



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: טלפון : 972-4-8515202 Tel:
<http://www.ocean.org.il>

**אפיון קבוצות המיקרואצות
במי נחל הקישון המלוח,
דו"ח ביניים לניטור יולי 2006**

דו"ח חיא"ל H56/2006

נורית קרס, נורית גורדון וברק חרות

חתימה:

**ייעוץ מדעי: פרופ' ברוך קימור
עזרו במחקר: ירון גרטנר, עדנה שפר, לורה יזראלוב, אפרת שהם פריזר**

**נובמבר 2006
מוגש לרשות נחל הקישון**

1. מטרת המחקר

מטרה המחקר היא לאפיין ולנטר את אוכלוסיות המיקרואצות (פיטופלנקטון) בחלקו המלוח של נחל הקישון (בין גשר ההסתדרות למוצא נמל חיפה) ואת התנאים הסביבתיים הנלווים. אפיון אוכלוסיית הפיטופלנקטון נעשה ברמת המערכה והסוג. במידה ונמצאים סוגים שליטים, להם מינים הידועים כמזיקים, נימשך הזיהוי עד לרמת המין.

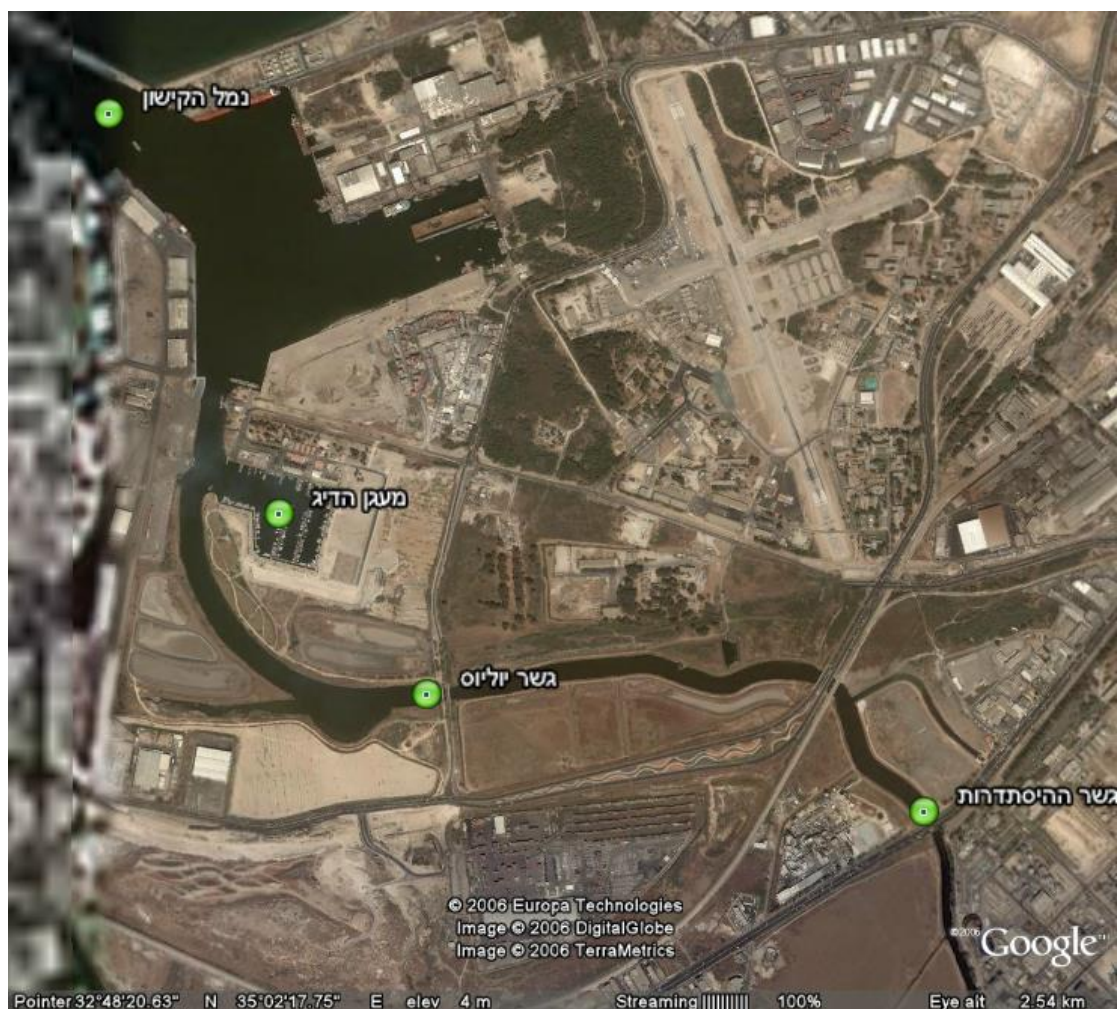
2. דיגום ושיטות

ארבע תחנות במערכת התחתונה של נחל הקישון (גשר ההסתדרות, גשר יוליוס, מעגן הדיג ופתח נמל הקישון) נדגמו מסירה ב-2 ביולי 2006 (איור 1). 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 ונוטריאנטים (פוספאט, זרחן מומס, ניטראט, ניטריט, אמוניום, חומצה סיליצית). הדגימות חולקו לכלי דיגום מתאימים והובאו למעבדה תוך מספר שעות מהדיגום. דגימות פני שטח (בנפח ידוע) רוכזו דרך פילטרים של 63 ו-15 מיקרון לצורך הסתכלות על תאים חיים וזיהויים.

במעבדה, דגימות המים לנוטריאנטים הוקפאו ונשמרו קפואות עד לבדיקתן בשיטה פוטומרית וזרימה מקוטעת במכשיר Skalar SAN^{plus} systems בשיטות המפורטות ב- [Kress and Herut, 2001]. דגימות מים לקביעת כלורופיל סוננו דרך פילטרים GF/F (0.7µm) [IOC-SCOR-UNESCO, 1994]. לאחר סינון מקדים דרך נפה 63µm, נעטפו בנייר אלומיניום והוקפאו עד לבדיקתם בשיטה פלואורימטרית לפי Standard Methods-10200H-3 עם שינויים קלים.

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 אימריסה שהונחה על זכוכית נושאת. על הפילטר הונחה טיפה נוספת של שמן אימריסה והפילטר כוסה בזכוכית מכסה. הדגימות נשמרו בהקפאה עד לזיהוי וספירה בעזרת מיקרוסקופ אפיפלוארסנטי.
2. סוגים גדולים מ-5 מיקרון - סוננו על גבי פילטרים מפוליקרבונט (3 מיקרון ו-20 מיקרון) ושומרו בשתי שיטות: א. באמצעות שמן אימריסה 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 ג'לי 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 אפיפלוארסנטי.



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

3. תוצאות

3.1. פרמטרים כימיים-פיסיקליים בעמודות המים

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

כללית, בחלקו העליון של הקטע המלוח של הנחל (גשרי ההסתדרות ויוליוס עמודת המים משוכבת וחלקה העליון (עד עומק מים של כ-1 מ') פחות מלוח מהחלק התחתון (איור 2). המליחות עולה לכוון מורד הנחל הן בגוף המים העליון והן בתחתון, כאשר במים העליונים הגרדיאנט חד יותר, מ-18.8 עד 35.7 לעומת 37.5 עד 40.2 במים העמוקים יותר. השכבה העמוקה קרה יותר מהשכבה העליונה בכ-1-2 מעלות בכל התחנות, להוציא את מעגן הדייג, שם הטמפרטורות דומות. בתחנות בגשרי ההסתדרות ויוליוס סימון נמדד מקסימום של טמפרטורה ב-0.5 ו-0.3 מ' עומק, בהתאמה. הטמפרטורה יורדת לכוון מורד הנחל.

