



טיוטת הצעה לתכנית ניטור השטחים הפתוחים בישראל

מבואות, הצעה לתכנית ופרוטוקולים

אורנע רייזמן-ברמן 6.9.09



עריכה לשונית: **נועה אנג'ל שטיינר**

צילומים: **נועה אנג'ל, עמית גירון, שגיא שגיב**

טיטות חוברת הניטור גובשה מתוך סדנאות המאר"ג בנושא גיבוש תוכנית לאומית לניטור מגוון, מידע הקיים בקק"ל, רט"ג הג"ס, מידע מחקרי קיים על המערכות האקולוגיות בארץ ומידע הקיים בעולם בתחום הניטור.

חברי צוות ההיגוי של ועדת הניטור:

משה שחק - אוניברסיטת בן-גוריון
 אלי גרונר - אוניברסיטת בן-גוריון
 לירון דין - המשרד להגנת הסביבה
 מנחם זלוצקי - המשרד להגנת הסביבה
 גידי נאמן - אוניברסיטת חיפה
 אבי פרוכלוצקי - מכון המחקר החקלאי - וולקני
 אורנע רייזמן-ברמן - אוניברסיטת בן-גוריון
 יהושוע שקדי - רשות הטבע והגנים

תודות לכולם על ההשתתפות הפעילה בגיבוש הרעיונות: ועדת ההיגוי של הניטור, אנשי היחידה המדעית של הרשות, אנשי המשרד להגנת הסביבה אנשי קק"ל, צוות פיתוח פרוטוקול, אורחים ויועצים מרחבי העולם.

אורנע רייזמן-ברמן, ספטמבר 2009



תוכן עניינים

הקדמה

7.....תכנית ניטור המגוון הביולוגי - רקע מדעי משה שחק ואלי גרונר

1. מבואות

- 11.....1.1 סוגי וגישות ניטור אקולוגי
 א. מה בין סקר למעקב לניטור
 ב. ניטור אקולוגי
 ג. מה מנטרים, וכיצד מגדירים את השינוי שחל במערכת האקולוגית?
 ד. סוגי ניטור אקולוגי
 ה. גישות לניטור אקולוגי ארוך-טווח
 ו. הגדרות סוגי הניטור וגישות הניטור בתוכנית הניטור המוצעת
- 15.....1.2 מודלים כמסגרת רעיונית לניטור
 א. מודלים כמסגרת רעיונית לניטור
 ב. הצעה למודל תהליכי כבסיס לניטור: מודל מס"ה
- 24.....1.3 הניטור ככלי בידי מקבלי החלטות: אינדיקטורים ופרמטרים לניטור
 א. מדיניות ומדע: עולמות שונים, חוקים שונים ושפות שונות
 ב. כלים לגישור פערים בין מדע האקולוגיה למקבלי ההחלטות
 ג. מסגרת רעיונית וארגונית ליישום גישור בין מחקר וניטור אקולוגיים לממשל וקביעת מדיניות-ע"פ רון פוליאם

2. הצעה לתכנית הניטור של השטחים הפתוחים

- 35.....2.1 מטרות הניטור
- 36.....2.2 הצעה למסגרת רעיונית לבניית אינדיקטורים לניטור במאר"ג
- 39.....2.3 סכמת תכנית הניטור
- 40.....2.4 תמצית רבדי הניטור
- 41.....2.5 אינדיקטורים ותרגומם לפרמטרים
 א. אינדיקטורים ותוצרי ניטור
 ג. אינדיקטורים על-אזוריים
- 47.....2.6 פירוט רבדי תכנית הניטור
- 55.....2.7 אינדיקטורים לניטור על פי רמות ארגון אקולוגיות

3. ניטור מצבים, תהליכים וכוחות מניעים ספציפיים: מסגרות רעיוניות, מתודולוגיות ופרוטוקולים

- 63.....3.1 מסגרת רעיונית לניטור צומח ופרוטוקול דיגום צומח
- 69.....3.2 ניטור ארוך טווח של צומח מעוצה במסגרת המאר"ג

4. נספחים

- 79.....4.1 הניטור הלאומי על פי רשות שמורות הטבע והגנים - יהושוע שקדי
- 82.....4.2 הניטור הלאומי על פי קק"ל - ישראל טאובר
- 85.....4.3 הניטור הלאומי על פי המשרד להגנת הסביבה - לירון דין ומנחם זלוצקי
- 90.....4.4 המסמך המאחד: עקרונות לבניית תוכנית לאומית לניטור ע"י המאר"ג - אורנע רייזמן-ברמן
- 95.....4.5 מאמרים מתורגמים
- 108.....4.6 הקמת חלקות והערכת כיסוי צומח מתוך פרוטוקול סקר הצומח של צ. קרוליינה



תכנית ניטור המגוון הביולוגי - רקע מדעי

הקדמה

לשרותים של המערכות האקולוגיות ויקטין את אבדן המגוון הביולוגי תוך התמודדות עם האיומים למגוון. קק"ל ביקשה לנטר פרמטרים אשר יספקו תמונת מצב אקולוגית של היער (בריאות היער) כחלק מתמונה כוללת של מצב השטחים הפתוחים בישראל בסטנדרט אחיד ומתואם עם גופים אחרים. רט"ג ביקשו להכיר את השינויים במגוון, הגורמים לשינויים אלו ומשמעותם לשמירת טבע על מנת לכוון את הפעילויות הממשקיות של הארגון לשמירת המגוון. ברט"ג ובקקל מתבצעות תוכניות ניטור אולם ללא תיאום. אחת ממטרות תוכנית הניטור הלאומי של המארג היא, אם כן, לאחד, לארגן ולהרחיב את תוכניות הניטור הללו.

תוכנית הניטור בה משתתפים, מלבד גופי ניהול השטחים הפתוחים, גם מדענים עשויה להביא תועלת לאנשי הממשק והמדע כאחד. אנשי הממשק והמדענים מחפשים כלים לאומדן מצב הטבע לאורך זמן על פני שטחים נרחבים. תוכנית הניטור הלאומית תחפש דרכים להתמודד עם שילוב זה. ההתמודדות נעשתה על ידי סדנאות משותפות לגיבוש תוכנית ניטור אדפטיבית.

להתמודדות עם מורכבות תוכנית הניטור נערכו במהלך השנתיים 2008 - 2009 במארג סדנאות ופגישות אישיות רבות של אורנע עם נציגי הארגונים והמדענים בנושא תוכנית הניטור. בחלק מהסדנאות והפגישות השתתפו גם מומחים מחו"ל שדווחו לנו על ניסיונם בניהול מערכות ניטור. המומחים שמשו גם כיועצים לבניית תוכנית הניטור הישראלית.

במהלך השנתיים האלו התגבשנו בהבנתנו את הנדרש לצורכי בניית תוכנית לאומית והפנמנו את הלקסיקון, השפה והקשיים על מנת לעבור את המכשולים לקראת ביצוע תוכנית ניטור.

חוברת זו מתארת את הרקע התאורטי לתכנית הניטור, את הבסיס המדעי, תכנית לעבודת שדה ואת התהליך אותו עברנו עד סוף 2008. התהליך המתואר כאן הוא הבסיס לתכנית הניטור האופרטיבית אותו אנו מקווים להוציא בקרוב לפועל. הרקע הזה אפשר לנו להתפתח ולפתח הן את תכנית הניטור הממשקית ובאה והן את ד"ח מצב הטבע הנשען על רעיונות אלו.

אנו רוצים להודות, מכל לב, לאורנע שהביאה אותנו עד הלום בדרך חתחתים לא סלולה. משה שחק ואלי גרונר אוקטובר 2010

עם הקמת המארג ב-2007 הוחלט להרחיב את הפעילות מעבר לתחנות המחקר של הLTER (מחקר אקולוגי ארוך טווח) ולגבש תכנית לאומית לניטור המגוון הביולוגי. לתוכנית הלאומית מספר מטרות:

1. הרחבת סקאלת המעקב אחר השינויים במגוון הביולוגי כאינדיקטור למצב השטחים הפתוחים מרמת האתר (תחנת LTER) לרמה האזורית והארצית.
 2. זיהוי שינויים מדאיגים במגוון הביולוגי וחיפוש דרכים לשימור ושיקומו.
- הגופים המנהלים את השטחים הפתוחים בישראל - רט"ג וקק"ל - הביעו עניין מיוחד בהרחבת פעילות המארג לניטור לאומי מתוך הנחה שזה יסייע להם בקבלת החלטות ממשקיות בניהול שטחים פתוחים. המשרד להגנת הסביבה כשותף בכיר במארג הביע גם הוא עניין בתוכנית הניטור הלאומי מתוך הנחה שהמידע שייאסף בתוכנית זו יהדק את הקשר בין ידע מקצועי ומעודכן לקבלת החלטות מושכלות לגבי השטחים הפתוחים. העניין הרב שהביעו הגופים הנ"ל בפיתוח תוכנית המגוון הביולוגי שיכנע את הנהלת המארג להיערך לגיבוש תוכנית זו. המארג נערך להכנת תוכנית ניטור לאומית וב-2008 גייס את ד"ר אורנע רייזמן-ברמן לרכז תוכנית זו.

עם הזמן התברר שלהכין תוכנית לאומית לניטור המגוון הביולוגי בישראל מהווה אתגר הנובע ממורכבות העיונית והמעשית של הנושא והגישות המגוונות להתמודדות עמו. ראשית, הקשר שבין ניטור למחקר שנוי במחלוקת. האם ניטור היא פעילות מדעית העומדת בפני עצמה או היא חלק בלתי נפרד מפעילות מחקרית? בעולם המדעי לא תמיד ברור היכן נגמר המחקר והיכן מתחיל הניטור. הרבה מהמדענים איתם התייעצנו לא הצליחו להגדיר את ההבדל ורבים טענו שאין טעם לנסות להבדיל. גם כאשר מאמצים את המושג ניטור כתצפיות בזמן ובמרחב של משתנים מדידים על מנת לזהות מגמות של שינוי עדיין הדרך ליצירת תכנית ברורה ומוסכמת ארוכה ורבה. מתברר שישנם בעולם מודלים רבים ומגוונים לניטור סביבתי והמגוון הביולוגי בתוכו. המארג עמד בפני הדילמה איזה מודל לבחור וכיצד להתאימו לצרכים המיוחדים של ישראל. ההתאמה לצרכים של ישראל התבררה כבעייתית. הצרכים השונים של הגופים החברים במארג הופכים את המושג של תכנית לאומית למשימה על גבול הבלתי אפשרי. בהתאם לצרכים השונים השאלות הניטוריות משתנות למשל: האם אנחנו מנטרים אינדיקטורים לשינויים במצב הטבע בכלל ולא רק שינויים במצב המגוון הביולוגי? מה מהמגוון הביולוגי העצום המצוי בשטחים הפתוחים שאנו רוצים לנטר? האם הניטור מכוון לזיהוי שינויים בהשפעת האדם? האם הניטור מכוון לזיהוי שינויים בשרותי המערכת שמספקות האקוסיסטמות השונות לאדם? האם הניטור יכול לזיהוי סיכונים למגוון? האם הניטור מכוון לזיהוי שינויים טבעיים כתוצאה מתהליכים סוקצסיוניים או בעקבות שינויי אקלים? או האם צריך לנטר, מספר רב של משתנים, ללא שאלה מכוונת ככלי לזיהוי שינויים עתידיים בלתי צפויים?

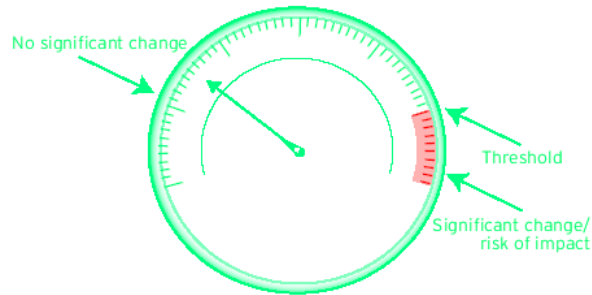
המשרד להגנת הסביבה ביקש ניטור שיאפשר החלטות לפיתוח בר קיימא תוך שמירה על המגוון הביולוגי, יבהיר את הקשר בין פיתוח





1 מבואות





איור 1: תיאור ציורי של ניטור על-פי קו בסיס המוגדר כערכים הנמצאים בתחום השונות הטבעית. ערך הסף Threshold הוא ערך אשר מעליו או מתחתיו, היישות המנוטרת חורגת ממצבה התיפקודי.

זה, ניטור אקולוגי עוקב אחר שינויים החלים במבנה ובתפקוד של מערכות אקולוגיות. בכל סוגי הניטור בוחנים את התחום של השונות הטבעית כאשר השערת האפס של הניטור טוענת כי השינויים יהיו בתחום השונות הטבעית האופיינית לסביבה הנבחנת, ושינויים אלו ינבעו אך ורק מאירועים טבעיים. בכדי לבצע מעקב ולהבין את השינויים, יש להכיר את התנהגות המערכת ואת השונות הטבעית.

המונח ניטור מגוון ביולוגי - Biodiversity משקף בדרך כלל ניטור מגוון רחב של מרכיבים ביולוגיים: מגוון מינים, מגוון חברות, מגוון מערכות, מגוון נופים ומגוון תהליכים (<http://www.cbd.int/convention/guide.shtml>). **ניטור** המגוון הביולוגי בניגוד לניטור מרכיב בודד או כמה מרכיבים בודדים וכוללים במערכת האקולוגית, משקף את הכרתנו בעובדה כי המערכות האקולוגיות הינן מורכבות. כמו כן, גישה זו משקפת את מעורבותנו הפעילה בשימור המערכת כולה, בניגוד לגישה שימור המגיבה לשינויים באוכלוסיות מינים נבחרים (Scot 1995).

ג. מה מנטרים, וכיצד מגדירים את השינוי שחל במערכת האקולוגית?

מאחר והניטור עוקב אחר שינויים במצבים ותהליכים של מערכת, המשתנים הנאספים הם אלו המצביעים על השינוי במצבים של המערכת (state variables) או שינוי בתהליכים החלים במערכת. כל-זאת על-פי רעיון מומשג (מודל קונספטואלי) המספק תמונה כיצד ומאלו מרכיבים מורכבת המערכת וכיצד המערכת הנבחנת מתפקדת. במודלים קונספטואליים אלו, משולבים לעיתים גם גורמים חיצוניים אשר משפיעים על המערכת, כגון גורמים המאיימים על המערכת האקולוגית היכולים להיות ממקור אנטרופוגני, אקלימי, פוליטי-מדיני וכו'.

הנתונים הנאספים המורים על מצב המערכת נקראים **אינדיקטורים Indicators**. המושג אינדיקטורים הוא רחב למדי; אינדיקטורים יכולים להיות המשתנים עצמם הנאספים בשדה, מספר של משתנים או אפילו קומפלקס של משתנים אשר מורים על שינוי במערכת. האינדיקטורים נגזרים מתוך המודל הרעיוני של המערכת והם יכולים להיות מצבים שונים או תהליכים שונים. על-פי מטרות הניטור, אינדיקטורים יכולים להיות גם משתנים העוקבים אחר הגורמים לשינויים במצבים או בתהליכים, כגון גורמים המאיימים על המערכת האקולוגית (ריכוז רעלנים, לדוגמה).

1.1 סוגי וגישות ניטור אקולוגי

- א. מה בין סקר למעקב לניטור?
- ב. ניטור אקולוגי
- ג. מה מנטרים, וכיצד מגדירים את השינוי שחל במערכת האקולוגית?
- ד. סוגי ניטור אקולוגי
- ה. גישות לניטור אקולוגי ארוך-טווח
- ו. הגדרות ניטור וגישות ניטור בתוכנית הניטור המוצעת

א. מה בין סקר למעקב לניטור?

מעקב בכלל, ומעקב אחר מערכות ביולוגיות יכול להתבצע בכמה אופנים הנבדלים ביניהם בהגדרתם במטרות המעקב ובתדירותו. מבחינים בין **סקר** (Survey), **מעקב** (Surveillance) ו**ניטור** (Monitoring).

סקר, הוא אירוע חד-פעמי המספק תמונה על מצב קיים. במקרים מסוימים, נתוני הסקר יכולים לשמש כנקודת ייחוס או כקו בסיס - baseline למעקב אחר השינויים בזמן או במרחב. למשל, תמונת מצב דמוגרפית של אוכלוסיית הצבאים בעמק יזשכר.

מעקב, הוא סידרת סקרים חוזרים למדידת שינויים עם הזמן כגון שינויים במשקעים, לכידות, מספר בקבוקי קולה בחוף הים וכו'. לעומתו, **ניטור**, הוא סידרת סקרים חוזרים המשתמשים בקו-בסיס כמותי כסמן מידה (benchmark). מטרת הסקרים היא להעריך את השינויים החלים או את ההתקדמות לקראת מצב רצוי מסוים. לדוגמה, השוואת השינויים בתדירות הצבועים בשמורה אשר יש בה מדיניות ממשק להקטנת האוכלוסייה בכ-80%.

האבחנה בין מעקב וניטור, לעיתים מעורפלת ולעיתים מתחלפת. במקרים רבים משתמשים בצמד הפעולות לתיאור סקרים ארוכי טווח: **Monitoring & Surveillance ניטור ומעקב**.

משתמשים גם במונח: **Surveillance monitoring מעקב ניטור**, המאפיין מעקב ארוך טווח הנועד לבחון השפעה של גורם אשר השפעתו איטית והשינויים הנגרמים ניכרים אך ורק לאורך זמן או במרחב גדול.

ההגדרות משקפות למעשה מטרות שונות של ניטור ומעקב, ומכאן חשיבותן. מלבד ההגדרה המבוססת על תדירות פעולת הסקר, עם התפתחות תוכניות הניטור החלה להתגבש האבחנה בין גישות ניטור שונות. אבחנה זו יוצרת עולם מונחים נוסף המאפיין את הגישה - ראו סעיף ה'.

ב. ניטור אקולוגי

ניטור אקולוגי עוקב, לאורך זמן ומרחב, באופן תדיר והדיר, אחר מרכיבים ביולוגיים והמערכות בהן מתפקדים המרכיבים. הניטור נעשה מתוך מטרה לעקוב אחר השינויים החלים עם הזמן, ובדרך-כלל גם מתוך מטרה לחזות שינויים עתידיים. בהקשר

מדדי מגוון והתאמתם היעילה לתוכניות ניטור

תוכנית ניטור מוצלחת, צריכה להסתמך על שיטות סטטיסטיות אשר יאפשרו הערכה טובה של השינוי אשר חל במגוון לאורך זמן. זהו אתגר גדול לסכם ביעילות את הנתונים הנאספים בשדה, ולתרגם את תוצאות הניטור לאינדקסים אשר יהיו בעלי משמעות לציבור רחב הכולל מדענים, אנשי ניהול שטחים פתוחים, מקבלי החלטות, קובעי מדיניות והקהילה. רוב הציבור מבקש להיעזר באינדקסים אשר יסכמו את נתוני המגוון בהתייחסות למספר רב של מינים. לשם תקשורת טובה ויעילה, נחוצים אינדקסים אשר יסכמו מגמות שינוי בשלמות של המגוון, או בסטייה הנצפתה ביחס למצב הטבעי המוכר כנקודת ייחוס. ישנן כמה גישות שונות לתירגום נתוני ניטור מורכבים לסיכום סטטיסטי מלוכד ולאינדקסים:

1. אינדקסים קלאסיים למגוון המבוססים על עושר מינים ושפע (Shanon, Simpson etc.)
2. אינדקסים לשלמות המגוון - Species intactness indices המבוססים על תדירות הופעה (occurrence).
3. אינדקסים לשלמות המגוון - Species intactness indices המבוססים על שפע (abundance).
4. אינדקסים לשלמות המגוון המבוססים על ניתוח רב-משתנים multivariate.

מדדי מגוון קלאסיים החלו להתפתח בסוף שנות

ה-40 (Simpson 1949). יש להם שימוש נרחב בתחום האקולוגיה, ויתרונם בכך שהם קלים באופן יחסי להבנה, פשוט לחשבם ויש להם היסטוריית יישום ארוכה. אולם, למרות שעושר מינים ומגוון הם מדדים חשובים למצב האקוסיסטמה, הם מספקים מעט מדי מידע המתאר את המגוון. לדוגמה, התבססות מינים פולשים תוערך כעלייה במגוון המינים. על-כן דיווח בעזרת אינדקסים אלו בלבד, אינו יכול לשמש אפילו לא את אנשי הממשק. כדי למנוע הטעויות מעין אלו, הקשורות בשימוש באינדקסים המסורתיים, פותחו לאחרונה גישות שונות המעריכות את סדרי הגודל של השינוי במין מסוים יחסית לכמה מצבי ייחוס. אינדקס הכדור החיוני Living Planet Index, הוא

דוגמא לאינדקס חדש המנסה לתת מדד למגוון של כמה מינים. האינדקס מיושם בארצות המחוויכות לאמנת המגוון ולדווח על פיו ב-2010. שני האינדקסים הנוספים הוצעו על-ידי Nielsen et al (2005), וכן על-ידי Buckland et al (2007). אינדקסים אלו מסכמים את שלמות המגוון ככלל, אך גם מפחיתים את האפשרות לטעות בהערכה משום שהם מתייחסים לשלמות כל מין במכלול המינים הנבחנו. באינדקסים אלו, זהות המין נשמרת על-די השוואה בין הנתונים הנצפים למצב ייחוס, המאפשר לקבוע באם השינוי הוא "חיובי" או "שלילי".

סמני- המידה (benchmark) יכולים להיגזר בשיטות שונות כולל קביעת הנתון על-ידי מומחים לנושא אשר נאסף לראשונה, נתונים מאזורים מוגנים, או נתונים אמפרים.

אינדקסים אלו משתמשים בתדירות ההופעה של מינים או בשפע שלהם. התדירות נמדדת בדרך-כלל על-פי פרופורציות האתרים אותם מאכלס המין הנבחן ביחס לכלל האתרים הנבחנו. שפע נמדד על-פי מדדים מקובלים (כיסוי יחסי, צפיפות וכו'). קבוצה נוספת של מדדים מתבססת על מבנה החברה הנלמד בשיטות של ניתוח רב-משתנים. החברה מתאפיינת בהרכב ושפע מסויים של מינים, אשר סטייה ממנו, יכולה להוות מדד לשלמות המגוון.

Lamb et al (2009) בחנו את יעילות המדדים השונים באיפיון השינויים במגוון, בעזרת סימולציות של מגוון מינים אשר כללו החלפה של מיני חברה במינים פולשים. הם מצאו כי אינדקסים הדומים לאינדקס Buckland (2005) et al הם המתאימים ביותר לאיתור שינויים במגוון על-פני סקלות גדולות בשל העובדה שהם מתבססים על תדירות הופעת מינים באתרי נוף. אינדקסים המבוססים על אנליזה רבת משתנים נמצאו כטובים ביותר באפיון החלפת המינים, כלאמר פלישת מינים או הכחדת מינים, אולם השימוש בהם מסורבל והם לא נהירים מספיק לציבור שאינו שייך לקהילה המדעית.

מערכות אקולוגיות או משאבי טבע :

1. **ניטור יישומי (implementation monitoring)** - הערכה של המצב ביחס לסטנדרטים מקובלים וקווים מנחים.
2. **ניטור תוקף (Validation monitoring)** - מקשר בין סטנדרטים וקווים מנחים (הסיבה) לבין השינוי הנצפה (האפקט של הפעולה שנעשתה להשיג סטנדרטים ולבצע הנחיות).
3. **ניטור אפקטיביות (Effective monitoring)** - מעקב אחר מצב קיים או מגמה של מגוון ביולוגי תחת אסטרטגית שימור או ממשק מסוימת, ביסוס הבנת המגמות הקיימות תחת ממשק מסוים.

Mudler et al (1999) מציינים כי סוגי ניטור אלו נדירים וכי רוב

את השינויים החלים באינדקטורים מכמתים בעזרת **אינדקסים (Indices)** המאפשרים לאמוד את השינוי לאורך סקלה אשר נקבעה לאומדן האינדקטורים עצמם או לאומדן השינוי באינדקטור. כך למשל מגוון מינים יכול להיות אינדקטור לתפקודי המערכת האקולוגית והוא נמדד בעזרת אינדקסים למגוון, ביניהם קלסיים כ- Shannon Diversity Index או כאלו שפותחו בשנים האחרונות והמודדים את השינוי במגוון (ראה Box 1).

ד. סוגי ניטור אקולוגי

Mudler et al (1999) מבחינים בין שלושה סוגי ניטור בניטור של

המחברים מבחינים בין שתי גישות שונות לניטור:

גישה אחת בה הניטור מכל סוג שהוא, בין אם הוא ממשקי ובין אם הוא אקולוגי, מונחה על-ידי שאלות מוגדרות הנובעות מתוך מערך של השערות לגבי תפקוד המערכת או מודל היפוטתי המתאר את תפקוד המערכת. על-פי גישה זו תוכנית הניטור מתוכננת לאסוף מידע בכדי לאמת או לדחות את מודל המערכת, או בכדי לבחון תחזיות הנובעות מן המודל או ההשערות והשאלות אשר המודל מעלה. ניתוח הנתונים מתבצע אף הוא בהתאמה לשאלות שהועלו בטרם בניית תוכנית הניטור. גישת ניטור המסתמכת על מודל מערכת רעיוני ובוחנת שאלות והשערות אשר עולות מתוך המודל תקרא להלן **הגישה הא-פרירית**.

על פי **הגישה השנייה**, שהיא גישה שכיחה יותר, משתמשים בנתוני הניטור למטרות ניטור אקולוגי (מדעי) בעזרת ניתוחים רטרופקטיביים של נתוני הניטור, לדוגמה, ניתוחים סטטיסטיים של שפע אוכלוסיות או משתני מצב ברמת החברה לאורך סדרות זמן. המסקנות המוקשות מניתוחים מסוג זה חלשות משום שהגורמים לשינוי אינם ברורים וישנו יותר מגורם אחד היכול להסביר את התוצאות. דוגמאות מוחשיות לכך נותן Nichols (1991a) Nichols (1991a) המנתח את יעילות הניטור העוקב אחר שפע אוכלוסיות הברווז השחור Nichols טוען כי מחקרים מספקים תשובות ברורות לגבי מנגנונים של דעיכת אוכלוסיות אך לעומת זאת, הניטור ארוך הטווח שבוצע באוכלוסיות אלו לא סיפק תשובות לגבי הסיבות לירידה באוכלוסיה. Nichols מציע להעלות את יעילות הניטור על-ידי יצירת גישה ניסויית הבוחנת בניטור את הגורמים האפשריים אשר משפיעים על ירידה בשפע אוכלוסיות (Nichols 1991b).

גישת ניטור אשר אוספת נתוני מצב ובוחנת את התופעות העולות מניתוח הנתונים הנאספים, ללא רעיון מוקדם או תחזית מוקדמת להתנהגות המערכת, תקרא להלן **הגישה הרטרופקטיבית**.

Yoccoz et al (2001) ממליצים כי גם בניטור אקולוגי (מדעי) וגם בניטור ממשקי יש לקבוע היפותיזות או מודל מערכת או שאלות ניטור ממוקדות טרם הניטור ואשר יבחנו בניטור, זאת בכדי ליעל את הניטור ואת הסקת המסקנות.

Nichols and Williams (2006) הרחיבו את הדיון בנוגע לקשר שבין ניטור הממוקד בשאלות מוגדרות (השערות) לבין יעילות הניטור. המחברים מבחינים בין **ניטור עבור שמירת טבע וניטור לצרכים מדעיים**. ניטור מדעי הוא ניטור לצורך הכרת המערכת האקולוגית, כאשר אין מספיק מידע על המערכת והניטור נעשה בכדי ליצר מודל מערכת. ניטור לצרכי שמירת טבע הוא למעשה ניטור ממשקי או ניטור לצורך קבלת החלטות עבור ממשק משאבי טבע. בהמשך לגישתם של Yoccoz et al (2001), מציעים Nichols and Williams (2006) כי קיימות שתי גישות ניטור לצרכי שמירת טבע: **ניטור ממוקד (targeted or focused monitoring)** לעומת **ניטור מעקב כוללי (surveillance monitoring)**.

1. ניטור ממוקד משולב כממשק שמירת טבע כאשר מבנה תכנית הניטור ויישומה מבוססות על היפותיזות א-פריריות ומודלים הקשורים לתגובות המערכת לממשק.
2. ניטור מעקב (surveillance monitoring) משמעותו ניטור שאינו מונחה על ידי היפותיזות א-פריריות והמודלים המקבילים להן.

ההצדקה הרווחת לניטור מעקב היא כי השגת מידע רב לגבי מערכת מסוימת תתרום בוודאי לממשק המערכת. למרות שהנחה זו נכונה

מערכות הניטור מתמקדות בניטור מגמות, במובן הכללי: שירות הפארקים האמריקאי (National park Service), מבחין בין שני סוגי ניטור: ניטור אפקטיביות ו- **ניטור מצב (Condition monitoring)**. הגדרות אלו משקפות צרכי ניטור שונים, המיושמים במקביל. ניטור אפקטיביות נותן היזון חוזר על פעולות ממשק אך אינו מבסס מגמות לטווח ארוך. לעומתו, ניטור מצב, חשיבותו היא באיתור שינויים מובהקים במגמות השפע של משאבי הטבע, אך הוא יכול לערוך זמן ממושך מאוד עד אשר תוצאות הניטור מובנות. כמו כן הקשרן של התוצאות לפעולות ממשק אינו בהכרח ברור. בנוסף, ביצועו בעיתי משום שישנו קושי לבחור אינדיקטורים מתאימים בשל המטרות הפחות מוגדרות. יתרונותיו הם בכך שיש לו הקשרים נרחבים יותר, מעבר לממשק או למערכת הנצפית וכן הוא תומך בהבנות ארוכות טווח.

הגדרות סוגי הניטור אכן משקפות גישות ומטרות שונות לניטור אולם, מאחר ותחום הניטור האקולוגי הינו תחום חדש, השימוש בהגדרות יכול להשתנות בין ארגונים שונים. כך למשל בפרויקט של האיחוד האירופי המקדם שמירת ערכי טבע ימיים ייחודיים- **UK Marine SACs (Special Areas of Conservation) Project** מגדירים את ניטור המצב **(Condition or Compliance monitoring)**, כניטור אשר מטרתו לזהות סטייה ממצב הנוצר על-ידי הפרעה אשר עוצמתה מורשית או מקובלת. בפרויקט זה, מטרתו של ניטור מצב היא בדרך-כלל לקבל היזון חוזר לפעולות ממשק, כך שניתן יהיה לפתח תוכניות ממשק או אסטרטגיות ממשק חדשות. בכדי לבצע ניטור מסוג זה, יש להכיר את השונות הטבעית של המערכת ואת מגבלות המערכת האקולוגית. הכרת דגמים אלו תאפשר לקבוע את החריגות המותרות בתנודות המופיעות לאחר פעילות ממשק הדומה להפרעה שאינה טבעית.

<http://www.ukmarinesac.org.uk/communities/circallittoral/cf6.htm>.

ניטור אשר מטרתו לאסוף מידע ארוך טווח בכדי לצפות בשינויים איטיים מכונה בפרויקט זה: **Surveillance monitoring**. כך או כך, פעולת הניטור דומה בשני סוגי הניטור, למרות מטרותיהם השונות. זוהי אחת הדוגמאות המורה על כך כי לעיתים הגדרות המונחים בתחום הניטור אינן חד-משמעיות, ומונח מסוים עלול להופיע במשמעויות שונות.

בפיתוח תוכנית לאומית לניטור אקולוגי, ישנה חשיבות אם כן, ליצירת שפת מונחים מוסכמת. להלן, בהצעה זו, יוגדרו: **ניטור ממשק לעומת ניטור מצב**.

ה. גישות לניטור אקולוגי ארוך-טווח

כפי שהוזכר בתחילת מבוא זה, בסעיף א', הגדרות הניטור משקפות גישות ניטור שונות. לאבחנה בין הגדרות ניטור שונות המשקפות גישות ניטור שונות הושם דגש בכמה מאמרים מרכזיים בתחום הניטור אשר פורסמו בשנים האחרונות. Yoccoz et al (2001) מסכמים במאמרם (מצורף כנספח 4.5) גישות ניטור שונות וממליצים על דרכים לבניית תוכנית ניטור מוצלחת.

המחברים מבחינים בין **ניטור לצרכי מדע וניטור לצרכי ממשק**. **ניטור לצרכי מדע** הוא הניטור האקולוגי העוקב אחר שינויים החלים במגוון הביולוגי או בתיפקוד האקוסיסטמי. **ניטור לצרכי ממשק** הוא זה העוקב גם אחר מניפולציות ממשקיות המתבצעות על פי מטרות הממשק בנוסף למעקב אחר מצב המערכת.

1. הגדרות סוגי הניטור וגישות הניטור בתוכנית הניטור המוצעת

בפיתוח תוכנית לאומית לניטור אקולוגי, ישנה חשיבות אם כן, ליצירת שפת מונחים מוסכמת. להלן, בהצעה זו, יוגדרו: **ניטור ממשק** לעומת **ניטור מצב**.

ניטור מצב (Condition monitoring) – מעקב ארוך טווח אחר תנודות ושינויים החלים במערכות האקולוגיות, ברמות ארגון שונות, ובטווח נרחב של סקאלות מרחביות.

ניטור ממשק (Management monitoring) – ניטור פעולות ממשק, בו עוקבים אחר השינויים אשר חלו במערכת האקולוגית לאחר יישום טיפול ממשקי לעומת חלקות ביקורת צמודות אשר לא יושמו בהם טיפולי ממשק במועד ההשוואה. ניטור ממשק יכול לעקוב אחר ממשק אקטיבי או פסיבי. מטרת הניטור בנוסף למעקב אחר השינויים אשר חלו במערכת בעקבות טיפולי הממשק, היא לבחון האם מטרות הממשק הושגו על-פי היעדים שהוגדרו. ניטור ממשק הנערך למשך זמן ממושך (מעבר למספר שנים) מקבל אופי של ניטור מצב. ניטור פעולות ממשק יכול לספק נקודת השוואה טובה בזמן ובמרחב לתצפיות הממוצות מתוך ניטור מצב בנקודה סמוכה ודומה.

הגדרת גישות ניטור:

1. **ניטור ממוקד (targeted or focused monitoring)** – ניטור המבוסס על מסגרת רעיונית המתארת את מצבי המערכת האקולוגית ותיפקודיה (תהליכים) ואת הגורמים האפשריים המשפיעים. המודל יכול להיות כללי ולתאר מצבים וגורמים משפיעים כלליים כגון כוחות מניעים פיסיים, הפרעות, איומים או גורמים אנטרופוגניים. כמו כן, המודל יכול להיות ספציפי למערכת מסוימת ופרטני. הניטור הממוקד יכול להיבנות על-סמך השערות אשר מודל המערכת מייצר, כגון, "אילו הם הגורמים העיקריים היכולים לגרום לשינוי?", "אילו גורמים עיקריים מקיימים את המערכת?", "מה תהיה תגובת המערכת לגורמים המשפיעים על מבנה ותיפקוד?". הניטור הממוקד נוקט בגישה א-פריורית להעלאת היפותיזות וניתוח הנתונים. הניטור הממוקד יכול לייצר מודל מערכת אדפטיבי וכן ניטור אדפטיבי.

2. **ניטור מעקב (surveillance monitoring)** – ניטור אשר מטרתו לעקוב אחר שפע של אוכלוסיות בודדות, או מצבי מערכת מסוימים אשר אינם מרכיב במסגרת הרעיונית של מודל המערכת האקולוגית. למשל מעקב אחר מיני דגל ללא מעקב אחר גורמים אפשריים המשפיעים על שינוי מגמות בשפע המינים. **ניטור המעקב** נוקט בגישה **פוסט-פריורית לאינטרפטציה של נתוני הניטור**.

במידה מסוימת, היא לא מתייחסת לגורמים מרכזיים הקובעים את יעילות הניטור. לדעתם של Nichols and Williams (2006) תוכנית ניטור המבוססת על השערות ממוקדות מעלה את האפקטיביות של שמירת טבע באופן משמעותי ונותנת תמורה טובה יותר למאמצי הניטור ולמידע הממוצה הדרוש לשמירת הטבע. **ניטור המעקב** מתמקד בזיהוי או אישוש של שינוי במגמות מצב המערכת ואין התייחסות ומעקב אחר הגורמים הקריטיים שהם הסיבות לירידה, והם אלו המהווים בסיס לפתרונות ממשקיים עבור השינוי. הם מחזקים וטוענים כי לשם קבלת החלטות ממשק או החלטות בשמירת טבע אין צורך להמתין עד אשר מזוהה שינוי במגמה של אוכלוסיות מסוימות. פערי הזמן בין הזמן בו חל השינוי למועד בו מזוהה המגמה ולזמן התגובה, פוגעים בשמירת הטבע. במקום זאת יש לערוך ניטור ממוקד העוקב אחר המצבים והסיבות (הגורמים) האפשריות הגורמות לשינוי. זאת על-ידי העלאת השערות ויצירת מודל מערכת היפותיטי בטרם אתחול תוכנית הניטור. במהלך הניטור, בהתאם לתוצאות הניטור ניתן לשנות את מודל המערכת. זיהוי מגמות בלתי צפיות הוא בהכרח תוצר לוואי של תוכניות ניטור ממוקדות.

דוגמא ליישום הגישות השונות מספקות תוכניות הניטור של שירות הפארקים האמריקאי NPS (מתוך הרצאותיו של ג'ון גרוס – סדנת ניטור יולי 2008):
תוכניות הניטור של שירות הפארקים מתבססות על מודל מערכת אשר חלקו מבוסס על ידע קיים וחלקו על ניחוש מלומד. בדרך-כלל, הניטור עוקב אחר מצבי מערכת שונים, תהליכים וגורמים אפשריים לשינוי שהם איומים או גורמי עקה.

בפארק Channal Islands ניסו לאמץ את גישת ניטור המעקב ולבצע ניטור של אוכלוסיות מינים בלבד. הניטור נחל הצלחה רבה בקרב הציבור משום שהוא עקב אחרי השתנות מגמות של מיני דגל שונים ומינים "אהודים". אולם, התערור קושי רב בניתוח המגמות ובהסברתן ועל-כן שונתה התוכנית לתוכנית ניטור ממוקד, בדומה לגישה הנהוגה בשאר הפארקים.

גישה נוספת מציעים Lindenmayer & Likens (2009) הנקראת ניטור מותאם – **Adaptive monitoring**. החוקרים תומכים בבניית תוכנית ניטור הנשענת על מודל קונספטואלי של המערכת הנבחנת. הם טוענים כי רק כך ניתן ליצר שאלות ממוקדות ולתת להן מענה בניטור ובמחקר תומך. הם מוסיפים וטוענים כי ניטור נמצא על אותו ציר כמו המדע, ויש צורך לבנות תוכנית ניטור על ידי הצבת שאלות מדויקות, מבנה ניטורי נוקשה הנשען על ניתוח סטטיסטי מדעי ויצירת פרדיקציות המבוססות על המודל הקונספטואלי. החוקרים מוסיפים נדבך בהציעם את **גישת הניטור האדפטיבי** בו יש לבחון שוב ושוב את מערך הניטור ומטרותיו הספציפיות, כלומר את המודל הקונספטואלי ואת השאלות שהוא מעלה. בחינה מחודשת נדרשת כאשר יש שינוי במערכת – שינוי מגמה שלא ניתן להסבירו על-סמך המודל, או שינוי בכוחות המניעים: הפרעה או שינוי אקלים. לחילופין ישנו שינוי בטכנולוגית או בשיטת איסוף הנתונים. באופן הזה הניטור האדפטיבי דומה בעקרונותיו לממשק אדפטיבי. Lindenmayer & Likens (2009) מושוכנעים כי גישת ניטור שהינה מדעית ונשענת על מודל ועל גישה אדפטיבית תקדם בניית תוכנית ניטור ותשחרר את התהליך מסחרור סביב השאלה "מה צריך לנטר?". המענה על השאלה מובנה במודל; החשש מכך שהייתו המנוטרת אינה משקפת את תיפקוד המערכת בכל מצב, ממותן בהינתן המסגרת האדפטיבית.

1.2 מודלים כמסגרת רעיונית לניטור

א. מודלים כמסגרת רעיונית לניטור

ב. הצעה למודל תהליכי כבסים לניטור: מודל מס"ה (מאגרים, סינון, התארגנות) פרופ' משה שחק

הפרק מציג סקירה קצרה בנושא מסגרות מודלים בכלליות כמסגרת רעיונית לניטור ובפרט.

א. מודל כמסגרת רעיונית לניטור:

למודל רעיוני תפקיד מרכזי בבניית תוכנית ניטור:

1. בניית מודל מערכת מאפשרת אירגון המידע הקיים לגבי המערכת וזיהוי יחסי גורמים-השפעה (cause-effect) בין גורמי העקה או הגורמים המניעים ותגובת המערכת.
2. אירגון המידע הקיים במודל עוזר לזהות את מקורות המידע הקיימים. מקור המידע הקיים לגבי מערכת מסוימת יכול להיות מתוך מחקרים אשר נעשו לגבי תהליכים ומצבים של המערכת, מידע הקיים מתוך ניטורים וסקרים של אנשי ממשק, או מידע אישי של אנשי הממשק מתוך היכרותם עם המערכת.
3. המודל מסיע באירגון כל מקורות המידע ובאיתור המידע החסר הנחוץ אשר ניתן להשיגו הן בעזרת ניטור או בעזרת מחקר נלווה.
4. המודל יכול לתרום לתקשורת בתוך הצוותים המתכננים את פעולות הניטור אך גם כתקשורת עם הציבור ודרג מקבלי ההחלטות, המבקש לדעת ולהבין מדוע ומה מנטרים.
5. מרכיבי המודל והיחסים ביניהם מאפשרים לאתר את האינדיקטורים הרצויים לניטור. (להלן יורחב על כך הכתוב)

(Jorgensen 1988, Manley et al. 2000, Gross 2003, Manley et al. 2004, Lauren A. Hierl and Dr. Douglas H. Deutschman 2007, Lookingbill et al. 2007, Fancy et al. 2009)

בניית מודל מערכת כמסגרת רעיונית לניטור הפכה לכלי שבשגרה בבניית מערכות ניטור ברחבי העולם. בשירות היעור של ארה"ב כל תוכנית ניטור צריכה להתבסס על מודל מערכת. במסגרת אירגון זה, המודל יכול להיות מוצג באופן תיאורי (סיפורי), על ידי טבלאות, דיאגרמות או איורים. כל צוות עבודה בוחר לעצמו את המודל הנוח לו לעבודה.

ככלל, ככל שתוכנית הניטור מקיפה סקאלות נרחבות יותר, כך המודל הינו כוללני יותר. בתוכניות ניטור רחבות סקלה, נהוג לאפיין אינדיקטורים על פי מרכיבי המודל הכוללני ולפתחם לאינדיקטורים ספציפים על פי המערכת הנבחרת.

ישנם שני סוגי מודלים עיקריים:

1. מודל תהליכי - מודל מערכת המתאר מצבים, מעברים בין מצב למצב, תהליכי היזון חוזר ובקרה על תהליכים.
2. מודל עקה - Stressor models. מודלים אלו אינם תהליכיים והם אינם מציגים בד"כ תהליכי היזון חוזר. מטרתם להציג באופן סיפורי גורמים עיקריים המשפיעים על מצבי המערכת - עקות, מצבי מערכת ותגובת המערכת. המודלים נגזרים ונשענים על מודל מערכת תהליכי אך הם עצמם אינם מכניסטים ואינם מציגים תהליכים.

קבוצת מודלים זו הפכה לכלי נפוץ במיוחד לתוכניות ניטור רחבות סקלה ולדיווחים על מצב הטבע הכוללים יותר ממערכת

אקולוגית אחת, זאת משום שהינם קלים לתקשורת ומתארים בתמציתיות את הכוחות הפועלים. בנוסף, מודלים מסוג זה מספקים מכנה משותף למערכות אקולוגיות מסוגים שונים או לאזורים אקולוגיים שונים.

להלן שלוש דוגמאות לשימוש במודל מסוג זה כמסגרת רעיונית לאיתור אינדיקטורים לניטור:

- אמנת המגוון הביולוגי CBD
- דוח מכון היינץ, ארה"ב, הדו"ח הלאומי למצב האקוסיסטמות The State of the Nation's Ecosystems (SNE), 2002, - 2008
- שירות הפארקים של ארה"ב

■ מודל אמנת המגוון הביולוגי:

אמנת המגוון נעזרת במודל המתאר אינטראקציות בין חברה לסביבה אשר מרכיביו הם: כוחות מניעים, לחצים, מצב המערכת, השפעה ותגובות (DSPIR - Drivers, Pressures, States, Impacts and Responses) המודל מבוסס על מודל מערכת ה- Pressure State Response שהוצע על ידי ה-OECD בשנת 1993. מכאן האינדיקטורים לניטור שייכים לאחת מן הקטגוריות הבאות: (EEA, 1999) (ראה תיאור סכמתי של מודל DPSIR).

כוחות מניעים (Drivers) - הינם ההתפתחויות החברתיות, הדמוגרפיות והכלכליות בחברה, ומערך השינויים התואמים בסגנון החיים, רמת הצריכה הכללית וכן דפוסי הייצור. כוחות מניעים ראשוניים הינם גידול האוכלוסייה והתפתחות בצרכים ובפעילויות של הפרטים. כוחות ראשוניים אלו מעוררים את השינויים בדפוסי הייצור והצריכה.

לחצים (Pressures) - ניצול משאבי הטבע ושחרור גורמים כימיים ופיזיקליים היוצרים עקות סביבה. הלחצים המופעלים על ידי החברה יכולים להשתנות ולהתבטא במגוון תהליכים טבעיים אשר מתגלמים כשינויים בתנאים הסביבתיים. למשל החקלאות הינה כוח מניע היוצר ביומסה חקלאית הגורמת לשינויים סביבתיים.

מצבים (State) - מצבים אביוטים של קרקע אוויר ומים ומצבים ביוטים (מגוון) ברמות האירגון של האקוסיסטמה, חברות ומינים, וברמה הגנטית.

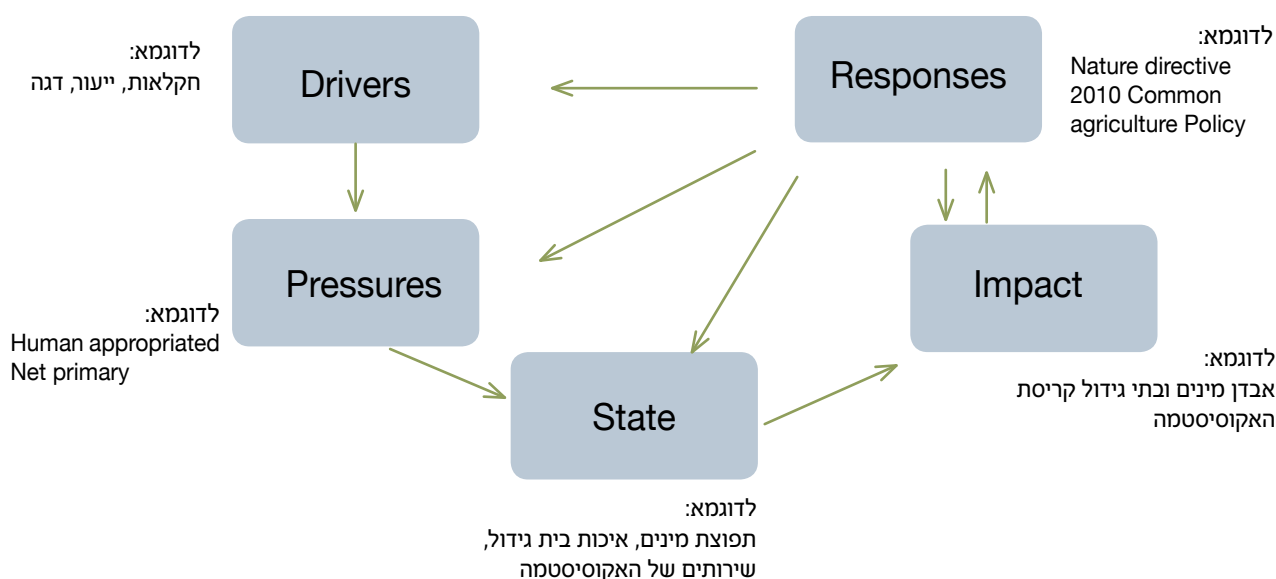
השפעות והשלכות (Impact) - ההשפעות על בריאות האדם והאקוסיסטמה, זמינות משאבים ומגוון ביולוגי הנובעות מעקות סביבתיות.

תגובות (Responses) - צעדים הננקטים כדי לענות על השפעות הכוחות המניעים, הלחצים, ההשפעות והמצבים. צעדים אלו כוללים אמצעים של שמירת טבע (ex situ ו in situ), כולל מחקר, ניטור ותגובות ממשל ומדיניות.

בניית אינדיקטורים על סמך המודל:

האינדיקטורים צריכים לייצג כל אחת מקטגוריות המודל, כאשר הם צריכים להיות מועטים במספרם בכדי לאפשר תקשורת טובה, וגמישים כך שניתן לבצע אגרגציה של האינדיקטורים.

תיאור סכמתי של מודל DPSIR:



ללחצים. האינדיקטורים מחולקים ל-4 קטגוריות ראשיות המאפיינות תכונות מצבים באקוסיסטמה, בכל אחת מהן קטגוריות משנה:

- **דגם מרחבי ושטח** - 1. שטח 2. דגם
- **מאפיינים פיסיים של האקוסיסטמות**: פיסיקליים וכימיים - 1.
- **חנקן, פחמן וחמצן**, 2. זיהום כימי 3. גורמים פיסיקליים
- **מרכיבים ביולוגיים** - 1. בעלי חיים וצמחים 2. חברות
- **שירותים אקולוגיים** - 1. מזון, עצה ומים 2. תירות ושירותים אחרים.

בכל קטגוריה משנה ישנם כמה אינדיקטורים. ישנם אינדיקטורים לאקוסיסטמות הנבחרות אך ישנו מערך של אינדיקטורי ליבה (core indicator). בחירת האינדיקטורים נעשתה על פי המסגרת הרעיונית של 10 קטגוריות המשנה. הדגש על מצבים אשר משקפים לחצים ועקות בא לידי ביטוי בבחירת האינדיקטורים.

לדוגמא:

אינדיקטור של חברות מתאר את מבנה החברה של הצומח הטבעי ביחס לפוטנציאל הצומח הטבעי בכל אקוסיסטמה. בנוסף יכול להיות גם אינדיקטור של מינים פולשים. (ראה טבלה בעמ' 14)

■ **שירות הפארקים של ארה"ב**

הרבה מן הפארקים של ארה"ב השתמשו במודל המבוסס על מודל 1941 Jenny-Chapin (ראה סכמת מודל המסגרת) המתאר חמישה כוחות מניעים המשפיעים על דגמים ותהליכים אקוסיסטיים. לתוך מודל זה שולבו גורמי עקה המשפיעים על הכוחות המניעים. האיור הבא מציג מודל מסוג זה. מודל זה משמש לבניית מודלים ספציפיים תהליכיים ומכניסטיים לאקוסיסטמות של הפארקים. האינדיקטורים הנבחרים, vital signs נבחרים על-פי הקטגוריות של מודל העקות בהתאמה למודל התהליכי.

כל אינדיקטור צריך להבחן באם ברור הקשר גורם-סיבה, כלומר האם הקשרו לגורמים הקובעים שינוי במצבים, ברור. באופן הזה נקבעו אינדיקטורים ראשיים או כותרות ראשיות המתחסות למרכיבי המודל, ואינדיקטורי משנה הבנויים ממדדים רבים.

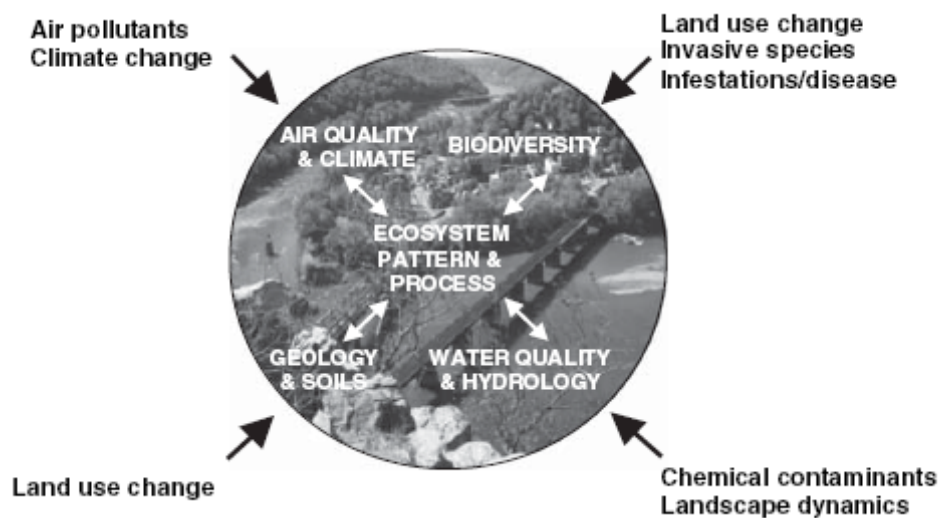
להלן כמה דוגמאות:

1. **אינדיקטור ראשי - או תחום מיקוד ראשי**: מצב ומגמות במרכיבים נבחרים של המגוון הביולוגי.
האינדיקטור המשני: מגמות בשפע ותפוצה של מינים נבחרים.
הקשר האינדיקטור למודל: מצב (state)
הגדרת האינדיקטור: מגמות בשפע ותפוצה של פרפרים וציפורים. אינדקס אחד מתאר את המגמות בכל קבוצה טקסונומית. האינדקס הוא שיקלול של מדדים רבים הנאספים במעקב אחר קבוצות אלו.
2. **אינדיקטור ראשי - או תחום מיקוד ראשי**: איומים על המגוון הביולוגי.
האינדיקטור המשני: ריכוז חנקן.
הקשר האינדיקטור למודל: מצב Pressure
הגדרת האינדיקטור: ריכוז חנקן גבוהים מהווים איום למגוון הביולוגי באזורים טבעיים למחצה (יער, מרעה)

קיטוע נוף ומינים פולשים גם הם שייכים לקבוצת אינדיקטור ראשי זה

■ **דו"ח מכון היינץ, ארה"ב**

הדוח הלאומי למצב האקוסיסטמות - Nation's The State of the Ecosystems (SNE), 2002, 2008 מודל המסגרת לבניית האינדיקטורים לצורך דו"ח זה היה מודל כוחות מניעים ועקות Drivers-Stressors (זאת בשנת 2002 ולא בשנת 2008). אולם הדגש הושם על מצבים ולא על אינדיקטורים



מודל המשמש את אנשי הממשק של רשות הפארקים לבניית מערכת אינדיקטורים לניטור. המודל מתאר קטגוריות כוללניות עיקריות וגורמי עקה אנתרופוגניים המשפיעים עליהם, כפי שהוגדרו על ידי מנהלי הפארק.

