



**אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח**

דו"ח ניטור אביב 2018

דו"ח חיא"ל H5/2019

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 2018

דו"ח חיא"ל H5/2019

נורית גורדון, גיא סיסמה-ונטורה, איל רהב*, ברק חרות

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

מוגש לרשות נחל הקישון

עזרו במחקר: ירון גרטנר, אפרת שהם-פרידזר

חתימה :

פברואר 2019

אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח דו"ח ניטור אביב 2018

1. מטרת הניטור

מטרת הניטור הנן 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 (10 במאי) 2018. שבע תחנות נדגמו במעלה זרם הנחל (טבלה 1). בכל תחנה נמדד פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס במים, ואחוז רוויית חמצן, באמצעות מכשיר YSI 6600 UPS מחברת Yellow Springs Instruments. כמו כן, מי שטח ומי עומק בכל תחנה נדגמו באמצעות בקבוק ניסקין או ישירות לכלי הדיגום לקביעת ריכוזי כלורופיל *a*, נוטריאנטים (אורטו-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.

טבלה 1- מיקום תחנות הדיגום לאורך נחל הקישון המלוח במהלך דיגום אביב 2018.

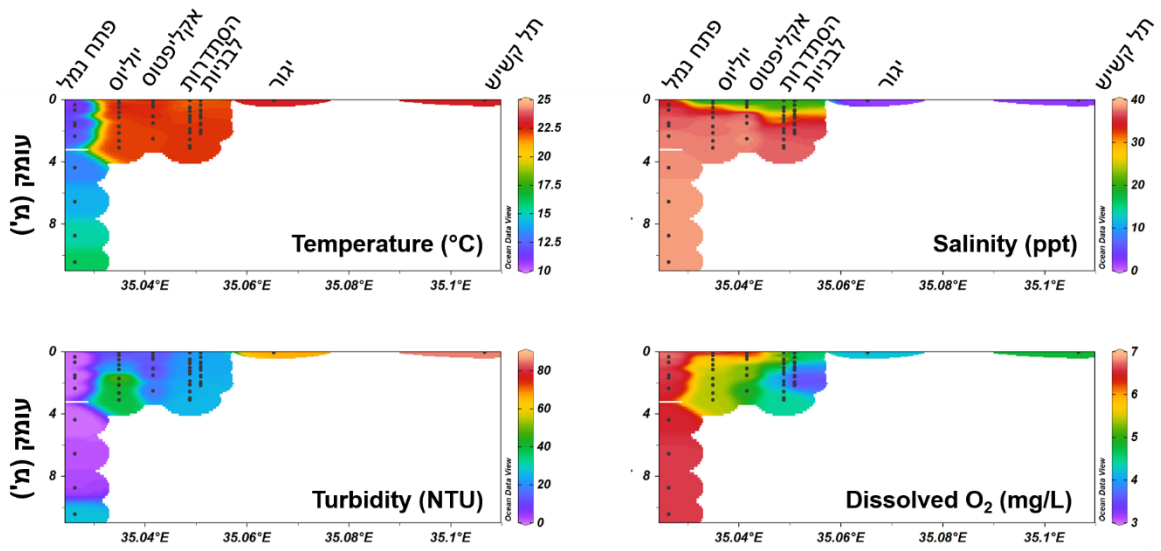
תחנה	Latitude (N)	Longitude (E)
תל-קשיש	32° 41.31'	35° 6.39'
יגור	32° 45.55'	35° 3.91'
לבניות	32° 47.27'	35° 3.10'
גשר ההסתדרות	32° 47.86'	35° 2.84'
אקליפטוס	32° 48.50'	35° 2.30'
גשר יוליוס סימון	32° 48.01'	35° 2.01'
פתח הנמל	32° 48.59'	35° 1.55'

3. תוצאות

3.1 פרמטרים כימיים-פיסיקליים בעמודת המים

פרופיל העומק של הטמפרטורה, המליחות, והחמצן מומס, לאורך נחל הקישון במלוח כפי שנמדדו במאי 2018 לאורך הקישון המלוח מוצגים באיורים 1 ו-2 וטבלה 2. פיזור הטמפרטורה האנכי מראה כי עמודת המים הייתה יחסית אחידה עם הבדל קטנים של פחות מ-0.5 מעלות בין פני השטח לקרקעית. זאת להבדיל מדיגומי קיץ בהם 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, בתחנות במעלה הנחל, 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 (איורים 1 ו-2). מי השטח בכל התחנות היו רוויים בחמצן (80-100%), כאשר אחוז רוויית החמצן ירד עם העליה בעומק המים, למעט תחנת יוליוס שם ריכוז החמצן היה אחיד (איורים 1 ו-2). ערכי החמצן המומס בפני השטח היו למעלה מ-8 מג"ל בכל תחנות הדיגום לאורך הנחל, ערך שאינו מעיד על אנוקסיה (טבלה 3) ומצביע על מים מאווררים יחסית וללא עקות. בתחנות "לבניות" ו"ההסתדרות" ריכוז החמצן בקרקעית ירד בחדות ל-3-4 מג"ל, ערך

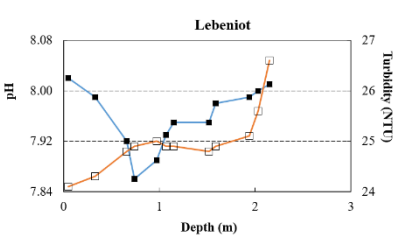
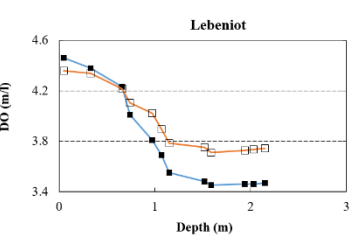
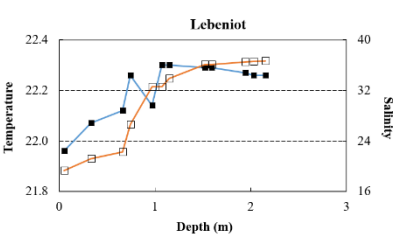
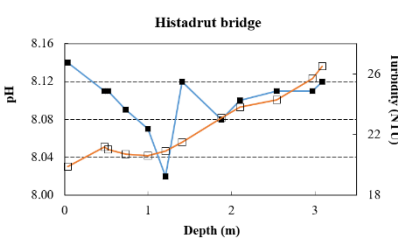
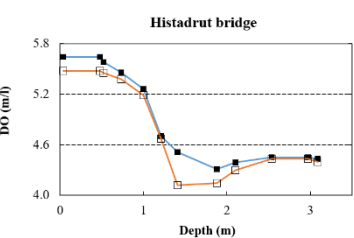
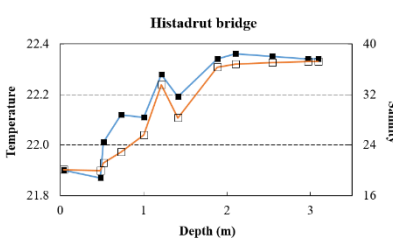
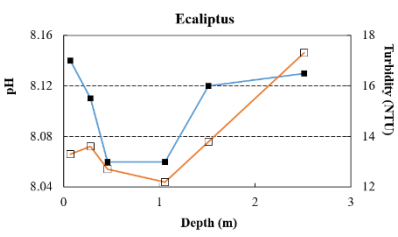
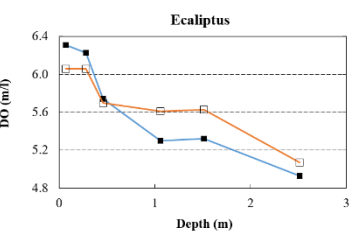
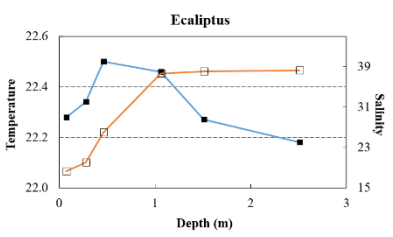
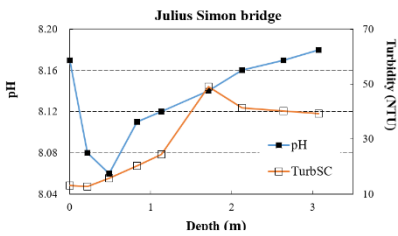
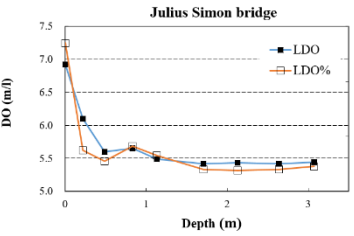
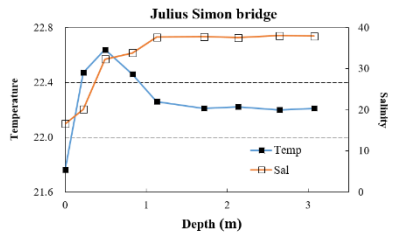
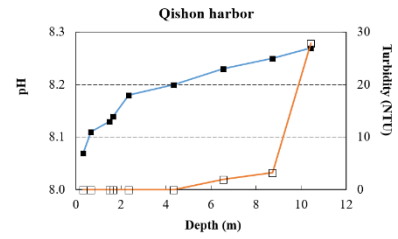
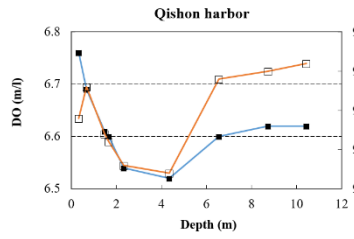
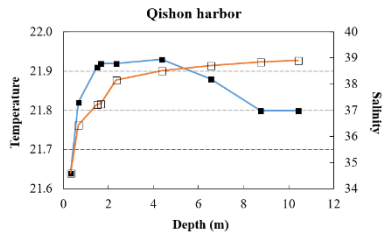
המוגדר כעקת חמצן בינונית (טבלה 3). ריכוז החמצן במי העומק מוכתב בעיקר ע"י תהליכי נשימה חיידקית ובמידה מסוימת ע"י חדירת מי ים. ריכוז החמצן במי השטח מושפע מתהליכי ערבוב בין מי נחל עניים יחסית בחמצן מהמעלה (כולל – הזרמות מהמפעלים) לבין מי ים עשירים יחסית בחמצן, ומתהליכי פריחת אצות. ערכי החמצן הנמוכים שנמדדו סמוך לקרקעית במעלה הנחל מצביע על פעילות מטאבולית חיידקית הטרוטרופית ועל אוטרופיקציה של אזורים אילו (ראה/י דיון למטה). יש לציין כי ש



קו רחב (מעלות)

קו רחב (מעלות)

איור 1 - פרופיל עומק של הטמפרטורה ($^{\circ}\text{C}$), מליחות (ppt), עכירות (NTU) וריכוז חמצן מומס (mg/L) כפי שנמדד בדיגום מאי 2018 לאורך נחל הקישון המלוח, שתי תחנות במעלה הנחל ובתחנה בכניסה לנחל. האינטרפולציה בין נקודות המדידה בוצעה באמצעות תוכנת Ocean Data View (גרסה 4.1) על ידי שימוש באלגוריתם מסוג VG gridding.



איור 2: חתך עומק של כל תחנת דיגום בנפרד עבור הפרמטרים המצוינים באיור 1. תחנות יגור ותל קשיש לא מוצגות באיור זה משום שהן רדודות ולא ניתן להציג פרופיל עומק עבורן.

