

הנדון: חוות דעת מקצועית במסגרת כוונה להתקשר עם ספק יחיד

משרד	היחידה	רפרנט	ועדת מכרזים
רשות המיס	תחום כנרת	ד"ר דורון מרקל	כללית
נושא הבקשה			
בדיקת כניסות מי התפלה לכנרת+הגברת ניטור+איתור נביעה מלוחה תתימית			
		26.4.18	תאריך

הבקשה מסתמכת על תקנה ☒ 3(29) / ☒ 3(5) לתקנות חובת מכרזים ועל הוראות תכ"ם מס' 7.8.1 ו-7.8.2.

תיאור מהות ההתקשרות (רקע ופירוט התכונות של הטובין/השירות/העבודה)

הניטור הפיסיקלי כימי והביולוגי בכנרת הינו חלק ממערך הניטור הכולל של הכנרת ואגן ההיקוות, לשם שמירה על הכנרת כמקור מים עיקרי של ישראל. ניטור זה כולל דיגומי מים במספר תחנות בכנרת בתדירות גבוהה, שיטות סירות וצלילות רבות, מדידות של פרמטרים שונים באגם עצמו, חלקם ע"י מערכות אוטומטיות המשדרות את הנתונים בזמן אמת למרכז בקרה באתר ספיר, אנליזות כימיות וביולוגיות שונות, פענוח התוצאות ע"י חוקרי לימנולוגיה (מדע האגמים) מובילים בעולם וייצור תובנות לגבי התהליכים השונים באגם ומכאן גם המלצות לתפעול מיטבי שלו על מנת לשמר את איכות המים בו.

המעבדה לחקר הכנרת של חיא"ל הינה הגוף היחיד המבצע ניטור ביולוגי כימי בכנרת עבור רשות המיס (רצ"ב הסכם הניטור השוטף בכנרת), ויתרה מכך, הינו הגוף היחיד המחזיק את כח האדם הנדרש (חוקרים וטכנאים רבים) ואת הציוד הנדרש (סירות ניטור וציוד דיגום ומדידה בערך של מיליוני ₪).

מאחר ומדובר ב

, אין ספק שהמבצע צריך להיות המבצע של הניטור בכנרת, דהיינו המעבדה לחקר הכנרת של חיא"ל ומכאן עולה שהינה ספק יחיד לביצוע העבודה הנדרשת בהתקשרות זו. בנוסף, יש לציין שחיא"ל (חקר ימים ואגמים לישראל) הוקמה כזרוע ביצוע של הממשלה לניטור איכות המים בכנרת, בים תיכון ובמפרץ אילת (רצ"ב מסמכי ההקמה והחלטת הממשלה מ-1969).

האם קיים בנושא זה מכרז מרכזי של החשב הכללי או גורם ממשלתי מוסמך אחר? ☐ כן ☒ לא

סוג ההתקשרות: (סמן X במקום המתאים)

☐ ביצוע עבודה

☒ שירותים

☒ טובין



שם ההודעה: רשימת החברות הממשלתיות שהוכרו כזרוע ביצוע לתחומי התמחות

פרק ראשי: התקשרויות ורכישות	פרק משני: פטור מחובת המכרז
מספר הוראה: 7.8.4	מספר הודעה: ה.7.8.4.1
	מהדורה: 01

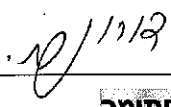
1. בהתאם להוראת תנ"ס, "התקשחות עם חברה ממשלתית". מס' 7.8.4, תנאי להתקשרות עם חברה ממשלתית הינו הכרתה של החברה כחברה ממשלתית שמהווה זרוע ביצוע, על ידי צוות מנכ"לים.
2. להלן רשימת החברות הממשלתיות שהוכרו כזרוע ביצוע לתחומי התמחות.

שם המשרד	שם החברה	המלצת הצוות הבינמשרדי
משרד התשתיות הלאומיות	תשתיות נפט ואנרגיה (תש"ן)	אפשרה כזרוע ביצוע של משרד התשתיות לא כולל נושא הזיכיון.
	קו מוצרי דלק (קמ"ד)	אפשרה כזרוע ביצוע.
	חקר ימים ואגמים	אפשרה כזרוע ביצוע של משרד התשתיות בתחומי הליבה של פעילותה - אוקיאוגרפיה, מחקר וניטור הכינרת, חקלאות ימית.

לאור הנימוקים שמניתי לעיל אנו מבקשים לערוך את ההתקשרות בהליך פטור ממכרז.

חוות דעתי זו ניתנת מתוקף היותי הסמכות המקצועית לנושא זה.

בכבוד רב,

ד"ר דורון מרקל	מנהל תחום כנרת	
שם בעל הסמכות המקצועית	תפקיד בעל הסמכות המקצועית	חתימה



9.7.2018

הצעה לבחינת השפעות אפשריות של הזרמת מי התפלה או מי מערכת ארצית על איכות מי הכנרת והמערכת האקולוגית – יולי 2018

תקופת הבצורת של השנים האחרונות הביאה את הכנרת למצב המחייב התייחסות מיוחדת. השילוב של מפלסים נמוכים, מחסור במים זמינים, שאיבה מועטת וכתוצאה מכך גם עליה משמעותית בזמן השהות של המים באגם, המלחה, ושינויים נוספים משנה את האופן בו ניתן לנהל את הכנרת כמאגר מים אסטרטגי ואת היכולת לשמר את המערכת האקולוגית שלה. הצפי כי אנו נכנסים לשנת בצורת חמישית ברציפות כמובן מחריף את המצב. פירוט נוסף של השלכות תקופת הבצורת ניתן למצוא בחוות הדעת של המעבדה לחקר הכנרת שהוגשה לרשות המים בדצמבר 2017.

נוכח המצב הנוכחי של הכנרת ממליצה המעבדה לחקר הכנרת להזרים אל האגם בטווח המיידית האפשרי מים ממקור נוסף כגון - מים מותפלים או מים שפירים כלשהם מהמערכת הארצית.

רשות המים שוקדת בימים אלו על תכנון הזרמת מים מהמערכת הארצית לכנרת

מטרות הזרמת המים מהמערכת הארצית לכנרת הן למנוע המשך החרפה ברמת המליחות של האגם, שיפור בנפח המים הזמינים, צמצום הירידה במפלס האגם, צמצום זמן השהות של מי האגם, ושיפור אפשרי בתופעות נלוות הנצפות כיום באגם. **המעבדה לחקר הכנרת ממליצה לקדם את פרויקט הזרמת מים חיצוניים אל האגם** אך מודגש כי יש לעשות זאת בזהירות הראויה תוך בחינת ההשפעות האפשריות של הזרמת מים אלו על איכות מי האגם ועל המערכת האקולוגית ומעקב אחר שינויים באגם עם תחילת ההזרמה.

המסמך הנוכחי, מחולק לשלושה חלקים: (א) חוות דעת כללית לגבי הצורך בהזרמת מים חיצוניים לכנרת, וכמויות המים הרצויות להזרמה. (ב) הצעה להרצת מודל פיזיקלי המתייחס לכניסת מי מערכת ארצית לאגם בנקודה מסוימת ותבנית פיזורם בכנרת. (ג) הצעה לסדרת ניסויי מיכלים ומעבדה המתייחסת להשפעה האפשרית של מי מערכת ארצית על מיני פוטופלנקטון ובייחוד על ציאנובקטריה באגם. בכל תת נושא כזה ישנה התייחסות לטווח השפעה מקומי באזור הכניסה לאגם ולטווח הרחב יותר של האגם כולו. עבור כל אחד מהנושאים המוצעים לבחינה, מוסברים המטרה, החשיבות והשיטות לביצוע העבודה. בנוסף מצורפים טבלת ביצוע-גאנט (תקופת העבודה כשנה אחת) וטבלת תקציבים הנדרשים לביצוע העבודה.



Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd

Yigal Allon Kinneret Limnological Laboratory

P.O.Box 447, Migdal 14950, Israel

Tel: 972 4 6721444; Fax: 972 4 6724627; www.ocean.org.il

חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ

המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון

ת.ד. 447, מיגדל 14950

e-mail: kll@ocean.org.il

כחודשיים לאחר תחילת הפרויקט יוגש דו"ח ראשוני הכולל תוצאות והערכות ראשוניות על בסיס המידע הקיים. בסיום העבודה לאחר כשנה יוגש מסמך שירכז את התוצאות ויכלול אינטגרציה ומסקנות מכלל הבדיקות והניטור שייעשו במסגרת עבודה זו.

ביצוע הפרויקטים המוצעים כאן יאפשר לחוקרי המעבדה לחקר הכנרת לצייר תמונה רחבה של ההשפעות הצפויות של הזרמת מי מערכת ארצית על איכות מי הכנרת והמערכת האקולוגית ולהמליץ על פעולות שונות בהקשר להזרמת מי ההתפלה לאגם.



Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd

Yigal Allon Kinneret Limnological Laboratory

P.O.Box 447, Migdal 14950, Israel

Tel: 972 4 6721444; Fax: 972 4 6724627; www.ocean.org.il

חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ

המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון

ת.ד. 447, מיגדל 14950

e-mail: kil@ocean.org.il

א. הצורך בהזרמת מים חיצוניים לכנרת, וכמויות רצויות להזרמה

כאמור, לאור הירידה הדרמטית בכמות המים הנכנסים לכנרת, חילוף המים הנמוך וההשפעות על איכות המים באגם, המעבדה לחקר הכנרת ממליצה להזרים אל האגם בטווח המידי האפשרי מים ממקור נוסף כגון - מים מותפלים או מים שפירים כלשהם מהמערכת הארצית.

מבחינת כמות המים הנוספים הדרושה לכנרת הרי שיש להתייחס לזמן השהות של מים באגם, אלמנט שלהגדלתו עשויה להיות השפעה על תופעות כגון המלחה, הופעת פריחות ציאנובקטריה ועוד. בעבר לפני עשור ויותר, כמות המים הזמינים השנתיים באגם עמדה על 300-360 מלמ"ק. במערכת זו שאיבת המים מתוך האגם לוותה בזמני שהות נמוכים יחסית של מים באגם. כיום, השילוב של מחסור במים בכניסות מצד אחד, והקטנת השאיבות מצד שני גרמו להארכה משמעותית של זמני השהות של המים באגם. כמו כן כמות המים הזמינים הנמוכה כבר כיום צפויה לרדת עוד בעתיד הקרוב והבינוני לכ- 200 מלמ"ק מים זמינים שנתיים ואף לפחות מכך. מכאן שדרושים לפחות 100 מלמ"ק שנתי נוספים ממקור חיצוני כגון מי התפלה או מי מערכת ארצית על מנת לקרב את האגם למצב תפעולי סביר. במסגרת העבודה המוצעת יבחן באמצעות מודל האם קיים סף עליון לכמות המוזרמת למרות שכאמור ההנחה הראשונית היא שיתרונות ההזרמה עולים על חסרונותיה.



ב. בדיקת השפעת הזרמת מי מערכת ארצית/התפלה לכנרת על הרכב ושיכוב המים באגם

חוקר אחראי: דר' אלי גלנטי, מכון ויצמן

רקע

במסגרת בחינת השפעות אפשריות של הזרמת מי מערכת ארצית (ברובם מים מופלים, להלן מי התפלה) לכנרת במספר תרחישים אפשריים אנחנו מציעים לבדוק, באמצעות מודל תלת-ממדי, את ההשפעה הפיסיקאלית על הסירקולציה בכנרת. בייחוד יבדקו שינויים אפשריים בטמפרטורה, המליחות, ושכוב המים באגם, וכן אופי פיזור החומרים המרחפים שיגיעו עם המים המוזרמים, יכולתם להגיע לפני האגם ולנקודות השאיבה.

הנחות הבדיקה:

- המים המוזרמים יהיו בעלי טמפרטורה התלויה בעונת השנה, ומליחות קבועה.
- המים יוזרמו ממקום יחיד לאגם (מקור נקודתי בודד) שיקבע לפי התרחישים.
- המים יוזרמו לאורך חודשי החורף (לאורך כחצי שנה).

שאלות הבדיקה:

1. האם השינויים בטמפרטורת המים יהיו מקומיים או רחבים יותר?
2. לאיזה עומק יחדרו המים המוזרמים לאגם ומה יהיה גודל העדשה של מים אלו עד שיתערבבו לחלוטין עם מי האגם?
3. כיצד ישתנה אם בכלל השיכוב התרמי באגם?
4. האם ההזרמה תשפיע על תנועת המים האופקית באגם?
5. האם הזרמת המים תגרור הרחפה של סדימנט והאם תיווצר עליה בחומר המרחף במים?
6. כיצד יתפזר החומר המרחף שיגיע עם המים המוזרמים?
7. האם חומר מרחף כתוצאה מההזרמה עלול להגיע לנקודות יניקה של מים כגון המתקן של טבריה?
8. בכפוף לכל ההערכות שלעיל, האם קיים סף עליון לכמות המים המותפלים שניתן להזרים לכנרת בלי לעורר בעיות משמעותיות בקנה מידה של האגם?



שיטות

שאלות המחקר יבחנו בעזרת מודל פיזיקלי תלת ממדי. יעשה שימוש במודל ה-GCM שפותח עבור המעבדה לחקר הכנרת במסגרת פרויקט קודם, ברזולוציות שונות עד לשריג של 50 מטר. אלמנט נוסף שיוכנס למודל הוא רמת המליחות באגם, על מנת לאפשר בדיקת השפעת המליחות השונה של המים המוזרמים על מי האגם. המודל יורץ עם תרחישים בהתאם לדרוש בתוכנית העבודה - כניסה רציפה של מים בעלי טמפרטורה ומליחות אופיינית למים שיוזרמו לכנרת, בעונות שונות של השנה (חורף או קיץ).

עבור כל תרחיש ועונה תיבדק ההשפעה על הרכב המים והטמפרטורה באגם. בייחוד תינתן הערכה של האזור האופקי הצפוי להיות מושפע (גודל העדשה של מים חיצוניים) והשינוי הצפוי בשכוב המים. האנליזה תתבצע באמצעות מעקב אחר שינוי טמפרטורה (עם הזרמה לעומת מצב רגיל), המליחות (צפיפות המים) וכן באמצעות מעקב אחר סמן פסיבי מומס במודל שיצביע על אופי פיזור המים באגם.

כמו כן יבוצעו הרצות של המודל עם סמן פסיבי חלקיקי על מנת לדמות את תנועת החומר המרחף המגיע מהנחל (במקרה של הזרמה בנחל ולא בצינור לחץ ספיר), וכן תיבדק השפעה אפשרית על הריכוף מקרקעית האגם (שינוי בקצב ערבוב המים האנכי). בייחוד ייבדק ריכוז החומר המרחף שיגיע לנקודות השאיבה.

נתונים שייאספו ע"י מד זרם שיוותקן באגם מול אזור הזרמת מי ההתפלה המיועד ישמשו בעתיד לאימות המודל.

תוצרים צפויים

- אומדן השפעות של הזרמת מי התפלה על מאפיינים פיזיקליים (זרמים, טמפרטורה, מליחות) מקומיים וכלל אגמיים.
- הערכת גודל העדשה של מי ההתפלה עד לעירבוב מלא שלהם עם מי האגם.
- אומדן פיזור החלקיקים שיוסעו עם המים המוזרמים.
- האומדנים הנ"ל ייבחנו עבור סדרה של כמויות הזרמה שונות מכ- 20 מלמ"ק לשנה ועד כ- 300 מלמ"ק לשנה ויותר בצורה של טבלת ערכים מוזרמים והשפעות.
- הצעה למיקום אופטימלי של תחנת ניטור ודוגם אוטומטי מול אזור הזרמת המים החיצוניים.



Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd
Yigal Allon Kinneret Limnological Laboratory
P.O.Box 447, Migdal 14950, Israel
Tel: 972 4 6721444; Fax: 972 4 6724627; www.ocean.org.il

חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ
המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון
ת.ד. 447, מיגדל 14950
e-mail: kll@ocean.org.il

ג. הערכת ההשפעה של הזרמת מי מערכת ארצית (בעיקר מי התפלה) על מרכיבים

ביולוגיים באגם

חוקרים: דר' אסף סוקניק, דר' תמר זהרי, דר' שירה ניניו, דר' איליה אוסטרובסקי

רקע

מי מערכת ארצית (בעיקר מי התפלת מי ים, להלן מי התפלה) אשר יוזרמו לכנרת ישנו את ההרכב הכימי של מי הכנרת באזור מוגבל הקרוב לנקודת ההזרמה ובמידה מוגבלת יותר בכנרת כולה. השינוי יהיה על ידי הפחתת המליחות והפחתת ריכוזי חומרים מומסים ומורחפים במים, עם השלכות אפשריות לגבי הביטחון של האגם.

במערכות אקוויטיות, כמות והרכב הפיטופלנקטון והחיידקים (בקטריופלנקטון) משמשים סמנים רגישים לשינויים בהרכב הכימי של המים. במקביל, הרכב הפיטופלנקטון משפיע ישירות על איכות המים. מעקב אחר ההשפעה של מיהול מי כנרת במים מותפלים על הרכב של אוכלוסיות הפיטופלנקטון והחיידקים, יאפשר חיזוי של השפעת ההזרמה של מי התפלה לאגם על אוכלוסיות הפיטופלנקטון בכנרת בתחום מקומי או נרחב. במיוחד יש חשיבות לבחון את השאלה אם תוספת של מי התפלה תעודד או תעכב פריחות של ציאנובקטריה העלולות לפגוע באיכות מי הכנרת.

מטרות

1. לברר אם להזרמת מי התפלה לכנרת תהיה השפעה מקומית או נרחבת יותר על אוכלוסיות הפיטופלנקטון, הזואופלנקטון והחיידקים באזור ההזרמה ובכנרת כולה.
2. לברר האם הזרמת מים אלו תעודד או תעכב התפתחות של ציאנובקטריה.

שיטות

לתכנית העבודה שני מרכיבים: א. סקר ספרות ממוקד, ב. ניסוי מעבדה.

א. סקר ספרות

במהלך 8-10 שבועות ראשונים של הפרויקט נבצע סקר ספרות מעמיק שיבחן את הידע הקיים לגבי תגובות של מיני פיטופלנקטון לשינויים בסביבה האוסמוטית וזאת על בסיס צפי לשינויים מקומיים באזור ההזרמה שיחולו כתוצאה מהזרמת מי התפלה. הסקר יתמקד גם בשאלה של



השפעת שינויים בסביבה האוסמוטית (מליחות) על גידול, יצירת מושבות ותכונות השיקוע של מיקרוציסטים ואפניזומנון (מינים נפוצים בכנרת). מוקד נוסף לסקר יהיה השוואה של רמת מליחות על התפתחות ושרידות של מיני פיטופלנקטון וזואופלנקטון בתנאים של מליחות נמוכה מהקיימת בכנרת בשנים האחרונות וזאת כתוצאה ממיהול מי הכנרת במי התפלה לאורך זמן. המידע שייאסף בסקר הספרות יחד עם תוצאות הרצת המודל הפיסיקאלי שיחזה או ידמה התפשטות זרם המים המותפלים באגם (פרק ב לעיל) יסייע למקד את מערך ניסויי המעבדה המתוכנן, ויעלה מגוון תרחישים אפשריים של השפעת מי ההתפלה על אוכלוסיות הפיטופלנקטון והזואופלנקטון באגם וזאת טרם קבלת מידע ברור מניסויי המעבדה ומסקרי השדה.

ב. ניסויי מעבדה

ב.1. ניסויים עם תרביות מעבדה של מיני פיטופלנקטון מיצגים, שבדדו מהכנרת, נבחן את השפעת המיהול של התרבית במים מותפלים ביחסים שונים, על קצבי גידול של המינים הנבדקים. בנוסף נבחן יחסי גומלין בין מינים שונים בתגובה למיהול. בניסויי תחרות אלו תיבדק השפעה דיפרנציאלית של המיהול על שני מינים החולקים את אותה סביבה (לדוגמה אפניזומנון וצלינדרוספרמופסיוס). בהמשך תבוצע סדרת ניסויי bioassay בה נבדוק את תגובת אוכלוסיות הפיטופלנקטון (והבקטריופלנקטון) במי כנרת לתוספות שונות של מי התפלה. ניסויים אלו יתבצעו ב- 2-3 מחזורים שיכסו את העונתיות (חורף-אביב, קיץ-סתיו). בניסויים אלו נמדוד את השינויים בהרכב ופעילות אוכלוסיות הפיטופלנקטון ונקבע את השינויים בהרכב אוכלוסיות הבקטריופלנקטון בשיטות ריצוף מתקדמות.

מערך הניסויים

בכלי ניסוי מעבדתיים יודגרו תרביות של מיני אצות וציאנובקטריה שבדדו מהכנרת. התרביות ימהלו בשיעורים שונים עם מי התפלה. התרביות יודגרו בתנאי מעבדה למשך 7-10 ימים במהלכם יאספו דגימות למעקב אחר גידול האצות ופעילותן בתנאים הנבחנו. בהמשך הניסויים יתבססו על אוכלוסיות טבעיות מהכנרת. דגימות מים מהכנרת ימהלו במים מותפלים ממתקן התפלה. מיהול מי הכנרת במים מותפלים יהיה ביחס של 1:100 עד 1:5. לכל טיפול (מיהול) יהיו 3 חזרות. כלי הניסוי יודגרו בתנאים אחידים של אור וטמפרטורה למשך 7 ימים במהלכם יאספו דגימות להערכת השינויים בגודל והרכב אוכלוסיות הפיטופלנקטון והבקטריופלנקטון.

שיטות אנליטיות

1. הערכת ריכוז כלורופיל (והתפלגותו לקבוצות פיטופלנקטון אופיניות) תתבצע בעזרת פלורופורב או בשיטות ספקטרליות לאחר מיצוי באצטון.

2. היעילות הפוטוסינתטית של אוכלוסיות הפיטופלנקטון תימדד בשיטות ספקטרליות PAM.



Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd

Yigal Allon Kinneret Limnological Laboratory

P.O.Box 447, Migdal 14950, Israel

Tel: 972 4 6721444; Fax: 972 4 6724627; www.ocean.org.il

חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ

המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון

ת.ד. 447, מיגדל 14950

e-mail: kll@ocean.org.il

3. זיהוי מיקרוסקופי של המינים המופיעים בדוגמאות יתבצע תוך הערכה חצי-כמותית של השכיחות של כל מין לפי סקלה שבין 0-6 (0 = לא מופיע, 6 = נפוץ ביותר).

4. אוכלוסיית החיידקים במים בתחילתו של כל ניסוי תיקבע בשיטות גנטיות המפורטות לעיל והתוצאה תשווה להרכב שיתקבל בסיומו של הטיפול.

2. ניסויים עם אוכלוסיות טבעיות של מיקרוציסטים שיודגרו בעמודות שקופות ויאפשרו מעקב אחר תהליכי הציפה של מושבות והשפעת מיהול במי התפלה על תכונות אלו.

