

נספח 2. ניתוח עלות תועלת – אזורי חיץ

תקציר והנחות עבודה

פרק זה מציג ניתוח עלות-תועלת (נע"ת) הבוחן את ההיתכנות הכלכלית של יצירת אזורי חיץ לשריפות כאמצעי להפחתת סיכוני שריפות ביישובים כפריים ושטחים פתוחים, באמצעות השוואת העלויות לתועלות השונות וחישוב ערך נוכחי נקי (ענ"נ) ויחס עלות-תועלת.

מסגרת ניתוח

על מנת להמחיש בצורה פשוטה את ההשפעה של יצירת אזורי חיץ, המודל מתבסס על אזור חיץ בשטח כולל של 400 דונם מסביב ליישוב כפרי באזור הרי ירושלים.

מקורות עיקריים

הנתונים לניתוח זה נאספו ממספר מקורות, ובכללם:

- מסד נתוני שריפות, ודו"חות מקצועיים של שירותי הכבאות וההצלה, ושיחות עם ד"ר שי לוי.
- מחקרים קודמים בספרות האקדמאית.
- הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.
- נתוני השירות המטאורולוגי.
- דו"חות שונים של מכוני מחקר ורשויות ממשלתיות ובפרט:
 - הספר הירוק: הערכה ומדידה של עלויות סביבתיות – עלויות חיצוניות של מזהמי אוויר וגזי חממה.
 - תכנית אב למרעה עיזים בכרמל ובמשגב הגנה משריפות ושמירת ערכי שטחים פתוחים – רמ"י.
 - דו"ח מתווה למיפוי סיכוני שינוי אקלים בישראל – מכון דש"א.
 - הנחיות והמלצות לשיקום נופי לאחר שריפת יער וחורש בשטחים עירוניים - משרד החקלאות.

הנחות עבודה

- הניתוח מבוסס על אופק זמן של 50 שנים.
- כלל העלויות והתועלות מהוונות לפי ריבית הון בשיעור של 3%.
- העלויות כוללות את ההשקעה הראשונית (בזמן 0) וכן עלויות תחזוקה ותפעול שנתיות.
- שטח אזור חיץ מסביב ליישוב הוא 400 דונם, ויצירתו מהווה הסבה של שטחי חורש לשטחים עם ערך אקולוגי נמוך.

- אזור החיץ מפחית את הסיכוי להתפשטות השריפה ביעילות של כ-13.5%.
- מדד התפשטות השריפות ימשיך לעלות לאור שינוי האקלים באותו קצב בו הוא עולה ב-20 השנים האחרונות, ועלייתו מהווה קירוב טוב לעלית נזקי השריפות.

פירוט התועלות שחושבו בניתוח

התועלות כוללות צמצום נזקי שריפות, חיסכון בעלויות כיבוי והפחתת תמותה. ובנוסף לכך, נכללת במודל תועלת ציבורית לסביבה המתקבלת מהפחתת פליטות מזהמים שמקורם בשריפות.

ניתוח רגישות

המודל כולל ניתוח רגישות למספר פרמטרים מרכזיים: ריבית ההיוון, עלות השקעה לדונם אזור חיץ, עלויות כיבוי, שטח אזור חיץ, מדד התפשטות שריפות, אחוז צמצום התפשטות שריפות באמצעות אזורי חיץ, עלות נזק כלכלי לדונם, שווי בית גידול אקולוגי וכמו כן גם ניתוח רגישות לתחזוקה של אזור חיץ על ידי מרעה עיזים.

עלויות

עלויות יצירת אזור חיץ מתחלקות לשלושה רכיבים עיקריים: עלות השקעה ראשונית בהקמת האזור, עלויות תחזוקה ותפעול שנתיים ועלות עקיפה הנובעת מהפחתת שירותי המערכת האקולוגית בהסבת שטחי חורש לבתה. פרק זה מפרט את כל רכיבי העלות ואת שיטת החישוב המשמשת להערכת השווי המהוון הכולל.

עלות השקעה ראשונית

בעלות השקעה ראשונית ליצירת אזור חיץ התבססו על תכנית אב כרמל - משגב ליצירת אזורי חיץ, בה נקבעה עלות ממוצעת של 313 ש"ח ליצירת דונם של אזור חיץ על ידי אמצעים ממוכנים.