טבלה 2- סיכום פרופיל עומק של הטמפרטורה, מליחות, חמצן מומס וקשיות (pH) כפי שנמדד במאי 2018 לאורך נחל הקישון המלוח.

pH	חמצן מומס (mg/L)	מליחות	טמפרטורה (°C)	עומק דיגום (m)	תחנה
8.07	6.76	34.59	21.64	0.32	פתח נמל
8.11	6.69	36.44	21.82	0.67	
8.13	6.61	37.23	21.91	1.49	
8.14	6.6	37.24	21.92	1.66	
8.18	6.54	38.15	21.92	2.34	
8.2	6.52	38.52	21.93	4.36	
8.23	6.6	38.71	21.88	6.55	
8.25	6.62	38.85	21.8	8.74	
8.27	6.62	38.9	21.8	10.43	
8.17	6.92	16.62	21.76	0	יוליוס
8.08	6.1	20.1	22.47	0.22	
8.06	5.6	32.32	22.64	0.49	
8.11	5.65	33.77	22.46	0.83	
8.12	5.49	37.73	22.26	1.13	
8.14	5.42	37.81	22.21	1.71	
8.16	5.43	37.56	22.22	2.13	
8.17	5.42	38.06	22.2	2.64	
8.18	5.44	37.94	22.21	3.07	
8.14	6.31	18.27	22.28	0.07	אקליפטוס
8.11	6.23	20.03	22.34	0.28	
8.06	5.74	26	22.5	0.46	
8.06	5.3	37.64	22.46	1.06	
8.12	5.32	38.12	22.27	1.51	
8.13	4.93	38.26	22.18	2.51	
8.14	5.64	20.06	21.9	0.04	הסתדרות
8.11	5.64	19.9	21.87	0.48	
8.11	5.58	21.19	22.01	0.52	
8.09	5.46	22.85	22.12	0.73	
8.07	5.26	25.61	22.11	1	
8.02	4.7	33.51	22.28	1.21	
8.12	4.51	28.26	22.19	1.41	
8.08	4.31	36.29	22.34	1.88	
8.1	4.39	36.83	22.36	2.1	
8.11	4.45	37.07	22.35	2.54	
8.11	4.45	37.22	22.34	2.97	
8.12	4.43	37.24	22.34	3.09	
8.02	4.46	19.3	21.96	0.05	
7.99	4.38	21.16	22.07	0.33	
7.92	4.23	22.29	22.12	0.66	
7.86	4.01	26.6	22.26	0.74	
7.89	3.81	32.59	22.14	0.97	
7.93	3.69	32.53	22.3	1.07	

7.95	3.55	33.91	22.3	1.15	
7.95	3.48	36.05	22.29	1.52	
7.98	3.45	36.06	22.29	1.59	
7.99	3.46	36.48	22.27	1.94	
8	3.46	36.6	22.26	2.03	
8.01	3.47	36.62	22.26	2.15	
8.24	4.23	2.19	22.95	0.04	יגור
7.97	4.81	2.43	22.9	0.01	תל-קשיש

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 = 0-2, נזק ביולוגי 2-5		
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 העומק בכל תחנת דיגום מוצגים בטבלה 4. ככלל, ריכוז הנוטריאנטים בפני השטח היה גבוה משמעותי מאלה שנמדדו באותה תחנה בעומק. מגמה זו חזרה על עצמה בכל דיגומי אביב מהשנים האחרונות, ונובעת ככל הנראה בגלל הזרמה קבועה של מזהמים בפני השטח. 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 חנקן ולעיתים גם של זרחן במי השטח, דבר המצביע על רמת זיהום (איאוטרופיקציה) גבוהה על פי הקריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1997) לאיכות המים בשפכי נחלים (טבלה 3). תופעה זו נצפתה כמעט בכל הדיגומים בשנים האחרונות.

טבלה 4: ריכוזי נוטריאנטים אנאורגנים (mg/L) כפי שנמדדו לאורך נחל הקישון המלוח בתחנות השונות באביב 2017.

תחנה	עומק דיגום	NO ₂ +NO ₃ -N [mg/L]	PO ₄ -P [mg/L]	Si(OH) ₄ -Si [mg/L]
תל-קשיש	פני שטח	9.96	0.25	5.99
יגור	פני שטח	9.18	0.20	5.96
לבניות	פני שטח	5.62	0.32	4.80
	קרקעית	0.62	0.04	0.76
הסתדרות	פני שטח	2.96	0.11	2.56

1.32	0.10	1.17	קרקעית	
3.09	0.12	3.02	פני שטח	אקליפטוס
0.39	0.02	0.42	קרקעית	
3.45	0.13	3.02	פני שטח	יוליוס
0.52	0.04	0.33	קרקעית	
0.31	0.01	0.33	פני שטח	פתח נמל
0.09	0.01	0.09	קרקעית	

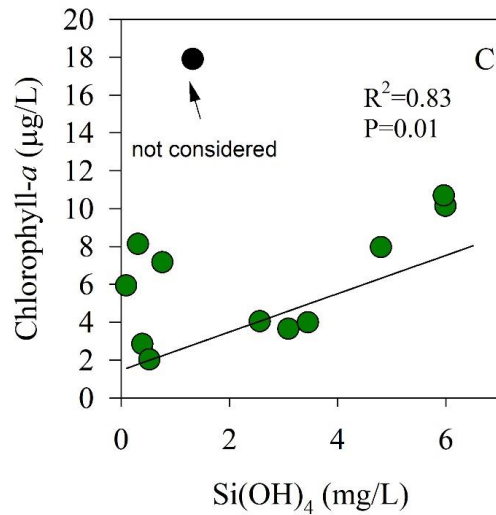
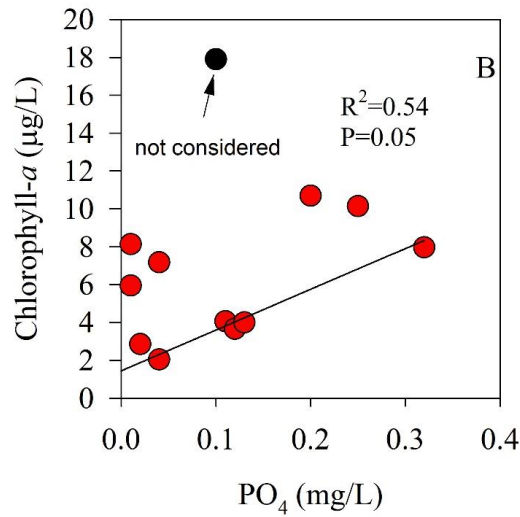
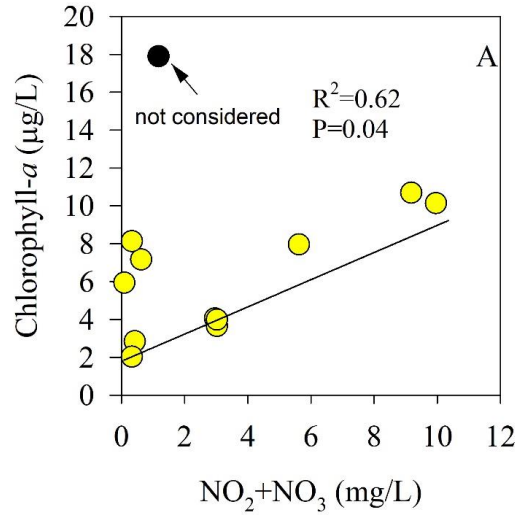
3.2 פרמטרים ביולוגים בעמודת המים

ערכי כלורופיל a בדיגומי אביב 2018 נעו בין 2.04 ל- 17.90 מג"ל (טבלה 5) והיו גבוהים מדיגום מאי 2017, כמו גם מערכי הרקע של חוף הים התיכון הנמדדים דרך קבע על ידי חיא"ל כחלק מתוכנית הניטור הלאומי של מזרח הים התיכון וממי החוף (Raveh et al., 2015). הסיבה לכך נעוצה ריכוז הנוטריאנטים הגבוה (בעיקר חנקן, טבלה 4) שנמדד לאורך הנחל בתחנות הדיגום השונות, ובמיוחד זה של ניטראט+ניטריט ובמידה מסוימת זרחן (טבלה 4). ציאנובקטריה ואצות אוטוטרופיות היוו את חלק הארי מבחינה מספרית של האצות במי הנחל במאי 2018, זאת בדומה לדיגומים קודמים. ציאנובקטריה נעו בין 2.40×10^8 תאים בליטר (פתח הנמל סמוך לקרקעית) ל- 4.99×10^8 תאים לליטר (יגור, פני השטח) (טבלה 5). אצות אאוקריוטיות היוו סדר גודל פחות מאשר ציאנובקטריות ($0.41-1.58$ תאים לליטר $\times 10^8$). בדומה לרוב הדיגומים האחרונים, נמצא מדרג (גרדיאנט) מובהק בריכוז הכלורופיל לאורך תחנות הדיגום, הן במים העליונים והן במי העומק, למעט ריכוז הכלורופיל בפני השטח בפתח הנמל שהיו גבוהים יחסית. מדרג זה נמצא בהתאמה לריכוז הניטראט+ניטריט, הזרחן והסיליקה (ריגרסיה ליניארית, $P < 0.05$, איור 3). לעומת הפיזור המרחבי של הכלורופיל בממי הנחל, לא נדגם מדרג משמעותי סטטיסטית בשכיחות ציאנובקטריות או תאים פיקו-אאוקריוטים (אצות פלנקטוניות קטנות בעלות גרעין) לאורך הנחל, בדומה לדיגומי אביב קודמים. 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), שכיחות החיידקים ההטרוטרופים היתה גבוהה פי 10 מאשר הציאנובקטריה ($85.12 \times 10^8 - 16.54 \times 10^8$ תאים בליטר) ועלתה במעלה הנחל (יחס לינארי חיובי, $P < 0.01$), עם מספר תאים גבוה ככל שעולים שמתקרבים לשפכי המפעלים ("לבניות", "גשר ההסתדרות"). יש לציין שבדיקה זו מראה את ריכוז החיידקים במי הדגימה ואינה מרמזת על זהות החיידק, באם הוא פתוגני או לא וכד'. המצאות חיידקים פתוגנים אינה חלק ממטרות מחקר זה לפי שעה. כמאמר מוסגר, ישנו מחקר אישי של הח"מ עם רופאים מביה"ח רמב"ם לזיהוי חיידקים עמידים לאנטיביוטיקה סביב מוצא המט"ש בנחל הקישון. המחקר לפי שעה אינו ממומן ונעשה בעזרת כספים פנימיים ובעזרת אנשי רשות נחל הקישון.

טבלה 5: ריכוז כלורופיל ושכיחות ציאנובקטריות, פיקו-אאוקריוטים וחיידקים הטרוטרופים במעלה נחל הקישון במאי 2018.

Chlorophyll <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Heterotrophic bacteria (cells $\text{L}^{-1} \times 10^8$)	Pico- eukaryotes (cells $\text{L}^{-1} \times 10^8$)	Autotrophic cyanobacteria (cells $\text{L}^{-1} \times 10^8$)	עומק דיגום	תחנה
10.14	74.05	1.55	4.63	פני שטח	תל-קשיש
10.69	75.20	1.01	4.99	פני שטח	יגור
7.96	36.09	0.82	4.02	פני שטח	לבניות
7.17	40.17	0.62	3.65	קרקעית	
17.9	40.03	0.41	3.92	פני שטח	הסתדרות
4.05	27.53	1.21	4.12	קרקעית	
3.65	30.83	0.74	4.96	פני שטח	אקליפטוס
2.85	85.12	1.58	3.71	קרקעית	
3.99	45.17	0.78	3.84	פני שטח	יוליוס
2.04	75.02	1.54	4.20	קרקעית	
8.13	25.11	0.97	3.82	פני שטח	פתח נמל
5.94	16.54	0.99	2.40	קרקעית	



איור 3: ריכוז כלורופיל כתלות בריכוז ניטראט+ניטריט (A), זרחן (B) וסיליקה (C) לאורך נחל הקישון המלוח במאי 2018. המספרים הגולמיים לפיהם נוצר הגרף מוצגים בטבלאות 4 ו-5. הנקודה השחורה לא נלקחה בחשבון לקורלציה (מתאם) ומקורה בריכוז הכלורופיל הגבוה בפני השטח של תחנת ההסתדרות.

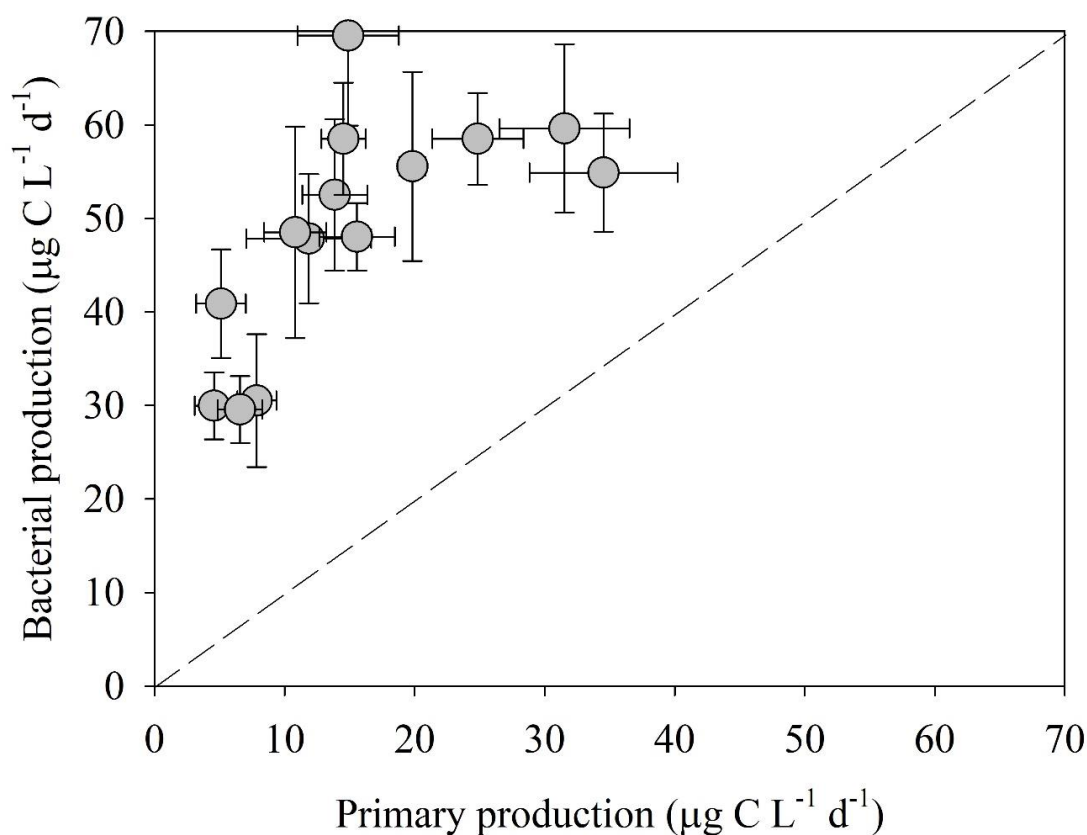
ערכי היצרנות הראשונית היממתית נעו בין 10.81 ל 34.52 מיקרוגרם פחמן לליטר ליממה (טבלה 6) והיו גבוהים מעט ביחס לדיגום אביב 2017. ערכי היצרנות הראשונית היו גבוהים מערכי הרקע של חוף הים התיכון הנמדדים דרך קבע על ידי חיא"ל כחלק מתוכנית הניטור הלאומית (Herut et al., 2016) וממי החוף (Raveh et al., 2015; Rahav et al., 2016). באופן לא מפתיע, ערכים גבוהים יותר נמדדו על פי רוב במי השטח המוארים (טבלה 6). 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 מדיגומים קודמים ומיעוט המחקרים (Bar-Zeev and Rahav, 2015), ערכי היצרנות הראשונית השנתית המשוערת הנה כ-40 $\text{gC m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ 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. בפרויקט פיילוט שהסתיים בשנת 2018 יחד עם אנשי רשות נחל הקישון נמדדו ערכי היצרנות על בסיס כמעט חודשי. ממצאים מהסקר יוצגו בדו"ח נפרד מיוחד וחישובים מעודכנים יתווספו להבא (קרי בדו"חות הבאים).

