

טיפול באזורי חיץ לאש

הנחיות למורה + תשובון

עיבוד למאמר מאת מור אשכנזי, יוג'ין דוד אונגר, יוסי משה, יחזקאל אברהם, חנוך צורף ויגיל אסם'פורסם בכתב העת אקולוגיה וסביבה, אפריל 2018, גיליון 1, (עמ' 39-30). המאמר עובד ע"ד"ר נירית לביא אלון מהפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון. תודות לד"ר מאשה צ'אשו על ההערות והתיקונים לעיבוד.

הערה כללית: במאמר מופיעים מושגים שונים המסומנים בספרות עיליות, למשל: ממשק¹. מושגים אלה מוסברים בסוף כל פרק.

תמצית המאמר

עלייה בחומרת השריפות בישראל בעשורים האחרונים הביאה להקמת אזורי חיץ לאש ביערות. אזור חיץ הוא שטח שבו נעשה דילול של הצמחייה, ומטרתו להקטין את כמות החומר הצמחי היכול להתלקח במקרה של שריפה, ובכך להקטין את התפשטות השריפה. החוקרים בחנו את ההשפעה של טיפולי חיץ שונים (דילול בעוצמות שונות) על הכמות וההרכב של חומרי דלק צמחי ועל סכנת השריפה. החוקרים סקרו עשרה אתרי יער מחטני שעברו טיפולי חיץ בשבע השנים לפני המחקר. בכל אתר נבדקו הכמות וההרכב של החומר הצמחי בשלוש חלקות סמוכות שבכל אחת מהן התבצע דילול של עצי היער במידה שונה. הנתונים שנאספו לגבי חלקות אלה אפשרו ליצור מודל מתימטי-פיזיקלי לחיזוי התנהגות שריפה.

נושא מתוך תוכנית הלימודים: מאמר זה קשור לנושא מערכות אקולוגיות ויחסי אדם-סביבה

ליבה:

- תת נושא מערכת אקולוגית-מרכיבים ומאפיינים: מאפיינים של מערכות אקולוגיות מימיות ויבשתיות,
- תת נושא תהליכים במערכות אקולוגיות: קשרי גומלין בין מרכיבים אביוטיים ומרכיבים ביוטיים; קשרי גומלין בין מרכיבים ביוטיים; דינמיות במערכת אקולוגית
- תת נושא מעורבות האדם: השפעת האדם על המערכת ותלותו במשאביה
- תת נושא ניהול סביבתי: עקרונות, דילמות, והתמודדות עם בעיות סביבתיות

התמחות והעמקה:

- תת נושא מערכות אקולוגיות-מרכיבים ומאפיינים: חברות צומח בישראל, מאפיינים של מערכות אקולוגיות
- תת נושא תהליכים במערכות אקולוגיות: שינויים סוקצסיוניים במערכת אקולוגית
- תת-נושא אקולוגיה אנושית: הפגיעה במגוון הביולוגי ובמערכות אקולוגיות כתוצאה מפעילות האדם;

מונחים מתוך תוכנית הלימודים: ביומסה, מחזור הפחמן, תצורות צומח (יער, חורש), אפקט חממה, אקלים

ידע קודם נדרש: מומלץ כי למידת המאמר תתקיים במסגרת לימוד מערכות אקולוגיות ויחסי אדם-סביבה או לאחר לימוד המונחים שלעיל.

מטרות הפעילות:

- התלמיד יתנסה בקריאת מאמר מדעי וניתוחו
- התלמיד יתנסה במיומנויות מדעיות כקריאת גרפים וטבלאות, ניתוח נתונים, הסקת מסקנות, הבנת מגבלות מחקר
- התלמיד יכיר את הגורמים לשריפות, את השפעתן על המערכת האקולוגית ואת דרכי מניעתן
- התלמיד יבין כיצד בונים מודלים לחזוי ומשתמשים בהם

כלי הערכה: ניתן להעריך את הלמידה ביחידה זו בעזרת השאלות בגוף המאמר ואמצעים נוספים:

- לוח שיתופי (למשל Padlet) או מצגת שיתופית שבו כל קבוצה תציג אחד מחלקי המאמר: מבוא, שאלת המחקר, שיטות, תוצאות ומסקנות.

מבנה יחידת הלימוד:

לפני שמתחילים – הבנת חשיבות היערות בעולם, עבודה בקבוצות להכרת התופעה והגורמים לעליה בכמות השריפות בעולם (אמזונס, סיביר, אוסטרליה, ארצות הברית, ישראל), הכרת מאפייני יער, חורש וחורשה, הכרת מודלים לחיזוי שריפות והבנת מהם שטחי חיץ ומה תפקידם.

מבוא - הכרת היבטים המשפיעים על התפתחות שריפות, הבנת אופן פעולתם של מודלים

מחקר – הבנת ההשפעה של טיפולים שונים, קריאת טבלאות, ניתוח נתונים, הסקת מסקנות

דיון ומסקנות – הבנת מגבלות של מודלים, הכרת פעולות ממשקיות, שיקולים בקבלת החלטות

פעילויות העשרה – חשיבה ביקורתית ונקיטת עמדה בנושא מדיניות חיץ.

