



אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח,
דו"ח ניטור מאי 2014

דו"ח חיא"ל H39/2015

נורית גורדון, ברק חרות, נורית קרס

דו"חות חיא"ל
I O L R REPORTS



Oceanographic & Limnological Research Ltd. חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ
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 מאי 2014**

דו"ח חיא"ל H39/2015

נורית גורדון, ברק חרות*, נורית קרס

* מחבר לתכתובת

מוגש לרשות נחל הקישון

עזרו במחקר: ירון גרטנר, עדנה שפר, רחלי גל, אפרת שהם-פרידל

ברק חרות

חתימה:

אוגוסט 2015

אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח, דו"ח ניטור מאי 2014

1. מטרת הניטור

מטרה הניטור היא לאפיין ולעקוב אחר שינויים באוכלוסיות המיקרואצות (מיקרו-פיטופלנקטון) בחלקו המלוח של נחל הקישון (בין גשר ההסתדרות למוצא נמל חיפה) ואת התנאים הסביבתיים הנלווים. אפיון האוכלוסיות אלה נעשה ברמת המערכה והסוג. במידה ונמצאו סוגים שליטים שלהם מינים הידועים כמזיקים, נמשך הזיהוי עד לרמת המין.

2. דיגום ושיטות

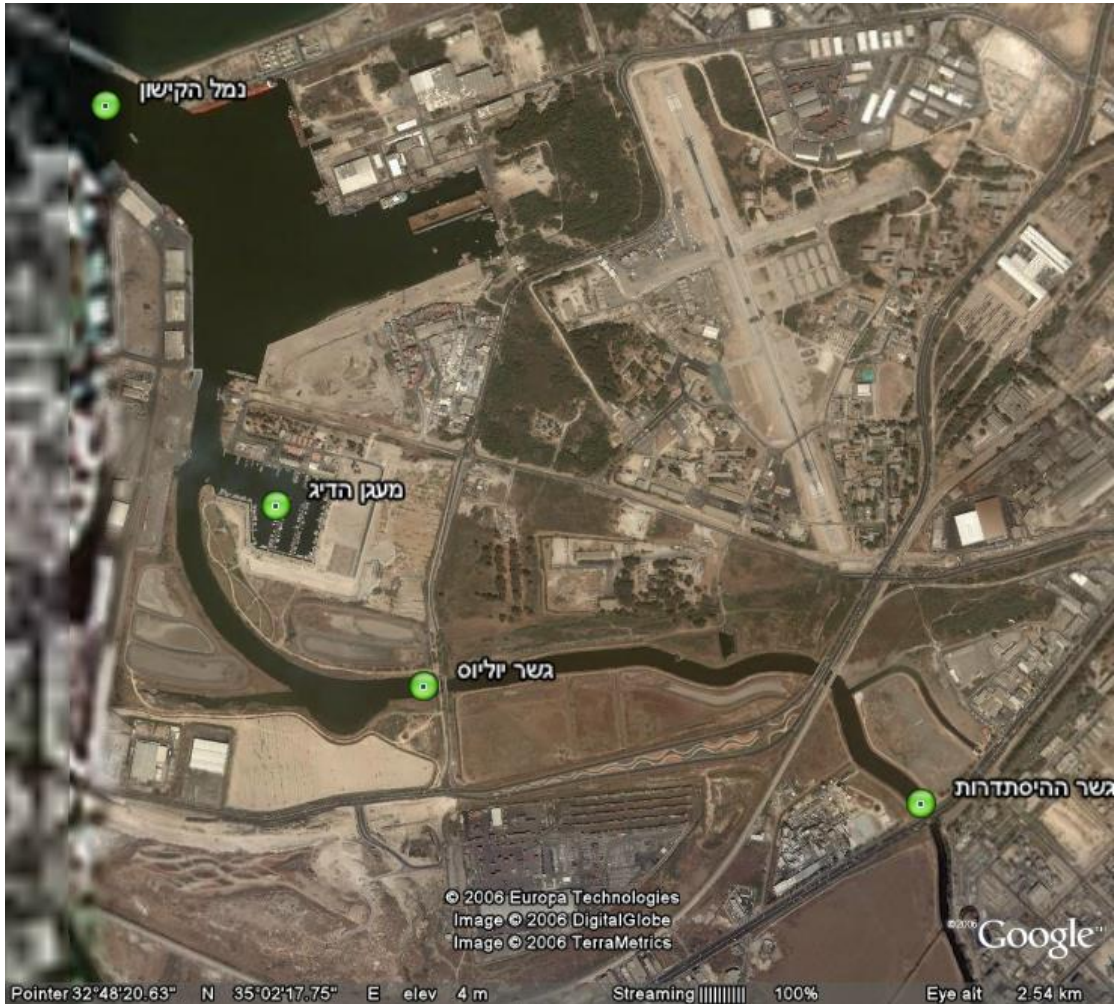
ארבע תחנות במערכת התחתונה של נחל הקישון (גשר ההסתדרות, גשר יוליוס סימון, מעגן הדיג ופתח נמל הקישון) נדגמו מסירה בחודש במאי 2014 (איור 1). בכל תחנה נמדד פרופיל עומק של מוליכות (שמומר למליחו, אין יחידות), טמפרטורה ($^{\circ}\text{C}$), חמצן מומס במים (mg/L), אחוז רווית חמצן (%), ערך הגבה (pH) ועכירות (NTU) באמצעות מכשיר YSI 6600 UPS מחברת Yellow Springs Instruments. כמו כן, מי שטח ומי עומק (מעל הקרקעית) בכל תחנה נדגמו באמצעות בקבוק ניסקין או ישירות לכלי הדיגום לאפיון אוכלוסיית הפיטופלנקטון, ולקביעת ריכוזי כלורופיל, נוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, אמוניום, חומצה סיליצית), וריכוזי חומר מרחף (SPM). הדגימות חולקו לכלי דיגום מתאימים והובאו למעבדה תוך מספר שעות מהדיגום. דגימות המים (בנפח ידוע) רוכזו דרך פילטרים של 63 ו-15 מיקרון לצורך הסתכלות על תאים חיים וזיהויים.

במעבדה, דגימות המים לנוטריאנטים הוקפאו עד לבדיקתן בשיטה פוטומרית וזרימה מקוטעת במכשיר IOC-SCOR-UNESCO, Kress and Herut, 2001] ב- Skalar SAN^{plus} systems בשיטות המפורטות ב- [1994; דגימות מים לקביעת כלורופיל סוננו דרך פילטרים GF/F ($0.7\mu\text{m}$) 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. דגימות מים לבדיקת ריכוזי חומר מרחף סוננו דרך פילטר 0.45 מיקרון אשר נשקל לפני הסינון. הפילטר יובש ונשקל שוב. ריכוזי החומר המרחף חושב מההפרש.

דגימות מים לאפיון וספירת אוכלוסיית הפיטופלנקטון הובאו למעבדה וסוננו מייד על מספר פילטרים בהתאם לגודל תאי האצות:

1. סוגים קטנים (עד 5 מיקרון) - סוננו על גבי פילטר פוליקרבונט (0.45 מיקרון) ושומרו באמצעות גלוטראלדהיד. הפילטר עם הדגימה הונח על גבי טיפת שמן אימרסיה שהונחה על זכוכית נושאת. על הפילטר הונחה טיפה נוספת של שמן אימרסיה והפילטר כוסה בזכוכית מכסה. הדגימות נשמרו בהקפאה עד לזיהוי וספירה בעזרת מיקרוסקופ אפיפלאורסנטי.
2. סוגים גדולים מ-5 מיקרון - סוננו על גבי פילטרים מפוליקרבונט (3 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 דגימה שהונחה על זכוכית נושאת עם פני הפילטר כלפי מטה. זכוכית

נושאת הונחה מיד על גבי קרח יבש ולאחר קפיאת התאים הוסר הפילטר והתאים שנשארו על הזכוכית כוסו בשכבת גליצרין גילי שהתייבש לאחר זמן מה. לאחר מכן הונחה על הדגימה טיפת גליצרול שכוסתה בזכוכית מכסה. הדגימות נשמרו בהקפאה עד לזיהוי וספירה שנעשו באור רגיל ובפלורוסנציה באמצעות מיקרוסקופ אפיפלאורסנטי.



איור 1: מיקום תחנות הדיגום (מסומן בעיגול) בנחל הקישון המלוח: גשר ההסתדרות, גשר יוליוס סימון, מעגן הדיג, פתח נמל הקישון. תמונה מתוך Google Earth.

מיקום התחנות נתון להלן:

| תחנה | קו רוחב (N) | קו אורך (E) |
|------------------|-------------|-------------|
| גשר ההסתדרות | 32° 47.860' | 35° 2.840' |
| גשר יוליוס סימון | 32° 48.01' | 35° 2.010' |
| מעגן הדיג | 32° 48.360' | 35° 1.823' |
| פתח נמל הקישון | 32° 48.899' | 35° 1.572' |

3. תוצאות

3.1. פרמטרים כימיים-פיסיקליים בעמודת המים

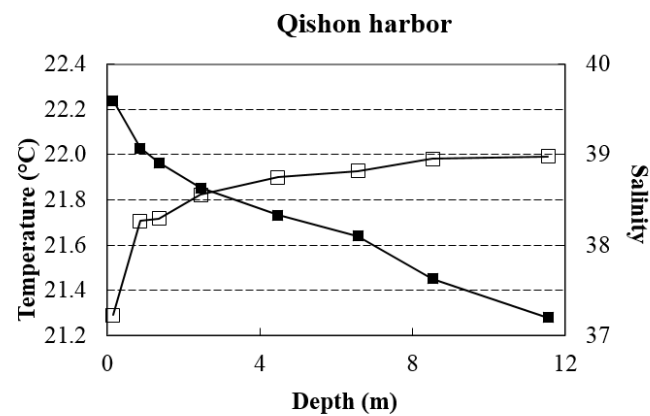
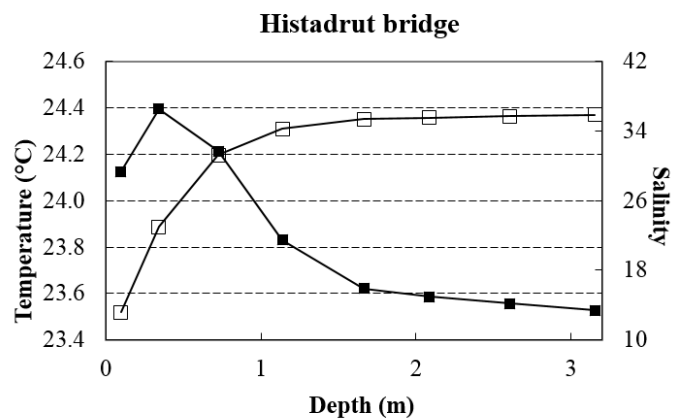
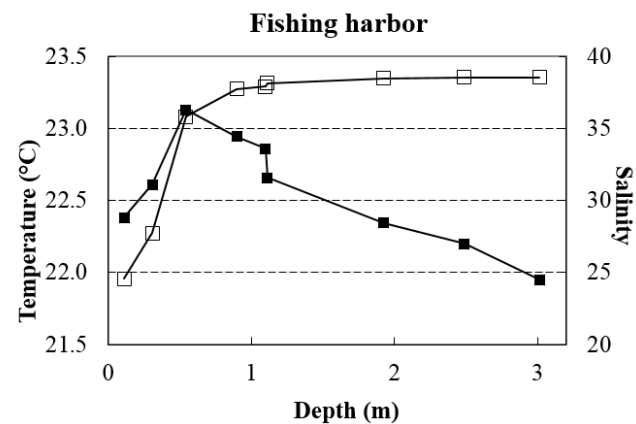
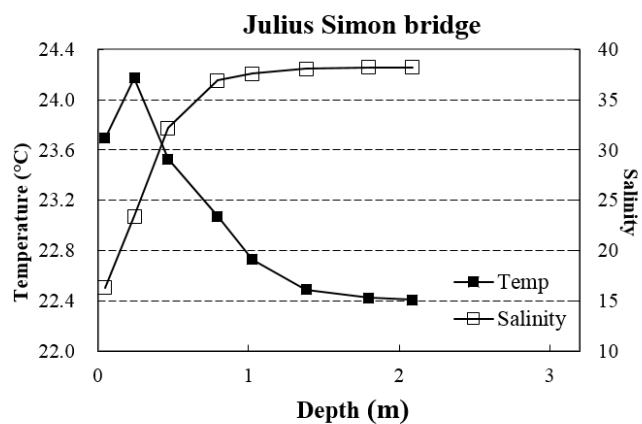
פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן, pH ועכירות בארבעת תחנות הדיגום מוצגים באיורים 2-4. ריכוזי הנוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, אמוניום, וחומצה סיליצית), הכלורופיל והחומר המרחף (suspended particulate matter – SPM) בדגימות פני השטח ומי עומק בכל תחנת דיגום מוצגים בטבלה 1.

