מפנים וחברות הצמחים בהר התבור

גידי נאמן, החוג לביולוגיה וסביבה, אוניברסיטת חיפה-אורנים, gneeman@gmail.com

תקציר: המאמר מתאר את חברות הצמחים בארבעת המפנים בהר התבור סמוך לפסגתו. במערב ובצפון נמצא חורש של **אלון מצוי**, במזרח יער פארק של **אלון התבור** ובדרום בתה של **סירה קוצנית** עם מעט **חרוב מצוי** ו**אלת המסטיק**. ההבדל בזווית הפגיעה של קרני השמש מסביר היטב את ההבדל בין חברות הצמחים בדרום ובצפון, אולם לא את ההבדל בין המזרח למערב. לעומת זאת, המפנה המזרחי חשוף לקרינה רבה בשעות הבוקר ולכן הוא מתייבש מהר יותר מהמפנה המערבי המוצל בשעות הבוקר המוקדמות. אנו מציעים כאן לראשונה, כי זה הגורם העיקרי להבדל בחברות הצמחים. לסיום אנו דנים בשתי תאוריות המסבירות את הגורמים להתקבצות של מיני צמחים ליצירת חברות.

==========

פתיח

מאמר זה עוסק בבדיקת ההשפעות של ארבעת המפנים על חברות הצמחים בהר התבור, כולל המפנים המזרחי והמערבי שטרם זכו לתשומת לב מספקת של חוקרי הצמחים בישראל. הנתונים נאספו לאורך השביל המקיף את פסגת התבור, מתחת לתחום ההשפעה המיידית של המנזרים שבראשו. במפנה במפנה המערבי גדל חורש של **אלון מצוי** ובצפוני נמצא חורש דומה אך צפוף יותר. במפנה המזרחי, גדל יער פארק של **אלון התבור** ובמפנה הדרומי שולטת בתה של **סירה קוצנית** עם מעט **חרוב מצוי** ו**אלת המסטיק**. זווית הפגיעה השונה של קרני השמש גורמת להבדלים במיקרו-האקלים ומסבירה בכך את ההבדל בתנאי הסביבה ובחברות הצמחים בין המפנה הדרומי לצפוני. אולם זווית הקרינה שמקבלים המפנה המזרחי והמערבי דומה, ולכן אינה יכולה להסביר את ההבדל הגדול בין שתי חברת הצמחים במפנים אלה. לעומת זאת, המפנה המזרחי חשוף לקרינה ישירה בשעות הבוקר המוקדמות בעת שהמערבי מוצל עדיין. לכן המפנה המזרחי מתייבש מהר יותר ובקיץ נכנסים הצמחים שבו לעקת יובש מוקדם יותר מאשר אלה במפנה המערבי. לעומת זאת, לפנות ערב המפנה המערבי מואר והמזרחי מוצל יותר, אבל בסיומו של יום קיץ יבש הצמחים בשני המפנים נמצאים בעקת יובש דומה. אנו מעלים כאן לראשונה את ההשערה כי הבדל זה בעיתוי הקרינה הוא הגורם העיקרי להבדל בתנאי הסביבה ולכן גם

לכך שבמפנה המזרחי נמצאים צמחים העמידים יותר לחום ויובש מאשר במערבי. נדגיש, כי השערה זו זקוקה עדיין לאישוש במחקר שדה. בנוסף לכך, המאמר מציג נתונים על הרכב חברות הצמחים השונות, המאפשרים דיון על שתי התאוריות העיקריות המסבירות את הגורמים להתקבצות של מיני צמחים ליצירת חברות. תאוריית ה'סופר אורגניזם' הטוענת שההתקבצות היא תוצאה של יחסים הדדיים הדוקים ביניהם. לעומתה, התאוריה 'האינדיבידואליסטית' טוענת שהתקבצות המינים היא תוצאה של ההתאמה של מינים שונים לתנאי סביבה דומים. הרכב חברות הצמחים במפנים השונים של התבור תומך תאוריה האינדיבידואליסטית.

מבוא

אקלים, קרינת השמש ומפנים

בחלקה הצפוני של ישראל שורר אקלים ים-תיכוני עם חורף קצר ולא קר. החורף נמשך 4-3 חודשים שבהם יורדים מרבית המשקעים, כ-400-900 מ"מ בממוצע בשנה, תלוי ברום ובמרחק מהים. לעומת זאת, הקיץ נמשך 5-4 חודשים חמים ונטולי משקעים. בתנאים אלה, הבעיה העיקרית של הצמחים הרב-שנתיים היא כיצד לשרוד ולעבור את הקיץ הארוך והיבש. בעיה זו קשה במיוחד בשנתם הראשונה של הצמחים, כאשר מערכת השורשים שלהם עדיין לא מפותחת מספיק כדי להגיע לשכבות קרקע עמוקות שבהן יש מעט לחות גם בקיץ (חריף 1974). לכן, הבדלים בהתאמות והעמידות השונה של מיני צמחים לעקת היובש בקיץ משפיעים על תפוצתם במרחב. צמחים רגישים ליובש גדלים במקומות בהם התנאים לחים יחסית ועקת היובש נמוכה, כמו במפנים צפוניים (מדרון הפונה צפונה). לעומת זאת, צמחים עמידים ליובש גדלים במקומות חמים ויבשים יותר כמו במפנים דרומיים (מדרון הפונה דרומה). במקומות בהם מים הם גורם מגביל, כל עליה בטמפרטורה מגבירה את עקת היובש שהיא הגורם העיקרי המגביל תפוצה של צמחים באקלים ים-תיכוני, ולכן צמחים הם ביואינדיקטורים טובים לתנאי הסביבה (Boyko 1947a).

אור השמש הוא גורם חיוני לחיי צמחים והם מנצלים חלק מסוים מספקטרום האור (PAR-photosynthetic active radiation) להטמעה וייצור חומרי מזון אורגניים ממים ודו-תחמוצת הפחמן. קרינת השמש משפיעה בצורה ישירה על הטמפרטורה, על לחות הקרקע ועל משק המים של הצמחים. קרינת השמש משתנה באופן תמידי בזווית, בעוצמתה ובספקטרום שלה במשך היום והשנה. הקרינה מושפעת מאוד מהמיקום הגיאוגרפי (קו

הרוחב מצפון או מדרום לקו המשווה), מהטופוגרפיה המקומית, המפנה והשיפוע של המדרון (Boyko .(Pierce et al. 2005, שהיה מראשוני הבוטנאים בישראל, היה גם בין הראשונים בעולם שהכיר בצמחים כאינדיקטורים גאו-אקולוגיים (.Boyko 1947a) Whittaker (1967) היה בין הראשונים שחקרו את השפעת הטופוגרפיה על קרינת השמש, מידת הלחות ועל הרכב מיני הצמחים ברכסי הרים שונים בארה"ב. היום קיימים מודלים המסוגלים לחשב את הקרינה המקומית בכל מקום על סמך הנתונים הגאוגרפיים והטופוגרפיים שלו ועל סמך נתוני קרינה של תחנות אקלימיות סמוכות. על בסיס זה מנסים המודלים להסביר את התפוצה של מיני צמחים בסקלה מקומית (,Pierce et al. 2005 .(Bennie et al. 2008

מיקומה הגאוגרפי של ישראל בקו הרוחב º32 צפון, גורם לכך שהשמש לעולם אינה זורחת בזנית (º90) וקרינתה בישראל מגיעה תמיד בשיפוע מסוים מכיוון דרום. דבר זה גורם לכך שזווית הפגיעה של קרני השמש קרובה יותר לזווית ישרה (º90) על המפנה הדרומי והיא אלכסונית וקטנה יותר על המפנה הצפוני. ככול שזווית הפגיעה של הקרינה קרובה יותר ל-º90, כך היא מחממת ומיבשת יותר את הקרקע ואת הצמחים. זווית הפגיעה של קרינת השמש משתנה על פי השעה ביום, על פי עונות השנה ועל פי השיפוע והפנות של המדרון (Pierce et al. 2005, Bennie et al. 2008). לכן, בישראל, מומלץ להתקין קולטי שמש לחימום מים, או הפקת חשמל, כשהם נטויים כלפי דרום בזווית של כ-º25, שכן בתנאים אלה קליטת הקרינה בממוצע שנתי היא המרבית. ככל שהמדרונות בטבע משופעים יותר, כך גדול גם ההבדל בזווית הפגיעה של קרני השמש על מדרונות בפנות שונה, ולכן גם ההבדל בטמפרטורה והלחות ביניהם. כך למשל, מפנה צפוני ותלול מוצל במשך שעות רבות ביום, בעוד שבאותו זמן המפנה הדרומי חשוף לקרינה ישירה של השמש. זווית הפגיעה של קרינת שמש בקרקע קטנה יותר במפנה הצפוני, וקרובה יותר לישרה במפנה הדרומי. לכן, הקרקע במפנה הדרומי מתחממת ומתייבשת יותר והצמחים במפנה זה מנדפים יותר מים מאשר במפנה הצפוני. לעומת זאת, מכיוון שהמהלך המדומה של השמש בשמיים הוא סימטרי, השמש זורחת במזרח ושוקעת במערב, משך הקרינה של השמש וזווית הפגיעה שלה בקרקע דומים על המפנה המזרחי והמערבי.

