

דירוג מאגרי מים על בסיס תרומתם למגוון הביולוגי

עופר שטייניץ, גל וין, אוהד הצופה, אריאל כהן, דינה פיימן, דותן
רותם, אבי אוזן, ליזה קורצנשטיין-לוי, יהלי כץ, נעם לידר, צור
מגן, דן אלון



פרסומי חטיבת המדע

רשות הטבע והגנים

אוגוסט 2018

תקציר

בתגובה לתכניות לחיפוי מאגרי מים עלה הצורך לדרג את מאגרי המים בהתבסס על שיקולים אקולוגיים בדגש על עופות מים. דירוג המאגרים התאפשר בזכות עבודה מאומצת לארגון וריכוז חומר מתוך מפקדי עופות מים בבסיס מידע על גופי מים. העבודה כללה שני שלבים: ניתוח כמותי במטרה להבין את הגורמים המשפיעים על עושר מינים ושפע של עופות מים (מספר פרטים) במאגר מים ודירוג של מאגרי מים על בסיס מספר פרמטרים של מגוון עופות מים, הימצאות לוטרה או מין צמח הידרופילי (בעל זיקה לבתי גידול לחים) בסכנת הכחדה בקרבת המאגר ותצפיות על קינון של עופות מים בסכנת הכחדה.

עבודה זו מצביעה על מאגרי מים בעלי חשיבות גבוהה למגוון הביולוגי (בדגש על מינים בסכנת הכחדה). יחד עם זאת, הניתוח אפשר לבצע דירוג של מאגרים עפ"י פוטנציאל התרומה שלהם למגוון הביולוגי כך שניתן יהיה לתכנן את מאמצי החיפוי בצורה מיטבית. בדרך זו ניתן יהיה להוסיף מקורות ייצור אנרגיה תוך מזעור הפגיעה במגוון הביולוגי.

כותבי המסמך: עופר שטייניץ¹, גל וין¹, אוהד הצופה¹, אריאל כהן¹, דינה פיימן¹, דותן רותם¹, אבי אוזן¹, ליזה קורצנשטיין-לוי¹, יהלי כץ¹, נעם לידר¹, צור מגן², דן אלון²

היגוי ועריכה: עופר שטייניץ ודותן רותם

שיוך ארגוני: רשות הטבע והגנים, מרכז הצפרות של החברה להגנת הטבע²

ציטוט המסמך: שטייניץ ע., וין ג., הצופה א., כהן א., פיימן ד., רותם ד., אוזן א., קורצנשטיין-לוי ל., כץ י., לידר נ., מגן צ., אלון ד. (2018) הצעה לדירוג מאגרי מים על בסיס תרומתם למגוון הביולוגי. פרסומי חטיבת מדע, רשות הטבע והגנים.

1 רקע

במאה ה-20 חלו בישראל שינויים משמעותיים בבתי הגידול הלחים בעקבות התערבות יזומה של האדם (Levin et al. 2009). ייבוש ביצות באזורים נרחבים וזיהום נחלים הביאו לפגיעה קשה בבתי גידול המשמשים עופות מים. במקביל לתהליך זה, מאגרי מים מלאכותיים בישראל שהוקמו במשך השנים הפכו לבית גידול חשוב עבור עופות מים.

בעקבות תכניות לחיפוי מאגרי מים עלה הצורך בדירוג מאגרים עפ"י חשיבותם למגוון הביולוגי ובדגש על החשיבות לעופות מים. הוחלט כי מפקד עופות המים הנערך ע"י רשות הטבע והגנים בשיתוף פקחים וצפרים מתנדבים בכ-300 גופי מים (הפזורים מרמת הגולן בצפון ועד אילת בדרום) מדי חורף מאז 1965 במקביל לספירה במדינות רבות בעולם ישמש כבסיס מרכזי לדירוג. בנוסף, הוחלט להיעזר במידע על קינון של עופות מים בסיכון עולמי (ממרכז הצפרות של החלה"ט), צמחים בסכנת הכחדה ("צמחים אדומים") בעלי זיקה לבתי גידול לחים וכן במידע על תפוצה של לוטרה (*Lutra lutra*) ממאגר הנתונים של רשות הטבע והגנים. הלוטרה היא יונק טורף הנמצא בסכנת הכחדה חמורה. מאגרי המים מהווים עבורה בית גידול חלופי לבתי הגידול הלחים שנעלמו מנופי הארץ.

לצורך ניתוח גורמים המשפיעים על עושר מינים ושפע (מספר פרטים) של עופות מים במאגר מים נעשה שימוש במגוון נתונים סביבתיים ממערכת ה-GIS ונתוני איכות מים שנמדדו במאגרים. נתוני עושר המינים ושפע סוכמו מתוך מפקד עופות המים בשנים 2010-2015.

