

השפעת הזרמת קולחי מכון רביית דגים (חקלאות ימית) על איכות מי ברכת

אגירה בחממה

עבודת גמר במדעי הסביבה



בית הספר : אולפנת כפר פינס

סמל בית הספר : 340109

כתובת בית הספר : רמת קרניאל, כפר פינס

ד.נ.

טלפון : 0542836110

ת"ז : 211432844

שם : פסיה רוטנס

העבודה התבצעה בחווה החקלאית "החממה האקולוגית" בעין שמר

בהנחייתם של בני טלטש וסיגל לוצקי

תוכן עניינים:

1. מבוא-----עמ' 3
- רקע עיוני-----עמ' 3-9
2. שיטות וחומרים-----עמ' 10-17
3. תוצאות ועיבודן-----עמ' 18-27
4. דיון ומסקנות-----עמ' 28-29
5. סיכום-----עמ' 30
6. תודות-----עמ' 31
7. נספחים-----עמ' 32-36
8. רשימת מקורות-----עמ' 37

1. מבוא-

1. נושא העבודה- השפעת הזרמת קולחי מכוון רביית דגים (חקלאות ימית) על איכות מי ברכת אגירה בחממה

2. מטרות העבודה- חקירת איכות המים הפיזיקלית, הכימית והביולוגית בברכת אגירה המקבלת מי פלט

ממכון לרביית הדג הימי קיפון בורכי (*Mugil cephalus*). זאת, כצעד הראשון לפיתוח שיטות לטיהור קולחי מכוון רביית הדגים שיאפשר החזרתם לסביבה.

3. רקע עיוני-

3.1 תצפית- עבודה זו מבוססת על ביצוע תצפיות מדעיות לאורך זמן (ניטור) בברכת מים. מה זו תצפית?

תצפית זו צפייה בתופעה טבעית (או מלאכותית) ומדידת משתנים הקשורים בה בלי להתערב ומבלי לנסות להשפיע על התוצאות. החוקרים אינם משנים משתנים נבדקים ואינם משפיעים על התוצאות המתקבלות. הם רק קובעים את מערך המשתנים שבהם תתמקד התצפית שלהם. החוקרים בוחרים לבצע תצפית במקרים שבהם אינם מכירים את כל המשתנים הקשורים בתופעה, או כאשר אינם יכולים לשלוט בהם. עם זאת החוקרים יכולים לבדוק קשר בין משתנים וגם למדוד משתנים¹. ערך נוסף וחשוב לתצפית הוא חידוד ההתבוננות בתופעות הסובבות אותנו. התבוננות נבונה ומדויקת היא הנדבך הבסיסי שעליו נבנים השיטה המדעית והגישה המחקרית לתופעות החיים.

3.2 חקלאות ימית- החקלאות הימית עוסקת בגידול של דגים, סרטנים, רכיכות ואצות במי-ים ובמים

מליחים.

היא ענף ייצור צעיר וחדשני המתפתח במהירות ברחבי העולם עקב הביקוש הגדל למוצרי ים והתדלדלות מקורות הדיג. ענף זה שאינו צורך מים מתוקים מתאים במיוחד לתנאי האקלים השחון של ישראל.² בנוסף לפעילות בים, חקלאות ימית עוסקת גם בגידול דגים בבריכות יבשתיות הסמוכות לים והניזונות ממי ים וכן במכוני רבייה לייצור דגיגים ימיים.

3.2.1 מי פלט מברכות וממכוני רביית דגים- המים מהווים את המשאב העיקרי בייצור הדגה ויש

צורך בניצול ובתחלופה בין משאבי מים שונים. מי הפלט מכלל מערכות המדגה מהווים אבן נגף בהסדרת ממשק המים בענף זה.

ברוב המקרים, מי הפלט נושאים עימם שאריות חומרי הזנה ומזון מעוכל שהדגים מפרישים, תרופות וכימיקלים, חומרים אנאורגניים, חנקן, זרחן וכמות נוספת של מוצקים מרחפים, העשויים לפגוע במערכות הצומח והחי בים ובנחלים אליהם מוזרמים מי הפלט ולגרום להם לנזקים. במקרה של חקלאות ימית, יש להוסיף על כך את הנזק ממי פלט ממכוני רביית דגים וברכות שמליחותם ההתחלתית גבוהה.³

3.2.2 מכוון רביית דגים "לטימריה"- מכוון רביית הדגים "לטימריה" ממוקם בחממה הלימודית בעין

שמר ומטרתו לפתח תהליך שבו מתקבלים מקסימום דגיגים תוך צמצום מרבי של הוצאות התפעול.

¹ מסע-מדע, "מאפייני המחקר המדעי וההבדל בין תצפית לניסוי", הוצאת כנרת זמורה ביתן.

<http://www.masamada.co.il>

² חקר ימים ואגמים לישראל – המרכז הלאומי לחקלאות ימית,

<http://www.ocean.org.il>

³ עופר אסף, "מי פלט בריכות דגים – סקירה ובחינה ראשוניים", עבור עמותת "צלול", יום עיון "נחלים וברכות דגים", 6 במאי 2010.

הדג הראשון בו עוסקת "לטימריה" הוא הקיפון בנרי. במכון מוחזקת להקת דגי רבייה וכן מכלים שבהן מוחזקים הדגיגים בשלבי הגידול השונים לאחר רבייה מלאכותית. מי הפלט מהמכון נאגרים בברכת מים בחממה לפני סילוקם לרמת חובב.⁴

3.3. ברכת המים - מקווה מים לא גדול ורדוד יחסית ההווה מערכת אקולוגית הכוללת מרכיבים ביוטיים

(חיים) שהם כלל הצמחים, כלל בעלי החיים, הפטריות, החד תאיים שאינם חיידקים והחיידקים, ומרכיבים אביוטיים (דוממים) שהם אור, טמפרטורה מליחות, רמת pH זרחן וחנקן וכן יחסי הגומלין ומערך הקשרים ביניהם.⁵ ישנן ברכות מים אקוויטיות טבעיות (למשל, ברכת יער) וישנן מלאכותיות (למשל, ברכת אגירה).⁶

3.3.1. מאפיינים אביוטים בברכת המים:

3.3.1.1. החנקן בברכת המים - חנקן מעורב בתהליכים ביולוגיים רבים והוא מרכיב חיוני לחיים

בכדור הארץ. החנקן מצוי בכל חומצות האמיניות, הוא מרכיב יסודי של חלבונים, והוא מצוי בבסיסים המרכיבים את חומצות הגרעין של ה-DNA וה-RNA. חלק נכבד מהחנקן בצמחים משמש לייצור מולקולות כלורופיל החיוניות לתהליך הפוטוסינתזה. מחזור החנקן הוא מחזור ביוגאוכימי (מחזור שבו מולקולות או יסודות כימיים נעים דרך רכיבים ביוטיים ואביוטים של המערכת האקולוגית)⁷ והמתאר את גלגולי החנקן ותרכובותיו בטבע.



איור 1- מחזור החנקן בטבע- במחזור זה חיידקים ואצות במים ובקרקע הופכים את החנקן האטמוספרי לתרכובות חנקן הזמינות לצמחים. הצמחים מאפשרים את זמינות תרכובות החנקן לבעלי החיים, ומשם המחזור ממשיך בתהליכים מחזוריים אל הקרקע ואל האטמוספירה.

⁴ איתי עברי, "לטימריה", ידע אישי.

⁵ המארג, "שירותי המערכת האקולוגית" <http://www.hamaarag.org.il>

⁶ Aquatic ecosystem, from Wikipedia, the free encyclopedia <https://en.wikipedia.org>

⁷ אלכסנדרה פלדמן, "בחינת יעילות מסננים ביולוגיים בהרחקת תרכובות חנקן וזרחן ממי פלט של מכון רבייה חדשני לדגי ים", עבודה

במסגרת הדרישות לתואר B.Sc בהנדסת ביוטכנולוגיה, המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה, 2016

3.3.1.2 הזרחן בברכת המים - מחזור הזרחן הוא מחזור ביוגאוכימי של היסוד זרחן בטבע.

המיוחד במחזור זה, ובשונה ממחזורים ביוגאוכימיים אחרים כמו אלו של החמצן והפחמן, שאין בו מצב גזי ולכן הזרחן יכול להתפשט רק דרך תרכובות אורגניות ומים ואינו מקיים מחזור המשלב מאגר באטמוספירה ולנדוד בה באופן חופשי.⁸ הזרחן, בצורה של יוני זרחן, מהווה יסוד חיוני לבעלי חיים ולצמחים. הוא חלק ממולקולות ה-DNA, הוא נמצא במולקולות האנרגיה (ATP ו-ADP) ובפוספוליפידים בחלק השומני של קרום התא. זרחן משמש גם כאבן בניין לחלקים בגוף של בעלי חיים כמו עצמות ושיניים. רוב הזרחן מופיע בטבע בצורה של פוספטים (זרחן אנאורגני) בתוך משקעים ימיים או בסלעים שמקורם במשקעים אלה.



איור 2: מחזור הזרחן במים

3.3.1.3 טמפרטורת המים - הטמפרטורה חשובה ביותר עבור צורות חיים אקוטייות כדוגמת דגים, אצות, רכיכות וכו'. הטמפרטורה יכולה להשתנות במידה ניכרת ברחבי הבריכה כאשר מים רדודים מושפעים יותר על ידי טמפרטורת האוויר מאשר מים עמוקים. לפיכך, החלק העליון של הבריכה יהיה מעט חם בקיץ וקר בחורף מאשר החלקים העמוקים יותר של הבריכה.⁹

של הבריכה יהיה מעט חם בקיץ וקר בחורף מאשר החלקים העמוקים יותר של הבריכה.⁹

3.3.1.4 PH במים - סולם ה-pH הוא מדד לרמת החומציות והבסיסיות של תמיסות. רמת ה-pH משפיעה על תחומים רבים, כמו תפקוד התאים בגוף או זירוז תגובות כימיות. טווח הערכים בסולם ה-pH הוא בין 0 – 14 והוא כולל שלושה תחומים: חומצי, בסיסי ונייטרלי.¹⁰ מדד החומציות או הבסיסיות של התמיסה תלוי בריכוז יוני ההידרוניום $[H_3O^+(aq)]$ או יוני ההידרוקסיד $[OH^-(aq)]$.¹¹

סולם ה-pH הוא מדד לרמת החומציות והבסיסיות של תמיסות. רמת ה-pH משפיעה על תחומים רבים, כמו תפקוד התאים בגוף או זירוז תגובות כימיות. טווח הערכים בסולם ה-pH הוא בין 0 – 14 והוא כולל שלושה תחומים: חומצי, בסיסי ונייטרלי.¹⁰ מדד החומציות או הבסיסיות של התמיסה תלוי בריכוז יוני ההידרוניום $[H_3O^+(aq)]$ או יוני ההידרוקסיד $[OH^-(aq)]$.¹¹

⁸ "מחזור הזרחן", מתוך אתר אקו-ויקי, <https://ecowiki.org.il>
⁹ Penn State Extension, Water Quality Concerns for Ponds, <https://extension.psu.edu/>

¹⁰ כמיה בקלות, "סולם ה-PH" <https://www.easy-chemistry.co.il>
¹¹ מכון דוידסון, "סולם ה-PH" <https://davidson.weizmann.ac.il>

