



**אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח**

דו"ח ניטור סתיו 2021

דו"ח חיא"ל H22/2022

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
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 2021

דו"ח חיא"ל H22/2022

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

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

מוגש לרשות נחל הקישון

חתימה :

יוני 2022

אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח דו"ח ניטור סתיו 2021

תקציר

- ריכוזי החנקות והזרחות היו גבוהים מאשר אלה שנדגמו בדיגומי הסתיו הקודמים (עד פי 7 בריכוז החנקות ועד פי 16 בריכוז הזרחות) דבר המצביע על **אאוטרופיקציה גבוהה** המגיעה ממעלה הנחל. נוטריאנטים אלה נמצאו ביחס חיובי ולינארי לריכוז הכלורופיל, היצרנות הראשונית, והיצרנות החיידקית באסטואר. היחס בין ריכוזי החנקות לזרחות באסטואר הקישון המלוח היה נמוך משנים קודמות ועמד על 1:15, מעיד על עודף זרחות שנכנסו עם השפכים ממעלה הנחל לאסטואר.
- ערכי היצרנות הראשונית הימתית היו דומים בפני השטח לדיגומי סתיו קודמים, אך גבוהים עד פי 6 במי העומק ביחס לערכי היצרנות הראשונית בסתיו אשתקד. הפעילות החיידקית שנמדדה לאורך האסטואר המלוח הייתה נמוכה ב 70%-30 ביחס ליצרנות החיידקית בסתיו אשתקד.
- תהליכים אוטורופים (פוטוסינתזה) היו דומיננטיים ביחס לתהליכים מיקרוביאליים הטורטרופים (חיידקים) בכל התחנות - הן בפני השטח והן בעומק (פי 9-2 משנים קודמות). זאת ככל הנראה עקב שינוי היחס בין חנקות לזרחות המצביע על עודף זרחות שנכנסו למי האסטואר עם השפכים.
- לא נמדדה עקת חמצן חמורה (**אנוקסיה**) בקרבת הקרקעית. ריכוז החמצן הנמוך ביותר היה במי העומק בתחנת לבנית (1.8 מג"ל).
- חלק ניכר מביומסת הפיטופלנקטון שויכו לפריחת הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp. (2), ולאחריהן הצורנית *Thalassiosira pseudonana* כבשנים קודמות. הדינופלגלטים ממוצא ימי *Prorocentrum micans* ו *Ceratium furca* פרחו גם הם בפתח הקישון.
- פתח הקישון מתאפיין בהרכב מיני אצות ממקור ימי, עם מספר מינים ואינדקס מגוון מינים גבוהה ביחס לגשר ההסתדרות, שם נמצאו בעיקר מינים המאפיינים מים פחות מלוחים.
- מספר מצומצם של מינים בעלי פוטנציאל טוקסי נמצא, ובריכוז נמוך מאד.

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 28 באוקטובר 2021. 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 היה 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 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 *a* 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 (Steehan-Nielsen, 1952). יצרנות חיידקית נמדדה על ידי הוספה למי הדגימה לאוצין מסומן בטריטיום (Simon et al. 1990). כל הדגימות נעשו בטריפלטיקים (שלוש חזרות) והושמו תחת תנאי תאורה וטמפרטורה טבעיים למשך 2 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 שינוניים) לאורך תחנות הדיגום. מי הדגימה קובעו מיידית 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 אפילואורסנטי 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 ושתי תחנות במעלה הנחל בדיגום אוקטובר 2021.

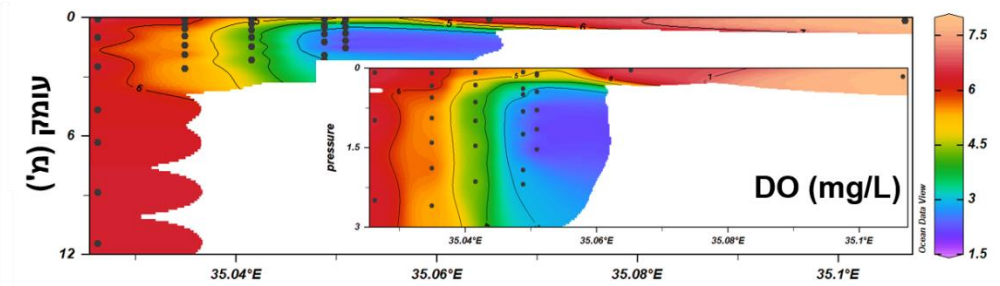
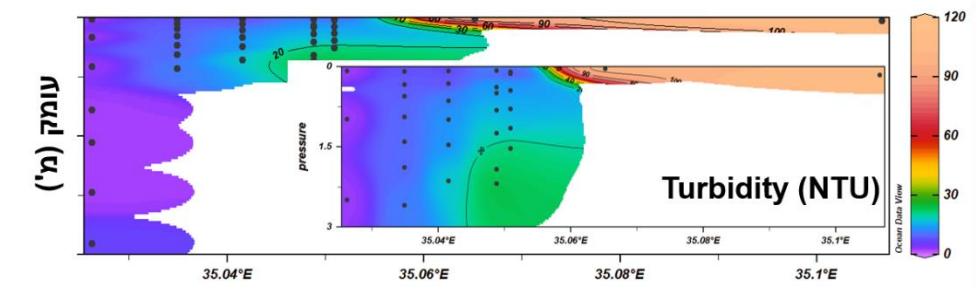
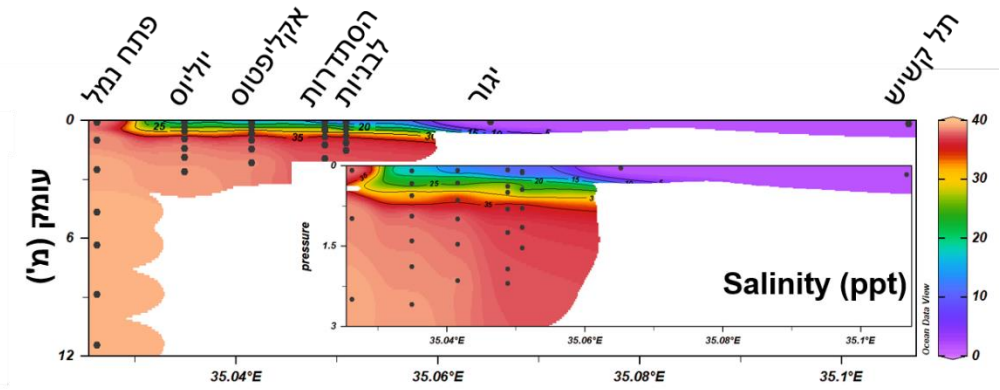
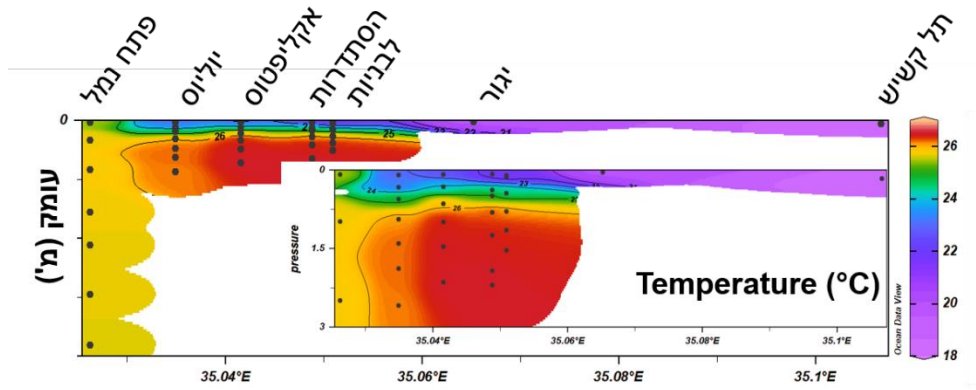
תחנה	Latitude (N)	Longitude (E)
חוות החיות	32° 41.31'	35° 6.39'
יגור	32° 45.55'	35° 3.91'
לבניות	32° 47.27'	35° 3.10'
גשר ההסתדרות	32° 47.86'	35° 2.84'
אקליפטוס	32° 48.50'	35° 2.30'
גשר יוליוס סימון	32° 48.01'	35° 2.01'
פתח הנמל	32° 48.59'	35° 1.55'

3. תוצאות

3.1. פרמטרים כימיים-פיזיקליים בעמודת המים

פרופיל העומק של הטמפרטורה, המליחות, עכירות המים והחמצן מומס, לאורך נחל הקישון המלוח ושתי תחנות במעלה הנחל כפי שנמדדו באוקטובר 2021 מוצגים באיורים 1-2 ובטבלה 2. ככלל, טמפרטורת המים הייתה אופיינית לעונה ונעה בין 19 ל- 26.5 מעלות צלסיוס. פיזור הטמפרטורה האנכי מראה כי עמודת המים הייתה משוכבת ברוב תחנות הדיגום בקישון המלוח (עד 4.7 מעלות צלסיוס הבדל) למעט פתח הנמל בה משרעת הטמפרטורות הייתה נמוכה (נע בין 25.5 ל 25.7 מעלות צלסיוס). טמפרטורת המים בתחנות הדיגום במעלה הנחל (יגור ותל קשיש) היו נמוכות יותר (~19-20 °C), ככל הנראה בגלל נפח המים הקטן בתחנות אילו ומכאן ההשפעה הרבה יותר כאשר טמפרטורת הסביבה (אוויר) נמוכה. בדומה לדיגומים קודמים, שכבת המים העליונים (1-0.5 מ') הייתה מלוחה פחות מחלקה התחתון, כתוצאה מכניסת מי ים בעומק עמודת המים ודרך 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.

ריכוז החמצן המומס במים ירד בכל תחנה ככל שמעמיקים, וככל שמתרחקים מפתח הנמל במעלה האסטואר, עם ריכוזים הנמוכים ביותר בתחנת לבניות (1.82-4.73 מג"ל) שם החמצן המומס במי השטח הגיע רק ל 57% מרוויה (4.71 מג"ל). אחוז החמצן מרוויה ירד עם העמקה בעמודת המים בכל התחנות (איורים 1 ו-2, טבלה 2) עם ריכוזים המעידים על עקת חמצן (הפוקסיה 0-2 מג"ל, טבלה 3) במי העומק בתחנת הלבניות, ועל עקת חמצן בינונית במי העומק בתחנות ההסתדרות והאקליפטוס (נזק ביולוגי 2-5 מג"ל, טבלה 3). 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 שלרב עשירים יחסית בחמצן, ומתהליכי פריחת אצות. המצב האנוקסי שנמדד בנחל בשנים קודמות במקומות רבים מצביע על פעילות מטאבולית הטרוטרופית חיידקית ועל אאוטרופיקציה של אזורים אלו. בניגוד לשנים קודמות המגמה באוקטובר 2021 דומה לשני דיגומי הסתיו האחרונים יש להמשיך לעקוב אחר העניין בדיגומי הסתיו הבאים, כולל מדידות יממותיות (שכן פוטוסינתזה מושפעת מתאורה).

