



**אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח**

דו"ח ניטור סתיו 2019

דו"ח חיא"ל H34/2019

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 סתיו 2019

דו"ח חיא"ל H34/2019

**נורית גורדון, איל רהב*, נטליה בלקין, גיא סיסמה-ונטורה, ירון גרטנר,
ברק חרות**

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

מוגש לרשות נחל הקישון

חתימה:

אוגוסט 2020

אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח דו"ח ניטור סתיו 2019

תקציר

- מעקב אחר שינויים מרחביים ורב שנתיים באוכלוסיות המיקרואצות (פיטופלנקטון) והחיידקים, וקצב פעילותם (יצרנות ראשונית וחיידקית) נערך בנובמבר 2019 בחלקו התחתון של נחל הקישון. מיקרואורגניזמים אלה נמצאים בבסיס מארג המזון, ומכאן החשיבות הרבה של ניטור זה.
- ריכוז החנקות (ניטראט+ניטריט+אמוניה) והזרחן לאורך תחנות הדיגום היו דומים לדיגומים קודמים. ברוב תחנות הדיגום נמצאו ריכוזי חנקן גבוהים בפני השטח, במתאם עם רמת זיהום (איאטרופיקציה) גבוהה על פי הקריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1997) לאיכות המים בשפכי נחלים.
- לא נמצאה עקת חמצן לאורך תחנות הדיגום עפ"י הקריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1997) לאיכות המים בשפכי נחלים. דבר זה מלמד על איזון בין תהליכי נשימה/פעילות חיידקית לבין תהליכי היצרנות הראשונית.
- ריכוז תאים וביומסה של כלל האצות ירד ביחס לסתיו 2018. שינוי זה מוסבר בעיקר מירידה בריכוז התאים של מיקרו-אצות הקטנות מ - $5\mu\text{m}$. בהתאמה, ריכוז הכלורופיל (מדד כללי לביומסה של אצות) וערכי היצרנות הראשונית ירדו אף הם.
- ישנה מגמה כללית של עלייה במספר מיני האצות ואינדקס מגוון המינים בשנים 2014-2019, דבר המצביע על שיפור באיכות המים.
- לא נמצאו ערכים חריגים של מיני דינופלגלטים בעלי פוטנציאל טוקסי, בדומה לדיגומים קודמים.

1. מטרות הניטור

מטרות הניטור הינן 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. כל שינוי מהתנודות הטבעיות בערכים הנ"ל (גם בין הדיגומים) יסווג כחריג.

2. דיגום ושיטות

המערכה התחתונה של נחל הקישון נדגמה בסתיו בתאריך 12 בנובמבר 2019. שבע תחנות נדגמו לאורך הנחל, החל ממעלה הנחל ועד לנקודת יציאתו לים (טבלה 1). בכל תחנה נמדד פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס במים, אחוז רווית חמצן, ועכירות באמצעות מכשיר Hydrolab MS5 - Multiparameter Mini Sonde מחברת OTT. כמו כן, מי שטח ומי עומק בכל תחנה (למעט תחנות במעלה בהן עומק המים היו ס"מ בודדים) נדגמו באמצעות בקבוק ניסקין או ישירות לכלי הדיגום לקביעת ריכוזי כלורופיל *a* (מדד כללי לביומסה של אצות), נוטריאנטים (אורטו-פוספאט, ניטראט+ניטריט+אמוניה, חומצה סיליצית) ספירות חיידקים ופיקופיטופלנקטון (*Synechococcus*, *Prochlorococcus*, pico-eukaryotes, heterotrophic bacteria) ויצרנות ראשונית וחיידקית בעזרת סמנים רדיואיזוטופים (כל התחנות), וכן אפיון טקסונומי של אוכלוסיות פיטופלנקטון ומיקרואצות בשתי תחנות מייצגות: גשר ההסתדרות וגשר יוליוס. הדגימות חולקו לכלי דיגום מתאימים והובאו למעבדה תוך מספר שעות להמשך אנליזות.

במעבדה, דגימות המים לנוטריאנטים סוננו ע"ג פילטר $0.45 \mu\text{m}$ והוקפאו עד לבדיקתן בשיטה פוטומטרית וזרימה מקוטעת במכשיר Skalar SAN^{plus} systems בשיטות המפורטות ב- (IOC- Kress and Herut, 2001) (SCOR-UNESCO, 1994). דגימות מים לקביעת כלורופיל *a* סוננו דרך פילטרים ($0.7 \mu\text{m}$ GF/F) לאחר סינון מקדים דרך נפה $63 \mu\text{m}$, 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: 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 אפיפלואורסנטי תוך מספר חודשים.

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

(Hewes, C.D. and Holmes-Hansen, O. (1983). (filter – transfer – freeze) 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 אפיפלואורסנטי תוך מספר חודשים.

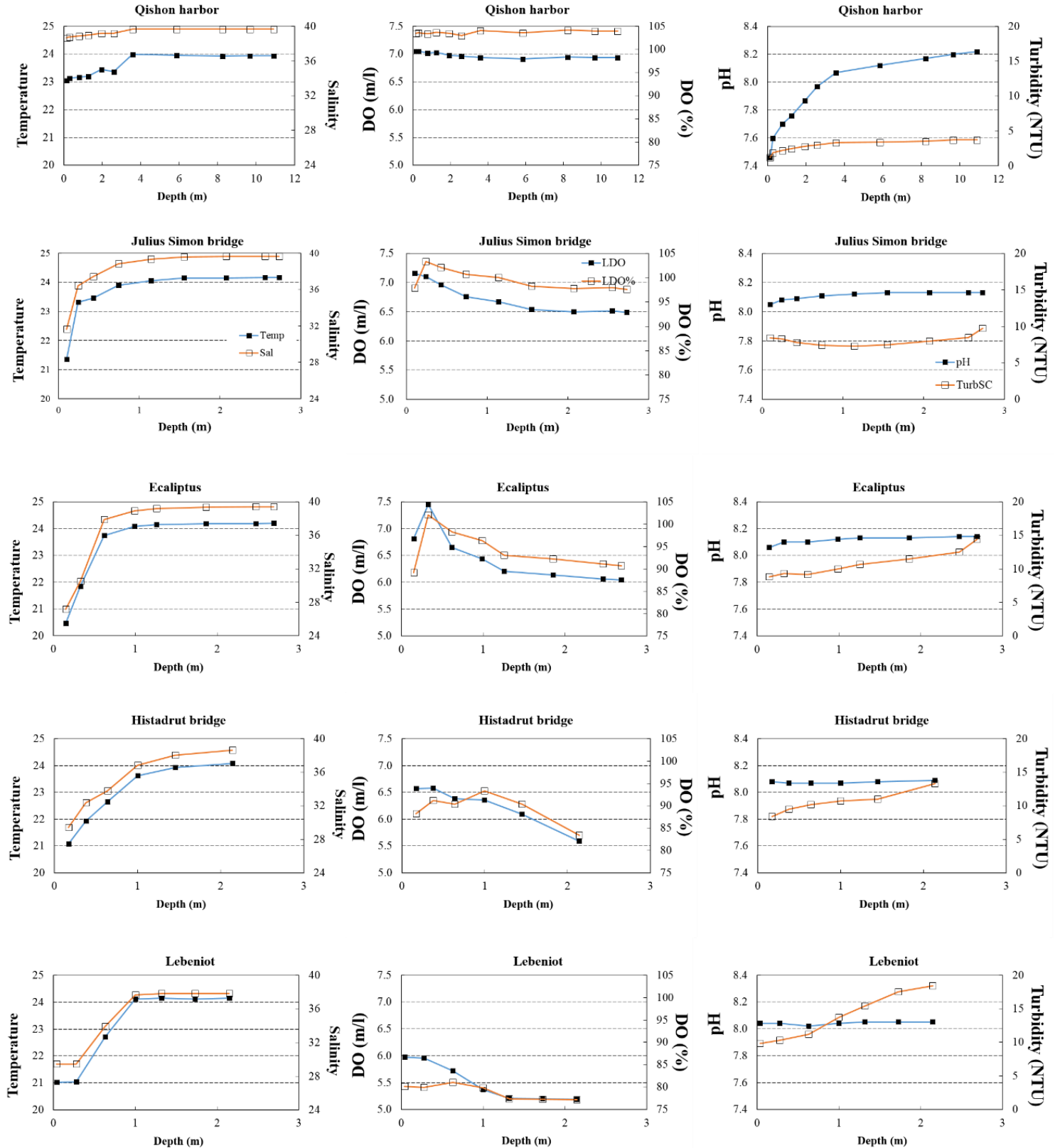
טבלה 1- מיקום תחנות הדיגום לאורך נחל הקישון המלוח במהלך דיגום סתיו 2019.

