

שטפי סדימנטציה ודינמיקה של מאספי אוכלוסיות החוריריות (פורמיניפרה) הפלנקטוניות במפרץ אילת/עקבה

נטלי צרניחובסקי^{1,2}

דר' אהובה אלמוגי-לבין³

דר' עדי טורפשטיין^{1,2}

¹ האוניברסיטה העברית בירושלים

² המכון הבינאוניברסיטאי למדעי הים באילת

³ המכון הגיאולוגי לישראל, ירושלים

פורמיניפרה פלנקטוניים (פ"פ) הינם יצורים חד-תאים המשקיעים שלד גירני (קלציטי) ורגישים לתנאים אוקיינוגרפיים מסוימים (כגון ריכוזי חמצן נמוכים, אוליגוטרופיות בעמודת המים וכו'). תפוצתם באוקיינוסים הינה גלובלית ושלדיהם הנבנים בעמודת המים מהווים רשמקול לתנאים האוקיינוגרפיים והאקלימיים ועל כן שלדיהם המצטברים בקרקעית-הים מהווים כלי מרכזי במחקר ושחזור סביבות-ימיות עתיקות (פאליאו-אוקיינוגרפיה) וכן שיחזור תנאים אקלימיים עתיקים. לדוגמא, כאשר גיאולוגים מוציאים גלעין מקרקעית הים, הם מפרידים שכבות סדימנט ומכל שכבה שולפים פ"פ, אנליזה איזוטופית של שלדיהם משמשת גם כפאליאו-תרמומטר וגם לתיארוך השכבה ואף להבנת התנאים האוקיינוגרפיים שששרו בתקופה ששכבה זו נוצרה (כגון יצרנות ראשונית במים, רוויה לחמצן ועוד). בנוסף, שכיחות גבוהה של מין מסוים בדגימת סדימנט זו יכולה להעיד אף היא על תנאי היצרנות הראשונית במים ואופי ריכוזי הנוטריינטים.

על מנת לפתח מדדים מדויקים לשחזור הסביבות הימיות הקדומות במפרץ ובכלל האוקיינוסים באמצעות שלדי פ"פ, עולה הצורך בהבנת היבטים אקולוגיים כגון הדינמיקה העונתית והשנתית של שטפי הפ"פ לקרקעית, הרכב החברה ומאסף המינים, ההתפלגות המרחבית והאנכית שלהם בעמודת המים שכן מינים מסוימים מקיימים סימביוזה עם אצות שיתופיות ועל כן חיים לרוב בשכבה הפוטית/מוארת (מפני השטח ועד לעומק של כ-100 מטרים) בעוד שמינים אחרים מתקיימים בעומקים של כ-200 מטרים ויותר ואינם מקיימים סימביוזה כזו. כמו כן, ישנו צורך חשוב בהבנה כיצד מיני פ"פ מגיבים לשינויים בעמודת המים והאם הרכבם משתנה בהתאם לכך. על מנת להשלים את התמונה, אנו חייבים ללמוד ולהבין היבטים ביולוגיים כגון ההתפתחות האונטוגנית של כל מין ומין בהתאם לתנאי הסביבה, אופן תזונתם, אופן רבייתם ומחזור-חייהם. עד היום, מלבד מין אחד, חוקרים לא הצליחו להרבות בתנאי מעבדה מינים אחרים ולתעד מחזור חיים שלם של פ"פ, על כן קיים צורך ללמוד את אופן רבייתם בתנאי השטח. מחקרים שנעשו באוקיינוסים שונים מראים כי מינים מסוימים מקיימים רבייה מסונכרת (בכדי להגדיל את סיכויי הרבייה) למופע ירחי, בעיקר לירח מלא אך המחקרים הקיימים כיום עבדו רק על פרקציות גודל גדולות (מעל 125 מיקרון) ובכך בעצם דגמו לרוב פרטים בוגרים ו"פיספסו" את השלבים הצעירים ובנוסף פסחו על פרטים שמטבעם לא מגיעים לגודל זה. בנוסף, המחקרים הקיימים כיום הינם ברזולוציית זמן נמוכה (דיגום אחת לשבועיים) שעלולה ל"פספס" מועדי ביניים של רבייה ואלו שכן