מפנים וצמחים

מרבית הנחלים בצפונה של ישראל זורמים משדרת ההר מערבה לים-התיכון או מזרחה לאגן הניקוז של הירדן, בשני המקרים בולטים מאוד הבדלים בין המפנה הצפוני לדרומי.

בעבר פורסמו מחקרים רבים שהשוו את חברות הצמחים הגדלות בסמיכות מקום על המפנה הצפוני והמפנה הדרומי של אותו נחל, ואצטט רק את חלקם. Boyko, שכאמור הכיר בצמחים כאינדיקטורים גאו-אקולוגיים (Boyko 1947a), חקר גם את השפעת הקרינה על **אלון התבור** (Boyko 1947b). הוא גם תיאר את חבלי הצומח בישראל כדגם למזרח התיכון כולו (Boyko 1954). מיכאל זהרי, בספרו החשוב 'גאובוטניקה' (זהרי 1955), התייחס רק באופן כללי להבדלים בהרכב והצפיפות של הצומח בין המפנים. הוא התייחס יחדיו למפנים הצפוני והמערבי ומציין שהם קרירים ולחים יותר ולכן הם בעלי צמחייה צפופה יותר מאשר זו שבמפנים הדרומי והמזרחי, שהם חמים ויבשים ובעלי צמחיה דלה יותר. כדוגמא קיצונית הוא מביא (כולל תמונה) את ההבדל הניכר שבין המפנים בנחל שבו עברה דרך הטמפלרים, בין שער העמקים לרמת הדסה שבקרית טבעון. במפנה הצפוני יש חורש צפוף של חברת ה**אלון** ה**מצוי,** במפנה הדרומי, יש יער פארק פתוח של **אלון התבור** (זהרי 1955).

בכרמל ובגליל המערבי הנמוך, במפנה הצפוני נפוצה חברת ה**אלון** ה**מצוי**, ומולה במפנה הדרומי חברת ה**חרוב** ה**מצוי ואלת המסטיק**. השפעת המפנה על מבנה החברות, האקולוגיה, הגנטיקה והאבולוציה של קבוצות אורגניזמים שונות (חיידקים, פטריות, חסרי חולית, בעלי חוליות וצמחים) נחקרה רבות על-ידי אביתר נבו בנחל בית אורן התחתון, המכונה על-ידו 'קניון האבולוציה'. הוא מצא שם הבדלים בהרכב המינים של חברות הצמחים ובמוצא הגאוגרפי של המינים. מינים רבים במפנה הדרומי הם ממוצא אפריקאי ובמפנה הצפוני מינים רבים ממוצא אירופי (Nevo et al. 1999, Finkel et al. 2001). בנוסף לכך, למרות הקרבה הגאוגרפית, נמצאו הבדלים בהרכב הגנטי בין האוכלוסיות במפנה הדרומי לבין אלה שבמפנה הצפוני של מינים המשותפים לשני המפנים (Nevo 2009).

יוחאי כרמל ורונן קדמון חקרו, באמצעות צילומי אוויר, את תהליך ההתחדשות של החורש בהר מירון ומצאו שאחוז הכיסוי גדל במשך השנים בעיקר בעקבות גידול של עצים קיימים ופחות כתוצאה מנביטה והתבססות של צמחים חדשים. קצב ההתחדשות הושפע מהשיפוע ומהמפנה של המדרון והייתה אינטראקציה ביניהם, כלומר השפעת השיפוע הייתה שונה במפנים השונים (Carmel & Kadmon 1999).

קותיאל ולביא (Kutiel & Lavee 1999) בדקו את השפעת המפנים (צפוני ודרומי) על ההרכב הקרקע, הלחות שלה ועל העושר והמגוון של מיני הצמחים. המחקר נערך

במקומות שונים לאורך מפל המשקעים מהחבל הים-תיכוני ועד למדבר קיצוני. כמות החומר האורגני והלחות בקרקע היו גבוהים יותר במפנה הצפוני, לעומת זאת אחוז הכיסוי של הצמחים, העושר והמגוון של מיני הצמחים היו גבוהים יותר במפנה הדרומי. ההבדלים בין המפנים היו גדולים יותר בחבל הים-תיכוני והם דעכו לאורך מפל הגשם לכיוון המדבר (Kutiel & Lavee 1999).

מרסלו שטרנברג ומקסים שושני (Sternberg & Shoshany 2001) בדקו את השפעת המפנה על המבנה ההרכב, הצפיפות והביומסה של צמחים מצורות חיים שונות בחברות הצמחים במפנה הצפוני והדרומי לאורך מפל הגשם מהחבל הים-תיכוני למדבר. ההבדלים בין המפנים נשמרו בכל האתרים לאורך מפל הגשם (Sternberg & Shoshany 2001).

בניגוד לשפע המחקרים שבדקו את השפעת המפנה הצפוני והדרומי על הצמחים, בולט העדרם של מחקרים המשווים את התנאים במפנים המערבי והמזרחי ואת השפעתם על הצומח והצמחייה בהם.

הצומח בהר התבור

הר התבור שגבהו כ-570 מ' מעל פני הים נמצא בין שלוש יחידות נוף גיאוגרפיות: רכסי הגליל התחתון המערבי, הרמות הבזלתיות של הגליל התחתון המזרחי, ועמק יזרעאל. התבור הוא גוש מסיבי של שכבות סלעי גיר, דולומיט וקירטון אופקיות מתקופת הקנומן-טורון שהורם (הורסט) כ-400 מ' מעל לסביבתו, זאת כחלק מסדרה של שברים גאולוגיים הקשורים בהיווצרות הבקע הסורי-אפריקאי הגדול (בן יוסף 2001). צורתו מעוגלת-אליפטית ולכן הוא אולי המקום היחיד בישראל בו ניתן למצוא מדרונות ארוכים הפונים לכל אחת מרוחות השמים. הר התבור נמצא על גבול קו שווה-הגשם (איזוהיט) שבין 500 מ"מ ל-600 מ"מ בממוצע רב-שנתי (1981-2010) (השרות המטאורולוגי). אולם, התחנות המטאורולוגיות הסמוכות, בית קשת וגזית, נמצאות למרגלות ההר ולכן אינן משקפות נאמנה את התנאים בפסגתו. בעמק יזרעאל יש כ-200 לילות טל (וויקיפדיה) וניתן להניח שמספר לילות הטל בפסגת התבור גבוה אף יותר.

בשל מיקומו וצורתו המיוחדת משך הר התבור תשומת לב רבה כבר בימי קדם. בשל היותו בגבול הנחלות של שלושה שבטים (נפתלי, זבולון ויששכר), הוא מוזכר בשמו במקומות רבים בתנ"ך. בסביבת התבור נערכו קרבות רבים, שם הייתה התכנסות הצבא לפני מלחמת דבורה וברק בסיסרא (שופטים ד'), והקרב של גדעון נגד המדיינים (שופטים ח'). בתקופת

המלוכה מוזכרת העיר תבור כאחת מערי הלויים שבנחלת שבט זבולון (דברי הימים אי ו'). יוסף בן-מתתיהו מזכיר את העיר שנקראה אז איטבריון (מלחמות היהודים א', ז', ח'), הוא חיזק ושילב אותה במערכת המבצרים שהכין לקראת המרד הגדול ברומאים. בימי בית שני נהגו להבעיר משואות על פסגת התבור כדי להודיע על מועדי ישראל וראשי החודשים (תוספתא 210). החל מהמאה ה 4 לספירה, עקב ייחוס המסורת של "נס ההשתנות" (הטרנספיגורציה) שבו ישו ושלושה מתלמידיו עלו לראש ההר ומשם עלה ישו השמימה, הפך הר התבור להר קדוש לנוצרים ונבנו עליו מנזרים וכנסיות.

