

המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת  
The Interuniversity Institute for Marine Sciences in Eilat  
מיסודה על הסעודה לביולוגיה ימית ניש ה. שטייניץ  
Founded by the H. Steinitz Marine Biology Laboratory



מרץ 2006

אדר תשס"ו

תכנית הניטור הלאומית בצפון מפרץ אילת

## דו"ח מדעי לשנת 2005

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

התכנית ממומנת ע"י המשרד לאיכות 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' מיכה אילן, אוניברסיטת תל אביב  
פרופ' שמשון בלקין, האוניברסיטה העברית בירושלים  
מר יצחק בן דוד, סמכ"ל בכיר לאכיפה, המשרד לאיכות הסביבה  
מר אלון זסק, אגף ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה  
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 איילון, ביולוגיה  
מוראל דרעי, כימיה  
טניה ריבלין, כימיה  
ניצן שגב, ביולוגיה

### יעוץ וסיוע:

פרופ' בועז לזר, האוניברסיטה העברית (אוקיאוגרפיה כימית)  
רועי הולצמן, המכון הבינאוניברסיטאי (סטטיסטיקה ואקולוגיה)  
ד"ר יעקב (ג'ק) סילברמן, מכון וייצמן למדע (אוקיינוגרפיה כימית ופיסיקלית, עיבוד נתונים)

### עזרה טכנית במכון הבינאוניברסיטאי:

אסף ריבלין  
מוטי אוהביה  
בעז ליבס  
איציק לרר  
אסף שורץ

תודה מיוחדת לפרופ' מיכאל אוטולנגי אשר ליווה מקרוב את התכנית בכל שנת 2005 במסגרת תפקידו כמנהל המדעי של המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת.

## תוכן עניינים

4	א. תקציר
4	א.1. מבוא
4	א.2. תקציר התוצאות והמסקנות
7	א.3. תקציר באנגלית, English Abstract
11	א.4. המלצות
12	ב. ניטור שונית האלמוגים
12	ב.1. סקר חברת השונית
30	ב.2. צילום אתרים קבועים
39	ב.3. חברת האלמוגים בלאגונת שמורת האלמוגים
41	ב.4. דיגום חסרי חוליות
44	ב.5. התפקוד המטבולי של שונית האלמוגים
51	ב.6. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית
54	ג. ניטור הסביבה החופית
54	ג.1. מי הים בקרבת החוף
71	ג.2. קרקעית חולית
72	ד. מים פתוחים
72	ד.1. הקדמה
73	ד.2. פרופילים של טמפרטורה, מליחות, ופלואורסנציה
77	ד.3. מדידות כימיות וביולוגיות בפרופילים האנכיים
93	ד.4. פיטופלנקטון וחיידקים בעמודת המים
96	ה. מדידות רציפות
96	ה.1. כלורופיל
97	ה.2. טמפרטורת המים בפני השטח בשמורת חוף אלמוג
98	ה.3. מדידות זרמים
102	ו. ביבליוגרפיה
103	ז. נספחים
103	ז.1: מפות אתרי הניטור
105	ז.2: רשימות סוגי האלמוגים
107	ז.3: פעילות צוות הניטור

## א. תקציר

### א.1. מבוא

מטרת תכנית הניטור היא יצירת תשתית ידע עובדתי ארוך טווח על מצב המערכת האקולוגית הימית בצפון מפרץ אילת. תשתית זו תשמש בסיס מדעי לגיבוש המלצות ביצועיות לפתרון בעיות אקולוגיות, ניהול תכניות ממשק סביבתי והמשך פיתוח מושכל של אזור החוף והמים בתחום מדינת ישראל במפרץ אילת. הדו"ח שלהלן מתאר את עבודת הניטור הלאומי בצפון מפרץ אילת בשנת 2005. 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). בדו"ח זה יכולנו לבחון, בפעם הראשונה, את קיומן של מגמות שינוי רב שנתי בשימוש בנתוני תכנית הניטור עצמה. קרי, השוואת תוצאותיהן של מדידות שנעשו באותו אופן על ידי אותו צוות. הדבר מקנה עצמה אנליטית משמעותית לניתוח התוצאות ההשוואתיות ובטחון בנכונותן של המסקנות. לכן, לא חזרנו בדו"ח הנוכחי על השוואת מדידותינו עם נתונים היסטוריים אשר שיטות איסופם היו שונות מאלו של תכנית הניטור. לצורך השוואה עם הנתונים ההם, הקורא מופנה לדו"ח השנתי של 2004. דו"ח זה מופיע בשלמותו באתר האינטרנט של המשרד לאיכות הסביבה ([www.sviva.gov.il](http://www.sviva.gov.il)). הנתונים הגולמיים זמינים להורדה מאתר תכנית הניטור ([www.inm-eilat.org.il](http://www.inm-eilat.org.il)) על ידי כל המעוניין.

### א.2. תקציר התוצאות והמסקנות

#### שונית האלמוגים

1. השוואת המדדים למצב השונית אשר נאספו בשנת 2005 לאלו שהצטברו מתחילת הניטור אינה מצביעה על שינוי מובהק סטטיסטית. יחד עם זאת, מרבית הנתונים האקולוגיים מצביעים על הידרדרות השונית. משך הזמן שחלף מאז תחילת הניטור איננו ארוך דיו על מנת לאבחן מגמות מובהקות על רקע השונות הטבעית הגדולה. בעוד שתוכנית הניטור פועלת במתכונתה המלאה הנוכחית זו השנה השנייה בלבד, התהליכים האקולוגיים בשונית מתרחשים על פני שנים ספורות עד עשרות שנים. למרות היעדרות כל סימן התאוששות וגדילה, לא חלה בשנת 2005 קטסטרופה קיצונית המצביעה על קריסתה של השונית. הנתונים ברובם מדאיגים, אך הבחינה הסטטיסטית מצווה זהירות בהסקת מסקנות. קבלת תוצאות מובהקות באזור כה מגוון לגבי תהליכים אשר פועלים בסקאלת זמן של שנים דורשת בחינת התהליכים לאורך מספר רב יותר של שנים. לאור מגוון הממצאים שנאספו עד כה נראה כי שונית האלמוגים באילת נמצאת במצב של עקה, והזהירות מחייבת צמצום גורמי הפגיעה בה. להלן עיקר התוצאות:
  - בשבעה מתוך שמונה האתרים שנסקרו נמדדה עלייה ביחס בין כיסוי שלדי אלמוגים (דהיינו אלמוגים שמתו לאחרונה) ובין כיסוי אלמוגים חיים כתלות בסך הכיסוי של אלמוגים חיים.
  - בבחינה חוזרת של אתרים קבועים באמצעות צילומים, נמצאה ירידה במספר המושבות של רוב סוגי האלמוגים ברוב האתרים אשר מלווה גם בירידה בסך שטח הכיסוי של אלמוגים.
  - ניתוח צילומי האתרים הקבועים מעיד על כך שרוב התמותה מתרחשת באלמוגים קטנים.
  - בשנה הנוכחית ניכרה התאוששות מסוימת בכמות חבצלות הים, וסקר אצות צמודות מצע מלמד כי אוכלוסיית הרועים בשונית מצליחה לווסת את גידולן ולמנוע התפשטותן.
2. השונית באתרים השונים שונות מאד זו מזו באחוז כיסוי האלמוגים החיים. שונות זו עוקבת במידה

רבה אחר סוג המצע באתר: כיסוי אלמוגים גבוה יותר נמצא באתרים בהם אחוז המצע הסלעי גדול יותר.

3. אחוז השטח המכוסה אלמוגים תואם באופן מובהק את צפיפותן המספרית של מושבות האלמוגים. יחד עם זאת, נמצאה התאמה שלילית מובהקת בין החלק היחסי של מושבות אלמוגים קטנות מתוך כלל מספר המושבות באתר ובין יעילות הניצול של תשתית סלעית באתר. ככל שחלק המושבות הקטנות גדול יותר כיסוי התשתית הקשה על ידי אלמוגים באותו אתר נמוך יותר. לפיכך, למרות שלכאורה ריבוי מושבות קטנות מצביע על התיישבות פעילה של אלמוגים באתר, למעשה מציינת מגמה זו את קיומו של מצע מתאים להתפתחות שונית אשר אינו מנוצל ביעילות. יתרה מזו, ניתוח צילומי האתרים הקבועים מראה כי תרומת המושבות הקטנות לשטח המכוסה אלמוגים קטנה: כ-70% מכלל המושבות המצולמות קטנות מ-20 סמ"ר, והן תורמות כחמישית בלבד לשטח כיסוי האלמוגים. קרוב ל-60% משטח הכיסוי נתרם על ידי מושבות בגודל בינוני (אשר גודלן 20-200 סמ"ר) אשר מהוות כרבע ממספר המושבות. כיוון שמושבות קטנות פגיעות ביותר (ובהן נצפתה רוב תמותת האלמוגים בשנה החולפת) נראה שהשוניות באילת בהן קיימת שליטה של אלמוגים קטנים נמצאות במצב של רגישות גבוהה לתנאי עקה.

4. בשנת 2005 נמשכה מגמת הירידה בריכוז החמצן המומס ועלייה ב-pH ובאלקליניות בלגונת השונית שבשמורת חוף אלמוג. בעוד שהירידה בריכוז החמצן נובעת כנראה משינויים שמקורם בים הפתוח, שינויי ה-pH והאלקליניות מצביעים על ירידה בסך הקלציפיקציה בשונית. הירידה בסך הקלציפיקציה עשויה לנבוע מהמסה מוגברת של קרבונט או מהאטה בקצב יצירתו על ידי יצורי השונית. למרות התאוששות מסוימת בשנה האחרונה, רמתם הנמוכה של ריכוז החמצן והקלציפיקציה בהשוואה לשנים עברו מעידים על מצבה המדאיג של שונית האלמוגים באילת.

#### הסביבה החופית

5. בשנה החולפת נרשמו מספר חריגות בריכוזי הנוטריונים המומסים בסמיכות לתחנות החוף הצפוני ומול תחנת חיל-הים מלון מרידיאן, על רקע הערכים האחידים של שאר התחנות ושל הים הפתוח. חריגות אלה, כיוון שלא נמדדו בתחנות אחרות לאורך החוף וכיוון שחומרים כגון אמוניה נצרכים במהירות, מצביעות על העשרה של מי הים על ידי מקור חיצוני סמוך לתחנת המדידה. במקרה של חריגות שנמדדו בתחנת חיל הים מדובר בהזרמת מים עשירים בסיליקה ובעלי מליחות נמוכה משל מי הים, שמקורם ככל הנראה מי תהום המוזרמים לים דרך מערכת הקירור של מלון מרידיאן. מיקוד מקור הזיהום בחוף הצפוני קשה יותר, בעיקר משום הקרבה הגדולה של שני מקורות פוטנציאליים: כלובי הדגים ותעלת הקינט. מדידותינו בשנת 2004 כמו גם מדידות פרוייקט ה-IET (ראה דו"ח 2004) הצביעו על כלובי הדגים כמקור העיקרי של חנקן. העשרה בסיליקה, אשר נמדדה בחלק מהמקרים מצביעה על תרומה נוספת של נוטריונים מתעלת הקינט.

6. מגמה מתמשכת של עלייה באלקליניות, בריכוז החמצן המומס, וב-pH אובחנה סמוך לפני הים במים החופיים. מגמות אלה עולות בקנה אחד עם אאוטרופיקציה של המים החופיים. עלייה ביצרנות עשויה להיות הגורם לעלייה בריכוז החמצן וה-pH, ועליית האלקליניות תואמת את עליית ה-pH ועשויה לנבוע מירידה בסך הקלציפיקציה בצפון המפרץ. יש לציין כי מגמות אלה משקפות תהליכים נרחבים בצפון המפרץ ואינן מצביעות על מקורות נקודתיים.

#### עמודת המים הפתוחים

7. בחינה מדוקדקת של הנתונים הכימיים שנאספו בתוכנית הניטור בעמודת המים מספטמבר 2001 ועד 2005 מצביעה על מגמת שינוי בכמה מדדים סביבתיים עיקריים בצפון מפרץ אילת. התופעות הבולטות הן ירידה כללית בריכוז החמצן המומס (10-20 מיקרו-מול לליטר), עלייה ב-pH (כ-0.05 יחידות) ועלייה

באלקליניות (כ- 0.05 מילי-אקוויוולנט לק"ג). ירידת החמצן שנצפתה במי השטח מתונה יותר מאשר הירידה במי העומק ואילו עליית האלקליניות שנצפתה במי השטח חריפה יותר מאשר העלייה במי העומק. עלייה דומה ב-pH ואלקליניות נמדדה גם במים שבקרבת החוף אולם ריכוז החמצן באזור החופי הולך ועולה. להלן הסבר אפשרי לשינויים הנ"ל. הירידה בחמצן במי העומק והעלייה ב-pH בשכבה העליונה של עמודת המים מעידות על המשך האאוטרופיקציה של צפון המפרץ. האאוטרופיקציה גורמת לירידה בקלציפיקציה בשונית ובמים הרדודים (ראה לעיל) ובכך לעלייה באלקליניות במי השטח. היצור הראשוני המוגבר (עקב אאוטרופיקציה) מגדיל את שטף החומר האורגני השוקע למי העומק. חימצון החומר האורגני מביא לירידה בריכוז החמצן במי העומק. ירידת החמצן במי השטח ועליית ה-pH במי העומק, נובעות מערבוב אנכי בעמודת המים. ערבוב מי העומק (דלי החמצן) עם מי השטח מוריד את ריכוז החמצן במים העליונים. מי השטח בעלי האלקליניות הגבוהה גורמים לעליית האלקליניות ועלייה קלה ב-pH בעומק.

8. מאגר החנקן האי-אורגני המומס במים העמוקים בשנת 2005 המשיך להיות גבוה, עם ריכוזים העולים על 7 מיקרו-מול לליטר, הגבוהים ביותר שנמדדו בצפון המפרץ מאז אמצע שנות השבעים של המאה הקודמת. הערבוב האנכי העמוק (600 מ') בחורף 2005 לא הביא לירידה משמעותית בריכוזי הניטראט במי העומק כפי שקרה בעבר (ערבוב אנכי של 640 מ' בחורף 1999-2000 ו-850 מ' בחורף 1991-1992). כמו כן, הערבוב העמוק ב-2005 לא הביא לפריחה חזקה של פיטופלנקטון ואצות, כפי שקרה באביב 1992 ו-2000. נראה שמשך הערבוב בחורף 2005 היה גם קצר יחסית וגם רדוד יותר מהערבוב בשנים 1992 ו-2000, דבר שהגביל את כמות החנקן שהועלה ו"דישן" את השכבה המוארת, כפי שנראה בביורור בפרופילים האנכיים של ריכוזי הנוטריינטים. השפעתו המרכזית של הערבוב האנכי בחורף על האקולוגיה של צפון מפרץ אילת תלויה הן בעומק הערבוב והן במשכו.

9. מאז שנת 2001 ועד היום לא נצפתה מגמת שינוי ברורה בריכוז הפוספאט והסיליקה במי העומק. יש לציין כי השינויים הצפויים בריכוזי הפוספט יחסית לשינויים שנצפו בניטראט הם בגבול הרגישות, וריכוזי הסיליקה גבוהים משמעותית מריכוזיהם בתחילת שנות התשעים.

10. ריכוז הכלורופיל וטמפרטורת מי השטח בקרבת שונית האלמוגים, הנמדדים מידי יום מזה 18 שנה, אינם מראים מגמת שינוי.

11. משטר הזרימה בקרבת המכון הבין-אוניברסיטאי היה דומה לזה שתועד באותו אתר בעבר, למעט העובדה שחילוף הזרם (מזרם לכוון צפון לזרם לכוון דרום) התרחש כחודש וחצי מאוחר יותר מאשר ב-2004 (בתחילת מרץ לעומת ינואר) וכחודש מאוחר יותר בהשוואה לשנים 1989-1993. הדבר מעיד על תנודות במשטר הזרימה בצפון המפרץ בסוף עונת החורף.

### א.3. תקציר באנגלית, English Abstract

#### The Israel National Monitoring Program at the Northern Gulf of Aqaba Funded by the Israel Ministry of the Environment Scientific report 2005

Prof. Amatzia Genin, Scientific Director  
Dr. Yonathan Shaked, Program Manager  
(March, 2006)

#### Introduction

This report describes the work and results of the Israel National Monitoring Program at the Gulf of Aqaba (NMP) in 2005. It is divided into chapters according to the various fields and methods covered by the 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 more comprehensive description of the methods used is given in the NMP annual scientific report of 2003.

This year's results could be examined, for the first time, in light of previous results collected by the NMP using similar methods by the same team. This ability provides increased analytical power and confidence in our findings. Accordingly, we chose not to repeat comparisons of the present results with historical data that were collected by previous workers with different methods. 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 Israel Ministry of the Environment's web-site: [www.sviva.gov.il](http://www.sviva.gov.il). The raw data can be obtained through the NMP web-site: [www.inm-eilat.org.il](http://www.inm-eilat.org.il).

#### Key findings

##### The coral reefs of Eilat

1. The numerous proxies to coral reef health collected by the NMP in 2005 do not indicate, when compared to the data collected from previous NMP results, a statistically significant change in the state of the reefs of Eilat. Nevertheless, most of the individual parameters are negative, indicating a possible, yet non-significant decline of the reef. Perhaps the elapsed time since the beginning of the NMP is not long enough to distinguish significant trends in reefs, considering their great natural variability. This is only the second year in which the NMP is operating at its full capacity, while ecological reef processes operate on a time scale of years and decades.

Despite the absence of ecological indications for growth and recovery, a major crisis did not occur in 2005. Most of the data is upsetting, but the statistical examination dictates caution when jumping to conclusions. A longer period of careful observations is required before significant conclusions can be reached. From the bulk of available data it seems that the reefs in Eilat are presently under stress. Here are some of the findings:

- In seven out of the eight sites examined we noted a rise in the ratio of area covered by recently dead corals to live coral cover, as a function of total live coverage.

- Re-examination of reef sites through repetitive photography (photo sessions separated by a one year interval) we found a decline in the abundance of most existing coral genera at most sites. This is accompanied by a decline in the total area covered by live corals in the fixed-site repetitive photographic survey.
  - Careful analysis of the fixed-site photographic re-survey indicates that most of the coral mortality occurs within small (young) coral colonies.
  - In 2005 some recovery of crinoids (feather stars) was noted, and a survey of macro-algae in the reef indicates that the reef grazers continue to effectively repress the proliferation of macro-algae in the reef.
- 
2. Live coral cover in the Eilat reefs varies a great deal from site to site. This variance closely follows the distribution of substrate-type in each site: a relatively high live coral cover is found where more of the sea floor is composed of hard rocky substrate.
  3. There is a significant correlation between the live coral cover and the density of coral colonies. Nevertheless, there is a significant negative correlation between the fraction of small colonies and the efficiency of substrate utilization (ratio of live cover to consolidated rocky substrate) by the reef. The larger the fraction of small colonies in the reef, the smaller the fraction of consolidated substrate that is covered by corals. More than that, from the fixed-site photographic survey we learn that small colonies contribute but little to the total live coral cover: some 70% of the photographed colonies are smaller than 20cm<sup>2</sup>, and these account for about 20% of the total live area. Some 60% of the live coral area is taken by a quarter of the coral colonies, those in the middle size range, 20-200cm<sup>2</sup>. Since in Eilat smaller colonies are more susceptible to stress (suffered relatively higher death rates) it seems that the reefs in which small colonies dominate are especially vulnerable to environmental stress.
  4. A long-term decrease in dissolved oxygen concentration and increase in pH and alkalinity measured in the lagoon of the Nature Reserve Reef continued in the year 2005. While the decrease in dissolved oxygen may stem from changes occurring in the open sea, increasing pH and alkalinity indicate decreasing net calcification in the reef. The decrease in net calcification may be attributed to a decline in calcification by reef organisms or an increase in calcium-carbonate dissolution. While 2005 saw a slight recovery compared to 2004, the values of dissolved oxygen concentration and net calcification are still significantly lower than measured in preceding years and are grim indicators of the state of the reef.

#### Coastal water

5. Several anomalous nutrient concentrations were noted at the northern coastal sampling sites, near the fish farms and off-shore from the Navy base/Hotel Le Meridien. These were exceptionally high compared to the mostly uniform concentrations at the southern stations and the Open Sea. Since high concentrations were not measured at other stations and since most nutrients, and especially ammonium, are rapidly utilized by plankton, these locally high concentrations indicate “point sources” of nutrient pollution. The water sampled off-shore from the Navy/Le Meridien was characterized by a high silicate concentration and low salinity. The likely source is brackish ground-water that is



pumped through the Hotel Le Meridien's cooling system and into the sea. It is harder to pinpoint the polluting source at the northern beach, mainly because of the proximity of two known sources: the aquaculture fish farms and the outlet of the Kinet Channel. From measurements conducted in 2004 as well as the conclusions of the IET project we concluded that the fish farms are the major nitrogen contributor (see the NMP 2004 scientific report). High concentrations of silicate measured on some occasions point to the Kinet Channel as an additional nutrient source.

6. An on going increase in dissolved oxygen concentration, alkalinity, and pH was measured near the surface of Eilat's coastal water. These findings correspond to ongoing eutrophication. Increased primary production may be responsible for elevated pH and dissolved oxygen concentration, and increased alkalinity corresponds to the increase in pH and may stem from a decrease in net calcification in the northern Gulf of Aqaba. Note that these proxies reflect regional scale processes and do not indicate specific point sources along the coast.

#### The open water column

7. Careful examination of chemical data collected by the NMP since September 2001 reveals a consistent trend in several environmentally significant parameters in the northern Gulf of Aqaba. The main findings include a decrease in dissolved oxygen concentration (10-20  $\mu\text{mol/liter}$ ), a rise in the pH ( $\sim 0.05$  pH units), and a rise in alkalinity ( $\sim 0.05$  mEq/kg). Dissolved oxygen concentration decreased in surface waters less than in the deep water, while the increase in alkalinity is greater in the surface water than in the deep water. A similar rise in pH and alkalinity was also noted in the coastal water, while the dissolved oxygen concentration increased in the coastal water.

Higher pH in the surface water and decreasing oxygen concentrations in the deep water probably reflect continuous eutrophication in the northern Gulf of Aqaba. Eutrophication may cause a decline in net calcification in the reef and shallow waters and thus to higher alkalinity values. Increased primary production, caused by eutrophication, increases transport of organic matter to the deep waters where its oxidation leads to a decrease in oxygen concentration. Decreased oxygen concentration in the surface water and elevated pH in the deep water are likely due to vertical mixing that entrains deep, oxygen-poor waters to the surface and transports high-alkalinity surface waters to the depth, which, in turn, leads to a rise in pH in the deep waters.

8. Dissolved inorganic nitrogen concentrations in the deep waters reached values higher than 7  $\mu\text{mol/liter}$  in 2005, the highest values measured since the late 1970's. The deep (600m) vertical mixing in the winter of 2005 did not bring about a significant decline in nitrate concentrations in the deep water as it did in the past (a mixed depth of 640m in 1999-2000, and 850m in 1991-1992). Neither did the vertical mixing of 2005 cause a strong phytoplankton and algal bloom, as was the case in 1992 and 2000. Monthly profiles of nutrient concentrations with depth indicate that the deep mixing in 2005 was shorter as well as shallower than that of the 1992 and 2000 episodes, limiting the amount of fertilizing nutrients entrained to the photic zone. Thus it seems that the ecological consequences of winter-time deep vertical mixing in the Gulf of Aqaba depend on the depth as well as the duration of the mixed layer.

9. Concentrations of phosphate and silicate in the deep waters of the gulf seem to be stable in past few years (since 2001). It should be noted, however, that anticipated changes in phosphate concentrations corresponding to the changes in nitrate concentrations will be at the detection limit, and that silicate concentrations are significantly higher today relative to the early 1990's.

10. Chlorophyll a concentrations and surface temperatures near the Nature Reserve coral reef in Eilat remain stable in the past 18 years in which regular measurements are conducted.

11. Flow regime near the IUI in 2005 resembles the pattern measured there in the past, but the change in flow direction (from a northern to a southern current) occurred approximately a month and a half later than it did in 2004 (early March versus January) and approximately a month later than it did in 1989-1993.

## 4. המלצות

I. מגמת האאוטרופיקציה באזור צפון המפרץ מחייבת נקיטת פעולה אפקטיבית "רוחבית" של הפסקת כניסתו של חנקן אנתרופוגני למימי צפון המפרץ, בפרט ממקורות משמעותיים ידועים דוגמת כלובי הדגים, תעלת הקינט ומלון מרידיאן.

II. כאמור לעיל, המדידות המעידות על הידרדרות השונית, גם אם אינן מובהקות סטטיסטית, מדאיגות. עובדה זו מחזקת את המלצתנו בדו"ח הניטור של שנת 2004 הקוראת לפעילות מחקרית נמרצת למציאת הסיבה (או הסיבות) להידרדרות השונית. לשם כך הננו ממליצים לצאת בקול קורא למחקרים ייעודיים (ad hoc) אשר מטרתם תהייה לגלות את הסיבות הללו. מכיוון שעיקר ההידרדרות נמצאה בעומקים הרדודים הננו ממליצים שמחקרים אלה יתמקדו בשונית הרדודה.

III. העדויות המוצגות בדו"ח זה מצביעות על כך שהשונית באילת רגישה לעקות סביבתיות יותר מאשר שוניות רבות אחרות בעולם, מכיוון שהשונית האילתית נשלטת על ידי אלמוגים קטנים שהם הפגיעים ביותר ובעלי השרידות הנמוכה ביותר. לכן הננו קוראים למשנה זהירות בתהליכי בחינתן של יוזמות חדשות בסביבת אילת, כגון "אקוואריה", הגדלת מתקן ההתפלה ובניית תעלת הימים. כל יוזמה בסדר גודל כזה עלולה לשנות את התנאים הסביבתיים בצפון המפרץ ובכך להשפיע על השונית. בהינתן לחצי הפיתוח הנרחבים בסביבת מפרץ אילת, מחד, ורגישותה של מערכת השונית ומורכבותה, מאידך, הננו ממליצים להקים וועדה מקצועית מתמדת (יכולה להיקרא "הועדה לים סוף וסביבתו") אשר תורכב ממומחים במגוון תחומים (אקולוגיה, פיסיקה, כימיה) ותפקידה יהיה לבחון את ההיבטים הסביבתיים האפשריים של כל יוזמה חדשה ולייעץ לוועדות התכנון ולמשרד לאיכות הסביבה, הן בשלבי התכנון הראשוני של כל יזמה והן בשלבי אישורה.

IV. זרמי הים באילת, כפי שתועדו בתכנית הניטור, מעידים על קשר דינאמי הדוק בין הסביבה הימית בתחומי ישראל לבין חלקי המפרץ שממזרח ומדרום. לרוות של יצורים ימיים, כמו גם חומרים מורחפים ומומסים מוסעים מצד לצד, הלוח וחזור. ניטור משותף עם ירדן ומצרים הינו הכרחי להבנה מעמיקה של הסביבה הימית בצפון המפרץ. תכנית הניטור הלאומית הורחבה לפני כשנתיים בעקבות פיתוחה של תכנית משותפת עם ירדן. הננו ממליצים על הידוק והרחבת שיתוף פעולה זה, כמו גם על פעולה נמרצת לצרוף מצרים לתכנית.

## ב. ניטור שונית האלמוגים

### ב.1. סקר חברת השונית

#### מטרה

אמדת השיפעה, מצב "הבריאות" ומבנה החברה בשלוש השוניות 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 אמדת פוטנציאל ההתיישבות בכל אתר.

#### שיטות

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

טבלה ב1: אתרי הדיגום והעומקים בהם נערכו חתכי קו במהלך קיץ 2005.

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	5,10,20
קצא"א (בין המזחים)	KATZAA	34°56'.04	29°31'.37	10, 20

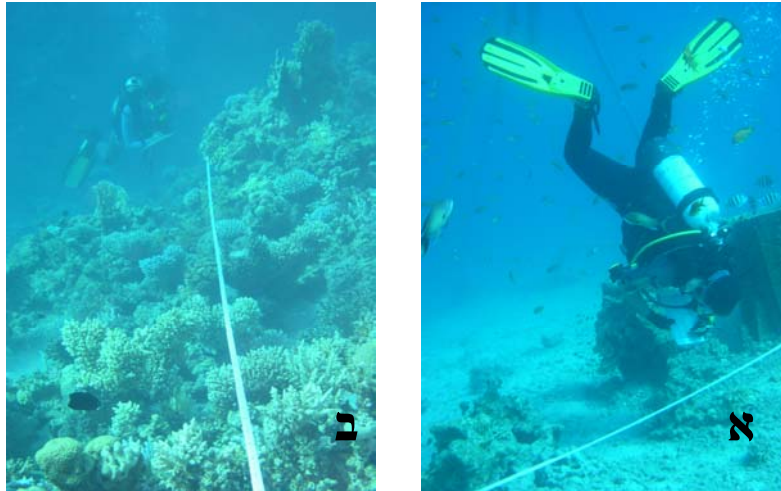
סקר חברת האלמוגים נעשה באמצעות שיטת חתכי הקו שפותחה על-ידי Loya et al. (1972). בכל אתר גיאוגרפי נפרש סרט מדידה מנקודת התחלה אקראית לאורך קו עומק כמפורט בטבלה ב1. לאורך סרט המדידה נבחרה מראש נקודת ההתחלה של החתך על-ידי מחולל מספרים אקראיים. מנקודה זו בוצעו חתכים עוקבים באורך 10 מטרים כל אחד, כשביניהם מפרידים מטרים ספורים. מספר החתכים בעומק נתון באתר גיאוגרפי נע בין 8 ל-11. 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 (ראה נספח 2. א לרשימת האלמוגים שנרשמו בכלל החתכים). 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 (S, M, L ו-H בהתאמה). עבור כל אלמוג תחת סרט המדידה התבצעה הערכה של אחוז החיות בהתחשב בכלל שטח המושבה. אחוז החיות של המושבה הוגדר כאחוז שטח המושבה שאינו מת, לבן או מכוסה באצות. מדד הבריאות (Health Index – HI) של כל אתר (= שילוב של מיקום גיאוגרפי עומק) חושב כמוצע אחוז החיות של כל המושבות שנמדדו 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.**

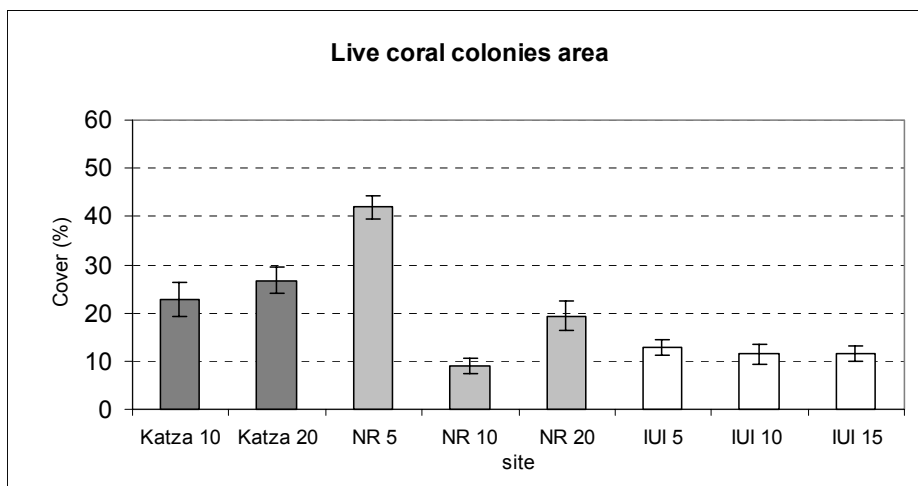
אתר דגום מוגדר כשילוב של מיקום גיאוגרפי ועומק. עבור כל אתר נמדדו אחוזי כיסוי האלמוגים החיים, כיסוי החול והסלע, מגוון האלמוגים ועושר המינים, בריאות חברת האלמוגים והתפלגות גודל המושבות. מגוון מינים חושב לפי מדד Shannon Wiener (משוואה ב1), כש-  $P_i$  הוא פרופורצית מספר המושבות של מין (או סוג)  $i$  מתוך סה"כ  $n$  המינים (או הסוגים) שנספרו.

$$H' = \sum_1^n P_i \cdot \ln(P_i) : 1 \text{ משוואה ב}$$

מדד מגוון זה נבחר מכיוון שהוא המדד בו השתמשו סוקרי השונית באילת בעבר (Loya 1972) וכך מתאפשרת השוואה בין נתונים שנאספים במסגרת תוכנית הניטור לנתונים שנאספו בעבר. הניתוח הסטטיסטי נעשה באמצעות תוכנת JMPIN 5.0.1 (SAS, NC USA). Error bars represent the standard error.

### תוצאות:

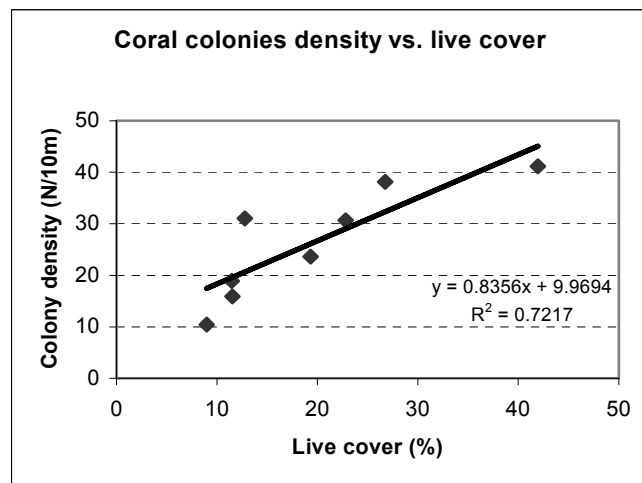
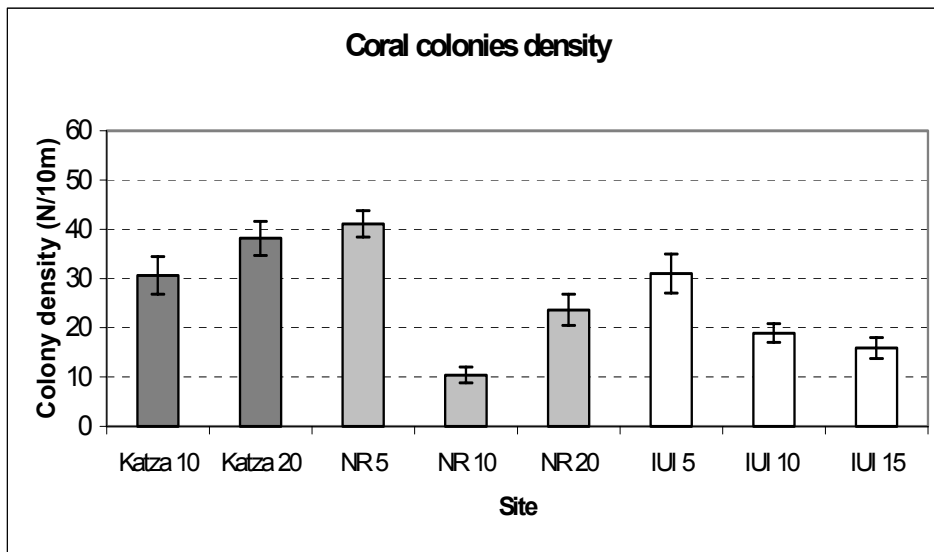
כיסוי האלמוגים הגדול ביותר נמצא בשונית הרדודה בשמורת האלמוגים (5-NR, 42%), והכיסוי הדל ביותר נמצא בעומק 10 מטרים גם כן בשמורה (10-NR, 9%). בין האתרים שנסקרו ישנם הבדלים גדולים (מקדם שונות (CV) = 57%) בשטח הכיסוי של אלמוגי אבן חיים (איור 3, טבלה 2), ומכאן שלא ניתן לקבוע "ערך מייצג" לכיסוי האלמוגים לאורך חופי המפרץ בשטח ישראל. מקדם השונות של כיסוי האלמוגים באתר כלשהו (שילוב של מיקום ועומק) נע בין 20% (5-NR) ל-62% (10-IUI). מקדם שונות גבוה מצביע על מידת כתמיותו של מיפזר האלמוגים באתר, ועל מגבלת דייקנותו (precision) של הערך הממוצע.



איור 3: 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).**

צפיפות מושבות האלמוגים הגדולה ביותר (מספר מושבות ממוצע בעשרה מטרים חתך) נמצאה ב-IUI-5, והקטנה ביותר ב-10-NR (איור 4 למעלה). בין אתרי המעבדה הימית נמצאו הבדלים במספר המושבות הממוצע בעשרה מטרים, בניגוד לאחוזי הכיסוי הדומים בכל העומקים. מספר המושבות הגדול ביותר במעבדה הימית נמצא בעומק 5 מטרים והקטן ביותר ב-15 מטרים. ממוצע מספר מושבות האלמוגים לעשרה מטרים באתר משקף באופן כללי את אחוז הכיסוי החי באתר (איור 4 למטה).

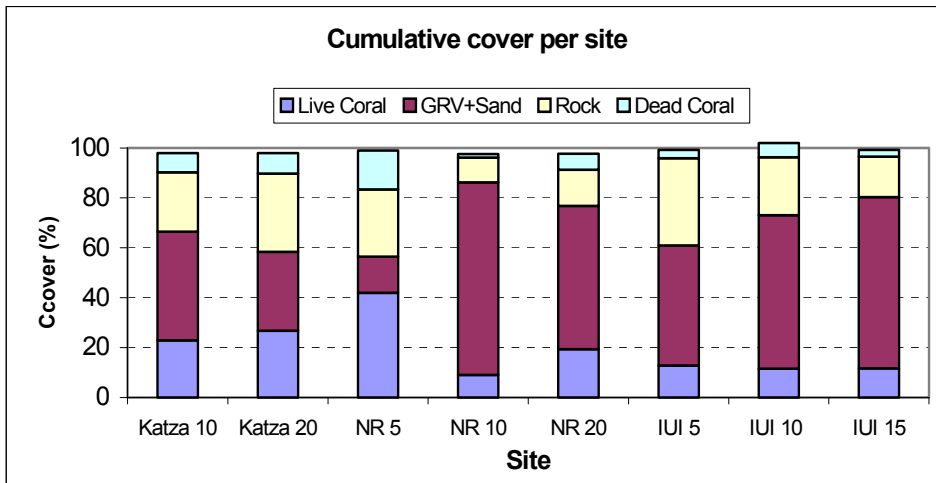


איור 4 למעלה: מספר מושבות האלמוגים הממוצע בעשרה מטרים. למטה: מספר מושבות האלמוגים הממוצע כנגד אחוז הכיסוי החי.

**Figure B4: The average number of coral colonies per ten meters (top) and the average number of colonies versus live cover (bottom).**

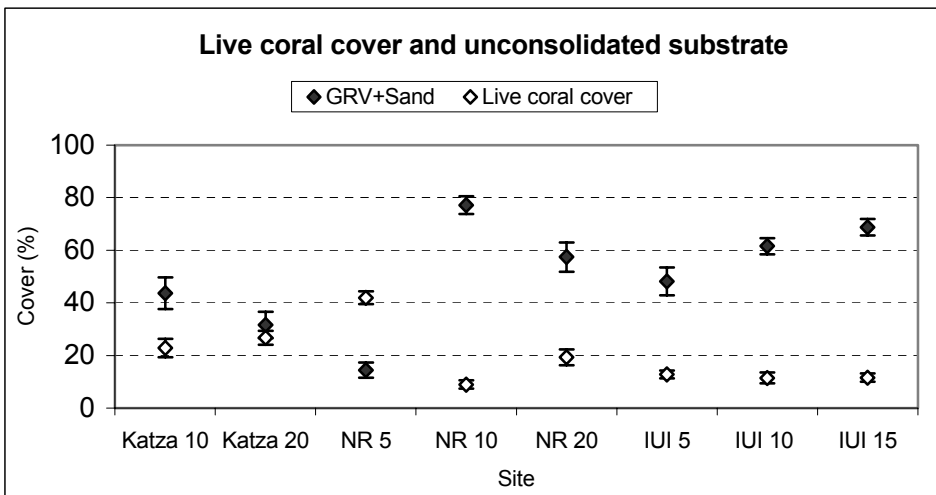
בין האתרים הנסקרים נמצאו גם הבדלים גדולים בהתפלגות סוג המצע עליו עשויים אלמוגים להתיישב (איור 5). מקדם השונות של אחוז כיסוי האלמוגים החיים בין חתכים שונים באותו אתר עוקב אחר כמות המצע ה"לא מלוכד" (non-consolidated) הכולל חול וחצץ. מקדם שונות גבוה נמצא גם עבור אחוז הכיסוי של סוגי המצע, דבר המצביע על אופי "כתמי" של השונית (טבלה 2). נמצאה התאמה הפוכה בין אחוז הקרקעית החולית ובין כיסוי האלמוגים החיים ומספר המושבות הממוצע: באתרים בעלי אופי כתמי וריבוי של מצע לא מלוכד כיסוי האלמוגים נמוך יחסית (איור 6). נראה כי הבדלים באחוז הקרקע החולית בין האתרים מסבירים היטב הבדלים באחוז הכיסוי של אלמוגים חיים.





איור ב5: אחוזי הכיסוי המצטברים של אלמוגים, חול, סלע, ואלמוגים מתים. באתרים בהם אחוזי הכיסוי אינו מסתכמים ב- 100%, ישנו כיסוי נמוך של חסרי חוליות כגון שושנות ים, צדפות ענק ו/או ספוגים אשר לא מופיעים באיור זה. אחוזי הכיסוי הם ממוצע כל החתכים באותו אתר.

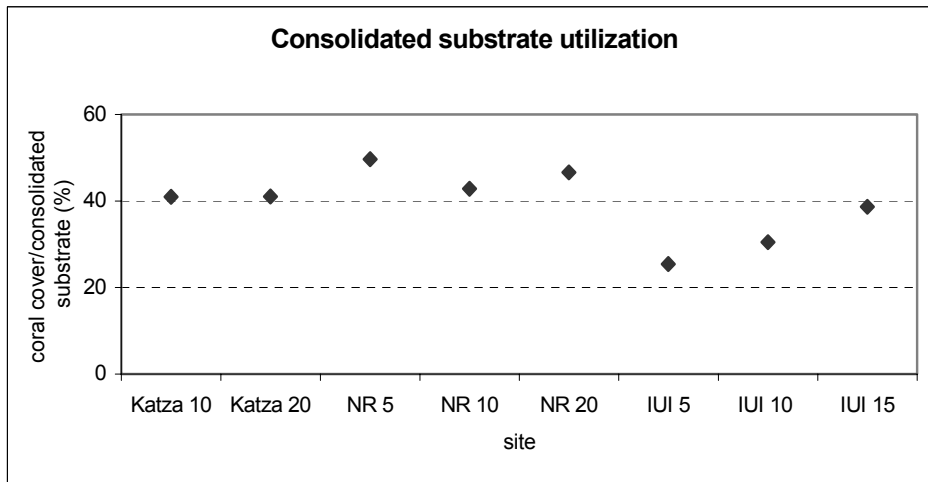
**Figure B5:** Cumulative percent cover of live corals, sand, rock and dead corals. In sites where cover does not add up to 100% the balance comprises invertebrates such as sea anemones, clams or sponges. The presented percent cover is an average on all transects at each site.



איור ב6: אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים ואחוז הקרקע החולית באתרים השונים.

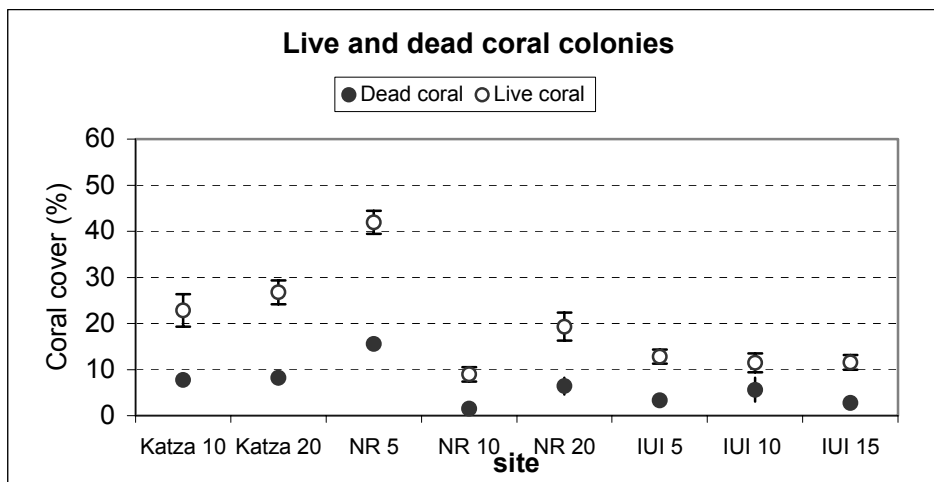
**Figure B6:** Percent live stony coral coverage and sandy sea bottom in the sites examined.

בכל האתרים, לבד מאתרי IUI הרדודים, ניצול המצע המתאים להתיישבות נע בין 40% ל- 50% (איור ב7). באתרי ה-IUI הרדודים (10 ו-5 מטרים) ניצול השטח המתאים להתיישבות נמוך יותר, ויחס המצע המלוכד למצע החולי אינו מכתיב את כיסוי האלמוגים שם.



איור ב7: אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים מתוך סך הקרקע הסלעית בכל אתר. אחוזים אלה מורים עד כמה הקרקע הזמינה לאלמוגים מכוסה באלמוגים.

**Figure B7: Percent 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.**



איור ב8: אחוז הכיסוי של אלמוגי אבן חיים ואחוז הכיסוי של אלמוגים מתים באתרים השונים.

**Figure B8: Percent live stony coral coverage and stony coral skeleton coverage in the sites examined.**

נמצאה התאמה בין שינוי באחוז הכיסוי החי ובין השינוי באחוז הכיסוי של אלמוגים מתים (איור ב8) בכל האתרים. התאמה זו עשויה להצביע על העדר גורם מקומי המוביל לתמותה מוגברת. היחס בין השטח המכוסה אלמוגים מתים לשטח המכוסה אלמוגים חיים באתרים השונים נע בטווח צר של 0.24-0.37 עבור רוב האתרים. באתרים 10-NR ו-10-IUI נמדד יחס החורג מטווח זה (0.17, כיסוי מועט יחסית של אלמוגים מתים ו-0.49, כיסוי מת רב יחסית לכיסוי החי, בהתאמה). יש לשים לב לכך שבאתרים בהם אחוזי הכיסוי החי נמוכים ביותר יחס השטח המכוסה באלמוגים מתים לשטח המכוסה אלמוגים חיים נמוך גם הוא. תוצאה זו מחזקת את המסקנה שאחוזי הכיסוי החי הנמוכים עוקבים אחר אופי הקרקעית באתר ואחוז המצע המתאים להתיישבות, ואינם מצביעים על תמותה מוגברת של אלמוגים.

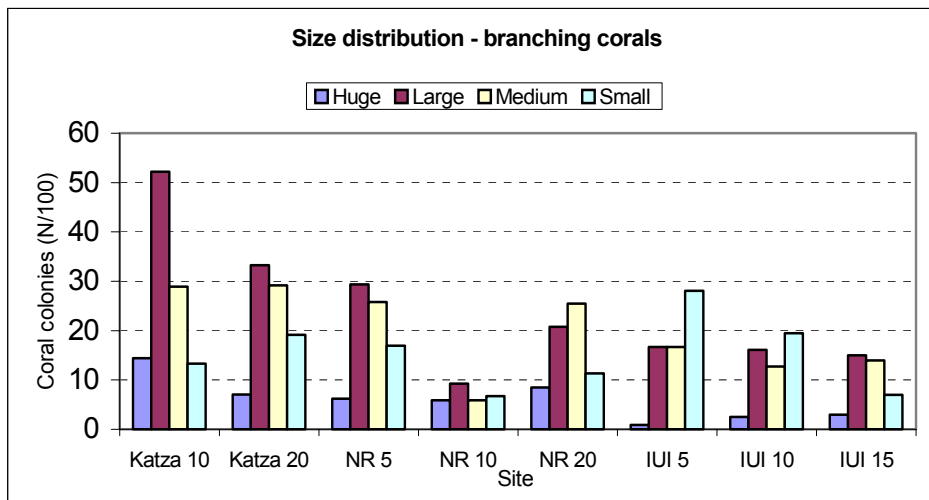
Site	Katza10	Katza20	NR 5	NR 10	NR 20	IUI 5	IUI 10	IUI 15
N_transects	9	10	11	12	11	12	12	10
Live coral (%)	22.8	26.8	41.9	9.0	19.3	12.8	11.5	11.6
SE	3.5	2.6	2.5	1.5	3.1	1.5	2.1	1.6
CV (%)	52.5	59.8	19.6	31.0	46.5	42.9	62.4	40.9
GRV+Sand (%)	43.7	31.6	14.4	77.2	57.4	48.2	61.6	68.7
SE	6.0	5.0	2.9	3.4	5.6	5.3	3.1	3.1
CV (%)	32.2	15.2	67.7	50.2	41.5	14.4	17.2	37.9
Rock (%)	23.7	31.4	27.0	9.9	14.5	34.9	23.2	16.2
SE	3.6	3.8	2.6	1.8	1.5	3.9	3.2	2.3
CV (%)	35.1	61.5	31.8	38.0	45.3	45.6	47.5	39.1
Dead Coral (%)	7.8	8.2	15.6	1.5	6.4	3.3	5.6	2.7
SE	1.3	1.4	1.0	0.6	1.8	0.6	2.6	0.7
CV (%)	93.5	139.1	22.1	53.3	49.7	76.3	159.9	65.7
Sponge %	1.0	2.7	1.5	4.4	0.1	0.8	2.5	4.6
SE	0.7	0.7	0.4	3.6	0.0	0.8	1.7	3.2
CV (%)	127.3	285.2	99.9	84.2	220.0	218.4	237.3	346.4
Octocoral %	4.7	3.6	0.8	24.6	11.0	4.4	8.6	4.4
SE	1.7	1.4	0.3	6.1	4.2	1.0	3.2	3.1
CV (%)	126.3	86.1	124.7	120.1	106.6	220.2	130.5	76.3
N_colonies/10m	30.6	38.1	41.1	10.4	23.6	31.0	18.9	15.9
SE	3.8	3.4	2.7	1.6	3.2	4.0	1.9	2.1

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

**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 errors and variance coefficient.**

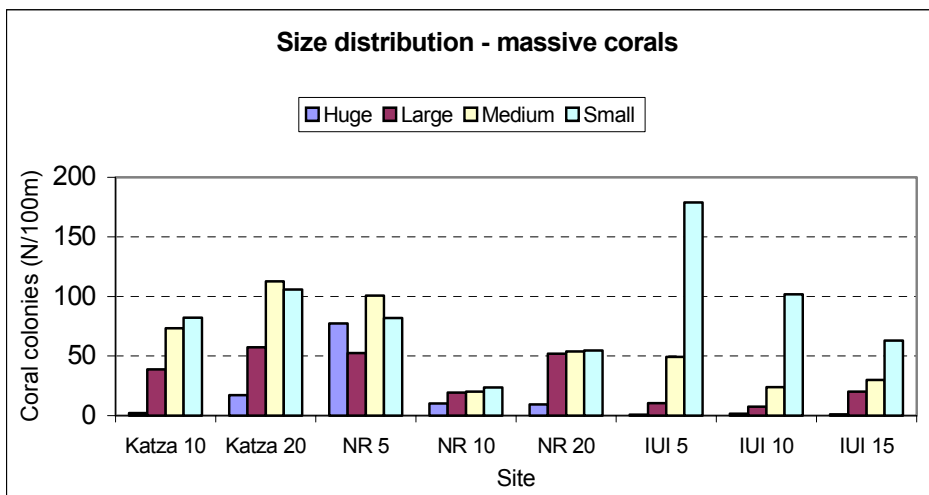
הגודל הנפוץ ביותר של מושבות אלמוגים מעונפים ברוב האתרים הוא "גדול" (חלוקה לגדלים לפי המפתח: מושבות קטנות, Small >5 ס"מ, בינוניות, Medium >15 ס"מ, גדולות >30 ס"מ, וגדולות מאד Huge <30 ס"מ, איור ב9). יוצאים מן הכלל האתרים IUI 5 ו-10 שם נפוצות ביותר מושבות "קטנות", ו-NR-20 שם מספר המושבות ה"בינוניות" הוא הרב ביותר. לגבי אלמוגים גושיים, גדל המושבות הנפוץ ביותר הוא "קטן" כשרק באתרים NR-5 ו-KATZA-20 נפוצות ביותר מושבות אלמוגים גושיים בגודל "בינוני" (איור ב10).