3.3.1.5. חזירות האור- האור דועך תוך כדי חדירתו למים באופן מהיר מאד. בברכת האגירה האור ידעך בטווח של עשרות סנטימטרים ואף סנטימטרים בודדים בשל נוכחות אצות וחלקיקים נוספים הבולעים ומפזרים את האור החודר. שכבת המים שבה עוצמת האור מאפשרת פעילות פוטוסינתזה על ידי אצות מוגדרת כ"אזור הפוטי".¹²

3.3.1.6. חמצן מומס- החמצן חיוני לקיומם של כלל האורגניזמים נושמי חמצן (יצורים אירופיים). ריכוז החמצן בגוף המים הוא אחד הגורמים החשובים הקובעים את מגוון היצורים החיים במים. לחמצן המומס שני מקורות: חיצוני - אטמוספרי: נכנס בפעפוע מהאטמוספירה, הוא קבוע ותרומתו במקום מסוים תלויה בטמפרטורה ומידת האוורור. פנימי – פיוגני: משתנה במחזור יומי ועונתי, בהתאם לרמת הפעילות הפוטוסינתטית של האצות וצמחי מים. ריכוז החמצן המומס במים בכל רגע ורגע הוא תוצאה של שיווי משקל דינמי בין תהליכי חדירת החמצן מהאטמוספירה ומיצירתו בפוטוסינתזה בשעות האור לבין צריכתו בתהליכי החמצון הביולוגי והכימי (נשימה תאית) בכל שעות היממה. במשך הלילה, כשמתקיימת נשימה בלבד במים (ללא פוטוסינתזה), יורד ריכוז החמצן במים. במשך היום, בעקבות פעילות פוטוסינתטית עולה פליטת החמצן על צריכתו וריכוזו נטו במים עולה. במקווי מים טבעיים, עיקר צריכת החמצן היא ביולוגית (פנימית-ביוגנית). מיקרואורגניזמים מפרקים את החומר האורגני במים ובקרקעית ואחראיים למרבית צריכת החמצן.

¹² עמוס ער, "תכונותיהם הכימיות והפיסיות של מים כיסוד להבנת החיים בהם", מים בעידן של שלום – לקט מקורות, תל אביב, הוצאת מכללת סמינר הקיבוצים, 1998. <http://www.amalnet.k12.il>

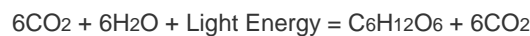
3.3.2. מאפיינים ביוטים בבריכת המים:

3.3.2.1. אצות- אצות (algae) הן צמחים פשוטים, הפשוטים בעולם הצומח, החיות במים (מתוקים

ומלוחים) ובמקומות לחים על פני האדמה. ישנם שלושה מיני אצות עיקריות: אדומות, ירוקיות וכחוליות.¹³ בניגוד לצמחים רגילים, לאצות אין שורשים. האצות יכולות להיות בגדלים שונים, מאצות חד-תאיות, העשויות תא אחד בלבד הנותנות למים את צבעם הירוק וכלה באצות באורך של 45 מטרים, כדוגמת אלה הגדלות באוקיינוס השקט. קיימים כ- 100 אלף מיני אצות בעולם.¹⁴

3.3.2.2. פוטוסינתזה-: פוטוסינתזה הוא התהליך שבו מיוצר המזון בצמחים, באצות וביצורים חד-

תאיים אוטוטרופיים. אחד מתוצרי הלוואי של התהליך הוא החמצן החיוני לקיום החיים על פני כדור הארץ. התהליך מורכב משני שלבים עיקריים: הוא מתחיל בתהליך תלוי אור שבמהלכו נוצרות תרכובות עתירות אנרגיה ותרכובות מחזוריות הדרושות לחלק השני שאינו תלוי באור, שבו הפחמן הדו-חמצני הופך לסוכר. התהליך תלוי האור מספק את חומרי האנרגיה הדרושים לתהליך השני שאינו תלוי באור, כלומר לייצור הסוכר. לצורך תהליך הפוטוסינתזה הצמח קולט מים ופחמן דו-חמצני ובנוכחות האור הוא מייצר מהם סוכר ופולט חמצן. כל זאת מתרחש באברון תוך תאי בשם כלורופלסט. בגלל תהליך הפוטוסינתזה הצמחים הפכו לבסיס של כל שרשרת המזון והם מקור התזונה והאנרגיה של חיות רבות, שבתורן משמשות מזון לחיות מקבוצת הצרכנים הראשוניים.¹⁵



איור 3 תהליך הפוטוסינתזה

3.3.2.3. נשימה תאית- תהליך הנשימה מתרחש בתאי כל היצורים החיים על פני כדור הארץ

ובכללם, תאי הצמח. בתהליך הנשימה מפיק הצמח אנרגיה תאית בצורת המולקולה ATP. באנרגיה זו, משתמש התא לצורך קיום כל פעולות החיים. בתהליך הנשימה התאית, צורך התא חמצן וגלוקוז (אותו הגלוקוז המיוצר בתהליך הפוטוסינתזה). התוצרים של תהליך זה הינם פחמן דו חמצני ואנרגיה. את הפחמן הדו חמצני פולט הצמח לסביבתו. להבדיל מתהליך

¹³ blue-ecosystems, " אצות ים <http://www.blue-ecosystems.com>

¹⁴ "מה הן אצות", מתוך אנציקלופדיה אאוריקה, <https://eureka.org.il>

¹⁵ ארז גרטי, "הפוטוסינתזה – מקור החיים בעולמנו", מדור "מאגר המדע" באתר של מכון דוידסון לחינוך מדעי, 30 ביולי, 2009.

<http://davidson.weizmann.ac.il>

הפוטוסינתזה, אשר מתקיים בשעות האור בלבד, תהליך הנשימה התאית מתבצע 24 שעות



3.3.2.4 דגי גמבוזיה (Gambusia) - דגי הגמבוזיה הם חלק חשוב במארג המזון ומהווים בו את

רמת הצרכנים השלישוניים - דגים טורפים. הם הובאו לארץ ישראל בשנות ה-20 כאמצעי ללוחמה ביולוגית ביתושי הקדחת. הגמבוזיות הם טורפים המוצאים את מזונם בשטח הפנים של המים תוך כדי שחייה כשגופם במצב מאוזן בניגוד לדגים טורפים אחרים הניזונים מדגים קטנים יותר בגוף המים או נוברים בקרקעית שעומקם מועט מאד (סנטימטרים בודדים). הגמבוזיות ידועים כדגים שמסתגלים בקלות לבתי גידול שונים ולתנאי סביבה משתנים, הם סובלים רמת מליחות של עד 2% וחיים בטווח טמפרטורות רחב למדי. כמו כן הם יכולים לשרוד במים בעלי עומס אורגני גבוה יחסית ובריכוזי חמצן מאד נמוכים ואף מגלים עמידות במידה מסוימת כלפי מספר קוטלי חרקים¹⁷.



איור 5 - דג גמבוזיה

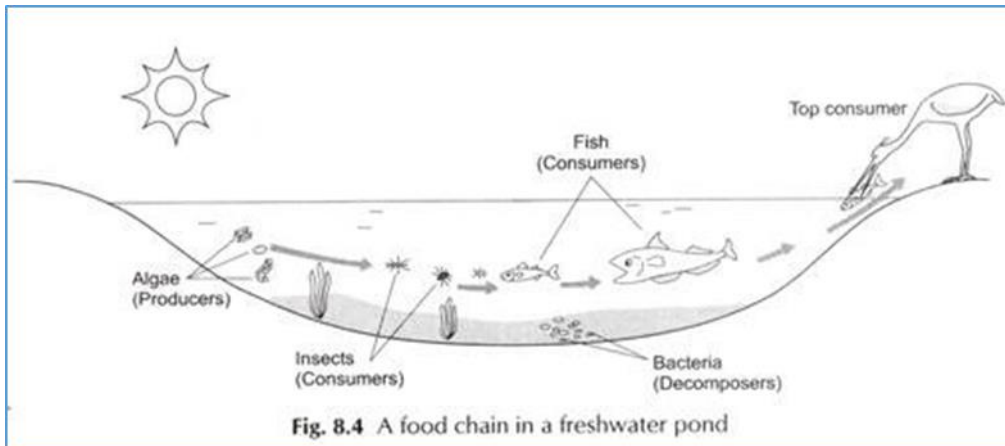
3.3.3 מארג המזון- החוליה הראשונה בכל שרשרת המזון היא היצרן הראשוני. היצרן הראשוני מייצר

מזון בתהליך של הטמעה (פוטוסינתזה). יצרני המזון העיקריים בכדור-הארץ הם הצמחים (ביבשה) והאצות (במים). אור השמש הוא מקור האנרגיה לכל התהליכים המתרחשים בגופם. בעזרת אנרגיית השמש ובעזרת חומרים אנאורגניים שהיצרנים קולטים מהסביבה, הם בונים את החומרים האורגניים המרכיבים את גופם. החוליות הבאות בכל שרשרת מזון הן של צרכנים שונים: הצרכן הראשוני הוא בעל-חיים צמחוני, הניזון מהצרכנים (צמחים ואצות). בהמשך שרשרת הצרכנים השניוניים: טורף הניזון מהצמחוני, אחריו - טורף משני, וכך הלאה - עד החוליה האחרונה בשרשרת המזון: טורף-על.

¹⁶ "הביולוגיה של הצמחים", מתוך אתר דיסקוס הגליל, <http://www.discus.co.il>

¹⁷ "גמבוזיה מצויה", מתוך אתר ויקיפדיה, <https://he.wikipedia.org>

לצד החוליות בשרשרת המזון נמצא את קבוצת אוכלי השיירים והמפרקים. יצורים אלה ניזונים משיירים של כל החוליות בשרשרת המזון: צמחים ובעלי-חיים שמתו והפרשות של בעלי-חיים. בקבוצת המפרקים נמצאים חיידקים ופטריות. חשיבותם מיוחדת, כי הם גורמים למחזור של חומרים בטבע.¹⁸



איור 6 שרשרת המזון במים

¹⁸ מטה, "פרמידת מזון אקולוגית" <http://science.cet.ac.il>

2. שיטות וחומרים:

1. ברכת המים בחממה האקולוגית בעין שמר:

- 1.1. **מידות הברכה:** אורך: 24 מ', רוחב: 6.5 מ', עומק ממוצע: 1 מ'.
- 1.2. **נפח:** כ- 100 מ"ק.
- 1.3. **מקור המים:** מי-ים סינטטיים המגיעים כמי פלט ממכון רביית הדגים "לטימריה" עשירים בנוטריינטים ובחומרים נוספים לאחר מעבר במסלול גידול הדגים שם.
- 1.4. **איכות המים:** הברכה מוגדרת כברכה אֶאוֹטְרוֹפִית – ברכה שבה מתקיימת פריחה וגדילת יתר של אצות כתוצאה מהזרמה של נוטריינטים רבים לתוכה.
- 1.5. **ספיקת מי הפלט:** כ- 800 ליטר ליממה, בתדירות יומית.
- 1.6. **זמן השהיה של מי הפלט בבריכת האגירה:** זמן השהיה בבריכת האגירה של מי הפלט לא ידוע במדויק, אך הוא ארוך יחסית. פינוי המים מבריכת האגירה נעשה פעמיים בשנה אך בנוסף לכך קיים גם אידוי של מים. ספיקת האידוי אינה ידועה. הפינוי האחרון של מים מבריכת האגירה נעשה בתאריך ב- 6.12.2016.