טבלה 1: דוגמא לליבה ואינדיקטורים למערכות אקולוגיות ייחודיות. הטבלה לקוחה מתוך The State of the Nation's Ecosystems

 Core National Indicators  Coasts and Oceans  Farmlands			
EXTENT AND PATTERN			
Extent	Ecosystem Extent*	- Coastal Living Habitats - Shoreline Types	- Total Cropland* - The Farmland Landscape*
Pattern	Pattern of "Natural" Landscapes†	Pattern in Coastal Areas‡	- Proximity of Cropland to Residences† - Patches of "Natural" Land in the Farmland Landscape†
CHEMICAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS			
Nutrients, Carbon, and Oxygen	- Movement of Nitrogen* - Carbon Storage‡	Areas with Depleted Oxygen*	- Nitrate in Farmland Streams and Groundwater* - Phosphorus in Farmland Streams* - Soil Organic Matter*
Chemical Contamination	Chemical Contamination*	Contamination in Bottom Sediments*	Pesticides in Farmland Streams and Groundwater*
Physical	Change In Stream Flows‡	- Coastal Erosion - Sea Surface Temperature*	- Potential Soil Erosion - Soil Salinity - Stream Habitat Quality†
BIOLOGICAL COMPONENTS			
Plants and Animals	- At-Risk Native Species* - Established Non-native Species‡	- At-Risk Native Marine Species - Established Non-native Species in Major Estuaries* - Unusual Marine Mortalities	- Status of Animal Species in Farmland Areas - Established Non-native Plant Cover in the Farmland Landscape†
Communities	Native Species Composition*	- Harmful Algal Events* - Condition of Bottom-Dwelling Animals	Soil Biological Condition
Ecological Productivity	Plant Growth Index*	Chlorophyll Concentrations*	
GOODS AND SERVICES			
Food, Fiber, and Water	Production of Food and Fiber and Water Withdrawals	- Commercial Fish and Shellfish Landings - Status of Commercially Important Fish Stocks* - Selected Contaminants in Fish and Shellfish	- Major Crop Yields - Agricultural Inputs and Outputs* - Monetary Value of Agricultural Production
Recreation and Other Services	- Outdoor Recreation - Natural Ecosystem Services*	Recreational Water Quality	Recreation in Farmland Areas

* Indicator refined since the 2002 State of the Nation's Ecosystems Report (original metric or metrics retained)

† Indicator redesigned since the 2002 State of the Nation's Ecosystems Report

‡ New Indicator since the 2002 State of the Nation's Ecosystems Report

The Indicators at a Glance



Forests



Fresh Waters



Grasslands and Shrublands



Urban and Suburban Landscapes

- Forest Area and Ownership* - Forest Types* - Forest Management Categories*	- Extent of Freshwater Ecosystems* - Altered Freshwater Ecosystems*	- Area of Grasslands and Shrublands* - Land Use in Grasslands and Shrublands	- Area and Composition of the Urban and Suburban Landscape* - Total Impervious Area
Pattern of Forest Landscapes†	In-Stream Connectivity‡	Pattern of Grassland and Shrubland Landscapes†	- Streambank Vegetation - Housing Density Changes in Low-Density Suburban and Rural Areas† "Natural" Lands in the Urban and Suburban Landscape†
- Nitrate in Forest Streams* - Carbon Storage*	Phosphorus in Lakes, Reservoirs and Large Rivers*	- Nitrate in Grassland and Shrubland Groundwater - Carbon Storage	- Nitrate in Urban and Suburban Streams* - Phosphorus in Urban and Suburban Streams*
	Freshwater Acidity‡		- Urban and Suburban Air Quality* - Chemical Contamination*
	- Water Clarity - Stream Habitat Quality†	- Number and Duration of Dry Periods in Grassland and Shrubland Streams and Rivers* - Depth to Shallow Groundwater	Urban Heat Island
- At-Risk Native Forest Species* - Established Non-native Plant Cover in Forests	- At-Risk Native Freshwater Species* - Established Non-native Freshwater Species* - Animal Deaths and Deformities	- At-Risk Native Grassland and Shrubland Species* - Established Non-native Grassland and Shrubland Plant Cover* - Population Trends in Invasive and Non-invasive Birds	- Species Status - Disruptive Species
- Forest Age* - Forest Disturbance: Fire, Insects, and Disease* - Fire Frequency - Forest Community Types with Significantly Reduced Area	- Status of Freshwater Animal Communities* - At-Risk Freshwater Plant Communities*	- Fire Frequency - Riparian Condition	Status of Animal Communities in Urban and Suburban Streams
- Timber Harvest* - Timber Growth and Harvest*	- Water Withdrawals - Groundwater Levels - Waterborne Human Disease Outbreaks	Cattle Grazing	
Recreation in Forests	Freshwater Recreational Activities	Recreation on Grasslands and Shrublands	- Publicly Accessible Open Space per Resident - Natural Ecosystem Services*

ב. הצעה למודל תהליכי כבסים לניטור: מודל מס"ה פרופ' משה שחק

■ עקרונות מודל המס"ה:

1. המודל הינו מודל של תהליכים הקובעים את מספר המינים והאינטראקציות ביניהם בשמורות טבע ויערות.
2. המודל שם דגש על מרכיב אחד ושני תהליכים היוצרים התארגנויות ביוטיות ברמת החברה והנוף. את ההתארגנות הביוטית אפשר לזהות בעזרת הדגמים שהם יוצרים במרחב ובזמן.
3. במודל מס"ה המרכיב המרכזי הוא מאגר המינים. התהליך הראשון הוא של סינון מינים מן המאגר אל השטח הפתוח. התהליך השני הוא של התארגנות ליצירת דגמים הנובע מאינטראקציות בין מינים. גורמי הסינון הם ביוטים ואביוטים חיצוניים ופנימיים למערכת. דגמי התארגנות יכולים להיווצר בכל רמת אירגון אקולוגית. ההתארגנויות בהן עוסק מודל מס"ה:

- ברמת החברה - יצירת דגמי התארגנות ע"י אוסף של מינים; דוגמאות: הצטברות מינים כפונקציה של גודל השטח, קשר בין שפע ומספר מינים, קשר בין תדירות הופעה במרחב ומספר מינים, קשר בין שפע ותדירות הופעה במרחב. שרשרת המזון.
- התארגנות ברמת הנוף - יצירת תבניות נוף ע"י יצירת כתמים. למשל כתמים של צומח מעוצה: תבניות איכותיות -

כתמים, פסים, חורים וכו', תבניות כמותיות - מימד פרקטלי, קישוריות, שטח כיסוי, אורך שולי הכתמים וכו'.

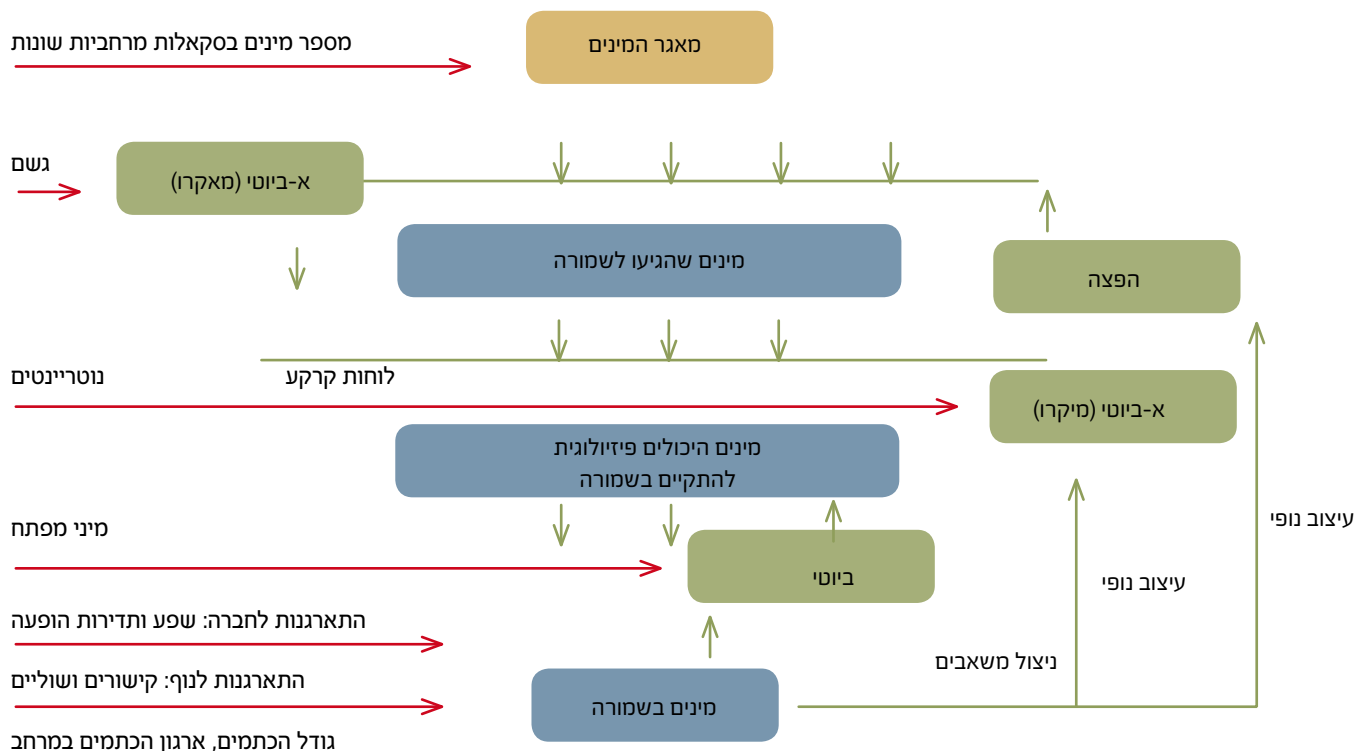
■ התארגנות ברמת האקוסיסטמה - דגמים של שרשרות מזון, דגמים של זרימת אנרגיה ומחזור יסודות. (ההתארגנות מתוארת בד"כ ע"י קופסאות וחיצים כאשר בקופסאות יש חומר או אנרגיה והחיצים מתארים זרימות בין הקופסאות).

■ עקרונות הניטור על-פי המודל ויישומן על-פי הצעותיו של פרופ' משה שחק:

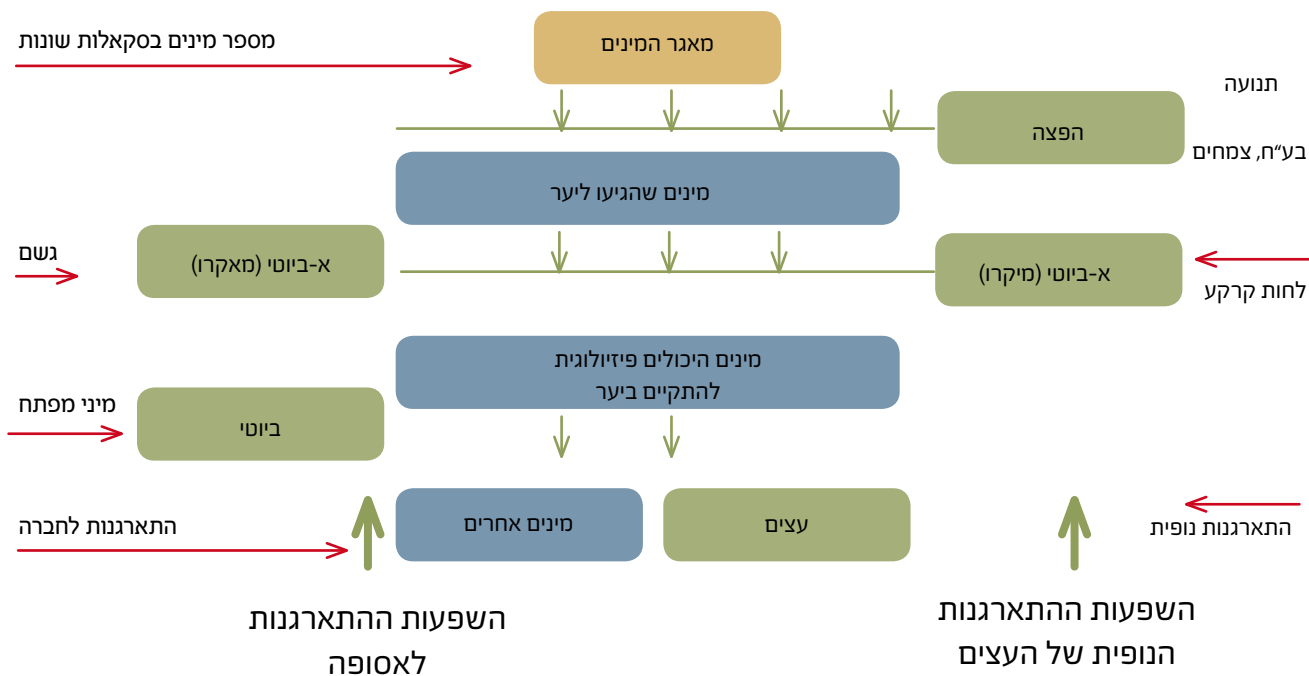
1. מטרות הניטור על פי משה שחק:

- א) לתאר מצבים של שטחים פתוחים על סמך ההתארגנות ברמות החברה, הנוף והאקוסיסטמה.
- ב) לזהות שינוי במצבים על סמך שינוי בדגמים הנובע משינויים בהתארגנות.
- ג) לסייע באיתור שיטות ממשק המשמרות או משנות את מצב השטחים הפתוחים בהתאם למטרות גופי הממשק.

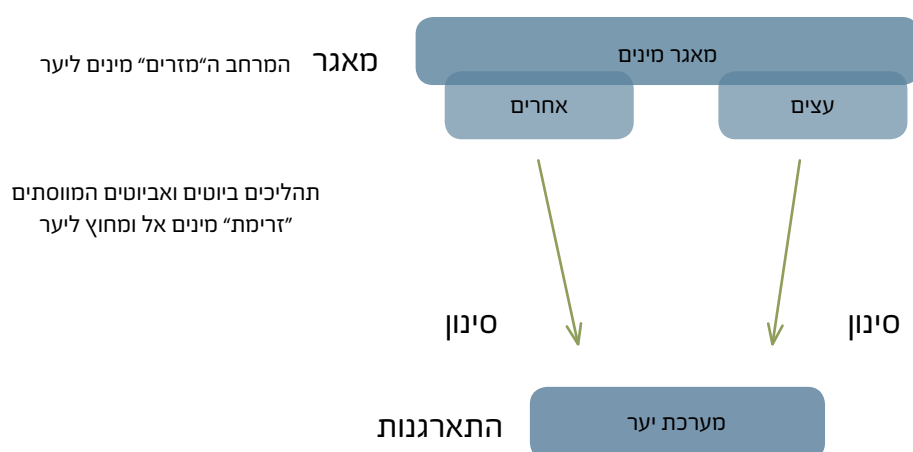
סיכום: המגוון הביולוגי וניטורו



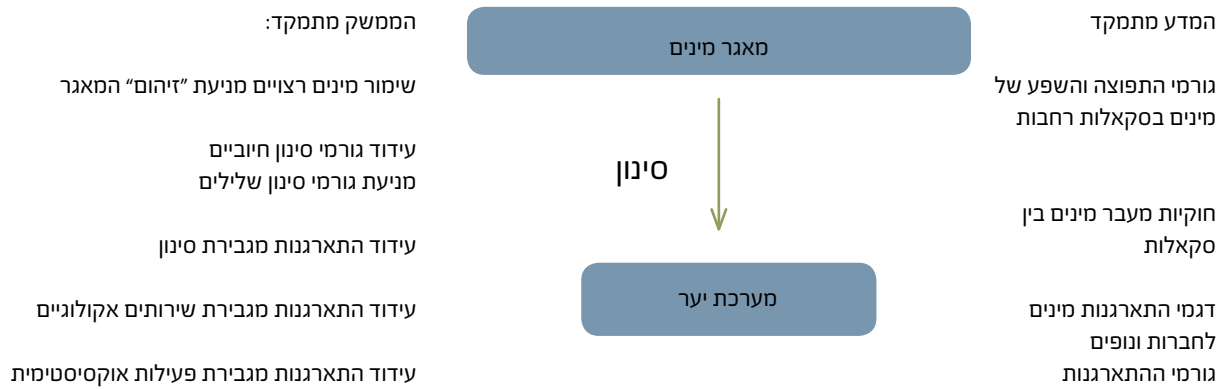
מודל מס"ה - מפת דרכים לניטור מערכת יער



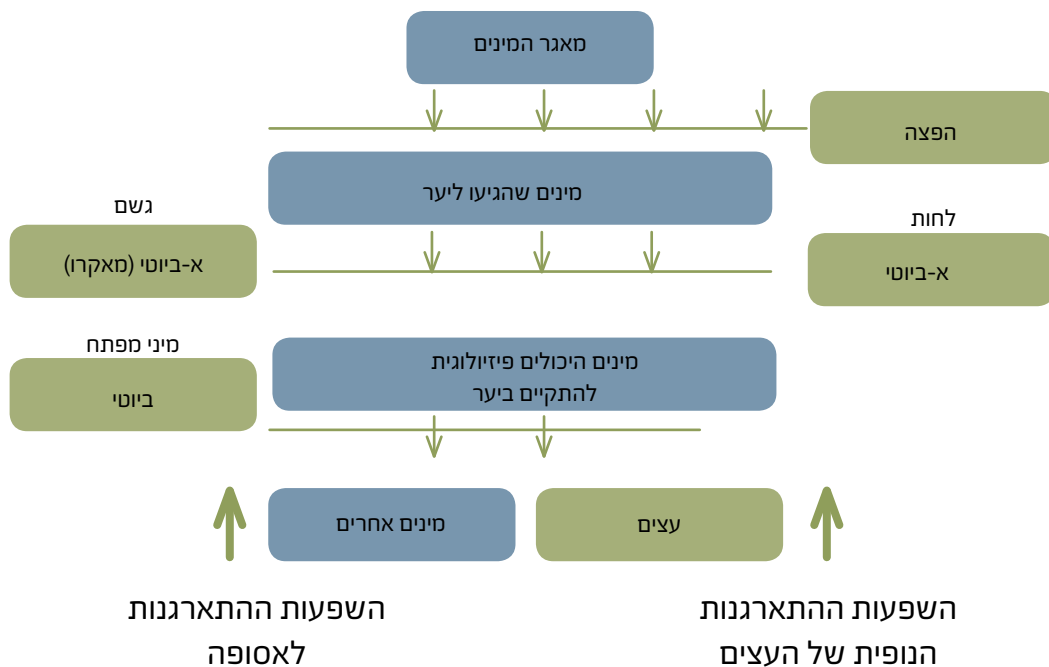
מערכת היער והמגוון הביולוגי



מדע המגוון הביולוגי וממשק של מערכת יער



סינון



שאלות
האם ניתן לזהות ולאתר את גורמי הסינון?
האם שינויים בגורמי הסינון יכולים להשפיע על ההתארגנות ומצב מערכת היער?

ומחוצה לו, אשר משפיעים על ההגעה של המינים לאתר, ועל התבססותם והתארגנותם באתר. גורמים אלו הם לדוגמא: לחות קרקע, חומר אורגני, גורמי הפצה (ראה איור המודל).

3. היכן מנטרים ברמת החברה והנוף?

- מנטרים שמורות ויערות.
- מנטרים אתרים עליהם מופעל ממשק – אם אין ממשק לא מנטרים. מכאן גם נובעת מטרת הניטור.

4. כיצד מזהים שינוי בדגמי התארגנויות (תבניות) או כיצד נעשה ניתוח הנתונים והאינטרפרטציה של איסוף הנתונים?

- שינויים ברמת החברה: שינויים מזהים על פי ניתוח דגמי התארגנות ברמת החברה על סמך תורת האקולוגיה של חברות. למשל ע"י בחינת השפע של מינים כנגד תדירות ההופעה שלהם (incidence – abundance).
- שינויים בנוף: שינויים ברמת בנוף מזהים ע"י ניתוח שינויים בפסיפס הנופי בשיטות אקולוגיה של הנוף המבוסס על שימוש בכלים של חישה מרחוק.

2. יישום המודל לניטור: על מנת לענות למטרות על פי המודל

יש לנטר את הגורמים הבאים:

- מאגר המינים בתוך וסביב שטחים פתוחים.
- גורמי סינון כגון גשם, מרכיבים כימיים ופיזיקליים בקרקע ומיקרו-אקלים.
- דגמים המרמזים על התארגנות ברמות החברה הנוף והאקוסיסטמה.

להלן המלצותיו הפרטניות של פרופ' שחק לגבי התמקדות המארג בניטור:

- ניטור מאגר המינים: על פי מה שקיים היום בארץ, יש מספיק מסגרות שמנטרות את מאגרי המינים ולכן המארג אינו צריך להתמקד במאגר המינים.
 - ניטור התארגנויות: שחק מציע בשלב זה, לנטר דגמי התארגנויות ברמת החברה והנוף.
- בכדי לזהות התארגנויות יש לבחור קבוצות עם מספר מינים גדול המאפשרות זיהוי דגם התארגנות.

■ ניטור דגמי ההתארגנות ברמת החברה – מה מנטרים?

בקבוצה הנבחרת צריך להיות שפע של מינים כך שניתן לזהות דגמי התארגנות בקלות יחסית. לדוגמא באתרים בהם יש שפע של מיני עשבוניים ינטרו עשבוניים. באתרים בהם יש שפע של מיני פרוקי רגליים – ינטרו פרוקי הרגליים.

■ מה לא מנטרים לצורך דגמים ברמת החברה?

במידה ואין מספיק מינים מקבוצה מסוימת הם לא ינטרו. באופן היפותטי לחלוטין, אם יער או שמורה מורכבים מכמה בתי גידול שונים, כאשר באחד מהם אין קבוצה של אורגניזמים עילאיים שיש בה שפע של מינים, לא ניתן לזהות דגמים ברמת החברה (במקרה זה יש לחפש דגמים ברמות ארגון אחרות). באתר כזה לדוגמא, ייתכן וניתן יהיה לנטר חיידקים אשר בד"כ מופיעים בשפע של מינים. המארג לא ינטר מינים אם הם אינם משפיעים או תורמים להתארגנות.

■ ניטור ברמת הנוף – מה מנטרים?

יש לנטר קבוצות המשפיעות באופן מהותי על יצירת פסיפס נופי כגון מעוצים. הניטור מתרכז בתיאור דגמי הנוף הנוצרים. לדוגמא במקרה של מעוצים – ייתמקד בתבניות האיכותיות והכמותיות שהם יוצרים. יש לעקוב אחר השינויים בתבניות ואחר הגורמים האביוטים וביוטים הגורמים לשינויים. למשל: הדורכנים משנים את כתמיות הצומח ע"י חפירת בורות, לכן יש לעקוב אחר דינמיקת יצירת הבורות. במקרה זה מנטרים את המשתנים הבאים: מספר בורות, ממדי הבורות ופיזורם המרחבי. כך למשל ברמת הנדיב יש לנטר את השתנות תבניות מעוצים, נבירת החזירים ואת הגורמים לנבירה.

■ מה לא מנטרים ברמת הנוף?

לא מנטרים מינים ומרכיבים אשר אינם יוצרים תבניות משמעותיות ברמת הנוף (אלא אם כן מינים אלו יוצרים תבניות ברמת החברה). תבניות ברמת הנוף משפיעות על התבניות ברמת החברה.

3. ניטור מסננים: ניטור גורמי סינון עיקריים הוא בעל חשיבות

עליונה מכיוון שהוא יספק את ההסברים לשינויים דגמי ההתארגנות. אלו הם גורמים אביוטים וביוטים באתר

ישנם מודלים שונים המתארים את אופן העברת המידע בין אנשי המדע לפוליטיקאים. המידע עובר מן המדען לפוליטיקאי באופן בו המדען הוא "בעל האמת". בדרך זו, העברת המידע הינה חד-צדדית, לינארית ואין חילופי מידע בין שתי הקבוצות, כך שהסיכוי להטמעת המידע המדעי ושימוש נכון בו, אצל קובעי המדיניות נמוך ביותר. מן הצד האחר, במקרים רבים פוליטיקאים משתמשים במידע מדעי חסר או שגוי בכדי לקדם את מטרותיהם. מודלים המבוססים על העברת מידע רישתית, (Neural system), מציעים כי הבנת המידע צריכה להתפתח עם הזמן, בדומה לתהליכים חברתיים. הטמעת המידע דורשת אינטראקציה מתמדת וארוכת טווח בין המדענים למקבלי ההחלטות, מה שמאפשר למידע לחלחל מכיוונים שונים או בהקשרים שונים.

טבלה 1: מאפייני מדע וממשל. הפערים יוצרים קושי בהעברת מידע מדעי ותרגומו לקביעת מדיניות וקבלת החלטות (Manning 1988: Table 1, after Crerar).

Science	Government
Probability accepted	Certainty desired
Inequality is a fact	Equality desired
Anticipatory	Time ends at next election
Flexibility	Rigidity
Problem oriented	Service oriented
Discovery oriented	Mission oriented
Failure and risk accepted	Failure and risk intolerable
Innovation prized	Innovation suspect
Replication essential for belief	Beliefs are situational
Clientele diffuse, diverse, or not present	Clientele specific, immediate, and insistent

1.3 הניטור ככלי בידי מקבלי החלטות: אינדיקטורים ופרמטרים לניטור

א. מדיניות ומדע: עולמות שונים, חוקים שונים ושפות שונות

ב. כלים לגישור פערים בין מדע האקולוגיה למקבלי ההחלטות

ג. מסגרת רעיונית וארגונית ליישום וגישור בין מחקר וניטור אקולוגיים לממשל וקביעת מדיניות-ע"פ רון פוליאם

א. מדיניות ומדע: עולמות שונים, חוקים שונים ושפות שונות

מדיניות ומדע מייצגים לרוב שני עולמות שונים אשר צרכי החברה יוצרים הכרח לגישור בין השניים. מדענים בכלל, ומדעני הסביבה בפרט, מבקשים בד"כ תמונה ממוקדת ופרטנית ואילו העולם הפוליטי מבקש תמונה רחבה. המדע דורש למשל, מהימנות, דיוק והדירות תופעות. בעולם הפוליטי לעומת זאת, נדרשים מסרים קצרים.

התקשורת בין מדענים לקובעי מדיניות לוקה בחסר, כאשר אחת הסיבות העיקריות היא העובדה כי פוליטיקאים נדרשים להתמודד עם כמות גדולה של מידע בזמן קצר, בעוד שהמדענים אינם מסוגלים לספק את המידע ברמת הפישוט ובמהירות הנדרשת.

מן הצד האחר, המדענים מקבלים אי ודאות הקיימת בתופעות טבע, או פערי מידע וידע, לעומתם הפוליטיקאים מבקשים הנחיות ברורות לפעולה המבוססות על תשובות ברורות וחד-משמעיות (אולם לא תמיד נדרשת רמת דיוק גבוהה).

קבלה מהירה של מידע מסרים קצרים פישוט הסתפקות ברמת דיוק נמוכה



איסוף מידע יסודי ואיטי הקשרים מדויקים גישה מאבחנת מבדילה נדרשת רמת דיוק גבוהה



ב. כלים לגישור פערים בין מדע האקולוגיה למקבלי החלטות: אינדיקטורים ואינדקסים המותאמים למקבלי החלטות וקובעי מדיניות

מהם אינדיקטורים ומהם אינדקסים?

מאחר והניטור עוקב אחר שינויים במצבים ותהליכים של מערכת, המשתנים הנאספים הם אלו המצביעים על השינוי במצבים של המערכת (state variables) או שינוי בתהליכים החלים במערכת. כל-זאת על-פי רעיון ממושג המתאר כיצד המערכת הנבחנת מתפקדת, כלומר מהם מצבי המערכת ומהם התהליכים המאפיינים את המערכת. במודלים קונספטואליים אלו, משולבים לעיתים גם גורמים חיצוניים אשר משפיעים על המערכת, כגון גורמים המאיימים על המערכת האקולוגית היכולים להיות ממקור אנטרופוגני, אקלימי, פוליטי-מדיני וכו'.

הנתונים הנאספים המורים על מצב המערכת נקראים **אינדיקטורים Indicators**. המושג אינדיקטורים הוא רחב למדי, ואינדיקטורים יכולים להיות המשתנים עצמם הנאספים בשדה, מספר, או קומפלקס של משתנים אשר מורים על שינוי במערכת. בהתאם למטרות הניטור, אינדיקטורים יכולים להיות גם משתנים העוקבים אחר הגורמים לשינוי, כגון גורמים המאיימים על המערכת האקולוגית (ריכוז רעלנים, לדוגמה).

את השינויים החלים באינדקטורים מכמתים בעזרת **אינדקסים Indices** המאפשרים לאמוד את השינוי לאורך סקלה אשר נקבעה לאומדן האינדיקטורים עצמם או לאומדן השינוי באינדיקטור. כך למשל מגוון מינים יכול להיות אינדיקטור לתפקודי המערכת האקולוגית והוא נמדד בעזרת אינדקסים למגוון, ביניהם אינדקסים קלאסיים כ- Shannon Diversity Index או כאלו שפותחו בשנים האחרונות והמודדים את השינוי במגוון.

אינדיקטורים ואינדקסים למקבלי החלטות

על-פי אמות המגוון, קובעי המדיניות מעוניינים לענות על השאלות הבאות הנוגעות במגוון הביולוגי:

1. מה משתנה (במערכת האקולוגית)?
2. מדוע חל השינוי?
3. מדוע ישנה חשיבות לשינוי?
4. כיצד ניתן לפעול בנוגע לשינוי?

- Bunce מגדיר חמש שאלות המעניינות את קובעי המדיניות בבריטניה, ואשר עליהן צריכה לענות תוכנית הניטור העוסקת במצב בתי הגידול Countryside 2000 (ע"פ ידע אישי):
1. כמה יש (מדד לכימות בתי הגידול)?
 2. בכמה השתנה (השינוי שחל בבתי הגידול)?
 3. מהם התהליכים אשר גרמו לשינוי?
 4. מה תרומת המדיניות למצב הנצפה ולשינוי?
 5. מהי התחזית (תרחישי שינוי)?

כאשר מדובר בהערכה של מצב מערכת או מגוון המינים, פוליטיקאים מעוניינים להיעזר באינדקס אחד אשר יאפיין את המצב לאורך סקלה.

הדיון העוסק בצורה שמתרגמים נתונים על מצב המערכת האקולוגית ו/או מגוון לאינדקסים על מנת שישמשו את הפוליטיקה, מתנהל מזה שנים. כיום מקובל ליצור אינדקסים מורכבים הבנויים מאוסף נתונים שונים על המערכת האקולוגית, אולם עד היום אין אינדקס המקובל הן על המדענים והן על הפוליטיקאים, אשר השימוש בו התבסס והשתרש.

עם זאת, בתחומים אחרים כגון התחום הכלכלי והחברתי, הצליחו ליצור אינדקסים מעין אלו אשר השימוש בהם מקובל בעולם כולו. בתחום האקולוגי, ההכרה כי מדידת עושר מינים אינה מספיקה כאינדיקציה לשינוי במגוון, במיוחד לא על-פני סקלות גדולות, הביאה את הרעיון כי יש לעקוב אחר קבוצה גדולה ומגוונת של אינדיקטורים ומהם יהיה ניתן ליצור אינדקס המורה על מצב המערכת.

אינדיקטורים המתורגמים לאינדקסים, מנקודת מבטם של קובעי מדיניות הם כלים כמוותיים להערכת השינוי והמרחק מן המטרה שנקבעה ליישום. על כן אינדקסים אלו הינם יותר מאשר הנתונים הגולמיים הנאספים במחקר או בניטור.

UNEP (1999) קבעו כמה כללים לקביעת אינדיקטורים ואינדקסים למגוון הביולוגי:

1. האינדקס צריך להיות פשוט, מובן ורלוונטי לקובעי מדיניות
2. האינדקס צריך לספק מידע עובדתי וכמותי.
3. האינדקס צריך להיות בעל נקודת ייחוס
4. האינדקס צריך להיות בעל משמעות מדעית וניתן לניתוח סטטיסטי.
5. האינדקס צריך לשקף שינויים בזמן ובמרחב
6. האינדקס צריך להתבסס על איסוף פשוט של נתונים
7. האינדקס צריך להיות שמיש ליצירת תרחישים עתידיים
8. האינדקס צריך לאפשר השוואה בין ארצות שונות
9. האינדקס צריך לאפשר יצירת מידע מלוכד ברמה ארצית
10. האינדקס צריך להשתנות בהתאם לצרכים ובהתאם למשתמש

דוגמאות לאינדיקטורים ראה טבלאות 2,3

מטרות פרויקט BIOHAB העוסק באפיין בתי הגידול של אירופה ובשינויים החלים בהם

BioHAB A framework for the coordination. of Biodiversity and Habitats, FP5 project Nr: EVK2-CT-2002-20018
Bob Bunce and Rob Jongman, Alterra, Wageningen UR

OBJECTIVES

- to ensure service function to EU policy implementation (national, regional and local level)
- to liaise with stakeholders (national policy makers, practioners and EU project coordinators, and incorporate their practical experience)



January 30, 2008

טבלה 3: אינדיקטורים של אומנת המגוון. ישנן מספר רמות הכללה של האינדיקטורים: Focal area, headlines, indicator. האינדיקטורים עצמם מתורגמים לאומדנים המשקללים מדדים רבים.

Table 2.1 The 26 indicators proposed for the first European set grouped by CBD focal area and EU/PEBLDS headline

Focal area	EU and PEBLDS headline <i>(italics indicate changes from CBD headlines)</i>	Proposed indicators	SEBI 2010 contributions/main strengths of the indicator	Suggested improvements
Status and trends of the components of biological diversity	Trends in the abundance and distribution of selected species	1 Abundance and distribution of selected species	Birds: indicator produced by NGO established in SDI, SI and SEBI 2010 sets. Butterflies: methodology agreed.	Expand geographical coverage. Add additional taxonomic groups and ecosystems.
	Change in status of threatened <i>and/or</i> protected species	2 Red List Index for European species	Production of an RLI based on European risk.	Expand taxonomic coverage.
		3 Species of European interest	New indicator based on Habitats Directive reporting.	Improve guidance on monitoring and data collection.
	Trends in extent of selected biomes, ecosystems and habitats	4 Ecosystem coverage	Comprehensive indicator of trends in European ecosystems.	Increase geographical coverage. Use Global Land Cover data set?
		5 Habitats of European interest	New indicator based on Habitats Directive reporting.	Improve guidance on monitoring and data collection.
		6 Livestock genetic diversity	First step in the development of indicators for genetic diversity.	Improve definitions of and data on native breeds, and endangerment.
	Coverage of protected areas	7 Nationally designated protected areas	Key response indicator.	Improve accuracy and quality of national reporting.
		8 Sites designated under the EU Habitats and Birds Directives	Combined indicator (designated area and sufficiency) of relevance to the key EU policy instruments for biodiversity.	Add spatial layers and improve data flow. Explore similar indicator for non EU countries based on the Emerald network ⁽⁶⁾ .
Threats to biodiversity	Nitrogen deposition	9 Critical load exceedance for nitrogen	Reinforced links between atmospheric and biodiversity expert communities.	Strengthen the link between critical load exceedance and loss of biodiversity, and quantify CLE impacts in protected areas in Europe.
	Trends in invasive alien species	10 Invasive alien species in Europe	Combined indicator on alien species, and development of a new list of worst invasives in Europe.	Add distinction between invasive species and alien species. Increase geographical coverage.
	<i>Impact of climate change on biodiversity</i>	11 Occurrence of temperature-sensitive species	Inventory of existing indicators and specific proposal for development.	Develop specific indicator.
Ecosystem integrity and ecosystem goods and services	Marine Trophic Index	12 Marine Trophic Index of European seas	Adaptation of MTI for Europe and agreement on methodology.	Using data on the size of landings or of the survey samples.
	Connectivity/fragmentation of ecosystems	13 Fragmentation of natural and semi-natural areas	New indicator based on use of CLC inventory.	Add additional CLC data point. Increase geographical coverage.
		14 Fragmentation of river systems	New indicator.	Improving data quality.
	Water quality in <i>aquatic</i> ecosystems	15 Nutrients in transitional, coastal and marine waters	EEA Core Set Indicator adapted to a biodiversity perspective.	Improve spatial coverage and time series. Develop methods for comparing data from the same region over different years.
		16 Freshwater quality	Two EEA Core Set Indicators combined and adapted to a biodiversity perspective.	Improve data quality. Fill gaps related to catchment pressures.

Focal area	EU and PEBLDS headline (<i>italics indicate changes from CBD headlines</i>)	Proposed indicators	SEBI 2010 contributions/ main strengths of the indicator	Suggested improvements
Sustainable use	Area of forest, agricultural, fishery and aquaculture ecosystems under sustainable management	17 Forest: growing stock, increment and fellings	Adoption of MCPFE indicator with specific biodiversity relevance.	Use new proposed EEA forest types.
		18 Forest: deadwood	Adoption of MCPFE indicator with specific biodiversity relevance.	Use new proposed EEA forest types. Document relation between biodiversity and deadwood.
		19 Agriculture: nitrogen balance	Adoption of IRENA indicator with specific biodiversity relevance.	Calculate regional nitrogen balances
		20 Agriculture: area under management practices potentially supporting biodiversity	Combination of indicators relevant to biodiversity (HNV, area under organic farming and with agri-environment measures that support biodiversity).	Stratified sampling of HNV farmland. Better data on biodiversity supportive agri-environment measures.
		21 Fisheries: European commercial fish stocks	EEA Core Set Indicator with biodiversity perspective adopted.	Improve data quality.
		22 Aquaculture: effluent water quality from finfish farms	First proposal for biodiversity related aquaculture indicator.	Refine methodology.
	Ecological Footprint of European countries	23 Ecological Footprint of European countries	Ecological footprint adapted to Europe.	Refine methodology.
Status of access and benefits sharing	<i>Percentage of European patent applications for inventions based on genetic resources</i>	24 Patent applications based on genetic resources	New indicator.	Refine methodology.
Status of resource transfers and use	<i>Funding to biodiversity</i> (Note: PEBLDS also added 'PEBLDS public and private sources')	25 Financing biodiversity management	New indicator.	Include national and private spending. Refine accounting categories. Expand beyond EU.
Public opinion	<i>Public awareness and participation</i>	26 Public awareness	Inventory of potential indicators and specific proposal for development.	Develop specific indicator.

טבלה 2: אינדיקטורים משותפים לניטור בכל תחנות הניטור ארוך הטווח באירופה

ABIOTIC	Land cover and land use intensity *
	Physical data (meteorological and water observations) *
	Athmospheric deposition, water chemistry and eutrophication *
	Soil chemistry and classification *
BIOTIC	Primary producers compartment (vascular plants, phytoplankton, bacteria, biomass, NPP) *
	Invertebrates functional groups (selected on the basis of ecosystem type)
	Invasive alien species in Europe since 1900 (EU check list)

ג. רון פוליאם: מסגרת רעיונית וארגונית ליישום וגישור בין מחקר וניטור אקולוגיים לממשל וקביעת מדיניות

הפרק נכתב בעיקבות מפגש עם פרופסור רון פוליאם ובהשראתו (אורנע רייזמן-ברמן).

לפי פוליאם, הקשר בין מדע הסביבה לקביעת מדיניות הוא דו-סיטרי ויש צורך ליצור את שני המסלולים.

מצד קובעי המדיניות:

קובעי המדיניות שואלים שאלות בנושאים אקולוגיים ועל המדענים לענות על שאלות אלו. השאלות נובעות מ: 1. התחייבויות חוקתיות (למשל: Forest act שמירה על מגוון המינים ביער, Endangered species Act המחייב שמירה ואישוש מינים בסכנת הכחדה). 2. לחץ פוליטי מארגונים ירוקים. 3. התחייבויות לאומנות (פחות במקרה של ארה"ב). 4. בעיות אשר מעלה הקהילה המדעית.

מצד ההקהילה המדעית:

הקהילה המדעית צריכה להיות מוכנה לענות על השאלות מצד קובעי המדיניות באופן מהיר ומיידי. זאת ניתן לעשות על ידי קביעת מסגרת ארגונית אשר יכולה לענות על הצרכים אשר תכלול: א. ניטור אקולוגי ארוך טווח ב. מחקר – ייעודי קצר טווח, בסיסי או יישומי אך לא ייעודי (על פי עניין המדען), קצר טווח תלוי תקציבים, ומחקר ארוך טווח. ג. סינתזה.

שלושת המרכיבים הללו הם בעלי אותה חשיבות והשקעת המשאבים צריכה להיות בשלושתם. יש צורך לתת תשובות לשאלות על ידי סינתזה בין נתוני ניטור ונתוני מחקרים קודמים, וכאן תפקידו המרכזי של מרכז סינתזה. רצוי להקים ועדות מדענים אד-הוק על-פי השאלה או הנושא בכדי להוציא לאור דו"ח או מסמך העונה על השאלות המוצגות בהתבסס על נתוני ניטור ונתוני מחקר.

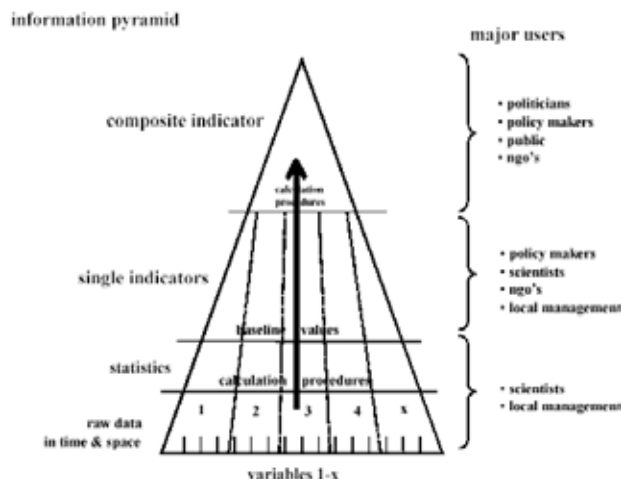
המלצות רון פוליאם

ניטור: אין תחליף לנתוני הניטור והממשלה צריכה להשקיע בהם משאבים. הניטור הוא הכלי היחיד להבין מגמות באופן רציף.

מחקר: הממשלה צריכה לממן מחקרים העונים על שאלות הנשאלות על ידי הממשל וקובעי המדיניות בין השאר על ידי סקרים רחבי סקלה ומחקרים ייעודיים. ההמלצה היא להקים מרכז בדומה ל-NRC¹ (National Research Council). רון הדגיש כי ישנה חשיבות ליצירת תקשורת בעזרת ביסוס אינדקסים המובנים לקובעי מדיניות. בנוסף, יש לבצע ניתוח סיכונים והסתברויות בעזרת כלים סטטיסטיים המשווים בין מחקרים ובסיסי נתונים שונים (meta-analysis) וארגונים בדו"ח.

האיור הבא מתאר את פירמידת האינדקטורים, המתחילה במשתנים הנאספים בשדה אשר עוברים ניתוח סטטיסטי, ומסתיימת באינדקסים מורכבים, המורכבים כשלעצמם מכמה אינדקסים

From: Indicators as communication tools: an evolution towards composite indicators. Project no. GOCE-CT-2003-505298, ALTER-Net



האינדקסים יכולים להיות **אחידים Solid index** או **מוכלאים Hybrid index**. אינדקסים אחידים הם אלו המורכבים מישויות דומות. לדוגמה Species Assembled Trend Index אשר מאגד מגמות במינים שונים. אינדקס מוכלא מאגד ישויות שונות למשל אינדקסים לפיתוח רב-קיימא המאגדים אינדקטורים אקולוגיים וסוציאקונומיים. אמנת המגוון בוחנת בתוכניתה BIP 2010 את השימוש באינדקסים מורכבים. דוגמאות לאינדקסים מורכבים הן:

1. Natural Capital Index (NCI),
2. Living Planet Index (LPI),
3. Biodiversity Intactness Index (BII)
4. Mean Species Abundance (MSA)
5. Species Assemblage Trend Index (STI),
6. Red List Index (RLI)

כל האינדקסים הללו מתארים את השינוי בשפע מינים. להלן תיאור כללי של שניים מהאינדקסים: **Natural Capital Index (NCI)** – מודד את שפע המינים באופן יחסי למדינות ללא השפעה אנטרופוגנית. המדד משווה גם בין אזורי חקלאות אינטנסיבי לאקטנטסיבית. שפע המינים הממוצע מחושב על פי השטח הנותר של בית הגידול ואיכות בית הגידול.

Biodiversity Intactness Index (BII) – מודד את שפע המינים יחסית לאזורים טבעיים ברמת האקוסיסטמה. המדד נועד לחשב תרחישים עתידיים וגם תרחישי עבר.

¹ <http://sites.nationalacademies.org/nrc/index.htm>

The mission of the NRC is to improve government decision making and public policy, increase public education and understanding, and promote the acquisition and dissemination of knowledge in matters involving science, engineering, technology, and health. The NRC is committed to providing elected leaders, policy makers, and the public with expert advice based on sound scientific evidence.

ניטור ומחקר (קצר וארוך טווח). מרכז הסנתזה צריך לעבד את הנתונים.

בכדי להקים מערך ניטור צריכה להיות נכונות מצד הממשלה, הכרה בחשיבות המגוון ובחשיבות בריאותן של האקוסיסטמות. אין תחליף לנתוני ניטור ויש צורך להשקיע בהם. אם הממשלה לא מעריכה נתוני ניטור – נוצרת בעיה. הממשלה צריכה להחליט החלטות על סמך מאמץ מתמשך מערכתי ולא על סמך מחקרים ספורדים. הממשלה צריכה לדחוף להקמת מרכז סנתזה אשר ישתמש במידע. הממשלה צריכה להיות מעוניינת בדיווח על מצב האקוסיסטמות ובמעורבות המדענים בקביעת מערך מטרות בנושאי סביבה. הממשלה והמדענים צריכים לקבוע מטרות שייקבעו תקופתית. המידע צריך להיאסף כל הזמן, ויש צורך בסנתזה וביישום שיטות סטטיסטיות המתאימות לאינטגרציה בין מחקרים. המסקנות יהיו מוגדרות ברמות הסתברות שונות על ידי ניתוח סיכונים. האנליזה הינה כמותית, ושיטת הדיון צריכה להתבצע בפורום המדענים בשולחן עגול (קרי, ועדת אד-הוק). ההשקעה הכספית צריכה להיות שווה בין ניטור, מחקר וסנתזה בשל התלות ביניהם.

■ דוגמא לניטור ושימוש במידע:

כל מדינה בארבע מחויבת ב- Natural History program
התוכנית עוקבת אחר מצב המינים הנדירים, ארגון Nature
Serve אחראי על קואורדינציה של הניטורים והמידע.
[/http://www.natureserve.org](http://www.natureserve.org)

ריכוז לעומת ביזור:

באופן ספציפי למארג וגם כהמלצה כללית, פוליאם מציע לא לבזר את המרכזים אלא לרכזם תחת גוף אחד.

כמו כן פוליאם מציע לא לבזר את מרכז הניטור בין הארגונים השונים: קק"ל, רשות והמשרד – אלא לרכז תחת גוף אחד, מרכז ניטור הקשור גם למרכז המחקר ולמרכז הסנתזה. לפי פוליאם, ריכוז הניטור מחוץ לארגונים ישרת טוב יותר מטרות ניטור לאומיות וארציות, לעומת מטרות ניטור ממשקיות תוך-ארגוניות, עליהן יושם דגש בתוך הארגונים.

כל מרכז: ניטור, מחקר וסנתזה, צריך להיות מאויש במעט אנשים – מדינת אחד ועזרה פחות מקצועית נוספת. התקציבים צריכים לאפשר גיוס אנשים נוספים לעזרה בניטור ובסנתזה. התקציבים צריכים לאפשר את גיוס המדענים לועדות אד-הוק. ישנה חשיבות גדולה למרכז או מערך IT (מידע וטכנולוגיה), העוסק בארגון נתוני מחקר וניטור.

יישום המדע בתוך הפוליטיקה

התקשורת חייבת להיות גם מצד הקהילה המדעית לקובעי המדיניות. השרים יכולים להיות מעודכנים בכמה אופנים:

- בנוסף ל- Chief scientist – צריך להיות Advisor Scientist "היושב באוזנו של השר", מייעץ ומגשר בין הקהילה המדעית לקובעי מדיניות.
- האוניברסיטאות צריכות להכשיר מצד אחד מדענים לעולם הפוליטי ומן הצד האחר, האוניברסיטאות צריכות לתת קורסי הכשרה כלליים בנושאי סביבה לפוליטיקאים.
- מיקצוע של דרג מקבלי החלטות וקובעי מדיניות הן בארגונים הממשקיים והן בממשל – בעלי תפקידים מקצועיים – מדענים שהכשרו לחיים הפוליטיים. שכבה זו צריכה לדאוג לקשר שבין הקהילה המדעית לממשל.

נקודות חשובות נוספות אשר עלו בפגישה:

- מאחר ונושא הפגישה היה הגישור שבין מדע / מדענים / ניטור לבין קבלת החלטות וקביעת מדיניות, בקשתי טרם הפגישה מלירון דין (המשרד להגנת הסביבה) להעלות נושאים המטרידים אותה / את המשרד בנושא הניטור ותוצריו. הציפייה של המשרד להגנת הסביבה היא שניתן יהיה להשתמש בנתוני הניטור לקבלת החלטות בנושאי תכנון, למשל הקמת ישוב.
- פוליאם בתגובה טען כי נתונים ביולוגיים מדעיים אינם יכולים לשנות החלטות פוליטיות. באם המידע מתחלק בין נתונים מדעיים, לכלכליים חברתיים ופוליטיים, השיקולים המדעיים הם בעלי החשיבות הפחותה ביותר.
- ההכרה בחשיבות המגוון אינה מושתתת בישראל בדרג המדיני ובמכלול התחוקתי. בארה"ב שאלת החשיבות אינה קיימת, כיוון שהיא מעוגנת בחקיקה - Forest act, endangered species act. לכן כל פוליטיקאי מעוניין להשתמש בנתונים ביולוגיים לקבלת החלטות.
- מערכת התחיקה מאפשרת גם היא אפיון של המידע החסר – באופן זה, מילוי חוק המינים בסכנת הכחדה דורש מידע מסוים כך שכאשר הוא חסר לשם קבלת החלטות ופשרות תכנוניות – ברור כי יש לאוספו.
- חשוב שהמידע הניתן על ידי המדענים יהיה בקונצנזוס בקהילה המדעית. גם אם ישנן התנגדויות, ניתן לנסחן באופן בו לא תהינה בוטות מדי לקונצנזוס.
- המידע צריך להיות מוכן לשאלות קובעי המדיניות, בעזרת

ספרות

- Buckland, S. T. et al. 2005. Monitoring change in biodiversity through composite indices. - Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences 360: 243-254.
- Fancy, S. G. et al. 2009. Monitoring the condition of natural resources in US national parks. - Environmental Monitoring and Assessment 151: 161-174.
- Gross, J. E. 2003. Developing Conceptual Models for Monitoring Programs. - Inventory and Monitoring Program, National Park Service, Ft. Collins, Colorado.
- Jorgensen, S. E. 1988. Conceptual Models (Chapter 4). - In: Developments in Environmental Modelling, 9; Fundamentals of ecological modelling. Elsevier Science Publishers B.V.; Elsevier Science Publishing Co., Inc., pp. 123-132.
- Lamb, E. G. et al. 2009. Indices for monitoring biodiversity change: Are some more effective than others? - Ecological Indicators 9: 432-444.
- Lauren A. Hierl, D. J. F. and Dr. Douglas H. Deutschman, a. D. H. M. R. 2007. Developing Conceptual Models to Improve the Biological Monitoring Plan for San Diego's Multiple Species Conservation Program. - California Department of Fish and Game.
- Lookingbill, T. R. et al. 2007. Conceptual models as hypotheses in monitoring urban landscapes. - Environmental Management 40: 171-182.
- Manley, P. N. et al. 2004. Evaluation of a multiple-species approach to monitoring species at the ecoregional scale. - Ecological Applications 14: 296-310.
- Manley, P. N. et al. 2000. Monitoring ecosystems in the Sierra Nevada: The conceptual model foundation. - Environmental Monitoring and Assessment 64: 139-152.
- Mulder, B. S. N., Barry R.; Spies, Thomas A.; Raphael, Martin G.; Palmer, Craig J.; Olsen, Anthony R.; Reeves, Gordon H.; Welsh, Hartwell H., Jr. 1999. The strategy and design of the effectiveness monitoring program for the Northwest Forest Plan. - USDA Forest Service, Pacific Northwest Forest Station, , p. 138.
- Nichols, J. D. 1991a. Extensive Monitoring Programs Viewed as Long-Term Population Studies - the Case of North-American Waterfowl. - Ibis 133: 89-98.
- Nichols, J. D. 1991b. Science, Population Ecology, and the Management of the American Black Duck. - Journal of Wildlife Management 55: 790-799.
- Nichols, J. D. and Williams, B. K. 2006. Monitoring for conservation. - Trends in Ecology & Evolution 21: 668-673.
- Nielsen, S. E. et al. 2007. A new method to estimate species and biodiversity intactness using empirically derived reference conditions. - Biological Conservation 137: 403-414.
- Scott, M. J., Ernest D. Ables, Thomas C. Edwards, Jr., Robert L. Eng, Thomas A. Gavin, Larry D. Harris, Jonathan B. Haufler, William M. Healy, Fritz L. Knopf, Oliver Torgerson and Harmon P. Weeks, Jr. 1995. Conservation of Biological Diversity: Perspectives and the Future for the Wildlife Profession. - Wildlife Society Bulletin 23: 646-657.
- Yoccoz, N. G. et al. 2001. Monitoring of biological diversity in space and time. - Trends in Ecology & Evolution 16: 446-453



2 הצעה לתכנית ניטור השטחים הפתוחים בישראל

2.1 מטרות הניטור

הצהרת כוונות ניטור מגוון ביולוגי ארוך טווח - המאר"ג

נתוני הניטור

- מערכת ניטור המגוון הביולוגי בישראל, תצור רשת של בסיסי נתונים אשר יאפשרו:
- להשוות בין אתרים שונים.
- לזהות שינויים טבעיים במגוון לעומת שינויים הנגרמים על-ידי האדם.
- להבחין בין תנודות קצרות טווח לארוכות הטווח.

כל אלו יאפשרו לקבוע קו-בסיס (base-line) למערכות האקולוגיות של השטחים הפתוחים בישראל.

תהליך הגדרת מטרות הניטור: מטרות הניטור הוגדרו בכמה סדנאות שנערכו על-ידי צוות ההיגוי של הניטור בעזרת שאלונים ובדיונים. חידוד של מטרות הניטור נעשה בסדנת ניטור בקיץ 2008, בדיון רב-משתתפים בו השתתפו אנשי ממשק השטחים הפתוחים ומדענים ממוסדות אקדמיה ומחקר בארץ. בעיקבות כך נכתבה הצהרת הכוונות (אורנע רייזמן-ברמן) אשר להלן.

הצהרת כוונות:

המגוון הביולוגי הוא ביטוי לשונות הקיימת במערכות תומכות חיים. המגוון מייצג את רב-גוניות החיים ברמות ארגון שונות של הטבע החל ממגוון גנטי, מגוון מינים, מגוון מערכות אקולוגיות וכלה במגוון נופים.

המגוון הביולוגי על-פני כדור-הארץ נמצא תחת איום הולך וגובר בשל העלייה המתמדת בפעילות האנושית, ויש לפעול לשימורו.

שימור מורכבות המגוון הביולוגי, על כל צורות החיים, יחסי הגומלין שביניהן ובין סביבתן, הכרחי לקיימותן של מערכות תומכות חיים ולקיום המין האנושי. מערכות אקולוגיות מגוונות הן יציבות יותר, והמגוון הביולוגי על מורכבותו, הוא המספק לאדם תועלות בסיסיות המכונות "שירותים אקולוגיים". למגוון הביולוגי בישראל ערך מוסף וייחודי הנובע ממיקומה הגיאוגרפי של ישראל בסהר הפורה ובמפגש הגבולות בין אזורים ביוגיאוגרפיים שונים. ייחודיות המגוון מתאפיינת, בין היתר, בהיות ישראל מקום גידול למיני אבות תרבות רבים. המגוון הביולוגי בישראל רחב במיוחד וכן ועשיר במינים נדירים.

ניטור ארוך-טווח של המגוון הביולוגי הוא כלי עיקרי המאפשר מעקב אחר המגוון והתרעה על שינויים הנובעים מאיומים ועקת בעולמנו המשתנה.

ישנם יחסי גומלין בין ניטור ומחקר אקולוגי באופן בו הניטור יכול לזהות שינויים במערכות האקולוגיות, והמחקר חוקר באופן מעמיק את הגורמים לשינויים. המחקר מספק לניטור את מודל התפקוד של המערכת האקולוגית, ומאפשר לבנות מערכת ניטור מלומדת ויעילה יותר.

מטרות הניטור ארוך-טווח של המגוון:

1. לעקוב לטווח ארוך אחר השינויים החלים במרכיבים נבחרים של המגוון הביולוגי.
2. לנסות ולהבין את משמעות השינויים במגוון הביולוגי ברמה המקומית והארצית.
3. לאמוד את יעילות ממשק השטחים הפתוחים (או המערכות האקולוגיות) ולהציע דרכי ממשק לשימור המגוון הביולוגי בהתאם ליעדי השטח הפתוח (או המערכת האקולוגית).
4. לייצר מידע היכול לשמש את מקבלי ההחלטות וקובעי המדיניות בנושאי השטחים הפתוחים.
5. לאפשר למלא התחייבויות בינלאומיות לשמירה על המגוון הביולוגי.
6. לספק למחקר המדעי מידע אמין וארוך-טווח על התנהגות ותפקוד המערכות האקולוגיות בישראל.

