

מקורות

waters into the pelagic eastern Mediterranean: In situ and satellite-based characterization. *Biogeosciences* **10**: 3349–3357.

[5] Israel Oceanographic and Limnological Research. SELIPS - Currents, temperature and salinity forecast for the Israeli shelf. www.isramar.ocean.org.il/isramar2009/selips.

[6] Lehahn Y, d'Ovidio F, Lévy M, et al. 2011 Long range transport of a quasi isolated chlorophyll patch by an Agulhas ring. *Geophysical Research Letters* **38**: 1–6.

[1] רינת צ. 2010. פסולת רבה המגיעה מלבנון מזהמת את חופי ישראל. הארץ. www.haaretz.co.il/news/science/1.1228139. 3.11.2010.

[2] AVISO. www.aviso.oceanobs.com. Viewed 11 Feb 2014.

[3] Amitai Y, Lehahn Y, Lazar A, and Heifetz E. 2010. Surface circulation of the eastern Mediterranean Levantine basin: Insights from analyzing 14 years of satellite altimetry data. *Journal of Geophysical Research* **115**: C10058.

[4] Efrati S, Lehahn Y, Rahav E, et al. 2013. Intrusion of coastal



הדולפינן המצוי (*Tursiops truncatus*; common bottlenose) הוא המין הנפוץ בחופי הים התיכון של ישראל. מתכות כבדות נבדקו ברקמות שונות (כבד, כליה, שריר ושומן) שנלקחו מפרטים שונים ממין זה בשתי תקופות זמן: 2001–1994 (n=17) ו-2006–2004 (n=6). לא נמצאו הבדלים בריכוזי המתכות כספית, קדמיום, נחושת, אבץ, ברזל, מנגן וניקל ברקמות השונות בין שתי הקבוצות. בשתי תקופות הזמן היו ריכוזי המתכות החיוניות – אבץ, נחושת, ברזל ומנגן – בתחום הריכוזים הטבעיים האופייניים לדולפינים [2]. המתכות הרעילות כספית וקדמיום, המצטברות בכבד ובכליות, בהתאמה, לא חרגו ברוב המקרים מריכוזי סף הרעילות המקובלים, (100–400 מ"ג לק"ג בכבד לכספית, ו-20 מ"ג לק"ג בכליה לקדמיום).

אצל פרטים של המין דולפינן מצוי מהשנים 2004–2006 נבדקו בראשונה גם מזהמים אורגנו-כלוריים: די־די־טי (DDT), חומר הדברה נגד מזיקים המייצג זיהום ממקור חקלאי) ופי־סי־בי (PCB, ביפנילים עתירי כלור, להלן – ביפנילים, הנמצאים בשימושים תעשייתיים רבים, כמו תעשיות הפלסטיק ונחלי קירור, ומייצגים זיהום ממקור תעשייתי). חומרים אלה הם סינתטיים הידרופוביים, "חדשים" יחסית בסביבה, מצטברים ברקמות השומן, ואינם פריקים ביולוגית. ריכוזי הביפנילים (טבלה 1) היו נמוכים בסדר גודל אצל פרטים ממזרח הים התיכון לעומת הריכוזים שנמצאו אצל פרטים ממערב הים התיכון, כנראה עקב חשיפה פחותה לשפכים תעשייתיים המגיעים לסביבה הימית, שהם המקור העיקרי למזהמים אלה. בניגוד למדינות כמו צרפת ואיטליה, שם ריכוזי הביפנילים גבוהים מריכוזי הדי־די־טי ברקמות דולפינים [1], במקרה הנוכחי היו ריכוזי הדי־די־טי הכללי גבוהים בהרבה מריכוזי הביפנילים (טבלה 1). למרות האיסור על השימוש בדי־די־טי שהחל ב־1972 בארה"ב, ומשם התרחב לשאר מדינות המערב, חומר ההדברה ותוצרי פירוקו (די־די־אי – DDE) עדיין מתגלים ברקמות של דולפינים ובעלי חיים ימיים אחרים, גם מפאת זמן

רמות מזהמים ברקמות דולפינים בישראל – תמונת מצב של כמעט 20 שנה

אפרת שהם־פרידר^[1], אולגה יופה^[2], דן כרם^[3], מיה רודיטי־אלטר^[3], עוז גופמן^[3] ונורית קרט^[1]

^[1] חקר ימים ואגמים לישראל
^[2] המכון הגיאולוגי
^[3] אוניברסיטת חיפה
 * efrat@ocean.org.il