2. מדידות איכות מים:

בעבודה זו נמדדו 11 משתני איכות מים שונים על פי פרוטוקול העבודה שבנספח א'. משתנים אלו נקבעו ע"י מצאי האמצעים הקיימים בחממה האקולוגית בעין שמר. בנוסף נמדדו טמפרטורת האוויר והאור בחממה. מספר מדדים חשובים נוספים לא נמדדו כי לא היו האמצעים לכך (כדוגמא: התפלגות חדירת האור לפי עומק המים בברכה). במהלך העבודה בוצעו כ- 26 מדידות שבועיות במשך 31 שבועות (ראה טבלה 1 ונספח ב').

2.1. מדידות שדה:

2.1.1. נקודת הדיגום: גשר לרוחב הברכה.



איור 7: הגשר מעל הברכה ממנו נעשו המדידות והדיגום. ניתן להתרשם מהצופת שעל פני המים



איור 8 : ארגון ציוד המדידה והדיגום על גשר הדיגום

2.1.2. **מדידת טמפרטורה ומליחות המים** : באמצעות מכשיר Eutech Instruments, SyberScan 11 .conductivity/TDS/°C



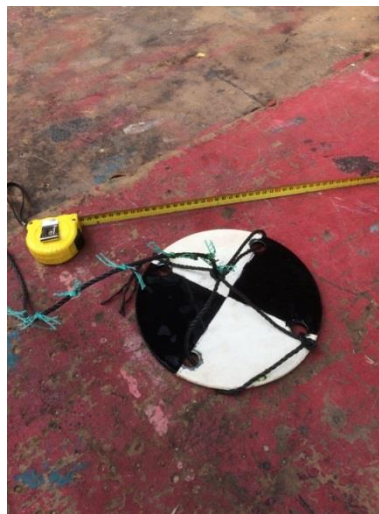
איור 9 : מד מוליכות וטמפרטורה

2.1.3. **מדידת pH** : באמצעות מכשיר Eutech Instruments, SyberScan 11, pH/mV/°C. מדידות אלו החלו רק עם קבלת מד ה-pH בסוף פברואר.

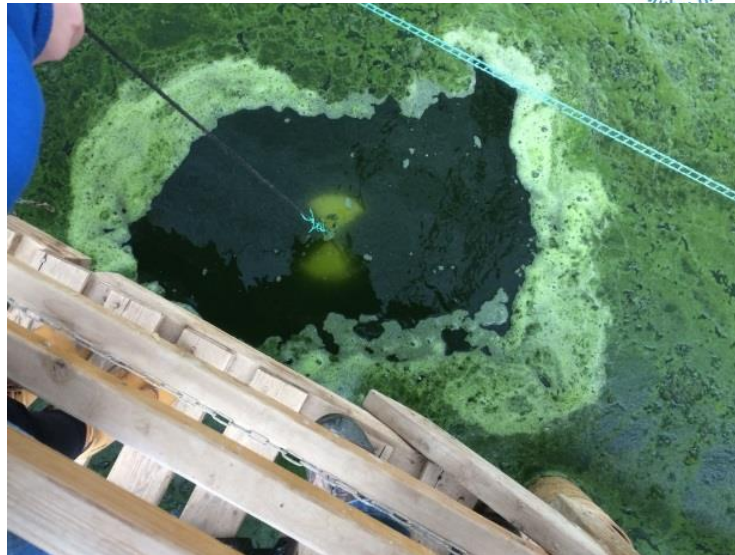


איור 10 : מד pH

2.1.4. **מדידת עומק סקי** : המדידה נעשית באמצעות דסקת סקי. זהו מכשיר למדידת שקיפות של גופי מים המורד באיטיות לתוך המים. העומק שבו לא ניתן יותר לראות את הדסקה מהווה מדד לשקיפות המים. מדד זה מכונה "עומק סקי" והוא תלוי בעכירות המים. התוצאות של דסקת סקי לא מהוות מדידה מדויקת של השקיפות, שכן יכולות להיות שגיאות בשל בוחק השמש על פני המים, או שאדם אחד יכול לראות את הדסקה בעומק מסוים, אבל אדם אחר עם יכולת ראייה טובה יותר יכול לראות אותה בעומק גדול יותר. עם זאת, זו שיטה זולה ופשוטה למדוד את הצלילות ואת מידת חדירת האור לעומק גוף המים המקובלת במחקרים בלימנולוגיה (חקר גופי מים מתוקים) ובאוקיינוגרפיה (חקר האוקיאנוסים). הדסקה מחלוקת לרבעים הצבועים שחור לבן. בעבודה זו נעשה שימוש בדסקת מתכת בקוטר של 22 ס"מ.



איור 11 : דסקת סקי



איור 12 : מדידת עומק סקי בברכה

2.1.5. **מדדי בקרה על התנאים בברכה** : אור מחוץ למים, pH, טמפרטורת אויר וטמפרטורה המים נמדדו בברכה, ע"י מערכת "איינשטיין", כל 10 דק' ברציפות, בתאריכים שונים לאורך תקופת המחקר. מערכת "איינשטיין" הינה טבלט חינוכי ייעודי שפותח ע"י חברת פורייה מערכות (Fourier) מראש העין ונתרם על ידה לחממה בעין שמר (איור 11). ניתן לחבר למערכת זו חיישנים שונים שנתוניםם נאגרים בטבלט. האור נמדד ביחידות לוקס שהן יחידת מידה פוטומטרית למדידת שטף אור נראה ליחידת שטח המסומנת באותיות lx. בחישה ה-pH התגלתה תקלה ולכן הנתונים ממנו נפסלו.



איור 13 : התקנת מערכת "איינשטיין"

2.2. מדידות מעבדה :

לצורך מדידות המעבדה נדגמו מי הברכה באמצעות דלי של כ- 3.5 ליטר (ראה איור 6). במעבדה, לאחר ערבוב נמרץ, נלקחו מהדלי מים לבדיקות השונות.

2.2.1. מדידת ביומסה אצתית :

2.2.1.1. קושי מתודולוגי : מדידות הביומסה האצתית בברכה נתקלו בקושי מתודולוגי שכן חלק מהאצות צפו על פני המים ויצרו שכבה עבה (צופת) שהייתה מופרדת באופן ברור מגוף המים שמתחתיה (איור 40). תופעה זו הקשתה על ביצוע דיגום מייצג של הברכה. נשאלה השאלה האם לדגום את הצופת או את המים שמתחתיה (איור 10) בדגימות הראשונות (עד 7.3.2017) נדגמו לעיתים שכבת הצופת ולעיתים המים שמתחתיה באופן לא עקבי. החל ממועד זה הוחלט לדגום באופן קבוע את המים שמתחת לשכבת הצופת. הביומסה האצתית נמדדה בשיטות הבאות :

2.2.1.1.1. באמצעות מדידת עכירות (מדידת צפיפות אופטית, O.D). העכירות היא מדד לנוכחות חלקיקים (אצות, חיידקים וחרסיות) הגורמים להסתת האור ומכאן לתחושת העכירות. המדידה נעשתה בספקטרוטומטר Spectronic 20 Genesys באורך גל של 680 nm (איור 12).



איור 14 : ספקטרוטומטר

2.2.1.1.2. באמצעות מדידת המשקל היבש שמטרתה קביעת ריכוז המוצקים המרחפים במים שקוטרם גדול מ-1 מיקרון (בעיקר אצות אך גם חד-תאיים, שרידי מזון דגים, שרידי אורגניזמים מתים ועוד). הבדיקה נעשתה באמצעות העברת נפח מים ידוע דרך פילטר סיבי זכוכית GF-1, 70 מ"מ תוצרת La Papelera del Besos במערכת סינון של מיליפור (איור 13). החל מ-27.6.17 נעשה שימוש בפילטר Qualitative Filter Paper, Xiuxing, 102 moderate, $\Phi 70\text{mm}$, השלב השני כלל אידוי מים מהפילטר בטמפרטורה של 105°C ושקילה במאזניים אנליטיות מיוחדות, Citizon MB50, לקביעת המשקל היבש של החומר המרחף בבריכה (איור 14).



איור 15 : סינון במערכת מיליפור



איור 16 : מאזניים לקביעת משקל יבש. תנור השרפה פועל

2.2.1.1.3. באמצעות **הסתכלות וספירה מיקרוסקופית** : צפיה באצות באמצעות המיקרוסקופ בוצעה

בחממה בעזרת מיקרוסקופ Nikon (איור 15). בנוסף, הועברו מעת לעת דגימות מים מהברכה (2 מבחנות, 50 מ"ל, באחת דגימה חיה ובשנייה דגימה משומרת בתמיסת לוגול, KI) למעבדה המרכזית לאיכות מים, אתר אשכול, חברת מקורות אל דר' בוני אזולאי. האצות הוגדרו ונספרו שם כמותית באמצעות מיקרוסקופ Axioskop 40 של חברת Zeiss. עקב השונות הגדולה בממדי ובנפח האצות קיים פער בין מספרם לבין הביומסה שלהם. לדוגמא, כ- 35 אצות כדוריות זעירות מהסוג כלורלה (טבלה 3 ואיור 44, קוטר כ- 5 מיקרון) יוצרות ביומסה שוות ערך לזו של אצת ספירולינה חוטית אחת (טבלה 3 ואיור 43, ממדים : 6 מיקרון X 120 מיקרון). לכן, התוצאות דווחו בשתי דרכים : האחת, מספר אצות למ"ל והשנייה, ASU למ"ל. ASU היא יחידת שטח אצות סטנדרטית (400 מיקרון מרובע) המשקפת טוב יותר את ביומסת האצות לעומת מספרם.



איור 17: מיקרוסקופ Nikon עם מצלמה מחוברת למחשב בחממה

2.2.2. **מדידת תרכובות חנקן (אמוניה, ניטרט וניטריט) וזרחן:** באמצעות ערכות API למדידות שדה (תמונות 16,17). ערכות אלו אינן מדויקות והשגיאה בהן מאד גדולה. לדוגמא, ראה את הפרשי השנתות ב"סרגל הצבעים" של הניטרט באיור 17. **הערה:** רק בשלב די מתקדם של העבודה התברר שתוקף ראגנט בדיקת הזרחן פג ותיתכן שגיאה בתוצאות שנמדדו גבי משתנה זה. החל מ-15.5.17 נעשה שימוש בראגנט בר תוקף.



איור 18: ערכת API לבדיקות מים



איור 19: "סרגלי הצבעים" של ערכות API

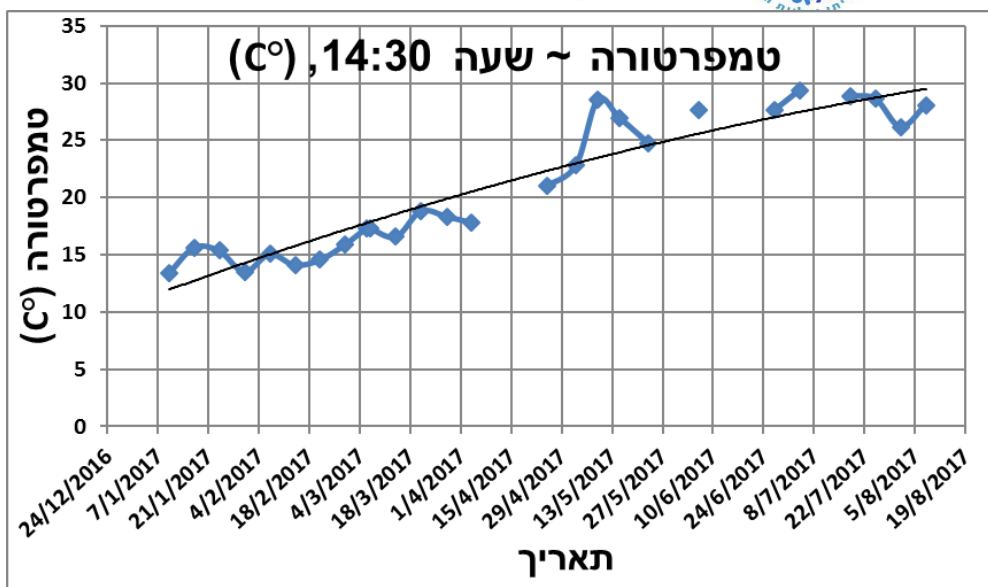
3. מהלך העבודה: נערך דיגום שבועי של מי הברכה, בשעה קבועה (~ 14:30) בשתי חזרות. במקביל, תוך כדי איסוף נתוני המדידות, נבנה בסיס נתונים באקסל (איור 18).