מצב הצומח והיערות בסביבת התבור, כפי שראו ותיעדו עולי רגל נוצריים שעשו דרכם מנצרת לפסגת התבור, מתואר בחוברת 'תולדות יער הר תבור' (בן-דוד 1985): בשנת 1697 כתבMaundrell שהתבור היה: "מכוסה בעצים בכל חלקיו מלבד כלפי דרום". ב 1839, בפרסום של הכנסייה הסקוטית כתוב: "התבור מיוער כולו, מלבד המדרון הדרומי, שהוא כמעט חשוף". בנוסף לכך מובא תיאור של יער **אלון התבור** בין נצרת לתבור כיער של: "עצים במרחק קבוע כאילו נטעו", זאת בניגוד לחורש (bush wood) שבהרי יהודה. מיודענו, הכומר טריסטרם, שהרבה לתאר את עולם החי בארץ הקודש, כתב (טריסטרם 1975): "התבור – צלעו הצפונית עוטה יער. על הדרומית יש רק מעטה דליל של עצים ושיחים ברובם אלונים". כעשור לאחר כתב Manning: "בעבר היה היער מיוער בעושר עד פסגתו אך חלק מן העצים נכרת וכעת ההר מיוער רק בפיסות", באותה עת כתב :Schaff "ההר עגול כמו חצי כדור ועטוף בצמחים ויערות אלונים, מלבד במדרון הדרומי בו הרס וונדליזם מודרני את הצומח הטבעי", זאת למרות שכבר ב 1697 יש תיאור של המדרון הדרומי החשוף. ב-1900 מתאר Barnabe את אלוני התבור המזכירים לו את היערות הגדולים של אירופה. במקביל הוא מתאר את כריתת העצים על-ידי הערבים ואת רעיית העיזים המזיקה בעיקר לעצים הצעירים. בתחילת מלחמת העולם הראשונה כרתו התורכים בשיטתיות את היערות הנגישים שלמרגלות התבור, תיאורים של איכרי סג'רה שעבדו בכפייה אצל התורכים מובאים במספר ספרים העוסקים בתולדות ההתיישבות בסג'רה והגליל התחתון (הדני 1955).

רוני אלוני וגדעון אורשן (Aloni & Orshan 1972) חקרו ומיפו את חברות הצמחים בגליל התחתון. במפת הצומח שהם פרסמו מצוינות שלוש חברות צמחים סמוך לפסגת התבור: חברת **אלון מצוי ואלה ארץ-ישראלית** מסביב לפסגה בסמוך לגבול שטח הכנסייה, שרידי חברת **אלון התבור** במפנה המזרחי וחברת **חרוב מצוי ואלת מסטיק** בדרומי. בנוסף הם

מציינים את יערות **אורן ירושלים** שנטעו על-ידי קק"ל. בשנתיים האחרונות (2019, 2020) היו בתבור שתי שרפות והאחרונה פגעה בעיקר ביער ה**אורן** הנטוע ובבתה במפנה הדרומי.



איור מס.1 חורש פתוח של אלון מצוי במפנה המערבי (מימין) וחורש צפוף של אלון מצוי במפנה הצפוני (משמאל). צילום: ג. נאמן ©





איור 2. יער פארק של אלון התבור במפנה המזרחי (מימין) ובתה שרופה במפנה הדרומי (משמאל). צילום: ג. נאמן ©

חברות צמחים

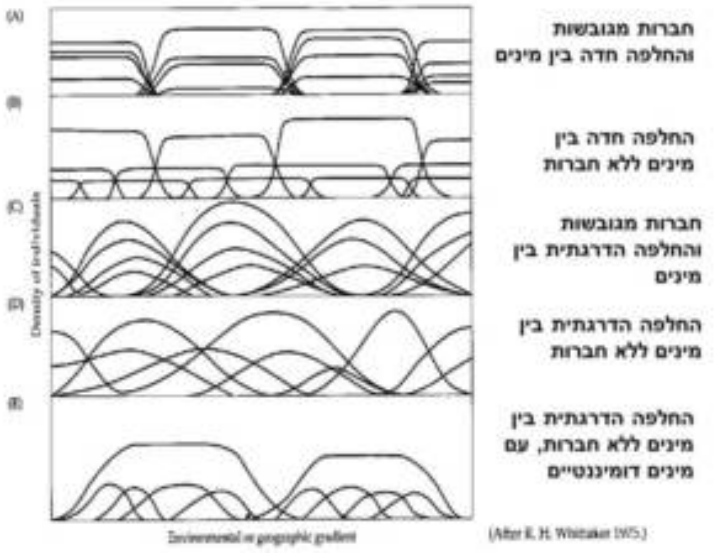
בעקבות Braun-Blanquet, הגדיר זהרי (1955), את המושג חברת צמחים כ 'חברת צמחים בעלי הרכב פלוריסטי מסויים', אך הוא מציין שיש גישות אחרות המוסיפות להגדרה גם את תנאי הסביבה. כלומר, חברה היא הרכב מסויים שלי מיני צמחים החוזר ומופיע במקומות שונים בעלי תנאי סביבה דומים. בפרוט של מאפייני החברה זהרי כולל תכונות רבות נוספות: הרכב המינים, השפע שלהם (מספר פרטים או אחוז כיסוי), מבנה החברה (השכבתיות של הצומח הנובעת מצורות החיים של המינים השונים), עונתיות (פנולוגיה), חיוניות (האם המין נמצא בתנאים המאפשרים השלמת מחזור חיים ורבייה תקינה), וחברתיות (האם פרטים של אותו מין גדלים במקובץ או פזורים).

משחר המחקר האקולוגי קיימות שתי היפותזות עיקריות, הנוגדות זו את זו, באשר לגורמים המעצבים את חברות הצמחים. היפותזה אחת, שקיבלה את הכינוי 'סופר אורגניזם', תארה את המינים השונים בחברה כאילו היו אברים שונים של גוף אחד. על פי גישה זו, התקבצות המינים היא תוצאה של יחסים הדדיים הדוקים בין המינים השונים, כיחסים בין אברים של גוף אחד (Clements 1916). ההיפותזה השנייה המכונה 'האינדיבידואליסטית', גרסה

שהתקבצות המינים בחברת הצמחים היא בעיקר פועל יוצא מכך שלכל מין ישנם תנאי סביבה שהם אופטימליים עבורו. לכן מינים שונים המותאמים לתנאים דומים מתקבצים יחד ומרכיבים את חברת הצמחים (Gleason 1917). לפרוט נוסף של סוגיה זו קראו פרבולוצקי ופולק (2001).

אבל כיצד בודקים איזו היפותזה נכונה? הראשון שהציע דרך לבחון זאת היה האקולוג Whittaker ששיתף פעולה גם עם חוקרים ישראליים. הוא הציע לבדוק כיצד משתנה השפע של מינים לאורך גרדיינט אקולוגי ארוך ובעיקר במעבר בין שתי חברות (Ecoton). אם ההשתנות היא בקבוצות, כלומר הרבה מינים יחדיו, זו תמיכה בתאוריית ה 'סופר אורגניזם' (איור 2. A, C), לעומת זאת אם ההשתנות היא רציפה כאשר כל מין משתנה באופן אינדיבידואלי זו תמיכה בהיפותזה 'האינדיבידואליסטית' (איור 2. B, E, D). תוצאות של מחקרים רבים שערך Whittaker (1967, 1975) ברכסי הרים שונים בארה"ב, תמכו בהיפותזה ה 'אינדיבידואליסטית'. היום יש הטוענים ששתי הגישות הללו אינן בלעדיות, שההתאמות האינדיבידואליסטיות של כל מין חשובות, אבל יחסי הדדיות (חיוביים או שליליים) בין המינים חשובים גם הם (Lortie 2004).

העובדה שהר התבור הוא כמעט עגול מאפשרת לבחון הרכב החברות ואת דגם השתנות המינים ביניהן. האם חברות הצמחים במפנים השונים של הר התבור הן מגובשות, אחידות ושנות זו מזו, או שהתפוצה והשפע של המינים היא אינדיבידואליסטית, וההבדל העיקרי שאנו רואים הוא בשפע של המינים הדומיננטיים בחברות השונות הנותנים את השם לחברות הצמחים.



איור 3. תיאור סכמתי של דגמי השתנות השפע של מינים לאורך גרדיינט הדרגתי בתנאי סביבה והמשמעות שלהם בהקשר של קיום חברות צמחים מגובשות (בעקבות Whittaker 1975).

