

הים התיכון העמוק

חשון, קר ומיוחד



**חשיבות שמירת הים העמוק
וקידום שמורת טבע "הפרעת פלמחים"**
שמורות ימיות | תיבות האוצר של הים התיכון



כשצוללים לעומק

פוגשים עולם מופלא!

הים התיכון העמוק - חשון, קר ומיוחד

חשיבות שמירת הים העמוק וקידום שמורת טבע "הפרעת פלמחים"

כתיבה וריכוז חומר: אדם ויסמן, אוניברסיטת חיפה; אלון רוטשילד, החברה להגנת הטבע

תמונת השער: גן אלמוגים בעומק 600 מ' באתר הפרעת פלמחים

ניהול קריאייטיב: יגאל אמור, we amor

עיצוב: מיטל מנחם, we amor

החברה להגנת הטבע: ע"ר, הארגון הסביבתי הגדול והוותיק בישראל, עמית בישראל של הארגונים הבין-לאומיים IUCN ו-Birdlife International. החברה להגנת הטבע פועלת בכלים חינוכיים, תכנוניים, ציבוריים, מחקרניים ומשפטיים לשמירה על המגוון הביולוגי של ישראל ועל נגישותו לציבור.

החצי הכחול של ישראל: פרויקט הים התיכון של החברה להגנת הטבע. הפרויקט עוסק בקידום שמורות ימיות בשיתוף עם רשות הטבע והגנים, הטמעת שיקולים אקולוגיים בתכנון הימי, קידום חקיקה סביבתית למים הכלכליים וממשק דיג בר קיימא. הפרויקט מפעיל את מוקד sea watch לדיווח על מפגעים סביבתיים בים באמצעות יישומון (אפליקציה).

הצילומים והחומר המדעי הנוגעים לאקולוגיה של הפרעת פלמחים נלקחו מעבודת הדוקטורט של אדם ויסמן, מעבדת פרופ' דני צ'רנוב לחקר הים העמוק, **בית הספר למדעי הים ע"ש צ'רני, אוניברסיטת חיפה.**

הצילומים במסמך: בהיעדר ציון מפורט בתמונה, כל הצילומים המופיעים בחוברת זו צולמו במסגרת הפלגות מחקר שהשתתפו בהן חוקרים מבית הספר למדעי הים מאוניברסיטת חיפה במסגרת המחקרים הבאים:
2010-2011 הפלגת המחקר על גבי ספינת המחקר E/V Nautilus במסגרת הפרויקט, NA019 - Exploration of the Israel Continental Margin, בהובלת:

בית הספר למדעי הים ע"ש לאון צ'רני, אוניברסיטת חיפה – Leon H. Charney School of Marine Sciences, University of Haifa;
Institute for Exploration, University of Rhode Islands

The Helmsley Charitable Trust; Israel Oceanographic and Limnological Research Institute

2017 - הפלגה על גבי ספינת המחקר הבת גלים תוך שימוש ב-Leopard ROV בהפלגה הבית ספרית של בית הספר למדעי הים ע"ש לאון צ'רני באוניברסיטת חיפה, בהובלת ד"ר איציק מקובסקי מאוניברסיטת חיפה

2016 – הפלגת מחקר במסגרת פרוייקט SemSeeps במימון Eurofleets על גבי ספינת המחקר R/V Aegeo בהובלת ד"ר איציק מקובסקי מאוניברסיטת חיפה.

הציטוטים מהספר "עשרים אלף מיל מתחת למים" - על פי תרגומה של עידית זרטל.

תודתנו על הערות מועילות על טיוטת המסמך מהאנשים הבאים:

ד"ר רוני יהל, רט"ג; ד"ר מנחם גורן, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט; ד"ר דרור צוראל, המשרד להגנת הסביבה; ד"ר אורית ברנע; עו"ד נועה יאיון, החברה להגנת הטבע; ד"ר מקס רובין בלום, חיא"ל; ד"ר איציק מקובסקי, אוניברסיטת חיפה; ד"ר אור ביאליק, אוניברסיטת חיפה.

ציטוט מוצע:

ויסמן א, רוטשילד א. 2018. הים התיכון העמוק - חשון, קר ומיוחד: חשיבות שמירת הים העמוק וקידום שמורת טבע "הפרעת פלמחים". החברה להגנת הטבע, 75 עמ'.

www.mafish.org.il

כל הזכויות שמורות לחברה להגנת הטבע (ע"ר), 2018.

אלמוג שחור מחין *Antipathes dichotoma*. בניגוד למקביליהם במים הרדודים, למיני אלמוגים בים העמוק אין אצות שיתופיות והם מתבססים על חלקיקי מזון הנושרים מעמודת המים בתור מקור האנרגיה שלהם. לכן, מפאת אספקת מזון נמוכה, קצבי הגדילה שלהם איטיים ביותר והם רגישים לפגיעה פיזית בהם או בסביבתם.



תושבי הקבע בים העמוק

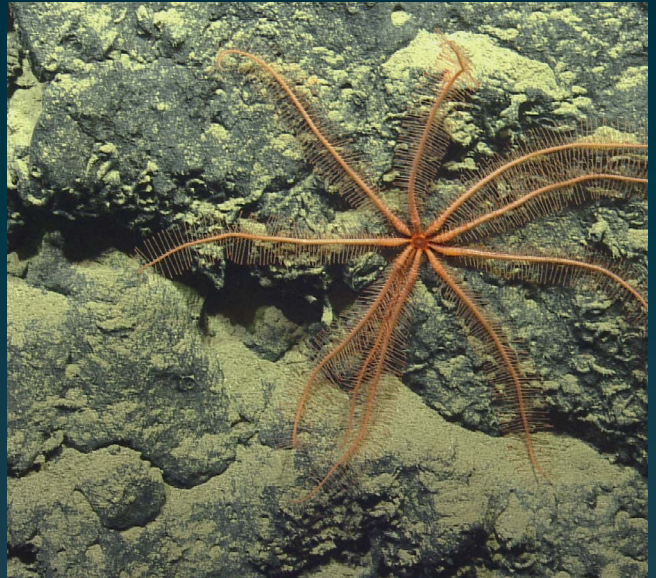
אלמוגי מים עמוקים וחסרי חוליות החיים בסביבתם.



תולעים *Lamellibrachia anaximandri* עם סימביונטים כימוסינטטים, החיות על נביעות הגז.



חסרי חוליות דוגמת כוכבי הים הניזונים מחומר אורגני הנושר על גבי הקרקעית.



דגי עומק, דוגמת כריש הרפאים.



בטאים החיים על גבי המצע הרך במדרון היבשת ובבתיאל, דוגמת תריסנית חטמנית.



הים העמוק ארץ לא נודעת

“

**הים הוא הכל. הוא מכסה שבע עשירות מכדור הארץ.
נשימתו צחה ומטהרת. זה המדבר האדיר שהאדם
לעולם אינו בודד בו, כי הוא חש ברטט החיים סביבו.
הים אינו אלא כלי לקיומו של כוח אדיר ועל-טבעי. אין
הוא אלא תנועה ואהבה. זהו האינסוף הנושם.**

- ז'ול וורן, עשרים אלף מיל מתחת למים.

”

הים העמוק מתחיל היכן שנגמר האור, בממוצע מעומק של 200 מטרים ומטה ⁽¹⁾. לעומקים אלו אור השמש כמעט ואינו חודר, ועולם זה נמצא בחשכה מוחלטת. המים הרבה יותר קרים מאשר בים הרדוד, והלחץ האטמוספרי המופעל על ידי עמודת המים שמעל משרה לחץ אדיר על בעלי החיים.

60% משטח כדור הארץ נמצא בים העמוק מ-1600 מטר, וכמחצית משטח הימים עמוק מ-3 קילומטר^(2,3). למרות שהים העמוק מהווה את בית הגידול הגדול ביותר בכדור הארץ (וגם בישראל - בתחום המים הכלכליים), פחות מאחוז אחד ממנו נסקר, ומעט מאד ידוע עליו.

מחקר בים העמוק התבצע בעבר באמצעות סקרי מכמורת. מחקר מתקדם מצריך טכנולוגיות הנדסיות מתקדמות (שאינן הרסניות לסביבה) אשר פותחו רק בעשורים האחרונים, והתחילו לפעול בתחומי ישראל לפני פחות מעשור. לכן הידע שלנו על המים הכלכליים של ישראל מועט. מה אנו כן יודעים על הים העמוק של ישראל?

בהפלגות מחקר בודדות התגלה עולם מרהיב ושוקק חיים. יש לנו עוד הרבה דברים מרתקים לגלות בים העמוק, להבין איך המערכות האקולוגיות בו עובדות, וכיצד לשמור עליהן.

חתיך סכימטי בים התיכון הישראלי, המדגים את רצועות העומק השונות.



החיים בים העמוק

ככלל, היצרנות הביולוגית בים העמוק היא נמוכה יחסית, בגלל היעדרו של אור השמש, ומרבית היצורים בו ניזונים מ"שאריות" של חלקיקי מזון, הנושרים מטה מעמודת המים הרדודים והמוארים. היצרנות בים העמוק מוגבלת לאזורים מצומצמים בהם ישנה פעילות גאוכימית, בה נפליטים לעמודת המים גזים כגון מתאן ותרכובות גופרית, שמהם חיידקים ייחודיים יודעים להפיק אנרגיה⁽⁴⁾.

הכמות הנמוכה של אנרגיה זמינה היא אחת הסיבות לרגישות הגדולה של הים העמוק להפרעות שמקורן בפעילות אנושית. פגיעה בים העמוק מותירה צלקת החרוטה לדורות בקרקע הים, בגלל שההתחדשות הביולוגית היא מאוד איטית בבית גידול זה⁽⁵⁾.

למרות זאת, המגוון הביולוגי בים העמוק הוא עצום. לדוגמה, מוערך כי קיימים יותר מיני אלמוגים של מים עמוקים, מאשר מיני אלמוגים בים הטרופי!^(6,7) גם בתחום המים הכלכליים של ישראל אותרו לאחרונה מינים נדירים של אלמוגי מים עמוקים, כולל מין אלמוג שטרם תואר בספרות המדעית, והוא ככל הנראה מין חדש למדע. רוב מיני אלמוגי המים הקרים מוגדרים על ידי ארגון ה-IUCN כמינים בסיכון גבוה⁽⁸⁾.

המים הכלכליים של ישראל בים התיכון, הם המקום היחיד בתחומי ישראל שיש בו נביעות גז, אלמוגי מים קרים, ושאר המערכות האקולוגיות הייחודיות של ים עמוק. גני האלמוגים העמוקים בתחומי ישראל, בתחום הפרעת פלמחים, הם האתרים החמים ביותר מבחינת טמפרטורה המוכרים עבור בית גידול זה.

דיונון במים עמוקים.



ים רדוד: מואר ונגיש למבקרים.
צילום: אנדרי אהרונוב.

ים רדוד
האזור המואר

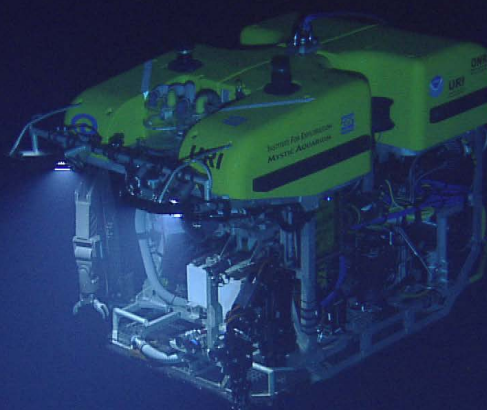


ים רדוד: השמש מהווה מקור אנרגיה המאפשר חיים לשפע בעלי חיים.
צילום: שחר מלמוד.

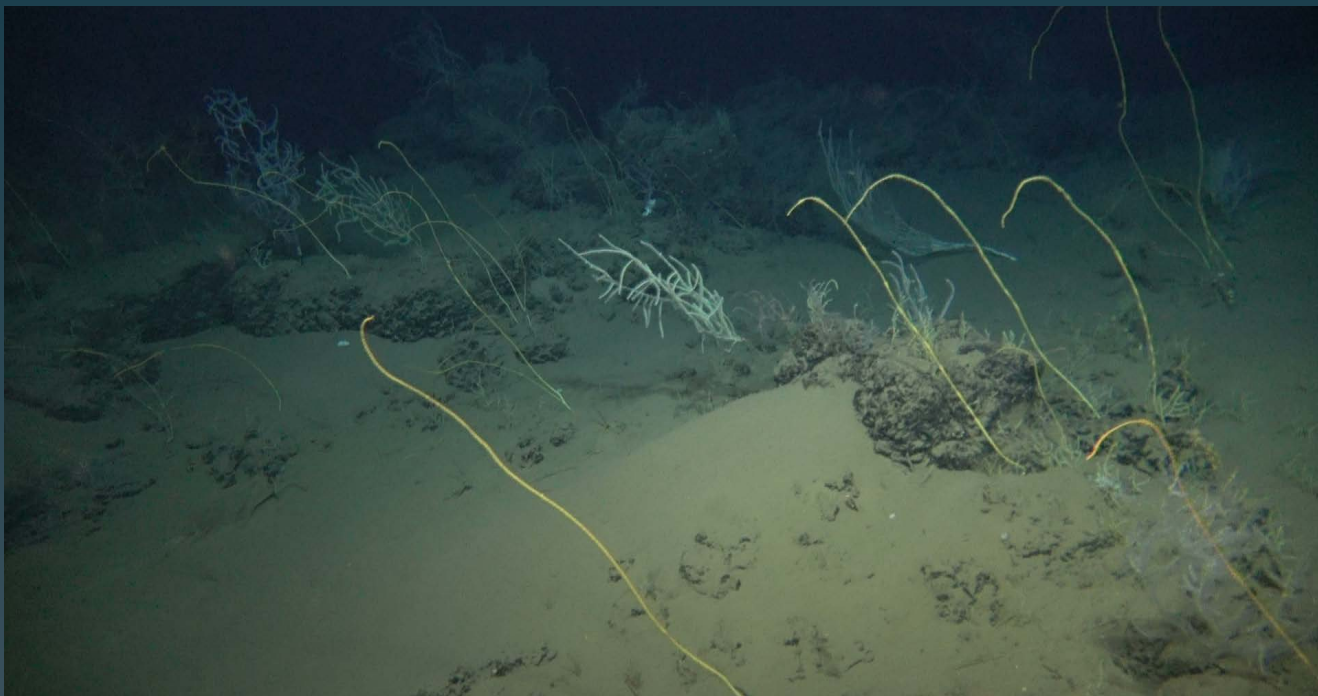


ים עמוק: חשוך ונגיש רק בכלים מתקדמים.

ים עמוק
האזור החשוך



ים עמוק: יצרנות ביולוגית נמוכה. מרבית האורגניזמים ניזונים מ"שלג ימי" – חלקיקי מזון הנושרים מעמודת המים המוארת שמעל.



הים התיכון העמוק צעיר, חם, מבודד ומאויים

“

הים התיכון, הים הכחול שבכחולים, "הים הגדול" של העברים, "הים" של היוונים, "הים שלנו" של הרומאים, העטור עצי תפוזים, צמחי אלואה, צברים ואורני ים, הים המבושם בניחוח הדסים, הרים טרשיים סביב לו, רווי אוויר צלול ושקוף, אשר אש האדמה פעילה בלי הרף תחת קרקעיתו, הוא זירת קרב של ממש שבה נאבקים נפטון ופלוטו על השליטה בעולם.

- ז'ול וורן, עשרים אלף מיל מתחת למים.