תשובון לשאלות:

תשובות לשאלות לפרק ההקדמה:

חשיבות היערות בעולם

1. צפו בסרטון [The importance of forests](#) (2 דקות, אנגלית ללא תרגום) – ורשמו:

א. ציינו לפחות ארבע דרכים שבהן יערות מביאים תועלת.

ב. איזה איום על קיומם של יערות הוזכר בסרטון? מה הסיבות שבגללן הוא נוצר?

ג. אלו סכנות נוספות, שאינן מוזכרות בסרטון, מאיימות על קיומם של יערות?

ד. איזה פתרון לשמירה על היערות מוצע בסרטון? אילו יתרונות ואילו חסרונות יש לדעתכם לפתרון זה?

א. יערות מביאים תועלת במגוון גדול של דרכים:

- משמשים מקור מזון לבני אדם החיים בהם.
- משמשים מקור לחומרי בנייה.
- משמשים מקור לצמחי מרפא ולצמחים שמפיקים מהם תרופות.
- מהווים בית גידול לבעלי חיים.
- מונעים סחיפה של קרקע הגורמת למפולות בוך המסכנות אנשים, מזהמות את מי הנחלים ומשנות את האקולוגיה של האזור.
- מאטים את זרימת המים בזמן גשמים ובכך מקטינים את עצמת השיטפונות.
- מורידים את ריכוז ה- CO_2 באוויר ובכך מאטים את קצב ההתחממות הגלובלית.
- מגדילים את רמות החמצן באוויר.

ב. האיום המוזכר בסרטון הוא של העלמות שטחים עצומים של יערות בגלל כריתת חוקית ובלתי חוקית.

היערות נכרתים על מנת לפנות שטחים לגידולי דקלים לייצור שמן, לגידולי סויה להאכלת בקר, או להקמת חוות.

ג. דוגמאות לאיומים שאינם מוזכרים בסרטון:

- שריפות טבעיות או כאלה הנגרמות על ידי האדם.
- בנייה של תשתיות לתחבורה, חשמל, מים החוצות את היער, יוצרות קיטוע בבית הגידול ומחייבות כריתה של עצים.
- מחלות עצים.

ד. בסרטון מציעים לתת את האישור והידע לקהילות המקומיות לשמור על היערות ולהשתמש בהם לפרנסתם. לשם כך הרשויות הלאומיות והמקומיות צריכות לחוקק חוקים מתאימים.

לפתרון זה יש יתרונות כמו הקטנת הפגיעה באוכלוסייה המקומית, יצירת מחויבות ארוכת טווח, שמירה על התרבות המקומית.

יש לו גם חסרונות כמו הפסדים כלכליים כיוון שהחקלאות בתוך היער רווחית פחות, וכיוון שתשתיות מתקדמות מקדמות את כלכלת המדינה.

למורים – פעילות העשרה של מט"ח בנושא יערות העולם וכריתת יערות נמצאת כאן.

עליה בכמות השריפות בעולם – התופעה והגורמים לה

2. התחלקו לחמש קבוצות. כל קבוצה תחקור מוקד שריפות אחר מהעולם:

1. אמזונס
2. סיביר
3. אוסטרליה
4. ארצות הברית
5. ישראל

לאחר קריאת המידע בקטע שקיבלתם ובקישורים שהוא מכיל, ערכו סיכום לגבי האזור שאתם חוקרים, אותו תציגו בפני חבריכם לכיתה. הכינו את הסיכום על פי השאלות שבסוף הקטע.

הכינו את הסיכום אותו תציגו בפני חבריכם לכיתה על פי ראשי הפרקים הבאים:

א. מקומו של האזור שחקרתם על המפה.

ב. תמונה אחת או שתיים המייצגות לדעתכן את השריפה.

ג. מה היו הגורמים לשריפות?

ד. אילו השפעות היו לשריפות?

ה. מה נעשה כדי למנוע שריפות נוספות בעתיד?

למורה: בתום איסוף המידע כל קבוצה תציג את ממצאיה במליאה, ולאחר מכן ניתן לקיים דיון הנוגע לתופעת השריפות בעולם: מדוע שכיחות השריפות בעולם ועוצמתן עולות? כיצד קשורה עליה זו למשבר האקלים? כיצד היא משפיעה על משבר האקלים?

קבוצה 1 – שריפות באמזונס

מידע למורה: השריפות באמזונס הן שריפות יזומות ומכוונות, מעשה ידי אדם, שנעשו על מנת לפנות שטחי יערות לשימושים אחרים כמו גידולים חקלאיים או מחצבים. לעיתים מדובר בשריפות שיצאו משליטת האדם.

השרפות גורמות לזיהום אוויר ולפליטת גזי חממה, פגיעה במערכת האקולוגית ובמגוון הביולוגי ששבה. יערות הגשם חשובים לעולם כולו משום שהם סופחים חלק נכבד מגזי החממה ומהווים "ריאות ירוקות". אבדן היערות באמזונס עלול להשפיע על האקלים המקומי – להפחית את הגשם ולהאריך את העונה החמה והיבשה.