איור 20: הכנסת נתונים למחשב

3. תוצאות

1. תוצאות מאפיינים אביוטים-



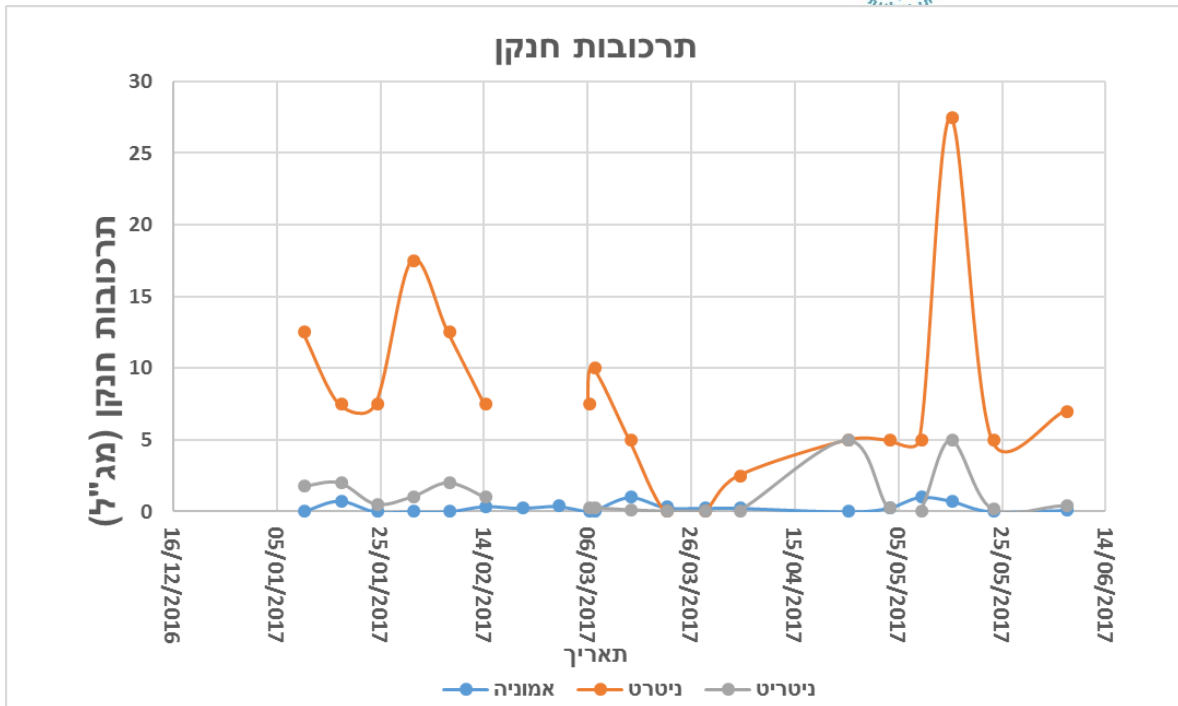
גרף 1: שינוי בטמפרטורת המי הבריכה כפונקציה של תאריך הדיגום

בגרף 1 רואים שטמפרטורת המים עלתה לאורך תקופת הדיגום, מחודש ינואר עד לחודש אוגוסט. בחודש ינואר טמפרטורת המים הייתה כ-13 מעלות צלזיוס ובאוגוסט טמפרטורת המים הייתה כ-27 מעלות צלזיוס.

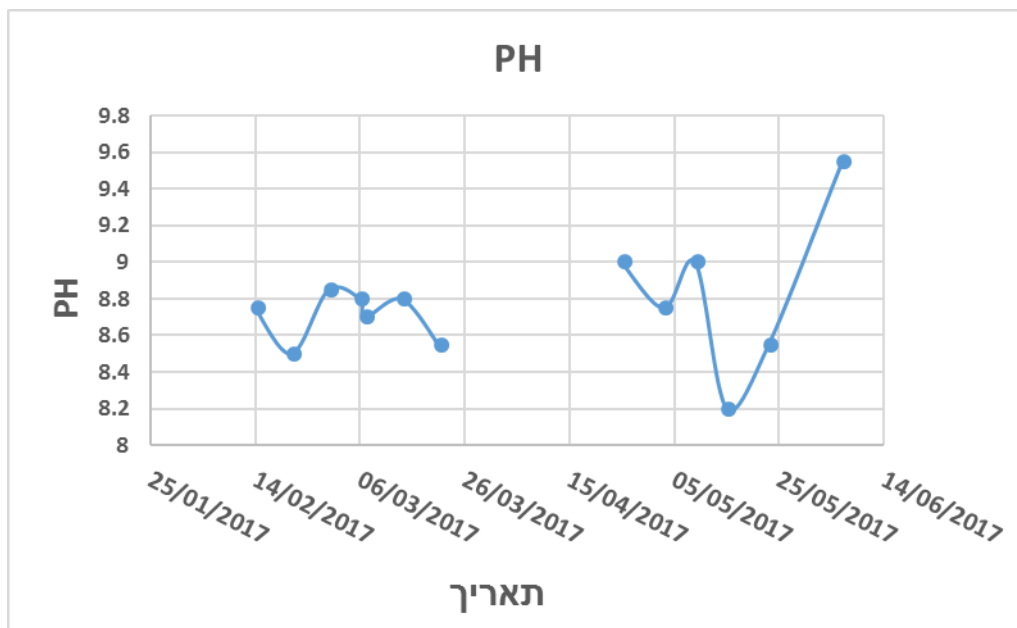


גרף 2: שינוי במליחות המי הבריכה כפונקציה של תאריך הדיגום

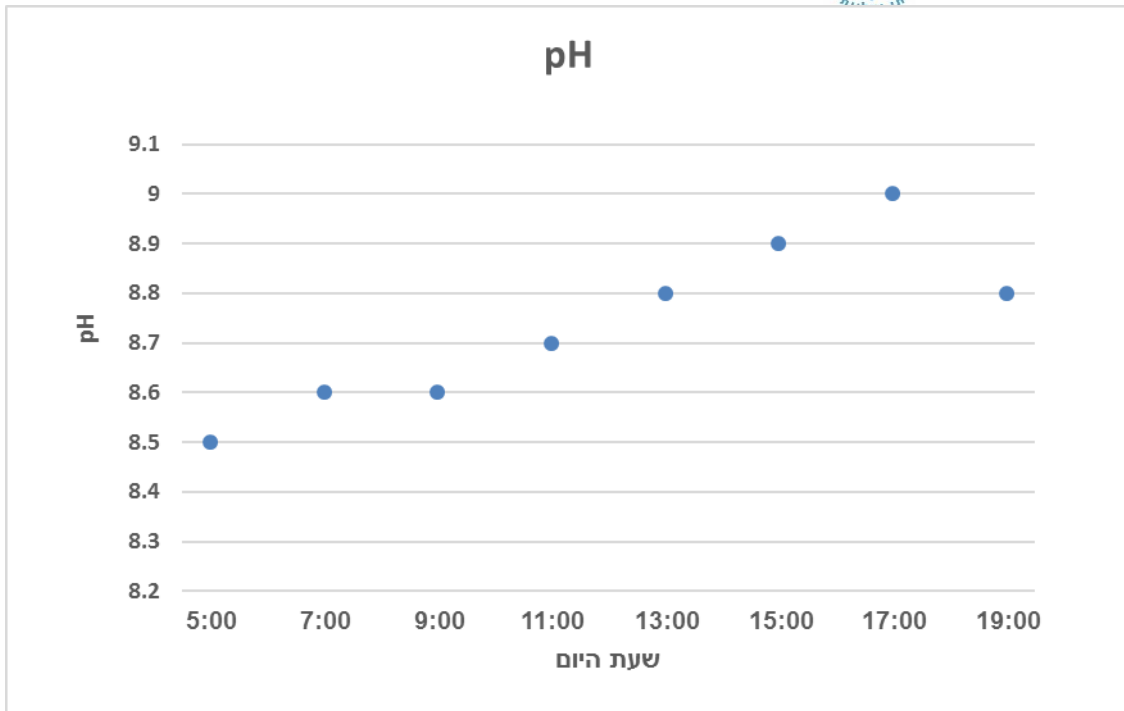
בגרף 2 רואים שחלה ירידה במליחות לאורך התקופה בינואר מליחות המים הייתה 21 ppt (part per thousands) ובאוגוסט מליחות המים 16-17 ppt.



גרף 3 : שינוי בתרכובות החנקן (ניטריט, אמוניה וניטרט) במי הבריכה כפונקציה של תאריך הדיגום. בגרף 3 רואים שכאשר ריכוז הניטרט היה גבוה יחסית, ריכוז האמוניה היה נמוך ולהפך כאשר האמוניה הייתה גבוהה, ריכוז הניטרט היה נמוך, והייתה תנודה גבוהה יחסית בריכוז הניטרט לאורך הדיגום.

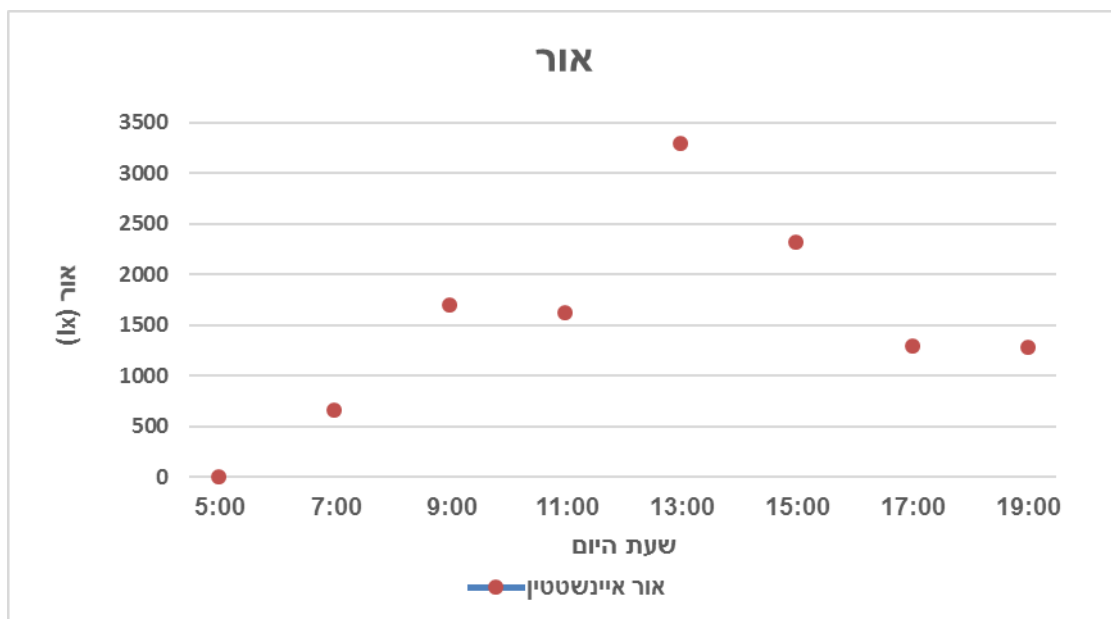


גרף 4 : שינוי ברמת ה-pH במים כפונקציה של תאריך הדיגום. בגרף 4 רואים שרוב הזמן רמת ה-pH במים הייתה בסביבות 8.6-8.8 חוץ מכמה חריגות בעיקר בקיץ.



