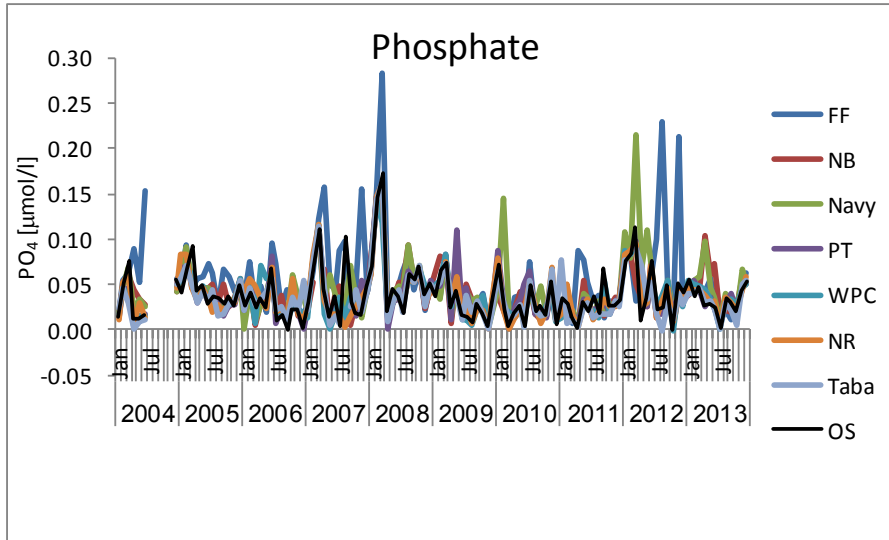


איור 5: ריכוזי אמוניה (NH_4) בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.
Figure C5: Monthly concentrations of ammonia (NH_4) at the coastal water sampling stations since 2004.

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 הפוטוסינטזה. 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.

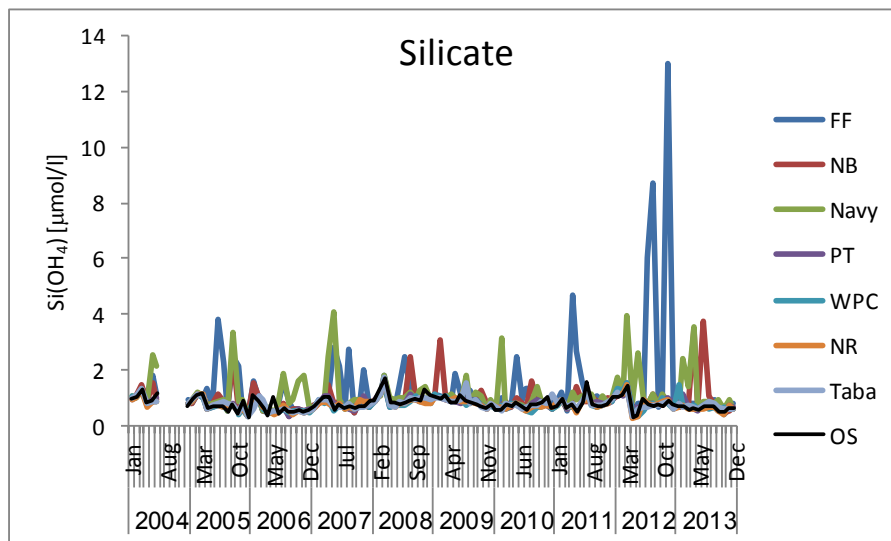
לאחר שבשנה הקודמת נמצאו ריכוזי פוספט גבוהים בחודשי הערבוב בכל התחנות וכן מספר חריגות גדולות, השנה היו ריכוזי הפוספט נמוכים בדרך כלל (איור 6). חריגות נמצאו בחודש אפריל בתחנות החוף הצפוני וחיל הים/מרידיאן – כפי שנמצא גם במדידות האלקליניות (ראו למעלה). הריכוז הגבוה ביותר נמדד באפריל בחוף הצפוני – $0.104 \mu\text{mol/l}$. ערך זה הוא כמחצית מהערך המרבי אשר נמדד בשנה הקודמת – אולם גבוה מהריכוז המרבי בים הפתוח, $0.056 \mu\text{mol/l}$ בינואר. ערך זה, המרבי בים הפתוח הוא כמחצית זה של השנה הקודמת ($0.113 \mu\text{mol/l}$ במרץ 2012) בהתאם לערבוב הרדוד השנה.



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 פייטו/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 הערכים הגבוהים ביותר ($0.7 \mu\text{mol/l}$, חצי מריכוז השנה הקודמת) דווקא בחודשים יולי ואוגוסט (איור 7ג). על רקע התבנית הטבעית הזו בולטות גם כאן החריגות בריכוזי הסיליקה בתחנות חיל הים/מרידיאן (פברואר ומרץ) ובתחנת החוף הצפוני (בחודשי באפריל יוני ויולי) עם ערך מרבי של $3.75 \mu\text{mol/l}$ בחוף הצפוני בחודש יוני. חריגות אלה אמנם נמוכות מהחריגות שנמדדו בתחנת כלובי הדגים בשנה הקודמת, אולם בכל זאת מצביעות על כניסת מים זרים לים בתחנות אלה.



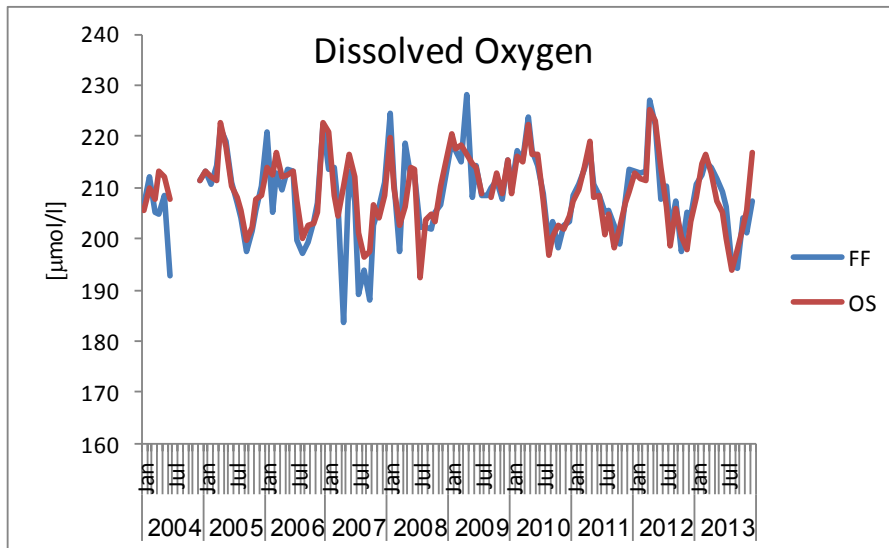
איור 7ג: ריכוזי סיליקה (Si(OH)_4) בתחנות הדיגום החופי מאז 2004.

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 מסיסת החמצן וריכוז החמצן 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 השנה נעה בין $217 \mu\text{mol/l}$ בחודש דצמבר ל- $194 \mu\text{mol/l}$ באוגוסט. שני הערכים נמוכים מאלה של השנה הקודמת ושניהם מתחנת הים הפתוח. ריכוזי החמצן השנה מזכירים את הריכוזים אשר נמדדו בשנת 2011, שגם בה היה הערבוב רדוד. בסך הכל אין הבדלים גדולים בריכוזי החמצן המומס בים בשנים האחרונות (איור 8ג), ושיאים של ריכוז גבוה נמדדו בשנים 2007, 2008, 2012 בהן היה הערבוב עמוק. דינאמיות של שינויים בריכוזי החמצן עשויה להצביע על מחזוריים של פריחות פייטופלנקטון וקריסתן.



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

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

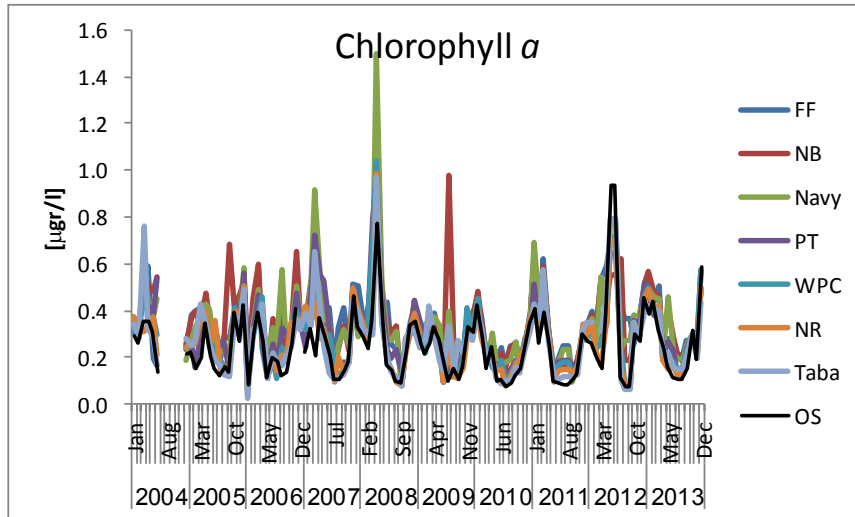
כלורופיל *a*

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 ריכוז הכלורופיל הגבוה ביותר נמדד דווקא בתחנת הים הפתוח.

ריכוזי הכלורופיל שנמדדו השנה דומים לאלו של השנים 2009-2011, ונמוכים מאלו של שנות הערבוב העמוק 2007, 2008, 2012 (איור 9). הריכוזים הגבוהים השנה בכל התחנות נמדדו בחודש דצמבר.

משרעת הריכוזים בים הפתוח נעה בין $0.11 \mu\text{gr/l}$ בחודשי הקיץ ל- $0.59 \mu\text{gr/l}$ בדצמבר. בכל השנים, מאז תחילת הניטור ב-2004, נמדדו מדי פעם ערכים גבוהים בתחנות שונות, המצביעים על פריחת פיטופלנקטון. בשנים האחרונות בהן היו "פריחת 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 היו בדרך כלל גבוהים יותר. גם השנה לא היו מדידות חריגות גבוהות במיוחד, והחריגה העקרית שנמדדה היתה בתחנת חיל הים/מרידיאן בחודש מאי ($0.46 \mu\text{gr/l}$ לעומת $0.16 \mu\text{gr/l}$ בים הפתוח).

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 פיסולוגיים בפיטופלנקטון.

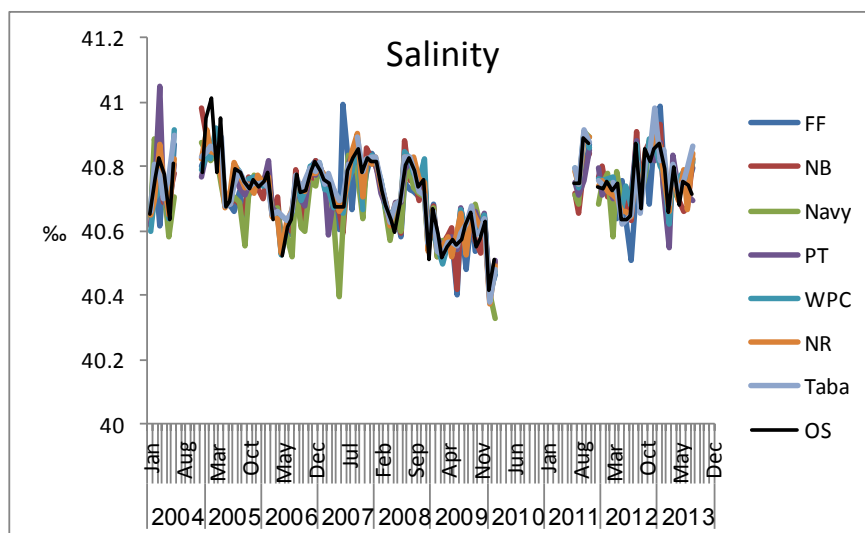


איור 9: ריכוז כלורופיל *a* בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.
Figure C9: Monthly concentrations of chlorophyll *a* at the coastal water sampling stations since 2004.

**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 ממכשיר החדש עברו בדיקות וכיולים לפני שצורפו לרישום המליחות ארוך הטווח אשר מבצעת תכנית הניטור.]
 במדידות המליחות של השנה חסרים ערכים עבור החודשים ספטמבר-דצמבר עקב תקלות במכשיר במדידה במעבדה.

המדידות הקיימות – מהחודשים ינואר-אוגוסט – דומות למדידות השנתיים האחרונות וגבוהות ממדידות 2009-10 (איור 10). המליחות הנמוכה ביותר נמדדה בתחנת נמל הפוספטים בחודש מרץ (40.55%).



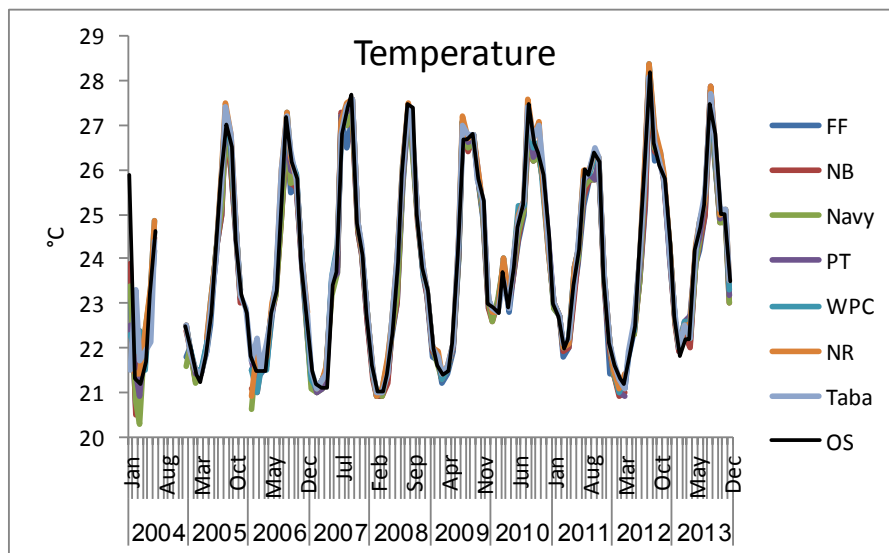
איור 10: מדידות מליחות בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004. שגיאה אובחנה במדידות המליחות החל מחודש פברואר 2010, ביולי 2011 החלו להתקבל תוצאות ממכשיר חדש.

Figure C10: Salinity at the coastal water sampling stations since 2004. Measurements dating February 2010- July 2011 were removed because instrumental analytical errors were identified.

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. הטמפרטורה הנמוכה ביותר השנה, $21.8-22.0^{\circ}\text{C}$ בחודש פברואר, הייתה גבוהה בכמעט מעלה מזו של השנה הקודמת, ודומה לטמפרטורה שנמדדה בחורף 2011 (איור 11). גם הערבוב השנה היה רדוד כפי שהיה בשנת 2011 (ראו להלן, פרק "ים פתוח"). בשנת 2010 נמדדה הטמפרטורה המזערית הגבוהה ביותר במסגרת תכנית הניטור (22.8°C). הטמפרטורה המרבית השנה הייתה 27.9°C בחודש אוגוסט, כחצי מעלה נמוך יותר מבשנה הקודמת (28.4°C), הגבוהה ביותר אשר נמדדה עד כה בניטור התחנות החופיות).

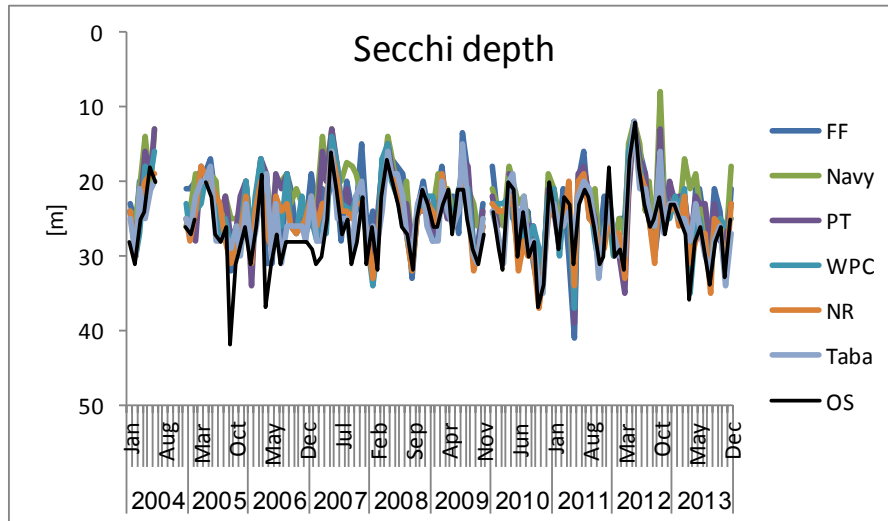
[מדידות הטמפרטורה בחורף 2004 משתרעות על טווח של למעלה משתי מעלות באותו בוקר. למרות שהבדלי טמפרטורה מקומיים עשויים לשמש עדות לגופי מים שונים, או הזרמת מים מהחוף אל הים, המשרעת הגדולה חודש אחר חודש והעדר תבנית מרחבית מעמידה בספק את אמינות המדידות בתחילת 2004 (באותה תקופה נעשה שימוש במד טמפרטורה דיגיטלי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



איור 11: 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 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 בנוטריינטים. העכירות הגבוהה יחסית הנמדדת בתחנות הצפוניות עשויה לנבוע מכל אחד מגורמים אלה. השנה נמדד בים הפתוח עומק מזערי של 23 מ' בחודש ינואר, כמעט כפול מזה של השנה הקודמת ומלמד על היעדר פריחת אצות משמעותית השנה (איור 12). העומק המרבי בים הפתוח נמדד בחודש אוגוסט, 34 מ', גבוה מעט מהשנה הקודמת. עומק הסקי הקטן ביותר נמדד השנה ברוב התחנות החופיות בחודש דצמבר.



איור 12ג: 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 מתחנת הים הפתוח, אשר עבורה מקור זיהום מקומי אינו סביר, ואם היה כזה המהילה שם רבה יותר מאשר בקרבת החוף.

השנה הייתה משרעת הטמפרטורות של פני הים קטנה: טמפרטורת פני הים בחורף הייתה גבוהה מאשר בשנים האחרונות וערבוב עמודת המים היה רדוד. לעומת זאת הטמפרטורה בקיץ הייתה אף היא נמוכה יחסית ועובדה זו עשויה להוביל לערבוב עמוק בשנה שתבוא. 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, מלבד ערכים חריגים אשר בלטו על הרקע הנמוך.

מדידות חריגות השנה היו נמוכות מאשר בשנה הקודמת, אולם בכל זאת תועדו ריכוזים חריגים בחלק מהתחנות, אשר מעידים על כניסת מים זרים לים במקומות אלה. בפרט נמדדו ריכוזי נוטריינטים חריגים בחודשים פברואר ואפריל בתחנות חיל הים/מרידיאן, ובחודשים אפריל ויוני בתחנת החוף הצפוני. אירועי העשרה מקומיים היו תדירים יותר בשנים שלפני 2007, אולם בשנה הקודמת נמדדו מספר אירועים של העשרה גדולה, והשנה שוב נמדדו מספר אירועי העשרה בנוטריינטים. אירועים כאלה נמדדים בעיקר בתחנות הצפוניות ובתחנת חיל הים/מלון מרידיאן.

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.

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 סיכן, ומתוכם נבחר המין *Siganus rivulatus* (סיכן 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, *Dzikowski et al., 2003*). מין זה נפוץ מאד וחי בלהקות גדולות כך שניתן ללכוד פרטים ממנו בקלות יחסית.

דגי בר מהסוג סיכן 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 הסיכן 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 לסיכן, על פי המשוער, גם סרטן זעיר מקבוצת האמפיפודה. ממערכה זו נבדק המין *Sclerocollum rubrimaris* (*Scler.*). דגי הסיכן מהווים מאכסנים סופיים של מין זה. *Digenea* - הסיכנים הם מאכסנים סופיים למינים המתפתחים בשלבים הדרווליים 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 חושבו 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

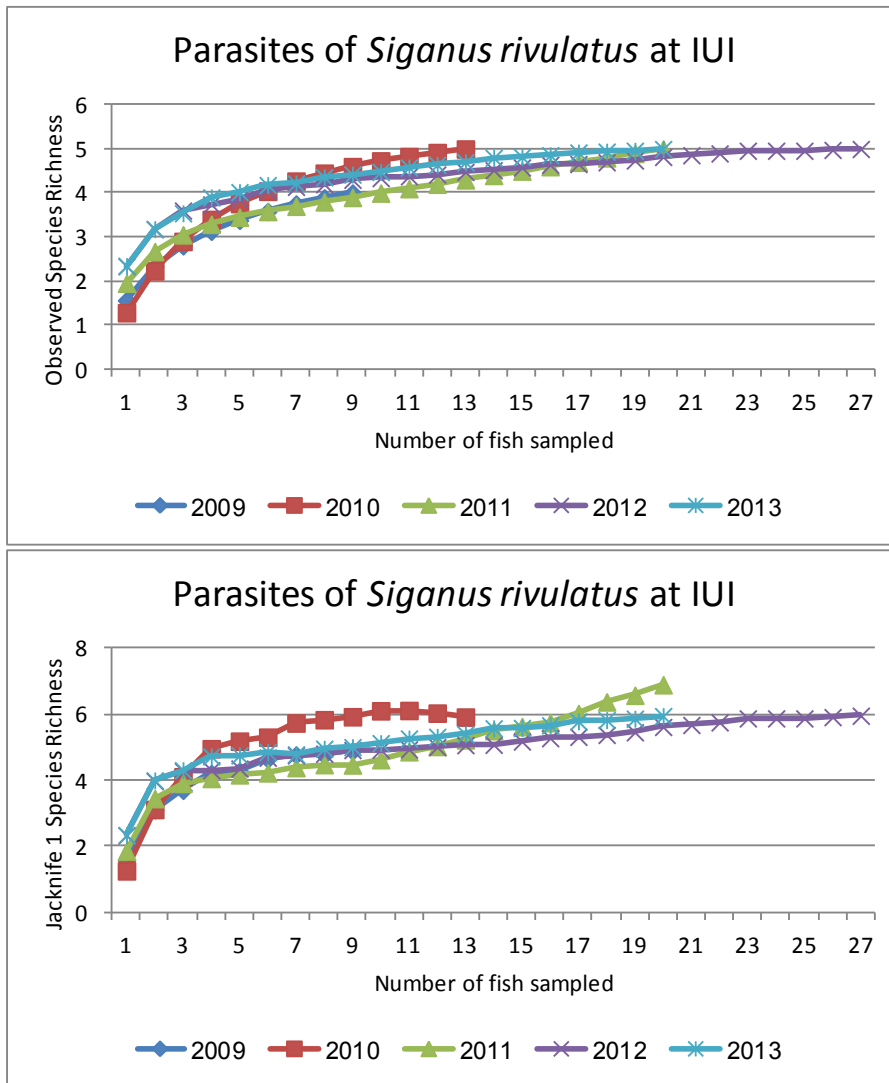
התועלת בבחינת הנגיעות בטפילים הטרוקסנים היא שלהשלמת מחזור חייהם נדרשים לטפילים אלה מספר "מאכסנים" שונים החיים בגומחות אקולוגיות שונות, ועל כן ירידה ניכרת בהמצאותם עשויה להצביע על פגיעה בגומחות אלה. אינדקס אשר פותח על ידי *Diamant et al. (1999)* בוחן את שיפעת טפילים אלה לעומת שיפעת טפילי דגים להם מחזור חיים מונוקסני, אולם מעקב אחר אלה דורש מומחיות אשר אינה קיימת כיום בתכנית הניטור. השנה נתפסו 20 דגים מהמין סיכן 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.	
907131	IUI	209.5	25	7	F	0	0	7	0	0	0	9.7.13
907132	IUI	213.5	24	6.5	F	1	0	11	0	0	0	9.7.13
907133	IUI	234.1	24.5	7.2	M	1	0	1	0	0	0	9.7.13
1410131	IUI	164.5	25.5	6.8	ND	31	0	6	0	0	3	14.10.13
2810131	IUI	204.5	25	8	ND	0	0	2	0	0	0	28.10.13
511131	IUI	145.7	22.5	6.5	ND	3	0	9	0	0	2	5.11.13
511132	IUI	132	22	6.5	ND	17	0	0	0	0	1	5.11.13
2511131	IUI	197	26	8.5	ND	1	0	4	0	1	0	25.11.13
2511132	IUI	180.6	24	8	ND	2	0	2	0	0	0	25.11.13
2511133	IUI	144.8	24	7.5	ND	4	0	4	2	0	4	25.11.13
312131	IUI	197.7	25	9	ND	1	0	2	0	1	3	3.12.13
312132	IUI	198.7	25	7.5	ND	12	0	2	0	0	0	3.12.13
812131	IUI	167.5	24	7	ND	14	0	3	0	0	2	8.12.12
812132	IUI	184.4	24.5	7.5	ND	9	0	2	0	1	0	8.12.13
812133	IUI	184	23	6.5	ND	0	0	3	0	5	1	8.12.14
812134	IUI	214.6	25	7.5	ND	1	0	4	0	1	0	8.12.15
2412131	IUI	246	27	7	ND	1	0	1	0	0	2	24.12.13
2412132	IUI	195.5	24	7.2	ND	0	0	2	0	0	0	24.12.13
2512131	IUI	264.9	27	8.5	ND	20	0	0	0	0	1	25.12.13
2512132	IUI	177.9	23	8	ND	6	0	0	0	0	0	25.12.13

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

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

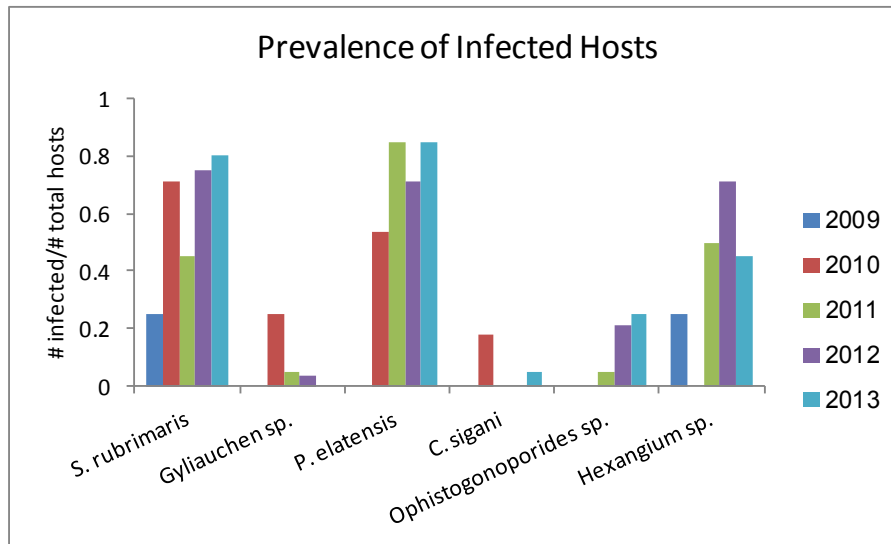
בדגים שנבדקו השנה לא נמצאו כלל פריטי דיגיניאה מהמין *Gyliauchen sp.*, ואילו הנמטודה *Cucullanus sigani* נמצא בדג אחד בלבד. תכנית הניטור מזהה ששה מינים של טפילי מעיים בדגים. בכל שנה נתפס גודל מדגם שונה של דגים מאכסנים ולא בכל שנה מזוהים בו כל המינים המוכרים. השנה, כמו גם בשנים הקודמות, נמצאו 5 מיני טפילי מעיים הטרוקסנים בעשרים 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 עושר המינים המצופה מגיע ל-6.



איור 13: 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.

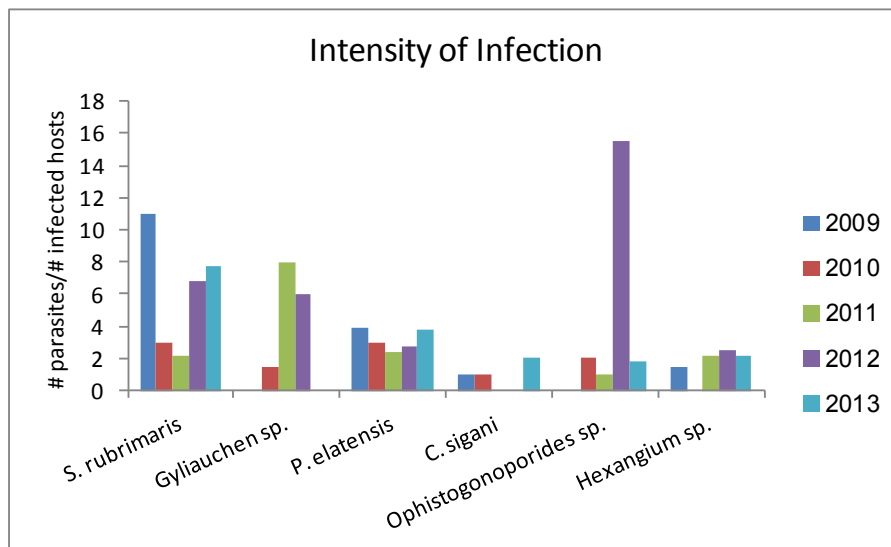
Figure C13: Rarefaction curves of *S. rivulatus* helminth parasite Species Richness calculated using the EstimateS software. Top: Observed Richness, Bottom: Estimated Jackknife-1 Richness.