דגמו ברזולוציית זמן גבוהה (אחת ליומיים) בצעו את מחקרם רק לאורך חודשיים רצופים ולכן לא ניתן לדעת האם אופן הרבייה שדיווחו עליו מתקיים לכל אורך השנה. מכך עולה שישנו צורך גדול במחקר אשר דוגם את כל שלבי הפרט, ברזולוציית זמן גבוהה ולאורך מחזורי זמן ארוכים.

היבטים אקולוגיים (תוצאות המחקר שביצעת Chernihovsky et al., 2018)

מפרץ אילת הינו ימת-קצה אוליגוטروفית (ענייה-בנוטריינטים) אשר תומכת בחברת פ"פ ייחודית ביותר. ההשתנות העונתית של מיני הפ"פ השונים במפרץ אילת, התפלגותם האנכית ושטפי שלדיהם לקרקעית המפרץ נחקרו בשנים 2014-2016 ברזולוציה חודשית באמצעות מערכת אנכית של מלכודות-סדימנט מסוג "מלכודות צינור" (איור 1C). בעבודה זו מתוארים עשרת המינים (איור 2) אשר נדגמו לאורך המחקר והשתנותם לאורך השנים. המסקנות העיקריות מעבודה זו הינן:

א. שטפי הפ"פ מציגים דינמיקה עונתית ברורה כשאר ממוצע השטפים נמוכים ביותר הינם בתקופת הקיץ (~250 פרטים למטר רבוע ליום) והם עולים בהדרגה במהלך חודשי סוף הסתיו ומגיעים לממוצע מקסימלי בחורף (~15000 פרטים למטר רבוע ליום). עלייה זו תואמת עלייה בייצרנות ראשונית וערכי כלורופיל במים. במהלך חודשי הקיץ עמודת המים במפרץ אילת משוכבת אך עם התקררות פני השטח, מתחיל ערבול בעמודת המים שמערבל ומעלה חומרי תשמורת (נוטריינטים) מעמודת המים העמוקה לפני השטח, דבר המביא לפריחת אצות שהינן (באופן ישיר ועקיף) המזון של הפ"פ ושאר האורגניזמים הפלנקטוניים במפרץ.

ב. מכיוון שהמים במפרץ עניים בחומרי תשמורת, הרכב ומאסף המינים במפרץ הינו ייחודי ומרבית המינים הינם נושאי אצות-סימביונטיות, דבר המאפשר להם להתקיים ולשרוד בסביבה כה ענייה.

ג. במחקר זה נדגמו שלוש פרקציות גודל של שלדי פ"פ (63-125 מיקרון, 125-500 מיקרון ומעל 500 מיקרון) ונמצא כי פרקציית הגודל הקטנה (63-125 מיקרון) הינה השכיחה ביותר (55-94% מכלל המאסף, בניגוד לפרקציה הבינונית 125-500 מיקרון שהיוותה 6-45% מכלל המאסף ולפרקציה הגדולה שהיוותה פחות מ-1% מכלל המאסף). פרקציית הגודל של 63-125 מיקרון כמעט ולא נחקרה קודם לכן במחקרים של פ"פ וממצא זה מראה את חשיבותה.

ד. המין הדומיננטי ביותר במפרץ אילת הינו *Turborotalita clarkei* ומכיוון שפרטים בוגרים ממין זה קטנים לרוב מ-125 מיקרון, הם טרם אופיינו במפרץ אילת ובכלל, בקושי נחקרו ברחבי העולם.

ה. לאורך חמשת העשורים האחרונים השתנה הרכב ומאסף המינים במפרץ אילת שכן פרטים של שלושה מינים אשר תועדו קודם לכן לא נמצאו כלל לאורך מחקר זה. ביניהם, המין *Globigerinoides sacculifer* אשר היה המין הדומיננטי במפרץ אילת במהלך שנות השבעים ונעלם כליל.