ניתן להתערב מבחינה בינלאומית וליצור לחץ של הפגנות או חרם על מוצרים מברזיל, על מנת לשנות את המדיניות ואת החקיקה המקומיות. יש להגביר את האכיפה נגד החקלאים ששורפים את היערות.

קבוצה 2 – שריפות בסיביר

מידע למורה: השריפות בסיביר הן ברובן מעשה ידי אדם, ונגרמו כנראה בשל השלכת בדלי סיגריות בוערים מכלי רכב. השריפות התפשטו והפכו לשריפות ענק בשל העלייה המשמעותית בטמפרטורה והיובש הרב של הצמחייה, וכן בשל העדר תקציב לכיבוי ומדיניות של הממשלה משנת 2015 להשאיר שטחים בוערים ללא טיפול.

השרפות גרמו לזיהום אוויר ולפליטת גזי חממה, פגיעה במערכת האקולוגית ובמגוון הביולוגי ששבה. היערות חשובים משום שהם סופחים חלק נכבד מגזי החממה ומהווים "ריאות ירוקות". אבדן היערות עלול להאיץ את ההתחממות הגלובלית.

יש לפעול להגברת מודעות התושבים ולמניעת רשלנות והצתות בלתי מכוונות. ניתן לשנות את מדיניות הממשלה הרוסית כך שתפעל לכבות את כל השריפות בתחומה ותשקיע תקציבים ומשאבים לשם כך.

קבוצה 3 – שריפות באוסטרליה

מידע למורה: השריפות באוסטרליה נגרמו ברובן מרשלנות האדם, אבל התפשטות השריפות ועוצמתן קשורות לשינויי האקלים שחלו באוסטרליה, שהיא יבשת חמה ויבשה מטבעה ברוב שטחה. שינויי האקלים מתבטאים בעלייה בטמפרטורות וירידה בכמות המשקעים השנתית. בשל היובש הרב הצמחייה בערה בקלות. שינויי האקלים באוסטרליה הם לא רק חלק מהמגמה העולמית, אלא גם תוצאה של שינוי אקלים מקומי: פעם בעשר שנים, מזרח האוקיינוס ההודי מתקרר לעומת חלקו המערבי, שיעורי הלחות וכמויות המשקעים שמתפתחים מעל אוסטרליה פוחתים. בנוסף לכך, התחממות האטמוספירה מעל אנטארקטיקה גורמת לשינוי במשטר הרוחות. חגורת הרוחות המערביות שמקיפה את יבשת אנטארקטיקה נודדת צפונה, וכך נמנעת חדירה של אוויר לח מהאוקיינוסים אל שטחה של אוסטרליה. גם תופעה זו תורמת ליובש הקיצוני.

השרפות גורמות לזיהום אוויר ולפליטת גזי חממה. לפי ההערכות נפלטו כ-250 מיליון טון פחמן דו-חמצני מהשריפות, שהם כמעט מחצית מכלל פליטת הפחמן הדו-חמצני של אוסטרליה כולה לאורך כל 2018. השריפות פוגעות במערכות האקולוגיות ובמגוון הביולוגי שבה, שלעיתים הוא ייחודי לאוסטרליה. היערות חשובים משום שהם סופחים חלק נכבד מגזי החממה ומהווים "ריאות ירוקות". אבדן היערות עלול להאיץ את ההתחממות הגלובלית ואת שינויי האקלים המקומיים. השריפות גורמות לנזק בריאותי ולנזק כלכלי.

יש לפעול להגברת מודעות התושבים ולמניעת רשלנות והצתות בלתי מכוונות.

קבוצה 4 – השריפות ארצות הברית

מידע למורה: שריפות הן בעיקר תוצאה מעשה אדם, אולם הן מתפשטות בגלל גורמי אקלים – טמפרטורות חמות, יובש ורוחות, ובגלל צמחיה יבשה המתלקחת בקלות. בקליפורניה יש שתי עונות עיקריות של שריפות: מיוני עד ספטמבר כתוצאה משילוב של מזג אוויר חם ויבש, ומאוקטובר עד אפריל כתוצאה מרוחות סנטה אנה הגורמות

להתפשטות מהירה של השריפות. הרוחות לא רק מייבשות את הצמחייה עוד יותר, אלא גם נושאות עמן גחלים המרחיבים את שטח השריפות.

השרפות גורמות לזיהום אוויר ולפליטת גזי חממה. הן גורמות לאובדן חיי אדם, אובדן רכוש, לנזק בריאותי ולנזק כלכלי. השריפות פוגעות גם במערכות האקולוגיות ובמגוון הביולוגי שבהן. היערות חשובים משום שהם סופחים חלק נכבד מגזי החממה ומהווים "ריאות ירוקות". אבדן היערות עלול להאיץ את ההתחממות הגלובלית ואת שינויי האקלים המקומיים.

יש לפעול להגברת מודעות התושבים, ולמניעת רשלנות והצתות בלתי מכוונות.