תחנה	Latitude (N)	Longitude (E)
חוות החיות	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, עכירות המים והחמצן מומס, לאורך נחל הקישון המלוח ושתי תחנות במעלה הנחל כפי שנמדדו בנובמבר 2019 מוצגים באיורים 1-2 ובטבלה 2. ככלל, טמפרטורת המים הייתה אופיינית לעונה ונעה בין 16.9 ל- 24.2 מעלות צלסיוס. פיזור הטמפרטורה האנכי מראה כי עמודת המים הייתה משוכבת ברוב תחנות הדיגום בקישון המלוח (עד 3.7 מעלות צלסיוס הבדל) למעט פתח הנמל בה משרעת הטמפרטורות הייתה נמוכה (נע בין 23 ל 23.9 מעלות צלסיוס). טמפרטורת המים בתחנות הדיגום במעלה הנחל (יגור ותל קשיש) היו נמוכות יותר ($16.9-20.5^{\circ}\text{C}$), ככל הנראה בגלל נפח המים הקטן בתחנות אילו ומכאן ההשפעה הרבה יותר כאשר טמפרטורת הסביבה (אוויר) נמוכה. בדומה לדיגומים קודמים, שכבת המים העליונים (1 מ') הייתה מלוחה פחות מחלקה התחתון, במיוחד במורד 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/משמעותי יותר לעומת הגרדיאנט במים העמוקים. בניגוד לשנים 2017-2018 עמודת המים בכל התחנות הייתה מאווררת עם ערכי חמצן מומס תקינים בדומה לסתיו 2015-2016 (ערכי ריכוז החמצן לא ירדו מתחת ל 5.1 מג"ל). ריכוז החמצן ירד בכל תחנה ככל שמעמיקים, וככל שמתרחקים מפתח הנמל במעלה האסטואר, עם ריכוזים הנמוכים ביותר בתחנת לבניות (5.19-5.97 מג"ל). ריכוז החמצן במים מוכתב בעיקר ע"י תהליכי נשימה חיידקית, פוטוסינתזה, ובמידה מסוימת ע"י חדירת מי ים. ריכוז החמצן במי השטח מושפע מתהליכי ערבוב בין מי נחל מהמעלה (כולל –הזרמות מהמפעלים) לבין מי ים שלרוב עשירים יחסית בחמצן, ומתהליכי פריחת אצות. המצב האנוקסי שנמדד בנחל בשנים קודמות במקומות רבים מצביע על פעילות מטאבולית הטרוטרופית חיידקית ועל אוטרופיקציה של אזורים אילו. בעוד שבנובמבר 2019 המגמה שונה מהשנתיים הקודמות, יש להמשיך לעקוב אחר העניין בדיגומי הסתיו הבאים, כולל מדידות יממיות (שכן פוטוסינתזה מושפעת מתאורה).



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

טבלה 2- סיכום פרופיל עומק של הטמפרטורה, מליחות, חמצן מומס, קשיות (pH) ועכירות כפי שנמדד בנובמבר 2019 לאורך נחל הקישון המלוח ושתי תחנות במעלה הנחל (כמוצג באיורים 1 ו-2).

תחנה	עומק דיגום (m)	טמפרטורה (C°)	מליחות (ppt)	חמצן מומס (mg/L)	pH	עכירות (NTU)
פתח נמל	0.15	23.06	38.67	7.05	7.46	1.2
	0.29	23.14	38.77	7.05	7.6	1.9
	0.78	23.17	38.9	7.02	7.7	2.2
	1.25	23.2	38.97	7.03	7.76	2.5
	1.94	23.45	39.19	6.98	7.87	2.8
	2.59	23.37	39.2	6.96	7.97	3
	3.58	23.99	39.65	6.94	8.07	3.3
	5.86	23.95	39.65	6.91	8.12	3.4
	8.23	23.92	39.65	6.95	8.17	3.5
	9.67	23.94	39.69	6.94	8.2	3.7
10.89	23.94	39.69	6.94	8.22	3.7	
יוליס	0.1	21.34	31.61	7.16	8.05	8.4
	0.24	23.31	36.43	7.1	8.08	8.3
	0.43	23.45	37.42	6.96	8.09	7.8
	0.74	23.89	38.81	6.76	8.11	7.4
	1.14	24.06	39.33	6.67	8.12	7.3
	1.55	24.14	39.58	6.54	8.13	7.5
	2.07	24.15	39.63	6.5	8.13	8
	2.55	24.16	39.66	6.51	8.13	8.5
	2.73	24.17	39.66	6.49	8.13	9.7
אקליפטוס	0.15	20.46	27.19	6.81	8.06	8.8
	0.33	21.84	30.51	7.45	8.1	9.3
	0.62	23.74	37.86	6.65	8.1	9.2
	0.99	24.08	38.92	6.44	8.12	10
	1.26	24.14	39.16	6.21	8.13	10.7
	1.86	24.19	39.37	6.14	8.13	11.5
	2.47	24.19	39.39	6.06	8.14	12.5
	2.69	24.2	39.38	6.04	8.14	14.4
הסתדרות	0.17	21.07	29.39	6.57	8.08	8.4
	0.38	21.93	32.33	6.58	8.07	9.5
	0.64	22.65	33.77	6.38	8.07	10.2
	1	23.62	36.85	6.36	8.07	10.7
	1.45	23.92	38.03	6.09	8.08	11
	2.14	24.08	38.63	5.59	8.09	13.3
לבניות	0.04	21.03	29.45	5.97	8.04	9.8
	0.28	21.04	29.44	5.96	8.04	10.3

	0.63	22.7	33.91	5.72	8.02	11.2
	1	24.11	37.68	5.37	8.04	13.7
	1.32	24.14	37.8	5.21	8.05	15.4
	1.73	24.11	37.82	5.2	8.05	17.5
	2.15	24.14	37.82	5.19	8.05	18.4
יגור	0.04	20.48	1.42	8.87	8.146	51.4
חוות החיות	0.2	16.88	1.46	9.31	8.106	89.2

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	0.01-0.1	0.1
כלורופיל <i>a</i>	µg/L	<5	5-20	>20

טבלה 4: ריכוז נוטריאנטים אנאורגנים (mg/L) כפי שנמדדו לאורך נחל הקישון המלוח ובתחנות במעלה הנחל בנובמבר 2019.

תחנה	עומק דיגום	NH ₄ +NO ₂₊₃ -N (mg/L)	PO ₄ -P (mg/L)	Si(OH) ₄ -Si (mg/L)
פתח נמל	פני שטח	0.27	0.03	0.50
	קרקעית	0.10	0.01	0.19
יוליוס	פני שטח	3.70	0.10	6.16
	קרקעית	0.18	0.01	0.30
אקליפטוס	פני שטח	2.27	0.09	3.67
	קרקעית	0.25	0.02	0.38
הסתדרות	פני שטח	2.87	0.13	3.81
	קרקעית	0.50	0.04	0.73
לבניות	פני שטח	2.94	0.13	4.02
	קרקעית	0.75	0.05	0.99
יגור	פני שטח	11.75	0.26	8.32
	פני שטח	14.45	0.25	8.17

3.2 פרמטרים ביולוגים בעמודת המים

ערכי כלורופיל *a* בדיגום סתיו 2019 נעו בין 1.26-8.30 מג"ל (טבלה 5). יחד עם זאת, ביחס לקריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1997) לאיכות המים בשפכי נחלים (טבלה 3), ערכים אלה מצביעים על רמת אוטורופיקציה נמוכה עד בינונית. מגמה זו של "עומס אצות" נמוך-בינוני עשוי להצביע על הפחתה בשפכי התעשייה. ריכוז הכלורופיל היה הגבוה ביותר במים המתוקים בחוות חיות (8.3 µg/L) עם מקסימום מקומי נוסף בפני השטח של תחנת ההסתדרות (6.3 µg/L) ובעומק לבניות (5.8 µg/L), בקרבה לשפכי תעשייה (טבלה 5). בהתאמה לריכוזי הכלורופיל, שכיחות ציאנובקטריות עלתה משמעותית בתחנות ההסתדרות, לבניות וחוות החיות (R²=0.82), בדומה לסתיו 2018. מקסימום מקומי של ריכוזי תאי אצות בעלות גרעין תא מוגדר (פיקו-אוקריוטים, אצות קטנות) נמדד בפני שטח בתחנת ההסתדרות בלבד (3x10⁸ תאים לליטר).