2.2 הצעה למסגרת רעיונית לבניית אינדיקטורים לניטור במארג - אורנע רייזמן-ברמן

מטרת המסגרת הרעיונית:

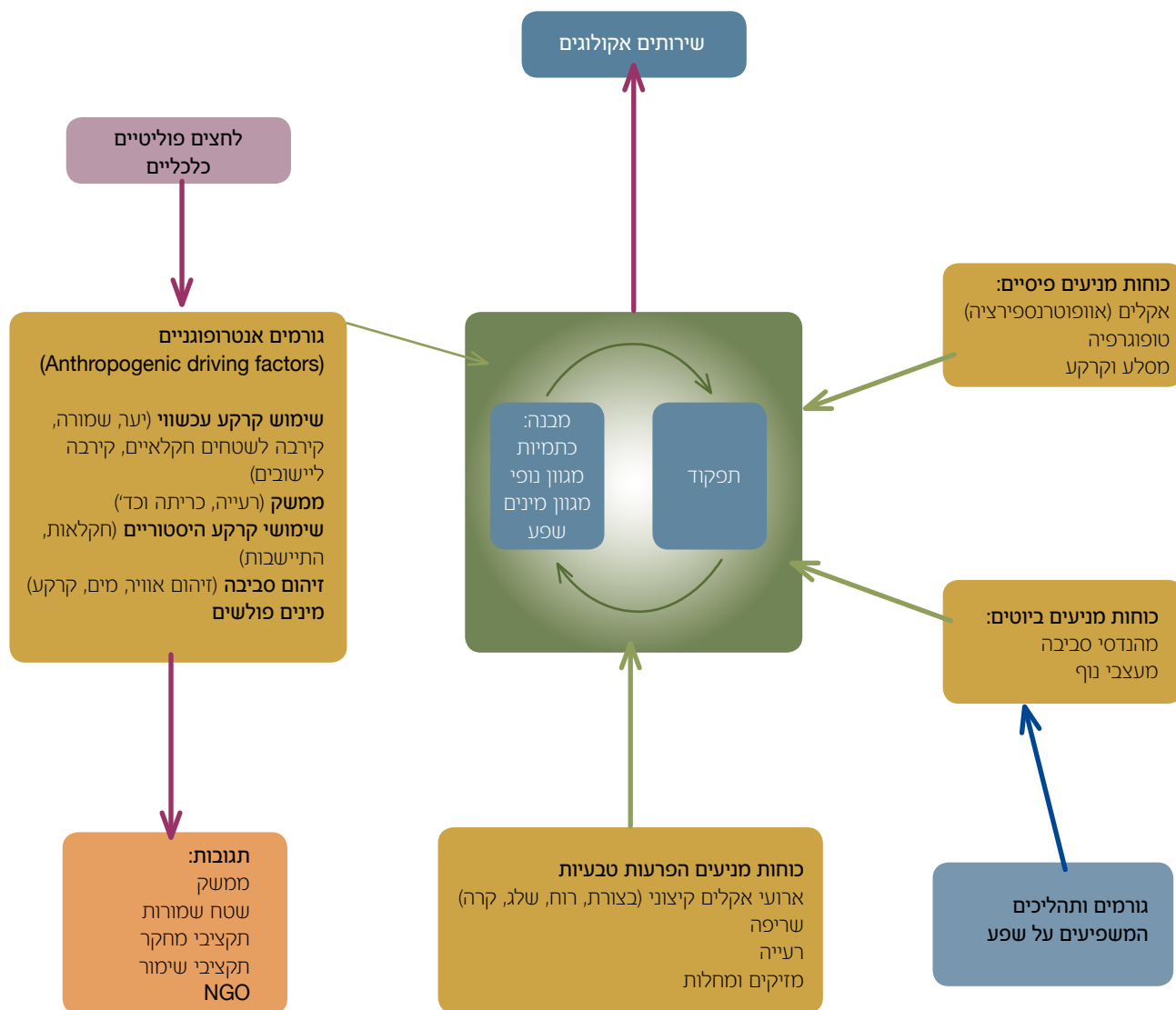
1. לאפשר ליצור מסגרת משותפת למגוון אקוסיסטמות לשם קביעה של אינדיקטורי ליבה על-אזוריים.
 2. לאפשר אירגון של המידע הקיים לגבי אקוסיסטמות אשר נבחרו לניטור.
 3. לסייע לפיתוח מודל מכניסטי יחודי לאקוסיסטמות נבחרות לניטור.
 4. לסייע בבחירת אינדיקטורים על-סמך הקטגוריות והמודל המכניסטי ולקביעת סדר עדיפות.
 5. לאפשר גמישות באגרגציה של אינדיקטורים בכדי ליצור תקשורת טובה וכלי להסברה.
- המסגרת הרעיונית לבניית אינדיקטורים לניטור בנויה מחמש קטגוריות עיקריות:
1. תפקוד ומבנה האקוסיסטמה.

קטגוריות של כוחות מניעים:

2. גורמים פיסיים - אקלים מסלע, קרקע וטופוגרפיה.
3. גורמים ביוטיים - מעצבי נוף ומהנדסי סביבה - קטגוריית משנה הכוללת גורמים ותהליכים המשפיעים על שפע של מהנדסי סביבה ומעצבי נוף.

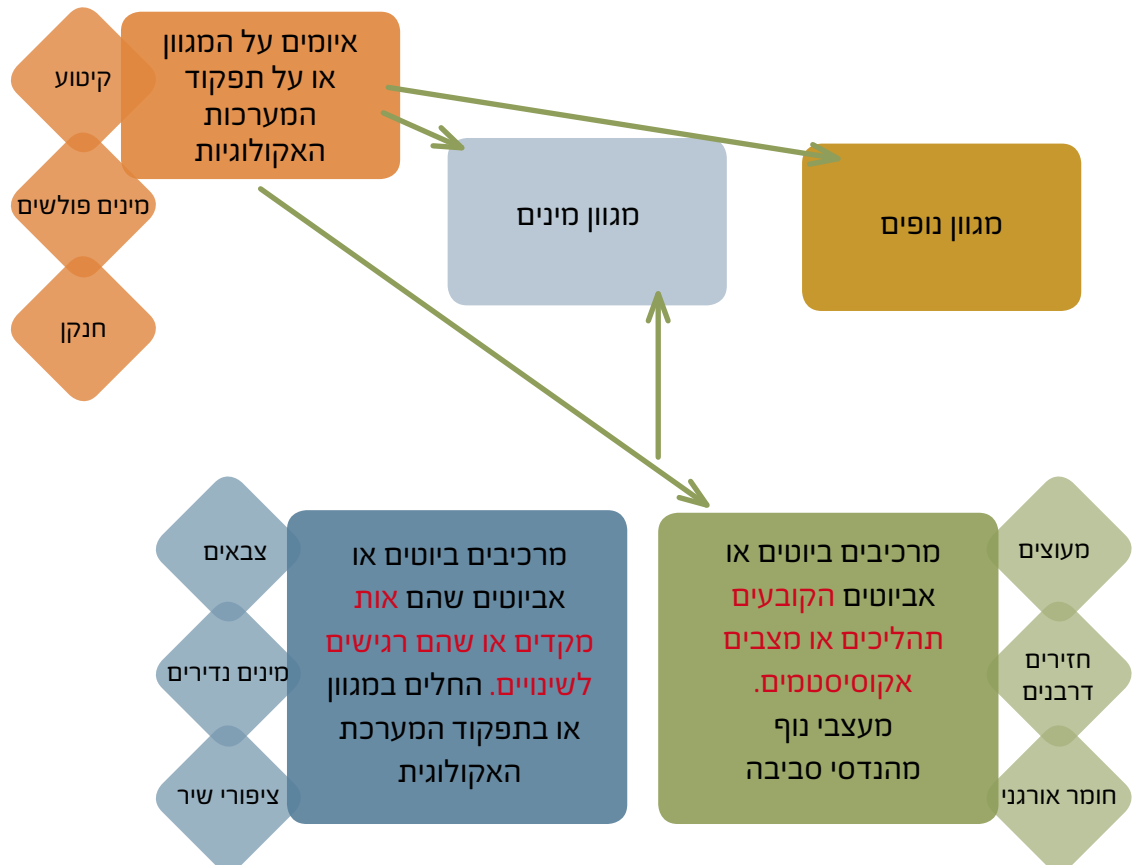
4. הפרעות טבעיות.
 5. גורמים אנטרופוגניים - שימושי קרקע עכשוויים והיסטוריים, גורמי עקה: זיהומים (כולל מינים פולשים).
- על קטגוריות אלו ניתן להוסיף את:
6. קטגוריית השירותים האקולוגיים, הנגזרים ממבנה ותפקוד האקוסיסטמה. קטגוריות של גורמים חברתיים-פוליטיים המשפיעים או יוצרים את הגורמים האנטרופוגניים.
 7. לחצים פוליטיים כלכליים.
 8. תגובות להשפעות אנטרופוגניות על המערכת.
- המעקב מתמקד בתפקוד ובמבנה.
- בקטגוריית הכוחות המניעים הפיסיים, הניטור יתמקד בניטור אינדיקטורים לשינויי אקלים. הגורמים האחרים מהווים גורמי רקע לאבחנה בין אזוריים או אקוסיסטמות שונות וכן גורמים היוצרים את פוטנציאל המגוון הביולוגי ולכן אין ניטור של גורמים אלו.
- עם זאת, ישנה חשיבות לאינטראקציה בין גורמים אלו לגורמים אנטרופוגניים, בהשפעה על השינויים החלים בתפקוד ובמבנה האקוסיסטמה.

הצעה למודל מערכת כמסגרת לניטור – אורנע רייזמן-ברמן



אינדיקטורים ראשיים לניטור, אשר נובעים מן המודל המוצע על ידי אורנע רייזמן-ברמן

מה לנטר? אינדיקטורים לתיפקודי המערכת האקולוגית



2.3 סכמת תכנית הניטור



2.4 תמצית רבדי הניטור



פירמידת הניטור הסכמטית מתארת את החלוקה של מערך הניטור לתת-מערכים. כל תת-מערך מיוצג ברובד בעל צבע שונה (ראה איור 1). אינטנסיביות הניטור ומאמץ הדיגום עולים כלפי קודקוד הפירמידה. כלומר, במערך אשר בקודקוד הפירמידה (LTERM + LTER) דוגמים יותר פרמטרים והניטור נערך בתדירות גבוהה יותר.

בבסיס הפירמידה נמצא תת-מערך ניטור בעל פרישה ארצית, הניטור הוא שטחי אבל בסקלה רחבה (ורזולוציה נמוכה), ובתדירות נמוכה. בקודקוד הפירמידה מערך ניטור בעל פרישה מרחבית מצומצמת יחסית, בסקלה מקומית ובתדירות גבוהה יחסית.

מערכי הניטור משלימים זה את זה באופן בו הניטור ייתן תמונה רחבה על דגמי השינויים במערכות ועל תפקודן בפרישה גיאוגרפית נרחבת על פני הארץ. בקודקוד הפירמידה נמצא תת-מערכת בעל ניטור נקודתי ומעמיק הנותן תמונה רציפה ופרטנית על התפקוד האקוסיסטמי של מערכות אקולוגיות דומיננטיות ומתמקד בתיעוד דגם השינוי במצבים אך שם דגש גם על התהליכים והגורמים לשינוי. הניטור הפחות מאומץ נותן תמונת מצב בפרישה רחבה, ומאפיין השפעת גורמים חיצוניים - כגון השפעת החלטות מדיניות. ניטור זה חייב להיות מכוון בניטור המאומץ, בכדי לאפשר הבנה של גורמים ותהליכים, כמו כן הניטור המאומץ בהיותו ניתמך בניטור בפרישה רחבה, מאפשר הרחבת התמונה מעבר לניטור המקומי.

מערכי הניטור:

מערך 1: חישה מרחוק ומערכות GIS. (רובד תכלתי): מטרת מערך זה לאפיין את השינויים החלים בשטחים הפתוחים בעקבות תהליכי פיתוח, והשפעתם של תהליכי הפיתוח על תפקוד המערכות האקולוגיות בשטחים הפתוחים. מערך זה יאפיין דגמים בסקלות נרחבות. מיצוי המידע יעשה מתוך הדמאות לווין ותמיכה בעזרת תצלומי אוויר בשילוב עם אימותים קרקעיים. הפרישה (הסקלה) של מערך ניטור זה היא ארצית או אזורית והתדירות אחת לחמש שנים.

מערך 2: אזורים אקולוגיים / כתמיות אקולוגית ואקוסיסטמות (רובד ירוק כהה): מערך זה מאפיין את האזורים האקולוגיים או את הכתמיות האקולוגית, ועוקב אחר השינויים באקוסיסטמות השונות או אזורים אקולוגיים. האפיין נעשה על-סמך גורמים פיסיים ובינטיים כמקובל בקביעת אזורים ביו-גיאוגרפיים או גלילות.

מערך 3: מגוון נופים ומגוון מינים (רובד חום): מערך זה יאפיין את מגוון כתמי הנוף ואת הקשר בין המגוון הנופי למגוון המינים. כתמי הנוף הן אקוסיסטמות (או בתי גידול) אשר ניתן לאפיין ככתם מוגדר בנוף, לדוגמא: חורש צפוף, חורש דליל, שדה חקלאי עונתי, כרם, יער אורנים, יער אקליפטוס, צידי דרך, וכו'.

המערך יאפיין גם-כן, את השינויים החלים עם הזמן במגוון הנופי ואת השפעת השינוי על מגוון המינים והתפקוד האקוסיסטמי. אפיין כתמי הנוף נעשה על פי מבנה הצומח ושימושי הקרקע המאפיינים את הכתם. השינוי שחל בכל כתם, גם הוא מאופיין על-סמך השינוי במבנה הצומח ובשימוש הקרקע. המגוון הנופי הוא מדד למגוון סוגי

הכתמים השונים. אזורים שונים בארץ יאופיינו על-פי מגוון הכתמים של האזור, והניטור יאפיין את השינוי במגוון עם הזמן. מגוון המינים מאופיין ע"י דיגום של כמה קבוצות טקסונומיות מייצגות. בנוסף, לקבוצות מייצגות אלו, המערך יאפיין שינויים החלים בתפקוד האקוסיסטמי על-ידי מעקב אחר אוכלוסיות ייחודיות. אוכלוסיות ייחודיות אלו מתחלקות לשלוש קבוצות: 1. אוכלוסיות של מינים הקובעים תהליכים מרכזיים באקוסיסטמה, כלומר, מינים שהינם מהנדסי סביבה או מעצבי נוף. מינים אלו יכולים למלא תפקיד מרכזי בסקלה ארצית (מעצבים לדוגמא) או מקומית (חזירי בר ברמת הנדיב, דרבנים בנגב). 2. אוכלוסיות אשר השינוי בשפען משקף שינויים במבנה האקוסיסטמה או בתהליכים החלים בה. זאת בשל רגישותן לשינויים מוגדרים במבנה או בתהליכים (לדוגמא, צבאים הרגשים לקיטוע בנוף). 3. אוכלוסיות של מינים המאיימים על המגוון הביולוגי (מינים מתפרצים ופולשים).

חשיבות המערך היא בהבנת המגוון הנופי והקשר למגוון מינים ותפקוד אקוסיסטמי בפרישה ארצית. חשיבות שקולה היא ביכולתו של המערך להסביר השפעות מדיניות על תהליכים שבנוף ועל שינויים במגוון המינים ובתפקוד האקוסיסטמי. ההיקף: הפרישה של המערך היא על-פי אזורים אקולוגיים-נופיים (אזור אקולוגי-נופי מאופיין על-ידי תכונות מבנה צומח, גיאולוגיה טופוגרפיה, שימושי קרקע ועוד פרמטרים גיאוגרפיים אנושיים כגון סביבה אורבנית או כפרית). תדירות הדיגום היא אחת ל-7-10 שנים. מיצוי המידע ייעשה מתוך תצלומי אוויר, ודיגום בחלקות. מערך זה מאפשר גמישות רבה בהתאמתו לתקציב הניטור. תקציב מינימלי יאפשר ניטור המגוון הנופי בלבד ותקציב מקסימלי יאפשר גם לנטר את מגוון המינים ולאפיין את הקשר בין מגוון מינים למגוון הנופים ולתפקוד האקוסיסטמי.

מערך 4: סקרים יעודיים: לאחר בצורת או הפרעה ותוכניות יעודיות: מינים פולשים, מינים נדירים (רובד כתום) במערך זה נערכים סקרים לבדיקת ההשפעה של שנות בצורת או הפרעות אחרות (שריפה), זאת בהתאמה להיקף ותדירות ההפרעה. כך למשל, בשנת בצורת מומלץ לחרוג מתדירות הניטור הקבועה ולנטר בחלקות הדיגום המאומץ את הקבוצות הטקסונומיות אשר כלולות במערך ויש הנחה כי הן מראות תגובה מהירה לבצורת. כמו כן, מומלץ ליישם סקרים יעודיים גם במקרי שריפות ענק אשר כלולות מגוון אקוסיסטמות. תוכניות יעודיות הן אלו העוקבות אחר התפוצה והשפעה של מינים פולשים או נדירים או אחרים. ההמלצה היא כי המארג לא ינטר אוכלוסיות אלו בתוכנית מיוחדת, אך יהא תיאום מתודולוגי ולוגיסטי בין תוכניות אלו לתוכנית הניטור, כך שהנתונים הנאספים בניטור

² על פי ההגדרה: לסקלה שני מרכיבים: אקסטנט (מרחב) ורזולוציה (גירעון). האקסטנט הוא חלקן הזמן והמרחב בו מתמקד הסקר (או המחקר) והרזולוציה היא יחידת ההפרדה הקטנה ביותר, היא יחידת דגימה.

ומתפרצים, חנקן. הפרמטרים הנבחרים מהווים אינדיקטורים חשובים גם לשינויי האקלים. הניטור המפורט יערך בתחנות LTER המיצגות אקוסיסטמות דומיננטיות ובתחנות נוספות המיצגות אקוסיסטמות אשר אינן מיוצגות כיום במערך ה-LTER (כגון: ים תיכוני יובשני- יער-פארק אלון תבור). התחנות תהינה ממוקמות בצמודים של יער ושטח טבעי (שמורה) ככל הניתן.

2.5 אינדיקטורים ותרגומם לפרמטרים

אורנע רייזמן-ברמן

א. אינדיקטורים ותוצרי ניטור

ב. אינדיקטורים על-אזוריים

א. אינדיקטורים ותוצרי ניטור

נקודה חשובה היא כיצד ניתן ליצור מן הנתונים הנאספים בנקודות הניטור תוצרים (מידע או נתונים) היכולים לשמש את המדע, אנשי הממשק ומקבלי ההחלטות. הפרק שלהלן מסביר מהם תוצרי ניטור אפשריים (אינדקסים), מהם "באמת" אינדיקטורים, ומה הקשר בין השניים.

1. תוצרי הניטור: אינדקסים המתארים את מצב האקוסיסטמה או מצב המגוון.

הנתונים הנאספים מכל מערכי הניטור מעובדים ומקובצים ברמות היררכיות עולות, ליצירת אינדקסים לשימושם של אנשי המדע, אנשי הממשק, מקבלי ההחלטות וקובעי המדיניות. סדר הקיבוץ המקובל עוקב אחר סדר השימושים המוצג כאן. להלן דוגמאות:

רמה ראשונה: נתון הנאסף, כדוגמת "צפיפות נבטי מעוצים" (מספר נבטים ליחידת שטח), יכול לשמש את אנשי המדע וגם את אנשי הממשק אך הוא יכול להיות גם חלק המרכיב את האינדקס המיועד לשימוש אנשי ממשק ברמה היררכית שנייה. אינדקס "מצב העומד" (יער, חורש, בתי וכו') יהיה בנוי מכמה נתונים הנאספים, ביניהם צפיפות נבטים. נתונים נוספים שיהוו את האינדקס המכמת את מצב העומד, יכולים להיות: "צפיפות נבטי מעוצים", "צפיפות מעוצים מתים", "גיל המעוצה המת" (כאשר הנתון הנאסף: גיל או מימדים), "חומר אורגני" וכו'. כלומר הפרמטרים הנאספים הם אלו שאנו מחשיבים כמשקפים את מצב העומד והתהליכים הקורים בו אשר משנים או קובעים את מצבו. מפרמטרים אלו, ע"י שקלול לדוגמא, ניתן לצור את "אינדקס מצב העומד". "אינדקס מצב העומד" גם הוא רק חלק מאינדקס "מצב היער" או "שלמות היער" או "שלמות הבתה", שהם אינדקסים ברמה היררכית גבוהה יותר (3, להלן). את מצב היער יקבעו אינדקסים נוספים, לא רק אינדקס מצב העומד, אלו יכולים להיות לדוגמא: אינדקס לקיטות, אינדקס לטבעיות היער (%) המינים המקומיים. כל אלו יבנו את אינדקס היער אשר אותו ניתן להציג למקבלי החלטות.

קיימות שיטות שונות וכללים שונים לקיבוץ ויצירת אינדקסים, חלקם מבוססים על תורת האינפורמציה.

(דוגמא לכך ניתן למצוא במסמך: The Alberta Biodiversity Monitoring Program תחת הכותרת: Information Pyramids – Consolidating Biodiversity Information).

ישנם מעט אינדקסים מסוג זה הקיימים בעולם מאחר ונושא זה מתפתח רק עתה עם התפתחות תחום הניטור האקולוגי שגם הוא

לגבי אוכלוסיות אלו יתמכו בתוכניות הייעודיות ולהיפך. המשמעות הינה גם מעשית ובאה לידי ביטוי בעיקר במערכי הניטור בפרישה הארצית.

מערך 5: ניטור ממשק תוך אירגוני (רובד ירוק בהיר). מערך ניטור זה מתייחס למערך ניטור הממשק של רשות שמורות הטבע והגנים ושל הקרן הקיימת לישראל. ההמלצה היא כי שיטות הדיגום אשר יושמו במעקב אחר פעולות הממשק (דילול, כריתה, רעיה וכו'), יתאימו לשיטות הדיגום במערך הניטור המאומץ בתחנות. למערך זה יחסי גומלין הדוקים עם מערכי הניטור של המאר"ג: 1. לניטור פעולות הממשק תהא תרומה רבה לתוצרי הניטור הלאומי כמו זו שתהא לתרומת הניטור הלאומי לקבלת החלטות ממשקיות. ההשוואה במרחב בין חלקות אשר יושם בהן ממשק לעומת חלקות ביקורת הצמודות להן ובהן לא יושם ממשק, תיתן תמונה מהירה על גורמים העשויים להשפיע על תפקוד האקוסיסטמה. בסיס נתונים משותף יאפשר השוואה טובה יותר בזמן בנוסף להשוואה במרחב, על אפקט הממשק ועל התפקוד האקוסיסטמי. מערך 5 של תוכנית הניטור, המתוכנן בפרישה ארצית, הוא בעל חשיבות מרובה לממשק בשל העובדה כי הוא בוחן דינמיקה של מעוצים לאורך כל השנה.

מערך 6: ניטור אחר התנהגות עונתית של מעוצים (פנולוגיה), התבססות זריעי מעוצים וביוססת עשבוניים (רובד סגול). מטרת מערך זה היא בעיקר לעקוב אחר ההתנהגות העונתית של הצומח (פנולוגיה) הניטור מתמקד בצומח המעוצה (בני שיח, שיחים ועצים). למערך ניטור זה חשיבות גדולה ומשקל גבוה בתוכנית הניטור כולה, זאת משום שתוכנית הניטור מכירה במעוצים כקבוצה הקובעת תהליכים אקוסיסטמיים מחד. מאידך, עד היום נעשה מעט מאוד מעקב רציף ומסודר בפרישה ארצית, אחר הפנולוגיה של המעוצים. המעקב הפנולוגי בפרישה ארצית כולל מעקב אחר: מועדי נבטיה, לבלוב, צמיחה, שלכת, פריחה, עשיית זרעים, והפצתם. בנוסף, המערך יעקוב אחר תהליכי התבססות זרעים ויצרנות עשבוניים. בנוסף לערכם של הפרמטרים הנאספים בהבנת השינויים החלים בהשפעת המעוצים על המערכת האקולוגית, הפרמטרים הפנולוגיים הם אינדיקטורים חשובים לבדיקת ההשפעה של שינויי אקלים על מערכות אקולוגיות בכלל והצומח בפרט. הפרישה היא פרישת גריד (נקודות דיגום) והניטור מתוכנן להיעזר באנשי השטח של קק"ל ורט"ג. שיטות הניטור פשוטות ומהירות, ומסתמכות בעיקר על הערכות ויזואליות (אשר ניתן לכמתן). מבין מערכי הניטור המוצעים, זהו המערך היחיד הנותן תמונה ארצית מפורטת על אחד המרכיבים החשובים ביותר במערכות האקולוגיות היבשתיות בארץ – קבוצת המעוצים. בנוסף מערך זה יספק הערכה על היצרנות של המערכות האקולוגיות היבשתיות בארץ – הנקבעת בעיקר על-ידי קבוצת העשבוניים.

מערך 7: ניטור אקוסיסטמי מפורט (רובד כחול). מטרת מערך זה היא לנטר בצורה מפורטת אחר השינויים בתיפקודן של אקוסיסטמות דומיננטיות. האינדיקטורים לתפקוד הם: 1. מגוון ושפע המינים (קבוצות טקסונומיות עשירות במידע). 2. אוכלוסיות ייחודיות או גורמים אביוטים הקובעים תהליכים אקוסיסטמיים או תהליכים שבנוף – אלו הם מינים מעצבי נוף או מהנדסי סביבה אשר מאפיינים את האקוסיסטמות המנטרות. לדוגמא: דורבנים בצפון הנגב, חזירי בר בדרום הכרמל ומעוצים בכלל המערכות האקולוגיות בארץ. 3. גורמים אביוטים או מינים הנותנים אינדיקציה לשינויים החלים במצבים או תהליכים אקוסיסטמיים. בהם כלולים לדוגמא: הרכב ומרקם הקרקע, מינים אינדיקטורים, לדוגמא: צבאים, צפורי שיר, מינים בסכנת הכחדה. 4. גורמים אביוטים או מינים המאיימים על המגוון ועל התפקוד האקוסיסטמי. לדוגמא: מינים פולשים

קודם שאתייחס לאינדיקטורים ברמה ארצית ו- 'אזורית', אתייחס למונח 'אזור' או מהי היחידה התת-ארצית המנוטרת והמדווחת.

אזורים אקולוגיים ואזורים גיאוגרפיים

בתוכניות הניטור הארציות ובדיווחים על מצב הטבע אשר סקרת יונה משמעות שונה בהתייחסות לאזורים גיאוגרפיים לעומת התייחסות לאזורים אקולוגיים. ההתייחסות לאזורים הגיאוגרפיים היא מנהלתית בלבד, ואילו ההתייחסות בהקשר למצב הטבע, היא תמיד לאזורים אקולוגיים המייצגים מערכת אקולוגית או כמה מערכות אקולוגיות. כך לדוגמה, תוכנית הניטור של שירות הפארקים האמריקאי מייצגת גישה שאינה ארצית או שאינה גישה רשת. השיקולים לבחירת ניטור שאינו רשת היו מנהלתיים. ישנן יחידות מנהלתיות גיאוגרפיות, שהן היחידות המנהלתיות של רשתות הפארקים, לדוגמה: רמת דרום קולורדו. בתוך כל יחידה מנהלתית ישנה חלוקה למערכות אקולוגיות (מים מתוקים, מדבר, האזור ההררי וכו'). בשל הבחירה של ניטור שאינו ניטור רשת, היחידות האקולוגיות בתוך היחידה יכולות להיות בעלות דמיון רב ליחידות אקולוגיות אשר נמצאות באזור גיאוגרפי מנהלתי סמוך. עם זאת, הדיווח הוא ברמה המנהלתית לגבי היחידות האקולוגיות בתוך כל יחידה מנהלתית.

לעומת זאת דו"ח מצב הטבע של מכון היינץ שם דגש על ה'תמונה הגדולה'. The State of the Nation's Ecosystems 2008 <http://www.heinzcenter.org/ecosystems>

ראייה זו מורכבת מליבת אינדיקטורים לאומיים המתארים מצבים מסויימים המשותפים לכל המערכות האקולוגיות - שטח השטחים השמורים, דגם מרחבי של השטחים השמורים, פחמן מקובע, זיהום תרכובות כימיות, מינים בסכנת הכחדה ועוד. יחד עם זאת הדו"ח מתייחס לחמש אקוסיסטמות נפרדות (חופים ואוקיינוסים, חקלאות, יער, מים מתוקים, ערבות ושיחיות, אזורים עירוניים ופרבריים) ומדווח על אינדיקטורים האופייניים לאותן אקוסיסטמות אך שייכים לאותן 'משפחות' של אינדיקטורים אליהן מסווגים האינדיקטורים הלאומיים. לדוגמה: תחת 'המשפחה' של מרכיבים ביולוגיים ישנה 'תת-משפחה' של צומח ובע"ח. האינדיקטורים הלאומיים תחת סוג זה הם לדוגמה: מצב המינים בסכנת הכחדה ומצב אוכלוסיות מינים פולשים. באקוסיסטמות חקלאיות מדווח על חי צומח באזורים חקלאיים, מינים פולשים וגם על אינדיקטור נוסף השייך לאותו הסוג: כיסוי צומח. באקוסיסטמות מים מתוקים מדווח בנוסף על תמותת בע"ח. כלומר הדו"ח מפרט על-פי אקוסיסטמות וגם באופן על-אקוסיסטמי. הדו"ח מציין שתי נקודות חשובות אשר יכולות לעזור בבניית התוכנית:

- הדו"ח מקפיד להסתמך על נתונים מדעיים איכותיים מתוך כמה רשתות ניטור רחבות סקלה.
- הדו"ח מכוון לדווח על התמונה הגדולה ולא על נתונים מפורטים המיוצרים בניטור. כלומר, הנתונים של המדדים הנאספים מתורגמים לאינדיקטורים כוללניים המשקפים את מצב הטבע, ללא התפשרות על איכות הנתונים. כל אינדיקטור משקף מדדים רבים, לעיתים ממערכות אקולוגיות שונות. מתוך אותו מאגר הנתונים יכול להיות דיווח ייחודי על מערכות אקולוגיות שונות וכמו כן דיווח על-מערכת; ארצי או לאומי (ראה טבלה 1).

גישה דומה היא גישת הדיווחים של אמנת המגוון, הנשענת על תוכניות ניטור רבות ועוסקת בין היתר בדיווח פאן-אירופי. האמנה נשענת על מודל כוללני תהליכי (ראה עמ' 000 סעיף 1.2) בו מצב המערכות האקולוגיות מושפע מגורמים מניעים הקשורים בפיתוח ובמדיניות. במודל מובהרים הקשרים בין תוצרי הכוחות המניעים (למשל חקלאות) והשפעתם על מצב המערכת, תגובות המערכת

תחום צעיר. לכן, יש צורך לפתח אינדיקסים כאלו במסגרת תוכנית הניטור של המארג.

2. מהם אינדיקטורים לניטור? אינדיקטורים לשינוי במצב המגוון או האקוסיסטמה.

ניתן לבחון את מה רוצים ומה צריך לנטר מתוך הגדרת התוצרים הרצויים "מלמעלה למטה", לדוגמה: למקבלי ההחלטות חשוב "מצב היער" או "מצב החורש". "מצב החורש" הוא **אינדיקטור** למצב הטבע. "מצב החורש" תלוי ב- "מצב העומד" וגם ב- "מצב המרחבי" (קוטע, הארכת קצוות). כלאמה, מצב העומד והמצב המרחבי הם **אינדיקטורים** למצב החורש. מתוך האינדיקטורים מפתחים פרמטרים לניטור. מצב העומד משתקף בפרמטרים של צפיפות נבטי מעוצים וכו' כמתואר לעיל. תוכניות ניטור הקשורות לאמנת המגוון (CBD), פותחו בצורה זו. האמנה מגדירה **אינדיקטורים** לשינוי במגוון הנקראים **Headlines** כגון: "מגמות בהיקף ביומות אקוסיסטמות ובתי גידול". מדענים הגדירו כמה אינדיקטורי משנה, כגון, "מצב היער" ו-"טבעיות היער". לכל אחד מהאינדיקטורים האלה, ישנם מספר אינדיקטורים נוספים או מספר פרמטרים הנאספים בניטור. למשל "מצב העומד": עצים מתים, מימדים, התחדשות, מגוון מינים. "טבעיות היער" - אחד מהפרמטרים הוא מגוון המינים.

<http://www.twentyten.net/Indicators/tabid/75/language/en-GB/Default.aspx>

אי לכך, חשוב איגום נתונים: אין זה משנה באם הנתונים נאספו לשם ניטור פנימי של הגופים, או לחילופין נאספו בתחנות ה-LTER למחקר או ניטור ארוך טווח, או בפרישת ניטור רחבה. נהפוך הוא, הנתונים ממקורות שונים משלימים את מאגר הנתונים, מנצלים טוב יותר משאבים המושקעים בניטור ומאפשרים **קיבוץ** של יותר נתונים ליצירת **אינדיקסים לרמות השונות**. אולם, חשוב ששיטת האיסוף וניתוח בסיסי הנתונים בכל מערכי הניטור תעמוד בסטנדרטים מדעיים, ותיצור בסיס משותף בין הנתונים הנאספים. זאת, כדי לאפשר את יצירת האינדיקסים המבוקשים בכל רמות ההיררכיה, באופן בו ניתן לפרק כל אינדיקס עד לנתונים הגולמיים, ולהיפך, מהנתונים הגולמיים ניתן לצור אינדיקסים מקובצים. **ייצור נתוני ניטור העומדים בסטנדרטים מדעיים הוא תנאי ראשון לניתוח מדעי של הנתונים אשר רק הוא יאפשר יצירת תגובה ממשקית לשינויים הנצפים.** במסמך זה מופיעים האינדיקטורים לשינוי, והפרמטרים שיש לאסוף בכדי לעקוב אחר האינדיקטורים.

ב. אינדיקטורים על-אזוריים וכיצד ניתן לקבל תמונה ארצית על מצב האקוסיסטמות?

בחלק זה יעלו הצעות לאינדיקטורים ארציים עבור מדידה של 'מצב הטבע' ואנסה להתייחס לסוגיה - כיצד ניתן לקבל תמונה ארצית על מצב הטבע.

המסמך מסכם חומר רקע בנושא מתוך תוכניות ניטור שונות, מתוך דיווח על מצב הטבע או תוכנית לדיווח. מסמכי דיווח או תוכנית לדיווח מסתמכים בד"כ על כמה תוכניות ניטור ארציות או יבשתיות ולעיתים מסתמכים גם על מקורות נוספים מלבד ניטור, כגון מחקר או דעת מומחה.

כל הצעה תפרט את האינדיקטור, המדדים לאינדיקטור (מה מודדים) וכיצד צריכה להתבצע המדידה, מה המשמעות לגבי התמונה הארצית והיכן בעולם נעזרים באינדיקטור, המוצג כאינדיקטור ארצי (או אפילו יבשתי כ- פאן אירופאי).

בגליל?

בניטור או עוסקים גם במערכות שאינן טבעיות ולכן יש מקום לשאלות כגון:

האם יער אורן ירושלים בגליל דומה יותר לחורש בגליל או ליער אורן ירושלים בכרמל?
בעתיד נשאל:

האם לשדה חקלאי בגולן וליער אודם יש יותר משותף מאשר לשדה חקלאי בגולן ושדה חקלאי בגליל?

ואולי אף:

האם למערכת אקולוגית עירונית בגולן יש יותר דמיון למערכת טבעית בגולן מאשר למערכת עירונית בנגב?

לכן אולי יש צורך לנתח את המערכות על סמך הדמיון ביניהן בטרם ביסוס תוכנית ניטור כאשר מלבד הגורמים הקלאסיים מתייחסים גם לגורמים שלא בהכרח נלקחו בחשבון: שימושי קרקע עכשוויים. הגדרת השאלות על מצב הטבע גם היא יכולה להיות משולבת: שאלות ברמה האזורית, שאלות על מערכות שנמצאות בכמה איזורים, ושאלות ארציות.

לאחר סיווג על פי דמיון בין גורמים פיסיים, ביולוגיים ואנטרופוגניים – תוכנית הניטור תוכל לשלב בין ניטור על-פי אזורים בהתאם לשאלה מסוימת, וניטור על פי מערכות אקולוגיות בהתאם לשאלה אחרת. למשל, ניטור מינים היחודיים לגולן יערך במתכונת אזורית, אך ניטור מעוצים יכול להיות ארצי או על פי המערכת של מין המעוצה הדומיננטי.

לסיכום

ישנן דרכים שונות אשר תוכניות ניטור משתמשות בהן בכדי לקבל תמונה ארצית או אפילו פאן יבשתית ותוכנית ניטור אחת לרוב נעזרת בכמה גישות.

1. הגישה המשולבת (מודל העוגה): אינדיקטורי ליבה (core indicators) אשר מנוטרים ברמה הארצית ומדווחים ברמה הארצית בשילוב עם אינדיקטורים מקומיים או אופייניים למערכות אקולוגיות מסוימות.
2. כל האינדיקטורים והמדדים הם אחידים (ארציים או top-down). האינטרפרטציה יכולה להיות הן ברמת המערכת האקולוגית והן ברמה הארצית (לדוגמה בתוכנית הניטור הבריטית countryside).
3. הניטור על פי אזורים גיאוגרפיים (מנהלתיים). כל אזור הינו יחידה עצמאית המורכבת מתת-יחידות אקולוגיות (NPS). האינדיקטורים העל-מערכתיים הם כ"כ מדדים פשוטים ובסיסיים כגון: מבנה כימי של הקרקע, ריכוז חנקן, יצרנות או אינדיקטורים מורכבים וכוללניים הנאמדים בעזרת כמה מדדים שונים. דוגמאות בטבלאות 2 ו-3 בפרק 1.3.

להלן כמה הצעות לאינדיקטורים על-אזוריים:

אינדיקטור 1: אפקטיביות השמירה על השטח הפתוח משפחת האינדיקטורים: אינדיקטורים למצב מערכת, מדיניות ואיומי פיתוח

משמעות האינדיקטור לתמונת מצב הטבע הארצית:

האינדיקטור מבוסס על השוואת מצב של שטח פתוח שאינו תחת ניהול, לשטח פתוח תחת ניהול. הוא נועד לבחון את מצבם של השטחים הפתוחים שאינם תחת ניהול לעומת אלו המנוהלים על ידי קק"ל או רט"ג. האינדיקטור (האינדקס) יאפשר לאמוד את מידת האפקטיביות של החלת ניהול שטח על תפקודי השטחים הפתוחים.

האקולוגית ותגובות אנטרופוגניות לשיקום. תחת כותרות כוללניות אלו, נקבעו על-אינדיקטורים שונים המשקפים את מרכיבי המודל. כל על-אינדיקטור מורכב מכמה אינדיקטורים המורכבים גם הם כל אחד מנתוני מדדים רבים (ראה טבלה 2).

בדרך זו ניתן לאמוד את מצב הטבע באופן ברור ומשמעותי (אך כוללני) על פי מערכות אקולוגיות שנפרשות על פני טווח גיאוגרפי נרחב אך הינן בעלות דמיון רב.

תוכנית הניטור 2000 countryside גם היא מדווחת באופן משולב על נתוני הניטור הן באופן ארצי והן על פי המערכות האקולוגיות.

<http://www.countrysidesurvey.org.uk>

(תוכנית countryside היא התוכנית אשר הובלה על-ידי Bob Bunce ואשר במסגרתה פותחה שיטת Biohab).

הדיווח לאומה נעשה על ידי קטגוריות צבעים המסמלות "טוב", "בינוני", "רע" (ירוק, צהוב, אדום, בהתאמה).

איסוף הנתונים נעשה על-פי קטגוריות של אזורים אקולוגיים אשר נקבעו על-פי מידת הדמיון ביניהם במערך שלם של גורמים פיסיים, ביולוגיים וגיאוגרפיים-אנושיים. ניתוח דמיון זה, הניב 40 אזוריים אקולוגיים, אולם הדיווח על האינדיקטורים נעשה על פי שמונה קטגוריות בלבד (יער, שפלה, חקלאות, עמקים וכדומה). איסוף הנתונים נעשה באופן מדעי קפדני בו מטרתו של מבנה הדיגום היא להקטין את השונות במרחב, על מנת למקד את השאלה (לדוגמה, הקשר בין מבנה צומח מעוצה לעושר מינים). משמעו כי, איסוף הנתונים וניתוחם מונחים בשיטות סטטיסטיות קפדניות ולאחר מכן נעשית אגרציה של הנתונים ואינטרפרטציה בכדי לדווח לציבור הרחב.

בתוכנית זו האינדיקטורים הינם ארציים:

מבנה צומח מעוצה, עושר מיני צומח, עושר מיני ציפורים, ריכוז חנקן בקרקע, הרכב כימי של הקרקע. האינטרפרטציה לכל מערכת אקולוגית משתנה כמובן בהתאם למערכת.

הניתוח הפרטני של הדמיון בין יחידות אקולוגיות מאפשר את היתרונות הבאים:

1. דיגום הלוקח בחשבון את הגורמים יוצרי השונות ומאפשר אינטרפרטציה טובה יותר של הגורמים הקובעים את הדגם הנצפה.
2. באינטרפרטציה של הנתונים ישנה גמישות, ניתן לקבל תמונה פרטנית מדויקת אך ניתן גם לעשות אגרציה לתמונה הגדולה. אגרציה על-פי שאלות חדשות.

בהשלכה לתוכנית הניטור שלנו, קביעת אזורים לניטור צריכה להתבסס על אירגון מנהלתי של הניטור או על סמך דמיון אקולוגי. קביעת אזורים על-פי אירגון מנהלתי יכולה להוות יתרון אירגוני ליישום הניטור.

קביעת האזוריים האקולוגיים צריכה להתבסס על גורמים היוצרים דמיון בין מערכות או אזוריים. השאלה היא האם למערכות אקולוגיות באזור גיאוגרפי משותף יש יותר משותף או בהשוואה למערכות באזור אחר?

יש לבחון את המשותף גם על פי מטרות הניטור. כך לדוגמה: אם עולה האפשרות של ניטור על-פי אזוריים, ועולה אפשרות כי הגולן והגליל מהווים שתי יחידות נפרדות, עולה השאלה: האם מערכת יער פארק אלון תבור בגולן דומה יותר למערכת ערבת עשבוניים בגולן או למערכת פארק אלון תבור?

כיצד והיכן מודדים?

על בסיס השוואה (או קביעת דמיון) בין שמורה או יער לשטחים טבעיים קרובים:

- צפיפות שבילים, דרכי עפר והפרעות נופיות אחרות (תצלומי אוויר או חתך קרקעי)
- אומדן פסולת (בניין ותיירות)
- לחץ רעיה
- כיסוי צומח מעוצה (תצלומי אוויר)
- ביומסה עשבונית (לאורך חתכים)
- עושר מינים (צומח עשבוני לאורך חתכי pint point או מיני בע"ח יחודיים לאזור)

1. מספר מוגבל של תחנות ארציות (5 תחנות) המבוססות על שכנות עם תחנות ניטור שהן חלק ממערך הניטור תדירות ניטור כל 4-5 שנים.

2. מעקב כלל ארצי דרך מידע אזורי ותצ"אות:

- לחץ רעיה
- שריפה
- תיירות ונופש
- אתרי פסולת
- שטח וצורה של כתמי נוף טבעיים שאינם מוגנים (לדוגמא: כתמי בתה בשדות חקלאיים)

מקבילות בעולם:

ככל הנראה, אין מקבילות דומות בעולם לאינדיקטור זה. הרעיון עלה מזה זמן, ולאחרונה עלה כרעיון באגף שטחים פתוחים במשרד להגנת הסביבה. במערך הניטור של NPS ישנם פארקים המנטרים פרמטרים שונים בשטחים השכנים לפארק בכדי לקבל אומדן על השפעת השכנות בין הפארק לשטחים תחת פיתוח.

ישנם מדדים אחרים אשר פותחו בכדי לבחון אספקטים שונים של ניהול שטח:

- השקעה בתקציבי שמירת טבע - מדד הבוחן מדיניות ונכונות ממשל. מקובל כאינדיקטור של האמנה.
- Naturalism - אינדקס שפותח בכדי לאמוד את מידת הדמיון בין יער נטע-האדם ליער טבעי. מבוסס על מידת הדמיון בחברת הצומח. האינדקס פותח בכדי לענות על דרישות האמנה לממשק יער נטע-אדם המעודד את הדמיון בין היער הנטוע ליער טבעי.

Development and harmonization of a Forest Status Indicator (FSI)

<http://biodiversity-chm.eea.europa.eu/information/indicator/F1090245995/fol365614/F1115187844/fol836804/fol042007>

- הדו"ח הלאומי של מצב הטבע באר"ב משתמש באינדיקטור - שימושי קרקע בערכות ושיחיות. האינדיקטור אומד את שימושי הקרקע השונים בבימוז אל.

אינדיקטור 2: יצרנות (עשבוניים)

משפחת האינדיקטורים: אינדיקטורים למצב מערכת

משמעות האינדיקטור לתמונת מצב הטבע הארצית:

מדד בסיסי לתיפקוד אקוסיסטמי. בארץ, העשבוניים הם התורמים העיקריים ליצרנות המערכות היבשתיות. ניתן לתרגם את יצרנות העשבוניים למדד למרעה ובכך לענות גם על צרכי ניטור של שירותים אקולוגיים.

ההשוואה של האינדיקטור תיעשה בעיקר לאורך זמן אך גם יכולה להיות בין-אזורית.

כיצד והיכן מודדים?

המדד הינו ביומסת עשבוניים. שיטות המדידה :-

חישה מרחוק באזורים של ערבות עשבוניות (מדבר) דיגום קרקעי באזורים בהם יש כיסוי מעוצה גבוה, אך המערכות הן מערכות מרעה (יער פארק אלון תבור, בתה ואולי חורש). הדיגום הקרקעי הינו פשוט ויכול להיעשות על פני מרחב אזורי גדול (פרישת גריד, בדומה למה שהוצע בתוכנית).

מקבילות בעולם:

אינדיקטור מקובל בהרבה תוכניות ניטור.

אינדיקטור 3: תהליכי צמיחה

משפחת האינדיקטורים: אינדיקטורים למצב מערכת

משמעות האינדיקטור לתמונת מצב הטבע הארצית:

אומדן כללי של התפתחות או צמצום צומח. מדד כללי לתפקוד אקוסיסטמי, יכול להיות מדווח אזורית, או לפי תצורת צומח או ארצי.

כיצד והיכן מודדים?

1. האינדיקטור יכול להיות מוזן בכמה אופנים:
2. מעקב רב-שנתי בשיטות חישה מרחוק NDVI
3. מעקב אחר התפשטות או צמצום צומח מעוצה - תצ"אות (בחפיפה למטרות נוספות של הניטור)
4. מעקב אחר צימוח בתחנות אזוריות של ניטור מפורט (תחנות המוקמות בדומה למוצע במסמך המאחד (ראה פרק 4.4), בדומה לתוכנית הניטור ובחפיפה למטרות נוספות של הניטור)
5. מעקב אחר תהליכי התחדשות ופנולוגיה מעוצים (בדומה למערך שהוצע בתוכנית הניטור).

מקבילות בעולם:

מנוטר בכל תוכניות הניטור. הדו"ח הלאומי של מצב הטבע באר"ב מבצע הערכות בעזרת מדד NDVI

אינדיקטור 4: חומר אורגני בקרקע, פחמן בקרקע, תהליכי פירוק ח"א, מאגרי פחמן (carbon storage).

משמעות האינדיקטור לתמונת מצב הטבע הארצית:

כל האינדיקטורים המוזכרים קשורים בתהליכים אקוסיסטמיים של מחזור הפחמן ומשקפים תפקודים אקוסיסטמיים. בשנים האחרונות ישנה נטייה לנסות ולאמוד מאגרי פחמן וזאת בהקשר לשינויים גלובליים ושינויי אקלים.

אומדן מאגרי פחמן נעשה בעזרת מספר מדידות והערכות: 1. מדידת כמות הפחמן בדוגמת צומח מסויים. 2. אומדן ביומסה על-קרקעית (על פי יחסים אלומטרים בין גובה העץ להיקף בסיס הגזע לדוגמא). 3. אומדן ביומסת שורשים (הערכה על פי יחס הקיים בין בית השורשים לנוף). 4. אומדן לביומסה של צומח מת (במיוחד ביערות). 5. מדידת מאגרי פחמן בחומר אורגני ובקרקע.

כיצד והיכן מודדים?

התחלה צנועה: חומר אורגני ותהליכי פירוק חומר אורגני בתחנות הניטור כמפורט.

בקק"ל - הערכות למאגרי פחמן. ניתן לנסות לפתח אומדנים גם לגבי חורש ויער טבעי.

לכוון ההתפשטות והן לכוון הצמצום. בכל מקום גם תהליך הצמצום וגם תהליך ההתפשטות הם תהליכים של שינוי במצב המעוצים, וניתן להתייחס לאינדיקטור כאל אינדיקטור ארצי. המגמות בשינוי יכולות להיות אזוריות או ארציות. **מכאן גם נובעת החשיבות של שימוש במדדים ארציים אשר יוכלו לתת מענה לשינוי במגמות ולענות על השאלה האם התהליך הוא ברמה הארצית או ברמה המקומית למשל: מעקב אחר התחדשות מזרעים יכול להיות סמן מוקדם להתחדשות או צמצום מעוצים בטווח הארוך. מדידת אותו מדד בכל הארץ, תאפשר השוואה של אותו מדד בין אזורים שונים ותאפשר להבין האם התהליך הוא על-אזורי או אזורי.**

אינדיקטור 6: שינוי מרחבי בכיסוי מעוצים

משפחת האינדיקטורים: אינדיקטורים למצב מערכת. תת-משפחה: אינדיקטור לשינוי במצב המעוצים

משמעות האינדיקטור לתמונת מצב הטבע הארצית:
ראו הסבר לעיל.

היכן וכיצד מודדים?

מיצוי מידע מתוך תצ"אות. דגימות של שטחים על-פי אזורים אקולוגיים או מערכות אקולוגיות נבחרות. ראו מסמך רצונות הגופים. ראו תוכנית מוצעת.

מקבילות בעולם:

ניטור מבנה צומח בעזרת תצ"אות קיים בהרבה תוכניות ניטור בעולם. יצירת הקשר שבין מבנה צומח מעוצה למגוון מינים, נעשתה בכמה תוכניות ניטור:

- כל תוכניות הניטור ופרויקטים לביסוס תוכניות ניטור באירופה, אשר מתבססים על שיטת Biohab
- בתוכנית הניטור של שירות היערות האמריקאי, נעשה ניטור אחר מבנה הצומח המעוצה ביערות בנסיון לקשר בתחילה עם אוכלוסיית הלילית הנקודה ואח"כ כנסיון לקשר בכלל בין מגוון מינים למבנה צומח. מחקרים אחרונים מורים כי קשר זה לעיתים חלש.

אינדיקטור 7: פנולוגיה מעוצים / השלכות שינויי אקלים על מצב המעוצים

משפחת האינדיקטורים: מצב ותפקוד מערכת, השלכות שינויי אקלים על תפקוד המערכות האקולוגיות

משמעות האינדיקטור לתמונת מצב הטבע הארצית:

מדדים פנולוגיים מהווים סמן מוקדם לשינוי במצב המעוצים או לגורמים לשינוי במצב המעוצים (עשיית זרעים / אי עשיית זרעים, פריחה / אי פריחה וכו'). כמו כן, להשפעות אקלים ישנה השפעה על שינוי מועדי פריחה, יצירת זרעים וכו'. על כן חריגות במדדים אלו מהווים סמנים לשינוי העלול להתרחש בתפקוד המערכת האקולוגית.

ההצעה היא כי במסגרת זו יהיה גם מעקב אחר תמותת מעוצים

היכן וכיצד מודדים?

תצפיות ע"י אנשי השטח - כהצעת שקדי (רט"ג): תצפיות אקראיות ורישום במכשיר פאלם.

מקבילות בעולם:

- רשת ניטור היערות ICP מנטרת פנולוגיה מיני יער ברחבי אירופה בנקודות קבועות הפרושות ברשת גריד צפופה על פני

מקבילות בעולם:

אינדיקטור חומר אורגני בקרקע היה מקובל עד להחלפתו באינדיקטור מאגרי פחמן. כל האינדיקטורים הללו קשים לאינטרפטציה וישנה שונות רבה בין אזורי אקלים ואזורים גיאוגרפיים, אולם כרוך תוכניות הניטור בעולם מנטרים אינדיקטורים ומדדים אלו.

אינדיקטור 5: קבוצות נבחרות במגוון המינים.

משפחת האינדיקטורים: אינדיקטורים למצב מערכת

משמעות האינדיקטור לתמונת מצב הטבע הארצית:

מצב מגוון המינים.

- קבוצות המייצגות מגוון מינים ומבנה חברה (או אסופה)
- ציפורים, עשבונים מעוצים פרפרים.
- פרוקי רגליים (תלוי בזמינות מומחים)
- קבוצות טקסונומיות אשר ינטרו ע"י אגודות
- קבוצות טקסונומיות נחקרות על ידי חוקרים אשר יתחייבו לניטור ארוך טווח (בתמורה ל- win win situation שימוש בנתוני ניטור ו/או אירגון הנתונים במאגר לאומי)

כיצד והיכן מודדים?

על פי מומחי הקבוצות, רצוי במרחב תחנות הניטור המפורט האזורי (בדומה למוצע במסמך הגופים ובתוכנית הניטור)

מקבילות בעולם:

תוכניות ניטור אשר לוקחות על עצמן לעקוב אחר מרכיבים נבחרים במגוון- מנטרות באופן ארצי קבוצות טקסונומיות לעיתים רבות מאוד. לדוגמא:

survey 200 : <http://caplter.asu.edu/home/survey200/index.jsp>

שירות היערות האמריקאי

Countryside

UK Biodiversity Monitoring Programmes

Alberta biodiversity monitoring institute

אינדיקטורים למצב המעוצים

כאן מוצגים כמה אינדיקטורים אשר החיבור ביניהם ייתן תמונה ארצית (ואזורית) המורה הן על שינוי במצב המעוצים והן על סימנים מוקדמים לשינוי במצב המעוצים.

האינדיקטורים והמדדים מוצעים מתוך הכרה בחשיבות תפקידם של המעוצים במערכות האקולוגיות של הארץ. אינדיקטורים אלו והמדדים המוצעים למדידתם הם ארציים (נמדדים אותם מדדים בכל הארץ). אולם, האינטרפטציה של השינוי הנצפה במדד מסוים יכולה להיות שונה מאזור לאזור. לדוגמא: התפשטות מעוצים בחורש (עליה בכיסוי), מוכרת כיום כתופעה הפוגעת בתפקוד המערכת, לעומת זאת התפשטות שיטים בנגב יכולה לסמן בשלב זה מגמת התאוששות. למרות זאת, האינדיקטור למצב המעוצים הוא ברמה ארצית - נבחנים תהליכי התפשטות או צמצום וסימנים מוקדמים להתפשטות או צמצום. יש לזכור כי הניטור צריך לתת מענה למעקב אחר שינוי במצב לטווח ארוך - לכן איננו יכולים לצפות היום שתהליך ההתפשטות בחורש ימשך, יתכן כי דווקא יחל צמצום מעוצים בחורש (בעיקבות שינויי אקלים לדוגמא). לכן, אין לצאת מנקודת הנחה כי מנטרים התפשטות במקום אחד וצמצום במקום אחר אלא מתוך ההכרה בחשיבות המעוצים, מנטרים את מצב המעוצים היכול לשנות מגמה בכל מקום, הן

- כל אירופה.
- רשת ניטור אמריקאית מנטרת פנולוגיה על ידי צוות מיועד כמו גם על ידי חובבים ומתנדבים המאמצים עץ ומזרימים נתונים במשך כל השנה.
- [/www.usanpn.org](http://www.usanpn.org)
- **אינדיקטורים נוספים הנותנים תמונה ארצית הם:**
- התחדשות מעוצים מזריעים
- מינים פולשים
- מדדים שונים לפיתוח והשפעות אנטרופוגניות.
- אינני מפרטת במסמך זה. קיים פירוט:
- במסמך המאחד (פרק 4.4)
- בתוכנית הניטור - ראה מסמך אינדיקטורים על פי רמות ארגון אקולוגיות - קובץ אקסל הנמצא באתר: http://lter.bgu.ac.il/intranet/monitoring_book/monitoringBook.aspx

2.6 פירוט רבדי תכנית הניטור

מערך 1: שימושי קרקע (רובד תכלתי)

סקלה (אקסטנט): ארצית או אזורית
יחידת דיגום (חולוציה): דיגום של מספר ק"מ רבועים על-פי אזורים אקולוגיים.
פרישה: ארצית
תדירות: אחת ל-5 שנים

תוצרים

אינדיקטורים לפיתוח ולהשפעתו של הפיתוח על תפקוד השטחים הפתוחים:

1. שינוי בשימושי קרקע - שינוי בשטח הכללי של: יער, חורש, בתי, שדות חקלאיים, מטעים, שטח עירוניים וכפריים.
2. שינוי בצפיפות אלמנטים לינאריים: כבישים, דרכים.
3. הוצרות כתמים מופרעים בנוף (שריפה, פיתוח, אתרי פסולת, מחצבות) - שטח הכתמים והקונפיגורציה המרחבית שלהם האיסוף יערך בכמה מערכים: 1. דווח על-ידי אנשי השטח. 2. מצוי ע"י חישה מרחוק. 3. סקר קרקע: כל-זאת על-פי היקף ההפרעה. (ישנה עדיפות לאיסוף הנתונים במערך 2).
4. שינויים בצפיפות ופזורה האוכלוסיה סביב השטחים הפתוחים.