עיקר הפעילות המטאבולית בתחנות המדידה בכל הדיגומים היתה הטרוטרופית ונעשתה על ידי חיידקים (איור 4). למעשה, ערכי היצרנות החיידקית היו גבוהים פי 2-4 מאשר היצרנות הראשונית (47.84-69.54 מיקרוגרם פחמן לליטר ביום, טבלה 6 ואיור 4), דבר המלמד על חשיבותם של חיידקים הטרוטרופים לאקולוגיה, צריכה, ומחזור נוטריאנטים בנחל הקישון. ייתכן והסיבה לפעילות החיידקים הגבוהה (ביחס לזו של היצרנים הראשוניים) יכולה ללמד כי החיידקים הטרוטרופים 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 יוטרופים (עשירים בנוטריאנטים) אחרים, אך דומה למי השטח בים התיכון (Sisma-Ventura et al., 2014).

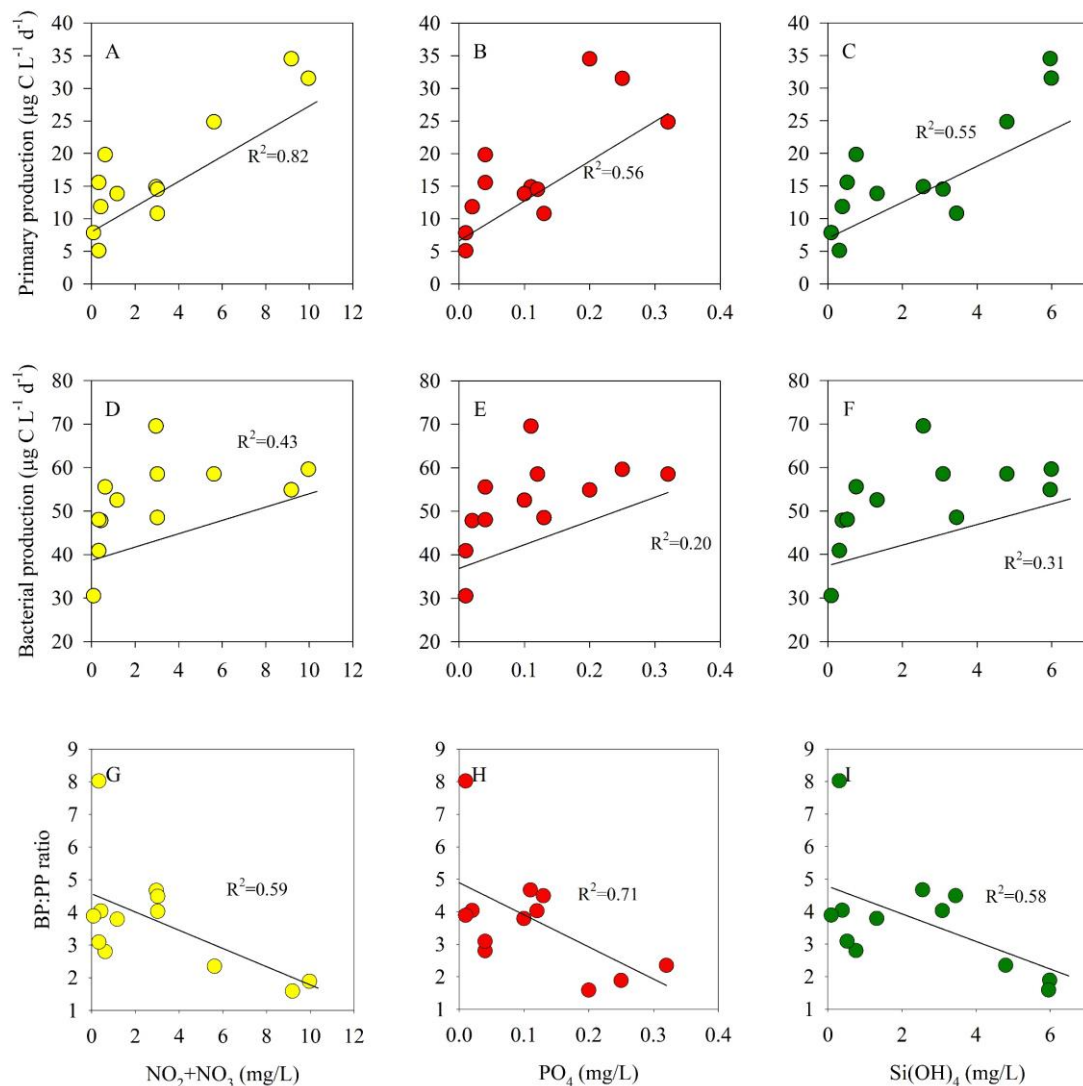
מבחינת מתאם בין ערכי יצרנות ראשונית (PP), יצרנות חיידקית (BP), והיחס ביניהם (BP:PP) לבין ריכוזי הנוטריאנטים מובאים באיור 5. ניתן לראות קשר לינארי ישיר וחיובי בין ריכוז הנוטריאנטים לבין קצב הפעילות של המערכת המיקרוביאלית (BP או PP). כמו כן, ניתן לראות מהגרפים כי ככל שריכוז הנוטריאנטים (חנקן, זרחן וסיליקה) עולה, היחס בין יצרנות חיידקית ליצרנות ראשונית יורד (איור 5 G-I). מגמה זו באה ללמדנו כי כאשר ריכוזי הנוטריאנטים יחסית נמוכים (מורד הנחל) חיידקים הטרוטרופים מצליחים לנצל טוב יותר (כלומר מהר יותר) את חומרי ההזנה במים מאשר היצרנים הראשוניים. ככל שריכוז הנוטריאנטים עולה (מעלה הנחל), גם יצרנים ראשוניים משגשים, דבר הבא לידי ביטוי בירידה ביחס בין BP ל PP ובהתאמה גם לריכוז האצות (ראה/י דיון למטה על מיני מיקרופיטופלנקטון).

טבלה 6: קצב היצרנות הראשונית (Primary production) והחיידקית (Bacterial production) היממתית בנחל הקישון המלוח במאי 2017. 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
1.89	31.52	59.62	פני שטח	תל-קשיש
1.59	34.52	54.89	פני שטח	יגור
2.35	24.85	58.51	פני שטח	לבניות
2.80	19.82	55.56	קרקעית	
4.67	14.89	69.54	פני שטח	הסתדרות
3.79	13.85	52.52	קרקעית	
4.03	14.52	58.52	פני שטח	אקליפטוס
4.04	11.85	47.84	קרקעית	
4.49	10.81	48.52	פני שטח	יוליוס
3.09	15.56	48.03	קרקעית	
8.02	5.10	40.89	פני שטח	פתח נמל
3.89	7.85	30.52	קרקעית	



איור 4: היחס בין יצרנות ראשונית (פוטוסינתזה) ליצרנות חיידקית (קיבוע פחמן הטרוטרופי) במימי הקישון המלוח במאי 2018. הקו המקווקו מייצג יחס של 1:1 בין המשתנים. כאשר היחס זה גדול מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות הטרוטרופית.



איור 5: הקשר בין ערכי היצרנות הראשונית (A-C), היצרנות החיידקית (D-F), והיחס בין יצרנות חיידקית ליצרנות ראשונית (G-I) לבין ריכוז ניטראט+ניטריט (A,D,G), זרחן (B,E,H) וסיליקה (C,F,I) כפי שנמצא בנחל הקישון המלוח בדיגום מאי 2018.

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.

הריכוז והביומסה של מיני מיקרופלנקטון ריכוז התאים

פתח הקישון - בניטור מאי 2018 ריכוז התאים בפתח הקישון ירד יחסית לשנה קודמת (איור 6) ונבע מירידה בריכוז התאים של כל קבוצות המיקרופלנקטון, להוציא מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$, שריכוזן עלה. בפתח הקישון שלוש קבוצות מיקרופלנקטון היו דומיננטיות באופן דומה, בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(2) (שריכוזן ירד לשליש הריכוז משנה שעברה), מיקרואצות

קטנות מ – 5 מיקרון ואצות צורניות (איור 7). שלוש הקבוצות היוו בממוצע $30\pm 3\%$ כל אחת, מריכוז התאים הכללי בתחנה זו (איור 8).

בגשר ההסתדרות בדומה לפתח הקישון ריכוז התאים ירד יחסית למחצית הריכוז בשנה קודמת (איור 1). הירידה בריכוז נבעה מירידה חדה במיוחד בריכוז תאי הפלגלטים מקבוצת ה – *Cryptophyceae* (שהופיעו בפריחה גדולה בשנה קודמת) וכן מירידה בריכוז הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(2). בקטריות אלה היו עדיין דומיננטיות בריכוז התאים והיוו 53% מריכוז התאים הכללי בתחנה זו. ריכוז המיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$ עלה גם הוא בתחנה זו, בדומה לפתח הקישון, והן היוו 28% מריכוז התאים הכללי בתחנה זו (איור 8).

הביומסה וריכוז הכלורופיל

בפתח הקישון בדומה לריכוז התאים הייתה ירידה בביומסת מרבית קבוצות המיקרופלנקטון. אולם כיוון שהייתה ירידה קטנה בלבד בביומסת האצות הצורניות, שהיו דומיננטיות בביומסה באביב 2018 (איור 9,10) כמו גם באביב שנה קודמת, הרי שהירידה הכללית בביומסה הייתה קטנה בהשוואה לשנה קודמת. האצות הצורניות היוו בניטור 2018 61% מהביומסה בפתח הקישון. ביומסת קבוצת המיקרואצות הקטנות מ – 5 מיקרון עלתה יחסית לשנה קודמת והיא היוותה 27% מהביומסה הכללית. ריכוז הכלורופיל עלה מעט יחסית לשנה קודמת (איור 9) ונמצא בתחום בינוני לפי קריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים.

בגשר ההסתדרות בדומה לריכוז התאים, הייתה ירידה גדולה בביומסה יחסית לשנה קודמת, שנבעה מירידה בביומסת מרבית קבוצות המיקרופלנקטון (להוציא המיקרואצות הקטנות מ – $5\mu\text{m}$). עיקר הירידה מקורה בקבוצת הפלגלטים מקבוצת ה – *Cryptophyceae* שפרחו באביב 2017 והופיעו בביומסה קטנה בלבד באביב 2018 (איור 10). הקבוצות הדומיננטיות בביומסה בתחנה זו היו האצות הצורניות, שהיוו 40% מהביומסה הכללית, מיקרואצות קטנות מ – 5 מיקרון שהיוו 34% מהביומסה הכללית ובקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp.(2) שהיוו 21% מהביומסה (איור 11). ריכוז הכלורופיל בתחנה זו היה בתחום הבינוני לפי קריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים, (איור 9, טבלה 3).

מגוון המינים ואינדקס השונות

בפתח הקישון מספר המינים היה גבוה יחסית לגשר ההסתדרות, כפי שנמצא בדיגומים קודמים (איורים 12,13). חלקן של מיני האצות הצורניות במגוון המינים היה הגדול ביותר בפתח הקישון, בדומה לדיגומים קודמים (איור 12). הצורניות היוו בממוצע בפתח קישון $47\pm 5\%$ ממספר המינים, בשש שנים אחרונות. בניטור זה הופיע, באופן יוצא דופן, מגוון קטן מאד של דינופלגלטים בתחנת פתח הקישון. זה יכול לנבוע מגורמים שונים בהיות הדינופלגלטים רגישים לתנאי הסביבה. אחד הגורמים האפשריים הוא ירידה במליחות המים, כיוון שהם בדרך כלל מינים ימיים. בפתח הקישון הופיע מגוון גדול יחסית של אצות מקבוצת הירוקיות יחסית לדיגומים קודמים. מינים אלה מאפיינים מים יותר מתוקים, ויכולים לחזק את ההשערה בנוגע לירידה במליחות המים.

