

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



מרץ 2008

אדר תשס"ח

תכנית הניטור הלאומית בצפון מפרץ אילת

## דו"ח מדעי לשנת 2007

מוגש לוועד המנהל של תכנית הניטור על ידי:  
ד"ר יונתן שקד, מנהל תכנית הניטור  
פרופ' אמציה גנין, מנהל מדעי, תכנית הניטור

התכנית ממומנת ע"י המשרד להגנת הסביבה

ת"ד 469, אילת 88103, Israel P.O. Box 469, Eilat 88103, Israel • טל' +972-8-6360111 • פקס +972-8-6374329  
www.iui-eilat.ac.il • iui@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, סמכ"ל בכיר לאכיפה, המשרד לאיכות הסביבה  
פרופ' ברק חירות, חקר ימים ואגמים לישראל  
מר רני עמיר, רא"ג ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה  
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  
טניה ריבלין, כימיה  
ניצן שגב, ביולוגיה

### מחלות וטפילים בדגים לאורך חופי אילת

א. דיאמנט, ג. הייניש, א. קולורני, היא"ל-מלח"י.

### יעוץ וסיוע:

פרופ' בועז לזר, האוניברסיטה העברית (אוקיאנוגרפיה כימית)

### עזרה טכנית במכון הבינאוניברסיטאי:

מוטי אוהביה  
עודד בן שפרוט  
איציק לרר  
אסף ריבלין

## תוכן עניינים

4	א. מבוא
4	א.1. מטרת הניטור במפרץ אילת
4	א.2. הקדמה
4	א.3. תקציר התוצאות והמסקנות
8	א.4. המלצות
9	א.5. תקציר באנגלית, English Abstract
14	ב. שונית האלמוגים
14	ב.1. סקר חברת השונית
34	ב.2. צילום אתרים קבועים
42	ב.3. חברת האלמוגים בלגונת שמורת האלמוגים
45	ב.4. דיגום חסרי חוליות
49	ב.5. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית
54	ב.6. סקר דגי השונית
57	ג. ניטור הסביבה החופית
57	ג.1. מי הים בקרבת החוף
70	ג.2. מחלות וטפילים בדגים לאורך חופי אילת
74	ד. מים פתוחים
74	ד.1. מדדים פסיקליים: טמפרטורה ומליחות
79	ד.2. מדדים כימיים
97	ד.3. מדדים ביולוגיים
100	ד.4. פיטופלנקטון וחידקים בעמודת המים
104	ה. מדידות רציפות
104	ה.1. כלורופיל
106	ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג
108	ה.3. משתנים מטאורולוגיים
114	ו. ביבליוגרפיה
115	ז. נספחים
115	ז.1: מפות אתרי הניטור
117	ז.2: רשימות סוגי האלמוגים
120	ז.3: ערבול עמוק ופריחת אצות ישיבות בצפון מפרץ אילת, 2007
124	ז.4: אצות ישיבות בשמורת חוף אלמוג, אילת: התיישבות, גידול ורעייה
151	ז.5: טבלת פעילות צוות הניטור בשנת 2007

## א. מבוא

### א.1. מטרת הניטור במפרץ אילת

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

### א.2. הקדמה

הדו"ח שלהלן מתאר את עבודת הניטור הלאומי בצפון מפרץ אילת בשנת 2007. הדו"ח מחולק לפרקים התואמים סביבות ושיטות עבודה שונות וכל 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 הרביעית בה תכנית הניטור פועלת במתכונת אחידה וכך ניתן לבחון מגמות על פני ארבע שנים בהן נאספים נתונים 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. נתונים הקודמים לנתוני תכנית הניטור מסוכמים בדו"ח 2004 שם נעשית השוואה בינם ובין נתוני תכנית הניטור, ומצויים גם בבסיס הנתונים האלקטרוני המנוהל על ידי תכנית הניטור, <http://www.iui-eilat.ac.il/NMP/database.htm>. בדו"ח זה מוזכרים לעיתים נתונים הלקוחים משנים קודמות, ובמקרים אלה מאוזכר המקור.

### א.3. תקציר התוצאות והמסקנות

#### שונית האלמוגים

1. ניצול יעיל של המצע המתאים להתיישבות אלמוגים, מגוון מינים גדול, ומושבות בריאות הם המדדים העיקריים לשונית בריאה. מדדים נוספים נועדים לתת הערכה מוקדמת לגבי מצב השונית, ולהצביע על תהליכים אשר עשויים בסופו של דבר להשפיע על כיוון האלמוגים בשונית. על אף שנה של ערבוב עמוק ופריחת אצות מסיבית, הן בעמודת המים והן על הקרקעית הרדודה, רב מדדי השונית הראו עלייה. לאחר שלוש שנים בהן רב המדדים הצביעו על הידרדרות, השנה השתנתה המגמה. כפי שצוין גם בשנים הקודמות, משך הזמן שחלף מאז תחילת תכנית הניטור קצר מדי על מנת להסיק על מגמות ארוכות טווח, עם זאת ניתן לשאוב עידוד מכך שתנודות המערכת בשנה האחרונה מצביעות על התאוששות.

2. אופייה הכתמי של שונית האלמוגים באילת, הבא לידי ביטוי באחוזים הגבוהים של מצע לא מלוכד, מחייב התבוננות באחוזי הניצול של מצע מלוכד ("סלעי"). מתוך נתונים אלה נראה כי מרבית האתרים בעלי אחוזי ניצול דומים, כלומר, לא נמצא אתר מסוים בו קיימת הפרעה מקומית גדולה מזו שבאתרים אחרים. בהשוואת נתוני אחוז הניצול מכל האתרים בין השנים 2004-2007 נמדדה השנה עלייה באחוז המצע הקשה המנוצל על ידי אלמוגים. העלייה בהשוואה לשנת 2006 נמדדה בכל האתרים. באתרי IUI 5 ו-15 עלייה זו נראית הדרגתית והמשכית בארבע השנים האחרונות.

3. ניצול יעיל של המצע הקשה, הזמין להתיישבות, מושג באמצעות מושבות גדולות יותר ולא באמצעות תוספת מושבות. מתאם שלילי חזק בין שכיחותן של מושבות קטנות ובין ניצול המצע הלא מלוכד על ידי אלמוגים, מהווה עדות נוספת לכך ששונית בריאה ומלאה באילת היא שונית בה שכיחים אלמוגים גדולים. שכיחות גבוהה של מושבות קטנות מהווה סימן לעקה בשונית באילת. ממצאים אלה מעידים על כך שהגורם המגביל את אוכלוסיית האלמוגים בשונית באילת הוא השרידות הנמוכה של מתיישבים ומושבות קטנות ולא קצב התיישבות הלוות.

4. בשנות הניטור, 2004-2006, נמצאה הידרדרות מובהקת במצב מושבות האלמוגים על פי מדד אחוז הרקמה החיה במושבות חיות. השנה, 2007, נמצאה התאוששות ובכל האתרים נמדדו אחוזי רקמה חיה גבוהים יותר. על אף שהשינוי הממוצע (באחוזים) באתר קטן, המספר הגדול של מושבות הכלולות בסקר זה מקנות עצמה אנליטית גדולה למדד, והשינויים בין השנים מובהקים.

5. שימוש בתכנת EstimateS להערכת מגוון המינים על פי מדד Shanon-Wiener עבור כל אתר (להבדיל מהחישוב עבור חתך ממוצע באורך עשרה מטרים) מאפשר התייחסות הולמת למינים נדירים ומשחרר את התלות בכתמיות השונית באתר. בין השנים לא נמצאו שינויים גדולים ומובהקים במגוון המינים או בסוגי האלמוגים הדומיננטים, אולם ברוב האתרים נמדד השנה מגוון מינים נמוך יותר מאשר בשנה הקודמת. עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר מהווים כ-95% מכלל השטח המכוסה אלמוגים. ברוב האתרים מספר הסוגים גדול בהרבה מעשרים (באתרים KATZA-20 ו-IUI-5 ישנם למעלה מארבעים מינים) ועובדה זו מדגישה את חשיבות המינים הנדירים בשונית בהערכת מגוון המינים.

6. השנה נסקר לראשונה שולחן השונית (בחלקה הדרומי, הסגור למבקרים, של שמורת חוף אלמוג). באתר זה נמצא אחוז ניצול נמוך של המצע הקשה בהשוואה לאתרים אחרים. יש לציין כי שולחן השונית מורכב כמעט כולו ממצע קשה. יחד עם זאת נמצאה בשולחן השונית גם צפיפות אלמוגים נמוכה במיוחד. במדדי מגוון המינים ואחוז הרקמה החיה, שולחן השונית נמצא בחציון התחתון של האתרים, אולם אינו הנמוך ביותר. נראה כי מאפייני בית גידול זה שונים משאר האתרים, המצויים בקדמת השונית, ולכן השוואה ישירה ביניהם אינה נכונה. תוצאות סקר שולחן השונית השנה יהוו את הבסיס אליו נשווה את תוצאות המדידות בשנים הבאות על מנת לבחון תהליכים ומגמות באתר זה.

7. בסקר המצולם ישנה השוואה נקודתית של התפתחות אותן מושבות בדיוק משנה לשנה. אתרי הצילום מתעדים נקודות קבועות ואינם מהווים ייצוג סטטיסטי מאפיין של אחוזי כיסוי, מגוון או שכיחות מינים. להבדיל מהעלייה ברוב המדדים אשר נמדדו בסקר חתכי הקו, נמצא ברוב האתרים המצולמים עודף תמותת מושבות על פני התיישבות. יחד עם זאת ברוב האתרים המצולמים נמדדה צמיחה נטו של אלמוגים מאז 2004. יוצא מן הכלל אתר IUI אשר בו נמצאה "צמיחה שלילית" וירידה בסך שטח האלמוגים מאז 2004, בשונה ממגמת ההתאוששות, אשר נמדדה באתר זה בסקרי חתכי הקו. סך שטח האלמוגים ירד גם בחוף הדקל, ועבור אלמוגים לא-מעונפים גם בטאבה.

8. התפלגות סוגי האלמוגים והשינויים הנמדדים באתרים המצולמים מאז 2004 משקפים דינאמיקה יציבה של החברה ואינם מעידים על משבר חמור מחד או על פריחה יוצאת מן הכלל מאידך.

9. השנה נמדדו ערכי צפיפות ומגוון נמוכים יותר בלגונה בהשוואה לשנה הקודמת, אולם התנודות בין השנים אינן מובהקות ונראה כי בסה"כ אוכלוסיית הלגונה יציבה.

10. אוכלוסיית קיפודי הים בתקופה 2004-2007 באתרים הנסקרים (שמורת חוף אלמוג ומכון בינאוניברסיטאי) הייתה יציבה, עם ערכים גבוהים יותר השנה יחסית לשנת 2006, בה היו ערכים נמוכים יחסית. באוכלוסיית חבצלות הים נמדדה עלייה מתמשכת זו השנה השלישית ברציפות, לכד מאתר IUI-5.

11. שנת 2007 אופיינה בפריחת אצות אינטנסיבית בשונית, אשר ניכרה במרבדי אצות בנתוניו אשר כיסו שטחים נרחבים על קרקעית הים – הן מדרונות חוליים והן בשונית – ובפוטנציאל הגידול הגבוה, אשר

נמדד מול המעבדה הימית. קצב גידול האצות יורד עם העומק – מערכים מירביים בלגונה לערכים מזעריים בעומק 20 מ', ובכל העומקים נראה כי רעייה מצליחה לווסת את צמיחת האצות.

12. סקר דגי שונית התבצע השנה לראשונה, בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג. בהעדר נתונים קודמים נתוני השנה יהוו את הבסיס אליו נשווה את תוצאות הסקרים בשנים הבאות.

#### הסביבה החופית

13. התהליך השולט ברוב המדדים, הכימיים הפיסיקליים והביולוגיים, הנמדדים בתחנות הניטור החופיות הוא מחזור הערבוב השנתי. בעונת החורף, טמפרטורת מי השטח דומה לטמפרטורה בעומק ונוצר גוף מים אחיד במאות המטרים העליונים במפרץ. בעונה זו ריכוז רוב המשתנים הנמדדים בתחנות החופיות גבוה מאשר בעונת הקיץ בה מופרדים המים העליונים ממי העומק. השנה היה ערבוב עמוק וארוך במיוחד וערכים שנמדדו בעונת הערבוב פברואר-אפריל משקפים זאת. בעיקר הושפעו מדידות הנוטריונים וריכוז הכלורופיל מהערבוב העמוק. ריכוז הנוטריונים בפני הים היה גבוה בדרך כלל מאשר בשנים הקודמות, וגרם לפריחת פיטופלנקטון חזקה אשר התבטאה בריכוז כלורופיל גבוה במיוחד.

14. בנוסף למחזור העונתי הטבעי, לעיתים חוזרים למי החופים זיהומים ממקורות חיצוניים אשר משנים את הרכבם. שינויים אלה נמדדים לרוב רק בקרבת מקור הזיהום, או במורד הזרם ממנו. ריכוזי חנקן גבוהים במיוחד נמדדו בחודשי הקיץ והסתיו סמוך לתחנות החופיות הצפוניות (כלובי הדגים, החוף הצפוני, וחיל הים/מלון מרידיאן). בפרט נמדדו ריכוזים גבוהים במיוחד בחודש מאי מול חיל הים/מרידיאן. בהתאמה עם מליחות נמוכה אשר נמדדה באותה תחנה ניתן לומר כי ישנה עדות ישירה להזרמת מי תהום מליחים בעלי תכולת נוטריונים גבוהה אל הים באזור זה.

גם השנה נמדדו ריכוזי אמוניה גבוהים סמוך לכלובי הדגים. ריכוזים אלה גבוהים בהרבה אף מריכוזי השנה הקודמת, בפרט בתחילת השנה. יש לחזור ולהזכיר כי אמוניה היא צורה זמינה ביותר של חנקן ונצרכת במהירות. לפיכך ריכוזי אמוניה גבוהים ימצאו סמוך למקור. נראה כי התחנות הצפוניות, כלובי הדגים והחוף הצפוני, סובלות תדיר מזיהומים, ואיזור חיל הים/מלון מרידיאן נתון גם הוא להשפעת מקורות זיהום מקומיים, אם גם שונים מאלה המשפיעים על החוף הצפוני.

15. סקר מחלות וטפילים בדגי חוף נערך השנה לראשונה במסגרת תכנית הניטור על ידי חוקרי היא"ל-מלח"י. על מנת לספק תמונה רחבה יותר, הושוּו ממצאי הסקר הנוכחי עם נתונים מעבודות קודמות. נמצאה ירידה קלה בנגיעות טפילי המעיים בדגי הסיכן. עצמת הנגיעות הממוצעת בטפילי מעיים (מספר ממוצע של טפילים בדג נגוע) ירדה באופן הדרגתי בהשוואה לשנים 85-1981 ו-1995-2000. ירידה בנפיצות מאכסני ביניים של טפילים מסויימים של הסיכן, כגון מיני רכיכות, עשויה להיות גורם מכריע בקביעת רמות נגיעות הטפילים בדגים. לפיכך, הירידה הנצפית במגוון וכמות הטפילים עשויה להצביע על ירידה במגוון הבייתי של המערכת האקולוגית של השונית.

מציאותם של פתוגנים בקטריאליים מוכרים בשלושה דגים אשר נמצאו מתים בשמורת חוף אלמוג מעוררת דאגה. על אף המספר הקטן של דגים שנבדקו והשונות הגבוהה, אחוז הדגים המתים אשר נמצא נגוע דומה לממצאי שנים קודמות בדגי הסיכן.

#### עמודת המים הפתוחים

16. המחזור העונתי מכתוב את הדינמיקה השנתית של ריכוזי נוטריונים וחמצן במים וזמינותם לאוכלוסיות הפיטופלנקטון בעמודת המים העליונה בים הפתוח. הדינמיקה הרב שנתית מושפעת מעומק ומשך הערבוב ומכמויות הנוטריונים שנצברו בעונת השיכוב במי העומק. השנה ערבוב עמודת המים היה עמוק וארוך במיוחד, והשפעותיו הורגשו הן בערכים הנמדדים בעמודת המים והן בפריחת אצות ישיבות על הקרקעית בקרבת החוף. ערכים אחידים, המעידים על ערבוב העמודה, נמדדו עד לקרקעית בתחנה A בחודשים פברואר ומרץ, ועד לקרקעית בתחנה B (עומק כ-800 מטרים) בחודש מרץ. הערבוב העמוק גרם לשינויים בהרכב עמודת המים, דבר שהביא למהפך בשתי המגמות המדאיגות ביותר שנצפו בשנים האחרונות: מאגר הנוטריונים במי העומק הידלדל באופן משמעותי, ומאגר החמצן התחדש.

17. השנה נצפתה פריחת פיטופלנקטון חזקה במיוחד, אשר המשיכה את המגמה הנצפית של עלייה בריכוז כלורופיל בשכבה העליונה של עמודת המים בחודשי האביב מאז 2004 לפחות. בעוד שרבות מהמגמות הכימיות אחריהן עקבנו בשנים האחרונות נראות כעת כמו מחזוריים רב-שנתיים מצומדים למחזורי הערבוב העמוק, העלייה בפריחת הפיטופלנקטון בים הפתוח עשויה לציין מגמה.

18. קצב התחדשותו של מאגר הנוטריינטים במים העמוקים וקצב הדלדלות החמצן באותם מים לאחר ערבוב עמוק (בחודשים מאי-דצמבר) היה פי 2 איטי יותר השנה בהשוואה לתקופה המקבילה לאחר הערבוב העמוק של שנת 2000 (עומק הערבוב אז הגיע לכ- 640 מטרים). תוצאה מעודדת זו מצביעה כנראה על ירידה בעומס האורגני בים הפתוח בשנת 2007.

19. ירידה גדולה במיוחד נמצאה במאגר הסיליקה ועשויה להצביע על נוכחות מוגברת של אצות צורניות, אשר פריחתן תביא לשקיעה מהירה של סיליקה, קבורתה וסילוקה מהמאגר המומס.

20. על אף הערבוב העמוק וקירור עמודת המים בחורף 2007, עדיין ניכרת מגמת חימום של מי העומק מאז שנת 2000. בעוד שבשנים הקודמות נראה היה צימוד בין הטמפרטורות בעומק לתכולת החמצן והנוטריינטים, השינוי הדרסטי בשנה האחרונה בשני פרמטרים אלה, אך לא בטמפרטורה, שולל את האפשרות של קשר סובב-מסובב בינם לבין החמום האיטי של המים העמוקים.

#### מדידות רציפות

21. בעקבות הערבוב העמוק של השנה, נמדדו מספר אירועי שיא חריגים בפריחת אצות בעמודת המים. אין ספק כי השפעת הערבוב העמוק והעלאת שפע של נוטריינטים ניכרת ישירות בעוצמות ותדירות פריחת פיטופלנקטון. אירוע פריחה גבוה במיוחד נמדד בחודש אוגוסט ונבע כנראה מאירוע העשרה אשר מקורו לא ידוע.

22. גם השנה הטמפרטורה הממוצעת בחודשי הקיץ יולי-אוגוסט הייתה גבוהה מהממוצע הרב-שנתי, עם הערך המירבי הגבוה ביותר מאז תחילת המדידות ב-1988.

23. זו השנה המלאה הראשונה בה נמדדו משתנים מטאורולוגיים במסגרת תכנית הניטור הלאומי. בשנה זו היו מספר אירועים של סערות דרומיות, ושפל חזק אשר חשף אלמוגים רדודים. בזמן השפל הנמוך של חודש מרץ (18-21.3.2007) נחשפו אלמוגים רדודים רבים ונמדדה גם קרינת שמש חזקה במיוחד. צירוף תנאים שכזה עשוי לפגוע באלמוגים הרדודים שנחשפו ולשנות את הרכב האוכלוסייה באזורים אלו. עדיין מוקדם לקבוע את מידת ההשפעה ארוכת הטווח של אירוע השפל בחודש מרץ על אוכלוסיית השונת באילת.

## א.4. המלצות

I. בדומה לשנות הניטור הקודמות, נמדדו השנה חריגות רבות של ריכוזי נוטריינטים ופיטופלנקטון המעידות על זיהום בנוטריינטים בתחנות המדידה הבאות: כלובי הדגים, חוף צפוני ומלון מרידיאן. אנו ממליצים על נקיטת כל האמצעים להפסקת זיהום זה.

II. הבעיה העיקרית הנראית בשונית האלמוגים היא שרידותן הנמוכה של מושבות קטנות. לפיכך, הננו ממליצים שפעולות לשיקום השונית תתמקדנה בשיפור שרידות האלמוגים. בשלב ראשון אנו ממליצים לצאת בקול קורא למחקרים ייעודיים (ad hoc) אשר מטרתם תהייה לגלות את הסיבות לשרידות הנמוכה.

III. במים העמוקים מסתמנת מגמה של עליית טמפרטורה לאורך זמן, בשיעור החורג מערכים המוכרים מאזורים אחרים בעולם. השנה מצטרפת למגמה זו העלייה הניכרת בטמפרטורת המקסימום של מי השטח בקיץ. לטמפרטורת המים חשיבות עליונה בקביעת משתנים רבים הקשורים באקולוגיה הימית והמחזור העונתי של ערבוב-שיכוב, שהוא מרכיב עיקרי במפרץ, מונע בעיקר על ידי שינויי טמפרטורה. על כן אנו ממליצים לעודד מחקרים שמטרתם להבין את הגורמים הפיסיקליים לעליית הטמפרטורה הנ"ל ואת השלכותיה האפשריות על המשטר העונתי.

IV. על אף הערבוב העמוק בחורף, פריחת האצות הבנתוניות הייתה נמוכה מזו של אביב 1992 ולא גרמה לתמותת אלמוגים, כנראה בזכות רועי האצות (בפרט דגים). מסקנה זו מאוששת על ידי מעקב האצות על הלוחות. אנו ממליצים לאסור כליל דייג של דגים אוכלי אצות בצפון המפרץ.



## 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 2007**

Dr. Yonathan Shaked, Program Manager

Prof. Amatzia Genin, Scientific Director

(March, 2008)

#### **Introduction**

This report describes the work and results of the Israel National Monitoring Program at the Gulf of Aqaba (NMP) in 2007. It is divided into chapters according to the various habitats and methods covered 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.

This is the fourth year in which the NMP operates regularly and data is collected using similar methods by the same 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 four years. A comparison of the present-day state of the reef with historical data can be found in the NMP report of 2004.

This report is available through the web site of the Israel Ministry of Environmental Protection: [www.sviva.gov.il](http://www.sviva.gov.il) and that NMP web-site: [www.iui-eilat.ac.il/index.aspx?page=NMP](http://www.iui-eilat.ac.il/index.aspx?page=NMP).

#### **Key findings**

##### The coral reefs of Eilat

1. A healthy coral reef comprises high utilization of available substrate for coral growth, high species diversity and healthy coral colonies. Additional variables are meant to provide early estimates regarding the state of the reef, and to indicate processes that may eventually impact the reef's health. Despite deep mixing of the water column that exported plenty of nutrients to the surface and resultant algal blooms in the water column and on the sea floor, most of the variables measured in 2007 indicate an improvement. As noted before, these data are insufficient to draw a long-term trend, but it is encouraging that the system fluctuates towards healthier reefs.

2. The patchy character of the reefs of Eilat, that manifests in large areas of unconsolidated substrate on which corals cannot settle, calls for coral cover data to be normalized by the area of consolidated (hard) substrate. When normalized coral cover is considered, all sites display similar values i.e. strong local inhibition of reef growth at a given site is not recognized. When data is compared across the years since 2004 a rise in the normalized coral cover is indicated this year. Values from all sites were higher in 2007 than in 2006. At the IUI-5 and IUI-15 sites this seems a continuous rise since 2004.

3. High utilization of available substrate is achieved through large coral colonies, rather than the addition of small colonies (settlement). A negative correlation between the

abundance of small colonies and utilization of available substrate provides further indication that a healthy reef in Eilat is a reef with abundant large colonies. High abundance of small colonies in Eilat indicates a stressed reef. It seems that the reefs in Eilat are not settlement-limited.

4. The data collected by the NMP in the years 2004-2006 indicate a statistically significant decline in the percent of live tissue in living coral colonies. In 2007 an increase in the percent of live tissue was found at all sites. Although the change is small, the finding is significant when the large number of colonies surveyed is considered.

5. The Shannon-Wiener species diversity index for each site (rather than for an average 10m segment of each site) was calculated using EstimateS software (Colewell 2005), freeing the estimated diversity index from dependency on the patchiness at each site. Large changes between the years, since 2004, were not detected, but the diversity index estimated in 2007 was at most sites lower than that of the previous year. The 20 most abundant coral genera comprise 95% of the coral area surveyed. Genera richness, however, is much greater than 20, exceeding 40 genera in the richest sites (KATZA-20 and IUI-5), giving additional significance to the presence of rare species in the reefs of Eilat.

6. The reef table at the southern part of the Nature Reserve was surveyed for the first time this year. A particularly low utilization of available substrate was found (compared to the other, fore-reef sites). It is worth noting that the reef table comprises almost exclusively of hard reef-rock. Along with the low utilization, a low density of coral colonies was found. In other variables, such as the diversity index or the percent of live tissue in living colonies, the reef-table is not outstanding although it has values that are generally on the low end of the site-spectrum. It seems that the reef table is inherently different than the other sites, and direct comparison is not warranted. Since this is the first year the reef-table was surveyed the collected data will be the standard to which additional data will be compared in coming years in order to evaluate trends and processes at this site.

7. Photo-survey sites provide direct year-to-year comparison of particular points and colonies. They do not provide a statistical representation of coral cover, diversity or abundance for the entire site. In difference to the rise in most indexes noted in the statistically comprehensive line-transect reef survey, at most photo-sites excess mortality over settlement was found in 2007. Nonetheless, at most photo-sites a net growth of corals was measured since 2004. An exception is the IUI where “negative growth” was measured since 2004, despite signs of recovery and development calculated from line-transect data. The over area covered by corals has also dropped at the Dekel site, and for non-branching corals at the Taba site.

8. The distribution of coral genera and the temporal changes in the photo-survey sites represent stability of the reef community and do not reflect unusual growth or a catastrophic decline.

9. Coral colony density at the Nature Reserve lagoon was lower in 2007 than in the previous year, but the changes between years are not statistically significant and it seems

that the lagoon population is stable.

10. The population of Sea Urchins during the period 2004-2007 seems stable at the surveyed sites (IUI and Nature Reserve), with values in 2006 being particularly low. The population of Sea Feathers seems to grow consistently, except at the IUI-5 site.

11. 2007 was marked by a particularly intensive algae bloom that was manifest in benthic algae mats covering sandy slopes and reefs, and in high benthic algae growth-potential measured off the IUI. The growth rate of benthic algae seems to drop along a depth gradient for maximal values at the lagoon to minimal values at 20 meters depth. At all depths grazing seems to successfully check benthic algae growth.

12. A survey of reef fish was conducted for the first time this year, at the southern part of the Nature Reserve. Lacking previous data, the data collected this year will be the measuring stick for future findings.

### Coastal water

13. Most chemical variables measured in the coastal waters of Eilat are controlled by the seasonal cycle of summer stratification – winter mixing of the upper water column. Accordingly, the concentrations of most variables (nitrogen, phosphate, silicate) are higher in the surface waters during the winter. 2007 had an exceptionally deep and long mixing period, apparent in high nutrients and *Chlorophyll-a* concentrations measured February-April. Nutrient concentrations at the surface were generally higher this year than in previous years, and intense phytoplankton algal blooms – and thus high *Chl-a* concentrations – resulted.

14. In addition to the natural seasonal cycle it seems that the coastal waters of Eilat are occasional affected by contamination inputs that alter their chemical properties. These changes are measured on a local scale in close proximity to the source. Abnormal nitrogen concentrations were measured near the northern sampling stations (Fish Farms, Northern Beach and Navy/Meridien) during summer and autumn months. In particular, exceptionally high nitrogen, coupled with low salinity, measured in May at the Navy/Meridien station indicates direct input of saline nutrient-rich groundwater at this site.

High Ammonium concentrations, higher even than last year's, were measured at the Fish Farms station mostly at the beginning of the year. Ammonium is a very short-lived form of nitrogen in the sea and thus its presence indicates an input source. It seems that the area near the northern stations and the Navy/Meridien are often subject to contamination, albeit from a different source.

15. A survey of fish pathogens and diseases was carried out by the NMP for the first time this year. The survey, initiated by the NMP, was conducted by A. Diamant, G. Heinisch and A. Colorni of IOLR-NCM. Results were compared by the authors to previous data. Changes in parasite infection prevalence were relatively minor, displaying some decline. However, intensities of infection (mean number of parasites per infected host) by heteroxenous gut parasites indicate a steady decline when compared with previous years: 1981-1985 and 1995-2000. A decline in the abundance of intermediate hosts that transmit these parasites (e.g. molluscs) may have such an effect on their infection

intensities in the final fish hosts. Thus, the drop in abundance of parasitofaunal elements of the rabbitfish may infer that the diversity of the reef habitat is declining.

The presence of well-known deadly bacterial pathogens in wild dead fish found by NPA personnel is worrisome. Although the number of wild fish examined was small and variability high, the percentage of infected fish is similar to that found in previous studies.

### The open water column

16. The seasonal cycle of summer stratification – winter mixing of the upper water column is the dominant featured observed in the concentrations of nutrients, dissolved oxygen and the dynamics of phytoplankton population in the open waters. The multi-annual is governed by the depth and duration of annual mixing, and the amount of nutrients accumulated in the deep water. Mixing this year was especially long and deep, and its affects were felt in measured concentrations in the water column as well as in benthic algal blooms on the sea floor. Mixing of the entire water column to >700m and >800m occurred through February and March respectively. This deep mixing changed sea water composition, and many of the adverse trends measured in previous years were reversed: nutrient stores in the deep waters of the gulf were greatly depleted, and the dissolved oxygen stores were replenished.

17. Year 2007 saw a particularly intense planktonic algae bloom that contributed to the observed trend of rising spring *Chlorophyll-a* concentrations since 2004. While many of the observed nutrient trends since 2004 may now be considered multi-annual cycles coupled to the extent of winter mixing, a continuously rising spring *Chl-a* concentration may still represent a long-term trend.

18. Compared to the deep mixing event of 2000 (mixed depth of approximately 640m) nutrient stores in the deep water were slower to replenish this year. In the months following the extreme values produced by winter mixing, nutrient concentrations rose and oxygen concentrations dropped in the deep water in 2007 at half the year 2000 rate. This is an encouraging sign indicating a significant decrease in primary production between 2000 and 2007.

19. A particularly large decrease was measured in deep water silicate stores suggesting an increase in the presence of siliceous algae whose bloom may speed transport of silicate to the sea floor and its subsequent removal by burial.

20. Despite this year's deep mixing and cooling of the water column a gradual rise in deep water temperature since year 2000 is still apparent. In previous years it seemed there was a coupling of deep water temperature and nutrient/oxygen concentrations, but while the latter changed dramatically this year, reversing 'trends' observed since 2000, deep water temperature seems to continue rising following the 2007 deep mixing.

### Continuous measurements

21. Following this year's deep mixing several peaks in *Chlorophyll-a* concentrations – i.e. planktonic blooms – were measured, that are beyond the range of values measured in the past two decades off the Observatory pier. Particularly high values were measured

during August when *Chl-a* concentrations vastly superseded “normal” summer values. It seems apparent that deep mixing that brought to the surface an abundance of nutrients directly influenced the frequency and intensity of planktonic algae blooms.

22. The maximal SSTs measured this year continue to rise above the maximum multi-annual average. The highest SST measured this year was the highest measured since 1988, and peaks extending beyond the recorded range were measured in July and in August.

23. This is the first complete annual cycle in which meteorological variables were measured by the NMP. Several southerly storm events were recorded, as well as intense low-tides that exposed shallow corals. During the low-tides of March 2007 (March 18-21) while shallow corals were exposed extremely high solar radiation was measured. This combination of conditions may damage exposed coral colonies and effect the population structure of the exposed reef sections. It is still early to assess the long-term impact of this series of low tides on the reefs of Eilat.

## ב. שונית האלמוגים

### ב.1. סקר חברת השונית

#### מטרה

אמזן השיפעה, "מצב הבריאות" ומבנה החברה בשלוש השונות העיקריות לאורך חופי מדינת ישראל בצפון מפרץ אילת. סקר חברת השונית כלל אלמוגי אבן, אלמוגים רכים, וחסרי חוליות. כמו כן בוצע סקר סוגי קרקעית הים (מצע) לצורך אמזן 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 2007.

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 8 ל-18, ונקבע לפי תוצאות הסקר עד לקבלת דיוק גבוה מ-25%. 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').

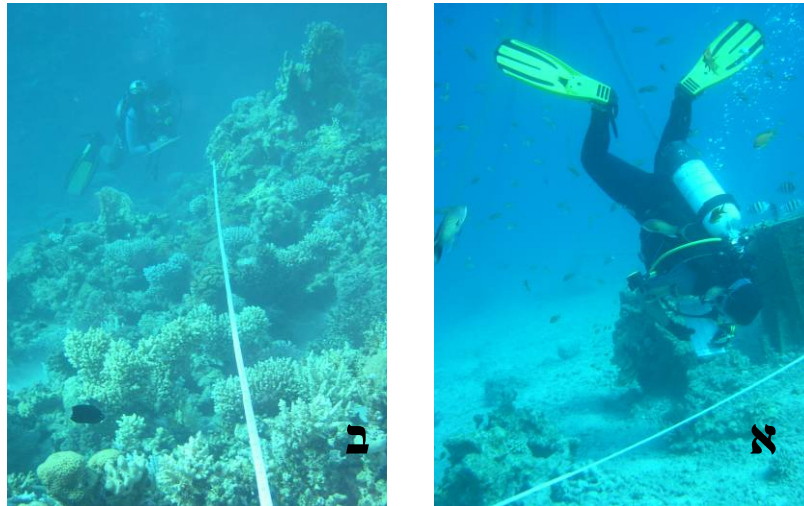
מושבות האלמוגים תחת סרט המדידה חולקו לאחת מארבע קבוצות גודל ואחוז החיות של כל מושבה הוערך ונרשם. ארבע קבוצות הגודל הן  $>5$  ס"מ,  $5-15$  ס"מ,  $15-30$  ס"מ ו- $<30$  ס"מ (H, M, S, L ו-H בהתאמה).

עבור כל אלמוג תחת סרט המדידה התבצעה הערכה של אחוז הרקמה החיה בהתחשב בכלל שטח המושבה. אחוז החיות של המושבה הוגדר כאחוז שטח המושבה שאינו מת, לבן או מכוסה באצות. לא כל השלד במושבות אלמוגים חיים מכוסה ברקמה. הרקמה היא הראשונה להיפגע מטריפה, ממחלות ומפגיעה מכאנית. במקרים רבים, בעיקר לאחר פגיעה מזערית, הרקמה הפגועה מחלימה. כאשר האלמוג מאבד חלק משמעותי מרקמתו, החלמת האזור הפגוע היא במקרים רבים חלקית או חסרה לחלוטין. לעיתים, בפרט כאשר האלמוג נמצא במצב עקה או כאשר הסיבה לפגיעה היא מחלה, הפגיעה הראשונית עלולה להתפשט לאזורים סמוכים במושבה. בתכנית הניטור אנו משתמשים באומזן 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. מדד זה, אשר כונה בדו"חות קודמים "מדד הבריאות" (Health Index, HI), מחושב עבור כל אתר חושב כממוצע אחוז הרקמה החיה של כל המושבות החיות שנספרו באתר זה.

איור ב1: תצלום אווירי שלקטע החוף הצפון מערבי של המפרץ, דרומית לעיר אילת, עליו מצויינים האתרים בהם נסקרה חברת השונית, 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: The divers during the sampling of line transects at the IUI (A) and the nature reserve (B). The divers recorded the projected length of all the organisms or 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, מגוון האלמוגים ועושר המינים, בריאות חברת האלמוגים והתפלגות גודל המושבות.

מגוון מינים לפי מדד Shannon Wiener (משוואה 1, כש-  $P_i$  הוא פרופורציית מספר המושבות של מין (או סוג)  $i$  מתוך סה"כ  $n$  המינים (או הסוגים) שנספרו) הוערך על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005; <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>) עבור כל אחד מהאתרים. התכנה צוברת את נתוני החתכים שנמדדו לקבלת עקומת רוויה: ככל שנוספות יחידות מדידה (חתכים) הערך המוערך מתקרב לערך האמיתי באתר עד למצב בו תוספת חתכים אינה משפיעה על הערך המוערך. בשלב זה המוערך קרוב לערך האמיתי.

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

מדד המגוון של Shannon Wiener נבחר מכיוון שהוא המדד בו השתמשו סוקרי השונית באילת בעבר (Loya 1972) וכך מתאפשרת השוואה בין נתונים 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 (ראו דו"ח הניטור 2006 לדיון מקיף יותר).  
 הניתוח הסטטיסטי נעשה באמצעות תוכנת Systat v9 (SPSS inc, 1998).  
 Error bars represent the standard error. הם מייצגים את שגיאת התקן.

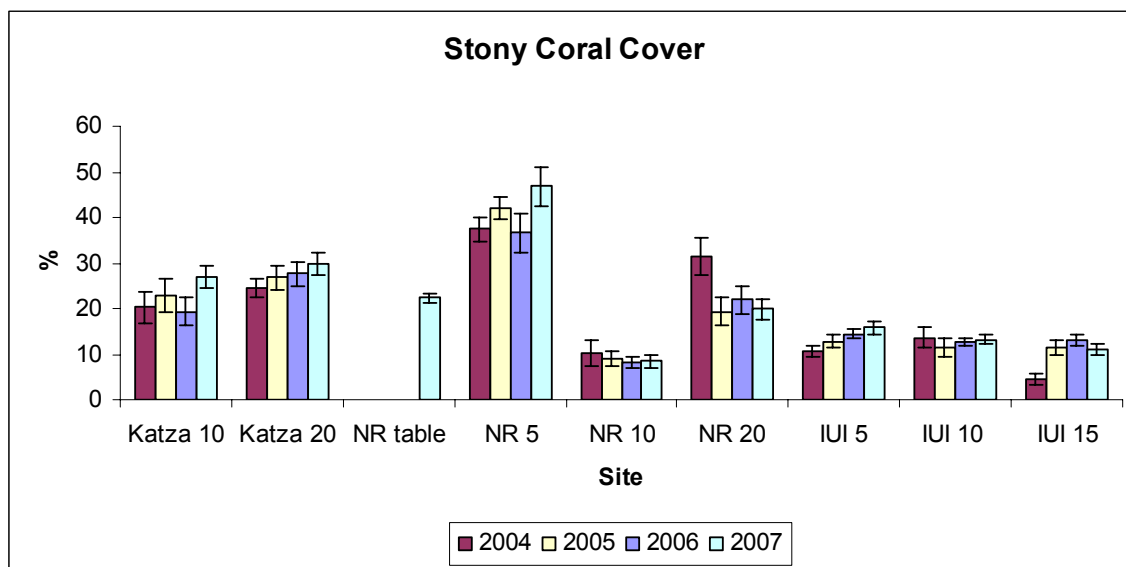


## תוצאות:

### כיסוי אלמוגים

השנה נסקר לראשונה במסגרת תכנית הניטור הלאומי שולחן השונית בחלק הדרומי של שמורת חוף אלמוג (NR table באיורים). ההחלטה לסקור אתר זה נבעה משתי סיבות עיקריות: א) אירועי שפל קיצוני בחודש מרץ חשפו את שולחן השונית והדגישו את פגיעותה של גומחה אקולוגית זו ב) הפעלתה של תחנה מטאורולוגית על ידי תכנית הניטור, אשר הוקמה בספטמבר 2006, מאפשרת מעקב אחר הגורמים הטבעיים המשפיעים על שולחן השונית – משרעת גאות ושפל, קרינת השמש, משטר רוחות, וטמפרטורת המים בפני הים. שולחן השונית הוא האזור בו דווחו פגיעות קשות הן מגורמים טבעיים והן מגורמים אנושיים החל משנות השישים המאוחרות (ראו למשל Loya, 2004).

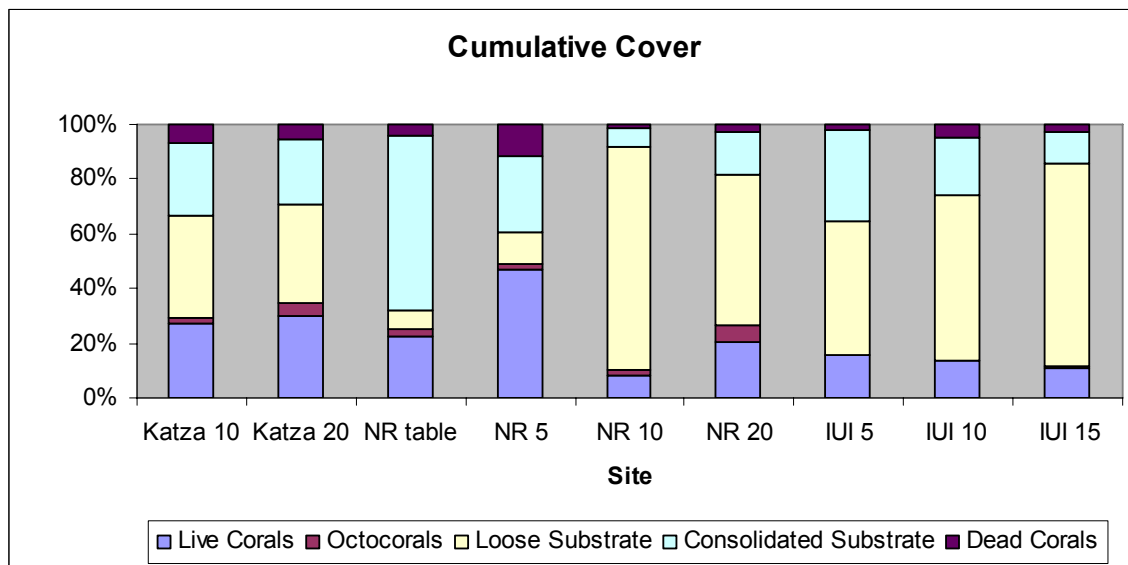
אחוז כיסוי האלמוגים החיים משתנה מאד בין האתרים (איור ב3). כיסוי האלמוגים הגדול ביותר נמצא בשונית הרדודה בשמורת האלמוגים (5-NR) 46.7%, ערך גבוה בכ-10% יחסית לשנה הקודמת (36.5%), ודומה יותר לערך הנמדד בשנת 2005 (42%). הכיסוי הדל ביותר נמצא אף הוא בשמורה, בעומק 10 מטרים (10-NR), 8.4%, בדומה לשנים הקודמות (8.3-9%). תנודות אלה בין הערכים מצויות בטווח השגיאה של ההערכות, ומשקפות את השונות הטבעית הגדולה בשוניות, ובפרט באתרים בהם מצע חולי הוא מרכיב חשוב הגורם למופע כתמי של השונית, דוגמת אתר השמורה בעומק 10 מ' (איור ב4). בין האתרים שנסקרו ישנם הבדלים גדולים (מקדם שונות  $(CV) = 55\%$ ) בשטח הכיסוי של אלמוגי אבן חיים (טבלה ב2), ומכאן שלא ניתן לקבוע "ערך מייצג" לכיסוי האלמוגים לאורך חופי המפרץ בשטח ישראל. מקדם השונות של כיסוי האלמוגים באתר כלשהו (שילוב של מיקום ועומק) נע בין 16% (שולחן השונית, NR-table) ל-67% (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 אזור דיגום, באחוזים מכלל השטח.

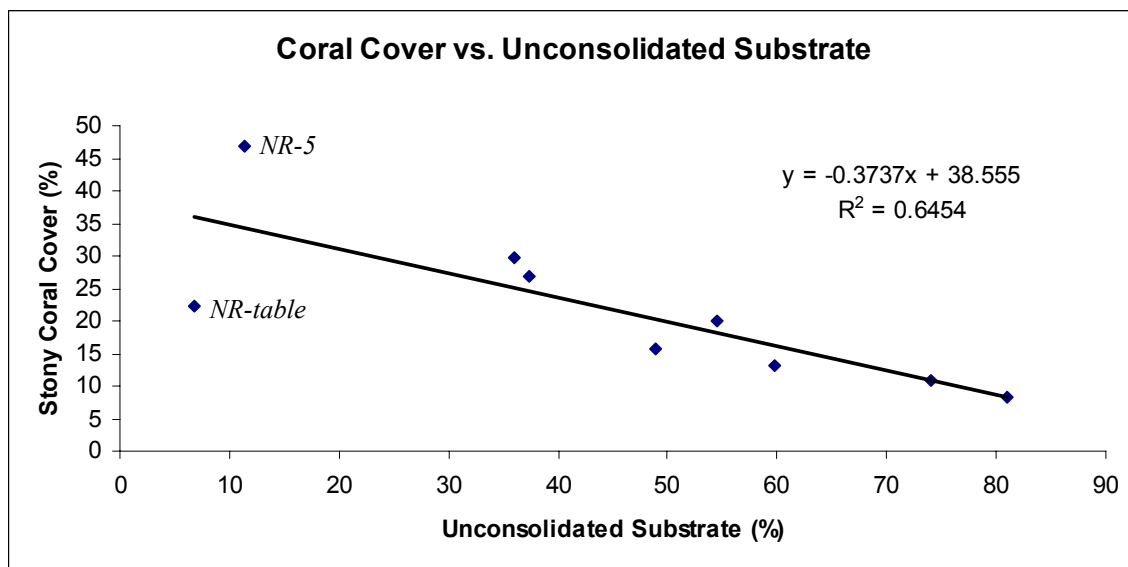
Figure B3: Average live coral cover (excluding soft corals) at each site (percent of total area).

הבדלים גדולים בין האתרים הנסקרים נמצאו גם 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 וחצץ, באותו אתר (איור ב5). נראה שאת רוב ההבדל באחוז הכיסוי החי בין האתרים ניתן להסביר באמצעות ההבדלים באחוז הקרקע הלא מלוכדת, אשר אינה מתאימה להתיישבות אלמוגים.



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.**



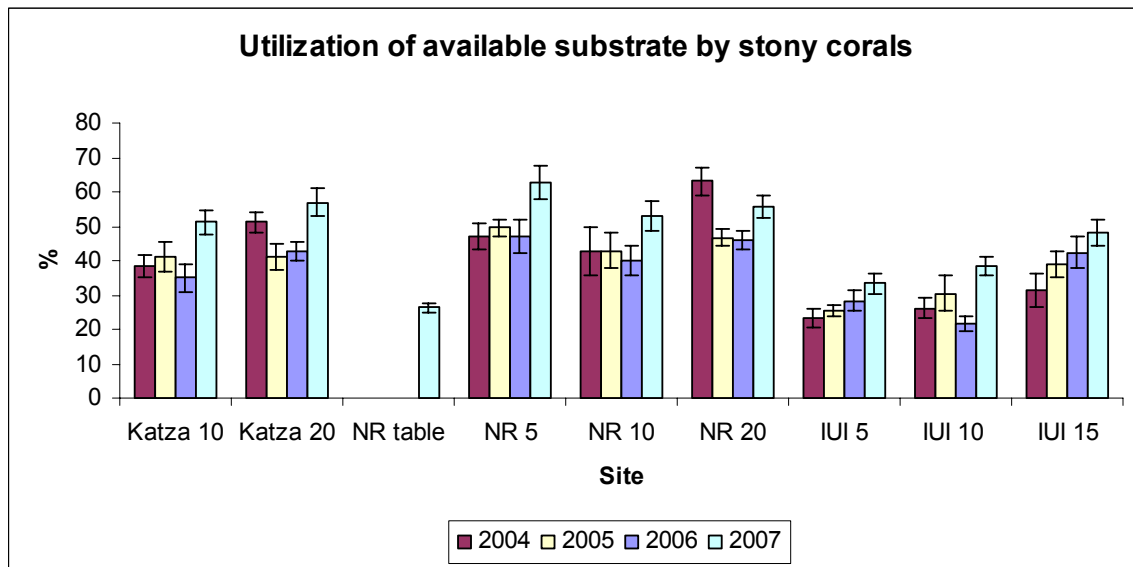
איור ב5: אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים כנגד אחוז הקרקע החולית באתרים השונים. שני האתרים החורגים מקו ההתאמה הם באתר שמורת חוף אלמוג בעומק 5 מטרים (NR-5) ובשולחן השוניית (NR-table) עם אחוז כיסוי גבוה אחוז ונמוך בהתאמה, יחסית לאחוז הנמוך של מצע חולי באתרים אלה.

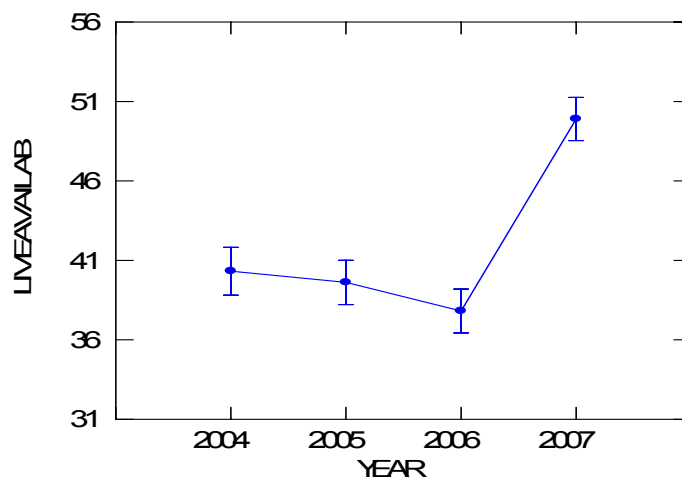
**Figure B5: Percent live stony coral coverage versus unconsolidated (sandy) sea floor in the sites examined. The two sites deviating from the linear fit are NR-5 and NR-table with exceptionally high and exceptionally low coral cover, respectively, considering the (small) amount of unconsolidated substrate at these sites.**

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 6 למעלה). אחוז ניצול דומה – נמוך באופן מפתיע – נמצא גם בשולחן השונית בדרום שמורת חוף אלמוג. נראה כי באתרים אלה תנאים קשים לאלמוגים בהשוואה לשאר האתרים, ואלמוגים מצליחים לכסות אך חלק קטן מהמצע הקשה הזמין להתיישבות באתרים אלה. יחד עם זאת באתרי ה-IUI, ובפרט באתרים IUI-5 ו-IUI-15, ניכרת התאוששות הדרגתית (אם גם לא מובהקת) מאז 2004, ובסך הכל נצפתה השנה עליה באחוז ניצול המצע הזמין בכל האתרים. העלייה בניצול המצע הזמין על ידי אלמוגי אבן בכל האתרים הנבדקים בשנה החולפת מובהקת (איור 6 למטה). יחד עם זאת, העלייה היא תוצאה של שנה יחידה ועדיין מוקדם לומר אם שינוי זה מסמן מצב של התאוששות וצמיחה לטווח ארוך. אתר שולחן השונית שונה במהותו משאר האתרים בהיותו נטול מצע לא מלוכד כמעט לחלוטין – כולו מצע קשה – ובסביבה האוקיינוגרפית השונה מאתרי קדמת השונית. על כן לא ניתן להקיש מהשוואה בינו ובין אתרים אחרים על "מצבו".

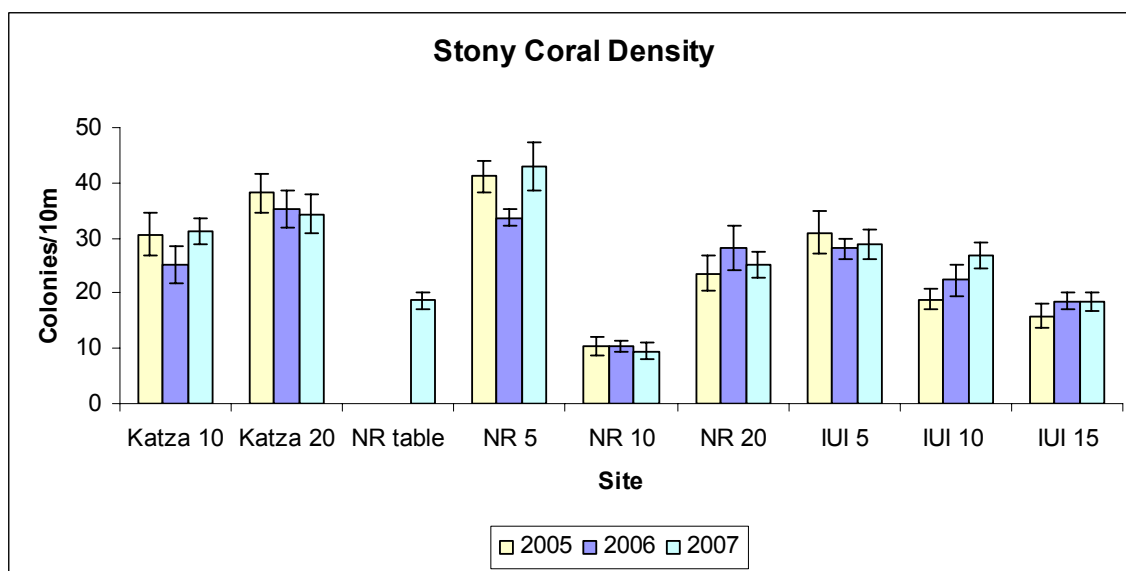




איור ב6: למעלה- אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים מתוך סך הקרקע הסלעית בכל אתר. אחוזים אלה מורים עד כמה הקרקע הזמינה לאלמוגים מכוסה באלמוגים. למטה- תוצאות מבחן ANOVA למובהקות סטטיסטית לגבי השינוי בזמן בניצול המצע המתאים על ידי אלמוגים בכל האתרים הנבדקים. שנת 2007 מאופיינת בניצול מצע גבוה באופן מובהק מהשנים הקודמות.

**Figure B6: 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 2004-2007. The year 2007 recorded significantly higher substrate utilization in all sites combined than previous years.**

בין האתרים נמצאו גם הבדלים גדולים בצפיפות מושבות האלמוגים (מספר מושבות ממוצע בקו של עשרה מטרים). הצפיפות הגדולה ביותר נמצאה השנה באתר 5-NR (43 מושבות בממוצע בעשרה מטרים), והקטנה ביותר, גם השנה, ב-10-NR (9.5), (איור ב7). כמו בשנה שחלפה, נמצאו באתרי המעבדה הימית הבדלים במספר המושבות הממוצע בחתך, בניגוד לאחוזי הכיסוי הדומים בכל העומקים. יחד עם זאת נראית התאמה הפוכה בין צפיפות המושבות ואחוז ניצול המצע הזמין. עובדה זו מראה כי מספר המושבות הגדול ביותר במעבדה הימית, בעומק 5 מטרים אינו מהווה עדות לשוניות בריאה, ולעומתו ב-15 מטרים נראה כי ניצול המצע הזמין טוב יותר למרות צפיפותן הנמוכה של המושבות.

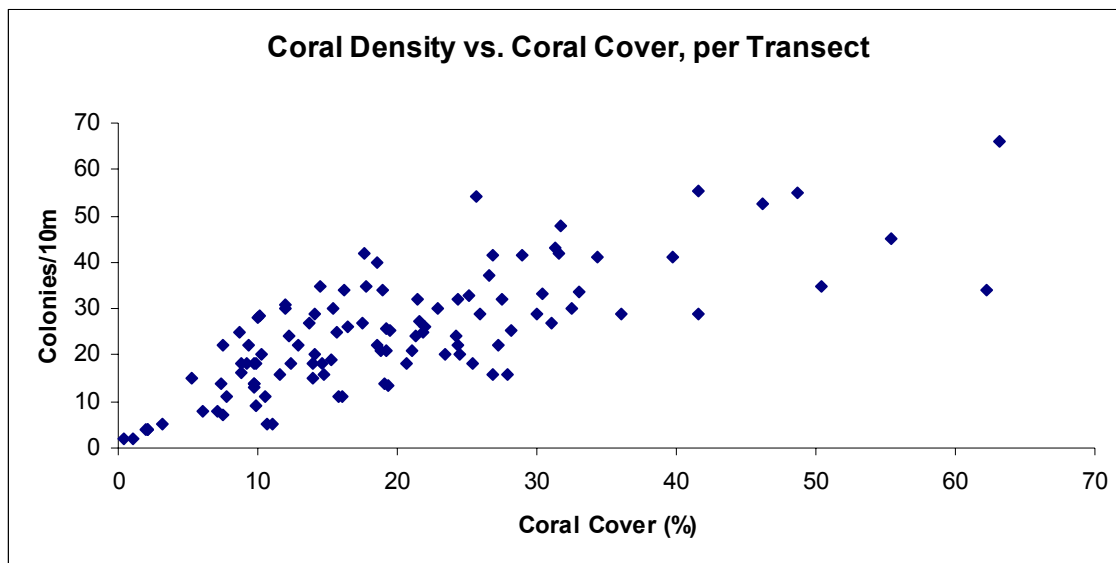


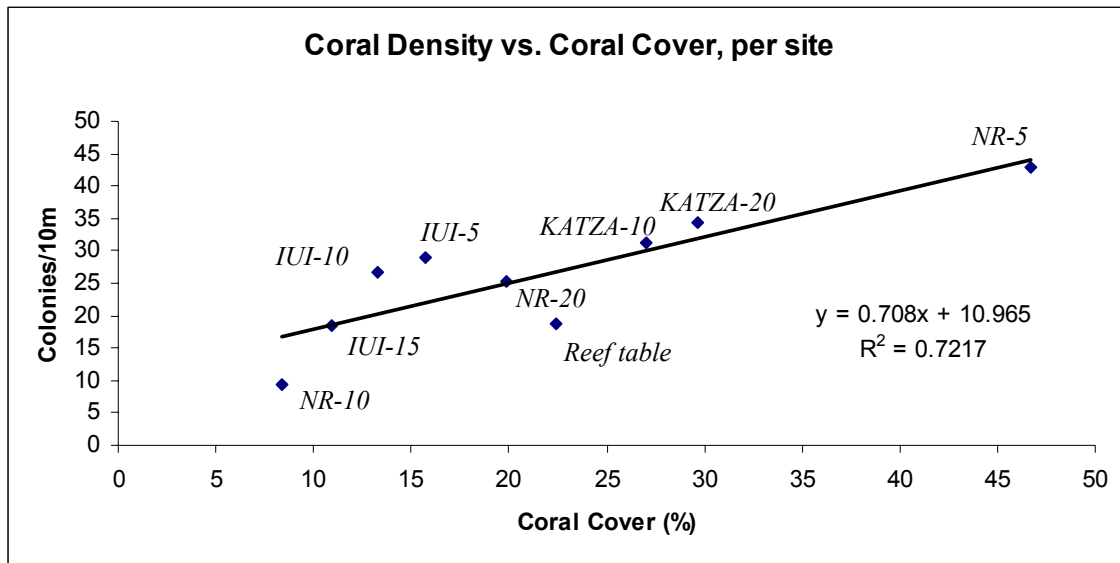
איור ב7: מספר מושבות האלמוגים הממוצע בקו באורך עשרה מטרים בכל אתר.

**Figure B7: The average number of coral colonies per ten meters line at each site.**

ההתאמה בין מספר מושבות האלמוגים הממוצע בחתך בן עשרה מטרים ובין אחוז כסוי האלמוגים (איור 8 למעלה) טובה פחות מאשר ההתאמה המחושבת עבור ממוצע המשתנים בכל אתר (איור ב 8 למטה). עובדה זו עשויה להצביע על חוסר כרוני במושבות אלמוגים גדולות בכל האתרים. האתרים NR-10 ושולחן השונית חורגים מקו ההתאמה – באתרים אלה אחוז הכיסוי גבוה מהצפוי על סמך צפיפות המושבות הממוצעת בהתחשב ביחס כיסוי-צפיפות בשאר האתרים. עבור האתרים IUI 5 ו-10 נמצא שאחוז הכיסוי נמוך מהצפוי על סמך צפיפות המושבות הממוצעת. נראה כי באתרים אלה אחוז גבוה יחסית של מושבות קטנות אשר תרומתן לאחוז הכיסוי מעטה.

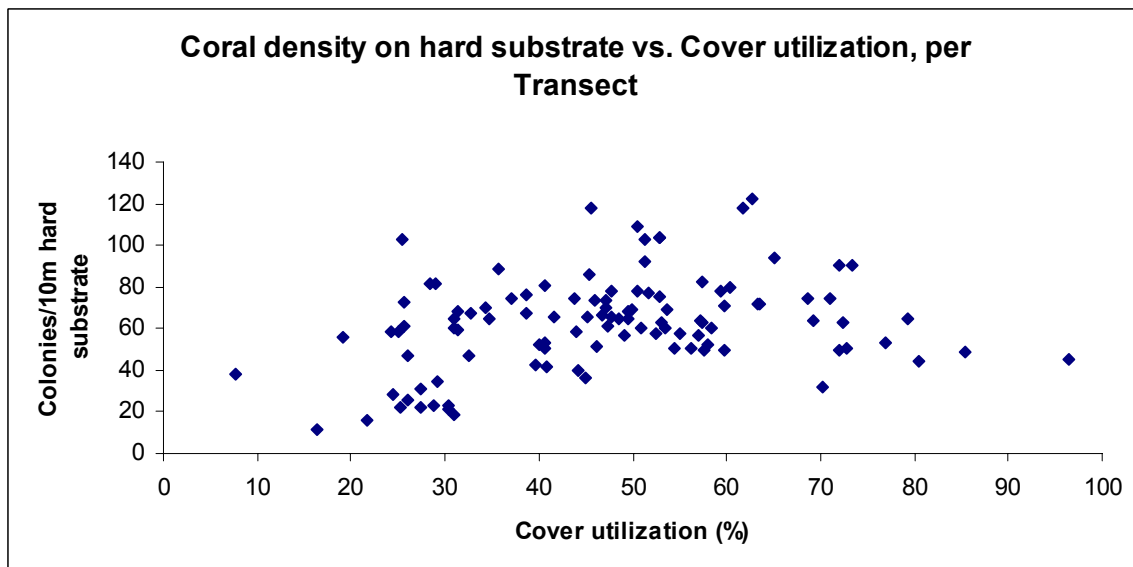
בחינת ההתאמה בין צפיפות המושבות על גבי מצע קשה מתאים להתיישבות ובין אחוז הכיסוי על גבי מצע זה מראה את הדברים ביתר חדות (איור ב 9). הן לגבי חתך בן עשרה מטרים (איור ב 9 למעלה) והן לגבי הממוצע באתר (איור ב 9 למטה) ניכר כי ניצול גבוה של המצע הקשה, מעל כ-35%, אינו מושג ברוב המקרים על ידי עלייה בכמות המושבות. בהסרת האפקט הממסך של סוג המצע נראה כי באתר NR-10 בו אחוז הכיסוי נמוך, אחוז ניצול המצע הזמין למעשה די גבוה וצפיפות המושבות על גבי מצע זה דומה לאתרים אחרים בעלי אחוז ניצול דומה. האתרים IUI 5 ו-10 לעומת זאת, מופיעים כאן כאתרים בעלי ניצול מצע נמוך וצפיפות מושבות גבוהה על גבי מצע זמין – תמיכה נוספת לכך שאתרים אלה במיוחד סובלים ממחסור במושבות גדולות. שולחן השונית הוא האתר בעל ניצול מצע זמין נמוך ביותר, אולם גם צפיפות המושבות על גבי מצע זה נמוך במיוחד. לא ניתן על סמך נתונים אלה לבצע השוואה בין שולחן השונית ואתרי קידמת השונית. עובדה זו, בנוסף למכלול השיקולים הפיסיקליים הבלתי תלויים, מחזקת את ההנחה ששולחן השונית אינו אתר בר-השוואה לאתרי קדמת השונית מבחינת המשתנים המשמשים כאן למדידת "הצלחת" השונית".

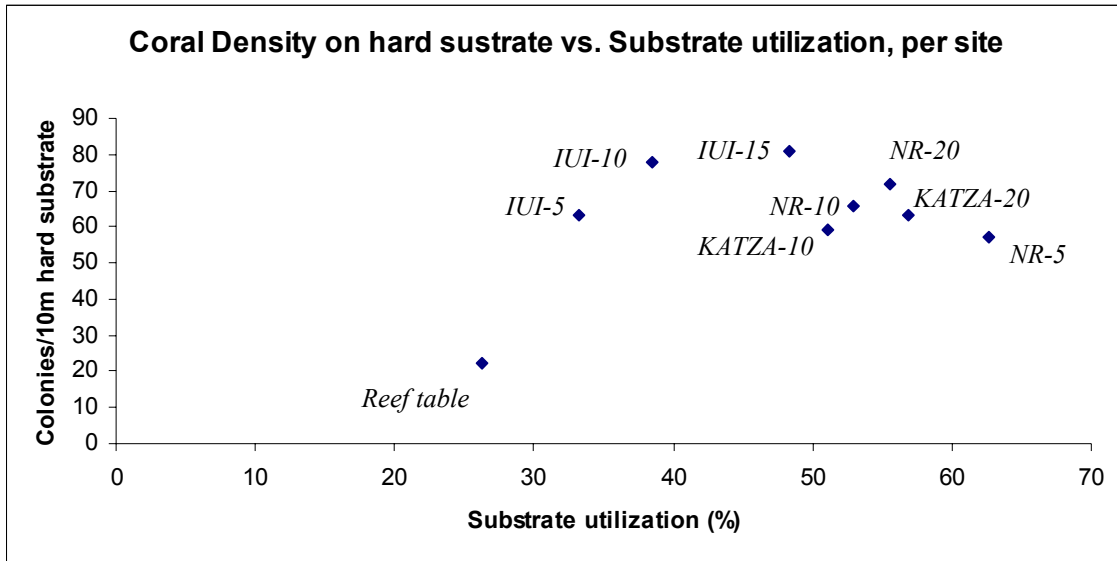




איור ב8: צפיפות מושבות האלמוגים כנגד אחוז כיסוי האלמוגים. למעלה: בהתכים בני עשרה מטרים; למטה – צפיפות ממוצעת באתרי הדיגום.

**Figure B8: The density of coral colonies versus the percent coral cover. Top - per line transect (10 meters in length); bottom – average density per site.**





איור 9: צפיפות מושבות האלמוגים כנגד אחוז המצע הקשה המנוצל על ידי אלמוגים. למעלה: בחתכים בני עשרה מטרים; למטה – צפיפות ממוצעת באתרי הדיגום.

**Figure B9:** The density of coral colonies versus the percent hard cover utilized by corals. Top - per line transect (10 meters in length); bottom – average density per site.

Site	Katza 10	Katza 20	NR table	NR 5	NR 10	NR 20	IUI 5	IUI 10	IUI 15
N transects	10	11	11	9	19	12	14	10	11
<b>Stony coral (%)</b>	<b>27.0</b>	<b>29.7</b>	<b>22.4</b>	<b>46.7</b>	<b>8.4</b>	<b>19.9</b>	<b>15.7</b>	<b>13.3</b>	<b>10.9</b>
SD	7.3	8.1	3.6	12.4	5.6	7.7	5.9	3.5	3.9
SE	2.3	2.5	1.1	4.1	1.3	2.2	1.6	1.1	1.2
CV	0.3	0.3	0.2	0.3	0.7	0.4	0.4	0.3	0.4
<b>Octocoral %</b>	<b>2.2</b>	<b>4.7</b>	<b>2.8</b>	<b>2.2</b>	<b>2.1</b>	<b>6.3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>
SD	3.1	4.9	2.3	5.2	2.2	4.7	0.1	0.5	0.5
SE	1.0	1.5	0.7	1.7	0.5	1.3	0.0	0.2	0.1
CV	1.4	1.0	0.8	2.4	1.1	0.7	3.7	2.6	1.6
<b>Loose substrate</b>	<b>37.3</b>	<b>36.0</b>	<b>6.9</b>	<b>11.3</b>	<b>81.0</b>	<b>54.5</b>	<b>48.9</b>	<b>59.8</b>	<b>74.0</b>
SD	15.8	19.1	7.9	10.5	11.1	8.7	16.6	6.7	5.8
SE	5.0	5.8	2.4	3.5	2.5	2.5	4.4	2.1	1.7
CV	0.4	0.5	1.1	0.9	0.1	0.2	0.3	0.1	0.1
<b>Rock (%)</b>	<b>26.2</b>	<b>23.9</b>	<b>63.4</b>	<b>27.7</b>	<b>7.0</b>	<b>15.6</b>	<b>33.4</b>	<b>21.1</b>	<b>11.9</b>
SD	9.2	11.2	9.2	11.4	5.7	5.1	13.3	3.7	4.6
SE	2.9	3.4	2.8	3.8	1.3	1.5	3.6	1.2	1.4
CV	0.3	0.5	0.1	0.4	0.8	0.3	0.4	0.2	0.4
<b>Dead Coral (%)</b>	<b>6.9</b>	<b>5.3</b>	<b>3.9</b>	<b>11.7</b>	<b>1.3</b>	<b>2.7</b>	<b>1.9</b>	<b>4.6</b>	<b>2.6</b>
SD	4.4	3.8	2.0	5.4	1.6	2.6	1.8	2.3	2.0
SE	1.4	1.1	0.6	1.8	0.4	0.7	0.5	0.7	0.6
CV	0.6	0.7	0.5	0.5	1.2	1.0	1.0	0.5	0.7
<b>Colonies/10m</b>	<b>31.2</b>	<b>34.4</b>	<b>18.7</b>	<b>43.0</b>	<b>9.5</b>	<b>25.2</b>	<b>28.9</b>	<b>26.8</b>	<b>18.4</b>
SD	7.9	11.5	4.8	12.8	6.6	8.4	9.9	7.3	5.5
SE	2.5	3.5	1.4	4.3	1.5	2.4	2.6	2.3	1.7
CV	0.3	0.3	0.3	0.3	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3
<b>Live/available</b>	<b>51.1</b>	<b>56.9</b>	<b>26.3</b>	<b>62.6</b>	<b>53.0</b>	<b>55.5</b>	<b>33.3</b>	<b>38.4</b>	<b>48.3</b>
SD	11.0	13.6	4.3	14.2	18.0	11.6	11.6	8.1	12.8
SE	3.5	4.1	1.3	4.7	4.1	3.3	3.1	2.5	3.9
CV	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.3
<b>Colonies/10m available</b>	<b>59.2</b>	<b>63.4</b>	<b>22.1</b>	<b>57.1</b>	<b>65.8</b>	<b>72.0</b>	<b>63.0</b>	<b>77.8</b>	<b>81.1</b>
SD	10.8	13.5	5.4	12.6	21.8	18.2	19.0	17.9	18.4
SE	3.4	4.1	1.6	4.2	5.0	5.2	5.1	5.7	5.5
CV	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2

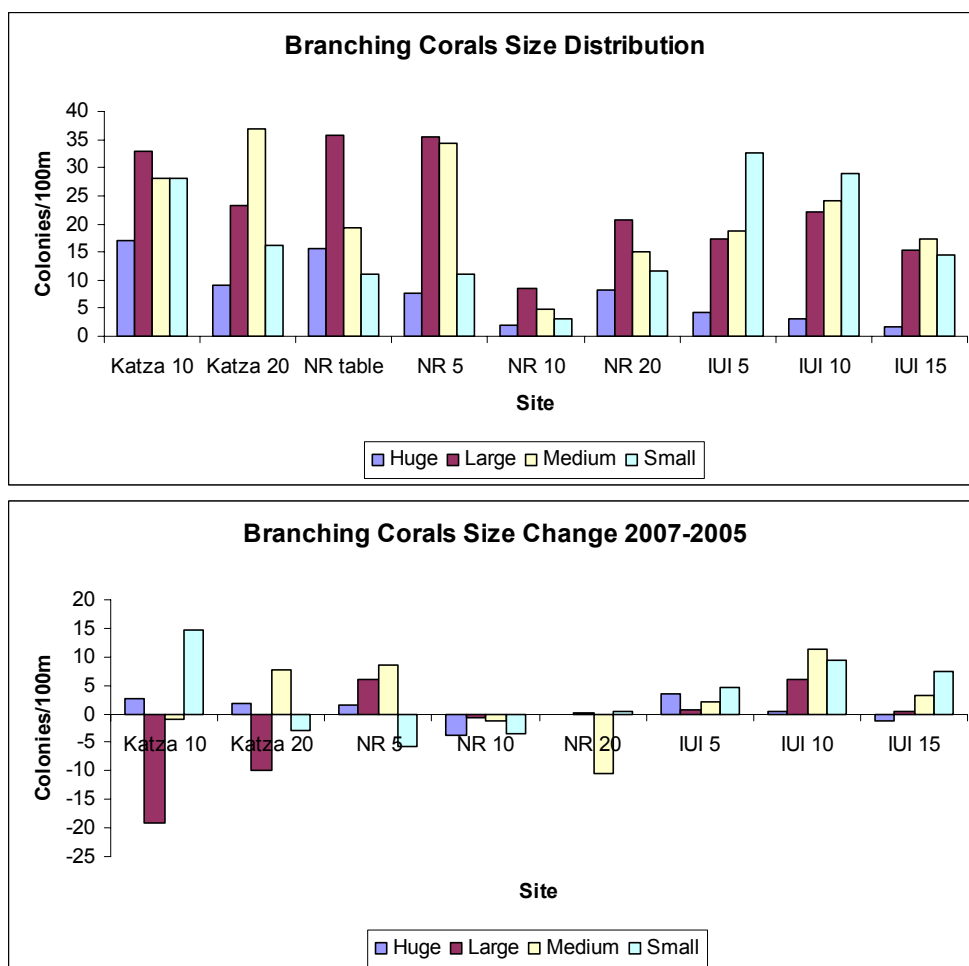
טבלה ב2: סיכום נתוני הכיסוי שנאספו בחתכי הקווים באתרי השונית לאורך חופי המפרץ בשטח הניטור. הנתונים מוצגים כאחוזים הממוצעים שנמדדו בכל החתכים של אותו אתר (שילוב של מיקום ועומק) עם סטיית התקן, שגיאת התקן ומקדם השונית.

