

2. ניטור אקולוגי ארוך טווח (LTER) ברמת הנדיב

ליאת הדר

מייצגת את האופי הדינמי של המערכת וכרוכה בפסיאודו-רפליקציות (חזרות מדומות) רבות. עם התגברות הצורך לחזות שינויים צפויים במערכות אקולוגיות לאורך זמן, התגבשה ההבנה שתהליך זה, כמו גם שינויי האקלים והשינויים החלים בשימושי השטח ובמסטר הפרעות (שינויים בחקלאות, שרפות, נטיעת יערות, בינוי וכד') הם נושאים ארוכי טווח במהותם ולכן צריכים להיחקר לאורך זמן מספיק. מושגים כמו "הפרעה", "סקאלה" ו"הטרונגיות" נוספו באותן שנים לשפה האקולוגית ושימשו זרז נוסף למיסוד של מחקרים רחבי היקף בזמן ובמרחב. מגמה זו החלה לצבור תאוצה תחילה בארצות הברית: כבר בשנת 1980 הקימה הקרן הלאומית למדעים (NSF) את ה"רשת הלאומית למחקר אקולוגי ארוך-טווח" (LTER) (Callahan 1984, Hobbie et al. 2003), כדי לתמוך במחקרים על תופעות אקולוגיות ארוכות טווח בארצות הברית. ההתמקדות הייתה בחקר של הפרעות שטוח השפעתן רחב, כמו שרפות, רעייה, או כריתה, ובנושא שינויי האקלים הגלובליים. בשנת 1993 הוקמה רשת בינלאומית (ILTER) במטרה לעקוב אחר שינויים סביבתיים גלובליים והשפעתם על מערכות אקולוגיות שונות בכדור הארץ, ליצור שיתוף פעולה בין מדענים ממקומות שונים בעולם ולהקל ביצוע של מחקרים בין-תחומיים והשוואתיים. ברשת חברות כיום ארבעים מדינות, והיא משמשת כ"רשת של רשתות" מקומיות ואזוריות המאגדות אתרי מחקר (LTER sites) הממוקמים במגוון מערכות אקולוגיות ברחבי כדור הארץ. עם זאת, הדגש הוא, בשלב זה, על מחקרים ממוקדי אתר (Olsen et al. 1999) ולא על מחקרי רשת וסינתזה בין-אתרית. מורכבות המערכות האקולוגיות והדינמיקה העתית מעלות שאלות של תלות בקנה מידה (scale) בו נעשה ניטור, אינטראקציות בין מינים ותפקיד האדם במערכת. אתרי LTER בעולם עוסקים בהיבטים אלו בנוסף למחקר המסורתי יותר, המתנהל באותם אתרים עצמם. הנושאים המרכזיים המעסיקים את הרשת ברמה העולמית הם אובדן של מגוון ביולוגי, שינויי אקלים, שינויים באיכות הקרקע ובזמינות משאבי המים והשפעתם של מזהמים וכימיקלים רעילים.

הקמת תחנה לניטור ארוך טווח ברמת הנדיב

לאחר כעשרים שנות מחקר ברמת הנדיב, הגענו להכרה שאין די במחקרים קצרי מועד ושנדרשים גם מחקר וניטור אקולוגיים ארוכי טווח. זאת לצורך התוויית ממשק מתאים, כדי להבין טוב יותר את המערכת האקולוגית המקומית, כמו גם את ההשלכות האקולוגיות של ההתערבויות הממשקיות שאותן יזמנו (ראה שער VI). אמנם במהלך השנים גובשו עקרונות