אינדיקטורים לתיפקוד השטחים הפתוחים

1. שינוי בקונפיגורציה המרחבית של הסוגים השונים של השטחים הפתוחים (או בתי הגידול): מדדים של כתמיות: קיטוע, צורתיות הכתמים, קצוות.
2. שינויים בכיסוי מעוצים (יערך גם במערך 2 ברזולוציה גבוהה יותר)
3. פנולוגיה של צומח (דורש פיתוח בזיהוי פנולוגית מעוצים ע"י אמצעי חישה מרחוק)

מערך 2: אזורים אקולוגיים נופיים (רובד ירוק כהה)

קביעת יחידות הנוף הינה הבסיס לכל תוכנית הניטור בסקלה הארצית, והיא בעלת חשיבות רבה. יחידות הנוף צריכות להיקבע על סמך משתנים פיסיים אך גם על סמך משתנים גיאוגרפיים-אנושיים, כגון: שימושי קרקע היסטוריים, אלמנטים אורבניים, יער וכו'. זאת משום שהמעורבות האנושית יוצרת אקוסיסטמות ומגוון נופים נוספים על אלו הנקבעים ע"ס הנתונים הפיסיים-אקלימיים בלבד. **חלוקה זו שונה מן החלוקות המסורתיות אשר חלקן את הארץ ליחידות על-פי הקשר בין משתנים פיסיים לצומח** (ראה דוגמא Kadmon&Danin 1999).

ניטור הנופים מבוסס על חלוקת הארץ ליחידות נוף שכל אחת מהן מהווה שכבה (stratum). כל שכבה מהווה איזור הומוגני (פחות או יותר). השכבות יקבעו על-פי מספר משתנים: אקלימיים, גיאולוגיים,



טופוגרפיים ומשתנים נוספים – שימושי קרקע היסטוריים, אלמנטים אורבניים כפריים, חקלאיים ויערניים, וצומח. בתוכנית זו אני מציעה פיתוח לסטרטיפיקציה, אך דוגמאות לסטרטיפיקציה דומה לזו המוצעת ניתן למצוא במאמר זה: Bunce 1996 ITE_variables

שינוי בגורמים הנבחרים למיון יתבטא בשינוי בשטח האזורים האקולוגיים.

מערך 3: מגוון נופים ומגוון מינים (רובד חום)

סקלה (אקסטנט): 1. אזור אקולוגי (נופי) או אגן ניקוז. 2. כתם נופי יחידת דיגום (חולציה): מספר קמ"ר (1 קמ"ר – או יותר תלוי בסקלת הכתמים). 2. חלקת דיגום בכתם דיגום על-פי השונות הנופית הקיימת בתוך האזורים האקולוגיים. בכתמים נערך דיגום מינים בחלקות. **פרישה:** ארצית בכל האזורים האקולוגיים (הנופיים). **תדירות:** עד אחת ל-10 שנים (7-10).

תוצרי מערך ניטור 3:

המערך יאפיין את:

1. המגוון הנופי הקיים ואת השינוי שחל במגוון הנופי (הרכב ופרישה מרחבית של כתמי הנוף).
2. מהות השינוי במבנה הצומח שחל בכל כתם נופי.
3. הקשר בין המגוון הנופי למגוון המינים.
4. הקשר שבין תהליכים שבנוף לשינוי במגוון המינים.
5. הקשר שבין מדיניות לתהליכים שבנוף לשינויים במגוון המינים.
6. הקשר בין שינויים החלים בנוף ובין שינויים החלים באוכלוסיות מיוחדות, שהן: א. מינים מתפרצים ופולשים ב. מינים מהנדסי סביבה או מעצבי נוף ג. מינים הרגישים לשינויים מרחביים בנוף כגון צבאים.
7. הסיבות האנתרופוגניות שגרמו לשינוי במגוון הנופי (קישור, פיתוח, הפרעה, חקלאות, נטישת חקלאות וכו').

אינדיקטורים במערך ניטור 3:

1. מגוון כתמים הנוף בכל אזור אקולוגי, והשינוי שחל במגוון עם השנים.
2. מבני צומח המאפיינים כל כתם נופי והשינוי שחל בהם.
3. מגוון מינים והקשר שלו לכתמי הנוף (מגוון הנופים). (מגוון מינים: מעוצים, עשבוניים, מינים פולשים, וקבוצות טקסונומיות אחרות בעלות פרישה ארצית: ציפורים, פרפרים).
4. תפוצה ושפע של מינים מקומיים בכל אזור, המשפיעים על תהליכים אקוסיסטמיים או תהליכים שבנוף (מינים אשר מאפיינים את המערכות בכל אזור כגון: דרבנים, מכרסמים, חזירי בר וכו').
5. תפוצה ושפע של מינים המאיימים על המגוון ועל התפקוד האקוסיסטמי (מינים פולשים ומתפרצים).
6. תפוצה ושפע של מינים המורים על שינויים שחלו במערכת או בנוף (מינים אינדיקטורים, לדוגמה: צבאים, מכרסמים, צפורי שיר, מינים בסכנת הכחדה).
7. איזמים אביוטים: חנקן. (גורם חשוב במערך זה מאחר והניטור מכוון להבנת תהליכים במגוון הכתמים של הנוף אשר נכללים בו כתמי חקלאות – כלומר, הניטור מאפיין גם את האינטראקציה בין שטחי חקלאות ושטחים פתוחים טבעיים או יער).

מבנה מערך ניטור 3

1. יחידות הנוף – אזורים אקולוגיים.
2. דיגום מגוון הנופים נערך על פי אזורים אקולוגיים.
2. דיגום מגוון הנופים – מגוון כתמי הנוף:

המגוון הנופי יידגם מתוך תצלומי אוויר בריבועים של כ-1 קמ"ר. כתם נופי מוגדר על-פי מבנה הצומח (צומח מעוצה וצפיפותו) ו/או על-פי תכנית ושימוש הקרקע. בכל אזור נופי שייקבע, יידגמו מספר ריבועים באופן אקראי. כמו כן יידגמו ריבועי דגימה נוספים אשר יכילו אגני ניקוז אשר יש בהם עניין מיוחד: אלו המכילים את תחנות הניטור המאומץ או ו/ריבועי דגימה נוספים בשמורות או ביערות. מתוך ריבועי הדגימה יחושב:

- המגוון הנופי (מגוון בתי גידול/אקוסיסטמות) בכל אזור (ניתן לחישוב רק על-ידי דגימת ריבועי דגימה).
- הכיסוי היחסי של כל טיפוס כתם נופי בכל אזור.
- היחסים המרחביים בין כתמי הנוף בכל אזור.
- השינוי שחל עם הזמן בכל אחד מן המדדים.

3. אפיון הכתמים בנוף על-סמך מבנה הצומח:

כל כתם נופי (פוליגון) יאופיין על-פי מבנה הצומח, באופן קרקעי (בדומה לשיטת BIOHAB המאפיינת את כיסוי המעוצים, העשבוניים, שימושי הקרקע ועוד) או על-ידי LIDAR. טכנולוגית ה-LIDAR מאפשרת לקבל הדמיה של מבנה הצומח המעוצה. נכון להיום, שיטה זו יקרה ועל כן ההמלצה היא להשתמש בשיטה זו אם ניתן בריבועי הדגימה אשר נכללות בהם תחנות הדיגום המאומץ. לאחר שטכנולוגיה זו תתפתח ותזלזל ההמלצה היא לעבור עם הזמן לשיטות מתקדמות כ-LIDAR עם תחילת הניטור.

4. דיגום מגוון מינים ואוכלוסיות מיוחדות:

א. דיגום מגוון: קבוצות טקסונומיות נבחרות:

דיגום צומח: דיגום הצומח יכלול עושר מינים בלבד בחלקות אשר יוצבו בתוך כל אחד מכתמי הנוף אשר בריבועי הדגימה. לכתם הנוף הדומיננטי 5 חלקות. חלקות נוספות בהתאם לעניין בכתם הנוף. מומלץ לאתר בתי גידול ייחודיים ו/או אלמנטים של הפרעה ופיתוח (לדוגמה: צידי דרכים, שולי שדות חקלאיים). שיטת הדיגום במערך זה היא כזו הדורשת מאמץ דיגום נמוך יחסית (פיתוח של שיטת Whittaker).

דיגום בעלי חיים: במרחב ריבועי הדגימה (1 קמ"ר), יידגמו ציפורים, פרוקי רגליים וקבוצות טקסונומיות נוספות אשר יוחלט עליהן בכל מערך הניטור (מומלץ להוסיף את הקבוצות הנדגמות על ידי האגודות השונות: למשל פרפרים).

ב. דיגום אוכלוסיות מיוחדות:

- תפוצה ושפע של מינים עיקריים בכל אזור, המשפיעים על תהליכים אקוסיסטמיים או תהליכים שבנוף (מינים אשר מאפיינים את המערכות בכל אזור כגון: דרבנים, מכרסמים, חזירי בר וכו').
- תפוצה ושפע של מינים המאיימים על המגוון ועל התפקוד האקוסיסטמי (מינים פולשים ומתפרצים).
- תפוצה ושפע של מינים המורים על שינויים שחלו במערכת או בנוף (מינים אינדיקטורים, לדוגמה: צבאים, מכרסמים, צפורי שיר, מינים בסכנת הכחדה – אם לא נדגמו במסגרת דיגום קבוצות מייצגות מגוון).

ג. גורמים א-ביוטים

- איזמים אביוטים: חנקן. (גורם חשוב במערך זה מאחר והניטור מכוון להבנת תהליכים במגוון הכתמים של הנוף אשר נכללים בו כתמי חקלאות – כלומר, הניטור מאפיין גם את האינטראקציה בין שטחי חקלאות ושטחים פתוחים טבעיים או יער).
- איזמים נוספים מקומיים אשר יוגדרו לאזור או לאגן הניקוז.

גמישות מערך ניטור 3:

מערך ניטור זה מאפשר גמישות ביישומו בהתאם לתקציב. שילובי התוצרים אשר יתקבלו הם החל ממגוון נופי בכל אזור אקולוגי (= אזור נופי), דרך מגוון נופי ומבני צומח בכתמי הנוף ועד לקשר בין מגוון נופי, מבני צומח למגוון מינים ו/או תפקודים אקוסיסטמיים.

המלצות: (1) לדגום מגוון נופי מתוך תצ"אות כחלק אינטגרלי מתוכנית הניטור. (2) לנסות להכיל דיגום מבני צומח בכמה שיותר ריבועי דגימת נוף. באופן חלופי בהעדר תקציב: (1) דיגום ממוחשב מתוך תצ"אות (2) לדגום באופן מכוון ריבועי דגימת נוף המוצבים סביב תחנות הניטור של הדיגום המאומץ ולאפיין בהם את השינויים במבנה הצומח.

תקציב נמוך

1. דיגום מגוון נופי באזורים אקולוגיים מתוך תצ"אות
2. דיגום מגוון נופי באזורים אקולוגיים מתוך תצ"אות + מבנה צומח + דגימת מינים ואוכלוסיות יחודיות בריבועי דגימת נוף המכילים תחנות ניטור לדיגום מאומץ
3. דיגום מגוון נופי באזורים אקולוגיים מתוך תצ"אות + מבנה צומח בכל ריבועי דגימת הנוף בכל האזורים האקולוגיים
4. דיגום מגוון נופי באזורים אקולוגיים מתוך תצ"אות + מבנה צומח + דגימת מינים ואוכלוסיות יחודיות בחלק ריבועי דגימת הנוף רק בפוליגונים דומיננטיים
5. דיגום מגוון נופי באזורים אקולוגיים מתוך תצ"אות + מבנה צומח + דגימת מינים ואוכלוסיות יחודיות בכל ריבועי דגימת הנוף רק בפוליגונים דומיננטיים
6. דיגום מגוון נופי באזורים אקולוגיים מתוך תצ"אות + מבנה צומח + דגימת מינים ואוכלוסיות יחודיות בכל ריבועי דגימת הנוף בכל הפוליגונים

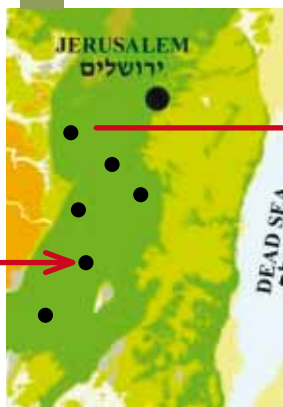
תקציב גבוה

איור 2: מערך ניטור 3: תיאור סכמטי של הצבת דיגום ותוצרים

ב2 איפיון מגוון נופי



דיגום מגוון נופי: ריבועי דגימת
נוף בכל אזור אקולוגי = נופי
(הריבועים אינם בסקלה)



אפיון אזורים אקולוגיים
(בתמונה מוצגים אזורים על פי
חבורות סלע - להדגמה בלבד)



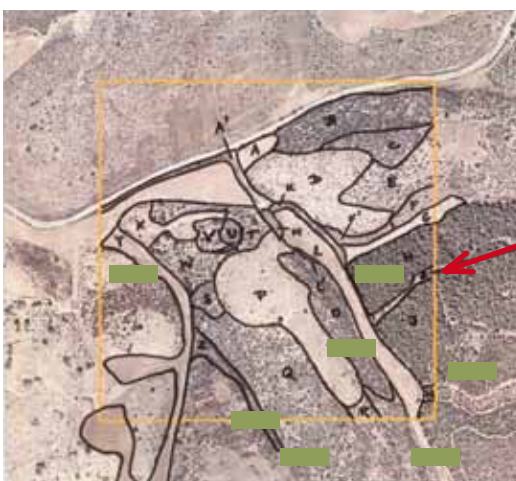
תכסית ומבנה הצומח בכל
חתם נוף והשינויים במבנה
הצומח ינוטרו בשיטת
BOIHAB או ע"י LIDAR

3 איפיון מבני צומח ותכסית



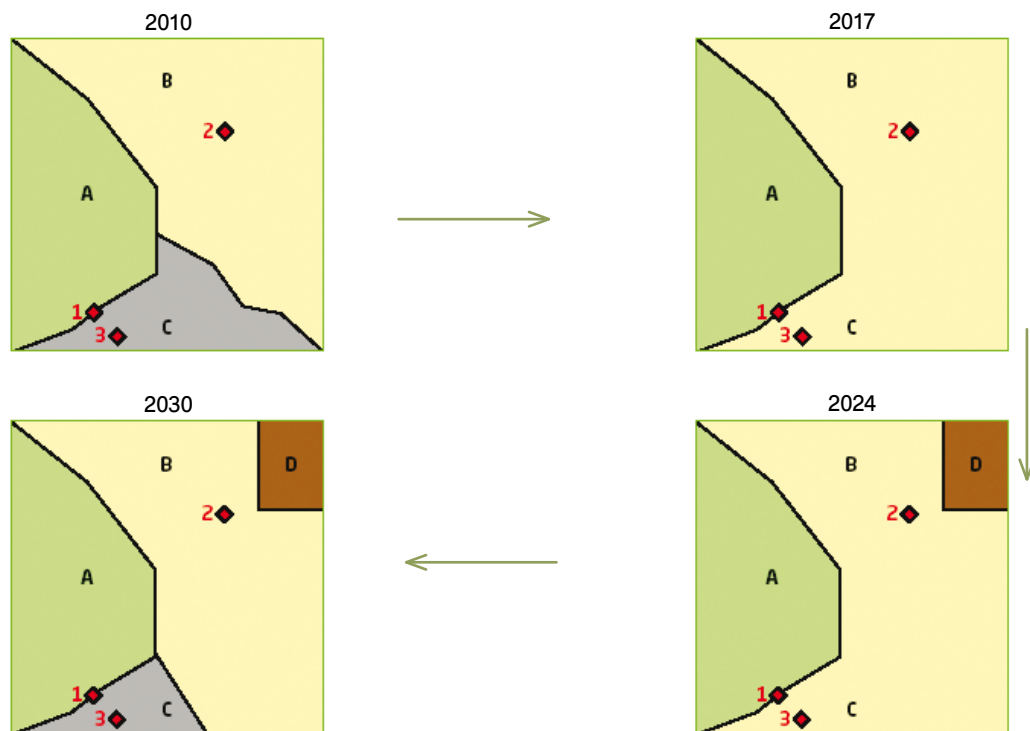
הצבת חלקות לדיגום צומח בכתמים
המרכיבים את הנוף, מעקב אחר
אוכלוסיות ייחודיות במרחב ריבועי הדגימה

4א



ב4 אפיון מגוון מינים ואוכלוסיות ייחודיות

איור 3: הדגמה סכמתית כיצד דיגום הצומח בחלקות מתעד את השינויים שחלו בצומח בעקבות השינוי בכתמיות הנוף (החל בגלל שינוי במדיניות או שינוי בשימוש קרקע או הפרעה).



The relationship between mapped land cover and vegetation plot data for assessing change in a 1km square.

בשנת 2010 היו 3 כתמי נוף A,B,C, ב- 2017 כתם C הוחלף ע"י התפשטות כתם B. ובשנת 2030 נוצר כתם חדש D ושוב חזר כתם C. חלקות דיגום הצומח הקבועות (מסומנות במעוינים אדומים) מתעדות את השינוי.



תדירות: כל השנה
ביצוע: אנשי השטח

תוצרים:

1. אינדיקציה (איתות מוקדם) לשינוי בכיסוי מעוצים ותפקוד אקוסיסטמי: המערך ייתן תמונה מקיפה ורחבה על דינמיקת המעוצים. למרות ההכרה כי למעוצים תפקיד מרכזי בעיצוב האקוסיסטמות, במיוחד באזורנו, אין כיום מערכת מעקב מסודרת אחר קבוצה זו. בהתבסס על ההבנה כי שינויים בכיסוי המעוצים מביאים לשינוי בתפקוד האקוסיסטמה, מעקב אחר תהליכים דמוגרפים בקבוצה זו הוא בעל חשיבות עליונה להבנת שינויים הצפויים בכיסוי. הגורמים הקובעים את הכיסוי תלויים בתהליכים הדמוגרפיים (עשיית זרעים, התבססות מזריעים, צימוח, תמותה וכו').

2. איתות מוקדם להשפעות צפיות של שינויי אקלים: תהליכים פנולוגיים רגישים לשינויי אקלים וישנה חשיבות למעקב אח מועדי לבלוב, פריחה עשית זרעים וכו'. מעקב אחר יצרנות העשבוניים נותן גם הוא אינדיקציה לשינויים עיתיים.

3. השפעות ממשק על מרכיבים עיקריים של האקוסיסטמה: מערך זה בוחן פרמטרים שונים בקבוצות המעוצים והעשבוניים המורים על תפקוד הקבוצות ותפקודה של האקוסיסטמה. מאחר ומערך זה פרוש כרשת גריד, כלומר הרבה נקודות דיגום, וכל נקודת דיגום נתונה להשפעות ממשק, ניתן להקיש מתוך הנתונים גם על השפעות ממשק.

אינדיקטורים לתפקוד אקוסיסטמי בסקלה ארצית

1. שנויים עונתיים במעוצים (פנולוגיה): מועדי נביטה, לבלוב, צמיחה ושלכת, פריחה, עשיית זרעים והפצתם.
2. עשיית פירות (פרודוקטיביות).
3. צימוח.
4. דינמיקת זרעים.
5. יצרנות עשבוניים.
6. השפעת שינויי האקלים על תפקוד אקוסיסטמי.
7. השפעת ממשק על תפקוד מעוצים.
8. השפעת ממשק על יצרנות עשבוניים.

פרמטרים לדיגום:

מאחר ובמערך זה הדיגום יערך על ידי אנשי השטח, שיטות הדיגום איכותיות ברובן (כגון: הערכה ויזואלית של כמות זרעים/פירות על

מערך 4: סקרים יעודיים: לאחר בצורת או הפרעה ותוכניות יעודיות: מינים פולשים, מינים נדירים (נדבך כתום)

סקרים יעודיים:

סקלה (אקסטנט): מקומי או ארצי
דיגום (רזולוציה): עפ"י היקף ההפרעה
פרישה ותדירות: בהתאם להפרעה

בצורת: בשנת בצורת ושנה שלאחריה מומלץ כי מערך הניטור יחרוג מתדירות הניטור הקבועה וינטר בחלקות הדיגום המאומץ את הקבוצות הטקסונומיות אשר כלולות במערך ויש הנחה כי הן מראות תגובה מהירה לבצורת.
כמו כן, מומלץ ליישם סקרים יעודיים גם במקרי שריפות ענק אשר כוללות מגוון אקוסיסטמות.

תוכניות יעודיות:

תוכניות ניטור של אוכלוסיות ייחודיות: מינים פולשים ומתפרצים, מינים נדירים.
ניטור של אוכלוסיות אלו דורש מעקב אחר השפעה והתפוצה ומעקב דמוגרפי או פנולוגי. מבין מערכי הניטור מערך הניטור הנופי (נדבך חום) יתעד גם שינויים באוכלוסיות אלו באם תיושם פרישתו המלאה. מערך הניטור הפנולוגי (נדבך סגול) המיושם בפרישה ארצית ע"י אנשי השטח, יאפשר מעקב ראשוני אחר שינויים באוכלוסיות ייחודיות אלו. לעומת זאת, מערך הניטור המאומץ, יתעד באופן בלתי ממוקד אוכלוסיות אלו (במידה ויקרו במרחב הניטור).

המלצה: המארג לא ינטר אוכלוסיות אלו בתוכנית מיוחדת, אך יהא תיאום מתודולוגי ולוגיסטי בין תוכניות אלו לתוכנית הניטור כך שהנתונים הנאספים בניטור לגבי אוכלוסיות אלו יתמכו בתוכניות הייעודיות ולהיפך.

מערך 5: ניטור ממשק תוך אירגוני (נדבך ירוק)

מערך ניטור זה מתייחס למערך ניטור הממשק של רשות שמורות הטבע והגנים ושל הקרן הקיימת לישראל. ההמלצה היא כי שיטות הדיגום אשר יושמו במעקב אחר פעולות הממשק (דילול, כריתה, רעיה וכו'), יתאימו לשיטות הדיגום במערך הניטור המאומץ בתחנות יחסי הגומלין בין ניטור המארג לניטור התוך אירגוני.

1. לניטור פעולות הממשק תהא תרומה רבה לתוצרי הניטור הלאומי כמו זו שתהא לתרומת הניטור הלאומי לקבלת החלטות ממשקיות. ההשוואה במרחב בין חלקות אשר יושם בהן ממשק לעומת חלקות ביקורת הצמודות להן ובהן לא יושם ממשק, תיתן תמונה מהירה על גורמים העשויים להשפיע על תפקוד האקוסיסטמה.
2. בסיס נתונים משותף יאפשר השוואה טובה יותר בזמן בנוסף להשוואה במרחב, על אפקט הממשק על התפקוד האקוסיסטמי.
3. מערך 5 של תוכנית הניטור, המתוכנן בפרישה ארצית, הוא בעל חשיבות מרובה לממשק בשל העובדה כי הוא בוחן דינמיקה של מעוצים לאורך כל השנה. ראה בהמשך.

מערך 6: ניטור שנויים עונתיים בצומח (פנולוגיה), נבטי מעוצים וביומסת עשבוניים (נדבך סגול)

סקלה (אקסטנט): ארצית
דיגום (רזולוציה): תאי רשת של 5 x 5 ק"מ פרישה: גריד ארצי

חשובים גם לשינויי האקלים. הניטור המפורט יערך בתחנות LTER המיצגות אקוסיסטמות דומיננטיות ובתחנות נוספות המיצגות אקוסיסטמות אשר אינן מיוצגות כיום במערך ה-LTER (כגון: י"ת יובשני, יער-פארק אלון תבור). התחנות תהיינה ממוקמות בצמודים של יער ושטח טבעי (שמורה) ככל הניתן.

אינדיקטורים:

1. מגוון מינים (קבוצות מייצגות (על פי שקלול חשיבות ו-cost effective): מעוצים, עשבוניים, ציפורים, פרפרים, פרוקי רגליים)
2. יצרנות (מעוצים ועשבוניים)
3. ייצור זרעים ופנולוגיה (מעוצים ועשבוניים)
4. תהליכי צימוח (מעוצים: התפשטות (במערך 2 גם מתצ"אות), שינוי מבנה פרט ואוכלוסיה)
5. תהליכים דמוגרפיים (2-4 מעוצים דומיננטיים, 2-3 עשבוניים ומיני בע"ח המעצבים את הנוף)
6. בריאות (מעוצים: מחלות ומזיקים, מצב המעוצה, תמותה)
7. מסלולים ביוגיאומיים: פירוק חומר אורגני
8. מצבים אקוסיסטמיים: מבנה וטקסטורת הקרקע
9. נתונים תומכים: נתונים מטאורולוגיים מקומיים

אתרים:

- סוואנת שיטה ("קול אמריקה", שמורת נחלים גדולים)
- עבדת
- סירת שקד
- להבים /להב /עמשא
- גבעות גד (חרוב)
- עדולם
- קדושים
- ניצנים
- רמת הנדיב
- כרמל (רנדזינה)
- ציפורי / סוללים / בית קשת (אלון תבור)
- מירון
- יער יהודה
- יער אודם

המעוצה). המערך יתבסס על נקודות או חלקות קטנות של דיגום בהם יבחנו: פנולוגיית מעוצים, עשיית פירות, מצב המעוצה. חלקות קטנות (ריבועי דגימה) בנקודה הדיגום (1 מ"ר) יוצבו לשם מעקב אחר זריעים. הערכת התפתחות הזריעים גם היא תתבסס על שיטות מהירות. כמו כן יוצבו ריבועי דגימה להערכת ביומסת עשבוניים.

ישנה חפיפת מה בין הפרמטרים הנאספים במערך ניטור זה לבין אלו הנאספים במערך מס' 7 - הדיגום המאומץ בתחנות הניטור הקבועות. ההבדל הוא כי הפרמטרים הנאספים בדיגום המאומץ יהיו מדויקים יותר, כך לדוגמה ייערך איסוף פירות ולא רק הערכת עין איכותית.

מערך 7: ניטור מאומץ המשקף תהליכים ומצבים אקוסיסטמיים (נדבך כחול)

סקלה (אקסטנט): מקומית

דיגום (רזולוציה): בהתאם לפרמטר הנאסף בתחנה

פרישה: מס תחנות המיצגות אקוסיסטמות דומיננטיות בשטחים טבעיים וביער

תדירות: כל השנה - אחת ל-5 שנים בהתאם לפרמטר

ביצוע: אנשי השטח + מומחים + אגודות זואולוגיות בעלות מערכי ניטור

מטרות תוצרים:

מטרת מערך זה היא לעקוב בצורה מפורטת אחר תפקודן של אקוסיסטמות דומיננטיות. התפקוד יוערך על-פי מגוון המינים (קבוצות טקסונומיות עשירות במידע), ואוכלוסיות ייחודיות או גורמים אביוטים אשר: 1. קובעים תהליכים אקוסיסטמיים או תהליכים שבנוף (מינים אשר מאפיינים את המערכות אקוסיסטמות המנוטרות, כגון: דרבנים, מכרסמים, חזירי בר וכו'). 2. גורמים אביוטים או מינים הנותנים אינדיקציה לשינויים החלים במצבים או תהליכים אקוסיסטמיים (בניהם כלולים לדוגמה: הרכב ומרקם הקרקע, מינים אינדיקטורים, לדוגמה: צבאים, מכרסמים, צפרי שיר, מינים בסכנת הכחדה). 3. גורמים אביוטים או מינים המאיימים על המגוון ועל התפקוד האקוסיסטמי (לדוגמה: מינים פולשים ומתפרצים, חנקן). הפרמטרים הנבחרים מהווים אינדיקטורים



נספח 1: הצעה למדדים לבחינת תפקוד המערכת האקולוגית אורנע רייזמן-ברמן

שיטה	תדירות	מיוצגים
חתך	3 / 1	מגוון מעוצים
חתך, משקל יבש ורטוב של מדגם ענפים שצמחו		צימוח מעוצים
חלקות קבועות, סימון נבטים	1 / 1	התבססות מזרעים
תצ"א או (+ ביוהב)	7 / 1	התפשטות מרחבית
תצפית (אנשי שטח)	3 / 1	ארכיטקטורה(מספר גזעים, dbh, היטל חופה
נביטה, צמיחה, תחילה וסיום פריחה, פירות, תחילה וסיום השרת עלים (שלכת), תחילה וסיום לבלוב.	כל השנה	פנולוגיה
חתך, הערכה וזואלית, מלכודות	1 / 1	עשיית זרעים (למינים דומיננטים או בעלי עניין מיוחד)
חתך	3 / 1	תמותה
צבע, כיסוי עלווה, מחלות מזיקים		מצב העץ - מינים דומיננטים
	2 / 1	הרכב כימי של העלווה
		עשבוניים ח"ש, ר"ש
חלקות קבועות (בעלות מבנה היררכי)	2 / 1	מגוון עשבוניים
ריבועים (הערכה + כיוול)	1 / 1	ביומסת עשבוניים
דיגום ושקילה במעבדה	1 / 1	עשיית זרעים (דומיננטים, בעלי עניין)
מספר פרטים - ריבועים	4 / 1	(שפע)
נוכחות יחסית בריבועים	2 / 1	תדירות
		קרקע
בדיקת מעבדה	2 / 1	ח"א
הטמנת שקיות מקומיות	1 / 1	פירוק ח"א
מעבדה	2 / 1	(מינרלים) חנקן
בדיקה מקומית	2 / 1	חומציות
חתך	2 / 1	כיסוי אבניות ומסלע
חתכים, נקודות קבועות, מועדים קבועים	3 / 1	קרינה, (LAI)
דגימות	2 / 1	בנק זרעים (ח"ש ור"ש)
(חבלה"ט)		ציפורים
		אוכלוסיות וגורמים מיוחדים
(שקדי)		אינדיקטורים מקומיים
חזירי בר / דרבנים / מכרסמים - בהתאם למערכת		מהנדסי סביבה
		גורמים מאיימים
בנוסף לתחנות ניטור, ניטור ממוקד		מינים פולשים
		חנקן כגורם רעיל
		נתונים כלליים
תיעוד	1 / 1	שיטת ממשק
תיעוד / אינדקס ללחץ רעיה/מצב צומח		רעיה
תיעוד תיאורי	1 / 1	הפרעות

** מדדים ל"בריאות" או מצב הפרט הפרט:

1. צבע עלווה
2. % כסוי עלווה ירוקה מתוך כלל החופה. אורנים: % כיסוי ענפים הנושאים מחטים ירוקות.
3. ארכיטקטורה ומימדים
4. LAI מדידה במד-אור.



2.7. אינדיקטורים לניטור על פי רמות ארגון אקולוגיות

להלן מסוכמים אינדיקטורים לניטור ומדדים על פי רמות האירגון האקולוגיות המנטרות. לכל רמת אירגון מוצגת טבלא בה בטור הראשון מוצג האינדיקטור, טור שני מדד או אינדיקטור משנה ובטור השלישי מצויין הרובד בו מנוטר האינדיקטור על פי פירמידת הניטור - על ידי סימון של בצבע הרובד.

בנוסף לרמות האירגון האקולוגיות, מוצג גם הנדבך הגיאוגרפי (הנדבך הראשון).

א. נדבך גיאוגרפי

תיאור אינדיקטורים לתפקוד השטחים הפתוחים

אינדיקטור	מדד/אינדיקטור משנה	רובד
שימושי קרקע*	כיסוי של כל השימושים	
	המבנה המרחבי של השטחים הפתוחים**	

איומים על תפקוד המערכות האקולוגיות של השטחים הפתוחים

אינדיקטור	מדד/אינדיקטור משנה	רובד
פיתוח	צפיפות: אלמנטים לינארים, לדוגמה כבישים ודרכים	
צפיפות אוכלוסין	צפיפות אוכלוסין סביב שטח פתוח	
תיירות ושימוש	לחץ מבקרים ושימוש	מרחב תחנה
הפרעות	כיסוי: אתרי פסולת, מחצבות, שריפות	
שדות נטושים	כיסוי	

* שימושי קרקע נפוצים:

א. התיישבות - ערים כפרים.

ב. חקלאות - גידולי שדה, מטעים, בריכות דגים.

ג. תשתית הנדסית - עמודי מתח גבוה - קווי טלפון ועוד.

ד. תחבורה - כבישים, מסילות ברזל.

ה. טבע ושמוורות טבע - אזורים טבעיים: חורש, יערות, מדבר, חולות

וכן' - כאן בהקשר לתכסית, ההיבט האקולוגי ברובד הנופי

ג. תעשייה - אזורים תעשייתיים של תעשייה קלה וכבדה.

ז. שטחי בור - שטחים עזובים אשר אינם מעובדים ואשר לא

נעשה כהם כל שימוש.

ח. תיירות - חופי רחצה בתי מלון.

**** המבנה המרחבי של השטחים הפתוחים:**

מתאר את צורת הכתם של שטח מסוג מסויים ואת פיזור כמה כתמים מסוג מסויים במרחב. צורת הכתם עצמו יכולה להיות גדול אורך ההיקף שלו והיחס ביניהם. למדדים אלו ישנה משמעות בתיאור הקשר בין הכתם לסביבה שלו. ככל ששטח הכתם קטן יותר הוא חשוף יותר להשפעות מהסביבה וכך גם אם היחס בין אורך ההיקף של הכתם לשטחו – עולה. הפיזור המרחבי של כתמים בסביבה מתואר על ידי מדדים שונים אשר מתארים בין היתר את מידת הקישוריות בין הכתמים. זהו אחד המדדים לקוטע.ח. תיירות – חופי רחצה בתי מלון.

ב. רמת אירגון - אקוסיסטמה

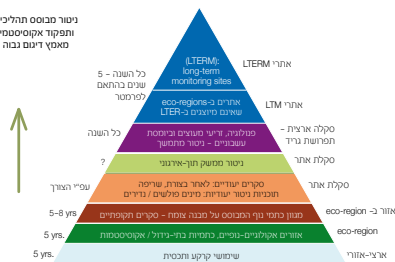
תיאור אינדיקטורים לתפקוד השטחים הפתוחים

אינדיקטור	מדד/אינדיקטור משנה	רובד
יצרנות	ביומסה עשבוניים	דיגום שטח
		חישה מרחוק
	ביומסה מעוצים	שינוי בכיסוי
מאזן נוטרינטים	קבוע פחמן	
	קרקע N C P	
	עלווה N C P	מעוצים דומיננטיים
קרקע	מבנה	מרחב נופי של LTERM
	חומר אורגני	
	כימיה	
תהליכי פירוק	חומר אורגני	מרחב נופי של LTERM
כיסוי קרקע	אבניות ומסלע	מרחב נופי של LTERM
	בליית קרקע	מרחב נופי של LTERM
הידרולוגיה	גגר ולחות קרקע	מרחב נופי של LTERM
קרינה LAI		מרחב נופי של LTERM
מטאורולוגיה		מרחב נופי של LTERM

איומים על תפקוד המערכות האקולוגיות של השטחים הפתוחים

אינדיקטור	מדד/אינדיקטור משנה	רובד
רעלים	חנקן	בסמיכות לחקלאות
זיהום אוויר		הגנת הסביבה
תיירות ושימוש	לחץ מבקרים ושימוש	מרחב תחנה
מינים פולשים		מרחב תחנה

ניסור מבוסס תהליכים
ותפקוד אקוסיסטמי,
מאפיין דיונים בובה



ניסור תכנית,
דיונים תקופתי

ג. רמת אירגון - נוף

תיאור אינדיקטורים לתפקוד השטחים הפתוחים

אינדיקטור	מדד/אינדיקטור משנה	רובד
אזורים אקולוגיים-נופיים	כיסוי	
	המבנה המרחבי	
אקוסיסטמות / בתי-גידול	כיסוי	
	המבנה המרחבי	
	מגוון כתמים	
כתמיות נוף על-פי מבני צומח	כיסוי	
	המבנה המרחבי	
	מגוון כתמים	
כתמיות מעוצה / פתוח	כיסוי	
	המבנה המרחבי	

איומים על תפקוד המערכות האקולוגיות של השטחים הפתוחים

אינדיקטור	מדד/אינדיקטור משנה	רובד
פיתוח והפרעות אנטרופוגניות	איומים על שינויים במבנה המרחבי	
רעלנים	איומים על תפקוד אקוסיסטמי - גורמים לשינוי באקוסיסטמה עד למעבר לסוג שונה של אקוסיסטמה	
מינים פולשים		
שריפה, בצורת		
תיירות ושימוש	כתמיות אקוסיסטמה וכתמיות מעוצים	מרחב תחנה

ממשק

אינדיקטור	מדד/אינדיקטור משנה	רובד
רעייה, כריתה, דילול		

ד. רמת אירגון - חברות

תיאור אינדיקטורים לתפקוד השטחים הפתוחים

אינדיקטור	מדד/אינדיקטור משנה	רובד
מגוון מינים: שפע ונוכחות	מעוצים	
	עשבונים	
	ציפורים	מרחב תחנת LTERM
	פרוקי רגליים	מרחב תחנת LTERM
	פרפרים	מרחב תחנת LTERM
מבנה וכיסוי צומח	קבוצות אחרות: ניטור ע"י אגודות או חוקרים - התחייבות לטווח ארוך*	מרחב תחנת LTERM
	קבוצות ייחודיות או בעלות תפקיד חברה-אקוסטימי באזור ה- LTER או LTEM מכרסמים וכו	מרחב תחנת LTERM

איומים על תפקוד המערכות האקולוגיות של השטחים הפתוחים

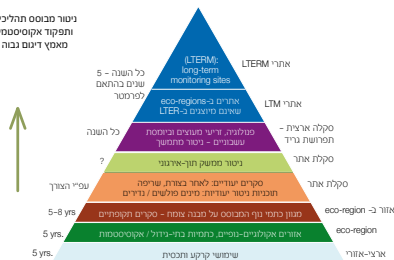
אינדיקטור	מדד/אינדיקטור משנה	רובד
מינים פולשים	איומים על תפקוד אקוסטימי - גורמים לשינוי באקוסטמה עד למעבר לסוג שונה של אקוסטמה	
		מרחב תחנת LTERM
גורמים הפוגעים בכיסוי ומבנה צומח	תיירות ושימוש, הפרעה אנטרופוגנית וטבעית	מרחב תחנת LTERM

ממשק

אינדיקטור	מדד/אינדיקטור משנה	רובד
רעייה, כריתה, דילול		

* המארג ניטר בתחנות LTERM עשבונים ומעוצים ואולי פרוקי רגליים. כל שאר הקבוצות ינטרו על-ידי: א. אגודות זואולוגיות אשר תתחייבנה לטווח ארוך ב. חוקרים של קבוצות מסוימות אשר יתחייבו כ"ל. המטרה לעודד ניטור של כמה שיותר קבוצות מלבד הקבוצות הקבועות. החוקרים והאגודות יהנו מנתוני בסיס הנתונים של התחנה ואפשרות ניתוח נתונים.

ניסור מבוסס תהליכים
ותפקוד אקוסיסטמי,
מאפיין דגם נבנה



ה. רמת אירגון - אוכלוסיות ופרטים

תיאור אינדיקטורים לתפקוד השטחים הפתוחים

אינדיקטור	מדד/אינדיקטור משנה	רובד
דינמיקה של אוכלוסיות	מעוצים: שפע, נוכחות, ייצור זרעים, תמותה, התבססות	מרחב תחנת LTERM
	מינים סמנים לשינוי: צבאים ואחרים מקומיים	מרחב תחנת LTERM
מינים רגישים נדירים	שפע, נוכחות, ירבייה, תמותה, גיוס	
מינים פולשים	שפע, נוכחות, ירבייה, תמותה, גיוס	

איומים על תפקוד המערכות האקולוגיות של השטחים הפתוחים

אינדיקטור	מדד/אינדיקטור משנה	רובד
פיתוח והפרעות אנטרופוגניות	איומים על שינויים במבנה המרחבי	
רעלנים	איומים על תפקוד אקוסיסטמי - גורמים לשינוי באקוסיסטמה עד למעבר לסוג שונה של אקוסיסטמה	
שריפה, בצורת	איומי כתמיות מעוצים - דרך השפעה על חברה ודמוגרפיה	
תיירות ושימוש	כתמיות אקוסיסטמה וכתמיות מעוצים	מרחב תחנה

ממשק

אינדיקטור	מדד/אינדיקטור משנה	רובד
רעייה, כריתה, דילול		





3 ניטור מצבים, תהליכים וכוחות מניעים ספציפיים:
מסגרות רעיוניות, מתודולוגיות ופרוטוקולים



פנולוגיה: מועדי פריחה, לבלוב, ייצור פירות וזרעים, פיזור זרעים
 רפרודוקטיביות: ייצור זרעים
 יצרנות: ביומסה
 תפקוד אקופיזיולוגי: הטמעה, פירוק חומר אורגני ומסלולים
 ביוגיאומיים אחרים.

שיטות דיגום אפשריות:

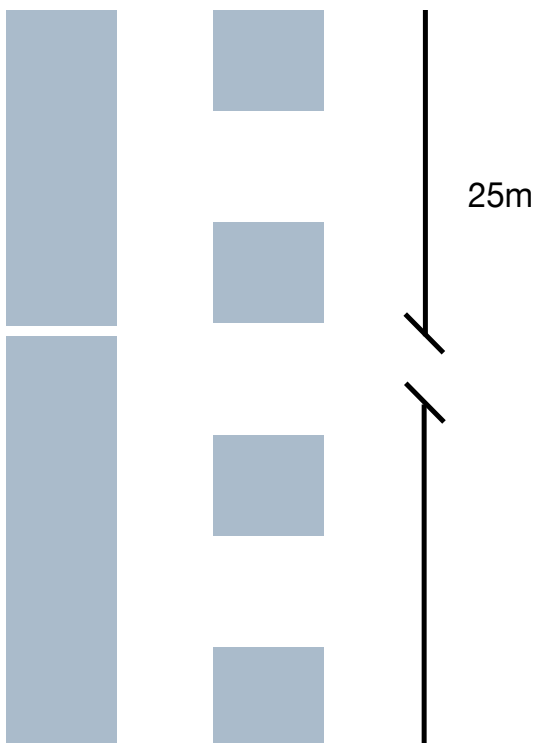
- שיטת דיגום הצומח נבחרה על פי סדר הקריטריונים הבאים:
1. השיטה תאפשר דיגום מהימן של עושר העשבוניים
2. השיטה מאפשרת דיגום עושר מעוצים.
3. השיטה תשקף עושר מינים ביחידת שטח של 1 דונם (כמקובל בעולם).
4. השיטה מאפשרת דיגום תדירות
5. השיטה, או מבנה החלקה, מאפשר דיגום מדדים אחרים של מבנה ותפקוד צומח
6. ישנה אפשרות לכמת שפע (כיסוי או תדירות הופעה).
7. השיטה מאפשרת שילוב של דיגום הבוחן את השפעת כתמיות המעוצה

שיטות נבחרות

1. ריבועי דגימה 20x20 על פי כתמיות (שיטת הדגימה בניסוי המארג"ג אשר עסק במעצבי נוף).
2. חתך דו מימדי בדיגום רציף או בדיגום מסורג (כדוגמת רמת הנדיב: ריבועי 50x50 לסירוגין לאורך חתך).
3. דיגום היררכי - מודיפיקציה של Whittaker: פרוטוקול של סקר הצומח של North Carolina.

איור 1: חתך

משמאל לימין: חתך דו-מימדי רציף,
 חתך דו-מימדי לסירוגין,
 חתך ח-מימדי



3.1 מסגרת רעיונית לניטור צומח ופרוטוקול דיגום צומח

פיתוח פרוטוקול לדיגום צומח בתחנות המחקר והניטור ארוכי הטווח של המארג"ג.

אורנע רייזמן-ברמן, יגיל אוסם, איתמר גילעד, ליאת הד, יוחאי כרמל, גידי נאמן. ינואר-פברואר, 2009

תהליך פיתוח הפרוטוקול: הפרוטוקול פותח על-ידי ועדה אשר דנה בכמה מפגשים בשיטות שונות מקובלות לדיגום מעוצים ועשבוניים. השיטות אשר עלו לדיון מעמיק מובאות במבוא.

מבוא:

לניטור ארוך טווח של צומח חשיבות מרכזית בהבנת תפקודים אקוסיסטמיים ושינויים בתהליכים אקוסיסטמיים החלים עם הזמן. עם ביסוס מערך ניטור ארוך טווח נבחנו כמה שיטות לדיגום צומח. השיקולים לבחירת שיטת הדיגום לניטור במארג הנוחו על ידי יכולת השיטה:

1. להתאים למטרות הניטור ולהפקת תוצרי הניטור הרצויים.
2. לאמוד נכונה את המדדים אשר נבחרו לדיגום.
3. לאפשר מאמץ דיגום סביר ויעיל (cost effective).
4. לאפשר דיגום בלתי הרסני.
5. לאפשר השוואת תוצרי הניטור עם מערכי ניטור אחרים בעולם (EU-LTER, סקרי צומח ומערכי ניטור בארה"ב).

מטרות הניטור:

1. ניטור הצומח מתמקד באפיון התכונות הבאות:

1. מגוון מינים
2. מבנה צומח
3. תיפקוד צומח

2. הניטור צריך לאפיין:

1. הבדלים בין טיפולי ממשק נבחרים.
2. שינויים במרחב בסקאלות שונות:
 - סקאלת כיתמיות המעוצה - להבין את התרומה של כל כתם לעושר מיני העשבוניים המקומי.
 - הסקאלה המקומית - סקאלת האתר.
 - הסקאלה האזורית.
3. שינויים עיתיים בין טיפולי הממשק הנבחרים ובסקאלות המרחביות השונות (אפיון דינמיקה).

תכונות ומדדים לניטור של מאפייני מגוון, מבנה ותפקוד צומח:

מגוון צומח:

- הרכב ומדדי שפע מינים.
- הרכב ומדדי שפע קבוצות תפקודיות
- מבנה צומח - רמת הפרט, אוכלוסיה וחברה, בעיקר צומח מעוצה:
 - גובה
 - ארכיטקטורה
 - צפיפות פרטים
 - כיסוי
 - נוכחות
 - צפיפות מינים
 - מבנה גילאי
 - דגם מרחבי

תיפקוד צומח באקוסיסטמה

תהליכים דמוגרפיים: צמיחה, תמותה, התבססות נבטים, התפתחות

איור 2: חלקות במבנה היררכי מודולרי על-פי פרוטוקול סקר הצומח של צפון קרוליינה.

CASTANEA 63(3): 262-274, SEPTEMBER 1998

A Flexible, Multipurpose Method for Recording Vegetation Composition and Stucture

Robert K. Peet,¹ Thomas R. Wentworth,² and Peter S. White

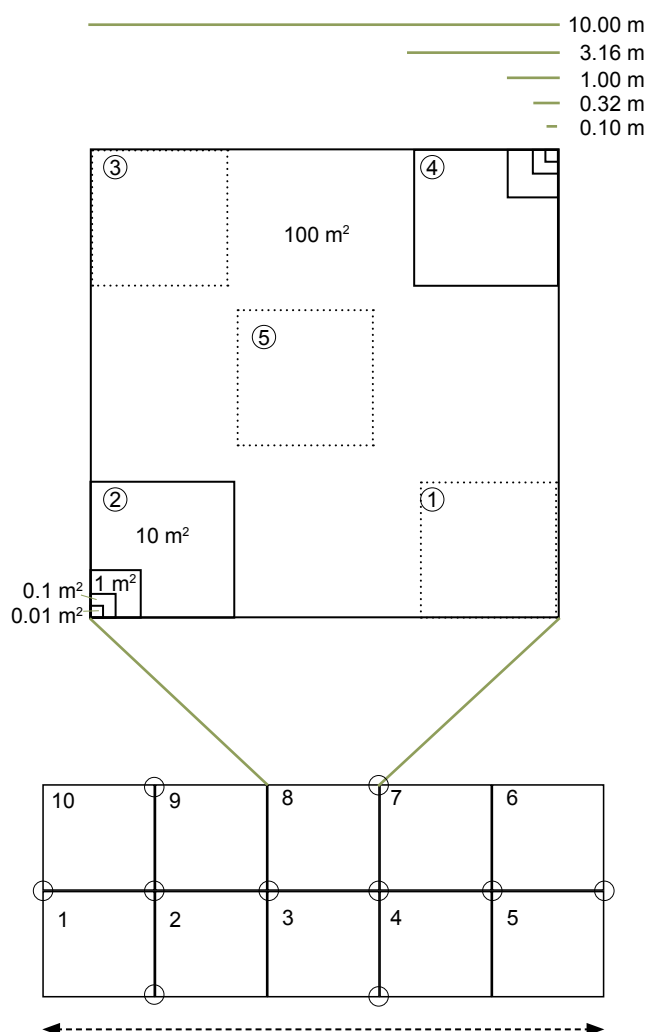


Figure 1. Typical layout of an intensive module, and a set of 10 modules as a 0.1 ha plot. Modules are numbered counter-clockwise. The five standard locations in a module for nested quadrats are indicated, although in the standard 0.1 ha configuration only two nests are recorded (solid lines rather than dashed) in each of the four intensive modules. Typically, these intensive modules are 2, 3, 8 and 9 as intensive modules (marked I), with nested quadrats in the eight corners indicated. The remaining six modules are recorded as an aggregate. Corners within a module are numbered clockwise, starting along the centerline and moving initially along the centerline in the direction that the modules are numbered, as indicated for module eight. Typically a 50 m tape is placed along the centerline and two 20 m tapes cross the main tape along the outside edges of the four focal modules. Permanent metal stakes (circles in the 0.1 ha configuration) are located at the 10 locations where a tape touches the corner of a module.

החלקה בנויה מ-10 מודולים, כאשר החלקות המרכזיות הן בעלות מבנה היררכי. ניתן להוסיף מבנה היררכי לכל אחד מן המודולים. לחילופין ניתן להפחית במספר המודולים, באם תנאי השטח או התקציב אינם מאפשרים 10 מודולים.

השוואה בין שיטות דיגום צומח אשר הובאו לדיון במסגרת דיוני הועדה הקרואה אשר פיתחה את פרוטוקול הדיון.

ממד/שיטה	מבנה מקוון מודיפיקציה של וויטקר ע"פי פרוטוקול קרוליינה	חתך דיגום רציף או לסירוגין של ריבועי דגימה (50X50 ס"מ)	ריבועי דגימה 20X20 על פי כתמיות המעוצים
נוכחות מינים	מתאים ביותר	מאמץ דיגום יכול להיות גבוה מדי	אינו משקף
השוואת עושר מינים על פי כתמיות מעוצה	לא מתאים	לא מתאים	מתאים
כיסוי צומח מעוצה, סלעים	מתאים ביותר ומדויק ביותר	מתאים בחתך חד-מימדי	לא מתאים
מינים נדירים או בכתמים	מתאים ביותר	מתאים	לא מתאים
מינים שכיחים / דומיננטים	מתאים	אפשרי עם מעט ריבועי דגימה	אפשרי עם מעט ריבועי דגימה
שינויים בכיסוי צומח מעוצה	מתאים אך עדיפות לשילוב שיטה נוספת בחלקה - כחתך חד-מימדי	מתאים ביותר בחתך חד-מימדי	לא מתאים
ביומסה עשבונית: שילוב של מדידת כיסוי גובה, והערכת צפיפות בכתם.	מתאים בריבועי הדגימה הקטנים ובתוספת ריבועי דגימה קטנים	מתאים	מתאים
התחדשות מעוצים ושיחים, צפיפות נבטים ופרטים צעירים	מתאים ביותר	לא מתאים	לא מתאים
שטח נדגם/מאמץ	גבוה	בינוני	קטן
תוצרים אפשריים:			
קצבי הצטברות מינים	מתאים ביותר: השוואת קצבי הצטברות מינים בסקלות שונות	מתאים - מאמץ דיגום יכול להיות גבוה מעבר לנחוץ	דורש מאמץ דיגום גבוה
אינדקסים של מגוון, אורדינציה	אפשרי. שפע על בסיס כיסוי, או תדירות אך דורש הוספת ריבועי דגימה בסקלות הקטנות	אפשרי	אפשרי (מבוסס על נתוני נוכחות וגם שפע)
ניתוח שונות בין אזורים או טיפול (ANOVA)	אפשרי (ממוצע לחלקה, כל חלקה חזרה)	אפשרי	אפשרי

פרוטוקול פורום דיגום הצומח

להלן פרוטוקול דיגום הצומח אשר פותח עבור דיגום עושר ושפע עשבוניים ומעוצים. בשלב זה אין בפרוטוקול זה התייחסות למדידת מבנה ותפקוד.

א. שיטה לדיגום: השיטה המקוננת המודולרית נמצאה כמתאימה ביותר לדיגום צומח. שיטה זו, במודיפיקציה המוצעת להלן, נמצאה כמתאימה ביותר לאפיון עושר מינים וכיסוי צומח מעוצה.

ב. הרחבת השיטה בכדי להתאימה לדיגום על-פי כתמיות, ולהפקת תוצרי מדדי מגוון ואורדינציה.

איור 3 מתאר סכמטית את השיטה המוצעת.

- השיטה המוצעת עוקבת אחר פרוטוקול צפון קרוליינה. היחידה הבסיסית היא יחידה של 10X10 מ', ומכילה לפחות 2 מערכים מקוננים בגדלים של 0.01 מ"ר, 0.1 מ"ר, מ"ר 1, ו-10 מ"ר. (בדומה לאיור 2). ישנה חשיבות לעליה לוגריתמית בסקלות.
- בחלקה של דונם, ההמלצה היא למקם לפחות 4 מודולים של 10 מ"ר, כאשר לפחות בארבעה קיים המבנה המקונן.
- צריך להיות רצף בין ארבעת הריבועים של המבנה המקונן.
- ניתן להוסיף עוד דגימות של 0.1 מ"ר (30X30 סמ'), להפקת תוצרים של חישובי אינדקסים של מגוון ואורדינציה. כלאמר

להוסיף כך שהמספר המינימלי של דגימות בגודל שה יהיה 20. אם מדובר ב-4 מודולים, יש להוסיף עוד 12 דגימות בגודל זה. יש למקמן כחלק ממערך הדיגום המקונן, בדומה למוצע באיור 2 או 3.

ה. בכדי לענות על שאלות הקשורות במנגנוני כתמיות המעוצה, מומלץ לדגום בריבועים קטנים כ-20 ריבועים מתחת למעוצה ועוד 20 ריבועים בין כתמי המעוצה. דיגום זה צריך להיות מפוזר אקראית או רגולרית ברחבי חלקת הדונם. לכן יש להוסיף ריבועי דגימה, על אלו הנדגמים בגודל זה כך שישלימו את המניין ל-20 ריבועי דגימה לכל סוג כתם.