ישנו דו"ח של אגרונום חנוך ברגמן שנעשה לכב"ה בו יש פירוט עלויות נוסף – תכנון, פריצת הדרך והכנת תשתיות מים אך העלות המשוערת ליצירת אזור חיץ אחד (שמשתרע על פני 400 דונם) גדולה בסדרי גודל מהסכום עליו התבססו ולפי מסמך של מרכז המחקר והמידע של הכנסת מ-2023, מתקרבת לעלות המשוערת של יצירת כלל אזורי החיץ במדינה. בניתוח הרגישות כלל עלויות אלו (עלות מינימום, עלות ממוצעת ועלות מקסימלית לפי הדו"ח הנ"ל) אך החישוב הבסיסי נעשה על בסיס הנתון המקורי מתוכנית האב כרמל-משגב.

עלות תחזוקה שנתית

נקבעה עלות ממוצעת של 313 ש"ח לתחזוקת אזור חיץ באמצעי ממוכן. נוסף ניתוח רגישות [4].

כמו כן, נוסף ניתוח רגישות לתחזוקת אזור חיץ על ידי רעיית עיזים. מכיוון שלא נמצאו נתונים בדבר כימות התועלות הנוספות של רעיית עיזים ליעילות אזור החיץ, ומכיוון שההקמה עדיין נדרשת על ידי אמצעים ממוכנים, נוסף רק ניתוח רגישות ולא נעשה ניתוח עלות תועלת נוסף. פירוט על ניתוח זה נמצא בפרק 3 [1]. בהתבסס על תוכנית האב כרמל-משגב ודו"ח מתווה מדיניות שינוי אקלים 2023, קיימים 2 ממשקי רעייה שונים [2, 7]. האחד על ידי עדר המשמש גם להפקת בשר והשני על ידי עדר המשמש להפקת בשר וחלב. לכל אחד מהם יש היבטים ועלויות רגולטוריות משתנים ולכן בניתוח זה ההתייחסות היא לשכירות שירותי רעייה בלבד על ידי הגוף המזמין ואין התייחסות לעלויות הרגולטוריות. כיום המדינה משלמת כ-100 ש"ח לעז/לדונם/לשנה, על עלות זו נוספו עלויות לעדר בשר, ועדר בשר וחלב בשווי 52 ש"ח ו-170 ש"ח בהתאמה לעז/לדונם/לשנה.

שווי כולל מהוון של עלויות = עלות השקעה (זמן 0) + שווי מהוון של עלויות תחזוקה/תפעול שנתיות (שנים 1–50)

טבלה 1. הקמת ותחזוקת אזור חיץ – חישוב עלויות

ערך	יחידת מידה	
313	ש"ח	הקמת אזור חיץ לדונם
313	ש"ח	עלות תחזוקה שנתית לדונם באמצעי מכאני
400	דונם	שטח יישום- אזורי חיץ
125,200	ש"ח	עלות השקעה ראשונית כוללת
125,200	ש"ח	עלות תחזוקה שנתית
3,221,366	ש"ח	שווי מהוון של עלות תחזוקה (שנים 1–50)
3,346,566	ש"ח	שווי מהוון כולל של עלויות (תחזוקה והשקעה)

עלות עקיפה משינוי בית גידול אקולוגי

יצירת אזור חיץ משמעה הפיכת אזור של חורש טבעי על שלל שירותי המערכת והתועלות שבו, לשטח נחות מבחינה אקולוגית שמספק הרבה פחות שירותי מערכת. על כן, ישנה עלות עקיפה של פחת בשירותי המערכת שמחושב לפי השווי של בית הגידול האקולוגי כפול שטח אזור החיץ. ישנו קושי בכימות שירותי המערכת האקולוגית והפחת שיוצר אזור החיץ ולכן השתמשנו בערך ממוצע של שמ"א מדו"ח מערכות אקולוגיות ורווחת האדם הערכה לאומית והוספנו ניתוח רגישות לשינוי בערך השירותים. הנתון לא מופיע בפירוט אך עובד מתוך דו"ח ממצאי מפתח של המארג שמציג נתון כללי של שווי המערכת