ההבדל בגדלים בין האלמוגים הגושיים למעונפים נובע, קרוב לוודאי, מקצב הגדילה המהיר יחסית של האלמוגים המעונפים. שכיחות גבוהה של מושבות קטנות עשויה להצביע על שרידות נמוכה של אלמוגים לאחר התיישבותם, כאשר המצב קשה ביותר באתרי IUI הרדודים שם מספר המושבות הקטנות גדול בהרבה מהמספר היחסי של מושבות קטנות באתרים אחרים, הן עבור האלמוגים הגושיים והן עבור המעונפים. מאידך, עשויה שכיחות גבוהה של מושבות קטנות להצביע על גיוס מוגבר של מושבות אלמוגים לשוניית. מתאם שלילי בין אחוז המושבות הקטנות מסך מושבות האלמוגים באתר ובין אחוז הניצול של מצע קשה על ידי אלמוגים (איור ב11) פוסל אפשרות זו ומצביע על עקה מתמשכת ושרידות נמוכה של מושבות אלמוגים.



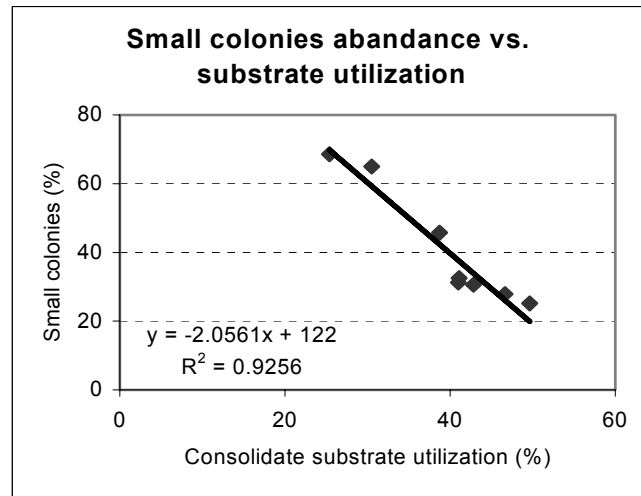
איור ב9: התפלגות גודל מושבות האלמוגים המעונפים באתרים הנסקרים. חלוקת הגדלים לפי המפתח הבא: Small < 5 ס"מ; 5 ס"מ < Medium < 15 ס"מ; 15 ס"מ < Large < 30 ס"מ; Huge > 30 ס"מ. המספרים מנורמלים לאורך קו של 100 מטרים.

Figure B9: 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.



איור ב10: התפלגות גודל מושבות האלמוגים הגושיים 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.

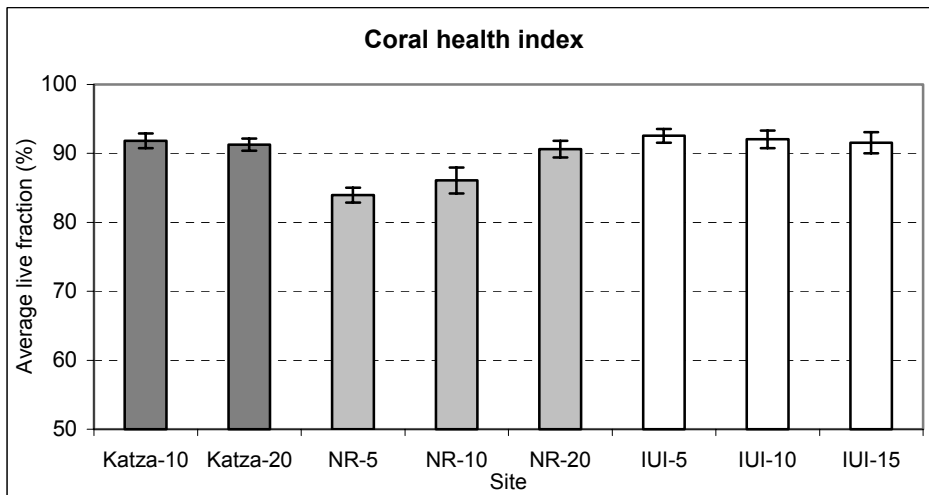
Figure B10: size distribution of massive coral colonies in the surveyed sites. Sizes are: Small < 5 cm; 5 cm < Medium < 15 cm; 15 cm < Large < 30 cm; Huge > 30 cm. The number of colonies is normalized to a transect length of 100 meters.



איור ב11: אחוז מושבות האלמוגים הקטנות מסך כל מושבות האלמוגים באתר כנגד אחוזי הניצול של מצע קשה המתאים להתיישבות אלמוגים (אחוז הכיסוי החי/אחוז המצע הקשה).

**Figure B11: The percent fraction of small coral colonies versus the fraction of available substrate that is utilized by corals (% live cover/% consolidated substrate).**

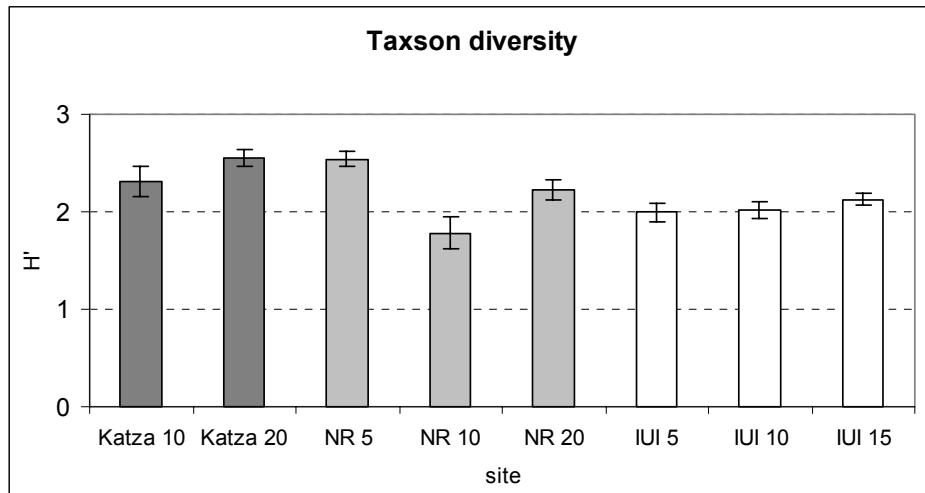
בין האתרים נמצאו הבדלים קטנים במדד הבריאות (HI) הממוצע של אלמוגים חיים, המוגדר כאחוז השטח הבריא מסך שטח המושבה (איור ב12). מדד הבריאות הממוצע באתר נע בין 84% (NR-5) ל-93% (5-IUI), ומדד הבריאות הממוצע של אלמוגים חיים בכל האתרים הוא 90%. במילים אחרות, בכל האלמוגים החיים באתרי הניטור 90% בממוצע משטח המושבה חי ובריא.



איור ב12: מדד הבריאות הממוצע של אלמוגים באתרים השונים. מדד הבריאות של מושבת אלמוגים הוא אחוז השטח החי/בריא מסך שטח המושבה.

**Figure B12: The average health index (HI) for corals in the surveyed sites. The health index is the percent area of live/healthy coral tissue out of the total colony area.**

מגוון המינים ( $H'$ ) הגבוה ביותר נמצא באתרים 5-NR ו 10-Katza. המגוון הנמוך ביותר נמצא באתר 10-NR. בסה"כ מגוון המינים על פי מדד Shanon-Wiener דומה בין האתרים, ונע בטווח של 1.8-2.5 (איור ב13). יש לציין כי למרות שערך מדד מגוון המינים דומה בין האתרים, חברת האלמוגים באתרים השונים אינה זהה.



איור ב13: מגוון המינים והסוגים ממוצע של אלמוגים באתרים השונים, לפי מדד Shanon-Wiener, משוואה 11 (ראה בנספחים).

Figure B13: The average diversity of coral genera and species in the surveyed sites (see appendix). The species diversity index follows the Shanon-Wiener index, eq. B1.

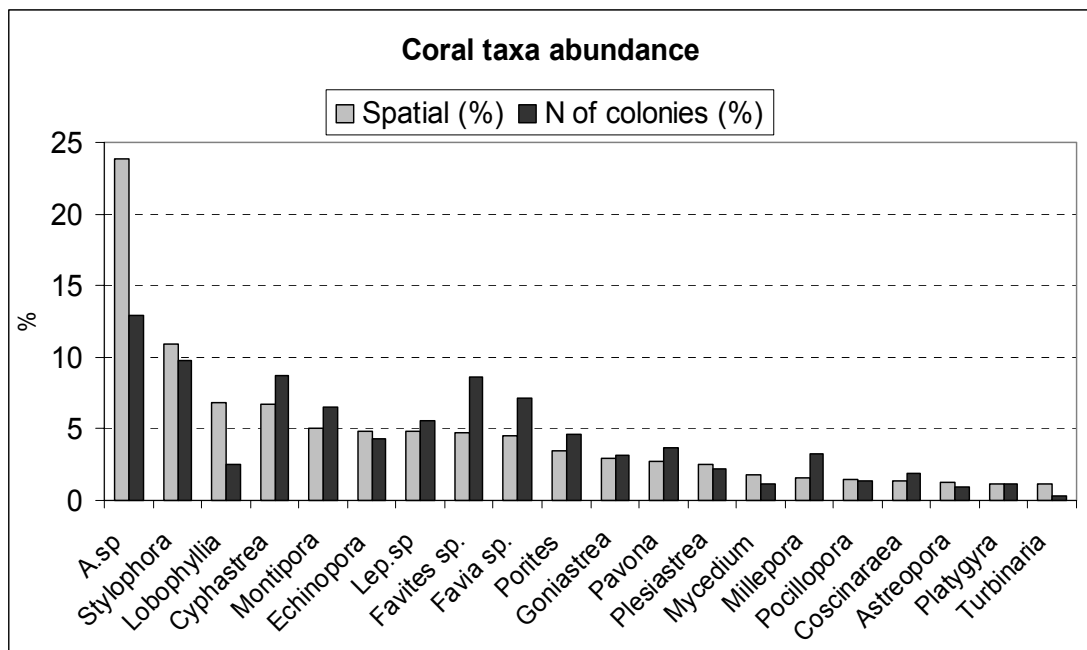
עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר בשטח הניטור מופיעים באיור ב14 לפי סדר אחוז הכיסוי של סוגים אלה ביחס לשאר האלמוגים ולפי מספר המושבות שנספרו מכל סוג. נראה כי למרות שאלמוגי *Acropora* מהווים את חלק הארי מסך הכיסוי של אלמוגים חיים, חברת האלמוגים באילת מגוונות ואין בה סוג דומיננטי באופן בולט. טבלה ב3 מציגה את עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים בשטח הניטור ואת אחוזי הכיסוי שלהם בכל אתר.

#### השוואה עם נתוני העבר

שנת הניטור הקודמת (2004) היא השנה הראשונה בה נאספו נתונים לגבי מגוון מדדים להערכת מצב השוניות לאורך חופי אילת באופן שיטתי. נתוני הניטור משנת 2004 הושוו לנתונים שנאספו בזמנים שונים ובמסגרת מחקרים שונים בעבר, ובפרט לסקרים אקולוגיים של השוניות אשר נערכו בשנת 1969-70 על ידי פרופ' יוסי לוייה (Loya 1971) ועל ידי ד"ר אביגדור אבולסון (Abelson, 1987) בשמורת חוף אלמוג. השאלה עליה ניסינו לענות הייתה האם אחוזי הכיסוי הנמוכים בשוניות אילת הם מאפיין טבעי באזור, או האם הם תוצאה של הידרדרות המושפעת מפעילות אנושית בשנים האחרונות. ההשוואה בין תוצאות סקר הניטור (2004) ובין הסקרים הקודמים לה מוגבלת באמינותה בעיקר עקב אי ודאות לגבי מיקום האתרים הנסקרים ועקב הבדלים בשיטות הסקר ובפרט באופי החזרות על חתכים קווים באתר. השוונות הגבוהה בין אתרים ובתוך אתרים כפי שהשתקפה בנתוני הניטור 2004 ובשנת הניטור הנוכחית מלמדת כי בהעדר התאמה מוחלטת בין מיקום האתרים ושיטות פריסת הקווים השוואה בין הסקרים עשויה להניב תוצאות מטעות. בכל זאת נראה היה כי חברת השוניות באזור השמורה השתנתה באופן משמעותי מאז 1985, ואחוז הכיסוי החי ומספר המושבות באזור הרדוד (חמישה מטרים) ירד בשנים אלה ירידה חדה בעוד שבסך הכל בהתחשב בכל האתרים לא נמצאו שינויים מובהקים במצב השוניות (דו"ח תוכנית הניטור הלאומית, 2004). נתוני שנת הניטור הנוכחית (2005) מוצגים כעת לאורם של נתוני שנת הניטור הקודמת (2004). בשתי

השנים נאספו הנתונים על ידי צוות הניטור הלאומי בשיטות זהות ובאותם אתרים. השוואה זו באה לבחון שינויים בין השנים במגוון המדדים הנסקרים. יש לציין כי על פני השטח הנבחן ומורכבות המערכת יש לצפות כי שינויים שנתיים יהיו קטנים, מלבד במקרים של אסונות מובהקים. בנוסף לכך, משרעת התנודות הטבעית של מערכת השונית באילת אינה ידועה כל צורכה. חשוב להדגיש כי רק מעקב שיטתי לאורך זמן רב ייתן מושג מדויק לגבי מגמות רב-שנתיות בשונית. יחד עם זאת, מוצגת כאן לראשונה השוואה מדוקדקת ראשונה של מדדי מצב השונית באילת בשני מחזורים שנתיים עוקבים.

אחוז כיסוי האלמוגים החי לאורך חופי ישראל במפרץ אילת לא השתנה באופן מובהק בין השנים 2004 ו-2005 (איור ב15). באופן פרטני ניתן להבחין כי בכל האתרים נמצאו הבדלים באחוז הכיסוי, כאשר ברובם נמדדו ב-2005 אחוזי כיסוי גבוהים מעט מאשר ב-2004. יוצא מן הכלל האתר 20-NR, בו נמדד השנה אחוז כיסוי נמוך ביותר מעשרה אחוזים בהשוואה לשנה שעברה. מבחן Two-way ANOVA להערכת מובהקות השינוי באחוז הכיסוי החי בין השנים, בין האתרים, ובין השינויים השנתיים בין אתרים מצא עבור שנים:  $P=0.77$ ; עבור אתרים  $P<0.001$ ; עבור שינוי שנתי בין אתרים  $P<0.001$ .



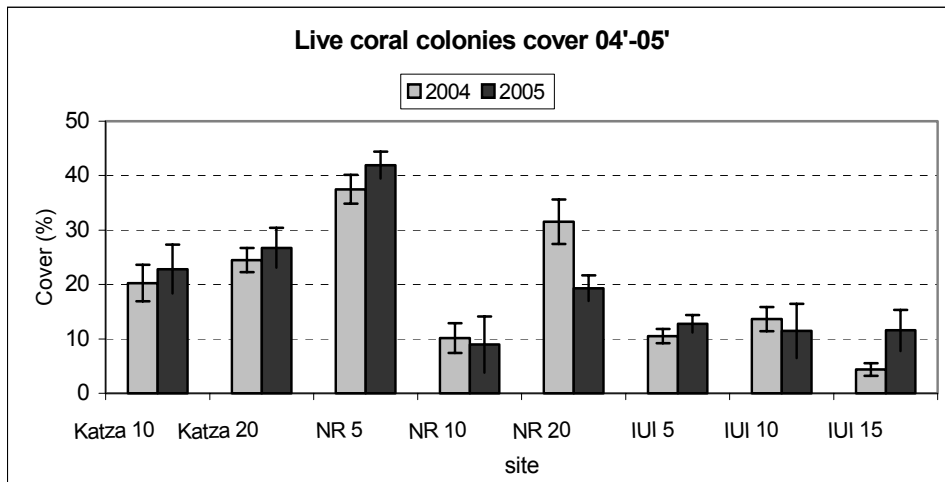
איור ב14: עשרים האלמוגים הנפוצים ביותר באזור הניטור מסודרים לפי שטח (באחוזים מכלל הכיסוי החי) ומספר המושבות מאותו הסוג (באחוזים מכלל המושבות).

**Figure B14: The twenty most abundant corals in the surveyed area. Ranked according to their spatial fraction out of the total live coverage, and the number of colonies according to taxa.**

Species	% cover out of total transect length per site							
	Katza-10	Katza-20	NR-5	NR-10	NR-20	IUI-5	IUI-10	IUI-15
<i>Acropora spp.</i>	11.2	6.1	7.0	2.4	7.0	1.5	0.8	2.3
<i>Stylophora spp.</i>	1.9	1.8	2.9	1.0	0.8	3.2	2.5	1.9
<i>Lobophyllia spp.</i>	0.1	0.9	8.8	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1
<i>Cyphastrea spp.</i>	1.0	1.0	1.6	0.3	0.9	1.3	3.2	1.0
<i>Montipora spp.</i>	1.1	1.6	1.1	0.4	2.4	0.2	0.2	1.1
<i>Echinopora spp.</i>	1.1	1.0	4.9	0.1	0.3	0.1	0.0	1.1
<i>Leptastrea spp.</i>	0.3	0.3	0.6	0.0	0.0	0.3	0.4	0.3
<i>Favites spp.</i>	1.2	2.0	1.2	0.3	0.6	0.3	0.7	1.2
<i>Favia spp.</i>	0.3	0.9	0.4	0.6	1.1	2.1	0.6	0.3
<i>Porites spp.</i>	0.6	1.9	0.2	0.1	1.1	0.3	0.3	0.6
<i>Goniastrea spp.</i>	0.4	0.3	2.2	0.3	0.6	0.5	0.1	0.4
<i>Pavona spp.</i>	1.0	2.8	0.3	0.0	0.2	0.0	0.1	1.0
<i>Plesiastrea spp.</i>	0.7	0.2	1.1	0.1	1.7	0.0	0.0	0.7
<i>Mycedium tubifex</i>	0.0	0.5	2.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
<i>Millepora spp.</i>	0.0	0.0	0.8	0.0	0.1	0.6	0.4	0.0
<i>Pocillopora spp.</i>	0.2	0.0	0.5	0.3	0.0	0.2	0.8	0.2
<i>Coscinaraea monile</i>	0.1	0.5	0.1	0.2	0.1	0.4	0.3	0.1
<i>Astreopora myriophthalma</i>	0.1	0.0	0.2	1.1	0.0	0.0	0.2	0.1
<i>Platygyra spp.</i>	0.1	0.5	0.3	0.1	0.2	0.0	0.1	0.1
<i>Turbinaria spp.</i>	0.0	0.2	0.0	1.0	0.1	0.4	0.0	0.0

טבלה ב3: עשרים סוגי ומיני האלמוגים הנפוצים (לפי שטח כיסוי) בשטח הניטור ואחוז הכיסוי הממוצע שלהם בכל אחד מאתרי הניטור. במקרים בהם נמצא רק מין אחד מאותו סוג נרשם המין.

**Table B3: The twenty most abundant (by area) corals in the monitored area and their average cover in each site as a percent fraction of the total transect length in each site. Where only one species was found it is listed, where several species of a coral genus are present, the genus name is provided.**

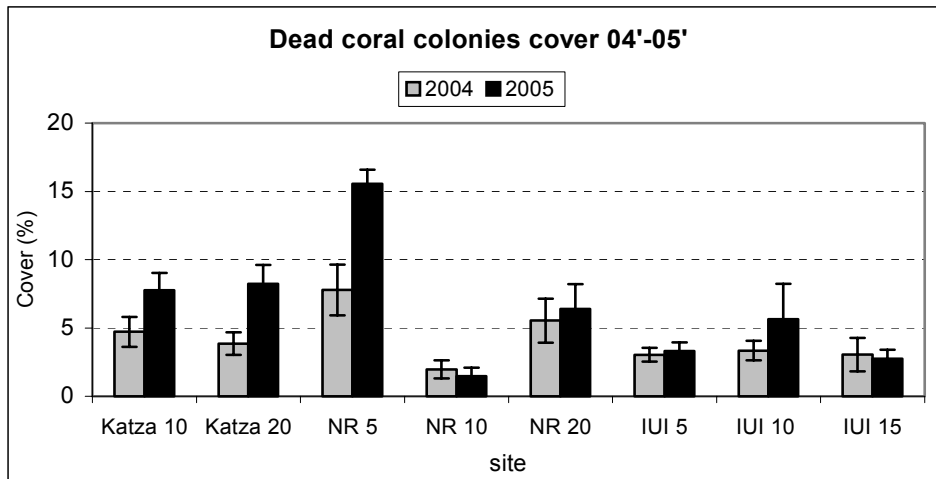


איור ב15: השוואה בין אחוז הכיסוי החי באתרים השונים בשנים 2004-2005. בסה"כ אין הבדל מובהק באחוז הכיסוי בין השנים ( $P=0.77$ ), ישנו הבדל מובהק באחוז הכיסוי בין האתרים ובין השינוי השנתי של אתרים שונים (Two-way ANOVA).

**Figure B15: Changes in live coral cover between 2004 and 2005. The overall variability in coral cover along the Israeli coast is non-significant ( $P=0.77$ ), while the variability between sites and in the yearly change per site is significant (Two-way ANOVA).**



באחוז הכיסוי של שלדי אלמוגים נמדדה עליה מובהקת בשנת 2005 בהשוואה ל-2004 (איור ב16). העלייה הגבוהה ביותר נמדדה באתר 5-NR, כאשר בשאר האתרים נמדדה עליה קטנה יותר, לבד מאשר באתרים 10-NR ו-15-IUI שם נמצאה ירידה קטנה (לא מובהקת) באחוז הכיסוי של אלמוגים מתים. (Two-way ANOVA,  $P=0.0011$  עבור סך כל השינוי בכיסוי שלדי האלמוגים בין השנים,  $P<0.001$  בין האתרים, ו- $P=0.023$  לשינוי השנתי בין האתרים). השינוי ביחס כיסוי שלדי אלמוגים לכיסוי אלמוגים חיים בסה"כ בין השנים 2004 ו-2005 אינו מובהק. תוצאות מבחן Two-way ANOVA המשווה יחס אלמוגים מתים לחיים בין השנים ובין האתרים נמצאו הערכים  $P=0.426$  עבור השנים,  $P=0.022$  בין האתרים, ו- $P=0.012$  עבור השינוי השנתי בין האתרים.



איור ב16: השוואה בין אחוזי הכיסוי של שלדי אלמוגים באתרים השונים בשנים 2004-2005. נמצא הבדל מובהק בסה"כ אחוזי הכיסוי של שלדים כמו גם בין אחוזי הכיסוי של שלדים בין האתרים ובשינוי שבאחוזי הכיסוי בין האתרים מ-2004 ל-2005 (Two-way ANOVA).

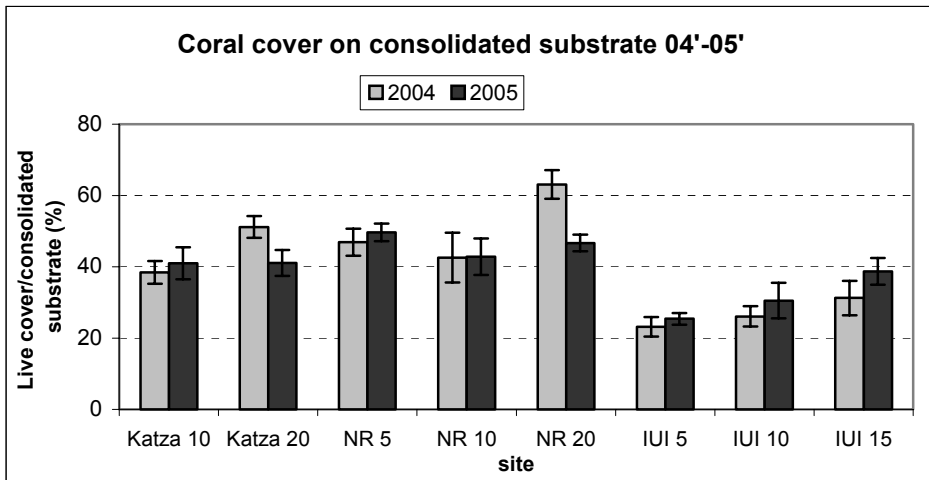
**Figure B16: Changes in dead coral cover between 2004 and 2005. The overall rise in coral cover along the Israeli coast is statistically significant, as is the variability between sites and in the yearly change per site (Two-way ANOVA).**

במידת הניצול של המצע המלוכד, המתאים להתיישבות אלמוגים, אין הבדל מובהק בין השנים 2004 ו-2005. באתרים 20-NR ו-20-Katzka נמדדה ירידה באחוז המצע הקשה המנוצל, ואילו בשאר האתרים נמצאה עליה (איור ב17). תוצאות מבחן Two-way ANOVA עבור ניצול המצע המלוכד הראוי להתיישבות [= אחוז כיסוי אלמוגים \ (אחוז הכיסוי + אחוז סלע חשוף + שלדי אלמוגים)] מראות שאין שינוי מובהק בין שנת 2004 ושנת 2005: עבור השנים  $P=0.72$ ; עבור אתרים  $P<0.001$ ; ועבור השינוי השנתי בין האתרים  $P=0.0503$ .

מדד הבריאות HI של אלמוגים באתרים השונים מראה כי ברוב האתרים חלה ירידה לא מובהקת באחוז השטח הבריא מכלל השטח של מושבות אלמוגים חיות (איור ב18). רק באתר 10-Katzka נמדדה עליה בממוצע אחוז השטח החי של מושבות האלמוגים. מבחן Two-way ANOVA מצא כי סך כל השינוי במדד הבריאות של אלמוגים בין השנים אינו מובהק ( $P=0.2409$ ), השינוי בין האתרים מובהק ( $P<0.0001$ ), והשינוי השנתי בין האתרים אינו מובהק ( $P=0.9275$ ).

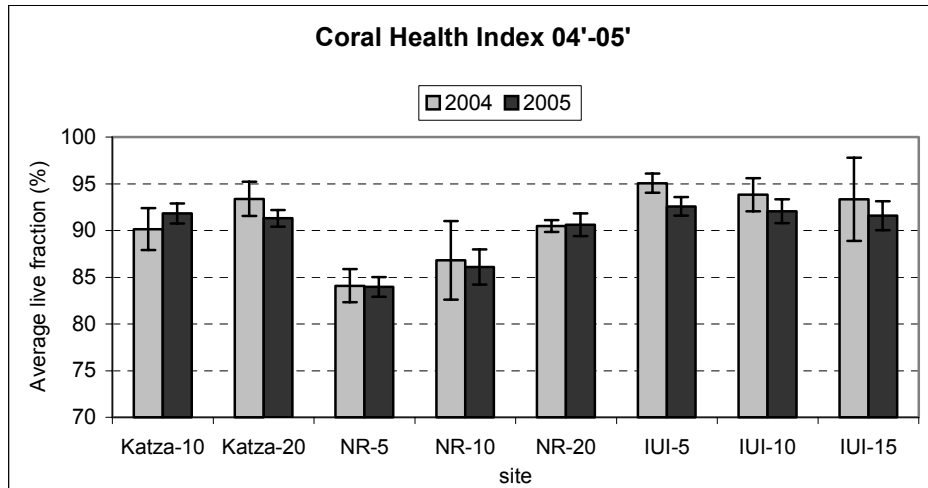
מגוון המינים, הנמדד לפי מדד Shannon-Wiener, עלה באתר 15-IUI בהשוואה לשנה הקודמת (2004), אך בשאר האתרים השינוי קטן (איור ב19). בסה"כ מגוון המינים בשטח הניטור לא השתנה באופן מובהק בין 2004 ל-2005 ( $P=0.194$ ), ההבדלים בין האתרים והשינוי השנתי בין האתרים מובהקים סטטיסטית ( $P<0.0001$ ) בשניהם (Two-way ANOVA).

חברת האלמוגים באילת לא השתנתה באופן מהותי בין 2004 ו-2005. שינויים בשכיחות הסוגים לפי שטח קטנים (איור ב20).



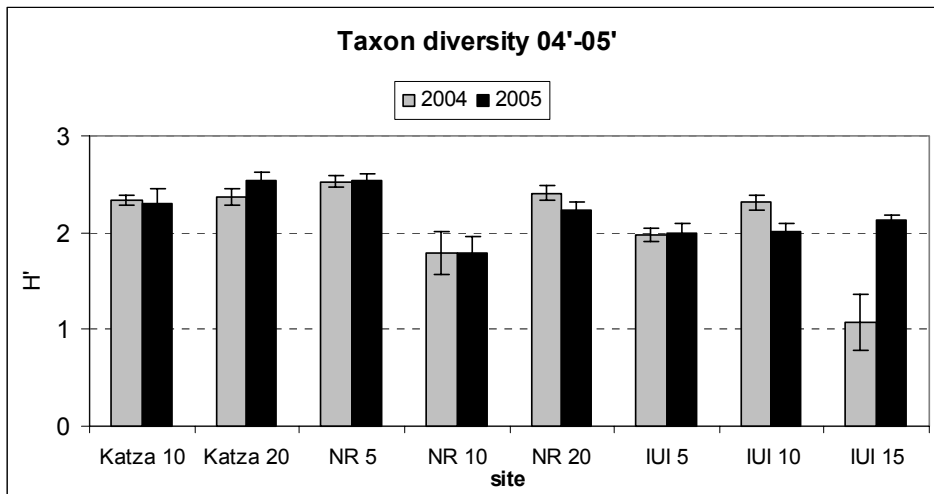
איור ב17: השוואה בין אחוז האלמוגים מתוך סך המצע המלוכד באתרים השונים בשנים 2004-2005. לא נמצא הבדל מובהק בסה"כ אחוזי ניצול המצע המלוכד בין השנים. השונות בין האתרים מובהקת ואילו השינוי השנתי בין האתרים גבולי (Two-way ANOVA).

**Figure B17:** Changes in percent coral cover on consolidated substrate between 2004 and 2005. The overall change in utilization of consolidated substrate between 2004 and 2005 is statistically non-significant. The variability between sites and in the yearly change per site (Two-way ANOVA) is significant.



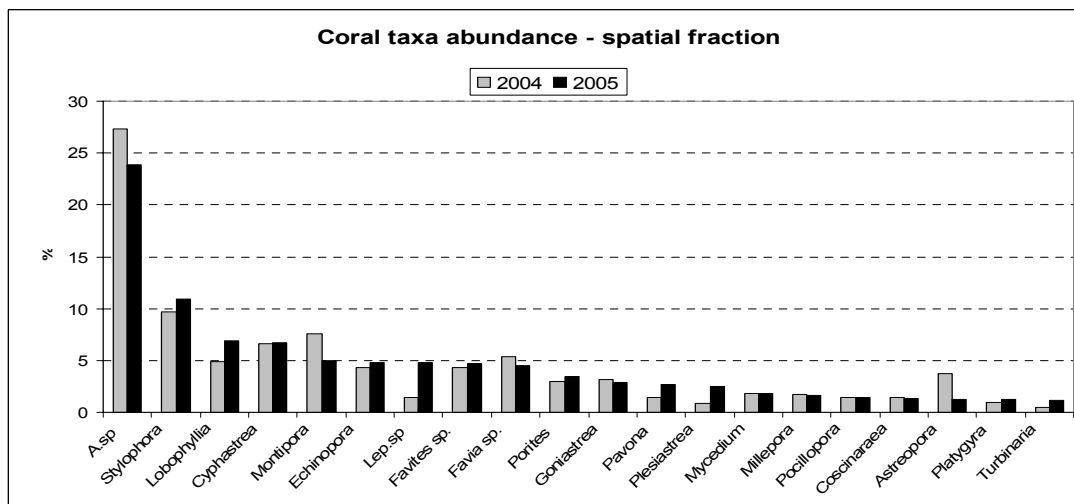
איור ב18: השוואה בין מדד הבריאות (ממוצע השטח החי במושבות האלמוגים באתר) באתרים השונים בין השנים 2004-2005. לא נמצא הבדל מובהק במדד הבריאות של אלמוגים בשטח הניטור בין השנים. השונות בין האתרים מובהקת ואילו השינוי השנתי בין האתרים אינו מובהק (Two-way ANOVA).

**Figure B18:** Changes in coral health index (average live fraction in a colony, given in percent) between 2004 and 2005. The overall change in coral health index between 2004 and 2005 is statistically non-significant. The variability between sites is significant, and the yearly change per site is non-significant (Two-way ANOVA).



איור ב19: השוואה בין מגוון המינים והסוגים (לפי מדד Shanon-Wiener, H') באתרים השונים בין השנים 2004-2005 (ראה נספחים). לא נמצא שינוי מובהק במגוון האלמוגים בשטח הניטור בין השנים. השונות בין האתרים והשינוי השנתי בין האתרים מובהקים (Two-way ANOVA).

Figure B19: Changes in coral diversity (Shanon-Wiener index, H') between 2004 and 2005 (see also appendix). The overall change in coral diversity between 2004 and 2005 is statistically non-significant. The variability between sites and the yearly change between sites are significant (Two-way ANOVA).

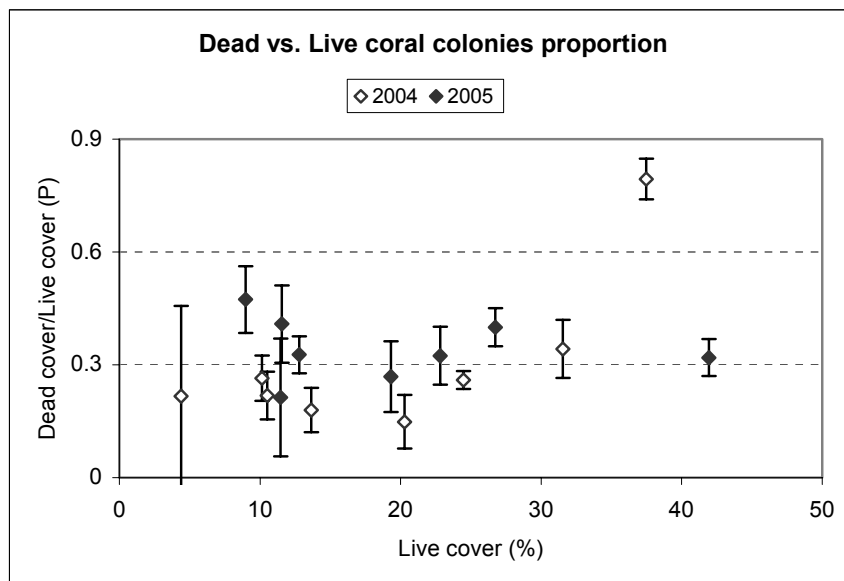


איור ב20: עשרים סוגי ומיני האלמוגים הנפוצים ביותר באזור הניטור (באחוזים מכלל הכיסוי החי) בשנת 2005 ושכיחותם ב-2004.

Figure B20: The twenty most abundant coral taxa in the surveyed area in 2005 ranked according to their spatial fraction and their abundance in 2004.

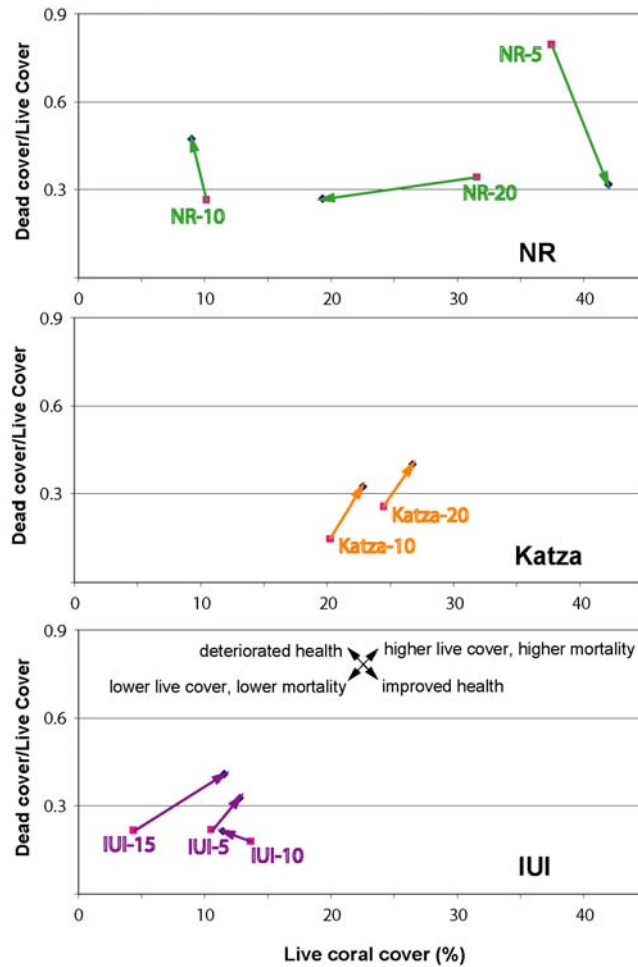
מגמות והערכות:

מתוך מדידה חוזרת של חתכים קווים באתרים קבועים ניתן להעריך משתנים אקולוגיים הקשורים לתפקוד השונית ולעקוב אחר שינויים בזמן במאפייני חברת שונית האלמוגים בשוניות הנמצאות בשטח ישראל. יש לחזור ולציין כי ניטור השונית במתכונתו המשופרת (הנוכחית) פועל זו השנה השנייה בלבד ועל כן השינויים בזמן אינם מספיקים בכדי להצביע על מגמות לטווח ארוך. יחד עם זאת יש בהם כדי להתריע על נקודות תורפה והתפתחויות מדאיגות, בפרט באתרים מסוימים החורגים מהמגמה הכללית. בסך הכל על פני השטח הכלול בתוכנית הניטור לא נמצאו שינויים מובהקים במגוון המדדים שנסקרו בין השנים 2004 ו-2005. בדרך כלל שינויים בכיוון אחד באתר כלשהו מלווים בשינויים הפוכים באתר אחר. עקב השונות הרבה בין האתרים הן בסביבה הפיסית והן בחברת השונית קשה להשוות את המדדים השונים באופן פרטני וישיר בין האתרים. לדוגמה, נמצאה התאמה הפוכה בין אחוז הכיסוי החי ובין אחוז הכיסוי הלא מלוכד באתרים, והתאמה בין אחוז כיסוי חי גבוה ואחוז כיסוי גבוה של אלמוגים מתים. מתוך כך נראה לכאורה כי ההשפעה העיקרית על התפתחות השונית באתרים השונים היא סוג וזמינות המצע, וכי באתרים בהם שפע של מצע מלוכד הזמין להתיישבות ישנו כיסוי חי רב יותר ויחד עם זאת גם יותר שלדי אלמוגים. על ידי הצגת היחס בין כיסוי שלדי אלמוגים לכיסוי החי כנגד אחוז הכיסוי החי מתקבלת תמונה עגומה יותר (איור ב21). על ידי הצגה זו אנו מנטרלים את העובדה כי מיקום החתכים הקווים בין השנים אינו חופף, ואת השונות התוך-אתרית הגבוהה. נראה כי באופן גורף (לבד מאתר אחד, 5-NR) היחס בין שלדי אלמוגים לאלמוגים חיים בשנת 2005 גבוה יותר משהיה ב-2004 ללא תלות באחוז הכיסוי החי מתוך כלל השטח, ומכך מסתמנת עליה בתמותת אלמוגים. למרות שהשינוי השנתי בכל אחד מהמדדים אינו מובהק, התמונה המתקבלת משילובם אינה מעודדת. ניתן להתמקד בכל אתר בכדי לבחון את מגמת השינוי השנתית בו (איור ב22). גם כאן יש לזכור כי זו אינה "מגמה" אלא תמונת מצב בין שתי נקודות בזמן. יחד עם זאת כיוון שמשולבים כאן מספר מדדים יש, לדעתנו, משמעות אמיתית לתמונה זו.



איור ב21: היחס בין אחוז הכיסוי של אלמוגים מתים לחיים מוצג כנגד אחוז הכיסוי של אלמוגים חיים בכל אתר. קווי השגיאה הם שגיאת התקן סביב הממוצע.

**Figure B21: The ratio of dead coral cover to live coral cover versus the percent fraction of live coral cover at each site. Error bars are the standard error around site means.**



איור 22: יחס בין אחוז הכיסוי של אלמוגים מתים לחיים מוצג כנגד אחוז הכיסוי של אלמוגים חיים מכלל השטח (קו) הנסקר בכל אתר גיאוגרפי. חצי מגמה מתחילים בשנת 2004 ומסתיימים בשנת 2005 עבור כל אתר. מגמה למעלה משמעותה עליה בכיסוי אלמוגים מתים יחסית לחיים, מגמה ימינה משמעותה עליה באחוז הכיסוי החי באתר.

**Figure B22: The ratio of dead coral cover to live coral cover versus the percent fraction of live coral cover out of the total area (line) surveyed at each geographical site. Trend arrows originate at the point representing 2004 and end at 2005. An upward trend means more dead coral coverage relative to live coverage, and a trend to the right means increased live coverage.**

האתר היחיד בו ניכר שיפור משמעותי בין עונות הניטור הוא NR-5. שם נמצאה ירידה גדולה ביחס האלמוגים המתים לחיים כמו גם עליה מסוימת באחוז הכיסוי החי. יחד עם זאת, שאר אתרי NR מראים מגמות שונות לחלוטין. יתכן כי מגמה זו נובעת, כולה או חלקה, מהשונות הגבוהה המאפיינת את אתרי NR ולכן אינה מייצגת מגמה משמעותית וחזקה. בדו"ח הניטור 2004 הודגש כי למרות שבסך הכל לא נמצאו שינויים מובהקים בין שנת 2004 ושנת 1986, באתר השמורה הרדודה אובחנה ירידה מזדאגה בבריאות השונית. ההשוואה בין נתוני 2005 ונתוני 2004 מצביעה לכאורה על מגמה של התאוששות באתר זה. שנת הניטור הבאה צפויה לפתור שאלה זו או, לחילופין לאישש את המגמות הסותרות באתרי השמורה. בשני אתרי קצא"א נראית מגמה דומה של עליה קלה באחוז הכיסוי החי המלווה בעליה ביחס האלמוגים המתים לחיים. פירושו של דבר שהעלייה בכיסוי האלמוגים החיים מתוך סך השטח מלווה בתמותה מוגברת של אלמוגים, ואין בה כדי להצביע על התאוששות השונית אלא לשקף שינוי באחוזי המצע (או הבדלים

באחוזי המצע בין אזורי דגימה באתר). באתרי IUI נמצאה מגמה דומה לזו שבקצא"א בעומקים 5 ו-15 מטרים, ואילו באתר IUI-10 נראה כי המצב קשה יותר – שם עליה ביחס האלמוגים המתים לחיים מלווה גם בירידה באחוז הכיסוי החי ועשויה להצביע על תמותת אלמוגים. יחד עם זאת, מדד בריאות של אלמוגים באתרי ה-IUI הוא הגבוה ביותר ומכך ניתן להסיק שתמותת האלמוגים באתר זה אינה נובעת ממחלות הגורמות לתמותה איטית, אלא על ידי גורמים המתפתחים במהירות ופוגעים, אולי, בעיקר באלמוגים הקטנים המאפיינים אתרים אלה. מתוך השוואה של נתוני מגוון המינים וסוגי האלמוגים הדומיננטים בין השנים 2004 ו-2005 לא ניתן להבחין במגמות ושינויים מובהקים בחברת האלמוגים בשנים אלה.

## ב.2. צילום אתרים קבועים

### מטרה

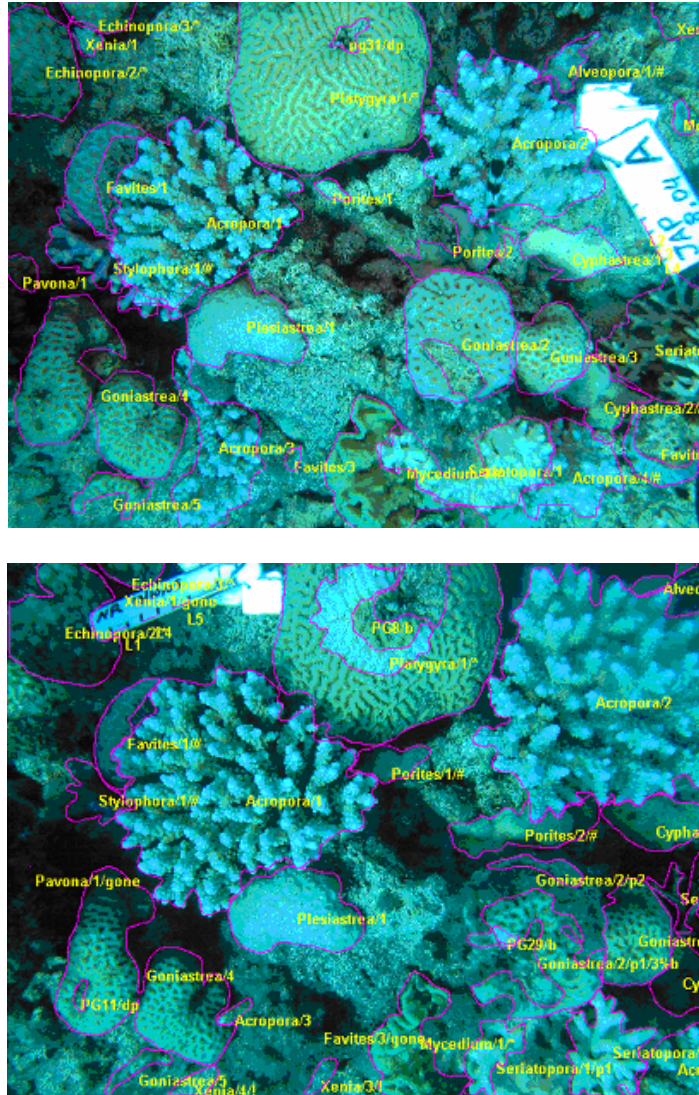
מעקב רב שנתי אחר שינויים במספר מושבות האלמוגים, גודלן, ובריאותן באתרים קבועים בשוניות השונות מהחוף הצפוני ועד גבול מצרים.

### שיטות

צילום חוזר של שטח קבוע באתרי שונית בחוף הצפוני, חוף הדקל, קצא"א, שמורת האלמוגים, המעבדה הימית, וטאבה (איור 23). בכל אתר חוברה לסלע תושבת קבועה המיועדת למצלמה, בחמש נקודות נבחרות. בכל נקודה מצולמת השונית בארבעה כיוונים על ידי סיבוב המצלמה בתושבתה. באופן זה ניתן לחזור ולצלם את אותו השטח בדיוק בזמנים שונים (איור 24). בסך הכל מצולמות ארבע תמונות בכל נקודה, עשרים תמונות בכל אתר, 120 תמונות לניתוח כמותי של השינויים באתרים השונים. סקר הצילום נערך מדי שנה באותה עונה. שנת הניטור הנוכחית היא השנה הראשונה בה מתבצעת חזרה על צילומי האתרים הקבועים ומתבצע ניתוח השוואתי מפורט כנגד נתוני שנת 2004. בכל תמונה נספרים האלמוגים ושאר חסרי החוליות הנייחים ונמדד שטח האלמוגים על ידי דיגיטיזציה של התמונות (ראה דו"ח 2004). לצורך השוואת שטח המושבות נלקחו בחשבון רק מושבות שמפיעות במלואן באופן ברור בשתי סדרות הצילומים. 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) נאספו הנתונים אך לא נלקחו בחשבון 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 הליקויים, אשר יטופלו במהלך השנה הקרובה, נאספו נתונים רבים ויחודיים בשיטה זו אשר מהווים חוליה משלימה חשובה בניטור מצב השוניות. התוצאות מוצגות באופן גרפי ועוברות גם עיבוד סטטיסטי. בכל המקרים בהם מופיעים קווי שגיאה, הם מייצגים את שגיאת התקן (Error bars represent the standard error).

איור ב23: אתרי הסקר המצולם לאורך חופי אילת (מסומנים בירוק).

Figure B23: Sites of the photo-survey of coral reefs along the Eilat coastline (green markers).



איור ב24: צילום חוזר מאתר קבוע בשונית שמורת האלמוגים. למעלה 2004, למטה 2005. בין השינויים הבולטים ניכרת תמותה חלקית של האלמוג הגושי *Platygyra 1* (למעלה במרכז) וצמיחה (גידול בשטח) של מושבות האלמוג המעונף *Acropora 1,2* (מרכז התמונה ולמעלה מימין, בהתאמה). בנוסף, ישנן מושבות חדשות המופיעות רק בצילום משנת 2005, ומושבות החסרות בצילום זה. שטחי כל המושבות כמו גם השטחים המתים מסומנים (קו אדום) לצורך הישוּבֵי שטחים.

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

## תוצאות

במהלך שנת 2005 נותחו 92 תמונות לצורך השוואה עם השנה הקודמת. בסך הכל צולמו ב-2005 קרוב ל-27 מטרים רבועים של שונית, מתוכם נמדדו 25,240 סמ"ר של אלמוגים לצורך השוואה בין השנים, ונספרו 1821 מושבות (איור ב25, ב26). סיכום נתוני הצילומים מופיע בטבלה ב5.

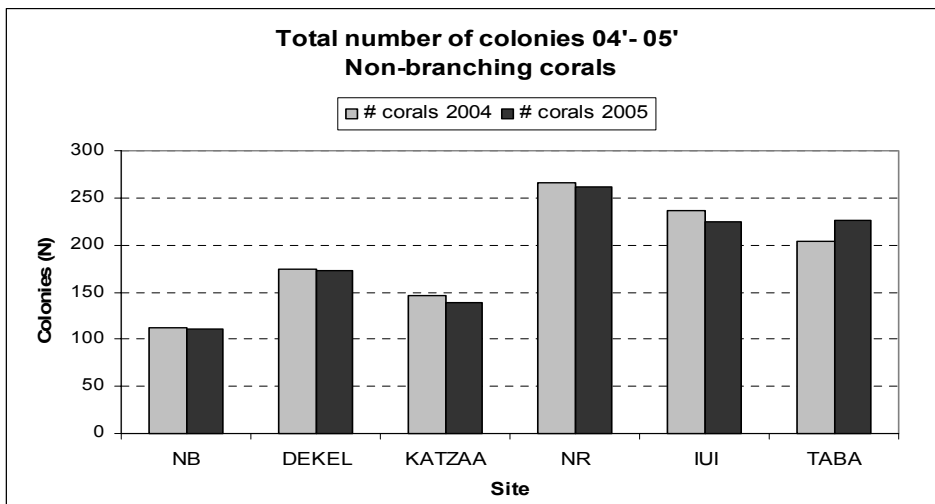
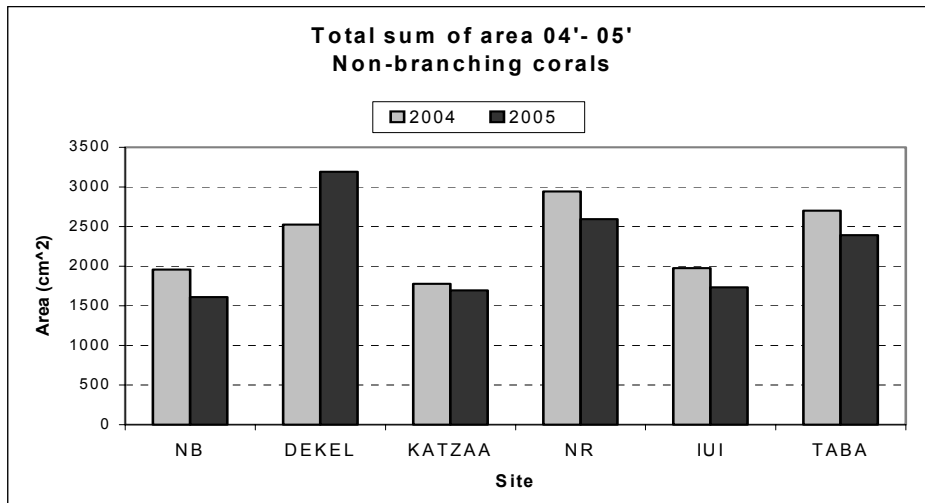
ברוב קבוצות האלמוגים ברוב האתרים נמצאה ירידה במספר המושבות למטר רבוע (איור ב27). יוצאים מן הכלל האתר בטאבה שם נמצאה עליה בצפיפות מושבות האלמוגים הלא-מעונפים ואתר חוף הדקל שם נמדדה עליה בצפיפות האלמוגים הרכים. השינויים במספר המושבות למטר רבוע נובעים משילוב של תמותת אלמוגים והתיישבות אלמוגים חדשים.