מערכות אקולוגיות מכילות מאגר של מגוון גנטי ושל מינים ביולוגיים ומספקות שירותים ומוצרים שונים: מזון, תרופות ואנרגיה, אגירה של פחמן וגזי חממה, ויסות נגר, הטמעת פסולת וטיהור מים ויצירת הזדמנויות לתיירות ולנופש. רוב המערכות היבשתיות בעולם נתונות ללחצים גדולים כתוצאה מגידול אוכלוסין ומהחלטות אנושיות לגבי שימושי קרקע, אשר סביר שיימשכו בעתיד הנראה לעין. כתוצאה מלחצים אלו, עשויים לחול שינויים הן בארגון הפיזי של המערכות - בדמוגרפיה ובהרכב המינים שבהן - והן בתפקוד, בתנועה של אנרגיה וחומרים וביצרנות. כמו כן, שינויי אקלים צפויים לגרום לשינויים ביחסים תחרותיים בין מינים ולכן צפויים שינויים בהרכב המינים, באיכות הצומח כמזון לבעלי חיים, באיכות הכימית והפיזיקאלית של הקרקע וביצרנות הראשונית. בסוף שנות השמונים של המאה הקודמת, חל מהפך בחשיבה האקולוגית. מדענים החלו להביע אי-נחת מקנה המידה המרחבי והעתי של המחקר האקולוגי ומהתובנות העולות ממנו. הביקורת המרכזית על המחקר האקולוגי הקלאסי הייתה שאי אפשר להסתפק בתוצאות המתקבלות מחלקות קטנות (בקנה מידה של מטרים) ומניסויים האורכים שנים בודדות. ביקורת זו נשענה, בין השאר, על התובנה שהיחידות האקולוגיות מושפעות משמעותית מהפרעות (בצורת, שיטפונות, סערות הרסניות ועוד) שאינן שכיחות מאוד, אך שהשפעתן מרחיקת לכת. גם ההכרה שהטרונגיות נופית, ולא הומוגניות, מבטאת את הכלל באקולוגיה עזרה לגבש ביקורת על מחקר בקנה מידה קטן. במשך שנים היו מחקרים ארוכי טווח קשים לביצוע, ורוב תכניות המימון ניתנו למחקרים שהתמקדו בניסויים קצרי טווח, אשר הניחו כי קיים שיווי משקל במערכת (Gosz 2000).

עם הזמן, הגיעו מדענים רבים לתובנה כי נתונים ארוכי טווח חיוניים להבנתנו את השינויים הסביבתיים ושיש להם השלכות חשובות לגבי שמירת טבע וממשק. התברר כי המסקנות המתקבלות ממחקרים אקולוגיים ארוכי טווח שונות, במקרים רבים, מאלו המתקבלות ממחקרים דומים המתבצעים לטווח קצר (לדוגמה, Paruelo et al. 1999, Gross et al. 2000). תהליך הסוקצסיה, למשל, הוא מרכיב אינטגרלי של מערכות טבעיות וגורם חשוב המסביר את המבנה ואת הדגם המרחבי שלהן. זהו תהליך ארוך טווח במהותו, תלוי בסקאלת זמן ומרחב, רגיש לשינויי אקלים ולהפרעות אנתרופוגניות וכולל מרכיבים בכל רמות הארגון: מינים, חברות ונוף. רוב המחקרים בנושא זה התבססו על טווח הזמן הקצר לאחר הפרעה או על עיקרון של "החלפת זמן במרחב"; כלומר, השוואת אתרים הנמצאים בשלבים סוקצסיוניים שונים (Pickett 1989), שיטה שלא תמיד

ביולוגי רחב או לשים דגש על מינים מסוימים, אשר ניטור ומחקר שלהם יספקו אינפורמציה על המערכת כולה. מינים אלו עשויים להיות "מיני מטרה", שיש להם לעתים ערך חברתי, "מיני מבחן", שיש להם רגישות גבוהה במיוחד להפרעות או לתנאי עקה, או "אינדיקטורים ביולוגיים", המשמשים אבן בוחן לתהליכים בסיסיים או ליחסים בין מינים. האחרונים הם מינים שעשויים להעיד על תפקוד המערכת ואינם דווקא המינים הנפוצים יותר. ביניהם יש "מיני מפתח", שיש להם קשר חזק למינים אחרים ואשר שינוי קטן בהם משפיע באופן משמעותי על החברה כולה, ו"מיני מטרייה", אשר שימור בית גידולם מאפשר הגנה על מספר רב מאוד של יצורים נוספים (Woodward et al. 1999). יש לזכור שמושגים אלו נתונים כיום

לביקורת ברמה העקרונית (פרק 2, שער II).

גישה אחרת היא התמקדות בניטור של ה"מגוון הביולוגי" (biodiversity), מושג רחב שהפך בשנים האחרונות לאחת המטרות החשובות של ממשק בר-קיימא של שטחים פתוחים ושל יערות ונושא מרכזי בשמירת טבע. אקולוגים ואנשי ממשק בכל העולם מחפשים מדדים לבחון את המידה שבה תכניות ממשק מצליחות לתמוך במגוון ביולוגי עשיר בשטח שבו הן מופעלות (Lindenmayer et al. 2000). אומדן או הערכה של המגוון הביולוגי מאפשרים ניטור של שינויים בחברות לאורך זמן, יצירת סדרי עדיפויות לשימור והעלאת היפותזות לגבי דגמי פיזור של מינים והקשר שלהם לגורמי סביבה (Debinsky & Hamphrey 1997).