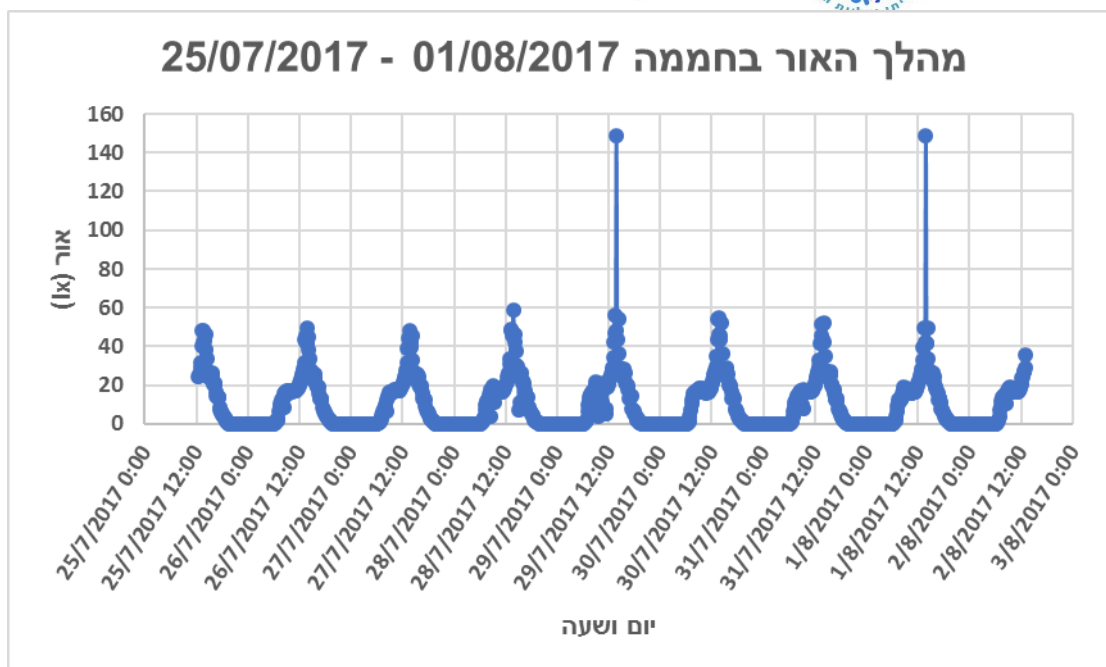
גרף 5: שינוי ברמת pH כפונקציה של שעה בתאריך 1/8/2017.

בגרף 5 רואים שרמת ה pH עולה ככול שהיום מתקדם ויורד בערב (ב-19:00).



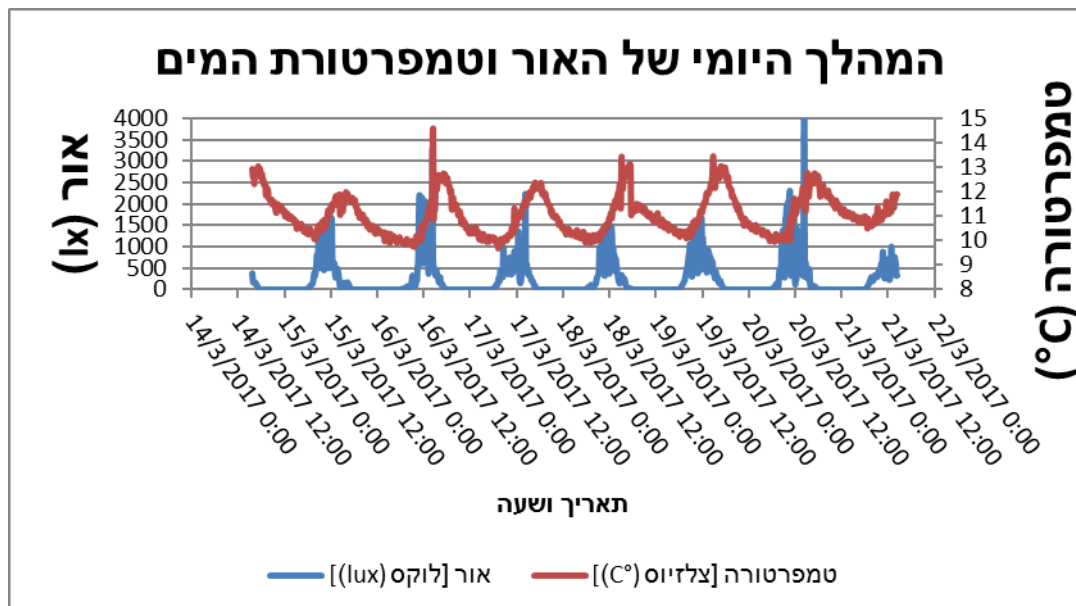
גרף 6: שינוי בעוצמת האור כפונקציה של שעה בתאריך 1/8/2017.

בגרף 6 רואים שעוצמת האור עולה ככול שהיום מתקדם ויורדת שוב בערב.



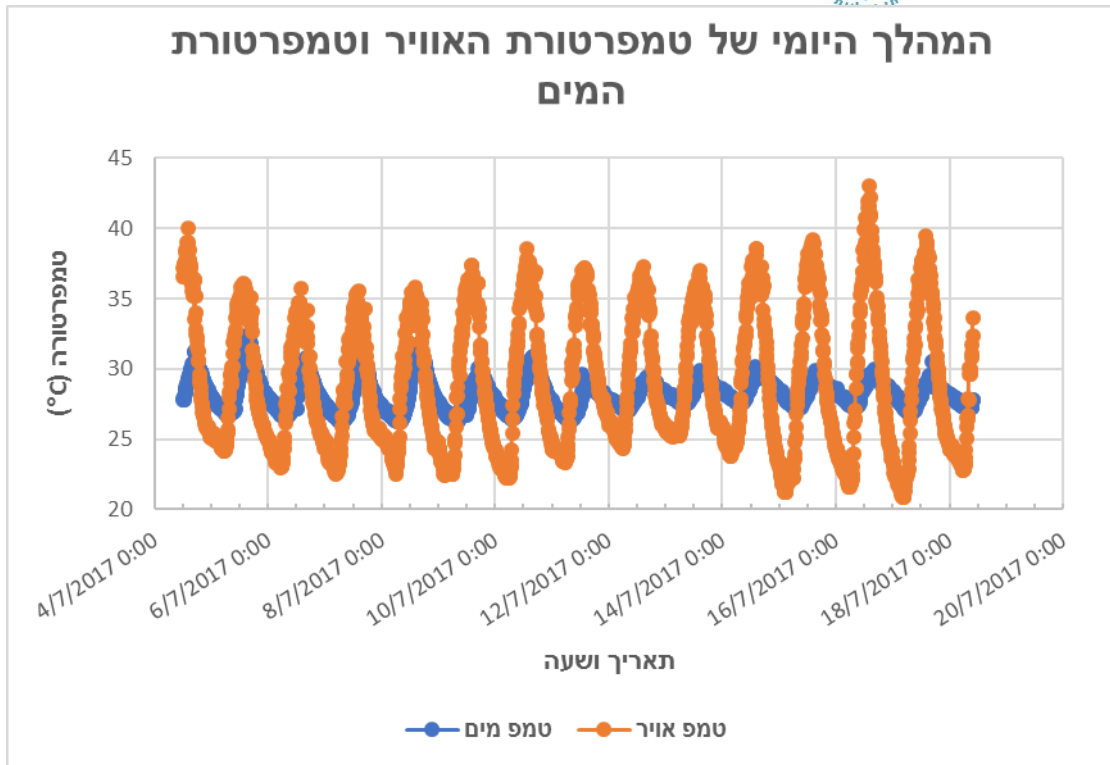
גרף 7: שינוי בעוצמת האור בחממה במשך מספר ימים כפונקציה של תאריך ושעה.

בגרף 7 רואים שלאורך תקופת הניטור קיימת מחזוריות יומית בעוצמת האור. בשעות הצהריים עוצמת האור מקסימלית והיא 55klx ובשעות הלילה כמות האור היא 0. בנוסף לכך נראה שאחרי 28/7 כמות האור המקסימלית עולה ל 60klx וישנן חריגות ב 29/7 וב 1/8.



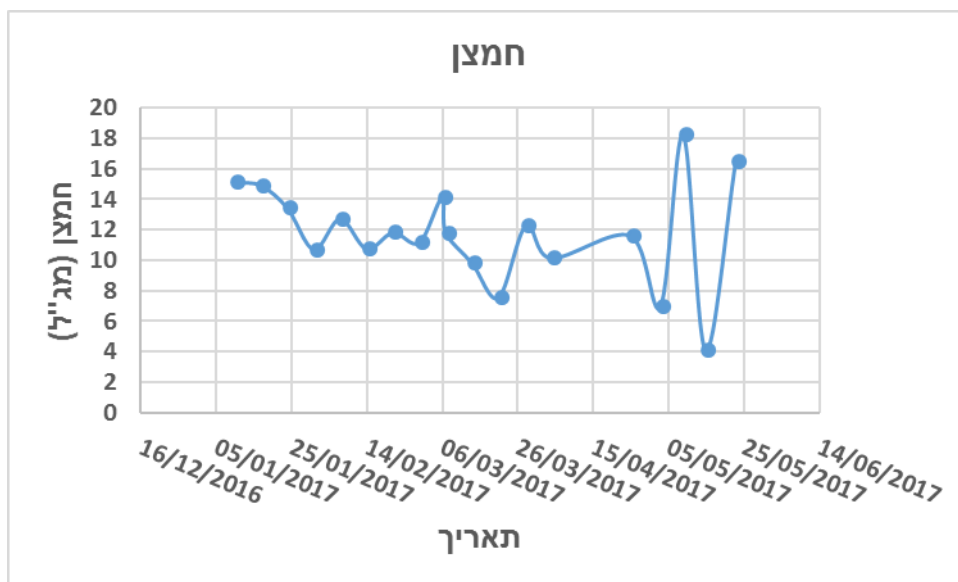
גרף 8: שינוי באור וטמפרטורה במי הבריכה במשך שבוע.

בגרף 8 הנו רואים שקיימת מחזוריות יומית בכמות האור ובטמפרטורת המים- רואים שבשעות הלילה כמות האור במים שואפת ל-0 ועולה בהדרגה ובצהריים היא מקסימלית (לרוב 2500-2000) ובהמשך היום היא ממשיכה לרדת עד שהיא שוב מגיעה ל-0. ונראה שטמפרטורת המים תלויה בכמות האור מכיוון שנראה שכמה שעות אחרי שעוצמת האור מקסימלית כך גם הטמפרטורה מקסימלית ובניגוד, שעוצמת האור נמוכה, טמפרטורת המים תהיה נמוכה כמה שעות אחרי.