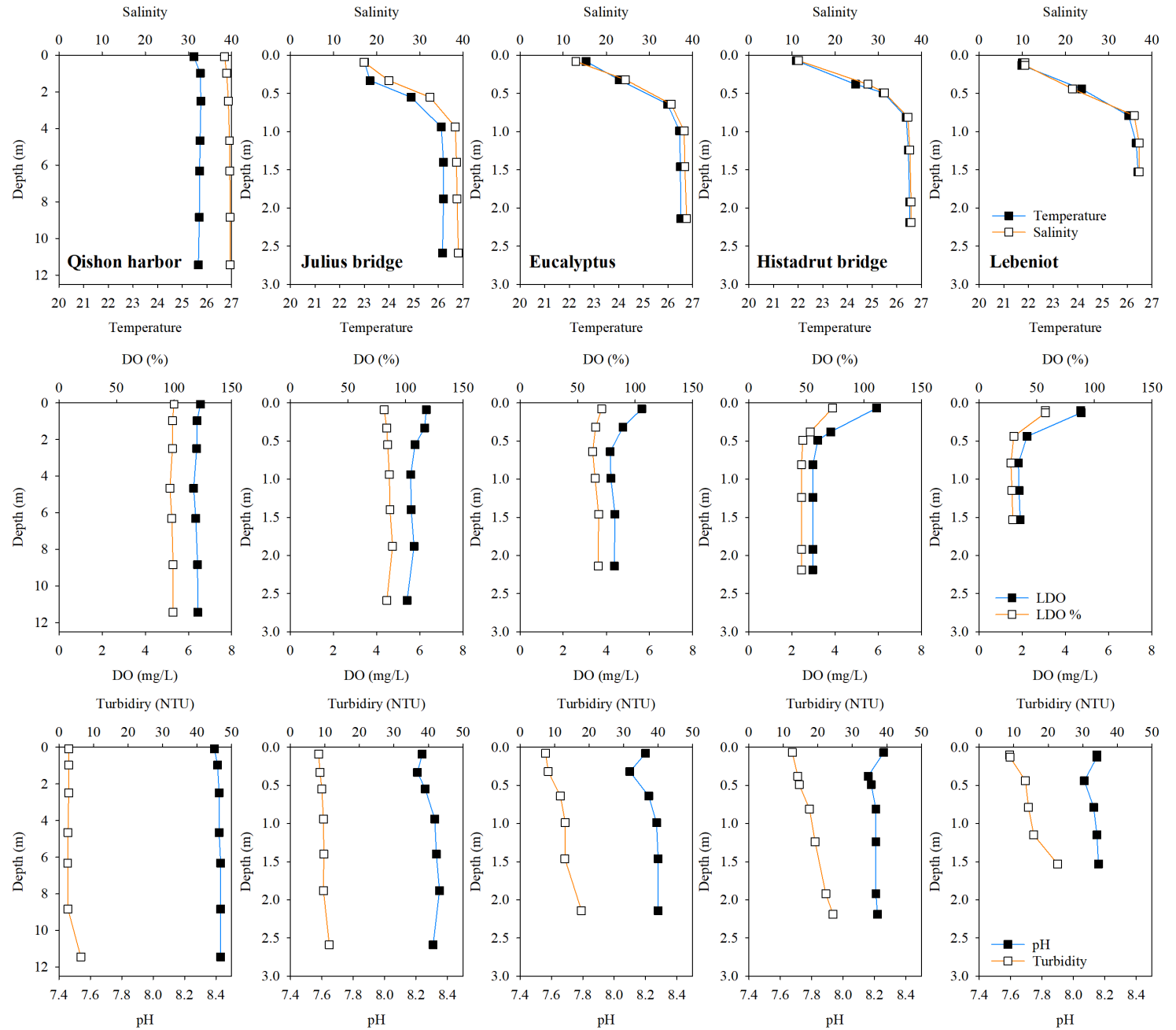


קו רחב (מעלות)

קו רחב (מעלות)

איור 1: פרופיל עומק (עם הגדלה של 3 מטרים העליונים) של הטמפרטורה ($^{\circ}\text{C}$), מליחות (ppt), ריכוז חמצן מומס (mg/L), ועכירות (NTU) באוקטובר 2021 לאורך נחל הקישון המלוח ושתי תחנות במעלה הנחל. האינטרפולציה בין נקודות המדידה בוצעה באמצעות תוכנת Ocean Data View (גרסה 5.0.0) על ידי שימוש באלגוריתם מסוג Weighted-average gridding.

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



טבלה 2: סיכום פרופילי עומק של הטמפרטורה, מליחות, חמצן מומס, קשיות (pH) ועכירות באוקטובר 2021 לאורך נחל הקישון המלוח ושתי תחנות במעלה הנחל (כמוצג באיורים 1 ו-2).

עכירות NTU	pH	חמצן מומס (mg/L)	מליחות	טמפרטורה (C°)	עומק דיגום (m)	תחנה
2.8	8.39	6.55	38.35	25.47	0.08	פתח נמל
2.8	8.41	6.4	38.84	25.73	0.98	
2.8	8.42	6.38	39.24	25.75	2.49	
2.6	8.42	6.24	39.5	25.72	4.66	
2.5	8.43	6.34	39.58	25.7	6.32	
2.6	8.43	6.42	39.61	25.69	8.84	
6.3	8.43	6.43	39.64	25.65	11.44	
8.2	8.24	6.3	17.08	23.01	0.09	יוליוס
8.6	8.21	6.22	22.81	23.23	0.33	
9.1	8.26	5.78	32.37	24.9	0.55	
9.6	8.32	5.58	38.24	26.12	0.94	
9.7	8.33	5.6	38.49	26.21	1.4	
9.6	8.35	5.73	38.63	26.21	1.88	
11.3	8.31	5.41	38.94	26.17	2.59	
7.4	8.2	5.64	12.93	22.68	0.08	אקליפטוס
8.2	8.1	4.77	24.44	24.02	0.32	
11.7	8.22	4.18	35	25.98	0.64	
13.1	8.27	4.21	38.02	26.47	0.99	
13	8.28	4.4	38.19	26.5	1.46	
17.8	8.28	4.37	38.6	26.52	2.14	
12.6	8.26	5.92	11.54	21.93	0.07	הסתדרות
14.2	8.16	3.8	27.62	24.33	0.38	
14.6	8.18	3.2	31.42	25.45	0.49	
17.6	8.21	2.97	36.85	26.38	0.81	
19.2	8.21	2.97	37.32	26.47	1.24	
22.3	8.21	2.97	37.59	26.52	1.92	
24.4	8.22	2.96	37.58	26.52	2.19	
8.8	8.15	4.71	10.6	21.75	0.1	לבניות
8.9	8.15	4.73	10.58	21.73	0.13	
13.4	8.07	2.22	21.63	24.15	0.44	
14.3	8.13	1.82	35.91	26.06	0.79	
15.8	8.15	1.85	37.08	26.37	1.15	
22.7	8.16	1.9	37.08	26.44	1.53	
102.8	8.37	6.8	1.52	20.17	0.04	
112.1	8.39	7.86	1.85	18.96	0.16	חוות החיות

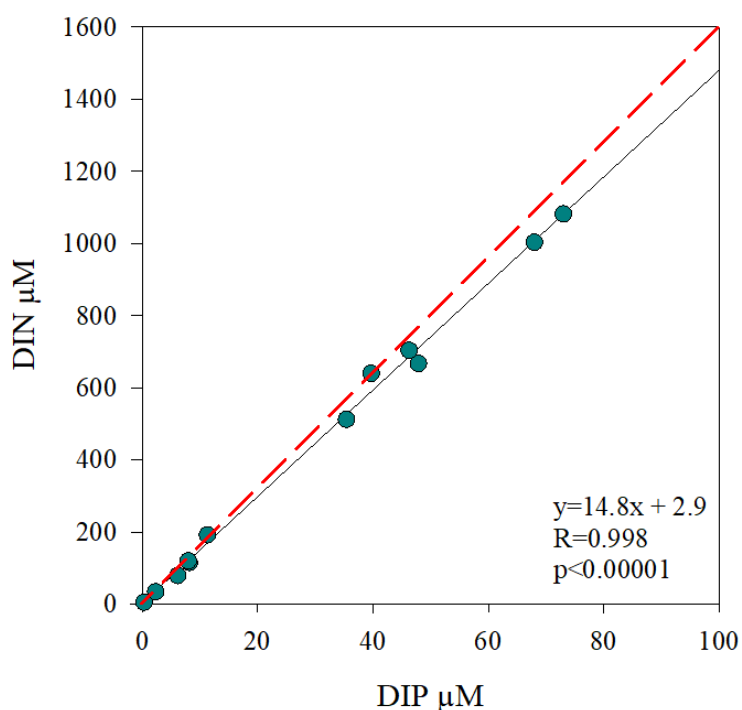
טבלה 3: קריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב לאיכות המים בשפכי נחלים (National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 1997)

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 a	µg/L	<5	5- 20	>20

ריכוזי הנוטריאנטים (ניטראט + ניטריט + אמוניה, פוספאט וחומצה סיליצית) בדגימות פני השטח ומי עומק בחלקו של הקישון המלוח (פתח נמל עד לבניות) כמו גם תחנות במעלה הנחל (יגור וחוות החיות) מוצגים בטבלה 4. בתחנות הקישון המלוח, ריכוזי הנוטריאנטים בפני השטח (N 2.69-9.85mg/L, P 0.35-1.48) ו- (Si 3.06-9.15 mg/L, N 0.06-1.68 mg/L, P 0.01-0.25) מעל הקרקעית (Si 0.17-1.57 mg/L). בדומה לדיגומים קודמים, ריכוזי הנוטריאנטים קטנו בכיוון מורד הנחל עם ההתרחקות מהזרמות המפעלים וממקור קולחי התעשייה המוזרמים לנחל, ובהשפעת מידת המיהול עם מי הים. ריכוזי הזרחות, החנקות והסיליקה 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 חנקן וזרחן, (ערך מקסימום של 15.14 ו- 2.26 מג"ל בהתאמה), דבר המצביע על רמת זיהום (איאטורופיקציה) גבוהה (ריכוזים גבוהים מ- 1 מג"ל ומ- 0.1 מג"ל בהתאמה) על פי הקריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1997) לאיכות המים בשפכי נחלים (טבלה 3). עודף נוטריאנטים נמדד ברב הדיגומים בשנים האחרונות ובמיוחד עודף בחנקות. יש לציין שבאוקטובר 2021 ריכוזי כל הנוטריאנטים ובמיוחד הזרחות היו גבוהים יותר מאשר אלה שנדגמו בשני דיגומי הסתיו הקודמים (עד פי 7 בריכוז החנקות ועד פי 16 בריכוז הזרחות). יחד עם זאת, היחס האופטימאלי/תקין בין ריכוז חנקות אנאורגניות לריכוז זרחות אנאורגניות באקוסיסטמות אקוטיות נחשב 16:1 (Redfield, 1933). היחס הנ"ל באסטואר הקישון היה יחסית קרוב ועמד על 15 (איור 3), ומעיד באופן יוצא דופן ביחס לדיגומי העבר על עודף זרחות באסטואר שמוזרמות עם השפכים.