קבוצה 5 - השריפות בישראל

מידע למורה: בישראל אין כמעט שריפות טבעיות, ועל פי רוב הן נגרמות מרשלנות אנושית או מהצתות מכוונות. בקיץ הישראלי היבש, הצמחייה העשבונית מתייבשת, היא משמשת חומר דלק ומאיצה התפשטות שריפות. לאחר תקופת בצורת ויובש מתמשך, ובתנאים של מזג אוויר יבש ורוחות מזרחיות, השריפות מתפשטות עד כדי אבדן שליטה עליהן.

השלכות השריפה הן רבות: היא גורמת לזיהום אוויר ולפליטת גזי חממה, ועלולה לגרום לאובדן חיי אדם, אובדן רכוש, וכן לנזק בריאותי ונזק כלכלי. מלבד הפגיעה באדם, לשריפות השלכות גם על המערכות האקולוגיות של היערות, והן גורמות לתהליכי סחיפה ולאובדן קרקע.

יש לפעול להגברת מודעות התושבים ולמניעת רשלנות והצתות בלתי מכוונות.

יער, חורש וחורשה – מה מאפיין אותם?

3. סכמו את ההבדלים בין תצורות הצומח השונות בארץ בטבלה הבאה:

	חורש ים תיכוני	יער טבעי	יער נטוע	חורשה
אזור אקלימי אופייני	אקלים ים תיכוני	אקלים ים תיכוני	אין – בכל אזור	אין – בכל אזור
טבעי/נטוע	טבעי	טבעי	נטוע	נטוע
מאפייני הצמחייה	עצים, שיחים, מטפסים ועשבוניים	עצים מעל חמישה מטר. אלוני תבור, פריחה תחת העצים	עצים מחטניים מעל חמישה מטר, לעיתים, תת יער תחת העצים	מגוון עצים
ארגון הצמחייה	שכבות (קומות) צומח, סבך	עצים רחוקים זה מזה. פריחה תחת העצים	עצים בגיל אחיד, מסודרים במרחקים שווים	עצים בגיל אחיד, מסודרים במרחקים שווים



2. צילום: יהודית גרעין-כל, מתוך אתר פיקיוויקי



1. צילום: אריאלה שטיין, מתוך אתר פיקיוויקי



4. צילום: יהודית גרעין-כל, מתוך אתר פיקיוויקי



3. צילום: החברה להגנת הטבע

4. זהו את תצורות הצומח המופיעות בתמונות – הוסיפו את המספר המתאים.

- חורש ים תיכוני - תמונה מספר 4
- יער מחטני נטע אדם - תמונה מספר 3
- יער אלונים טבעי - תמונה מספר 2
- חורשת אקליפטוסים – תמונה מספר 1

מודלים לחזוי שריפות

5. התבוננו בסרטונים המתארים סימולציה של התפשטות שריפה:

- <https://www.nist.gov/video/fire-dynamics-simulator-fds-simulation-wildfire>
- <https://www.youtube.com/watch?v=dyfJYOZgiyA>

יוצרי הסימולציות העריכו את התפשטות השריפה על סמך גורמים שונים. ציינו שלושה גורמים המשפיעים על התפשטות שריפה שיש לכלול במודל לחיזוי.

גורמים רלוונטיים לחיזוי התפשטות שריפות:

- טופוגרפיה של השטח – מידת השיפוע וכיוונו
 - הצמחייה היבשה בשטח – כמות וסוג
 - לחות האוויר
 - טמפרטורת האוויר
 - משטר הרוחות – עוצמת הרוחות והכיוון שלהן
 - תנאי היובש המצטברים – משך הזמן הרצוף שבו היו תנאי מזג אוויר יבשים
- למורה: כל גורם רלוונטי והגיוני יתקבל

שטחי חיץ למניעת שריפות

6. קראו את הכתבה המספרת אודות שטחי החיץ ברמת הנדיב.

א. באלו דרכים נעשה דילול הצומח ברמת הנדיב?

ב. הסבירו את השלבים של תחזוקת אזור החיץ ברמת הנדיב.

א. דילול הצומח ברמת הנדיב נעשה בשתי דרכים:

- באמצעים מכאניים
 - באמצעות רעייה מבוקרת של בעלי חיים.
- ב. אזור החיץ ברמת הנדיב מתוחזק בשני שלבים:

בשלב הראשון, כאשר העשב ירוק מוכנסות לשטח פרות על מנת להסיר את הצמחייה העשבונית.

בשלב השני, עם תחילת הקיץ, מוכנסות עיזים. הן אוכלות חלק מהצמחים המעוצים, וכך מקטינות את התחדשות העצים והשיחים.

7. עיינו באיור המתאר את אופן הטיפול בצומח בשטחי חיץ. אילו פעולות מבוצעות לשבירת הרצף האנכי, ואילו פעולות מבוצעות לשבירת הרצף האופקי?



