

יגיל אסם

המחלקה למשאבי טבע, מנהל
המחקר החקלאי – מרכז וולקני

חנוך צורף

אגף הייעור, הקרן הקימת לישראל

גלעד אוסטרובסקי

אגף הייעור, הקרן הקימת לישראל

מור אשכנזי

אגף הייעור, הקרן הקימת לישראל

יהל פורת

אגף הייעור, הקרן הקימת לישראל

מאמר זה עבר שיפוט עמיתים

ציטוט מומלץ

אסם י, צורף ח, אוסטרובסקי ג,
אשכנזי מ ופורת י. 2021. השרפה
בהרי יהודה – ניתוח, תובנות
והמלצות. אקולוגיה וסביבה 12(4).



שטח טרסות שנשרף בעוצמה גבוהה מאוד מצפון-מזרח לרמת ריאל. במרכז התמונה ניתן לראות שטח כרם מעובד שעוצמת השרפה בו הייתה נמוכה בצורה משמעותית (בדיוקן): כאמל עליאן, קק"ל

השרפה בהרי יהודה – 2021: ניתוח, תובנות והמלצות

1 בפברואר, 2022

גיליון חורף 2021 / כרך 12(4)

[חזית המחקר](#)

על קצה המזלג

- בעקבות אימוץ 'תורת ניהול היער' בקק"ל, הכוללת עקרונות חדשניים לניהול יערות, נבחרו יער הקדושים ויער הסטף להיות מודל להדגמת העקרונות האלה. במסגרת זו הושקעו משאבים רבים בהיערכות נרחבת לצמצום סכנת שרפות.
- באוגוסט 2021 פרצה בהרי יהודה שרפה נרחבת, שהתחוללה בשני יערות הדגל הללו.
- כדי לבחון את יעילות פעולות ההיערכות המקדימה לצמצום נזקי שרפות, שיושמו כאמור ביערות האלה, חשוב ללמוד באופן מעמיק את לקחי השרפה.
- המחברים מציינים את יעילות אזורי החיץ סביב יישובים, ואף ממליצים על הקמת רצועה בטוחה מאש בשוליים הפנימיים של יישובים. כמו כן, הם ממליצים לצמצם את גודל השטחים המכוסים ביערות אורן גבוהים, לקטוע את רציפותם ולהבטיח תנועה בטוחה בדרכי הגישה ליישובים.
- למניעת שרפות ולצמצום נזקיהן יש חשיבות לאומית, היות שמדובר לא רק באתגר לניהול היערות, אלא אף בסיכון ממשי לאדם, לרכוש ולמערכת האקולוגית. החשיבות מועצמת עוד לנוכח תחזיות שינוי האקלים הצופות החמרה במשטר השרפות, התארכות של עונת היובש ועלייה בדליקות הצומח.

המערכת

תקציר

בקיץ 2021 נשרפו בהרי יהודה כ-11,000 דונם יער המנוהלים על-ידי קק"ל. במאמר מפורטת ההיערכות המקדימה למניעת שרפות שיושמה באזור זה בעשור האחרון, מוצגות תובנות ראשוניות הנוגעות להתנהגות השרפה וליעילות של פעולות המניעה, ומוצגות המלצות לשיקום היערות ולצמצום סכנת שרפה. בשנים 2013–2014 פורסמו תוכניות יער (ל-25 שנים) ותוכניות ממשק רב-שנתיות (ל-10 שנים) של קק"ל לשטח הנדון. התוכניות כללו גם התייחסות מפורטת לצמצום סכנת השרפות. על בסיס חיזוי הסכנה תוכננו והוקמו אזורי חיץ לאש סביב ליישובים ובלב היערות. בחלק גדול מאזורי החיץ הוכנסה רעיה. כמו כן, הוקמו דרכי נידוד ונקודות מילוי מים לכבאיות. בכלל השטח דוללו האורנים והוגדל החלק של תצורות צומח פתוחות. מניתוח ראשוני של השרפה עולה כי הגורמים העיקריים לאש הקיצונית שנצפתה היו מאפייני הדלק הצמחי, כלומר ההרכב והמבנה של היער ויובש הצמחייה, ולא תנאי מזג אוויר יוצאי דופן בזמן השרפה, כפי שנצפה בשרפות ענק קודמות. אפשר ללמוד מכך כי הסכנה לשרפות ענק בישראל מתקיימת בעיקר בשטחים שיש בהם רצף נרחב של יערות אורן מפותחים על פני מדרונות תלולים. שינוי האקלים מוביל להתייבשות קיצונית יותר של הצמחייה, ובעקבותיו סכנת השרפה בשטחים הללו מגיעה לרמות גבוהות מבעבר. עוד עולה מהניתוח כי אזורי חיץ שהוקמו סביב ליישובים היוו כלי יעיל ביותר להגנה על היישובים. לעומת זאת, התרומה של אזורי חיץ ביערות הייתה ברורה פחות. המלצות חדשות למניעת סכנת שרפה כוללות: שיפור אזורי החיץ לאש סביב ליישובים ובלב היער ושילובם הנכון בעת הלחימה באש, טיפולים להגנה מאש בתוך היישובים ובדרכי הגישה אליהם, טיפול בשטחים קולטי קהל ביער וקיטוע הרצף המרחבי של יערות מחטניים צפופים. אנו מדגישים גם כי יש לאזן בין הצורך לצמצם את סכנת השרפות לבין מגוון צרכים אחרים שהיערות נדרשים לענות עליהם.

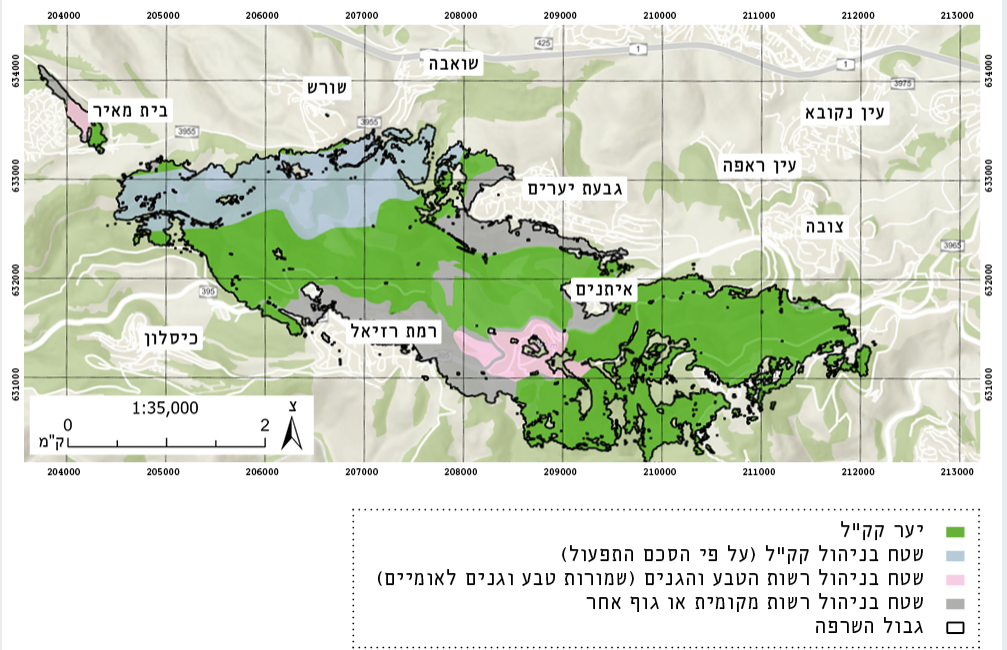
מאמר זה הוא גרסה סופית לגרסה מוקדמת יותר אשר נכתבה סמוך לאירוע השרפה, הופצה לצורך התייחסות של גורמים שונים, ופורסמה ביער – כתב עת לניהול יערות ושטחים פתוחים. הגרסה הסופית נכתבה לאחר שיפוט עמיתים.