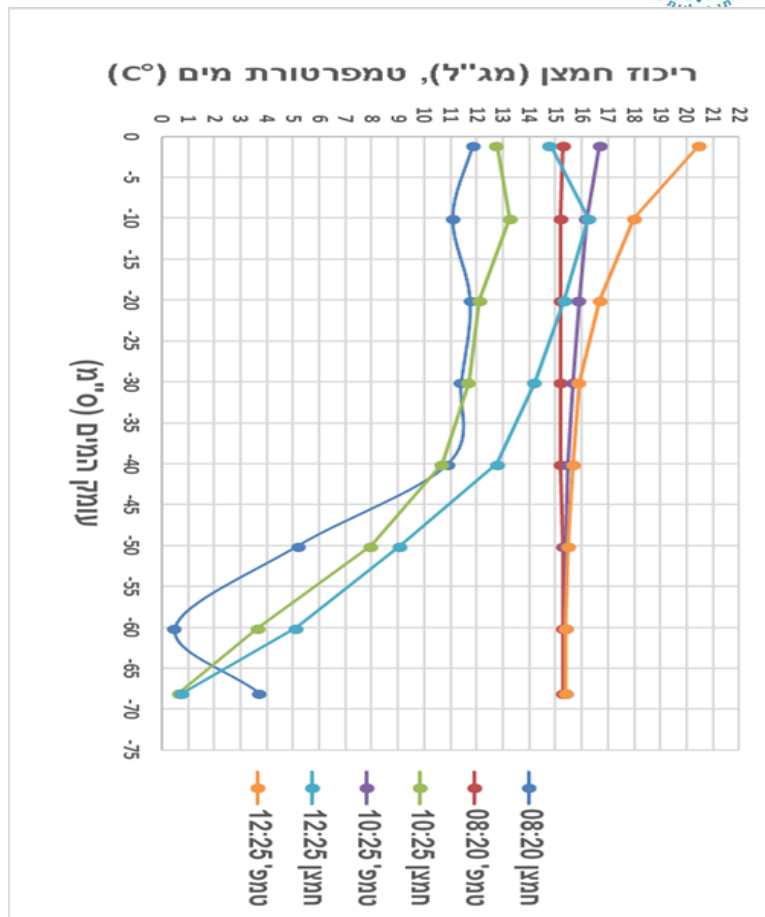
גרף 9: שינוי בטמפרטורת המים וטמפרטורת האוויר במשך מספר ימים

בגרף 9 רואים שקיימת מחזוריות יומית בטמפרטורת האוויר והמים ובנוסף לכך מתי שטמפרטורת האוויר נמוכה כך גם טמפרטורת המים נמוכה ולהפך.



גרף 10: שינוי בריכוז החמצן המומס במי הבריכה כפונקציה של תאריך הדיגום.

בגרף 10 רואים ירידה קבועה יחסית בריכוז החמצן לאורך תקופת הדיגום מינואר עד מרץ החל מחודש מרץ נמדדו תנודות גדולות בריכוז החמצן.



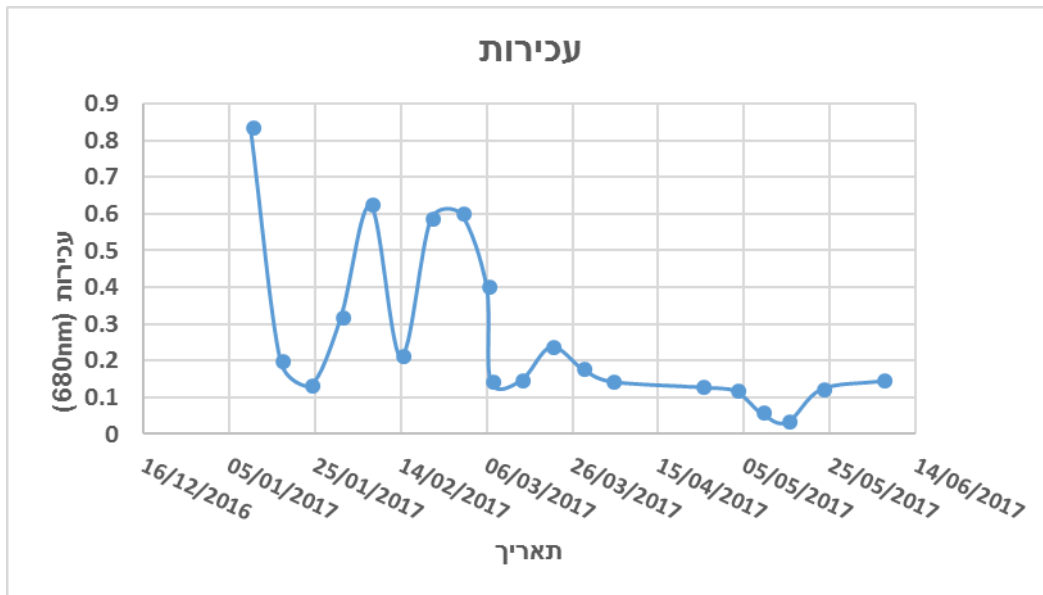
גרף 11 : שינוי ברמת החמצן והטמפרטורה במים כפונקציה של עומק המים במהלך 3 שעות ב6/3/2017.

בגרף 11 רואים שריכוז החמצן עולה ככול שעולים בעמודת המים וככול שמתקדמים בשעות היממה, וכך גם מתנהגת הטמפרטורה.



גרף 12 : שינוי בשקיפות הסקי כפונקציה של תאריך הדיגום.

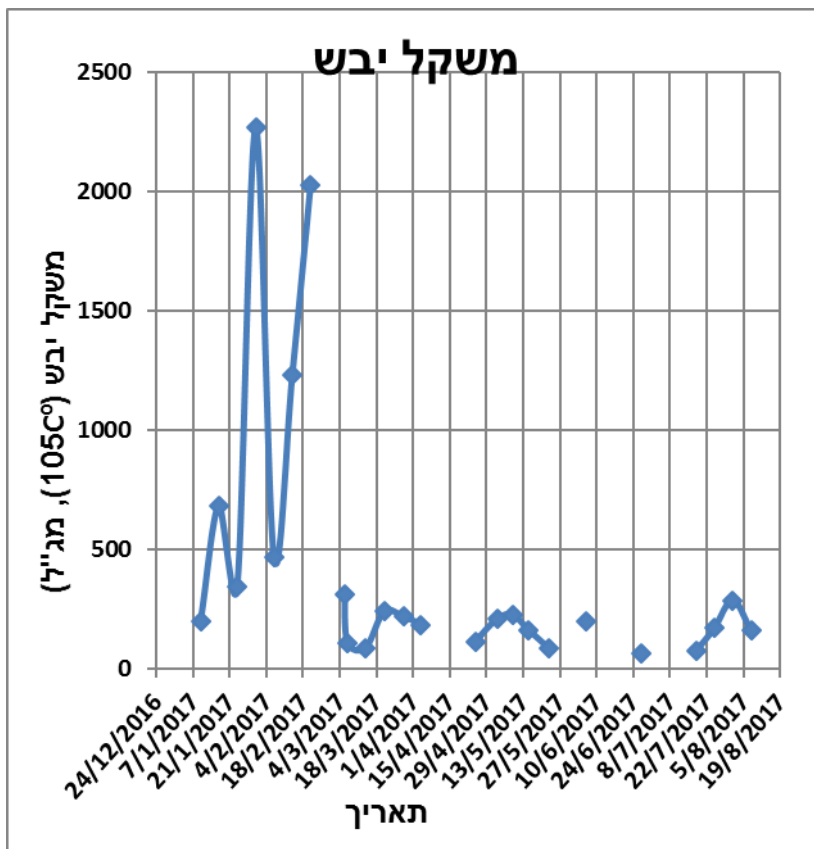
בגרף 12 רואים שבחורף שקיפות הסקי הייתה גבוהה (בין 12-16 ס"מ) ובקיץ היו תנודות גדולות יותר והשקיפות הייתה בין 7-16 ס"מ.



גרף 13 : שינוי בעכירות מי הבריכה כפונקציה של תאריך הדיגום.

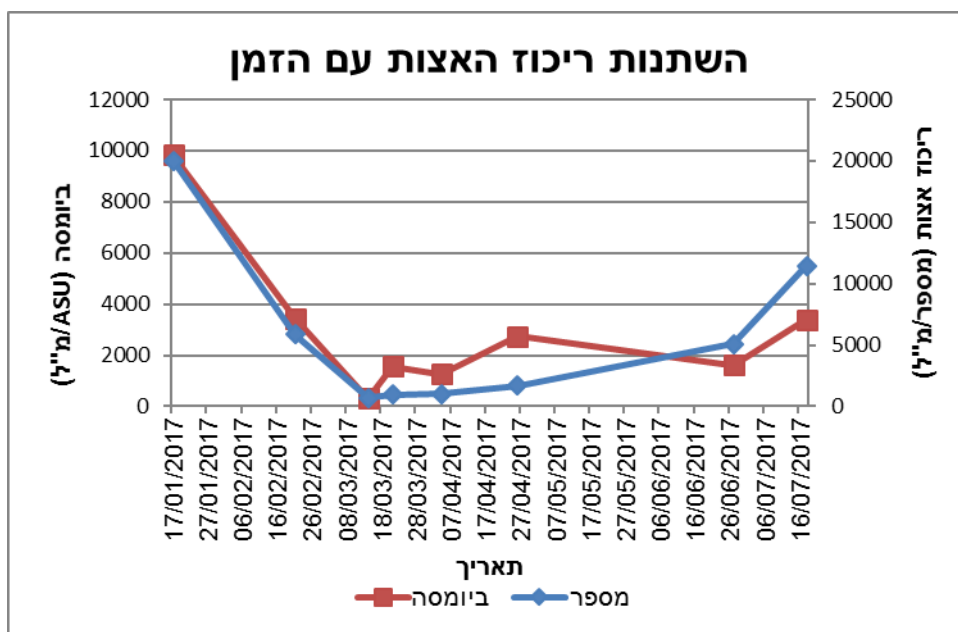
בגרף 13 רואים תנודות גדולות בעכירות המים בין ינואר למרץ, אחרי מרץ עכירות המים נשארה יחסית קבועה (יחידות OD 0.15).

2. תוצאות מאפיינים ביוטים-



גרף 14 : שינוי במשקל היבש של החומר המרחף במי הבריכה כפונקציה של תאריך הדיגום.

בגרף 14 רואים שבחורף המשקל היבש של החומר המרחף היה מאוד גבוה והגיע אפילו ל-2250 מג"ל ובקיץ הרמות היו יחסית נמוכות – בין 100 ל-250 מג"ל.



גרף 15 : שינוי בריכוז ובביומסה של האצות כפונקציה של תאריך הדיגום.

בגרף 15 רואים שב17/1/2017 ריכוז האצות והביומסה שלהן היו גבוהים באופן משמעותי משאר התאריכים, וב- 15/3/2017 ריכוז האצות והביומסה היה מינימלי וגדל בהדרגה מאז.



גרף 16: שינוי בכמות האצות הטראסלמיס וספירולינה בבריכה כפונקציה של תאריך.

1.1. בגרף 16 הנו רואים שב-חודשי הקיץ החמים הייתה דומיננטיות בולטת של האצה הכחולית ספירולינה. ואילו בחורף, פרוחה האצה הירוקית טראסלמיס.

