



**אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח**

דו"ח ניטור אביב 2016

דו"ח חיא"ל H52/2016

דו"חות חיא"ל
I O L R REPORTS



מים ואגמים לישראל בע"מ
Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd.
תל-שקמונה, ת"ד 8030, חיפה 31080, P.O.B. 8030, Haifa
פקס : 972-4-8511911 Fax: 972-4-8515202 : טלפון
<http://www.ocean.org.il>

אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח

דו"ח ניטור אביב 2016

דו"ח חיא"ל H52/2016

נורית גורדון, איל רהב, ברק חרות

* מחבר לתכתובת (eyal.rahav@ocean.org.il)

מוגש לרשות נחל הקישון

עזרו במחקר: ירון גרטנר, אפרת שהם-פרידר, יעל סגל

חתימה:

נובמבר 2016

אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח דו"ח ניטור אביב 2016

1. מטרת הניטור

מטרות הניטור הן לעקוב אחר שינויים מרחביים, עונתיים, ורב שנתיים באוכלוסיות המיקרואצות (פיטופלנקטון) והחיידקים, וקצב פעילותם (יצרנות ראשונית וחיידקית), בחלקו המלוח של נחל הקישון ואת התנאים הסביבתיים הנלווים.

2. דיגום ושיטות

המערכה התחתונה של נחל הקישון נדגמה באביב (2 במאי) 2016. שבע תחנות נדגמו במעלה זרם הנחל (איור 1, טבלה 1). בכל תחנה נמדד פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס במים, ואחוז רווית חמצן, באמצעות מכשיר YSI 6600 UPS מחברת Yellow Springs Instruments. עכירות המים לא נדגמה בשל תקלה במכשיר. כמו כן, מי שטח ומי עומק בכל תחנה נדגמו באמצעות בקבוק ניסקין או ישירות לכלי הדיגום לקביעת ריכוזי כלורופיל *a*, נוטריאנטים (פוספאט, ניטראט+ניטריט, חומצה סיליצית), ספירות חיידקים ופיקופיטופלנקטון (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*, pico-eukaryotes, heterotrophic bacteria) ויצרנות ראשונית וחיידקית בעזרת סמנים רדיואיזוטופים (כל התחנות), וכן אפיון אוכלוסיית הפיטופלנקטון (שתי תחנות: גשר ההסתדרות, גשר יוליוס סימון) בעזרת שיטות טקסונומיות מיקרוסקופיות. הדגימות חולקו לכלי דיגום מתאימים והובאו למעבדה תוך מספר שעות להמשך אנליזות.

במעבדה, דגימות המים לנוטריאנטים הוקפאו עד לבדיקתן בשיטה פוטומרית וזרימה מקוטעת במכשיר Skalar SAN^{plus} systems בשיטות המפורטות ב- (IOC-SCOR-UNESCO, Kress and Herut, 2001) (1994). דגימות מים לקביעת כלורופיל סוננו דרך פילטרים (GF/F (0.7µm) לאחר סינון מקדים דרך נפה 63µm, נעטפו בנייר אלומיניום והוקפאו עד לבדיקתם בשיטה פלואורימטרית לפי-Standard Methods 10200H-3 עם שינויים קלים בתוך מספר ימים.

יצרנות ראשונית נמדדה על ידי סימון מי הדגימה עם ביקרבונט מסומן בפחמן 14 (Steeman-Nielsen, 1952). יצרנות חיידקית נמדדה על ידי הוספה למי הדגימה לאוצין מסומן בטריטיום (Simon et al. 1990). כל הדגימות נעשו בטריפליקטים (שלוש חזרות) והושמו תחת תנאי תאורה וטמפרטורה טבעיים למשך 4 שעות בטרם מדידתם עם מונה נצנץ (סנטילציה) עם שינויים קלים לנחל הקישון (Bar-Zeev and Rahav, 2015).

אפיון אוכלוסיית הפיקו/מיקרו-אצות נעשתה הן על ידי מדידות Flow-cytometer (Attune, Applied Biosystems), והן בשיטות טקסונומיות מיקרוסקופיות. נוסף לכך, נספרו חיידקים הטרוטרופים (צרכנים שניוניים) לאורך תחנות הדיגום. מי הדגימה קובעו מידית עם גלוטראלדהיד (50%, 0.16% ריכוז סופי), הוקפאו עם חנקן נוזלי לאחר כ-15 דקות, והופשרו באמבט 37°C לפני שהורצו עם ה-Flow-cytometer כעבור מספר ימים. עבור האנליזות הטקסונומיות, מי הדגימה סוננו במעבדה על גבי מספר פילטרים בהתאם לגודל האצות:

1. סוגים קטנים (עד 5 מיקרון) – מי דגימה סוננו על גבי פילטר פוליקרבונט (0.45 מיקרון) ושומרו באמצעות גלוטראלדהיד. הפילטר הונח על זכוכית נושאת עם טיפת שמן אימרסיה. על הפילטר הונחה טיפה נוספת של שמן אימרסיה והפילטר כוסה בזכוכית מכסה. הדגימות נשמרו בהקפאה עד לזיהוי וספירה בעזרת מיקרוסקופ אפיפלאורסנטי תוך מספר חודשים.

2. סוגים גדולים מ-5 מיקרון – מי דגימה סוננו על גבי פילטרים מפוליקרבונט (5 מיקרון ו- 20 מיקרון) ושומרו בשתי שיטות: א. באמצעות שמן אימרסיה בדומה למתואר לגבי התאים הקטנים מ-5 מיקרון. ב. בשיטת FTF (filter –transfer – freeze) (Hewes,C.D. and Holmes-Hansen, O. (1983)). הפילטר הונח על גבי טיפת מי ים שהונחה על זכוכית נושאת עם פני הפילטר כלפי מטה. זכוכית נושא הונחה מיד על גבי קרח יבש ולאחר קפיאת התאים הוסר הפילטר והתאים שנשארו על הזכוכית כוסו בשכבת גליצרין ג'לי שהתייבש תוך זמן קצר. לאחר מכן הונחה על הדגימה טיפת גליצרול שכוסתה בזכוכית מכסה. הדגימות נשמרו בהקפאה עד לזיהוי וספירה שנעשו באור רגיל ובפלורוסנציה באמצעות מיקרוסקופ אפיפלאורסנטי תוך מספר חודשים.



איור 1: מיקום תחנות הדיגום בנחל הקישון: מעלה הנחל (Q1), לבניות (Q2), גשר ההסתדרות, אקליפטוס (Q3), גשר יוליוס סימון, מוצא הנחל (Q4), ופתח נמל הקישון. מיקומי התחנות מפורטים בטבלה 1. תמונה מתוך Google Earth.

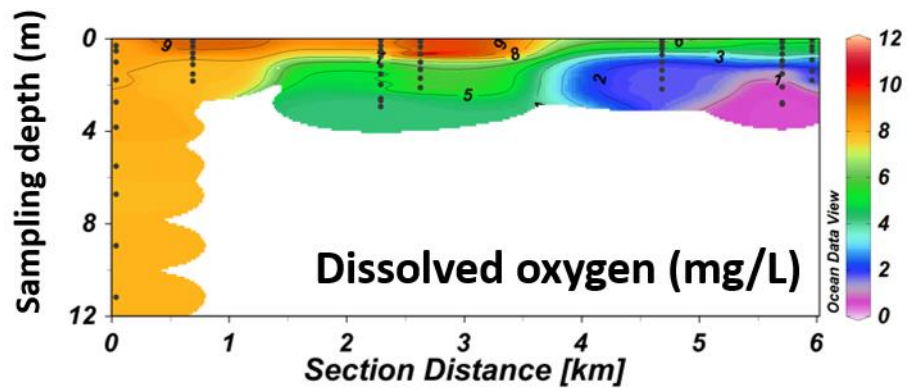
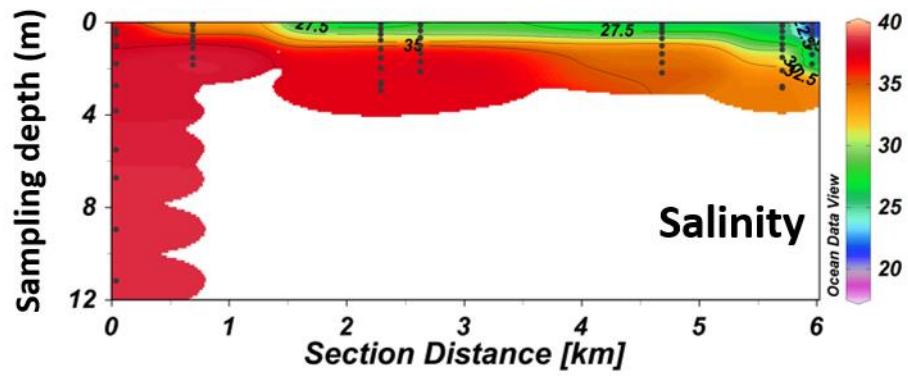
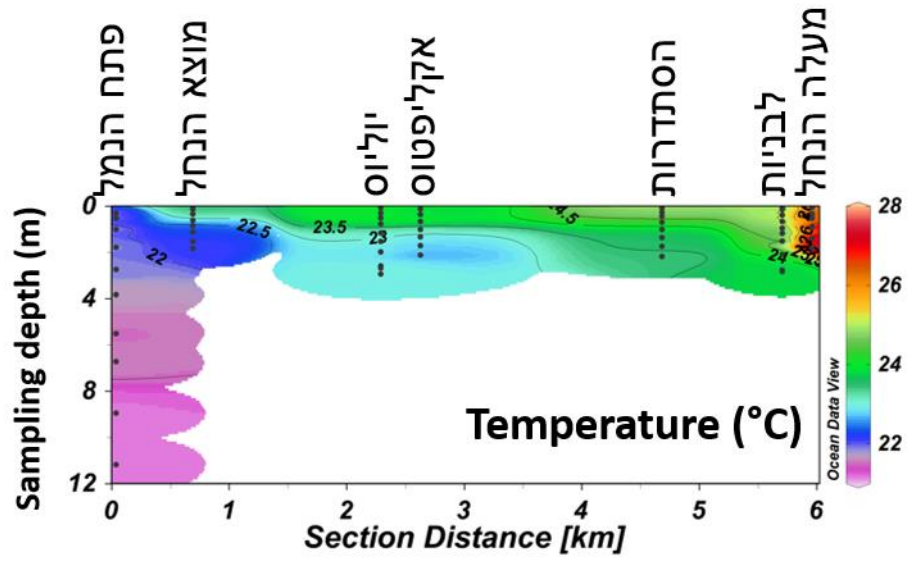
טבלה 1- מיקום תחנות הדיגום לאורך נחל הקישון המלוח במהלך דיגום אביב 2015.

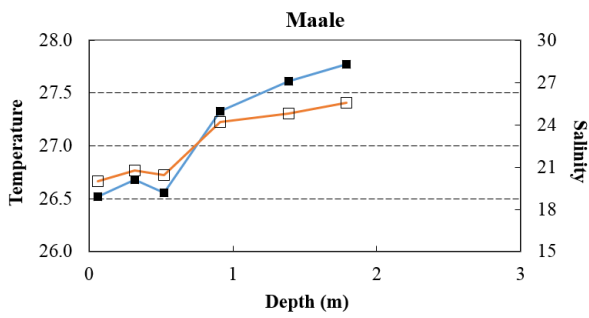
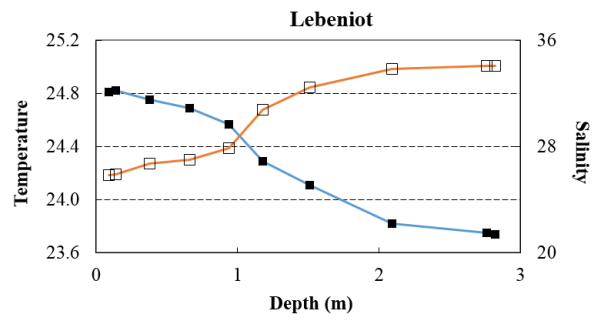
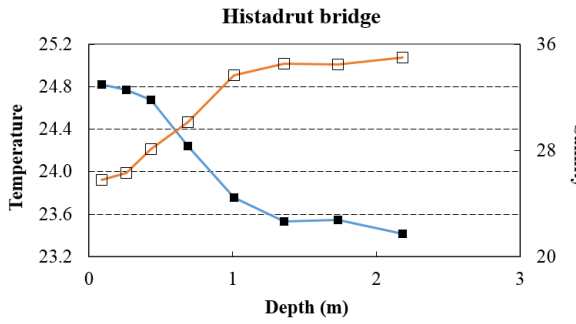
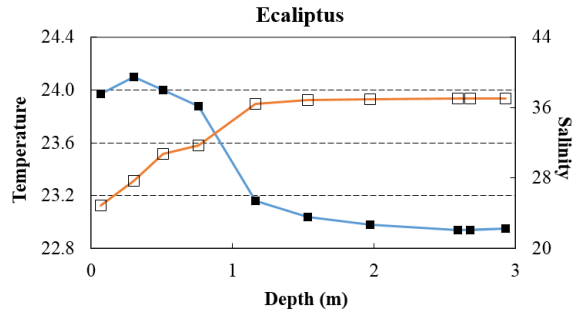
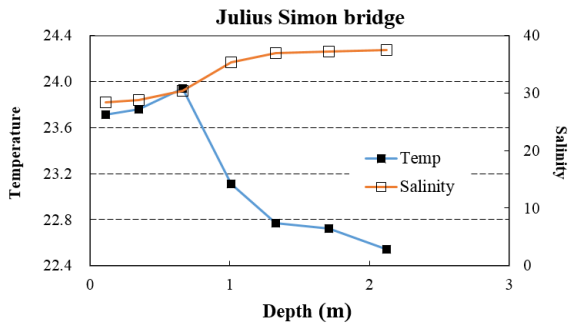
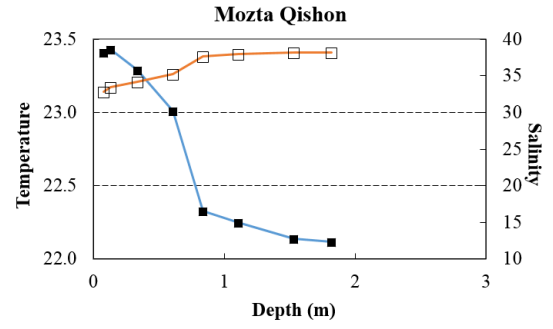
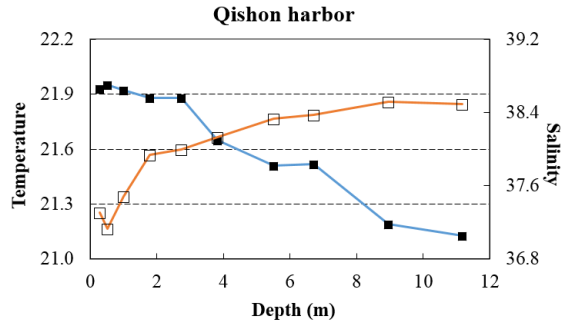
תחנה	קו רוחב (N)	קו אורך (E)
מעלה הנחל (Q1)	32° 47.17'	35° 3.21'
לבניות (Q2)	32° 47.27'	35° 3.10'
גשר ההסתדרות	32° 47.86'	35° 2.84'
אקליפטוס (Q3)	32° 48.50'	35° 2.30'
גשר יוליוס סימון	32° 48.01'	35° 2.01'
מוצא הנחל (Q4)	32° 48.17'	35° 2.40'
פתח נמל הקישון	32° 48.89'	35° 1.57'