רקע

ב-15–18 באוגוסט 2021 נשרפו כ-11,000 דונם של יערות בהרי יהודה. מרביתם ביערות הקדושים והסוף שבניהול קק"ל, חלק קטן יותר היה בשמורות טבע בניהול רשות הטבע והגנים, ומיעוטם בשטחי מושבים (אזור 1). השרפה גרמה לפגיעה חמורה במשאבי הטבע, הנוף, המורשת והפנאי בהרי יהודה, ותהליך השיקום יארך שנים רבות. עם זאת, כפי שיוסבר בהמשך, אנו מניחים כי ללא ההיערכות המוקדמת לצמצום נזקי שרפות והיישום של תכנון רב-שנתי וניהול רב-שנתי של היערות שביצעה קק"ל, סביר שהשרפה הייתה גורמת נזקים כבדים יותר ואף מאיימת על חיי אדם.

בעקבות האימוץ והיישום של תורת ניהול היער בישראל^[1] כמסמך המדיניות המקצועית של קק"ל נבחרו יערות הקדושים והסוף כיערות דגל להדגמת העקרונות של ניהול היער על בסיס תכנון ארוך-טווח, ובתוך כך בוצעה היערכות נרחבת לצמצום סכנת השרפות. בחלק הראשון של המאמר נציג את עיקרי תפיסת ניהול השטח, התכנון וההיערכות המקדימה לסכנת שרפה, שיושמו בעשור האחרון בשני היערות. בחלקו השני נציג תובנות ראשוניות הנוגעות להתנהגות השרפה ולאפקטיביות של פעולות המניעה שבוצעו, ונציג עקרונות לשיקום היערות השרופים לנוכח התובנות הללו.

איור 1. התפלגות שטח השרפה על פי חלוקה לשטחים בניהול קק"ל, רשות הטבע והגנים ואחרים על פי נתוני המרכז למיפוי ישראל. פענוח חישה מרחוק והפקת מפות: דפנה גלזר וד"ר רוני דרורי, חברת תמה.



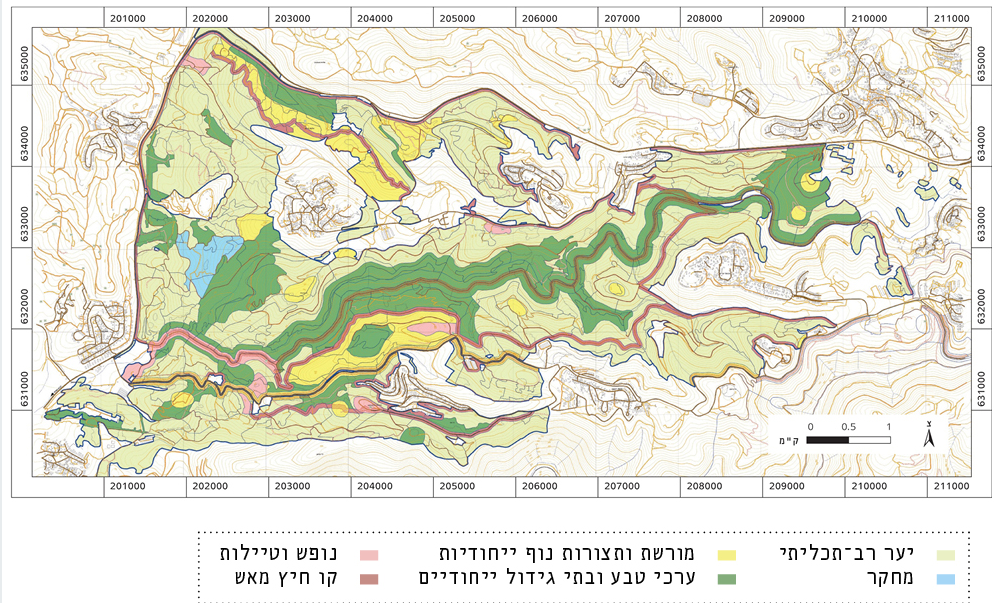
איור 1
התפלגות שטח השרפה על פי חלוקה לשטחים בניהול קק"ל, רשות הטבע והגנים ואחרים
על פי נתוני המרכז למיפוי ישראל. פענוח חישה מרחוק והפקת מפות: דפנה גלזר וד"ר רוני דרורי, חברת תמה.

היערכות מקדימה לצמצום נזקי שרפה

זוכניות יער וממשק שהוכנו טרם השרפה

בשנים 2013 ו-2014 פורסמו תוכניות יער (ל-25 שנה) ותוכניות ממשק רב-שנתיות (ל-10 שנים) ליערות הקדושים [4] והסטף [6] כבסיס לניהול יער מכון מטר על פי עקרונות תורת ניהול היער. התוכניות מתייחסות למכלול מרכיבי ניהול היער, כולל: ממשק צמחייה, קליטת קהל, שמירה על ערכי טבע ומורשת ומניעת שרפות (איור 2). על פי התוכניות, ממשק הצמחייה בשני היערות מתמקד בפעולות הבאות: א. טיפוח מגוון תצורות צומח ויצירת כתמיות נופית; ב. הסבה הדרגתית של היערות המחטניים החד-מיניים ליערות מעורבים של מחטניים ורחבי עלים; ג. פתיחה של היערות המחטניים הצפופים על-ידי דילול האורנים; ד. עידוד תצורות צומח טבעיות פתוחות – בתה (בעיקר בני שיח עד גובה 1 מטר) ושיחייה (בעיקר שיחים בגובה 1–2 מטר); ה. טיפוח נופי מורשת של בוסתנים ומטעים; ו. טיפוח יער גבוה ומצל באזורי קליטת קהל; ז. יצירת אזורי חיץ נגד אש סביב יישובים ולאורך דרכים מרכזיות ביער.

איור 2. מפת ייעודי שטח יערניים ביער הקדושים מתוך תוכנית ממשק רב שנתית ליער הקדושים [3].



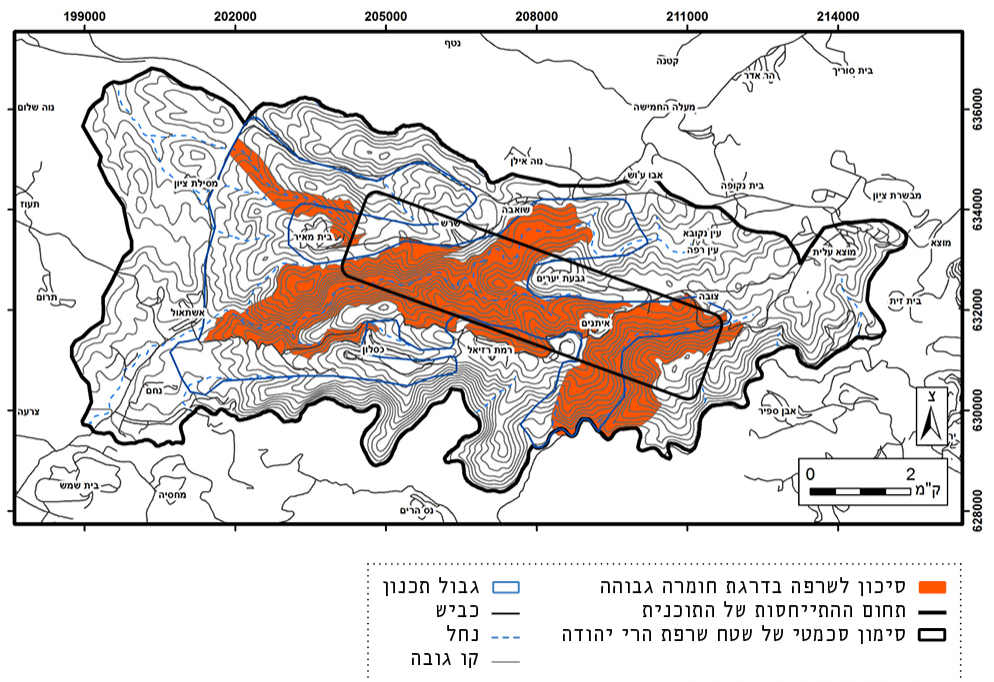
איור 2
מפת ייעודי שטח יערניים ביער הקדושים
מתוך תוכנית ממשק רב שנתית ליער הקדושים [3].