הבדלים בגדלי המושבות המתות והמתיישבות גורמים לכך שלא תמיד תואם השינוי במספר המושבות לשינוי בסך שטח האלמוגים. באיור ב28 מפורטים שני מרכיבים של השינוי בשטח האלמוגים: סך השינוי בשטח האלמוגים (כולל תמותה והתיישבות) להלן "השינוי בשטח", והשינוי בשטח אלמוגים המצויים בשתי סדרות הצילום בלבד, להלן "צמיחה". לדוגמה, בחוף הדקל נמצאה ירידה בצפיפות האלמוגים הלא-מעונפים (איור ב27), אך זו מלווה בעליה בשטחם של אלמוגים אלה, אשר רק חלקה מוסבר על ידי צמיחה של מושבות קיימות (איור ב28). שארית הגידול בשטח האלמוגים הלא-מעונפים מוסברת לפיכך על ידי תמותת מושבות קטנות והחלפתן במושבות גדולות יותר. לעומת זאת, עבור אלמוגים רכים בחוף הדקל ניכרת עליה בצפיפות המושבות אשר משתקפת גם בעליה בשטח אלמוגים אלה, למרות שמושבות קיימות עברו "צמיחה שלילית" (ז"א תמותה חלקית) במהלך השנה החולפת.

סך שטח האלמוגים שנמדד באתרים המצולמים כ-10% מכלל השטח המצולם, והירידה בכיסוי האלמוגים המדוד במהלך שנת הניטור האחרונה 0.4%. יש לזכור כי לא כל האלמוגים שנמצאו בצילומים נמדדו לצורכי חישוב השטח, אולם גם בהתחשב בכך כיסוי האלמוגים נמוך. השינויים בשטח ובמספר אלמוגי האבן יחסית לערכים אלה ב-2004 גדולים הרבה יותר (טבלה ב6). בשנת 2005 נספרו 143 מושבות יותר מב-2004, וזו עליה כוללת של 8.5% במספר המושבות. שטח האלמוגים קטן ב-1181 סמ"ר המהווים 4.5% מכלל שטח האלמוגים. בשנת 2005 קטן שטחן של מושבות קיימות (צמיחה שלילית) ב-5% יחסית ל-2004. בחוף הדקל נרשמה עליה של 26% בשטח הכיסוי של אלמוגי אבן לא-מעונפים, ובשאר האתרים נרשמה ירידה של 5% עד 18% בשטח אלמוגים אלה (איור ב29). בחוף הצפוני ובקצא"א נרשמה עליה של 22% ו-23% בשטח האלמוגים המעונפים, בהתאמה, ובשאר האתרים נרשמה ירידה של 4% עד 25%. מספר מושבות האלמוגים הלא-מעונפים עלה באתר טאבה ב-11%, באתר הדקל נותר יציב, ובשאר האתרים ירד ב-1% עד 5%. מספר מושבות האלמוגים המעונפים עלה בקצא"א ב-3%, בחוף הצפוני נותר יציב, ובשאר האתרים ירד ב-1% עד 6%. רוב מושבות האלמוגים באתרי הצילומים הקבועים הן קטנות – 37% קטנות מ-5 סמ"ר ולמעלה מ-70% קטנות מ-20 סמ"ר. המושבות הקטנות גם פגיעות יותר ורוב תמותת האלמוגים מתרחשת באוכלוסייה זו (איור ב30). התפלגות גדלי המושבות ב-2005 דומה מאד לזו של 2004. התפלגות הגדלים של מושבות אשר מתו במהלך השנה החולפת דומה להתפלגות הגדלים של מושבות חיות, ומכך נראה כי זהו המצב היציב בשוניות שנסקרו.

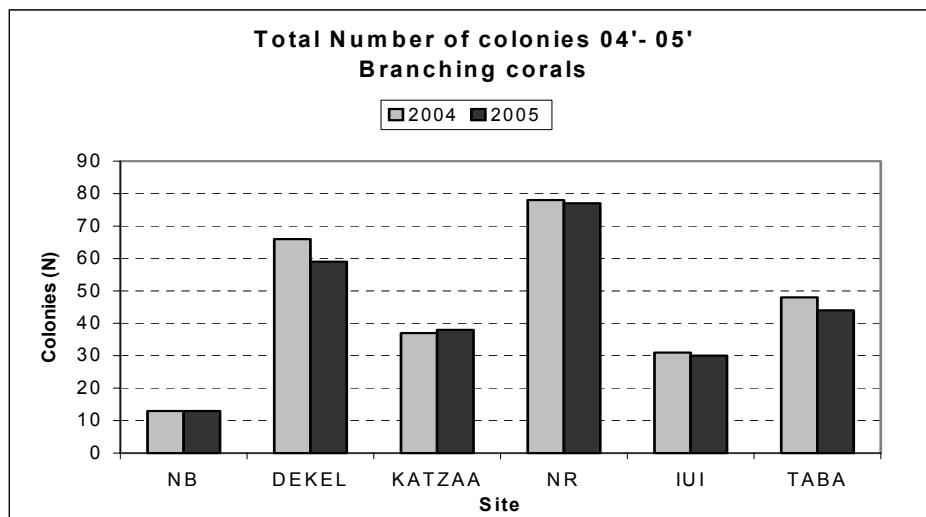
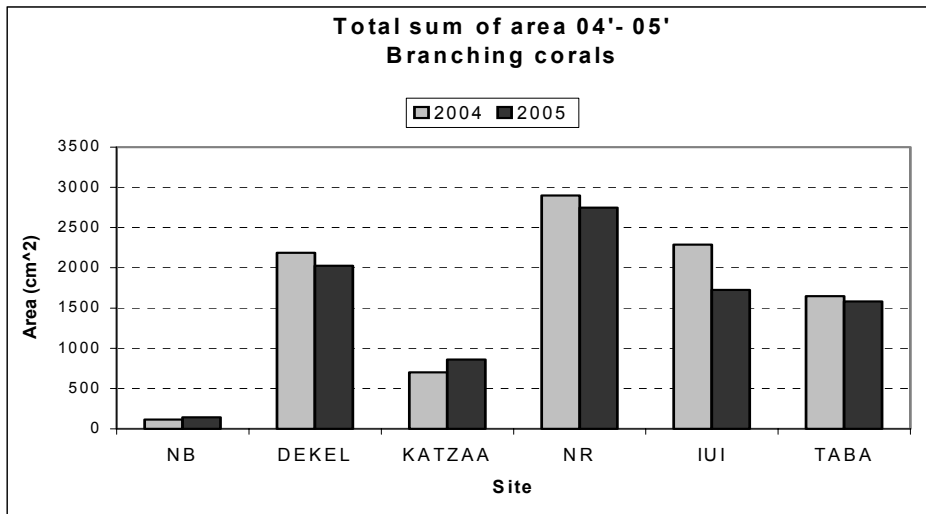
שכיחות המינים באתרי הצילום הקבועים לא השתנתה באופן משמעותי בין 2004 ו-2005 (איור ב31). חמשת המינים הנפוצים ביותר מהווים 56% משטח האלמוגים, וחמישה עשר המינים הנפוצים ביותר מהווים 88% מכלל שטח האלמוגים.





איור ב25: סך שטח האלמוגים הלא-מעונפים הנמדד בכל אחד מהאתרים בהם הוצבו תחנות צילום קבועות (למעלה). מספר מושבות האלמוגים הלא-מעונפים שנסקרו בכל אחד מהאתרים (למטה).

**Figure B25: The total area of non-branching corals measured in each of the permanent photo-survey sites (top), and the number of colonies at each site (bottom).**



איור ב26: סך שטח האלמוגים המעונפים הנמדד בכל אחד מהאתרים בהם הוצבו תחנות צילום קבועות (למעלה). מספר מושבות האלמוגים המעונפים שנסקרו בכל אחד מהאתרים (למטה).

**Figure B26: The total area of branching corals measured in each of the permanent photo-survey sites (top), and the number of colonies at each site (bottom).**

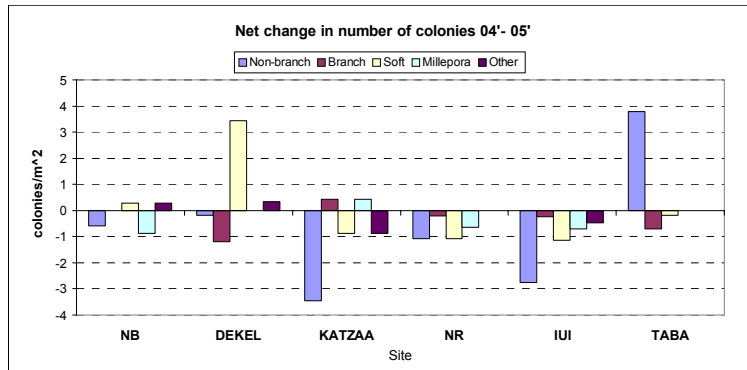
2005		Totals	
Site	N_photos	Area [cm <sup>2</sup> ]	
NB	12	34800	
DEKEL	20	58000	
KATZAA	8	23200	
NR	16	46400	
IUI	16	46400	
TABA	20	58000	
Total	92	266800	

2005		Area [cm <sup>2</sup> ] (N)				
Site	Massive	Branch	Soft	Millepora	Other	
NB	1609 (71)	141	32	27 (3)	100	
		(12)	(8)		(6)	
DEKEL	3192 (70)	2024	1031	21 (3)	78	
		(29)	(27)		(8)	
KATZAA	1694 (96)	860	296	1 (4)	17	
		(21)	(4)		(3)	
NR	2593 (164)	2747	136	1 (5)	239	
		(58)	(28)		(13)	
IUI	1733 (186)	1725	14	183 (44)	64	
		(26)	(7)		(11)	
TABA	2392 (137)	1582	159	409 (36)	150	
		(29)	(4)		(15)	
Total	13212 (724)	9079 (175)	1669 (78)	643 (95)	648 (46)	

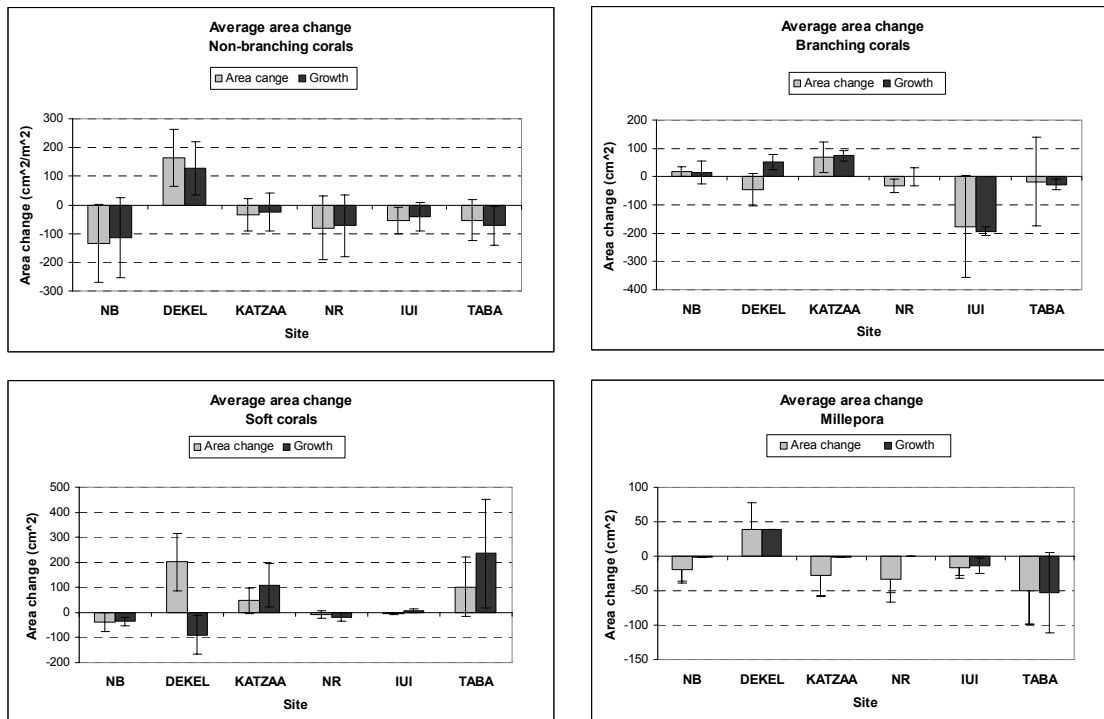
2005		N_colonies				
Site	Massive	Branch	Soft	Millepora	Other	
NB	111	13	10	3	7	
DEKEL	173	59	27	8	8	
KATZAA	139	38	5	4	4	
NR	261	77	21	2	13	
IUI	225	30	3	47	10	
TABA	226	44	6	57	19	
Total	1135	261	72	121	61	

טבלה ב5: סיכום נתוני השטחים ומספר מושבות האלמוגים שנאספו בסקר הצילום בתחנות קבועות בשנת הניסוי 2005. נתוני שטחים בסמ"ר, בסוגריים עגולות מספר המושבות ששטחן נמדד.

**Table B5: Summary of the areas and number of corals surveyed during the 2005 photo-survey session. Areas are given in cm<sup>2</sup>, in brackets are the number of colonies whose are is presented.**



איור ב27: שינויים במספר המושבות של אלמוגים מקבוצות שונות באתרים השונים בין השנים 2004 ו-2005. השינויים מוצגים כשינוי בצפיפות האלמוגים (מושבות למטר רבוע) לצורך ההשוואה בין אתרים. השינוי הוא מספר המושבות בצילום ב-2005 פחות מספר המושבות ב-2004 חלקי השטח הנסקר בצילום, עבור כל הצילומים באתר.  
**Figure B27:** The change in number of colonies of each group between 2004 and 2005 in each site, given as a change in density, i.e. number of colonies per square meter. The change is the number of colonies counted in each photo in 2005 minus the number found in 2004 divided by the photographed area, for all photos of each site.



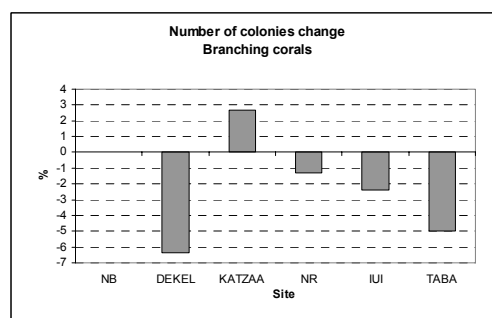
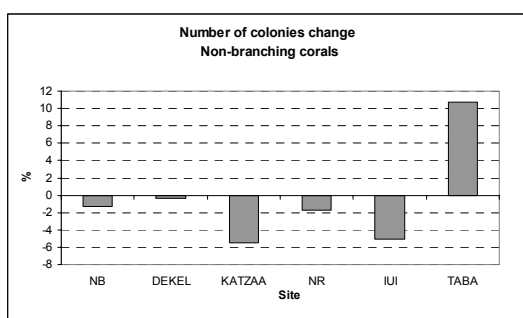
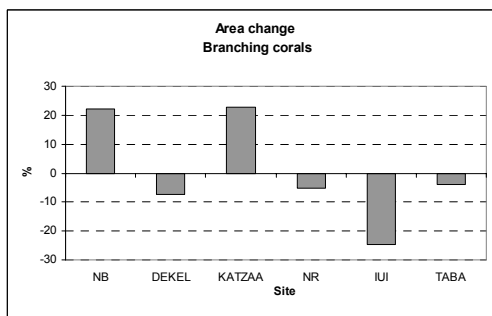
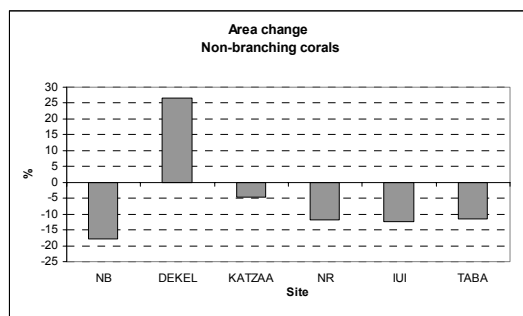
איור ב28: השינוי הממוצע בסך שטח האלמוגים והשינוי בשטח מושבות הקיימות בשתי סדרות הצילום (צמיחה) של כל קבוצה בכל אתר. שינויי שטח מחושבים כהפרש שטח האלמוגים בין השנים בכל תמונה חלקי שטח התמונה. בציר האנכי ממוצעי ערכים אלה מכל התמונות בכל אתר. שימו לב להבדלים בקנה המידה באיורים.

**Figure B28:** The average change in coral cover and the change in coverage stemming from growth of colonies between 2004 and 2005, for each site. Area change is calculated as the difference in coral area divided by the total area for each pair of photographs. Note the scale differences between diagrams.

	2004	2005
Total area [cm <sup>2</sup> ]	266800	266800
Measured coral area [cm <sup>2</sup> ] (N)	26421 (976)	25240 (1130)
Measured coral cover [% of total] Δ measured coral cover [% of total]	9.9	9.5 0.4
Δ coral area		-1181 [cm <sup>2</sup> ] -4.47 [%]
Coral growth (N)		-1359.29 [cm <sup>2</sup> ] -5.14 [%] (815)
N_colonies	1678	1821
Δ N_colonies		143 8.52 [%]

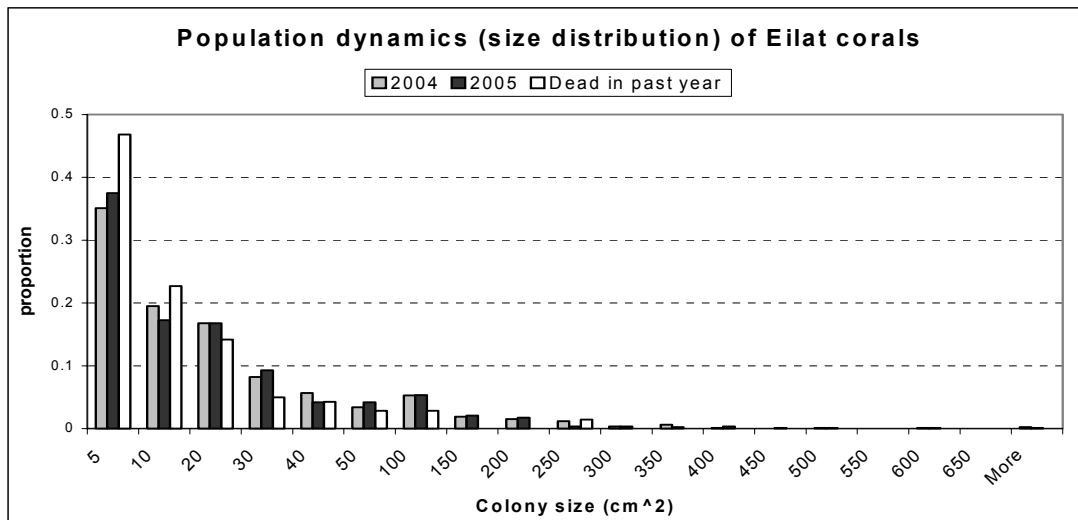
טבלה ב6: סיכום השינוי הכולל בשטח ומספר מושבות האלמוגים בין צילומי 2004 ו-2005.

Table B6: Summary of the changes in area and number of corals the 2004 and 2005 photo-survey sessions.



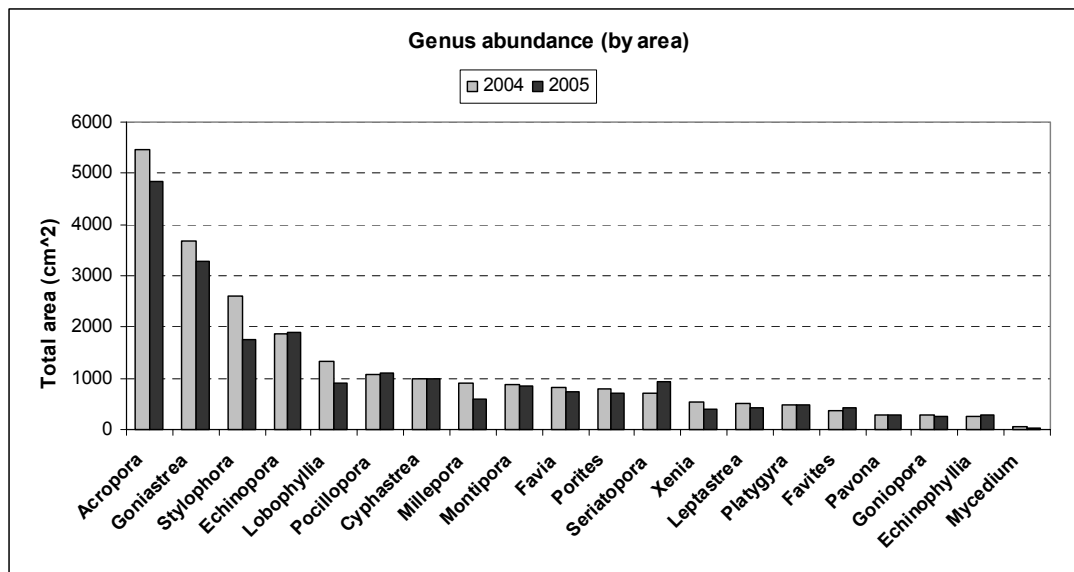
איור ב29: שינוי באחוזי השטח (למעלה) ומספר המושבות (למטה) של אלמוגי האבן המעונפים והלא-מעונפים באתרי הצילומים הקבועים.

Figure B29: The changes in percent cover (top) and number of colonies (bottom) of branching and non-branching stony corals in the photo-survey sites.



איור ב30: התפלגות גדלי האלמוגים כחם מספרי מכלל המושבות החיות ב-2005 וב-2004, והתפלגות גדלי המושבות אשר מתו במרווח הזמן שבין סדרות הצילום.

Figure B30: Size distribution (proportion of the number of colonies for each size groups) of live colonies pictured in 2005 and in 2004, and the size distribution of colonies that died in the interval between the photo-survey sessions.

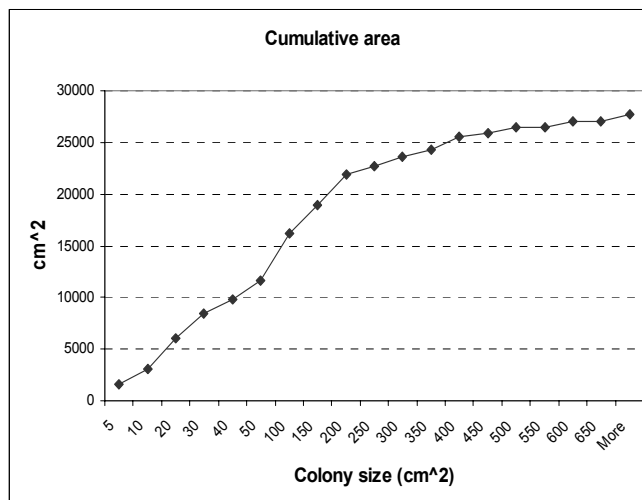


איור ב31: עשרים סוגי האלמוגים הנפוצים ביותר (לפי שטח) בסדרות הצילום ב-2005 ו-2004.

Figure B31: The twenty most abundant corals (by area) in the 2004 and 2005 photo-surveys.

## סיכום

מניתוח הצילומים מצטיירת ירידה במספר המושבות של רוב הקבוצות ברוב האתרים, המלווה בירידה בסך שטח האלמוגים. במרבית המקרים הירידה בשטח קבוצה כלשהי נובעת הן מעודף תמותה על התיישבות והן מתמותה חלקית של מושבות במשך השנה שחלפה. שטח האלמוגים שנמדדו הוא עשירית מסך השטח המצולם ועל כן הירידה המוחלטת בשטח האלמוגים קטנה, אולם ערך זה (-0.4%) מסתיר תמונה מדאיגה. השינוי, וברוב המקרים ירידה, בשטח האלמוגים יחסית לשטחם בשנה שעברה גדול בסדר גודל: 4%-25%. השינויים בשטח האלמוגים גדולים מהשינויים במספר המושבות, ומעידים על רגישות גבוהה למצבן של מושבות קיימות.



איור ב32: שטח האלמוגים המצטבר על ידי מושבות אלמוגים מקבוצות גדול שונות בצילומי האתרים הקבועים ב-2005.

Figure B32: The cumulative live coral area contribution of progressively larger coral colonies as recorded from the 2005 photo-survey.

מתוך סך שטח האלמוגים, המושבות הקטנות שהן 71% ממספר המושבות הכללי תורמות כחמישית – ערך דומה לשטח הנתרם על ידי 2% העליונים של גודל המושבות. קרוב לשישים אחוזים משטח האלמוגים נתרם על ידי מושבות בינוניות, בגודל 20-200 סמ"ר, אשר מספרית מהווים כרבע מכלל המושבות בלבד (איור ב32). הירידה הדרמטית בשטח החי של אלמוגים אינה משתקפת, אם כן, בספירת התיישבות מושבות מול תמותה אלא בביראותן של מושבות בנות מספר שנים. נראה כי חברת השונית כאן נשענת על מספר קטן של פרטים ועל כן רגישותה למצבי עקה ותמותה חלקית של אלמוגים גדולה במיוחד.

## ב.3. חברת האלמוגים בלאגונת שמורת האלמוגים

### מטרה

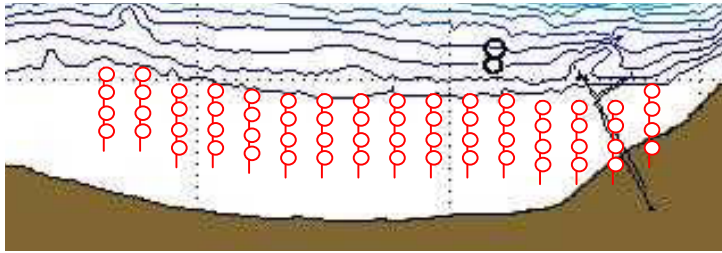
אמזן השיפעה, מבנה החברה וסוגי המצע בלאגונה של שוניות האלמוגים בחלקה הדרומי (הסגור למבקרים) של שמורת חוף אלמוג.

### שיטות

מרכיבי חברת השונית שנסקרו בלאגונה הם אלמוגי אבן, אלמוגים רכים, וחסרי חוליות. קרקעית הים ("מצע") חולקה לחול וחצץ (=מצע לא מלוכד), סלע, ושונית. מפאת מיעוט האלמוגים, שיטת חתכי הקו לא התאימה לסקר החברה בלאגונה. לכן, השתמשנו ביחידת גוֹם 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. לצורך זה הוגדר

"קו החוף" כקו הברור בו מתחיל סלע החוף (beach rock) להיות מכוסה במאקרו-אצות כחוליות. קו זה מסמן את גובה המים בשיא שפל ה-spring. בסה"כ כלל הסקר 107 מטרים רבועים ב-18 קווי דיגום לאורך החוף הדרומי בשמורת חוף אלמוג מגדר ההפרדה בין השטח הפתוח לסגור למבקרים ודרומה כ-400 מטרים (עד כ-50 מטר מצפון למצפה התת-ימי) (איור ב33).

בכל ריבוע דיגום נספרו האלמוגים וזוהו לרמת המין או לרמת הסוג, עבור אלמוגים בהם זיהוי *in situ* של המין הינו בעייתי. נרשמה הערכה ויזואלית של אחוז כיסוי האלמוגים החיים ואחוז וסוג המצע.

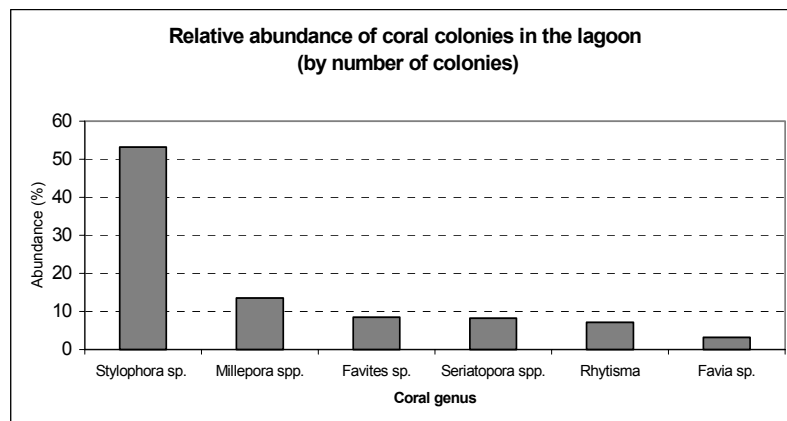


איור ב33: תיאור מערך הדיגום של חברת האלמוגים בלאגונה השמורה באזור הסגור לקהל. ריבועים בגודל של 1 מ"ר (באדום) הונחו באופן סדור במרחק של 5 מטרים זה מזה לאורך סרט מדידה שהונח בניצב לחוף והתחיל ממרחק 9 מטרים מ"קו החוף" ועד לשולחן השוניית (קו דיגום). כל קו דיגום כלל בין 5 ל-6 ריבועים, על אף שבאיור משורטטים רק 4 לכל חתך. סה"כ בוצעו 18 קווי דיגום בשטח הלאגונה (107 ריבועי דיגום).

**Figure B33: 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). 18 cross-shore lines were evenly spread to cover the lagoon area (totaling 107 quadrates).**

#### תוצאות

ב-107 הריבועים שנסקרו בלאגונה נספרו סה"כ 376 מושבות אלמוגים מ-22 מינים ו-14 סוגים. צפיפות האלמוגים הממוצעת הייתה 3.55 מושבות אלמוגים למטר רבוע. מגוון המינים לפי מדד Shannon-Wiener היה 1.61. המין הנפוץ ביותר בלאגונה הוא האלמוג *Stylophora pistillata* המהווה 53% מכל מושבות האלמוגים שנדגמו. שכיחות הסוגים הנפוצים ביותר מופיעה באיור ב24, וצפיפותם נתונה בטבלה ב4. צפיפות האלמוגים בלאגונה (איור ב35) בשנה זו לא נבדלה באופן מובהק מזו שבשנת 2004 (t test=0.3626).



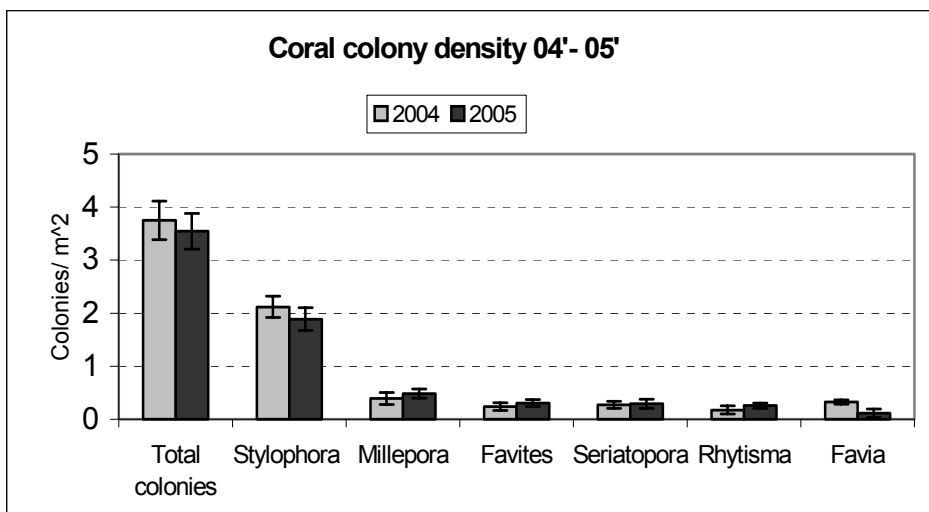
איור ב34: השכיחות היחסית (לפי מספר מושבות) של סוגי האלמוגים העיקריים בלאגונה.  
**Figure B34: The relative abundance (by number of colonies) of the dominant coral taxa found in the lagoon.**



	Average (N/m <sup>2</sup> )	SE
Total colonies	3.55	0.37
Stylophora	1.89	0.20
Millepora Spp	0.48	0.11
Favites Spp	0.30	0.07
Seriatopora Spp	0.29	0.07
Rhytisma	0.25	0.07
Favia sp.	0.11	0.04

טבלה ב4: צפיפות ממוצעת (מספר מושבות למטר רבוע) של סך מושבות האלמוגים ושל סוגי האלמוגים העיקריים בלאגונה. SE=שגיאת התקן.

Figure B4: The average density (colonies per square meter) of all corals and of the dominant coral taxa found in the lagoon. SE= standard error.



איור ב35: השוואה בין צפיפות ממוצעת (מושבות למטר רבוע) של סך המושבות ושל האלמוגים העיקריים בלאגונה בשנים 2004 ו-2005.

Figure B35: The average density (colonies/square meter) of all colonies and of the dominant coral genus found in the lagoon in 2004 and 2005.

## ב.4. דיגום חסרי חוליות

### מטרה

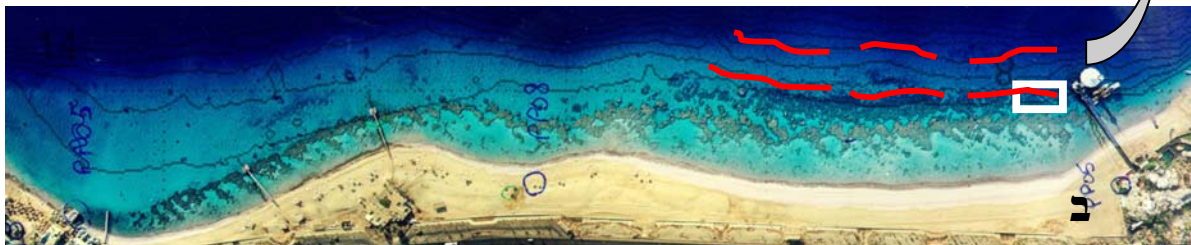
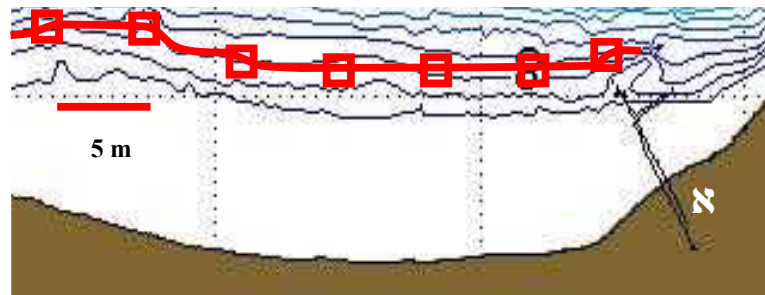
אמדן שיפעת חסרי החוליות הניידים העיקריים בשונית האלמוגים בחוף הדרומי.

### שיטות

סקר חסרי החוליות נעשה בשעות הלילה מכיוון שבשעות היום מרבית חסרי החוליות מסתתרים. הסקר התמקד בשוניות האלמוגים במעבדה הימית ובשמורת האלמוגים (באזור הסגור למבקרים) בעומקים 5 ו-10 מטרים (במקביל לעומקים בהם נערכים חתכי האלמוגים, איור ב1).

הספירה החלה שעה אחת אחר רדת החשיכה, לאחר יציאת חסרי החוליות ממסתורם לשם שיחור מזונם. סרט מדידה באורך 100 מטרים נפרש לאורך קו העומק המבוקש מנקודה אקראית, וריבוע דיגום בגודל 1

מ"ר הונח לאורכו במרווחים של 5 מטרים בין ריבוע לריבוע (איור ב36). בכל ריבוע נספרו כל חסרי החוליות הנניידים (קווצי עור ורכיכות). בכל המקרים בהם מופיעים קווי שגיאה, הם מייצגים את שגיאת התקן (Error bars represent the standard error)

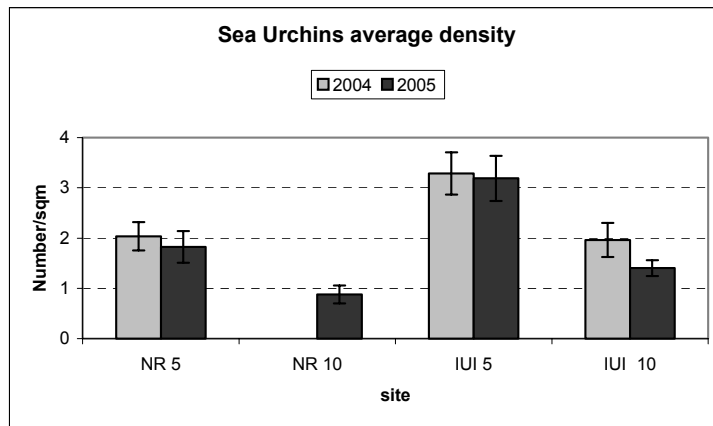
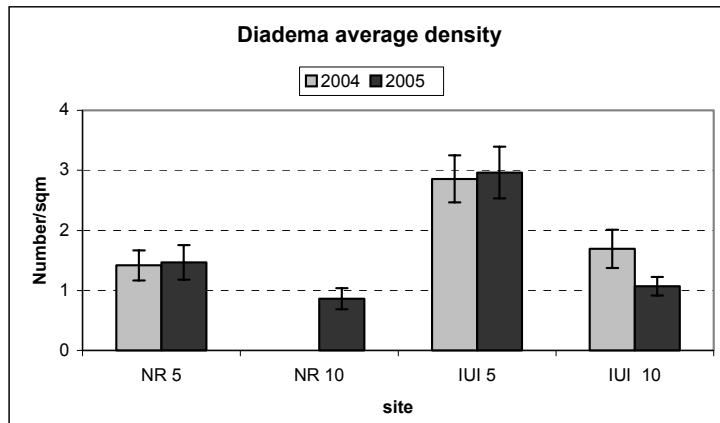


איור ב36: א) ריבועי הדיגום ששטחם מטר רבוע (ריבוע אדום) במרווחים של חמישה מטרים לאורך סרט המדידה (קו אדום) המונח לאורך קו עומק נתון. ב) ששת אתרי הדיגום בשמורת האלמוגים. כל קו אדום הוא סרט מדידה באורך 100 מטרים לאורכו הונחו 20 ריבועי דיגום כמו בלוח א.

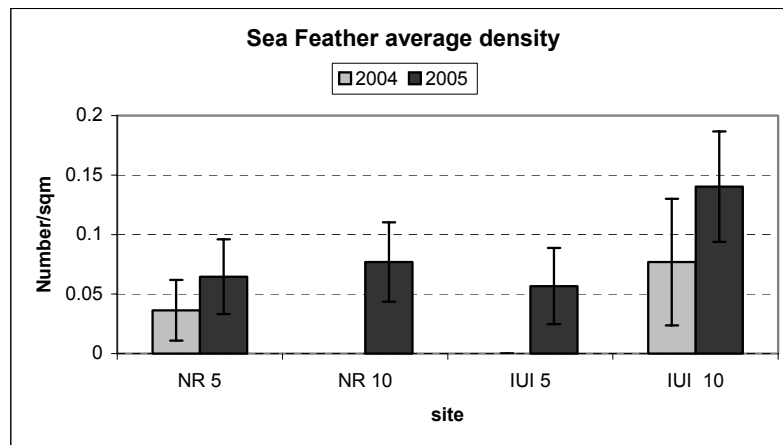
**Figure B36: A) The 1 m<sup>2</sup> quadrates (red square) are spread 5 m apart along the measuring tape at each sampling depth. B) The 6 sampling sites at the nature reserve. Each red line is a 100 m long transect along which 20 quadrates were laid as in A.**

#### תוצאות

סה"כ נסקרו 237 ריבועים של 1 מ"ר רבוע, 62 ו-65 מ"ר בשמורת האלמוגים (בעומק של 5 ו-10 מ' בהתאמה), 53 ו-57 מ"ר במעבדה הימית (בעומקים 5 מ' ו-10 מ' בהתאמה). צפיפות כל מיני חסרי החוליות שנדגמו מוצגת בטבלה ב7. 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 ב37. בין האתרים שנבדקו נמצא הבדל מובהק בצפיפות קיפודי הים (Two-way ANOVA  $P < 0.0001$ ) כאשר הצפיפות הגדולה ביותר נמצאה באתר 5-IUI. בהשוואה לשנת הניטור הקודמת נראה שלמרות העלייה הקלה בצפיפות קיפודי הים *D. setosum* באתרי 5-IUI ו-5-NR, השינוי בצפיפות כל קיפודי הים בכל האתרים לא היה מובהק סטטיסטית (Two-way ANOVA,  $P > 0.2$ ). בשנת 2005 נמשכה התאוששות חבצלות הים אשר צפיפותן כמעט הוכפלה יחסית ל-2004. עם זאת, משום שצפיפות החבצלות כתמית ונמוכה (הרבה ערכי אפס) מובהקותה הסטטיסטית של העלייה בצפיפות החבצלות הייתה שולית (Two-way ANOVA,  $P = 0.0996$ ) (איור ב38).



איור 37: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של קיפודי הים *Diadema setosum* (למעלה) ושל קיפודי הים מכל המינים (למטה) באתרי הניטור (האתר NR-10 לא נסקר ב-2004).  
 Figure B37: The average density (per m<sup>2</sup>) of *Diadema setosum* (top) and total sea urchins (bottom) at the sampling sites (site NR-10 was not surveyed in 2004).



איור 38: הצפיפות הממוצעת (פרטים למ"ר) של חבצלות ים באתרי הניטור (האתר NR-10 לא נסקר ב-2004).  
 Figure B38: The average density (per m<sup>2</sup>) of *Diadema setosum* (top) and total sea urchins (bottom) at the sampling sites (site NR-10 was not surveyed in 2004).

	Total counted	Average Density							
		IUI_5	StdDev	IUI_10	StdDev	NR_5	StdDev	NR_10	StdDev
<b>Total Sea Urchins</b>	419	3.19	3.28	1.40	1.21	1.82	2.48	0.88	1.44
<b>Total Sea Feather</b>	20	0.06	0.23	0.14	0.35	0.06	0.25	0.08	0.24
<b>Total Sea Cucumbers</b>	14	0.02	0.14	0.07	0.26	0.11	0.32	0.03	0.17
<b>Total Starfish</b>	6	0.04	0.19	0.05	0.23			0.02	0.12
<i>Diadema setosum</i>	365	2.96	3.14	1.07	1.18	1.47	2.24	0.86	1.42
<i>Echinometra mathaei</i>	29	0.23	0.78			0.27	0.65		
<i>Echinotrix calamaris</i>	16			0.19	0.40	0.06	0.31	0.02	0.12
<i>Lamprometra klunzingeri</i>	12	0.04	0.19	0.09	0.29	0.03	0.18	0.05	0.17
<i>Capillaster multiradiatus</i>	6	0.02	0.14	0.02	0.13	0.03	0.18	0.03	0.17
<i>Asthenosoma marisrubri</i>	5			0.04	0.19				
<i>Holothuria (Halodeima) edulis</i>	4	0.02	0.14	0.02	0.13				
<i>Fromia ghardaqana</i>	3	0.02	0.14	0.02	0.13			0.02	0.12
<i>Actinopyga bannwarthi</i>	3					0.03	0.18	0.02	0.12
<i>Holothuria polii</i>	3							0.02	0.12
<i>Cidaridae sp.</i>	2			0.02	0.13	0.02	0.13		
<i>Astropecten polyacanthus</i>	2			0.04	0.19				
<i>Heterometra</i>	2			0.04	0.19				
<i>Holothuria polii</i>	2			0.02	0.13	0.03	0.18		
<i>Synapta maculata</i>	2			0.02	0.13	0.02	0.13		
<i>Microcyphus rousseaui</i>	1			0.02	0.13				
<i>Acantaster</i>	1			0.02	0.13				
<i>Mithrodia clavigera</i>	1	0.02	0.14						

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.**

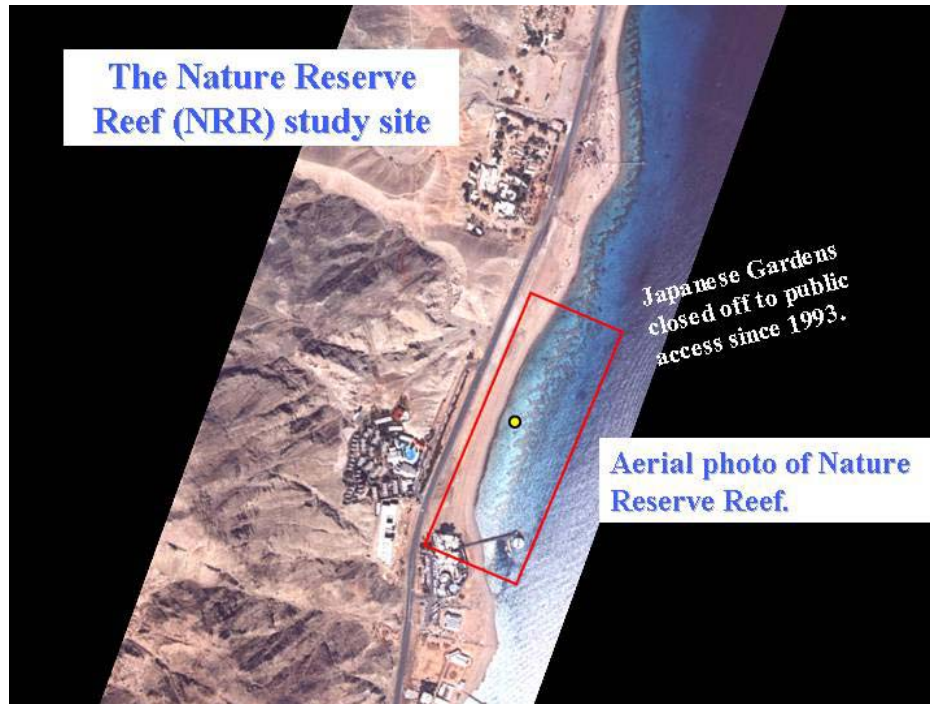
## 5. ב. התפקוד המטבולי של שונית האלמוגים

### מטרה

הערכת התפקוד המטבולי של השונית, יצרנות וסך הקלציפיקציה, על סמך מדדים כימיים במי הלגונה.

### שיטות

מי הלגונה נדגמו באמצעות בקבוק ניסקין מנקודה קבועה, בחלקה הדרומי של שמורת חוף אלמוג (איור 39). דוגמאות מים נלקחו בתחילתו ובסופו של יום הדגימה (לפני זריחת השמש ולקראת שקיעתה), בדרך כלל בימים ב' ו-ד' בכל שבוע. במעבדה נמדדים במים אלה ערכי אלקליניות ו-pH, ריכוזי חמצן מומס, ניטריט, ניטראט, וכלורופיל. ניסיון העבר מלמד שמרבית המרכיבים הכימיים המושפעים מתהליכי פוטוסינתזה, נשימה, וקלסיפיקציה בשונית מראים ערכי קיצון בזמנים אלו. לדוגמה, ערכי החמצן המומס וה-pH במהלך מחזור ימתי נמוכים ביותר בסוף הלילה וגבוהים ביותר בשעות אחה"צ. בסוף הלילה האלקליניות בשונית גבוהה (בעלת ערך דומה לים הפתוח) ונמוכה מערך זה בסוף היום. הירידה באלקליניות במהלך היום נובעת מהשקעת  $\text{CaCO}_3$ , בעיקר ע"י אלמוגים בוני שונית ואצות גירניות. לצורך עיבוד הנתונים נעשה שימוש בערכי הממוצע הרב שנתי של טמפרטורה ומליחות. המדידות הכימיות והפיסיקליות בלגונה משמשות לחישוב תחלופת המים בשונית, הכימיה של מערכת הקרבונט, ומגוון מדדים להערכת התפקוד המטבולי בשונית.



איור 39: צילום אוויר של חוף אלמוג מחלקה הצפוני של השמורה ועד למזח המכון הבינאוניברסיטאי (IUI) בדרום. אזור הגנים היפניים מוקף במסגרת אדומה, ונקודת הדיגום בלגונה מצוינת בנקודה צהובה.  
**Figure 39: Aerial photo of the Almog Beach nature reserve reef from the northern end of the nature reserve to the IUI jetty in the south. The Japanese Gardens are marked with a red frame and the sampling site in the reef lagoon is designated by a yellow filled circle.**

בעזרת מדידות החמצן המומס, אלקליניות, ו-pH ניתן לחשב את ערך הפרמטר הסביבתי (REP – Reduced Environmental Parameter) ומדד לאחוז כיסוי של יצורים משקיעי שלד  $\text{CaCO}_3$  בשונית (CCI – Calcifier Cover Index). הפרמטר הסביבתי מהווה הערכה גסה ליחס בין קצב השקעת  $\text{CaCO}_3$  לבין המצב הטרופי של השונית. קצב ההשקעה מבוטא ע"י הפרש הממוצע של אלקליניות בין ערך מינימאלי (אחה"צ –  $A_{T\text{-afternoon}}$ ) וערך מכסימלי (בוקר –  $A_{T\text{-morning}}$ ) בשונית לבין ערך האלקליניות בים הפתוח (ממדידות הדיגום החופי וההפלגות –  $A_{T\text{-open-sea}}$ ). המצב הטרופי של השונית מבוטא ע"י היחס בין הפרשים של חמצן מקסימום (אחה"צ –  $DO_{\text{afternoon}}$ ) ומינימום (בוקר –  $DO_{\text{morning}}$ ) מערכו בים הפתוח (ממדידות הדיגום החופי וההפלגות –  $DO_{\text{open-sea}}$ ). מדד ה-CCI קשור בקצב השקעת קלציום-קרבונט ובדרגת הרוויה של ארגוניט במי השונית. דרגת הרוויה של ארגוניט תלויה בריכוז יון הקרבונט המחושב באמצעות ערכי ה-pH והאלקליניות ביחד עם מליחות וטמפרטורה. להלן הנוסחאות לחישוב REP ו-CCI (חישוב מדד ה-CCI שונה מהנוסחה שהוצגה בדו"ח הניטור משנת 2004):

$$REP = \frac{((A_{T\text{-afternoon}} - A_{T\text{-open-sea}}) + (A_{T\text{-morning}} - A_{T\text{-open-sea}})) / 2}{(DO_{\text{afternoon}} - DO_{\text{open-sea}}) / (DO_{\text{open-sea}} - DO_{\text{morning}})}$$

$$CCI = \frac{((A_{T\text{-afternoon}} - A_{T\text{-open-sea}}) + (A_{T\text{-morning}} - A_{T\text{-open-sea}})) / 2}{((\Omega_{\text{arag-morning}} + \Omega_{\text{arag-afternoon}}) / 2 - 1)^n}$$

החזקה n בנוסחת ה-CCI מבטאת את סדר ריאקציה ההשקעה של  $\text{CaCO}_3$ , ולה ערך של 2.1 בחורף ו-3.2 בקיץ (Silverman, 2005).  
 היחס בין סטיית הממוצע היומי של אלקליניות בשונית מערך הים הפתוח לבין הממוצע היומי של דרגת הרוויה של ארגוניט בחזקת n (CCI) מהווה, באמצעות מערכת הקרבונט, מדד למידת הפעילות של אורגניזמים משקיעי שלד בשונית. קצב השקעת השלד באלמוגים קשור ישירות בתנאי מערכת הקרבונט (Langdon et al., 2003, Silverman et al., 2004). השינוי בתלות הקלציפיקציה בדרגת הרוויה בין חורף (נוטריינטים גבוהים) לקיץ (נוטריינטים נמוכים) נובע כנראה מהגברת ההמסה של קלציום-קרבונט בשונית בחורף, או לחלופין מהשפעה של העשרת נוטריינטים על אלמוגים משקיעי שלד.  
 השינוי היומי הממוצע באלקליניות מחושב על ידי הכפלת הפרשי האלקליניות בין השונית לים הפתוח במקדמים  $24 \cdot 0.79$  לקבלת ממוצע ביממה, 1.7 עבור עומק השונית הממוצע, ו-4.5 שזה זמן השהות הממוצע של מים בלגונה. כמות הקלציום-קרבונט המושקע ביממה היא מחצית מערך זה, ומתקבלת על ידי הכפלת השינוי היומי באלקליניות במקדם 0.5, ראה נוסחה למטה.  
 על מנת להקטין את שגיאת החישוב מחשבים קצב מצטבר (אינטגרל הקצבים המחושבים) לתקופה של 4 חודשים (20 עד 30 מדידות). תוצר החישוב הינו קצב גידול תקופתי או PGE (Periodic Growth) (Estimate).

$$G_t = \frac{1.7}{4.5} \cdot 24 \cdot 0.5 \cdot 0.79 \cdot \left( \frac{(A_{T-PM} - A_{T-OS}) + (A_{T-AM} - A_{T-AM})}{2} \right)$$

$$\bar{G}_t = (G_{t-1} + G_t) \cdot \frac{\Delta t}{2}$$

$$PGE_{t=4 \text{ months}} = \sum_{t=0}^{t=4 \text{ months}} \bar{G}_t$$

דרגת הרוויה תלויה בטמפרטורה ו-pH ומושפעת גם מעומק הערבוב בתקופת החורף, ובשונית מהבדלים בין פוטוסינתזה לנשימה של חברת השונית. לגורמים אלה השפעה הדדית מורכבת. בחורפים בהם עומק הערבוב גדול, עלייה משמעותית של ריכוז הפחמן המומס במי השטח גורמת לירידה בדרגת הרוויה של ארגוניט. כיוון ששחלוף גזים עם האטמוספירה הוא תהליך איטי, מצב זה נשמר גם בתקופת השיכוב. ירידת הטמפרטורה בחורף פועלת להורדת דרגת הרוויה, אולם העשרת מי השטח בנוטריינטים ממי העומק גורמת לעליית היצרנות וכך לעליית דרגת הרוויה.