תיעוד מיני עשבוניים:

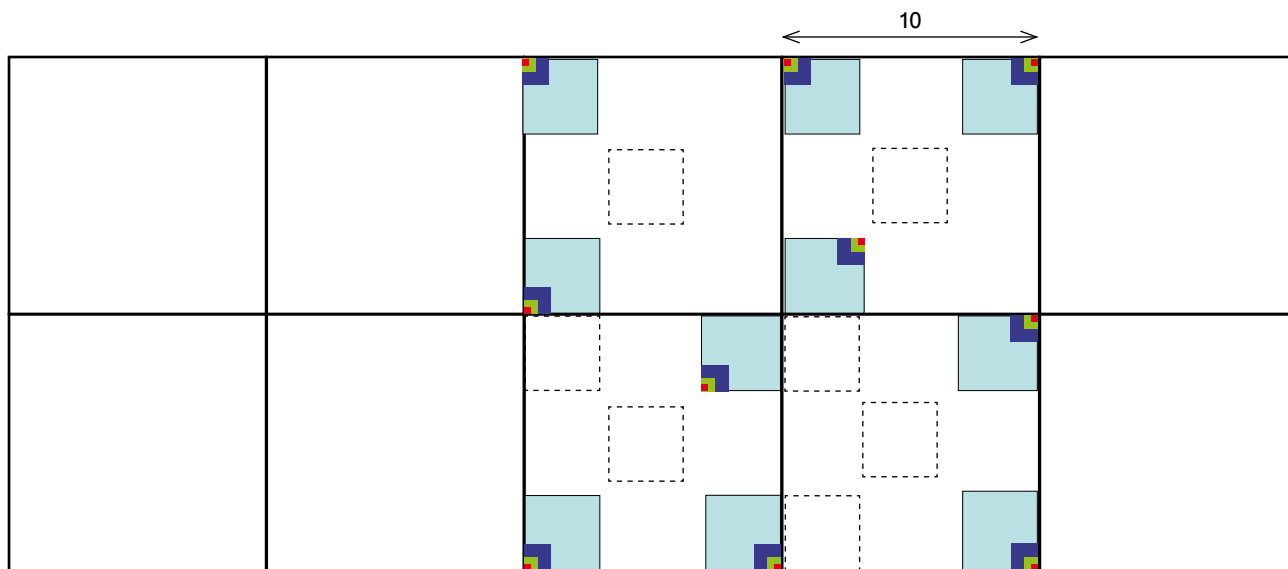
דגימות הצומח מתבצעת בספירת המינים הנוכחים בריבועי הדגימה הקטנים ביותר. בשלבים הבאים מוסיפים את המינים החדשים הנוכחים בריבועי הדגימה הגדולים יותר: מ"ר 0.1 מ"ר, מ"ר 1. לבסוף סורקים את המודול של 10 X 10 מ', לתיעוד מינים נוספים.

פרישת החלקות באתר

כל חלקה תפרש על-פני דונם הומוגני ככל האפשר.

בכל אתר יוצבו 5 חלקות כחלקה המתוארת האיור 3 (5 דונם). השונות בין החלקות צריכה להיות קטנה יחסית ולשקף את התנאים הדומיננטים באזור.

איור 3: פרישת חלקות דיגום מקוננות מודולריות על חלקת דונם. פרישה מלבנית

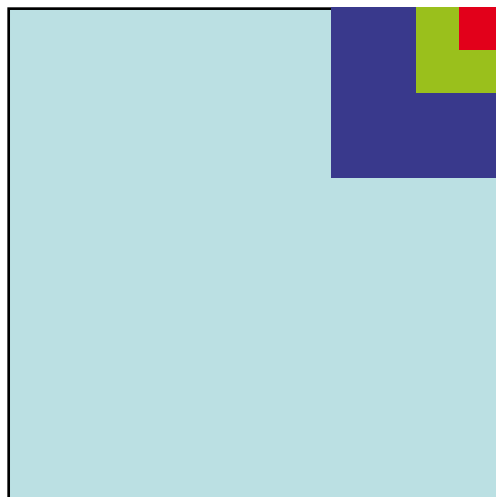
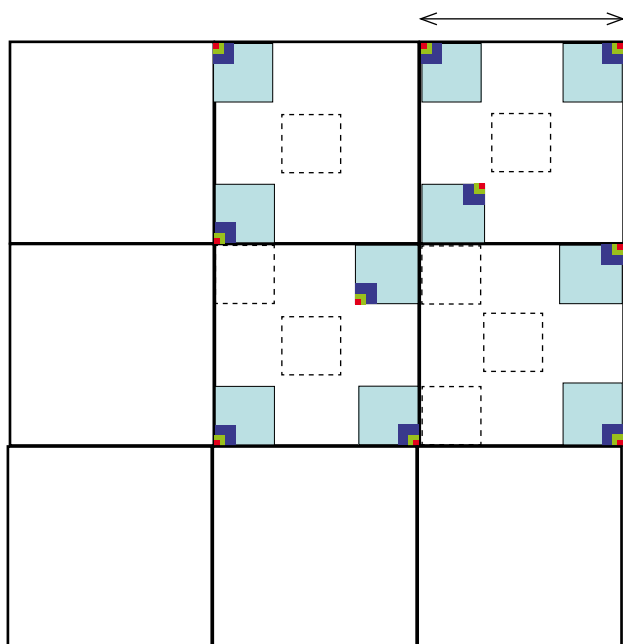


הגדלת מערכת הדגימות המקוננות בתוך המודול של 100 מ"ר.

פרישה ריבועית

0.1 —
0.32 —
1 —

3.16



הצעה למדדים לבחינת תפקוד המערכת האקולוגית הכוללים מדדים הנאספים במסגרת דיגום צומח אורנע רייזמן-ברמן

שיטה	תדירות	מעוצים
חתך	3 / 1	מגוון מעוצים
חתך, משקל יבש ורטוב של מדגם ענפים שצמחו		צימוח מעוצים
חלקות קבועות, סימון נבטים	1 / 1	התבססות מזרעים
תצ"א או (+ ביוהב)	7 / 1	התפשטות מרחבית
	3 / 1	ארכיטקטורה(מספר גזעים, dbh , היטל חופה
תצפית (אנשי שטח)		פנולוגיה
נביטה, צמיחה, תחילה וסיום פריחה, פירות, תחילה וסיום השרת עלים (שלכת), תחילה וסיום לבלוב.	כל השנה	
חתך, הערכה ויזואלית, מלכודות	1 / 1	עשיית זרעים (למינים דומיננטים או בעלי עניין מיוחד)
חתך	3 / 1	תמותה
צבע, כיסוי עלווה, מחלות מזיקים		מצב העץ - מינים דומיננטים
	2 / 1	הרכב כימי של העלווה
		עשבונים ח"ש, ר"ש
חלקות קבועות (בעלות מבנה היררכי)	2 / 1	מגוון עשבונים
ריבועים (הערכה + כיוול)	1 / 1	ביומסת עשבונים
דיגום ושקילה במעבדה	1 / 1	עשיית זרעים (דומיננטים, בעלי עניין)
מספר פרטים - ריבועים	4 / 1	(שפע)
נוכחות יחסית בריבועים	2 / 1	תדירות
		קרקע
בדיקת מעבדה	2 / 1	ח"א
הטמנת שקיות מקומיות	1 / 1	פירוק ח"א
מעבדה	2 / 1	(מינרלים) חנקן
בדיקה מקומית	2 / 1	חומציות
חתך	2 / 1	כיסוי אבניות ומסלע
חתכים, נקודות קבועות, מועדים קבועים	3 / 1	קרינה , (LAI)
דגימות	2 / 1	בנק זרעים (ח"ש ור"ש)
(חבלה"ט)		ציפורים
		אוכלוסיות וגורמים מיוחדים
(שקדי)		אינדיקטורים מקומיים
חזירי בר / דרבנים / מכרסמים - בהתאם למערכת		מהנדסי סביבה
		גורמים מאיימים
בנוסף לתחנות ניטור, ניטור ממוקד		מינים פולשים
		חנקן כגורם רעיל
		נתונים כלליים
תיעוד	1 / 1	שיטת ממשק
תיעוד / אינדקס ללחץ רעיה/מצב צומח		רעיה
תיעוד תיאורי	1 / 1	הפרעות

3.2 הצעה לניטור ארוך טווח של צומח מעוצה במסגרת המאר"ג

(12/8/09) אורנע רייזמן-ברמן ויגיל אוסם

מטרת הניטור

מטרת הניטור לעקוב אחר הדינאמיקה של מבנה והרכב הצומח המעוצה, ולהבין את השפעת הגורמים לשינוי על-ידי מעקב ארוך טווח אחר גורמים אלו. מבנה ומגוון הצומח מוכתב על-ידי תהליכי תפקוד הצומח, בכללם תהליכי ההתפתחות והתפקוד של הפרטים ותהליכים דמוגרפיים של אוכלוסיות המינים השונים (תהליכי התבססות, ייצור זרעים, תמותה). הניטור עוקב אחר תהליכים אלו המשקפים תפקוד, ואחר הגורמים העיקריים המשפיעים על תהליכים אלו.

שאלות המחקר יתמקדו בהשפעות הגומלין המתקיימות בין גורמים פיזיים טבעיים המכתיבים את פוטנציאל הצומח לבין גורמים אנטרופוגניים וגורמי הפרעה המכתיבים, למעשה, את הפערים בין פוטנציאל הצומח לבין המופע שלו.

מערך הניטור מתייחס לגורמים הבאים:

גורמים טבעיים (natural driving factors)

גורמים פיזיים:

1. אקלים (בדגש על משקעים ואופוטורנפירצייה פוטנציאלית)
2. מסלע וקרע
3. טופוגרפיה

הפרעות טבעיות:

1. ארועי אקלים קיצוני (בצורת, רוח, שלג, קרה)
2. שריפה
3. רעיית חיות בר
4. מזיקים ומחלות

גורמים אנטרופוגניים (Anthropogenic driving factors)

1. שימושי קרקע היסטוריים (חקלאות, התיישבות, שטח טבעי)
2. שימוש קרקע עכשווי (יער, שמורה, קירבה לשטחים חקלאיים, קירבה ליישובים)
3. ממשק (רעייה, כריתה וכד')
4. מינים פולשים
5. זיהום סביבה (זיהום אוויר, מים, קרקע)
6. פיתוח (התפתחות אזורי יישוב ותשתיות)

חלוקה לאזורים אקולוגיים (Ecoregions)

על מנת לבצע פרישה נכונה ויעילה של מערך אתרי הניטור כך שתאפשר התמודדות מדעית עם שאלת האינטראקציה שבין גורמים פיזיים לבין גורמים אנטרופוגניים וגורמי הפרעה, יש לחלק, ראשית, את שטחי הארץ למספר אזורים אקולוגיים על פי מאפייניהם הפיזיים. החלוקה לאזורים אקולוגיים צריכה לבטא הבדלים בפוטנציאל הצומח בין היחידות השונות שהוגדרו. תהליך זה הנו גורם מפתח בהקמת מערך ניטור יעיל (cost effective) פריסת אתרי הניטור תתבצע כך שיינתן ביטוי נכון (מבחינת ישימויות הניתוח הסטטיסטי) לשילובים שונים של הגורמים שאנו מעוניינים לנתח את השפעתם (זאת, כמובן, תוך שמירה על עקרון האקראיות).

נתוני רקע לאתרי הניטור

בכל אתר ניטור יאספו נתוני הרקע הבאים:

1. נתוני אקלים היסטוריים: ממוצע גשם שנתי.
2. ניטור אקלים: רצוי מדידה באתר של גשם, טמפרטורות, לחות קרינה ורוח (כיוון ומהירות). במידה שאין תחנה מטאורולוגית באתר, איסוף נתוני גשם טמפרטורה ולחות מתחנה מטאורולוגית סמוכה.
3. שימושי קרקע היסטוריים: על פי תצ"א משנת 1945 מיפוי של שטחי חקלאות, טרסות, התיישבות, שטחים טבעיים ומבנה הצומח בשטחים אלה במידת האפשר (כיסוי, צורות חיים, מינים חשובים).
4. מיפוי שמושי קרקע בהווה: מיפוי על פי תצ"א מעודכנת של התפלגות שימושי הקרקע ברדיוס של 5 ק"מ (לפחות) משולי אתר הניטור.
5. היסטוריית ממשק: במידה וישנו נתונים על פעולות מנהל השטח בטווח של 25 שנה אחורה ויותר. למשל נטיעות שבוצעו בשטח יער.
6. ממשק בהווה: פעולות מנהל השטח במהלך 25 השנים האחרונות (ביער: נטיעה, טיפול בעשבייה, כריתה/דילול, רעייה וכד' בשמורה: גידור, סילוק צומח פולש וכד')
7. היסטוריית הפרעות טבעיות: תיעוד ארועי שריפה, בצורת ואחרים שארעו בשטח האתר או בסמוך לו.
8. ניטור הפרעות טבעיות: יש לפתח פרוטוקול פרטני לנושא זה שיאפשר מדידה של מאפייני ההפרעה (למשל עצמת השריפה).
9. מינים פולשים: מיפוי מינים פולשים בשטח אתר הניטור.

ניטור צומח מעוצה

בתהליך ניטור הצומח המעוצה ימדדו פרמטרים המהווים אינדיקטורים למבנה הצומח ותיפקודו.

מדדי מבנה הצומח המעוצה:

1. כיסוי, גובה, נפח, הרכב ודגם כיתמי של הצומח המעוצה: ימדד במספר חלקות בגודל 10x10 מ' הפזורות באופן שיטתי (רגולרי) על פני השטח. שיטות מדידה אפשריות: הערכה, חתך רציף, מיפוי מלא, צילום. השיטה המתאימה תיבחר על פי שקולי יעילות (cost effectiveness). נושא זה צריך עדיין להיבחן בשטח ועשוי להשתנות בין אתר לאתר בהתאם לתכונות הצומח, מגבלות תקציב ומטרות האתר.
- א. הערכה: הערכת הכיסוי על פי מין על ידי התבוננות בשטח החלקה המלא או המחולק לתת חלקות (למשל 2x2 מ')
- ב. חתך רציף: מדידה על פני חתך (transect) של נקודות ההתחלה והסוף של כיתמי צומח מעוצה (כתם הוא כיסוי רציף על פני הטרנסקט של מין מסוים) ומדידת גבהים במספר נקודות על פני הכתם (למשל: כל שלושים ס"מ). במדידת הגבהים לוקחים גובה עליון ותחתון של הנוף ביחס לקרקע.
- ג. מיפוי מלא: מיפוי תלת מימדי מדויק של הכתמים המעוצים בכל מרחב החלקה על ידי מדידת המיקום

ב. DGH - מודדים את היקף הגזע בגובה פני הקרקע. במידה שהגזע מתפצל מתחת ל- 10 ס"מ מפני הקרקע מודדים גם את הגזעים שהתפצלו.

ג. גובה: המרחק האנכי בין הנקודה הגבוהה ביותר בנוף העץ לבין הקרקע.

ד. כותר צמרת - מודדים בשני מימדים את המרחק בין שתי נקודות נגדיות ההרחקות ביותר (אופקית) מבסיס הגזע.

ה. אורך צמרת ירוקה: המרחק האנכי בין הנקודה הנמוכה ביותר בנוף הירוק של העץ לבין הנקודה הגבוהה ביותר.

ו. פנולוגיה:

4. רפרודוקטיביות: מדידת ייצור הזרעים השנתי על ידי ספירת פירות (למשל בלוטים) או איצטרובלים חדשים. דרך נוספת במקרה של עצים גבוהים וגדולים יכולה להתבסס על מלכודות זרעים (מתאים ביתר לכיסוי עצי גבוה ורציף יחסית). רצוי לייצר אמדן ייצור זרעים ליחידת שטח ולא רק ברמת הפרט

בקורדינטות של נקודות המשרטטות את גבולת הכתם. צפיפות הנקודות הנדרשת תלוייה בצורת הכתם.

2. צפיפות גבעולים (stem density): תבחן בכל המינים המעוצים או במינים נבחרים (למשל: עצים). יספרו מספר הגבעולים, על פי מין, ביחידת שטח.

3. DGH , DBH , כותר צמרת, גובה צמרת, אורך צמרת ירוקה: ימדדו במדגם של פרטים מכל המינים או ממינים נבחרים. יש לתת דגש לדיגום מספר מינימאלי של פרטים (לצורך ניתוח סטטיסטי). קיימת אפשרות לחלק למספר קטגוריות גודל בתוך המין ולידגום כל אחת מהן במספר חזרות (מומלץ לצורך מעקב אחר התפתחות) או, לחליפין, למדוד מדגם אקראי של המין (עשוי לתת תמונה נכונה יותר מבחינת התפלגות הגדלים בחלקה).

א. DBH - מודדים באמצעות סרט את היקף הגזע בגובה 1.30 מ'. במידה שיש גזע מרכזי ברור מודדים אותו בלבד. במידה שיש מספר גזעים מודדים את כולם.

להלן מובא פרוטוקול דיגום מעוצים ב- LTER קדושים אשר בוסס על פי העקרונות המובאים בפרק דיגום המעוצים 3.2. הדיגום מתבסס על חלקות דיגום הצומח כפי שמובאות בפירוט בפרוטוקול דיגום העשבונים.

The Kdoshim Woody Vegetation Survey Protocol

Introduction

The proposed protocol has been developed for monitoring woody vegetation dynamics in the Kdoshim Forest LTER site. Woody vegetation includes: trees, shrubs, dwarf shrubs and vines. The Kdoshim site presents a 250 dunam forest thinning experiment in which 70x70 m plots (with different thinning treatments) are the basic experimental unit. The protocol includes measurements of cover, height, spatial arrangement, vitality, regeneration (including microsite characterization) and growth. These measurements should be conducted during summer-autumn. The protocol has been applied in Kdoshim during the last year (2009) and is now open for discussion among the various MAARAG groups which are interested in woody vegetation.

Structure of the plots

The size of the experimental unit (plot) is 70x70 meters (north-south/ east-west direction). A monitoring zone of 40x40 meters is located in the center of the plot with a buffer zone of 15 m around it. The corners and the center of the monitoring zone are marked with steel poles and named after the direction of the corner (north east, north west, south east and south west). Each monitoring zone is divided into 4 subplots of 20 x 20 meters which are named after the corner of the monitoring zone. Sampling units (10x10 m) are established on the corners of the subplots as shown in figure 1.

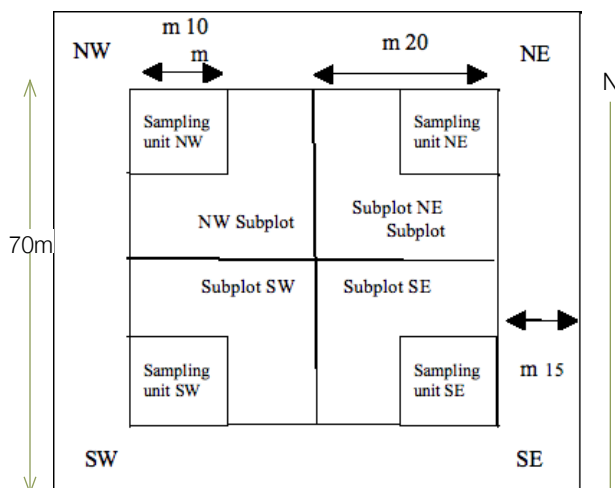


Figure 1: Structure of the plot, subplot and sampling unit

Structure of the transects

In each monitoring zone we measure from the SW corner 3 lines that are located 2, 5 and 8 meters from the corner

towards north. Lines are measured with tape measurer from west to east and their length is 40 meters. From the beginning of each line we take the first 10 meters of the line as transects for the SW sampling unit. The last 10 meters of the line are transects for the SE sampling unit. The transects are numbered from 1 to 3 starting from south to north (fig. 2). The same procedure is done also for the NW corner of the plot. The lines are measured from west to east and transects numbered from south to north.

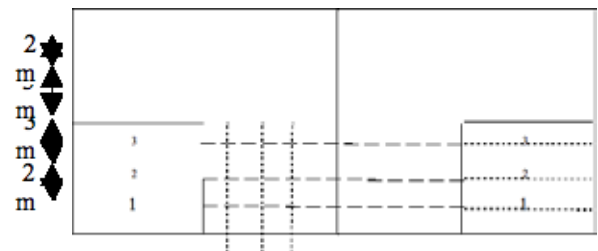


Figure 2: Location and structure of transects in SW and SE corners of the plot

Measuring woody vegetation cover on transects

The parameters measured on transects are:

Species cover: measured by walking on transect and recording the code of the species (see Appendix 1) and the beginning and the end points of the vegetation patch. For each vegetation patch we also estimate the cover level, foliage index and the vitality.

Vegetation cover level: measured by the percentage of cover on the transect within the patch, including the dry material.

1= Sparse $\leq 20\%$, 2= Moderate 20-60% , 3= Dense $\geq 60-100\%$ (Coarse cover estimation)

Foliage index: measured by the percentage of green leaves and shoots out of the whole plant (out of the vegetation cover and not the patch cover).

0= No green leaves, 1= Sparse. $\leq 20\%$, 2= Moderate. 20-60%, 3= Dense. $\geq 60-100\%$

Vitality: measured by the color of the leaves

0= Dead, 1= Low, 2= Moderate, 3= High

The average height: measured above the transect line on the center of the vegetation patch. For patches that cover more than half a meter we apply one more height measurement for each half a meter.

Rock cover: measured on transects similarly to the vegetation. Rocks (s) are part of the bedrock. Stones (e) are rocks that are separated from the bedrock by soil. Rocks and

that are severed from their original source. (**Comment:** in FIA-program the limit in diameter was 7.5 cm (3 inches), but for us, who think in cm, it is probably more appropriate to use 5 cm or 10 cm as a limit?).

0 = Trace. CWD 0-5%

1 = Sparse. CWD 5-20% of the soil surface

2 = Moderate. CWD 21-60% of the soil surface

3 = Dense. CWD $\geq$ 60% of the soil surface

Fine woody debris

Fine woody debris includes downed, dead branches and twigs (< 5 cm in diameter). FWD can also be twigs from shrubs and vines.

0 = Trace. FWD 0-5%

1 = Sparse. FWD 5-20% of the soil surface

2 = Moderate. FWD 21-60% of the soil surface

3 = Dense. FWD $\geq$ 60% of the soil surface

Litter cover

Litter layer consists of fallen leaves, needles, cones and acorns and detached fragments of bark. Dead herbaceous material that is detached from plant is also included to litter layer.

(**Question:** in the FIA-program also twigs smaller than 0.5 cm in diameter are included in this category. Wouldn't it be clearer, if all the twigs are in FWD? Should the cones and acorns be included in FWD).

0 = Trace. Very little Litter cover.

1 = Sparse. The soil can be seen below the litter in most of the microsite area.

2 = Moderate. The soil can not be seen below the litter in most of the microsite area.

2 = Dense. Totally covered. The soil can not be seen below the litter.

Herbaceous vegetation cover of the microsite

Herbaceous vegetation includes all the species, that are not considered to be trees, shrubs, dwarf shrubs or vines (see the Appendix 1 for the list of species). Partly or completely dead herbaceous plants that are still standing are also included to herbaceous vegetation cover.

0 = Trace. Herbaceous vegetation cover 0-5%

1 = Sparse. Vegetation cover 5-20%

2 = Moderate. Vegetation cover 21-60%

3 = Dense. Vegetation cover $\geq$ 60%

Position under the overstory canopy

0 = The tree is not growing under the canopy

1 = The tree is growing under the canopy

Position in relation to understory woody vegetation

Position of woody plant (shrubs, dwarf shrubs, vines and understory trees) growing nearby the tree are recorded. If there are more than 3 species, we include the largest 3 species. Also the species and the height are recorded.

0 = The tree is not growing close to a woody plant

1 = The tree is growing close ($\leq$ 20 cm between central stem and shrub/tree crown edge) to the edge of a woody plant but not under or above it

2 = The tree is growing under a woody plant

3 = The tree is growing above a woody plant

Distance from the closest overstory tree

0 = More than 2 meters

Less than 2 meters = The measured distance from the closest overstory tree. The distance is measured from the center of the tree to the center of the trunk.

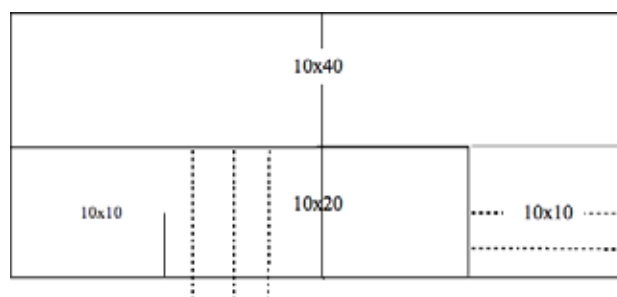
Distance from the closest stump

0 = More than 2 meters

Less than 2 meters = The measured distance from the closest stump. The distance is measured from the center of the tree to the center of the stump.

Number of oaks monitored per plot

In each plot we monitor at least 10 oaks (5 oaks in southern part of the plot (SW and SE sampling units) and 5 oaks in northern part of the plot (in NW and NE sampling units). If there are less than 5 oaks, we enlarge the area to an area of 10 x 20. If we still have less than 5 oaks, we enlarge the area to an area of 10x40. When we enlarge an area we include all the oaks growing in the area in question, even if 5 trees exceeded. Only oaks and pines are recorded, other tree species are excluded from the regeneration survey (too scares to provide statistically valuable data).



Comments for future surveys:

1. During the next woody vegetation survey (on summer 2012) in every sampling unit the microsite characteristics will be measured in 5 random points to allow analysis of microsite characteristics.
2. The microsite characteristics can be divided into two groups: **1) the constant ones** (e.g. rock microsite, microslope, microtopography (?), distance of the closest trunk/stump), **2) the dynamic ones** (e.g. the litter cover, herbaceous cover etc.). The dynamic ones change, because the seedling itself starts to have a remarkable effect on its own microsite (e.g. when the seedling grows bigger, the litter and woody debris consists of mostly its own leaves and branches). Maybe the developing microsite characteristics should be only recorded for young seedlings, e.g. seedlings <50 cm of height?
3. During the next surveys only the tree parameters of the "old" oaks (the ones that were recorded already in the first survey) are recorded. The microsite parameters are not recorded, because they are considered to be either permanent or effected by the seedling itself. Microsite parameters are only recorded for the new seedlings that are included to the survey for the first time.

stones that are smaller than 10 cm diameter are not included. The height of the rock is measured at the highest point from the ground level at the down slope side. The heights of the stones are not measured.

Stumps (g) and pine trunks (d) laying on the transect ($\varnothing \geq 10$ cm) are also measured.

Overstory canopy cover: measured on the transect with a desiometer by pin point measurements applied every two meters (altogether 15 points for every sampling unit of 10x10m).

Measuring tree regeneration and growth in the sampling unit area

Tree regeneration and growth is measured on the 10x10 m sampling units. In each sampling unit we scan an area of 5x10 meters by walking along transect number 1 from west to east and measuring all the trees between the border of the sampling unit and transect number 2. Then we walk transect number 3 and scan the area between transect number 2 and the northern border of the sampling unit.

Woody vegetation cover (%): estimated for each sampling unit according to cover classes of 0 -1%, 1-2%, 2-5 %, 5-10%, 10-20%, 20-40%, 40-60%, 60-80% and 80-100% (Fine cover estimation).

The location of overstory trees (planted pines) growing in the sampling unit is measured. The x-coordinate is the distance from the SW corner of the plot in south – north direction and the y-coordinate is the distance from the SW corner in east – west direction.

Understory tree measurements

The parameters measured for each understory tree are: location by coordinates, width of the crown, number and diameter of stems, the tree height, the height of the lowest green branch, vitality and reproductiveness.

The location coordinates of each understory tree is measured similarly to the coordinates of overstory trees. The crown width: measured in x- and y-direction at the widest point of the crown. Crown cover is then calculated by an ellipse formula.

The number and diameter of stems: measured at 5 cm height from the ground level. The diameters of stems thinner than 5 cm are given estimated levels accordingly: 0-0,5 cm, 0,5-1,0 cm, 1 -2 cm, 2-3 cm, 3-4 cm and 4-5 cm. The stems with diameter 5 cm or more are measured with a caliber.

The tree height: measured at the maximum height of the tree crown. The **height of the lowest green branch** is also measured.

Foliage index: measured by the percentage of green leaves out of the whole plant.

0= no green leaves, 1= Sparse. $\leq 20\%$, 2= Moderate. 20-60%, 3= Dense. $\geq 60 -100\%$

Vitality: measured by the color of the leaves.
0= Dead, 1= Low, 2= Moderate, 3= High

The reproductiveness is determined according to the existence of cones, acorns or other fruits. (**Comment:** The reproductiveness of oaks may be difficult to define only by looking for acorns!).

0 = Not reproductive, 1 = Reproductive

Measuring regeneration microsite characteristics

Microsite parameters describe the biotic and abiotic factors in the area of 1x1 meter around the young tree that might have an effect on the establishment and the growth of the tree (**Question:** should the microsite be defined in another way? In small seedlings the microsite could be smaller?). The parameters are:

Micro topography

0 = Flat
1 = Mound
2 = Hollow

Micro slope

0 = Flat $\leq 10^\circ$
1 = Moderate slope 10-45 °
2 = Steep slope $\geq 45^\circ$

(**Comment:** Microtopography and microslope are parameters that describe only the soil, not the rock/stone formations in the area of the microsite).

Rock cover

0 = 0 – 5%
1 = Sparse. Rock cover $\leq 20\%$
2 = Moderate. Rock cover 21-60%
3 = Dense. Rock cover $\geq 60 -100\%$

Rock microsite

0 = No rocks
1 = Close to a rock (≤ 20 cm between central stem and rock edge)
2 = Crack
3 = Soil pocket

(**Comment:** More options to describe this situation: beneath the rock, next to the rock etc...)



Stone cover

0 = Trace. Stone cover 0-5%
1 = Sparse. The stone cover 5-20 %.
2 = Moderate. The stone cover 21-60%
3 = Dense. The stone cover $\geq 60\%$.

(**Question:** The average stone size should have a significant effect on microsite condition. It makes difference if there is one big stone in the microsite or 15 small ones, the stone cover might nonetheless be the same. 1) should the definitions of rock and stone be changed, e.g. the diameter of stone is <10 cm and rock >10 cm? 2) should we add one more parameter after the stone cover i.e. Average stone size?)

Coarse woody debris

Coarse woody debris includes downed, dead trees, large branches and other large, woody pieces (> 5 cm in diameter)

APPENDIX 1: Species codes

Species name in Latin		Species name in Hebrew	
<i>Pyrus syriaca</i> Boiss	as	סורי	אגס
	oy	ירושליים	אורן
	oyb	י. בוגר	אורן
	obb	ברוטיה	אורן
	ezm	מצוי	אזוב
	ach	החורש	אחירותם
	ata	ערבי	אטד
<i>Pistacia palaestina</i> Boiss	ele	א"י	אלה
<i>Quercus calliprinos</i> Webb	am	מצוי	אלון
<i>Quercus boissieri</i> Reuter	at	תולע	אלון
	em	המסטיק	אלת
	eq	כילאיים	אלת
	ah	החורש	אספרג
	aa	ארוך עלים	אספרג
	ar		ארכובית
	er	רחב עלים	אשחר
	ee	א"י	אשחר
	bg	גלונית	בלוטה
<i>Phillyrea latifolia</i>	bzb	בינוני	בר זית
	bmb	בוגר	ברוש מצוי
	gm	מצוייה	געדה
	gmf	מפושקת	געדה
	gq	כרתית	געדה
	vh	הכלב	ורד
	dv		דבקה
	zl	לבנה	זוטה
<i>Olea europaea</i>	ze	אירופאי	זית
	zlh	הקנוקנות	זלזלת
<i>Ceratonis siliqua</i>	hm	מצוי	חרוב
	tm	מצוי	טמוס
	ye	איטלקית	יערה
	qh	חריפה	כתלה
<i>Styrax officinalis</i>	lr	רפואי	לבנה
	ls	שעיר	לוטם
	lm	מרווני	לוטם

	lot	דביקה	לוטמית
	lu		לוף
	ms	סורי	מציץ
	mm	משולשת	מרווה
	mis	שעיר	מתנן
	sq	קוצנית	סירה
Crataegus aronia	uq	קוצני	עוזרר
	eh	החורש	עצבונית
Laurus nobilis L.	ara	אציל	ער
	pm	מצוייה	פואה
	pem	מצוי	פיגם
	pg	גדול	פרסיון
	stq	קוצני	צלף
	zmh	הסלעים	צמרנית
	zu		צורית
	ztv	ורודה	צתרה
Arbutus andrachne L.	qm	מצוי	קטלב
	qq	קוצנית	קיסוסית
	kim	מצרית	קיקסיה
	qs	שעירה	קידה
	r		רתמה
	sim	מכחילה	שיטה
	shd	דביקה	שלהבית
	shk	קצרת שיניים	שלהבית
Amygdalus communis L.	shm	מצוי	שקד
	sm	מצוי	שרביטן
	svl	לבן	שבטן
	g		גדם
	s		סלע
	e		גל אבנים
	d		גזע עץ מת





4 נספחים



4.1 הניטור הלאומי על פי רשות שמורות הטבע והגנים - יהושע שקדי

ניטור - מה לנטר והיכן?

רקע

כדי לקיים תכנית ניטור ראוייה צריך להבין מהיכן אנחנו מתחילים: גופי ניהול שטח מרכזיים בישראל שחברו על דגלם את שימור המגוון הביולוגי, חברו יחד עם גורמי אקדמיה כדי ליצור תכנית ניטור לאומית למגוון ביולוגי. זו לא מטלה שהמדינה הטילה על גופי הממשק, אלא מטלה שגופי הממשק לקחו על עצמם מתוך הבנה שזה בתחום אחריותם.

גופי הממשק חברו יחד עם האקדמיה ויצרו תאגיד בשם מארג (מערך אקולוגי רב גורמי). תפקיד המארג הוא ליצור רשת אתרי מחקר אקולוגי ארוך טווח שיעסוק גם בנושאי ממשק, תכנית ניטור לאומית, ומערך להטמעת הידע המצטבר בשניהם, לאנשי השטח, מקבלי החלטות ומדענים. בדרך זו אפשר יהיה לשפר את ניהול השטחים הפתוחים בישראל במטרה לשמור טוב יותר על המגוון הביולוגי.

למה צריך תכנית לאומית לניטור המגוון?

השטחים הפתוחים בישראל ממלאים תפקיד מרכזי בשימור המגוון הביולוגי. השטחים הפתוחים מורכבים משמורות טבע, יערות קק"ל, שטחי מרעה ושטחים חקלאיים. חלק מהמגוון נשמר בסביבה העירונית, אך הנחת העבודה היא שהמגוון בשטחים העירוניים תלוי בזה של השטחים הפתוחים.

האוכלוסייה האנושית בישראל גדלה בקצב של 2% לשנה בממוצע, והקצב לא עומד להשתנות באופן ניכר. זה קצב גידול מהיר, שמצביע על כך שהלחץ לפיתוח בשטחים הפתוחים ילך ויגבר. גם החקלאות הופכת להיות לתעשייתית יותר, ומקטינה את היכולת של השטחים הפתוחים החקלאיים לשמור על מגוון ביולוגי. במקביל, גופי התכנון הופכים למתוחכמים, ודורשים תיעוד והסבר מדעי מפורט יחסית לכל התנגדות לפיתוח.

בשטח מתקיימים תהליכים שמשנים את המגוון הביולוגי בכל השטחים הפתוחים. גם תהליכי סוקצסיה טבעיים ושרפות גורמים לשינויים במגוון. האיום הפך לממשי מכיוון שהחברה המודרנית אינה משתמשת בשיטות ממשק חקלאיות מסורתיות, והמגוון נפגע בגלל ממשק שאינו מתאים במיוחד לשימור.

מטרת תכנית הניטור (מנקודת מבטה האינטרסנטית של רט"ג)

המגוון הביולוגי בסכנה - לכן, כדי לכוון את פעולותינו, אנחנו נדרשים להכיר את המגוון, את השינויים בו ואת משמעות השינויים, ולהיעזר במידע הזה בכדי לכוון את פעולותינו כך שהמגוון יישמר.

מגוון גיאוגרפי, תכנית לאומית והמארג

שימור המגוון הוא צורך לאומי, אך אין הכרח שבכל שטח עלינו לדגום בדיוק את אותם פרמטרים - השטחים הפתוחים מגוונים, יש להם מטרות שונות ביעודי קרקע שונים, והמגוון שצריך להישמר בהם, וממילא גם מה שיש לנטר, שונה. ישראל מגוננת מאוד מהבחינה הגיאוגרפית. מפל הגשמים מצפון

לדרום, השונות הגיאולוגית-קרקעית, המבנה הטופוגרפי, ההשפעה החזקה של הבקע הסורי-אפריקאי והשונות בצפיפות האנשים ובניצול השטח הפתוח, מציבה לכל תכנית לאומית לניטור בעיה קשה. כשמוסיפים לכך את עושר המינים הגבוה יחסית הנובע מהשונות הגיאוגרפית, ברור שכל תכנית ניטור תהיה "רזה" וחלקית.

התכנית נבנית על ידי קבוצה של אקולוגים יבשתיים ומשתמשת באמצעים דלים יחסית. לפיכך, ברור שהיא תתמקד בתחילה במגוון הביולוגי במערכות יבשתיות. עם זאת, ברור שתכנית לאומית לא נבנית ביום אחד, ועם התפתחותה התכנית תשתלב עם התכניות הקיימות (מפרץ אילת, כנרת, נחלים) ועם תכניות שחייבות להתגבש ולהיות מיושמות (ים תיכון, למשל).

הנחות יסוד לתכנית ניטור

1. גופי ממשק חברים במארג ובניהולו, והוא נועד גם בכדי לשרת אותם. הגופים צריכים להגדיר את צרכיהם ולדאוג שהמארג יעזור במימושם.
2. ישראל נמצאת בלחצי פיתוח רבים. לכן, תכנית הניטור צריכה לעקוב אחרי שינויים בשימושי שטח (הפיכת שטח טבעי ליעוד אחר, סגירת מסדרונות, תוספת תשתיות קוויות).
3. הקבוצה הקיימת במארג היא של אקולוגים יבשתיים. כמו כן, התקציבים שבידנו אינם גבוהים. לכן, תכנית הניטור תתחיל במערכת היבשתית, ותשתף פעולה בעתיד עם תכניות ניטור קיימות או כאלה שראוי להוסיף.
4. מטרת תכנית הניטור לא יכולה לכוון להכרה כללית של המגוון, אלא בעיקר להבנה של משמעות השינויים באמצעות מעקב אחרי פרמטרים מסוימים. המטרה יכולה להשתנות עם הזמן (כשבניין נחדד את הידע העומד לרשותנו), והעצמת יכולות הניטור (בעיקר תוספת תקציב, שתאפשר למדוד מדדים נוספים).
5. לשטחים פתוחים שונים יש מטרות שונות (חקלאות, יער, שמירת טבע). לכן יש להגדיר את המטרות הכלליות והפרטניות של כל טיפוס של שטח פתוח, ולהתאים את הניטור בהתאם.

מטרות ואופי השטחים הפתוחים בנושאים הקשורים למגוון הביולוגי

חקלאות - החקלאות משמשת, באופן פסיבי ולא מתוכנן, מקום חיות והזנה לבע"ח שונים, חלקם נדירים ומטרות שימור. היות וכך יש לנטר את התפוצה והשפע של מינים אלו בשטחי חקלאות שונים. מחקר נלווה צריך להראות קשר בין שיטות עיבוד חקלאי ובין תפוצה/שפע של המינים החשובים.

צריך לזכור ולהבין שמטרת השטחים החקלאיים איננה לשמור על המגוון הביולוגי, אלא לשרת את החקלאות. לכן, אין להבין ממטרות הניטור שכל פעולה חקלאית שיש בה פגיעה במגוון הביולוגי בהכרח תופסק מיידית למען שימור המגוון. שימור המגוון יהיה אחד מהגורמים שיש לשקול בשיקולי המערכת החקלאית-כלכלית.

קק"ל - קק"ל מנהלת בעיקר את שטחי תמ"א 22. בתמ"א 22 יש ייעודי שטח רבים יחסית, ורובם דומים מאוד לשטחי שמורות טבע (חורש טבעי לשימור ולטיפוח, יער פארק, יער פארק חופי וגדות נחלים). קק"ל מיוחדת בכך שהיא מטפלת ביערות הנטועים.

בעיקר משום שהם הראשונים להגיב על שינויים בתנאים הא-ביוטיים.

הרכב המינים, הגשם והקרקע, קובעים לא רק את הרכב הצומח, אלא גם מרכזיים בקביעת תצורת הצומח. ההתארגנות לתצורות צומח וצפיפות הצומח קובעים באופן משמעותי את המינים המתקיימים ביחידות שטח שונות. למיני הצומח המעוצה יש תפקיד חשוב ביותר בתהליך הזה בעזרת תהליכים מעצבי נוף (landscape modulation).

כמוכן שגם להפרעות, בין אם טבעיות או מעשה ידי אדם, יש תפקיד מרכזי בקביעת הרכב ומבנה הצומח בכל אתר. רעייה, שרפה וכריתה הן ההפרעות המרכזיות אותן חווה הצמחייה בישראל כבר אלפי שנים, והפרעות אלה מרכזיות בעיצוב הנוף. יתכן וההפרעות האלה הן מרכזיות בתהליך סינון המינים, והן שקובעות, בסופו של דבר, את הרכב המינים בשטח נתון.

גם לעשבניים תפקיד חשוב בהבנת השינויים במגוון הביולוגי, וחלק ניכר מהפעולות שאנחנו מבצעים נועדו לשימורם. אולם, ניטור העשבניים אינו פשוט משתי סיבות: זהו תהליך המצריך מאמץ וידע רב, ולא תמיד ברור מה המשמעות של השינויים. ללא הבנה מלאה של יחסי שפע-נוכחות, לא נצליח להבין היטב את משמעות השינויים. אולם, בדרך כלל אנחנו יכולים לעקוב, ואולי גם להבין, את המשמעות של שינויים בשתי קבוצות נבחרות מתוך העשבניים. קבוצת המינים הנדירים, ששינויים גדולים בהם יכולים להביא להכחדה מקומית, והמינים הנפוצים ביותר, ששינויים בהם עשויים להצביע על שינוי מהותי בתנאי בית הגידול. לפיכך, אני מציע לנטר מספר מינים עשבניים בודדים השכיחים ביותר בצד הגבוה של עקומות נוכחות-שפע ושל מספר מינים נדירים בכל אתר דיגום.

בין בעלי החיים המצב מסובך יותר. קבוצות גדולות קשות מאוד לזיהוי (רוב פרוקי רגליים), וכן לא ברור מה המשמעות של השינויים בהם על המגוון הביולוגי והשפעת האדם עליו. לפיכך, אני מציע להתמקד בבעלי חיים הדורשים שטח רחב ורצוי מגוון כדי להתקיים, ששינויים באוכלוסיותיהם יצביעו על אפשרות לשינוי בבית הגידול (הרס בית גידול או פרגמנטציה). הפרסתנים גדולים, שרט"ג ממילא מנטר, הם דוגמה טובה למינים כאלה. בנוסף, להוסיף מינים היכולים להיבחן בקלות ולהצביע על שינוי בכתמיות השטח, בממשק או בהשפעת האדם: ההצעות הן רבות וכוללות עופות, חגבים, פרפרים וחיופושיות, אבל בדרך כלל אין וודאות למידת האינדיקציה שלהם על השינויים בבתי הגידול. שאלות אלה ראויות להיחקר, ומינים שימצאו אינדיקטורים טובים יתווספו לרשימת המינים המנוטרים. דווקא בבתי גידול לחים מקובל שמספר קבוצות של מינים משמשות סמנים טובים "לבריאות המערכת", טובים יותר מהתנאים הא-ביוטיים: דו-חיים, שפיריות, וחסרי חוליות גדולים. רט"ג מקדמת, יחד עם המשרד להגנת הסביבה ועם פרופ' אביטל גזית שיפור לתכנית הניטור הקיימת ברוח זו.

ניטור בעלי חיים יכול להיעזר גם במתנדבים, הפעילים ביותר בשטח אך אינם מנוצלים בישראל לניטור. יש בארץ צפרים רבים שיהיו מוכנים לבצע ניטור. כיוון שאחת הבעיות המרכזיות עליהן הצבעתי היא הצטופפות הצומח המעוצה וירידה בשטחי הבתה ויערות הפארק, ניטור של מיני עופות המנוצלים בתות כמו פפיון הרים, סלעית קיץ, פפיון צהוב, סככי ערבות, גבתון אדום מקור, גבתון שחור ראש, שרקרק מצוי יכול להצביע על מגמות בהשתנות הבתות, באותה רוח, כדאי להוסיף מעקב אחרי זוחלים המאפיינים בתות, כמו צב יבשה מצוי, נחושיית נחושינית וחומט נקוד. כמו כן, אפשר

קק"ל קבעה שבריאיות היער הנטוע היא גורם חשוב שיש לנטר. הקשר הישיר למגוון ביולוגי הוא שהמגוון צריך לספק שרותי מערכת (קליטת CO₂, הורדת טמפרטורה, קליטת מזהמים מהאוויר ונופש בחיק הטבע), וכדי שהיער יוכל לבצע את כל אלה, היער צריך להיות "בריא". לפיכך, תכנית הניטור צריכה לעקוב אחרי בריאות היער.

קק"ל הביע עניין בניטור המגוון ביערות, משום שהיער הנטוע יכול לשמש כבית גידול למגוון המינים המתאימים להתקיים ביער, וכמסדרון אקולוגי למינים החיים בשטחים טבעיים שאינם נטועים, שהיער מצוי בשטח התפוצה שלהם. לפיכך, המלצתי היא שתכנית הניטור בשטחי קק"ל הנטועים תעקוב אחרי הגורמים המרכזיים הבאים:

1. בריאות היער (על קק"ל להחליט מה זה אומר, ותפקיד המארג לעזור).
2. ייצור ראשוני/קליטת CO₂.
3. מגוון מינים בתוך היער (לדעתי, יש כאן הקבלה לסינון במודל מס"ה).
4. תצורת הצומח (יער מונוקולטורה, יער מגוון). (לדעתי, יש כאן הקבלה להתארגנות במודל מס"ה).
5. נוכחות מינים שהיער משמש להם מסדרון (אני מציע, במחילה, שקק"ל ורט"ג יעבדו את הנושא הזה יחד).

רט"ג - רט"ג מנהלת גנים לאומיים ושמורות טבע, והיא אחראית על שימור ערכי טבע בישראל. מטרה מרכזית של רט"ג היא לשמור על כל מגוון הנופים ועל כל המינים האופייניים לישראל. רט"ג רואה בשמורות הטבע את הכלי המרכזי להשגת מטרה זו, אם כי רט"ג אינה מגבילה את עצמה לשטחים המוגנים. מטרת תכנית הניטור הלאומית למגוון ביולוגי, מבחינתה של רט"ג, היא ליצור כלי עבודה שיעזור לרט"ג להשיג מטרה זו. כלי זה יעזור בשני תחומים:

1. זיהוי פגיעה במגוון קרוב לזמן אמת.
2. קביעת האפקטיביות של פעולות ממשק המתבצעות על ידי רט"ג ועל ידי גופים אחרים במטרה לשמור טוב יותר על המגוון.

רט"ג עובדת על פי ההנחה שאם נדאג לכך שרוב בתי הגידול/מערכות אקולוגיות/נופים יהיו מיוצגים בשמורות טבע, אזי ניצור את המטריה הנכונה שתחתיה יישמרו מירב המינים בישראל. לפיכך, רט"ג מנסה לשמור על מגוון רחב של בתי גידול בכל רחבי הארץ. בנוסף, במיוחד בשמורות הגדולות, רט"ג מנסה לשמור על מגוון בתי גידול הטרוגני בתוך השמורות. באופן זה, רט"ג מנסה לשמור בסקלה ארצית ובסקלה של שמורה בודדת על מגוון תנאים כזה שיאפשר לשמור על מירב המינים.

התנאים הא-ביוטיים הם מרכזיים ביותר בהגדרת הפוטנציאל של השטח (מאגר המינים). רט"ג מונחה בנושא זה על ידי תורתה של ד"ר אביבה רבינוביץ'. אביבה טענה שבהינתן קואורדינאטה של נקודה בארץ, היא תוכל להגיד לנו איזה חברת מינים נמצא, בעזרת התהליך המחשבתי הבא: כל קואורדינאטה מתאפיינת בגיאולוגיה, טופוגרפיה ומשקעים. הגיאולוגיה, המפנה והמשקעים יכתיבו את סוג הקרקע, וכולם יחד יכתיבו את הרכב הצומח. הרכב חברת הצמחים יכתיב את הרכב חברת בעלי החיים. המודל של אביבה הוא דטרמיניסטי-כלומה, כלומר, כל חריגה מהמודל היא קצרת מועד ותתקן עצמה בזריזות. המודל של משה שחק מחדד את התפיסה בכך שהרכב המינים בכל נקודה נקבע על ידי הצרף שבין המאגר (הנקבע על ידי המודל הדטרמיניסטי של אביבה - אביבה קראה "למאגר המינים" פוטנציאל) ותהליכי סינון, הקובעים מי מתוך מיני המאגר ימצא בכל שטח נתון. למגוון מיני הצומח תפקיד מרכזי

להפעיל את אגודת חובבי הפרפרים לבניית תכנית ניטור למינים סמנים - למשל, יש מינים המאפיינים בתות, ושינוי מהותי בכמות של מיני פרפרים אלה יכול להצביע על מצב בית הגידול.

רט"ג עסוקה בניסיונות לביעור מינים פולשים. הניסיון מלמד שתהליכי הסינון פנימה של מינים פולשים מתעצם בשטחים מופרים. חלקם הורסים את מבנה בית הגידול, ומביאים לידי טשטוש מוחלט בין יחידות נוף שונות (שיטה כחלחלה, למשל). יש צורך לבחון את השינויים בשכיחות המינים הפולשים, גם כפונקציה של פעולות הממשק הננקטות כדי להילחם בתופעה. רשימת מינים ואתרים, וסדרי קדימויות, נמצאת היום בהכנה.

רט"ג עסוקה בניסיונות לריסון של מינים מתפרצים. מינים אלה שאוכלוסייתם גדלה באופן ניכר בגלל סמיכותם לשולחנו של האדם (מזבלות, תוצרת חקלאית), והם מסבים נזק למגוון הביולוגי ולחקלאות. יש צורך לבחון את השינויים בשכיחות המינים המתפרצים (גם מחוץ לשמורות טבע, סמוך ליישובים), גם כפונקציה של פעולות הממשק הננקטות כדי להילחם בתופעה. רשימת מינים ואתרים, וסדרי קדימויות, נמצאת היום בהכנה. לפיכך, תכנית הניטור בשמורות הטבע ובגנים הלאומיים צריכה לבחון את הדברים הבאים (כל נושא, באם יוסכם, דורש עבודת הכנה נוספת):

1. שינויים בתצורת ובצפיפות הצומח המעוצה (חישה מרחוק, מהאוויר ו/או מהקרקע). כדי ליצור אחידות בשיטות הדיגום, יתכן וכדאי לדגום בשיטה אחת בכל השטחים הפתוחים בישראל, למשל בעזרת השיטה המתפתחת ב-BioHab.
2. שינויים בשפע ובנוכחות של מספר מינים עשבוניים הנפוצים ביותר.
3. שינויים בשפע ובנוכחות של מספר מינים עשבוניים נדירים.
4. שינויים באוכלוסיות של פרסתנים גדולים הנוחים לאומדן.
5. בנייה של תכנית לניטור מינים נבחרים מתוך הקבוצות הבאות: מכרסמים, עופות, חגבים, פרפרים וחיפושיות, על פי חוות דעת מומחה באתרים נבחרים.
6. מעקב אחרי שינויים באוכלוסיות של מינים פולשים ומתפרצים. בכל נושא בו מתבצע ממשק אקטיבי, יש לדאוג לכך שתכנית הניטור תתייחס לפעולות הממשק והצלחתן.

שימושי שטח

התכנית הלאומית תעקוב אחר שינויים בשימושי שטח ברמה הארצית (שטח בנוי, תשתיות קוויות, שטחים חקלאיים, שטחים טבעיים). שיטת המעקב צריכה להיקבע על ידי מומחים לחישה מרחוק.

צמחים

באתרים המפורטים למטה יהיה ניטור של תצורת הצומח (BioHab), ובעזרת תצלומי אוויר או צילומים מנקודות קבועות יבחנו שינויים בצפיפות הצומח. כמו כן, יהיה מעקב אחרי 5 מיני צמחים עשבוניים שכיחים (אולי יותר, אבל לא הרבה יותר) המאפיינים כל אתר, ומעקב אחרי מינים נדירים המצויים בספר האדום (רצוי כאלה שקל לזהות אותם). רשימת המינים תבנה לכל אתר בנפרד. השינויים הבין שנתיים במינים השכיחים והנדירים יוחסו לכל אתר בנפרד, ואפשר יהיה לשקלל את כיוון השינוי בהסתכלות אזורית (למשל, כל הדרום וארצית).

היכן לדגום צומח

הדיגום במסגרת התכנית הלאומית יתמקד במספר נבחר של אתרים, שיכסו את המערכות האקולוגיות המרכזיות בישראל. מצפון לדרום (תודה לדידי על העזרה בהכנת הרשימה, אם כי הרשימה למטה קטנה בהרבה מזו שדידי הציע):

1. שמורת יהודיה - בתות ועיר פארק של אלון התבור
2. דרום רמת הגולן - אחו
3. שמורת הר מירון (אתר LTER) - חורש ים תיכוני (אולי כדאי להסיט את הניטור לחורש הסבוך)
4. שמורת נחל כזיב - חורש ים תיכוני סבוך לח
5. הר עמיד - בתות ואבות צמחי תרבות
6. שמורת נחל תבור - בתות עשבוניות
7. עמק בית נטופה - מינים נדירים בקרקעות עמוקות
8. כרמל - חורש על רנדזינה
9. כרמל - חורש על טרה רוסה
10. רמת הנדיב (אתר LTER) - חורש של בר זית
11. ניצנים (אתר LTER) - דיונות חופיות ורכסי כורכר
12. נס ציונה (?) - חמרה
13. שמורת עדולם (אתר LTER) - חורש אלון ואלה יובשני
14. להבים (אתר LTER) - בתות ספר
15. נאות הכיכר - מלחה
16. עבדת (אתר LTER) - הר הנגב הערבותי
17. חולות עגור - דיונות מדבריות
18. שטחי "קול אמריקה" מצפון לחצבה - סוואנת שיטים
19. שמורת נחלים גדולים - נחל עשיר בשיטים
20. שמורת הרי אילת - ערוצי נחלים

בעלי חיים

ניטור המינים הבאים יהיה חלק מהתכנית הלאומית (הניטור יכול להתבצע על ידי ספירות כלליות או על ידי ספירות מדגם):

הסוג Gazella

צבי ישראלי - כל הספירות המתבצעות היום, בדרום רמת הגולן, רכס נפתלי, מזרח הגליל, רמות יששכר, גלבוע, נחל עמוד (?), חולות מישור החוף הדרומי.

צבי נגב - רמת הנגב, ערבה, נחלים גדולים, עברונה, חי-בר יטבתה.

צבי שיטים - שמורת יטבתה.

יעל נובי - צפון מדבר יהודה, שמורת עין גדי, הרי אילת

דורסים - במתכונת המתבצעת היום (נשרים, עיט זהוב, עיט ניצי, עקב עיטי, בז אדום, בז צוקים)

זאבים - רמת הגולן ובגליל

מכרסמים - נגב מערבי

מינים מתפרצים או מינים החשודים בגרימת נזקים למערכות הטבעיות ואחרות, ולכן מאוימים. יש לבצע ניטור של המינים הבאים: תן זהוב, שועל מצוי, חזיר בר, עורב אפור, עורב חום עורף, קורמוון גדול, קורמוון גמד, אנפית בקה, אנפת לילה.

מינים פולשים

ניטור השינויים בשטחים המכוסים על ידי מינים פולשים מיניה, דררה, צבנון אדום, נטריה, נמלת אש קטנה.

תודות: לאבי פרבולוצקי, דידי קפלן, יריב מליחי, נעם לידר, סיימון נמצוב ואוהד הצופה על ההערות הבונות.

4.2 הניטור הלאומי על פי קק"ל - ישראל טאובר

מבוא

בקק"ל פועלות מזה שנים ארוכות, מערכות לניטור מצב היער. ראשיתן במיפוי הנטיעות ההיסטורי והמשכן בפרויקט מיפוי היערות בקנ"מ 1:5,000 שבוצע בשנות השבעים ובמקביל, סקר אינוונטר יער שהחל לפעול באותן שנים באופן שיטתי.