מערך הניסויים

בחירת ההשפעה של מי התפלה על מאפיינים כמו ציפה/שיקוע של מושבות מיקרוציסטים ויצירת צופת בפני המים. אוכלוסיות טבעיות של מיקרוציסטים יאספו מהכנרת במהלך אירוע פריחה. האוכלוסייה שתאסף תימהל עם מים מותפלים בשיעורי מיהול שונים. תרחיפי הציאנובקטריה המהולים יודגרו בעמודות פרספקס שקוטרם 30 ס"מ וגובהם עד 2 מ'. התרביות שבעמודות ידגמו מעת לעת מעומקים שונים ויתבצע מעקב אחר תפוצת המושבות של מיקרוציסטים וגודלן. מידע זה יאפשר הערכת קצב ציפה, עובי ויציבות שכבת הביומאסה המתרכזת בפני המים.

שיטות אנליטיות

1. הערכת ריכוז כלורופיל בדגימות שיאספו מעומקים שונים של עמודת הניסוי אופייניות תתבצע בשיטות מקובלות לאחר מיצוי באצטון.

2. היעילות הפוטוסינתטית של אוכלוסיות הפיטופלנקטון במדגמים השונים תימדד בשיטות ספקטרליות PAM.

3. הערכה כמותית ואלומטריה של מושבות המיקרוציסטים בדוגמאות תתבצע במערכת ה-FlowCAM ומערכת LISST.

תוצרים צפויים

הניסויים במעבדה יספקו מידע אם ובאיזה אופן הוספת מי התפלה תגרום לשינויים בהרכב אוכלוסיות הפיטופלנקטון והבקטריופלנקטון ויעידו על הפוטנציאל של מי התפלה להשפיע על פעילות אוכלוסיות הפיטופלנקטון ועל הדינמיקה של אוכלוסיות מיקרוציסטים בכנרת.



Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd
Yigal Allon Kinneret Limnological Laboratory
P.O.Box 447, Migdal 14950, Israel
Tel: 972 4 6721444; Fax: 972 4 6724627; www.ocean.org.il

זק"ר ימים ואגמים לישראל בע"מ
המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון
ת.ד. 447, מיגדל 14950
e-mail: kll@ocean.org.il

לוח גנט לביצוע הפרוייקטים (לפי רבעונים)

2019		2018		משימה	חוקר אחראי	נושא
2	1	4	3			
				דו"ח: הערכה ראשונית אומדן השפעות הזרמת מי ההתפלה על מאפיינים פיזקליים	גלנטי	מודל תלת ממדי
				אומדן פיזור החלקיקים שיוסעו עם מי ההתפלה.		
				הערכה מפורטת של השפעת ההזרמה על המאפיינים הפיזיקליים בעונות שונות של השנה.		
				דו"ח מסכם: השפעות פיזקליות של ההזרמה והצעה למיקום אופטימלי של תחנת ניטור ודוגם אוטומטי מול אזור ההזרמה.		
				סקר ספרות	סוקניק	כיצד יושפעו חברות הפיטופלנקטון, הזואופלנקטון והבקטריופלנקטון?
				דו"ח ראשוני מבוסס ספרות		
				ניסוי מעבדה אוכלוסיות קיץ-סתיו		
				ניסוי מעבדה אוכלוסיות חורף אביב		
				דו"ח התקדמות ומסקנות ניסוי מעבדה		
				ניסוי ציפה מיקרוציסטיס		
				דו"ח מסכם ומסקנות		



תקציב מבוקש לביצוע הפרוייקטים

פרויקט	חוקר אחראי	כ"א	חומרים ואנליזות	תקורה	סה"כ
הרצת מודל תלת מימדי להערכת גודל אזור ההשפעה של מי התפלה המוזרמים לכנרת וכן הערכת תנועת חומר מרחף כתוצאה מההזרמה	אלי גלנטי	65,070	4,500	10,436	80,006
כיצד יושפעו חברות הפיטופלנקטון והבקטריופלנקטון?	אסף סוקניק	62,000	42,350	15,653	120,003
סה"כ		127,070	46,850	26,088	200,008

בברכה,

דר' ירון בארי-שלוין (בשם צוות החוקרים)

מ"מ מנהל המעבדה לחקר הכנרת, חי"ל



Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd
Yigal Allon Kinneret Limnological Laboratory
P.O.Box 447, Migdal 14950, Israel
Tel: 972 4 6721444; Fax: 972 4 6724627; www.ocean.org.il

חוקר ימים ואגמים לישראל בע"מ
המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון
ת.ד. 447, מיגדל 14950
e-mail: kll@ocean.org.il

9.7.2018

הצעה לפעולות חירום להגברת הניטור עקב מצב הכנרת

יולי 2018

התקופה של חמש השנים האחרונות הביאה את הכנרת למצב המחייב התייחסות מיוחדת. השילוב של מפלסים נמוכים, מחסור במים זמינים, שאיבה מועטת וכתוצאה מכך גם עליה משמעותית בזמן ההשות של המים באגם, המלחה, ושינויים נוספים משנה את האופן בו ניתן לנהל את הכנרת כמאגר מים אסטרטגי ואת היכולת לשמר את המערכת האקולוגית שלה. פירוט נוסף של השלכות תקופת הבצורת ניתן למצוא בחוות הדעת של המעבדה לחקר הכנרת שהוגשה לרשות המים בדצמבר 2017 כמו גם בדו"ח שהתייחס לרצף שנות הבצורת הקודם (דו"ח חיא"ל T10/09).

נוכח המצב הנוכחי של הכנרת ממליצה המעבדה לחקר הכנרת להפעיל סדרת פעולות חירום להגברת הניטור באגם.

המסמך הנוכחי מתייחס לשלשה סעיפים של ניטור מוגבר. ההצעה מתייחסת לתקציב דו-שנתי הנדרש לפעולות אלו.

א. מעקב מוגבר אחר פריחות ציאנובקטריה ורעלנים במים

חוקר אחראי: אסף סוקניק (המעבדה לחקר הכנרת, חיא"ל)

רקע

שילוב התנאים הייחודי בכנרת בשנים האחרונות מציף את הצורך להתייחס לאחת הסכנות המיידיות על איכות המים באגם - פריחות ציאנובקטריה ממינים שונים והפוטנציאל להפרשת רעלנים למים.

הניטור השוטף בכנרת מכיל מרכיב של תיעוד אוכלוסיות פיטופלנקטון באופן כללי ודגש מיוחד על אוכלוסיות ציאנובקטריה. כמו כן כאשר מזוהות פריחות של ציאנובקטריה נפתח נוהל בדיקות רעלנים במים. נוהלים אלו הינם מצומצמים ומתמקדים בדגימות בעומק קבוע במרכז האגם ובהמשך, עבור ספקיות המים, גם נבדקים מים לפני ואחרי טיפול. המידע המתקבל בנוהל מצומצם זה אינו מאפשר הבנה של התפתחות הפריחה בזמן - הן מבחינה מרחבית באגם והן בפיזור האנכי בתת-המים. מידע זה חשוב כדי להיות מוכנים טוב יותר למצב בו יאותרו רעלנים במים ברמות המסכנות אספקת מים בשאיבה. ניתן לאפיין את תבנית הפיזור התלת מימדי באגם (מרחבי ואנכי) על ידי מדידת הפיזור האנכי של אותות פלורוסנטיים שמקורם באוכלוסיית האצות במרחב הכנרת. המדידה נעשית בעזרת מערכת הפלאורופורב, פרופילר המספק מידע ספקטרי על התפוצה של אוכלוסיות פיטופלנקטון (אצות, ציאנובקטריה וחיידיקים פוטוסינתטיים) על פי הרכב הפיגמנטים שלהם. ביצוע מדידות בנקודות שונות תוך שילוב דיגום



ייתן תמונת פיזור מרחבית טובה של פריחה באגם בזמן נתון. ביצוע סט מדידות לאורך זמן תאפשר מעקב אחר התפתחות אירוע פריחה משלביו הראשוניים ועד דעיכתו.