ערכי היצרנות הראשונית (primary production), עלו אף הם לאורך מעלה הנחל המלוח עם מקסימום בתחנות ההסתדרות ולבניות (22-36 מיקרוגרם פחמן לליטר ליום, טבלה 6).
שכיחות החיידקים ההטרוטרופים עלתה, בדומה לסתיו 2018, במעלה הנחל המלוח עם מקסימום תאים בהסתדרות ולבניות ($10^8 * 34-59$ תאים לליטר, טבלה 5) במתאם חיובי ליצרנות החיידקית ($R^2=0.81$). 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.

טבלה 5- ריכוז כלורופיל ושכיחות ציאנובקטריות, פיקו-אוקריוטים וחיידקים הטרוטרופים במעלה נחל הקישון בנובמבר 2019.

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
1.80	1.59	0.01	0.03	פני שטח	פתח נמל
1.26	1.73	0.01	0.07	קרקעית	
3.02	10.96	0.15	0.16	פני שטח	יוליוס
2.22	14.42	0.04	0.63	קרקעית	
5.30	23.69	0.96	0.84	פני שטח	אקליפטוס
3.19	11.51	0.44	1.11	קרקעית	
6.30	59.13	3.00	4.28	פני שטח	הסתדרות
4.13	14.29	0.61	0.70	קרקעית	
4.67	33.72	0.54	1.72	פני שטח	לבניות
5.80	39.43	0.57	3.44	קרקעית	
2.11	1.03	0.03	0.12	פני שטח	יגור
8.30	7.74	0.27	4.94	פני שטח	חוות החיות

ערכי היצרנות הראשונית (היממתית) היו מעט נמוכים ביחס לערכים בסתיו 2018, בדומה לריכוזי הכלורופיל ושכיחות האצות. למרות זאת, 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., 2017) וממי (נחלי) החוף (Raveh et al., 2015). יצרנים ראשוניים הנם בסיס שרשרת המזון ותורמים באופן משמעותי למחזור נוטריאנטים והטמעתם לרמות הטרופיות השונות (צרכנים שניוניים, שלישוניים וכו').
עיקר הפעילות המטאבולית בכל תחנות המדידה הייתה הטרוטרופית ונעשתה על ידי חיידקים (טבלה 6) בדומה לשנים קודמות. למעשה, ערכי היצרנות החיידקית היו גבוהים משמעותית מערכי היצרנות הראשונית (עד פי 6.7), דבר המלמד על חשיבותם של חיידקים הטרוטרופים לאקולוגיה, צריכה ומחזור נוטריאנטים בנחל הקישון. פעילות זו, נמצאה בהתאמה למספר החיידקים הגבוה שנמדד לאורך הנחל, ובמיוחד במעלה הזרם (טבלאות 5 ו-6). תצפית זו שוב מדגישה את חשיבותם של תהליכים הטרוטרופים במי הנחל, ובמיוחד בסביבות המושפעות יותר מכניסת נוטריאנטים (מעלה הנחל).

טבלה 6- קצב היצרנות הראשונית (Primary production) והחיידקית (Bacterial production) היממתית בנחל הקישון המלוח ובשתי תחנות במעלה הנחל בנובמבר 2019.

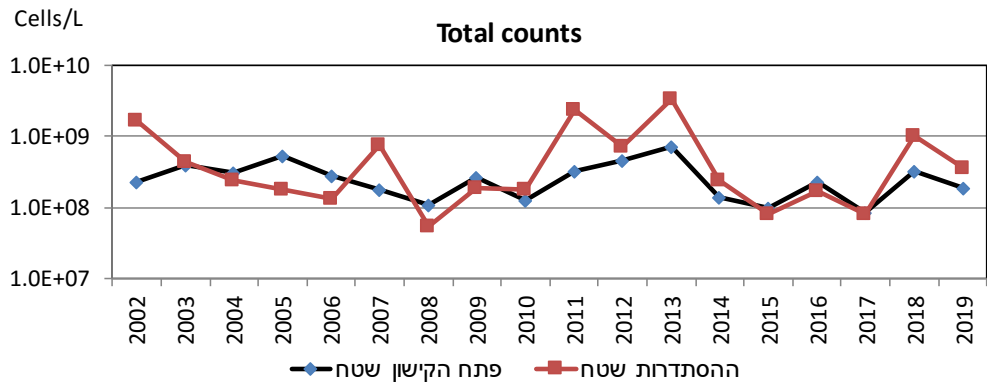
Primary production ($\mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$)	Bacterial production ($\mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$)	עומק דיגום	תחנה
0.56±1.8	1.52±13.54	פני שטח	פתח נמל
4.6±2.32	3.78±20.01	קרקעית	
5.40±0.37	5.06±24.63	פני שטח	יוליוס
8.88±1.39	2.47±30.77	קרקעית	
8.25±2.26	10.34±40.26	פני שטח	אקליפטוס
10.30±2.01	8.24±44.17	קרקעית	
36.25±1.08	15.19±74.11	פני שטח	הסתדרות
22.40±6.84	11.41±35.70	קרקעית	
24.25±4.50	16.68±73.58	פני שטח	לבניות
12.98±4.43	2.37±65.24	קרקעית	
1.83±0.14	5.45±10.46	פני שטח	יגור חוות החיות
10.32±1.77	5.65±40.78	פני שטח	

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 (2002-2019) חשיבות רבה בהערכת טיב המים בנחל.

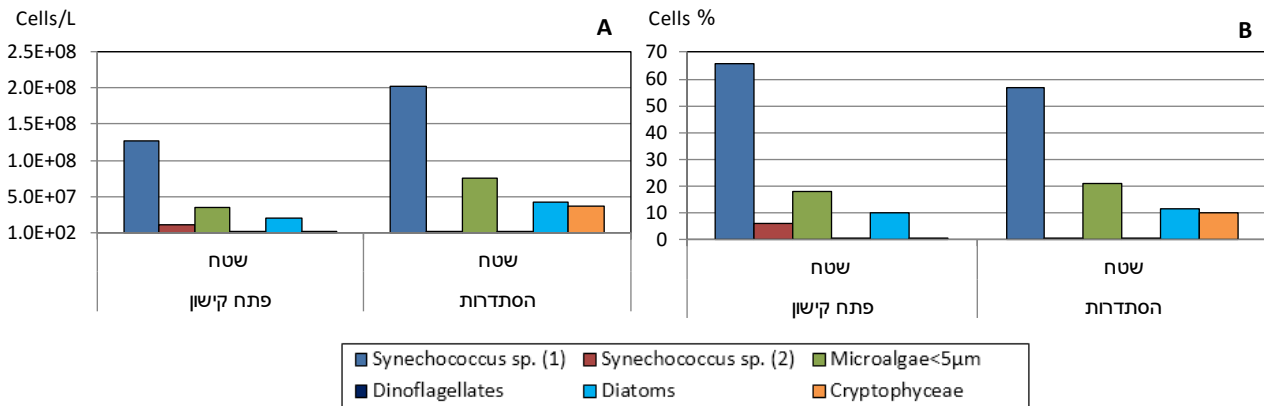
התפלגות המיקרופלנקטון

ריכוז התאים

ריכוז התאים הכללי ירד יחסית לסתיו 2018 הן בפתח הנמל והן בגשר ההסתדרות (איור 3). ריכוז התאים של מרבית הקבוצות ירד ובמיוחד חלה ירידה בריכוז המיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$.
בשתי התחנות נמצאה התפלגות דומה של ריכוז תאי קבוצות המיקרופלנקטון (איור 4). הציאנובקטריות השכיחות לאורך החוף (*Synechococcus* sp.(1), היו דומיננטיות מספרית בשתי התחנות (איור A4). הן היו 66% מריכוז התאים בפתח הקישון ו- 57% מריכוז התאים בגשר ההסתדרות (איור B4). קבוצת המיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$ הייתה השנייה מבחינת הדומיננטיות המספרית בשתי התחנות.