בכל התחנות, המים בחלק העליון של העמודה רוויים ביתר בחמצן, ככל הנראה כתוצאה מפריחת אצות. בנמל הקישון רווית היתר נשמרת עד לעומק של כ-3.5 מ', במעגן הדייג ובגשר יוליוס עד כ-1 מ' ואילו בגשר ההסתדרות המים רוויים בחמצן עד כ-0.3 מ' וכבר ב-0.7 מ' עומק אחוז הרוויה יורד ל-49% (3.05 מג"ל – ריכוז המסמן עקה ביולוגית). ריכוז החמצן ואחוז הרוויה ירדו בצורה חדה עם עליה בעומק המים בכל התחנות והגיע לפחות מ-30% רוויה בגשר ההסתדרות ובמעגן הדייג, ל-50% בגשר יוליוס ול-68% בכניסה לנמל הקישון (איור 3). בכל התחנות, להוציא את נמל הקישון, ריכוז החמצן ירד מתחת ל-5 מג"ל, הוא הגבול שמתחתיו תתקיים עקה ביולוגית, החל מ-2 מ' עומק. בתחנה בפתח נמל הקישון הריכוז ירד מ-5 מג"ל החל מ-9 מ' עומק. כאמור, התחנה המושפעת ביותר הייתה תחנת גשר ההסתדרות. הירידה בריכוז החמצן לעומק עמודת המים היא בעיקר תוצאה מתהליכי נשימה (צריכת חמצן לפירוק חומר אורגני) (איור 3). ריכוזי הכלורופיל בדיגום זה היו גדולים יחסית לריכוזים שנמצאו בדיגומים קודמים באזור (טבלה 1, איור 5) ונמצאה פריחה מסיבית של צורניות (סעיף 3.2.1). נמצא קשר לינארי משמעותי בין ריכוז הכלורופיל לבין אחוז רווית החמצן בדגימות פני השטח ולא בדגימות העומק. זאת ככל הנראה בגלל שבמי עומק קיים, בנוסף לפוטוסינתזה, גם פירוק מוגבר של חומר אורגני הצורך חמצן (איור 6).

ערכי ההגבה (pH) נמצאו בתחום שבין 7.2 ל-8.1 (איור 4). כללית, ה-pH מושפע מהרכב מי הנחל, מערבובם עם מי ים, מפריחת אצות (פוטוסינתזה - עליה ב-pH) ומתהליכי חימצון ונשימה (ירידה ב-pH). ה-pH בגשר ההסתדרות קטן יותר מהערכים שנמדדו בשלושת התחנות האחרות ככל הנראה בגלל תהליכי נשימה ופירוק מוגברים המתבטאים גם בירידה חדה בריכוז החמצן. pH בגשר ההסתדרות ירד לערך מינימאלי ב-0.3 מ' עומק ואח"כ עלה. אולם הערכים בעומק היו קטנים מאשר בפני השטח. התנהגות דומה נצפתה גם בגשר יוליוס (עם מינימום ב-0.5 מ' עומק). במעגן הדייג נצפה מקסימום ב-pH ב-0.7 מ' עומק כאשר הערכים בפני השטח ובעומק דומים. בפתח הקישון ה-pH היה אחיד לעומק עמודת המים.

ערכי העכירות היו בתחום 0.3-29 NTU. שתי תחנות המעלה היו עכורות יותר מאשר התחנות במעגן הדייג ופתח נמל הקישון (איור 4). בגשרי ההסתדרות ויוליוס העכירות עלתה בצורה הדרגתית עם העלייה בעומק המים. במעגן הדייג העכירות הייתה נמוכה עד כ-1.5 מ' עומק ולאחר מכן עלתה ואילו בפתח נמל הקישון העכירות הייתה אחידה לעומק עמודת המים. גוף המים העליון בתחנה זאת היה עכור יותר מאשר בנמל הדייג. הריכוזים הגדולים ביותר של חומר מרחף נמדדו בגשר יוליוס, כאשר במעגן הדייג ובגשר ההסתדרות הריכוזים היו קטנים יותר ודומים. הריכוזים המינימליים נמדדו בפתח נמל הקישון. כללית, ריכוזי החומר המרחף בדיגום זה היו קטנים יותר מאלה שנמדדו בדיגום אוקטובר 2005, אך עדיין גדולים. הריכוזים דומים לאלה שהתקבלו בתוכנית הניטור הלאומית בשנת 2005 (חרות וחוברין, 2006). השוואת הנתונים לאלה הקיימים במאגר הנתונים של חקר ימים אשר חלקם פורסמו בספרות (Herut and Kress, 1997)

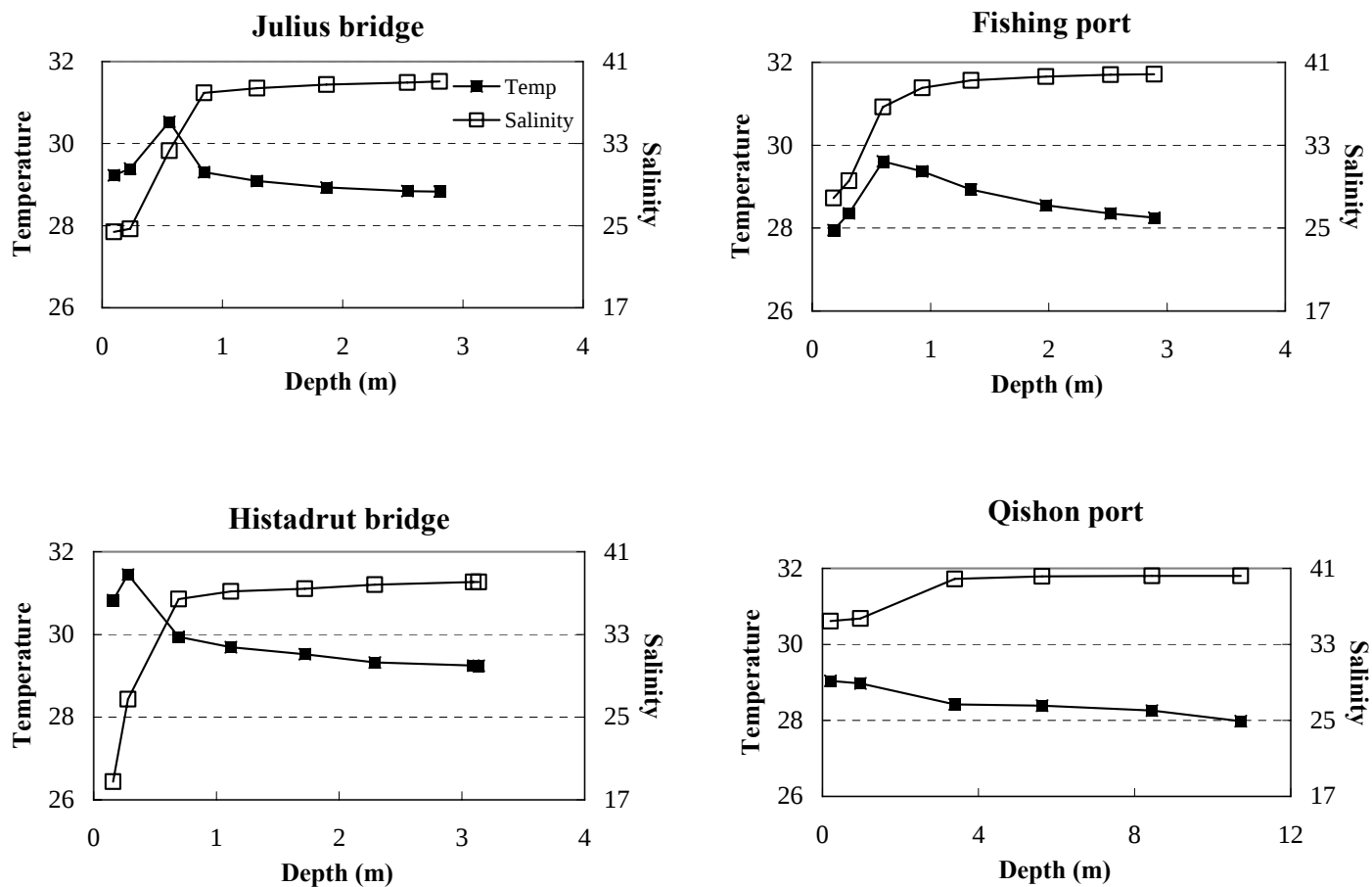
מראה כי הריכוזים שנמדדו בגשר יוליוס בשנת 1995 (בין 80-120 מג"ל) היו גדולים יותר מאלה שנמדדו בדיגום זה ובדיגום אוקטובר 2005.

