

## השפעת חוות הדגים על מי מפרץ אילת ועל שוניות האלמוגים

### נייר עמדה

ד"ר ישעיהו בר אור, מדען ראשי, המשרד לאיכות הסביבה  
פרופ' אלי זמסקי, מדען ראשי, רשות הטבע והגנים  
אלון זס"ק, אגף ים וחופים, המשרד לאיכות הסביבה  
ד"ר יהושע שקדי, חטיבת מדע, רשות הטבע והגנים

### **שוניות האלמוגים במפרץ אילת יכולה להתקיים רק בתנאים ייחודיים**

במפרץ אילת מתקיים צרוף של תנאים ייחודיים (גיאולוגיה וגיאומורפולוגיה, רוח, זרמים, טמפרטורת המים ואיכות המים) המאפשר גידול של שוניות אלמוגים באזור הצפוני ביותר בתחום התפוצה שלהן. שוניות האלמוגים מתקיימות, בכל תחום התפוצה שלהם, במי ימים אוליגוטורופיים (דלים בנוטריינטים – חומרי מזון). רק בתנאים אלה יש לשוניות האלמוגים יכולת להתקיים, ועל כן יש לשמור על האופי האוליגוטורופי של מפרץ אילת.

### **מצב שוניות האלמוגים ומפרץ אילת:**

1. מפרץ אילת מהווה בית גידול לאלמוגים, ושוניות האלמוגים באילת היא פנינת טבע, מהמרשימות שבהן התברכה ישראל.
2. מצב שוניות האלמוגים כיום הוא בכי רע. בשנים האחרונות היתה תמותה גדולה של אלמוגים בשונית. היום רק כ-30% מהשונית מכוסה באלמוגים חיים.
3. להערכתנו, הסיבה המרכזית להתדרדרות במצבה של שוניות האלמוגים היא השינוי באיכות מי הים בשנים האחרונות.
4. הזרמות שפכים, מי שיפוליים, שיירי מזון והפרשות מחוות הדגים, דליפות דלקים ואבק פוספטים מרחף היו הגורמים העיקריים להרעה באיכות המים בשני העשורים האחרונים. בנוסף, פגעו צוללים בשונית. במהלך העשור האחרון הופחתו במידה ניכרת הפגיעות מכל הגורמים, פרט לחוות הדגים.

### **הסוגיות המרכזיות בניהול מי מפרץ אילת הן:**

איתור הגורם המרכזי שהביא להתדרדרות הקשה במצב השונית בעשור האחרון ובחינת האפשרויות לשיפור המצב.

## ניטור מפרץ אילת

מדינת ישראל מבצעת תכנית ניטור לאומית במפרץ אילת מאז 2002. בסיכום ממצאי שנת הניטור 2003 (גנין וסילברמן 2004) מצוינות העובדות הבאות:

1. היצרנות הראשונית הבנתית (של אצות הצמודות למצע) הכפילה את עצמה בין 1997 ל-2003.
  2. היצרנות הראשונית במי צפון המפרץ גבוהה היום בהרבה ביחס למצב בשנות ה-90.
  3. יש תוספת של כ- 250 טון במצאי החנקן במי המפרץ. מעניין לציין שחוות הדגים תורמות כ- 200 טון חנקן בשנה (ד. אנגיל, 1988, דוח חיא"ל E2/98).
- מחברי הדו"ח כותבים: "העובדה שמגמות שינוי תועדו בחמישה פרמטרים שונים אשר מדידותיהם אינן תלויות זו בזו מבחינה אנליטית (עלייה בריכוז הנוטריינטים, עליה בפוטנציאל הגידול של אצות בנתוניות בשונית האלמוגים, עליה באחוז החומר האורגני בקרקעית, עליה ביצרנות הראשונית בעמודת המים וירידה ב-pH במים הסמוכים לחוף מ-1997 עד שנת 2002) מחזקת את המסקנה בדבר קיומה המתמשך של מגמת איאטרופיקציה\* רחבת היקף, בת השפעות אקולוגיות רבות בצפון המפרץ. איאטרופיקציה שכזו הינה שינוי מהותי של איכות המים במפרץ המהווה, בין השאר, סכנה לשוניות האלמוגים."
- איאטרופיקציה היא תהליך של העשרה בחומרי מזון