איור 3: ריכוז התאים הכללי בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות - סתיו 2002-2019.



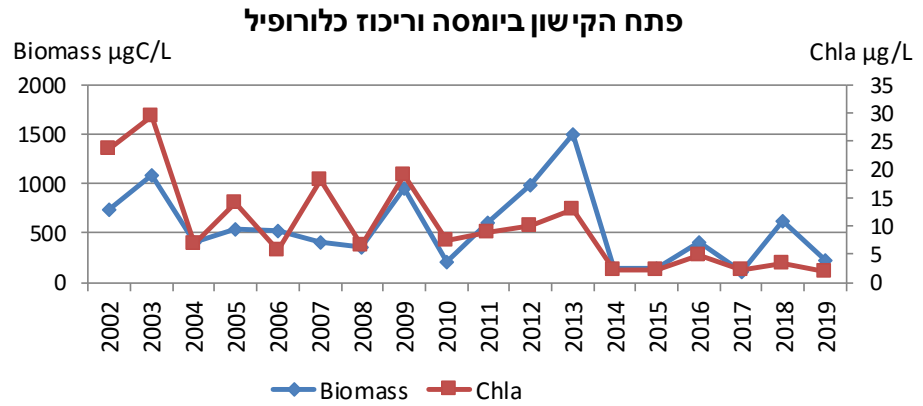
איור 4: התפלגות ריכוז תאי קבוצות המיקרופלנקטון (A) ושיעורן באחוזים (B) בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות בנובמבר 2019.

ביומסה וריכוז הכלורופיל

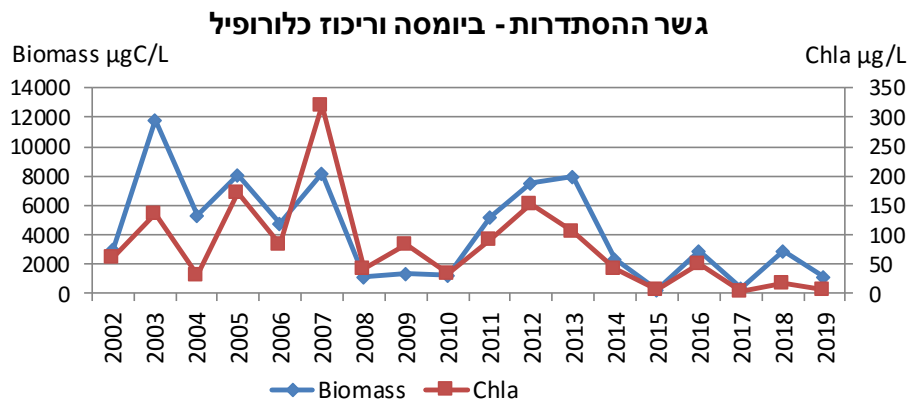
הביומסה וריכוז הכלורופיל היו גבוהים בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון (איורים 5-7), בדומה לשנים קודמות. התפלגות הביומסה בין הקבוצות השונות הייתה שונה בין שתי התחנות (איור 7). בהתאמה לירידה בריכוז התאים, גם הביומסה ירדה יחסית לשנה קודמת בשתי התחנות (איורים 5,6) והייתה כמחצית מהממוצע הרב-שנתי בפתח הקישון ורבע מהממוצע הרב-שנתי בגשר ההסתדרות. מרבית הירידה בביומסה מקורה בירידה בביומסת המיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$ (איור 8). בהתאמה, ריכוז הכלורופיל ירד בשתי התחנות והיה נמוך בפתח הקישון ($1.8\ \mu\text{g/L}$) יחסית לקריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים. בגשר ההסתדרות הריכוז ירד באופן ניכר יחסית לשנה קודמת ועמד על $6.3\ \mu\text{g/L}$ (איור 6).

אצות צורניות היו דומיננטיות בביומסה הכללית בפתח הקישון (איור 7A) והיוו 45% מהביומסה (איור 7B). מיקרואצות אצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$ היוו 30% מהביומסה הכללית ואילו הבקטריות הכחוליות, שהיו דומיננטיות מספרית היוו 14% מהביומסה הכללית. ביומסת הדינופלגלטים הייתה נמוכה מאד.

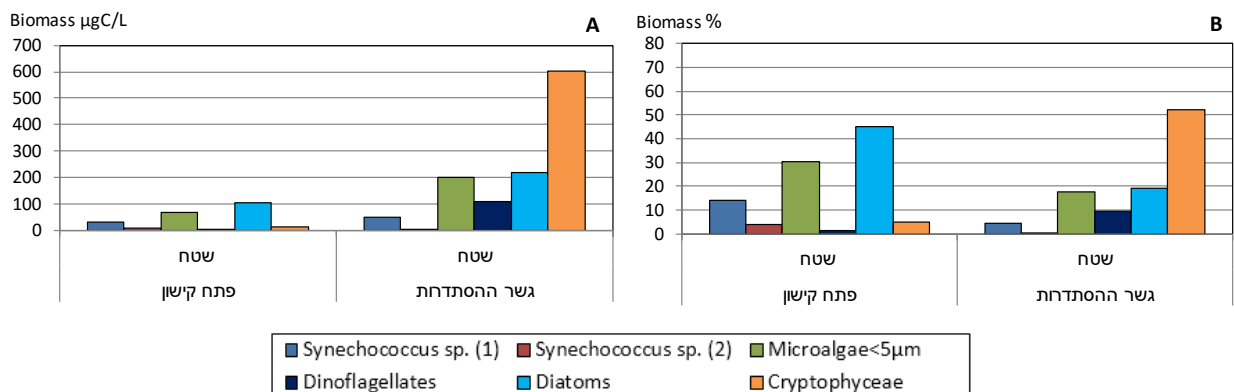
בגשר ההסתדרות פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* (איור 8E), היו דומיננטיים בביומסה (איור 7A), והיוו 52% מהביומסה הכללית (איור 7B). מיקרואצות וצורניות הופיעו בביומסה דומה והיוו ביחד 37% מהביומסה הכללית. דינופלגלטים הופיעו בביומסה גדולה יחסית, והיוו 10% מהביומסה הכללית. הבקטריות הכחוליות למרות מספרן הגבוה היוו אחוז קטן מאד מהביומסה הכללית.



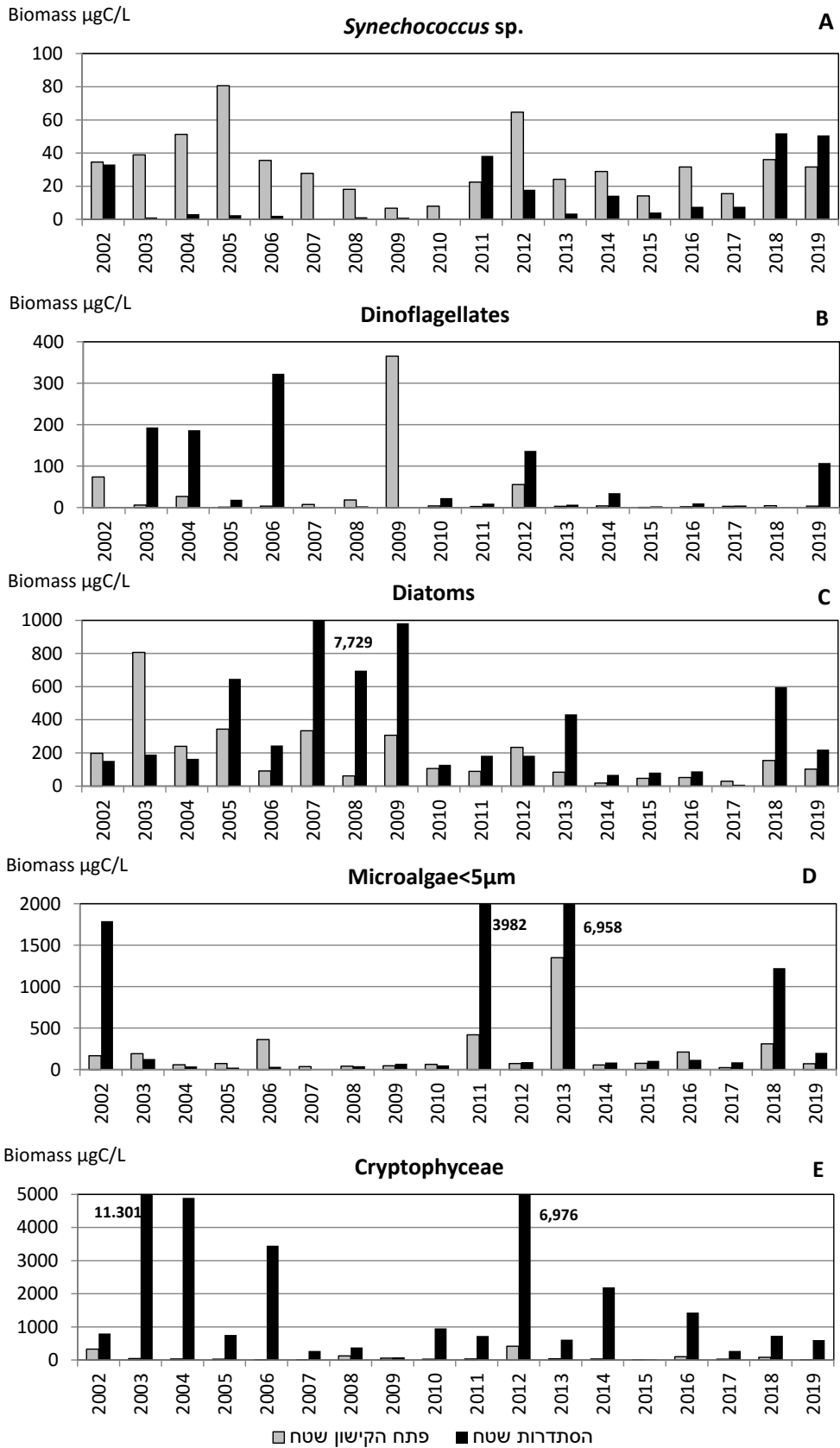
איור 5: התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בפתח הקישון בסתיו 2002-2019.