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 14. גם כאן התמונה המשתקפת היא שכיחות הדבקה גבוהה יותר, בדרך כלל, בשלוש השנים האחרונות לעומת השנתיים שקדמו להן. יוצא מן הכלל הוא מין הדיגינאה *Gyiliauchen sp.*, אשר לא זוהה השנה 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 הנבחן במסגרת תכנית הניטור, הכולל דגים מהמין *S. rivulatus* בלבד, מציג תמונה חלקית בלבד של הדינמיקה של מין הדיגינאה *Gyiliauchen sp.*



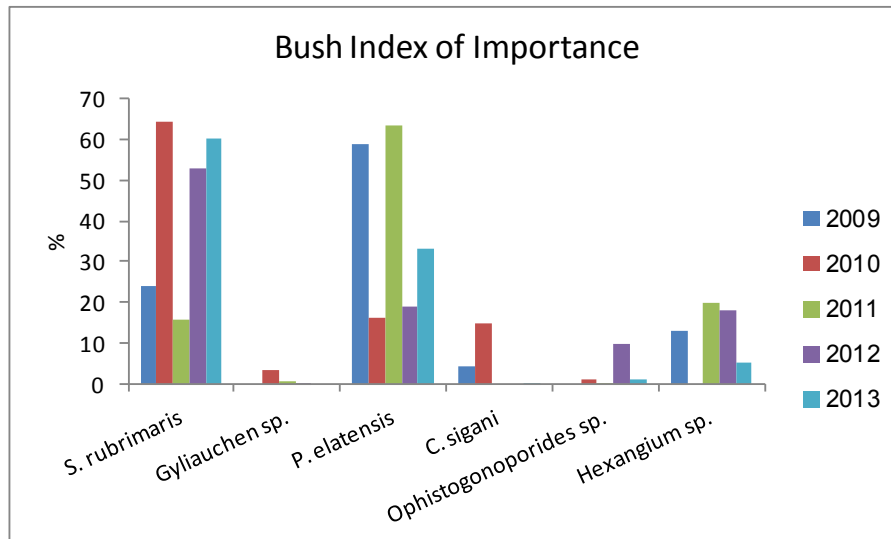
איור ג14: שכיחות הנגיעות בשושה מיני טפילי המעיים הנבדקים בדגי הסיכך המשוויש.
Figure C14: Prevalence of the six gut parasite species examined in *S. rivulatus*.

עצמת ההדבקה עלתה השנה עבור הטפילים *S. rubrimaris* ו-*P. elatensis* (איור ג15). והיתה נמוכה מהערך הגבוה עבור *Opisthgonoporides sp.* בשנה הקודמת. כמות הנתונים הקיימים אינה מאפשרת לנתח באופן מעמיק את שינויי עצמת הנגיעות בטפילים הטרוקסנים בדגי הסיכך המשוויש בחמש השנים האחרונות.



איור ג15: עצמת הנגיעות בשושה מיני טפילי המעיים הנבדקים בדגי הסיכך 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 שבשנותיים האחרונות היה זה מין האקנטוצפלה *S. rubrimaris* (איור ג16).



איור 16: אינדקס בוש לחשיבות הנגיעות בששה מיני טפילי המעיים הנבדקים בדגי הסיכן המשוויש.
Figure C16: Bush Index for the importance of infection of the six gut parasite species examined in *S. rivulatus*.

טחולי הדגים אשר נותחו נראו באופן כללי תקינים בגודלם וצבעם. האברים עברו בדיקה היסטולוגית ובחלקם נמצאו גרנולומות. תגובות רקמה אלה היו קלות יחסית ולא ניתן היה לזהות את הגורם להווצרות הגרנולומות. לא נמצאו חיידקים מזוהים באמצעות צביעות ספציפיות באף אחד מן הטחולים. בסך הכל, ניכרת בשנים האחרונות ירידה בשכיחות חיידקי מיקובקטריום (*Mycobacterium marinum*) באזור הנבדק (החוף הדרומי, סמוך למכון הבינאוניברסיטאי), שהיה בעבר אזור שבו דגי הסיכן (ומיני דגים נוספים) הציגו שכיחות ועוצמות הדבקה גבוהות בפתוגן זה. בשנת 1990 זוהה החיידק ממין זה לראשונה במפרץ אילת, בדגי לברק מכלובי הדגים, ובשנת 1995-6 הייתה שכיחות הנגיעות בו בדגי הסיכן המשוויש (*Siganus rivulatus*) בחוף הדרומי 34%, ושנה לאחר מכן 66% (Diamant et al., 2000). זו שכיחות גבוהה למדי ולעומת נתונים אלה, עולה מהמדגמים שנבדקו במסגרת תכנית הניטור בשנים האחרונות מגמה של ירידה ניכרת בשכיחות ההדבקה בחיידק זה בדגי הבר במפרץ בעשור האחרון.

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

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 הדיגום 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 במחקרה.

ניטור הסביבה הבנתונית בחוף הצפוני של מפרץ אילת באמצעות מאספי פורמיניפרים המהווים

סמן אקולוגי

(תקציר עבור דו"ח ניטור 2013)

שי אורון^{1,3}, בברלי גודמן צ'רנוב², דרור אנג'ל², סיגל אברמוביץ¹

¹אוניברסיטת בן גוריון בנגב shaioron@yahoo.com

²אוניברסיטת חיפה

³המכון הבינאוניברסיטאי באילת

ניטור זה החל כמחקר המתעד את תהליכי שיקום קרקעית הים באזור בו נמצאו עד לקיץ 2008 כלובי דגים, ומתמקד בשינויים הכמותיים במגוון ונפיצות המינים בסנטימטר העליון של הסדימנט ועל עשבי ים.

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 2010-2013). 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. השפעת עשב הים נבחנת על ידי דיגום עלי עשב ים ואפיון מאספי הפורמיניפרים החיים עליהם.

בחורף 2012-2013 חווה המפרץ סדרת שטפונות חריגים בעוצמתם, אשר גרמו לכיסוי חלקים נרחבים של הסביבה הבנתונית בחומר דק גרגר ממקור יבשתי. ליבות סדימנט שנלקחו מנקודות שונות באזור כחודשיים לאחר השטפון האחרון הראו שכבת פורמיניפרים מתים קבורים תחת מעטה של סדימנט דק בעובי סנטימטרים ספורים. על פני השטח של הסדימנט לא נמצאו פורמיניפרים חיים כלל. כמו כן נקברו תחת הסדימנטים החדשים גם רוב מרבדי עשב הים. בחודש במאי 2013 תועדו עשבי ים מבצבצים מתוך הסדימנט הדק סמוך לגבול ישראל ירדן ונראו סימנים להתאוששות אוכלוסיית הפורמיניפרים בסדימנט עצמו, אך עלי עשב הים היו נקיים מפורמיניפרים (איור ג17).

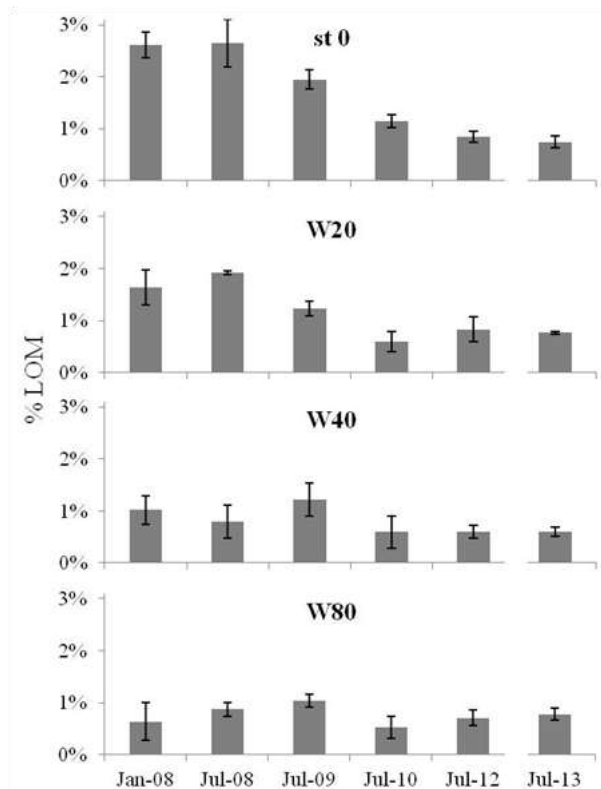


איור ג'17: עשבי ים וסדימנט מורחף ממקור יבשתי אשר כיסה את קרקעית הים באזור החוף הצפוני לאחר אירועי שיטפונות חריגים בחורף 2012-2013.

Figure C17: Seagrass and suspended terrigenous sediment that covered the seafloor along the northern beaches following flash floods in winter 2012-2013.

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 (איור ג'18).



איור ג18: תכולת חומר אורגני בסדימנט בינואר 2008, כחצי שנה לפני פינוי כלובי הדגים, ביולי 2008, מייד לאחר הפינוי, וביולי 2009-2013.

Figure C18: 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 July 2009-2013.

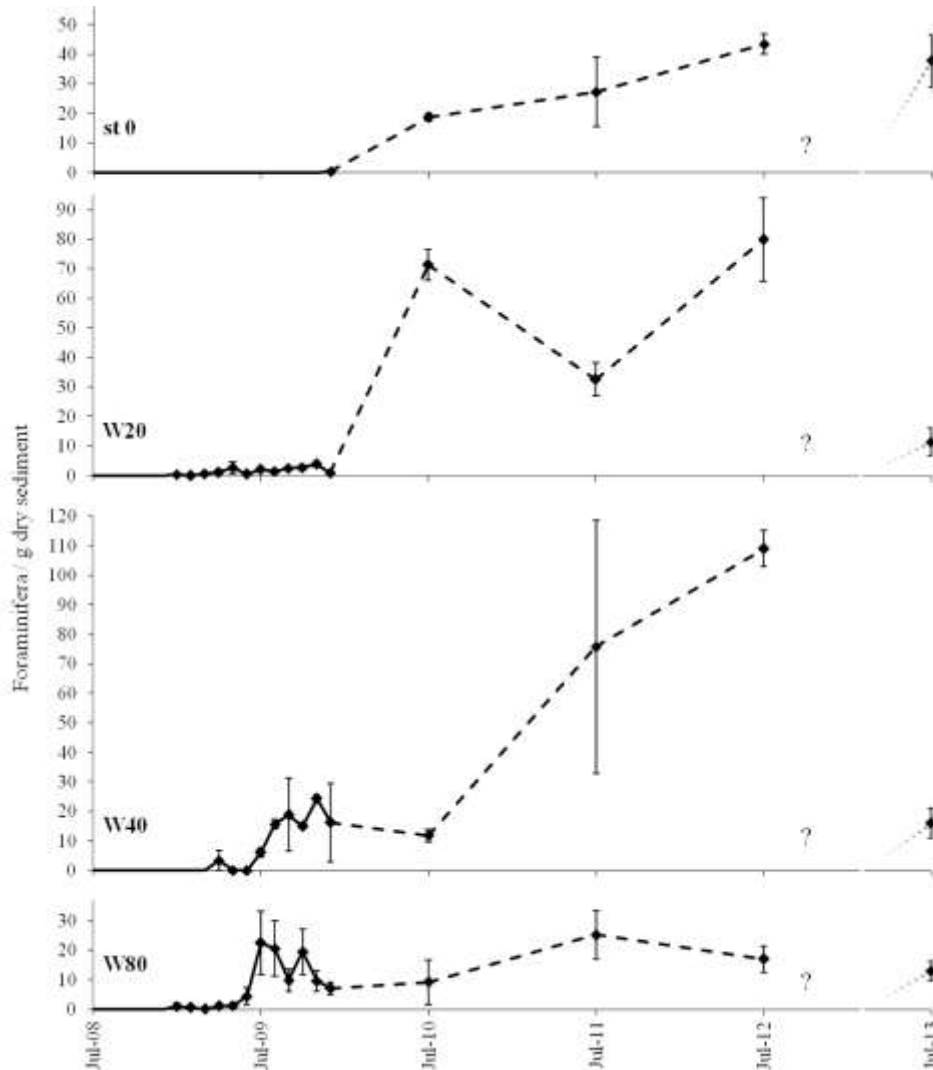
מאסף חי בסדימנט

תוצאות המחקר מראות כי ההעשרה האורגנית מכלובי הדגים גרמה ליצירת 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 *Assilina ammonoides* מספרי הפרטים החיים הלכו וגדלו עד לסיום הדיגום 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.

בדיגומים שנערכו ביולי 2010-2012 לשם המשך מעקב נתגלה כי הרכב המינים בסדימנט עדיין נשלט על ידי *A.ammonoides* ומספרי הפרטים לגרם סדימנט נמצאים במגמת עליה בתחנות 0, W20 ו W40. ביולי 2013, חמישה חודשים לאחר השיטפונות, מספר הפרטים החיים לגרם סדימנט (איור ג19) ומגוון המינים (איור ג20) היו נמוכים יותר מאשר ב 2012. בנוסף לכך, גודל הפרטים של המין השולט *A.ammonoides* לא עלה על 700µm (פרטים בוגרים מגיעים לכ 2000µm), ככל הנראה משם שזוהי אוכלוסייה חדשה המתפתחת באזור לאחר השיטפונות.

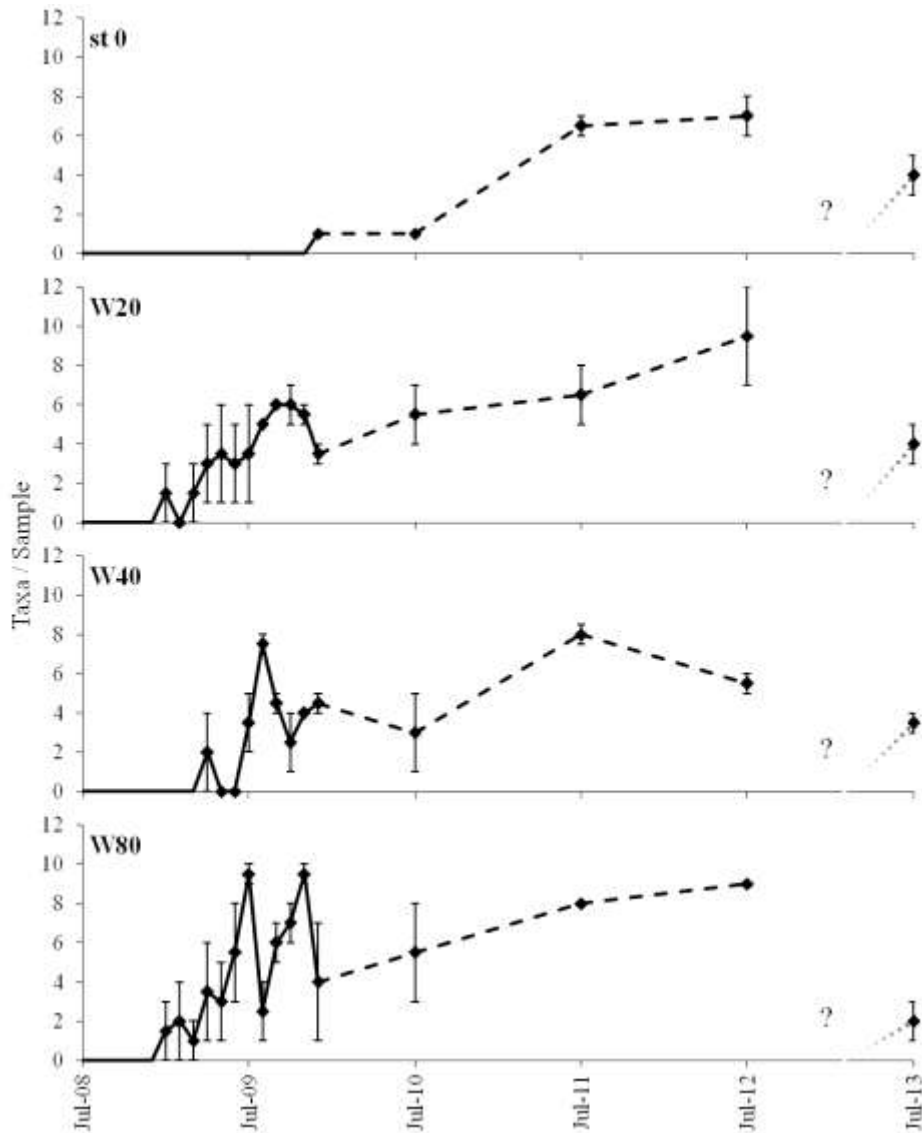
היעדרם המוחלט של פרטים חיים בסדימנט באזור הדיגום בחודשים הראשונים שלאחר פינוי הכלובים מצביעה ללא ספק על כך שסביבה זו לא אפשרה קיום של פורמיניפרים בנתונים. יתרה מכך העדר עשב

הים *Halophila* הנפוץ באופן טבעי באזור העיד על מגבלות סביבתיות חמורות עבור אורגניזמים אלו. 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 משיקום 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 וסולפידים גבוהים במי החללים בסדימנט הנגרמים עקב הריכוזים הגבוהים של החומר האורגני.



איור ג'19: מספר הפרטים החיים לגרם סדימנט יבש בתחנות השונות לאורך תקופת הדיגום. קווי השגיאה מייצגים מינימום ומקסימום.

Figure C19: Live foraminifera individuals per gram dry sediment at sampled locations since 2008. Error bars are minimum and maximum values.



איור 20: מספר המינים שנמצאו בדגימות לאורך תקופת הדגימה. קווי השגיאה מייצגים מינימום ומקסימום. **Figure C20: the number of foraminifera species found in samples since 2008. Error bars are minimum and maximum values.**

מאסף חי על עשב הים

נעשה אפיון של מאספי הפורמיניפרה שהתפתחו בעקבות ההתבססות של עשב הים באזור, וזוהו בעיקר מינים הידועים ככאלה החיים באסוציאציה עם עשבי ים ואבנים. כל המינים אשר נמצאו על עשב הים מאפיינים גם את המאסף המת (טבלה ג3). 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 פורמיניפרה.

	Sediment Dead	Sediment stained	H. stipulacea stained		Sediment Dead	Sediment stained	H. stipulacea stained
Suborder ROTALIINA				Suborder MILIOLINA			
<i>Ammonia spp.</i>	+	4%		<i>Agglutinella spp.</i>	+		
<i>Amphistegina lessonii</i>	+	6%	33%	<i>Amphisorus hemprichii</i>	+		<1%
<i>Amphistegina lobifera</i>	+			<i>Articulina pacifica</i>	+		1%
<i>Amphistegina papillosa</i>	+			<i>Articulina antillarum</i>	+	<1%	
<i>Bolivinella elegans</i>	+			<i>Borelis schlumbergeri</i>	+		1%
<i>Bolivina variabilis</i>	+	<1%		<i>Hauerina diversa</i>	+		2%
<i>Brizalina sp.</i>	+			<i>Lachlanella subpolygona</i>	+		
<i>Cibicides mayori?</i>	+	<1%	5%	<i>Lachlanella sp.A</i>	+		
<i>Cymbaloporetta sp.</i>		1%		<i>Miliolinella spp.</i>	+		
<i>Discorbinella rhodiensis?</i>		1%		<i>Monalysidium acicularis</i>	+		
<i>Elphidium sp.C</i>	+			<i>Peneroplis planatus</i>	+	<1%	3%
<i>Elphidium jenseni</i>	+	<1%	6%	<i>Pseudomassilina sp.B</i>	+		
<i>Elphidium williamsoni</i>	+			<i>Pseudomassilina reticulata</i>	+		
<i>Elphidium cf.E.limbatum</i>	+		?	<i>Pseudotriloculina sp.B</i>	+		
<i>Epistomaroides punctatus</i>	+			<i>Pseudomassilina pacifiensis</i>	+		
<i>Lobatula lobatula</i>	+		1%	<i>Pyrgo striolata</i>	+		
<i>Nonion spp.</i>	+	2%		<i>Quinqueloculina cf.mosharrafai</i>	+		
<i>Operculina ammonoides</i>	+	82%	4%	<i>"Quinqueloculina" sp. A?</i>	+		
<i>Paracibicides edomica</i>	+		2%	<i>Sorites orbiculus</i>	+		7%
<i>Planogypsina spp.</i>	+		22%	<i>Siphonaperta distorteata</i>	+		
<i>Reussella sp.</i>	+	<1%	<1%	<i>Spiroloculina aff. S.communis</i>	+		
<i>Rosalina sp.</i>	+	<1%	7%	<i>Spiroloculina attenuata</i>	+		
<i>Siphouvigerina sp.</i>	+			<i>Triloculina affinis</i>	+		
Suborder TEXTULARIINA				<i>Triloculina serrulata</i>	+		
<i>Labrospira jeffreysii</i>		<1%		<i>Triloculina tricarinata</i>	+		1%
<i>Lagenammina cf.L.atlantica</i>		2%		<i>Triloculina trigonula</i>	+		
<i>Textularia spp.</i>	+	1%	1%	<i>Vetebalina striata</i>	+		1%
				<i>Juvenile unidentified miliolides</i>		<1%	3%

טבלה ג3: חלוקה טקסונומית של המינים שנמצאו במאסף המת, החי, ועל עלי עשב הים. האחוזים מייצגים שפעה יחסית של כל קבוצה, סוג או מין בכלל המאסף.

Table C3: Taxonomy of species found in the live and death assemblages in sediment and on sea grass. Percents represent relative abundance of each group in the assemblage.

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^- , NO_3^- , $Si(OH)_4$, 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 בדסקטור 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. מונה הסינטילציה החדש מאפשר קריאה וחישוב של ה dpm בצורה אמינה ומדויקת יותר, ובהשוואה בין החישובים מתקבלות תוצאות דומות. 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 גלאי IR ויוצר אות אשר שיטחו פרופורציונלי 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 אאוקריוטים, 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).

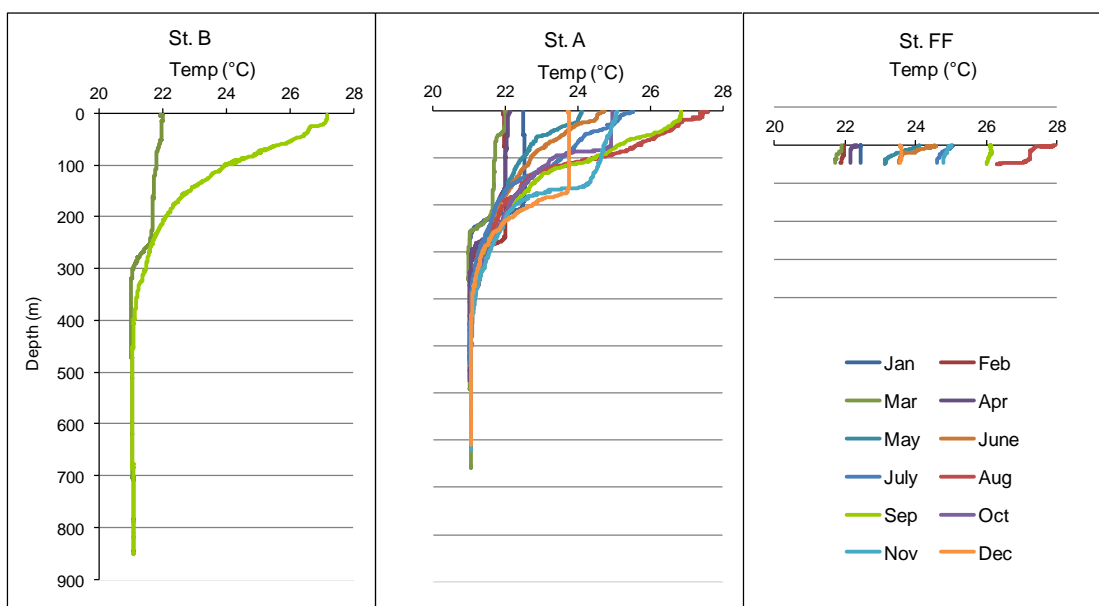
ד.1. מדדים פיסיקליים: טמפרטורה ומליחות

פרופילים רציפים של טמפרטורה, מליחות ופלווארסנציה 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-250 מטרים (איור ד1). טמפרטורת פני הים בחודש פברואר היתה 21.97 מעלות, מעלה שלמה יותר מאשר בשנה הקודמת, ואילו במי העומק היתה הטמפרטורה בחודש זה 21 מעלות. הטמפרטורה המרבית אשר נמדדה בפני הים בתחנה A היתה 27.63 מעלות בחודש אוגוסט, כחצי מעלה נמוך יותר מאשר בשנה הקודמת. עקב הטמפרטורה הגבוהה של הקיץ הקודם הערבוב הרדוד השנה היה צפוי. טמפרטורת הקיץ השנה בעלת ערך אמצעי בין 28.2 °C בשנה הקודמת ל- 26.85 °C בשנה לפניה (2011). ערבוב עמודת המים עקב קירור המים מלמעלה, במגע עם האטמוספירה, בעונת החורף הוא גורם מרכזי בדינאמיקה של המערכת האקולוגית במפרץ.



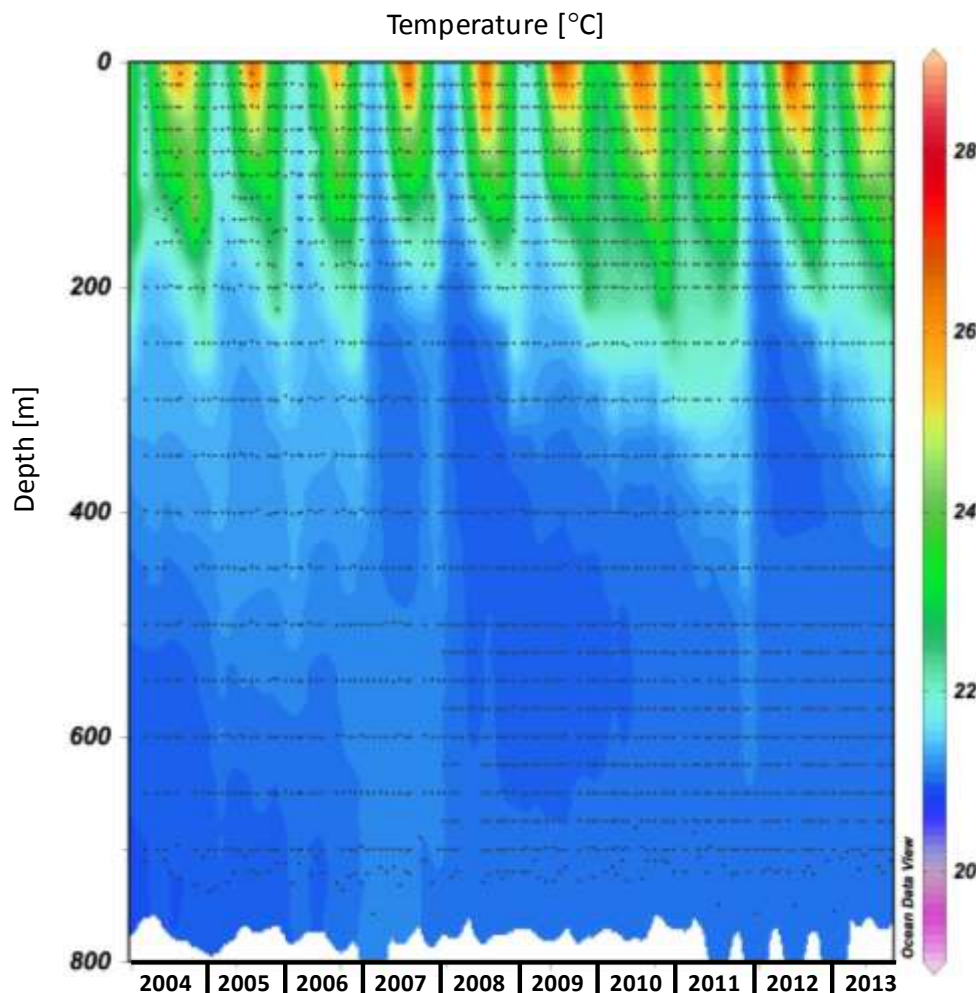
איור ד1: טמפרטורת עמודת המים כפי שנמדדה במכשיר ה-CTD בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

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.

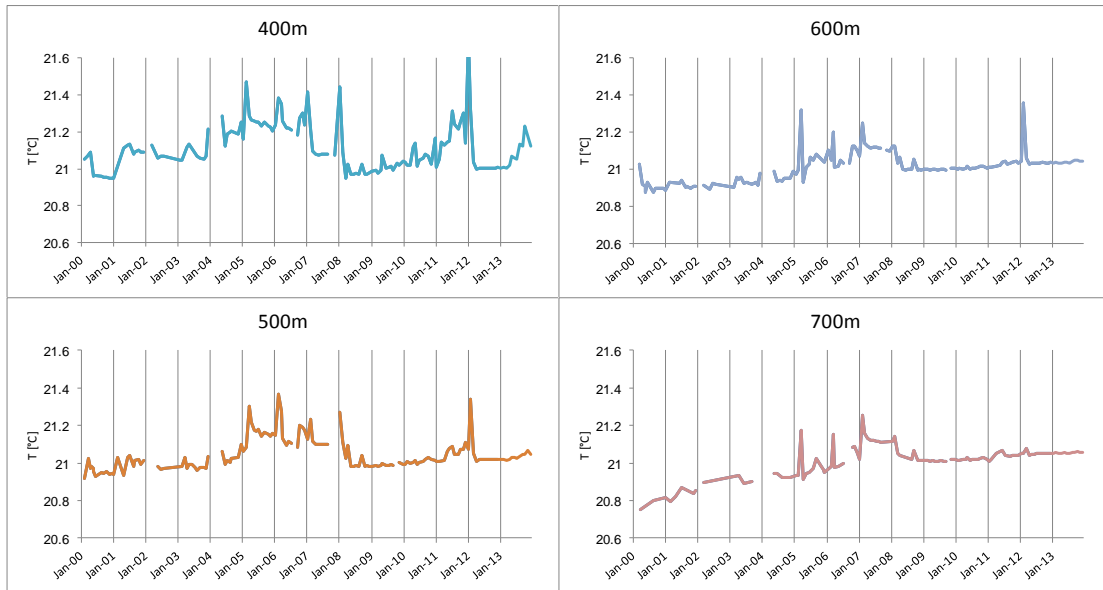
המחזור העונתי של קירור המים בחודשי החורף הוא הגורם למחזורי הערבוב-שכוב האופייניים

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 היה ערבוב עמודת המים רדוד במיוחד, כ- 250 מ'. בכך מתחיל מחזור חדש של צבירת חומרי דשן במים העמוקים לאחר הערבוב העמוק של השנה הקודמת (איור 2). 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 בשנה הקודמת (איור 3). הערבוב הרדוד של השנה מחזק את מגמת החימום אשר מתועדת בעומקי הביניים אליהם לא הגיע הערבוב בשנה זו. בעומק 400 מ' נמדדה בדצמבר השנה טמפרטורה גבוהה ב- 0.12°C מאשר בחודש זה בשנה הקודמת, ובעומק 700 מ' הפרש הטמפרטורות בחודש דצמבר בין השנים הוא כ- 0.005°C .