האקולוגית בארץ וחילקנו אותו בשטח הארץ כדי לקבל שווי שמ"א לדונם אחד – 5,043 ש"ח. חשוב לציין שזהו ממוצע ארצי ולכן החישוב המבוצע הוא יחסית גס ויש להתייחס לכל אזור בנפרד. כמו כן, מספר זה אינו מייצג לחלוטין את שווי המערכת, בעיקר לא בסמוך ליישובים מכיוון שהשטח הסמוך ליישובים הוא בעל ערך שירותי גבוהה במיוחד. הנחה נוספת היא ששטח אזור חיץ שווה ערך לשטח בעל ערך אפסי של שירותי המערכת האקולוגית, וגם זאת הנחה שתלויה רבות באופן שבו מייצרים את החיץ (כריתה מאסיבית ויצירת שטח חשוף = פחת גדול, ממשק רעיה מבוקר = פחת מינימלי עם יעילות פחותה).

טבלה 2. עלות עקיפה משינוי בית גידול אקולוגי

ערך	יחידת מידה	
5,043	ש"ח	שווי בית גידול אקולוגי לדונם
400	דונם	שטח יישוב אזור חיץ
2,017,363	ש"ח	עלות כוללת של שינוי בתי גידול (חד פעמי)

תועלת

ההנחה היא שאזור חיץ מונע התפשטות שריפה בכ-13.5% בהתאם לממצאים של מספר מחקרים מקיפים בארה"ב (סימוכין בקובץ האקסל), זוהי הנחה יחסית שמרנית ומבוססת על נתונים היסטוריים של צמצום שריפות באמצעות אזורי חיץ. יחד עם זאת, מחקרים נוספים מראים נתונים גבוהים יותר בעת שימוש וניהול נכון של אזורי חיץ. ככלל, ההנחה היא שאזורי חיץ עוזרים לטפל בשריפות קטנות – הן בהאטת או חסימת התפשטות השריפה והן בעזרה לכוחות כיבוי להגיע לנקודות קריטיות. אולם, בשריפות ענק אזורי חיץ לא נמצאו כיעילים תמיד, לכן, הנתון של 13.5% יעילות הוא שמרני יחסית לשריפות קטנות אך בשריפות גדולות ייתכן והוא אף קטן יותר.

הסיכוי לשריפה של יישוב חשוב להבנת ההפחתה של הנזק. בסופו של דבר לא כל יישוב נשרף לחלוטין בכל שנה, ולכן כדי לחשב את התועלת צריך לחשב את תוחלת הנזק. על כן, כמות הנזק צוינה לעיל ואילו הסיכוי חושב בדרך הבאה:

סיכוי לשריפה של דונם שטח פתוח בארץ בשנה $\times$ סיכוי לשריפה חמורה ביישוב בשנה $\times$ גידול שנתי במדד ההתפשטות כתוצאה משינוי האקלים.

הסיכוי לשריפה של דונם שטח פתוח בארץ חושבה על ידי דו"ח של מרכז המחקר והמידע של הכנסת אשר ציין כי כ-15% מהשטחים הפתוחים המיוערים בארץ נשרפו במהלך 6 שנות המחקר (2015–2021) ולכן אנחנו מניחים את הסיכוי של כל דונם להישרף כ-2.5% בשנה.

הסיכוי לשריפה חמורה ביישוב בשנה חושב על ידי מקרה בוחן של גל השריפות בשנת 2016. ע"פ דו"ח מבקר המדינה (2018) ב-9 יישובים שונים נשרפו בתים מתוך 294 יישובים הנמצאים בסכנת שריפה מנתוני כב"ה. גל השריפות הזה נלקח מכיוון שהיה מדובר בשריפות שפרצו במוקדים רבים ולא בשריפת ענק אחת. לכן, הסיכוי לפגיעה חמורה ביישוב על ידי שריפה בשטח פתוח בשנה הוא כ-3%. מכפלת הסיכויים הללו יוצרת את ההסתברות לשריפה שתשמש בתוחלת הנזק בניתוח זה – 0.077%.