שיטות

הנתונים המובאים כאן נאספו על-ידי סטודנטים בסיורים לימודיים שערכתי במשך שנים רבות במסגרת הקורס 'גאובוטניקה' בחוג לביולוגיה באורנים. מסלול הסיור כלל הקפה של הר התבור סמוך מאוד לפסגתו ובכל אחד מהמפנים (מערב, צפון, מזרח ודרום) ערכנו ארבע תחנות רישום, כל אחת בשטח של כ-400-500 מ"ר (איור 4). בכל תחנה רשמנו את כל מיני העצים, השיחים, בני השיח, המטפסים, הגאופיטים והצמחים העשבוניים הרב-שנתיים שיכולנו לאתר. רשימות המינים המובאות בהמשך הם סיכום של המינים שפגשנו בארבע שנים בתקופה 1990-1999. בנוסף לרישום המינים, כל סטודנט העריך בעין את אחוז הכיסוי הכללי של הצמחים המעוצים ואת אחוז הכיסוי של המין הדומיננטי. אחוזי הכיסוי המובאים בהמשך הם הממוצע של ארבעה סיורים שבכל אחד מהם השתתפו כ-10 סטודנטים. לבדיקת מידת אי-הדמיון (מרחק) בהרכב המינים של חברות בין כל זוג של מפנים השתמשנו במדד המרחק של ג'קארד (Statistics How To 2020) נוסחת המדד היא: $J_d=(M_1+M_2)/(M_1+M_2+M_3)$, כאשר M_1=מספר המינים הייחודיים לחברה 1, M_2=למספר המינים הייחודיים לחברה 2 ו M_3=מספר המינים המשותפים לשתי החברות. כאשר כל המינים הם ייחודיים ואין מינים משותפים המרחק הוא מירבי ואז $J_d=1$, לעומת זאת אם כל המינים משותפים ואין ייחודיים $J_d=0$. מדד הדמיון של ג'קארד (J_s=Jaccard similarity index) הוא המשלים לאחד של המרחק ($J_d+J_s=1$). כלומר, כאשר הדמיון מרבי, כל המינים משותפים ואין מינים ייחודיים $J_s=1$.



איור 4. תצלום אווירי של הר התבור עם ציון אתרי רישום הצמחים (מערב, צפון, מזרח ודרום) במפנים השונים סמוך לפסגת התבור (מפות גוגל 2020).

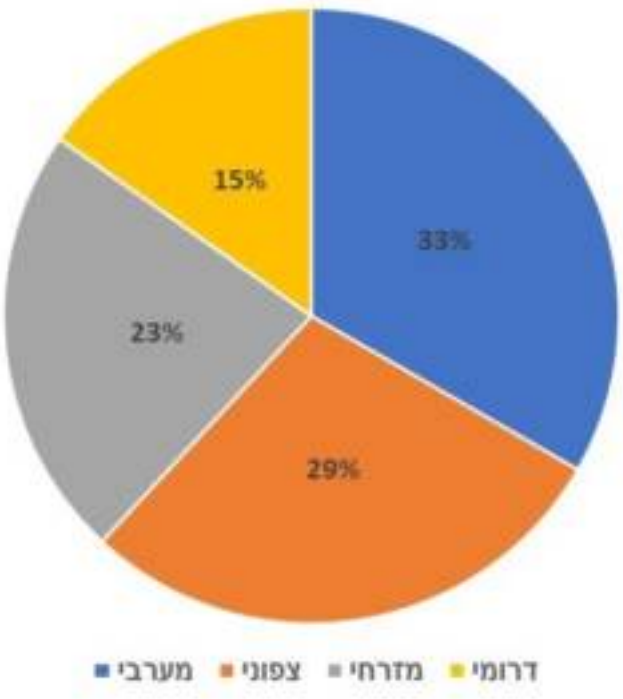
תוצאות

בארבעת התחנות בשביל הפסגה של התבור נצפו בסך הכול 46 מינים של עצים, שיחים, בני-שיח, מטפסים וגיאופיטים. רשימת מיני הצמחים על-פי המפנים מפורטים בטבלה 1. המפנה העשיר ביותר במינים היה המפנה המערבי עם 35 מינים, אחריו הצפוני עם 30 מינים, במזרחי היו 24 מינים ובדרומי היו רק 16 מינים (איור 3). אחוז הכיסוי הגבוה ביותר נמצא במפנה הצפוני (81%), אחריו במערבי (71%), במזרחי (47%) והמפנה הדרומי היה הדל ביותר (31%) (איור 4). המין הדומיננטי בחברות הצמחים במפנה המערבי והצפוני היה **אלון מצוי** ואחוז הכיסוי שלו בשני המפנים היה כמחצית מאחוז הכיסוי הכללי בהם. **אלון התבור** היה המין הדומיננטי במפנה המזרחי עם כ 30% כיסוי. **סירה קוצנית** הייתה המין הדומיננטי במפנה הדרומי עם כמחצית מאחוז הכיסוי הכללי, ואחריה **אלת המסטיק וחרוב מצוי**.

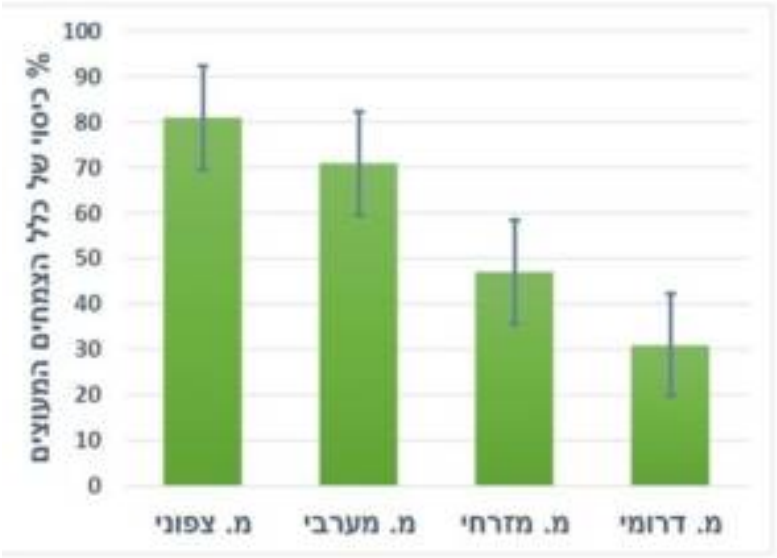
טבלה 1. הרכב המינים של חברות הצמחים שנצפו במפנים השונים סמוך לפסגת התבור וסך כל המינים בכל מפנה.

מין / מפנה	מערבי	צפוני	מזרחי	דרומי
אלה א"י	+	+	+	+
אלה אטלנטית		+		
אלון התבור	+	+	+	+
אלון מצוי	+	+	+	
אלת המסטיק	+	+	+	+
אספרג החורש	+	+	+	
אשחר א"י	+	+	+	+
אשחר רחב-עלים	+	+	+	
בן-חצב סתווני	+	+		
בר-זית בינוני	+	+		
גביעונית הלבנון	+	+		
זית אירופי		+	+	+
זלזלת הקנוקנות	+	+		
זקנן שעיר				+
חצב מצוי	+		+	+
חרוב מצוי				+
טבורית נטויה	+	+		
טמוס מצוי	+			
יערה איטלקית	+	+	+	
כדן סגול		+		
כלך מצוי	+	+	+	+
כלנית מצויה	+		+	+
כרכום חורפי	+		+	

כתלה חריפה				+
לבנה רפואי		+	+	
לבנה רפואי	+	+		
לוטם שעיר	+			
מרווה משולשת	+			
מרווה ריחנית				+
נורית אסיה	+			
סירה קוצנית	+	+	+	+
ספלול מטפס		+		
עוזרר קוצני	+	+	+	
עיריוני צהוב	+		+	
עוזרר קוצני			+	
עירית גדולה	+	+	+	
עצבונית החורש		+		
עיריוני צהוב	+			
פואה מצויה	+	+	+	
פרסיון גדול	+	+	+	
צחנן מבאיש	+	+		
צמרנית הסלעים	+			
קיסוסית קוצנית	+	+	+	+
רקפת מצויה	+	+	+	+
שרביטן מצוי	+	+	+	+
ס"ה מינים	**35**	**30**	**24**	**16**



איור 5. ההתפלגות היחסית של מספר מיני הצמחים על פי המפנים השונים סמוך לפסגת התבור, סך כל המינים בכל המפנים יחדיו היה 46.

