

גיל רילוב

חקר ימים ואגמים לישראל

מאמר זה עבר שיפוט עמיתים

ציטוט מומלץ

רילוב ג. 2014. תמורות אקולוגיות
בים התיכון לחופי ישראל. *אקולוגיה
וסביבה* 5(1): 44–51.



נחילי מדוזות | צילום: ירון גרטנר

תמורות אקולוגיות בים התיכון לחופי ישראל

4 במאי, 2014

גיליון אביב 2014 / כרך 5 (1) / הים התיכון

[סקירות](#)

על קצה המזלג

- הים התיכון עבר במאה האחרונה, ובייחוד בעשורים האחרונים, שינויים מרחיקי לכת. מאות מינים זרים חדרו מים סוף לאזורנו, ואוכלוסיות של מינים מקומיים רבים קרסו.
- עליית טמפרטורת מי הים עשויה לעודד התבססות מינים זרים ועלולה להשפיע בצורה קיצונית על המגוון הביולוגי ועל תפקוד המערכת האקולוגית.
- הניטור והמחקר האקולוגי בישראל מפגרים מאוד בהכרת המערכת האקולוגית, במעקב אחר שינויים בה ובהבנת משמעותם לשירותי המערכת הימית.
- המחסור העצום בידע פוגע ביכולת לחזות את עתיד המערכת ואת יכולת ההתמודדות שלה עם שינויים אלה.
- יש צורך דחוף לבצע ניטור מקיף וארוך טווח של המגוון הביולוגי בים התיכון, וכן לקיים מחקר מלווה להבנת התהליכים האקולוגיים בו.

המערכת

תקציר

הים התיכון כולו, וחופי ישראל בפרט, עברו במאה האחרונה שינויים מרחיקי לכת במבנה החברות האקולוגיות ובהרכב המגוון הביולוגי, ושינויים אלה הלכו והתעצמו בעשורים האחרונים. מאות מינים זרים חדרו לאזורנו, בעיקר דרך תעלת סואץ, ואוכלוסיות של מינים מקומיים רבים, גם כאלה שאינם נידונים, קרסו עד לסף הכחדה אזורית. לדוגמה, קיפודי הים נעלמו כמעט לחלוטין מחופי ישראל, וכך גם מרבית החלזונות והצדפות המקומיים החיים על שוניות הסלעיות שמתחת למים. מבחינת שכיחותן, קבוצות אלה נשלטות כיום לחלוטין על-ידי מינים זרים מהאוקיינוס האינו-פסיפי. הים עצמו משתנה גם הוא מאוד, ונעשה מלוח ובעיקר חם יותר. לתמורות פיזיות אלה, הקשורות כנראה גם לשינוי האקלים העולמי, עלולות להיות השלכות אדירות על המגוון הביולוגי ועל תפקוד המערכת האקולוגית בים התיכון. הניטור והמחקר האקולוגי בישראל מפגרים מאוד בהכרת המערכת, במעקב אחר שינויים אלה, ובהבנת משמעותם לשירותי המערכת האקולוגית הימית. לפיכך, המחסור העצום בידע פוגע ביכולת לחזות את עתיד המערכת ואת יכולת ההתמודדות שלה עם שינויים אלה. יש צורך דחוף לבצע ניטור מקיף וארוך טווח של המגוון הביולוגי בים התיכון, וכן לקיים מחקר מלווה להבנת התהליכים האקולוגיים בו.

מבוא: היסטוריה וביוגאוגרפיה של הים התיכון על קצה המזלג

כמו כל המערכות האקולוגיות בכדור הארץ, הסביבה הימית עוברת שינויים מרחיקי לכת במאות השנים האחרונות בשל פעילות האדם. שינויים אלה מואצים בייחוד בעשורים האחרונים בשל העלייה המשמעותית במגוון העקות הפוגעות במגוון הביולוגי ובעוצמתן, בתפקוד המערכת האקולוגית ובשירותים שהיא מספקת^[41, 27]. עקות אלה כוללות דיג יתר, הרס בתי גידול, זיהום, מינים פולשים ואת שינוי האקלים העולמי^[2]. הסיבות לעלייה המשמעותית בעוצמת העקות הן הגידול הרב באוכלוסייה האנושית וברמת החיים, עלייה בהיקף הסחר העולמי והתקדמות משמעותית בטכנולוגיות לניצול משאבי הים. התפתחות הטכנולוגיה ומתבטאת, בין היתר, בהשתכללות ציי הדיג המאפשרת הגעה לעומקים ולהיקפים חסרי תקדים ולכידה של מינים שלא נידונו בעבר, בהקמת מתקני התפלה עצומים המתרבים לאורך החוף, בבניית איים מלאכותיים ובהצבת אסדות ענקיות לקידוחי גז ונפט במים רדודים ועמוקים כאחד. הים התיכון הוא אחד מגופי המים המושפעים ביותר מפעילות האדם, הן בשל הריכוז העצום של אוכלוסיות המתגוררות על קו החוף, הן בשל אופיו המיוחד של ים זה. זהו גוף מים קטן יחסית לאוקיינוסים, אך הוא עמוק ביותר (עומקו המרבי 5,267 מטר) וסגור כמעט לחלוטין. בשל סגירותו של הים, כל מה שנשפך או מושלך אליו נשאר בו למשך שנים רבות. כמו כן, שינוי האקלים בו צפוי להיות קיצוני יותר מאשר במרבית האזורים הימיים, למעט הקטבים.

המגוון הביולוגי של הים התיכון נחשב גבוה ביחס לגודלו^[8]. על פי הערכות שנעשו לאחרונה, המגוון כולל כ-17,000 מינים, אך ישנה הערכת חסר ניכרת במינים מיקרוסקופיים ובמינים בים העמוק, שהוא כ-80% משטח הים התיכון^[8]. מגוון המינים יורד עם העומק, וכן מכיוון צפון-מערב הים התיכון לכיוון דרום-מזרח (אגן הלבנט). נוטים לשייך שונות זו להבדלים ביצרנות הראשונית בין האגן המערבי הפורה יחסית לאגן המזרחי שנחשב דל מאוד בחומרים מזינים (ultraoligotrophic). אך ייתכן כי היא נובעת גם מתנאים אוקיינוגרפיים נוספים, בעיקר מטמפרטורה וממליחות שהולכות ועולות ממערב למזרח. הסבר חלקי נוסף למגוון המינים הגדול יותר המוכר בחלק המערבי של הים התיכון, הוא מאמץ הדגימה והמחקר הנמוך בהרבה במזרח הים התיכון לעומת מערב, במיוחד בים העמוק.