כללית, עמודת המים משכבת בכל תחנות הדיגום וחלקה העליון (עד עומק מים של כ-1 מ') פחות מלוח מחלקה התחתון (איור 2). המליחות עולה לכוון מורד הנחל הן בגוף המים העליון והן בתחתון, כאשר במי השטח הגרדיאנט גדול יותר לעומת הגרדיאנט במים העמוקים (טבלה 1). הטמפרטורות בפני השטח דומות בכל התחנות (22-24 מעלת צלזיוס), ומושפעת במידה מסוימת בשעת הדיגום בכל תחנה.

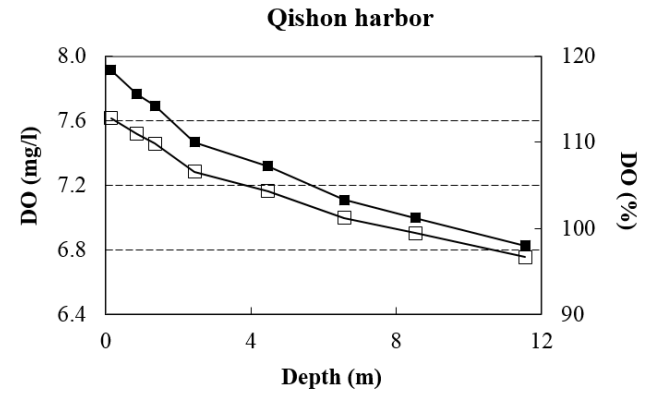
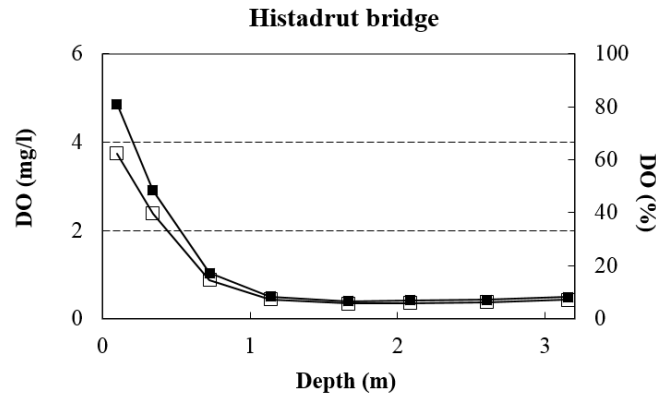
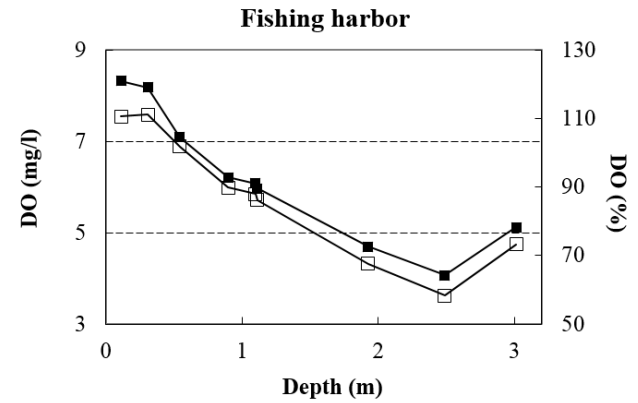
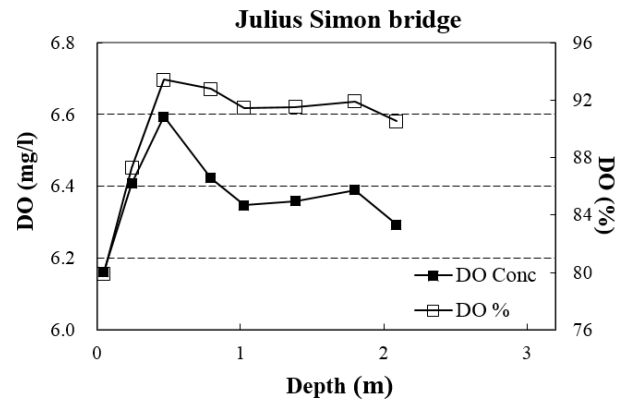
ריכוז החמצן במי השטח בתחנות מעלה הנחל (גשר יוליוס וגשר ההסתדרות) היו תת רוויים בחמצן (62-80%), ככל הנראה כתוצאה מערבוב בין מי נחל מאזור הזרמות המפעלים שעניים בחמצן בגלל תהליכי נשימה לבין מי ים עשירים יחסית בחמצן, ומתהליכי פריחת אצות (איור 3). אולם, ערכים אלה לא מעידים על עקה ביולוגית בזמן הדיגום (5-2 מג"ל). ערכי ההגבה (pH) היו בתחום שבין 7.77 ל-8.13, בדומה לדיגומים קודמים בחודש מאי, ומבנה פרופיל העומק לא הראה שינויים משמעותיים (איור 4).

ערכי העכירות היו בתחום 2.76-50.61 NTU, גבוה יחסית בתחנות גשר יוליוס סימון ונמוך במוצא הנחל (טבלה 1, איור 4). ריכוזי החומר המרחף הראו מגמה די דומה עם ריכוזים גבוהים יותר בתחנות גשר ההסתדרות ויוליוס ונמוכים ככל שמתקרבים למוצא הנחל (טבלה 1).

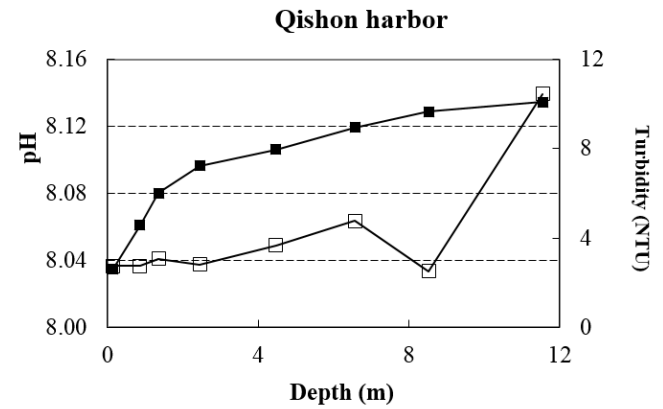
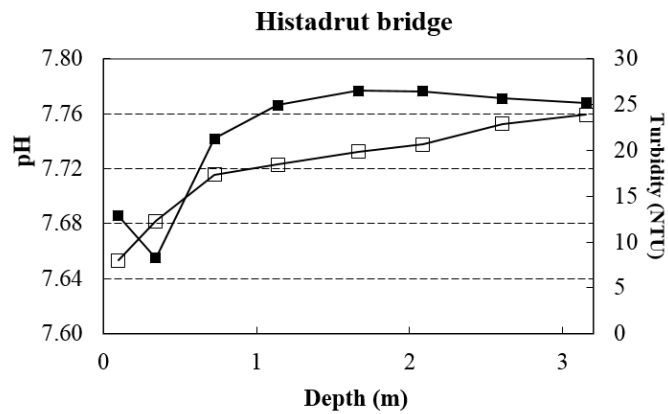
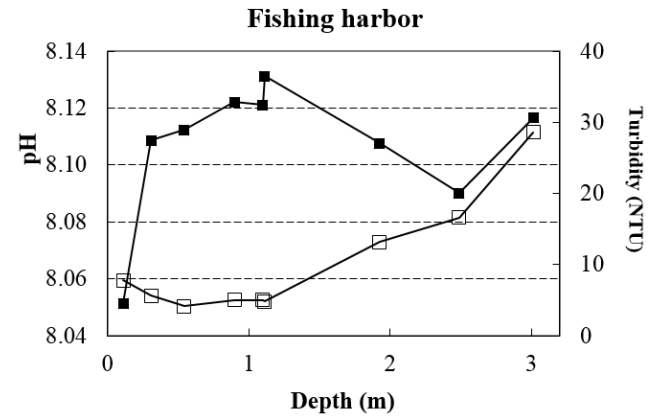
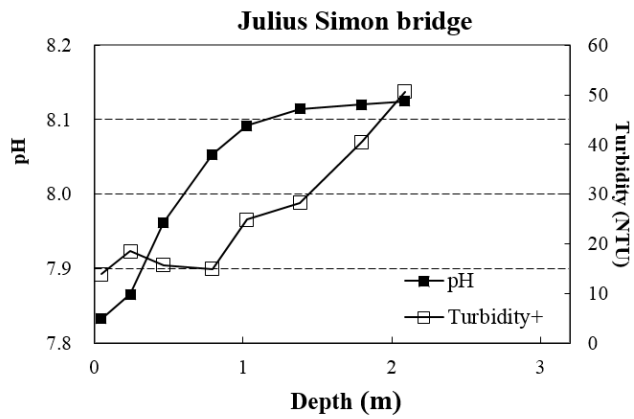
איור 2: פרופיל עומק של מליחות (נמדד כמוליכות והומר למליחות) וטמפרטורת (°C) המים בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, מאי 2014.



איור 3: פרופיל עומק של חמצן מומס במים (מ"ג/ליטר) ואחוז רוויה בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, מאי 2014.



איור 4: פרופיל עומק של pH ועכירות (NTU) המים בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, מאי 2014.