”

הים התיכון הוא הים הסגור העמוק ביותר בעולם, עם עומק ממוצע של 1,480 מטרים, ומגיע לעומק מקסימלי של 5,139 מטרים.⁽⁹⁾

הים העמוק של הים התיכון מבודד ומנותק מבחינה ביולוגית מהים העמוק של האוקיאנוס האטלנטי. הים התיכון העמוק מיוחד בכך שהוא צעיר (במונחים גיאולוגיים) וחם יותר מהים העמוק של האוקיאנוס האטלנטי, ולמרות מגוון ביולוגי נמוך יחסית, יש בו מספר קבוצות בעלות שיעור ייחודיות (אנדמיזם) גבוה במיוחד:

אזורי הים העמוק של מזרח הים התיכון מבודדים מהים העמוק של האוקיאנוס האטלנטי, מכיוון שהם מופרדים מהם בשני מיצרי מים רדודים – מיצרי מרסלה (סיציליה) (400 מ' עומק) במרכז הים, ומיצר גיברלטר (300 מ' עומק) במזרחו. מיצרים רדודים אלו מונעים מעבר של מים קרים (מים כבדים יותר השוקעים לעומק) בין האגן המזרחי והמערבי של הים התיכון, ובינו ובין האוקיינוס האטלנטי. כתוצאה, **הים העמוק במזרח הים תיכון הוא חם, יחסית,** לעומת עומקים מקבילים באוקיאנוס האטלנטי. לדוגמה, הטמפרטורה בעומק 1 ק"מ במזרח הים התיכון היא כ-14 מעלות צלזיוס בממוצע, לעומת 6 מעלות צלזיוס באוקיינוס האטלנטי⁽¹⁰⁾.

החיים בים התיכון הם צעירים, יחסית, מבחינה אבולוציונית, וכך גם לגבי הים התיכון העמוק: לפני כ-5.9 מיליון שנים נסגרו מיצרי ג'יברלטר והופסקה אספקת המים מהאוקיינוס האטלנטי לים התיכון. אידוי האגן הסגור גרם לעלייה קיצונית במליחות ולייבוש רוב הים התיכון. לפני כ-5.4 מיליון שנים, מיצרי ג'יברלטר נפתחו מחדש, ומים מהאוקיינוס האטלנטי מילאו את הים התיכון מחדש⁽¹¹⁾.

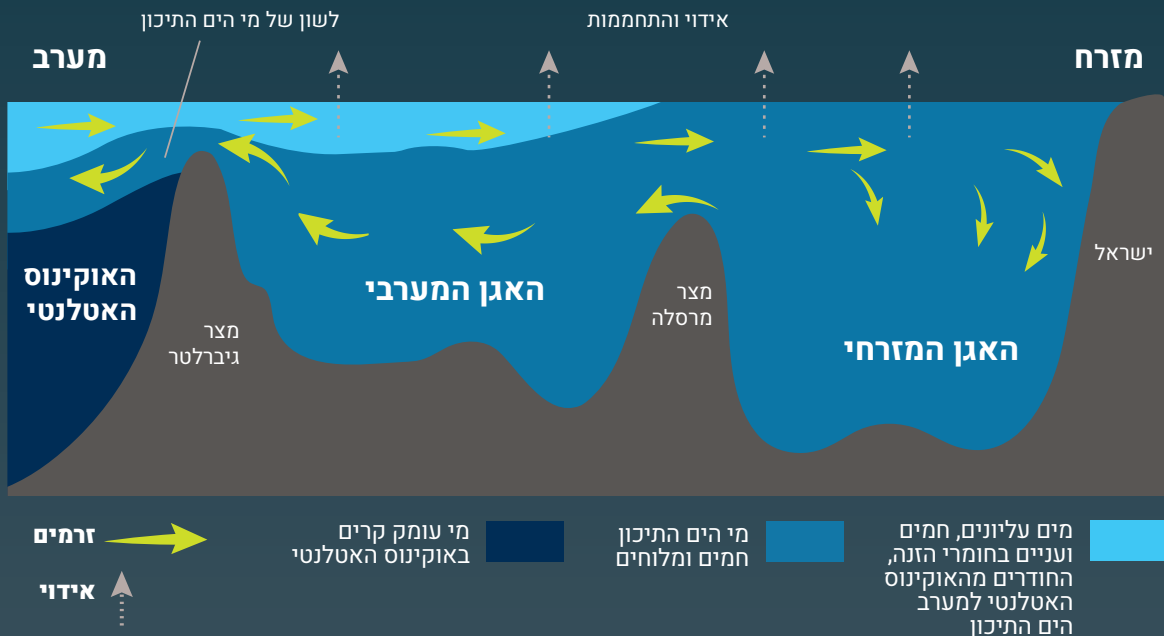
המיצרים הרדודים יוצרים "מחסום הגירה" המונע מעבר אורגניזמים בין הים העמוק של האוקיאנוס האטלנטי והים התיכון. מכיוון שהאורגניזמים בים התיכון היגרו אליו לאחר הפתיחה המחודשת של מיצרי ג'יברלטר, ההפרדה הפיסית מנעה הגעה של יצורים רבים מהאוקיאנוס האטלנטי העמוק אל הים התיכון העמוק, ולכן, ככלל, המגוון הביולוגי והאנדמיזם בים התיכון העמוק נמוכים משמעותית מאשר באוקיינוס האטלנטי^(12,13). לדוגמה, מספר המינים האנדמיים לפי הטקסונים השונים בים התיכון העמוק הוא שש מיני דגים, ארבעה מיני סרטנים מעשירי רגל וארבעה מיני קווצי עור⁽⁸⁾. למרות זאת, קבוצות מסוימות של מיני ים עמוק מתאפיינות ברמת ייחודיות גבוהה: כמחצית ממיני הסרטנים מקבוצת השטצדים (Amphipoda) של הים העמוק הם אנדמיים לים תיכון – כפול מאשר רמת האנדמיזם הכללית בים התיכון!⁽¹⁴⁾ לדוגמה, בסקרי מכמורת שנערכו על ידי המכון לחקר ימים ואגמים בשנים 1988-1999, נדגמה חברת החי בעומקים 700-1500 מ' מול חופי ישראל, וכן נערך סקר מצולם בעומק 2900 מטרים דרום מערבית לקפריסין. בסקרים אלה התגלו 53 מיני סרטנים, מתוכם מין חדש למדע של סרטן, *Levantocaris hornungae*⁽¹⁵⁾. בהשוואה כמותית לאוקיינוס האטלנטי, הים התיכון העמוק נמצא עני יותר במגוון הביולוגי שלו, מבחינת עושר מינים וביומסה, ושונה בהרכב החברה. מבחינת ביומסה אוכלוסיית הדגים קטנה בסדר גודל בהשוואה לאותם עומקים באוקיינוס האטלנטי, ככל הנראה עקב מיעוט המזון הזמין בים התיכון.

במזרח הים התיכון, שהים הרדוד שלו מושפע מאוד משינויי אקלים ומינים פולשים, הים העמוק מהווה אזור לא מופרע יחסית, ומהווה בית גידול למינים מקומיים כפי שאפיינו את הים שלנו בעבר ⁽¹⁶⁾.

בתחום הים התיכון הישראלי, אנו רק מתחילים לגלות את צפונותיו של הים העמוק. בשנת 2010 אותרו לראשונה בתחום המים הכלכליים של ישראל נביעות גז על ידי ספינת המחקר האמריקאית ה"נאוטילוס". נביעות אלו מייצרות בסיס למערכת אקולוגית ייחודית ביותר, המתבססת על אנרגיה כימית המגיעה מנביעת גז בקרקעית הים, ומנוצלת על ידי חיידקים. זו מערכת שאינה דומה למערכות אקולוגיות אחרות שבסיסן הוא אנרגיה מהשמש ⁽¹⁷⁾.

כבר כיום ידוע על אתרים ייחודיים לחופי ישראל, כמו **הפרעת פלמחים, גלישת דור**, ואתרים אחרים שחלקם עוד ממתינ שנגלה אותם, אך גם שאר שטח הים העמוק הוא אזור המכיל חיים מרתקים הראויים לשימור.

הים התיכון מופרד מהאוקיאנוס האטלנטי במיצר רדוד – גיברלטר. מיצר רדוד נוסף מחלק את הים התיכון לאגן מערבי ולאגן מזרחי. מיצרים אלה מצמצמים מאוד את הקשר בין הים העמוק של מזרח הים התיכון, לבין הים העמוק של האוקיאנוס.



המים הכלכליים של ישראל (מפה בעמ' 71), שכולם חלק מהמערכת של הים העמוק, הם אזור עם פעילות אנושית הולכת וגוברת. לצד חיפושי וקידוחי גז ונפט והתשתיות הנלוות אליהם, המתרבים ומתעצמים בשנים האחרונות עם חלוקת זיכיונות לחיפוש והפקה בחלקים עצומים מהים התיכון, מתקיימת גם פעילות דיג.

הסכנה הגדולה ביותר למערכת של הים העמוק נובעת מדיג מכמורת במים עמוקים. דיג זה מתבצע כיום בהיקפים נמוכים בתחומי המים הכלכליים של ישראל, אך עלול להתעצם לאחר שמשאב הדגה במים הרדודים דולדל כתוצאה מדיג יתר. דיג המכמורת הוא הרסני במיוחד במערכות של מים עמוקים, המתקשות להתחדש, וכבר נצפו פגיעות בתשתית הסלעית ובמערכות אקולוגיות בעומקים של כ-700 מטר בתחומי המים הכלכליים של ישראל.

דיג נוסף המתבצע באזור הוא דיג בגוף המים בעזרת מערכי קרסים צפים, בעיקר עבור דיג טונה כחולת סנפיר, מין המוגדר בסכנת הכחדה. פעילות הדיג בגוף המים של המים הכלכליים עלולה להתרחב עוד בעתיד. מכיוון שאלמוגי העומק ורוב המערכות האקולוגיות בים העמוק נסמכות על "שלג ימי" כמקור מזון עיקרי, דלדול הדגה וערעור המערכות האקולוגיות בתחום הרדוד והמזר של עמודת המים שמעל שוניות העומק עלול לגרום לפגיעה באספקת המזון שלהן.

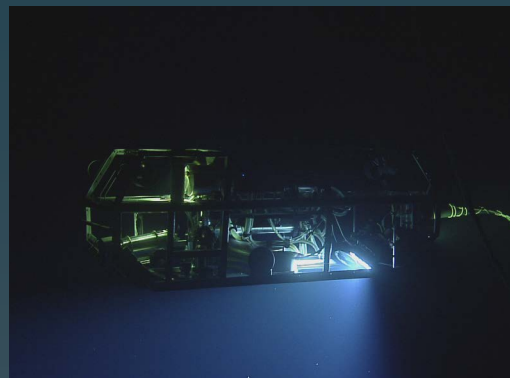
ניצד חוקרים את הים העמוק?

ישנם מגוון כלים למחקר מתקדם בים העמוק:

סקר מקדים מתבסס על אותות אקוסטיים למיפוי תת ימי, הנותנים מפה בתימטרית תלת מימדית של הקרקעית, ומאפשרים את הבנת סוג המצע על פי מידת הקשיחות שלו, אשר מפוענחת מההד הקולי המוחזר.

בשלב הבא, על מנת לבצע סקר ויזואלי, נדרשים רובוטים מתוחכמים הנשלטים מרחוק מחדר הבקרה בספינות מחקר, בעזרתם מבצעים סקרי וידאו, ואוספים דוגמאות מקרקעית הים על ידי שימוש בזרועות רובוטיות רגישות. לדוגמה, רובוטי המחקר ה-Argus וה-Hercules, שתופעלו על ידי ספינת המחקר האמריקאית Nautilus בעבודה באתר "הפרעת פלמחים". רובוט מסוג זה נרכש לאחרונה על ידי אוניברסיטת חיפה לגילוי צפונות הים העמוק הישראלי. פעילות מחקר מסוג זה היא יקרה במיוחד ודורשת משאבים רבים.

■ רובוטי המחקר מהמתקדמים בעולם, ה-Argus (מימין) ו-Hercules (משמאל), בפעילות סקירה ומחקר שבוצעה ספינת Nautilus במשלחת לים התיכון בשנת 2010-2011. רובוטים אלו נשלטים מחדר בקרה בספינה, ומאפשרים לבצע סקרי וידאו של הקרקעית ולאסוף דוגמאות למחקר בעזרת זרועות רובוטיות.



ניצד מתקיימים החיים בים העמוק?

החיים בסביבה כה מאתגרת כמו הים העמוק,
מחייבים את האורגניזמים השוכנים בו להתאמות
ייחודיות ופתרונות מופלאים לסביבה הקיצונית
בהם הם שוכנים.

“

**אם בעל חיים כזה אמנם קיים, אם הוא שוכן במצולות
האוקיאנוס, אם הוא חי בשכבות העמוקות המרוחקות
מילין רבים מפני הים, עליו להיות מצויד בהכרח בגוף
מוצק שאין דומה לו**

- ז'ול וורן, עשרים אלף מיל מתחת למים.

”

מקורות המזון בים העמוק

"אוכלי השאריות"

המזון בים מגיע, בבסיסו, מיצורים המנצלים את אור השמש (כמו אצות), ואלה נמצאים במים הרדודים, עד עומק של כ-200 מ' שאליו חודר אור השמש.

בים העמוק, בהיעדר אור שמש, לא מתרחשת פעולת פוטוסינתזה כך שלא קיימת יצרנות ראשונית שעליה יכולה להתבסס מארג מזון בים העמוק. מרבית יצורי הים העמוק מתבססים על ה"שאריות" שנושרות מהאזור המואר של עמודת המים מעליהם: חלקיקי מזון, שאריות של יצורים חיים והפרשות של בעלי חיים אשר "נושרים" מהמים העליונים אל עומק הים. תופעה זו מכונה גם "שלג ימי" בגלל שהיא נראית כפתיתים לבנים הנושרים מטה.

חיות הניזונות מהשלג הימי כוללות, למשל, את אלמוגי הים העמוקים, ספוגים, תולעים, צדפות, קוצי עור (קיפודי ים, נחשוני ים וכד') ושפע של מיקרו אורגניזמים אשר מפרקים את הנשורת. חיות אלה מהוות את בסיס מארגי מזון של הים העמוק, עליהם ניזונים הדגים והטורפים השונים. כל אלה מקיימים עולם חי עשיר המתבסס על המזון שמגיע מהעולם המואר שלמעלה ⁽¹⁸⁾.

אלמוגי עומק דוגמת הגורגוניה *Callogorgia verticillata* ואלמוגים נוספים ניזונים מה"שלג הימי" הנושר עליהם מהאזור הפוטי (המואר) של עמודת המים מעליהם.



"עשה זאת בעצמך"

באתרים ייחודיים התפתחו חברות חי שמקור האנרגיה שלהן הוא חומרים כימיים עתירי אנרגיה, כגון מתאן ותרכובות גופרית, המפעפעים מקרקעית הים אל המים. חיידקים מפיקים אנרגיה מחומרי אלו, ומהווים בסיס למארג מזון שלם סביב הנביעות.

נביעות גז בהפרעת פלמחים.



תקשורת

אחת התופעות המדהימות בים העמוק היא התקשורת.

בסביבה חשוכה בעלי החיים מתקשרים זה עם זה באמצעות צלילים, "ריחות" (תקשורת כימית), ובעיקר – בעזרת אור הנוצר בתהליך כימי הנקרא "ביולומינציה". כולנו מכירים את הגחליליות, המתקשרות זו עם זו בעזרת הבהובי אור בלילה החשוק. ביבשה זוהי תופעה נדירה, אך בים העמוק זו תופעה נפוצה ביותר, אשר נמצאת בשימוש של למעלה מ-75% מהיצורים החיים שם!⁽¹⁹⁾

אור ביולוגי משמש את האורגניזמים במעמקים כדי לתקשר עם בני זוג, למשוך טרף, לבלבל טורפים, ועוד. דוגמאות מוכרות הן דג החכאי, המציב פיתיון של כדור אור לפני פיו העצום בתקווה למשוך טרף ודיונון שמפזר ענן של אור מסנוור בעת הימלטות מטרף.