מאז, מיפוי היער עבר לשיטה ממוחשבת מבוססת מ"ג וסקר האינוונטר עבר התאמות שונות לצרכים משתנים. עם זאת, המציאות ממשיכה להשתנות ואיתה מתרבים צרכי המידע והניטור לצורך ניהול משאבי הטבע אשר באחריות קק"ל. מטרות היער ובעיות חדשות מחייבות הערכות מתאימה על מנת לספק את המידע הנדרש למנהלי השטח. מושגים כגון: מגוון מינים, מינים פולשים, תפוקות אקולוגיות של היער, חידוש טבעי בתת היער - דורשים את תשומת הלב ויש להכליל אותם במגוון הנושאים המייצרים את תמונת העולם על פיה יש לקבל החלטות. המסמך דלהלן הוא תוצר של פעילות מגוונת הנערכת בתקופה האחרונה להגדרת צרכי הניטור הכוללת:

- סדנת צרכי הניטור שנערכה על ידי אגף הייעור.
- סדנאות ופגישות במסגרת פרויקט המאר"ג - ניטור אקולוגי לאומי.
- דיון וסיור בנושא ניטור יערני, עם נציגי שירות הייעור האמריקאי

רוב מנגולד ופרנק סאפיו.

- דיונים פנימיים באגף הייעור, במחלקה לניהול יער ועם מנהלים באזורים ובמרחבים.

עקרונות

הקווים המנחים בקביעת צרכי הניטור של קק"ל הינם כדלהלן:

1. יש להתבסס ככל הניתן על מערכות קיימות ופועלות (לשנות רק מה שחייבים).

2. היערות אינם מנוהלים בחלל ריק. יש לנטר גם פרמטרים אשר יספקו תמונת מצב אקולוגית של היער כחלק מתמונה כוללת של מצב השטחים הפתוחים בישראל (כגון מגוון מינים), בסטנדרט אחיד ומתואם עם גופים משיקים (רט"ג, הגנת הסביבה, חקלאות, חל"ט). ניטור זה יתבצע במסגרת פרויקט המאר"ג.

3. הניטור הוא שכבתי (מודל "עוגת החתונה"). ישנם פרמטרים הנמדדים בפריסה צפופה ובמפורט ואחרים באופן כוללני ורחב - על פי צרכי המידע ונושאי הניטור המרכזיים.

נושאי הניטור הם כדלהלן:

שכבה	נושא	מטרה ותכולה
1	מידע כללי על היערות ברמה לאומית	אספקת תמונה כללית לגבי היער ושינויים בשטחו ובמבנה הצומח - היקף שטחים, התפלגות מיני עצים, התפלגות גילאים וכד'
2	מדדים למצב האקולוגי של היער	מעקב אחר המצב האקולוגי של שטחי היער באמצעות מדדים מוסכמים הנמדדים לאורך זמן - מגוון מיני צומח ובעלי חיים, חומר אורגני בקרקע וכד' - במסגרת פרויקט המאר"ג
3	מדדים ייחודיים ליער	מעקב אחר מצב היער מבחינת בריאות ומטרות הייעור - אוכלוסיית מזיקים, יצרנות וצימוח, מיקוריזה, היקף מבקרים ועוד.
4	מידע לניהול שוטף	מידע לצרכי הכנת תכניות עבודה מפורטות - צפיפות, נפח עץ, גובה עילי, השרדות נטיעות וכד'
5	ניטור ובקרת פעולות ממשק	הבנת הדינמיקה של התפתחות היער ותלותה בפעולות ממשק - חידוש טבעי, חידוש אחר שריפה, השפעות רעייה, חומר אורגני בקרקע, סחף קרקע וכד'
6	פרויקטים מיוחדים	ניטור ומעקב במקרים מיוחדים וחד פעמיים לצורך תכנון והבנת תהליכים - נזקי בצורת, שריפות ענק וכד'
7	מחקר נלווה	הבנת מנגנונים ותהליכים של תופעות טבעיות והשפעות אדם - מחקר מעמיק במסגרת תחנות LTER ומסגרות אחרות

צרכי ניטור בקק"ל - טבלת ריכוז

קטגוריה	תפיסה כללית	סוגי מידע	שיטת איסוף	עקרונות פריסה
מידע כללי על היערות ברמה לאומית	אספקת מידע הנותן תמונה כללית של היער באמצעות עיבוד מידע קיים ונתונים סטטיסטיים	■ היקף שטחי היער ושינויים בשימושי שטח	באמצעות מערכת המיפוי	מיפוי כלל ארצי קבוע
		■ התפלגות גילאי העצים	כנ"ל	
		■ התפלגות מינים	כנ"ל	
		■ היקף מינים פולשים	הקמת שכבת צומח פולשני באמצעות GPS	לפי דיווחי יערנים
מדדים כלליים למצב האקולוגי ברמה לאומית	פרמטרים קבועים ואחידים בכל שטח המדינה אשר יספקו מידע על מצב היערות בהקשר אקולוגי לאומי	■ מגוון מינים	דגימה ארוכת טווח בבתי גידול יערניים אופייניים - לא ידוע מה ואיך לדגום	בבתי גידול יערניים עיקריים - חלוקה לפי מבנה היער, ליתולוגיה, מפנה, אזור אקלימי
		■ מגוון בעלי חיים		
		■ חומר אורגני בקרקע		
מדדים ייחודיים למצב היער	מדידת נתונים ספציפיים המספקים תמונה ארצית לגבי מצב היער מבחינת חיוניות, בריאות, שירותים חברתיים וכד'	■ אוכלוסיית מזיקי יער	מלכודות פרומון	אחת לשנתיים
		■ כיסוי צמרות	עיבוד תמונה	אחת ל- 2-4 שנים
		■ היקף מבקרים	סקרי מבקרים ביערות מדגמיים	אחת לשנתיים ביערות מייצגים
מידע לניהול שוטף	מידע מפורט לצורך הכנת תכניות ממשק רב שנתיות ושנתיות	■ צפיפות	סקר יער סטנדרטי	סקר כלל ארצי - אחת לשבע שנים
		■ יצרנות וצימוח	כנ"ל	
		■ נזקים, בריאות כללית	כנ"ל	
ניטור ובקרת פעולות ממשק	איסוף מידע לצרכי הבנת דינמיקה של התפתחות הצומח בהקשר של פעולות ממשק. מעקב אחר השפעות סביבתיות של עבודות ממשק	■ חידוש טבעי בבתי גידול שונים ותחת פעולות ממשק (דילול, רעייה וכד') ■ הידוק קרקע בחניונים ■ השפעת עצמות דילול ■ השפעות רעייה	חלקות ניטור ארוכות טווח	בבתי גידול אופייניים - על פי: מבנה היער, מסלע, קרקע, מפנה, אזור אקלימי, סוגי ממשק
פרויקטים מיוחדים	תיעוד ומעקב אחר אירועים קיצוניים כדוגמת נזקי בצורת, שריפות גדולות וכד'. לצרכי ניהול ולהבנת תהליכים כגון: עמידות ליובש, חידוש לאחר שריפה וכד'	■ מיפוי היקף התופעה ■ מידע נלווה (מיני עצים, קרקע, תנאים פיזיים וכד')	תקבע באופן ספציפי לכל אירוע	ייתקב באופן פרטני על פי היקף האירוע
מחקר נלווה	הבנת מנגנונים של שנויים ודינמיקה בשטח	■ מגוון מינים ■ דינמיקה של התפתחות הצומח ■ תלות בגורמים פיזיים ופעולות ממשק ■	על פי עקרונות מחקריים	מספר תחנות מוגבל בבתי גידול וסוגי יער עיקריים

מימוש תפיסת הניטור

תפיסת הניטור המוצגת לעיל מחייבת תוספות, שינויים והתאמות על מנת שניתן יהיה לממש את שבעת רבדי הניטור המפורטים. ברור כי לא ניתן להמשיך בפעילות הקיימת ללא שינוי ובמקביל להוסיף נושאים חדשים. ברור כי לא ניתן לנטר הכל ויש לקבוע סדרי עדיפויות ולהתמקד במרכיבים החשובים ביותר. להלן פירוט התאמות ושינויים מומלצים.

מיפוי:

יש להשלים מיפוי פיזי של כלל השטחים המנוהלים על ידי קק"ל בנוסף ליער הנטוע הממופה כיום. משמעות הדבר הינה מיפוי של כל החורש הטבעי ושטחי גריגה ובתה הנכללים בתכניות המפורטות ליער.

יש להשלים סטנדרט אחיד למיפוי החורש הטבעי. חשוב כי סטנדרט זה יפותח בתיאום עם גופים משיקים – רט"ג, חל"ט – על מנת שניתן יהיה לכמת את היקף החורש לסוגיו ואת השתנות היקף השטחים.

יש לשלב שיטות חישה מרחוק לצורך מיפוי כיסוי צומח, מינים, גובה צומח (?).

סקר יער:

1. סקרי אינוונטר: במהלך סקר האינוונטר המתקיים כיום, נמדדים נתוני צפיפות, גובה וקוטר לכלל שטחי היער המחטני ויערות האקליפטוס. הרחבת הניטור לנושאים נוספים מחייבת הקטנת היקף המדידות בסקר האינוונטר. יש צורך לבחון מחדש את האפשרות למדוד נתונים מפורטים רק לשטחים המתוכננים לעבודה.

2. סקר קליטה והישרדות: מוצע לבצע סקרים אלו רק לשטחים מעל גודל מינימום.

ניטור ארוך טווח:

1. מוצע להקים חלקות ניטור ארוכות טווח כיערות ובשטחים פתוחים בניהול קק"ל. חלקות אלו יפרסו במגוון שטחים על פי מבנה הצומח (יער מחטני, יער מעורב, חורש ים תיכוני, סואניזציה, מטעים...), בהתאם להתפלגותם היחסית בשטח. חלקות הניטור תקבענה על פי תנאים פיזיים, מסלע, מפנה ושיפוע.
2. החלקות יהיו בגודל קבוע ובתוכן יוצבו מדגמים קבועים (5,10,15 דונם (?)). סה"כ מספר חלקות מוערך כ- 50-60. החלקות יוקמו במדורג.
3. החלקות יכללו שטח ביקורת ללא טיפולי ממשק.
4. בשאר השטח תתבצע שגרת ממשק רגילה במקביל למעקב אחר פרמטרים שונים (מגוון, מצב היער, מזיקים וכד') וכן תיעוד כל פעולות הממשק בשטח (דילול, רעייה וכד').
5. הן ניטור במסגרת המארג והן ניטור יערי ארוך טווח באחריות קק"ל יתבצעו במסגרת פריסה זו של חלקות ניטור ומעקב.
6. הניטור יכלול צילום של השטח בנקודות מוגדרות ולאורך זמן.

מערכות מידע:

1. כללי: ההבדל בין מידע לבין מערכת מידע (וידע), הינו אירגונו במערכת מרוכזת הזמינה לכל ואשר בה "אחד מעדכן – כולם רואים". מערכת כזו תבטיח קליטת המידע בפורמט אחיד וזמינותו לכל באמצעות מגוון שאלות ודו"חות אפשריים. לשם כך, יש צורך לבנות בהקדם מתודולוגיה וסטנדרטיזציה לאיסוף המידע.
2. ממ"ג: כיוון שהנתונים הינם בעלי מימד גיאוגרפי, יש לקשור את מערכת המידע הטבלאית למערכת מידע גיאוגרפי.

4.3 הניטור הלאומי על פי המשרד להגנת הסביבה - לירון דין, מנחם זלוצקי

תכנית ניטור המגוון הביולוגי כחלק מתכניות ניטור המתקיימות בחסות המשרד

כיום המשרד מיישם תוכניות ניטור לנחלים, למזיקים, לזיהום אוויר, לים סוף וים תיכון. ניתן יהיה להשתמש בנתונים הנאספים על ידי המשרד ולחברם למערכת הניטור הלאומית. תכניות הניטור הקיימות מטרתן העיקרית לזהות זיהום ולא לנטר את מצב המגוון הביולוגי. יהיה צורך לטייב את תוכניות הניטור הקיימות - להוסיף עליהן או לשנותן.

אינדיקטורים ודרכי מדידה של מצב המגוון הביולוגי:

אחד הכלים למחקר מערכות ובתי גידול בסיכון הוא פיתוח אינדיקטורים למצבם התפקודי של מערכות אקולוגיות ובתי גידול בתוכן. גם במקרה זה, כמו בהתייחס לאינדיקטורים של המגוון הביולוגי, האינדיקטורים למערכות ולבתי גידול צריכים להיות קלים למדידה ולכימות אך גם רגישים מספיק כדי לאפשר זיהוי מוקדם של שינוי מצב במערכת האקולוגית או בבית גידול ספציפי בתוכה.

פריסת שטחי הניטור:

הניטור צריך להיות של האזור כולו על מנת שיוכל להכיל בתוכו את ההקשרים שבין המגוון הביולוגי לבין שירותי המערכת האקולוגית ותועלתיה לאדם. הניטור צריך להתבצע ברצף בין האזורים השמורים, אל אזורי החיץ ועד גבול האזור הבנוי.

תחנות ניטור צריכות לכסות את כל המערכות האקולוגיות העיקריות של ישראל. רשת תחנות זו תספק מידע על השינויים בתפרות המרחבית של מינים וחברות מינים לאורך זמן. תחנות הרשת יורכבו מהסוגים הבאים:

- אתרי ILTER - יש לבדוק אם אתרי ה-ILTER הקיימים יכולים להוות בסיס לרשת זו ולשמש כמודל מבני-תפעולי לתחנות הניטור החסרות.
- שמורות טבע
- יערות
- אזורי מרעה/שולי שטחי חקלאות מעובדים
- שטחים פתוחים אחרים
- שולי אזורי בנויים הנמצאים בסמיכות

רשימת אתרי הניטור מוצעת על ידי שקדי (2003) כוללת אתרי ILTER, שמורות טבע, יערות וחורשים. אנו מעוניינים שחלק מהמדדים ילקחו גם בשולי שדות חקלאיים, בשולי התיישבות, בנחלים, ובגופי מים פנימיים.

מטרות הניטור:

- פיתוח בר קיימא וניהול השטחים הפתוחים תוך שמירת המגוון הביולוגי
- הבנת הקשרים והמגמות שבין פיתוח לבין השירותים של המערכת האקולוגית
- הקטנת קצב אובדן המגוון הביולוגי: בתי גידול ומערכות אקולוגיות, מינים ואוכלוסיות, מגוון גנטי
- התמודדות עם האיומים למגוון הביולוגי לרבות: מינים פולשים, שינוי האקלים, זיהום ושינוי בבית הגידול

מטרת המשרד

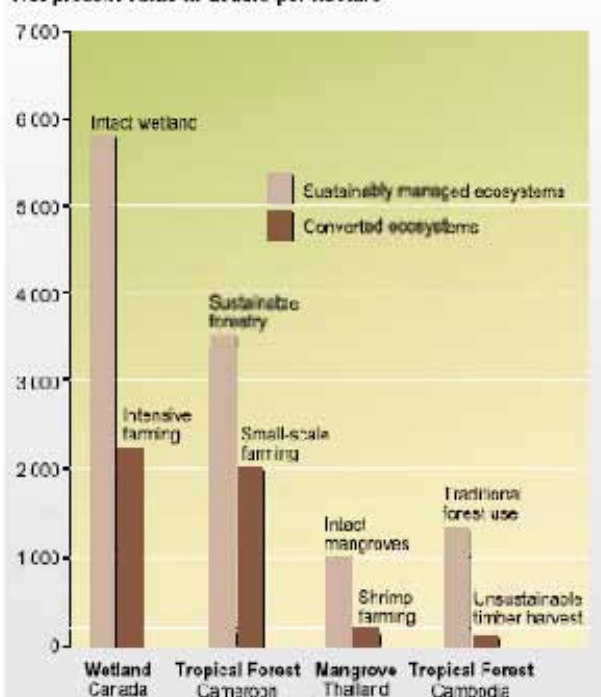
המשרד להגנת הסביבה אחראי על פי החלטת ממשלה 246 משנת 2003 להגן על מערכות אקולוגיות ולמנוע את הידרדרות המגוון הביולוגי. אחריות המשרד נגזרת גם מתוקף אחריותו על אומנת המגוון הביולוגי. המשרד יהיה מעוניין להציג נתונים על מצב המגוון הביולוגי בפני מקבלי החלטות ולהשפיע על פעילות משרדי הממשלה השונים לקידום נושא זה.

הניטור ינסה לענות גם על שאלות של רגישות לפיתוח ועל דרכי ניהול של השטחים הפתוחים, על מנת להשיג פיתוח שהוא בר קיימא. התובנות מהניטור יתורגמו לעשייה בתחומי החקלאות, הכלכלה, שימושי השטח (תכנון) ואחרים.

לדוגמא הקשר שבין ממשק לבין תועלות ועלות כלכלית:

FIGURE 1.2 | Economic benefits under alternative management practices

Net present value in dollars per hectare



אינדיקטורים	דרכי המדידה (יחידות המדידה)
מצב ומגמות של מרכיבי המגוון הביולוגי	
1. מגמות בהיקף /שיעור של ביומסות, מערכות אקולוגיות ובתי גידול נבחרים	■ יערות¹ לרבות כמות הגרועות לטובת בנייה וחקלאות ועל פי חלוקה למחוזות ובתי גידול ותצורת היער. ■ שמורות טבע ■ קיבוע CO₂ / ייצור ראשוני (ש) ■ שינויים בתצורה ובצפיפות הצומח המעוצה (ש)²
2. מגמות בשכיחות ותפוצה של מינים נבחרים	■ עשבוניים נבחרים שכיחים ונדירים (ש) ■ פרסתניים³ ■ מינים אינדיקטורים אחרים על פי מחקר אולי: עופות, פרוקי רגלים, זוחלים (ש)
3. שינוי במצב של מינים בסכנת הכחדה	■ מינים בבתי גידול לחים⁴
4. מגמות בשונות הגנטית של מיני בר וחיות מתורבתות, צמחים מתורבתים, מיני דגים בעלי חשיבות סוציאוקונומית	■ מה הם מימדיו של מגוון גנטי זה וכיצד לשמור לא רק על המינים הללו אל גם על מגוון הטיפוסים הגנטיים שלהם ("גנוטיפים")⁵ ■ מינים שתפוצתם מקוטעת, אוכלוסיות קטנות ומבודדות זו מזו.⁶ ■ מינים שישאל האם שולי גבול תפוצתם הגלובלית.⁷ ■ מינים ב"צוואר בקבוק גנטי"⁸ ■ מינים מתורבתים, מיני דגים למאכל⁹
5. כיסוי של שטחים מוגנים	■ שטח שמורות טבע מוכרזות על פי חלוקה לבתי גידול לרבות שמורות ימיות ■ שטח יערות ■ שטח גנים לאומיים?
שלמות המערכת האקולוגית, תועלות המערכת ושירותיה	
6. אינדקס טרופי ימי	■ האם קיים?¹⁰
7. קיטוע של בתי גידול	■ יצירת אלגוריתם לחישוב הקיטוע¹¹
8. איכות מים של מערכות ימיות	■ מדדים ביוטים, לדוג' האם הדגים ראויים למאכל? ■ מדדים א-ביוטים : עכירות, האם המים ראויים לשתייה? ■ ספיקה? כמות מים לטבע? ■ מספר הצפות בעקבות בנייה בפשט הצפה
איומים למגוון הביולוגי	
9. חנקן deposition	
10. מגמות של מינים פולשים	■ מינים על פי תכנית הפעולה המתגבשת (ש) ■ מספר נפגעים מנמלת האש/ מין פולש אחר ■ מינים מתפרצים (ש)¹²
פיתוח בר קיימא	
11. שטח של יערות, חקלאות, חקלאות ימית תחת ניהול בר קיימא	■ כמות וסוג הריסוסים ■ התחדשות קרקעית הים (דיג מכמורת) ■ התחדשות יער / שריפות? ■ מידת ההפרעה (רעייה, שריפה, כריתה)
12. תביעות הרגל האקולוגית או אינדקס אחר	■ התאמת מדד זה או אחר לישראל ■ קצב השינוי של מספר קמ"ר טבעי / לאדם

¹ קל למדידה באופן יחסי. האם יש בארץ primary forests? הניטור צריך להיות כללי, אך גם על פי סוג היער ומידת גווניותו.

² בשיטות של חישה מרחוק, ועל ידי יצירת פרוטוקול אחיד לדיגום כדוגמת BioHaib

³ נספח 2 הצעת שקדי

⁴ רט"ג מקדמת בשיתוף עם המשרד להגנת הסביבה ואביטל גזית

⁵ קרובי ואבות הבר של מיני תרבות אשר מגוונם הגנטי הוא ערובה לניצולם כמוצר של מגוון ביולוגי המיועד להשכחת מיני תרבות והקניית עמידות להם כנגד שינויים סביבתיים ומזיקים חדשים.

⁶ מינים שתפוצתם מקוטעת ומהווה מאסף של אוכלוסיות קטנות ומבודדות זו מזו, ולפיכך יש חשיבות לשמר יותר מאוכלוסיה אחת של המין, שכן גם אם מין זה לא ייחד בגין האוכלוסייה שנשמרה, ייחדו טיפוסים גנטיים רבים בגין הכחדת אוכלוסיות אחרות של אותו מין.

⁷ מינים שאזורים מסוימים בישראל הם חלק ממרכז תפוצתם הגלובלית אך אזורים אחרים בישראל מהווים את שולי תפוצתם זו. ראוי לפיכך לבדוק אם ההרכב הגנטי של אוכלוסיות השוליים שונה מזה של אוכלוסיות מרכז התפוצה, שאם כן מומלץ להקצות מאמצי שמירה גם ואולי אף בעיקר לאזורי שולי התפוצה

⁸ מינים שאוכלוסיותיהם בישראל נפגעו ונצטמקו, ועם הצטמקות זו הן איבוד חלק גדול מהמגוון הגנטי שלהן ("צוואר בקבוק גנטי"). ראוי לזהות אז את מימדי האובדן של המגוון הגנטי כדי לבחון כלי שיקום ראויים

⁹ משרד החקלאות/מכון וולקני?

¹⁰ גופים העוסקים בניטור הים: המכון הבינאוניברסיטאי- ים סוף, המכון לחקר ימים ואגמים: ים סוף, ים תיכון, כנרת, רשות הכנרת: כנרת, רט"ג ?, המשרד להגנת הסביבה?

¹¹ אלגוריתם יבנה על פי הפרמטרים הבאים: שטחים בנויים, תשתיות קוויות, שטחים חקלאיים, שטחים טבעיים

¹² נספח 2 הצעת שקדי

יחסים של אינטנסיביות שונה של השטח.

בסיס לפריסת הנקודות יכולה להיות מפת האזורים או מפת יחידות הנוף של המשרד להגנת הסביבה אשר מאפיינים שינויים גיאולוגיים וגיאומורפולוגיים בתכנית השטח עם הצלבה למפת המשקעים.

יוחלט על מספר נקודות דיגום חדשות ונקודות דיגום המתקיימות באתרי מחקר או ניהול של קק"ל ורט"ג. כמו כן המשרד להגנת הסביבה עורך ניטורים שוטפים בנחלים אשר יצטרפו למערך הניטור הארצי.

כל נקודת דיגום תאופיין בנצ, מלל, ובתצלום אוויר (כל שנה) . בכל נקודות הדיגום יבחנו:

- פרמטרים נקודתיים שיקבעו
- תצלום אוויר (לטובת ניתוח השינויים בתכנית (X קמ"ר) בשיטות של חישה מרחוק).

דו"ח מצב המגוון הביולוגי והמערכות האקולוגיות

יופקו שני דוחות מתוך מערך הניטור:

1. דוח שיוכן כל שנה ויוגש לשר להגנת הסביבה ולשר החקלאות אשר יסכם את הממצאים השנתיים.
2. דו"ח שיוכן כל 5 שנים עבור הממשלה אשר יציג את תמונת המצב ביחס לעבר ויסיק מסקנות אופרטיביות לגבי ממשק של השטחים הפתוחים. הדו"ח יציג גם התקדמות בתחום הרגולטיבי, מוסדי-תחיקתי אשר תומך בקידום השמירה על המגוון הביולוגי.

תוכן העניינים של הדוחות

דו"ח מצב המגוון הביולוגי מתייחס למחויבות ישראל לאמנת המגוון הביולוגי, אך בראש ובראשונה למחויבות שלה כלפי עצמה לשמירה על המגוון הביולוגי שלה כמשאב הכרחי לפיתוח מקיים. הדוחות יענו על השאלות הבאות על פי ההיקף שיקבע על ידי ועדת היגוי:

תכנית ניטור לאומית לישראל

התכנית תציג את מצב המגוון הביולוגי של ישראל, ותיצור תמונת מצב עיתית אשר תוכל לשקף מגמות בשינוי מצב המגוון הביולוגי.

תכנית הניטור תייצר מערך של DB אשר יהיה פתוח לציבור באתר האינטרנט של המשרד להגנת הסביבה.

מוצעות שתי אפשרויות לתכנית ניטור ארוך טווח:

1. פריסת מערך ניטור ארצי המורכב מעשרות נקודות כאשר בכל נקודה נבדקים פרמטרים זהים
2. ניתוח כמות השטחים הפתוחים (מערכות אקולוגיות) ורציפותם (מדד קיטוע) כמדדים עיקריים למצב המגוון הביולוגי לצד איסוף מקורות מידע על מינים פולשים, מינים בסכנת הכחדה, בתי גידול בסכנת הכחדה.

תכנית הניטור תהיה מודולרית הן משיקולים של תקציב והן משיקולים של צרכים. תכלול עדכון תקופתי של תכנית הניטור על פי תקציב / צורך / מחקר.

שותפים לתכנית הניטור הלאומית

המשרד להגנת הסביבה, רשות הטבע והגנים, קק"ל, משרד החקלאות, מועצות אזוריות (?)

איסוף המידע ובניית מאגר מידע (DB):

תפותח ו/או תאומץ מתודולוגיה מוסכמת ואחידה לאיסוף הנתונים ולממשקם, כולל להצבתם במאגר מידע משותף ונגיש

אפשרות ראשונה: מערך ניטור ארצי

התכנית תפעל במספר סקאלות מרחביות על מנת לספק את הנתונים הנדרשים ליצור דוח על מצב המגוון הביולוגי, לרבות חישה מרחוק.

התכנית תייצר מפה של נקודות דיגום אשר יתפרסו על כל הארץ ואשר יאפיינו שימושי קרקע שונים ומערכות אקולוגיות שונות ו/או אזורים על פי משקעים. נקודות הדיגום ישקפו במידת האפשר

טבלה רעיונית:

שימושי שטח/ בית גידול, מערכת אקולוגית	ים תיכוני (קו משקעים)	ערבתי-סודני (קו משקעים)	ספר מדבר (קו משקעים)	חרמון (קו משקעים)	מישור החוף עד x ק"מ (מהחוף)	שפלה
חקלאות						
שמורה						
יער						
שטח בור						
שטח בנוי						
שטח פתוח אחר						



פרק 1- מצב ומגמות של מערכות טבעיות ובתי גידול

- 1.1 כיסוי של אזורים מוגנים (בחלוקה לשמורות טבע, גנים לאומיים, יערות, נחל וסביבותיו טבעי)
- 1.2 כמות של בתי הגידול העיקריים בדונמים ולפי חלוקה מרחבית, עם התייחסות לנושא הקיטוע בין בתי הגידול. (בתי הגידול העיקריים יקבעו על ידי ועדת מומחים)
- 1.3 יצירת מדד קיטוע (מספר ק"מ סלול פר שטח/בית גידול או פר יחידת נוף)
- 1.4 התייחסות למספר מעברים לבעלי חיים שאושרו במוסדות התכנון, מספר המעברים שהתחילו בביצועם (תמונות). תקציב שהושקע בבניית המעברים. לאיזה מיני בעלי חיים הם מיועדים? האם ממומנת תכנית ניטור למעברים על ידי היזם? איזה התייחסות יש לנושא זיהום אור או אחר מכבישים, גידור לאורך כבישים.
- 1.5 סינתזה: התייחסות למגמות בין השנים: האם המצב הורע או שופר? האם עמדנו ביעד ה CBD שלפחות 10% מהמערכות האקולוגיות השונות שמורות באופן אפקטיבי?

פרק 2 - מצב מינים ספציפיים

- 2.1 איפיון של המינים האינדיקטורים למצב המגוון הביולוגי ומיני דגל/ מיטריה המשקפים את מצב המגוון הביולוגי.
- 2.2 האם היו פעולות השבה ואישוש של אוכלוסיות. האם הפעולות היו מוצלחות?
- 2.3 האם יש שינוי במגמות של תפוצת מינים בסכנת הכחדה? האם נשמרו בתי גידול ספציפיים?
- 2.4 מדידת גודלי האוכלוסיות של אותם מינים
- 2.5 סינתזה: מה הן המגמות של נוכחות המינים?

פרק 3 - שונות גנטית

- 3.1 במוצרים חקלאיים, גידולים, בעלי חיים.

פרק 4 - ניהול בר קיימא של משאבי המגוון הביולוגי

- 4.1 האם ניהול של שמורות הטבע והגנים הוא ניהול מקיים? כמות השטחים? האם יש תיק ממשק? האם יש ניהול אקטיבי?
- 4.2 האם היערות מנוהלים בניהול מקיים? כמות השטחים? מגוון של עצים ביער? האם היער מקיים מגוון ביולוגי עשיר?
- 4.3 האם השטחים החקלאיים מנוהלים בניהול מקיים? כמות השטחים על פי גידולים? האם יש גידור המתחשב במעבר בעלי חיים? מהי כמות הריסוס והדישון? האם יש פאת שדה לא מעובדת לטובת מגוון ביולוגי?
- 4.4 האם יש מרחבים הכוללים מספר שימושי קרקע אשר מנוהלים באופן בר קיימא לטובת שימור המגוון הביולוגי
- 4.5 איכות המים בנחלים ובמאגרי מים.
- 4.6 אידקס טרופי ימי
- 4.7 קיבוע חנקן?
- 4.8 ניהול של סחר במינים בסכנת הכחדה.

פרק 5 - מינים פולשים

- 5.1 האם יש תקנות ונהלים למניעת הופעת מינים הפולשים בשטחים לפיתוח בינוי, תשתיות וכו'.
- 5.2 האם יש התייחסות של הגופים מנהלי השטח לנושא המינים הפולשים? אילו פעולות ננקטות.
- 5.3 מה מצב השכיחות של מינים פולשים. האם יש עדויות לדחיקה של מינים אחרים?

פרק 6 - התמודדות עם שינוי האקלים

- 6.1 האם יש התייחסות לנושא הקישוריות ו/או תזוזה של שמורות טבע ו/או הכרזה על שמורות חדשות בעיקבות שינוי התנאים האקלימיים?

פרק 7 - רגולציה מוסדית

- 7.1 האם חוקקו נושאים המסדירים נושאים שונים המקדמים את שמירת המגוון הביולוגי?
- 7.2 האם היתה התקדמות ביישום של כלים כלכליים לטובת שמירת המגוון הביולוגי?
- 7.3 האם יש ביטוי של מסמכי העבודה של אמנת המגוון הביולוגי בפעולות הממשלה ובתכניות העבודה?

מקורות:

- התכנית הלאומית למגוון ביולוגי, פרק הניטור והמחקר, פרק האיזונים GBO2 , 2010 biodiversity target
Ecosystem approach (CBD)
תיק כלי: ניטור, מתוך מסמך כלים ואמצעים לשמירה על שטחים פתוחים
Millennium Ecosystem assessment

נספח 1: הצעת שקדי לתחנות ניטור

1. שמורת יהודיה - בתות ויער פארק של אלון התבור
2. דרום רמת הגולן - אחו
3. שמורת הר מירון (אתר LTER) - חורש ים תיכוני (אולי כדאי להסית את הניטור לחורש הסבוך)
4. שמורת נחל כזיב - חורש ים תיכוני סבוך לח
5. הר עמיעד - בתות ואבות צמחי תרבות
6. שמורת נחל תבור - בתות עשבוניות
7. עמק בית נטופה - מינים נדירים בקרקעות עמוקות
8. כרמל - חורש על רנדזינה
9. כרמל - חורש על טרה רוסה
10. רמת הנדיב (אתר LTER) - חורש של בר זית
11. ניצנים (אתר LTER) - דיונות חופיות ורכסי כורכר
12. נס ציונה (?) - חמרה
13. שמורת עדולם (אתר LTER) - חורש אלון ואלה יובשני
14. להבים (אתר LTER) - בתות ספר
15. נאות הכיכר - מלחה
16. עבדת (אתר LTER) - הר הנגב הערבותי
17. חולות עגור - דיונות מדבריות
18. שטחי "קול אמריקה" מצפון לחצבה - סוואנת שיטים
19. שמורת נחלים גדולים - נחל עשיר בשיטים
20. שמורת הרי אילת - ערוצי נחלים

הצעת שקדי לניטור מינים ספציפים

מינים למדידה	אינדיקטור
■ הסוג Gazella צבי ישראלי – כל הספירות המתבצעות היום, בדרום רמת הגולן, רכס נפתלי, מזרח הגליל, רמות יששכר, גלבוע, נחל עמוד (?), חולות מישור החוף הדרומי. ■ צבי נגב – רמת הנגב, ערבה, נחלים גדולים, עברונה, חי-בר יטבתה. ■ צבי שיטים – שמורת יטבתה. ■ יעל נובי – צפון מדבר יהודה, שמורת עין גדי, הרי אילת ■ דורסים – במתכונת המתבצעת היום (נשרים, עיט זהוב, עיט ניצי, עקב עיטי, בז אדום, בז צוקים) ■ זאבים – רמת הגולן ובגליל ■ מכרסמים – נגב מערבי	תפוצה של מינים נבחרים על ידי ספירות כלליות או על ידי ספירות מדגם
■ מינים מתפרצים או מינים החשודים בגרימת נזקים למערכות הטבעיות ואחרות, ולכן מאוימים: תן זהוב, שועל מצוי, חזיר בר, עורב אפוף, עורב חום עורף, קורמורן גדול, קורמורן גמד, אנפית בקר ■ מינים פולשים: א. צמחים: ניטור השינויים בשטחים המכוסים על ידי מינים פולשים ב. בע"ח: מיינה, דררה, צבגון אדום אוזן, נטריה, נמלת אש קטנה, אנפת לילה.	איומים למגוון הביולוגי

4.4 המסמך המאחד: עקרונות לבניית תוכנית לניטור ע"י המאר"ג -

אורנע רייזמן-ברמן 2008

הקבוצות לניטור מגוון המינים תבחרנה על-פי: 1. גישת top-down. 2. המידע העשיר שהצטבר עבורן במסגרת המחקרים בארץ ומאפשר להקיש מהדינמיקה שלהן לגבי התנהגות מגוון המינים במערכת האקולוגית, והקשר למצבים ותהליכים במערכת. מוצע לנטר: מעוצים, עשבוניים ופרוקי רגליים. קבוצות אחרות ייבחנו על-פי קריטריונים אלו בסדנת מומחים ארצית. מתודולוגית הניטור כוללת ניטור מפורט של שפע ונוכחות והרחבתו לניטור נוכחות עם העלייה בסקלה הגיאוגרפית (ניטור היררכי). הניטור המפורט יערך על פי סקלת הכתמים המפורטת ביותר: כתמי מעוצים לעומת אחרים. ניטור קבוצות נוספות יתבצע בהתאם לסקלה המתאימה.

ניטור מגוון האקוסיסטמות הינו ישיר ועקיף. 1. ניטור ישיר: בסקלה הארצית מטרת הניטור לעקוב באם חלו שינויים מרחביים במגוון האקוסיסטמות (שטח כיווץ וקונפיגורציה מרחבית). נתונים אלו ממוצעים מתוך ניטור מגוון הנפחים. 2. ניטור עקיף: ניטור בסקלה המקומית של האקוסיסטמה, כאשר הניטור עוקב אחר השינויים החלים באקוסיסטמה. שינוי באופי האקוסיסטמה משמעו שינוי במגוון האקוסיסטמות. הניטור האקוסיסטי יתמקד בגורמים ביוטיים ואביוטיים המשפיעים על מגוון המינים, והאינדיקטורים לניטור יקבעו: top-down, 1-bottom-up. ניטור top-down - שיתוף רשויות אחרות לניטור איכות אוויר, מים (אם יש), חנקות וזיהומי קרקע אחרים. ניטור bottom-up, יקבע ברמת האתר ע"י איתור גורמים הקובעים או מאיימים על המגוון, או גורמים אשר השינוי בהם מאיים על המגוון. כאלו כלולים: מינים פולשים ומתפרצים, השפעות מבקרים וכו'.

תוכנית ניטור ע"ס עקרונות אלו, מציעה תוצרי ניטור לטווח הקצר ותוצרי ניטור לטווח הארוך. לטווח הקצר: בחינת אפקטיביות ממשק בעידוד המגוון ושימורו, ובחינת ניהול השטחים הפתוחים. לטווח הארוך: קביעת דגם של קו בסיס וקווי סף לשטחים הטבעיים בהשוואה לשטחים פתוחים אחרים. קו הבסיס יאפשר לבצע השלכות לגבי השפעות פיתוח כלכלי בקביעת מדיניות תכנון.

1. מטרת תוכנית הניטור:

מטרת תוכנית הניטור היא להשיג את מטרת הניטור כפי שהוגדרו ע"י המאר"ג, ולענות על צרכים ומטרות נוספות, נלוות, אשר לא הוגדרו כמטרות העיקריות.

מטרות הניטור כפי שהוגדרו ע"י המאר"ג:

1. לעקוב לטווח ארוך אחר השינויים החלים במרכיבים נבחרים של המגוון הביולוגי.

2. לנסות ולהבין את משמעות השינויים במגוון הביולוגי ברמה המקומית והארצית.

3. להציע דרכי ממשק לשימור המגוון הביולוגי.

מטרות נוספות:

4. לאמוד את טיב ניהול השטח הפתוח: אפקטיביות ממשק, בריאות המערכת האקולוגית ועמידה ביעדי השטח הפתוח (כגון שימור המגוון) (קק"ל + רט"ג).

5. לאפשר למלא התחייבויות בינלאומיות לשמירה על המגוון הביולוגי כדוגמת אמנת המגוון (הג'ס).

6. לייצר מידע היכול לשמש את מקבלי ההחלטות וקובעי המדיניות בנושאי השטחים הפתוחים (הג'ס).

המסמך מציג עקרונות לבניית תוכנית ניטור לאומית. המסמך מגבש קווים אלו מתוך הגדרת צרכי רט"ג, קק"ל והג'ס אשר נוסחו ע"י ישראל טאוב, יהושע שקדי, לירון דין ומנחם זלוצקי. תוצרי הסדנאות, המפגשים ותוכניות ניטור אחרות בעולם. אי לכך, מסמך זה מציג לעיתים, מספר אלטרנטיבות.

תקציר:

המסמך מציג בתחילתו את מטרות הניטור כפי שהוגדרו ע"י המאר"ג ומטרות נוספות, נלוות, אשר לא הוגדרו כמטרות העיקריות. בחירת מרכיבי המגוון לניטור מוצגת בהקשר למטרות שהוגדרו, והן: ניטור מגוון נפחים, מגוון מינים ומגוון אקוסיסטמות. מינים נוספים ואינדיקטורים נוספים ינטרו באם המינים או גורמים אביוטיים אחרים: 1. הם הקובעים תהליכים אקוסיסטמיים או תהליכים בנוף ומשפיעים על דינאמיקת המגוון. 2. מהווים אינדיקטורים לשינוי בתהליכים או במצבים אקוסיסטמיים או אינדיקטורים לשינוי בתהליכים או מצבים שבנוף. 3. מהווים איום על המגוון בשל השפעתם על תהליכים אקוסיסטמיים או תהליכים בנוף (מינים פולשים ומתפרצים).

יסודות התוכנית הם בשילוב: א. גישות שונות לניטור השטח הפתוח - ניטור אפקטיבי וניטור תיעודי ב. גישות ניטור שונות למרכיבי המגוון. הניטור האפקטיבי בוחן את השפעות פעולות ממשק על המגוון לאורך זמן, ואילו הניטור התיעודי עוסק בשינויים החלים במגוון לאורך זמן. בקרת פעולות הממשק השוואתית: טיפול ממשק לעומת ביקורת ללא ממשק. גישות ניטור שונות למרכיבי המגוון הן: ניטור אקוסיסטמי, ניטור מגוון נפחים ומגוון מינים, וניטור מינים יחודיים.

תוכנית הניטור תהיה בנויה מתוכנית ליבה ומתוכניות היקפיות. בתוכנית הליבה מאמץ התיעוד הוא מירבי, כלומר, ניטור ממשק וניטור אקוסיסטמי המבוסס ברובו על יישום תוכנית top-down. בתוכניות ההיקפיות מאמץ התיעוד פחותים (נקודות בהן אין ניטור ממשק או מנוטרים בהן מינים בלבד).

מסגרת המבנה של אתרי הניטור לניטור הפרטני היא היררכית: 1. חלוקה לאזורים אקולוגיים. 2. בכל אזור יוקצו בצמידות סוגי השטחים הפתוחים המנוטרים: שמורה ויער (רצוי ליעד באזור גם שטח חקלאי ושטח מיושב לניטור עתידי). 3. בכל סוג של שטח פתוח יוצבו חלקות ניטור הכוללות חלקות ביקורת לממשק (ללא ממשק) וחלקות בהן מתבצע ממשק.

אתרי הניטור המפורט יכללו את אתרי ה-LTER ואתרי יער/שמורה צמודים להם. הקמת חלקות נוספות באתרים נוספים תתבצע באם הפיזור המרחבי של אתרי ה-LTER אינו תואם את הקליסיפיקציה לאזורים האקולוגיים וליצירת צמדי שמורה/יער.

אתרי הניטור התיעודי יוקמו להשלמת הפיזור הגיאוגרפי כך שיוצגו מרב האזורים האקולוגיים. ניטור מגוון הנפחים יערך בכמה סקלות: 1. סקלה ארצית - אזורית של שימושי הקרקע. 2. סקלת כתמים הנוף של אגן הניקוז / מקומית אתר. 3. כתמים מעוצים- עשבוניים (סקלת חלקות או סקלת מפנה). מגוון הנפחים בסקלה הארצית אזורית, בסקלת אגן הניקוז ובסקלת החלקה יעזרו באמצעי חישה מרחוק. אולם, תיעוד הכתמים בסקלת החלקה יהיה גם קרקעי.

חדשים לניטור המיגוון (קבוצות מינים, לדוגמא) או אירגונים המבקשים לנטר בנקודות נוספות מסוימות, מותנה בשימוש בפרוטוקולים אחידים.

הקשר למטרות הניטור:

תוכנית הליכה צריכה לאפשר לענות על מרב מטרות הניטור. **ניטור אפקטיביות פעולות ממשק** צריך להוות אחד מיסודות התייעוד המפורט בשל הסיבות הבאות:

ממשק השטח הוא אחד הגורמים העיקריים העשוי לקבוע את מגוון המינים בשטח הפתוח. דווקא במערכת הי"ת פעולות ממשק כרעה וכריתת מעלות את מגוון המינים. בין אם רק אחד מיעדי השטחים הפתוחים היא הגברת מגוון המינים (יער) או בין אם ייעודם העיקרי הוא שימור מגוון המינים (שמורה), לממשק השטח צפויה השפעה על דינמיקת המגוון. ניטור מבוקר של פעולות ממשק יאפשר הן להבין טוב יותר שינויים במגוון המינים (מטרה 2), להציע דרכים לממשק את המגוון (מטרה 3), וכמו כן לבקר את ניהול השטח (מטרה 4 ו-6).

אמנת המגוון (מטרה 5) גם היא מדגישה כי אין די בניטור המגוון ללא ניטור אפקטיביות של פעולות ממשק, שהרי פעולות הממשק מטרותן שימור או הגברת המגוון הביולוגי (<http://www.twentyten.net/focal1.aspx>).

בשל כך, התוכנית הלאומית צריכה להכיל גישת ניטור זו כחלק מובנה ממנה, וליישמה בהדרגה על חלק מאתרי הניטור. בנוסף באתרים אחרים יתקיים מערך ניטור ממשק פנימי של האירגונים. כדאי כי ניתן יהיה לחזק את הניטור הלאומי באופן בו הניטור הפנימי של האירגונים יאמץ את שיטות הניטור הלאומי ויוסיף מידע למערך הניטור.

ניטור אקוסיסטמי צריך להיות אף הוא אחד מיסודות גישת הניטור המפורט וזאת משום שגישת ניטור זו מאפשרת להבין את השינויים החלים במגוון. הניטור האקוסיסטמי כולל ניטור של תפקודי המערכת האקולוגית וגורמים המשנים את תפקודי המערכת, כגון גורמים המאיימים על המגוון: התבססות מינים פולשים, עליה במליחות הקרקע, לחץ מבקרים וכו'. ניטור מסוג זה יאפשר להעריך את המצב הבריאותי של השטח הפתוח (מטרות 4 ו-5). אינדיקטורים אקוסיסטמיים לניטור, הנוספים על אינדיקטורים למגוון המינים, יקבעו bottom-up.

מגוון מינים ומגוון נופים ינטרו כחלק מן הניטור האקוסיסטמי והם יקבעו top-down. גורמים המשפיעים על המגוון כאיומים יוגדרו באתר ויקבעו bottom-up. בתוכניות ההיקפיות גישת הניטור תהיה תיעודית (ללא ניטור מבוקר של ממשק) ובהתאם למשאבים, הניטור יהא ניטור מגוון מינים או ניטור מינים יחודיים.

IV. תפקיד המודל בתוכנית הניטור:

1. לאפיין את המערכת: לבחון מהם: המצבים, התהליכים והגורמים המשפיעים על השינויים במגוון.
2. לקבוע אילו מן המצבים, התהליכים והגורמים המשפיעים ידועים (מחקרים עברו) ואלו היפותטיים.
3. לקבוע את משקלם וסדר חשיבותם של התהליכים, והמצבים הקובעים את המגוון ומהם הגורמים שעשויים לגרום לשינויים במגוון.

II. מרכיבי המגוון לניטור והקשר למטרות הניטור:

מרכיבי המגוון לניטור

מגוון מינים: מעקב אחר קבוצות מינים נבחרות המשקפות את דינמיקת מגוון המינים.
מגוון נופים: מעקב אחר שינויים בכתמי הנוף אשר בפסיס הנופי בסקלות מרחביות שונות.
מגוון אקוסיסטמות: מעקב אחר השינויים החלים בפיזור המרחבי של האקוסיסטמות ומעקב אחר תהליכים, מצבים ותפקוד של האקוסיסטמה עצמה בכמה אקוסיסטמות נבחרות. המעקב האקוסיסטמי כולל מעקב אחר הגורמים לשינויים האקוסיסטמיים והם איומים ביוטים ואביוטים.

אוכלוסיות ייחודיות:

- מינים המהווים אינדיקטורים לשינוי בתהליכים או במצבים אקוסיסטמיים או שבנוף.
- מינים המהווים איום על המגוון בשל השפעתם על תהליכים אקוסיסטמיים או תהליכים בנוף (מינים פולשים ומתפרצים)
- מינים הקובעים תהליכים אקוסיסטמיים או תהליכים בנוף ומשפיעים על דינמיקת המגוון.

הקשר למטרות הניטור

מעקב אחר השינויים במגוון המינים מהווה מטרה בפני עצמה (מטרה 1) אך הוא גם חלק מן האינדיקטורים למעקב אחר השינויים האקוסיסטמיים (4).
מעקב אחר השינוי במצב האקוסיסטמה ממלא אחר כמה מטרות:
■ הערכה של מגוון ותפקוד האקוסיסטמות (שינוי במצב האקוסיסטמה מעבר לגמישותה, עלול להוביל לשינוי בסוג האקוסיסטמה) (מטרה 1, 2 ו-6)
■ אפיון הגורמים העשויים להשפיע על שינויים במגוון (מטרה 2), והתרעה על גורמים אלו (מטרה 3, 5 ו-6).
■ אפיון המצב הבריאותי של השטח הפתוח המנוהל (מטרה 4).
■ המעקב אחר כל מרכיבי המגוון השונים ממלא אחר מטרות המוצהרות של אמנת המגוון הביולוגי (מטרה 5).

III. יסודות תוכנית הניטור והקשר למטרות הניטור:

יסודות התוכנית:

תוכנית הניטור תשלב בתוכה גישות שונות לניטור השטח הפתוח וגישות שונות לניטור מגוון.
א. גישות שונות לניטור השטח הפתוח: ניטור אפקטיבי וניטור תיעודי: הניטור האפקטיבי בוחן את השפעות פעולות ממשק על המגוון לאורך זמן, ואילו הניטור התיעודי עוסק בשינויים החלים במגוון לאורך זמן. בקרת פעולות הממשק השוואתית: טיפול ממשק לעומת ביקורת ללא ממשק.
ב. גישות ניטור שונות לניטור המגוון: ניטור אקוסיסטמי (הכולל ניטור מגוון מינים ונופים), ניטור מגוון נופים ומגוון מינים, וניטור מינים יחודיים.

בשל כך, תוכנית הניטור תהא בנויה מתוכנית ליבה ומתוכניות היקפיות. בתוכנית הליבה מאמץ התייעוד הוא מרכזי, כלומר, ניטור ממשק וניטור אקוסיסטמי והוא מבוסס ברובו על יישום תוכנית top-down. בתוכניות ההיקפיות מאמצי התייעוד פחותים (נקודות בהן אין ניטור ממשק או מנוטרים בהן מינים בלבד).

תוכנית הליבה תיושם רק בכמה אתרים נבחרים מייצגים והתוכניות ההיקפיות ייושמו באתרים אחרים. בכל רמות התייעוד, יסודה של תוכנית הניטור הוא יצירת בסיס נתונים המורכב מתייעודים בעלי פרוטוקולים אחידים. צירוף מרכיבים

4. לבחור ע"ס המודל אינדיקטורים לניטור ולתעדף אותם ע"פי חשיבות אקולוגית.

המודל המוצע כיום הוא מודל מס"ה. ניתן לבחון מודלים אחרים כלליים ולהתאימם באופן פרטני לאתרי הניטור. מודל פרטני לאתר יאפשר לקבוע אלו גורמים ביוטים ואביוטים יש לנטר בכדי לבחון את השינויים במגוון.

V. בחירת אתרי הניטור ומבנה האתר – ההתאמה לגישת הניטור:

- מסגרת המבנה של אתרי הניטור לניטור הפרטני היא היררכית:
 - חלוקה לאזורים אקולוגיים.
 - בכל אזור יוקצו צמידות סוגי השטחים הפתוחים המנוטרים: שמורה ויער (רצוי ליעד באזור גם שטח חקלאי ושטח מיושב לניטור עתידי).
 - בכל סוג של שטח פתוח יוצבו חלקות ניטור הכוללות חלקות ביקורת לממשק (ללא ממשק) וחלקות בהן מתבצע ממשק.
 - חלוקה לאזורים אקולוגיים הינה חשובה בכדי ליצור סיסטמטיקה אשר תאפשר הרחבה או צמצום של נקודות הניטור. כמו כן, קלסיפיקציה אקולוגית יכולה להדגיש את האזורים אשר הניטור בהם הוא בעל חשיבות בשל ייחודם או להיפך. קלאסיפיקציה יכולה להיערך על-פי:
 - אזורים פיטוגיאוגרפיים
 - Eco-regions – שילובים של גורמי סביבה כגון אקלים וקרקעות אך גם גורמים טופוגרפיים וגיאולוגיים, לעיתים בשילוב עם טיפוסי צומח, לשם קלאסיפיקציה לאזורים בעלי דמיון אקולוגי (Baily-1998).

- ישנן מספר שיטות מקובלות לצירופים אלו, וארגונים שונים בעולם העוסקים בשמירת טבע ובניהול שטחים פתוחים פיתחו שיטות קלאסיפיקציה לאזורים בהם הם עוסקים.
- Trakhtenbrot, A & Kadmon, R (2005) עסקו בפיתוח שיטה דומה למרחב הגיאוגרפי של ישראל⁴, ואילו Carmel Y. & Stoller-Cavari I (2006) עסקו בפיתוח שיטת קלאסיפיקציה לאזור הכרמל⁵.
- צמידות בין אתרי הניטור בסוגי שטחים פתוחים שונים, תאפשר לחזק את תוקף תוצרי הניטור בשל ההשוואתיות.
 - בשמורות וביערות יוקצו חלקות אשר תכלולנה תת-חלקות. תת-חלקה בה נערך ממשק ותת חלקה בה לא מבוצע כל ממשק ודינמיקת המערכת היא טבעית (ביקורת). באופן הזה בחלקות הביקורת של היער, לא יבוצע דילול או כל התערבות אחרת, בחלקות השמורה לא תבוצע כריתה, דילול, רעיה או כל התערבות אחרת.
 - הניטור התיעודי יכול להיערך על-פי רמות ההיררכיה האזוריות אך מטרתו היא להוסיף מידע היקפי ולכן ישנה גמישות במערך ניטור זה.

קביעת אתרי הניטור:

- בקביעת אתרי הניטור יש לשקלל שני גורמים:
1. פיזור נכון בין אזורים אקולוגיים

2. חפיפה עם אתרים אשר הצטבר בהם ידע על דינמיקת האקוסיסטמה והמגוון.

אי לכך מוצע כי בבחירת האתרים לניטור המפורט יבחרו האתרים כדלקמן:

- א. שטחים טבעיים: אתרי ה-LTER בהם התבצע ניסוי ה-Landscape Modulator. הניסוי באתרים אלו הביא להצטברות ידע ונתונים על הקשר בין מגוון לממשק אשר יש לנצל ולהמשיך את התייעוד באתר. הניטור הלאומי צריך ליעד תקציב, עם הגוף המנהל את התחנה, לאחזקה הממשקית של החלקות.

הקמת חלקות נוספות באתרים נוספים, תתבצע באם הפיזור המרחבי לא יתאם לקלסיפיקציה של האזורים האקולוגיים, או לחילופין, אתרים דומים קיימים ביער ואין להם צמד בשטחים טבעיים. לדוגמא: הקמת אתר ניטור מפורט בשמורת הר עמשא יכולה לענות על כמה צרכים: ייצוג אזור הספר (אינו מיוצג במסמכו של י. שקדי), סמיכות לאתר יער LTER בו נעשה איסוף נתונים ממושק.

- ב. שטחי יער: יבחרו בהתאם לעקרונות המתוארים לעיל ובהתאם לשטחים הטבעיים הנבחרים.

חלקות הניטור באתרים ישמשו לניטור פנימי של הקק"ל כמוצע ע"י ישראל טאובר והן תכלולנה חלקות ביקורת לממשק. רצוי כי תהיה חפיפה בין פיזור חלקות המארג"ג לחלקות הניטור של הקק"ל, אך תתכן גם אפשרות בה החפיפה לא תהא מלאה בשל הצרכים השונים (לדוגמא: הדגם האידיאלי לפיזור החלקות הוא פיזור בכמה חזרות באתר, י. טאובר מציע חלקה אחת מטעמי תחזוקה וממשק, במקרה זה יתכן והמארג"ג יבחר לנטר גם מחוץ לחלקה לניטור הפנימי).

אתרי הניטור התיעודי יוקמו להשלמת הפיזור הגיאוגרפי. הקמת שני סוגי האתרים תבחן על-פי התקציב המיועד כאשר ההמלצה היא להקצות בשנים הראשונות את רוב התקציב לניטור המפורט. לאחר הקמת אתרי הניטור המפורט יוקדש חלקו לניטור התיעודי.

VI. בחירת מרכיבי המגוון הספציפיים לניטור: ניטור מגוון נופים:

1. סקלה ארצית – אזורית של שימושי הקרקע
2. סקלת כתמיות הנוף של אגן הניקוז / מקומית באתר
3. כתמיות מעוצים- עשבוניים (סקלת חלקות או סקלת מפנה).

מגוון הנופים בסקלה הארצית אזורית ובסקלת אגן הניקוז ייעזרו באמצעי חישה מרחוק.

תייעוד הכתמיות בסקלה הארצית אזורית, תאפשר מעקב אחר השינויים בשטחם הכללי של השטחים הפתוחים לסוגיהם. סקלת אגן הניקוז תתעד את השינויים בכתמיות הנופית על-פי תפקודם האקולוגי למשל: עשבוני, עשבוני+שיחים נמוכים, חורש צפוף וכו'. סקלת אגן הניקוז / מקומית תיעזר בשיטות כמו BIOHB לקלסיפיקציה של הכתמיות.

מתוך המידע הזה ניתן יהי למצות מידע על השינויים המרחביים החלים באקוסיסטמות השונות.