מיפוי שטחים בסכנת שרפה

חלק חשוב בתכנון של יערות הקדושים והסטף עסק בהיערכות לצמצום סכנת שרפות, מתוך הבנה שאזור זה רגיש לכך במיוחד. בתור התחלה נעשה שימוש במודל פשוט לאיתור שטחי יער בעלי פוטנציאל לשרפה חמורה (שטחים שסכנת השרפה בהם גבוהה). על פי מודל זה, שטחים בעלי מדרונות תלולים (מעל 20%) וערוצי נחל עמוקים (למשל, נחל כיסלון, אגן נחל איילון ונחל צובה) שגדלים בהם יערות מחטניים גבוהים (8 מטר ומעלה) וצפופים (כיסוי צמרות של 60% ומעלה) מופו כשטחים בסכנת שרפה בדרגה גבוהה (איור 3). נקבע כי בשטחים האלה יש לרכז מאמץ בממשק למניעת שרפות, בעיקר על-ידי דילול אורנים והכנסת רעייה.

זניתוח עוצמת השרפה שהתרחשה בפועל (איור 4) אפשר ללמוד כי מיפוי סכנת השרפה היה מדויק למדי. כמו כן, אפשר לראות שבשני אזורים המצויים בשוליים המערביים והמזרחיים של שטח השרפה, עוצמת השרפה הייתה נמוכה יחסית. רוב השטחים האלה הוגדרו בעבר כבעלי סיכון גבוה לשרפה, ועברו דילול חזק של מחטניים בעשר השנים האחרונות.

איור 3. מפת האזורים בסיכון לשרפה בדרגת חומרה גבוהה ביער הקדושים
המלבן השחור מסמן באופן סכמטי את שטח השרפה האחרונה. מתוך תוכנית ממשק רב שנתית ליער הקדושים^[3].



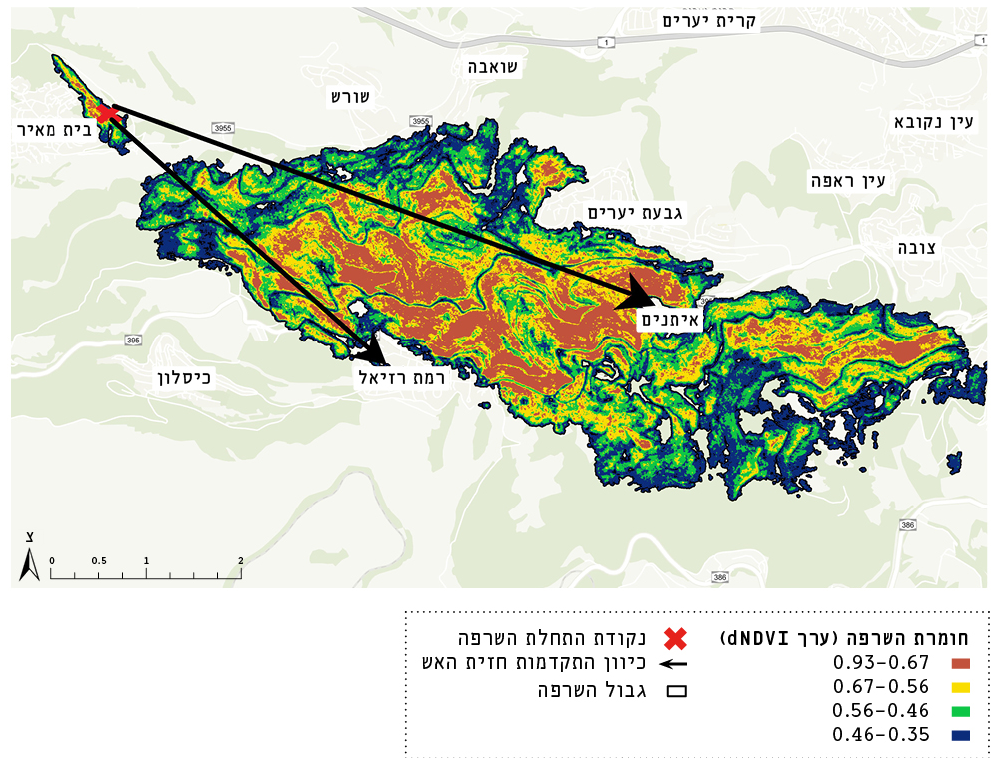
איור 3

מפת האזורים בסיכון לשרפה בדרגת חומרה גבוהה ביער הקדושים
המלבן השחור מסמן באופן סכמטי את שטח השרפה האחרונה. מתוך תוכנית ממשק רב שנתית ליער הקדושים^[3].

איור 4. מיפוי של עוצמת השרפה ביערות הקדושים והסטף, 15-17.8.2021

סקלת הצבעים מציינת את עוצמת השרפה, העוצמה הנמוכה ביותר בכחול והגבוהה ביותר באדום. החיצים השחורים מציינים את התקדמות חזית האש מנקודת התחלת השרפה ליד בית מאיר, עד רמת רזיאל (חץ תחתון, מרחק 5 ק"מ) ועד בית החולים איתנים (חץ עליון, מרחק 6 ק"מ). בשני המקרים קצב התקדמות חזית האש היה מעל 3 קמ"ש.

מיפוי וניתוח: פרופ' נעם לוין, האוניברסיטה העברית בירושלים, אוגוסט 2021.



איור 4

מיפוי של עוצמת השרפה ביערות הקדושים והסטף, 15-17.8.2021

סקלת הצבעים מציינת את עוצמת השרפה, העוצמה הנמוכה ביותר בכחול והגבוהה ביותר באדום. החיצים השחורים מציינים את התקדמות חזית האש מנקודת התחלת השרפה ליד בית מאיר, עד רמת רזיאל (חץ תחתון, מרחק 5 ק"מ) ועד בית החולים איתנים (חץ עליון, מרחק 6 ק"מ). בשני המקרים קצב התקדמות חזית האש היה מעל 3 קמ"ש.

מיפוי וניתוח: פרופ' נעם לוין, האוניברסיטה העברית בירושלים, אוגוסט 2021.

תוכניות התגוננות מאש: אזורי חיץ

ביער הקדושים תוכננו והוקמו 15 אזורי חיץ לאש, וביער הסטף 10 אזורי חיץ (כ-5% משטח היערות). אזורי החיץ מתחלקים לשני סוגים: א. אזורי חיץ מסביב ליישובים; ב. אזורי חיץ ביער, בעיקר לאורך דרכים מרכזיות וקווי רכס בלב היער וגם בערוצים מרכזיים. מטרתם של אזורי החיץ ביער היא לסייע לכוחות הכיבוי בבלום את האש ולמנוע את התפשטותה מתא שטח אחד למשנהו. בחלק גדול מאזורי החיץ הללו הוכנסה במשך השנים רעיית עיזים אינטנסיבית, וכמחציתם אף עברו טיפול נוסף של דילול (בעיקר כריתת עצי מחט) והרחבה מאז הקמתם. כמו כן, תוכננו ונפרצו ביערות דרכי נידוד ונקודות כינוס, והוקמו נקודות מילוי מים לכבאיות (איור 5) ששימשו את כוחות הכיבוי בעת השרפה (למשל, נקודת מילוי המים בכניסה להר איתן).

