קיימות היער בישראל

גבריאל שילר – גמלאי, המחלקה למשאבי טבע, מנהל המחקר החקלאי, בית דגן
vcgabi@netvision.net.il

תקציר: המאמר מנסה להסביר לקהל הקוראים את המקור וההקשרים של המילה קיימות, שנוצרה בתחום המקצועי של היערנות האירופאית במאה ה-17, על מנת לשנות את דרכי החשיבה והביצוע ולאפשר אספקת עץ לכל הצרכים האפשריים, מבלי לפגוע אנושות ביער על-ידי כריתה חסרת אחריות, שגרמה נזקים עצומים לטבע ולבסוף גם לאזרחים. זאת היות ועתה בשיח היום יומי כולם משתמשים במילה זו ללא כל קשר עם הכוונה המקורית. המאמר מנסה להסביר את ההקשרים להיווצרות המילה ואת הכוונות. המאמר מתייחס ליער וליערנות הישראלית ויחסה למשמעויות הקשורות בתוכן הפילוסופי של המילה קיימות.

==========

מבוא

מאז מחצית המאה ה-20, לאחר מלחמת העולם השנייה, השימוש במילה **קיימות** שהיה במקור בתחום היערנות האירופאית (Grober 2012) הלך ונפוץ בעולם בתחומים רבים ושונים של התכנון והעשייה. אולם השימוש נעשה ללא קשר למקור ולא לכוונות ולהקשרים המקוריים של מונח זה. גם בישראל השימוש במילה זו נפוץ מאוד בתחומים רבים, מבלי שמקור המילה, ההקשרים והכוונות שעמדו בבסיס הרעיוני שלה ידועים לקהל הרחב וגם לא לאלו שעיסוקם בטבע.

הפקולטה ליערנות של הטכניון הפדרלי השוויצרי בציריך שוויץ (E.T.H.Z) נוסדה במחצית המאה ה-19, על מנת לחנך יערנים על בסיס רעיון הקיימות, כלומר, **ממשק יער מקיים**. רעיון זה פורסם בכתב כבר בשנת 1713 (Von Carlowitz) כ- 273 שנים לפני ועידת ריו שהתקיימה בשנת 1987, אשר אישרה את מסקנות ועדת בורטלנד (מסמך רומא) בנושא הקיימות. רעיון הקיימות עבר מספר התאמות ושכלולים עם השנים בהתאם לשינויים בכלכלה ודרישות הציבור (Zuricher 1965).

המונח **קיימות**, במקור הגרמני **Nachhaltigkeit** , תורגם לאנגלית **Sustainability**. בגרמנית מוצא המילה הזו בא מהמילה **Nachhalt** שפרושה על פי מילון גרמני עתיק "במה אנו אוחזים כאשר כלו כל הקיצין". המונח קיימות נוצר בעיר ווימאר שהייתה מרכז אינטלקטואלי בגרמניה בתקופת הנאורות (המאה ה-17 וה-18) בהשפעת המצב העגום של היער והטבע בכללותו באירופה. מצב שגרם ליערנים ואנשים משכילים נוספים, דוגמת המשורר הלאומי של גרמניה **Goethe** שהיה גם בוטנאי ואיש טבע, שהיו מאוגדים בהתאגדויות אינטלקטואליות דוגמת הבונים החופשיים, לדון במצב ולנסות למצוא פתרונות לעתיד אספקת העץ לדורות הבאים מבחינת "**מה נוריש לבאים אחרינו**". צריך להבין דאגה זו על הרקע שפחם ונפט עדין לא נתגלו ועץ היה מקור האנרגיה הביתי והתעשייתי היחיד וחומר הגלם המרכזי למרבית תחומי החיים (בניה, אניות וכו'). היערנים דנו באפשרויות השונות כיצד לנהל את היערות תוך אספקת עץ ברת-קיימא Sustainable yield לכל השימושים הנחוצים בחומר גלם זה מצד אחד ולמנוע נזקים כבדים ביערות בחבלי הארץ השונים מהצד השני. דיונים אלו התגבשו לכדי תורת ממשק יער חדשה שהדגישה "אין לכרות יותר או פחות מאשר תוספת הגדילה השנתית" (Von Carlowitz 1713). הגדרה זו גררה בעקבותיה את התפתחות תורת מדידת העצים על מנת לקבוע את תוספת הגדילה השנתית או התקופתית, ולבסוף גם הביאה לידי פיתוח מנגנון לממשק היער שמורכב מטבלאות המתארות את התפתחות גדילת העצים שמתבססות על ממוצע גובה 100 העצים הגבוהים בהקטר (10 העצים הגבוהים לדונם) בגיל 50 [היות ומידת הצמיחה לגובה של העצים הוא פונקציה של זמינות משאבים בבית הגידול ולא של צפיפות העצים]. כלומר, יער בר-קיימא הוא יער המספק תוצרי עץ באופן מדוד וקבוע עד הכריתה הסופית, זאת כאשר תוספת של צמיחת העצים ירדה מאוד מפאת גילם ורצוי לחדש את היער. כלומר, הכוונה שמאחורי המונח יער בר-קיימא בעברית אינו תואם את הכוונה המקורית של המונח. בעברית חושבים על יער שניטע ויחיה לעולמי עד, דבר שהוא בלתי אפשרי כי הביולוגיה של העצים אינה מאפשרת זאת. יער בר קיימא הוא יער אשר מספק את הצרכים והדרישות של האדם בהתאם להתפתחותו הביולוגית, וכאשר הוא נוטה לשקיעה והתנוונות יש לחדשו. זאת אומרת השטח תמיד יישא יער. הכול דוגמת התהליכים המתרחשים ביערות טבעיים שיד אדם לא נגע בהם. גם בהם העצים מתחלפים במהלך השנים אך היער נישאר.