תופעה נוספת הקשורה לתקשורת בעזרת אור נקראת פלורוסנציה. בבעלי חיים ימיים מעורבים חלבונים המסוגלים לקלוט אור באורך גל קצר, לבלוע חלק מהאנרגיה ובתהליך פיסיקלי-כימי לפלוט אור באורך גל ארוך יותר. כך נוצרות תבניות צבע ייחודיות על גבי בעלי החיים, אשר מופיעות רק כאשר אנו בוחנים את הסביבה על ידי שימוש בתאורה מיוחדת ומסננים הקולטים את החזר האור הפלורוסנטי לבדו. מטרת תהליך הפלורוסנציה בים העמוק עדיין לא מובנת לנו.

דג חכאי *Lophius budegassa* (521 מטרים עומק)
מהפרעת דור.



שושנת ים פלורסנטית מעומק של 100 מטרים בראש
כרמל. צולם בהפלגה על גבי ספינת ה R/V Mediterranean Explorer של עמותת אקוואשן, במסגרת הפלגת מחקר של בית הספר למדעי הים באוניברסיטת חיפה בהובלת ד"ר דרור אנג'ל, 2017.



סרטן ביולומינסנטי מקניון אכזיב (140 מטרים עומק).



מי חי בים העמוק?

בתי הגידול והחיים בהם

“

**מעמקי האוקיאנוס הם לגבי דידנו ארצות לא נודעות,
שמדי העומק עדיין לא הגיעו עדיהם. מה מתרחש
שם, במצולות הרחוקות? אילו יצורים חיים או מסוגלים
לחיות שנים עשר או חמישה עשר מילין מתחת לפני
המים? מהו מבנה גופם של יצורים אלה? קשה אף
לתאר זאת בדימיון.**

- ד"ר וורן, עשרים אלף מיל מתחת למים.

”

גני אלמוגי מים עמוקים

אלמוגים הם בעלי חיים ימיים, הצמודים למצע הקרקע. אלמוגי מים עמוקים ניזונים מאיסוף של חלקיקי מזון ה"נושרים" מעמודת המים שמלמעלה, וכן מאורגניזמים קטנים אחרים.

אלמוגים אלה, בניגוד לקרוביהם החיים בים הרדוד, אינם מקיימים יחסי שיתוף עם אצות (מכיוון שאין בים העמוק אור המאפשר לאצות לבצע פעילות פוטוסינתזה). אלמוגים מותאמים למחיה בים העמוק מכיוון שצורת ההזנה שלהם (סינון פסיבי של חלקיקי מזון מהמים) דורשת מינימום אנרגיה, ורק כאשר באים במגע עם זואופלנקטון או עם "שלג ימי", מופעלים תאי הצריבה שעל גבי זרועות הציד שלהם, והמזון מועבר לפה⁽²⁰⁾.

בתחום הים התיכון העמוק של ישראל ניתן למצוא מספר מיני אלמוגים, היוצרים סביבם בית גידול מורכב, ובהם אלמוגי אבן ואלמוגים רכים. אלמוגים אלו נמצאו עד כה רק באזור הפרעת פלמחים, ולא נמצאו בשום מקום אחר בחלקו הדרום מזרחי של הים התיכון! אלמוגי העומק הקרובים ביותר נמצאו בהר התת ימי "ארסטוטנס", דרומית לקפריסין.

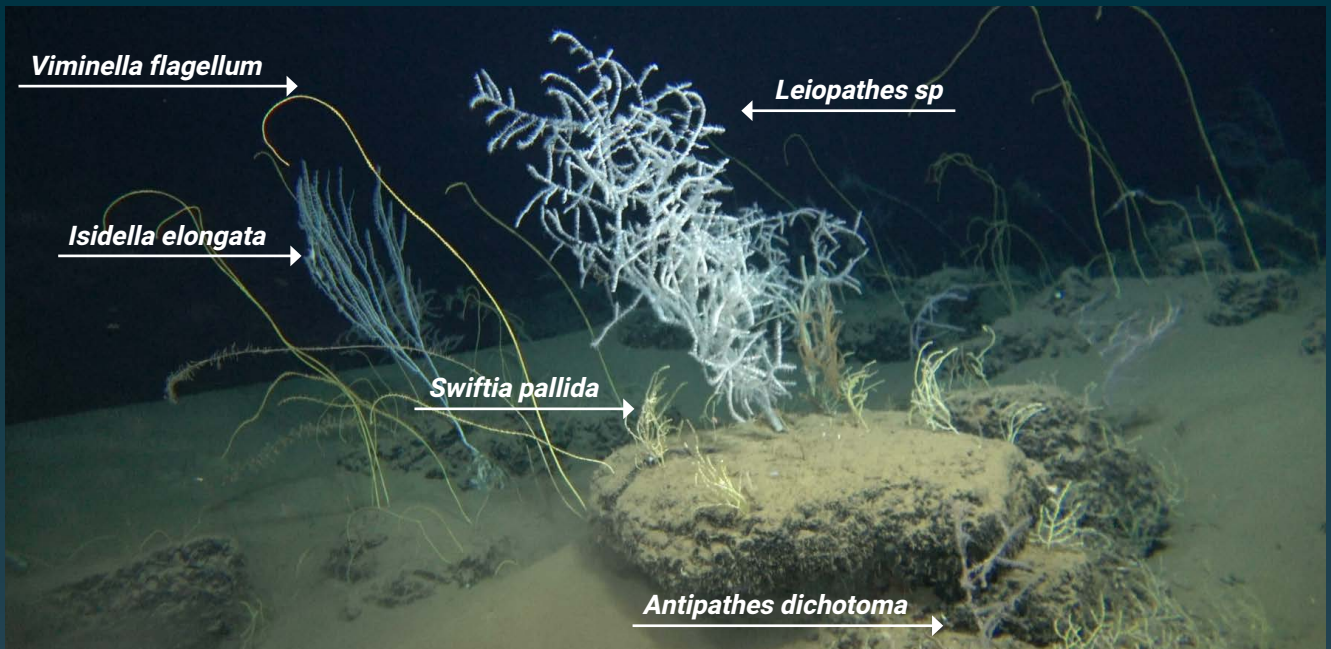
גני האלמוגים יוצרים בית גידול תלת מימדי, "יער" המורכב מבעלי חיים, ומספק בית ומסתור ליצורים רבים נוספים, כמו דגים, שושנות ים, סרטנים, רכיכות, קווצי עור ותולעים, ובכך מהווה מקור לעושר ביולוגי רב. באזורים בהם נמצאו גני אלמוגים, ישנה עליה משמעותית בשכיחות ובביומסה של מיני דגי קרקעית^(21,22), וכן הם מהווים "בית אומנה" לכרישים ודגים שונים, בהם הם מתרבים ומתקיימים בשלבי החיים הראשונים שלהם^(23,24).

אלמוגים שונים מאכלסים נישות ספציפיות, בהתאם לעומק ולטופוגרפיה, כך שמינים שונים נמצאים באתרים ייחודיים – ולא באחרים. לכן יש חשיבות להכרת המגוון הביולוגי הייחודי של כל אזור בים העמוק – והגנה פרטנית עליו, על מנת לשמר את מגוון בתי הגידול והמינים השונים הנמצאים בהם.

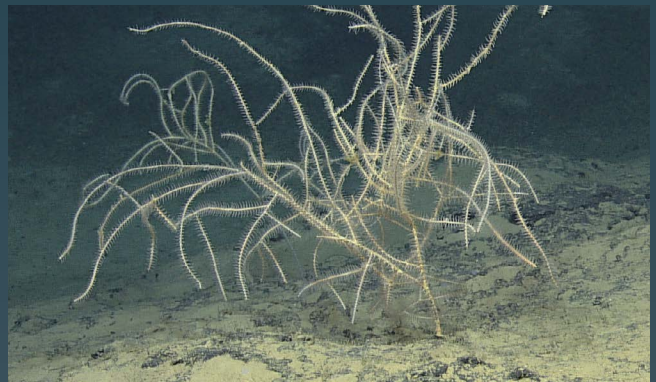
מרבית אתרי אלמוגי העומק נמצאים בדעיכה ברחבי הים התיכון, כנראה בעקבות שינויי אקלים, פגיעה ישירה מדיג קרקעית⁽²⁵⁾, והרחפת סדימנט הנובעת מסחף קרקע מואץ ביבשה או עבודות תשתית ודיג מכמורת בים⁽⁸⁾.

בין המינים הבולטים שנמצאו באתר הפרעת פלמחים ניתן למצוא מספר מינים נדירים, רובם מצויים בסכנת הכחדה על פי ארגון IUCN:

חברת אלמוגי העומק האופיינית להפרעת פלמחים, הכוללת בין השאר את המינים: *Isidella elongata*, *Swiftia pallida*, *Antipathes dichotoma*, *Leiopathes sp.* *Viminella flagellum*



***Antipathes dichotoma* - חין נוסף של אלמוג שחור, אנדמי לים התיכון.** אלמוגים שחורים נידוגו בעבר ואוכלוסייתם ברחבי הים התיכון נפגעה קשה. חלבון הכיטין ממנו הם בנויים שימש ליצירת תכשיטים.



Callogorgia verticillata - גורגוניה לבנה גדולה הנותנת מחסה לסרטנים החיים סביבה.



Viminella flagellum - אלמוגי שוט צהובים היוצרים מרבדים צפופים המתנשאים לגובה של כמטר, ומהווים בית למיני דגים וחסרי חוליות שונים.



Isidella elongata, אלמוג הבמבוק.

אלמוג רך החי על מרבצים של בוץ מוקשה בים העמוק, אנדמי לים התיכון והמין היחיד ממשפחתו המתקיים כאן, נמצא בסכנת הכחדה חמורה. אלמוג זה התגלה כבעל יכולות ביולומינציה, תהליך זה, המתקיים באלמוגי עומק, עדיין בתהליכי מחקר להבנת תפקידו האקולוגי.



מגוון מיני שושנות נרתיק מסדרת הצריינטיים (*Cerianthus*) החיות על המצע הרך.

שושנות ים אלו הן בעלות רגל ארוכה המשמשת אותן להתחפרות בחול. סביב רגלן הן מפרישות ריר שמדביק אליהן חלקיקים מהסדימנט, וכך נוצר צינור גמיש, אליו הן יכולות להתכנס מתחת לקרקע כשהן חשות בסכנה.



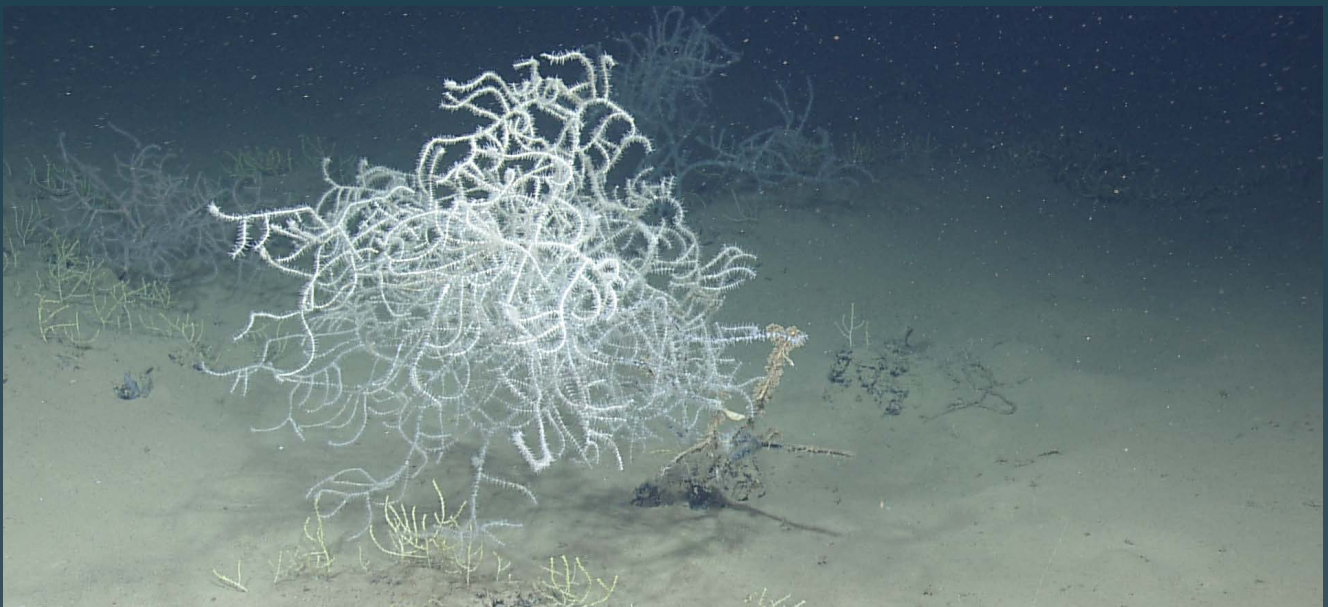
***Epizoanthus* sp - שושנות ים מושבתיות קטנות, כ-3 ס"מ אורך ו-1 ס"מ רוחב, יוצרות מושבות צפופות אשר מכסות את הסלעים הקרבוניטים.**



Epizoanthus sp עלולות לחיות גם כצמדה על גבי אלמוגי העומק או חסרי חוליות אחרים. לדוגמה, בתמונה זו מושבה של שושנות ים הגדלה על גבי אלמוג *Leiopathes sp*.



***Leiopathes sp* - מין של אלמוג שחור שהתגלה באתר "הפרעת פלמחים" ואנדמי למקום.** שלדו עשוי מחלבון, ובכך הוא נבדל מרוב אלמוגי האבן שהשלד שלהם מורכב מסידן פחמתי. אלמוגים אלו גדלים בקצב איטי ביותר (מספר מיקרונים בשנה בלבד!) ולאורך זמן רב. אלמוגים מסוג זה הם בעלי החיים הזקנים ביותר החיים כיום בכדור הארץ, נמצאו מושבות בנות למעלה מ-4000 שנים!⁽²⁶⁾



החיים סביב נביעות הגז

החיים על פני כדור הארץ התחילו, כנראה, בים העמוק, במקור אנרגיה שאינו מתבסס על אור השמש, אלא אולי דווקא על נביעות קרות של גז מהקרקעית ⁽¹⁸⁾.

סביב נביעות הגז התפתחו חיידקים המבצעים "יצרנות ראשונית" – מפיקים אנרגיה וחומר אורגני "יש מאין", בדומה לצמחים, אך על בסיס תרכובות כימיות. החיידקים (מכונים "כימו-סינתטיים") מנצלים תרכובות כגון מתאן, סולפידים (תרכובות גופרית) ומימן כחומר גלם לתהליך כימי המפיק אנרגיה. המתאן מספק גם את מקור הפחמן לבניית החומר האורגני. על בסיס יצרנות זו התפתחה חברה אקולוגית ייחודית, הנבדלת לחלוטין מרוב המערכות האקולוגיות המוכרות לנו, אשר המבוססות על אור השמש ותהליך הפוטוסינתזה כמקור אנרגיה.