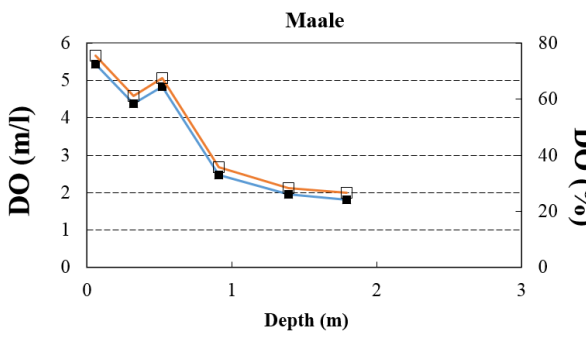
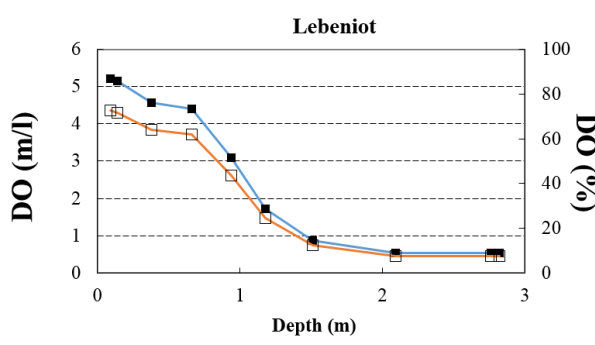
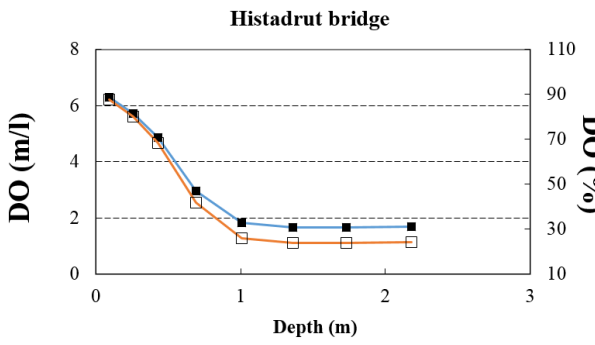
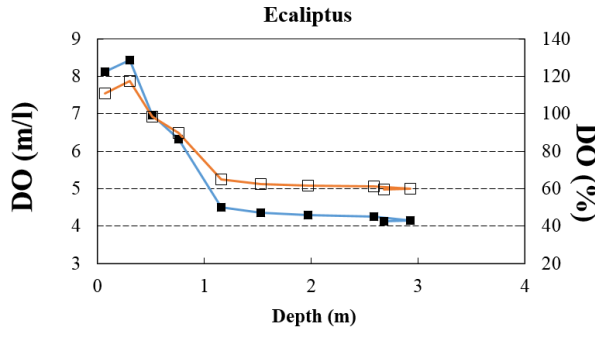
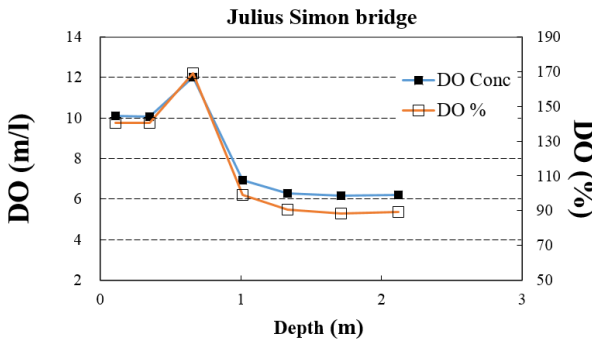
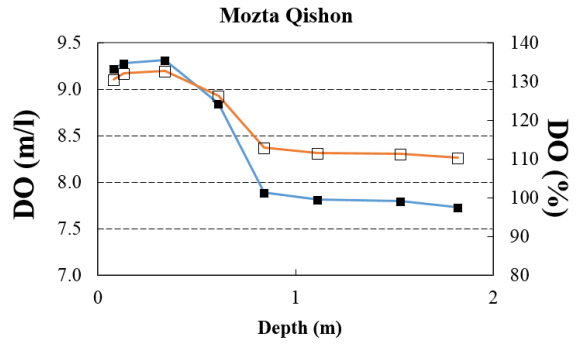
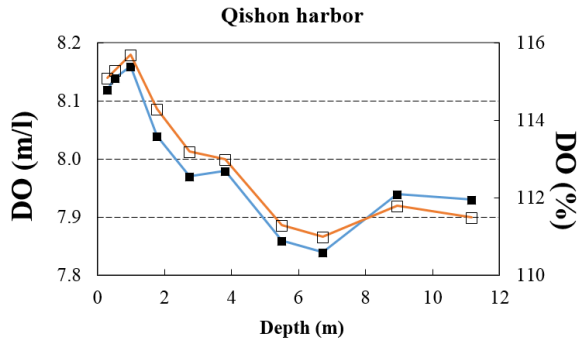
3. תוצאות

3.1. פרמטרים כימיים-פיסיקליים בעמודת המים

פרופיל העומק של הטמפרטורה, המליחות, והחמצן מומס, לאורך נחל הקישון במלוח כפי שנמדדו במאי 2016 לאורך הקישון המלוח מוצגים באיור 2 וטבלה 2. פיזור הטמפרטורה האנכי מראה כי עמודת המים הייתה יחסית אחידה עם הבדל של כ- 1.5 מעלות בין פני השטח לקרקעית. זאת להבדיל מדיגומי קיץ נדגם שיכוב משמעותי של עמודת המים עם הבדל של כ-4 מעלות בין פני השטח לקרקעית (Bar-Zeev and Rahav, 2015). וראה/י דו"ח חיא"ל H17/2015). עם זאת, בדומה לדיגומים קודמים, שכבת המים העליונים (1 מ') הייתה מלוחה פחות מחלקה התחתון, במיוחד במעלה הנחל (למשל בתחנה Q1), כתוצאה מכניסת מי ים דרך הסדימנט. ככל שמתקרבים למורד הנחל (קרי התקרבות לים הפתוח) עלתה המליחות- הן בגוף המים העליון והן בתחתון- כאשר במי השטח הגרדיאנט גדול יותר לעומת הגרדיאנט במים העמוקים (איור 2). מי השטח בכל התחנות היו רוויים בחמצן (80-100%), כאשר אחוז רוויית החמצן ירד עם העליה בעומק המים (איור 2). ערכי החמצן המומס בפני השטח היו למעלה מ- 5 מג"ל בכל תחנות הדיגום לאורך הנחל, ערך שאינו מעיד על אנוקסיה ומצביע על מים מאווררים יחסית וללא עקות כפי שניתן לעיתים לראות בקישון. בכל התחנות למעט "מוצא הנחל" (Q4) "ופתח הנמל" ריכוז החמצן ירד משמעותית עם הירידה בעומק המים, לעיתים אף ב-90% (תחנת "לבניות, Q2). ירידה זו תלויה מאוד בהתחשב בעומק המים הרדוד התחנות אלה (קטן מ-3 מטר). בעומקים אלה (בעיקר קרוב לפני הקרקעית), ריכוז החמצן אף ירד ל-0.53 מג"ל, ערך שעל פי הקרטיונים של NOAA מוגדר כעקת חמצן בינונית (טבלה 3). ריכוז החמצן במי העומק מוכתב בעיקר ע"י תהליכי נשימה חיידקית ובמידה מסוימת ע"י חדירת מי ים. ריכוז החמצן במי השטח מושפע מתהליכי ערבוב בין מי נחל עניים יחסית בחמצן מהמעלה (כולל –הזרמות מהמפעלים) לבין מי ים עשירים יחסית בחמצן, ומתהליכי פריחת אצות. המצב האנוקסי שנמדד במעלה הנחל מצביע על פעילות מטאבולית הטרוטרופית חיידקית ועל אוטרופיקציה של אזורים אילו.







איור 2: למעלה- פרופיל עומק של הטמפרטורה, מליחות, וריכוז חמצן מומס כפי שנמדד במאי 2016 לאורך נחל הקישון המלוח. האינטרפולציה בין נקודות המדידה בוצעה באמצעות תוכנת Ocean Data View (גרסה 4.1) על ידי שימוש באלגוריתם מסוג VG gridding. השטח הלבן מציין את גבולות האינטרפולציה (אין מספיק מידע). למטה- חתך עומק של כל תחנת דיגום בנפרד עבור הפרמטרים הנ"ל.

טבלה 2- סיכום פרופיל עומק של הטמפרטורה, מליחות, חמצן מומס וקשיות (pH) כפי שנמדד במאי 2016 לאורך נחל הקישון המלוח.

pH	חמצן מומס (mg/L)	מליחות	טמפרטורה (°C)	עומק דיגום (m)	תחנה	
7.45	5.43	19.98	26.52	0.06	מעלה הנחל (Q1)	
7.42	4.37	20.77	26.68	0.32		
7.44	4.83	20.41	26.56	0.52		
7.33	2.47	24.19	27.33	0.91		
7.3	1.95	24.8	27.61	1.39		
7.29	1.81	25.55	27.77	1.79		
7.65	5.21	25.84	24.81	0.09	לבניות (Q2)	
7.64	5.14	25.92	24.82	0.14		
7.61	4.57	26.74	24.75	0.38		
7.6	4.41	27.02	24.69	0.66		
7.59	3.1	27.86	24.57	0.94		
7.61	1.73	30.77	24.29	1.18		
7.65	0.88	32.48	24.11	1.51		
7.68	0.53	33.82	23.82	2.09		
7.69	0.53	34.1	23.75	2.76		
7.69	0.53	34.07	23.74	2.82		
7.7	6.29	25.79	24.82	0.09		גשר ההסתדרות
7.7	5.73	26.3	24.77	0.26		
7.7	4.85	28.1	24.68	0.43		
7.72	2.95	30.14	24.24	0.69		
7.76	1.82	33.7	23.76	1.01		
7.77	1.66	34.57	23.53	1.36		
7.77	1.66	34.49	23.55	1.73		
7.78	1.68	34.98	23.42	2.18		
7.84	8.12	24.85	23.97	0.07	אקליפטוס (Q3)	
7.9	8.44	27.69	24.1	0.3		
7.89	6.97	30.72	24	0.51		
7.89	6.33	31.68	23.88	0.76		
7.95	4.5	36.41	23.16	1.16		
7.96	4.35	36.84	23.04	1.53		
7.95	4.29	36.97	22.98	1.97		
7.96	4.26	37.06	22.94	2.59		
7.95	4.15	37.07	22.95	2.93		
7.95	4.13	37.07	22.94	2.68		
7.98	10.12	28.39	23.71	0.11	גשר יוליוס	
8.01	10.08	28.84	23.76	0.35		
8.08	12	30.36	23.94	0.66		
8.03	6.93	35.37	23.11	1.01		
8.05	6.3	36.96	22.77	1.33		
8.05	6.17	37.16	22.72	1.71		
8.06	6.22	37.5	22.54	2.12		

8.07	9.22	32.79	23.41	0.08	מוצא הנחל (Q4)	
8.09	9.28	33.45	23.43	0.13		
8.09	9.31	34.16	23.29	0.34		
8.1	8.85	35.21	23.01	0.61		
8.11	7.89	37.68	22.33	0.84		
8.12	7.81	37.93	22.25	1.11		
8.12	7.8	38.14	22.14	1.53		
8.12	7.73	38.18	22.12	1.82		
8.15	8.12	37.31	21.93	0.29		פתח נמל
8.15	8.14	37.13	21.95	0.52		
8.15	8.16	37.48	21.92	1		
8.16	8.04	37.94	21.88	1.78		
8.16	7.97	38	21.88	2.74		
8.16	7.98	38.13	21.65	3.82		
8.16	7.86	38.33	21.51	5.51		
8.17	7.84	38.37	21.52	6.72		
8.17	7.94	38.52	21.19	8.95		
8.17	7.93	38.49	21.13	11.17		

טבלה 3: קריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב לאיכות המים בשפכי נחלים (National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 1997)

פרמטר	יחידת מדידה	נמוך	בינוני	גבוה
חמצן מומס (DO)	mg/L	אנוקסיה= 0, הפוקסיה= 2-0, נזק ביולוגי 5-2		
חנקן אנאורגני (NO ₂ +NO ₃)	mg/L	<0.1	0.1- 1	>1
זרחן אנאורגני (PO ₄)	mg/L	<0.01	0.01- 1	0.1
כלורופיל a	µg/L	<5	5- 20	>20

ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט+ניטריט, פוספאט וחומצה סיליצית) בדגימות פני השטח ומי עומק בכל תחנת דיגום מוצגים בטבלה 4. ככלל, ריכוז הנוטריאנטים בפני השטח היה גבוה משמעותי מאלה שנמדדו באותה תחנה בעומק, למעט בתחנת מעלה הנחל (Q1) שם ריכוזי הנוטריינטים לא השתנו. מגמה זו חזרה על עצמה בכל הדיגומים האחרונים, ככל הנראה בגלל הזרמה קבועה של מזהמים בפני השטח והשיכוב שנדגם בתחנה זו המונע ערבול מי עומק עם מי שטח (לפחות בדיגום זה, איור 2). בדומה לדיגומים קודמים, ריכוזי הנוטריאנטים קטנו בכוון מורד הנחל עם ההתרחקות מההזרמות מהמעלה וממקור קולחי התעשייה המוזרמים לנחל, ובהשפעת מידת המיהול עם מי הים. ריכוזי הסיליקה, הניטראט ובמידה רבה גם הפוספט מראים שינויים קונסרבטיביים לאורך קטע הנחל ומוכתבים בעיקר ע"י מידת המיהול בין המים מהמעלה הכוללים את הקולחים ומי ים, אבל מושפעים גם מתהליכים ביולוגיים (ניטריפיקציה, נשימה). בכל תחנות הדיגום בתוך הקישון (מעלה הנחל ועד מוצאו) נמצאו ריכוזים גבוהים של ריכוזי החנקן והזרחן במי השטח, דבר המצביע על רמת זיהום (איאטרופיקציה) גבוהה על פי הקריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1997) לאיכות המים בשפכי נחלים (טבלה 3).