בגשר ההסתדרות בניטור אביב 2018 נמצאה התפלגות שונה של מגוון המינים מהקבוצות השונות. הופיע מגוון גדול יחסית של מיני אצות ירוקות ומיני בקטריות כחוליות, המאפיינים יותר מים מתוקים או בעלי מליחות נמוכה.

מספר המינים - בפתח הקישון מספר המינים היה דומה לשנה קודמת ואילו בגשר ההסתדרות מספר המינים עלה יחסית לשנה קודמת כתוצאה מהעלייה במספר מיני האצות הירוקות והבקטריות הכחוליות ונמצא גבוה יחסית לחמש שנים קודמות (איורים 12,13) – **אינדקס השונות** (Menhinick's index - חושב לפי מס' המינים / שורש ריבועי של הבימוסה) – אינדקס השונות המתחשב גם בבימוסה עלה מעט יחסית לשנה קודמת בשתי התחנות (איור 14). השינוי באינדקס השונות בגשר ההסתדרות היה גדול יותר משום העלייה במספר המינים (איור 13) והירידה בבימוסה בתחנה זו, בהשוואה לשנה קודמת (איור 9).

הרכב מיני המיקרופלנקטון

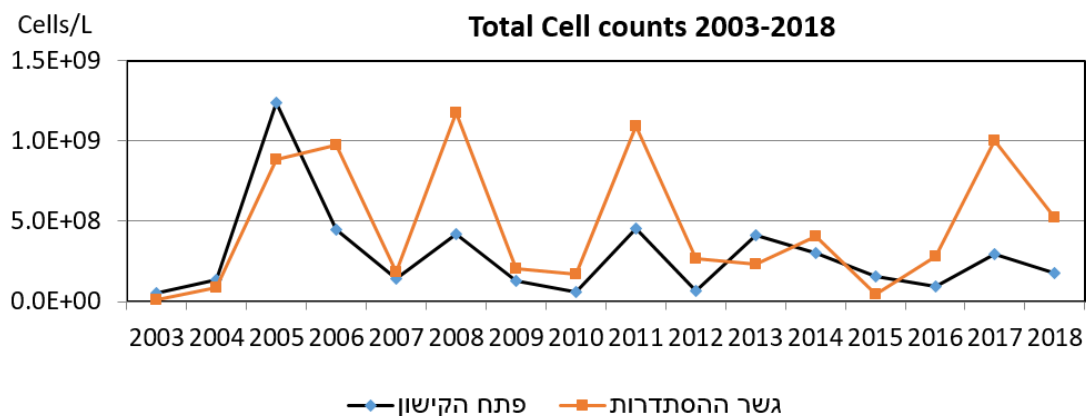
בפתח הקישון – הופיע מגוון מיני אצות המאפיינים מים בעלי מליחות נמוכה או מים מתוקים. הופיע מגוון יחסית גדול של אצות ירוקות, המאפיינות יותר את גשר ההסתדרות (איור 12 טבלה 7). במקביל הופיע מגוון קטן בלבד של דינופלגלטים ימיים שבחלקם סבילים לטווח מליחות רחב. הדינופלגלטים הופיעו בריכוז נמוך מאד, מינימלי לדיגומים עד כה. מבין האצות הצורניות המין *Thalassiosira pseudonana* הופיע בפריחה בדומה לשנה קודמת. צורנית זו קטנה ושכיחה בפתח הקישון גם בדיגומים קודמים והיוותה 92% מבימוסת האצות הצורניות ו- 56% מהבימוסה הכללית בדיגום זה. בקטריות כחוליות מהמין (2) *Synechococcus sp.*, הופיעו בריכוז גדול יותר מהבקטריות הנפוצות גם לאורך החוף (1) *Synechococcus sp.* (בדומה לשנה קודמת). ריכוזן ירד יחסית לשנה קודמת והן היוו בדיגום מאי 2018 10% מהבימוסה הכללית בתחנה זו.

בגשר ההסתדרות בדומה לפתח הקישון הייתה פריחת צורניות מהמין *Thalassiosira pseudonana* שהיוו 96% מבימוסת הצורניות בתחנה זו ו- 38% מהבימוסה הכללית בתחנה. קבוצת המיקרואצות הקטנות מ- 5µm הייתה השנייה מבחינת תרומתה לבימוסה הכללית (34%) (איור 10). בימוסת קבוצה זו עלתה מאד בשתי התחנות בדיגום זה. בקטריות כחוליות מהמין (2) *Synechococcus sp.*, תרמו 20% לבימוסה הכללית בתחנה זו (איור 11).

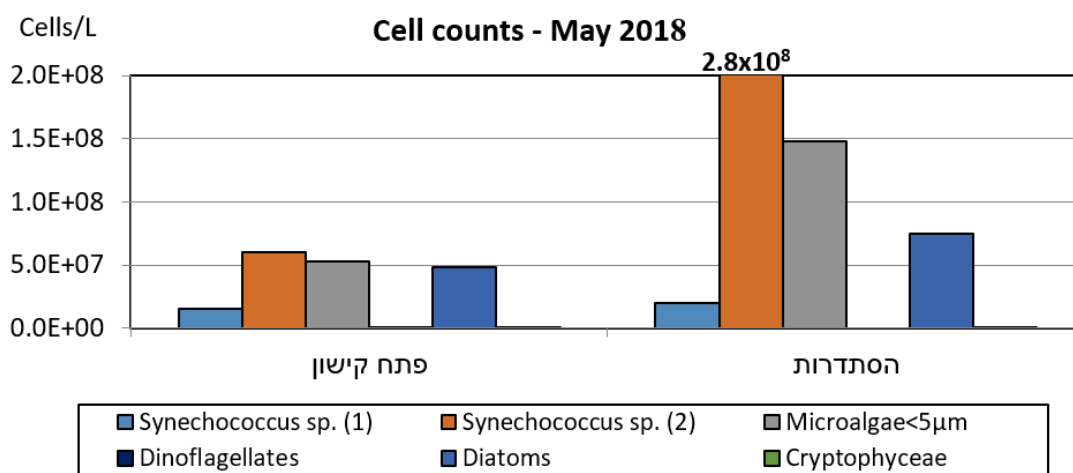
פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* שפרחו בתחנה זו במאי 2017, הופיעו השנה בבימוסה קטנה בלבד (איור 10). מאידך הופיעו בדיגום זה מינים רבים יחסית מקבוצת הירוקות. מיני *Oocystis* spp. היו הנפוצים ביותר והיוו 93% מהבימוסה של קבוצת הירוקות. מבין מיני הכחוליות המין *Leptolyngbia sp.* היווה את עיקר הבימוסה בקבוצת זו.

מינים בעלי פוטנציאל טוקסי

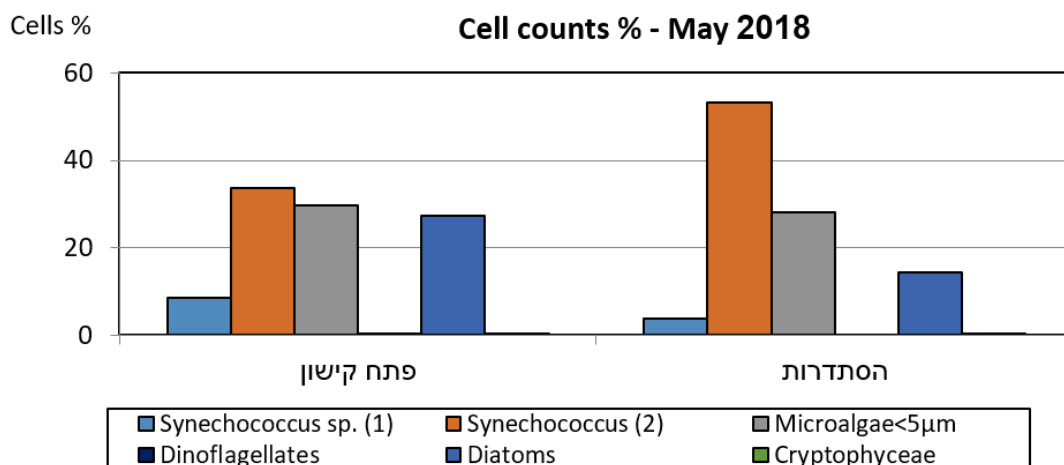
בדיגום זה הופיעו דינופלגלטים במגוון קטן ובריכוז נמוך מאד בפתח הקישון, ובהתאם לא נראו מינים בעלי פוטנציאל טוקסי. הפלגלט *Heterosigma akashiwo* שהחל להופיע שוב באביב בשלוש שנים אחרונות, הופיע בריכוז נמוך מאד בדיגום זה.



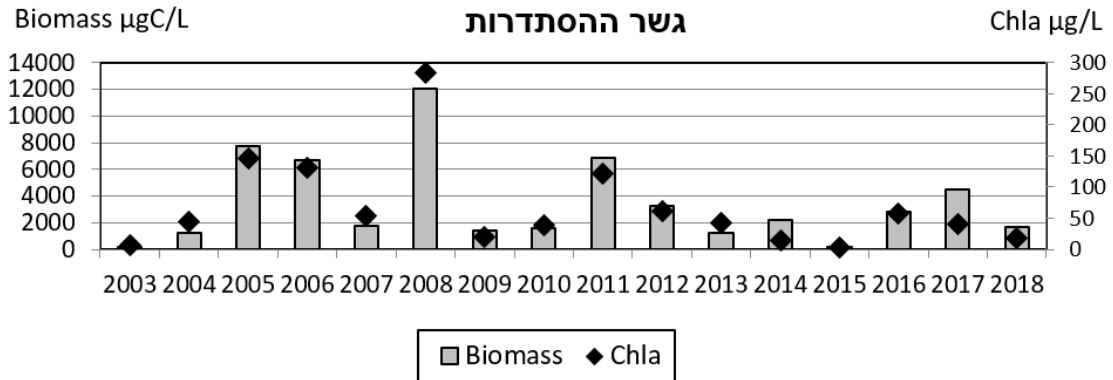
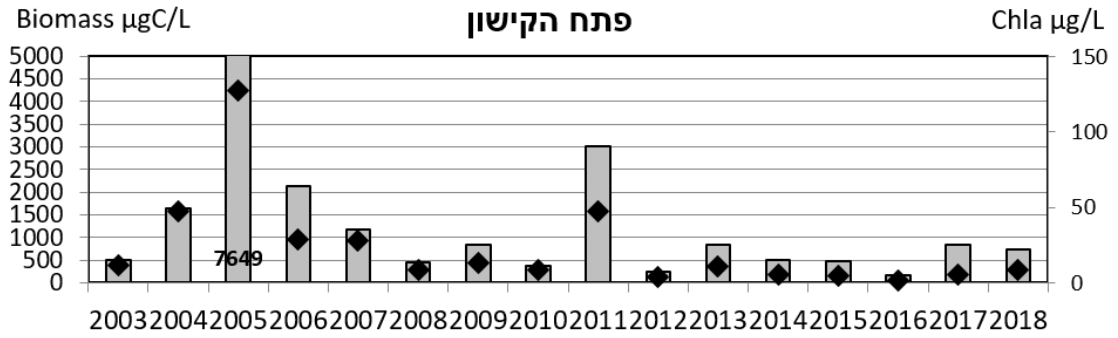
איור 6 - התפלגות ריכוז כלל תאי המיקרופלקטון בדיגומי אביב 2003-2018.



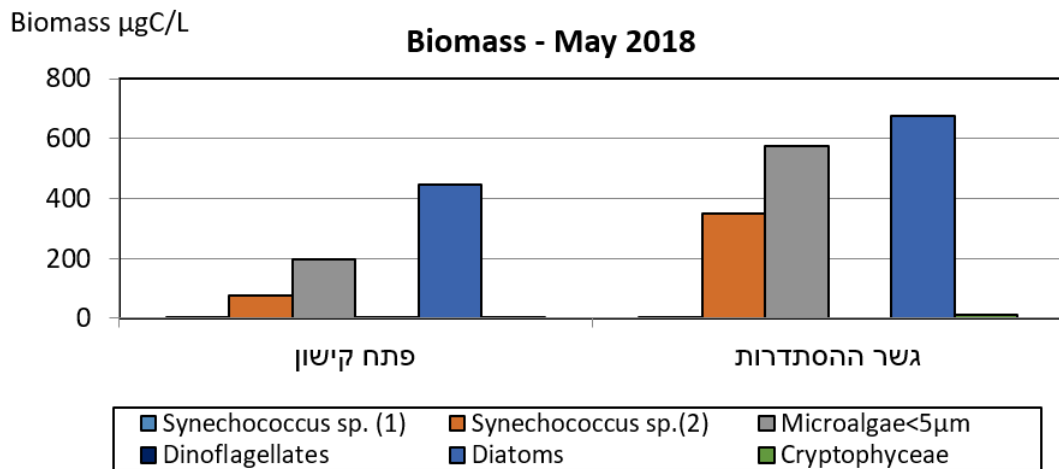
איור 7 - התפלגות ריכוז התאים לפי קבוצות המיקרופלנקטון - מאי 2018.



