



הסכון הביאוניברסיטאי למדעי הים באילת
The Interuniversity Institute for Marine Sciences in Eilat
Founded by the H. Steinitz Marine Biology Laboratory



מרץ 2011

אדר תשע"א

התוכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת

דו"ח מדעי לשנת 2010



מוגש לוועד המנהל של תכנית הניטור על ידי:

ד"ר יונתן שקד, מנהל תכנית הניטור
פרופ' אמציה גבין, 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 ישעיהו בר אור, מדען ראשי, המשרד לאיכות הסביבה, יו"ר

פרופ' שמשון בלקין, האוניברסיטה העברית בירושלים
מר יצחק בן דוד, סמנכ"ל בכיר לאכיפה, המשרד לאיכות הסביבה
פרופ' ברק חירות, חקר ימים ואגמים לישראל
מר רני עמיר, רא"ג ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה
ד"ר מעוז פיין, המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת ואוניברסיטת בר אילן
פרופ' אהרון קפלן, 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

מחלות וטפילים בדגים לאורך חופי אילת

ד"ר א. קולורני, פרופ' א. דיאמנט, מלח"י

שינויים במאספי פורמינפרים בנתוניים בחוף הצפוני

שי אורון וחברים, אונ' בן גוריון בנגב והמכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת

יעוץ וסיוע:

פרופ' בועז לזר, האוניברסיטה העברית (אוקיאנוגרפיה כימית)
פרופ' יונתן ארז, האוניברסיטה העברית (יצרנות ראשונית, אוקיינוגרפיה)

עזרה במכון הבינאוניברסיטאי:

עודד בן שפרוט
יגאל ברנשטיין
גינאדי זלצמן
תימור כץ
אסף ריבלין

תוכן העניינים

4	א. מבוא
4	א.1. מטרת הניטור במפרץ אילת
4	א.2. הקדמה
5	א.3. תקציר התוצאות והמסקנות
9	א.4. המלצות
10	א.5. תקציר באנגלית, English Abstract
16	ב. שונית האלמוגים
16	ב.1. סקר חברת השונית
38	ב.2. צילום אתרים קבועים
47	ב.3. חברת האלמוגים בלגונת שמורת האלמוגים
51	ב.4. דיגום חסרי חוליות
55	ב.5. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית
60	ב.6. סקר דגי השונית
63	ג. ניטור הסביבה החופית
64	ג.1. מי הים בקרבת החוף
76	ג.2. מחלות וטפילים בדגים לאורך חופי אילת
80	ד. מים פתוחים
82	ד.1. מדדים פסיקליים: טמפרטורה ומליחות
89	ד.2. מדדים כימיים
109	ד.3. מדדים ביולוגיים
116	ה. מדידות רציפות
116	ה.1. כלורופיל
117	ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג
119	ה.3. משתנים מטאורולוגיים
128	ה.4. זרמים
131	ה.5. אבק מרחף
133	ו. ביבליוגרפיה
134	ז. נספחים
134	ז.1. מפות אתרי הניטור
136	ז.2. רשימות סוגי האלמוגים
138	ז.3. מעקב אחר השינוי במאספי פורמיניפרים בנתונים בתגובה לפינוי כלובי הדגים במפרץ אילת
155	ז.4. הטבעת ספינה בחוף הצפוני
158	ז.5. טבלת פעילות צוות הניטור בשנת 2010

א. מבוא

1. מטרת הניטור במפרץ אילת

מטרת התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת היא יצירת תשתית ידע עובדתית 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.

2. הקדמה

הדו"ח שלהלן מתאר את עבודת הניטור הלאומי בצפון מפרץ אילת בשנת 2010. הדו"ח מחולק לפרקים התואמים סביבות ושיטות עבודה שונות. כל פרק כולל תיאור קצר של שיטות המדידה, תוצאות מפורטות (איורים, טבלאות) ודיון קצר במסקנות. תיאור מפורט של השיטות נמצא בדו"ח השנתי הראשון (2003).

זו השנה השביעית בה פועלת תכנית הניטור במתכונת אחידה וכך ניתן לבחון מגמות על פני שבע שנים בהן נאספו הנתונים בשיטות אחידות, קרי, השוואת תוצאותיהן של מדידות שנעשו באותו אופן על ידי אותו צוות. הדבר מקנה עצמה אנליטית משמעותית לניתוח התוצאות ההשוואתיות ובטחון בנכונותן של המסקנות. פרק הזמן בו פועלת התכנית, קרוב לעשור, 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>

3.א. תקציר התוצאות והמסקנות

שונית האלמוגים

1. רוב המדדים האומדים את מצב שונית האלמוגים באילת מראים יציבות או עלייה קלה בשבע השנים בהן פועלת תכנית הניטור. בפרט נכון הדבר למדדי הכיסוי החי (באלמוגי אבן); כיסוי האלמוגים מראה עלייה החל משנת 2007 והכיסוי המנורמל (למצע קשה) אמנם נמוך מערכו המירבי בשנת 2007 אך גבוה מהערכים אשר נמדדו בשנים 2004-6.
2. באתרי IUI, אשר בהם כיסוי האלמוגים היה מלכתחילה נמוך ביותר, נמדדת לאורך השנים התאוששות מתמשכת. שלושת אתרי השמורה (NR) הם עדיין האתרים בעלי הכיסוי המנורמל הגבוה ביותר.
3. צפיפות מושבות אלמוגי האבן באילת הייתה גדולה ביותר בשנת 2005, וכמעט ללא שינוי בשלוש השנים האחרונות. הירידה בצפיפות מאז 2005 יחד עם עלייה בכיסוי עשויה להצביע על מצב של צמיחת אלמוגים לגדלים גדולים יותר מבעבר. יחד עם זאת, לא נמצאה קורלציה ברורה בין צפיפות המושבות ואחוז הכיסוי באתרים השונים.
4. חלקם המספרי של אלמוגי האבן הגושיים גדול מזה של המעונפים, והאלמוגים הגושיים הם המכתיבים את התפלגות הגדלים באלמוגי האבן. באתרי IUI גודל המושבות השולט הוא "קטן" ואילו באתרים האחרים הגודל השולט הוא "בינוני", מלבד אתר 5-NR בו הגודל השולט הוא "גדול". זהו גם האתר בו הכיסוי החי הוא הגדול ביותר. השנה לראשונה היה חלקן היחסי של הגודל "הבינוני" גדול מחלקן היחסי של הגודל "קטן" בכלל אלמוגי אילת.
5. הירידה בחלקם היחסי של האלמוגים הקטנים עשויה להצביע על מגמה של הצלחה בצמיחת אלמוגים, אולם שינויים באחוז המושבות הקטנות מכלל מושבות האלמוגים תואמים שינויים במספר האלמוגים הקטנים. עובדה זו מצביעה על כך ששינוי בחלקן היחסי של המושבות הקטנות נגרם כנראה על ידי תמותה בשיעור גדול משיעור ההתיישבות החדשה.
6. השנה נמדדה ירידה קלה נוספת בממד הרקמה החיה לבריאות אלמוגים, וערך המדד חזר לערכי המינימום של 2006.
7. מגוון המינים והרכב חברת האלמוגים באתרי הניטור נותרו יציבים, ללא שינויים משמעותיים, במשך שבע השנים בהן פועלת התכנית.
8. זו השנה הרביעית בה נסקר שולחן השונית ולאורך תקופה זו נמצאה עלייה באחוז הכיסוי וביעילות ניצול המצע על ידי אלמוגי אבן. יתכן כי התצפית מונעת בחלקה על ידי התאוששות השולחן לאחר אירועי השפל הקיצוני בחורף 2007 (ראו הדו"ח המדעי של תכנית הניטור לשנת 2007) אשר פגע באלמוגי שולחן השונית. יחד עם זאת, שנת 2007 הייתה שנה טובה במיוחד עבור כל אתרי קדמת השונית ובהעדר נתונים מוקדמים יותר משולחן השונית לא ניתן עדיין לקבוע מה התהליכים המתרחשים באתר זה לאורך זמן ארוך.
9. ברוב האתרים המצולמים נמדדה צמיחה נטו של אלמוגי אבן במשך רוב השנים, אולם ברובם הגדול בסך שטח האלמוגים קטן. הבדלים בין צמיחת מושבות בשנה האחרונה ובין צמיחת מושבות מאז 2004 מצביעים על כך שתמונת הצמיחה בשבע השנים האחרונות ניתנת על ידי מושבות חזקות ומושבות אחרות לא שרדו את התקופה. לכשיועברו כל הנתונים ל-GIS נוכל לבחון את הדינאמיקה של צמיחת מושבות ביתר פירוט.
10. בשטח האלמוגים הכולל הן את הצמיחה, הן תמותת אלמוגים והן התיישבות של אלמוגים חדשים נמצאו השינויים קטנים בשבע השנים האחרונות, וכן הבדלים בין מבט על שבע השנים האחרונות למבט על השנה האחרונה בלבד. ממצאים אלה מצביעים על דינאמיקה של שינויים לא מגמתיים.
11. בהתפלגות גדלי האלמוגים באתרים המצולמים אין שינוי משמעותי בהשוואה לשנים הקודמות. קבוצת האלמוגים הקטנים מהווה את המרכיב המספרי הגדול ביותר מכלל המושבות באתרים המצולמים (כשני שליש ממושבות אלמוגי האבן באתרים המצולמים קטנים מכ-12 סמ"ר). מבנה החברה באתרים המצולמים נשאר גם הוא יציב לאורך השנים.

12. עד לשנה הנוכחית הייתה חברת האלמוגים בלגונה יציבה למדי. השנה 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. יתכן כי הירידה הניכרת בצפיפות האלמוגים בלגונה נגרמה עקב סערות דרומיות חזקות בחורף השנה.
13. עד לשנת 2007 תועדה עלייה בצפיפות קיפודי הים, אולם זו השנה השנייה בה אוכלוסיית קיפודי הים מצטמצמת באופן ניכר. הערכים אשר נמדדו השנה ברוב האתרים עבור שכיחות קיפודי הים הם הנמוכים ביותר מאז תחילת הניטור ב-2004.
14. זו השנה השנייה ברציפות בה נמדד פוטנציאל גידול אצות ישיבות (על גבי לוחיות התיישבות מוגנות מרעייה באזור השונות) נמוך במיוחד, בפרט בהשוואה לשנים 8-2007. הסיבה לכך היא, ככל הנראה, ערבוב עמודת המים לעומק רדוד בשנתיים האחרונות. יתכן והכמות הקטנה יחסית של אצות צמודות מצע היא גורם מגביל לאוכלוסיית קיפודי הים הניזונים מהן.

הסביבה החופית

15. בתאריך 16 במרץ 2010 נמצא כתם נפט גולמי (מזוט) שנדד מהים, וזיהם את החוף הדרומי, ממערב הגבול בטאבה לאורך כק"מ צפונה. הסדימנט החופי נמצא ספוג בנפט לעומק של 10-20 ס"מ. לא נמצאו סימנים של הנפט על גבי אלמוגים ושוניות. הנפט סולק מן החוף בתוך יומיים בזכות פעילות נמרצת של רשות הטבע והגנים והיחידה למניעת זיהום ים של המשרד להגנת הסביבה, וכך נמנע נזק אפשרי שיכול היה להיגרם על ידי סחיפת הנפט חזרה לים במחזורי חוזרים של גאות ושפל.
16. מחזור הערבוב השנתי הוא התהליך השולט ברוב המדדים הכימיים, הפיסיקליים והביולוגיים הנמדדים בתחנות הניטור החופיות. בעונת החורף, בה טמפרטורת מי השטח דומה לטמפרטורה בעומק ריכוז רוב המשתנים הנמדדים בתחנות החופיות גבוה מאשר בעונת הקיץ בה מופרדים המים העליונים ממי העומק ע"י הפרש טמפרטורות. השנה, בדומה לשנה הקודמת, אופיינה על ידי טמפרטורת חורף גבוהה וערבוב רדוד של עמודת המים, אשר משפיע על הדינמיקה המחזורית של רוב המשתנים הנמדדים לאורך החוף.
17. בשתי השנים האחרונות נמדדו פחות ערכים גבוהים באופן חריג מאשר בשנים שקדמו להן. בסך הכל נראה כי המערכת מתייצבת על ערכים דומים לאורך החוף עם מספר חריגות קטן וגם במקרים חריגים שיעור החריגה קטן. עובדה זו נובעת אולי מנייתוק אחד המקורות העיקריים להעשרה באזור החוף הצפוני, כלובי הדגים. יוצאים מן הכלל השנה הם הריכוזים אשר נמדדו בחודש פברואר בתחנת חיל הים-מלון מרידיאן. בחודש זה נמדדו שם ריכוזים גבוהים במיוחד של כל הנוטריינטים: ניטריט, ניטראט, פוספט, סיליקה, ואמוניה. ריכוזים אלה מעידים על כניסת מים זרים, מועשרים, אל הים.
18. גם פריחת האצות הפלנקטוניות בקרבת החופים הייתה השנה חלשה באופן בולט. הגורם העיקרי המשפיע על פריחת אצות הוא אספקת הנוטריינטים באמצעות הערבוב, שהיה השנה חלש במיוחד, אולם גם אספקת חיצונית של נוטריינטים עשויה להזין פריחה – ונראה כי גם זה לא קרה השנה.
19. גם השנה נמצאו בבדיקת דגי הבר אך מעט מהחידקים הפתוגנים שהיו נפוצים עד לשנת 2007, אולם נמצאו טפילי מעיים שונים בכמויות דומות לשנים הקודמות.

עמודת המים העמוקים

20. הדינמיקה השנתית של ריכוזי נוטריינטים וחמצן במים וזמינותם לאוכלוסיות הפיטופלנקטון בים הפתוח מוכתבת על ידי הערבוב העונתי בעמודת המים. לאחר שנתיים בהן היה ערבוב עמודת המים עמוק וכמות גדולה של נוטריינטים הועלתה לשכבה הפוטית (2007-2008) בשנתיים האחרונות (2009-2010) היה ערבוב עמודת המים רדוד במיוחד (250-300 מ').
21. בעקבות הערבוב העמוק בשנים 2007-2008 ירד משמעותית ריכוז הנוטריינטים במים העמוקים ועלה ריכוז החמצן המומס בהם. כבר בשנה שעברה, בה היה הערבוב רדוד, נמדדה עלייה בריכוזי הנוטריינטים במים העמוקים והמאגרים המומסים החלו להתמלא. השנה התחזקה מגמה זו וריכוזי הנוטריינטים בעומק הוסיפו לעלות, אם כי הריכוזים הנמדדים במי העומק עדיין נמוכים מאלו של

- השנים 2004-6. חשוב גם לציין כי קצב עליית הריכוזים המומסים נמוך מקצבים אשר נמדדו לפני שנת 2007.
22. השנה חזרו המאגרים המומסים לערכים דומים לאלה שנמדדו לפני שנות הערבוב העמוק. נראה כי בשנות הערבוב העמוק נשמר חלק גדול יותר מהנוטריינטים בצורה החלקיקית והמאגרים המומסים היו נמוכים, בפרט בשנת הערבוב 2007. השינויים הטמפורליים המשמעותיים בתקופת הניטור נובעים מאירועי הערבוב העמוק בשנים 2007-2008. כ"כ אין שינוי משמעותי בגודל מאגרי הנוטריינטים המומסים בעמודת המים מאז שנת 2004 (תחילת הניטור).
23. מדידות של ריכוז פחמן אורגני חלקיקי בעמודת המים ויצרנות ראשונית באזור הפוטי נעשו השנה באופן סדיר מדי חודש. מדידות אלה מהוות תוספת משמעותית למידע הנאסף על ידי התכנית במטרה לאבחן שינויים אפשריים במצב המערכת האקולוגית בצפון מפרץ אילת.
24. השנה לא נמצאה עלייה בריכוז הפחמן החלקיקי בקרבת קרקעית הים, כפי שנראתה בשנה הקודמת, ונראה כי הרחפה מן הקרקעית לא הייתה משמעותית השנה.
25. השנה עקבנו לראשונה אחר מחזור שנתי מלא של יצרנות ראשונית במפרץ. כצפוי, ערכי היצרנות גבוהים מאלו של ימים אוליגטרופים "קלאסיים" בעולם, דוגמת הוואי וברמודה. היצרנות במפרץ גם גבוהה מאשר הייתה לפני שניים-שלושה עשורים במפרץ. ערכים יומיים נמצאים בטווח אשר נמדד לעיתים על ידי חוקרים שונים במפרץ בשנים האחרונות.

מדידות רציפות

26. ערכי הכלורופיל המירביים בפני הים נמדדים בשנים האחרונות מוקדם מהצפוי על פי הממוצע הרב-שנתי. ערכים מירביים התקבלו השנה בחודשים ינואר-פברואר, ואילו בחודשי האביב, מרץ-אפריל-מאי, בהם צפויה פריחת האצות נמדדו ריכוזי כלורופיל נמוכים יחסית.
27. השנה נמדדו בחודשי החורף ינואר-פברואר-מרץ טמפרטורות פני ים גבוהות במיוחד. בשאר השנה לא נמצאו חריגות משמעותיות אם כי כמעט בכל הימים הייתה טמפרטורת המים גבוהה מהטמפרטורה הממוצעת הרב-שנתית. טמפרטורות החורף הגבוהות גרמו, מן הסתם, לכך שערבוב עמודת המים היה השנה רדוד במיוחד.
28. טמפרטורת פני המים הנמדדת בסמוך למצפה התת-ימי נמצאת עדיין במגמה של עלייה ארוכת טווח. הממוצע השנתי המחושב ממדידות אלה מצוי בעלייה מתמשכת מאז 2002, ועלה השנה בכ- 0.6°C בהשוואה לשנה הקודמת.
29. בתחנה המטאורולוגית שמפעילה תכנית הניטור במכון הבינאוניברסיטאי הוספו השנה חיישנים למדידת קרינת UV וקרינת PAR. אורכי הגל האלה בעלי חשיבות גדולה לבריאות המערכת ועל כן עלה הצורך לבצע מדידות אלה בדיוק רב יותר ובנפרד ממדידת הקרינה הגלובלית. הקרינה האולטרא-סגולית מזיקה לתאים חיים, ואילו הקרינה הזמינה לפוטוסינתזה היא המניעה את היצרנות הראשונית.
30. גם במדידות טמפרטורת הים הרציפות תחת מזח המכון ניתן לזהות את טמפרטורת המים החמה במיוחד בחודשי החורף. נראה כי גם השנה הבאה, 2011, תהיה בעלת אופי דומה.
31. בחודש דצמבר השנה (11.12.2010) פגעה בצפון המפרץ סערה דרומית חזקה ונמדדו רוחות במהירות של עד כ-22 מ' לשנייה (39 קשר), וגלים ששטפו חלקים נכבדים מרצועת החוף, בעיקר בחוף הצפוני. גושי בטון שמשקלם מוערך ב-200 ק"ג הוסעו לאורך החוף בקרבת המעבדה, מרחק של 10-30 מ'. גושי שונית גדולים נזרקו אל החוף, ואלמוגים רבים נשברו. בקרקעית הים נראו עקבות לתנועת סדימנט גם בעומק של 5-7 מטרים.
32. החל מיולי 2010 מודדת תכנית הניטור את זרמי הים בעמודת המים מול קצהו הדרומי של המכון הבינאוניברסיטאי, בעזרת מד זרם דופלר (ADCP של חברת RDI) אשר הוצב על קרקעית הים בעומק 44 מ'. המכשיר "מסתכל" מעלה ומודד זרמים בכל עמודת המים. מיקום המכשיר נקבע על סמך מורפולוגיית הקרקעית, על גבי "מדף" אופקי ביחס למדרון התלול אשר מאפיין את שולי המפרץ באזור.
33. מרבית הזמן הזרם מקביל לחוף (כיוון צפ'מז-דר'מז'), בתדירות כמעט שווה כלפי דרום וכלפי צפון,

עם תדירות גבוהה מעט יותר בכיוון דרום. אלה גם הכיוונים בהם עצמת הזרם היא הגדולה ביותר. בעומקים הגדולים עצמת הזרם נמוכה יותר, ובעומק הרדוד נמדדו לעיתים מהירויות הזרם הגבוהות מ-30 ס"מ/שנייה.

34. בקרבת פני הים, בעומק של 6 מ', נמצא בנוסף לכיוון המקביל לחוף גם פיזור גדול יחסית של כיוונים, בעיקר כלפי החוף בחודשים נובמבר-דצמבר. בקרבת הקרקעית, עומק של 40 מ', נמדדו זרימות גם כלפי מזרח, ז"א מהחוף לכיוון העומק. זרימה כזאת מצביעה על תנועת מים יורדת בקרבת החוף לאורך המדרון (downwelling), בעיקר בחודשי החורף. הפיזור הגדול בעומק הרדוד משויך להשפעת הגלים בקרבת פני הים ולא זרמי גאות.

35. במכון הבינאוניברסיטאי נעשה, בתמיכת תכנית הניטור, ניטור רציף של אבק מרחף מאמצע שנת 2006, ונתונים על כמויות האבק זמינים לתכנית. במשך תקופה זו מסתמן מחזור עונתי של שינויים בכמויות האבק במגיע למפרץ; ריכוזי האבק באוויר גבוהים במיוחד באביב, נמוכים יחסית בחודשי הקיץ ועולים שוב בחודשי הסתיו. תבנית זו נצפתה בכל השנים מלבד 2009 בה הייתה עליית הריכוזים בסתיו קטנה. ריכוזי האביב הגבוהים נובעים מריכוזי אירועי "סופות אבק" בתקופה זו. הריכוזים המירביים בחודשי האביב גבוהים כ-5 מונים מהריכוזים הנמוכים בחודשי הקיץ.

כללי

- השנה נרשמו שני אירועים ראויים לציון אשר אינם נכללים במסגרת המעקב הסדיר של התכנית:
- בתאריך 16 במרץ 2010 נמצא כתם נפט גולמי (מזוט) שנדד מהים, וזיהה את החוף הדרומי, ממערב הגבול בטאבה לאורך כק"מ צפונה. הנפט סולק מן החוף בתוך יומיים בזכות פעילות נמרצת של רשות הטבע והגנים והיחידה למניעת זיהום ים של המשרד להגנת הסביבה. אירוע זה מוזכר ביתר פירוט בפרק הסביבה החופית.
 - בחודש דצמבר השנה (11.12.2010) פגעה בצפון המפרץ סערה דרומית חזקה ונמדדו רוחות במהירות של עד כ-22 מ'שנייה (39 קשר). גושי שונית גדולים נזרקו אל החוף, ואלמוגים רבים נשברו. בקרקעית הים נראו עקבות לתנועת סדימנט גם בעומק של 5-7 מטרים. אירוע זה מוזכר ביתר פירוט בפרק המדידות הרציפות.
 - בחודש ספטמבר הוטבעה ספינה בחוף הצפוני במטרה לשמש אתר צלילה. הספינה ניתקה ממקומה בסערה של דצמבר, והאתר נסגר לצלילה על ידי רשות הספנות. ספינת המתכת החלודה מהווה פגיעה בבית הגידול הבנתוני בקרקעית הרכה של החוף הצפוני, אזור שאך החל להתאושש לאחר הוצאת כלובי הדגים. הטבעת הספינה נדונה בנספח 4.ז.

תכנית הניטור הוסיפה מספר מדידות השנה, הנידונות כל אחת בפרק המתאים לה:

- מדידות יצרנות ראשונית ופחמן אורגני חלקיקי אשר החלו בשנה הקודמת, נעשו השנה באופן שיגרתי ומלא, ותוצאותיהן מובאות בפרק הים העמוק.
- מד זרם אקוסטי בשיטת דופלר (ADCP של חברת RDI) הוצב בקיץ 2010 על ידי תכנית הניטור על קרקעית הים מול המכון הבינאוניברסיטאי ומספק נתונים רציפים על זרמי הים מעומק של כ-42 מ' ועד לפני המים. התוצאות מפורטות בפרק המדידות הרציפות.
- אבק מרחף באוויר מעל הים מנוטר מאז אמצע שנת 2006 וריכוזי האבק מובאים בפרק המדידות הרציפות. המדידות נעשות על ידי חוקרים מהמכון למדעי כדור הארץ באוניברסיטה העברית בראשות פרופ' יגאל אראל, ובתמיכת תכנית הניטור. חקר האבק מעל מפרץ אילת כולל גם אפיון כימי אשר תוצאותיו יוכלו לשמש את התכנית בעתיד לצורך הערכה של חשיבות האבק כמקור נוטריינטים למערכת האקולוגית. בשלב זה תכנית הניטור עוקבת רק אחרי ריכוזי האבק במטרה לזהות שינויים בזמן ולהתריע על מפגעים.
- השנה החלנו לבנות סביבת עבודה במערכת גיאוגרפית GIS לעיבוד וניתוח הנתונים מאתרי השונית המצולמים. עבודת התכנות נעשת עבודת תכנית הניטור על ידי מחלקת ה-GIS של האוניברסיטה העברית (על ידי גב' טלי אבירם ובראשות מר עדי בן-נון). פיתוח הסביבה הוא תהליך ארוך הנמצא כעת לקראת סופו. נתוני השנה כבר עובדו ישירות בסביבה החדשה, אולם המרת כל נתוני העבר –

עבודה עתירת שעות – תיעשה רק לאחר השלמת הפיתוח. השוואות בין השנים נעשו על כן השנה באמצעות גיליונות חישוב והן מעט פחות מפורטות מניתוחי הנתונים בשנים הקודמות.

מחקר העוסק בהתאוששות קרקעית הים בסמוך לחוף הצפוני, במקום בו היו כלובי הדגים, מובא בפרק הנספחים. המחקר, "מעקב אחר השינוי במאספי פורמיניפרים בנתונים בתגובה לפינוי כלובי הדגים במפרץ אילת – עקבה" מאת שי אורון וחבריה, מתאר סדימנט המכיל מאספי פורמיניפרים עשיר אך ללא פרטים חיים בתחילתו ומתעד התחלת השיבה של פורמיניפרים חיים לאזור ותהליך של התיישבות וגדילה על קרקעית הים כשנתיים לאחר הוצאת כלובי הדגים מן הים. מצאנו לנכון לצרף מחקר זה לדו"ח התכנית עקב החשיבות הרבה שאנו רואים לתייעוד זה בהבנת התהליכים האקולוגיים סביב סוגיית כלובי הדגים. תכנית הניטור הסכימה לסייע בהמשך המעקב אחר החברה הבנתונית באתר בשנים הקרובות.

4.א. המלצות

I. המגבלה העיקרית להתפתחות שונית האלמוגים היא שרידותן הנמוכה של מושבות, ובפרט מושבות קטנות. לפיכך, הננו ממליצים לצאת בקול קורא למחקרים ייעודיים (ad hoc), אשר מטרתם תהייה לגלות את הסיבות לשרידות הנמוכה.

II. זו השנה השנייה בה מתועדת ירידה בגודל אוכלוסיית קיפודי הים. שינויים בפטנציאל גידול האצות, המונעים בעיקר מכמות הנוטריונטים במים העליונים, מווסתים ביעילות על ידי אוכלוסיית הרועים בשונית. שתי קבוצות חשובות לויסות פריחת האצות הישיבות הן הדגים הרועים וקיפודי הים. בהינתן התנודות הטבעיות באוכלוסייה 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, כגון סתימות מעיים כתוצאה מהאכלה אסורה והשלכת פסולת לים וכו'.

III. אירועים של ריכוזי נוטריונטים חריגים לאורך החוף התמעטו מאד בשנים האחרונות. התחנה החופית אשר בה עדיין נמדדים ריכוזים גבוהים במיוחד (= זיהום כתוצאה מהזרמת מים זרים לים) היא התחנה שמול חיל היסלון מרידיאן. ראוי לבדוק מה מקורות הזיהום החופי באתר זה ולפעול להפסקת הזרמה של מים עתירי נוטריונטים לים.

IV. גרוטאת ספינה (Sunboat) הוטבעה השנה באזור החוף הצפוני במטרה ליצור אתר צלילה מלאכותי, אשר ימשוך מבקרים וכך יועיל לכלכלת העיר בד בבד עם הורדת לחץ הצוללים מהשונית הטבעית. היוזמה ופרטי התכנון והביצוע לא זכו מבעוד מועד לעיון ציבורי מדוקדק. בחינת התוצאות בדיעבד סותרת את הנחות היסוד (משיכת נפח צוללים משמעותי), והתכנון והביצוע לוקים בחסר – הגישה לאתר מהחוף נאסרה על ידי מנהל הספנות עקב הפרעה לפעולות שייט באזור, והספינה הטבעה ניתקה ממקומה על הקרקעית וגלשה בזמן סערה, עדות לחוסר יציבות וסכנה פוטנציאלית. אנו קוראים לכל הנוגעים בדבר לנקוט משנה זהירות ולשקול היטב ומראש פעולות דומות עתידיות מכיוון שהנזק האקולוגי לסביבה המיידית ודאי, בעוד שהתועלת מפוקפקת. אם ניתן הדבר, רצוי יהיה להוציא מן הים גם את גרוטאת הספינה וגם גרוטאות מתכת אשר הוטבעו קודם לכן באזור.

א.5. תקציר באנגלית, English Abstract

The Israel National Monitoring Program at the Northern Gulf of Aqaba
Funded by the Israel Ministry of Environmental Protection

Scientific report 2010

Dr. Yonathan Shaked, Program Manager
Prof. Amatzia Genin, Scientific Director
(March, 2011)

Introduction

This report describes the work and results of the Israel National Monitoring Program at the Gulf of Eilat (Aqaba) – NMP – in 2010. 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 are given in English.

This is the seventh year of standard monitoring operations by the NMP in which data is collected using similar methods by a regular dedicated team. The ability to review such consistently collected data provides increased analytical power and confidence in our findings. Thus we begin to seek patterns and trends over the past seven years. A comparison of the present-day state of the reef with historical data can be found in the 2004 annual scientific report of the NMP.

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 the Israel Ministry of Environmental Protection: www.sviva.gov.il and on the NMP web-site: www.iui-eilat.ac.il/NMP/.

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

Key findings

The coral reefs of Eilat

1. Most of the proxies used to evaluate the state of the coral reef indicate stability or a slight increase over the past seven years of monitoring. Specifically, this is so for the live coral cover indices; Live coral cover has steadily increased since 2007, and the normalized cover, while not as high as it was in 2007, has stabilized on higher values than in 2004-6.
2. Coral cover at the IUI sites, which initially had the lowest cover, shows progressive increase. The nature reserve (NR) sites still have the highest normalized cover.
3. Coral density was highest in 2005, and has been stable in the past three years. A

lower density compared to 2005 could indicate coral growth to larger sizes, but no correlation was found between density and coral cover in the monitored sites.

4. Non-branching stony corals vastly outnumber branching corals and dictate the size distribution in stony corals at the monitored sites. At the IUI reefs are dominated by the “small” size fraction, and at other sites the biggest fraction is “medium”, except for the NR-5 site where “large” is the biggest size fraction. NR-5 is also the site with the highest live cover. This year is the first in which “medium” is the biggest size fraction of all stony corals at Eilat (all sites).
5. The Drop in the relative portion of “small” corals could indicate successful growth of corals, but the changes in the portion of “small” size fraction correlates with changes in the number of “small” colonies. This may indicate that the relative drop is caused by increased mortality of small corals.
6. Live tissue index for coral health has further declined this year, returning to the low value measured in 2006.
7. Species composition and species diversity in the monitored sites are stable, with no significant changes, in the past seven years of monitoring.
8. This was the fourth year of monitoring surveys at the reef table (reef flat) of the nature reserve (NR), and throughout this period coral cover and substrate utilization has increased. This may be due in part to recovery of the reef table following an extreme low tide that saw many table-corals exposed in March 2007 (see the NMP annual scientific report 2007). On the other hand, 2007 had high proxy values at all reef-front sites and with the absence of data from the reef table prior to 2007 it is hard to speculate on the long term trend at the reef flat.
9. At most photo-sites a net growth of specific coral colonies was documented, but the total increase in coral cover is small. Differences between growth in the past year and growth in the past seven years may indicate that the net growth since 2004 is biased by strong colonies that survived this 7-year period, while colonies that did not grow did not survive and thus are not included in the survey. When we finish converting all the photo-sites data to the GIS, we will be able to follow growth dynamic in greater detail.
10. Changes in coral cover, including coral growth, colony death and recruitment of new colonies, were small in the past seven years differ then changes over the past year alone. These indicate fluctuating rather than monotonous dynamics.
11. As in previous years the small colonies are the largest fraction in the photo-sites. App. two thirds of the colonies surveyed are smaller than 12 cm². The community structure seems to be stable in terms of sizes and species composition.
12. Until this year the coral community at the NR lagoon seemed rather stable. This year a sharp drop in coral density was noted, and especially in the density of the dominant species *Stylophora pistillata*. It is possible that the decline of corals in the lagoon results from the strong southern storms that occurred this year.
13. An increase in the density of sea-urchins was noted in the first years of monitoring, but this is the second year in which sea urchin population

significantly declines. At most sites this year's urchin abundance is the lowest encountered in the past seven years of monitoring.

14. This is the second year in which growth potential of benthic algae, as indicated by settlement over plates protected from the effects of grazing, is low – particularly when compared to the years 2007-8. The reason is, most likely, the shallow mixing depth of the past two years. It is possible that decreased benthic algae have affected the abundance of sea urchins.

Coastal water

15. On March 16 a patch of crude oil drifted from sea and covered a kilometer-long stretch of the beach from the Taba border crossing northward. Beach sediments polluted by absorbed oil to a depth of 10-20 cm, were removed from the beach. Oil was not found on reefs and corals.
16. The seasonal cycle of mixing of the upper water column is the dominant process dictating concentrations of chemical variables measured in the coastal waters of Eilat. Accordingly, the concentrations of most variables (nitrogen, phosphate, silicate) are higher in the surface waters during the winter. For the second year in a row winter SST were high and mixing of the water column was exceptionally shallow.
17. In the past two years fewer abnormal values were measured in Eilat's coastal water, compared to the period 2004-7, and abnormal values were significantly lower as well. This may result from the removal of one of the largest sources of nutrients at the northern beach, the aquaculture fish cages. Exceptional values this year occurred in February at the Navy/Hotel Meridien sampling station. These included high concentrations of N, P, Si, and ammonium, indicated input of foreign waters to the sea.
18. Blooms of planktonic algae along the coast were notably small this year. The major driver of algae blooms is nutrient input and this year's shallow mixing did not support large blooms. External input of nutrients may also drive blooms, but such were not recorded this year.
19. Only a small number of lethal bacterium pathogens that were common in pre-2007 years were identified in this year's survey of wild reef fish. Intestinal parasites, on the other hand, are just as common as they were in past years.

The deep water column

20. Annual dynamics of variability in concentrations of nutrients, dissolved oxygen and phytoplankton population in the open waters are controlled by the seasonal mixing cycle. Following two years of deep mixing (2007-8) the past two years experienced exceptionally shallow vertical mixing of the water column (250-300m).
21. Deep mixing in 2007-8 greatly reduced nutrient concentrations in the deep waters and increased their oxygen content. Concentrations began to rise again in the previous year, and this year's shallow mixing caused further increase in deep water nutrient concentrations. Deep water nutrient concentrations and the rate of concentrations rise are still lower than those of 2004-6.
22. Nutrient inventories in the entire water column, to a depth of 700 meters, are now

similar to those of pre-2007. It is likely that in the past two years a larger portion of the nutrients was stored as particulates and is slowly dissolving back into the water.

23. Measurements of particulate organic carbon (POC) and primary productivity in the water column were done routinely this year, for the first time. These measurements are a step forward towards gaining a better grip of the ecological state of the gulf and changes that may be happening to it.
24. This year profiles of POC do not display a rise in concentration near the sea floor, in difference to the previous year, and it seems that resuspension from the sea floor was not significant this year.
25. For the first time the NMP has documented a full annual cycle of primary productivity this year. As expected, PP is higher in Eilat than in “classical” oligotrophic seas such as Bermuda or Hawaii. PP IN THE Gulf of Eilat is also higher now than it was two-three decades ago, and higher than values obtained occasionally in the past few years.

Continuous measurements

26. Maximal *chlorophyll-a* concentrations are measured earlier in recent years relative to their timing according to the multi-annual average. Maximal values occurred this year in January-February and in the spring months of March-May, when high concentrations are expected, lower concentrations were measured.
27. Sea surface temperatures during the winter, in January- February- March, were exceptionally high. During other months temperatures were not exceptional but usually higher than average. High winter temperatures caused shallow mixing of the water column this year.
28. Sea surface temperature (SST) measured from the Observatory’s pier still displays a long-term rising trend. The annual average calculated has been rising since 2002, and this year’s average is app. 0.6°C higher than last year’s.
29. Two new radiation sensors were added to the NMP’s meteorological station, UV and PAR. These wavelengths are important to the well-being of the ecological system and a need to enhance the accuracy of measurement was expressed. UV radiation harms living cells, while PAR (photosynthetically available radiation) is the driving force of photosynthesis. Until now these were measured as part of the “global” radiation.
30. Continuous electronic measurements of SST at the IUI pier showcase the abnormally high winter temperatures this year. It seems that next year’s mixing will also be shallow.
31. Strong winds, up to ~22 m/sec (~39knots) were measured during a strong southern storm in December. Waves inundated large portions of the beach, especially along the northern shore. Large rocks and pieces of concrete estimated at some 200kg were transported dozens of meters along the southern coast. Pieces of reef were torn and thrown ashore and many corals on the shallow reefs were broken. Evidence of sediment transport was observed at depths of 5-7 meters.
32. Sea currents off the southern edge of the IUI are measured by an acoustic Doppler

current profiler placed on the sea floor by the NMP in July 2010. Its position was decided by the local bathymetry and sea floor morphology, on a wide sub-horizontal shelf at 44 meters depth.

33. Most of the time currents run parallel to shore (NE-SW), with a slightly higher frequency to the south than to the north. These are also the directions in which currents are strongest. At shallow depths currents are stronger than at greater depths, and velocities higher than 30 cm/sec were measured close to the sea surface.
34. Close to the sea surface there is a greater distribution of current directions, especially occurring towards the shore in November-December. Close to the sea floor, at ~40 meters depth eastbound (seaward) currents were sometimes measured. These cross-shore currents are indication of downwelling along the coastal slope, especially at winter. High distribution of directions close to the surface is attributed mainly to wave action.
35. Continuous monitoring of suspended dust particles above the sea is done at the IUI since 2006, and dust concentrations are available to the NMP. During this period an annual cycle is observed, with higher dust concentrations occurring during the spring, lower during summer, and rising again in autumn months. This pattern was observed every year except 2009 when dust increase in autumn was small. High springtime dust concentrations result from frequent dust storms occurring in spring. Maximal dust concentration in spring may be 5 times higher than in summer.

General

Three noteworthy incidents occurred this year that do not fit any of the regular NMP long-term monitoring schemes:

- On March 16, 2010, a crude oil spill was found along the beach from the Taba border crossing in the south approximately 1 km northward. The oil apparently drifted in and landed from sea. The oil was removed within two days by digging the polluted beach sediments and transporting them away to be cleaned or stowed. This was enabled through a rapid response of the Nature and Parks authority and the Sea Pollution Control station in Eilat. This incident is discussed in the “Coastal Environs” chapter.
- On December 11, 2010, a strong southern storm hit the northern shores of the gulf, with wind speeds reaching some 22 meters/second (~39 knots). Large chunks of reef were broken and thrown on land, and many corals were damaged in the shallow reefs. Signs of sediment transport on the sea floor were observed up to 7m deep. The storm is further discussed in the “Continuous Measurements” chapter.
- On September 9, 2010, a disabled ship was sunk at 15 meters depth off the northern shore of the gulf, to form an artificial dive site. The ship was dislodged during the December storm and drifted 15 meters down-slope, causing its closure to divers for safety reasons. The crumbling rusty wreck damages the surrounding soft-sediment habitat, an area just recovering after the withdrawal of the fish cages. The wreck is discussed in Appendix 4.

This year the NMP has added several new monitoring variables, each discussed in detail in its own section of this report:

- Measurements of primary productivity and particular organic carbon that were initiated last year were done routinely throughout this year. The results are given in the “Deep Sea” chapter.
- An acoustic Doppler current profiler (ADCP, made by RDI) was placed in August 2010 by the NMP on the sea floor 44 meters deep, off the southern edge of the IUI. The ADCP sends back real-time data on current direction and speed throughout the water column from app. 42 meters depth to the surface. The data is presented in the “Continuous Measurements” chapter.
- Routine measurements of suspended dust over the sea are carried out in the IUI since mid-2006, and in the “continuous Measurements” chapter we present average weekly dust concentrations in the air in the past 4.5 years. The research of suspended dust over the Gulf of Eilat is carried out by researchers from the Institute of Earth Sciences in the Hebrew University headed by Prof. Y. Erel and supported by the NMP. Dust research includes chemical analysis that once completed will be made available to the NMP for assessment of the significance of dust as a nutrient source to the gulf. As a monitored variable dust concentrations will be used to identify sources of irregular input.
- The NMP has begun developing a GIS environment for entering and analyzing data from the permanent photo reef sites. The work is contracted to the GIS department at the Hebrew University (programming by Tali Aviram, headed by Adi Ben-Nun). This is a lengthy process that is now close to completion. This year’s photos were analyzed using the GIS system, but converting previous years’ photos to the GIS will be a long labor-intensive work that will only start after we are satisfied with the new GIS environment. Comparisons between this year’s photos and previous years were done through numerical data on spreadsheets and is somewhat less detailed than previous years’ analyses.

A research documenting the revival of benthic foraminifers at the site of the former aquaculture cages following the cages’ removal is presented as an appendix to this report. The research, titled: “**Monitoring the benthic foraminiferal response to the removal of aquaculture fish cages in the Gulf of Aqaba-Eilat**” by S. Oron et al., describes a rich assemblage of dead foraminifers at the site just after the cages were dismantled, and documents a slow return of live specimens in the next 2.5 years. We saw fit to include a summary of this work written by its authors in the NMP report since it is the only documentation of its kind that we are aware of that shows the dynamics of rehabilitation of the sea floor habitat in the wake of the aquaculture debate. The NMP has agreed to assist in continued monitoring of the benthic foraminiferal community at the site in the coming years.

ב. שונית האלמוגים

ב.1. סקר חברת השונית

מטרה

אמדן השיפעה, "מצב הבריאות" ומבנה החברה בשלוש השוניות העיקריות לאורך חופי מדינת ישראל בצפון מפרץ אילת. סקר חברת השונית כולל אלמוגי אבן, אלמוגים רכים, וחסרי חוליות נייחים. כמו כן בוצע סקר סוגי קרקעית הים (מצע) לצורך אמדן 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 קיץ 2009.

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, כשביניהם מפרידים מטרים ספורים. מספר החתכים באתר (שילוב של מיקום גיאוגרפי ועומק) נע בין 11 ל-23, ונקבע לפי תוצאות הסקר עד לקבלת דיוק גבוה מ-25% במדד אחוז כיסוי האלמוגים. בכל מקטע של עשרה מטרים נרשם ההיטל של כל מה שנמצא תחת סרט המדידה בדיוק של סנטימטר אחד (איור ב2). אלמוגים חיים (אלמוגי אבן ואלמוגים רכים) וחסרי חוליות אחרים זוהו לרמת הסוג, ובמידה והתאפשר אף לרמת המין (רשימת האלמוגים שנרשמו בכלל החתכים מופיעה בנספח ז2, טבלה ז1). 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 החיות של כל מושבה הוערך ונרשם. ארבע קבוצות הגודל הן >5 ס"מ, 5-15 ס"מ, 15-30 ס"מ ו- <30 ס"מ (L, M, S 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 באומדן 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 כמוצע 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 ז3).

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 דיגום חתך קווי במעבדה הימית (א) ובשמורת האלמוגים (ב). על הדף נרשם ההיטל של כל מה שנמצא תחת החתך ברמת דיוק של סנטימטר אחד. צילומים: דנה ריף.

Figure B2: Divers during sampling of line transects at the IUI (A) and the nature reserve (B). The divers record the projected length of all the organisms and substrate underneath the line-transect to a resolution of 1 cm. Photos: Dana Reef.

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); שנמדדו לקבלת עקומת רוויה: ככל שנוספות יחידות מדידה (חתכים) הערך המוערך מתקרב לערך האמיתי באתר עד למצב בו תוספת חתכים אינה משפיעה על הערך המוערך. בשלב זה המוערך קרוב לערך האמיתי.

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

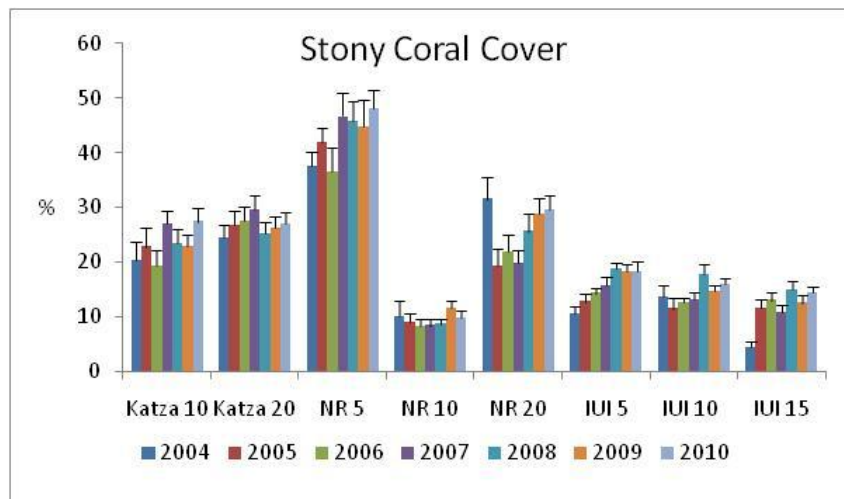
מדד המגוון של Shannon Wiener נבחר מכיוון שהוא המדד בו השתמשו סוקרי השונית באילת בעבר (Loya 1972) וכך מתאפשרת השוואה בין נתונים שנאספים במסגרת תוכנית הניטור לנתונים שנאספו בעבר. יחד עם זאת, מגוון המינים בעבודות הקודמות לתוכנית הניטור חושב עבור חתך בן עשרה מטרים בכל אתר, ולא עבור האתר כולו (דיון מקיף מובא בדו"ח התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, 2006).

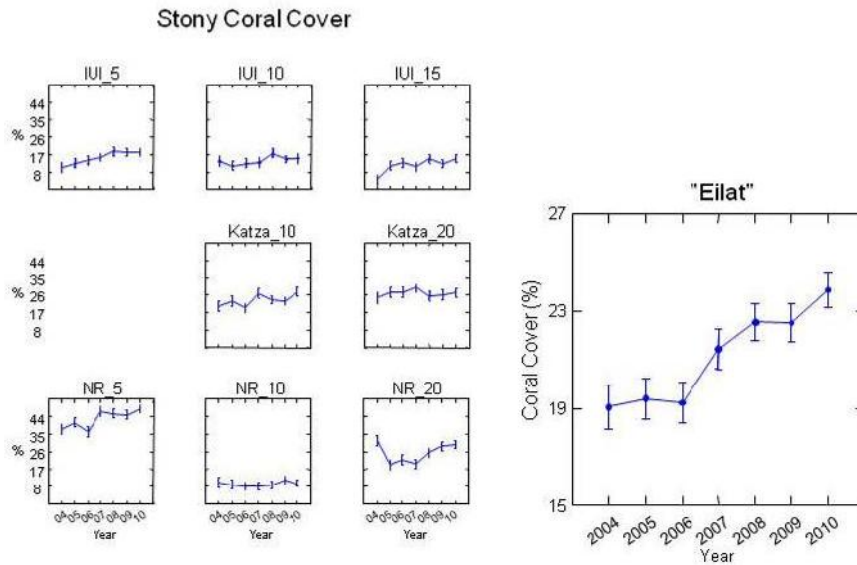
הניתוח הסטטיסטי נעשה באמצעות התוכנות Systat v9 (SPSS inc, 1998) ו-SPSS 16.0 (<http://www.spss.com/statistics>). בחינת המובהקות הסטטיסטית נעשתה בעזרת מבחן ANOVA. במידת הצורך נעשה המבחן לאחר שהנתונים עברו טרנספורמציה לשמירה על אחידות השונות. הטרנספורמציה כללה נרמול של כל ערך שנמדד על ידי חלוקתו בממוצע הרב שנתי באותו אתר. המובהקות הסטטיסטית המדווחת היא על סמך המבחן עם מסד הנתונים המנורמל.

זו השנה הרביעית בה נסקר שולחן השונית בשמורת חוף אלמוג, ההחלטה להוסיף אתר זה לסקר נבעה הן מחשיבותו של שולחן השונית, הן מנתונים קודמים לפיהם שולחן השונית נפגע ומצוי במצב של הידרדרות בעשורים האחרונים (ראו למשל Loya, 2004), והן בזכות הקמתה של תחנה מטאורולוגית על ידי תוכנית 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 עם מצוין אחרת.

כיסוי אלמוגים

כיסוי האלמוגים החיים משתנה מאד בין האתרים (איור ב3). כיסוי האלמוגים הגדול ביותר נמצא בשונית הרדודה בשמורת האלמוגים (5-NR) 48.0%, ערך מעט גבוה מערכים שנמדדו עד כה. הכיסוי הדל ביותר נמצא אף הוא בשמורה, בעומק 10 מטרים (10-NR), 9.8%, בדומה לערכי השנים הקודמות. ברוב האתרים ההבדלים בין השנים קטנים ומצויים בטווח השגיאה של ההערכות, אולם בסך הכל ב"שוניות אילת" נצפית עליה הדרגתית ומתמשכת באחוז כיסוי אלמוגי האבן לאורך שבע השנים האחרונות (איור ב3, למטה). שגיאות בהערכת כיסוי האלמוגים נובעות בעיקר מהשונות הטבעית הגדולה בשוניות, ובפרט באתרים בהם מצע חולי הוא מרכיב חשוב הגורם למופע כתמי של השונית, דוגמת אתר השמורה בעומק 10 מ' (איור ב4). ההבדלים בין האתרים, לעומת זאת, משקפים בעיקר את אופיים השונה של בתי הגידול. בין האתרים שנסקרו ישנם הבדלים גדולים (מקדם שונות, $CV = 50\%$) בשטח הכיסוי של אלמוגי אבן חיים (טבלה ב2), ומכאן ש"ערך מייצג" לכיסוי האלמוגים לאורך חופי המפרץ בשטח ישראל יהיה בהכרח מספר לא מייצג. מקדם השונות של כיסוי האלמוגים באתר כלשהו (שילוב של מיקום ועומק) נע בין 24% (IUI-10) ל-61% (NR-). (10) מקדם שונות גבוה מצביע על כתמיות חזקה של מיפזר האלמוגים באתר, ועל מגבלת דייקנותו (precision) של הערך הממוצע.

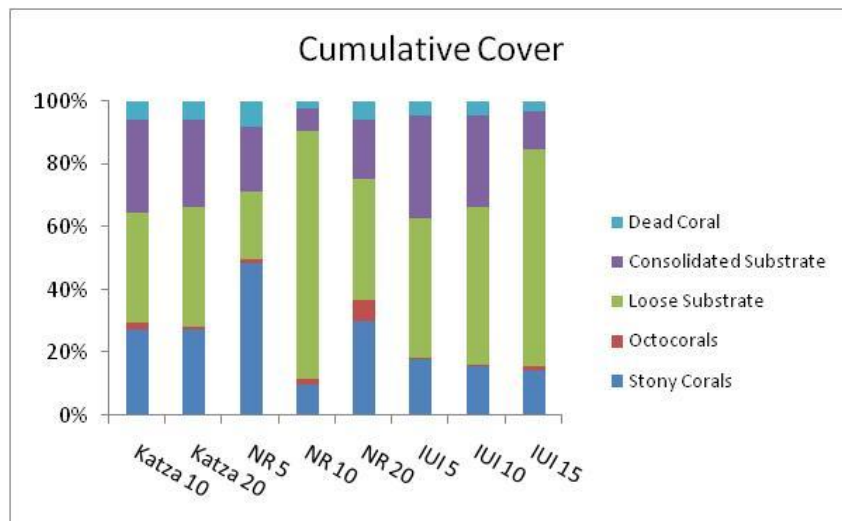




איור ב3: שטח הכיסוי הממוצע של אלמוגים חיים (לא כולל אלמוגים רכים) בכל אתר, באחוזים מכלל השטח. למטה - תוצאות מבחן ANOVA למובהקות סטטיסטית של שינויים בכיסוי האלמוגים החיים בשנים 2004-2010, עבור "כל האתרים" $P=0.051$.

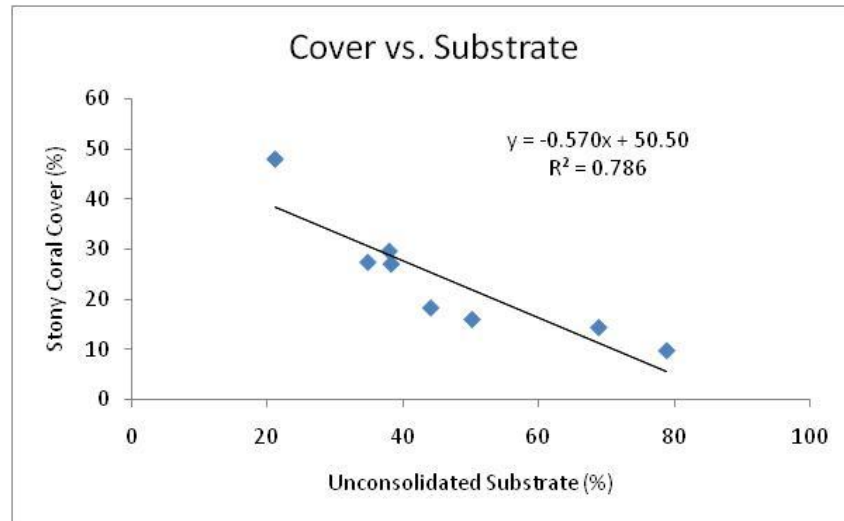
Figure B3: Average live coral cover (excluding soft corals) at each site (percent of total area). Bottom- ANOVA result (least square means) for live coral cover in the years 2004-2010, for "All Sites" $P=0.051$.

הבדלים גדולים בין האתרים הנסקרים 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 $R^2=0.786$).



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

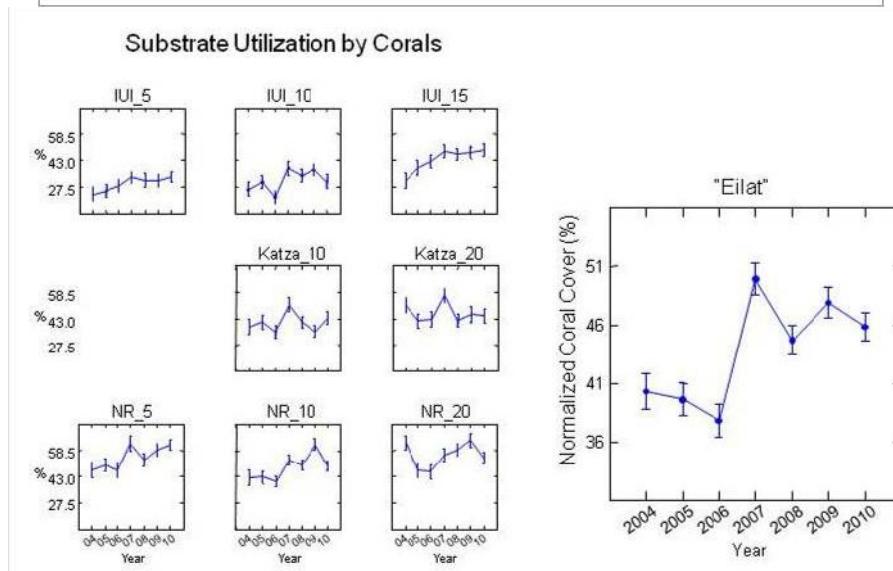
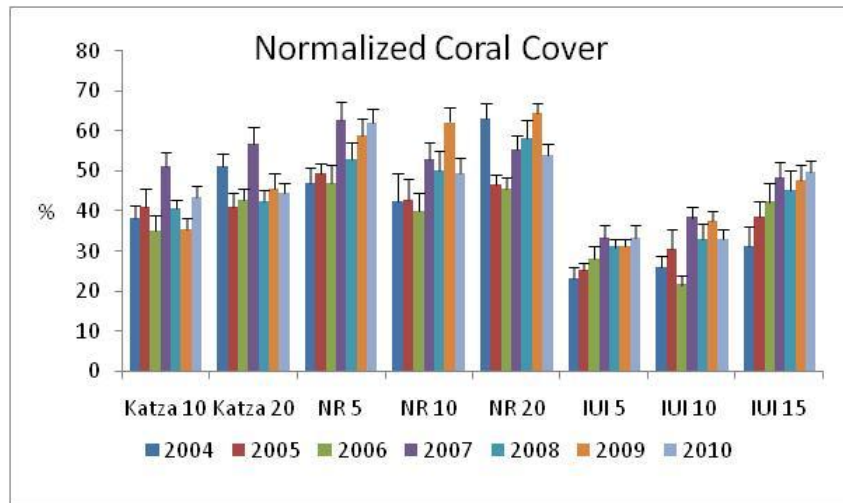
Figure B4: Cumulative percent cover of live corals, sand, rock and dead corals. In sites where cover does not add up to 100% the balance comprises invertebrates such as sea anemones, clams or sponges. The presented percent cover is an average on all transects at each site.



איור ב5: אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים כנגד אחוז הקרקע החולית 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.

אתרי IUI, ובפרט האתרים הרדודים יותר, היו בשנים האחרונות האתרים בהם אחוז הניצול של המצע המלוכד נמוך ביותר (איור ב6 למעלה). נראה כי באתרים אלה תנאים קשים לאלמוגים בהשוואה לשאר האתרים, ואלמוגים מצליחים לכסות אך חלק קטן מהמצע הקשה באתרים אלה. יחד עם זאת ניכרת באתרי ה-IUI התאוששות הדרגתית (אם גם לא מובהקת) מאז 2004, ובפרט באתר IUI-15. השנה הכיסוי המנורמל באתר זה גבוה מהנמדד באתר Katza-10 אשר לא השתנה הרבה לאורך תקופה. בשנת 2007, נרשמה עלייה מובהקת בניצול המצע הזמין להתיישבות אלמוגים בכל האתרים. בשנת 2008 נצפתה ברוב האתרים ירידת מה בניצול המצע יחסית ל-2007, אך למרות זאת בשנים האחרונות, 2007-2010, ניצול המצע הזמין לגידול אלמוגים באתרי אילת גבוה באופן מובהק מזה אשר תועד בשלוש שנות הניטור הראשונות, 2004-2006 (איור ב6 למטה). בחברת השונית קיימות תנודות משנה לשנה ואין די בשנה בודדת להעיד על מגמות ארוכות טווח, על אף זאת נראה כי בחלק מהאתרים העלייה מתמשכת על פני מספר שנים (לדוגמה, באתרים IUI-5, 15, NR-5). עם הצטברות הנתונים בשבע השנים האחרונות נראה כי מצב רוב אתרי השונית יציב, או אף משתפר באופן מתון.



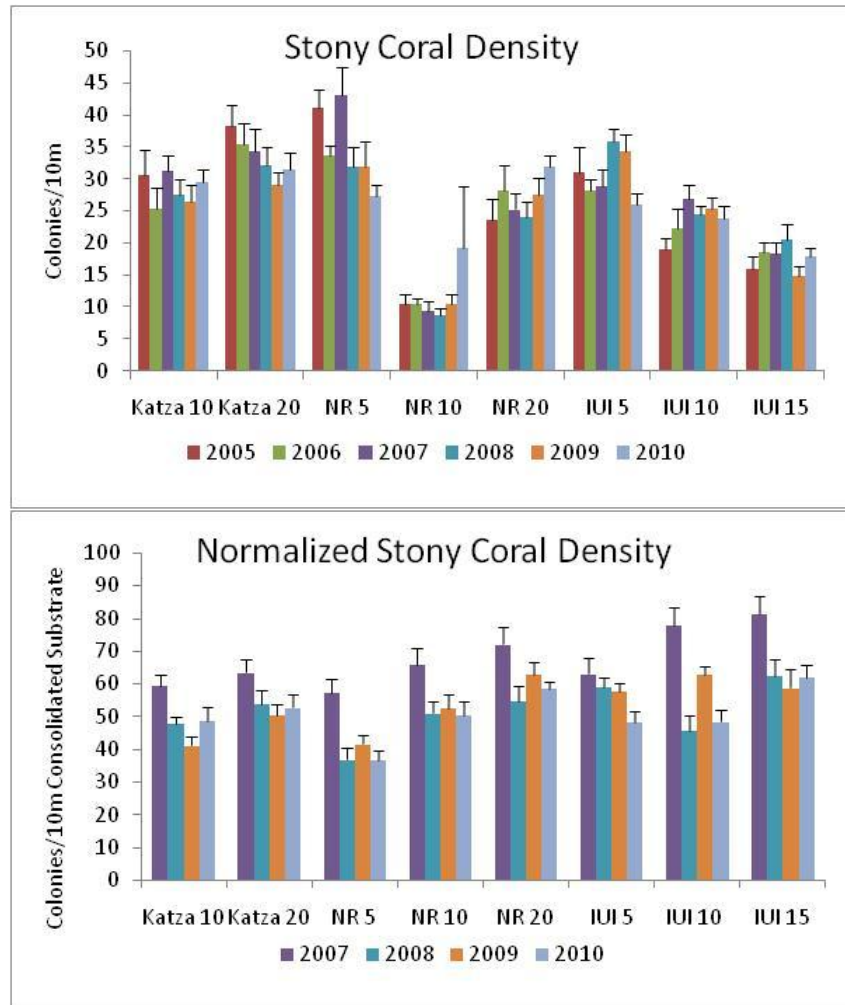
איור ב6: ניצול המצע המתאים להתיישבות אלמוגים. למעלה- אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים מתוך סך הקרקע הסלעית בכל אתר. אחוזים אלה מורים עד כמה הקרקע הזמינה לאלמוגים מכוסה באלמוגים. למטה- תוצאות מבחן ANOVA למובהקות סטטיסטית של שינויים בניצול המצע על ידי אלמוגים בשנים 2004-2010. ההבדל בין השנים עבור "כל האתרים" מובהק.

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. These numbers indicate how much of the potentially viable substrate is actually covered by live corals. **Bottom-** ANOVA result (least square means) for substrate utilization by corals in the years 2004-2010. Annual values for "All Sites" differ significantly.

