

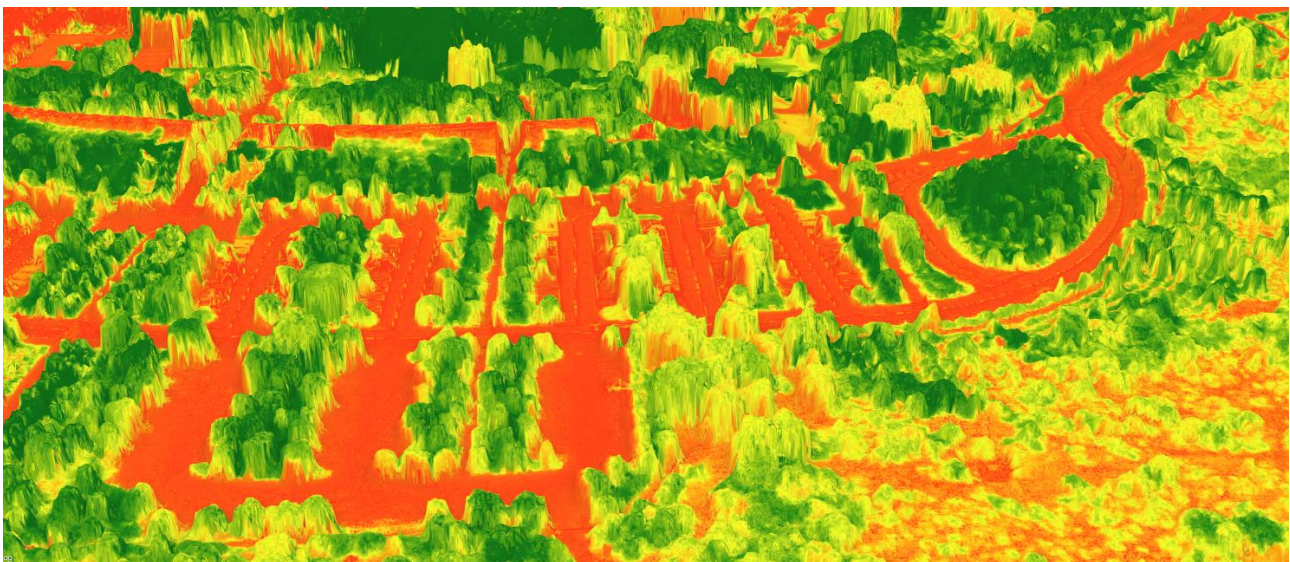
הערכת מצב עצי הגן ברמת הנדיב דוח ניתוח צילום אוויר

נובמבר 21

אורטופוטו על גבי מודל טופוגרפי. מבט מדרום על החניה הדרומית



מיפוי NDVI. עצים ירוקים – במצב בריא; עצים ירוק בהיר – צהוב, במצב מדרדר. כתום – לא צמחיה



מגישים: אריה רוזנפלד (ד"ר) ואחיעד סוירי.

תודות: צוות רמת הנדיב – ליאור הרשקוביץ, ליאת הדר – על הנתונים והעזרה בביצוע העבודה
אופק צילומי אוויר – צילום אוויר רב ערוצי ויצירת ה-DSM.

Ecolo-GIS

ת.ד. 133, בארותיים 4285000. טל: 0544709178; פקס: 0732406916

דוא"ל: arik@ecolo-gis.com; אתר: www.ecolo-gis.com

תקציר

הערכת מצב עצי הגן בגני רמת הנדיב נערכה בעזרת צילום אוויר. הצילום כלל אורטופוטו ארבעה ערוצים (RGB+NIR) ומודל טופוגרפי (DSM). נתוני על סוג ומיקום עצי הגן סופקו על ידי צוות רמת הנדיב.

מצב כל אחד מהעצים נבדק בעזרת מדד NDVI (Natural Deviation Vegetation Index) שהינו מדד נפוץ ומקובל להערכת מצב החיות של צמחיה. לגבי כל אחד ממיני העצים נבדקה התפלגות מצב העצים בחלוקה לשלוש קבוצות: ממוצע + סטיית תקן של מצב העץ; עצים שערכי ה-NDVI שלהם היו מעל סטיית תקן מהממוצע של המין הוגדרו כעצים במצב טוב; ועצים שערכי ה-NDVI שלהם היו מתחת לסטיית תקן מהממוצע של המין הוגדרו כעצים במצב לא טוב (נמוך).

שטח הגנים חולק ל-25 מתחמים המבוססים על חלוקת מערכות ההשקייה בשטח הגן והחניות שסביבו. בכל מתחם נבדק אחוז העצים במצב נמוך, ועלפי אחוז זה נקבע הסטטוס של המתחם. ב-2021 המתחמים במצב נמוך היו בחלק הדרומי של הגן והחניה. השוואה לניתוח קודם שנעשה ב-2016 הראתה שיפור בחלק מהמתחמים בחלקו הצפוני של הגן וירידה או יציבות בחלקו הדרומי של הגן.

ניתוח סיבות אפשריות לירידה במתחמים הדרומיים מעלה את החשד לכך שהסיבה העיקרית לירידה במצב העצים בחלק הדרומי קשורה למים. הסיבות לכך יכולות להיות משטחים אטומים למים בחנייה דבר שמונע חלחול מי גשם לבית השורשים של העצים, פגיעה במערכות ההשקיה על ידי חיות בר, סתימות במערכות ההשקיה כתוצאה מאבנית דברים הגורמים לכך שהעצים לא מקבלים השקיה סדירה ובכמויות הנדרשות. הסבר נוסף הוא ריכוזי נוטריינטים בקרקע ובמיוחד חנקן, שבבדיקות קרקע שנערכו בנקודות שונות מראות שישנם אזורים שריכוזי החנקן נמוכים מאד.

Abstract

Estimating tree condition in Ramat Hanadiv Garden was conducted with an aerial photo. The imaging included a multispectral image (RGB+NIR) and a 3D model of the garden. Data on tree types and location was provided by the garden staff.

The condition of each tree was estimated using the NDVI index (Natural Deviation Vegetation Index), which is a well-tested index for estimating tree condition and has a high correlation with chlorophyll levels in the leaves. For each tree we examined the NDVI values for the center of the canopy. For each tree species we examined the distribution of the NDVI values and categorized the into three categories: Average – trees with NDVI values within 1 standard deviation from the specie average; High - trees with NDVI values higher than 1 standard deviation from the specie average; Low - trees with NDVI values lower than 1 standard deviation from the specie average.

The garden area was divided into 25 sections according to the irrigation scheme of the garden. For each section we examined the percentage of Low trees within the section and determined the status of the section. In 2021 the Low valued sections were in the southern part of the garden and the parking area. Comparison to a similar examination conducted in 2016 showed that tree condition in the northern sections of the garden improved while in the southern sections the deteriorated or stayed stable.

Causes for the decline in the southern parts can be related mostly to water conditions. Many of the Low trees were in the parking area where the impermeable pavement prohibits infiltration of rainwater into the root zone. Problems with the irrigation system such as wildlife nibbling of the waterpipes, or calcification of the pipes causes irregularity in water quantities reaching the trees. Another cause for Low tree condition is Nitrogen availability. Soil testing conducted by the garden staff showed that well below the recommended levels and may also cause deterioration of the trees.

הערכת מצב עצי הגן ברמת הנדיב

דוח ניתוח צילום אוויר

1. מטרת הפרויקט

הערכת מצב עצי הגן בגני הזיכרון ברמת הנדיב, על בסיס צילום אוויר רב-ערוצי, ככלי לניהול וממשק עצי הגן.

2. רקע

אחד מאתגרי האחזקה הבולטים בניהול שטחים גדולים הקולטים קהל, הוא איתור נקודתי של עצים הסובלים מעקה בשלביה המוקדמים של הבעיה. בשונה משיחים אותם קל להחליף, כאשר עץ ותיק נפגע התהליך הנדרש בהחלפתו מהווה סיפור אחר לגמרי: הלוגיסטיקה מורכבת יותר, נדרש זמן רב לאקלום ולצמיחה מחדש - וחשוב לא פחות - אם אין טיפול מתאים בזמן, קריסת ענפים עלולה לגרום לפגיעות גוף בקרב המבקרים שאינם מודעים לסכנה.