### דוח צוות המומחים הבינלאומי (IET)

ביולי 2004 נשלחה לצוות המדענים הראשיים הבינמשרדי (משרדי חקלאות, איכות הסביבה והתשתיות הלאומיות) אסופה של מחקרים חדשים, שהתבצעו בעקבות המלצות דוח צוות המומחים הבינלאומי (IET). לאסופה צורפה חוות דעת של פרופ' אוטולנגי מהמכון הבינאוניברסיטאי באילת וד"ר כהן מנכ"ל החברה לחקר ימים ואגמים. אסופת המחקרים מנתחת, בפעם הראשונה, כמות גדולה של נתונים בטווח רחב של נושאים, לרבות נושאים א-ביזניים (טמפרטורה [דוח 12], זרמים [דוח 6]), במארג האקולוגי של מפרץ אילת. מהמחקרים עולות הנקודות הבאות:

#### 1. חוות הדגים הן כיום גורם הזיהום המרכזי של צפון מפרץ אילת

למעלה מ-80% מכמות החנקות הנכנסות היום למפרץ ממקור לא טבעי - מקורן בחוות הדגים (ד. אנגיל 1988, דו"ח חיא"ל E2/98, דוח 7a).

חדירת נוטריינטים ממי תהום (דוח A), שחרור נוטריינטים מהקרקעית (דוח 8) וקיבוע חנקן (דוח C) תורמים רק חלק קטן למאגר הנוטריינטים במי המפרץ.

#### 2. העשרת מי המפרץ בחמרי מזון נמשכת, מאמצע שנות התשעים ועד היום. במקביל נרשמת ירידה בכמות החמצן המומס במים.

דוח 7a (ראה במיוחד גרסה סופית מתאריך 5.7.04) מצביע על תהליך אאוטרופיקציה, הבא לידי ביטוי בפרמטרים הבאים:

**חנקן** – ריכוז וכמות החנקות במי המפרץ עלו באופן ניכר ב-4 השנים האחרונות (לאחר ערבוב מי המפרץ בחורף 2000) לערכים חסרי תקדים (דוח 7a, איור 5, איור 9, איור 18). מגמת העלייה עדיין נמשכת. יתרה מזו, בעוד שבעבר ריכוזי החנקות היו גבוהים בדרום המפרץ יותר מאלו שבצפון המפרץ, כיום התהפכה המגמה וריכוזי החנקות גבוהים יותר בצפון המפרץ (דוח 7a, איור 16b). העלייה בריכוז ובכמות החנקות היא עדות ישירה וברורה לתהליך אאוטרופיקציה.

מדי חורף, עם התקררות מי השטח, נגרם ערבוב של חלק מעמודת המים. מי העומק, העשירים בנוטריינטים, עולים אל פני השטח, וגורמים לגידול מואץ ("פריחה") של אצות. תופעה טבעית זו מבוקרת ע"י דגים הניזונים מהאצות. מדי כמה שנים, בחורפים קרים במיוחד, מתערבלים מי המפרץ לכל עומקם והחנקות שהצטברו במי העומק מתפזרות לאורך כל עמודת המים. אולם, בעשור האחרון, ריכוזי החנקות, הן במי העומק והן לאורך עמודת המים, עלו באופן משמעותי (דוח 7a, איור 12). משמעות הדבר שאירוע ערבול של מי עומק, הצפוי להתרחש באופן טבעי פעם או פעמיים בעשור, יחמיר את עוצמת פריחת האצות ויכביד על תהליכי ההתאוששות (משום שלדגים יש יכולת מוגבלת לבקר את התהליך), אולי אף מעבר ליכולת השתקמות.

