



**אפיון קבוצות המיקרואצות  
במי נחל הקישון המלוח,  
דו"ח ניטור מאי 2012**

**דו"ח חיא"ל H51/2013**

**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 2012**

**דו"ח חיא"ל H51/2013**

**נורית גורדון, ברק חרות\*, נורית קרס**

\* מחבר לתכתובת

**מוגש לרשות נחל הקישון**

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

*ברק חרות*

חתימה:

**יולי 2013**

# אפיון קבוצות המיקרואצות במי נחל הקישון המלוח, דו"ח ניטור מאי 2012

## 1. מטרת הניטור

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

## 2. דיגום ושיטות

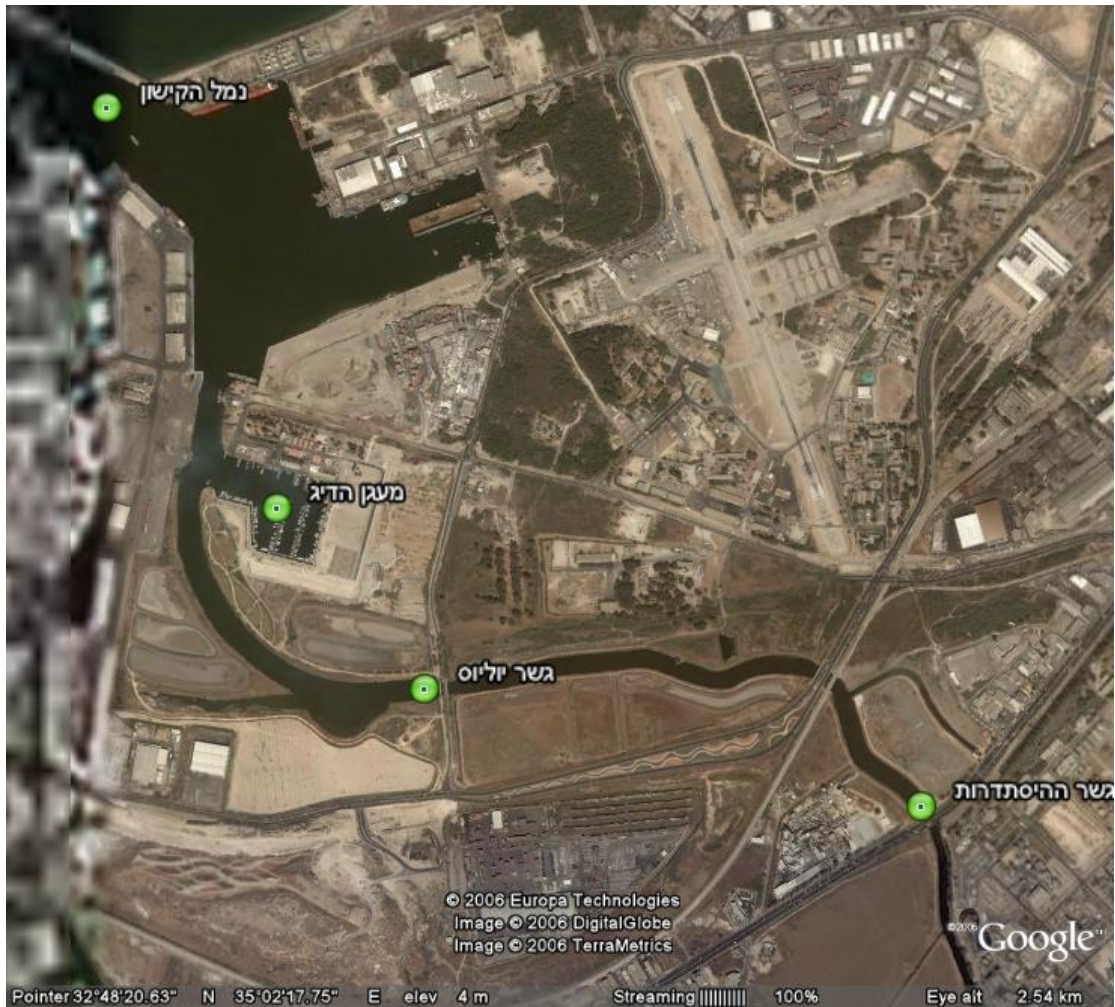
ארבע תחנות במערכת התחתונה של נחל הקישון (גשר ההסתדרות, גשר יוליוס סימון, מעגן הדיג ופתח נמל הקישון) נדגמו מסירה ב-7 במאי 2012 (איור א). בכל תחנה נמדד פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן מומס במים, אחוז רווית חמצן, ערך הגבה (pH) ועכירות באמצעות מכשיר YSI 6600 UPS מחברת Yellow Springs Instruments. כמו כן, מי שטח ומי עומק בכל תחנה נדגמו באמצעות בקבוק ניסקין או ישירות לכלי הדיגום לאפיון אוכלוסיית הפיטופלנקטון, ולקביעת ריכוזי כלורופיל נוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, אמוניום, חומצה סיליצית) וריכוז 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 Skalar SAN<sup>plus</sup> systems בשיטות המפורטות ב- [Kress and Herut, 2001] IOC-SCOR-UNESCO, [1994]. דגימות מים לקביעת כלורופיל סוננו דרך פילטרים GF/F (0.7µm) לאחר סינון מקדים דרך נפה 63µm, נעטפו בנייר אלומיניום והוקפאו עד לבדיקתם בשיטה פלואורימטרית לפי-Standard Methods 10200H-3 עם שינויים קלים. דגימות מים לבדיקת ריכוז חומר מרחף סוננו דרך פילטר 0.45 מיקרון אשר נשקל לפני הסינון. הפילטר יובש ונשקל שוב. ריכוז 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 כל 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 אפיפלואורסנטי.
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 ים שהונחה על זכוכית נושאת עם פני הפילטר כלפי מטה. זכוכית הנושאת הונחה מיד על גבי קרח יבש ולאחר קפיאת התאים נתלש 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 אפיפלואורסנטי.



**איור א:** 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

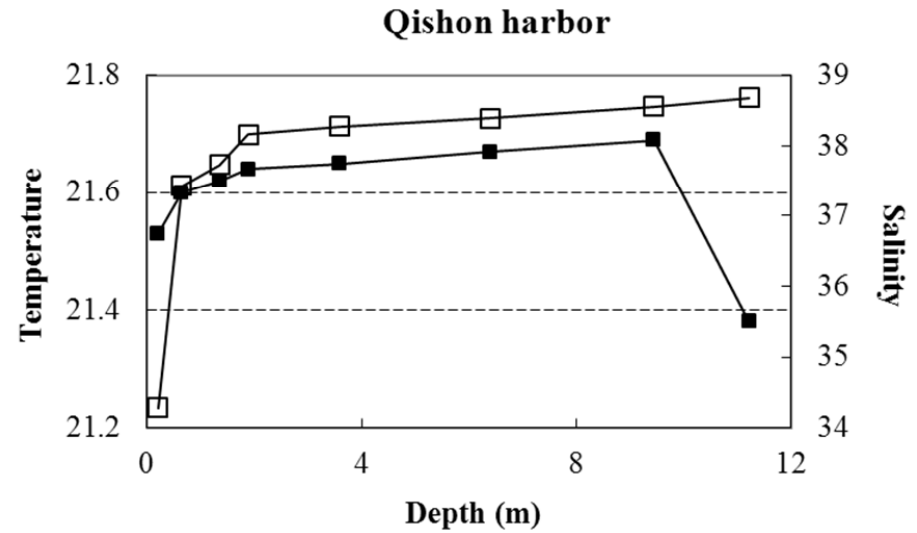
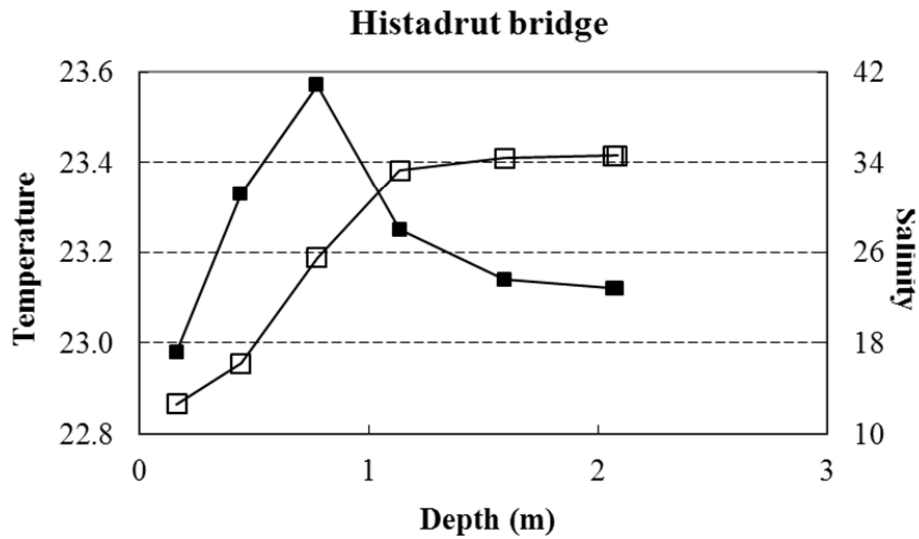
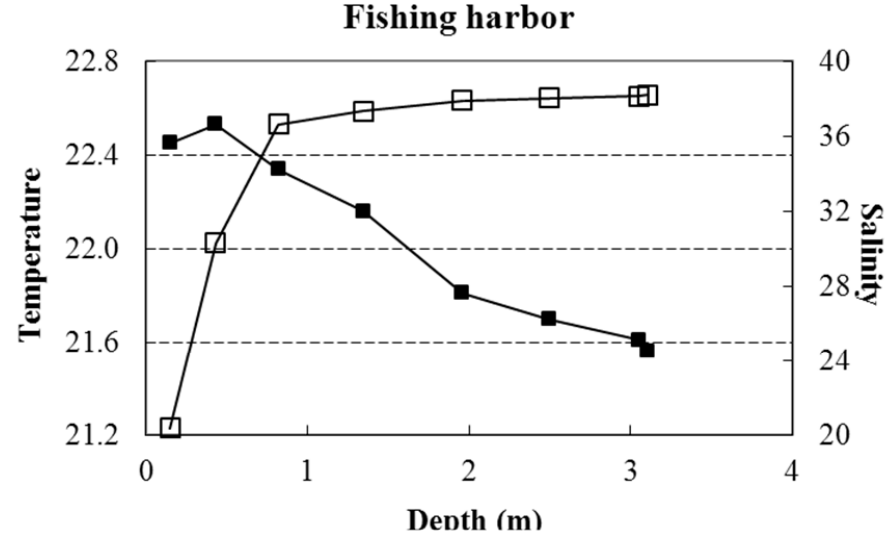
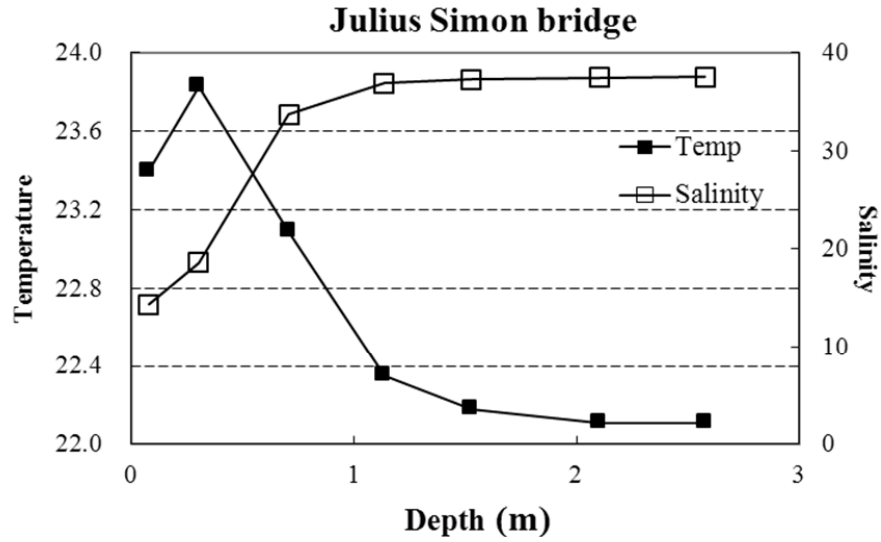
פרופיל עומק של מליחות, טמפרטורה, חמצן, pH ועכירות בארבעת תחנות הדיגום מוצגים באיורים ב-ד. ריכוזי הנוטריאנטים (פוספאט, ניטראט, ניטריט, אמוניום, וחומצה סיליצית), הכלורופיל והחומר המרחף (suspended particulate matter – SPM) בדגימות פני השטח ומי עומק בכל תחנת דיגום מוצגים בטבלה 1.