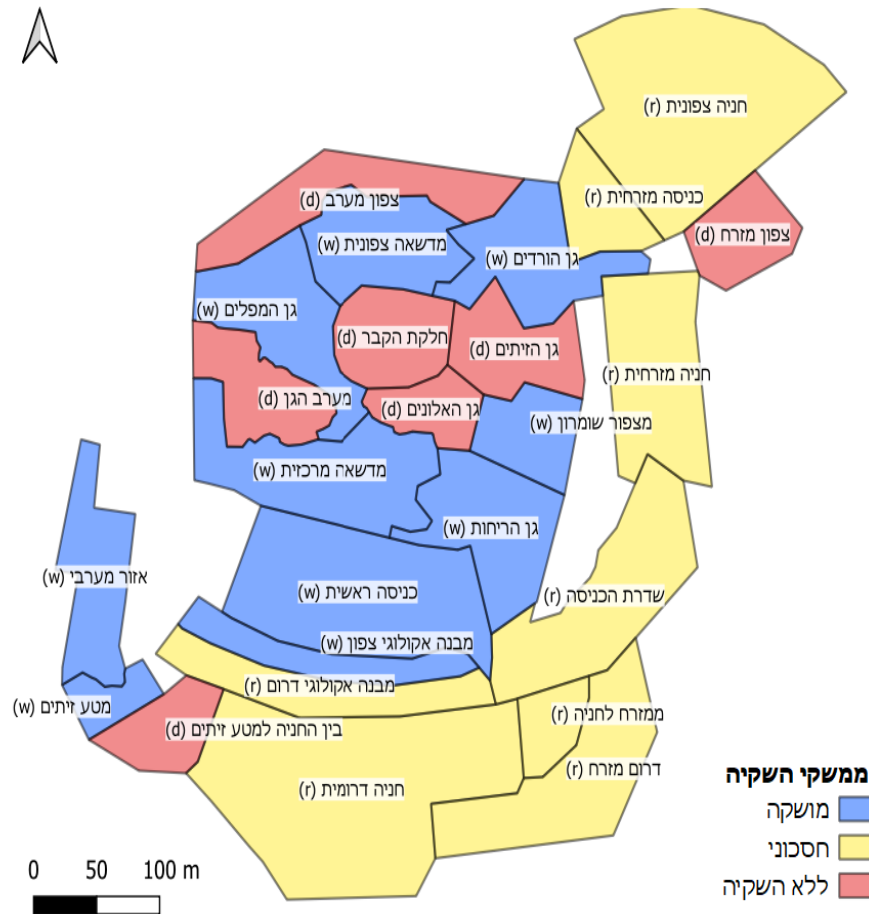
ניהול ומעקב אחר בריאות העצים, אינם רק נחלת אתרים קולטי קהל. בניהול יערות ושטחים חקלאיים מתמודדים גם עם בעיות דומות, כאשר המגבלה המרכזית היא העדר אפשרות ריאלית לבדוק באופן פרטני ועקבי כל עץ בשטח. כדי לתת מענה לבעיה, התפתח לאורך השנים תחום מחקר שלם בחישה מרחוק המנסה להפיק מדדים עקיפים לבריאות הצמח, באמצעות תמונות המצלמות מהאוויר והחלל.

אחד המדדים הנפוצים ביותר בהם נעשה שימוש לאומדן איכותני של מצב הצמח, הוא מדד ה- (NDVI Normalized difference vegetation index). מדד זה קשור לפעילות ההטמעה (פוטוסינתזה) של הצמח, ומושפע ישירות מאופי בליעת האור ע"י הכלורופיל. ככל שפעילות ההטמעה יעילה יותר, כך הצמח בולע טוב יותר את האור האדום ומחזיר מנגד את האור האינפרא-אדום. לעומת זאת, צמח חולה יראה ערכים קרובים יחסית של החזרי קרינה משני הסוגים. מקובל לראות במדד זה ערך המאפיין את חיוניות הצמח.

תמונה המצלמת ברזולוציה גבוהה מהאוויר, מאפשרת לנו לבחון את מצבו של כל אחד מהעצים באופן ספציפי. התוצר המתקבל מהווה בכך כלי משלים לבדיקה קרקעית, ועוזר לנו למקד את המשאבים של העבודה בשטח. באופן כזה, אפשר למשל להשוות בצורה פשוטה בין ממשקי ניהול שונים כמו השקיה או רעיה, לבחון רגישות לתקופות יובש בין אזורים שונים ואף לבדוק מגמות עבור עצים ספציפיים לאורך זמן.

במסגרת עבודה זו בחנו את הקשר בין ממשקי ההשקיה השונים של גני הנדיב, לסטטוס העצים באמצעות מדד ה- NDVI. המתחמים בגנים מתחלקים לשלושה סוגים של ממשקי השקיה (איור 1), אשר מגדירים את אופי ההשקיה של הצמחים: "מושקה" (w) - ההשקייה המרבית; "חסכוני" (r) - השקיה מעטה; "לא-מושקה" (d) - ללא השקיה בכלל. על בסיס תוצאות העבודה, נוכל לבחון את ההשפעה של הבדלים בין ממשקי המים על חיוניות העצים. בשטח הגנים היו שבעה מתחמים ללא השקיה; שמונה מתחמים עם השקייה לצמחים חסכני מים; ועשרה מתחמים עם השקייה מלאה.

איור 1: חלוקת המתחמים בגני הנדיב, לפי סוגי ממשקי ההשקיה.



צבע הפוליגונים מציין את סוג הממשק, בהתאם למקרא. ב- 2021 מתחם "מטע זיתים" לא קיבל השקיה.

3. שיטות עבודה

לפני תיאור שיטות העבודה מובאת רשימת מושגים חיוניים להבנת הניתוח:

פיקסל - תמונה דיגיטלית מורכבת מיחידות שנקראות פיקסלים. זהו ביטוי בצילום לכמות יחידות המדידה בחיישן של המצלמה. ככל שהחיישן במצלמה מורכב מיותר יחידות מדידה (יותר מגה-פיקסל) כך הרזולוציה המרחבית של הצילום גבוהה יותר. במצלמות אוויריות שבהן יש עדשה קבועה נקבע גודל הפיקסל (השטח הקרקעי שמכסה כל פיקסל) על פי גובה הטיסה מעל פני השטח. ככל ששטח זה יותר קטן כך הרזולוציה המרחבית ויכולת הפרדת פרטים בתמונה גבוהה יותר.

צילום רב ערוצי - במצלמות דיגיטליות כמו בטלפון, ישנו חיישן הבנוי מפיקסלים. כדי לייצר צילום צבעוני הפיקסלים מסודרים בקבוצות שבהן כל יחידה קולטת בתחום מסוים של אור: אדום, ירוק או כחול. המחשב של המצלמה מתרגם את עוצמות האור שנקלטו בכל אחד מהפיקסלים בכל קבוצה כדי לייצר את הצבע שלה. בתמונה צבעונית רגילה יש שלושה צבעים שמרכיבים את כל הצבעים בתמונה. בתמונה רב-ערוצית נוסף אורך גל נוסף בדרך כלל אינפרא-אדום.

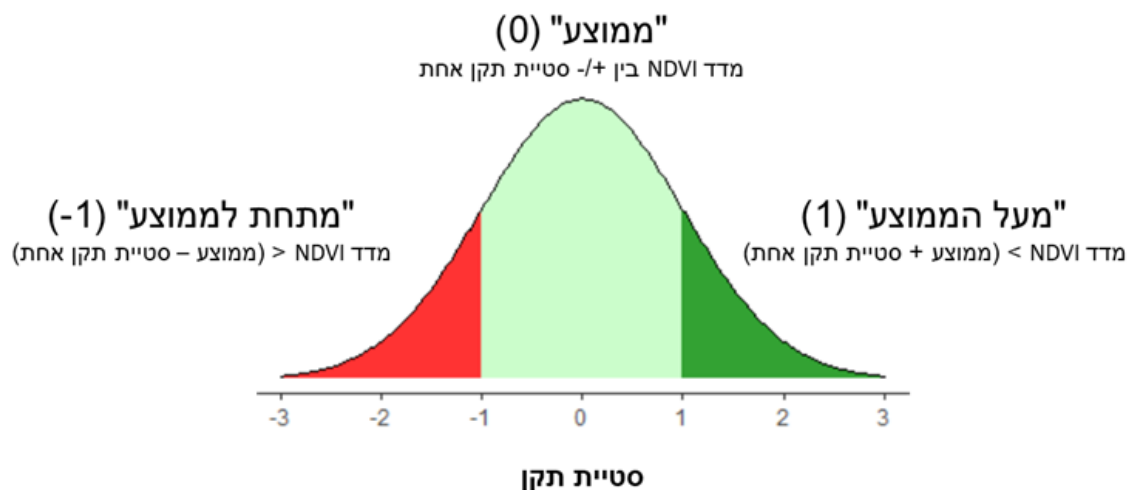
ישנן מצלמות רב ערוציות שבהן החיישן מורכב מהרבה חיישנים שלכל אחד מהם יש עדשה נפרדת וקולט אור בתחום אורכי גל נפרד. בצורה כזו ניתן לבנות מצלמות גם עם 12 ערוצים.