המקור העיקרי של המגוון הביולוגי המקומי בים התיכון הוא מזרח האוקיינוס האטלנטי הממוזג. החיבור בין השניים נפתח דרך מצר גיברלטר (לאחר תהפוכות גאולוגיות רבות) לפני כחמישה מיליון שנה. במהלך השנים הרבות שחלפו מאז, נוצרו גם מספר לא מבוטל של מינים אנדמיים הקיימים רק בים התיכון. לאור היסטוריה זו, יש להניח כי הערכים הטבעיים הגבוהים של טמפרטורה ומליחות באזור הלבנט מציבים "אתגר" פיזיולוגי למינים המקומיים, שהתפתחו במים הקרירים יותר והמלוחים פחות של האוקיינוס האטלנטי. בשל שינוי האקלים של העשורים האחרונים, מינים אלה "מאותגרים" כיום עוד יותר, ייתכן שעד קרוב לסף הסיבולת ואולי מעבר לו. מדידות טמפרטורת פני הים מול חופי ישראל מראות כי מאז שנות ה-80 היא עלתה בכ-3 מעלות צלזיוס^[26]; עלייה גבוהה מאוד בכל קנה מידה עולמי. נוסף על כך, מאז 1869, השנה שתעלת סואץ נפתחה בה, התחברו הים התיכון והאוקיינוס האינו-פסיפי, ומינים טרופיים במאותיהם חדרו לים התיכון והתבססו בו. המעבר מתבצע ישירות במי התעלה או בעקיפין, במי נטל של ספינות החוצות אותה. התופעה נקראת הגירה לִסְפִּסִּית^[30]. יש להניח כי מבחינת מרבית המינים חובבי החום הללו, התנאים החדשים בים התיכון מתאימים לדרישותיהם ומאפשרים את שגשוגם והפצתם במרחבי הים. אירוע חשוב נוסף הוא סכירת סכר אסואן במעלה הנילוס בשנות ה-60 של המאה ה-20, שביטלה את ירידת המליחות בחודשי הסתיו בתקופת שיטפונות הנילוס, ואת מאזן החומרים המזינים (nutrients) והסעת המשקעים (sediments) לאורך החוף.



טבלאות גידול – בית גידול ייחודי בחוף הסלעי | צילום: גיל רילוב

אקולוגיה ימית בחופי ים תיכון של ישראל

האקולוגיה של חופי הים התיכון הישראליים (כמו רוב שאר חופי הלבנט) זכתה עד לא מכבר לתשומת לב מועטה יחסית. הידע הטקסונומי רחב למדי בקבוצות מסוימות ומועט בקבוצות אחרות, אם כי בשנים האחרונות נעשה מאמץ להשלים פערים אלה. בתחילת המאה ה-20 תיעדו משלחות מחקר שונות, של האימפריה הבריטית בעיקר, ובהמשך גם חוקרים ישראלים בודדים, את המצאי הטקסונומי לאורך השנים. ברוב המקרים, המחקר הביולוגי היה תיאורי ולא כמותי, ולכן לא אפשר בחינת שינויים בגודל אוכלוסיות לאורך זמן, אפילו של מינים הנחשבים נפוצים ביותר. אמנם לאורך השנים הצטבר מידע יקר ערך על מינים רבים שתועדו במקומות ובזמנים שונים, אך מידע זה אינו מסודר ומקוטלג, ובעיקר אינו זמין. לאחרונה הוציא המכון לחקר ימים ואגמים לישראל (חיא"ל) דו"ח המתאר את היקף המידע על המגוון הביולוגי המצוי בדוחות ובפרסומים שונים שנכתבו במכון לאורך השנים^[22], וכיום נעשה מאמץ לבנות מאגר מידע שירכז מידע זה ומידע דומה ממקורות אחרים. מרבית המחקרים הכמותיים שהתבצעו בעשורים האחרונים היו ניטור סביבתי (לדוגמה ניטור מקורות זיהום שונים על-ידי חיא"ל וניטור ביולוגי של חברת החשמל) או ניטור ברמה כזו או אחרת של הדגה (על-ידי אגף הדיג וחוקרים מן האקדמיה), וכן תסקירי השפעה על הסביבה שהם קצרי מועד מטבעם.

נושא פלישות המינים לחופינו זוכה בעשורים האחרונים לתשומת לב רבה, והתיעוד של הופעת מינים חדשים נרחב ביותר ועדכני למדי^[23]. זאת בשל היות החוף הישראלי "אתר הנחיתה" העיקרי של מינים זרים מים סוף דרך תעלת סואץ, וגם "אתר שיגור" עיקרי לשאר הים התיכון. המעקב הצמוד מצביע על התבססות מעריכת של קבוצות טקסונומיות רבות בעשורים האחרונים^[32], והערכת מספר המינים הזרים שהתבססו נכון להיום בים התיכון נעה מ-600–700 ועד מעל לאלף^[24,25,44,45]. תיעוד הופעת המינים הזרים לרוב אינו כולל מידע כמותי או מעקב במרחב ובזמן אחר התפתחות אוכלוסיות הפולשים והדינמיקה שלהם או אחר השפעותיהם על הסביבה הפיזית והביולוגית ועל תפקוד המערכת האקולוגית. למשל, ההנחה הרווחת, שאוכלוסיות מינים מקומיים קטנו או נעלמו בשל דחיקה תחרותית על-ידי מינים זרים, לא הוכחה באופן ישיר מעולם. ייתכן כי ההיעלמות קשורה דווקא לשינוי האקלים ההופך את התנאים בלבנט לקשים יותר למינים מסוימים שמקורם באזור אטלנטי קר יחסית, וכך נפתחות נישות למינים הזרים.

היעדר ניטור ארוך טווח ורחב-היקף על המגוון הביולוגי ועל מבנה החברות האקולוגיות בסביבה הימית באזור, כמו גם חסר עצום בחקר התהליכים המעצבים את המגוון הביולוגי במרחב ובזמן, הם המחסומים העיקריים בדרך להבנת הדגמים והתהליכים האקולוגיים באגן הלבנט, ובשל כך גם ליכולת לתת תחזיות לעתיד. לשם כך, נדרשים מחקרים רב-תחומיים המשלבים אקולוגיה עם אוקיינוגרפיה, ביוגאוכימיה, פיזיולוגיה וביולוגיה מולקולרית.