[דיוק חיישן הטמפרטורה שבמכשיר ה-CTD 0.001 מעלה, עם סטייה של עד 0.002 מעלות בשנה. המכשיר שבשימוש תכנית הניטור כוייל לאחרונה באוגוסט 2013].



איור 2: 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.



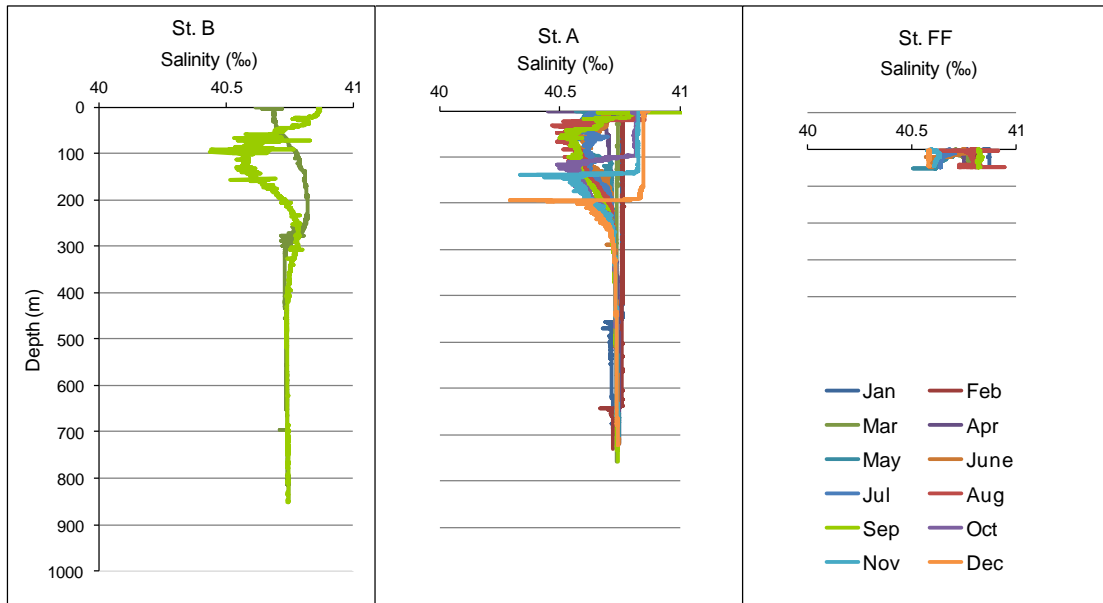
איור 3: שינויי טמפרטורה במי העומק (בעומקים 400 עד 700 מטרים) בתחנה A מאז ינואר 2000. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט פארק השלום ומובאים באדיבותם של פרופ' י. ארוז ופרופ' ב. לזר.

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

מליחות

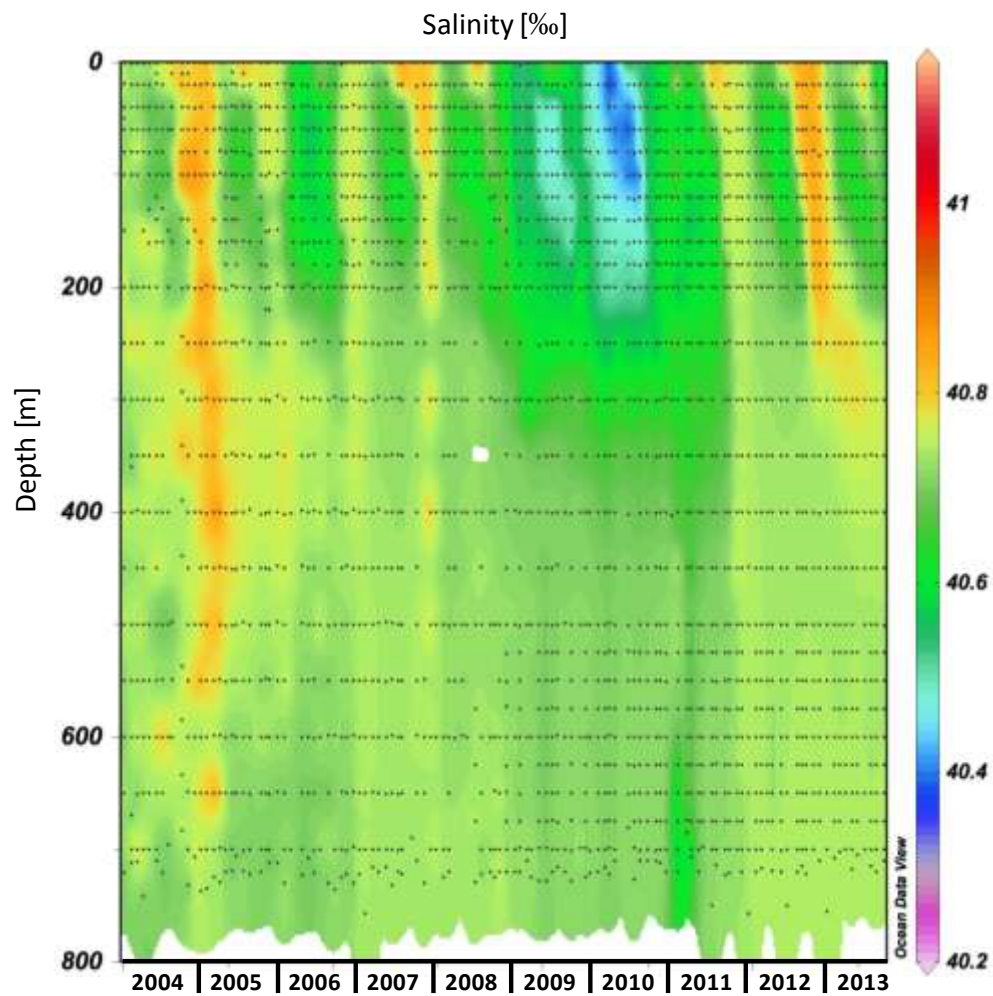
עקב של תוצאות מדידות המליחות במד המליחות במעבדה. כתוצאה מגדידה חזק של מדידות המליחות הוחלט לא להציג תוצאות מליחות שנמדדו בממעבדה החל המחודש פברואר 2010. מדידות המליחות בים העמוק אשר נעשו גם באמצעות מד מליחות אלקטרוני כחלק מפרופיל ה-CTD מוצגות כאן. התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, בשיתוף עם המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים, רכשה מד מליחות חדש אשר החל לפעול בחודש יולי 2011 ותוצאותיו מופיעות בלוחות המדעיים מאז. 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 מטרים 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 האידוי 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. חדירת מים בעלי מליחות נמוכה הייתה חזקה ביותר בשנים החמות 2009-2010, ובשנים מאז הפרשי המליחות בשכבת המליחות המינימלית קטנים יותר (איור 5). יחד עם זאת, ניתן במדידות המליחות להבחין בשכבה המלוחה-פחות ובכך שמאז הופעתה בסוף החורף ועד לסוף השנה השכבה מעמיקה ונמהלת. 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 האידוי המקומיים, אם כי חדירת גופי המים המלוחים קשורה אולי בעומק הערבוב או בטמפ' הים מדרום.



איור ד4: 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.

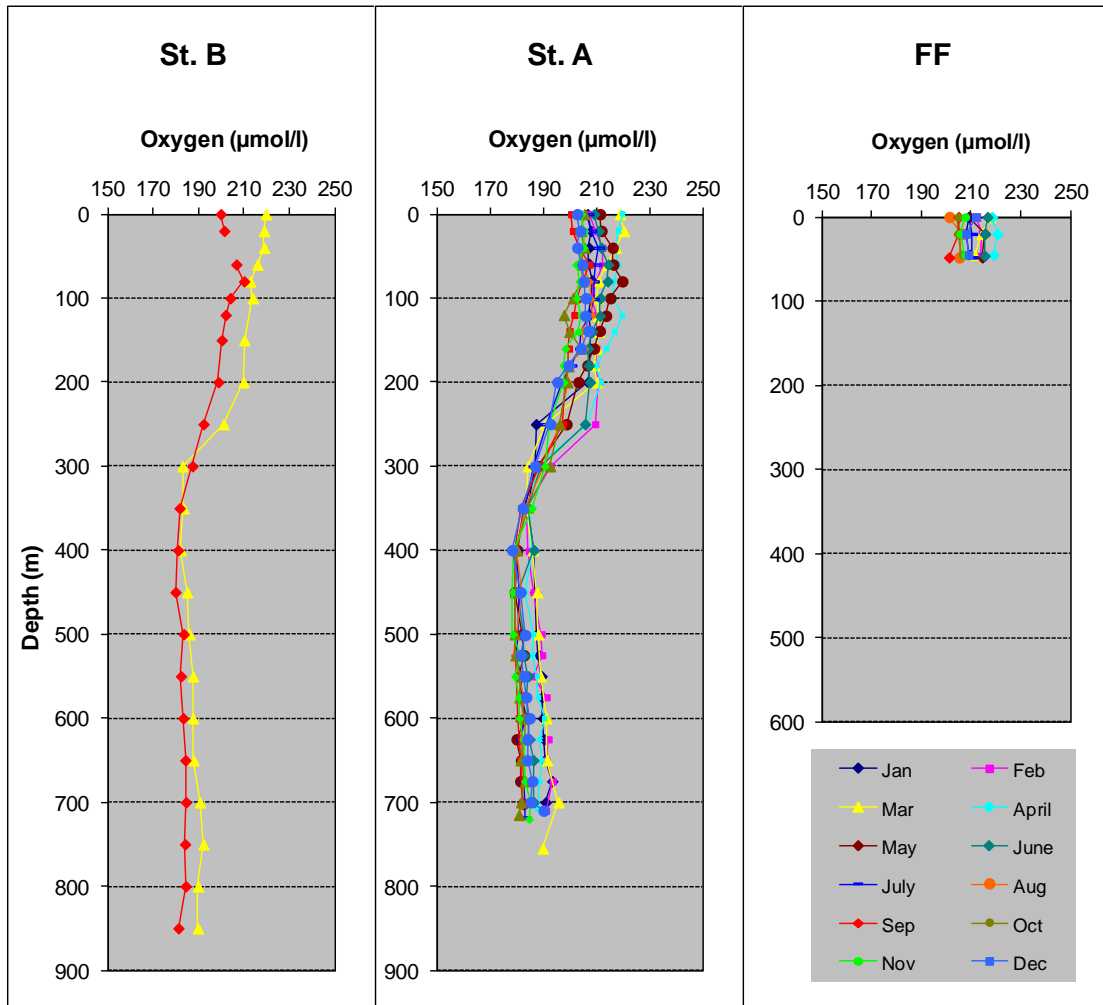
2.2. מדדים כימיים

חמצן (O_2)

הגורם העיקרי המשפיע על ריכוזי החמצן בעמודת המים הוא המחזור העונתי של שכוב-ערבוב עמודת 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-250 מ' בלבד, ומי הים העמוקים יותר נותרו מנותקים מהאטמוספירה.

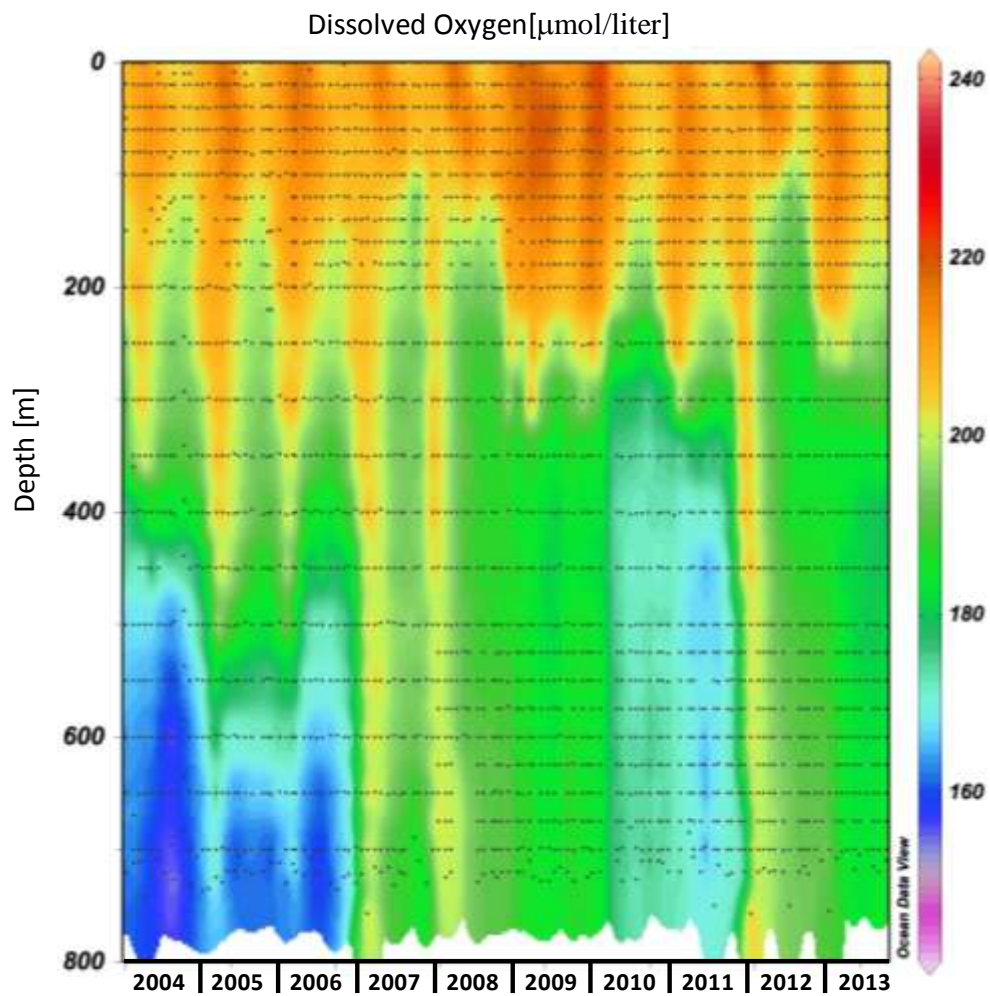
ריכוז החמצן המרבי בתחנה A נמדד השנה בחודש מרץ בעומק 20 מ', $220 \mu\text{mol/l}$ (איור 6ד). ערך זה נמוך מהערך המרבי שנמדד בשנה הקודמת, $232 \mu\text{mol/l}$ בחודש מאי. ההבדל נובע מן הסתם מייצרנות נמוכה יותר בעמודת המים העליונה השנה. ריכוז החמצן המומס אשר נמדד בקרבת החוף, בתחנת FF, היה דומה. במים העמוקים נמדד ריכוז של $196 \mu\text{mol/l}$ בחודש מרץ בקרבת הקרקעית, לעומת $206 \mu\text{mol/l}$ בחודש מרץ בשנה הקודמת עקב הערבוב העמוק אז. בחודש דצמבר השנה היה ריכוז החמצן בקרבת הקרקעית בתחנה A $190 \mu\text{mol/l}$. 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 השנה הקודמת, 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 בשנה הקודמת מלא את מאגרי החמצן בעמודת המים והעלה מחדש את ריכוזו במים העמוקים וכך נסגר מחזור שלם של דלדול ומילוי התלויים בעומק הערבוב (איור 7ד). השנה אנו עדים לתחילתו של מחזור חדש. מאז שנת הערבוב העמוק 2007 נמצאה ירידה בכמות השנתית הממוצעת של חמצן המומס בעמודת המים אך בשנה הקודמת, בעקבות הערבוב העמוק, עלתה כמות החמצן המומס לערך הגבוה ביותר אשר נמדד במסגרת תכנית הניטור. השנה החלה ירידה מחודשת בכמות החמצן המומס בעמודת המים (איור 8ד).

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. בשנה הקודמת (2012) ערבוב עמוק העלה מחדש את ריכוזי החמצן במים העמוקים לערכים דומים לאלה של 2007-8, ומעט נמוכים ממה שנמדד בעקבות הערבוב העמוק בשנת 2000. ריכוזי החמצן המומס במים העמוקים דומים בסוף השנה הנוכחית לאלו שנמדדו בשנים 2009 ו-2010 (איור 9ד).



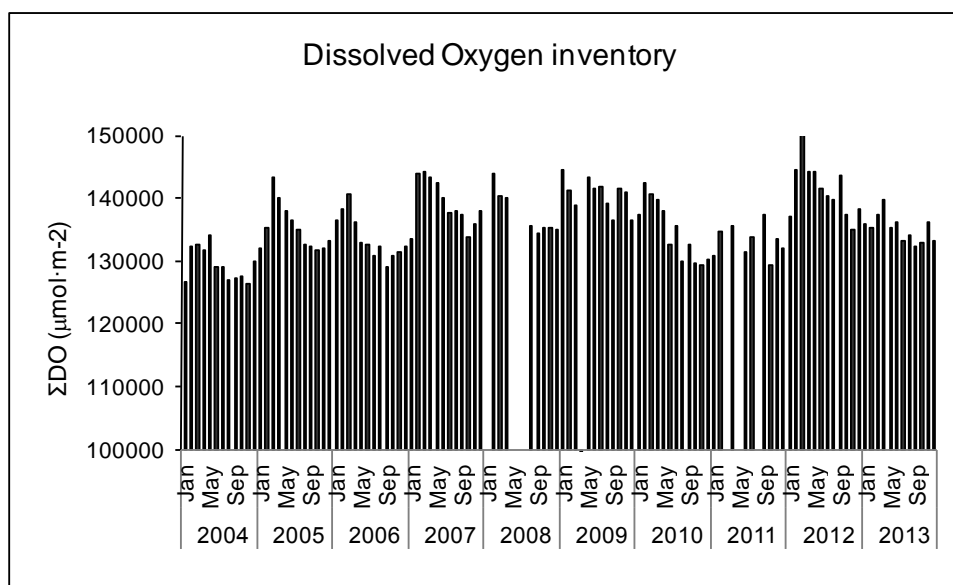
איור 6: ריכוזי חמצן מומס בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

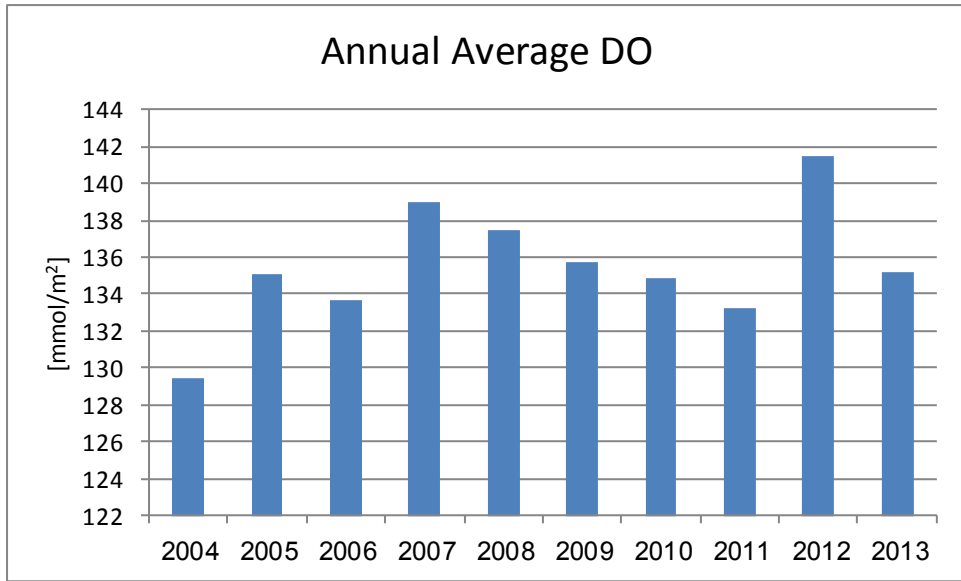
Figure D6: Dissolved oxygen concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest, Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is close to the northern shore of the Gulf at ca. 50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



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

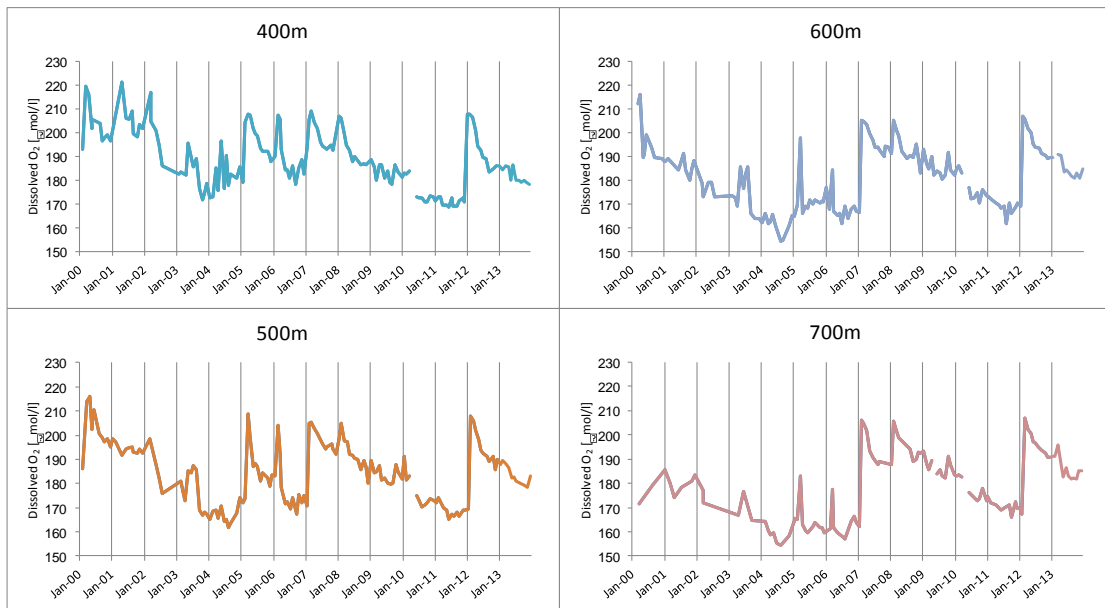
Figure D7: Changes in concentrations of dissolved oxygen in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.





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.

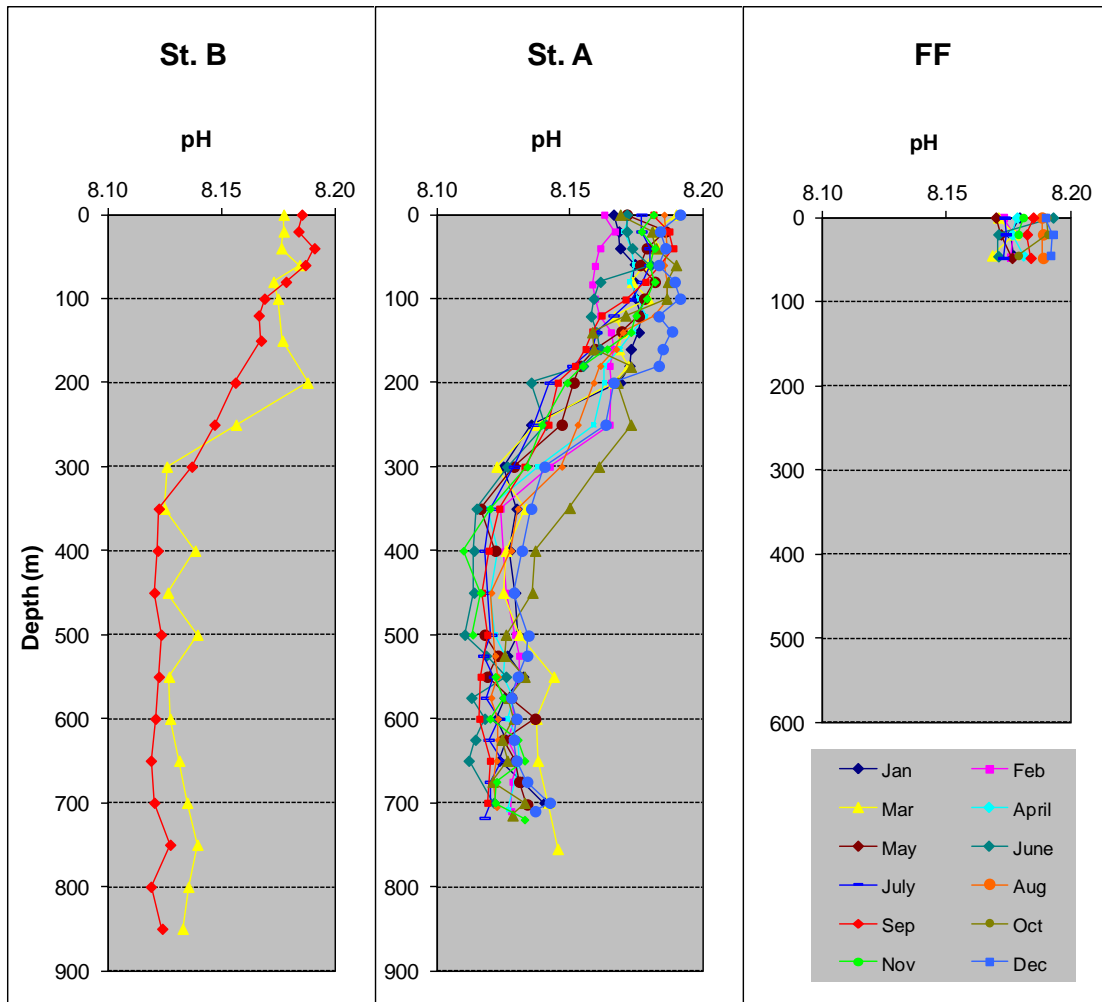
Figure D9: Changes in dissolved oxygen concentrations in 400m to 700m water depth at Station A, since 2000.

ערך הגבה (רמת חומציות המים, pH)

[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.]

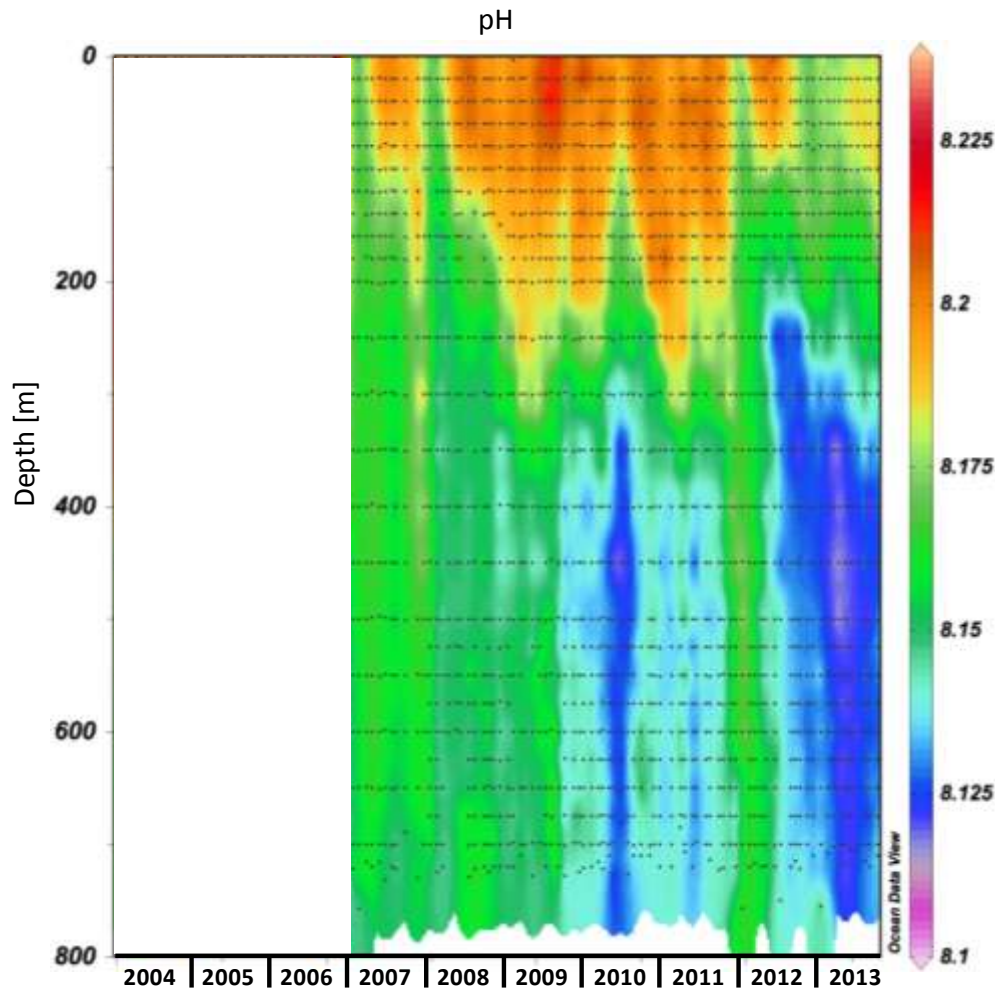
ערכי ה-pH במי העומק בדרך כלל נמוכים יותר מאשר במים הרדודים ועל כן מושפעת גם רמת החומציות בעמודת המים ממחזור הערבוב-שכוב העונתי. מבנה הפרופיל של ערך הגבה (pH) בעמודת

המים דומה, לרוב, לזה של החמצן המומס מכיוון ששני המשתנים תלויים בקצבי הפוטוסינתזה והנשימה. ערכי pH הגבוהים נמדדו השנה בהדד השנה בהדד הסתיו אוקטובר-דצמבר, בעומקים של עד כ- 200 מ' (איור 10). הערך המרבי אשר נמדד השנה בתחנה A היה 8.192 בחודש דצמבר, ובחוף הצפוני בתחנת כלובי הדגים נמדד pH מרבי דומה, גם כן בדצמבר. ערכים אלה נמוכים ממדידות השנה הקודמת בה נמדד ערך מרבי של 8.229 בתחנת כלובי הדגים בחודש אוגוסט. ערך הגבה במים העמוקים עולה כתוצאה מערבוב עמודת המים ויורד בשנים בהן הערבוב רדוד (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.