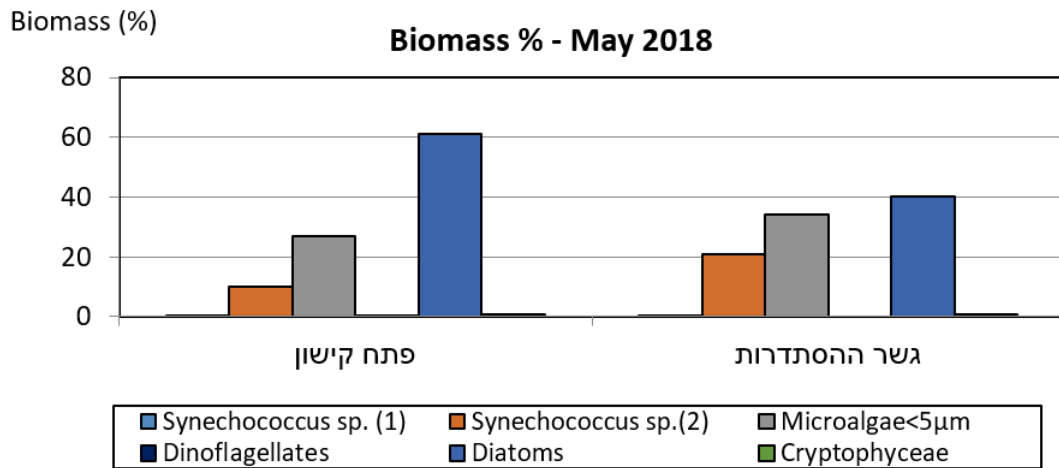
איור 8 - התפלגות הריכוז היחסי של קבוצות המיקרופלנקטון (אחוז מהריכוז הכללי) - מאי 2018.



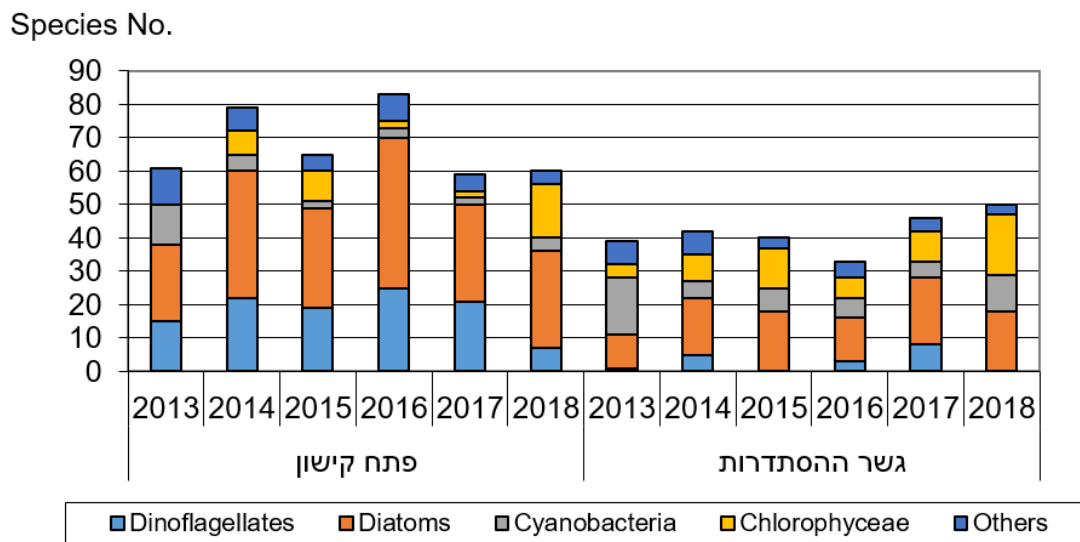
איור 9 - התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בדיגומי אביב 2003-2018.



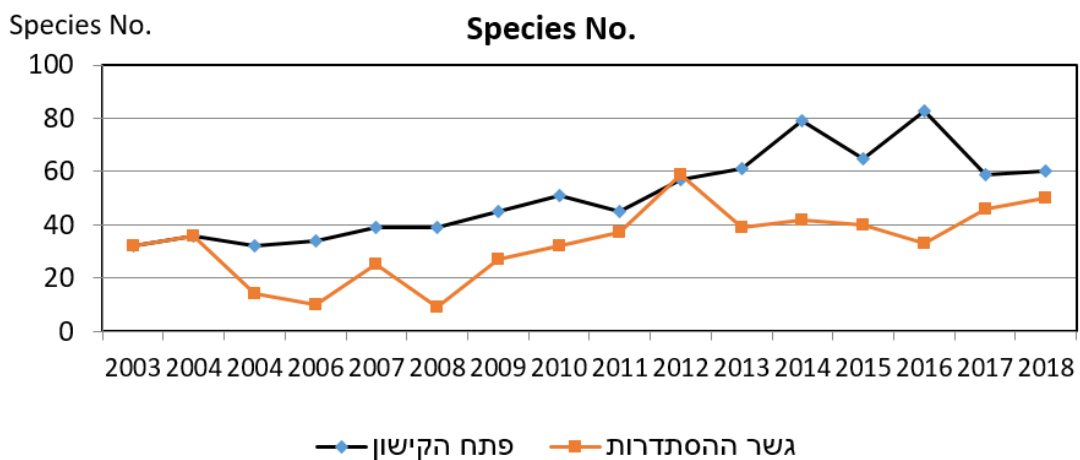
איור 10 - התפלגות הביומסה של קבוצות המיקרופלנקטון בדיגום מאי 2018.



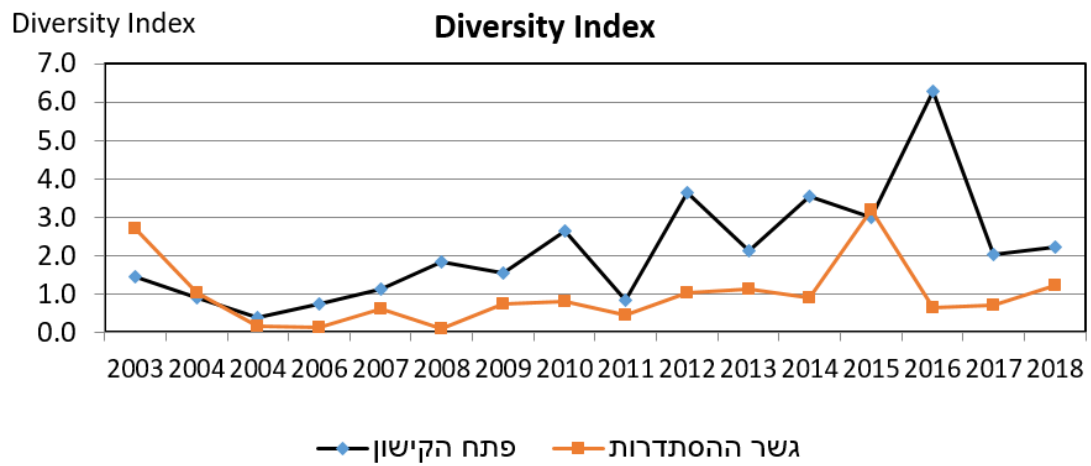
איור 11 - התפלגות הביומסה היחסית (%) של קבוצות המיקרופלנקטון דיגום מאי 2018.



איור 12 - התפלגות מספר המינים לפי קבוצות המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2013-2018.



איור 13 - התפלגות מספר המינים הכללי בדיגומי אביב 2003-2018.



איור 14 - התפלגות אינדקס השונות בדיגומי אביב 2003-2018.

טבלה 7 - מיני המיקרופלנקטון וריכוזם (תאים/לליטר) בדגימות הקישון – מאי 2018

	פתח קישון	גשר ההסתדרות		פתח קישון	גשר ההסתדרות
Dinoflagellates			Cryptophyceae		
<i>Ceratium furca</i>	10		<i>Cryptomonad</i> spp.	3.7E+05	1.7E+05
<i>Ceratium kofoidii</i>	38		<i>Hemiselmis</i> sp.		7.3E+05
<i>Gymnodinium</i> sp. (97A)	13		Chlorophyceae		
<i>Podolampas palmipes</i>	3		<i>Actinastrum hantzschii</i>	50	733
<i>Prorocentrum micans</i>	25		<i>Closteriopsis acicularis</i>	125	1467
<i>Prorocentrum triestinum</i>	50		<i>Coelastrum cambricum</i>	5.7E+05	
<i>Protoperdinium</i> spp.	7		<i>Coelastrum microporum</i>	1063	2354
Diatoms			<i>Crucigenia quadrata</i>	1850	6667
<i>Achnanthes</i> spp.	7	200	<i>Crucigenia rectangularis</i>		1667
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	1143	123	<i>Crucigeniella crucifera</i>		123
<i>Bacillaria paxillifera</i>		246	<i>Flagellates</i> spp.	5333	
<i>Bidulphia radiata</i>	3		<i>Leptocinclis ovum</i>		15
<i>Cerataulina pelagica</i>	725		<i>Monoraphidium arcuatum</i>	150	400
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	325		<i>Monoraphidium griffithii</i>	13	
<i>Chaetoceros socialis</i>	1443		<i>Monoraphidium irregulare</i>		67
<i>Chaetoceros</i> spp.	790		<i>Monoraphidium minutum</i>	50	6.9E+04
<i>Coccinodiscus</i> sp.		246	<i>Oocystis</i> spp.	5600	3.3E+05
<i>Cyclotella</i> spp.	1.1E+06	9.8E+04	<i>Pediastrum duplex</i>	750	500
<i>Cylindrotheca closterium</i>	175		<i>Scenedesmus acuminatus</i>	1488	8567
<i>Entomoneis paludosa</i>	83	1446	<i>Scenedesmus acutus</i>	100	4667
<i>Entomoneis</i> sp. (1622)	300	200	<i>Scenedesmus ecornis</i>		267
<i>Entomoneis</i> sp. (BS21)	10		<i>Scenedesmus intermedius</i>	163	
<i>Fragilaria</i> sp.	125		<i>Scenedesmus opaliensis</i>	200	1133
<i>Lauderia annulata</i>	160		<i>Scenedesmus quadricauda</i>	50	1233
<i>Leptocylindrus danicus</i>	2940		<i>Stauridium tetras</i>		62
<i>Leptocylindrus minimus</i>	47		Cyanobacteria		
<i>Licmophora</i> spp.	3		<i>Chroococcus</i> spp.	25	267
<i>Melosira moniliformis</i>	375	667	<i>Kamptonema formosum</i>		733
<i>Meuniera membranacea</i>	80		<i>Leptolyngbya</i> spp.	1.7E+04	6.6E+05
<i>Navicula</i> sp. (1949)	125	333	<i>Lyngbya</i> sp.		646
<i>Navicula</i> sp. (588k)		533	<i>Oscillatoria</i> sp. (463k1)		2000
<i>Navicula</i> spp.	150	667	<i>Oscillatoria</i> sp. (505A)		733
<i>Nitzschia lorenziana</i>		15	<i>Oscillatoria</i> sp. (613k)		1.8E+04
<i>Nitzschia</i> sp. (592A)		167	<i>Oscillatoria</i> sp. (915)		1538
<i>Nitzschia</i> sp. (497k)	2.6E+04	236444	<i>Trichodesmium</i> sp.		769
<i>Nitzschia</i> sp. (351k)		200	<i>Synechococcus</i> sp. (1)	1.5E+07	2.0E+07
<i>Odontella mobiliensis</i>	13		<i>Synechococcus</i> sp. (2)	6.0E+07	2.8E+08
<i>Pleurosigma</i> spp.	250		Raphidophyceae		
<i>Pseudonitzschia</i> spp.		267	<i>Heterosigma akashiwo</i>	50	
<i>Skeletonema costatum</i>	23		Ciliates		
<i>Streptotheca tamesis</i>	3		<i>Mesodinium rubrum</i>	13	
<i>Surirella</i> spp.	17		Microalgae < 5µm	5.2E+07	1.5E+08
<i>Thalassiosira pseudonana</i>	4.7E+07	7.4E+07			
<i>Thalassiosira</i> spp.	157	138	Total	1.8E+08	5.2E+08

1. ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל:

ממוצע ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל במי השטח בדיגומי אביב 2003-2018 היו גדולים באופן ניכר בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון (איורים 15-17), הבדל זה נמצא מובהק לגבי הכלורופיל והביומסה, אך לא לגבי ריכוז התאים משום התנודתיות הגדולה בריכוזם בין השנים (איור 6). גם בביומסה ובריכוז הכלורופיל נראתה תנודתיות, שהייתה גדולה יותר בין השנים 2003-2011, בהן הופיעו פריחות גדולות. מאידך, בשנים 2012-2018 חלה התמתנות יחסית, ללא השיאים הגדולים בביומסה ובריכוז הכלורופיל שאיפיינו את התחנות בעבר (איור 9).