טיפול בצומח בחיץ. מקור: אזורי חיץ למניעת שריפות סביב ישובים ולאורך דרכים, [המשרד להגנת הסביבה](#)

הפעולות שנעשות לשבירת הרצף האופקי:

- דילול העצים על מנת שיישארו רווחים בין הצמרות
- דילול הצמחים שבין העצים
- הפעולות שנעשות לשבירת הרצף האנכי:
- גידום ענפים תחתיים של עצים
- הסרת שיחים וצמחיה תחת העצים

תשובות לשאלות לפרק המבוא

8. מדוע שטח חיץ מגן טוב יותר מפני התפשטות שריפה מאשר שטח שלא עבר דילול?

שטח חיץ מגן טוב יותר מפני התפשטות שריפה כיוון שיש בו פחות צמחיה יבשה שתשמש חומר דלק בהשוואה לשטח שלא עבר דילול. שטח חיץ מפחית את קצב ההתקדמות ואת העוצמה של האש.

9. מהם הגורמים המשפיעים על סכנת שריפה שאותם יש לשקלל במודל לחיזוי התנהגות האש?

הגורמים המשפיעים על סכנת שריפה הם:

משתני טופוגרפיה ואקלים

- הטופוגרפיה של פני השטח – שיפוע הקרקע.
- תנאי האקלים – אקלים יובשני או ים תיכוני וגם תנאי מזג האוויר – טמפרטורה, לחות ומשטר הרוחות. מאפייני הדלק
- גורמי הצתה – מה גרם לאש במקור.

- הכמות, האופי והפריסה בשטח של חומרי הדלק בשכבות הצומח השונות ביער.

10. מדוע נערך המחקר שבע שנים לאחר הטיפול בדילול?

המחקר נערך שבע שנים אחרי הדילול כדי לבחון את היעילות של הדילול לאורך זמן – לבדוק את השינויים במבנה הצומח – עד כמה גדלה הצמחייה בכל אחד מסוגי הדילול בהשוואה לחלקות הביקורת שבהן לא נעשה דילול.

תשובות לשאלות לפרק שיטות

בפרק זה מוצע נספח הוא הרחבה לתלמידים המתעניינים.

11. מה הקשר בין כמות החמצן החודרת לחומר הנשרף לקצב התפשטות השריפה? הסבירו את התשובה.

ככל שחודר יותר חמצן קצב התפשטות השריפה גדול יותר.

שריפה היא תהליך כימי בו חומרים אורגניים מגיבים עם חמצן. כתוצאה מכך משתחררת אנרגיה בצורת חום ואור, כלומר אש. לכן ככל שחודר חמצן השריפה תתגבר. כאשר החומר הנשרף דחוס ויש בו מעט חמצן, השריפה דועכת.

תשובות לשאלות לפרק תוצאות - מבנה צמחייה ועומס דלק

12. התבוננו בתמונה המתארת חלקה מיוערת לפני ואחרי הפיכתה לאזור חיץ. לאחר הטיפול, איזה שטח חיץ התקבל – חיץ פתוח או חיץ מוצל?

על פי התמונה, שטח החיץ שהתקבל הוא חיץ פתוח, כלומר, שטח חיץ שעבר דילול חזק.

13. הטבלה הבאה מסכמת את הנתונים השונים שנאספו בכל אחד מהטיפולים בהשוואה לשני הטיפולים האחרים. השלימו את הטבלה.

	חיץ פתוח (דילול חזק)	חיץ מוצל (דילול מתון)	ביקורת (ללא דילול)
כמות צמחייה מעוצה בתת-יער	גבוהה	בינונית	נמוכה
ביומסה מעוצה	פי שלוש מהביקורת, פי שניים מהשטח המוצל	חצי מהשטח הפתוח פי אחת וחצי מהביקורת	שליש מהשטח הפתוח, חצי מהחיץ המוצל
צומח עשבוני בתת היער	פי שלוש מהביקורת, פי שניים מהשטח המוצל	חצי מהשטח הפתוח פי אחת וחצי מהביקורת	שליש מהשטח הפתוח, חצי מהחיץ המוצל
ביומסת נשר עלים	נמוכה	בינונית	גבוהה

14. מחקו את המיותר במשפטים הבאים:

- ככל שמידת הדילול היתה גבוהה יותר, הצמחיה המעוצה בתת-היער היתה גבוהה יותר.
- ככל שמידת הדילול היתה גבוהה יותר, הביומסה המעוצה בתת-היער היתה גבוהה יותר.
- ככל שמידת הדילול היתה גבוהה יותר, הביומסה של הצומח העשבוני בתת-היער היתה גבוהה יותר.
- ככל שמידת הדילול היתה גבוהה יותר, הביומסה של נשר העלים בתת-היער היתה נמוכה יותר.

15. לפי אילו מדדים השוו את כמות הצמחייה המעוצה בתת-היער בין שלושת הטיפולים?

המדדים היו אחוז השטח המכוסה בצמחייה וגובה הצמחייה.

16. א. מה גרם להבדל בביומסה של הצומח העשבוני והמעוצה בין תת-היער וחלקות הביקורת? הסבירו את תשובתכם.