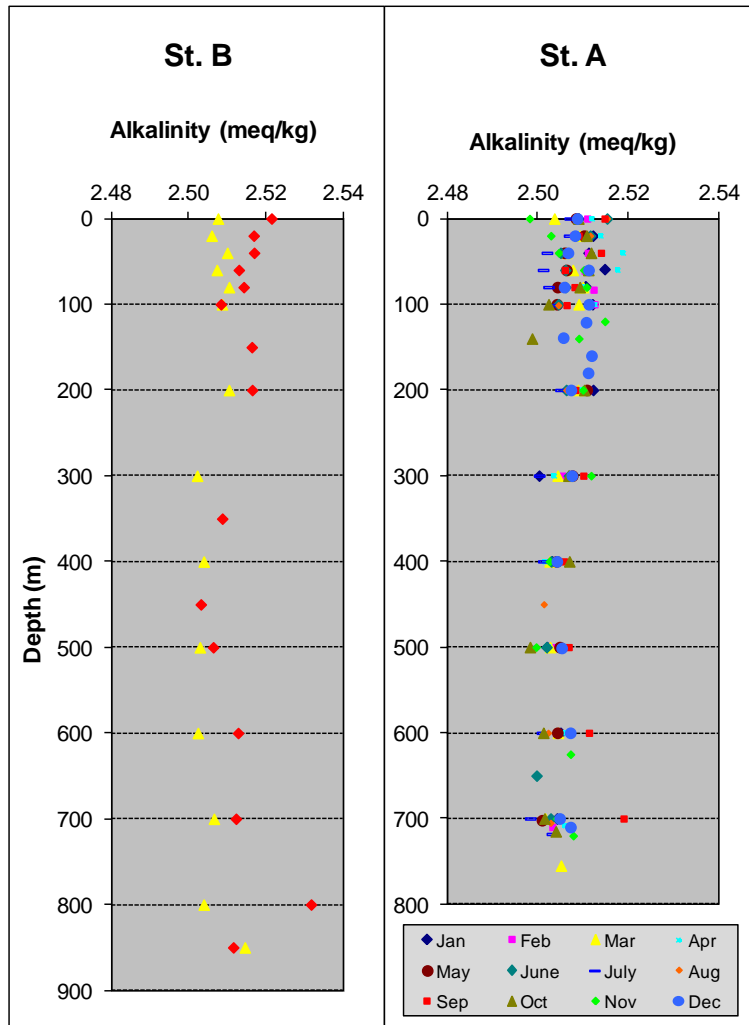


איור 11: שינויים ברמת החומציות בעמודת המים בתחנה A מאז נובמבר 2006. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

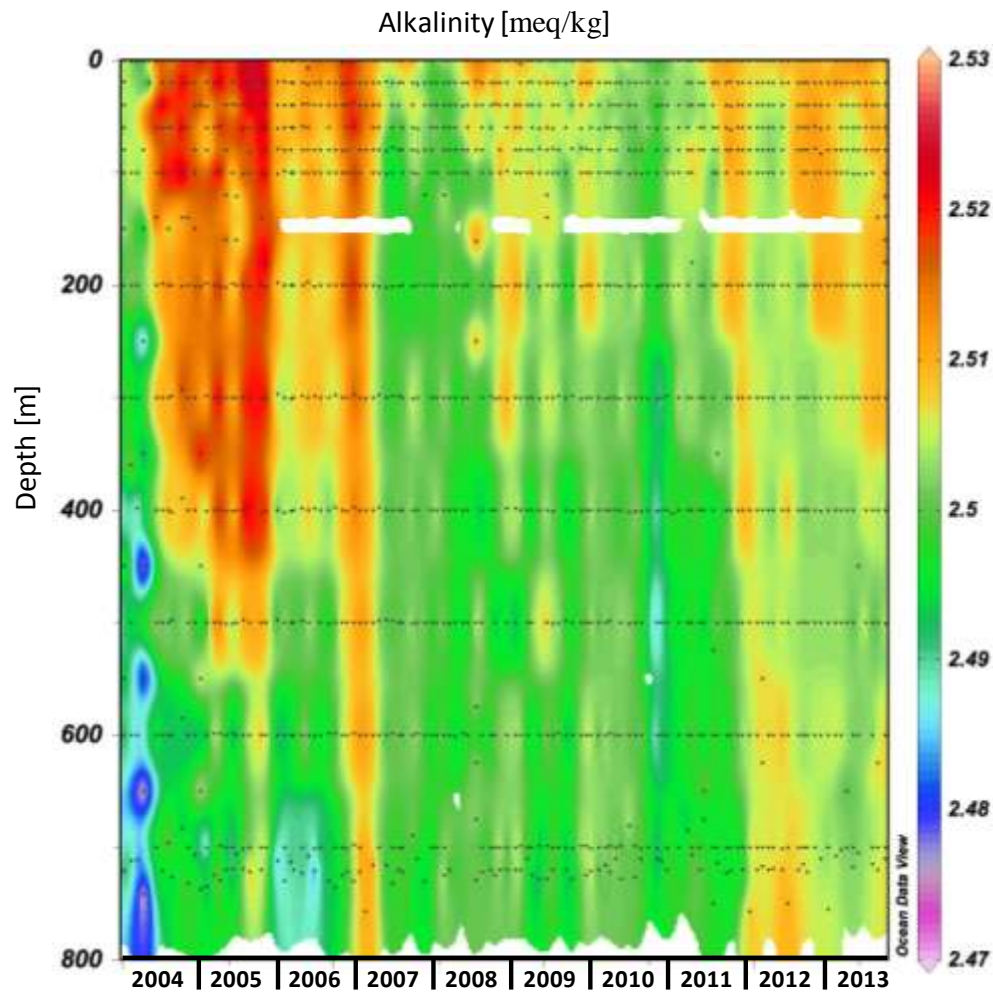
Figure D11: Changes in pH in the water column at Station A since November 2006. Black dots represent the sampling depths.

אלקליניות

האלקליניות היא מדד לריכוז החומצות החלשות במים, ובעיקר לריכוז יוני הקרבונט והביקרבוט (CO_3^{2-} ו- HCO_3^- בהתאמה). טווח הערכים במדידות האלקליניות קטן מאד, הן בשינויים העונתיים והן בין העומקים. ערכים נמוכים יחסית של אלקליניות במים העמוקים נרשמים לאחר הקיץ (בחודשים נובמבר-דצמבר), וערכים גבוהים יותר בחודשי הערבוב (חודש פברואר). הערך המרבי השנה נמדד בחודש אפריל בעומק 40 מ', 2.5190meq/kg (איור 12), מעט גבוה מאשר בשנה הקודמת. בשנת הערבוב 2007 ניכרה עליה באלקליניות, ובאופן דומה אם כי במידה פחותה גם בשנת הערבוב הקודמת עלתה מעט האלקליניות בעמודת המים. השנה נמצאו ערכי אלקליניות מעט גבוהים יותר במים הרדודים ונמוכים יותר במי העומק (איור 13).



איור ד12: ערכי אלקליניות בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניסוי 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.

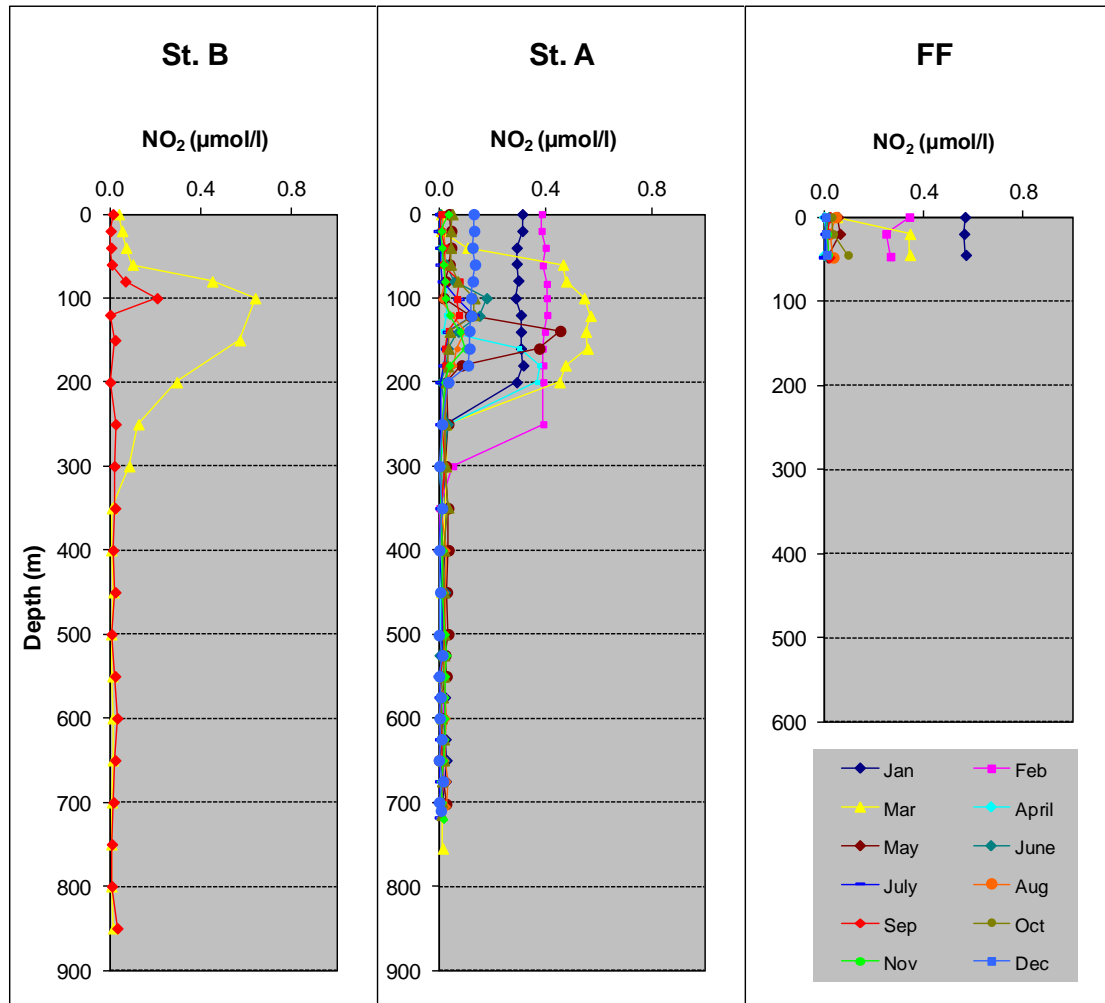


איור ד13: שינויי אלקליניות בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

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 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, חיזור ניטראט על ידי חיידקים אנאירובים, 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 ריכוז 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 נמדד ריכוז ניטריט מרבי בתחנה A בחודש מרץ, בעומק 120 מטרים, $0.571 \mu\text{mol/l}$, מעט נמוך מהערך המרבי של השנה הקודמת.

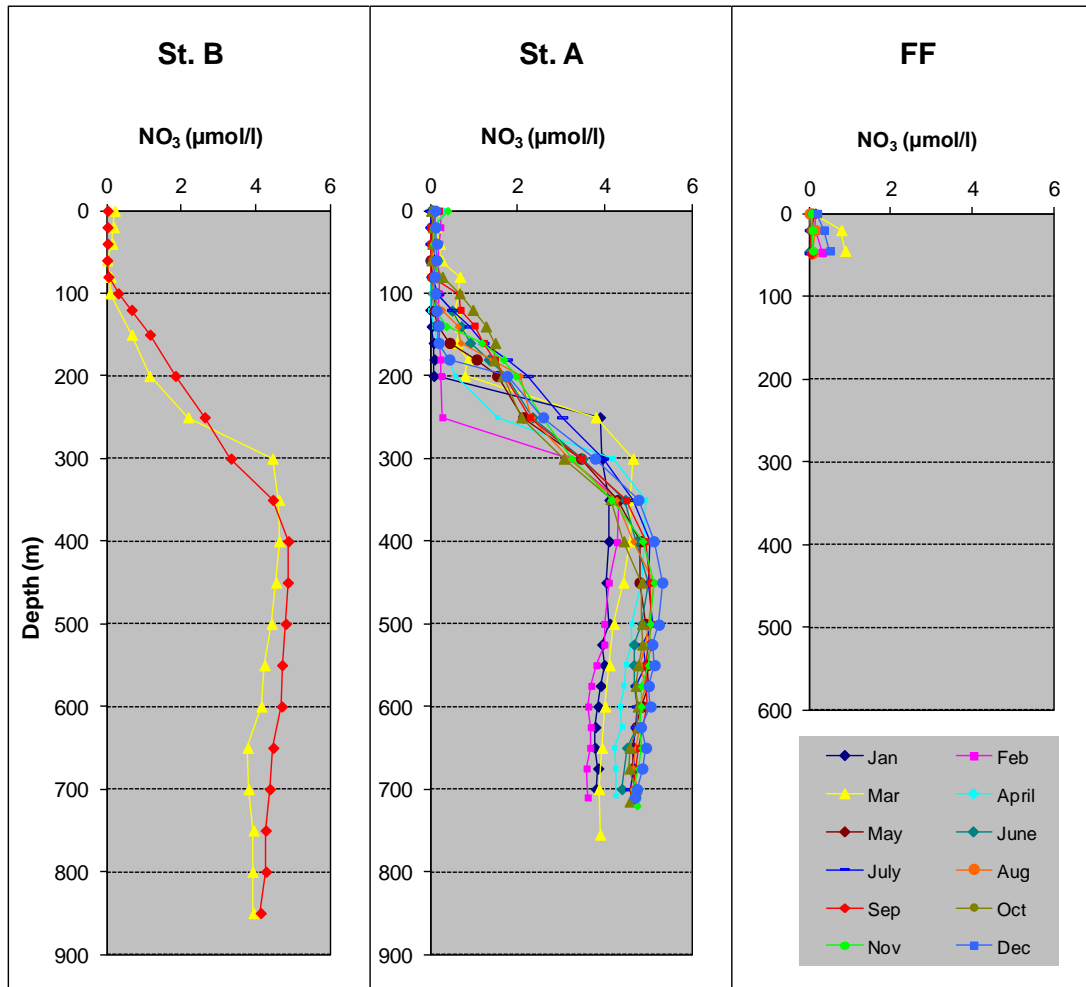


איור 14: ריכוזי ניטריט (NO_2) בעמודות המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

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 ערבוב רדוד של עמודות המים לא העלה נוטרייטים 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 בפני הים היה $0.396 \mu\text{mol/l}$, בחודש נובמבר (לעומת $2.158 \mu\text{mol/l}$ במרץ שנה שעברה). במים העמוקים, לעומת זאת, הגיע ריכוז הניטראט המרבי ליותר מ- 5.3 (לעומת ריכוזים סביב $4 \mu\text{mol/l}$ בשנה הקודמת ו- $5.9 \mu\text{mol/l}$ בשנת 2011).

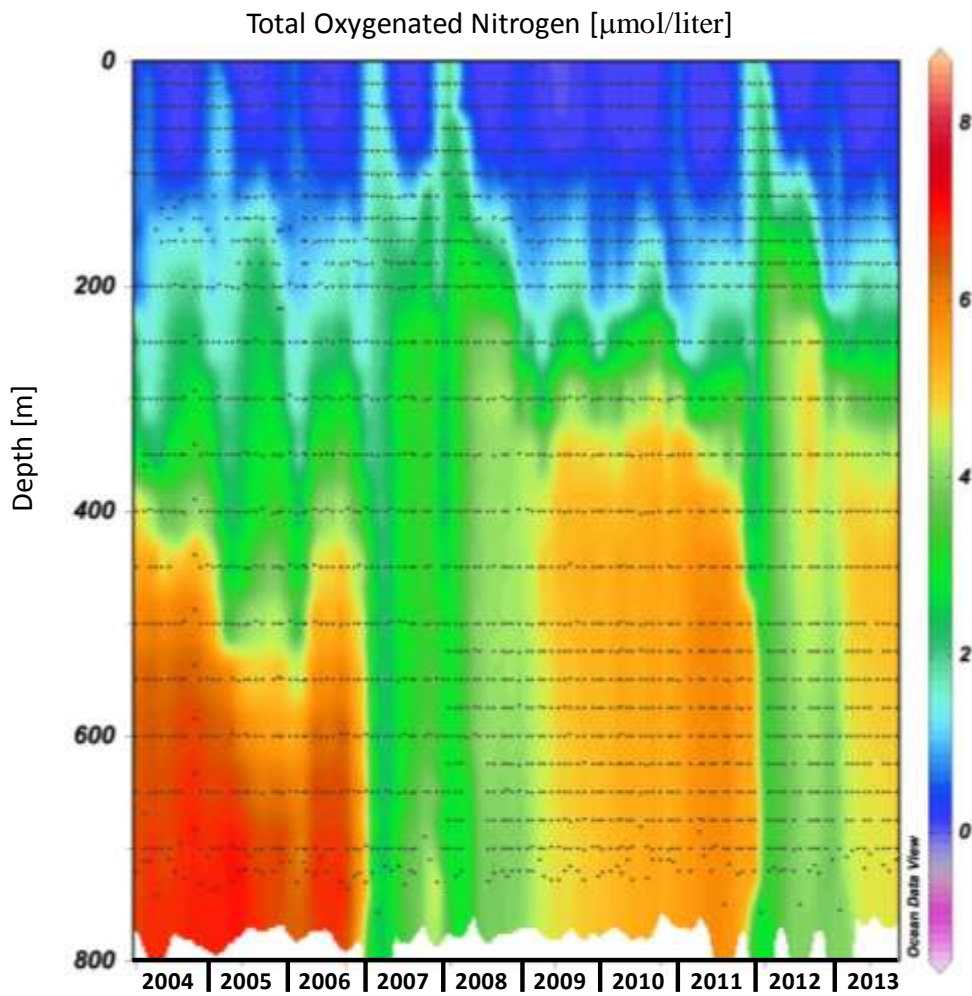


איור 15: ריכוזי ניטראט (NO_3^-) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

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.

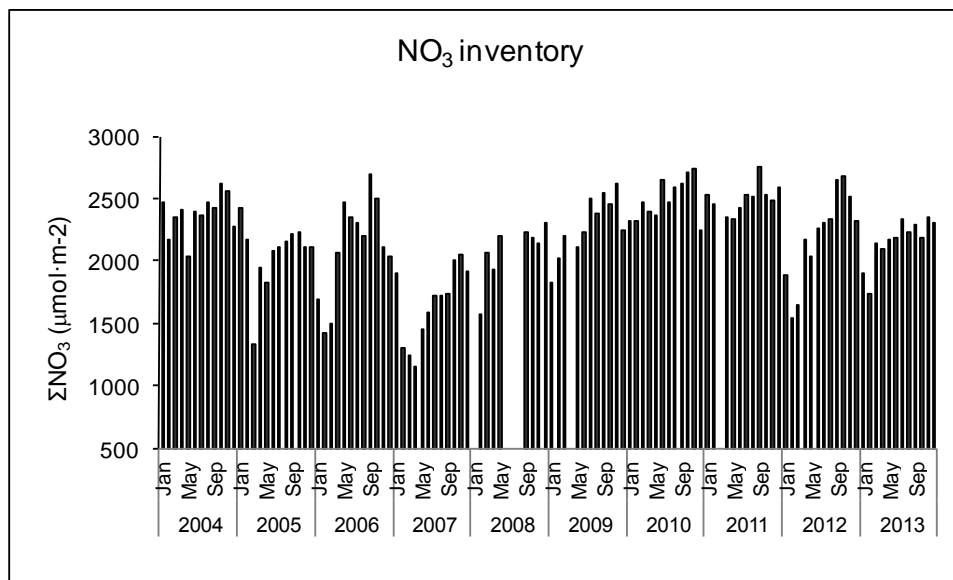
ריכוז החנקן המחומצן בעמודת המים (Total Oxidized Nitrogen - TON) דומה לריכוז מרכיבו העיקרי, הניטראט. משנת 2000, בה היה ערבוב עמוק, עלו ריכוזי החנקן המחומצן במים העמוקים. בחורף 2004-5 בו היה ערבוב של עמודת המים עד לכ-600 מטר ירדו מעט ריכוזי הניטראט במי העומק אולם ב-2006 נמדדו ריכוזים דומים לאלה של שנת 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. בשנה שעברה, עקב הערבוב העמוק, ירדו ריכוזי הניטראט והחנקן המחומצן בכלל במים העמוקים במידה ניכרת. עם תחילת השכוב בשנה הקודמת ובמשך השנה הנוכחית, ריכוזי החנקן במים העמוקים ובמי הביניים נמצאים במגמת עלייה (איור 16).

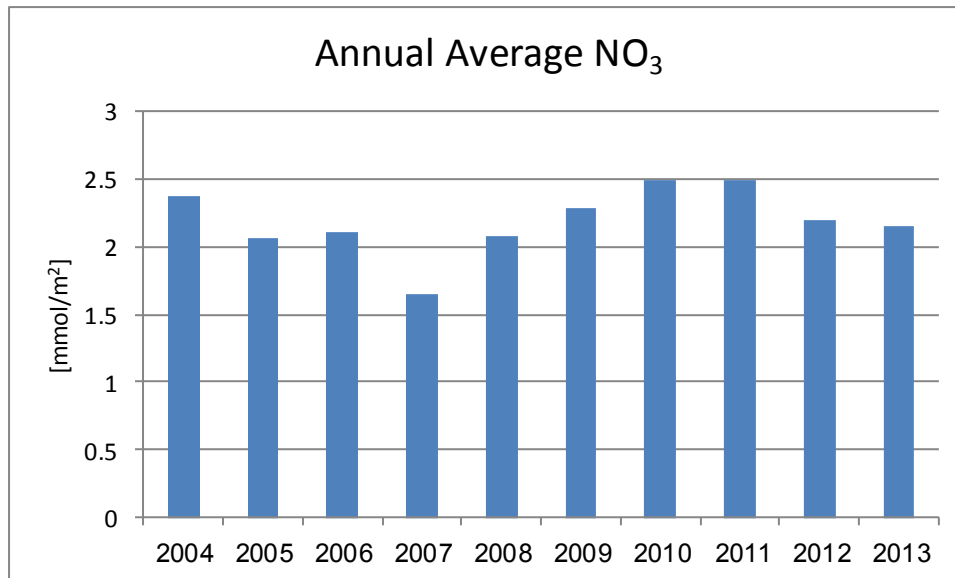
מאגר הניטראט בעמודת המים מאז 2004 מראה תמונה דומה לזו של הריכוזים. כמות החנקן המחומצן האגור בעמודת המים עלתה מאז שנת 2004, בשנות הערבוב 2007-8 נמדדה ירידה ובשנים שלאחר מכן עלתה. בחורף השנה הקודמת, 2012, שוב נרשמה ירידה בכמות החנקן המומס בעמודת המים ובחודשים שלאחר מכן עקב התגברות פעילות הפירוק נרשמה עלייה. השנה התנוודת במאגר החנקן קטנות יותר – הערך הנמוך בחורף גבוה יותר והערך הגבוה בקיץ נמוך יותר מאשר בשנה הקודמת (איור 17). בממוצע השנתי של מאגר החנקן המומס בעמודת המים השנה דומה לזוה של השנה הקודמת ונמוך מזה של השנים 2010-11 (איור 17, למטה).



איור 16: 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.

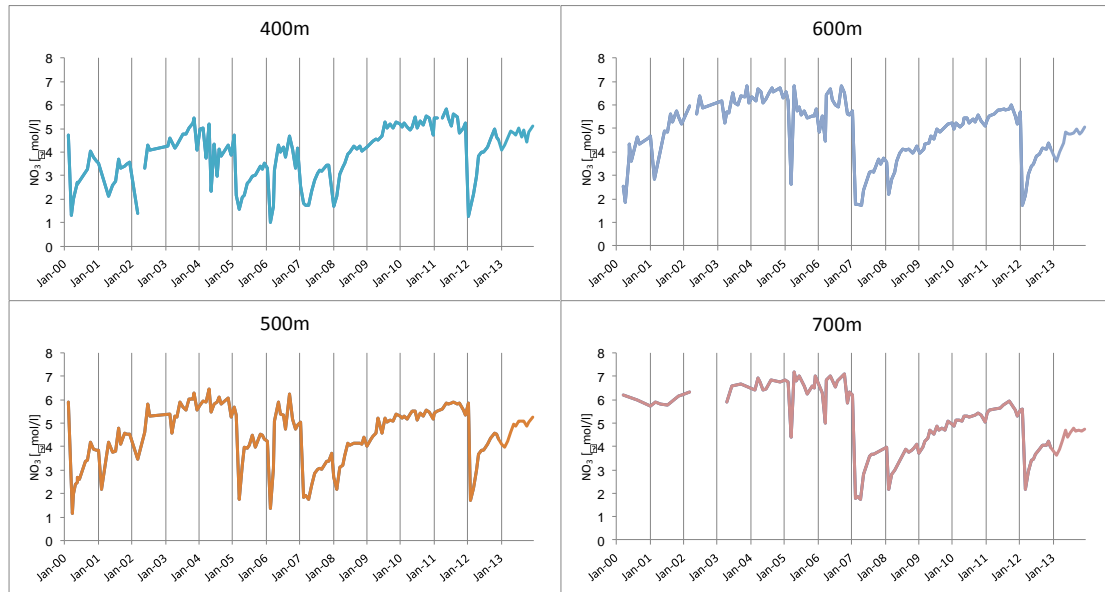




איור ד17: שינויים במאגר הניטראט (NO₃) בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. למעלה: מדידות חדשיות, למטה: ממוצע שנתי

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

נראה כי ריכוז הניטראט במים העמוקים (~700 מטר) הגיע לשיווי 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 שאחריו היתה איטית. בסוף 2007 ריכוז הניטראט בעומק 700 מטרים היה כ- $3.9\mu\text{mol/l}$. חורף 2008 שוב 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 בשנה הקודמת הוריד את הריכוזים בכל העומקים, והשנה שוב החלה מגמה של עליית ריכוזי החנקן המומס במי העומק (איור ד18). ריכוז הניטראט בעומק 700 מ' בסוף השנה (חודש דצמבר) היה $4.74\mu\text{mol/l}$ לעומת $3.95\mu\text{mol/l}$ בדצמבר 2012.



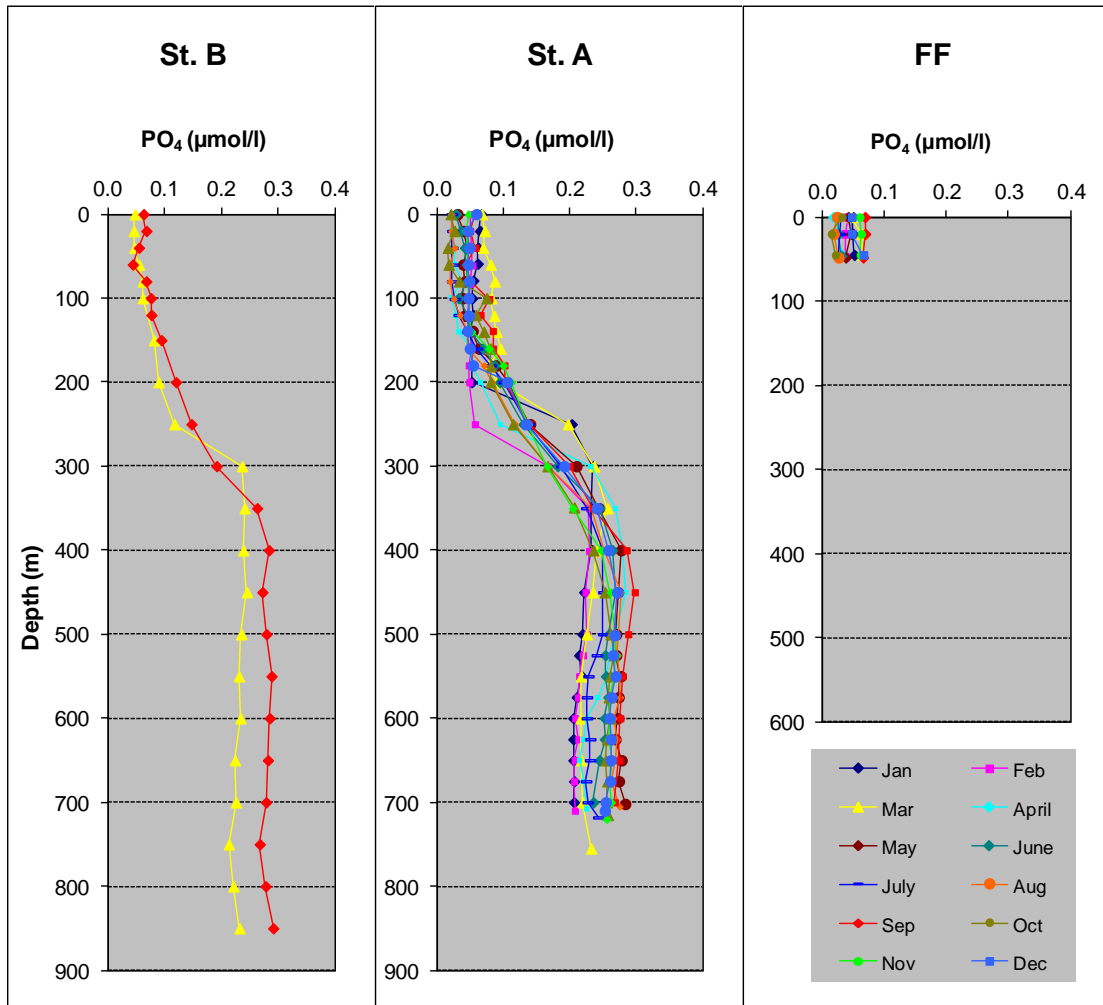
איור 18: שינויים בריכוז הניטראט בעמקים (400 עד 700 מטר) בתחנה A מאז ינואר 2000. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז והפרופ' ב. לזר.