טבלה 4: ריכוז נוטריאנטים אנאורגנים (mg/L) לאורך נחל הקישון המלוח ובתחנות במעלה הנחל באוקטובר 2021.

תחנה	עומק דיגום	NO ₂ +NO ₃ +NH ₄ -N [mg/L]	PO ₄ -P [mg/L]	Si(OH) ₄ -Si [mg/L]
פתח נמל	פני שטח	2.69	0.35	3.06
	קרקעית	0.06	0.01	0.17
יוליס	פני שטח	7.17	1.10	6.74
	קרקעית	0.47	0.07	0.51
אקליפטוס	פני שטח	8.96	1.23	8.87
	קרקעית	1.68	0.25	1.57
הסתדרות	פני שטח	9.85	1.43	8.35
	קרקעית	1.61	0.25	1.42
לבניות	פני שטח	9.34	1.48	9.15
	קרקעית	1.11	0.19	1.01
יגור	פני שטח	14.05	2.11	8.84
חוות החיות	פני שטח	15.14	2.26	9.48



איור 3: ריכוז זרחן אנאורגני מומס כתלות בריכוז חנקן אנאורגני מומס במי הקישון המלוח באוקטובר 2021. שיפוע משוואת הקו מגמה הינו 14.8. מקדם המתאם של קורלציית פירסון הינו 0.99 ($p < 0.00001$). הקו המקווקו האדום מייצג שיפוע קו של 16 (יחס רדפילד בין חנקות לזרחות 1:16), יחס המאפיין אקוסיסטמות אקוויטיות רבות.

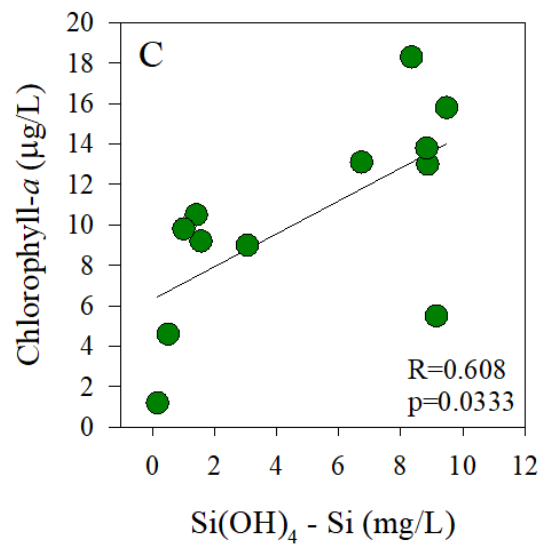
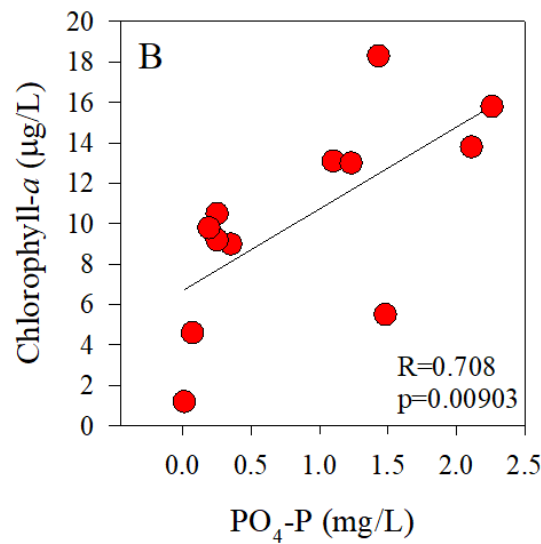
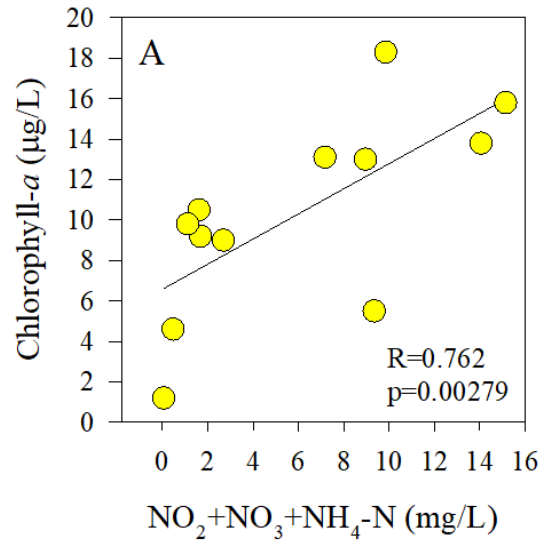
3.2 פרמטרים ביולוגים בעמודת המים

ערכי כלורופיל *a* בדיגום סתיו 2021 היו גבוהים (1.2-18.3 $\mu\text{g/L}$) (טבלה 5). ביחס לקריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1997) לאיכות המים בשפכי נחלים (טבלה 3), ערכים אלה מצביעים על רמת אוטרופיקציה בינונית. נמצא קשר סטטיסטי חיובי מובהק בין העלייה בריכוז הכלורופיל לריכוזי הנוטריאנטים (קורלציית ספירמן, $p < 0.05$, איור 4). ריכוזי אצות אאוקריוטיות בפני השטח לאורך האסטואר היה גבוה מזה של ציאנובקטריה פי 3-11 ונע בין 1.25-7.10 תאים לליטר $\times 10^8$. נמצא מתאם משמעותי סטטיסטי בין ריכוז הכלורופיל לשכיחות הפיקו-פיטופלנקטון לאורך הנחל המלוח ($R=0.745$), $p=0.0108$ מבחן ספירמן) אך לא לציאנובקטריה. זאת כפי הנראה בגלל הדומיננטיות של הפיקו והמיקרואצות שידונו בהמשך. ריכוז הכלורופיל עולה בהתאמה לריכוז הנוטריינטים האנאורגנים ומדגים את ההשפעה של העשרת הנוטריינטים באסטואר על היצרנים הראשוניים (איור 4).

שכיחות החיידקים ההטרוטרופים הייתה בין בסדר גודל עד שני סדרי גודל גבוהה מהפיקו-פיטופלנקטון (8.6×10^8 - 56.6×10^8 תאים בליטר) עם מספר תאים גבוה עד פי 3.6 בפני השטח ביחס לקרבת הקרקעית (טבלה 5). לא נמצא מתאם משמעותי בין ריכוז חיידקים לריכוזי הנוטריאנטים השונים. יש לציין שבדיקה זו מראה את ריכוז החיידקים במי הדגימה ואינה מרמזת על זהות החיידק, באם הוא פעיל, פתוגני או לא וכד'. המצאות חיידקים פתוגנים אינה חלק ממטרות מחקר זה לפי שעה.

טבלה 5: ריכוז כלורופיל ושכיחות ציאנובקטריות, פיקו-פיטופלנקטון וחיידקים הטרוטרופים במעלה נחל הקישון באוקטובר 2021.

Heterotrophic bacteria ($10^8 \times \text{cells L}^{-1}$)	Pico-eukaryotes ($10^8 \times \text{cells L}^{-1}$)	Autotrophic cyanobacteria ($10^8 \times \text{cells L}^{-1}$)	Chlorophyll- <i>a</i> ($\mu\text{g L}^{-1}$)	עומק דיגום	תחנה
31.4	3.30	1.05	9.0	פני שטח	פתח נמל
8.6	0.09	0.28	1.2	קרקעית	
36.8	3.46	0.68	13.1	פני שטח	יוליוס
18.5	0.39	0.84	4.6	קרקעית	
37.4	3.86	0.48	13.0	פני שטח	אקליפטוס
27.0	0.65	0.87	9.2	קרקעית	
35.3	7.10	0.63	18.3	פני שטח	הסתדרות
38.4	0.71	1.15	10.5	קרקעית	
31.8	1.25	0.35	5.5	פני שטח	לבניות
41.3	0.36	1.11	9.8	קרקעית	
22.0	0.11	0.03	13.8	פני שטח	יגור
56.6	0.06	0.06	15.8	פני שטח	חוות החיות



איור 4: ריכוז כלורופיל כתלות בריכוז ניטראט+ניטריט+אמוניה (A), זרחן (B) וסיליקה (C) לאורך נחל הקישון המלוח באוקטובר 2021, עם קווי המגמה ומקדמי המתאם של קורלציית ספירמן. המספרים הגולמיים לפיהם נוצר הגרף מוצגים בטבלאות 4 ו-5.

בהתאמה לריכוזי כלורופיל ואצות אוקריוטיות קטנות, ערכי היצרנות הראשונית (primary production) היו גבוהים אף הם בפני השטח לאורך האסטואר המלוח ונעו בין 317-954 מיקרוגרם פחמן לליטר ליום והיו גבוהים ביחס ליצרנות מעל הקרקעית עד פי 98 (טבלה 6). היצרנות הראשונית הנמוכה ביותר בפני השטח נמדדה בתחנות במעלה הנחל (יגור וחוות החיות) כבשנים קודמות.