אשר למגוון הביולוגי, מדובר במושג רב-ממדי המציב בפנינו אתגרים לא פשוטים: האם נתמקד בניטור ההיבטים הדטרמיניסטיים (שינויים בבית הגידול, מינים פולשים), בגורמים הסטוכסטיים הקשורים אליו (אקלים, דמוגרפיה של אוכלוסיות - Woodward et al. 1999, Urban 2001) או בתהליכים אקוסיסטמיים דוגמת יצרנות ראשונית, או בתהליכים ברמת הנוף המתחייבים לפסיפס הדינמי של כתמים על גודלם, מספרם, צורתם והשתנותם במרחב?

אם כן, השאלה המרכזית שעמדה בפנינו בבואנו לעצב את אופייה העתידי של תחנת ה-LTER ברמת הנדיב הייתה: אילו נושאים או משתנים נכון לנטר לטווח ארוך? ברור כי יש להתמקד בשאלות שניטור לטווח קצר לא ייתן עליהן תשובות מספקות. מאידך גיסא, חוסר היכולת שלנו להקיף את כל קשת התחומים, והעובדה שהתועלת מניטור ארוך טווח אינה שווה לתחומים השונים ואינה מצדיקה תמיד את ההשקעה, מחייבים אותנו לקבוע סדרי עדיפויות. לנגד עינינו עמדה התפיסה שלפיה תחנת LTER, בניגוד לתחנת מחקר "רגילה", דורשת לאפשר התבוננות מערכתית יותר, הוליסטית, מתוך מבט היררכי.

שאלה חשובה לא פחות הייתה: מי קובע אחר אילו פרמטרים נעקוב לטווח הארוך? אחת הפעולות הראשונות שביצענו הייתה קיום ראינות עם אנשי מקצוע רלוונטיים מתחומי המחקר

ממשק מסוימים, אולם על עקרונות אלו להיבחנו גם בממד הזמן (ובעיקר בטווח הזמן הבינוני - עד עשר שנים, ובטווח הזמן הרחוק - עשרות שנים).

דוגמה הממחישה את חשיבותו של ניטור ארוך טווח התומך בממשק אפשר לראות בעבודתם של אנסלין וחבריו בפארק קרוגר שבדרום אפריקה, אשר התבצעה במשך 44 שנים ובחנה את ההשפעה של 14 טיפולי שרפה שונים על ההרכב, הצפיפות והמבנה של הצומח המעוצה (Enslin et al. 2000). שרפות מבוקרות הן כלי ממשקי בפארק, והן נועדו לספק מרעה ירוק לאוכלי עשב. המחקר תרם להבנת המערכת וקבע את הממשק הרצוי לטווח ארוך של שרפות יזומות או מבוקרות מבחינת עוצמה, עונה ותדירות.

ברמת הנדיב, החל המהלך בתהליך חשיבתי משותף למספר מדענים ואנשי מקצוע, שהיו מעורבים בעבודה המקצועית של הפארק באותו זמן (2001), במטרה לבחון היכן אנו נמצאים ולאן מועדות פנינו. מאחורינו עשרות מחקרים קצרי טווח, אשר נמשכו ברובם בין שנתיים לארבע שנים. בצדם של מחקרים אלה ישנה כמות עצומה של נתונים שנאספו על-ידי כחמישים חוקרים במגוון נושאים, שיטות, קני מידה ואמצעים, אבל ללא אינטגרציה או חשיבה לטווח ארוך.

לאחר תקופה ארוכה של דיונים, הוחלט להתחבר למגמה העולמית, ובספטמבר 2003 הוקמה ברמת הנדיב תכנית לניטור ולמחקר ארוכי טווח שהופכת את המקום לתחנת LTER לכל דבר ועניין. לנגד עינינו עמדו שתי מטרות עיקריות: מדעית וממשקית. שאיפתנו הייתה להשתמש בניטור כדי לשפר את הממשק בפארק באופן שיאפשר בטווח הארוך לשמר ולהעשיר את המגוון של המינים, החברות, הנופים והתהליכים המאפיינים את הנוף הים-תיכוני בפארק. כמו כן, רצינו שהפארק ישמש מודל לניהול של שטחים פתוחים באזור הים-תיכוני שבמסגרתו גם יפותחו שיטות חדשות למחקר, לניטור ולממשק. החזון שלנו היה לבנות עם הזמן מודלים לחיזוי של השינויים הצפויים במערכת האקולוגית בזמן ובמרחב, להעשיר את הפעילות החינוכית ולהעלות את המודעות של הציבור הרחב לנושאים אלו.

