

## הים שלנו נחנק

בשנים האחרונות אנחנו מדווחים חדשות לבקרים על הצרות הצרות שבהן נתון הים שלנו: הזרמת שפכים, דיג יתר וזיהום פלסטיק גורמים להידרדרות המערכת האקולוגית הימית ומגוון בעלי החיים שבה; שינוי האקלים גורם לעליית הטמפרטורה, החומציות ומפלס פני הים, ומעצב מחדש את הסביבה הימית. תהליכים אלו הם מעשי ידי האדם, והם עתידים לפגוע באספקת התוצרים והתועלות הכלכליות שמקורם בים ומהם נהנים בני האדם. כעת, מתברר שיש עוד שינוי שאליו שמנו לב פחות, אבל הוא רב-משמעות ומתרחש בקצב מהיר: הפחתת ריכוז החמצן במי הים.

### הרבה פחות חמצן

החמצן, החיוני לחייהם של רוב היצורים, מהווה כ-21 אחוז מהאוויר שאנו נושמים. אך לא רבים מודעים לכך שכ-50 אחוז מהחמצן הזה מיוצר בים, כתוצאה מפעילות של אצות מסוגים שונים המבצעות פוטוסינתזה. במילים פשוטות, כל נשימה שנייה שלנו תלויה במתרחש בים. מבחינה אבולוציונית, לפני כ-2.4 מיליארד שנים ייצור החמצן בים הביא בתהליך איטי לשינוי בהרכב האטמוספירה וליצירת שכבת האוזון, דבר שאפשר את מעבר החיים מהים אל היבשה לפני כ-500 מיליון שנה. מאז, התהליכים באוקיינוסים למעשה מתחזקים גם את שגשוג מיני בעלי החיים והצמחים היבשתיים והישרדותם. אך נראה שבעשרות השנים האחרונות שיווי המשקל בין הפעילות הביולוגית לתהליכים הכימיים הקשורים בחמצן מופר וריכוז החמצן המומס במי הים נמצא במגמת ירידה, מה שעתיד להשפיע עלינו מאוד. [מאמר סקירה חדש שפורסם לאחרונה](#) ותוצאותיו מעוררות הדים בעולם, מצא כי תהליך הפחתת החמצן (דה-אוקסיגנציה) במי הים מתגבר: נפח המים שבהם אין חמצן כלל באוקיינוסים עלה פי ארבעה ב-50 השנים האחרונות, וכמות החמצן הכללית בימים קטנה בשני אחוזים - שהם בערך 77 מיליארד טון חמצן. עוד מצא המחקר ששטח האזורים דלי החמצן גדל בכ-16 אחוז - קצת יותר משטח האיחוד האירופי לפני הברקזיט - ומכסה כעת כ-32 מיליון קמ"ר. עיקר הגידול בשטח הדל בחמצן אירע בעומקים של כ-200 מטרים. נראה גם כי אחוז החמצן באותם שטחים ירד אף הוא; במקומות מסוימים כמו לחופי דרום קליפורניה, הוא פחת בכשליש. את המחקר ערך צוות חוקרים בינלאומי שכלל חברים בקבוצת העבודה של "[הרשת הבינלאומית של החמצן באוקיינוסים](#)", שהקימה ב-2016 הוועדה הבין-ממשלתית לאוקיינוסים מטעם ארגון אונסק"ו של האו"ם. תפקיד החברים בקבוצה לבדוק את



שינוי האקלים הוא המנוע של התמעטות החמצן. תצלום: ramisetti kundani

## 500 אזורים מתים

שינוי האקלים הוא המנוע של התמעטות החמצן: ככל שמי הים חמים יותר, פחות חמצן יכול להתמוסס בהם. טמפרטורת פני הים [עלתה במעלת צלזיוס אחת לערך בממוצע במאה השנים האחרונות](#), ולכן בשכבת המים העליונה יש פחות חמצן. משטר הרוחות והזרמים משתנה אף הוא בחלק מהאזורים, וכך כאשר נוצר שיכוב בעמודת המים העליונה, פחות חמצן מגיע מפני השטח אל המים העמוקים, בהם מתרחשת ממילא הרבה פחות פוטוסינתזה בשל עוצמות אור נמוכות שמגיעות אליהם. אם היעדר חמצן כמעט ולא מאפשר חיים, הרי שמים דלי חמצן משנים את אורח החיים של יצורי הים במגוון צורות: הם משנים את תפוצת המינים, את מחזור הפעילות היומי, את הרגלי התזונה, את משך החיים, את דפוסי הרבייה ואת החשיפה והעמידות למחלות. טורפים כמו טונה, דג חרב, שיבוט (cod), מקרל או כרישים נדחפים מעלה לפני השטח ומארג המזון כולו משתנה; חלקם הופכים כך גם זמינים יותר לציי הדיג, על אף שהם ממילא נתונים לדיג יתר. היעדר חמצן גורם גם להתפתחותם של אזורים מתים (zones dead) כתגובה להפרת האיזון במערכת האקולוגית, בעיקר במים החופיים. באזורים אלה, הדבר קורה בעיקר כתוצאה מזיהום הים בדשנים ובשפכים, שגורמים להעשרה מוגברת של חומרי הזנה. [אלה מביאים לפריחה של אצות](#) רב-תאיות ופיטופלנקטון (אצות זעירות), וכאשר אלו מתים ומיקרואורגניזמים מפרקים אותם, עולה באופן מהיר צריכת החמצן באזורים אלה, עד לדלדולו אל מתחת לרמה שבו הוא תומך בהמשך החיים. התהליך הזה נקרא אוטרופיקציה (או בעברית - העתרה). היעדר החמצן משנה גם תהליכים כימיים ומוביל לשחרור גז מתאן, שאף הוא גז חממה. לפי המחקר, מספרם של האזורים המתים בעולם גדל פי עשרה ל-500 מאז אמצע המאה ה-20. כלכלות הדיג והתיירות באתרים אלו, שהמחקר מעריך כי כ-350 מיליון איש תלויים בהם ישירות למחייתם, עתידות להיפגע אנושות. רק בעיר אחת בפיליפינים הוערך שווי הפגיעה