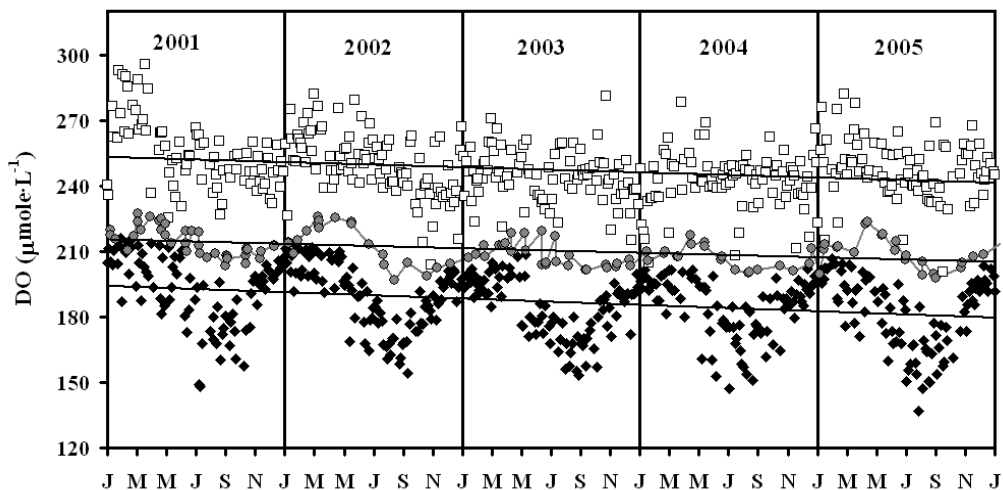
### תוצאות

ריכוז החמצן המומס בשונית (בבוקר ואחה"צ) ובים הפתוח ירד בארבע השנים האחרונות ב- $15 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  בממוצע (איור ב40). מגמה מדאיגה זו מבטאת כנראה תהליך שמקורו בים הפתוח ולא בשונית, ויש להמשיך לעקוב אחריה.

ההפרשים בין ריכוזי החמצן בשונית בבוקר לבין ערכי הים הפתוח משתנים במהלך השנה באופן מחזורי (איור ב41). בתקופת החורף, בין נובמבר לאפריל, ההפרש קטן ביותר ( $-10 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ), ובקיץ (מאי עד אוקטובר) ההפרש המכסימלי מגיע ל- $40 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . אחר הצהריים, למרות שריכוזי החמצן בשונית משתנים בטווח יחסית גדול, לא ניתן להבחין בהתנהגות אופיינית (עונתית) והריכוז הממוצע הנו  $40 \pm 13 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . בקיץ היחס הממוצע בין הפרשי ריכוז החמצן שונית-ים פתוח אחה"צ להפרשי הבוקר הינו 1.3, ובחורף 3.5. ההבדל בהפרשי שונית-ים פתוח בין החורף לקיץ מעיד על עודף יצרנות ראשונית על פני נשימה בשונית בחורף לעומת הקיץ. היחס הממוצע הרב שנתי לכל תקופת המדידות (2001-2005) בין הבדלי ריכוז החמצן בשונית ובים הפתוח בבוקר ואחה"צ הנו 1.6.

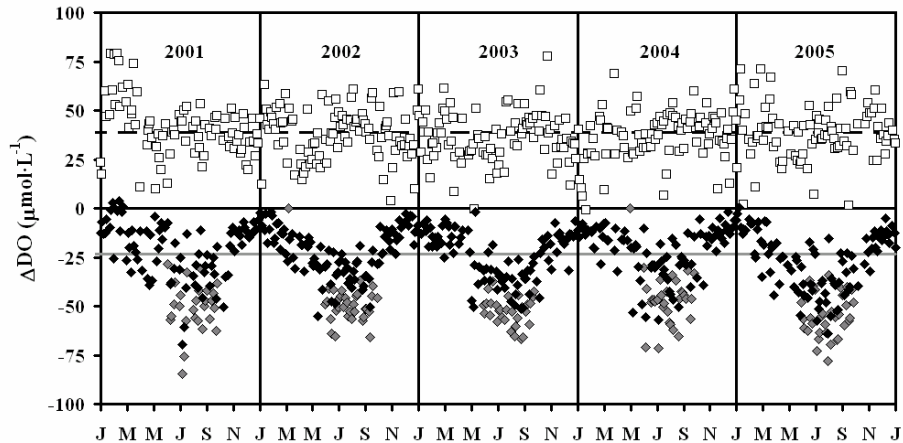
רמת החומציות (pH) מתנהגת בהתאמה לרמת החמצן בשונית (איור ב42), כלומר עולה ויורד כתלות בנשימה ופוטוסינתזה. גם קלציפיקציה משנה את ה-pH; השקעה נטו מורידה pH והמסה נטו מעלה אותו. ערכי ה-pH של אחה"צ משתנים במחזוריות עונתית הנובעת, כנראה, משינויים בריכוז פחמן ( $C_T$ ) הקשורים בשחלוף גזים עם האטמוספירה וערבוב אנכי של עמודת המים הפתוחים בחורף. מדידות ה-pH הרב שנתיות

מראות מגמת עלייה כללית הן בבוקר ואחה"צ בשונית, והן בים הפתוח. מגמה זו נובעת גם היא, כנראה, מתהליכים המתרחשים בים הפתוח ולא בשונית. העלייה ב-pH מנוגדת למצופה על סמך מגמת הירידה בחמצן מומס, כיוון ש-pH וחמצן בד"כ מתנהגים באופן דומה. מחזוריות שנתית ניכרת במדידות האלקליניות של אחה"צ (איור ב43), אך לא בערכי הבוקר. לרוב דומים ערכי הבוקר של אלקליניות בשונית לערכי ים פתוח, משום שבמשך הלילה קצב ההשקעה של  $\text{CaCO}_3$  בשונית נמוך מאוד. לעיתים נמדדו בשונית בבוקר ערכי אלקליניות גבוהים מערכי הים הפתוח, המעידים על המסה של  $\text{CaCO}_3$  במשך הלילה. ערכי המינימום של אלקליניות בשונית גבוהים יותר בחורף מאשר בקיץ. פירושו של דבר שקצב השקעת  $\text{CaCO}_3$  בשונית נמוך יותר בחורף, וזאת משלוש סיבות עיקריות: 1) תוספת נוטריינטים בתקופת הערבוב (השנה לא עברה את ערך הסף של  $0.2 \mu\text{M}$ ) המדכאת השקעת  $\text{CaCO}_3$  (באלמוגים, 2) ירידה בדרגת הרוויה של ארגוניט ( $\Omega_{\text{arag}}$ ) הקשורה בירידת הטמפרטורה של פני הים במחזור השנתי, 3) הגברת ההמסה של  $\text{CaCO}_3$  בשונית. איור ב44 מציג את סך כמות הקלציום-קרבונט שהצטברה בשונית במשך תקופות של 4 חודשים מדצמבר 2000 עד דצמבר 2005 (PGE). ניתן לראות כי הכמות השנתית המצטברת (AGE) קטנה מ-2kg  $[\text{CaCO}_3]$  למטר רבוע בשנה. ערך זה נמוך ב-50% ויותר מהערך הממוצע המקובל לשונית הים האדום והאינדו-פציפי. בנוסף לכך, השקעת קלציום-קרבונט ב-2005 גבוהה במעט מהערכים שנמדדו ב-2003 ו-2004 אך עדיין נמוכה יחסית ל-2001 ו-2002. נראה כי מגמת הירידה עליה דווח בדו"ח הניטור 2004 נבלמה בשנה זו, ואף ניכרת עלייה בכמות הקלציום-קרבונט שהושקע השנה בשונית. ייתכן כי העלייה ב-pH (איור ב42) ועימה עלייה בדרגת הרוויה של ארגוניט גרמו לעלייה בהשקעת  $\text{CaCO}_3$  בשנה האחרונה.



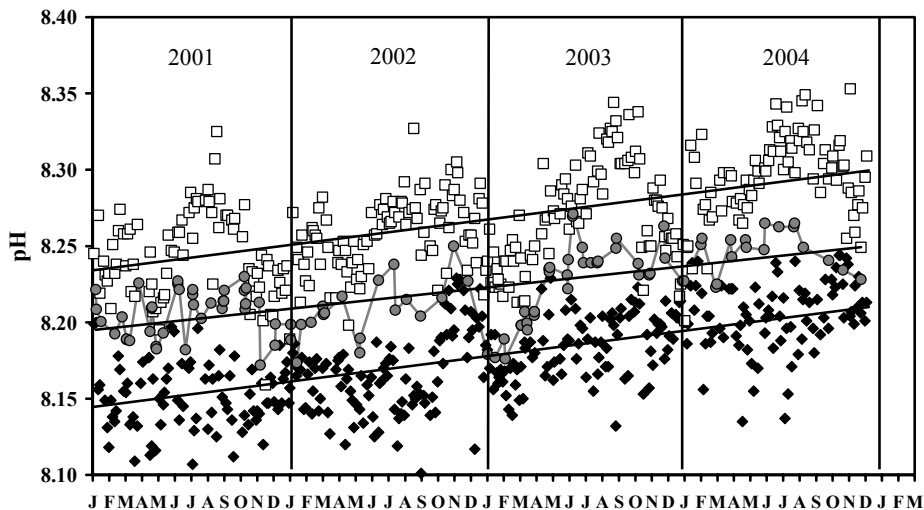
איור

ב40: ריכוזי מינימום (מעוינים שחורים) ומקסימום (ריבועים לבנים) חמצן מומס שנמדדו בתחנה הקבועה בשמורת חוף אלמוג ובים הפתוח (עיגולים אפורים) מינואר 2001 עד דצמבר 2005.  
**Figure B40: Minimum (black diamonds) and maximum (white squares) dissolved oxygen concentrations measured at the nature reserve lagoon and at the open sea (gray circles) from January 2001 to December 2005.**



איור ב41: הפרשי המדידות של מינימום (מעוינים שחורים) ומקסימום (ריבועים לבנים) חמצן מומס בשמורת חוף אלמוג מערכיהם בים הפתוח מינואר 2001 עד דצמבר 2004. בקיץ מתקבלים ערכי המינימום בשעה יותר מוקדמת משעת הדיגום וההבדל היחסי הממוצע בין מדידה בשעה מאוחרת לבין הערך האמיתי הוא 10%. המעוינים האפורים מייצגים את ערכי הפרשים המוערכים ביו מינימום מתוקן (-10%) לריכוזי החמצן בים הפתוח באותם זמנים. הקו האפור מציין את הסטייה הממוצעת הרב שנתית של ערכי המינימום מים פתוח (-23.5  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) והקו השחור המקווקו מציין את הסטייה הרב השנתית הממוצעת של המקסימום מים פתוח (38.6  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ).

Figure B41: The difference between dissolved oxygen concentrations ( $\Delta\text{DO}$ ) measured in the NRR lagoon and open sea twice a week at early morning (grey circles) and afternoon (empty circles), from January 2001 to December 2004. The black dashed line is the overall average afternoon  $\Delta\text{DO}$  ( $38.6 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ) and the grey line the overall average early morning  $\Delta\text{DO}$  ( $-23.5 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ). Black circles represent the estimated summer early morning  $\Delta\text{DO}$ , after applying an estimated 0.9 correction factor for the measured DO in the lagoon.

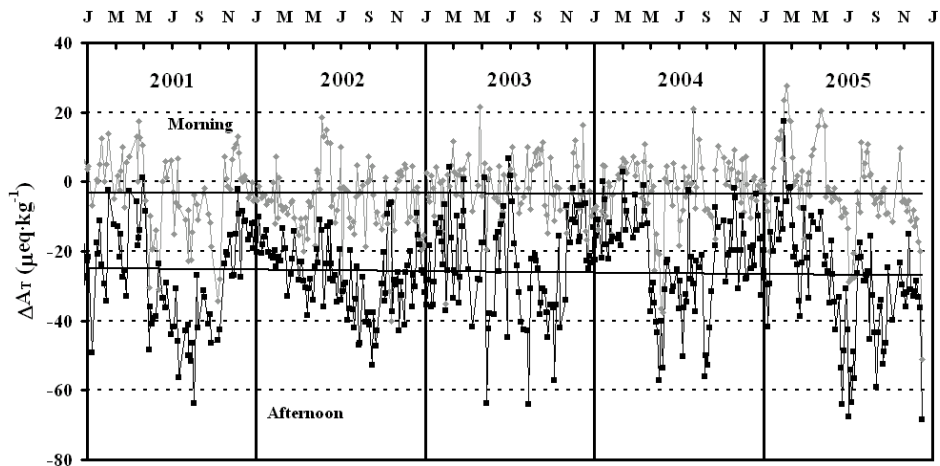


איור ב42: ערכי מינימום (מעוינים שחורים) ומקסימום (ריבועים לבנים) של pH בתחנה הקבועה בשמורת חוף אלמוג, ובים הפתוח (עיגולים אפורים) מינואר 2001 עד דצמבר 2005. pH נמדד בטמפרטורה קבועה של 25°C. ערכי הים הפתוח לקוחים ממדידות הדיגום החופי וההפלגות.

Figure B42: Minimum (black diamonds) and maximum (empty squares) values of pH (measured at 25°C) at the nature reserve lagoon relative to the open-sea values (grey circles)

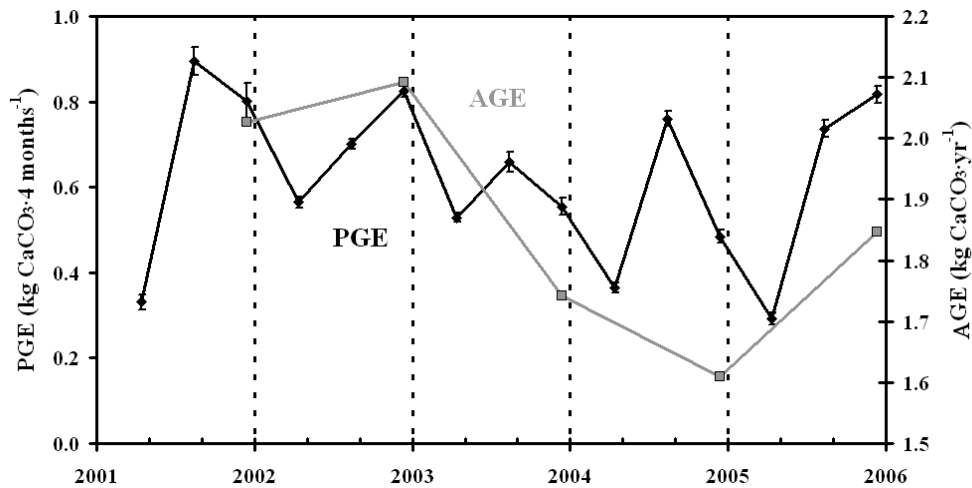


measured during coastal and open sea monitoring cruises, from January 2001 to December 2005.



איור ב43: הפרשים בין מדידות מינימום (מעוינים אפורים) ומקסימום (ריבועים שחורים) של אלקליניות בשמורת חוף אלמוג לבין ערכי הים הפתוח מינואר 2001 עד דצמבר 2005.

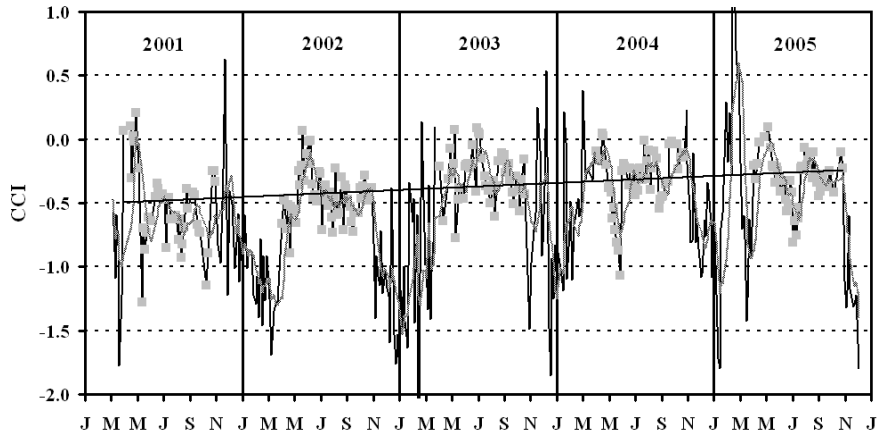
Figure B43: The differences between open sea total alkalinity and Minimum (grey diamonds) and maximum (black squares) alkalinity measurements at the nature reserve lagoon from January 2001 to December 2005.



איור ב44: הצטברות תקופתית (עבור כל ארבעה חודשים) (PGE) והצטברות שנתית (AGE) של  $\text{CaCO}_3$  בשנתית בחוף אלמוג מדצמבר 2000 עד דצמבר 2005 (מחושבים על פי הנוסחה של PGE, ראה למעלה).

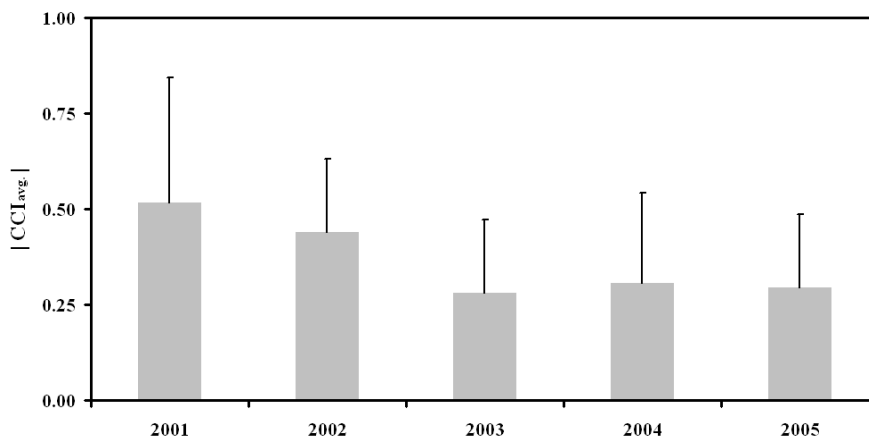
Figure B44: Periodic accumulation of  $\text{CaCO}_3$  in the nature reserve reef in 4 month increments (PGE) and annually (AGE) for the period December 2000 to December 2005. Values were calculated from numerical integration of PGE (see above equation).

ערכי מדד CCI היומיים עבור הימים בהם נדגמו מי הלגונה מוצגים באיור ב-45. ערכים ממוצעים בחודשי השיכוב (אפריל עד אוקטובר), בהם ריכוז הנוטריינטים נמוך, מוצגים באיור 8. בחשבון זה נעשה שימוש בערכים ממוצעים של אלקליניות, pH, וטמפרטורה, וחזקת המעריך 3.2. ניתן להבחין בברור במגמת עלייה ב-CCI, כאשר השינוי הממוצע בערך זה בין 2001 ל-2005 הוא מ-0.5 ל-0.3. שינוי זה מבטא ירידה של כ-40% בקלציפיקציה בשונית כפי שמוערכת באמצעות המדידות הכימיות בלגונה.



איור 45: ערכי CCI בשונית חוף אלמוג ממרץ 2001. מדידות מתקופות השיכוב (אפריל עד אוקטובר) מסומנות בריבועים אפורים ודרכן עובר קו מגמה המדגים עלייה בערך זה בזמן השיכוב משנה לשנה.

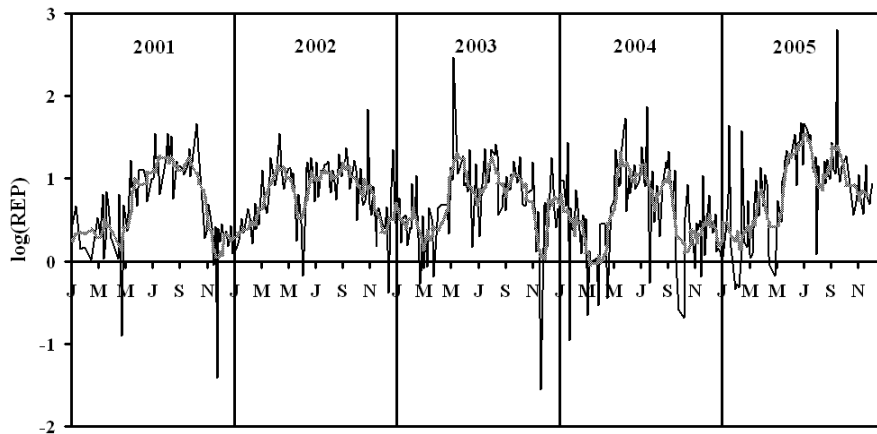
**Figure B45: Values of the Calcifier Cover Index (CCI) at the nature reserve reef between March 2001 and December 2005. The grey squares indicate the CCI values estimated for the period April to October of every year when the open water column is stratified and nutrient depleted. The black trend line passes through the low nutrient data points.**



איור 46: ערכי CCI ממוצעים של השונית בשמורת חוף אלמוג לתקופות השיכוב (אפריל עד אוקטובר) מ-2001 עד 2005, מוצגים כערכים מוחלטים. השגיאות הן סטיית התקן של הממוצע מחושבים מערכי ה-CCI היומיים (איור ב-45).

**Figure B46: Absolute values of average CCI for the summer (April to October) of every year since 2001. Error bars are the standard deviation calculated from the daily values (Figure B45).**

היחס בין קלסיפיקציה למצב הטרופי של השונית (הפרמטר הסביבתי, REP) בשנת 2005 בעל ערכים דומים ומחזוריות דומה למחושב ממדידות בשנים קודמות (איור ב47). לולא השינויים שחלו בכימיה של מערכת הקרבונט במים הפתוחים בשנים האחרונות, ובפרט עליית ה-pH (ראה בהמשך הדו"ח), היו בוודאי גם שינויים ב-REP.



איור ב47: ערכי REP של השונית בשמורת חוף אלמוג משנת 2001 עד סוף 2005 (קו שחור) . הקו האפור מייצג את הממוצע הנע על 7 נקודות של הסדרה המקורית.

Figure B47: Values of REP for the nature reserve reef (black line), and a running average of 7 data points (gray line), since 2001.

## ב.6. קצב גידול מאקרו-אצות בשונית

### מטרה

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

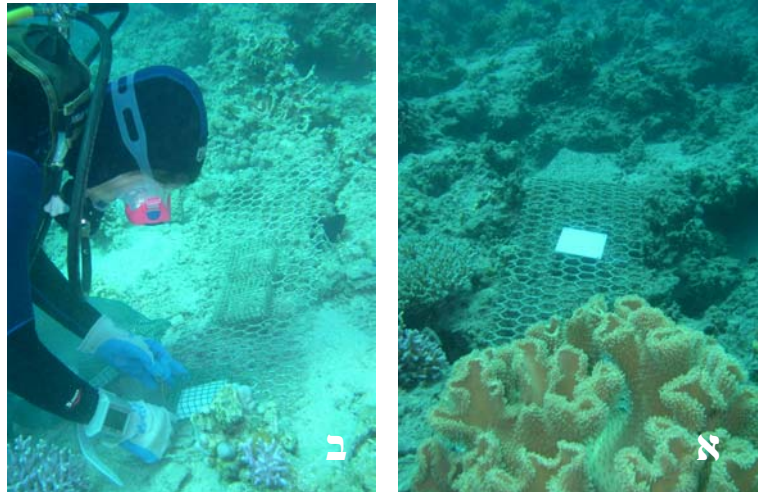
### שיטות

ששה מערכים של שתי לוחיות PVC סמוכות, שגודלן 10X10 ס"מ, הוצבו באופן אקראי בעומקים שבעה עד עשרה מטרים בשונית שמול המכון הבין-אוניברסיטאי. שלושה מערכים מכוסים כלובי מתכת בעלי גודל עין של 1X1 ס"מ, ושלושה חשופים (איור ב42). הלוחיות משמשות להתיישבות אצות צמודות מצע, ומהוות מודל להתיישבות אצות בשטחים חשופים בשונית. אחת לחודש מוחלפת אחת הלוחיות לסירוגין מכל מערך בלוחית נקייה – זמן השהות של כל לוחית במים כחודשיים. האצות מגורדות מהלוחיות שהוצאו מהמים ומסוננות על פילטר סיבי זכוכית GF/A. הפילטרים מושרים בתמיסת אצטון:מתנול (50:50) (v/v) למיצוי הפיגמנטים הפוטוסינתטיים המשמשים לאומדן מסת האצות. עצמת בליעת האור באורכי הגל המתאימים לפיגמנטים הפוטוסינתטיים (E664, E647, E630) נמדדת ב-Spectrophotometer ומשמשת לחישוב כמות ה-chlorophyll a, הפיגמנט העיקרי באצות אלה, בעזרת המשוואה:

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

הלוחיות המוגנות על ידי כלובי המתכת משמשות לאומדן כמות האצות הפוטוסינתטית, בכך שהכלובים מונעים רעייה של דגים, 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).

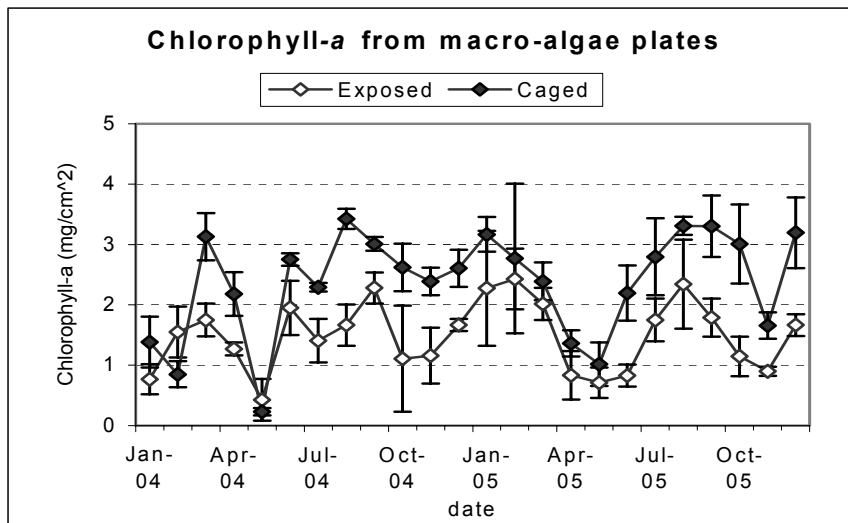


איור ב48: א) לוחית התיישבות במערך ללא הגנת כלוב. לוחיות אלה חשופות לרעייה. ב) לוחיות מוגנות מרעייה על ידי כלובי מתכת. צילום: רותי ריף

**Figure B48: A) A settlement plate without a cage. These settlement plates are exposed to natural grazing by herbivores. (B) Settlement plates protected from grazing by cages. Photos: Ruti Reef.**

#### תוצאות

ריכוזי chlorophyll *a* הממוצעים שנמדדו ב-2004 ו-2005 מלוחיות ששהו בים במשך חודשיים נתונים באיור ב43. נראה כי ערכי המקסימום של כמות הכלורופיל בלוחיות המוגנות (פוטנציאל גידול האצות) דומים בין השנים. בין מדידות חודשיות ישנם שינויים גדולים בערכי כלורופיל, אולם לא ניתן בשלב זה לזהות מחזוריות מסודרת או מגמה מתמשכת בפוטנציאל גידול האצות בשונית המעבדה הימית. בדרך כלל 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.



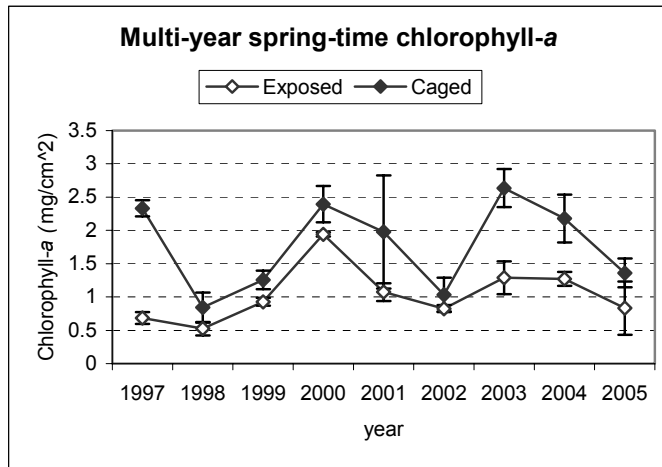
איור ב49: ממוצע כמות Chlorophyll a ע"ג לוחית השופות ומוגנות בכלובים בשנת 2004 ו-2005. כל נקודה מייצגת חודש אחד (מחושבת על-פי שלוש לוחיות ששהו בים חודשיים).

**Figure B49: Average chlorophyll a on exposed (diamonds) and caged (squares) settlement plates for 2004 and 2005. 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 (אפריל-מאי) מלמד שישנם גם שינויים גדולים משנה לשנה בפוטנציאל גידול האצות בשונית (איור ב44). 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.

בכל שנה כמות האצות על גבי לוחיות החשופות לרעייה קטנה מהפוטנציאל המגולם בלוחיות המוגנות. ברוב המקרים (יוצא מן הכלל שנת 2000) משרעת ערכי הכלורופיל בלוחיות החשופות קטנה בהרבה מזו של הפוטנציאל, עדות לכך שהרעייה יעילה ביותר בויסות כמות האצות. 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.

בעקבות הרחבת ניטור האצות לכל השנה (בשנתיים הראשונות, כמו גם בחמש השנים לפני תחילת תכנית הניטור, הוגבל ניטור זה לחודשים ינואר-יוני), שונתה השיטה באופן בו כל לוחית נמצאת בים חודשיים (לפני כן, כל הלוחות היו מוצבים בינואר וחלקם הוצא בכל חודש וחודש, עד יוני). בעקבות שינוי השיטה לא ניתן להמשיך את ההשוואה רבת השנים מאז 1997 אשר הצביעה על מגמת עלייה בפוטנציאל גידול האצות (ראה דו"ח הניטור 2004).



איור 50: 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 B50: 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.**

## ג. ניטור הסביבה החופית

### ג.1. מי הים בקרבת החוף

#### מטרה

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

#### שיטות

אחת לחודש מבוצעות מדידות של פרמטרים כימיים וביולוגיים על דוגמאות ממי השטח בשבע תחנות לאורך החוף הישראלי של המפרץ ובתחנת ים פתוח כפי שמפורט באיור 1ג, בטבלה 1ג, ובטבלת הפעילות. הדיגום נעשה מסירה בשעות הבוקר. במהלך הפלגה רציפה נלקחות משמונה התחנות דוגמאות מים מעומק של 1-2 מ' באמצעות בקבוק ניסקין בנפח 5 ליטר של חברת GOFLO, לצורך מדידות במעבדה. בנוסף נמדדת טמפרטורת מי השטח באמצעות מד חום מתהפך 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.  
**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.  
**נוטריונטים:**  $NO_2$ ,  $NO_3$ ,  $SiO_2$ ,  $PO_4$  נמדדים במכשיר QuikChem 8000 flow injection

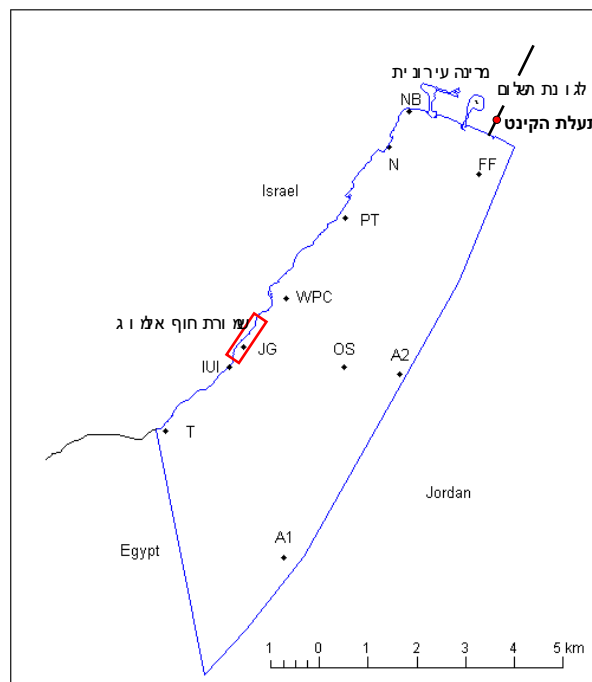
analyzer של חברת Lachat Instruments, Milwaukee, ארה"ב. המדידה מבוססת על תגובת צבע שיוצר כל אחד מהנוטריינטים עם הריאגנט הייחודי לו ליצירת קומפלקס צבע בעל אורך גל בתחום האור הנראה, הנקלט בספקטרופוטומטר של המכשיר.

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

כלורופיל: המים מסוננים דרך פילטרים מסוג GFF. הפילטרים ממוצים באצטון 90% בחושך (במקרר 4°C) ל-24 שעות. בתום המיצוי, ריכוז הכלורופיל והפאופיטין (Chlorophyll-a and Pheophytin) נמדד בפלואורומטר מדגם 10-AU Fluorometer של חברת Turner Designs, קליפורניה, ארה"ב. ריכוז הפאופיטין נמדד לאחר החמצת המיצוי עם HCl בריכוז 1N.

אמוניה: אמוניה נמדדת באמצעות פלואורומטר DyNA Quant™ 2000 של חברת Hofer לאחר הדגרת הדוגמאות בחושך בתוספת ראגנט צבע המכיל orthophthaldialdehyde למשך 3 שעות. ספירת תאי פיטופלנקטון: מתבצעת במכשיר FACSscan 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 אוקריוטים, בקטריות, וציאנובקטריה ממיין *Synechococcus*.

ההשוואה בין שנת הניטור הנוכחית ושנת 2004 מוגבלת כיוון שבחודשים יולי, ספטמבר, אוקטובר, ונובמבר של שנת 2004 לא נערכו הפלגות ניטור בתחנות החופיות. רוב המשתנים הנמדדים בהפלגות אלה בעלי מחזור שנתי, ועל כן ניתן, בדרך כלל, להסיק מסקנות מלאות למרות המחסור בנתונים מחודשים אלה.



איור ג1: מפת תחנות הדיגיט במפרץ אילת. נקודה אדומה מייצגת את מיקום מד הזרם במדידות תעלת הקינט. **Figure C1: Map of the open-water monitoring station in the territorial waters of Israel in the Gulf of Eilat.**

שם תחנה	תיאור מיקום	קו רוחב (N) GPS	קו אורך (E) GPS
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 וכ-50 מ' מזרחית לשפך מי הקירור של 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 – עומק קרקעית 20 מ'	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 1ג: מיקום ותיאור תחנות הדיגום החופי של פרויקט הניטור הלאומי.

## תוצאות

### 1.1.1 מדדים כימיים

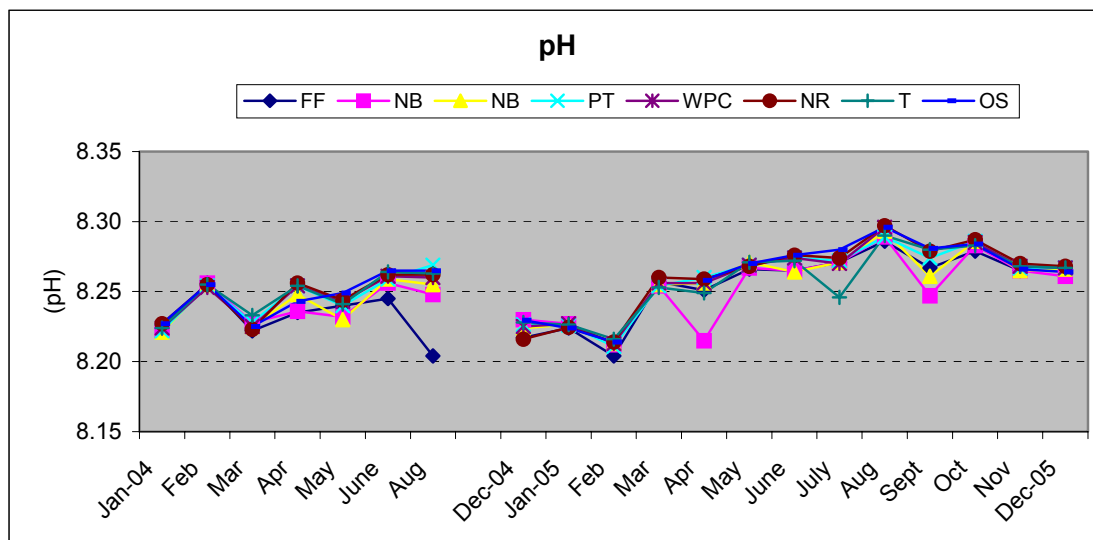
#### רמת חומציות המים (pH)

ערכי pH שנמדדו בשנת 2005 מצביעים על קיומו של מחזור שנתי עם ערכים נמוכים בחודשי החורף וגבוהים בחודשי הקיץ (איור 2ג). ברוב תחנות הניטור החופיות וכן בתחנת הים הפתוח נמדדו ערכי pH דומים בכל חודש. חריגות מטווח הערכים של מרבית התחנות נרשמו בעיקר בתחנות החוף הצפוני – בסמוך לכלובי הדגים או מערבית להם, מול מלון דן. בתחנות אלה נמדדו ערכי pH נמוכים במיוחד בחודשים אוגוסט 2004, ופברואר, אפריל וספטמבר 2005. חריגה נוספת של ערך pH נמוך נמדדה מול חוף טאבה בחודש יולי 2005.

בהשוואה לשנת 2004, שגם במהלכה נצפה מחזור שנתי דומה של ערכים נמוכים בחורף וגבוהים בקיץ, ניכרת עליה כללית בערכי pH. ערכי pH בים מושפעים ממגוון של תהליכים, אשר החשובים שבהם כוללים תהליכי נשימה-פוטוסינטזה, תהליכי שיחלוף גזים עם האטמוספירה, ותהליכי ערבוב של מי שטח עם מי עומק בהם ה-pH נמוך יותר. מחזור הערבוב צפוי להשפיע על כל גוף המים, בעוד יחס נשימה-פוטוסינטזה עשוי להשתנות גם באופן מקומי. המחזור השנתי של ערכי pH בכל תחנות המדידה מושפע קרוב לודאי על ידי מחזור הערבוב השנתי. בתקופת החורף מתערבבים מי השטח עם מים עמוקים בהם ה-pH נמוך כתוצאה מעודף נשימה על פוטוסינטזה. בעונת הקיץ המשוכבת מופרדים מי השטח ומי העומק, ובמים העליונים פעילות פוטוסינטטית גורמת לעליית ה-pH. השינויים המקומיים בערכי pH, ערכים נמוכים באזור כלובי הדגים והחוף הצפוני, עשויים לנבוע מעודף חריג של נשימה על פוטוסינטזה. עודף נשימה יכול להיווצר הן ממסת הדגים בכלובים והן מריבוי חיידקים באזור עשיר בחומר אורגאני. במקרה כזה צפוי האות להירשם בקרבת הכלובים או במורד הזרם, אזור החוף הצפוני. אפשרות נוספת היא שכניסת מי תהום לים באזור החוף הצפוני מורידה את רמת ה-pH שם. תרחיש כזה מתאים גם למדידות המליחות והנוטריות בתחנות אלה, כפי שמפורט בהמשך. בכל מקרה, ההשפעה ככל הנראה מקומית, ולא נרשמת בתחנות הרחוקות יותר. אין כרגע הסבר מניח את הדעת לערך pH הנמוך שנמדד מול חוף טאבה ביולי 2005.

לערכי pH חשיבות רבה לבריאות השונית, כיוון שסביבה חומצית (pH נמוך) פוגעת בהשקעת שלד גירני. לאחר שנים של ירידה מדאגיה בערכי pH נמשכת מגמת העלייה עליה דווח בדו"ח 2004 וערכי pH של קיץ 2005 דומים לערכים הגבוהים שנמדדו בקיץ 2000.

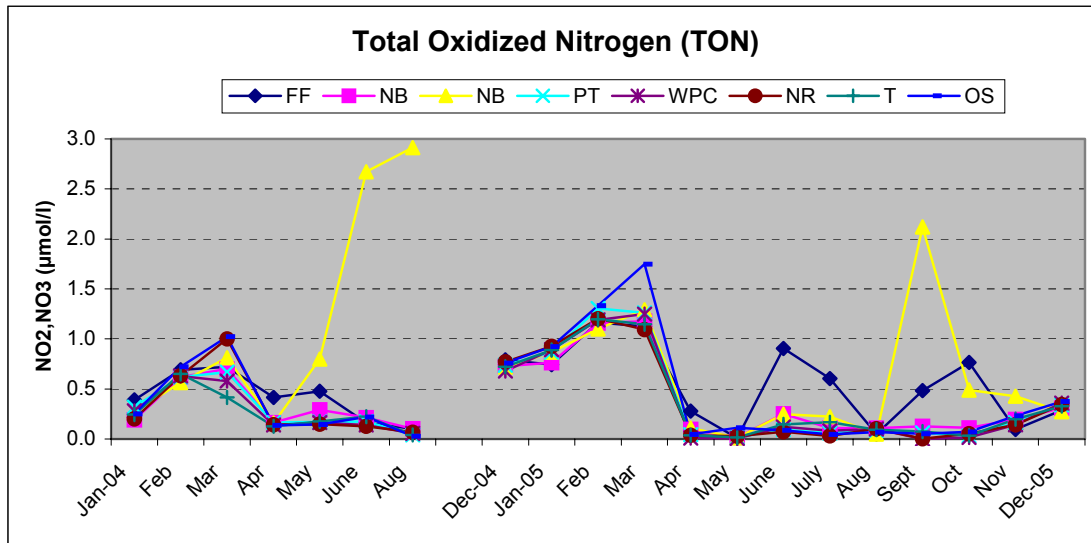




איור ג2: ערכי pH חודשיים בכל תחנות המדיגום בשנים 2004 ו-2005.  
**Figure C2: Monthly pH values at all coastal water monitoring stations for 2005 and 2004.**

חנקן אנאורגאני מחומצן (TON – Total Oxidized Nitrogen = NO<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>)

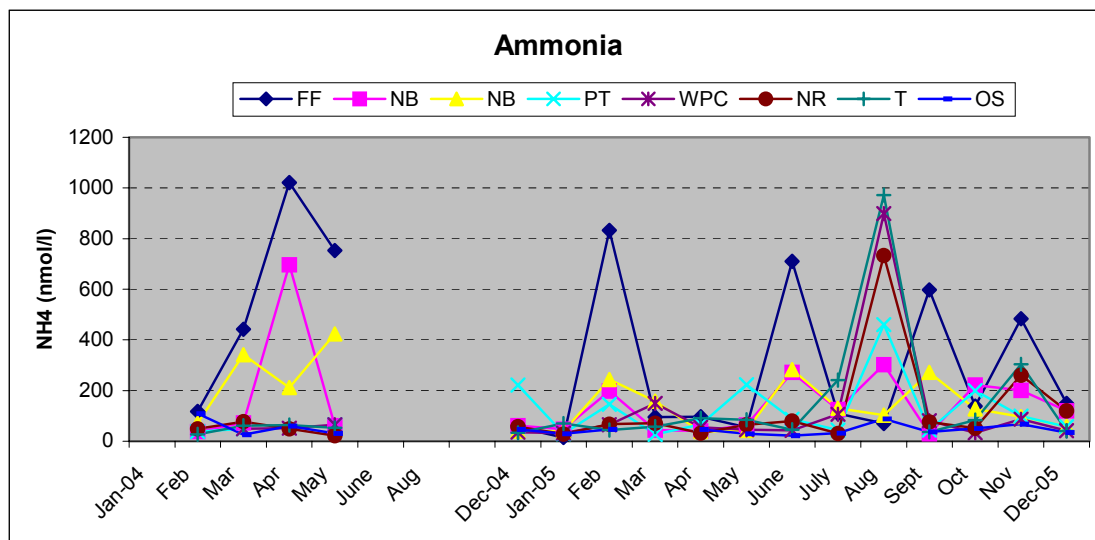
ערכי חנקן אנאורגאני מחומצן נמוכים מאד בחודשי הקיץ וגבוהים יותר בחודשי החורף (איור ג3). ברוב התחנות החופיות דרומית לחיל הים נמדדו ערכים דומים, והמחזור השנתי ניכר שם היטב. לעומת זאת, בקרבת כלובי הדגים ובתחנת חיל הים/מלון מרידיאן נמדדו לעיתים ריכוזי חנקן גבוהים גם בחודשי הקיץ. הערכים הגבוהים ביותר נמדדו מול חיל הים/מרידיאן בקיץ 2004 ובסוף הקיץ 2005 (עד שיא של 2.9 μmol/l ו- 2.1 μmol/l בהתאמה). ערכים אלה גבוהים בהרבה גם מהריכוז המרבי שנמדד בים הפתוח בחורף 2005 (1.75 μmol/l), ומעידים על הזרמה מקומית של מים עשירים בנוטריינטים לים באזור חיל הים/מרידיאן. גם בקרבת כלובי הדגים נמדדו לעיתים קרובות בחודשי הקיץ ריכוזים חריגים של חנקן יחסית לתחנות החוף הדרומיות (ערכי שיא של 0.47 μmol/l בקיץ 2004, ו-0.9 μmol/l בקיץ 2005). המחזור השנתי של ריכוז חנקן אנאורגאני מחומצן נשלט גם הוא על ידי מחזור הערבוב. בחודשי הקיץ בהם גוף המים משוכב נחשב מפרץ אילת לים אוליגוטרופי, עני בנוטריינטים, ועל כן בחודשים אלה נצרך החנקן במהירות ממי השטח וריכוזו צפוי להיות נמוך מאד. בחודשי החורף מועשרים מי השטח בחנקן שמקורו במים העמוקים. זמינות החנקן בקיץ מהווה גורם מגביל לגידול אצות, ואספקתו עשויה לעודד פריחתן ולפגוע בשונות. במדידות שנערכו בשנים 2004-2005 זוהו "זיהומי חנקן" בחודשי הקיץ בקרבת כלובי הדגים ומלון מרידיאן. ריכוזי החנקן הגבוהים לא נמדדו בתחנות הדרומיות יותר.



איור 3ג: מדידות ניטריט + ניטראט (TON) חודשיות בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2005.  
**Figure C5: Monthly concentrations of total oxidized nitrogen at the coastal water sampling stations during 2004-2005.**

אמוניה (NH<sub>4</sub>)

הבדלים בריכוזי אמוניה בין התחנות ובין חודשי המדידה משתרעים על מאות אחוזים (איור ג4). בעוד שבתחנת הים הפתוח הריכוזים נמוכים תמיד (22nmol/l-109nmol/l) בתחנות החופיות ובעיקר בצפוניות ההבדלים בין הריכוזים המדודים מחודש לחודש נעים בטווח של 15nmol/l-1022nmol/l במחזוריות לא סדירה. רוב התנודות נרשמו ליד כלובי הדגים שם המשרעת מכסימלית. אולם גם בחוף הצפוני, חיל הים, מרידיאן ומול נמל הפוספטים ישנם הבדלים גדולים בריכוזי אמוניה שנמדדו בחודשים השונים. ריכוזים חריגים מתבנית זו נמדדו בחודש אוגוסט 2005, עם ריכוזי אמוניה של 734nmol/l-972nmol/l בשלושת התחנות הדרומיות. גם בחודש זה ערכי האמוניה בתחנת הים הפתוח נותרו נמוכים. 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/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 בשונית. מציאות אמוניה במים מעידה על מקור העשרה מקומי נוכחי. 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. אירוע חריג הוא חודש אוגוסט 2005 אז נמדדו ריכוזי אמוניה גבוהים דווקא בתחנות הדרומיות עם ריכוזים הולכים וקטנים בכיוון צפון. המקור לאמוניה במקרה זה אינו ידוע.

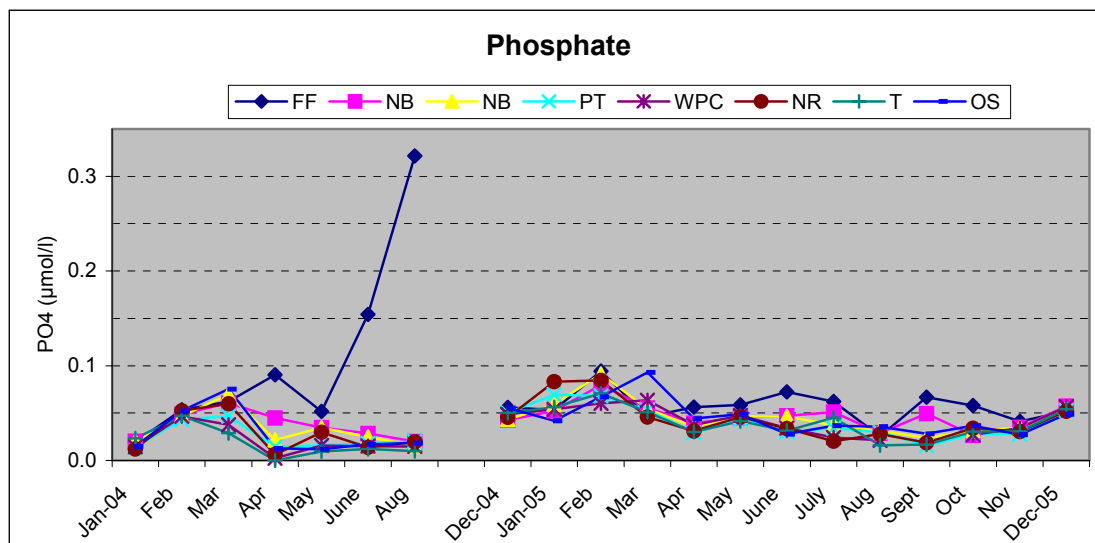


איור ג4: ריכוזי אמוניה ( $\text{NH}_4$ ) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2005.  
**Figure C5: Monthly concentrations of ammonia ( $\text{NH}_4$ ) at the coastal water sampling stations during 2004-2005.**

פוספט ( $\text{PO}_4^{-3}$ )

ריכוזי פוספט בתחנות החופיות ובים הפתוח מראים מחזוריות שנתית של ערכים גבוהים בחורף ונמוכים בקיץ (איור ג5), כאשר בחודשי הקיץ ריכוז הפוספט המרבי בים הפתוח  $0.037\mu\text{mol/l}$  ובחורף  $0.093\mu\text{mol/l}$  (בחודשים יולי ומרץ 2005, בהתאמה). על רקע זה בולטות מספר חריגות של ריכוזי פוספט גבוהים מול כלובי הדגים ובחוף הצפוני. בקיץ 2004 נמדדו ריכוזים של עד  $0.322\mu\text{mol/l}$  מול כלובי הדגים, ובקיץ 2005 ריכוזי הפוספט שם היו לעיתים קרובות כפולים מריכוזו בתחנות החוף האחרות. ריכוזים גבוהים נמדדו לעיתים גם בתחנת החוף הצפוני.