למרות כל המחסור במידע ומחקר, חשוב לדעת מה כן ידוע על השינויים האקולוגיים במימי הים התיכון הישראלי. אנסה לתאר בקצרה את רוב השינויים העיקריים הידועים לפי בתי הגידול: מן המים הרדודים לעמוקים ומן הקרקעית אל הים הפתוח. מפאת קוצר היריעה ברור כי לא כל המחקר בים התיכון הישראלי יוזכר בסקירה זו.

השינויים האקולוגיים בחוף החולי

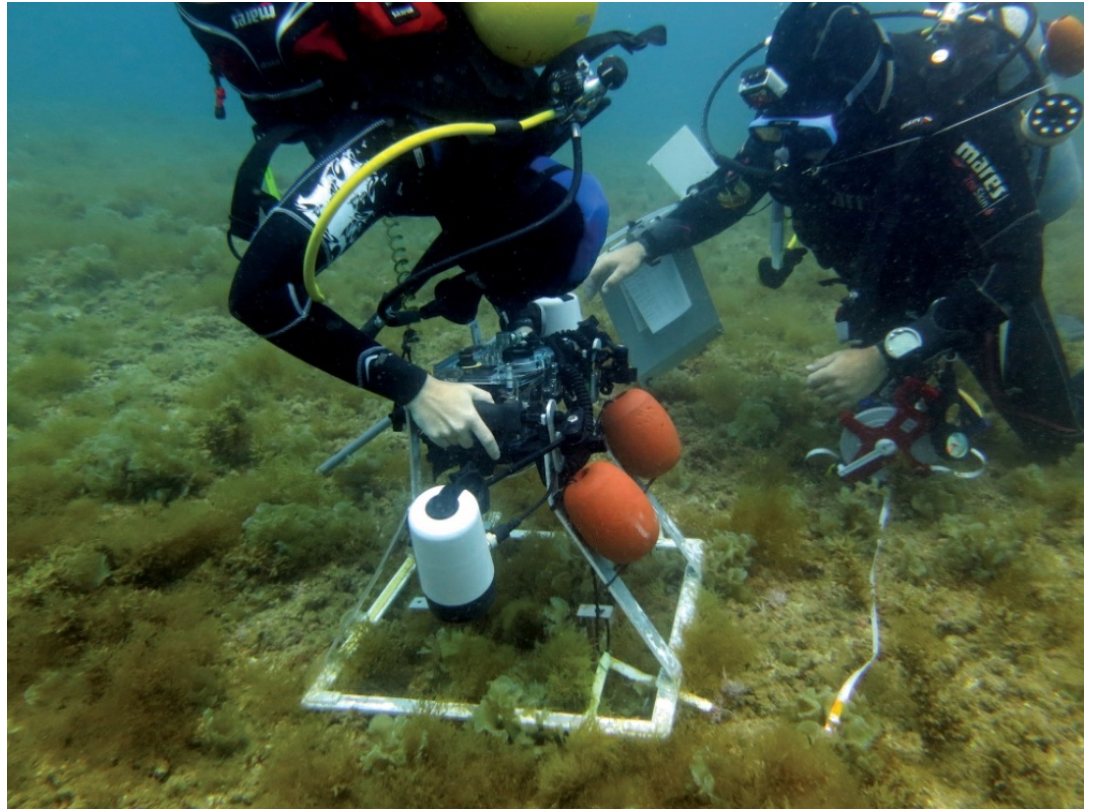
בקו החוף נמצאת רצועת הגאות והשפל (כְּרִית), ובית הגידול הנפוץ ביותר בחוף הישראלי ברצועה זו הוא החוף החולי. בית גידול זה, שהוא דינמי מטבעו, עבר שינויים פיזיקליים עצומים כתוצאה מפיתוח קו החוף, בעיקר בניית שוברי גלים, מעגנות ונמלים, המשנים את מאזן החול ואת תנועתו לאורך החוף. מבנים מלאכותיים אלה, הבולטים אל הים בקו חוף ישר כשלנו, עוצרים את תנועת החול צפונה על-ידי זרם החוף העיקרי, ובכך נגרעים מטרים רבים מבית הגידול עצמו בחופים המצויים צפונית למבנים ימיים. גם השינוי בהסעת החול בשל המבנים וגם פעולות אחרות שמבצע האדם (כגון "חריש" חופי הרחצה או נסיעת כלי רכב על החוף) פוגעים ללא ספק בחברת המינים המתקיימת בחול, כמו צדפות וחלזונות החיים באזור המשפָּרִים, וסרטן החולות החי מעט גבוה יותר. גם זיהום (כימי ואורגני), בעיקר במפרץ חיפה המתועש, ופסולת מוצקה המצויה לכל אורך החוף, פוגעים קרוב לוודאי ביצורים המתקיימים ברצועה זו. לרוע המזל, פרט למספר סקרי פאונה שנערכו לפני כמה עשורים [11,14], לא נעשה מחקר או ניטור משמעותי הבוחן את השפעתן של הפרעות שונות על החברה האקולוגית בבית גידול חשוב זה.

השינויים האקולוגיים בחוף הסלעי

לאורך קו החוף קיימים מספר בתי גידול סלעיים הכוללים בעיקר סלע חוף (beachrock), בולדרים, מבנים מלאכותיים רבים, והייחודי (והנחקר) שבהם – טבלאות הגידול (abrasion platforms), הנקראות גם שוניות צינוריים (vermetid reefs) ומהוות כ-10% מקו החוף. שוניות אלה הן משטחי סלע אופקיים הנמצאים במפלס פני הים במקומות רבים לאורך החוף. השוניות נקראות על שמם של שני חלזונות צינוריים (בעבר צינוריים, vermetids): המין צינוריר בונה (*Dendropoma petraeum*) חי בצפיפות רבה בעיקר בשולי הטבלה הפונים לים, שם הוא יוצר מעין כרכוב מוגבה, והמין צינוריר תולעני (*Vermetus triqueter*), החי בעיקר על פני הטבלה ובצפיפות נמוכה יותר [38]. מינים אלה בונים לאורך דורות מעטה גירני העשוי מקונכייתיהם המסולסלות הדבוקות יחדיו בעזרת אצות גירניות. ההשערה היא כי השכבה העבה שקונכייתיהם יוצרות, עוצרת את בליית הסלע הרך (כורכר וגיר) בדיוק בגובה מפלס הים או מפצה עליה [39]. כך נוצרים מרחבי כְּרִית גדולים במקום שמשרעת הגאות והשפל קטנה יחסית. בית גידול זה קיים במקומות מועטים בעולם, בעיקר באזורים החמים של הים התיכון ובאיי ברמודה.