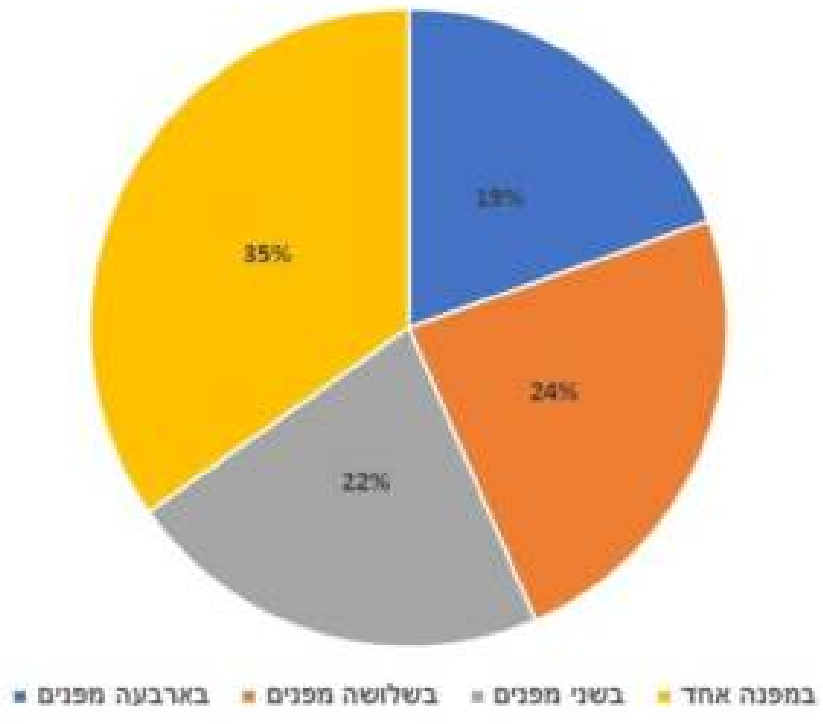


איור 6. אחוז הכיסוי הממוצע (n=4) וסטיית הקן של הצמחים המעוצים הרב-שנתיים בכל המפנים סמוך לפסגת התבור. הנתונים הם ממוצעים של ארבעה סיורים שבכל אחד מהם השתתפו כעשרה סטודנטים.

המפנה המערבי היה העשיר ביותר בשבעה מינים ייחודיים שנמצאו רק בו, אחריו הצפוני עם ארבעה מינים, הדרומי עם שלושה מינים והמזרחי עם מין ייחודי אחד בלבד, המינים הייחודיים לכל מפנה מפורטים בטבלה 2. מרבית המינים שנרשמו בהר התבור נצפו במפנה אחד בלבד, ומיעוטם היו מינים שנצפו בכל ארבעת המפנים (איור 7).

טבלה 2. המינים הייחודיים לחברות במפנים השונים סמוך לפסגת התבור.

מין / מפנה	מערבי	צפוני	מזרחי	דרומי
טמוס מצוי	+			
כרכום חורפי	+			
לוטם שעיר	+			
מרוה משולשת	+			
נורית אסיה	+			
עיריוני צהוב	+			
צמרנית הסלעים	+			
אלה אטלנטית		+		
כדן סגול		+		
ספלול מטפס		+		
עצבונית החורש		+		
עוזרר קוצני			+	
זקנן שעיר				+
חרוב מצוי				+
כתלה חריפה				+
ס"ה מינים	**7**	**4**	**1**	**3**

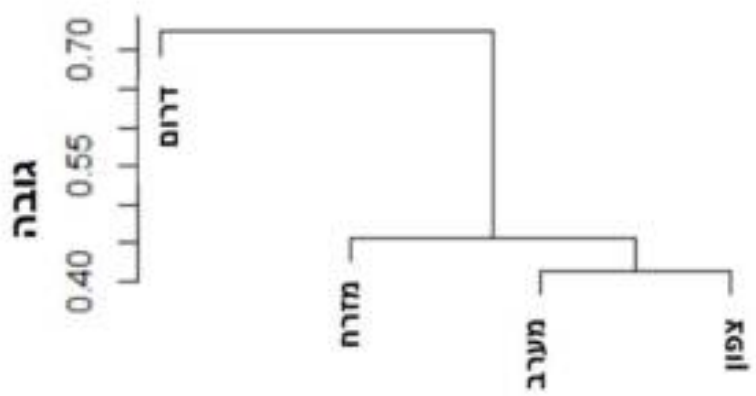


איור 7. התפלגות מספר המינים על פי המינים
הייחודיים שהופיעו רק במפנה אחד, אלו שהופיעו בשניים או שלושה מפנים, ואלה שהיו משותפים לכל ארבעת המפנים. סך כל המינים בכל המפנים סמוך לפסגת התבור היה 46.

על פי מדד הדמיון של ג'קארד להשוואת ההרכב בין כל זוג מפנים, הדמיון הרב ביותר בהרכב המינים היה בין המפנה הצפוני והמערבי, לאחר מכן הרכב המינים במפנה המזרחי היה דומה במידה שווה כמעט להרכב במפנים המערבי והצפוני. הרכב המינים במפנה הדרומי היה דומה להרכב המינים במפנה המזרחי הרבה יותר מאשר למפנה המערבי והצפוני (טבלה 3). תמונה דומה התקבלה מדנדרוגרמה של מידת המרחק (המשלים לאחד של מדד הדמיון של ג'קארד) בהרכב המינים של החברות במפנים השונים (איור 8).

טבלה 3. מדד דמיון ג'קארד להשוואת הרכב המינים במפנים השונים סמוך לפסגת התבור (1=זהות, 0=העדר מינים משותפים).

	מערב	צפון	מזרח
צפון	0.585		
מזרח	0.553	0.543	
דרום	0.275	0.278	0.429



איור 8. דנדרוגרמה המתארת המדד היחסי של ג'קארד למידת המרחק (אי-שוויון) בין חברות הצמחים במפנים השונים סמוך לפסגת התבור (0=זהות, 1=העדר מינים משותפים).

דיון

התבור הוא הורסט גאולוגי שבו התרוממו יחדיו ובאופן אופקי כל שכבות הסלעים (בן יוסף 2001). מכיוון שכל תחנות הרישום נמצאו לאורך השביל המקיף את התבור סמוך מאוד לפסגתו, ניתן להניח שאין הבדלים במרבית התנאים הסביבתיים של התחנות במפנים השונים, כולל כמות המשקעים. מכיוון ששכבות הסלע הן אופקיות גם אין הבדלים בסוג הסלע או הקרקע. נראה שההבדלים העיקריים בין המפנים, סמוך לפסגת ההר, הם בזווית הקרינה של השמש ושעות היום בהן המפנים השונים חשופים לה. קרינת השמש השונה על המפנים השונים גורמת להבדלים בטמפרטורה ובמידת היובש ביניהם. ככל שהקרינה חזקה יותר, כך הטמפרטורה גבוהה יותר ובעקבות כך גם היובש רב יותר. באקלים הים-תיכוני, בתנאים של 400-500 מ"מ גשם לשנה, כמו בתבור, יכולתם של צמחים לנבוט, לצמוח ולהתרבות תלויה במידה רבה בהתאמות שלהם ליובש, ובכושר התחרות שלהם עם המינים האחרים הנמצאים באזור. התאמתם של מיני צמחים ליובש היא תוצאה של תכונותיהם המורפולוגיות, האנטומיות והפסיולוגיות. יש להם עלים קטנים, בעלי מבנה קסרומורפי (יובשני) הכולל פיוניות שקועות בצד התחתון, שתי שכבות של כלורנכימה מטמיעה, קוטיקולה עבה בצד העליון (פאהן 1976). צמחים חד- ובעיקר רב-שנתיים המותאמים ליובש מפתחים מיד לאחר הנביטה שורש עמוק המאפשר להם לשרוד את הקיץ הראשון (חריף 1974). לצמחים אלה יכולת לקלוט מים מקרקע יבשה עם פוטנציאל מים נמוך, לאגור את המים כשהם זמינים ולהשתמש בהם במועד מאוחר יותר. העצה, מערכת הובלת המים שלהם מסוגלת לעמוד בפוטנציאל מים נמוך ללא כניסת בועות אוויר לצינורות ההובלה (אמבוליזם) ולשקם נזקים כאלה לאחר שקרו. הם יכולים לסגור את הפיוניות ולצמצם את נידוף המים בעונות ובשעות היבשות ויעילות הטמעה (קיבוע פחמן) גבוהה

יחסית לכל מולקולת מים שהם מנדפים (Klein et al. 2011).