ב. העלו השערות - מדוע הביומסה של נשר העלים הייתה גבוהה יותר בחלקות הביקורת מאשר בשטחי החיץ?

א. הגורם להבדל היה אור. כאשר דילול את העצים נכנס יותר אור, בחלקות הביקורת לא דילולו עצים ולכן נשארו מוצלות. האור גרם להגברה של תהליך הפוטוסינתזה, עקב כך לזירוז ההתפתחות של הצומח העשבוני והמעוצה שמתחת לעצים בתת-היער, ולכן הביומסה שלו היתה יותר גבוהה.

ב. הסברים אפשריים לכך שהביומסה של נשר העלים הייתה גבוהה יותר בחלקות הביקורת מאשר בשטחי החיץ:

- נשר עלים מצטבר לאורך זמן – בחלקות הביקורת נשאר נשר שהצטבר, ובשטחי החיץ ייתכן שבזמן הדילול ניקו את נשר העלים.
- כמות נשר העלים שהצמח יוצר תלויה בגילו – באזור שעבר דילול, יש צימוח מתחדש שאין לו עלים זקנים ולכן נוצר פחות נשר עלים בהשוואה לצומח בחלקות הביקורת.
- מידת הפירוק של נשר העלים תלויה בטמפרטורה – השטחים שעברו דילול מוארים יותר, טמפרטורת האוויר והקרקע גבוהה יותר ולכן ייתכן שנשר העלים שם התפרק מהר יותר, בהשוואה לחלקות הביקורת שבהם יש פחות אור ולכן הנשר התפרק פחות.

תשובות לשאלות לפרק תוצאות - התנהגות חזויה של שריפה

טבלה 1: ערכי המדדים להתנהגות האש בכל אחד מטיפולי החיץ

סכנת שריפה	חיץ פתוח	חיץ מוצל	ביקורת
קצב התפשטות שריפה - ROS (מטר לדקה)	1.6	0.86	0.67
סכנה להצתת צמרות - TI (קמ"ש)	470	4,580	9,415
סכנה לשריפת צמרות פעילה - CI (קמ"ש)	50	71.5	79

17. הסבירו את התוצאות המוצגות בטבלה 1 תוך התייחסות לתוצאות שהתקבלו לגבי מבנה הצמחייה ועומס הדלק.

באזור החיץ הפתוח הייתה הכמות הגדולה ביותר של צמחייה, הן עשבונית והן מעוצה, ולכן עומס הדלק היה הגבוה ביותר בהשוואה לשטח החיץ המוצל ולחלקות הביקורת. מסיבה זו קצב התפשטות השריפה, והסכנות להצתת צמרות ולשריפה פעילה של הצמרות, היו הגבוהים ביותר באזור החיץ הפתוח.

ההבדלים בכל שלושת המדדים בין אזור החיץ הפתוח ואזור החיץ המוצל היו גדולים בהרבה מההבדלים בין אזור החיץ המוצל וחלקות הביקורת. הסיבה לכך היא ההבדלים הקטנים בכמות הצמחייה בין שני האזורים (בהשוואה לאזור החיץ הפתוח).

18. מדוע מבוטאים מדד הצתת צמרות העצים ומדד שריפת הצמרות הפעילה ביחידות של קמ"ש?

מדד הצתת צמרות העצים ומדד שריפת הצמרות הפעילה מבוטאים ביחידות של קמ"ש כיוון שהם מייצגים את עוצמות הרוח הנדרשות כדי שתתפתח שריפת צמרות ביער (מדד הצתת צמרות), או כדי שתתאפשר התפשטות של השריפה מצמרת לצמרת (מדד שריפת צמרות פעילה).

19. א. מדוע מהירות הרוח בתוך היער איטית בהשוואה למהירות הרוח בשטח הפתוח?

ב. כיצד משפיעה מהירות הרוח על הסכנה להצתת צמרות והתפשטות השריפה בין הצמרות?

א. מהירות הרוח בתוך היער איטית בהשוואה למהירות הרוח בשטח הפתוח משום שנוכחות עצים מגדילה את ההתנגדות לזרימת אוויר.

ב. ככל שמהירות הרוח גבוהה יותר, כך הסכנה של הצתת צמרות ושל התפשטות השריפה בין הצמרות גדולה יותר.

20. לאור הממצאים המוצגים בטבלה 1, האם ההמלצה על שימוש באזורי חיץ כמרכיב עיקרי בטיפול בצומח לצמצום סכנת שריפות מוצדקת? נמקו את דעתכם.

ההמלצה על שימוש באזורי חיץ כמרכיב עיקרי בטיפול בצומח לצמצום סכנת שריפות אינה מוצדקת. הנתונים מראים ששטחי החיץ הרבה פחות מוגנים ביחס למדדים של קצב התפשטות שריפה, הצתת צמרות ושריפת צמרות בהשוואה לשטחים שלא עברו דילול. עם זאת, דילול הצומח מאפשר תנועה מהירה יותר של כבאיות וכלי הצלה.

21. באילו תנאים יש הצדקה לקיום של אזורי חיץ? הסבירו את תשובתכם.