טבלה 4: ריכוז נוטריאנטים אנאורגנים (μM) כפי שנמדדו לאורך נחל הקישון המלוח בתחנות השונות באביב 2016. N.A- not available.

תחנה	עומק דיגום	NO_2+NO_3	PO_4	Si(OH)_4
מעלה הנחל	פני שטח	975.2	14.6	248.5
	קרקעית	1495.0	12.9	256.5
לבניות	פני שטח	758.2	9.9	123.7
	קרקעית	167.4	7.9	48.5
הסתדרות	פני שטח	684.9	8.6	114.1
	קרקעית	377.4	5.7	47.2
אקליפטוס	פני שטח	594.2	4.7	91.4
	קרקעית	72.2	N.A	18.9
יוליוס	פני שטח	438.7	6.3	133.2
	קרקעית	127.1	2.2	26.7
מוצא הנחל	פני שטח	233.9	2.8	44.4
	קרקעית	27.4	N.A	6.9
פתח נמל	פני שטח	49.5	0.5	11.7
	קרקעית	5.5	N.A	1.8

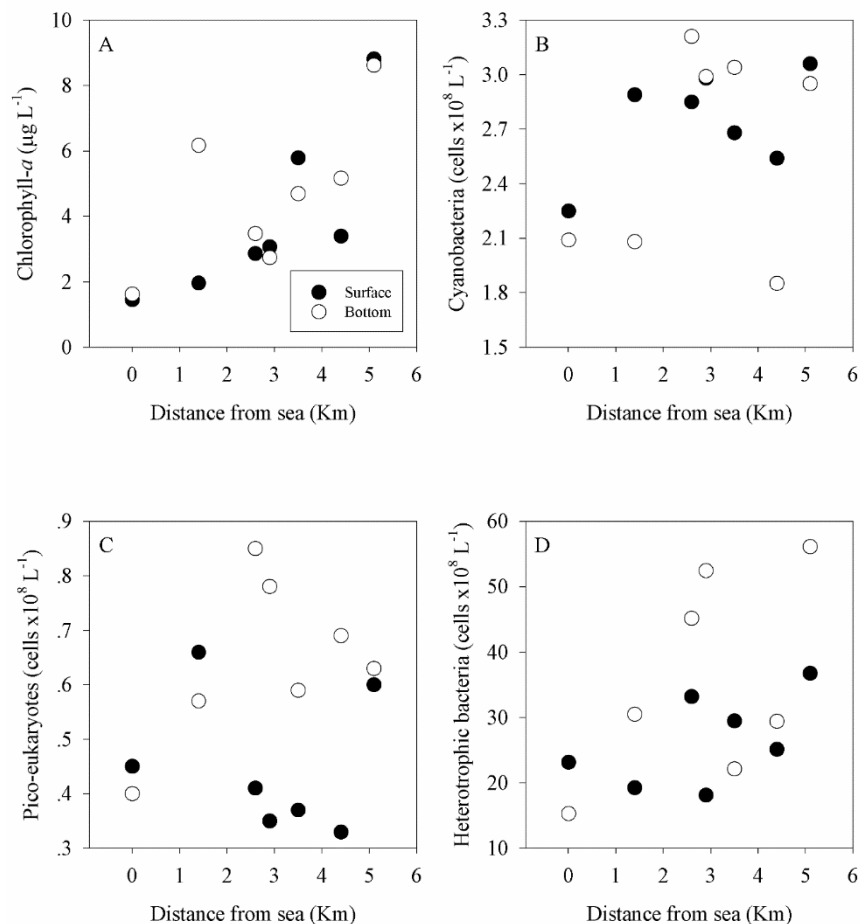
3.2 פרמטרים ביולוגים בעמודת המים

ערכי כלורופיל a בדיגומי אביב 2016 (1.62 - 8.82 מג"ל) היו גבוהים מערכי הרקע של חוף הים התיכון הנמדדים דרך קבע על ידי היא"ל כחלק מתוכנית הניטור הלאומי של מזרח הים התיכון וממי החוף (Raveh et al., 2015), וזאת הודות לריכוז הנוטריאנטים הגבוהה יחסית שנמדד לאורך הנחל בתחנות הדיגום השונות, ובמיוחד זה של ניטראט+ניטריט וזרחן (טבלה 4). ריכוזים אלה נמוכים משמעותית מאלה שנדגמים דרך קבע במהלך דיגומי הסתו (אוקטובר-נובמבר). ציאנובקטריה ואצות אוטורופיות היוו את חלק הארי מבחינה מספרית של האצות במממי הנחל במאי 2016, זאת בדומה לדיגומים קודמים. ציאנובקטריה נעו בין 1.85 $\times 10^8$ תאים בליטר (לבניות, קרקעית) ל- 3.66×10^8 תאים לליטר (מעלה הנחל). אצות אאוקריוטיות היו סדר גודל פחות מאשר ציאנובקטריות ($0.85 \times 10^8 - 0.17 \times 10^8$ תאים בליטר). בדומה לרוב הדיגומים האחרונים, נמצא מדרג (גרדיאנט) מובהק בריכוז הכלורופיל לאורך תחנות הדיגום, הן במים העליונים והן במי העומק (איור 3). מדרג זה נמצא בהתאמה לריכוז הניטראט+ניטריט, הזרחן והסיליקה (ריגרסיה ליניארית, $P < 0.05$, איור 4). לעומת הפיזור המרחבי של הכלורופיל במממי הנחל, לא נדגם מדרג בשכיחות ציאנובקטריות או תאים פיקו-אאוקריוטים (אצות פלנקטוניות קטנות בעלות גרעין) לאורך הנחל (איור 4), בדומה לדיגום מאי 2015 ומאי 2014. הסבר אפשרי הוא שאצות קטנות אלה (עד 40 מיקרון לערך) אינן מרכיבות את חלק הארי של הכלורופיל (אלא מיקרו-פיטופלנקטון, ראה/י למטה) וכי הן אינן מוגבלות בנוטריאנטים אנאורגנים לאורך הנחל (טבלה 2).

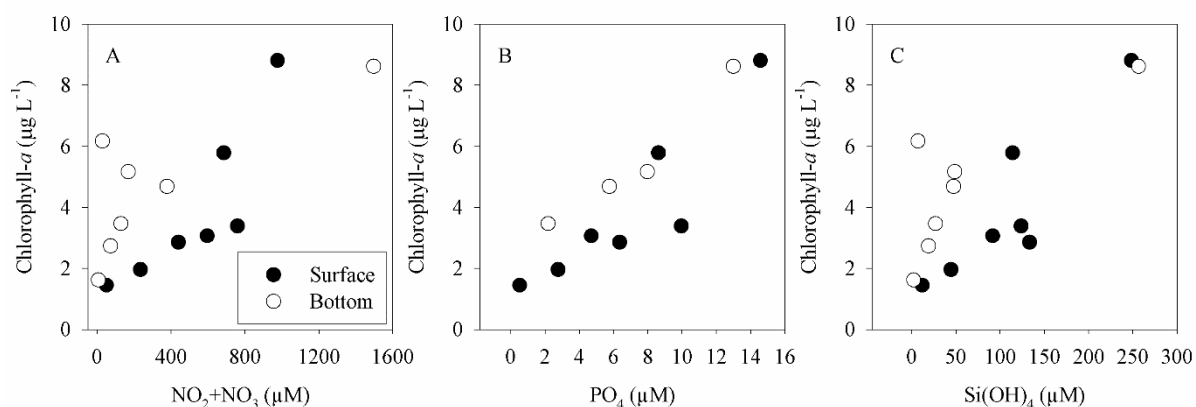
לעומת המיקרואורגניזמים האוטוטרופים (יצרנים ראשוניים, ציאנובקטריה ופיקו-פיטופלנקטון), שכחות החיידקים ההטרוטרופים היתה גבוהה פי 10 מאשר הציאנובקטריה (15×10^8 - 56×10^8 תאים בליטר) ועלתה במעלה הנחל (יחס לינארי חיובי, $P < 0.01$), עם מספר תאים גבוה ככל שעולים שמתקרבים לשפכי המפעלים ("לבניות", "גשר ההסתדרות", איור 3). יש לציין שבדיקה זו מראה את ריכוז החיידקים במי הדגימה ואינה מרמזת על זהות החיידק, באם הוא פתוגני או לא וכד'. המצאות חיידקים פתוגניים אינה חלק ממטרות מחקר זה לפי שעה.

טבלה 5: ריכוז כלורופיל ושכיחות ציאנובקטריות, פיקו-אאוקריוטים וחיידקים הטרוטרופים במעלה נחל הקישון במאי 2016.

Chlorophyll <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Heterotrophic bacteria ($\text{cells L}^{-1} \times 10^8$)	Pico- eukaryotes ($\text{cells L}^{-1} \times 10^8$)	Autotrophic cyanobacteria ($\text{cells L}^{-1} \times 10^8$)	עומק דיגום	תחנה
8.82	36.75	0.60	3.06	פני שטח	מעלה הנחל
8.62	56.10	0.63	2.95	קרקעית	
3.39	25.14	0.33	2.54	פני שטח	לבניות
5.17	29.41	0.33	1.85	קרקעית	
5.79	29.45	0.17	2.68	פני שטח	הסתדרות
4.69	22.14	0.59	3.04	קרקעית	
3.07	18.11	0.35	2.98	פני שטח	אקליפטוס
2.74	52.45	0.78	2.99	קרקעית	
2.86	33.18	0.41	2.85	פני שטח	יוליוס
3.47	45.17	0.85	3.21	קרקעית	
1.96	19.25	0.66	2.89	פני שטח	מוצא הנחל
6.17	30.46	0.57	2.08	קרקעית	
1.45	23.17	0.45	2.25	פני שטח	פתח נמל
1.62	15.28	0.40	2.09	קרקעית	



איור 3: ריכוז כלורופיל (A), ציאנובקטריה (B), פיקו-אאוקריוטים (C) וחיידקים הטרוטרופים (D) לאורך נחל הקישון המלוח במאי 2016 במי השטח (נקי שחורות) וסמוך לקרקעית (נקי לבנות). המספרים הגולמיים לפיהם נוצר הגרף מוצגים בטבלה 5.



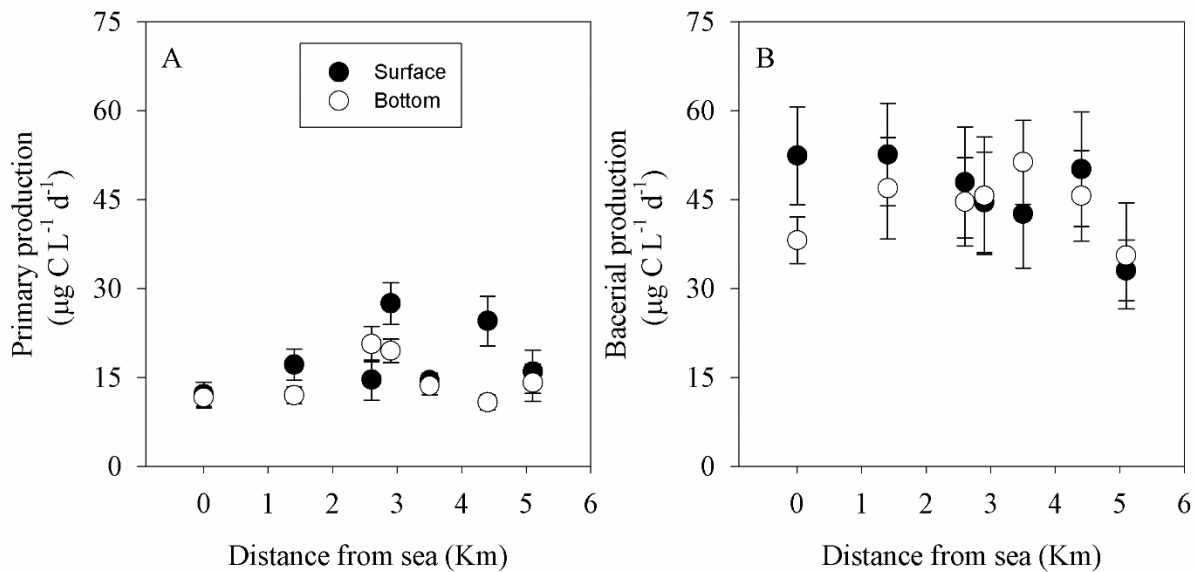
איור 4: הקשר בין ריכוז כלורופיל (כמדד לביומסה של אצות) לריכוז ניטראט+ניטריט (A), זרחן (B) וסיליקה (C) כפי שנמצא בנחל הקישון המלוח בדיגום מאי 2016.

ערכי היצרנות הראשונית (היממתית) היו נמוכים בהשוואה לדיגומי סתיו, ולא הציגו דפוס מרחבי ברור- בשונה מפיזור הכלורופיל. ככלל, ערכי היצרנות הראשונית היו גבוהים מערכי הרקע של חוף הים התיכון הנמדדים דרך קבע על ידי חיא"ל כחלק מתוכנית הניטור הלאומית (Herut et al., 2014) וממי החוף (Raveh et al., 2016; Rahav et al., 2015). באופן לא מפתיע, ערכים גבוהים יותר נמדדו על פי רוב במי השטח המוארים (12.19-27.51 מיקרוגרם פחמן לליטר ליום) ונמוכים יותר סמוך לקרקעית (10.85-20.69 מיקרוגרם פחמן לליטר ליום) למעט בתחנת יוליוס (טבלה, איור 5). לא נמצא פיזור מובהק של ערכי היצרנות הראשונית עם ריכוז הנוטריאנטים השונים (איור 6). יחד עם זאת, יצרנים ראשוניים הנם בסיס שרשרת המזון ותורמים באופן משמעותי למחזור נוטריאנטים והטמעתם לרמות הטרופיות השונות. מדדי איכות מים באסטוארים המתבססים על קצבי יצרנות ראשונית (למשל Nixon, 1995) לוקחים בחשבון הן את ריכוז הניטראט (עם ערך סף של $30 \mu\text{M}$) וכן יצרנות שנתית לכל עמודת המים (מעל או מתחת ל $300 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$). לפי שעה, אין באפשרותנו לאמוד את היצרנות הראשונית השנתית, בעיקר משום שחסרות מדידות עונתיות (למשל חורף, קיץ) ולכן לא ידוע באם קיימת דינמיקה רב שנתית. אולם, מדד זה יוכל בעתיד להביא תועלת רבה להערכת איכות המים בנחל הקישון משום שהוא מודד את ההשלכות הישירות של ההעשרה בנוטריאנטים על בסיס שרשרת המזון, האצות, ולא בעקיפין על ידי מדידת ריכוז נוטריאנטים. יצרנות ראשונית גבוהה יכולה להוביל לשינוי בריכוז החמצן במים, להעיד על פריחות מאסיביות של אצות (חלקן רעילות) וכד'. על סמך הנתונים הקיימים מגידומים קודמים ומיעוט המחקרים (Bar-Zeev and Rahav, 2015), ערכי היצרנות הראשונית השנתית המשוערת הנה כ $40-85 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ בתחנות במעלה הנחל ו- $7-23 \text{ gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ במורדו, דבר המצביע על איכות מים טובה. אולם, אנו ממליצים להמשיך את הדיגומים הללו לאורך הנחל ולהוסיף דיגומי חורף וקיץ, דבר שעלול להוביל לשינוי משמעותי לחישוב הני"ל.