מפנה צפוני ודרומי

ההבדל הגדול ביותר באחוז הכיסוי של הצמחים (איור 6) ובהרכב המינים (טבלה 3) נמצא בין חברות הצמחים של המפנה הצפוני והדרומי. במפנה הצפוני גדל חורש צפוף (80% כיסוי) בשלטון של ה**אלון** ה**מצוי**. נמצאו בו 30 מינים מעוצים וגאופיטים, מתוכם ארבעה מינים שנמצאו רק במפנה זה כמו **ספלול מטפס ועצבונית החורש** המעידים על תנאים לחים ומוצלים במפנה זה. במפנה הדרומי, הצומח הרב-שנתי דליל ביותר (30% כיסוי) והוא נשלט על-ידי בתה של **סירה קוצנית**, ובה פזורים שיחים של **אלת המסטיק** ועצי **חרוב מצוי**, כולם מינים תרמופיליים המאפיינים בתי גידול חמים ויובשניים ו**סירה קוצנית** גדלה בהצלחה רבה אפילו בבתות ספר המדבר. במפנה הדרומי נמצאו 16 מינים מעוצים וגאופיטים, מתוכם שלושה מינים ייחודיים כולל **חרוב מצוי** המאפיין מפנים דרומיים ברבים מנחלי צפון ישראל, **וזקנן שעיר** המאפיין בתי גידול חמים. הבדלים אלה בין המפנים, דומים לאלה המצויים בין החמפנה הדרומי והצפוני בנחלים רבים בגליל המערבי, בכרמל, בשפלה ובהרי יהודה (זהרי 1955) (Aloni & Orshan 1972, Kutiel & Lavee 1999, Nevo et al. 1999, Finkel et al. 2001, Sternberg & Shoshany 2001). מבחינת ההתאמות הפיסיולוגיות **החרוב המצוי** מוכר כמין תרמופילי המותאם היטב לתנאי יובש יחסית **לאלון המצוי** (Lapidot et al. 2019).

מקובל שנידוף המים של צמחים הוא תוצאת לוואי שלילית של פתיחת הפיוניות בעלים ביום. פתיחת הפיוניות הכרחית לקליטת CO_2 להטמעה ונידוף המים יוצר פוטנציאל מים שלילי המאפשר הובלת מים ומינרלים מהשורש לנצר. אולם נידוף המים גם חיוני בקירור העלים, בדומה להזעה אצל בעלי חיים. חימום יתר של העלים פוגע בפעילותם האנזימתית וביכולת ההטמעה שלהם. לכן קירור העלים חיוני להישרדות הצמחים בתנאי חום קיצוני (Lapidot et al. 2019).

לצמחים שונים הגדלם במקומות יובשניים כמו המזרח התיכון יש אסטרטגיות שונות לשימוש וחסכון במים. למשל, **אורן ירושלים** שהוא בעל מערכת שורשים רדודה, סוגר את הפיוניות שלו בצהרי היום בקיץ, כך הוא שומר על פוטנציאל מים גבוה בעלים ומקטין את נידוף המים שלו (Klein et al. 2011). בניגוד לכך, **אלון מצוי,** שהוא בעל מערכת שורשים עמוקה יותר, המגיעה לשכבות עמוקות ולחות בקרקע, משאיר את הפיוניות שלו פתוחות גם בצהרי

היום בקיץ וממשיך לנדף מים ולהטמיע (Klein et al. 2013).

במחקר חדש, לפידות וחבריו (Lapidot et al. 2019), ערכו השוואה של נידוף המים, יעילות ההטמעה לכל מולקולת מים מנודפת, והטמפרטורה של העלים (בחודש מרס 2018) בין מספר מיני עצים שגדלו ביער הראל בהרי יהודה. קצב נידוף המים **באלון מצוי** היה נמוך בבוקר, מרבי בצהריים עם ירידה אחר הצהריים. לעומתו, קצב הנידוף המכסימלי **בחרוב מצוי** היה בשעות הבוקר, לאחר מכן הוא ירד בהדרגה עד אחר הצהריים. יעילות ההטמעה יחסית לנידוף המים **באלון מצוי** הייתה נמוכה בבוקר, מרבית בצהריים ונמוכה מאוד אחרי הצהריים. **בחרוב מצוי** הייתה עליה יעילות ההטמעה יחסית לנידוף המים מהבוקר לצהריים ועליה נוספת אחר הצהריים והיא הייתה גבוהה מזו של **אלון מצוי** בבוקר ובצהריים, אך נמוכה בהרבה לעת ערב. נתונים אלה מראים שכבר באביב (בחודש מרס), מבחינת משק המים וההטמעה, שעות אחר הצהריים היבשות קשות יותר **לאלון המצוי** מאשר **לחרוב המצוי**. **בחרוב המצוי** נמצא קשר חיובי בין קצב נידוף המים לקירור העלה יחסית לטמפרטורת הסביבה, כלומר שככל שהוא מנדף יותר מים הוא מתקרר יותר יחסית לסביבה. בניגוד לכך לא נמצאה עדות לקשר כזה **באלון מצוי**. יתכן שזה נגרם מחשיפה לקרינת שמש ישירה המלווה בקצב נידוף נמוך אך קבוע לאורך היום (Lapidot et al. 2019). נתונים אקופיסיולוגיים אלה מתיישבים היטב עם תפוצת מיני העצים השולטים בהר התבור, **אלון מצוי** במפנה הצפוני ובמפנה המערבי שהם קרירים ולחים יחסית למפנה הדרומי החם והיבש ביותר מבין כל המפנים שבו גדל **חרוב מצוי**.

מערב ומזרח

בניגוד למפנים הצפוני והדרומי, למיטב ידיעתי, כמעט ולא פורסמו מחקרים המשווים את התנאים האביוטיים ואת הצמחים הגדלים על המפנים המזרחי והמזרחי באזור הים-תיכוני בכלל ובישראל בפרט. ההנחה הרווחת היא שאין הבדל בצומח בין מפנים אלה, זאת משום שהתנאים האביוטיים ובעיקר קרינת שמש במפנה המזרחי דומה בעוצמתה לזו במפנה המערבי. התוצאות מראות שמידת הדמיון בהרכב המינים של חברות הצמחים בשני המפנים הייתה שנייה לאחר מידת הדמיון בין החברות במפנים המערבי והצפוני (טבלה 3). למרות הדמיון בהרכב המינים קיים הבדל גדול במין הדומיננטי, בשפע היחסי שלו ובמבנה של חברות הצומח. במפנה המערבי גדל חורש צפוף (75% כיסוי) בשלטון של **אלון מצוי**. נמצאו בו 35 מינים מעוצים וגאופיטים, מתוכם שבעה מינים ייחודיים למפנה הזה שכולם מינים ים-תיכוניים טיפוסיים שאינם משקפים תנאים מיוחדים. במפנה המזרחי גדל יער פארק

פתוח (47% כיסוי) בשלטון של **אלון התבור**, שעצים בודדים שלו נמצאו גם בכל המפנים האחרים. נמצאו בו 24 מינים מעוצים וגאופיטים, מתוכם מין ייחודי אחד, **עוזרר מצוי** שהוא מין ים-תיכוני הגדל גם בבתי גידול יובשניים. ההרכב והמבנה של יער **אלון התבור** במפנה המזרחי, דומה מאוד לזה בשאר האתרים בהן הוא גדל, כולל זה שבמפנה הדרומי של הנחל בין שער העמקים לרמת הדסה, שבמפנה הצפוני שלו גדל חורש צפוף מאוד של **אלון מצוי** שתוארו על-ידי זהרי (1955). הניגוד הגדול בין חברות הצמחים משקף כנראה הבדל בתנאי הסביבה ובעיקר במשק המים של הצמחים בשני המפנים. זאת למרות הדמיון במשך קרינת השמש והזווית שלה.

יער פארק של **אלון התבור** היא תצורת צומח יוצאת דופן בנוף הים-תיכוני, בה העצים גדלים במרחקים גדולים זה מזה וביניהם גדלים בעיקר צמחים עשבוניים, זאת בניגוד לחורש הצפוף והסבוך. **אלון התבור** הוא מין תרמופילי הגדל בעיקר ברום של 50-500 מ' ולעיתים נדירות ברום גבוה יותר. אלוני התבור גדלים על מגוון גדול של קרקעות וסלעים, בחולות ובקרקעות חמרה וגרומוסול במישור החוף, באדמות כבדות בעמקים שם הם מגיעים לגודל ניכר, ברנדזינה על סלעים רכים בגליל התחתון ובקרקע בזלתית בגולן. בגליל התחתון הם מרבים לגדול בכיסי קרקע בסלעים קרטוניים שם הם מנצלים את המים האגורים בקרקע ובסלע הסמוך לכיס הקרקע (הר וחובריו 2000), דבר המסביר את כמויות המים הגדולות שהעצים מנדפים בקיץ יחסית למינים ירוקי-עד של החורש (Oppenheimer 1953).