נמצאה קורלציה גבוהה בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות בין הביומסה הכללית לריכוז הכלורופיל (איורים 9, 18). גם בריכוז הכלורופיל חלה התמתנות בשנים 2012-2018 בשתי התחנות, ובמידה גדולה יותר בפתח הקישון, בה ריכוז הכלורופיל הממוצע מהשנים האחרונות, קטן באופן ניכר לרמה שהיא בגבול בין נמוכה לבינונית בהתאם לקריטריונים של איכות המים בשפכי נחלים (5.9 ± 3.1 מיקרוגרם לליטר). ממוצע הכלורופיל מכל שנות דיגום האביב הוגדר בגבול של בין בינוני לגבוה בפתח הקישון (איור 16). בגשר ההסתדרות נראתה ירידה הדרגתית בריכוז הכלורופיל בשנים 2011-2015, עלייה ב-2016 ושב ירידה בשנתיים האחרונות. אולם בדומה לפתח הקישון, ממוצע הכלורופיל בשבע שנים אחרונות קטן באופן ניכר מממוצע השנים עד 2011, והגיע לרמה המוגדרת כגבוהה (34 ± 22 מיקרוגרם לליטר) ולא היפראיאוטרופית כפי שהוגדר הממוצע באביב מכל שנות הדיגום עד כה (איור 16).

2. קבוצות המיקרופלנקטון השונות:

בשתי התחנות התפלגות המיקרופלנקטון הייתה שונה מאד והושפעה מהתנאים הסביבתיים השונים הקיימים בשתי התחנות ובהם מליחות ונוטריינטים. בפתח הקישון הופיעו בדרך כלל מינים אופייניים למי ים, כמו מיני דינופלגלטים ימיים ומיני צורניות ימיות, ובמגוון גדול יחסית. בגשר ההסתדרות הופיעו מינים המאפיינים מים פחות מליחים, ובמגוון הרבה יותר נמוך, ולעיתים קרובות הופיעו מינים יוצרי פריחות בפריחות גדולות. גם ברמה של קבוצות האצות ניכר הבדל בולט בין שתי התחנות (איורים 19-22). בפתח הקישון ניתן לראות שהביומסה הורכבה ממספר גדול יותר של קבוצות מיקרופלנקטון שהופיעו בדומיננטיות שונה במהלך השנים, בדרך כלל יחד עם אצות צורניות. בשנים 2003-2006 ובשנת 2011 אצות צורניות היו דומיננטיות לחלוטין והיוו בממוצע כ-85% מהביומסה הכללית בתחנה זו (איורים 19,20). בשנים 2012-2018 עלתה החשיבות היחסית של מיקרואצות הקטנות מ- $5 \mu m$ והן היו דומיננטיות לצד האצות הצורניות. בגשר ההסתדרות אצות צורניות היו דומיננטיות עד 2011, כאשר עד 2009 התלוו אליהן לעיתים אצות ירוקיות (איור 21). מאביב 2010 התחלפו הירוקיות בפלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae*, והללו היוו חלק גדול ומשתנה מהביומסה בדיגומים השונים עד אביב 2017 (איורים 21,22). באביב 2018 צורניות ומיקרואצות קטנות מ-5 מיקרון היו דומיננטיות בביומסה, כמו בתחנת פתח הקישון.

א. אצות צורניות – ביומסת האצות הצורניות הייתה דומיננטית בחלק ניכר מהדיגומים בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות (איורים 19-23) 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 (איור 25), אולם השיעור היחסי הממוצע באחוזים של הצורניות בביומסה הכללית היה דומה בשתי התחנות, ועמד על 52% (איור 26).

בפתח הקישון נראתה פריחה גדולה של אצות צורניות בשנים 2004-2006 וכן בשנת 2011 (איור 19), אז הן היוו כ-90% מהביומסה הכללית (איור 20), גם בשנים 2007-2009 הם היוו אחוז דומיננטי בביומסה בתחנה זו ($52\% \pm 10$ מהביומסה הכללית). בשנים 2012-2015 ביומסת האצות הצורניות הייתה נמוכה יחסית וללא פריחות גדולות כבעבר (איורים 18,22) ושיעורן באחוזים בביומסה הכללית היה דומיננטי לסירוגין בין השנים הללו (איור 20). במקביל נראתה עלייה של קבוצות אחרות כמו דינופלגלטים באביב 2012 ומיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ בשנים 2014-2016. באביב 2017-2018 הייתה עלייה בביומסה של האצות הצורניות כתוצאה מפריחה מתונה יחסית, של האצה הצורנית *Thalassiosira pseudonana*. **בגשר ההסתדרות** הייתה גם כן תנודתיות גדולה בביומסת הצורניות בדיגומים השונים ושיא הביומסה שלהן היה בשנים 2005,2008,2011 (איור 23). פריחות ברמות שונות היו בחלק גדול מהשנים, אולם באביב של שנים 2013-2018 נשמרת רמה מתונה של פריחת צורניות, יחסית לשנים הקודמות. בדיגום 2018 בדומה לשנה קודמת נראתה פריחה של האצה הצורנית *Thalassiosira pseudonana*, שפרחה גם בפתח הקישון בדומה לשנה קודמת.

ב. אצות מקבוצת ה- Cryptophyceae היו שכיחות יותר בתחנת גשר ההסתדרות והופיעו בה בפריחות גדולות (איורים 20,22). ביומסת פלגלטים אלה נמצאה בעלייה (אם כי לא רציפה), משנת 2011, והיא הגיעה לשיא ב- 2017 (איורים 21,23). פלגלטים אלה היוו בממוצע, בשנים 2003-2011 $7\% \pm 7$ מהביומסה הכללית בתחנה זו, בהבדל מובהק משיעורן שעלה בשנים 2012-2017 ל- $46\% \pm 30$ 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 שינוי בסביבה הימית, יתכן אולי שינוי בריכוז /הרכב הנוטריינטים במים. במחקרים אחרים, בהם התרחש שינוי דומה בהרכב האוכלוסייה, הוצע כי עלייה ברמת האמוניה וברמת הפוספט היקנו לקבוצת ה- *Cryptophyceae* יתרון יחסי על צורניות (Šupraha et al. 2014), ולכן יש להמשיך במעקב אחר תופעה זו. באביב 2018 שוב ירידה בביומסת קבוצה זו, ועלייה בביומסת אצות צורניות ומיקרואצות קטנות מ- 5 מיקרון.

ג. מיקרואצות הקטנות מ- 5 מיקרון – מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ היו שכיחות בביומסה בשתי התחנות (איור 23). **בפתח הקישון** הביומסה שלהן הגיעה לשיא באביב 2014. בולטת התבססותם בביומסה החל מאביב 2009 (איור 18). בשנים 2003-2018 הם היוו בממוצע $18\% \pm 5$ מהביומסה הכללית בפתח הקישון. באביב 2018 חלה עלייה ניכרת בביומסה שלהם. **בגשר ההסתדרות** נראו תנודות גדולות בביומסה שלהן, משום פריחות בחלק מהשנים, וגם בתחנה זו ניכרת התבססותם החל מאביב 2012 (איור 23). באביב 2018 חלה עלייה ניכרת בביומסה שלהן בדומה לפתח הקישון. הם היוו בממוצע בשנים 2003-2018 $13\% \pm 4$ מהביומסה הכללית בתחנה זו.

ד. דינופלגלטים - היו שכיחים יותר בפתח הקישון יחסית לגשר ההסתדרות (איור 23). **בפתח הקישון** שיעורם היחסי הממוצע, באחוזים מהביומסה, היה גדול באופן מובהק יחסית לגשר ההסתדרות (איור 25) ועמד על 10% בפתח הקישון לעומת פחות מאחוז אחד בגשר ההסתדרות. בהיותם מינים ימיים בעיקרם הם הופיעו גם במגוון גדול יחסית בפתח הקישון, שמליחות המים בהם קרובה יותר למי ים. בתחנת גשר ההסתדרות הפחות מלוחה והעשירה יותר בנוטריינטים, הם הופיעו במגוון מצומצם מאד (איור 12). נמצאה תנודתיות בביומסה שלהם לאורך השנים (איור 23) והביומסה

הממוצעת שלהם בפתח הקישון הייתה גדולה כמעט 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 2018 הופיע ריכוז נמוך מאד של דינופלגלטים (טבלה 7) והביומסה שלהם הייתה נמוכה מאד בפתח הקישון, והנמוכה ביותר עד כה. מגשר ההסתדרות הם נעדרו כליל. ניכרת ירידה בביומסת הדינופלגלטים בפתח הקישון בחמש שנים אחרונות יחסית לשנים קודמות, וממוצע הביומסה בשנים אלה, הוא פחות מחמישית ממוצע הביומסה בשנים 2003-2013 (איור 23).

ה. **בקטריות כחוליות מהמין (1) *Synechococcus sp.*** – נראתה תנודתיות גדולה בביומסה של הבקטריות הללו בפתח הקישון לאורך השנים, אולם התנודתיות ירדה בחמש שנים אחרונות, ונראית מגמת ירידה מתונה מאביב 2013 (איור 23). ביומסת בקטריות כחוליות אלה הייתה נמוכה יחסית ליתר הקבוצות (איור 25) (ריכוזן גדול יותר בסתיו בתחנת פתח הקישון). ממוצע הביומסה שלהן בפתח הקישון היה גדול באופן מובהק מהממוצע בגשר ההסתדרות (איור 20). שיעורן היחסי בביומסה הכללית נמוך מאד כ – 3% בפתח הקישון ופחות מאחוז אחד בגשר ההסתדרות.

ו. **אצות ירוקיות** הופיעו בביומסה קטנה בלבד בפתח הקישון, להוציא אביב 2007, בו הם פרחו (איור 19). בגשר ההסתדרות, בהיותו פחות מלוח, הן היו נפוצות יותר והופיעו בפריחה באביב 2005, ובריכוז גבוה יחסית בין השנים 2007-2009 (איור 21), אולם בשנים 2010-2017 הופיעו בריכוז נמוך בלבד. באביב 2018 שוב עלה ריכוזן (טבלה 7) ומגוון המינים שלהן, בשתי התחנות ובמיוחד בגשר ההסתדרות.

א. 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 13,14) וממוצעי פרמטרים אלה היו לפיכך נמוכים באופן מובהק בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון (איורים 27,28).

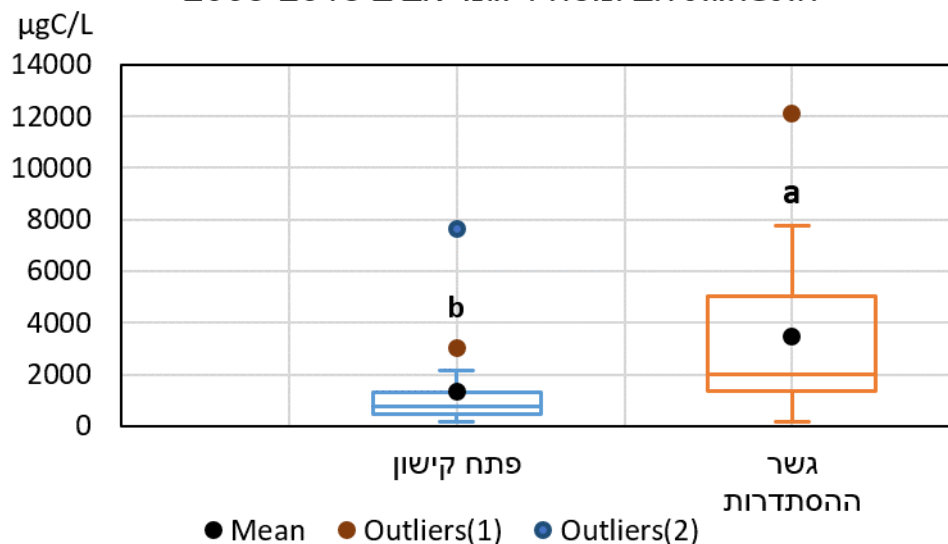
א. **מספר המינים** - בדיגום 2018, בפתח הקישון, מספר המינים נשאר קבוע יחסית לשנה קודמת ואילו בגשר ההסתדרות מספר המינים עלה (איור 13). בפתח הקישון נראית מגמה כללית של עלייה במספר המינים לאורך השנים (איור 13), מאידך בארבע שנים אחרונות תנודתיות בין 60-80 מינים (איורים 12,13). בגשר ההסתדרות נראתה עלייה במספר המינים בשנים 2008-2012, התייצבות בשנים 2013-2016 ועלייה במספר המינים בשנתיים אחרונות (כ-50 מינים).

ב. **אינדקס השונות** - בפתח הקישון נראתה מגמה כללית של עלייה באינדקס השונות עד 2016, למרות התנודות, אולם באביב 2017 נראתה ירידה ניכרת באינדקס השונות והוא נותר ללא שינוי באביב 2018. בגשר ההסתדרות נראו תנודות באינדקס השונות, אך הוא נותר בדרך כלל נמוך יחסית עם ממוצע של 0.96 ± 0.85 , נמוך באופן מובהק מהממוצע בפתח הקישון (איור 28) ולא נראתה מגמה כלשהי של אינדקס השונות בתחנה זו.