תאריך	קבוצת פרוטוזואה	קבוצת אצות	שם	גודל (מיקרון, μ)	מספר (אצות למ"ל)	ביומסה (ASU למ"ל)
25.12.2016		ירוקיות	עינן (Euglena)	45	ספירה איכותית	ספירה איכותית
		ירוקיות	עינן במצב פלמלה (Palmella)	משטחים גדולים צפים	ספירה איכותית	ספירה איכותית
		כחוליות	ספירולינה (Spirulina)	לא נמדד	ספירה איכותית	ספירה איכותית
17.01.2017		כחוליות	ספירולינה (Spirulina)	6 X 900; 6 X 120	1,227	8,282
		ירוקיות	כלורלה (Chlorella)	5	16,093	790
		ירוקיות	טטראסלמיס (Tetraselmis)	12	2,000	565
		צורניות	ציקלוטלה (Cyclotella)	12	720	203
		ריסניות	ריסניות שונות	לא נמדד	ספירה איכותית	ספירה איכותית
21.02.2017		כחוליות	ספירולינה (Spirulina)	6 X 900; 6 X 120	204	1,836
		ירוקיות	טטראסלמיס (Tetraselmis)	12	5,644	1,601
		ריסניות ואמבות	ריסניות ואמבות שונות	לא נמדד	ספירה איכותית	ספירה איכותית
14.03.2017		ירוקיות	טטראסלמיס (Tetraselmis)	12	646	180
		כחוליות	ספירולינה (Spirulina)	6 X 900; 6 X 120	67	126
		ריסניות	אפלוטס (Euplotes)	80-200	ספירה איכותית	ספירה איכותית
21.03.2017		כחוליות	ספירולינה (Spirulina)	6 X 900; 6 X 120	532	1,126
		צורניות	ציקלוטלה (Cyclotella)	30	200	353
		ירוקיות	טטראסלמיס (Tetraselmis)	12	246	75
04.04.2017		כחוליות	ספירולינה (Spirulina)	6 X 900; 6 X 120	844	1,126
		צורניות	ציקלוטלה (Cyclotella)	30	67	118
		ירוקיות	טטראסלמיס (Tetraselmis)	12	114	30
		ריסניות	אפלוטס (Euplotes)	80-200	ספירה איכותית	ספירה איכותית
26.04.2017		כחוליות	ספירולינה (Spirulina)	6 X 900; 6 X 120	1,493	2,687
		ירוקיות	טטראסלמיס (Tetraselmis)	12	173	49
		ריסניות	אפלוטס (Euplotes)	80-200	ספירה איכותית	ספירה איכותית
27.06.2017		כחוליות	ספירולינה (Spirulina)	6 X 300; 6 X 120	4,867	1,533
		ירוקיות	טטראסלמיס (Tetraselmis)	12	236	49
		ריסניות גדולות וחיידקים				
18.07.2017		כחוליות	ספירולינה (Spirulina)	6 X 300; 6 X 120	11,475	3,400
		ריסניות גדולות וחיידקים				

טבלה 1 : הגדרת וספירת אצות וחד תאיים (פרוטוזואה)

4. דיון ומסקנות:

1. דיון:

מטרת העבודה היא לאפיין את המערכת האקולוגית בבריכה בעזרת ניטור התנאים האביוטיים והביוטיים ולימוד יחסי הגומלין ביניהם בבריכה לאורך תקופת הניטור.

ניתן לחלק את הבריכה לחלק העליון שבו חודר האור ולחלק התחתון שבו אין חדירה של אור. על פי ממצאי העבודה החלק המואר הוא בממוצע כ-13 ס"מ מתחת לפני המים (על פי מדידת הסקי). נראה כי יש קשר בין מדד העכירות לבין מדד הסקי, ונראה כי כאשר עומק הסקי יותר גדול (מעיד על שקיפות גבוהה יותר של המים) כך העכירות יותר נמוכה ולהיפך. נראה גם כי חדירות האור משפיעה על התנאים בעומק הבריכה, לפי גרף יב' אפשר לראות כי ככול שהמים עמוקים יותר כך רמת החמצן המומס יורדת (בתחתית היא 0) וכך גם הטמפרטורה, ולכן נוצרים בתחתית הבריכה תנאים אנאירוביים. ניתן ללמוד מכך שעוצמת האור היא גורם אביוטי אשר משפיעה מאוד על התנאים האביוטיים והביוטיים בבריכה.

1.1. תיאור האזור המואר (האזור הפוטי) של הבריכה - (עד 13 ס"מ מתחת לפני המים)

1.1.1. התנאים האביוטיים בבריכה ויחסי גומלין ביניהם:

במהלך תקופת המעקב (ינואר- אוגוסט 2017) טמפרטורת המים עלתה מ-14 מעלות צלזיוס בחורף ל-28 מעלות צלזיוס בקיץ, לעומת זאת רמת החמצן ירדה לאורך אותה תקופה. מה שמעיד על הקשר בין רמת החמצן המומס לבין הטמפרטורה, ככל שהטמפרטורה עולה רמת החמצן המומס יורדת.

המליחות הייתה גבוהה בתדשי החורף כ-19 ppt ובקיץ נמוכה יותר כ-16 ppt. שינויים אלו נגרמו, כנראה, בעקבות שינויים ברמות המלח במי הים הסינתטיים שהוכנו ב"לטימריה".

רמת ה-PH נשארה יחסית קבועה לאורך תקופת הדיגום, כנראה מכיוון שהדיגום נעשה בשעה קבועה. ידוע שהגורם המשפיע על רמת ה-PH הוא פחמן דו חמצני ורואים בגרף ו' כי רמת ה-PH משתנה לאורך שעות היום, כנראה בהתאמה לתהליכי הפוטוסינתזה והנשימה התאית המתרחשים בבריכה. בנוסף לכך נראה שלא חל שינוי משמעותי בשעה הספציפית (כ-30:14) לאורך הניסוי.

בגרף ג' רואים כי כאשר כמות האמוניה גבוהה כמות הניטראט נמוכה וגם להיפך, ניתן להסיק מכך שמתרחש תהליך של הפיכה של אמוניה לניטראט (ניטריפיקציה), אך גם כאשר הינו מתקיים כמות האמוניה נשארת גבוהה.

1.1.2. התנאים הביוטיים בבריכה ויחסי הגומלין ביניהם:

ספירולינה גדלה בעיקר בחודשים אפריל-יולי.

לעומתה טטרסלמיס גדלה בעיקר בחודשים ינואר-מרץ

נראה כי האצות חולקות אותה מערכת אקולוגית וגם אותו מרחב (האזור המואר) אך בעונות שונות, ומכן שבתנאים אביוטיים שונים.

בחודשי הניסוי האחרונים הופיעו דגי גמבוזיה בבריכה, ניתן להסיק כי הגמבוזיות יכולות לשרוד את תנאי הברכה הקיצוניים (רמת חמצן נמוכה מאוד, PH וכו').

1.1.3. היחס בין התנאים ביוטים והאביוטים בבריכה (בחלק המואר):

האצה טטרסלמיס הייתה נפוצה יותר בחודשים הראשונים של התקופה (חורף), ולכן נראה שהטטרסלמיס גדלה בטמפרטורה של (כ-14 מעלות צלזיוס), עם כמות חמצן מומס גבוהה (כ-12 מג"ל) וחייה במליחות של ppt19.

לעומתה האצה ספירולינה הייתה נפוצה יותר בחודשיים האחרונים של התקופה (קיץ), ולכן נראה שהספירולינה גדלה בטמפרטורות גבוהות יותר (כ-28 מעלות צלזיוס), עם כמות חמצן ממוס נמוכה יחסית (כ-5 מג"ל) ובמליחות של ppt16.

1.2. ניטור שבועי-

מתוך גרף ט' ניתן לראות שהטמפרטורה מושפעת ישירות מהאור, ולכן ניתן להבין את השינוי בטמפרטורה ובעומקים שהאור לא חודר עליהם.

1.3. התנאים באיזור העמוק של הבריכה –

לפי גרף יב' רואים כי ככול שהמים יותר עמוקים יש פחות חמצן במים, ומכן ניתן להסיק שבעומק הבריכה אין לאצות אפשרות לגדול. אבל לפי סעיף א.3 נראה כי הספירולינה גדלה דווקא באיזורים שיש בהם פחות חמצן ויכול להיות שהיא גדלה בעומק יותר גדול מהטטרסלמיס.

1.4. המלצות

1. ניתן לגדל בבריכה את שתי סוגי האצות, טטרסלמיס בחודשי החורף וספירולינות בקיץ.

2. ניתן לגדל דגי גמבוזיה בבירכה בקיץ.

5. סיכום-

בעבודה זו בדקתי את המערכת האקולוגית שהיא בריכת האגירה של מכון לרביית דגי בורי, ניטרתי גורמים ביוטים ואביוטים ומצאתי את יחסי הגומלין בניהם לאורך תקופת הניטור ששיקפה מספר עונות. במהלך עבודה מצאתי שהתנאים הביוטים והאביוטים משתנים בהתאם לעונות השנה וליחסי הגומלין בניהם, בנוסף לכך נמצא כי אצות ודגים מסוימים יכולים לחיות בבריכה זו, כלומר בתנאים הקיימים בבריכה. בין האצות שגדלות בבריכה גדלות בעיקר הספירולינה והטטרסלמיס, שהן שתי סוגי אצות חשובות מאוד בתעשייה, ולכן אני אמליץ לגדל את אותן אצות בבריכת האגירה. ממצאים אלו חשובים מכיוון שבעזרת ממצאים אלו יהיה ניתן לערוך מחקרי המשך שיבררו אלו עוד אורגניזמים יכולים לחיות בבריכה, באיזה אופן והאם ניתן לטהר את מי הבריכה ואלו שימושים ניתן לעשות בה והאם ניתן לסלק את מי הבריכה לים.

6. תודות-

ראשית תודה רבה למנחים בני טלטש וסיגל לוצקי שתמכו וליוו לאורך כל העבודה, בזכותכם העבודה הזאת מוכנה.

תודה לאולפנה שאפשרה ומאפשרת בכל שנה לבנות לעשות את העבודה הזאת, תודה למיכל כינרתי שריכזה ואירגנה את התוכנית דרך הבי"ס ותודה לתמר שארגנה הכול מהחממה, תודה לממנים שאפשרו לי לעשות את העבודה, תודה לצוות החממה עין שמר שתמכו ועזרו בכל דרך שיכלו, תודה לחברת לטימריה, לאיתי עברי, דר גלעד הייניש, אלכסנדרה ואיתן