איור 6: התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בגשר ההסתדרות בסתיו 2002-2019.



איור 7: התפלגות ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון (A) ושיעורן באחוזים מהביומסה הכללית (B), בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות, בדיגום נובמבר 2019.



איור 8: התפלגות ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון השונות בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות בסתיו-2002

.2019

מגוון המינים ואינדקס מגוון המינים (Species Diversity Index)

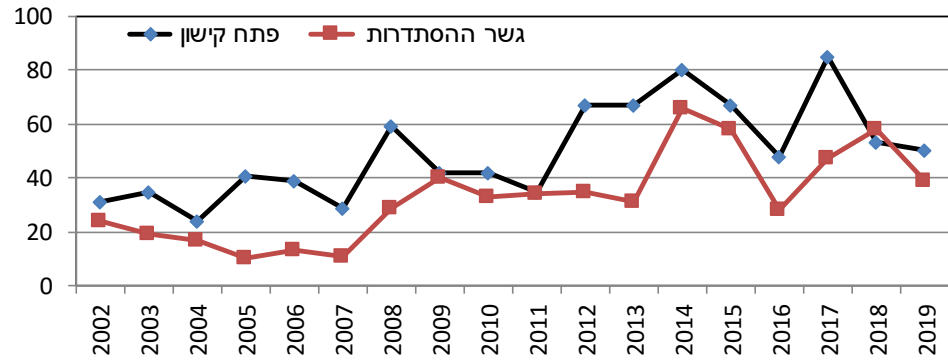
מספר המינים בפתח הקישון נותר דומה לזה שבשנה קודמת, וגדול מזה שבגשר ההסתדרות (איור 9). בגשר ההסתדרות מספר המינים ירד יחסית לשנה קודמת, אולם עדיין היה גבוה מהממוצע הרב שנתי. **אינדקס מגוון המינים** (בדו"חות 'קודמים נקרא אינדקס שונות אולם בשל שינוי בהגדרות המדעיות שונה כאן), עלה בפתח הקישון יחסית לשנה קודמת ואילו בגשר ההסתדרות נותר ללא שינוי (איור 10). בשתי התחנות הוא נמצא גבוה מהממוצע הרב שנתי.

הרכב מיני המיקרופלנקטון

מינים הקטנים מ – $15\mu\text{m}$ של דינופלגלטים היו השכיחים ביותר (טבלה 7) **בפתח הקישון**, כפי שנמצא גם בדיגומים במפרץ חיפה ולאורך החוף. מספר מיני הדינופלגלטים עלה פי 2 יחסית לשנה קודמת. מרביתם הופיעו בריכוזים נמוכים. קבוצה זו מהווה 1.5% מהביומסה הכללית (איור 7B). המין הנפוץ יותר היה *Prorocentrum micans* (טבלה 7). שני מיני צורניות, שהיו הקבוצה הדומיננטית מבחינת ביומסה בתחנה זו, היו הנפוצים ביותר. צורנית קטנה ($3\mu\text{m}$) מהמין *Chaetoceros sp.* היוותה 63% מביומסת הצורניות, והמין *Thalassiosira pseudonana*, הנפוץ בקישון, שהיווה 21% מביומסת הצורניות. מינים נפוצים נוספים היו *Cyclotella sp.* שמופיע לעיתים קרובות בקישון, מין של *Entomoneis sp.*, והמין *Streptotheca tamesis* אשר פחות נפוץ בקישון.

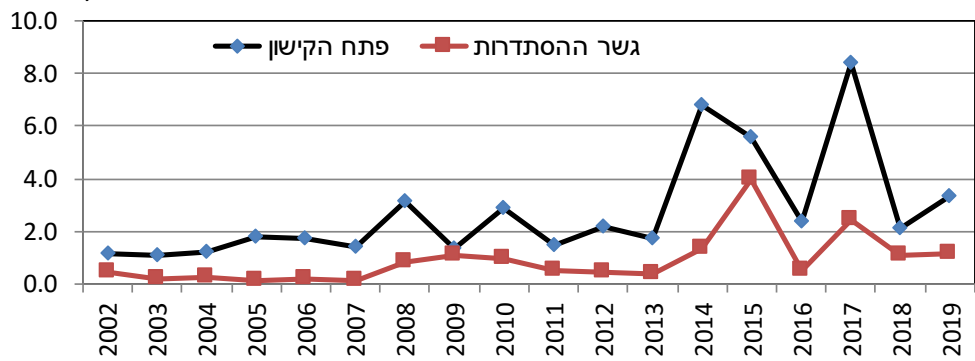
ריכוז גבוה של דינופלגלטים הופיע **בגשר ההסתדרות** יחסית לשנים אחרונות (איור 8B). באופן יוצא דופן גם מגוון של דינופלגלטים היה גבוה יחסית לתחנה זו ולדיגומים קודמים (טבלה 7). תחנה זו מאופיינת בדרך כלל במגוון קטן מאד של דינופלגלטים 1-4 מינים. חלק מהמינים שהופיעו הינם אופייניים לפתח הקישון. מבין הדינופלגלטים מינים קטנים מ – $15\mu\text{m}$ הופיעו בריכוז גבוה יחסית והיוו 82% מביומסת הדינופלגלטים. המין הנפוץ ביותר מבין הדינופלגלטים האחרים היה מין *Gymnodinium sp.*, שהיווה 15% מביומסת הדינופלגלטים. גם ריכוז הבקטריות הכחוליות, המאפיינות את המים במפרץ ואת המים לאורך החוף, היה באופן יוצא דופן גבוה ודומה לריכוז שנמצא בסתיו שנה קודמת (איור 8B). ריכוז זה היה גבוה בסדר גודל מהממוצע הרב שנתי בשנים 2002-2017. קבוצת ה – *Cryptophyceae* המאפיינת תחנה זו, הייתה דומיננטית מבחינת ביומסה, אם כי הייתה ירידה בביומסה יחסית לשנה קודמת (איור 8E). בשונה משנים קודמות לא הופיעו מיני ירוקיות או כחוליות המאפיינים מים פחות מלוחים ואופייניים לתחנה זו (טבלה 7). **מינים בעלי פוטנציאל טוקסי** - בניטור זה הופיע מספר מצומצם של מיני דינופלגלטים בעלי פוטנציאל טוקסי, ובריכוז נמוך.

Species No.



איור 9: מספר המינים בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות - דיגומי סתיו 2002-2019.

Diversity Index



איור 10: אינדקס מגוון המינים (Diversity Index) בדיגומי סתיו 2002-2019.