2 שיטות

שלבי העבודה נחלקו לניתוח גורמים משפיעים על עופות המים ולדירוג מאגרי המים בהתאם לתרומתם למגוון הביולוגי שהתבסס על תוצאות הניתוח בצירוף משתנים נוספים.

2.1 ניתוח של גורמים המשפיעים על עושר מינים ושפע של עופות מים (מספר פרטים) במאגר מים

הניתוח כלל מספר שלבים:

- ריכוז חומר והקמת מאגר מידע לנתוני מפקד עופות מים מהשנים 2010–2015 וסנכרון מרחבי מול שכבת מאגרים מיחידת ה-GIS ושכבת מאגרים מבסיס המידע "ניטורן" בניהול היחידה הסביבתית ברשות הטבע והגנים.
- פיתוח כלי טבלאי מרחבי להנגשת מידע ברשת שאפשרה לאקולוגים המחוזיים לאמת מיקומים ושמות של מאגרים.
- סינון גופי מים שנכללו במפקד אך לא רלבנטיים לניתוח (בריכות דגים או מאגרים צמודים לבריכות דגים). מתוך 361 גופי מים נבחרו לניתוח 218 מאגרים.
- לכל מאגר הופקו נתונים סביבתיים מה-GIS בעלי פוטנציאל להשפיע על עופות מים: קו אורך, קו רוחב, רום, טמפי' ממוצעת אוגוסט, טמפי' ממוצעת בינואר, ממוצע משקעים שנתי, שטח גופי מים מתוקים ברדיוס של 5 ק"מ ו-10 ק"מ ומרחק מהים (ראה נספח א).
- לכל מאגר הופקו ממערכת הניטורן נתונים על אופי המאגר: שטח, עומק, כיסוי, מקור המים המרכזי וסוג המאגר. ונתונים ממוצעים מ-2010 עד 2016 על איכות מים: מליחות (CI), כלל מוצקים מרחפים (TSS), אמוניה וחומר אורגני (BOD). משתנים אלו נבחרו בהתאם להערכה ראשונית לגבי פוטנציאל השפעה שלהם על עופות מים. הנתונים היו זמינים כתלות בניטורן שהתבצע במאגרים (ראה נספח א).
- כדי לצמצם את מספר המשתנים המסבירים הוחלט להוציא מהניתוח משתנים בקורלציה גבוהה עם משתנים אחרים או משתנים שהמידע עליהם חסר במאגרים רבים. הקורלציה (Pearson) בין המשתנים נבדקה והוחלט על ניפוי המשתנים הבאים מהניתוח: עומק, טמפי', שטח גופי מים מתוקים ברדיוס של 5 ק"מ.
- מיני עופות שאינם עופות מים (עפ"י רשימה שהכינו אוהד הצופה ודן אלון) נופו מהניתוח.
- לכל מאגר חושב ממוצע עושר מינים, ממוצע שפע של עופות מים וממוצע שפע של עופות מים בסיכון עולמי – (רמת סיכון Near Threatened ומעלה, ראה טבלה 1) לספירות

שהתקיימו בשנים 2010-2015 (אינדיקציה לקיום מפקד במאגר בשנה מסוימת התקבלה מרישומי היעדר תצפיות במאגר מים או מתצפיות על עופות שאינם עופות מים).

- בוצע ניתוח גורמים משפיעים על עושר מינים, שפע של עופות מים ושפע של עופות מים בסיכון עולמי במאגר מים. הניתוח התבצע באמצעות (GLM) General Linear Model עם המשתנים הסביבתיים (מה-GIS ומהניטורן) כמשתנים מסבירים. בגלל היעדר מידע על משתנים מסבירים הוצאו מהאנליזה 150 מאגרים – כלומר בסה"כ נותרו 68 מאגרים.

טבלה 1 - מיני עופות מים בסיכון עולמי (דרגת סיכון Near Threatened ומעלה) ודרגת הסיכון לפי הרשימה האדומה למינים בסכנת הכחדה (IUCN redlist 2018). ההתייחסות למינים בסיכון עולמי נעשתה בגלל שספירת עופות המים נעשית בחורף ולא בעונת הקינון.