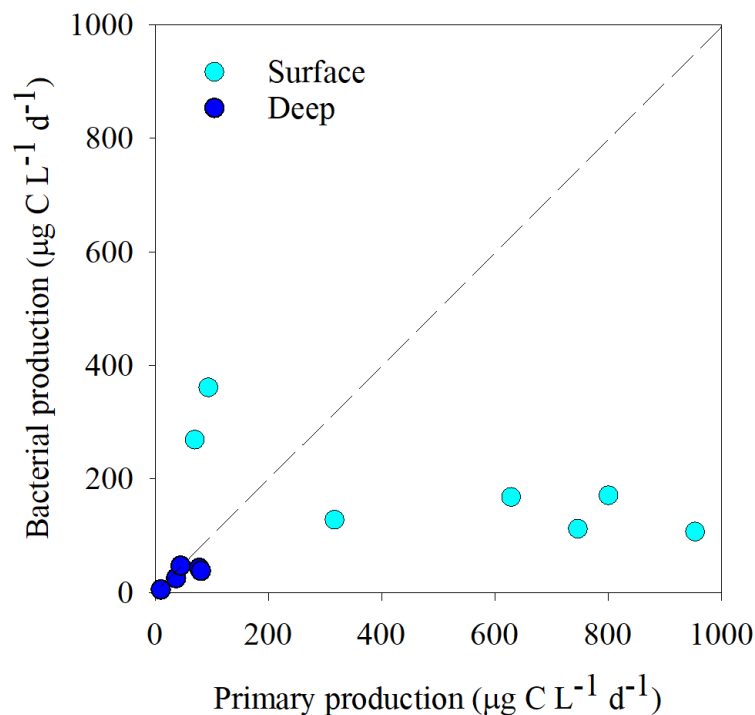
ערכי היצרנות הראשונית (היממתית) היו דומים בסדר גודל במי השטח ליצרנות שנמדדה בסתיו 2020, אך היו גבוהים עד פי 6 במי העומק ביחס לערכי היצרנות הראשונית בסתיו 2020. כבשנים קודמות, ערכי היצרנות הראשונית היו גבוהים מערכי הרקע של חוף הים התיכון הנמדדים דרך קבע על ידי חי"ל כחלק מתוכנית הניטור הלאומית (Herut et al., 2017) וממי החוף (Raveh et al., 2015; Rahav et al., 2016). יצרנים ראשוניים הנם בסיס שרשרת המזון ותורמים באופן משמעותי למחזור נוטריאנטים והטמעתם לרמות הטרופיות השונות (צרכנים שניוניים, שלישוניים וכו').

בדומה ליצרנות הראשונית, הפעילות החיידקית במי פני השטח הייתה גבוהה מאשר במי העומק (עד פי 20). ערכי היצרנות החיידקית נעו בין 5.15-170.6 מיקרוגרם פחמן לליטר ליום באסטואר המלוח והיו גבוהים עד פי 2~ במעלה הנחל (תחנות יגור וחוות החיות, טבלה 6). פעילות החיידקית שנמדדה לאורך האסטואר המלוח הייתה נמוכה ב 30-70% ביחס ליצרנות החיידקית בסתיו אשתקד, יחד עם זאת בתחנות יגור וחוות החיות היצרנות החיידקית הייתה גבוהה פי 1.7-1.9 מהערכים בסתיו 2020.

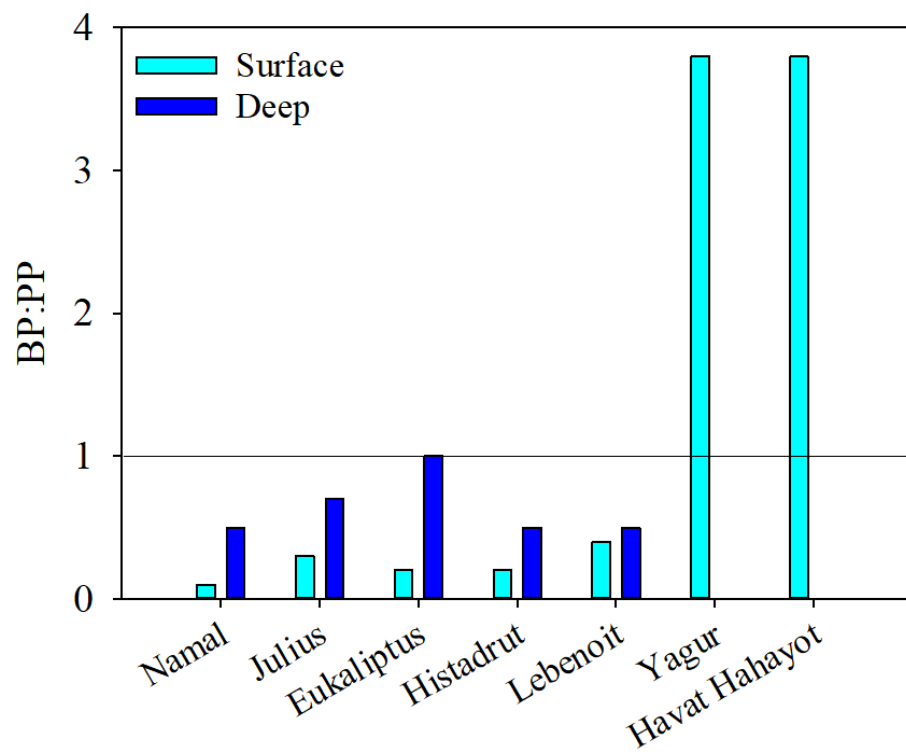
בדומה לאוקטובר 2020 ובניגוד לסתיו 2018 ו 2019, עיקר הפעילות המטאבולית בפני השטח של כל התחנות הייתה אוטוטרופית (פוטוסינתזה) ונעשתה על ידי יצרנים ראשוניים, אצות וציאנובקטריה (טבלה 6, איורים 5-6). בשונה מדיגומים קודמים, ניכר כי הפעילות האוטוטרופית הייתה דומיננטית גם במי העומק (יחס BP:PP נמוך מ-1). למעשה, ערכי היצרנות הראשונית היו גבוהים משמעותית מערכי היצרנות החיידקית (פי 2-9) בכל העומקים לאורך האסטואר המלוח, בניגוד לתחנות במעלה הנחל, שם היצרנות החיידקית הייתה פי 2 מהיצרנות הראשונית. מבחני מתאם בין ערכי יצרנות ראשונית (PP), יצרנות חיידקית (BP), והיחס ביניהם (BP:PP) לבין ריכוזי הנוטריאנטים מובאים באיור 7. קיים קשר לינארי חיובי ומובהק בין ריכוז הנוטריאנטים לבין קצב הפעילות של המערכות האוטוטרופית והטרופית. כמו כן, ככל שריכוז הנוטריאנטים (חנקות, זרחות וסיליקה) עולה, כך היחס בין יצרנות חיידקית ליצרנות ראשונית יורד (איור 7 G-I) והמערכת האקולוגית הופכת יותר אוטוטרופית. מגמה זו מדגישה את ההשפעה ההדוקה של ריכוז הנוטריאנטים הגבוה באסטואר על תפקוד היצרנים ובכך משנים את המאזן בין השניים. השינוי ביחס בין היצרניות במי העומק ביחס לדיגומי העבר מדגימה בפעם נוספת את התלות הגדולה של המטבוליזם השולט במערכת האקולוגית ביחס בין הנוטריאנטים, בפרט חנקות וזרחות (איור 3). עליה יחסית בריכוז הזרחות שנכנסו ממעלה הנחל לאסטואר המלוח באוקטובר 2021 שינתה את המאזן המטבולי והטתה אותו לכיוון פוטוטרופי, בכך שוב מדגישה את חשיבותם של תהליכים הטרופיים במי הנחל, ובמיוחד בסביבות המושפעות יותר מכניסת נוטריאנטים (מעלה הנחל). למעשה, תהליכים בשכבת המים העמוקים, המהווה שכבת הגבול בין הסדימנט לעמודת המים, מוכתבים במידה רבה על ידי חיידקים הטרופיים בסדימנט עצמו. מידת פעילות החיידקים בסדימנט ובשכבת הגבול משלימה את התמונה של תפקוד הנחל כמערכת אקולוגית, בו חלה בניה של חומר אורגני (בתהליך הפוטוסינתזה) ופירוק (פעילות הטרופית) של חומר אורגני וצריכה ושחרור של נוטריאנטים. לפי שעה, לא מתבצעים דיגומים של סדימנט בנחל, אנו ממליצים להוסיף לדיגומים הקיימים גם דיגומים סדימנט בכל אחת מתחנות הדיגום, ובכך להרחיב את התמונה המתקבלת של תפקוד האסטואר.

טבלה 6: קצב היצרנות הראשונית (Primary production) והחידקית (Bacterial production) היממתית בנחל הקישון המלוח ובשתי תחנות במעלה הנחל באוקטובר 2021. כאשר היחס בין היצרנות החידקית לראשונית גדול מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות הטרוטרופית. כאשר היחס בין היצרנות החידקית לראשונית קטן מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות אוטוטרופית (פוטוסינתזה).