**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.**



גודל מושבות אלמוגים

אלמוגים מעונפים (branching) איור ב10: באתרים קצא"א-10 ואתרי שמורת האלמוגים גודל המושבות הנפוץ ביותר הוא "גדול" (לפי המפתח: קטן >5ס"מ; בינוני >15ס"מ; גדול >30ס"מ; ענק >30ס"מ). באתרים IUI-15 ו-קצא"א-20 הגודל השולט הוא "בינוני" ואחריו "גדול". באתרי IUI הרדודים הגודל השולט הוא "קטן", עובדה המסבירה את אחוז ניצול המצע הנמוך באתרים אלה. יחד עם זאת, בהשוואה לשנת 2005, נראה כי באתרי קצא"א ישנה ירידה של 30-40% בכמות המושבות הגדולות, ורק באתרים NR-5 ו-IUI-10 ישנה עלייה של כ-25%-20 במספר מושבות אלה. אתרי קדמת השונית ואתרי קצא"א הם אכן האתרים בהם ניכר ניצול יעיל ביותר של המצע הקשה. בשולחן השונית ניצול המצע נמוך יחסית על אף העובדה שגודל המושבות השלט הוא "גדול", עובדה המחזקת את המחשבה שאתר זה נבדל מאתרי קידמת השונית ונתון בעקות אחרות. בסך הכל ישנן פחות מושבות מעונפות ממושבות שאינן מעונפות (ראו למטה) והשפעתן על סך הניצול או הכיסוי באתר נמוכה יחסית.

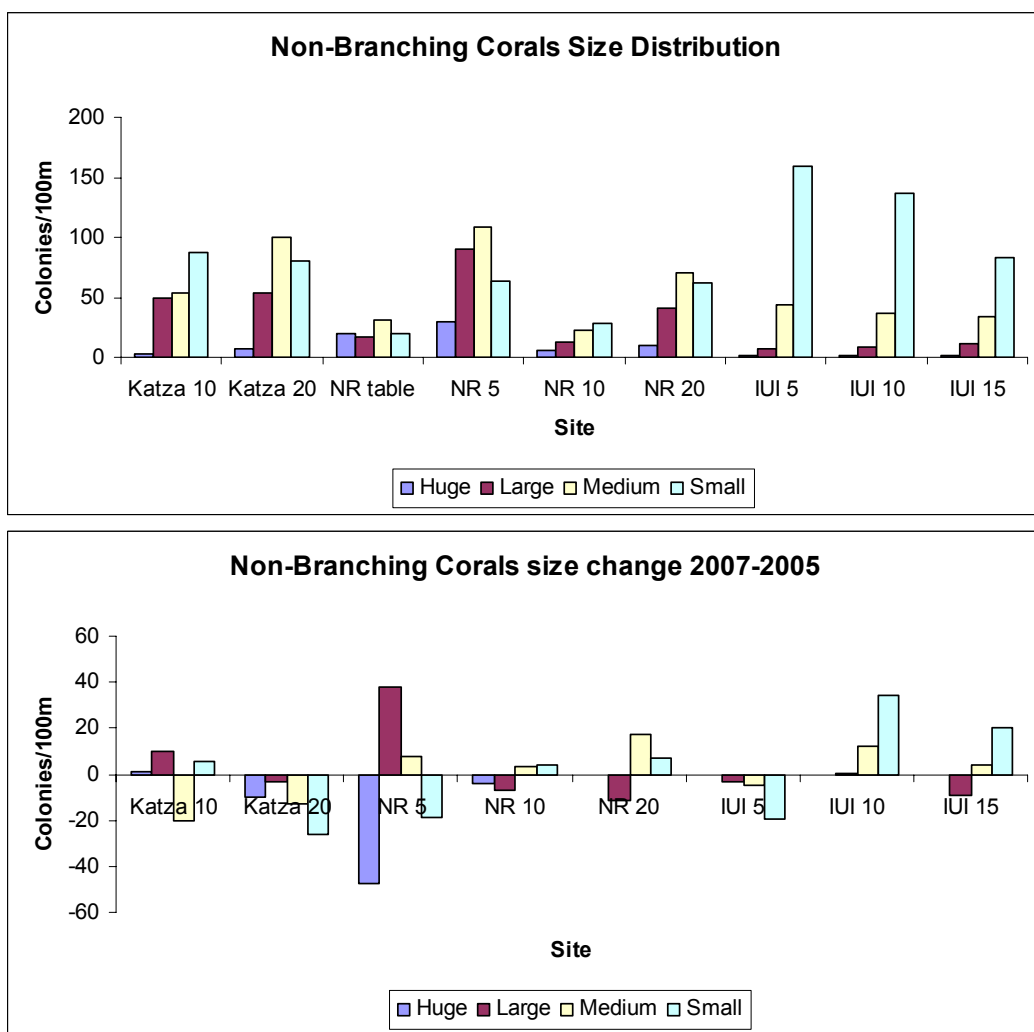


איור ב10: למעלה - התפלגות גודל מושבות האלמוגים המעונפים באתרים הנסקרים. חלוקת הגדלים לפי המפתח הבא: Small >5ס"מ; 5 ס"מ <Medium< 15 ס"מ; 15 ס"מ <Large< 30 ס"מ; Huge >30 ס"מ. המספרים מנורמלים לאורך קו של 100 מטרים. למטה - השינוי במספר המושבות (מנורמל ל-100 מטרים) של כל קבוצת גודל בהשוואה בין הסקר של 2007 והסקר של 2005.

**Figure B10: Top - size distribution of branching coral colonies in the surveyed sites. Sizes are: Small<5 cm; 5 cm <Medium< 15 cm; 15 cm <Large< 30 cm; Huge>30 cm. The number of colonies is normalized to a transect length of 100 meters. Bottom - the change in number of colonies per 100 meters of each size group surveyed in 2007 and 2005.**

אלמוגים לא-מעונפים (non-branching) איור ב11: בכל אתרי IUI הגודל הנפוץ הוא "קטן", וכך גם בקצא"א-10 וב-NR-10. באתרי קצא"א-20 ו-NR-5 ו-20 הגודל הנפוץ הוא "בינוני" כאשר ב-NR-5 הגודל

השני הנפוץ הוא "גדול" ואילו בשני האחרים הגודל השני הנפוץ הוא "קטן". כמות המושבות הלא מעונפות בכל האתרים גדולה בהרבה מכמות המעונפים ועל כן למפזר המושבות הלא-מעונפות משקל רב בעיצוב אופי האתר. כך למשל אתר 5-NR הוא האתר בעל הכיסוי וניצול המצע הרב ביותר ואתר קצא-א-20 אשר בו הגודל הנפוץ במושבות מעונפות הוא "בינוני" ולא "גדול" הוא בכל זאת אתר בעל כיסוי וניצול גבוהים – בזכות התפלגות גדלי המושבות הלא-מעונפות. בהשוואה לשנת 2005 רק באתרים 5-NR וקצא-א-10 נמצאת עלייה במספר המושבות הלא-מעונפות הגדולות. באתר 20-NR ישנה עלייה קטנה בכמות המושבות הבינוניות ובאתרים IUI 10 ו-15 במספר המושבות הקטנות.



איור 11: התפלגות גודל מושבות האלמוגים הלא-מעונפים באתרים הנסקרים. 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. המספרים מנורמלים לאורך קו של 100 מטרים. למטה – השינוי במספר המושבות (מנורמל ל-100 מטרים) של כל קבוצת גודל בהשוואה בין הסקר של 2007 והסקר של 2005.

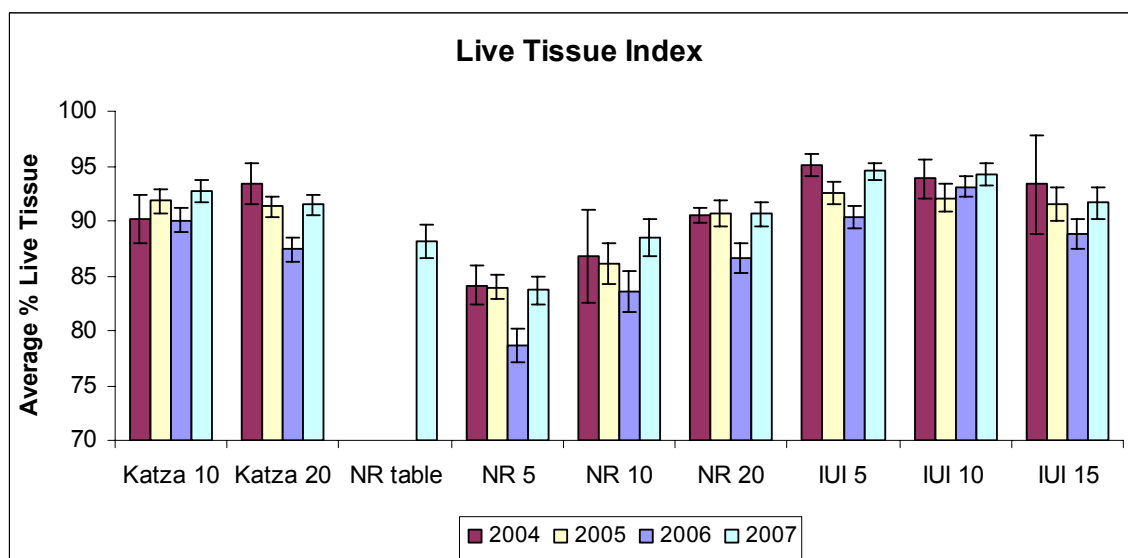
**Figure B11: size distribution of non-branching coral colonies in the surveyed sites. Sizes are: Small < 5 cm; 5 cm < Medium < 15 cm; 15 cm < Large < 30 cm; Huge > 30 cm. The number of colonies is normalized to a transect length of 100 meters. Bottom – the change in number of colonies per 100 meters of each size group surveyed in 2007 and 2005.**

בריאות אלמוגים

בתכנית הניטור נעשה שימוש באומדן שיעור הרקמה הלא פגועה באלמוג כמדד ל"בריאותו". מדד זה,

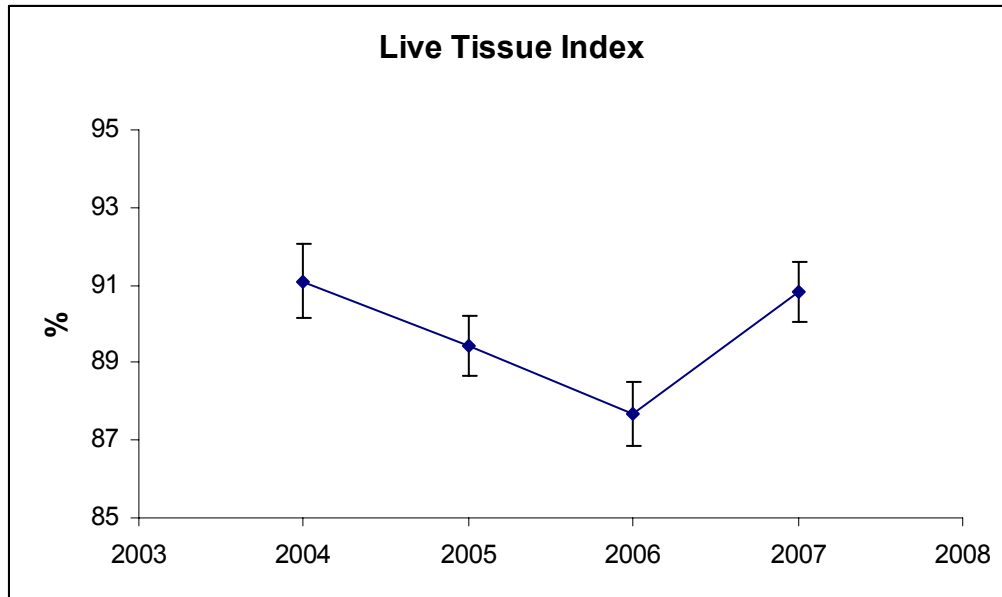
להלן Live Tissue Index (LTI) נמדד עבור כל אחד מאלפי האלמוגים הנכללים בחתכי הקו בשונית, על ידי קביעה ויזואלית (על ידי הצולל הסוקר) של אחוז השטח של שלד המושבה המכוסה ברקמה חייה. טווח הערכים של מדד זה באתר נע בין 83.7% (NR-5) ל-94.5% (5-IUI), והערך הממוצע בכל האתרים היה 90.6% (איור ב12). בכל האתרים נמצאה השנה עלייה בערכי מדד זה בהשוואה לשנה הקודמת, 2006. ברוב האתרים הערכים דומים לאלו שנמדדו בתחילת תכנית הניטור ב-2004. לאחר שלוש שנים שבהם נמדדה ירידה עקבית במדד הרקמה החיה כמעט בכל האתרים, תוצאות השנה החולפת מצביעות על התאוששות האלמוגים בשונית אילת.

ההבדלים בין השנים באחוז החיות של אלמוגים הינם מובהקים, בזכות המספר הגדול של מושבות נדגמות (איור ב13). לאחר שלוש שנים בהן נראתה הידרדרות מובהקת במצב האלמוגים על פי מדד זה, השינוי השנה אף הוא מובהק. העלייה המובהקת באחוז הרקמה החיה במושבות אלמוגים מכל האתרים מראה על התאוששות, אך עדיין מוקדם לדבר על מגמה. השנים הבאות יראו האם אלה תנודות שגרתיות במצב האלמוגים או שמא ישנה כאן מגמה של התאוששות.



איור ב12: מדד אחוז החיות של אלמוגים באתרים השונים. המדד מוגדר כאחוז השטח החי/בריא מסך השטח של מושבת אלמוגים חיות.

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



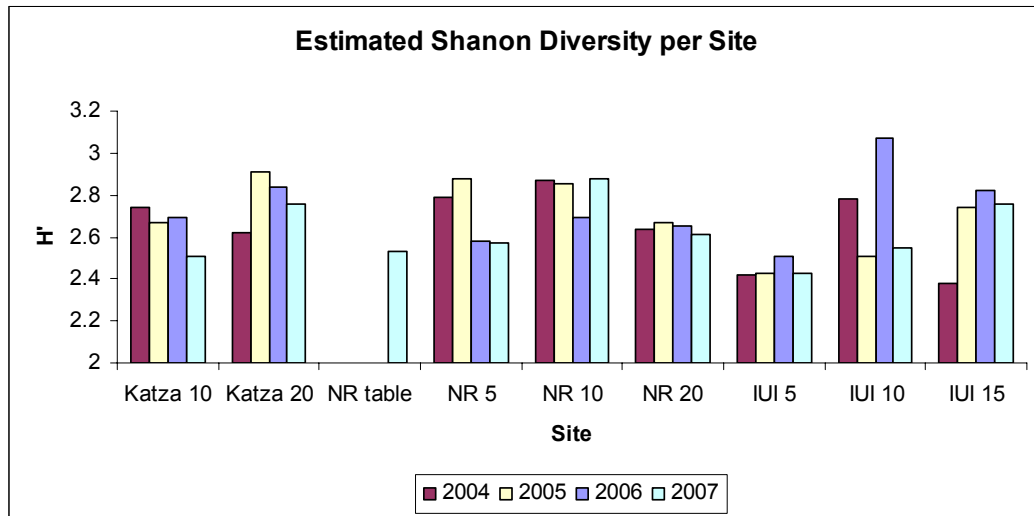
איור ב13: השינוי במצב האלמוגים על פי האחוז הממוצע של רקמה חיה במושבות של אלמוגים (LTI) באילת בשנים 2004-2007. ההבדלים בין השנים מובהקים סטטיסטית.

**Figure B13: Changes in the state of coral colonies over time according to the average % of living coral tissue (LTI) from all sites over the period 2004-2007. The year to year differences are statistically significant.**

#### מגוון מינים

השנה נעשה שימוש בהערכת המגוון 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). לשם כך חושבו כל נתוני המגוון מחדש עבור השנים הקודמות מאז 2004. התוצאות (איור ב14) ניתנות כהערכת מגוון המינים עבור כל אתר בשלמותו בהסתמך על נתוני חתכי הקו וחישובי EstimateS.

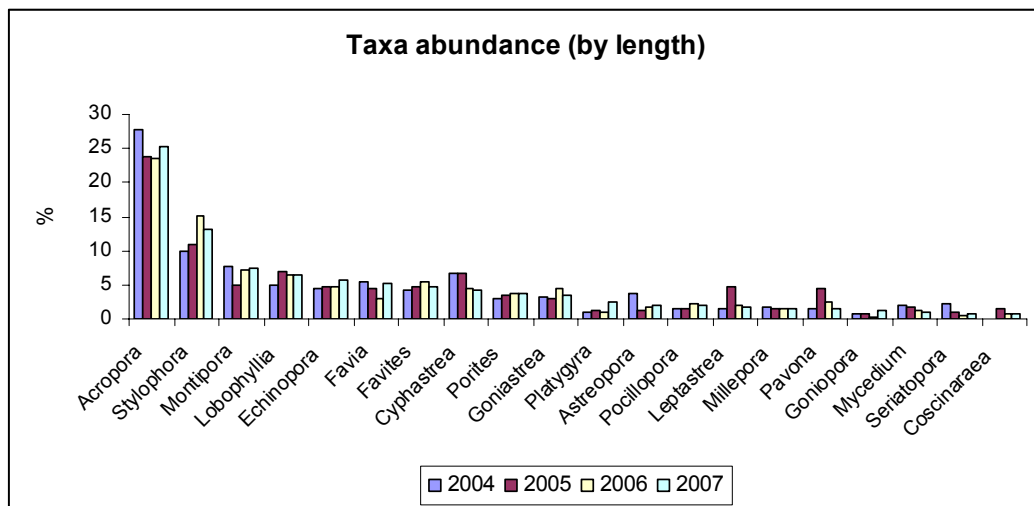
ברוב האתרים הערכת המגוון על סמך חתכי הקו השנה דומים לערכים שהתקבלו מנתוני השנה הקודמת (2006), להוציא האתרים 10-IUI ו-10-Katza בהם נמצא מגוון מינים נמוך יותר השנה. ב-10-IUI הערכת המגוון השנה נמוכה מאד בהשוואה ל-2006 (2.55 השנה, לעומת 3.07), אולם דומה לזו שמתקבלת מנתוני 2005 (2.51). יתכן כי התנודות הגדולות בהערכת מדד מגוון המינים באתר 10-IUI נובעת ממספר האלמוגים הלא-גדול בו, ומנוכחותם של מינים נדירים שעשויים להשפיע מאד על ההערכה. האתר 10-NR הוא היחיד בו נמצא השנה מגוון גבוה מאשר בשנה הקודמת, ואולם הערך המחושב השנה דומה לזה של השנים 2004 ו-2005, ואינו מצביע על שינוי מהותי במגוון המינים באתר. השנה נמצא המגוון הנמוך ביותר באתר 5-IUI (2.43), האתר בו גם יעילות הכיסוי נמוכה ביותר. המגוון הגבוה ביותר חושב עבור 10-NR, האתר שבשנים קודמות בהסתמך על מגוון מחושב למקטע של 10 מטרים דורג כבעל המגוון הנמוך ביותר.



איור ב14: מגוון המינים והסוגים 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 B14: The Shannon-Wiener diversity index of coral genera and species in the surveyed sites estimated by the EstimateS software (Colwell, 2005 ; <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>).

עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר בשטח הניטור מופיעים באיור ב15 לפי סדר אחוז הכיסוי של סוגים אלה ביחס לכלל האלמוגים בשנת 2007. נראה כי למרות שאלמוגי *Acropora* מהווים את חלק הארי מסך הכיסוי של אלמוגים חיים (כ-25%), חברת האלמוגים באילת מגוונות ואין בה סוג דומיננטי באופן בולט. טבלה ב3 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 2007 מהווים כ-94% (לפי אורך נמדד על סרט המדידה) מכלל האלמוגים באילת. עובדה זו מדגישה את חשיבותם של המינים הנדירים בקביעת מדדי עושר ומגוון המינים בשוניות של אילת.



איור ב15: עשרים האלמוגים הנפוצים ביותר בשוניות אילת (לפי האורך הנמדד בחתכי הקו) בשנים 2004-2007, מסודרים לפי סדר התפוצה בשנת 2007.

Figure B15: The twenty most abundant coral genera in the reefs of Eilat (according to their cumulative measured length in the line transects) in the years 2004-2007, arranged according to their abundance in 2007.

Katza 10   Katza 20   NR table   NR 5   NR 10   NR 20   IUI 5   IUI 10   IUI 15

<i>Acropora</i>	12	8	8	7	2	6	2	3	2
<i>Stylophora</i>	2	4	2	4	0	1	5	3	3
<i>Montipora</i>	3	4	1	2	0	3	1	0	0
<i>Lobophyllia</i>	0	0	0	14	0	0	0	0	0
<i>Echinopora</i>	2	2	1	6	0	2	0	0	0
<i>Favia</i>	0	1	1	1	1	2	2	1	1
<i>Favites</i>	1	2	1	1	0	2	1	1	0
<i>Cyphastrea</i>	1	2	0	2	0	1	1	1	1
<i>Porites</i>	1	1	1	0	0	1	0	0	1
<i>Goniastrea</i>	1	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Platygyra</i>	0	0	3	1	0	0	0	0	0
<i>Astreopora</i>	0	1	0	1	1	1	0	0	0
<i>Pocillopora</i>	0	0	1	0	0	0	1	1	0
<i>Leptastrea</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	0
<i>Millepora</i>	0	0	1	0	0	0	1	1	0
<i>Pavona</i>	1	1	0	0	0	1	0	0	0
<i>Goniopora</i>	1	1	0	1	0	1	0	0	0
<i>Mycodium</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Seriatopora</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Coscinaraea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0

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.**

## דיון

על אף הערבוב העמוק ופריחת אצות על המדרונות הרדודים (נספח 3ז), נמדדה השנה עלייה במדדים רבים. רוב התוצאות המוצגות למעלה ניתנות לפירוש כפשוטן. בדיון זה מושם דגש על שני משתנים חשובים, התפלגות גודל המושבות ומדדי מגוון המינים, אשר לדעתנו יש להרחיב עליהם את הדיבור, וכן על מעמדו של שולחן השונית בין אתרי הניטור האחרים.

### שולחן השונית:

השנה נסקר לראשונה במסגרת תכנית הניטור שולחן השונית בחלקה הדרומי, הסגור למבקרים, של שמורת חוף אלמוג. שולחן השונית הוא אתר השונה במהותו משאר אתרי הניטור המצויים כולם באזורי "קידמת שונית" אשר אינם מושפעים ממגוון גורמים פיסיים כגון שינויי גאות ושפל ופעולת הגלים המשפיעים על שולחן השונית. שולחן השונית גם חשוף ביותר לפגיעה פיסיית על ידי מבקרים, חפצים הצפים ונסחפים בים, וכלי שיט, אולם באזור הסגור למבקרים השפעות אלה צפויות להיות קטנות יחסית. עם הקמתה של תחנת המדידה המטאורולוגית במזח המכון הבינאוניברסיטאי על ידי תכנית הניטור בשנה הקודמת (ספטמבר 2006) ניתן לעקוב אחר הגאות והשפל, ועצמת וכיוון הרוחות ("סערות" במפרץ לרוב בעוצמת רוח חזקה מכיוון דר'מז') וכך להוסיף מידע שהיה חסר בעבר לפירוש תצפיות הנוגעות לשולחן השונית. אופיו השונה של שולחן השונית ניכר בין היתר בהיותו בעל מצע שכמעט כולו סלעי וכך ההבדל בין אחוז הכיסוי לאחוז ניצול המצע המתאים להתיישבות בו קטן. שולחן השונית חורג מקווי הרגרסיה המתארים במובהקות גבוהה את היחס צפיפות מושבות – כיסוי אלמוגים או צפיפות מושבות – ניצול מצע באתרים האחרים. יעילות ניצול המצע נמוכה במיוחד בבית גידול זה. נראה מתוך כך ומתוך הקשר צפיפות מושבות \ גודל מושבות \ כיסוי חי כי שולחן השונית נבדל משאר האתרים הן באופיו הביולוגי והן בתהליכים העוברים עליו (ראו למשל למטה "צפיפות מושבות אלמוגים וגודל מושבות אלמוגים"). בהתחשב במגוון ההבדלים הפיסיים והאוקיינוגרפיים בין שולחן השונית ואתרי קדמת השונית מוצע בזאת שלא להשוותו לאתרים האחרים. ניטורו של שולחן השונית מבוצע על מנת לעקוב אחר מצבו הוא לאורך זמן. חשיבות גדולה יש לאתר זה בהיותו הנראה ביותר והנלמד ביותר בעבודות קודמות אשר סקרו את שונית האלמוגים באילת. עם זאת, בסקרים לא מעטים בעבר נעשה שימוש בממצאים משולחן השונית לשם הסקת תהליכים בשונית ללא

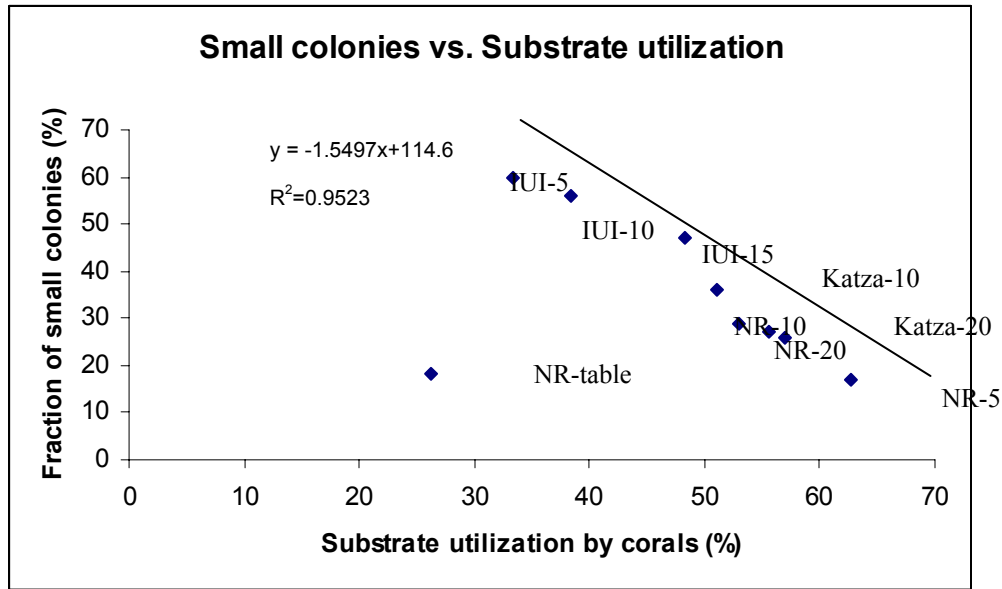
נתוני רוח, גלים וגובה פני הים, אשר להם יכולה להיות השפעה עיקרית על שולחן השונית. מדידת פרמטרים אלה בתכנית הניטור מאפשרת ניתוח מעמיק של מגמות שינוי בשולחן השונית (באם תתרחשנה) ושל וסיבותיהן.

#### מגוון המינים:

השנה נעשה שימוש במדד מגוון המינים של Shannon-Wiener כפי שהוערך עבור כל אתר על ידי תכנת EstimateS (Colwell, 2005). לצורך ההשוואה בין השנים המרנו את ערכי מדד המגוון שדווחו בשנים הקודמות להערכות עבור האתר בעזרת התכנה. לשימוש בתכנה להערכת המגוון באתר יתרון בולט על פני חישוב המגוון ישירות מתוך המדידות בכך שחישוב ישיר, כפי שנעשה בעבר נותן הערכת מגוון עבור מקטע ממוצע באורך 10 מטרים בכל אתר. בחישוב כזה תהיה באתרים בהם צפיפות האלמוגים נמוכה הערכת מגוון שגויה כיוון שבחתך בן עשרה מטרים צפוי מגוון נמוך ולו בגלל שצפויים מעט אלמוגים. אין פירושו של דבר שבאתר מגוון מינים נמוך אלא רק שאינך צפוי "לפגוש" את המגוון האמיתי במקטע של עשרה מטרים. שימוש בתכנת EstimateS פותר בעיה זו על ידי צבירה סטטיסטית של נתוני החתכים לקבלת ערך מגוון צפוי עבור האתר כולו (ראה דו"ח הניטור 2006 לסקירה מקיפה יותר). כתוצאה משימוש בהערכת המגוון עבור האתר השתנה מיקומם היחסי של אתרים במדד המגוון. בפרט, האתר 10-NR שהיה בעל מדד מגוון הנמוך ביותר (בחישובים לאורך מקטע של 10 מטרים) קיבל את הערכת המגוון הגבוהה ביותר. נראה כי הערכת המגוון בעזרת תכנת EstimateS משקפת טוב יותר את מגוון המינים באתר. חסרונו של המעבר להערכת המגוון בעזרת התכנה בכך שלא ניתן להשוות את הערכת המגוון לחישובי המגוון שבוצעו בעבר הרחוק. מצד שני, מנתוני תכנית הניטור ניתן בקלות לחשב מגוון עבור מקטע ממוצע בן עשרה מטרים, במידת בצורך. ומאידך בעזרת הערכת המגוון באתר ניתן להשוות את הערכת המגוון באתרי הניטור עם כל הערכת מגוון עבור אתר כלשהו, בלא תלות בגודל יחידת הדגימה (אורך החתך) או אופי האתר.

#### צפיפות מושבות אלמוגים וגודל מושבות אלמוגים:

כמו בשנים הקודמות גם נתוני השנה מחזקים את ההערכה כי הגורם המגביל את השוניות באילת מבחינת אחוז הכיסוי החי הוא שרידות האלמוגים וצמיחתם לגדלים גדולים מ-15-10 ס"מ (מקובל לייחס גודל זה לאלמוגים בני שנים ספורות), ולא אספקת מתיישבים חדשים וגיוסם לשוניות. הדבר ניכר בבירור מההתאמה בין יעילות ניצול המצע ובין פרקציית המושבות הקטנות באתר (איור ב16). הערכה זו זוכה לתמיכה חזקה מההשוואה בין אתרי IUI בעומקים 5 ו-15 מטרים. שני האתרים סמוכים וחשופים לתנאים דומים, נבדלים בעומק המים. יחד עם זאת אתר 5-IUI הוא בעל צפיפות מושבות גדולה הרבה יותר, ובו רב חלקן של המושבות הקטנות. אתר 15-IUI לעומתו בעל אחוז קטן יותר של מושבות קטנות ובעל כיסוי חי גדול יותר. הנחה סבירה היא ששטף האלמוגים המתגייסים דומה בשני האתרים. העובדה שבאתר הרדוד יותר, בו פרקציית המתגייסים גדולה יותר, הכיסוי דל ביותר מצביעה על הבעיה – שרידות. אותו שטף מתגייסים בעומק גדול יותר תומך באוכלוסיית אלמוגים גדולים יותר ונמצא בעל כיסוי חי גדול יותר. בעיית השוניות באילת היא בעיה של שרידות וגדילת אלמוגים, ולא של אספקת מתיישבים. יוצא מן הכלל באופן בולט הוא אתר שולחן השונית בו אחוז הכיסוי וניצול המצע הקשה נמוך במיוחד, אך גם פרקציית המושבות הקטנות קטנה במיוחד. יתכן שבשולחן השונית ישנו קושי בהתגייסות מושבות, ושזהו גורם המגביל את התפתחות השונית שם.



איור 16: אחוז מושבות האלמוגים הקטנים מסך כל מושבות האלמוגים באתר כנגד אחוזי הניצול של מצע קשה המתאים להתיישבות אלמוגים (אחוז הכיסוי החי/אחוז המצע הקשה). קו ההתאמה בין הנקודות אינו כולל את אתר שולחן השונית, אשר מתנהג באופן שונה בעליל.

**Figure B16: The percent fraction of small coral colonies versus the fraction of available substrate that is utilized by corals (% live cover/% consolidated substrate). The regression line between points excludes the NR reef table site that evidently obeys a different rule.**

#### מסקנות:

סקרים בשיטת חתכי הקו בשונית מאפיינים באופן סטטיסטי מגוון של משתנים אקולוגיים באתרי השונית הנסקרים. האפיון הסטטיסטי מצביע על מצב השונית באתר כולו, ואינו מתייחס לגורלה של מושבת אלמוגים זו או אחרת. אפיון אתרים באמצעות מדידה של חתכים קווים מאפשר להעריך משתנים אקולוגיים הקשורים לתפקוד השונית ולעקוב אחר שינויים בזמן במאפייני חברת שונית האלמוגים בשוניות הנמצאות בשטח ישראל באמצעות חזרה על הסקרים לאורך תקופה ארוכה. מאידך, שינויים במאפייני שונית שאינם תוצאה של הפרעה מסיבית הינם איטיים. על כן ייתכן שפרק הזמן בו פועלת תכנית הניטור (זו השנה הרביעית) הינו עדיין קצר על מנת לאבחן מגמות ארוכות טווח, באם קיימות. השונות הרבה בתוך ובין האתרים, הן בסביבה הפיסית והן בחברת האלמוגים, מקשה אף היא על ההשוואה בין השנים ובין האתרים. יחד עם זאת ניתן בעזרת נתונים אלה לאבחן את מצב השוניות באתרים השונים ולהתריע על נקודות תורפה והתפתחויות מדאגות, בפרט באתרים החורגים מהמגמה הכללית.

1. אופייה הכתמי של שונית האלמוגים באילת גורם לשונות טבעית רבה בין אתרים ומכתיב התבוננות באחוזי הניצול של מצע מלוכד. בעוד שאחוזי הכיסוי החי שונים מאד בין אתרים, שונות זו משקפת במידה רבה הבדלים בהתפלגות המצע. התבוננות באחוזי הניצול של מצע מלוכד מראה שונות קטנה הרבה יותר בין האתרים. חריגים הם האתרים 5-NR, בו כיסוי גבוה מהצפוי, ו-1-NR-table, בו כיסוי נמוך מהצפוי על סמך אחוז המצע הלא-מלוכד, וזאת בהתחשב במגמה הכללית באתרי אילת (איור 5).
2. ניצול המצע הקשה, הזמין להתיישבות אלמוגים, עלה השנה בכל האתרים בהשוואה לשנה הקודמת (2006). שינוי זה נמצא מובהק סטטיסטית (מבחן ANOVA). בפרט ראויים לציון אתרי IUI-5 ו-15 שם, על אף היות הערכים נמוכים יחסית, נכרת עלייה הדרגתית זו השנה הרביעית. אחוזי ניצול המצע שנמדדו השנה באתר IUI-15 דומים השנה לאלו של האתר KATZA-10. אולם יש לציון שההבדלים בין השנים (=קצב העלייה) באתרי IUI קטנים, והמגמות עדיין אינן מובהקות.
3. ההתאמה בין צפיפות מושבות האלמוגים ובין הכיסוי החי באתרים טובה מההתאמה בחתכים ומההתאמה בין הצפיפות על גבי מצע קשה ובין יעילות ניצול המצע הזמין לאלמוגים. ממצאים אלו, בנוסף להתאמה ההפוכה היוצאת מן הכלל בין יעילות ניצול המצע ובין חלקן של המושבות הקטנות באתר מחזקות את ההערכה שעלתה בדו"חות הניטור הקודמים שהגורם המגביל את גידול השונית



- באילת אינו התגייסות הלוות אלא שיעור השרידותם של המתגייסים וגידולם וכי כל האתרים סובלים ממחסור כרוני במושבות גדולות.
4. אלמוגים לא-מעונפים נפוצים (מספרית) הרבה יותר מאלמוגים מעונפים ועל כן התפלגות גדלי האלמוגים באתר נוטה אחר התפלגות גדלי האלמוגים הלא-מעונפים (על פי חלוקה לקטגוריות גודל כמפורט למעלה). באתרי IUI בהם אחוזי כיסוי חי נמוכים ויעילות ניצול מצע נמוכה אלמוגים מקבוצת הגודל קטנים דומיננטיים באופן בולט. השינויים בקבוצות הגודל של אלמוגים לא-מעונפים באתרים השונים מאז 2005 אינם גדולים בד"כ. באתר 5-NR נסקרו השנה יותר מושבות גדולות ופחות ענקיות, ובאתר 10-IUI נמצאה עלייה במספר המושבות הקטנות.
5. בשנים 2004-2006 נמצאה ירידה מובהקת באחוז הרקמה החיה של מושבות אלמוגים, אולם מגמה זו התהפכה בשנת 2007, בה נמצאו ערכים גבוהים יותר של אחוז החיות בהשוואה לשנים הקודמות. הבדל זה בין השנים נמצא מובהק סטטיסטית. ערכי אחוז החיות השנה דומים לערכים שנמדדו בשנים 2004-2005.
6. הערכת מגוון המינים על פי מדד Shannon-Wiener הראתה השנה ירידה קלה במגוון ברוב האתרים (עלייה נמצאה רק באתר 10-NR). מבנה החברה בשוניות אילת נותר יציב, עם הרכב סוגי אלמוגים דומה לזה שבשנים הקודמות.

## ב.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 שונית קבועים באתרי שונית בחוף הצפוני, חוף הדקל, קצא"א, שמורת האלמוגים, המעבדה הימית, וטאבה (איור ב17). בכל אתר חוברת 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 ב18). 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. בניתוח הנתונים נעשית השוואה בין תמונות חופפות בכל סקר. סקר הצילום נערך מדי שנה באותה עונה.

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

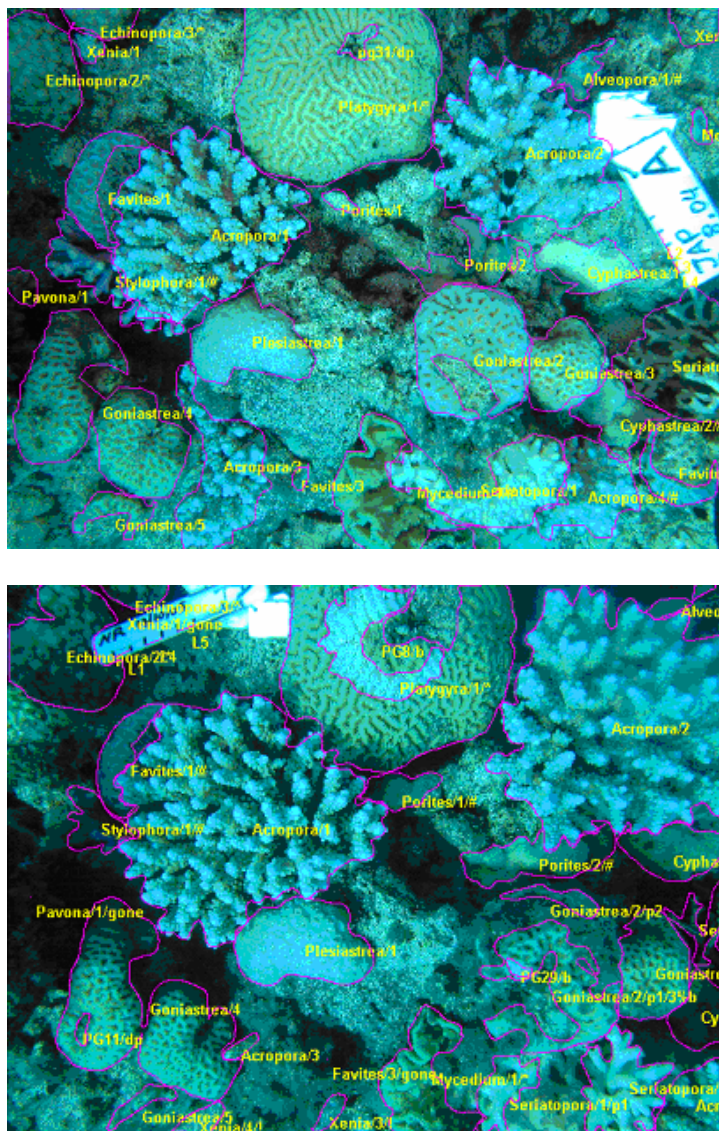
שטח האלמוגים ניתן ביחידות pixel מכיוון שכיול השטח לסמ"ר נמצא לא מדויק עקב הבדלי הגובה של מושבות יחסית למצלמה. קנה מידה מקורב למדידות השטח:  $1\text{cm}^2=2\text{kp}=2,000\text{pixels}$ . שינויים בשטח ניתנים באחוזים וכך מנוטרלים הבדלי הכיול והטופוגרפיה בין המושבות.

להבדיל מחתכי הקו אשר משווים אפיון סטטיסטי של אתר, בסקר המצולם ישנה השוואה נקודתית של התפתחות אותן מושבות בדיוק משנה לשנה. אתרי הצילום מתעדים נקודות קבועות ואינם מהווים ייצוג סטטיסטי מאפיין של אחוזי כיסוי, מגוון או שכיחות מינים. כוחו של הסקר המצולם, המסתמך על ניתוח של עשרות ריבועים ב-6 אתרים בין החוף הצפוני לטאבה, הוא במתן אמדן 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 ב17: אתרי הסקר המצולם לאורך חופי אילת (מסומנים בירוק).

Figure B17: Sites of the photo-survey of coral reefs along the Eilat coastline (green markers).



איור ב18: צילום חוזר מאתר קבוע בשונית שמורת האלמוגים. למעלה 2004, למטה 2005. בין השינויים הבולטים ניכרת תמותה חלקית של האלמוג הגושי *Platygyra 1* (למעלה במרכז) וצמיחה (גידול בשטח) של מושבות האלמוג המעונף *Acropora 1,2* (מרכז התמונה ולמעלה מימין, בהתאמה). בנוסף, ישנן מושבות חדשות המופיעות רק בצילום משנת 2005, ומושבות החסרות בצילום זה. שטחי כל המושבות כמו גם השטחים המתים מסומנים (קו סגול) לצורך חישובי שטחים.

Figure B18: 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

במהלך שנת 2007 נותחו 91 תמונות לצורך השוואה עם השנים הקודמות. בסך הכל נספרו 1885 מושבות מכל הסוגים ונמדד שטחם של 1179 אלמוגים לצורך השוואת שטחים בין השנים. סיכום נתוני הצילומים מופיע בטבלה ב-4.

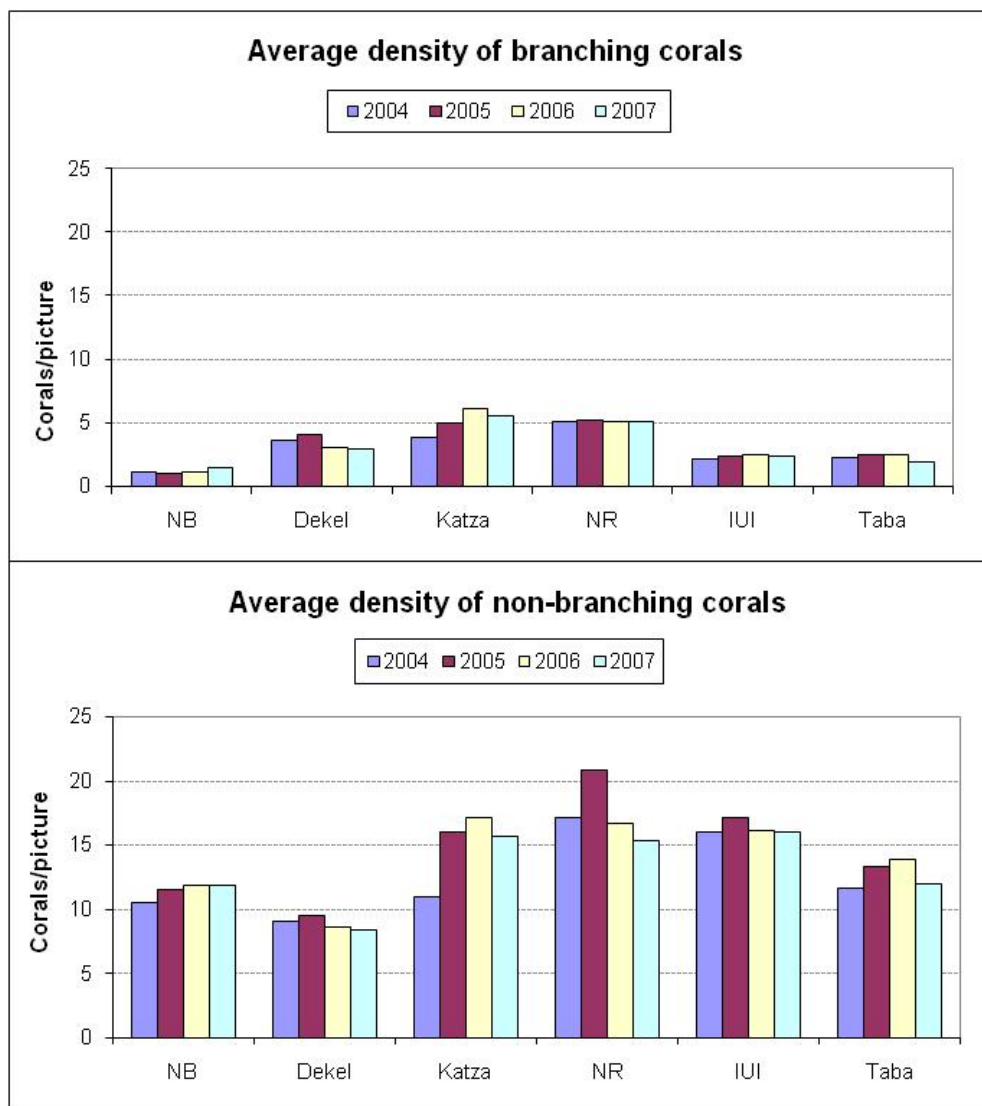
בכל האתרים המצולמים מספר מושבות האלמוגים הלא-מעונפים (גושיים, מרפדים, סוליטריים וכו') גדול מאד ביחס לאלמוגים מעונפים. המספר הגדול ביותר של מושבות נסקר בשמורת חוף אלמוג. צפיפות מושבות גבוהה (של כ-25 אלמוגים בתמונה) נמדדה בקצא"א, בשמורת חוף אלמוג, ובמעבדה הימית. בשאר האתרים הצפיפות נמוכה יותר. צפיפות מושבות ממוצעת בכל התמונות הייתה 20.7. אלמוגי האבן מכסים את מרבית השטח בכל האתרים המצולמים. השטח החי הגדול ביותר נמצא השנה בשמורת חוף אלמוג שם גם שטח האלמוגים המעונפים הגדול ביותר. שטחם של האלמוגים הלא-מעונפים גדול ביותר בטאבה. בכל האתרים היה השנה שטח האלמוגים הלא-מעונפים גדול משטח האלמוגים המעונפים, בדומה ליחס בכמות המושבות. יש לזכור, עם זאת, שבחירת השטחים המצולמים נעשתה שלא באקראי והייתה מוטה לטובת כתמי שונית עתירי אלמוגים.

Site	No. of Pictures	Branching corals (stony)		Non-branching corals (stony)		All corals (stony, soft, millepora, others)	
		No. of colonies	Area (k-pixels)	No. of colonies	Area (k-pixels)	Count (#)	Area (k-pixels)
NB	12	14 (17)	409	103 (145)	4,436	139 (195)	7,108
Dekel	19	27 (60)	3,061	80 (185)	4,696	146 (320)	9,814
Katza	12	45 (78)	1,602	125 (206)	2,807	194 (311)	4,706
NR	16	49 (83)	5,737	162 (251)	6,027	273 (410)	13,787
IUI	12	14 (29)	573	158 (195)	1,675	220 (279)	2,413
Taba	20	12 (40)	2,277	149 (254)	7,898	207 (370)	11,196
<b>Total</b>	<b>91</b>	<b>161 (307)</b>	<b>13,659</b>	<b>777 (1236)</b>	<b>27,540</b>	<b>1179 (1885)</b>	<b>49,024</b>

טבלה ב-4: סיכום נתוני השטחים ומספר מושבות האלמוגים שנאספו בסקר הצילום בשנת הניטור 2007. "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". בסוגריים מספר המושבות הכללי ומחוז' לסוגריים מספר המושבות ששטחן נמדד.

**Table B4: Summary of the areas and number of corals surveyed in the 2007 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 attempts to "real surface area". The number of colonies refers to colonies for which area data is considered and the total number of colonies is given in brackets.**

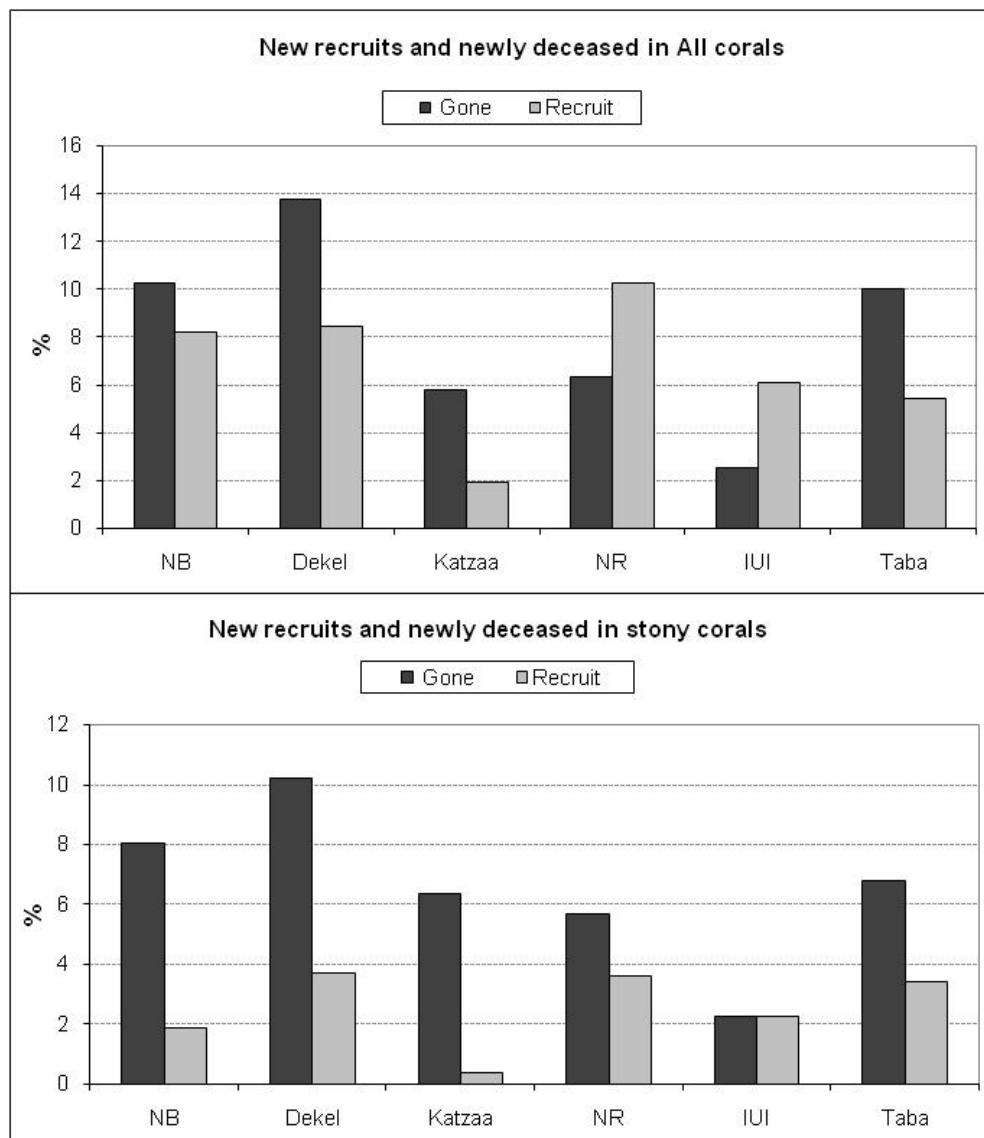
לא נמצאו שינויים גדולים בצפיפות מושבות אלמוגי האבן בכל האתרים מאז שנת 2004. בצפיפות מושבות אלמוגים מעונפים נמצאו הבדלים קטנים מאד בין השנים, ובצפיפות האלמוגים הלא-מעונפים ישנם הבדלים מעט גדולים יותר. ברוב האתרים צפיפות המושבות בשנת 2007 נמוכה מעט מאשר בשנים הקודמות מאז 2005 (איור ב-19). צפיפות אלמוגי האבן הייתה גבוהה ביותר באתרי קצא"א והשמורה, ונמוכה ביותר באתרים הצפוניים (החוף הצפוני וחוף הדקל).



איור ב19: הצפיפות הממוצעת (מספר מושבות בתמונה) של מושבות אלמוגים מעונפים (למעלה) ולא-מעונפים (למטה) בשנים 2004-2007 באתרי הסקר המצולם.

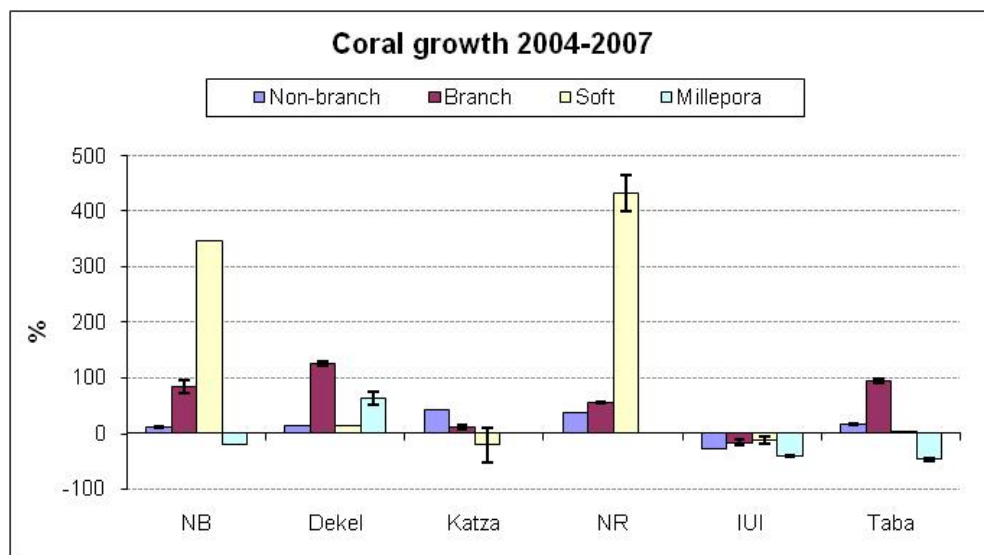
**Figure B19: The average density (colonies per photograph) of branching (top) and non-branching corals (bottom) at the photo-survey sites since 2004.**

באתרי השמורה והמעבדה הימית נמצא השנה עודף התיישבות על תמותה (איור ב20), אולם כאשר נבחנת המגמה ללא אלמוגים רכים (קרי, אלמוגי אבן בלבד) נמצא השנה עודף של תמותה על התיישבות בכל האתרים למעט אתר המעבדה הימית, בו מספר מושבות אלמוגי האבן שהתיישבו זהה למספר המושבות שמתו. תמותת אלמוגי אבן הייתה רבה בעיקר באתרי קצא"א, הדקל והחוף צפוני, ומסתכמת בירידה של כ- 6% במספר המושבות בהשוואה לשנה החולפת.



איור 20: התיישבות ותמותה של מושבות אלמוגים מכל הסוגים (למעלה) ושל אלמוגי אבן (למטה) באתרים המצולמים בשנת 2007. על מנת לאפשר השוואה בין האתרים הנתונים מוצגים כאחוזים מכלל המושבות באתר. **Figure B20: Colony recruitment and death for all corals (top) and for stony corals only (bottom) at the phot-survey sites in 2007. To allow a comparison between sites the data are presented as percent of the total number of colonies at each site.**

גידול אלמוגים מאז שנת 2004 נמדד על ידי השוואת שטח מושבות האלמוגים המופיעות הן בסדרת הצילומים של 2004 והן בצילומי השנה הנוכחית. הקבוצה בה נמדדו השינויים הגדולים ביותר היא קבוצת האלמוגים הרכים, אשר גדלה מאד בחוף הצפוני ובשמורת חוף אלמוג (איור ב21). בשנה הקודמת (2006) נרשם גידול דומה גם באתר טאבה, אך השנה נראה כי בסך הכל לא גדלו מושבות האלמוגים הרכים באתר זה בהשוואה ל-2004, דהיינו, הייתה ירידה גדולה בשטח מושבות האלמוגים הרכים בין 2006 לשנה הנוכחית. אלמוגי האבן המעונפים מראים ברוב האתרים גדילה של עשרות אחוזים (ערך מרבי בחוף הדקל, 126%), והאלמוגים הלא-מעונפים גדלו בשיעור קטן יותר. רק באתר המעבדה הימית נמצאה השנה ירידה בגידול כל סוגי המושבות.

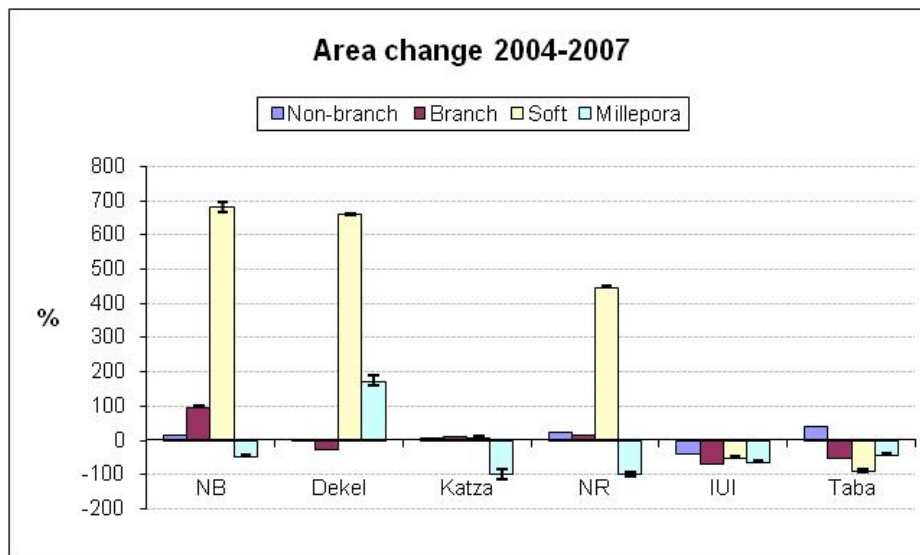


איור ב21: סיכום צמיחת אלמוגים מכל הקבוצות מאז 2004 באתרים המצולמים. צמיחת אלמוגים היא ההפרש בשטח המושבות אשר קיימות ושיטחן ניתן למדידה בשנים 2004 ו-2007, חלקי שיטחן בשנת 2004, וניתנת באחוזים.

**Figure B21: Growth of corals between 2004 and 2007 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.**

הבדלים בגדלי המושבות המתות והמתיישבות גורמים לכך שלא תמיד תואם השינוי במספר המושבות לשינוי בסך שטח האלמוגים. תמותה עשויה לפגוע הן במושבות גדולות והן בקטנות, בעוד שהתיישבות מורכבת תמיד ממושבות קטנות. באיור ב22 ניתן סך השינוי בשטח האלמוגים (כולל תמותה והתיישבות) להלן "השינוי בשטח" בכל סוגי המושבות מאז 2004. השינוי בשטח חושב על ידי חיסור סך השטח הנמדד בתמונת 2007 מסך השטח אשר נמדד בשנת 2004 בה נעשתה סידרת הצילומים הראשונה עבור אותן תמונות. המספר העצום של מושבות באנליזה זו גורם לכך שתנועות אקראיות של המצלמה בין השנים מבטלות זו את זו. יחד עם זאת ראוי לזכור כי בעוד שחשוב "הצמיחה" (איור ב21) מתייחס לאותן מושבות המופיעות במלואן בשתי סדרות הצילום, כאן אין בהכרח צימוד שכזה.

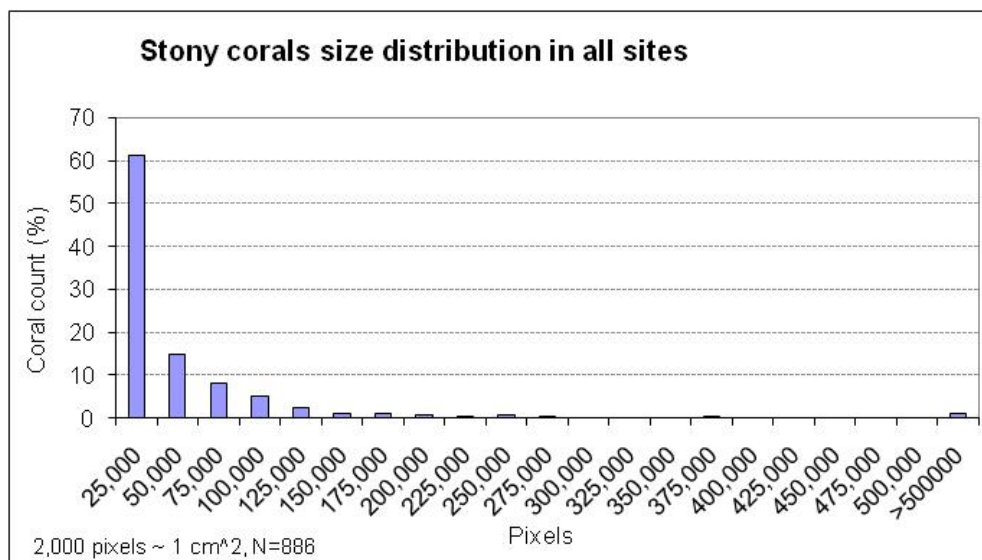
אתר השמורה הוא היחיד המראה גידול בשתי קבוצות אלמוגי האבן (מעונפים ולא-מעונפים) ובאלמוגים רכים, וללא שינוי באלמוגי האש. בשאר האתרים ישנה ירידה לפחות באחת הקבוצות. גידול מירבי בשטח אלמוגי האבן נמצא בחוף הצפוני, ובטאבה נמצא גידול בשטח האלמוגים הלא-מעונפים. גם באתרי השמורה וקצא"א גדל שטח אלמוגי האבן מאז 2004, אך במידה קטנה: 9-21%. שטח הכיסוי של האלמוגים הרכים דינאמי ביותר, וגדל במאות אחוזים באתרי השמורה, חוף הדקל והחוף הצפוני. גידול בשטח אלמוגי האש נמצא רק באתר הדקל. עבור יתר הקבוצות ביתר האתרים נמדדה ירידה בשטח הכיסוי מאז 2004.



איור ב22: השינוי הממוצע בסך שטח האלמוגים בכל אתר. שינויי שטח מחושבים כהפרש שטח האלמוגים בין השנים בכל תמונה חלקי שטח האלמוגים מאותה תמונה בשנה הראשונה וניתן באחוזים.

**Figure B22: The average change in live cover for each site. Area changes are the difference in colony area between colonies of both photos normalized by the colony area of the earlier photo and given as percent change.**

התפלגות גדלי האלמוגים באתרים המצולמים בשנה החולפת דומה לזו של השנים הקודמות. כשישים אחוז ממושבות אלמוגי האבן באתרים המצולמים קטנים מכ-12 סמ"ר (איור ב25) ולמעלה מ-80% קטנים מכ-40 סמ"ר (קוטר של כ-8 ס"מ). המושבות הקטנות פגיעות יחסית ורוב תמותת האלמוגים מתרחשת באוכלוסיה זו.



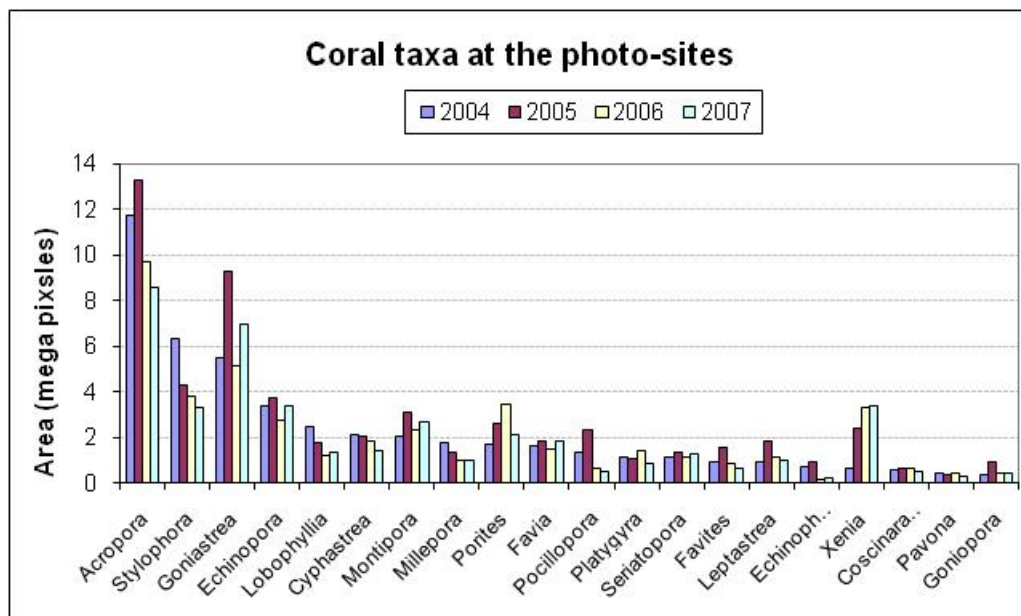
איור ב23: התפלגות גדלי האלמוגים (שטח מושבות) באחוזים מכלל מושבות אלמוגי האבן החיות אשר שטחן ניתן למדידה באתרים המצולמים ב-2007.

**Figure B23: Size distribution (percentage of colonies for each size group- photographed colony area) of stony corals pictured in 2007.**

בשנת 2007 נמדדה עלייה בעיקר בשטח האלמוג *Goniastrea*, האלמוג השלישי בתפוצתו (מבחינת השטח) ב-2004, אשר היה השנה שני לאחר אלמוגים מסוג *Acropora*. האלמוג הרך *Xenia* אשר גדל מאד



בשנה החולפת נותר בעל שטח גדול, אך לא הוסיף לשטחו באופן משמעותי. יחסית לשנת 2004 נמדדה ירידה בשטחם של האלמוגים הנפוצים *Acropora* ו-*Stylophora* (איור ב24). בסך הכל השנויים בשטחם הכולל של אלמוגים מסוגים שונים מאז 2004 בכל האתרים המצולמים אינם גדולים.



איור ב24: עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר (לפי שטח) בסדרות הצילום 2004-2007.  
**Figure B24: The twenty most abundant corals (by area) in the 2004-2007 photo-surveys.**

#### סיכום

להבדיל מתוצאות חתכי הקו אשר הראו השנה התאוששות ועלייה ברוב הפרמטרים בשונית, ניתוח צילומי האתרים הקבועים הצביע על עודף מספרי של תמותה על התיישבות ברוב האתרים. יחד עם זאת, במרבית האתרים ניכרה צמיחה של אלמוגים – אם כי לא גדולה – מאז 2004. רק באתר המעבדה הימית, אשר בחתכי הקו מראה התאוששות הדרגתית, נמדדה בצילומים צמיחה שלילית של כל קבוצות האלמוגים מאז 2004. סך שטח אלמוגי האבן לעומת זאת, ירד גם בחוף הדקל, ועבור האלמוגים הלא-מעונפים גם בטאבה.

התפלגות סוגי האלמוגים והשינויים בזמן הנמדדים באתרים המצולמים משקפים דינאמיקה יציבה של החברה ואינם מעידים על משבר חמור מחד או על פריחה יוצאת מן הכלל מאידך. ברב האתרים נמצא גידול, אם כי לא גדול, בשטח האלמוגים מאז 2004.

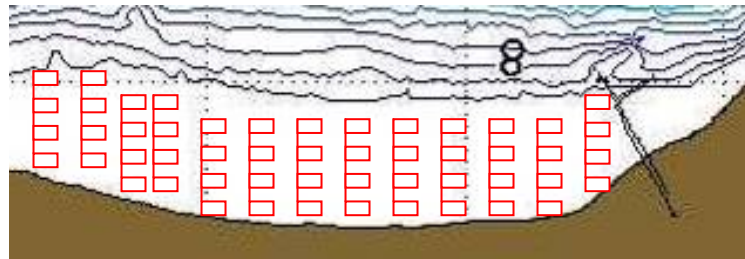
### ב.3. חברת האלמוגים בלגונת שמורת האלמוגים

#### מטרה

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

#### שיטות

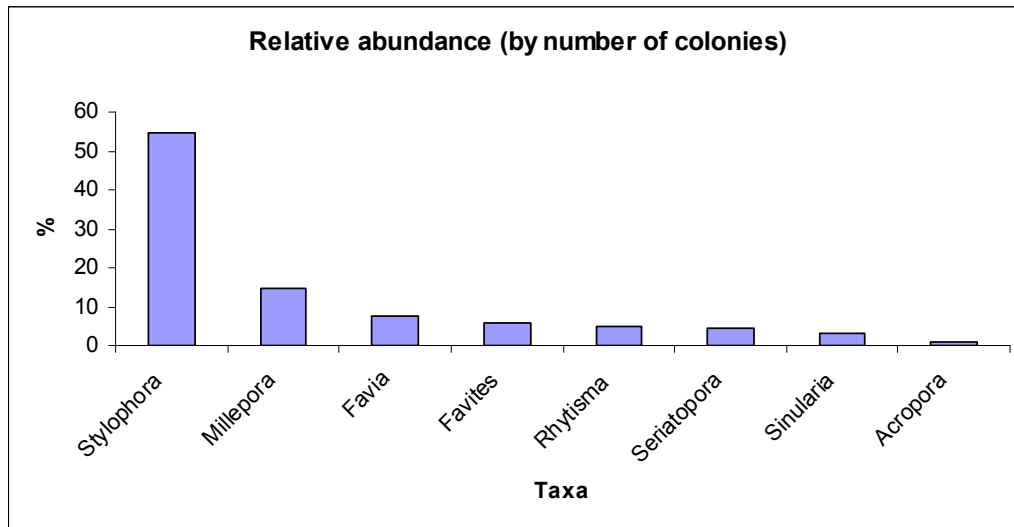
מרכיבי חברת השונית שנסקרו בלגונה הם אלמוגי אבן, אלמוגים רכים, וחסרי חוליות. קרקעית הים (=מצע) חולקה לחול וחציץ (=מצע לא מלוכד), סלע, ושונית. מפאת מיעוט האלמוגים, שיטת חתכי הקו לא התאימה לסקר החברה בלגונה. לפיכך, השתמשנו ביחידת דגום של ריבוע בגודל 1X1 מ'. הריבועים הונחו בשיטה סדורה לאורך סרט מדידה שנפרש בניצב לחוף (להלן "קו דגום") ממרחק של 9 מ' מקו החוף ועד לשולחן השונית במרווחים של 5 מטרים זה מזה. לשם כך הוגדר "קו החוף" 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 101 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 ב25). 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 ב25: 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 השונית (קו דגום). כל קו דגום כלל בין 5 ל-6 ריבועים, (על אף שבאיור משורטטים רק 4 לכל חתך). סה"כ בוצעו 17 קווי דגום בשטח הלגונה (102 ריבועי דגום).  
**Figure B25: The sampling design in the lagoon. 1 m<sup>2</sup> 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

ב-101 הריבועים שנסקרו בלגונה נספרו סה"כ 288 מושבות אלמוגי אבן מ-12 סוגים, ו-30 מושבות אלמוגים רכים מ-5 סוגים. הצפיפות הממוצעת של אלמוגי אבן 3.14 מושבות למטר רבוע. מגוון המינים המחושב לפי מדד Shannon-Wiener הוא 1.61 (חישוב בעזרת תכנת EstimateS). המין הנפוץ ביותר בלגונה הוא האלמוג *Stylophora pistillata* המהווה 55% מכלל מושבות אלמוגי האבן שנספרו. שכיחות סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר מופיעה באיור ב26, וצפיפותם נתונה בטבלה ב5. צפיפות מושבות אלמוגים בלגונה נמוכה השנה מאשר בשנים קודמות (איור ב27). מאז שנת 2004 ההבדלים בצפיפות מושבות האלמוגים בלגונה אינם מובהקים (מבחן ANOVA, p=0.172). לאחר שבשנה הקודמת (2006) מגוון המינים לפי מדד Shannon-Wiener היה גבוה במיוחד, המדד שחושב השנה דומה לערכים מהשנים 2004-5 (איור ב28).