בנוסף, במחקר זה סקרתי גם את עושר המינים והרכב מאספי המינים הייחודיים לים-האדום ולגרדיאנט המרחבי של הפ"פ בין מקורם בסביבה האוקיינית העשירה בנוטריינטים

באוקיינוס ההודי ועד לימות-קצה אוליגוטרופיות במיוחד - מפרץ אילת. סקירה זו מראה כי למרות שהשטפים המקסימליים לקרקעית הים (מספר שלדים למטר רבוע ליום) עלולים להיות שווים, בצפון מערב האוקיינוס ההודי מתקיימים כ-32 מיני פ"פ לעומת העשרה הקיימים במפרץ אילת. מדרום הים האדום וצפונה ניתן לראות ירידה (של כשני שליש) במספר המינים בשל תנאי האוליגוטרופיות והמליחות העולים עד למפרץ אילת. כמו כן, שכיחות הפ"פ בעמודת המים יורדת גם היא מ-1000 פרטים למטר מעוקב בצפון-מערב האוקיינוס ההודי לכ-18 פרטים למטר מעוקב בצפון מפרץ אילת.

היבטים ביולוגיים (מחקר בהתהוות)

המחקר הנוכחי עושה שימוש לראשונה במלכודת-סדימנט-אוטומטית (איור 1d) המאפשרת אפיון השטפים וגודלי-השלד של פ"פ ברזולוציה יממית במטרה לפענח את מחזורי הרבייה של מיני הפ"פ במפרץ והערכת מידת הסנכרון עם מופעי הירח השונים, ובדיקה האם הסנכרון מתקיים במשך כל השנה או רק בעונות מסוימות. מחקר זה נמצא בהתהוות והתוצאות עד כה מראות כי רק חלק מהמינים הקיימים במפרץ מתרבים בסינכרון עם מופע ירחי ולא דווקא של ירח מלא. גם המינים שמראים אופן התרבות מסונכרן למופע-ירחי אינן מתרבים כך בכל חודש במהלך השנה, אלא רק בחודשים מסוימים.

רזולוציית הדיגום הגבוהה (והייחודית) בעבודה זו (זמן, עומק, מינים וגדלי שלדים) תאפשר הבנה משמעותית ביותר של מחזורי-החיים של הפורמיניפרה בסביבות גידול גיאוגרפיות ובתנאים אוקיינוגרפיים משתנים ובהתאם, פיתוח שיטות מדויקות לשחזור סביבות ימיות קדומות במפרץ אילת ובאוקיינוסים.

Chernihovsky N., Almogi-Labin A. and Torfstein A. (2018) "Seasonal flux patterns of planktonic foraminifera in a deep, oligotrophic, marginal sea: sediment trap time series from the Gulf of Aqaba, northern Red Sea", Deep Sea Research Part I 140:78-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2018.08.003>.

Figure 1.

Study site and mooring: A) Location of mooring site in the northern Gulf of Aqaba. Inset: The Red Sea, Gulf of Suez and the Gulf of Aqaba (google earth). B) Sediment traps mooring configuration: Cylinder traps (gray) at depths: 120, 220, 340, 450 and 570m; and McLane time-series sediment-trap at 400m depth. C) Cylinder sediment traps operated on a monthly resolution (yellow). D) McLane sediment-trap for ~daily resolution sampling.