טבלה 1: ריכוזי נוטריאנטים, כלורופיל ופרמטרים נוספים במי שטח ומי עומק בארבע תחנות בקטע המלוח של נחל הקישון, דיגום יולי 2006.

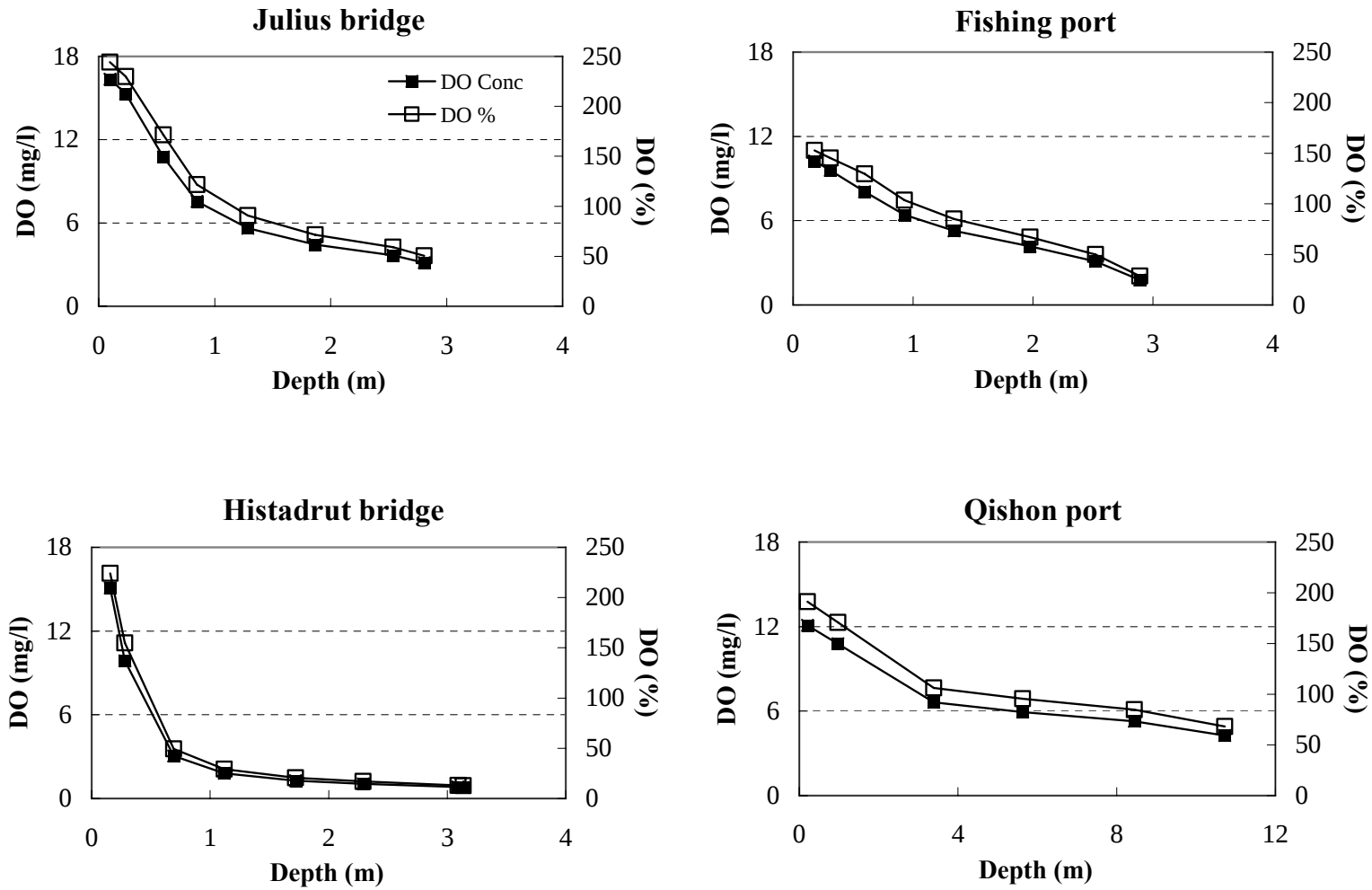
Station	Location		Depth	Temp	Salinity	DO Conc	DO sat.	pH	Turbidity
	Lat.	Long.	m	°C		mg/L	%		NTU
Qishon	32 48.899	35 1.572	0.21	29.04	35.45	12.09	191.3	8.10	3.3
Harbor			10.73	27.98	40.20	4.27	68.2	7.90	4.9
Fishing	32 48.360	35 1.823	0.18	27.95	27.91	10.25	152.9	7.83	0.5
Harbor			2.89	28.25	39.86	1.78	28.5	7.77	26.2
Julius	32 48.899	35 2.010	0.10	29.23	24.38	16.36	244.3	7.93	4.6
Bridge			2.81	28.83	39.06	3.14	50.5	7.78	28.4
Histadrut	32 47.860	35 2.840	0.16	30.83	18.76	15.08	224.2	7.51	2.8
Bridge			3.09	29.25	38.06	0.82	13.2	7.39	21.1

Station	Depth	NO ₃ +NO ₂	NO ₂	NH ₄	PO ₄	Si(OH) ₄	Chla	SPM
	m			μM			μg/L	mg/l
Qishon	0.21	165.0	21.3	0.94	0.58	20.7	28.4	14.0
Harbor	10.73	2.16	0.98	2.97	0.49	2.81	0.8	12.6
Fishing	0.18	634.8	65.0	10.7	1.08	153.6	34.3	20.0
Harbor	2.89	19.2	3.21	12.9	2.03	10.5	7.7	18.5
Julius	0.10	849.8	165.5	5.87	1.68	169.9	86.5	24.0
Bridge	2.81	22.5	5.49	20.7	5.33	19.7	68.0	38.6
Histadrut	0.16	1504.7	207.7	103.1	4.81	282.1	131.6	19.5
Bridge	3.09	7.00	2.55	83.3	7.59	63.2	94.3	18.7