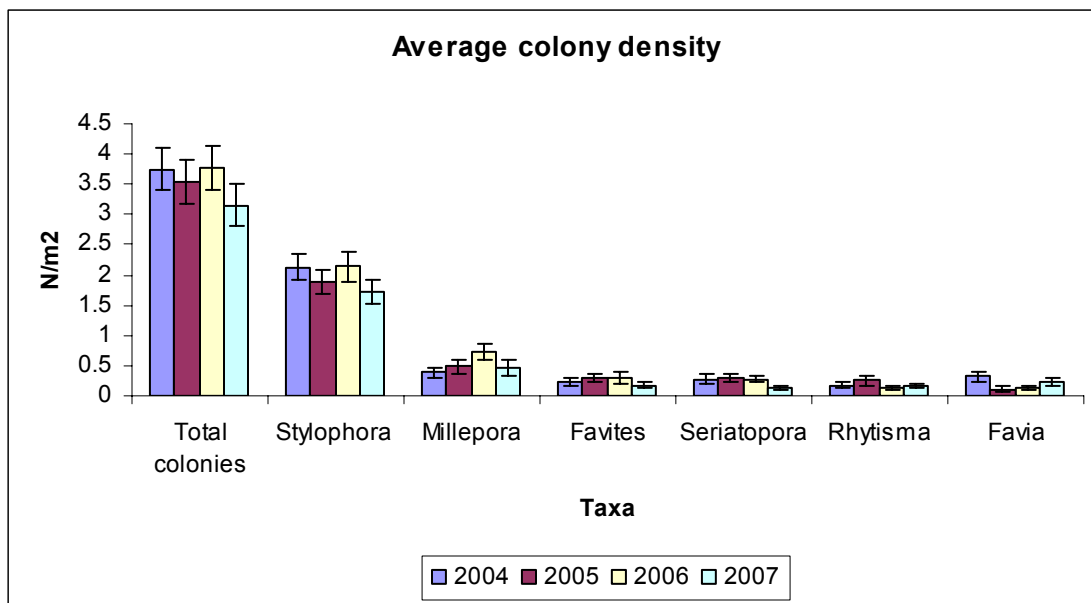


איור ב26: השכיחות היחסית (באחוזים) של סוגי האלמוגים העיקריים בלגונה (מהווים 92%).  
**Figure B26: Relative abundance of the dominant coral genera in the lagoon (these total 92%).**

	Colonies/m <sup>2</sup>	SE
Total colonies	3.1	0.3
<i>Stylophora</i>	1.7	0.2
<i>Millepora</i>	0.5	0.1
<i>Favites</i>	0.2	0.0
<i>Seriatopora</i>	0.1	0.0
<i>Rhytisma</i>	0.2	0.0
<i>Favia</i>	0.2	0.1

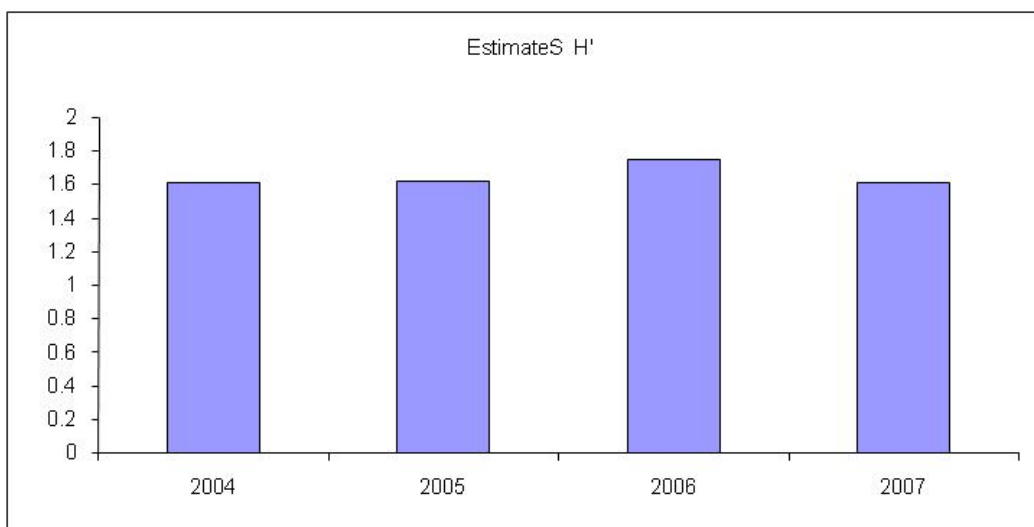
טבלה ב5: צפיפות ממוצעת (מספר מושבות למטר רבוע) של סך מושבות האלמוגים ושל סוגי האלמוגים העיקריים בלגונה. SE=שגיאת התקן.

**Figure B5: The average density (colonies per square meter) of all corals and of the dominant coral taxa found in the lagoon. SE= standard error.**



איור ב27: השוואת הצפיפות הממוצעת (מושבות למטר רבוע) של האלמוגים העיקריים בלגונה בשנים 2004 – 2007.

**Figure B27: The average density (colonies/square meter) of the dominant coral genera found in the lagoon in 2004 - 2007.**



איור ב28: השינויים במגוון מיני האלמוגים (על פי מדד המגוון של Shanon-Wiener) בלגונה מאז 2004 כפי שהוערכו בעזרת תכנת EstimateS.

**Figure B28: Changes in coral diversity in the lagoon since 2004, according to the Shanon-Wiener index, estimated using the EstimateS software.**

מסקנות

השנה נמדדו ערכי צפיפות ומגוון נמוכים יותר בלגונה בהשוואה לשנה הקודמת, אולם התגודות בין השנים אינן מובהקות ונראה כי בסה"כ אוכלוסיית הלגונה יציבה.

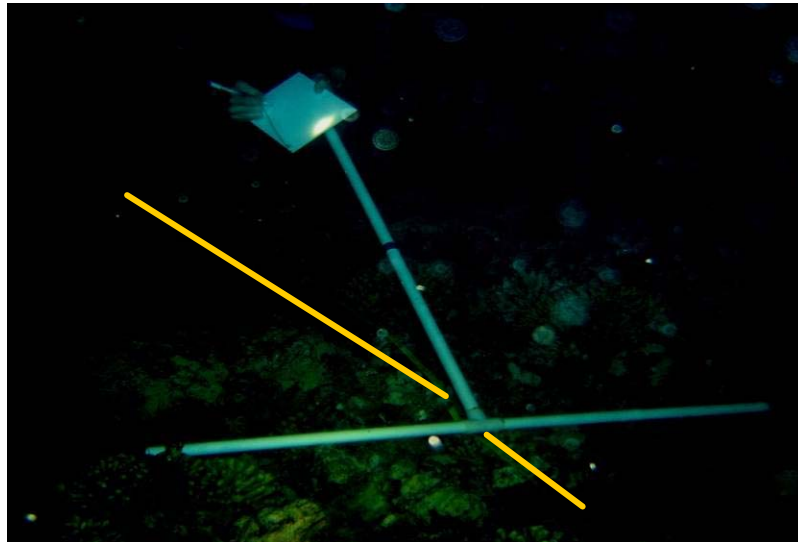
## ב.4. דיגום חסרי חוליות

### מטרה

אמזן שיפעת חסרי החוליות הניידים העיקריים בשונית האלמוגים בחוף הדרומי.

### שיטות

סקר חסרי החוליות נערך בשעות הלילה מכיוון שבשעות היום מרבית חסרי החוליות מסתתרים. הסקר התמקד בשוניות האלמוגים במעבדה הימית ובשמורת חוף אלמוג (באזור הסגור למבקרים) בעומקים 5 ו-10 מטרים (במקביל לעומקים בהם נערכים חתכי האלמוגים). הספירה החלה שעה אחת 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 הקודמות. לאור מספרם הקטן של חסרי החוליות בוצע השנה כיסוי מירבי של האתרים הנסקרים: סרט מדידה נפרש מנקודה אקראית באחד מקצות האתר לאורך קו העומק הנסקר. במהלך צלילה בוצע הסקר לאורך כל הסרט (60-100 מטרים) כאשר סרט מדידה נוסף נפרש מהמקום בו מסתיים הקודם, עד לקצה האתר. מנקודת ההתחלה מתקדם צולל המחזיק מתקן בצורת T וסופר כל פרט הנמצא תחת המוט הניצב, אשר אורכו מטר אחד (איור ב29). באופן זה נסקרת רצועה שאורכה הוא אורך האתר, ורוחבה 1 מ'. 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. בשיטה זו נסקר מירב השטח באתר 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 ב29: 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').

**Figure B29: 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.**

## תוצאות

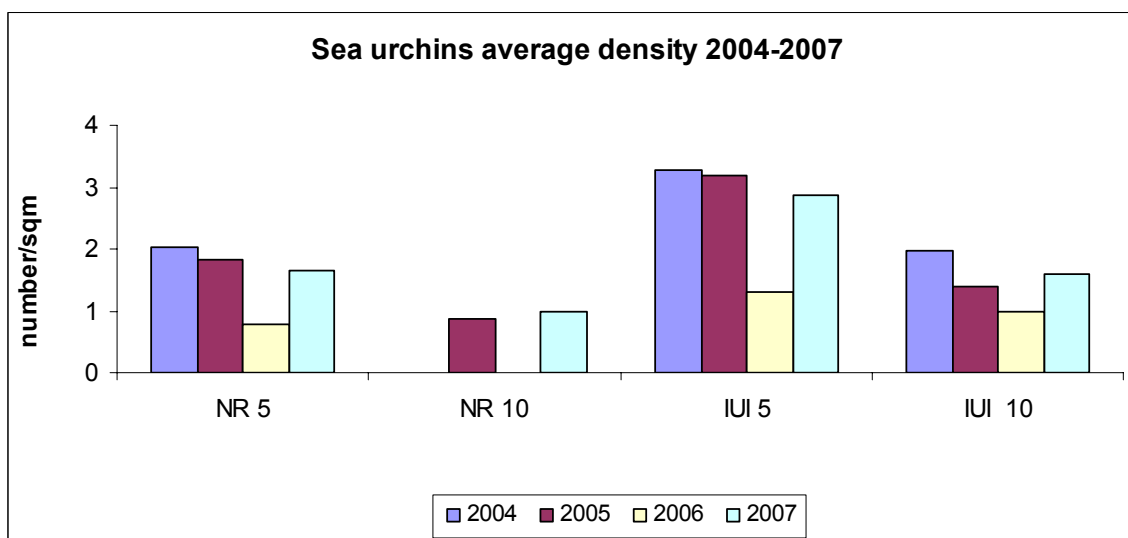
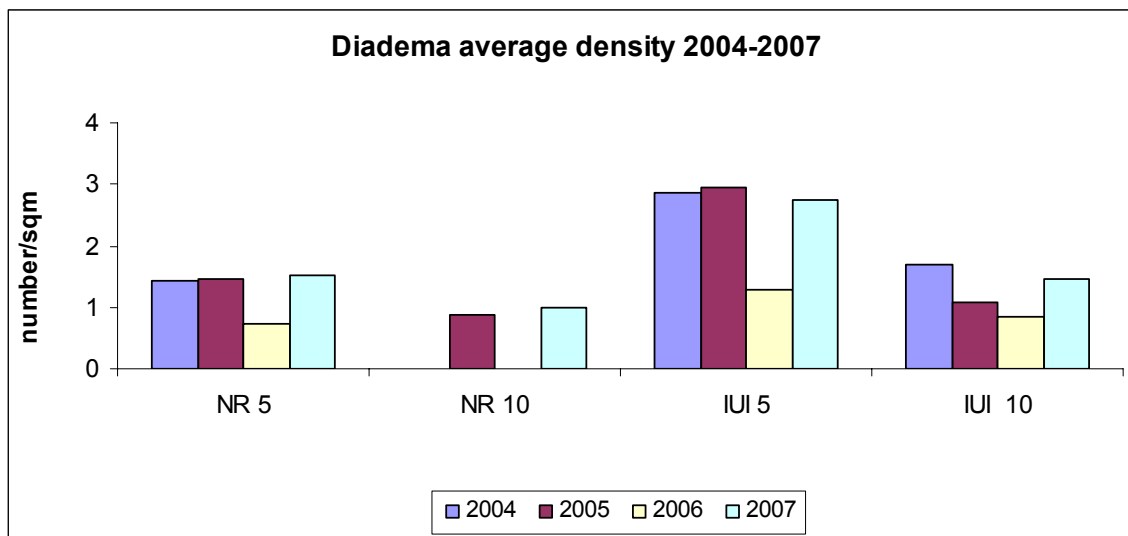
השנה נסקרו בין 180 ל-370 מטרים רבועים בכל אחד מהאתרים הנסקרים: שמורת חוף אלמוג והמעבדה הימית בעומקים 5 ו-10 מ' (ראו טבלה ב6).

Location	Meters surveyed
IUI-10	180m <sup>2</sup>
IUI-5	200 m <sup>2</sup>
NR-10	360 m <sup>2</sup>
NR-5	370 m <sup>2</sup>
Total	1110 m <sup>2</sup>

טבלה ב6: השטח הנסקר באתרים השונים.

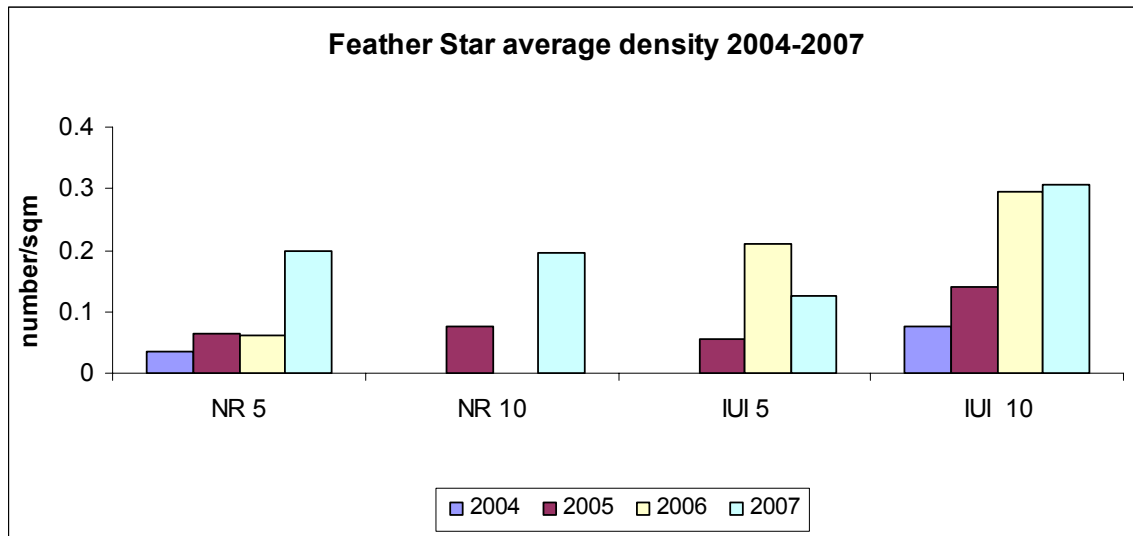
**Table B6: Area surveyed at each site.**

קבוצת הרועים החשובה ביותר בשונית מבין חסרי החוליות היא קיפודי הים, ומתוכה המין הנפוץ ביותר הוא *Diadema setosum*. צפיפות קיפודי הים באתרים שנסקרו מוצגת באיור ב30. הצפיפות הגדולה ביותר של קיפודי ים נמצאה באתר IUI-5. בהשוואה לשנת הניטור הקודמת נראה שבשנה הנוכחית חלה עלייה בצפיפות קיפודי הים בכלל ו- *D. setosum* בפרט, בכל האתרים הנסקרים. אולם, יש לזכור שהשנה שונתה שיטת הסקר ועל כן השוואה סטטיסטית בין השנים אינה אפשרית. יחד עם זאת שיטת הסקר החדשה יעילה יותר ומכסה שטח גדול בהרבה, ועל כן התוצאות מאפיינות טוב יותר את המצב באתרים הנסקרים. נמשכת התאוששות חבצלות הים, ונראה כי צפיפותן עלתה במשך השנים 2004-2007 (איור ב31)



איור 30: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של קיפודי הים *Diadema setosum* (למעלה) ושל קיפודי הים מכל המינים (למטה) באתרי הניטור.

Figure B30: The average density (per m<sup>2</sup>) of *Diadema setosum* (top) and all sea urchins (bottom) at the sampling sites.



איור ב31: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של חבצלות ים באתרי הניטור.  
**Figure B31: The average density (per m<sup>2</sup>) of feather-stars at the sampling sites.**

	NR-5		NR-10		IUI-5		IUI-10	
	total	density	total	density	total	density	total	density
Diadema	560	1.51	354	0.98	548	2.74	261	1.45
Other sea Urchins	47	0.13	4	0.01	26	0.13	24	0.13
Sea Star	0	0.00	2	0.01	0	0.00	1	0.01
Feather Star	74	0.20	70	0.19	25	0.13	55	0.31
Sea Cucumber	21	0.06	28	0.08	10	0.05	4	0.02

טבלה ב7: שכיחות (מספר הפרטים) חסרי החוליות באזור הניטור, וצפיפותם הממוצעת למ"ר באתרים השונים.  
**Table B7: Total abundance of invertebrates in the surveyed area (number of individuals), and their relative density (per square meter) in each site.**



## ב.5. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית

### מטרה

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

### שיטות

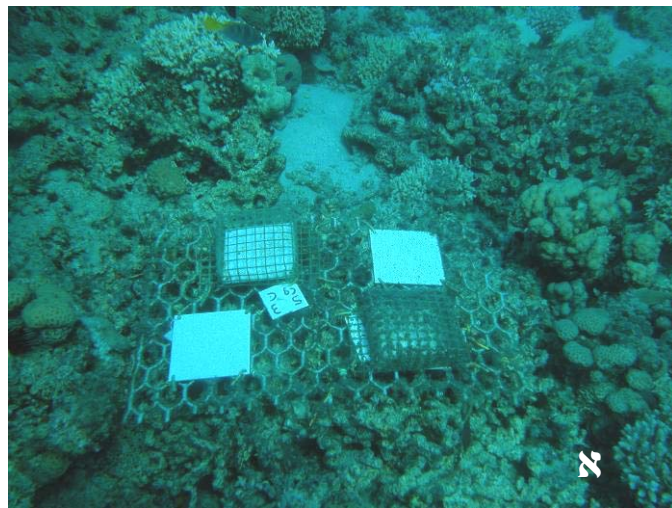
ששה מערכים של שתי לוחיות PVC סמוכות, שגודלן 10X10 ס"מ וצידן העליון חוספס על מנת להקל על התיישבות אצות, הוצבו באופן אקראי בעומקים שבעה עד עשרה מטרים בשונית שמול המכון הבין-אוניברסיטאי. החל משנת 2007 הוצבו מערכים דומים גם בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג, בעומקים 20 מ', 5 מ', ובלגונה. בכל מערך שתי לוחיות חשופות ושתי לוחיות מכוסות כלוב מתכת בעל גודל עין של 1X1 ס"מ (איור ב32). 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 אצות: מתנול (50:50) (v/v) למיצוי הפיגמנטים הפוטוסינתטיים המשמשים לאומדן מסת האצות. עצמת בליעת האור באורכי הגל המתאימים לפיגמנטים הפוטוסינתטיים (E664, E647, E630) נמדדת ב-Spectrophotometer ומשמשת לחישוב כמות ה-*chlorophyll a*, הפיגמנט העיקרי באצות אלה, בעזרת המשוואה:

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

הלוחיות המוגנות על ידי כלובי המתכת משמשות לאומדן כמות האצות הפוטנציאלית, בכך שהכלובים מונעים רעייה של דגים, קיפודי ים, וחלזונות גדולים שהם הצרכנים העיקריים של אצות אלה. פוטנציאל הגידול של אצות נשלט במידה רבה על ידי זמינות חומרי המזון (נוטריינטים) במים. הלוחיות החשופות מהוות מדד לכמות האצות האמיתית, 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).

בשמורת חוף אלמוגי הוצבו מערכי לוחיות נוספים, בסמוך למערכים המשמשים למדידת ריכוז הכלורופיל, ואלו מוצאים אחת לשלושה חודשים ומועברים לזיהוי ומיון טקסונומי על ידי ד"ר אלורו ישראל מחיאל"ל.



איור ב32: א) מערך של לוחית התיישבות. שתי לוחיות חשופות לרעייה, ושתיים מוגנות על ידי כלוב מתכת..

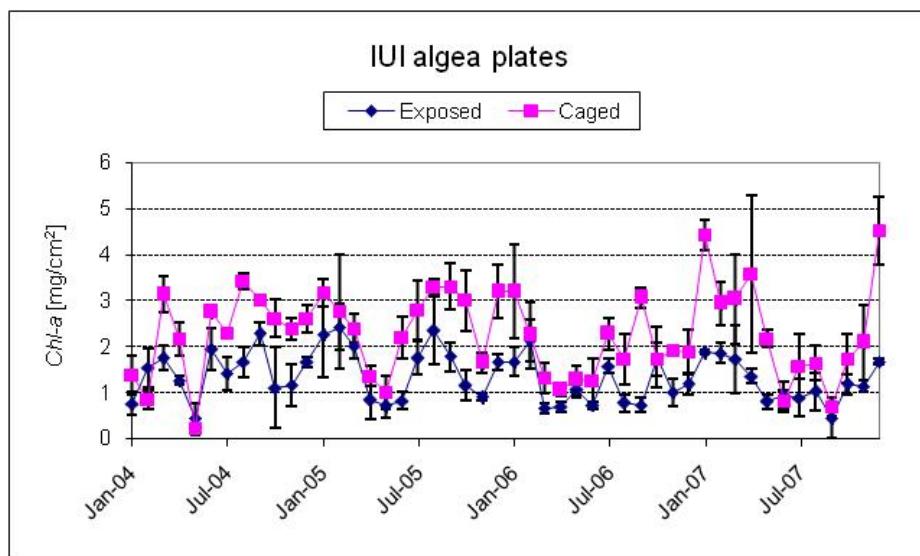
צילום: ניצן שגב (ב) החלפת לוחיות בצלילה, מדי חודש מוחלפות הלוחיות ששהו חודשיים בים. צילום: רותי ריף

**Figure B32: A) Algae settlement plates. Two plates in the array are exposed to grazing by herbivores, and two are protected by a wire cage. Photo: Nitzan Segev (B) Every month divers replace the two settlement plates that have been in the sea for two months. Photo: Ruti Reef.**

### תוצאות

ריכוזי chlorophyll *a* הממוצעים שנמדדו מול המעבדה הימית בשנים 2004-2007 מלוחיות ששהו בים במשך חודשיים נתונים באיור ב33. נראה כי ערכי המקסימום של כמות הכלורופיל בלוחיות המוגנות (פוטנציאל גידול האצות) היו גבוהים בשנת 2007 מאשר בשנים 2004-2006. בפרט נכון הדבר להדבר להדבר החורף והאביב, אז גם נצפתה פריחת אצות מסיבית כתוצאה מהערבוב העמוק בעמודת המים. בין מדידות חודשיות ישנם שינויים גדולים בערכי כלורופיל. עם זאת נראה ששיאי הפריחה ב- 2007 אירעו בחורף ובאביב. בשנים קודמות המחזור פחות מסודר.

כמות האצות על גבי הלוחיות המוגנות מרעייה גדולה (עד פי שתיים) מאשר בלוחיות החשופות, עדות לחשיבות הרבה של בעלי החיים הרועים בויסות כמות האצות צמודות המצע בשונית. על אף הפריחה החזקה הניכרת בריכוזי כלורופיל גבוהים במיוחד על גבי לוחיות מוגנות, ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחיות חשופות לא היו גבוהים בשנת 2007 מאשר בשנים הקודמות, עדות לכך שגם בשנה בה הערבוב העמוק גורם לפריחת אצות חזקה במיוחד מצליחים רועי השונית לווסת את כמות האצות.

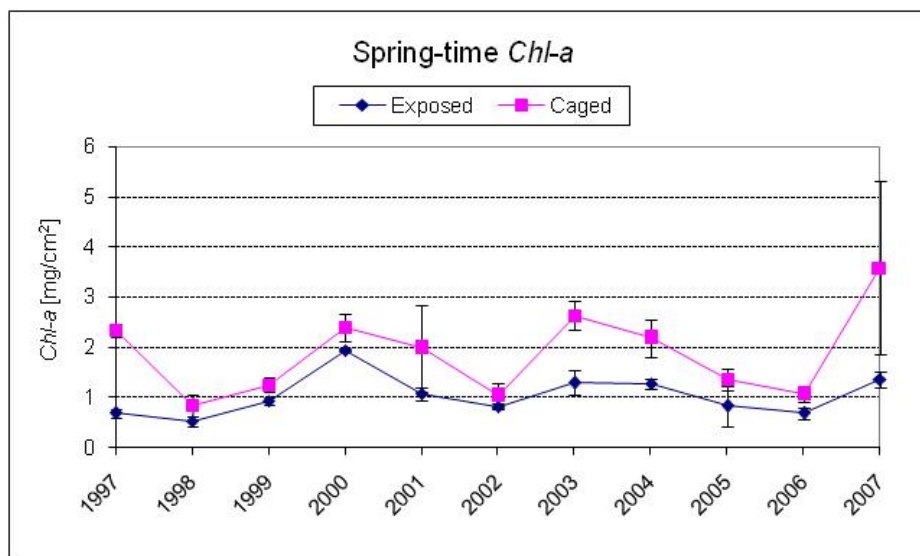


איור ב33: ממוצע כמות Chlorophyll *a* ע"ג לוחית חשופות ומוגנות בכלובים בשנים 2004-2007. כל נקודה מייצגת חודש אחד (מחושבת על-פי שלוש לוחיות ששהו בים חודשיים).

**Figure B33: Average chlorophyll *a* on exposed (diamonds) and caged (squares) settlement plates for 2004-2007. Each point represents one month (calculated as an average of three plates submerged in the sea for two months).**

מעקב רב-שנים אחר כמות הכלורופיל על גבי לוחיות ששהו במים משך חודשיים באביב (מרץ-אפריל) מלמד שישנם גם שינויים גדולים משנה לשנה בפוטנציאל גידול האצות בשונית בעונה נתונה (איור ב34). אך גם כאן לא ניתן, עדיין, להבחין במחזוריות מסודרת. העובדה כי באותה עונה בשנים עוקבות מתקבלים שינויים כה גדולים בכמות האצות מצביעה על כך שכמות האצות מושפעת ממספר תהליכים בנוסף לרעייה. גם בהשוואה זו נראה כי כמות הכלורופיל בשנת 2007 גבוהה מזו שנמדדה באותה עונה בשנים הקודמות. 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 בווסות כמות האצות. ההבדלים בין הלוחיות החשופות והמוגנות בשנים בהן פוטנציאל האצות נמוך קטנים מאד, ועשויים להצביע על כך שכמות האצות היא גורם מגביל בגידול בע"ח רועים בשנים אלה.

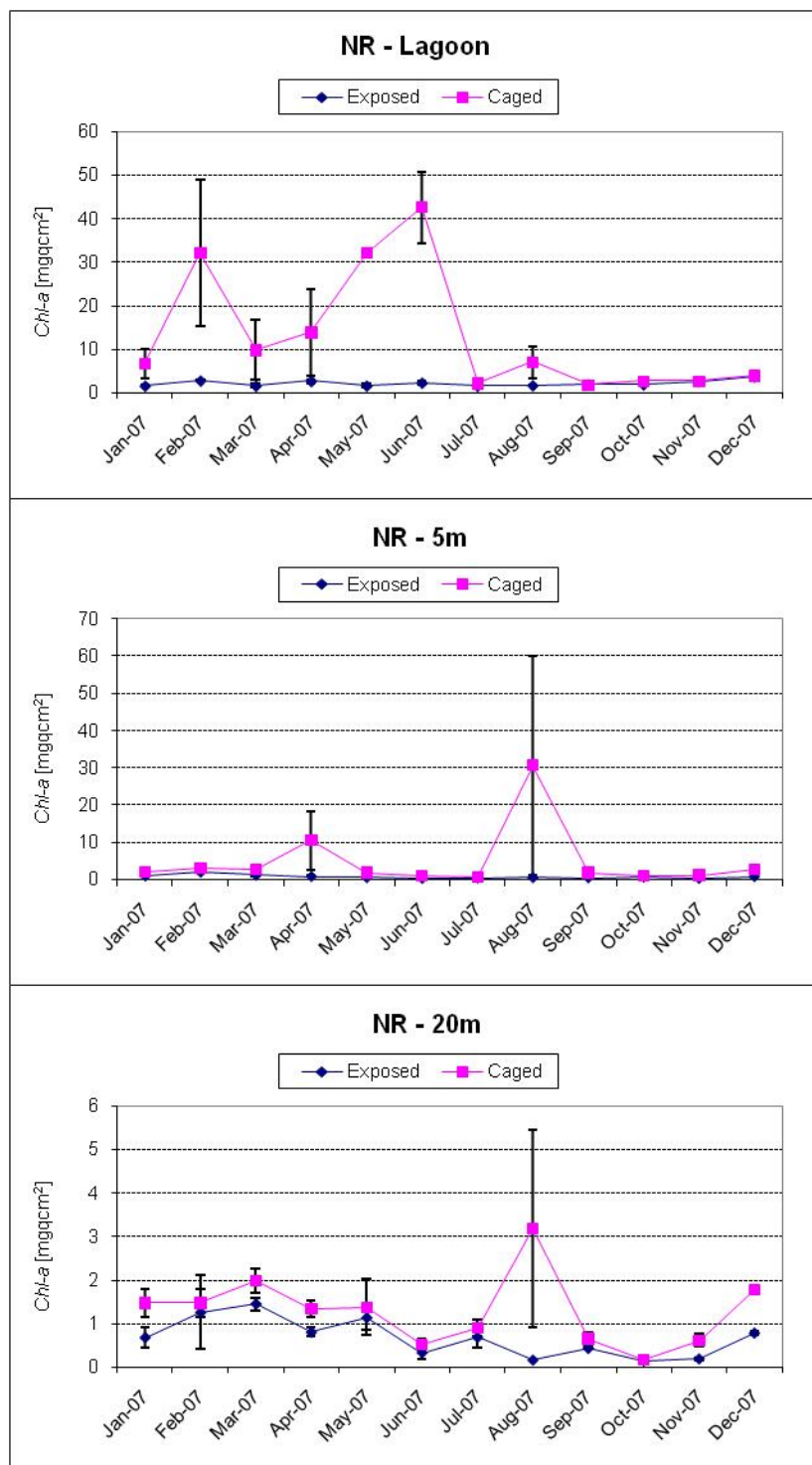


איור ב34: ממוצע כמות Chlorophyll a בחודשי האביב (אפריל-מאי) על-גבי לוחית חשופות ומוגנות בכלובים, החל משנת 1997. כל נקודה היא ממוצע של שלוש לוחיות ששהו בים חודשיים.

**Figure B34: 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.**

התיישבות אצות צמודות-מצע בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג נמדדה בשלושה עומקים סביבות שונות (איור ב35). בלגונה עומק המים נע סביב 1.5 מטרים, וכך עוצמת האור מכסימלית. מאידך, אזור זה חשוף לפעולת גלים בעת סערה, והקרקע החולית אינה יציבה ועשויה לכסות את הלוחיות התיישבות. השילוב בין לוחיות שכוסו לעיתים בחול ובין צמיחת אצות אשר לעיתים מילאו את כל כלובי ההגנה סביב הלוחות גורם לעיתים לשגיאות תקן גדולות בין שלושת מערכי הדיגום. שגיאות אלה מאפילות על הערכים הנמדדים ומקשות על ניתוח התוצאות. ללא ספק פוטנציאל הגידול בלגונה עשוי להיות גבוה בסדר גודל מזה שבועומקים גדולים יותר. למרות זאת, נראה שעל גבי הלוחיות החשופות בלגונה ריכוז הכלורופיל (אצות) אינו שונה באופן משמעותי מאשר בעומקים אחרים, עדות לכך שפעילות הרועים בלגונה מצליחה להתמודד גם עם פוטנציאל גבוה זה.

בעומק 5 מ' מוצבים כל מערכי הלוחיות על גבי סלע שונית המונע כיסוי בחול ומעודד התיישבות וצמיחת אצות. גם כאן נמצאו חודשים בהם אחד הכלובים המגינים על הלוחיות מרעייה התמלא לגמרי באצות. במקרים אלה התקבלו ערכי כלורופיל גבוהים מאד – ושגיאות תקן גדולות. גם כאן נמצא שרעייה מצליחה לווסת את צמיחת האצות וריכוז הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות נותר נמוך. ריכוזי הכלורופיל על גבי לוחיות בעומק 20 מ' נמוכים ביותר – לרוב נמצא פוטנציאל הגידול נמוך מ- $2\text{mg}/\text{cm}^2$  (יוצא מן הכלל חודש אוגוסט 2007 בו נמדד ריכוז של כ- $3\text{mg}/\text{cm}^2$ ). גם כאן פעילות הרועים מורידה את ריכוז הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות, ובהודשי הקיץ ריכוז הכלורופיל עליהן נמוך מ- $1\text{mg}/\text{cm}^2$ . בחודשי האביב נמדד לרוב ריכוז כלורופיל מעט גבוה יותר על גבי לוחיות חשופות, עובדה המצביעה אולי, על קצב גידול אצות גבוה אשר שאין הרעייה מצליחה להורידו לרמת המינימום. תבנית זו נכונה גם עבור האצות בעומק 5 מ'.



איור ב35: ממוצע כמות Chlorophyll a ע"ג לוחית חשופות ומוגנות בכלובים בשמורת חוף אלמוג בשנת 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 B35: Average chlorophyll a on exposed (diamonds) and caged (squares) settlement plates at the Nature Reserve in 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.**

בסך הכל קצב גידול האצות יורד עם העומק – מערכים מירביים בלגונה לערכים מזעריים בעומק 20 מ'. בכל העומקים נראה כי רעייה מצליחה לווסת את צמיחת האצות. המחזור העונתי ניכר לרוב בפוטנציאל גידול גבוה בחודשי האביב, אך גם בריכוזי כלורופיל גבוהים יחסית על לוחיות חשופות באביב (בהשוואה לקיץ), עובדה העשויה להצביע על קצב גידול גדול יותר בעונה זו (אם כי לא ניתן לשלול הסברים אחרים הנוגעים לפעילותם של הרועים).

שנת 2007 אופיינה בפריחת אצות אינטנסיבית אשר ניכרה בעיקר בפוטנציאל הגידול הגבוה אשר נמדד מול המעבדה הימית.

זו השנה הראשונה שאנו מציבים את מערך לוחות האצות בלגונה במסגרת תכנית הניטור. יש לבחון מחדש את מיקום כל מערכי האצות ולנסות להציבם בתנאים דומים על מנת לצמצם הבדלים הנובעים מכיסוי לוחיות בחול או צמיחת אצות חריגה כתוצאה ממיקום על גבי השונית. דבר זה נכון בפרט בלגונה שם ההבדלים בין מערכים שכנים יצרו שגיאות תקן חריגות אשר לעיתים מיסכו את האות הנמדד.

## 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 מר ערן ברוקוביץ. אוכלוסיות היעד חולקו לשני חלקים: דגים החיים בעמודת המים (השוחים בעמודת המים ואינם צמודים למושבת אלמוגים זו או אחרת) ודגים מוצנעים (cryptic) שוכני קרקעית (רובם שוהה 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 לפני הים. בכל פעם נדגם מערך סדור אשר מיקומו נבחר באופן שרירותי: סדרה של מנסרות סמוכות המופרדות 3 מ' זו מזו לאורך סרט מדידה. מימדי המנסרה נקבעו על פי שיקולים של טווח ראייה: על הצולל להיות מסוגל לראות את כל נפח המנסרה בבת אחת, המרחק בין מנסרות נועד לאפשר עבודה בטוחה בצלילה – קשר עין בין דוגמים. יחידות הדיגום הן: עבור דגי עמודת המים – נפח מנסרה עם בסיס מלבני 7X1 מ' על קרקעית הים ועד לפני המים, ופרק זמן של עשר דקות. עבור הדגים שוכני הקרקעית – בסיס יחידת הדיגום וכל מושבות האלמוגים המעופפים 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 וממתנינים 5 דקות לאפשר חזרת הדגים לפעילות רגילה. לאחר פרק זמן זה מתחילה ספירת הדגים שוכני עמודת המים אשר עוברים בנפח המנסרה במשך עשר הדקות הבאות. לאחר ספירת דגים אלו במשך עשר דקות, נספרים הדגים שוכני הקרקעית המאכלסים את מושבות האלמוגים בתחומי בסיס המנסרה. יחד איתם נספרות מושבות האלמוגים המאוכלסות והמושבות הריקות.

### תוצאות

סקר דגי השונית בוצע השנה בפעם הראשונה ועודנו בשלב של פיתוח השיטה. יחד עם זאת, נמצא מקום להציג את תוצאות הסקר בכדי להתחיל לייצר בסיס אליו ניתן יהיה להשוות ממצאים בעתיד. גם במידה וישתנו שיטות הסקר או דרכי ההצגה, לדיווח ראשוני זה תמצא חשיבות. למרות זאת, קשה לנתח ולהציג תוצאות שנה אחת, והתובנות הנובעות מסקר ראשון זה – מצומצמות. נדגמו 15 יחידות דיגום של 1 X 7 X 1 (עומק המים) מטרים 10 X דקות (עבור דגים פלגים). בסך הכל נספרו 2158 דגים (461 דגי עמודת המים ו-1697 דגים שוכני קרקעית). 78 מושבות אלמוגים מאוכלסות ו-69 מושבות אלמוגים לא מאוכלסות נכללו בסקר. רשימת הדגים שנצפו בסקר ושכיחותם נתונה בטבלה ב.8. התפלגות הפרטים לפי רמה טרופית נתונה באיור 36. לחלוקה על פי רמה טרופית חשיבות גדולה מכיוון שהיא המכתיבה את "תיפקוד" הדגים במערכת האקולוגית ועל פיה ניתן לעקוב אחר משתנים כלליים בבית הגידול: לדגים הרועים (הרביבורים באיור 36) תפקיד חשוב בויסות כמות האצות צמודות-המצע בשונית (ראה פרק ב.5) וכך בעלי השפעה ניכרת על התיישבות אלמוגים ושגשוגם. נוכחותם מקצרת את "שרשרת המזון" במעבר אנרגיה ישיר מהיצרנים הראשוניים (אצות) לדגה. דגים זואופלנקטיבורים מהווים חוליה חיונית במארג המזון ברכוז חמרי מזון מהרמות הנמוכות בגוף המים. דגים קורליבורים (אוכלי אלמוגים) מהווים מנגנון אירוזה הגורם להרס אלמוגים, ודגים קרניבורים מווסתים את אוכלוסיית השונית – הן חסרי חוליות והן דגים.

מכיוון שדגים רועים ניזונים ממאקרו-אצות (אצות בנתוניות, צמודות מצע), לרוב הם דגים גדולים (סיכנים, נתחנים, תוכיננים) ופעולתם עשויה גם היא לגרום לאירוזיה של המצע (קרקעית\אלמוגים). לעומתם הדגים הזואופלנקטיבורים, הניזונים מזואופלנקטון בגוף המים קטנים הרבה יותר ומצויים במספרים גדולים (איור 36). דגים אלה מצויים לעיתים קרובות בלהקות גדולות בסמוך לשונית, והמספרים הניתנים כאן מורכבים מהערכת גודל הלהקות, ולא ספירה מדויקת, עקב הקושי הטכני הכרוך בכך. יש לציין כי המספר הקטן של דגים גובים (*Gobiidae*) נובע קרוב למדי מהקושי בגילויים – אלה דגים נחבאים, אך נחשבים לנפוצים מאד בשוניות אילת.

Taxa	Dweller*	Tropic		
		level**	Occurrence	
<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	Cryptic	Z	554	
<i>Neopomacentrus miryae</i>		Z	462	
<i>Chromis viridis</i>		Z	443	
<i>Pomocentrus trichourus</i>		O	94	
<i>Dascyllus marginatus</i>		Z	64	
<i>Pseudochromidae</i>		C	45	
<i>Dascyllos marginatus</i>		Z	41	
<i>Dascyllus aruanus</i>		Z	24	
<i>Chromis dimidiata</i>		Z	23	
<i>Labroides dimidiatus</i>		C	16	
<i>Amphiprion bicinctus</i>		Z	14	
<i>Sargocentron diadema</i>		Z	11	
<i>Gobiidae</i>		C	7	
<i>Dascyllos aruanus</i>		Z	1	
<i>Pomocentrus sulfureu</i>		O	1	
<i>Scaridae</i>		Pelagic	H	120
<i>Chaetodontidae</i>			Co	53
<i>Acanthuridae</i>	H		36	
<i>Thalassoma sp.</i>	C		35	
<i>Zebrasoma</i>	H		27	
<i>Parupeneus sp.</i>	C		25	
<i>Variola louti</i>	P		16	
<i>Wrasses</i>	C		9	
<i>Gomphosuse caeruleus</i>	C		8	
<i>Lethrinidae</i>	C		7	
<i>Balisitidae</i>	C		6	
<i>Epinephelus fasciatus</i>	C		5	
<i>Caesionidae</i>	Z		4	

<i>Heniochus</i>		Z	3
<i>Pomacanthus imperator</i>		C	2
<i>Siganus sp.</i>		H	2
<b>Total</b>			<b>2158</b>

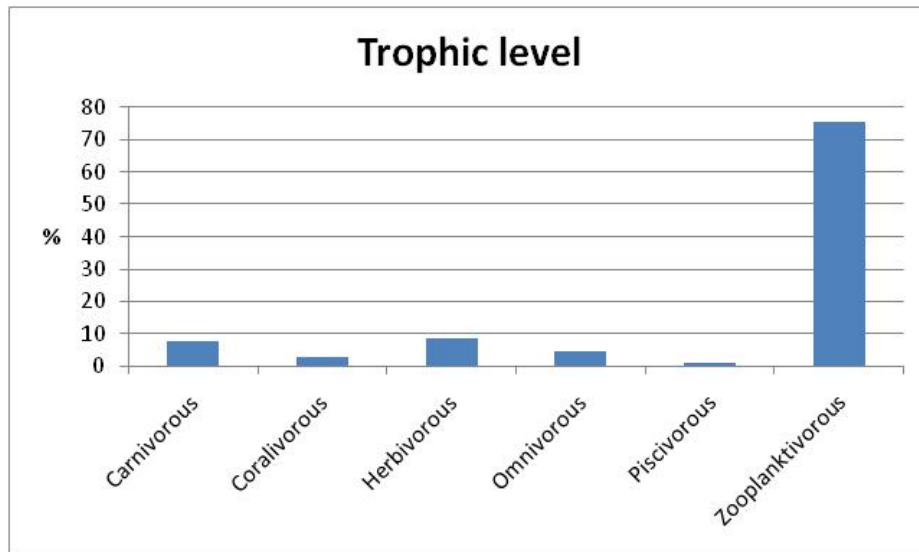
\* Cryptic - close to/hides within coral/rock

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.**



איור ב36: התפלגות דגי השוניית על פי הרמה הטרופית.

**Figure B36: Distribution of reef fish according to trophic level.**



## ג. ניטור הסביבה החופית

### ג.1. מי הים בקרבת החוף

#### מטרה

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

#### שיטות

אחת לחודש מבוצעות מדידות של פרמטרים כימיים וביולוגיים על דוגמאות ממי השטח בשבע תחנות לאורך החוף הישראלי של המפרץ ובתחנת ים פתוח כפי שמפורט באיור ג1, בטבלה ג1, ובטבלת הפעילות. הדיגום נעשה מסירה בשעות הבוקר. במהלך הפלגה רציפה נלקחות משמונה התחנות דוגמאות מים מעומק של 1-2 מ' באמצעות בקבוק ניסקין בנפח 5 ליטר של חברת GOFLO, לצורך מדידות במעבדה. 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.

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-  $KI+NaOH$  ומטוטרות עם  $Na_2S_2O_3$  בריכוז 0.1N. הטיטרציה מתבצעת באמצעות טיטרטור אוטומטי מסוג Titrino 702 SM של חברת Metrohm, שוויץ. pH: מדידה בעזרת אלקטרודת pH מזכוכית (combined pH electrode) דגם pHC2401-7 ומד pH דגם PHM 93 שניהם של חברת Radiometer Copenhagen. ערכי pH נמדדים בטמפרטורה קבועה של  $25^{\circ}C$ .

מליחות: מדידה במד מליחות מדגם 2100 Minisal של חברת AGE Instruments, קנדה.

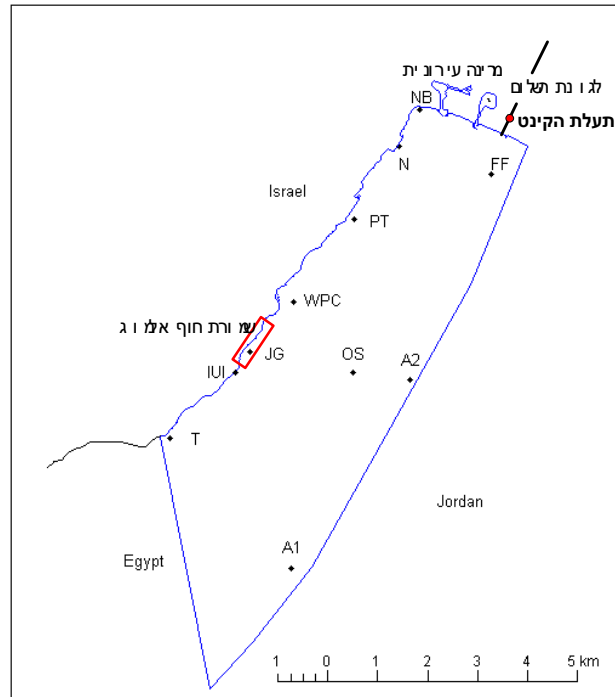
נוטריינטים:  $NO_2$ ,  $NO_3$ ,  $Si(OH)_4$ ,  $PO_4$  נמדדים במכשיר QuikChem 8000 flow injection analyzer של חברת Lachat Instruments, Milwaukee, ארה"ב. המדידה מבוססת על תגובת צבע שיוצר כל אחד מהנוטריינטים עם הריאגנט הייחודי לו ליצירת קומפלקס צבע בעל אורך גל בתחום האור הנראה, הנקלט בספקטרופוטומטר של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

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

כלורופיל: המים מסוננים דרך פילטרים מסוג GFF. הפילטרים ממוצים באצטון 90% בחושך (במקרר  $4^{\circ}C$ ) 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 Quant<sup>TM</sup> 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.

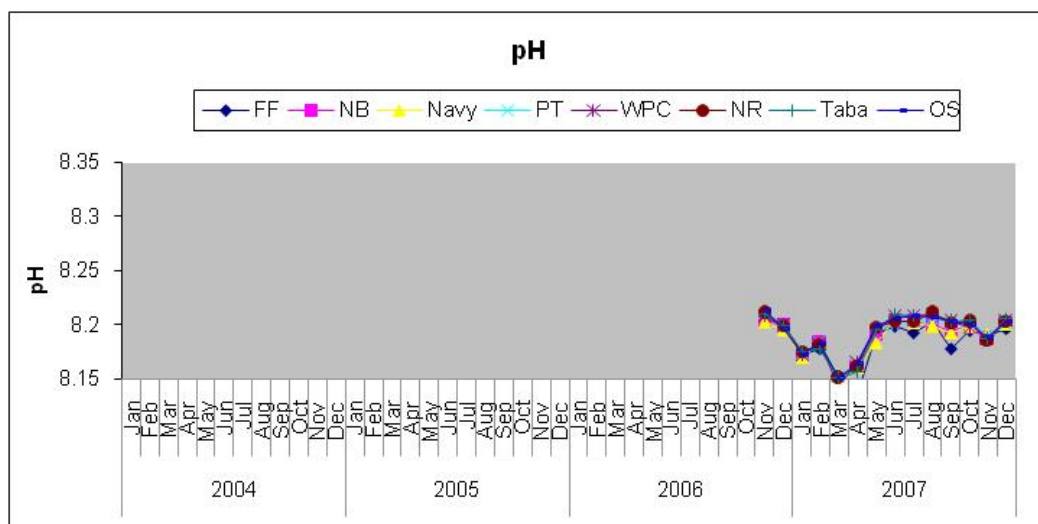
שם תחנה	תיאור מיקום	קו רוחב (N)	קו אורך (E)
FF	כלובי הדגים	29° 32'.25	34° 55'.75
NB	חוף צפוני מול מלון דן	29° 32'.94	34° 58'.23
N	מול קצה דרומי של בסיס חיל הים (מלון מרידיאן)	29° 32'.55	34° 57'.36
PT	מסוף טעינת פוספטים	29° 31'.76	34° 57'.09
WPC	תחנת היחידה למניעת זיהום ים	29° 30'.87	34° 56'.54
NR	גנים יפניים שמורת חוף אלמוג, בקרבת המצפה התת-ימי	29° 30'.33	34° 55'.78
T	מול מעבר הגבול בטאבה	29° 29'.41	34° 54'.24
OS	ים פתוח מול ה- IUI	29° 30'.11	34° 56'.52

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

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

**רמת חומציות המים (pH)**

**תזכורת:** עקב התיישנות תמיסות אנו נאלצים להכריז על כל ערכי pH אשר נמדדו במסגרת תכנית הניטור מאז חודש אוקטובר 2003 ועד לחודש נובמבר 2006 כחשודים ולא קבילים. הערכים המוצגים למטה עבור שנת 2007 הינם טובים ונכונים, אולם לא ניתן להשוותם עם ערכי pH אשר נמדדו בשנה החולפת. התו הבולט ביותר במדידות ה-pH של שנת 2007 הוא הירידה החדה שנרשמה בחודשים נובמבר-דצמבר ביחס לחודשים הקודמים (איור ג2). ירידה זו נובעת כולה מהחלפת התמיסות הכימיות המשמשות לצורך המדידה, והערכים הנמוכים המתקבלים דומים לערכים שנמדדו לפני אוקטובר 2003. ערכים אלה מעידים על כך כי לא ניתן לאבחן מגמה ארוכת טווח של שינוי בערכי pH, וזאת בניגוד לאמור בדו"ח הניטור 2005. גם במדידות 2007 ניתן להבחין במחזור העונתי בו ערכי pH גבוהים נמדדים בחודשי הקיץ והסתיו וערכים נמוכים יחסית נמדדים בחורף המעורבב. ערכי pH מזעריים נמדדו בחודש מרץ בכל התחנות. בסך הכל ערכים דומים נמדדו בכל התחנות כאשר בסמוך לחוף הצפוני ולחיל הים היו לעיתים ערכים המוכים מעט מאשר בשאר התחנות.



איור ג2: ערכי pH חודשיים בכל תחנות הדיגום בשנת 2007.

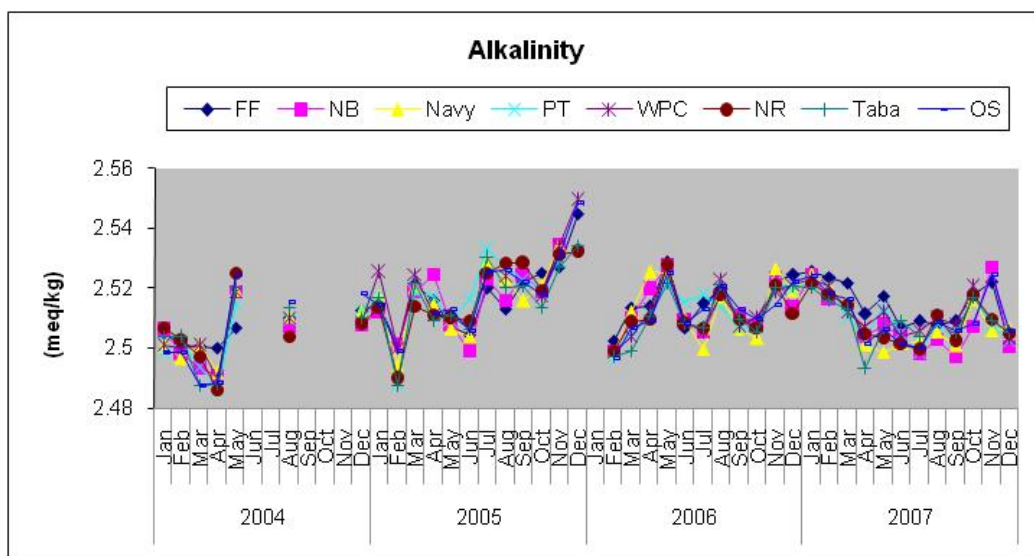
**Figure C2: Monthly pH values at all coastal water monitoring stations during 2007.**

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 לוודאי 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. לערכי pH חשיבות רבה לבריאות השונית, כיוון שסביבה חומצית (pH נמוך) פוגעת בהשקעת שלד גירני.

**אלקליניות**

לא נמצאו הבדלים גדולים בין התחנות בערכי האלקליניות. ערכים נמוכים נמדדו בחודשי הקיץ אפריל עד ספטמבר, וערכים גבוהים בחודשים ינואר עד מרץ ונובמבר (איור ג3). לפיכך המחזור עונתי בערכי האלקליניות בשנה החולפת הוא של ערכים גבוהים יחסית בחורף ונמוכים יחסית בקיץ. מגמה זו לא הייתה כה ברורה בשנים קודמות. מגמת העלייה החלשה אשר הסתמנה בשנים 2004 ו-2005 לא נמשכת, ובקיץ 2007

היו בסך הכל ערכי האלקליניות נמוכים יחסית לשנים הקודמות. האלקליניות היא מדד לסך החומצות החלשות במים והתהליכים העשויים להשפיע עליה הם תהליכי אידוי ומיהול (מליחות), ותהליכי השקעה/המסה של קלציום-קרבונט. במדידות המליחות לא אובחנה מגמה ארוכת טווח (ראה למטה), ותהליכי קלציפיקציה צפויים להיות קטנים במים פתוחים. על כן לא צפויים שינויים קיצוניים בערכי האלקליניות במי הים. בהנתן חסר מגמה מונוטונית (קרי, קיומן של מגמות מעורבות) בחמש השנים שעברו יש לבחון את שינויי האלקליניות בטווח ארוך יותר על מנת לקבוע באם מתקיימים שינויים ארוכי טווח אם לאו. בפרט, על סמך הנתונים שבידינו אין אפשרות לקבוע באם חל שינוי בקצב הקלציפיקציה או המסת קלציום-קרבונט בצפון המפרץ.



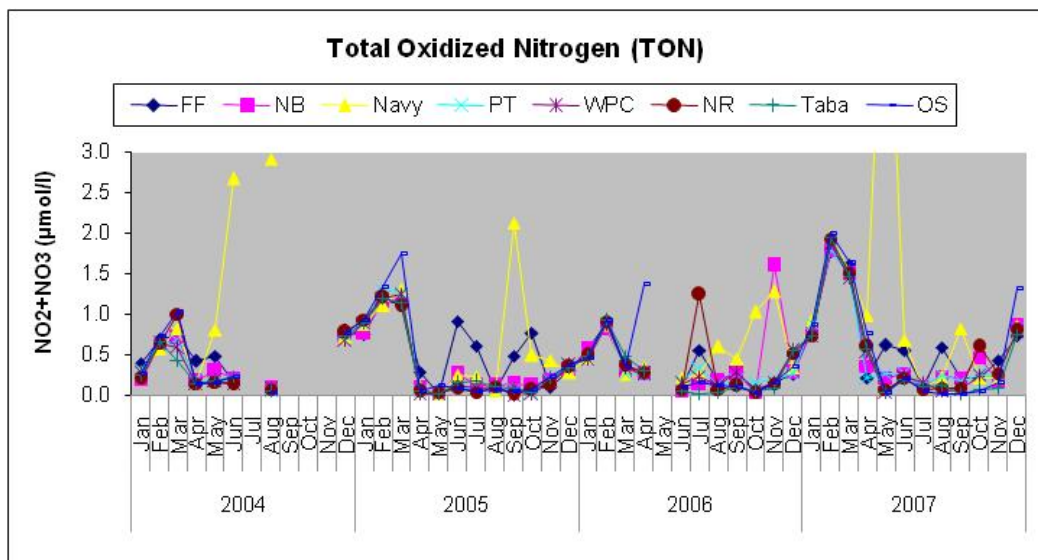
איור 3: אלקליניות בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2007.  
**Figure C3: Monthly alkalinity at the coastal water sampling stations during 2004-2007**

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

ערכי חנקן אנאורגאני מחומצן נמוכים מאד בחודשי הקיץ וגבוהים יותר בחודשי החורף (איור 4). הערכים הגבוהים ביותר נמדדו בפברואר ובמרץ בכל התחנות. ריכוזי החנקן השנה היו גבוהים יחסית בחודשי החורף עקב הערבוב העמוק והארוך.

גם השנה נמצאו ערכים גבוהים במיוחד באזורים שמול חיל הים\מרידיאן ובקרבת כלובי הדגים. ריכוז החנקן הגבוה ביותר השנה נמדד בחודש מאי בתחנת כלובי הדגים –  $6.17 \mu\text{mol/l}$ . זהו ריכוז גבוה פי כמה מהערכים הרגילים בפני הים. יום הדיגום היה שקט, ללא רוח וגלים, ועל כן מיהול של מים ממקור זר עם מי הים היה איטי. מול חיל הים\מרידיאן נמדדו בחודש מאי גם ערכים גבוהים במיוחד של שאר הנוטריינטים (ראה להלן) ומליחות נמוכה באופן חריג אשר יחדיו מעידים על הזרמת מים ממקור חיצוני – מי תהום – אל הים באזור זה.

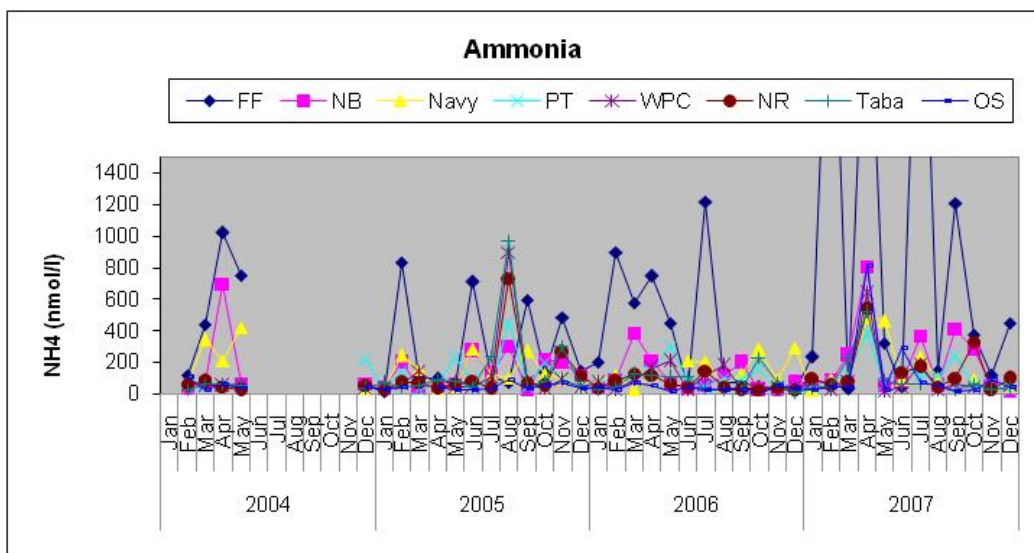
המחזור השנתי של ריכוז חנקן אנאורגאני מחומצן נשלט גם הוא על ידי מחזור הערבוב. חודשי הקיץ, בהם עמודת המים משוכבת, נחשבים לתקופה "אוליגוטרופית", בה השכבה הפוטית (העליונה) ענייה בנוטריינטים מכיוון שאין ערבוב בין מי השטח (העניים בנוטריינטים) למי העומק (שם הנוטריינטים מצטברים). ערבוב שכזה, בחודשי החורף, מביא להעשרת מי השטח בחנקן שמקורו במים העמוקים. זמינות החנקן בקיץ מהווה גורם מגביל לגידול אצות, ואספקתו עשויה לעודד פריחתן, ובעקיפין לפגוע בשוניית.



איור 4ג: מדידות ניטריט + ניטראט (TON) חודשיות בתחנות הדגימה החופי בשנים 2004-2007.  
**Figure C4: Monthly concentrations of total oxidized nitrogen (TON) at the coastal water sampling stations during 2004-2007.**

#### אמוניה ( $\text{NH}_4$ )

הבדלים בריכוזי אמוניה בין התחנות ובין חודשי המדידה משתרעים על מאות אחוזים (איור 5ג). בכל התחנות, כולל תחנת הים הפתוח, נמדדו בחודש אפריל השנה ריכוזים גבוהים יחסית עקב הערבוב העמוק. הערך הגבוה בתחנת הים הפתוח היה  $817\text{nmol/l}$ . בתחנות החופיות ובעיקר בסמוך לכלובי הדגים היו הריכוזים המדודים לעיתים קרובות גבוהים הרבה יותר – גבוהים בסדר גודל! ריכוזי האמוניה יוצרים תבנית של תנודות מקומיות גדולות בין החודשים בתחנות החופיות, ללא התאמה ברורה ביניהן וללא מחזוריות ברורה בזמן. בדרך כלל תנודות גדולות במיוחד נרשמות בתחנות הצפוניות, בקרבת כלובי הדגים ומול חיל הים/מלון מרידיאן. 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 בשוניית. נוכחות אמוניה במים מעידה על מקור העשרה מקומי. עובדה זו מסבירה את ההבדלים הגדולים בריכוזי אמוניה בתחנות השונות באותו מחזור מדידה או בתחנה כלשהי בזמנים שונים. העובדה כי ריכוזי האמוניה בתחנת הים הפתוח נמוכים תמיד מעידה על מקור בקרבת החוף. כלובי הדגים הם מקור מוכר לאמוניה כיוון שזו משתחררת בתהליכים המטבוליים של הדגים. מקורות נוספים עשויים להיות כניסות של מי תהום או מי שפכים לים, הצפויים גם הם להימצא בקרבת העיר אילת.



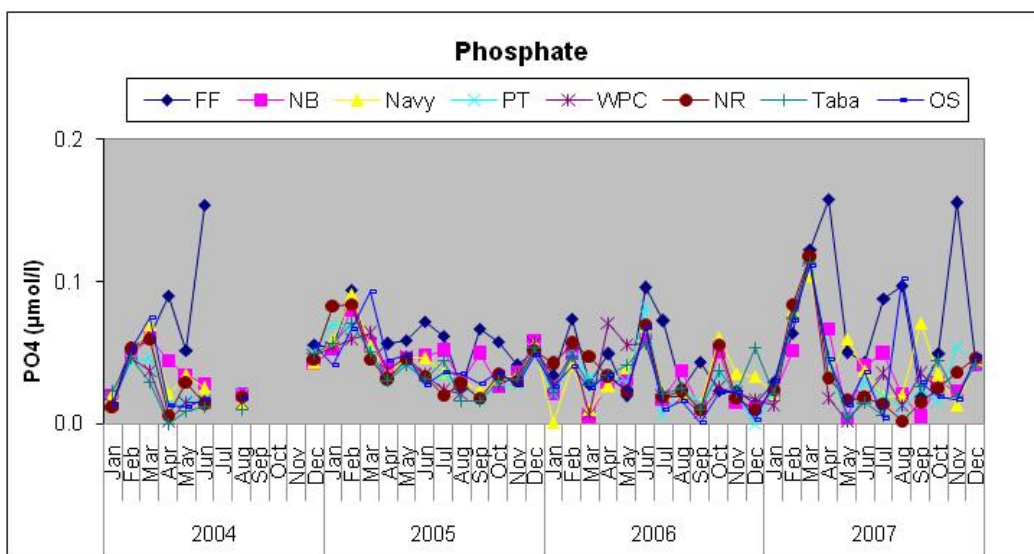
איור 5: ריכוזי אמוניה ( $\text{NH}_4$ ) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2007.

Figure C5: Monthly concentrations of ammonia ( $\text{NH}_4$ ) at the coastal water sampling stations during 2004-2007.

פוספט ( $\text{PO}_4^{-3}$ )

ריכוזי פוספט בתחנות החופיות ובים הפתוח מראים מחזוריות שנתית חלשה של ערכים גבוהים יחסית בחורף ונמוכים בקיץ (איור 6). עקב הערבוב העמוק היו השנה ריכוזי פוספט גבוהים במיוחד בחודשי הערבוב פברואר-מרץ-אפריל. הריכוזים הגבוהים נמדדו בכל התחנות, והגיעו לשיא של  $0.112\mu\text{mol/l}$  בתחנת הים הפתוח בחודש מרץ. כמעט כפול מהערך שנמדד בשנה הקודמת,  $0.067\mu\text{mol/l}$ , בקרבת כלובי הדגים נמדדו הריכוזים הגבוהים ביותר,  $0.158\mu\text{mol/l}$  בחודש אפריל ו-  $0.156\mu\text{mol/l}$  בנובמבר.

הפוספט גם הוא נוטריינט חשוב ליצרנות ראשונית, ועל כן בקיץ ריכוזו בפני הים נמוך עקב צריכה בתהליך הפוטוסינטזה. בחורף ריכוזו עולה עקב ערבוב מי השטח עם מי עומק עשירים בנוטריינטים. ריכוזי פוספט מקומיים גבוהים בתחנות החופיות מצביעים על העשרה מקומית בנוטריינטים. אזור כלובי הדגים עדיין מועשר בפוספט יחסית לשאר התחנות החופיות. לריכוזי הפוספט הגבוהים פוטנציאל הרסני מבחינת ההשפעה על אקולוגית השונית.

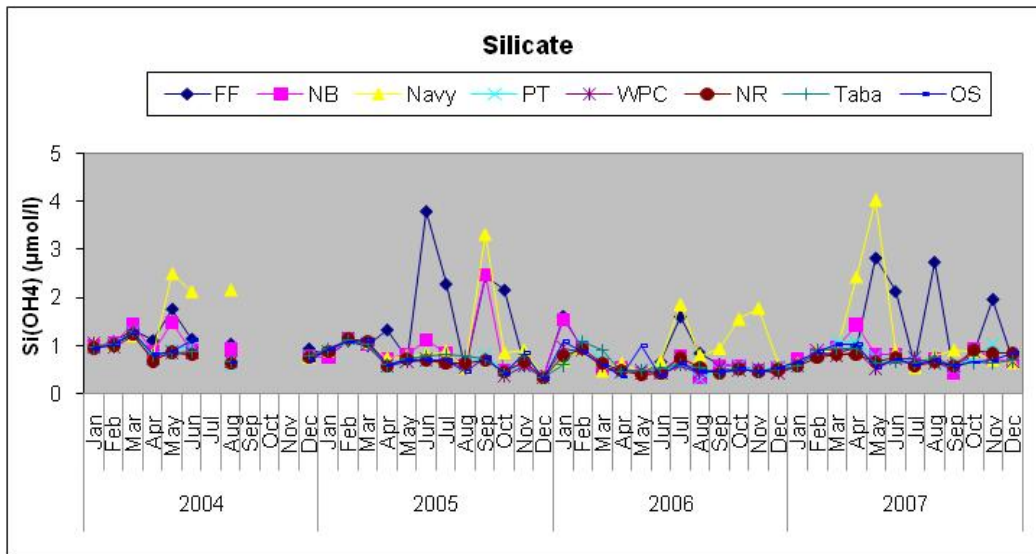


איור 6: ריכוזי פוספט ( $\text{PO}_4$ ) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2007.

Figure C6: Monthly concentrations of phosphate ( $\text{PO}_4$ ) at the coastal water sampling stations during 2004-2007.

### סיליקה ( $\text{Si(OH)}_4$ )

ריכוזי סיליקה בתחנות החוף הדרומיות דומים לריכוז הנמדד בתחנת הים הפתוח, ומראים מחזוריות שנתית של ריכוזים גבוהים יחסית בחורף ונמוכים יותר בקיץ (איור ג7). משרעת הריכוזים בים הפתוח נעה בין  $1.028\mu\text{mol/l}$  במרץ-אפריל 2007 למינימום של  $0.550\mu\text{mol/l}$  במאי. ריכוזים גבוהים בהרבה נמדדו בעיקר בחודשי הקיץ בתחנות הצפוניות, מול כלובי הדגים, ומול חיל הים/מלון מרידיאן. סיליקה היא רכיב מומס המשמש בהשקעת שלד צורני במגוון גדול של פיטו/זואו-פלנקטון (דוגמת דיאטומאות) בעמודת המים. בהתאם לכך הסיליקה נצרכת במי השטח על ידי יצורים אלה וריכוזה נמוך במיוחד בקיץ וגבוה מעט יותר בחורף עם ערבוב מי השטח במי עומק עשירים יותר. ריכוזי סיליקה נקודתיים גבוהים, בפרט בחודשי הקיץ, מצביעים על מקור העשרה חיצוני. מקור כזה עשוי להיות הזרמת מי תהום לים (למשל על ידי מלון מרידיאן מולו נמדדו ריכוזים גבוהים במיוחד), או תעלת הקינט המזרימה מי שפכים בחוף הצפוני (ראה דו"ח הניטור 2004).