טבלה 1: טמפרטורה, מליחות, עכירות וריכוזי חמצן, נוטריאנטים, כלורופיל וחומר מרחף במי שטח ומי עומק בארבע תחנות בקטע המלוח של נחל הקישון, דיגום מאי 2014.

| Station | Depth | Temp | Sal | O ₂ | | pH | Tur | Chl-a |
|-----------------------------|----------|-----------|-------|----------------|-----|------|------------|-------------|
| | | | | mg/l | % | | | |
| | <i>m</i> | <i>°C</i> | | | | | <i>NTU</i> | <i>mg/l</i> |
| Qishon Harbor (QHb) | 0.15 | 22.24 | 37.22 | 7.91 | 113 | 8.03 | 2.76 | 5.50 |
| | 11.55 | 21.28 | 38.98 | 6.83 | 97 | 8.13 | 10.45 | 0.76 |
| Harbor Fishing (FHb) | 0.11 | 22.38 | 24.58 | 8.32 | 111 | 8.05 | 7.82 | 9.70 |
| | 3.01 | 21.95 | 38.55 | 5.13 | 73 | 8.12 | 28.64 | 3.22 |
| Julius Simon (Bridge) (JBr) | 0.05 | 23.69 | 16.31 | 6.16 | 80 | 7.83 | 13.93 | 28.60 |
| | 2.09 | 22.41 | 38.23 | 6.29 | 91 | 8.12 | 50.61 | 4.34 |
| Histadrut (HBr) Bridge | 0.10 | 24.13 | 13.15 | 4.86 | 62 | 7.69 | 8.01 | 14.80 |
| | 3.15 | 23.53 | 35.84 | 0.50 | 7 | 7.77 | 23.88 | 18.80 |

| Station | Depth | NO ₃ | NO ₂ | NH ₄ | TDN | DON | PO ₄ | DOP | TDP | Si(OH) ₄ |
|---------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------|---------------------|
| | <i>m</i> | <i>μM</i> | <i>μM</i> | <i>μM</i> | <i>μM</i> | <i>μM</i> | <i>μM</i> | <i>μM</i> | <i>μM</i> | <i>μM</i> |
| QHb | 0.15 | 104.1 | 23.7 | 9.8 | 215.4 | 77.7 | 3.3 | BDL | 3.0 | 62.0 |
| | 11.55 | 12.3 | 0.7 | 1.1 | 18.9 | 4.9 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 3.9 |
| FHb | 0.11 | 428.6 | 75.3 | 54.5 | 643.4 | 85.0 | 10.9 | BDL | 10.3 | 219.2 |
| | 3.01 | 42.5 | 0.3 | 17.5 | 106.8 | 46.5 | 3.7 | BDL | 3.6 | 16.0 |
| JBr | 0.05 | 417.1 | 126.3 | 211.3 | 1249.3 | 494.6 | 16.5 | BDL | 16.1 | 293.9 |
| | 2.09 | 68.7 | 26.0 | 67.8 | 388.8 | 226.3 | 8.5 | BDL | 6.7 | 65.6 |
| HBr | 0.10 | 580.1 | 68.1 | 91.4 | 880.8 | 141.2 | 13.2 | 0.7 | 13.9 | 276.2 |
| | 3.15 | 38.2 | 8.3 | 10.7 | 101.4 | 44.3 | 2.5 | BDL | 1.7 | 27.4 |

ריכוזי הנוטריינטים במי השטח בכל תחנות הדיגום היו גבוהים במשמעותית מהריכוזים שנמדדו במי העומק בכל תחנות הדיגום, (טבלה 1), והיו דומים לאלה שנמדדו בחודש מאי 2013. ריכוזים אלה במי השטח מצביעים על רמת זיהום (איאטרופיקציה) בינונית עד גבוהה על פי הקריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1996) לאיכות המים בשפכי נחלים (טבלה 2).

בדומה לדיגומים קודמים, ריכוזי כלורופיל גבוהים נמדדו בדגימות פני השטח בכל תחנות דיגום עם ריכוזים גבוהים בגשר יוליוס וההסתדרות (14.8-28.6 מג"ל) שירדו בהדרגה לכיוון מוצא הנחל (5.5 מג"ל). ריכוזים אלה מצביעים על רמה איאטרופית בינונית עד גבוהה (טבלאות 1 ו-2). למעט תחנת גשר ההסתדרות, ריכוז הכלורופיל ירד משמעותית בדגימות המים המוחשכות הסמוכות לקרקעית.

טבלה 2: קריטריונים של מנהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב לאיכות המים בשפכי נחלים.

| | Eutrophic state | | | |
|------------------------------|-----------------|-------|----------|--------|
| | Hyper-eutrophic | High | Medium | Low |
| Chl-a ($\mu\text{g/L}$) | > 60 | 20-60 | 5-20 | 0-5 |
| Turbidity (Secchi depth – m) | | <1 | 1-3 | >3 |
| TDN (mg/L) | | >1 | 0.1-1 | 0-0.1 |
| TDN (μM) | | >71 | 7.1-71 | 0-7.1 |
| TDP (mg/L) | | >0.1 | 0.01-0.1 | 0-0.01 |
| TDP (μM) | | >3.2 | 0.32-3.2 | 0-0.32 |
| DO | A or HY | A or | | |

TDN - total dissolved nitrogen; TDP - total dissolved phosphorus; DO - dissolved oxygen;
 A- anoxia (DO = 0 mg/L); HY - hypoxia ($0 < \text{DO} < 2$ mg/L); biological stress ($2 < \text{DO} < 5$ mg/L)

3.2 קבוצות המיקרו-פיטופלנקטון

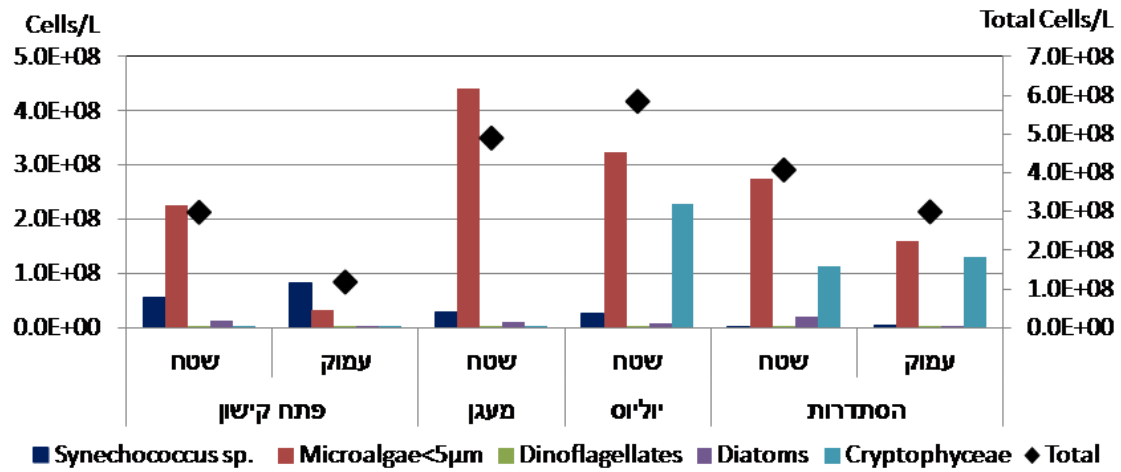
קבוצות המיקרופלנקטון – דיגום קישון מאי 2014

פריחת אצות מקבוצות שונות אפיינה את מי השטח בתחנות השונות. שיא פריחת אצות נמצא בגשר יוליוס הודות לשכיחות גבוהה של אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae*. אצות אלה פרחו גם בגשר ההסתדרות בשני העומקים, אולם במספרים נמוכים יותר. בכל התחנות, להוציא מי עומק פתח הקישון, נמצא ריכוז גבוה של מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$.

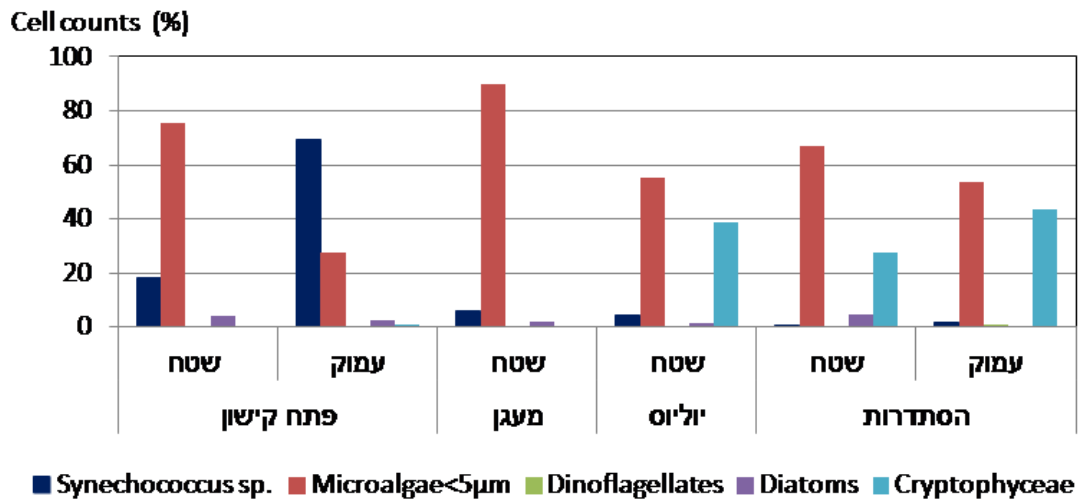
ריכוז התאים – ריכוז תאי המיקרו-פיטופלנקטון הגבוה ביותר נמצא במי שטח גשר יוליוס (5.8×10^8 תאים בליטר) והנמוך ביותר בעומק פתח הקישון (איור 5). במעלה הנחל, בגשר יוליוס ובגשר ההסתדרות בשני העומקים, היו דומיננטיות אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae* ואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ והן היו $59\% \pm 7$ ו- $37\% \pm 8$ מריכוז התאים הכללי בהתאמה (איור 6). במורד הנחל, במעגן הדייג ובפתח הקישון, מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ היו דומיננטיות והיו $83\% \pm 10$ מריכוז התאים הכללי. במי עומק פתח הקישון בקטריות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp. היו דומיננטיות והיו כ-70% מריכוז התאים הכללי.

הביומסה וריכוז הכלורופיל – נמצא גרדיאנט של עלייה בביומסה ובריכוז הכלורופיל עם העלייה במעלה הנחל, עד לשיא בגשר יוליוס (איור 7), שנבעה משכיחות גבוהה של אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae* (איור 8) שהיו בתחנות אלה $76\% \pm 7$ מהביומסה הכללית (איור 9). בגשר ההסתדרות הביומסה נמצאה נמוכה יחסית לגשר יוליוס וגבוהה יחסית לתחנות מורד הנחל (איור 7). במי שטח פתח הקישון ומעגן הדייג מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ היו אף הן דומיננטיות מבחינת ביומסה (איור 8), והיו $75\% \pm 4$ מהביומסה הכללית (איור 9). לעומת זאת, בעומק פתח הקישון, היו מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ כ-50% מהביומסה הכללית, ויתר הביומסה התחלקה בין הקבוצות השונות באופן דומה. ביומסת האצות הצורניות הייתה הגדולה ביותר במי שטח גשר ההסתדרות, אולם שיעורם בביומסה היה קטן יחסית במעלה הנחל. במורד הנחל, לעומת זאת, הן היו 17% מהביומסה הכללית. ביומסת הדינופלגלטים הייתה קטנה יחסית, להוציא מי עומק גשר ההסתדרות, בה הביומסה שלהם הייתה גבוהה יחסית לתחנות האחרות, כפי שנמצא גם בחלק מדיגומים קודמים. דינופלגלטים אלה הם הטרוטרופיים וניזונים מפריחת האצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae*.