**יחס בין נוטריינטים** – היחס N:P במי המפרץ השתנה בעשור האחרון מ-12:1 ל-18:1 (דוח 7a, איור 7). עובדה זו מעידה על העשרה ממקור עשיר בחנקן לעומת זרחן. המקור היחיד הידוע להעשרה כזו הוא מזון שבשימוש חוות הדגים (דוח 11), שבו יחס N:P הינו 28:1 (דוח 7a, טבלה 2). מכאן עולה, באופן חד משמעי שהמקור המרכזי להעשרת מי המפרץ בחנקות הוא חוות הדגים. משמעות נוספת של ממצא זה היא כי לאירוע הזיהום יש אפקט מצטבר על המערכת הימית, וודאי כשהוא בעל אופי מתמשך, והשינוי הכימי עלול להשפיע על כלל המערכת האקולוגית. דוח 7a מצביע גם על שינוי ביחס שבין חנקן לסיליקה, הנגרם, כנראה, בגלל תוספת רבת היקף של חנקן למים (דוח 7a, איור 19). בכך יש סכנה של שינוי ההרכב הטבעי של אוכלוסיית האצות החד-תאיות, המהוות את בסיס שרשרת המזון במפרץ.

**חמצן** – ריכוז וכמות החמצן במי המפרץ ירדו לרמה נמוכה שלא נמדדה כמוה מעולם (דוח 7a, איור 4e). הירידה החדה בכמות החמצן היא עדות ברורה ביותר לתהליך האוטרופיקציה (עליה בכמות הנוטריינטים). נכון לציין שריכוז החמצן הוא פרמטר הניתן לבדיקה באופן מדויק ביותר, ולכן אמינות ממצא זה גבוהה.

**אנו ערים לכך שמקצת מהחוקרים (חרות וכהן, היא"ל) ערערו על תקפות חלק מהממצאים לעיל. אין בכך כדי להפחית במאום מחומרת מצבה של שוניית האלמוגים, מהעובדה כי חוות הדגים הן המזהם העיקרי של המפרץ בחומרי דשן, ומההכרח הנגזר מכך לפעול להפסקת הזיהום ממקור זה.**

### **3. קשרי הגומלין בין תהליכי אוטרופיקציה לפגיעה בשוניית האלמוגים**

3.1 נמצאה מגמת ירידה בשנים האחרונות בקצב השקעת שלד גירני בשוניית עד כדי פי 2 ויותר מתחילת שנות ה-90 (דוח 16a, איור 19). קצב ההשקעה של השלד הגירני בשוניית בשנת 2004 היה נמוך ב-33% מזה של 2001. על פי המדידות הכימיות, ירד הכיסוי החי של האלמוגים בקצב של 7% בשנה (דוח 16a, איור 20), נתון שאי אפשר למדוד באמצעות מדידה ישירה בפרק זמן קצר. בשלוש השנים האחרונות גדל מספר המאורעות בהם השוניית איבדה במהלך היממה ארגוניט (מינרל גיר הבונה את השלד הגירני). במקרים כאלה השוניית מתמוססת. השקעת השלד הגירני נמוכה כשכמות החנקות במים גבוהה (דוח 16a, איור 18), בדומה לממצאים במחקרים אחרים (Marubini & Davies 1996; Ferrier-Pages et al. 2000).

3.2 נמצאו עדויות ראשוניות לנזקים ברמה המולקולרית (DNA) לאלמוגים המצויים בקרבת חוות הדגים (דוח 16c).

יש גם עדויות ברורות לכך שהרבייה באלמוגים נפגעת (Loya *et al.* 2004) ועדויות לתהליכי סלקציה המשנים את המגוון הגנטי של האלמוגים בניגוד לתהליכים טבעיים, באזור חוות הדגים (ע. מוקדי, מידע בע"פ – מאמר בהכנה) (מחקרים אלו אינם חלק מדוח המדענים).

#### 4. סכנת הדבקה של דגי המפרץ במחלות שמקורן בחוות הדגים

יש חדירה של מחלות דגים, חלקן מגורמי מחלה (פתוגנים) חדשים למפרץ, הקשורים ככל הנראה (אי אפשר להשמיט את ככל הנראה כי לא נעשה ניסוי מבוקר ומדובר בהשערה סבירה בלבד) לחוות הדגים, שנמצאו כבר בלמעלה מ-40 מינים של דגי בר (דוח 22). קיימות גם עדויות לכך שחוות דגים בים התיכון גרמו להפצה של מחלות דגים חדשות, גם במרחקים גדולים מאד מכלובי הדגים (דוח 22). אין עדיין עדויות למגפה במפרץ אילת.