כללית, עמודת המים משכבת בכל תחנות הדיגום וחלקה העליון (עד עומק מים של כ-1 מ') פחות מלוח מחלקה התחתון (איור ב). המליחות עולה לכוון מורד הנחל הן בגוף המים העליון והן בתחתון, כאשר במי השטח הגרדיאנט גדול יותר (איור ה) לעומת הגרדיאנט במים העמוקים (טבלה 1). הטמפרטורות בפני השטח דומות בכל התחנות (הבדלים של כ-1.5 מעלת צלזיוס) וקטנות בכ-1 מעלת צלזיוס מהטמפרטורות בשכבה העמוקה (איור ב). טמפרטורת פני השטח מושפעת במידה מסוימת בשעת הדיגום בכל תחנה. יחסי הגומלין בין טמפרטורה למליחות מצביעים על ערבוב מסות מים באופן נפרד במי השטח ומי העומק (איור ה).

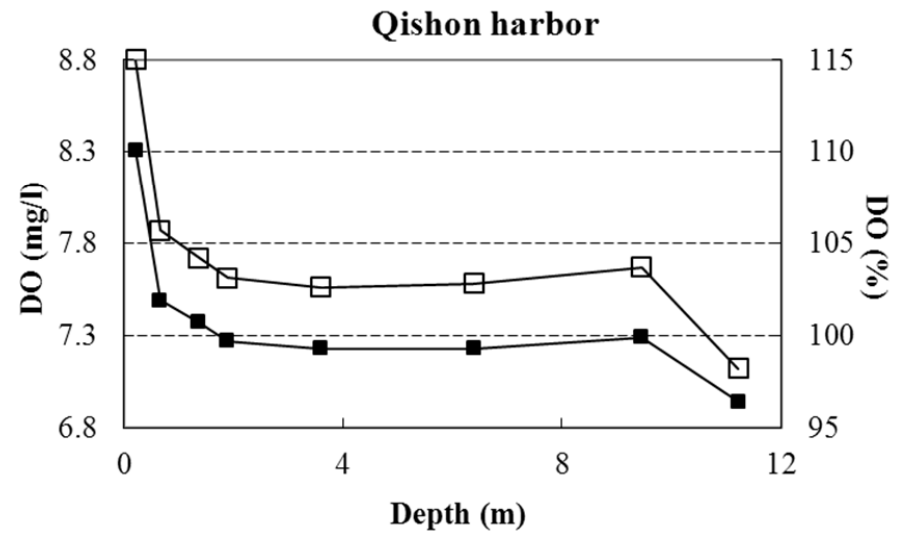
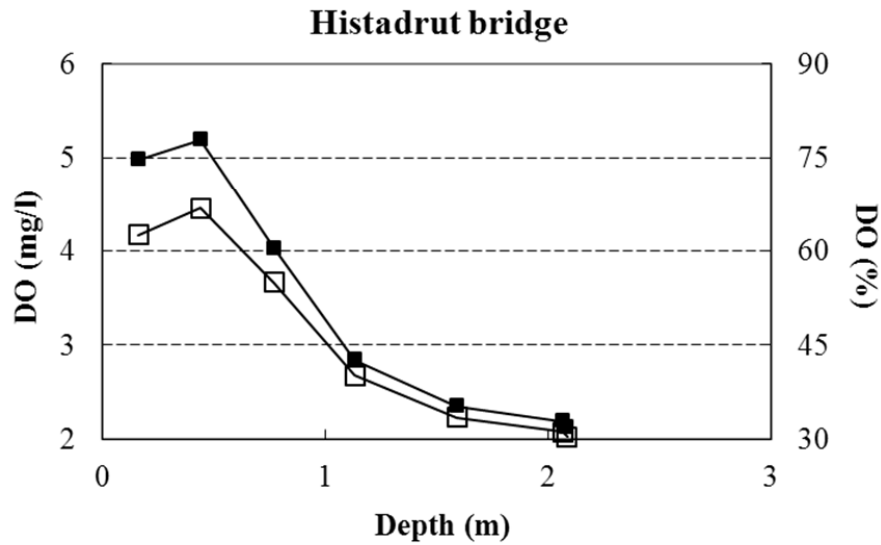
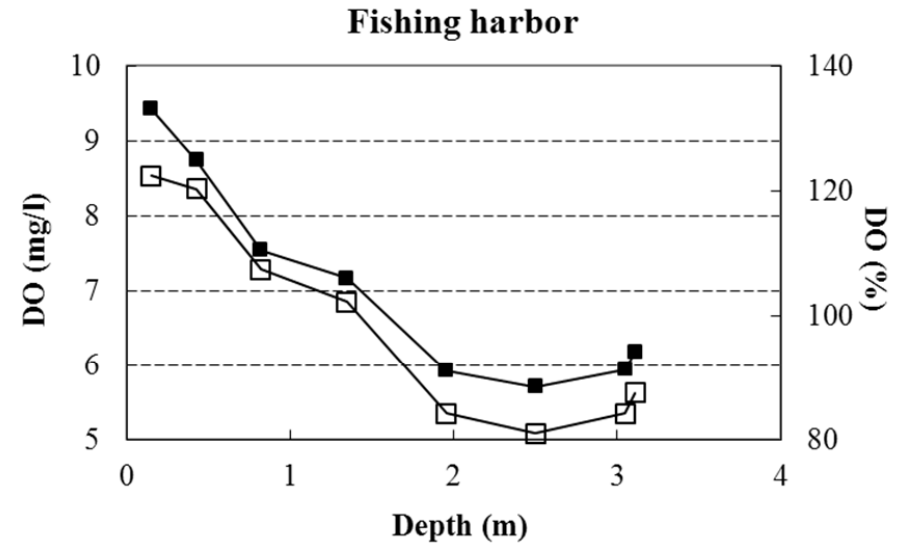
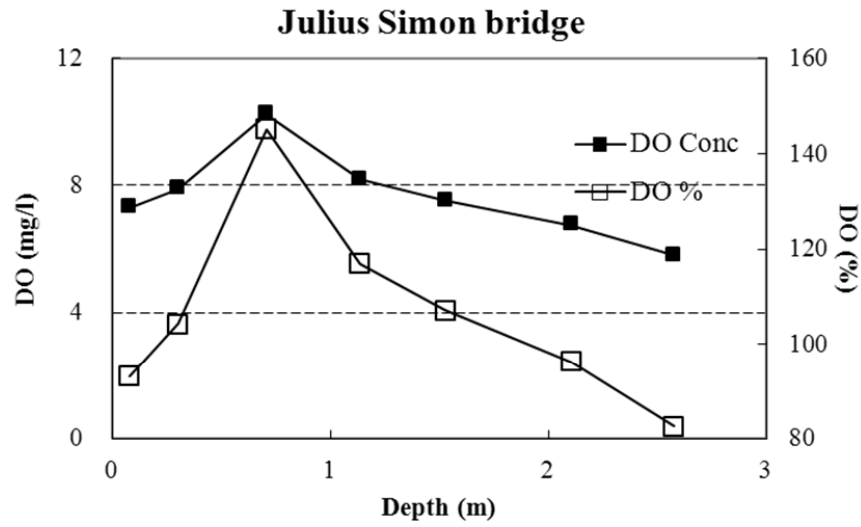
מי השטח בתחנות במעלה הנחל (יוליוס והסתדרות) תת-רוויים בחמצן, כאשר אחוז רוויית החמצן יורד עם עליה בעומק המים (איור ג). ריכוזי חמצן בתחום המוגדר כגורם לעקה ביולוגית (בין 2 ל-5 מג"ל) נמדד רק בתחנת ההסתדרות. ריכוזי החמצן במי העומק מוכתב בעיקר ע"י תהליכי נשימה. ריכוזי החמצן במי השטח מושפע מתהליכי ערבוב בין מי נחל מהמעלה (כולל – הזרמות מהמפעלים) עניים יחסית בחמצן בגלל תהליכי נשימה לבין מי ים עשירים יחסית בחמצן, ומתהליכי פריחת אצות. ערכי ההגבה (pH) היו בתחום שבין 7.6 ל-8.2 ומבנה פרופיל העומק לא הראה שינויים משמעותיים (איור ד).

ערכי העכירות היו בתחום 1.6-20.5 NTU, גבוהים יחסית בתחנות גשר ההסתדרות וגשר יוליוס סימון (טבלה 1, איור ד). ריכוזי החומר המרחף הראו מגמה די דומה (טבלה 1) ויחסי הגומלין בין השניים מוצגים באיור ו.

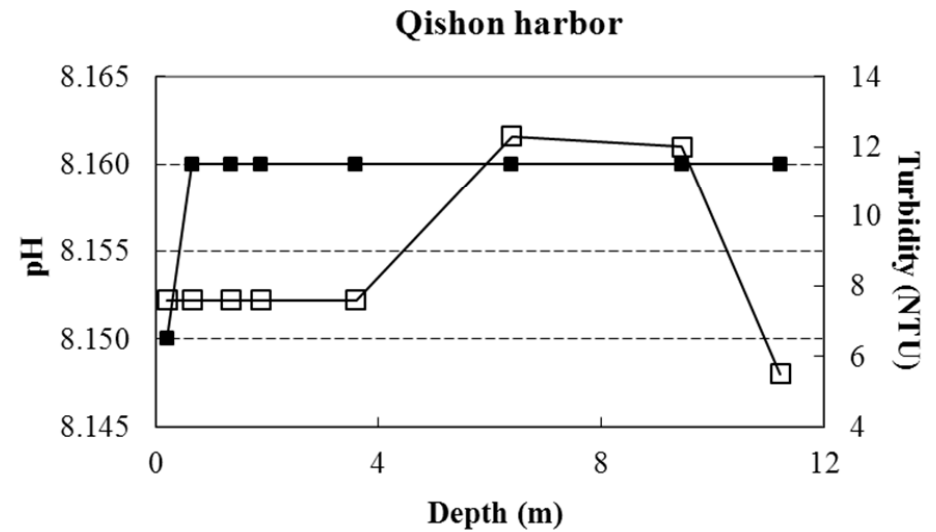
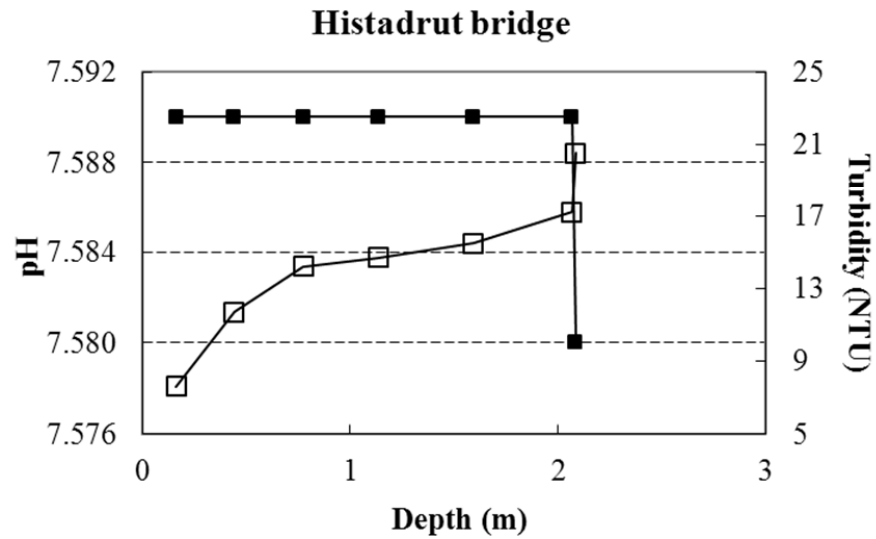
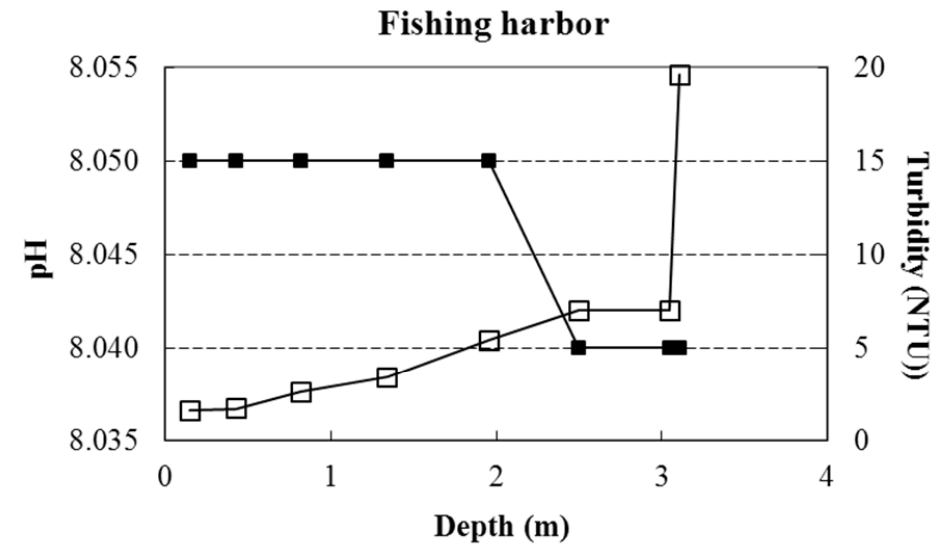
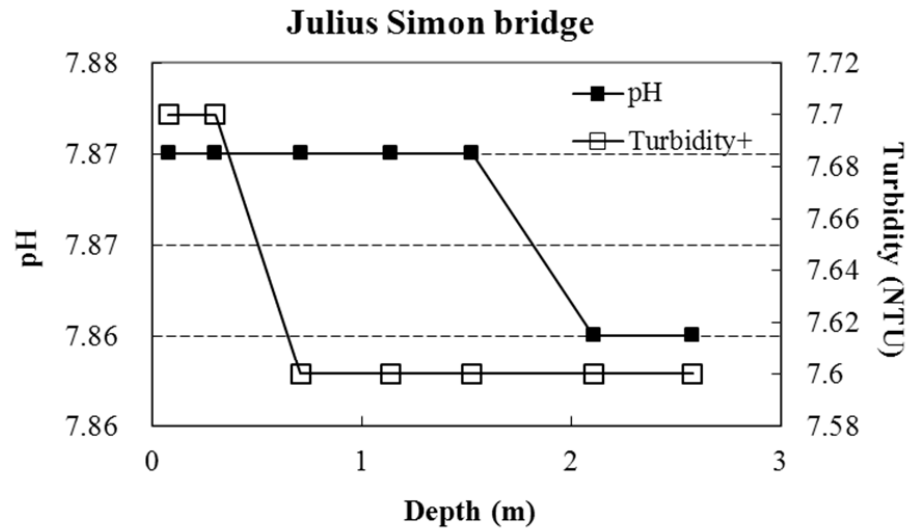
איור ב: פרופיל עומק של מליחות וטמפרטורת (°C) המים בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלות. מאי 2012.