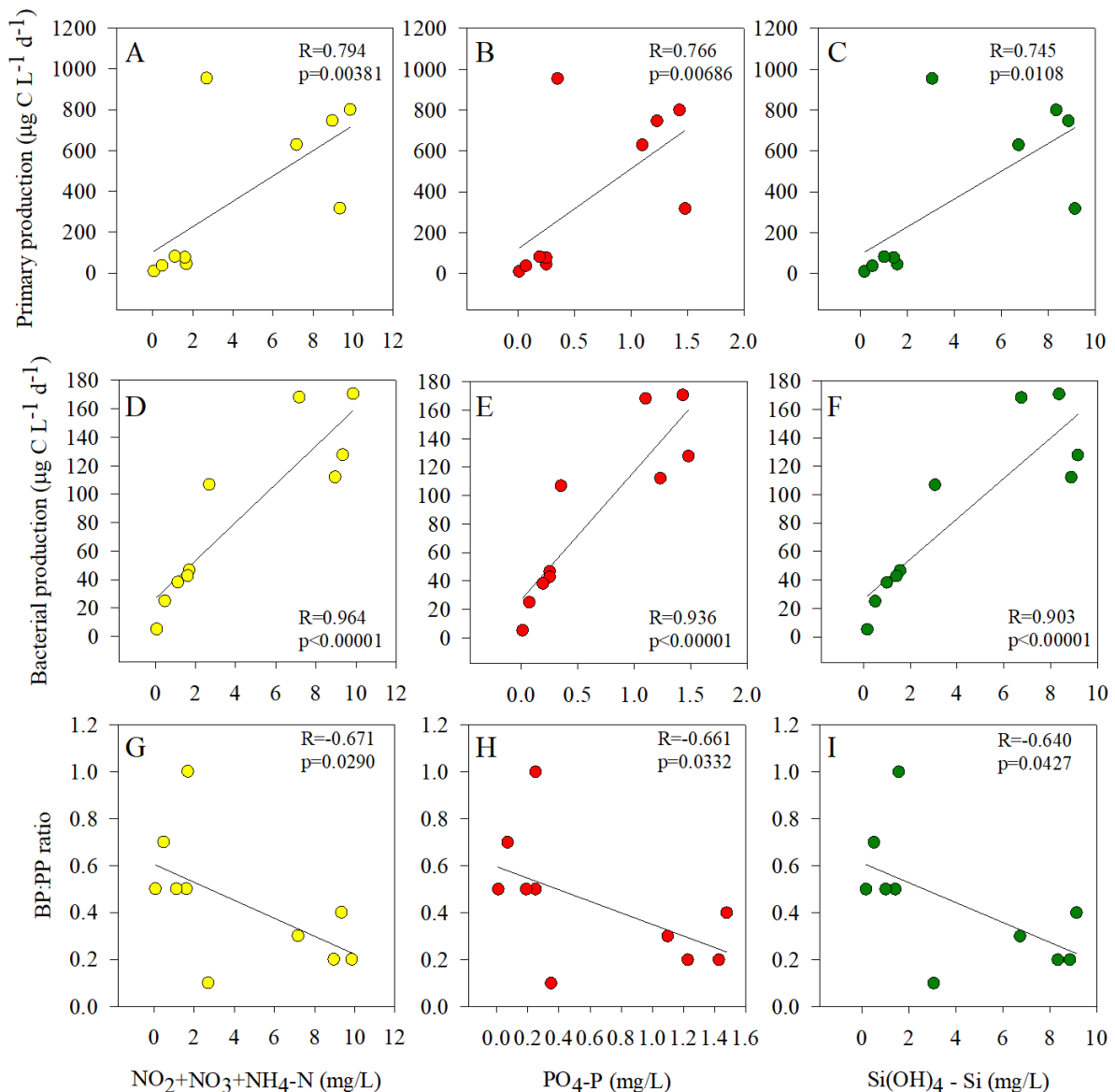
BP/PP ratio	Primary production ($\mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$)	Bacterial production ($\mu\text{g C L}^{-1} \text{d}^{-1}$)	עומק דיגום	תחנה
0.1	954.21±54.15	106.75±25.6	פני שטח	פתח נמל
0.5	9.71±6.63	5.15±0.75	קרקעית	
0.3	629.36±58.75	168.25±67.25	פני שטח	יוליוס
0.7	36.82±2.18	24.99±6.24	קרקעית	
0.2	746.64±69.06	112.04±8.38	פני שטח	אקליפטוס
1.0	45.19±8.80	46.55±10.14	קרקעית	
0.2	800.72±25.59	170.64±3.20	פני שטח	הסתדרות
0.5	77.60±7.74	42.62±9.21	קרקעית	
0.4	317.32±18.94	127.70±9.37	פני שטח	לבניות
0.5	81.39±3.41	38.09±5.73	קרקעית	
3.8	69.92±32.33	268.73±49.27	פני שטח	יגור
3.8	94.27±17.60	360.87±25.78	פני שטח	חוות החיות



איור 5: היחס בין יצרנות ראשונית (פוטוסינתזה) ליצרנות חידקית (קיבוע פחמן הטרוטרופי) במי הקישון המלוח באוקטובר 2021. הקו המקווקו מייצג יחס של 1:1 בין המשתנים. כאשר היחס זה גדול מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות הטרוטרופית.



איור 6: היחס בין יצרנות חיידקית (קיבוע פחמן הטרוטרופי) ליצרנות ראשונית (פוטוסינתזה) במי הקישון המלוח באוקטובר 2021. הקו מהווה יחס של 1:1 בין המשתנים. כאשר היחס זה גדול מ-1 המערכת 'נשלטת' על ידי יצרנות הטרוטרופית.



איור 7: הקשרים הלינארים בין ערכי היצרנות הראשונית (A-C), היצרנות החיידקית (D-F), והיחס בין יצרנות חיידקית ליצרנות ראשונית (G-I) לבין ריכוז ניטראט + ניטריט + אמוניה (A,D,G), זרחן (B,E,H) וסיליקה (C,F,I) בנחל הקישון המלוח באוקטובר 2021. עם קווי המגמה ומקדמי המתאם של קורלציית ספירמן.

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 (2002-2021) חשיבות רבה בהערכת טיב המים בנחל.

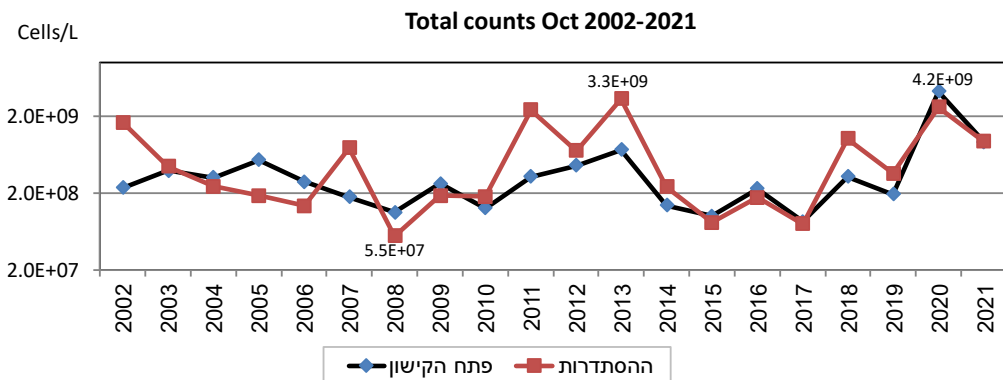
ריכוז תאי מיקרו-פיטופלנקטון

ריכוז התאים הכללי בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות ירד יחסית לסתיו 2020 בשתי התחנות (איור 8). ירידה זו מקורה בעיקר בירידה בריכוז בקטריות כחוליות מהסוג *Synechococcus* (איור 9). למרות הירידה, ריכוז התאים בשתי התחנות היה גבוה מהממוצע הרב שנתי בכל תחנה.

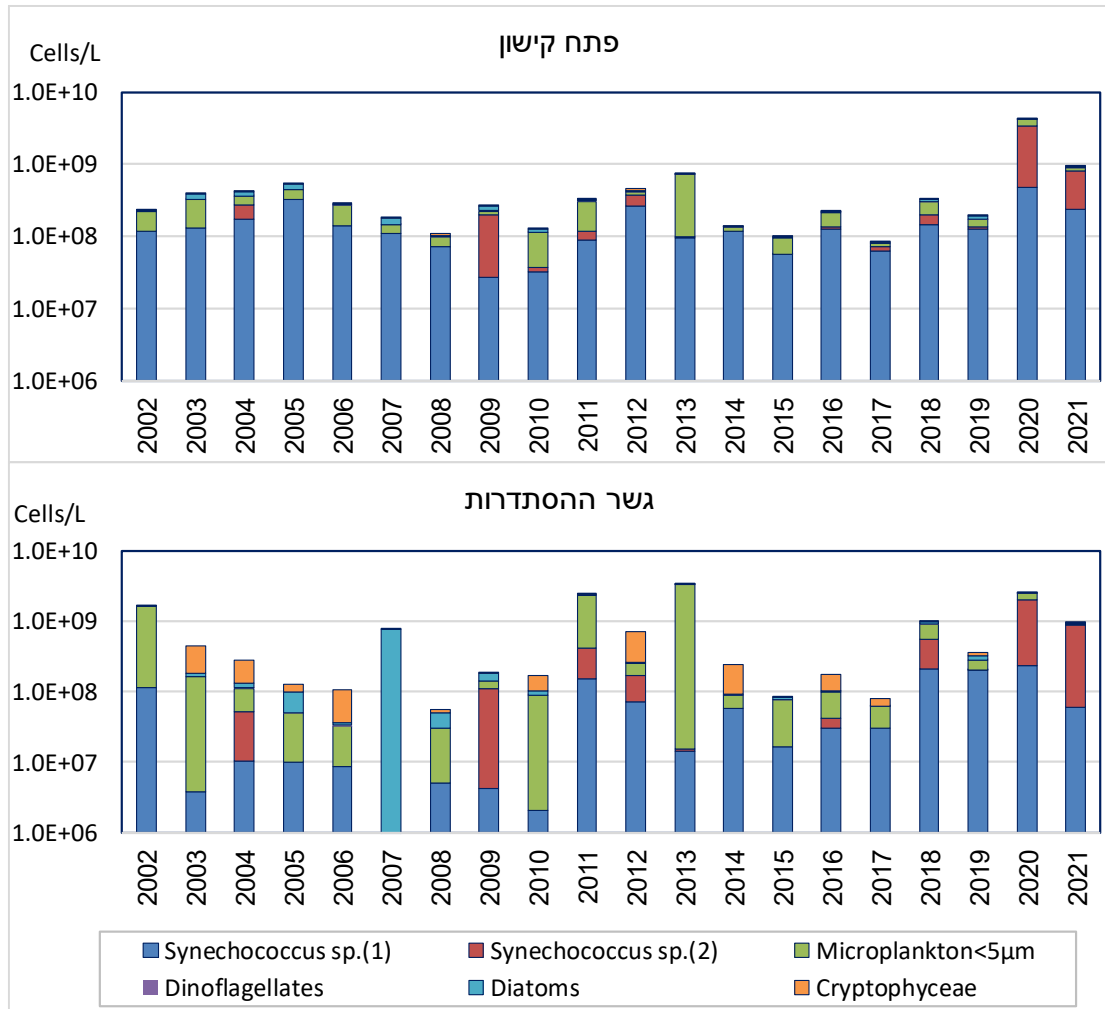
הבקטריה הכחולית מהמין (1) *Synechococcus* sp. הנפוצה גם לאורך החוף היוותה 25% מריכוז התאים הכללי בפתח הקישון וריכוזה היה גבוה מהממוצע הרב שנתי. גם ריכוז הבקטריה הכחולית מהמין (2) *Synechococcus* sp. המאפיינת את הקישון נותר גבוה מהממוצע הרב שנתי והייתה דומיננטית בשתי התחנות (איור 10A). היא היוותה בפתח הקישון כ- 60% מריכוז התאים הכללי, ובגשר ההסתדרות כ- 90% מהריכוז הכללי (איור 10B).