בשנות ה-90 של המאה ה-20 הסתבר כי החברה האקולוגית על טבלאות הגידול עוברת שינויים. מספר מינים פולשים הופיעו עליהן, והבולט ביותר בהם הוא הצדפה בוצית פרעה (*Brachiodontes pharaonis*), שהייתה נדירה במשך יותר ממאה שנים, וכנראה נעשתה מין מתפרץ בסוף המאה ה-20. הצדפה יוצרת כיום מרבדים שחורים גדולים על פני הטבלה במקומות רבים, אך לא בכולם [33]. הסתבר גם כי מין זה הפך למין מועדף על החילזון הטורף ארגמנית סמוקת-פה (*Stramonita*) [34]. היעדר (*haemastoma*) ששימש בימי קדם להפקת צבע הארגמן. אוכלוסיות הארגמנית הראו סימנים מדאיגים בשנות ה-90 – היעדר פרטים צעירים, עלייה בגודל הממוצע וירידה מסוימת בשכיחות – ממצאים שהעידו על פוטנציאל להכחדה מקומית [35], למרות שכיחותו הרבה של הטורף הפולש המועדף.

מאז 2009 מבצעת המעבדה לאקולוגיה של חברות ימיות (להלן: מאח"י) בחיא"ל ניטור מסודר ומקיף של טבלאות הגידול לכל אורך החוף הישראלי, הכולל סקרים שנתיים ועונתיים של מגוון ביולוגי ושל מבנה החברה האקולוגית (וכן של משתנים סביבתיים, כגון טמפרטורה, חומרי הזנה וכלורופיל). הנתונים מצביעים על שונות גדולה מאתר לאתר ועל עונתיות משמעותית במבנה החברה: בחורף ובאביב המגוון הוא הגבוה ביותר (רילוב ג, נתונים לא מפורסמים). התברר גם כי הארגמנית, שהיא טורף חשוב במערכת, אכן נעלמה לחלוטין מהחוף הישראלי, אך המשמעות האקולוגית של היעלמותה אינה ברורה. עם זאת, השינוי המדאיג ביותר הוא היעלמות כמעט מוחלטת של הצינוריר הבונה, יוצר הכרכוב. כבר בשנות ה-90 הייתה הופעתו מקוטעת למדי לאורך החוף, אם כי במקומות רבים הוא היה עדיין נפוץ [33], וכך גם בתחילת שנות האלפיים [40]. בחמש השנים האחרונות, מלבד פרטים בודדים שהתגלו פה ושם, הוא אינו נמצא לכל אורך החוף [3], גם לא בשני אתרים שנצפה בהם בשנת 2003 [16]. להיעלמות של "מהנדס מערכות אקולוגיות" (ecosystem engineer) זה יכולות להיות השפעות משמעותיות על המגוון הביולוגי של טבלאות הגידול. זאת לנוכח השילוב הצפוי בתנאים על הטבלאות בשל עליית מפלס הים, הצפויה להיות לפחות 50 ס"מ לפי דו"ח ה-IPCC [28], ובליית הטבלאות שצפויה להיות מואצת ללא הגנת הצינוריר, ולפיכך תשנה את הטופוגרפיה החופית.