תורה זו פורסמה לראשונה בשפה הגרמנית בשנת 1713 בעיר לייפציג בגרמניה. מחבר הספר Hans Carl Von Carlowitz היה הממונה מטעם מלך סקסוניה (אחד ממחוזות גרמניה של העת ההיא) על ממשק היערות והמכרות השונים בהרי ההרץ. ממשק יער

מקיים מחייב ביצוע דילולים במחזוריות קבוע ובכמות הנקבעת על-ידי תוספת הגדילה התקופתית. כלומר, הטבע מכתיב את הממשק ועוצמתו. פעולת הדילול על-ידי האדם היא חיקוי לתוצאות של התחרות הטבעית בין פרטים על משאבים באוויר ובקרקע, מי שמפסיד מתנוון ואף מת. אלא שבדילול האדם מחליט מי יישאר ומי ייכרת בהתאם לצפיות שלו מהרכב המינים שביער, לדרישות שלו לגבי איכות העץ כחומר הגלם למטרות מסוימות: התכונות הנדרשות מעץ שמטרתו בנית תרנים לאניות שונה לגמרי מהתכונות הנדרשות מעץ לבנית כלי מיתר ואו בנית רהיטים או בתים. יש מספר שיטות דילול שהרציונל שעומדת מאחוריהן שונה והן עשויות להתחלף אחת בשנייה במשך חיי חלקת היער (הפוליגון).

חידוש היער לאחר דילול שמכוון ליצר את התנאים האקולוגיים המעודדים התחדשות היער על-ידי זריעה עצמית של מיני העצים הטבעיים לבית הגידול, או בעזרת נטיעה של שתילים שטופחו מזרעים שנאספו באותם בתי גידול או מבתי גידול דומים. היערנים היו הראשונים להבחין בקשר שבין התפתחות העצים מאותו מין לבין תנאי בית הגידול ובכך, למעשה, החלה התפתחות תחום האקולוגיה.

ההכרח הדחוף לטעת מחדש חבלי ארץ הרוסים גדולים מאוד (בין האטלנטי והרי האורל) הביא בעקבותיו את השימוש בזרעים מאותו המין אך ממקורות רבים ושונים (אקוטיפים שונים), דבר הנובע מהסירוגיות הרבה ביבולי הזרעים. חוסר ההצלחה בנטיעות מצד אחד והתפתחות טובה במקרים אחרים הביא בסופו של דבר להבנה הבסיסית ביערנות שאין לטעת מין מסוים בתנאי בית גידול שאינם תואמים את התנאים בבית הגידול בו נאספו הזרעים (גילוי האקוטיפים) ונוצרה ההבנה למה שמכונה באנגלית "Seed dispersal zone" שקובע שהאזור שבו אפשרי להשתמש בזרעים מסוימים הוא מוגבל. לדוגמה, אין להשתמש בזרעים של מין מסוים שנאספו ביער בגובה 50 מ' מעל פני-הים לשם נטיעת יער בגובה 1000 מ' מעל פני-הים כי מחזור הפעילות השנתית (פנולוגיה) וההתאמות הפיזיולוגית שונות (Weinstein 1989 Voltasa et al. 2018a, 2018b, 2018c). שאלה שנדונה בקרב יערנים, שהכירו היטב את הטבע באזור פעילותם, הייתה כיצד לשמור על הטבע והסביבה ולהגן על ההתיישבות בהרים מפני מפולות שלגים, גלישות קרקע, דרדור סלעים, שיטפונות ועוד. הפתרון היה חקיקת חוקים שונים לשם הסדרת הדילול והכריתה בחלקות יער המיועדות להגנה על מעשי האדם מפני איתני הטבע וזאת כדי לשמור שהיער יהיה בריא במיוחד. התפתחות ההבנה של הקשרים שבין היער לבין איכות הסביבה כגון אספקת מים, אויר נקי, חיי-בר, נוף יפה המזמין שהייה קצרה או ארוכה בחיק הטבע, יצרה

מערכת הדוקה של הוראות שנועדו לטיפוח היער ואספקה מיטבית של שירותים הדרושים לאדם.

היסטוריה

השפעתו של האדם על היער בכללותו ועל הצומח העצי בפרט הלכה וגברה משחר ההיסטוריה ועד לימינו כתוצאה מהעלייה המתמדת בדרישה לתוצרי החקלאות מזה ולתוצרי יער למיניהם מזה. זאת בעיקר בעקבות הריבוי הטבעי והשכלולים הטכניים תרבותיים. לצורך התמידי בעץ ובמוצרי יער אחרים היו השפעות רבות על ההיסטוריה האנושית ונפתוליה, שמתוארים בפרוטרוט בספרו של פרלין (Perlin 2005) . משחר ההיסטוריה ועד תחילת השימוש בפחם ולאחר מיכן בנפט במאה ה- 19, עץ היה חומר הגלם העיקרי לבניה ולאנרגיה שמתחדש באופן טבעי. הציוויליזציה האנושית התפתחה תוך כדי שימוש בעץ וכריתה חסרת מעצורים יצרה עם הזמן מחסור בעץ (כי עץ גדל רק על עץ) שגרם למלחמות רבות כדי לרכוש ולשלוט על משאב טבע זה. תרבויות עלו ושקעו עקב מחסור בעץ. בנוסף, השמדת היערות על פני שטחים רחבים באזורים הרריים הובילה בעקבותיה התמוטטות מדרונות תלולים, גלישות קרקע, מפולות סלעים ושלג ודרדור אבנים, חסימת נהרות ויצירת ביצות, הרס ישובים והרג אנשים. העלייה ביצור התעשייתי (עיבוד מתכות, זכוכית, קרמיקה, עיבוד מלח, תחזוקת מכרות ועוד) גרמה לניצול כמויות עצומות של עץ ולעץ הייתה ועדין קיימת חשיבות עצומה בכלכלה העולמית.