שינוי האקלים נלקח בחשבון דרך מדד התפשטות שריפות, זהו מדד מקובל לשריפות אשר כולל בתוכו אלמנטים של יובש, טמפרטורה ורוח. מנתוני השירות המטאורולוגי מדד ההתפשטות עלה משנות ה-80 בכ-20% ונעשה חיזוי לינארי של נתוני המדד העשורי הממוצע מאז ועד לתקופה של 50 שנים. גידול זה של המדד חולק לאחוז גידול שנתי לכל עשור בנפרד והוכפל בהסתברות לשריפה של תוחלת הנזק. את החישוב המלא ניתן לראות בגיליון חישובי צד.

טבלה 3. הפחתת שריפות כתוצאה מיצירת אזור חיץ

ערך	יחידת מידה	
399	מדד שירות מטאורולוגי	מדד התפשטות שריפות נוכחי (2020)
134%	%	הגדלת תדירות שריפות אקלים עד 2075
2.5%	%	סיכוי לשריפה בשטח פתוח בשנה
3.1%	%	סיכוי לשריפה של יישוב מתוך כלל השריפות בשטח פתוח בשנה
0.077%	%	סיכוי לשריפה של יישוב שלם בשנה

תועלות המתקבלות מהפחתת נזקי שריפות

שריפות גורמות לנזקים כבדים ומגוונים: הרס מבנים, פגיעה בתשתיות ציבוריות, נזקים למערכת האקולוגית ובמקרים קיצוניים אף אובדן חיי אדם. הערכת הנזק הכלכלי בשריפה כוללת כמה מרכיבים: נזקי רכוש ישירים (הרס מבנים, רכבים, ציוד), נזקי תשתיות (כבישים, צינורות, קווי חשמל), נזקים סביבתיים (יער, צמחייה ובע"ח) ונזקים חקלאיים (הרס גידולים, מטעים ומבני חווה). מנתוני כב"ה הנזק הכלכלי לשטח פתוח ולשטח עירוני מוערך בכ-30,000 ש"ח ובכ-300,000 ש"ח לדונם בהתאמה. בניתוח עלות תועלת זה הנזק ליישוב כפרי חושב כנזק לשטח עירוני וזאת בגלל ריבוי המבנים והשטחים המפותחים בו. הנחת הבסיס היא שבתוחלת הנזק כל היישוב עלול להישרף ולכן הנזק מוכל על כל המבנים שביישוב. נוסף ניתוח רגישות לעלות שונה.

התועלת המתקבלת מהפחתת נזקי שריפות חושבה כך:

שטח היישוב × הערכת נזק כלכלי לדונם × אחוז הפחתת שריפות באמצעות אזורי חיץ × (סיכוי לשריפה של דונם שטח פתוח בארץ בשנה × סיכוי לשריפה חמורה ביישוב בשנה × גידול שנתי במדד ההתפשטות כתוצאה משינוי האקלים, שנים 0-50).

טבלה 4. חישוב התועלת מהפחתת נזקי שריפות מאזור חיץ סביב יישוב

ערך	יחידת מידה	
410	דונם	שטח יישוב
300,000	ש"ח	עלות הנזק ושיקומו שטח עירוני
13.5%	%	אחוז הפחתת שריפות באמצעות אזורי חיץ
12,708	ש"ח	תועלת שנתית מהפחתת נזקי שריפות
1,539,092	ש"ח	שווי מהוון של תועלת שנתית (שנים 1-50)

חישוב התועלת מהפחתת תמותה

חישוב התועלת מהפחתת התמותה מתבצע בעזרת הרכיבים הבאים:

מקרי מוות שנחסכו × שנות חיים שנגרעות לכל מקרה מוות × ערך שנת חיים סטטיסטית.

חישוב מספר מקרי מוות שנחסכו – מספר מקרי המוות שנחסכו מחושב על פי הנוסחה הבאה:

מספר מקרי המוות שנחסכים = אוכלוסיית היישוב × (סיכוי לשריפה של דונם שטח פתוח בארץ בשנה × סיכוי לשריפה חמורה ביישוב בשנה × גידול שנתי במדד ההתפשטות כתוצאה משינוי האקלים, שנים 0-50) × אחוז הפחתת שריפות באמצעות אזורי חיץ.