טבלה 7: ריכוז (תאים/לליטר) המיקרופלנקטון בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות – אוקטובר 2019

	הקישון פתח	ההסתדרות גשר	הקישון פתח	ההסתדרות גשר
Dinoflagellates			המשך Diatoms	
<i>Achradina pulchra</i>	25		<i>Entomoneis</i> sp. (BS21)	267
<i>Akashiwo sanguinea</i>		17	<i>Leptocylindrus danicus</i>	23
<i>Ceratium kofoidii</i>	83	17	<i>Melosira moniliformis</i>	17
<i>Ceratium furca</i>	92	33	<i>Navicula</i> sp. (320)	83
<i>Ceratium fusus</i>	3		<i>Navicula</i> sp. (588k)	3
<i>Ceratium trichoceros</i>	13		<i>Navicula</i> sp. (1949)	
<i>Cochlodinium citron</i>	17		<i>Navicula</i> spp.	42
<i>Dinophysis caudata</i>		7	<i>Nitzschia sicula</i>	
<i>Dinophysis rotundata</i>	25		<i>Nitzschia</i> sp. (592A)	58
<i>Gonyaulax</i> spp.	42	183	<i>Nitzschia lorenziana</i>	8
<i>Gonyaulax spinifera</i>	8	17	<i>Pleurosigma</i> spp.	167
<i>Gonyaulax</i> spp.	77		<i>Proboscia alata</i>	17
<i>Gymnodinium</i> sp. (595A)	8		<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	33
<i>Gymnodinium</i> sp. (1075A)		2.3E+04	<i>Streptotheca tamesis</i>	1.3E+03
<i>Gymnodinium</i> sp. (1188)		200	<i>Surirella</i> spp.	33
<i>Mesoporos perforatus</i>	8		<i>Thalassiosira pseudonana</i>	2.5E+06
<i>Metadinophysis sinensis</i>	3		<i>Thalassiosira</i> spp.	1308
<i>Prorocentrum micans</i>	542	600	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	53
<i>Prorocentrum gracile</i>	17	17	<i>Tryblionella</i> sp.	8
<i>Protoperidinium bipes</i>	8		Cryptophyceae	
<i>Protoperidinium</i> spp.	100	483	<i>Cryptomonad</i> spp.	7.8E+05
<i>Protoperidinium</i> sp. (1366)	8		<i>Hemiselmis</i> sp.	
Unidentified<15µm	5.7E+03	6.7E+05	Cyanobacteria	
צורניות - Diatoms			<i>Synechococcus</i> sp. (1)	1.3E+08
<i>Amphora</i> spp.		67	<i>Synechococcus</i> sp. (2)	1.1E+07
<i>Amphora</i> sp. (1998)		17	Ebriophyceae	
<i>Bacteriastrum</i> sp.	50	110	<i>Hermesinum adriaticum</i>	133
<i>Odontella mobiliensis</i>	7		Prymnesiophyceae	
<i>Chaetoceros</i> sp. (3u)	1.7E+07	3.1E+07	<i>Cocolithophore</i> sp. (1074A)	7.8E+04
<i>Chaetoceros</i> spp.	83	43	Ciliates	
<i>Cyclotella</i> spp.	6.2E+04	1.0E+05	<i>Mesodinium rubrum</i>	8
<i>Diploneis</i> sp. (1286)	8		Microalgae<5µm	3.5E+07
<i>Entomoneis</i> sp. (1622)	3.4E+04	1.5E+04	Total Cells/L	1.9E+08
				3.6E+08

השוואה רב-שנתית – תחנות פתח הקישון וגשר ההסתדרות- דיגומי סתיו 2019-2002

ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל:

בדיגומי הסתיו, בשתי התחנות, נראתה תנודתיות גדולה לאורך השנים בריכוז התאים (איור 3), בביומסה ובריכוז הכלורופיל (איורים 6-5). מאידך בשש שנים אחרונות חלה ירידה בביומסה וריכוז הכלורופיל וכן התמתנות בהבדלים בין השנים, במיוחד בגשר ההסתדרות. ממוצע ריכוז הכלורופיל והביומסה, בשש שנים אחרונות, קטן באופן מובהק משנים קודמות, בשתי התחנות (איורים 6-5 ואיור 11B). בפתח הקישון נראית מגמה מובהקת של ירידה בריכוז הכלורופיל לאורך השנים (איור 5). נשמרת המגמה של ממוצעי ביומסה וריכוז כלורופיל גדולים באופן מובהק בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון, במי השטח, כפי שהיה בדיגומי הסתיו עד כה (איור 11A).

קבוצות המיקרופלנקטון השונות:

ניתן לראות בפתח הקישון דומיננטיות של קבוצת הצורניות וקבוצת המיקרואצות הקטנות מ – 5µm בביומסה הכללית (איורים 12-13, 8), עם תנודתיות גדולה בין השנים. בגשר ההסתדרות התנודתיות בהתפלגות הקבוצות השונות הייתה גדולה יותר לאורך השנים, ופלגלטים מקבוצת ה – *Cryptophyceae* היו דומיננטיים בחלק ניכר מהדיגומים בתחנה זו (איורים 8,12,14).

ציאנובקטריות מהמין *Synechococcus* sp.(1) - בפתח הקישון הציאנובקטריות היו דומיננטיות מבחינה מספרית לאורך השנים (איור 15). הן היוו בממוצע $49\% \pm 20$ מריכוז התאים הכללי בשנים 2002-2019 (איור 16A), אולם מבחינת ביומסה שיעורן היה קטן יחסית ($5\% \pm 8$) (איור 16B). נראתה עלייה בביומסת הציאנובקטריות בשנתיים אחרונות יחסית לחמש שנים קודמות (איור 8A). משנת 2014-2019 ממוצע שיעורן בריכוז התאים הכללי ובביומסה עלה באופן מובהק ביחס לשנים קודמות (איור 16). הביומסה של הציאנובקטריות בפתח הקישון, הייתה גבוהה יחסית לגשר ההסתדרות לאורך השנים (איור 8A). מאידך, בשנתיים אחרונות בגשר ההסתדרות ריכוז תאי הציאנובקטריות עלה יחסית לפתח הקישון ויחסית לכל דיגומי הסתיו הקודמים. כמו כן ניתן לראות עלייה ברורה בשיעור הציאנובקטריות בריכוז התאים הכללי (איור 16A) וכן מגמת עלייה בשיעורן היחסי בביומסה הכללית בתחנה זו (איור 16B). למרות זאת, הביומסה של הציאנובקטריות עדיין שולית בביומסה הכללית של תחנה זו, והן מהוות בממוצע פחות מאחוז אחד מהביומסה הכללית בשנים 2002-2019.

מיקרואצות הקטנות מ – 5 מיקרון

מיקרואצות קטנות מ – $5\mu\text{m}$ היו שכיחות מספרית בשתי התחנות (איור 15) והביומסה שלהן בשתי התחנות הייתה תנודתית לאורך השנים (איור 8D). בפתח הקישון הן היו דומיננטיות בביומסה בחלק ניכר מהשנים (איור 12) וחשיבותן היחסית בביומסה עלתה מסתיו 2011. ממוצע הביומסה שלהן (שנים 2002-2019) היה גדול באופן מובהק מהקבוצות האחרות, להוציא אצות צורניות (איור 13). בגשר ההסתדרות מיקרואצות אלה הופיעו בפריחות גדולות, במיוחד בסתיו 2013 (איור 8D). בסתיו 2018 הן הופיעו בביומסה גדולה יחסית אולם בסתיו 2019 הביומסה שלהן הייתה נמוכה יחסית.

אצות צורניות

בפתח הקישון ביומסת האצות הצורניות הייתה דומיננטית בחלק ניכר מהדיגומים, ובמיוחד הופיעו בפריחות בשנים 2002-2012 (איורים 8C, 12), אולם עם השנים שיאי הפריחה פחתו, ונראתה מגמה של ירידה בביומסה שלהן. במקביל לירידה בביומסת האצות הצורניות חלה עלייה, לסירוגין, בביומסה של קבוצת המיקרואצות הקטנות מ – $5\mu\text{m}$ ושל הפלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* (איור 16). בסתיו 2018 נראתה עלייה יחסית בביומסה של האצות הצורניות בשתי התחנות וב-2019 שוב ירידה בביומסה שלהן. בגשר ההסתדרות ממוצע ביומסת האצות הצורניות היה גבוה באופן ניכר יחסית לפתח הקישון. הצורניות הופיעו בפריחות גדולות בתחנה זו בין השנים 2005-2009, כאשר שיא הביומסה שלהן היה בשנת 2007 (איורים 12, 16). מ-2010 פחתו פריחות הצורניות הגדולות ובסתיו 2018 שוב נראתה פריחה, אם כי מתונה יחסית.

פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae*

פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* היו שכיחים יחסית במיוחד בתחנת גשר ההסתדרות והופיעו בה בפריחות (איורים 8E, 12). פלגלטים מקבוצה זו היו אחראים לביומסה הגבוהה בתחנת גשר ההסתדרות בחלק ניכר מהדיגומים והיוו בה שיעור ניכר מהביומסה הכללית. שיאי הפריחה של הפלגלטים מקבוצה זו מתונים יותר בשנים האחרונות, ונראית מגמת ירידה בביומסה שלהם. ממוצע ריכוז התאים והביומסה של קבוצה זו נמצא גבוה באופן מובהק בגשר ההסתדרות יחסית לפתח הקישון (איורים 8E). למרות התנודות בביומסה של קבוצת פלגלטים זו, ממוצע הביומסה של קבוצה זו גבוה באופן מובהק ממוצע קבוצת המיקרופלנקטון האחרות (איור 14).

דינופלגלטים

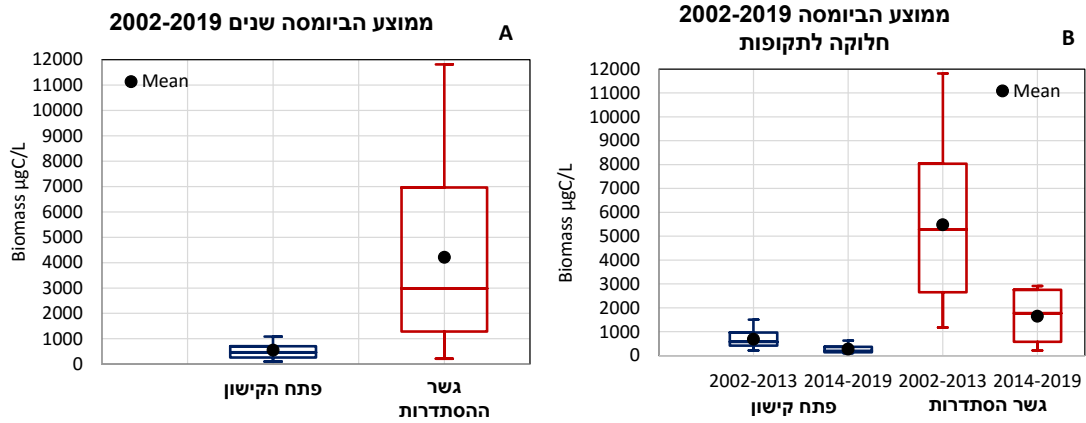
בפתח הקישון מיני דינופלגלטים הקטנים מ – $15\mu\text{m}$ היו השכיחים ביותר, כפי שנמצא גם לאורך החוף. מבחינת ביומסה קבוצה זו היוותה חלק קטן בלבד מהביומסה הכללית, להוציא פריחה גדולה יחסית בדיגום 2009 (איור 8B). בסתיו 2019 ביומסת הקבוצה הייתה קטנה ודומה לשנים קודמות, ומספר מיני הדינופלגלטים עלה פי 2 יחסית לשנה קודמת. **בגשר ההסתדרות** היה מגוון קטן מאד של דינופלגלטים בעיקר מהמין *Gymnodinium sp.*, הניזון מפלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae*. הוא הופיע בביומסה גדולה יחסית בחלק מהדיגומים (איור 8B). בניטור 2019 חלה עלייה בריכוז, בביומסה ובמספר מיני הדינופלגלטים בתחנה זו (איור 8B).

מגוון המינים ואינדקס מגוון המינים (Diversity Index):

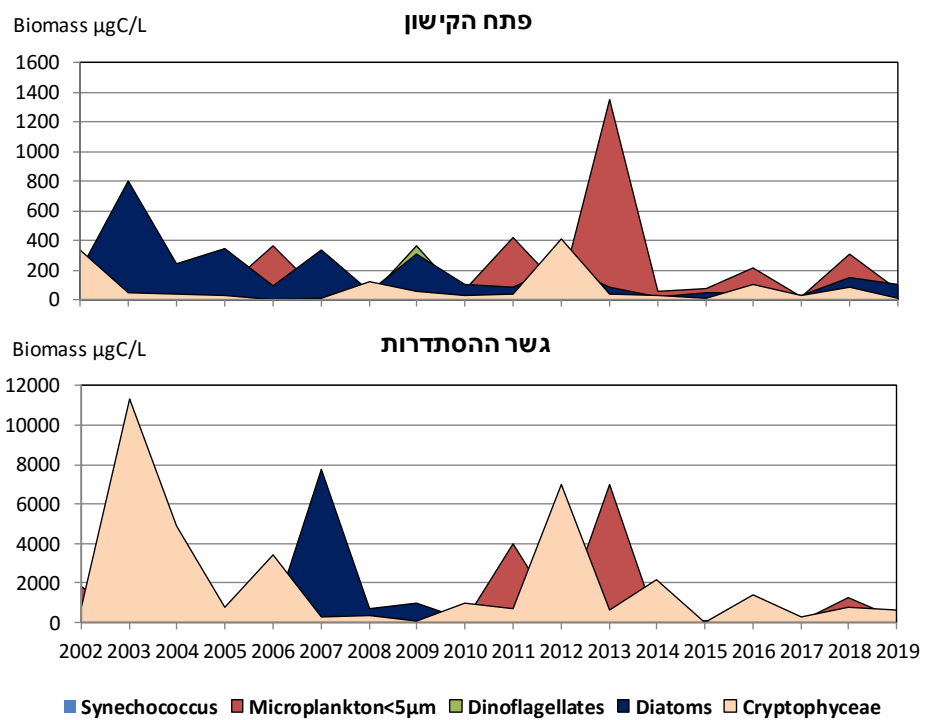
בגשר ההסתדרות מספר המינים ואינדקס מגוון המינים (Menhinick index - מחושב לפי מס' המינים / שורש ריבועי של הביומסה) היו נמוכים באופן ניכר, יחסית לפתח הקישון (איורים 9,10,17).

א. מספר המינים – בסתיו 2019 מספר המינים היה דומה לשנה קודמת בפתח הקישון ונמוך משנה קודמת בגשר ההסתדרות (איור 9). למרות התנדטיות במספר המינים, נראית בשתי התחנות מגמה של עלייה במספר המינים לאורך השנים. בפתח הקישון עלייה גדולה במספר המינים מ – 2012, ובגשר ההסתדרות ב – 2014. בשתי התחנות ממוצע מספר המינים בשנים 2014-2018 גבוה באופן מובהק ממספר המינים בשנים 2013-2002 (איור 17A).

ב. אינדקס מגוון המינים – אינדקס המגוון עלה מעט בפתח הקישון בסתיו 2019 יחסית לסתיו שנה קודמת, ובגשר ההסתדרות נותר ללא שינוי (איור 10). גם ערכי אינדקס מגוון המינים כמו מספר המינים מראים עלייה כללית בשנים 2014-2019. ניתן לראות שממוצע אינדקס מגוון המינים בשתי התחנות עלה באופן מובהק בשנים 2014-2019 יחסית לשנים קודמות (איור 17B). דבר זה מציע על טיוב מי הנחל.

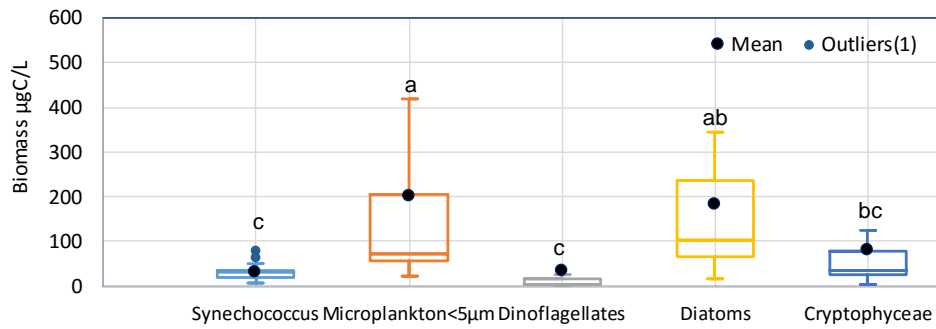


איור 11: התפלגות הביומסה בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות בסתיו 2002-2019.