ביומסה וריכוז הכלורופיל

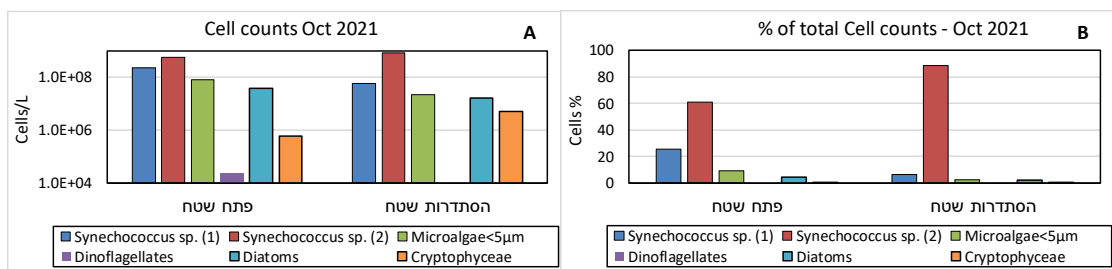
הביומסה וריכוז הכלורופיל ירדו ביחס לסתיו שנה קודמת (איורים 11-12) בהתאמה לירידה במספר התאים הכללי בשתי התחנות. בפתח הקישון פריחת הבקטריה הכחולית מהמין (2) *Synechococcus* sp., הותירה את הביומסה גבוהה מהממוצע הרב שנתי לתחנה זו (איור 11) ואת ריכוז הכלורופיל גבוה יחסית לשנים אחרונות. בגשר ההסתדרות הביומסה וריכוז הכלורופיל נותרו דומים לממוצע השנים האחרונות (איור 12). את עיקר הביומסה בשתי התחנות היוו הבקטריות הכחוליות מהמין הנפוץ בקישון (2) *Synechococcus* sp. (איור 13A). תאי בקטריות אלה גדולות מהמין הנפוץ לאורך החוף ועל כן הביומסה שלהן גדולה יותר. בפתח הקישון הן היוו 67% מהביומסה הכללית ובגשר ההסתדרות הן היוו 85% מהביומסה הכללית (איור 13B). ריכוז הכלורופיל בשתי התחנות (איורים 11,12) היה בתחום הבינוני (בגשר ההסתדרות קרוב יותר לגבול העליון) בהשוואה לקריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים.



איור 8: ריכוז התאים הכללי בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות בסתיו 2002-2021

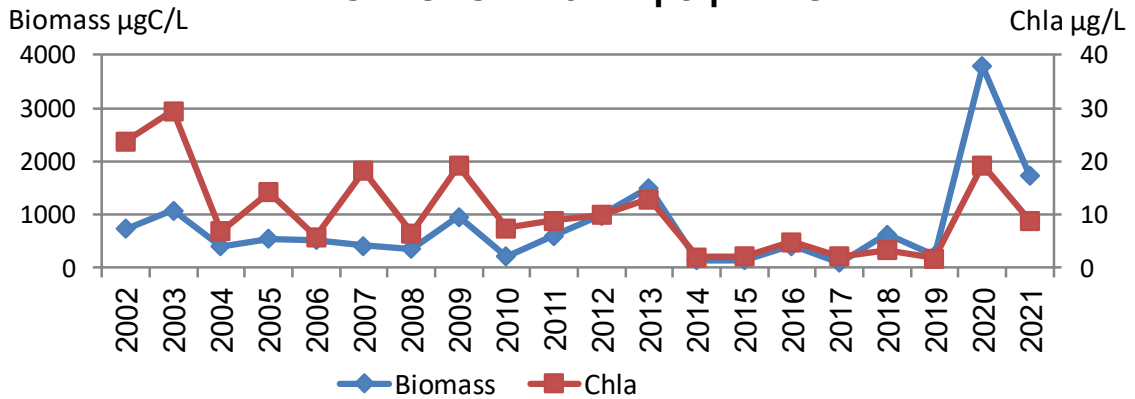


איור 9: התפלגות ריכוז התאים מקבוצות המיקרופלנקטון השונות, בשתי התחנות בסתיו 2002-2021



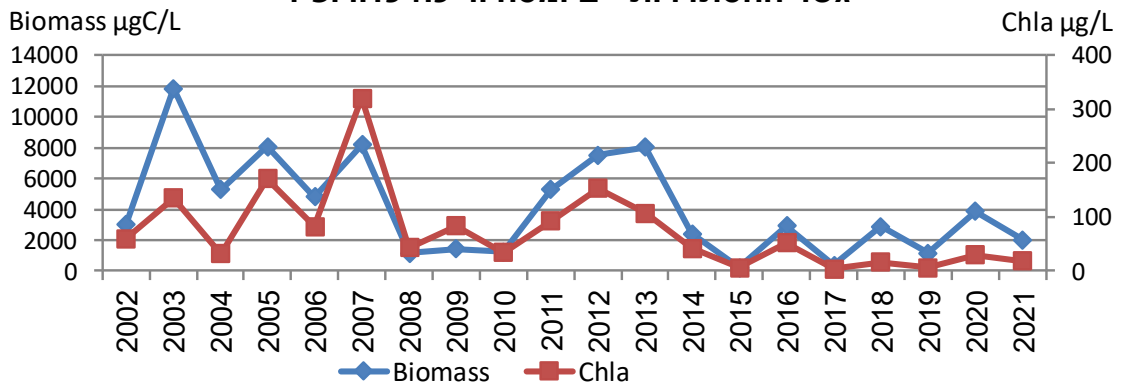
איור 10: ריכוז התאים בקבוצות המיקרופלנקטון (A) וריכוזם היחסי באחוזים (B) באוקטובר 2021

פתח הקישון ביומסה וריכוז כלורופיל

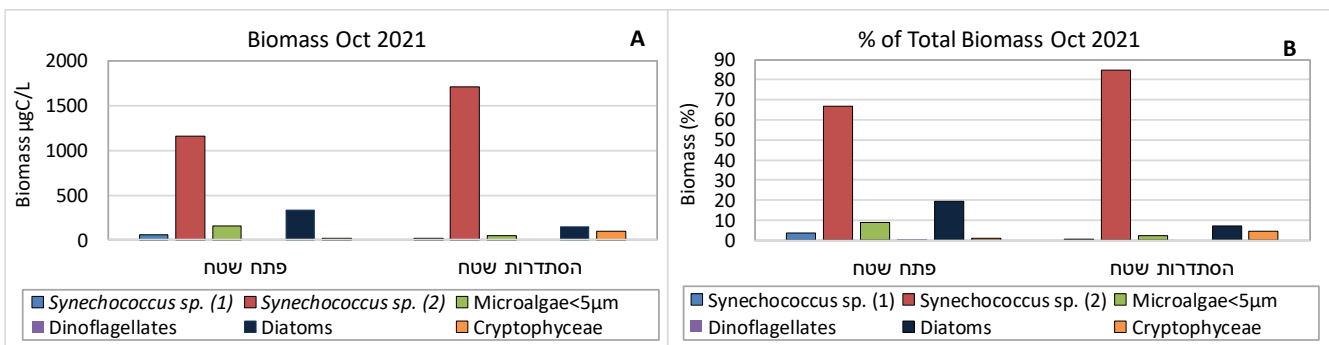


איור 11: התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בפתח הקישון בסתיו 2002-2021

גשר ההסתדרות - ביומסה וריכוז כלורופיל



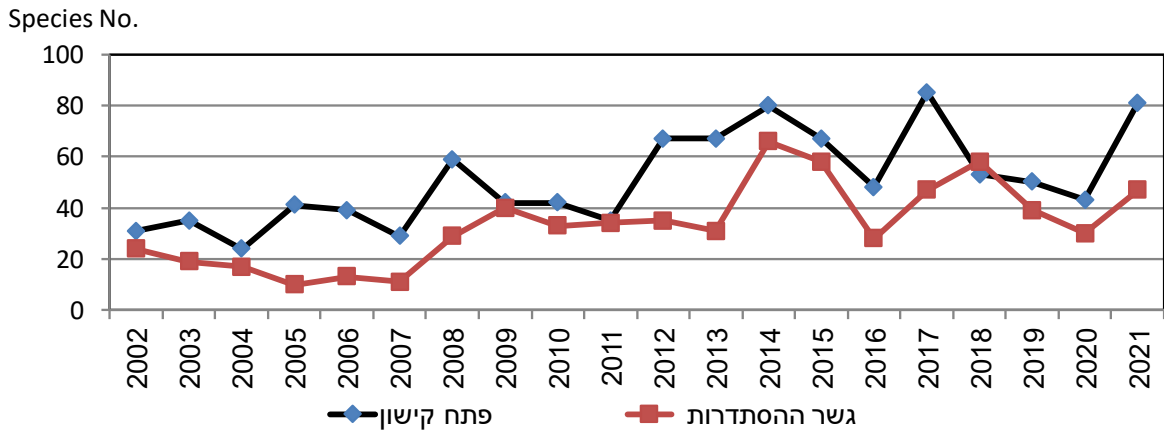
איור 12: התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בגשר ההסתדרות בסתיו 2002-2021



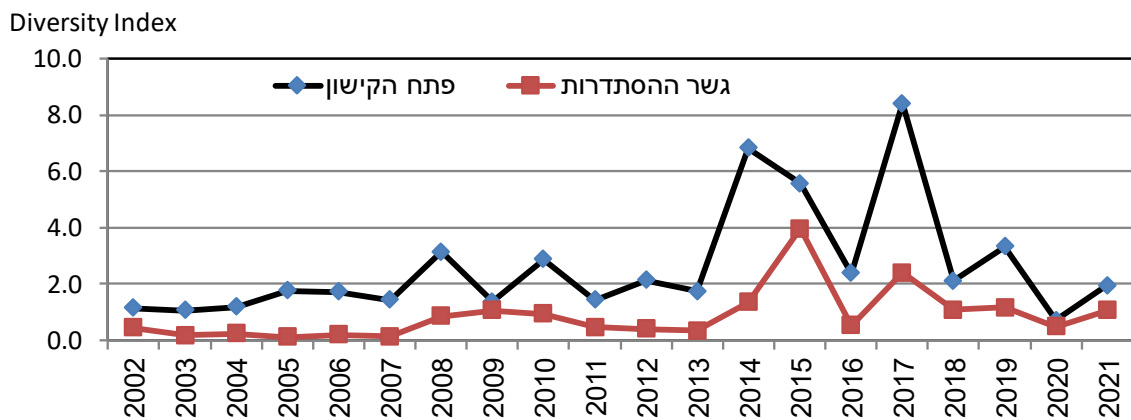
איור 13: ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון (A) ושיעורה באחוזים (B) באוקטובר 2021

מגוון המינים ואינדקס מגוון המינים (Diversity Index)

מספר המינים עלה יחסית לשנה קודמת והיה גבוה ביחס למוצע הרב שנתי (איור 14). העלייה במספר המינים נבעה מעלייה במגוון מיני האצות הירוקות ובקטריות כחוליות, שהן אופייניות למים בעלי מליחות יחסית נמוכה. בהתאמה לעלייה במספר המינים עלה אינדקס מגוון המינים (Diversity Index) (חושב לפי Menhinick's index - מסי' המינים / שורש ריבועי של הבימוסה), ביחס לשנה קודמת בשתי התחנות (איור 15). בפתח הקישון האינדקס נמוך ביחס למוצע הרב שנתי ובגשר ההסתדרות גבוה מהממוצע.