בסקלת החלקות, הפסיפס הכתמי הנבחן הוא מעוצים, עשבוניים ואחרים (מסלע). כתמיות זו תמוצה באמצעים של חישה מרחוק ותיגזר מתוך ניטור הכתמיות בסקאלות הגבוהות יותר. אולם, תיעוד

³ Baily R.G. 1998. Ecoregion: the ecosystem geography of the oceans and continents. Springer, NY.

⁴ Trakhtenbrot, A & Kadmon R (2005) Environmental cluster analysis as a tool for selecting complementary networks of conservation sites. ECOL. APPL. 15 (1): 335-345

⁵ Comparing environmental and biological surrogates for biodiversity at a local scale. ISRAEL J. ECO. & EVOL 52: 11-27

ניטור מגוון אקוסיסטמות וניטור אקוסיסטמי:

- ניטור מגוון האקוסיסטמות הינו ישיר ועקיף.
1. ניטור ישיר: בסקלה הארצית מטרת הניטור לעקוב באם חלו שינויים מרחביים במגוון האקוסיסטמות (שטח כיסוי וקונפיגורציה מרחבית). נתונים אלו ממוצים מתוך ניטור מגוון הנופים.
 2. ניטור עקיף, הוא ניטור בסקלה המקומית של האקוסיסטמה, כאשר הניטור עוקב אחר השינויים החלים באקוסיסטמה. שינוי באופי האקוסיסטמה משמעו שינוי במגוון האקוסיסטמות.
- לניטור האקוסיסטמי מטרת נוספות-ראה פרק מרכיבי מגוון II. הניטור האקוסיסטמי יתמקד בגורמים ביוטים ואביוטים המשפיעים על מגוון המינים.

- האינדיקטורים לניטור יקבעו: top-down, ו- bottom - up.
1. ניטור top-down – שיתוף רשויות אחרות לניטור איכות אוויר, מים (אם יש), חנקות וזיהומי קרקע אחרים.
 2. ניטור bottom - up, יקבע ברמת האתר ע"י איתור גורמים הקובעים או מאיימים על המגוון. או גורמים אשר שינוי בהם מאיים על המגוון. באלו כלולים: מינים פולשים ומתפרצים, השפעות מבקרים.

קריטריונים לבחירת אוכלוסיות ייחודיות לניטור:

- מינים המהווים אינדיקטורים לשינוי בתהליכים או במצבים אקוסיסטמיים או שבנוף.
 - מינים המהווים איום על המגוון בשל השפעתם על תהליכים אקוסיסטמיים או תהליכים בנוף (מינים פולשים ומתפרצים)
 - מינים הקובעים תהליכים אקוסיסטמיים או תהליכים בנוף ומשפיעים על דינאמיקת המגוון.
- אלו יקבעו bottom – up כחלק מן הניטור האקוסיסטמי.

VII תוצרי ניטור

תוכנית הניטור אם תבנה ע"ס עקרונות אלו מציעה תוצרי ניטור לטווח הקצר ותוצרי ניטור לטווח הארוך.

- בחינת אפקטיביות ממשק בעידוד המגוון ושימורו.
 - בחינת ניהול השטחים הפתוחים.
- לטווח הארוך: קביעת דגם של קו בסיס וקווי סף לשטחים הטבעיים בהשוואה לשטחים פתוחים אחרים. קו הבסיס יאפשר לבצע השלכות לגבי השפעות פיתוח כללי בקביעת מדיניות תכנון.

הכתמיית יהיה גם קרקעי והוא ייגזר מתוך התיעוד הקרקעי של מגוון המעוצים.

ניטור מגוון המינים:

- עקרונות לבחירת הקבוצות לניטור מגוון המינים:
1. הקבוצות לניטור מגוון המינים תבחרנה בגישת top-down.
 2. עקרון מנחה לבחירת הקבוצות לניטור בתוכניות ניטור שונות בעולם, הוא בחירתן על פי המידע העשיר שהן מספקות על התנהגות מגוון המינים במערכת האקולוגית.
- המידע הזה אינו בהכרח תלוי קבוצה אלא הוא פרי של שנים של מחקר ומידע מדעי אשר הצטבר על דינמיקת הקבוצה והקשרים בין דינמיקה זו למצבים ותהליכים שונים במערכת האקולוגית. המידע הזה מאפשר ליצר פרדיקציות לגבי התנהגות מינים שונים על פי דינמיקה של קבוצת מינים מסוימת גם אם היא מצומצמת.

באופן זה, לדוגמא, בשל המחקרים הרבים שנעשו בעולם בנושא סוקצסיה ניתן למצוא בספרות קשר בין מגוון מעוצים מסוים (גם אם הקבוצה אינה עשירה במינים) למגוון קבוצות אחרות ולתהליכים ביוטים ואביוטים במערכת האקולוגית.

בנספח מיוצגות קבוצות אשר נבחרו לניטור מגוון המינים באירגוני ניטור שונים בעולם.

מ. שחק מציע לנטר קבוצות עשירות במינים אשר ניתן לעקוב אחר דינמיקת ההתארגנות שלהן.

במסגרת מחקריו עם ב. בוקן הצטבר ידע רב בנושא דינמיקת עשבוניים. בדומה, קבוצות מחקר אחרות תרמו גם הן לצבירת ידע עתיר על דינמיקת מגוון העשבוניים, והקשר בין דינמיקה זו לשינויי סביבה כגון אקלים, ממשק וכו'.

אי לכך, ניטור קבוצה זו חשוב ביותר משום שעל בסיס הידע הקיים ניתן יהא ללמוד על הדינמיקה ארוכת הטווח של קבוצה זו והקשר בין דינמיקה זו לתהליכים אקולוגיים המתרחשים במערכת.

המארג ג עצמו צבר ידע בנושא דינמיקת המגוון של עשבוניים ופרוקי רגליים באתרי ה-LTER.

על-כן, חשוב לנטר שתי קבוצות אלו, במיוחד לאור העובדה כי אתרי ה-LTER חשובים כאתרים לניטור ארוך טווח של המגוון.

לסיכום:

הקבוצות העיקריות המוצעות לניטור הן:

מעוצים, עשבוניים ופרוקי רגליים.

בחינת קבוצות נוספות צריכה להיות ע"ס הידע הקיים המקשר בין דינמיקת המגוון של הקבוצה לבין תהליכים אקולוגיים במערכת. יש לדון בהוספת קבוצות נוספות במסגרת סדנת מומחים מהמוסדות האקדמיים בארץ.

עקרונות מתודולוגיים לניטור מגוון המינים:

מתודולוגית הניטור כוללת ניטור מפורט של שפע ונוכחות והרחבתו לניטור נוכחות עם העלייה בסקלה הגיאוגרפית (ניטור היררכי).

ניטור מפורט (שפע ונוכחות – עשבוניים, פרוקי רגליים לדוגמא).

יערך על פי סקלת הכתמיית המפורטת ביותר: כתמי מעוצים לעומת אחרים.

ניטור מגוון מעוצים יערך אף הוא באופן דומה ומפורט בסקלת החלקה.

בנוסף יערך ניטור נוכחות היררכי, המרחיב את הסקלה מעל לסקלת החלקה, עד לכתמיית המאפיינת את סקלת אגן הניקוז.

ניטור קבוצות נוספות כציפורים, יערך על-פי הסקלה המתאימה לניטור קבוצות אלו.

ניטור מפורט לעומת ניטור אפקטיבי

Top-Down (TD) Bottom –Up (BU)		ניטור תיעודי	ניטור מפורט		
גישת ניטור שטח פתוח:					
		-	+	אפקטיביות ממשק (חלקות ביקורת ללא ממשק)	
גישת ניטור מגוון:					
		-	+		ניטור א-קוסיסטמי
BU			+		
BU		+			
BU + TD		+			
TD		נוכחות היררכי	שפע ונוכחות נוכחות היררכי	ניטור מגוון מינים	
TD		שימושי קרקע אגן ניקוז	כל הסקלות	ניטור מגוון נופים	

אתרי ניטור

שמונה / טבעי	יער
ניטור מפורט	
מירון LTER	?
רמת הנדיב LTER	?
ניצנים ?	?
עדולם LTER	?
?	?
להבים LTER	?
עמשא	?
סיירת שקד LTER	סיירת שקד
ניטור תיעודי	
יהודיה - בתות ויער פארק של אלון התבור	
דרום רמת הגולן - אחו	
שמורת נחל כזיב - חורש ים תיכוני סבוך לח	
הר עמיד - בתות ואבות צמחי תרבות	
שמורת נחל תבור - בתות עשבוניות	
עמק בית נטופה - מינים נדירים בקרקעות עמוקות	
כרמל - חורש על רנדזינה	
כרמל - חורש על טרה רוסה	
נס ציונה (?) - חמרה	
נאות הכיכר - מלחה	
חולות עגור - דיונות מדבריות	
שטחי "קול אמריקה" מצפון לחצבה - סוואנת שיטים	
שמורת נחלים גדולים - נחל עשיר בשיטים	
שמורת הרי אילת - ערוצי נחלים	

ניטור מגוון מינים

מעוצים
עשבוניים
פרוקי רגליים
ציפורים
פרפרים

4.5 מאמרים מרכזיים - תרגומים - נעה שטיינר

Monitoring of biological diversity in space and time

Nigel G. Yoccoz, James D. Nichols and Thierry Boulinier, 2001.
TRENDS in Ecology & Evolution Vol.16 No.8 August 2001

ניטור מגוון ביולוגי במרחב ובזמן

Nigel G. Yoccoz, James D. Nichols and Thierry Boulinier

תקציר מנהלים:

מאמר זה הינו מרכזי בתחום הניטור והוא מצוטט רבות במאמרים רבים העוסקים בפיתוח ובבחינת תוכניות ניטור. המאמר מסכם גישות ניטור שונות וממליץ על דרכים לבניית תוכנית ניטור מוצלחת. המחברים מבחינים בין ניטור לצרכי מדע וניטור לצרכי ממשק. ניטור לצרכי מדע הוא הניטור האקולוגי העוקב אחר שינויים החלים במגוון הביולוגי או בתפקוד האקוסטמי. זהו הניטור אותו אנו מקיימים במארג.

ניטור לצרכי ממשק הוא זה העוקב גם אחר מניפולציות ממשקיות המתבצעות על פי מטרות הממשק וגם אחר מצב המערכת. ניטור פנים אירגוני בלשון המארג.

בשני המקרים המחברים ממליצים לקבוע היפותזות טרם הניטור בכדי לייעל את הניטור ואת הסקת המסקנות. ההיפותזות הן גם מודל מערכת המתאר את תפקוד המערכת על סמך מחקרים שנעשו או ניחוש מלומד.

המחברים דנים ב - "מדוע, מה וכיצד לנטר" ומעלים את הבעיות העיקריות של הניטור, כלאמר מקורות השגיאה העיקריים הנוצרים בניטור. שגיאות אלו קשורות במידת דייקנות האבחון ובשונות המרחבית הקיימת בין נקודות הדיגום.

ההמלצות הכלליות הן שיש להקדיש חשיבה רבה לשאלות בסיסיות אלו (מדוע, מה וכיצד). המלצות אלו תקפות גם לתוכניות קיימות אשר יכולות פוטנציאלית להשתפר רבות על ידי בחינה מחודשת של שאלות אלו.

בנוגע לשאלה 'למה לנטר' ישנה התקדמות רבה בפיתוח היפותזות מניחות דעת, ומודלים הקשורים לתהליכים המכריעים הקובעים את המגוון, אשר הינם הבסיס התיאורטי המסביר חלק מן דגמי השינוי במגוון.

הקשיים העיקריים בשילוב היפותזות ומודלים בתוכניות ניטור נובעים מכך כי חלק מהמדענים מניחים שעל ידי הבנת תהליכים במקומות מסוימים ניתן לבנות פרדיקציות לגבי סקאלות גדולות יותר, ומכיוון שחלק ממנהלי השטחים הפתוחים אינם מבינים כי בניטור יש לאפיין את התהליכים הגורמים לשינוי בדגמים, ואילו הזנחת מטרות זו מעכבת את שיפור מדיניות הממשק. המלצה עיקרית לשיפור תוכניות ניטור עתידיות הינה שהמתכננים צריכים להתחשב במטרות המדעיות ואו הממשקיות של תוכניות הניטור והאופן בו הנתונים המתקבלים ישמשו מטרות הכוללות את הבנת התהליכים הגורמים לשינוי.

בהתחשב בשאלה 'מה לנטר', ההחלטות לגבי מה לנטר צריכות להיקבע על ידי היפותזות (או מודל מערכת) המועלות בטרם בניית

התוכנית ואשר תוכנית הניטור צריכה להתייחס אליהן. כמו כן, מה לנטר יקבע על ידי הערך היחסי של המרכיבים השונים של המגוון. ערך זה מוכתב על-פי מטרות הממשק בדאכ או על-פי מגירת רעיונית מדעית.

בנוגע לשאלה 'איך לנטר' התקדמות משמעותית נעשתה התקדמות בעשור האחרון בפיתוח ושיפור שיטות להערכת מדדים של מצב ושינוי של מגוון מקומי^{8,21-24,37,38}. שיטות אלו משלבות הערכה של מידת האיבחון ומספקות תכנית דיגום יעילה על מנת לענות על השאלות בסקאלות מרחביות שונות. ההמלצות שלנו הן שתוכניות ניטור עתידיות צריכות לשלב דיגום מרחבי ומידת איבחון גבוהה על מנת לקבל הערכות אמינות ולא מוטות של משתני המצב הרלוונטיים. דבר זה יאפשר הבנה טובה יותר של הגורמים המרחביים המשפיעים על השינוי במגוון הביולוגי.

השימוש בתוכניות ניטור על מנת לאמוד דגמים מרחביים וזמניים של מגוון ביולוגי גדל, כאשר הדגש מושם על הערכת היעילות של מדיניות הממשק. סקירות אחרונות של תוכניות קיימות, אשר התמקדו במבנה התוכנית, הדגישו את נקודות התורפה העיקריות של התוכנית: העדר מטרות מנוסחות היטב וההזנחה של מקורות השגיאה השונים בהערכת המגוון הביולוגי.

סקירה זו תבחן התפתחויות חדשות בשיטות ובמבנה אשר מטרותם הינה לשלב מקורות שגיאה על מנת לספק הערכות אמינות לשינוי במגוון הביולוגי. כמו כן, הסקירה מציעה מהן הסיבות האפשריות לשגיאות.

המונח ניטור מתאר מגוון רחב של פעילויות. במאמר זה מוגדר ניטור כתהליך איסוף מידע של משתני מצב המערכת (STATE VARIABLE) בנקודות זמן שונות, וזאת על מנת לאמוד את מצב המערכת ולהסיק מסקנות לגבי שינויים במצבה לאורך זמן. המאמר מתמקד בניטור מגוון ביולוגי, והמערכות הנבחנו הינן אקוסטטמות, או מרכיבים ביולוגיים במערכת (לדוגמה חברות או אוכלוסיות). משתני המצב כוללים כימות עושר מינים, מגוון מינים, ביומסה וגודל אוכלוסייה.

בשנים האחרונות, רוב המדינות המפותחות ביססו תוכניות ניטור מגוון מינים¹⁻³. קנה המידה, המבנה והאינטנסיביות של תוכניות אלו משתנה במידה רבה. רוב התוכניות מוגבלות למספר מועט של אתרי מחקר אשר נבחרו באופן סובייקטיבי, אולם ב-1992 ל-US National Resources Inventory הקים מערך ניטור בעל כמיליון נקודות דיגום אשר נבחרו בשיטת הסטרטיפיקציה האקראית¹.

היקפן והחוזק של המסקנות משתנה כתלות בתכנית הדיגום שנבחרה, אך תוכניות ניטור רבות סובלות מליקויים שונים במבנה תוכנית הדיגום. באופן ספציפי נראה כי תוכניות רבות פותחו ללא התייחסות ראויה לשלוש שאלות מרכזיות: (1) למה לנטר? (2) מה צריך להיות מנוטר? (3) איך הניטור צריך להתבצע?

בהתייחסות ל-'למה לנטר', Krebs⁴ כתב: 'ניטור אוכלוסיות הינו מושך מבחינה פוליטית אך נדוש מבחינה אקולוגית, אלא אם כן זה

במצב הסביבתי (ירידה במספר וגודל בתי גידול טבעיים נמצאת בקורלציה גם עם שינויים בשימושי קרקע, וגם עם עלייה בכמות המזהמים הסביבתיים או שינויים במספר הטורפים או מתחרים). מאחר וישנם משתנים רבים אשר מראים ביניהם קורלציה סטטיסטית גבוהה, לא ניתן להסיק ראיות חזקות לקשר שבין סיבה למסובב.

למרות זאת נתוני הניטור חשובים ביותר משום שלא תמיד ניתן לבצע מניפולציה, ולפעמים יש צורך לבסס את המחקר על ניתוחים רטרוספקטיביים אשר מסתמכים על שונות טבעית¹². במקרים אלו, המפתח להשתמש בנתוני הניטור עבור המדע הינו להעלות היפותזות קבועות מראש ולבחון אותן בעזרת נתוני הניטור. זאת לעומת העלאת היפותזות רק לאחר ניתוח נתוני הניטור (כמו למשל: לבחון נתונים לאורך זמן ולפתח רעיונות אפשריים לתהליכים שגרמו לכך).

המלצה זו אינה באה לשלול את השימוש של יצירת היפותזות א-פוסטריוריות או איבחון מיקרי של תופעות, אלא באה להדגיש את חשיבות של תכנון הניטור על-פי היפותזות כניטור מתוכנן מראש ויעיל יותר במקרים שישנם משאבים מוגבלים.

מטרות הממשק

תכניות ניטור אשר פותחו במקביל לממשק בדרך כלל משרתות שתי מטרות: (1) זיהוי מצב המערכת, (2) איסוף מידע על תגובת המערכת לפעולות ממשק. זיהוי מצב המערכת הינו בעל חשיבות ברורה לממשק. לדוגמה, אם גודל אוכלוסייה **ממומקט** (Managed) מוערך כקטן מדי, פעולות הממשק צריכות להיות מוכוונות כך שגודל האוכלוסייה יעלה. שימוש בנתונים מתוכניות ניטור על מנת ללמוד על תגובת המערכת לממשק דומה לשימוש בנתוני ניטור על מנת להבחין בין היפותזות מדעיות מתחרות. ניתן להתייחס לפעולות ממשק כמניפולציות הקשורות להיפותזות, וכך תגובות המערכת המזוהות בעזרת נתוני הניטור יכולות להיות מושוות להיפותזות ולפרדיקציות אשר הועלו בטרם פעולת הממשק^{13,14}.

תוכניות ניטור המשמשות ממשק כפופות למטרות הממשק. מטרות אלו צריכות לכלול משתנים ברורים כגון צפיפות או שיעור דמוגרפי של מין או קבוצת מינים שהם אינדיקטור למצב המערכת ולפעולות הממשק¹⁵. כאשר השאיפה היא גם להבין את התהליכים העומדים מאחורי השינויים הנצפים, כמו בממשק אקוסיסטמי (ecosystem management), חשוב לכלול בתוכנית הניטור מדדים לקצב השינוי של חלק ממשתני המצב של המערכת, כגון קצב אובדן המינים או שיעור הופעת מינים חדשים. יש להימנע משימוש במשתני מצב לא כמותיים כגון בריאות האקוסיסטמה. ניטור יכול לבחון האם משתני המצב שנבחרו הינם מתאימים לאפיון את המערכת. למשל, כאשר מגדירים את מטרות הממשק בהקשר של שינויים בצפיפות המין שהינו אינדיקטור התוכנית צריכה לכלול תצפיות המוודאות כי אכן המין הנבחר הוא אינדיקטור לתהליכים ולמשתנים שנבחנו¹⁶.

מה לנטר?

מטרות תוכניות הניטור קובעות את המשתנים שיש לנטר. תוכניות ניטור אשר מוכוונות על פי מטרות מדעיות צריכות להתמקד במשתני המצב ופרמטרים המודדים קצבי שינוי החשובים להיפותזות או המודל ההיפותטי להתנהגות המערכת, אשר גובשו טרם הניטור. תוכניות ניטור אשר מוכוונות לספק מידע לממשק צריכות להתמקד במשתני מצב ומשתנים אחרים שכוללים ב-OBJECTIVE FUNCTION. זאת בנוסף למשתנים הנחוצים על

הניטור מוצמד למערך ניסויים המכוונים להבנת המנגנונים מאחורי השינויים במערכת. ניטור קשור לעיתים קרובות למדיניות ממשק (בהתחשבות ביישום ובהשפעה הצפויה). עם זאת, תפקיד המחקר הוא בבניית מסגרת לפעולות הנחוצות לשם התפעול של מטרות הממשק, ובהבהרת הקשרים בין הפעולות וההשפעות של הממשק, כל זאת על מנת לשפר ממשק עתידי. לכן, חוקרים רבים טוענים כי יש לעשות אינטגרציה טובה יותר בין ניטור, ממשק ומחקר⁵. באופן ייחודי, השימוש בממשק אדפטיבי נראה מבטיח במערכות בהן משתמשים בממשק וניטור כדי לצבור ידע מהימן על המערכת האקולוגית ובכך לצמצם את אי הודאות^{6,7}.

בהתייחסות לשאלה של 'איך לנטר', תכניות ניטור קיימות רבות מתעלמות או מתמודדות בצורה לא יעילה עם שני מקורות שונות עיקריים הגורמים לשונות ואי ודאות בנתוני הניטור: שונות מרחבית ו-DETECTABILITY (יכולת האיבחון). סקירה עדכנית של תוכניות ניטור של חולייתנים מצאה פגמים מהותיים מסוג זה, ברוב תוכניות הניטור⁸.

כאן אנו נתמקד ב'למה', 'מה', ו'איך' של תוכניות הניטור ונספק המלצות על התכנון וההתנהלות של תוכניות אלו. אנו מכירים בכך שחלק מההמלצות הינן טכניות כאשר באחרות מעורבים נושאים כלליים יותר, אך אנו מאמינים שלכולן השפעה מכריעה על התועלת הסופית של תוצאות הניטור ולכן יש להתחשב בהן.

למה לנטר?

בתוכניות ניטור רבות, אין זה פשוט למצוא הצהרות מפורשות המגדירות את מטרות הניטור. אכן, פיתוח של תוכניות רבות נשען על הרעיון הפשוט שמידע נוסף לגבי כל מערכת יהיה מטבעו שימושי. ישנה יעילות רבה בהגדרת מטרות ברורות בהצעת תוכנית ניטור. מטרות אלו יכולות להיות מסווגות לשתי קטגוריות כלליות: **מדעית וממשקית**. מטרות מדעיות יתמקדו בהבנה מעמיקה של הדינמיקה וההתנהגות של המערכת המנוטרת. תכניות ניטור אשר נועדו לסייע לממשק מספקות מידע שהינו שימושי על מנת לקבל החלטות ממשקיות מבוססות.

מטרות מדעיות

ישנן גישות שונות אשר בעזרתן ניתן לפתח הבנה מעמיקה של הדינמיקה וההתנהגות של המערכת מנתוני הניטור:

1. הגישה אשר מממנה אפשר להפיק את המסקנות החזקות ביותר היא גישה המשלבת ניטור למניפולציה אשר לבחינת ההיפותזות⁹. בעזרת היפותזות אלטרנטיביות המועלות טרם הניסוי (אפריוריות) ניתן לפתח פרדיקציות לגבי השינויים הצפויים **במשתני המצב** כתוצאה מהמניפולציה. לנתוני הניטור תפקיד ברור: הם משמשים להערכת התוצאות של המניפולציות לאור תוצאות הניטור לפני ואחרי ביצוע המניפולציה.

2. גישה שכיחה יותר היא זו אשר בה משתמשים בנתוני הניטור למטרות מדעיות בעזרת ניתוחים רטרוספקטיביים של נתוני הניטור, לדוגמה, ניתוחים סטטיסטיים של שפע אוכלוסיות או משתני מצב ברמת החברה לאורך סדרות זמן. המסקנות המוקשות מניתוחים מסוג זה חלשות משום שהגורמים לשינוי אינם ברורים וישנו יותר מגורם אחד או ישנה יותר מהיפותזה אחת על הגורמים היכולים להסביר את התוצאות¹⁰. לדוגמה, כאשר מגמת ירידה במרכיבים של מגוון ביולוגי, נמצאת עם שינוי החל במספר משתנים אשר כולם משקפים הידרדרות

שגיאת האיבחון - detection error

המקור הראשון לשגיאה מופיע מכיוון שמעטות שיטות הסיקור אשר מאפשרות איבחון או גילוי של כל פרט (חיה בודדת) או אף גילוי של כל המינים באזורים הנסקרים. כפי שצויין קודם, שיטות רבות של הערכת מגוון מינים דורשות מדידה של שפע יחסי. באופן אידיאלי, הערכה של מגוון מקומי צריכה להיות מבוססת על מדדים לא מוטעים של השפע של כל מין אשר נוכח במקום.

מדידה מרוחקת (distance sampling) ולכידה-לכידה מחדש הינן שתי קטגוריות של שיטות שיכולות להעריך את הסתברויות האיבחון.⁸ לכך להעריך את השפע. שיטות אלו נחשבות לעיתים כפחות ישימות או יותר יקרות מדי על מנת לישמן במינים רבים. לכן, רוב התוכניות מבוססות על אינדקסים של שפע אוכלוסיות בעזרת מדדים של מספר עקבות או מספר פרטים שנפס, נראה או נשמ.²³ תרגום של אינדקסים אלו להערכות של מגוון מינים מניח כי ניתן להבחין בפרטים מכל המינים בצורה שווה, וכל המינים ניתנים לאיבחון, מה שאינו מציאותי.

עושר מינים הינו משתנה מצב מקובל בחלק מתוכניות הניטור, אך שוב, אינדקס זה מניח שניתן להבחין בכל המינים במידה שווה. בלי להתחשב בכך שעושר מינים או מדדים שונים של מגוון מינים אשר מבוססים על שפע יחסי הם משתני המצב הנחקרים, תוכניות ניטור לא צריכות להסתמך רק על **סטטיסטיקה ספורה** או אינדקסים כאמצעי להסקת מסקנות לגבי שינויים בזמן. במקום זאת, תוכניות ניטור צריכות לשלב בתוכן את כל המאמצים על מנת להעריך את הסתברויות האיבחון הקשורות בסטטיסטיקה הספורה הנבחרת ושיטות הסיקור.⁸ אפילו אם מאמצים אלו מוגבלים לתת-דגימה של האזורים הנסקרים. סטנדרטיזציה של מאמץ הדגום והשפעות הדוגמים יכולים לעזור בצמצום מקור ההטרוגניות אך לא ינטרו אותה לחלוטין משום שמשתנים אחרים ישפיעו על היכולת לזהות בדיוקנות את המינים. בלי ידע כלשהו על הסתברות האיבחון הקשורה בסטטיסטיקה הספורה, אין זה אפשרי להסיק מסקנות חזקות לגבי המערכת המנוטרת.²⁴⁻²⁶

שונויות מרחביות וטעויות סיקור

המקור השני לשגיאה בהערכות המגוון עוסק בחוסר היכולות לסקור שטחים גדולים בשלמותם, והצורך הנובע מכך להסיק מסקנות לגבי שטחים גדולים המבוססים על דגימות של אזורים בתוך שטחים אלו. סוגיות רבות הקשורות לממשק ומגוון ביולוגי מתמקדות בשונויות מרחביות במגוון הביולוגי. ניתן להשתמש ב**מוקדים של מגוון מינים (biodiversity hotspots)** על מנת להגדיר אסטרטגיות של שמירת טבע ומימון שמורות.²⁷ Gap Analysis הינו ניסיון להשתמש במפות ומודלים שחוזים פיזור מינים על מנת לזהות איך רשתות של אזורים מוגנים מכסים סוגי בית גידול שונים ומגוון מינים אזורי.²⁸ רוב המדדים של המגוון הביולוגי לעומת זאת, לא מבוססים על תכנית דיוגם מרחבית מספקת ולכן לא מבטיחים מדדי מגוון לא מוטעים בסקלות מרחביות גדולות יותר. אכן, תכניות ניטור רבות מתמקדות במספר אתרים שנבחרו בצורה סובייקטיבית כאשר בכלליות אין אפשרות להשתמש בהן על מנת להסיק מסקנות לגבי מגוון או מגמות של איזור גדול יותר.^{29,30}

השגת הערכות טובות יותר

העקרונות הכלליים של דיוגם^{24,25} תקפים גם כן לניטור מגוון ביולוגי, בלי להתחשב במטרות תוכנית הניטור - בין אם מדעיות

מנת לבנות מודל מספק של משתני המצב הממומשים¹³. למשל, בממשק של הברכה מיין *Anas platyrhynchos*, גודל אוכלוסיית הברכה הינו משתנה המצב בפונקציית המטרה (OBJECTIVE FUNCTION) אך תוכניות הניטור כוללות גם צייד ברכיות (שאינו משתנה מצב אך מופיע בפונקציית המטרה) ומספר הביצות באזורי הרבייה העיקריים (אשר משפיעים על שפע הברכיות).^{6,17}

ניתן לחקור ולערוך מניפולציות ממשקיות במגוון הביולוגי ברמות ארגון שונות החל מגנים וכלה באקוסיסטמה. המאמר עוסק במגוון מינים, המוכר גם כמגוון אקולוגי. אקולוגים פיתחו מספר כמעט אינסופי של אינדקסים עבור מגוון מינים (לדוגמה - Shannon-Simpson Weaver) אך לרובם ניתן להתייחס כאל הסכומים המשוקללים של השפע היחסי של המינים. בעוד המדדים המקוריים של מגוון מינים התמקדו בשפע היחסי של כל מין, מדדים עדכניים משלבים היבטים נוספים כגון ערכים של האקוסיסטמה, ערכים כלכליים או הבדלים טקסונומיים.^{18,19} למשל, מינים נדירים או מינים בסכנת הכחדה יהיו בעלי חשיבות גדולה יותר מאשר מינים נפוצים, בפונקציית המטרה של ממשק שמירת טבע. עמדה זו נחשפה לביקורת חריפה על בסיס אטי²⁰, אך לנוכח מוגבלות המשאבים ולאור העובדה שמינים שונים הם בעלי תפקידים שונים באקוסיסטמה ומספקים שירותים אקולוגיים השונים בחשיבותם, שיקולל שונה של מינים יכול להיות מוצדק. מכיוון שמטרות הממשק תלויות בערכים, מדדי המגוון התלויים בערכים המשוקללים מתאימים בעיקר בכדי להכלילם בפונקציות המטרה. **בנוסף, יש צורך ב ניטור מדדים רבים על מנת לשקף את מרכיבי הרבים של המגוון הביולוגי, לפעמים גם עבור מטרות ממשק מסוימות.**

מבנה הדיוגם של תוכנית הניטור צריך להיות תלוי במדדי המגוון הביולוגי הנבחרים. עבור מטרות מסוימות, עושר מינים כמשתנה המצב יהיה מדד הולם להתמקד בו בעבור קבוצות טקסונומיות מסוימות. לעומת זאת, הערכת שפע הפרטים מכל מין בחברה הנחקרת תהיה הכרחית עבור מטרות ממשק כגון אלו המייחסות חשיבות שונה למינים שונים. בדרך כלל נדרש מאמץ רב יותר על מנת להעריך שפע של מינים מרובים מאשר עושר מינים, לכן ההחלטות לגבי אילו משתנים יש לנטר הינן בעלות חשיבות רבה בקביעת מבנה התוכנית וההוצאות הכספיות שלה.²¹

הן התוכנית המדעית והן הממשקיות מכירות בחשיבות הדינמיקה של התהליכים ומתמקדות בתגובות של משתני המצב לשינויים בסביבה, ובמקרה של מערכות ממומשקות גם בתגובות לפעולות הממשק השונות. לכן, מדדים של מגוון ביולוגי המתמקדים בתפקוד המערכת מתקבלים והם נפוצים יותר ומועדפים על פני מדדים של מצב המערכת בלבד.¹⁶ חשוב שתוכניות הניטור יספקו בנוסף לנתונים המאפשרים הערכת מצבי המערכת, גם נתונים על קצב השינוי ועל ידי התהליכים אשר קובעים את דינמיקת המערכת. Boulainier et al²² חקר את הקשר בין פרגמנטציה נופית לבין קצב השינוי במגוון המינים, ההכחדה המקומית וההגירה של חברות ציפורים. הם הראו כי ניתן להסביר את עושר המינים הנמוך והשונויות הגבוהה בעושר מיני ציפורי היע, אשר נצפתה בכתמי הנוף המקוטעים, על ידי הקצב הגבוה של ההכחדה המקומית בכתמים אלו והקצב הגבוה של החלפת המינים בכתמי נוף אלו.

איך לנטר?

ישנם שני מקורות פוטנציאליים לשגיאה שיש לקחת בחשבון כאשר מעריכים מגוון ביולוגי^{8,23,24}.

פונקציית המטרה - הביטוי המתמטי של מטרות הניטור, לדוגמה, הקטנת שעורי הכחדה במשך תקופת זמן נקובה.

העתידי

תוכניות ניטור רבות הוקמו אך מטרותיהן היו מעורפלות, והן הוקמו על מנת לאסוף 'מידע נוסף'. לכן, אין זה מפתיע כי מדענים רבים רואים בתוכניות ניטור מגוון ביולוגי פעילות לא מתגמלת אשר מערבת מעט מאוד מדע. כפי שהצענו, תוכניות ניטור יכולות להיות מוקמות על מנת לשרת את המטרות המדעיות שבדרך כלל יהיה ניתן להגיע אליהן כאשר נתוני הניטור נאספים במטרה להבחין בין היפותזות אלטרנטיביות אשר נקבעו מראש, בנושא של איך המערכת הנחקרת פועלת.

אנחנו מאמינים כי תוכניות הניטור הינן חשובות במיוחד למאמצים של ניהול ושימור הטבע. בהנחה שתוכניות הניטור מוקמות בתדירות גבוהה על מנת לתמוך בממשק, ובהנחה שפרדיקציות לגבי תוצאות הממשק צריכות להיות בנויות על ידע מדעי מבוסס על תפקוד המערכת האקולוגית³³, יש צורך לשיתוף פעולה צמוד יותר בין מדענים ומנהלי שטח. מדענים צריכים לפתח תאוריות ושיטות עבודה בשטח שמתאימים לסקאלה ולעלויות של ממשק³⁴.

מסגרת יעילה לכך הינה נתמכת ברעיון של ממשק אדפטיבי או **מדיניות ממשק (policy management)**. כמו בכל תוכנית ממשק יעילה, ממשק אדפטיבי דורש הגדרות ברורות של מטרות הממשק ופעולות הממשק הנשקלות. ממשק אדפטיבי מתמודד עם אי-ודאות מדעית על ידי שילוב של מודלים המייצגים היפותזות אלטרנטיביות לגבי תגובות המערכת לממשק. נתוני הניטור יהיו בשימוש על מנת (1) להעריך את מצב המערכת עבור קבלת החלטות ממשקיות תקופתיות; (2) על מנת להבחין בין מודלים, או במסגרת באיסנית (bayesian) לחשב שינויים בהסתברות היחסית בעזרת מודלים שונים. הבחנה בין מודלים חילופיים מבוססת על השוואת הערכות של משתני מצב המבוססת על נתוני הניטור עם הפרדיקציות של המודלים המתחרים.

מסקנות

אנו מאמינים כי תוכניות ניטור עכשוויות רבות סובלות מהמגרעות הקשורות בחוסר תשומת לב במהלך בניית מבנה התוכנית ל'איך' 'למה' ו'מה' לנטר⁸.

ההמלצות הכלליות הן שיש להקדיש חשיבה רבה לשאלות בסיסיות אלו (מדוע, מה וכיצד). המלצות אלו תקפות גם לתוכניות קיימות אשר יכולות פוטנציאלית להשתפר רבות על ידי בחינה מחודשת של שאלות אלו.

בנוגע לשאלה 'למה לנטר' ישנה התקדמות רבה בפיתוח היפותזות מניחות דעת, ומודלים הקשורים לתהליכים המכריעים הקובעים את המגוון, אשר הינם הבסיס התיאורטי המסביר חלק מן דגמי השינוי במגוון^{35,36}.

הקשיים העיקריים בשילוב היפותזות ומודלים בתוכניות ניטור נובעים מכך כי חלק מהמדענים מניחים שעל ידי הבנת תהליכים במקומות מסוימים ניתן לבנות פרדיקציות לגבי סקאלות גדולות יותר, ומכיוון שחלק ממנהלי השטחים הפתוחים אינם מבינים כי בניטור יש לאפיין את התהליכים הגורמים לשינוי בדגמים, ואילו הזנחת מטרה זו מעכבת את שיפור מדיניות הממשק. המלצה עיקרית לשיפור תוכניות ניטור עתידיות הינה שהמתכננים צריכים להתחשב במטרות המדעיות ואו הממשקיות של תוכניות הניטור והאופן בו הנתונים המתקבלים ישמשו מטרות הכוללות את הבנת התהליכים הגורמים לשינוי.

או ממשקיות. מבנה תוכנית הניטור צריך לכלול פירוט ברור של אוכלוסיית המטרה (TARGET POPULATION) אשר לרוב מוגדרת על ידי אזור או בית גידול שהינו הנושא של הניטור או של פעולות הממשק. חישה מרחוק הינו כלי שהשימוש בו גדל ונעזרים בו על מנת למנות את כל הרכיבים השייכים לאוכלוסיית המטרה. זה יכול להיות חכם להגדיר את אוכלוסיית המטרה כגדולה יותר מאשר אוכלוסיית המקור אם צפויים להתרחש שינויים בסביבה. לדוגמה, ניטור ביצות יכול לכלול אזורי סיקור המייצגים ביצות פוטנציאליות, וניטור יער יכול לכלול אזורים שהם מעבר לקו היער 26 מתוך חשיבה לרחוק על התחממות עולמית. ניתן אז להשתמש ברשימת הרכיבים השייכים לאוכלוסיית המקור או מסגרת הדיגום

על מנת לבחור יחידות דיגום במקביל לתוכנית הדיגום. סטטיסטיקאים פיתחו תוכניות דיגום ואנליזות מתוחכמות בעלי ישימות רבה. ההמלצות החשובות הן שנקודות הדיגום לתוכניות הניטור צריכות להיבחר כך שיהיה ניתן להקיש את מסקנות הניטור על אזורים גדולים (כאשר הכוונה היא לבנות הצהרות לגבי שטח נרחב כאשר שטח הדיגום עצמו היה חלק קטן מהאזור הנסקר) וכן שתוכניות הדיגום צריכות להבחר על פי היעילות שלהן כאשר יעילות מתייחסת לדיקו של ההערכות המתקבלות.

בהנתן החשיבות הפוטנציאלית של שני מקורות השגיאה (מרחבית ושגיאת האיבחון), אנחנו ממליצים בחום ששני אלו ישולבו בהערכות המגוון הביולוגי הנובעות מתוכניות הניטור. לדוגמה, לגבי שפע פרטים של מין מסוים, מידת הדיקנות של האיבחון של המין צריכה להיות מוערכת ואז ניתן יהיה להשתמש בה להעריך את שפע הפרטים בכל חלקת דיגום. במקרה של דיגום אקראי פשוט, ניתן לראות את הערכות השפע עבור האזור כולו כמכפלה של השפע הממוצע לכל חלקה עם מספר החלקות הפוטנציאליות באזור. במקרה של הסתברות דיגום (PROBABILITY SAMPLING) לא שווה, השפע הכולל נמדד כסכום הערכות השפע עבור כל חלקת דיגום לחלק **להסתברויות הסלקציה הקשורות (selection probabilities)**. השוונות של מדדים אלו כוללים מקורות שגיאה מרחביים ודיקנות האיבחון.

אנחנו מודעים לכך שתוכניות ניטור מעטות עוקבות אחר גישה זו ומנסות להתייחס לשוונות המרחבית ולמידת האיבחון⁸. פיתוח תוכניות אלו יהיה יעיל מכיוון שהן לא רק מספקות הערכות אמיתיות של פרמטרים אלא גם מובילות להערכה מדויקת יותר של היפותזות אקולוגיות השייכות לדינמיקה מרחבית³¹. דוגמה לתוכנית ניטור בסקאלה מרחבית גדולה המתמודדת עם שני מקורות השגיאה – השוונות המרחבית ומידת ההבחנה, הינה סקר May האזורי עבור הברווזים הצפון-אמריקאים^{17,32}. הסקר מכסה שטח גדול של צפון ארה"ב וקנה וכולל את מקומות הרכייה החשובים של מיני ברווזים רבים. בהתייחסות לשוונות המרחבית, הסקר משלב חתכים אוויריים המסודרים בתוכנית דיגום סיסטמטית מרבדית (STRATIFIED) כאשר צפיפות החתכים הינה פרופורציונאלית לצפיפות הברווזים. מידת האיבחון מוערכת על ידי גישת הדיגום-הכפול שבה מקטעים של חתכים אוויריים גם נדגמים על ידי צוותי קרקע. מידת האיבחון מוערכת עבור כל צוות סיקור (טייס וצופה) כיחס בין הציפורים שנספרו מהאוויר לבין הציפורים שנספרו מהקרקע. הערכות שנתיות של שפע והשוונות הקשורה משלבים בצורה הולמת את השוונות המרחבית (המבוססת על שוונות בספירות בין חתכים ובין מרבדים) ומידת ההבחנה (כאשר משתמשים בהערכות ההבחנה והשוונות שלהן).

בעשור האחרון בפיתוח ושיפור שיטות להערכת מדדים של מצב ושינוי של מגוון מקומי ^{8,21-24,37,38}. שיטות אלו משלבות הערכה של מידת האיבחון ומספקות תכנית דיגום יעילה על מנת לענות על השאלות בסקאלות מרחביות שונות. ההמלצות שלנו הן שתוכניות ניטור עתידיות צריכות לשלב דיגום מרחבי ומידת איבחון גבוהה על מנת לקבל הערכות אמינות ולא מוטות של משתני המצב הרלוונטיים. דבר זה יאפשר הבנה טובה יותר של הגורמים המרחביים המשפיעים על השינוי במגוון הביולוגי.

בהתחשב בשאלה 'מה לנטר', ההחלטות לגבי מה לנטר צריכות להיקבע על ידי היפותזות (או מודל מערכת) המועלות בטרם בניית התוכנית ואשר תוכנית הניטור צריכה להתייחס אליהן. כמו כן, מה לנטר יקבע על ידי הערך היחסי של המרכיבים השונים של המגוון. ערך זה מוכתב על-פי מטרות הממשק בד"כ או על-פי מגרת רעיונית מדעית.

בנוגע לשאלה 'איך לנטר' התקדמות משמעותית נעשתה התקדמות

Glossary

Some of the terms used are technical, and we provide some guidance to the meaning of them below:

Biodiversity hotspots: areas with higher diversity than average

Detection error: uncertainty in the estimation of abundance, species richness, and so on, at a given sampling plot, resulting from the inability to detect every individual or species on the plot.

Design-based inference: inference based only on the features of the sampling design (e.g. sampling probabilities and stratification), avoiding strong assumptions about processes affecting the state of the system.

Detectability: probability that a member of a population of interest is detected during sampling.

Ecological services: benefits human populations derive, directly or indirectly, from the functioning of ecological systems.

Model-based inference: inference based on a statistical model specifying numbers and characteristics (sex, size, etc.) of individuals, populations or species in the system of interest as a function of other characteristics of the sample plots (e.g. their spatial proximity).

Objective function: a mathematical statement of management objectives, such as minimizing the probability of extinction over a specified time horizon.

Probability sampling: a formal sampling scheme to give every element (individual, population, etc.) a known positive probability of selection.

Spatial or survey error: uncertainty in the estimation of abundance, species richness, and so on, for an area of interest as a result of spatial variation among sampling plots.

State variable: variable within the system of interest that is used to characterize the system status.

Stratification: a sampling scheme for which the target population is partitioned into groups or strata, and the sampling is performed separately within each stratum.

Target population: entire set of sampling units to which findings of the survey are to be extrapolated.

References

- Olsen, A.R. *et al.* (1999) Statistical issues for monitoring ecological and natural resources in the United States. *Environ. Monitor. Assess.* 54, 1–45
- Linden, H. (1999) Measuring and monitoring the diversity of wildlife with the aid of the Finnish triangle scheme. *Suomen Riista* 45, 80–88
- Gilbert, G. *et al.* (1998) *Bird Monitoring Methods*, Royal Society for the Protection of Birds
- Krebs, C.J. (1991) The experimental paradigm and long-term population studies. *Ibis* 133, 2–8
- Noss, R.F. (1999) Assessing and monitoring forest biodiversity: a suggested framework and indicators. *Forest Ecol. Manage.* 115, 135–146
- Johnson, F.A. *et al.* (1997) Uncertainty and the management of mallard harvests. *J. Wildl. Manage.* 61, 202–216
- Innes, J. *et al.* (1999) Successful recovery of North Island kokako *Callaeas cinerea wilsoni* populations, by adaptive management. *Biol. Conserv.* 87, 201–214
- Thompson, W.L. *et al.* (1998) *Monitoring Vertebrate Populations*, Academic Press
- Walters, C.J. and Green, R. (1997) Valuation of experimental management options for ecological systems. *J. Wildl. Manage.* 61, 987–1006
- Nichols, J.D. (1991) Science, population ecology, and the management of the American black duck. *J. Wildl. Manage.* 55, 790–799
- Groisman, P.Y. *et al.* (1999) Changes in the probability of heavy precipitation: Important indicators of climatic change. *Clim. Change* 42, 243–283
- Green, R.H. (1979) *Sampling Design and Statistical Methods for Environmental Biologists*, John Wiley & Sons
- Walters, C.J. (1986) *Adaptive Management of Renewable Resources*, MacMillan
- Hilborn, R. and Mangel, M. (1997) *The Ecological Detective*, Princeton University Press
- Simberloff, D. (1999) The role of science in the preservation of forest biodiversity. *Forest Ecol. Manage.* 115, 101–111
- Boyce, M.S. (1998) Ecological-process management and ungulates: Yellowstone's conservation paradigm. *Wildl. Soc. Bull.* 26, 391–398
- Nichols, J.D. *et al.* (1995) Managing North American waterfowl in the face of uncertainty. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 26, 177–199
- Solow, A.R. and Polasky, S. (1994) Measuring biological diversity. *Environ. Ecol. Stat.* 1, 95–107
- Clarke, K.R. and Warwick, R.M. (1999) The taxonomic distinctness measure of biodiversity: weighting of step lengths between hierarchical levels. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 184, 21–29
- Wilson, E.O. (1992) *The Diversity of Life*, Penguin Press
- Williams, B.K. *et al.* *Analysis and Management of Animal Populations*, Academic Press (in press)
- Boulinier, T. *et al.* (1998) Higher temporal variability of forest breeding bird communities in fragmented landscapes. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 95, 7497–7501
- Skalski, J.R. and Robson, D.S. (1992) *Techniques for Wildlife Investigations*, Academic Press
- Thompson, S.K. (1992) *Sampling*, John Wiley & Sons
- Thompson, S.K. and Seber, G.A.F. (1996) *Adaptive Sampling*, John Wiley & Sons
- Fuller, W.A. (1999) Environmental surveys over time. *J. Agr. Biol. Environ. Stat.* 4, 331–345
- van Jaarsveld, A.S. *et al.* (1998) Biodiversity assessment and conservation strategies. *Science* 279, 2106–2108
- Flather, C.H. *et al.* (1997) Identifying gaps in conservation networks: of indicators and uncertainty in geographic-based analyses. *Ecol. Appl.* 7, 531–542
- Edwards, D. (1998) Issues and themes for natural resources trend and change detection. *Ecol. Appl.* 8, 323–325
- Stoddard, J.L. *et al.* (1998) Can site-specific trends be extrapolated to a region? An acidification example for the northeast. *Ecol. Appl.* 8, 288–299
- Bjornstad, O.N. *et al.* (1999) Spatial population dynamics: analyzing patterns and processes of population synchrony. *Trends Ecol. Evol.* 14, 427–432
- Smith, G.W. (1995) *A Critical Review of the Aerial and Ground Surveys of Breeding Waterfowl in North America*, US Dept of the Interior, National Biological Survey, Biological Science Report 5
- Sinclair, A.R.E. (1997) Carrying capacity and the overabundance of deer: a framework for management. In *The Science of Overabundance: Deer Ecology and Population Management* (McShea, W.J. *et al.*, eds), pp. 380–394, Smithsonian Institution Press
- Bunnell, F.L. and Huggard, D.J. (1999) Biodiversity across spatial and temporal scales: problems and opportunities. *Forest Ecol. Manage.* 115, 113–126
- Soule, M.E. and Terborgh, J., eds (1999) *Continental Conservation. Scientific Foundations of Regional Reserve Networks*, Island Press
- Brown, J.H. (1995) *Macroecology*, University of Chicago Press
- Wilson, D. *et al.* (1996) Introduction. In *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Mammals* (Wilson, D. *et al.*, eds), pp. 1–7, Smithsonian Institution Press
- Schwarz, C.J. and Seber, G.A.F. (1999) Estimating animal abundance: review III. *Stat. Sci.* 14, 427–456

Monitoring for conservation

Nichols, J. D. and Williams, B. K. 2006. Monitoring for conservation. Trends in Ecology & Evolution 21: 668-673.

ניטור לצרכי שמירת טבע

James D. Nichols and Byron K. Williams

שינויי סביבה שמקורם בבני אדם גרמו לדאגה מוצדקת לגבי עתידן של מערכות אקולוגיות והובילו לפיתוחן של תכניות ניטור שונות ברחבי העולם. תכניות רבות המזוהות עם מטרת המעקב מייצגות שימוש לא יעיל של מימון ומאמצי שימור טבע. כאן אנחנו סוקרים מחדש מאמר משנת 1964 שנכתב על ידי Platt, ונדון בהמלצותיו לגבי התנהלות המדע, המתלצות שהינן רלוונטיות באותה מידה לגבי התנהלות תכניות ניטור אקולוגיות. מנקודת מבט זו ניתן להתייחס לתוכניות ניטור לא כפעילות בדידה ומבודדת אלא כמרכיב בתהליך רחב יותר של מדע המכוון לשמירת טבע או ממשק. שינויים מקבילים בהתמקדות ומבנה הניטור יובילו לעלייה משמעותית ביעילות ובשימוש של תוצאות הניטור לצורכי שמירת טבע.

ניטור ויעילות ו-Platt (1964)

עברו ארבעה עשורים מאז פרסום "היקש מבוסס (strong inference)" ע"י Platt דיון אשר נגע בכלליות בהתנהלות המדע והתמקד בצעד הקריטי והחשוב של אבחנה בין היפותזות אלטרנטיביות. Platt ביקר את חוסר המיקוד באיסוף נתונים מפורטים שייתכן שיהיו רלוונטיים באופן כללי למדע אך אינם מוכוונים לבחינת בין היפותזות. המאמר השפיע רבות על המדע, וצוטט רבות כתורמה גדולה לפילוסופיה של המדע ולהתנהלות.

כאן אנו מציעים נקודת מבט על שימור וניטור משאבים ביולוגיים המקבילה לביקורתו של Platt על מחקר מדעי. נקודת מבט זו מראה את הניגודיות בין שתי גישות להשגת מידע לצורך שמירת טבע; **ניטור ממוקד** (targeted or focused) לעומת **ניטור מעקב כוללי** (omnibus surveillance monitoring).

ניטור ממוקד מוגדר על ידי בעצם היותו משולב בממשק שמירת טבע כאשר מבנה תכנית הניטור ויישומה מבוססות על היפותזות א-פריוריות ומודלים הקשורים לתגובות המערכת לממשק. המושג **ניטור מעקב (surveillance monitoring)** משמעותו במאמר זה, ניטור שאינו מונחה על ידי היפותזות א-פריוריות והמודלים המקבילים להן.

ההצדקה הרווחת ל**ניטור מעקב** היא כי השגת מידע רב לגבי מערכת מסוימת תתרום בוודאי לממשק המערכת. למרות שהנחה זו נכונה במידה מסוימת, היא לא מתייחסת לגורמים מרכזיים הקובעים את יעילות הניטור. כפי ש-Platt טען, קצב הלמידה יכול לגדול על ידי מיקוד המחקר המדעי בעזרת בחינת היפותזות, או מאמינים כי האפקטיביות של שמירת טבע יכולה לגדול משמעותית על ידי מיקוד מאמצי הניטור במידע החיוני הדרוש לשמירת הטבע.

ניטור עבור שמירת טבע אקטיבית

שמירת טבע השתרשה בתאורית קבלת ההחלטות כתהליך פעיל של קבלת החלטות על מנת להשיג מטרות, והיא חולקת בסיס אינטלקטואלי עם תחומי מדע אחרים^{2,3}. מרכיבים הכרחיים במסגרת לקבלת החלטות נכונות כוללים מטרות, פעילות ממשקית פוטנציאלית, מודלים של תגובת מערכת לפעולות ממשק, מדדי בטחון של המודלים, ותוכנית ניטור המספקת הערכות של מצב המערכת⁴⁻⁶. ישנן כמה גישות לקבלת החלטות מובנית וממשק

המבוסס על מידע (informed management). אנו נתמקד כאן ב'**ממשק אדפטיבי (adaptive management)** מאחר והוא נבנה מתוך מטרה להתמודד ספציפית עם האי-וודאות המאפיינת את רוב הבעיות בשמירת טבע⁶⁻⁸. ממשק אדפטיבי הינו תהליך החוזר על עצמו אשר משלב ניטור באופן ישייר.

התפקידים של הרכיבים השונים של תהליך **קבלת החלטות מבוססות** מוגדרות בבירור בממשק האדפטיבי. הניטור בנוי משלושה שלבים עיקריים: בשלב הראשון מתייחסים למדדים של מצב המערכת **בניתוח ההחלטות (decision analysis)** בכדי לגבש החלטות הקשורות במצב המערכת. בשלב השני, מצב המערכת הוא לרוב מרכיב של **פונקציית המטרה (objective function)** המתארת האופן כמותי את מטרת הממשק. מדדי מצב המערכת נחוצים בשלב זה על מנת להעריך את ההתקדמות לעבר המטרה (המתוארת כמותית). לבסוף, צריך מדדים של מצב המערכת ואולי גם של משתנים אחרים (לדוגמה קצב החיוניות - vital rate) על מנת להשוות את המצב הקיים כנגד פרדיקציות אשר יוצרו על-ידי מודל המערכת או ההיפותיזות אשר הועלו בטרם הניטור. השוואה זו מהווה את השלב המדעי בממשק אדפטיבי.

הבנת תפקידי הניטור בתהליך שמירת טבע המבוסס על מידע עוזרת לעצב את מבנה תכנית הניטור. תכנית הניטור לא נאספים מתוך מטרה כללית של איסוף לשם איסוף וצפיה כי בשלב כלשהו הם יהיו שימושיים לשמירת טבע. במקום זאת, הניטור מבוסס על היפותיזות ונדרש לגיבוש החלטות בנוגע לשמירת טבע.

ניטור עבור המדע

במצבים מסוימים, נדרש ניטור של מערכות ביולוגיות לפני הממשק האקטיבי על מנת לשפר את ההבנה הביולוגית שעליה הממשק מבוסס. במקרים אלו מטרת הניטור אינן בהכרח קשורות בקבלת החלטות שהינן תלויות במצב המערכת או אינן מכוונות להערכת מידת השגת מטרות שמירת הטבע. במקרה זה, מטרות הניטור מכוונות להערכת מצב המערכת ותכונות אחרות של המערכת באופן שניתן להשוות מול פרדיקציות הנובעות ממודל המערכת או היפותיזות על תפקוד המערכת. המטרה העיקרית במקרה זה היא הבנת המערכת ולמידתה.

בדיוק כפי שטען Platt, מידע מניסויים המאפשרים בחינת היפותזות ואיפיון המערכת, גם אנו טוענים שתוכניות ניטור צריכות לאבחנה בין היפותזות לגבי השפעת משתני סביבה ומשתנים אחרים שניתן לשנותם בשמירת טבע אקטיבית. יעילות הניטור שנערך לשם הכנת תוכניות לשמירת טבע אקטיבית צריכה להיות מוערכת באותו אופן בו מוערכים מסמך מדעיים, כאשר ההבדל היחיד הוא טבען של ההיפותזות הנבחנות (אלו שפוטנציאליות יבחנו תהליכים הנובעים משמירת טבע). ההצהרה של Platt הינה רלוונטית במיוחד לניטור אקולוגי: "ביולוגיה, עם הידע העצום בפירוטה ובמורכבותה הינה תחום '**אינפורמטיבי ביותר**' (high-information) כאשר שנים ועשורים יכולים להתבזבז על הסוג הרגיל של תצפיות וניסויים בעלי '**אינפורמציה ירודה**' (low-information), אם אין בכונת המדען לחשוב מראש מהו הניסוי שיהיה הכי חשוב ובעל מסקנות ברורות". ההמלצה שלנו היא פשוט

מגמה. כמו כן, המבחנים הסטטיסטיים המקובלים אינם מספקים בהכרח אינפורמציה או הנחיה לגבי הקשר בין בחירה נכונה של פעולות הממשק כתגובה לדפוס מסויים אשר נמצא לאחר המבחן הסטטיסטי של הנתונים.