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

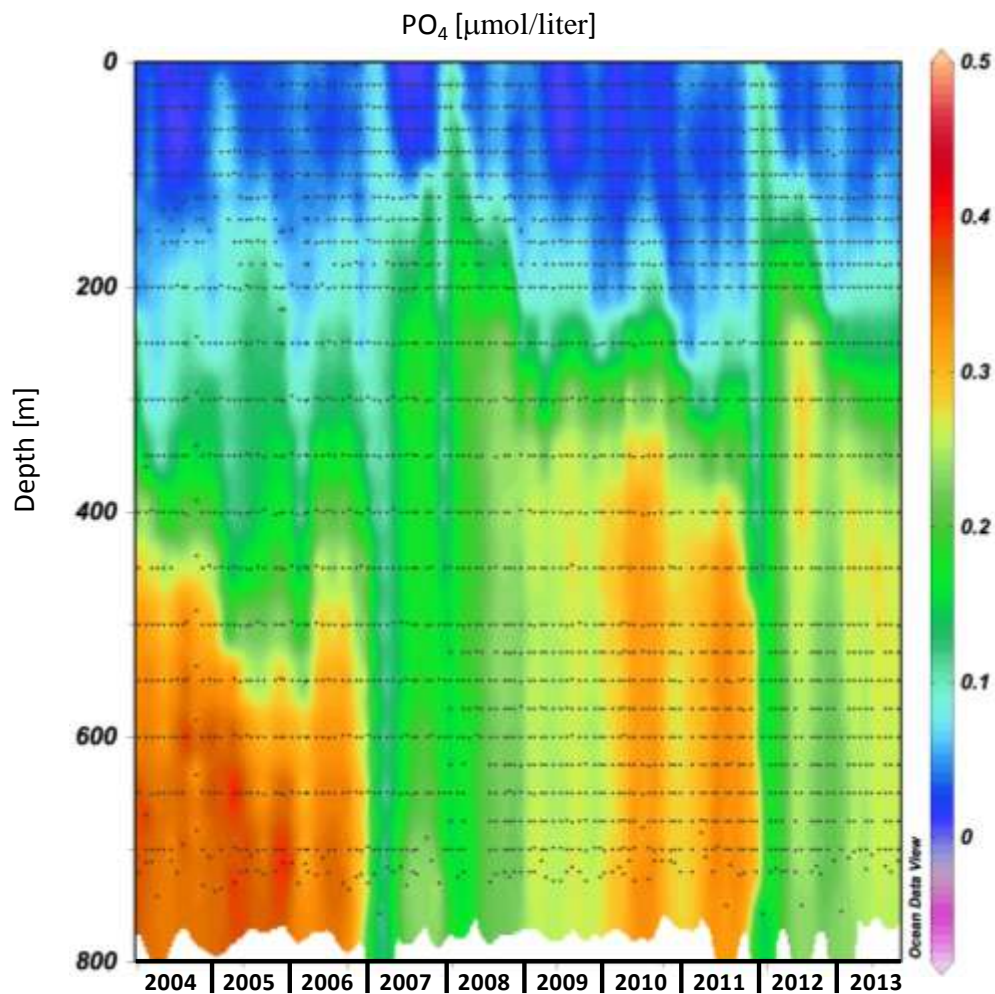
בדומה לנוטריינטים אחרים, ריכוז הפוספט בעמודת המים נמוך בקרבת פני הים וגבוה יותר בעומק (איור ד19). במים הרדודים נצרכים חומרים אלה בתהליכי יצירת חומר אורגני על ידי היצרנים הראשוניים, ובעקבות שקיעת חלקיקים אורגנים מהמים הרדודים ופירוקם בעומק, עולה ריכוז הנוטריינטים ובכלל זה הפוספט עם העומק. המחזור העונתי של הפוספט דומה לזה הנראה עבור חנקן ומאופיין בעליית הריכוזים בפני הים בעת הערבוב, אך ריכוז הפוספט נמוך בהרבה משל החנקן המחומצן המומס (TON, ניטריט + ניטרט). השנה הגיע ריכוז הפוספט בפני הים בתחנה A לערך מרבי של $0.07 \mu\text{mol/l}$ בחודש מרץ, כמחצית זה שנמדד בשנה הקודמת. במים העמוקים היה ריכוז הפוספט בתחילת השנה (ינואר-פברואר) סביב $0.21 \mu\text{mol/l}$, ובסוף השנה כ- $0.27 \mu\text{mol/l}$ (לעומת $0.23 \mu\text{mol/l}$ בקיץ השנה הקודמת). בעקבות אירועי הערבוב העמוק בשנת 2007 ואחר כך שוב בשנת 2008 ירדו ריכוזי הפוספט בעמודת המים באופן משמעותי, ובשלוש השנים שלאחר מכן עלה ריכוז הפוספט במים העמוקים. הערבוב העמוק בשנה הקודמת גרם לירידת ריכוזי הפוספט במים העמוקים, ומאז עולים ריכוזי הפוספט במי הביניים ובמים העמוקים (איור ד20). 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 השנה ידע תנודות קטנות יותר מאשר בשנה הקודמת וערכו השתנה מעט במשך השנה (איור ד21). כמות הפוספט השנתית הממוצעת בעמודת המים דומה השנה לזו של השנה הקודמת ושל שנת 2009, ונמוכה מזו של שנות הערבוב הרדוד 20010-11.



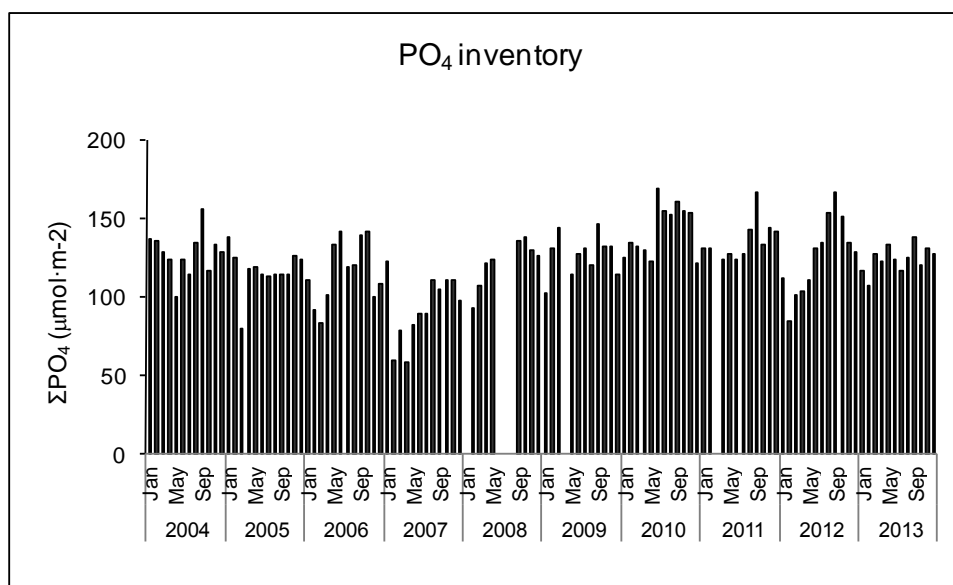
איור D19: ריכוזי פוספט (PO_4^{-3}) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

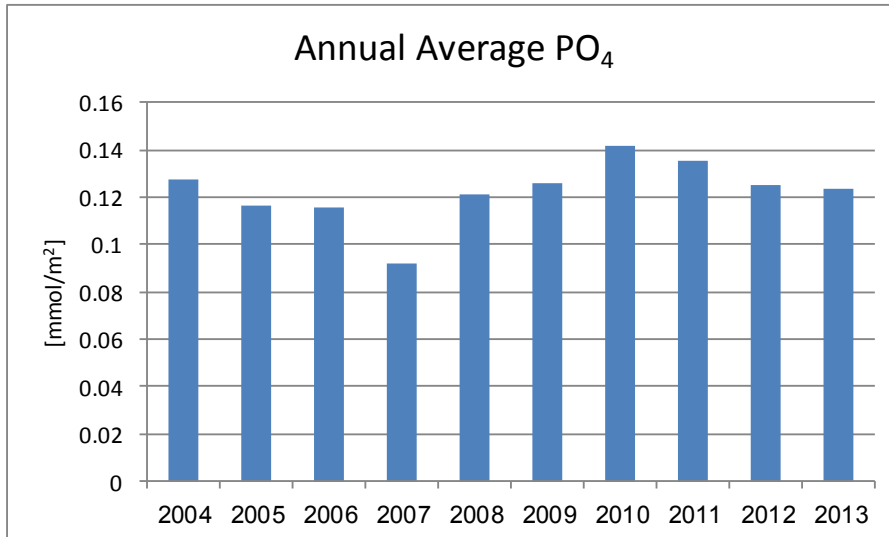
Figure D19: Phosphate (PO_4^{-3}) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest, Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is close to the northern shore of the Gulf at ca.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





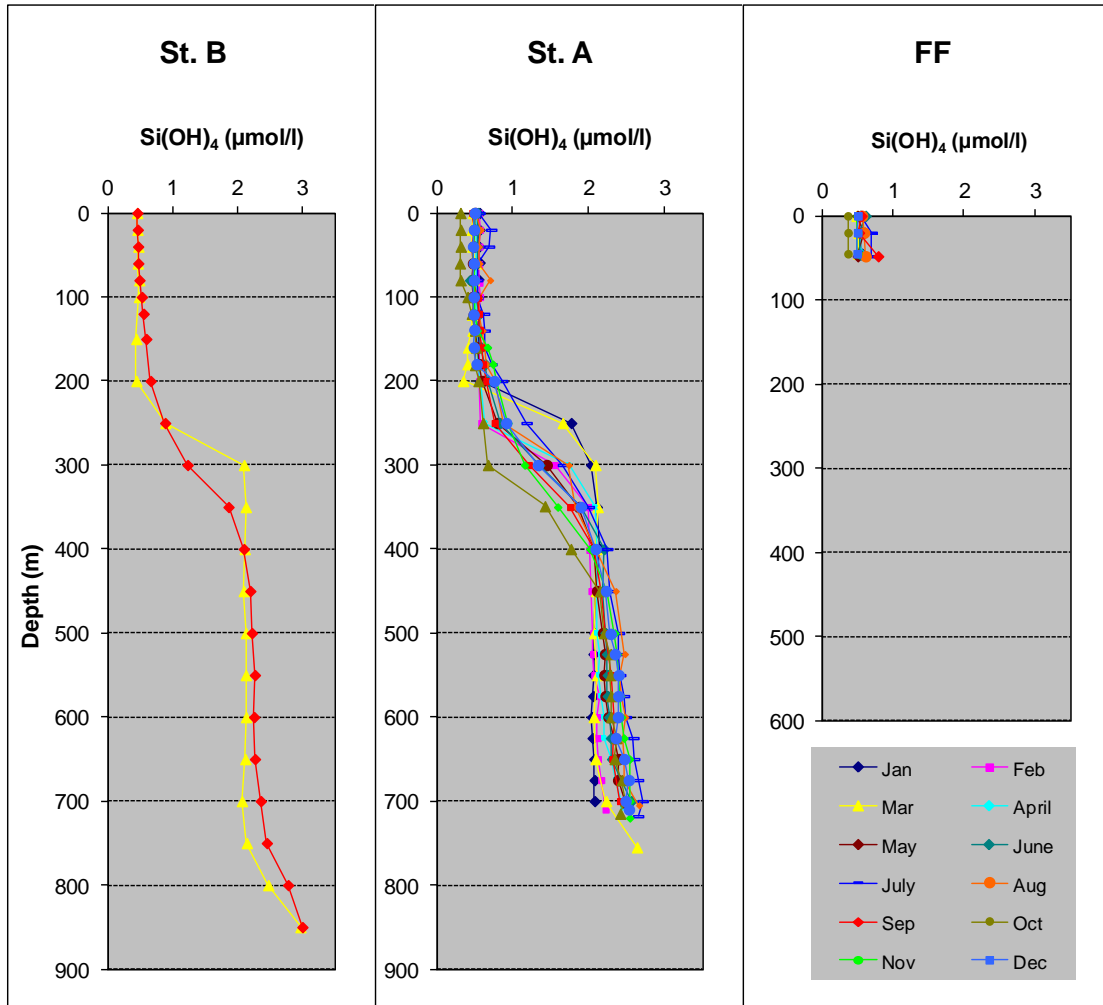
איור ד21: שינויים במאגר הפוספט בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. למעלה: מדידות חדשות, למטה: ממוצע שנתי

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

סיליקה

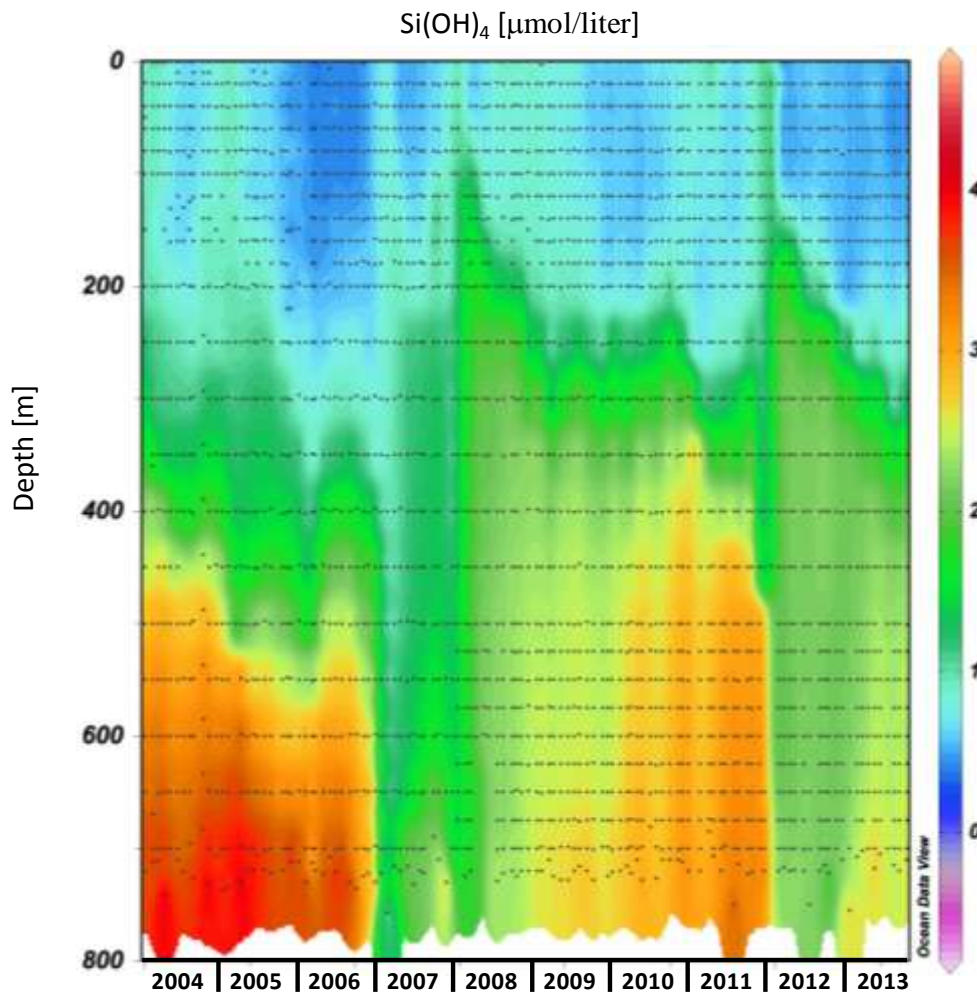
ריכוזי הסיליקה בפני הים בתחנה A היו נמוכים במשך כל השנה מכיוון שהערבוב הרדוד לא העלה מן העומק כמות גדולה. הערך המרבי שנמדד השנה במים הרדודים בתחנה A היה $0.72 \mu\text{mol/l}$ בחודש יולי, לעומת $1.293 \mu\text{mol/l}$ בחורף השנה הקודמת (איור ד22). במים העמוקים המשיכו ריכוזי הסיליקה לעלות, בדומה לריכוזי שאר הנוטריינטים, מ- $2.08 \mu\text{mol/l}$ בינואר ל- $2.53 \mu\text{mol/l}$ בדצמבר. ריכוזי הסיליקה 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 (ניכר בפרופילים הנמדדים בתחנה B, 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 (איור ד23).

מאגר הסיליקה בעמודת המים הגיע לערכים נמוכים ביותר בשנת 2007 אולם מאז עלתה כמות הסיליקה המומסת במים עד לשנה הקודמת. בשנה הקודמת בעקבות הערבוב העמוק קטן מאגר הסיליקה המומסת בעמודת המים והשנה נותרה הכמות נמוכה (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. השנה קטן מעט מאגר הסיליקה המומסת בהשוואה לשנים האחרונות, והוא הנמוך ביותר שנמדד בתכנית הניטור מאז שנת 2007.



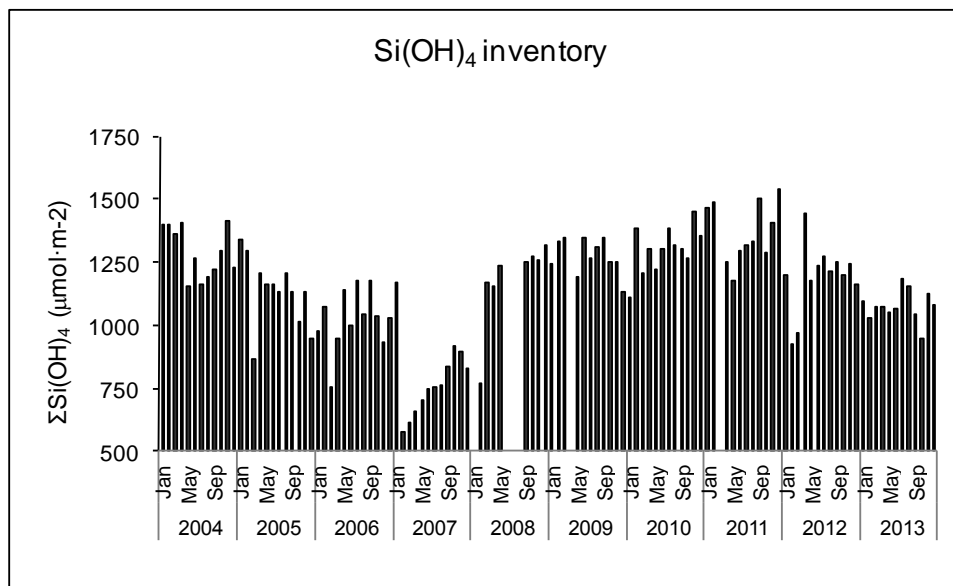
איור ד22: ריכוזי סיליקה (Si(OH)_4) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בתוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

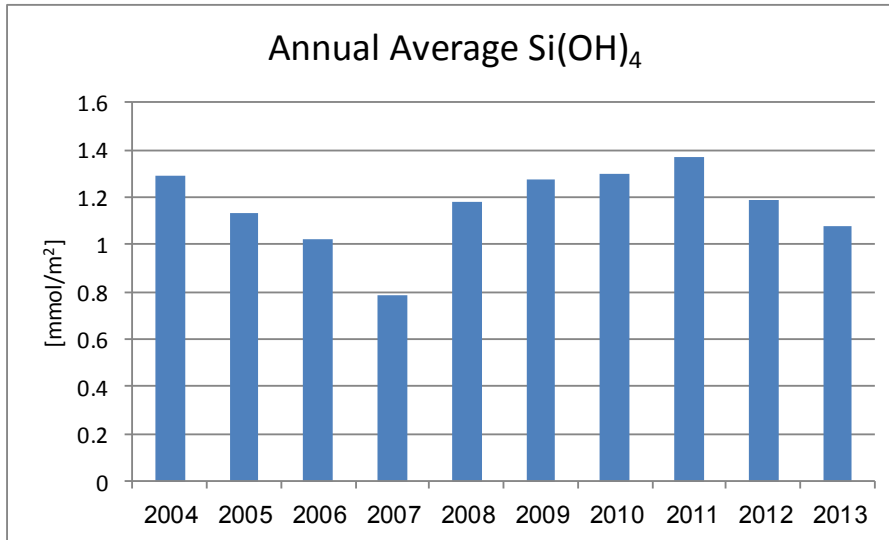
Figure D22: Silicate (Si(OH)_4) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest, Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is close to the northern shore of the Gulf at ca.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





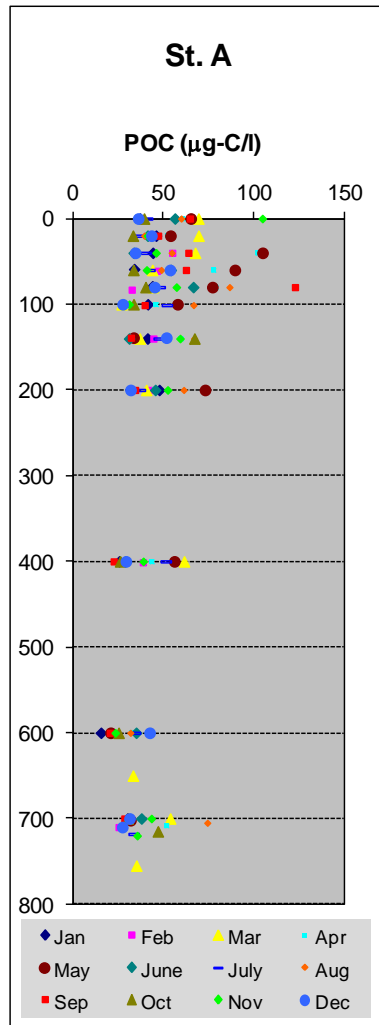
איור 24: שינויים במאגר הסיליקה בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. למעלה: מדידות חדשיות, למטה: ממוצע שנתי

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 של 105 µgC/l נמדד השנה בחודשים מאי ונובמבר במים העליונים (איור 25). הריכוז המרבי אשר נמדד השנה היה 123 µgC/l בחודש ספטמבר בעומק 80 מ', אולם זה נראה כחריג ואינו מייצג פרופיל של עמודת המים. בעומקים גדולים מ-100 מ' ריכוז הפחמן החלקיקי יורד, ומשרעת הערכים בקרבת הקרקעית בתחנה A עמדה השנה על 25-74 µgC/l, גדולה בהרבה 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.

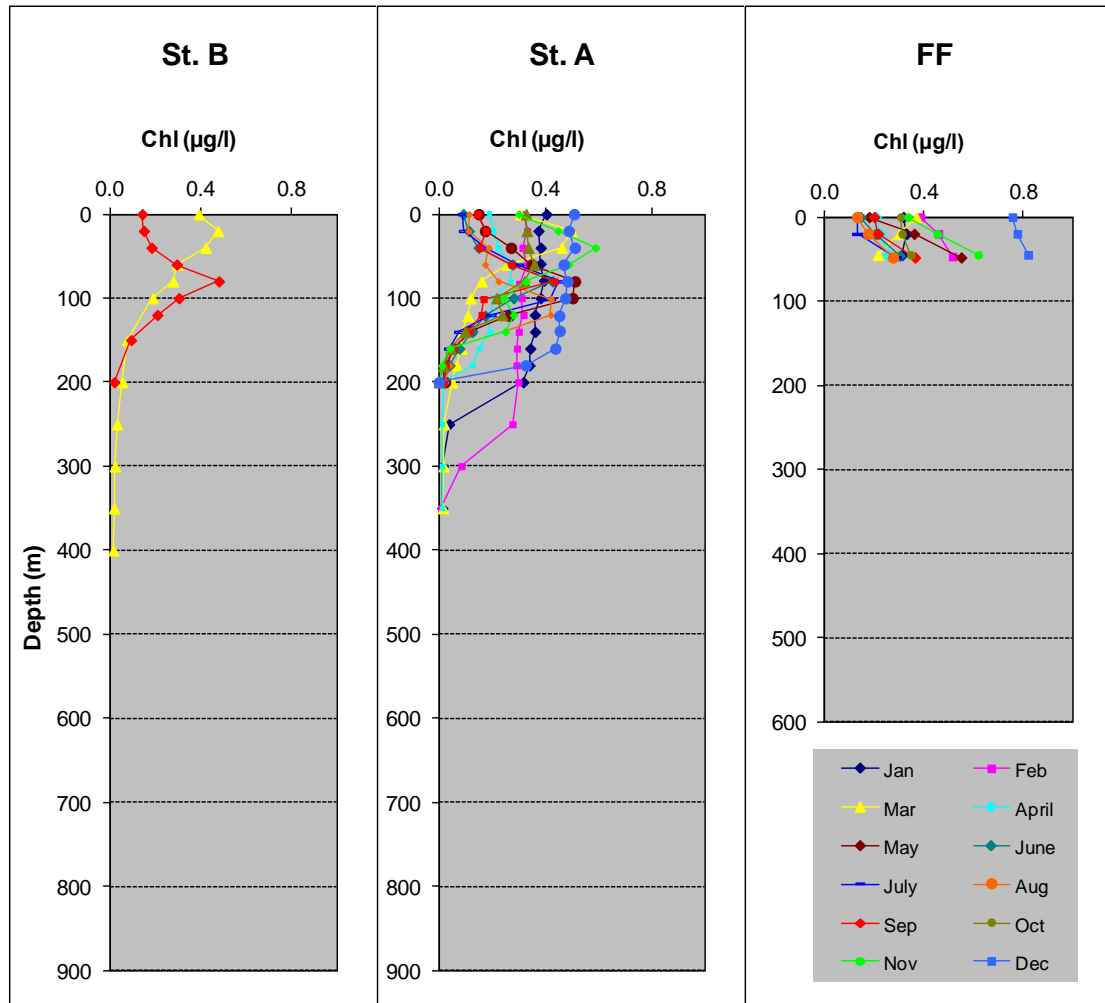
ד.3. מדדים ביולוגיים

פלואורסנציה

הפלואורסנציה הנמדדת על ידי מכשיר ה-CTD משמשת מדד *in-situ* לריכוז הכלורופיל בעמודת המים. ערכי הפלואורסנציה מוצגים ביחידות שרירותיות. השנה עקב שימוש בחיישן פלואורסנציה שונה במשך מספר חודשים אין התאמה בין ערכי הפרופיליים אשר נמדדו בתחילת השנה לבין אלו אשר נמדדו בהמשכה ועל כן בחרנו לא להציגם. הנתונים קיימים וניתנים לשימוש לכל המעוניין לכייל ערכי פלואורסנציה על פי מדידות הכלורופיל הבדידות.

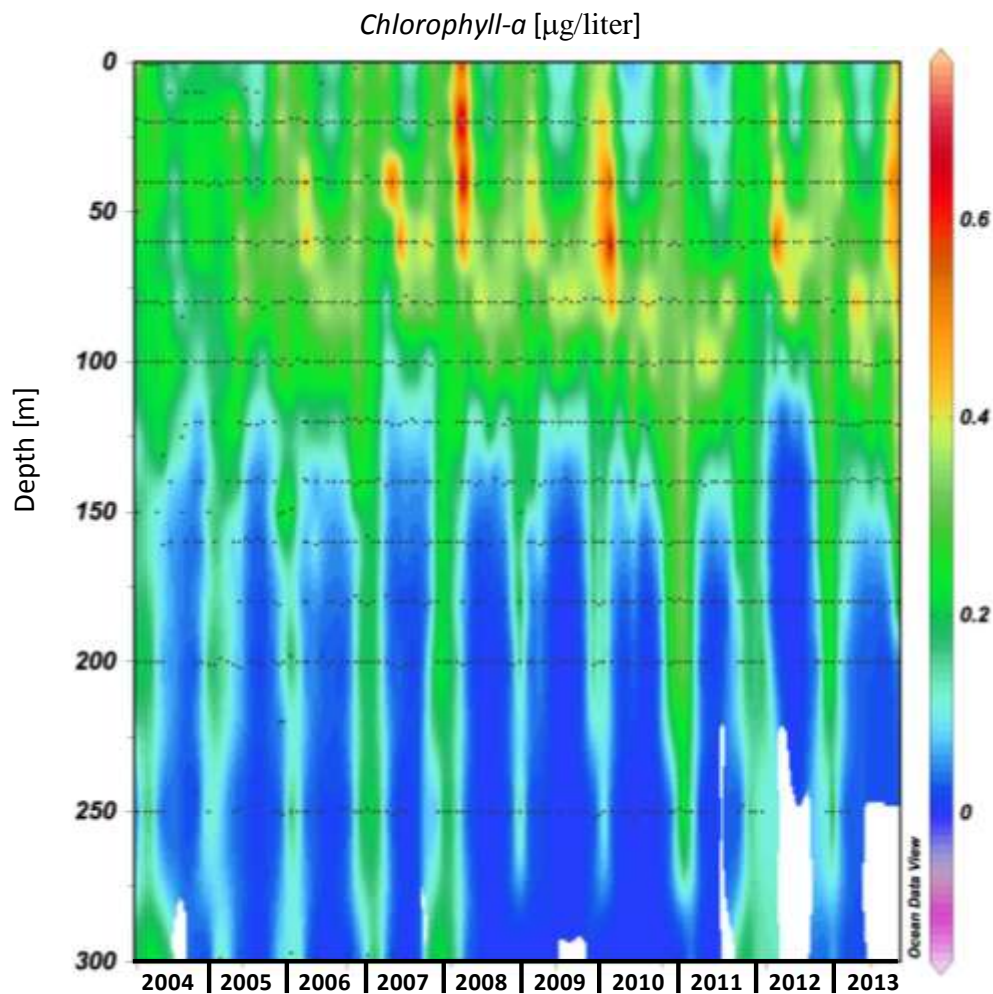
כלורופיל *a*

כלורופיל *a* הוא הפיגמנט הפוטוסינטי 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 נוצרת מגבלת נוטריינטים וריכוזי הכלורופיל בפני הים נמוכים. ריכוז הכלורופיל השנה היה נמוך מאשר בשנה הקודמת, כצפוי על סמך הערבוב הרדוד. הערך המרבי אשר נמדד בתחנה A היה $0.590 \mu\text{g/l}$, בחודש נובמבר, ובחודש מאי נמדד ריכוז של $0.512 \mu\text{g/l}$ בעומק 80 מ' (איור ד26). בשנה הקודמת, 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 0.822 , אולם 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. ריכוז הכלורופיל המרבי ב-2008 היה $\mu\text{g/l}$ 1.137, כפול מריכוזו השנה (איור ד27). מבט לטווח ארוך יותר על ריכוזי הכלורופיל בעומק הריכוז המרבי (DCM) לא נמצא שינוי מגמתי בריכוזי הכלורופיל בעמודת המים העליונה (איור ד28), ושנות הערבוב העמוק (2000, 2007, 2008 ו-2012) ניכרות בריכוזי אביב גבוהים. מעבר לשנים אלה, נמדדו ריכוזים גבוהים גם בשנת 2010, מסיבה שאינה ברורה. ריכוזי הכלורופיל השנה היו נמוכים יותר, אולם לא במידה רבה.