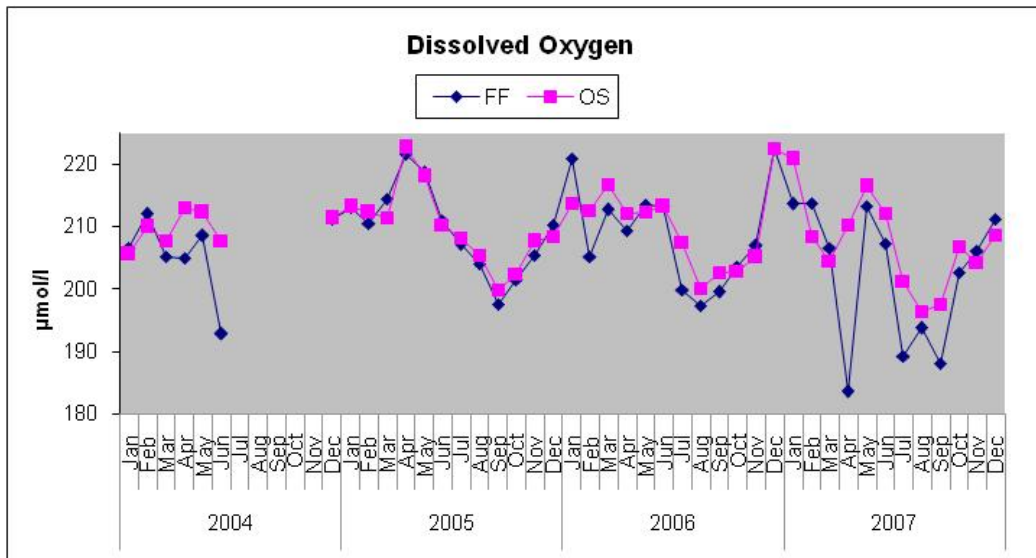


איור ג7: ריכוזי סיליקה ( $\text{Si(OH)}_4$ ) בתחנות הדיגום החופיים בשנים 2004-2007.  
**Figure C7: Monthly concentrations of silicate ( $\text{Si(OH)}_4$ ) at the coastal water sampling stations during 2004-2007.**

### חמצן מומס

חמצן מומס נמדד רק בשתי תחנות, ליד כלובי הדגים ובתחנת הים הפתוח. ריכוז החמצן המומס מגיע לערך מירבי בחודשי האביב, ולערך נמוך ביותר בחודשי הסתיו (איור ג8). השנה היו ערכי החורף והאביב גבוהים, אולם בחודשים פברואר עד אפריל כבר החלה פריחה וריכוזי החמצן המומס ירדו. בחודש אפריל ריכוז החמצן המומס בתחנת כלובי הדגים נמוך בהרבה מריכוזו בים הפתוח ( $183.5\mu\text{mol/l}$  ו- $210.3\mu\text{mol/l}$ ) בהתאמה) עובדה המצביעה על פריחה חזקה במיוחד שם.

שני גורמים צפויים להשפיע על ריכוז החמצן המומס: טמפרטורה ותהליך הנשימה/פוטוסינטזה. בטמפרטורה נמוכה עולה מסיסות החמצן וריכוז חמצן מומס במים צפוי לעלות. תהליכי נשימה במים צורכים חמצן, ואילו תהליכי פוטוסינטזה עשויים לשחרר חמצן למים. ריכוזי החמצן הגבוהים בסוף החורף-אביב עשויות לנבוע הן מהטמפרטורה הנמוכה בפני השטח והן עקב עליה בפעילות פוטוסינטטית בתקופה זו (ראה מדידות כלורופיל  $a$  למטה). לא צפויים להיות הבדלים במרחב (בין התחנות השונות) בריכוזי החמצן המומס. ההבדלים בריכוזי החמצן המומס בין התחנות מעידים כנראה על פריחת אצות בסביבות כלובי הדגים.



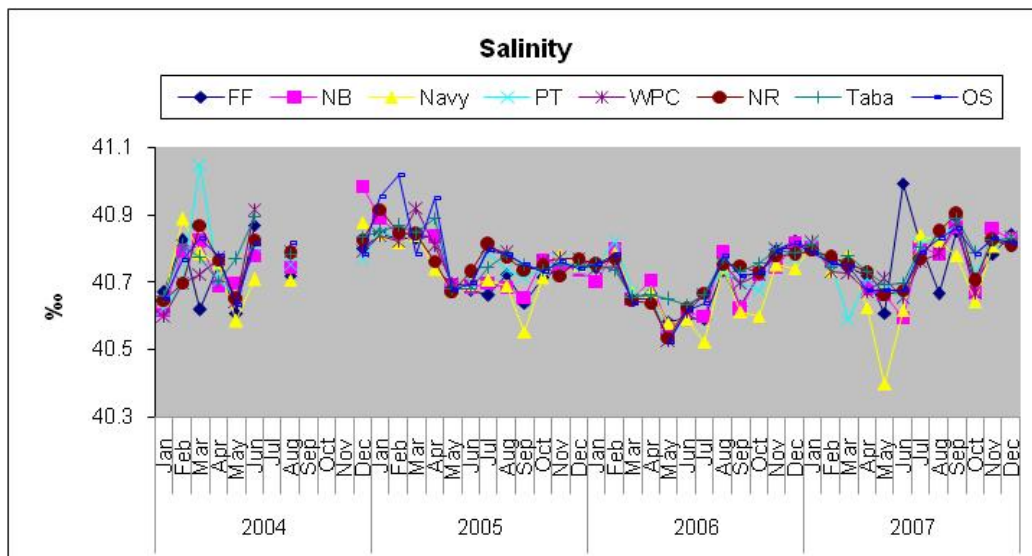
איור ג8: המצגן מומס בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2007.

**Figure C8: Monthly concentrations of dissolved oxygen at the coastal water sampling stations during 2004-2007.**

מדדים פיסיקליים  
מליחות

טווח הערכים של ריכוז מלחים בים הפתוח בשנת 2007 נע בין 40.673ppm בחודש אפריל ל- 40.857ppm בחודש ספטמבר (איור ג9). מליחות זו מעט גבוהה ממדידות השנה הקודמת. רוב התחנות החופיות נמצאות בטווח הזה, ומראות תבנית דומה של מליחות גבוהה בחורף ונמוכה יותר בחודשי הקיץ. מליחות נמוכה במיוחד נמדדה לעיתים מול חיל הים\מלון מרידיאן, בדומה לשנים הקודמות, ומול כלובי הדגים. מול כלובי הדגים נמדדה בחודש יוני מליחות גבוהה במיוחד, וראויה לציון המליחות הנמוכה באופן בולט בחודש מאי מול חיל הים\מרידיאן (40.399ppm). מדידה זו התבצעה בתנאים של ים שקט במיוחד (בו המיהול איטי) ובשילוב עם ריכוזי נוטריינטים גבוהים במיוחד (ראה למעלה) מעידה על הזרמת מי תהום אל הים.

הבדלים מקומיים במליחות מצביעים על זרימת מים בעלי מליחות שונה ממליחות הים. בחוף הצפוני מקורות למים בעלי מליחות נמוכה עשויים להיות תעלת הקינט ומים הזורמים מהעיר אילת. מלון מרידיאן הוא מקור ודאי למי תהום בעלי מליחות נמוכה ממליחות הים.



איור ג9: מדידות מליחות בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2007.

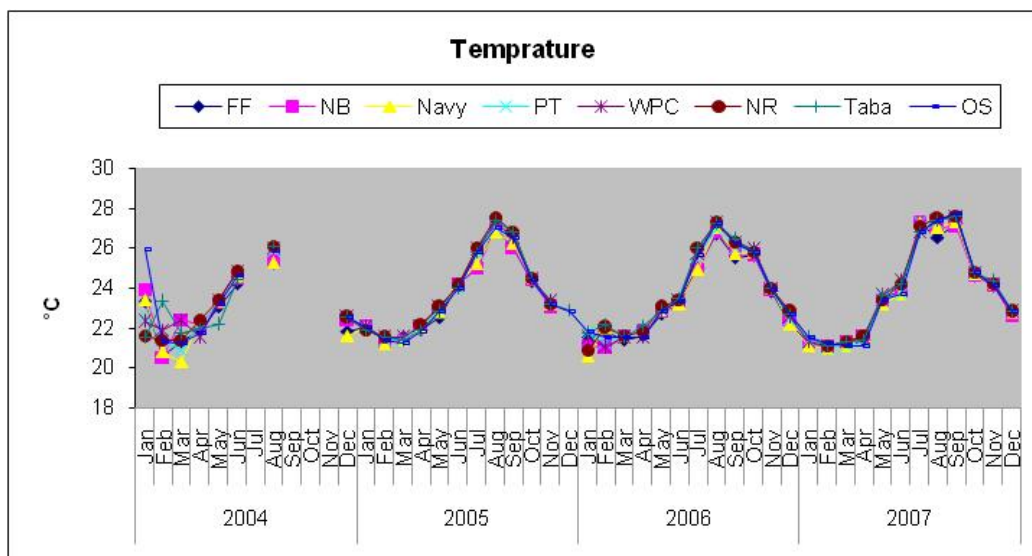
**Figure C9: Salinity at the coastal water sampling stations during 2004-2007.**



## טמפרטורה

טמפרטורת מי השטח בתחנות החופיות דומה לטמפרטורה הנמדדת בים הפתוח ומראה מחזור שנתי מובהק של ערכים נמוכים בחודשי החורף וערכים גבוהים בקיץ (איור ג10). המשרעת השנתית בשנת 2007 נעה בין ערכי קיצון של  $21.1^{\circ}\text{C}$  ו- $27.7^{\circ}\text{C}$ , ערכים גבוהים מעט (בפרט טמפרטורת הקיץ) מאשר בשנה הקודמת, 2006. טמפרטורת מי השטח בשנת 2005, הן של הטמפ' המירבית והן של המזערית, היתה נמוכה עוד יותר. מדידות הטמפרטורה בתחנות השונות דומות זו לזו, כצפוי ממדידות הנעשות בסמיכות זמן זו לזו בים ללא מדף יבשת ועם מדרון חוף תלול.

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



איור 10: מדידות טמפרטורה בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2007.

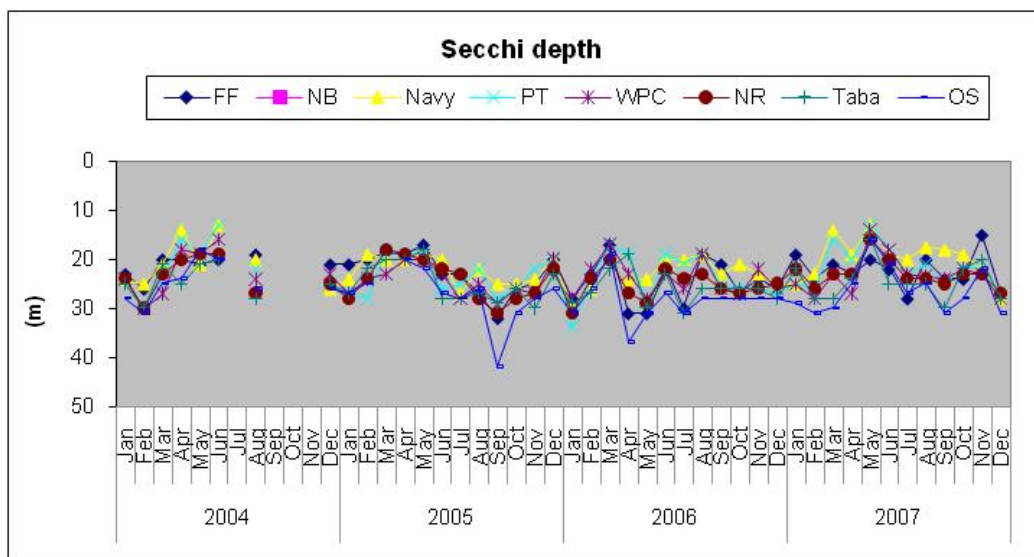
Figure C10: Temperature at the coastal water sampling stations during 2004-2007.

## עכירות

התבנית השנתית הצפויה של מים צלולים בסוף הקיץ וצלולים פחות בסוף החורף אינה בולטת במדידות עומק סקי של 2007 (איור ג11). בדרך כלל מי הים הפתוח צלולים יותר ממי החופים, כאשר לרוב נמדד עומק סקי נמוך יותר (עכירות גדולה יותר) בתחנות הצפוניות – תחנת כלובי הדגים וחיל הים\מרידיאן. עומק סקי גדול ביותר, 31 מ', נמדד מספר פעמים בתחנת הים הפתוח. עומק מזערי בים הפתוח, 16 מ', נמדד בחודש מאי, ככל הנראה עקב פריחת אצות פלנקטוניות. שני ערכי הקיצון האלה נמוכים מהערכים שנמדדו בשנים 2005 ו-2006.

המחזור השנתי של שינויים בעכירות נובע ככל הנראה 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 הנמדדת בתחנות הצפוניות עשויה לנבוע מכל אחד מגורמים אלה.

יש לציין כי הערכת עכירות לפי עומק סקי אינה מדויקת כיוון שהמדידה סובייקטיבית, ומושפעת מאד ממצב הים, היינו השתברות אור על פני המים בים גלי.



איור 11: מדידות עכירות (עומק סקי) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2007.

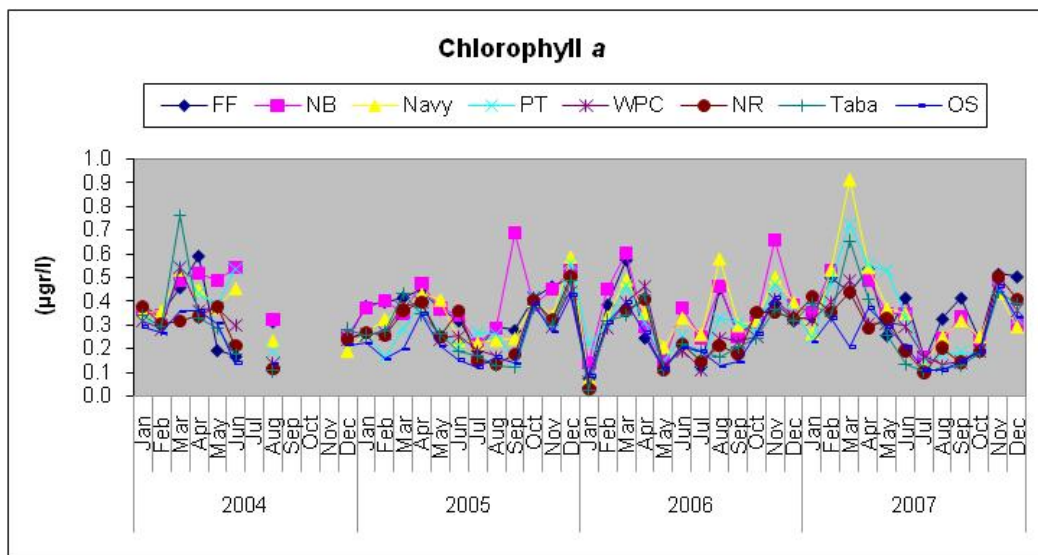
Figure C11: Secchi depth measurements at the coastal water sampling stations during 2004-2007.

### מדדים ביולוגיים

#### כלורופיל $a$

ריכוז כלורופיל  $a$  משתרע על טווח גדול יחסית בתחנות החופיות ובתחנת הים הפתוח, אך ניתן להבחין בתבנית כללית של ערכים גבוהים יחסית בסוף החורף ובאביב ונמוכים יותר בחודשי הקיץ (איור ג12). בדרך כלל ריכוז נמוך יותר נמדד בתחנת הים הפתוח ובתחנות הדרומיות, וריכוז גבוה יחסית נמצא בתחנות הצפוניות (שם נמדדו ערכים גבוהים למדי גם בקיץ). בים הפתוח, למשל, היה ריכוז הכלורופיל המירבי בשנת 2007  $0.370 \mu\text{gr/l}$  באפריל (ו-  $0.463 \mu\text{gr/l}$  בנובמבר), לעומת מקסימום של  $0.266 \mu\text{gr/l}$  בחודש אפריל אשתקד. ואילו בחיל הים\מרידיאן היה הריכוז המירבי  $0.914 \mu\text{gr/l}$  בחודש מרץ, אז נמדדו ריכוזים גבוהים יחסית בכל התחנות החופיות – פריחת האביב. ריכוזי כלורופיל היו השנה גבוהים יחסית לשנה החולפת כצפוי בעקבות הערבוב העמוק.

ריכוז כלורופיל  $a$  משמש מדד לכמות האצות 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, ככל הנראה, 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. התבנית הכללית של גרדיינט בריכוזי כלורופיל בין התחנות הצפוניות (ריכוזים גבוהים) לתחנות הדרומיות וים פתוח (ריכוזים נמוכים) נגרמת אולי ממצב יציב של העשרה בנוטריינטים בתחנות הצפוניות. בדרך כלל נחשב מפרץ אילת לגוף מים אוליגוטרופי, בייחוד בחודשי הקיץ, אולם ריכוזי הכלורופיל הגבוהים בתחנות הצפוניות דווקא בחודשים אלה מצביעים על העשרה מקומית באזור הצפוני המשנה את אופי המים שם.



איור ג12: ריכוז כלורופיל *a* בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2007.

**Figure C12: Monthly concentrations of chlorophyll *a* at the coastal water sampling stations during 2004-2007.**

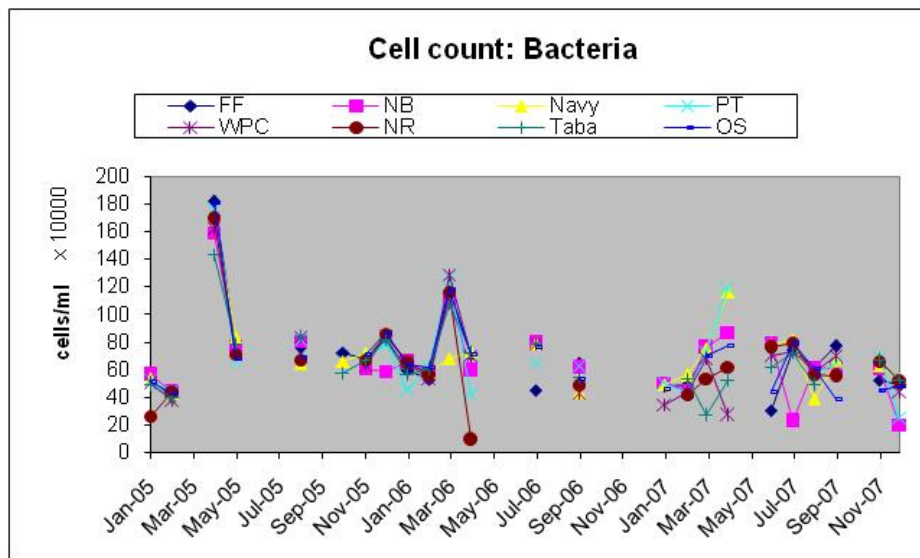
#### ספירת פיטופלנקטון

תוצאות ספירת תאי הפיטופלנקטון בדוגמאות המים מהתחנות החופיות מדווחות כמספר תאים למילי-ליטר. בתוכנית הניטור מחולק הפיטופלנקטון לשלוש קבוצות: חיידקים הטרוטרופים, ציאנובקטריה *Synechococcus*, אשר נפוצה מאד באוקיינוסים ובכלל זה במפרץ אילת ומיוחסת לה תרומה גדולה לסך הפוטוסינתזה, ופיטופלנקטון אאוקריוטי. במסד הנתונים קיימים פערים רבים אשר נבעו, בדרך כלל, מבעיות במכשיר המדידה (FACS). למרות המדידות החלקיות ניתן להבחין במחזור שנתי של עלייה בריכוזי התאים בחודשי החורף והאביב, וירידה בחודשי הקיץ.

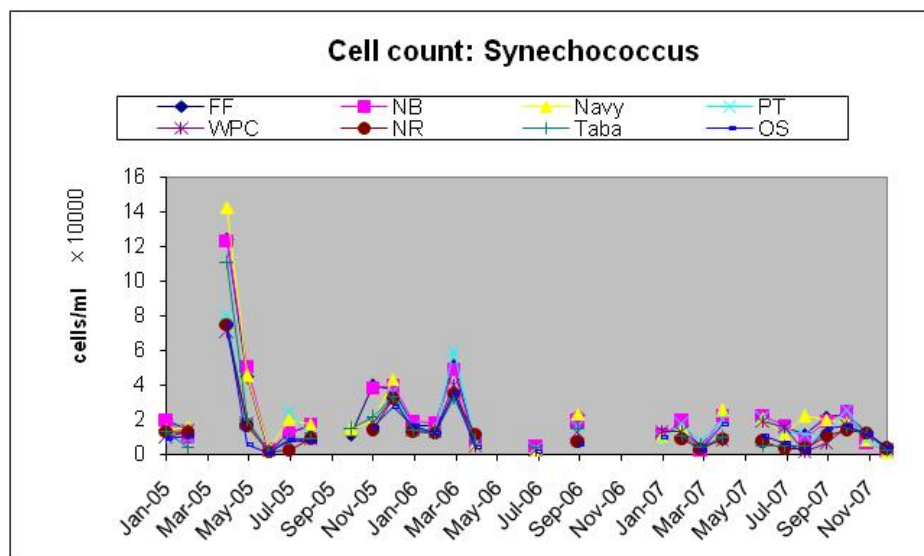
השנה נמצאו הבדלים גדולים בריכוז החיידקים ההטרוטרופים בתחנות החופיות ובים הפתוח (איור ג13). הבדלים אלה מקשים על ראיית תמונה כללית. בד"כ הריכוזים הגבוהים ברוב התחנות נמדדו בחודשי האביב והקיץ, כאשר בסוף הקיץ מסתמנת מגמת ירידה. עקב המדידות הלא רציפות בשנים הקודמות קשה להשוות בין השנים. יחד עם זאת ריכוזי השנה נמוכים מהריכוזים הגבוהים אשר נמדדו בחודשי האביב של 2006 ו-2005.

גם עבור הציאנובקטריה *Synechococcus* נמדדו השנה ריכוזים נמוכים בהרבה מריכוזי 2006 ובעיקר 2005 (איור ג14). יש לשים לב שהריכוזים הנמדדים כאן נמוכים בסדרי גודל מאלה בקטגוריה הכללית "חיידקים הטרוטרופים (bacteria)" הנזכרת למעלה.

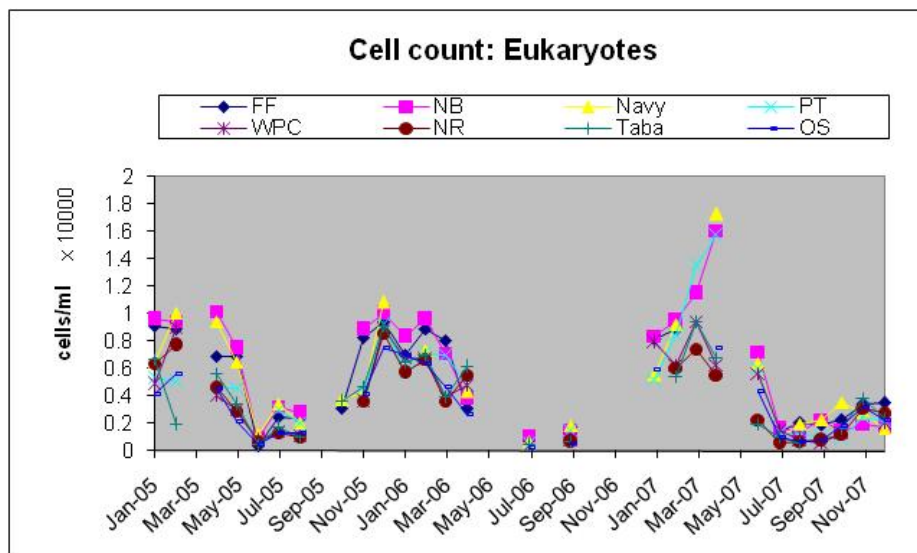
בריכוזי הפיטופלנקטון האאוקריוטי נמצאו הבדלים גדולים בין התחנות בעיקר בחודשי החורף והאביב בהם הריכוזים גבוהים, כאשר בדרך כלל בתחנות הצפוניות ריכוזים גבוהים מאשר בתחנות הדרומיות ובים הפתוח (איור ג15). עבור תאים אלה נראה כי השנה נמדדו ריכוזים גבוהים מריכוזי השנים 2005-6.



איור ג'13: ריכוז תאי בקטריה (חיידקים הטרוטרופים) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2005-2007.  
**Figure C13: Monthly concentrations of bacteria cells at the coastal water sampling stations during 2005-2007.**



איור ג'14: ריכוז תאי ציאנובקטריה *Synechococcus* בתחנות הדיגום החופי בשנים 2005-2007.  
**Figure C14: Monthly concentrations of cyanobacteria *Synechococcus* cells at the coastal water sampling stations during 2005-2007.**



איור 15: ריכוז תאים אאוקריוטים בתחנות הדיגום החופי בשנים 2005-2007.

Figure C15: Monthly concentrations of eukaryote cells at the coastal water sampling stations during 2005-2007.

#### דיון

נראה כי 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 אחד במאות המטרים העליונים במפרץ. חימום פני המים בקיץ יוצר שיכוב תרמי המפריד את עמודת המים למי שטח ולמי עומק אשר מעבר החומר ביניהם מועט. בהתאם לכך במי השטח בחודשי החורף ערכי רוב המדדים גבוהים יותר מאשר בקיץ. השנה היה ערבוב עמוק במיוחד וערכים הנמדדים בעונת הערבוב פברואר-אפריל משקפים זאת. בעיקר הושפעו מדידות הנוטריינטים וריכוז הכלורופיל מהערבוב העמוק. ריכוז הנוטריינטים בפני הים היה גבוה בדרך כלל מאשר בשנים הקודמות, וגרם לפריחת פיטופלנקטון חזקה אשר התבטאה בריכוז כלורופיל גבוה במיוחד.

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. ואכן ריכוזי חנקן גבוהים במיוחד נמדדו סמוך לתחנות החופיות הצפוניות (כלובי הדגים, החוף הצפוני, וחיל הים/מלון מרידיאן) בחודשי הקיץ והסתיו. בפרט נמדדו ריכוזים גבוהים במיוחד בחודש מאי מול חיל הים/מרידיאן. בהתאמה עם מליחות נמוכה אשר נמדדה באותה תחנה ניתן לומר כי ישנה עדות ישירה להזרמת מי תהום מליחים בעלי תכולת נוטריינטים גבוהה אל הים באזור זה.

גם השנה נמדדו ריכוזי אמוניה גבוהים סמוך לכלובי הדגים. ריכוזים אלה גבוהים בהרבה אף מריכוזי השנה הקודמת, בפרט בתחילת השנה. יש לחזור ולהזכיר כי אמוניה היא צורה זמינה ביותר של חנקן ונצרכת במהירות. לפיכך ריכוזי אמוניה גבוהים ימצאו סמוך למקור.

ריכוזי סיליקה גבוהים נמדדו בתחילת השנה בתחנות הצפוניות ביותר, ובפרט בחודש מאי מול חיל הים/מלון מרידיאן, נראה כי מי התהום המוזרמים שם נושאים חותם ברור של ריכוז סיליקה גבוה. עבור המדידות החופיות, ריכוזים המוגדרים כחריגים הם כאלה השונים משמעותית מהריכוזים הנמדדים בתחנות האחרות, ובפרט מתחנת הים הפתוח, אשר עברה מקור זיהום מקומי אינו סביר, ואם היה כזה המהילה שם רבה יותר מאשר בקרבת החוף. לפיכך, כל המדידות המוזכרות למעלה חשודות כמייצגות מקור זיהום נקודתי בקרבת תחנת המדידה. הדבר נכון במיוחד עבור אמוניה, אשר קצב פירוקה במים גבוה במיוחד. נראה כי התחנות הצפוניות, כלובי הדגים והחוף הצפוני, סובלות תדיר מזיהומים, ואיזור חיל הים/מלון מרידיאן נתון גם הוא להשפעת מקורות זיהום מקומיים, אם גם שונים מאלה המשפיעים על החוף הצפוני.

## ג.2. מחלות וטפילים בדגים לאורך חופי אילת

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

### מטרה

סקר מחלות וטפילים בדגי חוף על מנת 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. למעלה ממאה דגי סיכן המשתייכים לשלושה מינים (*Siganus spp.*) שנתפסו מול החופים הצפוני והדרומי של אילת נבדקו בסקר. שמונה עשר פרטים נתפסו בצלילת לילה בשמורת חוף אלמוג (בסיוע רט"ג) בחודש אוגוסט 2007, ושבעה-עשר התקבלו מדייגים בחוף הצפוני. הדגים נותחו ונבדקה שכיחותם ועוצמת נגיעותם של טפילי מעי וגרנולומות בטחול (*splenic granulomata*) אשר מקורם חיידקי, בהשוואה למסד הנתונים משנים קודמות. כשבעים דגים נוספים (כולם מהמין *Siganus rivulatus*) במשקל 100-150 גרם נתפסו בסמוך לכלובי הדגים של ערד"ג באוקטובר 2007. דגים אלה נמדדו ונשקלו, ואיבריהם הפנימיים נבדקו והוכנו לבדיקה היסטולוגית. בדיקות אלה לא העלו ממצאים חריגים אולם בטרם הושלמה הבדיקה כולה הושמדו הדוגמאות בדליקה שכילתה את המעבדה ההיסטולוגית של מלח"י ב-14.11.2007.

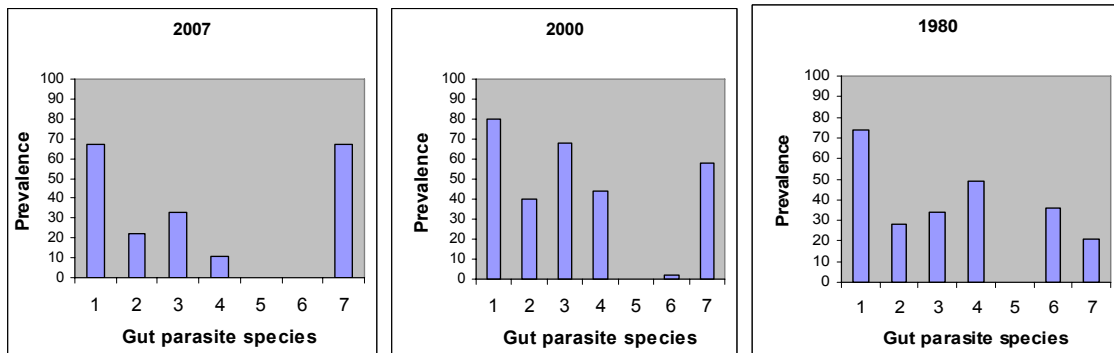
### תוצאות

ממצאי הנתיחות מובאים בטבלאות ג2 עד ג4. נתונים מדגי *S. rivulatus* מובאים באיורים ג16 ו-ג17 מול נתונים סטטיסטיים משנים קודמות (Dzikowski et al., 2003).

No.	Species	TL (cm)	BW (g)	Sex	<i>Scierocoli m rubinaris</i>	<i>Procammalan us elatensis</i>	<i>Hexangium sp.</i>	<i>Opisthogono poroides sp.</i>	<i>Gyllauchen sp.</i>	<i>Cucullianus sp.</i>
1	<i>S. luridus</i>	22.5	148.7	♂	10	37			>200	12
2	"	22	148.3	♀	5	51			>200	3
3	"	21.5	133.2	♂	4	59			>200	
4	"	22.5	150	♂	37	14			>200	
5	<i>S. argenteus</i>	21.5	112.6	♂	9					
6	"	20.8	141.5	♂						
7	"	18	68.1	♂						
8	"	18	68	♀						
9	"	18	59.8	?				7		
10	<i>S. rivulatus</i>	26.5	221	♀						2
11	"	26.5	257	♂	3	3	1	1		
12	"	28	248	♂	1					3
13	"	24.5	168	♂			1			
14	"	23	135.7	♀		2	3			5
15	"	23	120	♀	52					1
16	"	25.5	182.2	♂	7					1
17	"	20	86	♀	28					
18	"	25.5	154	♀	25					2

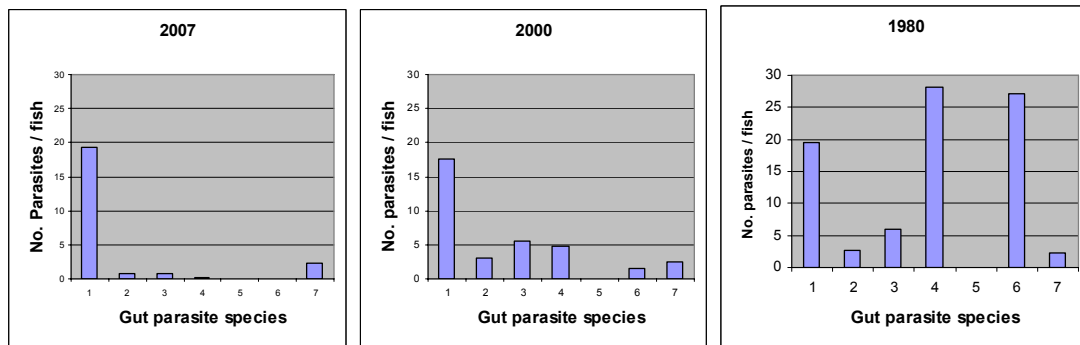
טבלה ג2: מציאות טפילי מעיים בדגי *Siganus spp.* שנאספו באוגוסט 2007 בשמורת חוף אלמוג.

Table C2: Occurrence of intestinal parasites in *Siganus spp.* collected in August 2007 at the Nature Reserve.



איור ג16: השוואת שכיחות של טפילי מעיים ב-*S. rivulatus* בחופים הדרומיים של אילת בין השנים 2007 (משמאל, סקר נוכחי), ו-1995-2000 (במרכז) ו-1980-1985 (מימין) - Dzikowski et al., 2003. הטפילים המזוהים בציר האופקי: 1 - *Sclerocollum rubrimaris*; 2 - *Procamallanus elatensis*; 3 - *Hexangium sigani*; 4,5 - *Opisthgonoporoides* spp.; 6 - *Gyliauchen volubilis*; 7 - *Cucullanus sigani*.

Figure C16: Comparison of infection prevalence of gut helminth parasites (%) in *S. rivulatus* in Eilat's South Coast area. 2007 (present study, left), and 1995-2000 (center) and 1980-1985 (right) - Dzikowski et al., 2003. 1 - *Sclerocollum rubrimaris*; 2 - *Procamallanus elatensis*; 3 - *Hexangium sigani*; 4,5 - *Opisthgonoporoides* spp.; 6 - *Gyliauchen volubilis*; 7 - *Cucullanus sigani*.



איור ג17: השוואת שכיחות טפילי מעיים ב-*S. rivulatus* (מספר הטפילים בדג נגוע) בחופים הדרומיים של אילת בין השנים 2007 (משמאל, סקר נוכחי), 1995-2000 (במרכז), ו-1980-1985 (מימין) - Dzikowski et al., 2003. הטפילים המזוהים בציר האופקי: 1 - *Sclerocollum rubrimaris*; 2 - *Procamallanus elatensis*; 3 - *Hexangium sigani*; 4,5 - *Opisthgonoporoides* spp.; 6 - *Gyliauchen volubilis*; 7 - *Cucullanus sigani*.

Figure C17: Comparison of gut helminth intensity of infection (no. of parasite individuals per infected fish) with data taken from *S. rivulatus* in Eilat's South Coast area (Dzikowski et al., 2003). 2007 (left), 1995-2000 (center) and 1980-1985 (right). 1 - *Sclerocollum rubrimaris*; 2 - *Procamallanus elatensis*; 3 - *Hexangium sigani*; 4,5 - *Opisthgonoporoides* spp.; 6 - *Gyliauchen volubilis*; 7 - *Cucullanus sigani*.

No.	Species	Histology #	Granulomata	Mycobacteria	Zschokkella	MMC*
1	<i>S. luridus</i>	9757-1 SL 050807	-	-	+++	+++
2	"	9757-2 SL 050807	+	-	-	+++
3	"	9757-3 SL 050807	++++	-	+++	+++
4	"	9757-4 SL 050807	-	-	++	+++
5	<i>S. argenteus</i>	9758-1 SAr 060807	-	-	-	+++
6	"	9758-2 SAr 060807	-	-	-	+++
7	"	9758-3 SAr 060807	-	-	-	+++
8	"	9758-4 SAr 060807	-	-	-	+++
9	"	9758-5 SAr 060807	-	-	+	+++***

10	<i>S. rivulatus</i>	9759-1 SR 050807	++	+	-	+++
11	"	9759-2 SR 060807	+	-	+++	+++
12	"	9759-3 SR 060807	+	-	-	+++
13	"	9759-4 SR 060807	-	-	-	+++
14	"	9759-5 SR 060807	+++	+	-	+++
15	"	9759-6 SR 060807	-	-	-	-
16	"	9759-7 SR 070807	-	-	-	++
17	"	9759-8 SR 070807	++	+	-	++
18	"	9759-9 SR 070807	+	-	-	+++

MMC = Melanomacrophage centers \*

Also: nematode in liver \*\*

Also: cyst in heart \*\*\*

טבלה ג3: ממצאים היסטולוגיים בדגי *Siganus* spp. שנאספו באוגוסט 2007 בשמורת חוף אלמוג.

Table C3: Histopathological results of *Siganus* spp. from the Nature Reserve

Species	Histology #	TL (m m)	BW (g)	
<i>S. rivulatus</i>	9794-1 SR 181007	139	41.8	++
"	9794-2 SR 181007	140	51.2	++
"	9794-3 SR 181007	143	51.8	-
"	9794-4 SR 181007	129	34.6	-
"	9794-5 SR 181007	138	48.3	-
"	9794-6 SR 181007	135	45.1	-
"	9794-7 SR 181007	130	33.0	-
"	9794-8 SR 181007	138	43.3	-
"	9794-9 SR 181007	142	49.9	-
"	9794-10 SR 181007	107	17.3	-
"	9794-11 SR 181007	141	48.6	-
"	9794-12 SR 181007	140	52.3	-
"	9794-13 SR 181007	142	51.4	-
"	9794-14 SR 181007	141	46.3	-
"	9794-15 SR 181007	135	41.0	-
"	9794-16 SR 181007	127	28.9	-
"	9794-17 SR 181007	148	61.1	-

טבלה ג4: מציאות גרנולומות בטחול בדגי *S. rivulatus* משמורת חוף אלמוג.

Table C4: Presence of granulomata in *S. rivulatus* spleens from the Eilat North Beach

במהלך 2007 נמצאו על ידי פקחי רט"ג מספר פרטי דגי בר מתים במים הרדודים של שמורת חוף אלמוג. דגים אלה הועברו למעבדתנו לצורך בדיקה פתולוגית. בשלושה פרטים (37%) נמצאו פתוגנים בעלי פוטנציאל קטלני. בשניים מהמקרים היו אלה חיידקים ובשלישי טפיל מקבוצת ה-Myxosporea. סביר שגורמים אלה הם שגרמו למות הדגים הנ"ל. ממצאי נתיחות הדגים המתים מסוכמים בטבלה ג5.

#	Date	Species	Diagnosis
1	22/06/07	<i>Echidna zebra</i>	Severe infection by <i>Mycobacterium</i> (prob. <i>marinum</i> )
2	07/07/07	<i>Thalassothia cirrhosa</i>	Fisherman's hook in the branchial chamber - No clinical signs
3	25/07/07	<i>Abudefduf vaigiensis</i>	Caught by fisherman - No clinical signs
4	26/07/07	<i>Ostracion</i> sp.	No clinical signs
5	14/08/07	<i>Platax orbicularis</i>	Severe enteritis due to the myxosporean <i>Enteromyxum leei</i>
6	19/08/07	Unidentified moray eel	Not fresh enough
7	02/09/07	Unidentified moray eel	Not fresh enough
8	31/10/07	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	Septicaemic infection by <i>Streptococcus iniae</i>

טבלה ג5: דגי בר אשר נמצאו מתים בשמורת חוף אלמוג והובאו לבדיקה פתולוגית במלח"י.

Table C5: Wild fish found dead along the Coral Beach Coral Reserve and examined at NCM.



מספר דגי הסיכון משוניות אילת אשר נבחנו בסקר זה אינו גדול, אך מספק תמונת מצב מעניינת. נמצאה ירידה קלה ולא משמעותית בנגיעות טפילי המעיים בדגי הסיכון. יחד עם זאת, עצמת הנגיעות הממוצעת בטפילי מעיים (מספר ממוצע של טפילים בדג נגוע) ירדה באופן הדרגתי בהשוואה לשנים 1981-85 ו-1995-2000. רק שני מיני טפילים, התולעים *S. rubrimaris* (acanthocephalan) ו-*Cucullanus sigani* (nematode) שמרו על רמות נגיעות גבוהות ואחידות בשלוש העשורים האחרונים. הנגיעות בטפילים *Procamallanus elatensis* ו-*Gyiliauchen sp.*, *Hexangium sigani*, *Opisthomonoporoidea spp.* באופן ניכר. הטפילים *Opisthomonoporoidea spp.* ו-*Gyiliauchen volubilis* (Digenea) כמעט ולא נמצאו במחקר הנוכחי. נפיצות *Opisthomonoporoidea* (שני מינים נמצאו בדגים סיכניים) ירדה ממוצע של 28.1 תולעים בשנות ה-80 ל-0.2 במחקר הנוכחי. אפקטיבית, מיני טפילים אלה נעלמו מאוכלוסיית שני מיני הסיכניים שנבדקו במחקר זה. לעומתם, הטפיל *G. volubilis* עדיין נפוץ למדי בדגים ממין *S. luridus*. ירידה בנפיצות מאכסני ביניים של טפילים מסויימים של הסיכון, כגון מיני רכיכות, עשויה להיות גורם מכריע בקביעת רמות נגיעות הטפילים בדגים. לפיכך, הירידה הנצפית במגוון וכמות הטפילים עשויה להצביע על ירידה במגוון הביוטי של המערכת האקולוגית של השונית.

מספר הדגים המתים אשר נמצאו בשמורת חוף אלמוג והובאו לבדיקה קטן, אולם מציאותם של פתוגנים בקטריאליים מוכרים בשלושה מהם מעוררת דאגה. בשני העשורים הקודמים נמצאו כעשרים מיני דגים נגועים בגרנולומות בטחול ובכליות, לרוב כתוצאה מפגיעת הבקטריה יציבת החומצה, *Mycobacterium marinum*. ששה מתוך תשעה (67%) פרטים של *S. rivulatus* משמורת חוף אלמוג שנותרו במחקר הנוכחי, ושניים מתוך 18 פרטים (11%) מהחוף הצפוני, לקו בזיהום דומה. על אף השונות הגבוהה ערכים אלה דומים לממצאי שנים קודמות בדגי הסיכון.

בשנים האחרונות בודד החיידק הפתוגני *Streptococcus iniae* מדמם של לפחות שבעה מינים שונים של דגי בר. כמו כן ידועים מספר מקרים של דלקות מעיים שנגרמו על ידי *Enteromyxum leei*, אותו מין טפיל שנמצא בפרט *Platax orbicularis* שנמצא מת בים במחקר זה.

בשונית האלמוגים, דגים חולים וחלשים נטרפים במהירות. הדגים המתים שנאספו על ידי פקחי רט"ג במים הרדודים בשמורת חוף אלמוג היו כולם גדולים יחסית, ואולי זו הסיבה שנותרו בשטח ונמצאו ע"י צוללים. אין בידינו מידע על תמותת דגים במים עמוקים, באזורים אחרים, או של פרטים קטנים יותר.

## 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.

### שיטות

אחת לחודש מבוצעת בספינת מחקר הפלגה לתחנה A, תחנת ים-פתוח (OS), ולצפון המפרץ, סמוך לכלובי 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). תחנת ים-פתוח נמצאת על הקו החוצה כ-4 ק"מ דרומית לחוף הצפוני, בעומק קרקעית של כ-400 מטר. עומק הקרקעית בסמוך לכלובי הדגים כ-55 מטר. בתחנות אלה נלקחו 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 קסטים (cast = הורדת רוזטה), קסט עמוק וקסט רדוד, בכדי לקבל רוזלוציה 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 ( $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $Si(OH)_4$ ,  $PO_4^{3-}$ ), מליחות, כלורופיל (Chl-a), והתפלגות אוכלוסיית הפיטופלנקטון. סינון הדוגמאות לצורך מדידת כלורופיל ואוכלוסיית הפיטופלנקטון, וקיבוע דוגמאות לצורך מדידת חמצן מומס נעשו בספינה. המדידות בוצעו במעבדה לפי השיטות המתוארות בפרק העוסק במי החופים.

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

## ד.1. מדדים פיסיקליים: טמפרטורה ומליחות

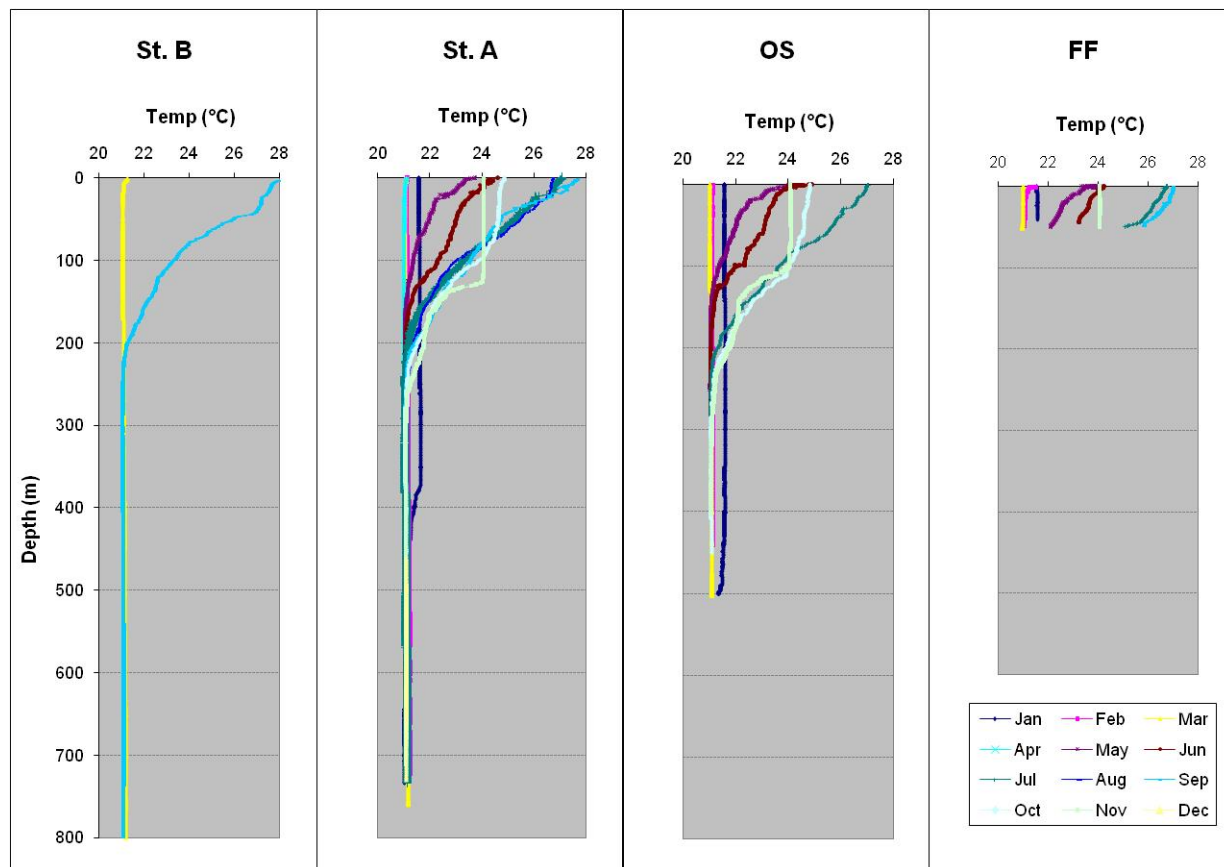
טמפרטורה ומליחות נמדדים באופן רציף על ידי מכשיר CTD המחובר לרוזטה היורדת לאורך עמודת המים בהפלגות הניטור החודשיות. נתונים אלה מראים את השינוי העונתי במבנה עמודת המים ברזולוציה גבוהה, ובעזרתם ניתן לעקוב אחר התפתחות הערבוב ככל שהחורף מתקדם, וחזרת המבנה המשוכב של עמודת המים עם ההתחממות באביב ובקיץ. מבט ארוך טווח יותר ניתן על ידי סקירה פרטנית של מדדים אלה בשנים האחרונות כפי שנרשמו בעת סגירת בקבוקי דגימת המים. לצורך השוואה זו בין השנים נעשה שימוש במדידות המליחות הפרטניות שנעשות במעבדה על דוגמאות המים. מדידות אלה לרוב מדויקות יותר מהמדידות האוטומטיות בעת תנועת ה-CTD לאורך כל עמודת המים.

### טמפרטורה

עומק הערבוב המירבי שנמדד במרץ 2007 היה עמוק מ-814 מ', שהוא עומק הקרקעית בתחנה B. ערבוב עמוק זה נמדד בהפלגת הניטור המשותפת לישראל ולירדן. טמפרטורת עמודת המים באותה תחנה הייתה אחידה ( $21.19^\circ C$ ), פרט למטאים העליונים בהם נמצא מינימום של  $21.06^\circ C$  בעומק של כ-30 מטרים, ומקסימום של  $21.27^\circ C$  סמוך לפני הים (איור ד1). בתחנה A הייתה עמודת המים מעורבת עד כמעט 400 מטרים בחודש ינואר, ובחודשים פברואר עד אפריל הייתה עמודת המים מעורבת לכל עומקה (700 מ'). הערבוב השנה היה עמוק וארוך במיוחד, יותר מאשר בשנת 2000, בה היה הערבוב העמוק

האחרון. תוצאותיו של ערבוב זה הורגשו בפריחת אצות חריגה ושינויים גדולים בהרכב המים במשך השנה (ראו למטה).

התרמוקלינה החלה להיבנות מחדש בחודש מאי וטמפרטורת פני המים הגבוהה ביותר שנמדדה בהפלגות הניטור הייתה  $28.67^{\circ}\text{C}$  בפני הים בחודש ספטמבר בתחנה B. בחודשי הקיץ טמפרטורת המים בפני הים גבוהה יותר בתחנות הדרומיות (A ו-B) מאשר בצפוניות (OS ו-FF).

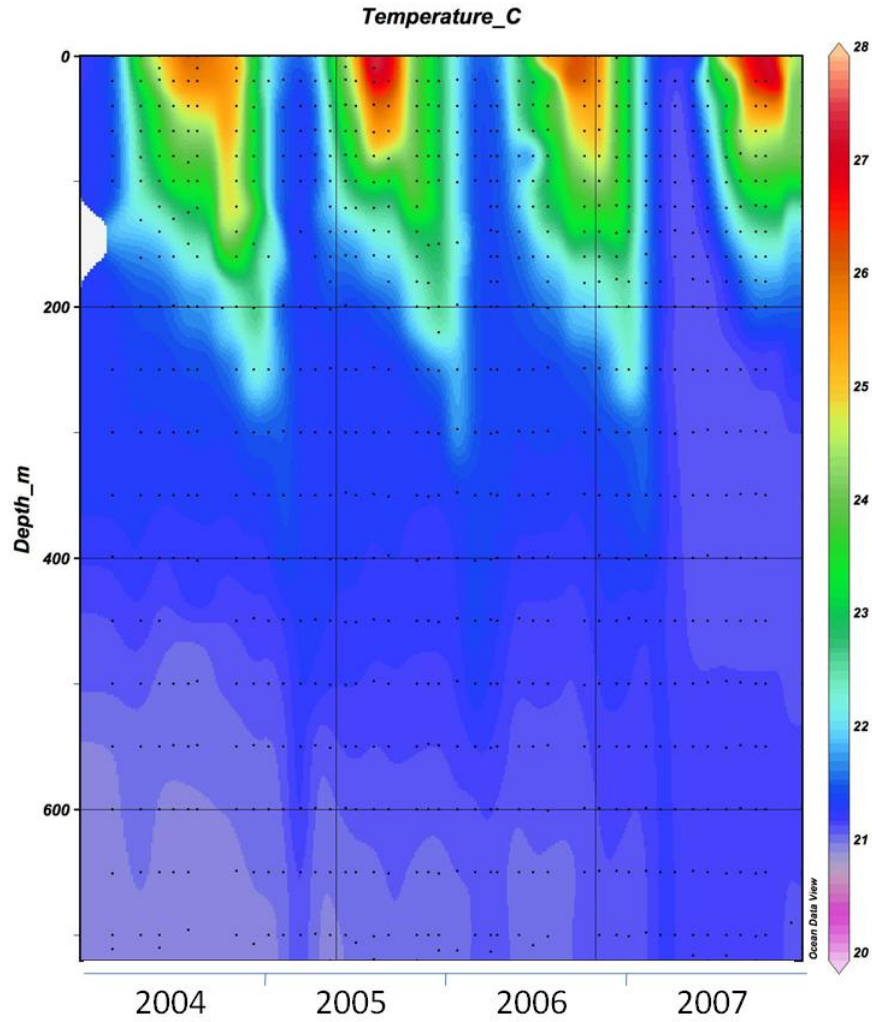


איור ד1: טמפרטורות עמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

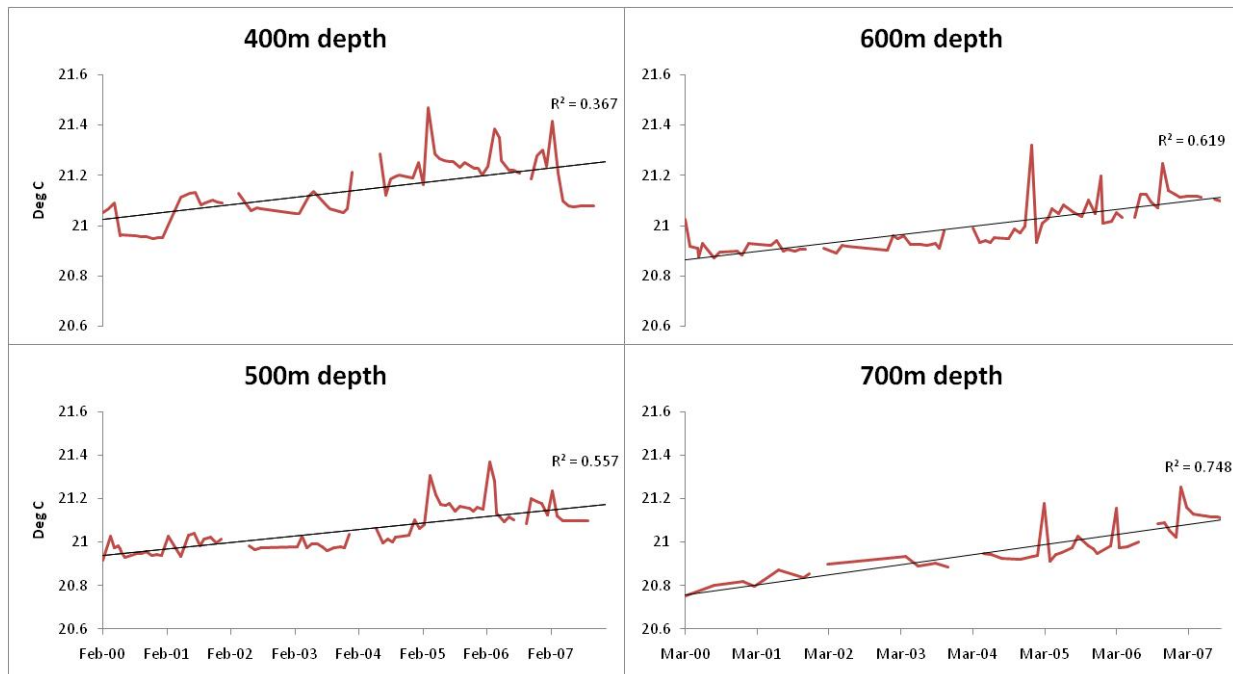
**Figure D1: Temperature profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.**

בחינת ארבע השנים האחרונות (2004-2007) בתחנה A מצביעה על כך שבחורף 2007 טמפרטורת המים הייתה נמוכה ביותר למשך הזמן הארוך ביותר והערבוב שנבע מכך היה מלא וממושך (איור ד2). באופן מפתיע טמפרטורת המים בפני השטח בקיץ 2007 הייתה הגבוהה ביותר.

במבט לטווח ארוך יותר, מאז שנת 2000 (נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של פרופ' י. ארז וב. לזר), נראית התחממות הדרגתית של מי העומק (איור ד3). מגמה זו נמשכה בשנה החולפת. יש לשים לב לכך שבעומקים גדולים יותר מגמת העלייה בטמפרטורה בולטת יותר (השוו למשל קו הרגרסיה בעומק 400 מטרים,  $R^2=0.367$ , ובעומק 700 מטרים,  $R^2=0.748$ ). יתכן שהדבר נובע מהשיעור הקטן והולך עם העומק של השינוי העונתי בטמפרטורה. בעומק 700 מטרים נראית עליית טמפרטורה של קרוב ל-0.4 מעלות מאז שנת 2000. דיוק המדידה של מכשיר ה-CTD הוא  $0.01^{\circ}\text{C}$  ועל כן נראה כי איבחונה של מגמה זו אמין ביותר. יחד עם זאת פרק הזמן הקצר שבו מדובר אינו מאפשר להסיק לגבי הגורמים למגמה זו, או לגבי משמעותה האקולוגית בטווח הארוך.



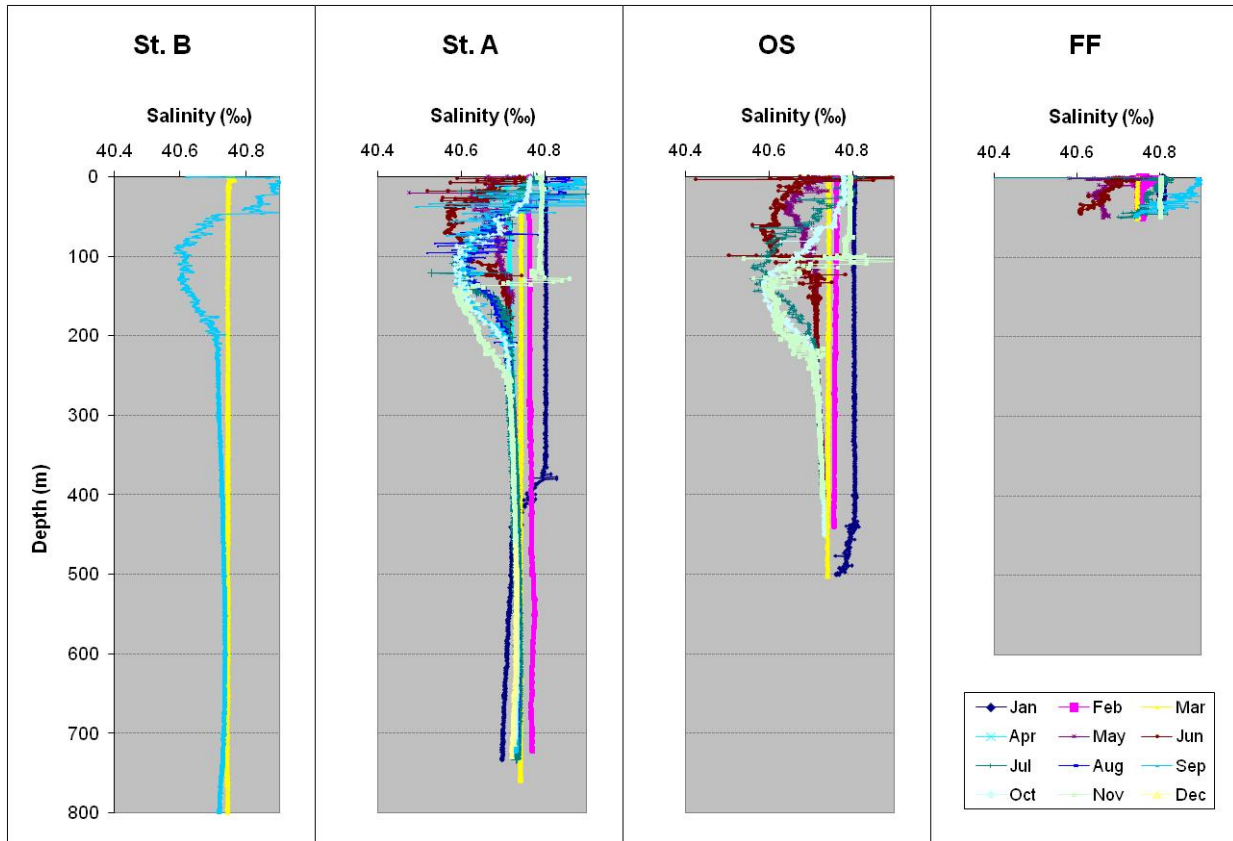
איור ד2: שינויי טמפרטורה בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.  
**Figure D2: Changes in water temperature at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.**



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 וב. 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 J. Erez and B. Lazar.**

#### מליחות

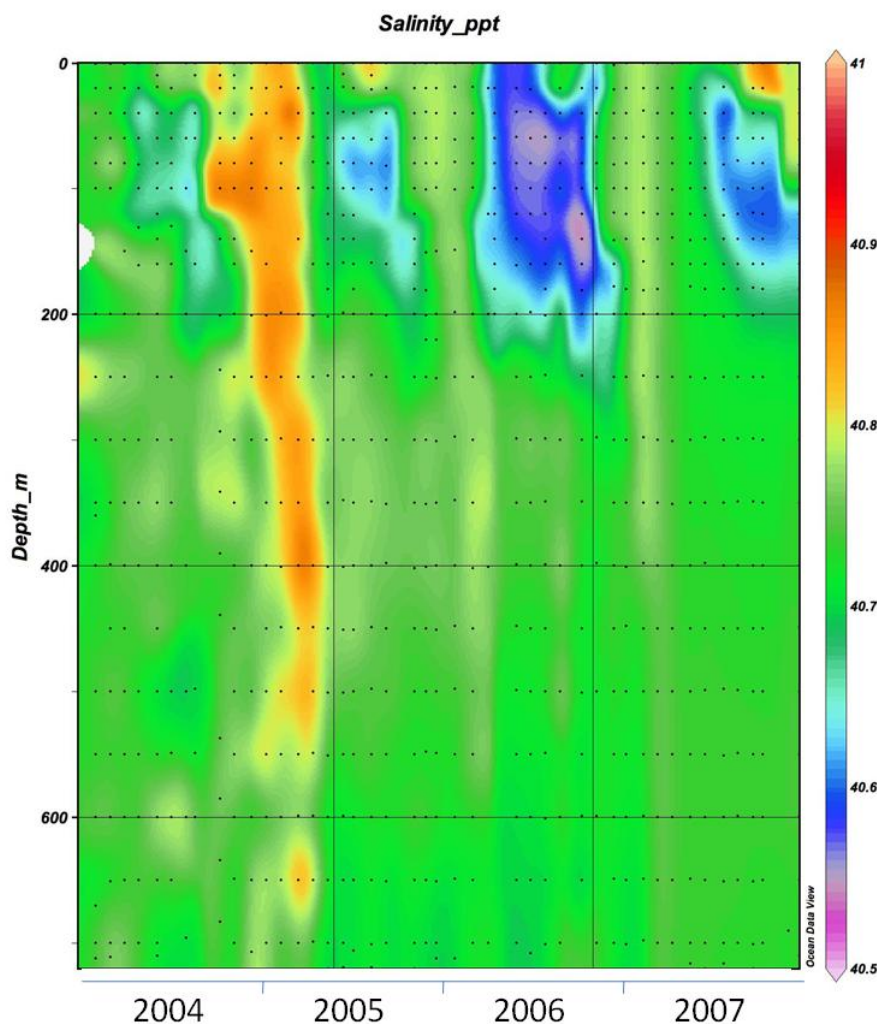
במדידות המליחות המחזור העונתי האופייני ניכר בהיווצרות שכבת מים בעלת מליחות נמוכה יחסית בעומקים 170-25 מטרים בתקופה המשוככת. שכבת "המליחות המינימלית" בעמודת המים בתקופת השכוב נוצרת עקב חדירת מים עם מליחות נמוכה יותר בפני השטח שמקורם בדרום המפרץ בסוף החורף. מים אלה מתערבבים עם המים העמוקים יותר בשכבה העליונה, 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 המשוכב בסוף הקיץ ותחילת הערבוב, גם מים אלה מתערבבים, ועומק "המליחות המינימלית" השאריתית גדל. השנה נראית ירידת המליחות במים העליונים בחודש אפריל, והחל מחודש מאי מתחיל להיווצר גוף המים של "מינימום המליחות" בפרופיל. המליחות המינימלית, כ- 40.6%, נמדדה בסוף הקיץ בעומק של כ-140 מטרים (איור ד4). עם תחילת הערבוב בחורף 2007 עלתה מליחות המים (בעיקר העליונים, עד עומק כ-400 מטרים) אם כי לא במידה שנצפתה ב 2005, ועם התקדמות הערבוב התקבלה מליחות אחידה בכל עמודת המים. בקיץ שוב מתפתח גוף מים עם מליחות נמוכה עד עומק 180 מטרים לערך כאשר לקראת סוף השנה המליחות מעל גוף מים זה גבוהה במיוחד.



איור ד4: מליחות בעמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

**Figure D4: Salinity profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.**

לא ניתן לאבחן שינויים מגמתיים בתבנית המליחות בתקופת הניטור (מאז 2004) (איור ד5). מליחות גבוהה במיוחד נמדדה בחורף 2005, אולי כתוצאה מחדירת גוף מים בעל מליחות גבוהה מדרום. מליחות נמוכה מתפתחת בכל שנה כמוסבר למעלה, כאשר הערכים הנמוכים ביותר נמדדו בקיץ 2006.



איור ד5: 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.**

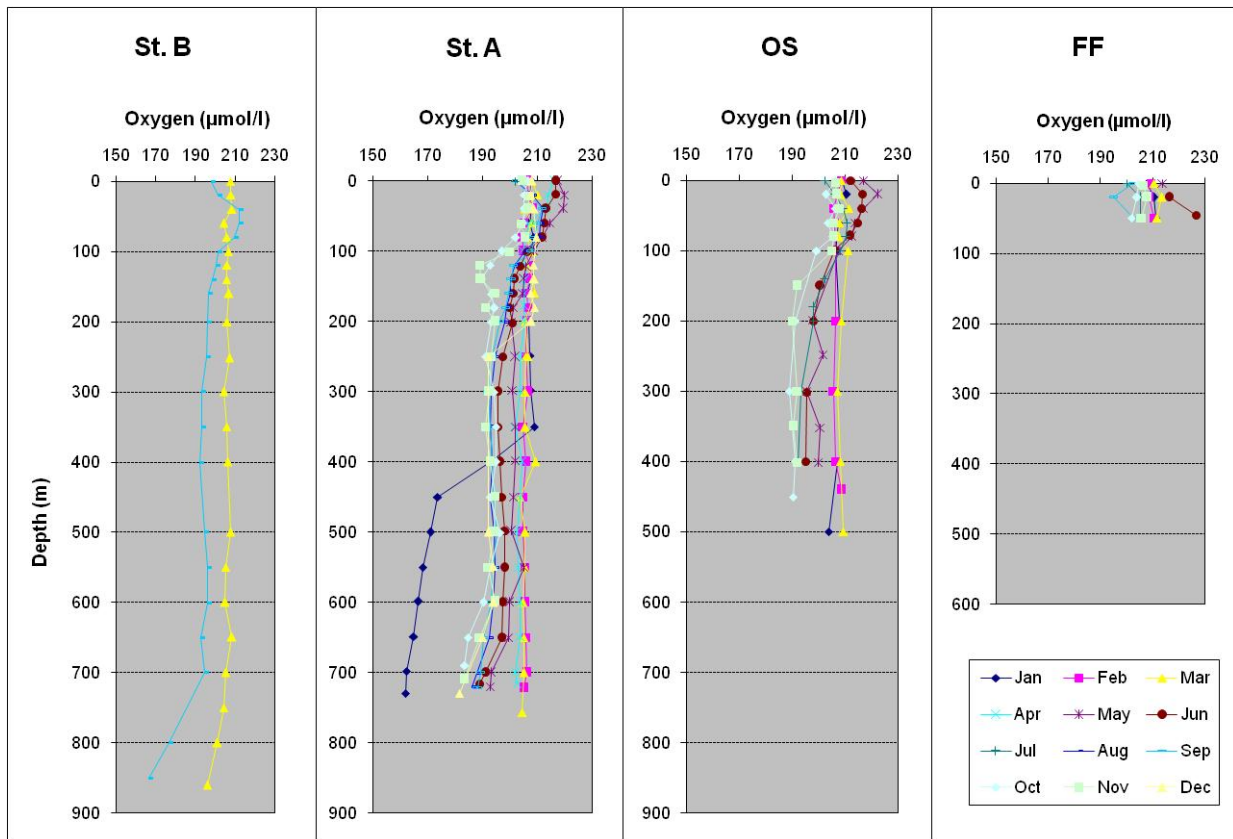
## ד.2. מדדים כימיים

### חמצן ( $O_2$ )

המחזור השנתי של שיכוב-ערבוב עמודת המים הוא הגורם העיקרי הקובע את ריכוזי החמצן בעמודת המים. בתקופת הערבוב ישנה ירידה בטמפרטורת המים ועל כן עלייה בקליטת חמצן אטמוספירי במים העליונים, אולם מים אלה מתערבבים עם מי עומק עניים בחמצן, וכך, למרות שמאגר החמצן המומס בעמודת המים גדל, נמצא החמצן בתת-רוויה. עם תום תקופת הערבוב ותחילת התקופה המשוכבת עולה היצרנות בעמודת המים העליונה ונוצר ריכוז גבוה של חמצן מומס קרוב לעומק הכלורופיל המירבי (DCM), ועם עליית הטמפרטורות במים העליונים נוצרת בתקופה זו על-רוויה בחמצן. בסך הכל, נמדד בחודשים פברואר-מרץ-אפריל ריכוז חמצן כמעט אחיד בעמודת המים המערבבת כאשר החל מחודש אפריל מסתמנת עלייה בריכוז החמצן במי השטח. בחודשי הקיץ ריכוז החמצן המקסימלי (כ- $210\mu\text{mol/l}$ ) מצוי בעומק ה-DCM (40 עד 80 מטרים לערך) ומשם ירידה עם העומק לערכים של כ- $180\mu\text{mol/l}$  בעומק 700 מטר (איור ד6). בדרך כלל 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 עמוק בו מתערבבים מי העומק עם מים רדודים עשירים בחמצן. בהשוואה לשנים קודמות

(מאז 2004) הערבוב השנה היה עמוק וארוך במיוחד ו"אוורר" את מי העומק כך שריכוז החמצן בהם עלה מעל ל- $200\mu\text{mol/l}$  גם בסמוך לקרקעית בתחנות A ו-B (איור ד7). גם מאגר החמצן המומס בעמודת המים היה נמוך ביותר בשנת 2004. בעקבות הערבוב ב-2005 התחמצנה עמודת המים אך ב-2006 שוב נמדדה ירידה בכמות החמצן. הערבוב העמוק של השנה החולפת העלה את מאגר החמצן המומס בעמודת המים לערכים הגבוהים ביותר מאז 2004, והירידה בחודשים שלאחר הערבוב קטנה ואיטית יחסית לשנים הקודמות (איור ד8).