התלבטויות ודילמות

חרף ההכרה הבסיסית בצורך בניטור ארוך טווח, בבואנו לבנות תכנית מעשית נתקלנו בשאלות פתוחות רבות. שינויים במערכות טבעיות עשויים להתבטא בסקאלות מרחביות הנעות בין רמת הגן והפרט ועד לרמת הנוף (הפארק וגם האזור שסביבו), וכן בסקאלות זמן שונות, והיה עלינו להחליט מהן סקאלות הזמן והמרחב שבהן נתמקד. קושי עיקרי נוסף היה להחליט אילו פרמטרים או אינדיקטורים יספקו אינפורמציה מרבית ויתריעו מוקדם ככל האפשר על בעיות, בטרם ייווצרו שינויים בלתי הפיכים. ניטור אקולוגי יכול, כאסטרטגיה, להתמקד במגוון



צילום: שניא שניב

הקמת מערך הניטור

היעד הראשון שהצבנו לעצמנו היה הקמת מערך ניטור פשוט יחסית, שיאפשר איסוף נתונים לאורך זמן על-ידי אנשים שונים ולפי פרוטוקולים מובנים. השיטות שנבחרו לדיגום ולניתוח הן השיטות המתוארות בספרות ואשר נמצאות בשימוש נרחב. הבנו כי אין בידנו יכולת לייצג את הפארק על מורכבותו הרבה הכוללת אתרים, מיקרו-אתרים וממשקים שונים, ועלינו לבחור מספר קטן של משתנים בעלי משמעות למעקב ארוך טווח ולבנות "פרוטוקולים אדפטיביים" אשר ישתנו ויתעדכנו לאחר תקופת הרצה, שתאפשר לאמוד את איכות התוצר ביחס למאמץ הדיגום ולתקציב הנדרש. הניסיון בעולם מראה שגם פרוטוקולים שנבנו לאחר תכנון מוקדם נזקקים לעדכונים ולשינויים עקב תובנות חדשות לגבי עבודת השדה, התקדמות בשיטות הניתוח וגורמים נוספים (Oakley et al. 2003). החלטתנו הייתה להתמקד מצד אחד ב"מצב הטבע" (אוכלוסיות מרכזיות), ומן הצד האחר לבחון את השפעתם של פעולות ממשק, של שימושי קרקע שונים ושל שינויי אקלים גלובליים על מספר פרמטרים המשקפים את מצב המערכת האקולוגית ברמת הנדיב מבחינת תפקודה וזמינות "שירותי המערכת"

השונים בפארק לגבי דעתם על משתני הניטור החשובים. להפתעתנו, מצאנו כי אין ביכולתנו להגיע לקונצנזוס פנימי על הזהות או על מידת החשיבות של מדדים שונים לניטור, כאשר קבוצות רבות ושונות הוגדרו על-ידי חוקרים ואנשי שדה מדיסציפלינות שונות, כביו-אינדיקטורים מהותיים לבירור מצבה של המערכת האקולוגית ברמת הנדיב. נושא נוסף היה שאלת הסקאלה המרחבית. בחרנו את קנה המידה של הפארק כולו (4,700 דונם) משום שהוא יאפשר לענות בצורה מיטבית על שאלות לגבי אינטראקציות בין מינים, התפלגות של צורות חיים, יצרנות ראשונית ועוד. עקב חוסר היכולת לייצג בדיגום את המרחב כולו, נדרשת לעתים אקסטרפולציה של תוצאות במרחב ובזמן, פעולה מורכבת הדורשת בפני עצמה ידע לגבי המידה שבה אפשר לתרגם מסקנות או ממצאים מסקאלה צרה לרחבה או מרמת ארגון אחת לאחרת (Wu & Hobbs 2002). כיוון זה הוביל להתלבטות לגבי המידה שבה בחירה של אתרי דיגום מסוימים בפארק יכולה לייצג את השטח הרחב יותר, כאשר לעתים, שימוש ב-GIS ויישום של מודלי סימולציה למאגרי נתונים מרחביים אזוריים יכולים לסייע לגשר על פער זה (Burke & Lauenroth 1993).