עיקר הפעילות המטאבולית בתחנות המדידה בכל הדיגומים היתה הטרוטרופית ונעשתה על ידי חיידקים (איורים 5 ו-6). למעשה, ערכי היצרנות החיידקית היו גבוהים פי 2-4 מאשר היצרנות הראשונית (33.05-52.62 מיקרוגרם פחמן לליטר ביום, טבלה 6 ואיור 5), דבר המלמד על חשיבותם של חיידקים לאקולוגיה, צריכה ומחזור נוטריאנטים בנחל הקישון. פעילות זו, נמצאה בהתאמה למספר החיידקים הגבוה שנמדד לאורך הנחל, ובמיוחד במעלה הזרם (איור 5). כמו כן, ריכוז החיידקים וקצב פעילותם נמצא ביחס הפוך לריכוז החמצן, עם שכיחות וקצב אסימילציה גבוהים במקומות אנוקסים. יחס זה שוב מצביע על חשיבותם של תהליכים הטרוטרופים במי הנחל, ובמיוחד הסביבות המושפעות יותר מכניסת נוטריאנטים (מעלה הנחל). ייתכן והסיבה לפעילות החיידקים הגבוהה (ביחס לזו של היצרנים הראשוניים) יכולה ללמד כי החיידקים ההטרוטרופים בקישון המלוח מנצלים את הנוטריאנטים במי הנחל טוב (מהר) יותר מאשר אצות. דבר זה הופך את הנחל, לפחות חלקים ממנו, ל"מקור" CO_2 (source) ולא ל"משאבה" (sink), זאת בשונה ממקומות וטרופים (עשירים בנוטריאנטים) אחרים, אך דומה למי השטח בים התיכון (Sisma-Ventura et al., 2014).

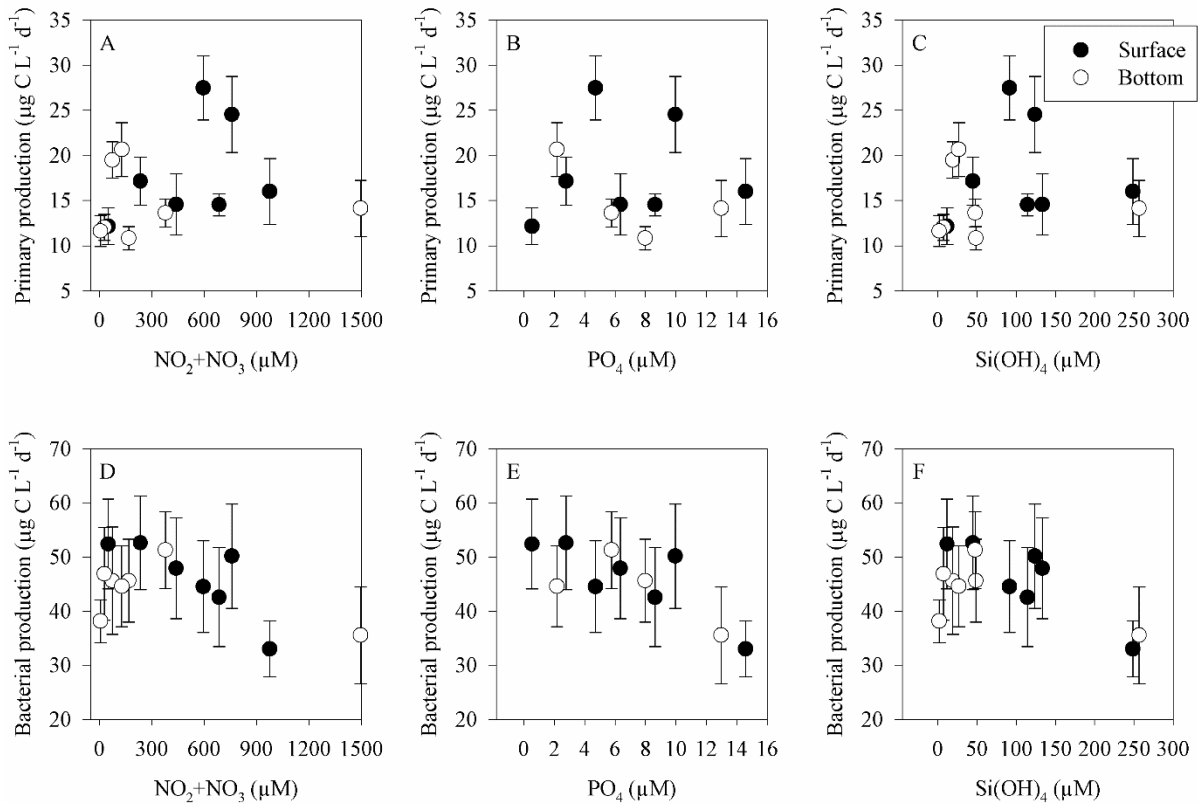
טבלה 6: קצב היצרנות הראשונית (Primary production) והחיידקית (Bacterial production) היממתית בנחל הקישון המלוח במאי 2016. כאשר היחס בין היצרנות החיידקית לראשונית גדול מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות הטרוטרופית. כאשר היחס בין היצרנות החיידקית לראשונית קטן מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות אוטוטרופית (פוטוסינתזה).

BP/PP ratio	Primary production ($\mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$)	Bacterial production ($\mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$)	עומק דיגום	תחנה
2.1	16.04	33.05	פני שטח	מעלה הנחל
2.5	14.15	35.56	קרקעית	
2.0	24.56	50.17	פני שטח	לבניות
4.2	10.85	45.65	קרקעית	
2.9	14.56	42.60	פני שטח	הסתדרות
3.8	13.65	51.31	קרקעית	
1.6	27.51	44.56	פני שטח	אקליפטוס
2.3	19.52	45.65	קרקעית	
3.3	14.61	47.92	פני שטח	יוליס
2.2	20.69	44.62	קרקעית	
3.1	17.18	52.62	פני שטח	מוצא הנחל
3.9	12.05	46.91	קרקעית	
4.3	12.19	52.42	פני שטח	פתח נמל
3.3	11.65	38.17	קרקעית	



איור 5: ערכי יצרנות ראשונית (A) וחיידקית (B) כפי שנמדדו לאורך נחל הקישון המלוח במאי 2016 במי השטח (שחור) וסמוך לקרקעית (לבן).

במקביל לספירות האצות עם Flow-cytometer, מיני מיקרופלנקטון נספרו וזוהו גם בכלים טקסונומיים (מיקרוסקופיה אפיפלורוסנטית) במי השטח של שתי תחנות: תחנת פתח הקישון במורד הנחל, ותחנת גשר ההסתדרות במעלה הנחל. שיטה זו מאפשרת מעקב אחר מינים ספציפיים, כולל מינים בעלי פוטנציאל לרעילות. כמו כן, השוואות רב שנתיות לריכוז, לביומסה ולמגוון מיני מיקרופיטופלנקטון מדיגומים קודמים (החל משנת 2002) חשיבות רבה בהערכת טיב המים בנחל.



איור 6: הקשר בין ערכי היצרנות הראשונית (A-C) והיצרנות החיידקית (D-F) לבין ריכוז ניטראט+ניטריט (A,D), זרחן (B,E) וסיליקה (C,F) כפי שנמצא בנחל הקישון המלוח בדיגום מאי 2016.

הריכוז והביומסה של מיני מיקרופלנקטון במאי 2016

ריכוז התאים

בפתח הקישון ריכוז התאים נמצא בירידה זו השנה השלישית, והוא עמד השנה על שליש מהמוצע הרב שנתי לתחנה זו (איור 7). בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus sp.* הנפוצות לאורך החוף, ומיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ היו דומיננטיות מבחינה מספרית (איור 8), והיוו בממוצע $47\% \pm 7$ מריכוז התאים הכללי (איור 9). ריכוז הדינופלגלטים היה נמוך יחסית לדיגומים קודמים.

בגשר ההסתדרות ריכוז התאים עלה יחסית לשנה קודמת, אולם נמצא דומה למוצע בחמש שנים אחרונות. העלייה בריכוז התאים נבעה מפריחה של פלגלטים מהמין *Hemiselmis sp.* מקבוצת ה- *Cryptophyceae*, הם הגיעו לריכוז של 1.3×10^8 תאים לליטר, והיוו 58% מריכוז התאים הכללי בתחנה זו. קבוצת המיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$ היתה היוותה 37% מריכוז התאים הכללי.

הביומסה וריכוז הכלורופיל

בפתח הקישון ריכוז הכלורופיל והביומסה היו נמוכים יחסית לכל דיגומי האביב הקודמים (איור 10). ריכוז הכלורופיל היה בתחום הנמוך לפי קריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים. **בגשר ההסתדרות**, לעומת זאת, נראתה באביב 2016 עלייה בביומסה ובריכוז הכלורופיל, שנבעה מפריחת האצות, וריכוז הכלורופיל בתחנה זו היה בתחום ההיפר איאטרופי (איור 10).

התפלגות הביומסה בין קבוצות המיקרופלנקטון הייתה שונה מאד בשתי התחנות (איור 11). **בפתח הקישון** מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ היו דומיננטיות והיוו 50% מהביומסה (איור 12), וקבוצת הצורניות וקבוצת

הפלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* היוו כל אחת 20% מהביומסה הכללית. **בגשר ההסתדרות** נמצאה ביומסה גבוהה מאד, שנבעה מפריחה של הפלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae*, שהוזכרו לעיל, והם היוו 82% מהביומסה הכללית בתחנה זו.

מגוון המינים ואינדקס השונות

בפתח הקישון מגוון המינים היה גבוה יחסית לגשר ההסתדרות, כפי שנמצא בדיגומים קודמים (איורים 13,14). חלקן של האצות הצורניות במגוון המינים היה הגדול ביותר בשתי התחנות, בדומה לדיגומים קודמים (איור 13). הצורניות היוו בפתח קישון $49\pm 4\%$ ממגוון המינים, בממוצע בשלוש שנים אחרונות, ובהסתדרות הן היוו בממוצע $42\pm 3\%$, מסך כל המינים. בפתח הקישון, בהיותו מלוח יותר (איור 2), הופיע מגוון דינופלגלטים גדול יחסית, כפי שנמצא בדיגומים קודמים. מאידך, ריכוז הדינופלגלטים בפתח הקישון, היה נמוך יחסית לכל הדיגומים הקודמים (ראה/י דיון למטה). בגשר ההסתדרות מספר המינים ירד יחסית לשלוש שנים קודמות בהן כמעט ולא השתנה (איור 14).

אינדקס השונות (Menhinick's index - חושב לפי מס' המינים / שורש ריבועי של הביומסה) עלה באופן ניכר יחסית לשנה קודמת בפתח הקישון, והגיע לערך מכסימלי לתחנה זו (איור 15), עלייה זו נבעה מעלייה במגוון המינים וירידה בביומסה הכללית (איורים 10,14). בגשר ההסתדרות, לעומת זאת, אינדקס השונות ירד באופן ניכר השנה, כתוצאה מירידה במגוון המינים ועלייה בביומסת הפלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae*, שפרחו בתחנה זו.

הרכב מיני המיקרופלנקטון

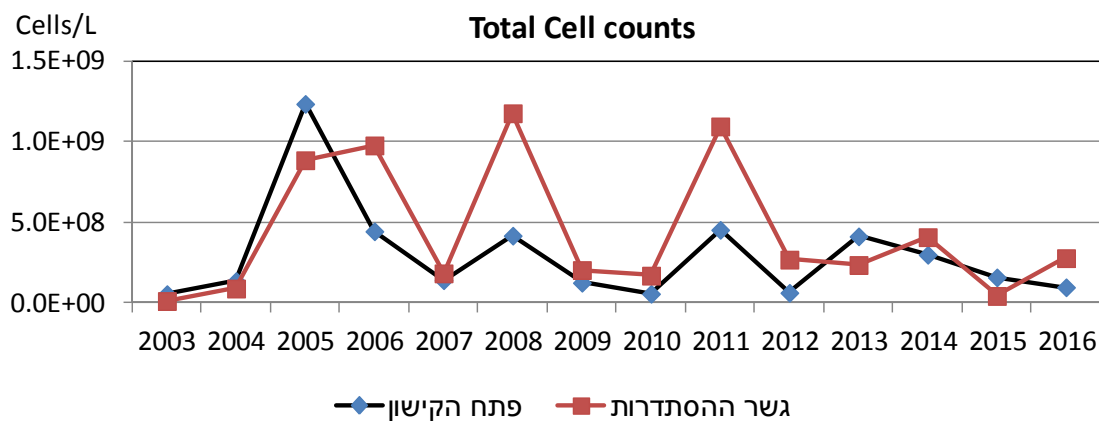
בפתח הקישון – הופיע מגוון מיני אצות צורניות ודינופלגלטים המאפיינים מי ים, או סבילים למשרעת מליחיות רחבה יחסית. מבין הצורניות היו נפוצים מיני *Chaetoceros spp.* ומיני *Bacteriastrum spp.* (טבלה 7), המשתייכים למשפחת *Chaetocerotaceae*. הם היוו בדיגום זה 27% מביומסת האצות הצורניות. בנוסף היה שכיח המין הנפוץ בדיגומי הקישון *Thalassiosira pseudonana*, וכן מיני *Navicula spp.* קטנים ומיני *Leptocylindrus spp.* דינופלגלטים הופיעו בריכוז נמוך יחסית כפי שצויין לעיל, המינים הקטנים עד 15 מיקרון היו הנפוצים ביותר, כפי שנמצא גם בדיגומים קודמים. בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* הופיעו בריכוז גדול יותר בפתח הקישון.