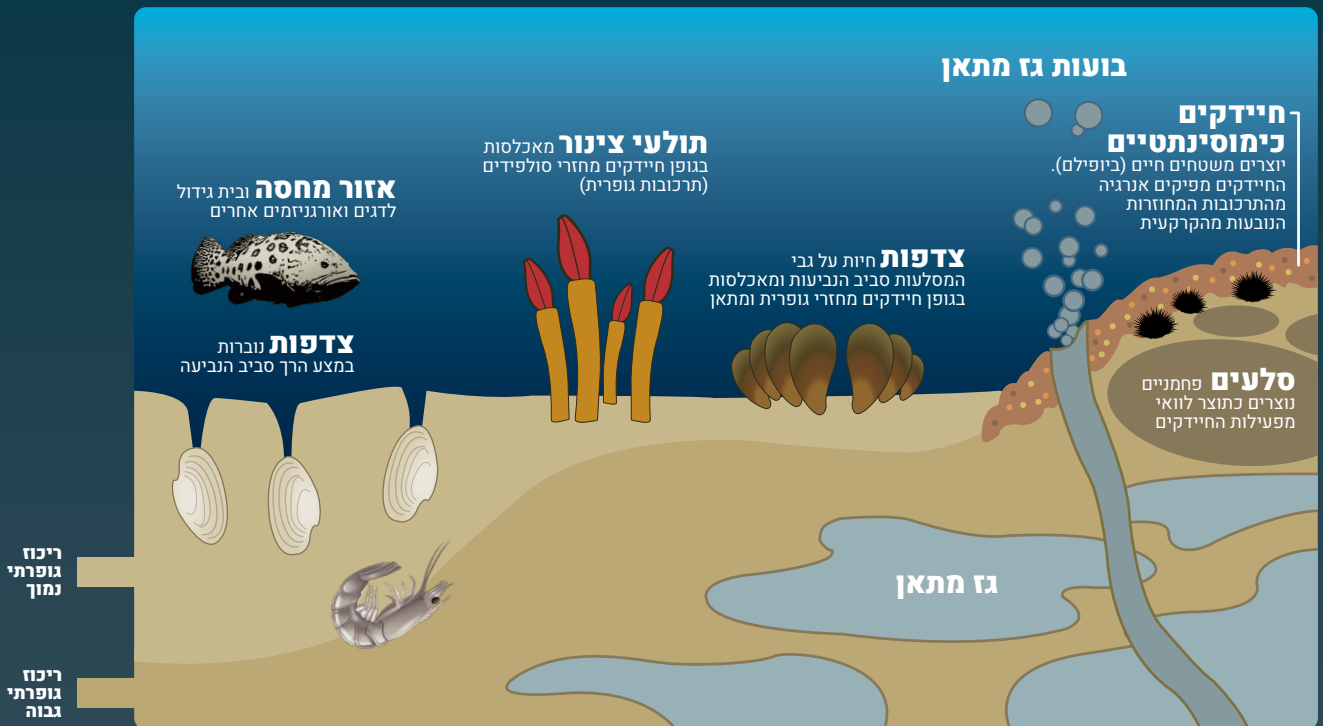
חלק מבעלי החיים במערכת האקולוגית מקיימים חיי שיתוף (סימביוזה) עם החיידקים, ו"מארחים" אותם בתוך גופם כסימביונטים. למשל, תולעים החיות בסימביוזה עם חיידקים המפיקים אנרגיה מתרכובות גופרית, וצדפות המאכלסות בגופן חיידקים מחזרי מתאן. בעלי חיים אחרים, כמו קיפודים וסרטנים, ניזונים ישירות ממצע חיידקים הגדל והעוטף את הסלעים סביב הנביעות. שאר בעלי החיים, למשל דגים שונים, ניזונים מבעלי החיים הנ"ל, ומהווים את "טורפי העל" של המערכת ⁽¹⁸⁾.

נביעות הגז מהוות אי של עושר ביולוגי בים העמוק, השומם ברובו באגן המזרחי של הים התיכון, לא רק בגלל היותם מקור לאנרגיה וחומר אורגני, אלא גם בגלל היותן אי של מצע קשה בסביבה של מצע רך: נביעות הגז יוצרות משקעים של סלעים פחמניים קשיחים, בתהליך המתווך על ידי חיידקים כימוסינתטיים. על סלעים אלו מתיישבים מגוון בעלי חיים. סלעים ביוגניים (נוצרו בתיווך של תהליך ביולוגי) אלה מהווים מקור נוסף למגוון הביולוגי בסביבה, מכיוון שהמורכבות המבנית של המצע הסלעי הקשה מאפשרת התפתחות של עושר ביולוגי רב ⁽²⁷⁾.

כאשר אוזלים מאגרי האנרגיה הכימית, הרכב מי הים מתאזן עם הסביבה וחוזר להרכבו הרגיל, ובשלב זה מסוגלים להתיישב על סלעים אלה בעלי חיים חדשים, שאינם קשורים למערכת הכימוסינתטית. בעלי חיים אלה מייצרים חברה אקולוגית חדשה, המנצלת את המצע הקשה שיצרו הנביעות, אך ניזונים מ"שלג ימי" ומקורות אנרגיה אשר לא קשורים למארג הכימוסינתטי, כגון אלמוגי העומק.

נביעות גז התגלו בים התיכון באתרים שונים, ולאחרונה גם בתחום המים הכלכליים של ישראל. מערכות אקולוגיות אלה הן ייחודיות, ונמצאו כנבדלות מהמקבילות להן באוקיאנוס האטלנטי בהרכב המינים. לדוגמה, בנביעות הגז בים התיכון ישנן מיני צדפות ייחודיות, שהן קטנות מהמינים המקבילים להן באוקיאנוס האטלנטי⁽⁸⁾.

איור סכימטי של החיים בנביעת גז בים העמוק

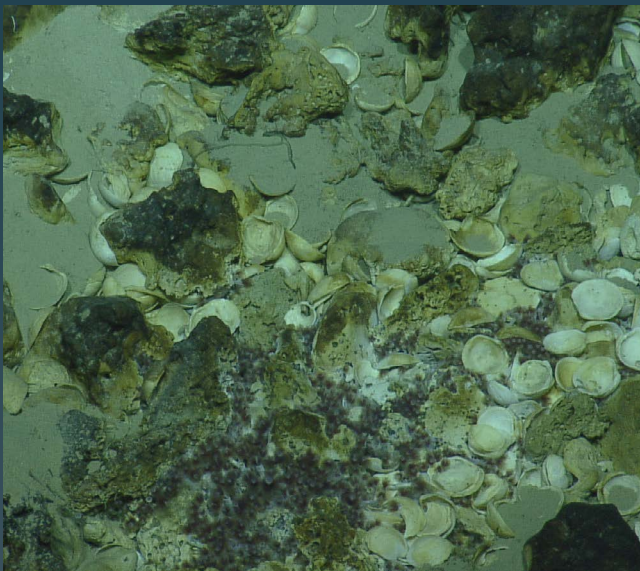


נביעת גז בעומק 1100 מטרים בהפרעת פלמחים. תולעים עם סימביונטים כימוסינטטים *Lamellibrachia anaximandri*, קיפודים הניזון מהמצע החיידקי, סרטן *Bathynectes maravigna*.



שרידי צדפות המאכלסות חיידקים סימביונטים כימוסינטטים, וביופילם (חברת חיידקים הגדלה על גבי המצע אשר ניזונים מהתרכובות הנפלטות מהנביעה) הנראה כמרבד אפור על גבי הנביעה.

התולעים *Lamellibrachia anaximandri* בתקריב.



סביב הנביעות בהפרעת פלמחים אותרה גם פעילות משמעותית של בעלי חיים הנוברים בתוך המצע הרך. בעל החיים העיקרי שנמצא הוא מין של חסילון נדיר (*Calliax lobata*), שנמצא השנה גם בסביבה של נביעות קרות ממפרץ קדיז ליד מצרי ג'יברלטר⁽²⁸⁾. לחסילון זה חשיבות רבה ביצירת ערבול בסדימנט ועידוד יצירת המסלעות במקום.

החסילון *Calliax Lobata* שהתגלה בתור הנובר העיקרי במצע הרך באזור נביעות הגז, ומעודד את יצירת המסלעות, נצפה לראשונה בים תיכון הישראלי בהפרעת פלמחים. הגדרה טקסונומית: בלה גליל. צילום: עוז ריטנר, מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהרדט, אוניברסיטת ת"א.



נבירות במצע הרך באזורים הקרובים לנביעות הגז בעומק של 1100 מטרים בהפרעת פלמחים.



נביעות גז והסלעים הקרבונטים הנוצרים בקרבתן, 1156 מטר עומק, בהפרעת פלמחים.



המצע הרך - מדרון הים העמוק והבתיאל

קרקעית הים איננה מקשה אחת, ומהווה מגוון בתי גידול שונים, המתהווים הן בהתאם לעומקים השונים והן בהתאם למצע, לגאומורפולוגיה ולטופוגרפיה של הקרקעית.

למרות שבתי הגידול הייחודיים, כמו גני אלמוגים ונביעות גז, מושכים פעמים רבות את תשומת הלב, חשוב לזכור שמרבית שטח הים העמוק הוא שטח של מצע רך. החלק המקשר בין הים הרדוד ומדף היבשת לבין קרקעית הים העמוק נקרא "מדרון היבשת". בחופי ישראל הוא מתאפיין בדרך כלל בקרקעית של מצע רך, ונמצא בעומקים של 200 עד 1000 מ' (בית גידול זה מכסה שטח של כ-3000 קמ"ר בתחומי הים התיכון הישראלי, ומצוי בעיקר בתחום המים הכלכליים).

הבתיאל משתרע בעומקים של מעל קילומטר אחד (בהיקף של כ-20,000 קמ"ר בתחומי המים הכלכליים של ישראל. מדרון היבשת והבתיאל מהווים את שני בתי הגידול הגדולים ביותר במים הכלכליים של ישראל ובשטחם מצויים רוב הרישיונות לחיפושי נפט וגז⁽²⁹⁾.

מניתוח חברת החי בתוך ועל המצע, ניכר כי ניתן לאפיין את שטח המצע הרך בים העמוק כשלושה בתי גידול מרכזיים: המדרון הרדוד בקצה המדף, המדרון העמוק והבתיאל.

ככלל, נמצא כי צפיפות בעלי החיים יורדת בצורה מעריכית (אקספוננציאלית) עם העומק, וגם מספר המינים יורד בהתאם לבתי הגידול השונים (כ-200 מינים במדרון הרדוד, כ-170 מינים במדרון העמוק, וכ-140 מינים בבתיאל)⁽³⁰⁾. לא העומק כשלעצמו (הלחץ האטמוספרי) הוא הגורם המשפיע, אלא פרמטרים נוספים אשר משתנים יחד עם גרדיאנט העומק, כגון אספקת המזון שדועכת במהירות עם ההעמקה. ממצאים ראשוניים בנושא דגי סחוס מצביעים על כך שדווקא לגביהם השפעה שלהם נמוך יותר במים הרדודים, כנראה בגלל דיג יתר המתבצע במים הרדודים באינטנסיביות רבה יותר מאשר בעומק.

המצע הרך של הים העמוק רגיש במיוחד להפרעות (כמו הנחת תשתית, הרחפת סדימנט ו"חריש" על ידי רשתות דיג מכמורת) מכיוון שקצב ההתחדשות וההשקעה של המצע הוא איטי במיוחד: קצבי השקעת המצע (סדימנטציה) נמוכים מאד במדרון היבשת (כ-0.08 סמ"ר לשנה) ועוד יותר נמוכים בקרקעית הבתיאל. קצב איטי זה מעיד על אספקה נמוכה של חומר אורגני, וקצבי התחדשות מצע איטיים ביותר בבתי גידול אלו⁽³¹⁾.

קניונים תת ימיים

קניונים תת ימיים, למשל כמו קניון אכזיב בתחומי המים הריבוניים של ישראל, הם בעלי חשיבות אקולוגית מיוחדת. הם מרכזים חומרי הזנה מהיבשה (המגיעים, למשל, משפכי נחלים) ויוצרים סביבה הידרודינמית ייחודית בעלת משטר זרמים אינטנסיבי יותר. לכן הם מהווים "מבלע", ויש בקרקע שלהם ריכוז פחמן (החשוב ליצורים החיים) גבוה יותר מאשר בסביבה. בהתאם, דווח על ביומסה גבוהה יותר של חי ימי בקניון התת ימי לעומת השטח שמחוץ לקניון (הדבר דומה לערוץ נחל במדבר, שבו יש ריכוז גבוה יותר של מים, הגורם המגביל במדבר, ולכן גם מרכז אליו יותר חי וצומח).

הקניונים הם גם אזור מחייה עבור יצורים אנדמיים. כך למשל, דווח על הידרו-מדוזות ממינים אנדמיים שהיו ייחודיים לקניונים תת ימיים, ונבדלים מקרוביהם שהיו רחוקים מהם רק כ-100 ק"מ.

קניונים תת ימיים נמצאו כמערבלים את עמודות המים שמעליהם, ומעשירים אותה בחומרי מזון. ואכן, מעל קניונים תת ימיים נמצא ריכוז גבוה יותר של דגים פלאגיים, לווייתנים ועופות ים, שכנראה נהנים מהעושר שנובע מהקניון התת ימי. קניונים אלה הם כנראה בעלי חשיבות מסחרית לענף הדיג, כאזור מפלט והתחדשות עבור דגי קרקעית וחסילונים ("שרימפ")⁽⁸⁾.

נבירות במצע הרך בקרקעית הים, המעידות על שפע היצורים החיים ונסתרים בתוך הקרקעית הרכה.
צילום: אורית ברנע ורמי צדוק.



דגי הים העמוק

דגי קרקעית, כרישים וכימרות

בים העמוק חיים דגים שונים המותאמים לחיים המאתגרים בו. ביניהם, ניתן למצוא דגי כימרה, כרישים, בטאים, צלופחים, "דגי חצובה" (*tripod fish*), צינן אמריקני ("דקר כסף") ועוד. דגים שונים פיתחו אסטרטגיות שונות על מנת להתמודד עם התנאים הקיצוניים של הים העמוק.

על מנת לחסוך באנרגיה ישנם דגי עומק הממעטים לנוע, ועברו התאמות על מנת לשכון על גבי הקרקעית ולהשיג מזון במינימום השקעת אנרגיה, למשל דגי החצובה (*Bathypterois dubius*) העומדים על גבי הקרקעית בעזרת סנפירי הגחון שלהם עם פניהם פונים לזרם ולוכדים חסרי חוליות קטנים המגיעים אליהם.

דג החכאי משתמש בבליטה מוארכות היוצאת ממרכז ראשו, אשר בקצה שלה ישנה פיתיון של חתיכת עור, וכך הוא שוכן על הקרקעית תוך השקעה מינימלית של אנרגיה ומפתה את טרפו להגיע אליו.

מכיוון שבים העמוק אין כמעט אור, בעלי חיים מסתמכים על חושים אחרים על מנת למצוא מזון, כגון חוש המישוש או חישה חשמלית. אחד הדגים המיוחדים אשר תועדו בהפרעת פלמחים היה דג כימרה, ממשפחת "כרישי הרפאים", *Chimera monstrosa* אשר משתייך למשפחה שהתפצלה ממשפחת הכרישים לפני כ-400 מיליון שנה וישנו רק תיעוד מועט שלו חי בסביבתו הטבעית.

בדגימות שנאספו מול חופי ישראל נמצאו בסך הכל 56 מינים של דגי עומק ⁽³³⁾.

במהלך סקר שנערך בשנים 2008-2017, וכלל 238 סקרי מכמורת, ניכר כי מדרון הים העמוק והבתיאל מהווים בתי גידול חשובים עבר דגי הסחוס. מתחת לעומק 250 מטר, כמות הכרישים והבטאים גדולה בסדר גודל מאשר במים הרדודים יותר, יתכן שבעקבות דיג יתר במים הרדודים.