מיומן, אולם היחס בין התוצר למאמץ כאן הוא גבוה. הניטור מתבצע, משיקולים לוגיסטיים, אחת לשנתיים, והכוונה היא לקבל במרוצת השנים תמונה המשקפת את הדינמיקה של מגוון המינים והרכבם בין בתי גידול ובין שטחים עם רעייה ובלעדיה, ולהפריד את התנודות הבין-עונתיות והבין-שנתיות מהמגמה הכללית (פרק 4, שער VI).

בנוסף, עומדים שני פרויקטים מרכזיים לקראת סיום של שלב מחקרי מקדים בן שלוש שנים והפיכתם לתכנית ניטור מובנית: תהליכים ביו-גיאוכימיים בקרקע (הצטברות וקצבי פירוק של חומר אורגני ושל הרכב מינרלים מרכזיים בקרקע בכתמים צמחיים מטיפוסים שונים: פתוח, סבוך, שיח דליל) ותהליך התפשטות המין המחטני אורן ירושלים בשטחים של גריגה ושל חורש טבעי (פרק 5, שער IV).

לגבי עולם החי, הוחלט לא לנסות לנטר חלק נכבד של המגוון הביולוגי אלא להתמקד במספר קטן של מינים או קבוצות מפתח, המייצגים היבטים שונים של המערכת האקולוגית: תנים (יונקים, טורפים, מין מתפרץ); צבאים (יונקים, אוכלי עשב, בעלי העדפה מובהקת לכתמים הפתוחים בנוף); עופות אוכלי פירות (אינדיקאטור לתרומה הטרופתית של המרכיב המעוצה [פירות עסיסיים] במערכת ולמצב הסבך) (Canterbury et al. 2000); חוגלות (דוגר קרקע, אינדיקאטור לטריפה ולסגירת החורש); פרפרים (אינדיקאטור לשינויי אקלים, ניטור בתדירות נמוכה, אחת לחמש שנים). לכל מין או קבוצה נבנה פרוטוקול ניטור ספציפי, תוך הסתייעות במומחים מתאימים.

למשתנים אלה נוסף מעקב ממושרד אחר איילי כרמל שהושבו לטבע בפארק ושל טורפים שייכדו לצורכי מעקב שוטף (חזירי בר, שועלים, גיריות). יערך סקר דריסות מובנה בכבישים המקיפים את הפארק, כמו בפארקים דומים בעולם המוקפים בסביבה עירונית (Cahill et al. 2003). סקר כזה הוא כלי חשוב בניטור הדינמיקה של אוכלוסיות בעלי חיים ברמת הנדיב, ויש לו גם היבט מעשי: זיהוי של צווארי בקבוק למעבר בעלי חיים

ניטור תהליכים ביו-גיאוכימיים ברמת הנדיב



צילום: שגיא שגב

שהיא מספקת: משאבי מים וקרקע, יצרנות ראשונית, מגוון ביולוגי, בתי גידול מגוונים לבעלי חיים ונוף פתוח לבני אדם. התכנית נבנתה מתוך מבט היררכי:

- רמת האוכלוסייה - דינמיקה של אוכלוסיות של מספר מינים מרכזיים.
- רמת החברה/מגוון מינים - שינויים במגוון ובהרכב של מיני הצומח העשבוני ושל כמה קבוצות נבחרות של בעלי חיים.
- רמת האקוסיסטמה - תהליכי ייצור ראשוני, פירוק ומחזור של נשר עלים.
- רמת הנוף - שינויים באחוז הכיסוי ובמבנה הצומח המעוצה, כמו גם בדגם המרחבי של כתמי הנוף, כתוצאה מהתערבויות ממשקיות מכוונות דוגמת רעייה של בקר ועזים או כריתה. בהמשך מתוכננת הרחבה גם לתהליכים טבעיים כמו התנחלות אורנים בשטחי הגריגה.