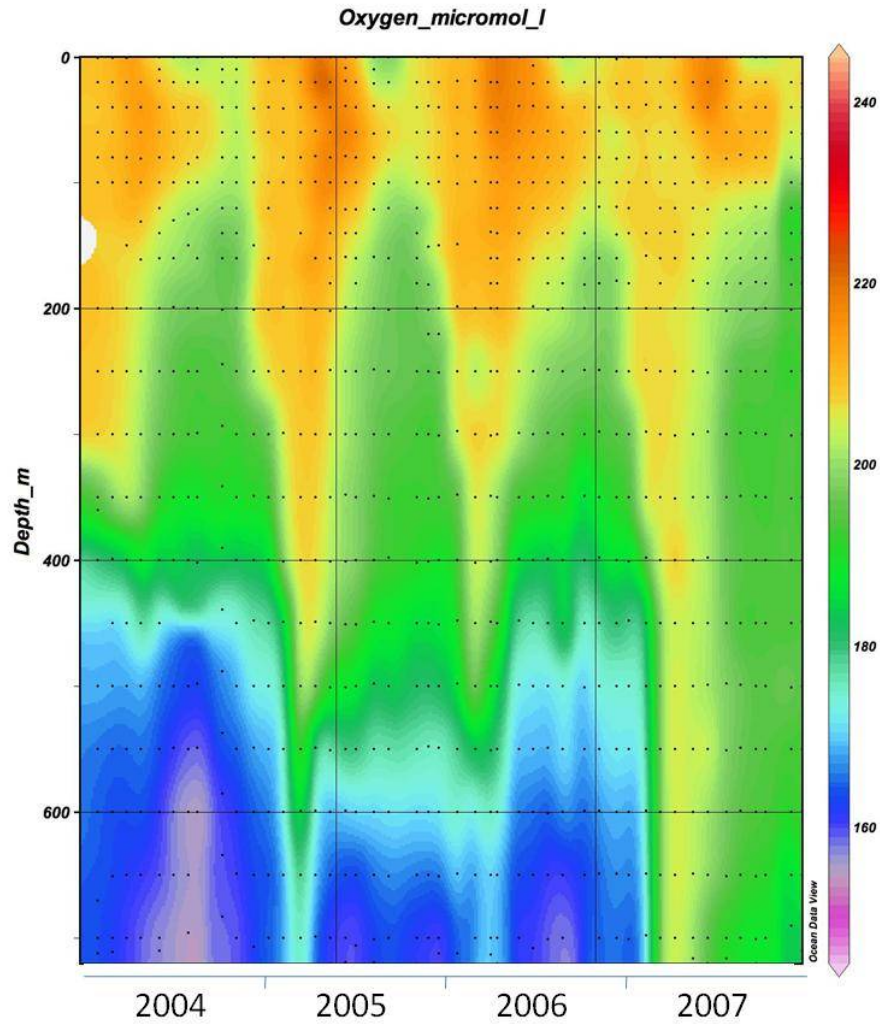
מגמת הירידה הרב שנתית בריכוז החמצן במים העמוקים נבלמה בשנה זו וריכוז החמצן עלה לרמות שלא נמדדו לפחות מאז שנת 2000 (איור ד9). בשנת 2000 נמדד בחודש אפריל ריכוז חמצן מומס מירבי של  $216.2\mu\text{mol/l}$  וריכוז מזערי של  $195.2\mu\text{mol/l}$  בחודש דצמבר, בעומק 500 מ'. מכאן שבמשך שמונת החודשים שבין אפריל ודצמבר ירד ריכוז החמצן המומס בעומק 500 מטר ב-  $21.02\mu\text{mol/l}$ . בשנת 2007 לעומת זאת, נמדד ריכוז חמצן מירבי בעומק 500 מטר בחודש מרץ,  $205.5\mu\text{mol/l}$ , בלבד, וריכוז מזערי של  $192.0\mu\text{mol/l}$  בחודש דצמבר – ירידה של  $13.45\mu\text{mol/l}$ . הערך המוחלט של ריכוז חמצן בעומק 500 מטר, הנמוך יותר בשנת 2007 מאשר בשנת 2005 נובע כנראה מעומק הערבוב הגדול יותר ב-2007. אולם ההפרש בקצב ירידת ריכוז החמצן במשך שמונה חודשים מערכו המירבי ( $1.4\mu\text{mol/l}*\text{month}$  ב-2007 לעומת  $2.6\mu\text{mol/l}*\text{month}$  בשנת 2000) נובע, אולי, משטף חומר אורגני קטן יותר בשנת 2007. הדבר מצביע על ירידה ביצרנות בים הפתוח בשנת 2007 לעומת 2000.



איור ד6: ריכוזי חמצן מומס בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

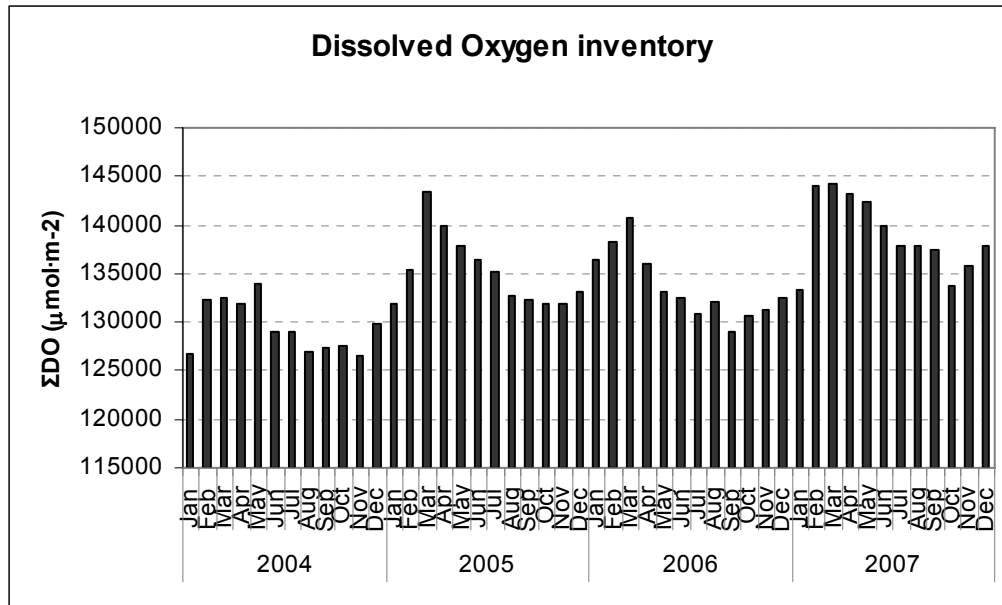
Figure D6: Dissolved oxygen concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.



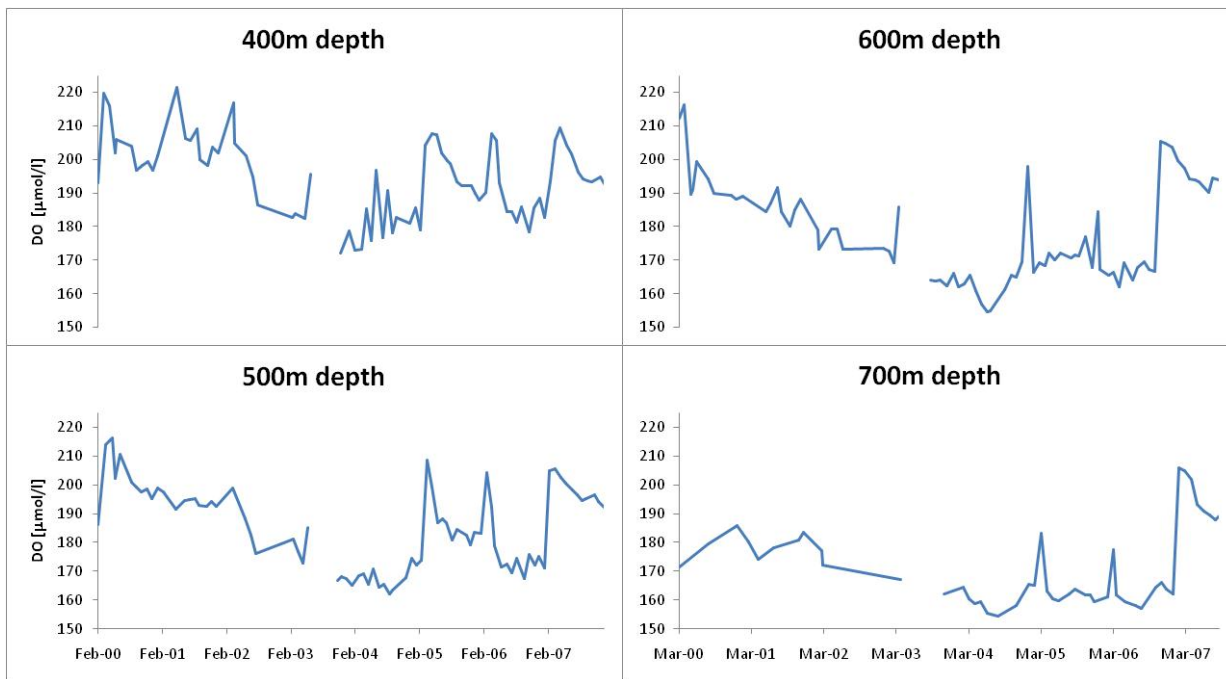


איור ד7: שינויים בריכוז החמצן המומס בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

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



איור ד8: שינויים במאגר החמצן המומס בעמודות המים בתחנה A מאז ינואר 2004.  
**Figure D8: Changes in dissolved oxygen inventory in the water column at Station A since 2004.**



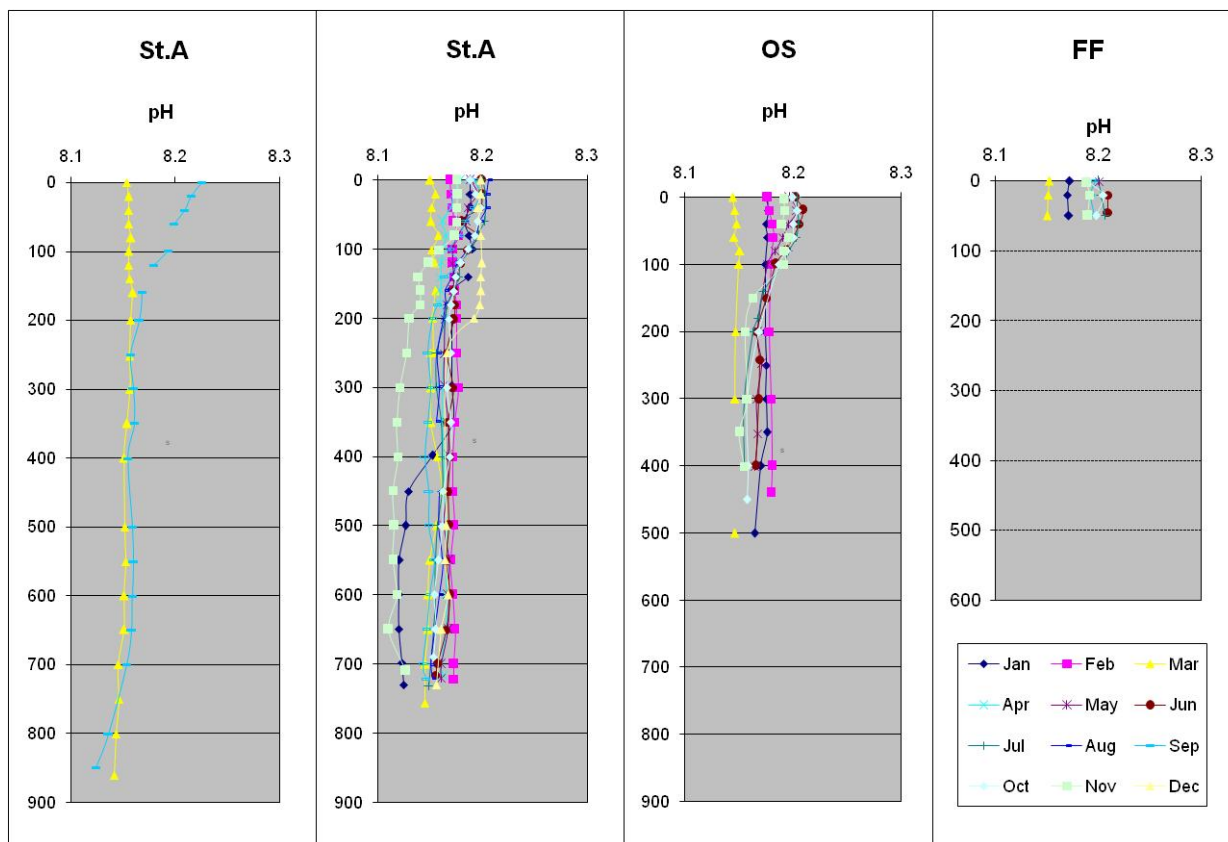
איור ד9: שינויים בריכוזי החמצן המומס בעמקים 400 עד 700 מטרים בתחנה A מאז שנת 2000.  
**Figure D9: Changes in dissolved oxygen concentrations in 400m to 700m water depth at Station A, since 2000.**

רמת חומציות המים (pH)

במהלך שנת הניטור 2006 התברר כי החומרים המשמשים להכנת התמיסות המשמשות לצורך המדידה 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. נמשכת מדידת

pH עם החומרים הישנים במקביל למדידות המשתמשות 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 לזיהוי מועד תחילת הבעיה וכל המדידות אשר נערכו מאז מוכרות כחשודות ומומלץ לא להשתמש בהן עד שיהיה בידינו לבצע תיקון לערכים, אם בכלל.  
 לפיכך אנו נאלצים להכריז על כל ערכי pH אשר נמדדו במסגרת תכנית הניטור מאז חודש אוקטובר 2003 ועד לחודש נובמבר 2006 כחשודים ולא קבילים.

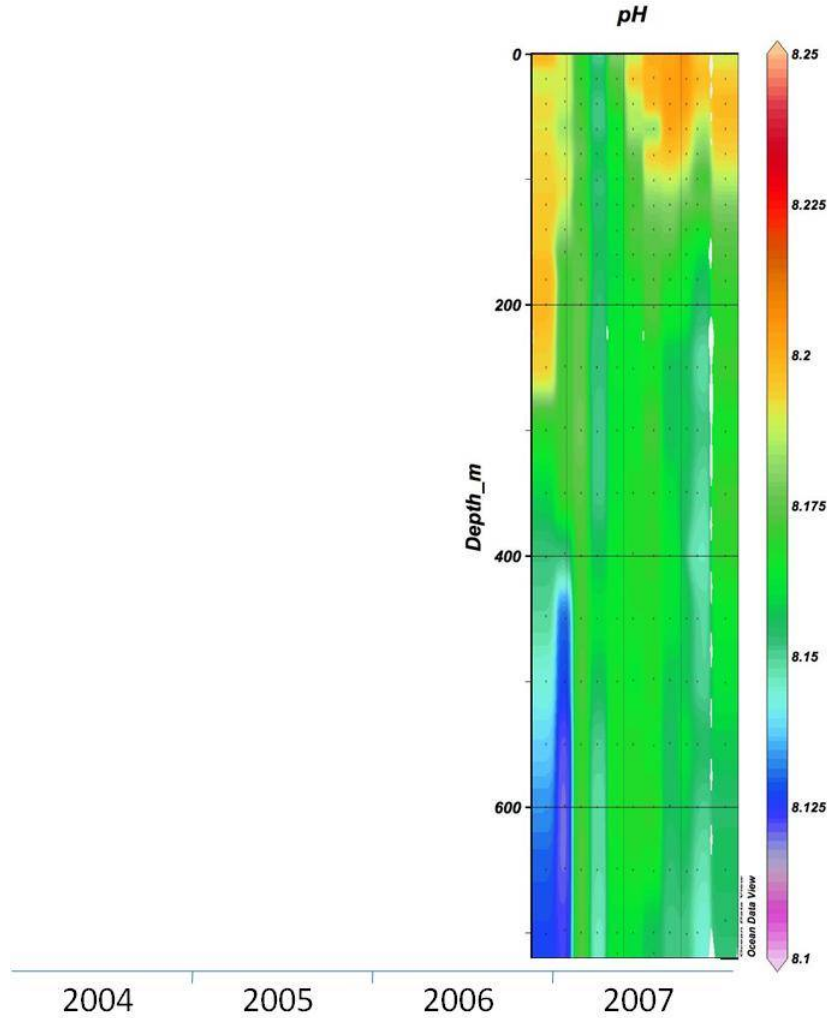
להלן (איור 10) ערכי ה-pH אשר נמדדו בשנת 2007, בשימוש עם תמיסות חדשות וכיול המדידה: ערכי ה-pH בעמודת המים משתנים במחזוריות הערבוב-שיכוב השנתית, בעקבות ערבוב מי העומק בעלי ה-pH הנמוך יחסית עם המים הרדודים בהם ה-pH מעט גבוה יותר. בדרך כלל דומה מבנה הפרופיל של pH בעמודת המים לזה של החמצן המומס, מכיוון ששני המשתנים תלויים בקצבי הפוטוסינתזה והנשימה. ערך pH מירבי נמדד בפני הים בתחנה B בחודש ספטמבר – 8.225. מעניין שערך זה גבוה מהערכים שנמדדו בתחנות הצפוניות יותר – 8.197 בתחנה A ובתחנת FF.



איור 10: ערכי רמת חומציות בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

**Figure D10: Depth profiles of pH values measured during monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.**

לפני הערבוב של חורף 2007 אנו מוצאים ערכי pH נמוכים יחסית במי העומק וגבוהים יחסית במים הרדודים (איור 11). הערבוב העמוק יוצר אחידות בערכי pH לכל עומק עמודת המים. בתקופה המשוכבת, לקראת סוף שנת 2007 נמדדו ערכי pH מעט גבוהים יותר במים הרדודים, אולם במי העומק לא נמצאו ערכי pH נמוכים במידה הדומה לאלו של טרום הערבוב.

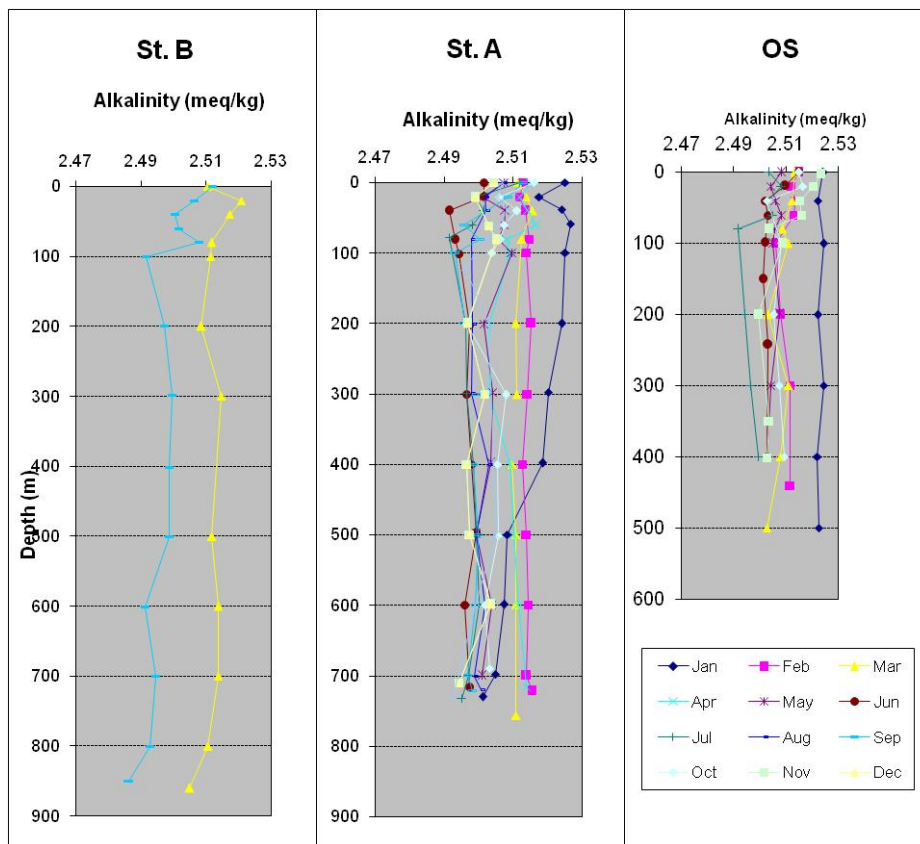


איור ד 11: שינויים ברמת החומציות בעמודת המים בתחנה A מאז נובמבר 2006. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

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

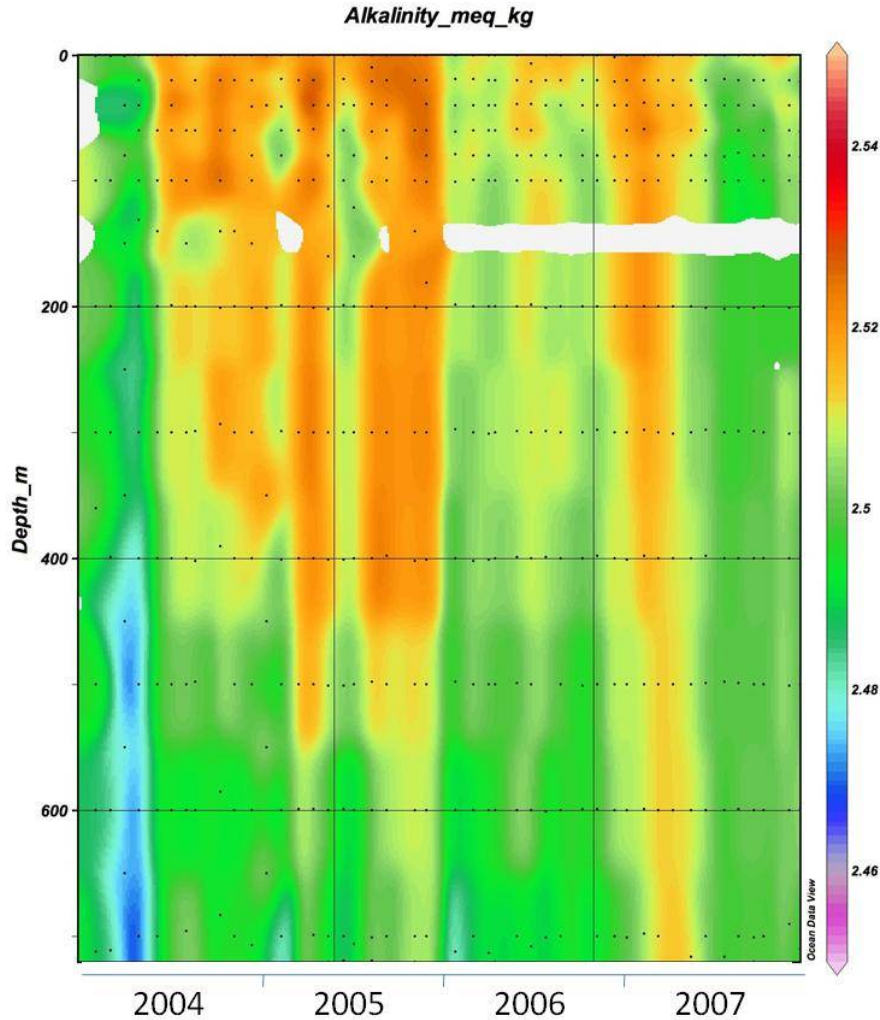
#### אלקליניות

האלקליניות היא מדד לריכוז החומצות החלשות במים, ובעיקר לריכוז יוני הקרבונט והביקרבונט ( $\text{CO}_3^{2-}$  ו-  $\text{HCO}_3^-$  בהתאמה). טווח הערכים במדידות האלקליניות קטן מאד (איור ד 12), הן בשינויים העונתיים, כ-  $0.0237\text{meq/kg}$  בין החודשים ינואר ויוני בפני הים בתחנה A, והן בין העומקים, כ-  $0.0240\text{meq/kg}$  בין פני הים לעומק 730 מטרים בחודש ינואר בתחנה A. הערך המזערי שנמדד בשנה החולפת היה  $2.4915\text{meq/kg}$  בחודש יוני, בעומק 40 מטרים. השנה בעונת הערבוב נמדדה בעמודת המים אלקליניות גבוהה יותר מאשר בשנת 2006, אולם ערכי האלקליניות עדיין נמוכים מאלו שבשנים 2004-2005, כך שאין עדות לשינוי מגמתי באלקליניות בים הפתוח (איור ד 13).



איור ד12: ערכי אלקליניות בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניסור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

**Figure D12: Alkalinity profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.**

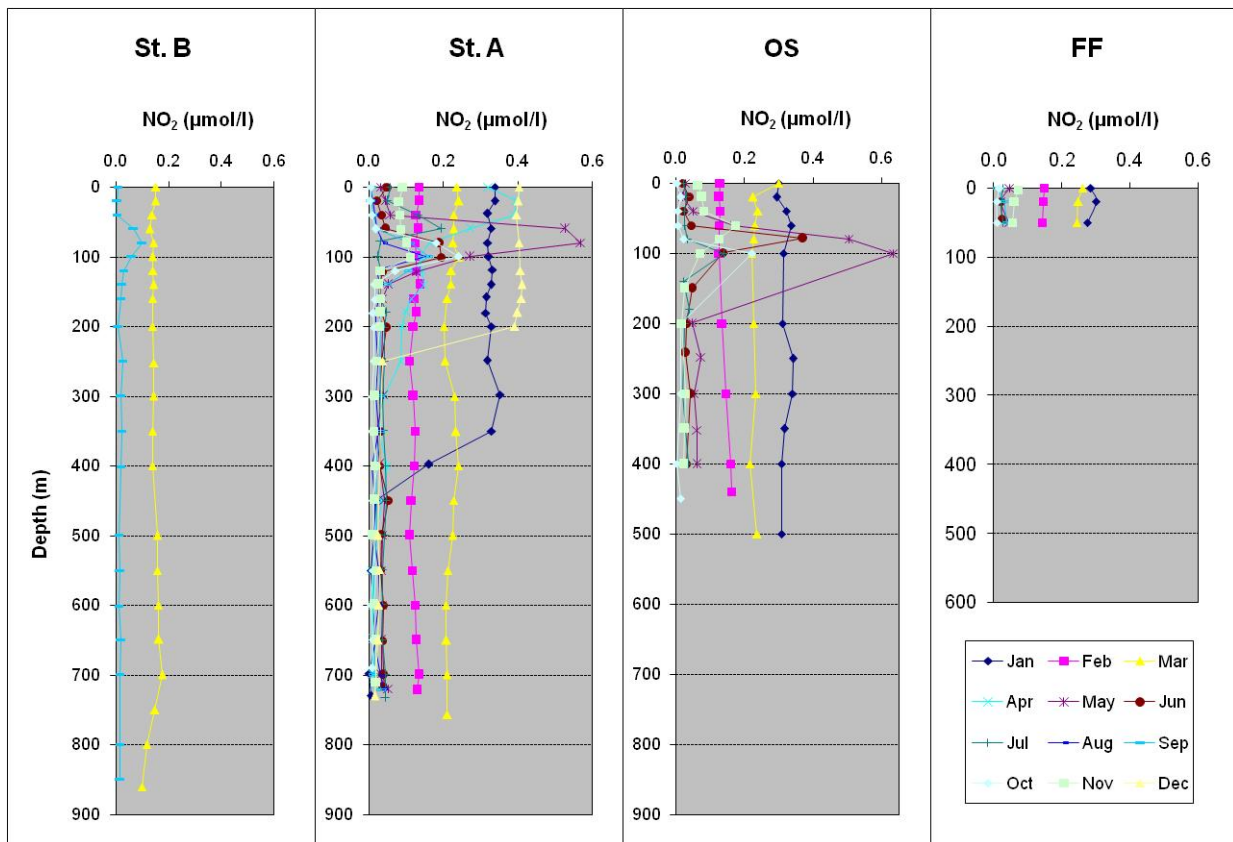


איור ד13: שינויי אלקליניות בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.  
**Figure D13: Changes in alkalinity in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.**

ניטריט ( $\text{NO}_2^-$ ) וניטרט ( $\text{NO}_3^-$ )

ריכוזי הניטריט במים נמוכים מאד, וזאת כיוון שהניטריט במפרץ אילת הוא תוצר ביניים של תהליך הניטריפיקציה, הימצון בקטריאלי של אמוניה. ניטריט יכול להיווצר גם על ידי דניטריפיקציה, חיזור ניטראט על ידי חיידקים אנארוביים, אולם תהליך זה אינו סביר במי המפרץ המחומצנים. יחד עם זאת יתכן שדניטריפיקציה מתרחשת בסדימנט.

ריכוזי הניטריט עולים בתקופת הערבוב בחורף, ועם תחילת השיכוב נוצר בין העומקים 100 ו-200 מ' (מתחת לשכבה הפוטית) אזור בו ריכוז הניטריט גבוה יחסית. באזור זה מתרחשים תהליכי פרוק חומר אורגאני וחמצון בקטריאלי של אמוניה. ככל שעמודת המים מתייצבת מאגר הניטריט באזור זה קטן והולך, עדות לכך ששטף החומר האורגאני הצונח משכבת המים העליונים הולך וקטן ככל שחולף הזמן מאז ערבוב העמודה בחורף. הריכוז המירבי של ניטריט נמדד השנה, 2007, בתחנה OS בחודש מאי,  $0.634 \mu\text{mol/l}$  בעומק 100 מטר (איור ד14).



איור ד14: ריכוזי ניטריט ( $\text{NO}_2$ ) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

**Figure D14: Nitrite ( $\text{NO}_2$ ) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.**

#### ניטראט

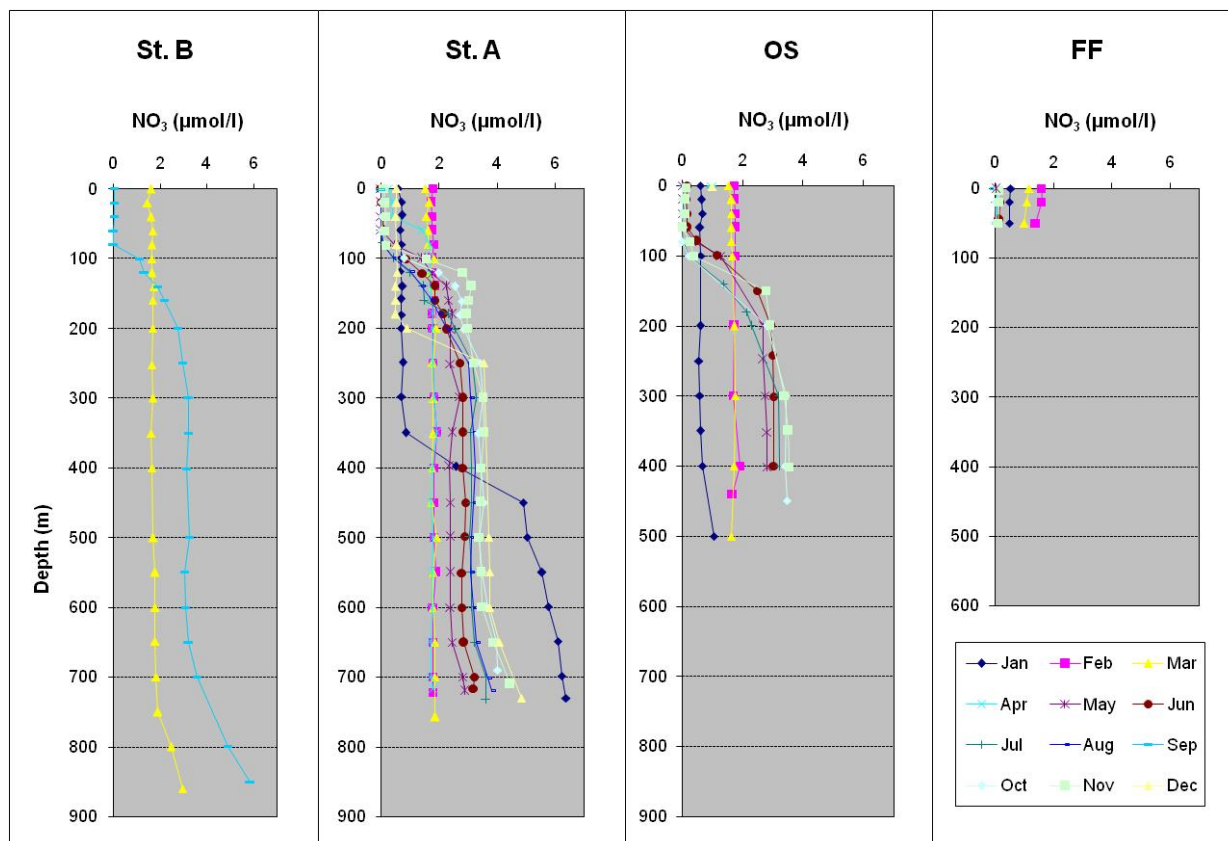
ניטראט הוא המרכיב העיקרי של מאגר החנקן המחומצן במי העומק. הניטראט נוצר ע"י חמצון בקטריאלי של אמוניה ועל כן מהווה מדד לכמות החומר האורגני שפורק בתהליכי נשימה במים העמוקים. בחורף גורם הערבוב להעשרה של מי השטח בניטראט המגיע מהעומק. קליטת הניטראט על ידי פיטופלנקטון בשכבה הפוטית מהווה גורם מרכזי בהגברת היצרנות הראשונית ב"פריחת האביב". עקב צריכתו הגבוהה, ריכוזו בשכבה הפוטית נמוך מהריכוז הנמדד במים העמוקים (איור ד15). במהלך תקופת השיכוב ריכוז הניטראט בשכבה העליונה קרוב לאפס, ובזמן הערבוב, בחודש פברואר, נמדד ריכוז מירבי של  $1.767 \mu\text{mol/l}$  במים העליונים, ערך כפול מזה של שנת 2006 בה נמדד בפברואר ריכוז ניטראט מירבי של  $0.895 \mu\text{mol/l}$ . ריכוז הניטראט המירבי במי העומק הגיע השנה (2007) ל- $6.364 \mu\text{mol/l}$  בחודש ינואר בתחנה A, מעט נמוך מהערך המירבי של שנה הקודמת (אשר נמדד במאי 2006).

ריכוז החנקן המחומצן בעמודת המים (Total Oxidized Nitrogen - TON) דומה לריכוז מרכיבו העיקרי, הניטראט. מאגר החנקן המחומצן (ניטריט+ ניטראט) במים העמוקים נבנה החל מהערבוב העמוק של שנת 2000. לאחר הערבוב העמוק יחסית של חורף 2004-5 ירדו מעט ריכוזי הניטראט במי העומק אולם ב-2006 נמדדו ריכוזים דומים לאלה של שנת 2004. הערבוב העמוק והארוך של השנה גרם לירידה חדה בריכוזי החנקן במי העומק, ונראה כי קצב ההתחדשות של מאגר זה נמוך בהשוואה לקצב זה בשנים עברו (איור ד16). עד לסוף השנה, נותרו ריכוזי החנקן במים העמוקים נמוכים ( $4.843 \mu\text{mol/l}$ ) בחודש דצמבר 2007 (בעומק 720 מטרים).

גם התבוננות על מאגר הניטראט בעמודת המים מאז 2004 מראה תמונה דומה (איור ד17). בעקבות הערבוב העמוק יחסית של 2004-5 נמדדה בשנת 2005 כמות ניטראט נמוכה מהערכים הגבוהים של 2004, אולם בתקופה המשוכבת של סוף שנת 2006 מאגר הניטראט חוזר לערכים הגבוהים של 2004. הערבוב של

2007 מצמצם את מאגר הניטראט באופן משמעותי, וכמות הניטראט בעמודת המים נותרת נמוכה יחסית עד לסוף השנה.

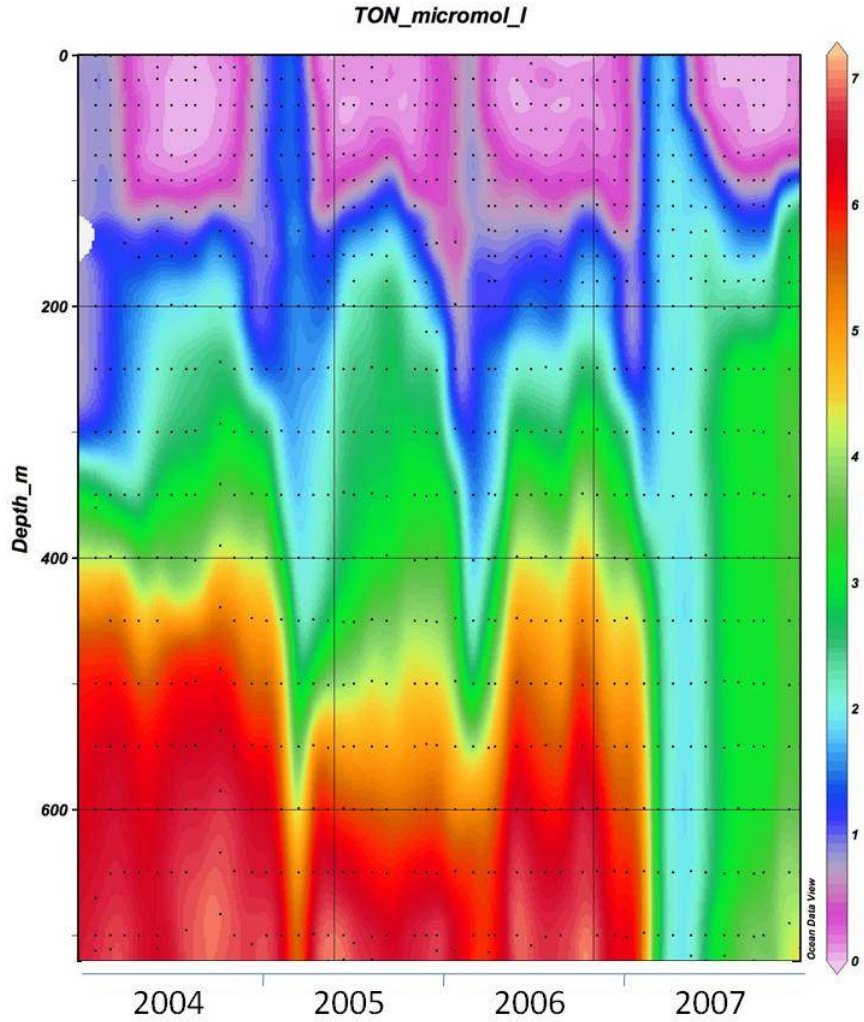
בהשוואה לשנת 2000, הריכוז המזערי של ניטראט בעומק 500 מטרים היה השנה  $1.814\mu\text{mol/l}$  בחודש פברואר, ואילו בשנת 2000 נמדד ריכוז מזערי של  $1.157\mu\text{mol/l}$  בחודש מרץ. במשך שמונה החודשים הבאים הצטבר ריכוז הניטראט בקצב של  $0.378\mu\text{mol/l} \cdot \text{month}$  לערך מירבי של  $4.181\mu\text{mol/l}$  בחודש אוקטובר 2000. בשנה החולפת (2007), לעומת זאת, נמדד ריכוז מירבי של  $3.699\mu\text{mol/l}$  בלבד, בחודש דצמבר. בשמונת החודשים שחלפו מאז פברואר 2007 עלה ריכוז הניטראט בעומק 500 מטרים בקצב של  $0.193\mu\text{mol/l} \cdot \text{month}$  בלבד, כחצי מזה של שנת 2000 – בהתאמה לתצפיות בנוגע לירידה בריכוזי החמצן במים העמוקים. גם ריכוזי החנקן מצביעים אם כן על ירידה משמעותית בקצבי אספקת החומר האורגני מפני המים אל העומק בין שני אירועי הערבוב העמוק, של שנת 2000 ושל שנת 2007 (איור 18ד).



איור 15: ריכוזי ניטראט ( $\text{NO}_3^-$ ) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

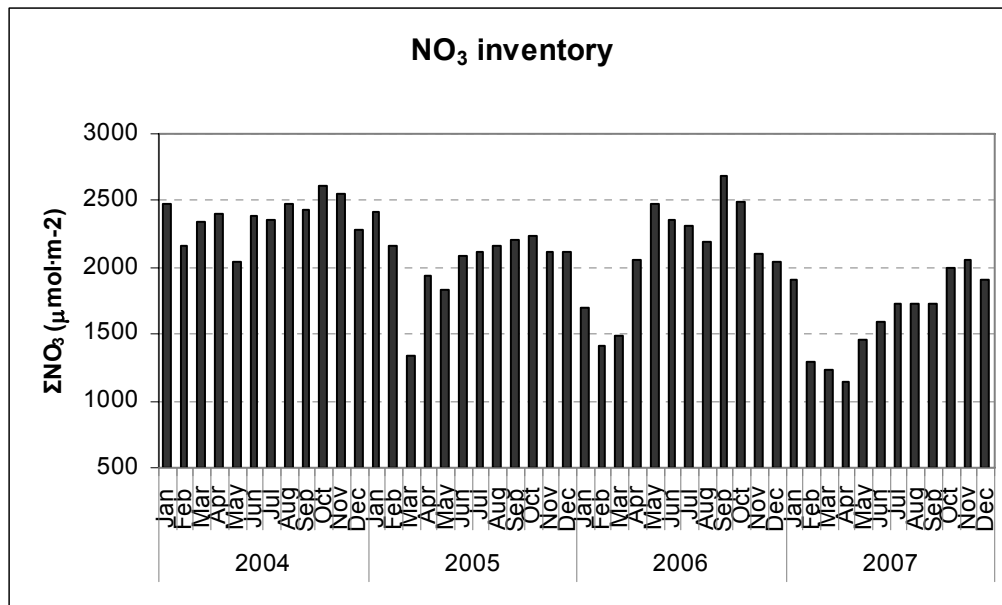
**Figure D15: Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.**



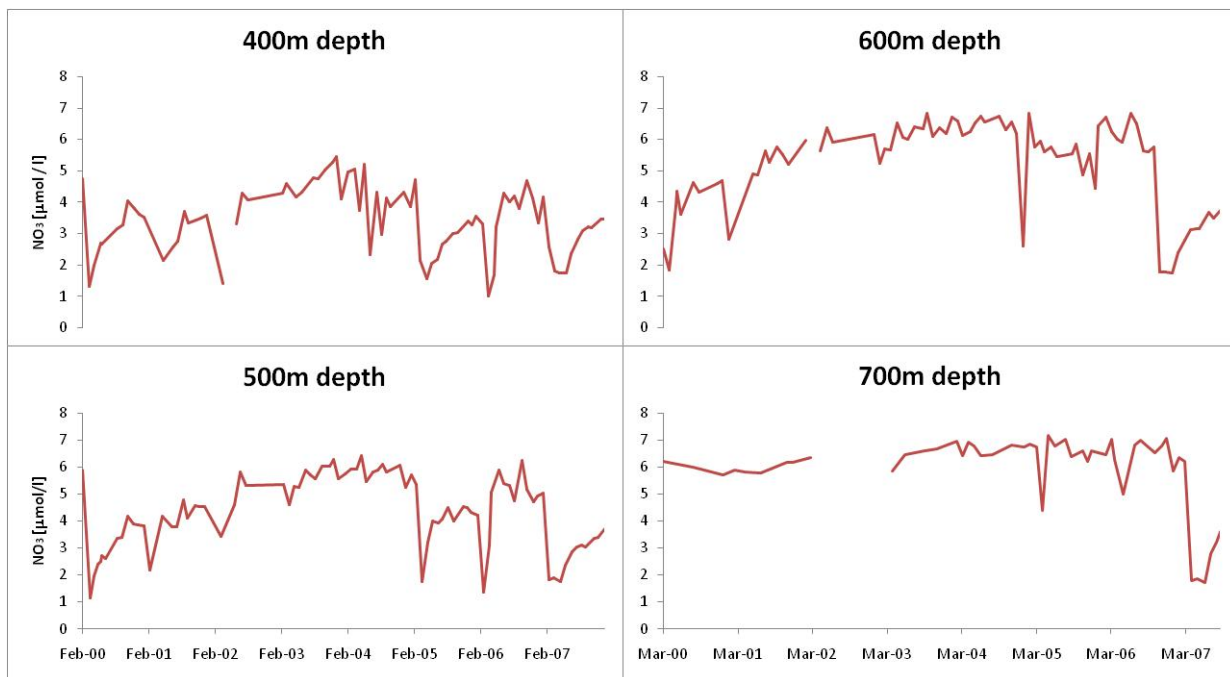


איור ד16: שינויים בריכוז החנקן המתומצן (TON= NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>) בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

Figure D16: Changes in the concentration of total oxidized nitrogen (TON= NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>) in the water column at Station A since 2004. Black dots represent the sampling depths.



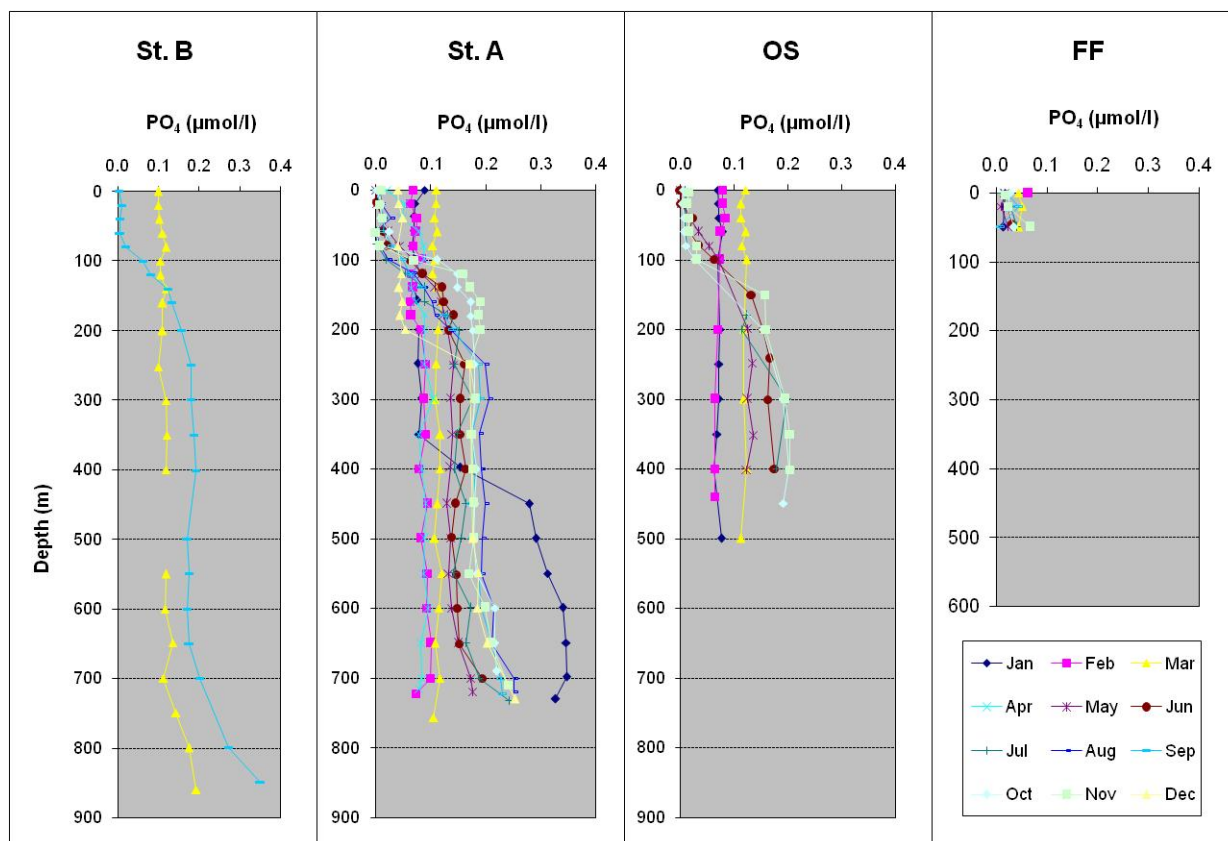
איור ד17: שינויים במאגר הניטראט ( $\text{NO}_3$ ) בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.  
**Figure D17: Changes in the nitrate ( $\text{NO}_3$ ) inventory in the water column at Station A since 2004.**



איור ד18: 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 וב. לזר.  
**Figure D18: Changes in nitrate concentration water depth of 400m to 700m at Station A since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of J. Erez and B. Lazar.**

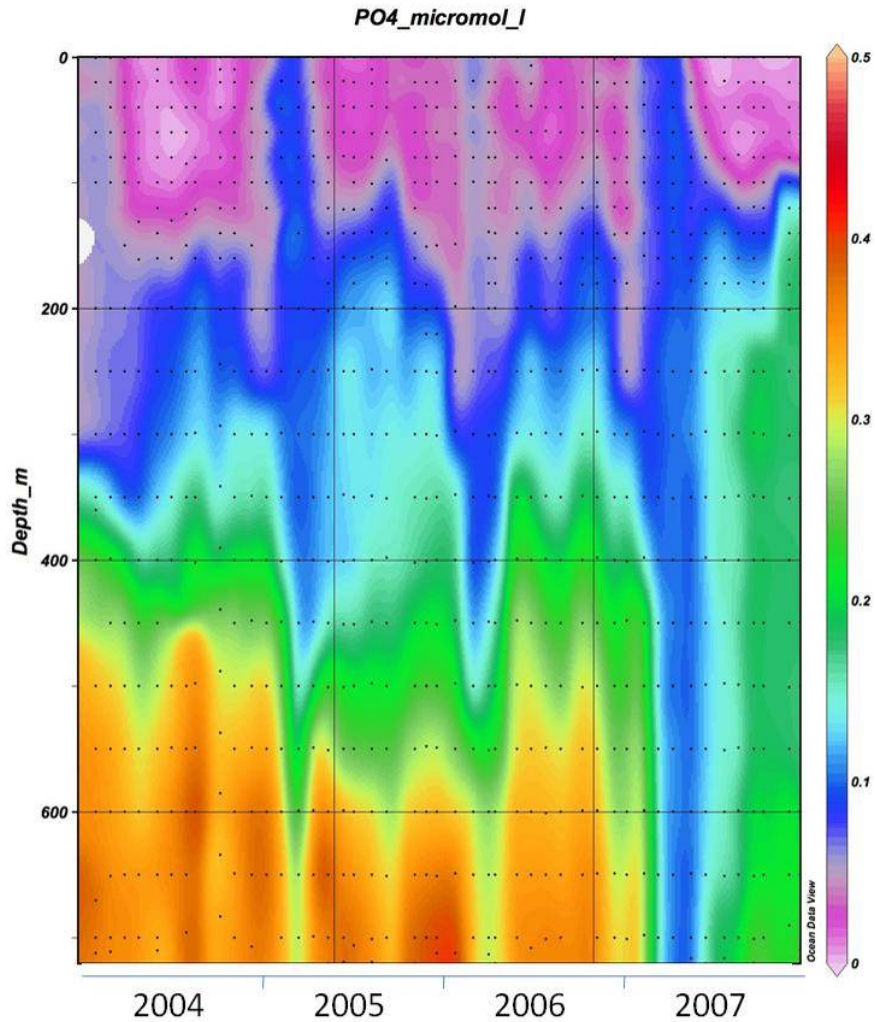
בדומה לנוטריונטים אחרים, ריכוזי הפוספט בעמודת המים נמוכים בקרבת פני הים ועולים עם העומק (איור ד19). במים הרדודים נצרכים חומרים אלה בתהליכי יצירת חומר אורגני, ובעקבות שקיעת חלקיקים אורגנים מהמים הרדודים לעמוקים ופירוקם שם, עולה ריכוזו הנוטריונטיים ובכלל זה הפוספט עם העומק. גם המחזור העונתי של הפוספט דומה לזה הנראה עבור חנקן, ומאופיין בעליית הריכוזים בפני הים בעת הערבוב אך ריכוזי הנוטריונטים אינם זהים. ריכוז הפוספט נמוך בהרבה משל החנקן המחומצן המומס (TON, ניטריט + ניטרט), ונע בין  $0.000-0.110 \mu\text{mol/l}$  בפני הים (בחודשים מאי ומרץ בהתאמה) ובמים העמוקים בטווח  $0.073-0.347 \mu\text{mol/l}$  (בחודשים פברואר וינואר). בעקבות הערבוב העמוק של השנה החולפת ירדו ריכוזי הפוספט בעמודת המים באופן משמעותי (איור ד20). עד לסוף השנה נותר ריכוז הפוספט במים העמוקים נמוך מבכל השנים מאז 2004, בדומה לריכוזי החנקן. גם סך הפוספט האגור בעמודת המים מראה תמונה דומה (איור ד21).

ההבדלים בערכי הריכוז בין פוספט לחנקן נובעים מההרכב האופייני של חומר אורגני המיוצג על ידי יחס של  $16:1 = \text{N:P}$ , "יחס רדפילד". בצפון מפרץ אילת יחס  $\text{N:P}$  בדרך כלל גבוה מעט מ-16, וניכרת עלייה קלה ביחס זה מאז שנת 2000 (איור ד22). יחס  $\text{N:P}$  גבוה עשוי להצביע על תנאים אוטרופים (ספיחת פוספט לחלקיקים אורגנים הצונחים בעמודת המים עשויה להביא לעליית יחס זה, וקצב צניחת חלקיקים גובר בתנאים אוטרופים) וכך, על אף שהסטייה מיחס רדפילד קטנה והשינוי הממוצע בשנים האחרונות קטן ואינו מובהק, יש להמשיך ולעקוב אחר הדינמיקה של הנוטריונטים בעמודת המים.



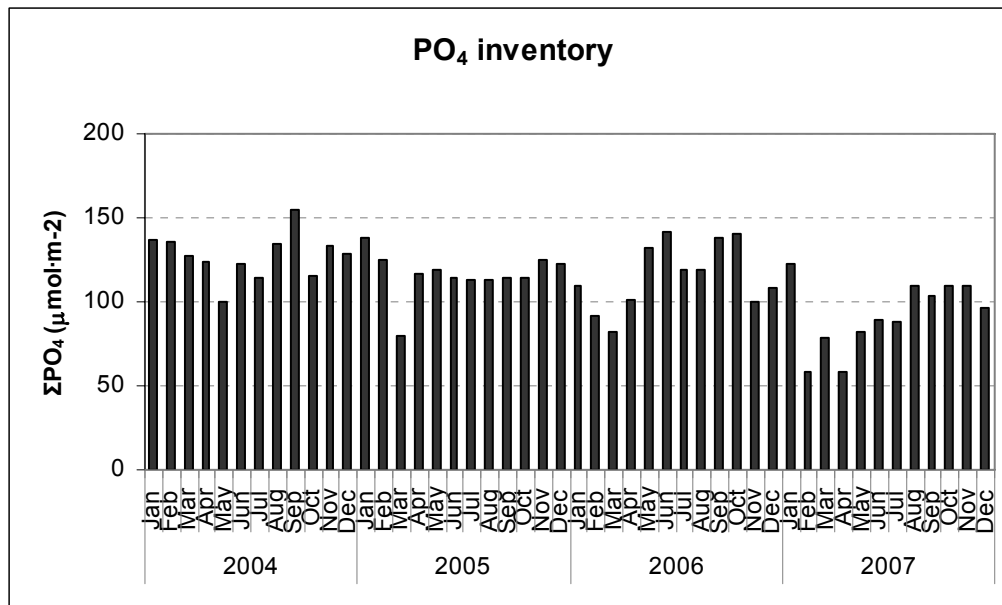
איור ד19: ריכוזי פוספט ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) בעמודת המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

**Figure D19: Phosphate ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.**



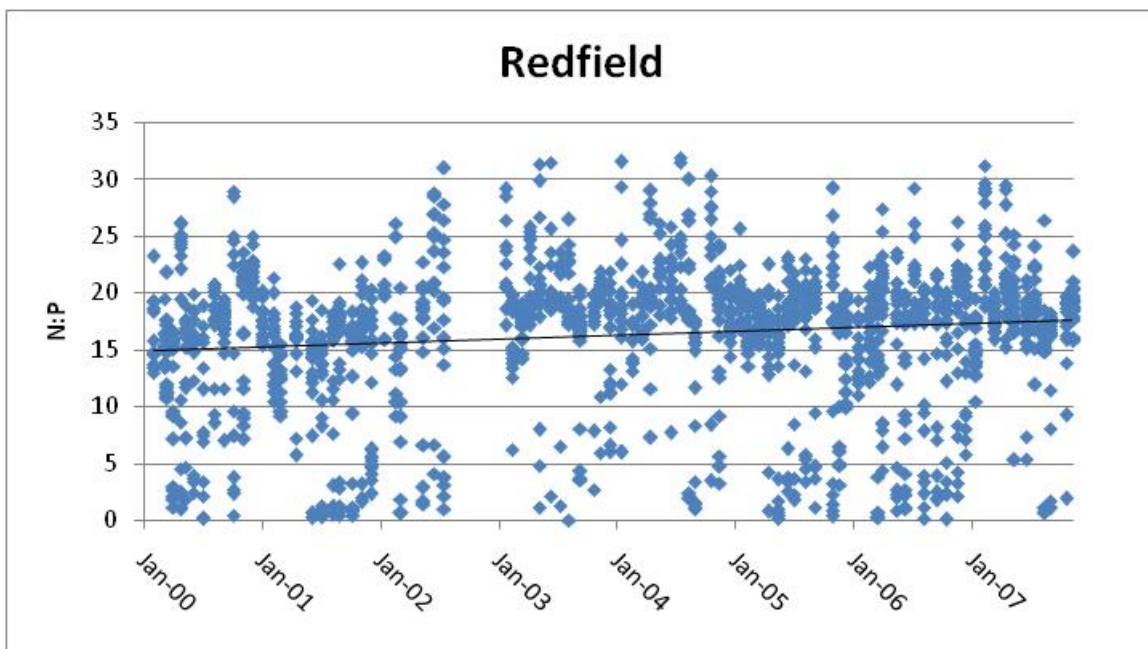
איור ד20: שינויים בריכוז הפוספט בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004. הנקודות השחורות מייצגות את עומק המדידה.

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



איור ד21: שינויים במאגר הפוספט בעמודת המים בתחנה A מאז ינואר 2004.

Figure D21: Changes in the phosphate inventory in the water column at Station A since 2004.



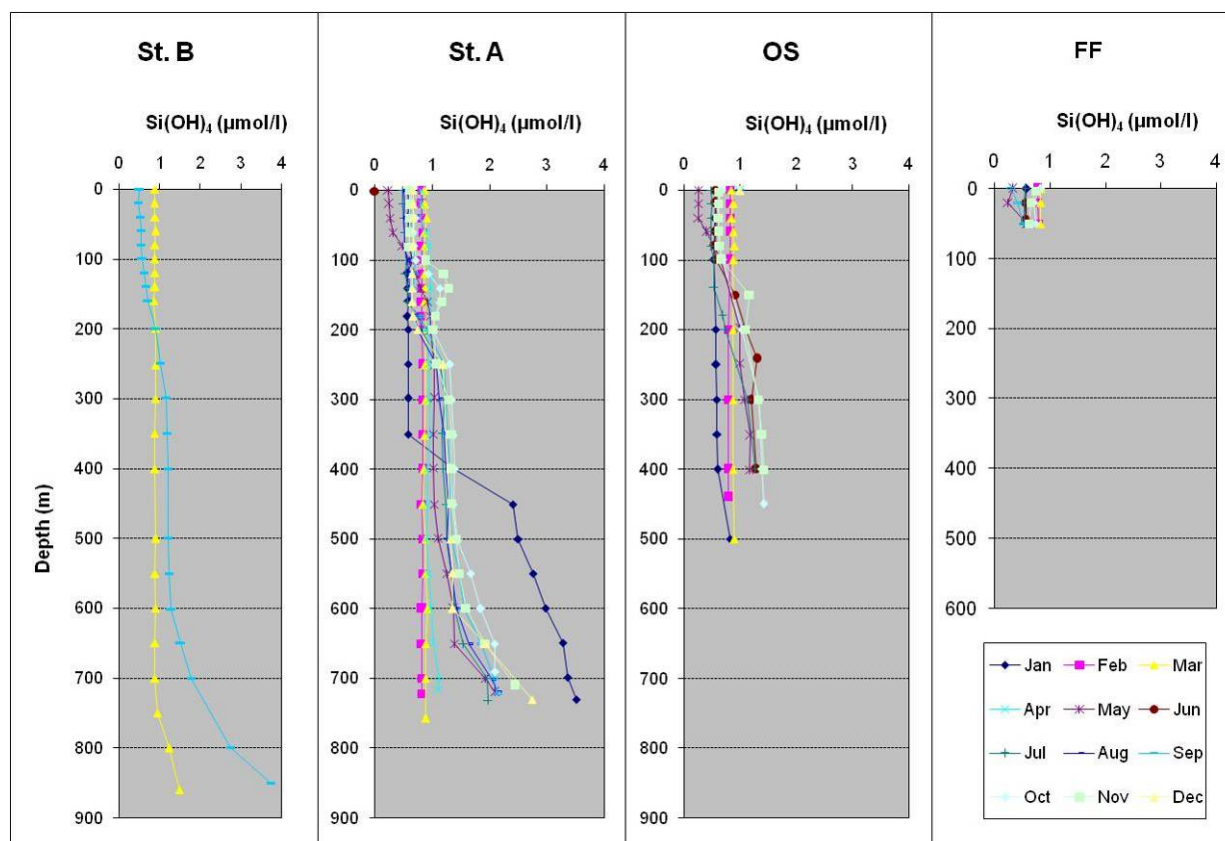
איור ד22: יחס חנקן לזרחן בתחנה A מאז ינואר 2000. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' נ. ארז וב. לזר. הקו האדום הוא קו המגמה של כל נקודות המדידה.

Figure D22: The N:P ratio at Station A since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of J. Erez and B. Lazar. Red line is the regression line for all data points.

## סיליקה

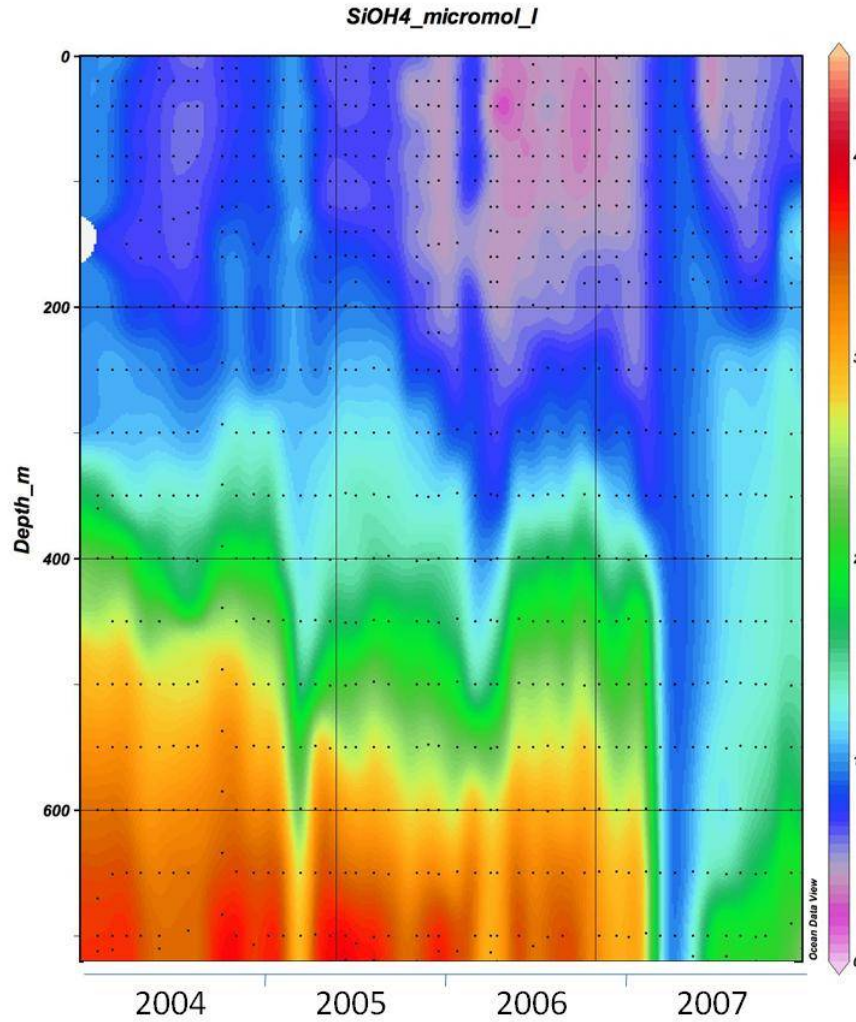
המחזור העונתי אינו בולט בריכוזי הסיליקה, ולאורך כל השנה ריכוזי הסיליקה במים העליונים (<300 מטר) נמוכים וכמעט קבועים, ובמים העמוקים ריכוזי הסיליקה גדל עם העומק. יחד עם זאת, בשיא הערבוב (חודש פברואר) עולה מעט ריכוזי הסיליקה במים העליונים ואחריו ישנה עליה בערכי הסיליקה בסמוך לקרקעית (איור ד23). לשינוי האקספוננציאלי 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]. אצות צורניות רבים לכן נוכחותן מצביעה על ריכוזי נוטריינטים. צריכת סיליקה במים העליונים ועליה בריכוזי הסיליקה במים העמוקים עשויה להצביע על נוכחות אצות צורניות.

גם השנה נמדדו ריכוזי סיליקה נמוכים במים העליונים לאחר הערבוב, אך במים העמוקים ירד גם ריכוזי הסיליקה בדומה לריכוזי שאר הנוטריינטים (איור ד24). בסך הכל מאז 2004 נמדדת ירידה במאגר הסיליקה בעמדות המים (איור ד25), אך הירידה בשנה החולפת גדולה במיוחד. בחודשי הערבוב מאגר הסיליקה בעמדות המים ירד מאד, והתחדשות המאגר בחודשים שלאחר מכן הייתה איטית במיוחד, כאשר בסוף השנה הכילה עמדות המים כמות סיליקה דומה לזו של ערך הערבוב בשנים הקודמות. עובדה זו עשויה להצביע על צריכה מוגברת של סיליקה בחודשי החורף והאביב (על ידי פריחת אצות צורניות), ועל הצטברות וקבורה מהירה של שילדיהן באופן אשר מונע התפרקות וחזרה לעמדות המים. תהליך כזה עשוי לנבוע מעליה בכמות האצות הצורניות או בגודלן בשנים האחרונות ובפרט בשנה החולפת. אצות צורניות דורשות סביבה עשירה יחסית בנוטריינטים ונוכחות מוגברת שלהן בעמדות המים (או עליה בגודלן, אשר ישפיע על יעילות הקבורה) יכולה להוות סמן להעשרה בנוטריינטים. יחד עם זאת, בהעדר אפיון ישיר של האצות לא ניתן לאשש השערה זו.



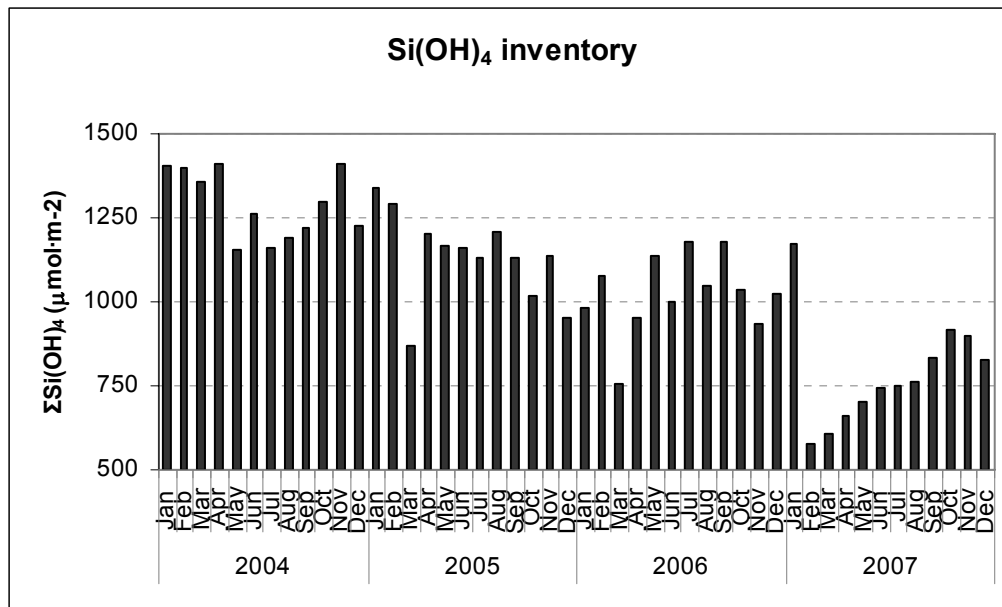
איור ד23: ריכוזי סיליקה ( $\text{Si(OH)}_4$ ) בעמדות המים כפי שנמדדו בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

**Figure D23: Silicate ( $\text{Si(OH)}_4$ ) concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.**



איור ד24: 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.

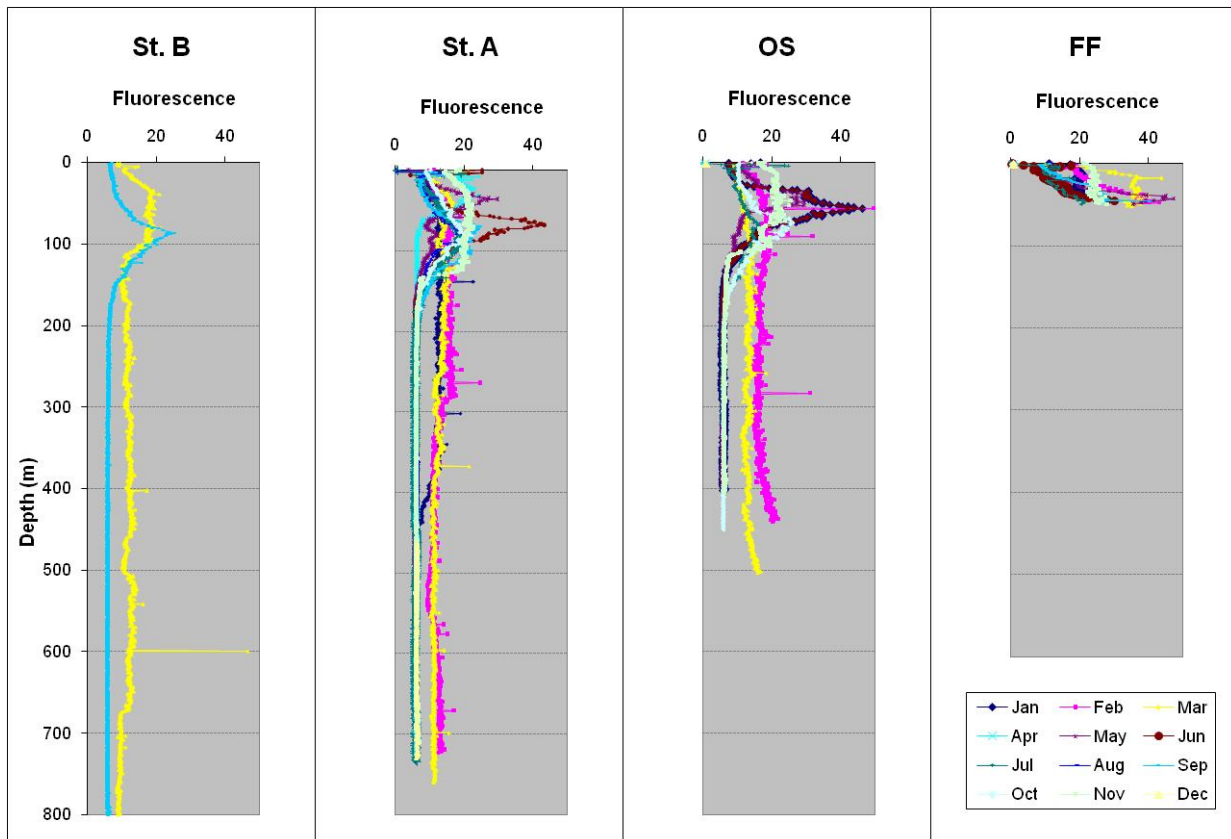
Figure D25: Changes in the silica inventory in the water column at Station A since 2004.



### 3. ד. מדדים ביולוגיים

#### פלוואורסנציה

הפלוואורסנציה היא מדד (המספק הערכה *in-situ*) לריכוזי הכלורופיל בעמודת המים. בתקופה המשוכבת נמדדת נקודת מקסימום של פלוואורסנציה בבסיס השכבה הפוטית, בעומק של כ-80 מטרים (איור ד26). בתקופת הערבוב נמדד ערך אחיד של פלוואורסנציה בשכבה המעורבת, עדות לערבוב ולכך שפיטופלנקטון מובל עם המים לעומקים גדולים מהעומק הפוטי, שם יעילות הפוטוסינתזה יורדת. יחד עם זאת, נראה כי בסך הכל בתקופת החורף אינטגרל הפלוואורסנציה בעמודת המים גדול מאשר בתקופת הקיץ המשוכבת. לצורך הבנה טובה יותר של השינויים בכמות הפיטופלנקטון יש להיעזר במדידות ריכוז הכלורופיל וספירת תאי הפיטופלנקטון (ראה למטה).