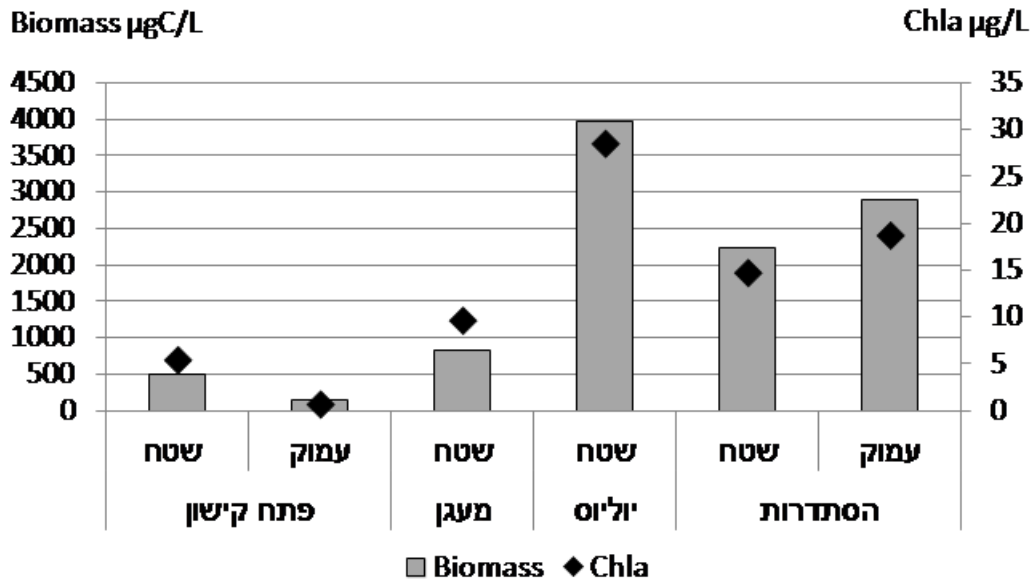
איור 5: ריכוז תאי הפיטופלנקטון מהקבוצות השונות בתחנות הקישון – מאי 2014



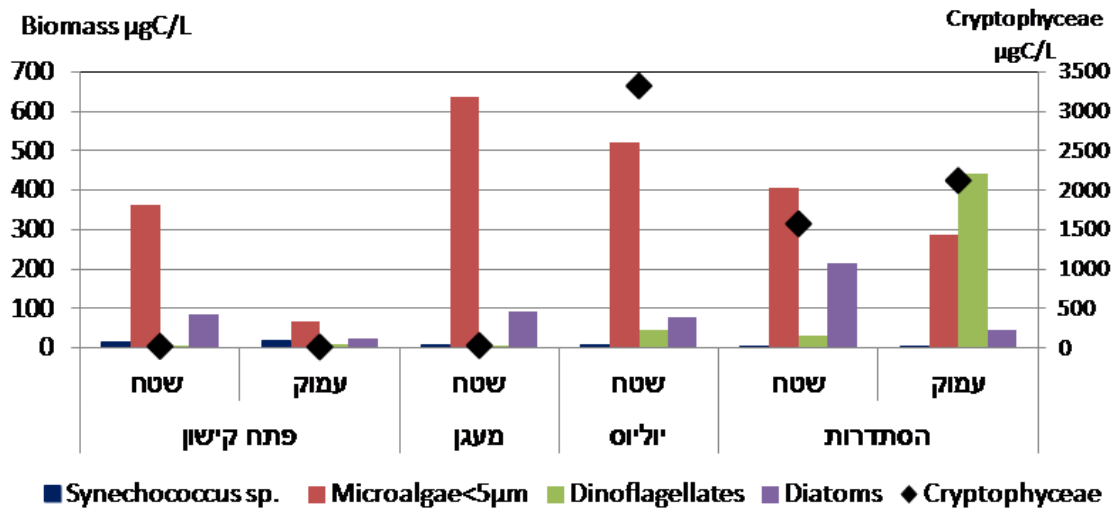
איור 6: ריכוז תאי קבוצות הפיטופלנקטון השונות באחוזים – מאי 2014



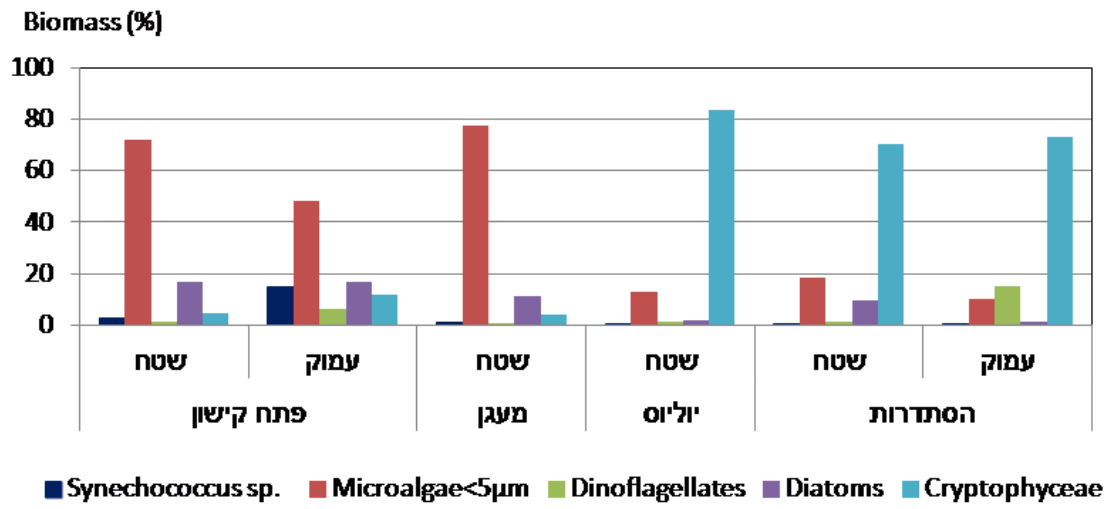
איור 7: התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בתחנות השונות – מאי 2014



איור 8: התפלגות ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון בתחנות הקישון – מאי 2014



איור 9: התפלגות באחוזים של ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון בתחנות השונות - מאי 2014



הרכב מיני המיקרופלנקטון השכיח

מבין מיני המיקרופלנקטון השכיחים ביותר בדיגום זה (טבלה 3), ואשר תרומתם לביומסה הייתה המשמעותית ביותר, היו הפלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* את חלק הארי, שהיו שכיחים יותר במעלה הנחל ובעיקר פלגלט מהמין *Hemiselmis* sp. פלגלט זה פרח בגשר יוליוס ובגשר ההסתדרות והיווה את עיקר הביומסה בתחנות אלה. מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ הופיעו בריכוז גבוה בכל התחנות ובמיוחד במעגן הדייג. הן היו דומיננטיות יותר בביומסה במורד הנחל. מבין הצורניות הייתה שכיחה האצה *Thalassiosira pseudonana*, שהופיעה בשכיחות גבוהה גם בדיגומים קודמים ובעיקר במעלה הנחל. צורניות שכיחות נוספות היו מיני *Navicula* spp. ו- *Chaetoceros* sp. מבין הדינופלגלטים היו נפוצים מינים קטנים עד $15\mu\text{m}$, במיוחד בעומק גשר ההסתדרות בו הם פרחו.

טבלה 3: ריכוז (תאים/לליטר) המיקרופלנקטון השכיח ביותר בדיגום מאי 2014

| | פתיח קטן | | מעגן | | הסתדרות | |
|--|----------|----------|---------|----------|----------|---------|
| | שטח | עומק | שטח | שטח | שטח | עומק |
| Diatoms | | | | | | |
| <i>Chaetoceros</i> sp. (3-4 μm) | 6.4E+06 | 7.6E+05 | | | | |
| <i>Cyclotella</i> spp. | 3467 | 714 | 5670 | 2.7E+04 | 6.9E+04 | 8.5E+04 |
| <i>Navicula</i> spp. (8-12 μm) | 1.3E+06 | 7.5E+05 | 7.8E+05 | 2.3E+05 | 3.8E+05 | 1.0E+06 |
| <i>Thalassiosira pseudonana</i> | 4.3E+06 | 1.3E+06 | 9.6E+06 | 7.6E+06 | 1.9E+07 | 7.6E+05 |
| <i>Thalassiosira</i> spp. | 1677 | 460 | 5124 | 1.7E+04 | 8.8E+04 | 3.9E+04 |
| Dinoflagellates | | | | | | |
| Unidentified <15 μm | 2.4E+04 | 1.5E+04 | 2.2E+04 | 2.0E+05 | 1.4E+05 | 2.0E+06 |
| Cryptophyceae | | | | | | |
| Cryptomonad spp. | 5.6E+05 | 5.5E+05 | 5.2E+05 | 1.5E+07 | 5.7E+06 | 1.5E+07 |
| <i>Hemiselmis</i> sp. | 1.1E+06 | 5.9E+05 | 1.8E+06 | 2.1E+08 | 1.1E+08 | 1.2E+08 |
| Cyanobacteria | | | | | | |
| <i>Synechococcus</i> sp. (1) | 5.5E+07 | 8.2E+07 | 3.0E+07 | 2.6E+07 | 1.8E+06 | 4.6E+06 |
| <i>Synechococcus</i> sp. (2) | 4.1E+06 | | 5.8E+06 | | | |
| Microalgae<5μm | 2.3E+08 | 3.2E+07 | 4.4E+08 | 3.2E+08 | 2.7E+08 | 1.6E+08 |
| Total Cells/L | 3.0E+08 | 1.19E+08 | 4.9E+08 | 5.85E+08 | 4.08E+08 | 3.0E+08 |

מינים אופייניים למי ים הופיעו בריכוז גבוה יותר בפתח הקישון בשני העומקים, ובריכוז הולך ויורד במעלה הנחל, כפי שנמצא בדיגומים קודמים (טבלה 4). מספר מיני הצורניות והדינופלגלטים היה גבוה יותר בפתח הקישון ובמיוחד במי עומק תחנה זו (איור 10). מיני הדינופלגלטים וחלקם הגדול של מיני האצות הצורניות הפחות שכיחות שהופיעו בדיגום אופייניים בעיקר למי ים, ולכן נמצאו יותר את מורד הנחל המלוח יותר. מיני דינופלגלטים שהיו נפוצים יותר בדיגום זה כללו את המינים *Protoperidinium* sp. (54), מין קטן יחסית, שהופיע גם בדיגומים קודמים, בעיקר בעומק פתח הקישון כפי שנמצא גם בדיגום זה. מין שכיח נוסף היה המין *Peridinium quinquecorne*, שהופיע בריכוז גבוה יותר במעגן הדייג. מיני *Scropsiella* spp. היו שכיחים יותר אף הם במעגן הדייג. מבין האצות הצורניות היו שכיחים יותר מיני *Pseudonitzschia* sp., מיני *Chaetoceros* spp. והמין *Dactyliosolen fragilissimus*, כולם מינים ימיים והופיעו בעיקר בפתח הקישון.