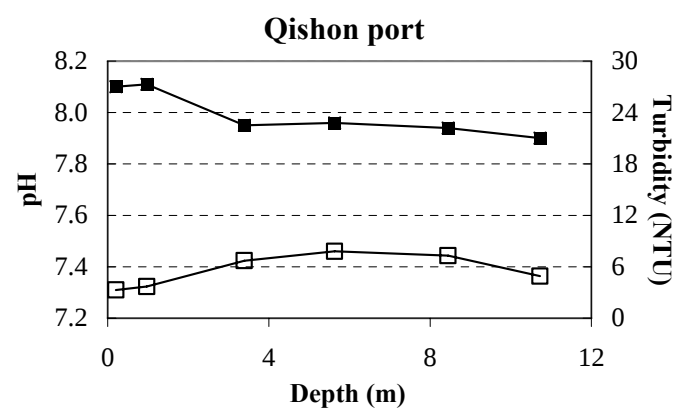
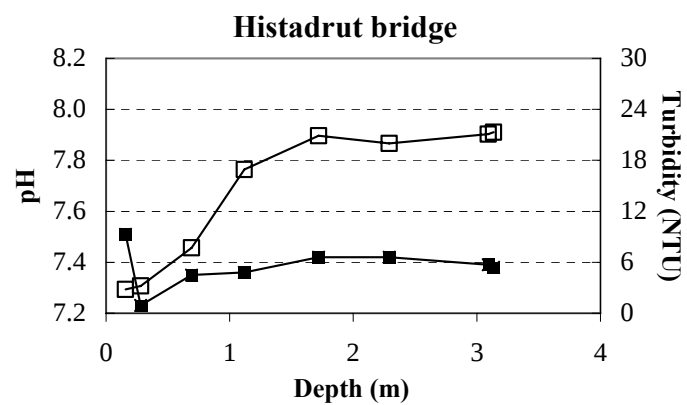
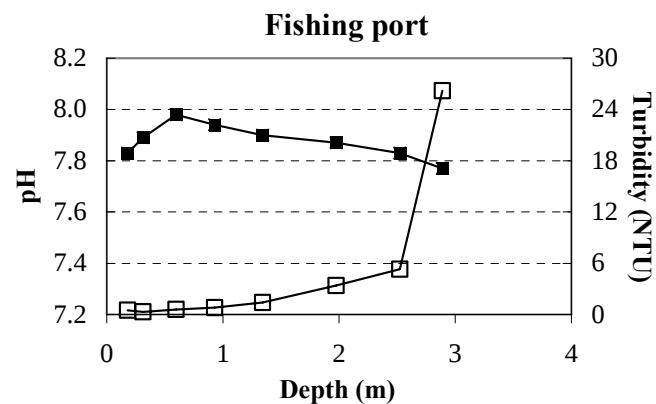
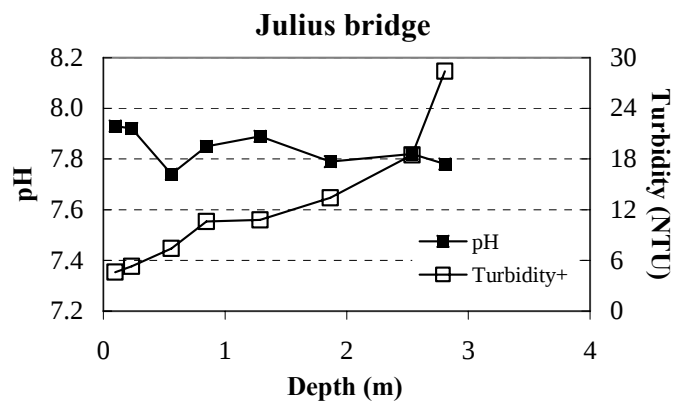
איור 2: פרופיל עומק של מליחות וטמפרטורת (°C) המים בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, יולי 2006.



איור 3 : פרופיל עומק של חמצן מומס במים (מ"ג/ליטר) ואחוז רוויה בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, יולי 2006.



איור 4 : פרופיל עומק של pH ועכירות (NTU) המים בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח, יולי 2006.



ריכוזי הנוטריאנטים במי השטח גבוהים משמעותית מהריכוזים במי העומק (טבלה 1), להוציא פוספאט בגשרי ההסתדרות ויוליוס ובמעגן הדייג ואמוניום בשלוש התחנות שבמורד הנחל. ריכוזי הנוטריאנטים ירדו בכוון מורד הנחל, בעיקר במי השטח. השוואה של ריכוזי הנוטריאנטים לקריטריונים של מינהל האוקיינוסים והאטמוספירה של ארה"ב (NOAA, 1996) לאיכות המים בשפכי נחלים (טבלה 2) מראה כי מי השטח בד"כ מדורגים ברמת זיהום (דרגת איאטרופיקציה) גבוהה לגבי N וברמת זיהום גבוהה עד בינונית לגבי P. מי העומק ברמה בינונית עד גבוהה הן לגבי N והן לגבי P. ריכוזי הכלורופיל בגשרי ההסתדרות ויוליוס מצביעים על מצב היפר-איטרופי ואילו בפני השטח בשתי התחנות האחרות רמת האיטרופיקציה גבוהה. דגימת העומק במעגן הדייג נמצאת ברמה בינונית ורק דגימת העומק בכניסה לנמל הקישון נמצאת בתחום של דרגת איאטרופיקציה נמוכה (טבלה 2).

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

	Hyper-eutrophic	Eutrophic state		
		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 HY		

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

איור 5 מציג את תוצאות ריכוזי הכלורופיל, הפוספאט וחנקן כללי בכל הדיגומים באזור מאז יוני 2002. ריכוזי כלורופיל בפני השטח היה בדרגת איטרופיקציה גבוהה או היפר-איטרופית ברוב המקרים, למעט במאי 2003 בכל התחנות, אוקטובר 2004 במעגן הדייג ופתח הקישון ובאוקטובר 2005 בפתח הקישון. בדגימות העומק ברוב המקרים הריכוזים הצביעו על רמת איטרופיקציה בינונית או נמוכה עם מספר חריגות, במיוחד בגשר ההסתדרות בשלושת הדיגומים האחרונים. מריכוזי הפוספאט בפני השטח ניתן לקרות כי בריכוזים בשלושת הדיגומים האחרונים קטנים יותר מהריכוזים שנמדדו בדיגומים ממאי 2003 עד אוקטובר 2004. בדגימות העומק לא ניתן להבחין בשינויים בין הדיגומים אך בולטת העונתיות בריכוזים במיוחד בתחנת גשר ההסתדרות. לא נראית מגמה של שינוי עם הזמן בריכוזי החנקן הכללי, לא בדגימות פני השטח ולא בדגימות העומק, וזאת בדומה לריכוזי הכלורופיל.

איור 5 : ריכוז כלורופיל (מיקרוגרם לליטר) פוספאט וחנקן (מיקרומולר) במים מפני השטח ועומק בארבע תחנות הדיגום בנחל הקישון המלוח בתשעה דיגומים. H – גשר ההסתדרות, J – גשר יוליס, F – מעגן הדיג, Q – פתח נמל הקישון. סקלת ציר ה-Y עבור N שונה בפני שטח ובעומק.



3.2 איפיון המיקרואצות

הערה: דיגום האביב נדחה על ידי רשות הנחל ובוצע בתחילת יולי 2006 ולא במאי כבשנים קודמות. צפויים הבדלים עונתיים במאפייני המיקרואצות בין אביב (מאי) לקיץ (יולי) ולכן יש להתחשב גם בעונתיות בהשוואת ממצאי דיגום זה לדיגומי האביב משנים קודמות.