מערכת מידע גיאוגרפי - היא מערכת מידע שהיחוד שלה הוא שלכל פרט /רשומה במסד המידע יש רכיב גיאוגרפי שמצביע על מיקומו במרחב שבוחנים. מערכות כאלו מאפשרות לבחון ולשקלל הרבה מקורות מידע ולבחון את הקשרים ביניהם, גם את הקשרים במידע, כמו כל מערכת מידע וגם את הקשרים המרחביים.

איתור העצים למחקר נעשה בדיגום בשטח, כאשר לכל עץ נלקח נ"צ ב GPS ונרשם שיוך טקסונומי לרמת המין. כל עץ סומן כנקודה בשכבת נקודות במערכת מידע גיאוגרפי (ממ"ג). העבודה נעשתה תחילה ב 2016 (סה"כ 2076 עצים) וב- 2021 (סה"כ 2031 עצים, כולל תוספת של שלושה מתחמים). בחודש מאי 2016 ובחודש יוני 2021 נערכו צילומי אוויר רב ערוציים (אדום, ירוק, כחול ואינפרא-אדום) של שטח הגן ברזולוציה של 10 ס"מ לפיקסל. מצילומים אלו חושבה מפת מצב צומח (מדד NDVI) של כל הצומח בגן. לצורך הבנת מצב העץ של כל אחד מעצי הגן, חושב מדד NDVI ממוצע ברדיוס חצי מטר סביב כל נקודה.

בשביל לתרגם את מדד ה NDVI לשלוש רמות סטטוס המתארות את מצב הצמח, בחנו תחילה בנפרד עבור כל מין את התפלגות ערכי ה NDVI של העצים מאותה אוכלוסייה. לאחר מכן, הגדרנו שלושה אזורים לאורך ההתפלגות המתארים את מצב העצים ביחס לממוצע (איור 2): עצים שהיו יותר מסטיית תקן אחת מעל הממוצע, הוגדרו בתור "מעל הממוצע" (1) והמשמעות היא שמצבם טוב יותר בהשוואה לרוב העצים באוכלוסייה של מין זה בגן; עצים שהיו יותר מסטיית תקן אחת מתחת לממוצע, הוגדרו בתור "מתחת לממוצע" (-1) והמשמעות היא שמצבם פחות טוב בהשוואה לרוב העצים באוכלוסייה של מין זה בגן; שאר העצים שהיו בין שתי הרמות הוגדרו בתור "ממוצע" והם מצב ביניים מבחינה בריאותית בין שתי הקבוצות.

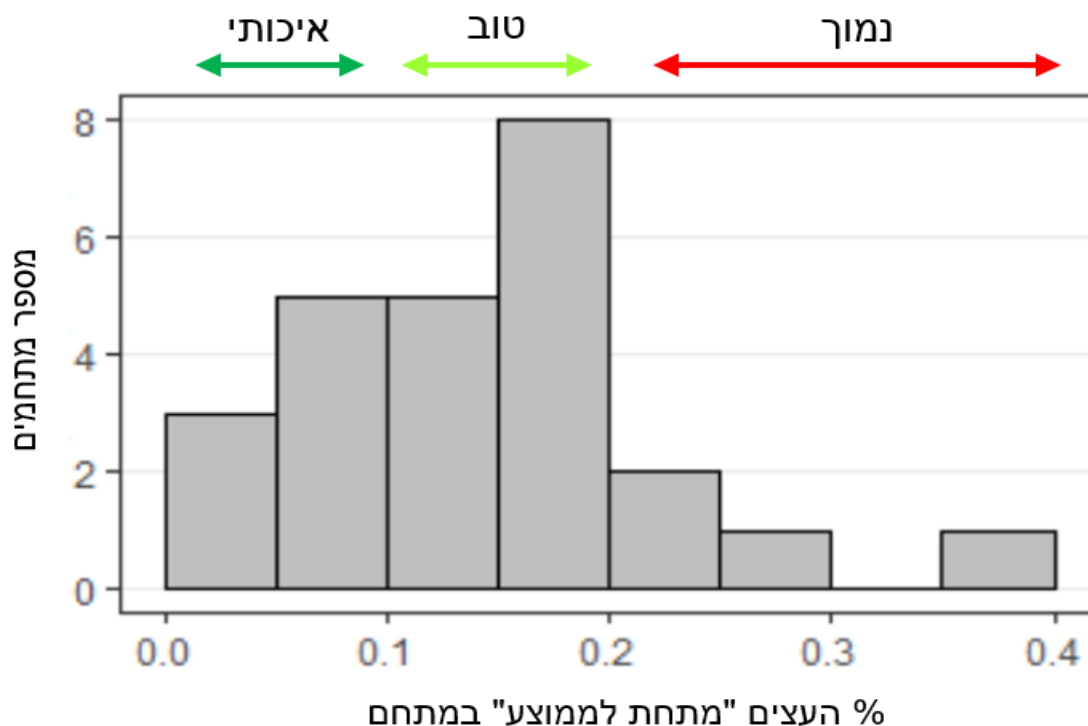
איור 2: התפלגות תיאורתית של עצים, לפיה הוגדרו הסטטוסים של העצים עבור כל מין בנפרד.



על מנת שנוכל להשוות בין המתחמים מנקודת מבט של שכילות העצים הסובלים מעקה, יצרנו סרגל הערכה לפי שלוש רמות סטטוס (נמוך, טוב ואיכותי), במטרה לתאר את מצב העצים בכל מתחם. לצורך חישוב הדירוג בחרנו תחילה את שמונת העצים הנפוצים ביותר, בשביל למנוע הטיות מפיזור של מינים שנטעו בהיקפים קטנים ובמקומות ספציפיים (נספח א'; סה"כ 1947 עצים לפי הסקר של 2021). חישבנו עבור כל מתחם את היחס בין מספר העצים שהוגדרו "מתחת לממוצע" לעומת סך העצים באותו מתחם, ולאחר מכן בחנו את התפלגות הערכים בהיסטוגרמה עבור 2021 (איור 3). בהתאם לכך, הגדרנו בסטטוס "נמוך" מתחמים שאחוז העצים "מתחת לממוצע" היה בהם מעל 20%; בסטטוס "טוב" מתחמים שאחוז העצים "מתחת לממוצע" היה בהם 10-20%; בסטטוס "איכותי" מתחמים שאחוז העצים "מתחת לממוצע" היה בהם נמוך מ 10%. הסיבה ששנת 2021 הוגדרה בתור נקודת ייחוס, היא כדי לבחון את השינוי בזמן שחלף.

לבסוף כדי לקבל תמונה משלימה מנקודת מבט של אוכלוסייה ממין בודד, בחרנו את שלושת העצים הכי נפוצים בגן - זית אירופי, אלון תבור ועצי אורן (נספח א). במקרה של עצי האורן, מדובר בשקלול ברמת הסוג הכולל ארבע מינים: אורן הצנובר, אורן ירושלים, אורן קפריסאי ואורן קנרי. הדבר נעשה מפני שבשנת 2016 רישום האורנים לא כלל פירוט ברמת המין. נבדקה האפשרות לבחון גם את עצי הברוש אולם בגלל המבנה הצר שלהם וצפיפות בחלקים מהגן החלטנו לא לבחון אותם ברמת המין.

איור 3: התפלגות המתחמים לפי אחוז העצים המוגדרים בהם "מתחת לממוצע".



החיצים מעל התמונה מציינים את השיוך של האזור בהיסטוגרמה לאחד משלושת הסטטוסים המתארים את מצב המתחם.