איור ג: פרופיל עומק של חמצן מומס במים (מ"ג/ליטר) ואחוז רווייה בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, מאי 2012.



איור ד : פרופיל עומק של pH ועכירות (NTU) המים בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, מאי 2012.



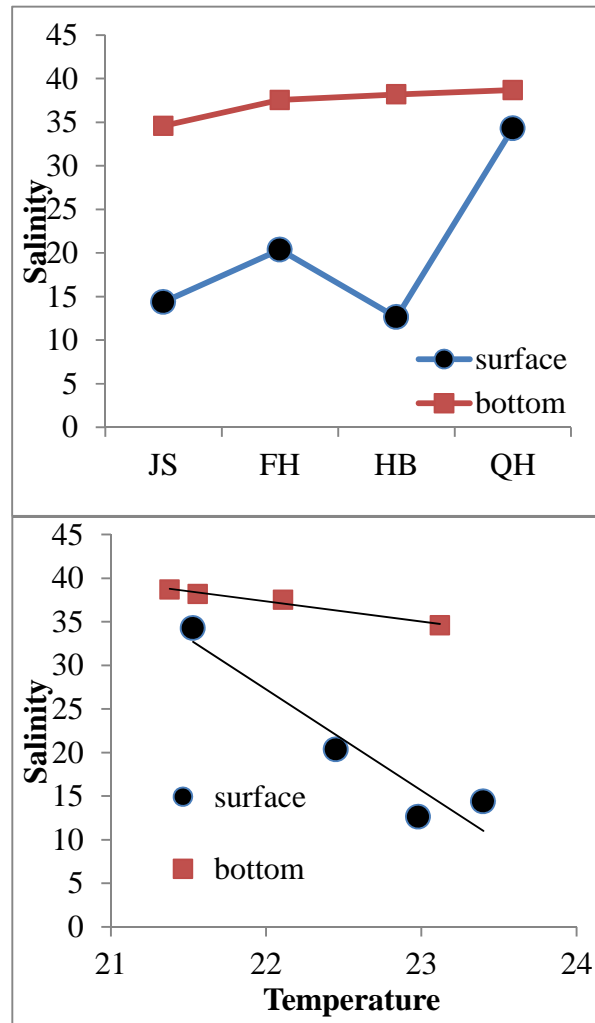


**טבלה 1:** טמפרטורה, מליחות, עכירות וריכוזי חמצן, נטריאנטים, כלורופיל וחומר מרחף במי שטח ומי עומק בארבע תחנות בקטע המלוח של נחל הקישון, דיגום מאי 2012.

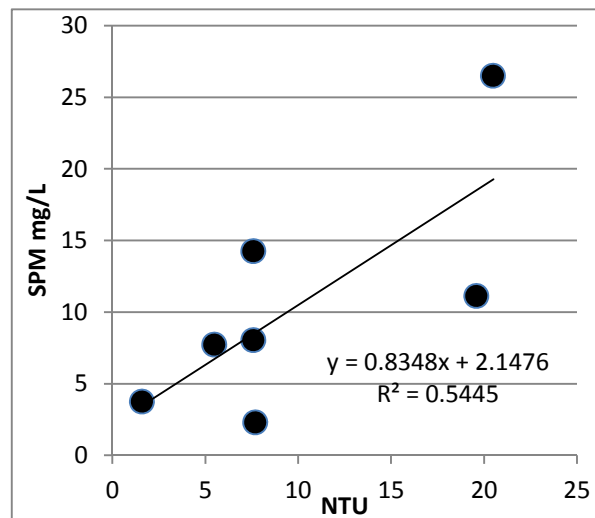
Station	Depth	Temp	Sal	DO		pH	Tur	SPM	Chl-a
				mg/l	%				
	m	°C					NTU	mg/l	mg/l
<b>Qishon (QHb) Harbor</b>	0.21	21.53	34.28	8.31	115	8.15	7.60	8.02	3.51
	11.22	21.38	38.68	6.94	98	8.16	5.50	7.70	1.59
<b>Fishing (FHb) Harbor</b>	0.15	22.45	20.36	9.43	122	8.05	1.60	3.74	15.16
	3.11	21.56	38.19	6.18	88	8.04	19.60	11.10	18.29
<b>Julius Simon (JBr) Bridge</b>	0.08	23.40	14.36	7.31	93	7.87	7.70	2.29	40.10
	2.58	22.11	37.54	5.79	83	7.86	7.60	26.64	134.10
<b>Histadrut (HBr) Bridge</b>	0.16	22.98	12.62	4.98	63	7.59	7.60	14.23	60.36
	2.09	23.12	34.58	2.13	30	7.58	20.50	26.48	225.85

Station	Depth	NO <sub>3</sub>	NO <sub>2</sub>	NH <sub>4</sub>	*SN <sub>in</sub>	PO <sub>4</sub>	Si(OH) <sub>4</sub>
	m	μM	μM	μM	μM	μM	μM
<b>QHb</b>	0.207	90.4	22.7	2.6	115.6	2.4	31.6
	11.224	2.0	0.4	2.0	4.3	0.2	2.4
<b>FHb</b>	0.149	309.3	72.9	8.3	390.5	7.0	121.0
	3.108	17.8	3.4	5.6	26.7	1.5	8.1
<b>JBr</b>	0.079	536.6	164.0	51.3	751.9	14.4	209.4
	2.577	25.1	5.6	0.4	31.1	1.3	7.7
<b>HBr</b>	0.162	731.6	196.1	59.9	987.6	22.7	170.4
	2.085	133.8	44.3	4.6	182.7	13.5	43.5

איור ה : ערכי מליחות בתחנות הדיגום (לאורך מורד הנחל), מאי 2012.



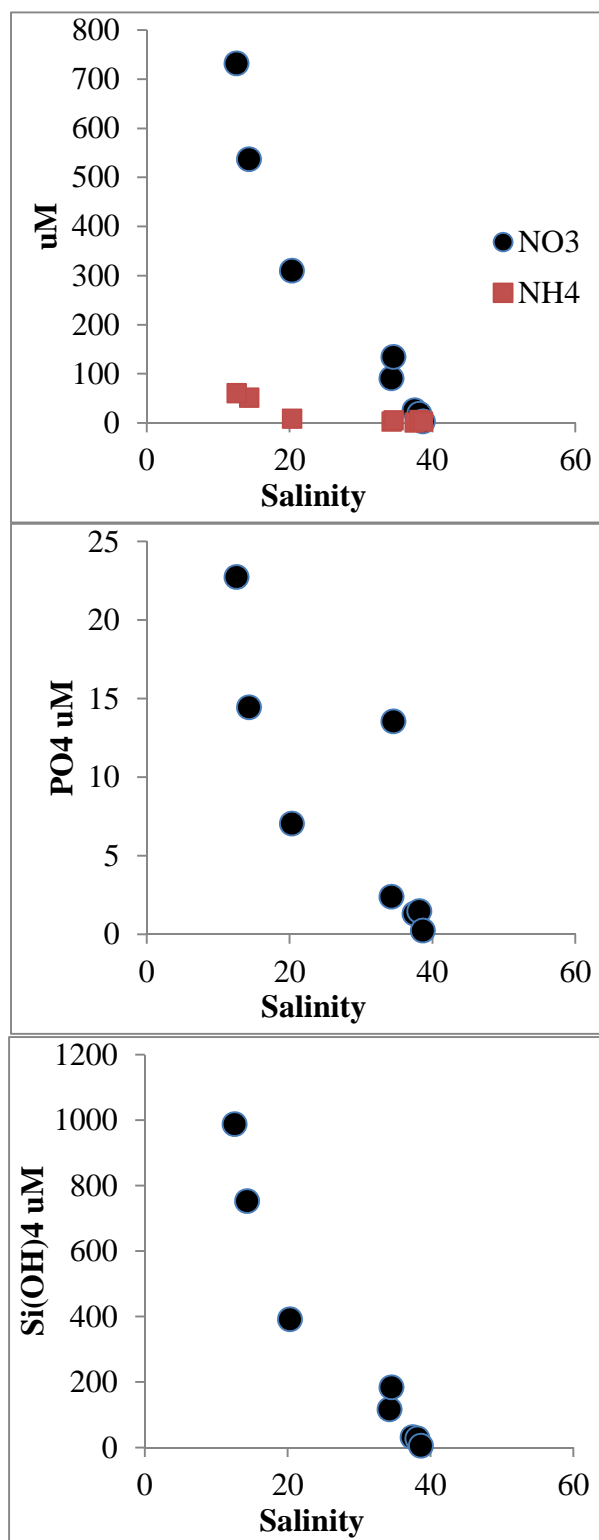
איור ו : יחסי הגומלין בין ערכי NTU וריכוזי חומר מרחף (SPM) לאורך מורד הנחל, מאי 2012 (מדידה אחת נפסלה).



ריכוזי הנוטריאנטים במי השטח גבוהים בהרבה מהריכוזים במי העומק בכל תחנות הדיגום (טבלה 1). הריכוזים קטנו בכוון מורד הנחל עם ההתרחקות ממקור קולחי התעשייה המוזרמים לנחל, בהשפעת מידת המיהול עם מי ים (איור ז). ריכוזי הסיליקה, הניטראט ובמידה רבה גם הפוספט מראים שינויים קונסרבטיביים לאורך קטע הנחל ומוכתבים בעיקר ע"י מידת המיהול בין המים מהמעלה הכוללים את הקולחים ומי ים, אבל מושפעים גם מתהליכים ביולוגיים (ניטריפיקציה, נשימה).

בכל התחנות פרט לפתח הנמל, ריכוזי החנקן והזרחן במי השטח מראים רמת זיהום (איאורופיקציה) גבוהה על פי הקריטריונים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1996) לאיכות המים בשפכי נחלים (טבלה 2). הקריטריונים מתייחסים לכלל החנקן והזרחן המומסים ולא רק לחלק האי-אורגני שנמדד בניטור זה עבור הפוספט.

איור ז: יחסי גומלין בין ניטראט, אמוניום, פוספאט וסיליקה למליחות בתחנות הדיגום, מאי 2012.