בגשר ההסתדרות הייתה פריחת אצות בעיקר מקבוצת ה- *Cryptophyceae* ובעיקר המין *Hemiselmis sp.* שפרח גם בשנים אחרות בתחנה זו. מבין הצורניות היה נפוץ המין *Cyclotella sp.* מין זה של צורנית מופיע תדיר בקישון ואופייני למים פחות מליחים. בנוסף, היה נפוץ המין השכיח בקישון *Thalassiosira pseudonana* וכן צורנית קטנה מהמין *Navicula sp.* מיקרואצות קטנות מ- $5\mu m$ הופיעו בריכוז גדול יותר בגשר ההסתדרות. כמו כן הופיעו בתחנה זו ריכוז ומגוון גדול יותר של בקטריות כחוליות חוטיות וגם חד תאיות המאפיינות מים פחות מליחים.

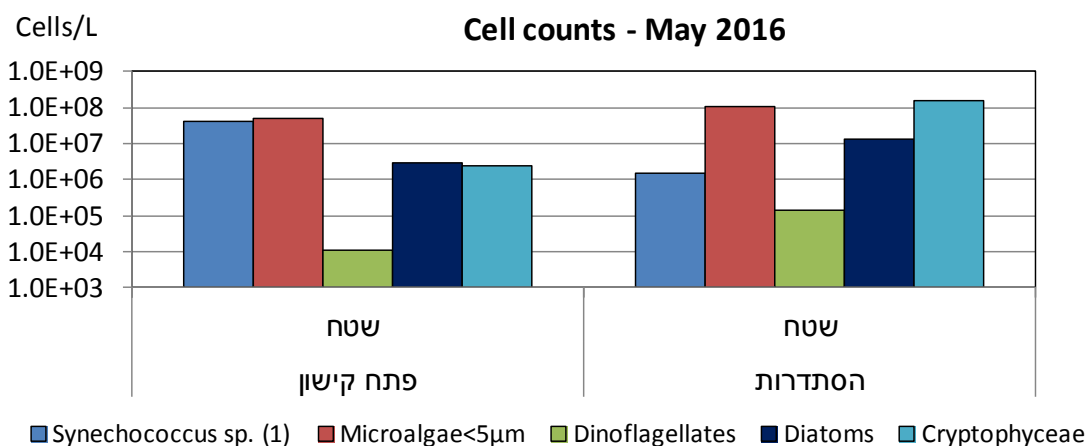
מינים בעלי פוטנציאל טוקסי

בתחנת פתח הקישון הופיע מספר מצומצם של מיני דינופלגלטים בעלי פוטנציאל טוקסי, אולם בריכוז נמוך מאד. המין *Alexandrium sp.* שריכוזו נמצא בירידה בשנתיים אחרונות, הופיע עדיין במספרים גדולים (217

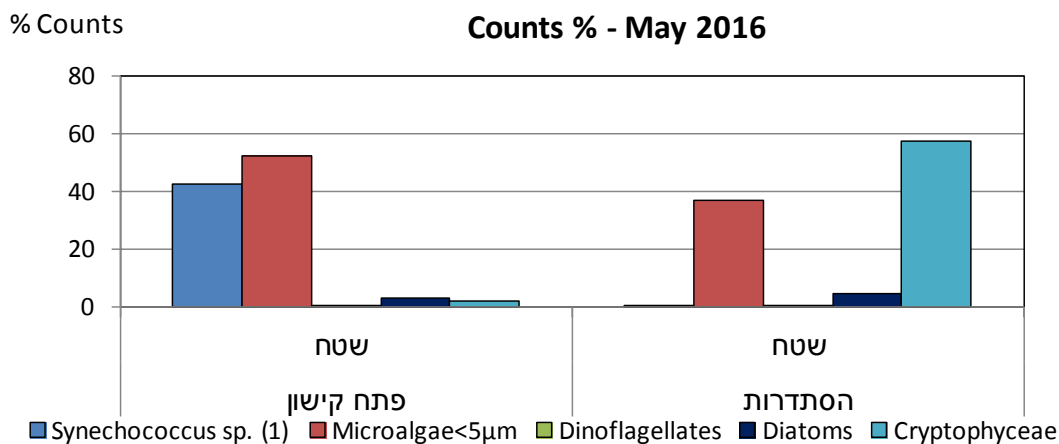
תאים לליטר) יחסית מהשכיחות הטבעית לאורך החוף. חלק ממיני *Alexandrium* spp. ידועים כבעלי פוטנציאל ליצירת נורוטוקסינים המצטברים בגופם של אורגניזמים מסננים ודרכם לשרשרת המזון. בנוסף הופיעה בריכוז בינוני צורניות מהמין *Pseudonitzschia* spp., שחלק ממיניה ידוע מהספרות כבעל פוטנציאל טוקסי. מחמת מגבלות הניטור הנוכחי והקושי שבזיהויין, הן לא זוהו כאן למין.



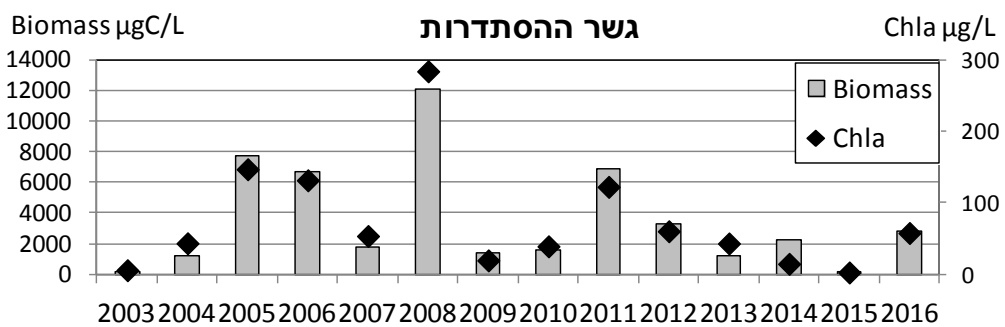
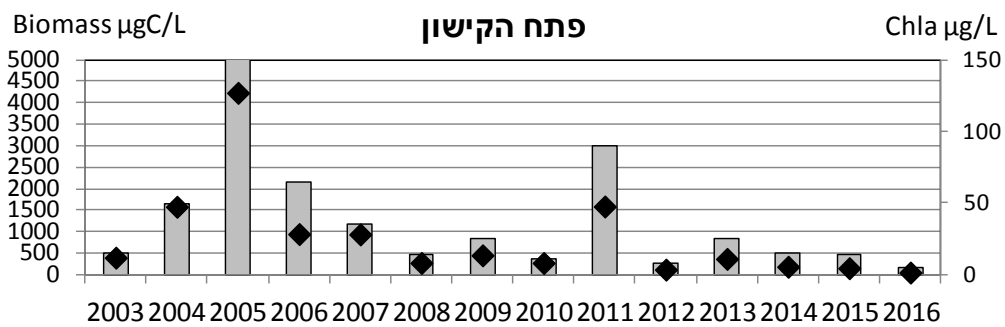
איור 7: התפלגות ריכוז התאים הכללי בדיגומי אביב 2003-2016



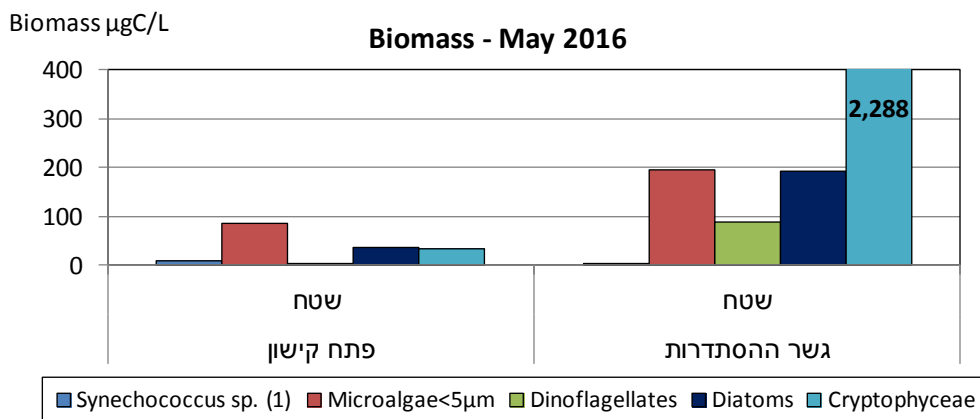
איור 8: התפלגות ריכוז התאים לפי קבוצות המיקרופלנקטון – מאי 2016



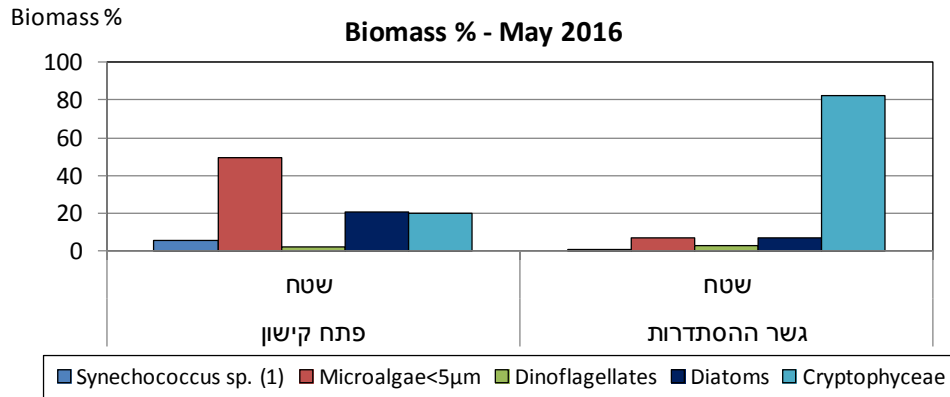
איור 9: התפלגות ריכוז התאים באחוזים (מריכוז התאים הכללי) בדיגום מאי 2016



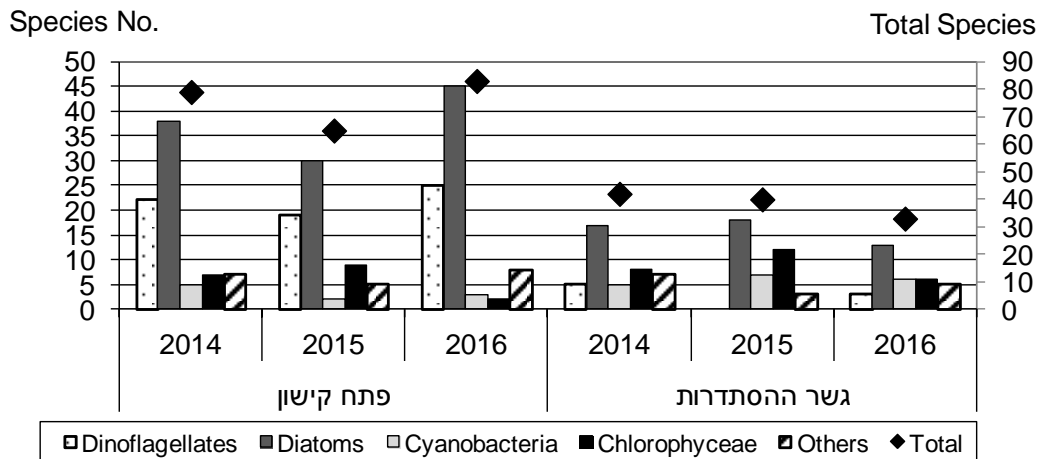
איור 10: התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בדיגומי אביב 2003-2016



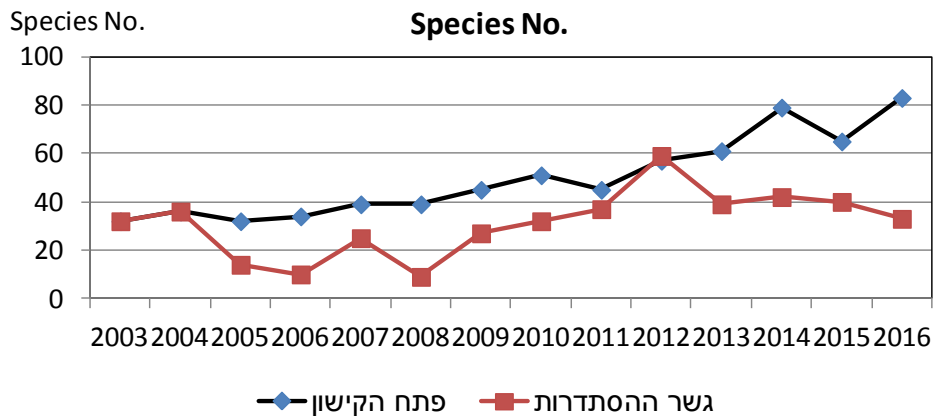
איור 11: התפלגות הביומסה של קבוצות המיקרופלנקטון בדיגום מאי 2016



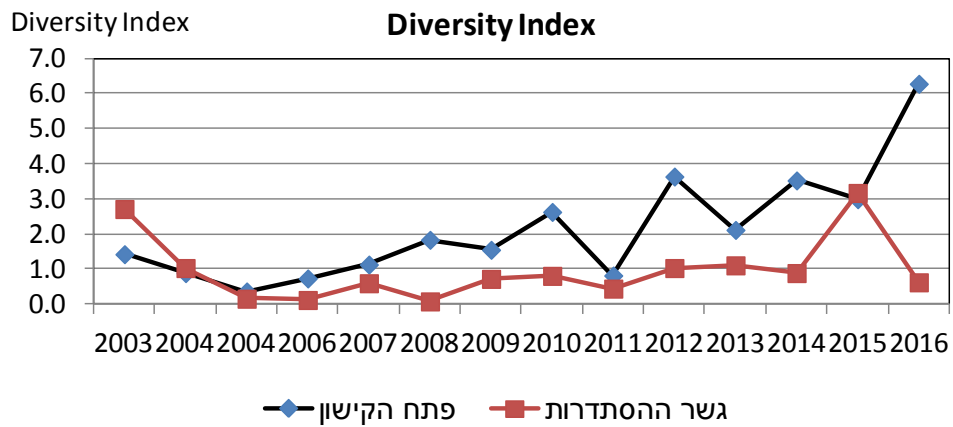
איור 12: התפלגות הביומסה היחסית של קבוצות המיקרופלנקטון (% מהביומסה הכללית) בדיגום מאי 2016