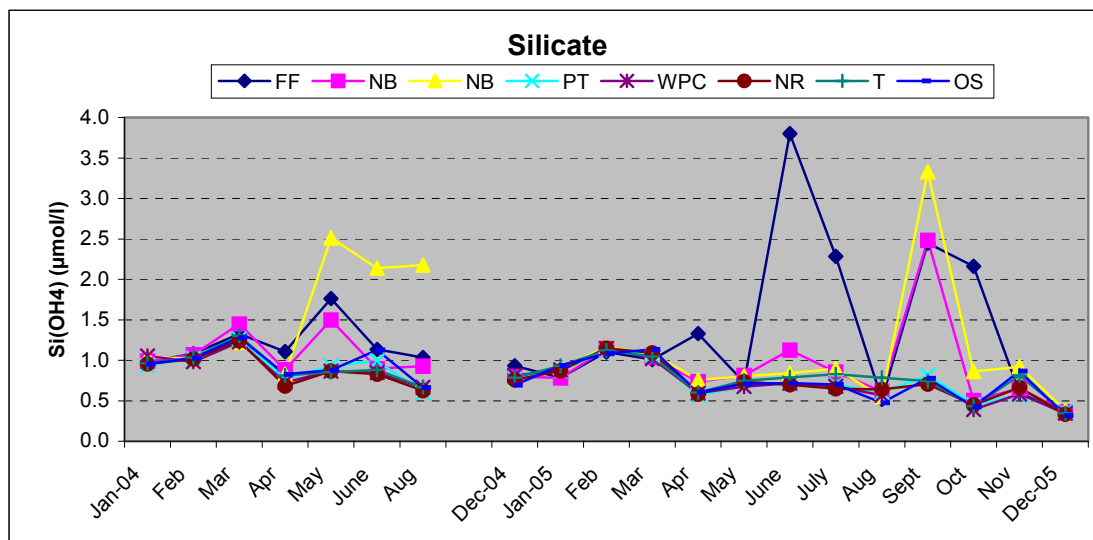
הפוספט גם הוא נוטריינט חשוב ליצרנות ראשונית, ועל כן בקיץ ריכוזו נמוך עקב צריכה בתהליך הפוטוסינטזה. בחורף ריכוזו עולה עקב ערבוב מי השטח עם מי עומק עשירים בנוטריינטים. ריכוזי פוספט מקומיים גבוהים בתחנות החופיות מצביעים על העשרה מקומית בנוטריינטים. אזור כלובי הדגים מועשר בפוספט יחסית לשאר התחנות החופיות.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



איור 5: ריכוזי פוספט ( $PO_4$ ) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2005.  
**Figure C5: Monthly concentrations of phosphate ( $PO_4$ ) at the coastal water sampling stations during 2004-2005.**

#### סיליקה ( $Si(OH)_4$ )

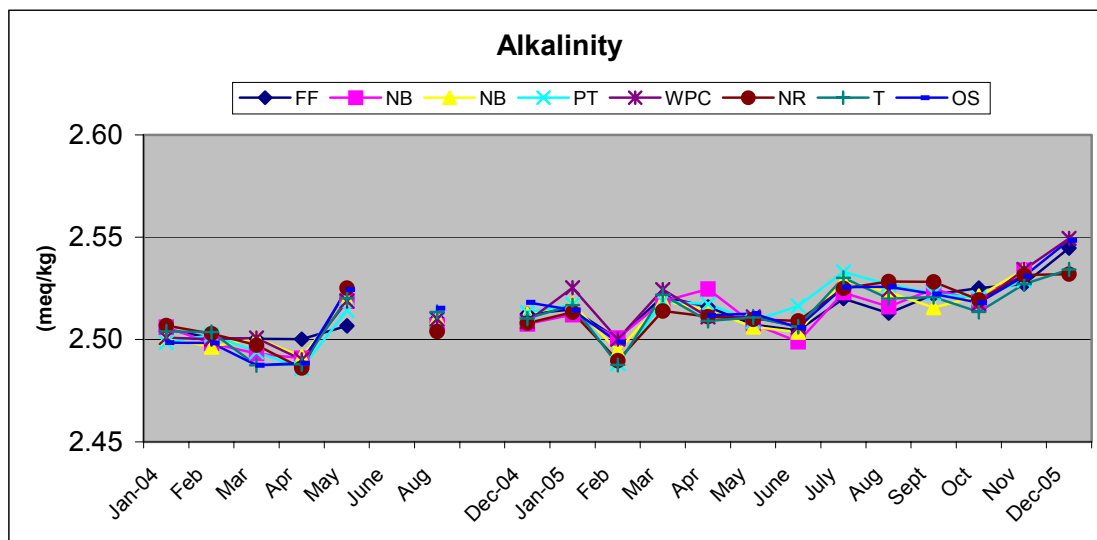
ריכוזי סיליקה בתחנות החוף הדרומיות דומים לריכוז הנמדד בתחנת הים הפתוח, ומראים מחזוריות שנתית של ריכוזים גבוהים יחסית בחורף ונמוכים בקיץ (איור 6). משרעת הריכוזים נעה בין מכסימום של  $1.134 \mu\text{mol/l}$  במרץ 2005 למינימום של  $0.319 \mu\text{mol/l}$  בדצמבר. ריכוזים גבוהים בהרבה (בהבדל של סדר גודל) נמדדו בעיקר בחודשי הקיץ בתחנות הצפוניות, מול כלובי הדגים, בחוף הצפוני, ומול חיל הים/מרידיאן. סיליקה היא רכיב מומס המשמש בהשקעת שלד צורני במגוון גדול של פיתו/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 מקומיים גבוהים, בפרט בחודשי הקיץ, מצביעים על מקור העשרה חיפונית. 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 6: ריכוזי סיליקה (Si(OH)<sub>4</sub>) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2005.  
**Figure C6: Monthly concentrations of silicate (Si(OH)<sub>4</sub>) at the coastal water sampling stations during 2004-2005.**

#### אלקליניות

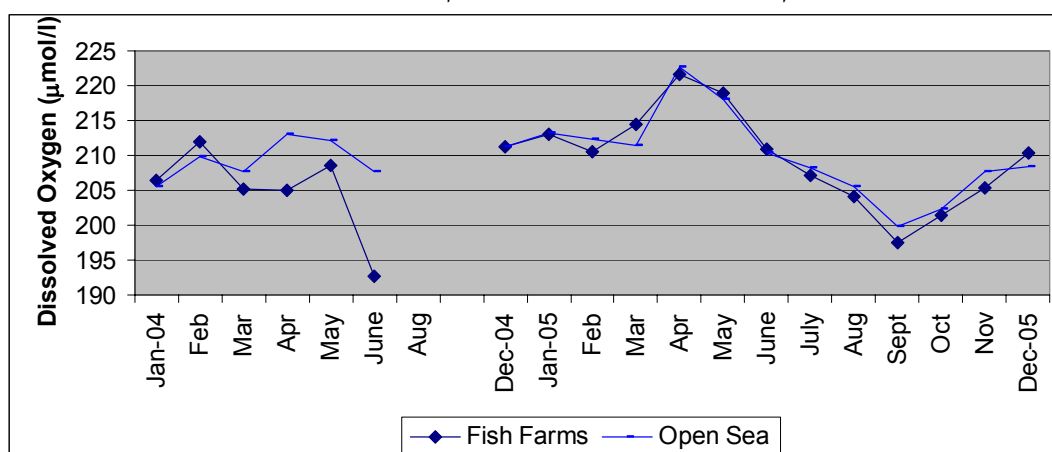
אלקליניות דומה נמדדה בכל התחנות בשנת 2005. ערכי מינימום נמדדו בחודש פברואר וערכי מקסימום בדצמבר (איור 7). על סמך מדידות 2005 לא ניתן למצוא מחזוריות בערכי האלקליניות. ערכי אלקליניות בשנת 2004 נמצאים בטווח הערכים שנמדד בשנה הנוכחית. וישנה מגמת עליה חלשה באלקליניות לאורך החוף משנת 2004 לשנת 2005, המשתרעת על פני טווח של כ-40meq. האלקליניות היא מדד לסך החומצות החלשות במים והתהליכים העשויים להשפיע עליה הם תהליכי אידוי ומיחול (מליחות), ותהליכי השקעה/המסה של קלציום-קרבונט. מגמה של עליה במליחות לא נצפתה בשנת 2005 (ראה למטה), ותהליכי קלציפיקציה צפויים להיות קטנים במים פתוחים. על כן לא צפויים שינויים קיצוניים בערכי אלקליניות במי הים. מגמת העלייה באלקליניות המסתמנת בשנת 2005, על אף היותה חלשה, חורגת מטווח המחזור העונתי הממוצע, המשתרע על כ-15meq. מגמה זו, אם אמיתית, צריכה לעורר דאגה. משמעותה בהעדר שינוי במליחות עשויה להיות ירידה בסך הקלציפיקציה בצפון המפרץ. אין על סמך הנתונים שבידינו אפשרות לקשור זאת בגורם ישיר כגון עלייה בהמסת קלציום-קרבונט או ירידה בקצב הקלציפיקציה. שינויי האלקליניות בטווח של שנה קטנים, ורק מעקב רב שנים יאשש או יפריך את קיומה של מגמה ארוכת טווח באלקליניות.



איור ג7: אלקליניות בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2005.  
**Figure C7: Monthly alkalinity at the coastal water sampling stations during 2004-2005.**

חמצן מומס

חמצן מומס נמדד רק בשתי תחנות, ליד כלובי הדגים ובתחנת הים הפתוח. ריכוז החמצן המומס מגיע לערך מרבי בחודשי האביב, ולערך הקטן ביותר בחודשי הסתיו (איור ג8). שני גורמים צפויים להשפיע על ריכוז החמצן המומס: טמפרטורה ונשימה/פוטוסינתזה. בטמפרטורה נמוכה עולה מסיסת החמצן וריכוז החמצן מומס במים צפוי לעלות. תהליכי נשימה במים צורכים חמצן, ואילו תהליכי פוטוסינתזה עשויים לשחרר חמצן למים. ריכוזי החמצן הגבוהים בסוף החורף-אביב הן עקב הטמפרטורה הנמוכה בפני השטח והן עקב עליה בפעילות פוטוסינתטית בתקופה זו (ראה מדידות כלורופיל a למטה). לא צפויים להיות הבדלים בריכוז החמצן המומס בעמודת המים. ההבדלים הגדולים בריכוז החמצן המומס בין התחנות בקיץ 2004 מעידים כנראה על צריכת חמצן גדולה ביותר באזור כלובי הדגים. בשנת 2005 לא נמדדו הפרשים משמעותיים בין התחנות ונראה כי צריכת החמצן באזור כלובי הדגים ירדה.

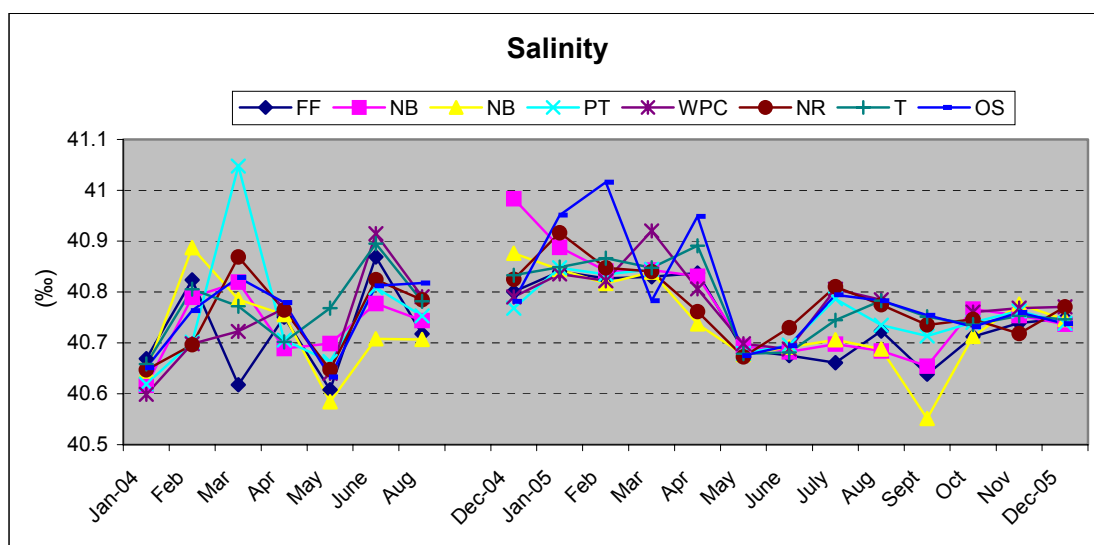


איור ג8: חמצן מומס בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2005.  
**Figure C8: Monthly concentrations of dissolved oxygen at the coastal water sampling stations during 2004-2005.**

## ג.1.2 מדדים פיסיקליים

### מליחות

טווח הערכים של ריכוז מלחים בים הפתוח בשנת 2005 נע בין 40.6751ppm בחודש מאי ל- 41.0156ppm בחודש פברואר (איור ג8). רוב התחנות החופיות נמצאות בטווח הזה, ומראות תבנית דומה של מליחות גבוהה בחורף ונמוכה יותר בחודשי הקיץ. מליחות גבוהה במיוחד נמדדה מול נמל הפוספטים בחודש מרץ 2004, בו נמדדה מליחות נמוכה במיוחד ליד כלובי הדגים. ריכוזי מלחים נמוכים במיוחד נמדדו מול מלון מרידיאן בחודשים מאי-יוני-אוגוסט 2004, ויולי-אוגוסט-ספטמבר 2005. 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. אין כרגע הסבר מניח את הדעת למליחות הגבוהה שנמדדה מול נמל הפוספטים במרץ 2004.

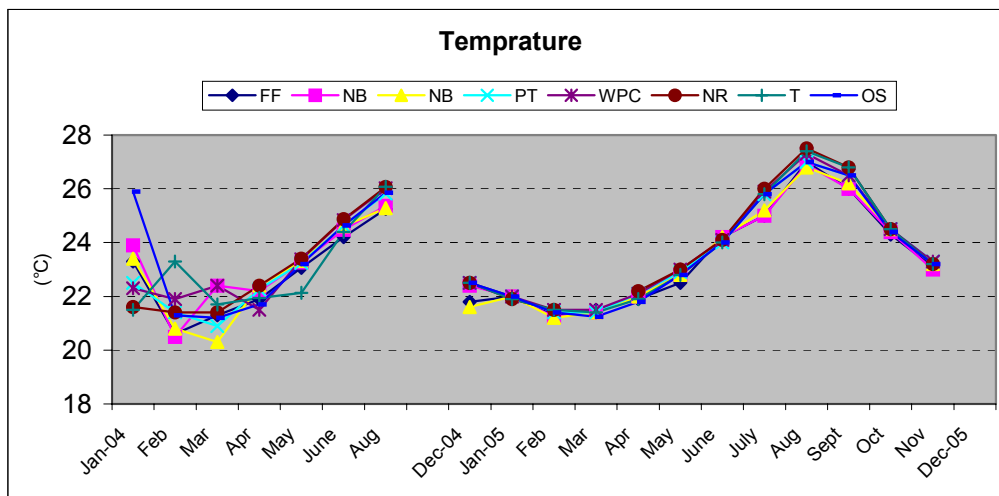


איור ג9: מדידות מליחות בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2005.

Figure C9: Salinity at the coastal water sampling stations during 2004-2005.

### טמפרטורה

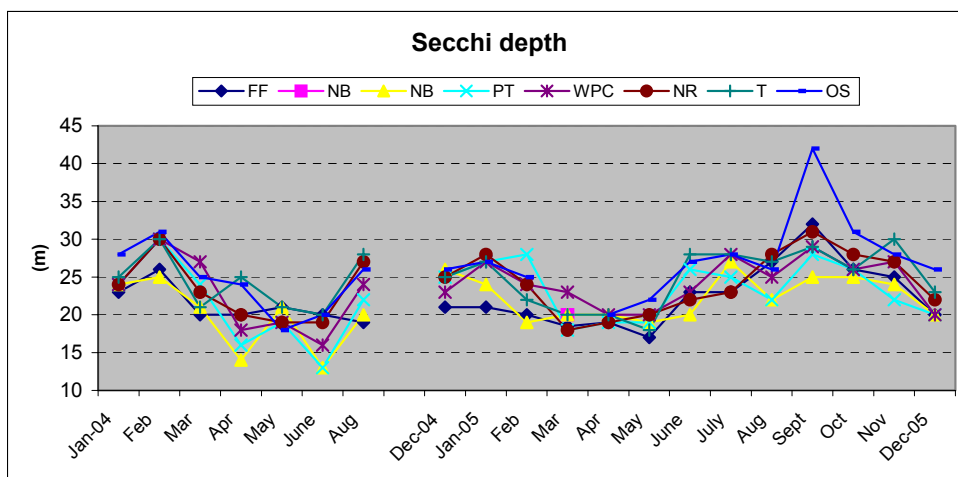
טמפרטורת מי השטח בתחנות החופיות דומה לטמפרטורה הנמדדת בים הפתוח ומראה מחזור שנתי מובהק של ערכי מינימום בחודשים פברואר-מרץ ומכסימום בחודש אוגוסט (איור ג9). המשרעת השנתית בשנת 2005 נעה בין  $21.2^{\circ}\text{C}$  (חודש מול חיל הים) ל- $27.5^{\circ}\text{C}$  (אוגוסט בתחנת הגנים היפנים). בשנת 2005 מדידות הטמפרטורה בתחנות השונות דומות זו לזו, כצפוי ממדידות הנעשות בסמיכות זמן זו לזו בים ללא מדף יבשת ועם מדרון חוף תלול אל העומק. מדידות הטמפרטורה בחורף 2004 משתרעות על טווח של למעלה משתי מעלות באותו בוקר. למרות שהבדלי טמפרטורה מקומיים עשויים לשמש עדות לגופי מים שונים, או הזרמת מים מהחוף אל הים, המשרעת הגדולה חודש אחר חודש והעדר תבנית מרחבית מעמידה בספק את אמינות המדידות בתחילת 2004 (באותה תקופה נעשה שימוש במד טמפרטורה דיגיטלי אשר הוחלף במד חום כספית מדויק). מסיבה זו לא נעשית כאן השוואה בין מדידות הטמפרטורה בשנת 2005 למדידות הקודמות.



איור ג10: מדידות טמפרטורה בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2005.  
**Figure C10: Temperature at the coastal water sampling stations during 2004-2005.**

עכירות

ממדידות עומק סקי להערכת העכירות עולה תבנית שנתית של מים צלולים ביותר בסוף הקיץ וצלולים פחות בחודשי האביב (מרץ-מאי) (איור ג10). בדרך כלל מי הים הפתוח צלולים יותר ממי החופים, כאשר לרוב עומק סקי נמוך יותר (עכירות גדולה יותר) בתחנות הצפוניות. הערכים הקיצונים של עומק סקי שנמדדו הם 42 מ' בספטמבר 2005 בתחנת הים הפתוח, ו-13 מ' מול חיל ים ונמל הפוספטים ביוני 2004. 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 ג11: מדידות עכירות (עומק סקי) בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2005.  
**Figure C11: Secchi depth measurements at the coastal water sampling stations during 2004-2005.**



### ג.1.3 מדדים ביולוגים

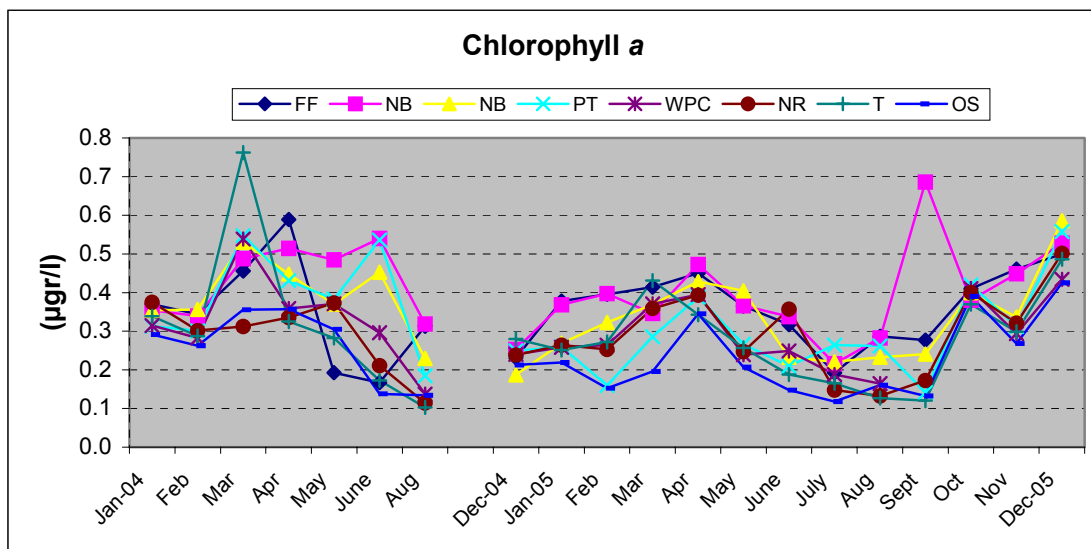
#### כלורופיל a

ריכוז כלורופיל a משתרע על טווח גדול יחסית בתחנות החופיות ובתחנת הים הפתוח, כאשר בכלן ניתן להבחין בתבנית כללית של ערכים גבוהים בחודשי החורף והאביב, וירידה בחודשי הקיץ (איור ג11). בדרך כלל ריכוז נמוך יותר נמדד בתחנת הים הפתוח ובתחנות הדרומיות, וריכוז גבוה יחסית נמצא בתחנות הצפוניות.

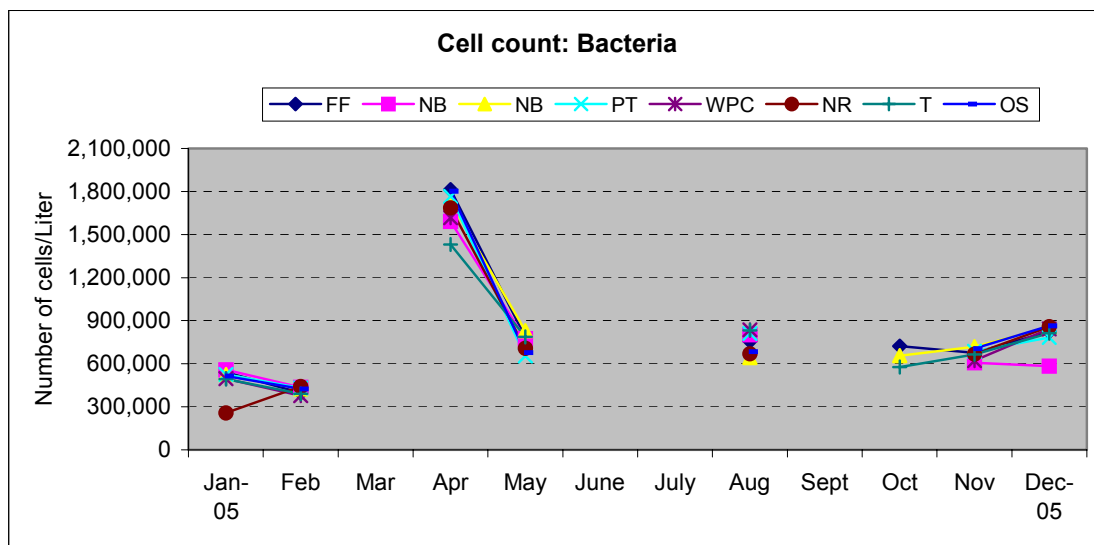
ריכוז כלורופיל a הוא מדד עקיף לכמות האצות במי השטח ועל כן בעל אופי מקומי ממדידות ריכוזי התרכובות המומסות יותר (הן בזמן והן במרחב). בימים אולגוטרופיים מוגבלת כמות האצות על ידי זמינות נוטריינטים, ולכן אספקת נוטריינטים עשויה לגרום לפריחה מקומית של אצות. עליית ריכוז הכלורופיל בחודשי החורף והאביב נובעת, ככל הנראה, מערבוב מי השטח עם מי עומק עשירים. 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. ריכוזי כלורופיל גבוהים במיוחד, המצביעים על פריחת אצות מקומית נמדדו בטאבה במרץ 2004, ובתחנות הצפוניות בחודשי הקיץ של 2004 ובינואר, פברואר, וספטמבר 2005.

#### ספירת פיטופלנקטון

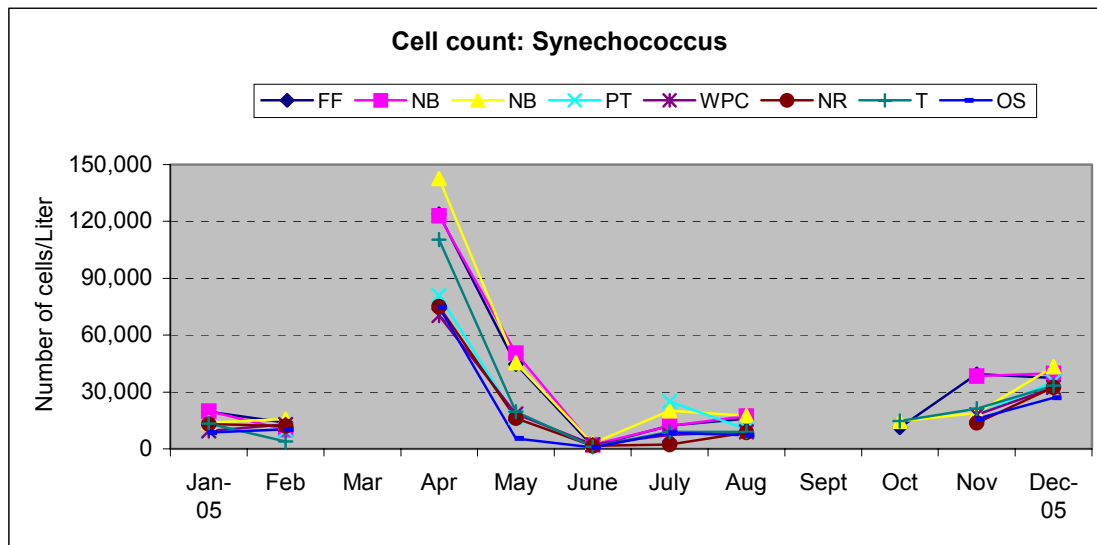
תוצאות ספירת תאי הפיטופלנקטון בדוגמאות המים מהתחנות החופיות מדווחות כמספר התאים לליטר. בתוכנית הניטור מחולקים הפיטופלנקטון לשלוש קבוצות: חיידקים הטרוטרופים, ציאנובקטריה *Synechococcus*, אשר נפוצה מאד באוקיינוסים ובכלל זה במפרץ אילת, ומיוחסת לה תרומה גדולה לסך הפוטוסינטזה, ופיטופלנקטון אאוקריוטי. בשנת 2005 לא נספרו עדיין תאי פיטופלנקטון בחודשים מרץ, וספטמבר, ומחודש אוקטובר נמדדו רק שלוש תחנות. למרות שמסד הנתונים אינו שלם ניתן בדרך כלל להבחין בשינויים עונתיים בריכוזי פיטופלנקטון לאורך החוף. בספירת חיידקים הטרוטרופים חסרים גם הנתונים מהחודשים יוני ויולי. הנתונים הקיימים מראים ריכוזים דומים של תאי בקטריה בתחנות החופיות ובים הפתוח (איור ג12). ריכוז חיידקים גבוה במיוחד נמצא בסוף החורף, לאחר תקופת הערבוב. בחודשי הקיץ והחורף הריכוזים נמוכים בסדר גודל. ריכוזי חיידקים נמוכים במיוחד נמדדו בחודש ינואר בתחנת הגנים היפנים ובחודש דצמבר בחוף הצפוני. גם בריכוזי הציאנובקטריה *Synechococcus*, כמו בריכוזי הבקטריה, ישנה עליה בסדר גודל בריכוז התאים במים בסוף החורף (איור ג13). בסוף החורף ובחודש נובמבר נמדדו ריכוזים גבוהים יותר בתחנות הצפוניות מאשר בתחנות הדרומיות ובים הפתוח. בריכוזי הפיטופלנקטון האאוקריוטי ניכרים הבדלים גדולים בין התחנות בכל החודשים (למעט חודש יוני), כאשר בתחנות הצפוניות ריכוזים גבוהים מאשר בתחנות הדרומיות ובים הפתוח (איור ג14). בכל התחנות ריכוז פיטופלנקטון אאוקריוטי בחורף ובאביב גבוה מאשר בקיץ.



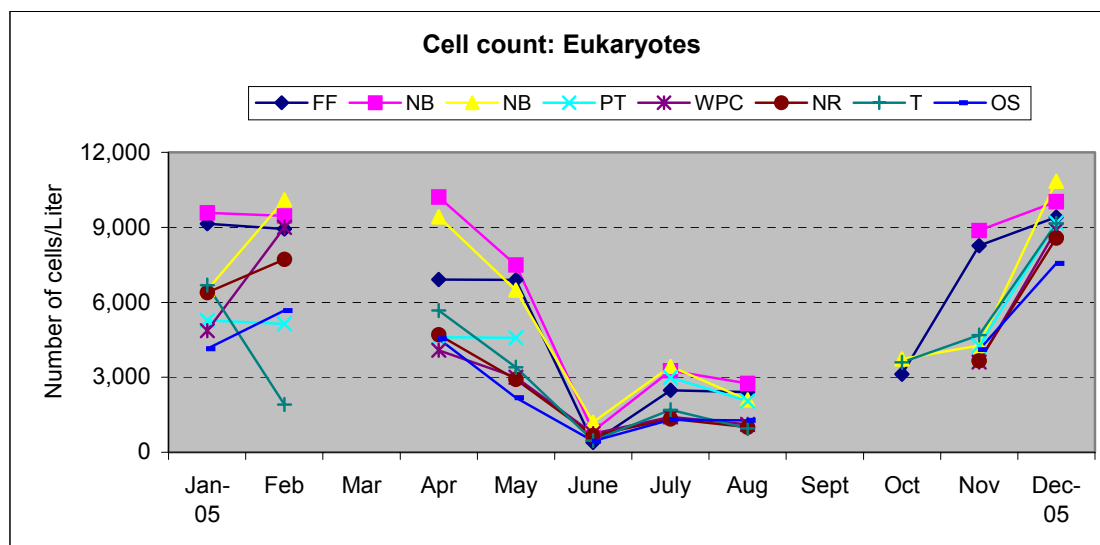
איור ג12: ריכוז כלורופיל *a* בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2005.  
**Figure C12: Monthly concentrations of chlorophyll *a* at the coastal water sampling stations during 2004-2005.**



איור ג13: ריכוז תאי בקטריה בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2005.  
**Figure C13: Monthly concentrations of bacteria cells at the coastal water sampling stations during 2004-2005.**



איור 14: ריכוז תאי ציאנובקטריה *Synechococcus* בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2005.  
**Figure C14: Monthly concentrations of cyanobacteria *Synechococcus* cells at the coastal water sampling stations during 2004-2005.**



איור 15: ריכוז תאים אוקריוטים בתחנות הדיגום החופי בשנים 2004-2005.  
**Figure C15: Monthly concentrations of eukaryote cells at the coastal water sampling stations during 2004-2005.**

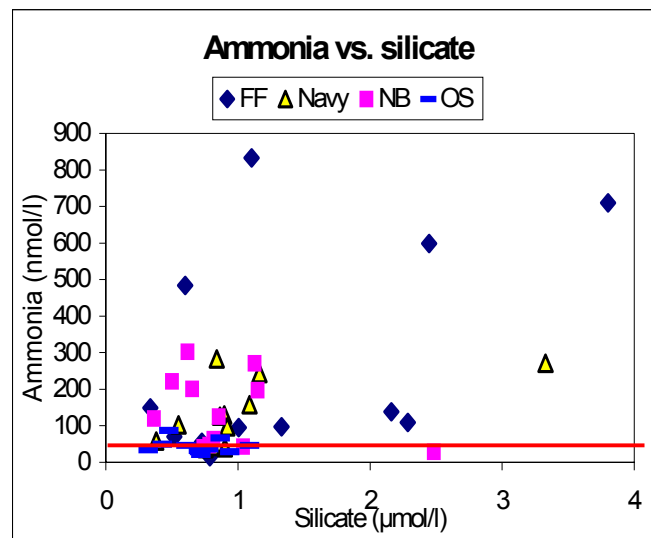
דיון

ממדידות הניטור בתחנות החופיות בשנת 2005 נראה כי התהליך השולט ברוב המדדים הכימיים הפיסיקליים והביולוגיים הוא מחזור הערבוב השנתי. מחזור זה נשלט על ידי קירור וחימום מי השטח אשר להם מחזוריות עונתית ברורה. בעונת החורף טמפרטורת מי השטח דומה לטמפרטורה בעומק, ונוצר גוף מים אחיד במאות המטרים העליונים במפרץ. חימום פני המים בקיץ יוצר שיכוב 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. 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. מספר אירועים של זיהום מקומי זהו במדידות הניטור החופי בשנת 2005. בחודשים יוני, יולי, וספטמבר נמדדו ריכוזים גבוהים במיוחד של נוטריינטים וסיליקה בתחנת המדידה שליד כלובי הדגים, כאשר בספטמבר נמדדו ריכוזים חריגים גם מול חיל הים/מרידיאן. ריכוזים חריגים של מדדים אלו נמדדו מדי פעם גם בחוף הצפוני.

ריכוזי אמוניה גבוהים באופן חריג נמדדו לעיתים קרובות בתחנות המדידה הצפוניות. חודש אוגוסט 2005 נבדל בריכוזי אמוניה גבוהים שנמדדו בתחנות הדרומיות. יש לחזור ולהזכיר כי אמוניה היא צורה זמינה ביותר של חנקן ונצרכת במהירות. לפיכך ריכוזי אמוניה גבוהים ימצאו סמוך למקור. ריכוזי האמוניה ליד כלובי הדגים גבוהים במיוחד בחודשים פברואר, יוני, ספטמבר, ונובמבר (484-833nmol/liter). בשאר החודשים ובשאר התחנות הצפוניות ריכוזי האמוניה נמוכים מ-300nmol/liter, אולם בהשוואה לריכוזי אמוניה בים הפתוח (הנמוכים מ-100nmol/liter) נמצא שבדרך כלל ריכוזי האמוניה בתחנות הצפוניות גבוהים עד פי 5 (איור 16).

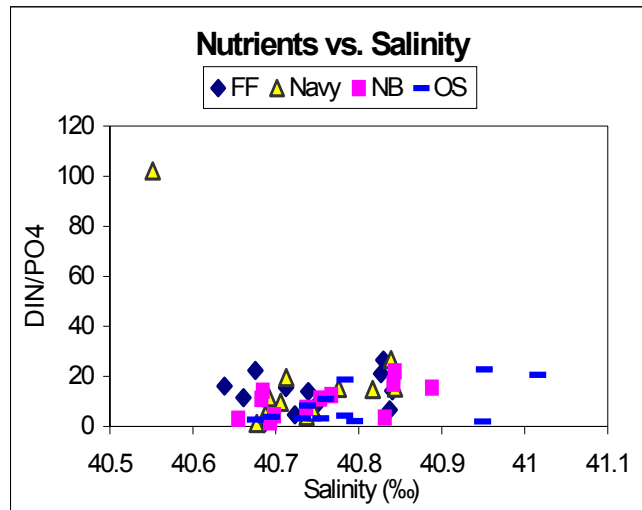
סיליקה עשויה לשמש כסמן משמר (המושפע בעיקר מאידי ומיהול), וריכוזי האמוניה מוצגים כנגד ריכוזי הסיליקה, בניסיון לאפיין את מקורות הריכוזים החריגים בתחנות הצפוניות (איור 16). ריכוזי סיליקה חריגים נמדדו בחודשים יוני, יולי, ספטמבר, ואוקטובר ליד כלובי הדגים, ובחודש ספטמבר נמצאו ריכוזי סיליקט גבוהים גם בתחנת החוף הצפוני ומול חיל הים/מרידיאן.



איור 16: ריכוזי אמוניה מול ריכוזי סיליקה בתחנות החוף הצפוניות. הקו האדום מייצג את ממוצע ערכי האמוניה בתחנות הים הפתוח (44nmol/liter).

Figure C16: Ammonia concentrations versus silicate concentrations in the northern coastal stations. The red line represents the average ammonia concentration at the Open Sea station (44nmol/liter).

מליחות היא מדד משמר נוסף בעזרתו ניתן לזהות כניסת מים אל הים. באיור 17 מוצג יחס הנוטריינטים (חנקן מומס לפוספט) מול מליחות על מנת לאפיין מקורות זיהום. יחס סך החנקן המומס לפוספט במי ים נע תמיד סביב 16 (יחס Redfield), וברוב המדידות מהתחנות החופיות היחס דומה, קטן משלושים. רק מול חיל הים/מרידיאן היו בחודש ספטמבר מי השטח בעלי מליחות נמוכה במיוחד ויחס חנקן לפוספט גבוה במיוחד. בחודשים יוני, יולי, וספטמבר המליחות ליד כלובי הדגים נמוכה מעט יחסית לתחנות האחרות.

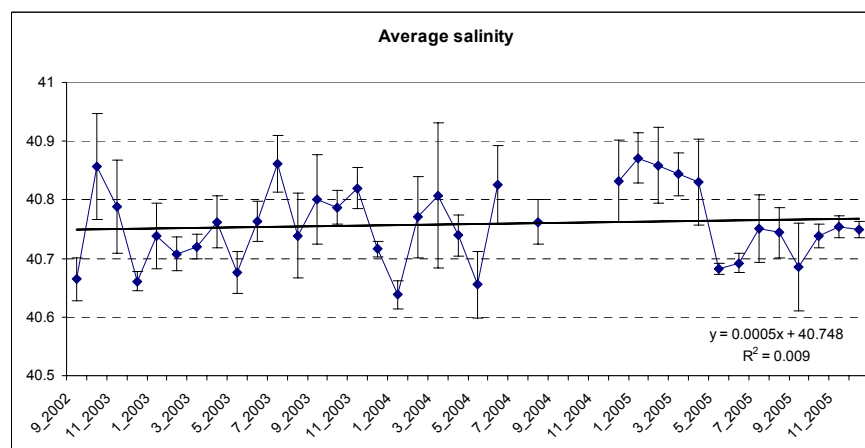
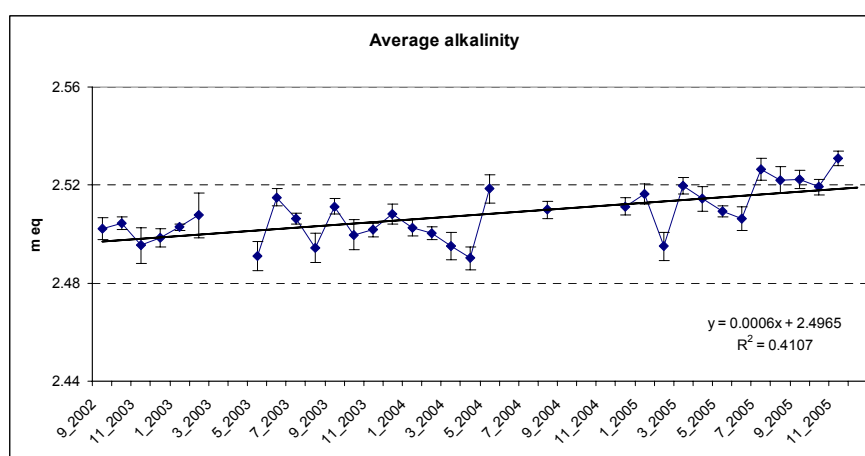
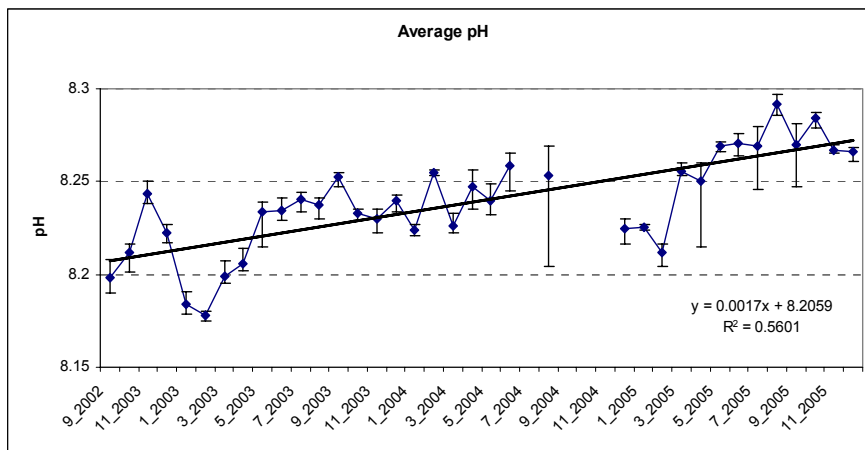


איור ג17: יחס חנקן אנאורגני מומס לפוספט כנגד המליחות בתחנות הצפוניות.  
**Figure C17: The ratio of dissolved inorganic nitrogen versus salinity for the northern coastal stations.**

ריכוז גבוה של נוטריינטים ליד כלובי הדגים בחודשים יוני, יולי, וספטמבר מלווה בריכוזי סיליקה גבוהים במיוחד ובמליחות נמוכה. סמנים אלה תואמים כניסת מים מתעלת הקינט, אשר מוצאה מול כלובי הדגים, אל הים. ריכוזי סיליקה גבוהים, כמו גם ריכוזים גבוהים של נוטריינטים ביחס דומה ליחס Redfield נמדדו בתעלת הקינט בשנת הניטור הקודמת (ראה דו"ח הניטור 2004). גם ריכוזי אמוניה בתעלת הקינט גבוהים מריכוזי הים הפתוח, אולם לא ניתן להבחין בין אמוניה שמקורה בתעלת הקינט ואמוניה שמקורה בכלובי הדגים. בחודשים יוני וספטמבר נמדדו ריכוזי אמוניה גבוהים מאד בכלובי הדגים, אולם ריכוזים דומים נמדדו שם גם בחודשים פברואר ונובמבר בהם ריכוזי הסיליקה אינם חריגים. ככלל ריכוזי האמוניה גבוהים פי כמה באזור כלובי הדגים והחוף הצפוני מהריכוזים שנמדדו בים הפתוח. ככל הנראה מהווים כלובי הדגים מקור לריכוזי אמוניה גבוהים בסביבתם.

מקור זיהום שונה נמצא מול תחנת המדידה בחיל הים/מלון מרידיאן. מקור זה בולט בעיקר בחודש ספטמבר 2005 עם ריכוזי סיליקה, חנקן מחומצן, ואמוניה גבוהים במיוחד. מדדים אלה מצביעים על מי תהום המוזרמים ממלון מרידיאן אל הים. ברוב החודשים נמדדו גם ריכוזי אמוניה גבוהים מול תחנה זו. כיוון שאמוניה נצרכת במהירות וכיוון שאין ירידה הדרגתית בריכוז אמוניה מכלובי הדגים דרך החוף הצפוני לחיל הים/מרידיאן נראה סביר יותר כי מקור האמוניה במי תהום המוזרמים ממלון מרידיאן. יש להזכיר כי בקיץ 2004 נמדדו מול חיל הים/מרידיאן ריכוזי סיליקה דומים לאלה של ספטמבר 2005.

מגמות ארוכות טווח שאובחנו בשנה זו הן עליה ברמת החומציות (pH) ובאלקליניות (איור ג18). עלייה ב-pH מעודדת כיוון שבחומציות נמוכה קלציום-קרבונט שוקע/נשמר טוב יותר, אולם העלייה באלקליניות מעוררת דאגה. שני מדדים אלה, אלקליניות ו-pH קשורים זה בזה. רמת החומציות, pH, קשורה הן באלקליניות והן בריכוז הפחמן האנאורגני המומס, DIC. ללא ירידה חריפה ב-DIC צפויות מגמות דומות באלקליניות וב-pH. בשנת הניטור הנוכחית לא נמדד ריכוז DIC, אולם ירידה חריפה בריכוז אינה סבירה. לפיכך, למרות השינויים בערכים הנמדדים והתנודות החודשיות, המגמות המקבילות של עלייה במדדים אלה וההקפדה היתרה על דיוק וכיול המדידות ועל טמפרטורה קבועה בזמן המדידה מקנות ביטחון באמינות התצפיות. יחד עם זאת, אין בעליית האלקליניות די בכדי להסביר את גודל העלייה ב-pH. עלית ה-pH קשורה מן הסתם גם בעלייה ביצרנות הראשונית (ראה דו"ח הניטור 2004).



איור ג18: מדידות של רמת החומציות (pH), למעלה, אלקליניות, ומליחות, למטה, מאז ספטמבר 2002. כל נקודה היא הערך הממוצע שנמדד בתחנות החופיות ובתחנת הים הפתוח באותו חודש. קווי השגיאה הם ערכי מינימום ומקסימום עבור מדידות pH, וסטיית התקן עבור מדידות האלקליניות והמליחות.

**Figure C18: Measurements of pH (top), alkalinity, and salinity (bottom) since Sept 2002. Each point is the average of all coastal stations and the open sea station. Error bars are minimum and maximum values for the pH, and standard deviation for the alkalinity and salinity.**

מתוך התבוננות במדדי האלקליניות וה-pH בלבד אין אפשרות להפריד בין מגוון של תהליכי השקעה והמסה. כיוון שלא נמדד שינוי מגמתי במליחות, עלייה באלקליניות פירושה ירידה בסך הקלציפיקציה (שילוב של השקעה והמסה של קלציום-קרבוט). קלציפיקציה מתבצעת בעיקר באמצעות תהליכים ביולוגים של השקעת שלדים. ירידה בקלציפיקציה עשויה להצביע על ירידה ביעילות השקעת השלד של המערכת הביולוגית במפרץ.

מגמות העלייה ב-pH ובאלקליניות נמדדו בכל התחנות החופיות ובתחנת הים הפתוח ועל כן מייצגות מגמה כללית בצפון המפרץ. יש להמשיך ולעקוב אחר מגמות אלו, ולהוסיף לתוכנית הניטור מדדים נוספים (כגון ריכוז DIC, ויצרנות ראשונית) על מנת לנסות ולהבין את מקורן.

## ג.2. קרקעית חולית

### מטרה

מעקב אחר תהליכי אוטרפיקציה במפרץ באמצעות מדידת כמות החומר האורגאני המצטבר על קרקעית המפרץ.

### שיטות

השנה נדגם סדימנט משמונה תחנות חופיות (בעיקר בחוף הצפוני, ראה ניספח למפת נקודות המדידה) בחודש ינואר. בויץ מהקרקעית הועלה לסירה באמצעות מחפרון (Grab) בתחנות לאורך החוף בהן עומק הקרקעית 20 מטר. הסדימנט נדגם מתוך המחפרון באמצעות מזרקים ששימשו כדוגמי ליבה (3 קורים מכל מחפרון). מכל ליבה נחתכה פרוסת סדימנט עליון בעובי של 1 ס"מ.

דגימות הסדימנט עברו ייבוש בתנור בטמפרטורה של 105°C במשך 24 שעות. לאחר הייבוש הועברו הדגימות לתנור שריפה (450°C) למשך 4 שעות. כמות החומר האורגאני בכל דגימה שווה להפרש המשקלים לפני ואחרי השריפה. לכל אתר חושב האחוז המשקלי של חומר אורגאני בסדימנט העליון. שיטה זו להערכת כמות החומר האורגאני בעייתית מכיוון ששרפת הסדימנט עלולה לשרוף גם חלק מהקרבוט. הערכה זו טובה, אם כן, להשוואה בין מדידות שנעשו באותה דרך, אך לא לשם קביעה מדויקת של אחוז החומר האורגאני בסדימנט. במסגרת שיתוף פעולה עם המכון הגיאולוגי (ד"ר אהובה אלמוגי-לבין וד"ר יעל אדלמן-פרסטנברג) נשלחו השנה דוגמאות מהסדימנט למדידת אחוז הפחמן האורגאני במכשיר CHN.

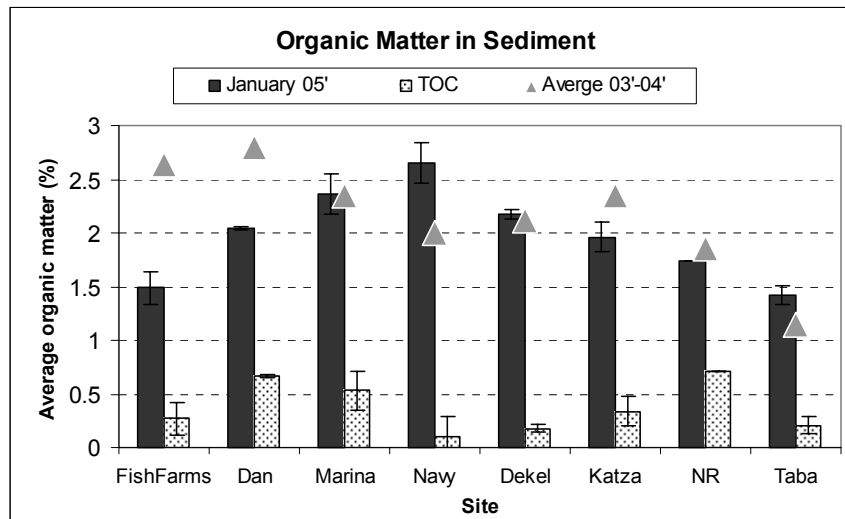
### תוצאות

אחוז החומר האורגאני הגדול ביותר נמצא השנה מול בסיס חיל הים, האחוז הנמוך ביותר נמדד ליד כלובי הדגים ובתחנה הדרומית מול טאבה (איור ג18). תבנית זו שונה מהתבנית הממוצעת שנמדדה בשנים הקודמות, בהן נראתה מגמת ירידה באחוז החומר האורגאני בסדימנט מהתחנות הצפוניות כלפי דרום. אין הבדל משמעותי באחוז החומר האורגאני בסדימנט בין השנים.

מדידות סך הפחמן האורגאני בסדימנט (TOC) שנעשו במכון הגיאולוגי הניבו ערכים קטנים בסדר גודל מהמדידות שתוארו לעיל. גם תבנית פיזור הערכים לאורך החוף שונה. בשלב זה לא ברור מדוע נמצא הבדל כה גדול בין הערכת אחוז החומר האורגאני בשתי השיטות. ההבדל בפיזור הערכים עשוי לנבוע מהאפקט הממצע של המדידה בשריפה (הדורשת חומר רב יחסית) לעומת מדידת הפחמן (הדורשת כמות מזערית של סדימנט) במידה ופיזור החומר האורגאני בסדימנט אינו אחיד. לא ניתן להשוות בין מדידות ה-TOC להערכת אחוז החומר האורגאני מהשנים הקודמות אשר נעשתה בשיטת השריפה והשקילה.