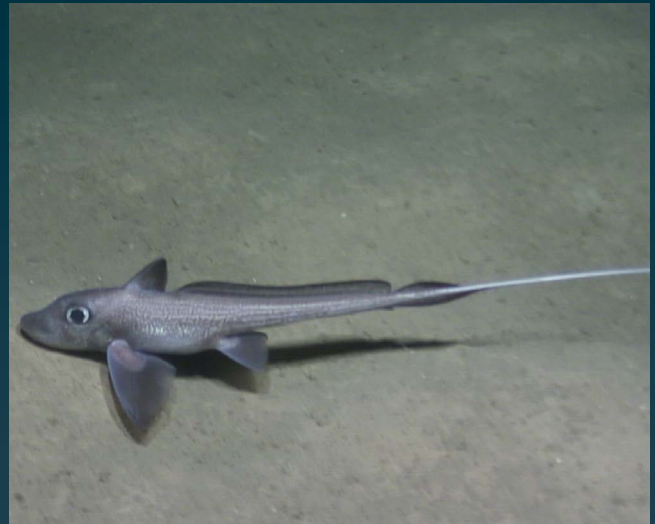
ישנם בטאים שהעומק מהווה מפלט עונתי עבורם, למשל תריסנית קוצנית *Raja clavata*, בטאי בסכנת הכחדה, נמצאה כבעל נדידה עונתית, כאשר בחורף נמצאו רק בעומק של 80 מטר, ובקיץ נמצאו אך ורק ב-400 מטר עומק, וכן מינים שכל חייהם נמצאים אך ורק במים העמוקים דוגמת תריסנית חטמנית *Dipturus oxyrinchus* ⁽³⁴⁾.

תמונות של דגים וכרישי עומק:

Blackbelly rosefish, נח תחת אלמוג שחור בעומק 750 מטרים בגני האלמוגים שבהפרעת פלמחים. זהו דג קרקעית הצד את טרפו ממארב, אורכו כ-25 ס"מ.



Chimera monstrosa, דג הכימרה המכונה גם כריש רפאים, בתיעוד נדיר שלו בסביבתו הטבעית בהפרעת פלמחים, אורכו כמטר.



Greeneye, דג קוסמופוליטי קטן, בעל פלורוסנציה חזקה. עיניו מסננות את האור אשר מגיע מפני הים, אך קולטות אור ביולומינסנטי אשר לרוב מאופיין בצבעי הטורקיז, וכך יכול לאתר בצורה טובה יותר את מזונו במעמקי הים.



Lophius budegassa, דג החכאי אשר תועד בהפרעת דור מושך אליו טרף ממארב בעזרת בליטת עור המשמשת כפיתיון.



Galeus melastomus, גלדן שחור פה, כריש קטן (כ-40 ס"מ), הכריש הנצפה ביותר במעמקי הים התיכון, נפוץ בים התיכון ובצפון האוקיינוס השקט.



Oxynotus centrina, טריזן צניני, כריש עומק בגודל בינוני לרוב באורך של כמטר אחד, נמצא בים התיכון ובאוקיינוס השקט, נמצא בסכנת הכחדה עקב דילול מסיבי באוכלוסיותו, כנראה עקב תפיסה לא מכוונת כשלל נלווה בדיג מכמורת.



Bathypterois dubius, נקרא גם דג חצובה. הדג הנפוץ ביותר במעמקי מזרח הים התיכון ⁽³²⁾, יושב על גבי סנפירי הגחון שלו ומשחר לטרף אשר מגיע אליו עם הזרמים.



Centrophorus granulosus, קוצן מגובשש, כריש עומק גדול יחסית, כ-120 ס"מ אורך, מגיע לגיל בגרות מינית מאוחר יחסית (12-16 שנה בנקבות). הנקבה מגיעה לבגרות ומולידה צאצא אחד לאחר תקופת הדגרה של שנתיים. עקב מחזור החיים האיטי שלהם ותפיסתם כשלל נלווה בדיג מכמורת הם נמצאים בסכנת הכחדה חמורה בים התיכון.



שיאני העומק - קווצי העור

חלק ניכר מבעלי החיים בים העמוק משתייכים לקבוצת קווצי העור (מלשון "קוצים על העור"), קבוצה בעלת סימטריה מחומשת ייחודית הכוללת בתוכה את קיפודי הים, נחשוני הים, כוכבי הים, מלפפוני הים וחבצלות הים.

קווצי עור מהווים את עיקר בעלי החיים שנמצאים באזורים העמוקים ביותר של האוקיינוסים, מעל 90% ממצאי בעלי החיים הגדולים ("מקרופאונה") בעומקים של מעל 7,500 מטרים. ישנם מלפפוני ים שנמצאו באזורים העמוקים ביותר באוקיינוסים, בתחתית שקע מריאנה בעומק של כמעט 11 ק"מ!⁽³⁵⁾

בעלי חיים ממערכה זו יכולים להשיג את מזונם על ידי מגוון דרכים:

מלפפוני ים יכולים לבצע סינון החומר האורגני הנושר לקרקעית הים. נחשוני הים מרימים את זרועותיהם על מנת ללכוד חלקיקי מזון ובעלי חיים קטנים בזרמים מעל קרקעית הים. קיפודי הים יכולים להשיג את מזונם על ידי טריפה של חסרי חוליות אחרים, על ידי אכילת "שלג ימי" (חלקיקי מזון הנושרים לקרקעית מהמים הרדודים שמעליהם), או אכילה של מצע חיידקי הגדל סביב נביעות הגז.

כוכבי ים מסדרת *Brisingida* המותאמים לחיים בים העמוק. יש להם בין 6-18 זרועות, לרוב הן מורמות על מנת לתפוס מזון הנע בזרם בעזרת הקוצי השלד שלהם אשר עברו התאמה והארכה לתזונת סינון. תמונות אלו הן ככל הנראה התייעוד הראשון של מינים אלו ממזרח הים התיכון.



האיומים על הים העמוק

“

הים הוא האוצר הגדול של הטבע. למעשה, ראשיתו של העולם היא בים, ומי יודע אם קצו לא יהיה בו! שם השלווה העילאית.

- ז'ול וורן, עשרים אלף מיל מתחת למים.

”

האיומים על הים העמוק

הים העמוק של הים התיכון מאכלס חברות אקולוגיות שהותאמו לתנאים עניים בחומרי הזנה, לצד חברות של "איים" של עושר ביולוגי ויצרנות גבוהה (למשל נביעות הגז וגני האלמוגים העמוקים). חברות אקולוגיות אלה הן רגישות ביותר להפרעות של הרס בית הגידול (דיג מכמורת, תשתיות), דיג של טורפי העל של המערכת (למשל דיג בשיטת "ג'יג"), השלכת פסולת, וזיהום (בעיקר סכנה מזיהום כתוצאה מפעילות תעשיית הגז והנפט).

כיום מתבצעות בים העמוק של ישראל, בתחום המים הכלכליים, פעולות פיתוח וניצול משאבי טבע כמו חיפוש והפקת אנרגיה, הנחת תשתיות ודיג. כל זאת – **כשתחומי פעילות מסוימים כלל אינם מוסדרים בחקיקה באזור זה, ואלו שמוסדרים, אינם כוללים מנגנוני איזון ובקרה סביבתיים וציבוריים, נדרש על פי אמנות בינלאומיות וכמצוי בתחומי המים הריבוניים**. בכך, מדינת ישראל פועלת בניגוד לנוהג הבינלאומי, כפי שהוא מעוגן באמנת הים (UNCLOS) ובאמנות בינלאומיות שונות **(להרחבה - נספח א')**.

חיפוש והפקת גז ונפט

כיום מבוצעות בים העמוק בעיקר פעולות הקשורות לחיפוש והפקת אנרגיה. לתעשיית הנפט והגז בים העמוק השפעות אקולוגיות שונות, הנובעות מתהליכים הנדסיים בשלבים שונים בתהליך החיפוש וההפקה, הכוללות חיפוש מאגרים, הקמת מתקנים בים, תפעולם השוטף ופירוקם, ואת הפוטנציאל לתאונה בכל אחד מהשלבים הללו. ההשלכות האפשריות על הסביבה הימית הודגשו בסקר סביבתי שערך משרד האנרגיה בנוגע לחיפוש והפקה של נפט וגז טבעי בים⁽³⁶⁾.

שלב החיפוש

בשלב **החיפוש**, מבצעים סקרים סיסמיים של תת הקרקע, על ידי אותות אקוסטיים חזקים. אותות אלו לרוב מתקבלים על ידי שחרור אויר דחוס מחולל אנרגיה (Airgun), ויוצרות גל בעל תדר נמוך המשוחזר כלפי הקרקעית וחוזר לספינה. גלים אקוסטיים אלו מאיימים על צבי הים ויונקים ימיים, ועלולים להשפיע על התנהגותם במרחק של קילומטרים מספינת החיפוש, ואף להסב פגיעות טראומה במרחק של מאות מטרים.

שלבי ההפקה וההולכה

פעילות הנדסית הכוללת קידוחים, עיגון תשתיות ואסדות, הנחת צנרת, הערמת מטען קידוח וכו' גורמת לפגיעה משמעותית ולעיתים בלתי הפיכה בבתי גידול בעלי מצע קשה, הן למצע והן לבעלי החיים היושבים על גביו. הרחפת סדימנטים כתוצאה מפעולות קידוח, עיגון והנחת תשתיות תפגע בבעלי החיים בסביבת העבודה, תפגע ביכולות הסינון של בעלי חיים מסננים ותמנע מהם אספקה של מזון, ועלולה לכסות אזורים בעלי מצע רך ולקבור בעלי חיים ישיבים.

הזרמת מי תוצר תשפיע על הכימיה של המים ועלולה להסב נזקים במרחק מאות מטרים מהאסדה. שינוע אסדות קידוח ברחבי האוקיינוסים מהווה תשתית להפצת מינים פולשים בסביבה הימית.

תאונה אשר תגרום לשפיכה של כמויות גדולות של הידרוקרבוניו הינה בעלת פוטנציאל קטסטרופלי בסביבה הימית, ותגרום לפגיעה קשה במגוון גדול של אורגניזמים. לאחר האסון במפרץ מקסיקו בשנת 2010 (Deepwater horizon, בה התרחשה דליפת הנפט הגדולה בהיסטוריה במשך 87 יום מפי באר בעומק 1370 מטרים) נערך מחקר על נזקים אקוטיים וכרוניים בסביבת הים העמוק, ונצפתה פגיעה קשה בבעלי החיים במרחק 3 ק"מ מפי הבאר, ופגיעה בינונית במרחק של עד 17 ק"מ מפי הבאר⁽³⁷⁾. תוארו פגיעות שונות באלמוגי העומק ובאורגניזמים נוספים בסביבה זו כתלות במרחק מפי הבאר, עד 22 ק"מ מפי הבאר ו-600 מטר עמוק יותר ממנה!⁽³⁸⁾ זהו אינו תרחיש תיאורטי: בשנת 2012 התרחשה דליפת מים בקידוח לווייתן 2, בתחומי המים הכלכליים של ישראל, אשר בנסיבות אחרות היתה עלולה לגרום לאסון סביבתי. משך הזמן שארך עד להפסקת הדליפה הוא שנה שלמה, מכיוון שהטיפול בתקלות בים העמוק הוא מורכב מאוד הנדסית וכלכלית⁽³⁹⁾.

מאפייני הצמיחה האיטיים ומיעוט האנרגיה הזמינה בסביבה זו מובילה להתחדשות איטית של המערכות האקולוגית ועלולה לקחת עשרות שנים ואף יותר. כאשר מספר גורמי הפרעה חוברים יחדיו ישנו פוטנציאל לנזק מצטבר אשר גבוה מסך חלקיו הבודדים.

דיג

פעילויות דיג קרקעית עלולות להסב נזקים אדירים לבתי הגידול הרגישים של הים העמוק ועלולות לחרב את גני האלמוגים של המים העמוקים^(41,40) הפגיעות במיוחד מכיוון שלא אלמוגי העומק קצב גידול איטי במיוחד (אלפי שנים).

דיג במערך קרסים עמוק (שארסקים) גורף עימו את האלמוגים הזקורים העומדים על פני הקרקעית ופוגע קשות בשוניות אלמוגי העומק⁽²⁴⁾ ודיג המכמורת משטח את הקרקעית וגורף כל דבר העומד בדרכו. דיג המכמורת בעולם מגיע לעיתים גם לעומקים גדולים של מאות מטרים (נכון להיום –

בישראל מתבצע דיג מכמורת מועט בעומקים אלה, וזורע שם הרס רב הפוגע בכל יצורי הקרקעית השוכנים בים העמוק. ההרס אינו נובע רק מפגיעה ישירה של רשת המכמורת באלמוגים, אלא גם מהרחפת הסדימנט באתרים שסמוכים להם או מעליהם. למשל, נמצא כי דיג מכמורת בעומק 600-800 מ' הרחיף סדימנט שהגיע לעומק 1200 מ'!⁽⁴²⁾ סדימנט זה עלול להשפיע על מערכות הסינון הרגישות של אלמוגי המים העמוקים ובעלי חיים נוספים הניזונים בשיטה זו. בחישוב גלובלי, כמות הסדימנטים המורחפים והמוסעים על ידי דיג מכמורת בעולם שווה מבחינה כמותית לכל הסדימנטים המגיעים למדף היבשת דרך נהרות⁽⁴³⁾. בסקר שנערך באזורי שוניות עומק בטסמניה, נראו השפעות הרסניות ובלתי הפיכות עקב דיג מכמורת – ירידה בשני סדרי גודל בכיסוי האלמוגים על הקרקעית ועקב כך ירידה פי 3 (!) בעושר ומגוון המינים בסביבה. עשר שנים לאחר הפסקת דיג המכמורת לא נצפה שם שיקום של בית הגידול⁽⁴⁴⁾. במחקרים השוואתיים שנערכו בצפון-מערב הים התיכון לחופי צרפת, ניכר כי באזורים בהם בוצע דיג מכמורת, ישנה ירידה של 80% בכמות המיו-פאונה (חברת בעלי החיים הקטנים החיה בתוך המצע), הפחתה בחצי בכמות החומר האורגני, ירידה של 50% במגוון הביולוגי, ואובדן של 25% ממיני הנמטודות⁽⁴⁵⁾. דיג מכמורת מוביל לקריסת בתי גידול של הקרקעית, פגיעה משמעותית בשירותי המערכת האקולוגית מבתי גידול אלו, ומשבש מעגלים ביו-גיאוכימיים. דיג מכמורת אף פוגע באתרים ארכיאולוגיים תת ימיים⁽⁵⁸⁾.

ככל שתתפתח הטכנולוגיה, והדגה במדף היבשת תמשיך להידלדל כתוצאה מדיג יתר, עלול דיג המכמורת להעמיק ולחרוש את הקרקעית בצורה אינטנסיבית יותר בים העמוק, גם בישראל⁽⁴⁶⁾. ברמה הגלובלית, כ-40% מדיג המכמורת מבוצע כיום עמוק יותר ממדף היבשת⁽⁴⁷⁾. חמור מכל – מכיוון שהים העמוק הוא מערכת עם יצרנות ביולוגית איטית ביותר (ובהתאם – קצב מטבוליזם וכושר ריבוי נמוך ליצורי הים העמוק), דיג מכמורת באזורים אלה הוא "חד פעמי" – משמיד את השטח בו הוא חורש, אך מרחב זה לא מתחדש⁽⁸⁾. חקיקה באיחוד האירופי קבעה איסור גורף על דיג בים התיכון בעומק העולה על 1000 מטרים כבר בשנת 2005⁽⁴⁸⁾, ובנוסף בשנת 2016 נאסר דיג מכמורת בעומק של מעל 800 מטרים בצפון האוקיינוס האטלנטי, ואיסור דיג קרקעית באזורים בעלי רגישות גבוהה (למשל בתי גידול ייחודיים כמו גני אלמוגים, מרבדי אצות ועשב ים) גם במים רדודים יותר⁽⁴⁹⁾.