איור 13: התפלגות מספר המינים הכללי ולפי קבוצות בדיגום מאי 2014-2016



איור 14: התפלגות מספר המינים הכללי בדיגומי אביב 2003-2016



איור 15: התפלגות אינדקס השונות בדיגומי אביב 2003-2016

טבלה 7: ריכוז (תאים/לליטר) מיני מיקרופלנקטון בדגימות הקישון – מאי 2016

גשר ההסתדרות	פתח קישון	גשר ההסתדרות	פתח קישון	גשר ההסתדרות	פתח קישון
דינופלגליטים - Dinoflagellates				Diatoms (cont.)	
<i>Achradina pulchra</i>	3			<i>Guinardia striata</i>	635
<i>Alexandrium</i> spp.	217			<i>Hemiaulus hauckii</i>	1423
<i>Ceratium furca</i>	23			<i>Lauderia annulata</i>	258
<i>Dinophysis rotundata</i>	3			<i>Leptocylindrus danicus</i>	4.5E+04
<i>Glenodinium</i> sp.		13		<i>Leptocylindrus minimus</i>	1.8E+04
<i>Gonyaulax spinifera</i>	20			<i>Licmophora</i> spp.	7
<i>Gymnodinium elongatum</i>	100			<i>Lithodesmium undulatum</i>	285
<i>Gymnodinium</i> sp. (97A)	30			<i>Melosira moniliformis</i>	7
<i>Gymnodinium</i> spp.	60			<i>Meuniera membranacea</i>	140
<i>Oxytoxum ovale</i>	20			<i>Navicula</i> sp. (320)	80
<i>Oxytoxum pachyderme</i>	30			<i>Navicula</i> sp. (588k)	80
<i>Oxytoxum variabile</i>	20			<i>Navicula</i> spp.	140
<i>Peridinium quinquecorne</i>	70			<i>Navicula</i> spp. (10um)	7.3E+05
<i>Podolampas elegans</i>	3			<i>Nitzschia</i> spp.	100
<i>Prorocentrum compressum</i>	3			<i>Pleurosigma</i> sp.	28
<i>Prorocentrum micans</i>	527			<i>Proboscia alata</i>	47
<i>Prorocentrum minimum</i>	90			<i>Proboscia indica</i>	10
<i>Prorocentrum triestinum</i>	880			<i>Pseudonitzschia</i> spp.	1.1E+04
<i>Protoperidinium bipes</i>	200			<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	13
<i>Protoperidinium excentricum</i>	7			<i>Rhizosolenia hebetata</i>	47
<i>Protoperidinium</i> sp. (118A)	40			<i>Surirella</i> spp.	18
<i>Protoperidinium</i> sp. (654k)		8.7E+04		<i>Thalassiosira pseudonana</i>	8.1E+05
<i>Protoperidinium</i> spp.	190			<i>Thalassiosira</i> spp.	1370
<i>Protoperidinium</i> sp. (54)	140			Raphidophyceae	
<i>Scrippsiella</i> sp.	540			<i>Heterosigma akashiwo</i>	200
<i>Torodinium robustum</i>	10			Chrysophyceae	
Unidentified<15µm	7800	5.9E+04		<i>Chrysochromulina</i> sp.	20
צורניות - Diatoms				<i>Syncrypta volvox</i>	1.8E+05
<i>Achnanthes</i> spp.	20	30		Cyanobacteria	
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	10			<i>Chroococcus</i> spp.	320
<i>Bacillaria paxillifera</i>		47		<i>Kamptonema formosum</i>	1.5E+04
<i>Bacteriastrium</i> sp.	4660			<i>Leptolyngbya</i> spp.	9000
<i>Bellerochea</i> spp.	40			<i>Oscillatoria</i> sp.	3333
<i>Biddulphia rhombus</i>	3			<i>Spirulina major</i> (length µm)	667
<i>Biddulphia</i> sp. (1664)	3			<i>Synechococcus</i> sp.	4.1E+07
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	7303	1267		ירוקיות - Chlorophyceae	
<i>Chaetoceros danicus</i>	480			<i>Selenastrum</i> sp.	60
<i>Chaetoceros diadema</i>	3457			<i>Oocystis</i> sp.	1400
<i>Chaetoceros didymus</i>	980			<i>Oocystis borgei</i>	867
<i>Chaetoceros</i> sp. (3µm)	1.2E+06			<i>Scenedesmus acuminatus</i>	1733
<i>Chaetoceros</i> sp. (441)	377			<i>Scenedesmus opoliensis</i>	27
<i>Chaetoceros</i> sp. (467A)	7620			<i>Monoraphidium</i> sp.	533
<i>Chaetoceros</i> sp. (703k)	2233			Flagellate sp.	3.0E+04
<i>Chaetoceros</i> spp.	8760			Ebriophyceae	
<i>Coccinodiscus</i> spp.	63			<i>Ebria tripartita</i>	55
<i>Cyclotella</i> spp.	2780	3.2E+06		Cryptophyceae	
<i>Cylindrotheca closterium</i>	820	647		Cryptomonad spp.	6.7E+05
<i>Dactyliosolen fragillissimus</i>	1667			<i>Hemiselmis</i> sp.	1.6E+06
<i>Entomoneis gigantea</i>		80		Euglenophyceae	
<i>Entomoneis paludosa</i>		13		<i>Eutreptia</i> sp.	200
<i>Entomoneis</i> sp. (1622)	20			Ciliates	
<i>Entomoneis</i> sp. (BS21)	3			<i>Mesodinium rubrum</i>	90
<i>Eucampia zodiacus</i>	675			Microalgae<5µm	5.1E+07
<i>Guinardia flaccida</i>	125			Total Cells/L	9.7E+07
					2.8E+08

1. ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל:

ממוצע ריכוז תאי המיקרופיטופלנקטון, הביומסה וריכוז הכלורופיל במי השטח בדיגומי אביב 2003-2016 היו גדולים יותר בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון (איורים 16,17), הבדל זה נמצא מובהק רק לגבי הכלורופיל, וזאת משום התנודתיות הגדולה בתוצאה בין השנים (איורים 7,10). מאידך, בפתח הקישון וגם בגשר ההסתדרות ב – 5 שנים אחרונות נראתה התמתנות בתנודתיות הזו בריכוז התאים, בביומסה ובריכוז הכלורופיל, שאיפינה את התחנות הללו, ובמיוחד את גשר ההסתדרות, בשנים קודמות.

נמצאה קורלציה גבוהה בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות בין הביומסה הכללית לריכוז הכלורופיל (איורים 10,18). ממוצע ריכוז הכלורופיל מדיגומי האביב, בגשר ההסתדרות, היה ברמה המוגדרת כהיפר-איאוטרופית, ואילו בפתח הקישון ברמה המוגדרת כגבוהה (איור 16). בפתח הקישון, בדיגום 2016, ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל ירדו באופן ניכר מאד יחסית לממוצע שנים קודמות (איורים 16,17) ואילו בגשר ההסתדרות הם היו קרובים יותר לממוצע הרב שנתי, אם כי עדיין נמוכים ממנו.

2. קבוצות המיקרופלנקטון השונות:

בשתי התחנות התפלגות קבוצות המיקרופלנקטון הייתה שונה מאד והושפעה מהתנאים הסביבתיים השונים הקיימים בשתי התחנות ובהם מליחות ונוטריינטים (איורים 19-21). בפתח הקישון הופיעו בדרך כלל מינים אפייניים למי ים, ובמגוון גדול יחסית ואילו בגשר ההסתדרות הופיעו מינים המאפיינים מים פחות מליחים, במגוון הרבה יותר נמוך, ולעיתים קרובות הופיעו מינים יוצרי פריחות בפריחות גדולות. גם ברמה של קבוצות האצות ניכר הבדל בולט בין שתי התחנות (איורים 19,21). בפתח הקישון ניתן לראות שהביומסה התפלגה בדרך כלל בין מספר גדול יותר של קבוצות מיקרופלנקטון בעוד שבגשר ההסתדרות קבוצה מסוימת הופיעה בפריחה והייתה דומיננטית מאד בביומסה הכללית, ובדרך כלל הייתה זו קבוצת האצות הצורניות או קבוצת ה- *Cryptophyceae*.

א. אצות צורניות – ביומסת האצות הצורניות הייתה דומיננטית בחלק ניכר מהדיגומים בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות (איורים 19-25) ובשתי התחנות נמצא יחס ישר בין ביומסת האצות הצורניות לביומסה הכללית ולריכוז הכלורופיל (איור 24). ממוצע ביומסת האצות הצורניות בגשר ההסתדרות היה גדול מזה שבפתח הקישון, אולם השיעור היחסי הממוצע באחוזים של הצורניות בביומסה הכללית היה דומה בשתי התחנות, ועמד על 53% (איורים 25,26). **בפתח הקישון** נראתה פריחת צורניות בשנים 2004-2006 וכן בשנת 2011, אז הן היו כ-90% מהביומסה הכללית (איור 20), גם בשנים 2007-2009 הם היו אחוז דומיננטי בביומסה בתחנה זו ($52\% \pm 10$ מהביומסה הכללית). מאידך משנת 2012 הביומסה שלהן נשארה נמוכה וללא פריחות גדולות (איורים 19,23) ושיעורן באחוזים בביומסה הכללית היה דומיננטי רק לסירוגין בין השנים הללו (איור 14). במקביל נראתה עלייה של קבוצות אחרות כמו דינופלגלטים באביב 2012 ומיקרואצות קטנות מ- $5\mu m$ בשנים אחרונות. **בגשר ההסתדרות** הייתה גם כן תנודתיות גדולה בביומסת הצורניות בדיגומים השונים ושיא הביומסה שלהן היה ב- 2008 (איורים 21,23). פריחות ברמות שונות היו כמעט בכל השנים להוציא 2003 ו- 2015. בחמש שנים אחרונות נראתה גם בגשר ההסתדרות ירידה בתכיפות ובעוצמת פריחת הצורניות ובמקביל עלייה בביומסת פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae*, שהובילה לירידה בשיעורן היחסי של הצורניות בביומסה הכללית ב- 3 שנים אחרונות (איור 22).

ב. אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae* היו שכיחות יותר בתחנת גשר ההסתדרות והופיעו בה בפריחות (איורים 19-23). ביומסת פלגלטים אלה נמצאת בעלייה (אם כי לא רציפה), משנת 2011, והיא הגיעה לשיא ב- 2016 (איור 23). פלגלטים אלה היוו בשנים 2003-2011 $7\pm 7\%$ מהביומסה הכללית בתחנה זו, בהבדל מובהק משיעורן שעלה בשנים 2012-2016 ל- $47\pm 33\%$ מהביומסה הכללית (איור 22). פלגלטים אלה איפיינו יותר את דיגומי הסתיו, בהם הם הופיעו בביומסה גדולה יותר ובפריחות גדולות. עלייה בדומיננטיות של קבוצה זו הקבילה לירידה בדומיננטיות של האצות הצורניות. שינוי כזה בהרכב האוכלוסיה מדומיננטיות של אצות צורניות לדומיננטיות של קבוצת ה- *Cryptophyceae* יכול אולי להצביע על שינויים המתרחשים בהרכב הנוטריינטים במים. בעוד שבמחקרים אחרים בהם התרחש שינוי דומה בהרכב האוכלוסייה הוצע כי עלייה ברמת האמוניה וברמת הפרופט היקנו לקבוצת ה- *Cryptophyceae* יתרון יחסי על צורניות (Supraha et al. 2014), ריכוזי האמוניה והזרחות נמצאים בירידה בנחל בשנים האחרונות, כך שהסיבה לעדיפותם של ה- *Cryptophyceae* אינה ברורה. ייתכן כי גורמים אחרים שאינם נבדקים בסקר זה כדוגמת מיקרונוטריאנטים (מתכות שונות כגון ברזל) יכולים להסביר את התופעה. יש להמשיך לעקוב אחר תופעה זו ולשקול ביצוע מחקר ספציפי ומקיף יותר מזה הנעשה במסגרת ניטור זה.

ג. מיקרואצות הקטנות מ- 5 מיקרון – מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ היו שכיחות בביומסה בשתי התחנות (איור 23). **בפתח הקישון** הביומסה שלהן עלתה בשנים האחרונות (איור 19) ושיעורן בביומסה הכללית גם כן עלה מ- $6\pm 6\%$ בשנים 2003-2012 לממוצע יחסי של $42\pm 20\%$ בחמש שנים אחרונות (איור 20). **בגשר ההסתדרות** רק ב- 2015, כאשר הביומסה הכללית בתחנה זו הייתה נמוכה ביותר, שיעורן היחסי בביומסה הכללית היה גבוה (איור 22), אולם בדרך כלל הם היוו כ-10% מהביומסה הכללית בתחנה זו (איור 26).

ד. דינופלגלטים היו שכיחים יותר בפתח הקישון יחסית לגשר ההסתדרות (איורים 23,25). שיעורם היחסי הממוצע באחוזים מהביומסה בפתח הקישון, היה גדול באופן מובהק יחסית לגשר ההסתדרות (איור 26) ועמד על 11% בפתח הקישון לעומת פחות מאחוז אחד בגשר ההסתדרות. בהיותם מינים ימיים בעיקרם הם הופיעו במגוון גדול יחסית בפתח הקישון. מאידך, בתחנת גשר ההסתדרות בה המים בעלי מליחות נמוכה יותר ועשירים יותר בנוטריינטים, הם הופיעו במגוון מצומצם מאד (איור 13). נמצאה תנודתיות בביומסה שלהם לאורך השנים (איור 23) והביומסה הממוצעת שלהם בפתח הקישון הייתה גדולה בסדר גודל אחד יחסית לביומסת הדינופלגלטים לאורך החוף. את עיקר הביומסה של הדינופלגלטים הרכיבו מינים קטנים עד $15\mu\text{m}$, כפי שנמצא גם בניטורים לאורך החוף. בדיגום אביב 2016 הביומסה שלהם נמצאה מינימלית לכל הדיגומים עד כה (בדומה לסתיו 2015), ואילו בגשר ההסתדרות נמצאה ביומסה גבוהה יחסית שלהם, שנבעה בעיקר מריכוז גבוה יחסית של דינופלגלט הטרוטרוף מהמין *Protoperdinium* sp. שלא איפיינ תחנה זו עד כה (טבלה 7).

א. בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp. – נראתה תנודתיות גדולה בביומסה של הבקטריות הללו בשתי התחנות לאורך השנים (איור 23) והביומסה שלהן הייתה נמוכה יחסית ליתר הקבוצות (איור 26) (בקטריות אלה מופיעות בריכוז גדול יותר בסתיו בתחנת פתח הקישון). ממוצע הביומסה שלהן היה גדול באופן מובהק מהממוצע בגשר ההסתדרות (איור 25). בשלוש שנים אחרונות הביומסה שלהן בפתח הקישון התייצבה על $11\pm 2\mu\text{gC/L}$. שיעורן היחסי בביומסה הכללית נמוך מאד כ- 3%

בפתח הקישון ופחות מאחוז אחד בגשר ההסתדרות. בחמש שנים אחרונות ישנה עלייה קטנה בשיעורן היחסי בביומסה בפתח הקישון (איור 20).