מיני אצות ירוקיות, ובקטריות כחוליות האופייניות למים פחות מלוחים, נמצאו בעיקר בתחנות מעלה הנחל יחסית לתחנות פתח הקישון ומעגן הדייג. בין האצות הירוקיות מיני *Oocystis* spp. היו שכיחים יחסית.

מינים בעלי פוטנציאל טוקסי – בדיגום זה הופיע ריכוז נמוך של מינים בעלי פוטנציאל טוקסי (טבלה 5)- בעיקר בפתח הקישון. המינים השכיחים יותר היו מיני *Gymnodinium* cf. *catenatum*, *Alexandrium* spp. מינים נוספים שהופיעו בריכוז נמוך מאד היו המינים: *Dinophysis rotundata*, *Dinophysis caudata*, והמין *Akashiwo sanguinea*.

מגוון המינים: מספר המינים בפתח הקישון בשני העומקים היה גבוה יחסית לתחנות האחרות (איור 11). בעומק פתח הקישון מספר המינים היה הגבוה ביותר, והוא נמצא בירידה לכיוון מעלה הנחל. הרכב קבוצות המינים היה שונה בין התחנות (איור 10). בפתח הקישון ובמעגן הדייג שיעור האצות הצורניות והדינופלגלטים היה גבוה מאד יחסית למינים האחרים, ואילו בגשר יוליוס ובגשר ההסתדרות מספר הדינופלגלטים הצטמצם (כיוון שמרביתם מינים ימיים), מספר מיני הצורניות ירד, ומספר מיני הבקטריות הכחוליות והאצות הירוקיות (שהן אופייניות יותר למים פחות מלוחים) עלה.

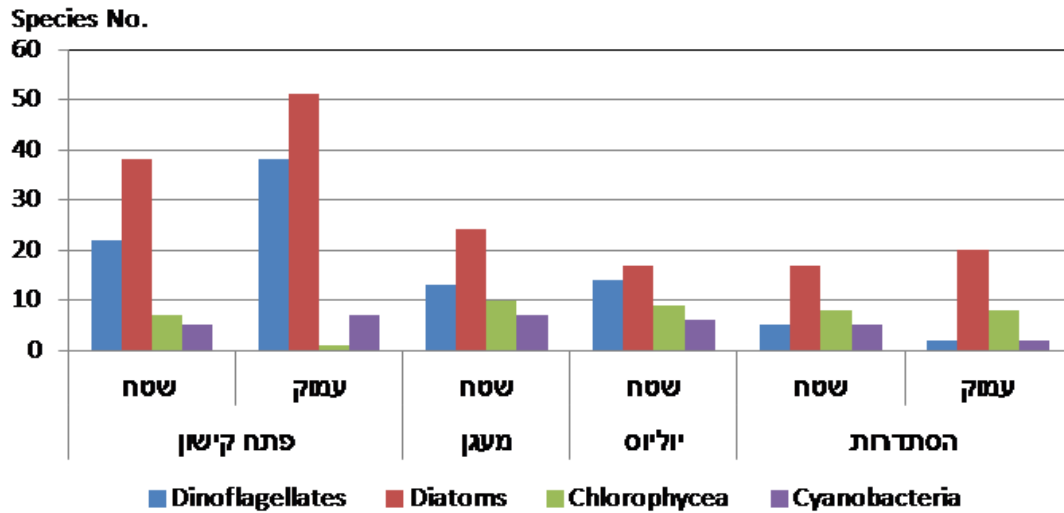
אינדקס השונות (מחושב לפי מסי המינים / שורש ריבועי של הבינומסה) - אינדקס השונות בעומק פתח הקישון נמצא הגבוה ביותר יחסית לכל התחנות (איור 11). במי שטח התחנות השונות אינדקס השונות ירד בהדרגה עם התקדמות לעבר מעלה הנחל, ונמצא דומה בתחנות גשר יוליוס וגשר ההסתדרות (גם בעומק).

טבלה 4: ריכוז (תאים/לליטר) תאי המיקרופלנקטון הפחות שכיח בדיגום מאי 2014

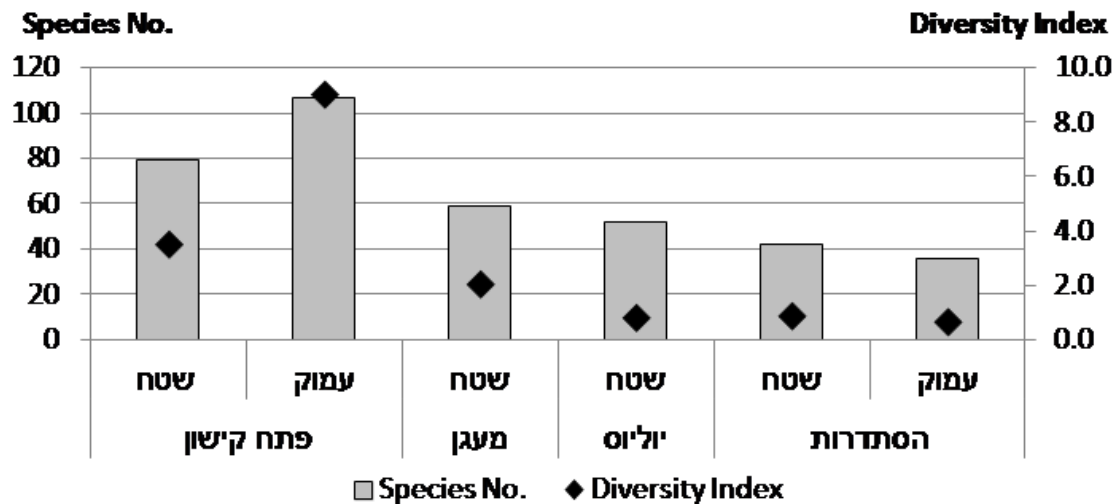
| | פתח קישון | | מעגן | יוליס | הסתדרת | |
|---|-----------|------|------|-------|--------|------|
| | שטח | עמוק | שטח | שטח | שטח | עמוק |
| Dinoflagellates | | | | | | |
| <i>Achradina pulchra</i> | 17 | | | | | |
| <i>Akashiwo sanguinea</i> | | 13 | | | | |
| <i>Alexandrium</i> spp. | 63 | 41 | 77 | | | |
| <i>Ceratium buceros form tenue</i> | 3 | 4 | 20 | | | |
| <i>Ceratium furca</i> | 48 | 313 | 40 | 37 | | |
| <i>Ceratium kofoidii</i> | 7 | 93 | | 3 | | |
| <i>Ceratium massiliense</i> | | 3 | | | | |
| <i>Ceratium teres</i> | | 16 | | | | |
| <i>Cochlodinium citron</i> | | 4 | | | | |
| <i>Dinophysis caudata</i> | 17 | 29 | | 3 | | |
| <i>Dinophysis rotundata</i> | 23 | 12 | 7 | 10 | | |
| <i>Diplopsalis</i> spp. | | 7 | | | | |
| <i>Gonyaulax polygramma</i> | | 3 | | | | |
| <i>Gonyaulax spinifera</i> | 25 | 45 | | | | |
| <i>Gonyaulax</i> spp. | | 8 | | | | |
| <i>Gymnodinium</i> cf. <i>catenatum</i> | 107 | 68 | | 118 | | |
| <i>Gymnodinium elongatum</i> | 13 | 40 | | | | |
| <i>Gymnodinium instriatum</i> | | 3 | | | | |
| <i>Gymnodinium</i> spp. | | 48 | 20 | 3 | | |
| <i>Gyrodinium lachryma</i> | | 16 | | | | |
| <i>Karenia brevis</i> (=G. <i>breve</i>) | | 8 | | | | |
| <i>Kryptoperidinium foliaceum</i> | | | 7 | 7 | 3 | |
| <i>Lingulodinium polyedrum</i> | | 7 | | | | |
| <i>Nematodinium</i> sp. | | 16 | | | | |
| <i>Oxyphysis oxytoxoides</i> | 3 | | | | | |
| <i>Oxytoxum laticeps</i> | 17 | 8 | | | | |
| <i>Peridinium quinquecorne</i> | 640 | 168 | 1175 | 200 | 50 | |
| <i>Polykrikos kofoidii</i> | 27 | 20 | | | | |
| <i>Prorocentrum gracile</i> | 17 | 64 | | 7 | | |
| <i>Prorocentrum micans</i> | 50 | 104 | 3 | 97 | | |
| <i>Prorocentrum</i> spp. | | 64 | | | | |
| <i>Prorocentrum triestinum</i> | 647 | 172 | 260 | 500 | | |
| <i>Protoperidinium bipes</i> | | 16 | | | | |
| <i>Protoperidinium conicum</i> | | 3 | | | | |
| <i>Protoperidinium joergensenii</i> | | 3 | | | | |
| <i>Protoperidinium</i> spp. | 217 | 96 | 40 | | | |
| <i>Protoperidinium</i> sp. (54) | 257 | 1244 | 305 | 607 | 3 | 50 |
| <i>Scrippsiella</i> spp. | 617 | 721 | 1140 | 76 | 3 | |
| <i>Torodinium robustum</i> | | 8 | | | | |
| <i>Warnowia</i> sp. | 37 | 36 | | | | |
| Diatoms | | | | | | |
| <i>Achnanthes</i> spp. | | 16 | 160 | 3 | 28 | 10 |
| <i>Amphora</i> sp. | 17 | | | | 3 | |
| <i>Asterionellopsis glacialis</i> | | 23 | 100 | | | |
| <i>Bacillaria paxillifera</i> | | 23 | | | | |
| <i>Bacteriastrum</i> sp. | 40 | 288 | | | | |
| <i>Bellerrochea</i> sp. | 27 | 7 | | | | |
| <i>Biddulphia alternans</i> | | 13 | | 3 | | |
| <i>Biddulphia rhombus</i> | 10 | 12 | | | | 3 |
| <i>Biddulphia</i> spp. | 13 | | | | | |
| <i>Chaetoceros curvisetus</i> | 4307 | 1555 | | 90 | | |
| <i>Chaetoceros danicus</i> | 33 | 130 | | | | |
| <i>Chaetoceros diadema</i> | 148 | 414 | | | | |
| <i>Chaetoceros didymus</i> | 237 | 367 | | | | |
| <i>Chaetoceros</i> sp. (441A) | 67 | 645 | | | | |
| <i>Chaetoceros</i> spp. | 1468 | 1161 | 255 | 113 | | 83 |
| <i>Coscinodiscus radiatus</i> | 17 | | | | | |
| <i>Coscinodiscus</i> spp. | 14 | 6 | 7 | 3 | | |
| <i>Cylindrotheca closterium</i> | 40 | 8 | | | | |
| <i>Dactyliosolen fragilissimus</i> | 1123 | 164 | 500 | | | |
| <i>Entomoneis gigantea</i> | | | | | 30 | 695 |
| <i>Entomoneis paludosa</i> | 27 | | 84 | 13 | 17 | 33 |
| <i>Entomoneis</i> sp. (1622) | 13 | 36 | | | | |
| <i>Entomoneis</i> sp. (518k) | | | | | | 10 |
| <i>Entomoneis</i> sp. (BS21) | | 3 | | | | |
| <i>Guinardia striata</i> | 167 | 163 | | | | |
| <i>Hemiaulus hauckii</i> | | 21 | | | | |
| <i>Lauderia annulata</i> | 201 | 203 | | | | |
| <i>Leptocylindrus danicus</i> | 1440 | 531 | 160 | | | |
| <i>Licmophora</i> spp. | | 24 | 20 | | | |
| <i>Lithodesmium undulatum</i> | 30 | 85 | 80 | | | |
| <i>Melosira moniliformis</i> | 27 | | 120 | 50 | 13 | 90 |
| <i>Meuniera membranacea</i> | 40 | 308 | | | | |