בין האתרים נמצאו גם הבדלים גדולים בצפיפות מושבות האלמוגים (מספר מושבות ממוצע בקו של עשרה מטרים). הצפיפות הגדולה ביותר נמצאה השנה באתרים NR-20, ו-Katza-20 (יותר מ-31 מושבות בממוצע בעשרה מטרים), והקטנה ביותר ב-IUI-15 (כ-18) (איור ב7). באתר NR-10 נמדדה השנה עלייה בצפיפות המושבות אולם גבולות השגיאה הגדולים מצביעים על שונות גדולה בין החתכים. 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

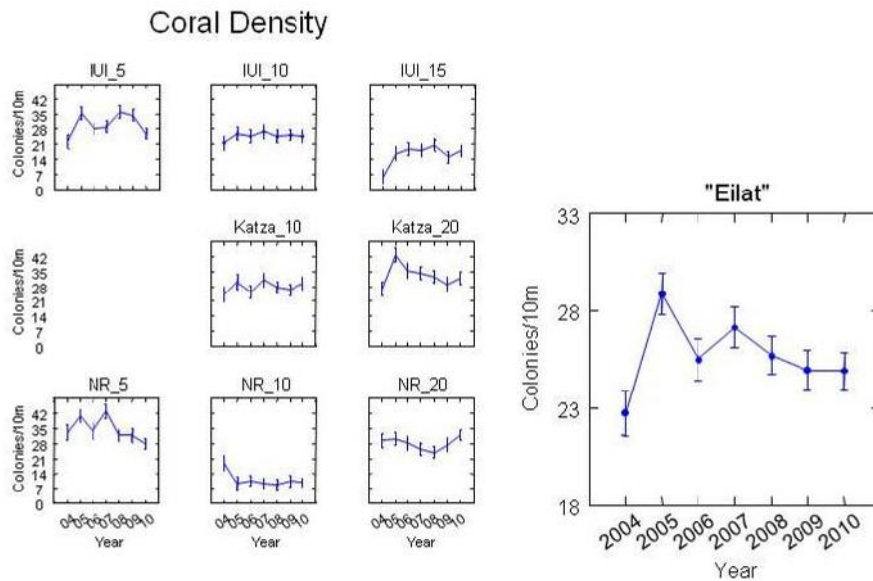
גדלים ואילו התיישבות היא על ידי אלמוגים קטנים בלבד נצפה שירידה בצפיפות, או אפילו שוויון, ילווה בירידה בכיסוי האלמוגים – אלא אם תמותה פוגעת בעיקר באלמוגים קטנים. על מנת להקטין את שגיאות המדגם הנובעות מכתמיות השונית באתרים השונים כדאי להתבונן בצפיפות המושבות מנורמלת לאחוז המצע הקשה, הזמין להתיישבות (איור ב7 למטה). באתרי קצא"א ובמעבדה בעומק 15 מ' נבלמה הירידה שנצפתה בשלוש השנים הקודמות בצפיפות המושבות.

השינויים בצפיפות האלמוגים בשלוש השנים האחרונות קטנים למדי אולם מאז 2007 ישנה ירידה בצפיפות מושבות האלמוגים באילת (איור ב8).



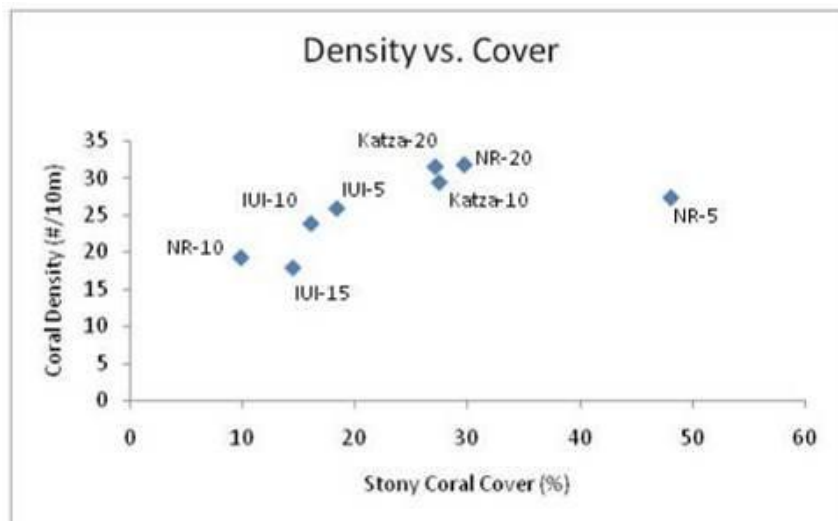
איור ב7: למעלה - מספר מושבות האלמוגים הממוצע בקו באורך עשרה מטרים בכל אתר. למטה - מנורמל למצע קשה הזמין להתיישבות אלמוגים.

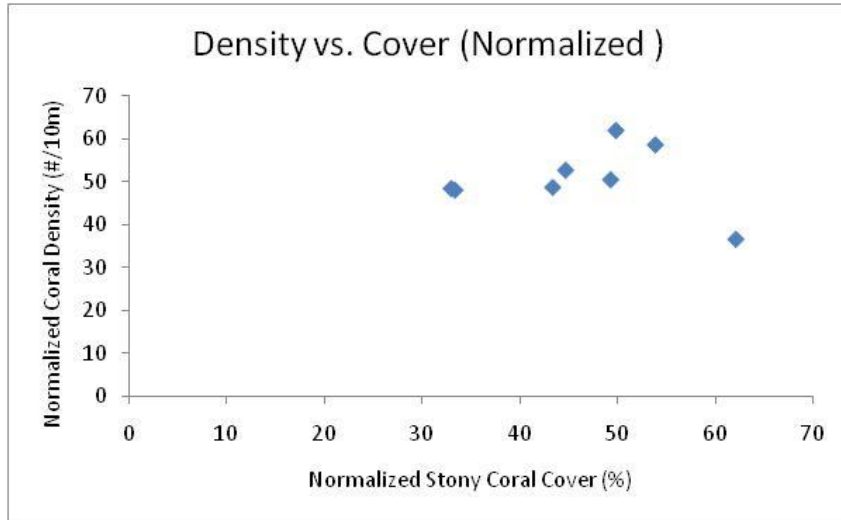
Figure B7: Top - The average number of coral colonies per ten meters line at each site. Bottom - normalized according to hard substrate, available for coral settlement.



איור ב8: שינויים בצפיפות ממוצעת של מושבות האלמוגים בשנים 2004-2010. 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 2004-2010. 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 ($R^2=0.411$, איור ב9, למעלה). הכיסוי הגבוה ביותר (NR-5) אינו האתר בו הצפיפות גבוהה ביותר. גם את היחס בין כיסוי ובין צפיפות ראוי לבחון בעזרת נרמול הנתונים לפי אחוז המצע הקשה, הזמין להתיישבות, כפי שנעשה למעלה. כאן לא ניתן להבחין כלל בהתאמה בין המשתנים ($R^2=0.011$, איור ב9, למטה), עובדה המצביעה על כך שהקורלציה החלשה בין צפיפות מושבות ואחוז כיסוי נבעה מאחוז הקרקע הלא-מלוכדת (הבלתי זמינה להתיישבות) בכל אתר. נראה כי עליה בצפיפות המושבות על גבי מצע קשה אינה משפיעה באופן בולט על הכיסוי המנורמל.





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	IUI	Katza	NR	Eilat
	12	11	18	23	16	17	12	12	41	23	57	121
	12000	11000	18000	23000	16000	17000	12000	12000				
Stony coral	27.5	27.1	48.0	9.8	29.7	18.3	16.0	14.4	16.5	27.3	27.5	23.7
stdev	8.6	6.7	14.5	6.0	10.0	7.5	3.8	3.5	5.7	7.6	19.2	14.9
SE	2.5	2.0	3.4	1.2	2.5	1.8	1.1	1.0	0.9	1.6	2.5	1.4
CV	0.3	0.2	0.3	0.6	0.3	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.7	0.6
Octocoral	1.9	1.0	1.0	1.9	7.0	0.1	0.2	1.2	0.4	1.5	3.0	1.9
stdev	1.8	1.2	1.8	1.7	5.8	0.3	0.3	1.2	0.8	1.6	4.2	3.2
SE	0.5	0.4	0.4	0.4	1.4	0.1	0.1	0.4	0.1	0.3	0.6	0.3
CV	0.9	1.2	1.7	0.9	0.8	1.9	1.8	1.0	1.9	1.1	1.4	1.7
GRV+Sand	34.8	38.2	21.2	78.7	38.0	44.1	50.1	68.7	53.1	36.5	49.1	48.0
stdev	16.0	10.4	11.2	8.7	12.1	16.4	6.5	9.1	15.9	13.4	27.4	22.4
SE	4.6	3.1	2.7	1.8	3.0	4.0	1.9	2.6	2.5	2.8	3.6	2.0
CV	0.5	0.3	0.5	0.1	0.3	0.4	0.1	0.1	0.3	0.4	0.6	0.5
Rock	29.9	27.8	20.8	7.0	19.0	32.9	28.8	12.3	25.7	28.9	14.7	21.1
stdev	12.0	7.3	9.4	4.6	7.0	13.4	8.2	6.2	13.4	9.9	9.5	12.6
SE	3.5	2.2	2.2	1.0	1.7	3.2	2.4	1.8	2.1	2.1	1.3	1.1
CV	0.4	0.3	0.5	0.7	0.4	0.4	0.3	0.5	0.5	0.3	0.6	0.6
Dead Coral	5.7	5.6	7.8	2.5	5.7	4.4	4.5	2.9	4.0	5.6	5.0	4.8
stdev	4.1	2.1	5.4	3.1	3.1	3.1	2.3	1.7	2.6	3.2	4.5	3.7
SE	1.2	0.6	1.3	0.6	0.8	0.8	0.7	0.5	0.4	0.7	0.6	0.3
CV	0.7	0.4	0.7	1.2	0.6	0.7	0.5	0.6	0.6	0.6	0.9	0.8
Normalized Cover	43.4	44.7	62.1	49.3	53.9	33.4	33.0	49.9	38.1	44.0	54.7	47.0
stdev	10.5	7.7	14.2	18.7	11.5	12.7	9.1	9.1	13.0	9.1	16.2	15.9
SE	3.0	2.3	3.3	3.9	2.9	3.1	2.6	2.6	2.0	1.9	2.2	1.4
CV	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.4	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3
Density	29.4	31.5	27.3	19.2	31.8	25.9	23.8	17.8	22.9	30.4	21.5	23.7
stdev	7.0	8.2	7.5	45.6	7.5	8.0	6.4	4.5	7.4	7.5	11.8	10.2
SE	2.0	2.5	1.8	9.5	1.9	1.9	1.8	1.3	1.1	1.6	1.6	0.9
CV	0.2	0.3	0.3	2.4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.5	0.4
Normalized Density	48.7	52.7	36.6	50.5	58.7	48.1	48.4	62.0	52.3	50.6	48.4	50.1
Stdev	13.8	14.0	12.3	18.9	7.0	15.1	12.2	13.5	14.9	13.7	16.6	15.5
SE	4.0	4.2	2.9	3.9	1.7	3.7	3.5	3.9	2.3	2.9	2.2	1.4
CV	0.3	0.3	0.3	0.4	0.1	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3

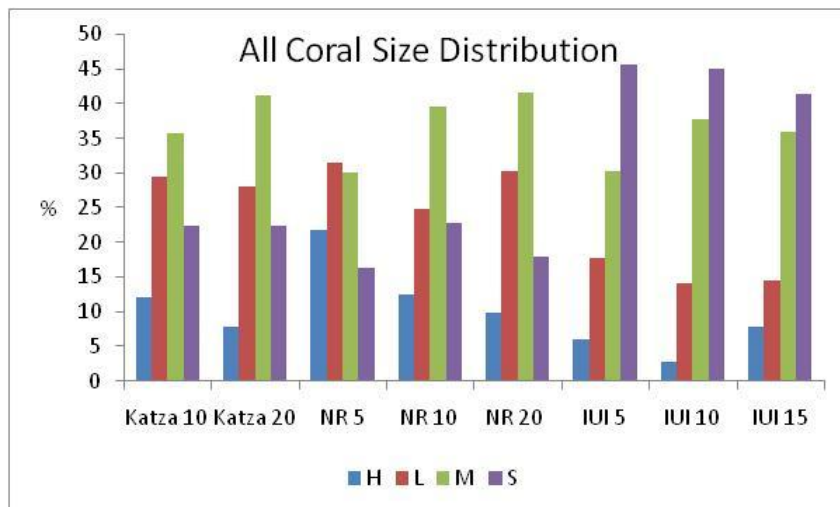
טבלה ב2: סיכום נתוני הכיסוי שנאספו בחתכי הקווים באתרי השוניית לאורך חופי המפרץ בשטח הניטור. הנתונים מוצגים כאחוזים הממוצעים שנמדדו בכל החתכים של אותו אתר (שילוב של מיקום ועומק) עם סטיית התקן, שגיאת התקן ומקדם השונות. צפיפות ניתנת כמספר מושבות בחתך של 10 מטרים, "נירמול" הוא עבור מצע קשה.

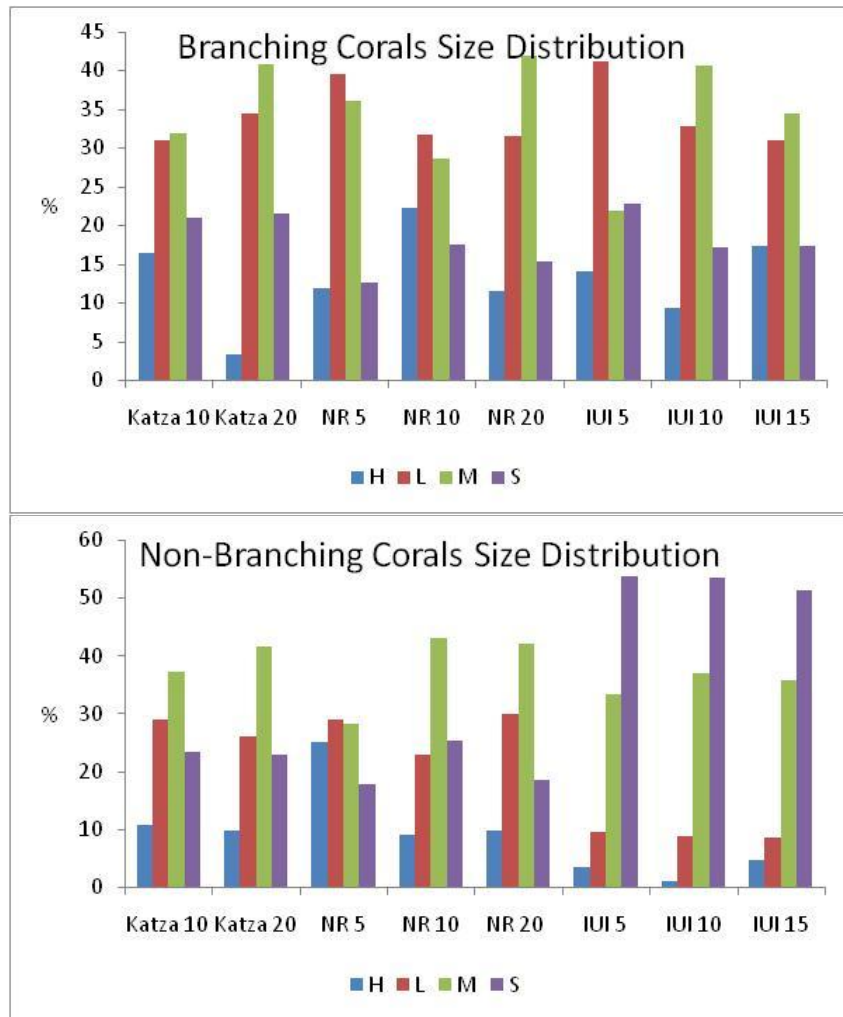
Table B2: Summary of cover data collected in line transects at the monitoring sites. Data is given as average percent cover measured in all transects at each site (combination of location and depth) with associated standard deviation, standard error and variance coefficient. Density is the number of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

גודל מושבות אלמוגים

מושבות אלמוגים תחת סרט המדידה משויכות לאחת מקבוצות הגודל קטן 0 ס"מ; בינוני 15 ס"מ; גדול 30 ס"מ; ענק 30 ס"מ על פי הערכת הסוקר. בחלוקה זו לקבוצות גודל ישנם טווחי גודל שונים כאשר הקבוצה "ענק" מכילה כל מושבה גדולה מ-30 ס"מ. לכאורה, על מנת להציג התפלגות גדלי מושבות אלמוגים, צריך לפרק קבוצה זו לתת-קבוצות רבות אשר יגלמו טווחי גודל של 5-10 ס"מ בדומה לקבוצות האחרות. אולם למעשה 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 באוכלוסיה. בבחינה שנעשתה בשנה שעברה 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 2008).

מכיוון שישנם סוגי אלמוגים אשר להם הן מופע מעונף והן מופע לא-מעונף ההפרדה לקבוצות אלה בעייתית. בכל זאת, מכיוון שכמות המושבות המעונפות קטנה בערך פי 4 מכמות המושבות הלא-מעונפות, ובנוסף לכך קשה מאד לזהות מושבות כמעונפות כאשר הגודל קטן מאד, קבוצות הגודל משקפות את האלמוגים הלא-מעונפים ועל כן אנו מפרידים בין הקבוצות (איור ב11). עובדה נוספת שיש לזכור היא כי קצב גדילתם של אלמוגים מעונפים גדול מקצב הגדילה של אלמוגים לא-מעונפים ועל כן בכל אלמוגים מעונפים בקבוצת הגודל "בינוני" עשויים להיות בני גילם של אלמוגים לא-מעונפים קטנים. בין האלמוגים המעונפים בקבוצות הגודל הבינוני והגודל נפוצות ביותר. בין האלמוגים הלא-מעונפים בקבוצות הגודל הקטן והבינוני הן הנפוצות, בפרט באתרי IUI. באתרי השמורה וקצא"א התפלגות הגדלים די מאוזנת.

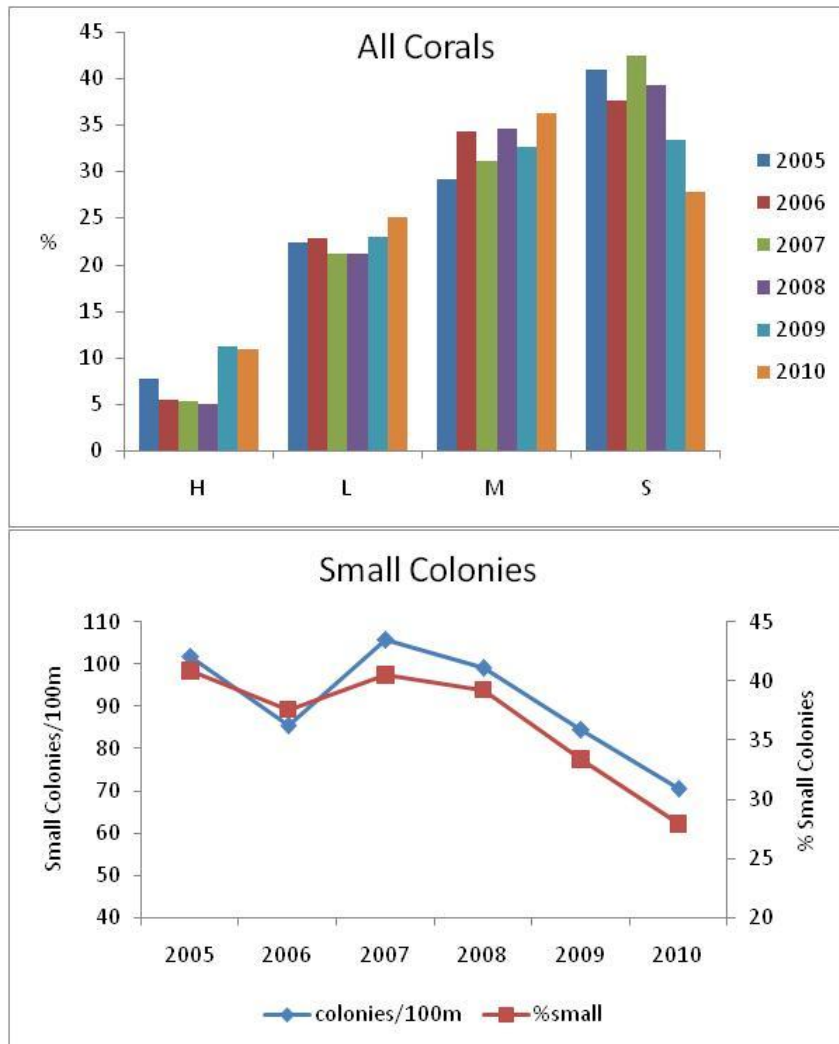




איור ב11: התפלגות גודל מושבות האלמוגים באתרים הנסקרים. חלוקת הגדלים לפי המפתח הבא: Small >5; Huge >30 ס"מ; Large >30 ס"מ; Medium >15 ס"מ; >15 ס"מ; Small <5 ס"מ. הערכים הם אחוזים מסך המושבות מאותה קבוצה באתר. למעלה – כל האלמוגים, באמצע – אלמוגים מעונפים, למטה – אלמוגים לא-מעונפים.

Figure B11: Size frequency distribution of coral colonies in the surveyed sites. Size classes are: Small <5 cm; 5 cm <Medium < 15 cm; 15 cm <Large < 30 cm; Huge >30 cm. Values are percent of the total colonies of each coral type at each site. Top – branching corals, Bottom – non-branching corals.

בשנים האחרונות אין שינויים גדולים בחלוקת גדלי מושבות האלמוגים (איור ב12), אם כי בשלוש השנים האחרונות נצפית ירידה בקבוצת הגודל הקטנה ועליית-מה בקבוצת הגודל האחרות. השינויים קטנים, ונראה כי נובעים מירידה בסך המושבות הקטנות מאז 2008. ירידה במספר המושבות הקטנות מסבירה את העלייה בחלקן היחסי של קבוצות גודל אחרות. ירידה הן במספר המושבות הקטנות והן בחלקן היחסי, בעוד שבכלל צפיפות האלמוגים השינויים קטנים בשנתיים האחרונות (איור ב8), עשויה להצביע על פגיעה בקבוצת הגודל הקטנה, יותר מאשר על צמיחה של מושבות לגודל גדול יותר.

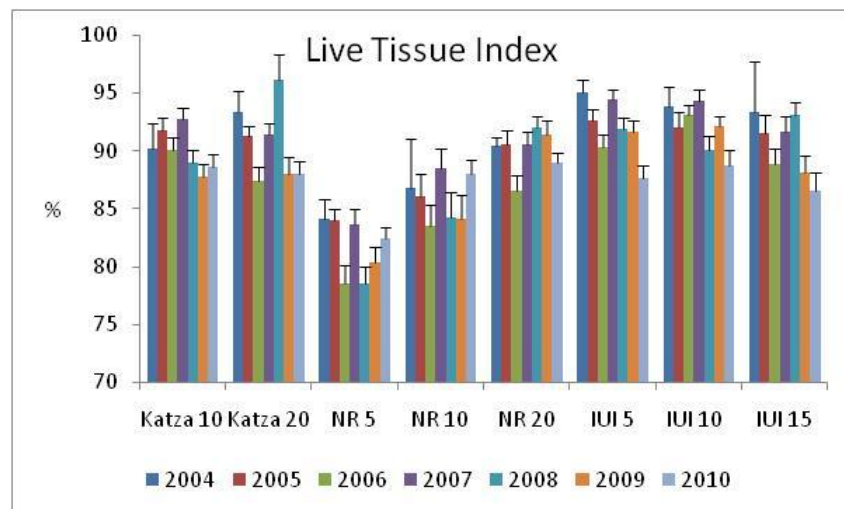


איור ב12: למעלה: שינויים בהתפלגות הממוצעת של קבוצות הגודל בכל האתרים בין השנים 2005 ו-2010. חלוקת הגדלים לפי המפתח הבא: Small <5 ס"מ; 5 ס"מ <Medium <15 ס"מ; 15 ס"מ <Large <30 ס"מ; Huge >30 ס"מ. למטה: שינויים בקבוצת הגודל "קטן" בשנות הניטור. Figure B12: Top: Changes in the average size frequency distribution of coral colonies between 2005 and 2010. 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.

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.

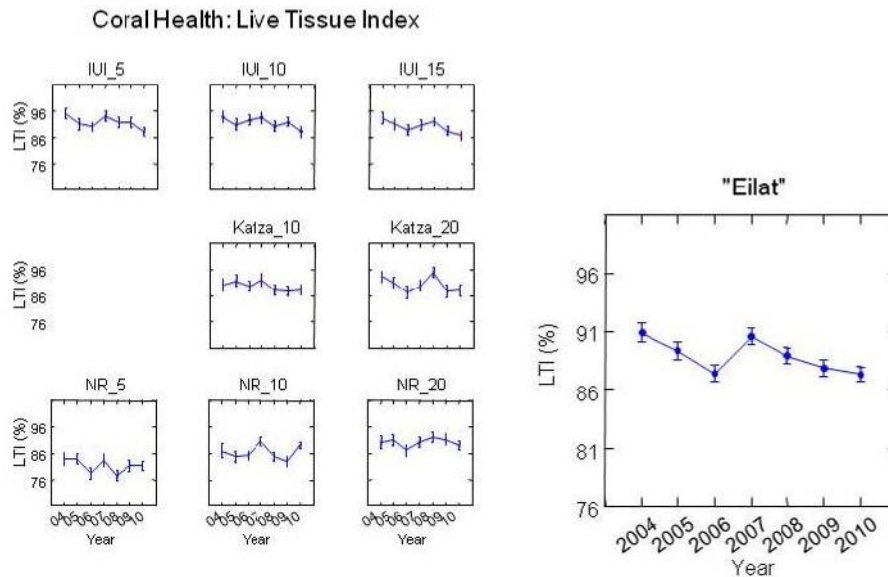
גם השנה האחר בן מדד הרקמה החיה לבריאות אלמוגים נמוך ביותר היה 5-NR (82.4%, בעלייה מאז 2008). באתר זה מדד הרקמה החיה נמוך במיוחד עקב ריבוי המושבות הגדולות והענקיות בו, מושבות שגילן כנראה רב יותר ולכן אחוז הפגיעה הריקמתית שלהן מהווה סכימה (אינטגרציה) של שנים רבות. המדד הגבוה ביותר נמצא השנה באתר 20-NR (88.95%), נמוך יותר מהערך הגבוה ביותר שנמדד בשנה הקודמת (92.1%, 10-IUI). באתרים 10-IUI ו-10-NR הערכים דומים (איור ב13). בדרך כלל נמדד הערך הגבוה ביותר באתרי IUI שם רוב המושבות קטנות והסיכויים למצוא בהן תמותה חלקית (עליה מבוסס המדד) קלושים. יעילות המדד היא במעקב בריאות האלמוגים בכל אתר במשך הזמן, ופחות להשוואה בין אתרים. על אף זאת, נמצא כי באתר 20-NR אחוז הרקמה החיה גבוה מהצפוי על פי אחוז האלמוגים הקטנים בו.



איור ב13: 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 B13: 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 נצפו בשש השנים האחרונות שני "מחזורים" של שינוי באחוז הרקמה החיה באלמוגים. בשנים 2004-6 נצפתה ירידה מתמשכת במדד הרקמה החיה, ואילו ב-2007 נמדדו ערכים גבוהים באופן משמעותי. השנים הבאות 2008-10 שוב מראות ירידה, אם כי מתונה, באחוז הרקמה החיה - לערך ממוצע דומה לזה של 2006 (איור ב14). עקב הירידה המחודשת בערך מדד הרקמה החיה באלמוגים ההבדלים בין השנים באחוז הרקמה החיה באלמוגים אינם מובהקים.



איור ב14: השינוי במצב האלמוגים על פי האחוז הממוצע של רקמה חיה במושבות אלמוגים (LTI) באילת בשנים 2004-2010.

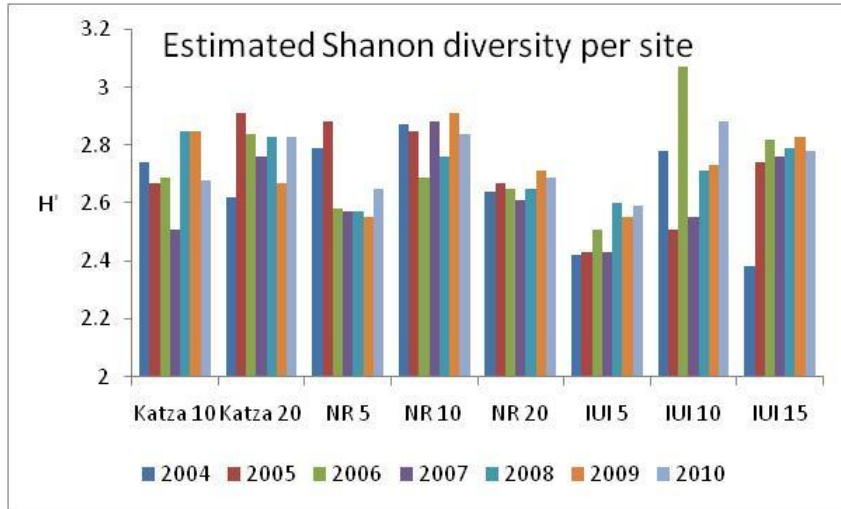
Figure B14: Changes in the state of coral colonies over time according to the average percentage of living coral tissue (LTI) from all sites over the period 2004-2010.

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 ב15) ניתנות כהערכת מגוון המינים עבור כל אתר בשלמותו בהסתמך על נתוני חתכי הקו וחישובי EstimateS.

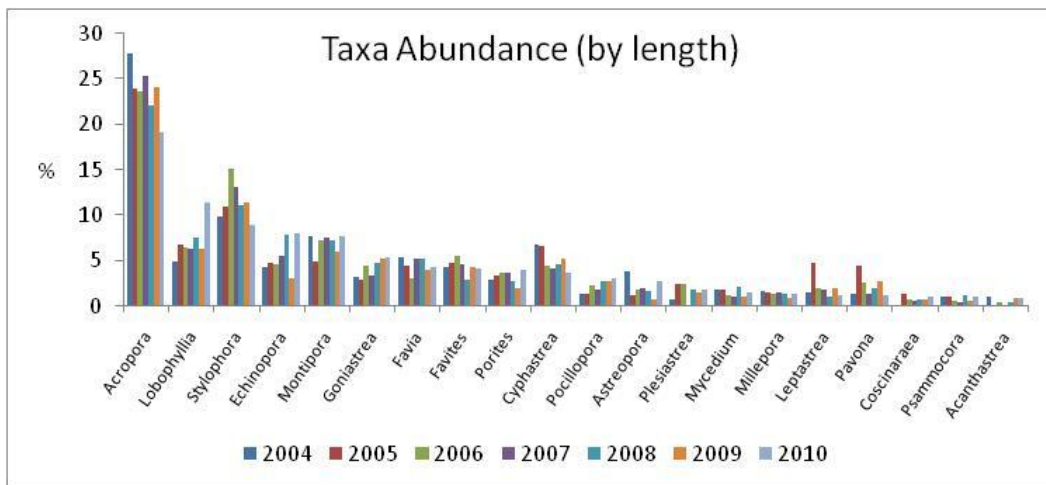
המגוון הנמוך ביותר נמצא גם השנה באתר IUI-5 ($H'=2.59$, גבוה מעט ממדד השנה שעברה, 2.55) והמגוון הגבוה ביותר, 2.88, חושב עבור IUI-10 (מעט נמוך יותר מהמדד הגבוה בשנה הקודמת, 2.91, 10-NR). השינויים בין השנים במגוון המינים המוערך על פי מדד Shannon-Wiener אינם מצביעים על קיומה של מגמה כלשהי, אם כי באתר IUI-10 המדד עולה בעקביות מאז 2007.

חישוב המדד למגוון עבור כלל שוניות אילת נתן ערך של 3.01 (לעומת 3.04 בשנה שעברה). בחישוב עבור כיסוי האלמוגים (להבדיל ממספר המושבות) התקבל גם השנה ערך נמוך יותר למדד המגוון של Shannon-Wiener, 2.87. תוצאה זו עשויה להצביע על משקל גדול של אלמוגים בעלי שטח גדול המצויים במספרים יחסית נמוכים, מכיוון שמדד Shannon-Wiener מושפע מאד ממידת האחידות (evenness) של אלמוגים מסוגים שונים. לכן גם נמצא מגוון גבוה באתרים בהם האלמוגים קטנים והכתמיות גדולה.



איור 15: מגוון הסוגים הממוצע של אלמוגים באתרים השונים לפי מדד Shannon-Wiener, כפי שהוערכו עבור כל אתר על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005; <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>).
Figure B15: The Shannon-Wiener diversity index of coral taxa estimated for each site by the EstimateS software (Colwell, 2005; <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>).

עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר בשטח הניטור מופיעים באיור 16 לפי סדר אחוז הכיסוי של סוגים אלה ביחס לכלל האלמוגים בשנת 2010. נראה כי למרות שאלמוגי *Acropora* מהווים את חלק הארי מסך הכיסוי של אלמוגים חיים (כ-19% השנה, לעומת 22-24% בשנתיים הקודמות), חברת האלמוגים באילת מגוונות ואין בה סוג דומיננטי באופן בולט. טבלה ב-3 מציגה את עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים בשטח הניטור ואת אחוזי הכיסוי שלהם בכל אתר. בהשוואה לשנים הקודמות נראה כי אין שינוי משמעותי בהרכב החברה. עשרים האלמוגים הנפוצים ביותר בשנת 2010 מהווים כ-93% (לפי אורך נמדד על סרט המדידה) מכלל האלמוגים באילת (גם השנה נסקרו 41 סוגי אלמוגים באילת). עובדה זו מדגישה את חשיבותם של המינים הנדירים בקביעת מדדי עושר ומגוון המינים בשוניות של אילת.



איור 16: עשרים האלמוגים הנפוצים ביותר בשוניות אילת (לפי האורך הנמדד בחתכי הקו מנתוני 2004) בשנים 2004-2010, מסודרים לפי סדר התפוצה בשנת 2010.
Figure B16: The twenty most abundant coral taxa in the reefs of Eilat (according to their cumulative measured length in the line transects of 2004) in the years 2004-2010, arranged according to their abundance in 2010.

	Katza 10	Katza 20	NR 5	NR 10	NR 20	IUI 5	IUI 10	IUI 15	Katza	NR	IUI	Eilat
<i>Acropora</i>	9.18	5.21	6.09	2.87	7.12	2.02	3.19	1.67	7.28	5.08	2.26	4.54
<i>Lobophyllia</i>	0.17	0.16	17.53	0.00	0.45	0.01	0.13	0.00	0.17	5.66	0.04	2.71
<i>Stylophora</i>	1.49	3.19	1.77	0.73	0.69	4.82	1.78	3.45	2.30	1.05	3.53	2.13
<i>Echinopora</i>	1.97	1.36	7.91	0.44	1.87	0.14	0.25	0.18	1.68	3.20	0.18	1.89
<i>Montipora</i>	3.06	4.32	1.88	0.43	4.70	0.18	0.28	1.05	3.66	2.09	0.47	1.84
<i>Goniastrea</i>	1.10	0.63	4.21	0.60	1.44	0.97	0.28	0.07	0.87	1.98	0.50	1.27
<i>Favia</i>	0.86	0.52	0.09	1.09	0.65	2.27	1.93	0.81	0.70	0.65	1.74	1.03
<i>Favites</i>	1.28	1.60	0.25	0.43	2.36	1.20	0.87	0.19	1.43	0.91	0.81	0.98
<i>Porites</i>	0.68	2.15	0.82	0.20	2.66	0.07	0.62	1.19	1.38	1.09	0.56	0.96
<i>Cyphastrea</i>	1.48	0.70	0.99	0.20	1.24	0.99	1.15	0.60	1.10	0.74	0.92	0.87
<i>Pocillopora</i>	0.25	0.00	0.61	0.50	0.72	1.30	1.26	1.36	0.13	0.60	1.30	0.75
<i>Astreopora</i>	2.71	0.65	0.09	0.40	1.15	0.35	0.31	0.18	1.73	0.51	0.29	0.67
<i>Plesiastrea</i>	0.00	0.26	0.18	0.43	1.61	0.27	0.26	0.14	0.13	0.68	0.23	0.42
<i>Mycedium</i>	0.19	0.06	2.11	0.00	0.25	0.00	0.04	0.00	0.13	0.74	0.01	0.38
<i>Millepora</i>	0.06	0.03	0.32	0.03	0.03	0.76	1.24	0.51	0.04	0.12	0.83	0.35
<i>Leptastrea</i>	0.62	0.55	0.25	0.08	0.07	0.49	0.26	0.38	0.59	0.13	0.39	0.31
<i>Pavona</i>	0.94	1.12	0.00	0.03	0.26	0.00	0.43	0.02	1.03	0.09	0.13	0.28
<i>Coscinaraea</i>	0.00	0.51	0.00	0.06	0.11	0.95	0.39	0.20	0.24	0.05	0.57	0.26
<i>Psammocora</i>	0.38	1.12	0.08	0.02	0.64	0.06	0.00	0.13	0.73	0.22	0.06	0.26
<i>Acanthastrea</i>	0.05	0.31	0.01	0.04	0.48	0.44	0.16	0.33	0.17	0.15	0.32	0.22
Stony Corals	27.45	27.10	47.89	9.81	29.67	18.35	16.04	14.45	27.28	27.41	16.53	23.70

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

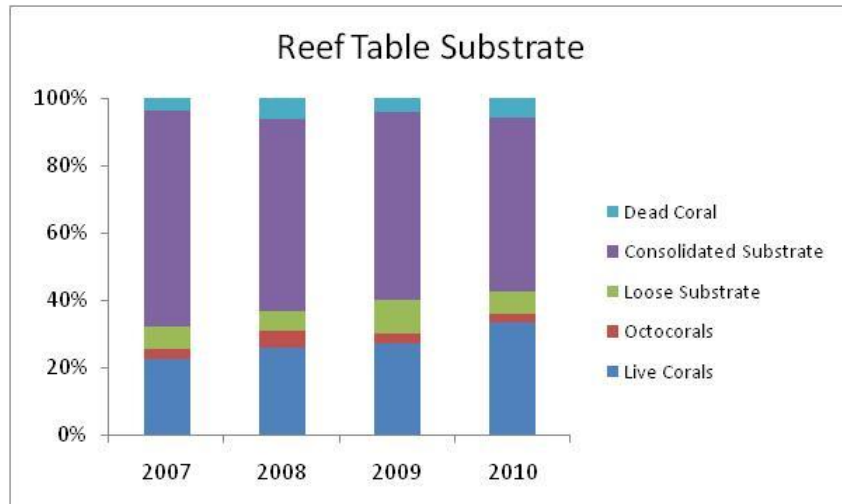
Table B3: The twenty most abundant corals (% cover) in the monitored area and their average cover in each site as a percent of the total transect length at each site.

שולחן השונית

לשולחן השונית 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 השונה 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 וכיווןן ("סערות" במפרץ לרוב מאופיינות ברוח חזקה מכיוון דרום) וכך להוסיף מידע שהיה חסר בעבר לפירוט תצפיות הנוגעות לשולחן השונית.

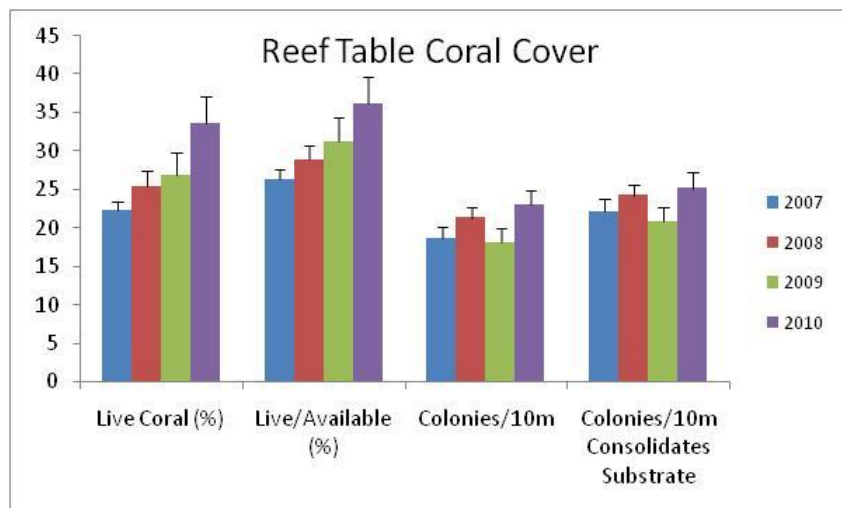
אופיו השונה של שולחן השונית ניכר בין היתר בהתפלגות סוגי התשתית שבו. סלע שונית מלוכד מהווה את רב שיטחו של שולחן השונית (איור ב17). בניגוד לאתרי קדמת השונית, שם האחוז הגבוה ביותר של סלע מלוכד חשוף שנמדד השנה הוא 33% (IUI-5), בשולחן השונית שטח הסלע המלוכד החשוף מהווה השנה כ-52% (בשנה שעברה נמדד 55%) ואילו אחוז הקרקע הלא מלוכדת כ-7% (לעומת 10% בשנה שעברה). כתוצאה מכך ההבדל בין אחוז הכיסוי החי לאחוז הכיסוי המנורמל (מתוך סך המצע הקשה) אינו גדול בשולחן השונית. זו השנה הרביעית בה נמדדת עליה בכיסוי האלמוגים, הן אחוז הכיסוי באתר (34% השנה לעומת 27% בשנה הקודמת) והן אחוז הכיסוי המנורמל לשטח המצע הקשה (36% לעומת 31%, איור ב18). מגוון המינים לפי מדד Shanon-Wiener כפי שמוערך על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005) היה השנה 2.66, ערך דומה למדידות השנים שעברו. בכל השנים נראה כי מדד המגוון בשולחן השונית נמוך מהערך הממוצע באתרי קדמת השונית (ראו למעלה).

בשולחן השונית נמצאו השנה 23 סוגי אלמוגים, לעומת 41 בכל אתרי קדמת השונית. עשרים המינים הנפוצים בשולחן השונית מוצגים כנגד עשרים המינים הנפוצים באתרי קדמת השונית בטבלה ב.4. רוב האלמוגים הנפוצים מצויים בשני בתי הגידול, אך ישנם הבדלים חשובים, למשל האלמוג *Lobophyllia* אשר תופס מקום נכבד באתרי קדמת השונית אינו מצוי על גבי שולחן השונית. לעומת זאת, האלמוג *Platygyra* אשר לו מקום חשוב בשולחן השונית אינו נפוץ במיוחד באתרי קדמת השונית.



איור ב17: אחוזי הכיסוי המצטברים של אלמוגים, חול, סלע, ואלמוגים מתים. האחוזים הם ממוצעים מתוך כל חתכי הקו.

Figure B17: Cumulative percent cover of live corals, sand, rock and dead corals. Values are averages of line transect values.



איור ב18: אחוז כיסוי האלמוגים וצפיפות מושבות בשולחן השונית בשנים 2007-2009.

Figure B18: Percent cover of live corals, and density of coral colonies on the reef table.

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

טבלה ב4: עשרים האלמוגים הנפוצים (לפי אחוז כיסוי) באתרי קדמת השונית ובשולחן השונית.

Table B4: The twenty most abundant corals (by cover percentage) at the reef table and the reef front sites.

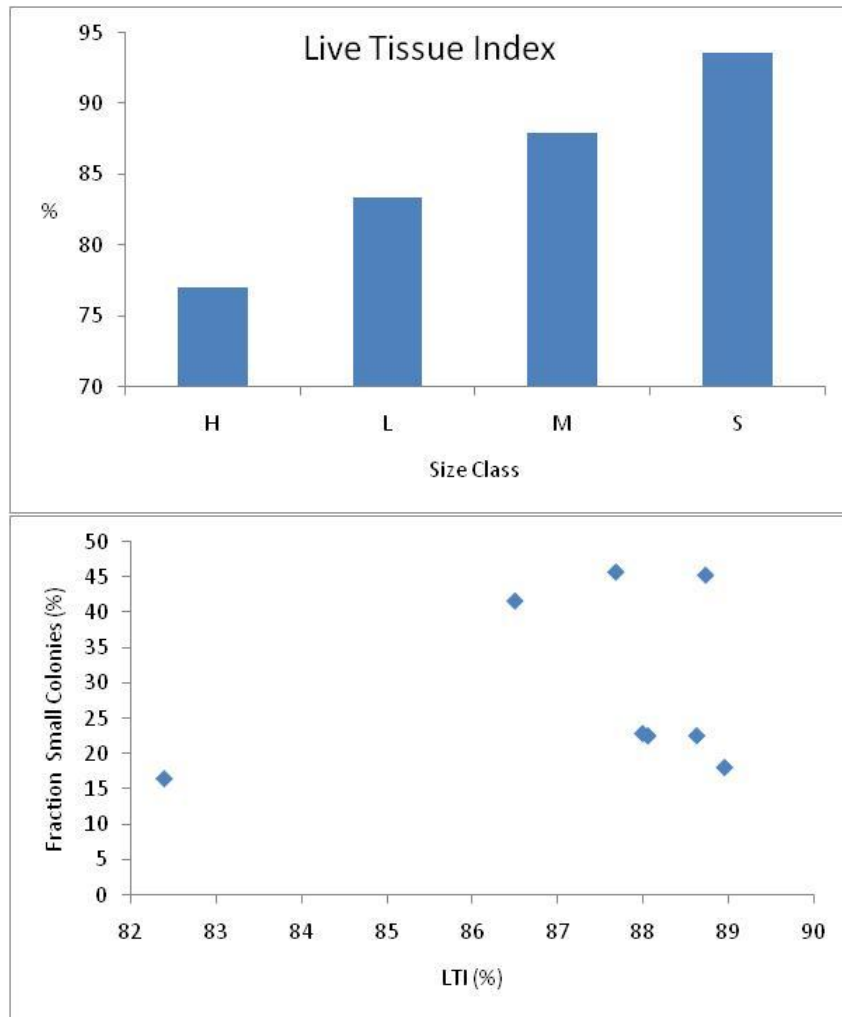
דיון ומסקנות

חלק מרכזי מניטור מצב השוניות באילת נסמך על סקרים אקולוגים בשיטת חתכי הקו. אפיון סטטיסטי של אתרי הניטור 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.

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 סטטיסטית את יכולתנו 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. עם הצטברות הנתונים משנה לשנה משתפרת יכולת האבחון הסטטיסטית.

- ישנם הבדלים מובנים גדולים בין האתרים הנסקרים בתכנית, הן כתוצאה מהבדלי העומק, הן הבדלים בסוג המצע, והן הבדלים אוקיינוגרפיים הנובעים מיקומם השונה של האתרים. להבדלים טבעיים אלה השפעה גדולה וראשונית על אופי השונית בכל אחד מהאתרים הנסקרים. הממוצע המכונה כאן "שוניות אילת" מהווה ישות סטטיסטית לצורכי השוואה בין שנים ובין מקומות אחרים בעולם, אולם אינו מייצג אף אחד מהאתרים בנפרד.
- כיסוי האלמוגים בכל אתר עלה באופן חד בשנת 2007 ומאז נותר גבוה או אף המשיך לעלות ברוב האתרים.
- גם כיסוי האלמוגים המנורמל לשטח המצע הקשה עלה משמעותית בשנת 2007, אולם הערכים אשר נמדדו בשלוש השנים האחרונות נמוכים יותר. יחד עם זאת, כיסוי האלמוגים המנורמל

- לשטח המצע הקשה בקרקעית הים עדיין גבוה משהיה בשנים 2004-2006.
- באתרי IUI הרדודים נמצא ניצול המצע הנמוך ביותר וכן האחוז הגבוה ביותר של מושבות קטנות, בהשוואה לאתרי קדמת השונית האחרים. יחד עם זאת נראה באתרי IUI, ובפרט באתר העמוק IUI-15, עלייה מתמשכת בניצול המצע לאורך שנות הניטור. אתרי IUI נבדלים מאתרי השמורה וקצא"א בכך שאין שם "שונית" לפי ההגדרה. שונית אלמוגים היא מבנה הבולט מעל קרקעית הים אשר נוצר בידי אלמוגים, אצות גירניות ושאר יושבי השונית. אתרי IUI הם אתרים בהם סלעי חוף שקועים תחת המים מהווים מצע קשה עליו מתיישבים אלמוגים, אולם אין באתרי ה-IUI יצירת מצע – סלע – קרבונטי על ידי האלמוגים. נראה כי בהיסטוריה הגיאולוגית הצעירה לא הייתה כלל שונית באתר. יתכן שסלעי החוף המהווים את המצע הזמין להתיישבות באתרי IUI מהווים מצע פחות טוב ואלמוגים מתקשים להיאחז בהם לאחר התיישבותם, או לחילופין שהאתר עבר שינויים דרמטיים בעת האחרונה (דוגמת רעידות אדמה וקבורה על ידי סדימנטים, Shaked et al, 2004) ועדיין לא נבנתה שם שונית. יתכן גם כי שתי האפשרויות נכונות.
- לא נמצאת התאמה טובה בין צפיפות מושבות האלמוגים ובין כיסוי האלמוגים באתר, וכיסוי חי גבוה יותר מושג באתרים בהם האלמוגים גדולים יותר.
- גם השנה נמצאה ירידה בחלקן של המושבות ה"קטנות" באתרי הניטור ועליית-מה בחלקן של המושבות משאר קבוצות הגודל ובפרט ה"ענקיות".
- שינויים באחוז המושבות הקטנות מכלל מושבות האלמוגים תואמים שינויים במספר האלמוגים הקטנים עובדה המצביעה על כך ששינוי בחלקם היחסי של המושבות הקטנות – אשר עשוי היה להתפרש כצמיחת מושבות – נגרם למעשה על ידי תמותה בשיעור גדול משיעור ההתיישבות החדשה.
- מדד הרקמה החיה במושבות אלמוגים כסמן לבריאות אלמוגים הוסיף לרדת השנה, ובסך הכל ישנה ירידה הדרגתית מתמשכת מהערך הגבוה של 2007.
- במושבות קטנות אחוז הרקמה החיה גבוה מאשר במושבות גדולות מכיוון שבמושבות אלה נדיר למצוא תמותה חלקית – אם בגלל שמושבות קטנות טרם הספיקו להיפגע או בגלל שמושבות קטנות אינן שורדות פגיעה ובזמן קצר ימותו לחלוטין. למרות זאת לא נמצאה השנה קורלציה בין אחוז המושבות הקטנות באתר ובין מדד הריקמה החיה בו (איור ב19).
- מגוון המינים על פי מדד Shanon-Wiener כמו גם הרכב חברת האלמוגים באתרי הניטור אינם שונים משמעותית משנה לשנה, עדות להרכב חברה יציב. גם השנה התקבל ערך נמוך יותר בחישוב המגוון על סמך שטח הכיסוי (2.87) לעומת המגוון על סמך מספר המושבות (3.01).
- זו השנה הרביעית בה נסקר שולחן השונית בשמורת האלמוגים. לאתר זה התייחסות נפרדת מאשר לשאר אתרי הניטור, הממוקמים בקדמת השונית, עקב אופיו השונה והמיוחד. השנה נמדדה באתר זה המשך עליה במדדי הכיסוי (כיסוי האלמוגים עומד על 34%, לעומת 27% בשנה הקודמת). תוצאה זו מפתיעה מכיוון שבשנתיים האחרונות חווה שולחן השונית הן אירועי שפל חזקים, הן סערות דרומיות חזקות והן עלייה בטמפרטורה הממוצעת, אשר קשורה ככל הנראה בהתפשטות מחלות אלמוגים (Zvuloni et al, 2009).



איור ב19: למעלה – השוואה בין מדד הרקמה החיה לבריאות אלמוגים במושבות מקבוצות גודל שונות. למטה – אין התאמה בין מדד הרקמה החיה ובין אחוז המושבות הקטנות באתר.

Figure B19: Top- A comparison of the Live Tissue Index in corals of different size class. Bottom – A correlation between the LTI and the fraction of small colonies at each site was not found.

2.2. צילום אתרים קבועים

מטרה

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

שיטות

צילום חוזר של שטחי שוניות קבועים באתרי שונית בחוף הצפוני, חוף הדקל, קצא"א, שמורת האלמוגים, המעבדה הימית, וטאבה (איור ב20). 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 ב21). בסך הכל מוקמו 30 נקודות ובכל נקודה מצולמות ארבע תמונות לניתוח כמותי של השינויים באתרים השונים. עקב בלאי והתפוררות סלע השונית המחזיק את התושבות אובדות מדי שנה 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. בניתוח הנתונים נעשית השוואה בין תמונות חופפות בכל סקר. סקר הצילום נערך מדי שנה באותה עונה.

בכל תמונה נספרים האלמוגים ושאר חסרי החוליות הניחים 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 הצוברת 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 מעופפים, אלמוגי אבן לא-מעופפים, 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 השוניות.

השנה החלנו בתהליך של החלפת מערכת הדיגיטציה ושמירת הנתונים למערכת GIS. תמונות השנה עברו דיגיטציה בעזרת GIS, ותמונות של שנים עוקבות יישמרו כשכבות נפרדות עבור כל נקודה. תמונות משנים קודמות עדיין נותרו השנה בשיטה הקודמת. בכדי ליישם שיטת GIS לצרכי ניטור אלמוגים בנקודות קבועות נבנתה מערכת קבלת נתונים ייעודית על ידי יחידת ה-GIS באוניברסיטה העברית.

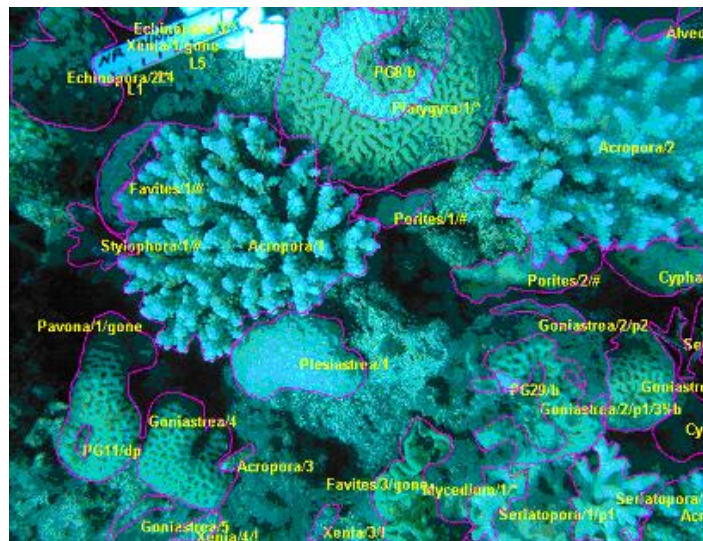
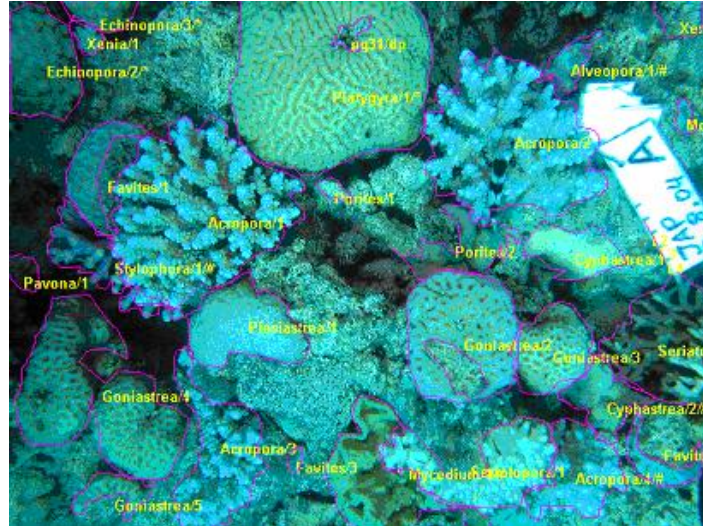
שטח האלמוגים ניתן ביחידות pixel מכיוון שכיול השטח לסמ"ר נמצא לא מדויק עקב הבדלי הגובה של מושבות יחסית למצלמה. קנה מידה מקורב למדידות השטח: $1\text{cm}^2=2\text{kp}=2,000\text{pixels}$. שינויים בשטח ניתנים באחוזים וכך מנוטרלים הבדלי הכיול והטופוגרפיה בין המושבות.

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 מאפייני של אחוזי כיסוי, מגוון או שכיחות מינים בכלל השטח. כוחו של הסקר המצולם, המסתמך 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 ב20: אתרי הסקר המצולם לאורך חופי אילת (מסומנים בירוק).

Figure B20: Sites of the photo-survey of coral reefs along the Eilat coastline (green markers).



איור ב21: צילום חוזר מאתר קבוע בשונית שמורת האלמוגים. למעלה 2004, למטה 2005. בין השנייהם 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 B21: 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.

תוצאות

השנה הראשונה בוצע עיבוד התמונות מנקודות הצילום הקבועות בעזרת תכנת GIS בסביבת עבודה אשר נבנתה והותאמה לצרכי ניטור האלמוגים מצילומים קבועי מקום על ידי יחידת ה-GIS של האוניברסיטה העברית (תיכנות על ידי - עדי בן-נון וטלי אבירם). התמונות אשר צולמו השנה עברו דיגיטציה באמצעות ה-GIS והוחל בבניית מסד נתוני GIS אשר בו כל נקודה מהווה קובץ אשר השנים העוקבות בו הן שכבות GIS הכוללות את כל המידע הנלווה. בטווח הארוך מעבר זה יאפשר לתכנית הניטור להתמודד עם שפע הנתונים המתקבל מהצילומים, אשר מהווה נדבך משלים חשוב ביותר לסקרים האקולוגים באמצעות חתכי הקו.

עקב העבודה הרבה הכרוכה ביצירת מסד הנתונים ב-GIS, והעובדה שזו"שנת בנייה והרצף למערכת, תמונות מהשנים הקודמות לא הוסבו עדיין למסגרת החדשה. הסבת מאות התמונות אשר נאספו בשש השנים הקודמות ל-GIS היא משימה הדורשת שעות עבודה רבות ולא תבוצע עד שסביבת העבודה תגיע למצב אופטימלי. על כן, נתוני השנה עובדו יחד עם נתוני השנים הקודמות באמצעות גיליונות חישוב וההשוואות המוצגות בלוח השנה פחות מפורטות מאלו של השנים הקודמות. על פי התכנון, בניית המערכת והעברת תמונות מהשנים הקודמות תושלם במהלך שנת 2011, ולוח השנה הבאה יכלול ניתוח מפורט של נתוני כל השנים יחדיו.

במהלך שנת 2010 נותחו 101 תמונות לצורך השוואה עם השנים הקודמות (טבלה ב5). בסך הכל נספרו 2341 מושבות מכל הסוגים (לעומת 2157 ב-96 תמונות בשנה הקודמת), מתוכן 1901 מושבות אלמוגי אבן. שטחן של 1227 מושבות אלמוגי אבן נמדד לצורך השוואת שטחים בין השנים.

בכל האתרים המצולמים מספר מושבות האלמוגים הלא-מעונפים (גושיים, מרפדים, סוליטריים וכו') גדול מאד ביחס לאלמוגים מעונפים (1520 לעומת 381). המספר הגדול ביותר של מושבות מכל הסוגים נסקר באתר המכון הבינאוניברסיטאי (733 מושבות השנה, לעומת 599 בשנה הקודמת) ומספר המושבות הקטן ביותר נסקר באתר החוף הצפוני. צפיפות מושבות גבוהה ביותר (כ-36 מושבות, מתוכן כ-29 אלמוגי אבן, בתמונה) נמדדה באתר המכון, ובחוף הצפוני כ-14 מושבות בלבד מכל הסוגים. שטח אלמוגי האבן הגדול ביותר נסקר באתר טאבה. יש לזכור כי מספר התמונות אינו שווה בין האתרים, וגם משתנה מעט בין שנה לשנה בהתאם למצב חצובות הצילום.

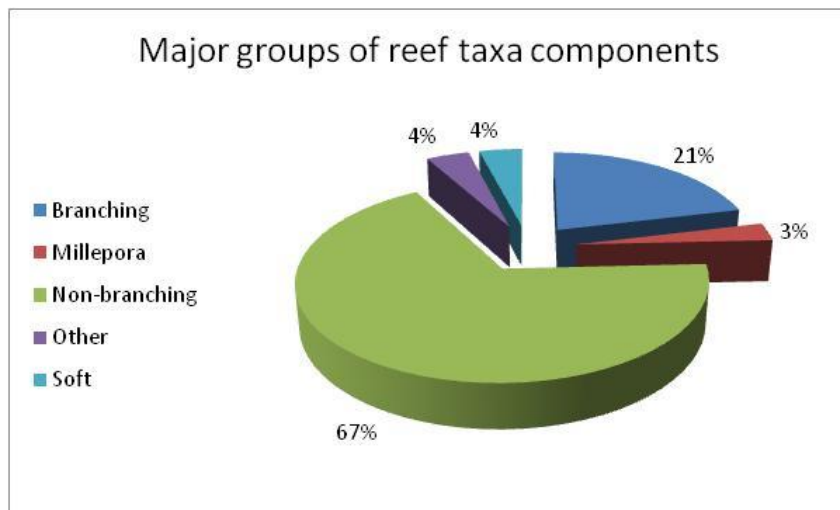
מספר מושבות האלמוגים המעונפים קטן בערך פי 4 ממספר המושבות של לא-מעונפים, ושטח האלמוגים המעונפים קטן פי 2.5 מזה של הלא-מעונפים.

Site	No. of Photos	Branching stony corals		Non-branching stony corals		All colonies (stony, millepora, soft, other)	
		No. of colonies	Area [k-pixels]	No. of colonies	Area [k-pixels]	No. of colonies	Area [k-pixels]
NB	12	22 (18)	1063 (779)	134 (89)	13038 (4236)	172 (116)	15467 (5543)
Dekel	19	51 (13)	6820 (1960)	181 (84)	28350 (4638)	272 (118)	36788 (7700)
Katza	15	70 (33)	4896 (2113)	225 (161)	13942 (5213)	330 (220)	19291 (7549)
NR	16	91 (53)	12397 (4275)	205 (134)	12080 (6250)	382 (242)	27694 (13044)
IUI	20	95 (65)	5870 (2941)	482 (359)	10638 (8086)	733 (546)	17400 (11826)
Taba	19	52 (31)	11249 (1824)	293 (187)	27816 (9307)	452 (293)	43386 (12715)
Total	101	381 (213)	42295 (13892)	1520 (1014)	105865 (37732)	2341 (1535)	160025 (58376)

טבלה ב5: סיכום נתוני השטחים ומספר מושבות האלמוגים שנאספו בסקר הצילום בשנת הניטור 2010. "שטח מושבת אלמוגים" הוא שטח ההיטל המצולם שלה. נתוני שטחים נתונים בפיקסלים על מנת שניתן יהיה לבצע השוואה בין שנים עוקבות ולהימנע מבעיות של כיוול הצילומים לשטח "אמיתי". מחוץ לסוגריים מספר המושבות הכללי ובתוך הסוגריים מספר המושבות ששטחן נמדד לצורך חישובי צמיחה.

Table B5: Summary of the areas and number of corals surveyed in the 2010 photo-survey session. The “area” of a colony is its pictured area. Areas are given in pixels to allow for inter-annual comparisons and to avoid inaccuracies of calibration to “real” surface area. The out of brackets is the data for all colonies and within brackets is the data for colonies considered in “growth” calculations.