מבנה התכנית וקווים מנחים לבחירת הפרמטרים לניטור

מבנה תצורות הצומח הוא גורם מרכזי בקביעת המגוון הביולוגי בחורש הים-תיכוני. כתמים בעלי מבנה צומח שונה משמשים בית גידול למינים עשבוניים שונים ולבעלי חיים (פרק 2, שער I). כמו כן, יש להם ערך נופי-חזותי שונה ופוטנציאל שונה לנופש ולטיולים. ברמת הנדיב, כמו בכל הנופים בישראל ובאזור הים-תיכוני, הצומח המעוצה הולך ומתפתח ושיעור הכיסוי של הנוף המעוצה גדל בהתמדה (בתהליך הסוקצסיה). כדי לשמר מגוון של נופים ובתי גידול, ובהתאם גם מגוון ביולוגי, חשוב לווסת תהליך השתלטות זה. ניטור הצומח העשבוני והמעוצה נעשה באתרים שונים בפארק ובזיקה לתכנית הממשקית הכוללת רעייה של עדר בקר לבשר ועדר עזים, כריתה וטיפול יערני (פרק 1, שער VI). הוקמו עשר חלקות בחמישה אתרים, בכל אחד מהם שטח עם רעייה ובלעדיה. אתרי הניטור הם גריגה פתוחה למחצה, אזור חיץ המשלב רעייה נרחבת וכריתה, תת-היער של חורשת אורנים צפופה ושל חורשת ברושים צפופה ומפנה צפוני של נחל המשלב ממשק רעייה של בקר ועזים. ביומאסה עשבונית על-אדמתית נמדדת בעזרת אומדנים חזותיים וכיול על-ידי קציר ושקילה, ומסייעת לניהול של מערכת הרעייה העונתית.

אחת לשנה, באוגוסט, מתבצע צילום אוויר של הפארק כולו. נתוני הצילום מעובדים מדי כמה שנים בשיטות GIS, ואפשר לקבוע לפיהם את ההשפעה של טיפולי הממשק ושל גורם הזמן על שינויים בשימושי הקרקע ובדגם המרחבי של הכתמים ועל כיסוי הצומח המעוצה. שינויים אלה משמשים מדד להתקדמות הסוקצסיה, וכן למידה שבה קיים בשטח רצף של שטחים פתוחים, המאפשר הפצת צמחים וניידות של בעלי חיים - גורם בעל חשיבות עליונה מבחינת שמירת טבע.

כאינדיקאטור לנושא מגוון המינים, נבחר מגוון הצומח העשבוני. ניטור זה אמנם דורש עבודת שדה רבה של כוח אדם

נוספת הייתה הנגשת מסד הנתונים לקהלים שונים דרך רשת האינטרנט. תכנית הניטור נבנתה כך שתספק נתונים באיכות גבוהה המלווים בתיעוד מובנה (Metadata), ושאיפתנו, העומדת כיום בשלבי ביצוע מתקדמים, היא לאפשר שיתוף נתונים באמצעות מאגר אינטראקטיבי ברשת, שדרכו יהיה אפשר לאתר ולשלוף מידע בקלות. למעשה, רעיון ה-LTER משמש בעבורנו "מודל עבודה" (framework) המראה כיצד איסוף וניהול נכונים של נתונים מקלים ביצוע של מחקר ושל ממשק אינטגרטיביים (Baker et al. 2000).

ההכרה בחשיבותה של ראייה ארוכת טווח השפיעה גם על המחקרים קצרי הטווח המתבצעים כיום בפארק. רישום הנתונים, למשל, מתבצע בסטנדרטים גבוהים ואחידים, כדי שגם נתונים של מחקרים קצרי טווח יישמרו לאורך שנים ויוכלו לשמש לסינתזה ולהשוואות. בנוסף, הותוו כללים לשיתוף מידע, וחוקרים המעוניינים לבצע מחקר בשטח רמת הנדיב מחויבים להשאיר את הנתונים עבור המאגר הממוחשב הכללי לאחר סיומם של המחקר והפרסום. כמו כן, בתום המחקר, עליהם לגבש המלצה לגבי האופי והתדירות של הניטור העתידי (במידת הצורך).

כיוונים ושיאופות לעתיד

Measurements only become information when their meaning is understood (Sharro & Seefeldt 2006)

כיום, לאחר סיומן של כמעט שמונה שנות ניטור, עדיין עומדות בפנינו שאלות מהותיות: כיצד תוכל תכנית הניטור לייצג תהליכים ולבחון היבטים של תפקוד המערכת, ולא דגמים מבניים בלבד? איך ננטר את שינויי האקלים כאשר קיימת אי-ודאות לגבי גורמי התגובה המרכזיים שאותם יש לנטר? מהו המבנה הסופי של הניטור ארוך הטווח ברמת הנדיב וכיצד נטמיע את הנתונים שהוא יספק בתהליכי קבלת ההחלטות הממשקיות?

הניטור אמור לתת תמיכה בממשק האדפטיבי בפארק כך שתתאפשר קבלת החלטות מבוססת-מידע שהיא חלק חשוב בעבודתנו. חזוננו לעתיד הוא הרחבתה של קשת הפרמטרים לניטור ארוך טווח והפעלתה של תכנית ניטור מגוונת, מעודכנת ומגובשת שיהיה אפשר להפיק ממנה תובנות על מצבו האקולוגי של הפארק ועל הממשק המתאים לשמירה על משאבי הקרקע והמים, על הטבע ועל הנוף בשטחו. חזון זה כולל גם העמדה של מרכז נתונים אינטראקטיבי ודינמי ברשת האינטרנט.