שם המין	שם המין בעברית	דרגת סיכון עפ"י
<i>Marmaronetta angustirostris</i>	ברווז משויש	Vulnerable
<i>Aythya nyroca</i>	צולל ביצות	Near Threatened
<i>Oxyura leucocephala</i>	צחראש לבן	Endangered

2.2 דירוג מאגרי מים בהתאם לתרומתם הפוטנציאלית למגוון הביולוגי

הדירוג כלל מספר שלבים:

- לכל מאגר הופק המרחק לתצפית הקרובה ביותר של לוטרה.
- לכל מאגר הופק המרחק לתצפית הקרובה ביותר של צמח בסיכון עם זיקה לבתי גידול לחים (עפ"י רשימת מינים שהוכנה על ידי ד"ר מרגרטה וולצי'אק אקולוגית הצמחים של רט"ג).
- בנוסף לעושר המינים הממוצע, לכל מאגר הופקו מדדי מגוון Shannon-Simpson, Wiener Berger-Parker Dominance המתבססים על השפע היחסי של המינים.
- נרשם כל מאגר שנצפה בו קינון (קיום משפחה) של עופות מים בסכנת הכחדה בסקר ברווזים נדירים בקיץ (בשנים 2013 – 2014).
- לכל מאגר הופק מדד נוכחות של מיני עופות מים בסכנת הכחדה (פרופורציה של שנים בהן נצפה המין חלקי מספר השנים בהם התקיים מפקד במאגר).

- לכל מאגר (שנמדדו בו הפרמטרים המסבירים של המודל) הופק ערך עושר המינים הפוטנציאלי – כלומר, מספר המינים החזוי עפ"י מודל ה-GLM לניתוח הגורמים המשפיעים על עושר המינים.
- לכל מאגר חושב המחסור נטו האזורי בשטח בתי גידול לחים יחסית למצב ההיסטורי. ערך זה חושב ע"י חיסור שטח גופי מים מתוקים נוכחי משטח גופי מים מתוקים היסטורי ברדיוס של 10 ק"מ מהמאגר. שטח גופי המים המתוקים הוערך מתוך מפות שיחזור בתי גידול לחים מתקופת סוף המאה ה-19 (Levin et al. 2009, Kark & Levin 2012).
- על סמך התפלגות ערכי הפרמטרים המוזכרים וכן על סמך ידע ביולוגי רלוונטי הוגדרו ערכי סף למאגרים בעלי חשיבות גבוהה במיוחד שבהם התקיים אחד מהתנאים הבאים:
 - א. קרבה לתצפיות על לוטרה: מאגרים שנמצאים במרחק של פחות מ-5 ק"מ מתצפית על לוטרה. מרחק זה אומץ כמייצג את ליבת תחום המחיה של הלוטרה (Shachal, 2013).
 - ב. קרבה לתצפיות על צמחים בסכנה: מאגרים שנמצאים במרחק של פחות מ-1 ק"מ מתצפית על צמח בסיכון עם זיקה לבתי גידול לחים.
 - ג. קינון עופות בסיכון: מאגרים שנצפה בהם קינון של עופות מים בסיכון עולמי (2013 – 2014) וכן תצפיות קינון עדכניות של צחראש לבן מ-2017 (ממצא זה הוסף לניתוח לאור החשיבות של התצפית על חזרת קינון צחראש לבן בארץ).
 - ד. נוכחות עקבית של עופות בסיכון: מאגרים שמדד הנוכחות של מיני עופות מים בסכנת הכחדה (פרופורציה של שנים בהן נצפה המין חלקי מספר השנים בהם התקיים מפקד במאגר) היה מעל 0.25.
 - ה. עושר מינים גבוה: מאגרים שיש בהם עושר מינים ממוצע גבוה מ-8 מינים (ערך הרביעון העליון של ממוצע עושר המינים במאגרים לניתוח).
 - ו. עושר מינים פוטנציאלי גבוה: מאגרים שיש בהם עושר מינים פוטנציאלי (עפ"י מודל ה-GLM) גבוה מ-8 מינים (ערך הרביעון העליון של ממוצע עושר המינים במאגרים לניתוח).
 - ז. מאגרים באזור שנמצא במחסור גדול בבתי גידול לחים: מאגרים שיש בהם מחסור אזורי (רדיוס 10 ק"מ) של מעל ל-9.1 קמ"ר נטו בשטח גופי מים מתוקים יחסית לעבר. ערך הסף נבחר כערך הרביעון העליון של ערך המחסור נטו האזורי בשטח גופי מים מתוקים מתוך המאגרים לניתוח שבהם יש מחסור אזורי בבתי גידול לחים.

- לכל מאגר חושב ערך חשיבות המשקלל מספר פרמטרים לפי המשקלים הבאים:
 - א. עושר מינים ממוצע 0.5
 - ב. שפע מינים בסכנת הכחדה 0.3
 - ג. שפע כללי 0.2
 - ד. חוסר דומיננטיות (מדד לשוויוניות בהתפלגות השפע בין המינים 1-Berger Parker
0.1 (Dominance
- דירוג המאגרים התבצע לפי ערך החשיבות המשוקלל, כאשר מאגרים שהם מעל ערכי הסף קיבלו את הדירוג הגבוה ביותר (1).