שינוי בסיסי ביותר שאין לו אִזכור ותיעוד בספרות המחקרית הבוטנית-גנטית בישראל, אך הוא ידוע בעולם, הוא שינוי גנטי כתוצאה מברירה המכונה "סלקציה דיס-גנית". זו ברירה שאינה מופעלת על-ידי כוחות הטבע אלא על-ידי דרישות האדם, ומתרחשת בצומח המעוצה כתוצאה מהניצול האינטנסיבי על-ידי האדם. מהבחינה היערנית "ברירה דיס-גנית" היא פעולה של בחירה והרחקה (כריתה) של הפנו-טיפים (גנוטיפים) הטובים ביותר לצרכים מסוימים ומשאירה בשטח את "הנחותים". יוצא שתרומתם של הצמחים המצטיינים (עצים, במִקרה שלנו) לרבייה של המין נִשללת ומתרחש "סחף גנטי (genetic drift) . כלומר, נעלמים גנים ייחודיים וגנים נדירים שאינם באים לידי ביטוי והמגוון הגנטי (genetic diversity) באוכלוסייה ואף במין מתדלדל על כל המשמעויות השליליות הנובעות מכך (Blondel & Aronson 1995). בנוסף, הרס חוזר ונִשנה של הכיסוי הצמחי אִפשר סחף קרקע רב שגרם להקטנת עובי שִכבת הקרקע ומכאן הקטנת זמינות המים והמינרלים. כלומר, צִמצום הפוריות של בתי הגידול ומכאן הקטנת "כושר הנשיאה". שינוי זה בבתי

הגידול יצר לחצי ברירה לקדם תכונות המאפשרות עמידות או שרידות בתנאים קשים, לעומת לחצי ברירה המקדמים תכונות המאפשרות ניצול מיטבי של תנאים אקולוגיים למטרות צמיחה והתפתחות מהבחינה היערנית. למרות שאין בידינו שום אפשרות לשחזר את המבנה והמגוון הגנטי, שהתקיים במינים שהיוו את היער והחורש לפני תחילת הפעילות האנושית האינטנסיבית, אפשר להניח בוודאות רבה כי המבנה והמגוון הגנטי הנוכחי בקרב כל מין ומין נמוך מזה שהייה בעבר הרחוק, ועל כן, גם הצמיחה (מבחינה יערנית) נמוכה יותר (שילר 2013 , שמיר 1985 , שפטר 1974, Agra & Ne'eman 2011).

השינויים באיכות בית הגידול (שינויים אקולוגיים) כתוצאה מפעילות האדם, היוו זרז לשינויים בצומח. למשל, במערבו של אגן הים-התיכון באזורים טופוגרפיים נמוכים, בהם התקיימה עיקר פעילות האדם בטבע, אלונים נשירים (Blondel & Aronson 1995) . כך לדוגמת **אלון שעיר** *Quercus pubescens* , הוחלפו על-ידי אלונים ירוקי עד, דוגמת **אלון אילקס** *Q. ilex* והטיפוס האירופאי של **אלון מצוי** *Q. coccifera* . לאור דוגמה זו אין לשלול את האפשרות שגם במזרחו של אגן הים התיכון, חלו שינויים משמעותיים ביותר בתנאי בית הגידול והרכב הצומח כתוצאה מפעילות אינטנסיבית בת אלפי שנים של האדם. דוגמה לשינוים כאלה יכולה להיות התפשטות **האלון המצוי**, שהוא מין ירוק-עד המתחדש בקלות אחרי כריתה ושריפה והמצליח טוב יותר בקרקע רדודה, על חשבון **אלון התבור** שהוא מין נשיר, גדול ממדים הדורש קרקע עמוקה יותר.

היער הטבעי והנטוע בישראל

מזרח אגן הים התיכון היה מאז ומעולם גשר יבשתי בין הצפון לדרום שבו עברו עמים, צבאות ושיירות מסחר. אין בעולם עוד אזור גאוגרפי שסבל מדריסה וניצול הצמחייה עד תום כפי שנעשה באזור שכונה בעבר פלשתינה. פרבולוצקי ועמיתיו (2013) מתארים את האדם כמהנדס-על אקולוגי ביער הים-תיכוני, שבפעילותו שינה את סביבותיו בצורה מכרעת. השינויים הסביבתיים "לטוב ולרע" באזור זה, שנבעו מפעילותו ומעשיו של האדם בעבר, מתוארים בחלקם בספרו של רייפנברג (1950) בספרו של מרק טווין (1999) ובספרו של קדר (1991), שמתאר בעזרת צילומי אויר ומפות את השינוי שחל בנופי הארץ מאז החלו פעילות שיקום ועד עתה. נופי הארץ בסוף המאה ה- 19 ובתחילת המאה ה- 20 היו כמעט חסרי עצים וגם החורש היה מועט ביותר כתוצאה מניצול יתר. כל השינויים שאירעו מאז הם תוצאה של מעשי האדם, כפי שהוא גרם לחורבן כך הוא גם יצר תקומה. רק בסוף המאה ה-19 ותחילת המאה ה- 20 החלו פעילויות שונות לשיקום הטבע בחבל ארץ זה לאחר הרס

רב נוסף שנוצר בשל כריתה בלתי מבוקרת רחבת היקף, דוגמת כריתתו של יער **אלון התבור** בשרון שנעשתה בשליש הראשון של המאה ה-19. בנוסף, הרס רב שנגרם כתוצאה מכריתה למטרות ייצור פחם-עץ לצריכה ביתית ותעשייתית של האוכלוסייה הכפרית והעירונית, שהלכה וגדלה בהיקפה בקצב מהיר של עשרות רבות של אחוזים. וכן, במיוחד כתוצאה מרעייה חסרת ההכוונה של העז השחורה, שניזונה בעיקר מאכילת עלים וענפונים של צומח מעוצה, דבר שתרם לדיכוי הצומח המעוצה שהתחדש לאחר הכריתה. הנצרים שפרצו לא הצליחו להתרומם ולהפוך לעצים. אחריתן של התמורות מצד אחד הוא בנטיעה רחבת הקף של יער חלוץ על-ידי הקרן הקיימת וממשלת המנדט בשטחים שחסרו או היו דלים מאוד בכסות של צומח עצי (איור 1.). מצד שני, השתקמות חלקית של הצומח המעוצה בשטחים הפתוחים כתוצאה משינויים בממשק, כלומר, הפחתת לחץ הכריתה למטרות ייצור פחם-עץ והפחתת לחץ הרעייה. עוצמת תמורות אלו נִראית עתה בבירור רב בעזרת השוואות בין מידת הכיסוי בצומח והתפתחותו, כפי שנִראה למשל בצילומי אוויר שבוצעו לצרכים צבאיים בתקופת מלחמת העולם הראשונה (1914-1918) ובימי המנדט הבריטי לאלו שנִראים מצילומי אוויר שנעשו בשנים מאוחרות יותר (רייפנברג 1950, קידר 1991).