#### נושאים נוספים, שלא טופלו במחקרים האחרונים

- זיהום והרס בתי גידול בסביבה הקרובה של חוות הדגים: חוות הדגים מזהמות באופן חמור את סביבתן הקרובה. מתחת לכלובי הדגים, על הקרקעית, יש תנאים חסרי חמצן, הקרקעית שחורה ומדיפה ריחות רעים. כתוצאה מכך נהרס בית הגידול הייחודי של עשב הים ימון הקשקשים.
- יצרנות ראשונית: אזור המפרץ הפך מאוליגוטרופי (דל בנוטריינטים ויצרנות ראשונית נמוכה) לאאוטרופי (עשיר בנוטריינטים ויצרנות ראשונית גבוהה). היצרנות הראשונית בשנה האחרונה דומה ליצרנות הראשונית באזורי האוקיינוס הפוריים ביותר בעולם (ני. ארז, מידע בע"פ). לכך יש השלכות על צלילות עמודת המים, ועל היכולת של שונות האלמוגים להתקיים במפרץ אילת (ראה תרחיש "עסקים כרגיל" להלן).
- מינים זרים: דגי הדניס והלברק הם זרים למפרץ אילת. יש תצפיות רבות בדגי דניס מחוץ לחוות הדגים, ובמרחק של למעלה מ-5 ק"מ מהחוות. החדרה של מינים זרים למערכות טבעיות אסורה על פי האמנה הבינלאומית למגוון ביולוגי בגלל הנזק הפוטנציאלי האקולוגי והכלכלי העצום של מינים אלו.

#### הסיכונים שבתרחיש "עסקים כרגיל"

מדי חורף, עם התקררות מי המפרץ, עולים מי העומק העשירים בנוטריינטים אל פני השטח, וגורמים לפריחה של אצות. חלק מהאצות מכסה את השונית וגורם לה נזק. זוהי תופעה טבעית, שהשונית הצליחה להתמודד איתה בעבר, גם בעזרת בעלי חיים הניזונים מאצות (בעיקר דגים). אולם, חלק ניכר מהזיהום שהצטבר במשך השנים האחרונות מתרכז בקרקעית המפרץ, וכך, הנזק הנגרם על ידי ערבול המים בחורף ילך ויגבר. גנין וסילברמן (2004) מראים שכמות הנוטריינטים הזמינה במים גדולה (גם כשאין ערבול) ואלמלא פעולתם הנמרצת של אוכלי האצות (בעיקר דגים)

היתה השונית מתכסה באצות. כלומר, חוות הדגים מעשירות את מי המפרץ בנוטריינטים, ובמי המפרץ גדלות אצות שמאיימות לעטוף את השונית. בינתיים, אוכלי האצות מצליחים לשמור על אוכלוסיית האצות ברמה נמוכה. אולם אירוע ערבול חזק של המים (כמו זה שהתרחש בשנת 2000) יכול לגרום לכך שהדגים לא יצליחו לווסת את אוכלוסיית האצות. כמו כן, הניסיון בעולם מלמד שמגפה באוכלוסיות בעלי החיים אוכלי אצות במקומות המועשרים בנוטריינטים גרמה להרס המערכת האקולוגית (Hughes 1994). ניסוי מבוקר הוכיח את הנזק הפוטנציאלי העצום של פגיעה בבע"ח אוכלי אצות (Rodrigues & Hughes 2004), דווח בכנס בינלאומי מרכזי על אלמוגים, יפן).

המסקנה המתבקשת היא שהעשרת המפרץ בנוטריינטים תוסיף ותגביר את קצב הדעיכה של השונית, וצרוף של מגפה באוכלוסיות הדגים אוכלי האצות יביאו לקריסת המערכת. יש עדויות לכך שכלובי הדגים מחדירים גורמי מחלות דגים למי המפרץ (דוח 22), כך שתסריט זה הוא אפשרי בהחלט.