3 תוצאות

בשנים 2010 - 2015 נצפו במאגרי מים 65 מינים של עופות מים כאשר הממוצע למאגר עומד על 6.5 מינים ו-362 פרטים. נתון חשוב ממפקד 2015 על אוכלוסיית הברווז צהראש לבן, מין בסכנת הכחדה עולמית, מראה כי כחצי עד שליש (3242 פרטים) מהאוכלוסייה העולמית של מין זה (המוערכת בכ-5300-8700 פרטים) חורף במאגרי מים בישראל.

3.1 ניתוח של גורמים המשפיעים על עושר מינים ושפע של עופות מים במאגר מים

פלט תוצאות ניתוח ה-GLM מוצג בנספח ב. להלן עיקרי התוצאות:

3.1.1 עושר מינים

- המודל מובהק ביותר $p < 0.001$ ומסביר מעל 50% מהשונות בעושר המינים.
- שטח המאגר משפיע בצורה חיובית על עושר המינים.
- עושר המינים נוטה לעלות עם עלייה במשקעים.
- עושר המינים נמוך יותר במובהק במאגרים עם כיסוי דפנות וקרקעית בפלסטיק לעומת מצע חרסית.

3.1.2 שפע כללי

- המודל מובהק ביותר $p = 0.009$ ומסביר 27% מהשונות בשפע הכללי.
- שטח המאגר משפיע בצורה חיובית על השפע.
- השפע נוטה לעלות עם עלייה במשקעים.

3.1.3 שפע עופות מים בסכנת הכחדה

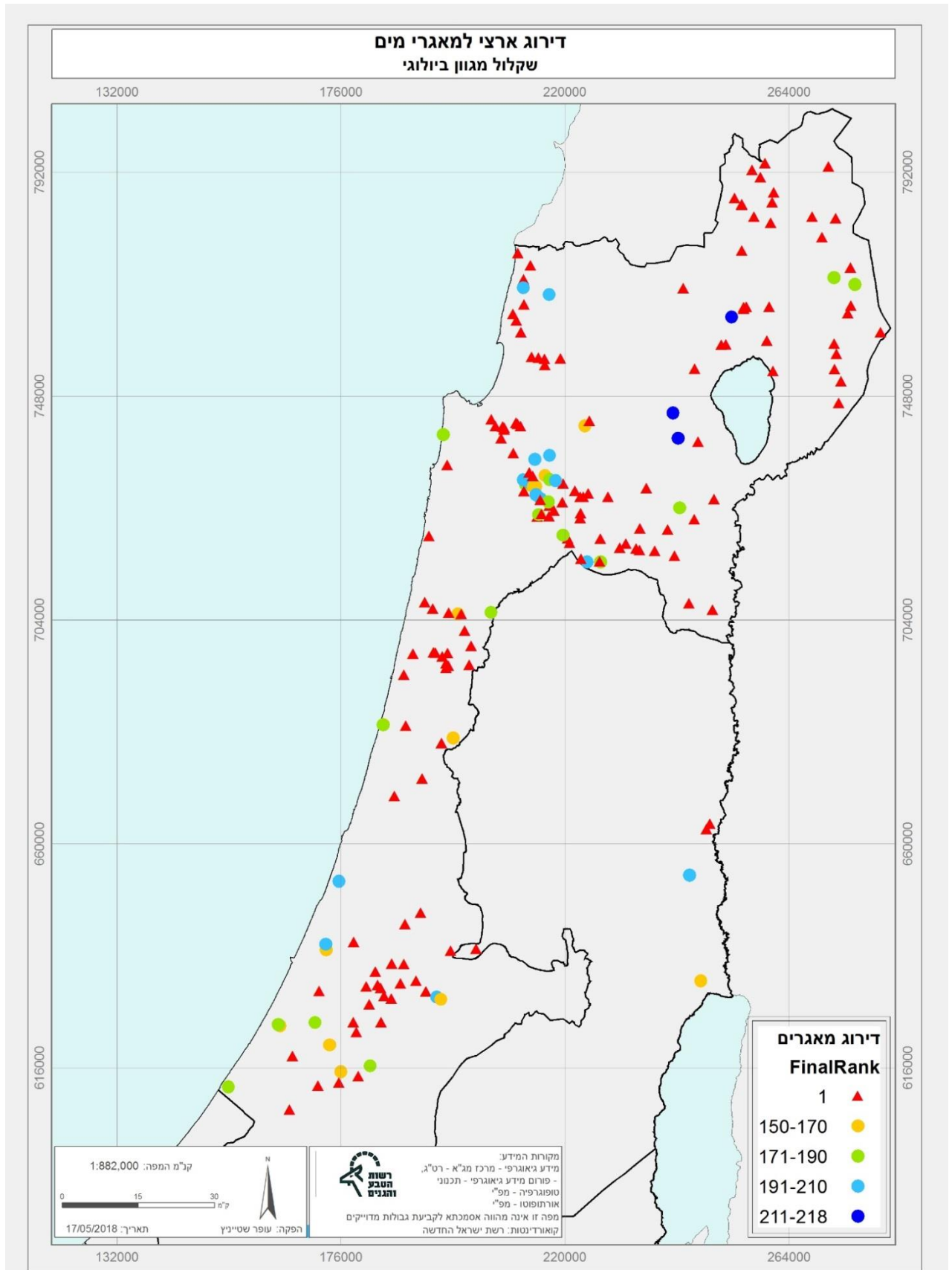
- המודל מובהק $p = 0.02$ ומסביר 23% מהשונות בשפע המינים בסיכון עולמי.
- השפע נוטה לעלות עם עלייה ברום ובמשקעים.