איור 1: יער אורנים חד-מיני(מונוטיפי) של אורן ירושלים, נטוע ללא תת יער של שיחים ובני שיח אך עם מעט גיאופיטים ועשבוניים, בשחריה ליד קרית-גת, צילום: יגיל אוסם ©

החורש הטבעי

תצורת הצומח חורש אינה המקורית הטבעית מקדמת דנא, אלא היא תוצאה של השפעות האדם מאז שהתיישב במרחבי המזרח התיכון (ווינשטיין 1985, נוי-מאיר 2003). זו צמחיה שעברה סלקציה על-ידי האדם שכרת כל חומר שהיה טוב לשימושו והשאיר אחריו חומר שלא עמד בדרישותיו (סלקציה דיס-גנית). כך למשל כריתת עצים ישרי-גזע כדי לנצל אותם לתרניי אניות, לקורות גג, משקופים, גדרות ועוד. כלומר, במשך הדורות וכמעט עד ימינו עצים המפתחים גזע ישר תודות להתאמה גנטית נכרתו בתדירות גבוה וכך שרדו בעיקר עצים עם התאמות גנטיות אחרות שאינן מועדפות על-ידי האדם. בנוסף, היער והחורש נפגעו על-ידי שרפות שהאדם הצית לשם ניקוי השטח להכשרת שטחים לחקלאות ויש שהשרפה יצאה משליטה ופגע בשטחים גדולים בהרבה. בתגובה לפגיעה על-ידי האש, מיני צמחים פיתחו יכולת התחדשות גם על-ידי הנצה מהשורשים או מצוואר השורש. תופעה זו גרמה לתחרות רבה על אור ומשאבי מזון באותו בין החליפים באותו בית שורשים בנוסף לתחרות עם בתי שורש אחרים. הצפיפות הזו משפיעה על הגדילה לגובה של הגזע המרכזי

ועל כמות הדיות של בית שורשים אחד או ליחידת שטח (Schiller et al. 2003, ווינשטין 1985, שמיר 1985, שילר וחוב. 2001). דילול הגזעים החליפיים הרבים בכל בית שורשים והשארת גזע מרכזי אחד גורם לעליה משמעותית בצמיחה לגובה וגם מעלה את הדיות של הגזע הבודד אך מקטין באופן דרמטי את סך הדיות ליחידת שטח, כפי שהוכח במחקרים על הדיות של אלון מצוי המהווה את עמוד השדרה של החורש (Schiller et al. 2003). בנוסף, הטיפול בחורש גם מאפשר לקהל הרחב לנצל את החורש למטרות נופש. יער ברעם שמורכב ברובו מאלון מצוי הוא דוגמה ליער שאסורה בו הכריתה מזה כ- 200 שנה וכתגובה הוא התפתח ליער אלונים רם כמעט חסר נצרים שלכל עץ גזע אחד אן שניים בלבד (איור 2). יש דוגמאות נוספות בגליל להתפתחות דומה של יערות אלון מצוי בעקבות איסור כריתה ובהם מעט נצרים.



איור 2. יער ברעם, שולט **אלון מצוי** ומלווה **אלון תולע**, צילום מהרשת

יער מחטני נטוע

תמותה חלקית של עצי אורן ירושלים שנתגלתה בשנת 1972 ביער שער-הגיא, שניטע על-ידי מחלקת היערות של ממשלת המנדט במיני מחטניים שונים בשנים 1926-1936 (שילר 1974) יצרה גל של מחקרים למציאת הסיבות לתופעה זו (דו"ח צוות המחקר 1975). בדיקת מהלך גידול הטבעות השנתיות ב- 30 עצי אורן ירושלים בריאים ו- 30 פגועים ביער זה וגם בשמורת המסרק הראה כי הפעילות הקאמביאלית במסרק הייתה שונה מאוד

מהפעילות ביער שער הגיא, שינויים ניכרים במהלך עובי הטבעות השנתיות בין קבוצת העצים הבריאים והפגועים חלו לאחר שני חורפים שחונים במיוחד שהיו באזור בשנת 1962 ו-1965 (שילר 1974). בנוסף, נחקרו המורפולוגיה של העצים, הרכב המונו-טרפנים בשרף של העצה והגזע, המגוון הגנטי של עצי אורן ירושלים הגדלים בשמורות השונות בישראל וביערות שניטעו, וגם באוכלוסיות שגדלות במדינות שונות סביב לאגן הים התיכון. תוצאות ממחקרים אלו הראו שיער שער-הגיא וגם יערות רבים אחרים שניטעו באותה התקופה מכילים מגוון של פנוטיפים, כמוטיפים וגנוטיפים שנפוצים באוכלוסיות שונות סביב אגן הים התיכון בנוסף לגנוטיפ המקומי המזרח ים-תיכוני (שילר 1985a, שילר 1985b, שילר 1988, Psnetsos 1981, Schiller et al. 2004, Weinstein 1989a, 1989b, 1989c). כלומר, לשם ייעור ניקנו זרעים באמצעות חברות זרעים זרות ומיעוט זרעים נאספו באוכלוסיות הטבעיות בישראל. אישוש לכך נימצא במסמכים של אגף הייעור המנדטורי שבגנזך המדינה (שילר 1974). כלומר, אגף הייעור המנדטורי עבר על הכלל של התאמה בין התנאים האקולוגיים באזור איסוף הזרעים (אקוטיפים) והתנאים באזור הנטיעה. בהמשך גם אגף הייעור של ממשלת ישראל וזה של הקק"ל לא פעלו על פי כלל זה ויערות רבים שניטעו לאחר קום המדינה מזרעים שנאספו ביערות שניטעו בתקופת המנדט והתבגרו (שילר 1988). דבר דומה נימצא גם בבדיקות גנטיות במין ברוש מצוי בישראל (Korol et al. 1997, Schiller & Korol 1997, Schiller 1990), בהם נמצאו גנומים האופייניים לאוכלוסיות ברוש טבעי הגדלים במזרח אגן הים התיכון, בים האגאי, בכרתים וברודוס. כמו כן ידוע כי גם זרעים של אורן ברוטיה, אורן קנרי ואורן הצנובר יובאו ממקורות שונים שתנאי בית הגידול בהם אינם תואמים את התנאים בבתי הגידול בהם נשתלו בישראל.