אספקט חשוב נוסף בהקשר זה הינו בניית יכולת זיהוי ריכוז רעלני ציאנובקטריה בצורה מהירה ע"י ערכות ייעודיות. המעבדה לחקר הכנרת מבצעת כבר שנים בדיקות מדויקות של רעלני ציאנובקטריה תוך שימוש במכשיר HPLC, אולם התוצאות מתקבלות רק לאחר מספר ימים. לאחרונה הוכנסה לשימוש שוטף ע"י רשות המים ערכת אלייזה הן במעבדה לחקר הכנרת והן בגופים אחרים (חברת מקורות). ערכה זו מאפשרת זיהוי בדיוק סביר של ריכוזי רעלנים ויתרונה הגדול הוא במהירות התוצאות- תוך כמספר שעות. חשוב לשמר יכולת זו ע"י המשך הצטיידות בערכות אלו.

מטרות

מטרות הניטור המוגבר באספקט זה מתמקדות סביב שני נושאים עיקריים:

- אפיון ההתפתחות המרחבית והאנכית באגם של אירועי פריחה והמעקב אחר התפתחות אירוע כזה בזמן.

- זיהוי מהיר של עליית ריכוזי רעלני ציאנובקטריה תוך שימוש בערכות ייעודיות- ערכות אלייזה וזאת במקביל לאנליזות מדויקות אך ארוכות.

פעולות לביצוע

- בשלבים ראשונים של זיהוי אירוע פריחת ציאנובקטריה תופעל תוכנית ניטור מוגבר לאפיון מרחבי של הפריחה ומעקב אחר התפתחותה במרחב ובמימד האנכי בנקודות שונות. התוכנית תכלול מעקב תוך שימוש בפלואורופורב כאשר קיימות שתי תבניות דיגום:

- דיגום "מצומצם" יתבצע ב 9 נקודות דיגום -במקביל למערך "הקשת הצפונית" שבוצע ב 2005 ע"י יוסף יעקבי (איור 1).

- דיגום "מורחב" יתקיים ב 31 נקודות דיגום -במקביל למערך הדיגום שבוצע בין 2000 ל 2003 ע"י יוסף יעקבי (איור 1).

- המעבר מדיגום מצומצם למורחב יתבצע בהתאם להתפתחות האירוע.

- כמו כן דיגומים מזדמנים באזורים מוגדרים לטובת בדיקות במעבדה יתבצעו על פי הצורך בהתאם לאופי אוכלוסיית הציאנובקטריה ואופי האירוע. נתונים אלו ישולבו עם הנתונים הספקטראליים של הפלואורופורב.



Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd

Yigal Allon Kinneret Limnological Laboratory

P.O.Box 447, Migdal 14950, Israel

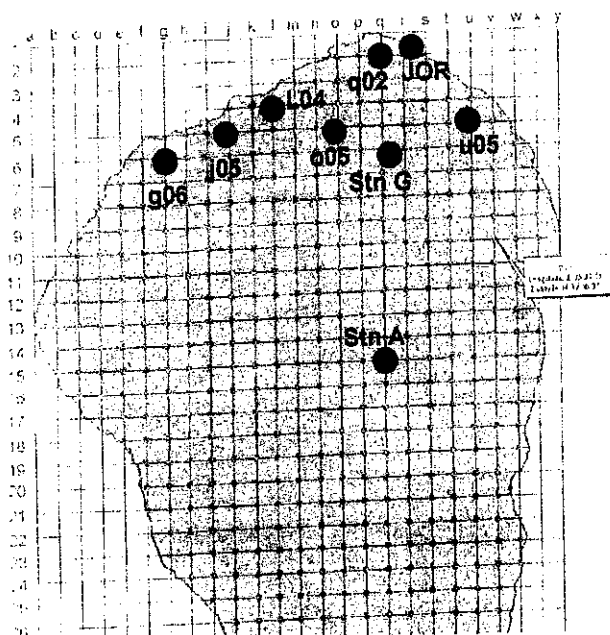
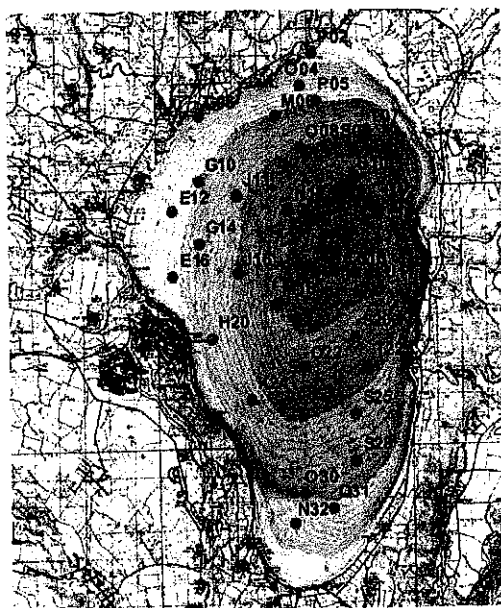
Tel: 972 4 6721444; Fax: 972 4 6724627; www.ocean.org.il

חוקר ימים ואגמים לישראל בע"מ

המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון

ת.ד. 447, מיגדל 14950

e-mail: kll@ocean.org.il



איור 1: מפות מדידת ניטור מורחב בעת פריחת ציאנובקטריה. מפה ימנית: תפוצה מרחבית של 9 תחנות "דיגום מצומצם- קשת צפונית" (על פי יעקבי וחוב' T05/11). משמאל התפוצה המרחבית של 31 תחנות ב"דיגום מורחב" (על פי יעקבי וחוב' T12/02).

תוצרים צפויים

מעקב בזמן אמת אחר התפתחות אירועי פריחת ציאנובקטריה תיתן תמונה טובה יותר על הפריסה המרחבית ואנכית, וכן על הגדילה והדעיכה של האוכלוסיה באירוע נתון. מידע זה ישדרג באופן ניכר את יכולת הניהול של אירוע פריחה כזה – והיה אם יתפתח לאירוע המסכן את איכות המים בתחנות השאיבה.

המשך הצטיידות בערכות ייעודיות לזיהוי מהיר של רעלני ציאנובקטריה (ערכות אלייזה) ישמר את היכולת החשובה הזו. שילוב השימוש בערכות אלו יחד עם המדידות ב-HPLC ייתן זיהוי מהיר ביום הבדיקה בערכת אלייזה וניתוח מדויק יותר של סוגי הרעלנים בהמשך. לשניהם חשיבות ביכולת לנהל ארועי פריחה המסכנים את איכות המים של הכנרת.

עלות והצדקת תקציב

- הפלגות יעודיות לאיפיון מרחבי של ציאנובקטריה באגם תוך שימוש ב-FP: 55,000 ₪ + תקורה 15% = 63,250 ₪ לשנה במשך שנתיים.
- ערכות אלייזה לזיהוי מהיר של רעלני ציאנובקטריה: 15,000 ₪ לשנה במשך שנתיים.