איור 14: מספר המינים בפתח הקישון ובגשר ההסתדרות בסתיו 2002-2021



איור 15: אינדקס מגוון המינים (Diversity Index) בסתיו 2002-2021

הרכב מיני המיקרופלנקטון

בפתח הקישון פרחו הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus sp.* (2) ואצות צורניות. שתיהן יחד היוו 86% מהבימוסה הכללית (איור 13). קבוצת הדינופלגלטים היוותה פחות מ- 1% מהבימוסה הכללית, אך היא תרמה למגוון המינים בדומה לקבוצת האצות הצורניות. שתיהן יחד היוו 65% מכלל המינים בתחנה זו. מינים הקטנים מ- 15µm מקבוצת הדינופלגלטים (טבלה 7) היו שכיחים, בדומה למפרץ חיפה החוף הישראלי. המין הנפוץ ביותר היה *Prorocentrum micans*, דינופלגלט נפוץ בפתח הקישון. בנוסף, דינופלגלט גדול מהמין *Ceratium furca* נמצא בריכוז גבוה ביחס לשנים קודמות. הצורנית *Thalassiosira pseudonana* הנפוצה

במי הקישון, הופיע בפריחה גם השנה בדומה לסתיו אשתקד, והיוותה 99% מהביומסה של האצות הצורניות ו- 19% מהביומסה הכללית.

הבקטריות הכחוליות מהמין (2) *Synechococcus* sp. פרחו גם בגשר ההסתדרות בדומה לפתח הקישון. הן היו כ- 85% מהביומסה הכללית (איור 13). בשונה משנתיים קודמות לא נראו בסתיו 2021 מיני דינופלגלטים בגשר ההסתדרות, ככל הנראה עקב שינויים ביחסי החנקן/זרחן, אולם לא ניתן לומר בוודאות ויש להמשיך לעקוב אחר התופעה ולראות אם היא חוזרת. בניגוד לדינופלגלטים, חלה עלייה במספר מיני צורניות ומינים המאפיינים מים פחות מלוחים. בדומה לפתח הקישון, הצורנית *Thalassiosira pseudonana* הייתה הנפוצה ביותר והיוותה 98% מביומסת הצורניות, ו- 7% מהביומסה הכללית. בניטור זה נמצא מספר מצומצם של מינים בעלי פוטנציאל טוקסי בריכוז נמוך מאד.

טבלה 7: ריכוז המיקרופלנקטון (תאים/לליטר) בקישון – אוקטובר 2021

גשר הסתדרות	פתח קישון	גשר הסתדרות	פתח קישון
Dinoflagellates		Diatoms	
<i>Ceratium furca</i>	733	<i>Thalassiosira pseudonana</i>	3.8E+07
<i>Ceratium kofoidii</i>	10	<i>Thalassiosira</i> spp.	2.7E+04
<i>Cochlodinium</i> spp.	3	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	147
<i>Corythodinium</i> sp.	30	Cryptophyceae	
<i>Dinophysis rotundata</i>	15	<i>Cryptomonad</i> spp.	5.9E+05
<i>Gonyaulax polygramma</i>	160	<i>Hemiselmis</i> sp.	4.7E+06
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	3	Chlorophyceae	
<i>Gonyaulax spinifera</i>	277	<i>Actinastrum</i> sp.	667
<i>Gonyaulax</i> spp.	157	<i>Closteriopsis longissima</i>	1267
<i>Gymnodinium elongatum</i>	14	<i>Coelastrum cambricum</i>	114
<i>Gymnodinium</i> sp. (1188)	43	<i>Coelastrum microporum</i>	67
<i>Gymnodinium</i> sp. (120A)	10	<i>Crucigenia quadrata</i>	267
<i>Metadinophysis sinensis</i>	3	<i>Crucigeniella crucifera</i>	10
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	17	<i>Crucigeniella rectangularis</i>	71
<i>Podolampas palmipes</i>	3	<i>Monoraphidium arcuatum</i>	86
<i>Prorocentrum gracile</i>	115	<i>Monoraphidium komarkovae</i>	67
<i>Prorocentrum micans</i>	1063	<i>Monoraphidium minutum</i>	143
<i>Protoperdinium bipes</i>	57	<i>Oocystis borgei</i>	10
<i>Protoperdinium</i> sp. (54)	7	<i>Pediastrum duplex</i>	2
<i>Protoperdinium pyriforme</i>	3	<i>Scenedesmus acuminatus</i>	27
<i>Protoperdinium</i> spp.	271	<i>Scenedesmus acutus</i>	114
<i>Scrippsiella</i> sp.	171	<i>Scenedesmus bicaudatus</i>	54
<i>Scrippsiella spinifera</i>	361	<i>Scenedesmus obliquus</i>	10
Unidentified Dinoflagellates<15µm	2.0E+04	<i>Scenedesmus opoliensis</i>	20
Diatoms		<i>Scenedesmus quadricauda</i>	147
<i>Achnanthes</i> sp.	24	<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>biort</i>	13
<i>Amphora</i> sp. (1998)	29	<i>Scenedesmus planctonicus</i>	29
<i>Amphora</i> spp.	71	<i>Scenedesmus tibiscensis</i>	41
<i>Asteroplanus karianus</i>	17	<i>Schroederia robusta</i>	3
<i>Bacillaria paxillifera</i>	13	Unidentified sp. (1272)	333
<i>Chaetoceros</i> spp.	273	Unidentified sp. (998)	3.5E+03
<i>Cylindrotheca closterium</i>	143	Cyanobacteria	
<i>Entomoneis gigantea</i>		<i>Aphanocapsa minuta</i>	200
<i>Entomoneis</i> sp. (BS21)	34	<i>Leptolyngbya</i> spp.	3429
<i>Entomoneis paludosa</i>	3	<i>Microcystis aeruginosa</i>	240
<i>Entomoneis</i> sp. (1622)	406	<i>Oscillatoria</i> cf. <i>limosa</i>	429
<i>Leptocylindrus danicus</i>	171	<i>Oscillatoria</i> sp. (328A)	1333
<i>Licmophora</i> spp.	26	<i>Oscillatoria</i> sp. (613)	160
<i>Melosira moniliformis</i>	167	<i>Oscillatoria</i> sp. (914)	240
<i>Navicula</i> sp. (251A)	29	<i>Oscillatoria</i> spp.	6000
<i>Navicula</i> spp.	1007	<i>Spirulina platensis</i> (µm)	8333
<i>Navicula</i> sp. (320)	3	<i>Synechococcus</i> sp. (1)	2.4E+08
<i>Navicula</i> sp. (1949)	343	<i>Synechococcus</i> sp. (2)	5.6E+08
<i>Navicula</i> sp. (1131A)		<i>Trichodesmium</i> sp.	7143
<i>Nitzschia incerta</i>	130	Euglenoides	
<i>Nitzschia longissima</i>	43	<i>Euglena</i> sp.	14
<i>Nitzschia</i> sp. (592A)	63	<i>Eutreptia</i> sp.	14
<i>Nitzschia</i> sp. (1129A)	3	Ciliates	
<i>Nitzschia</i> sp. (1566A)	1200	<i>Mesodinium rubrum</i>	1514
<i>Pleurosigma</i> spp.	17	Ebriophyceae	
<i>Streptotheca tamesis</i>	14	<i>Hermesinum adriaticum</i>	57
<i>Surirella</i> sp.	14	Microalgae<5µm	8.2E+07
<i>Synedra</i> sp.		Total Cells/L	9.2E+08

השוואה רב-שנתית – תחנות פתח הקישון וגשר ההסתדרות- דיגומי סתיו 2002-2021

ריכוז התאים, הביומסה וריכוז הכלורופיל

קיימת תנודתיות בריכוז התאים (איורים 8-9), בביומסה ובריכוז הכלורופיל (איורים 11-12) לאורך השנים בסתיו. בפתח הקישון ובתחנת ההסתדרות ממוצע הביומסה וריכוז הכלורופיל בין השנים 2014-2019 היו נמוכים באופן מובהק ביחס לסתיו בשנים קודמות (2002-2013). בשנתיים אחרונות (סתיו 2020-2021) חלה עלייה בביומסה ובריכוז הכלורופיל בפתח הקישון והיו גבוהים באופן מובהק ביחס לתקופות הקודמות. במקביל, בגשר ההסתדרות המגמה של ביומסה וכלורופיל נמוכים נמשכת.

קבוצות המיקרופלנקטון השונות

פתח הקישון

פתח הקישון התאפיין בדומיננטיות של קבוצת הצורניות וקבוצת המיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$ בביומסה הכללית, לסירוגין (איורים 17-18), עם תנודתיות בין השנים. בפרט, הדומיננטיות של האצות הצורניות שהחלה בסתיו 2003 התחלפה ב- 2010 בדומיננטיות של מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ (איורים 17-18). בשנתיים האחרונות (סתיו 2020-2021) הן התחלפו בדומיננטיות של הבקטריות הכחוליות, חד תאיות מהמין *Synechococcus sp.*(2) המאפיינות את פתח הקישון (איורים 9, 16) והן היוו בממוצע $62\% \pm 6$ מהביומסה הכללית (איורים 17-18). בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus sp.*(1) השכיחות גם במים העמוקים במפרץ חיפה וכן לאורך החוף הישראלי, היו דומיננטיות מבחינה מספרית לאורך השנים (איור 9). אולם למרות העלייה בריכוזן בשנתיים אחרונות, הן מהוות אחוז קטן בביומסה הכללית ($7.4\% \pm 5$).