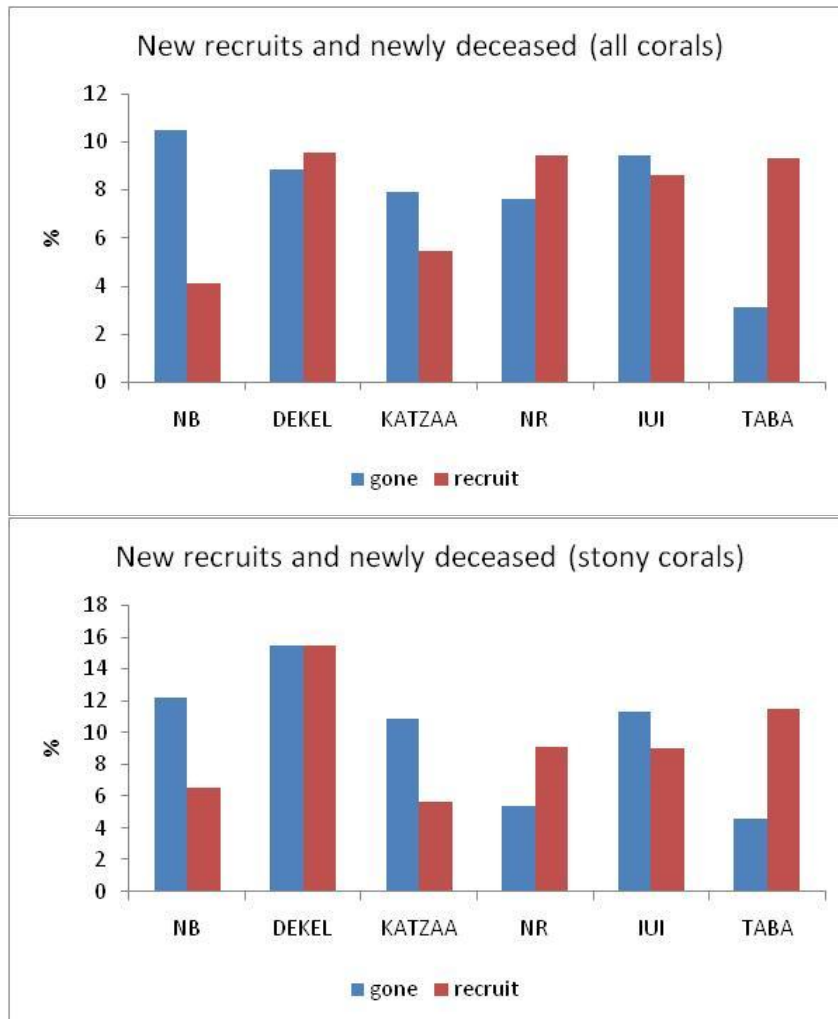
חברת השונית באתרים המצולמים מורכבת בעיקר מאלמוגי אבן (סה"כ כ- 88%) מתוכם 67% אלמוגים לא מעונפים ו-21% אלמוגים מעונפים. חלקם של האלמוגים הלא-מעונפים גדל השנה יחסית לחלקם של המעונפים (61%, 28% בהתאמה בשנה הקודמת). הקבוצה העיקרית הנותרת (כ- 4%, לעומת 6% בשנה הקודמת) מהווים אלמוגים רכים (איור ב22). ראוי להזכיר שבחירת השטחים המצולמים נעשתה שלא באקראי והייתה מוטה לטובת כתמי שונית עתירי אלמוגי אבן.



איור ב22: התפלגות הקבוצות העיקריות המרכיבות את חברת השונית באתרים המצולמים בשנת 2010, על פי אחוז השטח היחסי אותו הם תופסים.

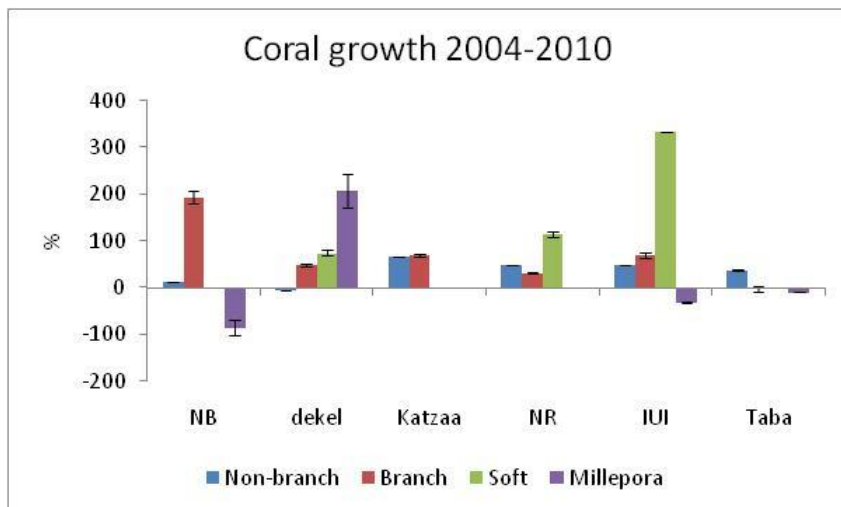
Figure B22: Distribution of the main taxa groups comprising reefs at the permanent photo-sites in 2010, according to the relative (percent) area which they occupy.

עודף (מספרי) של התיישבות על פני תמותת מושבות הן של אלמוגי אבן והן מכל הסוגים נמצא השנה באתרים טאבה, שמורת חוף אלמוג והדקל (איור ב23). בשאר האתרים נמצא עודף מספרי של תמותת על פני התיישבות (בשנה הקודמת נמצא עודף מספרי של תמותת מושבות באתרי השמורה וחוף צפוני). השוואות של יחס מספרי מול יחסי שטחים בין התיישבות ותמותת מושבות (דו"ח תכנית הניטור 2009) מלמדות כי השטח שאובד כתוצאה מתמותת גדול מהשטח שנוסף בהתיישבות גם באתרים בהם מספר המתיישבים גדול ממספר המושבות שמתו. בכל האתרים המושבות שגודלן 25,000 פיקסלים (25k-pixel: שטח של כ-40 סמ"ר, קוטר של כ-8 ס"מ) או פחות מהוות כ-66% מספרי מכלל מושבות אלמוגי האבן באתרים המצולמים.



איור 23: התיישבות ותמותה של מושבות אלמוגים מכל הסוגים (למעלה) ושל אלמוגי אבן (למטה) באתרים המצולמים בשנת 2010. על מנת לאפשר השוואה בין האתרים הנתונים מוצגים כאחוזים מכלל המושבות באתר. **Figure B23: Colony recruitment and death for all corals (top) and for stony corals only (bottom) at the photo-survey sites in 2010. To allow a comparison between sites the data are presented as percent of the total number of colonies at each site.**

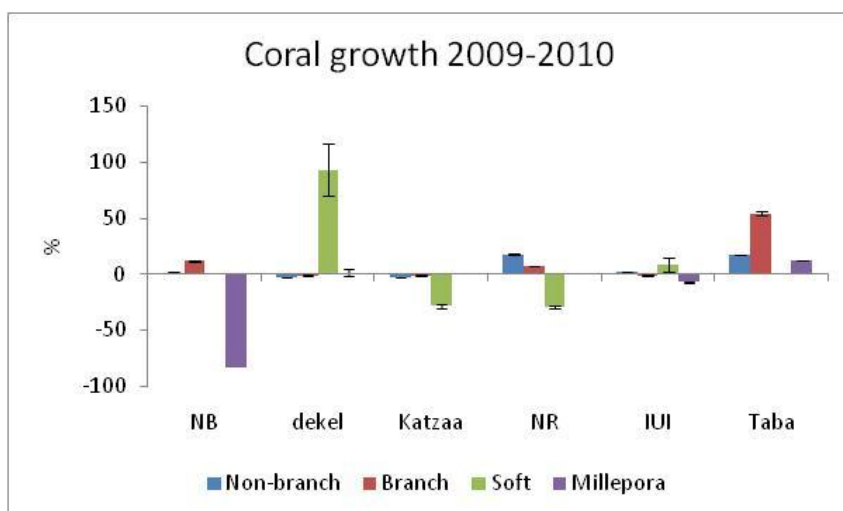
צמיחה של מושבות אלמוגים ספציפיות מאז שנת 2004 נמדדת על ידי השוואת שטח מושבות האלמוגים המופיעות הן בסדרת הצילומים של 2004 והן בצילומי השנה הנוכחית. השינויים הגדולים ביותר נמצאו כמובן בקבוצת האלמוגים הרכים ואלמוגי האש (*Millepora*) להם קצב צמיחה גדול ביותר (איור ב-24). קבוצות אלה מראות צמיחה רבה בעיקר באתר חוף הדקל, ו-IUI. מבין אלמוגי האבן צמיחת אלמוגים מעונפים נמדדה מאז שנת 2004 בכל האתרים המצולמים, מלבד טאבה, ללא שינוי, ובמידה רבה יותר מצמיחת אלמוגי אבן שאינם מעונפים (לאלמוגים המעונפים קצב צמיחה גבוה יותר). יחד עם זאת, גם האלמוגים הלא-מעונפים מראים בסך הכל צמיחה מאז שנת 2004 בכל האתרים מלבד בחוף הצפוני. יש להסתייג ולהזכיר כי אלמוגים אשר חלו מאז 2004 ומתו לא יופיעו בחישוב זה מכיוון שלא נמצאים בצילומי 2010. כך לאורך זמן המדידה מוטה לכיוון אלמוגים חזקים וגדולים. פירוט של השינויים משנה לשנה, כפי שנעשה בדו"ח הניטור 2009, נותן תמונה אמינה יותר של צמיחת אלמוגים והראה כי אין מגמות ברורות של צמיחה או דעיכה באתרים המצולמים בשנים 2004-2009. בשנה הבאה, לאחר שתושלם העברת כל הנתונים למערכת ה-GIS נוכל לשוב ולבחון את מצב הצמיחה משנה לשנה.



איור ב24: למעלה – סיכום צמיחת אלמוגים מכל הקבוצות מאז 2004 באתרים המצולמים. צמיחת אלמוגים היא ההפרש בשטח המושבות אשר קיימות ושיטחן ניתן למדידה בשנים 2004 ו-2010, חלקי שיטחן בשנת 2004, וניתנת באחוזים.

Figure B24: Top – growth of corals between 2004 and 2010 at the photo-sites. Growth is the difference in area of colonies found and measured at each photo in both years, divided by their area in 2004 and given as percent change.

במבט על השנתיים האחרונות, צמיחת מושבות אלמוגים ספציפיות מאז סקר השנה הקודמת מראה שמושבות אלמוגי אבן גדלו באתרים טאבה, השמורה, והחוף הצפוני, ובאתרי הדקל וקצא"א הייתה ירידה בשטחן של מושבות ספציפיות (איור ב25). באתר IUI השינויים קטנים אך ישנה עליית-מה באלמוגים לא-מעונפים וירידת-מה במעונפים. השינויים הגדולים הם גידול מושבות אלמוגים רכים באתר חוף הדקל וירידה במושבות אלמוגי האש בחוף הצפוני. ההבדלים בין הצמיחה 2004-2010 ובין הצמיחה 2009-2010 מלמדים כי אכן מבט על כל התקופה מוטה לטובת מושבות "חזקות".



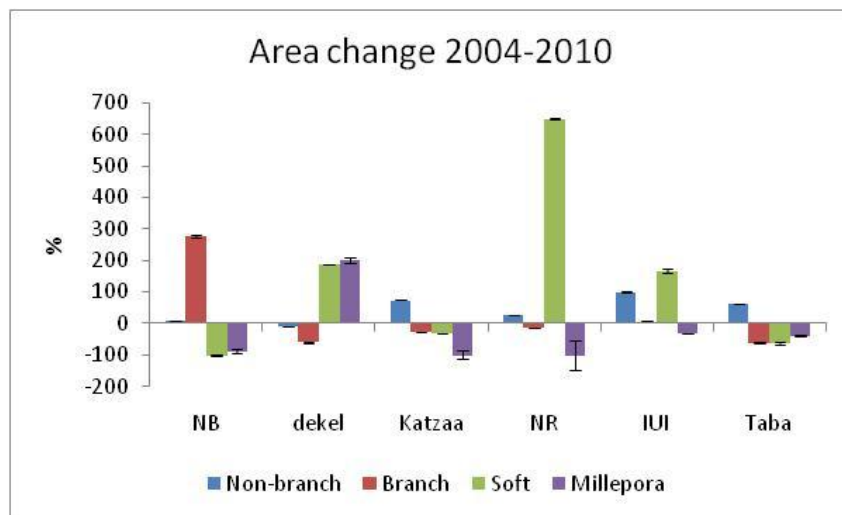
איור ב25: סיכום צמיחת אלמוגים מכל הקבוצות בשנה האחרונה באתרים המצולמים. צמיחת אלמוגים היא ההפרש בשטח המושבות אשר קיימות ושיטחן ניתן למדידה בשנים 2009 ו-2010, חלקי שיטחן בשנת 2004, וניתנת באחוזים.

Figure B25: Growth of corals in the past year at the photo-sites. Growth is the difference in

area of colonies found and measured at each photo in both years (2009 and 2010), divided by their area in 2009 and given as percent change.

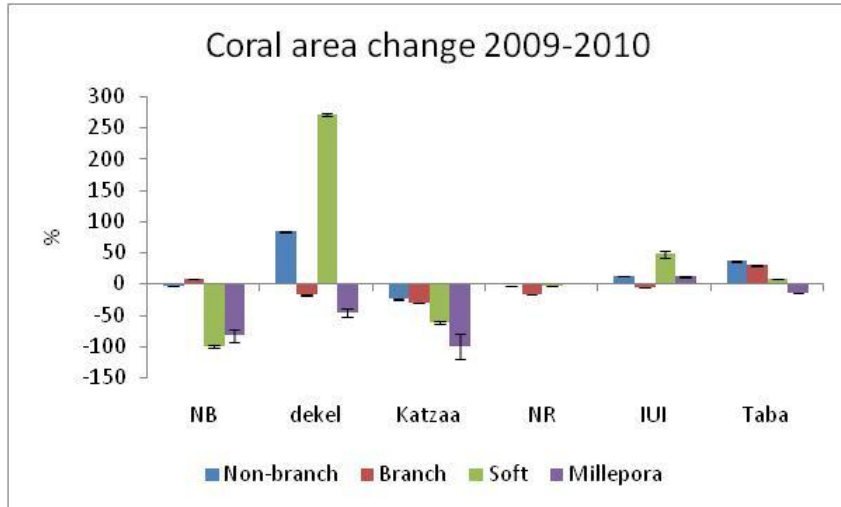
שינויים בשטח החי של אלמוגים מכל הסוגים (כולל תמותה והתיישבות), להלן "השינוי בשטח", מחושב על ידי חיסור סך השטח הנמדד בתמונות 2010 מסך השטח אשר נמדד בשנת 2004 בה נעשתה סידרת הצילומים הראשונה עבור אותן תמונות. המספר הרב של מושבות באנליזה זו גורם לכך שתנועות אקראיות של המצלמה בין השנים מבטלות זו את זו. יחד עם זאת ראוי לזכור כי בעוד שחישוב "הצמיחה" (איורים 24, 25) מתייחס לאותן מושבות המופיעות במלואן בשתי סדרות הצילום, כאן אין בהכרח צימוד שכזה. השינויים בשטח האלמוגים הרכים ואלמוגי האש גדולים, בדרך כלל, מהשינויים בקבוצות אלמוגי האבן (איור 26). גידול מירבי היה בשטח אלמוגים רכים באתר השמורה. גידול בשטחם של אלמוגי אבן נמצא באתרים טאבה, IUI, השמורה וקצא"א עבור אלמוגים לא-מעונפים, ובאתר החוף הצפוני עבור אלמוגים מעונפים. בשל המהירות הגדולה בה מתפשטים אלמוגים רכים ואלמוגי אש ביחס לאלמוגי אבן, גידול בשיטחן של קבוצות אלה (אתרי חוף הדקל, השמורה, ו-IUI) עשוי להצביע על "כיבוש" שטח שונית מידי אלמוגי האבן ועל כן אינו בהכרח סימן לבריאות השונית.

גם במבט על סך השינויים בשטח אלמוגים מתגלים הבדלים בין השנה האחרונה לסך התקופה 2004-2010. בשנה האחרונה נמצא גידול בשטח אלמוגי האבן הלא-מעונפים באתר טאבה, לעומת ירידה מאז 2004, ובקצא"א נמצאה בשנה האחרונה ירידה בשטח כל הקבוצות, למעט אלמוגים לא-מעונפים (איור 27).



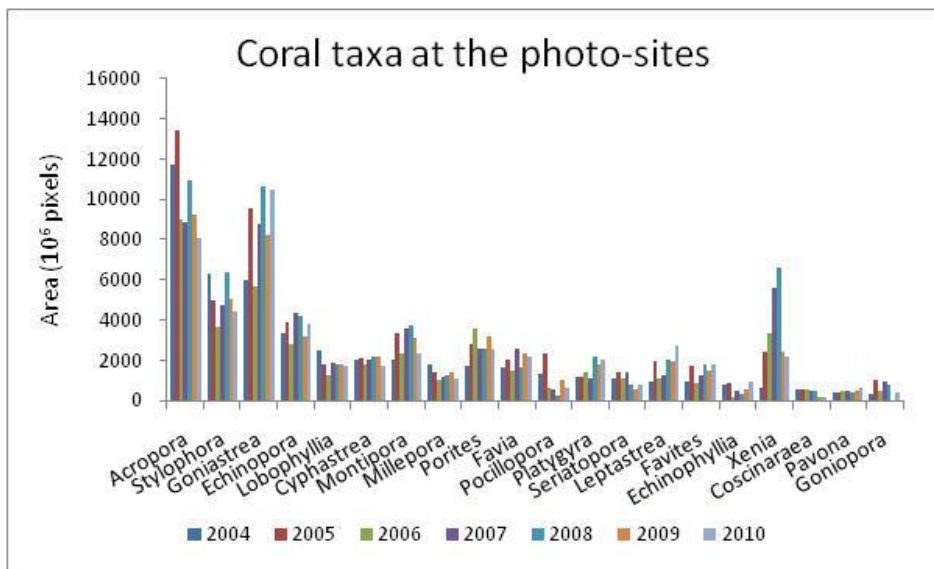
איור 26: השינוי הממוצע בסך שטח האלמוגים בכל אתר. שינויי שטח מחושבים כהפרש שטח האלמוגים מאותה תמונה בין השנים 2004 ו-2010 חלקי שטח האלמוגים בשנת 2004, וניתן באחוזים.

Figure B26: The average change in live cover for each site. Area changes are the difference in colony area between colonies of a single site between the 2004 photo and the 2010 photo, normalized by the colony area of the 2004 and given as percent change.



איור ב27: השינוי הממוצע בסך שטח האלמוגים בכל אתר בשנה האחרונה. שינויי שטח מחושבים כהפרש שטח האלמוגים מאותה תמונה בין השנה הנוכחית לשנה הקודמת חלקי שטח האלמוגים בשנה הקודמת, וניתן באחוזים. Figure B27: The average change in live cover for each site in the past year. Area changes are the difference in colony area between colonies of a single site between photos of this year and the previous year, normalized by the colony area of the previous year and given as percent change.

מבנה חברת האלמוגים באתרים המצולמים לא השתנה באופן ניכר בשנות הניטור, ובמרבית המקרים ערכי השנה נמצאים בטווח הערכים הנצפה בשנות הניטור הקודמות (איור ב28). האלמוג העיקרי (מבחינת שטח) בשנת 2004 היה *Acropora* אולם השנה היה חלקו היחסי הנמוך ביותר בשנות הניטור והאלמוג *Goniastrea* תפס שטח נרחב יותר באתרים המצולמים. מצב דומה היה גם בשנת 2008.



איור ב28: עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר (לפי שטח) בסדרות הצילום 2004-2010. Figure B28: The twenty most abundant corals (by area) in the 2004-2010 photo-surveys.

סיכום

מושבות אלמוגים שצולמו על ידי תכנית הניטור הן בשנת 2004 והן בשנת 2010 מראות צמיחה נטו בפרק הזמן הזה, ברוב האתרים. הדבר נכון עבור כל קבוצות האלמוגים מלבד אלמוגי האש בחוף הצפוני וב-IUI.

יש להסתייג ולהזכיר כי אלמוגים אשר חלו ומתו מאז 2004 לא יופיעו בחישוב זה מכיוון שלא נמצאים בצילומי 2010. כך לאורך זמן המדידה מוטה לכיוון אלמוגים חזקים וגדולים. פירוט של השינויים משנה לשנה, כפי שנעשה בדו"ח הניטור 2009, נותן תמונה אמינה יותר של צמיחת אלמוגים והראה כי אין מגמות ברורות של צמיחה או דעיכה באתרים המצולמים בשנים 2004-2009. בשנה הבאה, לאחר שתושלם העברת כל הנתונים למערכת ה-GIS נוכל לשוב ולבחון את מצב הצמיחה משנה לשנה.

שינויים בשטח האלמוגים כוללים הן את הצמיחה, הן תמותת אלמוגים והן התיישבות של אלמוגים חדשים. באתרים קצא"א, IUI והחוף הצפוני נספרו יותר מושבות שמתו בשנה האחרונה מאשר מושבות חדשות שהתיישבו. בשאר האתרים היה עודף של התיישבות על תמותה בנקודות הצילום הקבועות. לרוב השטח האובד על ידי תמותה גדול מהשטח הנוסף על ידי התיישבות מכיוון שהתיישבות היא בהכרח של אלמוגים קטנים ואילו תמותה עשויה לפגוע הן במושבות קטנות והן במושבות גדולות. שינויים בשטח אלמוגי אבן מאז 2004 קטנים בכל האתרים מלבד אתר החוף הצפוני בו נמצאה עלייה ניכרת בשטח האלמוגים המעונפים, והאתר קצא"א, השמורה IUI וטאבה בהן נרשמה עלייה קטנה בשטחם של האלמוגים הלא-מעונפים.

לא נמצאו שינויים משמעותיים במבנה חברת האלמוגים, הן בהרכב גודל המושבות והן בהרכב המינים. גודל המושבות הנפוץ ביותר באתרים המצולמים הוא בעל קוטר קטן מכ-8"מ.

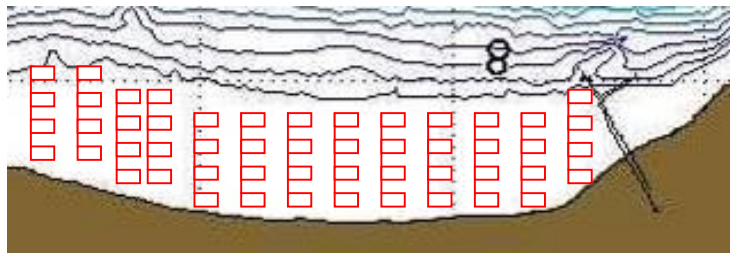
3.ב. חברת האלמוגים בלגונת שמורת האלמוגים

מטרה

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

שיטות

מרכיבי חברת השוניות 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 בשיטה סדורה לאורך סרט מדידה שנפרש בניצב לחוף (להלן "קו דגום") ממרחק של 9 מ' מקו החוף ועד לשולחן השוניות במרווחים של 5 מטרים זה מזה. "קו החוף" מוגדר כקו הברור בו מתחילה חשיפה של סלעי החוף (beach rock). בכל קו דגום נספרו עד ששה ריבועים, על מנת להימנע מספירת אלמוגים בגב השונית או מהטיה הנובעת מהבדלים ברוחב השונית. בסה"כ כלל הסקר השנה 102 מטרים רבועים ב-17 קווי דגום 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 ב29). 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 ב29: תיאור מערך הדיגום של חברת האלמוגים בלגונת 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 השוניות (קו דגום). כל קו דגום כלל בין 5 ל-6 ריבועים, (על אף שבאיור מפורטים רק 4 לכל חתך). סה"כ בוצעו 17 קווי דגום בשטח הבלגונה (102 ריבועי דגום).

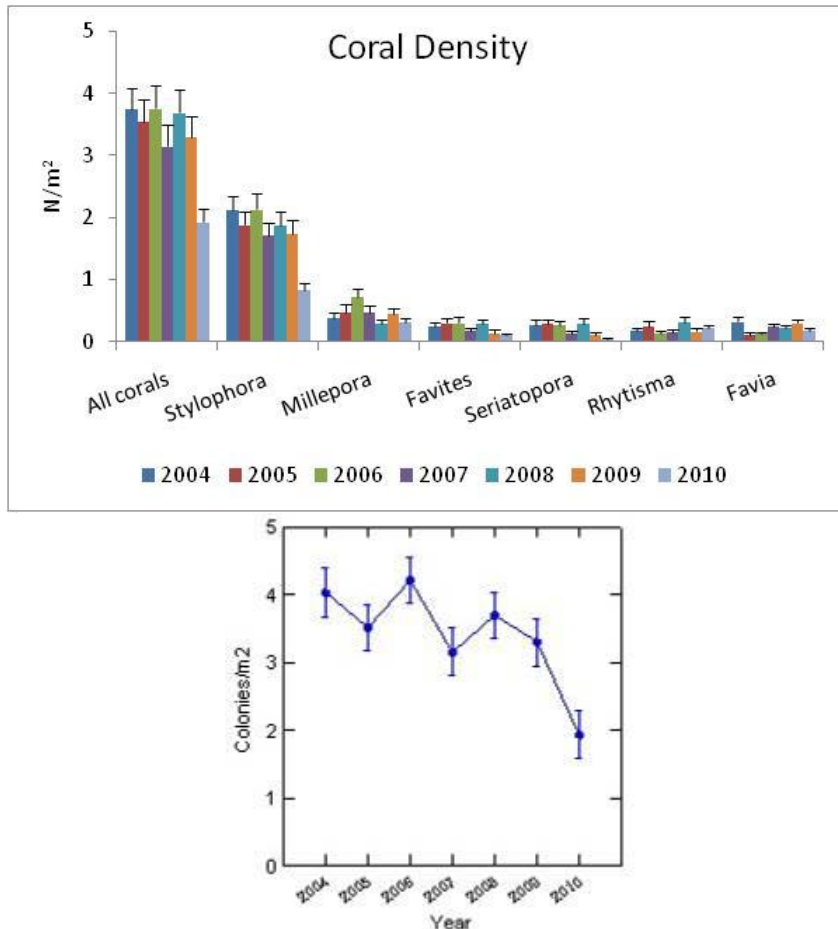
Figure B29: The sampling design in the lagoon. 1 m² quadrates (red circles) were placed 5 m apart along a measuring tape laid cross shore, 9 m from the "shore line" to the reef table. Each cross shore line included 5 or 6 quadrates (though in this figure only 4 are depicted). 17 cross-shore lines were evenly spread to cover the lagoon area (totaling 102 quadrates).

תוצאות

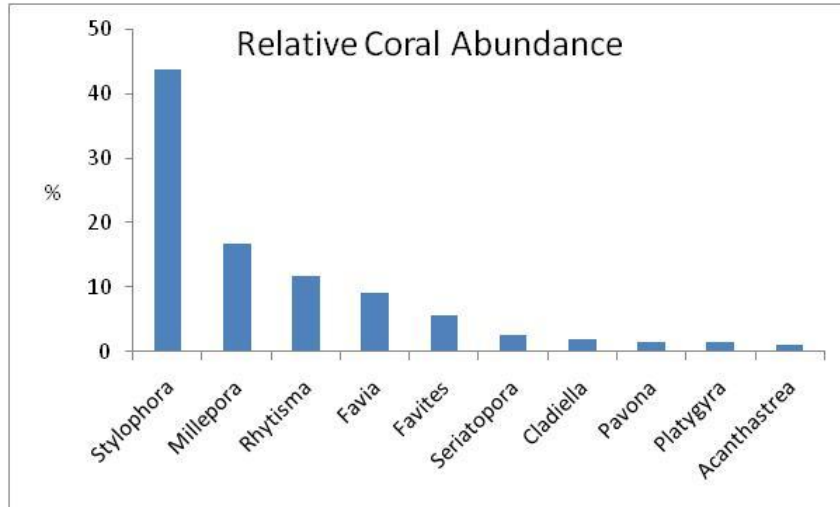
השנה נמצאה ירידה דרמטית במספר מושבות האלמוגים בלגונה. ב-102 הריבועים שנסקרו בלגונה נספרו סה"כ 168 מושבות של אלמוגי אבן (לעומת 310 בשנת 2009 ו-322, 288 בשנים 2008 ו-2007 בהתאמה). המושבות מייצגות 14 סוגים של אלמוגי אבן. בנוסף נמצאו 29 מושבות אלמוגים רכים מ-4 סוגים, דומה לשנה הקודמת אך הרבה פחות מאשר בשנת 2008 בה נספרו 51 אלמוגים רכים. הירידה הגדולה במספר המושבות ניכרת בעיקר באלמוג העיקרי בלגונה - *Stylophora pistillata* - אשר ממנו נספרו השנה רק 86 מושבות, בהשוואה ל-178 בשנה שעברה.

עד לשנת הניטור הנוכחית נצפו רק שינויים קלים בצפיפות המושבות העיקריות בלגונה, אולם השנה ירדה צפיפות האלמוגים באופן דרמטי (איור ב30). הירידה העיקרית בצפיפות האלמוג הנפוץ ביותר, *Stylophora*, ממנו נספרו השנה רק חצי ממספר המושבות שנמצאו בשנה הקודמת משפיעה, כמובן, על סך הצפיפות כיוון שאלמוג זה מהווה למעלה מ-40% מכלל המושבות בלגונה. הירידה הגדולה בצפיפות מושבות

האלמוגים השנה היא מובהקת (מבחן ANOVA). צפיפות האלמוגים הממוצעת בלגונה השנה: 1.93 לעומת 3.29 מושבות אלמוגים ביחידת דיגום (=מטר רבוע), צפיפות אלמוגי אבן ירדה מ-3.04 ל-1.65. שכיחות עשרה סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר (מהווים כ-95% מכלל המושבות) נתונה באיור ב31, וטבלה ב6 מציגה את הנתונים עבור כלל אלמוגי הלגונה.



איור ב30: השוואת הצפיפות הממוצעת (מושבות למטר רבוע) של האלמוגים העיקריים בלגונה בשנים 2004 - 2008. למעלה: לפי סוגי האלמוגים העיקריים, למטה: ההבדלים בין השנים אינם מובהקים (מבחן ANOVA).
Figure B30: The average density (colonies/square meter) of the dominant coral genera found in the lagoon in 2004 - 2008. Top: the dominant coral taxa, bottom: year to year changes are not statistically significant (ANOVA).



איור ב31: השכיחות היחסית (באחוזים, על פי מספר המושבות) של עשרה סוגי האלמוגים העיקריים בלגונה (מהווים 95% מכלל האלמוגים).

Figure B31: Relative abundance (by colony number) of the 10 most abundant coral genera in the lagoon (these total 95%).

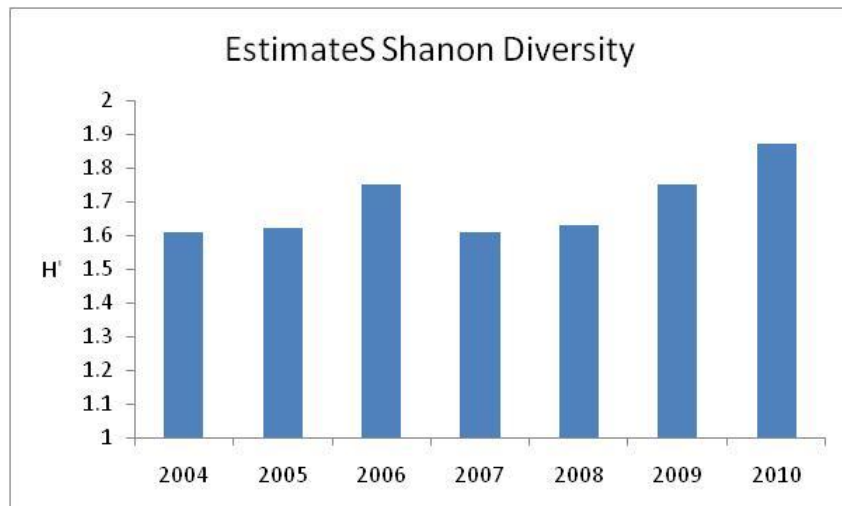
Species	N	Relative abundance (%)	N/m ²
<i>Stylophora</i>	86	43.65	0.84
<i>Millepora</i>	33	16.75	0.32
<i>Rhytisma</i>	23	11.68	0.23
<i>Favia</i>	18	9.14	0.18
<i>Favites</i>	11	5.58	0.11
<i>Seriatopora</i>	5	2.54	0.05
<i>Cladiella</i>	4	2.03	0.04
<i>Pavona</i>	3	1.52	0.03
<i>Platygyra</i>	3	1.52	0.03
<i>Acanthastrea</i>	2	1.02	0.02
<i>Gyrosmlia</i>	2	1.02	0.02
<i>Acropora</i>	1	0.51	0.01
<i>Alveopora</i>	1	0.51	0.01
<i>Cyphastrea</i>	1	0.51	0.01
<i>Litophyton</i>	1	0.51	0.01
<i>Montipora</i>	1	0.51	0.01
<i>Pocillopora</i>	1	0.51	0.01
<i>Sinularia</i>	1	0.51	0.01

טבלה ב6: מספר המושבות וצפיפותן הממוצעת (מספר מושבות למטר רבוע) של סוגי האלמוגים שנמצאו בלגונה.
Table B6: The number of colonies and average density (colonies per square meter) of the coral taxa found in the lagoon.

התפלגות המינים בלגונה נשארה דומה בין השנים (איורים ב30, ב31), האלמוג *Stylophora pistillata* עדיין הנפוץ ביותר בלגונה.

מגוון המינים המחושב לפי מדד Shannon-Wiener, לעומת זאת, מגיע השנה לערך הגבוה ביותר שנמדד במסגרת תכנית הניטור (איור ב32). ערך המדד (כפי שחושב באמצעות תכנת EstimateS) הוא 1.87, לעומת 1.75 בשנה הקודמת. אולם העלייה במגוון השנה נובעת במידה רבה מהירידה במספר מושבות המין

הדומיננטי בלגונה, האלמוג *Stylophora*, המהווה 51.2% מכלל מושבות אלמוגי האבן שנספרו. בעקבות ירידה זו ניתן משקל רב יותר למינים המצויים בכמות קטנה וכך נוצרת התפלגות מינים מאוזנת יותר. על סמך ניסיוננו בלגונה עובדה זו מהווה חריגה מהמצב "הרגיל" ולא ברור אם חריגה זו "טובה".



איור ב32: השינויים במגוון מיני האלמוגים (על פי מדד המגוון של Shanon-Wiener) בלגונה מאז 2004 כפי שהוערכו בעזרת תכנת EstimateS.

Figure B32: Changes in coral diversity in the lagoon since 2004, according to the Shanon-Wiener index, estimated using the EstimateS software.

דיון ומסקנות

עד לשנה הנוכחית הייתה חברת האלמוגים בלגונה יציבה למדי. השנה 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 אשר בעקבות הפגיעה באלמוג *Stylophora* הגיעה השנה לערכו הגבוה ביותר.

יתכן כי הירידה הניכרת בצפיפות האלמוגים בלגונה נגרמה עקב סערות דרומיות חזקות שפגעו בחורף השנה בכל האזורים הרדודים מכ-4 מטרים לאורך חלקו הצפוני של המפרץ.

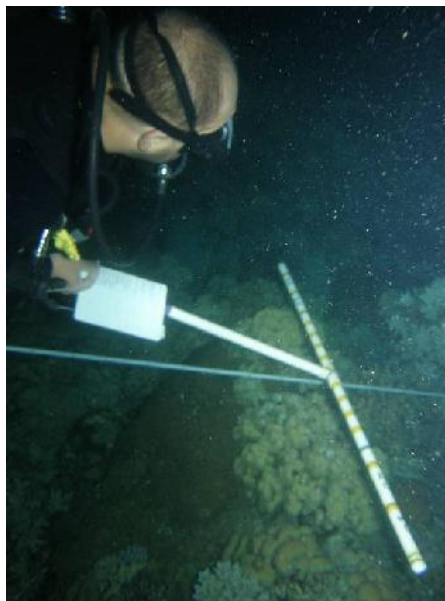
ב.4. דיגום חסרי חוליות

מטרה

אמדן 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 ב33). 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 (קווצי עור ורכיכות), מסווגים לפי סוג או משפחה.



איור ב33: 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 B33: Belt-transect survey of motile invertebrates: a diver holding a T-shaped stick passes along a measuring tape counting the individuals found under the cross-arm. This makes a sampling unit whose length is defined by the measuring tape and whose width by the 1 meter long cross-arm. Photo: Tomer Shaulov

תוצאות

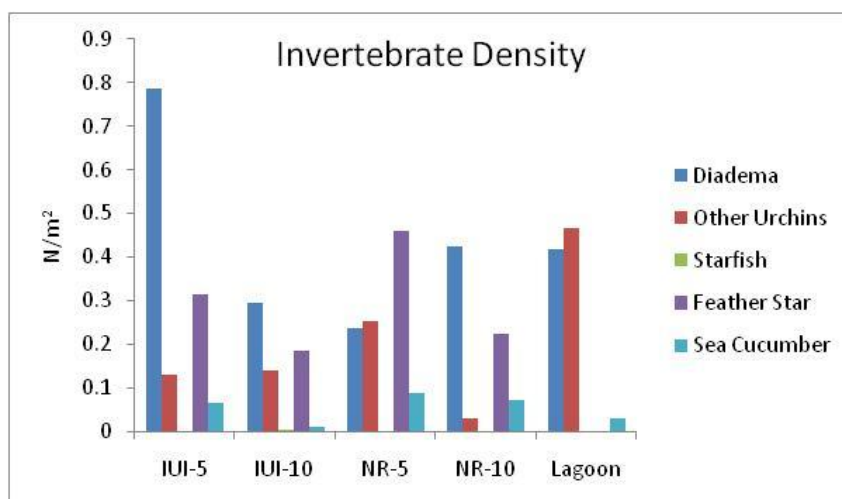
1800 מטרים רבועים נסקרו השנה בכל האתרים (IUI-5 ו-10, NR-5 ו-10, לגונת שמורת חוף אלמוג). התפלגות מספר הפריטים לפי סוגים בכל האתרים נתונה בטבלה ב7.

	IUI-5		IUI-10		NR-5		NR-10		Lagoon	
	Density	Number	Density	Number	Density	Number	Density	Number	Density	Number
Diadema	0.79	236	0.29	88	0.24	94	0.43	170	0.42	167
Other Urchins	0.13	39	0.14	42	0.25	101	0.03	12	0.47	187
Total Urchins	0.92	275	0.43	130	0.49	195	0.46	182	0.89	354
Starfish	0.00	1	0.01	2	0.00	1	0.00	1	0.00	0
Feather star	0.32	95	0.19	56	0.46	184	0.23	90	0.00	1
Sea Cucumber	0.06	19	0.01	3	0.09	35	0.07	29	0.03	12
M ² surveyed	300		300		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 34). הלגונה היא האתר היחיד בו נמצאו (במשולב) יותר פרטים של קיפודי ים מסוגים אחרים.



איור 34: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של חסרי חוליות ניידים באתרי הניטור בשנה הנוכחית.

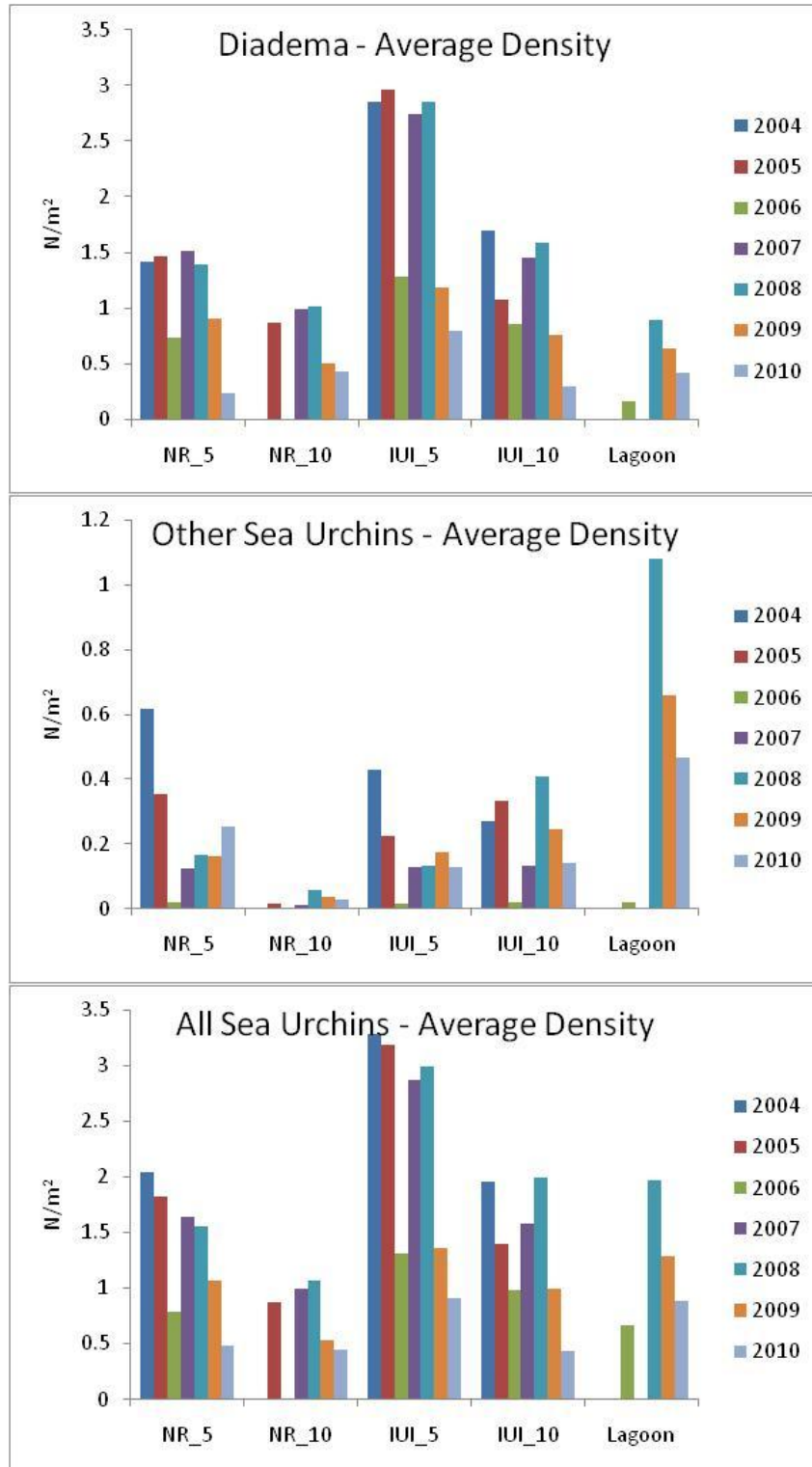
Figure B34: This year's average density (per m²) of mobile invertebrates at the sampling sites.

הצפיפות הגדולה ביותר של קיפודי ים מכל הסוגים נמצאה בלגונה, הצפיפות הגדולה ביותר של קיפודים מסוג *Diadema setosum* נמצאה גם השנה באתר אתר IUI-5. הקיפוד השני הנפוץ ביותר השנה הוא הקיפוד מסוג *Echinotrix*.

השנה מתועדת ירידה נוספת בצפיפות קיפודי הים באתרים הנסקרים, הנובעת בעיקר מירידה בצפיפות הסוג השכיח ביותר - *Diadema setosum*, אולם מלבד האתר 5-NR ירידה בצפיפות תועדה עבור כל הסוגים. עד לשנת 2007 תועדה עלייה בצפיפות קיפודי הים, אולם זו השנה השנייה בה אוכלוסיית קיפודי הים מצטמצמת באופן ניכר (איור 35). הערכים אשר נמדדו השנה ברוב האתרים עבור שכיחות קיפודי הים הם הנמוכים ביותר מאז תחילת הניטור ב-2004.

בצפיפות חבצלות הים ומלפפוני הים לא נמצאו שינויים מגמתיים (איור 36). באתרים הרדודים (עומק

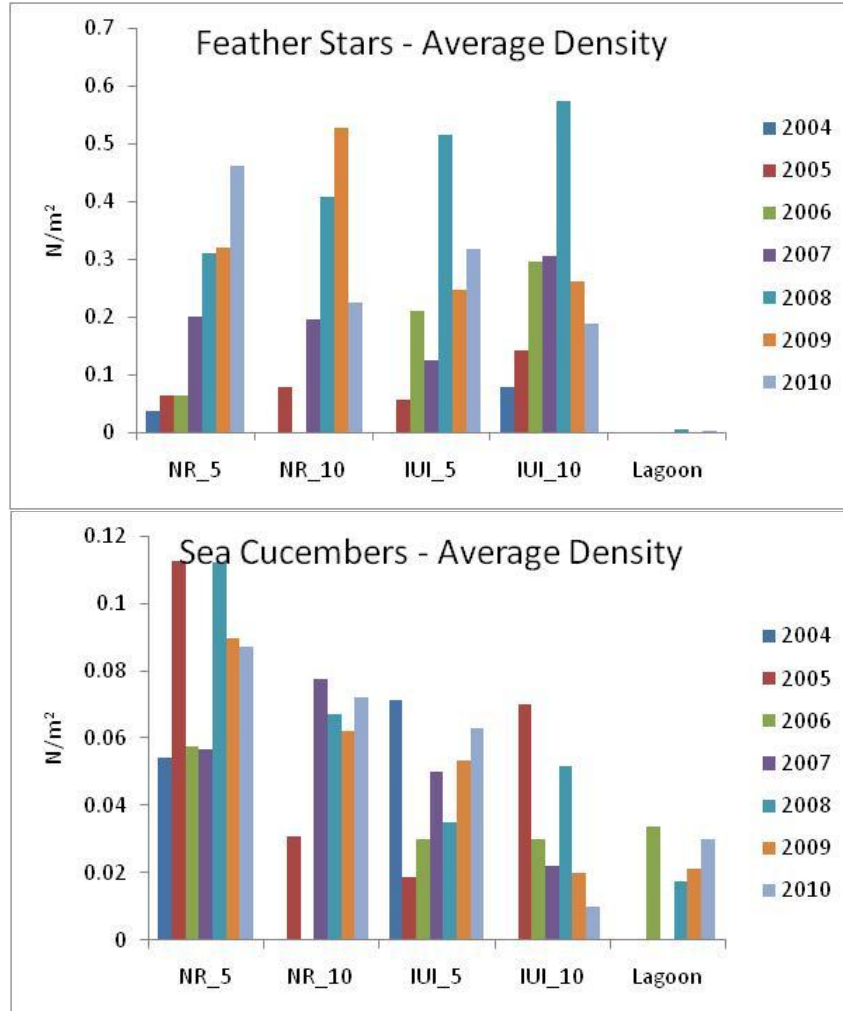
5 מ' נצפתה עלייה בצפיפותן, ובאתרים העמוקים (10 מ') ירידה. בלגונה כמעט ואין חבצלות ים. במלפפוני הים נראתה בדרך כלל עלייה קלה בצפיפות.



איור 35: 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 B35: The average density (individuals per m²) of *Diadema setosum* (top) other urchins (middle) and all sea urchins (bottom) at the sampling sites.



איור 36: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של חבצלות ים (למעלה) ומלפפוני ים (למטה) באתרי הניטור.
 Figure B36: The average density (per m²) of feather-stars (top) and Sea Cucumbers (bottom) at the sampling sites.

5. קצב גידול מאקרואצות בשונית

מטרה

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

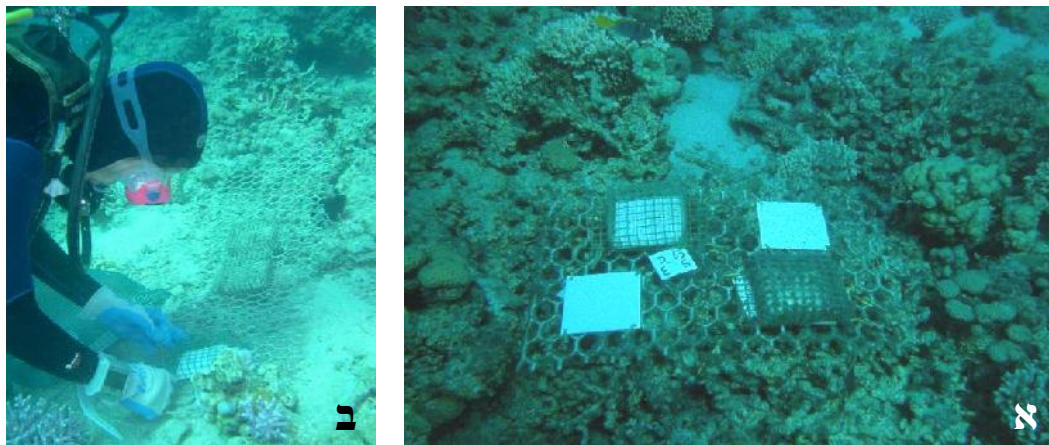
שיטות

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 ב37). 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 השהות של כל לוחית במים כחודשיים.

האצות מגורדות מהלוחיות שהוצאו מהמים ומסוננות על פילטר סיבי זכוכית GF/A. הפילטרים מושרים בתמיסת אצטון:מתנול (50:50) (v/v) למיצוי הפיגמנטים הפוטוסינתטיים המשמשים לאומדן מסת האצות. עצמת בליעת האור באורכי הגל המתאימים לפיגמנטים הפוטוסינתטיים (E664, E647, E630) נמדדת ב-Spectrophotometer ומשמשת לחישוב כמות ה- *chlorophyll a*, הפיגמנט העיקרי באצות אלה, בעזרת המשוואה:

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

הלוחיות המוגנות על ידי כלובי המתכת משמשות לאומדן כמות האצות הפוטוסינתטית, בכך שהכלובים מונעים רעייה של דגים, קיפודים, 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 ב37: 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 B37: A) Algae settlement plates. Two plates in the array are exposed to grazing by

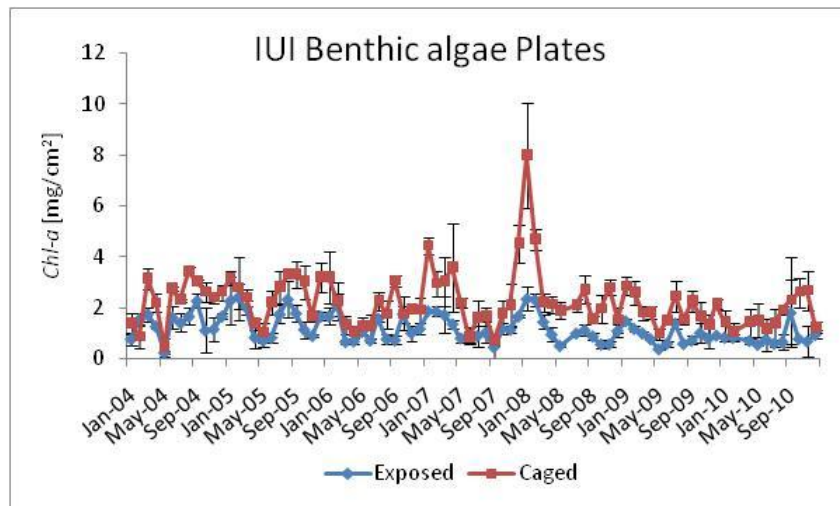
herbivores, and two are protected by a wire cage. Photo: Nitzan Segev (B) Every month divers replace the two settlement plates that have been in the sea for two months. Photo: Ruti Reef.

תוצאות

השנה נמדדו על גבי לוחיות מול המעבדה ערכי *chlorophyll-a* נמוכים, בדומה לערכי השנה הקודמת ובשונה מאלו הקודמים לשנת 2008 (איור ב38). הפריחה החזקה שנמדדה על גבי לוחיות מוגנות בחודשי החורף בשנים 2007-8, בהן היה ערבוב עמודת המים עמוק, לא נצפתה השנה. הערבוב השנה היה רדוד, בדומה לשנה הקודמת, ופריחת חורף חזקה לא התרחשה – עדות לקשר ההדוק בין נוטריינטים בעומק, ערבוב, ופריחת אצות בנתוניות על גבי מדרונות השונית.

פוטנציאל גידול האצות כפי שנאמד על סמך ריכוז הכלורופיל על גבי לוחיות מוגנות מרעה היה השנה אף נמוך מזה של השנה הקודמת. הריכוז הגבוה ביותר אשר נמדד השנה על גבי לוחיות מוגנות מרעה היה 2.66 mg/cm^2 בחודש נובמבר (לעומת 2.84 mg/cm^2 בחודש ינואר 2009, ו- 7.99 mg/cm^2 בינואר 2008). גם פריחת אצות על המדרונות, מחוץ ללוחיות לא נצפתה השנה.

גידול אצות בשונית בפועל נאמד על ידי ריכוז הכלורופיל על גבי לוחיות חשופות לרעיה. ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחיות חשופות לרעיה נותרו דומים לערכים של השנים הקודמות. הריכוז המרבי שנמדד השנה, בספטמבר, הוא 1.8 mg/cm^2 , לעומת 1.4 ביולי שנה שעברה. בשנת 2008 בה הייתה פריחה חזקה של אצות היה ריכוז הכלורופיל על לוחיות חשופות 2.36 mg/cm^2 בחודש ינואר, ערך שאינו גבוה בהרבה. נראה כי גם בהעדר פריחה ישנה כמות אצות מזערית אשר הרועים אינם מסוגלים לנצל. עובדה זו מעידה על כך שישנו ערך סף של כמות אצות אותו לא מסוגלים הרועים לנצל. תצפית זו תואמת גם לממצאים ממחקר ממוקד על רעיה בשונית אשר נתמך על ידי תוכנית הניטור ופורסם כנספח בדו"ח המדעי לשנת 2007. לאור השינויים הגדולים אשר נמדדו בסקר קיפודי הים בשנים האחרונות – צפיפות גבוהה בשנים 2007 ו-2008 וירידה חדה בצפיפות בשנתיים האחרונות (תת-פרק ב.4 למעלה) – יתכן כי התפתחות אוכלוסיית הקיפודים מוגבלת על ידי כמות האצות הבנתוניות באזור השונית.



איור ב38: 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).

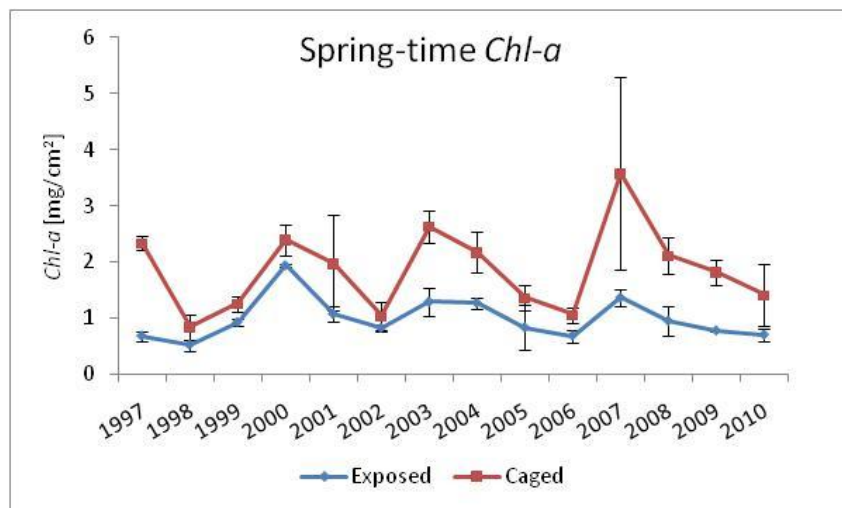
Figure B38: Average chlorophyll *a* on exposed (diamonds) and caged (squares) settlement plates since 2004. Each point represents one month (calculated as an average of three plates submerged in the sea for two months).

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 נתונה

(איור ב39). ישנה מחזוריות בפוטנציאל הגידול של אצות (לוחות מוגנות מרעיה) אולם זו אינה סדורה. השנים בהם פוטנציאל הגידול היה נמוך ביותר הן 1998, 2002, 2006. על אף הערבוב הרדוד זו השנה השנייה ברציפות, פוטנציאל הגידול השנה (1.41 mg/cm^2) עדיין גדול משמעותית מהערכים שנמדדו בשנים אלה.

שינויים גדולים בכמות האצות באותה עונה בשנים עוקבות מצביעים על כך שכמות האצות מושפעת ממספר תהליכים בנוסף לרעייה. 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 ו-2003 ומצביעים על עומק הערבוב כגורם מרכזי המשפיע על פריחת האצות. בשנתיים האחרונות בהן היה הערבוב רדוד כמות האצות הבנתונית באזור השונית נמוכה יחסית לשנים בהן היה הערבוב עמוק בהרבה.

בכל שנה כמות האצות על גבי לוחיות החשופות לרעייה קטנה מהפוטנציאל המגולם בלוחיות המוגנות. ברוב המקרים (יוצא מן הכלל שנת 2000) 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.



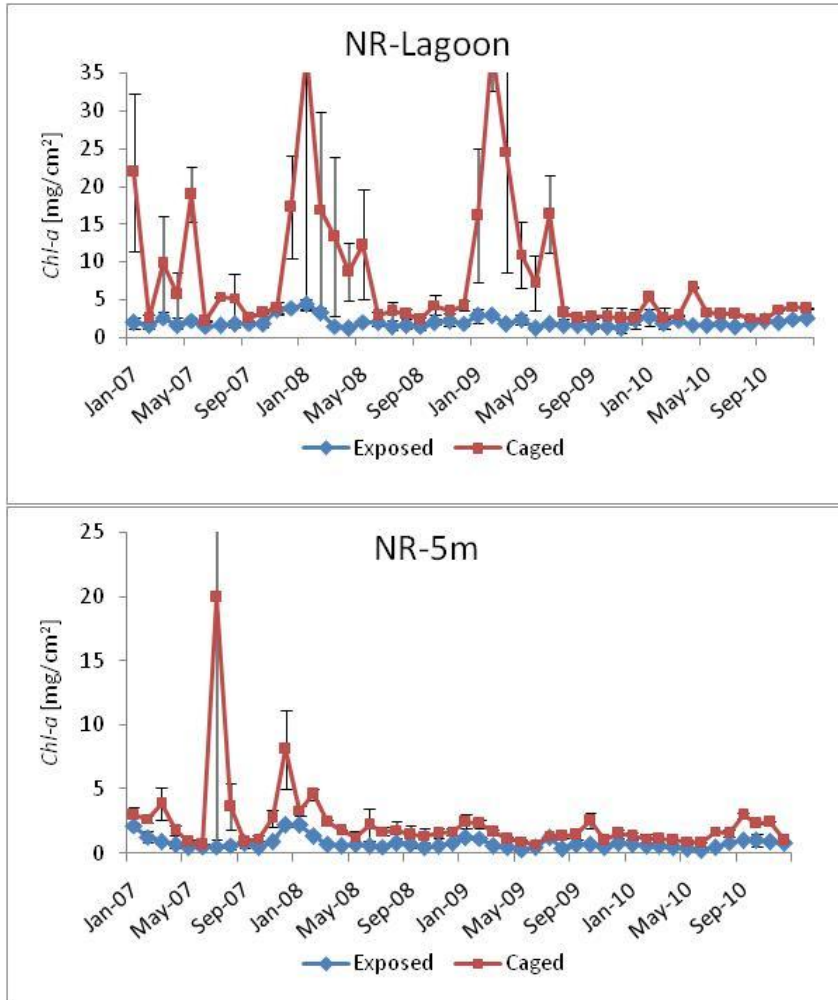
איור ב39: ממוצע כמות Chlorophyll a בחודשי האביב (מרץ-אפריל) על-גבי לוחית חשופות ומוגנות בכלובים, החל משנת 1997. כל נקודה היא ממוצע של שלוש לוחיות ששהו בים חודשיים.

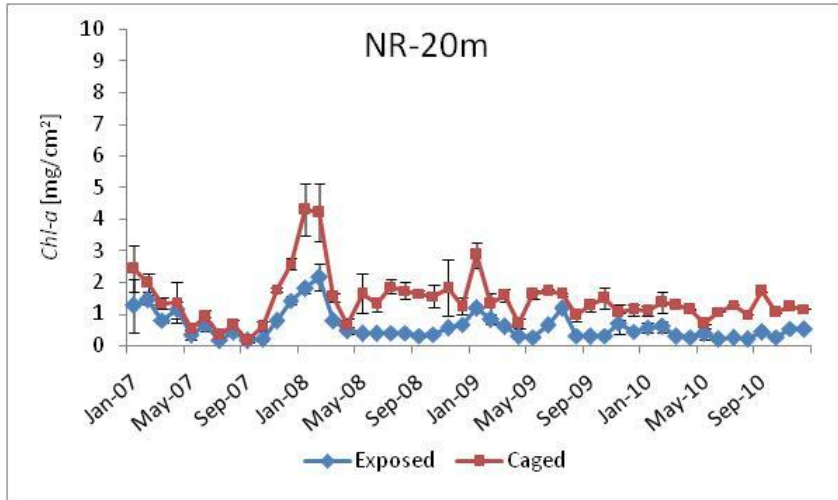
Figure B39: Average chlorophyll a during the months April-May on exposed and caged settlement plates since 1997. Each point is an average of three plates submerged in the sea for two months.

מאז שנת 2007 נמדדת התיישבות אצות צמודות-מצע בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג, בשלושה עומקים המייצגים שלוש סביבות שונות (איור ב40). 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, והקרקע החולית אינה יציבה ועשויה לכסות את לוחיות התיישבות. 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 שבעומקים גדולים יותר. על גבי הלוחיות החשופות בלגונה, לעומת זאת, ריכוז הכלורופיל (אצות) אינו שונה באופן משמעותי מאשר בעומקים אחרים, עדות לכך שפעילות הרועים בלגונה מצליחה להתמודד גם עם פוטנציאל גבוה זה. בלגונה נצפו בשלוש שנות הניטור שתי פריחות עונתיות: פריחת חורף (ערכים גבוהים ביותר, בחודש פברואר) ופריחת אביב. השנה לראשונה נמצאה ירידה משמעותית בפוטנציאל הגידול של אצות בלגונה, והערכים נמוכים בהרבה מאלה של השנה הקודמת אשר גם בה היה

ערבוב רדוד (6.6 mg/cm^2 באפריל השנה לעומת 16.3 mg/cm^2 בשנה הקודמת). מערכי הלוחיות בעומק 5 מ' מוצבים על גבי סלע שונית המונע כיסוי בחול. גם כאן נמצאו חודשים בהם אחד הכלובים המגינים על הלוחיות מרעייה התמלא לגמרי באצות. במקרים אלה התקבלו ערכי כלורופיל גבוהים מאד – ושגיאות תקן גדולות. במפתיע לא נמדדה פריחת אצות בחורף 2007, וריכוז הכלורופיל הגבוה ביותר נמדד בקיץ 2007. כפי שנמצא במדרון מול המעבדה, ריכוזי הכלורופיל בקדמת השונית בשמורה בשנים 2007 ו-2008 היו הגבוהים ביותר בתקופה המנוטרת. גם באתר זה נמצא שרעייה מצליחה לווסת את צמיחת האצות וריכוז הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות נותר נמוך. השנה פוטנציאל גידול האצות המוערך בשמורה בעומק 5 מטרים גבוה מעט מזה של השנה הקודמת (2.95 mg/cm^2 בספטמבר השנה לעומת 2.54 mg/cm^2 באוקטובר 2009).

ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחיות בעומק 20 מ' נמוכים יותר מאשר באתרים הרדודים, עם שיאים בעיקר בחורף. בדומה לעומק 5 מ' הפוטנציאל בקיץ השנה גבוה מעט מאשר בשנה הקודמת, אולם בעומק זה חסר לגמרי השנה שיא של חורף (1.35 mg/cm^2 בפב' השנה לעומת 2.85 mg/cm^2 בינואר 2009). בסך הכל ריכוזי הכלורופיל בעומק דומים השנה לאלה של השנה הקודמת ונמוכים מאלה של 2007-8. אם כי בקיץ 2007, אחרי הערבוב העמוק, נמדדו הריכוזים הנמוכים ביותר. גם בעומק 20 מ' פעילות הרועים מורידה את ריכוז הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות, ובחודשי הקיץ ריכוז הכלורופיל עליהן נמוך מ- 1 mg/cm^2 .





איור ב40: 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 B40: 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. מעקב אחר מצב הדגה בשונית משמש הן לצורך ניטור קבוצה זו של שוכני שונית והן לצורך זיהוי מצבים העשויים לפגוע בחברת השונית כולה.

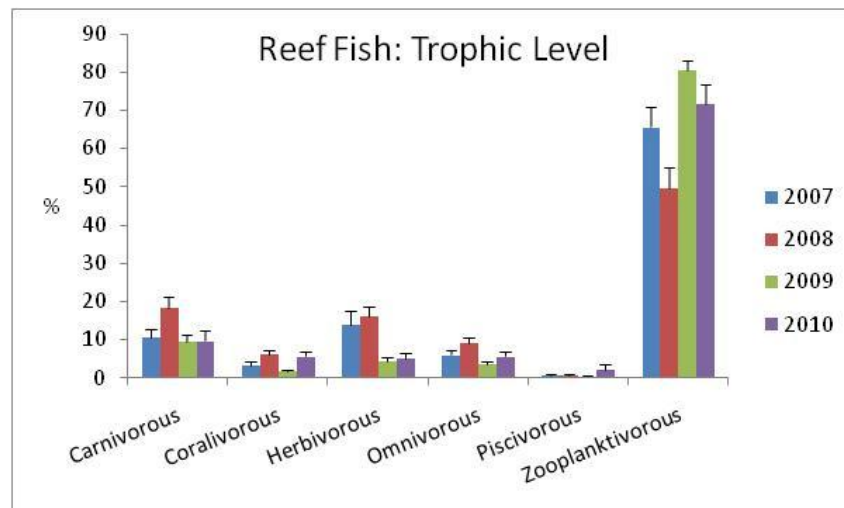
שיטות

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 למושב 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 ראיה: 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

השנה נערך סקר דגי השונית בפעם הרביעית (החל משנת 2007) ומתחילה להתקבל תבנית לגבי מבנה חברת הדגים, על סמך הרמות הטروفיות, בשמורה. יחד עם זאת הבדלים גדולים בכמות הנתונים אשר נאספה בכל שנה ושונות מובנית מאופי הדגימה מקשים על קבלת מסקנות סטטיסטיות. בשנה הנוכחית, בדומה לשנה הקודמת, נדגמו 22 יחידות של 7X1 5X מטרים (עומק המים) 10X דקות (עבור דגים פלגים). בסך הכל נספרו השנה 3378 פרטים, בדומה לשנת 2008 (בה נספרו 3278 פרטים). בשנה הקודמת נספרה כמות כפולה של דגים, 7289, אולם תוצאה זו נבעת בעיקרה מספירת להקות גדולות של דגים נודדים ממין *Atherinomorus lacunostus*. דגים אלה לא נספרו בשנים הקודמות והשנה הוחלט שוב שלא לספרם מכיוון שהדגים נודדים בלהקות ענק (אשר מיקומן אינו קבוע) המטות את הספירה על ידי הימצאותן או העדרן בזמן הסקר. מדגם הדגים כלל 379 דגים מעמודת המים ו-2819 דגים שוכני קרקעית המשוייכים לאלמוגים ביחידות הדיגום. יש להזכיר כי רבים מהדגים צמודי הקרקעית 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. המדגם השנה כלל 83 אלמוגים מאוכלסים ו-97 אלמוגים לא-מאוכלסים. קבוצת הדגים הזואופלנקטיבורים – הניזונים מזואופלנקטון בגוף המים – היא הגדולה ביותר מבין שוכני השונית בשלוש השנים בהן מתקיים הסקר, והייתה השנה כ-72% מכלל הדגים שנסקרו השנה. אלו דגים קטנים יחסית הנעים בלהקות בהן מספר גדול של פריטים. נוכחות להקה אחת או יותר של דגים אלה עשויה לשנות את משקלם הייצוגי אך תמיד נמצא מספר גדול של דגים אלה בשונית (איור ב41). דגים זואופלנקטיבורים מהווים חוליה חיונית במארג המזון ברכוז חמרי מזון מהרמות הנמוכות בגוף המים. הקבוצה השנייה בגודלה השנה (10%) הייתה הדגים הטורפים (קרניבורים) דגים המווסתים את אוכלוסיית השונית – חסרי חוליות ודגים אחרים. קבוצת הרועים (הרביבורים), קבוצת אוכלי האלמוגים (קורליבורים) וקבוצת אוכלי הכל (אומניבורים) מהוות כ-5% כל אחת. 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 לבלליה של המצע (קרקעית אלמוגים). קבוצת הדגים אוכלי הדגים (פיסקיבורים) מהווה חלק קטן (כ-3%) מאוכלוסיית דגי השונית. 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 ב41: התפלגות דגי השונית על פי הרמה הטروفית מאז שנת 2007.
Figure B41: Distribution of reef fish according to trophic level since 2007.

Taxa	Dweller*	Tropic level**	Occurrence
<i>Amphiprion</i>	Cryptic	Z	4
<i>Chromis dimidiata</i>		Z	39
<i>Chromis viridis</i>		Z	1221
<i>Dascyllus aruanus</i>		Z	20
<i>Dascyllus marginatus</i>		Z	152
Gobiidae		C	35
<i>Neopomacentrus miryae</i>		Z	996
<i>Pomacentrus sulfureus</i>		Z	1
<i>Pomocentrus trichourus</i>		Z	124
<i>Pseudanthias squamipinnis</i>		Z	181
Pseudochromidae		C	41
Tetraodontidae		C	5
Acanthuridae		Pelagic	H
Balistidae	C		24
<i>Bodianus anthioides</i>	C		33
Caesionidae	Z		74
Chaetodontidae	Co		82
<i>Cheilinus lunulatus</i>	C		2
<i>Epinephelus</i>	C		16
<i>Gomphosuse caeruleus</i>	C		7
<i>Heniochus</i>	Z		4
<i>Labroides dimidiatus</i>	C		4
Lethrinidae	C		3
<i>Parupeneus sp.</i>	C		19
Scaridae	H		21
<i>Thalassoma sp.</i>	C		18
<i>Variola louti</i>	P		7
Wrasses	C		1
<i>Zebрасoma xanthurus</i>	H		35
Total			3378

* 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

בתאריך 16 במרץ 2010 נמצא כתם נפט גולמי (מזוט) שנדד מהים, וזיהם את החוף הדרומי, ממעבר הגבול בטאבה לאורך כק"מ צפונה. כתם הנפט הגיע כנראה בזמן הגאות מכיוון שהנפט – חומר צמיג, דביק, שחור – נמצא על שרטון החוף מעבר לקו המים ועל החבלים המגדרים את נקודות הכניסה למים. כתם הנפט הגיע כנראה מכיוון דרום (רוחות דרומיות ביומים 14-15 במרץ). הסדימנט החופי נמצא ספוג בנפט לעומק של 10-20 ס"מ. לא נמצאו סימנים של הנפט על גבי אלמוגים ושוניות כנראה בזכות העובדה שהכתם הגיע לחוף בזמן של גאות.

הנפט סולק מן החוף בתוך יומיים בזכות פעילות נמרצת של רשות הטבע והגנים והיחידה למניעת זיהום ים של המשרד להגנת הסביבה, וכך נמנע נזק אפשרי שיכול היה להיגרם על ידי סחיפת הנפט חזרה לים במחזורים חוזרים של גאות ושפל. פעולות הניקיון כללו הסרה של שכבת הסדימנט העליונה, המזהמת, וסילוקה מהחוף לאחסון וטיפול הרחק מהים.



למעלה – כתם נפט נדד מהים וזיהם את החוף הדרומי ב-16 במרץ (צילום: א. זבולוני). למטה – פעולות הניקיון כללו סילוק של עשרות מטרים מעוקבים של סדימנט חופי מזוהם.

Top – Oil from sea landed and polluted a ~1km stretch of the southern beach (photo: A. Zvuloni). Bottom – cleaning the beach constituted the removal of the effected sediment from the beach.

ג.1. מי הים בקרבת החוף

מטרה

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

שיטות

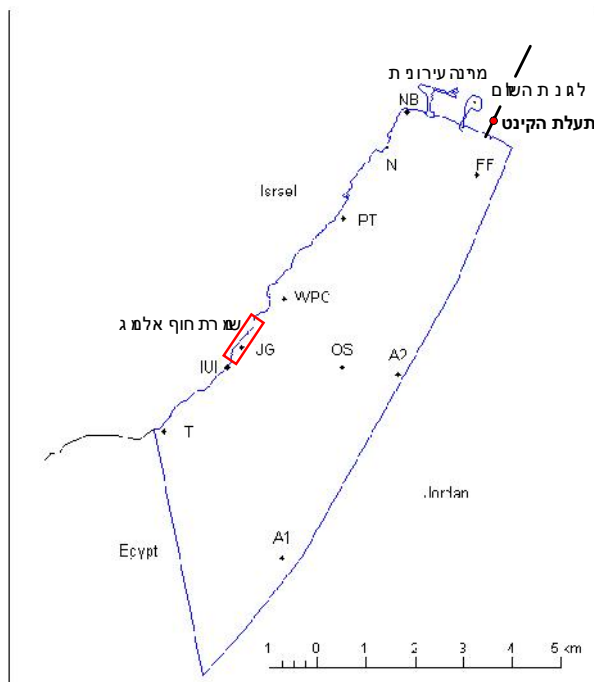
אחת לחודש מבוצעות מדידות של פרמטרים כימיים וביולוגיים על דוגמאות ממי השטח בשבע תחנות לאורך החוף הישראלי של המפרץ ובתחנת ים פתוח כפי שמפורט באיור 1ג, בטבלה 1ג, ובטבלת הפעילות. הדיגום נעשה מסירה בשעות הבוקר. במהלך הפלגה רציפה נלקחות משמונה התחנות דוגמאות מים מעומק של 1-2 מ' לצורך מדידות במעבדה, באמצעות בקבוק ניסקין בנפח 5 ליטר של חברת GOFLO. בנוסף נמדדת טמפרטורת מי השטח באמצעות מד-חום כספית ונאמדת עכירות המים לפי עומק סְקִי (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 Titrimo 702 SM של חברת Metrohm, שווייץ.
pH: מדידה בעזרת אלקטרודת pH מזכוכית (combined pH electrode) דגם pHHC2401-7 ומד pH דגם PHM 93 שניהם של חברת Radiometer Copenhagen. ערכי pH נמדדים בטמפרטורה קבועה של 25°C .

מליחות: מדידה במד מליחות מדגם 2100 Minisal של חברת AGE Instruments, קנדה.
נוטריונטים: 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 מהנוטריונטים עם הריאגנט הייחודי לו ליצירת קומפלקס צבע בעל אורך גל בתחום האור הנראה, הנקלט בספקטרופוטומטר של המכשיר.
אלקליניות: נקבעת ע"י טיטרציה Gran עם HCl בריכוז 0.05N המתבצעת באמצעות טיטרטור אוטומטי מדגם DL67 ואלקטרודת pH מזכוכית (combined pH electrode) דגם DG111, שניהם של חברת Mettler Toledo, שווייץ.

כלורופיל: המים מסוננים דרך פילטרים מסוג GFF. הפילטרים ממוצים באצטון 90% בחושך (במקרר 4°C) ל-24 שעות. בתום המיצוי, ריכוז הכלורופיל והפאופיטין (Chlorophyll-a and 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 Hoefer לאחר הדגרת הדוגמאות בחושך בתוספת ריאגנט צבע המכיל orthophthaldialdehyde למשך 3 שעות.
ספירת תאי פיטופלנקטון: מתבצעת במכשיר FACScan של חברת Becton Dickinson המשמש לספירת תאים והפרדתם למינים שונים עפ"י גודלם ותכולת הפיגמנטים בהם בשיטת flow cytometry. 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, בקטריות, וציאנובקטריה ממין *Synechococcus*.



איור ג1: מפת תחנות הדיגום במפרץ אילת.

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

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

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

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

תוצאות

מדדים כימיים

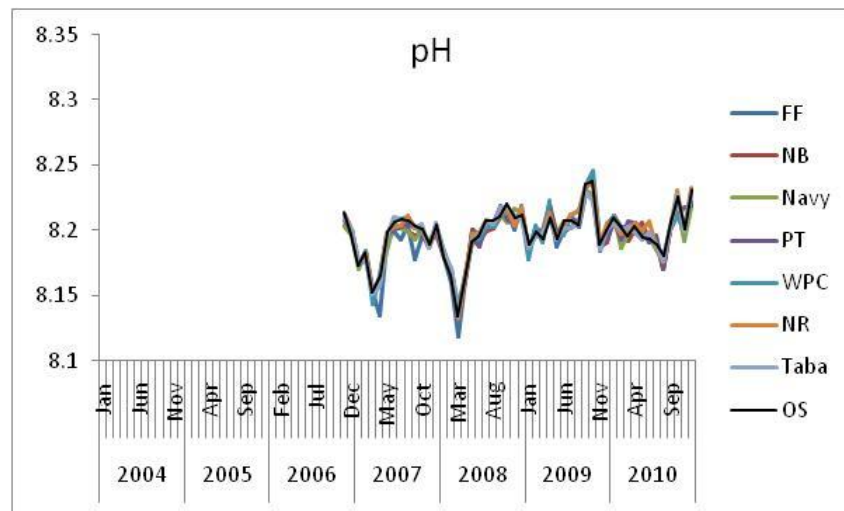
רמת חומציות המים (pH)

תזכורת: עקב התיישנות תמיסות התייחסו 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 אמינים. 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 המערבב. השנה היא השנה השנייה ברציפות בה החורף חם והערבוב רדוד, ערכי ה-pH הגבוהים ביותר השנה נמדדו בחודשים אוקטובר ודצמבר (איור 2ג). הערכים הנמוכים ביותר השנה נמדדו בחודש אוגוסט (מינימום 8.170 מול נמל הפוספטים, PT). הערך הגבוה ביותר אשר נמדד השנה היה 8.233, בדצמבר בשמורה, ערך מעט נמוך מאשר בשנה הקודמת (8.246 מול התחנה למניעת זיהום ים בחודש אוקטובר).

בשנתיים האחרונות (2009-10), מלבד העובדה שהערכים הגבוהים נמדדו מאוחר בשנה (סתיו-חורף, לעומת קיץ) בהשוואה לשנים קודמות, גם הערך המרבי היה גבוה יותר. בנוסף לכך, 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 2ג: 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. בשנתיים האחרונות, בהן היה חורף חם וערבוב רדוד, היו ערכי ה-pH הקיצוניים גבוהים יותר, ונמדדו בעונה מאוחרת יותר מאשר בשנים 2007-8 בהן היה חורף קר וערבוב עמוק. לערכי pH חשיבות רבה לבריאות השונית, כיוון שסביבה חומצית (pH נמוך) פוגעת בהשקעת שלד גירני.

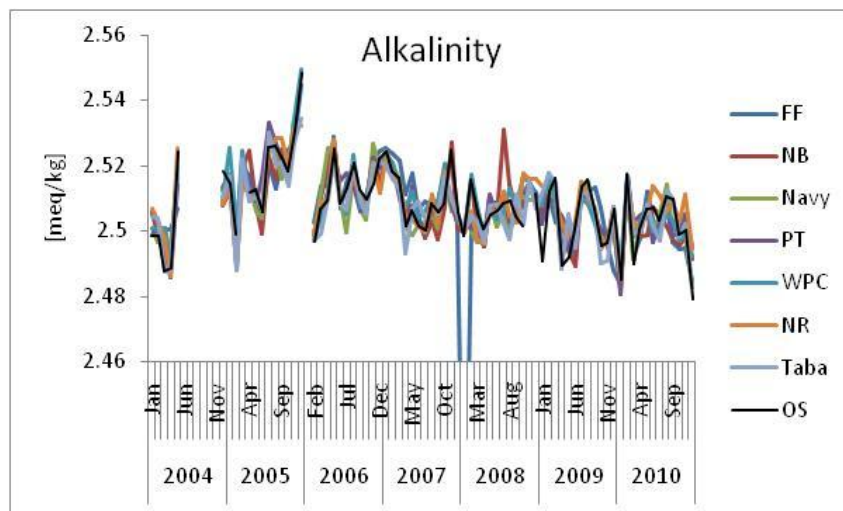
אלקליניות

האלקליניות היא מדד לסך החומצות החלשות במים והתהליכים העשויים להשפיע עליה הם תהליכי אידוי ומיהול (מליחות), ותהליכי השקעה/המסה של קלציום-קרבונט. שינויים במליחות הינם קטנים ביותר ותהליכי

השקעת קלציום-קרבונוט צפויים להיות קטנים במים פתוחים. על כן לא צפויים שינויים קיצוניים בערכי אלקליניות במי הים.

השנה, כמו בשנה הקודמת, היו מדידות האלקליניות בכל התחנות דומות במהלך הפלגת דיגום (באותו חודש), ולא נמדדו ערכים חריגים באופן בולט. ערכים נמוכים של אלקליניות נמדדו בחורף, בינואר ובדצמבר, והערך המרבי נמדד בחודש פברואר. הערך הנמוך ביותר השנה היה 2.479, בים הפתוח בחודש דצמבר. בתחנת השמורה נמדדה בדרך כלל אלקליניות גבוהה יחסית לתחנת הים הפתוח, ובטאבה ונמל הפוספטים היו לרוב ערכים מעט נמוכים יותר (איור ג3). בתום שבע שנות ניטור לא ניתן לאבחן מחזוריות סדירה בערכי האלקליניות, או בתבנית ברורה בין התחנות. מגמת עלייה אשר הסתמנה בשנים 2004-5 לא נמשכה בשנת 2006, ומאז שנת 2007 ערכי האלקליניות די יציבים.

עקב טווח הערכים המצומצם של האלקליניות לא ניתן לקבוע האם חל שינוי בקצב הקלציפיקציה או המסת קלציום-קרבונוט בצפון המפרץ בשנים האחרונות.



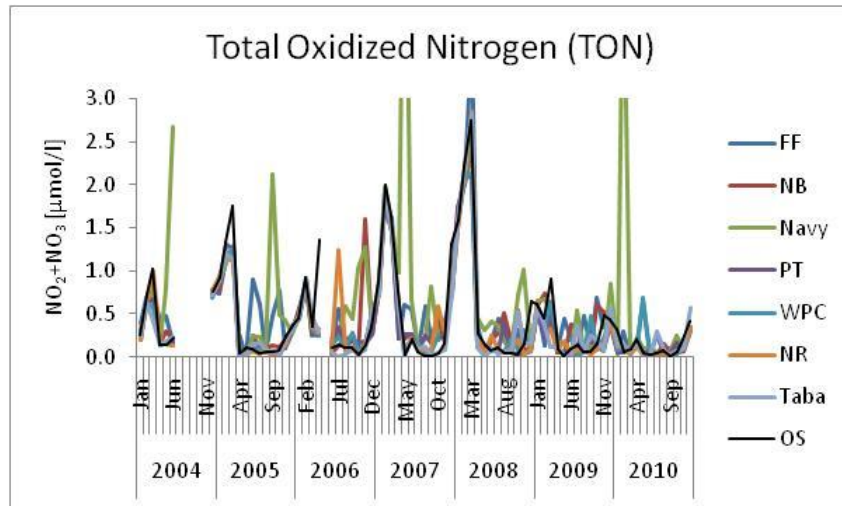
איור ג3: אלקליניות בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

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

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

המחזור השנתי של ריכוז חנקן אנאורגאני מחומצן נשלט גם הוא על ידי מחזור הערבוב של עמודת המים. חודשי הקיץ, בהם עמודת המים משוכבת, נחשבים לתקופה "אוליגוטרופית", בה השכבה הפוטית (העליונה) ענייה בנוטריינטים מכיוון שהנטורינטים בה נצרכו, ואין ערבוב בין מי השטח (העניים בנוטריינטים) למי העומק (שם הנוטריינטים מצטברים). 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 ו/או אינטנסיבית עשויה לפגוע בשוניית ערבוב עמודת המים השנה לא היה עמוק, ועל כן לא נמדדו ריכוזים גבוהים של חנקן אנאורגאני מחומצן במים החופיים גם בחודשי החורף (איור ג4). זו השנה השנייה ברציפות בה הערבוב רדוד ואספקת נוטריינטים למי השטח מוגבלת. הריכוזים המירביים השנה נמוכים אפילו שנמדדו בשנה הקודמת. הריכוז הגבוה ביותר אשר נמדד השנה היה $0.413 \mu\text{mol/l}$, בים הפתוח בחודש דצמבר. בשנה הקודמת נמדד ריכוז מירבי של $0.914 \mu\text{mol/l}$ בחודש מרץ, ובשנים 2007-8 היו ריכוזים גבוהים בהרבה (סביב $2.8 \mu\text{mol/l}$ ברוב התחנות בחודשי הערבוב ב-2008, בה נמדד ערך מרבי של $3.68 \mu\text{mol/l}$ בתחנת "כלובי הדגים"). ריכוז חנקן גבוה באופן חריג נמדד השנה בחודש פברואר בתחנת חיל הים-מלון מרידיאן. ריכוז של $4.837 \mu\text{mol/l}$ אשר נמדד שם גבוה בסדר גודל מכל המדידות האחרות השנה. מדידה זו מצביעה על כניסת מים עשירים בנוטריינטים לים בקרבת תחנה זו. גם מול התחנה למניעת זיהום ים (WPC) נמדד ערך חריג,

בחדש מאי השנה (0.684 $\mu\text{mol/l}$ לעומת 0.040 $\mu\text{mol/l}$ בתחנת ים פתוח). מדידות חריגות כאלו היו נפוצות יותר בשנים עברו, אולם, בעיקר בתחנת חיל הים-מלון מרידיאן, עדיין נמדדים ערכים גבוהים מפעם לפעם.



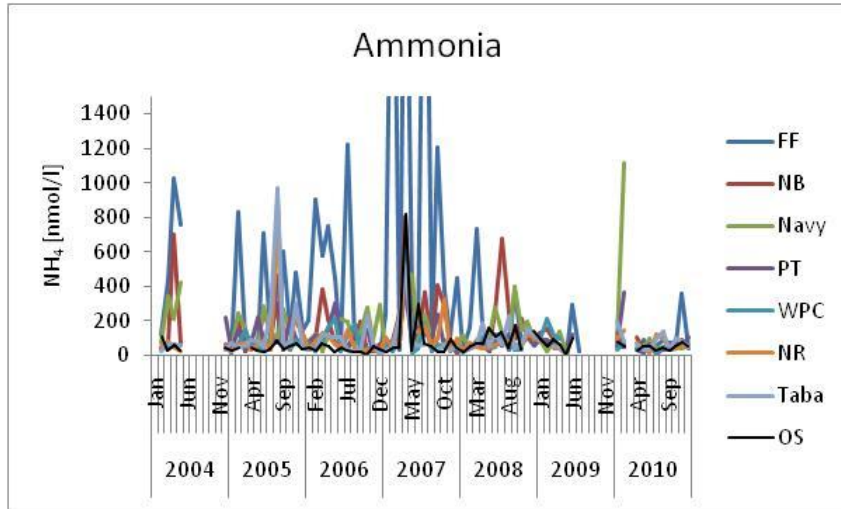
איור ג4: מדידות ניטריט + ניטראט (TON) חודשיות בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.
Figure C4: Monthly concentrations of total oxidized nitrogen (TON) at the coastal water sampling stations since 2004.

אמוניה (NH_4)

קשיי דיגום אשר מקורם בבלאי מתמשך של בקבוקי דיגום גרמו לכך שבשנים האחרונות 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. מדידות השנה עשו שימוש 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.

ריכוזי אמוניה גבוהים באופן חריג נמדדו השנה בחודש פברואר במספר תחנות (איור ג5) אולם בעיקר מול חיל הים-מלון מרידיאן, שם הגיעו הריכוזים ל-1114 nmol/l לעומת ריכוז של 52 nmol/l באותו חודש בים הפתוח. גם בתחנת "כלובי הדגים" נמדד ריכוזי אמוניה גבוה במיוחד, בחודש נובמבר (354 nmol/l לעומת 75 nmol/l בים הפתוח). לבד מחודשים אלה היו ריכוזי האמוניה דומים בכל התחנות, ובסך הכל מאז 2008 התמעטו המקרים של מדידות חריגות, בפרט באזור כלובי הדגים והחוף הצפוני.



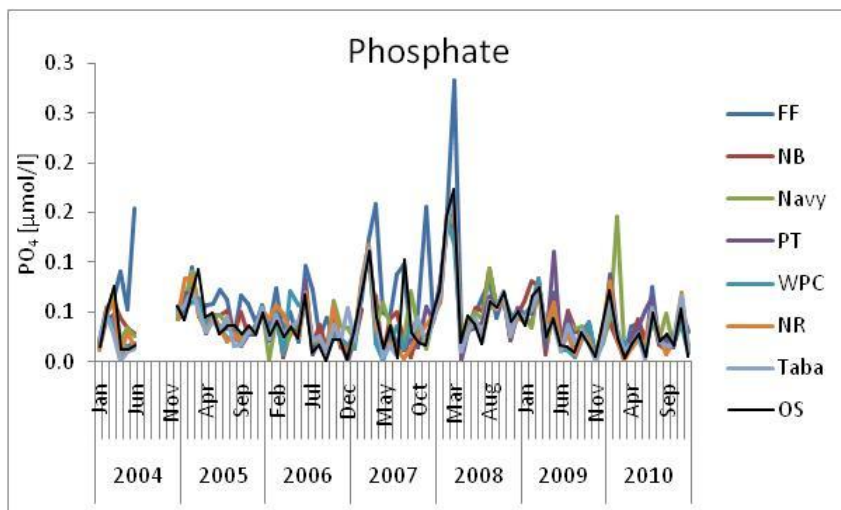
איור 5: ריכוזי אמוניה (NH_4) בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

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 הפוטוסינתזה. 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.

ריכוזי הפוספט אשר נמדדו השנה בכל התחנות דומים באופן כללי לריכוזי השנה הקודמת, ונמוכים בדרך כלל ממדידות השנים 2007-8, וזאת עקב הערבוב החלש (איור 6). הערך הגבוה ביותר נמדד בחודש פברואר בתחנת חיל הים-מלון מרידיאן, $0.146 \mu\text{mol/l}$. באותו חודש נמדד בתחנת הים הפתוח ריכוז של $0.023 \mu\text{mol/l}$ בלבד. לבד מחריגה זו ברוב התחנות היו ריכוזי הפוספט דומים. החריגות הגדולות שנמדדו בעבר בעיקר בתחנת כלובי הדגים לא נמדדו בשנתיים האחרונות.

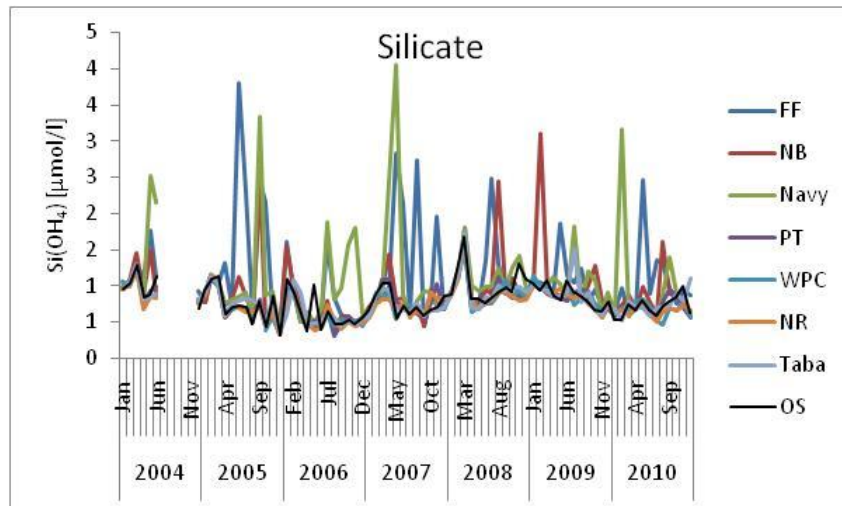


איור 6: ריכוזי פוספט (PO_4) בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

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 פלטו/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. משרעת הריכוזים בים הפתוח נעה בין מכסימום של $0.99 \mu\text{mol/l}$ בחודש נובמבר למינימום של $0.53 \mu\text{mol/l}$ בחודשים ינואר ופברואר. אלה ריכוזים נמוכים מהשנה הקודמת ומהווים המשכה של מגמת הירידה בשנתיים האחרונות לאחר עלייה מתמשכת בשנים 8-2005. על רקע ריכוזי הסיליקה בים הפתוח נמדדו מספר ארועים של ריכוזים גבוהים באופן חריג בתחנות החופיות. הריכוז הגבוה ביותר נמדד בחודש פברואר בתחנת חיל-הים-מלון מרידיאן, $3.145 \mu\text{mol/l}$. ריכוזים חריגים נמדדו גם בתחנת כלובי הדגים בחודש מאי ($2.456 \mu\text{mol/l}$) ובמספר תחנות, אך בשיעור קטן יותר, בחודשי הקיץ (איור 7ג). בשנתיים האחרונות נמדדו פחות מקרים של ריכוזי סיליקה (כמו גם נוטריינטים אחרים) גבוהים באופן חריג בהשוואה לשנים 7-2004. שינוי מגמתי ארוך טווח בריכוזי הסיליקה עשוי להצביע על שינוי בהרכב אוכלוסיית הפלטו/פלנקטון. שינוי כזה עשוי לנבוע משינויים ארוכי טווח בתכולת המומסים במים.



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

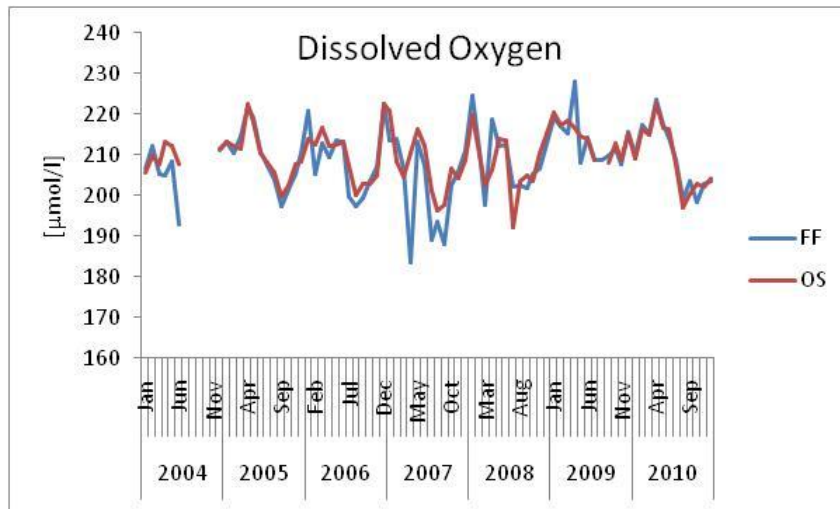
Figure C7: Monthly concentrations of silicate (Si(OH)_4) at the coastal water sampling stations since 2004.

חמצן מומס

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

ריכוזי החמצן הגבוה ביותר נמדד בחודש אפריל ($223.6 \mu\text{mol/l}$) בתחנת כלובי הדגים ו- $222.4 \mu\text{mol/l}$ בתחנת הים הפתוח). הריכוז הנמוך ביותר בחודש אוגוסט ($196.9 \mu\text{mol/l}$ בים הפתוח). אלה ריכוזים דומים לריכוזי השנה הקודמת, אם כי הערך הנמוך דומה יותר למדידות מהשנים 8-2007 (איור 8ג). דינאמיות של שינויים בריכוזי החמצן עשויה להצביע על מחזוריים של פריחות פלטו/פלנקטון וקריסתן. העובדה כי השינויים

השנה היו קטנים בהשוואה לשנים קודמות מצביעה אולי על פריחות חלשות יותר השנה.



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

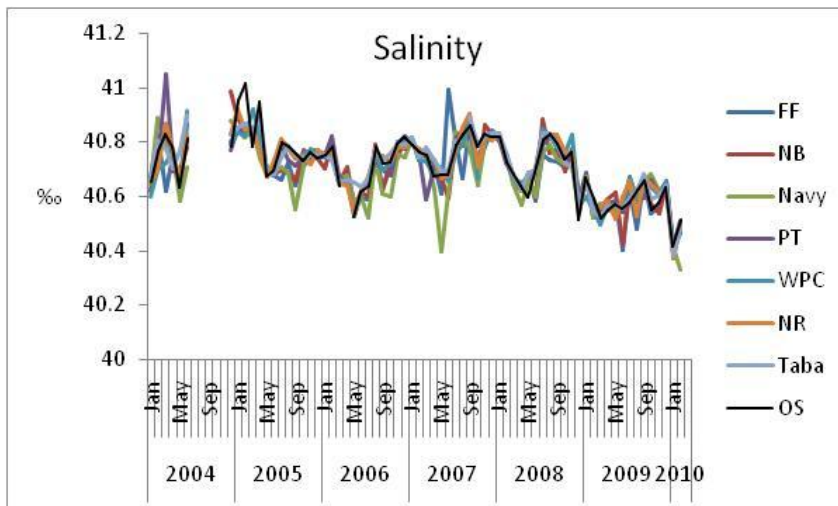
Figure C8: Monthly concentrations of dissolved oxygen at the coastal water sampling stations since 2004.

מדדים פיסיקליים

מליחות

בשנה האחרונה אובחנה נדידה חזקה של תוצאות מדידות המליחות במד המליחות במעבדה. כתוצאה מכך הוחלט לא להציג תוצאות מליחות שנמדדו במכשיר זה החל המחודש פברואר 2010. מדידות הים העמוק אשר נעשות גם באמצעות מד מליחות אלקטרוני כחלק מפרופיל ה-CTD מדווחות בפרק' הים העמוק. בהפלגות החופיות לא נעשה שימוש במד מליחות אלקטרוני. התכנית הלאומית לניטור מפרץ אילת, בשיתוף עם המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים, הומינה מד מליחות חדש אשר צפוי להגיע בזמן הקרוב.

מדידות המליחות מהשנים הקודמות, יחד עם מדידות החודשים ינואר-פברואר, מוצגות באיור 9.



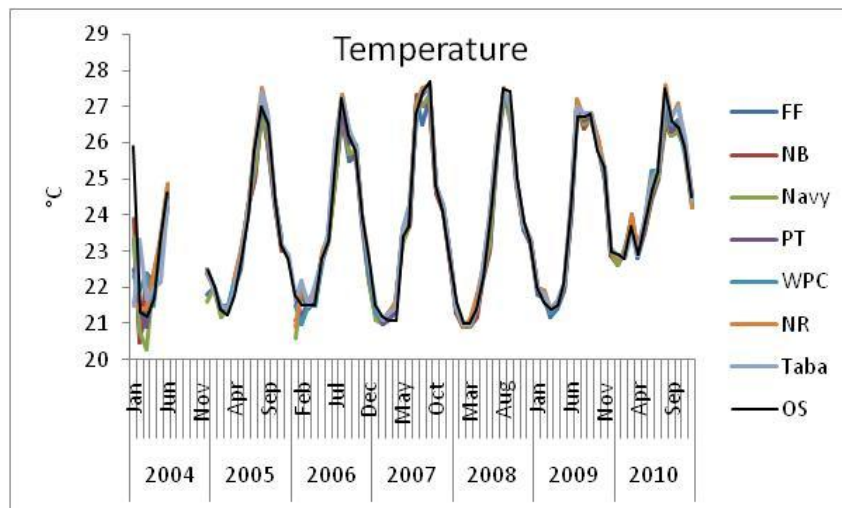
איור 9: מדידות מליחות בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004. זיוף אובחן במדידות המליחות החל מחודש פברואר השנה, ומדידות מאוחרות לו אינן מוצגות.

Figure C9: Salinity at the coastal water sampling stations since 2004. Measurements post-dating February 2010 were removed because instrumental analytical errors were identified.

טמפרטורה

טמפרטורת מי השטח מראה מחזור שנתי מובהק של ערכים נמוכים בחודשי החורף וערכים גבוהים בקיץ. הטמפרטורה אשר נמדדה כל השנה בתחנות החופיות דומה לטמפרטורת הים הפתוח. משרעת הטמפרטורות בים הפתוח השנה נעה בין 22.8°C בחודש פברואר ל- 27.5°C בחודש אוגוסט (איור ג10). בעיקר ראוייה לציון הטמפרטורה הנמוכה אשר הייתה השנה גבוהה בלמעלה ממעלה וחצי מהטמפרטורה המזערית בשנה הקודמת (21.5°C). הטמפרטורות הגבוהות דומות השנה לאלו של השנים הקודמות אולם החורף החם הוא המשפיע על עומק הערבוב ותהליכים נוספים במים החופיים.

[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 ג10: מדידות טמפרטורה בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

Figure C10: Temperature at the coastal water sampling stations since 2004.

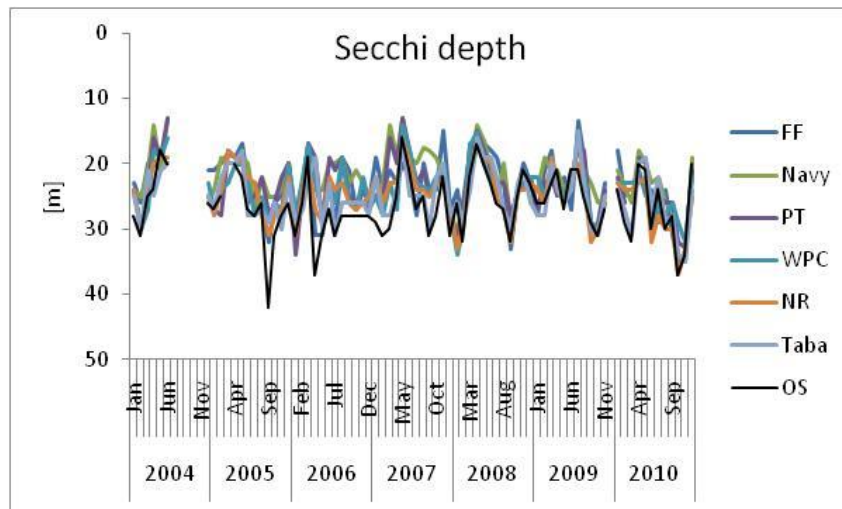
עכירות

הערכת עכירות המים נעשית לפי מדידת "עומק סקי" (Secchi) שהינה מדידה גסה, בהיותה מושפעת גם מגורמים כגון מצב הים (היינו, השתברות 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 20 מ' בחודשים אפריל ודצמבר, ועומק מרבי של 37 מ' בחודש אוקטובר. בחודשי הקיץ עומק הסקי לרוב גדול יותר בתחנות החוף הדרומי, וברוב השנה עומק הסקי קטן יותר בתחנות החוף הצפוני מאשר בים הפתוח (איור ג11). עומק הסקי המרבי היה השנה הגדול ביותר מאז שנת 2006, השנה שלפני אירועי הערבוב העמוק של 2007-8. גם הערך המזערי היה השנה גדול משמעותית

מאשר בשנים האחרונות.

באופן כללי, מאז שנת 2008 עומק הסקי ברוב התחנות דומה, והמשרעת סביב ערכי הים הפתוח קטנה בהשוואה למדידות בשנים 2004-7. השנה לא נמדדו ערכים חריגים בעומק הסקי.



איור 11: מדידות עכירות (עומק סקי) בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.
Figure C11: Secchi depth measurements at the coastal water sampling stations since 2004.

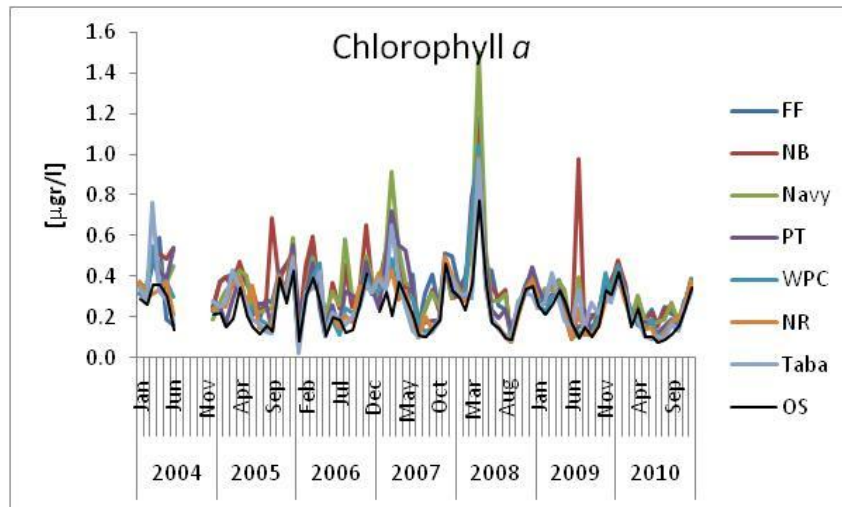
מדדים ביולוגיים

כלורופיל a

ריכוז כלורופיל a קשור ישירות למחזור הערבוב השנתי, המספק חומרי מזון ויוצר פריחת פוטופלנקטון בחודשי האביב. בדרך כלל נמדדים ריכוזים נמוכים יותר בתחנת הים הפתוח ובתחנות הדרומיות, וגבוהים יחסית בתחנות הצפוניות (איור ג12).

השנה לא נמדד ריכוז כלורופיל גבוה באופן בולט, המעיד על פריחת אצות גדולה. בים הפתוח משרעת ריכוזי הכלורופיל הייתה $0.42 \mu\text{gr/l}$ בחודש ינואר עד $0.11 \mu\text{gr/l}$ בחודש יוני. בתחנות החופיות היו ריכוזי כלורופיל מעט גבוהים יותר מאשר בים הפתוח, בפרט בחודשי הקיץ. ריכוז כלורופיל מרבי של $0.45 \mu\text{gr/l}$ נמדד השנה בחודש ינואר בתחנה למניעת זיהום ים (WPC). ריכוז זה הוא כמחצית מהערך המרבי אשר נמדד בשנה שעברה – $0.98 \mu\text{gr/l}$ בחודש יולי 2009 בחוף הצפוני. בכל השנים הקודמות, מאז תחילת הניטור ב-2004, נמדדו מדי פעם ערכים גבוהים המצביעים על פריחת פוטופלנקטון. השנה לא תועדה "פריחת אביב" בשום תחנה. במדידות הקודמות לשנת 2008 היו מדידות גבוהות המצביעות על פריחת אצות תדירות יותר מבשנים האחרונות, והריכוזים שנמדדו היו גבוהים יותר.

ריכוז כלורופיל a משמש מדד לצפיפות הפוטופלנקטון 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 בפוטופלנקטון.



איור 12: ריכוז כלורופיל *a* בתחנות הדיגום החופי מאז שנת 2004.

Figure C12: Monthly concentrations of chlorophyll *a* at the coastal water sampling stations since 2004.

דין

השנה, בדומה לשנה הקודמת, אופיינה על ידי טמפרטורת חורף גבוהה וערבוב רדוד של עמודת המים אשר משפיע על הדינמיקה המחזורית של רוב המשתנים הנמדדים לאורך החוף. בנוסף לכך, בשתי השנים האחרונות נמדדו הרבה פחות ערכים גבוהים באופן חריג מאשר בשנים שקדמו להן.

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. חימום פני המים בקיץ יוצר שיכוב 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.

הערבוב החלש זו השנה השניה ברציפות גרם לכך שהמחזור הטבעי היה חלש יחסית מכיוון שריכוזי הנוטריינטים, המוזנים על ידי ערבוב מי השטח עם מי העומק, נותרו לרוב נמוכים לאורך כל השנה. בנוסף לכך, אירועי העשרה מקומיים, בפרט בחוף הצפוני היו השנה מעטים יחסית אפילו בהשוואה לשנה הקודמת, ושיעורם היה קטן יחסית. בסך הכל נראה כי המערכת מתייצבת על ערכים דומים לאורך החוף עם מספר חריגות קטן וגם במקרים חריגים שיעור החריגה קטן. עובדה זו נובעת אולי מניתוק אחד המקורות העיקריים להעשרה באזור החוף הצפוני, כלובי הדגים. שלוש שנים לאחר שהוצאו כלובי הדגים מצפון המפרץ יתכן גם כי התמעט שחרור נוטריינטים מהקרקעית במקום בו היו הכלובים, תהליך אשר אמנם לא תועד אך הועלה כסביר לאור ממצאי השנה הקודמת.

גם פריחת האצות הפלנקטוניות בקרבת החופים הייתה השנה חלשה באופן בולט. הגורם העיקרי המשפיע על פריחת אצות הוא אספקת הנוטריינטים באמצעות הערבוב, שהיה השנה חלש במיוחד, אולם גם אספקת חיצונית של נוטריינטים עשויה להזין פריחה – ונראה כי גם זה לא קרה השנה.

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. יוצאים מן הכלל השנה הם הריכוזים אשר נמדדו בחודש פברואר

בתחנת חיל הים-מלון מרידיאן. בחודש זה נמדדו שם ריכוזים גבוהים במיוחד של כל הנוטריונטים: ניטריט, ניטראט, פוספט, סיליקה, ואמוניה. ריכוזים אלה מעידים על כניסת מים זרים, מועשרים, אל הים. פריחת אצות לא נמדדה באותו אירוע.

2.ג. מחלות וטפילים בדגים לאורך חופי אילת

עורכי הסקר וכותבי הדו"ח: א. קולורני, א. דיאמנט – היא"ל-מלח"י.

מטרה

סקר מחלות וטפילים בדגי חוף נועד לזהות ולכמת גורמי פגיעה עיקריים בדגים, ולבצע מעקב אחר מצאי המחלות והטפילים לאורך זמן.

שיטות

הסקר בוצע על ידי המחלקה לפתוביולוגיה של היא"ל-מלח"י (חקר ימים ואגמים – המרכז הלאומי לחקלאות ימית) במעבדות המחלקה באילת, בשני מישורים: (1) בדיקה פתולוגית של דגי סיכן (*Siganus*) טריים מאזור החוף הדרומי והצפוני של אילת, הכוללת נתיחה לזיהוי וכימות שכיחות ועוצמת הנגיעות של טפילים אשר מקורם חידקי. (2) בדיקה פתולוגית של דגים ממינים שונים אשר נמצאו מתים לאורך חופי אילת על ידי גורמים שונים (בעיקר פקחי רט"ג, וצוות ריף הדולפינים) והובאו למעבדת מלח"י לבירור סיבת המוות.

דגי בר טריים לצורך הסקר נתפסו בחוף הצפוני על ידי אנשי מלח"י באמצעות מלכודות, ובחוף הדרומי – אזור השונית – על ידי צוות הניטור באמצעות רשתות יד בצלילה, על מנת למנוע פגיעה בדגי שונית אחרים.

תוצאות הסקר מובאות להלן כלשונן, ופורסמו גם כדו"ח היא"ל-מלח"י מספר E1/2011

תוצאות

"Gulf of Eilat - Monitoring Program": 2010 REPORT

Colorni, A., Diamant, A.

Israel Oceanographic and Limnological Research, Ltd., National Center for Mariculture, Eilat

Funding source: Israel National Monitoring Program at the Gulf of Eilat, InterUniversity Institute of Eilat.

Coordinators: Prof. Amatzia Genin and Dr. Yonathan Shaked

The present Report covers the period January 1st- December 31, 2010. A total of 48 rabbitfish of the species *Siganus rivulatus* from the Eilat Northern and Southern coastlines were examined weighed, measured, and their internal organs and gills examined for presence of parasites and pathological features. Internal organs were formalin fixed for histological analysis.

Results are summarized in Tables 1 and 2.

Tab. 1. North Beach

	Species	Location	Weight	Length	Hist. ol.	Sex	Date	Parasites
1	<i>S. rivulatus</i>	NB	63	170	√	UD	23/05/10	none
2	"	NB	64	170	√	UD	23/05/10	none
3	"	NB	50	160	√	UD	23/05/10	none
4	"	NB	55	170	√	UD	25/05/10	6
5	"	NB	58	170	√	UD	25/05/10	39
6	"	NB	58	170	√	UD	25/05/10	2 <i>Sclerocollum</i> , 52 <i>Gyiliauchen</i>
7	"	NB	59	170	√	UD	25/05/10	30 <i>Gyiliauchen</i>
8	"	NB	56	170	√	UD	25/05/10	21 <i>Gyiliauchen</i>
9	"	NB	47	155	√	UD	26/05/10	1 <i>Procamlanus</i> , 1 <i>Gyiliauchen</i>

10	"	NB	42	150	V	UD	26/05/10	15 Gyliauchen
11	"	NB	63	177	V	UD	27/05/10	1 Sclerocollum, 6 Gyliauchen
12	"	NB	53	170	V	UD	27/05/10	1 Procamlanus, 41 Gyliauchen
13	"	NB	353	320	V	F	23/06/10	2 Procamlanus, 1 Cucullanus, 29 Sclerocollum
14	"	NB	276	300	V	F	23/06/10	2 Procamlanus
15	"	NB	28	130	V	UD	26/06/10	None
16	"	NB	174	244	V	F	29/06/10	43 Sclerocollum
17	"	NB	134	215	V	UD	29/06/10	1 Procamlanus, 1 Cucullanus, 5 Sclerocollum
18	"	NB	163	225	V	UD	29/06/10	14 Sclerocollum
19	"	NB	285	280	V	UD	30/06/10	2 nematodes 2 Sclerocollum
20	"	NB	120	210	V	UD	30/06/10	31 Sclerocollum
21	"	NB	177	215	V	UD	30/06/10	1 Cucullanus 5 Sclerocollum
22	"	NB	156	215	V	UD	30/06/10	1 Sclerocollum
23	"	NB	344	300	V	UD	30/06/10	193 Sclerocollum
24	"	NB	101	190	V	UD	30/06/10	22 Sclerocollum
25	"	NB	87	183	V	M	30/06/10	5 Procamlanus 22 Sclerocollum
26	"	NB	115	200	V	M	30/06/10	none
27	"	NB	295	275	V	M	01/07/10	36 Sclerocollum
28	"	NB	265	270	V	F	01/07/10	239 Sclerocollum 4 Procamlanus, 1 Cucullanus
29	"	NB	173	240	V	M	01/07/10	11 Sclerocollum 1 Procamlanus
30	"	NB	274	270	V	F	01/07/10	118 Sclerocollum 10 Procamlanus
31	"	NB	258	275	V	F	01/07/10	198 Sclerocollum 1 Procamlanus
32	"	NB	321	280	V	F	02/07/10	68 Sclerocollum 2 Procamlanus
33	"	NB	93	195	V	M	02/07/10	23 Sclerocollum 3 Procamlanus 2 cestodes
34	"	NB	124	220	V	M	04/07/10	2 Sclerocollum 2 Procamlanus, 2 Cucullanus
35	"	NB	318	280	V	F	04/07/10	162 Sclerocollum 2 Procamlanus

Tab. 2. South Beach

#	Species	Location	Weight	Length	Histol.	Sex	Date	Parasites
1	"	SB	164	235	V	M	04/07/10	4 Procamlanus, 1 Cucullanus
2	"	SB	47	155	V	M	14/07/10	2 Sclerocollum 1 Gyliauchen
3	"	SB	149	250	V	M	14/07/10	2 Procamlanus
4	"	SB	157	250	V	F	11/08/10	1 Cucullanus
5	"	SB	170	255	V	F?	11/08/10	1 Cucullanus
6	"	SB	181	280	V	F	11/08/10	1 Cucullanus
7	"	SB	166	265	V	F?	07/10/10	3 Procamlanus
8	"	SB	119	230	V	F?	07/10/10	1 Cucullanus 1 Sclerocollum 2 Opisthogonoporoides 2 Gyliauchen Mycobacterium (prob. marinum)
9	"	SB	160	255	V	nd	04/11/10	7 Procamlanus
10	"	SB	105	220	V	nd	14/11/10	1 Procamlanus

11	"	SB	214	280	V	nd	14/11/10	3 <i>Procamallanus</i> , 7-8 larval digenea
12	"	SB	125	235	V	nd	14/11/10	none
13	"	SB	158	250	V	nd	14/11/10	4 <i>Procamallanus</i>

NB = North Beach

SB = South Beach

V = Samples taken for histology

~~Crossed-out~~ = data not reliable (fish not fresh enough).

Evaluation of this year's results by comparison of incidence of fish's parasitofauna with data obtained in previous years:

35 rabbitfish were sampled from North Beach and 13 from South Beach. The fish from NB were relatively large in comparison to 2009 samples from this site (which were in the range 10-40 gr). This year, many individuals were over 150g and some reached ~350g; infections with gut helminths were significant, with particularly heavy infections of the acanthocephalan *S. rubrimaris*, which in several cases exceeded 150 (and up to 239 worms in a single individual host). The nematodes *P. elatensis* and *Cucullanus* and the digenean *G. volubilis* were moderately well represented. In the south coast, samples examined in 2010 included only 13 rabbitfish. It is difficult to reliably compare to recent years data, but it appears that infection levels were similar to last year. Interestingly, in contrast to the NB samples of this year, *S. rubrimaris* was rare in rabbitfish from the reef sites (SB). The nematodes *P. elatensis* and *Cucullanus* continue to maintain steady infection intensity levels, much the same as they have throughout the last 3 decades. The abundance of *Opisthgonoporoides* spp. and *Hexangium sigani* has dropped considerably in recent years.

Only in one case, *Mycobacterium* (prob. *marinum*), an acid-fast bacterium known to be highly pathogenic to fish, was observed in one specimen (#8) caught offshore the southern beach. Other pathologies observed in particular in spleens and kidneys were ceroid and melanomacrophage centers, granuloma-like lesions and sporadic infections by other types of bacteria (at least 3 cases), fungal hyphae (1 case) and worms (probably annelids, 3 cases).

In addition, a total of 29 fish of various species found dead in shallow water or washed ashore along the beaches of the Israeli Red Sea coastline were brought to our laboratory by the rangers of the Israel Nature and Parks Protection Authority, staff members of the Dolphin Reef and concerned citizens. The fish were weighed, measured, and their internal organs fixed for histological analysis. Whenever assessed as fresh enough, bacteriological examination was performed, with particular attention to possible infections by pathogenic bacteria isolated in previous years, such as *Mycobacterium marinum*, *Streptococcus iniae*, *Lactococcus garvieae*, etc.).

In at least two species (the grouper *Epinephelus fasciatus* and the goatfish *Parupeneus* prob. *rubescens*) found freshly dead at Coral Beach, *S. iniae*, a highly pathogenic gram-positive bacterium, was isolated.

Results are summarized in Tab. 3.

Tab. 3. Fish from the Wild

#	Date	Locality	Species	Weight (g)	Length (mm)	Relevant findings
1	02/02/10	Coral Beach	<i>Pseudobalistes fuscus</i>	468	nd	<i>Photobacterium damsela</i> ssp. <i>piscicida</i>
2	17/03/10	Coral Beach	<i>Scarus</i> sp.	1366	445	-

3	17/04/10	Coral Beach	<i>Scarus sp.</i>	1600	510	-
4	18/04/10	Coral Beach	<i>Taeniura lymna</i>	1035	535	-
5	19/05/10	Dolphin Reef	<i>Thalassothia cirrhosa</i>	980	360	-
6	03/06/10	Dolphin Reef	Pufferfish	202	205	-
7	05/06/10	Dolphin Reef	<i>Abudefduf saxatilis</i>	52	135	-
8	05/06/10	Dolphin Reef	<i>Myripristis</i>	68	160	-
9	05/06/10	Dolphin Reef	<i>Pseudoalistes fuscus</i>	1630	430	-
10	10/06/10	Coral Beach	<i>Scarus sp.</i>	1420	490	-
11	12/06/10	Coral Beach	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	813	380	<i>Vibrio alginolyticus</i>
12	25/06/10	North Beach	<i>Pterois miles</i>	185	265	-
13	24/07/10	Coral Beach	<i>Scarus sp.</i>	631	375	-
14	24/07/10	Coral Beach	<i>Pterois miles</i>	337	305	-
15	07/08/10	North Beach	<i>Caesio (lunaris?)</i>	280	280	-
16	17/08/10	Coral Beach	<i>Pagrus sp.</i>	108	195	-
17	24/08/10	Coral Beach	<i>Chilomycterus spilostylus</i>	970	325	-
18	01/09/10	Coral Beach	unidentified sparid	345	270	-
19	11/09/10	Coral Beach	<i>Scarus sp.</i>	522	300	-
20	15/10/10	Coral Beach	<i>Tetrosomus sp.</i>	274	245	-
21	20/10/10	Coral Beach	<i>Siderea grisea</i>	177	585	-
22	04/11/10	Coral Beach	<i>Epinephelus fasciatus</i>	345	318	<i>Streptococcus iniae</i>
24	19/11/10	North Beach	<i>Oreochromis</i>	50	150	-
25	19/11/10	North Beach	<i>Oreochromis</i>	112	187	-
26	19/11/10	North Beach	<i>Oreochromis</i>	133	196	-
27	25/11/10	Coral Beach	<i>Parupeneus (rubescens?)</i>	576	365	<i>Streptococcus iniae</i>
28	25/11/10	Coral Beach	<i>Sphyaena</i>	591	510	-
29	28/12/10	Coral Beach	<i>Scarus sp.</i>	1437	515	13 live isopodes (skin, mouth, eye socket, operculum)

ד. מים פתוחים

מטרה

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

מטרה

מעקב אחר משתנים כימיים, פיסיקליים, וביולוגיים במי הים הפתוח 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. בשנת 2009 לא בוצעו הפלגות משותפות עם המדענים הירדנים בשל המצב הפוליטי, ובשנת 2010 בוצעה הפלגה משותפת אחת, בחודש מאי.

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 רוזוציה גבוהה של דגימות סביב התרמוקלינה ובעמודת המים העליונה. עומקי הדגימה נקבעו בהתאם לשינויי טמפרטורה, מליחות, ופלווארסנציה כפי שהצטיירו בזמן אמת מנתוני ה-CTD בכל הפלגה. בתחנות האחרות נלקח רק קסט אחד, כיוון שעומק המים קטן יותר. עומק הדגימה המרבי בכל תחנה תלוי בעומק הקרקעית ובכל מקרה הבקבוק התחתון נסגר 2-3 מ' מעל הקרקעית.

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

על פי הנהוג המקובל, וכיוון שבקבוקי הניסקין נסגרו בשלב הרמת הרוזטה, נלקחו מדידות ה-CTD מזמן 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 דו"ח 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, ושלושה בקבוקים שקופים למדידת היצרנות הפוטוסינטטית.

הדוגמאות מוחזרות למעבדה למחרת, בשעות החשכה, ומכל בקבוק הדגרה מסוננים 50 מ"ל מים על גבי פילטר (NC-45). הפילטרים מיובשים בדיסקטור בנוכחות אדי חומצה כלורית למשך 24 שעות ואח"כ נקראים במונה סינטילציה במשך 10 דקות. בנוסף לפילטרים נלקחת מכל בקבוק הדגרה דוגמת מים לקריאת הרדיואקטיביות הכללית במים (added activity, AA) במונה הסינטילציה. מספר הקריאות במונה מכויל למספר ההתפרקויות בדוגמה (יעילות המונה), והתוצאה (decompositions per minute, DPM) משמשת לחישוב קליטת הפחמן על ידי הפיטופלנקטון בכל בקבוק הדגרה לפי הנוסחה הבאה:

$$[\text{mgC}/\text{m}^3/\text{day}] = \{ \text{DPM}_{(\text{sample})} / \text{Volume}_{(\text{sample})} \} * 25000 * \{ \text{Volume}_{(\text{AA})} / \text{DPM}_{(\text{AA})} \}$$

כשהמספר 25000 מהווה אומדן לריכוז הפחמן (מ"ג למטר מעוקב) במי ים. על מנת לחשב את קיבוע החמצן הנעשה על ידי פיטופלנקטון (פוטוסינטטי) מוחסר מערך הקיבוע בכל בקבוק הדגרה שקוף הערך המחושב מהבקבוק המוחשך באותו עומק.

פחמן חלקיקי (POC) – דוגמאות מעמודת המים נאספות בבקבוקי ניסקין מהרוזטה ומסוננות דרך רשת $200\mu\text{m}$ 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 (CO_2). הפחמן הדו-חמצני נישא על ידי חמצן לגלאי IR ויוצר אות אשר שיטחו פרופורציונלי לכמות הפחמן. לצורך כיוול משמשים סוכרים המכילים פחמן בכמות ידועה.