בסקרים האחרונים שבוצעו על גני אלמוגי העומק לחופי ישראל על ידי חוקרים מאוניברסיטת חיפה נמצא ציוד דיג מסובך באלמוגים ובסביבתם, ואף נצפו שוניות שלמות שנפגעו קשות מפגיעת רשתות מכמורת בעומקים של כ-500 מטרים. **בתחומי המים הכלכליים של ישראל, יש לוודא שלא יותר למכמורת לבצע דיג בים העמוק.**

סימני "חריש" של רשת מכמורת החורצת את הקרקעית הרכה של הים העמוק. בגלל קצב היצרנות הנמוך בים העמוק, צלקות המכמורת משתקמות רק לאחר שנים רבות מאוד, והשיקום מהנזק האקולוגי הוא איטי מאוד.



■ ציוד דיג המסובך באלמוג עומק *Leiopathes sp*.



■ סלעים קרבונטיים (פחמניים) מרוסקים בעומק 436 מטרים בהפרעת פלמחים. לא נצפו מושבות אלמוגים גדולות, אלא רק מספר מושבות צעירות ופזורות בסביבה. ככל הנראה היו כאן שוניות של אלמוגי עומק שרוסקו על ידי פעילות מכמורתנים.



■ תיעוד פעילות ספינת מכמורת בים העמוק של ישראל, קיץ 2018. המצולע האדום מצד שמאל מסמן את גני האלמוגים של הפרעת פלמחים. תיעוד מתוך אתר marinetrac - יוסף סגל, החברה להגנת הטבע.



תאריך יציאה - 23.7.18

תאריך חזרה - 26.7.18

הים העמוק משמש גם לעיתים כאתר השלכה לפסולת, גם מול חופי ישראל. ההשפעות של פסולת זו לא נחקרו לעומק, אך באתר השלכה של פסולת אבק פחם, כ-70 ק"מ מול חופי ישראל, בעומק 1400 מ', נמצאו השפעות שליליות ברורות על חברת החי בקרקעית באתר ההשלכה ⁽⁵⁰⁾.

פסולת פלסטיק, כגון בקבוקים ושקיות, מהווה כ-70% מהפסולת בים העמוק ⁽⁵¹⁾, לצד פסולת מתכת וציוד דיג. פסולת זו מצטברת באזורים בעלי משטרי זרימה חזקים כגון קניונים ושפכי נהרות.

באתר הפרעת פלמחים נמצאו אתרים עם ריכוזי פסולת גבוהים מאד עקב משטרי הזרימה ותצורת קרקעית הים (טופוגרפיית הקרקעית – הבתימטריה). כמו כן, קרקעית הים היא אזור מבלע משמעותי למיקרופלסטיק: במחקר שנערך בים התיכון ובאוקיינוס האטלנטי נמצאו חלקיקי פלסטיק בכל דוגמאות הקרקעית שנאספו, בריכוז גדול בארבע סדרי גודל ליחידת נפח לעומת ריכוזם במים העליונים! ⁽⁵²⁾ מכיוון שבים העמוק בעלי חיים רבים ניזונים מסינון חלקיקים מעמודת המים או מהפקת חומר אורגני מהסדימנטים, ניתן להבין כי חלקיקים אלו יכנסו למארג המזון ויפגעו בבעלי החיים.

איומי העתיד

הים הוא סביבה המהווה יעד פיתוח עבור מדינות ויזמים ברחבי העולם. בעתיד עלולים לצוץ איומים נוספים, שלא נסקרו במסמך זה, למשל במקרה שיתגלו מרבצים של מינרלים בקרקע הים, אשר יהוו יעד לכרייה ⁽⁵³⁾.

שקיות פלסטיק שוקעות לקרקעית הים ומזהמות את הנביעות בהפרעת פלמחים. שקית ניילון עלולה לחנוק קהילה שלמה של בעלי חיים.



פסולת בקרקעית הים בהפרעת פלמחים: שקיות ניילון אשר חונקות את האלמוגים, ציוד דיג אשר הסתבך במסלעות ובאלמוגים וננטש, ואף חביות מחלדות וכסאות שיזוף שנזרקו ושקעו באתר.





■ מערום פסולת אשר הצטברה בקרקעית הים בהפרעת פלמחים בעומק של קילומטר.



המלצות לשמירת הטבע בים העמוק של ישראל

“

**מדוע אפוא לא ישמור הים, במצולותיו הנעלמות,
את השרידים הענקיים של עידן שחלף, הים שאינו
משתנה לעולם, לעומת גרעין האדמה הנתון לתמורות
מתמידות?**

- ז'ול וורן, עשרים אלף מיל מתחת למים.

”

לאור מחויבות ישראל להגנה על הטבע הימי שלה, גם בתחומי המים הריבוניים וגם בתחומי המים הכלכליים (להרחבה - נספח א'), להלן ההמלצות המרכזיות לשמירת הטבע בים העמוק של ישראל:

1. שמורות טבע ימיות

הכרזה על שמורות טבע ימיות בים העמוק, הן בתחומי המים הטריטוריאליים (למשל שמורת ים אכזיב, ממרחק של 15 ק"מ מהחוף ועד גבול המים הטריטוריאליים כפי שמופיע בתכנית האב לשמורות טבע ימיות של רט"ג, 2012), והן בתחומי המים הכלכליים. לצורך כך, יש לקדם את חוק האזורים הימיים, ובמסגרתו לוודא כי חוק גנים לאומיים ושמורות טבע מאפשר הכרזה על שמורות טבע ימיות, במתכונת של הגנה מלאה כפי שקיימת בתחומי המים הטריטוריאליים: שמורת טבע בניהול רט"ג, עם סמכויות פיקוח וניהול מלאות, ותוך שמירה על מנגנוני הבקרה והגריעה המפורטים בחוק גנים לאומיים ושמורות טבע.

מוצע לקדם **מיידית** שמורת טבע באזור הפרעת פלמחים, ובכל אזור בו ימצאו גני אלמוגי עומק ונביעות גז תת ימיות. בשמורות אלה, בהתאם לחוק גנים לאומיים ושמורות הטבע, יש למנוע כל פגיעה בעולם החי, לרבות איסור דיג קרקעית ואיסור דיג בעמודת המים.

2. הסדרה ושקיפות בתחום הפקת אנרגיה

הסדרת קידוחי גז ונפט, לרבות שלב החיפוש וקידוחי הניסיון, במסגרת רגולציה מחמירה של המשרד להגנת הסביבה, ותוך אישורם במסגרת וועדה תכנונית, כפי שתעוגן במסגרת חוק האזורים הימיים. במסגרת זו, הטלת חובה לתסקיר השפעה על הסביבה הכולל סקר אקולוגי מקיף לקראת הנחת תשתיות באזורים רגישים, ונקיטת צעדים להבטחת ההגנה על מערכות אקולוגיות בעלי חשיבות גבוהה בים העמוק.

אמנם הסקר האסטרטגי הסביבתי של משרד האנרגיה זיהה את בתי הגידול של נביעות הגז וגני אלמוגי העומק כאתרים רגישים, אך ההגנה עליהם לא עוגנה בחוק, ותהליכי הקמת התשתיות כיום אינם מאוזנים ואינם שקופים.

3. דיג

איסור דיג מכמורת בים העמוק ובמדרון היבשת, במסגרת תקנות הדיג, עקב רגישותו הרבה של בית גידול זה, וכושר ההתחדשות הנמוך שלו. מוצע לעשות זאת כחלק ממהלך כולל לביטול צי המכמורת בישראל, תוך פיצוי הולם של הדוידים.

4. מחקר וניטור, חינוך ומודעות

השקעה במחקר להעמקת הידע האקולוגי על סביבת הים העמוק במים הכלכליים של מדינת ישראל, ובהנגשת ידע זה לציבור הרחב, לקובעי מדיניות ולמתכננים ויזמים.

חסיילונים בגן אלמוגי עומק, הפרעת פלמחים.



שמורת הטבע המוצעת הפרעת פלמחים

מה היא הפרעת פלמחים?

הפרעת פלמחים הינה אי סדירות בפני השטח של קרקעית הים ("הפרעה בתימטריה"): גלישה היוצרת "צלכת" בטופוגרפית הקרקעית, ברוחב של כ-15 ק"מ, השוכנת כ-30-40 ק"מ מול חופי תל אביב. בשנת 2010 בסקר שהתבצע על ידי E/V Nautilus התגלו לראשונה באזור זה שני בתי גידול ייחודיים, אשר מכילים ריכוזים חשובים של מגוון ביולוגי – נביעות גז בעומקים של 900-1200 מטרים, וגני אלמוגים קרים בעומקים של 450-800 מטרים. בתי גידול אלו הוגדרו בסקר האסטרטגי הסביבתי של משרד האנרגיה כאתרים בעלי רמת הפגיעות הגבוהה ביותר בשל המינים הייחודיים בהם, עם פערי ידע גדולים ביותר לגבי המערכות האקולוגיות שלהן⁽³⁶⁾. בתי הגידול הנקודתיים שאותרו בהפרעת פלמחים סומנו בטיטות תכנית "המרחב הימי" שבהובלת מנהל התכנון, כאזורי חיפוש לשמורות טבע ימיות, אולם הם סומנו בצורה מצומצמת מאוד, ללא אזור חיץ שיגן עליהם, וכרגע אין מנגנון חוקי שיאפשר את קידום השמורה במקום.

מה הייחוד של אתר הפרעת פלמחים?

אגן הלבנט (החלק המזרחי ביותר של הים התיכון), בייחוד האזור הדרום מזרחי שלו, מאופיין במצע רך, אך הפעילות הביו-גיאוכימית הייחודית המתרחשת בהפרעת פלמחים עקב **נביעות הגז** באזור, יוצרת תשתית מצע קשה עם סלעים ממוצא ביולוגי (סלעים קרבונטיים). קיום מצע קשה מאפשר קיום של בתי גידול נדירים באזורינו, עם מינים ייחודיים של בעלי החיים נדירים החיים שם, לרבות **גני אלמוגי עומק**.

נביעות הגז

נביעות הגז יוצרות בית גידול ייחודי המתבסס על יצרנות ביולוגית של חיידקים המנצלים תרכובות כימיות מחוזרות. תהליכים ביוגיאוכימיים אלו גורמים ליצירה של סלעים קרבונטיים קשיחים המקיימים סביבן מערכת אקולוגית מורכבת. כאן ניתן למצוא את בעלי חיים שעברו התאמות אבולוציוניות המאפשרות להן להתמודד עם התנאים הכימיים הקשים באזורי הנביעות על מנת לנצל את היצרנות המקומית הגבוהה יחסית המתרחשת בהן לעומת שאר הים העמוק העני במזון.

תנאים סביבתיים קשים אלו גם מונעים חדירה ויצירה של מגוון מינים גדול, כך שסביבות אלו מאכלסות רק אורגניזמים שעברו התמחות לסביבה זו ומסוגלים לשרוד בה. נביעות גז לרוב מרוחקות אחת מהשנייה, וטבען זמני, כך שיחד עם המגבלות הסביבתיות הקשות, כתמיות זו מייצרות חברה בעלת הרכב ייחודי של מינים ורמות גבוהות של אנדמיות⁽⁵⁴⁾, ועל כן, אף שאין בהן מגוון מינים גבוה, מדובר במינים נדירים.

גני אלמוגי עומק

ברגע שנביעת הגז חודלת מפעילות ואינה נובעת יותר, מתיישבים מגוון אלמוגי עומק ויוצרים גני אלמוגים מרהיבים סביב הפרעת פלמחים. אלמוגים אלו נמצאים בסביבת קצה, בקצה גבול היכולת שלהם מבחינת טמפרטורה: לא נמצאו עוד שוניות עומק בעולם בטמפרטורה גבוהה של 15 מעלות כפי שנמצאו בישראל. אוכלוסיות האלמוגים בהפרעת פלמחים נמצאו כאוכלוסיות בריאות אשר גם מבצעות תהליכי רבייה ומקיימות את עצמן.

חלק ניכר ממיני האלמוגים בים התיכון הישראלי נמצאו באזור מאד מצומצם בהפרעת פלמחים. גילויים הכפיל פי כמה את מספר מיני האלמוגים המוכרים לנו מהחוף הישראלי. באתר אף התגלה **מין חדש למדע האנדמי** כנראה להפרעת פלמחים. רוב מיני האלמוגים שנצפו באתר מוגדרים בסכנת הכחדה על ידי ארגון ה-IUCN.

שוניות עומק אלה מהוות ייצוג לאוכלוסיות קצה מבודדות באגן המזרחי של הים התיכון, כאשר אתרי אלמוגי העומק הקרובים ביותר להפרעת פלמחים נמצאים בהר "ארסטוטנס" דרומית לקפריסין, והבאים הקרובים ביותר נמצאו רק בחופים הצפוניים של הים התיכון באזור יוון. האלמוגים יוצרים תשתית תלת מימדית מורכבת, "יערות חיים" העשויים בעלי חיים, המאפשרת קיום נישות אקולוגיות נוספות בסביבתן ועליהן, ומעשירות את הסביבה בחומר אורגני ובכך מעלות את המגוון הביולוגי בסביבתן^(55,56). תשתית האלמוגים מהווה בית גידול למגוון נרחב של בעלי חיים שנמצאו בסביבתם, כגון סרטנים, קוצי עור, רכיכות, מגוון דגים וכרישים. הידע שיש לנו על המגוון הביולוגי באזור זה נמצא עדיין בחיתוליו.

ארכיאולוגיה והיסטוריה

בהיבט ההיסטורי, הפרעת פלמחים נמצאת על ציר תנועה היסטורי חשוב, שקישר בין שתי מהאימפריות הגדולות שהיו לחופי הים התיכון, האימפריה היוונית והמצרית, החל מהמאה ה-7 לספירה⁽⁵⁷⁾. אזור זה היווה ציר מסחר חשוב, אך חלק מהאניות מעולם לא הגיעו ליעדן, ושקעו בלב ים על כל תכולתן. אזור הפרעת פלמחים אוגר בתוכו אוצרות ארכיאולוגיים שטרם נחקרו, וככל הנראה עוד הרבה שעוד לא התגלו, אשר יכולים לשפוך אור על התרבויות הגדולות ששכנו לחופי הים התיכון.

תמונה של פוליפים (יחידות הבסיס של האלמוג) בשלבי רביה, באלמוג *Funiculina quadrangularis* (מקבוצת האלמוגים הרכים – אלמוגי השמונה). ניתן לראות ביצים מופרות בצורת כדורים לבנים בחלק התחתון של הפוליפים. אלמוג זה חי במצע הרכ של מדרון היבשה. צילום: תחת בינוקולר באוניברסיטת חיפה ע"י אדם ויסמן.



אמפורות אשר נערכו בעומק הים, צולמו בסביבת הר ארסטוטנס דרומית לקפריסין, חלק מאותו ציר מסחר עתיק.

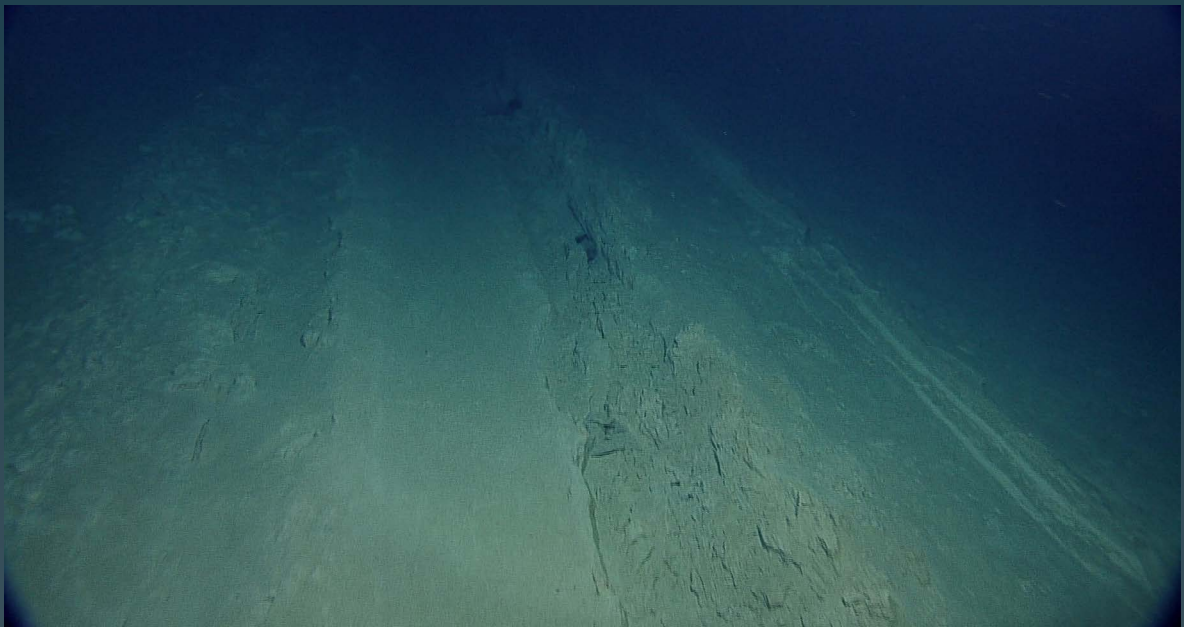
אמפורה (כד אחסון) ועליה אלמוג שחור נדגמת ע"י ספינת הנאוטילוס.