ווקרים דוגמים את השוניית בשמורה הימית באכזיב / צילום: גיל רילוב

השינויים האקולוגיים בקרקעיות רכות

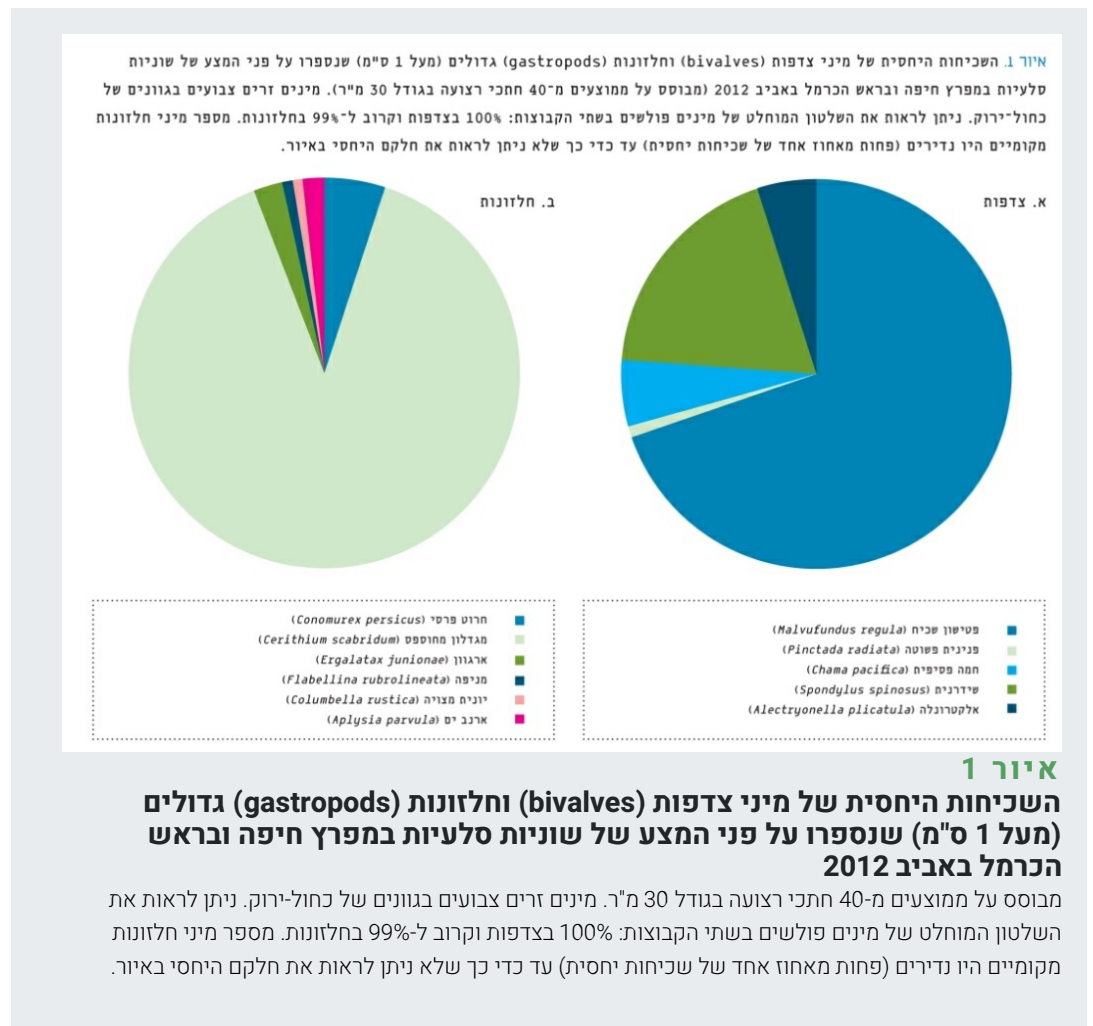
כמו בקו החוף, אזור מדף היבשת נשלט על-ידי קרקעיות רכות, בעיקר בדרום הארץ ובמרכזה עד אזור חיפה. לאורך השנים נפגעו קרקעיות אלה מאוד מדיג (בעומקים שבין 15 ל-150 מטר ואף יותר), בעיקר מדיג המכמורת, החורף אותן וגורף ברשתותיו את מרבית הדגים וחסרי החוליות הגדולים, ופוגע בתשתית. אגף הדיג אוסף נתונים באיכות משתנה על דיג זה, אך מחקר מסודר על מבנה החברה התבצע בעיקר בתחילת שנות ה-90 ושוב בשנים 2008–2011. מחקר משווה זה (המתואר ב**מאמר העוסק בדיג בים התיכון**, בגיליון זה) מראה שינוי דרמטי בהרכב החברה בשני העשורים האחרונים. השינוי מתבטא בקריסה עד היעלמות כמעט מוחלטת של מינים מקומיים רבים, בעלייה בשכיחות מינים פולשים ותיקים ובשכיחות גדולה של מספר מינים זרים שהגיעו לחופינו בעשור האחרון^[13]. גורמים נוספים רבים משפיעים על בית גידול זה, כמו זיהום, הנחת תשתיות (צינורות גז, נפט ותקשורת, בניית נמלים), כריית חול לצורך בניית תשתיות ועוד. השפעת שפכים, כמו ביוב מהשפד"ן, ותעשיות שונות (בעיקר במפרץ חיפה) מתוארת בדו"חות ניטור של חיא"ל. הדו"חות, כמו זה שעוסק בשפד"ן, מצביעים בעיקר על זיהום נקודתי, שהיקפו מאות מטרים עד מספר ק"מ, סביב פתח היציאה של צינור הפליטה^[29].

השינויים האקולוגיים בשוניות סלעיות

שוניות סלעיות (בעיקר רכסי כורכר מקבילים לחוף ונחיתות רכסים יבשתיים גירניים בראש הכרמל ובראש הנקרה) הן רכיב מצומצם יחסית מהקרקעית לאורך מרבית החוף הישראלי, פרט למדף היבשת הרדוד בצפון הארץ שבו הן התשתית העיקרית. מערכת אקולוגית זו נחשבת אחת העשירות במגוון ביולוגי בשל מורכבות המצע, המציע מגוון רב של נישות. למרות זאת, עד לאחרונה כלל המידע הכמותי על החברה האקולוגית בשוניות מספר קטן של סקרי דגים מוגבלים מאוד בזמן ובמרחב (בעיקר במים הרדודים הסמוכים לטבלאות הגידוד). ממציאהם הראו דומיננטיות בשכיחות ובביומסה של מינים פולשים, מלבד במינים קטנים שוכני מצע (למשל משפחות הקרנונים והקרנונים)^[18,17,12]. לאחרונה בוצע סקר אירופי רחב היקף של שוניות הים התיכון (שכלל דגים, חסרי חוליות ואצות), שתיאר מספר טיפוסים של חברות אקולוגיות התלויות במידת השמירה על בית הגידול. הסקר לא כלל את הלבנט, פרט לשתי נקודות בטורקיה^[36].

כדי להשלים את פערי הידע על מערכת אקולוגית חשובה זו, מתבצעים מאז 2010 סקרים ולאחרונה גם ניטור אקולוגי על-ידי

מאח"י בחיא"ל, בעיקר בצפון הארץ. מהסקרים עולה כי: א. החברה האקולוגית על הסלעים מגוונת ביותר; ב. החברה כתמית מאוד, כלומר ישנה שונות מרחבית רבה בכל קני המידה בין מקום למקום ובין עומק לעומק; ג. קיימת עונתיות ברורה, שניכרת בעיקר במקרו-אצות ובדגים. הכתמיות היא בעיקר של אצות חומיות (phaeophyta) בחורף, ונובעת כנראה מאכילת אצות נרחבת של דגים צמחוניים שפלטו מים סוף – סיכן הודי (*Siganus luridus*) וסיכן מושיש (*Siganus rivulatus*) (המחסלים את האצות הרכות במרבית האתרים, כפי שהראו לאחרונה בטורקיה [37]). נוסף על כך, הצביעו הסקרים על מגמות מדאגות: א. שכיחות נמוכה מאוד, עד היעדרות מוחלטת, של מספר רב של מינים שבעבר תוארו כנפוצים ביותר, כמו קיפודי הים שהם אוכלי אצות חשובים ביותר במערכת; ב. שלטון מוחלט של מינים פולשים במספר קבוצות טקסונומיות חשובות (לדוגמה – רכיכות, [איור 1](#)); ג. חברת דגים מדוללת ביותר מבחינת מספר וגודל של מינים מסחריים, פרט לאזורים הרדודים של שמורת טבע ימית קטנה באזור אכזיב-ראש הנקרה, שחברת הדגים בהם עשירה בדגים מסחריים גדולים – סימן להצלחת השמורה. ייתכן כי אחת הסיבות לקריסה הנרחבת של המינים המקומיים הרבים שאינם נידונים בצורה מסחרית (כמו קיפודי הים), היא ההתחממות המשמעותית של המים לאורך החוף בעשורים האחרונים. ניסויים שהתבצעו לאחרונה הראו כי אכן הקיפודים לא שורדים בטמפרטורות השיא של הקיץ [42]. נוסף על כך, מחקרים שהתבצעו במים הרדודים סמוך לתחנת הכוח בחדרה הראו השפעה של כתם החום של מי הקירור על אצות מיקרוסקופיות בונות שלד (חורירות), שלהן תפקיד חשוב במערכת האקולוגית [5]. לאחרונה ערכו רשות הטבע והגנים ואוניברסיטת חיפה מספר סקרים חזותיים בעזרת מצלמות המוצבות על רובוטים, גם על מספר שוניות בעומק של מאות מטרים. שוניות אלה נראות עשירות ביותר, אך אין לנו מידע אקולוגי עליהן. ידע זה דרוש בייחוד לאור הפיתוח המואץ של תשתיות בעומקים גדולים (לדוגמה – קידוחי הנפט והגז והנחת צינורות וקווי תקשורת).