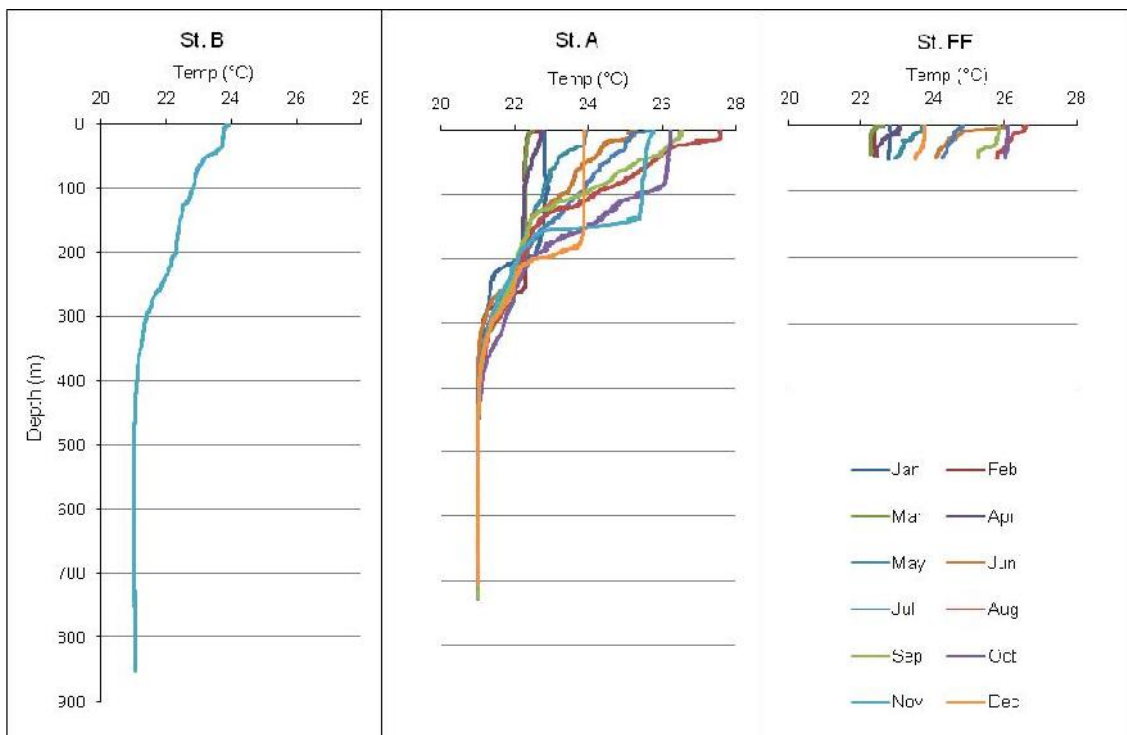
ד.1. מדדים פיסיקליים: טמפרטורה ומליחות

פרופילים רציפים של טמפרטורה, מליחות ופלאואורסנציה 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 המושכב 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

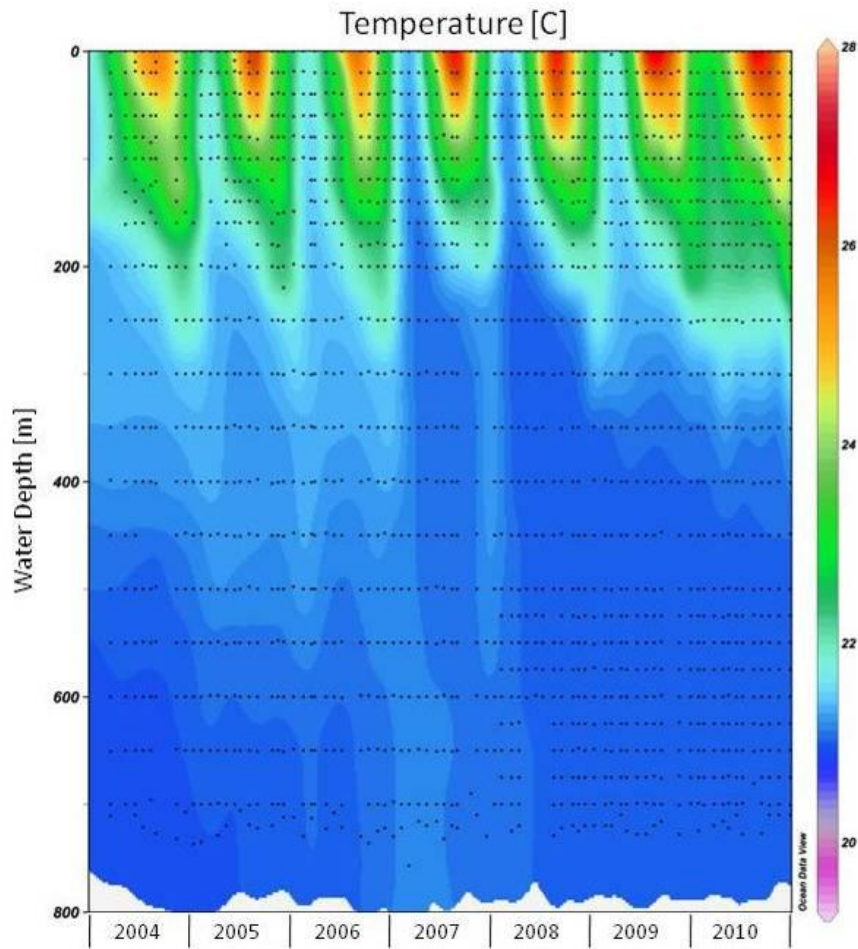
ערבוב עמודת המים היה גם השנה רדוד במיוחד והגיע לכ-250 המטרים העליונים של עמודת המים, בחודש פברואר. בחודש מרץ כבר עלתה התרמוקלינה לעומק רדוד יותר, כ-200 מטרים בלבד. בשנה הקודמת (2009) הגיע עומק הערבוב לכ-300 מטרים. השנתיים האחרונות, בהן היה הערבוב רדוד במיוחד, באות אחרי שנתיים (2007-8) בהן היה ערבוב עמודת המים עמוק מ-800 מ'. הטמפרטורה הגבוהה ביותר שנמדדה השנה בפני המים בתחנה A הייתה 27.6°C בחודש אוגוסט (איור 1ד), מעט נמוך מהטמפרטורה המירבית בשנתיים הקודמות (27.9°C מעלות). בעוד שטמפרטורת הקיץ לא שונה בהרבה בין השנים האחרונות, טמפרטורת החורף הגבוהה (22.4°C) היא המכתיבה את עומק הערבוב. ערבוב עמודת המים המונע על ידי קירור המים מלמעלה בעונת החורף הוא גורם מרכזי בדינאמיקה של המערכת האקולוגית במפרץ.



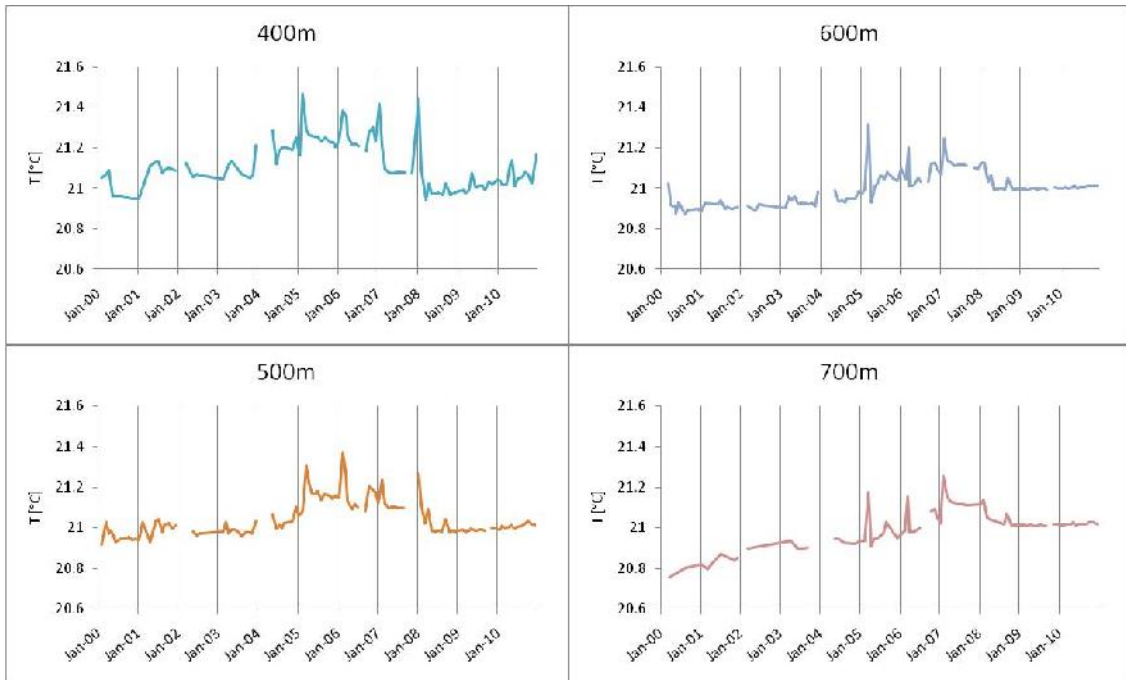
איור 1ד: טמפרטורת עמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D1: Temperature 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.

המחזור העונתי של קירור-חימום המים הוא הגורם למחזורי הערבוב-שיכוב האופייניים בעמודת המים הפתוחים. מחזוריות זו נכרת היטב בכל שנות הניטור, כאשר השנים נבדלות במידת הקירור של פני הים וכך גם בעומק הערבוב. השנה בדומה לשנה הקודמת ובניגוד לשנתיים 2007-8, היה הערבוב רדוד - מוגבל ל-250 המטרים העליונים בלבד. טמפרטורות גבוהות, יחסית לחורף, בפני הים מנעה העמקת הערבוב. בשנתיים האחרונות נצפית עליית טמפרטורה בעומקי הביניים, עד כ-300-400 מטרים (איור ד2). 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 שמגמת ההתחממות הדרגתית של מי העומק עליה דיווחנו בעבר נבלמה בשנת 2008, וטמפרטורת המים העמוקים נותרה כמעט יציבה מאז (איור ד3). עם זאת, השנה נעה טמפרטורת המים בעומק 700 מ' סביב 21.02°C , ואילו בשנה הקודמת נעה הטמפרטורה סביב 21.01°C . בעומקי הביניים, כאמור, עליית הטמפרטורה בשנתיים האחרונות גדולה יותר. [דיוק חיישן הטמפרטורה שבמכשיר ה-CTD 0.001 מעלה, עם סטייה של עד 0.002 מעלות בשנה. המכשיר שבשימוש תכנית הניטור כוייל לאחרונה בשנת 2007].



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



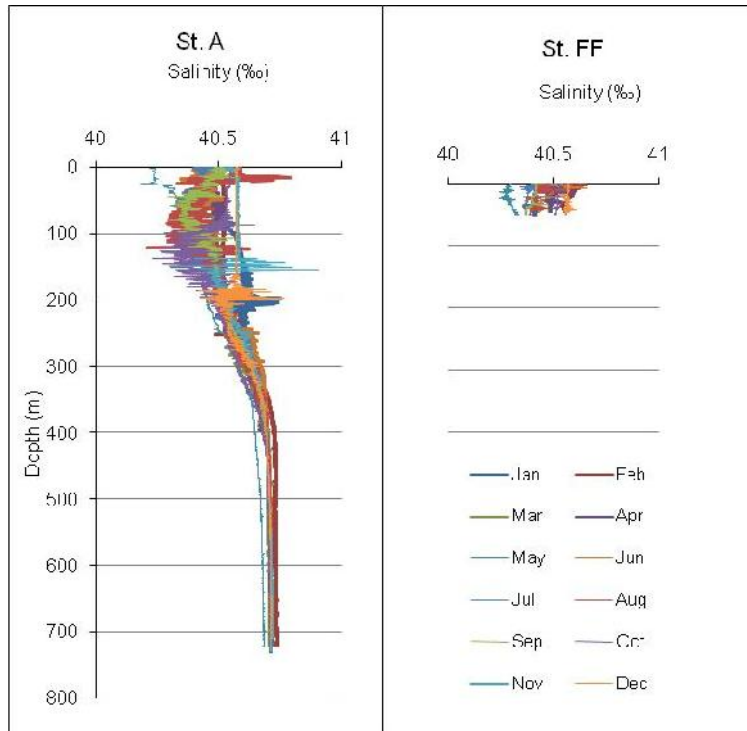
איור ד3: שינויי טמפרטורה במי העומק (בעומקים 400 עד 700 מטרים) בתחנה A מאז ינואר 2000. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של פרופ' י. ארז ופרופ' ב. לזר.

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.

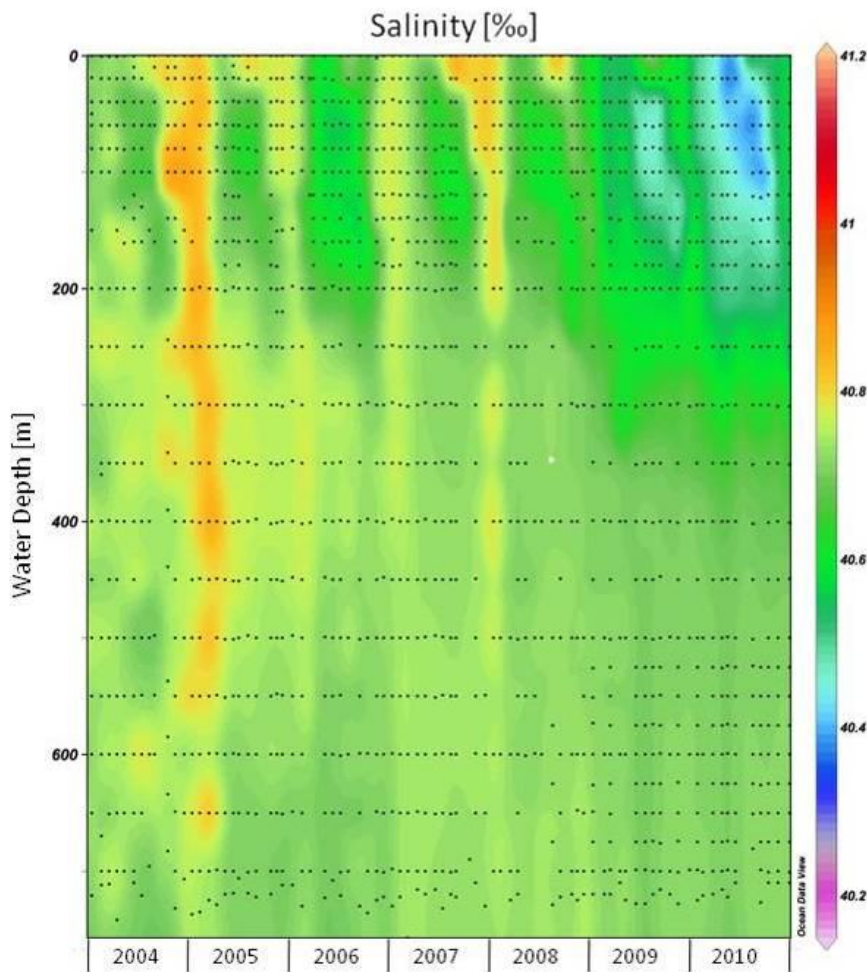
מליחות

בשנה האחרונה אובחנה גידה חזקה של תוצאות מדידות המליחות במד המליחות במעבדה. כתוצאה מכך הוחלט לא להציג תוצאות מליחות שנמדדו במכשיר זה 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, הזמינה מד מליחות חדש אשר צפוי להגיע בזמן הקרוב.

למדידות המליחות מחזור עונתי אופייני של היווצרות שכבת מים בעלת מליחות נמוכה יחסית בעומקים 200-250 מטרים בתקופה המשוככת. 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 בשכבה העליונה, בעוד שבפני הים האידיוי גורם ליצירת שכבה בעלת מליחות גבוהה יחסית (וטמפרטורה גבוהה יחסית). באופן זה "נלכדת" שכבת מים בעלת מליחות נמוכה יחסית בחודשי הקיץ מתחת לפני הים. עם התערערות המבנה המשוככ בסוף הקיץ ותחילת הערבוב, גם מים אלה מתערבבים, ועומק "המליחות המינימלית" השאריתית גדל (איור ד4).
גם השנה היינו עדים לחדירת גוף של מים בעלי מליחות נמוכה יחסית, ואנומליות המליחות בשכבת ה"מליחות המינימלית" גדולה בהשוואה לשנים הקודמות (איור ד5). שינויי המליחות בעמודת המים הינם מחזוריים בעיקרם, ועל אף תבנית מעט שונה משנה לשנה לא ניכרת מגמה של שינוי ארוך טווח. ההבדלים בין השנים קשורים יותר לגופי המים החודרים לאזורינו מדרום מאשר למאזני האידיוי המקומיים. השנה נראה כי חדרו מים בעלי מליחות נמוכה בהשוואה לתקופות הדומות בשנים הקודמות.



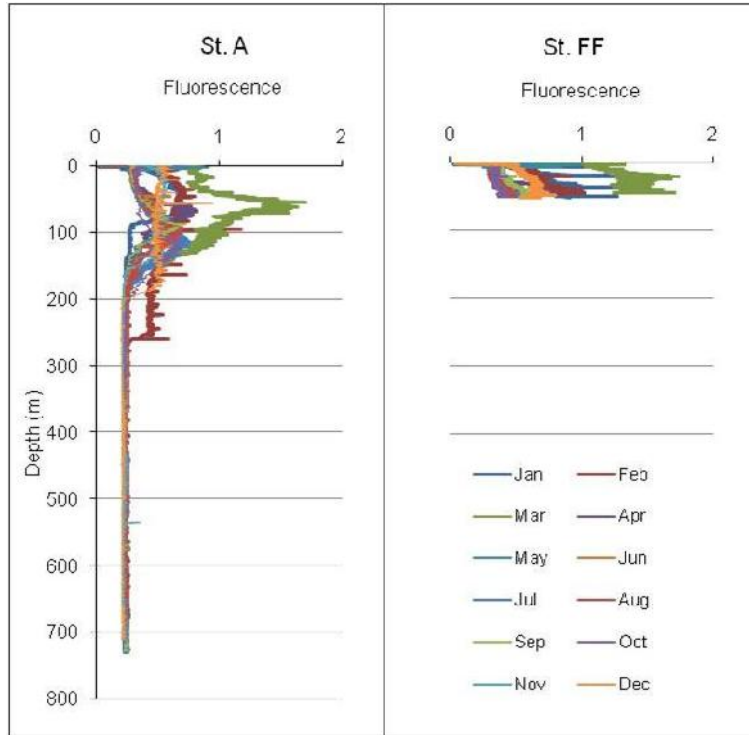
איור ד4: מליחות בעמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.
Figure D4: Salinity profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian 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 5: 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.

פלואורסנציה

הפלואורסנציה הנמדדת על ידי מכשיר ה-CTD משמשת מדד in-situ לריכוז הכלורופיל בעמודת המים. ערכי הפלואורסנציה מוצגים ביחידות שרירותיות. מדידות הפלואורסנציה רועשות אולם למרות זאת ניתן לקבל מהן תמונה של מבנה עמודת המים (איור 6). התכונה הבולטת היא מציאות ערך מירבי בעומק של 60-80 מ' בתקופה המשוככת. איזור זה מכונה DCM (Deep Chlorophyll Maximum). השנה נמדד ערך מירבי בחודש מרץ, מיד עם תום הערבוב, שהיה השנה חלש במיוחד, בעומק של כ-60 מטר. בתקופה בה עמודת המים מעורבת נמדד ערך אחיד של פלואורסנציה בעמודה המעורבת. השנה, כאמור, היה הערבוב חלש ופלואורסנציה נמדדה בחודש פברואר עד עומק של כ-250 מטרים בלבד.



איור ד6: פלוארסנציה בעמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. 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: Fluorescence profiles measured during the monthly monitoring cruises. 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.

ד.2. מדדים כימיים

חמצן (O_2)

הגורם העיקרי המשפיע על ריכוזי החמצן בעמודת המים הוא המחזור העונתי של שיכוב-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 המירבי (DCM), ועם עליית הטמפרטורות במים העליונים נוצרת בתקופה זו על-רוויה בחמצן.

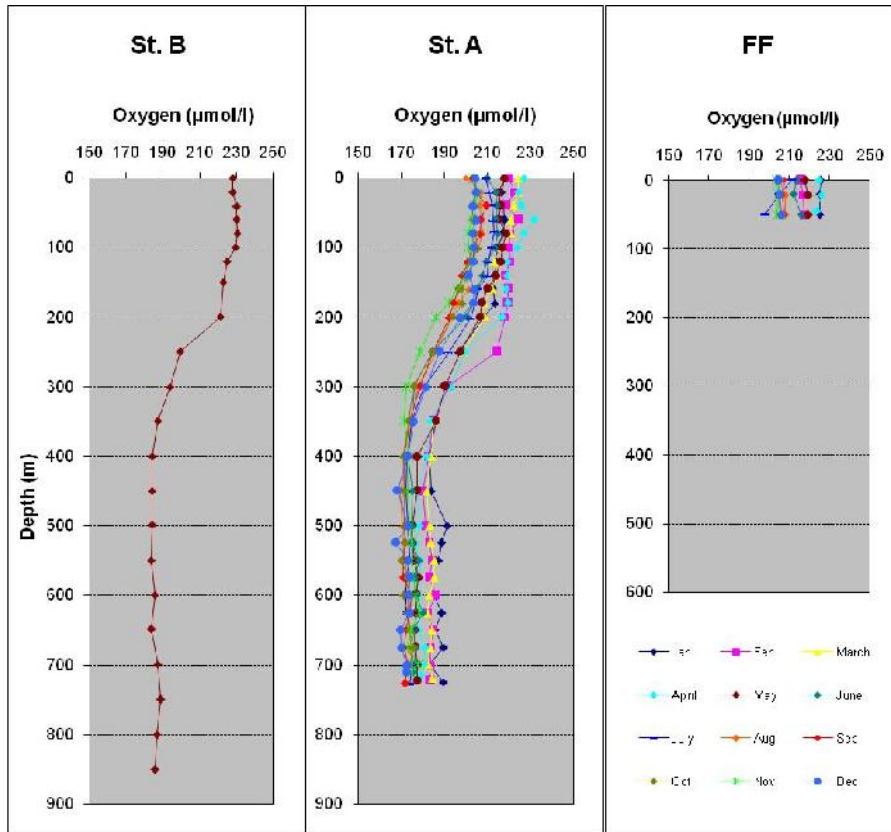
גם השנה "אווררו" רק המים העליונים, עקב הערבוב הרדוד זו השנה השניה ברציפות. עקב הערבוב עלה ריכוז החמצן המומס בעומק 250 מ' ל- $214 \mu\text{mol/l}$ בחודש פברואר (איור ד7).

בתחנה A ריכוז החמצן המירבי נמדד השנה בחודש אפריל בעומק 60 מטרים, $232 \mu\text{mol/l}$, מעט גבוה מאשר הריכוז המירבי בשנה הקודמת. בקרבת החוף, בתחנת FF היה השנה ריכוז החמצן המירבי נמוך יותר והגיע ל- $226 \mu\text{mol/l}$ בחודש אפריל. במים העמוקים ירד ריכוז החמצן במשך השנה מ- $190 \mu\text{mol/l}$ בחודש ינואר (דומה לערכי השנה הקודמת) ל- $170 \mu\text{mol/l}$ בחודש דצמבר (נמוך ביותר מ- $10 \mu\text{mol/l}$ ממדידות השנה שעברה).

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 בזמן 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. במשך השנתיים שעברו מאז, בהן היה ערבוב עמודת המים רדוד, נצרך החמצן במים העמוקים וריכוזו ירד. הערבוב הרדוד בשנתיים האחרונות לא החזיר חמצן למים העמוקים מכ- 300 מ', וריכוז החמצן בעומקים אלה מוסיף לרדת (איור ד8).

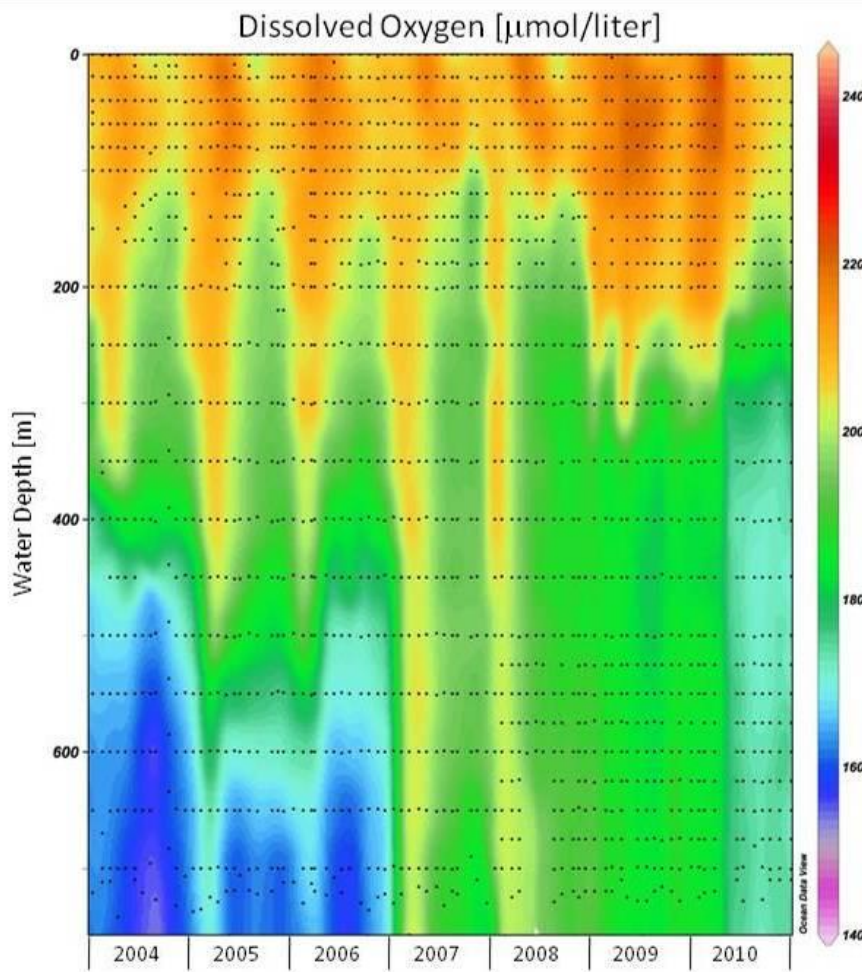
בשנים 2007-9 היה מאגר החמצן המומס בעמודת המים גבוה בזכות הערבובים העמוקים בשנים 2007-8, אולם החל מהשנה ניכרת ירידה במאגר החמצן המומס בעמודת המים לערכים דומים לערכי השנים 2005-6. מאגר החמצן המומס בעמודת המים עדיין גבוה מעט משהיה בשנת 2004 (איור ד9).

ריכוז החמצן במים העמוקים ירד בהתמדה מאז שנת 2000 ועד לשנת 2007. שנתיים של ערבוב עמוק בשנים 2007-8 העלו את ריכוזי החמצן בכל העומקים, לערך מירבי בפברואר 2008, ומאז – בהעדר ערבוב עמוק – ריכוזי החמצן שוב בירידה. ריכוז החמצן המומס במים העמוקים דומה בסוף השנה לריכוז של שנת 2002, שנתיים לאחר הערבוב העמוק בשנת 2000 (איור ד10).



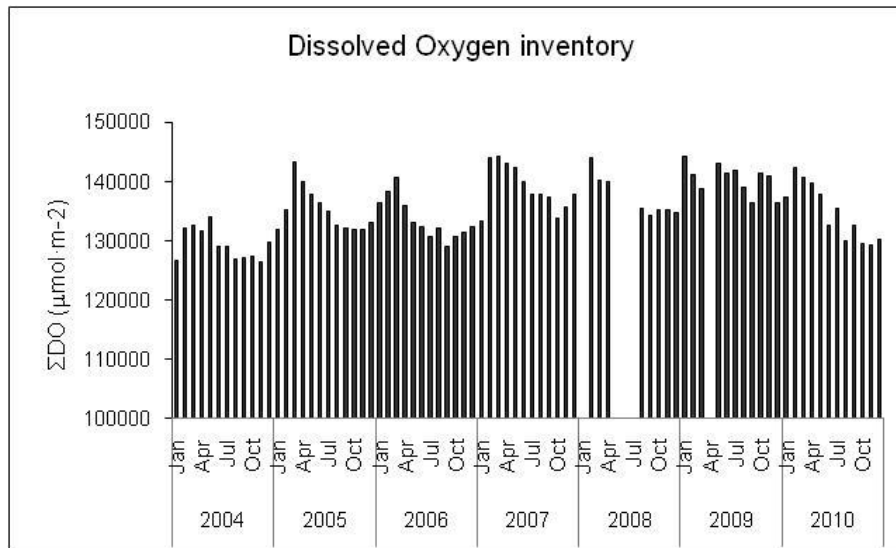
איור ד7: ריכוזי חמצן מומס בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D7: 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.



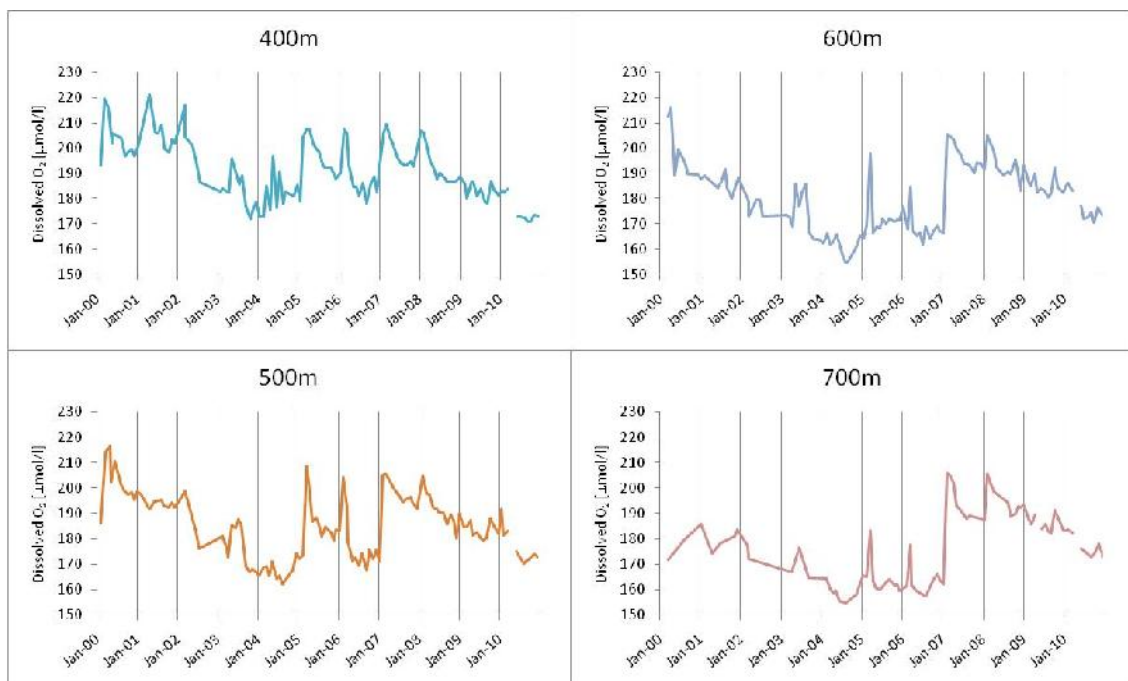
איור ד8: שינויים בריכוז החמצן המומס בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D8: Changes in concentrations of dissolved oxygen in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.



איור 9: שינויים במאגר החמצן המומס בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.

Figure D8: Changes in the dissolved oxygen inventory in the water column at Station A since 2004.



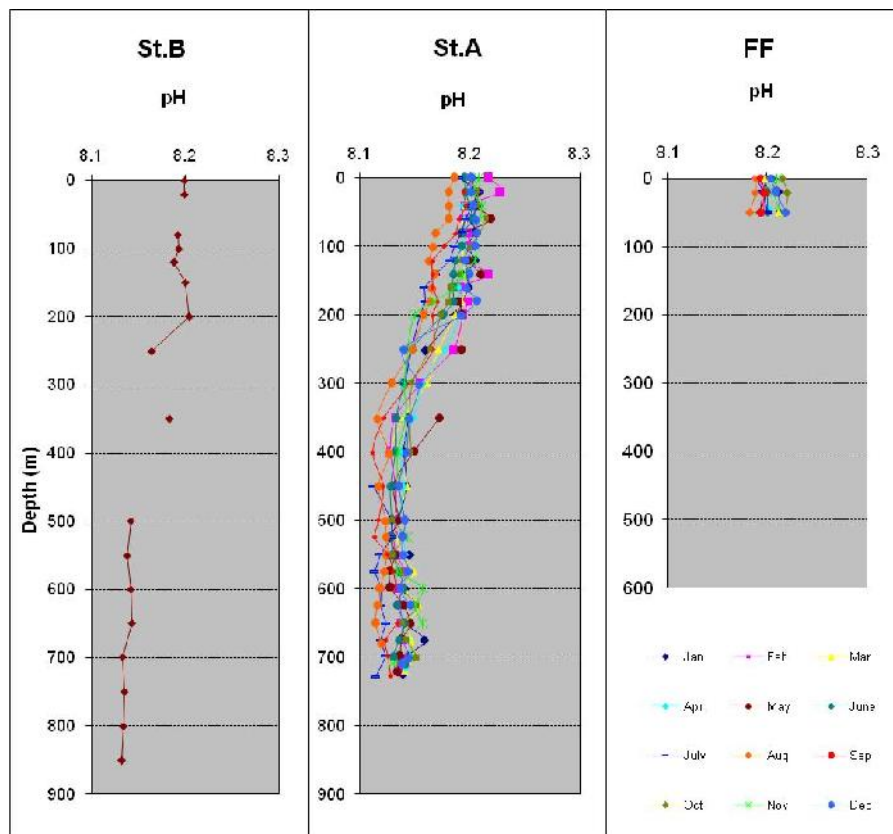
איור 10: שינויים בריכוזי החמצן המומס בעמקים 400 עד 700 מטרים בתחנה A מאז שנת 2000.

Figure D10: 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 התברר כי התמיסות המשמשות לכיול מד ה-pH התיישנו על המדף וכתוצאה מכך נוצרה הטייה של הערכים הנמדדים לעבר ערכי pH גבוהים יותר. משהחלו הערכים הנמדדים להיות גבוהים באופן חריג התעורר החשד שקיימת בעיה במדידה עצמה ומקור הבעיה אובחן. נערכה בדיקה של התמיסות, ובמקביל להחלפת כל החומרים ננקטו שתי פעולות: 1. במשך חודשיים נמשכה מדידת pH עם החומרים הישנים במקביל למדידות המכויילות בחומרים חדשים ובדוקים, בניסיון לבדוק האם ניתן יהיה לתקן את הערכים השגויים תיקון מתמטי (בתנאי שניתן יהיה לייצר עקומה המתארת את הטיית ערך המדידות עם הזמן), 2. נערך בירור אשר במהלכו זוהה תאריך תחילת הבעיה (אוקטובר 2003). לפיכך הכרזנו בלוח 2007 על אי קבילותן של מדידות ה-pH מאותו תאריך ועד להחלפת התמיסות הבעייתיות ותיקון הבעיה בנובמבר 2006.]

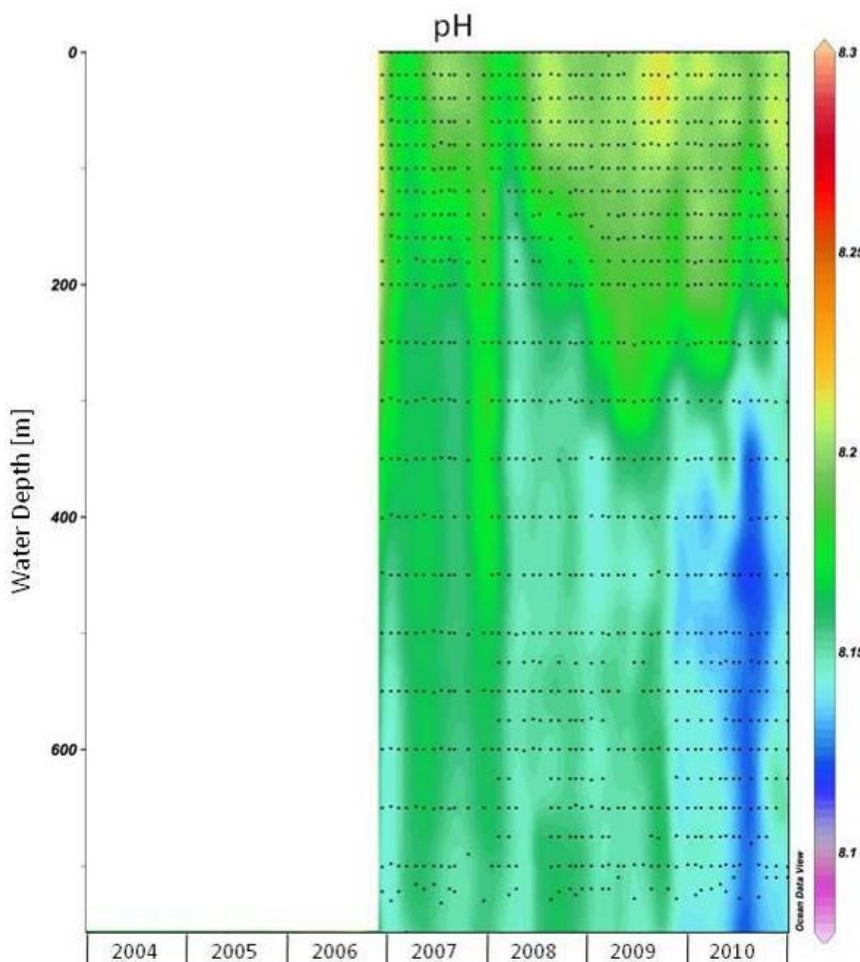
ערכי ה-pH במי העומק בדרך כלל נמוכים יותר מאשר במים הרדודים ועל כן מושפעת גם רמת החומציות בעמודת המים ממחזור הערבוב-שיכוב העונתי. מבנה הפרופיל של ערך הגבה (pH) בעמודת המים דומה, לרוב, לזה של החמצן המומס מכיוון ששני המשתנים תלויים בקצבי הפוטוסינתזה והנשימה. ערך pH מירבי נמדד השנה קרוב לפני הים (עומק 20 מ') בחודש פברואר (8.228, בדומה לערך המירבי אשר נמדד בשנה הקודמת, בנובמבר 2009). ערכי pH מזעריים נמדדו בחודשי הקיץ במים העמוקים – 8.114-8.115, נמוך מהערך המזערי של השנה הקודמת (8.126). השנה ערכי ה-pH המרביים היו גבוהים יותר בתחנה A מאשר בקרבת החוף הצפוני (תחנת FF), ערך של 8.220 נמדד ב-FF בחודש אוקטובר. אירועי הערבוב העמוק בשנים 2007-8 העלו מעט את ערך ה-pH במים העמוקים, והשנה עקב שנתיים של ערבוב רדוד ניכרת ירידת ה-pH בעומק (איור 12).



איור 11: 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 D11: 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.



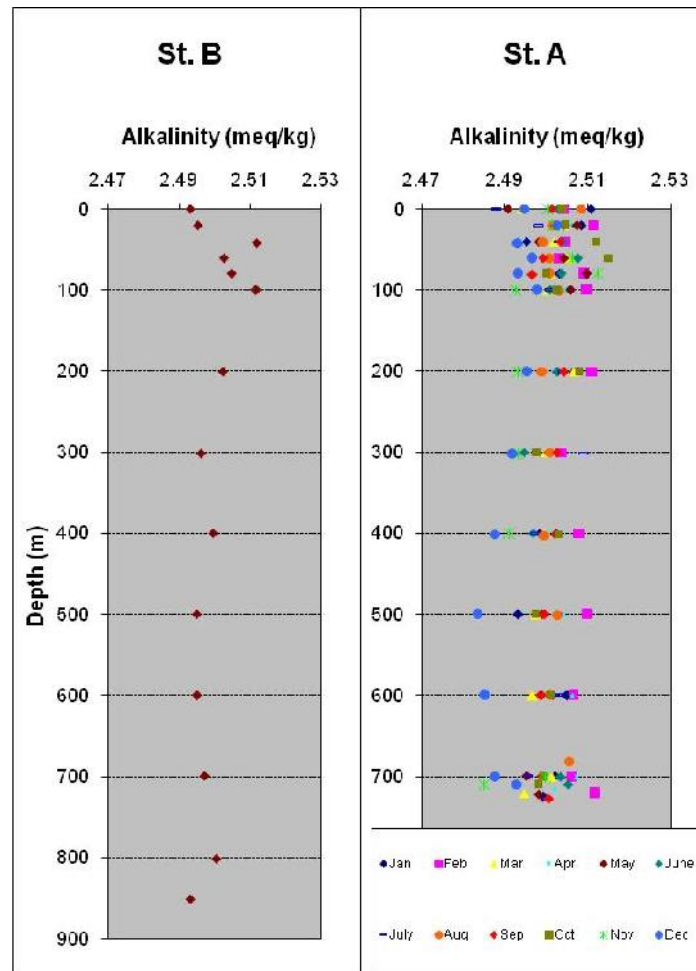
איור 12: שינויים ברמת החומציות בעמודת המים בתחנה A מאז נובמבר 2006. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D12: Changes in pH in the water column at Station A since November 2006. Black dots represent the sampling depths.

אלקליניות

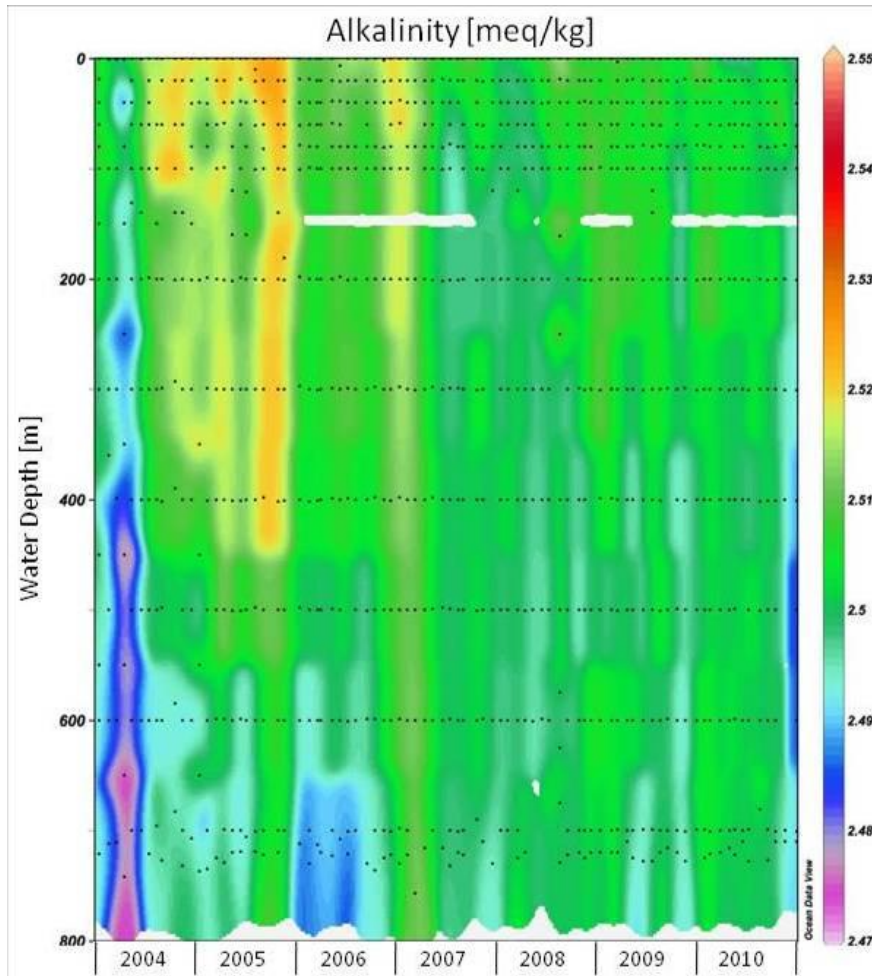
האלקליניות היא מדד לריכוז החומצות החלשות במים, ובעיקר לריכוז יוני הקרבונט והביקרבונט (CO_3^{2-} ו- HCO_3^- בהתאמה). טווח הערכים במדידות האלקליניות קטן מאד, הן בשינויים העונתיים והן בין העומקים. ערכים נמוכים יחסית של אלקליניות במים העמוקים נרשמו לאחר הקיץ (בחודשים נובמבר-דצמבר), וערכים גבוהים יותר בשיא הערבוב (חודש פברואר) (איור 13). הערך המירבי נמדד בחודש אוקטובר בעומק 60 מ', 2.5152.

השנה נראה כי גם ערכי האלקליניות במים העמוקים החלו לרדת בהשוואה ל-2007-8, ולקראת סוף השנה מתקרבים לערכי 2004-5 (איור 14). במים הרדודים עדיין נמוכה האלקליניות מערכי 2005.



איור 13: ערכי אלקליניות בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה יותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים.

Figure D13: 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.

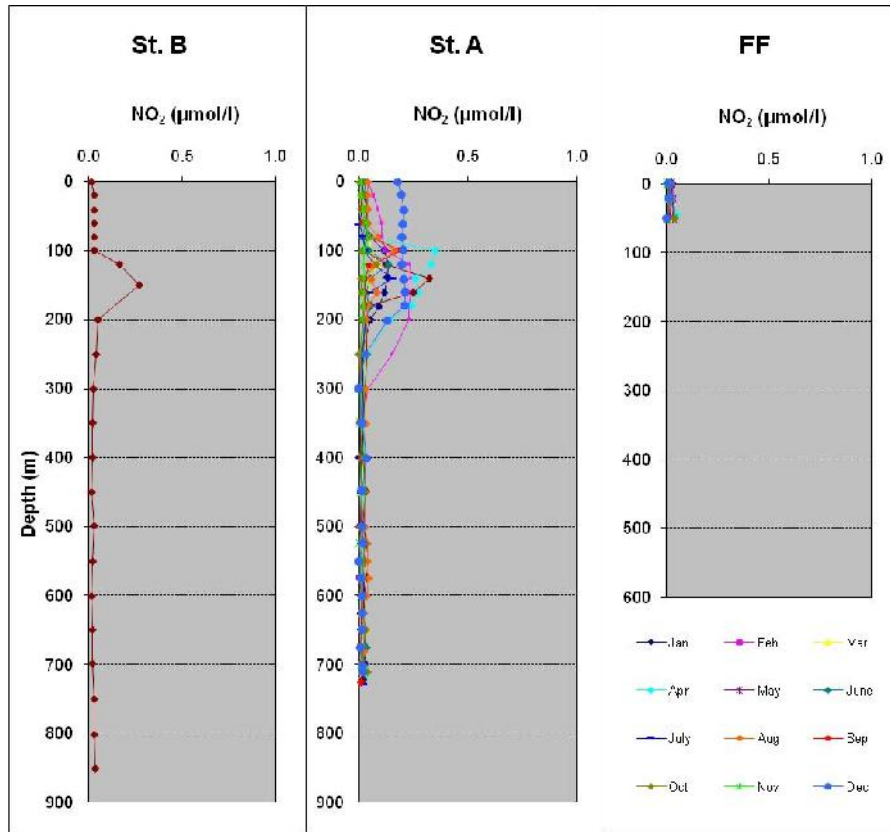


איור 14: שינויי אלקליניות בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D14: Changes in alkalinity in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.

ניטריט (NO_2^-) וניטראט (NO_3^-)

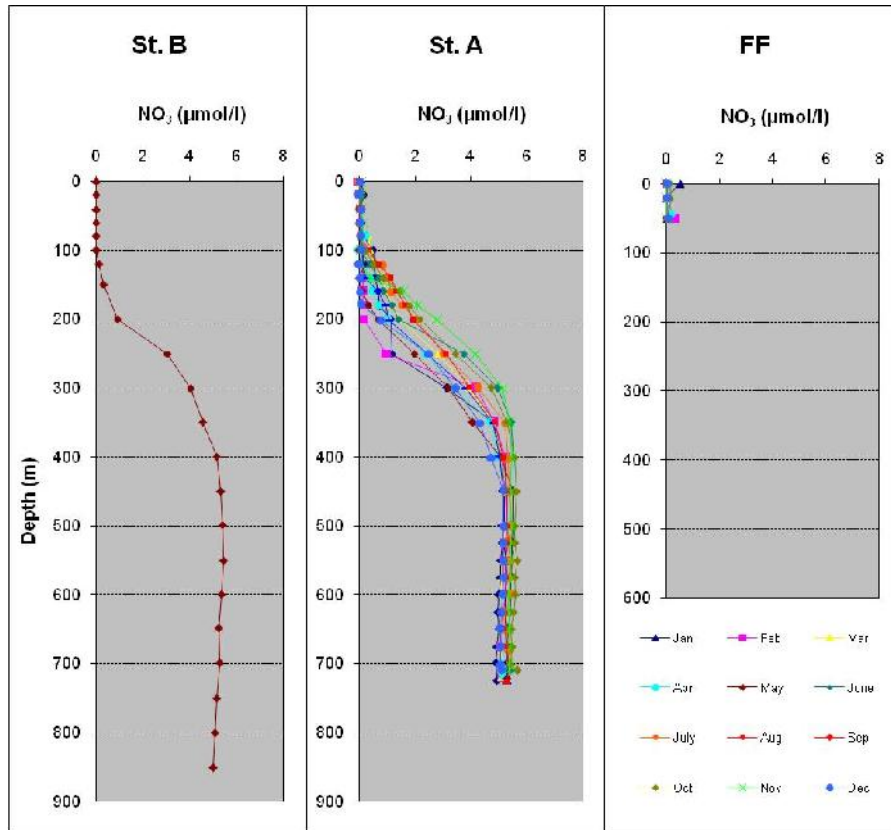
ניטריט נצרך הן על ידי פיטופלנקטון באזור הפוטי והן על ידי בקטריות וארכיאה המחמצנים אותו לניטראט בתהליך הניטריפיקציה המתרחשת בכל עמודת המים ועל כן ריכוזי הניטריט במים נמוכים מאד. ניטריט יכול להיווצר גם על ידי דניטריפיקציה, חיזור ניטראט על ידי חיידקים אנארוביים, אולם תהליך זה פחות סביר במי המפרץ המחומצנים. יתכן שדניטריפיקציה מתרחשת בסדימנט. ריכוזי הניטריט עולים בתקופת הערבוב בחורף, ועם תחילת השיכוב נוצר בין העומקים 100 ו-250 מ' (מתחת לשכבה הפוטית) אזור בו ריכוז הניטריט גבוה יחסית (איור 15). באזור זה מתרחשים תהליכי פרוק חומר אורגני וחמצון בקטריאלי של אמוניה. ככל שעמודת המים מתייצבת מאגר הניטריט באזור זה קטן והולך. השנה נמדדו ריכוזי ניטריט מרביים בתחנה A בחודשים אפריל ומאי, בעומקים 100-140 מטרים, $0.320 \mu\text{mol/l}$, כחצי מריכוזו המירבי בשנה הקודמת.



איור 15: ריכוזי ניטריט (NO_2^-) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D15: 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, מלבד בזמן ערבוב עמודת המים (איור 16). בתקופת השיכוב הניטראט בשכבה העליונה קרוב לאפס, ובזמן הערבוב, ריכוזו עולה. השנה ערבוב המים היה רדוד במיוחד ועל כן לא הובאו נוטריינטים רבים לפני הים. ריכוזי הניטראט אשר נמדדו בפני הים בתחנה A היו קרובים לאפס במשך כל השנה. בשנה הקודמת, אשר גם בה היה ערבוב רדוד, היה הריכוז המירבי 0.429 בחודש ינואר, ובשנת 2008 נמדד ריכוז מירבי של $2.257 \mu\text{mol/l}$ בפני הים בתחנה A. הריכוזים הכל-כך נמוכים בפני הים השנה נובעים מהיותה השנה השנייה ברציפות בה הערבוב רדוד, ועמודת המים העליונה דולדלה מנוטריינטים במשך שנתיים של יצרנות ללא אספקה חוזרת. במים העמוקים, לעומת זאת, הגיע ריכוז הניטראט המירבי השנה לערכים הנעים סביב $5.5 \mu\text{mol/l}$, בעלייה מתמשכת בשנתיים האחרונות.

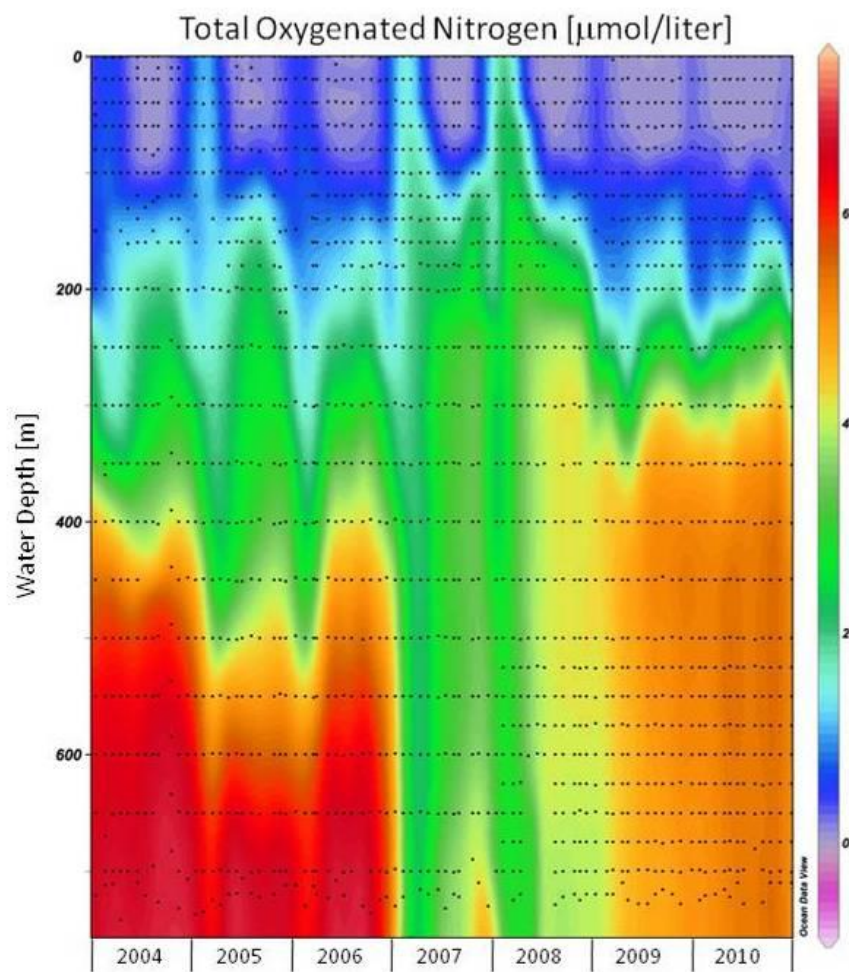


איור 16: ריכוזי ניטראט (NO_3^-) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D16: 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.

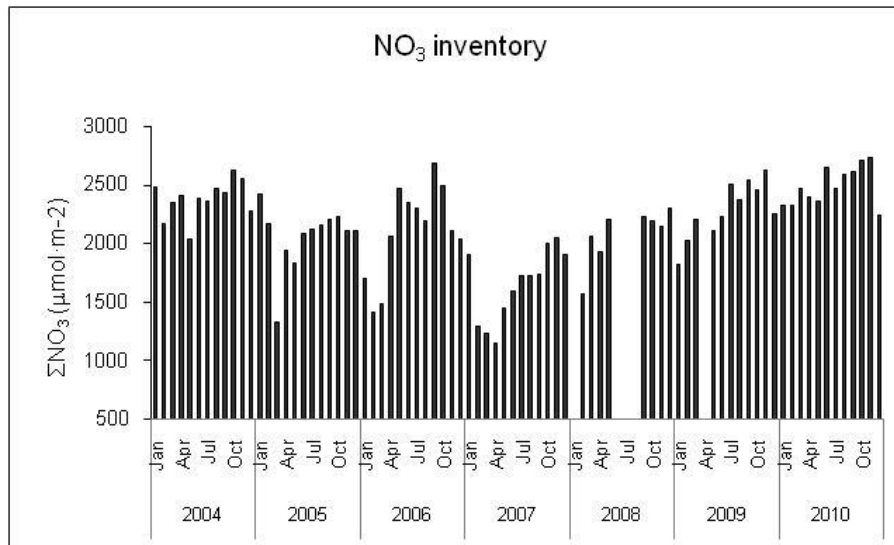
ריכוז החנקן המחומצן בעמודת המים (Total Oxidized Nitrogen - TON) דומה לריכוז מרכיבו העיקרי, הניטראט. משנת 2000, בה היה ערבוב עמוק, עלו ריכוזי החנקן המחומצן במים העמוקים. בחורף 2004-5 בו היה ערבוב של עמודת המים עד לכ-600 מטר ירדו מעט ריכוזי הניטראט במי העומק אולם ב-2006 נמדדו ריכוזים דומים לאלה של שנת 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 מצויים במגמת עלייה (איור 17).

מאגר הניטראט בעמודת המים מאז 2004 מראה תמונה דומה, לפיה עלתה כמות החנקן המחומצן האגור בעמודת המים מאז שנת 2004, בשנות הערבוב 2007-8 נמדדה ירידה, ומאז מאגר החנקן הולך וגדל (איור 18). כמות החנקן המחומצן בעמודת המים בנובמבר 2010 היא הגדולה שנמדדה במסגרת תכנית הניטור (מאז 2004).



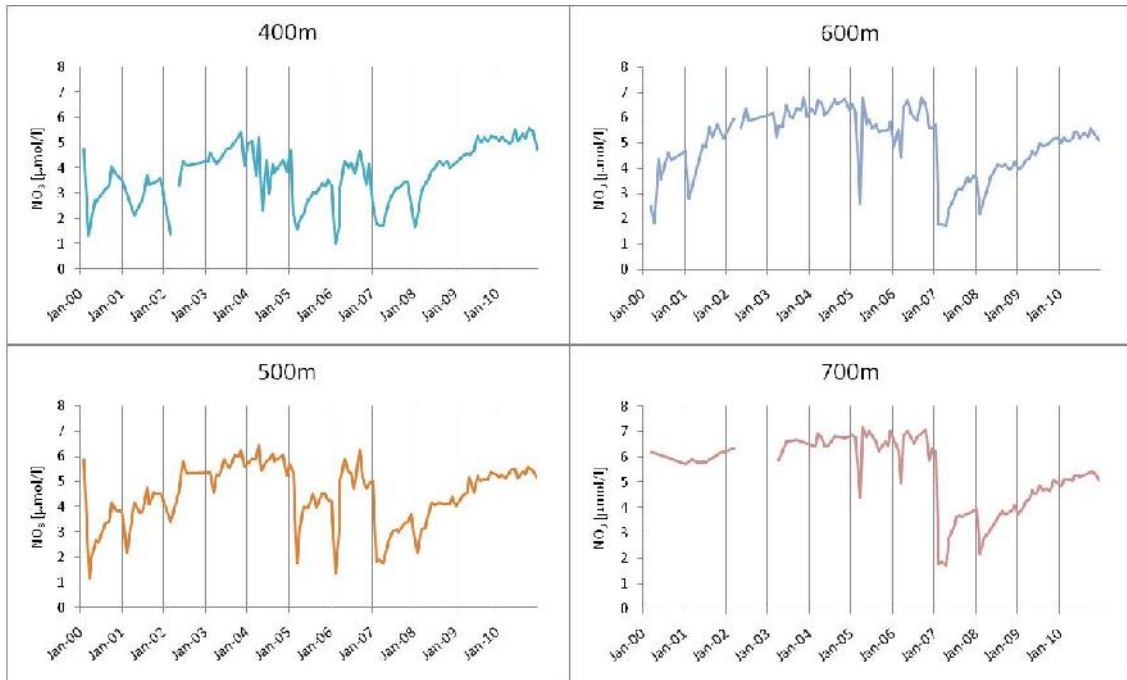
איור 17: שינויים בריכוז החנקן המחומצן ($\text{TON} = \text{NO}_3 + \text{NO}_2$) בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D17: Changes in the concentration of total oxidized nitrogen ($\text{TON} = \text{NO}_3 + \text{NO}_2$) in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.



איור 18: שינויים במאגר הניטראט (NO_3) בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.
Figure D18: Changes in the nitrate (NO_3) inventory in the water column at Station A since 2004.

נראה כי ריכוז הניטראט במים העמוקים הגיע לשיווי משקל גבוה בשנים 2000-2007 והשינויים בו בתקופה זו קטנים (איור 19). בחורפים בהם ערבוב עמודת המים הוריד את ריכוזי הניטראט בעומקים הגדולים מ-400 מטרים חזר הריכוז במהרה לערכו הקודם. הערבוב העמוק בשנת 2007 הוריד משמעותית את ריכוזי הניטראט בעומק (ערך מינימום בתקופה זו כ- $1.7\mu\text{mol/l}$), והעלייה שאחריו הייתה 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- $4\mu\text{mol/l}$. כמו בשנה הקודמת, גם השנה כלל לא הגיע הערבוב למים העמוקים וריכוזי הניטראט הוסיפו לעלות ($5.35\mu\text{mol/l}$ בחודש נובמבר), אולם לאחר שנתיים בהן היה הערבוב רדוד במיוחד ריכוזי החנקן המחומצן במים העמוקים נמוכים משמעותית מערך "שיווי המשקל" שלפני 2007 (איור 19). נדמה כי הקצב בו עולה ריכוז הניטראט במי העומק קטן מאז 2007 בהשוואה לשנים שלפני כן.

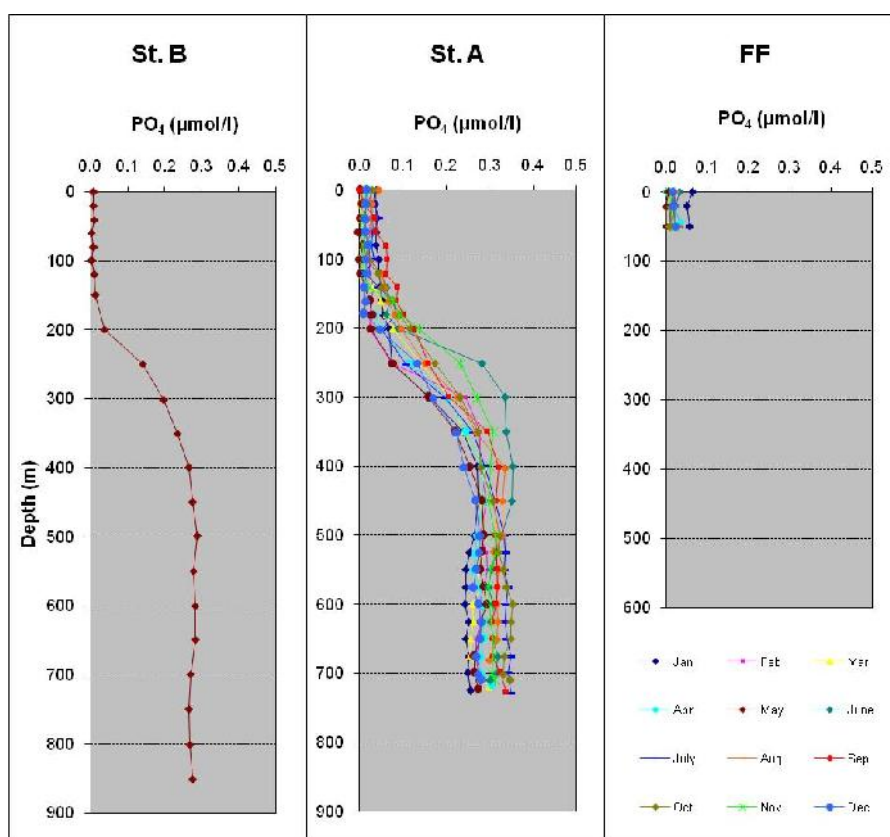


איור ד19: שינויים בריכוז הניטראט בעמקים (400 עד 700 מטר) בתחנה A מאז ינואר 2000. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז והפרופ' ב. לזר.
Figure D19: Changes in nitrate concentration water depth of 400m to 700m at Station A since 2000. Data from 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 20). במים הרדודים נצרכים חומרים אלה בתהליכי יצירת חומר אורגני על ידי היצרנים הראשוניים, ובעקבות שקיעת חלקיקים אורגניים מהמים הרדודים ופירוקם בעומק, עולה ריכוז הנוטריינטים ובכלל זה הפוספט עם העומק. המחזור העונתי של הפוספט דומה לזה הנראה עבור חנקן ומאופיין בעליית הריכוזים בפני הים בעת הערבוב, אך ריכוזי הנוטריינטים אינם זהים. ריכוז הפוספט נמוך בהרבה משל החנקן המחומצן המומס (TON, ניטריט + ניטרט), והשנה הגיע בפני הים בתחנה A לערך מירבי של $0.030 \mu\text{mol/l}$ ובמים העמוקים נע ריכוז הפוספט בטווח שבין $0.25-0.35 \mu\text{mol/l}$. ריכוזים אלו מעט גבוהים מריכוזי השנה הקודמת, אך נמוכים פי כמה מריכוזי 2008. ריכוז הפוספט המירבי בפני הים בתחנת כלובי הדגים כפול כמעט מהריכוז שנמדד בים העמוק בתחנה A.