זמשק בשטחים שאינם אזורי חיץ

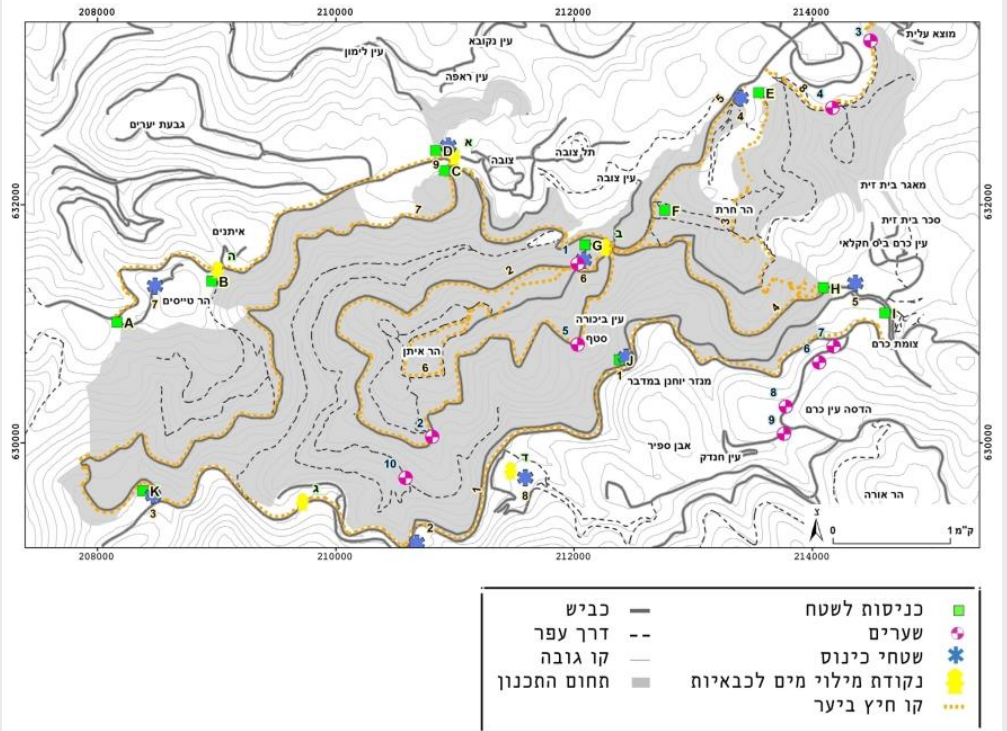
על פי תוכניות הממשק, בכ-40% מהשטח של יערות הקדושים והסטף שאינם אזורי חיץ תוכננו טיפולי דילול של יערות האורן ברמות שונות, בשילוב עם רעיית עיזים. טיפולים אלה בוצעו בעיקר לצורך טיפוח העצים ועידוד ההתפתחות של יערות מעורבים

(שילוב של עצי מחט וחורש טבעי) ולא לשם הפחתת סכנת שרפה כמטרה מרכזית. בכ-10% נוספים מהשטח תוכננה כריתה מלאה של אורנים לצורך טיפוח ושימור של תצורות חורש, שיחייה ובתה (איורים 7,6 מתוכנית יער הקדושים).

בחינה העלתה כי טיפולי הדילול בוצעו כמתוכנן בשני היעדרות. לעומת זאת, עקב המחסור בעדרים זמינים, רעיית עיזים התקיימה כמעט רק באזורי החיץ. יש להדגיש כי גם לאחר ביצוע הדילולים על פי התוכנית, חלק ניכר משטחי היערות נותר כרצף גדול של יערות מחטניים או יערות מעורבים מפותחים (איור 7).

איור 5. תוכנית התגוננות מאש ליער הסטף

אפשר לראות את אזור החיץ סובב הר איתן (מס' 2) ואזור חיץ הר איתן (מס' 6). אזורי החיץ האלה שימשו בסיס לעצירת השרפה בהר איתן ב-2021. מתוך תוכנית ממשק רב שנתית ליער הסטף^[6].

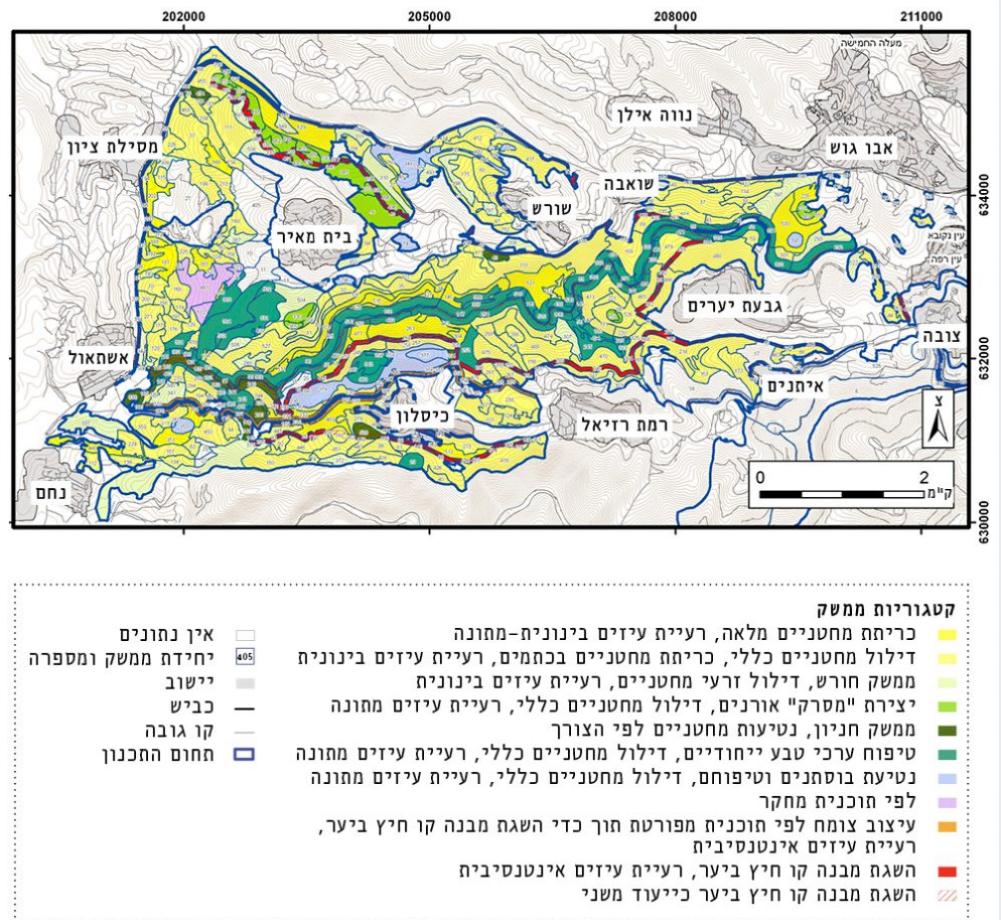


איור 5

תוכנית התגוננות מאש ליער הסטף

אפשר לראות את אזור החיץ סובב הר איתן (מס' 2) ואזור חיץ הר איתן (מס' 6). אזורי החיץ האלה שימשו בסיס לעצירת השרפה בהר איתן ב-2021. מתוך תוכנית ממשק רב שנתית ליער הסטף^[6].

איור 6. מפת פעולות הממשק העיקריות, כפי שנקבעו ביער הקדושים בהתאם לייעוד השטח ולמצב היער מתוך תוכנית ממשק רב שנתית ליער הקדושים^[3].

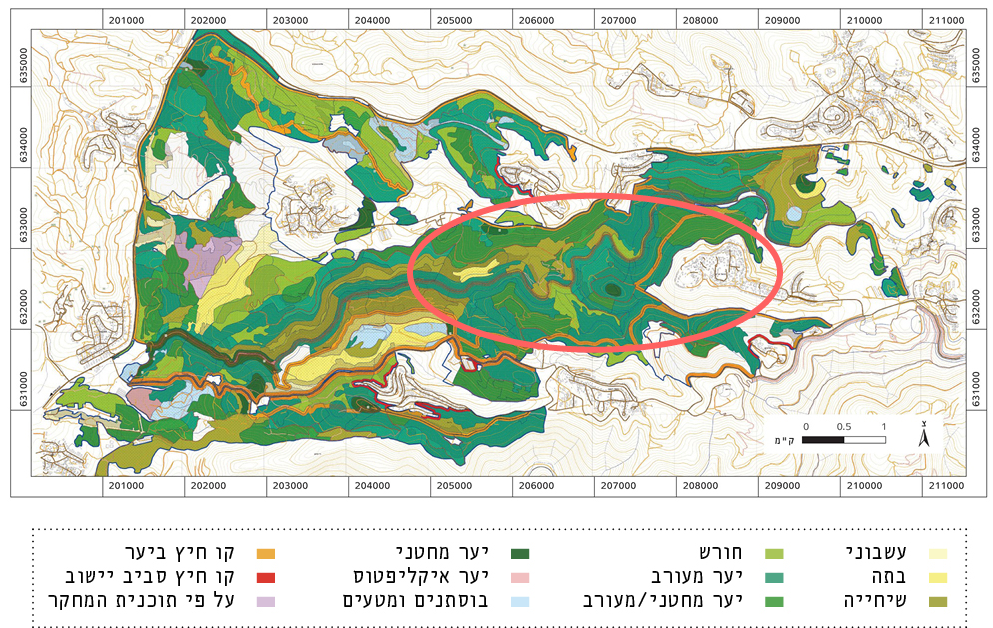


איור 6

מפת פעולות הממשק העיקריות, כפי שנקבעו ביער הקדושים בהתאם לייעוד השטח ולמצב היער

מתוך תוכנית ממשק רב שנתית ליער הקדושים^[3].