השינויים האקולוגיים בקרקעית הים העמוק

הים העמוק בחופי ישראל הוא חזית המחקר החדשה. קרקעית מדרון היבשת והתהומות הגדולים עשויה רובה ככולה ממצע רך של טין וחרסית. מספר מחקרים נקודתיים מצביעים על עושר מינים מועט יחסית [15], אבל המחסור בידע על מערכות אקולוגיות זו, כמו על שאר הים התיכון, גדול מאוד [10], ויש להניח שסקרים נוספים יצביעו על עושר ומגוון רבים יותר. לאור תנופת הקידוח

של מרבצי הנפט ובעיקר הגז בים העמוק, ידע זה חשוב ביותר לצורך יצירת קו בסיס לניטור, לחיזוי ולתיעוד ההשפעות האפשריות של פיתוח מואץ זה, שטמונות בו סכנות סביבתיות רבות. לשם כך, בשנת 2013 ביצעה חיא"ל סקר רקע כמותי מקיף על קרקעית הים העמוק וכן על המים הפתוחים שמעליה בכל האזור הכלכלי הבלעדי של ישראל. ללא ספק, נתונים שיתקבלו מסקר זה יספקו מידע חשוב ומרתק על סביבה עלומה זו.

השינויים האקולוגיים בים הפתוח

האזור הפלאגי (הסביבה שאינה קשורה לקרקעית הים) של הים הפתוח הוא בית הגידול המשמעותי ביותר בים מבחינת נפחו. יש לו חשיבות אקולוגית עצומה למאזן האנרגיה של הים כמו גם לאקולוגיה של הקרקעית והחוף, כיוון שהוא מספק מזון ו"משנע" את הפגיות (שלבים צעירים – larva) של יצורי הקרקעית. שוב, הידע שלנו על המגוון הביולוגי ועל התהליכים האקולוגיים של בית גידול זה מועט ביותר. אמנם בעשור האחרון מתבצע מחקר מעמיק על מיקרו-אצות, הכולל בחינת תהליכים הקשורים לחילוף חומרים ולאנרגיה (כמו קיבוע חנקן במי הלבנט, שדלים מאוד בחומרים מזינים) [7, 31, 43], אך השאלה כיצד תהליכים אלה מתורגמים מרמות טרופיות נמוכות לרמות הטרופיות הגבוהות יותר – מזואופלנקטון עד דגים ויונקים ימיים – נותרה פתוחה. עלומים הם גם הקשרים הסבוכים בין האוקיינוגרפיה לאקולוגיה בים הפתוח באזורנו, ומהי השפעת שינוי האקלים על קשרים אלה: למשל, כיצד משפיעה החמצת האוקיינוסים על מאזן הפחמן במים ובשל כך על היצורים במים? או איזו השפעה יש לשאיבת המים העצומה שמבצעים מפעלי ההתפלה המתרבים לאורך החוף על מערכת זו – המים מכילים כמות רבה של פלנקטון, כולל פגיות – האם נגרמת תמותה משמעותית של שלבי החיים הצעירים שתפגע באוכלוסיות הבוגרות? כמו כן, בשנים האחרונות נכבשים המים בקרבת ישראל על-ידי מינים פולשים של נבובים (מדוזות ומסרקניות) [19, 20], שמלבד השפעתם הניכרת על תשתיות שונות (סתירת מערכות שאיבה של מתקני התפלה ותחנות כוח) ועל הדיג (סתירה וקריעה של רשתות), יש להן קרוב לוודאי השפעות אקולוגיות מרחיקות לכת (למשל תחרות על מזון וכן טריפה של פגיות).

השינויים האקולוגיים בבעלי החיים הגדולים (מגה-פאונה)