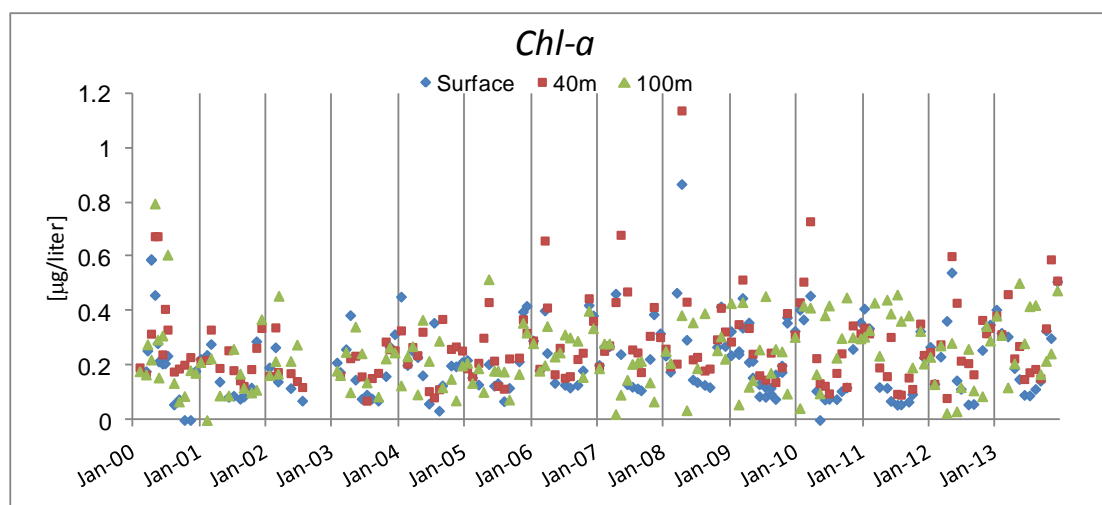
איור ד26: ריכוזי כלורופיל a בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

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.

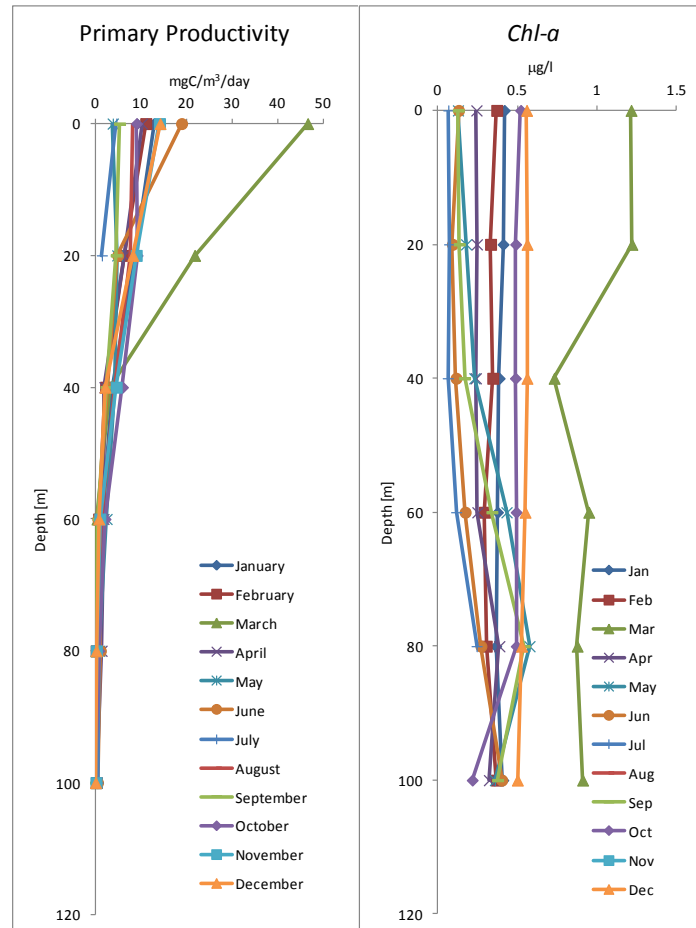
יצרנות ראשונית

בעקבות הרחבת פעילות הניטור כפי שהומלץ בפגישת תת-הוועדה לנושא הכימיה של מי המפרץ, הוספנו בשנת 2009 מדידה 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 אוטרוטרופית 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 מניות (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 נמדדה יצרנות מרבית של $46.6 \text{ mgC/m}^3/\text{day}$ בחודש מרץ בפני הים, כמעט כפול מן היצרנות המרבית אשר נמדדה בשנה הקודמת. על אף שעובדה זו מפתיעה, היא מגובה על ידי ריכוזי כלורופיל גבוהים במיוחד במים שנדגמו בחודש זה (איור ד29). מלבד הערכים הגבוהים בקרבת פני הים במרץ, נמדדו ערכים של $20 \text{ mgC/m}^3/\text{day}$ ומטה בשאר חודשי השנה.

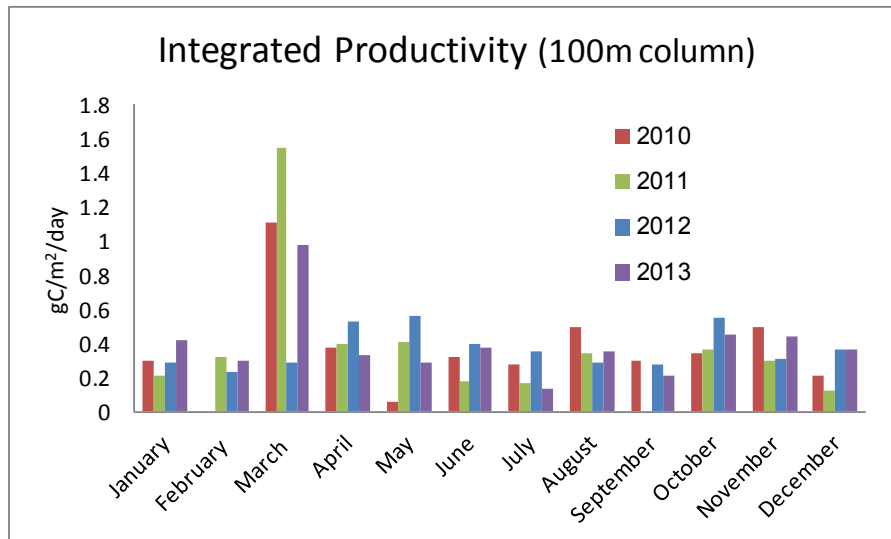


איור ד29: יצרנות ראשונית וריכוזי כלורופיל חודשיים בעמודת המים העליונה.
Figure D29: Monthly primary productivity and Chl-a concentrations at the upper water column.

אינטגרציה של היצרנות בעמודת המים בכל אחד מימי הדיגום מוצגת באיור ד30. השנה נעה היצרנות המחושבת מערך מזערי של $0.23 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ בחודש יולי, נמוך מהערך המזערי בשנה הקודמת, לערך מרבי של $0.97 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ בחודש מרץ (לעומת $0.56 \text{ gC/m}^2/\text{day}$ בחודש מאי 2012). היצרנות היומית הממוצעת השנה עמדה על $0.386 \text{ gC/m}^2/\text{day}$, דומה לזו של שנת 2010 ומעט גבוהה מהיצרנות בשנתיים האחרונות.

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 2013 הוא $141 \text{ gC/m}^2/\text{year}$.



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 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). ערכים אלה דומים למדידות המוצגות כאן. השינוי היומי הגדול עליו מדווחים Iluz *et al.* (2009) מדגים את הדינאמיקה המהירה של יצרנות במפרץ ומלמד כי מדידות בדידות עשויות לסטות משמעותית מממוצע 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.

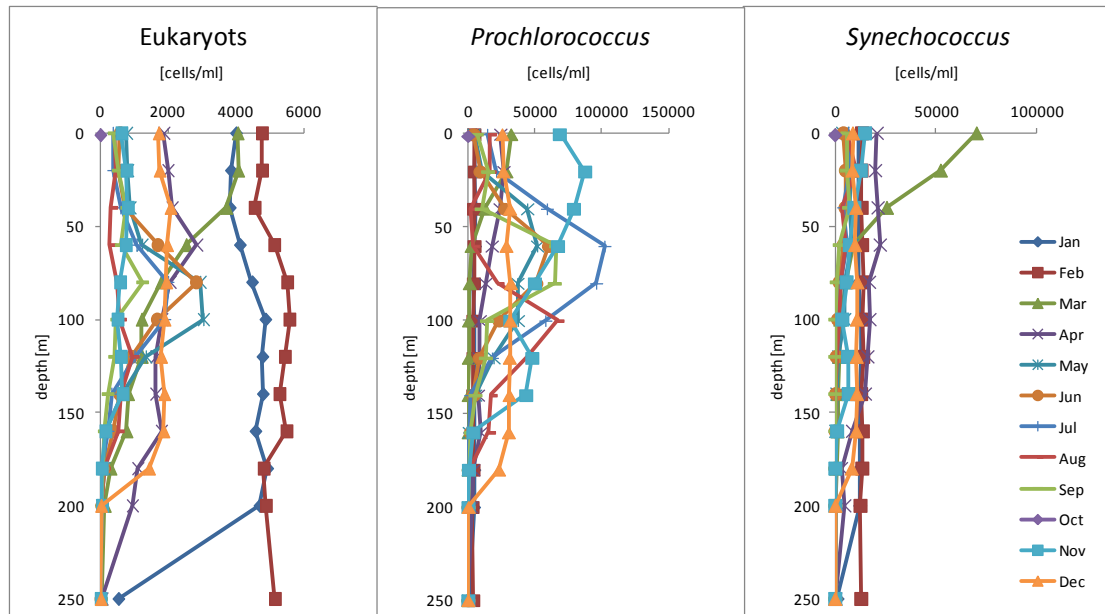
היצרנות השנתית הממוצעת על פי מדידות הניטור בארבע השנים האחרונות היא $137 \text{ gC/m}^2/\text{year}$, ערך גבוה מהערכת היצרנות במפרץ בשנות ה-70 עד '90 של המאה העשרים ($80 \text{ gC/m}^2/\text{year}$), אך נמוך מהיצרנות בתחילת העשור הקודם בשנים 2000-2004 ($170 \text{ gC/m}^2/\text{year}$).

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.

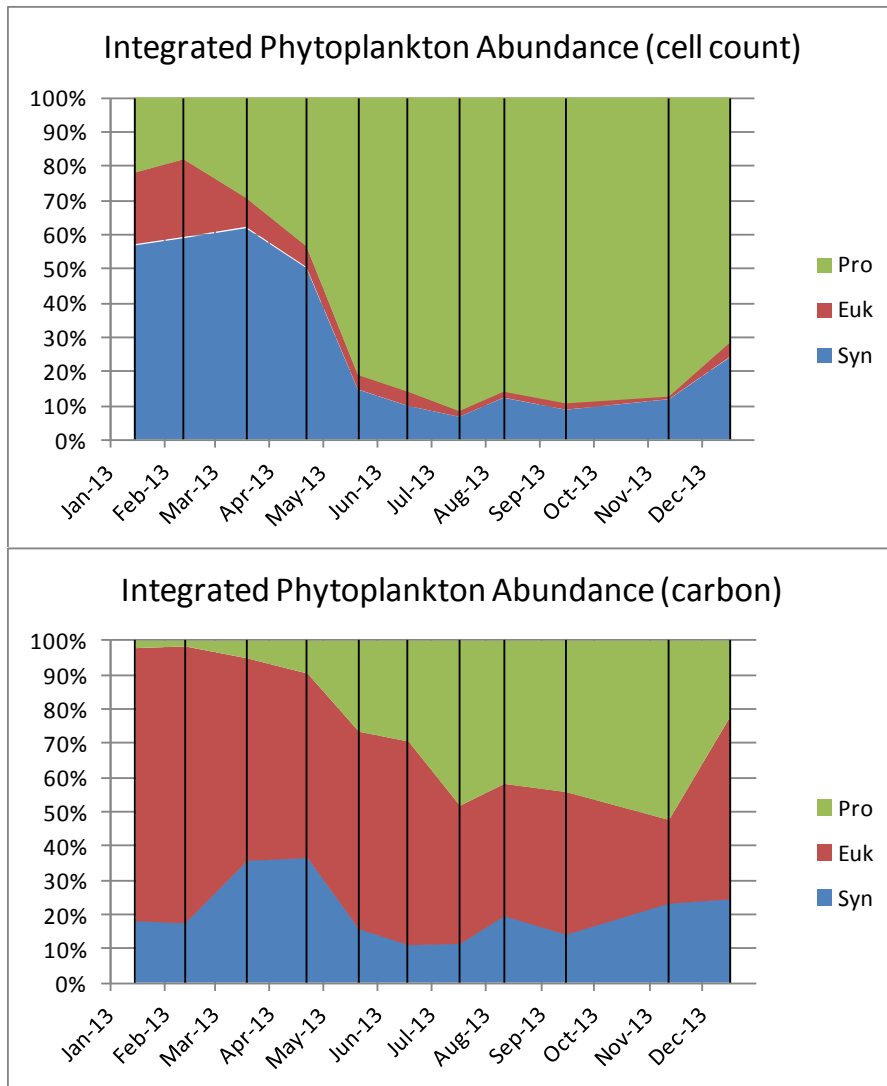
הספירות כוללות תאי פיטופלנקטון פרוקריוטי (*Synechococcus, Prochlorococcus*) ואאוקריוטי (Pico-Eukaryotic) וחיידקים הטרוטרופים במים הפתוחים, ונעשות מתוך דגימות הנאספות בהפלגות הניטור החודשיות. חשוב לשים לב להבדלים בריכוזים בין התאים הנמדדים: התאים האאוקריוטים וסינקוקוקוס נמדדים באלפים, תאי פרוקלורוקוקוס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

הפרופילים החודשיים של פיטופלנקטון מראים ריכוזים גבוהים של אאוקריוטים בחודשי החורף ושכבת ריכוזים גבוהים בעומקים 80-100 מ' בחודשי הקיץ (איור ד32). גם ריכוזי *Proc.* גבוהים בעיקר בעומקים 50-100 מ' בחודשים של שוכב, ואילו ריכוזי *Synec.* היו נמוכים ואחידים במשך רוב השנה מלבד בחודש מרץ, בו נמדדו ריכוזים גבוהים בקרבת פני הים. בין שלוש הקבוצות ניתן להבחין בהבדלים עונתיים כאשר ריכוזי *Synec.* גבוהים בחודשי החורף והאביב ואילו ריכוזי *Proc.* גבוהים בחודשי הקיץ (איור ד33). 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: *Synec.*=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.



איור ד32: ריכוזים חודשיים של תאי פיטופלנקטון פרוקריוטים (*Synechococcus, Prochlorococcus*) ואאוקריוטים בעמודת המים בתחנה A.

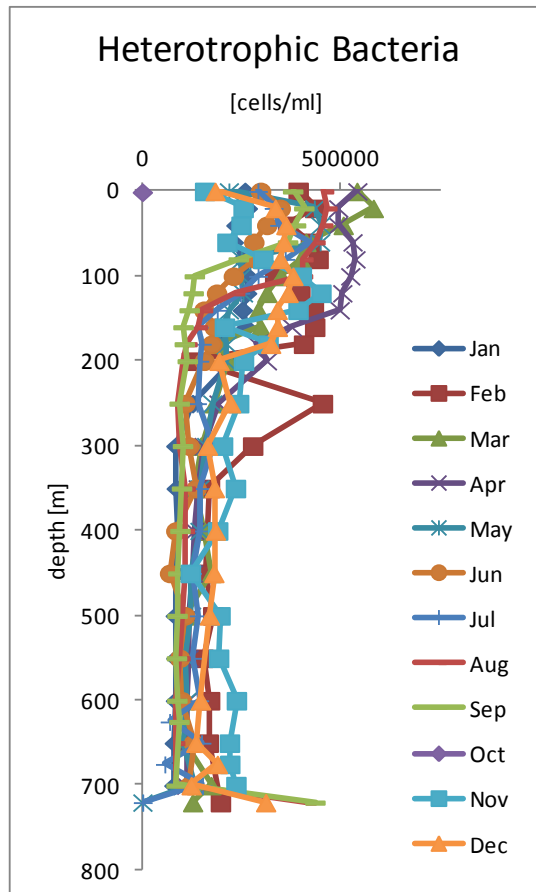
Figure D32: Monthly phytoplankton concentrations of prokaryotes (*Synechococcus* and *Prochlorococcus*), and pico-eukaryotes in the water column at Station A.



איור ד33: אינטגרציה חודשית של תאי פייטופלנקטון פרוקריוטים (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*) ואאוקריוטים ב-250 המטרים העליונים של עמודת המים בתחנה A, והתפלגות היחסים הכמותיים בין שלוש הקבוצות לאורך השנה. למעלה לפי מספר התאים ולמטה לפי ביומסה.

Figure D33: Monthly integrated phytoplankton abundances in the upper 250 meters for prokaryotes (*Synechococcus* and *Prochlorococcus*) and pico-eukaryotes at Station A, and their relative abundance throughout the year. 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 בעומקים גדולים מכ-200 מטרים (איור ד34). בקרבת קרקעית הים נמדדו בחלק מהחודשים ריכוזי חיידקים גבוהים מאשר בעמודת המים העמוקים. הריכוזים הגבוהים השנה נמדדו בחודש אפריל במים העליונים, עד לעומק של 140 מטרים.



איור ד34: ריכוזים חודשיים של תאי חיידקים הטרוטרופים בעמודת המים בתחנה A.
Figure D34: Monthly concentrations of heterotrophic bacteria in the water column at Station A.

זואופלנקטון

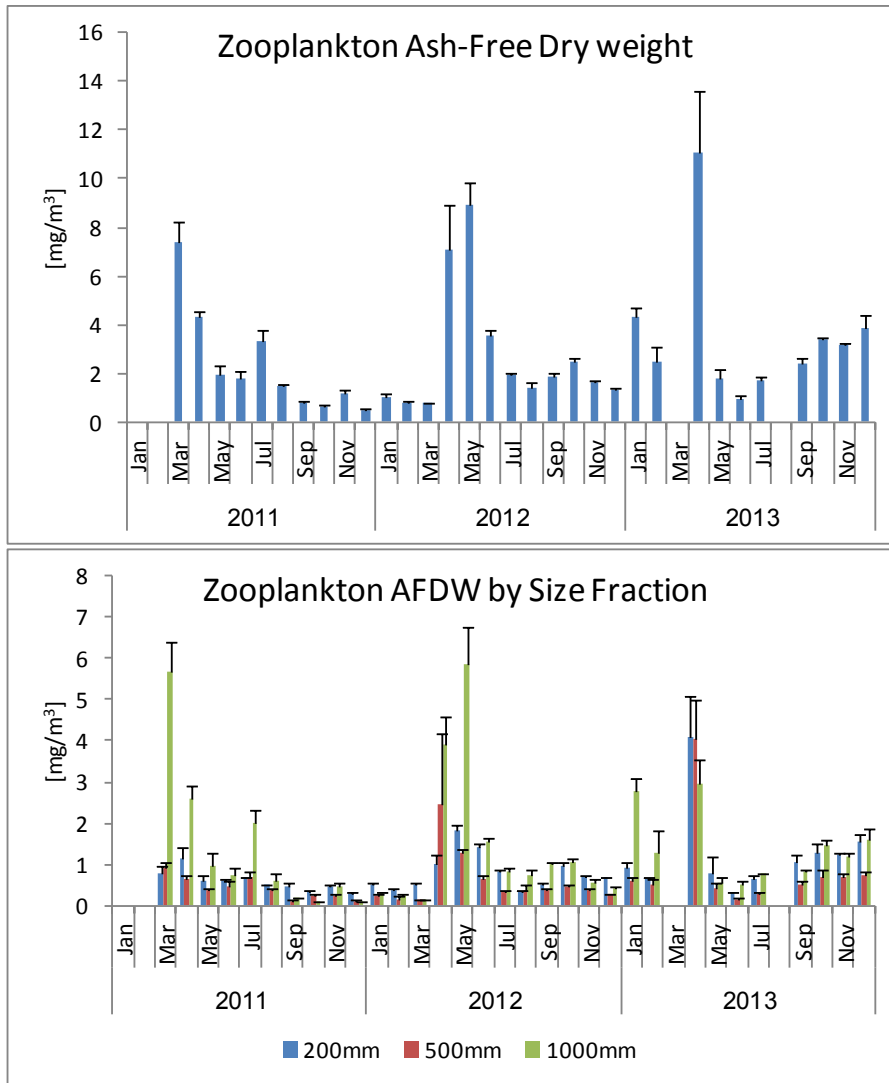
קבוצת הזואופלנקטון כוללת יצורים הטרוטרופים זעירים החיים בעמודת המים והניזונים מפייטופלנקטון, חיידקים ומזואופלנקטון אחר. הזואופלנקטון מהווים חוליה מקשרת עיקרית במארג המזון בים – המעבר מיצרנים ראשוניים לבעלי חיים ברמות טרופיות גבוהות יותר, כמו גם חוליה חשובה בלולאה המיקרוביאלית בים (קליטת חומר אורגני מומס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

דיגום הזואופלנקטון נעשה 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 ד35). דיגום זה מתבצע בשעות היום (בין השעות 9-11) לרוב 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 ד35: רשת הפלנקטון הכפולה ("Bongo") נגררת מהסירה בים העמוק. צילום: מ. צ'רניחובסקי
Figure D35: A double plankton net ("Bongo") towed from the boat in deep waters.
Photo: M. Chernihovsky

השנה חסרים נתונים מחודש מרץ שניתן יהיה להשוותם עם נתוני היצרנות הגבוהים, אולם בחודש אפריל נמדדה מסת זואופלנקטון הגבוהה ביותר בשלוש השנים האחרונות בהן נערכת המדידה במסגרת תכנית הניטור (איור ד36). גם בסוף השנה, בחודשי הסתיו נמדדה כמות גדולה יחסית של זואופלנקטון. התפלגות הזואופלנקטון לפי פרקציות גודל (איור ד36, למטה) מראה שהשנה היתה מסה גדולה יותר של זואופלנקטון מקבוצות הגודל הקטנות בחודש אפריל וברוב שאר החודשים הזואופלנקטון הגדול ($>1000\mu\text{m}$) מהווה את הפרקציה הגדולה ביותר.



איור ד36: ריכוזי זואופלנקטון חודשיים ב-100 המטרים העליונים בים העמוק. למעלה – סך הזואופלנקטון, למטה – חלוקה לפרקציות גודל מסוימות על פילטר של 1000, 500 ו-200 מיקרון (ירוק, אדום וכחול, בהתאמה).

Figure D36: 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 זמינות לאוכלוסיות הפיטופלנקטון בעמודת המים העליונה מכתיבה את פרופיל הריכוזים של המרכיבים השונים בעמודת המים לאורך השנה.

הדינאמיקה הרב שנתית מושפעת מעומק ומשך הערבוב ומכמויות הנוטריינטים שנצברו במי העומק. ערבוב עמודת המים השנה היה רדוד וזאת לאחר ערבוב עמוק בשנה הקודמת. כך פותחת השנה מחזור חדש 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 בשנה שעברה, 2012. בכך מתאפשרת הערכה של טווח הערכים האפשרי במי המפרץ והשפעות הערבוב בעומקים שונים. 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. השנה היה ערבוב המים רדוד, כצפוי מהטמפרטורות הגבוהות של סוף השנה הקודמת, וריכוזי הנוטריינטים במי העומק עלו במשך השנה. על אף הערבוב הרדוד, נמדדו ערכים גבוהים מן הצפוי של כלורופיל, יצרנות ראשונית וריכוזי זואופלנקטון. מדידות של ריכוזי פחמן אורגני חלקיקי בעמודת המים, יצרנות ראשונית באזור הפוטי ומסת זואופלנקטון במים העליונים מהוות בשנים האחרונות תוספת משמעותית למידע הנאסף על ידי התכנית במטרה לעקוב אחר שינויים אפשריים במצב המערכת האקולוגית של המפרץ. תוספות אלה מסייעות "לסגור מעגל" בהקשר של מעבר אנרגיה דרך הרמות הטרופיות בים העמוק. טמפרטורת מי העומק ירדה בשנים 2007-2008 כתוצאה מהערבוב העמוק בשנים אלה, ובשנים האחרונות נמדדה עלייה קלה בטמפרטורות המים העמוקים. על אף הערבוב העמוק בשנה הקודמת 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

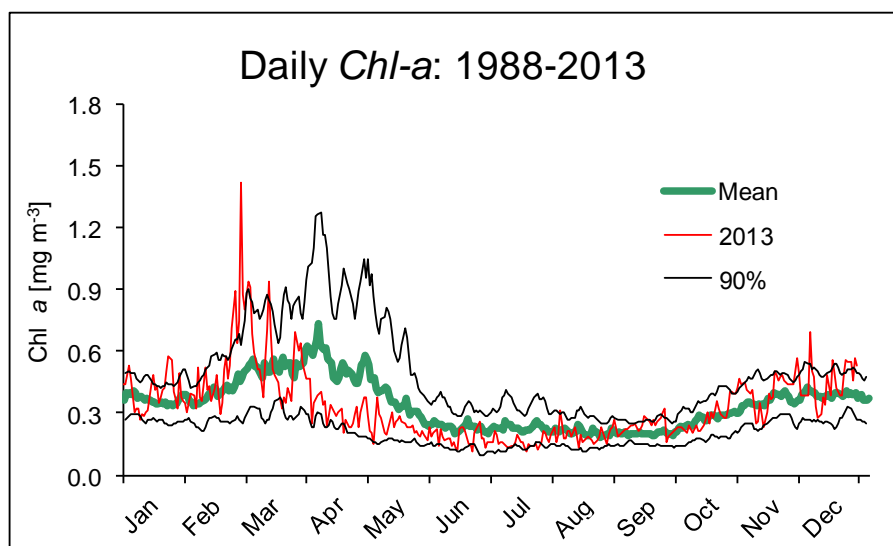
מעקב רציף ורב שנים אחר שינויים בכמות פיטופלנקטון באזור השונית של שמורת האלמוגים.

שיטות

מדידה יומית של ריכוז כלורופיל a במים כמדד לשינויים בכמות הפיטוקלנקטון. מדי בוקר בין שמונה לתשע נלקחות שתי דגימות מים של 300 מ"ל 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 מ"ל 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

השנה נמדד שיא בערכי הכלורופיל בפני הים בחודש פברואר (לעומת החודשים מרץ-אפריל בשנה הקודמת ובמרבית השנים מאז 1988 (איור 1)). ריכוזי הכלורופיל המרבי אשר נמדד השנה היה 1.42 mg/m^3 , ערך גבוה לתחילת החורף אולם נמוך מהשיאים אשר נמדדו בשנה הקודמת (1.78 mg/m^3 ו- 1.67 mg/m^3 בחודשים מרץ ואפריל בהתאמה). בתקופת הניטור היו השנים 2012 ו-2007-2008 שנים של ערבוב עמוק. בשנת 2012 היה, כאמור 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 1: ריכוז כלורופיל a בפני השטח בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום - בשנת הניטור 2013, קו ירוק - ממוצע רב שנתי (1988-2012), קו שחור גבול 90% מהנתונים שהצטברו.

Figure E1: Chlorophyll a concentrations sampled daily at the Underwater Observatory jetty in 2013 (red line) and the long-term average (1988-2012, green line). Black lines mark the 90% of all accumulated data.

ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג

מטרה

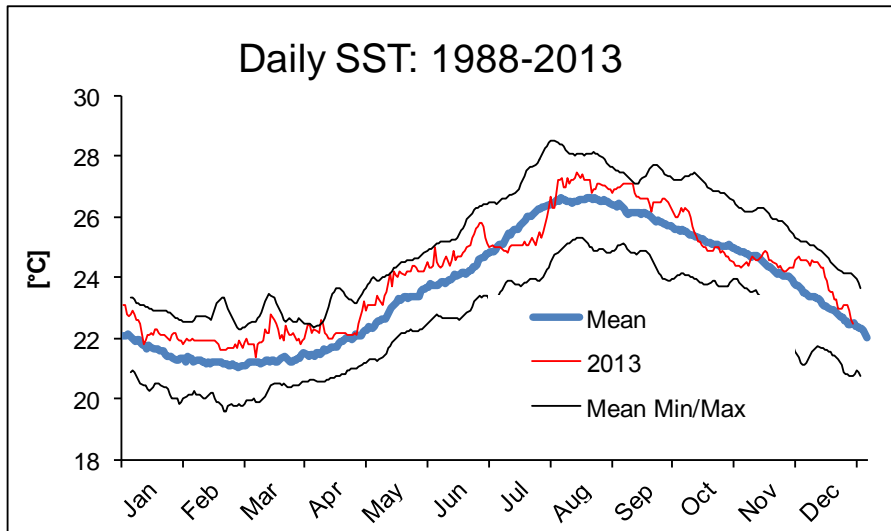
מעקב רציף וארוך-טווח אחר טמפרטורת המים בפני הים.