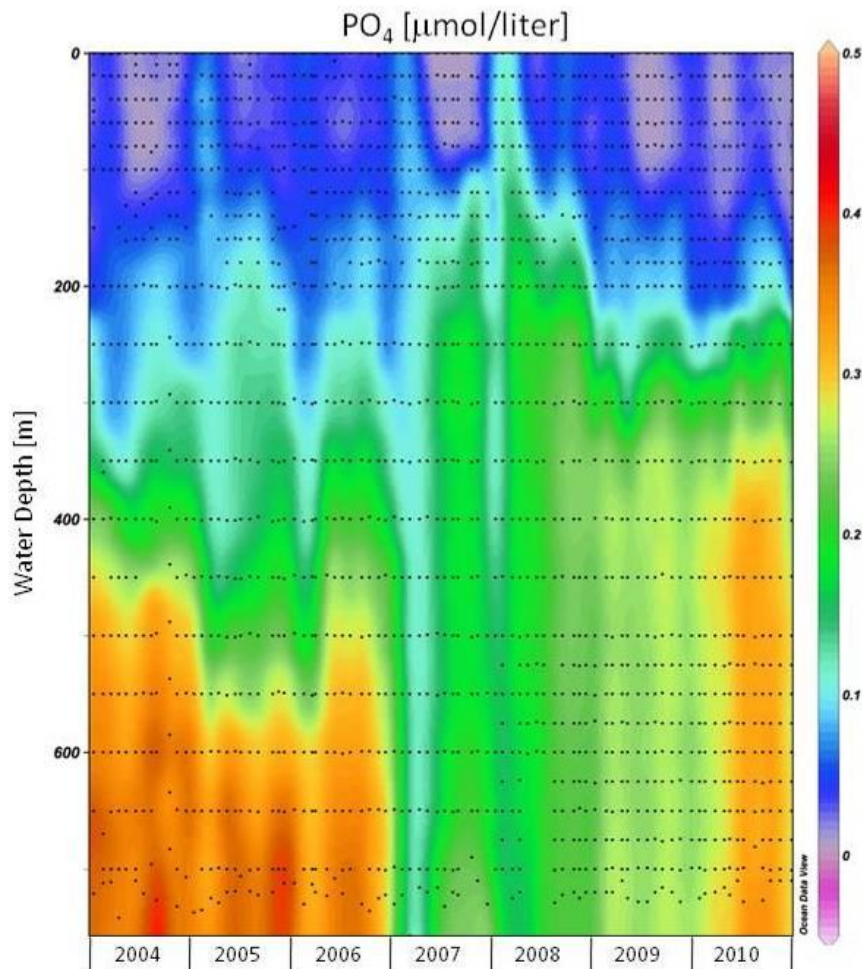
בעקבות אירועי הערבוב העמוק בשנת 2007 ואחר כך שוב בשנת 2008 ירדו ריכוזי הפוספט בעמודת המים באופן משמעותי. הערבוב הרדוד בשנתיים האחרונות לא העלה נוטריינטים – ובכלל זה פוספט – ממי העומק לצריכה בפני הים, וריכוז הפוספט במים העמוקים נמצא בעלייה מאז פברואר 2008 (איור 21). אף על פי כן, ריכוז הפוספט בעמודת המים נמוך מריכוזו בשנים 2004-5. בשנת 2007 הצטמצם מאגר הפוספט המומס במים אולם החל משנת 2008 שב ונבנה. השנה גודל מאגר הפוספט בעמודת המים דומה או אף גבוה מגודלו בשנים 2004-6, לפני הערבוב העמוק בשנים 2007-8 (איור 22).



איור 20: 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.

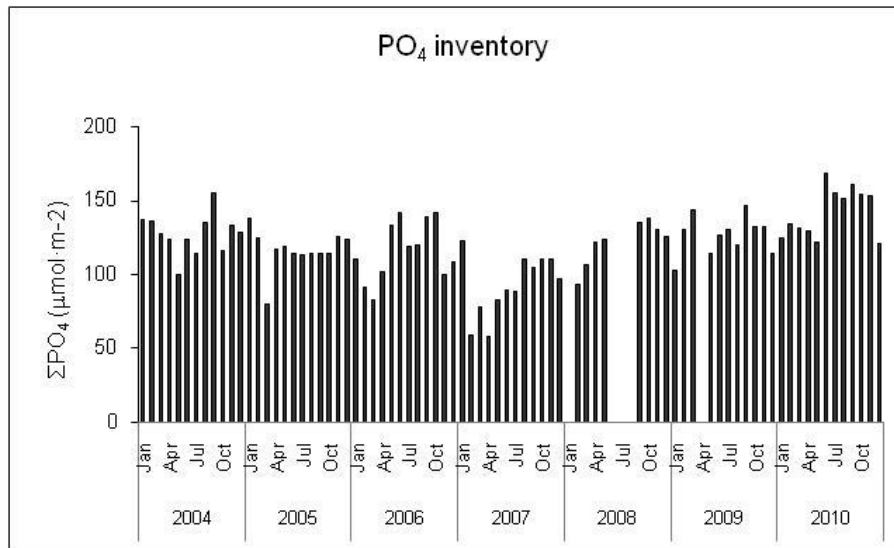
Figure D20: Phosphate (PO_4^{-3}) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest, Station A is on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth, and the Fish Farms station is

close to the northern shore of the Gulf at ca. 50 meters depth.



איור D21: שינויים בריכוז הפוספט בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D21: Changes in the concentration of phosphate in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.

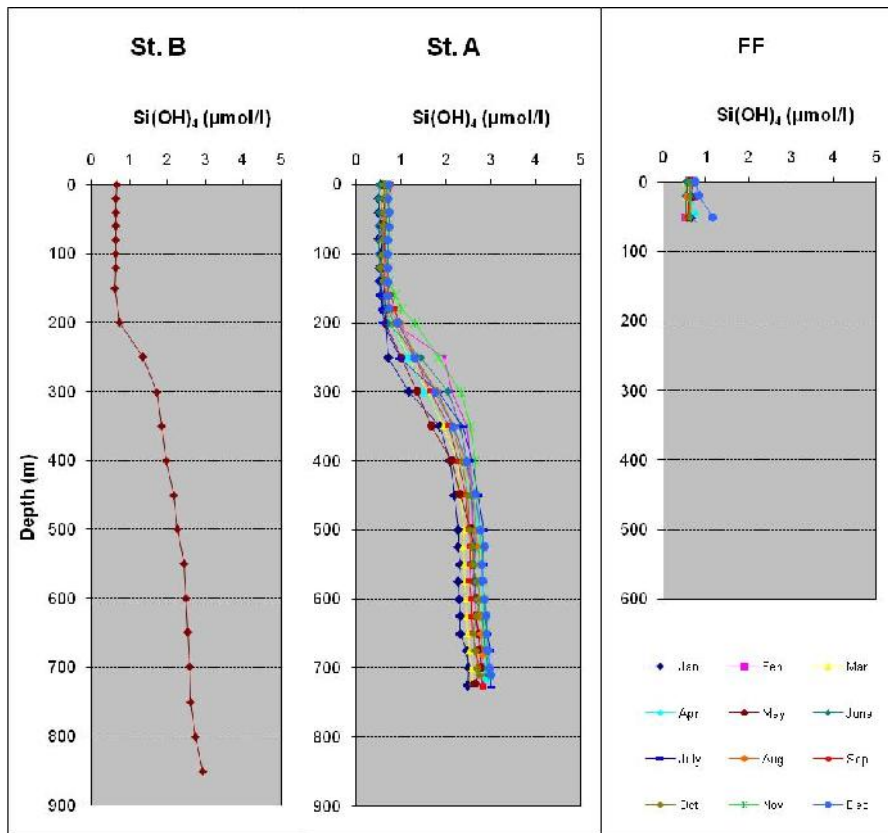


איור ד22: שינויים במאגר הפוספט בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.
Figure D22: Changes in the phosphate inventory in the water column at Station A since 2004.

סיליקה

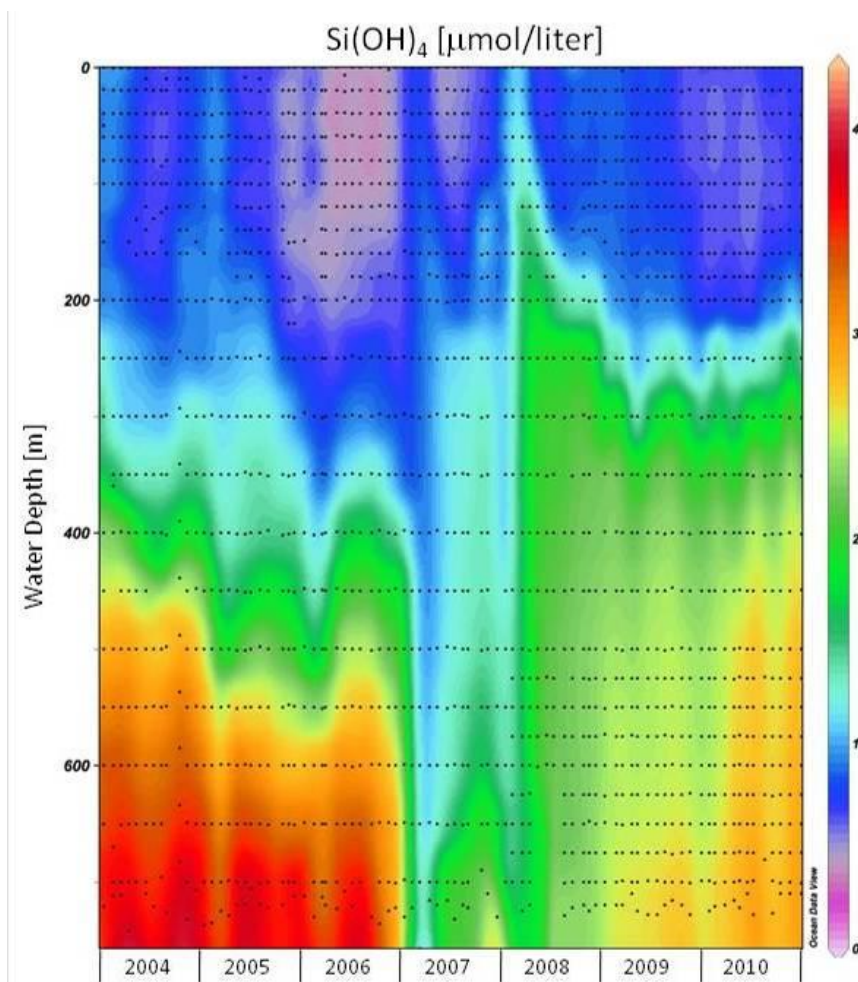
משרעת הערכים השנתית של ריכוזי הסיליקה בפני הים בתחנה A קטנה, $0.793\text{--}0.519\mu\text{mol/l}$ (איור 23), ערכים מעט נמוכים מערכי השנה הקודמת. המחזור העונתי אינו בולט בריכוזי הסיליקה, ולאורך כל השנה ריכוזי הסיליקה במים העליונים (<300 מטר) נמוכים ביחס לעומק וכמעט קבועים. במים העמוקים ריכוזי הסיליקה גדל עם העומק והערך המירבי אשר נמדד השנה עמד על $3.00\mu\text{mol/l}$ בחודש יולי בקרבת הקרקעית – מעט גבוה מבשנה הקודמת. לשינוי בריכוזי הסיליקה במים העמוקים חשיבות רבה מכיוון שהוא מצביע על מקור סיליקה בסדימנט, המסת סיליקה ממוצא יבשתי או שלדים סיליקטים של פלנקטון, בעיקר אצות צורניות [diatoms].

בשנות הניטור נמדד ערך סיליקה מזערי בפני הים בשנת 2006, לפני הערבוב העמוק, ושוב – אם כי במידה פחותה ב-2007. מאז עלה מעט ריכוזי הסיליקה בפני הים ועמד על ערכים דומים אך השנה נראית שוב ירידת-מה בריכוזי הסיליקה בפני הים (איור ד24). במים העמוקים עולה ריכוזי הסיליקה מאז חורף 2008. מאגר הסיליקה בעמודת המים הגיע לערכים נמוכים ביותר בשנת 2007 אולם מאז עלתה כמות הסיליקה המומסת במים והיא דומה היום, או אף גבוהה מערכי השנים 2004-6 (איור ד25). ירידה במאגר הסיליקה המומסת בתחילת החורף (סביב תקופת הערבוב המירבי) 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 נוטריונטים. בשנתיים האחרונות השינויים במאגר הסיליקה בעמודת המים קטנים.



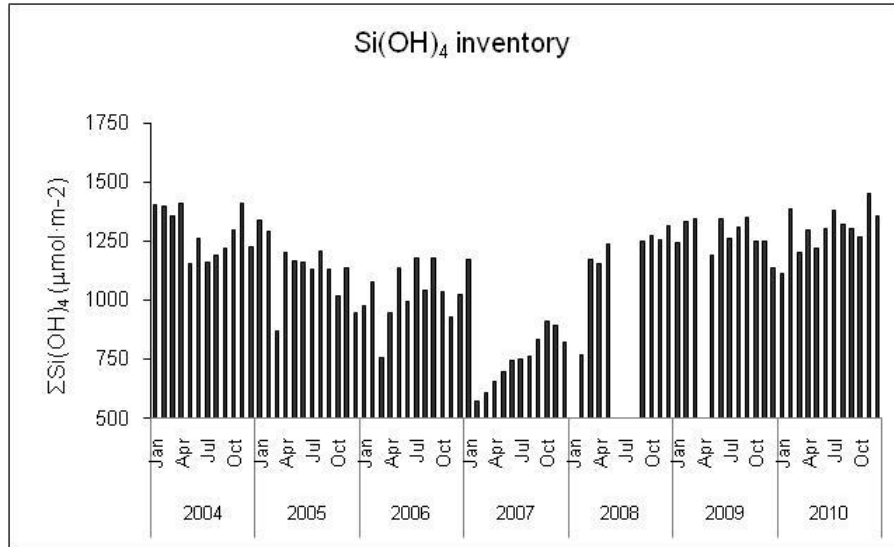
איור 23: ריכוזי סיליקה (Si(OH)_4) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D23: 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 D24: שינויים בריכוז הסיליקה בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

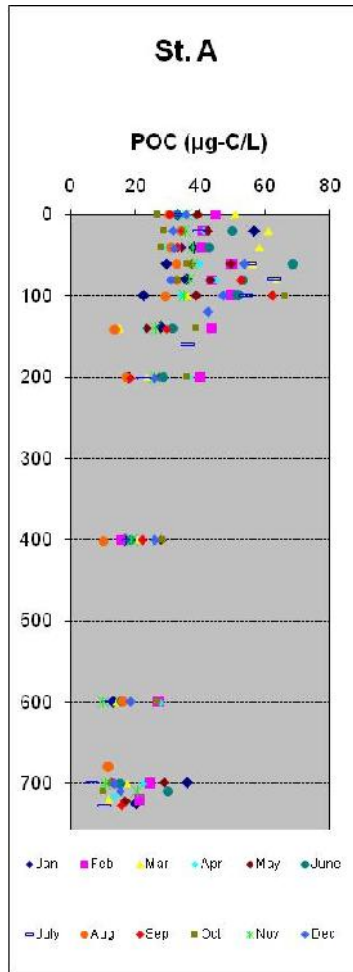
Figure D24: Changes in the concentration of silicate in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.



איור ד25: שינויים במאגר הסיליקה בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.
Figure D25: Changes in the silica inventory in the water column at Station A since 2004.

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 חדש (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 עם צפיפות דגימות גדולה בשכבה הפוטית, וקרוב לקרקעית. ריכוזי הפחמן החלקיקי גבוהים במיוחד ב-100 המטרים העליונים של עמודת המים, וריכוז מירבי של $69 \mu\text{gC/l}$ נמדד השנה בחודש יוני בעומק 50 מ' (איור ד26). בעומקים 200-600 מטרים הריכוזים נמוכים יותר (עד כ- $30 \mu\text{gC/l}$, מעט פחות מאשר בשנה הקודמת) ובקרבת הקרקעית נמדדה לעיתים עליית-מה, עד כ- $36 \mu\text{gC/l}$. עליית ריכוז פחמן חלקיקי בקרבת הקרקעית עשויה להצביע על הרחפת חלקיקים מהקרקעית.



איור ד26: ריכוזי כלורופיל a בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים.

Figure D26: Chlorophyll-a concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth.

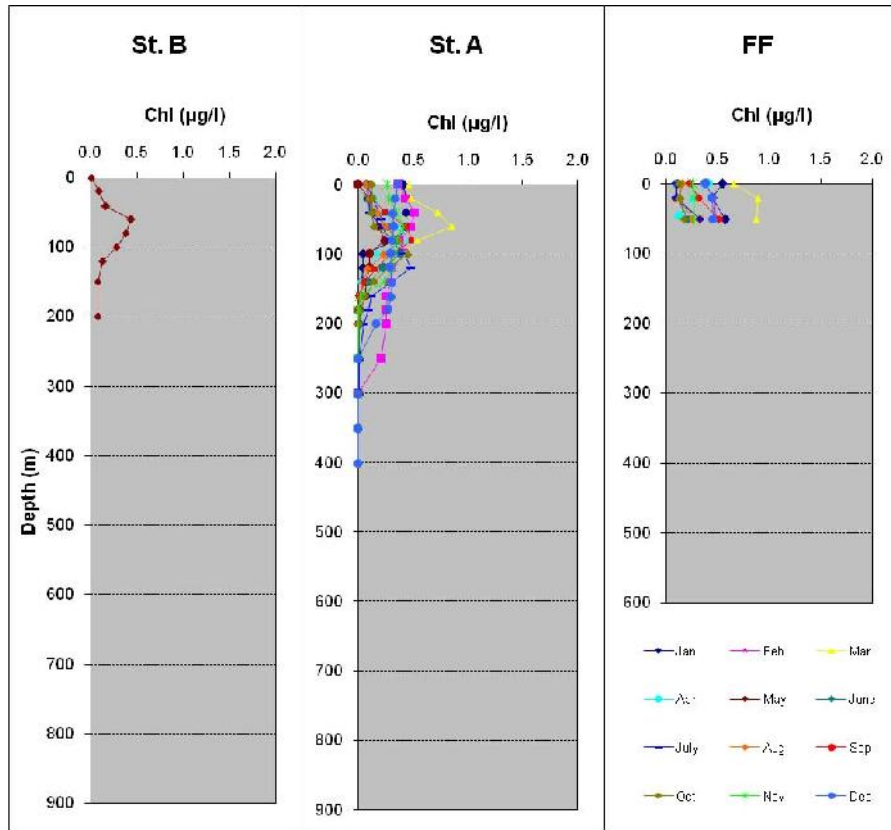
ד.3. מדדים ביולוגיים

כלורופיל a

כלורופיל a הוא הפיגמנט הפוטוסינתטי העיקרי, ועל כן משמש ריכוזו אינדיקציה (חלקית) לכמות האצות והפעילות הפוטוסינתטית בעמודת המים. ריכוזי הכלורופיל משתנים במחזוריות עונתית של ריכוזים אחידים ונמוכים יחסית בתקופת החורף בעמודת המים המערבבת וריכוזים גבוהים יותר בשכבת המים העליונה באביב, בסוף תקופת הערבוב. התקופה המשוכבת מתאפיינת בריכוז מירבי 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 המירבי אשר נמדד השנה בתחנה A, $0.853 \mu\text{g/l}$ בעומק 60 מ' (איור ד27). גם השנה לא נמצא כלורופיל בעומק גדול מ-250 מטרים מכיוון שערבוב עמודת המים היה מוגבל לעומק זה. בקרבת החוף, נמדד ריכוז כלורופיל מירבי מעט גבוה מזה של הים העמוק, $0.890 \mu\text{g/l}$.

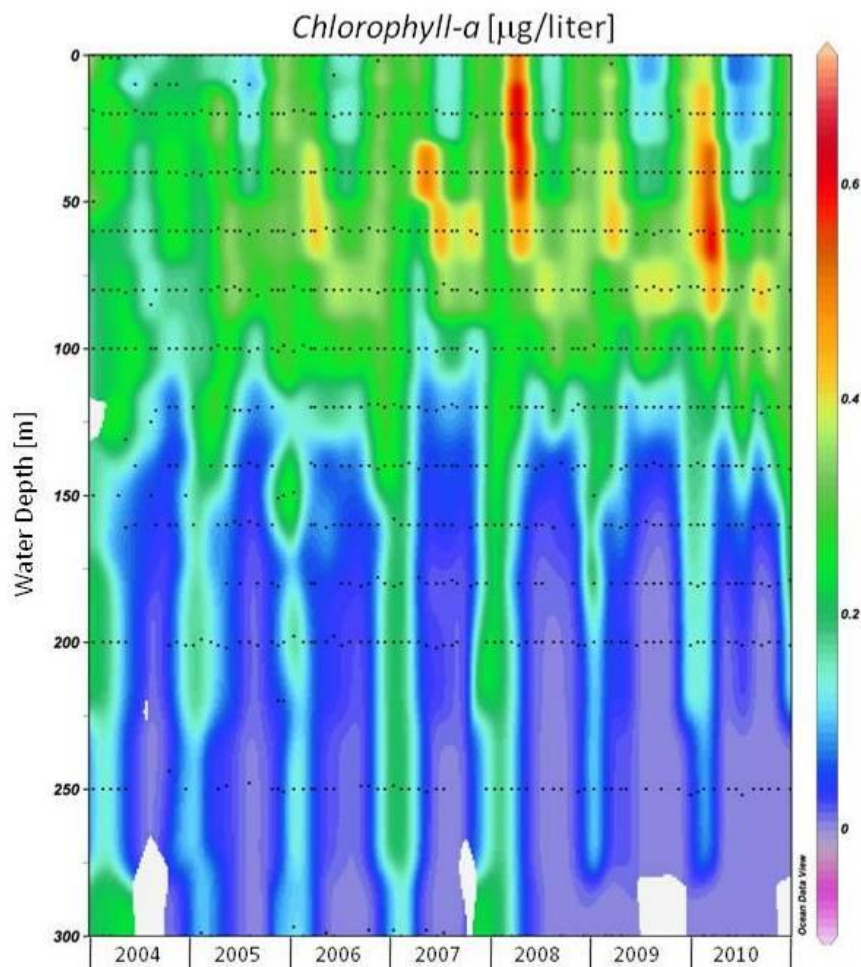
ריכוזי הכלורופיל הנמדדים בסוף תקופת הערבוב בעומק "ריכוז הכלורופיל המירבי" הגיעו לערכים הגבוהים ביותר בשנה השנייה של ערבוב עמוק, 2008, אולם השנה שוב נמדדו ריכוזי כלורופיל גבוהים. ריכוז הכלורופיל המירבי ב-2008 היה $1.137 \mu\text{g/l}$, בשנה הקודמת היה הריכוז $0.547 \mu\text{g/l}$, ואילו השנה נמדד ריכוז מירבי של $0.853 \mu\text{g/l}$ (איור ד28).

במבט לטווח ארוך יותר על ריכוזי הכלורופיל בעומק הריכוז המירבי (איור ד29) נראה כי מאז הערבוב העמוק של שנת 2000 (640 מטרים) בו נמדדו ערכי כלורופיל גבוהים במיוחד, ישנה מגמה של עלייה בריכוז הכלורופיל, בפרט במשך פריחת האביב. בשנת 2008 היו ריכוזי הכלורופיל "בשכבת המקסימום העמוקה" (Deep Chlorophyll Maximum) הגבוהים ביותר מאז שנת 2000. בשנת 2009 לא נמדדו ערכים מירביים כה גבוהים, אולם השנה נמדד שוב ריכוז כלורופיל גבוה בעומק 40 מ', בדומה לערכים מהשנים 2000, 2006, 2007.



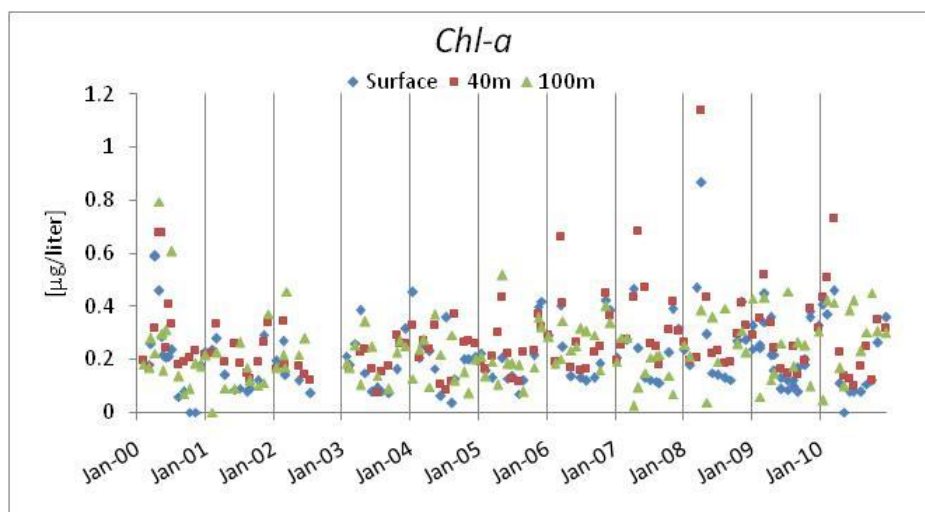
איור ד27: ריכוזי כלורופיל *a* בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הנישור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר, תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים, ותחנה FF בחוף הצפוני בעומק של כ-50 מטרים.

Figure D27: 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 ד28: שינויים בריכוז כלורופיל *a* בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D28: Changes in the concentration of *chlorophyll-a* in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.



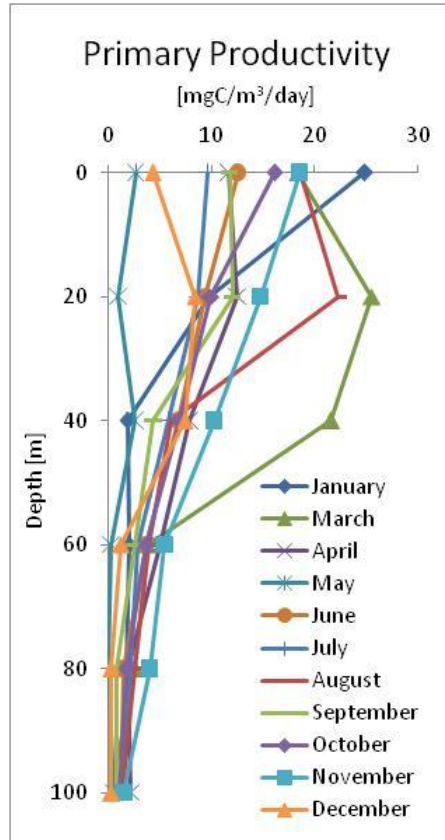
איור 29: ריכוזי כלורופיל *a* בתחנה A מאז ינואר 2000 בפני הים ובעומקים 40 ו-100 מטרים. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז והפרופ' ב. לזר.

Figure D29: 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 בנוטריונים עשויה לגרום לפעילות מוגברת של פיטופלנקטון. פעילות מוגברת לא בהכרח תגרום לעלייה משמעותית בריכוז הפיטופלנקטון (המוערך באופן גס באמצעות ריכוז הכלורופיל) מכיוון שקצב הרעיה של פיטופלנקטון על ידי זואופלנקטון עשוי גם הוא לעלות. לפיכך עלייה ביצרנות עשויה להיות אינדיקציה אמינה ואולי יחידה בשלבים הראשונים של שינוי מצב במעבר ממערכת כמו-אוליגוטרופית בה היצרנות הראשונית נמוכה והתנאים נוחים לאלמוגים, למערכת אוטרופית בה היצרנות גבוהה. מדידת היצרנות מסובכת וקשה מבחינה טכנית, הן עקב הפעילות הימית המורכבת והן עקב פעילות המעבדה והשימוש באיזוטופים רדיואקטיביים, ועל כן לא בוצעה במפרץ אילת באופן סדיר בשנים האחרונות. מדידות יצרנות בוצעו בין השנים 1989-2002 במסגרת התכנית הקודמת 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 (אילוז, 1991) במפרץ אילת ושימש בווריאציות שונות בתכנית הקודמת, 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 יישם את תכנית הניטור ואשר תוצאותיו מוצגות בדו"חות המדעיים של התכנית עבר חודשים של ניסויים ושינויים, ומדידות יצרנות החלו להתבצע באופן סדיר מאמצע 2009. תוצאות היצרנות מהחודשים יולי, ספטמבר, אוקטובר ודצמבר 2009 היו הראשונות אשר נמצאו ראיות מבחינת הדירות המדידה בשלושת החזרות בכל עומק להיכלל בדו"ח הניטור 2009 והיוו צעד משמעותי לקראת מיסודה של מדידת היצרנות במסגרת תכנית הניטור. החל מהשנה נמדדת היצרנות הראשונית בכל חודש בסמיכות להפלגות החודשיות אשר תוצאותיהן מוצגות למעלה.

השנה נמדדו פרופילים של יצרנות ראשונית בסמיכות להפלגות החודשיות (מים נדגמו באמצעות הרוזטה בסוף כל הפלגה) בכל החודשים לבד מחודש פברואר. בפרופילים החודשיים נכרת תלות היצרנות בעצמת האור בכך שיצרנות גבוהה נמדדת בעומקים רדודים וירידה ביצרנות עם העומק (איור 30). ישנם חודשים בהם היצרנות בעומק 20 מטרים גבוהה מהיצרנות בפני הים, ותופעה זו עשויה לנבוע מאינהיביציה הנגרמת מקרינה חזקה מדי בפני הים. היצרנות המירבית אשר נמדדה השנה הייתה $25.5 \text{mgC/m}^3/\text{day}$ בחודש מרץ. במדידות היצרנות של חודש מאי התקבלו ערכים נמוכים במיוחד, ובחודש אוגוסט נמדדה יצרנות מעט גבוהה מהצפוי, בפרט בעומק 20 מטרים. עבור חודש מאי הסיבה ברורה לנו – היום בו שהו הדוגמאות בים באינקובציה בעומקים המתאימים היה יום מעונן בו הקרינה המגיעה לפני הים נמוכה, והפעילות הפוטוסינטטית נמוכה בהתאמה. עבור חודש אוגוסט הסיבה לערך הגבוה אינה ברורה אולם בהתחשב בהדירות המדידות משלושת החזרות נדמה כי יש לייחס זאת לדגימת מים מתוך כתם אקראי של פיטופלנקטון. על מנת למזער השפעה של כתם אקראי בעתיד הוחלט להוסיף לכל הפרופילים דגימה נוספת, בעומק 30 מטרים. כך וכלו העומקים 20-30-40 מטרים להוות ביקורת הדדית.

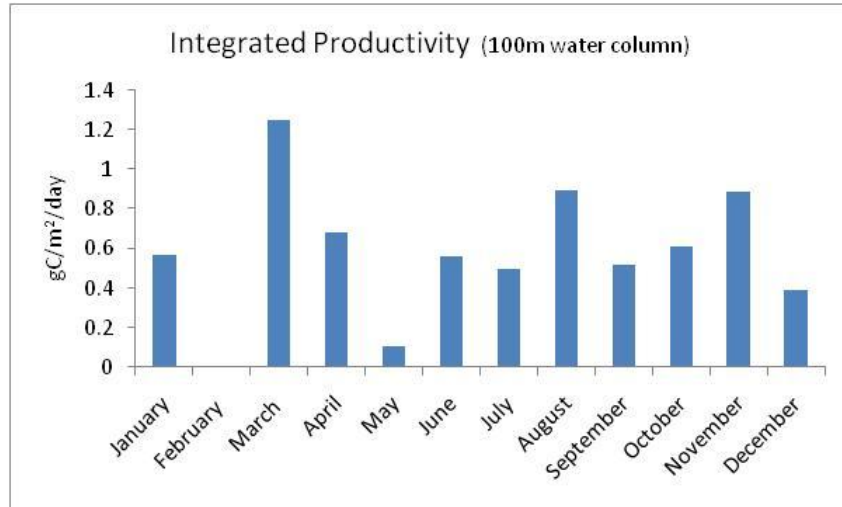


איור ד30: יצרנות ראשונית בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה A נמצאת בגבול המים של ישראל/ירדן/מצרים בעומק של למעלה מ-700 מטרים.

Figure D30: Primary productivity profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station A is the southern station on the Israeli/Jordanian/Egyptian border at ca. 700 meters depth.

אינטגרציה של היצרנות בעמודת המים בכל אחד מימי הדיגום בחודשי 2010 מוצגת באיור ד31. היצרנות המחושבת נעה מ- $0.10 \text{gC/m}^2/\text{day}$ בחודש מאי, ל- $1.25 \text{gC/m}^2/\text{day}$ בחודש מרץ. כאמור הערך של חודש מאי נמוך במיוחד עקב עננות ואובך אשר הגבילו ככל הנראה את הפעילות הפוטוסינתטית באותו יום. הערך הנמדד בחודש מרץ גבוה מהיצרנות אשר נמדדה על ידינו בסוף השנה הקודמת (ערך מירבי $0.83 \text{gC/m}^2/\text{day}$, בחודש ספטמבר), וזה צפוי עבור יצרנות בחודשי האביב. היצרנות היומית הממוצעת מתוך מדידות 2010 עומדת על $0.63 \text{gC/m}^2/\text{day}$, ערך דומה לממוצע מדידות השנה הקודמת. 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://bats.bios.edu/bats_form_prod.html, <http://hahana.soest.hawaii.edu/hot/methods/fig54.gif>)

האינטגרל השנתי המחושב על סמך ממוצע המדידות החודשיות של תכנית ניטור בשנת 2010 הוא $230.78 \text{gC/m}^2/\text{year}$.



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

Figure D31: 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 $0.14-0.78 \text{ gC/m}^2/\text{day}$. הערכים הנמוכים יותר התקבלו בחורפים 2000-1, ובשנים 2002-3 הערכים שהתקבלו דומים לערכים אשר נמדדו על ידינו החל מסוף קיץ 2009. בזמן פריחת דיאטומאות (אצות סיליקטיות גדולות) קצרת מועד באפריל 2008 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 ממוצע היצרנות. ביחד עם המדידה הנמוכה בחודש מאי והמדידה הגבוהה באוגוסט השנה, נראה כי הערכה טובה של קצב היצרנות הראשונית בצפון מפרץ אילת תתקבל רק מתוך ריבוי מדידות לאורך זמן. המדידות הקיימות מראות על מגמה של עלייה ביצרנות: משנות ה-70 ועד לתחילת שנות ה-90 של המאה ה-20 היצרנות הראשונית בצפון מפרץ אילת נאמדה ב- $80 \text{ gC/m}^2/\text{year}$ (Levanon-Spanier et al., 1979, אילון 1991) ובשנים 2000-2004 עלתה למוצע שנתי של $170 \text{ gC/m}^2/\text{year}$ (Lazar et al 2008). היצרנות השנתית הממוצעת על פי מדידות הניטור השנה היא, כאמור, $231 \text{ gC/m}^2/\text{year}$.

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 מהעומק והעשרת המים העמוקים בחמצן. כשמתחילה העונה החמה התחממות המים העליונים יוצרת שיכוב פסיקלי יציב המונע ערבוב בין מי השטח והמים העמוקים. במהלך עונה זו נצרכים הנוטריינטים במים העליונים ונצברים נוטריינטים במים העמוקים, ובמקביל מדלדל מאגר החמצן המומס במים העמוקים. הדינאמיקה העונתית של ריכוזי נוטריינטים וחמצן במים וזמינותם לאוכלוסיות הפיטופלנקטון בעמודת המים העליונה מכתיבה את פרופיל הריכוזים של המרכיבים השונים בעמודת המים לאורך השנה. הדינאמיקה הרב שנתית מושפעת מעומק ומשך הערבוב ומכמויות הנוטריינטים שנצברו במי העומק. לאחר שנתיים בהן היה ערבוב עמוק וכמות גדולה של נוטריינטים הועלתה לשכבה הפוטית (2007-2008) בשנתיים האחרונות (2009-2010) היה ערבוב עמוק המים רדוד במיוחד (300-250 מ'). בעקבות הערבוב העמוק בשנים 2007-2008 ירד משמעותית ריכוז הנוטריינטים במים העמוקים ועלה ריכוז החמצן המומס בהם. כבר בשנה שעברה, בה היה הערבוב רדוד, נמדדה עלייה בריכוזי הנוטריינטים במים העמוקים והמאגרים המומסים החלו להתמלא. השנה התחזקה מגמה זו וריכוזי הנוטריינטים בעומק הוסיפו לעלות, אם כי הריכוזים הנמדדים במי העומק עדיין נמוכים מאלו של השנים 2004-6. נראה כי בשנות הערבוב העמוק נשמר חלק גדול יותר מהנוטריינטים בצורה החלקיקית והמאגרים המומסים היו נמוכים, בפרט בשנת הערבוב 2007. השנה חזרו המאגרים המומסים לערכים דומים לאלה שנמדדו לפני שנות הערבוב העמוק. יחד עם זאת חשוב לציין כי קצב עליית הריכוזים המומסים נמוך מקצבים אשר נמדדו לפני שנת 2007.

לאחר שתי שנים בהן ערבוב עמוק המים היה רדוד במיוחד נמדדה ירידה במאגר החמצן ועלייה במאגר החנקן והפוספט לרמות דומות לאלו של השנים 2004-6, אם כי הריכוזים בעומק השנה עדיין נמוכים מהריכוזים של השנים ההן. למעשה, עבור חלק מהחודשים השנה חושבו כמויות נוטריינטים (חנקן ופוספט) גבוהות מאלו של השנים 2004-6. גם מאגר הסיליקה אשר קטן מאד בשנת 2007 חזר לגודלו מהשנים 2004-6.

על אף הערבוב הרדוד נמדדו השנה ריכוזי כלורופיל גבוהים בתחילת החורף. ריכוזי הכלורופיל שנמדדו היו גבוהים מאלו של השנה הקודמת, ודומים לערכים שנמדדו בשנים 2006 ו-2007 בהן היה הערבוב עמוק הרבה יותר. ריכוז הכלורופיל שנמדד בשנת 2008 עדיין הגבוה ביותר שנמדד במסגרת תכנית הניטור. מדידות של ריכוז פחמן אורגני חלקיקי בעמודת המים ויצרנות ראשונית באזור הפוטי נעשו השנה באופן סדיר מדי חודש. מדידות אלה מהוות תוספת משמעותית למידע הנאסף על ידי התכנית במטרה לעקוב אחר שינויים אפשריים במצב המערכת האקולוגית של המפרץ. זו השנה השנייה בה אנו מבצעים מדידות של ריכוז פחמן חלקיקי בעמודת המים בתחנה A. השנה לא נמצאה עלייה בריכוז הפחמן החלקיקי בקרבת קרקעית הים, כפי שנראתה בשנה הקודמת, ונראה כי הרחפה מן הקרקעית לא הייתה משמעותית השנה. השנה עקבנו לראשונה אחר מחזור שנתי מלא של יצרנות ראשונית במפרץ. ערכי היצרנות גבוהים מאלו של ימים אוליגטרופים בעולם, דוגמת הוואי וברמודה. סך היצרנות במפרץ גם גבוהה מאשר הייתה לפני שניים-שלושה עשורים במפרץ, ואף מהערכות על סמך מדידות לא סדירות מהשנים 2000-4 (Lazar et al, 2008). הערכים היומיים שנמדדו על ידי התכנית נמצאים בטווח המדידות של השנים האחרונות. לאחר שטמפרטורת מי העומק ירדה בשנים 2007-8 כתוצאה מהערבוב העמוק בשנים אלה, בשנתיים האחרונות שוב נמדדת עלייה קלה בטמפרטורות המים העמוקים.

ה. מדידות רציפות

ה.1. כלורופיל

מטרה

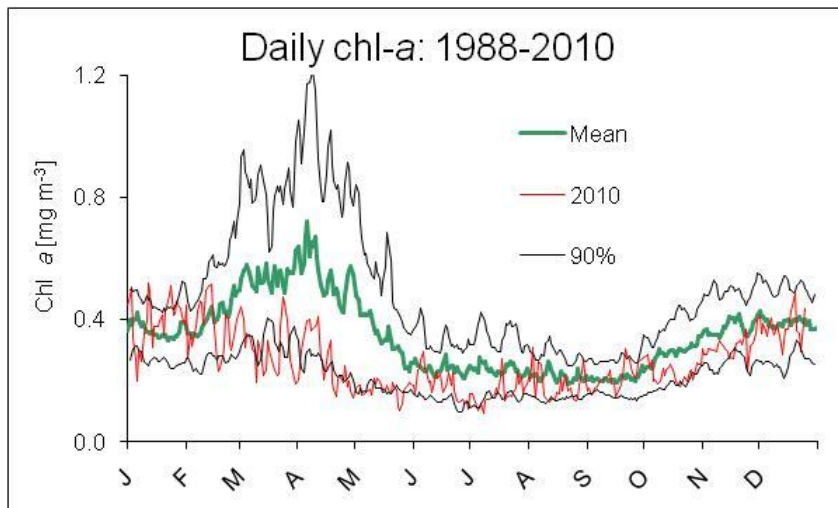
מעקב רציף ורב שנים אחר שינויים בכמות פיטופלנקטון באזור השונית של שמורת האלמוגים.

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

ערכי הכלורופיל המירביים בפני הים נמדדים בשנים האחרונות מוקדם מהצפוי על פי הממוצע הרב-שנתי. ערכים מירביים התקבלו השנה בחודשים ינואר-פברואר, ואילו בחודשי האביב, מרץ-אפריל-מאי, בהם צפויה פריחת אצות נמדדו ריכוזי כלורופיל נמוכים יחסית (איור 1). הערכים המרביים על פי המחזור העונתי הממוצע מאז 1988, הכולל ריכוז כלורופיל a גבוה יחסית בחודשי החורף ונמוך בקיץ, נמדדים לרוב בחודש אפריל. בשנים 2007-2008 בהן היה ערבוב עמוק של עמודת המים נמדדו שיאי ריכוז כלורופיל גבוהים בהרבה מהממוצע הרב שנתי. השנה החריגות מהערך הממוצע קטנות ומתרחשות בעיקר בתחילת החורף.



איור 1: ריכוז כלורופיל a בפני השטח בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום - בשנת הניטור 2010, קו ירוק - ממוצע רב שנתי (1988-2009), קו שחור גבול 90% מהנתונים שהצטברו.

Figure E1: Chlorophyll a concentrations sampled daily at the Underwater Observatory jetty in 2010 (red line) and the long-term average (1988-2009, green line). Black lines mark the 90% of all accumulated data.

2.ה. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג

מטרה

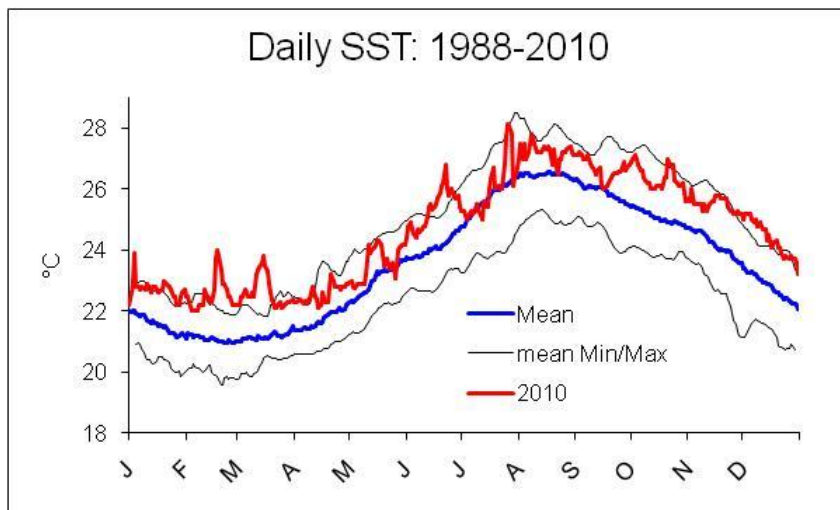
מעקב רציף וארוך-טווח אחר טמפרטורת המים בפני הים.

שיטות

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

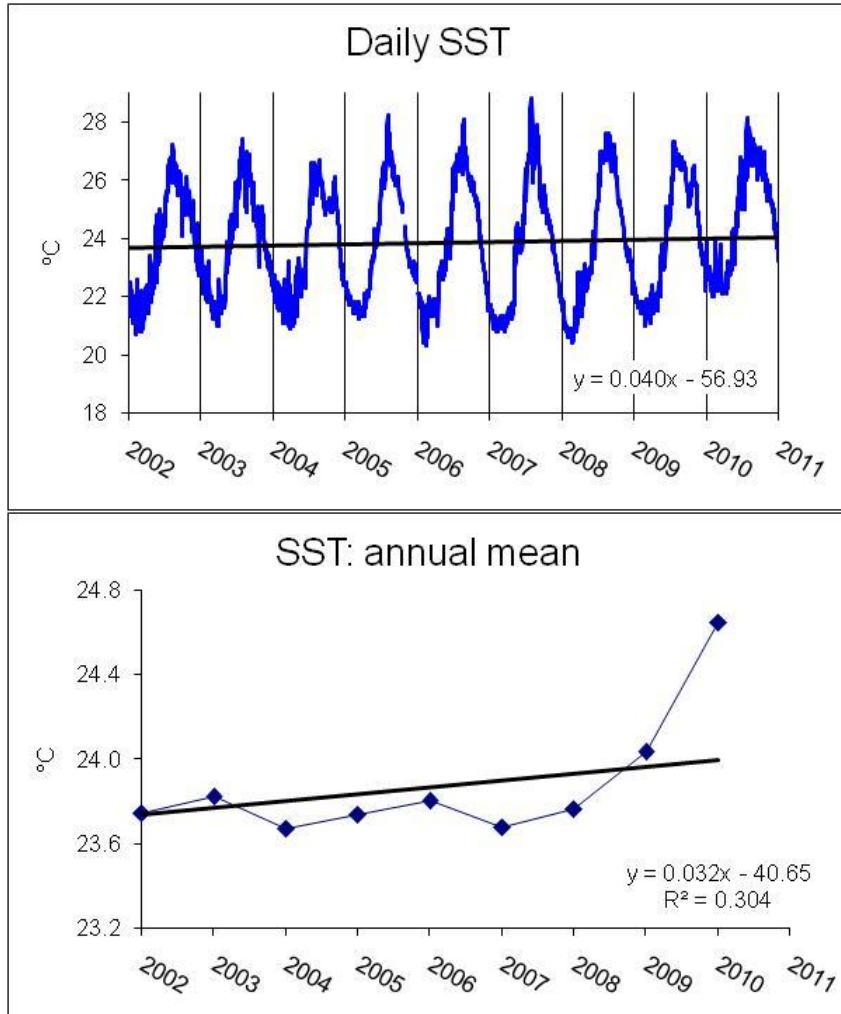
תוצאות

השנה נמדדו בחודשי החורף ינואר-פברואר-מרץ טמפרטורות פני ים גבוהות במיוחד. בשאר השנה לא נמצאו חריגות משמעותיות אם כי כמעט בכל הימים הייתה טמפרטורת המים גבוהה מהטמפרטורה הממוצעת הרב-שנתית (איור 2). טמפרטורות החורף הגבוהות גרמו, מן הסתם, לכך שערבוב עמודת המים היה השנה רדוד במיוחד. הטמפרטורה המירבית אשר נמדדה השנה – 27.8°C בסוף יולי – גבוהה מאשר בשנתיים האחרונות אך נמוכה במעלה שלמה מטמפרטורת המקסימום של שנת 2007, 28.8°C . מאז שנת 1988 נרשמת מגמה של עלייה בטמפרטורת פני הים הנמדדת מדי יום בסמוך למצפה התת-ימי (איור 3). השנה טמפרטורת פני הים הממוצעת (24.64°C) גבוהה במיוחד, עלייה של כחצי מעלה לעומת הטמפרטורה הממוצעת בשנה הקודמת (24.03°C). נראה כי עיקר ההשפעה מיוחסת לטמפרטורות הגבוהות בחודשי החורף.



איור 2: טמפרטורת המים בפני הים בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום - שנת הניטור 2010, קו כחול - ממוצע רב שנתי של המדידות היומיות מאז 1988, קווים שחורים - ערכי קיצון ממוצעים (ממוצע שבעה ימים) ממדידות 1988-2009.

Figure E2: Daily sea surface temperatures measured from the Underwater Observatory jetty during 2010 (red line), the average SST for 1988-2009 (blue line), and long-term average (1-week running mean) minimum and maximum values from 1988 to 2008.



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

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

ה.3. משתנים מטאורולוגים

מטרה

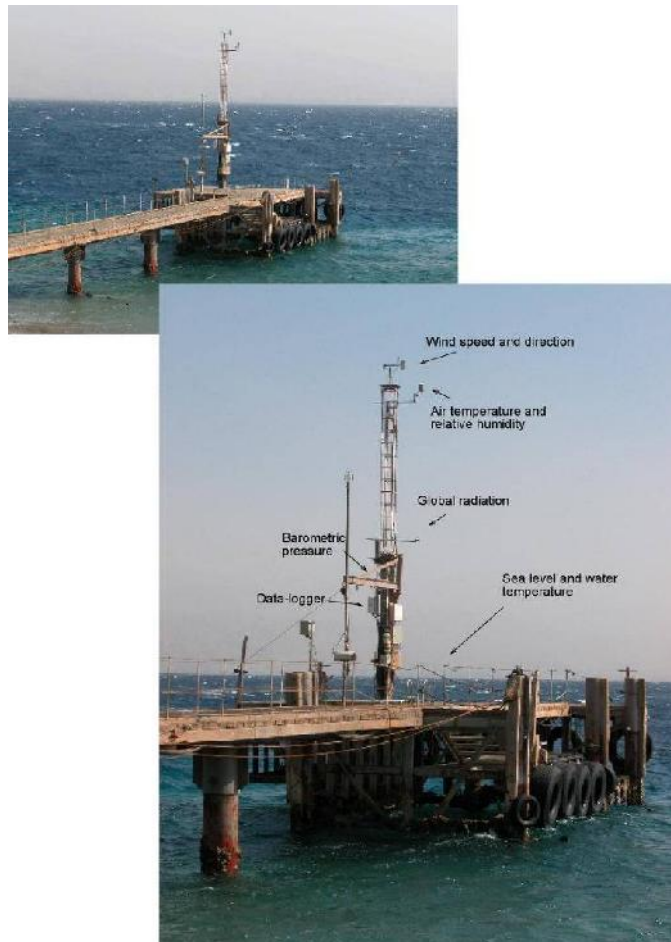
מעקב רציף וארוך-טווח אחר משתנים מטאורולוגים במפרץ.

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 ה-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 ה-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 ה-4: התחנה המטאורולוגית בקצה המזח של המכון הבין-אוניברסיטאי.

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

Description	Manufacturer	Model
Wind monitor MA (speed & direction)	Young	05106
Air temperature and relative humidity	Campbell	HMP45C
Casing for temp & RH	Campbell	41003
Barometric pressure	Young	61202
Barometric pressure port (to minimize wind effect)	Young	61002
Global radiation	Kipp&Zonen	CM11B
UV radiation	Apogee	SU-100
PAR radiation	Li-Cor	LI-190SA
Water pressure	Campbell	CS408
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. הרגשים 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 0.79 ס"מ יחסית למפלס הים הרשמי של המפרץ – כיוול גובה הרגש לפני הים נעשה באדיבותו של ד"ר דב רוזן מחקר ימים ואגמים לישראל. רגש זה גם מודד את טמפרטורת המים. רגש נוסף לטמפרטורת המים, שזהו לו ייעודו היחיד, ממוקם כמטר עמוק יותר, מחוזק 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 המאוחדים על גבי שרת המכון. בנוסף לנתונים הממוצעים על פני עשר דקות, שומר רשם-הנתונים את מהירות הרוח המירבית ואת כיוונה, ואת סטיית התקן של הכיוון בפרק זמן של עשר דקות. בנוסף לאלה שומרת המערכת סיכום של נתוני היממה האחרונה: ערכי קיצון (מירבי ומזערי) של כל המשתנים והזמן בו נקלטו (עבור נתוני הרוח והקרינה נרשמים רק הערכים המרביים, יחד עם כיוון הרוח).

תוצאות

[החל מחודש נובמבר (2009), אובחנה סטייה מתמשכת במדידות מפלס הים והחיישן הוחלף במרץ 2010. לאחר התייעצות עם מומחים והשוואות עם נתוני תחנות אחרות הוחלט להשמיט את הנתונים אשר לגביהם אין ודאות מוחלטת מבסיס הנתונים של תכנית הניטור.]

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 אופיינה במספר גדול יחסית של אירועי גשם, ובפרט אירוע הגשם ב-18 בינואר בו ירדו במשך רוב שעות בלילה כ-14 מ"מ גשם. הגשם גרם לשיטפון בערוצים שונים המנוקזים לערבה ולמפרץ. מי נגר זרמו לים באזור קצא"א, חיל הים, חוף הדקל ועוד. בשעות הצהריים נצפתה לשון של מים עכורים בים

מתקדמת מדרום לאורך החוף (נדחפת על ידי רוח דרומית). רוחב הרצועה העכורה כמה מאות מטרים והיא ככל הנראה נשאה כמות גדולה של סדימנט שנשטף לים באזור ואדי טאבה. הראות בתוך הים הוגבלה לכ-1.5 מ'.



לשון של מים עכורים נושאי סדימנט (בקדמת התמונה) התפשטה לאחר הגשם לאורך החוף מדרום, כנראה ממוצא ואדי טאבה.

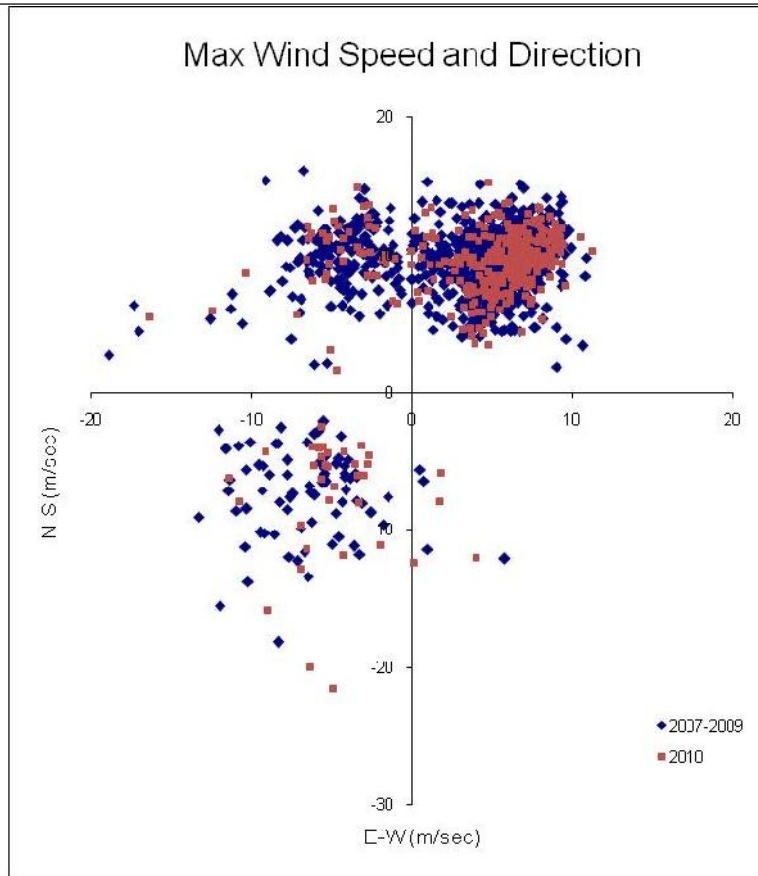
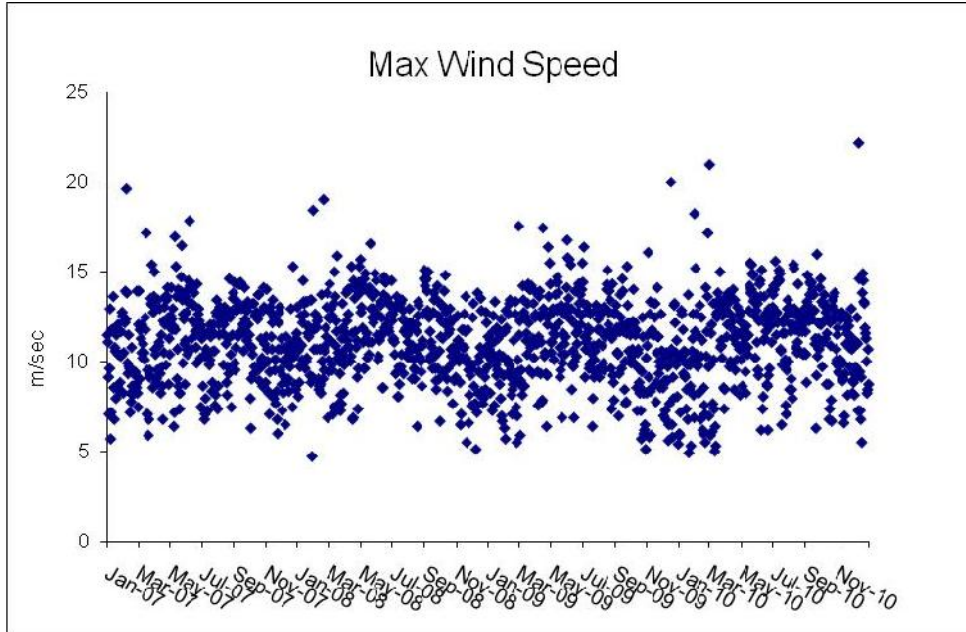
A murky sediment-bearing body of water (foreground) advanced along the coast from the south, following the rain. Probable source: the Wadi Taba outlet.

סערה דרומית עם רוחות של כ-40 קשר הכתה בחוף ב-28.2.2010 משעות הבוקר ועד הלילה. סערה דרומית חזקה נוספת התרחשה ב-11 בדצמבר. נרשמו פני ים גבוהים בכ-40 ס"מ, רוחות של עד 39 קשר (כ-22 מ' לשנייה), וגלים ששטפו חלקים נכבדים מרצועת החוף, בעיקר בחוף הצפוני. על פי ותיקי אילת הסערה החזקה ביותר הזכורה בעשרים השנים האחרונות. גושי בטון שמשקלם מוערך ב-200 ק"ג הוסעו לאורך החוף בקרבת המעבדה, מרחק של 10-30 מ'. גושי שוניית גדולים נזרקו אל החוף, ואלמוגים רבים נשברו. בקרקעית הים נראו עקבות לתנועת סדימנט גם בעומק של 5-7 מטרים.



סערה דרומית חזקה ב-11 בדצמבר פגעה בחופי אילת וגרמה נזק למבנים לאורך החוף ולשוניית הרדודה. גושי שוניית נתלשו והוסעו לחוף.

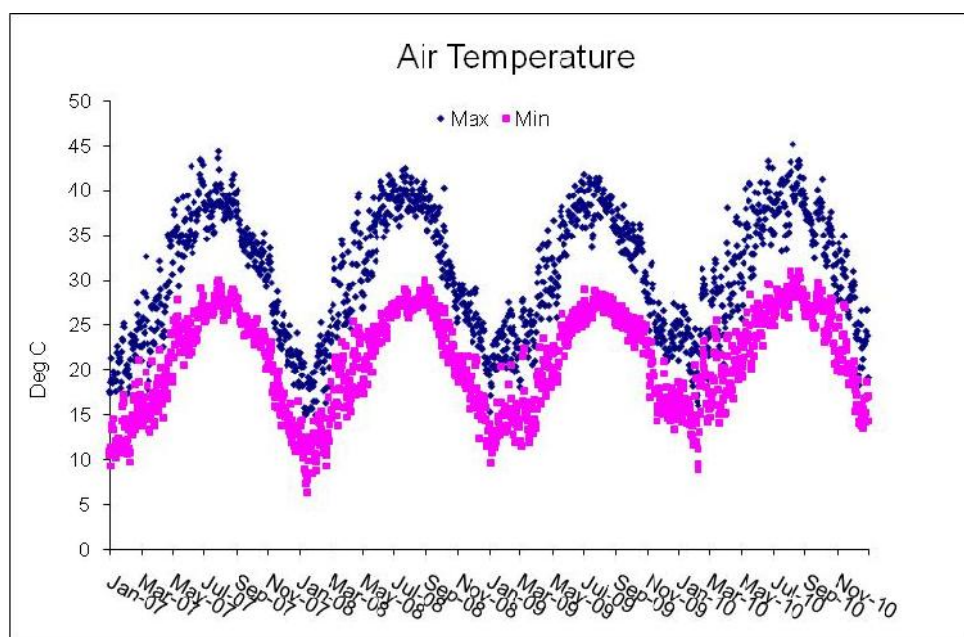
A strong southern storm on Dec. 11 caused damage to structures along the coast and tore pieces of the shallow reef that were then stranded on shore.



איור 5: למעלה- מדידות מהירות הרוח המרבית בכל יממה במטרים לשנייה. למטה- מהירות הרוח המרבית ביממה וכיוונה מאז תחילת 2007. ממדידות 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 displayed marked by red squares.