איור 7. מפת יחידות הממשק על רקע תצורות הצומח הרצויות ביער הקדושים מתוך תוכנית ממשק רב שנתית ליער הקדושים.^[3]



איור 7

מפת יחידות הממשק על רקע תצורות הצומח הרצויות ביער הקדושים

האליפסה האדומה מציינת בקרוב את גבולות השרפה, 15.8.2021-17.8.2021. מתוך תוכנית ממשק רב שנתית ליער הקדושים.^[3]

תובנות עיקריות מהשרפה בשנת 2021

תנאי מזג אוויר והתנהגות האש

השרפה בהרי יהודה הייתה דומה בהיקפה ובעוצמתה לשרפות ענק קודמות שהתרחשו בישראל (למשל השרפה בכרמל ב-2010, השרפה בנטף ב-2016). עם זאת, נראה כי בשרפה הזו המתאם בין תנאי מזג האוויר לבין חומרת השרפה היה שונה מאשר בשרפות קודמות. אף על פי שמזג האוויר בזמן השרפה לא היה קיצוני במיוחד מבחינת לחות האוויר ומהירות הרוחות, עוצמת האש וקצב התקדמותה היו דומים לאלה שהתרחשו בעבר בתנאי מזג אוויר שרבי וקיצוני ביותר. השירות המטאורולוגי של ישראל מציג מדי יום מדד סכנת שרפות יומי על בסיס נתונים חזויים של מהירות רוח ולחות אוויר יחסית. מדד זה משמש לצורך היערכות מקדימה של כוחות הכיבוי (בדגש על כוחות כיבוי אוויריים), שיש לה חשיבות קריטית ביכולת תגובה מהירה לשרפה. ערכי מדד סכנת השרפות היומי הארצי שהיו בעת השרפה בכרמל ב-2010 (1,024 בממוצע) ובעת השרפה בנטף ב-2016 (1,250 בממוצע), הוגדרו כסכנה בדרגה חריגה (<900). לעומת זאת, ערכי מדד סכנת השרפה הארצי שנמדדו במהלך השרפה האחרונה בהרי יהודה (577-586 בממוצע) עמדו על כמחצית מאלה שבשתי השרפות הקודמות, והוגדרו כסכנה בדרגה גבוהה (530-580) עד גבוהה מאוד (580-650). למרות זאת, על בסיס צילומי מסוק משטרתי ודיווחי קבוצות ווטסאפ ביישובים, ניתן להעריך כי קצב התקדמות חזית האש בשעתיים הראשונות של השרפה עמד על כ-3 קמ"ש (איור 4), אורך חזית האש בשעות אחר הצהריים של יום השרפה הראשון הגיע לכ-5 ק"מ לפחות, ואורך הלהבות (flame length) הגיע לכ-30 מטר. נתונים אלה מעידים בבירור על העוצמת הקיצונית של השרפה.^[10] ייתכן מאוד כי ההסבר לכך קשור לגלי החום של יולי ואוגוסט שקדמו לשרפה^[8] וגרמו להתייבשות קיצונית של הצמחים ולהגברה של דליקותם. **לפיכך, אנו מציעים כי הגורם העיקרי שהכתיב את העוצמה הקיצונית של השרפה היה הדליקות של חומרי הדלק, שנבעה מההרכב, מהמבנה ומהמצב של הצמחייה ומתנאי יובש וחום קיצוניים ששררו לפני השרפה. בשרפות קודמות הגורם העיקרי לעוצמה הקיצונית היה תנאי מזג אוויר בזמן השרפה, קרי, לחות אוויר נמוכה מאוד** (למשל, בכרמל ב-2010,^[14] או מהירות רוח קיצונית (למשל, בנטף ב-2016^[7]). עלייה ניכרת בדליקות הצמחייה ביערות נצפתה לאחרונה גם במקומות אחרים בארץ (למשל, בהר הרוח ביוני 2021^[3]) ובעולם^[9,13] והיא עלולה להחריף בעשורים הקרובים בעקבות שינוי האקלים החזוי באזורנו



תמונה 1. חזית אש מטפסת מנחל צובה לראש הר איתן, 16.8.2021. ניתן להתרשם מרמת כיסוי היער המחטני ומגובה הלהבות / צילום: חנוך צורף

צמחייה, טופוגרפיה והתנהגות האש

משרפה זו, כמו גם משרפות קודמות בישראל, אפשר ללמוד כי הפוטנציאל להתפתחות שרפות ענק מסוכנות בארץ קיים בעיקר בשטחים המתאפיינים ברצף נרחב של יערות מחטניים מפותחים (אחוז כיסוי צמרות גבוה וגובה עצים רב) על פני שיפועים טופוגרפיים חזקים וערוצי נחל עמוקים (תמונה 1). בשרפה זו ניתן גם היה להתרשם מכך שביערות מחטניים עם תת-יער של חורש מפותח יכולה להתפתח שרפה בעוצמה גבוהה במיוחד. בכל הנוגע לסכנת השרפה בשטחי חורש טבעי ללא עצי מחט, ראוי לומר כי צמחיית חורש מפותחת (גבוהה וצפופה) יכולה אף היא לבעור בעוצמה רבה ולסכן יישובים ותשתיות, כפי שקרה בשרפה זו באזור רמת רזיאל והר הטייסים (תמונה 2) ובשרפות אחרות ברחבי הארץ. עם זאת, ברוב המקרים, בשל רמת דליקות וגובה נוף נמוכים יותר של מיני החורש, בעיקר אלונים^[11], עוצמת השרפה וקצב התקדמות האש בחורש ללא עצי מחט, אינם מגיעים לאלה המתקבלים ביערות האורן המפותחים^[15]. בסופו של דבר, השרפה נבלמה וכובתה בחלקה הדרום-מזרחי של שלוחת הר איתן ושל אתר הסטף, שם השטח היה מכוסה ביער מחטני פתוח מאוד, בבתות עם צמחייה מעוצה דלילה, במטעי זיתים, בבוסתנים, בדרכים ובשטחים חשופים.



תמונה 2. הר הטייסים לאחר השרפה. פסגת ההר לא נשרפה, אבל כל השטח מסביב נשרף בעוצמה גבוהה, אף על פי שהיה מכוסה ברובו בחורש ים תיכוני טבעי ולא ביער אורן נטוע (צילום (ברחפן): כאמל עליאן, קק"ל

אזורי חיץ לאש סביב יישובים

אזורי החיץ סביב יישובים, שהוקמו בהרי יהודה ב-15 השנים האחרונות ובפרט לאחר השרפה בכרמל (2010), הוכיחו את עצמם ככלי יעיל ביותר בהגנה על היישובים בפני האש. במבחן התוצאה אנו רואים שבשרפה שעוצמתה הייתה מהגבוהות ביותר שאירעו בישראל, ושרפה כליל שטחי יער שהקיפו מספר יישובים, **היישובים שהוקמו סביבם אזורי חיץ (צובה, שואבה, בית מאיר ואיתנים) לא נפגעו כלל. לעומת זאת, היישובים שלא הוקם סביבם אזור חיץ (רמת רזיאל וגבעת יערים) נפגעו באופן חמור.** בבחינת התפקוד של אזורי החיץ סביב יישובים ראוי להתייחס במיוחד לבית החולים איתנים. חזית האש הגיעה עד לאזור החיץ בשולי בית החולים ועצרה שם ללא פעולה של כוחות הכיבוי (ראו סרטון ותמונה 3). אירוע זה מדגיש את חשיבות אזור החיץ שהוקם מסביב לבית החולים, ולא פחות מכך, את היעילות של סילוק מיני עצים דליקים וחומרים דליקים מתוך שטחו של בית החולים על-ידי הנהלת המקום.