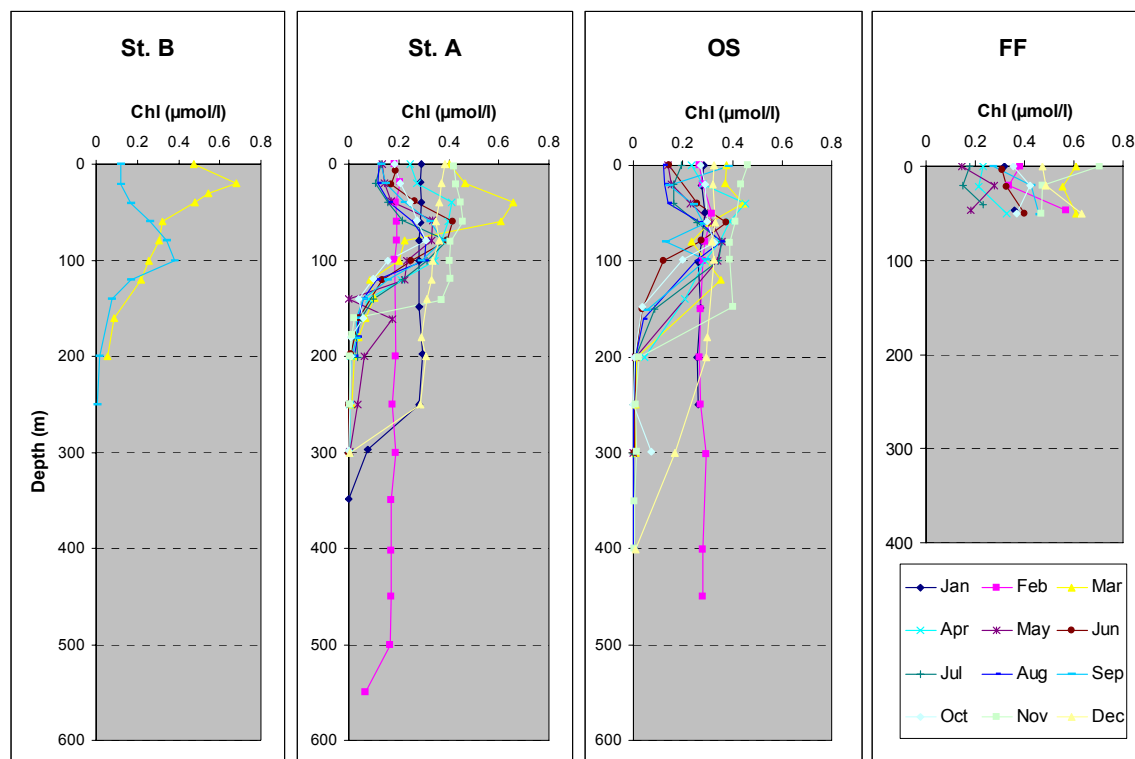
איור ד26: פלוואורסנציה בעמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר. הפלוואורסנציה מוצגת ביחידות שרירותיות.

**Figure D26: Fluorescence profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest. Fluorescence units are arbitrary.**

#### כלורופיל $a$

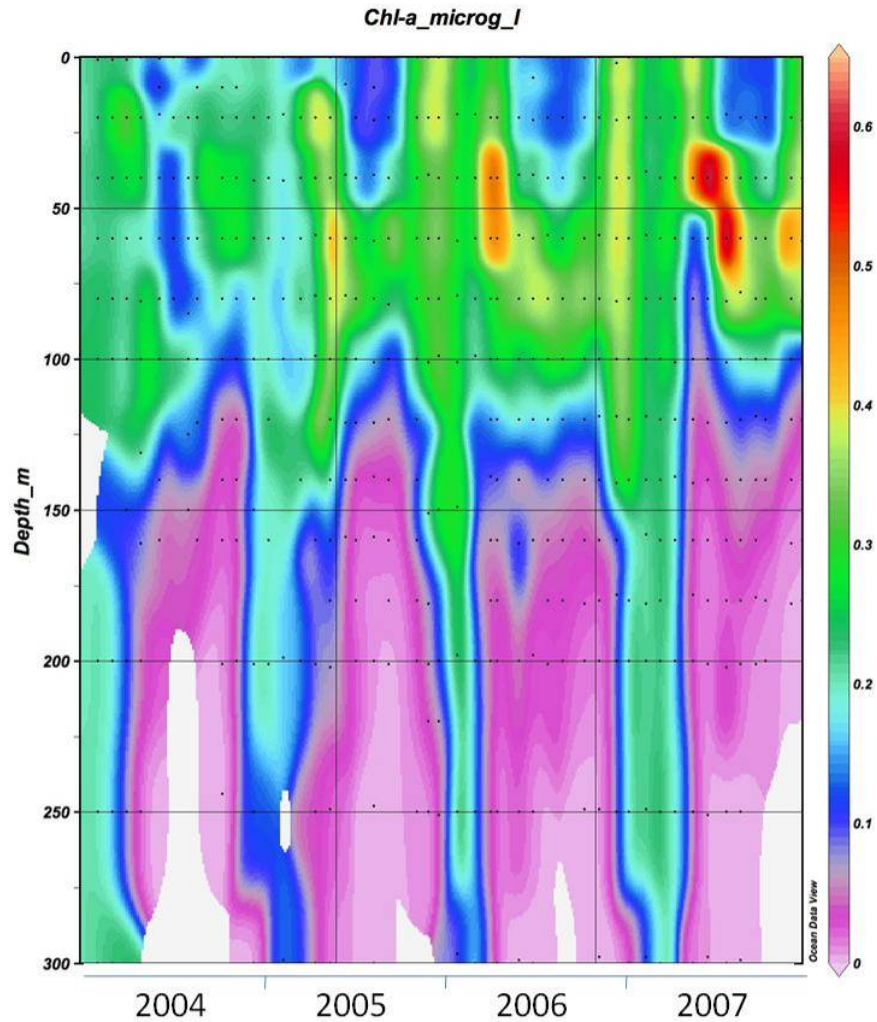
כלורופיל  $a$  הוא הפיגמנט הפוטוסינתטי העיקרי, ועל כן משמש ריכוזו אינדיקציה (חלקית) לכמות האצות והפעילות הפוטוסינתטית בעמודת המים. ריכוזי הכלורופיל משתנים במחזוריות עונתית של ריכוזים אחידים ונמוכים יחסית בתקופת החורף המעורבת ועלייה בשכבת המים העליונה באביב, בסוף תקופת הערבוב (איור ד27). התקופה המשוכבת 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.

מאז שנת 2004 נצפתה עלייה בריכוזי הכלורופיל הנמדדים בסוף תקופת הערבוב בעומק "ריכוז הכלורופיל המירבי" (איור ד28). מגמה זו נמשכה גם השנה, כאשר בעקבות הערבוב העמוק נמדדו ריכוזים גבוהים במיוחד של כלורופיל  $a$  באביב 2007. ריכוז הכלורופיל המירבי השנה בתחנה A היה  $0.760\text{mg/l}$  בעומק 60 מטרים בחודש יוני, לעומת ערך מירבי של  $0.660\text{mg/l}$  בעומק 40 מ' בחודש מרץ 2006. הבדלים אלה הם אינדיקציה הן לעומק הערבוב וכמות הנוטריינטים שהועלו מהעומק והן למשך הערבוב – פריחת האצות החלה השנה בחודש אפריל והגיעה לשיאה רק בחודש יוני. 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. השנה נמדדו ריכוזי שיא דומים לאלו של שנת 2000, ואולי אף מעט גבוהים יותר, אולם גם בשנים הקודמות נראים ריכוזי שיא הולכים וגדלים.



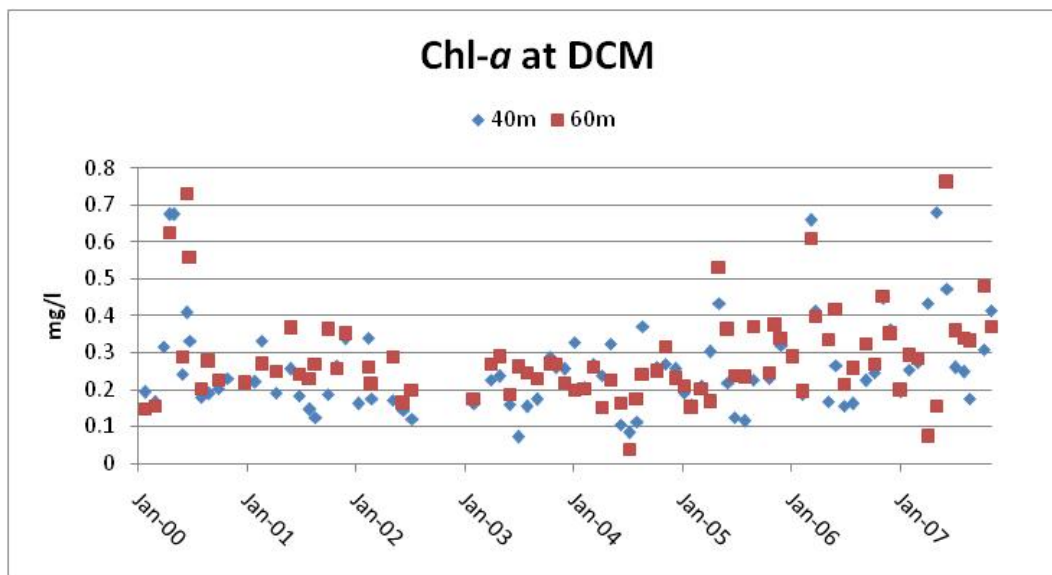
איור ד27: ריכוזי כלורופיל  $a$  בעמודת המים כפי שנמדדה בהפלגות הניטור החודשיות. תחנה B היא הדרומית והעמוקה ביותר ותחנה FF היא הצפונית והרדודה ביותר.

**Figure D27: Chlorophyll- $a$  concentration profiles measured during the monthly monitoring cruises. Station B is the southernmost and deepest station, and the Fish Farms station is the northernmost and shallowest.**



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.



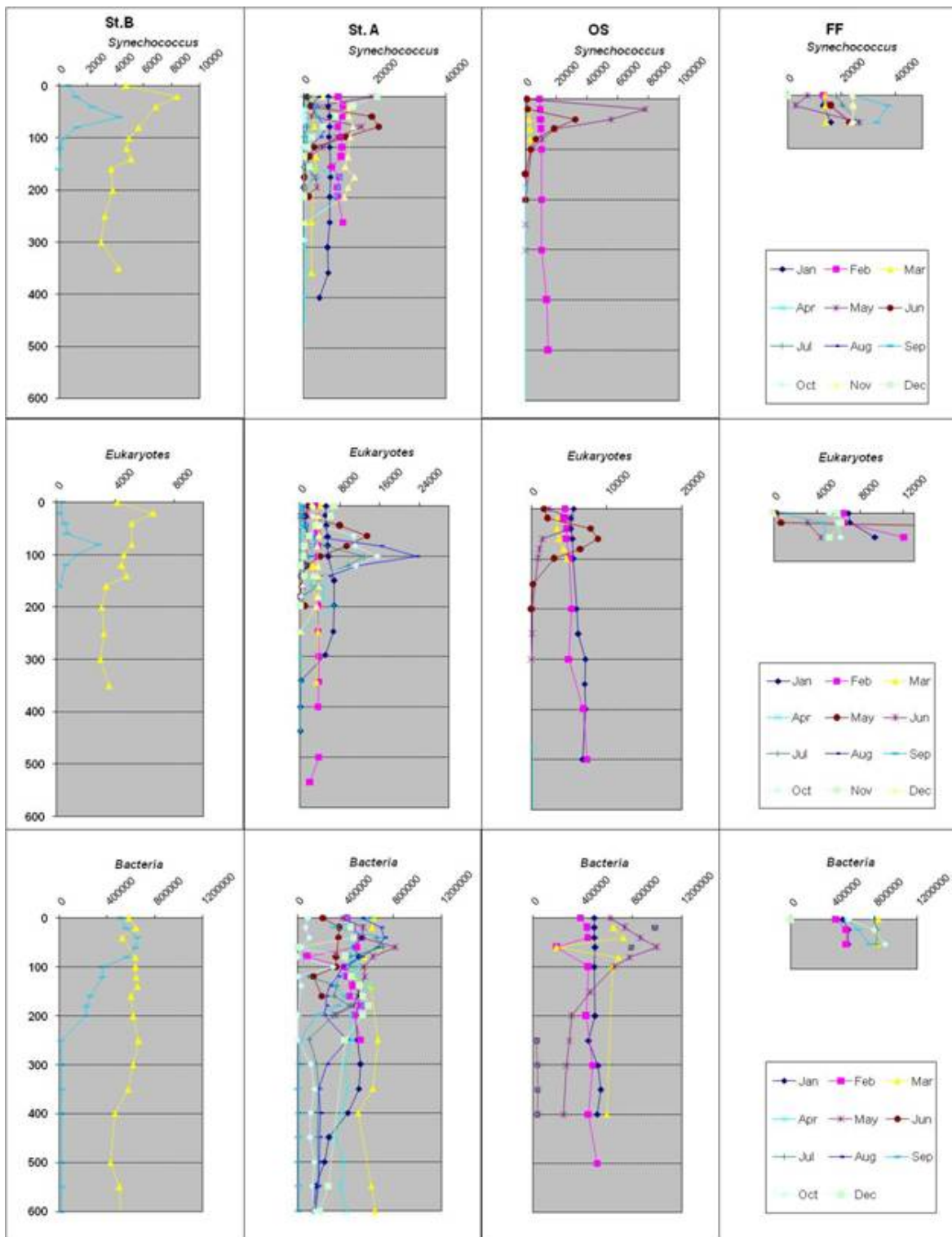
איור ד29: ריכוזי כלורופיל *a* בתחנה A מאז ינואר 2000 בעומקים 40 ו-60 מטרים. נתונים הקודמים לתכנית הניטור נאספו במסגרת פרויקט "פארק השלום" ומובאים באדיבותם של הפרופ' י. ארז וב. לזר.

**Figure D29: Concentrations of *chlorophyll-a* at Station A at water depths of 40 and 60 meters since 2000. Data from the years 2000-2002 were collected during the Peace Park Project and are provided courtesy of J. Erez and B. Lazar.**

#### ד.4. פיטופלנקטון וחיידקים בעמודת המים

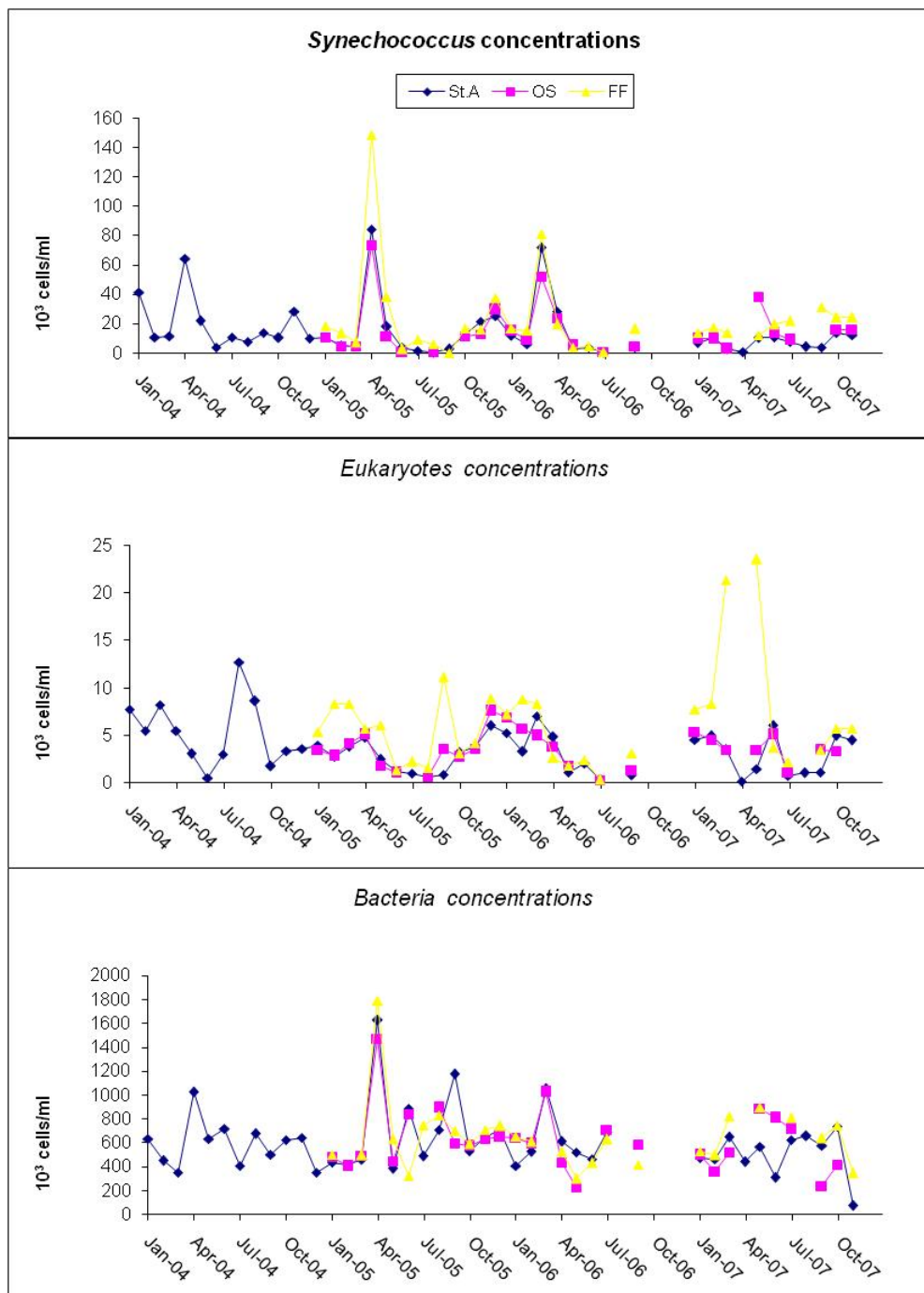
ספירת תאי פיטופלנקטון פרוקריוטי (*Synechococcus*) ואאוקריוטי, וחיידקים הטרוטרופים במים הפתוחים נעשית מידי חודש בדגימות הנאספות בהפלגות החודשיות בשיטה המפורטת לעיל (ראה בפרק ה"דיגום החופי").

בתחילת החורף ישנה פריחה חלשה של *Synechococcus*, ובעת "פריחת" האביב ישנה עלייה משמעותית בצפיפות כל התאים הנמדדים (איורים 30 ו-31). בשנה החולפת, 2007, נמדדו ריכוזים גדולים במיוחד של תאים אאוקריוטים ואילו הריכוזים של תאי *Synechococcus* ובקטריה היו גבוהים ביותר בשנת 2005. יש לציין כי ריכוז התאים האאוקריוטים קטן בסדר גודל מריכוזי הפרוקריוט *Synechococcus*. לעומת זאת תאים אלה גדולים יותר ודורשים כמות נוטריינטים רבה יותר.



איור ד30: ריכוזי תאים (פרוקריוטים (*Synechococcus*), אאוקריוטים, וחיידקים הטרורופים) בעמודת המים בהפלגות החודשיות.

Figure D30: Concentrations of prokaryote *Synechococcus*, eukaryotes and bacteria in the water column.



איור ד31: ריכוזי תאים (פרוקריוטים (*Synechococcus*), אאוקריוטים, וחיידקים הטרוטרופים) במים העליונים (50-60 מטר) מאז 2004.

**Figure D31: Concentrations of prokaryote *Synechococcus*, eukaryotes and bacteria in the surface water. Each data point is the average concentration in the upper 50-60 meters.**

המחזור העונתי ברור במדידות השנה החולפת והוא המכתיב את הדינאמיקה השנתית של ריכוזי נוטריונטים וחמצן במים וזמינותם לאוכלוסיות הפיטופלנקטון הפועלות בעמודת המים העליונה. מחזור זה מורכב מירידת טמפרטורות בפני הים המביאה בחורף לערבוב של המים העליונים עם המים התחתונים תוך וכך מעלה נוטריונטים מהעומק הנצרכים במים העליונים ומאורר את המים העמוקים. כשמתחילה העונה החמה ישנה התחממות של המים העליונים ונוצר שיכוב המונע ערבוב בין מי השטח והמים העמוקים. במהלך עונה זו נצרכים הנוטריונטים במים העליונים ונצברים נוטריונטים במים העמוקים ובמקביל מדלדל מאגר החמצן המומס במים העמוקים. הדינאמיקה הרב שנתית מושפעת מעומק ומשך הערבוב ומכמויות הנוטריונטים שנצברו במי העומק.

השנה ערבוב עמודת המים היה עמוק וארוך במיוחד, והשפעותיו הורגשן הן בערכים הנמדדים בעמודת המים והן בפריחת אצות ישיבות על הקרקעית בקרבת החוף (נספח 3ז). ערכים אחידים, המעידים על ערבוב העמודה, נמדדו עד לקרקעית בתחנה A בחודשים פברואר ומרץ, ועד לקרקעית בתחנה B (עומק כ-800 מטרים) בהפלגה המשותפת עם תכנית הניטור הירדנית בחודש מרץ. ערבוב זה היה האירוע הדומיננטי במפרץ בשנים האחרונות וגרם לשינויים בהרכב עמודת המים. רבות מהמגמות המדאיגות שנצפו בשנים האחרונות נמחקו - מאגר הנוטריונטים במי העומק הידלדל באופן משמעותי, ומאגר החמצן התחדש. יחד עם זאת נצפתה השנה פריחת אצות פלנקטוניות חזקה במיוחד אשר מחזקת את המגמה הנצפית של עלייה בריכוזי כלורופיל (פריחת אצות) בחודשי האביב מאז 2004 לפחות. בעוד שרבות מהמגמות הכימיות אחריותן עקבנו בשנים האחרונות נראות כעת כמו מחזוריים רב-שנתיים המצומדים למחזורי הערבוב העמוק, העלייה בפריחת האצות בים בפתוח עדיין יכולה לציין מגמה. השנים הבאות יוכלו להאיר נקודה זו - האם ירדו ריכוזי הכלורופיל המירביים לערכים של 2-2001 או שמא יוותרו גבוהים בדומה לערכי 2006, בה לא היה ערבוב משמעותי. בהשוואה לערבוב העמוק של שנת 2000 (עומק הערבוב אז הגיע לכ-640 מטרים), השנה השתנו הרכבי המים העמוקים באופן דרסטי יותר - ירידה בריכוזי הנוטריונטים ועלייה בריכוזי החמצן המומס בעומק. נקודה ראויה לציון היא האיטיות היחסית בה התחדשו המאגרים העמוקים של הנוטריונטים והדלדל מאגר החמצן לאחר סיום הערבוב (והתחדשות השיכוב). במשך החודשים שחלפו מאז הערכים המזעריים בריכוזי ניטראט, והמירביים בריכוזי החמצן, לאחר כל ערבוב עלו ריכוזי הניטראט וירדו ריכוזי החמצן המומס בשנת 2000 בקצב כפול מאשר בשנת 2007. זהו סימן מעודד אשר מצביע על ירידה משמעותית בכמות החומר האורגני אשר הגיע למים העמוקים בתקופת אביב-קיץ-סתיו 2007, בהשוואה לתקופה המקבילה בשנות הניטור המוקדמות יותר.

גם מאגרי הנוטריונטים והחמצן בעמודת המים מראים תמונה דומה. דילדול גדול במיוחד נמצא במאגר הסיליקה, אשר עשוי להצביע על נוכחות מוגברת של אצות צורניות, אשר פריחתן תביא לשקיעה מהירה של סיליקה וקבורתה וסילוקה מהמאגר המומס.

בתוכנית הניטור אין עדיין נתונים מספיקים לבחון קיומה של מגמת העשרה בנוטריונטים ודלדול מאגר החמצן בטווח של עשרות שנים ועל פני מספר מחזוריים של "ערבוב עמוק". בשנים הבאות, לאחר שנת ערבוב עמוק (2007 וגם שנת 2008 כפי שתועד בעת כתיבת דו"ח זה) אולי יאפשרו להבחין בין 'מגמה' לשינויים מחזוריים.

על אף הערבוב העמוק וקירור עמודת המים, עדיין ניכרת מגמת חימום של מי העומק מאז שנת 2000. בעוד שבשנים עברו נראה היה שקיים צימוד (לא מובן) בין הטמפרטורות בעומק להרכב הכימי של המים, שנת 2007 הפריכה את קיומו של צימוד שכזה: בעוד שהרכב המים השתנה באופן דרסטי וה'מגמות' שניצפו נבלמו, חימום מי העומק נמשך גם לאחר ערבוב 2007. הרכב המים נראה כמוכתב ישירות ממחזורי הערבוב, ללא תלות בחימום המתמשך של מי העומק בצפון המפרץ.

## ה. מדידות רציפות

### ה.1. כלורופיל

#### מטרה

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

#### שיטות

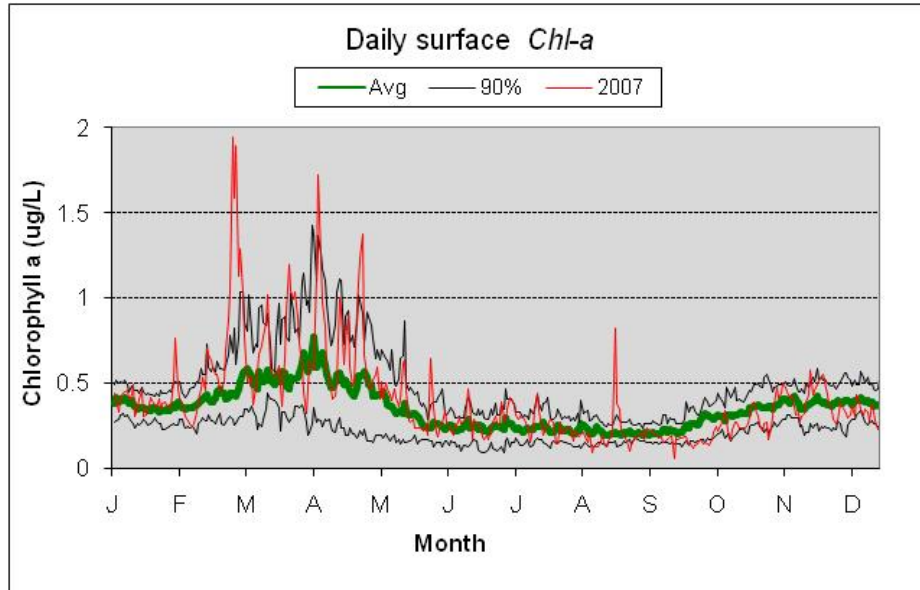
מדידה יומית של ריכוז כלורופיל  $a$  במים כמדד לשינויים בכמות הפיטוקלנקטון. מדי בוקר בין שמונה לתשע נלקחות שתי דגימות מים של 300 מ"ל כל אחת ממי השטח בנקודה קבועה במזח המצפה התת-ימי, מחוץ לשולחן השונית. המים מסוננים במקום דרך רשת  $100\mu\text{m}$  להוצאת זואופלנקטון, ומובאים למדידה במעבדה, שם מסוננת כל דוגמה על פילטר GF/F. מיצוי הכלורופיל נעשה ב-10 מ"ל Acetone (90%) במשך 24 שעות בחושך ב- $4^{\circ}\text{C}$ . האצטון כלל בופר של מגנזיום קרבונט. מדידת ריכוז הכלורופיל מתבצעת בפלואורומטר (Turner Designs TD-700) ומכילות באמצעות מדידה יומית של סטנדרט עם הדוגמאות. מדידות אלה נערכות במתכונת זו מאז שנת 1988, ומספקות מדד ארוך טווח מעבר לתקופת פעילותה של תוכנית הניטור.

#### תוצאות

ריכוז הכלורופיל בפני השטח בסמוך לשונית בשנת 2007 בעל מחזור שנתי דומה לממוצע הרב שנתי מאז 1988 (איור ה-1). מחזור זה כולל ריכוז כלורופיל  $a$  גבוה יחסית בחודשי החורף ונמוך בקיץ. ריכוזי כלורופיל הגבוהים ביותר נמדדו בחודשים מרץ – מאי, סוף תקופת הערבוב בעמודת המים הפתוחים ופריחת האביב. בעקבות הערבוב העמוק של השנה, נמדדו מספר אירועי שיא בפריחת אצות בעמודת המים. אלה אירועי פריחה החורגים מהערכים השכיחים (טווח ה-90%) שנמדדו בשני העשורים האחרונים (איור ה-1). אירוע פריחה חריג במיוחד נמדד בחודש אוגוסט בו נמדדו ריכוזי כלורופיל גבוהים בהרבה מהמקובל בעונת הקיץ.

אין ספק כי השפעת הערבוב העמוק והעלאת שפע של נוטריינטים ניכרת ישירות בעוצמות ותדירות פריחת פיטופלנקטון.





איור ה-1: ריכוז כלורופיל  $a$  בפני השטח בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום דק- בשנת הניטור 2007, קו ירוק עבה - ממוצע רב שנתי (1988-2006), קו שחור דק גבול 90% מהנתונים שהצטברו.  
**Figure E1: Chlorophyll  $a$  concentrations sampled daily at the Underwater Observatory jetty in 2007 (thin red line) and the long-term average (1988-2006, thick green line). Thin black line marks the 90% of all accumulated data.**

## ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג

### מטרה

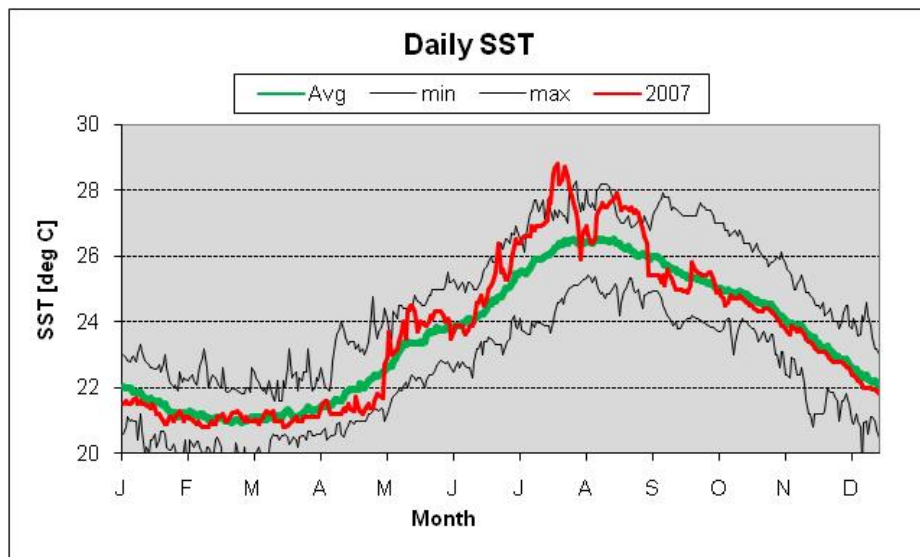
מעקב רציף וארוך-טווח אחר טמפרטורת המים בפני הים.

### שיטות

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

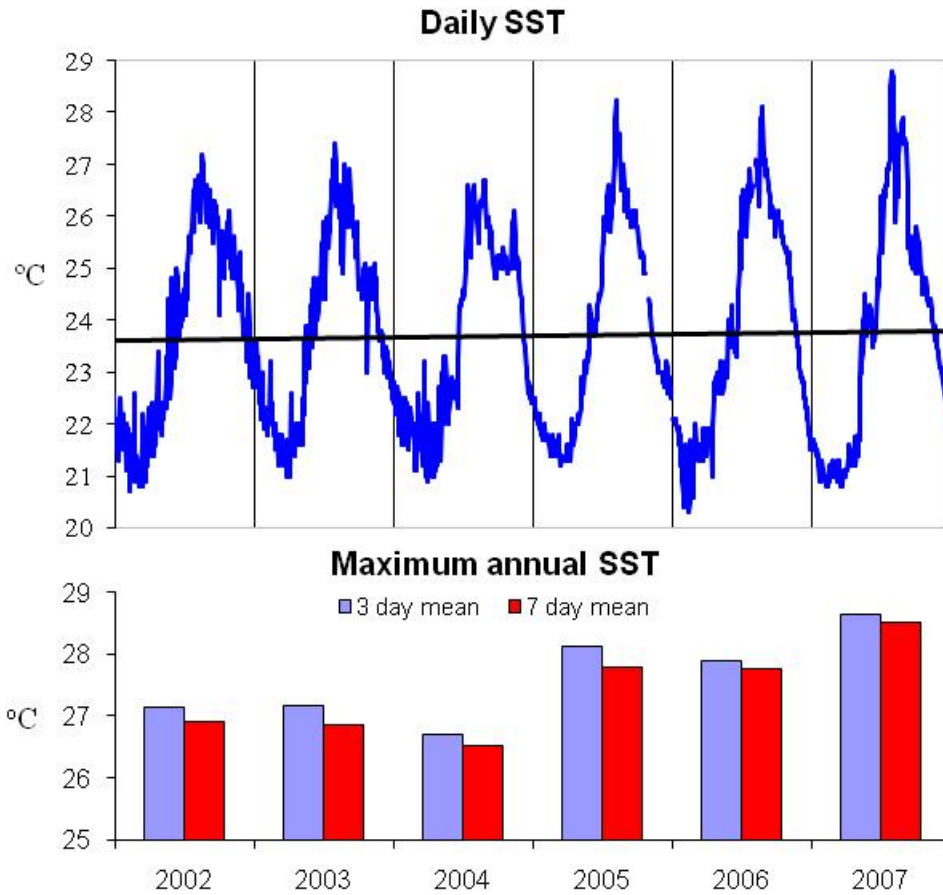
### תוצאות

טמפרטורת פני הים בשנת 2007 אינה שונה באופן קיצוני מהמוצע הרב שנתי, אולם גם השנה הטמפרטורה המירבית בחודשי הקיץ יולי-אוגוסט גבוהה מהמוצע הרב-שנתי המירבי. הערך המירבי אשר נמדד השנה היה  $28.8^{\circ}\text{C}$  גבוה מהערך המירבי של שנת 2006 ( $28.1^{\circ}\text{C}$  באוגוסט) ומהערך המירבי הממוצע,  $26.5^{\circ}\text{C}$  (איור ה-2). טמפרטורת המים המירבית ב-2007 הייתה גבוהה מכל טמפרטורה שנרשמה מאז 1988, וחרגה מעבר לערכי הקיצון הן בחודש יולי והן באוגוסט. טמפרטורת פני המים הנמדדת בסמוך למצפה התת-ימי נמצאת במגמה של עלייה ארוכת טווח (איור ה-3).



איור ה-2: טמפרטורת המים בפני הים בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום - שנת הניטור 2007, קו ירוק - ממוצע רב שנתי של המדידות היומיות מאז 1988, קווים שחורים - ערכי קיצון ממדידות 1988-2006.

Figure E2: Daily sea surface temperatures measured from the Underwater Observatory jetty during 2007 (red line), the average SST for 1988-2006 (blue line), and minimum and maximum values from 1988 to 2006.



איור ה-3: למעלה – טמפרטורות המים בפני הים בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי) מאז 2002. קו הרגרסיה ( $y=0.030x-37.72$ ) מייצג מגמה ארוכת טווח של עליית טמפרטורת פני המים מאז 1988 (נתונים באדיבות אמציה גנין). למטה – הטמפרטורה המירבית כפי שחושבה עבור ממוצע חלוף זמן (running mean) בן שלושה ימים (בכחול) ושבעה ימים (באדום).

**Figure E3: Top – Daily sea surface temperatures measured from the Underwater Observatory jetty since 2002. Linear regression ( $y=0.030x-37.72$ ) represents the long term trend of rising SST since 1988 (data courtesy of Amatzia Genin). Bottom – Maximum SST calculated as the running mean of 3 and 7 day intervals (in blue and red respectively) for each year since 2002.**

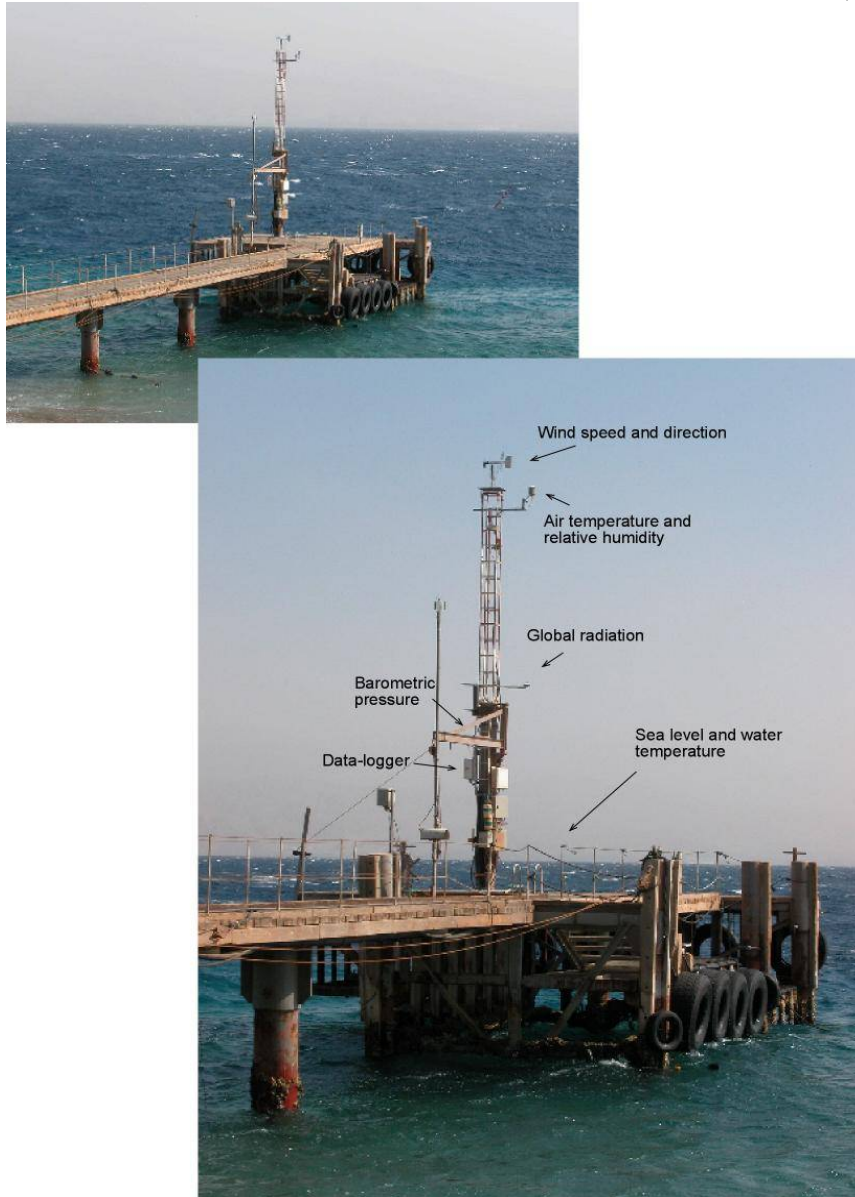
### ה.3. משתנים מטאורולוגים

מטרה

מעקב רציף וארוך-טווח אחר משתנים מטאורולוגים במפרץ.

שיטות

בחודש ספטמבר (21.9.2006) הוקמה על ידי תכנית הניטור תחנה מטאורולוגית בקצה המזח של המכון הבין-אוניברסיטאי באילת (מיקום:  $N 29^{\circ} 30.211'$   $E 34^{\circ} 55.068'$ ). המערכת כוללת מגוון של רגשים מהטובים בשוק (טבלה 1), ומבצעת מדידות רציפות של המשתנים הבאים: טמפרטורת האוויר, לחות יחסית, לחץ ברומטרי, קרינה גלובלית, מהירות הרוח, כיוון הרוח, טמפרטורת המים ולחץ מים (= מפלס הים). הרגשים מחוברים לרשם-נתונים (data-logger) והמערכת כולה מצויה בקצה המזח ופועלת באופן עצמאי (איור 4) כאשר נתונים מועברים אוטומטית לשרת המכון הבינאוניברסיטאי. הזמן לפיו רושמת המערכת הוא שעות החורף של ישראל.



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

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

Description	Manufacture	Model
Wind monitor MA (speed and direction)	Young	05106
Air temperature and relative humidity sensor	Campbell	HMP45C
for temp and RH sensor Casing (radiation protection)	Campbell	41003
essure sensorBarometric pr	Young	61202
Barometer pressure port (to minimize errors caused by wind flow)	Young	61002
Global radition sensor	Kipp&Zonen	CM11B
Water pressure sensor (includes temperature sensor)	Campbell	CS408
Water temperature probe	Campbell	108
Data-logger	Campbell	CR1000

טבלה 1: רשימת הרגשים המרכיבים את התחנה המטאורולוגית בקצה המזח של המכון הבינ-אוניברסיטאי.

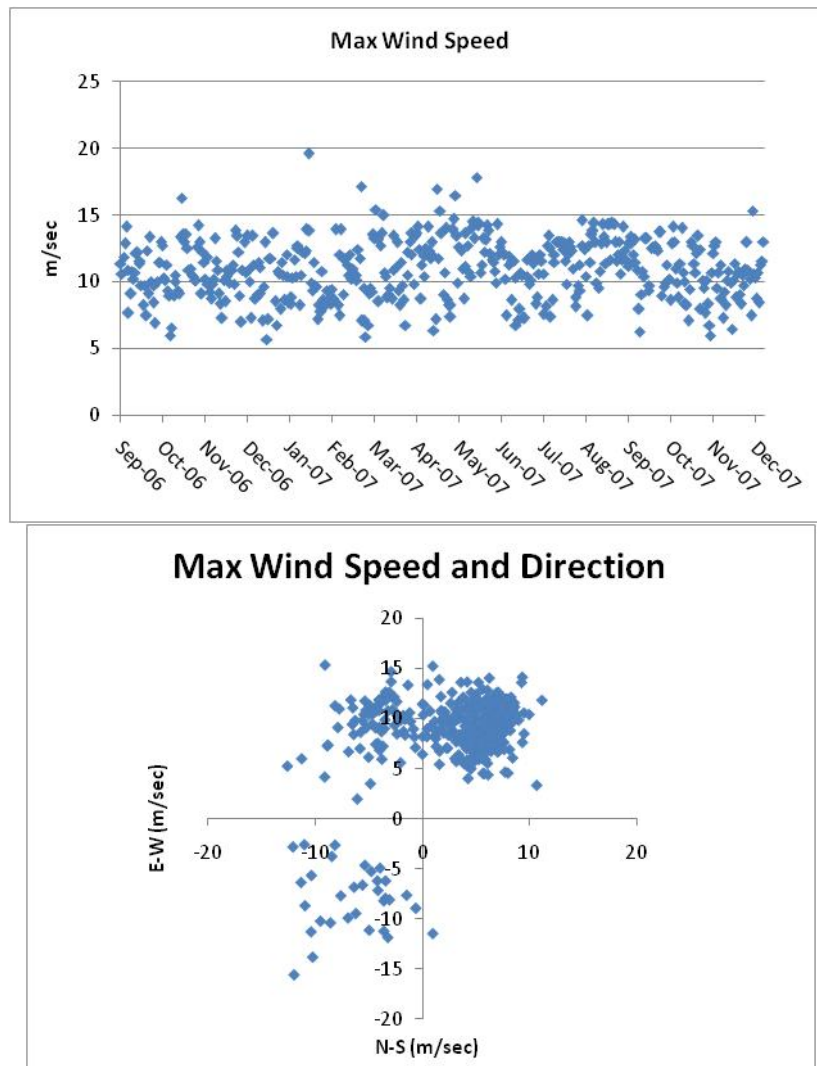
**Table E1: Setup of the meteorological station at the end of the IUI pier, list of sensors.**

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. הרגש המודד קרינה גלובלית ממוקם 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 – כיול 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, שזה 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 המאוחסנים 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 הערכים רק הערכים המירביים נרשמים, יחד עם כיוון הרוח).

#### תוצאות

מדידות מטאורולוגיות ארוכות טווח נועדו להשלים את התמונה האקולוגית באבחון שינויים מגמתיים במשתנים אקלימיים להם עשויה להיות השפעה על התנאים האקולוגיים (כגון שינויים בעוצמת הקרינה, טמפרטורת המים, תדירות ועוצמת סערות), ובבחינת אירועים אקלימיים נקודתיים והשפעתם על המערכת האקולוגית (כגון אירועי שפל, סערות, ערכי חום וקרינה קיצוניים). מאז תחילת המדידות המטאורולוגיות נמדדו הערכים הבאים:

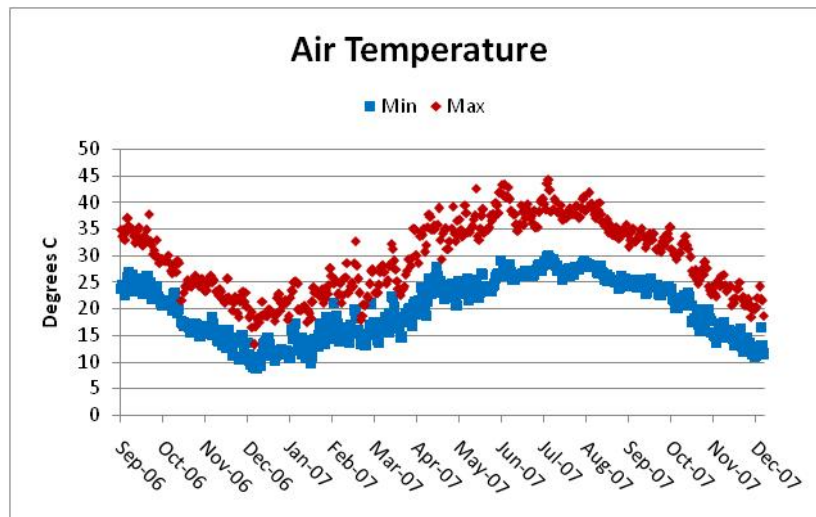
מהירות רוח מירבית של כ- 19 מטרים לשנייה נמדדה בפברואר 2007 וכיוונה דר'מע' (217°). עצמת הרוח המירבית ברוב הימים נמוכה מ- 15 מטרים לשנייה כאשר אירועי רוח חזקים נמדדו בעיקר בחדשי סוף החורף והאביב (אזור 5 למעלה). כיוון הרוח הדומיננטי הוא צפ'מז' אך ישנם לא מעט ימים בהם רוח חזקה נשבה מכיוון דר'מע' (אזור 5 למטה). כיוון רוחות דר'מע' עשוי ליצור סערות דרומיות.



איור 5: למעלה- מדידות מהירות הרוח המירבית בכל יממה במטרים לשנייה. למטה- מהירות הרוח המירבית ביממה וכיוונה.

**Figure E5: Top- Maximum daily wind speed (m/sec). Bottom- Maximum daily wind speed and its direction.**

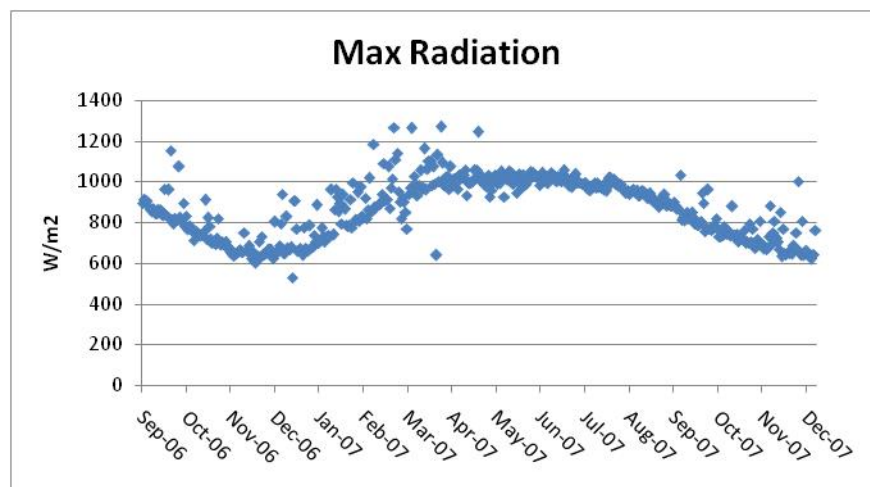
מדידות טמפרטורת האוויר מעל הים מראות את המחזור העונתי בשינויים הדרגתית של הטמפרטורה המירבית והמזערית בכל יממה (איור 6). הטמפרטורה הגבוהה ביותר, 44.28 מעלות צלסיוס, נמדדה בחודש יולי. שיאי החום נמדדו בחודשים יוני ויולי. יש לציין כי הטמפרטורות נמדדות מעל הים ויש לצפות למשרעת ערכים קטנה יותר מזו המתקבלת מעל יבשה, דהיינו ערכים מירביים נמוכים יותר וערכים מזעריים גבוהים יותר.



איור 6: טמפרטורת האוויר מעל הים, ערכי קיצון יומתיים.

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

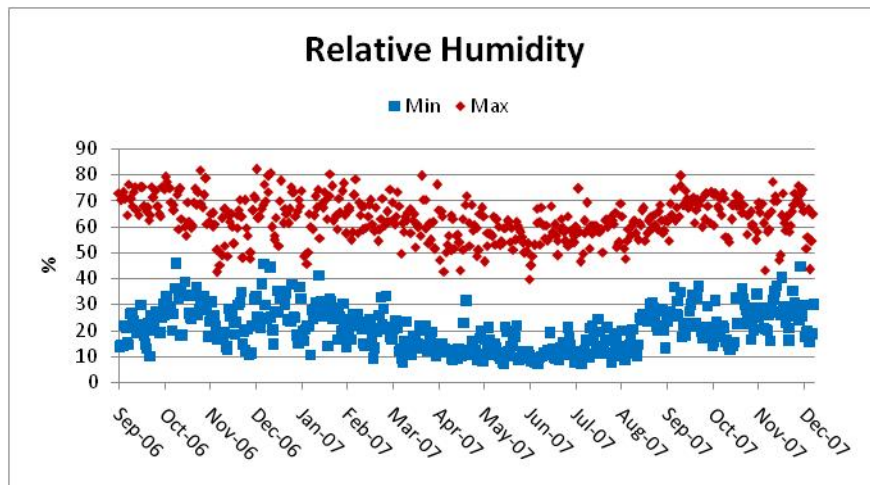
הקרינה הגלובלית בעלת מחזור עונתי דומה לשל טמפרטורת האוויר, אולם ערכים מירביים נמדדו דווקא בחודשי האביב (איור 7). הקרינה החזקה ביותר במפרץ נרשמת בדרך כלל בין השעה 11 ל 12 בצהריים, בניגוד לטמפרטורת האוויר המירבית הנרשמת אחר הצהריים המאוחרים.



איור 7: ערכים יומיים מירביים של קרינה גלובלית.

Figure E7: Maximum daily global radiation.

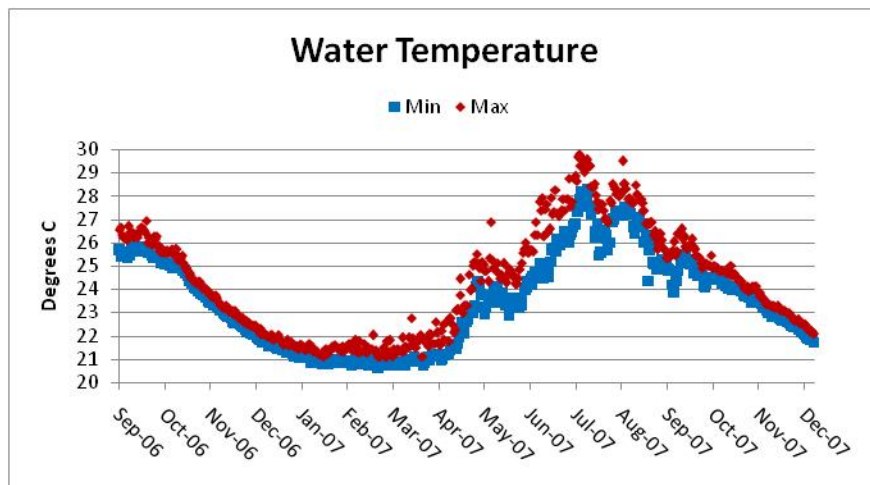
שינויים עונתיים במדידות הלחות היחסית אינם גדולים (איור 8), כאשר ערכי לחות המוכים יחסית נמדדו בתחילת הקיץ וערכים גבוהים יותר – הן של הלחות המירבית והן המזערית – נמדדו בסתיו ובחורף. בסתיו ובחורף גם קטן ההפרש בין ערכים מזעריים לערכים מירביים. הלחות המירבית נרשמת לרוב בשעות הבוקר המוקדמות ואילו הלחות המיזערית 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: ערכי קיצון יומתיים של לחות יחסית מעל הים.

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

במידות טמפרטורת המים (עומק כ-2.5 מטרים) ניתן לעקוב אחר המחזור העונתי, בו טמפרטורת המינימום נמדדה בחודש מרץ (20.74°C) וטמפרטורת המקסימום נמדדה בחודש יולי (29.82°C) (איור ה-9). ההפרש הממוצע בין טמפרטורת המים המירבית והמזערית גדל בחודשי הקיץ אז מתפתחת תרמו קלינה יומית. בחודשי החורף, ובעיקר בעונת הערבוב ההפרש בין הטמפרטורה המזערית והטמפרטורה מירבית קטן.

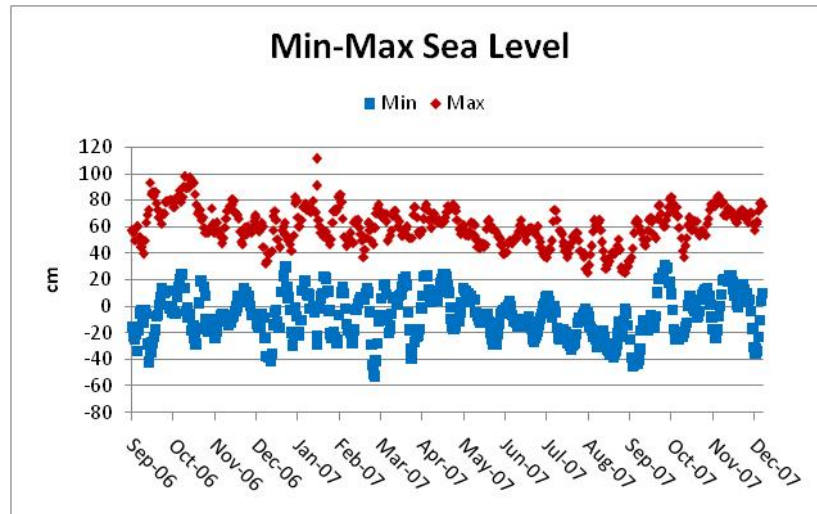


איור ה-9: ערכי קיצון יומתיים של טמפרטורת המים (בעומק כ-2.5 מ').

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

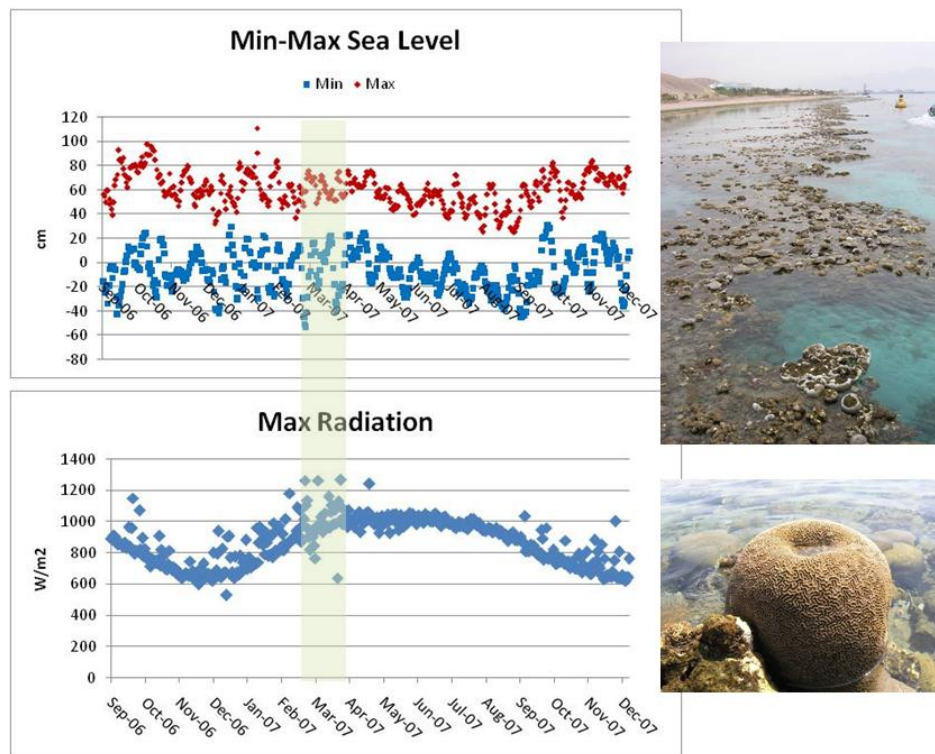


מפלס הים משתנה במחזוריות הגאות והשפל. מפלסי גאות גבוהים במיוחד נמדדו בחודשי החורף אוקטובר-פברואר ומפלסי שפל נמוכים במיוחד נמדדו בדצמבר, מרץ, ואוגוסט (איור ה-10). בזמן השפל הנמוך של חודש מרץ (18-21.3.2007) נחשפו אלמוגים רדודים רבים ונמדדה גם קרינת שמש חזקה במיוחד (איור ה-11). צירוף תנאים שכזה עשוי לפגוע באלמוגים הרדודים שנחשפו ולשנות את הרכב האוכלוסיה באזורים אלו. אירועי שפל קיצוניים בעבר גרמו, ככל הנראה, לפגיעה ניכרת בשוניית (Loya, 1976). עדיין לא ברורה ההשפעה ארוכת הטווח של אירוע השפל בחודש מרץ על אוכלוסיית השוניית באילת.



איור ה-10: ערכי קיצון יממתיים של מפלס הים.

Figure E10: Maximum and minimum daily sea-level measurements.



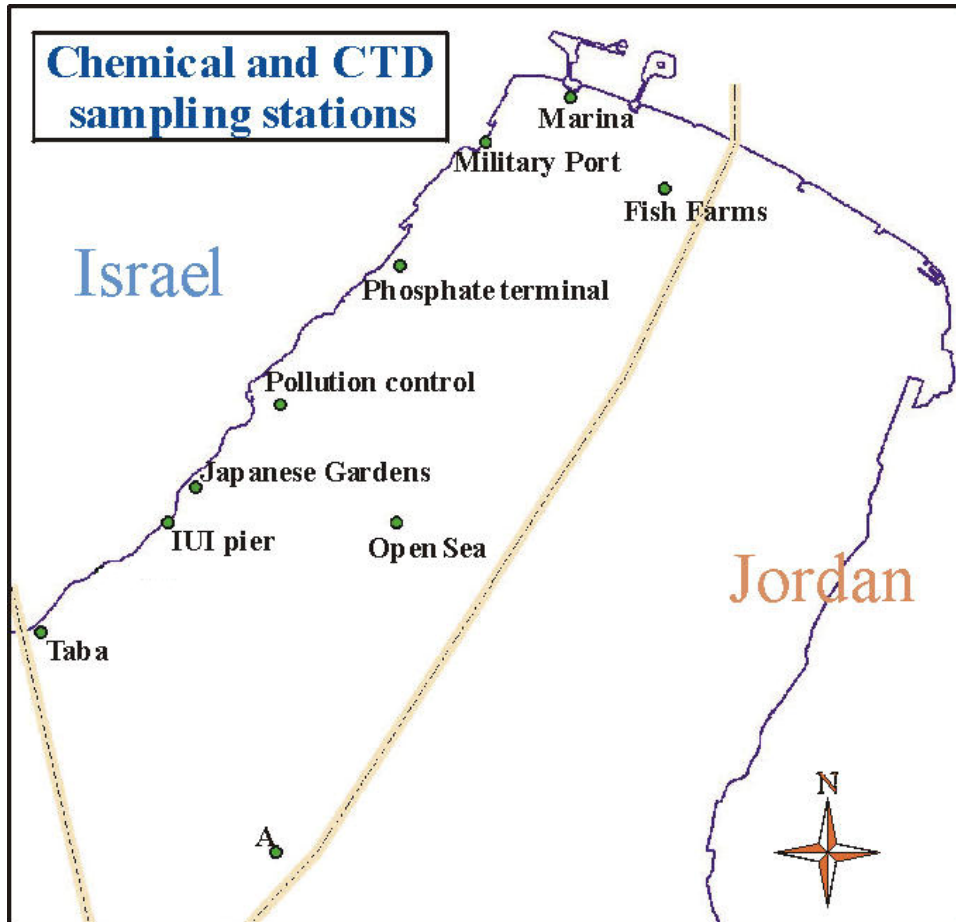
איור ה-11: השפל החזק של 18-21 במרץ 2007, חשף אלמוגים רדודים רבים. באותם ימים נמדדו גם ערכים גבוהים במיוחד של קרינה.

Figure E11: The severe low tides of March 18-21, 2007 exposed many shallow corals, and coincided with exceptionally high radiation.

- Bogosh, R., Shirav, M., Beyth, M., Halicz, L. (1993). Geochemistry of ephermal stream sediments in the Precambrian mountainous arid terrain of southern Israel. *Jour. of Geochemical Exploration*. 46: 349-364.
- Chao, A. 2005. Species richness estimation, Pages 7909-7916 in N. Balakrishnan, C. B. Read, and B. Vidakovic, eds. *Encyclopedia of Statistical Sciences*. New York, Wiley.
- 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>.
- Genin, A. and Paldor N. (1998). Changes in the circulation and current spectrum near the tip of the narrow, seasonally mixed, Gulf of Elat. *Israel Journal of Earth Science*, 47: 87-92.
- 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.
- Loya Y. (1972). Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13:100-123.
- Loya Y. (1976). Recolonization of Red Sea Corals Affected by Natural Catastrophes and Man-Made Perturbations. *Ecology* 57:278-289
- 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.
- Loya Y. and Slobodkin L. B. (1971) The coral reefs of Eilat (Gulf of Eilat, Red Sea). *Symp. Zool. Soc. Lond.* 28:117-139.

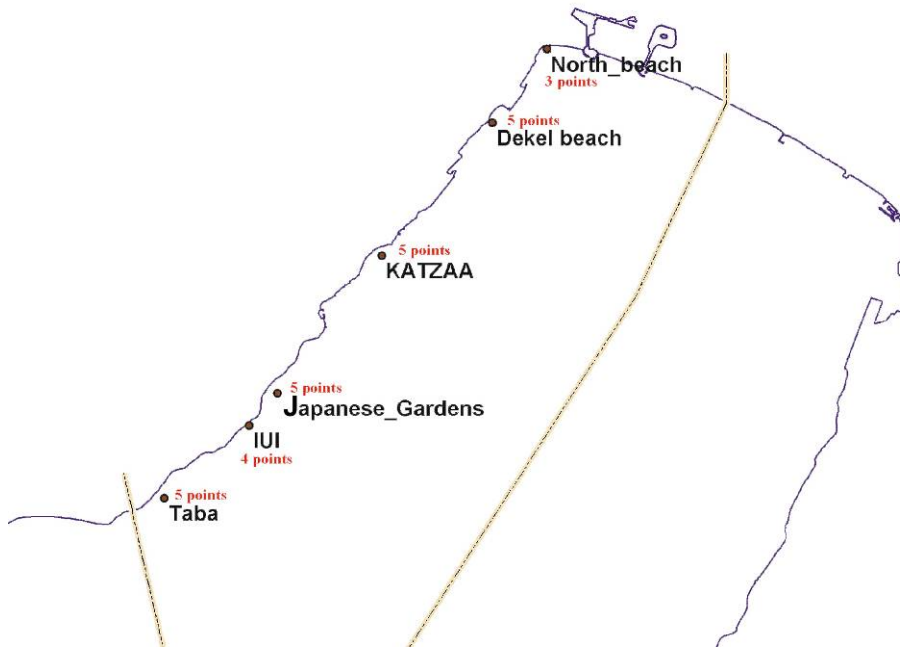
## ז. נספחים

ז.1: מפות אתרי הניטור



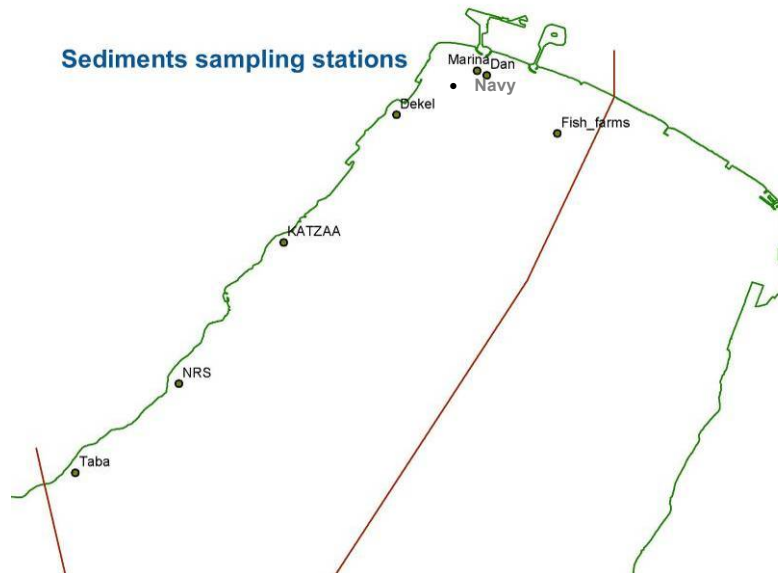
מפה ז1: תחנות דיגום עמודת המים. תחנה B אשר אינה כלולה במפה, נמצאת 10 ק"מ דרומית לתחנה A במשולש הגבולות ירדן-מצרים-סעודיה.

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



מפה 2: מפת מיקום אתרי השוניית בהם הוצבו תושבות למעקב צילומי אחר חלקות קבועות. ראה פירוט תצלום האוויר באיור ב1 בגוף הדו"ח.

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



מפה 3: מיקום אתרי דיגום הסדימנטים.

Map G3: Sites of sediment sampling.

## 2.ז: רשימת סוגי האלמוגים

טבלה ז1: רשימת האלמוגים אשר נספרו בחתכי הקו בסקר חברת השונית בשנת 2007.

Table G1: List of corals found in the coral reef line-transect survey, 2007.

Genus	Number of colonies		
	IUI	NR	KATZA
<i>Acropora</i>	63	145	144
<i>Agariciella</i>	2	0	1
<i>Alveopora</i>	0	3	6
<i>Astreopora</i>	5	27	17
<i>Balanophyllia</i>	4	1	0
<i>Blastomussa</i>	0	0	1
<i>Coscinaraea</i>	14	3	6
<i>Ctenactis</i>	0	7	0
<i>Cynarina</i>	4	1	1
<i>Cyphastrea</i>	82	55	44
<i>Echinophyllia</i>	5	17	2
<i>Echinopora</i>	12	93	41
<i>Favia</i>	158	70	29
<i>Favites</i>	83	76	65
<i>Fungia</i>	5	5	6
<i>Galaxea</i>	1	6	5
<i>Goniastrea</i>	14	70	11
<i>Goniopora</i>	2	16	13
<i>Gyrosmlia</i>	26	5	5
<i>Herpolitha</i>	0	0	2
<i>Hydnophora</i>	0	7	0
<i>Leptastrea</i>	35	24	24
<i>Leptoria</i>	3	1	0
<i>Leptoseris</i>	0	1	0
<i>Lobophyllia</i>	3	63	6
<i>Millepora</i>	62	19	7
<i>Montasrea</i>	0	7	0
<i>Montipora</i>	34	95	102
<i>Mycedium</i>	0	9	4
<i>Pavona</i>	8	12	32
<i>Platygyra</i>	11	37	4
<i>Plesiastrea</i>	0	3	0
<i>Pocillopora</i>	23	12	1
<i>Porites</i>	34	59	37
<i>Psammocora</i>	4	5	15
<i>Seriatopora</i>	0	21	4
<i>Siderastrea</i>	19	1	1
<i>Stylophora</i>	151	99	58
<i>Turbinaria</i>	2	3	0

טבלה 2: רשימת האלמוגים באתרים השונים, אשר נספרו בריבועי דיגום קבועים בשנת 2007.

Table G2: list of corals found in the fixed areas monitored by photography, 2007.

Genus	NB	Dekel	Katza	NR	IUI	Taba	Total
<i>Acanthastrea</i>		1	2	2	2	6	13
<i>Acropora</i>	2	41	58	51	2	13	167
<i>Agaricia</i>				2			2
<i>Alveopora</i>	1	2	11	1		14	29
<i>Anemone</i>	1	3	3			1	8
<i>Astreopora</i>				4		3	7
<i>Balanophyllia</i>		2	4	1	2		9
<i>Blastomussa</i>						1	1
<i>Coral sp.</i>	3	1	5	13	18	11	51
<i>Coscinaraea</i>	5	8	1		4		18
<i>Ctenactis</i>		1		4			5
<i>Cynarina</i>	1	1				1	3
<i>Cyphastrea</i>	2	6	18	26	34	20	106
<i>Echinophyllia</i>	1	2	1	1	2	8	15
<i>Echinopora</i>	6	17	28	51	4	7	113
<i>Favia</i>	5	13	5	6	52	33	114
<i>Favites</i>	8	4	26	20	30	14	102
<i>Fungia</i>	2	6	4	7	1	3	23
<i>Galaxea</i>	6		1			1	8
<i>Goniastrea</i>	12	24	14	55	33	60	198
<i>Goniopora</i>		7	5	2			14
<i>Herpolitha</i>	1	1	2	1			5
<i>Heteroxenia</i>				1			1
<i>Hydnophora</i>	3			1		8	12
<i>Leptastrea</i>	11	2	9	3	10	15	50
<i>Leptoria</i>		1				1	2
<i>Leptoseris</i>		2		1			3
<i>Lobophyllia</i>	28	5		10	3	1	47
<i>Millepora</i>	2	9			30	46	87
<i>Montipora</i>	4	13	40	22	4	9	92
<i>Mycodium</i>	2	1	8	1			12
<i>Oxypora</i>			1				1
<i>Palythoa</i>				6			6
<i>Pavona</i>	9	6	8	2	2	2	29
<i>Platygyra</i>	8	9	1	8	7	11	44
<i>Plerogyra</i>	1	1	6				8
<i>Plesiastrea</i>				2	1		3
<i>Pocillopora</i>	7	1		2	6	7	23
<i>Porites</i>	21	48	11	17	4	34	135
<i>Psammocora</i>	2	2				2	6
<i>Rhytisma</i>	1	3	6	12	5	2	29
<i>Sabellidae</i>		3					3
<i>Sarcophyton</i>						2	2
<i>Seriatopora</i>		2	1	6		7	16
<i>Sinularia</i>		1	2				3
<i>Sponge</i>	4			6	1	9	20
<i>Stylophora</i>	8	16	19	24	21	14	102

<i>Tridacna</i>			1		1		<b>2</b>
<i>Tubastrea</i>						2	<b>2</b>
<i>Tubipora</i>						1	<b>1</b>
<i>Tunicate</i>		3		1		1	<b>5</b>
<i>Turbinaria</i>	6			1			<b>7</b>
<i>Xenia</i>	22	52	10	37			<b>121</b>

### 3.ז: ערבול עמוק ופריחת אצות ישיבות בצפון מפרץ אילת, 2007

שוניות האלמוגים במפרץ אילת חשופות למחזור עונתי של העשרה בנוטריינטים הנובע משינויים עונתיים בשיכוב עמודת המים המונעים על ידי קירור (בחורף) וחימום (בקיץ) (Reiss and Hottinger, 1984). כתוצאה מקרור פני המים בחורף מתערבלים המים העליונים עם מים עמוקים יותר בהם הטמפרטורה נמוכה יחסית. עומק הערבול בשיא החורף מגיע למאות מטרים ( $<400\text{ m}$ ), תהליך המעשיר את המים העליונים בנוטריינטים שמקורם בעומק. בזמן ערבול עמודת המים מועלים נוטריינטים אל האזור המואר, הרדוד, ומזינים את אוכלוסיית האצות אשר מגיבה בפריחה עונתית המתבטאת בעלייה בריכוז הכלורופיל. עם העמקת השכבה המעורבלת, זמן השהות של היצרנים הראשוניים באזור המואר של עמודת המים הולך וקטן וניצול הנוטריינטים בפני השטח קטן, דבר הגורם לעלייה בריכוז הנוטריינטים במים העליונים והגדלת זמינותם ליצרנים הראשוניים הבנתונים באזור החוף, קרי לאצות הסימביוטיות באלמוגים ולאוכלוסיות אצות ישיבות.