מדידות חומר אורגאני בסדימנט נעשו השנה רק בחודש ינואר. בשנת הניטור 2004 נמדד חומר אורגאני בסדימנט בחודש יוני, וב-2003 נדגם הסדימנט מספר פעמים. מכיוון שקצב הסדימנטציה נמוך יחסית לאפקט הממצע של דגימת הסדימנט לצורך שקילה ולאפקט הממצע של תהליכי ביוטורבציה, לא צפויה תלות חזקה של התוצאות בחודש הדגימה. יחד עם זאת, ראוי להנהיג אחידות בזמני דיגום הסדימנט ובשיטת המדידה על

מנת לצמצם את מספר המשתנים העשויים למסך את המגמות ארוכות-הטווח שהן מטרתו של הניטור. שיפור מערך דגימת הסדימנט נמצא בסדר עדיפות גבוה של תוכנית הניטור לשנה הבאה.



איור 18: אחוז חומר אורגני בסדימנט (הערכה באמצעות שקילה ושריפה) בתחנות המדידה בצפון מפרץ אילת מינואר 2005 בהשוואה למדידת TOC מאותן דוגמאות, ולממוצע מדגימות שנעשו בשנים 2003 ו-2004.

Figure C18: Weight percent of organic matter in sediments along the northern shores of the gulf (estimated by weighing the sediments, burning organic matter, and re-weighing the residual sediments) compared to CHN measurements of total organic carbon from the same samples, and to average weight estimates from 2003 and 2004.

## ד. מים פתוחים

### ד.1. הקדמה

בשנת 2005 בוצעו 12 הפלגות חודשיות לתחנה A, תחנת ים-פתוח (OS), וסמוך לכלובי הדגים בצפון המפרץ. תחנה A נמצאת על הקו החוצה של המפרץ קרוב לנקודה הדרומית ביותר של המים הטריטוריאליים של ישראל במפרץ אילת, בעומק הקרקעית גדול מ-700 מטר (ראה מפה 1 בנספח 1.1). 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' שעליה 11 בקבוקי ניסקין של עשרה ליטרים ומכשיר מדידה CTD אל הים וסגירת הבקבוקים מתוך הספינה בעומקים הרצויים. בתחנה A נלקחו שני קסטרים (הורדת רוזטה), קסט עמוק וקסט רדוד, בכדי לקבל רזולוציה גבוהה של דגימות סביב התרמוקלינה ובעמודת המים העליונה. עומקי הדגימה נקבעו בהתאם לשינויי טמפרטורה, מליחות, ופלוואריסנציה כפי שהצטיירו בזמן אמת מנתוני ה-CTD בכל הפלגה. בתחנות האחרות נלקח רק קסט, 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 התבצע חתך אנכי רציף של מדידות טמפרטורה, מליחות, לחץ, ופלווארוסנציה במכשיר CTD של Sea-Bird Electronics. דגימות המים חולקו לבקבוקים שונים לצורך מדידת חמצן מומס (DO), pH, אלקליניות ( $A_T$ ), נוטריינטים ( $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SiO_2$ ,  $PO_4^{3-}$ ), מליחות, כלורופיל ( $Chl_a$ ), והתפלגות אוכלוסיית הפיטופלנקטון (FACS). סינון הדוגמאות לצורך מדידת כלורופיל ואוכלוסיית הפיטופלנקטון, וקיבוע דוגמאות לצורך מדידת חמצן מומס נעשו בספינה. המדידות בוצעו במעבדה.



על פי הנוהג המקובל, וכיוון שבקבוקי הניסקין נסגרו בשלב הרמת הרוזטה, נלקחו מדידות ה-CTD מזמן ההרמה להצגה ולניתוח. עקב רעש המדידה, חושבו נתוני הטמפרטורה, המליחות, והפלאורוסנציה לתאי עומק במרווחים קבועים של 1 dbar (Binning) ע"י מיצוע המדידות הרציפות בכל תא עומק. כמו-כן, מדידות המליחות והפלאורוסנציה נוקו מרעש לבן (white noise) ע"י שימוש בפונקציית (Wavelet) wden.m (Denoising) שנמצא ב-wavelet toolbox של תכנת Matlab.

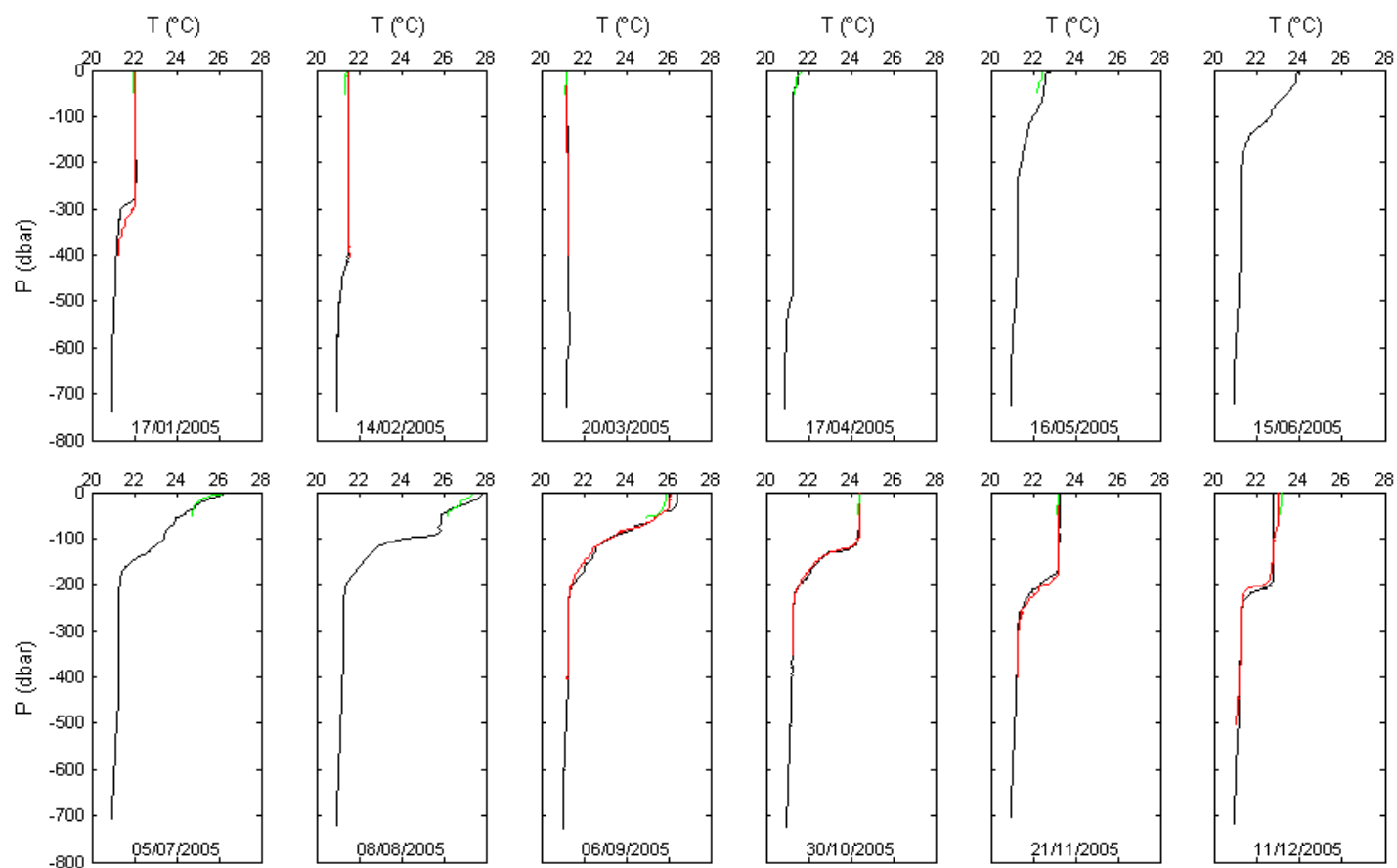
## ד.2. פרופילים של טמפרטורה, מליחות, ופלאורוסנציה

מדידות הטמפרטורה בתחנה A מינואר עד דצמבר 2005 מוצגות באיור ד1. באופן כללי נראה המחזור השנתי האופייני למבנה התרמלי של עמודת המים. בחורף (ינואר עד מרץ) עומק השכבה המעורבת הולך וגדל עד למקסימום של 600 מ' ב-20 למרץ (טמפרטורת השכבה  $21.24^{\circ}\text{C}$ ) לעומת 350 מ' במרץ אשתקד (עם טמפרטורת שכבה מעורבת של  $21.29^{\circ}\text{C}$ ). באפריל, למרות שהשכבה המעורבת עמוקה (370 מ') היא מתחילה להימחק, וניתן לראות את התחלת התפתחות התרמוקלינה של הקיץ ב-50 המטרים העליונים. מחודש אפריל עומק בסיס התרמוקלינה הולך וגדל עד מקסימום של כ-200 מ' בחודשים יוני עד ספטמבר. למעשה, מחודש יוני מרבית החום הנכנס נאגר בשכבה העליונה וגורם לעליית הטמפרטורה המרבית שנמדדה בפני השטח הייתה  $27.99^{\circ}\text{C}$  ב-8 באוגוסט. מאוקטובר הייתה ירידה משמעותית בכמות החום האגורה במים העליונים והשכבה המעורבת כבר מגיעה לעומק של 100 מ'. בנובמבר נצפתה העמקה נוספת של השכבה המעורבת (190 מ'), ובדצמבר השכבה המעורבת מגיעה ל-200 מ' ומתקררת מתחת ל- $22^{\circ}\text{C}$ .

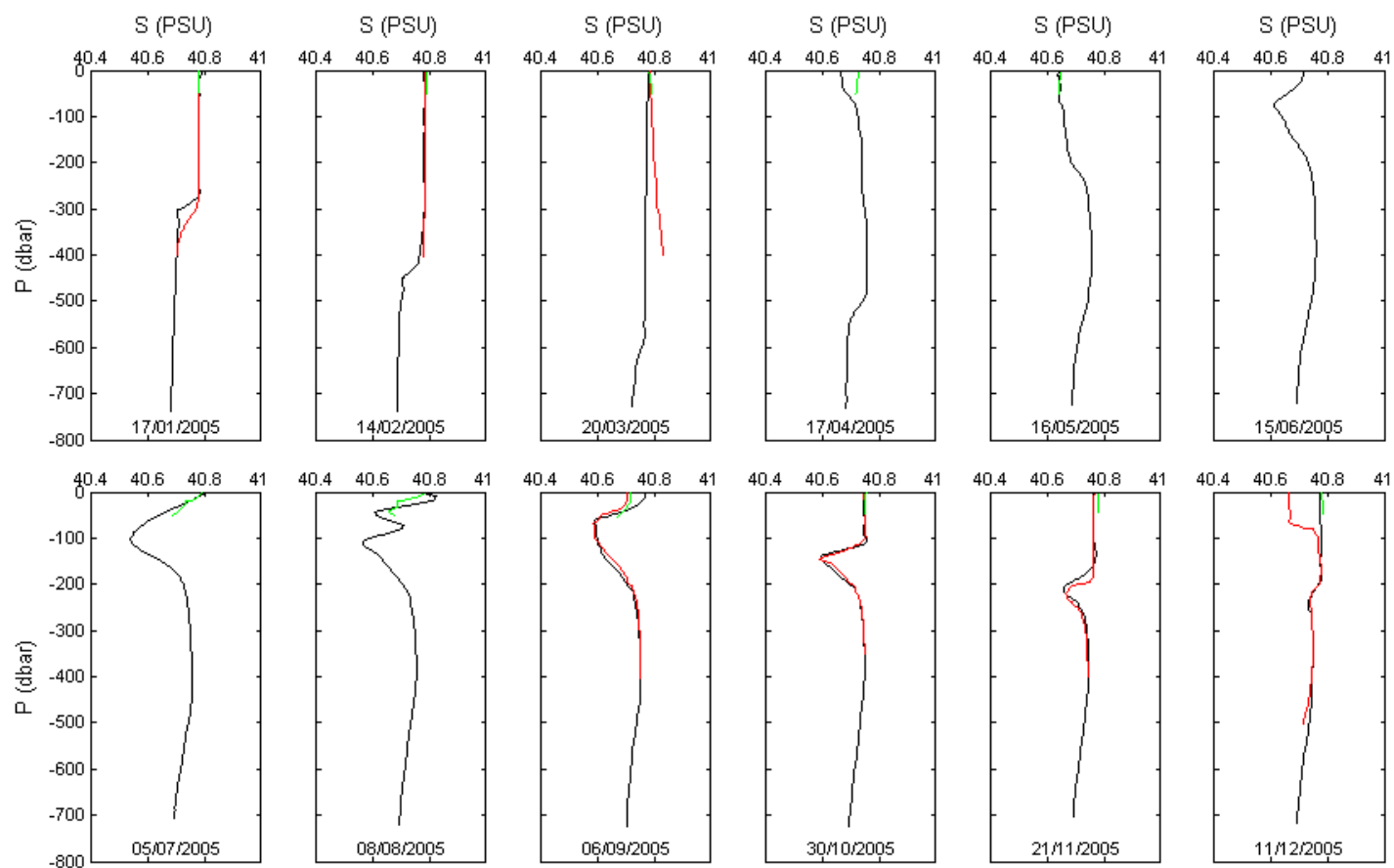
מדידות פרופילי המליחות בתחנה A מוצגות באיור ד2. גם כאן, כמו במדידות הטמפרטורה, נצפה השנה מחזור שנתי אופייני של מבנה המליחות בעמודת המים. בחורף (ינואר עד מרץ) השכבה המעורבת בעלת מליחות אחידה עד עומק מרבי של 600 מ' במרץ (PSU 40.8). עם תחילת השיכוב מים שמקורם בדרום המפרץ יוצרים שכבה פחות מלוחה בחלקה העליון של עמודת המים. במהלך תקופת השיכוב שכבה זו מתערבת עם המים העמוקים יותר (באופן מכני או בתהליך דיפוזיה) ואילו בעומק קטן מ-70-50 מ' המים עוברים אידי. באופן זה נוצר בעמודת המים הפתוחים "מינימום מליחות" האופייני לתקופת הקיץ. בספטמבר מינימום המליחות נמצא בעומק שבין 60 ל-130 מ' וערכו 40.6 PSU או פחות, בזמן שמליחות פני השטח כמעט PSU 40.8. באוקטובר, בהתאם לשינוי במבנה התרמלי, גם המליחות נעשית אחידה, כתוצאה מערבוב. בנובמבר ודצמבר מינימום המליחות השארית הולך ומעמיק עם הערבוב. בדצמבר נצפתה תופעה יוצאת דופן של מליחות נמוכה באופן משמעותי (יותר מ-0.1 PSU) ב-70 המטרים העליונים בתחנת OS, מהמליחות בתחנה A וליד כלובי הדגים. כיוון שהמליחות מצפון ומדרום לתחנת OS דומה, ניתן להסיק כי מים טריים בעלי מליחות נמוכה יותר חדרו לאזור זה מדרום, לאורך שולי המפרץ.

ערכי הפלאורוסנציה (מדד in situ של ריכוז הכלורופיל) בעמודת המים בתחנה A מוצגים באיור ד3. התכונה הבולטת של מבנה עמודת המים מבחינת פלאורוסנציה בתקופה המשוכבת היא קיומו של ערך מרבי בעומק של 100 מ', עומק השכבה הפוטית במפרץ. עם תחילת הערבוב, באוקטובר, נמדדת עוצמת פלאורוסנציה אחידה בכל השכבה המעורבת. נראה כי האינטגרל של הפלאורוסנציה גדול יותר במדידות החורף מאשר בתקופת השיכוב.

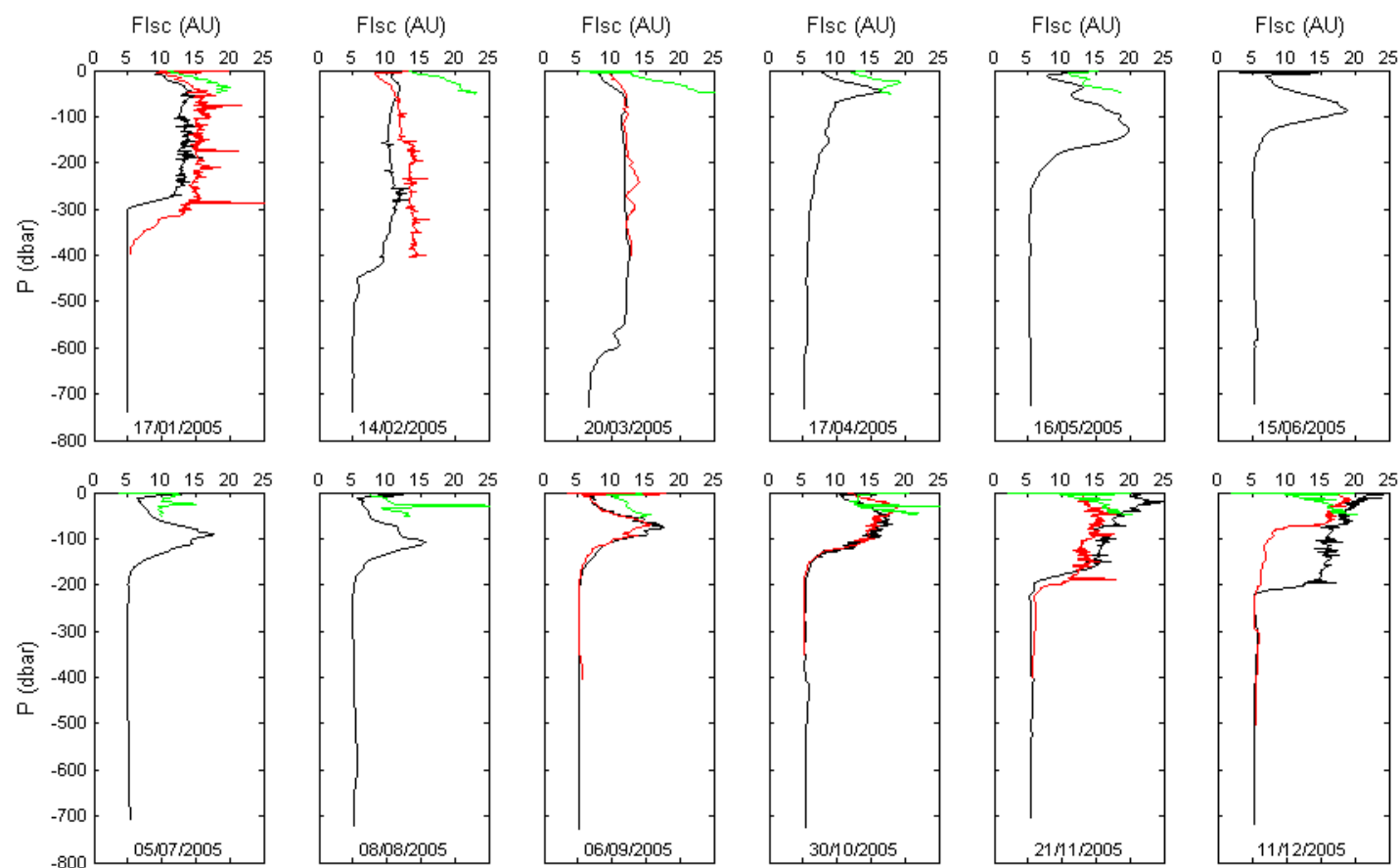
שינויי הטמפרטורה, המליחות, והפלאורוסנציה בתחנה A מאז תחילת הניטור בשנת 2003 מוצגים באיור ד4. בולטת ביותר המחזוריות העונתית של השינויים בפרמטרים הללו לאורך עמודת המים. מאז שנת 2003 ניכרת התחממות בשיעור של עשיריות המעלה במי העומק (עומק מ-400 מ'). כמו כן ראוי לציין חזירת גוף מים עם מליחות גבוהה למי העומק בחורף 2005. בסוף החורף המליחות בעומק נמהלת מלמעלה עם מים בעלי מליחות נמוכה יחסית. יתכן שעליית המליחות במים העמוקים בשנים האחרונות נובעת בשינוי במשטר הזרימה המביא לצמצום אספקת מים עם מליחות נמוכה מהדרום. אם השערה זו נכונה, משמעותה הארכת משך השהות של מי העומק בצפון המפרץ.



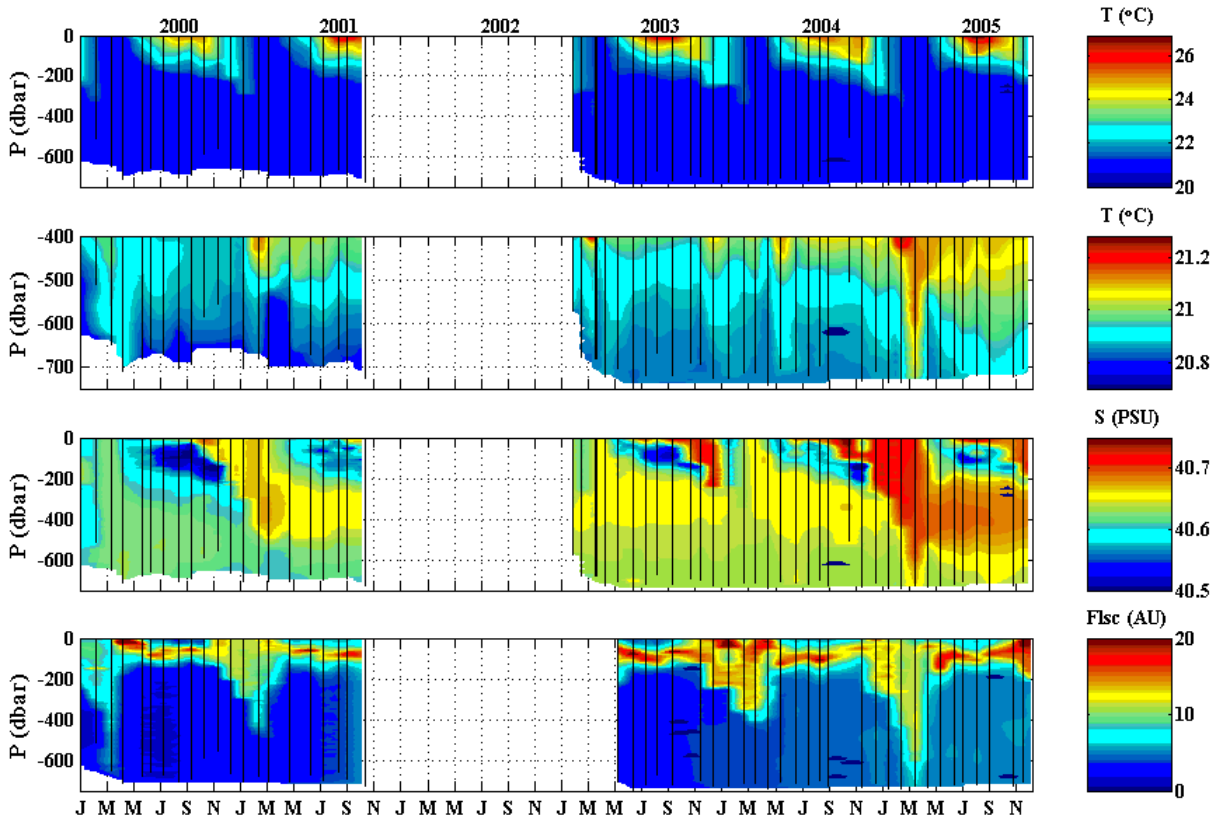
איור ד1: פרופילים אנכיים של טמפרטורה בתחנה A (שחור), OS (אדום) ו-FF (ירוק) מינואר עד דצמבר 2005.  
**Figure D1: Vertical profiles of temperature at station A (black), OS (red) and FF (green) from January to December 2005.**



איור ד2: פרופילים אנכיים של מליחות בתחנה A (שחור), OS (אדום) ו-FF (ירוק) מינואר עד דצמבר 2005.  
**Figure D2: Vertical profiles of salinity at station A (black), OS (red) and FF (green) from January to December 2005.**



איור ד3: פרופילים אנכיים של פלואורסנציה בתחנה A (שחור), OS (אדום) ו-FF (ירוק) מינואר עד דצמבר 2005. הפלואורסנציה מוצגת ביחידות שרירותיות.  
**Figure D3: Vertical profiles of fluorescence at station A (black), OS (red) and FF (green) from January to December 2005. Fluorescence units are arbitrary.**



איור ד4: טמפרטורה בכל עמודת המים (פנל עליון) ובמים העמוקים מ-400 מ' (פנל שני מלמעלה), מליחות (פנל שלישי) ופלאורסנציה (פנל תחתון) בתחנה A משנת 2000. הקווים באיורים מייצגים את זמני המדידות ועומקן המקסימאלי. (נתונים מהתקופה שקדמה לתחילת תכנית הניטור בספטמבר 2001 באדיבות ב. לזר וי. ארז - פרויקט "פארק השלום")

Figure D4: Temperature of the whole water column (upper panel) and deeper than 400m (second panel from the top), salinity (third panel), and fluorescence (bottom panel) at station A since 2000. Black lines represent the time and maximum depth of measurements. (Data prior to 2001 courtesy of B. Lazar and J. Erez – the "Peace Park Project")

### 3.ד. מדידות כימיות וביולוגיות בפרופילים האנכיים

#### חמצן

מאגר החמצן המומס גדל והולך בשכבה המעורבת בתקופת החורף, אולם ריכוזו נותר נמוך מערך הרוויה מכיוון שקצב הירידה בריכוז החמצן כתוצאה מעליית מי העומק (העניים בחמצן) גבוה מקצב העלייה בריכוז החמצן כתוצאה מהגברת כניסתו של חמצן אטמוספרי למים ההולכים ומתקררים (איור ד14). לעומת זאת, עם תחילת השיכוב ועליית הטמפרטורה, החל מחודש מאי, מי השכבה העליונה מצויים בעל רוויה הנובע בעיקר מהגברה משמעותית של היצרנות ראשונית בתחילת השיכוב. בהתאמה, מקסימום ריכוז החמצן נמצא קרוב לעומק המקסימום בכלורופיל (DCM). למרות שעומק הערבוב השנה הגיע ל-600 מ' לא התרחש "איפוס" מלא של המים העמוקים מבחינת ריכוזי החמצן ופרמטרים נוספים, (ראה להלן) וישנה חזרה כמעט מיידית לערכים שנמדדו בשנת 2004 בתקופת השיכוב, וזאת בשונה ממה שקרה בעקבות הערבוב העמוק יותר (640 מ') בחורף 1999-2000 (איור ד12). הערבוב השנה היה אמנם די עמוק, אך לתקופה קצרה בלבד (פחות מחודש) דבר שהגביל כנראה את "אוורור" מי העומק. מאידך, נצפתה קפיצה גדולה במאגר הכללי בחודש מרץ ( $140,000 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2}$ ) בדומה לזו שעקבה אחר הערבוב העמוק בשנת 2000. כיוון שהמים העמוקים מופרדים מהאטמוספירה ואין בהם יצרנות, ירידה בריכוז החמצן בעומק עשויה לנבוע רק

מצריכה בתהליכי חמצון חומר אורגני במים או בסדימנט. בשנת 2003 ריכוז החמצן קרוב לקרקעית ירד ל-162  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , בשנת 2004 ל-153  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , והשנה ריכוז החמצן בקרבת הקרקעית ירד ל-157  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . תצפית זו מעידה על המשכו זו השנה השלישית של מיעוט החמצן במי העומק של צפון המפרץ, מיעוט המצוין ברמות הנמוכות ביותר שנמדדו בתחנה A מאז שנות ה-1970. נראה שתופעה זו נובעת מתהליך אוטוריפיקציה המתרחש במפרץ בשנים האחרונות. ריכוז החמצן המומס במים העמוקים ירד עם הזמן מערכים של 180-200  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  בעבר, ל-150-160  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  כיום (איור ד12). בשנת 2005 היה שיפור קל ברמת מאגר החמצן בעמודת המים יחסית ל-2003 ו-2004, כנראה כתוצאה מהערבוב העמוק (איור ד17). עם זאת, מדידות במי השטח (עד 20 מ' עומק) ובמי העומק (מתחת ל-650 מ') בתחנה A משנת 2000 מראות מגמה של ירידה בחמצן במשך הזמן הן במי השטח והן במי העומק (איור ד14). מגמת הירידה במי השטח פחות חריפה מאשר בעומק, כנראה עקב שחלוף חמצן עם האטמוספירה. השוואת ריכוז החמצן במי השטח לערך הרוויה (שחושב בהתאם לטמפרטורה ולמליחות) מראה שבתחילת הסדרה ערכי החמצן במי השטח היו כמעט תמיד בעל-רוויה, גם בקיץ, ואילו ברוב הזמן בשנים האחרונות (פרט לתקופה קצרה בחורף) ריכוזי החמצן נמצאים קרוב לתת-רוויה או בתת רוויה. ייתכן שמגמת הירידה בריכוז החמצן במי השטח נובעת מהירידה בריכוז החמצן בעומק, כיוון שעליית ריכוז החמצן במי השטח בחורף בעקבות ירידת הטמפרטורה ועלייה ביצרנות, מתחילה מהערך המזערי המוכתב על ידי הערבוב עם מי העומק.

### pH ואלקליניות

רמת החומציות, (pH), מושפעת, בדומה לריכוז החמצן המומס, בעיקר מתהליכי נשימה ופוטוסינטזה בעמודת המים ועל כן לשני המדדים פרופיל עומק דומה. מדידות ה-pH רגישות לטמפרטורה ועל כן נעשו במעבדה בטמפרטורה קבועה ( $25^{\circ}\text{C}$ ). תוצאות המדידה מוצגות באיור ד6. מדידות ה-pH במי השטח (>20 מ') ובמי העומק (<650 מ') מאז 2001 מוצגות באיור ד15. בשני גופי המים ניכרת עליה ארוכת-טווח של יותר מ-0.05 pH יחידות, וזאת בניגוד לצפוי ממדידות החמצן המומס (איור ד14).

הסבר אפשרי לעליית ה-pH במי העומק, המתיישב גם עם הירידה בריכוזי החמצן, הוא המסת קלציום-קרבונט ( $\text{CaCO}_3$ ). המסת קלציום-קרבונט תגרור גם עלייה באלקליניות, ואכן מדידות האלקליניות הן בים הפתוח והן בתחנות החופיות אובחנה מגמה של עלייה באלקליניות (איור ד16). ניתן להסביר שינויים אלה באמצעות המסת משקעים קרבונטים בקרקעית המפרץ. ניתן לחשב את דרגת הרוויה של ארגוניט במי העומק ממדידות אלקליניות, pH, טמפרטורה, מליחות, ולחץ. מתקבל ערך של 1.5, הקרוב לרוויה. עם ערך זה נמוך יותר בסדימנט, יביא הדבר להמסת קרבונטים. ניתן לחשב את השינוי באלקליניות הדרוש להסביר את העלייה ב-pH מתוך מאזן מערכת הקרבונט ובהינתן יחס של 1:1 בין השינוי בפחמן אנאורגני מומס והשינוי בחמצן המומס במי העומק. שינוי האלקליניות הדרוש על פי החישוב הוא  $50 \text{ mEq}\cdot\text{kg}^{-1}$ , קרוב לערך שנמדד. סביר שרוב המסת הקרבונטים מתרחשת במים הרדודים כתוצאה מירידה בכיסוי החזי של אלמוגי אבן ואוטוריפיקציה של מי השטח. אם אכן זהו הגורם, מדובר בוודאי בתהליך אזורי הקשור בשינויים בכל המפרץ.

### ניטרט

מדידות הניטרט (איור ד7) מדגימות את הקשר החזק בין דינאמיקת הנוטריינטים בעמודת המים לתהליכים הביולוגיים המתרחשים בה. ניטרט הוא תוצר ביניים של תהליך הניטריפיקציה, הנוצר מחמצון בקטריאלי של אמוניה המופרשת ע"י בע"ח או בתהליך הניטריפיקציה שבו מתבצע חיזור של ניטרט לניטרט על ידי חיידקים אנארוביים. לא סביר שדניטריפיקציה אנארובית מתרחשת בעמודת המים המחומצנת של מפרץ אילת, אך יתכן שהתהליך מתקיים בסדימנט. ניתן לראות סימנים לכך בעליית ריכוז הניטרט בעומקים גדולים מ-600 מ' בינואר, מאי, יוני ואוגוסט. ריכוז הניטרט משתנה באופן משמעותי יותר מתחת ל-DCM (Deep Chlorophyll Max) – מקביל למקסימום הפלואורוסנציה) במהלך תקופת השיכוב ובשכבה המעורבת בחורף. מאגר הניטרט המומס בשכבה המעורבת הולך וגדל עם העמקת הערבוב בחורף. עם תחילת השיכוב נוצר בין העומקים 100 ו-200 מ' (מתחת לשכבה הפוטית) אזור בו ריכוז הניטרט גבוה יחסית. העומק בו ריכוז הניטרט מרבי מצביע על סביבה בה מתרחשים תהליכי פרוק חומר אורגני וחמצון בקטריאלי של אמוניה. מאגר הניטרט באזור זה קטן והולך ככל שעמודת המים מתייצבת, עדות לכך ששטף החומר האורגני הצונח משכבת המים העליונים הולך ומדלדל ככל שחולף הזמן מאז ערבוב העמודה בחורף. בשנת 2005 נמדד מקסימום ניטרט במשך כל התקופה המשוכבת למעט חודש יולי (איור ד12).

## ניטראט

הניטראט נוצר ע"י חמצון בקטריאלי של אמוניה ומהווה את המרכיב הדומיננטי של מאגר החנקן המחומצן במי העומק. ככזה, מהווה הניטראט מדד לכמות החומר האורגני שפורק בתהליכי נשימה במים אלה. ריכוזי הניטראט בתחנה A מוצגים באיור 8. 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". קליטה זו גורמת לכך שריכוזי הניטראט בשכבה הפוטית קטן מזה שבמי העומק (החשוכים). כשעומק הערבוב גדל מעבר לעומק הקריטי (400 – 500 מ'), מואטת הירידה בריכוזי הניטראט בשכבה המעורבת (עקב הירידה ביצרנות הראשונית עקב הגברת משך שהייתם של תאי הפיטופלנקטון בשכבה העמוקה, שם הם נושמים אך לא מטמיעים). ריכוזי הניטראט בפני השטח בתקופת הערבוב יכול להגיע ל- $0.5-2 \mu\text{M}$  (בהתאם לעומק הערבוב), וכך קרה גם השנה בחודש מרץ (עומק ערבוב 600 מ', ריכוזי ניטראט  $\sim 1.66 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ). במהלך תקופת השיכוב ריכוזי הניטראט בשכבה העליונה קרוב לאפס. ריכוזי המירבי של הניטראט במים העמוקים הגיע בשנת 2005 ל- $7.177 \mu\text{M}$ . ערך זה הוא הגבוה ביותר שנמדד מאז סוף שנות ה-1980 (י. ארז וב. לזר). איור 12 מציג את ריכוזי הניטראט בעמודת המים מאז שנת 2000. ניכר שמאגר הניטראט במים העמוקים גדל עם הזמן והשנה התייצב על ערך מעט נמוך מזה של השנה שעברה. השוואת מדידות הניטראט למדידות החמצן (איור 19) מכל הפלגות הניטור בתחנות A ומדידות ה-RSMPP משנת 2000 בכל העומקים מראה קו מגמה בעל שיפוע  $\sim 7$  (שיפוע זה קטן ב-1 מהמצופה על פי יחס רדפילד וניתן להסבר כמעט מלא ע"י שחלוף של חמצן עם האטמוספירה). סה"כ מאגר הניטראט בעמודת המים ירד ב-2005 באופן משמעותי בהשוואה ל-2003 ו-2004 (איור 18). ירידה שכזו אופיינית לשנים שלאחר ערבוב עמוק, בדומה לזו שהתרחשה בשנים 2000-2001.

## פוספט

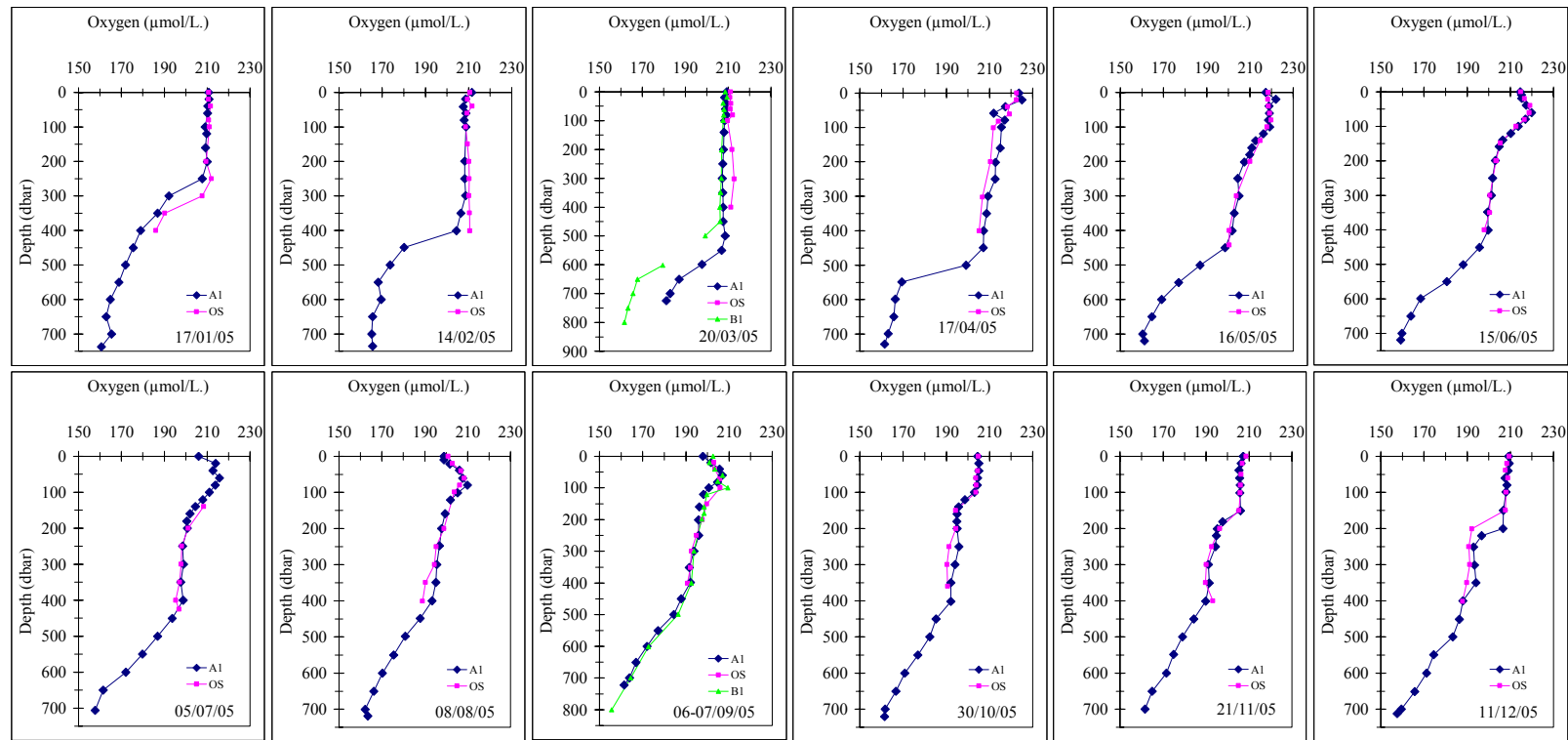
ריכוזי הפוספט משתנים באופן דומה לזה של הניטראט אך ערכם המוחלט נמוך בהרבה (איור 9). בשיא תקופת הערבוב היה ריכוזי הפוספט בפני השטח  $0.1 \mu\text{M}$ , ובמים העמוקים  $0.42 \text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ . השוואת כל מדידות ריכוזי החנקן המחומצן (TON) והפוספט (יחס רדפילד  $\text{N:P} = 16:1$ ) מתחנות הניטור והפלגות ה-RSMPP משנת 2000 בכל העומקים, מראה קו רגרסיה היוצא מראשית הצירים ושיפועו 18.8 (איור 20). ערך זה גבוה מהמצופה (רדפילד). לאחרונה ניתן הסבר לסטייה זו מקו מגמה של רדפילד. תהליכי ספיחה של פוספט על ידי חלקיקים אורגניים הצונחים מהשכבה המוארת מעלים את יחס הניטראט לפוספט בעמודת המים. הגברת יצרנות ראשונית עקב איאטרופיקציה מגבירה את כמות החלקיקים הצונחים ואת יחס  $\text{N:P}$ .

## סיליקה

ניתן לחלק את עמודת המים למים עמוקים ( $< 300 \text{ מ'}$ ) שבהם עקומת הריכוזים אקספוננציאלית ודועכת כלפי מעלה, ומים עליונים בהם הסיליקה נמצאת בריכוז נמוך יותר אך קבוע (איור 10). להשתנות האקספוננציאלית חשיבות רבה מכיוון שהיא מצביעה על מקור סיליקה בסדימנט (המסת סיליקה ממוצא יבשתי או שלדים סיליקטים של פלנקטון, בעיקר אצות צורניות [diatoms]). אצות אלו זקוקות גם לריכוזים גבוהים של חנקן, כך שעלייה בכמותן עשויה להצביע על אאוטרופיקציה. במדידות ריכוזי סיליקה מלפני סוף שנות ה-1990 ניכרה עלייה בריכוזי הסיליקה במים העמוקים אך פיזור היה אחיד בעמודת המים, דהיינו קצב הערבוב היה מהיר מקצב היצירה בסדימנט. מאז שנת 2000 שכיחה יותר ירידה בריכוזי הסיליקה מערכים גבוהים סמוך לקרקעית לערכים נמוכים קרוב לפני הים, דבר המעיד על התגברות צבירת הסיליקה בסדימנט ושחרורו. בתקופה זו נמדדה גם מגמת עלייה ביחס הריכוזים סיליקה לניטראט מהערך שנמדד בשנות ה-90 על ידי י. ארז, ב. לזר ( $\text{N:Si} = 4.5:1$ , איור 21).

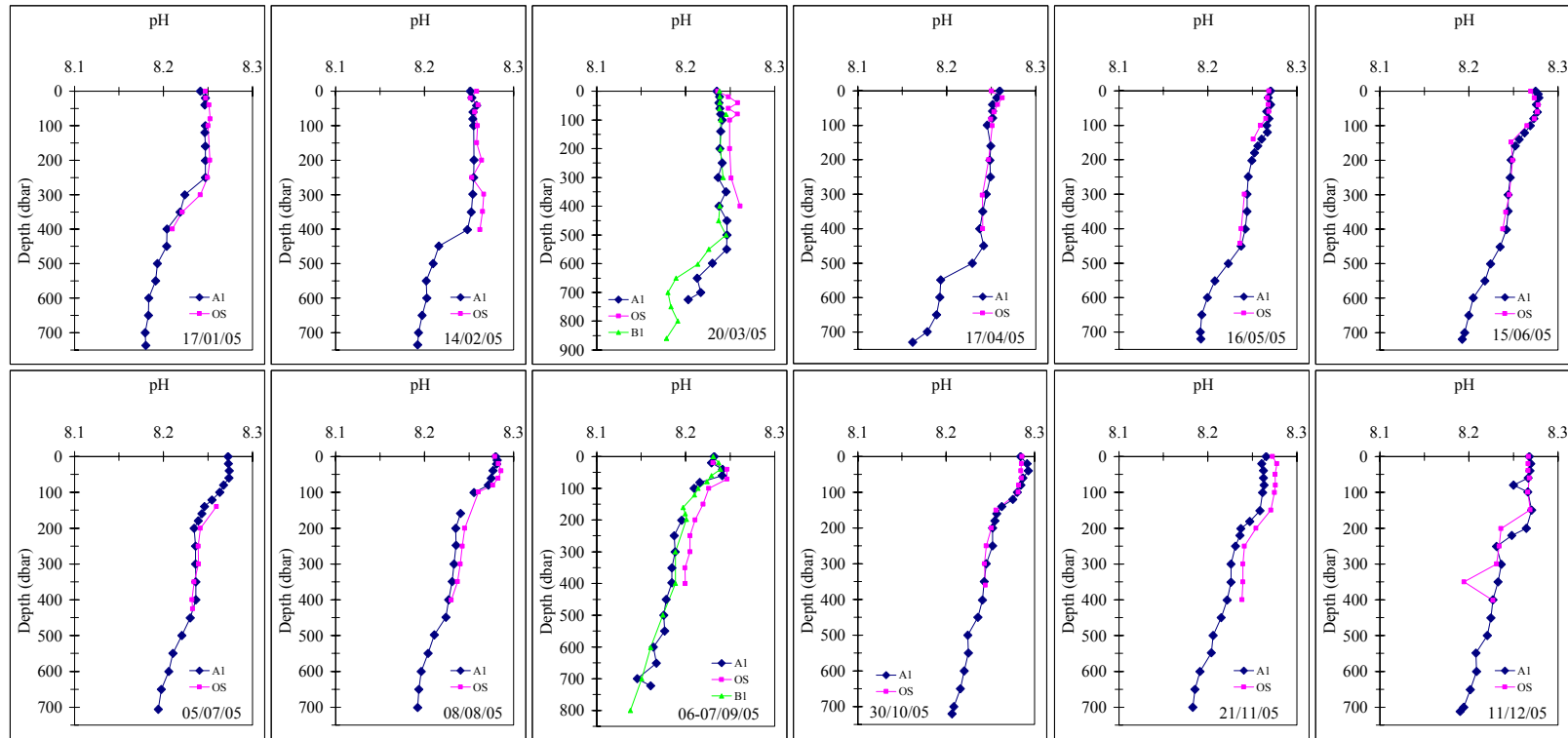
## כלורופיל

ריכוזי הכלורופיל עולים במחזוריות עונתית עם תום תקופת הערבוב, בחודש אפריל (איור 11). במהלך התקופה המושכבת מתפתחת התופעה האופיינית של ריכוזי מרבי עמוק (deep chlorophyll maximum) בעומק 80-100 מ'. מתחת לעומק המקסימום, בעומק בו עוצמת האור חלשה, יורד ריכוזי הכלורופיל ל-0. בדומה לפרופילים של פלואורסנציה שהוצגו בפרק הקודם, גם ריכוזי הכלורופיל יורדים מצפון לדרום.



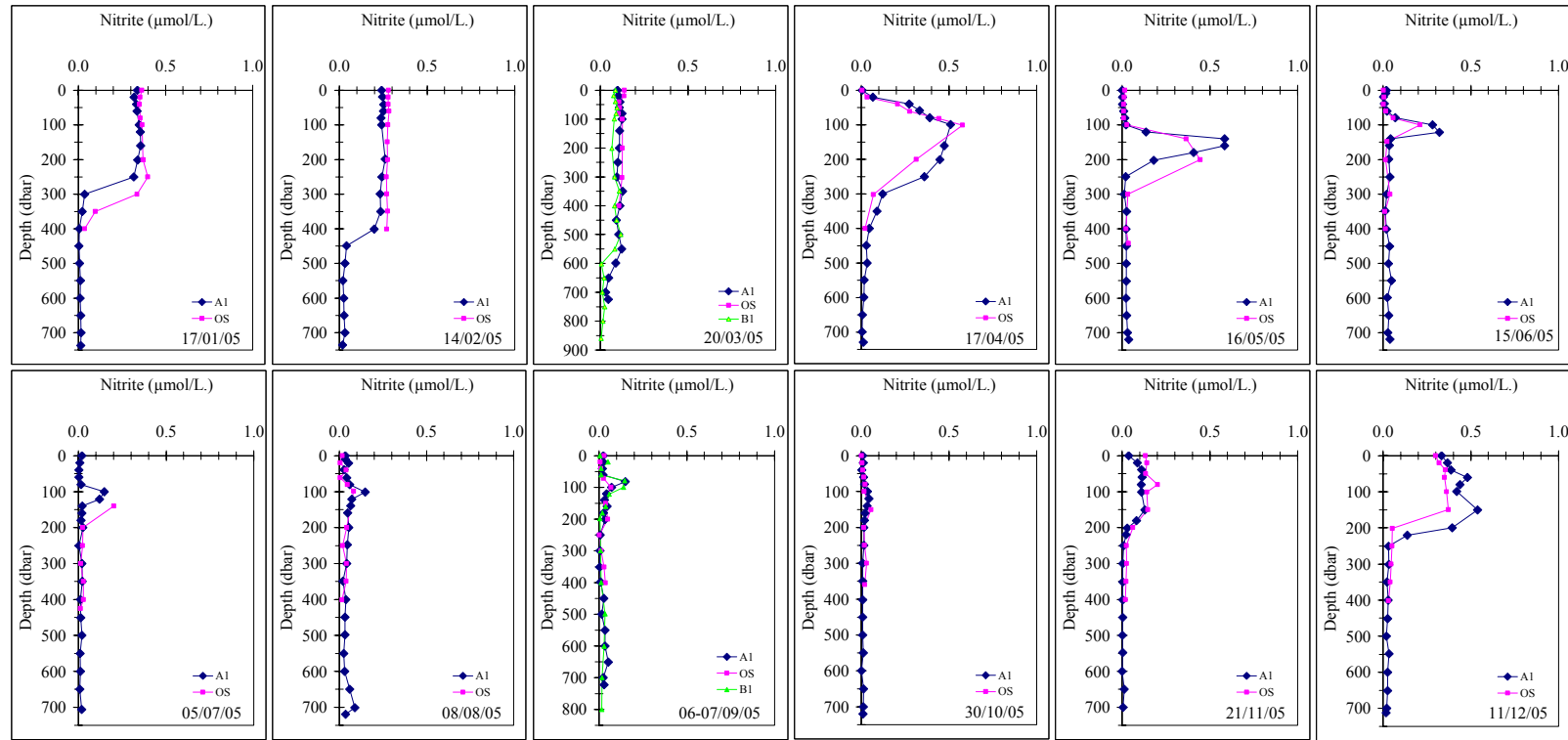
איור 5: מדידות חודשיות של חמצן מומס ( $O_2$ ) בעמודת המים בתחנה A (כחול), ובתחנה B (ורוד), ובתחנה B בחודשים מרץ וספטמבר (ירוק).  
**Figure D5: Monthly concentrations of dissolved oxygen ( $O_2$ ) in the water column at station A (blue), and OS (pink), and at station B in March and September (green).**



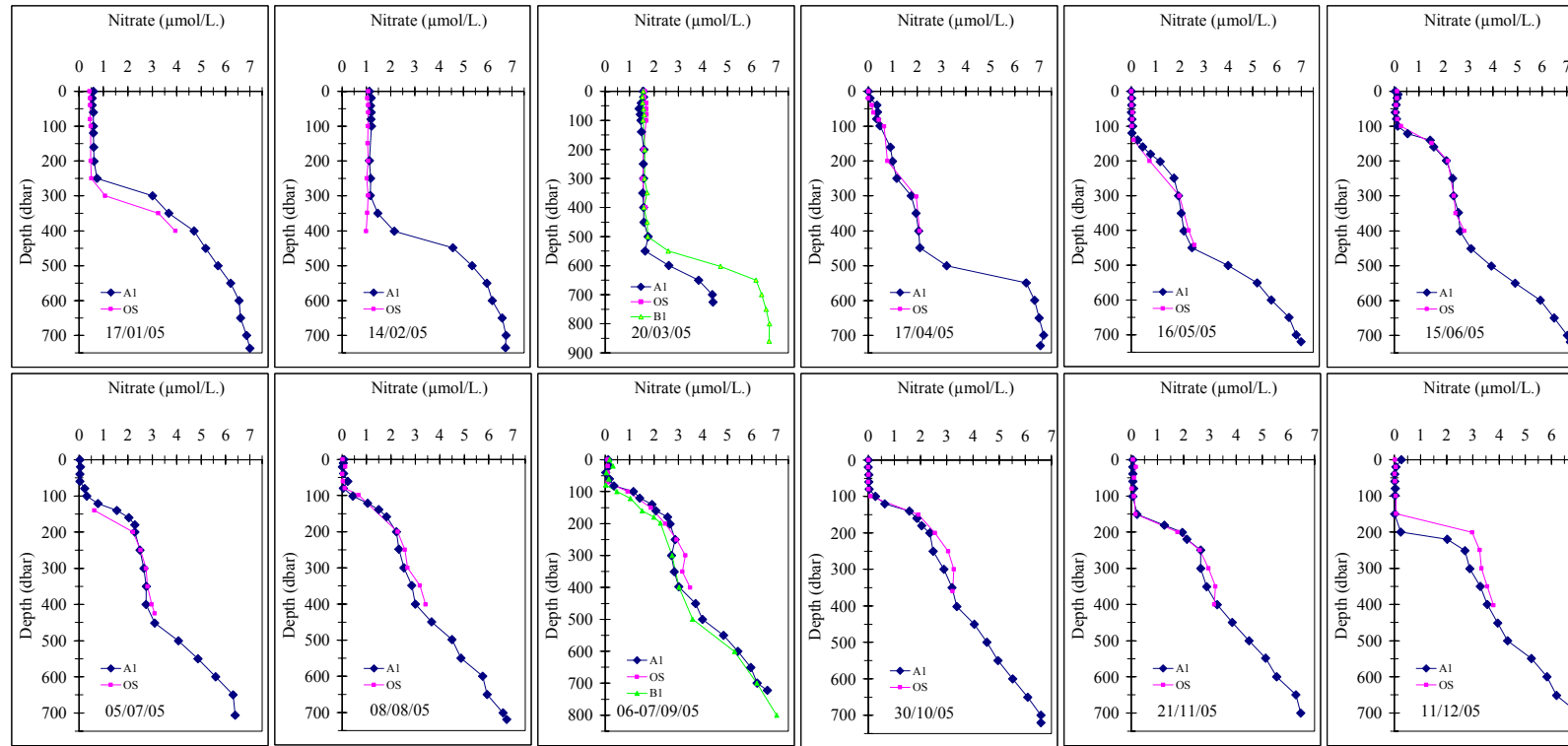


איור ד6: מדידות חודשיות של pH בתחנות A (כחול), ויום-פתוח OS (ורוד), ובתחנה B בחודשים מרץ וספטמבר (ירוק). ערכי ה-pH נמדדו בטמפרטורה קבועה של 25 °C עם אלקטרודת זכוכית.