תמונה 3. תצלום אוויר של בית החולים איתנים לאחר השרפה. השרפה נעצרה בקו החיץ ללא מעורבות של כוחות כיבוי / צילום: גלעד תדור

אזורי חיץ לאש ביער

כחלק מהתוכנית הכוללת להגנה מאש הוקמו באזור ההר אזורי חיץ לאש ביער, שתפקידם לאפשר לכוחות הכיבוי לפעול לעצירת האש כדי לתחום את שטח השרפה ולמנוע את מעבר האש מתא שטח אחד למשנהו. מבחינה שנעשתה לאחר השרפה עולות שתי תובנות ראשוניות: א. יעילות אזורי החיץ – כאשר השרפה הגיעה לאזורי החיץ ביער, עוצמתה של האש פחתה בצורה משמעותית (ראו [איור 4 ותמונה 4](#)); ב. שימוש כוחות כיבוי באזורי החיץ – ברוב המקרים כוחות הכיבוי לא התחשבו באזורי החיץ ביער לצורך הלחימה באש, והשרפה חצתה את אזור החיץ ועברה לתא השטח הבא. עם זאת, במקרים שכוחות הכיבוי נעזרו באזורי חיץ ביער (למשל, בטבעת הר איתן ובדרך נוף דרומית יער הקדושים) האש נבלמה או שהואטה התקדמותה ללא סיכון של כוחות הכיבוי.



תמונה 4. אזור חיץ נחל כיסלון. ניתן להבחין ברצועת העצים הירוקים ששרדו בשרפה לאורך אזור החיץ באפיק הנחל. הדבר מעיד על יעילות אזור החיץ בהורדת עוצמת האש. יודגש שכוחות כיבוי לא פעלו באזור זה בזמן השרפה | צילום באמצעות רחפן, באדיבות קק"ל

המלצות לשיקום היערות השרופים ולשיפור ההתמודדות עם שרפות

להלן המלצותינו לשיפור היערכות לשרפות בכלל ויערות הארץ ולשיקום יערות הקדושים והסטף בדגש על הפחתת סכנת השרפה בהם. ההמלצות הן שילוב של הניסיון שהצטבר בארץ בעשורים האחרונים, ושל תובנות חדשות שהתגבשו בעקבות השרפה האחרונה בהרי יהודה. בדיון שלהלן נדגיש את התובנות החדשות אל מול הנהוג כיום.

פעולות ממשק קצרות-טווח לאחר שרפה

פעולות הממשק הנדרשות בטווח הקצר שלאחר השרפה (1-5 שנים) ובטרם הוכנה תוכנית שיקום כוללת, בין היתר, סילוק מפגעי בטיחות, טיפול בתשתיות קהל, מניעת שרפה חוזרת ומעקב אחר ההתאוששות וההתחדשות של הצמחייה ביערות. ההנחיות לסדרת הפעולות אלה סוכמו במסמך פנימי שנכתב לאחרונה בקק"ל על בסיס המלצות ועדת השרפה בכרמל^[5].

שיקום ארוך-טווח לאחר שרפה

שיקום יער לאחר שרפה הוא תהליך ארוך ומורכב, הכולל מגוון רחב של היבטים שלא זה המקום לפרטם. עם זאת, אנו מוצאים לנכון להדגיש כי שלא כמו בעבר, ליערות הקדושים והסטף, כמו גם ליערות רבים אחרים בארץ, קיימות כיום "תוכניות יער" (התקפות ל-25 שנה) ו"תוכניות ממשק רב-שנתיות" (התקפות ל-10 שנים) שנכתבו בעשור האחרון. **תכנון שיקום היערות צריך להתבצע בהתאם לתוכניות היער שנכתבו** ושהגדירו את מטרות ניהול השטח ואת חלוקתו ליחידות ניהול שונות (ייעודי שטח יעריים). עם זאת, יש להכין מחדש תוכניות ממשק רב-שנתיות כך שיתמקדו בשיקום ובעיצוב של הצמחייה בהתאם לדינמיקה של התחדשותה לאחר השרפה ובהתאם לתובנות שהצטברו באשר לאופן התכנון והעיצוב של היערות הנדרש לצורך הפחתת סכנת השרפה.

נכנון ועיצוב של היערות להפחתת סכנת שרפה

להלן מספר המלצות ודגשים לתכנון ועיצוב של היערות בהתחשב בהתגברות סכנת השרפה ובהתאם ללקחים מהשרפה בהרי יהודה ומשרפות אחרות שאירעו בשנים האחרונות.

- אזורי חיץ לאש סביב יישובים – לאור יעילותם שהוכחה באופן ברור בשרפה בהרי יהודה, אנו מוצאים לנכון להדגיש באופן מיוחד את הצורך להשלים את ההקמה של אזורי חיץ לאש סביב כל היישובים המצויים בסיכון משרפות יער. **יש להשלים מספר שיפורים נדרשים וכן את העיגון התחיקתי של התקנות להקמת אזורי חיץ סביב יישובים** שנכתבו לאחר השרפה בכרמל ב-2010. לשיפור תפקודם של אזורי החיץ סביב יישובים **אנו ממליצים לצמצם, עד כדי סילוק מוחלט, את נוכחות האורנים ברצועה הראשונה של קו החיץ (עד 26 מטר מקו הבתים) ולקבוע כי המרחק המזערי המותר בין קצה צמרת עץ אורן לבין שולי הדרך הצמודה לקו הבתים ביישוב לא יפחת מ-10 מטר**. מומלץ גם לשקול הקמת מערכת המטרה נגד אש בשולי היישוב, כדוגמת זו שפעלה בקיבוץ צובה בעת השרפה (תמונה 5). ההתייחסות לאזור המפגש בין יערות ליישובים מחייבת שינוי חשיבתי, והאמצעים לכך הם בראש ובראשונה חינוכיים והסברתיים. בתוך כך, **יש מקום לחלופות תכנוניות שיראו באזור החיץ שטח המספק לקהילה תועלת מגוונת מלבד ההגנה משרפות**
- הגנה מאש בתוך יישובים – מומלץ להקים "רצועה בטוחה מאש" בשוליים הפנימיים של שטח היישוב עצמו, כזו שישולקו ממנה חומרים דליקים מכל הסוגים ותטופח בה צמחייה מושקית ירוקה ונמוכה. לצורך זה יש לגבש מסמך הנחיות מפורט, שיכלול גם היבטים נוספים של הגנה מאש בתוך יישובים, כולל הנחיה לטיפול בחומרים דליקים בכלל שטח היישוב, הגנה פרטנית על בתים וחצרות ועוד.
- דרכי גישה ליישובים – כדי להבטיח תנועה בטוחה בעת שרפה לצורך פינוי ולחימה באש יש לטפל בדרכי הגישה ליישובים. מומלץ לטפל בצידו דרכי הגישה ליישובים בהתאם להנחיות הביצוע של אזורי חיץ סביב יישובים (רצועה ראשונה) יש להגדיר אחריות ביצוע לנושא זה.
- אזורי חיץ לאש ביער – אנו ממליצים על המשך הקמת אזורי חיץ ביער עם שיפורים מסוימים, ורואים בהם מרכיב חשוב להתמודדות עם סכנת השרפות. כחלק מהשיפורים הנדרשים אנו מדגישים את הטיפול בעצי האורן, שיש לשאוף להקטנת נוכחותם ברצועות קו החיץ. בתוך כך, **יש לקבוע כי בקו חיץ ביער המרחק המזערי המותר בין צמרת עץ האורן לבין שולי הדרך המרכזית לא יפחת מ-10 מטר**.
- טיפול בשטחים קולטי קהל ביער – בשטחי פעילות הקהל ובדרכי הגישה אליהם מומלץ לשמור על כיסוי צמרות גבוה תוך טיפול מוקדם להרמת נוף העצים ולהסרת תת-היער. בהקשר זה יש לבחון גם חלופות של חורשות גבוהות ומצילות של מיני עצים דליקים פחות מאורנים, כדוגמת אלון התבור (*Quercus ithaburens* Dence), אלון התולע (*Quercus boissieri* Reut), מִיש דרומי (*Celtis australis* L), עץ אציל (*Laurus nobilis* L) וחרוב מצוי (*Ceratonia siliqua* L).
- צמצום סכנת שרפות ענק ביערות – כדי להפחית את הסכנה להתפתחות שרפות ענק יש לטפל בכלל שטח היער, לצמצם את השטחים המכוסים ביערות אורן גבוהים וצפופים, ולקטוע את הרצף המרחבי שלהם. מומלץ לעשות זאת על-ידי הגדלת השטחים המוקצים לתצורות צומח פתוחות או נמוכות יותר מסוגים שונים, כולל בוסתנים. בהקשר זה חשוב להדגיש כי בעקבות השרפה צפויה נביטה ספונטנית שתוביל להתחדשות משמעותית של אורנים בשטחים נרחבים. מתהליך השיקום לאחר השרפה בכרמל ב-2010 אנו למדים כי השליטה בהרכב ובמבנה של הצמחייה, ובתוך כך ויסות ההתפתחות המחודשת של יערות אורן על פני שטחים נרחבים, חלק מהם ברמת נגישות מוגבלת, קשה מאוד לביצוע ומצריכה משאבים רבים. לכן, מומלץ כי תוכנית הטיפול לצמצום כיסוי האורנים תתמקד בשטחים נגישים יחסית או בשטחים שנמצאים בסיכון גבוה במיוחד לשרפה, תוך שאיפה ליצירת נוף כתמי.