ריכוזי הכלורופיל גבוהים יותר בדגימות פני השטח בכל תחנת דיגום וריכוזם יורד בכיוון מורד הנחל. הריכוזים במי השטח בגשר ההסתדרות, בגשר יוליוס סימון ומעגן הדיג מצביעים על רמה איאטרופית גבוהה או גבוהה מאוד (היפר) (טבלאות 1 ו-2).

**טבלה 2:** קריטריונים של מינהל 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 ( $\mu\text{M}$ )		>71	7.1-71	0-7.1
TDP (mg/L)		>0.1	0.01-0.1	0-0.01
TDP ( $\mu\text{M}$ )		>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 המיקרופלנקטון

#### קבוצות המיקרופלנקטון – דיגום קישון מאי 2012

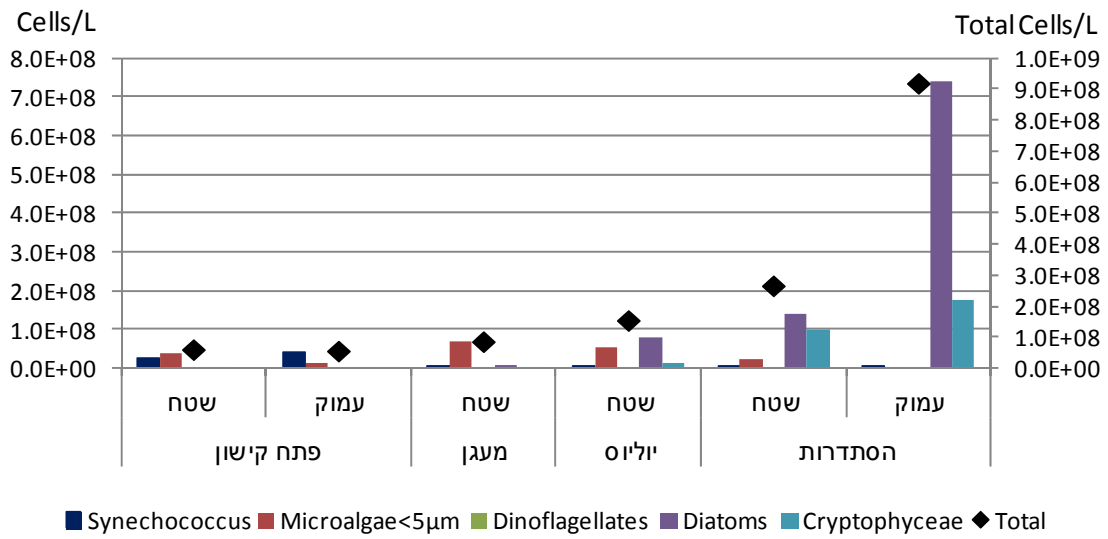
פריחת אצות מקבוצות שונות איפיינה את תחנות הקישון השונות. שיא פריחת אצות נמצא בגשר ההסתדרות ובמיוחד במי העומק, שם פרחו אצות צורניות ואצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae*. בגשר יוליוס פרחו בנוסף מיקרואצות הקטנות מ-  $5\mu\text{m}$ . במעגן הדיג פרחו מיקרואצות קטנות מ-  $5\mu\text{m}$  ובפתח הקישון בשני העומקים הייתה פריחה לא אפיינית של מיני דינופלגלטים הידועים כיוצרי פריחות. בגשר ההסתדרות בשני העומקים ריכוז הכלורופיל הצביע על רמה היפר-איאטרופית יחסית לקריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים. רמה איאטרופית גבוהה נמצאה במי שטח גשר יוליוס, במי שטח מעגן הדיג רמה בינונית ואילו בפתח הקישון בשני העומקים, נמצאה רמה איאטרופית נמוכה. נמצא מתאם גבוה בין ריכוז הכלורופיל לביומסת הפיטופלנקטון והם נמצאו הגבוהים ביותר במי עומק גשר ההסתדרות.

**ריכוז התאים** – ריכוז התאים הגבוה ביותר נמצא בגשר ההסתדרות במי העומק ( $9.2 \times 10^8$ ) (איור 1). ריכוז התאים הקטן ביותר נמצא בפתח הקישון. מיקרואצות קטנות מ-  $5\mu\text{m}$  היו דומיננטיות מספרית, במי שטח פתח הקישון ובמעגן הדיג והיו 60% ו- 79% בהתאמה מריכוז התאים הכללי בתחנות אלה (איור 2). במי עומק פתח הקישון, הבקטריות הכחוליות מהמין *Synechococcus* sp. היו דומיננטיות והיו 72% מריכוז התאים הכללי (רמה קטנה מזו המאפיינת את מי הים במפרץ חיפה ולאורך החוף, שהיא מעל 95%). במי שטח גשר יוליוס ובגשר ההסתדרות פרחו אצות צורניות, שהיו 50% מהתאים בתחנות אלה ואילו בעומק ההסתדרות, ריכוזן היה גבוה מאד יחסית לתחנות האחרות, והן היו 80% מסך כל התאים בתחנה זו. בגשר

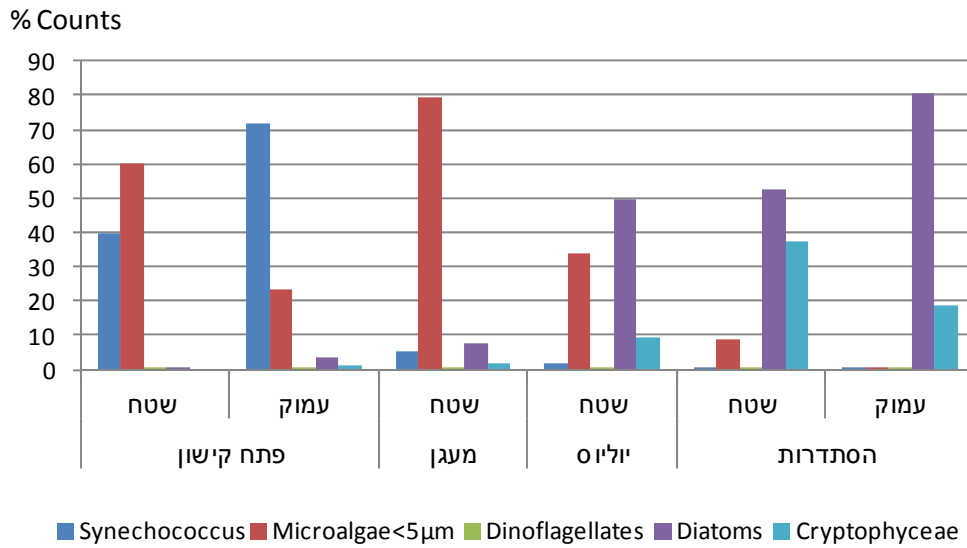
ההסתדרות בשני העומקים נמצאה בנוסף פריחה של פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* השכיחים במיוחד בסתיו.

**הביומסה וריכוז הכלורופיל** – נמצא גרדיאנט של עלייה בביומסה ובריכוז הכלורופיל עם העלייה במעלה הנחל, כאשר בגשר ההסתדרות ובמיוחד בעומק תחנה זו, ריכוזם היה הגבוה ביותר (איור 3). בפתח הקישון בשני העומקים הדינופלגלטים היו דומיננטיים בביומסה (איור 4), והיוו  $67\% \pm 8\%$  מהביומסה הכללית (איור 5). במעגן הדייג מיקרואצות קטנות מ-  $5\mu m$  היוו 50% מהביומסה ואילו הצורניות היוו 20% מהביומסה. בגשר יוליוס ריכוז הצורניות החל לעלות והן היוו 56% מהביומסה הכללית. בגשר ההסתדרות ביומסת הצורניות הגיע לשיא, במיוחד בעומק התחנה, בה הם היוו 74% מהביומסה הכללית, ויחד עם פלגלטים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* הם הרכיבו את הביומסה הגבוהה שנמצאה בתחנה זו.

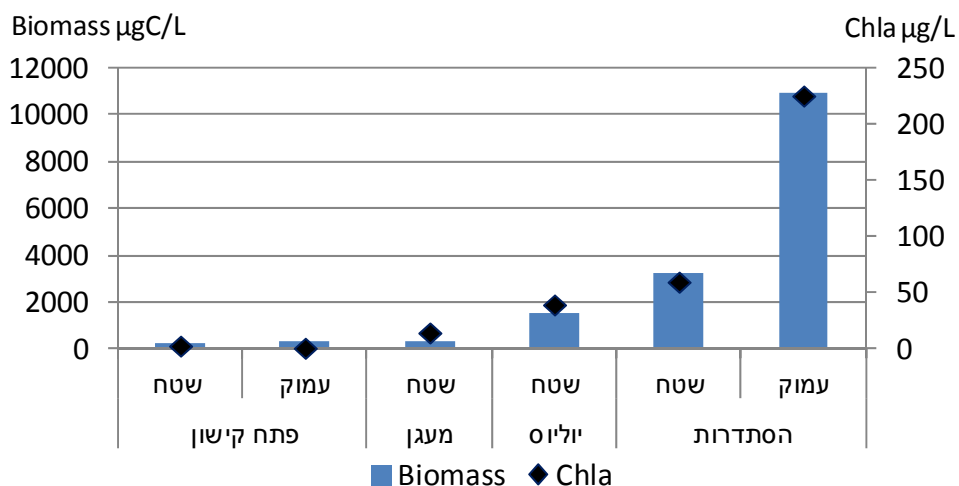
איור 1: ריכוז תאי הפיטופלנקטון מהקבוצות השונות בתחנות הקישון – מאי 2012



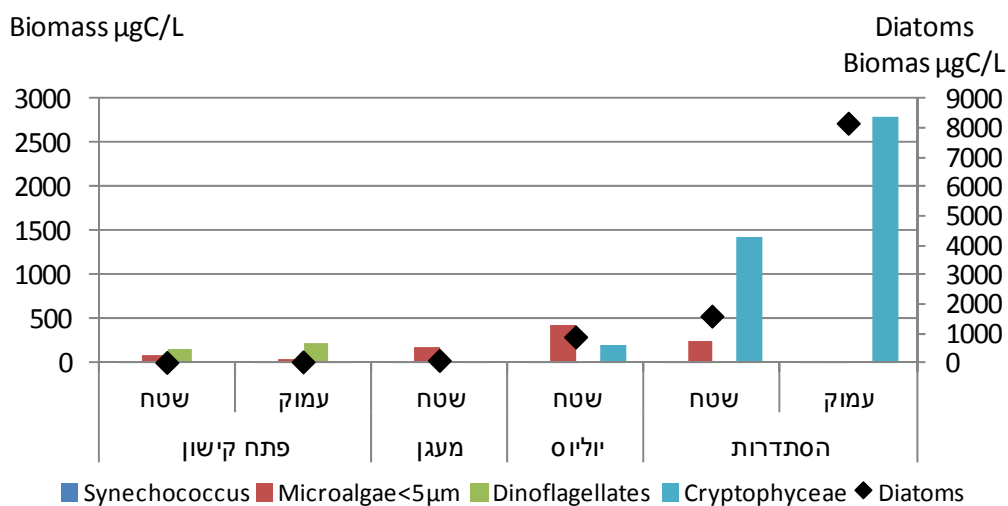
איור 2: ריכוז תאי קבוצות הפיטופלנקטון השונות באחוזים – מאי 2012



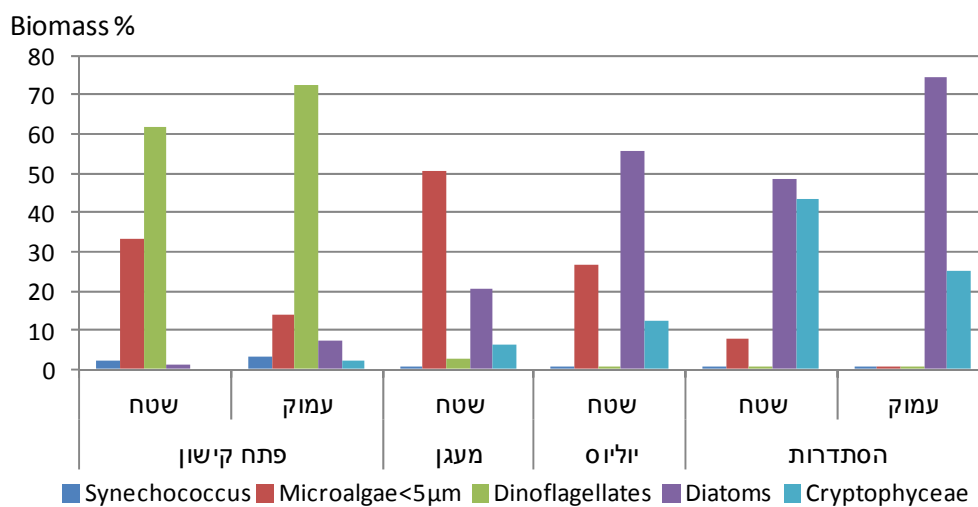
איור 3 : התפלגות הביומסה הכללית וריכוז הכלורופיל בתחנות השונות – מאי 2012