דולפינים הם טורפי־על הממוקמים בראש מארג המזון הימי, וקולטים מזהמים אורגניים ומתכות כבדות (ממקור טבעי או אנושי) בעיקר דרך מזונם. לדולפינים יכולת מוגבלת בלבד לפרק את החומרים הללו ולהפריש אותם. כתוצאה מכך, החומרים מצטברים ברקמות הדולפינים ברמות גבוהות במהלך חייהם, וכך הדולפינים עלולים להיחשף להשפעותיהם הפתולוגיות. ריכוזי המתכות ברקמות החיה הם פונקציה של גיל, מצב פיזיולוגי, מקורות המזון, הדינמיקה הטוקסיקולוגית של המתכת ועוד. למתכות שונות בריכוזים מוגברים יש מגוון רחב של השפעות רעילות, החל בפגיעות נוירולוגיות (כספית), דרך עיכוב אנזימים ואנמיה (עופרת), ועד פגיעה כלל־מערכתית (קדמיום). החל ב־1994 מתעדת עמותת מחמל"י (מרכז חקר מידע וסיוע ליונקים ימיים) מינים שונים של לווייתנאים (Cetacea, משפחה הכוללת דולפינים ולווייתנים), שמוחפים או שנלכדים כתוצאה מתאונות לאורך חופי ישראל, ומטפלת בהם. באותה שנה החל גם שיתוף פעולה עם חיא"ל (חקר ימים ואגמים לישראל) בנושא בדיקת מזהמים ברקמות הלווייתנאים [4].

גם אצל פרטים של המין השני הנפוץ ביותר, סְטֶנְלָה פֶּטוּסָה (*Stenella coeruleoalba*; Striped dolphin), נבדקו ריכוזי מתכות ברקמות שונות של פרטים שנמצאו מתים בשנים 2006–2011 (n=7) ובשנים 1994–2001 (n=6). נמצא שהריכוזים של רוב המתכות היו דומים. ריכוזי הקדמיום בכליה בשתי הקבוצות של הסְטֶנְלָה הפֶּטוּסָה שנבדקו היו גבוהים בסדר גודל מאשר אצל הדולפינן המצוי (טבלה 1), ואצל שני פרטים אף נמצאו חריגות מסף הרעילות. ממצא זה, שנמצא גם במקומות אחרים, מדגים את השפעת התזונה על ריכוזי המתכות בגוף החיה. שני המינים שייכים לאותה רמה טרופית, אך חלק יחסי גדול יותר מתזונת הסטנלה מורכב מדיונונים ומראש־רגליים אחרים, בעוד שבתזונת

מחצית החיים הארוך שלהם, וגם מפני שדי־די־טי עדיין נמצא בשימוש במדינות מתפתחות. היחס בין תוצר הפירוק הסופי (די־די־אי) לבין סך תרכובות הדי־די־טי הכוללות גם את תוצרי הפירוק, שנמצאו ברקמות השומן של הדולפינים, משקף את שיעור הפירוק הטבעי של החומר בסביבה. יחס זה נמצא גבוה (0.8–1) אצל הפרטים שנבדקו, והתאים למגמת העלייה ביחס זה, הנצפית אצל דולפינים מהים התיכון המערבי ב־20 השנים האחרונות. יחס המתקרב לערכים של 1, משמעו שרוב הדי־די־טי הכללי הנמדד הוא בצורת די־די־אי, וזו אינדיקציה לכך שפירוק הדי־די־טי הקיים בסביבה הימית הולך ונשלם לחלוטין, וכי אין כניסה של די־די־טי "חדש" למערכת.^[5]



סטנלה פֶּטוּסָה - המין השני הנפוץ באזורנו | צילום: עוד גופמן



דולפינן מצוי - המין הנפוץ באזורנו | צילום: אביעד שיינין

טבלה 1. ריכוזי מזהמים ברקמות דולפינים שהוחפו או שנלכדו לאורך חוף הים הישראלי בין השנים 1994 ל־2011. ריכוזי המתכות מוצגים על בסיס משקל רטוב, כממוצע וכסטיית תקן, ובסוגריים - הטווח.

סטנלה פֶּטוּסָה (<i>Stenella coeruleoalba</i>)	דולפינן מצוי (<i>Tursiops truncatus</i>)	החומרים שנבדקו	
הוחפו 8 פרטים, מתוכם נבדקו 6 במצב טרי. נבדקו מתכות כבדות	הוחפו 61 פרטים, מתוכם נבדקו 17 במצב טרי. 11 מתוכם מתו כתוצאה מהסתבכות ברשתות, ו־6 נמצאו מתים על החוף. נבדקו מתכות כבדות	כספית (Hg) בכבד	2001–1994
181 ± 200 (1.4–550) mg kg ⁻¹ wet wt.	97 ± 149 (0.97–491) mg kg ⁻¹ wet wt.	קדמיום (Cd) בכליה	
11 ± 12 (0.2–30) mg kg ⁻¹ wet wt.	0.88 ± 1.7 (0.06–0.89) mg kg ⁻¹ wet wt.		2006–2004
הוחפו 7 פרטים שלא נבדקו	6 פרטים שנבדקו נמצאו מתים בדרגות שונות של ריקבון. נבדקו מתכות כבדות ומזהמים אורגנוכלוריים	כספית (Hg) בכבד	
		קדמיום (Cd) בכליה	
		PCB's, ΣDDT בשומן	
נבדקו 7 פרטים. מתוכם 3 נמצאו מתים ו־4 חיים. נבדקו מתכות כבדות וסלניום	הוחפו 60 פרטים שלא נבדקו	כספית (Hg) בכבד	2011–2006
134 ± 89 (33–296) mg kg ⁻¹ wet wt.		קדמיום (Cd) בכליה	
12.6 ± 8.2 (0.61–24.9) mg kg ⁻¹ wet wt.			