הערבוב האנכי בחורף 2007 היה עמוק וארוך במיוחד. בהפלגת הניטור של חודש פברואר הגיעה עמודת המים המעורבלת לקרקעית הים בתחנה A, כ-720 מטרים, ובהפלגה של חודש מרץ (אשר נעשתה בשיתוף עם מדענים ירדנים מהתחנה הימית בעקבה) הייתה עמודת המים מעורבלת לכל העומק בתחנה B, דהיינו למעלה מ-850 מטרים. הפעם האחרונה בה תועד ערבול כה עמוק במי המפרץ הייתה בשנת 1992. מרווח הזמן הזה, 15 שנים, מדגיש את חשיבותו הרבה של מעקב רב-שנתי מסודר אחר הדינאמיקה של המערכת המורכבת במפרץ אילת. אירוע הערבול הגדול של 1992 הושפע, ככל הנראה מהתפרצות הר הגעש Pinatubo בפיליפינים. הערבול העמוק של השנה החולפת הוא תוצאה של חורף קר אך בלא אירוע חריג היכול להסבירו, קרי: חלק מהמחזוריות האקלימית הטבעית. במסגרת מעקב רב-שנתי המתנהל במכון הבינאוניברסיטאי על ידי א. גנין מאז 1988, ולאחרונה על ידי תכנית הניטור, נרשמו מאז ועד לשנה החולפת ריכוזי כלורופיל חריגים במים העליונים בשנים 1992 ו-2000, שנה בה הערבול האנכי הגיע לעומק 640 מטרים. בכל שאר השנים היה הערבול רדוד מ-600 מטרים. משמע, אירועי ערבול עמוקים אירעו לעיתים בעבר ויתרחשו לעיתים בעתיד, ויש לתת את הדעת על השפעתם האקולוגית במפרץ.

בעקבות הערבול העמוק של 1992 התרחשה בצפון מפרץ אילת פריחת אצות מסיבית. נמדד גידול בריכוז האצות הפלנקטוניות המרחפות בעמודת המים, ותועדה פריחה של אצות ישיבות באזור השונית (איור 1) אשר גרמה לכיסוי ותמותת אלמוגים (Genin et al. 1995). אירוע נוסף, קודם, של פריחת אצות ישיבות בשונית אילת אירע בשנת 1983 (לויה וקליין, 1994, ע"מ 151) וקשור, אולי, להתפרצותו של הר הגעש Chichón במקסיקו. יש לציין כי שלוש השנים בהם תועדה פריחת אצות ישיבות (1983, 1992, 2007) היו שנות El Niño, אך בתקופה זו היו שנות El Niño נוספות אשר בהן לא תועדה תופעה דומה באילת (ראו למשל; <http://ggweather.com/enso/years.htm>; <http://www.cdc.noaa.gov/people/klaus.wolter/MEI/mei.html>).

כתוצאה מהערבול העמוק בשנה החולפת נמדדו ריכוזים גבוהים במיוחד של אצות פלנקטוניות במשך חודשים רבים בעמודת המים בקרבת השונית וגרמו לעכירות גבוהה וחזירות אור נמוכה (איור 2). בנוסף לכך נמצאו מרבדי אצות ישיבות על גבי שטחים נרחבים של קרקעית המפרץ הרדודה וכיסו מדרונות חוליים, אזורי עשב ים וגם אלמוגים (איור 3). פריחת האצות הישיבות על קרקעית המפרץ בשנה החולפת כללה שלושה מינים של אצות אשר יצרו מרבדים בעלי תפוצה כתמית. מרבדי האצות כיסו שטחים של מטרים עד עשרות מטרים רבועים באזורים ובטווחי עומקים שונים. האצות אשר פרחו בשנת 2007 שונות מהאצות החוטיות (*Enteromorpha* sp.) אשר כיסו את שוניות אילת בחורפים 1992 ו-1983. במדרונות לא מלוכדים (חול וחלוקי אבן) בטווח העומקים 15-25 מטרים נמצאו מרבדים של האצה מסוג (*Padina* sp. (Phaeophyta), לסירוגין עם אצה נוספת (*Microdictyon* sp. (Chlorophyta). האצה פדינה ("אוזן פיל") נפוצה ומוכרת באילת, ונמצאה גם בעומקים גדולים בהרבה, עד 65 מטרים. באזור השונית של שמורת חוף אלמוג נמצאו מרבדים עבים של אצה ממין *Hydroclathrus clathratus* (Phaeophyta) אשר כיסו בלטי אלמוגים ומדרון חולי בעומקים 12-20 מטרים. אין בידינו הערכה לגבי סך שטחי המדרון אשר כוסו במרבדי אצות.



כאשר הורמו מרבדי האצות נמצא, באופן מפתיע, כי אלמוגים "שנקברו" תחתם חיים ופעילים, אם כי זרועות הצייד היו בחוץ ונראה כי האלמוגים עברו למצב לילי של טריפה ולא נסמכו על הפעילות הפוטוסינתטית של האצות הסימביוטיות אשר בוודאי נפגעה עקב הכיסוי. כמו כן נמצאו תחת מרבדי האצות חבצלות ים ושאר יצורים ליליים. השפעתם של גורמים אלה על מצב השוניות באילת בטווח הארוך תיבחן באמצעות סקרי השונית הנעשים מדי שנה במסגרת תכנית הניטור.

במהלך הדיונים על עתידם של כלובי הדגים במפרץ אילת נראה היה שנוטריינטים המוכנסים למי המפרץ אינם נשארים באזור המואר שם היו עשויים לגרום נזק לאלמוגים אלא מוסעים ונאגרים הרחק מהעין, במים העמוקים. הועלתה הסברה שהצטברות זו במי העומק מהווה "פצצת זמן אקולוגית" אשר "תפוצץ" בעונת הערבוב בה יעלו הנוטריינטים לאזור המואר ויגרמו לפריחת אצות אשר תפגע בשוניות. מאידך, במשך חורפים רבים לא נראה שינוי בפריחת האצות ונטען כי רעיון "פצצת הזמן" הוא תיאוריה אשר אינה עומדת במבחן המציאות.

הערבוב העמוק של השנה החולפת מוכיח כי נוטריינטים הנכנסים למפרץ ונצברים במים העמוקים סופם שגיעו אל עמודת המים העליונה ויגרמו לפריחת אצות מוגברת. יש להסתייג ולומר כי אין כל ראיה שתרומת כלובי הדגים לריכוזי הנוטריינטים, הגבוהים ממילא במים העמוקים, השפיעה בצורה כלשהי על פריחת האצות בעקבות הערבוב העמוק של חורף 2007. הרי פריחת אצות צמודות מצע אשר כיסו את השוניות אירעה גם בעקבות הערבוב העמוק של 1992, לפני עידן כלובי הדגים במפרץ. יחד עם זאת, אירועי הערבוב העמוק מהווים תזכורת לכך שבמערכת מורכבת ועדינה כמו מפרץ אילת (ובמערכות אקולוגיות טבעיות בכלל) אין די בראיה של טווח הזמן הקצר, ומה שנעלם מן העין למים העמוקים אין דינו כלא היה.

שני דברים נוספים שראוי לתת עליהם את הדעת בהקשר זה:

1) האם יש משמעות לשינוי באוכלוסיות האצות הישיבות, אשר כיסו את השוניות ב-1992 וב-2007?

ואם כן מהו או מהם הגורמים לשינוי בסוגי האצות?

בהעדר מעקב רציף ומסודר אחר אוכלוסיית האצות צמודות המצע אין בידינו לענות על שאלה זו. בשנה זו ביצעה תכנית הניטור סקר של אצות מתיישבות בשמורת חוף אלמוג לצורך אומדן השפעת הרעייה על גידול אצות בשוניות. במסגרת זו נאספו אצות צמודות מצע לזיהוי על ידי ד"ר אלורו ישראל מחקר ימים ואגמים. נתונים אלו יהוו את הנדבך הראשון למעקב אחר אוכלוסיית אצות ישיבות בשוניות.

2) נראה כי ריכוז גבוה באופן חריג של פיטופלנקטון מתקבל רק בשנים של ערבוב עמוק באופן חריג,

ופריחת אצות צמודות מצע מתרחשת אף היא בעקבות ערבוב עמוק במיוחד. בעקבות הערבוב בשנת 2000 נרשמו ריכוזים גבוהים של פיטופלנקטון בעמודת המים, אך לא במידה כה רבה כבשנה החולפת או בשנת 1992, ולא נרשמה פריחת אצות צמודות מצע. מהו אם כן עומק הסף אשר תחתיו נצברים הנוטריינטים "בהמתנה" לערבוב עמוק?

קיימות שתי גישות להתמודדות עם השאלה. הראשונה מתייחסת לעומק סף כפשוטו, דהיינו איזשהו עומק

אשר תחתיו תחלופת המים איטית יותר (זמן שהות ארוך יותר) ועל כן נצברים בו נוטריינטים. השנייה

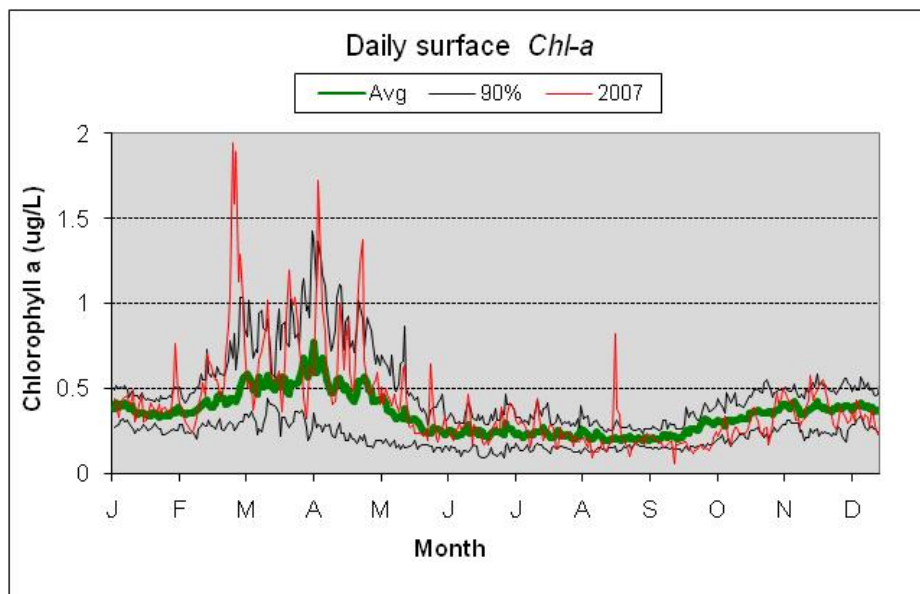
מתייחסת לעומק הערבוב כאל הגורם המכתיב את עומק הסף, במילים אחרות: התדירות בה מעורבים המים מעומק מסיים היא הקובעת את ריכוז הנוטריינטים (= השפעת הערבוב) בעומק זה. ככל שהערבוב תדיר יותר ריכוז הנוטריינטים והשפעת הערבוב קטנים יותר. בנייתו ראשון של נתוני עומק הערבוב וריכוז אצות

פלנקטוניות מאז 1988 לא נמצאה קורלציה מניחה את הדעת בין עומק הערבוב ובין ריכוז האצות. ריכוזים

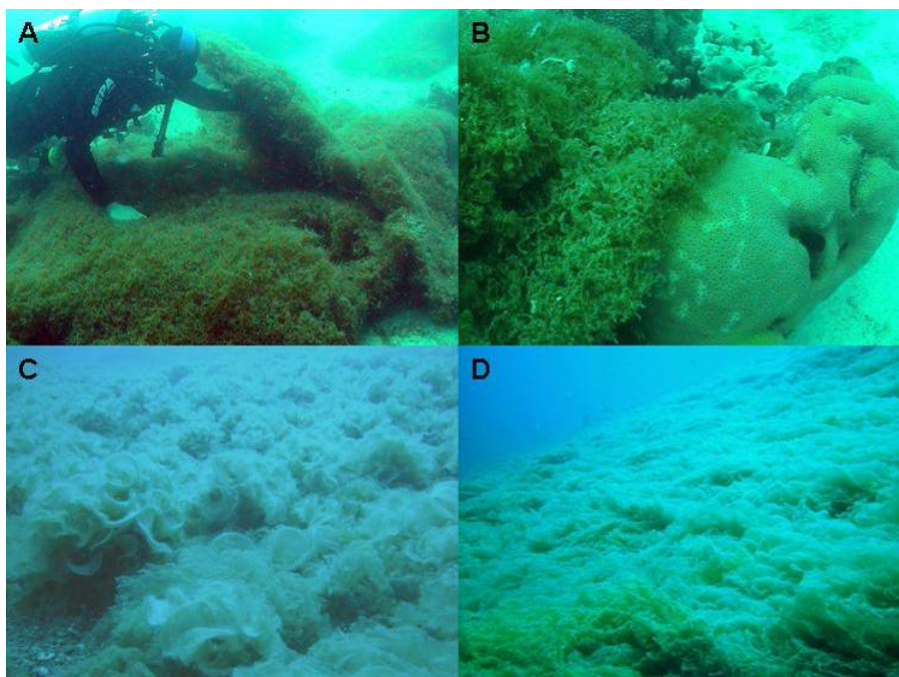
גבוהים נרשמו אך ורק בשנים 3-1992 בעקבות התפרצות ה-Pinatubo, בשנת 2000, ובשנה החולפת. עבור שאר השנים לא נמצאה התאמה בין עומק הערבוב וריכוז האצות בעמודת המים. עובדות אלה תומכות בגישה הראשונה – קיומו של עומק סף. מספר אירועי הערבוב העמוק בשנים האחרונות קטן מכדי לאפשר מענה טוב יותר על השאלה, אך יש לקוות שעם המשך המעקב אחר דינאמיקת הערבוב ופריחת האצות במפרץ אילת הנושא יתבהר.



איור ז1: פריחת אצות ישיבות מסוג *Enteromorpha sp.* על גבי אלמוגים מול המכון הבינאוניברסיטאי בשנת 1992 (צילום א. גנין).



איור ז2: ריכוזי כלורופיל בפני הים בשנת 2007 בהשוואה לממוצע הרב שנתי מאז 1988.



איור 3: פריחת אצות ישיבות בצפון מפרץ אילת אביב 2007. (A) מרבד של אצות *Hydroclathrus clathratus* מכסה מדרונות חוליים ובלטי אלמוגים בשמורת חוף אלמוג (צילום ד. זכאי). (B) אלמוגים בשמורת חוף אלמוג *Padina sp.* מדרום לשמורת חוף אלמוג. (C) אצות *H. clathratus* באצה (צילום ד. זכאי). (D) אצות מסוג *Microdictyon sp.* מכסות מדרונות ואלמוגים מדרום לשמורת חוף אלמוג.

#### מקורות:

Genin A., Lazar B., Brenner S., 1995. Vertical mixing and coral death in the Red Sea following the eruption of Mount Pinatubo. *Nature* 377, 507-510.

Reiss Z. and Hottinger L., 1984. The Gulf of Aqaba. *Ecological Micropaleontology*. In: *Ecological Studies*. W. D. Billings, F. Golley, O. L. Lange, J. S. Olson and H. Remert (eds), 50: 48-56.

לויה י., קליין ר., 1994. שוניית האלמוגים. משרד הביטחון-ההוצאה לאור ואוניברסיטת תל אביב. 320 עמודים.

## 4.2 אצות ישיבות בשמורת חוף אלמוג, אילת: התיישבות, גידול ורעייה

דו"ח סיכום מחקר במימון רשות הטבע והגנים, אוקטובר 2007  
מאת: יוני שקד<sup>1</sup>, ניצן שגב-שאולוב<sup>1</sup>, ענבל איילון<sup>1</sup>, רות חייט<sup>1,3</sup>, אלורו ישראל<sup>2</sup>, אמציה גנין<sup>1,3</sup>

### תוכן העניינים

125	.....	תקציר
126	.....	הקדמה
128	.....	שיטות
131	.....	תוצאות
131	.....	א. גידול אצות ורעייה
134	.....	ב. הקשר כלורופיל לביומאסה
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....		
136	.....	ג. אפיון אוכלוסיית האצות
136	.....	ד. שיפעת חסרי חוליות רועים
138	.....	ה. ספירת דגים רועים
141	.....	דיון
141	.....	אצות
<b>Error! Bookmark not defined.</b> .....		
143	.....	השימוש בכלורופיל לאמזן ביומאסת האצות
143	.....	רועים
144	.....	מסקנות
144	.....	רשימת ספרות
146	.....	נספח: מיני האצות בחוף אלמוג

1- תכנית הניטור הלאומית במפרץ אילת, המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת

2 - המכון לחקר ימים ואגמים, חיפה

3 - המחלקה לאבולוציה, סיסטמטיקה ואקולוגיה, האוניברסיטה העברית בירושלים

## תקציר

בשנים האחרונות הננו עדים לעלייה הדרגתית בכמות הנוטריינטים במי העומק בצפון מפרץ אילת ובמקביל חלה גם ירידה בצפיפות קיפודי הים בשונית. אולם, שלא כצפוי, שיפעת האצות הישיבות (benthic algae) בשונית לא גדלה. אחד ההסברים האפשריים להעדרה של עלייה בשכיחות האצות היא תגובתם התפקודית היעילה של הדגים הצמחוניים בשונית. מטרת מחקר זה הייתה תיעוד שיפעתם של דגים צמחוניים, מעקב אחר פעילות רעייתם ואפיון שיפעת האצות ומגוונן בשונית שמורת חוף אלמוג באילת. ההבדלים העונתיים בכמות האצות היו ניכרים, עם תנודות גדולות ביותר בלגונה. השיפעה הנמוכה ביותר נמצאה באוקטובר והגבוהה ביותר בחודשי האביב. לעומת זאת, מגוון מיני האצות היה גבוה יחסית בחודשי הסתיו והחורף. האצות האדומיות היו דומיננטיות וייצוגן יציב לאורך השנה, ואילו שיפעתן של אצות חומיות וירוקיות הייתה נמוכה יחסית ועונתית. כימות שיפעת האצות על לוחיות PVC חשופות לרעייה ועל לוחיות מוגנות בכלובים שימש לאומדן פוטנציאל הגידול (ללא רעייה) של האצות ולאומדן שיעור רעייתן. לא נמצא הבדל בשני האומדנים בין החלק הצפוני של שמורת חוף אלמוג הפתוח למבקרים לבין החלק הדרומי הסגור למבקרים. מכך ניתן להסיק שהשפעת מבקרים על גידול האצות ועל רעיית אצות (וכך על הרועים העיקריים, דגים וקיפודים) אינה ניכרת. שיפעת האצות הגבוהה ביותר נמצאה באזור הלגונה, ופוטנציאל גידול האצות שם היה גדול במידה ניכרת מאשר באתרים העמוקים יותר. עצמת האור עשויה להיות גורם מגביל עיקרי בעומקים גדולים יותר.

מסקנה עיקרית מעבודה זו היא ששיפעת האצות בשונית הרדודה (עד 5 מ') מוסתת על ידי רעייה. ההבדלים בריכוז הכלורופיל בין לוחיות חשופות לרעייה ולוחיות מוגנות הינו דומה בעומקים השונים, עובדה המצביעה על כך שאוכלוסיית הרועים מוסתת בהצלחה את גידול האצות בכל העומקים, למרות ההבדלים בקצב הגדילה בעומקים השונים. כמות האצות הנאכלת על ידי הרועים בלגונה גדולה משמעותית מזו הנאכלת בעומקים הגדולים יותר. ריכוז קיפודי הים בשמורה קטן מזה שבמעבדה הימית, שם גם מחזור גידול האצות ורעייתן שונים. לכן, תוכנית הניטור הלאומית תוסיף מעתה ואילך את אתר השמורה לביצוע פרק ניטור האצות.

ניסוי הלוחיות הצביע על כך שיתכן שגם פריחת מרבדי אצות לאחר העשרה בנוטריינטים מוסתת באתרים מסוימים על ידי רעייה. בהסתמך על נתונים קודמים מסתבר כי בשמורת חוף אלמוג חלו תנודות גדולות במספר חסרי החוליות הרועים לאורך השנים. מספר קיפודים נמוך ביותר נמדד בשנים 1998-1999, והתאוששות ניכרה בשנת 2004 ולאחר מכן נמצאה ירידה הדרגתית עד שנת 2006. צפיפות נמוכה ביותר של קיפודים נמצאה בלגונה.

מיני הדגים העיקריים שנספרו שייכים למשפחת הבתרניים (Acanthuridae) (בעיקר *Acanthurus nigrofuscus*, ו-*Ctenochatus striatus*) ותוכינוניים (Scaridae). התוכינונים והנתחנים נודדים בין הלגונה לשולחן השונית, ללא משטר סדור, בעוד פרפרון האודם והנתחן הסגול נעים בשטח קטן יותר. נוכחות גדולה של דגים רועים בלגונה מסבירה את ויסות צמיחת האצות שם על אף שפוטנציאל צמיחת האצות בלגונה גדול במיוחד. נראה שלדגים הרועים תפקיד מרכזי ברעיית כמויות אצות, והם האחראים על שמירתה של השיפעה הנמוכה של האצות הנצפית בשונית (למעט באביב של שנים בהן עומק הערבוב האנכי גדול במיוחד). חסרי החוליות הרועים, בפרט קיפודי הים, אחראים ככל הנראה על "גילוח" המצע הקשה משאריות האצות ובכך להכשירו להתיישבות אלמוגים.

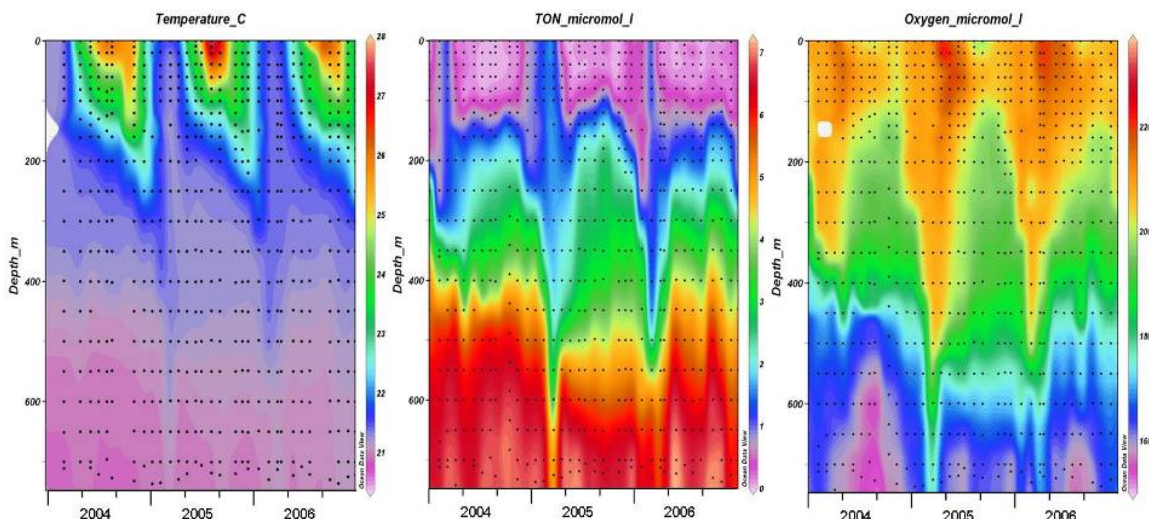
## הקדמה

תפוצתן המרחבית של שוניות אלמוגים מותאמת לטווח צר של תנאים סביבתיים המאפשרים לאלמוגים לגדול ולהתרבות. בנוסף לתנאים הפיסיקליים החיוניים לאלמוגים (כגון טמפרטורות מתאימות, מליחות, עכירות נמוכה, ועומס סדימנטים קטן) מצויים האלמוגים בתחרות מתמדת עם אצות. אצות פלנקטוניות (מרחפות בגוף המים) מעלות את העכירות ומונעות אור מהאצות הסימביוטיות של האלמוגים, ואילו אצות בנתוניות (ישיבות, צמודות מצע) מצמצמות את שטח המצע הזמין להתיישבות אלמוגים ואף עשויות, בזמן פריחה, לכסות אלמוגים מבוססים. לפיכך, כמות אצות נמוכה הוא תנאי הכרחי להצלחתן של שוניות אלמוגים. כמות אצות נמוכה נשמרת הן על ידי מגבלת חומרי מזון (תנאים אוליגוטרופים) והן על ידי רעייה של מגוון יצורים המהווים נדבך חשוב במערכת האקולוגית של השונית.

לרעיית אצות בנתוניות על ידי דגים, קיפודים וחסרי חוליות אחרים (להלן "רועים") חשיבות מרכזית בשמירת חיותן של שוניות אלמוגים בעולם. שמירת האיזון בין קצבי הגידול של האצות ובין רעייתן על ידי בע"ח במצב של שווי משקל דינאמי, אשר בו המצע הסלעי הפתוח נשמר חשוף מאצות, הינו תנאי הכרחי לקיומה המתמשך של שונית יציבה. דוגמאות משוניות רבות בעולם מראות שהפרת שווי המשקל לטובת האצות, אם בעקבות הגדלת קצב הגידול או בעקבות ירידה בקצב הרעייה, מביאה לתוצאות הרסניות לשונית. הדבר תועד ב-Great Barrier Reef (Bell 1992, McCook, 1999) ביים הקריבי (Hughes 1997, Lapointe 1994) בהוואי (Smith *et al.* 1981) ואף בעקבה (Walker and Ormond, 1982) ובאילת (Genin *et al.* 1995).

עיקר הנזק נובע מהגברת התחרות על מצע פנוי בין פגיות אלמוגים לבין אצות צמודות תשתית ומצמצום משמעותי בזמינותו של מצע מתאים להתיישבות פגיות אלמוגים (Carpenter 1990, Szmant 1997). במקרים קיצוניים הנזק נוצר מהרג אלמוגים בוגרים בעקבות כיסויים באצות, כפי שקרה בשוניות צפון מפרץ אילת באביב 1992 (Genin *et al.* 1995). אם הפרת האיזון בין גידול האצות לרעייתן נמשך לאורך זמן השונית מתמוטטת – אלמוגים הופכים נדירים והמצע מתכסה באצות וחסרי חוליות מסננים. תופעה שכזו גרמה להרס השוניות בג'אמייקה (Hughes 1994) ובאתרים אחרים.

השונית במפרץ אילת חשופה למחזוריות טבעית של העשרה בנוטריונים הנובעת משינויים עונתיים במבנה עמודת המים (Genin *et al.* 1995) (איור 1). מחזוריות זו הינה ייחודית בהשוואה לימים אחרים באזור הטרופי והסוב-טרופי. בקיץ מי השטח חמים יותר מהמים העמוקים ועמודת המים משוכבת, דהיינו, אין מעבר מים בין השכבה העליונה למים העמוקים. ריכוזי הנוטריונים במים העליונים (בשכבה המוארת) בתקופה זו הינם נמוכים ביותר ומשום כך גידול האצות איטי ביותר. בתחילת הסתיו מתחיל תהליך של ערבוב אנכי (convection) הנובע מקירור פני המים ושקיעתם. ערבוב זה נמשך בד"כ עד פברואר-מרץ. בחורפים קרים במיוחד הערבוב נמשך עד אפריל ומגיע לעומקים גדולים מאד (לדוגמא 860 מ' בחורף 1992). בתקופה זו המים העליונים עתירי נוטריונים וקצב גידול האצות גבוה מאד. זו העונה בה כושרן התחרותי של האצות מוגבר ותפקודם של הרועים קריטי. בחורפים קרים במיוחד האצות משתלטות על המצע, דבר העלול להביא לתמותה מסיבית של אלמוגים. כחמישית מאלמוגי האבן בשונית באילת מתו כתוצאה מכיסויים באצות באביב 1992 (Genin *et al.* 1995). שני החורפים האחרונים התאפיינו בערבוב עמוק יחסית. בחורף 2005 עומק הערבוב המקסימאלי הגיע ל 600 מ' ובשנת 2006 התרחש ערבוב עמוק של לפחות 850 מ'. השפעת אירועי הערבוב העמוק יחסית באה לידי ביטוי בשתי תקופות האביב בהן התבצע המחקר.



**איור 1: שינויים עונתיים בעמודת המים במפרץ אילת בשנים 2004-2006. משמאל שינויי טמפרטורה המציגים את המחזור העונתי של חימום והתקררות מי השטח, התהליך השולט ביצירת שיכוב/ערבול של עמודת המים. במרכז שינויים בריכוזי חנקן מחומצן במי השטח ובמי העומק. מימין שינויים עונתיים בריכוז החמצן המומס במים. נתוני תכנית הניטור הלאומית במפרץ אילת, דו"ח מדעי 2006.**

בשנים האחרונות מסתמנת עלייה הדרגתית בכמות הנוטריינטים במי העומק בצפון מפרץ אילת. מגמה זו משתרעת לאורך מרחק רב בצפון המפרץ, לפחות עד גבול ירדן-סעודיה (דו"ח הניטור הלאומי לשנת 2004). למרות זאת, נראה שלא התרחשה עלייה מסיבית בכיסוי האצות בעשור האחרון. אחד ההסברים האפשריים להעדרה של עלייה בשכיחות האצות היא תגובתם התפקודית היעילה של הרועים (בעיקר דגים וקיפודים). הסבר זה מאושש על ידי נתונים קודמים על קצב גידולן של האצות בשונית שמול המכון הבינאוניברסיטאי מאז שנת 1997 (גנין ואיילון, מאמר בהכנה), אשר מצביעים על ויסות יעיל של כיסוי האצות על ידי רועים על אף העלייה בריכוזי הנוטריינטים ובפוטנציאל הגידול של האצות.

השוואת עבודות שנערכו בשנים קודמות (דו"חות תכנית הניטור 2004-2005, Benayahu and Loya 1977, Mokady *et al.* 1996, Rogel 2001) עם תוצאות מחקר זה מעידה על תנודות גדולות בצפיפותם של קיפודים בשמורת חוף אלמוג, ועל מגמת ירידה בשנים האחרונות. הירידה בשכיחות קיפודים הים, מחד, ואי השינוי בקצב הגידול הממומש של אצות, מאידך, עומדים כביכול בסתירה. לכן, במחקר זה, נערכה בדיקה של צפיפות הדגים הצמחוניים אשר תפקודם כרועי אצות עשוי להיות חשוב מזה של קיפודים הים (Genin *et al.* 1995). ישנה חשיבות גם לאפיון מיני האצות הגדלים בשטח הניסוי, מכיוון שלדגים ולקיפודים אין בהכרח העדפות זהות למיני האצות, ויכול להיות שרק עבודה משותפת של הרועים השונים מביאה לשמירת האיזון.

במחקר זה נקטנו בגישה כוללת לבחינת השפעת הרעה על גידול אצות צמודות מצע בשוניות אילת. נבחנו ששה אתרים בשמורת חוף אלמוג (שילוב של מיקום ועומק) והשוונו לאתר המעבדה הימית, בו נערך מחקר רעיית אצות מאז 1997, על מנת ללמוד את השפעת האתר על גידול האצות והרעה. באתרים אלה נבדק פוטנציאל גידול האצות והשפעת רעה על גידול אצות. כמו כן נאספו דוגמאות אצות לצורך זיהוי טקסונומי ונערכו סקרים של צפיפות חסרי החוליות והדגים הרועים, בניסיון להעריך תרומה יחסית באתרים שונים. המחקר נמשך שנה מלאה.

## שיטות

על מנת לבחון באופן מקיף את סוגיית האצות הישיבות ורעיית האצות מחקר זה בוצע בשני אתרים גיאוגרפים ומורכב משני חלקים משלימים. החלוקה לשני אתרים נעשתה על מנת לבחון השפעה אפשרית של נוכחות אנושית על קצב גידול האצות ו/או כמות ויעילות הרעייה. שני אתרי המחקר מצויים בשטח שמורת חוף אלמוג:

1. בחלקה הצפוני, הפתוח למבקרים, (לגונה 1 מ', מדרון רדוד 5 מ', מדרון עמוק 20 מ')
  2. בחלקה הדרומי, הסגור למבקרים, (לגונה 1 מ', מדרון רדוד 5 מ', מדרון עמוק 20 מ')<sup>1</sup>.
- שני חלקי המחקר כוללים:
1. מעקב אחר קצב התיישבות וגידול אצות, והשפעת הרעייה על גידול האצות לאורך שנה
  2. סקרים של אוכלוסיות הרועים העיקריים בשונית (דגים וחסרי חוליות)
- פירוט שיטות המחקר בכל אחד מחלקים אלה מובא להלן.

### א. גידול אצות והשפעת הרעייה

מדידה כמותית של גדילת האצות והשפעת הרעייה על הגדילה, בוצעה על ידי הצבת מערכי לוחיות המהוות מצע להתיישבות אצות באזור השונית, הן על גבי מצע חולי והן על גבי סלע השונית כפי שהכתיבו התנאים בכל אתר ועומק. חצי מן הלוחיות היו מוגנות על-ידי כלוב רשת המונע רעיית דגים, קיפודי-ים וחלזונות גדולים. הלוחיות המוגנות מרעייה היוו מדד לפוטנציאל גדילת האצות בשונית ללא השפעתה הממתנת של הרעייה, ואילו הלוחיות החשופות היוו מדד לכמות האצות הגדלה בפועל בכל אתר.

הלוחיות הוצבו על גבי מערכים בשני צמדים של לוחית חשופה בסמוך ללוחית מוגנת. בכל אתר (מיקום ועומק) הוצבו שלושה מערכים. מיקום הלוחיות בכל אתר נקבע באופן אקראי למחצה. מדי חודש הוחלפו בכל אתר שלושה צמדים (שלוש לוחיות חשופות ושלוש מוגנות) אשר שהו במים חודשיים בלוחיות חדשות. תחילת הניסוי בהצבת מערכי הלוחיות בכל האתרים במרץ 2006 וסיומו עם הוצאת הלוחיות האחרונות במאי 2007.

הלוחיות עשויות מ-PVC בגודל של 10X10 ס"מ, לכל לוחית נעשה חספוס מכוון בצדה העליון. כלוב ההגנה מפני רעייה עשוי רשת פלדה מצופה פלסטיק בעלת גודל עין של 1X1 ס"מ. כל הלוחיות הוצמדו לרשת ברזל מצופה פלסטיק, אשר הוצבה על הקרקעית. (איור 2)



איור 2: תחנת דיגום בעומק 5 מ' בשמורה הסגורה למבקרים. מערך הלוחיות כולל, מימין זוג לוחיות (חשופה ומוגנת מפני רעייה) שהוכנסו חודש מוקדם יותר, ומשמאל לוחיות חדשות יותר. (בכל עומק 3 מערכים כאלה).

<sup>1</sup> ניסוי דומה בעומקים 50 מ' ו-65 מ' נערך על ידי ערן ברוקוביץ במסגרת עבודת דוקטורט במכון הבינאוניברסיטאי והאוניברסיטה העברית בירושלים, בהכנה.



לאחר הוצאת הלווחיות מן הים, גורד חלקן העליון מאצות שהתיישבו עליו ואלו הועברו לסינון על גבי פילטר GF/A. סינון זה מרכז את תאי האצות על גבי הפילטר, ללא עודפי המים. במקרה שהאצות כיסו את כל גובה הכלוב, נלקחה דגימה של האצות, נקראה בנפרד, והוספה לחישוב. הפילטר הוכנס לכוסית המכילה 30 מ"ל מדיה של 50% Acetone-50% Methanol (S. W. Jeffrey et al., 1997). הכוסית כוסתה בפראפין למניעת אידוי, ובנייר כסף למניעת כניסת אור, והוכנסה לאינקובציה של 24 שעות במקרר (4°C). עם תום האינקובציה נלקחו 1 מ"ל X 3 חזרות, מכל דוגמא ונקראו באמצעות ספקטרופוטומטר בשלושה אורכי גל: 30nm, 647nm, 664nm. ריכוז Chlorophyll-a חושב על ידי הנוסחה הבאה (T. R. Parsons et al., 1984):  $30 * (11.85 * result\ 664nm - 1.54 * result\ 647nm - 0.08 * result\ 630nm) / 100$

ב. בדיקת מתאם בין ריכוז כלורופיל לביומאסה.  
פעמיים בשנה, בדצמבר 2006 וביוני 2007 הוכנסו מערכי לווחיות לצורך בדיקת המתאם כלורופיל-ביומאסה. לאחר הוצאתן מן המים חולקו הלווחיות לשני חלקים שווים, כל חלק סונן בנפרד על גבי פילטר GF/A ונמדד משקלו הרטוב. חלק אחד שימש למדידת ריכוז כלורופיל, והשני לאומדן הביומאסה באמצעות משקל יבש ושריפה. הראשון טופל כנזכר למעלה למדידת ריכוז הכלורופיל. החלק השני יובש בתנור (60°) למשך 24 שעות ולאחר מכן נשקל שוב. האצות היבשות הוכנסו לתנור שריפה (450°) למשך 4 שעות ונשקל פעם שלישית. הפרש המשקל בין האצות היבשות ובין האצות לאחר שריפה נחשב מייצג לכמות החומר האורגני באצות (Ash Free Dry Weight).

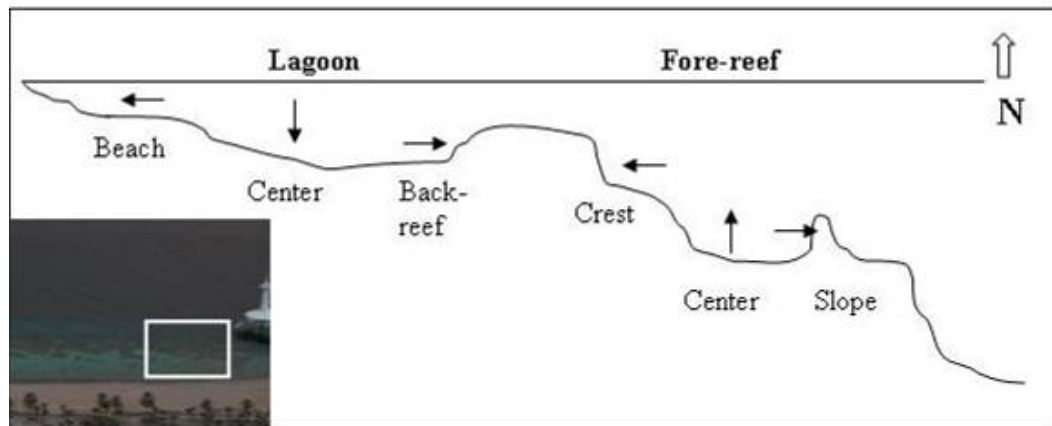
ג. אפיון אוכלוסיית האצות.  
אחת לכל רבעון של השנה הוכנסה סדרה של 6 לווחיות (חשופה ומוגנת בכל אתר). הגדרת סוגי האצות המופיעות על הפלטה בוצעה על-ידי ד"ר ישראל אלוארו בהסתמך על סמנים מורפולוגיים. מיד עם הוצאתן מהמים זוהו האצות הגדולות צמחו בכלובים בעוד לווחות האצות נשמרו במים. זיהוי האצות הצמודות ללווחות נעשה בעזרת מיקרוסקופ באותו יום, במידת האפשר. דוגמאות שלא זוהו באותו יום נשמרו בהקפאה עמוקה (-20°C) עד לזיהוי. חלק מן הדוגמאות צולמו במצלמה דיגיטאלית, וחלקן שומרו בפורמלין. דוגמאות אשר לא זוהו מיידית, נשלחו להגדרה על-ידי ד"ר רחלי עינב, Dr. Prof. Clinton Dawes –USA, Athanasios Athanasiadis –Greece. בהגדרת האצות נעשה שימוש בספרי טקסונומיה דוגמת (Huisman et al., 2007; Einav 2004; Littler et al., 1989; Nemlich 1964).

ד. שיפעתם של רועים חסרי חוליות  
בחודש ספטמבר 2006 נערכו בחלקה הסגור למבקרים של שמורת חוף אלמוג ספירות של חסרי חוליות רועים לאורך רצועות דיגום (belt transects) בלגונה ובקדמת השונית. הספירות נערכו כשעתיים לאחר השקיעה, קרי, לאחר יציאתם של חסרי החוליות לרעיית הלילה. בלגונה בוצעו הספירות בשנירקות בעומקים 1 מטרים ו-2 מ', ובקדמת השונית בצלילה בעומק 5 מ'. לצורך השוואה ניתן להתייחס גם לנתוני תכנית הניטור מאתר המעבדה הימית, אשר בוצעו בעומקים 5 מ' ו-10 מ'.  
סרט מדידה נפרש לאורך קו העומק הרצוי, ובאופן סדור, נדגמו 4-5 חתכי חגורה שאורכם 50 מ' ורוחבם 1 מ', עם מרווחים של 50 מ' בין רצועות הדיגום. באופן זה בוצע הסקר לכל אורכה של השמורה הסגורה (כ-400 מ'). הספירה בוצעה באמצעות מוט שצורתו האות T, ואורך זרוע הבסיס 1 מ'. המוט המרכזי הוחזק במקביל לסרט המדידה, כך שבסיסו בלט 50 ס"מ מכל צד של סרט המדידה. חסרי החוליות, שנצפו באמצעות פנס, ומרכזם תחת היטלו של בסיס המוט, זוהו לרמת הסוג, ובמידת האפשר לרמת המין, ונרשמו.

עקב אופייה של אוכלוסיית חסרי החוליות ועל מנת לבסס ערכים "נורמליים" של כמות הפרטים נעשה בעבודה זו שימוש השוואתי בנתוני עבר מן הספרות ובמדידות תכנית הניטור הלאומית במפרץ אילת, עבור אתר שמורת חוף אלמוג בחלקה הסגור ואתר המעבדה הימית.

ה. אפיון אוכלוסיית הדגים הרועים

לצורך הכרת אוכלוסיית הדגים הרועים התבצע מעקב מצולם, אשר אפשר ספירה של כל הרועים החולפים בשטח הצילום, שכיחים כנדירים. הספירה התבצעה בחודשים אוגוסט-ספטמבר בשמורה הסגורה. נבדקו שלושה אתרים בלגונה (Beach, Center, Back-reef) ושלושה אתרים בקדמת השונית בעומק 5 מ' (Reef-crest, Center, Slope) (איור 3). המדידה בוצעה באמצעות הצבת מצלמת וידאו ניידת מסוג HITACHI VKC 77, אשר שידרה באופן רציף למסך ומכשיר הקלטה (VCR Panasonic) שהוצב בחדר מבודד בפארק המצפה התת-ימי. השטח המצולם נמדד על-ידי פרישת סרט מדידה לאורך שולי התמונה כפי שנראו על גבי המסך. לשדה הצילום צורת טרפז, אשר בסיסו הקטן קרוב למצלמה, ובסיסו הגדול רחוק מן המצלמה. הצילום התבצע מזריחה עד שקיעה במשך 5-7 ימים בכל אתר. הקלטות נותחו באמצעות מכשיר וידאו (JVC, model: HR-J437MS) ע"י עצירה שיטתית בכל 5 דק', וספירת כל הדגים הרועים המזוהים בבירור בתמונה (אבחנה בין 4 סוגים/15 מינים). בנוסף, בוצע ניתוח פרקי זמן של שעה, תוך עצירת הקלטת כל 1 דק' וספירת כל הדגים שנמצאים במצב אכילה בלבד.



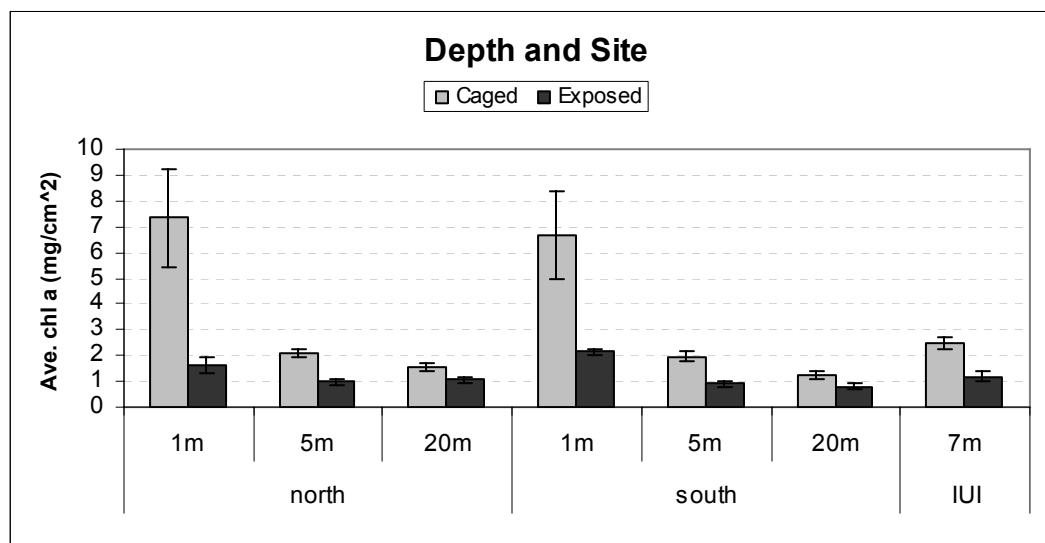
איור 3: שילוב בין חתך צד של תוואי השונית באתר השמורה הסגורה בחוף אלמוג לבין מבט מלמעלה על כוון הצילום (צפון כלפי מעלה). השמות מציינים את כל התחנות בהן הוצבה מצלמת הוידאו למעקב הדגים, והחיצים מצביעים על כיוון הצילום. הריבוע הלבן בצילום מציין את מיקום האתר בו בוצעו מעקבי הדגים.

## תוצאות

### א. גידול אצות ורעייה

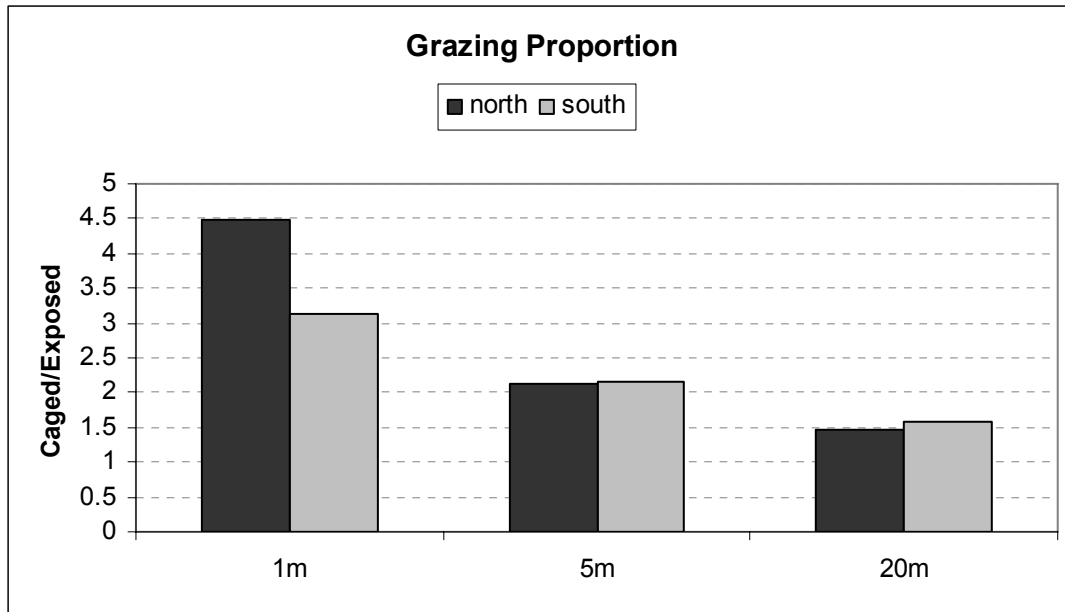
השפעת הרעייה ניכרת בהבדל המובהק (מבחן ANOVA,  $p < 0.001$ ) שנמצא בריכוז הכלורופיל בין לוחיות מוגנות (המייצגות את פוטנציאל הגידול של אצות באתר) ללוחיות חשופות (המייצגות את כמות האצות בפועל) (איור 4).

בין שני חלקיה של שמורת חוף אלמוג (הפתוח למבקרים, בצפון, לעומת הסגור לכניסת מבקרים בדרום), לא נמצא הבדל מובהק מבחינת גידול האצות ואופן הרעייה (ANOVA,  $p = 0.309$ ) עבור לוחות מוגנים;  $p = 0.079$  עבור לוחות חשופים לרעייה). פוטנציאל הגידול באתר המעבדה הימית בעומק 7 מ' היה דומה לזה שנמצא באתרי השמורה בעומק דומה (על-פי נתוני תוכנית הניטור 2006; איור 4). הבדל מובהק (ANOVA,  $p < 0.001$ ) בפוטנציאל גידול האצות נמצא בין לוחיות ההתיישבות המוגנות, אשר מוקמו בעומקים שונים (איור 5). בלגונה נמצא הפוטנציאל הגבוה ביותר (עם ערך ממוצע מרבי של 7.35 מ"ג לסמ"ר). ערך זה יורד בהדרגה עם העומק, עד לערך מזערי של 1.24 מ"ג לסמ"ר בעומק 20 מ'. לעומת זאת, הירידה בריכוז הכלורופיל עם העומק – בין 5 מ' ל-20 מ' – בלוחיות החשופות הייתה קטנה יחסית ולא מובהקת סטטיסטית (ANOVA,  $p = 0.638$ ) (איור 4).



איור 4: השפעת עומקי הדיגום השונים (1,5,20 מ') על הערך הממוצע של כלורופיל- $a$  מלוחיות חשופות (open, בצבע כהה) ומוגנות (caged, בצבע בהיר) לרעייה, באתרי השמורה הסגורה (south) והפתוחה (north) ובאתר המעבדה הימית בעומק 7 מ'. קווי השגיאה מציינים את שגיאת התקן.

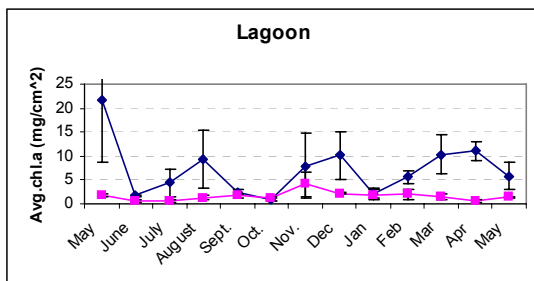
יעילות הרעייה הייתה גבוהה ביותר בלגונה, בינונית בעומק 5 מ', ונמוכה ביותר בעומק 20 מ': ריכוז הכלורופיל בלוחיות המוגנות לעומת הלוחיות החשופות גבוה בממוצע פי 3.8, 2.1 ו-1.5 בלגונה, 5 מ' ו-20 מ' בהתאמה. כתוצאה מכך הפרשים בריכוז הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות בעומקים השונים אינם גדולים ויוצרים סף מינימאלי של המצאות אצות בשטח. גם כאן ההבדל בין אתרי השמורה (צפון ודרום) אינו גדול (איור 5).



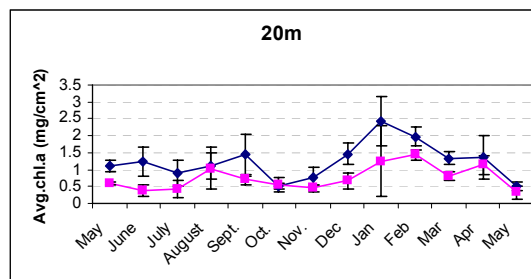
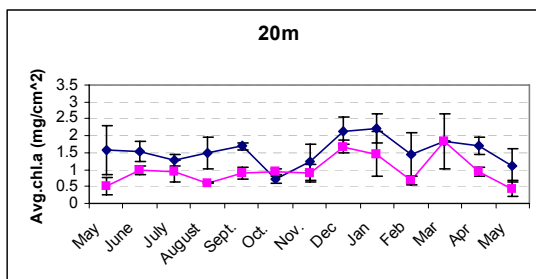
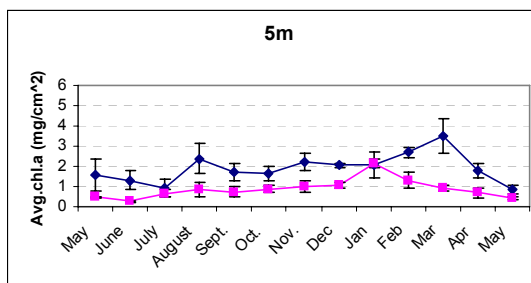
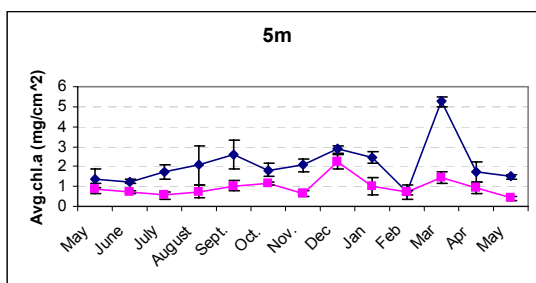
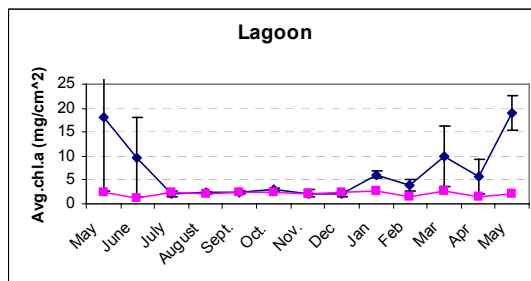
איור 5: יעילות הרעיה בעומקים השונים (1,5,20 מ'), בשני האתרים (שמורה פתוחה בצבע כהה, ושמורה סגורה בצבע בהיר). היעילות מחושבת על פי חלוקת הערך הממוצע של ריכוז כלורופיל- $a$  על-גבי הלוחיות המוגנות בכלוב (המהווה את פוטנציאל גידול האצות) בערך הכלורופיל של האצות החשופות.

השינויים העונתיים בפוטנציאל גידול האצות (אצות על גבי לוחיות מוגנות) היו גבוהים בהרבה מאלו שנמצאו על גבי הלוחיות החשופות לרעייה (איור 6). ערכי הכלורופיל של פוטנציאל הגידול נעו בין 0.5 מג/סמ"ר לבין 21.5 מג/סמ"ר, אולם הערך העליון שנמדד אינו בהכרח הערך המרבי משום שאצות מהירות גידול אשר בצבצו מעבר לרשת הכלוב נקצרו על-ידי רועים. ערכי הכלורופיל של האצות החשופות בעלי משרעת קטנה יותר - בין 0.25 מג/סמ"ר לבין 4.2 מג/סמ"ר. בהשוואה בין ערכי הכלורופיל בעומקים השונים נראה כי אין אחדות בזמן בו מגיע ריכוז האצות לערך מרבי. בלגונה, ריכוזי האצות הגבוהים ביותר נמדדו בחודשים אפריל-מאי, בעומק 5 מ' שיא ריכוז האצות נמדד מוקדם יותר (מרץ-אפריל) ובעומק 20 מ' בחודשים דצמבר-פברואר. ערכי שפל בריכוז האצות נמדדו בזמנים שונים ללא תבנית מסודרת, ועלולים לנבוע גם מכיסוי הלוחיות בחול (עקב סערות דרומיות, פעילות של בע"ח וכד').

### שמורה פתוחה

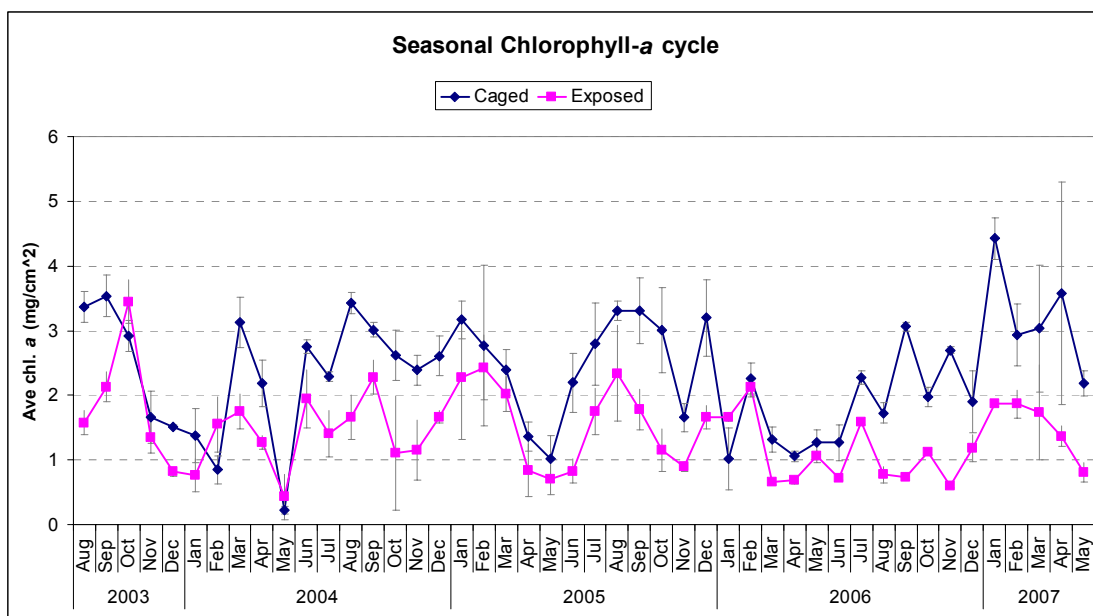


### שמורה סגורה



איור 6: מחזור חודשי של כלורופיל-*a* ממוצע. המעוינים הכהים מייצגים את פוטנציאל גידול האצות, הריבועים הבהירים מייצגים את ריכוז האצות לאחר רעייה. החודש המסומן הינו חודש הוצאת הלוחיות מן המים (לדוגמא, הנקודה הנמצאת בחודש יוני מייצגת את תקופה של חודשיים; מתחילת חודש מאי, ועד סוף חודש יוני). הגרפים מסודרים עבור כל עומק בנפרד (לגובה, 5 מ', 20 מ') ועל-פי התחנות השונות (שמורה סגורה – מימין, שמורה פתוחה – משמאל). יש לשים לב שסרגלי ציר ה-Y שונים בין העומקים.

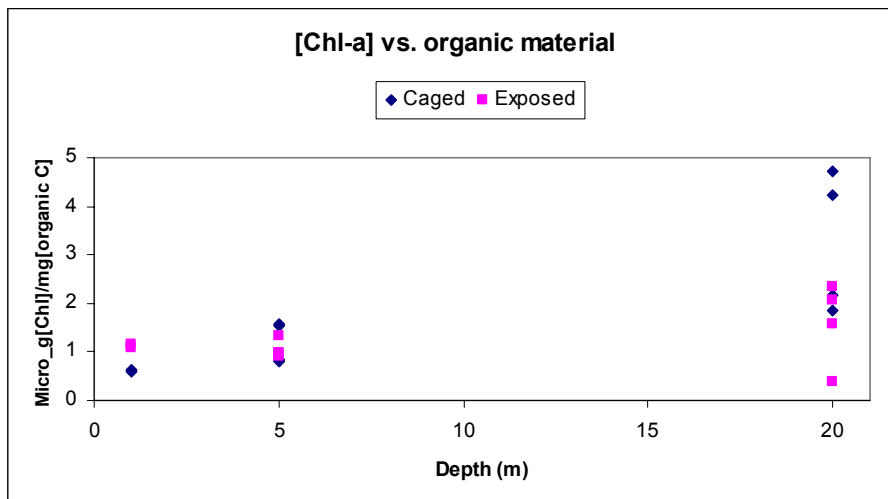
המחזור העונתי שתועד במסגרת תכנית הניטור הלאומי באתר המעבדה הימית (עומק כ-7 מטרים) נבדל מ השינויים העונתיים שנמדדו בשמורת חוף אלמוג בתזמון הערכים המרביים (חודש ינואר במעבדה לעומת מרץ בשמורה) ובכך שההפרשים בין הלוחיות החשופות והמוגנות נשמרו גבוהים לאורך כל השנה. יחד עם זאת, משרעת הערכים של ריכוזי הכלורופיל באתר המעבדה הימית דומה לזו שנרשמה בעומק 5 מ' בשמורה. גם במבט ארוך טווח יותר (2003-2007; נתוני תכנית הניטור הלאומית במפרץ אילת) לא ניתן לאפיין מחזוריות חודשית/עונתית קבועה (איור 7).



איור 7: מחזור אצות חודשי, אשר נמדד על-ידי תוכנית הניטור הלאומית באתר המעבדה הימית בין השנים 2003-2007. ריכוז האצות נמדד בערכים של כלורופיל-*a*. המעוינים הכהים מציינים לוחיות מוגנות, והריבועים הבהירים לוחיות חשופות לרעייה. קווי השגיאה מציינים את שגיאת התקן.

### ב. הקשר כלורופיל לביומאסה

הקשר בין ריכוז כלורופיל לביומאסה נמדד בשונית הפתוחה (עומק של 5 ו-20 מ') בשתי עונות (חורף וקיץ), ובלגונה רק בעונת הקיץ (עקב אבדן המערך שהוצב בלגונה בחורף בסערה דרומית). בכל פעם הוכנסו מערכים ייעודיים לצורך מדידה זו במקביל ללוחיות לזיהוי אצות, עם שתי חזרות ללוחיות החשופות ושתיים ללוחיות המוגנות בכלובים. היחס כלורופיל לביומאסה (מיקרו-גרם כלורופיל למ"ג חומר אורגני) היה בעל טווח מצומצם יחסית בלגונה ובעומק חמישה מטרים ובעל טווח רחב בעומק 20 מ' (איור 8). קרי, הכלורופיל יכול לשמש כמדד אמין לביומסה של אצות בנתוניות בלגונה וב-5 מ' עומק. ריכוזי הכלורופיל באצות בלגונה היו נמוכים מעט מאשר בחמישה מטרים (ערך מקסימלי 1.1 לעומת 1.5 מיקרו-גרם כלורופיל למיליגרם חומר אורגני, בהתאמה). לעומת זאת, הערכים בעומק עשרים מטרים היו בעלי שונות גבוהה והגיעו עד לערך מירבי של 4.7 מיקרו-גרם כלורופיל למיליגרם חומר אורגני. לא נמצא הבדל שיטתי בין יחס כלורופיל-חומר אורגני בלוחיות החשופות לעומת הלוחיות המוגנות, וגם לא בין העונות.



איור 8: ריכוז כלורופיל- $\alpha$  מנורמל לכמות החומר האורגני של האצות כפי שנמדד בשיטת הייבוש והשריפה. המעיינים הכהים מציינים לוחיות מוגנות, והריבועים הבהירים לוחיות חשופות לרעייה.

### ג. אפיון אוכלוסיית האצות

לוחיות התיישבות ייעודיות לצורך זיהוי אצות הוכנסו למים במתכונת דומה ללוחיות האחרות בחמישה תאריכים בתקופה שבין אפריל 2006 ויוני 2007. לא נמצאו הבדלים משמעותיים בין שני אתרי השמורה (הפתוח בצפון והסגור בדרום) או בין העומקים השונים. באותה עונה נמצא בלוחיות משני האתרים וכל העומקים מגוון מינים דומה. סיכום הממצאים ניתן בטבלה 1 והנתונים המלאים מצויים בנספח.

4-6/2007	1-3/2007	10-12/2006	7-9/2006	4-6/2006	תאריכי שהות במים (חודשים)
<b>14</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>מספר המינים</b>
7 (50%)	8 (44%)	9 (50%)	7 (58%)	7 (58%)	אצות אדומיות
(36%)5	(22%)4	(33%)6	(16%)2	3 (25%)	אצות חומיות
(7%)1	(27%)5	(11%)2	(32%)4	(8%)1	אצות ירוקות
(7%)1	(5%)1	(5%)1	0	(8%)1	אצות כחוליות/ירוקות

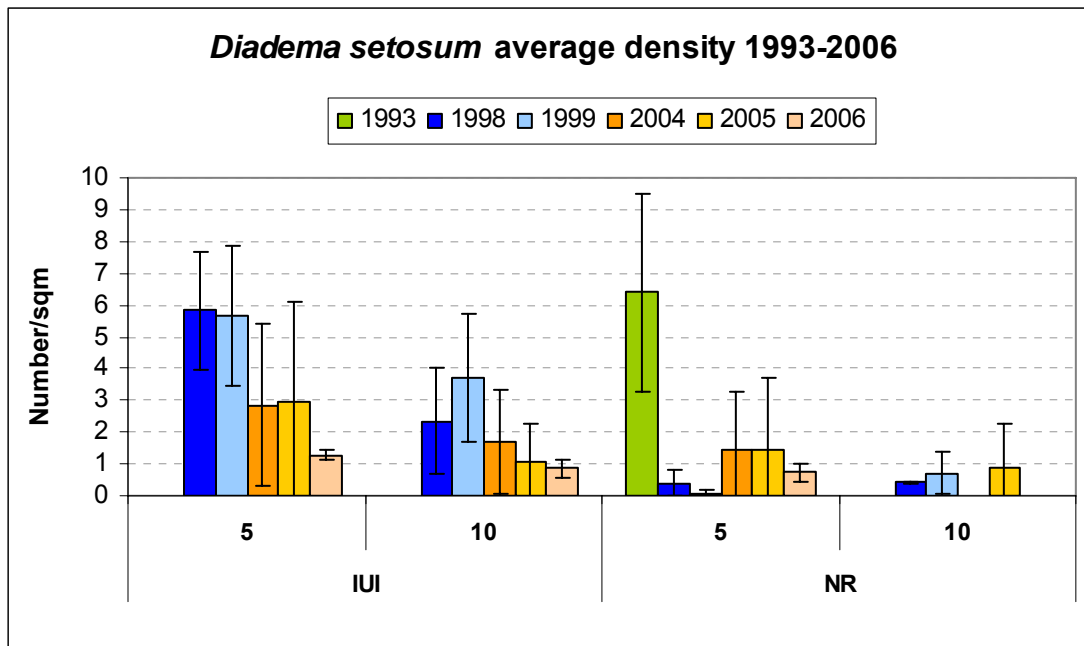
טבלה 1: סיכום ממצאי זיהוי אצות בשמורת חוף אלמוג, שינויים עונתיים במספר המינים לפי מחלקות.

מספר המינים בחודשי הסתיו והחורף היה גבוה מעט מזה שבחודשי האביב והקיץ, ממצא העשוי להעיד על שינויים עונתיים במגוון מיני האצות. מבין שלוש סדרות האצות (אדומיות, חומיות, וירוקות) היו האצות האדומיות נפוצות יותר בכל העונות ובסה"כ היו כ-50% ממספר המינים שנמצאו. מספר מיני האצות האדומיות לא השתנה הרבה לאורך השנה ורוב השינויים במגוון נובעים משינויים בשתי הקבוצות האחרות. ברוב המקרים ניתן היה לזהות אצות ברמת הסוג, אך לעיתים זוהה גם המין. רק נציג אחד של האצות הכחולות-ירוקות (Cyanophyta) זוהה בבירור ונוכח כמעט בכל העונות – האצה החוטית *Bangia*. האצות האדומיות יוצגו לרוב על ידי מינים חוטיים מקבוצת *Polysiphonia/Neosiphonia* וכן *Ceramium* ו-*Centroceras*. באופן כללי הגנת לוחיות על ידי כלובים למניעת רעייה לא הביאה למגוון אצות גדול יותר. להיפך, לעיתים נצפה מספר קטן יותר של מיני אצות על גבי הלוחיות המוגנות בהשוואה ללוחיות החשופות באותו אתר, במיוחד בלגונה.

**ד. שיפעת חסרי חוליות רועים**

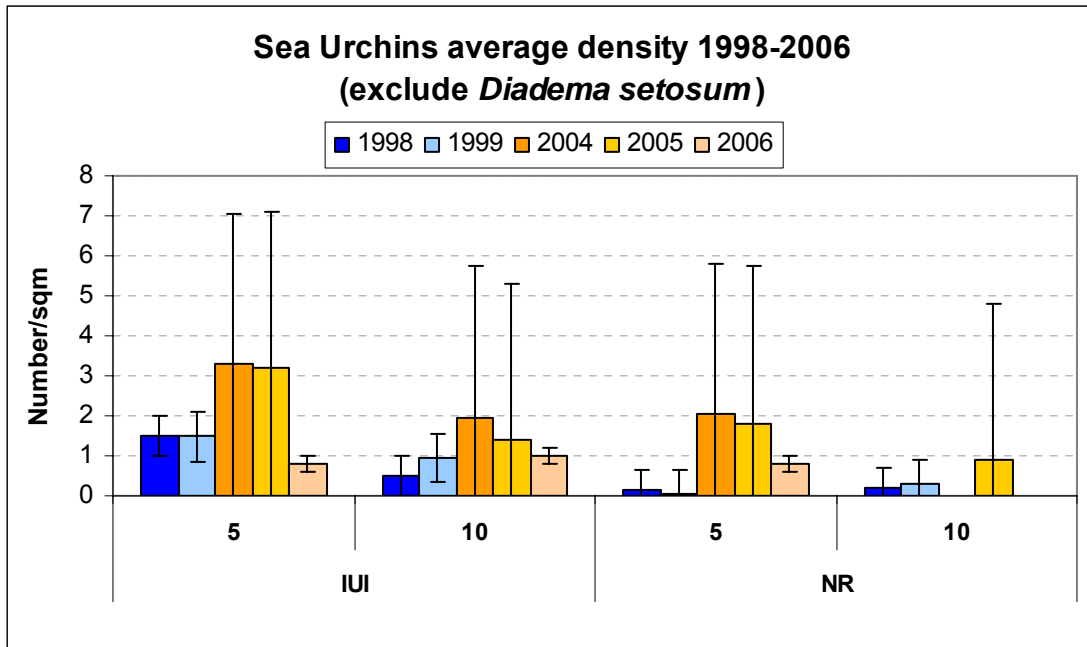
נספרו 4 קבוצות של חסרי חוליות רועים, מתוכם 2 קבוצות של "רועים ישירים", קיפודים וכוכבי-ים, אשר עשויים לגרד את האצות מן הלוחיות ו-2 קבוצות של "רועים עקיפים", אשר ניזונים על אצות הנמצאות על גבי החול (מלפפוני ים) ובפלנקטון (חבצלות-ים) (טבלה 2). בקבוצת הקיפודים בקדמת השונית (עומק 5 מ') נמדדה ירידה של כ-50% בהשוואה לנתוני תוכנית הניטור משנת 2005 (איור 9). המין השכיח ביותר בעומק זה היה *Diadema setosum* (0.74 למ"ר). בלגונה נמצא כי המין השכיח ביותר הוא *Echinometra mathaei* (0.56 למ"ר).