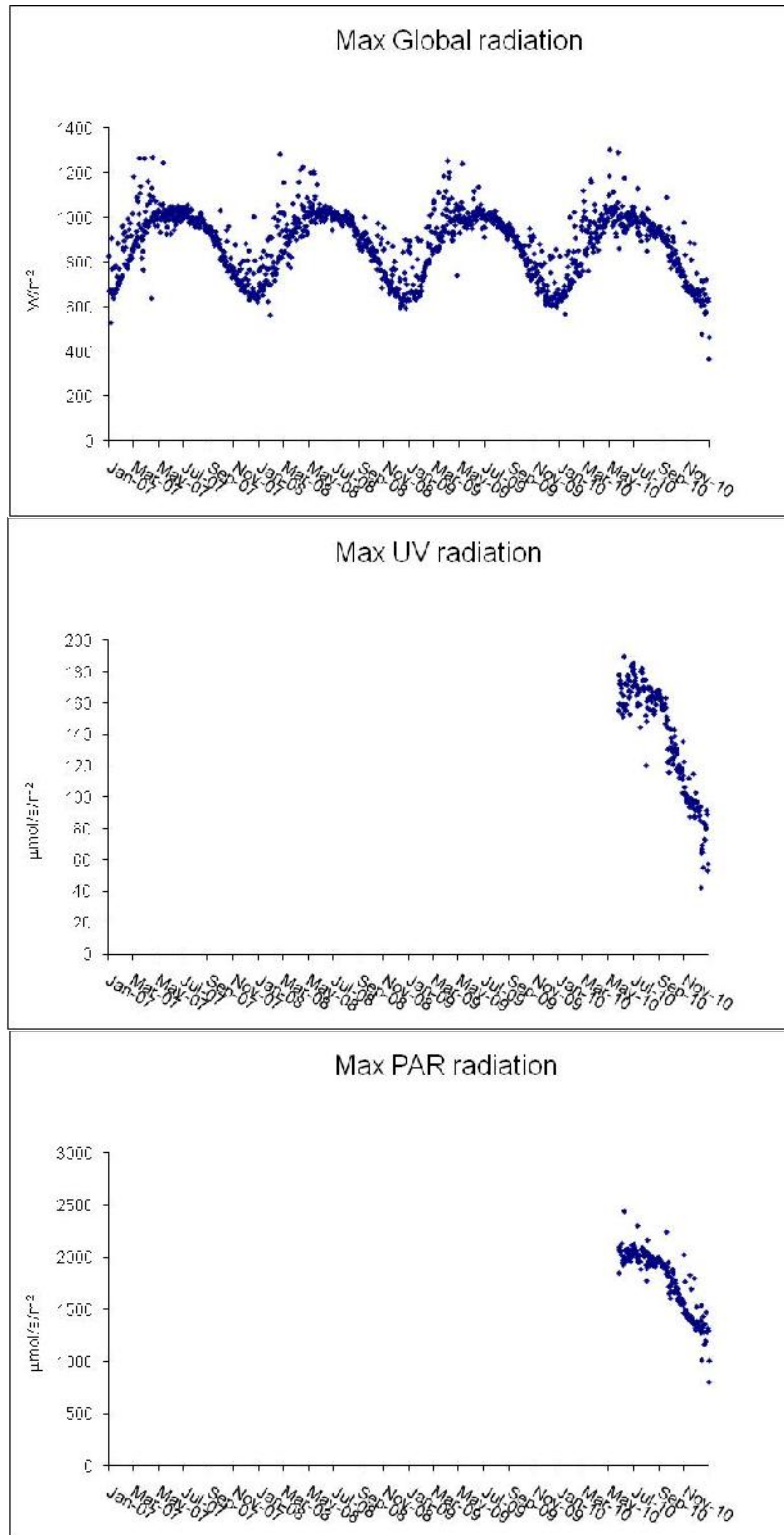
טמפרטורת האוויר מעל הים משקפת את המחזור העונתי בשינויים הדרגתיים של הטמפרטורה המרבית והמזערית בכל יממה (איור 6). הטמפרטורה הגבוהה ביותר השנה הייתה 45.1 מעלות בחודש אוגוסט (לעומת 41.8 בשנה שעברה). הטמפרטורה הנמוכה ביותר השנה הייתה 9.7 מעלות (בחודש פברואר), בדומה לשנה שעברה, אך גבוהה בשלוש וחצי מעלות מהטמפרטורה המזערית אשר נמדדה בשנת 2008. בתחילת השנה, בחודשים ינואר עד מרץ, היו הטמפרטורות גבוהות יחסית לשנים 2007-8. הטמפרטורות הגבוהות בחודשי החורף בשנתיים האחרונות עשויה להסביר את הערבוב הרדוד שהיה בשנים אלה. 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 מירביים נמוכים יותר וערכים מזעריים גבוהים יותר.



איור 6: ערכים מרביים ומזעריים של טמפרטורת האוויר מעל הים, בכל יממה.

Figure E6: Maximum and minimum daily air temperature above the sea.

הקרינה הגלובלית בעלת מחזור עונתי דומה לזה של טמפרטורת האוויר, אולם ערכים מירביים נמדדים בחודשי האביב (איור 7). הקרינה החזקה ביותר במפרץ נרשמת בדרך כלל בין השעה 11 ל-1 בצהריים, ואילו טמפרטורת האוויר המרבית נרשמת לרוב אחר הצהריים המאוחרים. הקרינה המרבית השנה (1303 ואט\מטר רבוע) הייתה מעט גבוהה מהערכים המירביים אשר נמדד בשנים הקודמות. שני חיישני קרינה נוספים מוקמו בסמוך לחיישן הקרינה הגלובלית בסוף חודש מאי השנה. לא תמיד ישנה התאמה בין זמני מדידות הערכים המירביים של סוגי הקרינות השונות, אם כי התבנית הכללית דומה. ישנה סטייה בעיקר בין הימים והשעות של ערכי הקרינה האולטרא-סגולית המירביים ובין זמני המדידות המירביות של הקרינה הגלובלית וקרינת ה-PAR. בנוסף, נראה כי עצמת הקרינה האולטרא-סגולית פוחתת במידה רבה יותר מהקרינה הכללית עם המעבר מקיץ לחורף.

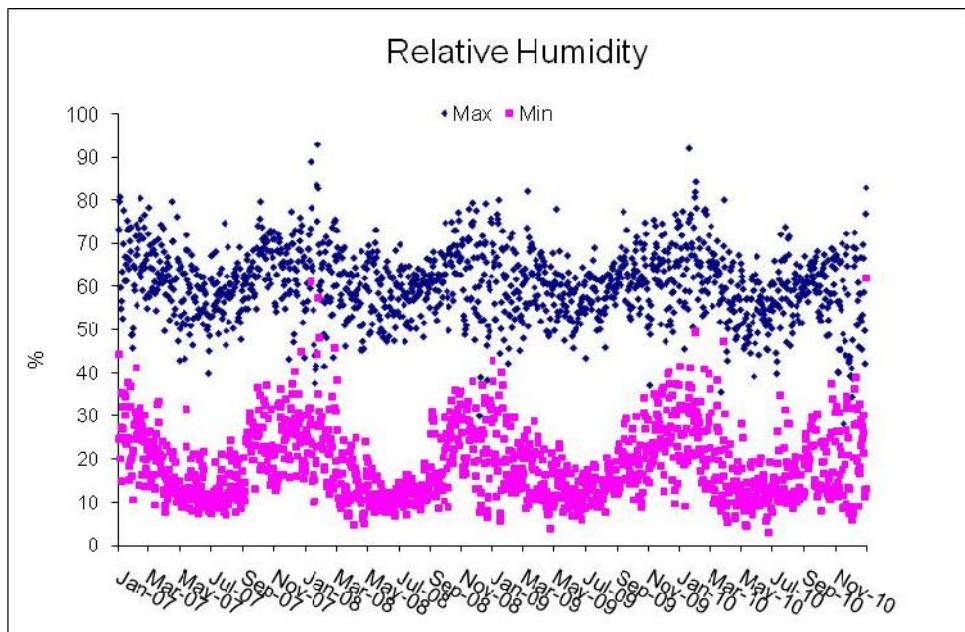


איור 7: ערכים יומיים מרביים של קרינה גלובלית (למעלה), קרינה אולטרא-סגולית (באמצע) וקרינה זמינה לפוטוסינתזה (למטה).

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 החולפות. שינויים עונתיים במדידות הלחות היחסית קטנים יחסית למשרעת היומית הגדולה (איור ה-8), ומונעים במידה רבה על ידי שינויים בכיוון ועוצמת הרוח. ערכי לחות נמוכים נמדדו בתחילת הקיץ וערכים גבוהים יותר – הן של הלחות המרבית והן המזערית – נמדדו בסתיו ובחורף. בחודשים ינואר ופברואר, בהם הרוח אינה יציבה וישנם יותר אירועי רוח דרומית נמדדה המשרעת הגדולה ביותר בערכי הלחות כמו גם הלחות היחסית הגבוהה ביותר. הלחות המרבית נמדדת לרוב בשעות הלילה או הבוקר המוקדמות ואילו הלחות המזערית בשעות אחר הצהריים-ערב.

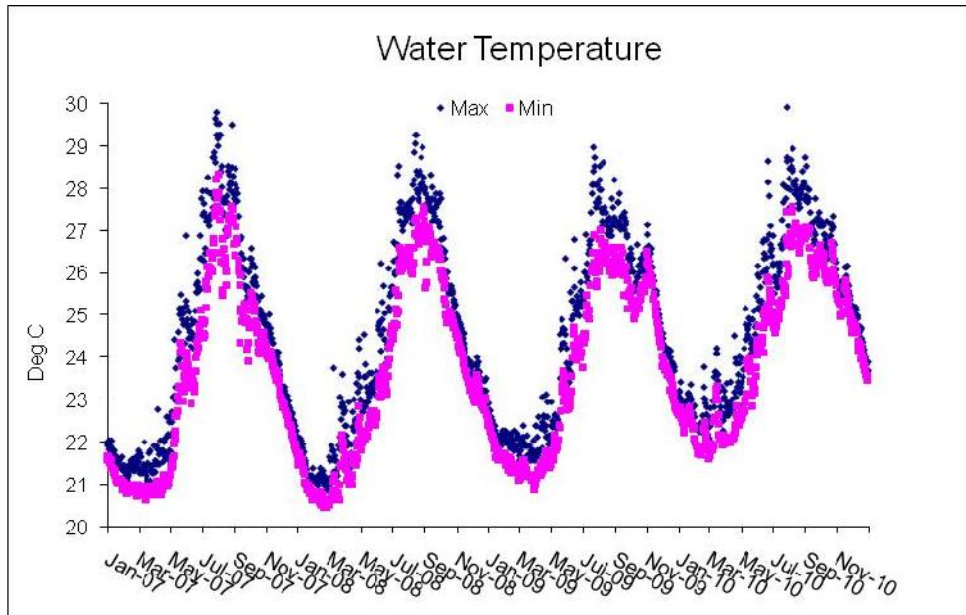
גם כאן יש לזכור כי ערכים אלה נמדדים מעל הים וצפויים להיות גבוהים בהרבה מהלחות הנמדדת ביבשה באזור אילת.



איור ה-8: ערכים מרביים ומזעריים של לחות יחסית מעל הים, בכל יממה.

Figure E8: Maximum and minimum daily values of relative humidity over the sea.

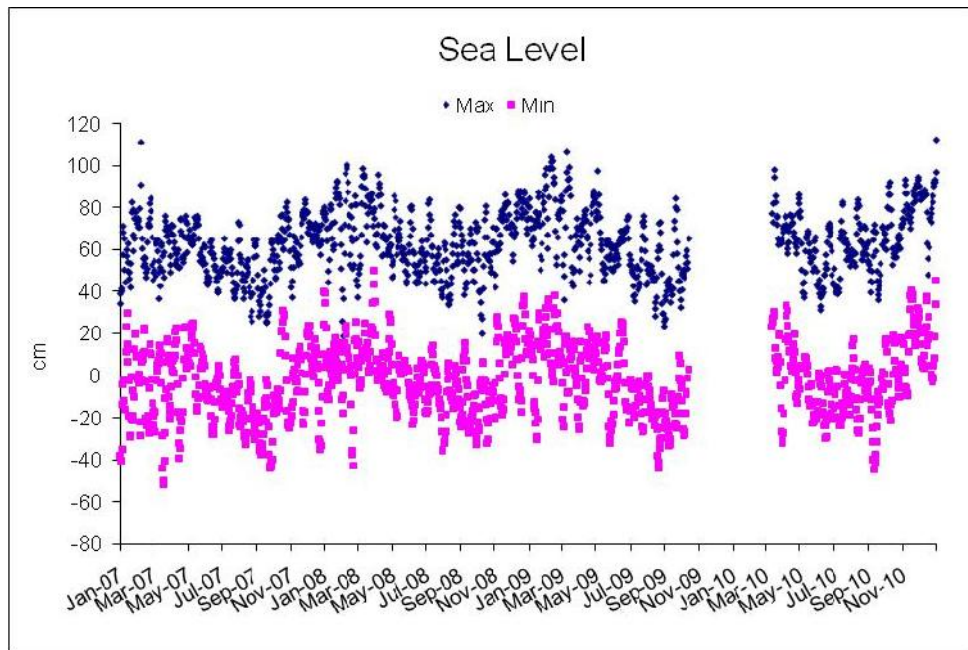
במדידות טמפרטורת המים (עומק כ-2.5 מטרים) ניתן לעקוב אחר המחזור העונתי בו טמפרטורת המינימום, 21.66°C (לעומת 20.88°C בשנה הקודמת) נמדדה בחודש מרץ, וטמפרטורת המקסימום, 29.9°C (לעומת 29°C בשנה הקודמת), נמדדה בחודש יולי (איור ה-9). בשנות הניטור הקודמות נמדדה טמפרטורת מים מזערית נמוכה באופן משמעותי – עד כמעלה (!) – ואילו בטמפרטורה המירבית לא נמצאו שינויים מגמתיים גדולים, אם כי השנה נמדדה הטמפרטורה הגבוהה ביותר (29.8°C נמדדה בשנת 2007). טמפרטורת הים בחודשי החורף היא המכתיבה את עומק הערבוב והחורף היה הערבוב רדוד, בפעם השניה ברציפות. ההפרש הממוצע בין טמפרטורת המים המירבית והמזערית גדל בחודשי הקיץ אז מתפתחת תרמוקלינה יומית. בחודשי החורף, ובעיקר בחודשים המובילים לשיא הערבוב, משרעת הטמפרטורות קטנה.



איור 9: ערכים יומיים מרביים ומזעריים של טמפרטורת המים (בעומק כ-2.5 מ').

Figure E9: Maximum and minimum daily water temperature at ~2.5m depth.

[כאמור למעלה, מדידות מפלס הים בין ה-15 באוקטובר 2009 ל-10 במרץ 2010 הוסרו מבסיס הנתונים מכיוון שאובחנה סטייה משמעותית כלפי מעלה של הערכים הנמדדים.]
מפלס הים משתנה במחזוריות חצי יממית של גאות ושפל. המחזור השנתי מורכב ממפלס ים גבוה בחודשי החורף ונמוך יותר בחודשי הקיץ (איור ה-10). בחודשי החורף גם נמדדות תנודות גדולות יותר במפלס הים המזערי ביממה, וזאת ככל הנראה בהשפעת הרוחות ומערכות האקלים הפחות יציבות בחודשים אלה. גם השנה נמדדו מספר אירועים של שפל חזק אשר חשף אלמוגים רדודים. המפלס הנמוך ביותר שנמדד השנה היה 45- ס"מ, בדומה למפלסי המינימום בשנים האחרונות. המפלס הנמוך ביותר שנמדד עד כה על ידי תכנית הניטור היה 52- ס"מ, במרץ 2007.



איור 10: ערכים מרביים ומזעריים של מפלס הים, בכל יממה.

Figure E10: Maximum and minimum 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 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.



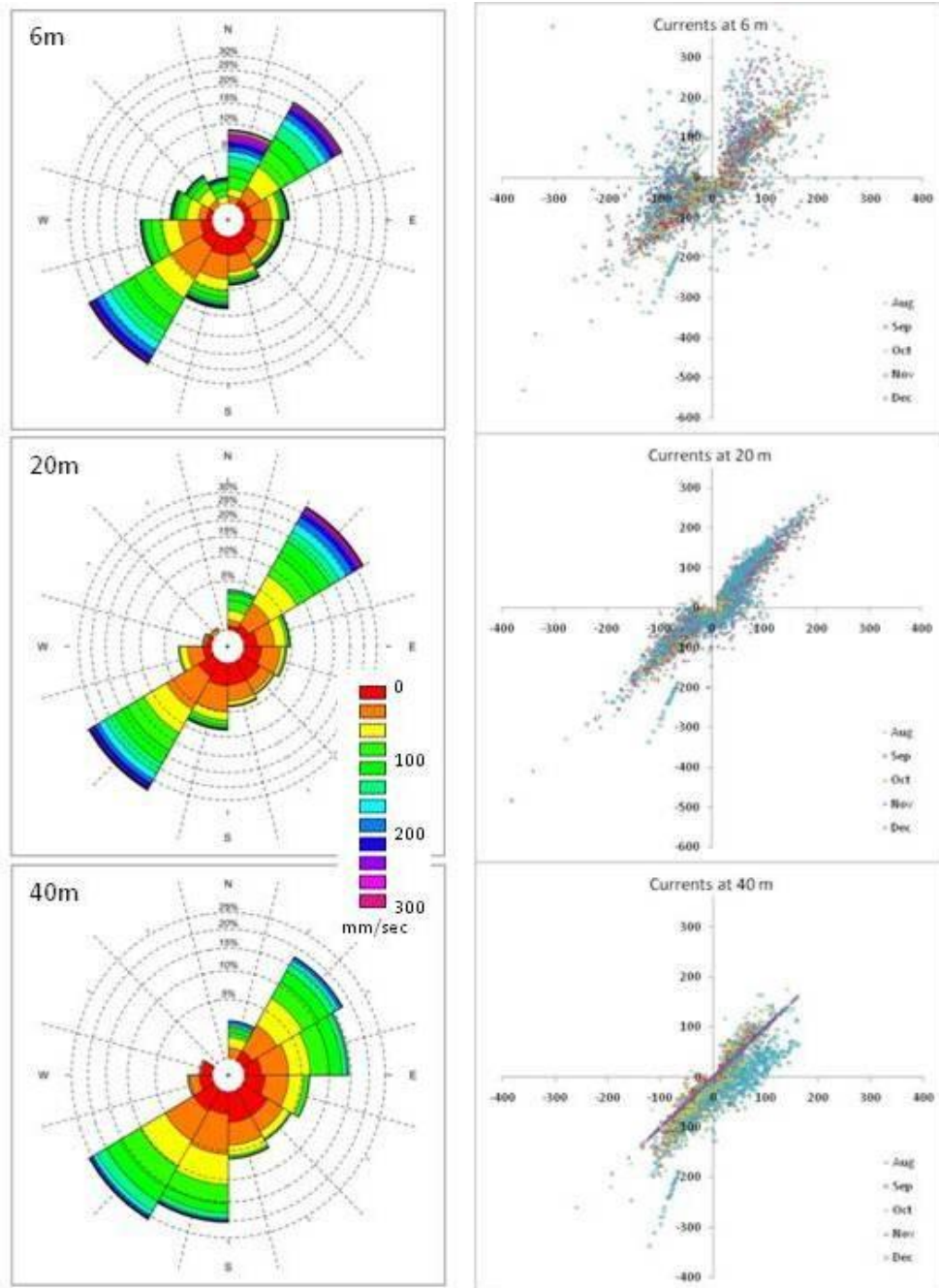
איור 11: מכשיר ה-ADCP על קרקעית הים בעומק 44 מ', מול הקצה הדרומי של המכון הבין-אוניברסיטאי. המכשיר מחובר בכבל תקשורת וחשמל ומזין נתונים ישירות לשרת המכון.

Figure E11: An acustuc 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

מדידות זרמים באמצעות מכשיר ה-ADCP של תכנית הניטור החלו בסוף חודש יולי 2010. במשך התקופה היו אירועים רבים של נפילת מערכת החשמל ובעקבות כך ישנם "חורים" במערך המדידות. בזמן ועם הישנותן של בעיות החשמל הוסף מכשיר אל-פסק יעודי למכשיר ורצף הנתונים השתפר. נתוני הזרם עבור שלושה עומקים – 40 מ', 20 מ' ו-6 מ' – מוצגים באיור 12. מרבית הזמן הזרם מקביל לחוף (כיוון צפ'מז'-דר'מע'), בתדירות כמעט שווה כלפי דרום וכלפי צפון, עם תדירות גבוהה מעט יותר בכיוון דרום. אלה גם הכיוונים בהם עצמת הזרם היא הגדולה ביותר. בעומקים הגדולים עצמת הזרם

נמוכה יותר, ובעומק הרדוד נמדדו לעיתים מהירויות זרם הגבוהות מ-300 מ"מ/שנייה. בקרבת הקרקעית, עומק של 40 מ', נמדדו זרימות גם כלפי מזרח – ז"א מהחוף לכיוון העומק – עובדה העשויה ללמד על ירידת מים בקרבת החוף לאורך המדרון (downwelling). באמצע עמודת המים, עומק של 20 מ', הכיוון המקביל לחוף הוא העיקרי וכמעט יחיד. בקרבת פני הים, בעומק של 6 מ', נמצא בנוסף לכיוון המקביל לחוף גם פיזור גדול יחסית של כיוונים – בעיקר כלפי החוף בחודשים נובמבר-דצמבר. זרימה כזאת עשויה גם היא לתמוך בתנועת מים יורדת לאורך המדרון, בעיקר בחודשי החורף. הפיזור הגדול בעומק הרדוד משויך להשפעת הגלים בקרבת פני הים ו/או זרמי גאות.



איור 12: מדידות הזרמים בחודשים אוגוסט-דצמבר בשלושה עומקים – 6 מטרים (למעלה), 20 מטרים

(באמצע) 40 מטרים (למטה). בצד הימני מוצגות המדידות הבדידות (ערך ממוצע בכל שעה) מהחודשים אוגוסט-דצמבר. בצד הימני מוצגות "שושנות רוחות" המראות את תדירות הזרמים בכל כיוון (חלוקה ל"עלים" של 30°) מכלל המדידות בתקופה, מיוצג ע"י גודל "העלה", ועוצמת הזרמים מיוצגת ע"י סולם הצבע (שטח החלקים הצבוע מבטא את תדירות הזרימה בעוצמות השונות).

Figure E12: Current measurements during August-December at three depths – 6m (top), 20m (center) and 40m (bottom). On the left are descreet measurements (1-hour averages) from each month. On the right are rose-diagrams showing the frequency of occurrence for given directions (at 30° bins) from the entire period, given by the size of petals. Current speeds are color coded and the area of each color within a petal represents the frequency of occurrence for that speed.

ה.5. אבק מרחף

מטרה

מעקב רציף וארוך-טווח אחר ריכוזי האבק המרחף מעל לצפון המפרץ.

שיטות

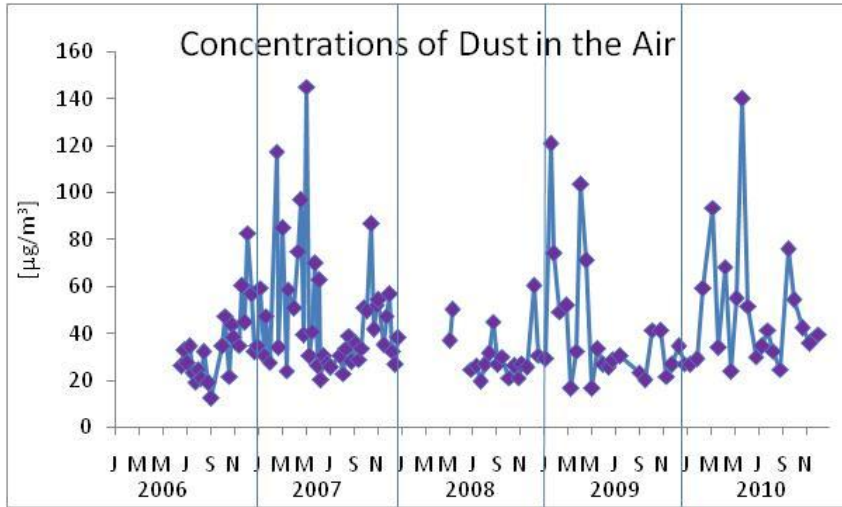
אבק מרחף נאסף על גבי פילטר נקי ($0.45\mu\text{m}$) דרכו נשאב אויר בעזרת משאבת ואקום הפועלת ברציפות. הפילטר מותקן בתושבת המורמת מעל מזח המכון הבינאוניברסיטאי כ-4 מ' ומוחלף מדי שבוע, כך שכל שקילה מהווה אינטגרל שבועי. לאחר סופות אבק נבדקת יעילות השאיבה ואם יש צורך מוחלף הפילטר בתדירות גבוהה יותר. ריכוזי 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 נקיה. 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) אשר תכנית הניטור תומכת בחלקו. במסגרת המחקר נמדד בנוסף לריכוז האבק גם הרכבו הכימי, אך תוצאות אלה הן חלק ממחקר מדעי נפרד. תכנית הניטור בתמיכתה במחקר עוקבת אחר כמויות האבק המגיעות למפרץ במחשבה שאבק עשוי להיות מקור חשוב לנוטריינטים, ובפרט יסודות קורט חיוניים. עם הצטברות הנתונים ולאחר שיתבצע ניתוח של הרכבם 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. המעקב החל בשנת 2007 ומוצגות כאן תוצאות מדידות הריכוזים.

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 במגיע למפרץ (איור ה-13). ריכוזי האבק באוויר גבוהים במיוחד באביב, נמוכים יחסית בחודשי הקיץ עולים שוב בחודשי הסתיו. תבנית זו נצפתה בשנים 2006, 7, 8, 10. בשנת 2009 הייתה עליית הריכוזים בסתיו קטנה. חודשי האביב חסרים במדידות 2008, במדידות הקיימות שנת 2007 אופיינה בריכוזי אבק מרחף הגבוהים ביותר, בעיקר באביב. ריכוזי האביב הגבוהים נובעים מריבוי אירועי "סופות אבק" בתקופה זו. הריכוזים המירביים שנמדדו $145\mu\text{m}^3/\text{m}^3$ בחודש מאי גבוהים פי 7-5 מהריכוזים הנמוכים שנמדדו באותה שנה, $20\mu\text{m}^3/\text{m}^3$ - $35\mu\text{m}^3/\text{m}^3$ בחודשי הקיץ.



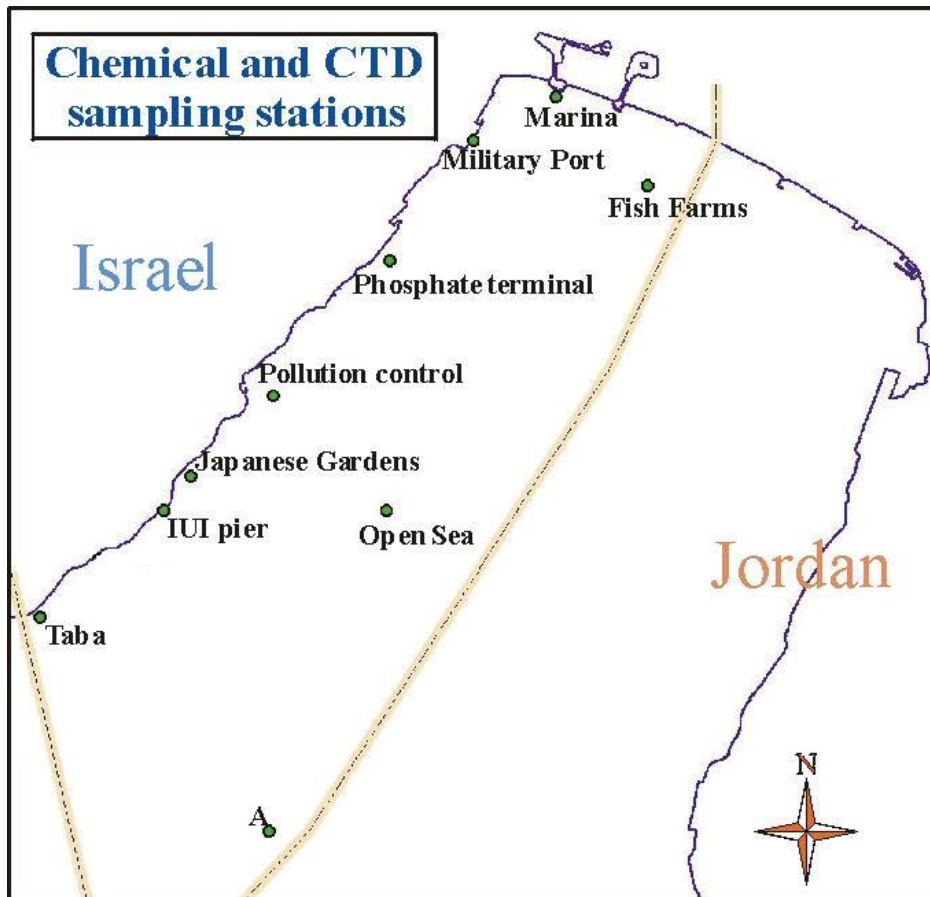
איור 13: ריכוזי אבק באוויר מעל הים. מדידות נעשות על גבי פילטר דרכו מוזרם האוויר ומוחלף מדי שבוע.
Figure E13: Weekly dust concentrations in the air above the sea. Dust is measured on filters through which air is continuously pumped.

ו. ביבליוגרפיה

- 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>.
- 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.
- 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.
- 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.

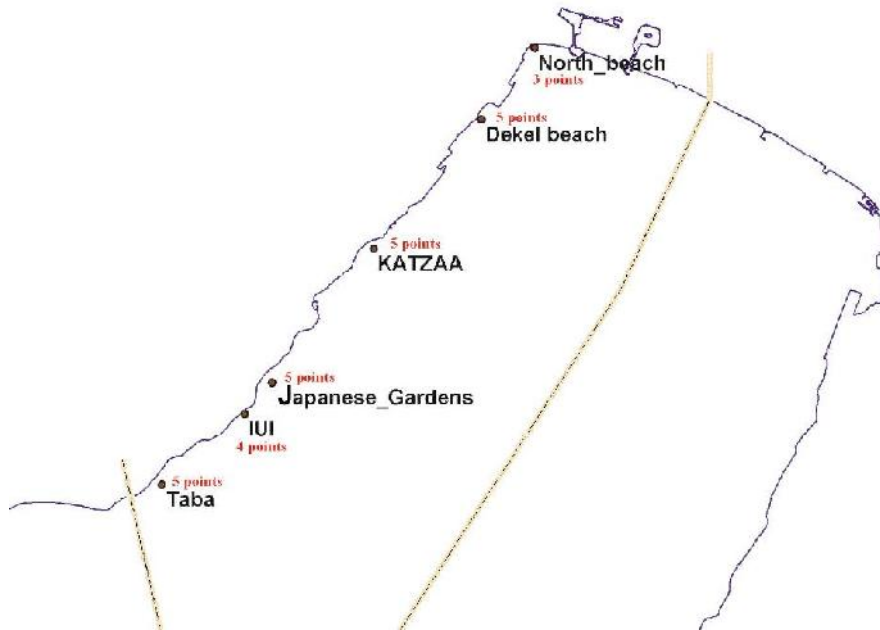
ז. נספחים

ז.1: מפות אתרי הניטור



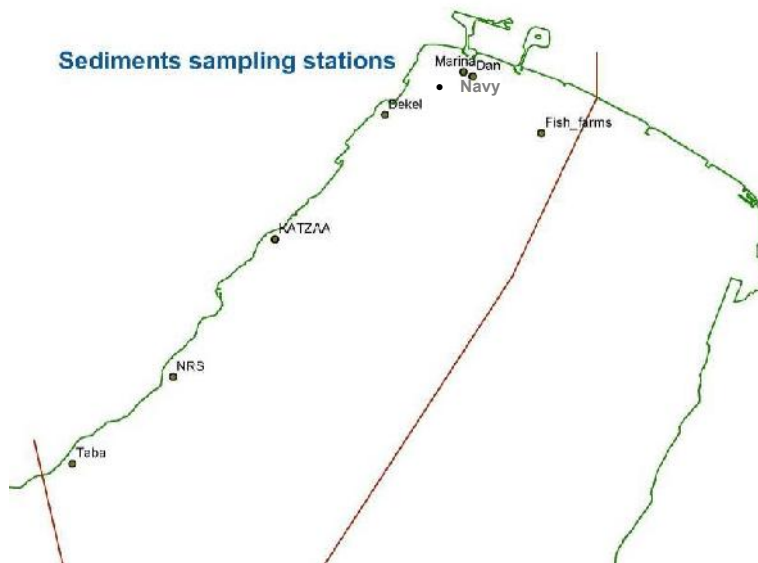
מפה ז1: תחנות דיגום מים (פני הים ועמודת המים). תחנה B אשר אינה כלולה במפה, נמצאת 10 ק"מ דרומית לתחנה A במשולש הגבולות ירדן-מצרים-סעודיה.

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 השונית 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.



מפה ז3: מיקום אתרי דיגום הסדימנטים.

Map G3: Sites of sediment sampling.

2.2. רשימות סוגי האלמוגים

טבלה ז1: רשימת אלמוגי האבן ומספר המושבות מכל סוג אשר נספרו בחתכי הקו בסקר חברת השונית בשנת 2010.

Table G1: List of stony corals and the number of colonies of each taxa found in the coral reef line-transect survey, 2010.

Genus	IUI	Katzaa	NR	Grand Total
<i>Acanthastrea</i>	28	8	15	51
<i>Acropora</i>	66	123	180	369
<i>Agariciella</i>	1	3	3	7
<i>Alveopora</i>			6	6
<i>Astreopora</i>	15	11	27	53
<i>Balanophyllia</i>		3		3
<i>Coscinaraea</i>	17	8	6	31
<i>Ctenactis</i>			8	8
<i>Cynarina</i>	2			2
<i>Cyphastrea</i>	94	40	50	184
<i>Echinophyllia</i>	4	2	6	12
<i>Echinopora</i>	14	45	136	195
<i>Favia</i>	143	24	51	218
<i>Favites</i>	69	64	81	214
<i>Fungia</i>	2	3	9	14
<i>Galaxea</i>	2	8	9	19
<i>Goniastrea</i>	38	24	118	180
<i>Goniopora</i>	2	3	5	10
<i>Gyrosmlia</i>	29	5	6	40
<i>Herpolitha</i>		2	4	6
<i>Hydnophora</i>	4	2	4	10
<i>Leptastrea</i>	35	28	14	77
<i>Leptoria</i>			1	1
<i>Leptoseris</i>	1			1
<i>Lobophyllia</i>	4	4	59	67
<i>Millepora</i>	75	3	10	88
<i>Montipora</i>	24	88	156	268
<i>Mycedium</i>	1	4	21	26
<i>Oxypora</i>		1	1	2
<i>Pavona</i>	8	38	13	59
<i>Platygyra</i>	7	2	11	20
<i>Plerogyra</i>	1	4	2	7
<i>Plesiastrea</i>	16	3	22	41
<i>Pocillopora</i>	42	4	19	65
<i>Porites</i>	36	50	78	164
<i>Psammocora</i>	4	20	12	36
<i>Seriatopora</i>	3	14	19	36
<i>Siderastrea</i>	19	1		20
<i>Stylophora</i>	125	62	69	256
<i>Turbinaria</i>	2	1	5	8
Grand Total	933	705	1236	2874

טבלה 2: רשימת האלמוגים באתרים השונים, אשר נספרו בריבועי דיגום קבועים בשנת 2010.

Table G2: list of corals found in the fixed areas monitored by photography, 2010.

Genus	NB	Dekel	Katzaa	NR	IUI	Taba	Total
<i>Acanthastrea</i>		1	4	2	6	3	16
<i>Acropora</i>	2	38	50	58	14	17	179
<i>Alveopora</i>	1	1	1			18	21
<i>Antipathes</i>						1	1
<i>Astreopora</i>	2			2	1	1	6
<i>Balanophyllia</i>		3	3		1	4	11
<i>Coral sp.</i>	2	13	11	4	74	18	122
<i>Coscinaraea</i>	2	2			4	3	11
<i>Ctenactis</i>				3			3
<i>Cyphastrea</i>	2	8	13	21	62	25	131
<i>Echinophyllia</i>		3	1	1	4	7	16
<i>Echinopora</i>	6	20	39	50	19	10	144
<i>Favia</i>	8	13	15	6	100	30	172
<i>Favites</i>	9	18	35	20	71	18	171
<i>Fungia</i>	4	7		4	4	3	22
<i>Galaxea</i>	3	1	2			3	9
<i>Goniastrea</i>	13	20	24	39	93	69	258
<i>Goniopora</i>		5		1			6
<i>Gyrosmlia</i>						1	1
<i>Herpolitha</i>	2	1		1			4
<i>Hydnophora</i>	4					8	12
<i>Leptastrea</i>	12	2	10	5	54	21	104
<i>Leptoria</i>		1			3	1	5
<i>Lobophyllia</i>	17	10		7	8		42
<i>Millepora</i>	2	5			55	53	115
<i>Montipora</i>	4	14	37	11	9	6	81
<i>Mycedium</i>	2	3	9	2			16
<i>Oxipora</i>	1	1	1				3
<i>Pavona</i>	4	5	15	4	3	6	37
<i>Platygyra</i>	11	6		8	21	18	64
<i>Plerogyra</i>	3	1	3				7
<i>Plesiastrea</i>				1	5		6
<i>Pocillopora</i>	7		1	6	10	10	34
<i>Porites</i>	16	32	13	16	13	36	126
<i>Psammocora</i>	4	3				2	9
<i>Rhytisma</i>		3	5	17	6	2	33
<i>Sarcophyton</i>					1	2	3
<i>Seriatopora</i>		3	1	11		5	20
<i>Sinularia</i>		1					1
<i>Stylophora</i>	13	10	18	16	71	20	148
<i>Tubipora</i>						1	1
<i>Turbinaria</i>	4			1	1		6
<i>Xenia</i>	5	11	15	48	1	1	81
Total	172	272	330	382	733	452	2341

3.ז. מעקב אחר השינוי במאספי פורמיניפרים בנתונים בתגובה לפינוי כלובי הדגים במפרץ אילת – עקבה

המחקר שלהלן נעשה במסגרת עבודתה של שי אורון לשם קבלת תואר מוסמך במדעי הטבע 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, ולמטה מופיע כלשונו סיכום המחקר כפי שהוגש למינהל.

מצאנו לנכון לצרף מחקר זה כנספח בדו"ח הניטור עקב חשיבותו הגדולה בתיעוד תהליכי שיקום קרקעית הים באזור בו נמצאו בעבר כלובי הדגים (אשר הוצאו סופית בקיץ 2008). עד כמה שידוע לנו תיעוד זה הוא ייחודי, וראוי כי יובא לידיעת הגורמים האמונים על איכות המערכת האקולוגית בצפון מפרץ אילת.

מעקב אחר השינוי במאספי פורמיניפרים בנתונים בתגובה לפינוי כלובי הדגים
במפרץ אילת - עקבה
Monitoring the benthic foraminiferal response to the removal of
aquaculture fishcages in the Gulf of Aqaba-Eilat

שי אורון^{1,3}, גילי מרקדו¹, סיגל אברמוביץ¹, בברלי גודמן צ'רנוב², משה כפלאוי^{1,3}, דרור אנגל²

¹אוניברסיטת בן גוריון בנגב shaioron@yahoo.com

²אוניברסיטת חיפה

³המכון הבינאוניברסיטאי באילת

תקציר

חלק ניכר מתעשיית הדגים בעולם מבוססת כיום על גידול דגים בכלובים, הממוקמים בדרך כלל באזורים הסמוכים לחוף. למתקנים אלה ישנה השפעה ניכרת על הסביבה הימית באזור הכלובים, בעיקר בשל השחרור המוגבר של תרכובות אורגניות ונוטריינטים העלול לגרום לאאוטרופיקציה (eutrophication) בגוף המים וליצירת תנאים אנוקסים בסדימנט.

במפרץ אילת התקיימה חקלאות ימית של גידול דגים בכלובים במשך כ-18 שנים. חוות הדגים מוקמו באזור החוף הצפוני במרחק של כ-300 מטרים מהחוף, בסמוך לגבול ישראל-ירדן. החשש לפגיעה הפוטנציאלית של כלובי הדגים במערכת האקולוגית של המפרץ ובסביבה החופית היה במרכזו של ויכוח מדעי, משפטי וציבורי שבעקבותיו הורתה המועצה הארצית לתכנון ובנייה על פינוי הכלובים, שהושלם בחודש יוני 2008. הפסקת פעילותם של כלובי הדגים יצרה הזדמנות ייחודית לחקור את תהליך השיקום של אוכלוסיות פורמיניפרים בנתונים, הידועים כסמנים אקולוגיים רגישים. המעקב נעשה על ידי דיגום חודשי שהחל מיד לאחר הפינוי, ביולי 2008, ונמשך עד יולי 2010, של גלעיני סדימנט קצרים מתחנות קבועות המייצגות מרחקים שונים מאזור הפעילות של חוות הדגים. מחקר זה מתמקד במעקב כמותי אחר השינויים החלים על מגוון ונפיצות המינים בסנטימטר העליון של הסדימנט על ידי איפיון מאסף תמותה ומאסף חי המזוהה על ידי צביעה ב Rose Bengal.

הופעה של עשב הים מסוג *Halophila stipulacea* באזור שבו היו ממוקמים כלובי הדגים שנצפתה בחודש אוגוסט 2009 מסמלת כניסה של מרכיב אקולוגי חשוב הצפוי לגרום להתבססות של מינים אפיפטים באזור. שינוי זה יימדד על ידי דיגום של עלי ושוורשי ה *H. stipulacea* ואפיון מאספי הפורמיניפרה החיים עליהם.

תוצאות המחקר מראות כי ההעשרה האורגנית מכלובי הדגים גרמה ליצירת איזור אזואי (חסר חיים) בסביבתם המיידית, עד לתקופה של כשנה לאחר הפינוי הכלובים. המאסף המת מראה הצטברות מאסיבית של שלדים השייכים לעשרות מינים שונים אשר איכלסו את האזור בעבר. בחודש מאי 2009 החלו להופיע פרטים חיים של פורמיניפרים השייכים בעיקר לקבוצת הנומוליטיים (Nummulitids), כאשר מספרי הפרטים החיים בתחנה המרוחקת 40 ו 80 מטרים ממיקום הכלובים גדולים באופן מובהק מאלה בתחנות הנמצאות 0 ו 20 מטרים ממיקום הכלובים בין החודשים יוני – דצמבר 2009. אפיון של מאספי הפורמיניפרה על עלי עשב הים *H. stipulacea* הראה דמיון למאספים הכוללים.

מילות מפתח: כלובי דגים, מפרץ אילת העשרה אורגנית, שיקום אקוסיסטמה, פורמיניפרים בנתונים, מגוון מינים, נפיצות מספרית.

Abstract

Worldwide, a significant part of the fish industry is based upon rearing fish in cages, usually at areas close to shore. Those facilities have a significant influence on the immediate environment and the benthic organisms beneath them due to the release of organic material and nutrients that can cause eutrophication in the water column and hypoxic-anoxic conditions in the sediment.

For about 18 years, fish cage aquaculture facilities were located at the northern end of the Gulf of Eilat, about 300 m offshore and very close to the Israel-Jordan border. Rising concerns about the potential damage inflicted on the gulf's ecological system and littoral environment was the center of a heated scientific, legal and public debate that ended with the National Council of Planning and Construction ordering their complete removal, which occurred in June 2008. The cessation of open water fish cage aquaculture operations in the Gulf of Eilat has created a unique opportunity to monitor the process and assess the time that is required for the benthic environment to rehabilitate.

The goal of this research was to monitor the changes in the benthic foraminiferal assemblages in the area where the fish cages were located, and use these data as a measure for the rehabilitation of the benthos. Monitoring was done by monthly sediment core sampling, starting right after removal of the cages, from stations at varying distance from the former cage location. Cores were cut to 1 cm thick slices and stained with Rose-Bengal to distinguish between living and dead foraminifera at the time of collection. Changes in diversity and abundance of the living assemblages in the top 1 cm of cores from stations located 0, 20, 40 and 80 m from the cages previous location were monitored.

Our result show that the benthic environment below the fish cages was severely influenced by organic matter loading, resulting in an environment with almost no living foraminifera. About 1 year after the removal of the cages there was an increase in the abundance of living foraminifera in the sediments, concurrently with the re-appearance of *Halophila* (sea grass). Almost all living specimens found in the sediment were *Assilina ammonoides* which is normally most abundant at this area at depths >60 m. The return of *Halophila stipulacea* to the area also indicates environmental recovery for epiphytic species. All living species found on the seagrass were also found in the dead assemblages, suggesting seagrass meadows that existed before eutrophication are the source for some of the species in the dead assemblages.

Keywords: Fish Farms. Gulf Of Eilat, Organic enrichment, Ecosystem recovery, Benthic foraminifera, Diversity, Abundances

תוכן

(1) מבוא

- (1.1) רקע כללי
- (1.2) רקע על התנאים האוקיאנוגרפיים ומאספי הפורמיניפרים במפרץ אילת
- (1.3) מחקרים קודמים רלוונטיים לנושא המחקר
- (1.4) מטרת המחקר

(2) שיטות מחקר

- (2.1) אזור דיגום ועבודת שדה
- (2.2) עבודת מעבדה

(3) תוצאות

- (3.1) נתוני שכיחות במאסף הכולל
- (3.2) נתוני שכיחות במאסף החי
- (3.3) יחסי הגדלים באוכלוסיית *Assilina ammonoides*
- (3.4) דימורפיזם ב *Assilina ammonoides*
- (3.5) מאספי פורמיניפרה מעשב הים *Halophila*

(4) דיון ומסקנות

- (4.1) משמעות המאסף הכולל
- (4.2) משמעות המאסף החי בסדימנט
 - (4.2.1) צביעה ב- Rose Bengal
 - (4.2.2) הרכב המאסף החי

(5) רשימת ספרות

1. מבוא

1.1 רקע כללי

הדרישה הגוברת בארץ ובעולם למזון ממקור ימי הובילה בשנים האחרונות להתפתחות משמעותית של סוגים שונים של חקלאות ימית. אחד מענפי החקלאות הימית שהתפתח באופן מיוחד הוא גידול דגים בכלובים, אשר בדרך כלל ממוקמים באזורים מוגנים הסמוכים לחוף. למתקנים אלה ישנה השפעה ניכרת על הסביבה הימית המידית שמתחת לכלובים ועל האורגניזמים החיים בה, בעיקר בשל השחרור המוגבר של תרכובות אורגניות ונוטריינטים שמקורם מתוצרי האכלה והפרשות הדגים. שחרור החומר האורגני והנוטריאנטים מהכלובים עלול לגרום לאאוטריפיקציה (eutrophication) בגוף המים. בנוסף, פירוק בקטריאלי של החומר האורגני המצטבר בסדימנט מתחת לכלובים יכול להוביל ליצירת תנאים היפאוקסים-אנוקסים בסדימנט ואף לגרום להצטברות של מימן גופריתי. ההשפעה של כלובי דגים על הסביבה הימית תלויה בין השאר במהירות שבה הנוטריינטים והחומר האורגני נמהלים במי הים לפני הטמעתם באקוסיסטמה, ובמידת הפיזור שלהם. במחקרים על כלובי דגים ממקומות שונים בעולם תועדו רמות גבוהות של חומר אורגני ונוטריינטים במי נקבובים בסדימנט שנמצא בסביבה המיידית מתחת לכלובים, ומגמת ירידה ברורה של אלה עם ההתרחקות מהמקור (Gowen and Bradbury, 1987; Hall et al., 1990; Angel et al., 1995).

הסדימנט הימי מהווה בית גידול מגוון ומורכב של אורגניזמים בנתונים (בקטריות, פרוטיסטים ובעלי חיים וצמחים רב תאיים). העלייה הגדולה ברמת החומר האורגני בסדימנט, וכן השינויים הגיאוכימיים הנלווים משפיעה על האוכלוסיות הבנתוניות החיות מתחת לכלובים כפי שתועד במקומות רבים בעולם (ראה Kalantzi and Karakassis, 2006 לרשימת ספרות מעודכנת). מחסור בחמצן בסדימנט ובעמודת המים, ורמות חמצון חיזור משתנות נחשבות לגורם עיקרי הפוגע בחברות אלו (Schafer and Cole, 1974; Gowen et al., 1991; Diaz and Rosenberg, 1995). תעודו אזורים "אזואים" (אשר אינם ראויים לשמש בית גידול ליצורים אואוקריוטים) בסדימנט ימי אשר הושפע מזהמים. במחקר בנוב סקוטיה, קנדה, נמצא קשר הפוך בין יצרנות של דגים לשכיחות פורמיניפרים בסדימנט מתחת לכלובי דגים מסחריים (Schafer et al., 1995; Scott et al., 1995). באופן דומה כלובי הדגים במפרץ גאטה באיטליה יצרו תנאים אנוקסים בסדימנט ופגיעה משמעותית בשכיחות המיפואונה (La Rosa et al., 2001).

באופן כללי, ירידה בריכוזי החמצן המומס במים מתחת ל 2 מ"ל לליטר תגרום לנטישת בית הגידול על ידי אורגניזמים כגון צדפות וקוצי עור. ריכוזים מתחת ל 0.5 מ"ל יגרמו לתמותה מאסיבית של מרבית החברות הבנתוניות (Diaz and Rosenberg, 1995, 2008). התפתחות תנאים אנוקסים בקרקעית הים תגרום לאכלוסה על ידי אורגניזמים מותאמים תנאי עקה אלה כגון תולעי polychaete המשמשות כסמן ביולוגי לעושר אורגני, כדוגמת זו המתהווה מתחת לכלובי דגים (Tomassetti and Porrello, 2005). תנאים אלה מאופיינים אף במרבדים בקטריאליים של בקטריות מחמצנות סולפיד (Pearson and Rosenberg, 1978; Angel et al. 1995; Pearson and Black, 2001).

מכלל האורגניזמים המרכיבים את האקוסיסטמה הבנתונית, לפורמיניפרים קיים יתרון אסטרטגי משמעותי כסמנים ביולוגיים (bioindicators) לתנאי סביבה ולאומדן מידת ההשפעה של זיהומים אנתרופוגניים על האקוסיסטמה (Schafer, 2000). יצורים אלה מראים תגובה מהירה לשינויים בתנאי הסביבה בשל היותם יצורים חד תאיים המאופיינים על ידי מחזורי רבייה יחסית קצרים וקצב גדילה מהיר. המגוון הטקסונומי העצום של מינים בנתונים הינו המקור לטווח הנרחב של ההתאמות הביולוגיות ולתגובות השונות שהם מראים למקורות זיהום שונים; דבר הממחיש את הפוטנציאל לשימוש במיני אינדקס ספציפיים לתנאי זיהום שונים. העובדה שפורמיניפרים בנתונים נפוצים בכמויות גדולות מאפשרת איסוף מדגמים קטנים יחסית בעלי משמעות סטטיסטית. בנוסף, היותם אורגניזמים משקיעי שלד אשר נשמר היטב לאחר מותם, מהווה לעיתים קרובות סמן יחיד לתנאי הסביבה שקדמו לזיהום האנתרופוגני.

מחקרים רבים ביססו את יעילותם של פורמיניפרים כביואינדיקטורים לזיהום אורגני (ראה רשימת מאמרים ב-Schafer, 2000). באזורי שפכים נצפו עלייה משמעותית בשכיחות פרטים מתים וחיים של פורמיניפרה בסמיכות למקום היציאה של צינור (Bandy et al., 1964; Bates and Spencer, 1979; Stott et al., 1996). עלייה זו בשכיחות מייצגת תגובה ישירה להעשרה במקורות המזון עבור הפורמיניפרים. לעומת זאת במחקר של Hymas et al. (2009) על אזור מוצא השפדן בים תיכון, תועדו ערכי שכיחות ומגוון של פורמיניפרים בנתונים הנמוכים בסדרי גודל בהשוואה למאסף הטבעי באזור והתנהגות אופורטוניסטית של המין *Ammonia tepida* שהעידה על עמידותו היחסית גבוהה לתנאים קיצוניים בסדימנט. בעונת הסתיו אף נוצרו תנאים אזואים (azoic) באזור מוצא השפדן כתוצאה מהתפתחות אנוקסיה בסדימנט.

בדומה לשפכים, כלובי דגים הם מקור להעשרה אורגנית משמעותית. לרוב נמצאה קורלציה הפוכה בין רמות החומר האורגני באזור הכלובים לשכיחות של פורמניפרים (Clark, 1971, Schafer et al., 1995, Angel et al., 2000). כמו כן במקרים רבים תועדו תנאים אזואים בסדימנט שנמצא ישירות מתחת לכלובי הדגים. במחקר של Schafer et al. (1995) על השפעת כלובי דגים על פורמניפרים ותולעי Polychaete בקנדה נמצא שמתוך 148 דוגמאות שנאספו מתחת לכלובי דגים, 48 לא הכילו פרטים חיים. מרבית דוגמאות אלו מייצגות תנאים בהם ריכוז החומר האורגני היה הגבוה ביותר וריכוזי החמצן היו נמוכים מאוד. ממצאים דומים תועדו על ידי Angel et al., 2000 (2000) שחקרו את הרכבי מאספי הפורמניפרה מתחת לכלובי הדגים בחוף הצפוני באילת, בזמן פעילות החוות בשנים 1993-1994. במחקר זה תועדו מגוון מינים נמוך של מינים מתחת לכלובי הדגים, ודומיננטיות של 7 מינים שהראו קורלציה הפוכה בין השכיחות שלהם לריכוזי החומר האורגני.

1.2 רקע על התנאים האוקיאנוגרפיים ומאספי הפורמניפרים במפרץ אילת

מפרץ אילת, הממוקם בקצה הצפוני של הים האדום, נמצא באזור המדברי שבין סיני לחצי האי ערב, מאופיין בקצבי אידוי גבוהים כתוצאה מטמפרטורות גבוהות ואוויר יבש ובשינויים עונתיים קטנים יחסית בטמפרטורת המים (20.5–27.38°C) ובמליחות (40.3–41.6 psu). ערכי החמצן המומס קרובים ל 100% בכל עמודת המים, ומימי המפרץ נחשבים אוליגוטרופיים (Reiss and Hottinger, 1984). בשל אופיו הכמעט סגור של המפרץ, והעובדה כי הוא מוקף מדבריות, שטף הסדימנט היבשתי לקרקעית הים הינו מוגבל יחסית והסובסטרט של הפאונה הבנתונית מיוצר בעיקר באופן ביוגני (Hottinger, 1990). מיצרי באב אל מנדב וטיראן יוצרים הפרדה חלקית של מערכת אקולוגית ואוקיאנוגרפית זו מהאוקיאנוס ההודי, ולכן הים האדום בכלל ומפרץ אילת בפרט רגישים ביותר להפרעות ושינויים ארוכי טווח בתנאים האקולוגיים שלהם בעבר ובהווה (Reiss et al., 1980; Almogi-Labin, 1982; Edelman et al., 2001; Fursyenberg et al., 2003; Arz et al., 2003).

בעשורים האחרונים חווה מפרץ אילת לחצים אנתרופוגניים רבים, כתוצאה מפיתוח אינטנסיבי של קו החוף בצפון המפרץ והזרמת ביוב לים (בעיקר בשנות ה 80 ו ה 90), וכן מעשרים שנות פעילות של חקלאות ימית. חוות הדגים בחוף הצפוני של מפרץ אילת החלו לפעול בשנת 1988 במרחק של כ 300 מטרים מהחוף (איור 1), בסמוך לגבול ישראל ירדן.



איור 1: מבט אווירי על כלובי הדגים מכיוון צפון מערב בפברואר 2006 לאחר שיטפון בנחל ערבה. (צילום: אלבטרוס)

בדו"ח IET (International Experts Team on Pollution of the Northern Gulf of Aqaba) לשנת 2001 דווח על גידול דגים בהיקף שנתי של כ-2300 טון, הצורכים מזון במשקל 4600 טון לשנה. החשש לפגיעה הפוטנציאלית של כלובי הדגים במערכת האקולוגית האוליגוטרופית של המפרץ ובסביבה החופית היה במרכזו של ויכוח מדעי, משפטי וציבורי שבעקבותיו הורתה המועצה הארצית לתכנון ובנייה על פינוי הכלובים. בחודש יוני 2008 פונו הדגים מהמפרץ, ובעקבותיהם התשתיות הימיות והיבשתיות של הכלובים.

מרבית המחקר הביולוגי במפרץ אילת מתרכז בשוניות האלמוגים המהוות מרכיב אקולוגי ייחודי החשוף מזה שנים למפגעים הסביבתיים שחווה האזור. פחות דגש מחקרי ניתן להבנת הסביבה הבנתונית מחוץ לאזור שוניות האלמוגים. פורמיניפרים מהווים נדבך אקולוגי-ביולוגי מרכזי של הסביבה הבנתונית במפרץ אילת. השלדים שלהם מהווים כ-50% מהמרכיב הקרבונטי של הסדימנט החולי באזור זה (Reiss, 1977). מגוון מיני הפורמיניפרים הבנתונים במפרץ אילת הוא גבוה יחסית וכולל יותר מ-300 מינים (Hottinger et al., 1993), המייצגים טווח נרחב של אדפטציות אקולוגיות כולל סוגים שונים של סימביוזה עם אצות. מרבית המינים משתייכים לקבוצות ה-*miliolids* וה-*rotaliids* המהוות כ-40% ו-30% מכלל המינים בהתאמה (Perelis-Grossowicz et al., 2008). Perelis-Grossowicz et al. (2008) מצאו קשר מובהק בין מגוון המינים לעומק בית הגידול: ערכים של מדדי מגוון, עושר ואחידות גבוהים ביותר במים הרדודים והעמוקים ונמוכים בעומק בינוני. *miliolids* נפוצים במים רדודים עד 40 מטרים ואילו *rotaliids* נפוצים בעומקים מתחת ל-40 מטרים. כמו כן, בעומק של 94 מטרים תועדה ירידה חדה בשכיחות הפורמיניפרים הגדולים נושאי הסימביוטים הפוטוסינטיים השכיחים בעומקי הביניים. במחקר זה נצפו גם שינויים במאפייני הפורמיניפרים בעומק הסדימנט המעידים על שינויים אקולוגיים הקשורים לפעילות האנטרופוגנית של העשורים האחרונים. ממצא חשוב נוסף הוא ההבדלים המאפיינים עומקים שונים בסדימנט במים הרדודים (12 מטרים): עושר המינים הנמוך ביותר נמצא ב-7 הס"מ העליונים של הסדימנט. כמו כן נצפתה ירידה בשכיחות פורמיניפרים גדולים נושאי סימביוטים.

1.3 מחקרים קודמים רלוונטיים לנושא המחקר

מרבית המחקרים במפרץ אילת על אוכלוסיות בנתוניות של פורמיניפרים התמקדו בעיקר בטקסונומיה (Reiss and Hottinger, 1984; Pawlowski and Lee, 1991; Hottinger et al., 1993) ובפורמיניפרים הנושאים אצות סימביוטיות (Reimer and Lee, 1988). Angel et al. (2000). הוא המחקר היחיד שהתפרסם עד כה שתיאר את ההשפעה של כלובי הדגים על מאפייני הפורמיניפרים מהסדימנט שמתחת לכלובים בזמן שיא פעילות חוות הדגים בשנים 1993-1994. המחקר של Perelis-Grossowicz et al. (2008) מספק מידע חיוני על תכונות מאפייני הפורמיניפרים של הסביבה הרדודה של צפון מפרץ אילת. נתונים של מחקר זה יסייעו בפענוח מגמות השינויים במאפייני הפורמיניפרים שיתועדו במחקר הנוכחי.

1.4 מטרת המחקר

סיום פעילותם של כלובי הדגים במפרץ אילת ביוני 2008 היוותה הזדמנות יוצאת מן הכלל לבחון את השינוי העובר על בית הגידול הבנתוני לאחר הפסקת ההעשרה האורגנית ארוכת הטווח אשר התרחשה במהלך של כ-18 שנות פעילות חקלאית במימי המפרץ, ובנוסף לקשור בין מדדים שונים אשר הקורלציה בניהם תסייע רבות להערכת בריאות אקולוגית של אקוסיסטמות בעולם כולו. מחקר זה, המתמקד באפיון מאפייני הפורמיניפרים כתגובה להסרת הזיהום, מהווה חלק מפרויקט הבוחן את קצב ואופן השינוי של בית הגידול שמתחת לכלובים על ידי ניתוח הפאונה הבנתונית והפרמטרים הכימיים הסדימנטולוגיים והביולוגיים המשתנים בסדימנט (צריכת חמצן, גודל גרגר, חומר אורגני) בציר הזמן והמרחק ממקור הזיהום. המדדים העיקריים המשמשים במחקר הינם מגוון ושכיחות המינים והיחס בין פורמיניפרים צבועים ללא צבועים (כפרמטר לחיים/מתים) לאורך זמן. קורלציה של מדדים אלו עם פרמטרים סביבתיים כגון ריכוז החומר האורגני מאפשרת לאפיין בצורה כמותית ואיכותית את מידת ההשפעה והקשר של שינויי סביבה על מאפייני הפורמיניפרים.

באופן ספציפי אפיון שיקום הסביבה הבנתונית יקבע על ידי הפרמטרים הבאים:

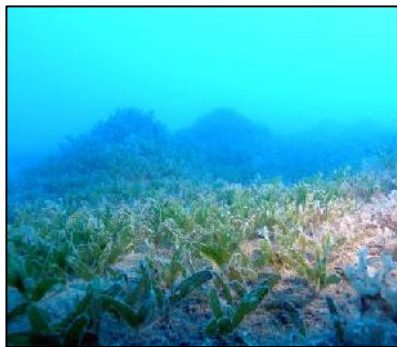
1. תיעוד השינויים במגוון ושכיחות מיני הפורמיניפרים הבנתוניים בחלק העליון (1 ס"מ) של הסדימנט מתחנות קבועות המייצגות את גראדינט ההעשרה האורגנית בסדימנט, למשך תקופה של כשנתיים - החל מזמן הפינוי ביוני 2008 ועד יולי 2010.

2. תיעוד השינויים ביחס פורמיניפרים שנצבעו על ידי Rose Bengal לפורמיניפרים שלא נצבעו, ב 10 ס"מ העליונים של הגלעינים בתחנות השונות. פרמטר זה ישמש אמדן לשינויים בעומק האכלוס של פורמיניפרים.
3. אפיון מאספי הפורמיניפרה על שורשי ועלי עשב הים *Halophila* שהתבסס באזור לאחר תקופה ארוכה בה לא נצפה שם כלל.

2. שיטות מחקר

2.1 אזור דיגום ועבודת שדה

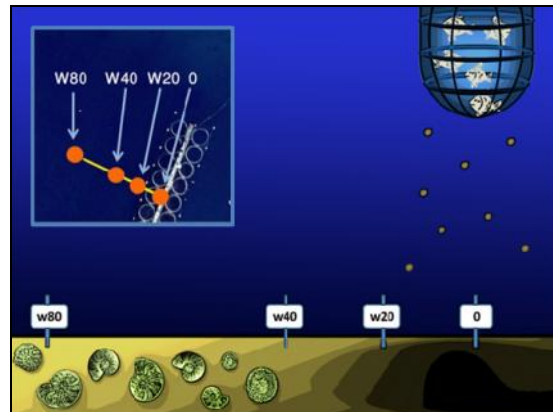
החל מחודש יולי 2008 (כחודש לאחר הוצאת כלובי הדגים מן הים) החל איסוף דגימות מקרקעית הים מעומק של 27 מטרים, מהאזור בו פעלו כלובי הדגים. הדגימות נאספות ממספר תחנות קבועות הממוקמות על חתך העובר ממזרח למערב, כל תחנה מייצגת מרחק שונה מהמיקום בו פעלו הכלובים. התחנה המזרחית ביותר ממוקמת 80 מטרים ממוקד הזיהום, והתחנה המערבית ביותר ממוקמת 200 מטרים ממוקד הזיהום. התחנות הממוקמות במרחקים 0, 20, 40 ו- 80 מטרים לכוון מערב נדגמות כל חודש. כמו כן נערכים דיגומים חצי שנתיים בהם נדגמות התחנות הממוקמות 80 ו- 40 מטרים ממזרח ו- 200 מטרים ממערב. בשלב זה של המחקר קיימות תוצאות מ-4 התחנות הנדגמות בכל חודש – 0 עד 80 מטרים ממיקום הכלובים (איור 2).