מזהמים ופתולוגיות ספציפיות וכן זיהוי של מגמות בזמן ובמרחב ומעקב אחריהן.

מקורות

[1] Borrell A and Aguilar A. 2005. Differences in DDT and PCB residues between common and striped dolphins from the southwestern Mediterranean. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* **48**: 501–508.

[2] Law RJ. 1996. Metals in marine mammals. In: Beyer N, Heinz G, and Redmon-Norwood AW (Eds). *Environmental contaminants in wildlife: Interpreting tissue concentrations*. Chelsea (Michigan): Lewis publishers, Inc.

[3] Pauly D, Trites AW, Capuli E, and Christensen V. 1998 Diet composition and trophic levels of marine mammals. *ICES Journal of Marine Science* **55**: 467–481.

[4] Roditi-Elasar M, Kerem D, Hornung H, et al. 2003. Heavy metal levels in bottlenose and striped dolphins off the Mediterranean coast of Israel. *Marine Pollution Bulletin* **46**: 491–521.

[5] Shoham-Frider E, Kress N, Wynne D, et al. 2009. Persistent organochlorine pollutants and heavy metals in tissues of common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) from the Levantine Basin of the Eastern Mediterranean. *Chemosphere* **77**: 621–627.

הדולפינו, חלקם היחסי של הדגים גבוה יותר [3]. ידוע שבאופן טבעי ראש-רגליים צוברים קדמיום, ומכילים ריכוזי קדמיום הגבוהים בסדרי גודל מאלה שנמדדים אצל דגים.

בדגימות הכבד של הסקנולות מהשנים 2006–2011 נבדק גם ריכוז הסלניום. ריכוזי סלניום וכספית נמצאו במתאם חיובי אלה הם אינדיקציה למנגנון נטרול הרעילות של כספית על-ידי סלניום, שהתפתח במהלך האבולוציה כתוצאה מנוכחות טבעית של כספית בסביבה הימית. במנגנון זה נוצרת כספית-סלניד (Tienamnite, HgSe) - תרכובת מינרלית אינרטי, שאינה פריקה ביולוגית, ועמידה להתקפות אנזימטיות, המונעת את ההשפעות הרעילות של הכספית. מנגנון זה מאפשר נוכחות של ריכוזי כספית גבוהים (החורגים מסף הרעילות) ברקמות הדולפינים ללא השפעות רעילות.

לסיכום, מעקב רב-שנתי של קרוב לשני עשורים מראה שאצל מיני הדולפינים הנפוצים באזורנו שנבדקו, אין שינויים בריכוזי רוב המתכות, והן היו בתחום הריכוזים הצפויים ובטווח הריכוזים התת-רעיל. כמו כן, הודגמו תהליכים טבעיים ואנתרופוגניים המשפיעים על ריכוזי מזהמים אצל דולפינים ועל נטרול רעילותם. המשך מעקב רציף אחר דולפינים שמתים לאורך חופי הארץ, הרחבת מגוון המזהמים הנבדקים ברקמותיהם, כמו גם ניתוח פתולוגי מקביל, יאפשרו מציאת קשרים אפשריים בין ריכוזי



החל באוקטובר 2011, כל הזרמה לים שמתבצעת על פי היתר, מחויבת בתשלום היטל הזרמה לים - כמס על השימוש ברשות הרבים לצורך סילוק גורמי הזיהום באותה הזרמה. זאת בהתאם לתקנות היטל למניעת זיהום הים, שנוספו לחוק למניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים (התשמ"ח-1988). להיטל שתי מטרות עיקריות מול בעל היתר הזרמה לים:

א. השתת עלויות חיצוניות הנובעות מפגיעה הנגרמת למשאב הציבורי - הים;

ב. מתן תמריץ לפעול לשיפור מתמיד באיכות הזרמה לים ולצמצום עומס הזיהום עד כדי הפסקתו.

היטל הזרמה לים הוא כלי נוסף לארגז כלים שנותן החוק, הפועל ליישום המטרה השנייה המוזכרת לעיל, קרי: צמצום הזיהום ואף הפסקת הזרמה לים, באמצעות דרישה בהיתר הזרמה עצמו להתקנת הטכנולוגיה הטובה ביותר (BAT - Best Available Technology) להפחתת המזהמים. נוסף על ההיטל מצויים בארגז כלים זה גם התראות ושימועים, צווי הפסקת הזרמה, עיצומים כספיים ובמקרים חמורים - חקירות פליליות והגשת כתבי אישום.

היטל הזרמה לים - האם מטרתו מושגת?

ספאא חלבי, אילן מלסטר* רוני עמיר

אגף ים וחופים, המשרד להגנת הסביבה
 ilanm@sviva.gov.il *



בוצת השפד"ן - המקור העיקרי לזיהום הים בישראל | צילום: אילן מלסטר