איור 4 : התפלגות ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון בתחנות הקישון – מאי 2012



איור 5 : התפלגות באחוזים של ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון בתחנות השונות





## הרכב מיני המיקרופלנקטון השכיח

מבין מיני המיקרופלנקטון השכיחים ביותר בדיגום זה (טבלה 1), ואשר תרומתם לביומסה הייתה המשמעותית ביותר היו אצות מקבוצת הצורניות. צורנית קטנה מהמין *Navicula sp.* פרחת בגשר יוליוס ובגשר ההסתדרות ובמיוחד בעומק תחנה זו, בה היא היוותה 74% מהביומסה הכללית. בגשר ההסתדרות נמצאה גם פריחה גדולה של המין *Hemiselmis sp.*, פלגט השייך לקבוצת ה- *Cryptophyceae* ואשר היא שכיח גם בעבר במעלה הנחל. בפני שטח מעגן הדייג, גשר יוליוס וגשר ההסתדרות הייתה בנוסף פריחה של פלגט קטן ( $4\mu\text{m}$ ), המשתייך ככל הנראה לקבוצת הירוקיות, ונכלל בתוך קבוצת המיקרואצות הקטנות מ-  $5\mu\text{m}$ . פתח הקישון בשני העומקים מאופיין בפריחה של מספר מיני דינופלגטים (טבלה 1) שתרומתם לביומסה הכללית הייתה משמעותית בשתי התחנות (איור 4). לראשונה נראתה פריחה גדולה, ולא אפיינית לקישון או לאורך החוף, של הדינופלגט מהמין *Ceratium furca* השכיח במהלך השנים, במרבית הדיגומים. בנוסף הופיע ריכוז גבוה יחסית של מינים מהסוג *Prorocentrum* ובהם *P. micans* שריכוזו נמצא השנה בפריחה יחסית לשנים קודמות והמין *P. triestinum* שהיה שכיח מאד גם בדיגומים קודמים. כמו כן הופיע ריכוז גבוה יחסית של דינופלגטים מהמין *Scripsiella sp.* כל מיני הדינופלגטים הללו ידועים כיוצרי פריחות, במיוחד במים בהם קיימת העשרה בנוטריינטים. פלגט מהמין *Eutreptia sp.* מקבוצת ה- *Euglenoidea* הופיע בריכוז גבוה יחסית בפני שטח מעגן הדייג וגשר יוליוס.

טבלה 1: ריכוז (תאים/לליטר) המיקרופלנקטון השכיח ביותר בדיגום מאי 2012

	פתח קישון		מעגן		הסתדרות		עמוק
	שטח	עמוק	שטח	שטח	שטח	שטח	
<b>Dinoflagellates</b>							
Unidentified <15 $\mu\text{m}$	7.9E+04	8.7E+04	1.8E+04	8.4E+04	6.4E+04	1.7E+05	
<i>Ceratium furca</i>	1.8E+04	3.1E+04	774	83	133	700	
<i>Prorocentrum micans</i>	2.5E+04	2.2E+04	1072	920	114	5193	
<i>Prorocentrum triestinum</i>	2.7E+04	2.3E+04	3810	800		80	
<i>Protoperdinium spp.</i>	16	1.2E+04		67			
<i>Scripsiella sp.</i>		1.3E+04	300	400		90	
<i>Scripsiella trochoidea</i>	1.3E+04	1.5E+04	40				
<b>Diatoms</b>							
<i>Cyclotella spp.</i>	11	0	1171	2.8E+05	1.9E+05	8.5E+04	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	3657	1.2E+04	1660	867	400	2395	
<i>Navicula sp.</i> (12 $\mu\text{m}$ )		1.8E+06	6.5E+06	7.7E+07	1.4E+08	7.4E+08	
<i>Navicula sp.</i> (497k)			220	4.6E+04	1.1E+05	480	
<i>Thalassiosira pseudonana</i>		1.4E+05					
<b>Euglenoidea</b>							
<i>Eutreptia sp.</i>	7893	2.8E+03	2.0E+05	1.6E+05	2133	160	
<b>Cryptophyceae</b>							
<i>Cryptomonad spp.</i>		5.9E+05	9.0E+05	1.5E+07	1.5E+07	3.2E+07	
<i>Hemiselmis sp.</i>			7.6E+05		8.6E+07	1.4E+08	
<b>Cyanobacteria</b>							
<i>Synechococcus sp.</i> (1)	2.5E+07	4.2E+07	4.7E+06	2.6E+06	8.3E+05	6.8E+06	
<i>Synechococcus sp.</i> (2)			5.3E+06	8.5E+06	6.2E+05		
<i>Leptolyngbya spp.</i>			456	2.3E+05	2.3E+05		
<i>Oscillatoria formosa</i>			600	2.3E+05			
Microalgae<5 $\mu\text{m}$	3.8E+07	1.4E+07	7.0E+07	5.3E+07	2.4E+07	1.6E+05	
Total	6.3E+07	5.8E+07	8.9E+07	1.6E+08	2.7E+08	9.2E+08	

## הרכב מיני המיקרופלנקטון הפחות שכיח

מינים אופייניים למי ים הופיעו בריכוז גבוה יותר בפתח הקישון בשני העומקים, ובריכוז הולך ויורד במעלה הנחל, כפי שנמצא בדיגומים קודמים (טבלה 2). מספר מיני הצורניות היה גבוה יותר בפתח הקישון (איור 6) ונבע מכך שבתחנה זו הופיעו מגוון גדול של מינים האפייניים למי ים, כמו מיני *Chaetoceros* spp. ומיני *Pseudonitzschia* spp. מיני *Navicula* spp. איפיינו יותר את המים הפחות מלוחים במעלה הנחל. בפתח הקישון הופיע מגוון גדול יותר של מיני דינופלגלטים (איור 6), שהם אפייניים למי ים, כפי שנמצא בדיגומים קודמים. מגוון מיני הדינופלגלטים הלך וירד במעלה הנחל. שכיחים יותר היו מינים שהם ככל הנראה בעלי פוטנציאל טוקסי ויפורטו בסעיף הבא. בנוסף היו שכיחים יחסית מיני *Protoperdinium* spp. דינופלגלט חדש הופיע בגשר יוליוס ובגשר ההסתדרות, וזוהה כמין *Kryptoperidinium cf. foliaceum* (דרושה עבודת זיהוי נוספת), שמתאפיין בגודל בינוני (45µm) ונחשב סביל לטווח רחב של מליחיות. מיני אצות ירוקיות, ובקטריות כחוליות אפייניות למים פחות מלוחים, איפיינו את תחנות מעלה הנחל. בין האצות הירוקיות הופיע מגוון גדול יחסית של מיני *Scenedesmus* spp. ומבין הבקטריות הכחוליות, היו שכיחים בקטריות חד תאיות כמו מיני *Chroococcus* sp. ובקטריות חוטיות כמו מיני *Leptolyngbya* sp., *Lyngbya* sp. ומיני *Oscillatoria* spp.

**מינים בעלי פוטנציאל טוקסי** – בדיגום זה הופיע ריכוז גבוה יחסית של מינים מהסוג *Alexandrium* spp. (טבלה 2), שחלק גדול מהמינים בו נחשבים לבעלי פוטנציאל טוקסי. המין *Dinophysis caudata*, המאפיין בהופעתו את הסתיו, הופיע השנה גם הוא בריכוז הגבוה ביותר עד כה, ריכוז של 1441 תאים לליטר בעומק פתח הקישון. מיני *Dinophysis* spp. ידועים כבעלי פוטנציאל מזיק גם בריכוזים לכאורה נמוכים יחסית משום יכולתם להצטבר בגופם של מסננים כמו צדפות המשמשות למאכל. בדיגום זה בדומה לדיגום מאי בשנתיים קודמות הופיע דינופלגלט מהמין *Gymnodinium cf. catenatum*, אך בריכוז נמוך יחסית (טבלה 2). המינים *Akashiwo sanguinea*, ו- *Karenia brevis* הופיעו בריכוז נמוך יחסית.

**מגוון המינים:** מספר המינים היה דומה בכל התחנות ועמד על ממוצע של  $60 \pm 2$  (איור 7). הרכב המינים מהקבוצות השונות היה שונה בין התחנות. בפתח הקישון בשני העומקים מספר מיני הדינופלגלטים והאצות הצורניות היה דומה והם היוו ביחד 90% ממספר המינים הכללי בתחנה זו. מספר הדינופלגלטים ירד בפני השטח עם העלייה במעלה הנחל, כיוון שמרביתם מינים ימיים. בדומה לדינופלגלטים גם במספר הצורניות הייתה ירידה במעגן הדייג, ומספרן היה דומה לזה שבתחנות האחרות במעלה הנחל. מספר מיני האצות הירוקיות שהן אפייניות יותר למים פחות מלוחים הלך ועלה במעלה הנחל.

**אינדקס השונות** (מחושב לפי מס' המינים / שורש ריבועי של הבימוסה) נמצא דומה בתחנות פתח הקישון ומעגן הדייג, וירד בהדרגה עם העלייה במעלה הנחל בהתאמה עם העלייה בבימוסה הכללית (איור 7). האינדקס הנמוך ביותר נמצא בעומק גשר ההסתדרות.

טבלה 2: ריכוז (תאים/לליטר) תאי המיקרופלנקטון הפחות שכיח בדיגום מאי 2012

	פתח קישון		מעגן	יוליס	הסתדרות	
	שטח	עמוק	שטח	שטח	שטח	עמוק
<b>Dinoflagellates</b>						
<i>Akashiwo sanguinea</i>	48	63	28			10
<i>Alexandrium</i> sp. (1839)	392	1240	150			
<i>Alexandrium</i> sp. (69A)	2064	1843				
<i>Ceratium kofoidii</i>	64	47				
<i>Dinophysis caudata</i>	661	1448	4	60	5	63
<i>Gonyaulax spinifera</i>			4			
<i>Gymnodinium</i> cf. <i>catenatum</i>	6	23				
<i>Gymnodinium elongatum</i>	368	693				1400
<i>Gymnodinium instriatum</i>	64	13	52	4		
<i>Gyrodinium lachryma</i>		6				
<i>Karenia</i> ( <i>Gymnodinium</i> ) <i>brevis</i>		13				
<i>Kryptoperidinium</i> cf. <i>foliaceum</i>				2783	1233	588
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	128	60	147			105
<i>Oxytoxum laticeps</i>	16					
<i>Peridinium</i> sp. ( 585k)				60	167	95
<i>Podolampas palmipes</i>	3					
<i>Polykrikos kofoidii</i>		3				
<i>Prorocentrum gracile</i>		493	86	33	10	20
<i>Prorocentrum mimimum</i>			596	67		
<i>Prorocentrum rotundatum</i>	16					
<i>Protooperidinium bipes</i>	400					
<i>Protooperidinium</i> cf. <i>obtusum</i>	3					
<i>Protooperidinium claudicans</i>	3					
<i>Protooperidinium conicum</i>		6				
<i>Protooperidinium depressum</i>	12	19				
<i>Protooperidinium</i> sp. (54)	672	960	40	4	133	160
<i>Protooperidinium</i> sp. (571k)			80			
<i>Protooperidinium subinermis</i>		6				
<i>Pselodinium</i> sp.		7				
<i>Torodinium teredo</i>	3	7				
<i>Warnowia</i> sp.	32					
Dinoflagellate Cysts		42				