צריכת המים של עצים לאורך זמן מהווה הערכה טובה לאיכות בית הגידול (Schiller et al. 2003). בחורש טבעי של **אלון מצוי** ברמת הנדיב שבכרמל נמצא שעקומת הנידוף היומי הייתה גבוהה בחורף ונמוכה בקיץ, אך הדגם היומי היה דומה, עם שיא אחד בין השעות 10:00 ל 14:00 בחורף ובקיץ (Schiller et al. 2003). הנידוף המחושב של 240 גזעים בדונם אחד היה כ 298 מ"מ ב-1998 שהיו 44% מהגשם בשנה הקודמת, ב 1999 היה הנידוף 234 מ"מ שהיו 54% מהגשם בשנה הקודמת. הגורמים היכולים להסביר את הנידוף הקבוע של **אלון מצוי** גם בקיץ הם: (1) מערכת שורשים עמוקה עד כ-8 מ'. (2) עליה בערך האוסמותי (ירידה בפוטנציאל המים) של מוהל התאים בעלה בשל ריכוז גבוה של סוכר. (3) פיזור כתמי של הפיוניות בעלה ואיטיות הסגירה שלהן. (4) צמצם הולכת המים בגזע על-ידי צמצום קוטר צינורות העצה החדשים הנוצרים לקראת הקיץ היבש (Schiller et al. 2003). אולם יש החולקים על כך, שכן קוטר הצינורות הגדולים קובע מוליכות מים (לב ידון מידע אישי). בדרום צרפת נמצא שחורש הנשלט על ידי מין קרוב של **אלון** ירוק-עד

(*Q. coccifera*) מנדף כ-67% מכמות המשקעים השנתית (900 מ"מ) שהוא מקבל (Rambal 1984).

משק המים של יער פארק עם 14 עצי **אלון התבור** בדונם נחקר ליד אלון הגליל בגליל התחתון (Schiller et al. 2007). אחוז המים בשכבות העליונות של הסלע והקרקע השתנה מאוד (5%-20) במשך השנה, אבל נשאר יציב (30%-35) החל מעומק של 5.5 מ'. עץ בודד נידף בממוצע 57 ליטר מים ליום, כמות נידוף זו של עץ בתצורת צומח דלילה דומה לזו של מיני אלונים אחרים. נידוף המים מתחיל עם הלבלוב במרס, עולה בהדרגה עד מאי, נשאר יציב ברמה של כ-90 ליטר ליום עד יולי, ואז מתחיל לרדת ונפסק עם השרת העלים בסתיו. למרות נידוף המים הרב של עץ בודד, בשל הצפיפות הנמוכה של העצים, צריכת המים ליחידת שטח היא נמוכה יחסית. בממוצע של ארבע שנים, נידף היער מים בכמות השווה ל 239 מ"מ בשנה שהם כ-41% מכמות הגשם הממוצעת הרב-שנתית באזור (Schiller et al. 2007). כמות זו נמוכה מזו המנודפת מחורש של **אלון מצוי**.

בהנחה שהבדל גדול כזה בין אופי החברות המרכיבות את הצמחייה במפנה המזרחי והמערבי משקף הבדלים בתנאי הסביבה, נדון כעת בגורמים העשויים להסביר את התנאים החמים והיבשים יותר במפנה המזרחי יחסית למערבי, זאת כפי שהם משתקפים מתכונות המינים השליטים **אלון התבור** במזרח **ואלון מצוי** במערב. כמות המשקעים בישראל קטנה ככל שמתרחקים מהים מזרחה. בנוסף לכך קיימת תופעה של צל גשם בו המפנה המערבי של ההרים מקבל יותר משקעים מהמפנה המזרחי, הדבר בולט במיוחד בהרי יהודה והשומרון. אולם, בשל המרחק הקצר של פחות מקילומטר בין התחנה המערבית למזרחית ובשל העובדה ששתי התחנות נמצאו סמוך מאוד לפסגת התבור, לא סביר להניח שיש הבדל בכמות המשקעים ביניהן. לעומת זאת בשל הלחות הגבוהה של הרוחות המערביות, כמות הטל עשויה להיות גבוהה יותר במפנה המערבי מאשר במזרחי, אולם אין לי נתונים על כך. כאמור, בשל המהלך הסימטרי של השמש בשמיים כמות הקרינה שמקבלים המפנה המערבי והמזרחי דומה, אולם המפנה המזרחי מואר מיד עם הזריחה ולכן הוא מתחמם ומתייבש בקצב מהיר יותר מאשר המפנה המערבי. בשעות הבוקר המוקדמות קרינת השמש הישירה חזקה יותר במפנה המזרחי מאשר במערבי, זאת משום ששם זווית הפגיעה של קרני השמש בקרקע קרובה יותר לזווית ישרה, שבה השפעת הקרינה היא מכסימלית. לעומת זאת, לפנות ערב זווית הפגיעה של קרני השמש בקרקע גדולה יותר במפנה המערבי מאשר במזרחי. עוצמת האור הדרושה להטמעה נמצאת ברמה מספקת בשני המפנים החל

משעות הבוקר המוקדמות ועד מעט לפני השקיעה. יוצא איפה שהתנאים הנוחים להטמעה בשעות הבוקר נמשכים זמן ארוך יותר במפנה המערבי המוצל מאשר במפנה המזרחי החשוף באותה עת לקרינת שמש ישירה. למרות שאין לנו עדות על קליטה ישירה שי טל על-ידי העלים, הטל מתייבש לאט יותר ותורם גם הוא להארכת משך התנאים הנוחים במפנה המערבי. לעומת זאת, במפנה המערבי, נמשך האור בשעות הערב זמן ארוך יותר. אולם זאת לאחר יום חם ויבש בקיץ, בשעה שהעצים נמצאים בעקת יובש. לכן צפויות הפיוניות להישאר סגורות, לא לדיית ולהטמיע במידה דומה בשני המפנים. נדגיש שבשלב זה זו השערה הזקוקה לאישוש מחקרי בשדה.

בהתאמה לנאמר, נמצא שב**אורן ירושלים** בעונה הלחה עיקר ההטמעה מתבצעת במשך היום במקביל לפתיחת הפיוניות והטרנספירציה ושיאה בשעות הצהריים. לעומת זאת בעונה היבשה עיקר ההטמעה מתבצעת במקביל לפתיחת הפיוניות והטרנספירציה עם שיא בשעות הבוקר, שפל בשעות הצהריים ושיא משני קטן לפנות ערב (Klein et al. 2016). דגם דומה צפוי להיות גם בעצים אחרים המווסתים את פתיחת הפיניות בהתאם למצב משק המים שלהם. אולם קצב נידוף המים **באלון מצוי** הוא נמוך בבוקר, מרבי בצהריים ויורד אחר הצהריים (Lapidot et al. 2019), דבר שאינו יכול להסביר את שלטונו במפנה המערבי והיותו נדיר במפנה המזרחי. לצערי, לא מצאתי נתונים על קצה הנידוף השעתי של **אלון התבור** בבוקר לעומת הערב.

חברות צמחים

קשה לקבוע מדדים ברורים לקביעה של דגם ההשתנות של חברות הצמחים במפנים השונים בהר התבור ולבדוק האם הנתונים תומכים בהיפותזת ה'סופר אורגניזם', או בהיפותזה ה'אינדיבידואליסטית' המתייחסות להתקבצות של מינים שונים ליצירת חברות צמחים. ראשית, שתי הגישות הן תיאורטיות בעיקרן ולא מגדירות קריטריונים ברורים לגבולות שבין חברות שונות והמעברים ביניהן. שנית, הסקר נעשה במפנים שונים, שעל אף שהתנאים האביוטיים בהם שונים, המרחק הגיאוגרפי בניהם לא גדול וקשה לבדוק את השינויים בשפע של כל מין באזור המעבר (האקוטון). שלישית, לא נאספו מספיק נתונים כדי למדוד את השתנות השפע של המינים השונים לאורך גרדיאנט גיאוגרפי ארוך, כנדרש על-פי המודל של Whittaker (1975).

למרות זאת, ננסה להסיק מסקנה, על פי מידת הדמיון בהרכב המינים של החברות ובעיקר

על פי מספר המינים המשותפים ומספר המינים הייחודיים. הדמיון בהרכב המינים של חברות הצמחים השכנות במפנים הצפוני והמערבי, והצפוני והמזרחי היה גבוה (טבלה 3). בנוסף לכך החברות במפנה הצפוני ובמפנה המערבי היו דומות גם באחוז הכיסוי הכללי של הצומח ובעיקר בכיסוי של המין הדומיננטי בהם (**אלון מצוי**), זאת עד שניתן אולי להגדיר אותן כחברה אחת (איור 6).

מידת הדמיון בהרכב המינים של חברות הצמחים במפנים הנגדיים, המערבי והמזרחי, היה גבוהה (טבלה 3), וניתן היה להניח שאולי גם כאן מדובר באותה חברה (איור 8). אולם לאור ההבדל הבולט מאוד במינים השולטים וההבדל בתצורות הצומח, חורש צפוף של **אלון מצוי** במפנה המערבי ויער פארק פתוח של **אלון התבור** במפנה המזרחי, ניתן לקבוע שהמדובר בשתי חברות שונות, המשקפות הבדלים ניכרים בתנאי הסביבה. מידת הדמיון בהרכב המינים של חברת הצמחים במפנה המערבי לחברת הצמחים במפנה הדרומי הייתה הנמוכה ביותר והחברה במפנה הדרומי היא השונה ביותר מהחברות בשאר המפנים (איור 8). בנוסף לכך, תצורת הצומח בשלושת החברות שונה מאוד גם היא.