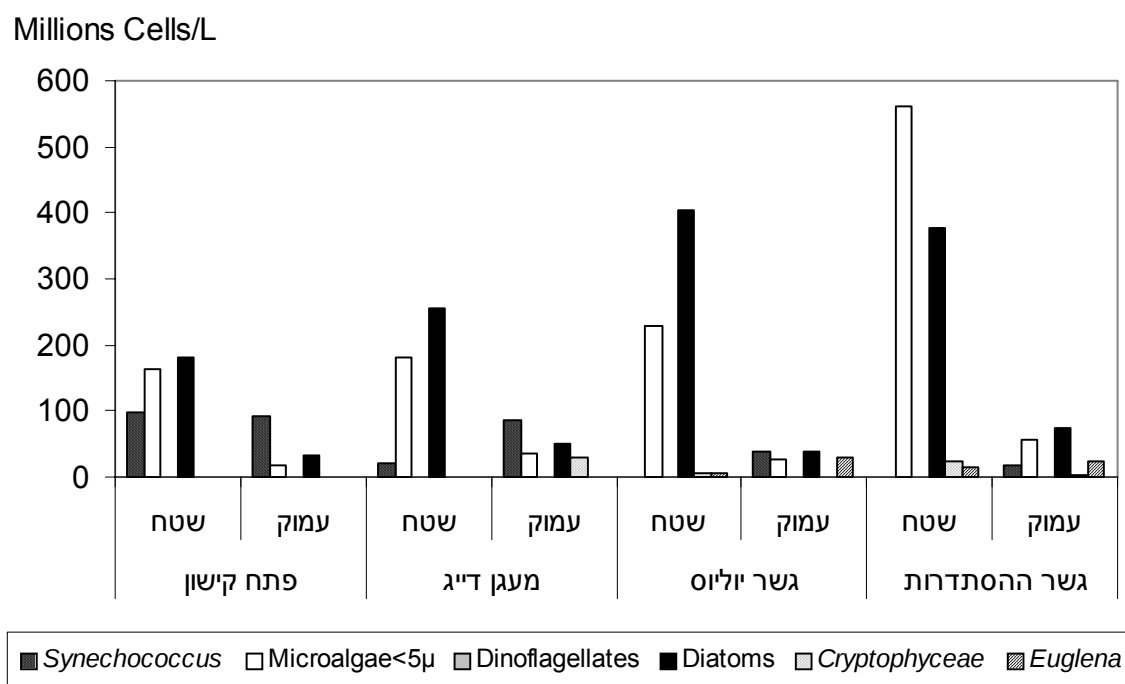
דיגום יולי 2006 התאפיין בפריחה מסיבית של אצות צורניות בכל התחנות, בעיקר צורנית קטנה מהמין *Chaetoceros* sp. בגשר ההסתדרות (דגימות פני שטח ועומק) ובדגימה העמוקה בגשר יוליוס נצפתה גם פריחה של אצה ירוקה, מהמין *Euglena* sp. שפרחה באותן תחנות גם בדיגום אוקטובר 2005. הריכוז הכללי של תאי האצות גבוה מאד בכל התחנות (איור 6, טבלה 3) והוא גבוה פי 6-2 בפני השטח יחסית לעומק. גם הביומסה והכלורופיל גדולים יותר בדגימות פני השטח לעומת דגימות העומק בכל תחנה (איור 7). ריכוז גדול של תאי כחוליות חד תאיות קטנות מהסוג *Synechococcus* נמדד בפתח הקישון ובמעגן הדייג (איור 6) אולם בגלל המימדים הקטנים של תאיהן תרומתן לביומסה זניחה. הביומסה הגדולה ביותר נמצאה בגשר ההסתדרות (פני שטח), ומשם הלכה וירדה בכיוון מורד הנחל (איור 7). נמצאו הבדלים בריכוז התאים, בהרכב המינים, בביומסה ובריכוז הכלורופיל בין תחנות הדיגום השונות ובין דגימות פני שטח ועומק בכל תחנה.

3.2.1 דגימות פני השטח

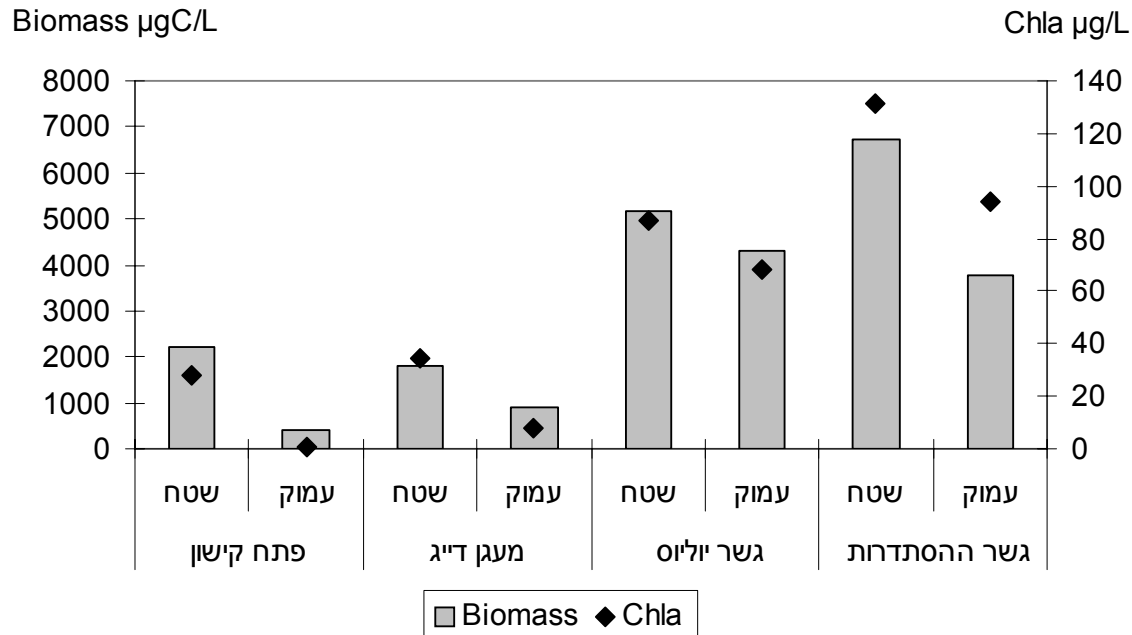
מספר התאים הכללי בדגימות פני השטח גבוה מאד והוא בתחום של 4.4×10^8 – 9.8×10^8 תאים לליטר (טבלה 3). מספר התאים היה דומה בפתח הקישון ובמעגן הדייג ועלה לכוון מעלה הנחל (איור 4, טבלה 3). האצות הצורניות והאצות הקטנות מ- 5μ היוו יחד 96%-98% מסך כל התאים מלבד בתחנת פתח הקישון, בה היוו 77% בלבד. בדגימה זאת הכחוליות מהסוג *Synechococcus* היוו 22% מסך התאים.

הביומסה וריכוזי הכלורופיל בפתח הקישון ובמעגן הדייג היו דומים והם עלו בכוון מעלה הנחל, עד ערכים מרביים בגשר ההסתדרות (איור 7). עיקר הביומסה הייתה של אצות מקבוצת הצורניות (איור 8) עם כ-80% מכלל הביומסה בגשר יוליוס, מעגן הדייג ופתח הקישון ו-54% בגשר ההסתדרות, שם תרמה ה- *Euglena* sp. 26% לביומסה הכללית. חלקן של המיקרואצות הקטנות מ- 5μ בביומסה נמוך (יחסית לחשיבותן המספרית) משום מימדיהן הקטנים (רובן פלגלטים קטנים בגודל 2μ אשר הוכנסו לקטגוריה של האצות הקטנות עד 5 מיקרון).

איור 6: ריכוז (מספר תאים לליטר) של קבוצות המיקרופלנקטון בתחנות הדיגום בנחל הקישון – יולי 2006.



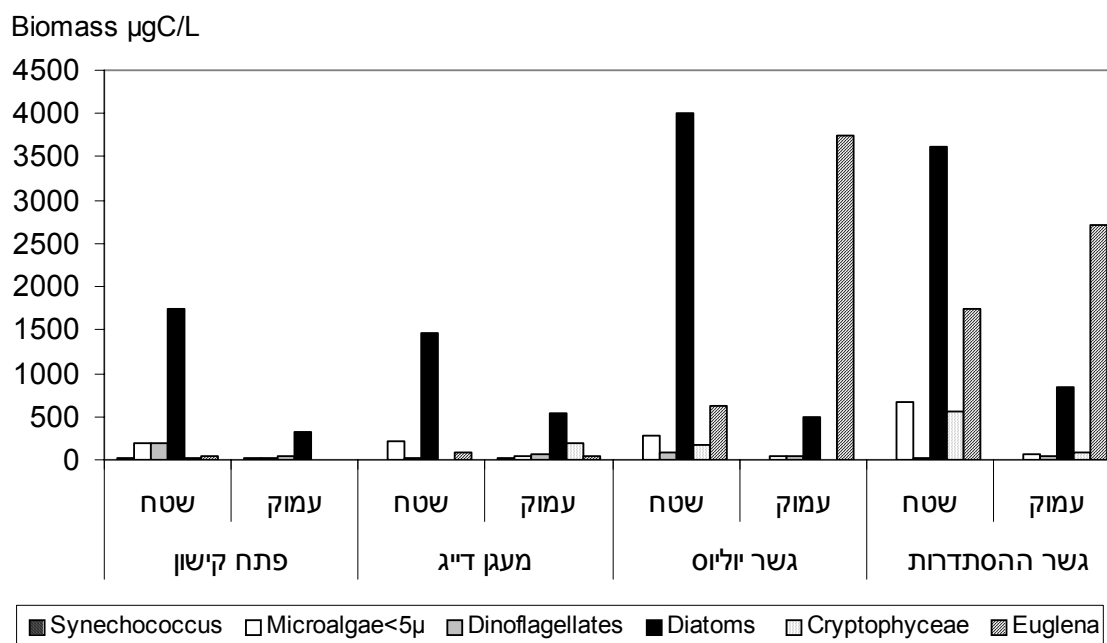
איור 7: ריכוז כלורופיל וביומסת קבוצות המיקרופלנקטון בתחנות הדיגום בנחל הקישון – יולי 2006.