הידע שלנו על כרישים ובטאים, יונקים ימיים (בעיקר דולפינים) וצבי ים מועט למדי, אך הולך מצטבר בשנים האחרונות. מתצפיות של השנים האחרונות וכן מסקרי דייגים שהתבצעו לאחרונה, התברר למשל שכרישים מסוימים נעשו נפוצים יותר בחופי ישראל, ומופיעים בעיקר בחוף, סמוך לתחנות כוח [6]. התנהגות זו אינה ברורה, אך ייתכן שהיא קשורה למים החמים הנפלטות מצינורות מי הקירור. מצד שני, מתקיים דיג לא חוקי רב של כרישים. באשר ליונקים ימיים, בשנים האחרונות נעשו לא מעט סקרים, הן במסגרת מחקרים של סטודנטים הן כחלק מפעילות עמותת מחמל"י (מרכז חקר מידע וסיוע ליונקים ימיים), שניסו להעריך את גודל אוכלוסיית היונקים (בעיקר דולפינים) לאורך חופי ישראל. ההערכות כיום מדברות על מאות דולפינים המצויים מרבית הזמן רחוק מהחוף, ומגיעים לקו החוף בעיקר בעת מצוקה [4]. לדולפינים יש כנראה אינטראקציה רבה עם המכמורתנים, אך השלכת קשר זה על הדולפינים (ועל הדייגים) אינה ברורה. לזווייתנים הם מחזה נדיר בחופי ישראל, וכלב הים הנזירי (*Monachus monachus*), שהיה בעבר נפוץ מאוד בחופינו כמו בכל הים התיכון, הוא מחזה נדיר עוד יותר. באשר לצבי הים – על פי תיאורים מתקופת המנדט הבריטי מנו אוכלוסיותיהם בחופינו אלפים רבים עד לפני כמאה שנה. כיום אוכלוסיות שני המינים הנפוצים בחופינו, צב הים החום (*Caretta caretta*) וצב הים הירוק (*Chelonia mydas*), קטנות עשרות מונים בשל השפעות שונות של האדם. בתקופת המנדט היה זה ציד לצורך מאכל שהקטין את מספרם באופן משמעותי, ומאז מדובר בעיקר בזיהום ובפגיעות מכלי שיט, מציד דיג ומפעילות חופית אחרת. לצורך שיקום האוכלוסיות, הקימה רשות הטבע והגנים לפני שני עשורים את המרכז להצלת צבי ים במכמורת. בעבודה מאומצת, הכוללת העתקה והגנה על קנים, טיפול בצבי ים פגועים ויצירת גרעין רבייה, מנסים במרכז לחולל מהפך ולאושש את האוכלוסיות. כיום מצביעים נתוני מספר ההטלות בחוף על התאוששות אוכלוסיית הצב החום וזאת למרות עלייה מקבילה בתמותה, אך עתידה של אוכלוסיית הצב הירוק, הכוללת כיום רק כ-10 נקבות מטילות, אינו ברור ומעודד פחות [1].

סיכום

הידע הנדרש כדי לעקוב אחר הים התיכון שלנו, להבין אותו ולנהל אותו, לוקה בחסר עצום בכל קטגוריה. מצד שני, ניכר מן הידע שכן קיים, שסביבה זו עוברת שינויים גדולים, שהשלכותיהם האקולוגיות אינן ידועות ברובן, אך ניתן להניח בביטחון רב שהן נרחבות. כותרת של מאמר עדכני שסקר את האיומים על המערכת האקולוגית של הים התיכון מדברת בצדק רב על ים במצור [9]. ים זה משתנה בקצב מסחרר, ועלינו לנסות להבין את השינויים הללו ואת משמעותם לתפקוד המערכת האקולוגית הימית ולשירותים שהיא מספקת. אנו זקוקים לידע זה כדי שנוכל להיערך לשינויים אלה ולנהל את המערכת בצורה מקיימת ככל האפשר. הגנה על בתי הגידול בעזרת הקמה וניטור של שמורות ימיות גדולות, וחקיקה ואכיפה טובות בתחומי הדיג, הזיהום והקמת התשתיות, תאפשר למערכת האקולוגית להתמודד בצורה טובה יותר עם עקות חיצוניות כדוגמת שינוי האקלים.

מקורות

1. לוי י. 2012. סיכום פעילות לאישוש אוכלוסיות צבי-הים בים תיכון 2011. המרכז הארצי להצלת צבי ים, רשות הטבע והגנים.
2. רילוב ג וטרבס ח. 2010. השפעות שינוי אקלים גלובלי על מערכות אקולוגיות ימיות: תמונת מצב עולמית והשלכות על הסביבה הימית בישראל. *אקולוגיה וסביבה* **1**(1): 65–67.
3. רילוב ג וגיא-חיים ת. 2013. שוניות סלעיות בליטורל חופי הים התיכון הישראלי – אקוסיסטמות בשינוי פאזה. בתוך: סטמבלר נ (עורכת): הוד הים – יציבות ושינוי במערכות הימיות של ישראל. העמותה הישראלית למדעי הימים.
4. שיינין א. 2010. אוכלוסיית הדולפינן הים תיכוני *Tursiops truncatus*, דיג והקשר ביניהם במדף היבשת הים-תיכוני של ישראל (עבודה לקבלת תואר דוקטור). חיפה: אוניברסיטת חיפה.
5. Arieli R, Abramovich A, Almogi-Labin, and Herut B. 2008. The effect of thermal pollution on benthic foraminiferal assemblages, in the Mediterranean shore face adjacent to Hadera power plant (Israel). The 1st FMSH-ESF entre-sciences conference in environmental sciences; 5–10 Nov 2008; Porquerolles, France: IGeSA
6. Barash A, Blaustein L, and Rilov G. 2013. The dusky shark in the Mediterranean: Cryptic invaders from the Red Sea? The 8th international conference on marine bioinvasions. 20–22 Aug 2013; Vancouver, Canada
7. Berman-Frank I, Lundgren Y, Chen B, et al. 2001. Segregation of nitrogen fixation and oxygenic photosynthesis in the marine cyanobacterium *Trichodesmium*. *Science* **294**(5546): 1534–1537
8. Coll M, Piroddi C, Steenbeek J, et al. 2010. The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats. *PLoS ONE* **5**(8): e11842
9. Coll M, Piroddi C, Albouy C, et al. 2012. The Mediterranean Sea under siege: Spatial overlap between marine biodiversity, cumulative threats and marine reserves. *Global Ecology and Biogeography* **21**(4): 465–480
10. Danovaro R, Corinaldesi C, D'Onghia G, et al. 2010. Deep-sea biodiversity in the Mediterranean Sea: The known, the unknown, and the unknowable. *PLoS ONE* **5**(8): e11832
11. Dexter DM. 1987. Sandy beach fauna of Mediterranean and Red Sea coastlines of Israel and the Sinai Peninsula. *Israel Journal of Zoology* **34**(3-4): 125–138
12. Diamant A, Bentuvia A, Baranes A, and Golani D. 1986. An analysis of rocky coastal eastern Mediterranean fish assemblages and a comparison with an adjacent small artificial reef. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **97**(3): 269–285
13. Edelist D, Rilov G, Golani D, et al. 2013. Restructuring the Sea: Profound shifts in the world's most invaded marine ecosystem. *Diversity and Distributions* **19**: 69–77
14. Fishelson L. 2000. Marine animal assemblages along the littoral of the Israeli