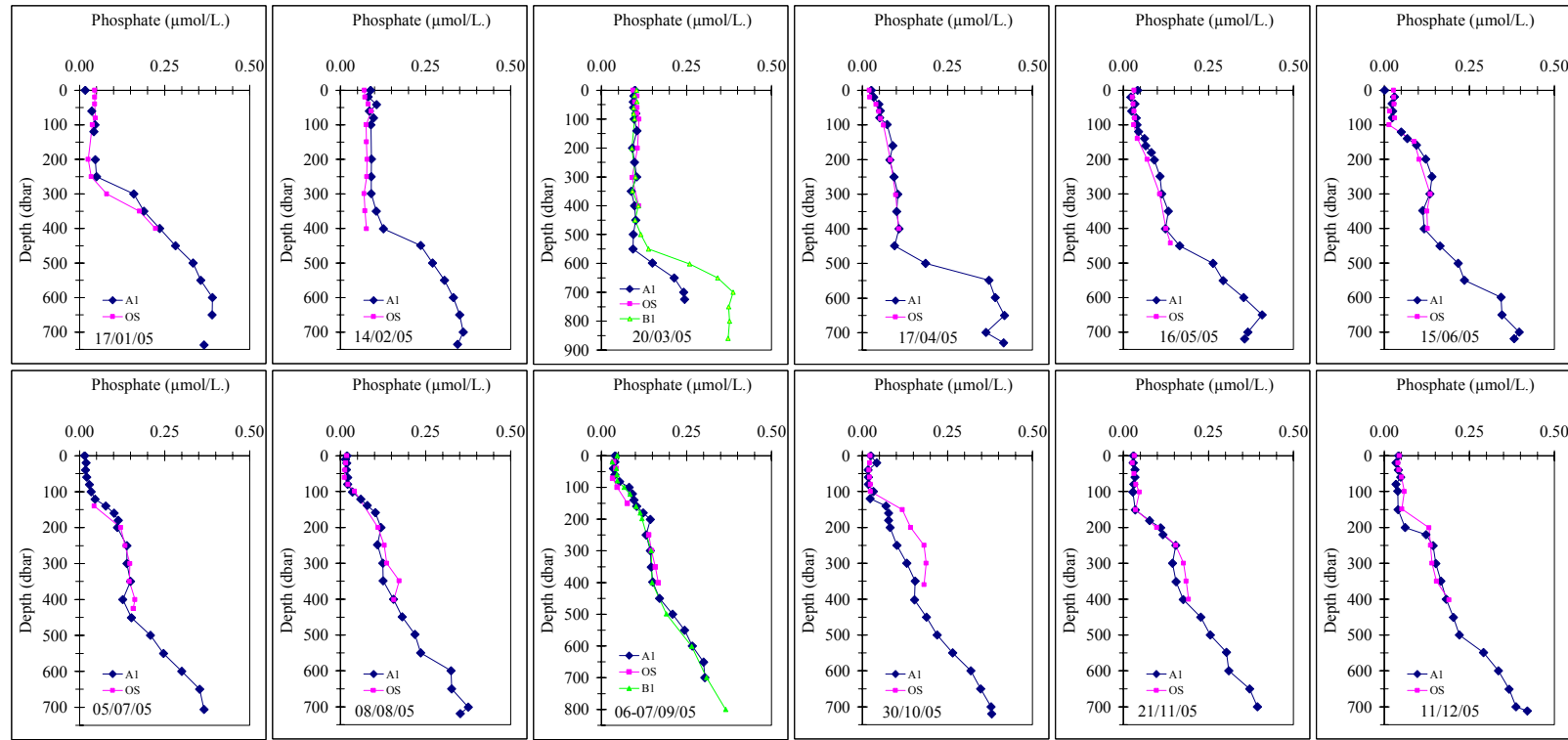
Figure D6: Monthly profiles of pH (measured at 25°C with a glass electrode) in the water column at station A (blue), and OS (pink), and at station B in March and September (green).



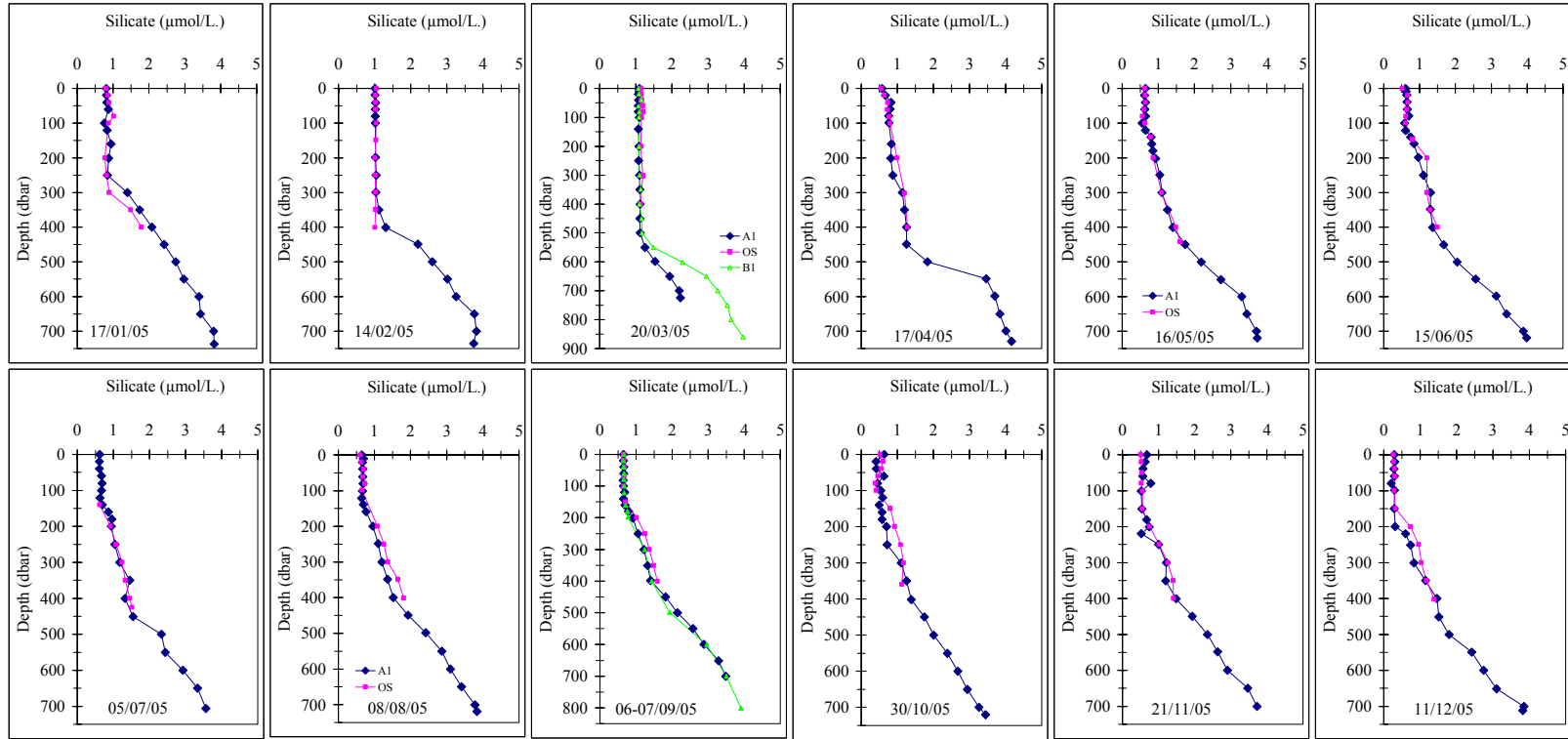
איור ד7: מדידות חודשיות של ניטריט ( $\text{NO}_2^{-1}$ ) בעמודת המים בתחנה A (בחול), וים-פתוח OS (ורוד), ובתחנה B בחודשים מרץ וספטמבר (ירוק).  
**Figure D7: Monthly profiles of nitrite ( $\text{NO}_2^{-1}$ ) concentrations in the water column at station A (blue), and OS (pink), and at station B in March and September (green).**



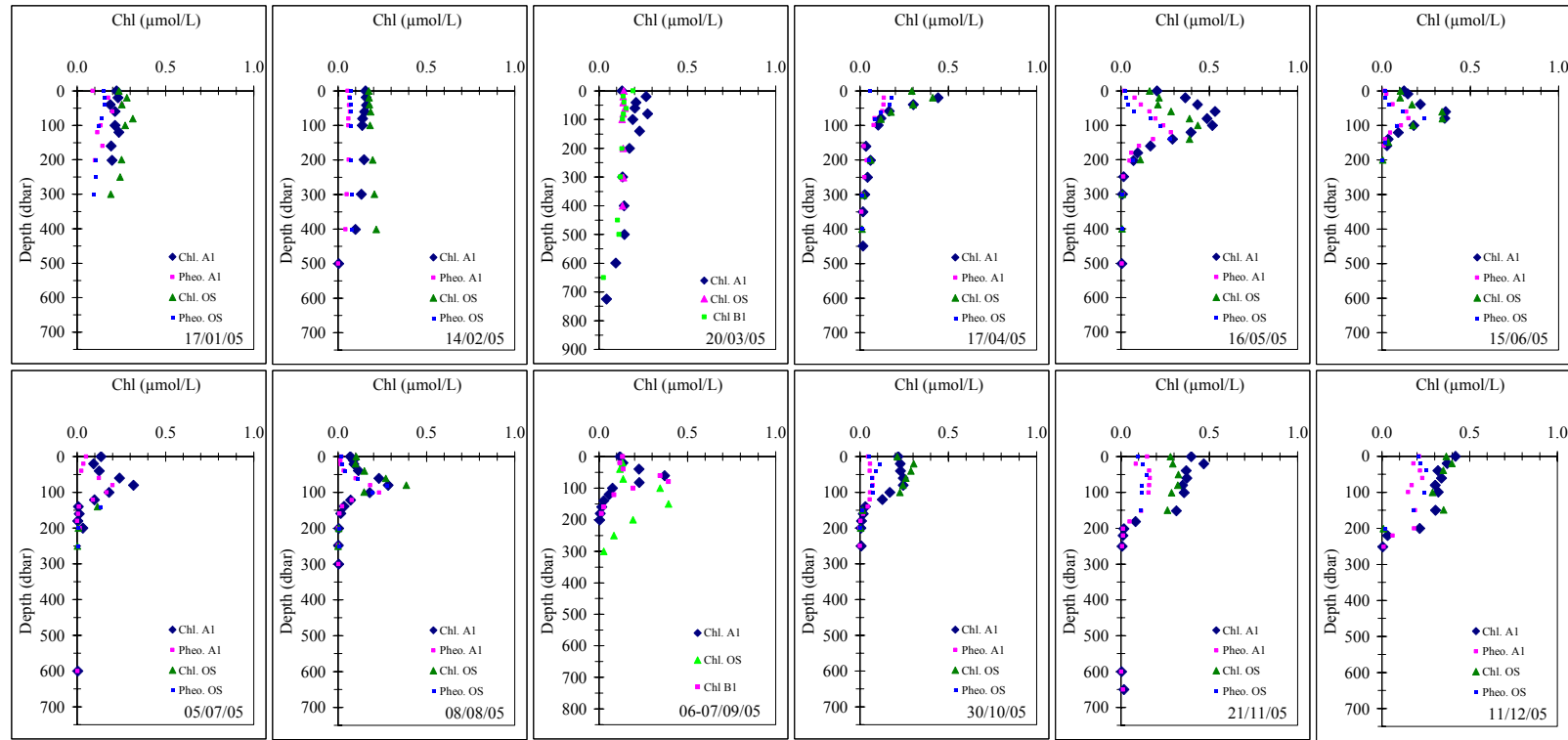
איור ד8: מדידות חודשיות של ריכוזי ניטרט ( $\text{NO}_3^-$ ) בעמודות המים בתחנה A (כחול), ובים-פתוח OS (ורוד) ובתחנה B בחודשים מרץ וספטמבר (ירוק).  
**Figure D8: Monthly profiles of nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) concentrations in the water column at station A (blue), and OS (pink), and at station B in March and September (green).**



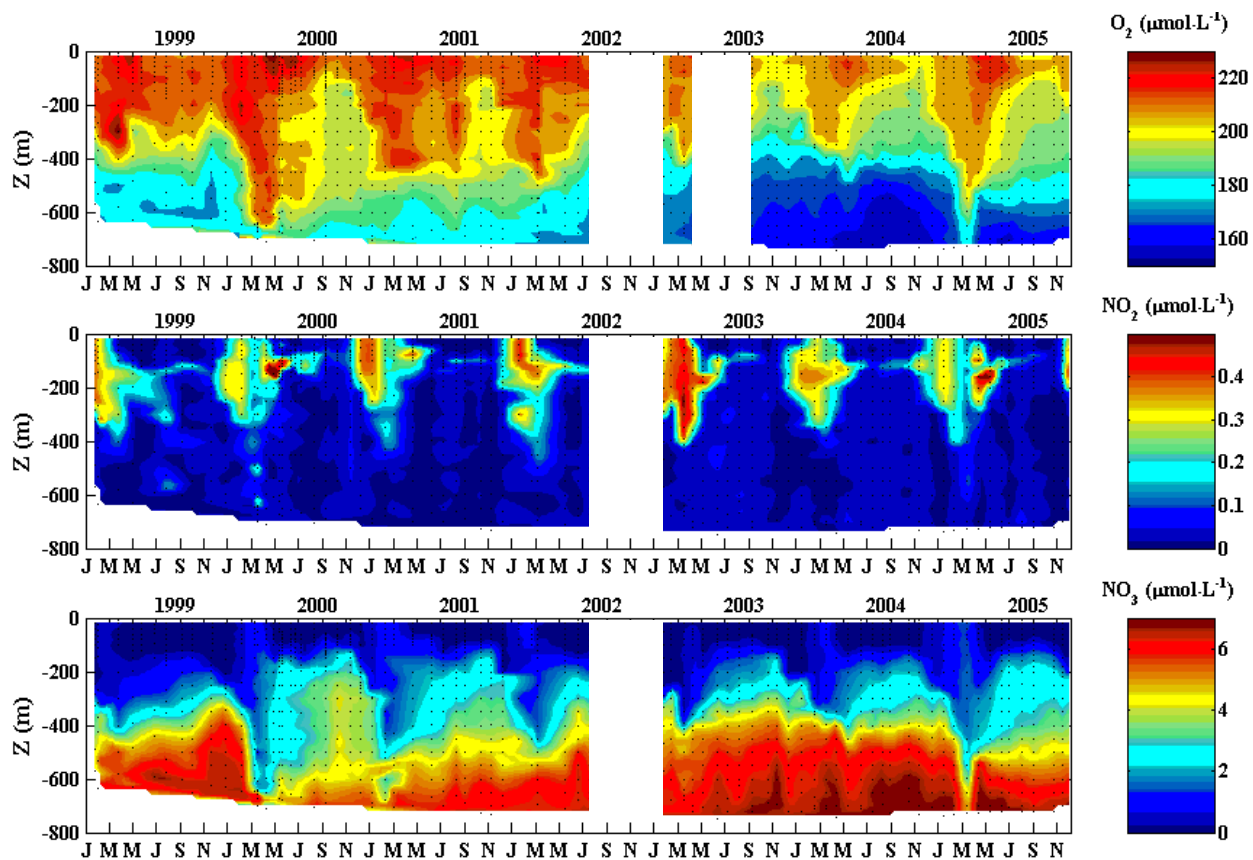
איור 9 : מדידות חודשיות של ריכוזי פוספט ( $PO_4^{3-}$ ) בעמודת המים בחנה A (כחול), וים-פתוח OS (ורוד), ובתחנה B בחודשים מרץ וספטמבר 2005 (ירוק).  
**Figure D9: Monthly profiles of phosphate ( $PO_4^{3-}$ ) concentrations in the water column at station A (blue), and OS (pink), and at station B in March and September (green).**



איור ד10 : מדידות חודשיות של ריכוזי סיליקה ( $\text{SiO}_2$ ) בעמודת המים בתחנה A (כחול), וים-פתח OS (ורוד), וגם בתחנה B בחודשים מרץ וספטמבר (ירוק).  
**Figure D10: Monthly profiles of silicate ( $\text{SiO}_2$ ) concentrations in the water column at station A (blue), and OS (pink), and at station B in March and September (green).**

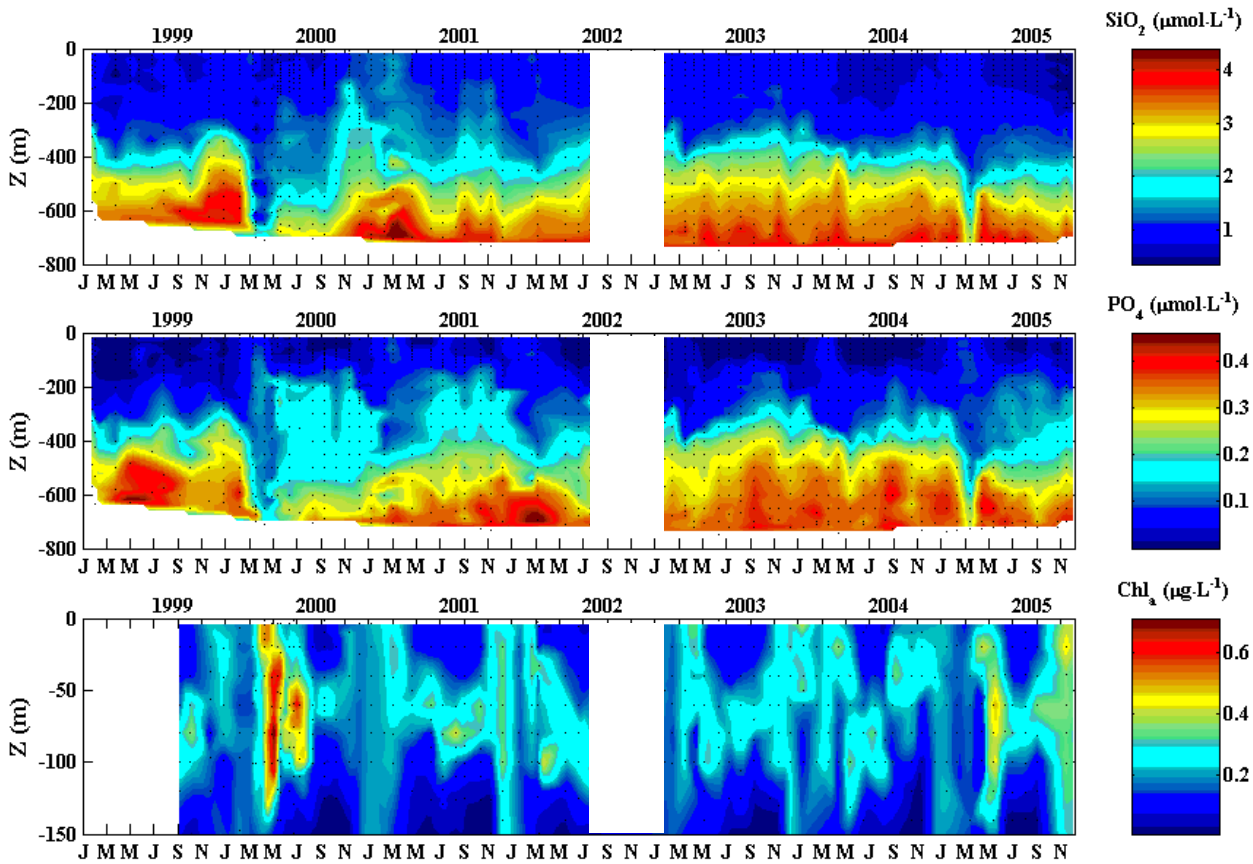


איור ד 11: מדידות חודשיות של ריכוזי כלורופיל a (Chl a) בעמודת המים בתחנה A (כחול), ויום-פתוח OS (ירוד) בתחנה B בחודשים מרץ וספטמבר (ירוק).  
**Figure D11: Monthly profiles of chlorophyll a (Chl a) concentrations in the water column at station A (blue), OS (pink), and at station B in March and September (green).**



איור D12: חמצן דומם (פאנל עליון), ניטריט (פאנל אמצעי) וניטראט (פאנל תחתון) בכל עמודת המים של תחנה A משנת 1999 עד סוף 2005. (נתונים מהתקופה שקדמה לתחילת תכנית הניטור בספטמבר 2001 באדיבות ב. לזר וי. ארז - פרויקט "פארק השלום")

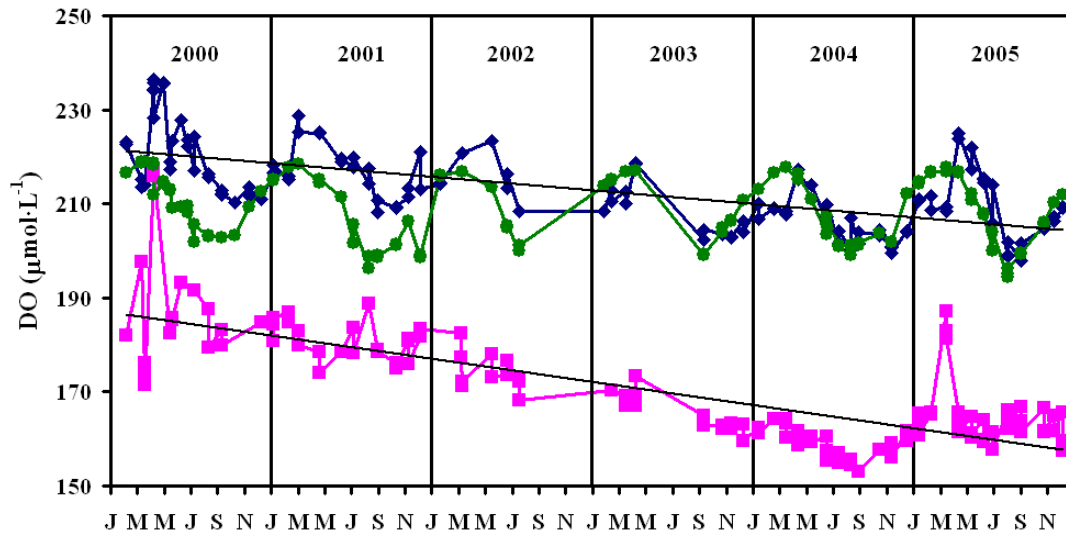
Figure D12: Dissolved oxygen (upper panel), nitrite (middle panel) and nitrate (lower panel) in the entire water column at station A from 1999 to the end of 2005. (Data prior to 2001 courtesy of B. Lazar and J. Erez – the "Peace Park Project")



איור ד13: סיליקה (פאנל עליון), פוספט (פאנל אמצעי) וכלורופיל a (פאנל תחתון) בכל עמודת המים של תחנה A משנת 1999 עד סוף 2005. (נתונים מהתקופה שקדמה לתחילת תכנית הניטור בספטמבר 2001 באדיבות ב. לזר וי. ארז - פרויקט "פארק השלום")

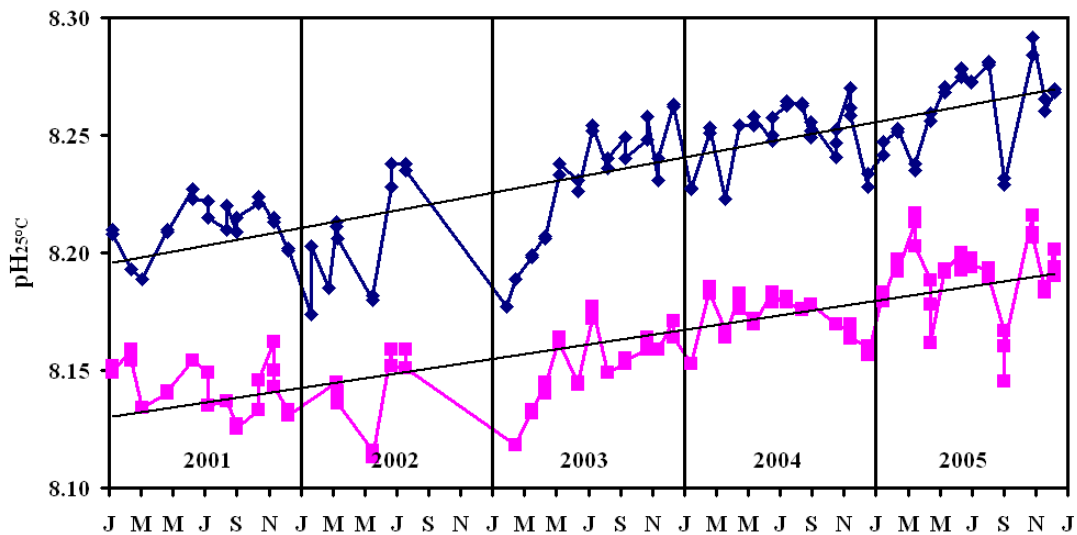
Figure D13: Silica (upper panel), phosphate (middle panel) and chlorophyll a (lower panel) in the entire water column at station A from 1999 to the end of 2005. (Data prior to 2001 courtesy of B. Lazar and J. Erez – the "Peace Park Project")



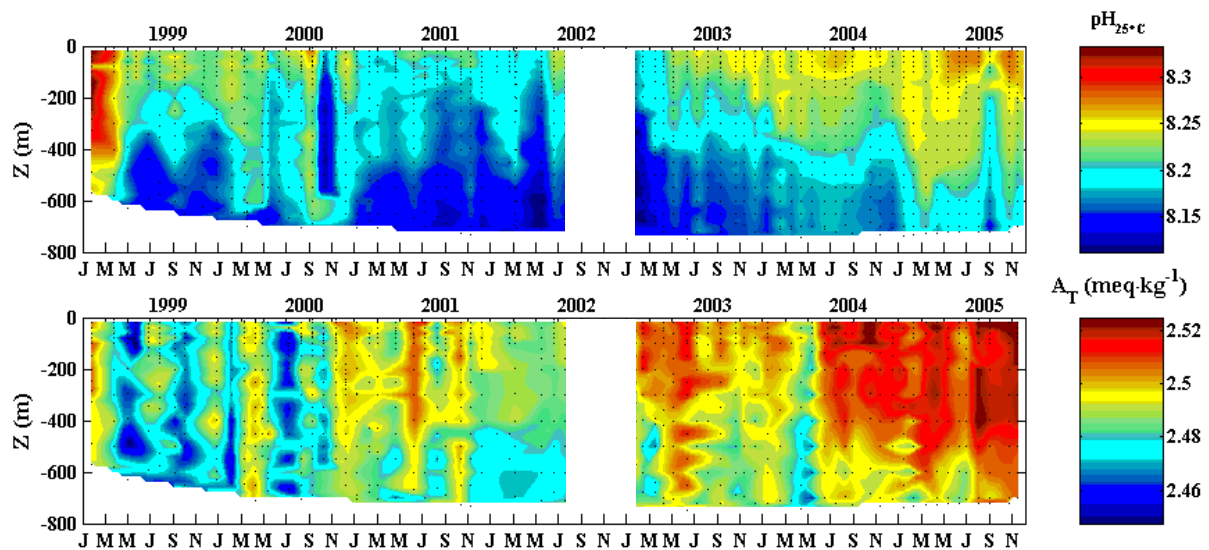


איור ד14: ריכוז החמצן המומס במי השטח (0-20 מ', כחול) ובמי העומק (<650 מ', ורוד) בתחנה A משנת 2000. הקו הירוק מייצג את ערכי החמצן ברוויה המחושבים לכל הפלגה. (בתונים מהתקופה שקדמה לתחילת תכנית הניטור בספטמבר 2001 באדיבות ב. לזר וי. ארז - פרויקט "פארק השלום")

**Figure D14: Concentrations of dissolved oxygen in surface (0-20 m, blue) and deep (>650 m, pink) water at station A since 2000. The green line represents the saturation oxygen concentration calculated for each cruise. (Data prior to 2001 courtesy of B. Lazar and J. Erez – the "Peace Park Project").**

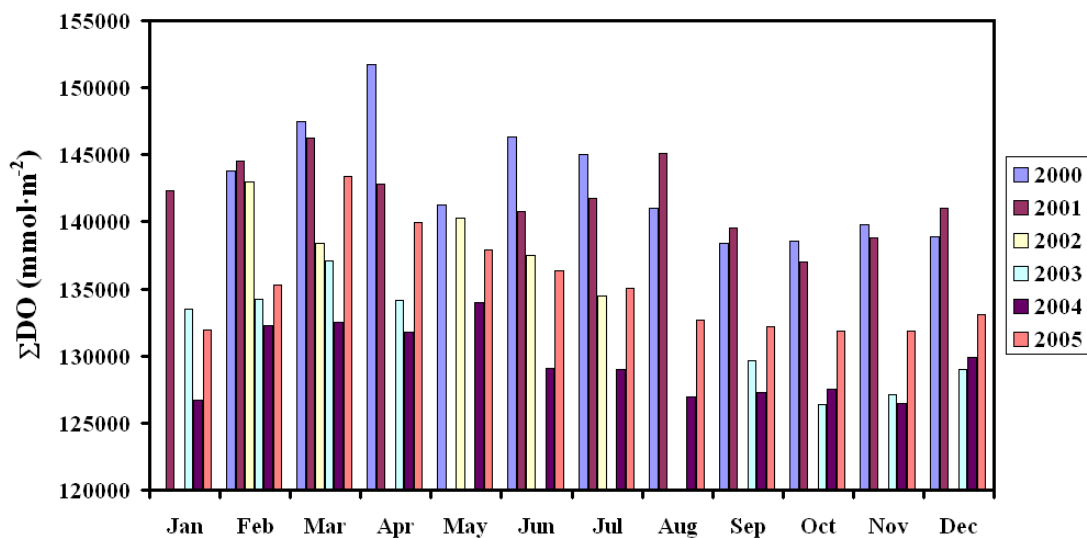


איור ד15: pH במי השטח (0-20 מ', כחול) ובמי העומק (<650 מ', ורוד) בתחנה A משנת 2001. **Figure D15: pH in the surface (0-20 m, blue) and deep (>650 m, pink) water at station A since 2000.**



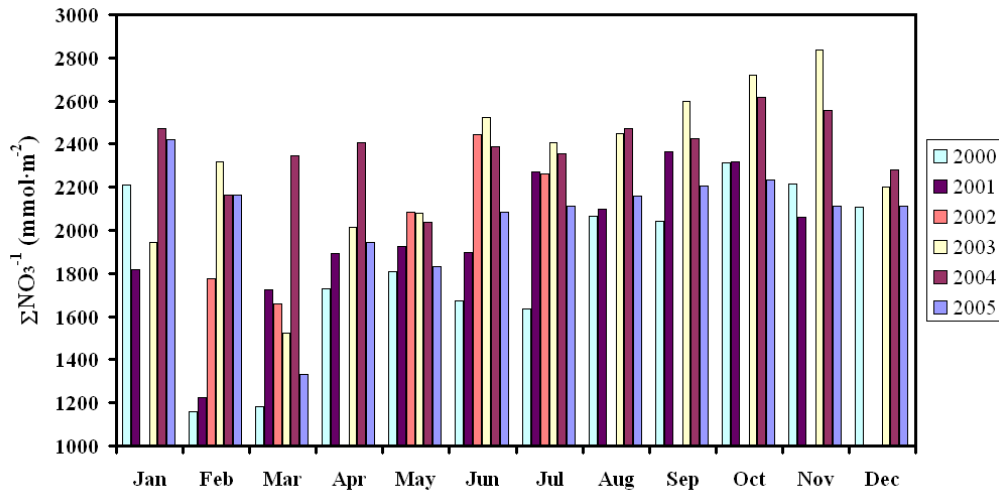
איור ד16: pH (פאנל עליון) ואלקליניות (פאנל תחתון) בעמודת המים בתחנה A מ-1999. נראה שמתחילת 2003 חודרים ערכים גבוהים של pH ואלקליניות למים העמוקים מלמעלה. (נתונים מהתקופה שקדמה לתחילת תכנית הניטור בספטמבר 2001 באדיבות ב. לזר וי. ארז - פרויקט "פארק השלום")

Figure D16: pH (upper panel) and alkalinity (lower panel) in the water column at station A since 1999. Note the penetration of high pH and alkalinity from top to bottom beginning in 2003. (Data prior to 2001 courtesy of B. Lazar and J. Erez – the "Peace Park Project")



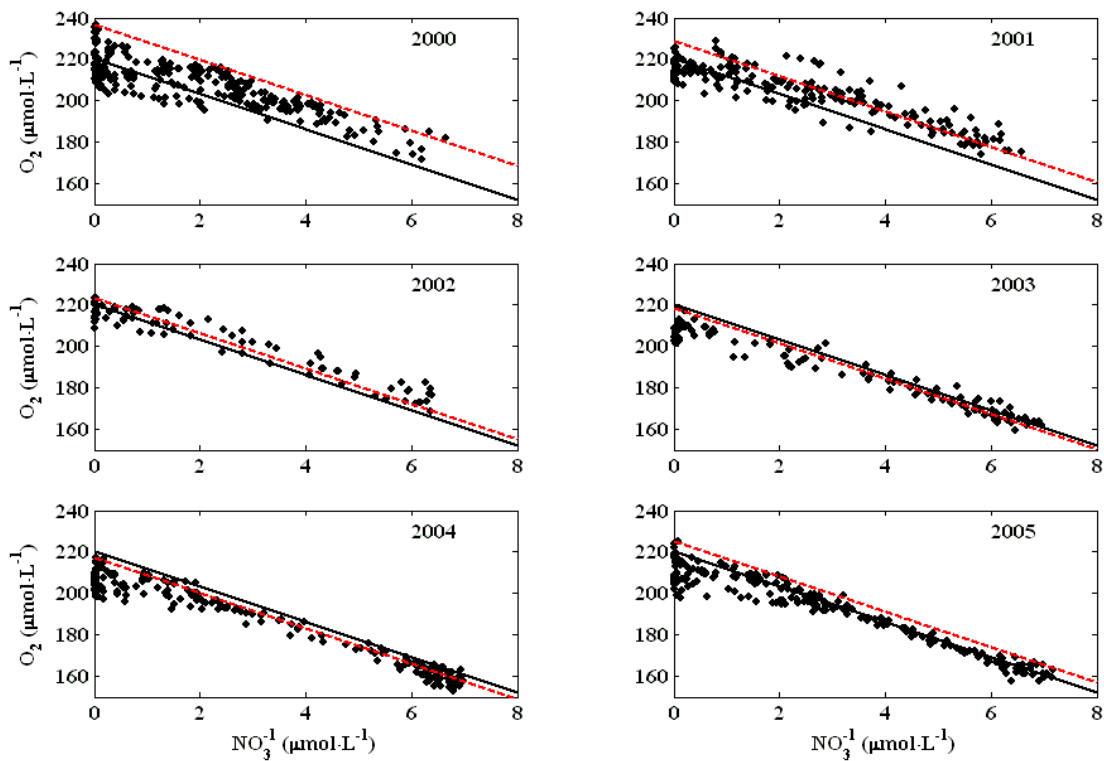
איור ד17: מאגר החמצן החודשי בכל עמודת המים בתחנה A משנת 2000. (נתונים מהתקופה שקדמה לתחילת תכנית הניטור בספטמבר 2001 באדיבות ב. לזר וי. ארז - פרויקט "פארק השלום")

Figure D17: The monthly oxygen inventory in the entire water column at station A since 2000. (Data prior to 2001 courtesy of B. Lazar and J. Erez – the "Peace Park Project")



איור 18: מאגר הניטראט המומס במים בטווח העומקים 0-680 מ' בתחנה A, משנת 2000. (נתונים מהתקופה שקדמה לתחילת תכנית הניטור בספטמבר 2001 באדיבות ב. לזר וי. ארז - פרויקט "פארק השלום")

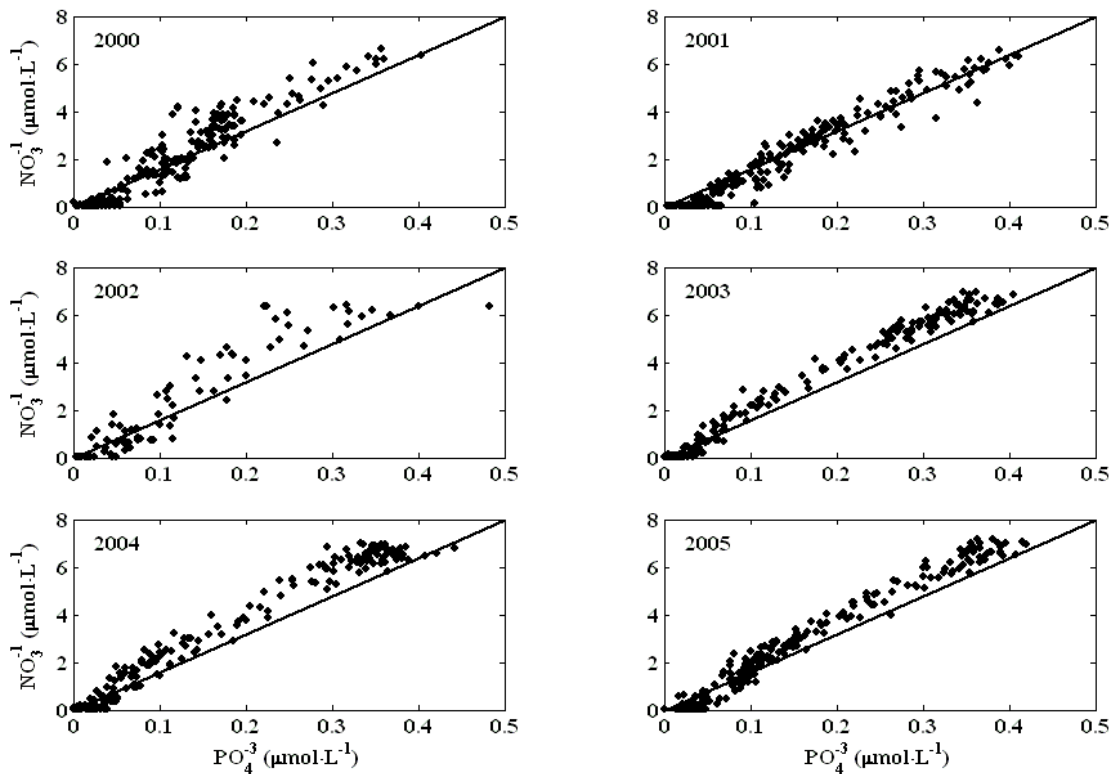
Figure D18: The nitrate inventory at station A in a depth range of 0-680 m, since 2000. (Data prior to 2001 courtesy of B. Lazar and J. Erez – the "Peace Park Project")



איור 19 : השוואה בין ריכוזי ניטרט לחמצן בתחנה A בכל העומקים משנת 2000. קו מגמה שחור מייצג את הקשר בין חמצן לחנקן (O:N = 8.6:1) על פני כל העמודה בתחנה A מחושב ערך החמצן ברוויה בטמפרטורה של 20.75°C. קו מגמה אדום מקווקו מייצג את הקשר בין חמצן לחנקן כמו קודם רק מהערך המרבי של חמצן שנמדד בפני השטח בכל השנה. (נתונים מהתקופה שקדמה לתחילת תכנית הניטור בספטמבר 2001 באדיבות ב. לזר וי. ארז - פרויקט "פארק השלום")

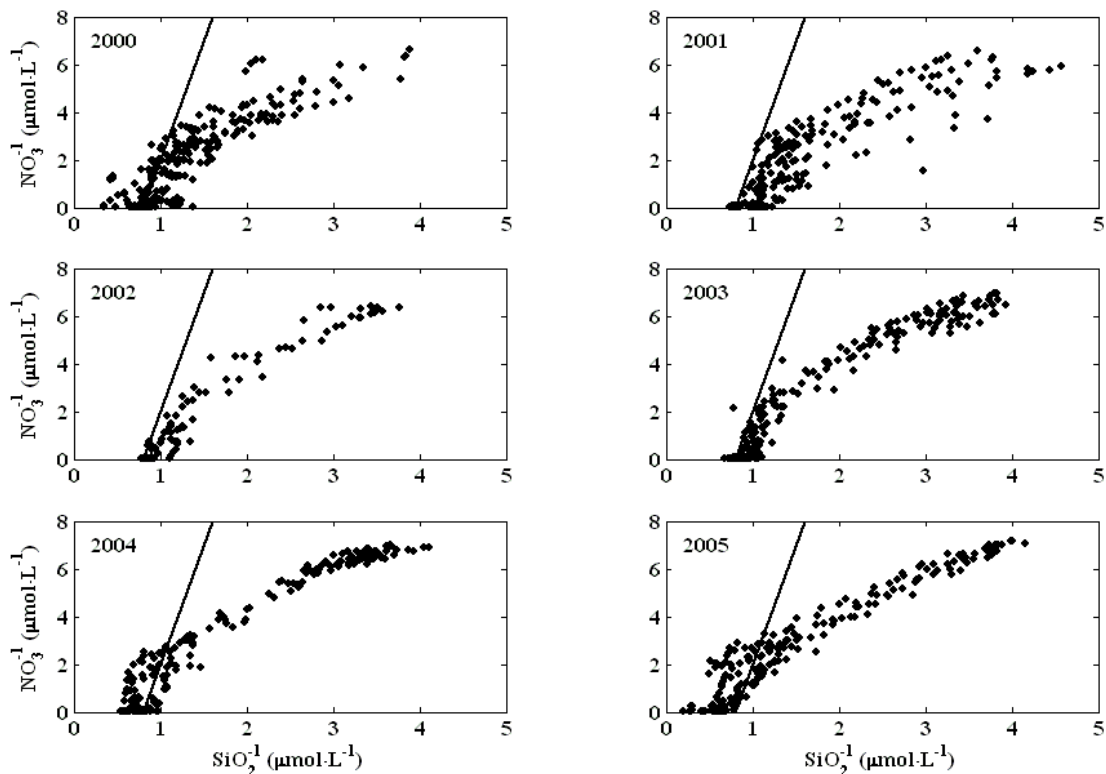
Figure D19: Comparison of nitrate and dissolved oxygen concentrations from all depths at station

A since 2000. Black trend lines represent the relation between nitrate and oxygen (O:N = 8.6:1) calculated from the concentration of oxygen at saturation for 20.75°C. Red dashed trend lines represent the same O:N relation, only calculated from the maximum concentration of oxygen in the surface water for each year. (Data prior to 2001 courtesy of B. Lazar and J. Erez – the "Peace Park Project")



איור ד20: השוואת מדידות ריכוזי ניטרט למדידות הפוספט בתחנה A בכל העומקים משנת 2000. קווי המגמה מייצגים את היחס בין הנקן לזרחן (N:P = 16:1) לפי Redfield. (נתונים מהתקופה שקדמה לתחילת תכנית הניטור בספטמבר 2001 באדיבות ב. לזר וי. ארז - פרוייקט "פארק השלום")

Figure D20: Comparison of nitrate and phosphate concentrations at all depths at station A since 2000. The trend line is the Redfield ratio between nitrate and phosphate (16:1). (Data prior to 2001 courtesy of B. Lazar and J. Erez – the "Peace Park Project")

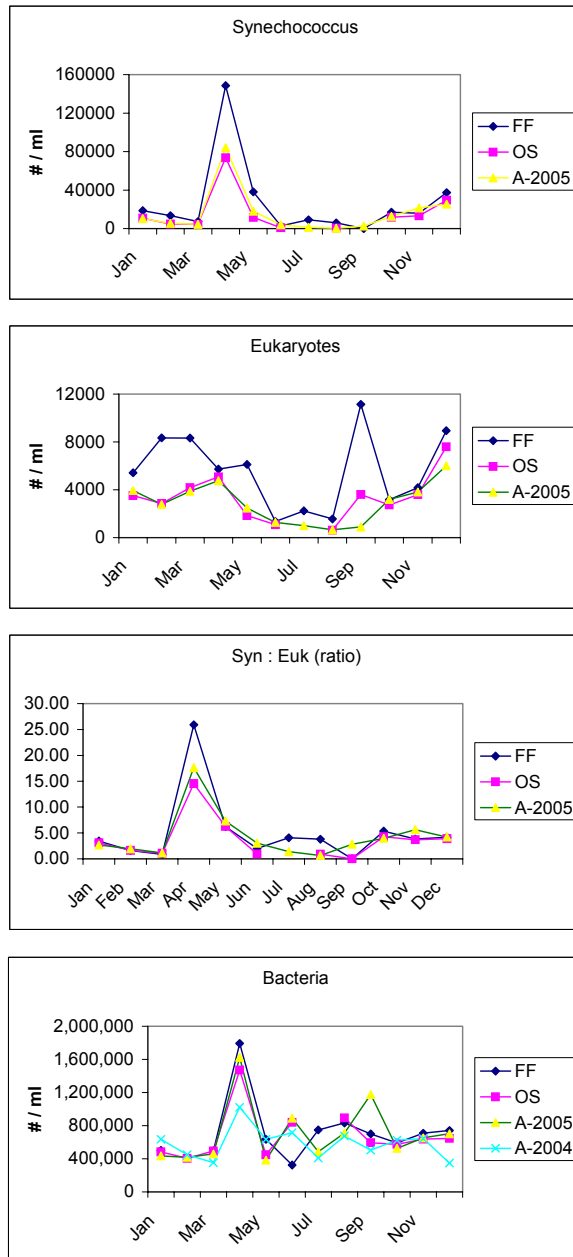


איור ד21: יחס הריכוזים בין ניטרט לסיליקה בכל העומקים בתחנה A משנת 2000. קו המגמה מייצג את השיפוע של שנות ה-90 עם יחס קבוע (N:Si=4.5:1) (נתונים מהתקופה שקדמה לתחילת תכנית הניטור בספטמבר 2001 באדיבות ב. לזר וי. ארז - פרויקט "פארק השלום")

**Figure D21: Relation between nitrate and silica concentrations at station A at all depths since 2000. The trend line expresses the observed relation from measurements made by Lazar and Erez during the 1990's (N:Si = 4.5:1). (Data prior to 2001 courtesy of B. Lazar and J. Erez – the "Peace Park Project")**

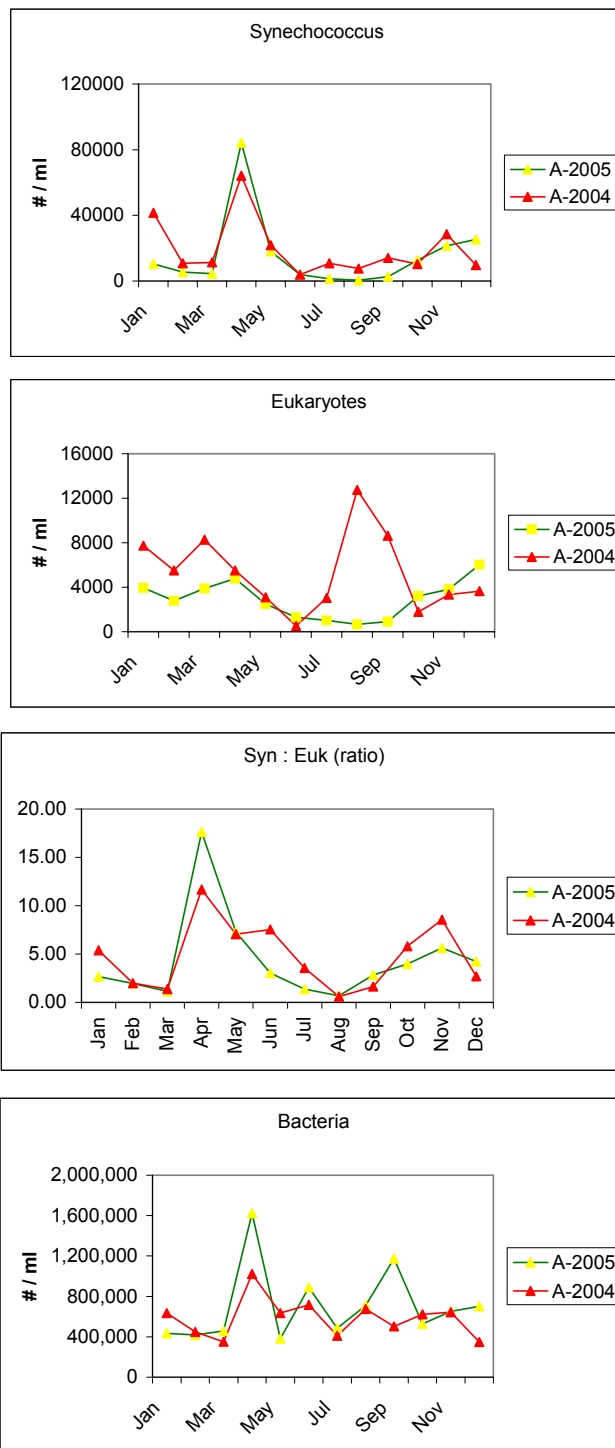
#### ד.4. פיטופלנקטון וחיידקים בעמודת המים

ספירת תאי פיטופלנקטון פרוקריוטי (synechococcus) ואאקריוטי וחיידקים הטרוטרופים במי המפרץ נעשית מידי חודש בדגימות הנאספות בהפלגות החודשיות בשיטה המפורטת לעיל (ראה בפרק ה"דיגום החופי"). איור ד22 מתאר את השינויים העונתיים והמרחביים בצפיפות הפיטופלנקטון וחיידקים. כצפוי, נמדדה עלייה משמעותית בצפיפות כל התאים בעת "פריחת" האביב. השוואת התחנות השונות מראה על צפיפות גבוהה יחסית של פיטופלנקטון, אך לא חיידקים, בקרבת כלובי הדגים בחוף הצפוני בהשוואה לתחנות הים הפתוח שמדרום. היחס המספרי בין פיטופלנקטון פרוקריוטי לאאוקריוטי גדל באופן משמעותי בתקופת האביב. השוואת הצפיפויות והיחס בין סוגי הפיטופלנקטון בשנת 2005 לאלו שנמדדו ב- 2004 (איור ד23) מצביעה על יציבות בפיטופלנקטון הפרוקריוטי וחיידקים אך על ירידה בצפיפות האאוקריוטים ברוב חודשי השנה ב- 2005. מכיוון שזו השנה הראשונה בה נצפתה ירידה שכזו, לא ניתן עדיין לקבוע באם התופעה מציינת מגמה ארוכת טווח.