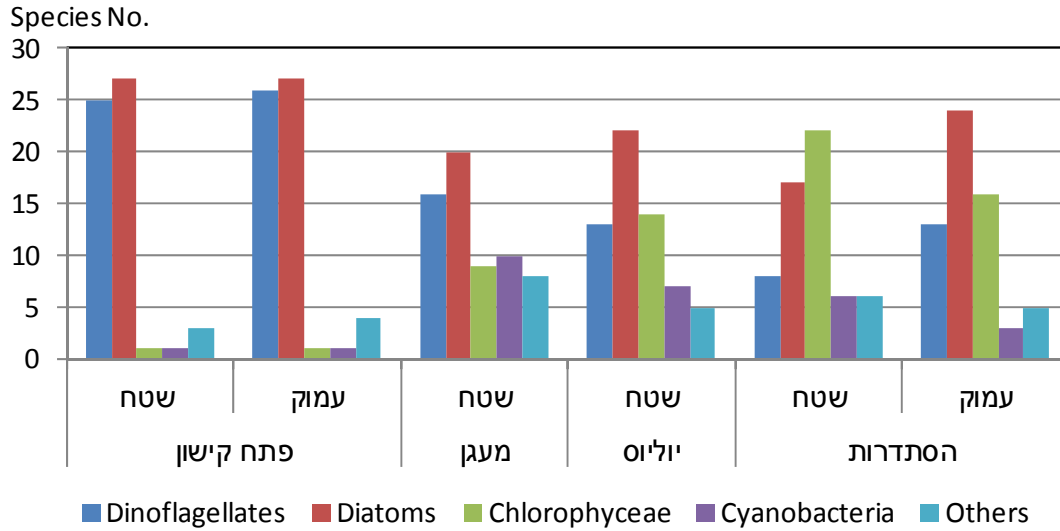
טבלה 2 (המשך): ריכוז (תאים/לליטר) תאי המיקרופלנקטון הפחות שכיח בדיגום מאי 2012

	פתח קישון		מעגן	יוליוס	הסתדרות	
	שטח	עמוק	שטח	שטח	שטח	עמוק
<b>Diatoms</b>						
<i>Achnanthes</i> sp.	6		104	4	130	
<i>Amphora</i> spp.				133		150
<i>Asterionellopsis glacialis</i>	49	217				
<i>Bacillaria paxillifera</i>		80	20			
<i>Biddulphia rhombus</i>	34	110				
<i>Chaetoceros didymus</i>	817					275
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	6448	1726	466	567		1635
<i>Chaetoceros</i> spp.	656	373		267		215
<i>Coscinodiscus</i> spp.	28	10				
<i>Cylindrotheca closterium</i>		6				
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	206	253	50			85
<i>Diploneis</i> sp.	16					
<i>Entomoneis gigantea</i> var <i>sulcata</i>				67	42	2740
<i>Entomoneis</i> sp. (1622)	17	18	443			
<i>Entomoneis</i> spp.	16		498	8	107	580
<i>Guinardia flaccida</i>	34	7				
<i>Guinardia striata</i>	560	53	29			
<i>Hemiaulus hauckii</i>	17	137				
<i>Hemiaulus sinensis</i>	23					
<i>Lauderia annulata</i>	269	57				125
<i>Leptocylindrus minimus</i>	743	514	1320	733		525
<i>Licmophora</i> sp.	48					
<i>Melosira moniliformis</i>		11	120	533	10	85
<i>Navicula</i> sp. (559k)					200	15
<i>Navicula</i> sp. (582k)				200		40
<i>Navicula</i> sp. (584k)				67	36	
<i>Navicula</i> sp. (587k)				4		
<i>Navicula</i> sp. (588k)					5162	7530
<i>Navicula</i> sp. (1949)	16			1733	1867	160
<i>Navicula</i> sp. (320)	32	107	4	100		440
<i>Navicula</i> sp. (BS89)	8		400	533	4800	560
<i>Navicula</i> spp.		19		800	400	
<i>Nitzschia sigma</i>	6			4	77	40
<i>Pleurosigma</i> spp.			16	67	400	243
<i>Proboscia alata</i>		114				5
<i>Pseudonitzschia</i> spp.	8309	2526	1900	1000		2900
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	32	38				
<i>Rhizosolenia setigera</i>					67	
<i>Surirella</i> sp.		10	8			
<i>Synedra</i> sp.		6	29			
<i>Thalassiosira</i> spp.	112	13	1096			
<i>Thalassionema</i> sp.		47				

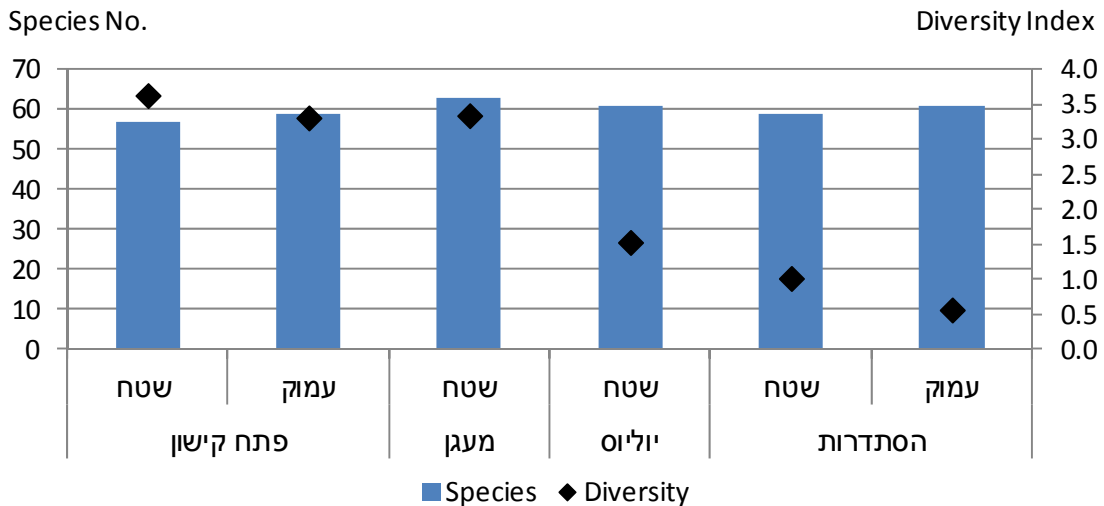
טבלה 2 (המשך): ריכוז (תאים/לליטר) תאי המיקרופלנקטון הפחות שכיח בדיגום מאי 2012

	פתח קישון		מעגן		הסתדרות	
	שטח	עמוק	שטח	שטח	שטח	עמוק
<b>Ebriophyceae</b>						
<i>Hermesinium adriaticum</i>	16				10	
<b>Chlorophyceae</b>						
<i>Ankistrodesmus</i> sp.				4		
<i>Coelastrum microporum</i>				48		80
<i>Crucigenia quadrata</i>			640		133	
<i>Crucigenia tetrapedia</i>					134	80
<i>Monoraphidium griffithii</i>				533	533	0
<i>Oltmannsiella lineata</i>	512	303	800			
<i>Oocystis borgei</i>			28	367	580	440
<i>Oocystis</i> sp. (1294)						40
<i>Oocystis</i> sp. (1651)			160			
<i>Oocystis</i> sp. (1991)					120	
<i>Oocystis</i> sp. (405k)					1333	
<i>Oocystis</i> sp. (882)					400	80
<i>Stauridium tetras</i>						10
<i>Percursaria percursa</i>			724			
<i>Phacus acuminatus</i>			95			
<i>Scenedesmus acuminatus</i> f. <i>maximus</i>			160	108	80	
<i>Scenedesmus acuminatus</i>				1734	1240	
<i>Scenedesmus arcuatus</i>					1033	125
<i>Scenedesmus bicaudatus</i>					667	800
<i>Scenedesmus bijuga</i>				533	300	15
<i>Scenedesmus ecornis</i>					500	
<i>Scenedesmus ellipticus</i>					533	
<i>Scenedesmus intermedius</i>				267	400	30
<i>Scenedesmus intermedius</i> var. <i>balatonicus</i>				533		45
<i>Scenedesmus obliquus</i>					200	
<i>Scenedesmus opoliensis</i>			80	16	120	500
<i>Scenedesmus opoliensis</i> var. <i>mononensis</i>				267	120	100
<i>Scenedesmus planctonicus</i>				267	267	640
<i>Scenedesmus protuberans</i>					133	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>			80	2165	5167	1870
<i>Scenedesmus quadricauda</i> var. <i>maximus</i>					511	320
<i>Scenedesmus tibiscensis</i>				416		
<b>Euglenoidea</b>						
<i>Euglena</i> sp.					10	80
<i>Euglena</i> sp. (584k2)			10			
<i>Lepocinclis</i> sp.			600			
<b>Raphidophyceae</b>						
<i>Hetrosigma</i> cf. <i>akashiwo</i>		107	340	400		
<b>Cyanobacteria</b>						
<i>Chroococcus</i> sp.			670	400	196	3840
<i>Leptolyngbya</i> sp. (586k)			1500	3867		
<i>Lyngbya</i> sp.			224		2067	
<i>Merismopedia tenuissima</i>						160
<i>Oscillatoria</i> sp. (598k)			500		625	
<i>Oscillatoria</i> sp. (482k)			456	3333		
<i>Spirulina</i> sp.			800			

איור 6 : התפלגות מספר המינים מהקבוצות השונות – מאי 2012



איור 7 : התפלגות מספר המינים ואינדקס השונות בתחנות השונות- מאי 2011



### לסיכום דיגום מאי 2012

1. **ריכוז כלורופיל** גבוה מאוד נמצא בעומק גשר ההסתדרות, ושני העומקים של תחנה זו מתאפיינים ברמה היפר-איאוטרופית של המים יחסית לקריטריונים של איכות מים בשפכי נחלים. ריכוז הכלורופיל ירד עם הירידה במורד הנחל, ונמצא הנמוך ביותר בעומק פתח הקישון.
2. **ריכוז התאים והביומסה** היו הגבוהים ביותר בעומק גשר ההסתדרות ונבעו מפריחה גדולה של צורנית מהמין *Navicula sp.* שהיוותה 74% מהביומסה הכללית בתחנה זו. הביומסה וריכוז התאים בפתח הקישון בשני העומקים ובפני שטח מעגן הדייג נמצאו דומים ונמוכים יחסית לשתיה תחנות מעלה הנחל.
3. **פריחות** – נמצאה פריחה גדולה של אצה צורנית קטנה מהמין *Navicula sp.*, במיוחד בעומק גשר ההסתדרות. אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae*, ובמיוחד המין *Hemiselmis sp.* פרחו בגשר ההסתדרות וגשר יוליוס. פלגלט קטן מ-  $5\mu\text{m}$ , מהירוקיות, פרח בכל התחנות להוציא פתח הקישון.

הדינופלגלטים מהמינים השכיחים *Ceratium furca* ו- *Prorocentrum micans* פרחו, באופן יוצא דופן, בפתח הקישון בשני העומקים.

4. **מינים בעלי פוטנציאל טוקסי** – השנה נמצא ריכוז גבוה יחסית של מיני *Alexandrium* spp. כמו כן נמצא ריכוז גבוה יחסית של המין *Dinophysis caudata* המאפיין את דיגומי האביב. הוא הופיע בריכוז מכסימלי של 1448 תאים לליטר בעומק פתח הקישון.
5. **מספר המינים ואינדקס השונות** - מספר המינים בכל התחנות נמצא דומה, אינדקס השונות, המושפע גם מהביומסה היה דומה בפתח הקישון ובמעגן הדייג, וירד עם העליה במעלה הנחל.

#### **השוואה רב-שנתית של דיגומי מאי בשנים 2003-2012**

\* מים מעומק תחנות מעגן הדייג וגשר יוליוס נלקחו עד שנת 2009 כולל.