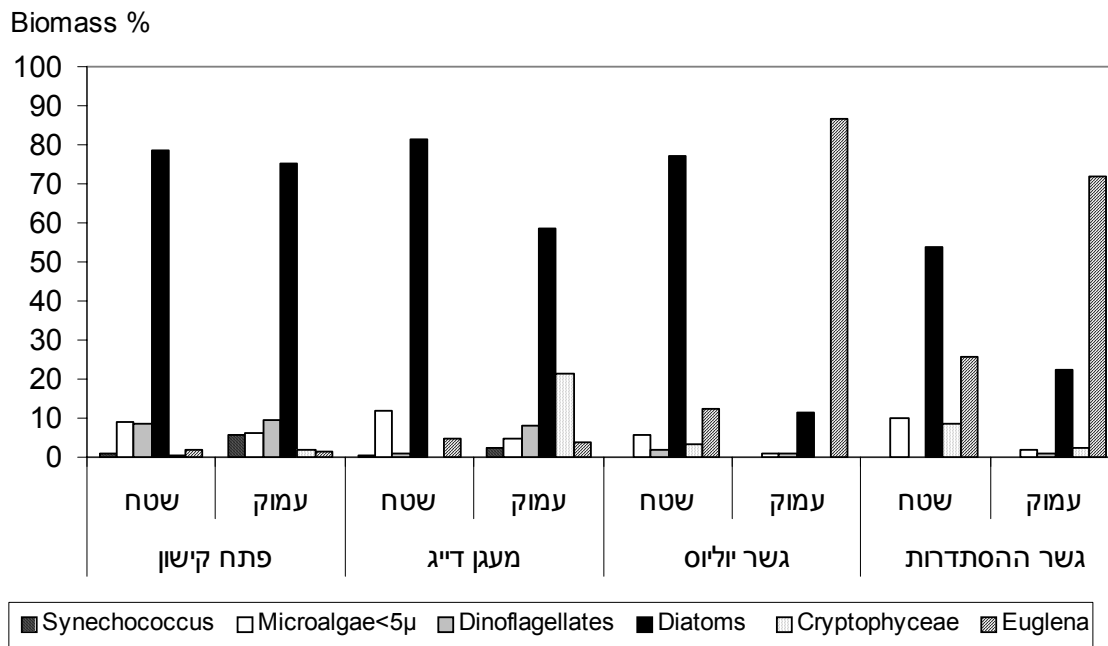
טבלה 3: ריכוז (מספר תאים לליטר) המיקרופלנקטון השכיח ביותר בתחנות הדיגום בנחל הקישון, יולי 2006.

סוג האצה	פתח קישון		מעגן הדיג		גשר יוליוס		גשר הסתדרות	
	פני שטח	עומק	פני שטח	עומק	פני שטח	עומק	פני שטח	עומק
Cyanobacteria								
<i>Synechococcus</i> sp.	9.7×10^7	9.2×10^7	1.9×10^7	8.6×10^7		3.7×10^7		1.7×10^7
צורניות (Diatoms)								
<i>Asterionella glacialis</i>	1.5×10^5	2.0×10^5	3680	8.9×10^5	240			907
<i>Chaetoceros</i> spp.	1.7×10^8	3.1×10^7	2.5×10^8	4.0×10^7	4.0×10^8	2.4×10^7	3.7×10^8	7.2×10^7
<i>Leptocylindrus danicus</i>	3.4×10^6	1.6×10^5	3.0×10^5	6.3×10^5		6.8×10^5		960
<i>Navicula</i> sp.				2.3×10^6		8.9×10^6		
<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	1.2×10^6	6.9×10^4		2.0×10^6		3.7×10^5		7040
<i>Skeletonema costatum</i>	4.0×10^6	2.7×10^5	1.2×10^6	1.9×10^6	1.5×10^4	3.5×10^6		5.2×10^4
<i>Thalassiosira</i> spp.	1.8×10^6	9.5×10^3	1.0×10^6	1.0×10^6	5.4×10^6	5.1×10^5	2.9×10^6	1.8×10^6
(Dinoflagellates) דינופלגלטים								
Unidentified small Dinoflagellates <20μ	7.7×10^5	1.8×10^5	1.4×10^5		1.3×10^6	4.5×10^5	2.2×10^5	6.2×10^5
Cryptophyceae								
<i>Cryptomonadaceae</i>	1.1×10^6	6.4×10^5		3.1×10^7	7.4×10^6		2.4×10^7	4.1×10^6
Euglenales								
<i>Euglena</i> sp.	3.6×10^5	5.0×10^4	7.1×10^5	3.0×10^5	5.3×10^6	3.1×10^7	1.5×10^7	2.3×10^7
Microalgae < 5μ	1.6×10^8	1.9×10^7	1.8×10^8	3.7×10^7	2.3×10^8	2.8×10^7	5.6×10^8	5.7×10^7
TOTAL	4.4×10^8	1.4×10^8	4.6×10^8	2.0×10^8	6.5×10^8	1.3×10^8	9.8×10^8	1.8×10^8

איור 8: התפלגות ביומסת מיני האצות השכיחות ביותר בתחנות הדיגום בנחל הקישון, יולי 2006.



איור 9: התפלגות באחוזים של ביומסת קבוצות המיקרופלנקטון בתחנות השונות



3.2.2 דגימות עומק

מספר התאים הכללי בדגימות העומק קטן יותר מאשר בפני השטח ונמצא בתחום $2.0 \times 10^8 - 1.3 \times 10^8$ תאים לליטר (איור 6, טבלה 3). בכל התחנות נמצאו אצות כחוליות מהמין *Synechococcus* sp. שמספרן ירד בכוון מעלה הנחל ומיקרואצות קטנות מ-5 מיקרון שמספרן עלה בכוון המעלה. בלטו במספרן גם אצות מהמין *Cheatoceeros* spp בכל התחנות, מקבוצת ה- *Cryptophyceae* במעגן הדיג, ומהמין *Euglena* sp. בגשרי יוליוס וההסתדרות.

הביומסה וריכוזי הכלורופיל בפתח הקישון ובמעגן הדיג היו דומים וקטנים והם עלו בכוון מעלה הנחל, עד גשר ההסתדרות (איור 7). עיקר הביומסה בפתח הקישון ובמעגן הדיג הייתה של אצות מקבוצת הצורניות (איור 9) ואילו בגשרי יוליוס וההסתדרות היוותה האצה *Euglena* sp את עיקר הביומסה (72%-87%, בהתאמה). למרות שמספר התאים של אצה זו הוא לא גדול בהשוואה למספר הצורניות, אצה זו גדולה יחסית לכן תרומתה לביומסה הכללית משמעותית.