תמונה 5. תותחי מים מסביב לקיבוץ צובה בזמן השרפה, בפעולה שמנעה נזקים בקיבוץ. 16.8.2021 / צילום: חנוך צורף

מדד סכנת שרפה יומי

מדד השרפות שמפיק השירות המטאורולוגי מסתמך בעיקר על נתוני מזג האוויר, עם התייחסות מעטה למצב הצמחייה. מאחר שהמדד לא חזה סכנה קיצונית בימי השרפה בהרי יהודה, **מומלץ לבחון את האפשרות לפיתוח מדד סכנת שרפה משופר, שייתן משקל משמעותי יותר למצב הצמחייה כתלות בעונה ובהצטברות ימי יובש וחום, כפי שפותח במקומות שונים בעולם** [16,12].

ימוש בקווי חיץ ללחימה באש על-ידי כוחות הכיבוי

אזורי חיץ במהותם נועדו לאפשר פעולה יעילה של כוחות הכיבוי, ואין לצפות כי יבלמו את האש ללא נוכחות כוחות כיבוי. **וניתוח פעולות הכיבוי עולה כי מאמצי הכיבוי מהקרקע ומהאוויר לא נשענו על אזורי החיץ כבסיס לעצירת האש. לפיכך, מומלץ לפתח ולגבש את תו"ל הלחימה בשרפות יער בארץ כך שהתכנון והפעולה בשטח ישתמשו באזורי החיץ בצורה יעילה. שימוש כזה יאפשר לתחום את האש ולהגן על יישובים תוך ניצול מיטבי של המשאבים המוגבלים הקיימים בעת הלחימה באש.**

נושאים לבחינה בעתיד

התובנות העיקריות מהשרפה מחייבות בחינה מקצועית-מדעית וגיבוש הנחיות מפורטות במספר נושאים הנוגעים למניעה ולכיבוי של שרפות ולהיערכות לסכנת השרפות הגוברת עקב שינוי האקלים:

- ניטור התנהגות האש בזמן אמת – כדי שיתאפשר לימוד מעמיק על ההשפעה שיש לתצורות צומח, לטופוגרפיה, למזג האוויר ולפעולות הלחימה באש על התנהגות האש, יש לפתח פרוטוקול לניטור התנהגות האש בזמן אמת, כולל התייחסות לקצב התקדמות האש ולעוצמתה, להיווצרות מוקדי כתם (נקודות שניצתת בהן אש מגיעים שעפים ברוח), לתפקוד אזורי החיץ, ליעילות הלחימה באש ועוד.
- עידוד רעייה – כדי להגביר את הרעייה ביערות יש לבחון גישות חדשות לעידוד רעייה, לרבות הפעלת עדרים ייעודיים או תשלום לבעלי עדרים עבור "שירותי רעייה".
- בחינה של שיטות כיבוי ושל יעילותן – כדי לשפר את יעילות פעולות הכיבוי יש לבצע בחינה סדורה של שיטות הכיבוי מהקרקע ומהאוויר ושל מידת יעילותן והתאמתן לעוצמות שרפה ולתנאי שטח שונים. בתוך כך יש לתת גם דגש לשיפור יכולת התגובה המהירה של כוחות הכיבוי.

סיכום

ההתמודדות עם שרפות יער מסתמנת כאחד מהאתגרים הגדולים והמורכבים ביותר הניצבים בפני מנהלי השטחים הפתוחים בישראל. מניתוח השרפה בהרי יהודה עולה כי למרות זיהוי סכנת השרפה וביצוע מגוון פעולות מקדימות לצמצום הסכנה, לא נמנעה התפתחותה של שרפת ענק שהסבה נזק ניכר. אנו מוצאים לנכון לשוב ולהדגיש כי ללא ההיערכות המקדימה, שתרמה להפחתת עוצמת השרפה, להגנה על היישובים וללחימה באש, סביר מאוד שהנזק היה חמור בהרבה, לרבות סכנה ממשית לחיי אדם. עם זאת, כדי למנוע בעתיד שרפות ענק בישראל ולהפחית את רמת הנזק שהן עלולות לגרום, יש לבצע קפיצת מדרגה במספר תחומים שנידונו במאמר זה. היות שהמאמר עוסק בראש ובראשונה בהיבטי ניהול היערות בארץ, נדגיש לסיכום שני תחומים עיקריים שנידונו: א. הצורך בשיפור מערך ההגנה על יישובים, הכולל אזור חיץ סביב היישוב וטיפול בתוך שטח היישוב ובדרכי הגישה אליו. יש לקבוע מסגרת תחיקתית לנושא זה ולהשלימו בכל היישובים המצויים בסיכון; ב. הצורך בצמצום ובקטיוע של רצפים נרחבים של יערות מחטניים מפותחים. יש לתכנן את צמחיית היערות ולנהל אותה ליצירת נוף מגוון וכתמי תוך שבירת הרצף מרחבי של שטחים שסכנת השרפה בהם גבוהה. ועם כל זאת, יש להדגיש ולומר כי חשוב לשמור על איזון בין הצורך לצמצם סכנת שרפות לבין מגוון צרכים אחרים, אנושיים וסביבתיים, שהיערות נדרשים לענות עליהם.

תודות

תודתנו נתונה ליפתח זיו – חוקר אגרוטאורולוגיה בשירות המטאורולוגי הישראלי, לגידי בשן – מנהל אזור ההר קק"ל, ולרמי זריצקי – אחראי כיבוי שרפות יער קק"ל.

הלכה למעשה

ד"ר שי לוי, סגן טפסר, ראש ענף איסוף ומחקר, כבאות והצלה לישראל:

להתפשטות שרפות יער ושרפות בשטחים פתוחים ישנם שלושה מנועים עיקריים: חומר הבעירה, הטופוגרפיה ומזג האוויר.

בשל שינוי האקלים שרפות ענק נעשות שכיחות יותר, והתנהגות האש הופכת לאגרסיבית הרבה יותר. עלייה ברגישות היערות לשרפות נובעת, בין היתר, מירידה בלחות הצומח ומעלייה בעקת הצמחים בעקבות היובש. לכן, בתוכניות ניהול יערות יש לתת משקל רב יותר לנושא השרפות ממה ניתן בעבר, היות שזהו הגורם הדומיננטי ביותר.

כפי שצוין במאמר, התנהגות האש בזמן ובמרחב הושפעה בשרפה זו בעיקר מחומרי הבעירה ומהטופוגרפיה, ופחות מתנאי מזג האוויר. עם זאת, ברמה המקומית השוני בתנאים המטאורולוגיים בין היום והלילה השפיע בצורה ניכרת על התפשטות האש: בלילה הלחות הגבוהה (כ-90%) והיחלשות הרוחות האטו מאוד את התפשטות השרפה, ובשעות הבוקר המאוחרות חזרה הלחות היחסית להיות נמוכה, הרוחות התחזקו, והתפשטות האש חזרה להיות משמעותית.

כבאות והצלה לישראל מקדמת, בשיתוף המל"ל, רח"ל וגופים נוספים, הקמת אזורי חיץ כנדבך חשוב בהגנה על יישובים. מיקום אזורי החיץ חשוב לא פחות מרוחבו, ולכן דרושה ראייה כוללת כדי להשיג את מרב היעילות.