בשנת 1976 ו- 1985 ניטעו בישראל, במסגרת ניסיון כלל ים תיכוני, מספר חלקות ניסיון ובהם גדלים אקוטיפים (גנוטיפים) רבים של אורן ירושלים ואורן ברוטיה. מחלקות אלו למדנו על ההבדלים הגדולים יחסית בצמיחה של עצים ממקור גאוגרפי מסוים שנשתלו בבתי גידול שונים, על ההבדלים במבנה האנטומי בין האקוטיפים, בפעילותם הפיזיולוגית, בעמידותם לתנאי מחסור במים בקרקע (Panetsos 1981, Grunwlad & Schiller 1988, Schiller 2000, Schiller et al. 2004, Schiller & Atzmon 2009, Klin et al. 2012, David-Schwartz et al. 2016). בנוסף נמצאו גם הבדלים בעמידותם השונה לפגיעת כנימת המצוקוקוס (Mendel 1984).

לא רק שמקורות הזרעים שהשתמשו בהם לא תאמו תמיד את התנאים האקולוגיים

בישראל, אלא שגם הטיפול היעראי (הדילול) המתחייב ביערות המתפתחים לא נעשו בזמן הנכון מפני שלא היה מספיק כוח עבודה לטיפול ביער ולהכנת הנטיעות החדשות. היערנים כלל לא היו מודעים לכללי "הקיימות" וגם לא פעלו בהתאם לידע המדעי שנאסף על התפתחות העצים וטבלאות ההתפתחות שחושבו מנתונים אלו. (שילר 1977, שילר 1978, שילר וכהן 1999, שפטר 1974, Roehele 1991).

היער המעורב

מרגע שבשלו התנאים האקולוגיים בחורש וביער הנטוע, התרבו זרעים שמפוזרים באמצעות הרוח ו/או בעלי-חיים, הצטבר יותר חומר אורגני, גדל כיסוי הקרקע והשתפר המיקרו אקלים, החלה גם התחדשות טבעית של עצי מחט בתוך החורש ושל עצים רחבי עלים בתוך היער הנטוע (איור 3). כך גם השתנה הגבול המלאכותי שבין שתי תצורות צומח אלו (וויץ 2013, פרבלוצקי וחברו 2013, קופר 2011, שילר 1978, Osem et al. 2013, Osem et al. 2011, Sheffer 2012). תהליך זה מובן מאליו ולו שאפו מביני דבר ביערנות ושמו סוקצסיה משנית. אך תופעה ברוכה זו לא הובנה בעבר על-ידי אנשי הקק"ל ובוודאי שלא על-ידי אנשי שמירת הטבע שאמרו שיש לחסל את מדבריות האורן הירוקים – והם לא היו מוכנים לחכות לזמן שהתהליכים האקולוגים יטביעו את חותמם ויתפתחו לנו יערות מעורבים בהתאמה לתנאים האקולוגיים במקומות שונים בישראל, לדוגמה היערות בכרמל. אך גם כאן, יש צורך שליערן המקומי תהיה תמונה ברורה כיצד הוא רוצה לראות את חלקת היער המסוימת מבחינת הרכב המינים וחלוקתם בחלל החלקה. דבר זה דורש ידע והבנת היחסים בין מיני העצים וקצב צמיחתם. כל זה דורש מיומנות רבה.