ניתן לסכם ולומר שבמפנים השונים סמוך לפסגת התבור יש לפחות שלוש חברות צמחים נפרדות: חורש של **אלון מצוי** במערב ובצפון, יער פארק של **אלון תבור** במזרח ובתה של **סירה קוצנית** עם **חרוב מצוי ואלת המסטיק** בדרום. שיעור המינים המשותפים לחברות הצמחים בכל המפנים היה כ-20% מכלל המינים, לעומת זאת, מספר המינים הייחודיים לכל חברה במרבית המפנים היה נמוך (טבלה 2, איור 5). תוצאה זו מצביעה על כך שהנוכחות של מינים בחברות היא אינדיבידואלית. כלומר כל מין נמצא במקום בעיקר על פי ההתאמות שלו לתנאי הסביבה ללא תלות הדוקה בנוכחות של מינים אחרים. למרות שלא בדקנו את ההשתנות של כל המינים לכל אורך שביל פסגת התבור, ניתן לומר שההשוואה של הרכב המינים של החברות השונות תומכת בהיפותזה האינדיבידואליסטית ולא בהיפותזת הסופר אורגניזם המתייחסות לגורמים להתקבצות מינים שונים ליצירת חברות צמחים.

תודות

תודתי נתונה לכל תלמידי שסיירו איתי בתבור, חלקם בחמסין, חלקם בגשם מקפיא ומרביתם בשמש חורפית מהנה.

————————

ספרות

בן-דוד ח 1985 תולדות יער הר תבור. החברה להגנת הטבע, משרד החינוך והתרבות – אגף הנוער, ירושלים.

בן יוסף ס 2001 מדריך ישראל החדש, כרך 4. כתר, ידיעות אחרונות ומשרד הביטחון, תל אביב.

הדני ע 1955 ההתיישבות בגליל התחתון – 50 שנות קורותיה. הוצאת מסדה, תל אביב.

הר נ שני א וריוב י 2016 הדינמיקה של משק המים במערכת הסלע–קרקע–עץ ביער–פארק של אלון התבור ובחורש של אלון מצוי. אקולוגיה וסביבה 52: 64-52.

השרות המטאורולוגי אטלס אקלימי 27.10.2020 https://ims.gov.il/he/climateAtlas

ויקיפדיה 27.10.2020 https://he.wikipedia.org/wiki/%D7%98%D7%9C

זהרי מ 1955 גיאובוטניקה. ספריית פועלים והוצאת הקיבוץ הארצי השומר הצעיר, מרחביה.

חריף י 1974 התפתחות מרכיבי הגריגה והחרש הראשיים: בשנתם הראשונה וחשיבותה בקביעת הטורים הסוקצסיונים בהרי יהודה. דיסרטציה האוניברסיטה העברית ירושלים.

טריסטרם הב 1975 מסע בארץ-ישראל : לחקר חיי הארץ וטבעה, יומן, 1863-1864. מוסד ביאליק, ירושלים.

מפות גוגל https://www.google.com/maps/place/%D7%A9%D7%9E%D7%95%D7%A8%D7%AA+%D7%94%D7%A8+%D7%AA%D7%91%D7%95%D7%A8%E2%80%AD/@32.6796743,35.3903164,16z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0xc1e2513b4ae60544!8m2!3d32.682167!4d35.3855132 27.10.2020

פאהן א 1976 אנטומיה של הצמח. הוצאת הקיבוץ המאוחד, תל אביב.

פרבולוצקי א ופולק ג 2001 אקולוגיה: תיאוריה והמציאות הישראלית. כרטא, ירושלים.

Aloni R and Orshan G 1972 A vegetation map of the lower Galilee. Israel Journal of Botany 21: 209-277.

Bennie J Huntley B Wiltshire A Hill MO et al. 2008 Slope, aspect and climate: spatially explicit and implicit models of topographic microclimate in chalk grassland. Ecological modelling 216: 47-59.

Boyko H 1947a On the role of plants as quantitative climate indicators and the Geo-ecological Law of Distribution. Ecol*ogy* 35: 138-157.

Boyko H 1947b The decisive role of sun radiation in the distribution of *Quercus Aegilops* in Palestine. Journal of Botany Rehovot 6: 20-22.

Boyko H 1954 A new plant-geographical subdivision of Israel (as an example for Southwest Asia). Vegetatio 5-6: 309-318.

Carmel Y and Kadmon R 1999 Effects of grazing and topography on long-term vegetation changes in a Mediterranean ecosystem in Israel. Plant ecology 145: 243-254.

Clements FE 1916 Plant succession. Carnegie Institute Washington Publications, Washington, DC.

Finkel M Fragman O and Nevo E 2001 Biodiversity and interslope divergence of vascular plants caused by sharp microclimatic differences at" Evolution Canyon II", Lower Nahal Keziv, Upper Galilee, Israel. Israel Journal of Plant Sciences 49: 285-296.

Gleason HA 1917 The structure and development of the plant association. Bulletin of the Torrey Botanical Club 43: 463-481.

Klein T Cohen S and Yakir D 2011 Hydraulic adjustments underlying

drought resistance of *Pinus halepensis*. Tree Physiology 31: 637-648.

Klein T Springer I Fikler B Elbaz G Cohen S and Yakir D 2013 Relationships between stomatal regulation, water-use, and water-use efficiency of two coexisting key Mediterranean tree species. Forest Ecology and Management 302: 34-42.

Klein T Cohen S Paudel I Preisler Y et al. 2016 Diurnal dynamics of water transport, storage and hydraulic conductivity in pine trees under seasonal drought. iForest 9: 710-719.

Kutiel P and Lavee H 1999 Effect of slope aspect on soil and vegetation properties along an aridity transect. Israel Journal of Plant Sciences 47: 169-178.

Lapidot O Ignat T Rud R Rog I et al. 2019 Use of thermal imaging to detect evaporative cooling in coniferous and broadleaved tree species of the Mediterranean maquis. Agricultural and Forest Meteorology 271: 285-294.

Lortie CJ Brooker RW Choler P Kikvidze Z et al. 2004 Rethinking plant community theory. Oikos 107: 433-438.

Nevo E 2009 Evolution in action across life at “Evolution Canyons”, Israel. Trends in Evolutionary Biology 1: e3.

Nevo E Fragman O Dafni A and Beiles A 1999 Biodiversity and interslope divergence of vascular plants caused by microclimatic differences at “Evolution Canyon”, Lower Nahal Oren, Mount Carmel, Israel. Israel Journal of Plant Sciences 47: 49-59.

Oppenheimer HR 1953 An experimental study on ecological relationship and water expense of Mediterranean forest vegetation. Palestine Journal of Botany 8: 103-124.

Pierce KB Lookingbill T and Urban D 2005 A simple method for estimating potential relative radiation (PRR) for landscape-scale vegetation analysis. Landscape Ecology 20: 137-147.

Rambal S 1984 Water balance and pattern of root water uptake by a *Quercus coccifera* L. evergreen scrub. Oecologia (Berlin) 62: 18-25.

Schiller G Unger ED Moshe Y Cohen S et al. 2003 Estimating water use by sclerophyllous species under east Mediterranean climate: II. The transpiration of *Quercus calliprinos* Webb. in response to silvicultural treatments. Forest ecology and management 179: 483-495.

Schiller G Cohen S Ungar ED Moshe Y et al. 2007 Estimating water use of sclerophyllous species under East-Mediterranean climate: III. Tabor oak forest sap flow distribution and transpiration. Forest ecology and management 238: 147-155.

Sternberg M & Shoshany M 2001. Influence of slope aspect on Mediterranean woody formations: comparison of a semiarid and an arid site in Israel. Ecological Research 16: 335-345.

Statistics How To 2020 https://www.statisticshowto.com/jaccard-index/ 27.10.2020

Whittaker RH 1967 Gradient analysis of vegetation. Biological Reviews 42: 207-264.

Whittaker RH 1975 Communities and Ecosystems. Macmillan, New York.

==========

כל הזכויות שמורות ל"כלנית" ©

לציטוט: נאמן ג 2020 מפנים וחברות הצמחים בהר התבור, כתב-עת "כלנית", מספר 7.
https://www.kalanit.org.il/mt-_tabor_vegetation_2020/

==========