איור ד22: צפיפות הפיטופלנקטון הפרוקריוטי (*Synechococcus*), האאוקריוטי והיחס ביניהם וצפיפות החיידקים ההטרוטרופים בתחנות הדיגום שליד כלובי הדגים (FF), במים הפתוחים מול שמורת חוף אלמוג (OS) ובתחנה A בשנת 2005. כל נקודה מציינת את הממוצע ב- 50 מ' העליונים של עמודת המים.

**Figure D22: The density of prokaryotic (*Synechococcus*) and eukaryotic phytoplankton, their ratio, and the density of heterotrophic bacteria at the sampling stations near fish cages (FF), the open waters off the nature reserve (OS) and Station A in 2005. Each point indicates the average for the upper 50 m of the water column.**



איור ד23: צפיפות הפיטופלנקטון הפרוקריוטי (*Synechococcus*), האאוקריוטי והיחס ביניהם וצפיפות החיידקים ההטרופים בתחנה A בשנים 2004 ו-2005. כל נקודה מציינת את הממוצע ב- 50 מ' העליונים של עמודת המים.

**Figure D23: The density of prokaryotic (*Synechococcus*) and eukaryotic phytoplankton, their ratio, and the density of heterotrophic bacteria at Station A in 2004 and 2005. Each point indicates the average for the upper 50 m of the water column.**

## ה. מדידות רציפות

### ה.1. כלורופיל

#### מטרה

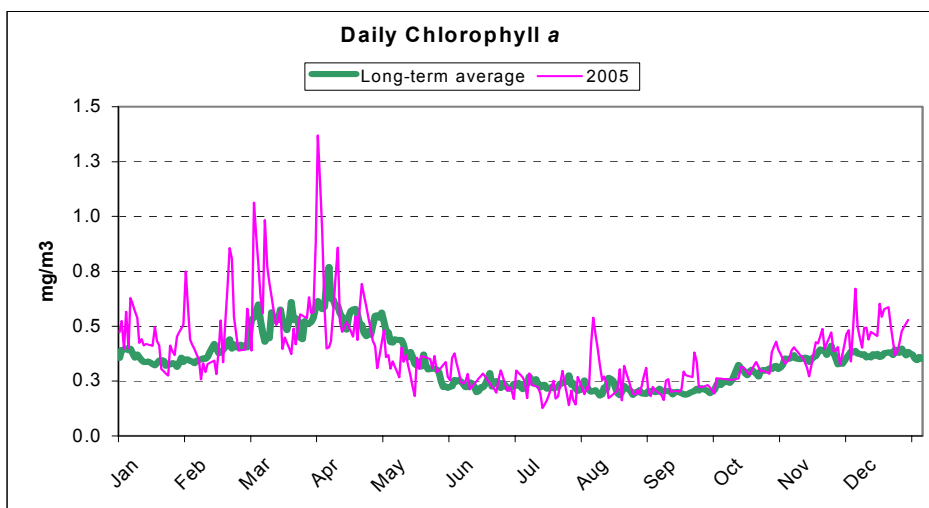
מעקב רציף ורב שנים אחר שינויים בכמות פיטופלנקטון באזור השונית של שמורת האלמוגים.

#### 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 $\mu$ m להוצאת זואופלנקטון, ומובאים למדידה במעבדה, שם מסוננת כל דוגמה על פילטר GF/F. מיצוי הכלורופיל נעשה ב-10 מ"ל Buffered Acetone (90%) במשך 24 שעות במקרר. 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

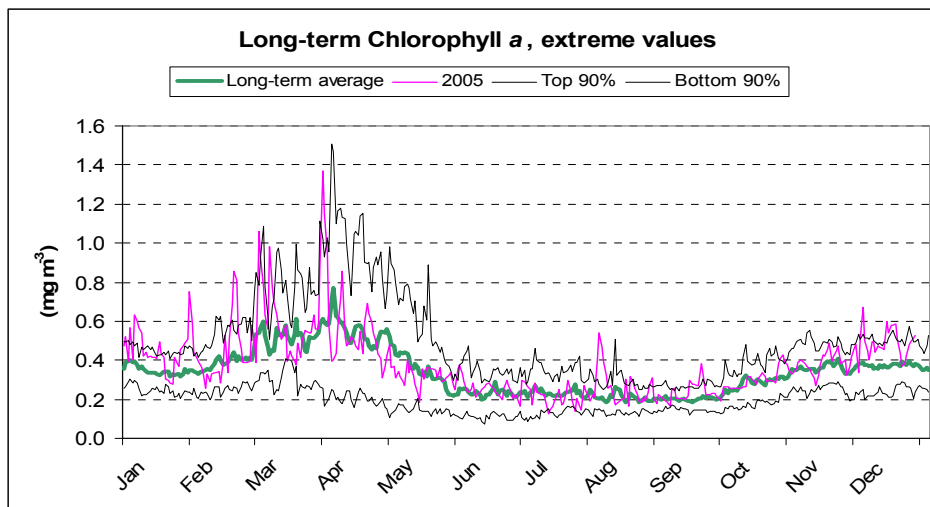
ריכוז הכלורופיל בפני השטח בסמוך לשונית בשנת 2005 בעל מחזור שנתי דומה לממוצע הרב שנתי מאז 1988 (איור 1). מחזור זה כולל ריכוז כלורופיל  $a$  גבוה יחסית בחודשי החורף ונמוך בקיץ. ריכוזי כלורופיל הגבוהים ביותר נמדדו בחודשים מרץ-אפריל, בסוף תקופת הערבוב בעמודת המים הפתוחים. הריכוזים המרביים בשנת 2005 גדולים עד פי שניים מהערך הממוצע לאותה תקופה, אולם בהשוואה למדידות הקיצון מאז שנת 1988 (איור 2) ניכר כי ריכוזים אלה אינם חריגים. בסך הכל ריכוז הכלורופיל בשנת 2005 אינו נבדל מהממוצע הרב שנתי.



איור 1: ריכוז כלורופיל  $a$  בפני השטח בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו ורוד - בשנת הניטור 2005, קו ירוק - ממוצע רב שנתי (1988-2004).

Figure E1: Chlorophyll  $a$  concentrations sampled daily at the Underwater Observatory jetty in 2005 (pink line) and the long-term average (1988-2004, green line).





איור 2: ריכוז כלורופיל  $a$  בפני השטח בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו ורוד - בשנת הניטור 2005, קו ירוק - ממוצע רב שנתי (1988-2004) הקו השחור העליון מסמן את הערך המרבי של 90% מהמידות בשנים 1988-2004, והתחתון את הערך המזערי של 90% מהמידות.

Figure E2: Chlorophyll  $a$  concentrations sampled daily at the Underwater Observatory jetty in 2005 (pink line) and the long-term average (1988-2004, green line). Top and bottom black lines are the minimum and maximum values of the 90<sup>th</sup> percentiles, respectively, of all measurements between 1988 and 2004.

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

### מטרה

מעקב רציף וארוך-טווח אחר טמפרטורת המים בפני הים.

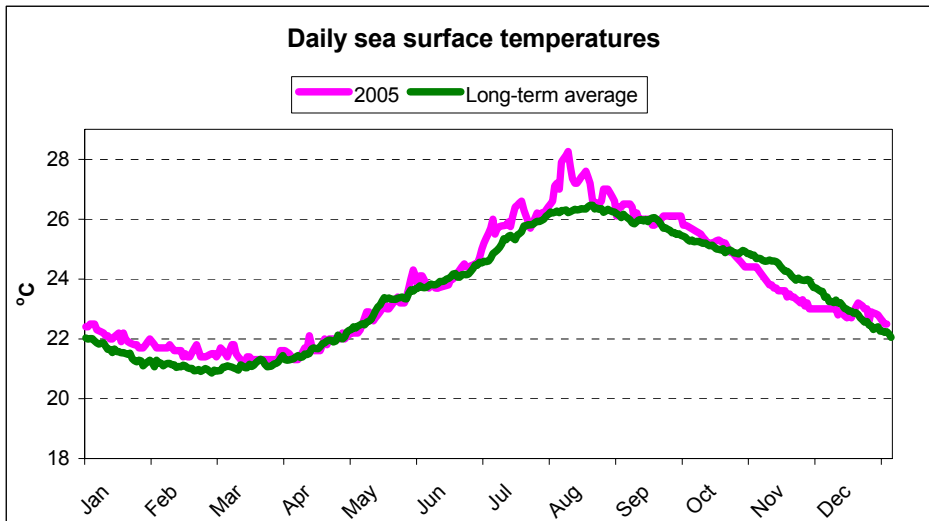
### שיטות

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

### תוצאות

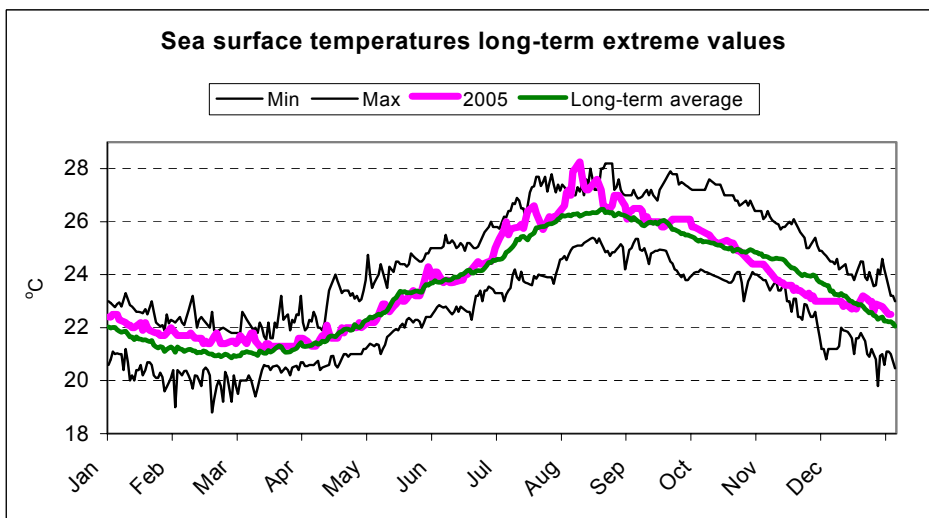
טמפרטורת פני הים בשנת 2005 אינה שונה באופן קיצוני מהממוצע הרב שנתי, אולם ברוב חודשי השנה טמפרטורת פני הים בשנת 2005 הייתה גבוהה מהממוצע. בחודש אוגוסט 2005 נמדדו בפני הים טמפרטורות גבוהות בשיעור של עד שתי מעלות מערכי הממוצע הרב-שנתי, עם טמפרטורת מים מרבית של 28.25 מעלות (איור 3). הטמפרטורה הנמוכה ביותר שנמדדה בשנת 2005 היא 21.2°C, בעוד שבשנים עברו נמדדו טמפרטורות נמוכות מ-21°C.

הטמפרטורה הגבוהה בחודש אוגוסט חורגת מערכי הקיצון בשנות המדידה (מאז 1988), אולם בדרך כלל מדידות 2005 תואמות מדידות קודמות (איור 4). בסך הכל נראה שטמפרטורת המים בשנת 2005 הייתה גבוהה מהשנים הקודמות לה.



איור 3: טמפרטורת המים בפני הים בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום - שנת הניטור 2005, קו ירוק - ממוצע רב שנתי של המדידות היומיות בשנים.

Figure E3: Daily sea surface temperatures measured from the Underwater Observatory jetty during 2005 (red line), and the average SST for 1988-2004 (green line).



איור 4: טמפרטורת המים בפני הים בשמורת חוף אלמוג (בסמוך למזח המצפה הימי). קו אדום - שנת הניטור 2005, קו ירוק - ממוצע רב שנתי של המדידות היומיות בשנים, קווים שחורים - ערכי קיצון ממדידות 1988-2004.

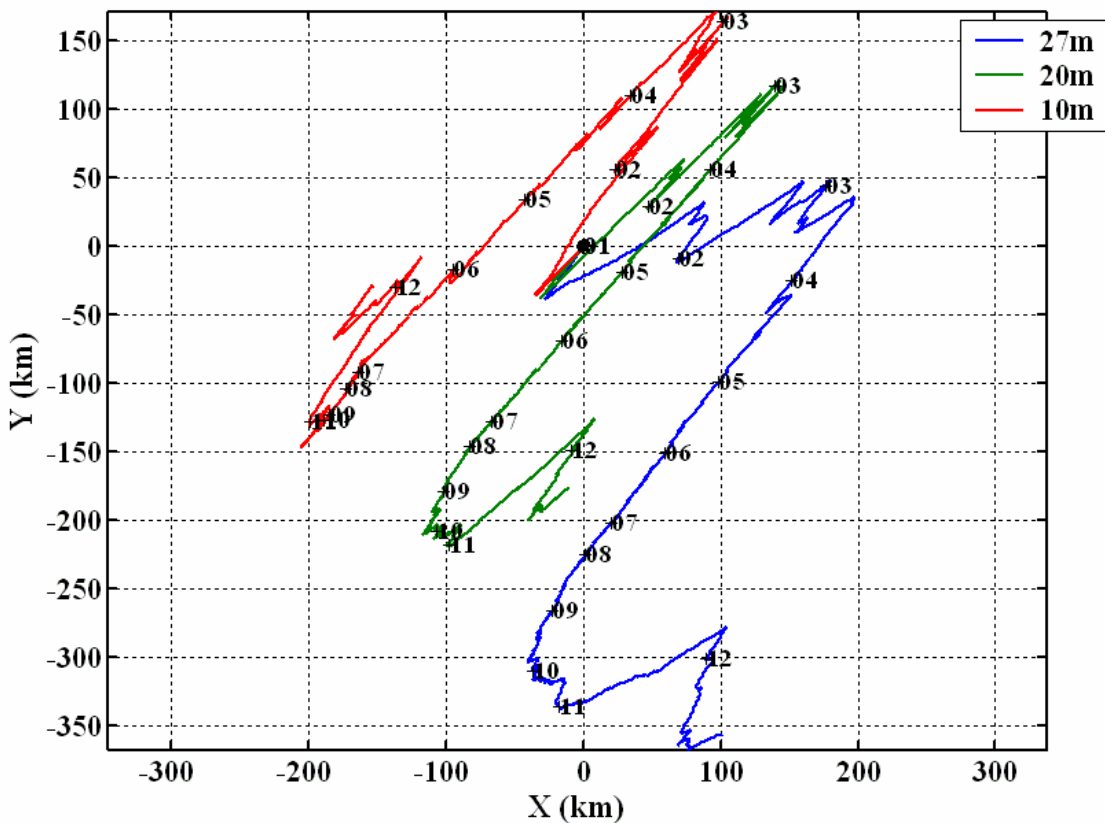
Figure E4: Daily sea surface temperatures measured from the Underwater Observatory jetty during 2005 (red line), the average SST for 1988-2004 (green line), and minimum and maximum values from 1988 to 2004.

### ה.3. מדידות זרמים

מד זרם (ADCP – Acoustic Doppler Current Profiler, 600 kHz) מוצב על המדרון מול המכון הבינאוניברסיטאי בעומק 30 מטר, ומכוון כלפי מעלה (מעומק 30 מ' עד פני המים). המכשיר דוגם את כיוון ומהירות הזרם כל 10 דק' בשכבות שעוביין 1 מ' בטווח העומקים בין 3 – 27 מ'. עיבוד הנתונים כלל הוצאת מדידות בדיקות חריגות ( $> 2 * s.d$ ).

שרטוט וקטור מתמשך (progressive vector diagram) עבור שלושה עומקים מייצגים, 10, 20, ו-27 מטרים

(איור 5) מצביע על משטר זרימה דומה לזה שבשנים עברו למעט שינוי קל בתזמון חילוף הכיוון בשלהי החורף: ההיפוך מזרימה צפונה בחודשי הסתיו והחורף לזרימה דרומה באביב התרחש השנה בתחילת מרץ, כחודש וחצי מאוחר יותר מאשר בשנה שעברה (ראה דו"ח הניטור 2004) וכחודש מאוחר יותר מאשר בתחילת שנות ה-90 (אז התרחש ההיפוך בחודש פברואר [Genin and Paldor 1998]). בחודשי החורף ותחילת האביב, כבעבר, הזרם בשכבות העליונות היה בעל רכיב בולט לכוון החוף, בעוד שבשכבות התחתונות היה רכיב זה לכוון הים הפתוח. "גזירה" זו בכוון הזרם יוצרת שקיעת מים (down-welling) לאורך החוף בתקופת החורף, תופעה שתועדה גם בעבר. בתקופת הקיץ הזרימה בעיקרה מקבילה לקו החוף, ללא רכיב ניצב לחוף.

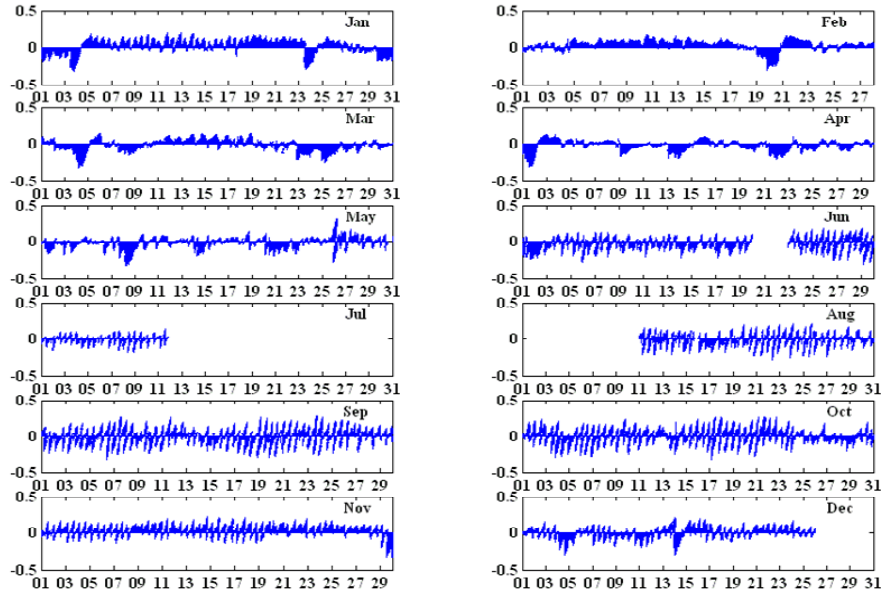


איור 5: משטר הזרימה מול המכון הבינאוניברסיטאי. השרטוט מציג וקטור מתקדם (Progressive Vector Diagram) החל מחודש ינואר ועד דצמבר 2005. מיקום הווקטור ביום הראשון של כל חודש מצוין בנקודה על הקו ובסמוך לה מספר החודש. הקווים מציינים עומקים שונים: כחול- 27 מ', ירוק- 20 מ', ואדום- 10 מ'. הציר האנכי עולה בכיוון צפון, והאופקי בכיוון מזרח. קו החוף בכיוון צפון-מזרח ( $37^\circ$ ).

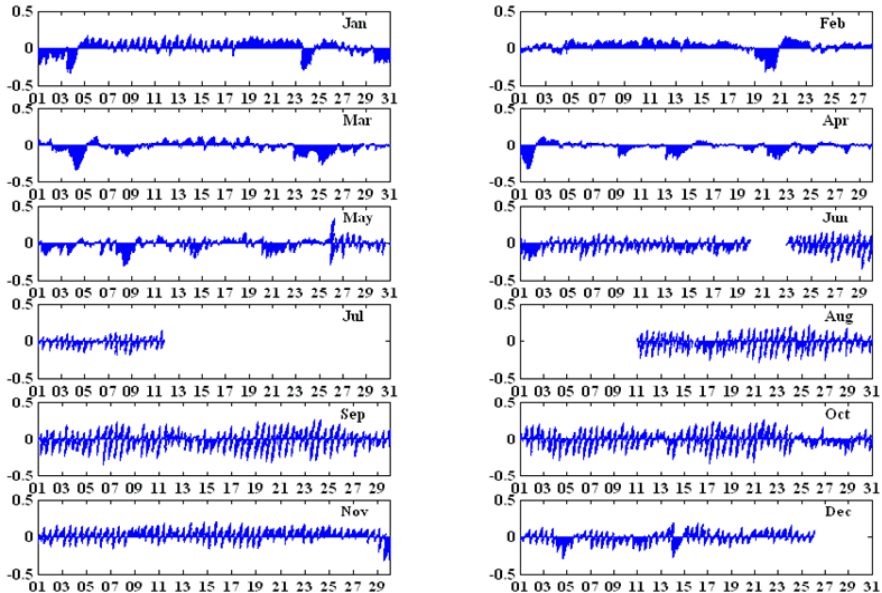
Figure E5: The current regime off the Interuniversity Institute. Plotted are progressive vector diagram for 3 different depths (blue- 27m, green- 20m, and red- 10m) from January to December 2005. The first day of each month is indicated by the circle on the plot, and next to it is the number of the month.

איור 6 מתאר את מהירות וכוון הזרם בכל 10 דקות בשלושה עומקים. כפי שתועד בעבר ( Genin and Paldor 1998) בעונה בה עמודת המים משוכבת (קיץ וסתיו) משטר הזרימה נשלט על ידי שינוי חצי-יממתי (semi-diurnal) אשר נעלם בעונה בה עמודת המים מעורבת.

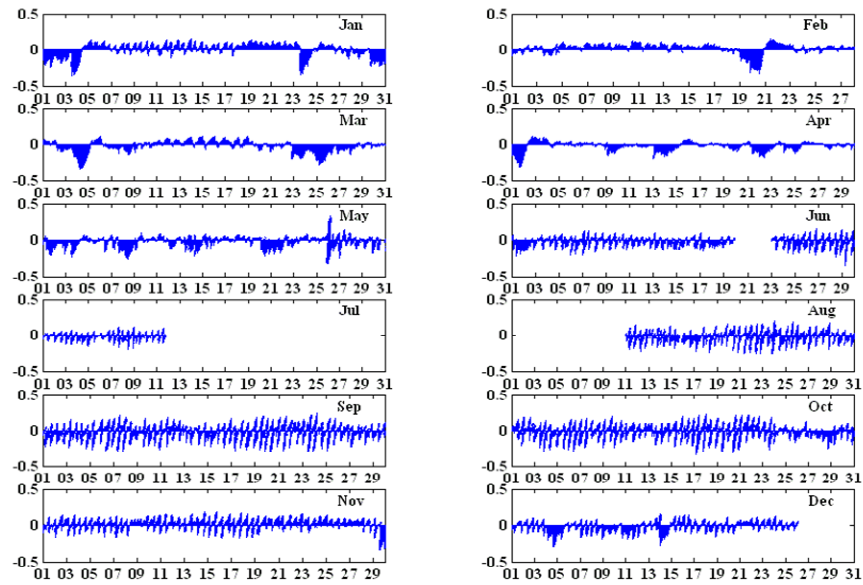
10 מ'



20 מ'



27 מ'



איור ה-6: משטר הזרימה מול המכון הבינאוניברסיטאי בעומקים 10, 20 ו-27 מ' (כמצוין בצידו של כל חלק מהאיור), כאשר כל חודש משורטט בנפרד (כמצוין בצדו הימני העליון של כל פאנל). באיור מוצגים הוקטורים (מהירות וכוון) שנמדדו אחת ל-10 דקות.

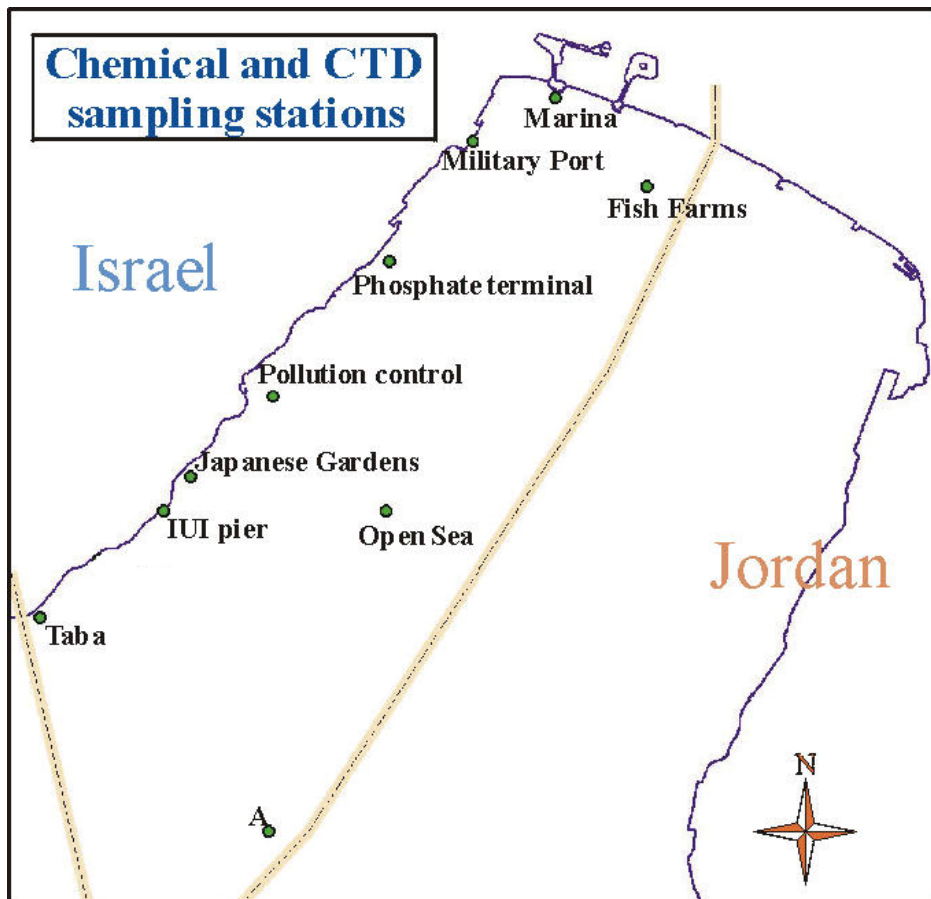
**Figure E6:** The current regime off the Interuniversity Institute at 10, 20 and 27 m depth (as indicated above each panel), with separated monthly plots (as indicated at the upper-right corner of each plot). Plotted are the vectors measured every 10 min.

## ו. ביבליוגרפיה

- Genin, A. and N. Paldor (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.
- Langdon, C, W. S. Broecker, D. E. Hammond, E. Glenn, K. Fitzsimmons, S. G. Nelson, T.-H. Peng, I. Hajdas, and G. Bonani (2003), Effect of elevated CO<sub>2</sub> on the community metabolism of an experimental coral reef. *Glob. Biogeochem. Cyc.* 17 pp.11:1-14.
- Loya Y. (1972) Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. *Mar. Biol.* 13:100-123.
- Loya. Y. and L. B. Slobodkin (1971) The coral reefs of Eilat (Gulf of Eilat, Red Sea). *Symp. Zool. Soc. Lond.* 28:117-139.
- Silverman, J. (2005) Metabolic response of the coral reef in the Gulf of Eilat to eutrophication. Ph.D. Dissertation, Institute of Earth Sciences, The Hebrew University of Jerusalem, Israel.
- Silverman, J., B., Lazar, and J., Erez (2004) Monitoring the health of a coral reef using community metabolism. In: *Coral Health and Disease*, E., Rosenberg, and Y., Loya (Eds.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg New-York, 367-376.
- אבלסון, א. (1987) תוקפנות בין אלמוגי אבן: האם זו תחרות על מקום? עבודת גמר לתואר מוסמך, אוניברסיטת תל אביב.

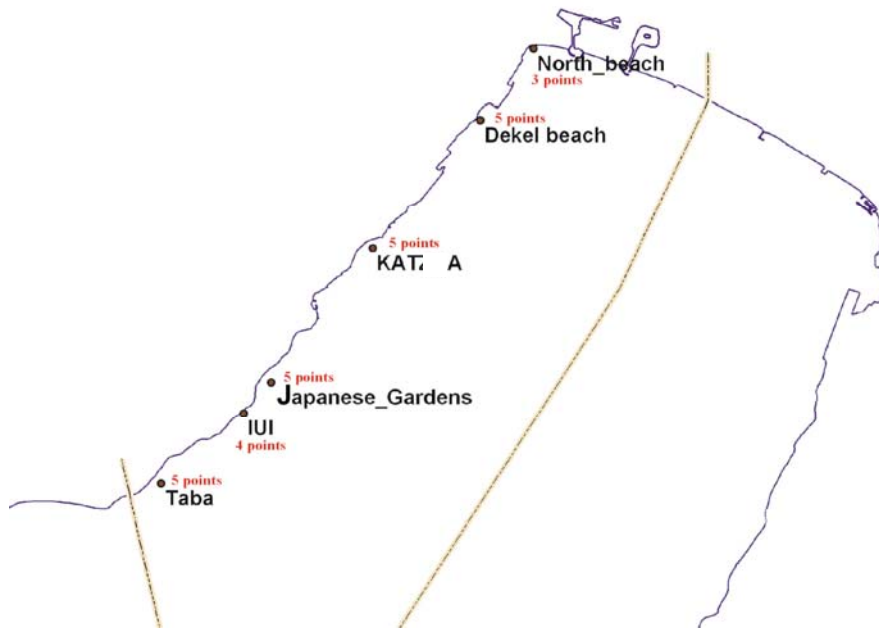
## ז. נספחים

### ז.1: מפות אתרי הניטור



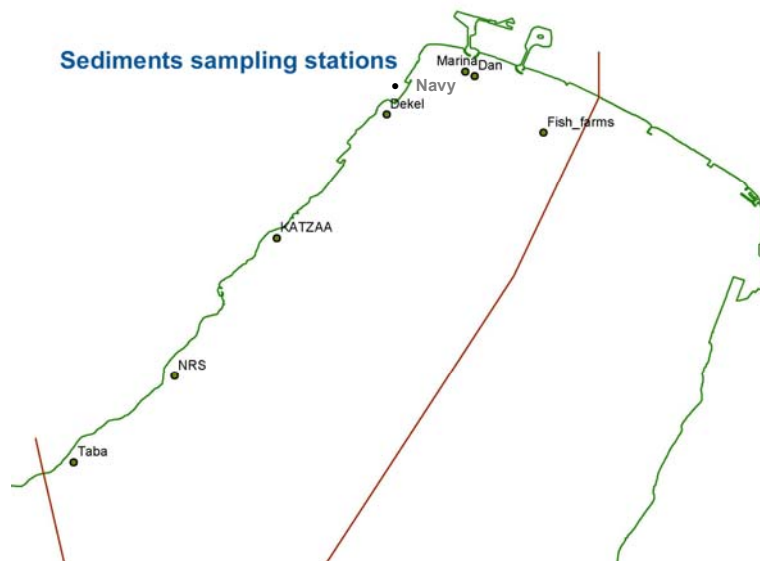
מפה 1: תחנות דיגום עמודת המים. תחנה B אשר אינה כלולה במפה, נמצאת 10 ק"מ דרומית לתחנה A במשולש הגבולות ירדן-מצרים-סעודיה.

**Map 1: Study sites of water-column sampling. Station B (not shown) is located 10 km south of Station A.**



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

Map 2: Sites of photographic monitoring of fixed areas in the coral reef.



מפה 3: מיקום אתרי דיגום הסדימנטים.

Map 3: Sites of sediment sampling.



## 2.ז: רשימת סוגי האלמוגים

טבלה ז1: רשימת האלמוגים אשר נספרו בחתכי הקו בסקר חברת השונית בשנת 2005.

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

Genus/Species	Number of colonies			Genus/Species	Number of colonies		
	IUI	KATZA	NR		IUI	KATZA	NR
<i>Acanthastrea</i>	22	2	2	<i>Herphlitha</i>		1	19
<i>Acropora.eur</i>	8	6	6	<i>Heteroxenia</i>		3	5
<i>Acropora.hem</i>	10	26	40	<i>Hydnophora</i>	2	1	2
<i>Acropora.hum</i>	1	4	3	<i>Leptastrea.sp.</i>		15	21
<i>Acropora.hyac</i>	1	1	3	<i>Leptastrea.bot</i>	7		
<i>Acropora.may</i>	3	57	27	<i>Leptastrea.pur</i>	20	3	
<i>Acropora.sp</i>		4	10	<i>Leptoria</i>	1	3	2
<i>Acropora.sqr</i>		1	42	<i>Leptoseris</i>		5	
<i>Acropora.var</i>	11	19	19	<i>Litophyton</i>	1		2
<i>Agaricella</i>	2		3	<i>Lobophyllia</i>		12	47
<i>Alveopora</i>		8	2	<i>Millepora</i>	66	2	8
<i>Astreopora</i>	5	6	11	<i>Montipora</i>	34	51	67
<i>Balanophyllia</i>	2	2	3	<i>Mycedium</i>		4	23
<i>Balastomussa.sp.</i>	1	2		<i>Negombata</i>	1		
<i>Callyspogia</i>			1	<i>Negumbata</i>			1
<i>Cladiella</i>			1	<i>Oxipora</i>			1
<i>Clathraria</i>		1		<i>Pavona</i>	6	68	11
<i>Clavularia</i>		1		<i>Platygyra</i>	10	6	12
<i>Coscinaraea</i>	23	12	9	<i>Plerogyra</i>		1	1
<i>Cynarina</i>	3	1	1	<i>Plesiastrea</i>	4	14	34
<i>Cyphastrea</i>	97	44	62	<i>Pocillopora</i>	21	2	10
<i>Echinophyllia</i>	4	7	9	<i>Porites</i>	40	41	28
<i>Echinopora</i>	2	24	74	<i>Psammocora</i>	2	10	13
<i>Favia.sp.</i>	112	20	34	<i>Rhytisma</i>	4	12	24
<i>Favites.sp.</i>	81	72	49	<i>Sarcophyton</i>	3		3
<i>Fungia</i>	5	7	17	<i>Seriatopora</i>	1	24	2
<i>Galaxea</i>	1	3	7	<i>Sinularia</i>	1	4	4
<i>Goniastrea</i>	13	9	52	<i>Stylophora</i>	115	42	71
<i>Goniopora</i>		6	8	<i>Xenia</i>	5	9	28
<i>Gyrosmlia</i>	13	6	11				

טבלה ז2: רשימת האלמוגים אשר נספרו בריבועי דיגום קבועים בשנת 2005.

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

Coral genus	Number of colonies
<i>Acanthastrea</i>	14
<i>Acropora</i>	129
<i>Agariciella</i>	4
<i>Anemone</i>	8
<i>Ascidian</i>	1
<i>Astreopora</i>	7
<i>Balanophyllia</i>	4
<i>Coral sp.</i>	25
<i>Coscinaraea</i>	19
<i>Ctenactis</i>	4
<i>Cyphastrea</i>	100
<i>Dendronephthya</i>	1
<i>Echinophyllia</i>	14
<i>Echinopora</i>	108
<i>Euphyllia</i>	1
<i>Favia</i>	122
<i>Favites</i>	82
<i>Fungia</i>	27
<i>Galaxea</i>	10
<i>Goniastera</i>	1
<i>Goniastrea</i>	204
<i>Goniopora</i>	5
<i>Herpolita</i>	2
<i>Herpolitha</i>	1
<i>Hydnophora</i>	7
<i>Leptastrea</i>	64
<i>Leptoria</i>	3
<i>Leptoseria</i>	3

Coral genus	Number of colonies
<i>Lobophyllia</i>	38
<i>Millepora</i>	128
<i>Millepora</i>	1
<i>Mycedium</i>	15
<i>Oxypora</i>	1
<i>Pavona</i>	19
<i>Platygyra</i>	33
<i>Plerogyra</i>	4
<i>Plesiastrea</i>	2
<i>Pocillopora</i>	26
<i>Porites</i>	102
<i>Psammocora</i>	8
<i>Psammocorra</i>	1
<i>Rhytisma</i>	24
<i>Sabellidae</i>	2
<i>Sarcophyton</i>	3
<i>Seriatopora</i>	28
<i>Siderastrea</i>	2
<i>Sinularia</i>	1
<i>Sponge</i>	24
<i>Stylophora</i>	86
<i>Tridacna</i>	1
<i>Tubastrea</i>	1
<i>Tubipora</i>	2
<i>Tunicate</i>	1
<i>Turbinaria</i>	4
<i>Xenia</i>	33

### 3.ז: פעילות צוות הניטור

טבלה 3ז: פעילות צוות הניטור בשנת 2005. (הטבלה אינה כוללת צלילות תחזוקה שוטפת ומיפוי של אתרי הצילום הקבועים)

תאריך דיגום+סוג הפעילות	מס' דגימות	מטרת העבודה	ימי עבודה	המבצעים
ינואר דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריונים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקליניות, 16 כלורופיל 32 FACS	מטבוליזם של השונות וכיול CTD	8	ענבל, טניה, מוריאל
19 ינואר דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקליניות, 8 מליחות 8 כלורופיל 8 Fcas	השוואה בין התחנות השונות	3	אסף, טניה, ענבל, מוריאל, משיט
17 ינואר הפלגה לתחנות: NRR, FF OS, A	78 נוטריונים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקליניות, 39 מליחות 25 כלורופיל FACS 40,	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, אסף, צוות ספינה
דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונות ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונות.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, אסף
1 פברואר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתונות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונות	1	ענבל, מוריאל.
2 פברואר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בספקטרוורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונות	0.5	ענבל
פברואר דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריונים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקליניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונות וכיול CTD	8	אסף, טניה, מוריאל
פברואר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונות ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונות.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל
14 פברואר הפלגה לתחנות: NRR, FF OS, A	116 נוטריונים, 116 חמצן, 62 pH, 58 אלקליניות, 58 מליחות 30 כלורופיל, FACS 40	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	אסף, טניה, ענבל, מוריאל, צוות ספינה
16 פברואר דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקליניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, 8 Facs	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, אסף, משיט
24 פברואר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתונות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונות	1	ענבל, מוריאל.
25 פברואר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בספקטרוורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונות	0.5	ענבל

מרץ דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריונים 48 חמצן, pH 32 אלקליניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונות וכיול CTD	8	ענבל, אסף, טניה, מוריאל
מרץ דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונות ממזה המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונות.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל, אסף
20 מרץ הפלגה משותפת עם הירדנים לתחנות: NRR, FF OS, A, B.	116 נוטריונים, 116 חמצן, pH 62, 58 אלקליניות, 58 מליחות 30 כלורופיל FACS 63	כימיה ופיזיקה של עמודת המים בתחנה עמוקה B והשוואתה לתחנות הקבועות (OS, A)	10	טניה, ענבל, מוריאל, צוות ספינה
17 מרץ דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונים 4 חמצן, pH 16 אלקליניות, 8 מליחות Facs 8 כלורופיל, 8	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, אסף, משיט
30 מרץ. צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונות	1	ענבל, טניה
31 מרץ בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בספקטורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונות	0.5	ענבל
אפריל דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריונים 48 חמצן, pH 32 אלקליניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונות וכיול CTD	8	ענבל, טניה, מוריאל, אסף
אפריל דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונות ממזה המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונות.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל
17 אפריל הפלגה לתחנות: FF OS, A,	78 נוטריונים, 78 חמצן, pH 62, 39 אלקליניות, 39 מליחות 25 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, צוות ספינה
14 אפריל דיגום מסירה + אנליזות מ-8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונים 4 חמצן, pH 16 אלקליניות, 8 מליחות Facs 8 כלורופיל, 8	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, אסף, משיט
2 מאי צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	שש לוחיות.	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונות	1	ענבל, טניה
3 מאי בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בספקטורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונות	0.5	ענבל
מאי דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריונים 48 חמצן, pH 32 אלקליניות, 16 כלורופיל	CTD מטבוליזם של השונות וכיול	8	ענבל, טניה, מוריאל
מאי דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונות ממזה המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונות.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל

16 מאי הפלגה לתחנות: NRR ,FF OS ,A	78 נוטריונטים , 78 חמצן, pH 62, 39 , אלקליניות, 39 מליחות 25 כלורופיל , FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, צוות ספינה
17 מאי דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונטים 4 חמצן, pH 16 אלקליניות, 8 מליחות Facs 8 כלורופיל,	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, מוטי
30 מאי צלילה להוצאת שש לוחיות	שש לוחיות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של	1	ענבל, טניה
31 מאי בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בספקטורומטר, הכנסת 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 נוטריונטים 48 חמצן, pH 32 אלקליניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונות וכיול CTD	8	ענבל, טניה, מוריאל
יוני דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונות ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונות.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל
15 יוני הפלגה לתחנות: FF OS ,A	78 נוטריונטים , 78 חמצן, pH 62, 39 , אלקליניות, 39 מליחות 25 כלורופיל , FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, צוות ספינה
14 יוני דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונטים 4 חמצן, pH 16 אלקליניות, 8 מליחות Facs 8 כלורופיל,	השוואה בין התחנות השונות	3	טניה, ענבל, מוריאל, מוטי
20-23 יוני דיגום הלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג	דיגום של 56 ריבועים 1 x 1 מ'. עיבוד הנתונים במחשב	סקר חברת האלמוגים בלגונה	3	ענבל, טניה, מוריאל, ניצן
29 יוני צלילה להוצאת שש לוחיות	הוצאת שש לוחיות התיישבות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונות	1	ענבל, יאיר
30 יוני צלילה להוצאת שש לוחיות	קריאת שש דוגמאות בספקטורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתונות בשונות	0.5	ענבל
יולי דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריונטים 48 חמצן, pH 32 אלקליניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונות וכיול CTD	8	טניה, מוריאל, ענבל
יולי דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונות ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונות.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל
4 יולי צלילות חתכים בשונות	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב-IUI והזנת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונות	1	ענבל, ניצן
5 יולי הפלגה לתחנות: FF OS ,A	78 נוטריונטים , 78 חמצן, pH 62, 39 , אלקליניות, 39 מליחות 25 כלורופיל , FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	6	טניה, ענבל, מוריאל, צוות ספינה

7 יולי	דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקליניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, Facs 8	השוואה בין התחנות השונות	5	טניה, ענבל, מוטי
10 יולי	צלילת חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- IUI	סקר חברת השונית	0.3	ענבל, ניצן
18, 19 יולי	צלילת חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- IUI והזנת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1	ענבל, ניצן
21 יולי	צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- IUI והזנת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1	ניצן, ענבל, טניה
26 יולי	צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בקצא"א והזנת הנתונים למחשב	סקר חברת השונית	1	ניצן, ענבל, משיט
27 יולי	צלילה להוצאת שש לוחיות	הוצאת שש לוחיות התיישבות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	מוריאל, ענבל
28 יולי		קריאת שש דוגמאות בספקטורופלורומטר, הכנסת למחשב הנתונים	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
אוגוסט	דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריונטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקליניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	טניה, ענבל, מוריאל,
אוגוסט	דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל
2 אוגוסט	צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	הוצאת שש לוחיות. התיישבות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל, מוריאל
3 אוגוסט	בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש דוגמאות בספקטורופלורומטר, הכנסת למחשב הנתונים	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
2 אוגוסט	צלילת חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- בשמורה הסגורה והזנת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1	ענבל, ניצן, משיט
8 אוגוסט	הפלגה לתחנות: FF, OS, A	116 נוטריונטים, 116 חמצן, 62 pH, 58 אלקליניות, 58 מליחות 30 כלורופיל, FACS 39	כימיה ופיזיקה של עמודת המים בתחנות הקבועות הקבועות (A, FF, OS)	10	טניה, ענבל, מוריאל, צוות ספינה
9 אוגוסט	ניטור השונית גנים היפנים	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בשמורה הסגורה והזנת הנתונים למחשב	סקר חברת השונית	1	ענבל, ניצן, משיט
10 אוגוסט	דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקליניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, Facs 8	השוואה בין התחנות השונות	5	טניה, ענבל, מוריאל, משיט
11 אוגוסט	צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים ב- בשמורה הסגורה והזנת הנתונים למחשב	סקר חברת השונית	1	ענבל, ניצן, משיט
16, 17, 18 אוגוסט	צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בגנים יפנים ובקצא"א והזנת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1	ענבל, ניצן, טניה, משיט

21,22 אוגוסט צלילות חתכים בשונית	ספירת אלמוגים לאורך החתכים בגנים יפנים ובקצא"א והזנת הנתונים למחשב.	סקר חברת השונית	1	ענבל, ניצן, טניה, משיט
21,28 אוגוסט צלילת לילה, ספירת חסרי חוליות	ספירת חסרי חוליות בריבועי דיגום 1 x 1 מ' ב- IUI	סקר חסרי חוליות	0.5	טניה, ענבל, מוריאל, ניצן
22 אוגוסט צלילת לילה, ספירת חסרי חוליות	ספירת חסרי חוליות בריבועי דיגום 1 x 1 מ' ב- IUI	סקר חסרי חוליות	0.5	טניה, ענבל, מוריאל, ניצן
30 אוגוסט צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	הוצאת שש לוחיות התיישבות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל, מוריאל
31 אוגוסט בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש בספקטרופלורומטר, הכנסת למחשב הנתונים	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
ספטמבר דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריונים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקליניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	טניה, ענבל, מוריאל
ספטמבר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל
1 ספטמבר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף	24 נוטריונים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקליניות, 8 מליחות 8 כלורופיל, Facs 8	השוואה בין התחנות השונות	0.5	ענבל, טניה, מוריאל, משיט
7 ספטמבר הפלגה משותפת עם הירדנים לתחנות: FF OS, A, B,	116 נוטריונים, 116 חמצן, 62 pH 58, אלקליניות, 58 מליחות 30 כלורופיל FACS 63	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	1	טניה, ענבל, מוריאל, צוות ספינה
8 ספטמבר צלילת לילה	ספירת חסרי חוליות בריבועי דיגום 1 x 1 מ' ב- IUI	סקר חברת חסרי חוליות בשונית של IUI	0.5	ענבל, מוריאל, ניצן, טניה
14 ספטמבר צלילת לילה	ספירת חסרי חוליות בריבועי דיגום 1 x 1 מ' ב- IUI	סקר חברת חסרי חוליות בשונית של IUI	0.5	טניה, ענבל, מוריאל, ניצן
20 ספטמבר צלילת לילה	ספירת חסרי חוליות בריבועי דיגום 1 x 1 מ' ב- בשמורה הסגורה שבחוף אלמוג	סקר חברת חסרי חוליות בשונית של השמורה הסגורה	0.5	טניה, ענבל, מוריאל, ניצן, משיט
28 ספטמבר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות	הוצאת שש לוחיות התיישבות	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	1	ענבל, טניה, ניצן
29 ספטמבר צילום ריבועים קבועים	צילום 4 נקודות קבועות בשונית ב- IUI	מעקב אחרי שינויים בשונית בעזרת צילום ריבועים קבועים בשונית	0.5	ענבל, ניצן
29 ספטמבר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות	קריאת שש בספקטרופלורומטר, הכנסת למחשב הנתונים	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	0.5	ענבל
אוקטובר דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות	48 נוטריונים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקליניות, 16 כלורופיל	מטבוליזם של השונית וכיול CTD	8	טניה, מוריאל, ענבל
אוקטובר דיגום יומימי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח	דוגמא אחת כל יום.	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	0.3	ענבל, טניה, מוריאל

				המצפה התת-ימי
ענבל, ניצן, טניה, מוריאל, משיט	0.5	סקר חברת חסרי חוליות בשונית של השמורה הסגורה	ספירת חסרי חוליות בריבועי דיגום 1 x 1 מ' ב- בשמורה הסגורה שבחוף אלמוג	9-10 אוקטובר צילת לילה
ענבל, ניצן	1	צילום 10 נקודות של ריבועים קבועים בשונית בטאבה ובדקל	שתי צלילות לצילום ריבועים קבועים בשונית בדקל ובטאבה	11 אוקטובר צלילה לצילום ריבועים קבועים
ענבל, ניצן	1	צילום	צלילה לצילום ריבועים קבועים בשונית בחוף הצפוני	16 אוקטובר צלילה לצילום ריבועים קבועים
טניה, ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	הוצאת שש לוחיות התיישבות	26 אוקטובר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש בספקטרופולורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	27 אוקטובר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
טניה, ענבל, מוריאל, משיט	0.5	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריינטים 4 חמצן, 16 pH 16 אלקליניות, 8 מליחות Facs 8 כלורופיל, 8	27 אוקטובר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
טניה, ענבל, מוריאל, צוות ספינה	1	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	44 נוטריינטים, 44 חמצן, 22 pH, 22 אלקליניות, 22 מליחות כלורופיל, 22	30 אוקטובר הפלגה לתחנה: 116A נוטריינטים, 116 חמצן, 62 pH, 58 אלקליניות, 58 מליחות כלורופיל FACS 63
טניה, מוריאל, ענבל	8	מטבוליים של השונית וכיול CTD	48 נוטריינטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקליניות, 16 כלורופיל	נובמבר דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות
ענבל, טניה, מוריאל	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	נובמבר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי
טניה, ענבל, מוריאל, צוות ספינה	6	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים, 78 חמצן, 62 pH, 39 אלקליניות, 39 מליחות כלורופיל, 39	21 נובמבר הפלגה לתחנות: FF OS, A
ענבל, טניה, מוריאל, משיט	5	השוואה בין התחנות השונות	48 נוטריינטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקליניות, 16 כלורופיל, FACS 8,	22 נובמבר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
טניה, ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שש לוחיות.	27 נובמבר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	קריאת שש בספקטרופולורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	28 נובמבר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות
טניה, מוריאל, ענבל	8	מטבוליים של השונית וכיול CTD	48 נוטריינטים 48 חמצן, 32 pH 32 אלקליניות, 16 כלורופיל	דצמבר דיגום דו שבועי בלגונה הדרומית שבשמורת חוף אלמוג + אנליזות
ענבל, טניה, מוריאל	0.3	מדידת כמות הכלורופיל בשונית.	דוגמא אחת כל יום.	דצמבר דיגום יומיומי של כמות הכלורופיל בשונית ממזח המצפה התת-ימי



טניה, ענבל, מוריאל, צוות ספינה	10	כימיה ופיזיקה של עמודת המים	78 נוטריינטים , 78 חמצן, pH 62, 39 אלקליניות, 39 מליחות 25 כלורופיל ,	11 דצמבר הפלגה לתחנות: FF OS ,A
טניה, ענבל, מוריאל, מוטי	5	השוואה בין התחנות השונות	24 נוטריינטים 4 חמצן, pH 16 8 מליחות 8 כלורופיל, Facs 24	13 דצמבר דיגום מסירה + אנליזות מ- 8 תחנות לאורך החוף
טניה, מוריאל, ענבל	1	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	שש לוחיות.	28 דצמבר צלילה להוצאת שש לוחיות התיישבות אצות בנתוניות
ענבל	0.5	מדידת קצב הגידול והצטברות ביומסה של אצות בנתוניות בשונית	דוגמאות שש קריאת בספקטרופלורומטר, הכנסת הנתונים למחשב	29 דצמבר בדיקת כמות הכלורופיל בלוחיות ההתיישבות