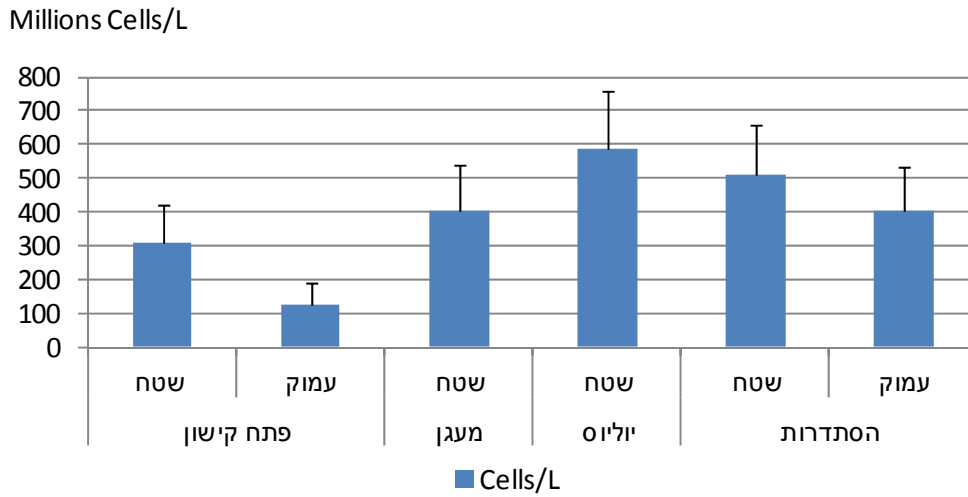
1. **ריכוז התאים**: למרות ההבדלים בממוצע ריכוז התאים בין התחנות (איור 8) ובמיוחד בין פתח הקישון לתחנות האחרות ההבדל לא נמצא מובהק משום התנודות הגדולות בריכוז התאים בין השנים (איור 9). בפני שטח פתח הקישון, בכל הדיגומים, ריכוז התאים היה גדול מהריכוז בעומק התחנה, אולם בתחנת גשר ההסתדרות לא נראתה מגמה כזו, ובחלק מהדיגומים ריכוז התאים היה גבוה יותר דווקא במים העמוקים. בשונה מאשתקד, בדיגום מאי 2012 הייתה ירידה בריכוז התאים בכל התחנות, להוציא עומק גשר ההסתדרות, בו ריכוז התאים במגמת עלייה בשלוש השנים האחרונות.
2. **ביומסה וריכוז כלורופיל**: נראית מגמה כללית רב שנתית של עלייה בביומסה ובריכוז הכלורופיל עם העליה במעלה הנחל בתחנות הרדודות והעמוקות, כאשר בגשר יוליוס ובגשר ההסתדרות ממוצע הביומסה וריכוז הכלורופיל דומים (איור 10). ההבדלים בביומסה ובריכוז הכלורופיל בין מי פני השטח בתחנות השונות אינם מובהקים משום התנודות הגדולות בין השנים (איור 11). בעומק פתח הקישון הביומסה וריכוז הכלורופיל נמוכים באופן מובהק יחסית למי השטח בתחנה זו ובתחנות האחרות וכן יחסית למי העומק בגשר ההסתדרות. בדיגום 2012 הביומסה וריכוז הכלורופיל ירדו בפני השטח בכל התחנות, בדומה לריכוז התאים. ואילו בעומק ריכוזם עלה בגשר ההסתדרות ובגשר יוליוס (כלורופיל) (איור 12). בשלוש שנים אחרונות ישנה עלייה בביומסה ובריכוז הכלורופיל במי העומק בגשר ההסתדרות והם גבוהים באופן מובהק יחסית לשנים קודמות. מגמת עלייה בריכוז הכלורופיל נראית גם בעומק גשר יוליוס. בתחנות פני השטח לא נראית מגמה ברורה ומובהקת בין השנים (איורים 11,12). בגשר ההסתדרות בשני העומקים ובפני שטח גשר יוליוס ממוצע ריכוז הכלורופיל מ-10 שנות הדיגום, דומה ונמצא בתחום ערכי איאורופיקציה המוגדרת כהיפראיאורופית, (איור 10), במי שטח מעגן הדייג ופתח הקישון בתחום בינוני ואילו בעומק פתח הקישון בתחום הנמוך.
3. **קבוצות המיקרו פלנקטון והופעת פריחות** – קבוצת הצורניות היוותה מרכיב מרכזי בביומסה בדיגומי מאי בכל התחנות ולאורך השנים (איורים 13, 14). הצורניות פרחו בצורה מסיבית בחלק ניכר מהשנים, וממוצע הביומסה שלהן עלה עם העליה במעלה הנחל, והיה הגבוה ביותר בגשר יוליוס (איור 13). ההבדלים הללו בין התחנות לא נמצאו מובהקים משום התנודתיות בין השנים. תכיפות הפריחות ועוצמתן הייתה הגדולה ביותר בגשר יוליוס וגשר ההסתדרות. דיגום מאי 2012 התאפיין בפריחה גדולה של צורניות במיוחד בגשר ההסתדרות. מבין מיני האצות הצורניות שהיו שכיחים בפריחות היו המינים הבאים: 1. המין *Thalassiosira pseudonana* - פרח בארבעה

דיגומים בשנים 2004, 2005, 2008 ו- 2011. הביומסה של מין זה הלכה ועלתה משמעותית עם השנים בכל פריחה וגרמה לביומסה הכללית הגבוהה מאד גם בדיגום מאי 2011. 2. המין *Chaetoceros* sp. - פרח בצורה מתונה במאי 2003 ובאופן מסיבי יותר במאי 2006. 3. צורנית קטנה מהמין *Navicula* sp. - פרח ב- 2009 וכן בדיגום 2012. 4. צורנית מהמין *Nitzschia* sp. - פרח מסיבית ב- 2010 במיוחד בעומק גשר ההסתדרות ובמי שטח גשר יוליוס. אצות נוספות שפרחו בדיגומי מאי היו האצה הירוקית מהמין *Chlamydomonas coccooides* שפרחה בצורה משמעותית בדיגום מאי 2005, במיוחד בתחנת גשר ההסתדרות, היא הופיעה בריכוזים גבוהים גם מאי 2006 ומאי 2009. האצה *Euglena* sp. פרח בדיגום מאי 2006 במיוחד בתחנות העמוקות של גשר יוליוס וההסתדרות. מינים מקבוצת ה- *Cryptophyceae* איפיינו בדרך כלל את עונת הסתיו בהופעתם, אולם בשלוש שנים אחרונות ישנה עלייה בריכוזם גם באביב, עד כדי יצירת פריחות. ובדיגום 2012 פריחה לא אפיינית של דינופלגלטים מהמינים *Ceratium furca* ו- *Prorocentrum micans*.

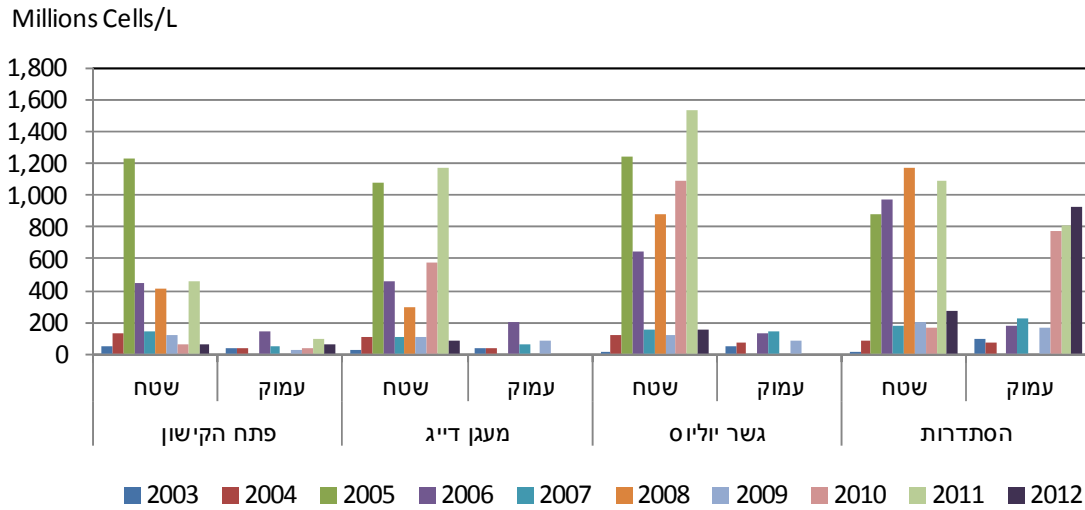
4. **מגוון המינים ואינדקס השונות** - ממוצע מספר המינים ואינדקס השונות בתחנות פני השטח ובעומק הלך וירד בהדרגה, במעלה הנחל, מפתח הקישון לתחנת גשר ההסתדרות, אולם ההבדלים בממוצע בפני השטח לא נמצאו מובהקים (איור 15). ממוצע מספר המינים בעומק פתח הקישון נמצא גבוה באופן מובהק יחסית לפני השטח בתחנות השונות ולעומק תחנת גשר ההסתדרות. ובהתאמה אינדקס השונות נמצא גבוה באופן מובהק בעומק פתח הקישון יחסית לפני השטח ולתחנות האחרות. ב- 2012 הייתה עלייה במספר המינים בכל התחנות, להוציא עומק פתח הקישון (איור 16), ובהתאמה הייתה גם עלייה באינדקס השונות בכל התחנות, להוציא עומק פתח הקישון (איור 17). בכל התחנות להוציא מי עומק גשר ההסתדרות נראית מגמה כללית של עלייה במספר המינים עם השנים, אך באינדקס השונות לא ניכרת מגמה כזו, להוציא פתח הקישון בו נראית מגמה כללית (גם אם לא עקבית) של עלייה באינדקס השונות.



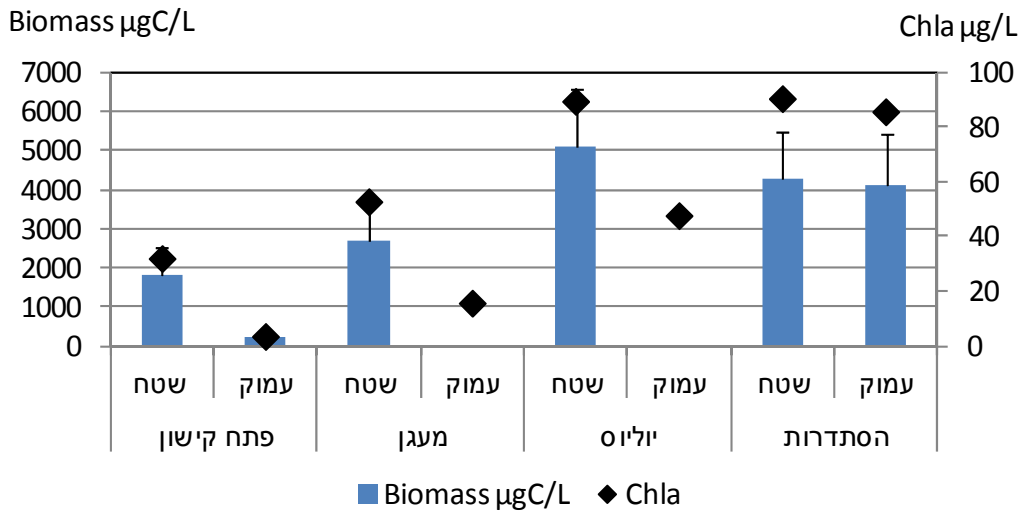
איור 8 : התפלגות ממוצע ריכוז תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2003-2012 ( $SE \pm$ )



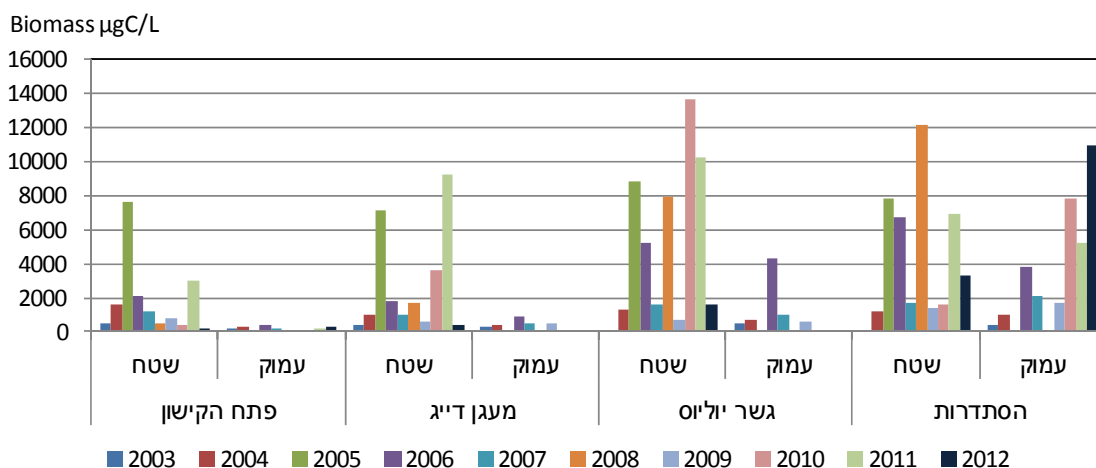
איור 9 : התפלגות ריכוז תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2003-2012