ג. **מינים בעלי פוטנציאל טוקסי** – מגוון מינים בעלי פוטנציאל טוקסי הופיעו במהלך השנים בפתח הקישון בדיגומי אביב. הם הופיעו לסירוגין במהלך השנים. חלקם הופיעו בפריחה גדולה יחסית כמו בשנים האחרות כמו *Prorocentrum minimum* בשנת 2005 או *Gymnodinium cf. catenatum* בשנים האחרות כמו *Heterosigma akashiwo* באביב 2002, ואחרים הופיעו בשנים מסויימות בריכוז גדול יחסית לרמתם

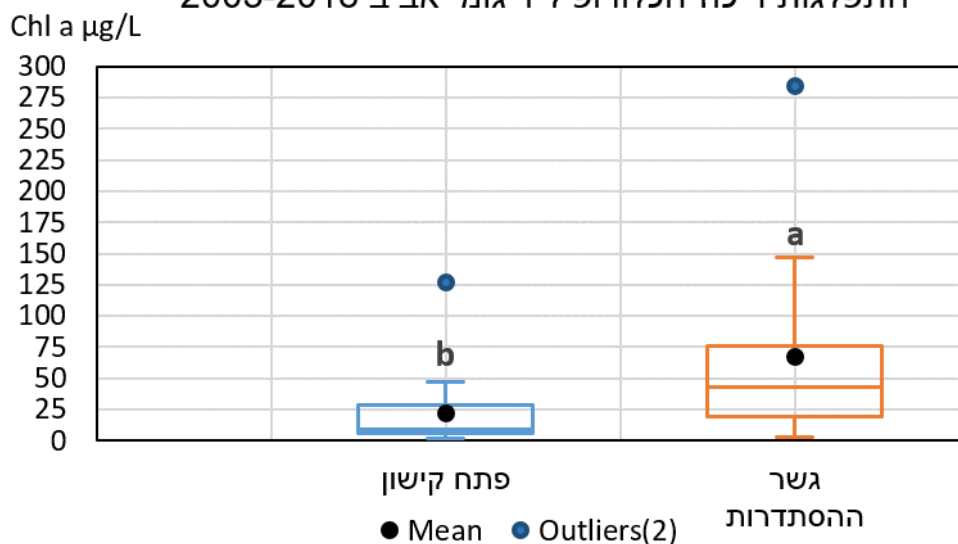
באביב 2009, או *Alexandrium sp.* באביב 2012. בדיגומי האביב בשנים האחרונות ניכרת ירידה בהופעת המינים בעלי פוטנציאל טוקסי, להוציא *Heterosigma akashiwo* שריכוזו עלה באופן יחסי, בשנים 2015 ו- 2017 אולם באביב 2018 שוב ירד ריכוזו ונמצא נמוך מאד (טבלה 7). בניטור מאי 2018 לא תועדו מינים נוספים בעלי פוטנציאל טוקסי.

התפלגות הביומסה דיגומי אביב 2003-2018

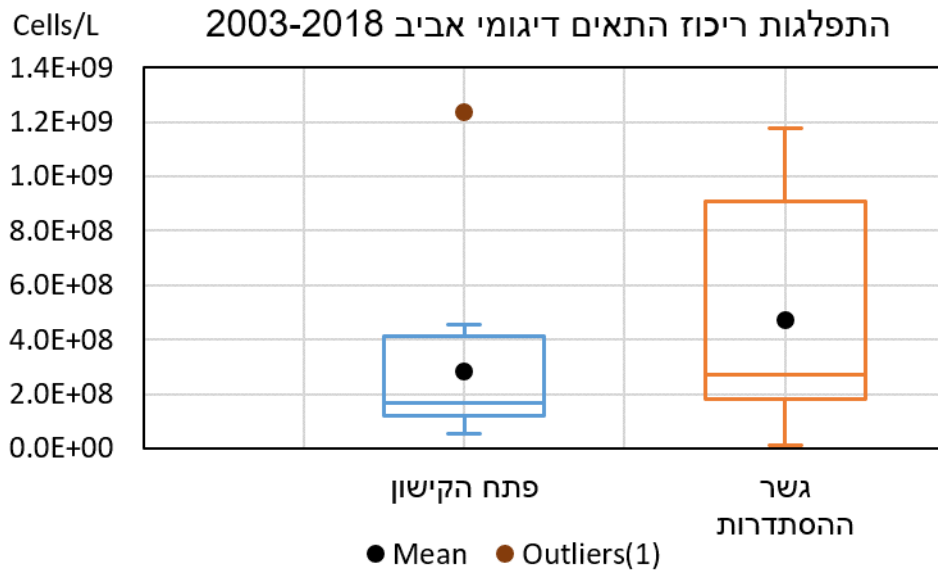


איור 15 - התפלגות הביומסה בשתי התחנות בדיגומי אביב 2003-2018 (אותיות שונות נבדלות סטטיסטית (Anova, $p < 0.05$)).

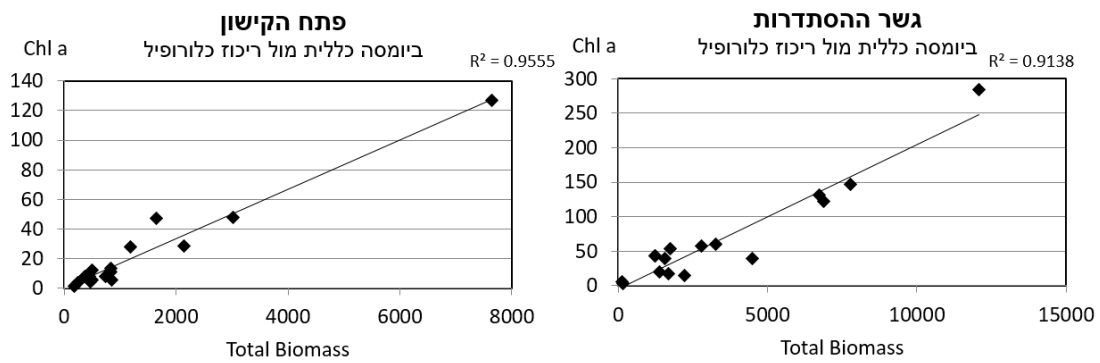
התפלגות ריכוז הכלורופיל דיגומי אביב 2003-2018



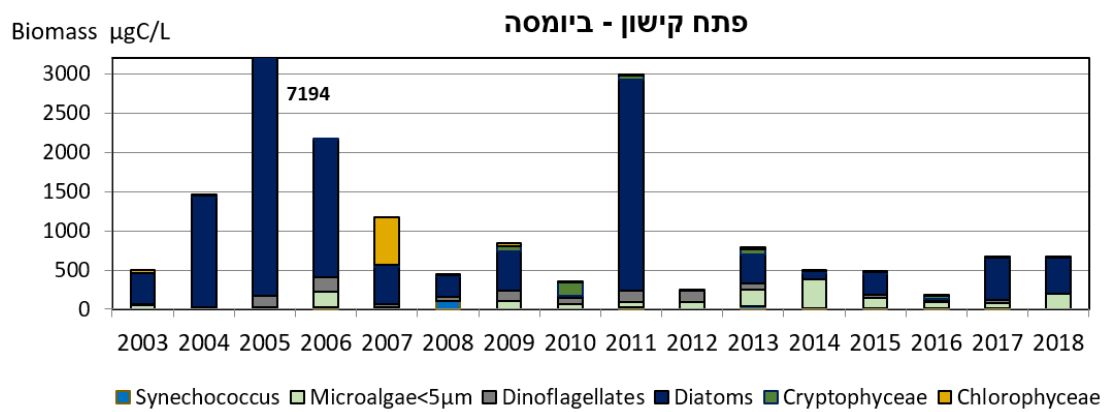
איור 16 - התפלגות ריכוז הכלורופיל בדיגומי אביב 2003-2018.



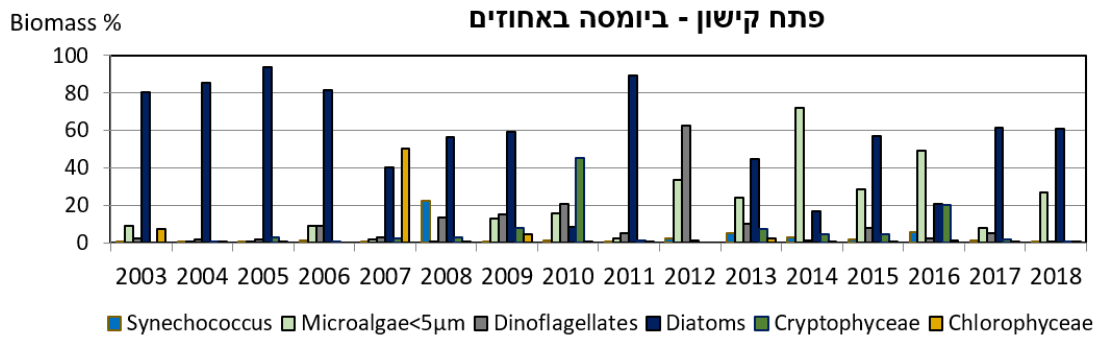
איור 17 - התפלגות ריכוז התאים בדיגומי אביב. 2003-2018.



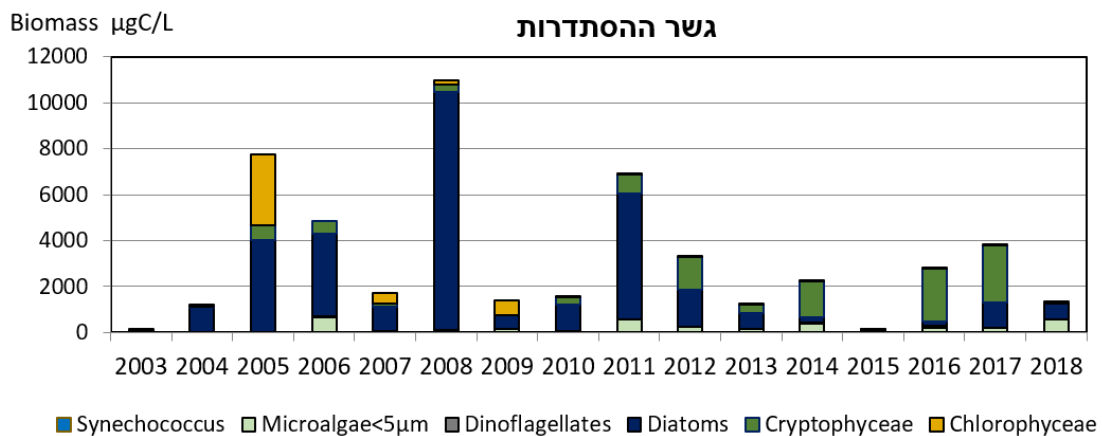
איור 18 - הביומסה הכללית מול ריכוז הכלורופיל בדיגומי אביב 2003-2018.



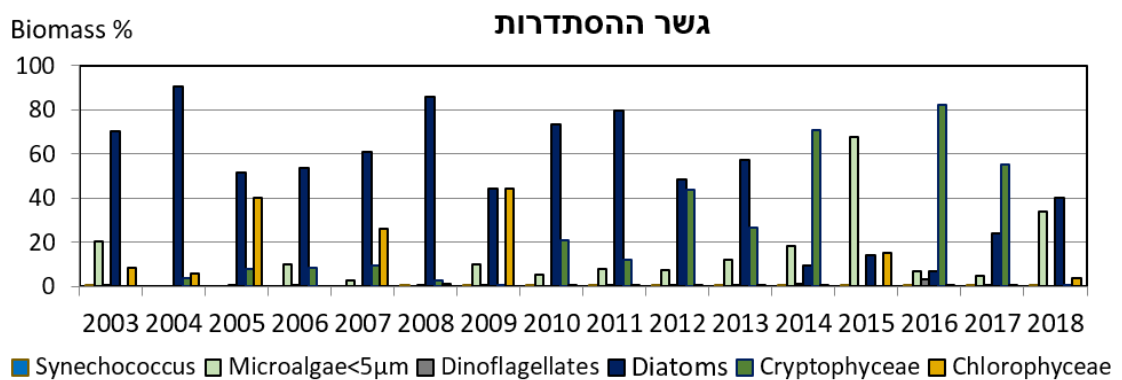
איור 19 - התפלגות ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון בפתח הקישון – אביב 2003-2018.



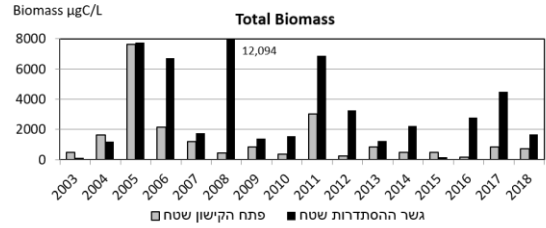
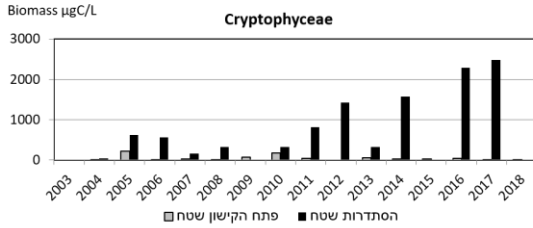
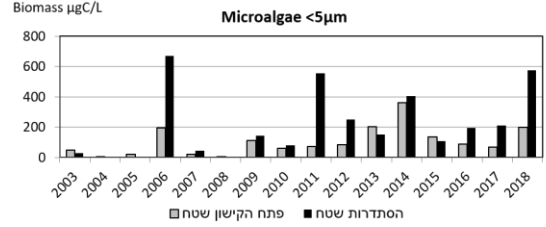
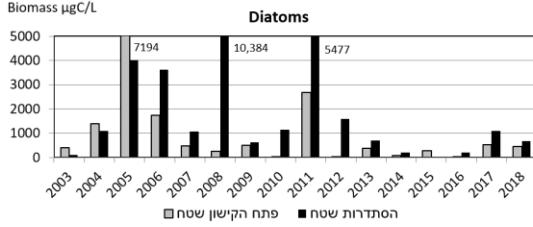
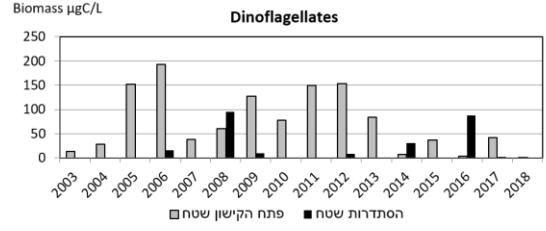
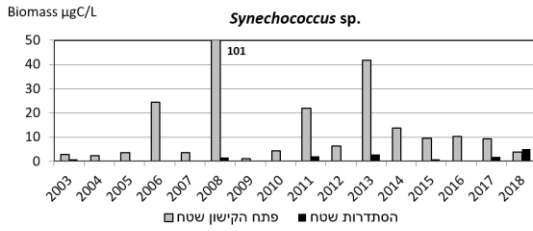
איור 20 - התפלגות הביומסה היחסית (%) של הקבוצות השונות בפתח קישון אביב 2003-2018.