4. תוצאות

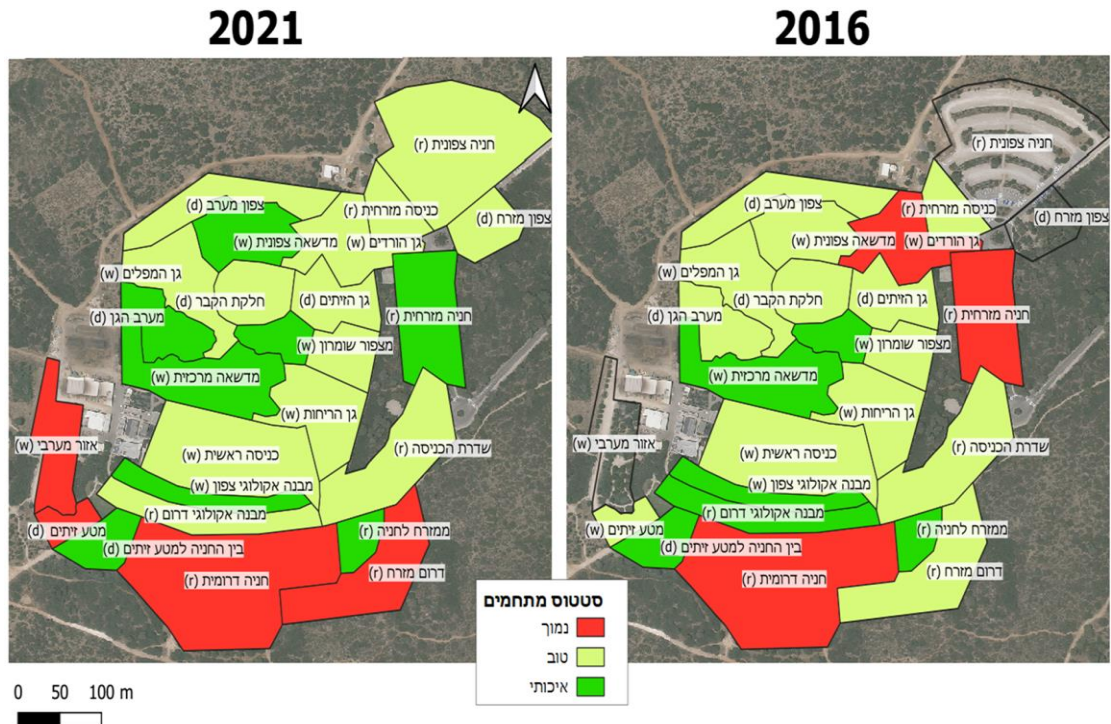
בשנת 2016 נמצאו שלושה מתחמים שהוגדרו בסטטוס "נמוך" ועוד שישה מתחמים שהוגדרו בסטטוס "איכותי". שלושת המתחמים של הסטטוס "הנמוך" מקבלים השקיה (רגילה או חסכונית), בעוד שהקבוצה השנייה מכילה את כל ממשקי ההשקיה. בשנת 2021 נמצאו ארבעה מתחמים בסטטוס "נמוך" ושמונה מתחמים נוספים הוגדרו בסטטוס "איכותי". בשני המקרים, מצאנו עירוב של כל ממשקי ההשקיה. (איור 4)

בהשוואה שעשינו נמצאו הבדלים בזמן בין השנים 2016 ל- 2021 ובין המתחמים השונים במרחב הגנים. הבדלים אלו באו לידי ביטוי בכלל העצים (ללא הבדלה בין המינים השונים; איור 4), וכן בסקירה פרטנית של שלושת העצים השכיחים ביותר (זית אירופי, אלון תבור ועצי האורן; איור 5).

אחד הדברים הבולטים שעלו מתוך השוואה, זה קשר חלש יחסית בין ממשק ההשקיה למגמת השינוי של סטטוס המתחמים (טבלה 1). עם זאת, השוואה בין המפות (איור 4) מראה שמגמת השינוי נמצאת בזיקה לאזורים גיאוגרפיים בגן - בעוד שרוב השיפור חל במתחמים הצפוניים, עיקר ההידרדרות נמצאה במתחמים הדרומיים שבקרבת החניה (דרום מזרח, מבנה אקולוגי דרום ומטע זיתים). בנוסף לזה, רוב המתחמים לא הראו מגמת שינוי ממשית ($\geq 15\%$; טבלה 2) ורוב השינויים בקבוצות עצים שהוגדרו בסטטוס "מעל מהממוצע" או "מתחת לממוצע" היו נמוכים מ- 10%.

מבין עשרים וחמשת המתחמים בגן (טבלה 2), המתחם שהראה את הירידה הגדולה ביותר היה מטע הזיתים, שהיה מושקה ב 2016 והופסקה בו ההשקיה ב-2021. במתחם זה חלה עלייה באחוז העצים בסטטוס "מתחת לממוצע" וירידה באחוז העצים בסטטוס "ממוצע". המתחם שבו חל השיפור הרב ביותר היה ממזרח לחניה בו חלה עלייה באחוז העצים בסטטוס "מעל הממוצע". מתחם נוסף שחל בו שיפור הוא המדשאה הצפונית שבה חלה עלייה באחוז העצים בסטטוס "מעל הממוצע", כנראה בעקבות כך שהעצים שסביב המדשאה מקבלים עודפי מים מהדשא המושקה בכמות גבוהה.

איור 4: : השוואת סטטוס המתחמים בין השנים 2016 ו-2021.



האזורים של חניה צפונית, צפון מזרח ואזור מערבי טרם פותחו ב 2016, ולכן לא נכלל עבורם סטטוס בשנה זו. צבעי הפוליגונים מייצגים את הסטטוסים השונים, בהתאם למופיע במקרא. חישוב הסטטוסים נעשה על סמך שמונת המינים הנפוצים ביותר בגן (נספח א') ובהתאם לשכיחות העצים המוגדרים "מתחת לממוצע" (איור 3).

טבלה 1: אפיון המתחמים השונים לפי ממשק ההשקיה ומגמת השינוי בין 2016 ל- 2021

ירידה	ללא שינוי	שיפור	
מטע זיתים (הופסקה השקיה ב2021)	גן המפלים, מדשאה מרכזית, מצפור שומרון, גן הריחות, כניסה ראשית, מבנה אקולוגי צפון	גן הורדים, מדשאה צפונית	מושקה
דרום מזרח, מבנה אקולוגי דרום	כניסה מזרחית, שדרות הכניסה, חניה דרומית	חניה מזרחית, ממזרח לחניה	חסכוני
	צפון מערב, גן הזיתים, חלקת הקבר, גן אלונים, בין החניה למטע זיתים	מערב הגן	ללא השקיה

סיכום המגמות הוא בהתאם לתוצאות המופיעות באיור 4.

טבלה 2: התפלגות סטטוס העצים במתחמים וכיוון השינוי בשנים 2016 ו- 2021.

% שינוי			2021			2016				
1	0	-1	1	0	-1	1	0	-1	ממשק	מתחם
			3	51	14	1	10	1	מושקה	אזור מערב
-0.04	0.01	0.03	2	28	2	3	25	1	לא מושקה	בין החניה למטע זיתים
-0.06	0.04	0.02	5	48	3	9	48	2	לא מושקה	גן האלוני
0	0.07	-0.07	6	19	4	6	17	6	מושקה	גן הורדים
-0.17	0.21	-0.04	4	43	9	15	34	12	לא מושקה	גן הזיתים
0.11	-0.05	-0.07	14	82	12	2	99	22	מושקה	גן המפלים
0.06	-0.04	-0.02	12	30	6	12	41	9	מושקה	גן הריחות
-0.07	-0.04	0.11	5	62	19	17	102	15	חסכוני	דרום מזרח
0.01	0	-0.01	10	60	10	9	60	11	לא מושקה	חלקת הקבר
0.04	-0.04	-0.01	21	187	74	10	206	79	חסכוני	חניה דרומית
-0.05	0.19	-0.14	2	47	5	5	41	14	חסכוני	חניה מזרחית
			10	70	19				חסכוני	חניה צפונית
0.07	-0.07	0.01	5	33	8	1	19	4	חסכוני	כניסה מזרחית
-0.07	0.04	0.03	11	59	13	17	56	11	מושקה	כניסה ראשית
0.1	-0.18	0.08	21	62	13	13	88	6	חסכוני	מבנה אקולוגי דרום
-0.16	0.1	0.05	10	58	6	22	51	2	מושקה	מבנה אקולוגי צפון
-0.03	0.09	-0.06	8	28	1	12	32	4	מושקה	מדשאה מרכזית
0.24	-0.07	-0.17	27	31	1	13	36	11	מושקה	מדשאה צפונית
-0.02	-0.25	0.27	3	28	20	4	41	6	מושקה	מטע זיתים
0.33	-0.26	-0.07	20	31	1	3	49	5	חסכוני	ממזרח לחניה
0.09	-0.05	-0.04	19	58	5	13	67	9	לא מושקה	מערב הגן
0.03	-0.01	-0.02	9	32	8	13	55	15	מושקה	מצפור שומרון
			4	60	13				לא מושקה	צפון מזרח
0.01	0	-0.02	12	71	15	12	80	19	לא מושקה	צפון מערב
-0.08	0.01	0.07	27	93	25	41	98	16	חסכוני	שדרת הכניסה

אחוז שינוי חיובי מציין עליה בשכיחות של אותו סטטוס בין 2016 ל- 2021, והפוך עם ערך שלילי. תאים בעלי רקע כתום מציינים שינוי שגדול מ- 15%. הטורים -1, 0 ו- 1 מציינים בהתאמה את הסטטוסים "מתחת לממוצע", "ממוצע" ו"מעל הממוצע".