3.2 דירוג מאגרי מים

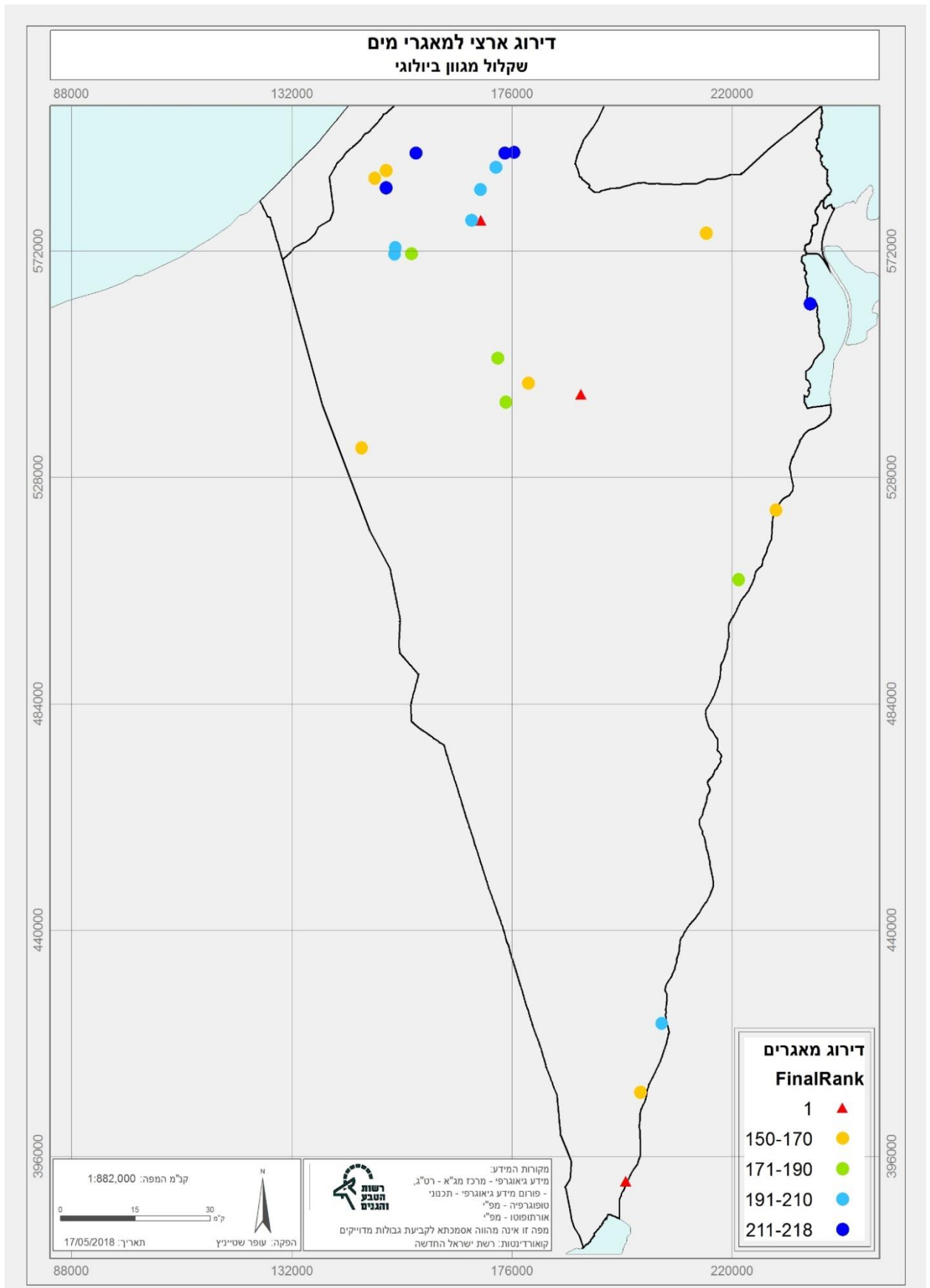
מתוך 218 מאגרים לניתוח:

- 51 מאגרים במרחק של פחות מ-5 ק"מ מתצפית על לוטרה.
- 39 מאגרים במרחק של פחות מ-1 ק"מ מתצפית על צמח בסיכון בעל זיקה לבתי גידול לחים.