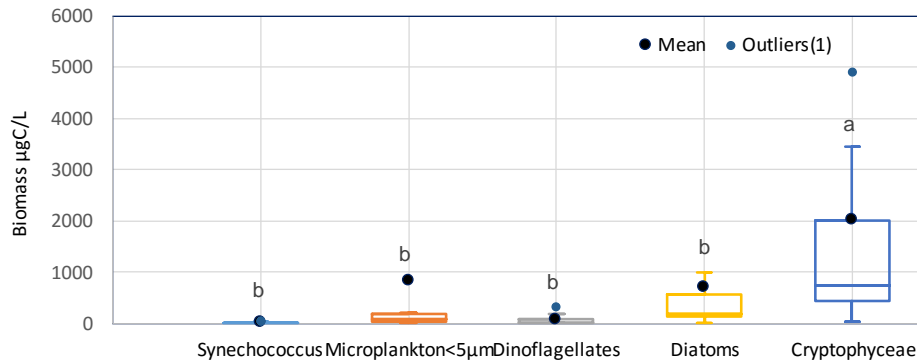
איור 12: התפלגות הביומסה של הקבוצות הדומיננטיות בדיגומי הסתיו 2002-2019.

פתח קישון - ביומסה

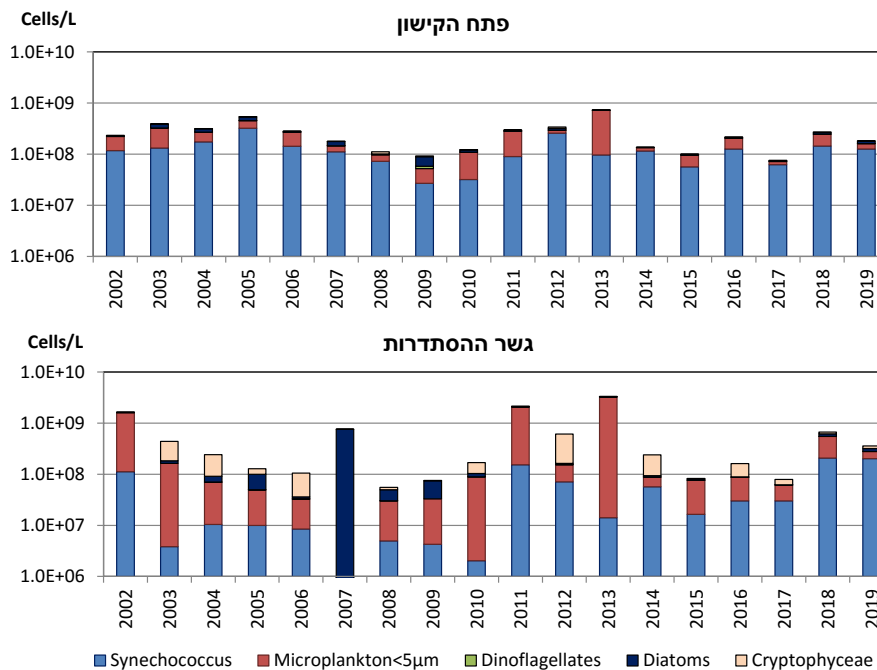


איור 13: ממוצע הביומסה של קבוצות המיקרופלנקטון בפתח הקישון- סתיו 2002-2019. עמודות עם אותיות שונות נבדלות סטטיסטית ($p < 0.05$).

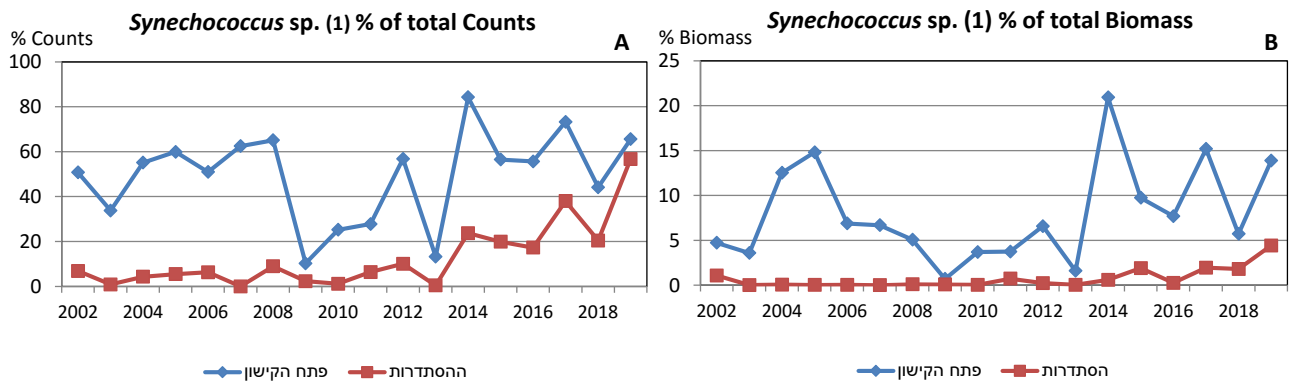
גשר הסדרות - ביומסה



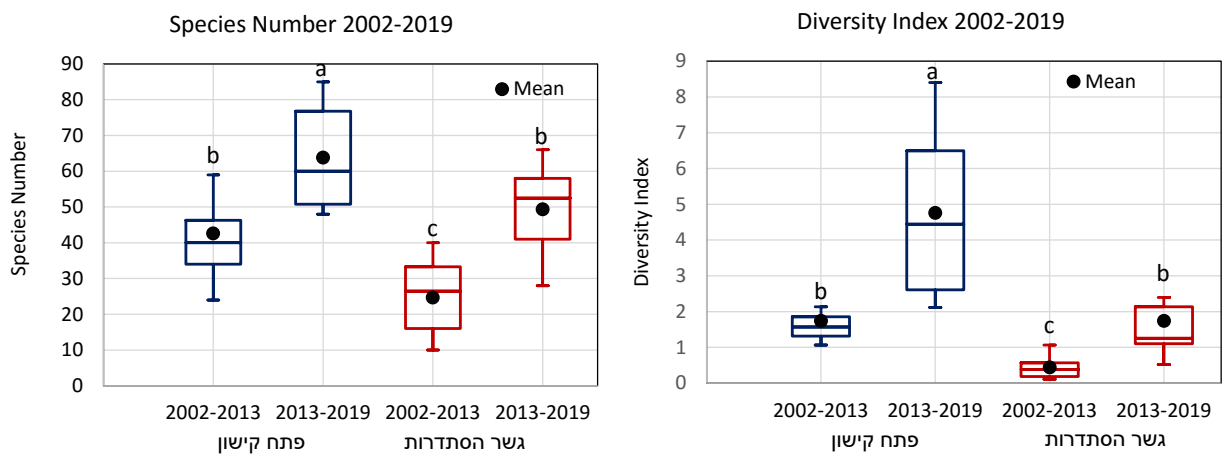
איור 14: ממוצע הביומסה של קבוצות המיקרופלנקטון בגשר ההסדרות 2002-2019. עמודות עם אותיות שונות נבדלות סטטיסטית ($p < 0.05$).



איור 15: התפלגות ריכוז תאי קבוצות המיקרופלנקטון בשתי התחנות בדיגומי סתיו 2002-2019.



איור 16: התפלגות באחוזים של ריכוז הבקטריות הכחוליות (A) והביומסה שלהן (B) בשנים 2002-2019.



איור 17: מספר המינים ואינדקס מגוון המינים בשתי התחנות בחלוקה לשתי תקופות (2002-2013 ו- 2014-2019), אותיות שונות נבדלות סטטיסטית ($p < 0.05$).

4. 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., Rahav E., Gordon N., Galil B., Lubinevsky H., Tibor G., Tom M., Rilov G., Silverman J. and Rinkevich B. (2015). The National Monitoring Program of Israel's Mediterranean coastal waters – Scientific Report for 2014, IOLR Report.
- 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.
- 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.
- Strathmann, R.R. 1967. Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. *Limnology and Oceanography* 12: 411-418.