- כמות האוכלוסיה המושפעת ביישוב המשמש כמקרה הבוחן – שורש היא כ-1,300 תושבים לפי נתוני הלמ"ס.

חישוב שנות חיים שנגרעו לכל מקרה מוות – חושב מספר שנות החיים הממוצע שנגרע מאנשים

שמתו בכל קבוצת גיל. החישוב לוקח בחשבון שני דברים חשובים:

ראשית, כל גיל בתוך הקבוצה יש לו תוחלת חיים שונה – למשל, מי שמת בגיל 65 היה אמור לחיות יותר שנים ממי שמת בגיל 69. שנית, לא כל הגילאים בקבוצה מיוצגים באותה מידה – יש יותר אנשים חיים בגילאים מסוימים ופחות בגילאים אחרים.

לכן, חושב ממוצע משוקלל שמתחשב בשני הגורמים הללו: כמה שנים כל גיל היה אמור לחיות עוד, וכמה אנשים בפועל נמצאים באותו גיל. התוצאה מראה לנו בממוצע כמה שנות חיים אבדו לכל אדם שמת בקבוצת הגיל הזו.

ערך שנת חיים סטטיסטית – ערך החיים הסטטיסטי (VSL) הוא אומדן כספי המבוסס על נכונות הציבור לשלם עבור הפחתת סיכוני תמותה – כלומר, כמה אנשים מוכנים להשקיע כדי לצמצם במעט את הסיכוי למות. מתוך אומדן זה נגזר ערך שנת חיים סטטיסטית (VSLY), המחושב באמצעות חלוקת ה-VSL בתוחלת החיים הממוצעת באוכלוסייה.

חישוב בפועל

טבלה 5. חישוב התועלת מהפחתת תמותה

ערך	יחידת מידה	
1,281	נפשות	מספר תושבים
3	נפשות	מספר אנשים שמתים בשריפה בשטח פתוח בשנה
0.000205	נפשות	מספר אנשים שמתים בשריפה בשטח פתוח בשריפה בממוצע
177,159	ש"ח	ערך סטטיסטי שנת חיי אדם
29	גיל	גיל חציוני בישראל
54	גיל	שנות חיים נפגעות
13.5%	%	אחוז הפחתת שריפות באמצעות אזורי חיץ
0.077%	%	סיכוי לשריפה של יישוב שלם בשנה
261.869	%	תועלת שנתית מהפחתת תמותה
36,040	ש"ח	שווי מהוון של תועלת שנתית (שנים 1-50)

חישוב התועלת מחיסכון בעלויות כיבוי

עלויות הכיבוי השנתיות בישראל מוערכות בכ-20 מלש"ח^[7]. מנתוני כב"ה נמצא כי המספר השנתי הממוצע של שריפות בשטח פתוח הוא 14,907 שריפות בשנה (שריפות שסטטוס הסוף הוא טיפול ע"י הצוות וגם טיפול של מעל 0 צוותים). העלות הממוצעת של צוות כיבוי היא כ-18,369 ש"ח^[6]. מספר צוותי הכיבוי הממוצע ב-500 אירועי השריפה הגדולים בארץ בין השנים 2014-2024 הוא כ-18 צוותי כיבוי לאירוע. כאמור, אזורי חיץ אינם מונעים שריפות אלא מונעים את התפשטותן, לכן ההנחה היא אינה חיסכון מלא של עלויות הכיבוי אלא צמצום מספר הצוותים הדרוש לטיפול. מכיוון שחישוב זה רלוונטי לא רק לנזק ליישוב אלא לטיפול בשריפה בשטח פתוח באזורים הסובבים אותו, הוחלט שלא להכפיל את התועלת בסיכוי השנתי לשריפה חמורה ביישוב.

על כן, החישוב של חיסכון בעלויות כיבוי כתוצאה מאזורי חיץ מסביב ליישובים הוא כלדקמן:

עלות הפעלת צוותי חירום לשריפה בשטח פתוח × כמות צוותי חירום בשריפה בשטח פתוח בממוצע ×
אחוז הפחתת שריפות באמצעות אזורי חיץ = תועלת שנתית מחסכון בעלויות כיבוי

התועלת השנתית שמתקבלת מהוונות לאורך 50 שנה לקבלת ערך נוכחי.