- ב-52 מאגרים נצפו מעל 8 מינים בממוצע (הרביעון העליון).
 - ב-13 מאגרים התקבל ערך עושר מינים פוטנציאלי (עפ"י מודל ה-GLM) גבוה מ-8 מינים (ערך הרביעון העליון של ממוצע עושר המינים במאגרים לניתוח).
 - ב-13 מאגרים נצפה קינון של ברווז משויש.
 - ב-4 מאגרים נצפה קינון של צולל ביצות.
 - ב-3 מאגרים נצפה קינון של צחראש לבן (2017).
 - ב-56 מאגרים הייתה נוכחות עקבית של מין בסכנת הכחדה (יותר מ-25% מהספירות).
 - ב-30 מאגרים היה מחסור נטו אזורי (רדיוס 10 ק"מ) בשטח גופי מים מתוקים יחסית למצב ההיסטורי מעל ל-9.1 קמ"ר (הרביעון העליון).
 - 150 מאגרים מקיימים לפחות אחד מהתנאים שלעיל וקיבלו את הערך 1 (הגבוה בחשיבותו).
- איור 1 ו-2 מציגים את הפריסה הארצית של המאגרים לניתוח ואת הדירוג שחושב על סמך ערך החשיבות המשוקלל:



איור 1 מפת המאגרים שנכללו בניתוח (צפון) ודירוגם עפ"י תרומתם הפוטנציאלית למגוון ביולוגי. מספר נמוך מייצג דרגת שימור גבוהה.



איור 2 מפת המאגרים שנכללו בניתוח (דרום) ודירוגם עפ"י תרומתם הפוטנציאלית למגוון ביולוגי. מספר נמוך מייצג דרגת שימור גבוהה.

4 דיון

עבודה זו מצביעה על הפוטנציאל של מאגרי המים בישראל לתמיכה במגוון עופות המים כולל במינים בסכנת הכחדה עולמית ומאפשרת להציב סדרי קדימויות לשמירה על מאגרים בהתאם למאפייניהם הסביבתיים ולמגוון הביולוגי שבהם. ניהול מפקד עופות המים השנתי איפשר הפקת מידע חשוב ביותר המקיף חלק ניכר מהמאגרים עם פוטנציאל לעופות מים בישראל. בגלל חוסר אחידות באמצעי איסוף הנתונים ובשמות המאגרים, ריכוז הנתונים מהמפקד בבסיס נתונים הצריך מאמצים רבים שכללו עבודה ידנית ומחשובית. שלב חשוב שסייע במשימה היה הנגשה ברשת של המאגרים עם אפשרות תיקון קלה ומיידית.

יש לקחת בחשבון כי מפקד עופות המים נערך ע"י צוותים שונים בעלי הכשרה שונה וייתכנו הבדלים בספירות הנובעים מסיבה זו ומיכולת התנועה הגבוהה של בעלי כנף. עם זאת, התקבלו דגמים כמותיים מובהקים המסבירים שונות במגוון ביולוגי בתלות בתנאים סביבתיים. חשוב לזכור כי המובהקות של המשתנים כגורם מסביר במודל ה-GLM מעידה על יכולת חיזוי ולא על השפעה מנגנונית.

יש לקחת בחשבון את החשיבות של המאגרים כבית גידול לעופות מים בתכנון ופיתוח מאגרים, במיוחד לנוכח האיומים הגוברים בעלי פוטנציאל פגיעה בעופות המים, במיוחד נוכח ההשפעות הגוברות של האדם על בתי גידול לחים ועופות מים באזור הים התיכון (Ramírez et al. 2018).

תכניות לחיפוי מאגרים עלולות לפגוע באופן בלתי הפיך ביכולתם של עופות מים ולוטרם להשתמש במאגרים המהווים כאמור, תחליף מסוים, לבתי הגידול הלחים שנעלמו מנוף ארצנו. עבודה זו מצביעה על מאגרי מים בעלי חשיבות גבוהה למגוון הביולוגי (בדגש על מינים בסכנת הכחדה). יחד עם זאת, הניתוח מציג גם את מאגרים שתרומתם פחותה ויתכן וניתן להפנות את מאמצי החיפוי אליהם. באופן זה ניתן יהיה להוסיף מקורות ייצור אנרגיה (במידה ומדובר בחיפוי סולארי) תוך מזעור הפגיעה במגוון הביולוגי.