השוואת שלושת העצים השכיחים ביותר בגן

שלושת העצים השכיחים ביותר בגן ניטעו במקבצים ואף אחד משלושתם לא ניטע באופן שמכסה את רוב שטח הגן באופן אחיד (איור 5). מהסתכלות על המגמות במפה, ניתן לראות שעבור עצי הזית חל שיפור בגן הזיתים (לא מושקה) ובמדשאה צפונית (מושקה), אך ישנה הידרדרות במבנה אקולוגי דרום ובמטע הזיתים; אלון התבור הראה שיפור בחניה הדרומית, שדרות הכניסה ובגבעה שממזרח-לחניה. עצי האורן הראו שיפור בחלקת הקבר ובצפון מערב.

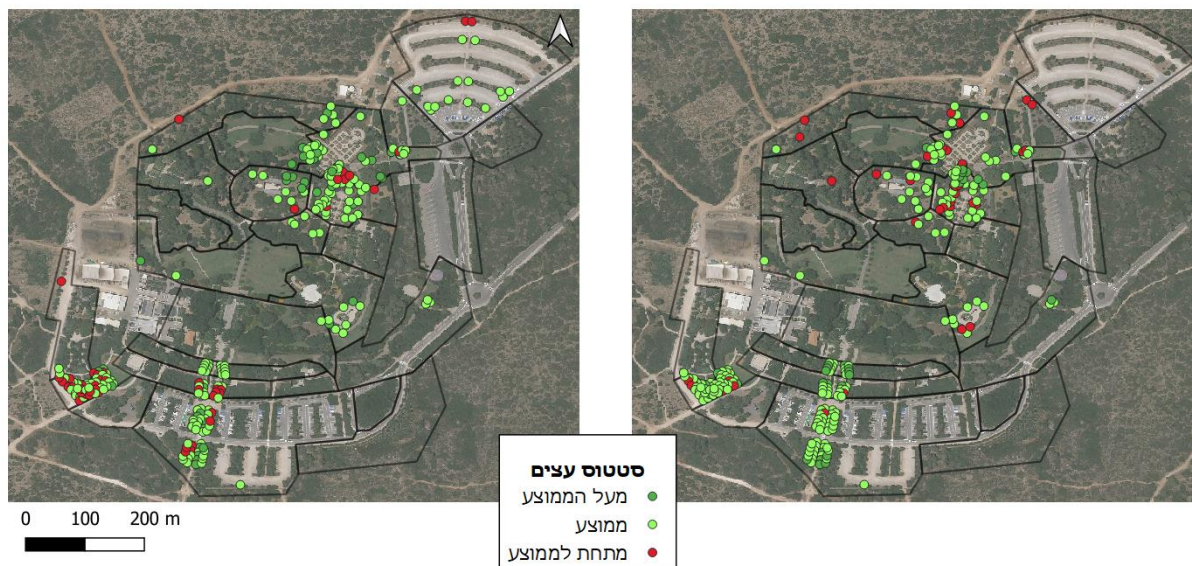
איור 5: מפות פיזור וסטטוס של שלושת המינים הנפוצים ביותר.

צבע הנקודות מייצג את סטטוס העצים, בהתאם למקרא המופיע במפה הראשונה (הזית האירופי).

זית אירופי *Olea europaea*

2021

2016



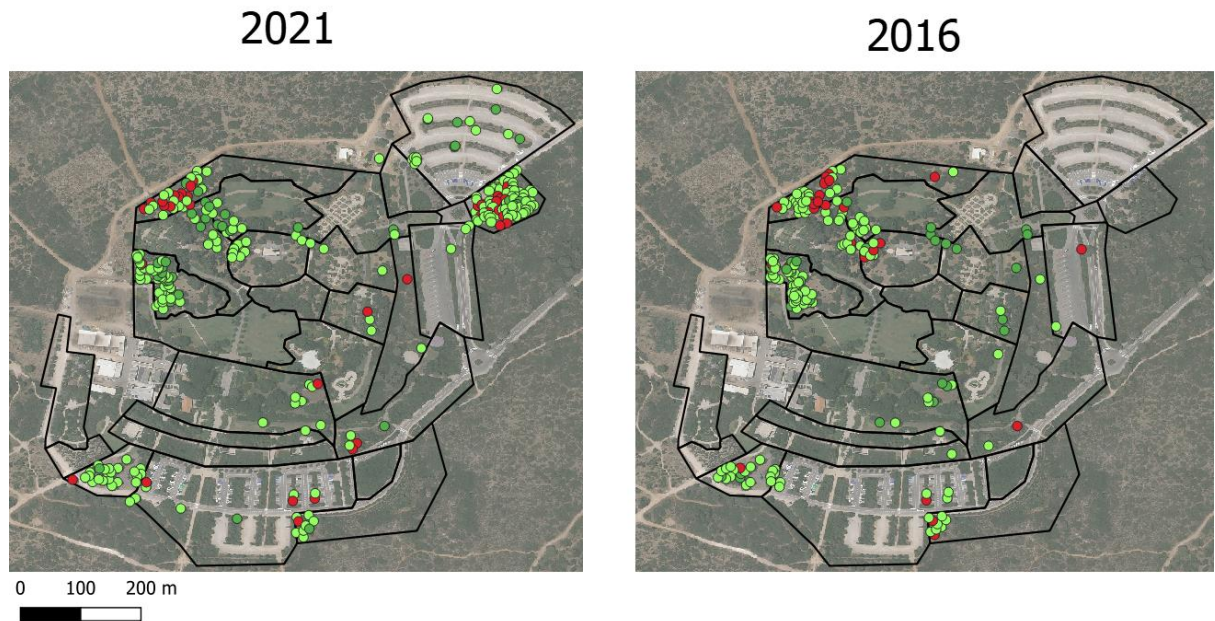
אלון תבור *Quercus ithaburensis*

2021

2016



אורן (סוג) *Pinus sp*.



5. דיון

ניהול שטחים נטועים בהיקף גדול, מהווה אתגר מורכב לניטור פרטני ברמת העץ הבודד. עם זאת, ישנה חשיבות גדולה לאיתור מגמות במרחב ובזמן כדי לתת מענה לבעיות שעולות בשטח - מחלות צמחים, התפתחות מזיקים או חוסר במים, הם גורמים שיכולים להתפתח לאורך זמן ולהוביל להתייבשות עצים, בלי שנבחין בהם עד שיהיה מאוחר מדי. בנוסף לכך, לניטור תקופתי רחב היקף ישנה חשיבות נוספת, בתור כלי משלים הנותן למנהלי השטח הערכת מצב ליעילות הממשק של ניהול השטח. דוגמה לכך הוא שימוש במדרג רמות השקיה בין אזורים, אשר יכול להשפיע באופן שונה על מגמות חיוניות של צמחים שונים בתוך אותה חלקה.