### **גורמי הפרעה וזיהום נוספים במפרץ ואופן הטיפול בהם**

- **צוללים** – דו"ח הניטור מראה שכיסוי האלמוגים היום נמוך בעשרות אחוזים בהשוואה לשנות ה-80. השינוי בכיסוי האלמוגים בשמורת הטבע, הפתוחה לרחצה ולצלילה, דומה לשינוי בשוניות הסגורות לרחצה וצלילה כבר 8 שנים ויותר. בנוסף, הפיקוח על הצוללים הודק באופן ניכר בשנים האחרונות, ונרשמות פחות פגיעות ישירות באלמוגים (זכאי ופורמן, 2002). למרות זאת, מצב השונית לא משתפר. צוללים ומתרחצים פוגעים בשונית ויש לטפל בבעיה זו (והיא אכן מטופלת), אך היא אינה יכולה להסביר את התדרדרות שונית האלמוגים.
- **פוספטים** – בלחץ המשרד לאיכות הסביבה ובעלות של 12 מיליוני ₪ הותקן בנמל אילת "מטען חכם" המונע יצירת אבק פוספטים בעת הטענת אוניה. כיום, רוב אבק הפוספטים המגיע אל הים מקורו בנמל עקבה. אולם, על פי המידע הקיים, פוספטים מנמל עקבה **שוקעים ואינם מסיסים במי הים (דוח 11)**.
- **מתכות כבדות, חומרים אורגניים רעילים ודטרגנטים** – קיימים מקורות נוספים לזיהום מי הים כמו דטרגנטים (דוח B1), מתכות כבדות (דוח B2), ובעיקר TBT, שהוא מרכיב בצבע המשמש להגנה על תחתית כלי שיט מצמדת הים, המכיל תרכובת בדיל אורגני. ארגון הספנות הבינלאומי אסר על שימוש ב-TBT לצביעת תחתיות ספינות גדולות החל מ-2003. המשרד לאיכות הסביבה בשיתוף עם משרד התחבורה הוציא הנחיות לימאים על איסור שימוש בצבעים המכילים TBT בכלי שיט קטנים וכן אסר על שימוש בצבעים אלה בתחומי המרינות כחלק מהתנאים ברשיון עסק. כמו כן, אסר המשרד לאיכות הסביבה את היבוא וההפצה של TBT. יש להקטין את כל מקורות הכניסה של מתכות כבדות למפרץ בכלל, וצבעים לספינות בפרט. עם זאת, יש להדגיש שההשפעה של גורמים אלה היא קטנה.

- **חול** – תוספת של חול דק גרגר למי המפרץ יכולה לגרום לנזק לשוניית האלמוגים ולמינים אחרים, אך הנושא לא נחקר ביסודיות. בינתיים, יש לאסור על פיזור חול דק גרגר על החופים.
- **ביוב** – הזרמות של ביוב אל מי הים ממערכת הביוב של העיר אילת גרמו בעבר לנזק רב למפרץ. בלחץ המשרד לאיכות הסביבה ובעלות של עשרות מיליוני ₪, הקימה עיריית אילת, בשנת 1995, מתקן טיהור שפכים. הקולחים ממתקן הטיהור מנוצלים להשקיה ואינם מסולקים למפרץ. שפכים חקלאיים הזורמים לים מתעלת הקינט (שפכים חקלאיים) עשירים אמנם בנוטריינטים. כמו כן, מתקיימת הסעה של נוטריינטים על ידי מי תהום מאזור הערבה המתנקזים למפרץ (דוח (A)). אולם, נמצא כי כל מקורות הזיהום הפעילים כיום מלבד חוות הדגים מהווים ביחד פחות מ-20% מהזיהום הנגרם על ידי כלובי הדגים (דוח 7, 8, 9, 11, A). עם זאת, חובה לציין כי גלישות שפכים, שעדיין מתרחשות לעתים ממערכת הביוב של אילת, מזהמות את מי המפרץ ומהוות סיכון תברואי לרוחצים בים.

### צפי לעתיד

- גם אם יוצאו חוות הדגים מהים, צפוי כי שיקום השוניית לא יהיה מהיר. זאת, בגלל הסיבות הבאות:
1. יש הצטברות גדולה של חומר אורגני ונוטריינטים בקרקעית המפרץ, ומדי כמה שנים (במיוחד בשנים קרות), מתרחשת הרחפה של הנוטריינטים, פריחה של אצות ופגיעה באלמוגים. צפוי כי תעבורנה שנים עד להקטנה משמעותית באוגר הנוטריינטים בקרקעית.
  2. הטיפול במקורות הזיהום הנוספים יארך זמן.
  3. מערכות טבעיות נהרסות במהירות, אך בדרך כלל, משתקמות לאט.
- עם זאת, סילוק מקורות הזיהום העיקריים הינו תנאי מוקדם לתהליכי השתקמות טבעיים.