ב. יש הצדקה לקיום של אזורי חיץ בתנאי שתישמר תחזוקה נאותה של השטחים שעברו דילול, וכך תימנע התפתחות צמחיה בתת היער.

תשובות לשאלות לפרק מסקנות ודין

22. מהם הגורמים האביוטיים והביוטיים המשפיעים על ההתפתחות המואצת של צמחייה בתת-היער בחלקת החיץ הפתוח?

הגורמים האביוטיים הם אור, מים ומינרלים.

הגורם הביוטי הוא ההתאמה של הצמחייה הים תיכונית לצמיחה מהירה לאחר הפרעה.

למורה: ההתאמה התפתחה כנראה בתהליכי ברירה טבעית עקב היסטוריה ארוכת שנים של השפעות אדם – כריתה, רעייה ושריפה.

23. במאמר הוזכרו גורמים נוספים, טופוגרפיים או אקלימיים, שיכולים גם הם להשפיע משמעותית על הסיכוי להצתת הצמרות. מדוע הוכנסו גורמים אלה למודל כגורמים קבועים?

במחקר זה הגורמים הטופוגרפיים והאקלימיים הוכנסו למודל כקבועים, כי המשתנה הבלתי תלוי במחקר זה היה מאפייני הצומח השונים – אזור חיץ פתוח, אזור חיץ מוצל וללא חיץ. אילו היו משנים גם את הנתונים של תנאי הטופוגרפיה או האקלים לא היה ניתן לקבוע מי הגורם המשפיע על ההבדלים בהתפשטות האש בין האזורים השונים – מאפייני הצומח או הטופוגרפיה או האקלים.

24. כותבי המאמר ממליצים לטפל בצמחיית תת-היער באופן תקופתי.

א. לאיזה טיפול הכוונה?

ב. באילו אמצעים ניתן לבצע טיפול זה?

א. הכוונה לטיפול תקופתי של דילול צמחיית תת היער.

ב. ניתן לבצע את הדילול על ידי דילול מכאני (למשל עם חרמש הגוזם את הצמחייה העשבונית, מסור הגוזם את ענפי העצים והשיחים), או על ידי רעייה של צאן או בקר.

25. החוקרים מציינים את מגבלת המודל: "בהיעדר מידע על עומס הדלק בשכבת הצומח של הצמרות, לא ניתן לחזות בצורה יעילה את השפעת דילול חופת היער". מה ניתן לדעתכם לעשות על מנת להתגבר על מגבלה זו, ובאילו אמצעים?

על מנת להתגבר על המגבלה, יש לחשב את כמות הצמחייה בצמרות העצים ואת עומס הדלק שיש בשכבה זו, ולהכניס את הנתונים למודל. אפשר לעשות זאת על ידי ביצוע מדידות בגובה צמרות העצים באמצעות כלים מכניים או סולמות, או להשתמש במצלמות רחפן או מצלמות לוויין.

26. א. מי לדעתכם יכול לעשות שימוש בתוכנה שפותחה בעקבות המחקר?

ב. אתם ממלאים תפקיד בכיר במועצה אזורית שהיישובים השייכים לה מוקפים ביערות אורנים. היערות עצמם אינם נמצאים בשטח המועצה ואינם באחריותכם, אלא באחריות קק"ל. אתם צריכים להחליט אם לרכוש את התוכנה לחיזוי קצב התפשטות שריפות. הציגו טיעון בעד וטיעון נגד, והסבירו את החלטתכם.

א. התוכנה יכולה לשמש גופים המנהלים שטחי יערות וחורש ים תיכוני כמו הקרן הקיימת לישראל או רשות הטבע והגנים, וכן מדענים המבצעים מחקרים הקשורים לאקולוגיה, פיתוח סביבתי ועוד.

ב. טיעונים אפשריים בעד רכישת התוכנה:

- אפשר יהיה לחזות מצבים של שריפה ולהיערך בהתאם. למשל, לטפל בשטחים הגובלים בבתים.
 - בעזרת התוכנה ניתן יהיה לדעת אלו שטחים דורשים איזה ממשק, ולהוציא לפועל ממשק המותאם לשטחי החיץ של היישוב. התאמה זו תחסוך משאבים וכוח אדם ותצמצם יותר טוב את התפשטות השריפה.
 - תושבי היישובים ירגישו מוגנים יותר בזכות מעורבות של המועצה בנושא.
- טיעונים אפשריים נגד רכישת התוכנה:

- השטח לא שייך למועצה ולכן לא באחריותה לטפל ביער.
 - למועצה אין את אנשי המקצוע המוסמכים ויש להשאיר את הטיפול בנושא לאנשי המקצוע.
 - בתקציב המוגבל של המועצה יש תחומים אחרים העומדים בראש סדר העדיפויות.
- למורה: כמובן שכל טיעון הגיוני ורלוונטי יתקבל. בהסבר לעמדה האישית התלמיד צריך להתייחס לחשיבות של גורם אחד על פני גורם אחר (בעיניו), ולא רק לחזור על טיעונים שכתב.