הדחיפות בקידום שמורת טבע באתר הפרעת פלמחים

פעילות של דיג עומק בסביבת הפרעת פלמחים כבר החלה לגרום נזקים גדולים. להמשך הדיג באתר זה עלולות להיות השלכות הרסניות שיגרמו להשמדת מערכת אקולוגית שטרם הכרנו ותיארנו לעומק. ריבוי תכניות הפיתוח (בדגש על תעשיית הגז והנפט) בים העמוק מהוות סיכון עתידי נוסף. על כן יש להכריז ולהגן באופן מיידי על אתרים עשירים אלו כשמורת טבע ימית, ולשמר את מורשת הטבע וההיסטוריה הלאומית והעולמית שנפלה בחלקינו.

■ צלקות והרס הקרקעית בעומק הים כתוצאה מגרירת רשתות מכמורת.



הצעה לשמורת "הפרעת פלמחים"

עומק השמורה המוצעת נע בין 450 ל-1200 מטרים עומק. בתי הגידול הייחודיים שכבר אותרו מסומנים באיור בצבע וורוד וכתום:

- גני האלמוגים הצפוניים והדרומיים במדרונות הפרעת פלמחים, בעומקים של 450 עד 800 מטרים.
- נביעות הגז, הכוללות את החברות הכימו-סינתטיות, בעומקים 1000-1200 מטרים בחלקה המערבי של הפרעת פלמחים.

על פי סיווג סכמתי של רמות שימור שונות המסומנות בצבעים השונים אנו ממליצים על נקיטה של הפעולות הבאות:

וורוד, אזור בעל רמת רגישות גבוהה -

אנו ממליצים להגן על אתרים אלו במסגרת שמורת טבע, בה יאסרו פעולות פיתוח דוגמת דיג, תשתיות וחיפוש או הפקת אנרגיה. שמורת הטבע המוצעת תכלול אזור חיץ ברדיוס של 4 קילומטרים לפחות סביב בתי הגידול הרגישים המסומנים באיור בוורוד, כדי לצמצם השפעות שוליים כמו הרחפת סדימנטים או פגיעה בבעלי חיים החשובים לתפקוד המערכת האקולוגית ונמצאים בקשרי גומלין עימה.

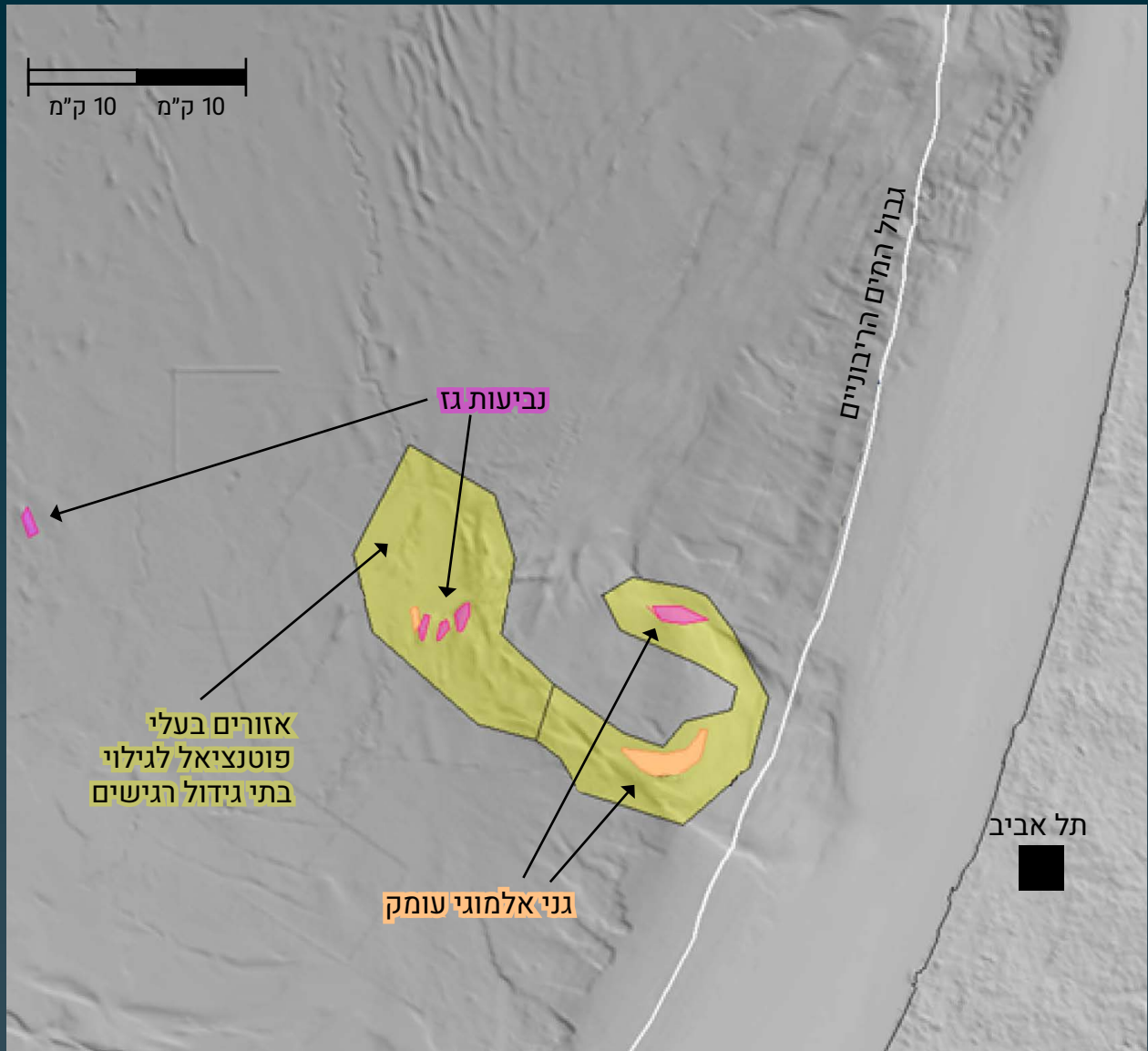
כתום, אזור בעל רמת רגישות בינונית -

באזורים המסומנים בכתום אכן נמצאו אתרים בעלי רגישות, אך הם אינם עשירים כגון גני האלמוגים בצפון ההפרעה ונביעות הגז המסומנים בוורוד. יש לאסור באופן מיידי דיג בתחום זה, ולהתנות פעולות פיתוח בו בעריכת תסקיר השפעה על הסביבה

צהוב, אזור עם ייתכנות למציאת בתי גידול רגישים -

על בסיס ניתוח שבוצע באוניברסיטת חיפה, האזורים המסומנים בצהוב הינם אתרים בעלי פוטנציאל גבוה להמצאות חברות אקולוגיות רגישות נוספות, אולם, אתרים אלו טרם נחקרו לעומק כך שלא ניתן להעיד בוודאות על אופי בתי הגידול במקום. לפיכך, אנו ממליצים שבתחום זה יאסר לחלוטין דיג, וכמו כן פיתוח תשתיות במרחב זה יחויב בתסקיר השפעה על הסביבה (תסקיר אקולוגי שהנחיותיו יכתבו על ידי המשרד להגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים, וממצאיו יהיו פתוחים לציבור). ההכרעה במסקנות התסקיר תתקיים במשותף על ידי גורמי הממשלה הרלוונטיים, ובשקיפות ציבורית, באמצעות ועדה מעין תכנונית שתוקם במסגרת חוק האזורים הימיים. כל זאת, כדי לאפשר לצד פיתוח, גם הגנה על בתי גידול רגישים - ככל שימצאו באזור הצהוב. ככל שיאותרו באזור הכתום והצהוב בתי גידול בעלי רמת רגישות גבוהה, אנו ממליצים על הכללתם במסגרת שמורת הטבע.

מיפוי ראשוני של הרגישות המרחבית בהפרעת פלמחים.
המפה באדיבות ד"ר איציק מקובסקי מאוניברסיטת חיפה.



נספח

חובותיה של מדינת ישראל לשמירת
הטבע בתחומי המים הכלכליים

חובותיה של מדינת ישראל לשמירת הטבע בתחומי המים הכלכליים

הים התיכון של ישראל מתחלק לשני אזורים הנבדלים באופי הריבונות החלה עליהם. מהחוף ועד למרחק של כ-12 מייל ימי (כ-22 ק"מ) חלה ריבונות ישראלית מלאה – תחום המים הריבוניים. מקו המים הריבוניים ומערבה, משתרע האזור הכלכלי הבלעדי (EEZ), המכונה – המים הכלכליים. מרבית הים העמוק של ישראל נמצא בתחום המים הכלכליים.

עד שיאושר חוק האזורים הימיים, החקיקה הישראלית חסרה ותחולתה הנוכחית מוגבלת בתחום המים הכלכליים של ישראל. לכן, חשוב מאוד לאשר את חוק האזורים הימיים, ולהטמיע בתוכו את המנגנונים החיוניים לשמירת הסביבה הימית: החלת האפשרות להקמתן של שמורות טבע ימיות, החלת פקודת הדיג, והטמעת מנגנוני תכנון וקבלת החלטות מאוזנת, לרבות תהליכי תסקיר השפעה על הסביבה/מסמך סביבתי.

אולם כבר כיום, עוד לפני שאושר חוק האזורים הימיים, ישראל מחויבת בשמירת הסביבה בים העמוק שבתחומי המים הכלכליים, מתוקף מנהגים ואמנות בינלאומיות.

חובות אלה כוללות הגנה על הסביבה הימית באופן כללי, וכן נקיטת צעדים להבטחת ניצול בר קיימה של משאבי הטבע, לרבות ממשק דיג בר קיימא, אכיפה, הקמת שמורות טבע ימיות ועוד.

הים העמוק של ישראל כולל את כל שטח המים הכלכליים, וחלק מתחום המים הריבוניים ("מימי החופין"). שטח המים הכלכליים גדול מהשטח היבשתי של מדינת ישראל.

משאבי טבע ציבוריים יקרי ערך, לצד סביבה ימית טבעית ייחודית ומופלאה.

אין מחלוקת כי מדינת ישראל חייבת להסדיר את סמכויותיה וריבונותה בתחומי המים הכלכליים, ששטחם שווה לשטחה היבשתי של ישראל. פעילות הפיתוח של שדות הגז והנפט בתחומי המים הכלכליים מתבצעת שנים רבות מידי במצב של חוסר ודאות רגולטורית, מצב המוביל לפגיעה קשה במשק, בטבע ובסביבה, ובציבור – בעליו של משאבי הטבע המצויים שם.

עם זאת, הצעת החוק המונחת לפניכם מציעה אסדרה חלקית ושגויה: היא נעדרת מנגנוני איזון בין הצורך בפיתוח הכלכלי עם ההכרח בשימור הסביבה הימית, היא נעדרת מנגנונים שיבטיחו את השקיפות, את מעורבות ושיתוף הציבור בחלוקת זכויות החיפוש וההפקה של הנפט, היא נעדרת מנגנונים שיאפשרו למשרד להגנת הסביבה לחמש את סמכותו ואחריותו כלפי הציבור בישראל – במניעת אסונות בסדרי גודל עצומים. עוד נעדרת הצעת החוק מנגנון הולם לשימור אתרי טבע רגישים בסביבה הימית של המים הכלכליים.

עיקרי הצעתנו לתיקון הצעת החוק:

א. הקמת מנגנון מאוזן של ועדה מעין – תכנונית לקבלת החלטות בנושא חיפושי וקידוחי גז ונפט, בהובלת מנהל התכנון כגורם מאזן. מנגנון זה מתבסס על הצעת מסמך המדיניות של מנהל התכנון לוועדה תכנונית בים ("וליים"), אשר יש להקנות לה סמכויות לקבלת החלטות תכנוניות במים הכלכליים – במסגרת חוק האזורים הימיים (תיקון פרק ו').

ועדה כזו תאפשר גם שקיפות ושיתוף הציבור בהחלטות בנושאי חיפושי והפקת גז ונפט, ופיתוח בכלל, לרבות פרסום, עריכת תסקיר השפעה על הסביבה, מתן זכות לציבור להשתתף בהליך, וקביעת מנגנון ערר על החלטות הוועדה.

ב. יש לחזק את סמכותו של המשרד להגנת הסביבה להטמעת שיקולים סביבתיים בפעילות להפקת גז ונפט – ולאכיפתם (תיקון פרק ז').

ג. אזורים ימיים מוגנים:

סביבת הים העמוק אינה שממה. מצויים בה בתי גידול מלאי חיים, בהם מגוון ביולוגי ייחודי ורגיש ביותר (כדוגמת אלמוגי מים קרים, דגי מים עמוקים, להקות דגי טונה נודדות, נביעות מתאן, ועוד). הגדרת "אזור ימי מוגן" בהצעת החוק סובלת מפגמים מהותיים שמאיינים את תכלית ההגדרה של "אזור מוגן". אזור מוגן צריך להיות מוגדר כאסור בשימושים פוגעניים כמו דיג, תשתיות וכיו"ב, ומנוהל על ידי הרשות המוסמכת והאמונה על כך – רשות הטבע והגנים, עם מלוא סמכויותיה. לכן, אנו מבקשים את תיקון הסעיפים הנוגעים ל"אזור ימי מוגן" (תיקון פרק ח'), ובכלל זה:

• גריעת אזור מוגן רק באישור מועצת גנים ושמורות וועדת הפנים של הכנסת.

אמנת הים

ישראל אמנם איננה צד לאמנת הים של האו"ם (UNCLOS), 1982, אך מדינת ישראל מקבלת על עצמה את הוראותיה המנהגיות של אמנה זו, לרבות ההוראות הנוגעות לאזורים הימיים.

אמנת הים קבעה שורה של קביעות חשובות, ובהן, בין השאר:

א. הגנה על הסביבה הימית:

"**Article 56** - "In the exclusive economic zone, the coastal State has:

- (a) sovereign rights for the purpose of exploring and exploiting, **conserving** and managing the **natural resources**, whether living or non-living, of the waters superjacent to the seabed and of the sea bed and its subsoil, and with regard to other activities for the economic exploitation and exploration of the zone, such as the production of energy from the water, currents and winds;
- (b) Jurisdiction as provided for in the relevant provisions of this Convention with regard to:
 - (i) The establishment and use of artificial islands, installations and structures;
 - (ii) Marine scientific research;
 - (iii) **The protection and preservation of the marine environment.**"

ב. ממשק דיג בר קיימה:

"**Article 61** - Conservation of the living resources 1. The coastal State shall determine the allowable catch of the living resources in its exclusive economic zone. 2. The coastal State, taking into account the best scientific evidence available to it, shall ensure through proper conservation and management measures that the maintenance of the living resources in the exclusive economic zone is not endangered by over-exploitation.