טבלה 6. חישוב התועלת מחסכון בעלויות כיבוי

ערך	יחידת מידה	
14,907	מס שריפות	מספר שריפות ממוצע בשנה
18,369 ₪	ש"ח	עלות הפעלת צוותי חירום לשריפה בשטח פתוח
18	צוותי חירום	כמות צוותי חירום בשריפה בשטח פתוח בממוצע
13.5%	%	אחוז הפחתת שריפות באמצעות אזורי חיץ
44,637	ש"ח	תועלת שנתית מחסכון בעלויות כיבוי
6,143,118	ש"ח	שווי מהוון של תועלת שנתית (שנים 1-50)

תועלות משירותי המערכת האקולוגית

מלבד הפחתת נזקי שריפות, הפחתת תמותה וחיסכון בעלויות כיבוי, מניעת שריפות מספקת שירות נוסף למערכת האקולוגית, שמוסיף גם לתועלת הכלכלית – מירידה בזיהום עקב הפחתת פליטות CO₂ בשריפות בתיים.

חישוב התועלת מירידה בזיהום עקב הפחתת פליטות CO₂ בשריפות בתיים – חישוב התועלת מירידה בזיהום עקב הפחתת פליטות CO₂ בשריפות בתיים מבוסס על הערכה של כמה מבנים לא נשרפים בשריפה ביישוב, ובכך כמה נחסך בפליטת מזהמים ומה הערך הכלכלי של שינוי זה. כמות המזהמים הנפלטת משריפת בית צמוד קרקע נמצאה בין 32.5–38.5 טון פד"ח^[8] ובנוסף 6 טון פד"ח לשריפה של תכולת הבית. לכן, בחישוב זה נלקח ערך ממוצע של כ-38.5 טון פד"ח משריפה של בית אחד. הנחת הבסיס היא שבתוחלת הנזק כל היישוב עלול להישרף ולכן הנזק מוכל על כל המבנים שביישוב.

המחיר החברתי של פחמן – מונח כלכלי שמייצג את עלות הנזק החברתי המצטברת הנגרמת מפליטה של טון נוסף של פד"ח (כולל השפעות על בריאות, חקלאות, תשתיות ואקלים). נתון זה נלקח מתוך "הספר הירוק" של המשרד להגנת הסביבה^[5], אשר מעריך עלויות חיצוניות של מזהמי אוויר וגזי חממה.

החישוב בוצע לפי הנוסחה הבאה:

כמות בתיים ביישוב × פליטת מזהמים משריפת בית אחד ביישוב × מחיר חברתי של פחמן (ש"ח/טון) ×
אחוז הפחתת שריפות על ידי אזור חיץ × גידול שנתי במדד ההתפשטות כתוצאה משינוי האקלים =
תועלת שנתית מירידה בזיהום עקב הפחתת פליטות CO₂ בשריפות בתיים

התועלת השנתית שמתקבלת מהוונות לאורך 50 שנה לקבלת ערך נוכחי.

טבלה 7. חישוב התועלת מירידה בזיהום עקב הפחתת פליטות CO₂ בשריפות בתים

ערך	יחידת מידה	
250	מס בתים	מספר בתים ביישוב
38.5	טון	כמות CO ₂ שנפלט בשריפה לבית
210	ש"ח	תרומת CO ₂ לזיהום אוויר (עקיף)
14%	%	אחוז הפחתת שריפות באמצעות אזורי חיץ
209	ש"ח	תועלת מהפחתת פליטת CO ₂ משריפות (חד פעמי)
28,740	ש"ח	שווי מהוון של תועלת שנתית (שנים 1–50)

חישוב ערך נוכחי נקי ויחס תועלת-עלות

לצורך חישוב הערך הנוכחי הנקי (NPV) ויחס התועלת לעלות (BCR) נסכמו ערכי השווי המהוון של כלל התועלות. מהסכום שהתקבל הופחת השווי המהוון של כלל העלויות, כפי שמוצג בטבלה להלן. כפי שניתן לראות, ה-NPV חיובי ויחס התועלת לעלות גדול בהרבה מ-1, מה שמצביע על כדאיות כלכלית מובהקת של נטיעת שדרת עצים להפחתת החום העירוני.