שיטות

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

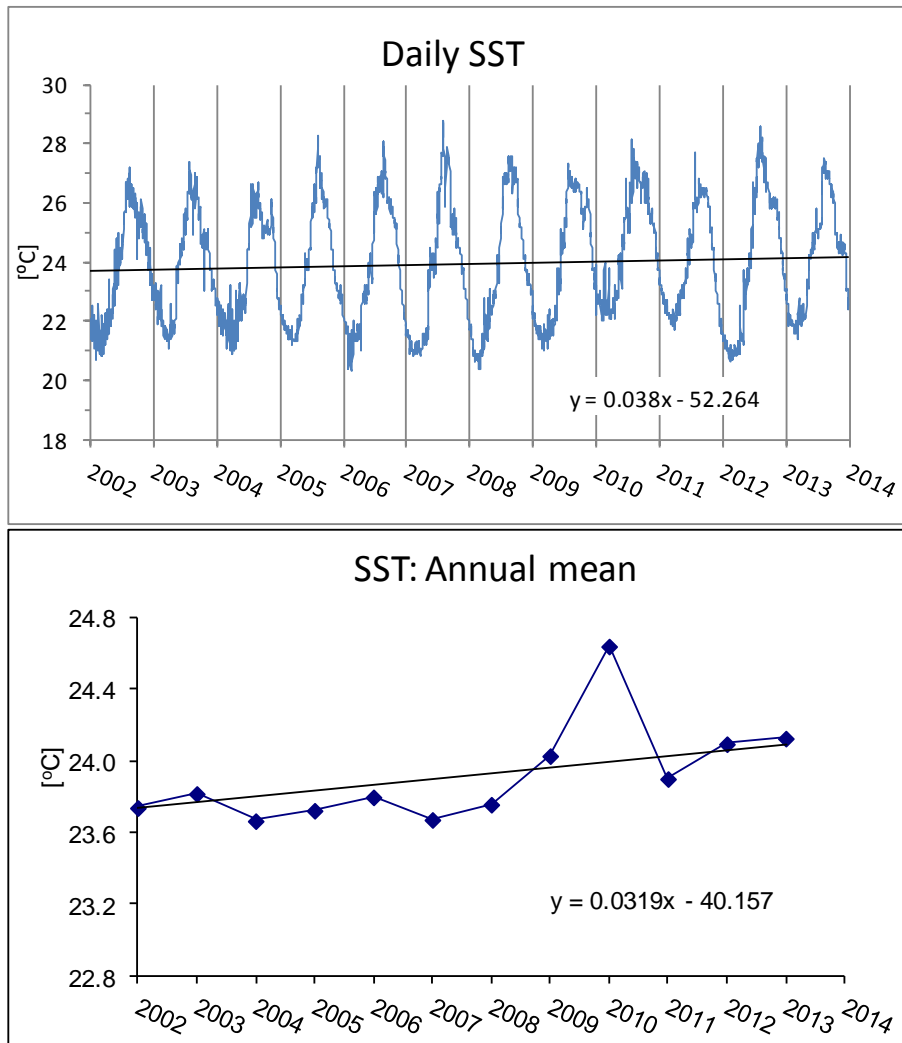
תוצאות

השנה היתה טמפרטורת פני המים בדרך כלל גבוהה מהממוצע הרב שנתי אולם לא באופן ניכר. טמפרטורת פני הים הגבוהה לא אפשרה ערבוב עמוק של עמודת המים. בסוף השנה הקודמת היו טמפרטורות פני הים גבוהות מן הממוצע ובמידה רבה ובמהלך השנה התקרבו הטמפרטורות פני הים לממוצע הרב שנתי מאז 1988, אולם נותרו בדרך כלל (מלבד בחודש יולי) מעט גבוהות ממנו (איור ה-2). הטמפרטורה המזערית אשר נמדדה השנה הייתה 21.40°C , לעומת 20.65°C בשנה הקודמת. הטמפרטורה המרבית אשר נמדדה השנה הייתה 27.50°C , בחודש אוגוסט, נמוך ביותר ממעלה מהערך המרבי בשנה הקודמת (28.60°C). 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 24.13°C , דומה לממוצע השנה שעברה אם כי במשרעת קטנה בהרבה: בשנה הקודמת היה הממוצע השנתי 24.10°C , אולם החורף היה קר וערבוב עמודת המים היה עמוק. 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 הניטור 2013, קו כחול - ממוצע רב שנתי של המדידות היומיות 1988-2012, קווים שחורים - ערכי קיצון ממוצעים (ממוצע שבעה ימים) ממדידות 1988-2012.

Figure E2: Daily sea surface temperatures measured from the Underwater Observatory jetty during 2013 (red line), the average SST for 1988-2012 (blue line), and long-term average (1-week running mean) minimum and maximum values from 1988 to 2012.



איור ה-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.

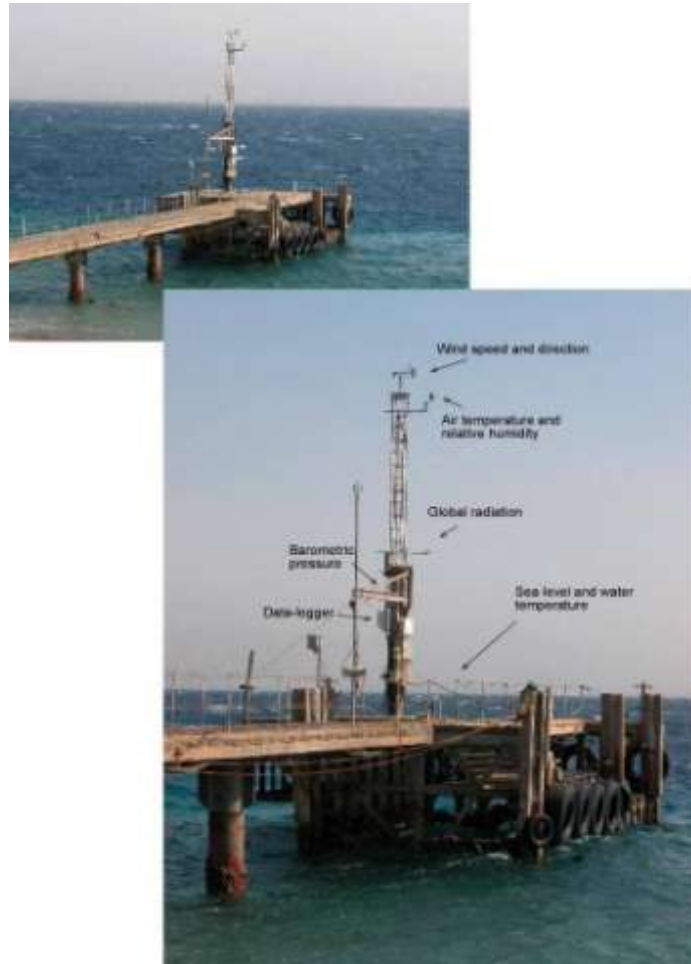
ה.3. משתנים מטאורולוגיים

מטרה

מעקב רציף וארוך-טווח אחר משתנים מטאורולוגיים במפרץ.

שיטות

בקיץ 2006 (21.9.2006) הוקמה על ידי תכנית הניטור תחנה מטאורולוגית בקצה המזח של המכון הבין-אוניברסיטאי באילת (מיקום: $34^{\circ} 55.068' E$ $29^{\circ} 30.211' N$). המערכת כוללת מגוון של חיישנים מהטובים בשוק (טבלה 1), 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 4), 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 פוטוסינתטית (PAR). שני החיישנים הוספו בעקבות התייעצויות עם חוקרים המתמקדים באספקטים שונים של אקולוגיה בשונית (כגון יצרנות ומחלות אלמוגים) ותהליכים פוטוסינתטיים ופוטוכימיים בים, עקב חשיבותם הרבה של אורכי גל אלה לאקולוגית המפרץ. הזמן לפיו נרשמים הנתונים המטאורולוגיים הוא שעון החורף של ישראל (GMT+2).



איור 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 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 הרגש. הרגש עצמו נמצא בעומק 75.5 ס"מ יחסית למפלס הים הרשמי של המפרץ – כיול גובה הרגש 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, מחוץ אל אותו עמוד מרכזי של המזח.

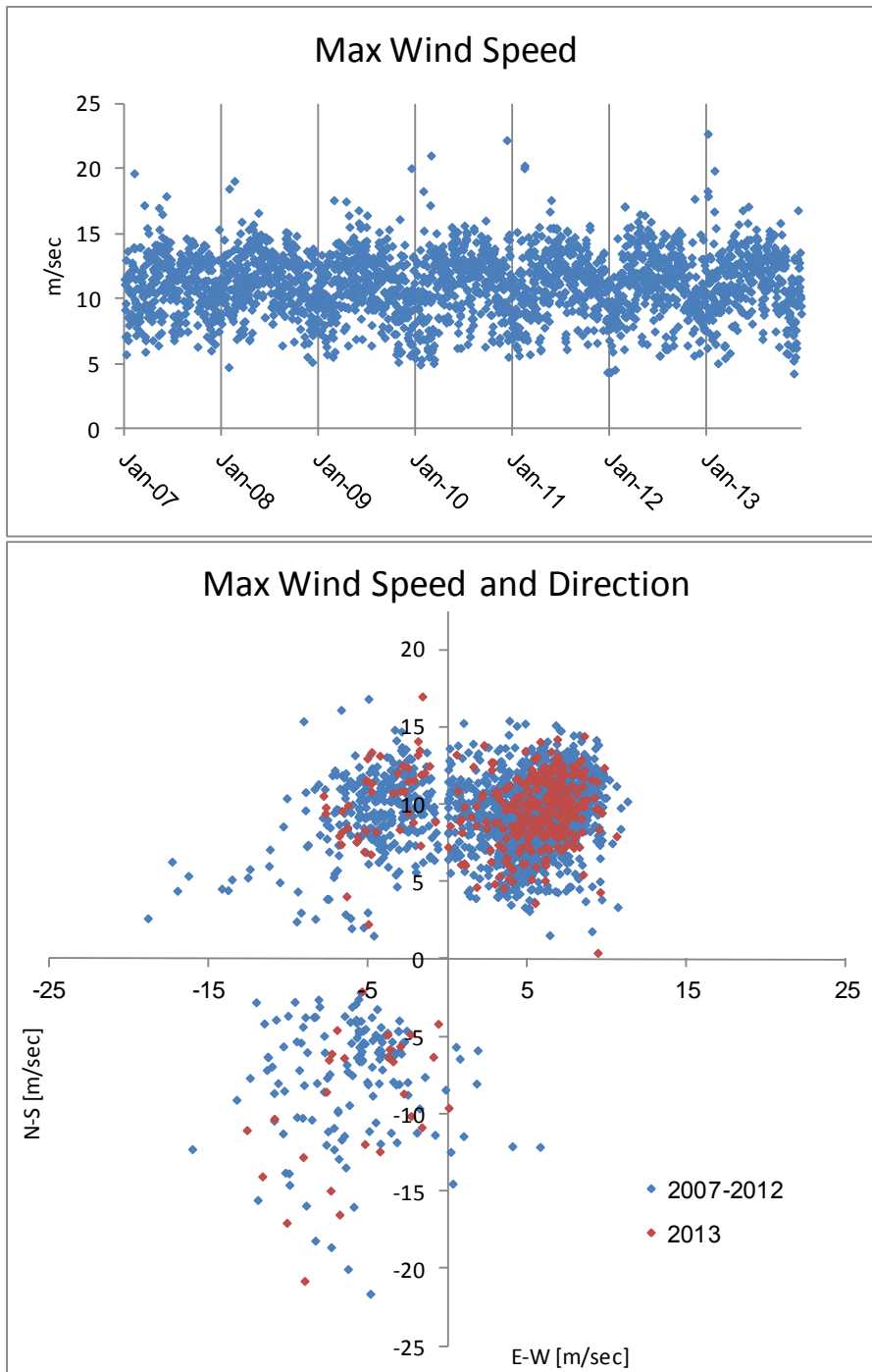
כל המדידות מועברות לרשם-הנתונים הממוקם בקופסה עמידה על גבי התורן. מדידות כל המשתנים נרשמות בתדירות של שנייה, למעט מדידות מפלס הים אשר נרשמות בתדירות של דקה. רשם הנתונים ממצע עשר דקות של מדידה לערך אחד הנשמר בזיכרון הפנימי של רשם הנתונים. מדי שעה מחשב ייעודי מתקשר עם רשם הנתונים ואוסף את נתוני השעה החולפת המאוחסנים 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).

תוצאות

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).

השנה, במהלך חודש ינואר ועד תחילת חודש פברואר נרשמו מספר אירועים של רוחות דרומיות, גלים גבוהים, גשם ואף ברד. סערה דרומית פקדה את המפרץ ב 6-8 לינואר, שיטפון חזק דרך נחל ערבה אירע ב 27 בינואר, וב 6 בפברואר ניתך גשם חזק ואף ברד במשך שעות רבות. זרימה אל המפרץ מכל ערוצי הניקוז בערבה ובחוף הדרומי.

הרוחות הדרומיות החזקות בתחילת השנה משתוות לאירועים החזקים אשר נרשמו מאז 2006 במסגרת התכנית (איור 5).

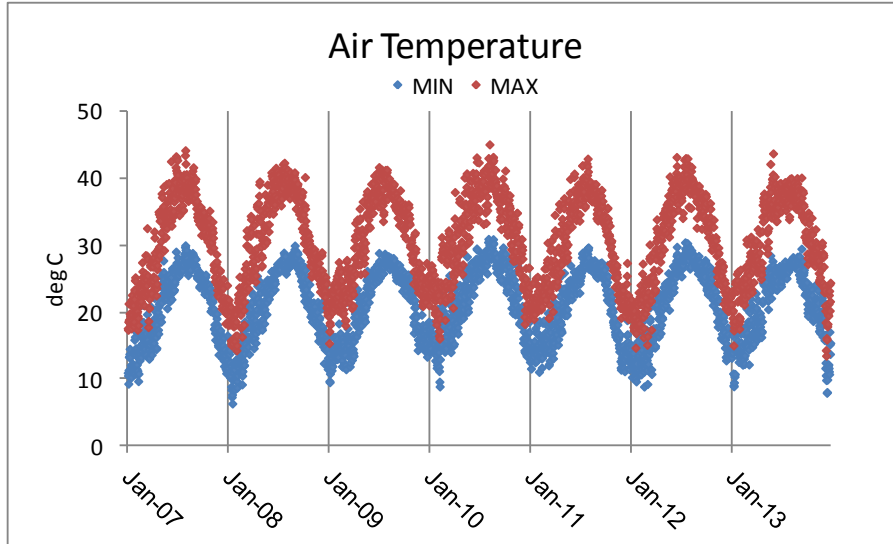


איור 5: למעלה- מדידות מהירות הרוח המרבית בכל יממה במטרים לשנייה. למטה- מהירות הרוח המרבית ביממה וכיוונה מאז תחילת 2007. מדידות השנה האחרונה באדום.

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.

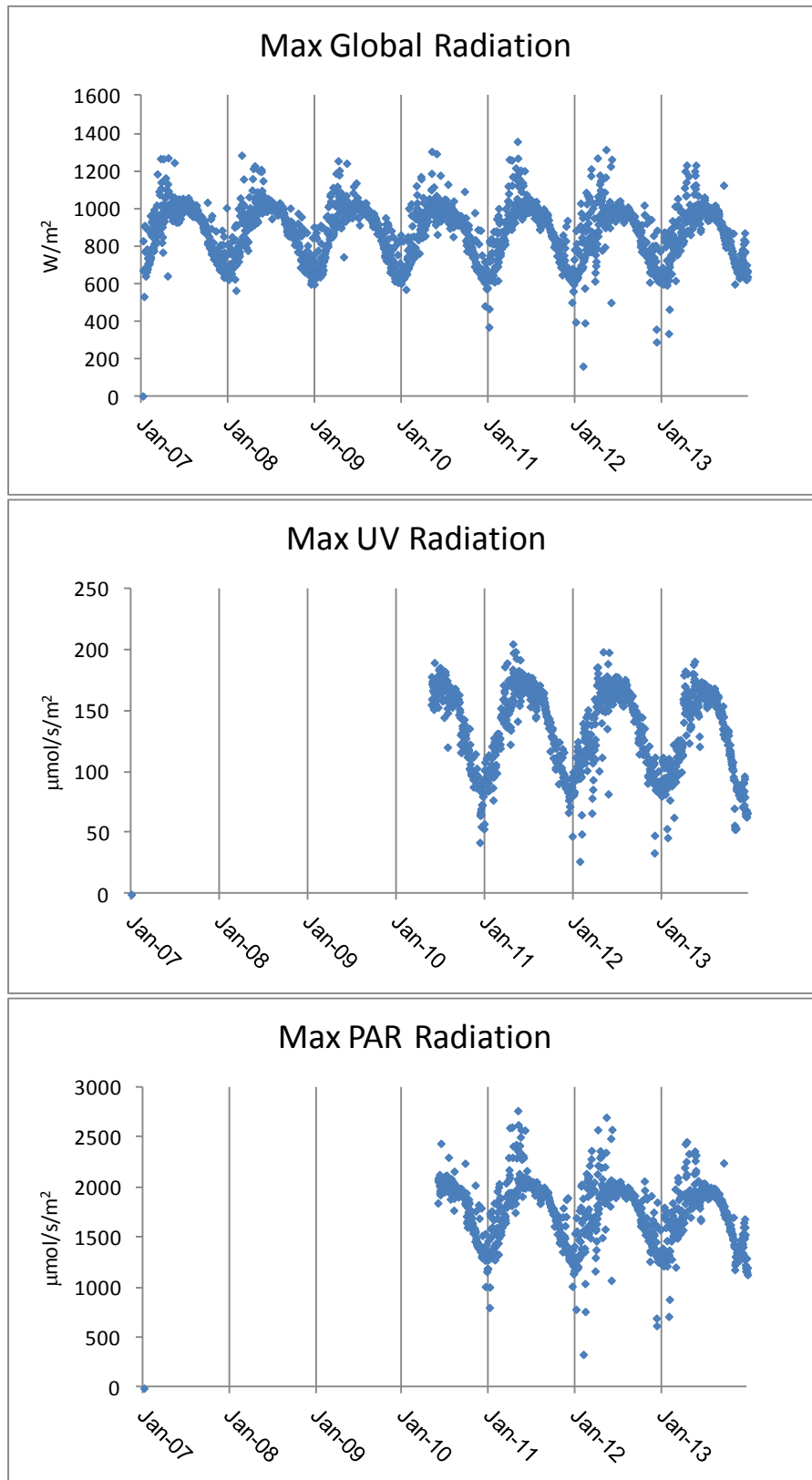
טמפרטורת האוויר מעל הים משקפת את המחזור העונתי בשינויים הדרגתיים של הטמפרטורה המרבית והמזערית בכל יממה (איור 6). הטמפרטורה הגבוהה ביותר השנה הייתה 43.8°C בחודש יוני, דומה לערך המרבי בשנתיים הקודמות. הטמפרטורה הנמוכה ביותר השנה הייתה בסוף השנה, בחודש דצמבר, 8.0°C , מעט נמוך מאשר בשנה הקודמת, ונמוך בכשלוש מעלות מאשר בשנת 2011. בתחילת השנה הייתה הטמפרטורה הנמוכה בחודש ינואר, 9.1°C , גבוהה אך במעט מאשר בשנה הקודמת, אולם

לזמן קצר בלבד, כך שעל אף הטמפרטורה הנמוכה לא התפתח השנה ערבוב עמוק של עמודת המים. 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.

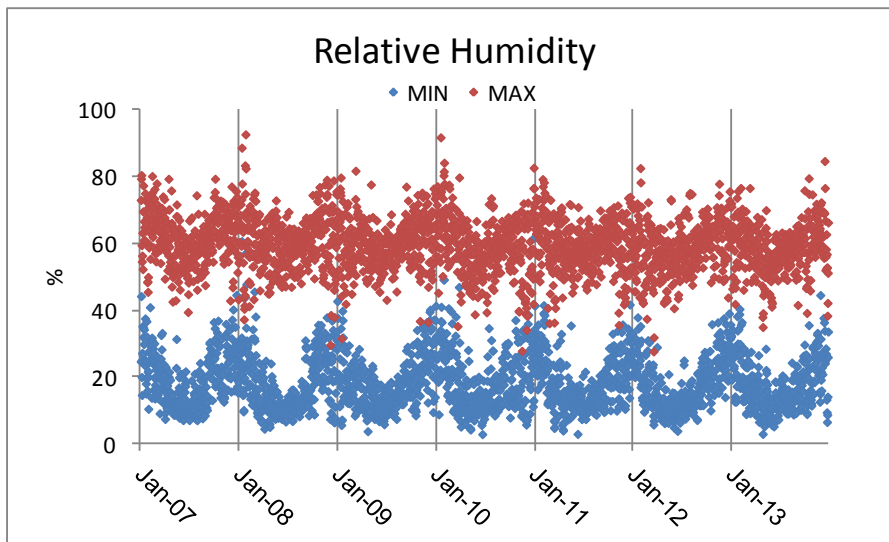
הקרינה הגלובלית בעלת מחזור עונתי דומה לזה של טמפרטורת האוויר, אולם ערכים מרביים נמדדים בחודשי האביב (איור 7). הקרינה החזקה ביותר במפרץ נרשמת בדרך כלל בין השעה 11 ל-1 בעהריים, ואילו טמפרטורת האוויר המרבית נרשמת לרוב אחר הצהריים המאוחרים. הקרינה המרבית השנה (1230 ואט\מטר רבוע) הייתה מעט נמוכה מהערך המרבי אשר נמדד בשנה הקודמת. 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 7: ערכים יומיים מרביים של קרינה גלובלית (למעלה), קרינה אולטרא-סגולית (באמצע) וקרינה זמינה לפוטוסינתזה (למטה).

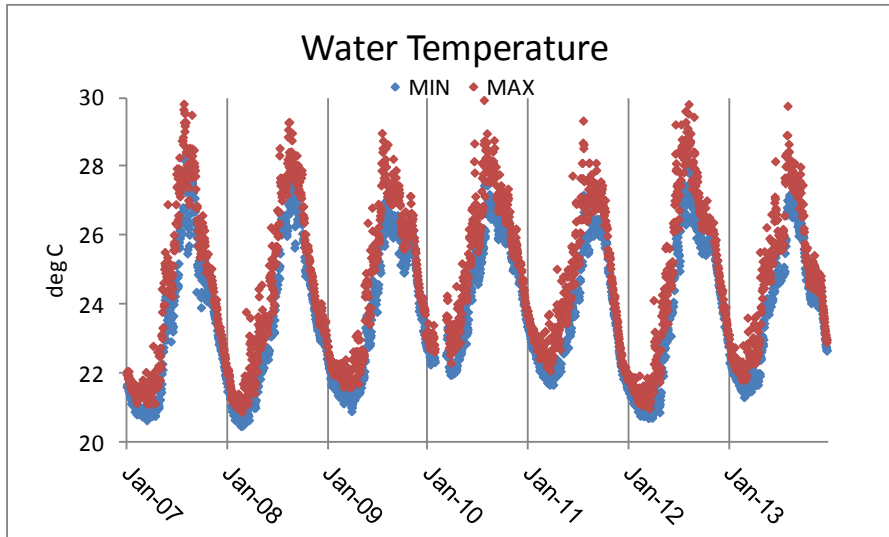
Figure E7: Maximum daily global radiation (top), ultraviolet radiation (middle) and photosynthetically available radiation (bottom).

הלחות היחסית, כפי שנמדדה השנה ממזח המכון מעל הים, דומה למדידות שהתקבלו בשנים הקודמות. בסוף השנה (אוקטובר-דצמבר) היו מספר ימים של לחות גבוהה שהגיעה לכדי 85% (איור 8). שינויים עונתיים במדידות הלחות היחסית קטנים 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. גם כאן יש לזכור כי ערכים אלה נמדדים מעל הים וצפויים להיות גבוהים בהרבה 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.

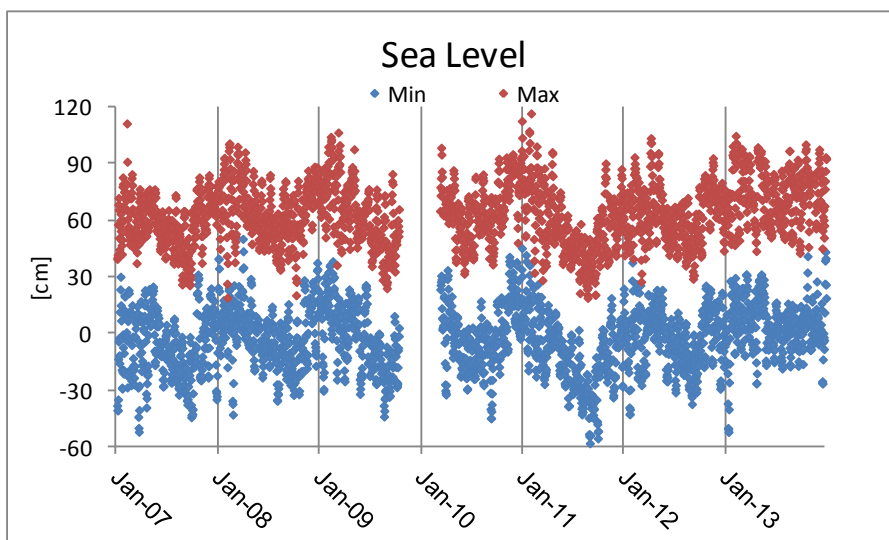
במדידות טמפרטורת המים (עומק כ-2 מטרים) ניתן לעקוב אחר המחזור העונתי בו טמפרטורת המינימום ($21.29\text{ }^{\circ}\text{C}$) נמדדה בחודש מרץ והייתה גבוהה ב-0.6 מעלות מזו אשר נמדדה בשנה הקודמת. טמפרטורת המקסימום ($29.76\text{ }^{\circ}\text{C}$) נמדדה בחודש אוגוסט, והיתה דומה לזו של השנה הקודמת (איור 9). משרעת טמפרטורת המים היתה השנה קטנה מאשר בשנה הקודמת: בחורף היתה הטמפרטורה בדרך כלל גבוהה יותר, ועל כן היה השנה ערבוב רדוד, אולם בקיץ היתה טמפרטורת המים השנה בדרך כלל נמוכה יותר מאשר בשנה הקודמת. יתכן שעובדה זו מבשרת ערבוב עמוק יותר בשנה הבאה. ההפרש הממוצע בין טמפרטורת המים המרבית והמזערית גדל בחודשי הקיץ אז מתפתחת תרמוקלינה יומית. בחודשי החורף, ובעיקר בחודשים המובילים לשיא הערבוב, משרעת הטמפרטורות 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 במחזוריות חצי יממית של גאות ושפל. המחזור השנתי מורכב ממפלס ים גבוה בחודשי החורף ונמוך יותר בחודשי הקיץ (איור 10). בחודשי החורף גם נמדדות תנודות גדולות יותר במפלס הים המזערי ביממה, וזאת ככל הנראה בהשפעת הרוחות ומערכות האקלים הפחות יציבות בחודשים אלה. השנה לא נמדדו אירועים של שפל חזק אשר חושף את שולחן השוניית לפרקי זמן של שעות.



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

מטרה

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

שיטות

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 (איור ה-11). המכשיר 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 עומק של כ-41-40 מ', 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. 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

[בתחילת 2011 חדרו מים לכבל התקשורת של מכשיר ה-ADCP וגרמו לקלקולים אשר אילצו אותנו להוציאו מן הים ולשולחו לתיקון במעבדות החברה בחול. עקב הקושי הכרוך בהוצאה והצבה של המכשיר בעומק, והעיכובים כתוצאה מהמשלוח, לא נמדדו בשנת 2011 זרמים באופן רציף על ידי תכנית הניטור. ישנן מדידות שנעשות במכון הבינאוניברסיטאי (בעומק רדוד יותר, על המדרון התלול אשר מול המכון) וניתן לקבל את הנתונים על ידי פנייה למכון.]

השנה שוב חדרו מים למכשיר והוא הושבת. המכשיר נשלח לחזרה לחברה לצורך תיקון/החלפה. בשנה הנוכחית לא התבצעו מדידות זרמים במסגרת תכנית הניטור.

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.

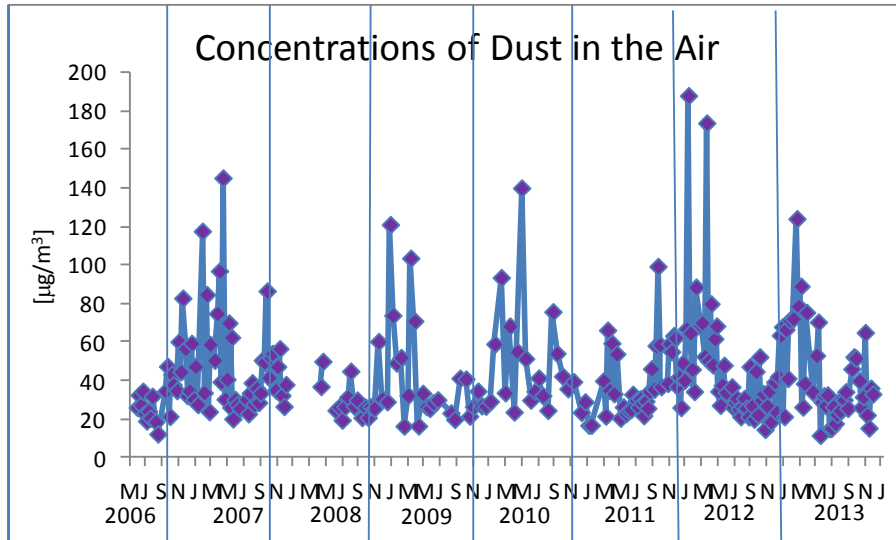
פילטר האבק נשקל במאזנים אנליטיים עם רגישות של חמש ספרות (לפני ואחרי איסוף האבק) והטיפול כולו נעשה במעבדה נקייה. לאחר שקילת האבק וחישוב ריכוזו, במכון הבינאוניברסיטאי, הפילטר נשלח למכון למדעי כדור הארץ לאנליזה גיאוכימית.