7. נספחים

נספח א- פוטוקול עבודה-

20.1.2017

פרוטוקול בדיקות ברכה בחממה בעין שמר

1. מפעילים את מד העכירות.
2. שמים בארגז: מד חמצן מומס, מד מליחות, מד pH, צלחת סקי, דלי דיגום, טופס רישום תוצאות.
3. לוקחים את כל הציוד לגשר הבריכה.
 - א. **כל בדיקה נעשית פעמיים (דופליקט)**. רושמים בטופס תאריך ושעה ואת **כל** תוצאות.
 - ב. מודדים עומק סקי.
 - ג. מודדים חמצן מומס.
 - ד. מודדים מליחות + טמפרטורה.
 - ה. דוגמים את מי הברכה באמצעות הדלי.
 - ו. בדלי מודדים pH.
4. לוקחים את הדלי עם הדגימה ואת כל הציוד וחוזרים למעבדה.
 - א. **מערבבים היטב את המים בדלי** ומודדים עכירות בספקטרופוטומטר באורך גל 680 nm.
 - ב. מייבשים 2 פילטרים 70 מ"מ GF-1 בתנור ייבוש/שקילה **ורושמים** את משקל הפילטרים אחרי הייבוש.
 - ג. שמים פילטר במתקן הסינון, **מערבבים היטב את המים בדלי** ומסננים 100-200 מ"ל מים מהדוגמא (לפי הערכת כמות האצות במים ובהתאם לניסיון המצטבר) **ורושמים** את הנפח המסונן. המטרה שהפילטר לא ייסתם מיידית ומאידך שתוספת המשקל שתצטבר עליו תהיה בסדר גודל של עשרות מיליגרם. חוזרים על כך עם הפילטר השני.
 - ד. תוך כדי הסינון, מתחילים למדוד זרחן (פוספט), אמוניה, ניטראט, ניטריט באמצעות ערכות API.
 - ה. עם סיום הסינון מורידים בזהירות בעזרת פינצטה את הפילטר ממתקן הסינון ומניחים בתנור ייבוש/משקל. מפעילים את הייבוש.
 - ו. ממשיכים את סעיף ד'.
 - ז. עם סיום הייבוש, שוקלים את הפילטר במכשיר **ורושמים** את המשקל.
 - ח. נוסחת חישוב המשקל היבש (מג"ל/ליטר) של הדגימה היא:
$$\frac{\{(משקל הפילטר לפני סינון) - (משקל הפילטר אחרי סינון)\} \times 1000}{נפח הדגימה המסונן}$$
 - ט. חוזרים על התהליך עם הפילטר השני. רושמים בטופס את התוצאות.
 - י. לוקחים דגימה מהדלי לסקירה מיקרוסקופית. מצלמים את האצות ושומרים במחשב.
 - יא. מקלידים את תוצאות לבסיס הנתונים (פסיה) במחשב. שומרים. שולחים במייל לבני ולפסיה.
 - יב. מסדרים את המעבדה, כל מכשיר, קיט וכו' למקומו. רוחצים את כלי המעבדה בהם נעשה שימוש. מנקים את שולחנות העבודה. מכבים את כל המכשירים שהופעלו: מד עכירות, מיקרוסקופ וכו'. מכסים את המיקרוסקופ. סוגרים את המחשב.

נספח ב- נתונים גולמיים

משקל יבש (מג"ל)	פוספט (מג"ל)	ניטריט (מג"ל)	ניטראט (מג"ל)	אמוניה (מג"ל)	pH	הצנ מומס (מג"ל)	שקפות סקי (סי"ט)	(O.D)	ענירות (ppt)	טמפרטורה (°C)	תאריך	
204	25	1.5	2	15	10	0	0	1.500	22.3	20.5	13.7	13.0
385	20	2	2	10	5	0.75	0.75	0.200	19.0	21.5	15.6	17.1.17
370	10	0.5	0.5	7.5	7.5	0	0	0.144	21.0	21.0	15.3	15.4
2069	25	1	1	20	15	0	0	0.330	19.7	21.3	13.6	13.4
467	20	2	2	15	10	0	0	0.940	21.5	21.7	14.4	15.7
730	17.5	1	1	5	10	0.37	0.37	0.270	17.4	18.7	14.0	14.2
2060	20	20	20	הפיעה	הפיעה	0.25	0.35	0.650	17.7	18.1	14.9	14.2
תקלה	5	הפיעה	הפיעה	הפיעה	הפיעה	0.50	0.25	0.650	17.2	17.1	15.9	15.9
260	15	0.25	0.25	5	10	0	0	0.424	17.5	16.5	17.1	17.6
110	25	0.25	0.25	10	10	0	0	0.140	17.4	17.2	17.1	17.5
75	7.5	0.1	0.1	5	5	1	0	0.150	17.2	16.1	16.4	16.7
270	20	0	0	0	0	0.1	0.5	0.248	17.2	16.8	18.5	19.1
213	17.5	0	0	0	0	0.25	0.25	0.170	17.4	17.5	18.3	18.3
188	25	0	0	2.5	2.5	0.25	0.25	0.146	17.2	17.2	17.4	18.2
110	75.5	5	5	5	5	0	0	0.132	16.4	16.1	20.9	21.2
200	25	0.25	0.25	5	5	0.25	0.25	0.119	16.9	16.8	22.8	22.8
248	25	0	0	5	5	1	1	0.044	16.3	15.7	27.5	29.5
172	146	20	15	5	30	0.75	0.75	0.033	15.6	15.8	27.3	26.6
85	50	10	10	20	10	0	0	0.101	15.2	14.9	27.1	28.1
100	75	-	2	40	40	0.50	0.25	0.131	15.2	15.1	29.4	29.3
76	72	8	0	-	-	0.25	0.25	0.238	13.1	14.3	28.8	28.8
148	192	8	7	20	20	0.25	0.25	0.218	15.8	15.8	28.7	28.5
300	275	10	10	0	0	4	5	0.284	16.2	17.3	28.2	24.1
130	190	5	7.5	0	0	2.5	2.5	0.150	17.2	17.3	28.3	27.8

נספח ג- טבלת נתונים לפי תקופות

חודש	מאפיין	ביוטי/ אביוטי	מוצא לחודש
1-2	טמפרטורה	אביוטי	14.5
3-4	טמפרטורה	אביוטי	18.16
5-6	טמפרטורה	אביוטי	27
7-8	טמפרטורה	אביוטי	28.24
1-2	מליחות	אביוטי	19.73
3-4	מליחות	אביוטי	16.97
5-6	מליחות	אביוטי	15.32
7-8	מליחות	אביוטי	16.33
1-2	אמוניה	אביוטי	0.21
3-4	אמוניה	אביוטי	0.25
5-6	אמוניה	אביוטי	0.21
7-8	אמוניה	אביוטי	1.574
1-2	ניטריט	אביוטי	1.37
3-4	ניטריט	אביוטי	0.8
5-6	ניטריט	אביוטי	2.33
7-8	ניטריט	אביוטי	1.1
1-2	ניטרט	אביוטי	10.8
3-4	ניטרט	אביוטי	4.28
5-6	ניטרט	אביוטי	12.45
7-8	ניטרט	אביוטי	16
1-2	עכירות	אביוטי	0.437
3-4	עכירות	אביוטי	0.196
5-6	עכירות	אביוטי	0.0981
7-8	עכירות	אביוטי	0.2026
1-2	שקיפות סקי	אביוטי	14.5
3-4	שקיפות סקי	אביוטי	12
5-6	שקיפות סקי	אביוטי	13.1
7-8	שקיפות סקי	אביוטי	8.4
1-2	חמצן מומס	אביוטי	12.55
3-4	חמצן מומס	אביוטי	7.50
5-6	חמצן מומס	אביוטי	10.08
7-8	חמצן מומס	אביוטי	5.188
1-2	PH	אביוטי	לא נמדד

8.74	אביוטי	PH	3-4
8.81	אביוטי	PH	5-6
8.82	אביוטי	PH	7-8
תקלה	אביוטי	זרחן	1-2
תקלה	אביוטי	זרחן	3-4
10.62	אביוטי	זרחן	5-6
7.93	אביוטי	זרחן	7-8
1032	ביוטי	משקל יבש	1-2
181.07	ביוטי	משקל יבש	3-4
176.4	ביוטי	משקל יבש	5-6
172.75	ביוטי	משקל יבש	7-8
5059	ביוטי	ספירולינה-ביומסה	1-2
1013	ביוטי	ספירולינה -ביומסה	3-4
1533	ביוטי	ספירולינה- ביומסה	5-6
3400	ביוטי	ספירולינה- ביומסה	7-8
715	ביוטי	ספירולינה- כמות	1-2
734	ביוטי	ספירולינה-כמות	3-4
4867	ביוטי	ספירולינה-כמות	5-6
11475	ביוטי	ספירולינה- כמות	7-8
1083	ביוטי	טרסלמיס-ביומסה	1-2
83.5	ביוטי	טרסלמיס- ביומסה	3-4
49	ביוטי	טרסלמיס- ביומסה	5-6
לא נמדד	ביוטי	טרסלמיס-ביומסה	7-8
3822	ביוטי	טרסלמיס-כמות	1-2
294	ביוטי	טרסלמיס-כמות	3-4
236	ביוטי	טרסלמיס- כמות	5-6
לא נמדד	ביוטי	טרסלמיס-כמות	7-8

נספח ד- טבלת אצות

תאריך	ספירולינה כמות	ספירולינה ביומסה	טרסלמיס כמות	טרסלמיס ביומסה	משקל יבש
17/1/2017	1227	8282	2000	565	686
21/2/2017	204	1836	5644	1601	2030
21/3/2017	532	1126	246	75	240
4/4/2017	844	1126	114	30	219
26/4/2017	1493	2687	173	49	115
27/6/2017	4867	1533	236	49	67.5
18/7/2017	11475	3400	לא נמדד	לא נמדד	74

8. ביביליוגרפיה:

1. מסע-מדע, "מאפייני המחקר המדעי וההבדל בין תצפית לניסוי", הוצאת כנרת זמורה ביתן.
<http://www.masamada.co.il>
2. חקר ימים ואגמים לישראל – המרכז הלאומי לחקלאות ימית, <http://www.ocean.org.il>
3. עופר אסף, "מי פלט בריכות דגים – סקירה ובחינה ראשוניים", עבור עמותת "צלול", יום עיון "נחלים ובריכות דגים", 6 במאי 2010.
4. איתי עברי, "לטימריה", ידע אישי.
5. המארג, "שירותי המערכת האקולוגית" <http://www.hamaarag.org.il>
6. Aquatic ecosystem, from Wikipedia, the free encyclopedia <https://en.wikipedia.org>
7. אלכסנדרה פלדמן, "בחינת יעילות מסננים ביולוגיים בהרחקת תרכובות חנקן וזרחן ממי פלט של מכון רבייה חדשני לדגי ים", עבודה במסגרת הדרישות לתואר B.Sc בהנדסת ביוטכנולוגיה, המכללה האקדמית להנדסה אורט בראודה, 2016.
8. "מחזור הזרחן", מתוך אתר אקו-ויקי, <https://ecowiki.org.il>
9. Penn State Extension, Water Quality Concerns for Ponds, <http://extension.psu.edu/>
10. כמיה בקלות, "סולם ה PH" <https://www.easy-chemistry.co.il>
11. מכון דוידסון, "סולם ה PH" <https://davidson.weizmann.ac.il>
12. עמוס ער, "תכונותיהם הכימיות והפיסיות של מים כיסוד להבנת החיים בהם", מים בעידן של שלום – לקט מקורות, תל אביב, הוצאת מכללת סמינר הקיבוצים, 1998. <http://www.amalnet.k12.il>
13. "blue-ecosystems אצות ים" <http://www.blue-ecosystems.com>
14. "מה הן אצות", מתוך אנציקלופדיה אוריקה, <https://eureka.org.il>
15. ארז גרטי, "הפטוסינתזה – מקור החיים בעולמנו", מדור "מאגר המדע" באתר של מכון דוידסון לחינוך מדעי, 30 ביולי 2009. <http://davidson.weizmann.ac.il>
16. "הביולוגיה של הצמחים", מתוך אתר דיסקוס הגליל, <http://www.discus.co.il>
17. "גמבוזיה מצויה", מתוך אתר ויקיפדיה, <https://he.wikipedia.org>
18. מטח, "פרמידת מזון אקולוגית" <http://science.cet.ac.il>
19. איור 1: "מחזור החנקן", ויקיפדיה <https://he.wikipedia.org>
20. איור 2: "מחזור הזרחן", אקו-ויקי <http://ecowiki.org.il>
21. איור 3+4: "הביולוגיה של הצמחים", דיסקוס הגליל <http://www.discus.co.il>
22. איור 5: "גמבוזיה מצויה", ויקיפדיה <https://he.wikipedia.org>
23. איור 6: Deeptirekha Jain, "Food Chain in Ecosystem", Biology Discussion, <http://www.biologydiscussion.com>