ב. הקמת מערכת מדידה אוטומטית-מיני אקורפט בצפון הכנרת

חוקר אחראי: וורנר אקרסט (המעבדה לחקר הכנרת, חי"ל)

רקע

ניטור אגם נסמך באופן מסורתי על מדידות המתבצעות בסדר גודל שבועי או אף ארוך הרבה יותר מכך. כמו כן חלק נכבד ממערך המידע של ניטור כימי וביוולוגי נסמך על דיגום באגם ומדידה במעבדה. בעשרות השנים האחרונות ישנה מגמה עולמית של שילוב מדידות אוטומטיות in-situ תוך שימוש במיכשור המוצב באגם ואוגר או שולח נתונים באופן רוטיני. אחד היתרונות במדידה אוטומטית כזו הינה היכולת לעבוד ברזולוציות זמן ומרחב קטנים בסדרי גודל מהמדידות המסורתיות ולעקוב אחר תופעות באופן סמי-רציף. בנוסף ניתן למדוד בשעות אשר יש קושי טכני להוציא ספינה לאגם (לילה, חגים, מזג אויר קשה). ישנן תופעות רבות אשר בדרך כלל לא מתגלות כאשר עובדים במדידה ברזולוציה ארוכה (שבועית או ארוכה מכך) והיתרון של שילוב מערכות אוטומטיות עם יכולת מדידה סמי-רציפה בניטור אגמים הינו נושא המקובל על הקהילה המדעית. בכנרת פועלת כבר כמה שנים בהצלחה רבה תחנת מדידה אוטומטית (אקורפט בתחנה A, מרכז האגם) ובה מספר רב של סנסורים. הנתונים מאפשרים מעקב סמי רציף אחר פרופילי עומק של מוליכות חשמלית, חמצן מומס, כלורופיל ועוד בעמודת המים. בכל יממה נדגמים מספר פרופילי עומק במרווח של כ-60 ס"מ מפני השטח ועד הקרקעית. דוגמאות חיות לתוצרי התחנה ניתן לראות למשל באתר מרכז מידע כנרת: http://kinneret.ocean.org.il/ar_3d_vb.aspx

הרצון הקיים כבר כמה שנים לשלב עוד תחנה דומה במרחב הכנרת עולה בקנה אחד עם הצורך כיום בהגברת איכות ותדירות נתוני הניטור של האגם בעיקר באיזורי מפתח. אזור צפון הכנרת בשפך הירדן הינו אזור כזה, כאשר לא רק עיקר שטפי המים אל הכנרת מגיעים מהירדן ונחלי בקעת בית ציידא אלא גם שטפים חשובים של נוטריינטים וחומרים אחרים מאגן ההיקוות עוברים בנקודה זו אל הכנרת. באזור זה מתוכננת הקמת התחנה החדשה.

מטרות

- הקמת תחנת ניטור המאפשרת מדידה אוטומטית וסמי-רציפה של פרמטרים כימיים-ביוולוגיים שונים לאורך עמודת המים בצפון הכנרת מול כניסת הירדן.



- הפרמטרים למדידה: טמפרטורה, חמצן מומס, pH, עכירות, כלורופיל ופיגמנטים אחרים של אצות מים.

פעולות לביצוע

הקמת התחנה, כיוול, מדידה רוטينية של פרופילי עומק ושילוב הנתונים עם מערך הנתונים הקיים עבור האגם.

תוצרים צפויים

הפעלת התחנה החדשה תשדרג באופן מהותי את איכות מערך הניטור הכימי-ביולוגי באגם בעיקר במאפיינים של רזולוציות זמן ומרחב (עומק) בצפון הכנרת. המידע יאפשר לאפיין בצורה טובה יותר ובזמן אמת תהליכים באזור חשוב זה באגם- צפון הכנרת אזור כניסת הירדן.

עלות והצדקת התקציב

- עלות המכשיר, הצבתו באגם ותפעול במשך שנתיים כ- 400 אלש"ח. השתתפות רשות המים ב 50% מהעלות מעמידה חלק זה על 200 אלש"ח.

ג. איתור נביעות מלוחות לא מוכרות בכנרת

חוקרים אחראים: עמי נשרי, גדעון טיבור, ירון בארי-שלוין (המעבדה לחקר הכנרת, חי"ל).
בשיתוף עם: מייקל לזר (אוני' חיפה), Christian Siebert (UFZ, גרמניה), ולודוויג הליץ (המכון הגיאולוגי).

רקע

בעיית המלחת הכנרת מעסיקה את מנהלי משק המים כבר שנים רבות. אחד האפקטים הברורים של שנות הבצורת האחרונות המלוות גם בירידה משמעותית בשאיבות מהכנרת היא החרפה משמעותית בהמלחת הכנרת. מגמות אלו צפויות להימשך ואף להחריף (רימר, 2012), אם לא יחול שינוי משמעותי באחד מהגורמים הבאים: כניסת מים מתוקים, שאיבות, ירידה בכניסת מים מלוחים. בהתחשב במצב זה עולה הצורך לחדש את המאמץ להבין את פריסת השפיעות הלא מזוהות של מים מלוחים לכנרת וזאת כשלב ראשון לבחינת הפוטנציאל לטיפול וסילוק של לפחות חלק מהן מהאגם.

לכנרת מקורות מליחות שונים שמרביתם תת-ימיים. הספיקה הכוללת של מים ועומסי הכלוריד במקורות אלה מוערכים באמצעות מאזני מים-מלח-חום (Assouline et al. 1993). כיום, לאחר ההטיה של מעיין פוליה A בסוף שנת 2017 באמצעות כיפת הברזל, הכניסה הצפויה מוערכת ב-



60,000 טון כלוריד לשנה. כרבע מעומס זה מקורו בנביעות שמיקומן וההרכב הכימי שלהם ידוע אולם ספיקות המים בהם בלתי ידועות או נטרו חלקית (טל וחוברין 2009). מאידך מיקום החלחול (כניסה) של שלושת הרבעים הנותרים, להלן התמלחות השאריות, אינו ידוע ואילו הרכבם הכימי רק משוער.

על מנת לאתר ולזהות את החשיבות היחסית של אזורי בהם דולפים מים מלוחים אל האגם בקרקעיתו מוצע כאן לשלב כלים גיאוכימיים ומדידות פיזיקליות (אנומליה תרמלית). שיפור בהגדרת ההרכב האיזוטופי-כימי של אתרי חלחול בלתי ידועים אלה יהיה כלי חשוב במחקר לאיתור מקורם. שימוש במיפוי אנומליות תרמליות של מי הכנרת יאפשר גילוי אתרים חשודים נוספים.

מטרות

- לאפיין את ההרכב הכימי והאיזוטופי של המקורות המלוחים השאריתיים בקרקעית הכנרת.
- להגדיר לפי סקרי בתימטריה רשימת אתרים חשודים בבכניסת תמלחות שאריות לכנרת (למשל: מכתשים פעילים).
- למפות אנומליות תרמליות במי הכנרת תוך שימוש במצלמה תרמלית על רחפן כדי לזהות אתרים חשודים נוספים.
- לבחון באמצעות דיגום ואנליזה כימית-איזוטופית "אתרים חשודים" אלו כדי לבחון האם הרכב המים הדולף באתר זה מתאים לתמלחות השאריות העיקריות של הכנרת.

רקע מורחב

ההרכב הכימי של מקורות המליחות לכינרת נחקר בעבר רבות. לאחרונה מספר מחקרים הגיעו למסקנה שאלה הם מים מטיפוס "פוליה A" (Kolodny et al. 1999; Nishri et al., 1999;) (Katz and Nishri, 2013). מסקנה זו נבעה בין השאר מהממצא שבמונחים של יחסי יסודות קונסרבטיביים Na/Cl & Br/Cl לנביעה זו ולמי הכינרת הרכב כימי דומה.