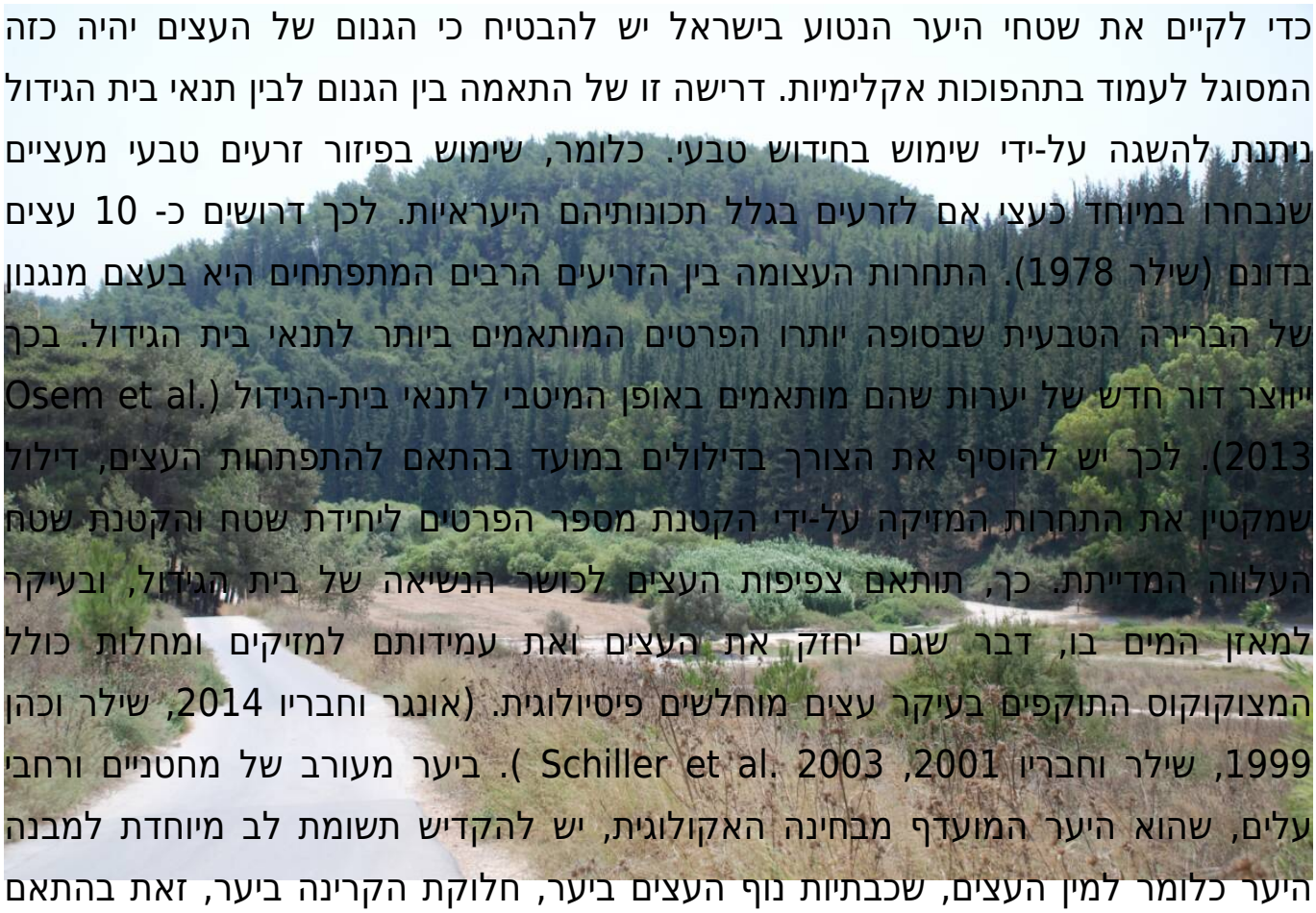


איור 3. התחדשות ספונטנית של אורנים בתוך חורש טבעי (משמאל) ושל אלונים בתוך יער נטוע (מימין), צילם יגיל אוסם ©

יער בר קיימא בישראל

המחקרים הרבים בתחום של גנטיקה של אוכלוסיות עצי יער שנעשו **באורן ירושלים**, **אורן ברוטיה וברוש מצוי** בישראל ובחו"ל מצביעים על כך שבישראל ניטעו יערות ובהם אקוטיפים רבים ושונים של כל מין שנבדלים בתכונות רבות. חלקם לא תואמו לתנאים האקולוגיים בהם נשתלו, ועל כן הם פגיעים יותר לשינויים קיצוניים בתנאי בית הגידול. גם בקרב האלונים נמצא מגוון גנטי הקשור לתנאים האקולוגיים בבתי הגידול השונים בישראל (Schiller 2016).





איור 4. יערות אורנים וברושים בעמק השלום, צילם יניל אוסם ©

כדי לקיים את שטחי היער הנטוע בישראל יש להבטיח כי הגנום של העצים יהיה כזה המסוגל לעמוד בתהפוכות אקלימיות. דרישה זו של התאמה בין הגנום לבין תנאי בית הגידול ניתנת להשגה על-ידי שימוש בחידוש טבעי. כלומר, שימוש בפיזור זרעים טבעי מעציים שנבחרו במיוחד כעצי אם לזרעים בגלל תכונותיהם היערניות. לכך דרושים כ- 10 עצים בדונם (שילר 1978). התחרות העצומה בין הזריעים הרבים המתפתחים היא בעצם מנגנון של הבריה הטבעית שבסופה יותרו הפרטים המותאמים ביותר לתנאי בית הגידול. בכך ייווצר דור חדש של יערות שהם מותאמים באופן המיטבי לתנאי בית-הגידול (Osem et al. 2013). לכך יש להוסיף את הצורך בדילולים במועד בהתאם להתפתחות העצים, דילול שמקטין את התחרות המזיקה על-ידי הקטנת מספר הפרטים ליחידת שטח והקטנת שטח העלווה המדייתת. כך, תותאם צפיפות העצים לכושר הנשיאה של בית הגידול, ובעיקר למאזן המים בו, דבר שגם יחזק את העצים ואת עמידותם למזיקים ומחלות כולל המצוקוקוס התוקפים בעיקר עצים מוחלשים פיסיולוגית. (אונגר וחבריו 2014, שילר וכהן 1999, שילר וחבריו 2001, Schiller et al. 2003). ביער מעורב של מחטניים ורחבי עלים, שהוא היער המועדף מבחינה האקולוגית, יש להקדיש תשומת לב מיוחדת למבנה היער כלומר למין העצים, שכבתיות נוף העצים ביער, חלוקת הקרינה ביער, זאת בהתאם

לתנאי בית הגידול. התאמה טובה תאפשר התפתחות מיטבית של תת-היער כך שיגדל להוות את קומת הביניים ולא רק את שכבת תת-היער (קופר 2011).