- Mediterranean seashore: The Red-Mediterranean Seas communities of species.
. *Italian Journal of Zoology* **67**(4): 393–415
- Galil BS and Goren M. 1995. The deep sea Levantine fauna – New records and rare occurrences. *Senckenbergiana Maritima* **25**(1): 41–52 .15
- Galil BS. 2013. Going going gone: The loss of a reef building gastropod (Mollusca: Caenogastropoda: Vermetidae) in the southeast Mediterranean Sea. *Zoology in the Middle East* **59**(2): 179–182 .16
- Golani D, Reef-Motro R, Ekshtein S, et al. 2007. Ichthyofauna of the rocky coastal littoral of the Israeli Mediterranean, with reference to the paucity of Red Sea (Lessepsian) migrants in this habitat. *Marine Biology Research* **3**(5): 333–341 .17
- Goren M and Galil BS. 2001. Fish biodiversity in the vermetid reef of Shiqmona (Israel). *Marine Ecology* **22**(4): 369–378 .18
- Galil BS, Spanier E, Ferguson WW. 1990. The Scyphomedusae of the Mediterranean coast of Israel, including two lessepsian migrants new to the Mediterranean. *Zoologische Mededelingen* **64**: 95–105 .19
- Galil BS, Gevili R, Shiganova T. 2011. Not far behind: First record of *Beroe ovata* Mayer, 1912 (Ctenophora: Beroidea: Beroidea) off the Mediterranean coast of Israel. *Aquatic Invasions* **6**(Supplement 1): S89–S90 .20
- Galil B, Kress N, and Shiganova TA. 2009. First record of *Mnemiopsis leidyi* A. Agassiz, 1865 (Ctenophora; Lobata; Mnemiidae) off the Mediterranean coast of Israel. *Aquatic Invasions* **4**(2): 357–360 .21
- Galil B, Gertman I, Gordon N, et al. 2013. Biodiversity monitoring along the Israeli coast of the Mediterranean – IOLR's activities and accumulated data 2013. Haifa: Israel Oceanographic and Limnological Research .22
- Galil B and Goren M. 2014. Metamorphoses: Bioinvasions in the Mediterranean Sea. In: Goffredo S and Dubinsky Z (Eds). *The Mediterranean Sea – Its history and present challenges*. Springer .23
- Galil BS. 2012. Truth and consequences: The bioinvasion of the Mediterranean Sea. *Integrative Zoology* **7**(3): 299–311 .24
- Galil B. 2009. Taking stock: Inventory of alien species in the Mediterranean Sea. *Biological Invasions* **11**(2): 359–372 .25
- Gertman I and Goldman R. 2013. Interannual changes in the thermohaline structure of the south eastern Mediterranean. Marseille: CIESM .26
- Halpern BS, Walbridge S, Selkoe KA, et al. 2008. A global map of human impact on marine ecosystems. *Science* **319**: 948–952 .27
- IPCC. 2013. Climate Change 2013: The physical science basis, in IPCC Fifth Assessment Report 2013 .28
- Kress N, Herut B, and Galil B. 2004. Sewage sludge impact on sediment quality and .29

- benthic assemblages off the Mediterranean coast of Israel – A long-term study.
. *Marine Environmental Research* **57**(3): 213–233
- Por FD. 1978. Lessepsian migration: The influx of Red Sea biota into the Mediterranean by way of the Suez Canal. Ecological studies Series. Vol. 23. Berlin: Springer-Verlag .30
- Rahav E, Herut B, Stambler N, et al. 2013. Uncoupling between dinitrogen fixation and primary productivity in the eastern Mediterranean Sea. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* **118**(1): 195–202 .31
- Rilov G and Galil B. 2009. Marine bioinvasions in the Mediterranean Sea – History, distribution and ecology. In: Rilov G and Crooks JA (Eds). Biological invasions in marine ecosystems: Ecological, management, and geographic perspectives. Heidelberg (Germany): Springer-Verlag .32
- Rilov G, Benayahu Y, and Gasith A. 2004. Prolonged lag in population outbreak of an invasive mussel: A shifting-habitat model. *Biological Invasions* **6**(3): 347–364 .33
- Rilov G, Gasith A and Benayahu Y. 2002. Effect of an exotic prey on the feeding pattern of a predatory snail. *Marine Environmental Research* **54**(1): 85–98 .34
- Rilov G, Benayahu Y, and Gasith A. 2001. Low abundance and skewed population structure of the whelk *Stramonita haemastoma* along the Israeli Mediterranean coast. *Marine Ecology Progress Series* **218**: 189–202 .35
- Sala E, Ballesteros E, Dendrinis P, et al. 2012. The structure of Mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PLoS ONE* **7**(2): e32742 .36
- Sala E, Kizilkaya Z, Yildirim D, and Ballesteros E. 2011. Alien marine fishes deplete algal biomass in the eastern Mediterranean. *PLoS ONE* **6**(2): e17356 .37
- Safriel UN. 1974. Vermetid gastropods and intertidal reefs in Israel and Bermuda. *Science* **186**: 1113–1115 .38
- Safriel UN. 1975. The role of vermetid gastropods in the formation of Mediterranean and Atlantic reefs. *Oecologia* **20**(1): 85–101 .39
- Usvyatsov S and Galil BS. 2012. Comparison of reproductive characteristics among populations of *Dendropoma petraeum*-complex (Mollusca: Caenogastropoda), an endemic Mediterranean reef-building vermetid. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **92**(01): 163–170 .40
- Worm B, Barbier EB, Beaumont N, et al. 2006. Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science* **314**(5800): 787–790 .41
- Yeruham E. 2013. Possible explanations for *Paracentrotus lividus* (European purple sea urchin) population collapse in South-East Mediterranean (M.Sc. thesis). Tel Aviv: Tel Aviv University .42
- Zeev EB, Yogev T, Man-Aharonovich D, et al. 2008. Seasonal dynamics of the .43

- endosymbiotic, nitrogen-fixing cyanobacterium *Richelia intracellularis* in the eastern Mediterranean Sea. *The ISME Journal* **2**(9): 911–923
- Zenetos A. 2010. Trend in aliens species in the Mediterranean. An answer to Galil, 2009 "Taking stock: inventory of alien species in the Mediterranean Sea". *Biological Invasions* **12**(9): 3379–3381 .44
- Zenetos A, Katsanevakis S, Poursanidis D, et al. 2010. Marine alien species in Greek Seas: Additions and amendments by 2010. *Mediterranean Marine Science* **12**(1): 95–120 .45