| | פוח קיימן | | מגן | סל"מ | הסתרות | |
|---|-----------|------|---------|------|---------|------|
| | שטח | עומק | שטח | שטח | שטח | עומק |
| Diatoms (דיאטומים) | | | | | | |
| <i>Navicula</i> sp. (1590) | | 16 | | | | |
| <i>Navicula</i> sp. (1949) | 147 | 80 | 263 | 27 | 1100 | 5000 |
| <i>Navicula</i> sp. (313) | | | | | | 3 |
| <i>Navicula</i> sp. (320) | 13 | 100 | | | 3 | 150 |
| <i>Navicula</i> sp. (519A) | | 3 | | | | |
| <i>Navicula</i> sp. (588k) | 30 | 26 | 320 | 100 | 550 | 1600 |
| <i>Navicula</i> sp. (AG199) | | 36 | | | | |
| <i>Navicula</i> spp. | 180 | 104 | 453 | 0 | 967 | 1550 |
| <i>Nitzschia acicularis</i> | | 16 | | | | |
| <i>Nitzschia longissima</i> | | 28 | | | | |
| <i>Nitzschia lorenziana</i> | 13 | 56 | 3 | | 3 | |
| <i>Nitzschia rectilonga</i> | | 16 | | | | |
| <i>Nitzschia</i> sp. (351k) | | 45 | 3 | | 13 | 50 |
| <i>Nitzschia</i> sp. (642k) | | 3 | | | | |
| <i>Odontella aurita</i> | | 20 | | | | |
| <i>Odontella mobilensis</i> | | 16 | | | | |
| <i>Pleurosigma</i> spp. | 7 | 17 | | 3 | 3 | 150 |
| <i>Proboscia alata</i> | 67 | | | | | |
| <i>Pseudonitzschia</i> spp. | 1.4E+04 | 5704 | 585 | 457 | 13 | 350 |
| <i>Rhizosolenia calcar-avis</i> | 27 | 60 | 20 | | | |
| <i>Skeletonema costatum</i> | 2930 | 1382 | 420 | 190 | | 553 |
| <i>Surirella</i> spp. | | 16 | 50 | | | |
| <i>Thalassionema</i> sp. | | | 7 | | | |
| <i>Triceratium dubium</i> | | 16 | | | | |
| Chlorophyceae | | | | | | |
| <i>Arkilatrodesmus falcatus</i> | 80 | | 35 | 650 | 6050 | |
| <i>Crucigenia quadrata</i> | | | | 450 | 450 | |
| <i>Crucigenia tetrapedia</i> | 80 | | | | | |
| <i>Monoraphidium minutum</i> | 347 | | 910 | 4550 | | 2550 |
| <i>Oltmannsiella lineata</i> | 637 | | 1000 | 200 | | |
| <i>Oocystis borgei</i> | | | 300 | 50 | 1.2E+04 | 500 |
| <i>Oocystis</i> spp. | 40 | | 780 | 350 | 2.0E+04 | |
| <i>Scenedesmus acuminatus</i> | | | | | 200 | |
| <i>Scenedesmus basilensis</i> | 80 | | 40 | 350 | 2100 | 600 |
| <i>Scenedesmus opoliensis</i> | | | 186 | 213 | | |
| <i>Scenedesmus quadricauda</i> | | | 23 | | 400 | 300 |
| <i>Scenedesmus</i> spp. | | | 80 | | | 450 |
| <i>Scenedesmus tibiscensis</i> | | | | | | 13 |
| <i>Tetraëdron minimum</i> | | 16 | | | | 100 |
| Flagellates spp. | 5.0E+04 | | 7.3E+04 | 1300 | 450 | 500 |
| Cyanobacteria | | | | | | |
| <i>Asterocapsa</i> spp. | | | | 600 | | |
| <i>Chroococcopsis epiphytica</i> | | 16 | | | | |
| <i>Chroococcus limneticus</i> | | 46 | | | | |
| <i>Chroococcus</i> sp. | 13 | 43 | 10 | 20 | 350 | 1050 |
| <i>Kamptonema formosum</i> | | | | 7500 | | |
| <i>Kamvophoron jovis</i> | | 528 | | | | |
| <i>Leptolyngbya</i> spp. | 2833 | 397 | 1067 | 500 | 5500 | |
| <i>Oscillatoria</i> sp. (463k) | | | 2100 | | | |
| <i>Oscillatoria</i> sp. (539k) | | | 8750 | | | |
| <i>Oscillatoria</i> sp. (914) | 1600 | | 733 | 2500 | 5500 | |
| <i>Planktothrix</i> sp. | | | | | 2.9E+04 | |
| <i>Spirulina major</i> (length μ m) | | 592 | | | | |
| Raphidophyceae | | | | | | |
| <i>Fibrocapsa</i> sp. | | 20 | | | | |
| Euglenoidea | | | | | | |
| <i>Euglena</i> sp. | 27 | 8 | | | 50 | |
| <i>Eutreptia</i> sp. | 603 | 516 | 1.4E+05 | 5300 | 50 | |
| <i>Phacus acuminatus</i> | | | | | 27 | 27 |
| Chrysophyceae | | | | | | |
| <i>Chryschromulina</i> sp. | 213 | 112 | | | | |
| <i>Synura</i> sp. | | | | 400 | 575 | |
| Ebriophyceae | | | | | | |
| <i>Ebria tripartita</i> | | 104 | | | | |
| Dictyochophyceae | | | | | | |
| <i>Octactis octonaria</i> | | 3 | | | | |
| Ciliates | | | | | | |
| <i>Mesodinium rubrum</i> | 2160 | 16 | 455 | 400 | | |

איור 10: התפלגות מספר המינים מהקבוצות השונות – מאי 2014



איור 11: התפלגות מספר המינים ואינדקס השונות בתחנות השונות- מאי 2014



לסיכום דיגום מאי 2014

1. **ריכוז כלורופיל** גבוה יחסית לקריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים נמצא במי שטח גשר יוליוס, בעוד שבתחנות ועומקי הדיגום האחרים ריכוז הכלורופיל היה בטווח הבינוני. בעומק פתח הקישון הריכוז היה נמוך כפי שנמצא בדיגומים קודמים.
2. **ריכוז התאים והביומסה** היו הגבוהים ביותר במי שטח גשר יוליוס ונבעו מפריחת אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae*, שפרחו גם בגשר ההסתדרות אולם באופן מתון יותר. במורד הנחל מיקרואצות קטנות מ- $5\mu\text{m}$ היו דומיננטיות מבחינת הביומסה הכללית.

3. **פריחות** – בגשר יוליוס, ובמידה קטנה יותר בגשר ההסתדרות, פרח הפלגלט *Hemiselmis* sp. מקבוצת ה- *Cryptophyceae*.
4. **מינים בעלי פוטנציאל טוקסי** – בדיגום הנוכחי הופיעו בריכוז נמוך יחסית מינים בעלי פוטנציאל טוקסי ובהם מיני *Alexandrium* spp. ו- *Gymnodinium* cf. *catenatum*.
5. **מספר המינים ואינדקס השונות** - מספר המינים היה הגבוה ביותר בפתח הקישון, ובמיוחד בעומק, והוא נמצא בירידה לכיוון מעלה הנחל. אינדקס השונות ירד בהדרגה עם העלייה במעלה הנחל, ונמצא דומה בתחנות גשר יוליוס וגשר ההסתדרות.

השוואה רב-שנתית של דיגומי מאי בשנים 2003-2014

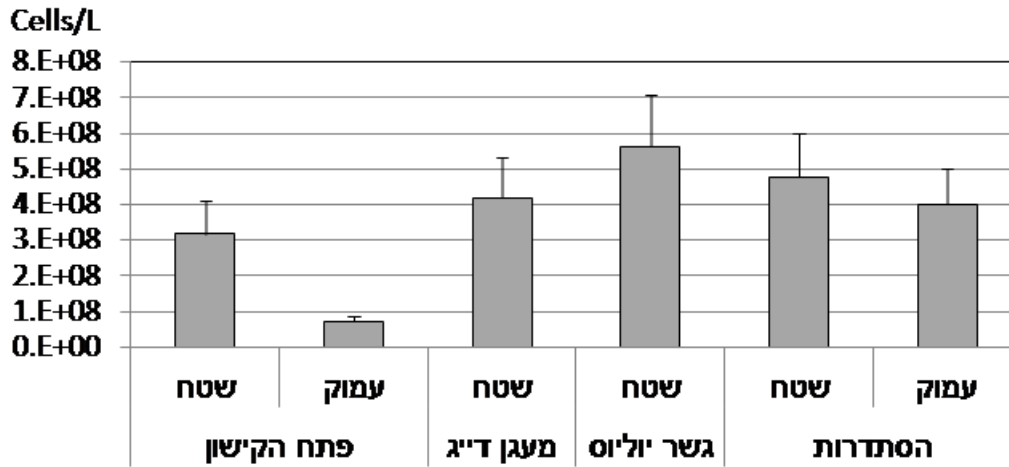
1. **ריכוז התאים**: ריכוז התאים הממוצע נמצא בעלייה מפתח הקישון לכיוון מעלה הנחל, כאשר בגשר יוליוס נמצא הריכוז הגבוה ביותר (איור 12). בעומק פתח הקישון נמצא ריכוז התאים הנמוך ביותר. למרות ההבדלים בממוצע, ריכוז התאים בין התחנות ובמיוחד בין פתח הקישון לתחנות האחרות, לא נמצאו מובהקים וזאת משום התנודות הגדולות בריכוז התאים בין 2003-2014 (איור 13). במי שטח הקישון ריכוז התאים גבוה באופן מובהק יחסית למי העומק, למעט שני העומקים בתחנת גשר ההסתדרות. בעומק גשר ההסתדרות נראתה ירידה בריכוז התאים בהשוואה לשנה קודמת ובפתח הקישון ומעגן הדייג ריכוז התאים נמצא ללא שינוי ניכר.
2. **ביומסה וריכוז כלורופיל**: עם העלייה במעלה הנחל נראתה מגמה כללית רב שנתית של עלייה בביומסה ובריכוז הכלורופיל במי השטח ובמים העמוקים. בגשר ההסתדרות בשני העומקים הביומסה וריכוז הכלורופיל הממוצעים דומים ודומים לאלה שבגשר יוליוס (איור 14). במי שטח גשר יוליוס הייתה הדיגום מאי 2014 עלייה ניכרת בביומסה (איור 15), אם כי לערכים שהם נמוכים עדיין יחסית לערכים הרב שנתיים (איור 14). בשלוש שנים אחרונות ממוצע הביומסה וריכוז הכלורופיל, בכל התחנות (להוציא מי עומק גשר ההסתדרות) נמוכים יחסית לממוצע השנים הקודמות (איורים 15, 16). במי עומק גשר ההסתדרות נראתה ירידה בביומסה ובריכוז הכלורופיל בשנים 2013-2014.
3. **קבוצות המיקרו פלנקטון והופעת פריחות** – קבוצת הצורניות היוותה מרכיב מרכזי בביומסה בדיגומי מאי בכל התחנות ולאורך השנים (איורים 17, 18). ממוצע ביומסת הצורניות עלה עם העלייה במעלה הנחל, והיה הגבוה ביותר בגשר יוליוס (איור 17). ביומסת הצורניות היה גבוהה באופן מובהק יחסית לממוצע ביומסת הקבוצות האחרות במי שטח כל התחנות. מאידך, בשלוש שנים אחרונות נראתה מגמת ירידה בביומסת האצות הצורניות בפני שטח כל התחנות (איור 18). תופעה זו יכולה אולי להסביר חלקית את הירידה בביומסה הכללית בשלוש שנים אחרונות בכל התחנות. בדיגום מאי 2014 לעומת זאת נראתה פריחה בביומסת המיקרואצות הקטנות מ- $5\mu\text{m}$ במרבית התחנות. בכל התחנות, ובשני עומקי הדיגום (להוציא מי שטח גשר ההסתדרות), נראתה מגמת עלייה בביומסת המיקרואצות הללו לאורך השנים (איור 18). בדיגום הנוכחי אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae* פרחו במעלה הנחל, בגשר יוליוס ובגשר ההסתדרות בשני העומקים. הביומסת של קבוצה זו נמצאה גבוהה ברוב הדיגומים שנערכו בחודש מאי בשנים האחרונות בגשר ההסתדרות בשני העומקים. ביומסת הדינופלגלטים עלתה באופן ניכר בשנתיים אחרונות במי עומק גשר ההסתדרות והייתה