### סיכום עמדתנו

נתונים ומחקרים שהצטברו בשנים האחרונות מצביעים בבירור על כך שחוות הדגים הם המזהם העיקרי של מפרץ אילת והן הגורם העיקרי להרעה במצב שוניית האלמוגים. זאת, למרות שיש גורמים נוספים המזהמים את מי המפרץ. **שלב הכרחי בשיקום צפון מפרץ אילת הוא הוצאת חוות הדגים מהים.**

## References

- Hughes, T.P. 1994. Catastrophes, phase shifts, and large scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265: 1547-1551.
- Ferrier-Pages C., Gattuso J. P., Dallot S., Jaubert J., 2000. Effect of nutrient enrichment on growth and photosynthesis of the zooxanthellate coral *Stylophora pistillata*. *Coral Reefs*, 19:103-113.
- IET Recommendations, Final Report. Gulf of Eilat Monitoring and Research program. Y. Cohen M. Ottolenghi.
- IET Project No. 6. High Resolution Simulations with the Princeton Ocean Model. Principal Investigators: Steve Brenner (IOLR) and Nathan Paldor (IUI)
- IET Project No.7a. Concentrating and analyzing the available chemical data. Principal Investigators: Boaz Lazar, Jonathan Erez (Hebrew Univ.)
- IET Project No. 7b. Analysis of existing nutrient data sets for the Gulf of Aqaba (1975 – 2003). Principal Investigators: Barak Herut and Yuval Cohen (IOLR)
- IET Project No. 8. Fluxes of nutrients from the sediments of the Gulf of Eilat. Responsible scientists: Jonathan Erez (IUI) and Ami Nishri (IOLR)
- IET Project No. 11. Reconnaissance study on sedimentary phosphorus in the northern Gulf of Eilat: Principal Investigators: Barak Herut and Ami Nishri (IOLR)
- IET Project No. 12. Analysis of water temperature variability in the Gulf of Eilat. Principal Investigators: Isaac Gertman and Steve Brenner (IOLR)
- IET Project No. 16a. Metabolic Studies in the Coral Reef: Community metabolism. Principal Investigators: Jacob Silverman, Boaz Lazar and Jonathan Erez (IUI)
- IET Project No. 16c. Metabolic studies in the coral reef: Cellular-level biomarkers. Principal Investigators: Avigdor Abelson and Vladimir Bresler (IUI)
- IET Project No. 22. Monitoring program of mortality and disease in wild fish populations in the. Gulf of Eilat, northern Red Sea. Principal Investigators: Ariel Diamant, Angelo Colorni and Michal Ucko (IOLR)
- IET Project No. A. Nutrient Flux into the Gulf of Elat through the Groundwater System. Principal Investigators: Amos Bein, Einat Magal and Yoseph Yechieli (GSI)
- IET Project No. B1. Distribution and Biological Effects of Detergents in the Red Sea. Principal Investigator: Zvy Dubinsky (IUI)
- IET Project No. B2. Preliminary screening for organic and metal pollutants in the northern Gulf of Eilat. Principal Investigators: Barak Herut (IOLR) and Ludwik Halicz (GSI)
- IET Project No. C. Nitrogen Fixation in the Gulf of Eilat. Principal Investigators: Ora Hadas (IOLR) and Jonathan Erez (IUI)
- Marubini F., Davies P. S., 1996. Nitrate increases zooxanthelae population and reduces skeletogenesis in corals. *Mar. Biol.* 127:319-328.
- Y. Loya, H. Lubinevsky, M. Rosenfeld, E. Kramarsky-Winter (2004). Nutrient enrichment caused by in situ fish farms at Eilat, Red Sea, is detrimental to coral reproduction. *Marine Pollution Bulletin*.
- זכאי ד., נ. פורמן (2002). ירידה בנוק מכני שגורמים צוללים לאלמוגי אבן באילת. דוח להנהלת רשות הטבע והגנים.
- גנין א., י. סילברמן (2004). תכנית ניטור לאומית בצפון מפרץ אילת. דו"ח שנתי מסכם - 2003.