טבלה 8. חישוב ערך נוכחי נקי ויחס תועלת-עלות

טבלת סיכום לחישוב NPV ו-BCR				
<u>עלויות</u>				
שווי מהוון כולל של עלויות תחזוקה והשקעה (ש"ח)				
3,346,566				
2,017,363				
5,363,929				
<u>ערך נוכחי של תועלות ישירות מהפחתת שריפות</u>				
1. הפחתת נזקי שריפות	פרטית/חברתית	ערך תועלת (ש"ח)	% התועלת	מסר
2. חישוב התועלת מהפחתת תמותה	חברתית	1,539,092	19.87%	
3. חיסכון בעלויות כיבוי	חברתית	36,040	0.4652%	
		6,143,118	79.30%	
		7,718,250		
<u>ערך נוכחי של תועלות עקיפות מהפחתת שריפות:</u>				
4. ירידה בזיהום עקב הפחתת פליטות CO ₂	חברתית	28,740		
בשריפות				
	חברתית	28,740	0.37%	
סה"כ ערך נוכחי של תועלות				
		7,746,990	100%	

ערך נוכחי נקי (NPV)	2,383,061
יחס תועלת לעלות (BCR)	1.44

כפי שניתן לראות מטבלה 8, הפחתת נזקי השריפות תורמם לכ-20% מהתועלת שהתקבלה.

ניתוחי רגישות

ניתוחי רגישות בוצעו למספר משתנים עיקריים: ריבית ההיוון, עלות השקעה לדונם אזור חיץ, עלויות כיבוי, שטח אזור חיץ, מדד התפשטות שריפות, אחוז צמצום התפשטות שריפות באמצעות אזורי חיץ, עלות נזק כלכלי לדונם, שווי בית גידול אקולוגי וכמו כן גם ניתוח רגישות לתחזוקה של אזור חיץ על ידי מרעה עיזים. בטבלאות הבאות מוצגים ערכי ה-NPV ויחס התועלת-עלות (BCR) עבור תרחישים שונים של כל אחד מהמשתנים. מהטבלאות עולה כי הכדאיות הכלכלית היא מובהקת ביותר, שכן גם שינויים משמעותיים במשתנים העיקריים עדיין שומרים על כדאיות כלכלית של הפרויקט.

טבלה 9. ניתוח רגישות לשיעור ריבית ההיוון

ערך נוכחי נקי – NPV (ש"ח)					
שיעור ריבית ההיוון	1%	2%	3%	4%	2%
	-2,750,138	-352,501	2,383,061	5,807,410	1,407
יחס תועלת לעלות – BCR					
שיעור ריבית ההיוון	1%	2%	3%	4%	2%
	0.61	0.94	1.44	2.20	1.00

טבלה 10. ניתוח רגישות לעלות השקעה ראשונית לדונם

ערך נוכחי נקי – NPV (ש"ח)					
עלות השקעה ראשונית לדונם	200	250	313	350	6,284
	2,428,261	2,408,261	2,383,061	2,368,261	-5,353
יחס תועלת לעלות – BCR					
עלות השקעה ראשונית לדונם	200	250	313	350	6,284
	1.46	1.45	1.44	1.44	1.00

טבלה 11. ניתוח רגישות עלות כיבוי כוללת

ערך נוכחי נקי – NPV (ש"ח)					
עלות כיבוי כוללת	15,000	16,000	18,369	19,000	11,243

0	2,594,086	1,590,800	1,590,800	1,256,371	
יחס תועלת לעלות – BCR					
11,243	19,000	18,369	16,000	15,000	עלות כיבוי כוללת
1.00	1.48	1.30	1.30	1.23	

טבלה 12. ניתוח רגישות לעלות יצירת אזור חיץ לדונם ^[2] (מינ', ממוצע, מקס')

ערך נוכחי נקי – NPV (ש"ח)					
6,286	451,099	338,979	226,859	עלות יצירת אזור חיץ לדונם (דו"ח חנוך ברגר ^[9]) (מינ', ממוצע, מקס')	
-5,980	-177,931,213	-133,083,318	-88,235,423		
יחס תועלת לעלות – BCR					
6,286	451,099	338,979	226,859	עלות יצירת אזור חיץ לדונם (דו"ח חנוך ברגר ^[10]) (מינ', ממוצע, מקס')	
1.00	0.04	0.06	0.08		