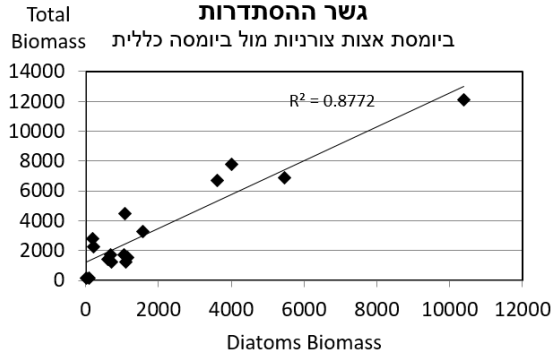
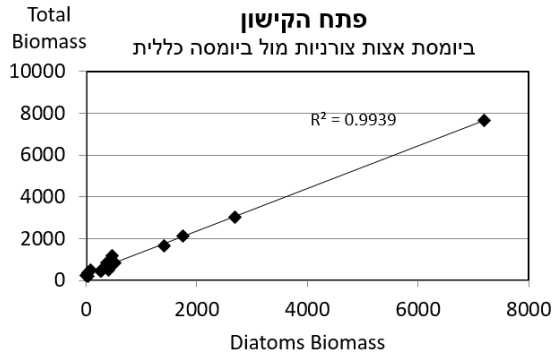
איור 21 - התפלגות הביומסה של הקבוצות השונות בגשר ההסתדרות אביב 2003-2018.



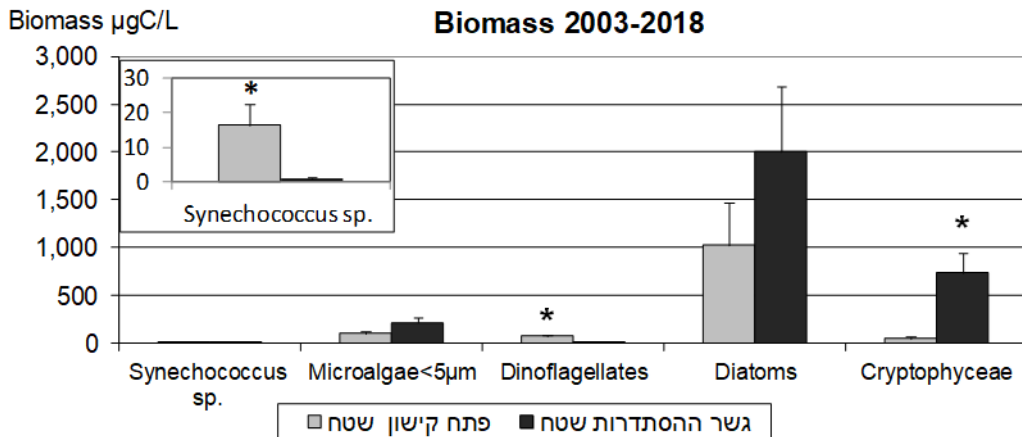
איור 22 - התפלגות הביומסה היחסית (%) של הקבוצות השונות, גשר ההסתדרות - אביב 2003-2018.



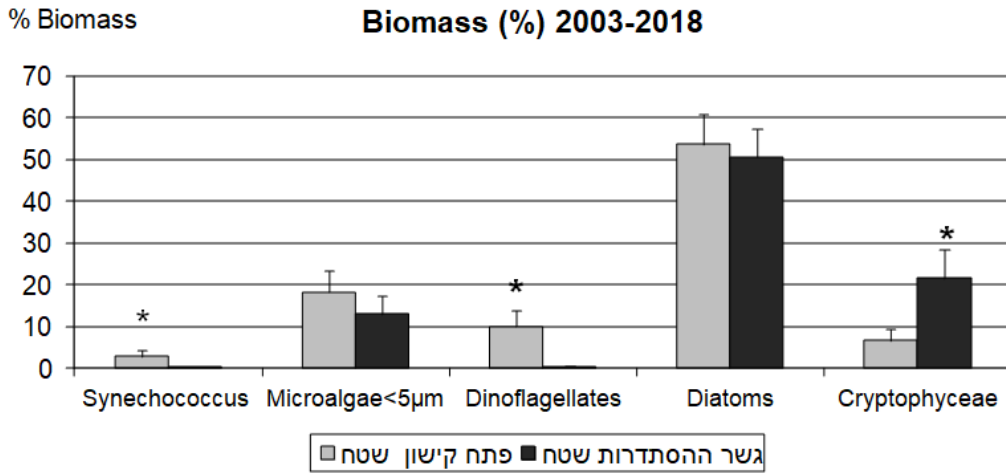
איור 23 - התפלגות ביומסת קבוצות האצות בדיגומי אביב 2003-2018.



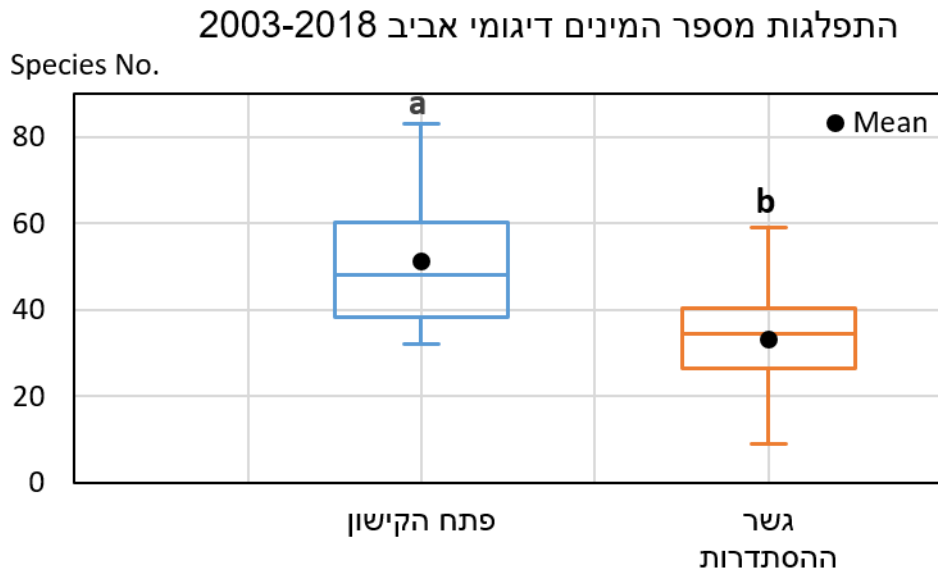
איור 24 - יחס ביומסת האצות הצורניות לביומסה הכללית בדיגומי האביב 2003-2018.



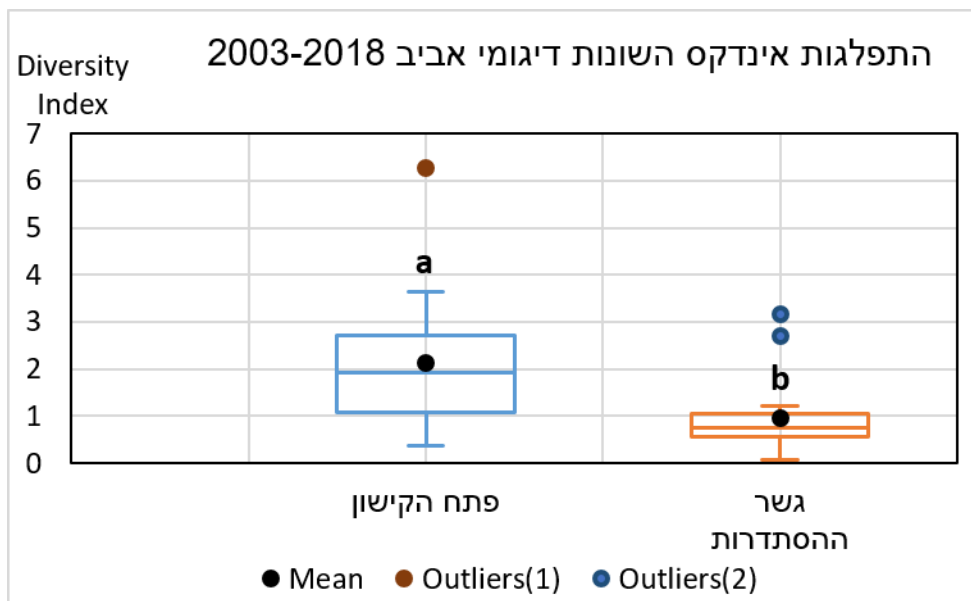
איור 25 - התפלגות ממוצע ביומסת קבוצות האצות בדיגומי אביב 2003-2018.



איור 26 - התפלגות יחסית (%) של ממוצע ביומסת הקבוצות השונות בדיגומי אביב 2003-2018 (עמודה עם כוכבית נבדלת סטטיסטית (Anova, $p < 0.05$)).



איור 27 - התפלגות מספר המינים בדיגומי אביב 2003-2018.



איור 28 - התפלגות אינדקס השונות בדיגומי אביב 2003-2018 (אותיות שונות נבדלות סטטיסטית (Anova, $p < 0.05$).

5. סיכום

- ריכוזי הנוטריאנטים, ובפרט זה של ניטראט+ניטריט, היו גבוהים במקרים רבים בחלק המלוח של הקישון, דבר המצביע על אאוטרופיקציה בינונית/גבוהה. נוטריאנטים אלה נמצאו ביחס חיובי ולינארי לריכוז הכלורופיל, וערכי היצרנות הראשונית והחיידקית, דבר המרמז כי לו יופחתו עומסי הנוטריאנטים ממקור אנתרופוגני, כך בהתאמה תרד הביומסה של האצות לרמה "תקינה" (בהתאם לקריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב לאיכות המים בשפכי נחלים).
- תהליכים מיקרוביאליים הטרוטרופים (חיידקים) דומיננטיים ביחס לתהליכים אוטוטרופים (ציאנובקטריות ואצות), דבר המתבטא בערכי יצרנות חיידקית גבוהה (פי 2 ויותר מערכי היצרנות הראשונית על פי רוב), ובאזורים עם מיעוט חמצן סמוך לקרקעי. סביבה אנוקסית (ללא חמצן) יכולה לגרום לתמותת דגים ותגובות לא רצויות אחרות.
- ממוצע ריכוז תאי המיקרו-אצות, הביומסה וריכוז הכלורופיל במי השטח בדיגומי אביב 2003-2018 היו גדולים באופן ניכר בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון, זאת למרות יידה כללית במסרי התאים לעומת שנים עברו. ירידה זו נבעה בעיקר משינוי בביומסת הפלגלטים מקבוצת ה - Cryptophyceae שפרחו באביב 2017, אולם גם מירידה בביומסת אצות הצורניות. בשתי התחנות ביומסת האצות הצורניות הייתה דומיננטית יחד עם ביומסה של מיקרואצות הקטנות מ - 5µm, שריכוזן עלה יחסית לשנה קודמת.
- בשנים 2012-2018 חלה התמתנות יחסית בפריחות האצות. שינוי זה התבטא בעיקר בירידה בפריחות האצות הצורניות (diatoms).
- נצפתה מגמה כללית של עליה במספר מיני המיקרו-אצות ואינדקס השונות. תופעה זו חיובית ומצביעה על שיפור באיכות המים.

- מינים בעלי פוטנציאל טוקסי - להוציא פלגלט מהמין *Heterosigma akashiwo* שהופיע בריכוז נמוך מאד, לא נראו מינים בעלי פוטנציאל טוקסי בדיגום 2018. מגמה זו מתמשכת מדיגומי אביב קודמים.

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.

- Supraha, L., Bosak, S., Ljubesic, Z., Mihanovic, H., Olujic, G., Mikac, I., Vilicic, D., (2014). Cryptophyte bloom in a mediterranean estuary: high abundance of *plagioselmis cf. prolonga* in the Krka River estuary (Eastern Adriatic Sea). *Sci. Mar.* 78, 329–338.
- Strathmann, R.R. 1967. Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnology and Oceanography* 12: 411-418.