אנו שואפים להבנה טובה יותר של הקשר בין גורמים א-ביוטיים ופעולות ממשק לבין שינויים במגוון הביולוגי ובתפקוד המערכת האקולוגית בכל הרמות, וכן של שינויים במשטר האקלימי ובמשק המים תוך הפרדה של השפעת התנודות השנתיות והעונתיות מהשינויים הגלובליים.

לצורך תכנון עתידי של מעברי בעלי חיים בכבישים אלה. בפארק הוקמה תחנה מטאורולוגית המספקת באופן שוטף נתונים אקלימיים מפורטים. כדי לבחון את נושא שינויי האקלים ואת היחס בין תנודות בין-שנתיות לבין המגמה הרב-שנתית הכללית, יש צורך בניתוח של סדרות זמן אשר יציג את המגמה הכללית לאורך שנים לאחר ניכוי השינויים הבין-שנתיים והתוך-שנתיים. מערך הבחירות וההחלטות שגובש לכדי תכנית הניטור ארוכת הטווח של רמת הנדיב אינו קופסה קשיחה. הנתונים מנותחים אחת לכמה שנים, ואנו עומדים עם "יד על הדופק" מבחינת יכולתנו להפיק מהמדדים שנבחרו תובנות שיסייעו לנו להבין טוב יותר את המערכת ולסייע להחלטות הממשק בשטח הפארק. במהלך שמונה השנים שבהן מופעלת תכנית הניטור, נערכו לא מעט סקרים ומחקרים קצרי מועד שנועדו, בין השאר, לבחון את התאמתם של פרמטרים נוספים או של קבוצות נוספות לניטור ארוך הטווח. סקרים/מחקרים אלה עסקו בהרכב של חברת הזוחלים, במגוון פטריות הכובע, במגוון ובשפע של דו-חיים וחסרי חוליות בברכות המעיין. כמו כן, נערך סקר אזורי של מגוון העכבישים והחיפושיות והמגוון והשפע של יונקים קטנים. בכל המקרים הנ"ל הוחלט שלא לצרף את הקבוצה הנחקרת למערך הגורמים המנוטרים לטווח ארוך. קבוצות נוספות דוגמת עטלפים נמצאות בשלב של סקר מצאי ראשוני והתאמתן לתכנית הניטור תיבחן בהמשך.

הפעלת תכנית הניטור מצריכה לוגיסטיקה מורכבת הכוללת גיוס של אנשי מקצוע בתחומים שונים למספר ימים בשנה, לצורך עבודת השדה (בהתאם לפרוטוקול) והטיפול בנתונים. כל הנתונים נאספים באופן דיגיטלי-מרחבי תוך שימוש במחשבי כף-יד וב-GPS, ועם סיום האיסוף הם נשארים בידי צוות המחקר של רמת הנדיב שעליו מוטלת האחריות לניתוחם.

בנייה של מסד נתונים (database) ארוך טווח

אחת המשמעותיות של רעיון הניטור ארוך הטווח היא "הארכת חיי הנתונים"; כלומר, שרידותם מעבר לזמן הפרויקט שיצר אותם. אם בעבר רוב הנתונים נאספו, עובדו, פורסמו ונזנחו, הרי שלפי המודל העכשווי, לאחר הפרסום הראשוני של נתוני המחקר על ידי החוקר, הנתונים מוזנים למאגר המאפשר שימוש נוסף בהם, סינתזה שלהם, מחקרים על שינויי אקלים גלובליים וניתוחים אזוריים (עפ"י Porter 2000).