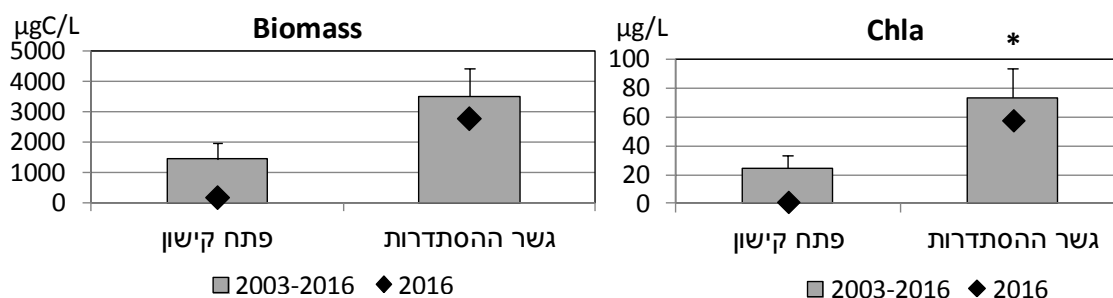
ב. מגוון המינים :

בגשר ההסתדרות מספר המינים ואינדקס השונות (Menhinick's index - חושב לפי מס' המינים / שורש ריבועי של הביומסה) היו נמוכים, ולרוב באופן ניכר, יחסית לפתח הקישון לאורך השנים (איורים 14,15) וממוצעי פרמטרים אלה היו לפיכך נמוכים באופן מובהק בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון (איור 26).

א. **מספר המינים** - בדיגום 2016 הייתה עלייה ניכרת במספר המינים בפתח הקישון וירידה בגשר ההסתדרות. בפתח הקישון נראית מגמה כללית של עלייה במספר המינים לאורך השנים (איור 14).

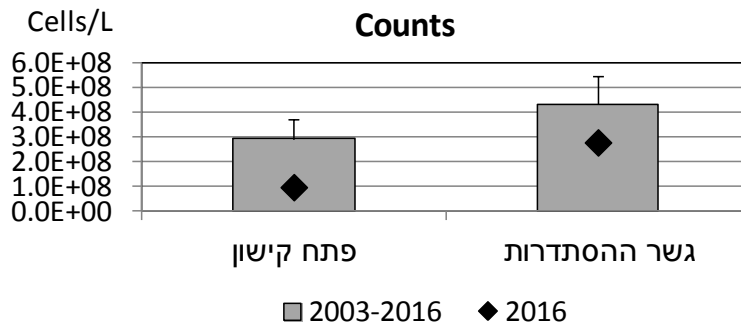
ב. **אינדקס השונות** - אינדקס השונות בדיגום 2015 עלה בפתח הקישון בהתאמה לעלייה במספר המינים ואילו בגשר ההסתדרות הוא ירד באופן ניכר יחסית לשנה קודמת. בפתח הקישון נראתה מגמה כללית של עלייה באינדקס השונות שנמצאה בהתאמה למגמה של עלייה במספר המינים לאורך השנים, בגשר ההסתדרות לא נראתה מגמה כזו.

ג. **מינים בעלי פוטנציאל טוקסי** – מגוון מינים בעלי פוטנציאל טוקסי הופיעו במהלך השנים בפתח הקישון בדיגומי אביב (איור 27). הם הופיעו לסירוגין במהלך השנים. חלקם הופיעו בפריחה גדולה יחסית כמו *Heterosigma akashiwo* באביב 2002, ואחרים הופיעו בשנים מסוימות בריכוז גדול יחסית לרמתם בשנים האחרות כמו *Prorocentrum minimum* בשנת 2005 או *Gymnodinium cf. catenatum* באביב 2009, או *Alexandrium sp.* באביב 2012. בדיגומי האביב בשנים האחרונות ניכרת ירידה בהופעת המינים בעלי פוטנציאל טוקסי.

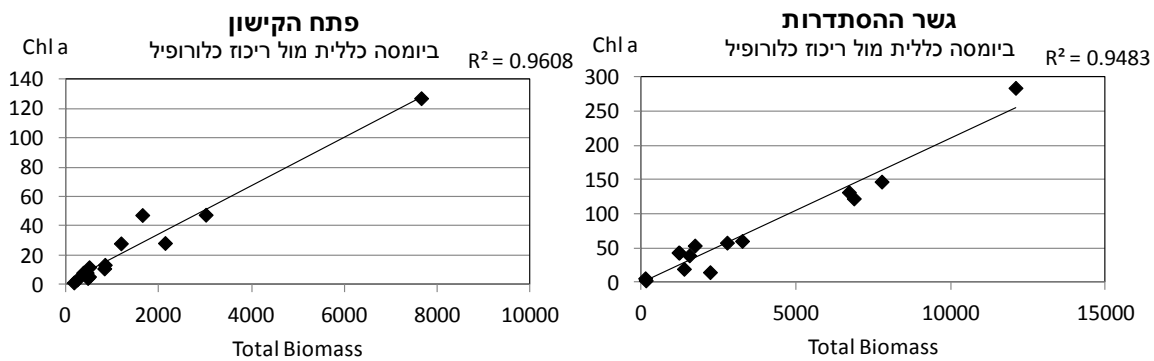


איור 16: ממוצע הביומסה וריכוז הכלורופיל בשתי התחנות בדיגומי אביב 2003-2016 ובדיגום.

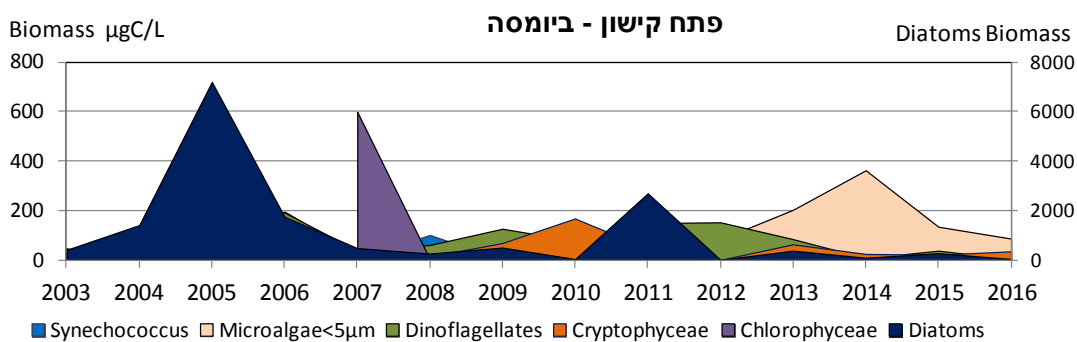
*עמודה עם כוכבית נבדלת סטטיסטית ($p < 0.05$) ($\pm SE$)



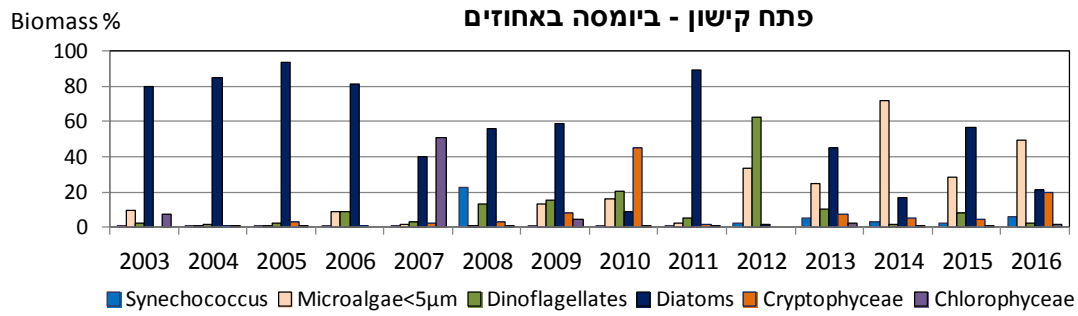
איור 17: התפלגות ממוצע ריכוז התאים בדיגומי אביב 2003-2016 ובדיגום 2016



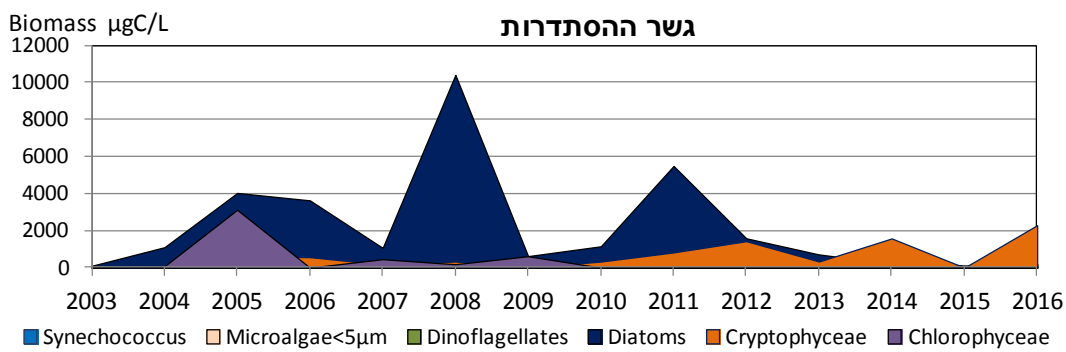
איור 18: יחס הבימוסה הכללית לריכוז הכלורופיל בשתי התחנות בדיגומי אביב 2003-2016.



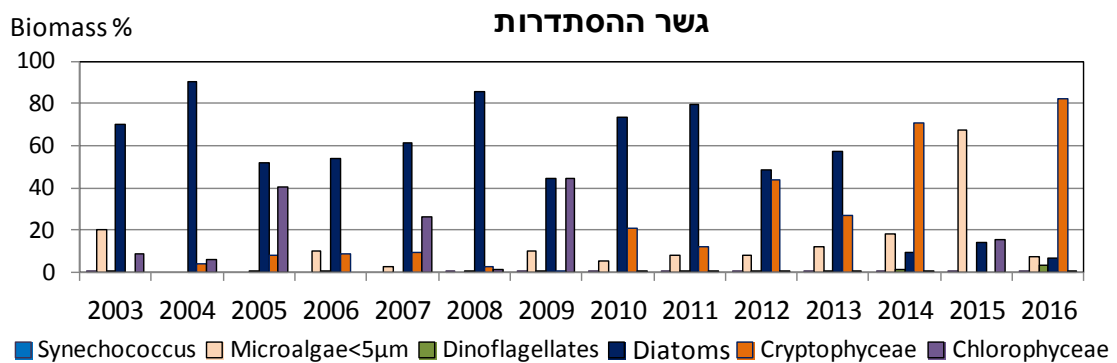
איור 19: התפלגות בימוסת קבוצות המיקרופלנקטון בפתח הקישון בדיגומי אביב 2003-2016.



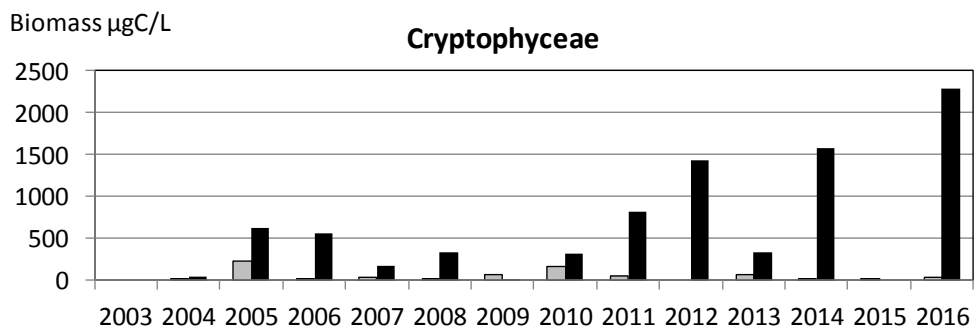
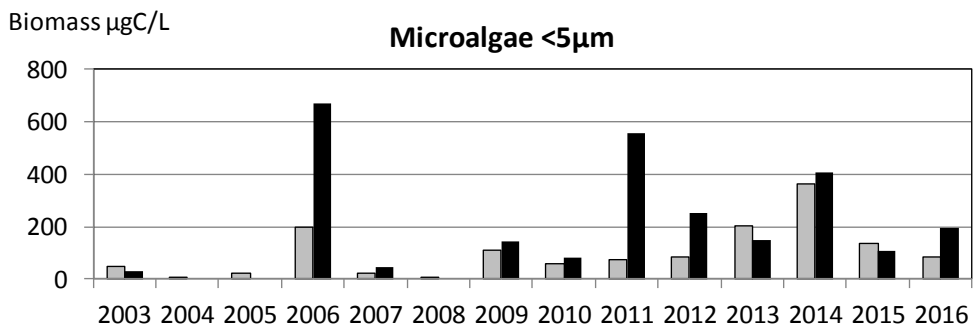
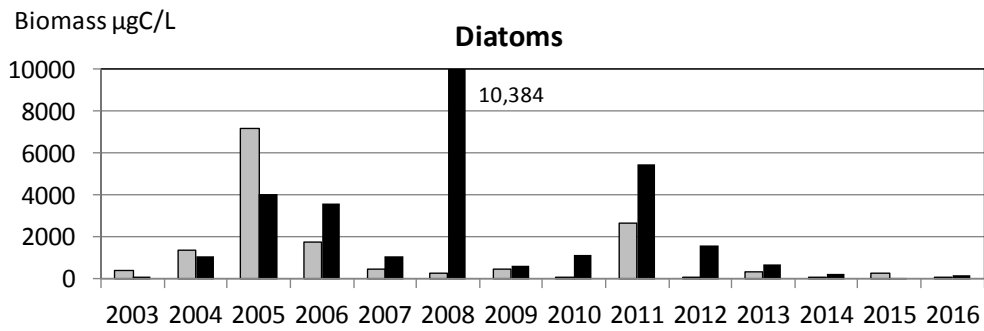
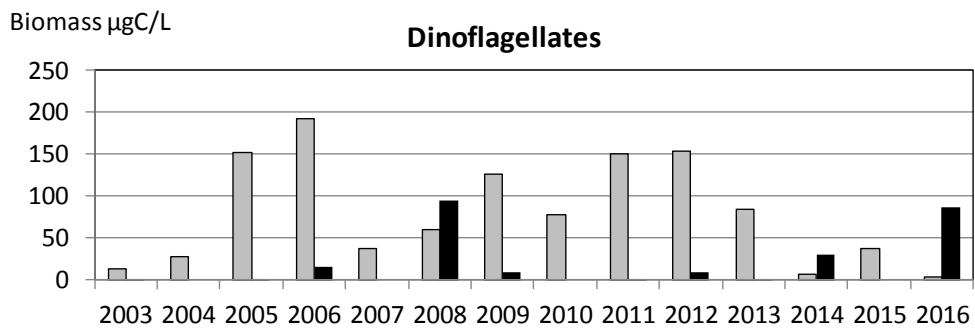
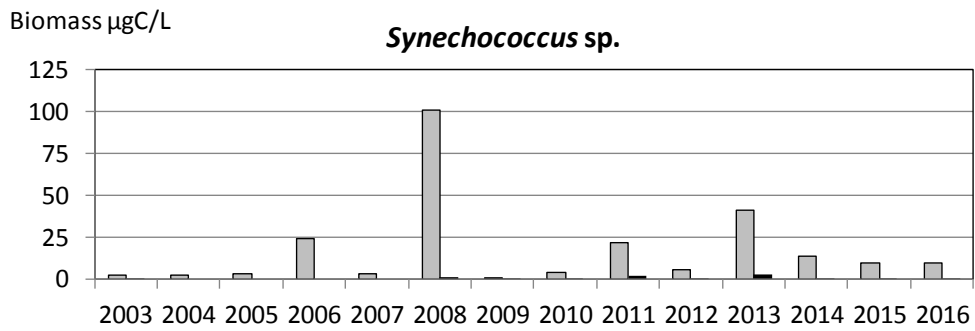
איור 20: התפלגות הביומסה היחסית של קבוצות המיקרופלנקטון (% מהביומסה הכללית) בפתח הקישון באביב 2003-2016.