---

בחקלאות הימית בשל אזורים מתים ב-10 מיליון דולר. באופן פרדוקסלי, גדל בטווח הקצר עושר הדיג ליד האזורים המתים, כי יש בהם יותר מזון לדגים (אצות ופיטופלנקטון), אבל בטווח הארוך אי-אפשר להישען על שדות דיג אלו כי המערכות האקולוגיות יתמוטטו בהעדר חמצן.

## הים התיכון מתחמם מהר יותר

התמונה בים התיכון, ובמיוחד בחלקו המזרחי, שם נמצאת ישראל, מעט שונה כפי שמסביר ד"ר דני צ'רנוב, המנהל המדעי של תחנת מוריס קאהן לחקר הים. בים התיכון כמות הנוטריינטים נמוכה מאוד, ולכן עד רמה מסוימת, הזיהום מהיבשה אינו מוביל להיווצרות אזורים מתים בקרבתנו, במיוחד משום שסכר אסואן על הנילוס צמצם את הזרימה הטבעית של חומרי הזנה ואת התפשטותם צפונה. לעומת זאת, [הים התיכון מתחמם בקצב מהיר הרבה יותר](#) - עד פי שלושה משאר האוקיינוסים - ולכן החמצן המסיס פוחת אף הוא במהירות. מה שעלול לקרות, מסביר צ'רנוב, הוא ששילוב ההתחממות, המשך הזיהום הלא מבוקר ולצד [פלישות המינים מהאוקייאנוס ההודי](#) יגרום, לפחות בטווח הקצר, לשינוי דרמטי עוד יותר במגוון המינים שאנו מכירים: "המערכת האקולוגית יכולה לחוות נקודת היפוך - היא תחילה תהפוך לטרופית ואז, בהיעדר פעילות שתעכב שינויים אלו, היא עלולה להתמוטט". תרחיש יום הדין הזה לא חייב להתממש. מפרץ צ'סאפיק במזרח ארה"ב הוא דוגמה לשינוי מצב העניינים כשננקטת פעולה משולבת. המפרץ הוא לשון ים גדולה שזוהמה מהחקלאות האינטנסיבית סביבה והשפכים של הערים הגדולות שסמוכות לה (כמו וושינגטון הבירה). ההשפעות על המפרץ מגיעות מרחוק כי אליו מתנקזים אגני ההיקוות של נהרות ונחלים רבים. ב-20 השנים האחרונות התכנית לשיקום המפרץ, שחברים בה ארגוני חברה אזרחית, סוכנויות ממשל פדרלי ומקומי ומוסדות אקדמיים הצליחה לשנות את מצב המערכת האקולוגית שם. התכנית התמקדה בצמצום הזיהום, בטיפול טוב יותר במקורותיו, בשינוי הרגלי הציבור והחקלאים ובניטור הכימיה והביולוגיה של המפרץ. בזכות אלו ובזכות צעדים נוספים, אין כיום כמעט אזורים מתים במפרץ. דוגמה דומה הוא הניהול של אגן ההיקוות של נהר התמזה בדרום אנגליה החוצה את לונדון. האם ניתן לעשות שינוי דומה למפרץ צ'סאפיק בקנה מידה עולמי? נראה שכדאי. כדי להתמודד עם התמעטות החמצן באוקייאנוסים, יש לדעת החוקרים להשקיע בצמצום הזיהום ובניטור מצב החמצן בקנה מידה גלובלי, אבל במיוחד בבבלימת שינוי האקלים וכן בהגדלת היקף שמורות הטבע הימיות במטרה להקטין את הלחץ על המגוון הביולוגי. בעקבות הכתבה ב"זווית" הסיפור פורסם גם ב-[ynet](#)