איור 4



איור 3



איור 2

איור 2: סכמה המתארת את טרנסקט הדיגום ותצלום אויר המתעד את כלובי הדגים לפני שפוגו עליו מסומנות תחנות הדיגום ביחס למיקום הכלובים.

איור 3: גלעין סדימנט לפני טיפול במעבדה באילת

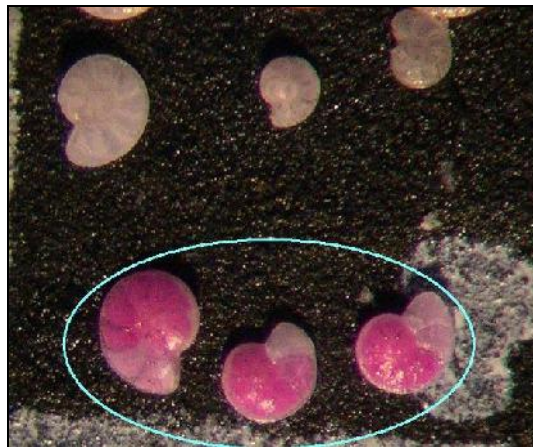
איור 4: כניסת עשב הים *Halophila stipulacea* לאזור החל מחודש אוגוסט 2009.

בכל קמפיין דיגום חודשי נלקחים מכל תחנה שלושה גלעיני סדימנט בתוך צינורות פלסטיק באורך 30 ס"מ ובקוטר 5 ס"מ (איור 3) עבור אנליזה של מאספי פורמיניפרים, ריכוז חומר אורגני, וגודל גרגר. בדיגום החצי שנתי נלקחים גלעינים נוספים לשם דגימת מיאופאונה, מקרופאונה, צריכת חמצן בסדימנט (SOD) ונוטריינטים במי נקבובים (נתונים עדיין לא זמינים). הצינור נדחף על ידי הצולל לתוך הקרקעית לעומק של כ 20 ס"מ. לאחר מכן נאטם החלק העליון של הצינור בפקק גומי, הצינור נמשך החוצה מהקרקע כאשר הוא מלא בסדימנט. כאשר חלקו התחתון של הצינור יוצא מהקרקע אוטמים גם אותו על ידי פקק גומי. הגלעינים מוחזקים במצב מאונך בכדי למנוע ערבוב של שכבות הסדימנט. החל מחודש אוגוסט 2009 החל בנוסף לדיגום הסדימנט גם דיגום של עלים ושורשים של עשב הים *Halophila stipulacea* אשר הופיע לראשונה מאז פינוי כלובי הדגים על קרקעית הים באזור המחקר (איור 4). עשב ים זה מהווה בית גידול חשוב עבור מספר רב של מיני פורמיניפרה בנתונים אפיטיים. ההופעה שלו באזור המחקר מייצגת שינוי אקולוגי משמעותי בבית גידול זה.

2.2 עבודת מעבדה

הפרדה וחלוקת הסדימנט מתבצעת מיד בתום הדיגום במעבדה במכון הבין אוניברסיטאי באילת. 10 הס"מ העליונים של הסדימנט נדגמים ברזולוציה של 1 ס"מ על ידי חיתוך פרוסות שוות עובי. כל פרוסה מחולקת לחצי המיועד לאנליזת פורמיניפרים, רבע לגרנולומטריה (קביעת גודל גרגר) ורבע לאנליזות של ריכוז החומר האורגני. הדוגמאות לאנליזות פורמיניפרים נצבעות באופן מידי על ידי Rose Bengal בריכוז $2_{mg/L}$ מהול באתנול 70%, הצובע באופן פרמננטי באדום את הציטופלסמה בתאים. באורגניזמים חיים, או בכאלה שמתו לא מזמן, בזמן איסוף הדוגמא הציטופלסמה עדיין לא התפרקה ולכן הם נצבעים באדום (Murray, 2006), עובדה זו מאפשרת להפריד בהמשך בין פורמיניפרים חיים (צבועים באדום) למתים (לא צבועים). קבוצת המיליולידים בעלת שלד פורצלניטי אטום אינם נצבעים ולכן ההבחנה בפרטים החיים נעשתה באמצעות הסתכלות בפתח במטרה לזהות נוכחות שאריות פרוטופלזמה צבועה. במעבדה המיקרופלאונטולוגית באוניברסיטת בן גוריון נבג ובמכון הבין אוניברסיטאי באילת דגימות הסדימנט מיובשות, נשקלות, נשטפות ומסוננות דרך נפות של $150\mu m$ ו- $500\mu m$.

המחקר התמקד בתיעוד השינויים במאספי הפורמיניפרים בס"מ העליון ביותר של הגלעינים. השארית השטופה חולקה על ידי מכשיר ספליטר ידני המחלק באופן שווה את הדוגמא עד להגעה לגודל מדגמי רצוי. בדיקת הדוגמא מתבצעת מתחת למיקרוסקופ בינקולרי. מכל דוגמא נלקחות שתי דגימות של המאספים: דגימה אחת מייצגת מדגם סטטיסטי של כלל מאספי הפורמיניפרים הנוכחים בסדימנטים (=מאסף כולל) בכל אחת מתחנות הדיגום לאורך חודשי הדיגום. מכל דוגמא נאספים כ- 300 פרטים של פורמיניפרים ללא הבחנה של צבועים ומתים מהפרקציה הגדולה מ- $150\mu m$. הדגימה השנייה הינה של הפרטים החיים הנוכחים בכל דוגמא בזמן איסוף הגלעינים (מאסף חי). מכל דוגמא נאספים הפרטים שעל פי גוון (ורוד כהה) ודגם הצביעה שלהם (מספר חדרים צבועים ואזורים בשלד) ניתן לזהות באופן ברור שהם חיו בזמן לקיחת הדוגמא (איור 5). מדגם זה יאפשר מעקב אחר קצב ואופי התאוששות הפורמיניפרים לאורך חודשי המחקר והשוואה בין תחנות הדיגום השונות. הפורמיניפרים שנאספו מוינו טקסונומית על פי הספרות המקובלת (בעיקר Hottinger and Reiss 1993) ונספרו.



איור 5: השוואה בין פרטים חיים ומתים בזמן איסוף הדוגמא מסוג *Assilina*. פרטים חיים (מסומנים בעיגול) צבועים בורוד כהה בדגם טיפוס של מספר חדרים אחרונים בהירים לעומת פרטים מתים צבועים בורוד בהיר או לא צבועים כלל.

3. תוצאות

3.1 נתוני שכיחות במאסף הכולל

מרבית הפרטים סווגו ברמה הטקסונומית של סוג או מין השייכים לשלוש תת סדרות: Textulariida - אגלוטיננטים בדר"כ ביסריאלים, Miliolid - שלד פורצלני, Rotalid - בעלי שלד היאליני. כסה"כ זהו 21 סוגים שונים ו- 21 מינים לפי החלוקה המופיעה בטבלה 1. ה Miliolids הינם תת הסדרה הדומיננטית ביותר המהווים בממוצע כ- 34% מכלל הפרטים במאסף הכולל הגדול מ $150\mu m$. הסוג *Amphistegina* מהווה את קבוצה דומיננטית עם ממוצע של 23% מכלל הפרטים במאסף הכולל בכל אחת מהתחנות. סוג זה מהווה את הקבוצה הטקסונומית הגדולה ביותר בתוך ה Rotalids. המין *Assilina ammonoides* מהווה כ- 6% בממוצע מכלל הפרטים במאסף הכולל בכל אחת מהתחנות. הסוגים

הנפוצים הנוספים בקבוצת ה Rotalids הם *Elphidium* ו-*Cibicides* המהווים כ-4% מכלל הפרטים במאסף המת בכל אחת מהתחנות. שאר סוגי Rotalids מהווים פחות משני אחוזים מכלל הפרטים במאסף המת. האגלוטיננטים מהווים כ-3% בממוצע מכלל הפרטים במאסף המת בכל אחת מהתחנות. באנליזות שנעשו על המאספים הכוללים בפראקציות הגודל של מעל 150µ ומעל 500µ לא נמצאו הבדלים סטטיסטיים מובהקים בין התחנות השונות לאורך של תקופת הדיגום.

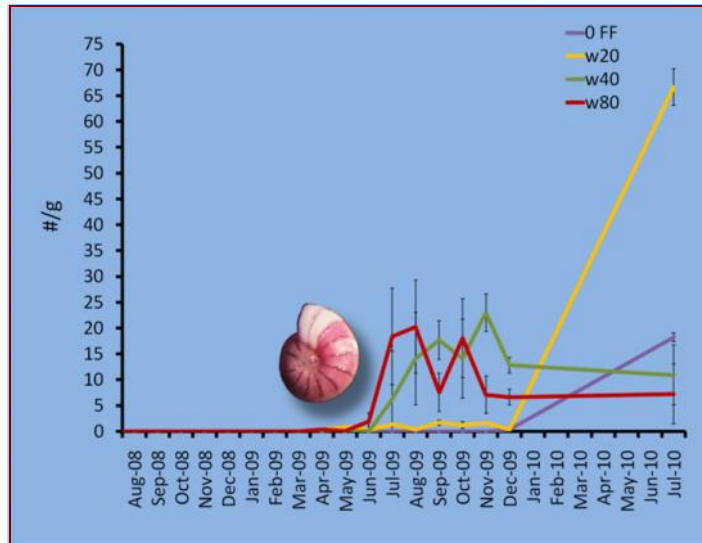
טבלה 1 חלוקה טקסטנומית של הפרטים שנמצאו במאסף הכולל

Rotalid	Miliolid	Textulariida
<i>Elphidium sp.C</i>	<i>Lachlanella sp. R</i>	<i>Textularia spp.</i>
<i>Elphidium jenseni</i>	<i>Miliolinella spp.</i>	<i>Agglutinella spp.</i>
<i>Elphidium williamsoni</i>	<i>Pyrgo striolata</i>	
<i>Elphidium cf.E.limbatum</i>	<i>Hauerina diversa</i>	
<i>Lobatula lobatula</i>	<i>Massilina spp.</i>	
? <i>Cibicides mayori</i>	<i>Pseudomassilina reticulata</i>	
<i>Paracibicides edomica</i>	<i>Spiroloculina spp.</i>	
<i>Amphistegina lessonii</i>	<i>Triloculina spp.</i>	
<i>Amphistegina lobifera</i>	<i>Siphonaperta distoqueta</i>	
<i>Ammonia bradyi</i>	<i>Quinquilquina cf.Q.mosharrafsai</i>	
<i>Nonion spp.</i>	<i>Pseudomassilina pacifiensis</i>	
<i>Epistomaroides punctatus</i>	<i>Pseudomassilina sp.B</i>	
<i>Planogypsina spp.</i>	<i>Pseudomassilina reticulata</i>	
<i>Rosalina spp.</i>	<i>Pseudotriloculina sp.B</i>	
<i>Reusella spp.</i>	<i>Articulina pacifica</i>	
<i>Assilina amonoides</i>	<i>Sorites orbiculus</i>	
<i>Brizalina spp.</i>	<i>Amphisorus hemprichii</i>	
<i>Bolivina spp.</i>	<i>Peneroplis planatus</i>	
<i>Siphouvigerina spp.</i>	<i>Borelis schlumbergeri</i>	
<i>Bolivinella elegans</i>	<i>Vetebalina striata</i>	
	<i>Monalysidium acicularis</i>	

3.2 נתוני שכיחות במאסף החי

מאסף זה כולל את כל הפרטים שנצבעו בגוון אדום - ורוד כהה. המאסף החי מורכב כמעט כולו מהסוג *A. ammonoides*. הסוגים *Nonion*, *Ammonia* ו-*Amphistegina* מופיעים בכמות של פחות מחצי פרט חי לגרם סדימנט בממוצע. שאר הסוגים מופיעים בכמות של פחות מ-0.1 פרטים חיים לגרם סדימנט בממוצע.

מספר הפרטים החיים של *A. ammonoides* שנמצאו בתחנות המרוחקות 80 ו 40 מטרים ממיקום הכלובים היה גדול באופן מובהק מאלה בתחנה הנמצאת 20 מטרים ממיקום הכלובים עד סוף 2009. בדיגום האחרון, בחודש יולי 2010, תחנה 20 הראתה תהליך התאוששות דומה לזה שהראו התחנות המרוחקות שנה לפני, אולם מספר הפרטים החיים בה היה גבוהה בהרבה מכל תחנה שנדגמה עד כה (איור 6).

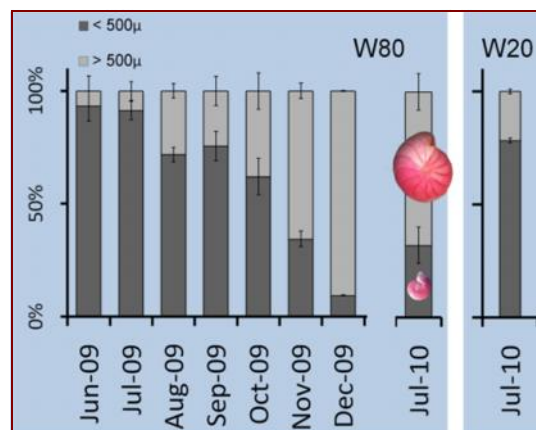


איור 6: מספרי פרטים חיים לגרם סדימנט של Nummulitids בתחנות 0 (מתחת למיקום כלובי הדגים), W20, W40 ו W80, הגדולים מ 150μ החל מחודש אוגוסט 2008 (חודשיים לאחר הוצאת הכלובים) ועד לסיום תקופת הדיגום. בזמן תקופת השיקום (יוני – דצמבר 2009) ישנו הבדל מובהק בין התחנות W80 ו W20, למרות האופי הכתמי של תפוצת הפורמיניפרים החיים: ($t_{(2)}=4.0813$, $df=10$, $P=0.0022$)

בדיגום יולי 2010 נמצאו בתחנה W20 מספרים גדולים ביותר של פרטים חיים, בעיקר צעירים, ואילו בתחנות W40 ו W80 אשר בהן חלה רבייה מסיבית שנה קודם לכן, נמצאו מספרים נמוכים יותר, אולם רוב הפרטים היו בוגרים.

3.3 יחסי הגדלים באוכלוסיית *A. ammonoides*

יחסי הגדלים באוכלוסייה החיים השתנו במהלך תקופת השיקום, כאשר בהודשים הראשונים ניתן היה למצוא בעיקר פרטים צעירים, אותם החליפו בהדרגה פרטים בוגרים יותר. החלוקה נעשתה לפי גבול גודל של 500μ כאשר תחנה 80W נבחרה כמייצגת את תקופת השיקום הראשונית, ועבור הדיגום האחרון, ביולי 2010, נעשתה חלוקת יחסי גדלים גם בתחנה 20W לשם השוואה עם מצבה של תחנה 80W (איור 7).



איור 7: דינאמיקה של התבססות אוכלוסייה לפי יחסי גדלים של Nummulitids חיים בדיגומות מתחנה W80 בזמן תקופת השיקום של 2009 ויולי 2010, ותחנה W20 ביולי 2010. יחס הגדלים באוכלוסייה בתחנה W20 ביולי 2010 דומה ליחס בתחנה W80 שנה לפני.

3.4 דימורפיזם ב *Assilina ammonoides*

A. ammonoides, המהווה את רוב המאסף החי, מראה דימורפיזם משמעותי המתבטא בהבדלים בצורת הפיתול של השלד (פיתול חובק מלא, חלקי או לא חובק), ובמידת הפחיסות שלו (שלד מדוקק או נפוח) (איור 8)



איור 8: דימורפיזם ב *A. ammonoides*. טיפוס A אופייני למאספים המתים, טיפוסים C ו D דומיננטיים במאספים החיים, והתחילו להופיע כשנה לאחר פינוי הכלובים, ואילי טיפוס B הופיע במספרים קטנים בתחנה W20 ביולי 2010. D מדגים את דפוס הצביעה ב Rose Bengal בנוסף לצבע הטבעי של הסימביונטים בפרוטופלסמה.

3.5 מאספי פורמיניפרה מעשב הים *Halophila*

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 המאספ המת (טבלה 2).

טבלה 2 חלוקה טקסונומית של הפרטים שנמצאו על עלי עשב הים

Rotalid	Miliolid	Textulariida
<i>Elphidium spp.</i>	<i>Lachlanella sp. R</i>	<i>Textularia spp.</i>
<i>Cibicides spp.</i>	<i>Miliolinella spp.</i>	<i>Agglutinella spp.</i>
<i>Paracibicides edomica</i>	<i>Pyrgo striolata</i>	
<i>Amphistegina lessonii</i>	<i>Hauerina diversa</i>	
<i>Amphistegina lobifera</i>	<i>Massilina spp.</i>	
<i>Ammonia bradyi</i>	<i>Pseudomassilina spp.</i>	
<i>Epistomaroides punctatus</i>	<i>Spiroloculina spp.</i>	
<i>Planogypsina spp.</i>	<i>Triloculina spp.</i>	
<i>Rosalina spp.</i>	<i>Sorites orbiculus</i>	
	<i>Amphisorus hemprichii</i>	
	<i>Peneroplis planatus</i>	
	<i>Borelis schlumbergeri</i>	
	<i>Vetebraalina striata</i>	

4. דיון ומסקנות

4.1 משמעות המאספ הכולל

הנחת היסוד בעבודה זו הייתה שבאמצעות המאספ הכולל ניתן יהיה לעקוב אחר קצב ואופי השינויים במאספי הפורמיניפרים בסביבה שמתחת לכלובי הדגים במהלך תקופת הדיגום. בסיס הנחה זו הוא ששינויים שהתרחשו במהלך כל חודש יבואו לידי ביטוי בהרכב המאספ הכולל. תוצאות ספירות הפרטים במאספ הכולל בתחנות השונות הראו שהנחה זו אינה נכונה. בחודשים שבהם נצפתה עלייה משמעותית בכמות הפרטים החיים, בעיקר של המין *Assilina ammoniodes* לא נמדדה עלייה מקבילה בכמות הפרטים של מין זה במאספ הכולל. הסיבה לכך היא שעבור מדגם

סטטיסטי (250-300 פרטים) של מאסף חי נדרש איסוף של פרטים מכלל הדוגמא בעוד שבמאסף המת החלק היחסי של הדוגמא שנדרש הוא 1/32. דבר זה בא לידי ביטוי גם בהבדלים במספר הפרטים לגרם סדימנט בין שני סוגי המאספים (מאסף כולל ומאסף חי), לדוגמא בחודש אוגוסט 2009, בתחנה W80, שבו נמדדה כמות הפרטים החיים המקסימלית (57 פרטים לגרם סדימנט), חלקם היחסי מהמאסף הכולל (1739 פרטים לגרם סדימנט במוצע) הוא רק 3%. תרומה בסדר גודל כזה לא יכולה לייצר שינוי מובהק בגודל המאסף הכולל.

המאסף הכולל מהווה ממוצע של הרכב החברה במהלך שנים רבות כיוון שמכיל שלדי פרטים מתים שחיו באזור זמן רב לפני הדיגום או הובלו לשם ע"י זרמים (איור 9). קצב אספקת השלדים החדשים הנמוך ביחס לתקופה שנבדקה לא יכול להשפיע באופן בולט על הרכב המאסף הכולל.



איור 9: מינים נפוצים ממאספי התמותה הגדולים מ 500μ . מאספים אלה, כמו גם מאספי התמותה של 150μ , אינם מתעדים את השינויים האחרונים באוכלוסיות. הם ככל הנראה מייצגים מאסף אשר קיים היה באזור לפני ההעשרה האורגנית על ידי כלובי הדגים.
 A. *Assilina ammonoides* (Gronovius); B. *Amphistegina lobifera*, Larsson; C. *Amphistegina lessonii*, d'Origny; D. *Ammonia beccarii* (Linné); E. *Amphisorus hermpriehii* Ehrenberg; F. *Sorites orbiculus* (Forsskal); G. *Textularia* spp.; H. *Spiroloculina* sp.; I. *Borelis schlumbergeri* (Reichel); J. *Hauerina* sp.; K. *Peneroplis planatus* (Fichtel and Moll); L. *Triloculina trigulata* (Lamarck); M. *Epistomaroides punctatus* (Said)

4.2 משמעות המאסף החי בסדימנט

4.2.1 צביעה ב- Rose Bengal

המגוון וכמות של פרטים שנמצאו חיים (מאסף חי) בזמן הדיגום מאפשרים לאפיין את קצב ומידת ההתאוששות של הסביבה הבנתונית באזור כלובי הדגים. Miliolids שהיו הדומיננטיים ביותר במאסף הכולל כמעט ולא מופיעים במאסף החי. כמו כן הסוג *Amphistegina* שמהווה מרכיב דומיננטי במאסף הכולל לאורך כל השנה בשתי התחנות מופיע במאסף החי בכמויות קטנות יחסית. יתכן שהסיבה להעדרות Miliolids מהמאסף החי נעוצה באופן חלקי בבעייתיות בהבחנה בצביעת הפרוטופלזמה שלהם כיוון שהשלד שלהם פורצלניטי אטום. אולם היעדרות פרטים מיליולידיים ג'ובינלים (צעירים) במאספים מעידה על כך שהם ככל הנראה לא נכללו במאסף החי של הסדימנט.

הצביעה ב- Rose Bengal לצורך זיהוי פרטים חיים היא הנפוצה והמקובלת ביותר במחקרים על פורמיניפרים חיים (ראה דיון ב- Murray, 2006). עם זאת ישנה מידה מסוימת של בעייתיות בשיטה זו אשר חייבת יש לקחת בחשבון. השיטה מבוססת על התגובה של ה-Rose Bengal לחומר אורגני הגורמת להתקבעות הצבע הורוד בתוך שלד הפורמיניפר. למעשה, החומר האורגני נצבע ללא קשר אם האורגניזם היה חי או מת בזמן הצביעה.



איור 10: גוונים שונים של ורוד כתוצאה מצביעה ב- Rose Bengal במין *Assilina ammonoides*.

בנוסף, הצביעה ב- Rose Bengal מופיעה במגוון רחב של גווני ורוד, המקשה על ההפרדה בין פרטים חיים למתים (איור 10) כפי שתועד בעבודות רבות וגם במחקר הנוכחי. רמות הצביעה השונות יכולות להתקבל בשל מספר סיבות: (1) לאחר מותו של הפורמיניפר יכולות להישאר שאריות של ציטופלזמה שלא עברו פירוק בתוך השלד שיצבעו ב- Rose Bengal. במצב זה יתקבל צבע ורוד בהיר. ככל שהזמן שעבר בין מותו של הפורמיניפר לזמן הצביעה גדול יותר, יש פחות ציטופלזמה בתוך השלד שיכולה להיצבע ולכן יתקבל צבע בהיר יותר. אחת המחלוקות העיקריות בסוגיה זו היא האם הציטופלזמה מתפרקת במהלך זמן קצר או שנשמרת במשך מספר שבועות או חודשים (Bernhard, 2000). סוגיה זו בעייתית במיוחד בסביבות אנוקסיות-דיסאוקסיות בהן חומר אורגני צפוי להשתמר למשך זמן ארוך יחסית בהשוואה לסביבות מאווררות. (2) בחלק מהמקרים יתכן והצביעה מייצגת נוכחות בקטריות או פטריות הנמצאות בחלקו החיצוני של השלד. שלד הפורמיניפר יכול להיות בית גידול לבקטריות הנשמר גם זמן רב לאחר מותו של הפרט. (3) במינים בעלי שלד בי-למלארי (*Buliminida, Rotaliida, Globigerinida*) השלד בנוי משכבות קלציות פנימית וחיצונית וביניהן שכבה אורגנית דקה במרכז. שכבות אלה יכולות להישמר זמן רב לאחר מות הפורמיניפר ולגרום לקבלת גוון ורוד.

בעבודה הנוכחית נמצא ששיטה זו יכולה להיות מהימנה לזיהוי פרטים חיים של סוגים מסוימים (*Amphistegina, A.*) להבחין שהצבע הכהה נראה בתוך השלד של הפורמיניפר ולא כצפוי חיצוני. כמו כן, מתקבל דגם צביעה שבו החדרים האחרונים לבנים לגמרי ואילו החדרים הפנימיים יותר, בהם הייתה ציטופלזמה בזמן הצביעה, צבועים בורוד חזק. המעבר בין החדרים הלבנים לחדרים הצבועים חד ולא מתקבלים גווני ביניים של ורוד. חיזוק נוסף לעובדה שמדובר בפרטים חיים הוא שמרביתם ג'ובינליים, דבר המצביע על התבססות של חיים לאחר אירוע רבייה.

הפרטים שנצבעו בצבעים הבהירים יותר, למרות שככל הנראה אינם מעידים על המצאות פרט חי בזמן הדיגום מצביעים על רמת הפעילות הבקטריאלית ו/או על כך שהפורמיניפר חי סמוך לתקופה הדיגום. לכן המדד של כמות הפרטים הורודים בדוגמא תורם להבנת תהליכים של שימור בתוך הסדימנט.

על מנת לקבוע באופן ברור את רמת הצביעה של פרטים ממינים שונים בפרקי זמן שונים לאחר המוות בוצעה סדרת בדיקות צביעה בהם נאספו פרטים חיים, הומתו ונצבעו בפרקי זמן שונים מרגע המוות שלהם



איור 11: דגם וגוון הצביעה של פרטים חיים

A- *Nonion*, B- *Ammonia*, C- *Bulimina*, D- *Hyalinonetion*, E- *Lagenammina*, F- *Cassidelina*, G- *Amphistegina leossonii* juvenile, H- *Labrospira jeffreysii*, I- *Assilina ammonoides*

4.2.2 הרכב המאסף החי

ההיעדרות המוחלטת של פרטים חיים בסדימנט באזור הדיגום לאורך השנה הראשונה מפינוי הכלובים מצביעה ללא ספק על כך שסביבה זו לא אפשרה קיום של פורמיניפריים בנתוניים. יתרה מכך העדר עשב הים *Halophila* הנפוץ באופן טבעי באזור מעיד על מגבלות סביבתיות חמורות עבור אורגניזמים אלו. ככל הנראה מגבלת האכלוס העיקרית עבור פורמיניפריים היא חוסר הטולרנטיות לריכוזי חמצן נמוכים וריכוזי אמוניה וסולפידים גבוהים במי החללים בסדימנט הנגרמים עקב הריכוזים הגבוהים של החומר האורגני. מרבית הפורמיניפריים הבנתוניים, כמרבית הפרוטיסטה אינם יכולים להתקיים בתנאים של רמות חמצן נמוכות. עם זאת ידועים מספר מינים בעלי יכולת לשרוד בתנאים מסוג זה אך אלו אינם מהווים חלק מהמאספים הטבעיים של מפרץ אילת. מחקרים שנערכו באזור בתקופת פעילות הכלובים תיעדו תנאי אנוקסיה וריכוזי סולפידים ואמוניה גבוה בסדימנט ובמי הקרקעית וריכוזי גבוה של חומר אורגני, LOI מעל 10%, בשטח נרחב המשתרע מעל 7630 m² (Angel et al., 1995, Eden et al., 2003). בתוך שטח זה זוהתה חלוקה ברורה של רמת ההשפעה של הכלובים בהתאם למרחק מהם: אזור מרכזי- המזוהם ביותר (2840m²) היה מכוסה במשטחי בקטריות ובו נצפה הריכוז הגבוה ביותר של חומר אורגני, אזור אמצעי (2990m²) עם מופע כתמי של משטחי בקטריות בריכוזים נמוכים יותר (5-7%) של חומר אורגני ואזור מעבר (2700m²) שהתכסה מדי פעם במשטחי בקטריות. בכל האזור הזה לא נראו עשבי הים *Halophila* לאורך כל תקופת פעילות כלובי הדגים. רק באזור המעבר נמצאה מקרופאונה (בעיקר *Polychaetes*).

במהלך החודשים הראשונים של תקופת השיקום, כמות הפרטים החיים הגבוהה שנצפתה בתחנות 80W ו 40W בהשוואה לתחנות 20W ו 0 מעידה על התהליך ההדרגתי של השיקום. התואם את תבנית חלוקת אזורי ההשפעה של כלובי הדגים. תהליך העלייה בכמות הפרטים החיים שנצפתה בין החודשים מאי 2009- אוגוסט 2009 מעיד בראש ובראשונה על תנאים אוקסיים בסדימנט וככל הנראה על ירידה משמעותית בריכוזי האמוניה והסולפידים.

אכלוס הסדימנט שנצפה בחודשים אלו התבצע באופן כמעט בלעדי על ידי פרטים ג'ובינלים של המין *A. ammonoides* מין זה נושא דיאטומאות סימביוטיות ומראה העדפה לסביבה של אנרגיה חלשה, על מצע של חול רך ובעוצמת אור חלשה עד בינונית (עד 60% קרינה על הקרקעית) (Hohengger et al., 1999). בניגוד למינים רבים אחרים של פורמיניפריים, הוא אינו חי על גבי מצע של עשבי ים (לא אפיפיטי) אלא בסדימנט בלבד. Hottinger and Reis (1993) תיעדו שני מחזורי רבייה, באביב ובסתיו של מין זה. העלייה בכמות הפרטים של מין זה החל מחודש מאי 2009 תואמת את מחזור הרבייה של האביב. ככל הנראה הרבייה של סתיו 2008 לא התקיימה באזור זה בגלל השפעת כלובי הדגים. באופן טבעי ה- *A. ammonoides* הופכים להיות דומיננטיים רק בעומק של מעל 60 מטר (Perelis- Grossowicz et al., 2008). נוכחות מין זה בעומק של 27 מטר מראה התנהגות שאינה טיפוסית ומזכירה אסטרטגיה אופורטוניסטית. דינאמיקה של יחסי הגדלים המשתנים באוכלוסיית ה- *A. ammonoides* במהלך תקופת השיקום (איור 7), מתאימה לאוכלוסייה אשר אינה נמצאת עדיין בשיווי משקל ומראה שלבים ראשונים של התבססות באזור

חדש או לאחר הפרעה או קטסטרופה.

דימורפיזם ב *A. ammonoides* (איור 8) תועד במחקרים קודמים ונמצא קורלטיבי לשינויים בעומק המים וככל הנראה מייצג אסטרטגיות רבייה/אקולוגיות שונות (במחקר שלנו כל התחנות נמצאות בעומק של 27 מטרים, הנחשב לגבול הרדוד עבור מין זה). מרבית הפרטים במאספים החיים הינם בעלי מופע נפוח עם פיתול חובק מלא או חלקי, מופע זה נדיר ביותר במאספים המתים. ממצא זה מעיד שיתכן וישנו קשר בין מורפולוגיה זו לאוטוריפיקציה. הופעת עשב הים *Halophila stipulacea* בחודשים האחרונים מעידה גם היא על שינוי סביבתי שאפשר את כניסת העשבים לאזור ובנוסף לכך יכולה להשפיע על מאסף הפורמיניפרים באזור. על פי רוב נוכחות של עשבי ים מעידה על סדימנט נקי מסולפידים ומאורר היטב (Angel et al., 2000). העשב מהווה סביבת גידול למינים שונים של פורמיניפרים אפיפטיים (Perelis-Grossowicz et al., 2008) שזוהו גם במאסף הכולל, ולכן יתכן כי מקורם במאסף הכולל הוא עשבי ים אשר כיסו את האזור בעבר.

5. רשימת ספרות

- Almogi-Labin, A. (1982). Stratigraphic and paleoceanographic significance of late quaternary pteropods from deep sea cores in the gulf of Aqaba (Elat) and northernmost red sea. *Marine Micropaleontology*, 7, 53-72.
- Angel, D. L., Krost, P., & Gordin, H. (1995). Benthic implications of net cage aquaculture in the oligotrophic gulf of Aqaba. *European Aquaculture Society*, 25, 129-173.
- Angel, D. L., Verghese, S., Lee, J. J., Saleh, A. M., Zuber, D., Lindell, D., et al. (2000). Impact of a net cage fish farm on the distribution of benthic foraminifera in the northern gulf of Eilat (Aqaba, red sea). *The Journal of Foraminiferal Research*, 30(1), 54.
- Arz, H. W., Lamy, F., Patzold, J., Muller, P. J., & Prins, M. (2003). Mediterranean moisture source for an early-Holocene humid period in the northern red sea. *Science*, 300(5616), 118.
- Bandy, O. L., Ingle Jr, J. C., & Resig, J. M. (1964). Foraminifera, Los Angeles county outfall area, California. *Limnology and Oceanography*, , 124-137.
- Bates, J. M., & Spencer, R. S. (1979). Modification of foraminiferal trends by the chesapeake-elizabeth sewage outfall, Virginia beach, Virginia. *The Journal of Foraminiferal Research*, 9(2), 125.
- Clark, D. F. (1971). Effects of aquaculture outfall on benthonic foraminifera in clam bay, Nova Scotia. *Atlantic Geology*, 7(2)
- Diaz, R. J., & Rosenberg, R. (1995). Marine benthic hypoxia: A review of its ecological effects and the behavioural responses of benthic macrofauna. *Oceanography and Marine Biology*, 33, 245-303.
- Diaz, R. J., & Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems: Review. *Science*, 321, 926-929.
- Edelman-Furstenberg, Y., Scherbacher, M., Hemleben, C., & Almogi-Labin, A. (2001). Deep-sea benthic foraminifera from the central red sea. *The Journal of Foraminiferal Research*, 31(1), 48.
- Goodman, B., Nemoy, P., Tzvi, T., & Angel, D. (2008). *Use of foraminifera to determine the impact of mariculture on the benthic environment in the Gulf of Aqaba, Red Sea. Abstract.* The Israeli Association for Aquatic Sciences Annual Meeting.
- Gowen, R. J., & Bradbury, N. B. (1987). The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: A review. *Oceanography and Marine Biology*, 25, 563-575.
- Gowen, R. J., Weston, D. P., & Ervik, A. (1991). Aquaculture and the benthic environment: A review. *Nutritional Strategies and Aquacultural Waste. Fish Nutrition Research Laboratory, Department of Nutritional Sciences, Univ. Guelph, Ontario, Canada*, , 187-205.

- Hall, P. O. J., Anderson, L. G., Halby, O., Kollberg, S., & Samuelsson, M. O. (1990). Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. 1. carbon. *Marine Ecology Progress Series. Oldendorf*, 61(1), 61-73.
- Hottinger, L. (1990). Significance of diversity in shallow benthic foraminifera. Paper presented at the *Atti Del Quattro Simposio Di Ecologia e Paleoecologia Delle Comunita Bentoniche*, 35–51.
- Hottinger, L., Halicz, E., & Reiss, Z. (1993). Recent foraminiferida from the Gulf of Aqaba. *Red Sea, Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Ljubljana*, YU. 179 p.
- Hyams-Kaphzan, O., Almogi-Labin, A., Benjamini, C., & Herut, B. (2009). Natural oligotrophy vs. pollution-induced eutrophy on the SE Mediterranean shallow shelf (Israel): Environmental parameters and benthic foraminifera. *Marine Pollution Bulletin*,
- Kalantz, I., & Karakassis, I. (2006). Benthic impacts of fish farming: Meta-analysis of community and geochemical data. *Marine Pollution Bulletin*, 52, 484-493.
- La Rosa, T., Mirto, S., Mazzola, A., & Danovaro, R. (2001). Differential responses of benthic microbes and meiofauna to fish-farm disturbance in coastal sediments. *Environmental Pollution*, 112(3), 427-434.
- Murray, J. W. (2006). *Ecology and applications of benthic foraminifera* Cambridge Univ Pr. pp.12, 154, 183 ,209 ,212
- Pawlowski, J., & Lee, J. J. (1991). Taxonomic notes on some tiny, shallow water foraminifera from the northern gulf of Elat (red sea). *Micropaleontology*, 37(2), 149-162.
- Pearson, T. H., & Black, K. D. (2001). The environmental impacts of marine fish cage culture. In: K.D. Black. *Environmental Impacts of Aquaculture*. Academic Press, Sheffield, pp 1–27.
- Pearson, T. H., & Rosenberg, R. (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 16, 229-311.
- Perelis-Grossowicz, L., Edelman-Furstenberg, Y., & Almogi-Labin, A. (2009). Characteristics of the shallow water benthic foraminifera of the northern Gulf of Elat. In: Por, F.D. (ed), *Aqaba - Eilat the Improbable Gulf*, Environment, Biodiversity & Preservation, The Hebrew University Magnes Press, pp. 439-458
- Reimer, C. W., & Lee, J. J. (1988). New species of endosymbiotic diatoms (bacillariophyceae) inhabiting larger foraminifera in the Gulf of Elat (Red Sea), Israel. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 140, 339-351.
- Reiss, Z., & Hottinger, L. (1984). The Gulf of Aqaba: Ecological micropaleontology. *SPRINGER-VERLAG, NEW YORK, NY (USA).1984.*,
- Reiss, Z., Luz, B., Almogi-Labin, A., Halicz, E., Winter, A., Wolf, M., et al. (1980). Late quaternary paleoceanography of the Gulf of Aqaba (Elat), Red Sea. *Quaternary Research*, 14, 294-308.
- Schafer, C. T., & Cole, F. E. (1974). Distribution of benthonic foraminifera: Their use in delimiting local near shore environments: Offshore geology of Canada, Eastern Canada. *Geological Survey of Canada*, 74–30, 103–108.
- Schafer, C. T., Winters, G. V., Scott, D. B., Pocklington, P., Cole, F. E., & Honig, C. (1995). Survey of living foraminifera and polychaete populations at some Canadian aquaculture sites: Potential for impact mapping and monitoring. *Journal of Foraminiferal Research*, 25(3), 243-259.
- Scott, D. B., Schafer, C. T., Honig, C. & Younger, D. C. (1995). Temporal variations of benthic foraminiferal assemblages under or near aquaculture operations: Documentation of impact history. *Journal of Foraminiferal Research*, 25(3), 224-235.
- Stott, L. D., & Hayden, T. P. G., J. (1996). Benthic foraminifera at the Los Angeles county Whites Point outfall revisited. *Journal of Foraminiferal Research*, 26, 357-368.
- Tomassetti, P. & Porrello, S. (2005). Polychaetes as indicators of marine fish farm organic enrichment. *Aquaculture International*, 13(1), 109-128.

4.ז. הטבעת ספינה בחוף הצפוני

בחודש ספטמבר (20.9.2010) הוטבעה בחוף הצפוני גרוטאת ספינה (Sun Boat) על ידי עמותת "ים ומדבר" ועיריית אילת. ההטבעה נעשתה ביוזמת גורמי התיירות ובראשם מועדוני הצלילה אשר טענו שהספינה הטבועה תהווה אתר צלילה שימשוך אליו צוללים ובכך יקטן לחץ הצוללים בשוניית הטבעית. הספינה המתפוררת נחה על קרקעית הים בעומק 15 מ'. בסערה הדרומית בחודש דצמבר ניתקה הספינה ממקומה וגלשה במדרון החולי כ-15 מטרים כשהיא מותירה אחריה ערוץ עמוק בסדימנט החולי. האתר נסגר לצלילה על ידי רשות הספנות באילת מתוך שיקולי בטיחות ובלחץ מרכז השייט, אשר סגירת האזור למעבר סירות לצורך צלילות פגעה בפעילותו.

הנחת מבנים גדולים על קרקעית הים פוגעת בסביבתם המיידית, בחברת הבנתוס המתקיימת על ובתוך הסדימנט ובמשטחי עשב הים אשר אך החלו להשתקם באזור לאחר הוצאת כלובי הדגים. כיום הספינה הטבועה אינה אתר צלילה פעיל, וממילא אינה משמשת להסתת צוללים מהשוניית הטבעית.



למעלה – הטבעת הספינה בחוף הצפוני, ספטמבר 2010, והספינה הטבועה על קרקעית הים; למטה – אחר הסערה בדצמבר בה החליקה הספינה במדרון וחרצה ערוץ בקרקעית החולית, ותמונה מפנים הספינה המתפורר.

Top – Drowning of the “Sun Boat” at the northern beach, September 2010, and the boat on the sea floor; Bottom – The ship’s crumbling interior, and its slip-path through the sediment after a southern storm in December.

מחקר יזום: השפעת אתר הספינה הטבועה Sunboat על תבנית הצלילה באילת

רקע

ברור שהכנסת מבנים מעשה ידי אדם לים מהווה פגיעה בסביבה הימית הטבעית. במקרה של הטבעת הספינה Sunboat בחוף הצפוני החולי של המפרץ, הנזק הנגרם הוא מקומי לבית הגידול של חברת הבנתוס ולמשטחי עשב הים המשמשים בית גידול בפני עצמו כמו גם מקום מסתור ומעבר לדגים שוכני שוניית. התועלת הפוטנציאלית למערכת האקולוגית היא במשיכת צוללים מהשוניית הטבעית, והתועלת התיירותית היא ביצירת אתר צלילה חדש אשר ימשוך מבקרים.

מטרה

אמון מידת ההצלחה של ה-Sunboat כאתר צלילה המושך נתח מפעילות הצלילה באילת ובכך מקטין את לחץ הצוללים בשוניית הטבעית.

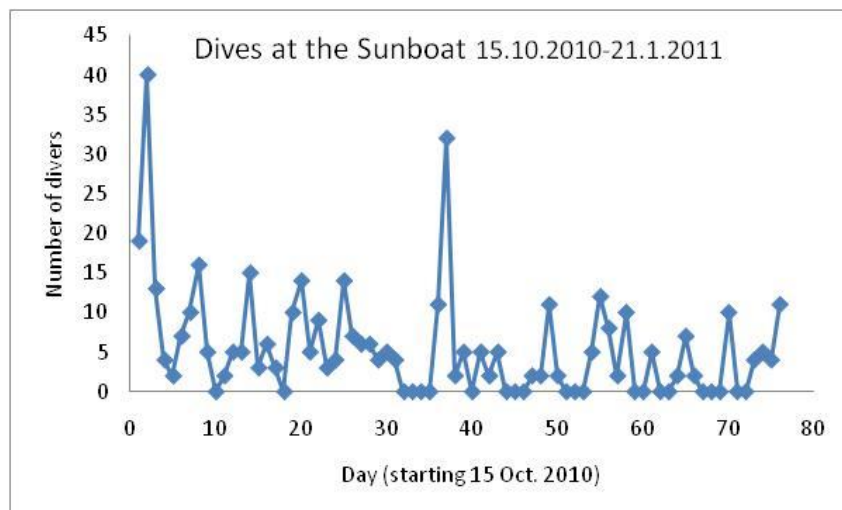
שיטות

תכנית הניטור פנתה למועדוני הצלילה בעיר לקבלת נתונים על נפח הצלילות בעיר בכלל, ועל צלילות ל-Sunboat בפרט. מסתבר שמועדוני הצלילה אינם ששים לחלוק מידע על נפח עבודתם, ועל כן יזמה תכנית הניטור רישום סדיר של פעילות הצלילה באתר הספינה הטבועה. הספירות והרישום התבצעו על ידי אנשי תחנת המצילים "בחוף הדתיים", הממוקמת מול אתר הספינה הטבועה, בראשותו של מנהל התחנה מר אבי חיים. רישום הצלילות באתר בוצע בכל יומי החול (א'-ר') בין השעות 08:00 ל-15:30. כל צלילה לספינה נרשמה בדף מעקב, תוך ציון מספר הצוללים ואופן כניסתם למים (מסירה או מהחוף). צוללים שהגיעו בסירות נספרו בעזרת משקפת.

בסה"כ התבצע רישום הצלילות בספינה הטבועה במשך 74 ימים, בין התאריכים 15.10.2010-21.1.2011 (עד סגירת האתר לצוללים המגיעים מהחוף על ידי רשות הספנות). ספירת צוללים בשבת התבצעה על ידי תכנית הניטור פעמיים במשך התקופה. בסך הכל מכיל בסיס הנתונים ממעקב צלילות יומי של 76 ימים.

תוצאות

במשך תקופת המעקב ביקרו באתר ה-Sunboat 412 צוללים, ממוצע של 5.4 ± 6.8 ביום. ביום העמוס ביותר באתר ביקרו בו 40 צוללים. במשך הזמן מספר הצוללים בספינה ירד, אם כי לא באופן מונוטוני (איור). הירידה במספר הצוללים בספינה עשויה לנבוע משילוב של הזמן החולף מאז ההטבעה והמעבר העונתי מסתיו לחורף. ב-22 ימים מתוך 76 ימי המעקב (29% מהימים) לא ביקרו צוללים באתר.



מספר הצוללים באתר הספינה הטבועה Sunboat בתקופה 15/10/2010-21/1/2011 (החל מכחודש לאחר הטבעתה ועד להוצאת צו איסור צלילות מן החוף על ידי רשות הספנות; סה"כ 76 ימים)

Number of dives at the Sunboat wreck site in the interval Oct 15 2010-Jan 21 2011 (appr. a month after its submergence until diving from shore was prohibited)

דיון

על מנת לאמוד את "הצלחת האתר" – עד כמה הוא מקטין את עומס הצלילות בשונית הטבעית (ומבחינת היזמים – איזה נתח מנפח הצלילות הוא תופס) יש צורך במידע על מספר הצלילות אשר בוצעו במועדוני הצלילה בעיר באותה תקופה. מידע זה אינו זמין לנו, ועל כן הדיון להלן עושה שימוש בהערכה שמרנית ביותר: מועדון צלילה המעסיק עובד אחד לפחות זקוק לפחות ל-10-20 צלילות ביום בממוצע בכדי לשרוד. באילת פועלים 13 מועדוני צלילה מסודרים, וכך מספר הצלילות המינימלי הממוצע ליום 130-260. זוהי, מן הסתם, הערכת חסר אולם בהינתן מספר זה מסתבר שנפח הצלילות באתר ה-Sunboat מהווה לכל היותר 2-4% מתוך הצלילות באילת. אין בידינו להעריך את חשיבותו הכלכלית של האתר לאור מסקנה זו, אך בהקשר להפחתת לחץ הצוללים מהשונית הטבעית ודאי שתרומתו זניחה.

5.ז. טבלת פעילות צוות הניטור בשנת 2010

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
11 ינואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות במכון	18 לוחיות משלושה עומקים	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, טניה, שנירקול מרק, מוריאל
12 ינואר	אנליזת דוגמאות	עיבוד נתונים ואנליזת דוגמאות	1	ענבל
25 ינואר דיגום מסירה + אנליזות ג-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16, 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
26 ינואר הפלגה לתחנות: FF OS, A	78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 40	כימיה ופיזיקה של עומדת המים	8	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
26 ינואר דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מדידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
27 ינואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות במכון	6 לוחיות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל מוריאל
28 ינואר אנליזת דוגמאות + כתיבת דוח שנתי	אנליזת דוגמאות	עיבוד נתונים ואנליזת דוגמאות	3	מוריאל, טניה, ענבל, יוני, ניצן
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
3-7 פברואר אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים + כתיבת דוח שנתי	אנליזת דוגמאות מההפלגה	אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים	5 ימים	טניה, מוריאל, ענבל, יוני, ניצן, מרק
8 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
12 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
16 פברואר דיגום חופי דיגום מסירה + אנליזות ג-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16, 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק

17 פברואר הפלגה לתחנות: A, FF OS	78 נוטריונטים , 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 40	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
17-19 ינואר דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
18-25 פברואר אנליזת דוגמאות	אנליזת דוגמאות	אנליזת דוגמאות	1	טניה, מוריאל, ניצן, ענבל, מרק
23 פברואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות במכון	6 לוחיות	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל מוריאל
24 פברואר אנליזת דוגמאות	אנליזת דוגמאות	עיבוד נתונים ואנליזת דוגמאות	1	ענבל
מרץ דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממוח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן, מרק
7 מרץ צלילה נקודות צילום	נקודות צילום קבועות	תחזוקת נקודות צילום באתר המעבדה הימית	1	מרק, ענבל
10 מרץ צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות בשמורה הסגורה	18 לוחיות.	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, יוני שנירקול: מוריאל, מרק עבודה במעבדה: ענבל
12 מרץ בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת 18 דוגמאות בפלאורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
14 מרץ דיגום מסירה + אנליזת מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונטים 4 חמצן, pH 16, 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	השוואה בין התחנות השוניות	3	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
15 מרץ לתחנות: A, FF OS, NRR	78 נוטריונטים , 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
24-25 מרץ דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
28-31 מרץ אנליזות	אנליזות של דוגמאות		9	טניה, מוריאל ענבל יוני
אפריל דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממוח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן
6 אפריל צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
7 מרץ בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בפלאורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל

11 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
12 אפריל בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת 18 דוגמאות בפלאורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
13-15 אפריל דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מדידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
25 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
26 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
26 אפריל דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נטריונים 4 חמצן, pH 16 אלקניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 אמוניה, FACS	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
27 אפריל הפלגה לתחנות: FF OS ,A	78 נטריונים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, אמוניה FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
28-29 אפריל אנליזות	78 נטריונים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, אמוניה FACS 39 אנליזות דוגמאות והזנה במחשב	אנליזות דוגמאות כימיה וביולוגיה	5	טניה, מוריאל, ענבל, מרק
מאי דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן מרק
10 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
11 מאי קריאת כלורופיל	קריאת 18 דוגמאות בפלאורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
16 מאי הפלגה לתחנות: FF OS ,A ותחנה B הפלגה משותפת עם הירדנים	78 נטריונים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
17 מאי אנליזות	78 נטריונים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, אמוניה FACS 39 אנליזות דוגמאות והזנה במחשב	אנליזות דוגמאות כימיה וביולוגיה	5	טניה, מוריאל, ענבל, מרק
20 מאי דיגום חופי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נטריונים 4 חמצן, pH 16 אלקניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	השוואה בין התחנות השונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק

23-25 מאי	דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
27 מאי	צילית צילום	צילום נקודות קבועות	צילום 5 נקודות קבועות באתר המעבדה הימית	1	ניצן, ענבל
30 מאי	צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
31 מאי	בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
יוני	דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, מרק
2 יוני	סקר החברה באתר הלגונה הסגורה	סקר חברת האלמוגים	סקר חברת האלמוגים באתר הלגונה הסגורה	1	מרק, ענבל יוני, מוריאל, טניה, ניצן
3 יוני	סקר החברה באתר הלגונה הסגורה	סקר חברת האלמוגים	סקר חברת האלמוגים באתר הלגונה הסגורה	1	מרק, ענבל יוני, מוריאל, טניה, ניצן
6 יוני	סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	סקר חברת השונית בעומקים 5 ו 15 מטר	1	ענבל, טניה ניצן, מרק
7 יוני	צלילה להוצאת לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	עבודה על 18 לוחיות	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	טניה, מוריאל, ענבל, יוני
8 יוני	קריאת כלורופיל	קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
8 יוני	צילום ריבועים קבועים באתר המעבדה הימית	צילום 5 נקודות קבועות בחוף הצפוני	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	מרק, ניצן
9 יוני	סקר חברת האלמוגים באתר המעבדה הימית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים במעבדה הימית	סקר חברת השונית בעומקים 5 ו 15 מטר	1	ענבל, טניה, מרק
10 יוני	דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, מוטי, יוני
13 יוני	הפלגה לתחנות: FF, OS, A	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
13-15 יוני	דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
16 יוני	סקר חברת האלמוגים באתר השמורה הסגורה	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורת חוף אלמוג	סקר חברת השונית	1	ענבל, טניה ניצן, מרק
17 יוני	סקר חברת האלמוגים באתר השמורה הסגורה	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורת חוף אלמוג	סקר חברת השונית	1	ענבל, ניצן, מרק

20 יוני	צילום ריבועים קבועים	צילום 5 נקודות קבועות בחוף הצפוני	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית והוספת נקודות צילום	1	ניצן, ענבל
22 יוני	דיגום זאופלנקטון	הערכת ביומאסה של זאופלנקטון בים הפתוח	גרירת רשת פלנקטון, ואיסוף זאופלנקטון.	1	מרק, ענבל
24 יוני	סקר חברת האלמוגים במעבדה הימית	סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים באתר המעבדה	סקר חברת השונית	1	ענבל, טניה, מרק, ניצן
27 יוני	ציליה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ציליה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
28 יוני	ציליות חתכים בשונית, קצאא	סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים. בשונית של קצאא	סקר חברת השונית	1	ענבל, טניה, מרק
29-30 יוני	הקלדת נתונים למחשב	הקלדת נתונים במחשב	עיבוד נתונים במחשב	1	ענבל
29 יוני	סקר חברת האלמוגים במעבדה הימית	סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים באתר המעבדה	סקר חברת השונית	1	ענבל, טניה, מרק
30 יוני	סקר חברת האלמוגים במעבדה הימית	סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים באתר המעבדה	סקר חברת השונית	1	ענבל, טניה, מרק
יולי	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
1 יולי	ציליות חתכים בשונית המעבדה הימית	סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים ב-IUI והשמורה הסגורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן, טניה
2 יולי	ציליות חתכים בשונית באתר המעבדה הימית	סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים בשמורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	מרק, טניה
4 יולי	ציליות חתכים בשונית באתר המעבדה הימית	סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים ב-שמורה וקצאא והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן, טניה
5 יולי	דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	השוואה בין התחנות השונות	5	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
6 יולי	הפלגה לתחנות: FF OS, A	78 נוטריונים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
6-7 יולי	דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מדידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
7 יולי	ציליות חתכים בשונית קצא"א	סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים בקצאא והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן, טניה
8 יולי	ציליות חתכים בשונית השמורה הסגורה	סקר חברת האלמוגים לאורך החתכים ב-שמורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן, טניה, מרק

11 יולי	ציליות חתכים בשונית השמורה הסגורה+ צילום נקודות קבועות	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-מעבדה והכנסת הנתונים למחשב. וצילום נקודות קבועות	סקר חברת השונית, מעקב אחר נקודות צילום קבועות בשונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, טניה, ניצן, מרק, מוריאל
12 יולי	ציליה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	3	יוני, ענבל, טניה, מוריאל
13 יולי	ציליות חתכים בשונית השמורה הסגורה	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-בשמורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן, טניה, מרק
14 יולי	ציליות חתכים בשונית קצא"א	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- IUI ו הכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן, טניה
15 יולי	ציליות חתכים בשונית קצא"א	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- IUI ו הכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	ענבל, ניצן, טניה, מרק
18 יולי	ציליות חתכים בשונית על שולחן השונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- בשולחן השונית הסגורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה	ענבל, ניצן, טניה, מרק
19 יולי	ציליות חתכים בשונית השמורה הסגורה	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב שמורה הסגורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	טניה, מרק
21 יולי	ציליות חתכים בשונית השמורה הסגורה	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב שמורה הסגורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	טניה, ניצן
22 יולי	ציליות חתכים בשונית השמורה הסגורה	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב שמורה הסגורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	טניה, מרק,
25 יולי	ציליות חתכים בשונית השמורה הסגורה	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב שמורה הסגורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	טניה, ניצן, ענבל
28 יולי	ציליה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	2	ענבל, מוריאל
28 יולי	ציליות חתכים בשונית בקצא"א	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-בקצאא והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	מרק, טניה
אוגוסט	דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני
5 אוגוסט	צילית לצילום נקודות קבועות בדקל	צילום נקודות קבועות בחוף הדקל	מעקב אחר צילומים קבועים בשונית	3 שעות	מוריאל, ענבל
8 אוגוסט	ציליות חתכים בשונית השמורה הסגורה	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב שמורה הסגורה והכנסת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי ציליות + הכנסת הנתונים במחשב	ניצן, ענבל

10 אוגוסט צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	3	יוני, ענבל, טניה, מוריאל
10 אוגוסט צלילת לילה ללכידת דגים	לכידת סיכנים	בדיקת טפילים בדגים	3 שעות	מרק, ענבל
11 אוגוסט סקר חסרי חוליות צלילת לילה	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	סקר חסרי חוליות	3 שעות	מוריאל, ענבל, מרק, טניה
12 אוגוסט צלילות חתכים בשונית בקצא"א	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בקצא"א	סקר חברת השונית	1 יום עבודה הכנסת הנתונים במחשב	ניצן, ענבל, טניה
12 אוגוסט צלילת לילה ללכידת דגים	לכידת סיכנים	בדיקת טפילים בדגים	3 שעות	מרק, ענבל
15 אוגוסט דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 16 pH 16 חמצן, 8 מליחות אלקניות, 8 כלורופיל, FACS 8	השוואה בין התחנות השוונות	5	טניה, ענבל, מוריאל, יוני, מרק
16 אוגוסט הפלגה לתחנות: OS, A, FF	78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, אמוניה, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	12 שעות	טניה, ענבל, מרק
16-17 אוגוסט דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
19 אוגוסט צלילות חתכים בשונית בקצא"א	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בקצא"א	סקר חברת השונית	1 יום עבודה הכנסת הנתונים במחשב	מרק, טניה
22 אוגוסט צלילת לילה ללכידת דגים	לכידת סיכנים	בדיקת טפילים בדגים	3 שעות	מרק, ענבל
23 אוגוסט צלילות חתכים בשונית בקצא"א	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בקצא"א	סקר חברת השונית	1 יום עבודה הכנסת הנתונים במחשב	ניצן, טניה, ענבל
23 אוגוסט סקר חסרי חוליות צלילת לילה	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	סקר חסרי חוליות	3 שעות	מוריאל, ענבל, מרק, טניה
24--26 אוגוסט הקלדת נתונים	עבודה במחשב	עבודת מחשב	3 ימים	ענבל, מרק, יוני
29 אוגוסט צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	2	ענבל, מרק
30 אוגוסט סקר חסרי חוליות צלילת לילה	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	סקר חסרי חוליות	3 שעות	ענבל, מרק
ספטמבר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני
1 ספטמבר צלילות חתכים בשונית בקצא"א	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בקצא"א	סקר חברת השונית	1 יום עבודה הכנסת הנתונים במחשב	מרק, טניה, ענבל
1 ספטמבר סקר חסרי חוליות צלילת לילה	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	סקר חסרי חוליות	3 שעות	ענבל, מרק, מוריאל
2 ספטמבר צלילות חתכים בשונית בשמורה הסגורה	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה הסגורה	סקר חברת השונית	1 יום עבודה הכנסת הנתונים במחשב	ניצן, טניה, ענבל
5 ספטמבר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	3	ענבל, טניה, מוריאל, מרק

6 ספטמבר סקר חסרי חוליות במעבדה הימית צלילת לילה	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	סקר חסרי חוליות	3 שעות	ענבל, מרק,
7 ספטמבר סקר חסרי חוליות בשמורה הסגורה צלילת לילה	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	סקר חסרי חוליות	3 שעות	ענבל, מרק, טניה, ניצן, יוני
12 ספטמבר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	השוואה בין התחנות השונות	5	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
12 ספטמבר סקר חסרי חוליות בשמורה הסגורה צלילת לילה	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	סקר חסרי חוליות	3 שעות	ענבל, מרק, מוריאל, ניצן, יוני
13 ספטמבר הפלגה לתחנות: FF OS, A,	78 נוטריונים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	ענבל, מוריאל, מרק
14-15 ספטמבר דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מדידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
14-15 ספטמבר אנליזה	אנליזות דוגמאות	אנליזות דוגמאות מההפלגה	8 שעות	טניה, מוריאל, ענבל, ניצן, מרק
19 ספטמבר סקר חסרי חוליות בלוגנה בשמורה הסגורה צלילת לילה	צלילת לילה לספירת חסרי חוליות	סקר חסרי חוליות	3 שעות	ענבל, מרק, מוריאל, ניצן
21 ספטמבר סקר דגים בשמורה הסגורה	צלילה לספירת דגים	סקר דגים בשמורה הסגורה	1 יום	ענבל, מרק, מוריאל, ניצן
26 אוגוסט צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	2	ענבל, טניה
אוקטובר 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
6 אוקטובר סקר דגים בשמורה הסגורה	צלילה לספירת דגים	סקר דגים בשמורה הסגורה	1 יום	ענבל, מרק, מוריאל, ניצן
7 אוקטובר סקר דגים בשמורה הסגורה	צלילה לספירת דגים	סקר דגים בשמורה הסגורה	1 יום	ענבל, מרק, מוריאל, ניצן
10 אוקטובר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 8	השוואה בין התחנות השונות	5	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
11 אוקטובר הפלגה לתחנות: FF OS, A,	78 נוטריונים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	ענבל, מוריאל, מרק
11-12 אוקטובר דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מדידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
13 אוקטובר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	3	ענבל, מוריאל, טניה, מרק
17-18 אוקטובר אנליזות דוגמאות	אנליזות דוגמאות	אנליזה והונת נתונים במחשב	2	טניה, מרק, יוני, ענבל, מוריאל

25 אוקטובר	סקר חסרי חוליות בשמורה	צילת לילה לספירת חסרי חוליות	סקר חסרי חוליות	3 שעות	ענבל, מרק, מוריאל, ניצן, יוני
1 נובמבר	צילת להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	2	ענבל, טניה
נובמבר	דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני
2 נובמבר		לכידת ארסים	בדיקת טפילים בדגים	3	מרק ענבל
8 נובמבר	צילת להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות השמורה	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	3	ענבל, מוריאל, טניה, מרק, יוני
14 נובמבר	הפלגה לתחנות: FF OS ,A	78 נוטריינטים , 78 חמצן, pH 62 , 39 אלקלניות, 39 מליחות FACS 25 כלורופיל, 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	ענבל, מוריאל, מרק, טניה
14-15 נובמבר	דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
15 נובמבר	דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16 , 16 אלקלניות, 8 מליחות FACS 8 כלורופיל, 8	השוואה בין התחנות השונות	5	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
21-22 נובמבר	אנליזה	אנליזת דוגמאות	אנליזת דוגמאות	5	טניה, מוריאל, ניצן, יוני, מרק
28 נובמבר	צילת להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	2	ענבל, מרק
דצמבר	דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני, מרק
13 דצמבר	דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16 , 16 אלקלניות, 8 מליחות FACS 8 כלורופיל, 8	השוואה בין התחנות השונות	5	טניה, ענבל, מוריאל, מרק
13-14 דצמבר	דיגום יצרנות ראשונית	24 דוגמאות	מידת כמות היצרנות הראשונית	3	מרק, ענבל, יוני
19 דצמבר	צילת להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות השמורה	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	3	ענבל, מוריאל, טניה, מרק, יוני
23 דצמבר	צילת חתכים בשונית בשמורה הסגורה	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה הסגורה	סקר חברת השונית	1 יום עבודה הכנסת הנתונים במחשב	ניצן, טניה, ענבל, מרק
27 דצמבר	הפלגה לתחנות: FF OS ,A	78 נוטריינטים , 78 חמצן, pH 62 , 39 אלקלניות, 39 מליחות FACS 25 כלורופיל, 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	ענבל, מוריאל, מרק, טניה