תורת הלחימה בשרפות ביערות ובשטחים פתוחים מביאה בחשבון ניצול שטחים בעלי דליקות נמוכה, כגון אזורי חיץ, דרכים וכדומה, ליצירת קווי עצירה כחלק מתוכנית הלחימה המבצעית.

תופעות כמו מוקדי כתם (spot fires), כלומר שרפות הנוצרות מגיצים בוערים ומוסעות על-ידי הרוח וזרמי קונוקציה, מאיצות את התפשטות האש למרחקים גדולים. הן מחייבות לכלול נוסף על אזורי חיץ, גם הגנה על הבתים עצמם, שתיעשה בעיקר על-ידי הרחקת חומרים דליקים מהמבנה ושימוש בחומרים דליקים פחות בבנייה ובחצרות, בייחוד ביישובים הנמצאים באזורים בעלי רגישות גבוהה לשרפות [1].

מקורות

[1] לוי ש. 2020. שריפות בשטחים פתוחים בישראל. ראשון לציון: הוצאת כבאות והצלה לישראל.

ד"ר יריב מליחי, אקולוג מחוז מרכז רשות הטבע והגנים:

שרפות בישראל הן מעשי ידי אדם, ורק ביד האדם לרסן. המפתח לכך, כפי שנכתב במאמר הנוכחי, כמו גם לאחר השרפה בכרמל לפני עשור, הם קווי חיץ וניהול שטחים פתוחים מושכל.

בפועל, רוב ההמלצות "נשכחות" ולא מיושמות. הקמת קווי חיץ סביב יישובים ומוסדות בהרי יהודה מתנהלת בעצלתיים, לרוב בשל ריבוי גופים המנהלים כל אחד בשטחו, והתנגדות התושבים לכרות ולדלל את הצומח בחצרות וסביב יישובם הכפרי.

קווי חיץ גאוגרפיים, שאמורים לקטוע את "הרצף הירוק" ולאפשר פעולה יעילה של כוחות הכיבוי, הם מעטים, ובפועל לא מוכרים. מן הראוי, שקווי החיץ הללו יבוצעו על השלוחות, ולא בנחלים, כפי שנעשה בנחל כיסלון, ובשיתוף כוחות הכיבוי – כדי שהללו יכירום ולא יחששו להישען עליהם כבסיס לעצירת האש.

ברוב המקרים השרפה לא מבחינה בין טיפוס הצומח, אולם בעוד ששטח שנשרף בו יער אורנים מצריך פעולת שיקום ארוכה ומורכבת של ויסות ההתחדשות הטבעית של האורנים, הרי שבחורש הים תיכוני ובביתה העשבונית המצב שונה. הם משתקמים היטב ומהר לאחר שרפה אחת, כפי שעולה מהניטור הרב-שנתי של המגוון והעושר של מיני החי והצומח, המסתיים בימים אלה בשמורת הטבע נחל הכפירה.

הייתכן שזו התובנה החשובה ליום שאחרי?

מקורות

1. אסם י, ברנד ד, טאובר י ואחרים. 2014. תורת ניהול היער בישראל, מדיניות והנחיות לתכנון ולממשק היער. ירושלים: אגף הייעור ויחידת הפרסומים, קשרי ציבור, קרן קימת לישראל.
2. וגנר ד, חלפון נ ויוסף י. 2021. מגמות היסטוריות ומגמות חזויות בדפוסי משקעים בישראל עד סוף המאה (מתוך עבודה שהוכנה לרשות המים, סימוכין: 4000-0804-2021-0000112). בית דגן: השירות המטאורולוגי, משרד התחבורה.
3. טל ר, אידלמן ע ורם א. שריפת הר הרוח (יער החמישה) – יוני 2021 תחקיר שריפה. ירושלים: קק"ל.
4. פורת י, צורף ח ואסם י. 2013. מתווה להכנת תוכנית אב וממשק ליער ע"פ עקרונות תורת ניהול היער – יער הקדושים כמודל. ירושלים: אגף הייעור ואזור ההר, קרן קימת לישראל.
5. פרבולוצקי א, בונה ע, זלוצקי מ ואחרים. 2011. המלצות ועדת ממשק היער ושיקום אקולוגי בכרמל. הוגש לשר להגנת הסביבה.
6. צורף ח, אלוני ש, כהן נ ואחרים. 2014. תכנית אב וממשק ליער הסטף עפ"י עקרונות תורת ניהול היער. הקרן הקימת לישראל.
7. השירות המטאורולוגי. סיכום חודשי של מזג אוויר – נובמבר 2016. בית דגן: השירות המטאורולוגי, משרד התחבורה.
8. השירות המטאורולוגי. 2021. סיכום גל החום אוגוסט 2021. בית דגן: השירות המטאורולוגי, משרד התחבורה.
9. Alexander ME and Cruz MG. 2012. A rule of thumb for estimating a wildfire's forward

- spread rate: When wind drives a fire, this approach provides a quick, straightforward and user-friendly method to predict fire spread. *Wildfire* **28**(5): 37-39.
10. Andrews PL and Rothermel RC. 1982. Charts for interpreting wildland fire behavior characteristics. General technical report INT-131, Intermountain Forest and Range Experiment Station Ogden, UT 84401, Forest Service, United States Department of Agriculture
 11. Dimitrakopoulos AP and Papaioannou KK. 2001. [Flammability assessment of Mediterranean forest fuels](#). *Fire Technology* **37**: 143-152.
 12. Dowdy AJ, Mills GA, Finkele K, and de Groot W. 2009. Australian fire weather as represented by the McArthur Forest Fire Danger Index and the Canadian Forest Fire Danger Index. CAWCR Technical Report No. 10. Center for Australian Weather and Climate Research, Melbourne (Victoria), Australia.
 13. Keely JE and Syphard AD. 2019. [Twenty-first century California, USA, wildfires: Fuel-dominated vs. wind-dominated fires](#). *Fire Ecology* **15**(24): 1-15.
 14. Kutiel H. 2012. Weather conditions and forest fire propagation – The case of the Carmel fire, December 2010. *Israel Journal of Ecology and Evolution* **58**: 113-122.
 15. Malkinson D. 2012. [Wildfire heterogeneity: Empirical vs. simulated observations – The Carmel 2010 wildfire as a case study](#). *Israel Journal of Ecology and Evolution* **58**: 165-176.
 16. Schlobohm P and Brain J. 2002. Gaining an understanding of the National Fire Danger Rating System. NWCG Fire Danger Working Team, National Wildfire Coordinating group, PMS 932, NFES 2665, USA.

קריאה נוספת

תוכנית אב וממשק יער הסטף היא דוגמה למבנה ולתוכן של תוכניות יער שנמצאות בידי מנהל השטח. מסמך קצר זה הוא מרכיב מרכזי בקבלת החלטות בממשק היער, מהפעולה המיידית ועד לטווח הארוך.

צורף ח, אלוני ש, כהן נ ואחרים. 2014. [תוכנית אב וממשק ליער הסטף עפ"י עקרונות תורת ניהול היער](#). הקרן הקימת לישראל.

מאמר יסוד העוסק בהבחנה בין שני מנגנוני התפתחות של שרפות – שרפות מונעות רוח לעומת שרפות המונעות ממצב הצומח. התובנה ששרפות ענק יכולות להתפתח בעיקר בשל מצב הצומח ללא צורך בתנאי מזג אוויר קיצוני, חשובה לתכנון ממשק מניעת שרפות ולהבנתנו את הסיכון הגובר משינוי האקלים.

Keely JE and Syphard AD. 2019. [Twenty-first century California, USA, wildfires: Fuel-dominated vs. wind-dominated fires](#). *Fire Ecology* **15**(24): 1-15.

במחקר נבחנו הגורמים העיקריים שהשפיעו על התנהגות האש בשרפה בכרמל ב-2010. הניתוח מראה את השפעת תצורות הצומח השונות על התפשטות האש ואת ההשפעה המכרעת של רמת כיסוי היער המחטני על השרפה.

Malkinson D. 2012. [Wildfire heterogeneity: Empirical vs. simulated observations – The Carmel 2010 wildfire as a case study](#). *Israel Journal of Ecology and Evolution* **58**: 165-176.