השוואה זהירה עם עבודות שנעשו בשנים עברו בשיטות דומות (שיטת ריבועים סדורים/אקראיים בגודל 1 מ"ר, וחתכי חגורה ברוחב 1 מ') על-ידי בניהו ולויה בשנים 1974-1975, עכל ידי ע. מוקדי בשנת 1993, על ידי י. רוגל בשנים 1998-1999 ובתוכנית הניטור בשנים 2004-2005, נראה כי חלה ירידה הדרגתית במספר *Diadema setosum* באתר המעבדה הימית. בשמורת חוף אלמוג לעומת זאת אירעו תנודות גדולות בגודל האוכלוסיה שגרמו למספר קיפודים נמוך ביותר בשנים 1998-1999, והתאוששות בשנת 2004. באופן כללי נספרו בשמורת חוף אלמוג פחות קיפודים ממין זה מאשר במעבדה הימית. מפת מספרם הנמוך יחסית של שאר הקיפודים בעומקים 5 ו-10 מ', קובצו המינים השונים לקבוצה אחת. גם כאן ניתן לראות כי מספר הקיפודים הכללי בשמורה, קטן ממספר הקיפודים במעבדה. (איור 10)



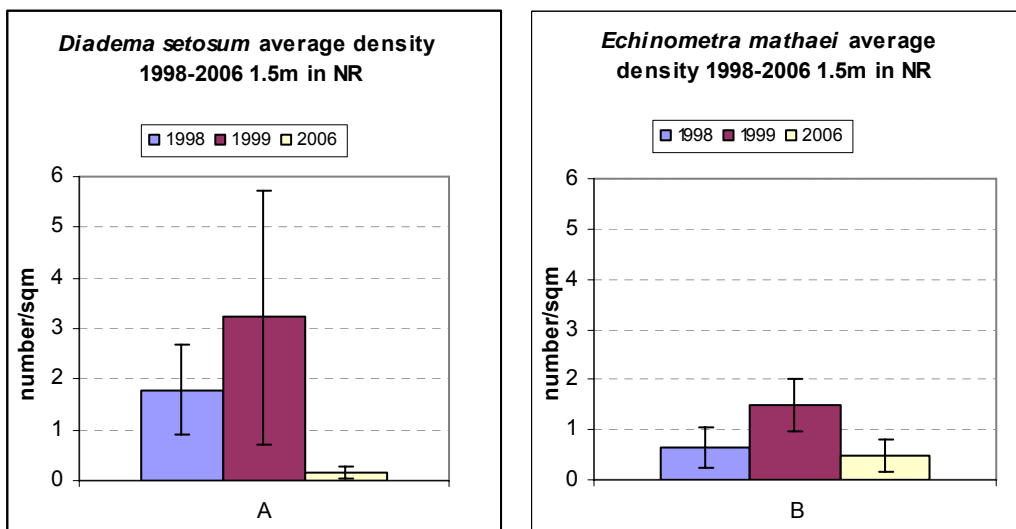
איור 9 : מספר ממוצע של קיפודים מהמין *Diadema setosum* באתרי שמורת חוף אלמוג והמעבדה הימית, כפי שנספרו בעומקים 5 ו-10 מ'. הספירות בוצעו בין השנים 1993-2006 ע"י דוגמים שונים ושיטות שונות.





איור 10 : מספר ממוצע של קיפודים מכל המינים שנבדקו, למעט המין *Diadema setosum* באתרי שמורת חוף אלמוג והמעבדה הימית, כפי שנספרו בעומקים 5 ו-10 מ'. הספירות בוצעו בין השנים 1998-2006 ע"י דוגמים שונים ובשיטות שונות.

בספירת הקיפודים בלגונה הסגורה של שמורת חוף אלמוג נמצא שהמין השכיח ביותר בלגונה הוא *E. mathaei*, עם ממוצע של 0.5 פרטים למ"ר, ואחריו *D. setosum* עם ממוצע של 0.15 פרטים למ"ר. בהשוואה לעבודתה של רוגל מהשנים 1998-1999 נראה כי במין *D. setosum* חלה ירידה ניכרת במספר הפרטים בשנת 2006, אך במין *E. mathaei* אין ירידה מובהקת בין השנים 1998-2006. גם כאן נראה כי אוכלוסיית הקיפודים מתאפיינת בתנודות מספריות גדולות בזמן (איור 11).



איור 11 : מספר ממוצע של קיפודים למ"ר ממין *Diadema setosum* (A) וממין *Echinometra mathaei* (B) בלגונת השמורה הסגורה בחוף אלמוג כפי שנספרו ע"י רוגל בשנים 1998-1999 וע"י צוות הניטור בשנת 2006.

בקבוצות האחרות של חוליות בשמורה (כוכבי ים ומלפפוני ים) נספרו מעט פרטים מכל מין, אך לא ניכר שינוי קיצוני או מגמתי בהשוואה לנתוני הניטור מן השנים 2004-2006. הקבוצה היחידה אשר

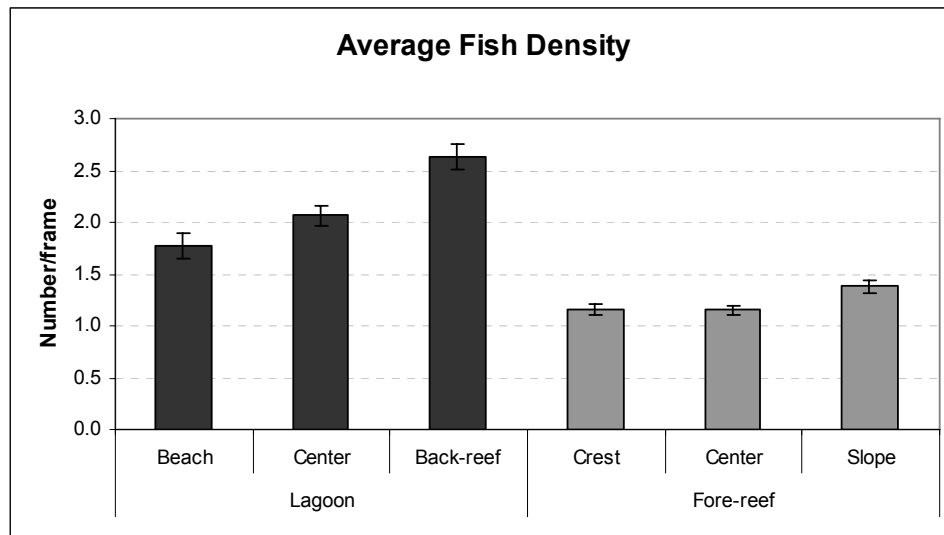
הראתה עלייה הדרגתית עם השנים היא קבוצת חבצלות-הים (טבלה 2).

2004	2005	2006	
2.04	1.82	0.80	קיפודים-ים
0.02	0.00	0.01	כוכבי-ים
0.04	0.06	0.07	חבצלות-ים
0.05	0.11	0.06	מלפפוני-ים

טבלה 2: מס' כולל של פרטים למ"ר (סכום של כל המינים אשר נספרו בקבוצה) בקבוצות חסרי החוליות הרועים, כפי שנספרו באתר השמורה הסגורה בחוף אלמוג, בעומק 5 מ', על-ידי צוות הניטור בשנים 2004-2006.

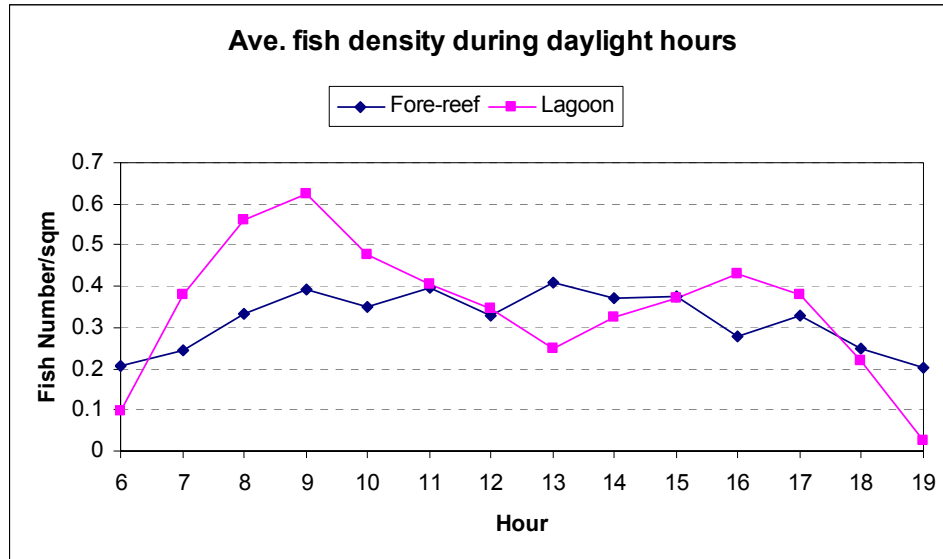
#### ה. ספירת דגים רועים

בכל אתרי הלגונה נצפה ריכוז גבוה יותר של פרטים (מקסימום 2.6 דגים בתמונה), מאשר בעומק של 5 מ' (מקסימום 1.4 דגים בתמונה) (איור 12). נתון זה מתייחס למספר ממוצע של פרטים אשר נצפו בעת עציירת התמונה (per frame) ומכיל הן תמונות בהן נראו להקות דגים והן תמונות בהן נצפו דגים בודדים. התוצאות מצביעות על התגודדות הדגים בעת שיחור המזון בלגונה. גם מספר הפרטים הכולל בשלושת תחנות הלגונה הראה ערך גבוה יותר (בסה"כ 4219 פרטים ב-2049 חזרות) מאשר בתחנות העמוקות (בסה"כ 2751 פרטים ב-2246 חזרות).



איור 12: מס' ממוצע לתמונה של דגים רועים מכל המינים, אשר נספרו עם הצבת המצלמה בשלוש עמדות שונות בלגונה (Beach = בקרבת החוף, Center = באמצע הלגונה, Back-reef = בקרבת שולחן השוניית), ובשלוש חזרות שונות בעומק 5 מ' (Crest = קיר השוניית, Center = מרכז המדרון, Slope = המדרון לכוון הים הפתוח).

נראה כי ישנו דפוס יומי מסוים של עלייה בצפיפות הפרטים בין השעות 8-9 בבוקר, הבא לידי ביטוי בעיקר בלגונה. בשעות הצהריים יש ירידה במספר הפרטים בלגונה, ומנגד עלייה במספר הפרטים בקדמת השוניית. בשעות אחר הצהריים שוב נצפתה צפיפות גבוהה יותר של דגים בלגונה. כל הדגים שנבחנו הם פעילי יום, ובעונת הדיגום נמדדו כ-13 שעות פעילות (זריחה בשעה 6:00 ושקיעה בשעה 19:00) (איור 13).



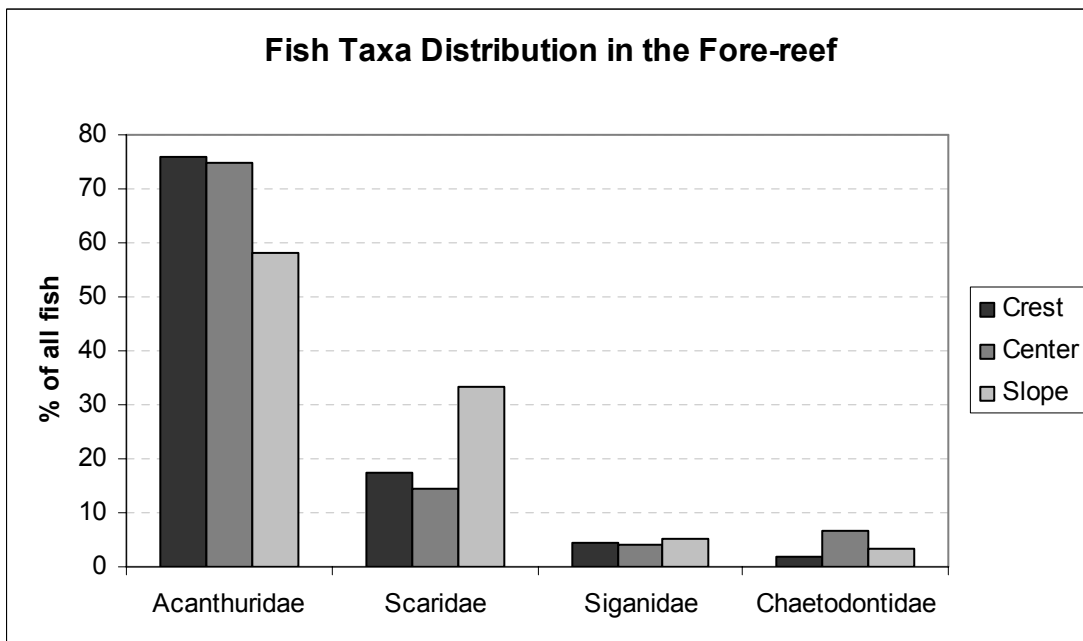
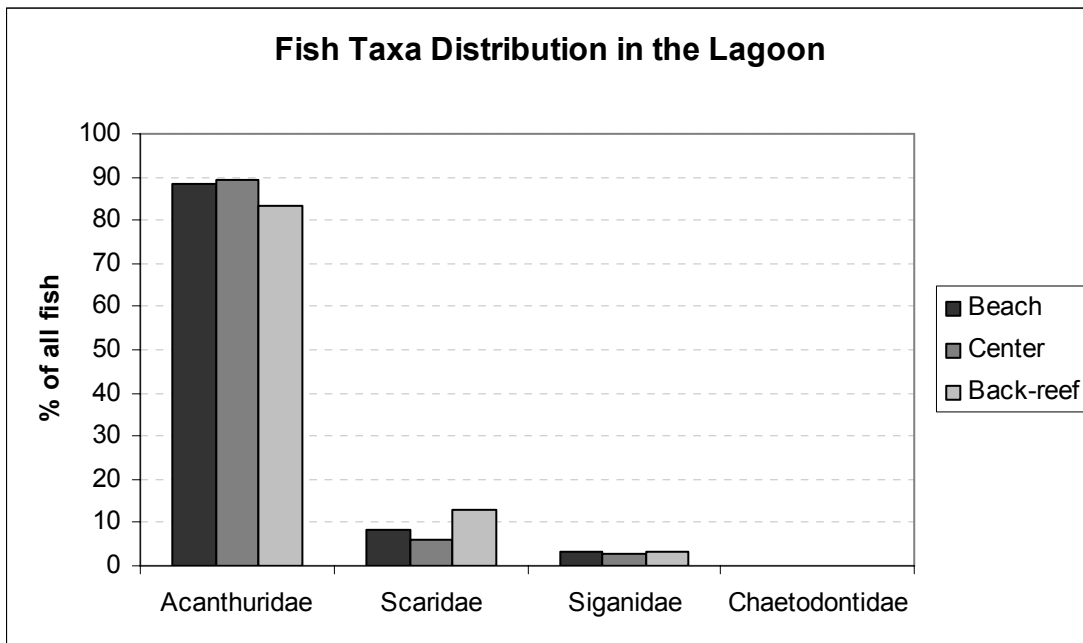
איור 13: צפיפות הדגים באתרי הדיגום השונים, בשעות היום בלבד, כפי שנספרו בממוצע לתמונה ונורמלו לממוצע השטח של הלגונה/קדמת השונית. מעוינים כהים מציינים אתרים בלגונה, ריבועים בהירים מציינים אתרים בעומק 5 מ'.

מסד נתוני הוידאו שעובדו כלל 10 מיני דגים (טבלה 3). מספר מינים נוספים (*Acanthurus sohal*, אחת מעצירות הקלטת (N=4295). המין *Acanthurus gahhm* לא נצפה כלל. הדות הצילום הקשתה על אבחנה מוחלטת בין מינים מסויימים, לכן התוצאות מקובצות לארבע המשפחות העיקריות (בתרניים, תוכינוניים, סיכניים, פרפרוניים). האבחנה בין שני המינים *Acanthurus nigrofuscus*, *Ctenocheatus striatus* הייתה קשה ביותר ועל כן קובצו יחדיו. מינים אלה הם הדגים הרועים השכיחים ביותר הן בלגונה, והן בקדמת השונית.

משפחת התוכינוניים נצפתה מעט יותר בקדמת השונית, וכך גם המין *Chaetodon paucifasciatus* שהיה הנציג היחיד ממשפחת הפרפרוניים, אשר ידוע כאוכל אצות וכמין טריטוריאלי. שכיחות הסיכניים דומה בשני העומקים. (איור 14).

- 1 *Acanthurus sohal*
- 2 *Acanthurus undulatus*
- 3 *Scarus sp.*
- 4 *Scarus gibbus*
- 5 *Scarus bicolor*
- 6 *Scarus ferrugineus*
- 7 *Scarus niger*
- 8 *Siganus sp.*
- 9 *Siganus stellatus*
- 10 *Chaetodon paucifasciatus*

טבלה 3: רשימת הדגים הכלולים במסד נתוני מעקב הוידאו בחלקה הדרומי (הסגור למבקרים) של שמורת חוף אלמוג בקיץ 2006.



איור 14: אחוז הפרטים שנספרו בכל משפחה, מסך כל הדגים באתר. בגרף העליון המצלמה הוצבה בלגונה, ובגרף התחתון בקדמת השוניית. כל עמודה מייצגת מיקום שונה של המצלמה.

**אצות**

מדידות גידול האצות נעשו על סמך ההנחות הבאות:

לוחיות PVC מחוספסות מהוות מודל טוב למצע הטבעי מבחינת יכולת ההתיישבות של אצות על גביהן. הבחירה בלוחיות PVC נעשתה בעיקר משיקולי יעילות הניסוי, היכולת לייצר שטח פנים דומה ולהוריד אצות מן המשטח ביעילות. בבחינת לוחיות שהושארו במים תקופות שונות נראה כי אצות מתיישבות על גבי הלוחיות ביעילות ובקלות, והרועים מהקבוצות השונות מתייחסים ללוחיות באופן דומה לשונית הטבעית. אין בידינו לוודא שאין סלקציה של מיני אצות או הבדלים בכמות ההתיישבות בין הלוחיות והשונית הטבעית. אולם גם אם קיימים הבדלים כאלה שיטת ההשוואה בין לוחיות דומות לאורך הזמן ובין עומקים הינה שיטה אמינה לצורך בחינת פוטנציאל גידול האצות ושיעור רעייתן.

זמן שהייה של הלוחיות בים (חודשיים) מספיק על מנת לתת תמונת מצב של קצב התיישבות וגידול האצות בשיווי משקל דינאמי. שיווי המשקל הוא בין קצב התיישבות האצות וגדילתן לבין קצב רעייתן. על מנת לבחון את מצב האצות לאחר פרק זמן ארוך, אשר יתכן ומושפע גם מסוקסציה של מינים, יתכן שכדאי היה להותיר לוחיות בים למשך זמן ארוך יותר. אולם משך שהות ארוך יותר היה מסבך את המעקב עקב שינויים עונתיים שעשויים לשנות הן את קצב הגידול והן את אוכלוסיית האצות הקבועה, ובכך לאיבוד המידע לגבי פוטנציאל הגידול בכל עונה. העובדה כי הלוחיות החשופות הראו תמיד ריכוזים נמוכים יותר מלוחיות מוגנות, ובמשרעת קטנה יחסית, מלמדת שפוטנציאל הגידול אינו ממומש ועל כן טווח הזמן הארוך אינו רלוונטי לעניין השפעת הרעייה על גידול האצות. בניסויים שנערכו בעבר עבור תקופות שהייה שונות של לוחיות במים נמצא כי פרק זמן של חודשיים הוא אופטימאלי לצורך בחינת השאלות הנידונות.

כמות האצות הנמדדת על לוחית חשופה חודשיים לאחר הצבתה מייצגת קצב התיישבות האצות, גידולן ורעייתן. כמות האצות על לוחית מוגנת מייצגת התיישבות וגידול בלבד. ההפרש בכמות האצות בין לוחיות מוגנות לחשופות באתר מסוים מייצג את כמות האצות אשר נאכלה על ידי הרועים באותו אתר באותה תקופה (בתנאי שפוטנציאל הגידול על גבי הלוחיות המוגנות לא הגיע עדיין לרוויה). הנחה זו מבוססת על הכרת המערכת האקולוגית והגורמים העשויים להשפיע על גידול אצות באזור השונית. מקרים בהם אמינות הניסוי מתערערת כוללים פגיעה באחת הלוחיות בצמד (כגון כיסויה בחול) וגידול אצות מחוץ לכלוב המגן (קרה לעיתים בלגונה) כמו כן, פוטנציאל הגידול בלגונה אינו מירבי, וכדי להגיע למקסימום גידול יש צורך להגביה את הכלוב. על מנת לשפר את דיוק המדידה נערכו בכל אתר שלוש חזרות. השונות שבין מדידות מאותו חודש מאותו אתר נובעת במקרים רבים מסיבות אלו.

מדידות ריכוז כלורופיל-a באצות שגורדו מעל גבי לוחיות מייצגות את כמות האצות על הלוחיות. יותר נכון, הבדלים בריכוזי כלורופיל מייצגים הבדלים בכמות האצות. הנחה זו קשה מכיוון שהקשר בין ריכוזי הכלורופיל וכמות האצות אינו בהכרח ישיר. הבדלים ושינויים באוכלוסיית אצות כמו גם הבדלים פיסולוגיים בין אצות מאותו מין הגדלות בעומקים שונים עשויים לערער את תקיפותה של ההנחה. בהתחשב בגורמים אלה נראה כי ההבדלים בריכוז הכלורופיל בין לוחיות מאותו צמד (אותו אתר ואותה עונה) אכן עשויים לשקף הבדלים בכמות האצות. עבור השוואה בין עומקים שונים (ובעיקר עומקים קיצוניים: הלגונה מצד אחד ו-50,65 מ' מצד שני) ובמיוחד בין עונות שונות הקשר כלורופיל-a – כמות אצות פחות ברור. לצורך בחינת הקשר בין ריכוז כלורופיל-a ובין כמות האצות נעשה כאן ניסיון ראשוני לכייל את ריכוז הכלורופיל לביומאסה, ונבחנו השינויים באוכלוסיית האצות בעונות השונות. דיון בתוצאות אלה מובא למטה. יש לציין שהנחות היסוד הנ"ל ייתכן ואינן תקפות ללוחיות המוצבות בעומקים גדולים (50 מ' >) בגלל מגבלת אור חריפה ודינאמיקת רעייה שונה (ערך ברוקוביץ – עבודת דוקטוראט).

לא נמצא הבדל מובהק בפוטנציאל גידול האצות ולא במצב הבסיסי שלאחר רעייה בין השמורה הפתוחה למבקרים לשמורה הסגורה. מכך ניתן להסיק ששני אזורי השמורה נתונים תחת אותם תנאים אקולוגיים, וכי השפעת מבקרים על גידול האצות ועל רעיית אצות (וכך על הרועים העיקריים, דגים וקיפודים) אינה ניכרת. עם זאת ראוי לציין כי בקדמת השונית (עומקים 5 ו-20 מטרים) בלוחיות משני הסוגים נמצא לעיתים קרובות ריכוז כלורופיל מעט גבוה יותר באתר הצפוני ואילו בלגונה נמצא בדרך כלל מצב הפוך עם ריכוזים גבוהים יותר בשמורה הדרומית הסגורה למבקרים. עם זאת ניתוח הנתונים על פני כל השנה הצביע על כך שהבדלים אלה לא היו מובהקים סטטיסטית. פוטנציאל הגידול באתר המעבדה הימית היה גבוה במידה מעטה מזה שבשמורה ויעילות הרעייה שם

הייתה נמוכה במקצת. ההבדלים בין אתר המעבדה הימית ובין אתרי השמורה משקפים, כנראה, את השונות הטבעית שבין הגומחות האקולוגיות השונות הללו, כולל ההבדל בין מפנה האתר יחסית לכיוון הרוחות והזרמים (למעבדה מפנה דרומי ואילו בשמורה המפנה הוא צפוני-מזרחי), ההבדלים באופי המצע (מסלע בעיקר גירי בשמורה ומורכב במעבדה) ואופי השונית (בלטים גדולים לעומת מושבות פזורות). לסיכום, נראה כי בשמורת חוף אלמוג ניתן לעקוב אחר דינאמיקת הגידול והרעייה של אצות ישיבות באזור אחד בלבד המייצג את בית הגידול בשמורה המגודרת. מאידך, אין השמורה מייצגת את דינאמיקת האצות בשוניות אחרות בחופי אילת.

בטווח העומקים הנבחן בעבודה זו (לגונה 1-2 מ', קדמת השונית 5 מ' ו-20 מ') נמצאו ריכוזי אצות מרביים בלגונה, ושם פוטנציאל גידול האצות הוא הגדול ביותר – גדול במידה ניכרת מאשר באתרים העמוקים יותר. מכיוון שלפעמים נמצא באתרי הלגונה שאצות ממלאות לחלוטין את הכלוב (קרי, קצותן מבצבץ מחוץ לכלוב), ערך הרעייה שנמדד במקרים אלה היה שמרני מכיוון שחלקי האצות שצמחו מחוץ היו חשופים לרעייה אשר לא נכללה בחישובינו. ככל שמעמיקים, בקדמת השונית לעומק 5 מ' ול-20 מ', פוטנציאל גידול האצות קטן. כמות האור עשויה להיות גורם מכריע המגביל את קצב גדילת האצות.

צמיחת אצות ישיבות בשונית מווסתת על ידי תהליך הרעייה. ההבדלים בריכוז הכלורופיל על גבי לוחיות חשופות מהעומקים השונים קטן, עובדה המצביעה על כך שאוכלוסיית הרועים מווסתת בהצלחה את גידול האצות בכל העומקים, למרות ההבדלים בקצב הגדילה בעומקים השונים. כך נמצא כי כמות האצות הנאכלת בלגונה גדולה משמעותית מזו הנאכלת בעומקים הגדולים יותר. יתכן כי שם מושקע עיקר מאמץ הרעייה בשונית.

בין העומקים 5 ו-20 מ' לא נמצא הבדל מובהק ובכל זאת, בכל העומקים נמצא סף בסיסי דומה של כיסוי אצות על גבי לוחיות פתוחות. עובדה זו מוסברת ככל הנראה על ידי אי יכולתם של הדגים לאכול את האצות בשלמותן, כך שנותרת שארית קצרה צמודה ללוחיות. בלגונה ריכוז הכלורופיל על גבי הלוחיות החשופות גבוה יותר, אולי משום שצפיפות האצות שם גדולה יותר. הסבר אפשרי נוסף הוא שצפיפות הקיפודים, 'המגלחים' את האצות מעל המצע, הייתה נמוכה ביותר בלגונה, כנראה מפאת מחסור במקומות מסתור. ראוי לציין שלא נמצא הבדל מובהק בריכוז הכלורופיל בין שני העומקים בקדמת השונית (עומקים 5 ו-20 מ').

ההבדלים העונתיים בכמות האצות היו ניכרים, עם תנודות גדולות ביותר בלגונה. כמות קטנה ביותר של אצות נמצאה ברוב העומקים בחודש אוקטובר, ושיא בחודשי האביב. קשה לקבוע מחזוריות ברורה על סמך שנת דיגום אחת, בייחוד בהתחשב בכך שהתנאים הסביבתיים משתנים בין שנה לשנה. שארית האצות על גבי הלוחיות החשופות מצביעה על כך שגם כמות האצות הנאכלות אינה קבועה, ומתאימה להיצע האצות הקיים בעונות השונות.

הערבוב העמוק והארוך שהתרחש בחורף 2007 גרר אחריו כיסוי כתמי של מרבדי אצות בעומקים 10-30 מ' במדרונות שמורת חוף אלמוג, והמעבדה הימית, אך על גבי הפלטות בא לידי ביטוי בעיקר בפריחה בלגונה ובעומק 5 מ', ולא דווקא בעומק 20 מ'. יתכן שפריחת מרבדי אצות בעיקר בעומק נובעת מרעייה מוגבלת בעומקים אלה. פריחת מרבדי אצות על גבי מדרונות המפרץ הסתיימה לאחר מספר חודשים.

### **השימוש בכלורופיל לאמזן ביומאסת האצות**

מדידות הביומאסה בשיטת השריפה סבלו ממספר בעיות, העיקרית בניהן היא הקושי להפריד בין אצות לבין בע"ח זעירים וחלקיקים אורגניים ממקור אחר הצמודים לאצות או ללוחיות. כתוצאה מכך, התקבלה שונות גדולה בין המדידות אשר מקשה על קביעת קשר פשוט בין ריכוז הכלורופיל לכמות האצות, למעט בעומקים הרדודים, שם המתאם הטוב בין שני המשתנים הצביע על אמינותו של מדד הכלורופיל כאינדיקטור של כמות האצות. בעומק עשרים מטרים, לעומת זאת, המתאם אינו משביע רצון. עובדה זו עשויה להיות מוסברת על ידי שונות אמיתית גדולה בתכולת הכלורופיל של האצות בעומק זה או על ידי קשיים אנליטיים הנובעים מכיסוי חלקי של לוחיות בעומק זה בחול ומכמות אצות קטנה.

לא נמצא הבדל שיטתי בין יחס כלורופיל-אצות בין החורף ובין הקיץ או בין לוחיות מוגנות ולוחיות חשופות, עובדה השוללת שינוי עונתי בריכוז הכלורופיל באצות או הבדלים הנובעים מסוג הלוחית ומאששת את שיטת ההשוואה בין הלוחיות מסוגים שונים ומעונות שונות לצורך הבנת תהליכי רעייה בשונית.

לא נמצאו הבדלים משמעותיים בהרכב מיני האצות הישיבות בין הלוחיות מאתרים שונים ועומקים

שונים באותה עונה. לאורך השנה, לעומת זאת, נצפו תנודות במגוון מיני האצות עם עליה במגוון בחודשי הסתיו והחורף וירידה בחודשי האביב והקיץ. בדרך כלל זוהו האצות על גבי הלוחיות עד לרמת הסוג ולעיתים אף לרמת המין. הקושי בזיהוי האצות נובע מהעדר תשתית של מחקר טקסונומי של אצות באזור, וניתן להניח שעם המשך דגימה תשתפר גם רמת ההכרה של האצות.

מגוון המינים היה לעיתים קרובות נמוך יותר על הלוחיות מוגנות. דבר זה עשוי לנבוע מהצללה על ידי הרשתות והאצות עצמן, אשר לעיתים מילאו את הכלוב כולו, דבר העשוי להשפיע על היכולת הפוטוסינתטית של מיני אצות מסוימים. לחילופין עשוי מספר מצומצם של מיני אצות להעיד על השתלטות של מינים מסוימים בהעדר רעייה.

בסך הכל נראה כי אצות אדומיות דומיננטיות בשמורת חוף אלמוג וייצוגן יציב לאורך השנה בעוד מספר המינים של אצות חומיות וירוקיות משתנה מעונה לעונה. השינויים בזמן בוודאי משקפים את המחזור העונתי בהרכב וטמפרטורת המים (מים קרים יחסית ועשירים בחומרי מזון בחורף ובאביב וחמים ועניים בעונות הקיץ והסתיו). יחד עם זאת, התוצאות הנוכחיות מייצגות מחזור אחד בלבד ועל כן קשה לקבוע בוודאות מחזוריות וסיבותיה. יחד עם זאת השינויים העונתיים הנצפים במגוון האצות עשויים להצביע על דינאמיקה עונתית ואולי אף רב שנתית, במידה וטמפרטורת המים וכמות חומרי המזון הם גורמים מעצבים. שינויים רב שנתיים בטמפרטורה ועושר המים מתועדים במדידות תכנית הניטור וחשוב יהיה לעקוב במקביל אחר שינויים באוכלוסיית האצות הישיבות בשונית. הבנת הקשר בין שינויים סביבתיים ושינויים באוכלוסיית האצות חשובה לצורך חיזוי מצבים של התפתחות פריחות אצות והשפעות אפשריות על אקולוגיית השונית.

### רועים

בהסתמך על נתונים קודמים מסתבר כי בשמורת חוף אלמוג חלו תנודות גדולות במספר חסרי החוליות הרועים לאורך השנים. מספר קיפודים נמוך ביותר נמדד בשנים 1998-1999, והתאוששות ניכרה בשנת 2004. לאחר מכן נמצאה ירידה הדרגתית עד שנת 2006. תופעה זו של תנודות גדולות בגודל אוכלוסיות קיפודי הים מתועדת בספרות המקצועית. תנודות שתועדו הן שנתיות, עונתיות וגם בהתאם לאזורי מחייה שונים (McGehee, 1992, Benayahu & Loya, 1977, McClanahan, 1990). השיטות השונות, וחודשי השנה השונים בהם נספרו הקיפודים בשנים השונות עשויים להשפיע על השונית בין הספירות, ועל כן יש להתייחס בזהירות להשוואה ביניהן. למרות זאת, ניתן לדבר על מגמה של ירידה במספר הקיפודים, לפחות מאז שנת 2004 (נתוני תכנית הניטור). ניתן להבחין גם בנישות שונות בשמורה הנשלטות על ידי מינים שונים, כך המין הדומיננטי באתרי הלגונה הוא *Echinometra mathaei* ואילו בקידמת השונית *Diadema setosum*. בלגונה נמצאה צפיפות נמוכה יותר של קיפודים, אולי כתוצאה ממחסור במקומות מסתור, וכך גם גדולה שם שארית האצות על גבי הלוחיות החשופות בהשוואה לאתרי קידמת השונית. אם אכן מבוסס הקשר בין שארית האצות על גבי הלוחות ובין יעילות הרעייה על ידי קיפודים, הרי שמגיעת התפתחות "מדשאות" (turf) על גבי מצע קשה הוא תפקידם של חסרי החוליות הרועים ובכך חשיבותם הרבה לבריאות השונית.

מיני הדגים העיקריים שנספרו שייכים למשפחת הבתרניים (Acanthuridae) (עם רוב גורף למינים *Acanthurus nigrofuscus*, ו-*Ctenochatetus striatus* אשר התקשינו להבדיל ביניהם) והתוכינוניים (Scaridae). התוכינוניים נכחו יותר בקדמת השונית מאשר בלגונה, ונצפו בחלק מן המקרים בקבוצות קטנות (3-5 פרטים). תוכינונים צעירים נצפו בקבוצות גדולות יותר (15-5 פרטים). הנתחנים בקדמת השונית לא הראו התקהלות מיוחדת, אך נצפו בקבוצות גדולות מאד (עשרות פרטים) באתר הקרוב לחוף בלגונה. נראה כי התוכינונים והנתחנים נודדים בין הלגונה לשולחן השונית, ללא משטר סדור, בעוד פרפרון האודם והנתחן הסגול נעים בשטח קטן יותר. בצהריים נצפו פחות דגים בלגונה ויותר דגים בקדמת השונית, ומצב הפוך נצפה אחר הצהריים (בשעה 16:00). פעילות הדגים הרועים מתחילה רק לאחר הזריחה, עם עלייה הדרגתית עד לשיא פעילות כשלוש שעות לאחר הזריחה. נוכחות גדולה של דגים רועים בלגונה נרשמה גם כשלוש שעות לפני השקיעה. עבודה זו הצביעה על הסיבות האפשריות למחזוריות הימית בפעילות הדגים, אשר הייתה דומה לזו המדווחת בספרות ממקומות רבים בעולם.

מתחת לחצובת המצלמה בלגונה קבע את משכנו פלטקס (*Platax orbicularis*) צעיר, אשר נצפה כשהוא מצטרף לקבוצת נתחנים בשעות היום (אם כי לא נקלט אוכל בעדשת המצלמה). הפלטקס ידוע כאוכל אצות, ועשוי להיות בעל יכולת אכילת אצות גבוהה במיוחד (Belwood et al., 2006). יתכן, אם כך, כי יש לו חלק חשוב בויסות האצות בלגונה למרות שנצפה אך פרט בודד מסוג זה.

נוכחות גדולה של דגים רועים בלגונה מסבירה את ויסות צמיחת האצות שם על אף שפוטנציאל צמיחת האצות בלגונה גדול במיוחד. נראה שלדגים הרועים תפקיד מרכזי ברעיית כמויות אצות, והם האחראים על חיסול האצות במקומות בהם קצב הצמיחה גדול ומשתנה. חסרי החוליות הרועים (ובפרט קיפודי הים), לעומת זאת, אחראים ככל הנראה על "ניקוי" המצע הקשה משאריות האצות והפיכתו לזמין לגיוס אלמוגים.

### מסקנות

- נוכחות מתרחצים אינה משפיעה על כמות האצות בשמורה הפתוחה (בהשוואה לשמורה הסגורה).
- מצב האצות בשמורה נמצא בשווי משקל - תנודות עונתיות בכמות האצות על גבי לוחיות חשופות היו קטנות, על אף שינויים גדולים בפוטנציאל גידול האצות - ומוססת על-ידי רעייה.
- קבוצת האצות הדומיננטית בשמורת חוף אלמוג היא האצות האדומיות, אשר מהוות כחצי ממיני האצות שזוהו על גבי לוחיות וייצוגן יציב לאור השנה. ייצוגן של האצות החומיות והירוקיות משתנה לפי העונה.
- בחודשי הסתיו והחורף נמצא מגוון אצות רב יותר מאשר בחודשי האביב והקיץ.
- על גבי הלוחיות המוגנות לרעייה נמצא לעיתים, ובפרט בלגונה, מגוון אצות נמוך יותר מאשר על גבי הלוחיות החשופות לרעייה.
- הרועים העיקריים הם דגים השייכים למשפחת הבתרניים (Acanthuridae) והתוכינוניים (Scaridae), והרועים המשניים הם קיפודי-ים (מהמינים *Diadema*, *Echinometra mathaei* *setosum*).
- הדגים רועים את מרבית כמות האצות (התמודדות עם פוטנציאל גידול משתנה – גיאוגרפית ועונתית), ואילו חסרי החוליות "מנקים" את המצע משאריות האצות שחמקו מהדגים.
- אוכלוסיית הקיפודים מתאפיינת בתנודות מספריות גדולות בזמן, עם מגמת ירידה בשנים האחרונות, לכן רק ניטור ארוך טווח יוכל להצביע על שינוי מגמתי בגודל האוכלוסייה.
- שאר הקבוצות של חסרי חוליות נצפו במספרים קטנים ביותר, ולא הראו שינוי מספרי משמעותי. הקבוצה היחידה אשר הראתה עלייה הדרגתית עם השנים היא קבוצת חבצלות-הים (אשר אינם רועים).
- ריכוז הקיפודים הכללי בשמורה, קטן מריכוז הקיפודים במעבדה הימית.
- אתר המעבדה הימית מאופיין במחזור עונתי שונה מאתרי השמורה בתזמון פריחת האצות המרבית ובהפרשים בין ריכוז הכלורופיל על לוחיות חשופות ומוגנות. כתוצאה מכך, רצוי לבצע בשמורה מעקב נפרד אחר הדינאמיקה העונתית של האצות הישיבות. תוכנית הניטור הלאומית תוסיף מעתה ואילך את אתר השמורה כחלק מתכנית ניטור האצות.
- ישנן תנודות עונתיות גדולות ביותר בפוטנציאל צמיחת האצות במפרץ, לכן צריך להיזהר במתן פרשנות לאירועי פריחה קצרי טווח.

### רשימת ספרות

- Bell P. R. F., 1992. Eutrophication and coral reefs – some examples in the Great Barrier Reef Lagoon. *Water Resources* 5:553-568.
- Belwood D.R., Hughes T.P. and Hoey A.S. 2006. Sleeping functional group drives coral reef recovery, *Current Biology* 16, 2434-3439.
- Benayahu Y. and Loya Y. (1978). Seasonal occurrence of benthic-algae communities and grazing regulation by sea urchins at the coral reefs of Eilat, Red Sea. *Proc. 3rd Int. Coral. Reef Symp.*, Miami vol.1, pp. 383–389.
- Carpenter, R.C. (1990) Mass mortality of *Diadema antillarum*: I. Long term effects on sea urchin population-dynamics and coral reef algal communities. *Mar Biol* 104: 67-77
- Einav R. 2004. Seaweeds of the east Mediterranean coast. Bar-Ilan University Press. Ramat-Gan, Israel. 276 pp. (in Hebrew).
- Genin A., Lazar B., Brenner S., 1995. Vertical mixing and coral death in the Red-Sea following the eruption of mount Pinatubo. *Nature* 377:507-510.



- Hughes, T.P. (1994) Catastrophes, phase shifts and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265: 1547-1551.
- Huisman JM, Abbott IA & Smith CM. 2007. *Hawaiian Reef Plants*. University of Hawai'i Sea Grant College Program. 264 pp.
- Jeffrey S.W, Mantoura R. F. C. and Wright S. W., 1997. *Phytoplankton pigments in oceanography*. Supplement No. 4. Nature Conservation in Israel, Research and Surveys. Nature Reserves Authority. Jerusalem, 52 pp.
- Littler DS, Littler MM, Bucher KE & Norris JN. 1989. *Marine Plants of the Caribbean*. Smithsonian Institution Press. Washington DC. 263 pp.
- Mantyka C.S. and Belwood D.R. (2007). Direct evaluation of Macroalgal removal by herbivorous coral reef fishes. *Coral Reefs* 26:435-442.
- McCook, L.J. (1999) Macroalgae, nutrients and phase shifts on coral reefs: scientific issues and management consequences for the Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 18 :357-367.
- McClanahan T.R. and Shafir S.H. (1990) Causes and consequences of sea urchin abundance and diversity in Kenyan coral reef lagoons. *Oecologia* 83:362-370.
- McGehee M.A. (1992) Distribution and Abundance of Two Species of *Echinometra* (Echinoidea) on Coral Reefs near Puerto Rico. *Caribbean Journal of Science*, Vol. 28, No. 3-4, 173-183.
- Mokady, O., B. Lazar and Y. Loya (1996) Echinoid Bioerosion as a Major Structuring Force of Red Sea Coral Reefs. *Biological Bulletin* 190: 367-372.
- Nemlich H. & Danin Z. 1964. *Seaweeds in Israel*. The Israeli Hebrew general labor organization. HaKibbutz Hhameuhad. Tel-Aviv, Israel (in Hebrew).
- Parsons T.R. et al, 1984. *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. Pages
- Rogel Y. Chemical deterrence of algae against the abundant sea urchin of the Gulf of Elat (Aqaba). [M.Sc.]: 2001: Dr. Micha Ilan, Department of Zoology, Tel Aviv University.
- Safriel U & Lipkin Y. 1964. Note on the intertidal zonation of the rocky shores at Eilat (Red Sea, Israel). *Isr. J. Zool.* 13:197-190.
- Smith, S.V., W.J. Kimmerer, E.A. Laws, R.E. Brock, T.W. Walsh (1981) Kaneohe Bay sewage diversion experiment: Perspectives on ecosystem responses to nutritional perturbation. *Pacific Science* 35: 279-385.
- Szmant, A. M. (1997) Nutrient effects on coral reefs: a hypothesis on the importance of topographic and trophic complexity to reef nutrient dynamics. *Proc 8th Int Coral Reef Symp* 2: 1527-1532.
- Walker, DI, RFG Ormond (1982) Coral Death from Sewage and Phosphate Pollution at Aqaba, Red Sea. *Marine Pollution Bulletin* 13: 21-25.

**נספח: מיני האצות בחוף אלמוג**

זיהוי אצות ישיבות בחוף אלמוג, אילת, 2006-2007 על ידי ד"ר אלורו ישראל

**Marine macroalgae identified for the period 4/7/06 through 10/9/06**

Implanting date	Collection date	Closed Reserve (שמורה סגורה)					
		Laguna open	Laguna + net	5 m open	5 m + net	20 m open	20 m + net
?/4/06	7/6/06						
		1. red crustose 2. green crustose 3. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 5. <i>Spyridia</i> (R) 6. <i>Rosenvingea</i> (B) 7. <i>Gracilaria</i> (R) 8. <i>Colpomenia</i> (B) 9. <i>Valonia</i> (B) 10. <i>Liagora</i> (R)	1. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 3. <i>Spyridia</i> (R) 4. <i>Colpomenia</i> (B) 5. green crustose	1. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 3. <i>Spyridia</i> (R) 4. red crustose 5. <i>Bangia</i> (BG)	1. <i>Centroceras</i> (R) 2. <i>Rosenvingia</i> (B) 3. <i>Bangia</i> 4. green crustose 5. red crustose 6. <i>Valonia</i> (B) 7. <i>Colpomenia</i> (B)	Not determined	1. <i>Rosenvingea</i> (B) 3. <i>Bangia</i> (BG) 4. green crustose 5. red crustose 6. <i>Valonia</i> (B) 7. <i>Colpomenia</i> (B)
		Comments: a. higher biomass in net b. total species: 10		Comments: a. higher biomass in net b. total species: 7		Comments: a. higher biomass in open. b. total species: 7	

Taxonomical identification received from abroad suggests that red filamentous species (turf for the most part) include: *Herposiphonia tenela* (Ceramiales, Rhodophyta), *Centroceras clavulatum* (Ceramiales, Rhodophyta), *Polysiphonia-Neosiphonia* complex (Ceramiales, Rhodophyta), *Chondria-Laurencia* complex (Ceramiales, Rhodophyta), *Ceramium* (Ceramiales, Rhodophyta), and brown filamentous *Sphacelaria* (Sphacelariales, Phaeophyta).

Implanting date	Collection date	Open Reserve (שמורה פתוחה)					
		Laguna open	Laguna + net	5 m open	5 m + net	20 m open	20 m + net
6/6/06	9/8/06	1. red crustose 2. green crustose 3. <i>Derbesia</i> or ( <i>Cladophora</i> ) (G) 4. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 6. <i>Spyridia</i> (R) 7. <i>Ceramium</i> (R)	1 <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp)	1 <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 3. <i>Spyridia</i> (R) 4. <i>Rosenvingea</i> (B) 5. green crustose 6. <i>Derbesia</i> or ( <i>Cladophora</i> ) (G)	1. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 3. <i>Rosenvingea</i> (B) 4. green crustose 5. <i>Derbesia</i> or ( <i>Cladophora</i> ) (G) 6. <i>Gracilaria</i> (R)	1. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 3. <i>Derbesia</i> or ( <i>Cladophora</i> ) (G) 4. green crustose 5. <i>Spyridia</i> (R) 6. <i>Centroceras</i> (R)	1. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 3. <i>Derbesia</i> or ( <i>Cladophora</i> ) (G) 4. green crustose 5. <i>Spyridia</i> (R) 6. <i>Centroceras</i> (R) 7. <i>Rosenvingea</i> (B) 8. <i>Gracilaria</i>
		Comments: a. higher biomass in net b. total species: 7		Comments: a. similar biomass. b. total species: 6		Comments: a. higher biomass in open. b. total species: 8	
4/7/06	10/9/06	Closed Reserve (שמורה סגורה)					
		1. red crustose 2. green crustose 3. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 5. <i>Gracilaria</i> (R) 6. <i>Derbesia</i> or ( <i>Cladophora</i> ) (G) 7. <i>Spyridia</i> (R) 8. <i>Rosenvingea</i> (B) 9. <i>Ceramium</i> (R)	1. <i>Gracilaria</i> (R) 2. <i>Ceramium</i> (R) 3. <i>Rosenvingea</i> (B) 4. <i>Padina</i> (B)	1. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 3. <i>Rosenvingea</i> (B) 4. green crustose 5. <i>Derbesia</i> or ( <i>Cladophora</i> ) (G)	1. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 3. <i>Rosenvingea</i> (B) 4. green crustose 5. <i>Derbesia</i> or ( <i>Cladophora</i> ) (G) 6. <i>Gracilaria</i> (R)	1. red crustose 2. green crustose 3. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 5. <i>Gracilaria</i> (R) 6. <i>Derbesia</i> or ( <i>Cladophora</i> ) (G) 7. <i>Spyridia</i> (R) 8. <i>Rosenvingea</i> (B) 9. <i>Ceramium</i> (R)	1. <i>Centroceras</i> (R) 2. red crustose 2. green crustose 3. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 6. <i>Gracilaria</i> (R) 7. <i>Derbesia</i> or ( <i>Cladophora</i> ) (G) 8. <i>Spyridia</i> (R) 9. <i>Rosenvingea</i> (B) 10. <i>Ceramium</i> (R)

Seaweeds identified for the period 8/10/06 through 10/12/06

Implanting date	Collection date	Open Reserve (שמורה פתוחה)					
		Laguna open	Laguna + net	5 m open	5 m + net	20 m open	20 m + net
8/10/06	10/12/06	1. <i>Gracilaria</i> (R) 2. red crustose 3. <i>Spyridia</i> (R) 4. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 6. green crustose 7. <i>Bangia</i> (BG)	1. <i>Gracilaria</i> (R) 2. <i>Spyridia</i> (R) 3. <i>Hydroclathrus</i> (B) 4. red filam-3 5. green crustose 6. <i>Bangia</i> (BG)	1. <i>Gracilaria</i> (R) 2. <i>Centroceras</i> (R) 3. red crustose 4. green crustose 5. <i>Bangia</i> (BG) 6. <i>Cladophora</i> (B)	1. <i>Gracilaria</i> (R) 2. <i>Ceramium</i> (R) 3. <i>Ulva intestinalis</i> (G) 4. <i>Centroceras</i> (R) 5. <i>Spyridia</i> (R) 6. <i>Dictyota</i> (B)	1. red crustose 2. <i>Ceramium</i> (R) 3. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (1 sp) 4. green crustose 5. <i>Bangia</i> (BG) 6. <i>Spyridia</i> (R) 7. <i>Liagora</i> (R)	1. red crustose 2. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 4. red filam-3 5. green crustose 6. <i>Bangia</i> (BG) 7. <i>Dictyota</i> (B) 8. <i>Gracilaria</i> (R)
		Comments: a. higher biomass in net b. total species: 7		Comments: a. similar biomass. b. total species: 6		Comments: a. higher biomass in open. b. total species: 8	
		Closed Reserve (שמורה סגורה)					
		1. green crustose 2. <i>Chnoospora</i> (B) 3. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 5. red filam-3 6. <i>Gracilaria</i> (R)	1. green crustose 2. <i>Rosenvingeia</i> (B) 3. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 5. <i>Gracilaria</i> (R)	1. green crustose 2. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 4. <i>Rosenvingeia</i> (B)	1. green crustose 2. <i>Spyridia</i> (R) 3. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 5. <i>Colpomenia</i> (B)	1. green crustose 2. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 4. <i>Spyridia</i> (R) 5. <i>Centroceras</i> (R)	1. green crustose 2. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 4. <i>Spyridia</i> (R)
		Comments: a. higher biomass in net b. total species: 6		Comments: a. higher biomass in net b. total species: 5		Comments: a. similar biomass b. total species: 5	

Marine macroalgae identified for the period 10/12/06 through 6/3/07

Implanting date	Collection date	Open Reserve (שמורה פתוחה)					
		Laguna open	Laguna + net	5 m open	5 m + net	20 m open	20 m + net
10/12/06	6/3/07	1. <i>Hydroclathrus</i> (B) 2. <i>Gracilaria</i> (?) (R) 3. <i>Ceramium</i> (R)	1. <i>Colpomenia</i> (B) 2. <i>Hydroclathrus</i> (B) 3. <i>Gracilaria</i> (R) (?) 4. <i>Ulva</i> sp. (G)	1. <i>Gracilaria</i> (R) 2. <i>Centroceras</i> (R) 3. red crustose 4. green crustose 5. <i>Bangia</i> (R) 6. <i>Cladophora</i> (B)	1. <i>Gracilaria</i> (R) 2. <i>Ceramium</i> (R) 3. <i>Ulva intestinales</i> (G) 4. <i>Centroceras</i> (R) 5. <i>Spyridia</i> (R) 6. <i>Dictyota</i> (B)	1. <i>Ceramium</i> (R) 2. <i>Gelidiopsis</i> (R) 3. <i>Dictyota</i> (B) 4. <i>Spyridia</i> (R) 5. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp)	1. <i>Ceramium</i> (R) 2. <i>Gelidiopsis</i> (R) 3. <i>Spyridia</i> (R) 4. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp)
		Comments: a. higher biomass in net b. total species: 4		Comments: a. similar biomass. b. total species: 6		Comments: a. higher biomass in open. b. total species: 6	
		Closed Reserve (שמורה סגורה)					
		1. green crustose (G) 2. <i>Hydroclathrus</i> (B) 3. <i>Dictyota</i> (B) 4. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 6. <i>Ulva</i> ( <i>Enteromorpha</i> ) <i>intestinales</i> (G)	1. green crustose 2. <i>Hydroclathrus</i> (B) 3. <i>Dictyota</i> (B) 4. red filam-1 5. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 7. red crustose	Not determined	1. <i>Centroceras</i> (R) 2. <i>Ceramium</i> (R) 3. <i>Cladophora</i> (G) 4. <i>Ulva intestinales</i> (G) 5. <i>Derbesia</i> (G) 6. <i>Griffithsia</i> (R)	Not determined	1. green crustose 2. <i>Ulva intestinales</i> (G) 3. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (1 sp) 4. <i>Ceramium</i> (R) 5. <i>Centroceras</i> (R)
		Comments: a. higher biomass in net b. total species: 7		Comments: a. higher biomass in net b. total species: 6		Comments: a. similar biomass b. total species: 5	

Marine macroalgae identified for the period 11/4/07 through 13/6/07

Implanting date	Collection date	Open Reserve (שמורה פתוחה)					
		Laguna open	Laguna + net	5 m open	5 m + net	20 m open	20 m + net
11/4/07	13/6/07	1. <i>Colpomenia</i> (B) 2. <i>Hydroclathrus</i> (B) 3. <i>Gracilaria</i> (?) 4. <i>Ceramium</i> (R) 5. <i>Chnoospora</i> (B) 6. green crustose	1. <i>Colpomenia</i> (B) 2. <i>Hydroclathrus</i> (brown) 3. <i>Chnoospora</i> (B) 4. <i>Gracilaria</i> (?) 5. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 7. red-filament-3 8. green crustose	1. red crustose 2. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (2 spp) 4. green crustose	1. red crustose 2. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (2 spp) 4. green crustose	1. red crustose 2. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (2 spp) 4. green crustose	1. red crustose 2. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (2 spp) 4. green crustose 5. <i>Bangia</i>
		Comments: a. higher biomass + net b. total species: 8		Comments: a. similar biomass. b. total species: 4		Comments: a. higher biomass in open. b. total species: 5	
		Closed Reserve (שמורה סגורה)					
		1. green crustose 2. <i>Chnoospora</i> (B) 3. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (3 spp) 6. <i>Gracilaria</i> (R)	1. green crustose 2. <i>Chnoospora</i> (B) 3. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 5. <i>Gracilaria</i> (R) 6. red crustose 7. <i>Padina</i> (B)	1. green crustose 2. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 4. <i>Rosenvingia</i> (B)	1. green crustose 2. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (2 spp) 4. <i>Bangia</i> (R) 5. <i>Colpomenia</i> (B)	1. green crustose 2. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (3 spp) 5. <i>Centroceras</i> (R)	1. green crustose 2. <i>Polysiphonia/Neosiphonia</i> (R) (3 spp)
		Comments: a. higher biomass in net b. total species: 7		Comments: a. higher biomass in net b. total species: 5		Comments: a. similar biomass b. total species: 5	

## 5.2 טבלת פעילות צוות הניטור בשנת 2007

תאריך וסוג הפעילות	מס' דגימות	מטרת העבודה	ימי עבודה	המבצעים
ינואר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני
ינואר דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליות	48 נוטריינטים, 48 חמצן, pH 32, 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	ענבל, טניה, מוריאל, יוני
8 ינואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות מהשמורה הסגורה	18 לוחיות משלושה עומקים.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, טניה מוריאל יוני עבודה במעבדה: ענבל
14 ינואר דיגום מסירה + אנליות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH, 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל FACS 8	השוואה בין התחנות השונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
15 ינואר הפלגה לתחנות: FF OS, A	78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 25 כלורופיל, FACS 40	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	8	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
17 ינואר הצבת מערך לוחיות לזיהוי אצות	6 לוחיות בשלושה עומקים	זיהוי אצות	0.5	ענבל יוני
20-24 ינואר אנליות דוגמאות מההפלגה	אנליות דוגמאות מההפלגה	אנליות דוגמאות ועיבוד נתונים	5 ימים	טניה מוריאל ענבל ויוני
29 ינואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות במכון	6 לוחיות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל מוריאל
פברואר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני
פברואר דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליות	48 נוטריינטים, 48 חמצן, pH 32, 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	ענבל, טניה, מוריאל, יוני
6 פברואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות בשמורה הפתוחה	18 לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, יוני עבודה במעבדה: ענבל
7 פברואר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת 18 דוגמאות בפלאורומטר, הזנת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל

8 פברואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות בשמורה הסגורה	18 לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: ענבל, טניה עבודה במעבדה: ענבל
11 פברואר דיגום חופי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16, אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
15 פברואר הפלגה לתחנות: FF OS ,A	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 40	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
18 פברואר טיפול שנתי במכשיר ה- FACS	טיפול + קליברציה		1	ענבל
29 פברואר צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות במכון	6 לוחיות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל מוריאל
מרץ דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן
מרץ דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריינטים, 48 חמצן, 32 pH, 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	ענבל, טניה, מוריאל, יוני
6-7 מרץ צלילות להצבת ניסוי התיישבות אצות בנתוניות	צלילות בשמורה הפתוחה ובשמורה הסגורה	2 צלילות בשמורה	2 יומי עבודה	ענבל, יוני
11 מרץ דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16, אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
12 מרץ הפלגה משותפת עם הירדנים לתחנות: B, FF OS ,A , NRR	116 נוטריינטים, 116 חמצן, 62 pH, 58 אלקלניות, 58 מליחות 30 כלורופיל 63 FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים בתחנה עמוקה B והשוואתה לתחנות הקבועות (OS ,A)	10	טניה, ענבל, מוריאל
13-22 מרץ אנליזות	אנליזות של דוגמאות		8	טניה, מוריאל ענבל יוני
27 מרץ 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
28 מרץ בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בפלאורומטר, הזנת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
אפריל דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן



ענבל, טניה, מוריאל, יוני	8	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	48 נוטריינטים, 48 חמצן, pH 32, 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	אפריל דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות
ענבל, יוני	2 ימי עבודה	2 צלילות בשמורה	צלילות בשמורה הפתוחה ובשמורה הסגורה	11-12 אפריל צלילות להצבת ניסוי התיישבות אצות בנתוניות
טניה, ענבל, מוריאל, יוני	3	השוואה בין התחנות השוניות	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	15 אפריל דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מוריאל, יוני	6	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	16 אפריל הפלגה לתחנות: FF OS ,A
טניה מוריאל ענבל ויוני	3	אנליזת דוגמאות כימיה וביולגיה	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39 אנליזת דוגמאות והזנה במחשב	17-19 אפריל אנליזות
צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל	1	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שש לוחיות.	29 אפריל צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן	0.3	מידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	מאי דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
ענבל, טניה, מוריאל, יוני	8	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	48 נוטריינטים, 48 חמצן, pH 32, 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מאי דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות
ניצן, ענבל, טניה, מוריאל, יוני	1 יום עבודה שנירקול + הזנת נתונים	סקר חברת השונית	ספירת אלמוגים ואומדן אחוזי מחלות בריבועים סדורים בשמורה והזנת הנתונים למחשב	2-3 מאי דיגום הלגונה הסגורה
צלילה: ענבל, טניה עבודה במעבדה: ענבל	1	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת 18 לוחיות. מאתר השמורה הסגורה	7 מאי צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות באתר השמורה הפתוחה
טניה מוריאל ענבל ויוני	2	אנליזת דוגמאות	אנליזות	8-9 מאי אנליזת דוגמאות
ענבל, טניה	1	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת 18 לוחיות. מאתר השמורה הפתוחה וקריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הזנת הנתונים למחשב	10 מאי צלילה להוצאת לוחיות התיישבות אצות בנתוניות באתר השמורה הסגורה
ניצן	0.5	מידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת 18 דוגמאות בפלואורומטר, הזנת הנתונים למחשב	11 מאי קריאת כלורופיל

13 מאי דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	6	טניה, ענבל, מוריאל, מוטי
14 מאי הפלגה לתחנות: FF OS, A, NRR	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, מליחות 25 כלורופיל, 39 FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
15-16 מאי צלילה להוצאת והצבת לוחיות לבדיקת ביומאסה של אצות	הוצאת 6 לוחיות. מאתר השמורה הפתוחה	בדיקת ביומאסה של אצות על הלוחיות	8	ענבל, יוני
20-22 מאי אנליזות	אנליזות	אנליזות דוגמאות	2	טניה מוריאל ענבל יוני
28 מאי צילום ריבועים קבועים	צילום 4 נקודות קבועות בשונות השמורה הסגורה	מעקב אחרי שינויים בשונות בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונות	1	ענבל, יוני
30 מאי צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתונות	6 לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונות	1	צלילה: ענבל, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
31 מאי בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת 6 דוגמאות בפלווארומטר, הזנת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונות	0.5	ענבל
יוני דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריינטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונות וכיול CTD	8	ענבל, טניה, מוריאל, יוני
יוני דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונות ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונות.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן
5 יוני צילום ריבועים קבועים	צילום 4 נקודות קבועות במכון	מעקב אחרי שינויים בשונות בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונות	1	יעל, יוני
6 יוני צילום ריבועים קבועים	צילום 4 נקודות קבועות במכון	מעקב אחרי שינויים בשונות בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונות	1	יעל, יוני
7 יוני טכס בירושלים	ירושלים	קבלת פרס הצטיינות אוניברסיטאי		ניצן יוני טניה מוריאל ענבל אמציה
10 יוני צילום ריבועים קבועים	צילום 4 נקודות קבועות בשונות הנסיכה	מעקב אחרי שינויים בשונות בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונות	1	יעל, יוני
12 יוני צלילה להוצאת לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	עבודה על 18 לוחיות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונות	1	טניה, ניצן, יוני ענבל
13 יוני צילום ריבועים קבועים	צילום 4 נקודות קבועות בשונות של קצאא	מעקב אחרי שינויים בשונות בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונות	1	יעל, יוני
14 יוני צלילה להוצאת לוחיות לאפיון האצות	אפיון חברת האצות על לוחיות התיישבות	אפיון חברת האצות על לוחיות התיישבות	1	ענבל, יוני אלווארו
17 יוני דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, מוטי, יוני

18 יוני	זיהוי אלמוגים בשנירקול	זיהוי אלמוגים	1	יעל, טניה ניצן ענבל
19 יוני	78 נוטריינטים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
20 יוני	ציליה לתירגול חתכים בשונית	חתך בשונית	1	יעל טניה ענבל
21 יוני	צלילות חתכים בשונית	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	ניצן, ענבל, טניה יעל
24 יוני	אנליזות	עיבוד נתונים	1	טניה מוריאל ענבל יעל יוני
25 יוני	צלילות חתכים בשונית	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	ניצן, ענבל, טניה יעל
26 יוני	צלילות חתכים בשונית	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	ניצן, ענבל, טניה יעל
27 מאי	צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות IUI + חתך	שש לוחיות.	1	צלילה: ענבל, יעל טניה עבודה במעבדה: ענבל
28 יוני	הזנת נתונים	הזנת נתונים	1	יעל ענבל
יולי	דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני
1 יולי	צלילות חתכים בשונית	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	ענבל, יעל
2 יולי	צלילות חתכים בשונית	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	ענבל, יעל טניה
3 יולי	צלילות חתכים בשונית	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	ענבל, יעל טניה
4 יולי	צלילות חתכים בשונית	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	ענבל, יעל טניה
5 יולי	צלילות חתכים בשונית	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	ענבל, יעל טניה
8 יולי	צלילות חתכים בשונית	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	ענבל, יעל טניה
9 יולי	צלילות חתכים בשונית	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	ענבל, יעל טניה

10 יולי צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות + חתך	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	יוני, ענבל יעל טניה
11 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-בשמורה ו IUI והזנת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	ענבל, יעל
12 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-בשמורה וקצאא והזנת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	ענבל, יעל
15 יולי הזנת נתונים	הזנת נתונים	עיבוד נתונים	1	יעל ענבל
16 יולי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השוניות	5	טניה, ענבל, מוטי, מוריאל, יוני
17 יולי הפלגה לתחנות: FF OS ,A	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, 39 FACS	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10 שעות	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
18-19 יולי אנליזות	אנליזת דוגמאות	אנחזות דוגמאות	1	טניה מוריאל ענבל
22 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-IUI והזנת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	ענבל, יעל
23 יולי צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-IUI והזנת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1 יום עבודה שתי צלילות + הזנת הנתונים במחשב	טניה, יעל
25-26 יולי סקר שולחן השונית	ספירת אלמוגים לאורך חתך קו מעל שולחן השונית	סקר חברת האלמוגים	יומיים עבודה	טניה יוני מוריאל יעל ענבל
29 יולי צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות לאצות בנתוניות	הוצאת 6 לוחיות התיישבות IUI	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל יעל מוריאל
29 יולי צלילת לילה לסקר חסרי חוליות בשונית	סקר חסרי חוליות ב IUI	ספירת חסרי חוליות	4 שעות	יעל טניה מוריאל ענבל יוני
30 יולי צילום ריבועים קבועים	צילום 4 נקודות קבועות בשונית החוף הצפוני	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	יעל, יוני
30 יולי צלילת לילה סקר חסרי חוליות בשונית	סקר חסרי חוליות ב בשמורה הסגורה	ספירת חסרי חוליות	3 שעות	יעל טניה מוריאל ענבל יוני
31 יולי צילום ריבועים קבועים	צילום 4 נקודות קבועות בשונית בחוף הדקל	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	1	יעל, יוני
אוגוסט 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
1-2 אוגוסט הזנת נתונים	עיבוד נתונים במחשב	סקר חברת השונית	1 יום עבודה הזנת הנתונים במחשב	יעל, ענבל
5-9 אוגוסט אנליזה דוגמאות והזנת נתונים	אנליזת נתונים ועיבוד נתונים	עבודת מעבדה		טניה מוריאל ענבל יעל יוני

טניה מוריאל ענבל יעל יוני		עבודת מעבדה	אנליזת נתונים ועיבוד נתונים	12-13 אוגוסט אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים
יעל ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	14 אוגוסט צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
טניה מוריאל ענבל יוני	1	אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים	אנליזת דוגמאות	15-16 אוגוסט אנליזת דוגמאות
מוריאל טניה יוני ענבל	1	הכרת הדגים	סיוור במיצפה ללימוד דגים	19 אוגוסט הכנה לסקר דגים
ענבל	1	סקר דגים + הזנת נתונים	סקר חברת הדגים הנפוצים	20-23 אוגוסט צלילה לסקר דגים בשמורה
ענבל יוני יעל	1	אנליזת נתונים	אנליזת נתונים	26-27 אוגוסט אנליזת נתונים
צלילה: ענבל, רות עבודה במעבדה: ענבל	4	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת 6 לוחיות התיישבות	28 אוגוסט צלילה להוצאת 6 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות ב-IUI
ענבל, יעל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית סקר חברת חסרי החוליות	קריאת שש דוגמאות בפלואורומטר, הזנת הנתונים למחשב	29 אוגוסט בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות אנליזת נתונים
יעל, יוני	1	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	צילום 4 נקודות קבועות בשונית בשמורה הסגורה	3 יולי צילום ריבועים קבועים
ענבל, טניה, מוריאל, ניצן, יוני	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	ספטמבר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
ענבל, טניה, מוריאל, יוני	5	השוואה בין התחנות השונות	48 נוטריונים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל, 8 FACS	2 ספטמבר דיגום חופי דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מוריאל	10 שעות	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	116 נוטריונים, 116 חמצן, 62 pH, 58 אלקלניות, 58 מליחות 30 כלורופיל, 63 FACS	3 ספטמבר הפלגה משותפת עם הירדנים לתחנות: A, B, OS, FF
טניה מוריאל ענבל יוני	2	אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים	אנליזת דוגמאות	4-6 ספטמבר אנליזת דוגמאות
ענבל, טניה, ערן	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת פלטות התיישבות מעומקים 20,5,50,65 מ' בשמורה הסגורה ובלגונה	10 ספטמבר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות התיישבות בשמורה הסגורה
טניה מוריאל ענבל יוני		אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים	אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים	17-24 ספטמבר אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים
טניה, ענבל	יום עבודה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת שש לוחיות התיישבות	25 ספטמבר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות ב-IUI

אוקטובר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני
8 אוקטובר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	הוצאת 18 לוחיות התיישבות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1 יום עבודה	טניה, יוני ענבל מוריאל
9-11 אוקטובר אנליזות	אנליזות	אנליזות		טניה מוריאל ענבל יוני
15 אוקטובר צלילה לתיחוק פלטות התיישבות בשמורה	צלילתה בשמורה לניסוי פלטות התיישבות	צלילה	2 שעות	ענבל יוני
16-18 אוקטובר עיבוד נתונים	עיבוד נתונים	עיבוד נתונים		יוני ענבל
21 אוקטובר דיגום חופי דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	48 נוטריינטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	5	ענבל, טניה, מוריאל, יוני
22 אוקטובר הפלגה לתחנות: FF OS ,A	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10	טניה, ענבל, מוריאל
23-25 אוקטובר אנליזות דוגמאות	אנליזת דוגמאות	עבודה על דוגמאות ההפלגה והדיגום החופי		טניה מוריאל ענבל
28-29 אוקטובר אנליזות	אנליזות ועיבוד נתונים	עיבוד נתונים		ענבל טניה מוריאל
30 אוקטובר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	הוצאת שש לוחיות התיישבות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	יום עבודה	ענבל מוריאל
31 אוקטובר אנליזות דוגמאות	אנליזת דוגמאות	אנליזה	1	ענבל
נובמבר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני
6 נובמבר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	הוצאת 18 לוחיות התיישבות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1 יום עבודה	יוני, ענבל
7-8 נובמבר אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים	אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים	אנליזה		ענבל יוני
12 נובמבר דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	48 נוטריינטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקלניות, 16 כלורופיל, 8 FACS	השוואה בין התחנות השונות	5	ענבל, טניה, מוריאל, יוני
13 נובמבר הפלגה לתחנות: FF OS ,A	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10	טניה, ענבל, מוריאל
14-26 אוקטובר אנליזות ועיבוד נתונים	עיבוד נתונים	אנליזות ועיבוד נתונים		טניה מוריאל יוני ענבל
27 נובמבר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	צלילה: טניה, מוריאל עבודה במעבדה: ענבל
13- נובמבר ניתוח צילומים	ניתוח נקודות קבועות במחשב	ניתוח נקודות קבועות	2 חודשים	ניצן
28-29 נובמבר אנליזת דוגמאות ניתוח נתונים	אנליזה וניתוח נתונים	ניתוח נתונים	1 יום עבודה	טניה, מוריאל, ענבל, ניצן, יוני

דצמבר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, יוני, ניצן
12 דצמבר צלילה להוצאת 18 לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	הוצאת 18 לוחיות התיישבות בשמורה הסגורה	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1 יום עבודה	יוני, ענבל
16 דצמבר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקלניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, FACS 24	השוואה בין התחנות השונות	5	טניה, ענבל, מוריאל, יוני
17 דצמבר אנליזת דוגמאות	אנליזת דוגמאות	אנליזה		טניה מוריאל ענבל
18 דצמבר הפלגה לתחנות: FF OS ,A	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקלניות, 39 מליחות 25 כלורופיל	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	10	טניה, ענבל, מוריאל
20-23 דצמבר אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים	אנליזות ועיבוד נתונים	עיבוד נתונים	1 יום עבודה	יוני, ניצן, טניה, מוריאל, ענבל
24 דצמבר פגישת צוות השונית בתא	פגישה בתא	פגישה בתא		יוני אמציה ענבל ניצן
25-31 דצמבר אנליזת דוגמאות ועיבוד נתונים	אנליזות ועיבוד נתונים	עיבוד נתונים		יוני, ניצן, טניה, מוריאל, ענבל