איור 21: התפלגות ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון בגשר ההסתדרות באביב 2003-2016.

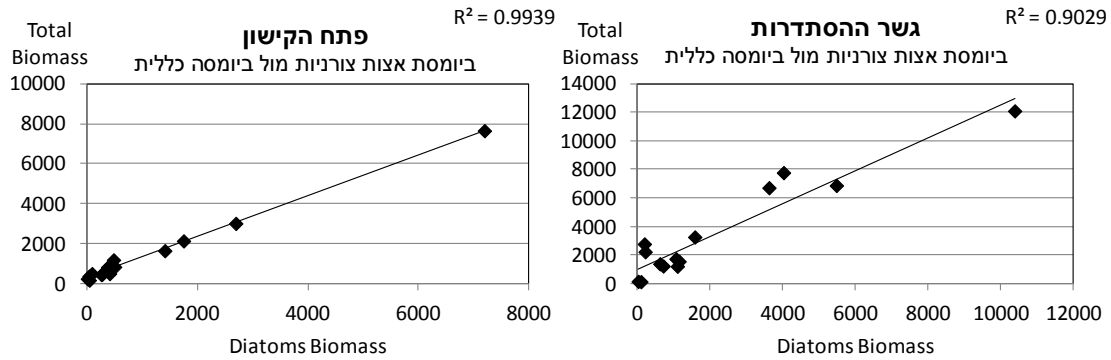


איור 22: התפלגות הביומסה היחסית של קבוצות המיקרופלנקטון (% מהביומסה הכללית) בגשר ההסתדרות באביב 2003-2016.

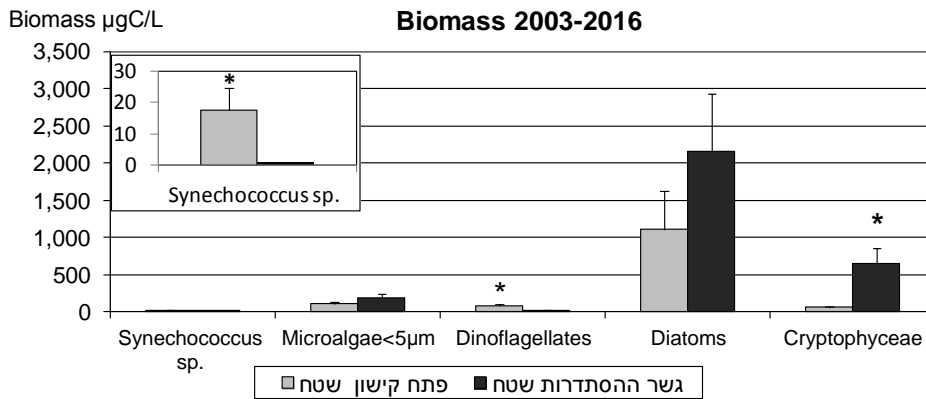


□ פתח הקישון שטח ■ הסתדרות שטח

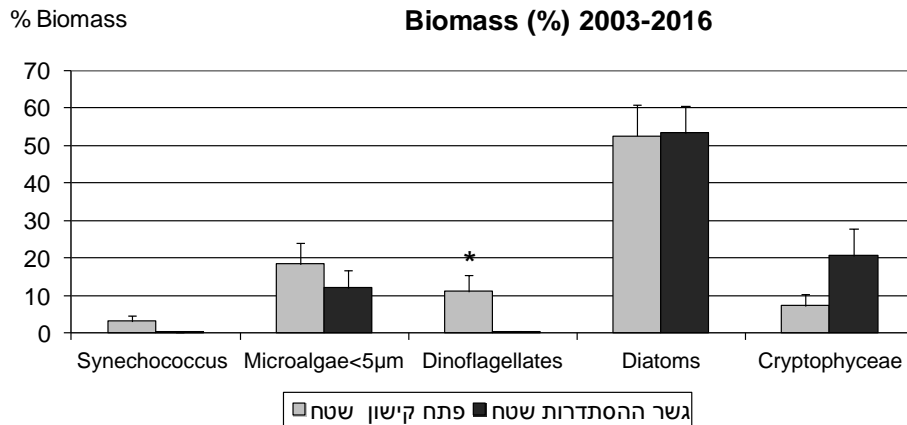
איור 23: התפלגות ממוצע ביומסת קבוצות האצות בדיגומי אביב 2003-2016



איור 24: יחס ביומסת האצות הצורניות לביומסה הכללית בדיגומי האביב 2003-2015.

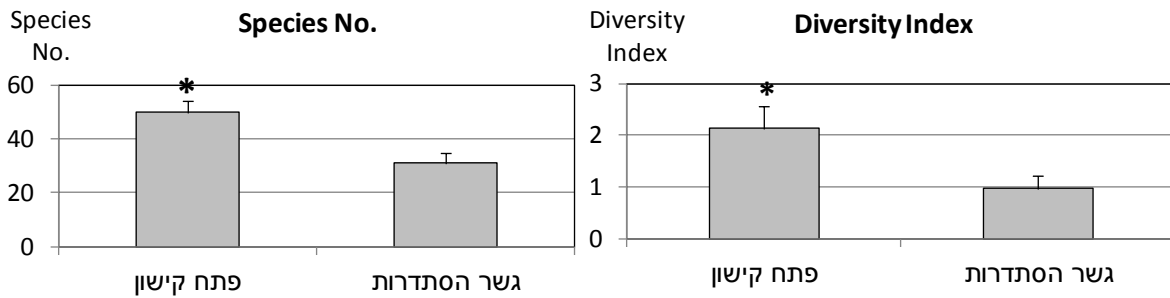


איור 25: התפלגות ממוצע ביומסת קבוצות האצות בדיגומי אביב 2003-2016.

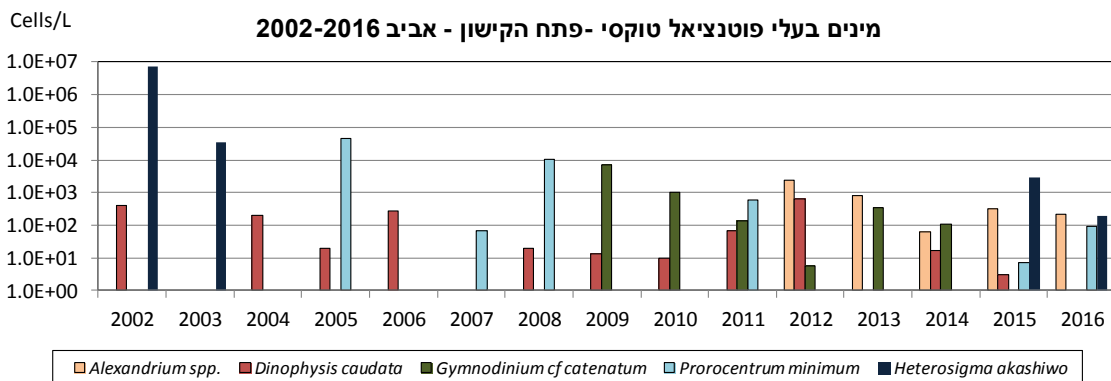


איור 26: התפלגות ממוצע ביומסת הקבוצות השונות באחוזים (מהביומסה הכללית), בדיגומי אביב

2003-2016. *עמודה עם כוכבית נבדלת סטטיסטית ($p < 0.05$) ($\pm \text{SE}$).



איור 27: ממוצע מספר המינים ואינדקס השונות מדיגומי אביב 2003-2016. *עמודה עם כוכבית נבדלת סטטיסטית ($p < 0.05$) ($\pm SE$)



איור 28: התפלגות מינים עיקריים בעלי פוטנציאל טוקסי בפתח הקישון – אביב 2002-2016.

5. סיכום

בשתי התחנות הדגום בהן נדגם מיקורפיטופלנקטון ("יוליוס" "והסתדרות") התפלגות קבוצות המיקורפלנקטון הייתה שונה מאד והושפעה מהתנאים הסביבתיים השונים, כולל מליחות ונוטריינטים. ממוצע ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל במי השטח בדיגומי אביב 2003-2016 היו גדולים יותר בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון. בפתח הקישון ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל ירדו באופן ניכר מאד יחסית לממוצע שנים קודמות ואילו בגשר ההסתדרות הם נמצאו קרובים יותר לממוצע הרב שנתי, אם כי נמוכים ממנו.

ביומסת האצות הצורניות הייתה דומיננטית בחלק ניכר מהדיגומים בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות. מאידך, בפתח הקישון בשנים 2012-2016 ממוצע הביומסה של האצות הצורניות היה נמוך יחסית, ולא נמצאו פריחות גדולות. שיעור הצורניות באחוזים מהביומסה הכללית בשנים אלה, היה דומיננטי רק לסירוגין. במקביל, נראתה בתחנה זו עלייה בביומסה של קבוצות אחרות כמו מיקרואצות קטנות מ- $5\mu m$, שהביומסה היחסית שלהן עלתה באופן ניכר בחמש שנים אחרונות. גם בגשר ההסתדרות נראתה בחמש שנים אחרונות ירידה בתכיפות ובעוצמת פריחת הצורניות ובמקביל עלייה ביומסת פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae*, שאיפיו עד כה תחנה זו בדיגומי הסתיו. פלגלטים אלה יצרו פריחה גדולה באביב 2016 והגיעו לריכוז מכסימלי, יחסית לדיגומי האביב בתחנה זו.

דינופלגלטים בהיותם מינים ימיים בעיקרם, הופיעו במגוון גדול יחסית בפתח הקישון והביומסה הממוצעת שלהם בתחנה זו הייתה גדולה בסדר גודל אחד יחסית לממוצע ביומסת הדינופלגלטים לאורך החוף. בדיגום אביב 2016 הביומסה שלהם נמצאה מינימלית לכל הדיגומים עד כה (בדומה לממצאים בסתיו 2015).

בדיגום 2016 הייתה עלייה ניכרת במספר המינים בפתח הקישון וירידה בגשר ההסתדרות. בפתח הקישון נראתה מגמה כללית של עלייה במספר המינים ובאינדקס השונות לאורך השנים. בגשר ההסתדרות לא נראתה מגמה כזו.

מגוון מינים בעלי פוטנציאל טוקסי הופיעו במהלך השנים בפתח הקישון בדיגומי אביב, אולם הם הופיעו לסירוגין: חלקם הופיעו בפריחה גדולה יחסית כמו *Heterosigma akashiwo* באביב 2002, ואחרים הופיעו בשנים מסויימות בריכוז גדול יחסית לרמתם הרב-שנתית. מאידך בשנים האחרונות נראתה ירידה בריכוז מינים בעלי פוטנציאל טוקסי.

6. מראי מקום

Bar-Zeev, E and Rahav, E. (2015). Microbial metabolism of transparent exopolymer particles during the summer months along a eutrophic estuary system. *Frontiers in aquatic microbiology*, 6, doi: 10.3389/fmicb.2015.00403.

Herut, B. and Kress, N. (1997). Particulate metals contamination in the Kishon river estuary, Israel. *Marine Pollution Bulletin*, 34, 706-711

Herut B., Shefer E., Gordon N., Galil B., Lubinevsky H., Tibor G., Tom M., Rilov G., Silverman J. and Rinkevich B. (2014). The National Monitoring Program of Israel's Mediterranean coastal waters – Scientific Report for 2012, IOLR Report H62/2013.

Hewes, C.D. and Holmes-Hansen, O. (1983). A method for recovering nanoplankton from filters for identification with the microscope. The filter –transfer – freeze (FTF) technique. *Limnology and Oceanography* 28, 389-394.

IOC-SCOR-UNESCO (1994). Manual and Guides 29. Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study (JGOFS) core measurements.

Kress, N. and B. Herut (2001) Spatial and seasonal evolution of dissolved oxygen and nutrients in the Southern Levantine Basin (Eastern Mediterranean Sea). Chemical characterization of the water masses and inferences on the high N:P ratio. *Deep Sea Research, Part I*, 48, 2347-2372.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 1996. NOAA's Estuarine Eutrophication Survey. Volume 1: South Atlantic Region. Silver Spring, MD. Office of Ocean Resources Conservation Assessment. 50 p.

Raveh, O., David, N., Rilov, G., and Rahav, E. (2015). The temporal dynamics of coastal phytoplankton and bacterioplankton in the eastern Mediterranean Sea. *PLoS ONE* doi:10.1371/journal.pone.0140690.

Simon, M., Alldredge, A. L., and Azam, F. (1990). Bacterial carbon dynamics on marine snow. *Marine Ecology Progress Series*, 65, 205–211.

Sisma-Ventura G., Yam R., Shemesh A (2014) Recent unprecedented warming and oligotrophy of the eastern Mediterranean Sea within the last millennium, *Geophysical Research Letters*, DOI: 10.1002/2014GL060393.

Strathmann, R.R. 1967. Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnology and Oceanography* 12: 411-418.