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 לנטריינטים, 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 בזמן של ריכוז האבק באוויר מעל צפון המפרץ.

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-12). ריכוזי האבק באוויר גבוהים במיוחד באביב, נמוכים יחסית בחודשי הקיץ ועולים שוב בחודשי הסתיו. השנה היו ריכוזי האבק המרביים נמוכים מהריכוזים הגבוהים של השנה הקודמת. הערך הגבוה ביותר שנמדד השנה היה $124\mu\text{m}^3/\text{m}^3$ בחודש מרץ, לעומת $180\mu\text{m}^3/\text{m}^3$ בחודש פברואר בשנה הקודמת, 2012. ריכוזי האביב הגבוהים נובעים מריבוי אירועי "סופות אבק" בתקופה זו.



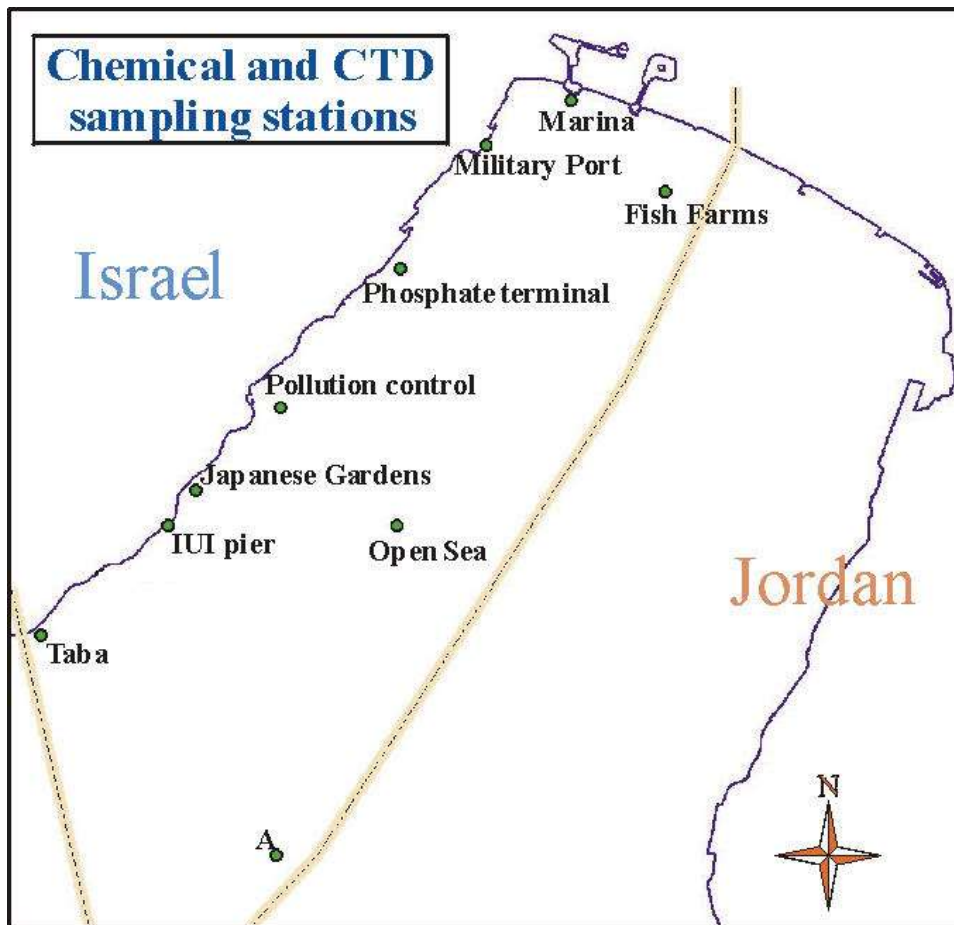
איור ה-12: ריכוזי אבק באוויר מעל הים. מדידות נעשות על גבי פילטר דרכו מזרם האוויר ומוחלף מדי שבוע.

Figure E12: 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.
- 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.

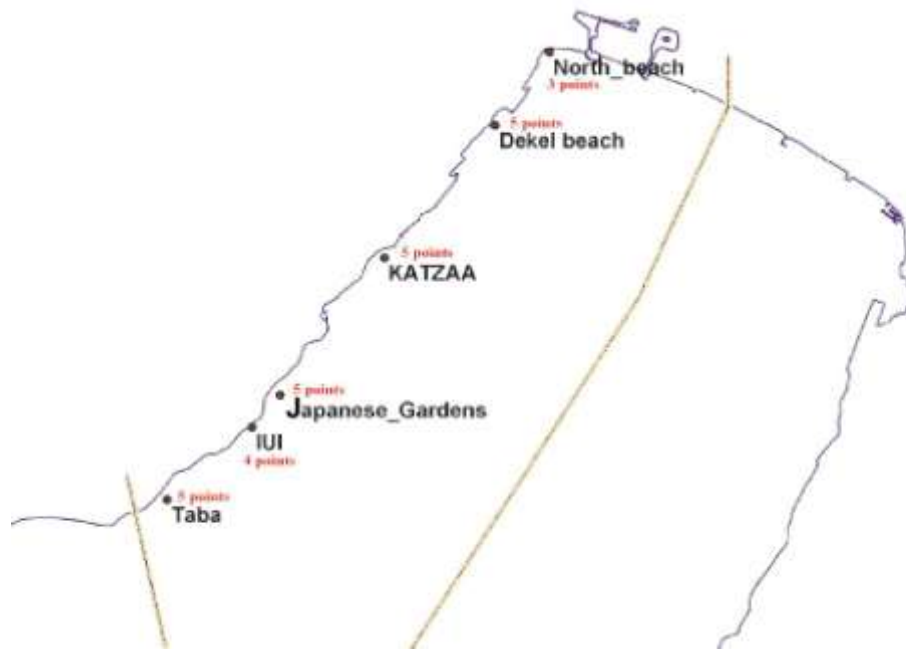
ז. נספחים

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 2013.

Table G1: List of stony corals and the number of colonies of each taxa found in the coral reef line-transect survey, 2013.

Genus	IUI	Katza	NR	Eilat Total
<i>Acanthastrea</i>	19	13	15	47
<i>Acropora</i>	103	146	228	477
<i>Agaricia</i>	4	2	3	9
<i>Alveopora</i>	2	1	3	6
<i>Astreopora</i>	10	12	12	34
<i>Balanophyllia</i>			3	3
<i>Balastomussa</i>	1		1	2
<i>Coscinaraea</i>	27	8	5	40
<i>Ctenactis</i>		2	2	4
<i>Cynarina</i>		2	1	3
<i>Cyphastrea</i>	112	60	72	244
<i>Echinophyllia</i>	3	5	10	18
<i>Echinopora</i>	21	69	210	300
<i>Favia</i>	112	47	47	206
<i>Favites</i>	96	74	79	249
<i>Fungia</i>	4	4	4	12
<i>Galaxea</i>	1	8	8	17
<i>Goniastrea</i>	45	50	143	238
<i>Goniopora</i>	1	7	10	18
<i>Gyrosmlia</i>	81	4	6	91
<i>Herpolita</i>			1	1
<i>Hydnophora</i>	5	2	7	14
<i>Leptastrea</i>	46	35	24	105
<i>Leptoria</i>		1	3	4
<i>Leptoseris</i>		3	3	6
<i>Lobophyllia</i>	4	18	106	128
<i>Millepora</i>	74	5	11	90
<i>Montipora</i>	52	106	141	299
<i>Mycedium</i>	2	5	27	34
<i>Oxipora</i>		1	1	2
<i>Pachyseris</i>	1	3		4
<i>Pavona</i>	14	57	25	96
<i>Platygyra</i>	12	13	17	42
<i>Plerogyra</i>	2	8	2	12
<i>Plesiastrea</i>	26	13	16	55
<i>Pocillopora</i>	37	14	12	63
<i>Porites</i>	70	44	81	195
<i>Psammocora</i>	13	32	41	86
<i>Seriatopora</i>		28	11	39
<i>Siderastrea</i>	37			37
<i>Stylophora</i>	172	132	157	461
<i>Turbinaria</i>	3	2	3	8
Total	1212	1036	1551	3799

טבלה 2: רשימת המושבות (מכל הסוגים) אשר זוהו באחרי הצילום הקבועים בשנת 2013.

Table G2: list of colonies (of all types) that were recognized in all permanent photo-sites, in 2013.

Genus	NB	Dekel	Katzaa	NR	IUI	Taba	Total
<i>Acanthastrea</i>	0	1	4	4	2	2	13
<i>Acropora</i>	2	28	60	84	17	9	200
<i>Algea</i>	0	0	10	5	14	22	51
<i>Alveopora</i>	1	1	3	3	0	13	21
<i>Anemone</i>	0	7	7	1	1	0	16
<i>Astreopora</i>	1	0	0	6	1	1	9
<i>Balanophyllia</i>	0	2	0	1	1	0	4
branch sp.	3	2	22	7	5	1	40
<i>Coral sp.</i>	0	0	0	0	2	1	3
<i>Coscinaraea</i>	1	1	0	1	4	2	9
<i>Ctenactis</i>	0	0	0	4	0	0	4
<i>Cyphastrea</i>	2	5	30	38	48	22	145
<i>Echinophyllia</i>	1	3	2	1	3	10	20
<i>Echinopora</i>	6	17	42	73	11	4	153
<i>Favia</i>	7	10	19	11	72	35	154
<i>Favites</i>	15	15	52	30	47	19	178
<i>Fungia</i>	0	1	5	4	1	2	13
<i>Galaxea</i>	3	1	6	1	0	0	11
<i>Goniastrea</i>	16	20	28	78	84	41	267
<i>Goniopora</i>	0	4	0	3	0	0	7
<i>Gyrosmlia</i>	0	0	0	0	0	1	1
<i>Herpolitha</i>	0	0	0	2	0	0	2
<i>Hydnophora</i>	2	0	0	0	0	5	7
<i>Leptastrea</i>	8	0	16	6	41	10	81
<i>Leptoria</i>	0	1	0	0	2	1	4
<i>Lithophyton</i>	0	0	0	1	0	0	1
<i>Lobophyllia</i>	9	9	4	9	6	0	37
<i>Millepora</i>	2	4	2	1	39	47	95
<i>Montipora</i>	3	16	51	36	6	8	120
<i>Mycedium</i>	2	2	9	5	0	0	18
non branch sp.	1	6	17	16	24	15	79
<i>Oxipora</i>	0	0	0	1	0	0	1
<i>Palythoa</i>	1	1	0	0	0	0	2
<i>Pavona</i>	2	1	0	2	1	3	9
<i>Platygyra</i>	2	6	17	13	3	3	44
<i>Plerogyra</i>	10	5	1	5	17	14	52
<i>Plesiastrea</i>	2	1	0	0	0	0	3
<i>Pocillopora</i>	0	0	3	4	8	2	17
<i>Porites</i>	2	1	4	13	12	8	40
<i>Psammocora</i>	11	32	16	16	7	19	101
<i>Rhytisma</i>	3	3	1	0	1	2	10
<i>Sabellidae</i>	0	4	9	18	2	6	39
<i>Sarcophyton</i>	1	0	0	0	0	0	1
<i>Seriatopora</i>	0	0	2	1	1	1	5
<i>Shell</i>	0	1	6	10	1	1	19
<i>Sinularia</i>	0	0	1	0	0	0	1
soft sp.	0	0	1	0	0	0	1
<i>Sponge</i>	0	0	0	0	0	2	2
<i>Stylophora</i>	2	0	4	8	3	8	25
<i>Tridacna</i>	4	6	37	20	35	12	114
<i>Tubipora</i>	0	0	0	1	0	0	1
<i>Tunicate</i>	1	0	0	0	0	0	1
<i>Turbinaria</i>	2	0	0	1	0	0	3
<i>Xenia</i>	3	22	30	95	1	0	151
Total	131	239	521	639	523	352	2405

3.2. אירועי זיהום בדלק

ביום א' ה- 24 בנובמבר זוהה כתם דלק אשר נפלט מאונייה (M/V Corsa) עוגנת בנקודת עגינה מול החוף הצפוני של אילת. במהלך הבוקר הגיעו כתמי דלק לחופים הדרומיים ושחיינים יצאו מן המים עם כתמי שמן שחורים. בימים הבאים הסתובב כתם הדלק בלב ים וביום ג' ה-26 בנובמבר הגיע לחוף – באזור השמורה ודרומה, בעיקר בחוף הנסיכה. כתמי דלק נמצאו בים ובחופים עד ל-28 בנובמבר (איורים 1-2).

ביום שבת ה-7 בדצמבר זוהה כתם נוסף, סולר בים. מקורו לא ידוע. הטיפול הנהוג על ידי היחידה למניעת זיהום ים בסולר הוא להניח לו להתאדות מעצמו.

בשנים האחרונות נפגעים חופי אילת מדליפות דלק מספינות, אם עוגנות ואם בים, בתדירות של אחת לשנה בממוצע. יש לקחת אירועים אלה ואת הנזק הנלווה להם בחשבון כאשר דנים בתכניות להרחבת הפעילות בנמל אילת.



איור 1: דלק שדלף מאונייה עוגנת בצפון המפרץ מגיע לחוף הדרומי של אילת, נובמבר 2013. צילום: גולן רידר, פקח רט"ג

Figure G1: Oil spill from a ship at anchor off the northern shore reaches the southern beaches of Eilat, November 2013/ Photo: Golan Ryder, Israel NPA



איור ז2: סוסון ים שנפלט אל החוף עם גוש זפת (דלק שהתמצק), החוף הדרומי של אילת, נובמבר 2013.
צילום: אבי גדליה, פקח רט"ג

Figure G1: Sea horse thrown to shore embedded in tar (solid oil), the southern beaches of Eilat, November 2013/ Photo: Avi Gedalia, Israel NPA

4. טבלת פעילות צוות הניטור בשנת 2013

תאריך וסוג הפעילות	מס' דגימות	מטרת העבודה	ימי עבודה	המבצעים
ינואר דיגום יומיומי 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 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
8-9 ינואר דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מדידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
9 ינואר	אנליזת דוגמאות	עיבוד נתונים ואנליזת דוגמאות	1	ענבל
16 ינואר דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16, 16 אלקליות, 8 מליחות 8 כלורופיל FACS	השוואה בין התחנות השונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
15 ינואר הפלגה לתחנות: FF OS, A	78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקליות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 40	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	8	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
31 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
27-31 ינואר אנליזת דוגמאות + כתיבת דוח שנתי	אנליזת דוגמאות	עיבוד נתונים ואנליזת דוגמאות	3	מוריאל, טניה, ענבל, יוני, ניצן, מרק
פברואר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני, מרק
1-2 פברואר אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים + כתיבת דוח שנתי	אנליזת דוגמאות מההפלגה	אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים	3 ימים	טניה, מוריאל, ענבל, יוני, ניצן, מרק
5 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
6 פברואר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
11 פברואר דיגום חופי דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16, 16 אלקליות, 8 מליחות 8 כלורופיל FACS	השוואה בין התחנות השונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק

12 פברואר הפלגה לתחנות: A, FF OS	78 נוטריינטים , 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 25 כלורופיל, FACS 40	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
17-18 פברואר דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מדידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
26 פברואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות במכון	6 לוחיות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל מוריאל
28 פברואר דיגום זואופלנקטון	6 דוגמאות מ 3 גרירות	הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ	2	ענבל, מרק, יוני
מרץ דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממוזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק
3-7 מרץ אנליזת דוגמאות	אנליזת דוגמאות	עיבוד נתונים ואנליזת דוגמאות	1	טניה, מוריאל, מרק, יוני ענבל
7 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
8 מרץ בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות התיישבות	קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
13-14 מרץ דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מדידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
17 מרץ דיגום מסירה + אנליזת מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16, 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
19 מרץ לתחנות: A, FF OS, NRR	78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 25 כלורופיל, FACS 39 מליחות	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
2 אפריל דיגום זואופלנקטון	6 דוגמאות מ 3 גרירות	הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ	2	ענבל, מרק, יוני
3 אפריל 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
אפריל דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממוזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן
7-11 אפריל אנליזות	אנליזות של דוגמאות		9	טניה, מוריאל ענבל יוני
9 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
10 אפריל בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות התיישבות	קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל

18 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 השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
22 אפריל הפלגה לתחנות: FF OS ,A	78 נוטריינטים , 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, אמוניה FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
23-24 אפריל דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מדידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
29 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
30 אפריל דיגום זואופלנקטון	6 דוגמאות מ 3 גרירות	הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ	2	ענבל , מרק , יוני
30 אפריל בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בפלאורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
מאי דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממוזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק
מאי-9 אנליזות	אנליזות של דוגמאות		95	טניה, מוריאל ענבל יוני, מרק
7 מאי צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות באתר השמורה הסגורה	הוצאת 18 לוחיות. מאתר השמורה הפתוחה וקריאת 18 דוגמאות בפלאורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל, טניה, מוריאל יוני, מרק
8 מאי קריאת כלורופיל	קריאת 18 דוגמאות בפלאורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
20 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 השונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
21 מאי הפלגה לתחנות: FF OS ,A ותחנה B הפלגה משותפת עם הירדנים	78 נוטריינטים , 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
22-23 מאי דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מדידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
20-24 מאי אנליזות	78 נוטריינטים , 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, אמוניה FACS 39 דוגמאות והזנה במחשב	אנליזות דוגמאות כימיה וביולוגיה	3	טניה, מוריאל, ענבל, מרק
27 מאי צילום ריבועים קבועים באתר המעבדה הימית	צילום 5 נקודות קבועות באתר המעבדה הימית	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	ענבל , ניצן
28 מאי צילום ריבועים קבועים בחוף הדקל	צילום 5 נקודות קבועות בדקל	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	ענבל , ניצן

צלילה : ענבל, מוריאל עבודה במעבדה : ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שש לוחיות.	29 מאי צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	30 מאי בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
ענבל, מרק, יוני	2	הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גרירות	30 מאי דיגום זואופלנקטון
ענבל, טניה, מוריאל, יוני, מרק	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	יוני דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
מרק אירנה	3	בדיקת טפילים בדגים	לכידת ארסים	6 יוני לכידת ארסים
טניה, מרק, מוריאל, יוני, ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	עבודה על 18 לוחיות	4 יוני צלילה להוצאת לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	5 יוני קריאת כלורופיל
ענבל, ניצן	1	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	צילום 5 נקודות קבועות בטאבה	5 יוני צילום ריבועים קבועים בטאבה
מרק, טניה	1	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	צילום 5 נקודות קבועות באתר המעבדה הימית	6 יוני צילום ריבועים קבועים באתר המעבדה הימית
ענבל, טניה ניצן, מרק	1	סקר חברת השונית בעומקים 15 ו 5 מטר	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	10 יוני סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית
ניצן, מרק	1	סקר חברת השונית בעומקים 15 ו 5 מטר	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	11 יוני סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית
ענבל, טניה ניצן, מרק	1	סקר חברת השונית בעומקים 15 ו 5 מטר	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	12 יוני סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית
ענבל, טניה ניצן, מרק, יוני	1	סקר חברת השונית בקצאא	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	13 יוני סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית
ענבל, טניה ניצן, מרק, יוני	1	סקר חברת השונית בקצאא	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	16 יוני סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית
טניה, ענבל, מוריאל, יוני	3	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH, 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	17 יוני דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מוריאל, מרק	6	כימיה ופזיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 39 FACS	18 יוני הפלגה לתחנות: FF OS, A
ענבל, טניה ניצן, מרק, יוני	1	סקר חברת השונית בקצאא	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	19 יוני סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית
ענבל, טניה ניצן, מרק, יוני	1	סקר חברת השונית בקצאא	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	20 יוני סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית

24 יוני	סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	סקר חברת השונית בקצאא	1	ענבל, טניה ניצן, מרק, יוני
25-26 יוני	דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מדידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
26 יוני	סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	סקר חברת השונית בקצאא	1	ענבל, טניה ניצן, מרק, יוני
27 יוני	סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	סקר חברת השונית בקצאא	1	ענבל, טניה ניצן, מרק, יוני
26 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	דיגום זאופלנקטון	הערכת ביומאסה של זאופלנקטון בים הפתוח	גרירת רשת פלנקטון, ואיסוף זאופלנקטון.	1	מרק, ענבל, יוני
יולי	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
3 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
8 יולי	סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	סקר חברת השונית בעומקים 10 ו 5 מטר	1	ענבל, טניה ניצן, מרק
14 יולי	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 יולי	סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	סקר חברת השונית בקצאא	1	ענבל, טניה ניצן, מרק
17 יולי	הפלגה לתחנות: FF OS, A,	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
18 יולי	סקר חברת האלמוגים	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	סקר חברת השונית בקצאא	1	ענבל, טניה ניצן, מרק
22-23 יולי	דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מדידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
24 יולי	צלילות חתכים בשונית באתר השמורה הסגורה	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית בשמורה	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	מרק, ניצן
25 יולי	צילום ריבועים קבועים	צילום 5 נקודות קבועות באתר קצאא	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	מרק, טניה
28 יולי	צלילות חתכים בשונית בקצאא	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-בשמורה וקצאא והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן טניה, מרק

צלילה : ענבל, מוריאל עבודה במעבדה : ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומאסה של אצות בנתוניות בשונית	שש לוחיות.	29 יולי צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל, מרק, יוני	2	הערכת ביומאסה הזואופלנקטון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גרירות	30 יולי דיגום זואופלנקטון
מרק, ענבל, טניה, ניצן	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב.	31 יולי צלילות חתכים בשונית בקצאא
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
טניה, ניצן, ענבל, מרק	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב שמורה הסגורה והכנסת הנתונים למחשב.	1 אוגוסט צלילות חתכים בשונית בשמורה הסגורה
ענבל, ניצן	1	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	צילום 5 נקודות קבועות בקצאא	2 אוגוסט צילום ריבועים קבועים בקצאא
מרק, טניה,	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-בחוף המעבדה הימית והכנסת הנתונים למחשב.	4 אוגוסט צלילות חתכים בשונית בשמורה הסגורה
יוני, ענבל, טניה, מוריאל	3	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומאסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	5 אוגוסט צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך
ניצן, ענבל	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב שמורה הסגורה והכנסת הנתונים למחשב.	6 אוגוסט צלילות חתכים בשונית השמורה הסגורה
ניצן, ענבל, מרק, טניה	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב מעבדה הימית והכנסת הנתונים למחשב.	7 אוגוסט צלילות חתכים בשונית המעבדה הימית
מוריאל, יוני, ענבל, מרק, טניה, ניצן	3 שעות	סקר חסרי חוליות	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	7 אוגוסט סקר חסרי חוליות צלילת לילה
ניצן, ענבל	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב שמורה הסגורה והכנסת הנתונים למחשב.	8 אוגוסט צלילות חתכים בשונית השמורה הסגורה
טניה, ענבל, מרק	12 שעות	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, אמוניה, 39 FACS	11 אוגוסט הפלגה לתחנות : FF OS ,A
טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק	5	השוואה בין התחנות השוונות	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	12 אוגוסט דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
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.	15 אוגוסט צלילות חתכים בשונית המעבדה הימית
מרק, ענבל, יוני, מוריאל, טניה, ניצן	1	סקר חברת האלמוגים באתר הלגונה הסגורה	סקר חברת האלמוגים	21 אוגוסט סקר החברה באתר הלגונה הסגורה
ניצן, ענבל, טניה, מרק	1 יום עבודה הכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב מעבדה הימית והכנסת הנתונים למחשב.	22 אוגוסט סקר השונית בשולחן
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.	25 אוגוסט צלילות חתכים בשונית המעבדה הימית
ענבל, טניה	2	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומאסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	25 אוגוסט צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות

מרק, ענבל, יוני	3	מדידת כמות היצרנות הראשונית	24 דוגמאות	28-29 אוגוסט דיגום יצרנות ראשונית
מוריאל, ענבל, מרק, טניה	3 שעות	סקר חסרי חוליות	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	28 אוגוסט סקר חסרי חוליות בשמורה הסגורה צלילת לילה
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	3 שעות	סקר חסרי חוליות	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	1 ספטמבר סקר חסרי חוליות צלילת לילה
ענבל, מרק, מוריאל	3 שעות	סקר חסרי חוליות	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	2 ספטמבר סקר חסרי חוליות צלילת לילה
ענבל, מרק, מוריאל	3 שעות	סקר חסרי חוליות	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	9 ספטמבר סקר חסרי חוליות צלילת לילה
ענבל, טניה, מוריאל מרק	3	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	10 ספטמבר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך
טניה, ענבל, מוריאל, מרק	5	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH, 8 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	11 ספטמבר דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף
ענבל, טניה, מרק	10 שעות	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	15 ספטמבר משותפת עם ירדן הפלגה לתחנות: A, FF OS, B
ניצן, מוריאל	3 שעות	סקר חסרי חוליות	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	16 ספטמבר סקר חסרי חוליות צלילת לילה
טניה, ענבל	1 יום עבודה הכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים	23 ספטמבר צלילות חתכים בשונית המעבדה המית
טניה, ענבל	1 יום עבודה הכנסת הנתונים במחשב	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים	24 ספטמבר צלילות חתכים בשונית המעבדה הימית
ענבל, מרק	2	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	29 ספטמבר צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות
מרק, ענבל, יוני	3	מדידת כמות היצרנות הראשונית	24 דוגמאות	29-30 ספטמבר דיגום יצרנות ראשונית
ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני, מרק	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	אוקטובר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממוח המצפה התת-ימי
ענבל, מרק, יוני	2	הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גרירות	1 אוקטובר דיגום זואופלנקטון
ענבל, ניצן, מרק	1	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	צילום 5 נקודות קבועות בחוף הצפוני	2 אוקטובר צילום ריבועים קבועים בחוף הצפוני
ענבל, מרק, מוריאל	3 שעות	סקר חסרי חוליות	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	3 אוקטובר סקר חסרי חוליות צלילת לילה
ענבל, טניה, מוריאל מרק	3	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	8 אוקטובר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך
ענבל, מרק, מוריאל, ניצן, יוני	1 יום	סקר דגים בשמורה הסגורה	צלילה לספירת דגים	8 אוקטובר סקר דגים בשמורה הסגורה

10 אוקטובר צלילות חתכים בשונית בשמורה הסגורה	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב מעבדה הימית והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	טניה, מרק
14 אוקטובר צלילות חתכים בשונית בשמורה הסגורה	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב מעבדה הימית והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הכנסת הנתונים במחשב	ניצן, מרק, ענבל
15 אוקטובר 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, מרק
16 אוקטובר הפלגה לתחנות: A, OS, FF	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	ענבל, מוריאל, מרק
17 אוקטובר הפלגה לתחנות: A, OS, FF	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	ענבל, מוריאל, מרק, ניצן
20 אוקטובר הפלגה לתחנות: A, OS, FF	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	ענבל, מוריאל, ניצן
21 אוקטובר הפלגה לתחנות: A, OS, FF	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	ענבל, ניצן
22-23 אוקטובר דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מדידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
29 אוקטובר לכידת ארסים	לכידת ארסים	בדיקת טפילים בדגים	3	מרק ענבל
30 אוקטובר דיגום זואופלנקטון	6 דוגמאות מ 3 גרירות	הערכת ביומאסה הזואופלנקטון במפרץ	2	ענבל, מרק, יוני
31 אוקטובר צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומאסה של אצות בנתוניות בשונית	2	ענבל, ניצן
נובמבר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני, מרק
6 נובמבר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומאסה של אצות בנתוניות בשונית	3	ענבל, מוריאל, טניה, מרק, יוני
10 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, מרק
12 נובמבר הפלגה לתחנות: A, OS, FF	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	ענבל, מוריאל, מרק, טניה
17-18 נובמבר דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מדידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
25 נובמבר	לכידת ארסים	בדיקת טפילים בדגים	3	מרק אירנה
27 נובמבר דיגום זואופלנקטון	6 דוגמאות מ 3 גרירות	הערכת ביומאסה הזואופלנקטון במפרץ	2	ענבל, מרק, יוני
28 נובמבר צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומאסה של אצות בנתוניות בשונית	2	ענבל, מרק

ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני, מרק	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	דצמבר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני, מרק	5 ימים	כתיבת דו"ח אנליזת נתונים	כתיבת דו"ח אנליזת נתונים	8-9 דצמבר כתיבת דו"ח אנליזת נתונים
ענבל, מוריאל, טניה, מרק, יוני	3	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונית	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	10 דצמבר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתונות + חתך
ענבל, מוריאל, מרק, טניה	10 שעות	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריונטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	17 דצמבר הפלגה לתחנות: FF OS, A
טניה, ענבל, מוריאל, מרק	5	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריונטים 4 חמצן, pH 16, 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	10 דצמבר דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף
ענבל, מוריאל, מרק, טניה, ניצן, יוני		כתיבת דו"ח אנליזת נתונים	כתיבת דו"ח אנליזת נתונים	22-26 דצמבר כתיבת דו"ח ואנליזת נתונים
מרק, ענבל, יוני	3 ימים	מדידת כמות היצרנות הראשונית	24 דוגמאות	22-23 דצמבר דיגום יצרנות ראשונית
ענבל, מרק	2	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונית	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	29 דצמבר צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתונות
ענבל, מרק, יוני	2	הערכת ביומסה הזואופלנקטון במפרץ	6 דוגמאות מ 3 גרירות	31 דצמבר דיגום זואופלנקטון