איור 5. יער מעורב אזרן ירושלים ואלון מצוי, צילום מהמשתת

האזור הגיאוגרפי שמכונה פלשתינה הוא אחד מהאזורים המופרים ביותר בעולם מפעילות אנושים רבה מאוד משחר ההיסטוריה. התוצאות של הניסיון הגדול לשקם את נופי ישראל מראים במובהק כי במירב השטחים שניטעו, תנאי בית הגידול אינם מאפשרים מבחינה אקולוגית וכלכלית התפתחות יערות לשם יצור עצה. מכאן, שהתוכן הרעיוני של המושג קיימות ביערנות האירופאית, כפי שהוסבר בתחילת המאמר, אינו תואם את התפתחות היערות בישראל ואפשרויות ניצולם. לכן, יש לשנות את התוכן הרעיוני של המושג קיימות מניצול מקיים לממשק מקיים. זאת משום שליערות אלו ישנה חשיבות עליונה בהטבת תנאי החיים בישראל באמצעות מגוון שירותי מערכת אקולוגיים כולל: שימור קרקע, שינוי צבע הנוף מאפור לירוק, שינוים מיקרו-אקלימיים, אזורי נופש לציבור). לכן, הטיפול ביער ובעיקר דילולו, חייב להתבסס על פרמטרים שעונים לדרישות של: מגוון מינים בהתאם לתנאי בית הגידול, רב-שכבתיות ככל שניתן, עצים בריאים הנושאים כותרות מאוזנות במבנה שלהם, סך גודל הנוף הירוק המדיית חייב להיות מותאם לזמינות המים בשנות בצורת כדי שלא תהיה תמותה מסיבית בשנים אלה (אונגר וחבריו 2014, שילר וכהן 1999, שילר וחבריו 2001). רצוי שנושא זה ילובן בדו-שיח בין יערנים וחוקרים בתחום.

יש צורך בהול ודחוף בהטמעת חשיבות הדילול על שיטותיו השונות. בחירה נכונה של העצים

שיישארו ביער לאחר כל סבב של דילול היא אחד התנאים הבסיסים לקיימות היער. מטלה זו דורשת מיומנות רבה בפיענוח אופן צמיחת של כל עץ ועץ ומכאן את עתידו ביער, מיומנות שכמעט ולא יושמה בישראל. כמו כן חסר הידע והמיומנות על השימוש באופני דילול שונים במצבים שונים. רק בנקיטת פעולות הממשק היעראיות הנכונות תובטח קיימות היער שהיא מטרת אגף הייעור של הקק"ל ושל כל הארגונים הירוקים במדינה.

ספרות

אונגר י רוטנברג א רז-יסיף נ וחבריהם 2014 ממשק יער מונחה מאזן מים- מודל פשוט והשלכות על צפיפות העצים ביער יתיר. אקולוגיה וסביבה 5: 2, 172-180

גרינבלד ק שילר ג ומלזק נ ר 1983 השונות בתכונות פיסיולוגיות באורן ירושלים טבעי בישראל. ליערן, 33: 4-1, 7-1.

דו"ח צוות המחקר 1975 דו"ח צוות המחקר על התייבשות עצי אורן ירושלים ביער שער הגיא. ליערן, 25: 4-3, 35-33.

וויץ י 2013 דינמיקת התפשטות אורנים מהיער הנטוע לשטחים פתוחים והשלכות על נוף הצומח בישראל. עבודת גמר לתואר מוסמך, מוגשת לפקולטה לחקלאות , מזון וסביבה של האוניברסיטה העברית בירושלים.

ווינשטין א 1985 השפעת דילול וגיזום על התפתחות החורש הטבעי של אלון מצוי בכרמל. רתם 18: 92-79.

טווין מ 1999 מסע תענוגות לארץ הקודש. הוצאת אריאל ירושלים.

נאווה ז 1985 הקלימקס של החורש הים תיכוני- דמיון או מציאות? רתם 18: 33-14.

נוי- מאיר א 2003 תהליכי התפשטות של אורן ירושלים מיערות נטועים לתוך שטחים טבעיים. עבודת גמר לתואר מוסמך מוגשת לפקולטה לחקלאות , מזון ואיכות הסביבה של האוניברסיטה העברית בירושלים.

פרבולוצקי א רוזן ב רוזנברג ד 2013 האדם כמהנדס –על אקולוגי בחורש הים תיכוני: מתוך: ממשק ושימור האקוסיסטמה הים-תיכונית-רמת הנדיב כמשל. עמודים 200-181. הוצאת יד הנדיב.

קופר א 2011 תנאי קרינה ביער מחטני נטוע והשפעתם על התפתחות ותפקוד אלון התבור. עבודת גמר לתואר מוסמך, מוגשת לפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה של האוניברסיטה העברית בירושלים,

קידר ב"ז 1991 מבט ועוד מבט על ארץ ישראל. תצלומי אוויר מימי מלחמת העולם הראשונה, מול תצלומים בני זמננו. הוצאת יד יצחק בן צבי , משרד הביטחון ההוצאה לאור.

רייפנברג א 1950 מלחמת המזרע והישימון גלגוליי התרבות החקלאית בישראל ישראל ושכנותיה הוצאת מוסד ביאליק, ירושלים.
שילר ג 1974 תולדותיו של יער שער הגיא. ליערן 24: 4-3, 52-48.
שילר ג 1977 יחסי גומלין שבין התפתחות אורן ירושלים לבין תנאי הסביבה. ליערן 27: 4-1, 23-13.
שילר ג 1978 השפעת גורמי הסביבה על ההתחדשות הטבעית של יער אורן ירושלים. חיבור לקבלת התואר דוקטור לפילוסופיה, הוגש לסנט אוניברסיטת תל-אביב תשל"ח. 90 עמודים.
שילר ג 1985a אורן ירושלים טבעי: תפוצה וקשרים גנטיים. רותם, כתב עט לנושאי שדה בוטניים בישראל-ישראל, 18: 78-69.
שילר ג 1985b אורן ירושלים בכרמל. אקולוגיה וסביבה 3: 2-1, 15-19.
שילר ג 1988 אורן ירושלים נטוע בישראל, סיכום עשר שנות מחקר. השדה ס"ח: 1400-1397.
שילר ג כהן י 1999 מאזן המים ככלי עזר בקבלת החלטות על ממשק נטיעות (עצי יער) באזורים צחיחים. אקולוגיה וסביבה 5: 3-2, 129-122.
שילר ג דוד-אונגר י כהן י 2001 ידיעת שעור הדיות כגורם מכוון בממשק אקוסיסטמה ים-תיכונית- מקרה רמת הנדיב. אקולוגיה וסביבה 6: 4-3, 176-170.
שילר ג 2013 התנוונות ותמותה מוקדמת של אורן ירושלים בישראל בעקבות יבוא זרעים ממערכות אקולוגיות זרות. אקולוגיה וסביבה 4: 2, 175-167.
שמיר צ 1985 דינמיקה של התפתחות חורש אלון מצוי בהרי ירושלים, צמיחה, התחדשות ויבול בלוטים. רתם 18: 33-14.
שפטר א 1974 טבלת יבול לאורן ירושלים בישראל. קרן הקיימת לישראל, אגף הייעור.