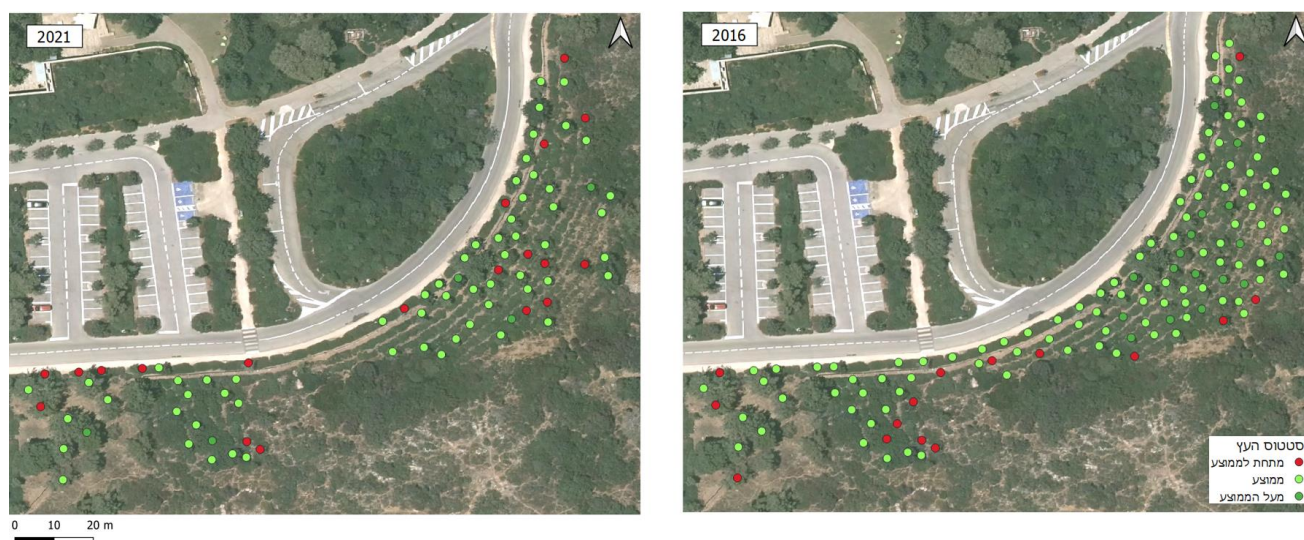
מתוצאות העבודה מצאנו שהשימוש במדד ה-NDVI הוא רלוונטי בהקשרים שונים וברזולוציות מרחביות שונות: החל מבדיקה של כלל העצים המפוזרים בגנים ועד לבדיקה ברמת העץ הבודד. בעבודה זו התמקדנו בעיקר ברמות הביניים, עבור מגמות ברמת המתחם ואפיון מצב האוכלוסיות של שלוש קבוצות עצים הנפוצים ביותר. בנוסף לכך, בסיס העבודה הוא בנרמול מצב כל עץ למין אליו הוא שייך, והדבר חשוב מפני שהוא מאפשר לנו להשוות בין עצים ממינים שונים שלהם ביולוגיה שונה.

בבחינה של כלל הגן, מצאנו שבחלק מהמתחמים חל שינוי (שיפור או הידרדרות), אך קשה לקשור זאת לממשק ההשקיה (טבלה 1): רק בחמישה מתוך 22 המתחמים חל שיפור, כאשר מתוכם ארבעה מקבלים השקיה (רגיל או חסכוני); עם זאת, מדובר רק ברבע מכלל המתחמים המושקים והרוב לא הראו שינוי. עם זאת, יש לקחת בחשבון סיבה נוספת והיא הבדל חריג בכמות המשקעים בין השנים (נספח ב'; 440 מ"מ ב 2016 לעומת 587 מ"מ ב 2021); ייתכן וכמות המשקעים הגבוהה בשנת 2021 צמצמה את השפעת הבדלי ההשקיה בהשוואה ל 2016.

הידרדרות משמעותית במצב העצים מצאנו במתחם דרום-מזרח, והדבר בא לידי ביטוי גם בהערכת מצב המתחם (שינוי מ"טוב" ל- "נמוך"; איור 4). פגיעות חוזרות של חיות בר במערכת ההשקיה משבשות את ממשק ההשקיה במתחם זה. בבדיקות קרקע שנעשו בשטח זה נמצא שריכוזי החנקן בשטח זה נמוכים מאוד, כ-0.4 מ"ג/ל, כאשר הטווח הרצוי הוא 30 - 40 מ"ג/ל (הרשקוביץ, 2021). גורמים אלו הביאו לאורך השנים לתמותה של עצים במתחם ובין השנים 2016 ל-2021 בוצעו בו דילולים (מידע בע"פ מליאור הרשקוביץ, אוצר הגן). ככל הנראה, על אף הדילול חלה עלייה בשכיחות העצים הסובלים מעקה, והדבר בא לידי ביטוי בעלייה באחוז העצים המוגדרים "מתחת לממוצע" (11%; טבלה 2 ואיור 6).

מנגד נמצאה מגמה הפוכה במתחם מזרח לחניה, אשר ממוקם בצמוד למקום - שם צפינו בשיפור משמעותי של העצים על הגבעה (עלייה של 33% בשכיחות העצים המוגדרים "מעל הממוצע"; טבלה 2); במהלך השנים 2016 - 2021 נכרתו כ-10% מהעצים במתחם זה. בדיקת קרקע הראתה שכמות החנקן במתחם זה עומדת על כ-8 מ"ג/ל. כמות שהיא גבוהה בהרבה מאשר במתחם דרום-מזרח, למרות שהיא נמוכה מהכמות הרצויה. בנוסף לכך הוחלפה מערכת ההשקיה לעצים ומתחם זה מושקה על ידי מגוף עצמאי. דברים אלו תורמים לפעילות יעילה ואמינה יותר של מערכת ההשקיה ולכן כמויות המים שהעצים מקבלים הן סדירות ומלאות יותר, דבר שתורם לשיפור במצבם (מידע בע"פ מליאור הרשקוביץ, אוצר הגן). בנוסף לכך ייתכן שכמויות המשקעים הגדולות יותר ב-2021 תרמו גם הן לשיפור במצב העצים במתחם זה.

איור 6: פיזור וסטטוס העצים במתחם דרום מזרח, בשנים 2016 ו-2021. בין השנים נערך דילול במתחם שהוריד את מספר העצים מ-133 ל-86.



בחינת המתחמים השונים בין השנים השונות הראתה מגמות שונות בין המתחמים הצפוניים והדרומיים: המתחמים הצפוניים השתפרו לטובה, בעוד שהמתחמים הדרומיים הידרדרו או נשאר בהערכה נמוכה (איור 4). הדוגמה הבולטת היא החניה הדרומית, שם מרוכזת רוב קליטת הקהל ואיתה גם רוב ההפרעה האנושית. אזור זה מקבל ממשק מים חסכוני, אך מאופיין גם במצע מהודק וכיסוי אספלט בשטחי החנייה המונעים חלחול מי גשם (איורים 7 ו-8). היעדר החלחול במגרשי החנייה, אומר שהעצים אינם מקבלים את מי הגשם היוורדים בעונת החורף ותלויים לחלוטין במי ההשקיה לאורך הקיץ. כראיה לכך ניתן לראות שהעצים בסטטוס מתחת לממוצע הם בעיקר העצים הנמצאים בלשונות הקרקע שבולטות לתוך שטחי האספלט של החלק הצפוני של החניה הדרומית, בעוד שהעצים שעומדים בשטחי הקרקע שבין משטחי החניה נמצאים ברובם במצב ממוצע (איור 7). העצים שעומדים בלשונות שבולטות לתוך מגרשי החניה מוקפים באספלט משלושה כיוונים ולכן שורשיהם נמצאים בשטחים שאינם מקבלים מי גשמים ומקבלים מעט מי השקיה.

דוגמה נוספת שניתן למצוא בחלק הדרומי של החניה הדרומית, היא שני כתמי צומח הדומים בצורתם ובגודלם, אך באחד מהם יש שביל הליכה שחוצה את הכתם במרכזו (איור 8). שכיחות העצים המוגדרים "מתחת לממוצע" גבוהה באופן ניכר בחלקה עם השביל, והדבר עקבי במהלך שתי שנות המחקר.

בחינת המתחמים השונים הראתה את החשיבות של השקיה ושל מי גשם לעצי הגן. היעדר אחד ממקורות המים הללו מוביל לירידה בחיוניות העצים ובסופו של דבר לתמותת עצים. הדבר נכון עוד יותר לגבי עצים שניטעים ולא זריעים שמתפתחים באופן עצמאי בשטח. נראה שגם להבדלים בכמויות המשקעים בין שנים שונות יש השפעה על מצב העצים. הניתוחים שנעשו עד כה אינם מכסים תקופת זמן ארוכה מספיק כדי לבחון את השפעות שינויי האקלים ארוכות הטווח. לצד זאת יש לקחת בחשבון שאלות העוסקות בשינוי מגמות אקלימיות הקשורות לניהול ברמות המאקרו - תחום זה מהווה שדה מחקר מפותח בחישה מרחוק, עם כלים המאפשרים לחקור את הנושא בסקלות מרחביות משתנות^{2,3}. כלים כדוגמת אלו שהראנו בעבודה זו לצד שיטות נוספות, יוכלו לאפשר בהמשך ניהול איכותי יותר מבוסס נתונים,