5 מקורות

Kark, Ruth & Levin, Noam. (2012). The environment in Palestine in the late Ottoman period, 1798-1918. *Between Ruin and Restoration: An Environmental History of Israel*. 1-28.

Levin, N., Elron, E., and Gasith, A. (2009) Decline of wetland ecosystems in the coastal plain of Israel during the 20th century: implications for wetland conservation and management. *Landscape and Urban Planning*, 92, 220-232

Ramírez, F., Rodríguez, C., Seoane, J., Figuerola, J., & Bustamante, J. (2018). How will climate change affect endangered Mediterranean waterbirds?. *PloS one*, 13(2), e0192702.

Shachal, R. (2013) Extinction and Re-colonization Processes in the Otter (*Lutra lutra*) Population in Israel: The Importance of Connectivity and Habitat Quality. Master's thesis. Ben-Gurion University of the Negev, Jacob Blastein Institute for Desert Research, Albert Katz International School for Desert Studies, Israel.

The IUCN Red List of Threatened Species (accessed 16/05/2018).
<http://www.iucnredlist.org>

נספח א

משתנים סביבתיים שהוכנסו למודל ה-GLM.

משתנים סביבתיים	כינוי בפלט התוצאות	יחידות/קטגוריות
רום מעל פני הים	AltitudeDEM	מטר
קו אורך	point_x	רשת ישראל החדשה
קו רוחב	point_y	רשת ישראל החדשה
מקור המים העיקרי	main_ingredient	שטפונות, קולחים
סוג המאגר	ReservoirType	מאגר צד, מאגר שאיבה, מאגר תפעולי
כיסוי קרקעית ודפנות המאגר	ReservoirCoverUnited	חרסית, פלסטיק
חומר אורגני (BOD)	BODt	מג"ל
אמוניה	NH4	מג"ל
כלל מוצקים מרחפים	TSS105	מג"ל
מליחות	Cl	מג"ל
שטח פני המאגר	WaterSurfaceArea_Dunam	דונם
שטח גופי מים מתוקים ברדיוס 10 ק"מ	Area_10_km	מטר רבוע
מרחק מהים	NEAR_DIST	מטר
כמות הגשם השנתית הממוצעת	rain_avg	מ"מ

נספח ב

פלט תוצאות ניתוח GLM של גורמים המשפיעים על עושר מינים ושפע של עופות מים במאגר מים

1. ניתוח עושר מינים ממוצע

Call:

```
lm(formula = MeanSpeciesRichness ~ AltitudeDEM + point_x + point_y +
  main_ingredient + ReservoirType + ReservoirCoverUnited +
  BODt + NH4 + TSS105 + Cl + WaterSurfaceArea_Dunam + Area_10_km +
  NEAR_DIST + rain_avg, data = filtered)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-3.5059	-1.1001	-0.0628	0.9492	5.2162

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1.174e+01	4.558e+00	2.577	0.0130 *
AltitudeDEM	-1.686e-03	1.693e-03	-0.996	0.3241
point_x	-2.485e-05	1.734e-05	-1.433	0.1582
point_y	-7.851e-06	7.821e-06	-1.004	0.3204
main_ingredient קולחים	3.279e+00	1.867e+00	1.756	0.0853 .
main_ingredient שטפונות	2.453e+00	2.571e+00	0.954	0.3448
ReservoirType מאגר גיא	-3.684e+00	2.718e+00	-1.356	0.1814
ReservoirType מאגר צד	1.241e+00	1.989e+00	0.624	0.5355
ReservoirType מאגר שאיבה	-1.285e+00	1.414e+00	-0.909	0.3679
ReservoirType מאגר תפעולי	1.245e+00	1.864e+00	0.668	0.5073
ReservoirCoverUnited פלסטיק	1.202e+00	5.785e-01	-2.078	0.0430 *
BODt	8.589e-03	2.263e-02	0.380	0.7059
NH4	-1.386e-02	1.709e-02	-0.811	0.4211
TSS105	-2.332e-02	1.308e-02	-1.784	0.0807 .
Cl	-4.744e-03	3.371e-03	-1.407	0.1656
WaterSurfaceArea_Dunam	1.481e-02	2.722e-03	5.441	1.68e-06 ***
Area_10_km	-6.531e-09	2.051e-08	-0.318	0.7516
NEAR_DIST	2.560e-05	1.414e-05	1.811	0.0763 .
rain_avg	6.495e-03	2.475e-03	2.625	0.0115 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.859 on 49 degrees of freedom

(154 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.639, Adjusted R-squared: 0.5063

2. ניתוח שפע עופות מים כללי

Call:

```
lm(formula = Mean_waterfowls ~ AltitudeDEM + Depth_m + point_x +
  point_y + main_ingredient + ReservoirType + ReservoirCoverUnited +
  BODt + NH4 + TSS105 + Cl + WaterSurfaceArea_Dunam + Area_10_km +
  NEAR_DIST + rain_avg, data = filtered)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-896.05	-137.97	-38.20	76.13	1267.94

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5.153e+01	1.090e+03	0.047	0.9625
AltitudeDEM	6.348e-01	3.534e-01	1.796	0.0788
Depth_m	2.660e+01	2.019e+01	1.318	0.1939
point_x	-5.079e-03	3.590e-03	-1.415	0.1636
point_y	5.970e-04	1.710e-03	0.349	0.7285
main_ingredient	קולחיים -6.929e+01	3.864e+02	-0.179	0.8584
main_ingredient	שטפונות -4.537e+02	5.318e+02	-0.853	0.3978
ReservoirType	מאגר גיא 1.973e+02	5.664e+02	0.348	0.7291
ReservoirType	מאגר צד 6.828e+01	4.116e+02	0.166	0.8689
ReservoirType	מאגר שאיבה 1.650e+02	2.939e+02	0.562	0.5770
ReservoirType	מאגר תפעולי 4.423e+01	3.878e+02	0.114	0.9097
ReservoirCoverUnited	פלסטיק -8.765e+01	1.359e+02	-0.645	0.5219
BODt	1.368e+00	4.681e+00	0.292	0.7714
NH4	-3.163e-01	3.561e+00	-0.089	0.9296
TSS105	-3.126e+00	2.712e+00	-1.153	0.2547
Cl	-1.016e-01	6.973e-01	-0.146	0.8848



WaterSurfaceArea_Dunam	1.255e+00	6.000e-01	2.092	0.0418 *
Area_10_km	1.480e-06	4.251e-06	0.348	0.7292
NEAR_DIST	3.945e-03	2.924e-03	1.349	0.1836
rain_avg	1.013e+00	5.153e-01	1.965	0.0552 .

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 384.6 on 48 degrees of freedom

(154 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.4802, Adjusted R-squared: 0.2745

F-statistic: 2.334 on 19 and 48 DF, p-value: 0.009167

3. ניתוח שפע עופות מים בסיכון

> summary(lmEndangered)

Call:

```
lm(formula = Mean_endangered ~ AltitudeDEM + Depth_m + point_x +
    point_y + main_ingredient + ReservoirType + ReservoirCoverUnited +
    BODt + NH4 + TSS105 + Cl + WaterSurfaceArea_Dunam + Area_10_km +
    NEAR_DIST + rain_avg, data = filtered)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-66.553	-9.835	-0.115	7.245	101.403

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-6.562e+00	7.480e+01	-0.088	0.9305
AltitudeDEM	5.324e-02	2.424e-02	2.196	0.0330 *
Depth_m	1.658e+00	1.385e+00	1.197	0.2371
point_x	-7.714e-05	2.463e-04	-0.313	0.7555
point_y	-5.463e-05	1.173e-04	-0.466	0.6435
main_ingredient קולחים	-7.217e+00	2.650e+01	-0.272	0.7866
main_ingredient שטפונות	-2.661e+01	3.648e+01	-0.729	0.4693
ReservoirType מאגר גיא	3.727e+01	3.886e+01	0.959	0.3423
ReservoirType מאגר צד	1.313e+01	2.824e+01	0.465	0.6440
ReservoirType מאגר שאיבה	1.866e+01	2.016e+01	0.926	0.3592
ReservoirType מאגר תפעולי	4.298e+00	2.660e+01	0.162	0.8723
ReservoirCoverUnited פלסטיק	1.278e+01	9.320e+00	-1.371	0.1767



BODt	3.414e-03	3.211e-01	0.011	0.9916
NH4	-6.855e-02	2.443e-01	-0.281	0.7802
TSS105	-1.774e-01	1.860e-01	-0.953	0.3451
Cl	4.808e-02	4.783e-02	1.005	0.3198
WaterSurfaceArea_Dunam	3.389e-02	4.116e-02	0.823	0.4143
Area_10_km	3.029e-08	2.916e-07	0.104	0.9177
NEAR_DIST	3.191e-04	2.006e-04	1.591	0.1182
rain_avg	6.369e-02	3.535e-02	1.802	0.0779

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 26.38 on 48 degrees of freedom

(154 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.4449, Adjusted R-squared: 0.2252

F-statistic: 2.025 on 19 and 48 DF, p-value: 0.02496