בשדה דו-ממדי של יחסים מולריים בין Na/Cl לבין Br/Cl (איור 2) המיקום הממוצע הנוכחי של הכנרת וכן של פוליה A די דומה ומתאפיין בקוארדינטות של: $0.75 \sim$ כנגד $0.0033 \sim$ בהתאמה. מעקב אחרי שינויי ההרכב הכימי של הכינרת עם הזמן, בין זה שמייצג את ההרכב הכימי של האגם לפני הסטת המעיינות המלוחים בתחילת שנות השישים (Kin I) לבין זה שמייצג את ההרכב אחרי הסטה זו בשנות התשעים (Kin II) מצביע על ירידה ב- Na/Cl מיחס מולרי של 0.76 ל- 0.72 ושל Br/Cl מ- 0.0035 ל- 0.0032 (כיוון התנועה מסומל ע"י חץ באיור 2). בשדה זה השינוי בהרכב הכימי ב-30 שנים מצוי באוריינטציה של בערך 120 מעלות (Rimmer)



(Nishri 2014 &). זהו כיוון השינוי שניתן היה לצפות לו מכיון שמאסף 2 המעינות שהוסטו: טבחה (0.0045 & 0.63) וחמי טבריה (0.0055 & 0.57), מצוי באזימוט הופכי (בערך 300 מעלות) לכיוון השינוי בהרכב הכימי של הכנרת. אולם עוצמת השינוי, במונחים של שדה זה, היא קטנה יחסית ל"מרחק" שבין ההרכב של הכנרת לבין זה של חמי טבריה או המעינות החופיים של טבחה. עוצמה זו אמורה להיות פונקציה של התרומות היחסיות של כל אחד מתורמי המליחות לאגם. גם בהשוואה בין שנות ה-90 (Kin II) להרכב הנוכחי (Kin III) נראית סטיה קטנה נוספת בהרכב הכימי של הכנרת. אם כן עדויות אלו מחזקות את ההנחה כי התמלחות השאריות הם בעלי יחסי יונים דומים לאלה של פוליה A. למרות קביעה זו – עדיין לא ברורה תפוסת הנביעות הנכללים בהגדרות הכימיות מסוג פוליה A ויש צורך לחדד את המאפיינים הכימיים של התמלחות השאריות של הכנרת כדי למצוא נביעות כאלו. ראוי לציון הממצא (העכשוי) שבשדה זה ההרכב הכימי של חמי טבריה דומה מאוד לתמלחת שמצויה בעומק של 17.8 מטר בקרקעית מרכז הכנרת (Long-core; Nishri-unpublished data) מה שעשוי לרמז על גנזה משותפת ו/או על זיקה הידראולית רצנטית. הכלי של שימוש ביחסים כימיים של יסודות קונסרבטיביים לאיתור מקורות המליחות הוא אם כן אפקטיבי ומבהיר קיום מקורות שונים. כלי זה עשוי להתחזק אם נוסיף לו גם את יסודות חשובים נוספים במערכת לבנית מרחב תלת ממדי של יחסי מומסים קונסרבטיביים ככלי לאיתור מקור המליחות הבלתי ידוע.

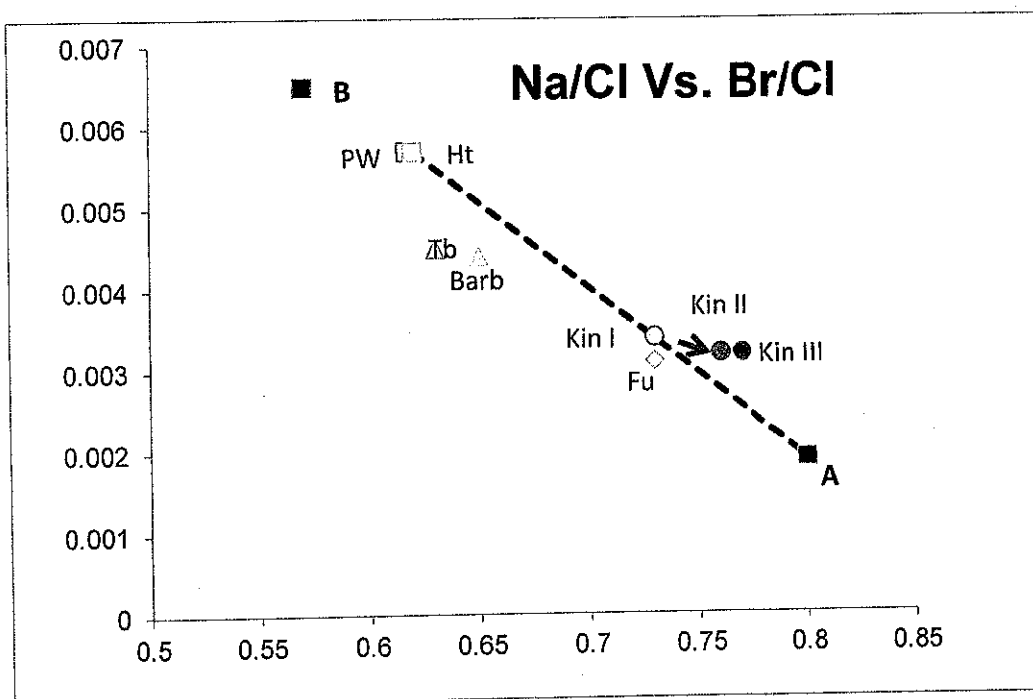
מגנזיום בהקשר זה עשוי להיות מרכיב חשוב בהגדרות הכימיות של התמלחות השאריות. מגנזיום עשוי לקחת חלק בריאקציות מים-סלע (סדימנטים) ולכן במי התהום הוא עלול להיות לא קונסרבטיבי מאידך בכנרת עצמה הוא כנראה קונסרבטיבי. מאזני מסה שבוצעו על ידינו מצביעים על כך שקרוב ל-50% מכניסת מגנזיום לאגם מקורו בנביעת תמלחות תת ימיות. עבודתם של (Katz & Nishri 2013) מצביעה על סילוק שטפים מינוריים בלבד של מגנזיום מהאגם באמצעות קו-פרסיפיטציה עם קלציט אוטוכטונית או קבורה של אצות (כלורופיל). מכאן שבמערכת האקוויטית של הכנרת ניתן להתייחס ליסוד זה כקונסרבטיבי ולהעזר בו לאיתור מקורות המליחות השאריתיים.

שיפור נוסף בזיהוי התמלחות השאריות עשוי להיות השמוש בהרכב האיזוטופי של מומסים קונסרבטיביים. כיום עם התפתחות הטכנולוגית של אנליזות איזוטופים יציבים נוצרה הזדמנות לאופציה זו שבאמצעותה מתאפשרת מדידה של יחסי איזוטופים של כלוריד, ברום ומגנזיום. תוספת מימדים אלו תגדיר באופן מדויק הרבה יותר את ההרכב הכימי-איזוטופי של התמלחות השאריות. התמלחות ותקטין האופן משמעותי את האפשרות לטעות בזיהוי החשיבות היחסית של נביעות מקומיות.



בסקרים שנערך בשנה האחרונה ע"י גדעון טיבור ושות' (דו"ח חיא"ל H1/2017, וכן ראה דו"ח חיא"ל H71/2009) נמצאו מספר "בורות" בקרקעית האגם באזורי פוליה וחמי טבריה. קשה טכנית ויקר למדוד ספיקות יציאת מים מנביעות אלו. דיגום של בורות אלה באמצעות צוללנים מגובה באנליזה כימית ואיזוטופית והשוואה להרכב המשוער המקורות המלוחים השארתיים עשויים לספק אינפורמציה שבאמצעותה נערך האם קימים תמלחות לוקליות שעונות על התנאים שנדרשים הן כימית והן איזוטופית מהמקורות הבלתי ידועים. במידה וימצא ריכוז גבוה יחסית של כלוריד (או מוליכות חשמלית) אי התאמה למקורות המלוחים השארתיים אמורה לנבוע מכך שאלה תמלחות לוקליות לא חשובות (ספיקתם נמוכה יחסית).

שימוש בפרמטר חשוב נוסף של המעיינות המלוחים – האנומליה התרמלית שהם יוצרים בסביבת הנביעה, אשר ניתנת לזיהוי בעיקר כאשר הכנרת קרה (חורף) מהווה כלי נוסף בפרוייקט זה. צילום על ידי מצלמה תרמלית המורכבת על רחפן תיתן תמונה מרחבית טובה של אנומליות תרמליות ותמקד לעוד אתרים חשודים בכניסת מים מלוחים לכנרת.