6. מסקנות והמלצות

- השימוש במדדי חישה מרחוק מראה רלוונטיות לניטור מצב העצים בגנים, החל מכלל השטח ועד רמת העץ הבודד.
- מהתוצאות עולה שלא נמצא קשר ברור בין ממשק השקייה במתחמים, לבין אחוז העצים שהראו אינדיקציה לעקה. ייתכן שהגשם הרב יותר שירד ב-2021 הוסיף כמות מים לעצים, דבר שמיסך את ההבדלים בין מתחמי ההשקיה השונים. הבדל ברור שמקורו בהשקיה נצפה במטע הזיתים. שם הפסקת ההשקיה הובילה לעלייה במספר העצים במצב "מתחת לממוצע" וירידה במספר העצים שבתחום "הממוצע" ובסך הכל ירידה כללית במצב העצים במטע.
- בחלק מהמתחמים נמצא שיפור בין השנים שניתן להסבירו בעקבות שינוי בכמות המשקעים.
- מצאנו חשיבות רבה לסוג מצע הקרקע כגורם המשפיע על מצב העצים: באזור החניה הדרומית מצע הקרקע אינו מחלחל, ולכן עצים רבים שהיו בצמוד למתחמי החניה הראו אינדיקציה לעקה.
- בחינת מצב העצים בחניה הדרומית הראה את החשיבות של מצע מחלחל כדי לאפשר מי הגשם לחדור לקרבת השורשים.
- נתוני בדיקות קרקע שנערכו בחלק מהמתחמים, וההבדלים בתכולת החנקן בקרקע יכולים גם הם לתרום להבנת ההבדלים במצב העצים בין המתחמים השונים. בדיקות אלו מראות שגם עצי בר זקוקים להזנה בדומה לעצי מאכל

7. מקורות

הרשקוביץ, ל. 2021. דוח עצי חניית רמת הנדיב. דוח פנימי ברמת הנדיב. 7 עמ'.

¹ What is NDVI (normalized difference vegetation index)?. GIS Geography. Retrieved October 14, 2021, from <https://gisgeography.com/ndvi-normalized-difference-vegetation-index/>.

² Drori, R., Dan, H., Sprintsin, M., & Sheffer, E. (2020). Precipitation-sensitive dynamic threshold: A new and simple method to detect and monitor forest and woody vegetation cover in sub-humid to arid areas. *Remote Sensing*, 12(8), 1231.

³ Brunsell, N. A. (2006). Characterization of land-surface precipitation feedback regimes with remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 100(2), 200-211.

8. נספחים

טבלה 3: התפלגות סטטוס העצים (בשלוש הרמות) והסכום הכולל, עבור המינים השונים שנדגמו בגן

מין העץ	2- לא נבדקו	-1 ערך נמוך - ממוצע המין	0 ערך דומה לממוצע המין	1 ערך גבוה - ממוצע המין	סכום כולל
סכום כולל	57	312	1394	270	2033
זית אירופי		45	177	36	258
אלון התבור		36	131	26	193
אורן קפריסאי		25	134	28	187
אלון מצוי		19	106	20	145
חרוב מצוי		19	98	15	132
אלה אטלנטית		19	69	16	104
אלון ארוך-עוקצים		17	68	15	100
כליל החורש		15	58	16	89
אדר סורי		16	48	10	74
מילה ירוקת-עד		11	56	7	74
ברוש מצוי 'אופקי'		7	46	9	62
אלון השעם		5	33	6	44
אלון הגלעין		4	32	3	39
אגס קלרי		5	25	4	34
דרקונית קנרית		4	25	4	33
אורן קנרי		2	28	1	31
ברוש מצוי 'צריפי'		3	25	3	31
לגרסטרמיה הודית		3	25	2	30
אורן ירושלים		4	19	6	29
אורן הצנובר		3	18	3	24
ספיון השעווה		4	16	3	23
דולב אדרי		4	12	3	19

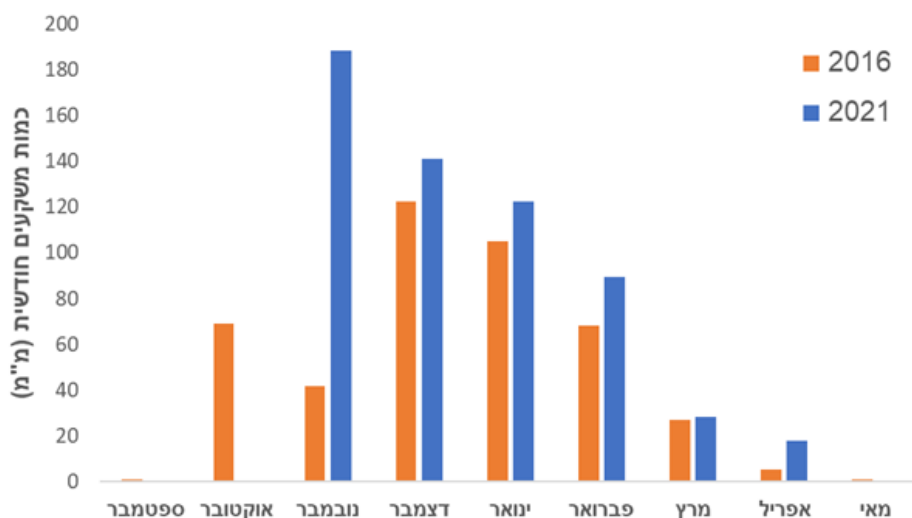
מין העץ	2- לא נבדקו	-1 ערך נמוך - ממוצע המין	0 ערך דומה לממוצע המין	1 ערך גבוה - ממוצע המין	סכום כולל
בר-זית בינוני		2	13	3	18
ברוש מצוי		2	13	2	17
תמר קנרי		3	12	2	17
ושינגטוניה חסונה		1	13	1	15
תמר מצוי		2	9	4	15
סיסם הודי		2	8	2	12
אלון התולע		2	7	2	11
ער אציל		3	6	2	11
שזיף פעמוני		3	5	2	10
תות דולבני		2	7	1	10
עוזרר אדום		2	5	2	9
מילה סורית		2	4	2	8
פיקוס מעוקם		1	6	1	8
ברוש בכות		1	5	1	7
פיקוס השדרות		3	3	1	7
רימון מצוי		2	3	2	7
ערער וירגיני		1	3	1	5
שקד מצוי		1	4		5
אורן		1	2	1	4
אלמוגן רחב-עלים		1	3		4
אראוקרית קנינגהם		1	2	1	4
כרבל לביד		1	3		4
צפצפה שחורה 'איטלקית'			3	1	4
אורן הגלעין		1	2		3
ברכטון הסלעים		1	2		3
דולב מזרחי		1	2		3

מין העץ	2- לא נבדקו	-1 - ערך נמוך ממוצע המין	0 ערך דומה לממוצע המין	1 - ערך גבוה ממוצע המין	סכום כולל
סיגלון חד-עלים ' בונזאי בלו'	3				3
פיקוס השקמה	3				3
קליסטמון הנצרים	3				3
אלון אריזוני	2				2
אשחר רחב-עלים	2				2
הטרומליס קטלבי	2				2
טקסודיון דו-טורי	2				2
לגונרית פטרסון	2				2
לפטוספרמון חלק	2				2
מילה אמריקאית	2				2
סופורה אמריקאית	2				2
פיקוס חלוד	2				2
פלפלון דמוי-אלה	2				2
קתרוסית מרובעת	2				2
אדר ברגר	1				1
אורן לבן	1				1
אלה ארץ-ישראלית	1				1
אלון אנגלי 'צריפי'	1				1
אלון פולימורפה	1				1
בוהיניה מגוונת	1				1
ברוש אריזוני	1				1
ברכיטון דו-גוני	1				1
גופנן בואסייה	1				1
דומביאה ורודה	1				1
כליל קנדי 'מרלו'	1				1
ליגוסטרם יפני	1				1