27. הסבירו את היתרון והחיסרון של אזורי חיץ פתוחים על פני אזורי חיץ מוצלים.

היתרון באזורי חיץ פתוחים על פני אזורי חיץ מוצלים:

עומס הדלק בשכבת הצמרות נמוך יותר, ולכן יש פחות סכנה להצתת צמרות ושריפת צמרות פעילה.

החיסרון:

הצטברות עומס דלק בתת-היער מהירה יותר (בגלל משאבים זמינים של אור, מים ומינרלים), ולכן נדרש יותר טיפול תקופתי לדילול הצמחייה.

28. אתם אחראים על ניהול שטח יער שעבר דילול ויש לכם משאבים מוגבלים לתחזוקה של השטח. אתם צריכים להחליט אם לנהל אזור חיץ פתוח או מוצל. מה תחליטו? הסבירו את החלטתכם.

בהעדר משאבים לתחזק בצורה שוטפת את הצומח בתת-היער, כדאי לנהל לאזורי חיץ מוצלים, משום שהתפתחות תת-היער בהם איטית יותר בהשוואה להתפתחות תת-היער בחיץ הפתוח, ולכן עלויות התחזוקה נמוכות יותר.

תשובות לשאלות לפרק העשרה

29. קראו את הכתבה אודות אנשי טבעון המתנגדים לפעולות החיץ סביב היישוב שלהם. [תושבי טבעון נאבקים](#)

[נגד תכנית כריתת עצים להגנה מפני שרפות, הארץ, 26.4.2016](#)

א. הביאו טיעונים בעד הסדרת שטח החיץ ונגד הסדרת החיץ על סמך המאמר שקראתם.

ב. אלו נימוקים נוספים יש לתושבי טבעון נגד הסדרת החיץ?

ג. אילו הייתם גרים בטבעון, בסמוך ליער – מה הייתה עמדתכם בנושא? הסבירו.

א. טיעונים בעד הסדרת שטח החיץ:

- שטח חיץ אמור להקטין את התפשטות השריפה.
- שטח חיץ אמור לספק מעבר לרכבי כבאות והצלה.
- שטח חיץ יכול להיות מדורג – בחגורה הקרובה ליישוב חיץ פתוח ובחגורה הפנימית חיץ מוצל.
- בשטחי חיץ פתוח יש צמיחה העשבונית מוגברת, כלומר הגדלה של מגוון המינים והתושבים יוכלו ליהנות מפריחה יפה בחורף ובאביב.
- טיעונים נגד הסדרת שטח החיץ:

- אם אין תחזוקה מספקת, שטחי חיץ שעברו דילול מגבירים חשש להתפשטות שריפות.
- יש עלויות לתחזוקה תקופתית לשטחי חיץ, ואילו שטחים ללא דילול לא דורשים תחזוקה ובהם החשש להתפשטות שריפה הוא הנמוך ביותר.

ב. נימוקים נוספים של תושבי טבעון נגד הסדרת החיץ:

- דילול הצומח יפגע במערכת האקולוגית.
 - דילול הצומח יפגע בערכי טבע מוגנים כמו עצים בני מאות שנים.
 - דילול הצומח ביער מהווה פגיעה אסתטית.
 - כריתת האלונים משנה את צביון היישוב המכונה "קריה בצל האלונים".
 - יש לבצע חיץ אבל ברצועה צרה יותר ממה שנקבע בהנחיות.
 - הנחיות החיץ שפורסמו על ידי הכבאות מתאימות ליער אורנים ולא ליער אלונים.
 - פגיעה ביער האלונים תקטין את ספיגת המזהמים ממפרץ חיפה ותשפיע על איכות האוויר.
- נימוקים של ראש המועצה וראש אגף כבאות בעד הסדרת החיץ:
- התושבים אינם מומחים בתחום – הוא פועל לפי הנחיות אנשי המקצוע.
 - האחריות על התושבים ורכושם מוטלת על הרשות המקומית. ולכן יש לנקוט את כל האמצעים.

- התכנית שהוכנה לטבעון היא מקצועית ומידתית תוך התחשבות בתנאי השטח, בטופוגרפיה ובסיכונים נוספים.

- הדילול הוכיח את עצמו בשריפה שהייתה ב 2012, אז רק שני בתים נשרפו, ואלמלא הדילול הנזק היה גדול יותר.

ג. כל עמדה שתקבל ובלבד שתהיה מנומקת נכון.

למורה: ניתן להפוך את הנושא לסוגיה סוציו-מדעית, לבחון אותה לעומק על ידי משחק תפקידים בו כל קבוצת תלמידים מייצגת בעל עניין אחר, למשל:

- המועצה המקומית

- ארגון הכבאות

- תושבים שמתנגדים לחיץ

- תושבים שגרים בסמוך ליער ופוחדים משריפות

- נציגי הארגונים הירוקים

- העצים ובעלי החיים ביער

כמו כן אפשר לקיים דיון בנושא באמצעות דיבייט. הנחיות אפשר לראות בדוגמה [לדיבייט בנושא חוק העז השחורה](#).