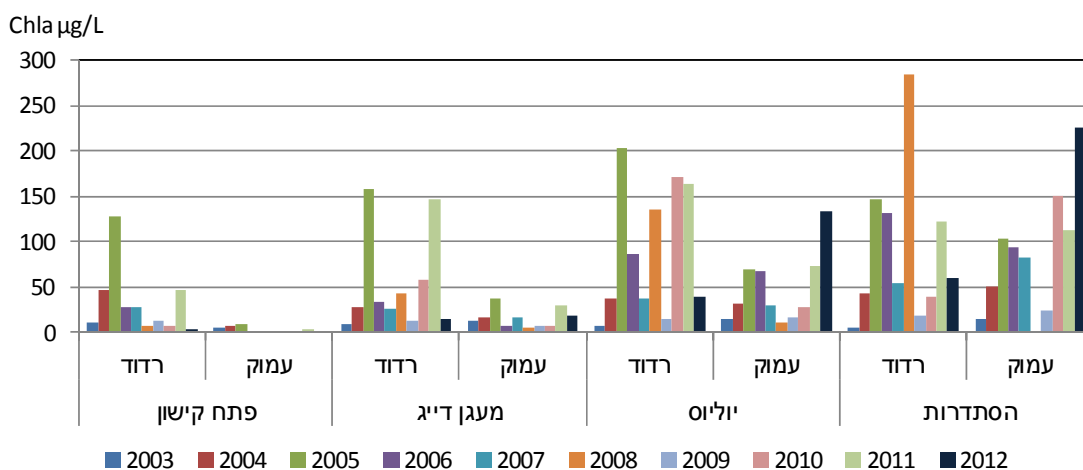
איור 10 : התפלגות ממוצע הביומסה וריכוזי הכלורופיל בדיגומי מאי (2003-2012) ( $SE \pm$ )



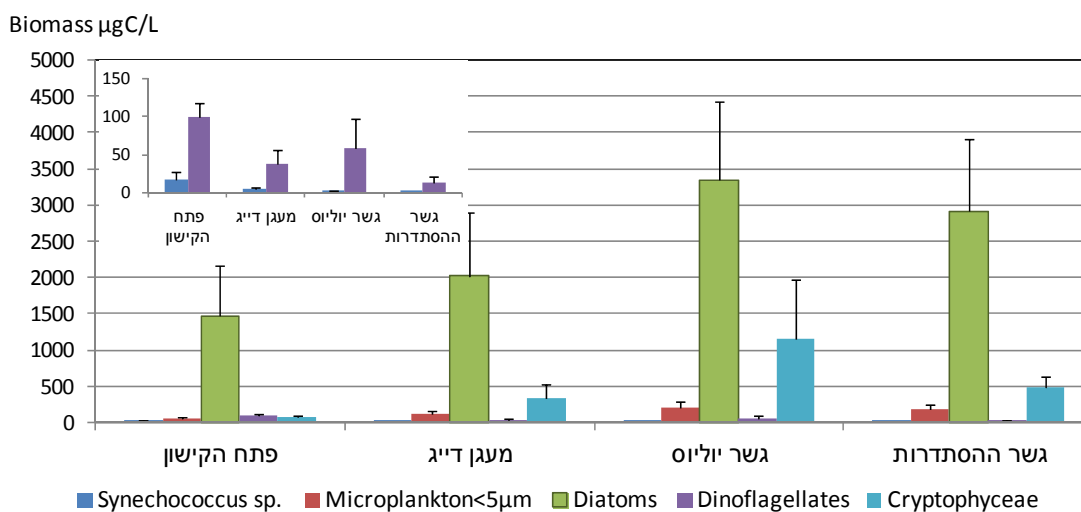
איור 11 : התפלגות הביומסה של תאי המיקרופלנקטון בדיגומי מאי 2003-2012



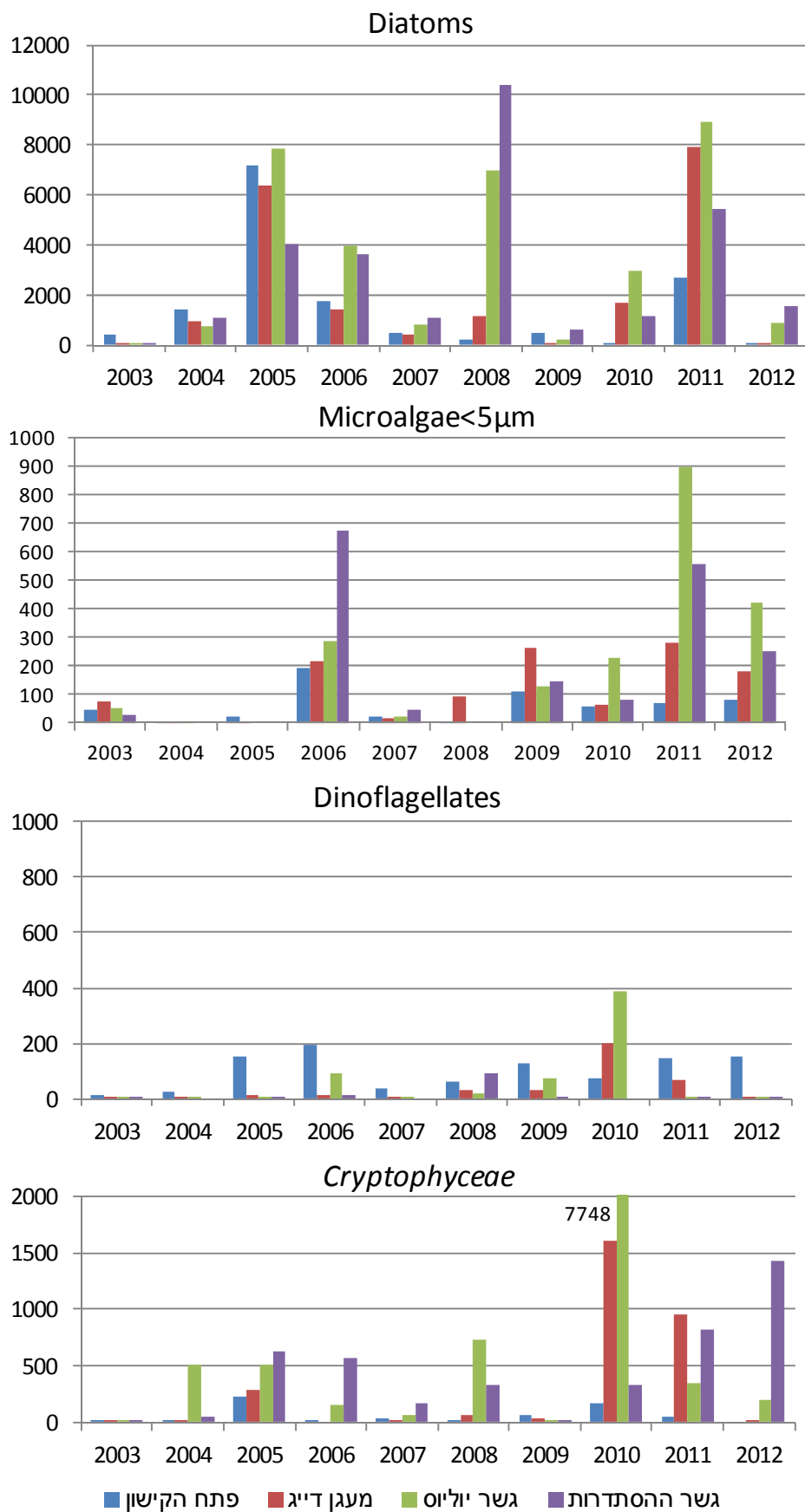
איור 12 : התפלגות ריכוז הכלורופיל בדיגומי מאי 2003-2012



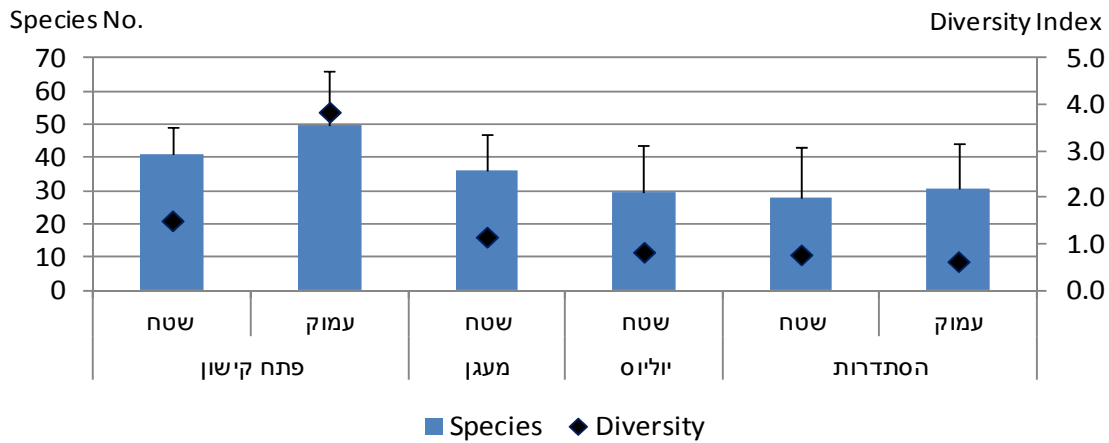
איור 13 : התפלגות ממוצע הביומסה בפני השטח בדיגומי מאי (2003-2012) ( $\pm SE$ )



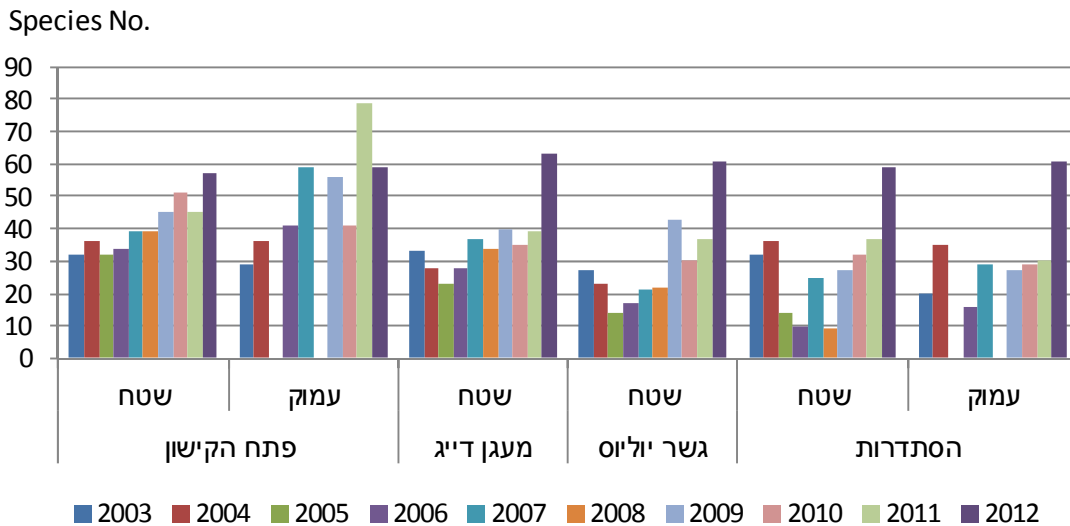
איור 14 : התפלגות הביומסה של הקבוצות השונות בתחנות הקישון לאורך השנים



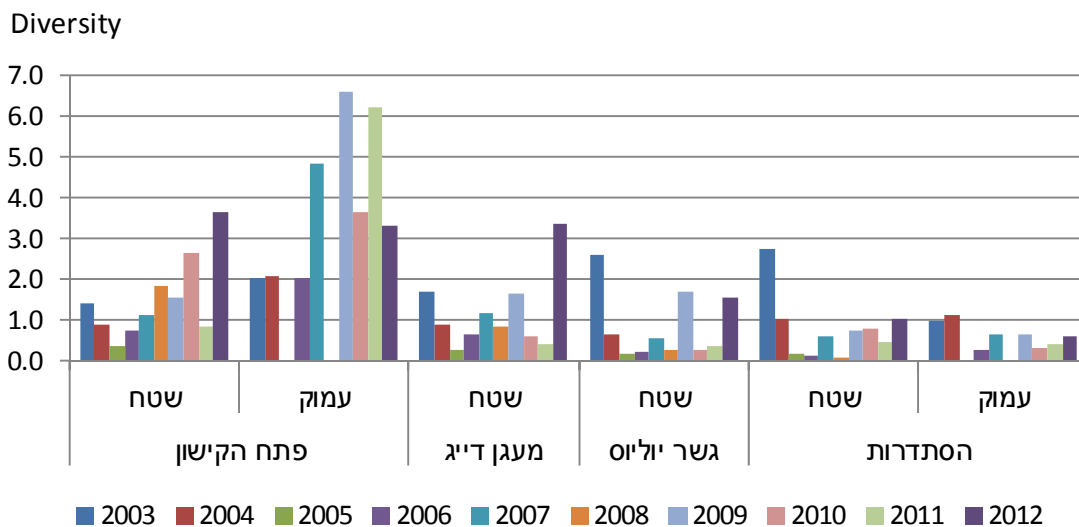
איור 15 : ממוצע מספר המינים ואינדקס השונות מדיגומי מאי ( $\pm SD$ )



איור 16 : התפלגות מספר המינים בדיגומי מאי בתחנות השונות



איור 17 : התפלגות אינדקס השונות בדיגומי מאי בתחנות השונות



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.