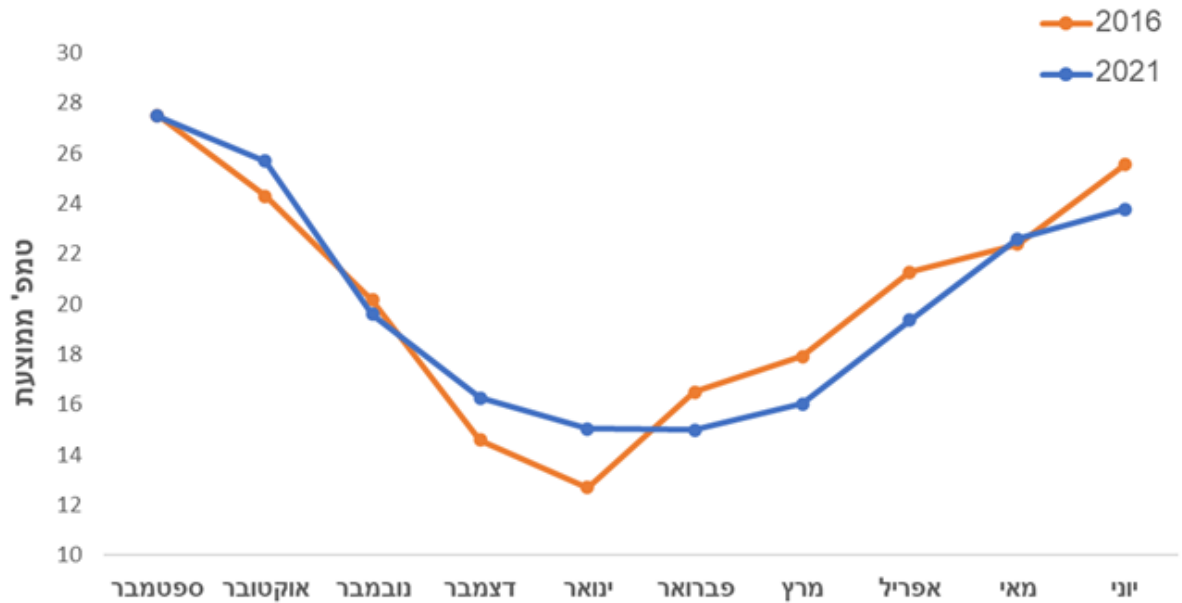
מין העץ	2-לא נבדקו	-1 ערך נמוך - ממוצע המין	0 ערך דומה לממוצע המין	1 ערך גבוה - ממוצע המין	סכום כולל
ליקווידמבר ליבני	1				1
מגנוליה גדולת-פרחים 'גליסוניאנסיס'	1				1
מילה חדת עלים	1				1
מיש דרומי	1				1
מכנף נאה	1				1
פודוקרפוס גדול עלים	1				1
פודוקרפוס מאורך	1				1
פיקוס קדוש	1				1
פלפלון בכות	1				1
פסאודובומבקס ביצני	1				1
קטלב מצוי	1				1
קינמון קמפורי	1				1
שיטה עלי-ערבה	1				1
תות לבן 'בכות'	1				1

נספח ב: פיזור המשקעים בגני הנדיב בשנים 2016 ו-2021.

סה"כ בשנת 2016 ירדו 440 מ"מ גשם, ובשנת 2021 ירדו 587 מ"מ גשם. עליה של 33%. הנתונים עובדו מתוך מאגר המידע של השירות המטאורולוגי, לפי נתוני התחנה של זכרון יעקב.



נספח ג: שינוי חודשי של טמפרטורה ממוצעת בשנים 2016 ו- 2021.



נספח ד: מגמת שינוי הסטטוס ברמת העץ הבודד בין השנים 2016 ו- 2021 .

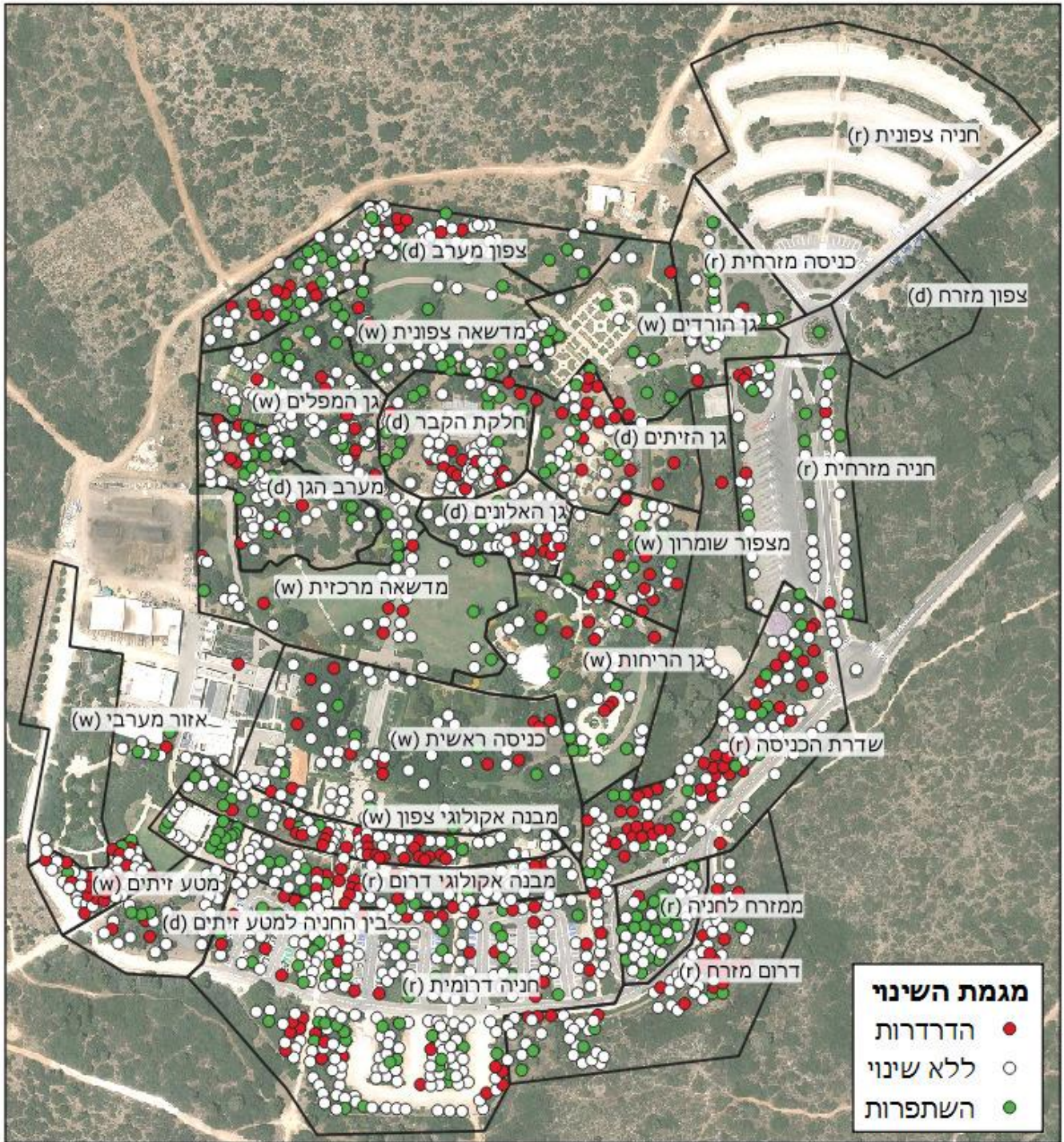
אחד התוצרים המתבקשים מעבודה כמו זו, הוא אומדן למגמת השינוי ברמת העץ הבודד בין השנים. עם זאת, שיטת העבודה בה עשינו שימוש אינה מאפשרת השוואה בין השנים בצורה פשוטה ולכן בעייתית לאומדן זה משתי סיבות מרכזיות:

(א) הערכת הסטטוס ברמת העץ הבודד, היא ביחס להתפלגות האוכלוסייה באותה שנה ולכן לא ניתן להשוות בין שנים שונות את הסטטוס של אותו עץ. לצורך הדוגמה, ייתכן ומצבו הביולוגי של עץ מסוים נשאר זהה בין השנים. אולם מיקומו בהתפלגות השתנה ולכן הסטטוס שלו בהשוואה לשאר העצים מאותו מין השתנה. שינוי המיקום בהתפלגות יכול לגרום לקבלת ארטיפקט של שינוי סטטוס למרות שמצבו הפיזיולוגי של העץ לא השתנה.

(ב) לא נכון להשוואת ערכי NDVI גולמיים בין הצילומים מהשנים השונות, בגלל שהתמונות צולמו במצלמות שונות. רגישות החיישנים וכיולם אינם אחידים, ובעדר כלי לנרמל את הערכים, לא יהיה נכון להשוות מדד זה בצורתו הגולמית.

תוצר זה נכלל בעקבות בקשה בהזמנה, אך עקב סיבות אלו לא יהיה נכון לקחת אותו בחשבון.

התוצר מכיל 1625 עצים מתוך 2031 עצים בגן (לפי הנתונים של שנת 2021). בחישוב לא נכללו (א) עצים שלא הופיעו ב 2016, (ב) עצים חסרי זיהוי טקסונומי ו(ג) עצים שהיה ספק לגבי מיקום (הופיעו בסטייה מרחבית של מעל 10 מ' בין שתי השנים).



בחישוב לא נכללו (א) עצים שלא הופיעו ב 2016, (ב) עצים חסרי זיהוי טקסונומי (ג) עצים שהיה ספק לגבי מיקום (הופיעו בסטייה מרחבית של מעל 10 מ' בין שתי השנים).