מורכבת ממיני *Gymnodinium* spp. הטרוטרופים, שפרחו יחד עם פריחת אצות מקבוצת ה – *Cryptophyceae*.

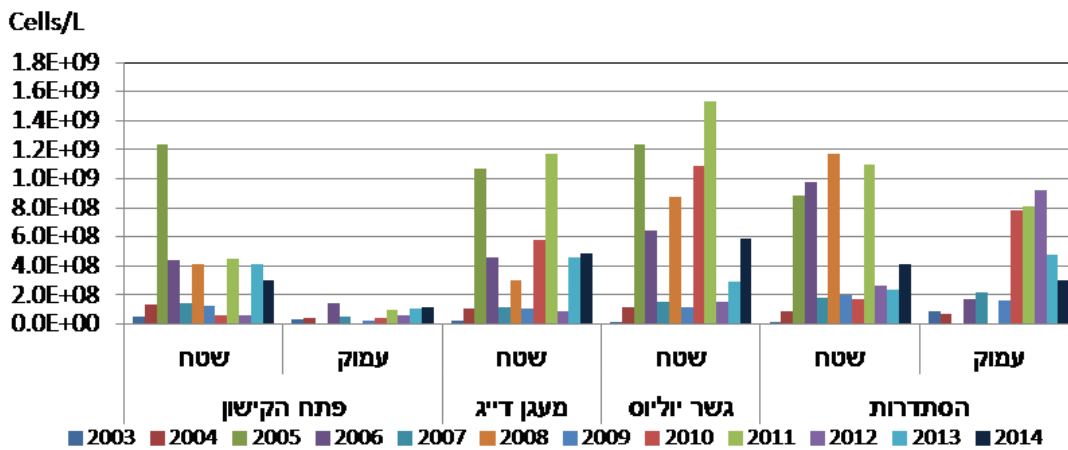
4. **מינים בעלי פוטנציאל טוקסי** – במהלך דיגומי מאי לאורך השנים הופיעו מינים בעלי פוטנציאל טוקסי, אולם על פי רוב לא הגיעו לביומסה המוגדרת כפריחה (טבלה 5). לדוגמא ביוני 2002, פרחו פלגלטים מהמין *Heterisigma akashiwo* שהם בעלי פוטנציאל טוקסי לדגים, הם הופיעו בריכוז גבוה גם במאי 2003. מיני *Alexandrium* spp. הופיעו בריכוז גבוה במאי 2012. מינים אחרים הופיעו בריכוז בינוני כמו המין *Prorocentrum minimum* (2005,2008) או המין *Gymnodinium cf. catenatum* (2009). במרבית המקרים הופיעו מינים בעלי פוטנציאל טוקסי בריכוז נמוך. בדיגום מאי 2014 כל המינים שהוזכרו נמצאו, אולם בריכוז נמוך יחסית.

5. **מגוון המינים ואינדקס השונות** – ממוצע מספר המינים ואינדקס השונות בתחנות פני השטח ובעומק ירד בהדרגה מפתח הקישון לכיוון מעלה הנחל (איור 19). ממוצעי מספר המינים ואינדקס השונות בעומק פתח הקישון נמצאו גבוהים באופן מובהק יחסית לפני השטח בתחנות השונות ולעומק תחנת גשר ההסתדרות. בהשוואה של מי שטח בלבד, מספר המינים ואינדקס השונות נמצאו במי שטח פתח הקישון גבוהים באופן מובהק יחסית למי שטח תחנות גשר יוליוס וגשר ההסתדרות. ב – 2014 הייתה עלייה במספר המינים בכל התחנות להוציא מי עומק גשר ההסתדרות (איור 20). באינדקס השונות נמצאה עלייה בפתח הקישון ובמעגן הדייג (איור 21). בכל התחנות להוציא גשר ההסתדרות בשני העומקים, נראית מגמה כללית של עלייה במספר המינים עם השנים (איור 21), ואילו באינדקס השונות נראתה מגמת עלייה בפתח הקישון בשני העומקים.

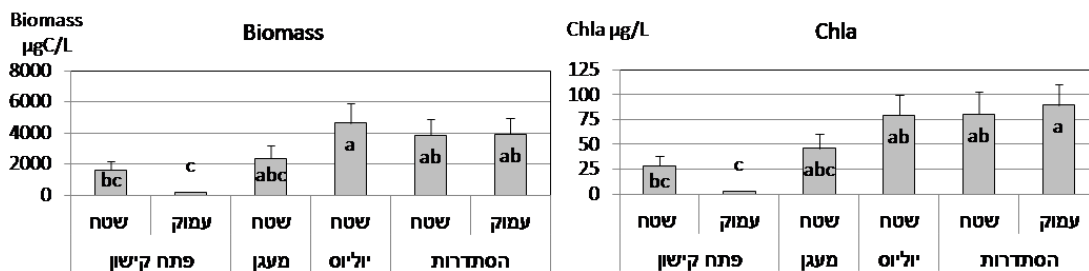
איור 12: התפלגות ממוצע ריכוז תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2003-2014 ($SE \pm$)



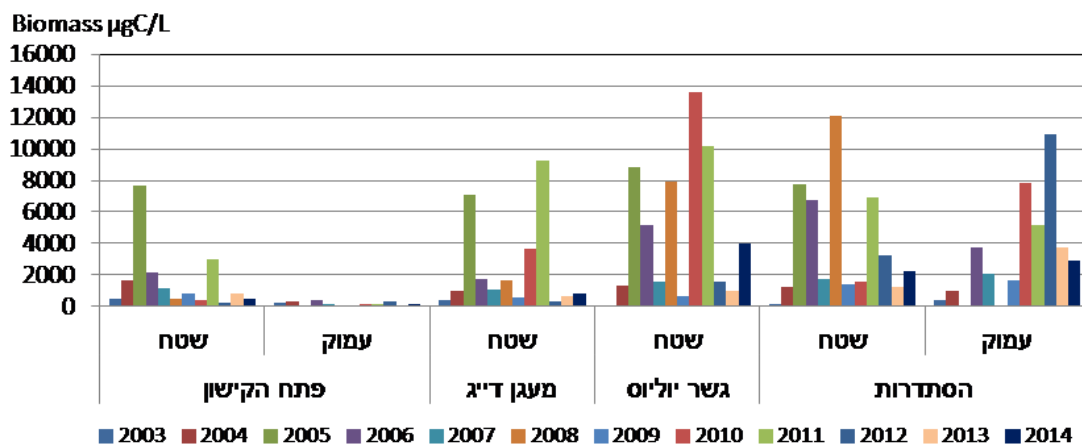
איור 13: התפלגות ריכוז תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2003-2014



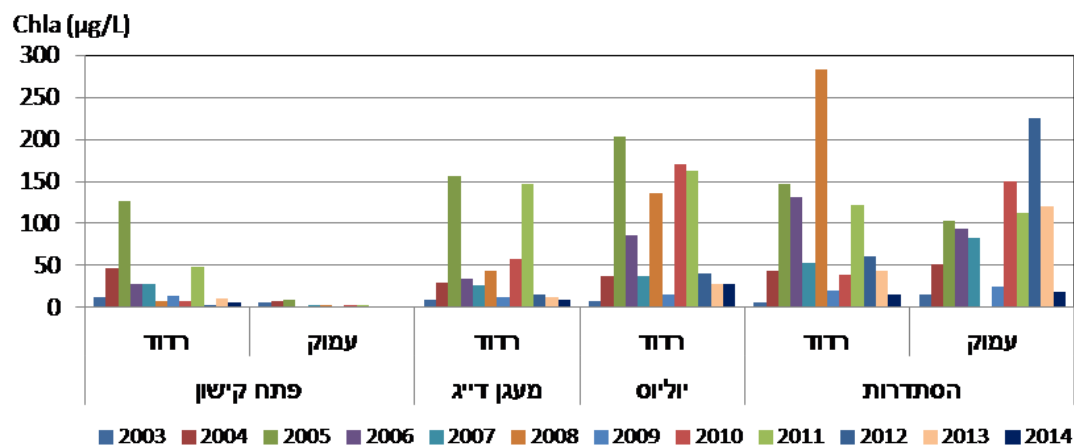
איור 14: התפלגות ממוצע הביומסה וריכוזי הכלורופיל בדיגומי מאי (2003-2014) ($SE \pm$)