מכיוון שברמת הנדיב התקיימה תשתית מחקרית נרחבת לפני הקמת התחנה לניטור ארוך טווח, היה השלב הראשון בפרויקט ריכוז של מאגרי המידע הקיימים (ששימשו מחקרים קצרי טווח שנערכו בפארק) וסיווגם לחומר בשלב האיסוף, העיבוד או לאחר הפרסום. בשלב השני החל יישום בשלבים על-פי קדימויות של תכנית הניטור המובנית. דגש מיוחד הושם על כך שכל הנתונים יהיו זמינים בצורה מרחבית ב-GIS, כדי לאפשר ביצוע של חיתוכים וחפיפות בהתאם לשאלות המעניינות אותנו. מטרה

- Urban, D.L.** 2000. Using model analysis to design monitoring programs for landscape management and impact assessment. *Ecological Applications* 10: 1820-1832.
- Woodward, A., Kurt, J.J. & Edward, G.S.** 1999. The role of ecological theory in Long-Term Ecological Monitoring: Report on a workshop. *Natural Areas Journal* 19: 223-233.
- Wu, J. & Hobbs, R.** 2002. Key issues and research priorities in landscape ecology: An idiosyncratic synthesis. *Landscape Ecology* 17: 355-365.
- Baker, K.S., Benson, B.J., Henshaw, D.L., Blodgett, D., Porter, J.H. & Stafford, S.G.** 2000. Evolution of a multisite network information system: the LTER information management paradigm. *BioScience* 50: 963-978.
- Burke, I.C. & Lauenroth, W.K.** 1993. What do LTER results mean? Extrapolating from site to region and decade to century. *Ecological Modelling* 67: 19-35.
- Cahill, S., Tenes, A., Limona, F., Reventos, R., Cabaneros, L. & Bonet-Arboli, V.** 2003. Predicting fragmentation effects of future planned infrastructure on wildlife habitats in protected metropolitan greenspace. The case of Collserola Park in Barcelona. Habitat Fragmentation due to Infrastructure – IENE. Internal document.
- Callahan, J.T.** 1984. Long-Term ecological research. *BioScience* 34: 363-367.
- Canterbury, G.E., Martin, T.E., Petit, L.R. & Bradford, D.F.** 2000. Bird communities and habitat as ecological indicators of forest condition in regional monitoring. *Conservation Biology* 14: 544-558.
- Debinski, D.M. & Humphrey, P.S.** 1997. An integrated approach to biological diversity assessment. *Natural Areas Journal* 17: 355-365.
- Enslin, B.W., Potgieter, A.L.F., Biggs, H.C. & Biggs, R.** 2000. Long-term effects of fire frequency and season on the woody vegetation dynamics of the *Sclerocarya birrea*/*Acacia nigrescens* savanna of the Kruger National Park. *Koedoe* 43: 27-37.
- Gosz, J.R.** 2000. Towards a global understanding – An introduction to the International Long-Term Ecological Research Network. Spratt, P. *The International Long Term Ecological Research Network 2000: Perspectives from Participating Networks*. Oxford: Oxford University Press.
- Gross, K.L., Willig, M.R., Gough, L., Inouye, R. & Cox, S.B.** 2000. Patterns of species density and productivity at different spatial scales in herbaceous plant communities. *Oikos* 89: 417-427.
- Hobbie, J. E., S. R. Carpenter, N. B. Grimm, J.R. Gosz, and T. R. Seastedt.** 2003. The U.S. Long Term Ecological Research Program. *BioScience* 53:21-32.
- Lindenmayer, D.B., Margules, C.R. & Botkin, D.B.** 2000. Indicators of biodiversity for ecological sustainable forest management. *Conservation Biology* 14: 941-950.
- Oakley, K.L., Thomas, L.P. & Fancy, S.G.** 2003. Guidelines for long-term monitoring protocols. *Wildlife Society Bulletin* 31: 1000-1003.
- Olsen, A.R., Sedransk, J., Edwards, D., Gotway, C.A., Liggett, W. & Rathbun, S.** 1999. Statistical issues for monitoring ecological and natural resources in the United States. *Environmental Monitoring and Assessment* 54:1-45.
- Paruelo, J.M., Lauenroth, W.K., Burke, I.C. & Sala, O.E.** 1999. Grassland precipitation-use efficiency varies across a resource gradient. *Ecosystems* 2:64-68.
- Porter, J.H.** 2000. Scientific databases. In: Michener, W.K. & Brunt, J.W. (Eds.). *Ecological Data – Design, Management and Processing*. Oxford, UK: Blackwell Science LTD.
- Pickett, S.T.A.** 1989. Space-for-time substitution as an alternative to long-term studies. In: Likens, G.E. (ed.) *Long Term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives*. New York: Springer-Verlag. pp. 110-135.
- Sharrow, S. H. & Seefeldt, S.S.** 2006. Monitoring for success. In: A. Peischel and D.D. Henry (Eds.). *Targeted Grazing: A Natural Approach to Vegetation Management and Landscape Enhancement*. Englewood, CO: American Sheep Industry Association. Chapter 5.