"**Article 62** - Utilization of the living resources Nationals of other States fishing in the exclusive economic zone shall comply with the conservation measures and with the other terms and conditions established in the laws and regulations of the coastal State. These laws and regulations shall be consistent with this Convention and may relate, inter alia,

to the following: 47 (a) licensing of fishermen, fishing vessels and equipment, including payment of fees and other forms of remuneration, which, in the case of developing coastal States, may consist of adequate compensation in the field of financing, equipment and technology relating to the fishing industry; (b) determining the species which may be caught, and fixing quotas of catch, whether in relation to particular stocks or groups of stocks or catch per vessel over a period of time or to the catch by nationals of any State during a specified period; (c) regulating seasons and areas of fishing, the types, sizes and amount of gear, and the types, sizes and number of fishing vessels that may be used; (d) fixing the age and size of fish and other species that may be caught; (e) specifying information required of fishing vessels, including catch and effort statistics and vessel position reports; (f) requiring, under the authorization and control of the coastal State, the conduct of specified fisheries research programs and regulating the conduct of such research, including the sampling of catches, disposition of samples and reporting of associated scientific data; (g) the placing of observers or trainees on board such vessels by the coastal State; (h) the landing of all or any part of the catch by such vessels in the ports of the coastal State; (i) terms and conditions relating to joint ventures or other cooperative arrangements; (j) requirements for the training of personnel and the transfer of fisheries technology, including enhancement of the coastal State's capability of undertaking fisheries research; (k) enforcement procedures. 5. Coastal States shall give due notice of conservation and management laws and regulations.

ג. אכיפה:

"Article 73 - Enforcement of laws and regulations of the coastal State 1. The coastal State may, in the exercise of its sovereign rights to explore, exploit, conserve and manage the living resources in the exclusive economic zone, take such measures, including boarding, inspection, arrest and judicial proceedings, as may be necessary to ensure compliance with the laws and regulations adopted by it in conformity with this Convention."

אמנות נוספות

• חובת השמירה על הסביבה הימית מעוגנת אמנות בינלאומיות ישראל היא צד להן, לרבות בסעיף 9א' לאמנת ברצלונה להגנת הים התיכון מפני זיהום, בסעיפים (4) ב ו-8(א) לאמנת המגוון הביולוגי, כמו גם ביעדי הפיתוח של האו"ם (SDG 14):

- "By 2020, conserve at least 10 per cent of coastal and marine areas, consistent with national and international law and based on the best available scientific information"
- "By 2020, sustainably manage and protect marine and coastal ecosystems to avoid significant adverse impacts, including by strengthening their resilience, and take action for their restoration in order to achieve healthy and productive oceans".

תריסנית חטמנית - בטאי שוכן קרקעית האופייני לים העמוק



מקורות

1. <https://divediscover.whoi.edu/hot-topics/deepsea/>
2. Eakins, B.W. and G.F. Sharman. (2010) Volumes of the World's Oceans from ETOPO1, NOAA National Geophysical Data Center, Boulder, CO,.
3. http://wwf.panda.org/our_work/oceans/deep_sea/
4. Jannasch, H. W., & Mottl, M. J. (1985). Geomicrobiology of deep-sea hydrothermal vents. *Science*, 229(4715), 717-725.
5. Ramirez-Llodra, E., Tyler, P. A., Baker, M. C., Bergstad, O. A., Clark, M. R., Escobar, E., ... & Van Dover, C. L. (2011). Man and the last great wilderness: human impact on the deep sea. *PLoS one*, 6(8), e22588.
6. <https://news.nationalgeographic.com/news/2008/02/080219-deep-corals.html>
7. <http://www.savethehighseas.org/discover-the-deep-sea/>
8. WWF/IUCN (2004). The Mediterranean deep-sea ecosystems: an overview of their diversity, structure, functioning and anthropogenic impacts, with a proposal for conservation. IUCN, Málaga and WWF, Rome
9. "Mediterranean Sea". *Encyclopedia Britannica*.
10. Schattner, U., Gurevich, M., Kanari, M., & Lazar, M. (2015). Levant jet system—effect of post LGM seafloor currents on Nile sediment transport in the eastern Mediterranean. *Sedimentary geology*, 329, 28-39.
11. Garcia-Castellanos, D., Estrada, F., Jiménez-Munt, I., Gorini, C., Fernandez, M., Vergés, J., & De Vicente, R. (2009). Catastrophic flood of the Mediterranean after the Messinian salinity crisis. *Nature*, 462(7274), 778.
12. Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Lasram, F. B. R., Aguzzi, J., ... & Danovaro, R. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: estimates, patterns, and threats. *PloS one*, 5(8), e11842.
13. Bouchet, P., & Taviani, M. (1992). The Mediterranean deep-sea fauna: Pseudopopulations of Atlantic species?. *DEEP-SEA RES. (A OCEANOGR. RES. PAP.)*, 39(2), 169-184.
14. Ruffo, S. (1998). The Amphipoda of the Mediterranean. Part 4. *Mémoires de l'Institut Océanographique*. Monaco, 13: 1-959.
15. Galil, B. S. (2004). The limit of the sea: the bathyal fauna of the Levantine Sea. *Scientia marina*, 68(S3), 63-72.
16. Galil, B. S., Marchini, A., Occhipinti-Ambrogi, A., Minchin, D., Narscius, A., Ojaveer, H., & Olenin, S. (2014). International arrivals: widespread bioinvasions in European Seas. *Ethology Ecology & Evolution*, 26(2-3), 152-171
17. Jannasch, H. W., & Mottl, M. J. (1985). Geomicrobiology of deep-sea hydrothermal vents. *Science*, 229(4715), 717-725.
18. ברנע א. 2016. המצע הרך בים התיכון. החברה להגנת הטבע ורשות הטבע והגנים.
19. Martini, S. and Haddock, S. H. D. Quantification of bioluminescence from the surface to the deep sea demonstrates its predominance as an ecological trait. *Sci. Rep.* 7, 45750; doi: 10.1038/srep45750 (2017).
20. Roberts, J. M., Wheeler, A., Freiwald, A., & Cairns, S. (2009). Cold-water corals: the biology and geology of deep-sea coral habitats. Cambridge University Press.
21. D'Onghia, G., Maiorano, P., Sion, L., Giove, A., Capezzuto, F., Carlucci, R., & Tursi, A. (2010). Effects of deep-water coral banks on the abundance and size structure of the megafauna in the Mediterranean Sea. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 57(5-6), 397-411.
22. Maynou, F., & Cartes, J. E. (2012). Effects of trawling on fish and invertebrates from deep-sea coral facies of *Isidella elongata* in the western Mediterranean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 92(7), 1501-1507.
23. Henry, L. A., Navas, J. M., Hennige, S. J., Wicks, L. C., Vad, J., & Roberts, J. M. (2013). Cold-water coral reef habitats benefit recreationally valuable sharks. *Biological conservation*, 161, 67-70.
24. Cau, A., Follesa, M. C., Moccia, D., Bellodi, A., Mulas, A., Bo, M., ... & Cannas, R. (2017). *Leiopathes glaberrima* millennial forest from SW Sardinia as nursery ground for the small spotted catshark *Scyliorhinus canicula*. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 27(3), 731-735.
25. Roberts, S., & Hirshfield, M. (2004). Deep-sea corals: out of sight, but no longer out of mind. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2(3), 123-130.
26. Roark, E. B., Guilderson, T. P., Dunbar, R. B., Fallon, S. J., & Mucciarone, D. A. (2009). Extreme longevity in proteinaceous deep-sea corals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(13), 5204-5208.
27. Aloisi, G., Bouloubassi, I., Heijs, S. K., Pancost, R. D., Pierre, C., Damsté, J. S. S., ... & Rouchy, J. M. (2002). CH₄-consuming microorganisms and the formation of carbonate crusts at cold seeps. *Earth and Planetary Science Letters*, 203(1), 195-203

28. Raso, J. E. G., García-Muñoz, J. E., Mateo-Ramírez, A., González, N. L., Fernández-Salas, L. M., & Rueda, J. L. (2018). Decapod crustaceans Eucalliidae in chemoautotrophic bathyal bottoms of the Gulf of Cadiz (Atlantic Ocean), environmental characteristics and associated communities. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1-8.
29. סקר אסטרטגי סביבתי לחיפוש ולהפקה של נפט ושל גז טבעי בים, חלק ג (2015), משרד האנרגיה, דו"ח חיא"ל H20/2015
30. Lubinevsky, H., Hyams-Kaphzan, O., Almogi-Labin, A., Silverman, J., Harlavan, Y., Crouvi, O., ... & Tom, M. (2017). Deep-sea soft bottom infaunal communities of the Levantine Basin (SE Mediterranean) and their shaping factors. *Marine Biology*, 164(2), 36.
31. Schirone A, Herut B, Delbono I, Barsanti M, Delfanti R (2014) Sedimentation and mixing rates in the Levantine Sea. Poster presented at the PERSEUS Scientific Conference, December 1–4, Marrakesh, Morocco
32. Danovaro, R., Corinaldesi, C., D'Onghia, G., Galil, B., Gambi, C., Gooday, A. J., ... & Polymenakou, P. (2010). Deep-sea biodiversity in the Mariana and New Britain trenches: influence of productivity and depth on epibenthic and scavenging communities. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 57(10), 1183-1192.
33. Goren, M. & Galil, B. S. (2015). A checklist of the deep sea fishes of the Levant Sea, Mediterranean Sea. *Zootaxa*, 3994(4), 507-530.
34. A. Barash, I. van Rijn, H. Lubinevsky, M. Goren, D. Tchernov (2017) Long-term bottom trawl fishery surveys of Elasmobranchs off the Israeli Mediterranean coast , The 21 European Elasmobranch Association st Annual Scientific Conference, Abstracts, P 49. *+ Personal communication with Adi Barash on September 2018.
35. Gallo, N. D., Cameron, J., Hardy, K., Fryer, P., Bartlett, D. H., & Levin, L. A. (2015). Submersible-and lander-observed community patterns in the Mariana and New Britain trenches: influence of productivity and depth on epibenthic and scavenging communities. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 99, 119-133.
36. סקר אסטרטגי סביבתי לחיפוש ולהפקה של נפט ושל גז טבעי בים, משרד האנרגיה, 2016, דו"ח חיא"ל סופי לאחר הערות הציבור
37. Montagna, P. A., Baguley, J. G., Cooksey, C., Hartwell, I., Hyde, L. J., Hyland, J. L., ... & Rhodes, A. C. (2013). Deep-sea benthic footprint of the Deepwater Horizon blowout. *PloS one*, 8(8), e70540.
38. Fisher, C. R., Hsing, P. Y., Kaiser, C. L., Yoerger, D. R., Roberts, H. H., Shedd, W. W., ... & Larcom, E. A. (2014). Footprint of Deepwater Horizon blowout impact to deep-water coral communities. *Proceedings of the National academy of sciences*, 111(32), 11744-11749.
39. <https://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=1000780041>
40. Bo, M., Bava, S., Canese, S., Angiolillo, M., Cattaneo-Vietti, R., & Bavestrello, G. (2014). Fishing impact on deep Mediterranean rocky habitats as revealed by ROV investigation. *Biological Conservation*, 171, 167-176.
41. Clark, M. R., Althaus, F., Schlacher, T. A., Williams, A., Bowden, D. A., & Rowden, A. A. (2015). The impacts of deep-sea fisheries on benthic communities: a review. *ICES Journal of Marine Science*, 73(suppl_1), i51-i69.
42. Palanques, A., Martín, J., Puig, P., Guillén, J., & Sardà, F. (2006). Evidence of sediment gravity flows induced by trawling in the Palamós (Fonera) submarine canyon (northwestern Mediterranean). *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 53(2), 201-214.
43. Oberle, F. K., Storlazzi, C. D., & Hanebuth, T. J. (2016). What a drag: Quantifying the global impact of chronic bottom trawling on continental shelf sediment. *Journal of Marine Systems*, 159, 109-119.
44. Althaus, F., Williams, A., Schlacher, T. A., Kloser, R. J., Green, M. A., Barker, B. A., ... & Schlacher-Hoenlinger, M. A. (2009). Impacts of bottom trawling on deep-coral ecosystems of seamounts are long-lasting. *Marine Ecology Progress Series*, 397, 279-294.
45. Pusceddu, A., Bianchelli, S., Martín, J., Puig, P., Palanques, A., Masqué, P., & Danovaro, R. (2014). Chronic and intensive bottom trawling impairs deep-sea biodiversity and ecosystem functioning. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(24), 8861-8866.
46. <http://www.savethehighseas.org/deep-sea-fishing/>
47. Roberts, C. M. (2002). Deep impact: the rising toll of fishing in the deep sea. *Trends in Ecology & Evolution*, 17(5), 242-245.
48. <http://mediterranean.panda.org/?18831/>
49. <http://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20161208IPR55152/meps-ban-deep-sea-fishing-below-800-meters-in-the-north-east-atlantic>

50. Kress, N., Golik, A., Galil, B., & Krom, M. D. (1993). Monitoring the disposal of coal fly ash at a deep water site in the eastern Mediterranean Sea. *Marine pollution bulletin*, 26(8), 447-456.
51. Galgani, F., Leaute, J. P., Moguedet, P., Souplet, A., Verin, Y., Carpentier, A., ... & Mahe, J. C. (2000). Litter on the sea floor along European coasts. *Marine pollution bulletin*, 40(6), 516-527.
52. Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L., Coppock, R., Sleight, V., ... & Thompson, R. C. (2014). The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society open science*, 1(4), 140317.
53. <http://www.savethehighseas.org/deep-sea-mining/>
54. Turnipseed, M., Knick, K. E., Lipcius, R. N., Dreyer, J., & Van Dover, C. L. (2003). Diversity in mussel beds at deep-sea hydrothermal vents and cold seeps. *Ecology Letters*, 6(6), 518-523.
55. Oevelen, D. V., Duineveld, G., Lavaleye, M., Mienis, F., Soetaert, K., & Heip, C. H. (2009). The cold-water coral community as hotspot of carbon cycling on continental margins: A food-web analysis from Rockall Bank (northeast Atlantic). *Limnology and Oceanography*, 54(6), 1829-1844.
56. Buhl-Mortensen, L., Vanreusel, A., Gooday, A. J., Levin, L. A., Priede, I. G., Buhl-Mortensen, P., ... & Raes, M. (2010). Biological structures as a source of habitat heterogeneity and biodiversity on the deep ocean margins. *Marine Ecology*, 31(1), 21-50.
57. Villing, A., & Schlottzauer, U. (2006). *Naukratis: Greek Diversity in Egypt. Studies on East Greek Pottery and Exchange in the Eastern Mediterranean* (The British Museum Research Publication Number 162). London: The British Museum.
58. Brennan M L, Davis D, Ballard R D, Trembanis A C, Vaughn J I, Krumholz J S, Delgado J P, Roman C N, Smart C, Bell K, Duman M, DuVal C. 2015. Quantification of bottom trawl fishing damage to ancient shipwreck sites. *Marine Geology* 371:82–88.

תכנית השמורות הימיות

שמורת ראש הנקרה אכזיב
מסערי הים העמוק

שמורת שבי ציון
ארץ רכסי הכורכר התת ימיים

שמורת ראש כרמל
הכרמל הכחול

שמורת נווה ים
מרחב הבטאים והדיונונים

שמורת פולג
שוניות הספוגים

שמורת הפרעת פלמחים
גני האלמוגים הקרים

שמורת ים אבטח
פארק החולות הימי

עכו

חיפה

חדרה

תל אביב-יפו

פלמחים

אשדוד

אשקלון



החברה להגנת הטבע
שומרים. מחנכים. אוהבים



רשות
הטבע
והגנים

www.mafish.org.il