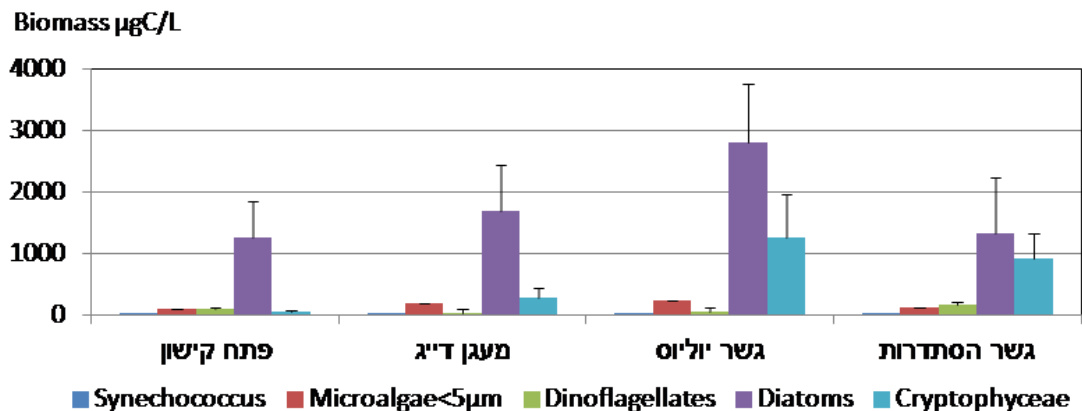
איור 15: התפלגות הביומסה של תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2003-2014



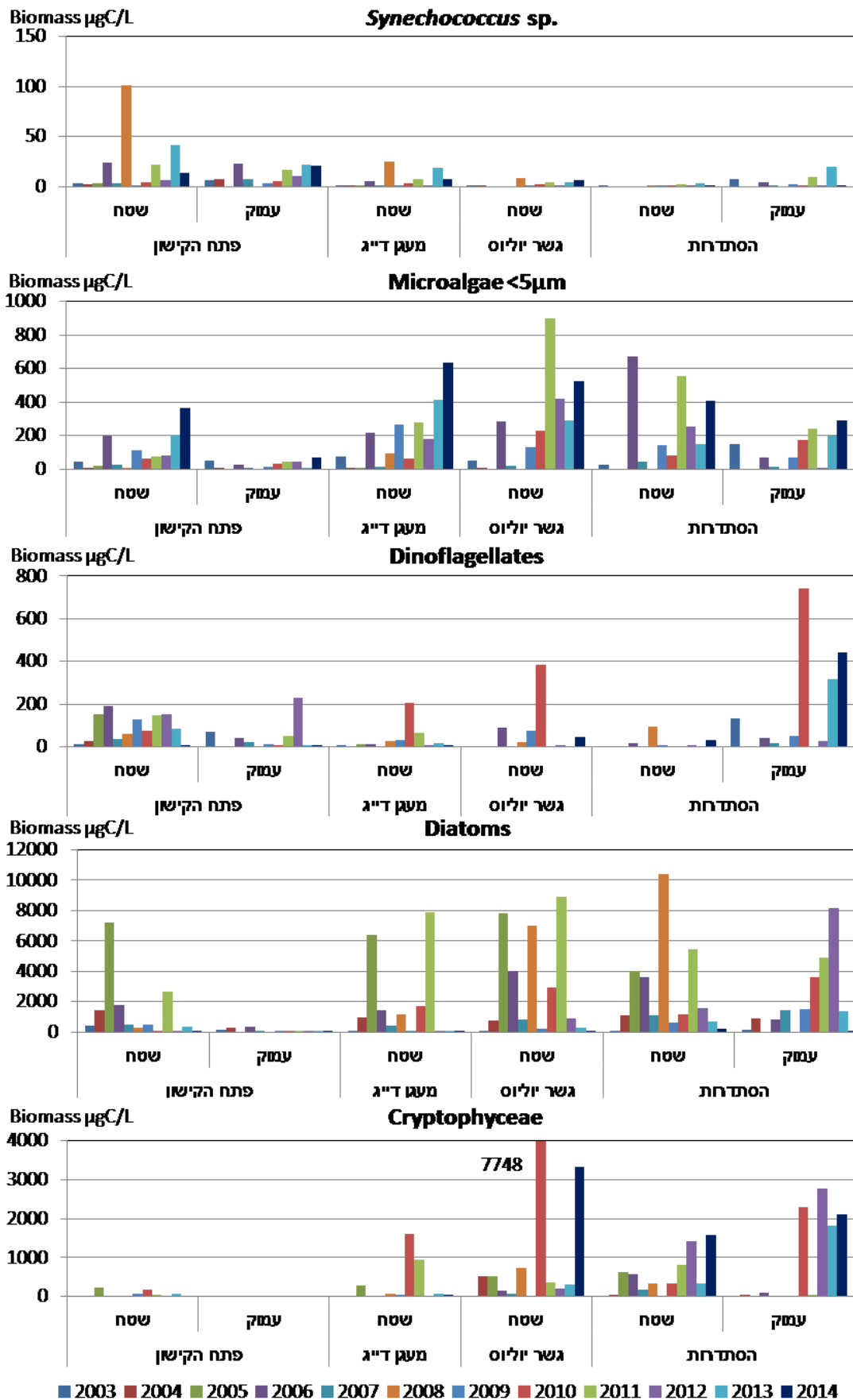
איור 16: התפלגות ריכוז הכלורופיל בדיגומי מאי 2003-2014



איור 17: התפלגות ממוצע הביומסה בפני השטח בדיגומי מאי (2003-2014)



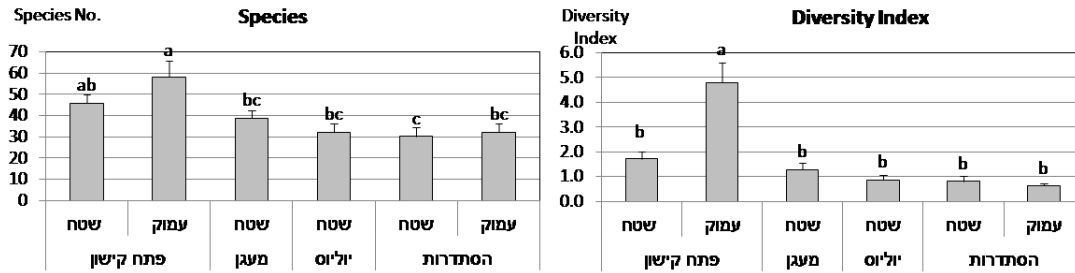
איור 18: התפלגות ממוצע הביומסה של הקבוצות השונות בתחנות הקישון שנים 2003-2014



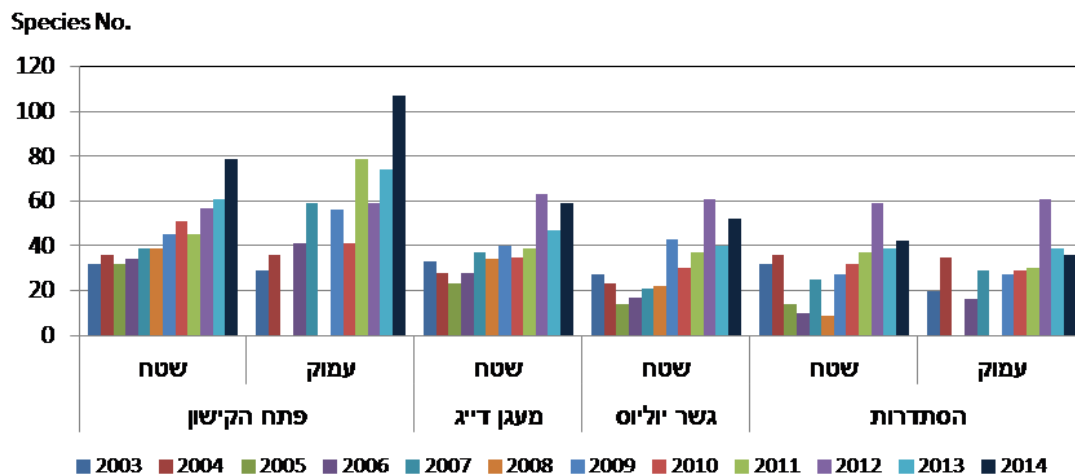
טבלה 5: מינים בעלי פוטנציאל טוקסי בדיגומי מאי – פני שטח פתח הקישון

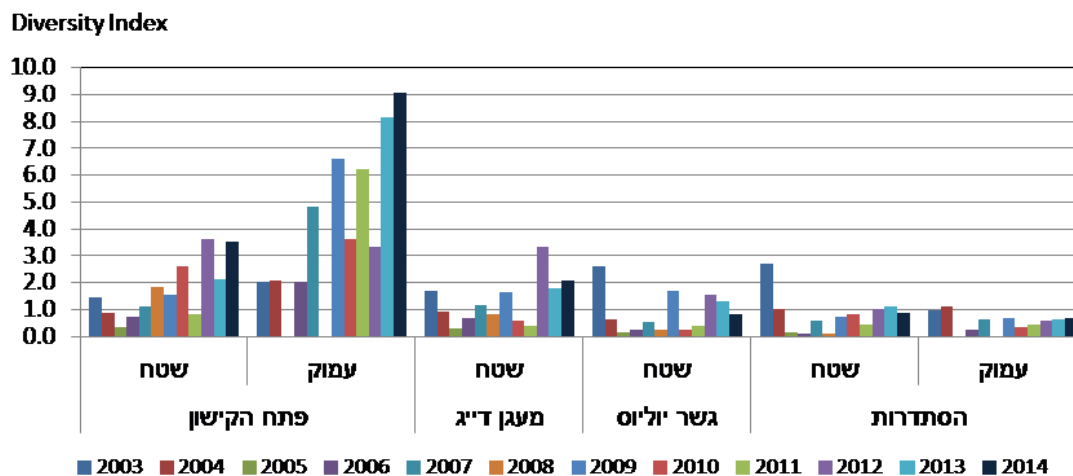
| | Jun-02 | May-03 | May-04 | May-05 | Jul-06 | May-07 | May-08 | May-09 | May-10 | May-11 | May-12 | May-13 | May-14 |
|----------------------------------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <i>Akashiwo sanguinea</i> | | | | | 250 | | 50 | | 20 | | 48 | 40 | |
| <i>Alexandrium</i> spp. | | | | | | | | | | | 2456 | 820 | 63 |
| <i>Dinophysis acuminata</i> | | | | | | | | | | 13 | | | |
| <i>Dinophysis caudata</i> | 413 | | 194 | 20 | 267 | | 20 | 13 | 10 | 67 | 661 | | 17 |
| <i>Dinophysis rotundata</i> | | | | | | | | | | 103 | | | 23 |
| <i>Gymnodinium cf. catenatum</i> | | | | | | | | 6920 | 1000 | 133 | 6 | 340 | 107 |
| <i>Prorocentrum minimum</i> | | | | 4.5E+04 | | 67 | 1.0E+04 | | | 613 | | | |
| <i>Heterosigma akashiwo</i> | 7.0E+06 | 3.5E+04 | | | | | | | | | | | |

איור 19: התפלגות ממוצע מספר המינים ואינדקס השונות מדיגומי מאי 2003-2014



איור 20: התפלגות מספר המינים בדיגומי מאי בתחנות השונות 2003-2014





4. מראי מקום

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

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. *Limnol. Oceanogr.* 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.

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