3.2.3 הרכב מיני המיקרופלנקטון השכיח

מבין מיני המיקרופלנקטון השכיחים ביותר בדיגום זה (טבלה 3), ואשר תרומתם לביומסה הייתה המשמעותית ביותר הייתה אצה צורנית קטנה (כ-5µ) מהמין *Chaetoceros* sp. אצה זו פרוחה בכל התחנות. אצה נוספת שתרמה משמעותית לביומסה הייתה ה- *Euglena* sp, שפרחה בגשר ההסתדרות (פני שטח ועומק) ובדגימה העמוקה בגשר יוליוס. פלגלטים קטנים בגודל של כ-2µ הופיעו בכל התחנות ותרמו לביומסה בין 1%-12% בתחנות השונות (איור 9).

מבין הצורניות הופיעו בריכוז גבוה אצות מהמין *Thalassiosira* spp. בכל התחנות. המינים *Asterionella*, *Leptocylindrus danicus*, *glacialis* ו-*Skeletonema costatum*, המאפיינים מים איאוטרופיים, הופיעו גם הם בריכוזים גבוהים יחסית, אך תרומתם היחסית לביומסה הכללית לא הייתה גבוהה. הופיעו גם מיני *Pseudonitzschia* sp. בריכוז גבוה יחסית, חלק מהמינים בקבוצה זו נחשב כבעל פוטנציאל טוקסי.

אצות מקבוצת ה- *Cryptophyceae*, הופיעו בריכוז גבוה בדגימת פני השטח בגשר ההסתדרות ובדגימת העומק במעגן הדייג, כאשר באחרונה הן היוו 21% מהביומסה הכללית. מספרים קטנים יותר נספרו בדגימות האחרות להוציא דגימת פני השטח של במעגן הדייג ובעומק בגשר יוליוס שם הן לא נמצאו.

תאי הכחוליות החד תאיות מהמין *Synechococcus* sp. הופיעו בריכוז גבוה בפתח הקישון ובדגימות העמוקות במעלה הנחל, אם כי בריכוז הולך ויורד. הן נעדרו מפני השטח בתחנות יוליוס וההסתדרות. למרות ריכוזן הגבוה, הן תרמו מעט מאד לביומסה הכללית משום מימדיהן הקטנים.

3.2.4 הרכב מיני המיקרופלנקטון הפחות השכיח

כללית, מגוון המינים הפחות שכיחים היה גדול יותר בפתח הקישון ובמעגן הדייג, וקטן יותר בגשרי יוליוס וההסתדרות (טבלה 4). בדגימה העמוקה במעגן הדייג הופיעו בריכוז גדול יותר מיני אצות אופייניים למי ים.

קבוצת הדינופלגלטים היוותה מרכיב קטן בריכוז ובביומסה הכללית, חלקה היחסי בביומסה היה גבוה יותר בתחנות פתח הקישון ובתחנה העמוקה במעגן הדייג. למרות שקבוצה זו מהווה מרכיב קטן בביומסה בקישון, היא בעלת חשיבות רבה, כיוון שמינים רבים הנמנים עליה ידועים כיוצרי פריחות בכלל ופריחות בעלות פוטנציאל טוקסי בפרט.

מבין הדינופלגלטים נמצא ריכוז גבוה של מיני *Gymnodinium* spp. ומיני *Protoperdinium* spp. מינים נוספים שהופיעו בריכוז גבוה יחסית לדיגומים קודמים הם המינים *Ceratium furca* ו- *Oxyphysis oxytoxoides* שהופיעו בריכוז גבוה יותר בדגימת העומק במעגן הדייג, והמין *Prorocentrum micans*, שהופיע בריכוז גבוה בפני השטח בפתח הקישון. כמו כן הופיעו מיני דינופלגלטים בעלי פוטנציאל טוקסי לדגים ולצדפות בריכוז גבוה יחסית לדיגומים קודמים (אך לא בפריחה), כמו המינים: *Dinophysis caudata*, שהופיע בפני השטח בפתח הקישון, המין *Dinophysis rotundatum*, והמין *Gymnodinium sanguineum*.

מבין הצורניות הפחות שכיחות בלטה הופעתם של המינים *Dactylisolen fragilissimus*, *Bidulphia* sp. ו- *Bellerochea* sp. בפתח הקישון ובדגימת העומק במעגן הדייג.

מבין מיני המים המתוקים בלטה הופעת הירוקית מהמין *Pediastrum duplex* במיוחד בתחנת גשר ההסתדרות.

טבלה 4: ריכוז (מספר תאים לליטר) המיקרופלנקטון הפחות שכיח בתחנות הדיגום בנחל הקישון – יולי 2006.

סוג האצה	פתח קישון		מעגן הדיג		גשר יוליוס		גשר הסתדרות	
	פני שטח	עומק	פני שטח	עומק	פני שטח	עומק	פני שטח	עומק
צורניות (Diatoms)								
<i>Achnanthes</i> sp.		133						
<i>Amphora</i> sp.					200			
<i>Asteromphalus</i> sp.	50							
<i>Bellerrochea</i> sp.		1967		3867				
<i>Bidulphia</i> sp.	1792	1800	203	4200	400			27
<i>Coscinodiscus</i> spp.	50	100		867	400	100		
<i>Cylindrotheca closterium</i>	1.9×10^5	1.1×10^5		4.5×10^5		1.1×10^5		
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	2.9×10^4	1000	2325	1.4×10^4				
<i>Entomoneis</i> spp.		167				400	27	
<i>Eucampia</i> sp.				200				
<i>Guinardia striata</i>	150	67		133				
<i>Hemiaulus hauckii</i>		200		67				
<i>Lauderia</i> sp.		33						267
<i>Meuniera membranacea</i>		467						
<i>Navicula</i> spp.	1000	500	107	467	120	800	200	63
<i>Pleurosigma</i> sp.	50	33	33	40				
<i>Rhizosolenia hebetata</i>		100						
<i>Rhizosolenia styliformis</i>		43						
<i>Streptotheca tamesis</i> .	1067	1500	100	593				27
<i>Thalassionema</i> sp.				333				
(Dinoflagellates) דינופלגלטים								
<i>Ceratium kofoidii</i>	50	55		73				
<i>Ceratium furca</i>	40	20		167				
<i>Cochlodinium</i> sp.		133						
<i>Dinophysis caudata</i>	267							
<i>Dinophysis rotundatum</i>		1294	100	367				
<i>Dinophysis diegensis</i>				13				
<i>Gymnodinium</i> sp. (264k)	7108	62	67	933	400			
<i>Gymnodinium</i> sp. (270k)	9250			4.9×10^5				
<i>Gymnodinium</i> sp. (287)	5.0×10^5	67						
<i>Gymnodinium sanguineum</i>	250	40	100	80				
<i>Gymnodinium elongatum</i>		200	33	800				
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>	533	400	100	2073		100		
<i>Protoperidinium</i>				133				
<i>Prorocentrum gracile</i>	100		133	400				
<i>Prorocentrum micans</i>	1358	40	133	40	200			
<i>Prorocentrum triestinum</i>	8800	67	200	67				
<i>Protoperidinium divergens</i>		67						
<i>Protoperidinium stenii</i>			33					
<i>Protoperidinium</i> sp. (54)	5550		800		656	100	200	
<i>Protoperidinium</i> spp.	3067	4392	10	10567		200		
Ebriales								
<i>Hermisinium adriaticum</i>	133	67	100	127	40			

סוג האצה	פתח קישון		מעגן הדיג		גשר יוליוס		גשר הסתדרות	
	פני שטח	עומק	פני שטח	עומק	פני שטח	עומק	פני שטח	עומק
<i>Ebria tripartita</i>		214		3793				
ירוקיות (Chlorophyceae)								
<i>Pediastrum duplex</i>			40	1333	2000	300	2.1×10^4	2933
<i>Oltmansiellopsis</i>	2267							
<i>Pyramimonas</i> sp.			4.0×10^5					
Unidentified small flagellates			2.8×10^5	1.3×10^5				
Ciliates								
<i>Mesodinium rubrum</i>	2500		467	667				
<i>Euplotus</i> sp.				4647	4200		3400	1100
Unidentified small Ciliates			4.8×10^5		5.4×10^5	4.7×10^5	6.0×10^5	4100
Number of species (minimum)	22	30	19	28	10	7	4	7

השוואת הממצאים של דיגום זה, יולי 2006 לדיגומים קודמים אשר בוצעו בחודש מאי מצאה כי כל הדיגומים הצורניות היו מרכיב מרכזי בביומסה בפני השטח (כ-90% מהביומסה הכללית ב-2004 ו-2005 וכ-80% מהביומסה בשלוש התחנות במורד הנחל בדיגום זה). במאי 2003 הצורניות היו כ-50% מהביומסה בלבד. בדיגום יולי האצה המרכזית בפרחה הייתה הצורנית *Chaetoceros* sp. ואילו בשנתיים הקודמות היוותה הצורנית *Thalassiosira pseudonana* את מרבית הביומסה.