———————-

Agra H Ne’eman G 2011 *Quercus calliprinos* regrowth advantage under grazing in Mediterranean maquis and its management implications. For. Ecol. Mange. 261: 143-147.

Blondel J Aronson J 1995 Biodiversity and Ecosystem Function in the Mediterranean Basin: Human and Non-Human Determinants. In: Mediterranean Type Ecosystems, pp 43-119: Springer

David-Schwartz R Paudel I Mizrachi M Delzon et al. 2016 Indirect evidence for genetic differentiation in vulnerability to embolism in *Pinus halepensis*. Front. Plant. Sci. 7, 768.

Grober U 201 Sustainability, A cultural history. Green books publishers,

Grunwald C Schiller G 1988 Needle xylem water potential and water saturation deficit in provenances of *P. halepensis* Mill. and *P. brutia* Ten. Foret mediterranenenne 10: 407-414.

Klein T Di Matteo G Rotenberg E Cohen S Yakir D 2012 Differential ecophysiological response of a major Mediterranean pine species across a climatic gradient. Tree Physiology 33: 26-36.

Korol L 1997 Genetic differentiation among and within natural and planted *Cupresus sempervirens* L. east Mediterranean populations. Silvae Genetica, 46: 2-3, 151-155.

Mendel Z 1984 Provenances as a factor in тusceptibility of *P. halepensis* to *Matsucoccus josephi* (Homoptera: Margarodidae). For. Ecol. and Manage, 9: 259-266.

Osem Y Yavlovich H Zecharia N Atzmon N Moshe Y Schiller G 2013 Fire-free natural regeneration in water limited *Pinus halepensis* forests: a silvicultural approach. European J. of For. Res. 132: 5-6, 679-690.

Osem Y Zangy E Bney-Moshe E Moshe Y 2011 Understory woody vegetation in manmade Mediterranean pine forests: variation in community structure along a rainfall gradient. Eur. J. Forest Res. DOI 10.1007/s10342-011-0542-0

Panetsos KP 1981 Monograph of *Pinus halepensis* Mill. & *P. brutia* Ten. Annales Forestales (Zagreb), 9: 39-77.

Perlin J 2005 A Forest journey: The story of wood and civilization. The Countryman Press, Woodstock, Vermont 463 pp.

Roehle H 1991 Yield tables for Aleppo pine (*Pinus halepensis*) in Israel. Chair of Forest Yield Sciences, University of Munich, Germany.

Schiller G 1990 Variation in resin composition of Italian Cypress (*Cupressus sempervirens* L.) grown in Israel. Silvae Genetica, 39: 3-4, 89-95.

Schiller G Waisel Y 1989 Among-Provenances Variation in *P. halepensis* in Israel. For. Ecol. and Manage, 28:141-151.

Schiller G and Korol K 1997 Electrophoretic analysis of diversity within *Cupressus sempervirense* L. growing in Israel. Israel J. of Plant Sciences 45: 1-8.

Schiller G 2000 Inter- and intra-specific genetic diversity of *Pinus halepensis* Mill. and *P. brutia* Ten. In: Ne'eman G & Trabaud L (eds) Ecology, Biogeography and Management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin. pp. 13-35, Edited by Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlandes.

Schiller G Unger, ED Moshe Y Cohen S Cohen Y 2003 Estimating water use by sclerophyllous species under east Mediterranean climate. II. The transpiration of *Q. calliprinos* Webb. in response to silvicultural treatments. For. Ecol. and Manage, 179:483-495.

Schiller G Korol L Shklar G 2004 Habitat effects on adaptive genetic variation in *Pinus halepensis* Mill. provenances. Forest Genetics 11: 325-335.

Schiller G Atzom N 2009 Performance of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) provenances at the edge of the Negev desert: A review. J. of Arid

Environments 73: 1051-1057.

Schiller G 2016. Genetic Diversity Assessment by Random Amplified Polymorphic DNA in *Quercus calliprinos*, *Q. ithaburensis* and *Q. boissieri* growing in Israel. In: Advances in Genetics Research. Volume 16 Chapter 3. Pp 37-64. Editor: Kevin V. Urbano. Nova Science Publication, Inc. New York

Sheffer E 2012. Reciprocal Colonization and Transformation of Mediterranean Ecosystems by *Pinus halepensis* and *Quercus calliprinos*. Thesis submitted for the degree of "Doctor of Phylosophy"

Voltas J Shestakova TA Patsiou T Di Matteo G Klein T 2018 Ecotypic variation and stability in growth performance of the thermophilic Conifer *Pinus halepensis* across the Mediterranean basin. For. Ecol. and Manage 424: 205-215.

Von Carlowitz HC 1713. Sylvicultura Oeconomica. Verlegte J. F. Broun, Leipzig.

Weinstein A 1989a Provenances evaluation of *Pinus halepensis*, *P. brutia* and *P. eldarica* in Israel. For. Ecol. and Mange 26: 215-225.

Weinstein A 1989b Geographic Variation and Phenology of *Pinus halepensis*, *P. brutia* and *P. eldarica* in Israel. For. Ecol. and Manage 27: 99-108

Weinstein A 1989c Phenology of *P. halepensis* at two sites in Israel. For. Ecol. and Manage 26: 305-309.

Zuricher U 1965 A Forest Management View-point on Certain Aspects of the Concept of Sustained-Yield. A Study no' 3688 submitted to the Swiss Federal Technical High School, Zurich (E.T.H.Z) for the degree of Doctor of

the Technical sciences.

==========

כל הזכויות שמורות ל"כלנית" ©

לציטוט: שילר ג. קיימות היער בישראל, כתב עת 'כלנית' 8.

==========