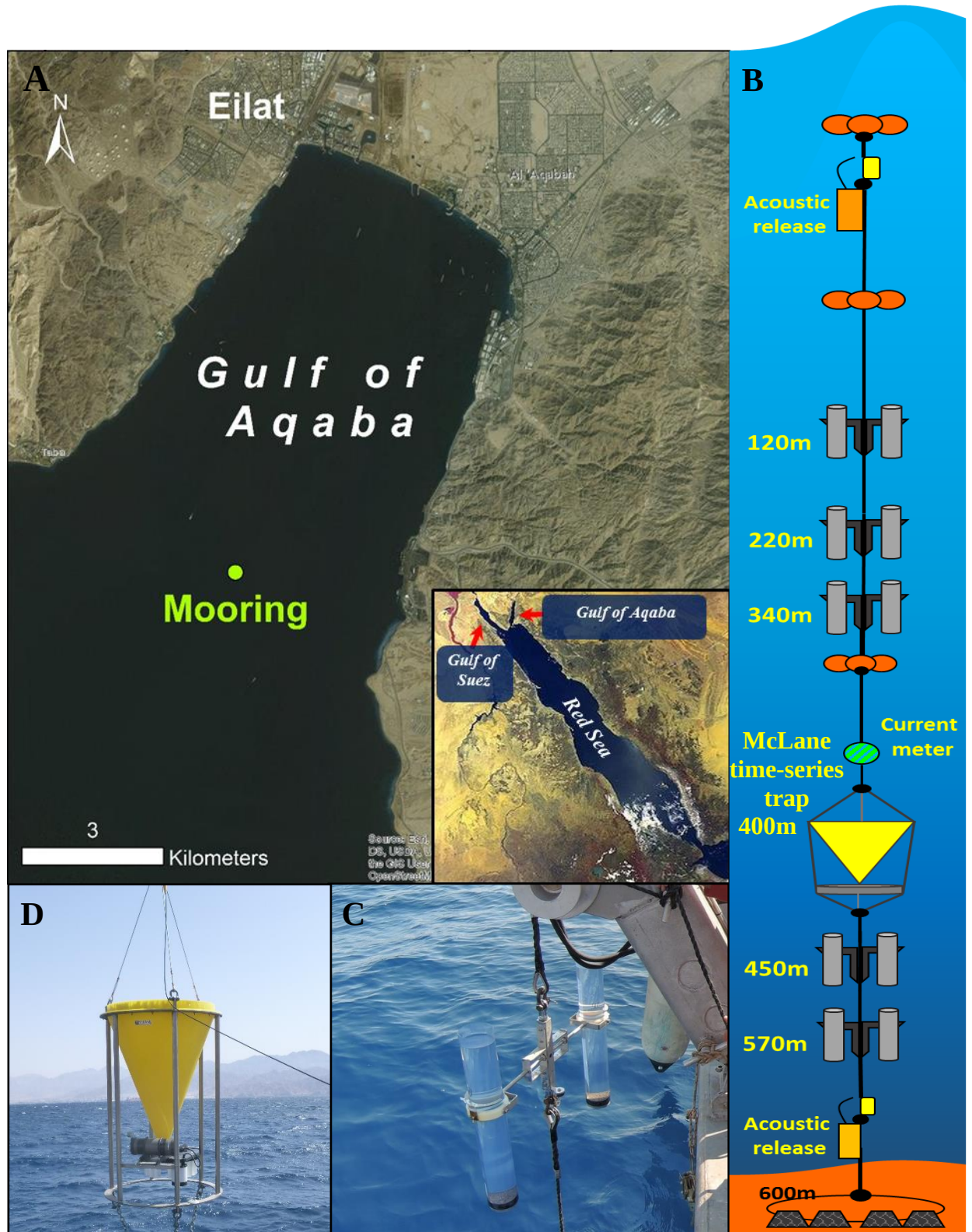


Figure 2.

Nine PF species identified: A) *Globigerinella calida*, B) *Globigerinella siphonifera*, C) *Globigerinita glutinata*, D) *Globigerinoides ruber*, E) *Globoturborotalita rubescens*, F) *Globoturborotalita tenella*, G) *Orbulina universa*, H) *Dentigloborotalia anfracta*, I) *Turborotalita clarkei* round (Morph 1), J) *Turborotalita clarkei* elongate (morph 2). The 10th specie that was identified *Hastigerina pelagica*, is not presented here.