בדיגומי מאי הופיעו בדרך כלל ריכוזים גבוהים של אצות מקבוצת הירוקיות. אצות אלה אופייניות יותר למים מתוקים והופיעו לכן יותר בתחנות במעלה הנחל, בהן המליחות יחסית נמוכה יותר. כיוון שדיגום זה בוצע ביולי ולא במאי, כאשר הזרימה הטבעית ממעלה הנחל כמעט ולא קיימת ואין כמעט העברה של מיני אצות של מים מתוקים ממעלה הנחל לאזור הדיגום, ריכוז מיני הירוקיות היה נמוך יחסית בדיגום זה, ונצפתה בעיקר הירוקית מהמין *Pediastrum duplex*.

4. סיכום

1. עמודת המים בכל התחנות משוכבת מבחינת מליחות וטמפרטורה. כללית, המליחות עולה לכוון מורד הנחל.
2. השכבה העמוקה קרה יותר מהשכבה העליונה בכ-1-2 מעלות בכל התחנות, להוציא את מעגן הדיג, שם הטמפרטורות דומות. בתחנות בגשרי הסתדרות ויוליוס סימון נמדד מקסימום של טמפרטורה ב-0.5 ו-0.3 מ' עומק, בהתאמה. הטמפרטורות יורדו לכוון מורד הנחל.
3. בכל התחנות, המים בחלק העליון של העמודה רוויים ביתר בחמצן. ריכוז החמצן ואחוז הרוויה ירדו בצורה חדה עם עליה בעומק המים בכל התחנות והגיע לפחות מ-30% רוויה בגשר הסתדרות ובמעגן הדיג, ל-50% בגשר יוליוס ול-68% בכניסה לנמל הקישון.

4. ה- pH בגשר ההסתדרות קטן יותר מהערכים שנמדדו בשלושת התחנות האחרות ככל הנראה בגלל תהליכי נשימה ופירוק מוגברים המתבטאים גם בירידה חדה בריכוז החמצן. מינימום ב- pH נמדד ב- 0.3 ו- 0.5 מ' עומק בגשרי ההסתדרות ויוליוס, בהתאמה ואילו במעגן הדייג נמדד מקסימום ב- 0.7 מ' עומק בפתח הקישון ה- pH היה אחיד לעומק עמודת המים.
5. שתי תחנות המעלה היו עכורות יותר מאשר התחנות במעגן הדייג ופתח נמל הקישון). בגשרי ההסתדרות ויוליוס העכירות עלתה בצורה הדרגתית עם העלייה בעומק המים. במעגן הדייג העכירות הייתה נמוכה עד כ- 1.5 מ' עומק ולאחר מכן עלתה ואילו בפתח נמל הקישון העכירות הייתה אחידה לעומק עמודת המים.
6. הריכוזים הגדולים ביותר של חומר מרחף נמדדו בגשר יוליוס, כאשר במעגן הדייג ובגשר ההסתדרות הריכוזים היו קטנים יותר ודומים. הריכוזים המינימליים נמדדו בפתח נמל הקישון. כללית, ריכוזי החומר המרחף בדיגום זה היו קטנים יותר מאלה שנמדדו בדיגום אוקטובר 2005, אך עדיין גדולים אבסולוטית.
7. ריכוזי הנוטריאנטים והכלורופיל בדגימות פני השטח גדולים מהריכוזים בדגימות העומק, להוציא פוספאט בגשרי ההסתדרות ויוליוס ובמעגן הדייג ואמוניום בשלוש התחנות במורד הנחל. הריכוזים יורדים בכיוון מורד הנחל, במיוחד בפני השטח.
8. מי השטח בד"כ מדורגים ברמת זיהום (דרגת איאטרופיקציה) גבוהה לגבי N וברמת זיהום גבוהה עד בינונית לגבי P. מי העומק ברמה בינונית עד גבוהה לגבי N ו- P.
9. ריכוזי הכלורופיל בגשרי ההסתדרות ויוליוס מצביעים על מצב היפר-איטרופי ואילו בפני השטח בשתי התחנות האחרות רמת האיטרופיקציה גבוהה. דגימת העומק במעגן הדייג נמצאת ברמה בינונית ורק דגימת העומק בכניסה לנמל הקישון נמצאת בתחום של דרגת איאטרופיקציה נמוכה.
10. ריכוז התאים והביומסה גבוהים בפני השטח בפתח הקישון ובמעגן הדייג, וגבוהים מאד בפני השטח ובעומק תחנות גשר ההסתדרות וגשר יוליוס. בכל התחנות הריכוז והביומסה גדולים יותר בדגימות פני השטח מאשר בדגימות העומק.
11. הביומסה בדגימות העמוקות של פתח הקישון ומעגן הדייג קטנה מאד יחסית לשתי הדגימות העמוקות של גשרי יוליוס וההסתדרות. מספר התאים לליטר דומה בכל דגימות העומק.
12. בכל דגימות פני השטח נמצאה פריחה של אצות צורניות, בעיקר מהמין *Chaetoceros* sp. ושל פלגלטים קטנים בגודל של כ- 2 μ . את עיקר הביומסה בתחנות אלה היוו הצורניות. תרומת הפלגלטים הקטנים הייתה קטנה הרבה יותר משום גודלם. בגשר ההסתדרות (שני עומקים) ובדגימה העמוקה של גשר יוליוס פרחו גם האצה ירוקה *Euglena* sp. שהיוותה חלק נכבד מהביומסה.
13. מגוון המינים בפתח הקישון ובמעגן הדייג בשני העומקים גדול יותר מהמגוון בשתי התחנות במעלה הנחל.
14. נמצאו הבדלים בהרכב מיני האצות בין התחנות השונות והעומקים השונים. בולטת השפעת מליחות המים על הרכב המינים. בפתח הקישון ובדגימות העמוקות במעלה הנחל מליחות המים דומה למי הים. בתחנות אלה (במיוחד בפתח הקישון) נמצאו יותר מינים וריכוזים גדולים יותר של מינים האופייניים למי ים, כמו הכחוליות החד תאיות *Synechococcus* sp., ומיני צורניות

ודינופלגלטים המאפיינים מי ים. אולם, הרכב המינים הושפע לא רק על ידי המליחות אלא גם מפרמטרים נוספים כיוון שמינים רבים שהופיעו בדגימות העומק בפתח הקישון ובמעגן, הופיעו בריכוז נמוך יותר או נעדרו משתי התחנות העמוקות האחרות במעלה הנחל, ומינים אחרים תפסו מקומם בעיקר פריחה של האצה *Euglena* sp.

15. הופיעו מספר מינים בעלי פוטנציאל טוקסי מקבוצת הדינופלגלטים ומקבוצת הצורניות, אך במספרים קטנים.

5. 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.

חרות, ב., כהן, י., שפר, ע., גורדון, נ., גליל, ב., טיבור, ג., תום, מ. (2006). איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון בשנת 2005. דו"ח חיא"ל H25/2006