ההתייחסות לקבלת החלטות ממשקיות הינה יעילה יותר כאשר היא מנותחת לא באופן סטטיסטי אלא בניתוח מקובל בעיה בקבלת החלטות, המותנה במטרות שמירת הטבע ובסך של פעולות אלטרנטיביות⁶. קבלת החלטות מובנית בזאכ מובילה להחלטות שהינן תלויות במצב המערכת ודורשות הערכות תקופתיות של שפע (לעומת רק מגמתיות). גם אם קבלת ההחלטות מבוססת על סטטיסטיקה של מגמה שנתית, אין זה סביר שגישת ניטור המעקב על-פי שני שלבים המוזכרים (כלומר המתנה עד לזיהוי מגמה שלילית מובהקת ותגובה בפעולה) תהיה אופטימלית. שימוש במבחנים סטטיסטיים לבחינת ירידה בשפע אוכלוסיות כגורם מאתחל של פעולות ממשק, מכניס שרירותיות וסובייקטיביות לתוך תהליך קבלת ההחלטות ולכן מוביל להחלטות שאינן אופטימליות.

פערי זמנים

התנגדות שנייה למעקב ניטור מתייחסת לעיכוב בזמן בגישת השני שלבים לשמירת טבע. כאשר מתייחסים לזיהוי מגמה בהקשר של בחינת היפותזות, זיהוי ירידה מובהק דורש לרוב מעקב בן מספר שנים¹⁰. ניטור מעקב דורש איסוף של מידע רב לשם קבלת החלטות, במקום זאת יש להכניס את מסגרת הניטור בהקשר של קבלת החלטות שלוקחות בחשבון את האי ודאות בהערכת מצבי מערכת⁶. עיכובים הנגרמים מכך יכולים להוביל לשינויים קריטיים בהסתברויות הכחדה, עם השלכות פוטנציאליות עגומות על שמירת הטבע¹⁰⁻¹². על ידי התייחסות להחלטות ממשקיות כאל בעיות של ניתוח החלטות ולא כבחינת היפותזות, תכניות שימור יכולות להמנע מעיכובי הזמן הלא הכרחיים.

עלויות וזמינות משאבים

ההתנגדות השלישית שלנו לגישת שני השלבים של ניטור מעקב הינה נוגעת בעלויות הניטור והצורך לצלל את המשאבים שעומדים לצרכי הניטור באופן המירבי. מכיוון שתכניות ניטור מעקב אינן משולבות באופן ישיר בשמירת טבע אקטיבית, אין הן מתוכננות כך שניתן בעזרתן לבחון השערות ופרדיקציות על תגובת מערכת לפעולות ממשק. ניטור מעקב מתמקד בזיהוי או אישוש של ירידות ואין התייחסות ומעקב אחר גורמים הקריטיים שהם הסיבות לירידה, ומהווים בסיס לפתרונות ממשקיים עבור הירידה. נושאים אלו דורשים התייחסות דרך מחקרי מעקב (follow up). העלויות המשולבות של שתי הפעילויות יכולות בקלות לעלות על עלויות מאמץ הניטור אשר נבנה מלכתחילה בהתמקדות בשמירת טבע, והכולל בתוכנית הניטור מעקב אחר גורמים סיבתיים ופתרונות פוטנציאליים למגמות של ירידה.

סיבות לירידה

התנגדות אחרונה לגישת שני-השלבים קשורה בהתמקדות השלבי השני בסיבות אשר גרמו למגמת ירידה. למרות שחשוב להכיר את הסיבות, ידע זה בפני עצמו אינו בהכרח נחוץ לממשק. הנושא המרכזי לממשק אינו הסיבה לירידה אלא מהו הפיתרון היעיל ביותר עבורה. בחלק מהמקרים, אך לא בכלם, זיהוי הסיבה יכול לעזור למצוא פתרונות פוטנציאליים, אך בסופו של דבר הפתרון הינו עיקר הממשק. לכן תוכניות שמירת טבע אקטיביות כגון ממשק אדפטיבי מערבות פרדיקציות לגבי אילו פעולות סבירות ניתן לנקוט על מנת להפוך את מגמת הירידה אך לא בהכרח תכלול בהן הסיבה/סיבות

לתכנן את הניטור באופן שיהיה שימושי גם למדע וגם לשמירת טבע ככל שניתן.

ניטור מעקב (surveillance monitoring)

במפתיע, ניטור עבור קבלת החלטות או ניטור מדע אינם נפוצים בשמירת טבע. במקום זאת, ננקטת גישת ניטור כוללת בה עורכים מעקב כוללני על אוכלוסיות וחברות ביולוגיות⁹. ניטור מעקב לרוב מאופיין ככוללני בשל השימוש הפוטנציאלי שבנתוניו למטרות שונות, ואופן ההכללה של מינים ומקומות שונים. אולם ההתמקדות במינים רבים ובשטחים גדולים אינה מה שמייחד את ניטור המעקב לעומת ניטור ממוקד: היפותזות מוכוונות הממשק הן המנחות את מאמצי הניטור בניטור ממוקד לעומת ניטור מעקב. בתוכנית ניטור הפיזור במרחב וכן מאמץ הדיגום, השיטות, כלן נבנות על פי התאוריה וההיפותזות שעליהן מבוססת תכנית הניטור, ללא קשר ישיר למימדי סקאלת הדיגום. אם נכשלים בבניית התכנית כך שתתווך ישירות לבחון תיאוריות וההיפותזות אזי ניטור ככלל, וניטור המעקב באופן מיוחד, אינו מנצל את הערך של ניטור על-סמך היפותזות התורם לרלוונטיות וליעילות של מאמצי הניטור.

ההצדקות לבניית ניטור מעקב יכול טוענות כי הניטור מספק מידע על המערכת המנוטרת, וריבוי מידע הוא גורם חשוב בשמירת טבע. במספר תוכניות⁹, נקבעו מטרות חדשות אשר הביאו להתמקדות במעקב אחר מצבי המערכת, ולא יבחינו המגמות בירידה בשפע המינים. זיהוי הירידה נחשב לגורם מכונן בקביעת תוכניות לשמירת טבע אקטיבית, וכמנגנון לקביעת סדרי עדיפויות בשמירת הטבע. הגישה הזו בשמירת טבע שונה באופן מאוד מהותי מגישת הניטור הממוקד. כאן אנו מביאים ביקורת על ניטור מעקב, הצתמקדת בשתי נקודות. ראשית, אין אנו מציעים כי כל התכניות הקיימות של ניטור מעקב צריכות להיגנז. במקרים מסויימים נחוצה רק הקצאה מחדש של מאמץ הניטור בתכנית ניטור קיימת. לעומת זאת, אנו רואים בהמלצותינו כרלוונטיות ביותר בביסוס תכניות ניטור חדשות. שנית, אנו מכירים בכך שניטור מעקב יכול לספק מידע שימושי למטרות שמירת טבע. עם זאת, הנושא החשוב ביותר הינו יעילות, כלומר האם הגישה מספקת את המידע המרבי הנדרש לשמירת טבע יעילה בהינתן משאבים מוגבלים לצרכי ניטור.

הביקורת על ניטור המעקב (surveillance monitoring)

ניטור מעקב בשמירת טבע הוא על-פי רוב תהליך דו-שלבי. ראשית, ירידות בגודל אוכלוסיה מזוהות על ידי מבחנים סטטיסטיים (הבוחנים היפותיזת אפס הטוענת כי אין ירידה מובהקת בגודל האוכלוסיה). לאחר זיהוי סטטיסטי של הירידה, ישנן בדכ שתי פעולות מומלצות: האחת הינה לאתחל תהליך שמירת טבע אקטיבי באופן מיידי, והשנייה הינה לבנות מערך מחקרי על מנת להבין את גורם הירידה, כאשר לאחריו תחל שמירת טבע אקטיבית. זיהוי הירידה באוכלוסייה בשני המקרים מהווה את הגורם המכונן שבעקבותיו תחלנה פעולות ממשקיות. אנו מאמינים שגישה זו של ניטור לרוב אינה יעילה.

בחינת היפותזות בעזרת סטטיסטיקה

ההתנגדות הראשונה שלנו נוגעת בשימוש הלא נכון במתודולוגיה של בחינת היפותזות באופן סטטיסטי. בחינה סטטיסטית יעילה ביותר בהקשר ניסויי של בניית היפותזות ובחינתן, ופחות יעילה בקביעת משטר של פעילות ממשקית. בניטור מעקב, בחינה סטטיסטית נחוצה בכדי לאתר את מגמת הירידה בשפע, בהשוואה למודל שלנו על תפקוד המערכת (מודל המניח כי במערכת קימות ירידות כחלק מן השונות הטבעית לעומת מודל המניח כי אין ירידות בשפע במערכת הנבחנת). לפעמים, בשל מתוך כוחם הסטטיסטי המוגבל של המבחנים הקיימים, מתקבלת השערת האפס של חוסר

של מינים. בשני המקרים, אין זה אפשרי לנטר בצורה אפקטיבית את כל המינים הביולוגיים בכל מקום שהם קיימים, ובחירה כלשהיא של אזורי עניין דרושה תמיד, לשם בניית תוכנית ניטור טובה.

אזהרות

ההיבט הקשה ביותר בהמלצותינו הינו פיתוח היפותזות מפורטות ומודלים החוזים את תגובות מערכת לפעולות ממשק. היפותזות לגבי דינמיקה של אוכלוסיות וחברות ביולוגיות עשויים להיות מסובכים יותר מההיפותזות של Platt¹¹ התייחס אליהן. היפותזות לגבי תגובות של חברות ואקוסיסטמות ישלבו בדרך כלל אינטראקציות רבות ופיתוחן יהיה קשה במיוחד. אפילו באוכלוסייה בודדת, קבלת היפותזה אחת ולא אחרת יהיה תלוי בהקשר האקולוגי¹⁸. עם זאת, הקושי הפוטנציאלי הקשור למורכבות המערכת לא פוטרים אותנו מהצורך לפתח היפותזות ומודלים מקבילים. היכולת לפתח פרדיקציות לגבי תגובות מערכת לפעולות ממשק אינה נתונה לבחירה בהקשר לקבלת החלטות, ובעיות אקולוגיות עכשוויות אינן מאפשרות לנו את המותרות של דחיית שמירת הטבע ופעולות הממשק עד לזמן העתידי בו נהיה בטוחים בפיתוחו של המודל. אכן, אם נתחיל תהליך ממשקי עם סט של מודלים שאינם מכילים פרדיקטור (Predictor) טוב, ממשק המבוסס על מידע המתקבל מן הניטור, יאפשר לשפר את המודלים ולפתח מודלים חדשים למערכת הנבחרת.

במספר אזורים בעולם, המחקר אקולוגי מאוד מוגבל ולכן יש קושי בפיתוח היפותזות ומודלים. במצבים כעין אלו, איסוף של מידע התחלתי בעזרת ניטור מעקב יהיה מוצדק כאמצעי לפיתוח היפותזות בסיסיות לגבי התנהגות המערכת. עם זאת, אפילו במצבים בהם המחקר האקולוגי היה מוגבל, עדיין ראוי לשקול שימוש בניטור ממוקד¹⁹. למעשה, בהעדר ניטור התחלתי נרחב, היפותזות המבוססות על תאוריות אקולוגיות, הוכחו כשימושיות בבניית תוכניות ניטור ושימור. לדוגמה, העקרונות הבסיסיים של יחסי טורף-נטרף הובילו להיפותזה הטוענת כי צפיפות הנמר *Pantera tigris* נקבעת בעיקר על פי צפיפות מיני הטרף. תכנית ניטור מרחבית של צפיפויות הנמר והטרף ברחבי הודו סיפקו ראיות התומכות בפרדיקציות הספציפיות²⁰. עבודה זו הובילה ישירות למאמצי שימור גדולים באזורים נבחרים אשר יועדו להגדלת צפיפות הטרף (לדוגמה דרך פעילות של צמחום הצייד²¹). כמו כן, תוכנית ממוקדת זו הוותה בסיס לתוכניות ניטור נוספות אשר מטרתן לעקוב אחר מאמצי שימור אלו.

מסקנות

אם ניטור מעקב מהווה שימוש לא יעיל למימון המצומצם הקיים לצרכי שמירת טבע, הוא יכול לחזק דחיית מידע (behavior displacement) הגברת תגובות לא רלוונטיות – מושג מעולם הפסיכולוגיה) פוליטית ואינטלקטואלית²². מוכרות הצהרות ב'מחקר נוסף', אשר הינן למעשה טקטיקת דחייה, כאשר פעולות קריטיות מעוכבות מסיבות רבות שאינן קשורות לצורך במידע נוסף. מנקודת מבט פחות צינית, הרבה יותר קל לעכב החלטה קשה מסיבות של חוסר מידע וידע מאשר להתחיל תהליכי קבלת החלטות מבוססי ידע. פיתוח א-פריורי של היפותזות ומודלים קשורים הינו מאתגר מבחינה אינטלקטואלית ולרוב דורש הרבה זמן ומאמץ^{23,24}. הרבה יותר קל להקים תוכניות ניטור מעקב המבוססות על צורך ידוע במידע התחלתי נוסף ובכך לדחות את התהליך המחשבתי שמושקע בבניית היפותזות וניתוחן. אנו מקווים כי הדגש על תוכניות ניטור ממוקדות יקטין תופעות של behavior displacement ואת טקטיקות הדחייה המכוונות, ובאותו הזמן יגדיל את תשומת הלב למדע ותרומתו לתחום שמירת הטבע.

לירידה. הן כן מתייחסות למטרה היעילה ביותר בהתאם למטרות הממשק.

ניטור מעקב: טיעוני נגד ומענות

תומכי ניטור מעקב לעיתים מדגישים את השימוש בהערכות של מגמתיות לצרכי תכנון והגדרות סדרי עדיפויות כאשר משתמשים בזיהוי הירידות המתועדות דרך הניטור על מנת לקבוע סדרי עדיפויות של פעולות התגובה¹³. עם זאת, ירידות משמעותיות מזהות לעיתים ממקורות אשר אינם ניטור המעקב. עובדתית, ניטור מעקב בדרך כלל מספק מידע ירוד לגבי מינים שאינם נפוצים או לחילופין מינים שופעים, ואילו דוקא המינים אשר נחוץ להתייחס אליהם בעדיפות מאוד גבוהה בשמירת טבע. לדוגמה, ה-US Federal Register (www.gpoaccess.gov) מספק דוגמאות עדכניות שבהן תוצאות של תוכניות ניטור מעקב נבחנו, אך לא נמצא בהם שימוש רב לגבי קביעת מינים כמינים בסכנת הכחדה¹⁴. היסטורית, תוכניות ניטור ממוקדות פותחו עבור מינים אלו על מנת להתמקד בצורה יעילה יותר בסוגיות שימור ספציפיות.

תוכניות ניטור מעקב הינן בלתי הולמות לא רק בקביעת סדרי עדיפויות המבוססים על מגמות, אלא השימוש במגמות עצמן בתור מנגנון לקביעת סדרי עדיפויות גם הוא מוטל בספק. מטרת שמירת טבע הן מטרת משולבת ולכן ישנה חשיבות שונה עבור מינים שונים (כלומר סדרי עדיפויות), כאשר סדר העדיפות נקבע לא רק על סמך מגמות בדינמיקה של המינים, אלא על סמך חשיבות טקסונומית, אנדמיות, טווח גאוגרפי, תועלת כלכלית או/גורמים נוספים⁹. למעשה, שעור הירידה בשפע המינים נכלל בתהליך השימור דרך החלטות הנעשות על ממשק מצב המערכת ואין צורך לכלול אותו באופן ישיר כחלק מן המטרות המרכזיות. בנוסף, עד היום זוהו בעיות שימור רבות כל-כך שההגיון אומר שיש להקדיש משאבי שימור עיקריים לפתרונן ולא לקביעת סדר עדיפות.

תומכי ניטור מעקב מדגישים את הפוטנציאל של ניטור המעקב בזיהוי בעיות לא צפויות בהתבסס על ההנחה כי הגישה כוללת ואינה ממוקדת ועל-כן יתכן והינה מותאמת מראש לאירועים בלתי צפויים. אין ספק שהסטורית, תוכניות ניטור מעקב היו בעלות ערך רב בזיהוי ירידות בלתי צפויות כדוגמת מיני הציפורים באדמות מעובדות בבריטניה¹⁵. אולם, אין תוכנית ניטור, בין אם ממוקדת או כוללת, אשר יכולה להבטיח תיעוד עקבי של אירועים בלתי צפויים. יתר על כן, ניתן לטעון כי המספר הרב של סוגיות השימור הקיימות ביחד עם כמות המשאבים המוגבלת, עומדים בסתירה לבניית תוכניות ניטור רק לשם זיהוי בעיות בלתי צפויות, אפילו אם היה ברור כיצד ניתן לבצע זאת. זיהוי ירידות בלתי צפויות הינו תוצר לוואי של תוכניות ניטור ממוקדות אשר פותחו כרכיבים בתוך תהליך ממשקי ספציפי. לדוגמה ירידות במין הברווז *Anas acuta* בצפון אמריקה במהלך שנות ה-70 וה-80 זוהו בבירור על ידי סקר אוכלוסיות רבייה ובתי גידול של עופות מים¹⁶. למרות זאת, זיהוי בעיה בלתי צפויה היה תוצר משנה של סקר שפותח על מנת להרחיב את המידע עבור החלטות ממשקיות שונות. באותו אופן, תוכניות ניטור אשר נועדו לבחון היפותזות או מודלים של המערכת, אינן צריכות להיות עיוורות לתהליכי דינמיקה שהם מעבר לתחום של אותם מודלים או היפותזות.

לבסוף, התומכים רואים בניטור מעקב כיעיל מבחינה כספית כיוון שהגישה כוללת לרוב מספר גדול של מינים המתפרש על שטחים גאוגרפיים נרחבים, ומבקרים את הגישה הממוקדת בניטור כצרה וממוקדת יתר על המידה. ראייה זו משקפת חוסר ההבנה לגבי ניטור ממוקד, שכן גם ניטור ממוקד יכול לכלול שטחים נרחבים וקבוצות

הגישה של ניטור ממוקד שהוצגה פה מסמלת פאראדיגמה שונה, וגישה יעילה יותר לניטור. ניטור משאבים ביולוגיים על-פי דרכנו, מהווה מרכיב עיקרי בשימור אקטיבי ו/או מדע של שמירת טבע, והוא אינו פעילות העומדת בפני עצמה, אלא פעילות אשר המבנה שלה והמיקוד שלה נובעים מתוך תהליך שימור גדול יותר. זאת על מנת להבטיח ניצול מקסימלי של המידע המתקבל. בעיתות בהן המימון לצרכי שימור מוגבל בעוד צרכי השימור הינם כמעט אינסופיים, אנו רואים בשימוש יעיל במאמצי הניטור כהכרח לשמירת טבע מוצלחת.

נסכם בהצהרה של Platt¹: "...במספר תחומים שאנו קוראים להם מדע, התרגלנו לאהוב את דרכינו הטבעיות ואת מחקרנו שיכולים להמשיך עד אין סוף. אנו מודדים, מגדירים, מחשבים, מנתחים, אך אנו לא בוררים. זאת אינה הדרך להשתמש במוחינו בצורה היעילה ביותר, או להתקדם במהירות על מנת לפתור בעיות מדעיות. גם בתחום שמירת הטבע אנו יצורים של הרגל, ואנו מדגישים שימושים היסטוריים בנתונים בתור סיבות לתמוך בתפעול של תוכניות ניטור מעקב או על מנת ליצור תוכניות חדשות כאלו. תגובת הציבור לתוכניות מתמשכות כגון אלו, מתבטאת בכך שהציבור במדינות רבות רואה במדע סיפור שאינו נגמר ובעל קשר נמוך לבעיות מציאותיות.

References

- Platt, J.R. (1964) Strong inference. *Science* 146, 347–353
- Bellman, R. (1957) *Dynamic Programming*. Princeton University Press
- Puterman, M.L. (1994) *Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming*. John Wiley & Sons
- Johnson, F.A. et al. (1993) Developing an adaptive management strategy for harvesting waterfowl in North America. *Trans. N. Am. Wildl. Nat. Resour. Conf.* 58, 565–583
- Kendall, W.L. (2001) Using models to facilitate complex decisions. In *Modeling in Natural Resource Management* (Shenk, T.M. and Franklin, A.B., eds), pp. 147–170, Island Press
- Williams, B.K. et al. (2002) *Analysis and Management of Animal Populations*. Academic Press
- Walters, C.J. (1986) *Adaptive Management of Renewable Resources*. MacMillan
- Williams, B.K. (1996) Adaptive optimization and the harvest of biological populations. *Math. Biosci.* 136, 1–20
- Yoccoz, N.G. et al. (2001) Monitoring of biological diversity in space and time. *Trends Ecol. Evol.* 16, 446–453
- Maxwell, D. and Jennings, S. (2005) Power of monitoring programmes to detect decline and recovery of rare and vulnerable fish. *J. Appl. Ecol.* 42, 25–37
- Green, R.E. and Hirons, G.J.M. (1991) The relevance of population studies to the conservation of threatened birds. In *Bird Population Studies: Their Relevance to Conservation and Management* (Perrins, C.M. et al., eds), pp. 594–633, Oxford University Press
- Staples, D.F. et al. (2005) Risk-based viable population monitoring. *Conserv. Biol.* 19, 1908–1916
- Carter, M.F. et al. (2000) Setting conservation priorities for landbirds in the United States: the Partners in Flight approach. In *Strategies for Bird Conservation: The Partners in Flight Planning Process. Proceedings RMRS-P-16* (Bonney, R. et al., eds), pp. 26–31, Rocky Mt. Research Station, USDA Forest Services
- Sauer, J.R. et al. (2005) Using the North American Breeding Bird Survey as a tool for conservation: a critique of Bart et al. (2004). *J. Wildl. Manage.* 69, 1321–1326
- Siriwardena, G.M. et al. (1998) Trends in the abundance of farmland birds: a quantitative comparison of smoothed Common Birds Census indices. *J. Appl. Ecol.* 35, 24–43
- Wilkins, K.A. et al. (2006) *Trends in Duck Breeding Populations, 1955–2006*. US Department of the Interior
- Manley, P.N. et al. (2004) Evaluation of a multiple-species approach to monitoring species at the ecoregional scale. *Ecol. Appl.* 14, 296–310
- Lambin, X. et al. (2006) Vole population cycles in northern and southern Europe: is there a need for different explanations for single pattern? *J. Anim. Ecol.* 75, 340–349
- Yoccoz, N.G. et al. (2003) Monitoring of biological diversity – a response to Danielson et al. *Oryx* 37, 410
- Karanth, K.U. et al. (2004) Tigers and their prey: predicting carnivore densities from prey abundance. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 101, 4854–4858
- Dalton, R. (2006) Doing conservation by the numbers. *Nature* 442, 12
- Nichols, J.D. (2000) Monitoring is not enough: on the need for a model-based approach to migratory bird management. In *Strategies for Bird Conservation: The Partners in Flight Planning Process. Proceedings RMRS-P-16* (Bonney, R. et al., eds), pp. 121–123, Rocky Mt. Research Station, USDA Forest Services
- Johnson, F.A. et al. (1997) Uncertainty and the management of mallard harvests. *J. Wildl. Manage.* 61, 202–216
- Nicholson, A.J. (1955) An outline of the dynamics of animal populations. *Aust. J. Zool.* 2, 9–65
- Conroy, M.J. and Moore, C.T. (2001) Simulation models and optimal decision making in natural resource management. In *Modeling in Natural Resource Management: Development, Interpretation, and Application* (Shenk, T.M. and Franklin, A.B., eds), pp. 91–104, Island Press
- Hilborn, R. and Mangel, M. (1997) *The Ecological Detective. Confronting Models With Data*. Princeton University Press
- Nichols, J.D. et al. (1995) Managing North American waterfowl in the face of uncertainty. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 26, 177–199
- US Fish and Wildlife Service (2005) *Adaptive Harvest Management: 2005 Hunting Season*. US Department of the Interior
- Fisher, R.A. (1947) *The Design of Experiments*. (4th edn), Hafner
- Skalski, J.R. and Robson, D.S. (1992) *Techniques for Wildlife Investigations*. Academic Press
- Pirsig, R.M. (1974) *Zen and the Art of Motorcycle Maintenance*. Bantam Books
- Romesburg, H.C. (1981) Wildlife science: gaining reliable knowledge. *J. Wildl. Manage.* 45, 293–313

Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring

David B. Lindenmayer and Gene E. Likens. 2009
Trends in Ecology & Evolution 24, 9:482-486

ניטור אדפטיבי: פרדיגמה חדשה למחקר וניטור ארוכי טווח

ישנם הרבה גורמים שמערערים את האמינות של תכניות מחקר וניטור ארוכות טווח. כאן אנו מתמצתים את שלושת הגורמים העיקריים. 1. התכניות הונעו על ידי הזדמנות תקציבית קצרת-טווח או על-ידי מניעים פוליטיים שונים ולא על פי הצגת שאלות ומטרות [22]. [23] Roberts טען כי פעמים רבות ניטור היה מתוכנן בגישה הפוכה, כלומר: אסוף עכשיו (נתונים), חשוב אחר כך (על שאלה מועילה). שתי דוגמאות לכך הינן 'תכנית ניטור מגוון מינים של אלברטה' [24] ותכנית ניטור מגוון מינים של דרום מזרח קווינסלנד באוסטרליה [25].

2. בעיה נוספת (הקשורה לראשונה) הייתה שתכניות ניטור ומחקר ארוכות טווח היו לא נבנו כראוי מלכתחילה. למרות שתכנון טוב הוא במהותו תהליך סטטיסטי, סטטיסטיקאים מקצועיים לרוב נשארים מחוץ לתמונה בתוכניות הניטור בשלב של תכנון הניסוי. לכן סוגיות מרכזיות בסטטיסטיקה ככח סטטיסטי המכוונות לזהות מגמות או את השפעת טיפולי הממשק, אינן זוכות למענה.

3. סוגייה שלישית – לפני בניית תוכניות מחקר וניטור ארוכות טווח ישנם דיונים ארוכים (ולעיתים בלתי פתורים) לגבי מה לנטר. תגובה אחת היא לנטר מספר רב של גורמים או פרמטרים אולם ביצוע גישה זו מוגבל על ידי משאבים. תגובה אלטרנטיבית טענה כי מין או קבוצה של אינדיקטורים צריכים להיות המטרה של תכנית הניטור. סקירה של תחליפי מגוון מינים ואינדיקטורים [27] הראתה שמנים רבים ואף יותר מעשרים קבוצות טקסונומיות עיקריות הוצעו כאינדיקטורים, החל מפטריות וטחביים וכלה בחסרי חוליות וקבוצות מרכזיות של חולייתנים. אבל, מעולם לא נעשה כימות של היחסים שבין האינדיקטור לתופעה או לישות הנמצאת במבחן. כלומר לא ניתן לקבוע אם מין או קבוצות היוו אינדיקטורים ראויים.

לנו, מחברי המאמר, נראה כי התגובה הראויה ביותר לשאלה הנפוצה 'מה צריך להיות מנוטר?' הינה 'מה היא השאלה הקריטית?'. האסטרטגיה היעילה ביותר לניהול תכניות ניטור הינה על ידי שאלות ובכך להשיג תוצאות אקולוגיות משמעותיות. למרות שבניית שאלות היא קשה במהותה, ניהול תכניות ניטור על ידי שאלות אשר מנוסחות היטב הינו המפתח להימנע מניטור לא יעיל ובזבוז של משאבים מוגבלים.

ניטור אדפטיבי

שלושת סוגי הבעיות שצינו מרמזים כי קיימים מרכיבי מפתח שמלווים תכניות ניטור מצליחות ויעילות. תכניות אלו צריכות לכלול: (i) התייחסות לשאלות מוגדרות היטב שהינן מורכבות בפירוט לפני תחילת תכנית הניטור; (ii) יהיו מבוססות על תכנית סטטיסטית קפדנית; (iii) יהיו מבוססות על מודל קונספטואלי המתייחס לאופן התיפקוד של האקוסיסטמה או לשאלה כיצד מרכיבי האקוסיסטמה המנוטרים (לדוגמה אוכלוסייה) מתפקדים; (iv) יהיו מונעות על ידי הצורך האנושי לדעת יותר על האקוסיסטמה (לדוגמה השפעה של מזהמים או שינויים באקלים) כך שהן 'יעברו את המבחן של רלוונטיות ממשיקית' [28]. כלומר, התכנית היא שימושית בכך שהיא מסייעת לישום שיפורים בניהול של משאבי טבע.

ניטור ומחקר ארוכי טווח יכולים לספק תובנות אקולוגיות חשובות והם יכולים להוות גורם מכריע בשיפור הניהול¹⁸ של אקוסיסטמות ומשאבים טבעיים. עם זאת, מחקרים ארוכי טווח רבים ותכניות ניטור הם לא אפקטיביים או שהם נגמרים בכישלון מר כתוצאה מתכנון גרוע או היעדר מיקוד. במאמר זה אנו מציעים פרדיגמה של ניטור אדפטיבי אשר מתיימר לפתור חלק גדול מהבעיות אשר נתקלו בהן בניסיונות קודמים שנועדו לבסס מחקר וניטור ארוכי טווח. הפרדיגמה מונעת על ידי שאלות פשוטות, תכנית סטטיסטית נוקשה, מודל קונספטואלי של האקוסיסטמה או של כל ישות אחרת נחקרת, וצורך אנושי בסיסי להבין את השינויים החלים באקוסיסטמה. מסגרת של ניטור אדפטיבי מאפשרת לתכניות ניטור להתפתח דרך היזון חוזר כאשר נאסף מידע חדש ואז משתנות שאלות המחקר והניטור.

מדוע יש צורך במחקר אקולוגי וניטור ארוכי טווח

אקולוגים ומנהלים של משאבים טבעיים מכירים בחשיבות של מחקר ארוך טווח אשר לרוב מורכבים גם מניטור, הנועד לשפר את ההבנה והניהול של מערכות אקולוגיות מורכבות. נתונים ארוכי טווח חשובים מכמה סיבות הכוללות את אפשרות הערכת התגובה להפרעות טבעיות כדוגמת שינוי אקלימי או מניפולציות ניסיוניות, זאת בהינתן בסיס התחלתי על מנת להעריך את השינויים. או בכדי לזהות שינויים לעשות במבנה ותפקוד האקוסיסטמה הנובעות מהתערבות ממשקית.

מספר רב של מאמרים מדעיים, תכניות ממשק ומסמכים אחרים נכתבו על הצורך לבצע מחקר וניטור ארוכי טווח (לדוגמה [11-1]). למרות שהיו כמה תכניות מוצלחות של מחקר וניטור ארוכי טווח (לדוגמה [12-16]; 1), ישנה היסטוריה ארוכה ועגומה של תכניות מתוכננות בצורה לקויה ולא ממוקדת שהיו לא יעילות או כשלונו גמור [17-19].

כאן אנו מתארים בקצרה חלק מן הליקויים במחקר וניטור ארוכי טווח. לאחר מכן, אנו מציעים פרדיגמה חדשה, ניטור אדפטיבי, בהסתמך על הניסיון אשר הצטבר לאורך 70 שנים בהקמת תכניות ניטור של משאבים טבעיים, זאת על מנת לפתור חלק מהבעיות שעומדות מאחורי התכנון הלקוי וחוסר המיקוד של תוכניות הניטור.

בעיות במחקר וניטור ארוכי טווח

לתכניות ניטור יש לעיתים קרובות שם רע [10] ורבות מהן אף נכשלות. Norton [18] תיאר כיצד כמעט מחצית מתכניות הניטור בני זילנדלא דיווחו על נתונין, מה שמצביע על הכישלון. חלק מחברי הקהילה המדעית רואים בניטור פעילות ניהולית שאינה קשורה למחקר מדע (לדוגמה [20]). למרות זאת, כותבים אחרים רבים, כולל כותבי מאמר זה, טוענים כי ניטור מתוכנן היטב אשר מבוצע בצורה טובה הינו רכיב חשוב של תכניות מחקר ארוכות טווח ויכול להיות מאוד שימושי למנהלי משאבי טבע ומקבלי החלטות [8,10,21]. כפי שנדון בהמשך, המאפיינים של מדע טוב, ובכך מחקר טוב הם לעיתים אותם מאפיינים של ניטור טוב וניהול סביבה נכון.

בינו באופן מקיף את הבעיות העומדות בפני מקבלי ההחלטות ומנהלי משאבי טבע ואשר דורשות התייחסות על ידי ניטור ומחקר ארוכי טווח [82]. מדענים גם לא יהיו מזדמנים באופן מלא לאופציות מדיניות ולמגוון ההתערבויות הממשקיות הזמינות לבחינה וניטור באקוסיסטמה מסוימת [12]. לכן, ללא הדרכה ויעוץ, מדענים יכולים ליישם תכניות ניטור ומחקר ארוכות טווח שבנויות על שאלות אשר מספקות ערך מוגבל למידע על פעילויות ממשיק ספציפיות. בנוסף לכך, למרות שהשאלות הן המטרה, לא כולן תהינה מועילות למנהלים. ייעוץ סטטיסטי מקצועי הינו חיוני על מנת להבטיח כי ניתן לפתח מבנה ניסוי הולם על מנת לענות בקפדנות לשאלות הנבנו על ידי המדענים, מקבלי ההחלטות ומנהלי משאבי הטבע.

ישנן כיום גישות ליצירת שיתוף הפעולה, אשר פותחו בכדי לאפשר עבודה משותפת בקבוצות בעלות עניין שונה [32,33] והן מתמקדות בבניית שאלות הולמות לשיפור ניהול משאבי הטבע [53,43]. תכניות ניטור אשר פותחו בעזרת שותפות יכולות להוביל לזיהוי בעיות סביבתיות חשובות ובכך יכולות להיות שימושיות למנהלי משאבי טבע ומקבלי החלטות. ישנן מספר דוגמאות: זיהוי גשם חומצי בצפון אמריקה [63], שינויים ארוכי טווח בפחמן דו חמצני הקשור להתחממות גלובלית [73] והתגובה של מערכות אגמים להתערבות שנועדה לצמצם איתורפיקציה [83].

דוגמה לניטור אדפטיבי

כאן נביא דוגמאות קצרות כיצד ניטור אדפטיבי הוא אופרטיבי: 1. בניית מפעל לטיפול במי שפכים לצורך הפחתת רמת הזרחן באגם בצפון אמריקה וצמצום העשרה בנוטרינטים (אאוטרופיקציה), בתחילת התערבות ממשקית בוסס ניטור ארוך טווח העוקב אחר מגוון ויצרנות הפיטופלנקטון והרכבם הכימי של המים. לאחר עשור, התברר כי כתוצאה משינויי אקלים ישנה לתהליכי ההרבדה הטורמית ולכן חשוב לנטר גם את תהליך כיסוי פני האגם בקרח. זאת בכדי להעריך את קצב ההתאוששות מתהליכי אאוטרופיקציה. על מנת להטמיע גורם חדש בתוכנית הניטור ולצור תיאום מחודש בתוכנית נדרש: (i) לבחון כיצד הפרמטרים החדשים מוטמעים במודל הקונספטואלי המתאר את המערכת ואת הבעיות הסביבתיות שלה (ii) לבחון אילו שאלות חדשות יש להעלות בואילו מדדים חדשים יש להשתמש. למשל שאלה חדשה יכולה להיות 'האם יש השפעה לעליית הטמפרטורה על דגמי זרימת מים ויצרנות של אצות באגם?' (iii) לבחון את דגם הניטור החדש ואת השיטות הסטטיסטיות לניתוחו (vi) לבחון ניתן לשמור על שלמות בסיס הנתונים ארוך הטווח בהנתן לשאלות אשר נוספו או לפרוטוקולים לניטור אשר נוספו. למשל, דרישה זו אומרת כי יש לנקוט צעדים זהירים לוודא ששיטות דגימה חדשות ולכילן כנגד שיטות הדגימה הישנות [93].

דוגמה זו מתמצתת בקצרה את גישת הניטור האדפטיבי אשר ננקטה בתוכנית המוזכרת לעיל. עם זאת ניתן ליישם את הפרדיגמה בקלות גם במצבים אחרים מסוגים שונים כאשר מטרת הממשק הינן רחבות ומורכבות. למשל, בפברואר 9002 פרצו שריפות ענק בדרום מזרח אוסטרליה אשר כילו אזורים נרחבים של יער לתעשיית העץ, וכן אזורים מוגנים, כלם נחקרו ונטרו כחלק מתכנית משולבת ב-52 השנים האחרונות [04]. יערות אלו הם חלק ממערכת מורכבת המעלה סוגיות רבות ומנוהלת דרך מספר מטרות ממשק. בעיקבות השריפות, הוצבו שאלות מחקר וניטור חדשות על תפקוד המערכת לאחר שריפה. השאלות פותחו בידי צוות של מנהלים ומקבלי החלטות וקובעי מדיניות. בעזרת המסגרת הרעיונית של הניטור האדפטיבי נעשה בירור קפדני של השאלות אשר ניתן לבנות להן מערכת ניטור ומחקר שאינה בסתירה למידע לבסיסי נתונים קיימים

אנו מציעים גישה חדשה לתכניות ניטור שכוללת את המאפיינים הב"ל, ואנו מאמינים כי היא רלוונטית עבור מגוון גישות ניטור החל מניטור אקוסיסטמות, וכלה בניטור מרכיבי האקוסיסטמה כגון אוכלוסיות של מינים מסוימים. אנו מגדירים את הפרדיגמה החדשה הזו 'ניטור אדפטיבי' ומראים את הצעדים העיקריים באיור 1. מסגרת הניטור האדפטיבי מונעת על ידי שאלות שהינן מוצגות בדייקנות מלכתחילה. אכן, כמו בכל מדע מוצלח, הגדרת השאלה הינה המפתח. תשומת לב מירבית צריכה להינתן לשאלות משום שאלו יכולות להוות אינדיקציה לשאלה האם באמת נחוץ מחקר וניטור ארוכי טווח. למשל, ניתן לענות על שאלות בסוגיות של אקולוגיה התנהגותית בעזרת מחקרים קצרי טווח [92].

קביעתן של מטרות ברורות ובניית שאלות באופן מסודר יעזרו לפתור חילוקי דעות לגבי מה לנטר כיוון שהן יהיו מבוססות על השאלות שנקבעו. כמו כן, קביעת המטרות תמנע דיונים העוסקים בדילמה 'האם ישות מסוימת היא אינדיקטור, כיוון שהישויות שייבחרו לניטור יהיו אלו שהינם מתאימים לענות על השאלות שנקבעו.

חלק מהותי מפרדיגמת הניטור האדפטיבי נעוצה בכך שבניית השאלות, תכנון מבנה הניסוי, איסוף הנתונים ופענוחם הינם צעדים החוזרים על עצמם באופן שנוי (איור 1). תכנית ניטור יכולה להתפתח כתגובה למידע חדש או שאלות חדשות. לדוגמה, שינוי התדירות של הניטור ואיסוף הנתונים יכול להשתנות כאשר ישויות מפתח משתנות בקצב השונה מהקצב הצפוי. גישה זו של ניטור אדפטיבי מאפשרת גם לשנות שאלות מפתח כאשר השאלות ההתחלתיות קבלו מענה, או כאשר יש צורך בהצבת שאלות חדשות, או כאשר מאמצים פרוטוקולים חדשים, (למשל עם התפתחות טכנולוגיה חדשה אשר משפרת מדידות מעבדה או מדידות שטח). יש להזהיר כי כאשר מאמצים שיטה חדשה לדיוגם או ניתוח נתונים יש להבטיח כי שלמות הנתונים ארוכי הטווח אינה נפגעת או מופרעת.

חשיבות בניית השאלות

גישה מדוקדקת לבניית שאלות וזיהוי ישויות לניטור תעזור לפיתוח של מבנה ניסוי הולם זאת בכדי לבסס את תכנית הניטור האדפטיבי. לב ליבו של מדע טוב מבוסס על הצבת שאלות טובות וכך גם ניטור ומחקר ארוכי טווח. עם זאת, לא קל לפתח שאלות טובות וכאן אנו נציג שתי דרכים לשיפור בניית שאלות.

ראשית, אנו מאמינים כי יש הכרח לפתח מודל קונספטואלי חזק של האקוסיסטמה שהינה מיועדת לניטור ומחקר ארוכי טווח. צעד זה מספק את המסגרת שסביבה יוצבו השאלות וייאספו הנתונים על מנת לענות על שאלות אלו. באיור 2 דוגמה למודל קונספטואלי שהווה בסיס רעיוני ממשגי לתכנית ניטור ומחקר ארוכת טווח ב-Hubbard Brook Experimental Forest (HBEF) [16,30]. ניטור ארוך טווח ב-HBEF מצא כי באקוסיסטמת היער היה אבדן מובהק וממשך של קטיונים בסיסיים דרך מי נהר [13]. בעזרת ההקשר של המודל הקונספטואלי (איור 2) נתאפשרה הערכה של השפעת אבדנים אלו על יצירת גשם חומצי.

שנית, פיתוח שאלות מתאימות סביב מודל קונספטואלי צריך להיעשות על ידי שותפות בין מדענים, סטטיסטיקאים, מקבלי החלטות ומנהלי משאבי טבע. שותפות אמיתית הינה חיונית כיוון שמקבלי החלטות ומנהלי משאבי טבע לעיתים לא יידעו כיצד לבנות שאלות באופן בו יתקבל מענה על ידי ניטור ומחקר ארוכי טווח המבוצעים בצורה טובה. ייתכן אף שהם יציבו בתחילה שאלות רבות מדי ללא קביעת סדרי עדיפות. מנגד, מדענים לעיתים לא

א-פרויוריות המתייחסות להמודל הקונספטואלי של המערכת כאשר המודל מעלה השערות לגבי תפקודה של המערכת והתגובת הישיות המנטרות להתערבויות הממשקיות. בנוסף, התהליך של פיתוח שאלות במסגרת ניטור אדפטיבי הינה שקולה לתהליך למידה של 'לולאה כפולה' בממשק אדפטיבי [12].

מסקנות

אנו מאמינים כי לפרדיגמת הניטור האדפטיבי יש פוטנציאל לשפר את ההיסטוריה אי ההצלחות בניטור, ולספק איכות גבוהה של ניטור ומחקר אקולוגי ארוכי טווח ברחבי העולם. הפרדיגמה תגדיל את האמינות של תכניות ניטור בקרב הקהילה המדעית בשל השמירה על התפקידים המסורתיים של השיטות המדעיות המציבות שאלות ועונות עליהן. כמו כן, פרדיגמה זו תגדיל את מעורבותם של מנהלי המשאבים בהבטחתה כי השאלות המוצבות יעברו את מבחן הרלוונטיות הממשקית. מה שיעודד ויספק בטחון למקבלי החלטות ותורמים, בפעילותם הכרוכה בדווח על ההוצאות הנעשות בכספי ציבור ולסיכום, פרדיגמת הניטור האדפטיבי תסייע בידי המדענים ומנהלי משאבי הטבע להתקדם למימוש תוכנית ניטור מעבר לדיונים הממושכים לגבי מה לנטר ואיך לנטר, דיונים המעכבים התקדמות במחקר אקולוגי לאורך עשרות השנים האחרונות.

ולמבנה הניטור והמחקר הקיימים (<http://fennerschool-research.anu.edu.au/cle/vchstudy/longtermmon.php>)).

שתי דוגמאות אלו מורות כי פרדיגמת הניטור האדפטיבי לא מובילה למרשמים מפורטים היכולים להיות מיושמים באופן לא ביקורתי בכל תכנית ניטור נתונה. לעומת זאת, היישום הספציפי יהיה תלוי בהקשר וישתנה כתגובה לבעיה המסוימת הדורשת מענה, לשאלה המוצבת, וכן להרכב ולתהליכים האקולוגיים של אקוסיסטמות מסוימות. הגישה שלנו מדגישה, גם כן, כי ניטור אדפטיבי כעיקר עומד בניגוד ל - איסוף נתונים ללא מסגרת רעיונית, אלא, ניטור אדפטיבי נמצא על אותו ציר בו נמצא המדע המציב שאלות דקדקניות ומכתיב מבנה מחקרי נוקשה בכדי לספק מענה ממוקד לשאלות. הפרדיגמה החדשה המוצעת של ניטור אדפטיבי חולקת עקרונות משותפים עם פרדיגמת הממשק האדפטיבי [12] שהינה פרידיגמה מדוברת מאוד אך כמעט לא מיושמת [14,91]. כלומר, (i) שלב בניית השאלות יהיה מונע ומיושם בצורה הטובה ביותר על ידי בחינת פעולות ממשקית הרלוונטיות לניהול האקוסיסטמות ומשאבי הטבע [24,12]; (ii) הגישה עוזרת לייצר נתונים לבחון היפותיזות בנוגע לתפקוד מערכת ממומשקת ותגובתה לפעילויות ממשקיות פרטניות ו - (iii) השאלות שנבנו מבוססות על פרדיקציות

References

1. J. Callahan, Long-term ecological research, *Bioscience* 34 (1984), pp. 363–367.
2. Strayer, D. et al. (1986) Long-Term Ecological Studies: An Illustrated Account of Their Design, Operation, and Importance to Ecology, Occasional Publication of the Institute of Ecosystem Studies (no. 2), Institute of Ecosystem Studies.
3. Likens, G.E., ed. (1989) Long-Term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives, Springer-Verlag.
4. G.E. Likens, The Ecosystem Approach: Its Use and Abuse, Ecology Institute (1992).
5. F.B. Goldsmith, Monitoring for Conservation and Ecology, Chapman & Hall (1991).
6. I.F. Spellerberg, Monitoring Ecological Change, Cambridge University Press (1994).
7. W.L. Thompson et al., Monitoring Vertebrate Populations, Academic Press (1998).
8. Franklin, J.F. et al. (1999) Complementary roles of research and monitoring: lessons from the U.S. LTER program and Tierra Del Fuego. In USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-12 1999, pp. 284–291, USDA Forest Service.
9. D.B. Lindenmayer and J.F. Franklin, Conserving Forest Biodiversity: A Comprehensive Multiscaled Approach, Island Press (2002).
10. G. Lovett et al., Who needs environmental monitoring?, *Front. Ecol. Environ.* 5 (2007), pp. 253–260.
11. C. Krebs, An Ecological World View, CSIRO Publishing (2008).
12. Lawes Agricultural Trust, Rothamsted: The Classical Experiments, Rothamsted Agricultural Experiment Station (1984).
13. J. Lund, Changes in the phytoplankton of an English lake, 1945–1977, *Hydrobiol. J.* 14 (1978), pp. 10–27.
14. C. Goldman, Lake Tahoe: two decades of change in a nitrogen deficient oligotrophic lake, *Verh. Int. Verein. Limnol.* 21 (1981), pp. 45–70.
15. D.W. Schindler et al., Long-term ecosystem stress: the effects of years of experimental acidification on a small lake, *Science* 228 (1985), pp. 1395–1401.
16. G.E. Likens and F.H. Bormann, Biogeochemistry of a Forested Ecosystem, Springer-Verlag (1995).
17. G.H. Orians, The place of science in environmental problem-solving, *Environment* 28 (1986), pp. 12–17 38–41.
18. D.A. Norton, Monitoring biodiversity in New Zealand's terrestrial ecosystems. In: B. McFadgen et al., Editors, Papers from a Seminar Series on Biodiversity, Department of Conservation, Wellington, New Zealand (1996), pp. 19–41.
19. G.H. Stankey et al., Adaptive management and the Northwest Forest Plan—rhetoric and reality, *J. For.* 101 (2003), pp. 40–46.
20. J.M. Hellawell, Development of a rationale for monitoring. In: F.B. Goldsmith, Editor, Monitoring for Conservation and Ecology, Chapman & Hall (1991), pp. 1–14.
21. C.J. Walters, Adaptive Management of Renewable Resources, Macmillan (1986).
22. J.D. Nichols and B.K. Williams, Monitoring for conservation, *Trends Ecol. Evol.* 21 (2006), pp. 668–673.
23. K.A. Roberts, Field monitoring: confessions of an addict. In: F.B. Goldsmith, Editor, Monitoring for Conservation and Ecology, Chapman & Hall (1991), pp. 179–212.
24. Alberta Biodiversity Monitoring Institute (2009). Program Overview, <http://www.abmi.ca/abmi/reports/reports.jsp>.
25. Hero, J-M. et al. Long-term ecological research in Australia:

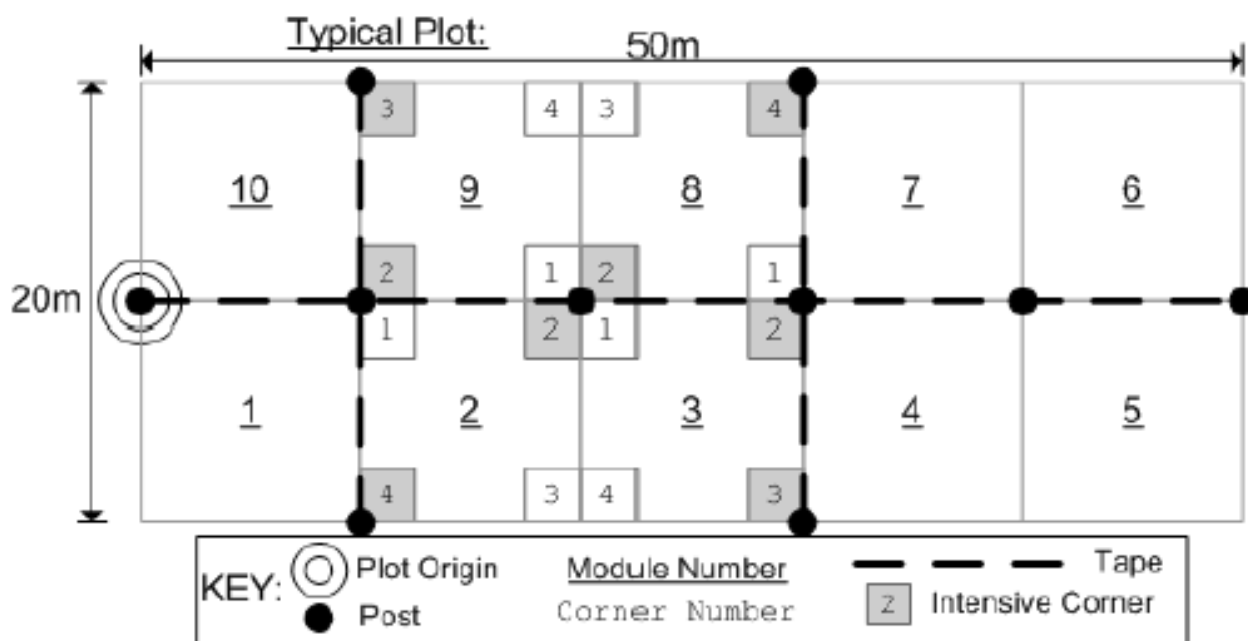
- innovative approaches for future research. *Aust. Zool* (in press).
- 26.A.H. Welsh et al., Methodology for estimating the abundance of rare animals: seabird nesting on North East Herald Cay, *Biometrics* 56 (2000), pp. 22–30
 - 27.D. Lindenmayer and M.A. Burgman, *Practical Conservation Biology*, CSIRO Publishing (2005).
 - 28.J. Russell-Smith et al., Response of eucalyptus-dominated savanna to frequent fires: lessons from Munmarlary 1973–1996, *Ecol. Monogr.* 73 (2003), pp. 349–375
 - 29.C.K. Catchpole and P.J. Slater, *Bird Song. Biological Themes and Variations*, Cambridge University Press (1995).
 - 30.F.H. Bormann and G.E. Likens, Nutrient cycling, *Science* 155 (1967), pp. 424–429.
 - 31.G.E. Likens et al., Long-term effects of acid rain: response and recovery of a forest ecosystem, *Science* 272 (1996), pp. 244–246.
 - 32.D. Stokols et al., The ecology of team science, *Am. J. Prev. Med.* 35 (2008), pp. S96–S115.
 - 33.A.C. Edmonson et al., Speeding up team learning, *Harv. Bus. Rev.* 9 (2001), pp. 123–132.
 - 34.T.W. Clark, *The Policy Process. A Practical Guide for Natural Resource Professionals*, Yale University Press (2002).
 - 35.D.J. Pannell and A.M. Roberts, Conducting and delivering integrated research to influence land-use policy: salinity policy in Australia, *Environ. Sci. Policy* (2009) 10.1016/j.envsci.2008.12.005.
 - 36.G.E. Likens et al., Acid rain, *Environment* 14 (1972), pp. 33–40.
 - 37.Keeling, C.D. and Bacastow, R.B. (1977) Impact of industrial gases on climate. In *Energy and Climate, Studies in Geophysics* (Geophysics Study Committee et al., eds), pp. 72–95, National Academy of Sciences.
 - 38.W.T. Edmondson, *The Uses of Ecology, Lake Washington and Beyond*, University of Washington Press (1991).
 - 39.Buso, D.C. et al. (2000). Chemistry of precipitation, stream water and lake water from the Hubbard Brook Ecosystem Study: a record of sampling protocols and analytical procedures. In *General Technical Report NE-275*, pp. 1–52, USDA Forest Service.
 - 40.D.B. Lindenmayer et al., A long-term monitoring study of the population dynamics of arboreal marsupials in the Central Highlands of Victoria, *Biol. Conserv.* 110 (2003), pp. 161–167.
 - 41.D. Lindenmayer et al., A checklist for ecological management of landscapes for conservation, *Ecol. Lett.* 10 (2007), pp. 1–14.
 - 42.C.J. Walters and C.S. Holling, Large scale management experiments and learning by doing, *Ecology* 71 (1990), pp. 2060–2068.
 - 43.Rothamsted Research, *Making a Difference: The Past and Future Economic and Societal Impact of Rothamsted Research*, Rothamsted Research (2009).
 - 44.G.E. Likens, Some perspectives on long-term biogeochemical research from the Hubbard Brook Ecosystem Study, *Ecology* 85 (2004), pp. 2355–2362
 - 45.Ecosystem Health Monitoring Program (2008). Report card 2008 for the waterways and catchments of south-east Queensland. In *Ecosystem Health Monitoring Program*, pp. 15–27, South East Queensland Healthy Waterways Partnership, Brisbane, Queensland.

4.6 הקמת חלקות והערכת כיסוי צומח. לקוח מתוך פרוטוקול סקר הצומח של צפון קרוליינה

CVS-EEP Protocol for Recording Vegetation

הריבועים האפורים מסמנים את הריבועים המקוננים על-פי פרוטוקול סקר הצומח של צפון קרוליינה. על-פי פרוטוקול הדיגום החדש של המארג מיקום הריבועים שונה.

ניתן להורידו מתוך אתר המארג: <http://aristo4bgg.ac.il/maarag/monitoringProgram.aspx>
 איור: המלצה תיכנונית להקמת החלקה ומיקום עמודי הסימון.



המלצה להערכת כיסוי צומח

4.2.1: Cover data

Cover is defined as the percentage of the ground that is covered by the vertical projection of the aboveground material (leaves, branches, etc.) for a particular species. One way of thinking of this would be to ignore all but one species, then estimate what percent of the ground would be shaded with the sun directly overhead. We record *canopy cover* (as opposed to foliar cover) where the tiny gaps in the canopy are considered filled when estimating cover. The canopy of a plant, if reasonably continuous in outline, is considered completely continuous. However, if there are *significant gaps* within an individual canopy, it is *not* considered continuous. Cover ignores the vertical distribution of leaves and includes all leaves from those crawling along the ground to those in a very tall overhead canopy. Note that because species overlap one another, the sum of the covers across all species may exceed 100%, even though no single species can exceed 100%. The graphic to the right illustrates a few examples of cover, showing that cover may be dispersed or concentrated. (See §4.2.5: Vertical strata for information on recording where cover is portioned into vertical strata.)