איור 1: יחסים מולריים של Na/Cl (ציר X) כנגד Br/Cl (ציר Y) במעיינות מלוחים באזור הכנרת. הקו המרוסק מייצג את האוריינטציה של ה-DSR (מכלול התמלחות בעמק הירדן- לפי Klein Ben-David et al. 2004). נקודה שמייצגת תמלחת היפוטטית באזור השבר. תמלחת B מייצג את הכיוון הכללי של תמלחות END (Klein Ben-David et al. 2004). Ht: חמי טבריה המעין הרומי. PW: מי חללים שחולצו מגלעין סדימנט בעומק 17.8



מטר בקרקעית מרכז האגם. **Tb**: מעיינות טבחה. **Barb**: נביעת הברבוטים. **Ful**: מעיינות פוליה.
Kin- I: ההרכב הכימי של הכנרת בשנות השישים. **Kin-II**: ההרכב הכימי של הכנרת בשנות
ה-90. **Kin-III**: ההרכב הכימי של הכנרת כיום (2018). החץ האדום מסמל את השינוי בהרכב
הכימי של הכנרת שנבע מהסטת המעיינות המלוחים בשנות השישים ואילך.

פעולות לביצוע ועלויות לביצוע

1. איפיון המערכת הכללית של הכנרת מבחינה כימית ואיזוטופית:

איפיון זה יעשה ע"י אנליזה של מגוון מקורות ממי כנרת רצנטיים ומי כנרת משנות השבעים ועד
מקורות מים ומלח מוכרים כגון הירדן, המעיינות והקידוחים המלוחים המוכרים. כמו כן יאופיינו מי
חללים מגלעין סדימנט עמוק במיוחד (17.8 מטרים) שנדגם במרכז האגם (תחנה A) לפני כ-10
שנים. האנליזה תכלול הן הרכב יסודות ראשיים וקורט והן יחסים איזוטופיים של היסודות הבאים:
Br, Cl, Mg.

- 29,000 ₪ + תקורה 15% = 33,350 ₪ לשנה, במשך שנתיים (66,700 ₪).

2. בניית מאגר אתרים חשודים חשבים לנביעה מלוחה בכנרת:

מאגר זה יכלול כבסיס בורות/מכתשים שמופו בסקרים שונים עד כה ויצורפו אליו תוצרי סקרי
האנומליה התרמלית ככל שתתקדם.

3. מיפוי אנומליות תרמליות במי הכנרת

מיפוי זה יעשה באמצעות מצלמה תרמלית המורכבת על גבי רחפן. יערכו מספר סקרים כאלו
בעונת החוף כאשר מי הכנרת קרים וניתן יותר בקלות למפות אנומליות תרמליות שמקורן
מנביעות חמות אף במעט ביחס לאגם.

- 7,500 ₪ + תקורה 15% = 8,625 ₪ לשנה, במשך שנתיים (17,250 ₪).

4. אפיון וסינון אתרים חשודים על סמך המערך כימי איזוטופי

מים מכ-10 אתרים חשודים מהרשימה של סעיף 2 יידגמו באמצעות צוללנים ואפיון ההרכב
הכימי והאיזוטופי של מים אלו ישווה להרכב הכימי-איזוטופי של התמלחות השאריות של
הכנרת על מנת לבחון את החשיבות היחסית של כל אתר.

- 5,000 ₪ + תקורה 15% = 5,750 ₪ לשנה, במשך שנתיים (11,500 ₪).



תוצרים צפויים

א. חידוד איפיון המערכת של הכנרת במערך כימי-איזוטופי מורכב תאפשר בחינה של אתרים חשודים בקרקעית הכנרת האם מקור התמלחת שם תואם את התמלחות השאריתיות העיקריות של הכנרת.

ב. שימוש במיפוי אנומליות תרמליות יאפשר איתור אתרים חשודים חדשים בכנרת ובחינתם בהמשך מבחינה גיאוכימית.

ג. לאחר סינון, יזוהו אתרים אשר להם תרומה פוטנציאלית גדולה יותר להמלחת הכנרת.

ד. המלצה לגבי מעיינות מלוחים תת-ימיים אשר ראויים להטייה בדומה להטיית פוליה A.

ספרות:

- יעקובי וחובל. דו"ח חיא"ל T12/2002.
- יעקובי וחובל. דו"ח חיא"ל T13/2005.
- זוהרי וחובל. דו"ח חיא"ל T10/2009.
- טל וחובל. דו"ח השירות ההידרולוגי 2009.
- רימר א. דו"ח חיא"ל T34/2012.
- Assouline et al., 1993. Water Resource Research 29, 3041-3048.
- Klein Ben-David et al., 2004. Geochemica et Cosmochemica Acta 68, 1763-177.
- Kolodny et al., 1999. Limnology and Oceanography 44, 1035-1044.
- Nishri et al, 1999. Chemical Geology 158, 37-52.
- Katz, A., and Nishri, A., 2013. Geochemica et Cosmochemica Acta 105, 372-394.
- Rimmer, A., and Nishri, A., 2014. In Lake Kinneret Ecology and management (Aquatic ecology series) Springer Verlag. Pp. 113-131.



Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd
Yigal Allon Kinneret Limnological Laboratory
P.O.Box 447, Migdal 14950, Israel
Tel: 972 4 6721444; Fax: 972 4 6724627; www.ocean.org.il

חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ
המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון
ת.ד. 447, מיגדל 14950
e-mail: kll@ocean.org.il

תקציב מבוקש לביצוע הפרוייקטים

פרוייקט	חוקר אחראי	סעיף הוצאות	שנה א	תקורה שנה א	שנה ב	תקורה שנה ב	סה"כ
מעקב מוגבר אחר פריחות ציאנובקטריה ורעלנים במים	אסף סוקניק						
א. מעקב מוגבר אחר פריחות תוך שימוש בפלואורופורב		הפלגות	55,000	8,250	55,000	8,250	126,500
ב. ניטור רעלנים מהיר במים - שימוש בערכות אלייזה		ציוד- ערכות אלייזה	15,000	N.A	15,000	N.A	30,000
הקמת מערכת מדידה אוטומטית - מיני אקורפט בצפון הכנרת	וורנר אקרט	ציוד-תחנת המיני אקורפט	200,000	N.A	N.A	N.A	200,000
איתור מלוחות לא מוכרות בכנרת	נביעות עמי נשרי						
1+2. איפיון המערכת הכללית של הכנרת מבחינה כימית ואיזוטופית ובניית מאגר אתרים חשודים חשבים לנביעה מלוחה בכנרת		חומרים אנליזות	4,000	600	4,000	600	9,200
			25,000	3,750	25,000	3,750	57,500
3. מיפוי אנומליות תרמליות		הפלגות רכב	5,500	825	5,500	825	12,650
			2,000	300	2,000	300	4,600
4. . אפיון וסינון אתרים חשודים על סמך המערך הכימי-איזוטופי		הפלגות וצלילות אנליזות	1000	150	1,000	150	2,300
			4000	600	4,000	600	9,200
סה"כ שנתיים ניטור מוגבר:			311,500	14,475	111,500	14,475	451,950



Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd

Yigal Allon Kinneret Limnological Laboratory

P.O.Box 447, Migdal 14950, Israel

Tel: 972 4 6721444; Fax: 972 4 6724627; www.ocean.org.il

חקר ימים ואגמים לישראל בע"מ

המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון

ת.ד. 447, מיגדל 14950

e-mail: kll@ocean.org.il

בברכה,

ד"ר ירון בארי-שליון (בשם צוות החוקרים)

מ"מ מנהל המעבדה לחקר הכנרת, חיא"ל