קבוצת דינופלגלטים המורכבת ברובה ממינים ימיים, הייתה מגוונת יותר במספר המינים בפתח הקישון ביחס לגשר ההסתדרות. מיני דינופלגלטים קטנים מ- $15\mu\text{m}$ היו השכיחים ביותר, כמו במפרץ חיפה ולאורך החוף הישראלי. לרב קבוצה זו מהווה חלק קטן מהביומסה הכללית. בסתיו 2021 הביומסה שלהם עלתה מעט ביחס לשנה הקודמת, אולם הם היוו אחוז קטן מאד מהביומסה הכללית (איור 13). קיימת חשיבות גדולה במעקב אחר קבוצה זו משום שמינים רבים בה מסוגלים ליצור פריחות מזיקות או רעילות בתנאים מתאימים.

גשר ההסתדרות

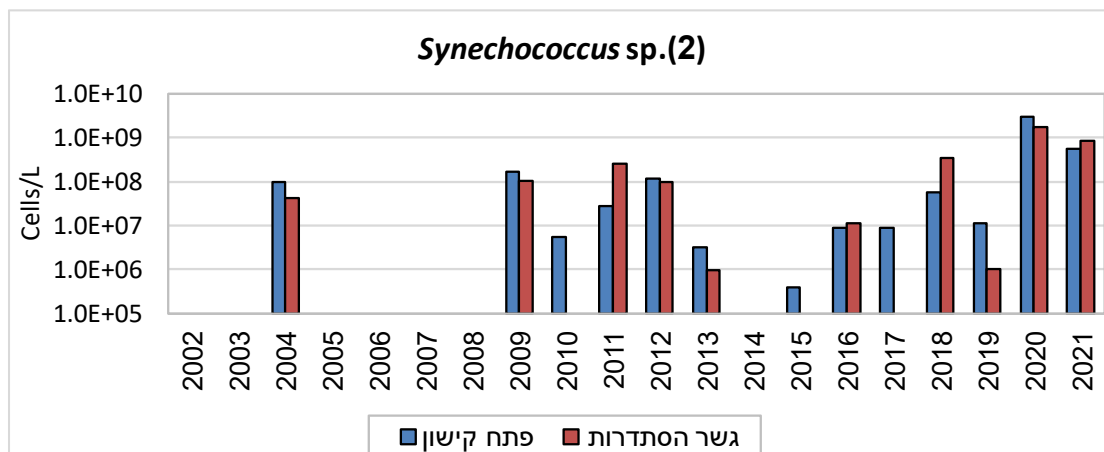
הביומסה של המיקרופלנקטון הייתה הרבה יותר גבוהה, בגשר ההסתדרות ביחס לפתח הקישון, גם התנודתיות בהתפלגות הקבוצות השונות הייתה גדולה יותר (איורים 12, 17). פלגלטים מקבוצת ה-*Cryptophyceae* היו דומיננטיים בחלק ניכר מהדיגומים, כאשר לסירוגין פרחו מינים מקבוצות אחרות (אצות צורניות, מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ ופלגלטים מהמין *Euglena sp.*). מסתיו 2014-2021 חלה ירידה בביומסה ובשיאי הפריחה (איורים 17-18). בסתיו 2020-2021 בקטריות כחוליות חד תאיות משני המינים פרחו וריכוזן היה גבוה מאד יחסית לשנים קודמות. בסתיו 2021 היוו הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus sp.*(2) 85% מהביומסה הכללית (איורים 13, 18).

מגוון המינים ואינדקס מגוון המינים (Diversity Index)

בגשר ההסתדרות מספר המינים ואינדקס מגוון המינים היו נמוכים, ולעיתים באופן ניכר ביחס לפתח הקישון לאורך השנים (איורים 14-15).

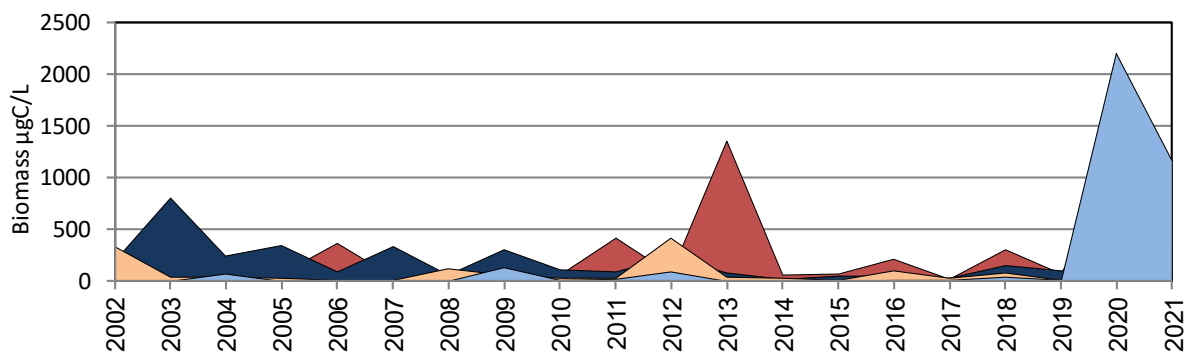
א. **מספר המינים** – קיימת מגמת עליה במספר המינים לאורך השנים 2002-2021 בשתי התחנות (איור 14).

ב. אינדקס מגוון המינים – קיימת תנודתיות באינדקס מגוון המינים בפתח הקישון במיוחד (איור 15). בשתי התחנות חלה עלייה באינדקס מגוון המינים שהגיע לשני שיאים (2014-2015, 2017). בארבע שנים אחרונות קיימת ירידה כללית באינדקס מגוון המינים. יש להמשיך ולעקוב אחר המגמה מהשנים האחרונות.

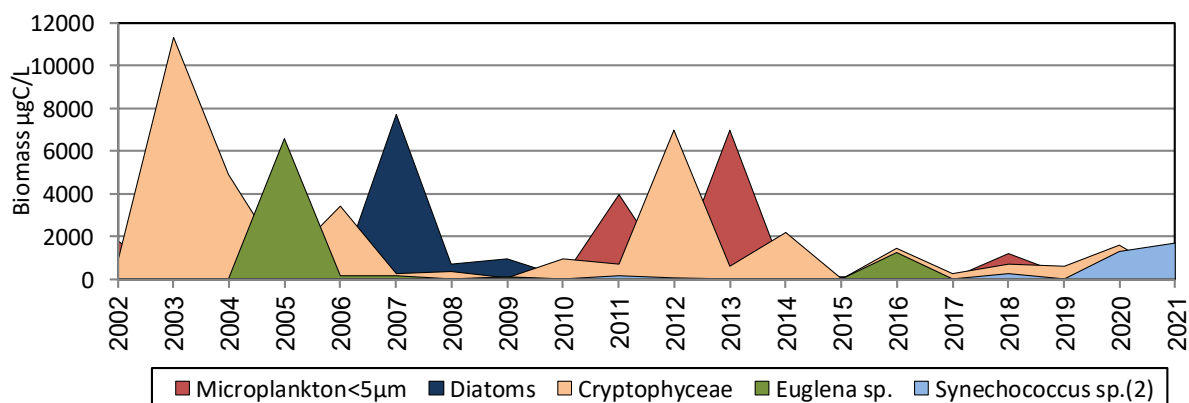


איור 16: ריכוז הבקטריות הכחולות *Synechococcus sp. (2)* בשתי התחנות בסתיו 2002-2021

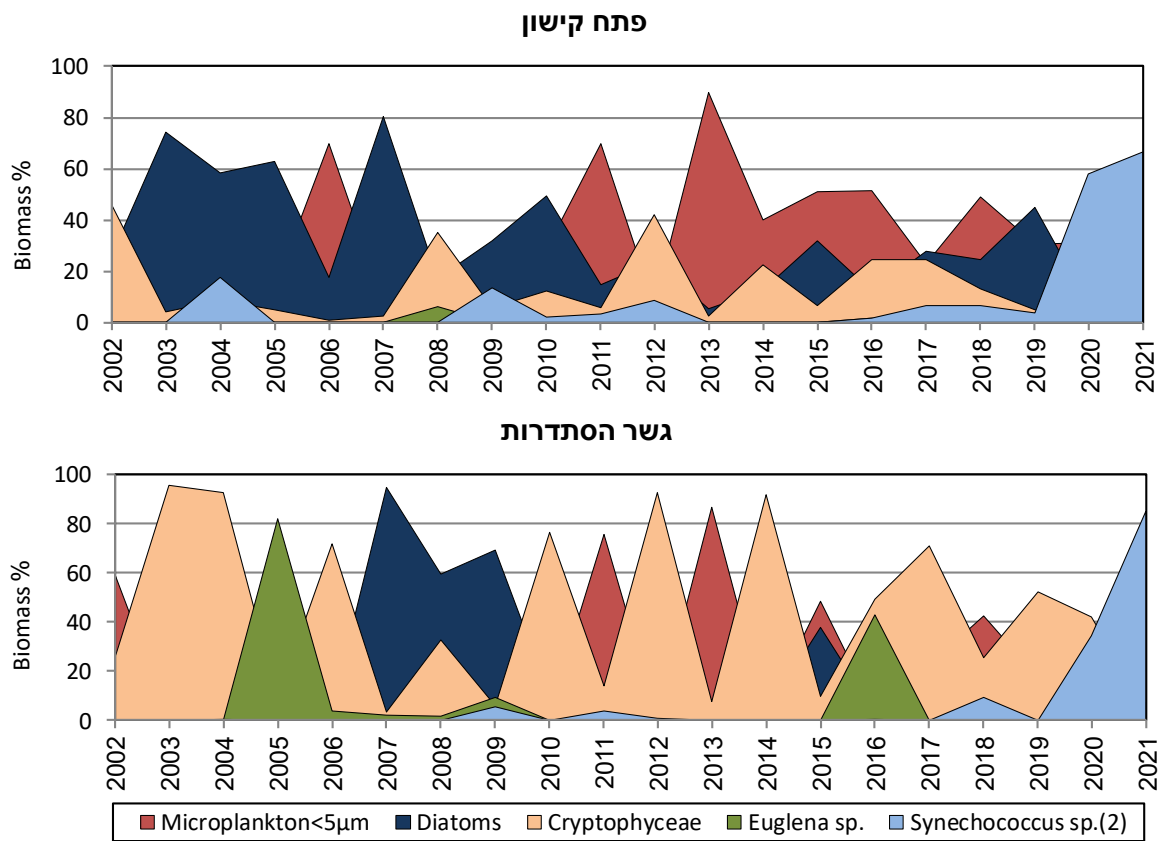
2002-2021 פתח קישון



2002-2021 גשר הסתדרות



איור 17: התפלגות הביומסה של קבוצות דומיננטיות בסתיו 2002-2021



איור 18: הביומסה היחסית באחוזים של קבוצות המיקרופלנקטון בסתיו 2002-2021

- 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.