טבלה 13. ניתוח רגישות למספר ימי סיכון בשנת בסיס

ערך נוכחי נקי – NPV (ש"ח)					
450	425	399	375	350	מספר ימי סיכון בשנת בסיס
2,813,845	2,614,728	2,383,061	2,142,848	1,860,401	
יחס תועלת לעלות – BCR					
450	425	399	375	350	מספר ימי סיכון בשנת בסיס
1.52	1.49	1.44	1.40	1.35	

טבלה 14. ניתוח רגישות לשטח אזור חיץ

ערך נוכחי נקי – NPV (ש"ח)					
578	500	400	200	100	שטח אזור חיץ
-191	1,042,079	2,383,061	5,065,026	6,406,008	
יחס תועלת לעלות – BCR					
578	500	400	200	100	שטח אזור חיץ
1.00	1.16	1.44	2.89	5.78	

טבלה 15. ניתוח רגישות לאחוז מניעת התפשטות שריפה – אזורי חיץ

ערך נוכחי נקי – NPV (ש"ח)

9%	50%	40%	30%	20%	13.5%	10%	5%	% מניעת התפשטות שריפה – אזורי חיץ
0	23,328,627	17,590,116	11,851,605	6,113,093	2,383,061	374,582	-2,494,673	
יחס תועלת לעלות – BCR								
9%	50%	40%	30%	20%	13.5%	10%	5%	% מניעת התפשטות שריפה – אזורי חיץ
1.00	5.35	4.28	3.21	2.14	1.44	1.07	0.53	

טבלה 16. ניתוח רגישות לשימוש בעיזים לרעיית אזורי חיץ

ערך נוכחי נקי – NPV (ש"ח)					
545	270	170	152	52	שימוש בעיזים לרעיית אזורי חיץ
-1,318	2,825,613	3,854,804	4,040,058	5,069,248	
יחס תועלת לעלות – BCR					
545	270	170	152	52	שימוש בעיזים לרעיית אזורי חיץ
1.00	1.57	1.99	2.09	2.89	

טבלה 17. ניתוח רגישות לעלות נזק כלכלי לדונם

ערך נוכחי נקי – NPV (ש"ח)					
-164,506	700,000	500,000	300,000	100,000	עלות נזק כלכלי לדונם
0	4,435,184	3,409,123	2,383,061	1,357,000	
יחס תועלת לעלות – BCR					
-164,506	700,000	500,000	300,000	100,000	עלות נזק כלכלי לדונם
1.00	1.83	1.64	1.44	1.25	

טבלה 18. ניתוח רגישות לשווי בית גידול אקולוגי

ערך נוכחי נקי – NPV (ש"ח)					
10,931	15,000	10,000	5,043	2,500	שווי בית גידול אקולוגי
-629	-1,628,316	371,684	2,354,484	3,371,684	
יחס תועלת לעלות – BCR					
10,931	15,000	10,000	5,043	2,500	שווי בית גידול אקולוגי
1.00	0.83	1.05	1.44	1.78	

מקורות

- [1] אמדור ל, גלסר צ, רמון א, ואחרים. 2020. מודלים כלכליים ותכנוניים לתמרוץ ולניהול מרעה עזים: דוח מסכם למחקר דו שנתי. מכון דש"א.
- [2] אמדור ל, גלסר צ, רמון א, ואחרים. 2020. תוכנית אב למרעה עזים בכרמל ובמשגב: הגנה משריפות ושמירת ערכי שטחים פתוחים – הפרק הכלכלי. דו"ח מחקר. מכון דש"א – דמותה של ארץ.
- [3] בורגר ח. 2025. אומדן עלויות לחיץ אש. משרד החקלאות וביטחון המזון.
- [4] המשרד להגנת הסביבה. מסמך מתודולוגי לניתוח עלות תועלת לאמצעי אדפטציה. נספח ניתוח עלות תועלת – אזורי חיץ, פרק 3.
- [5] המשרד להגנת הסביבה. 2020. הספר הירוק: הערכה ומדידה של עלויות סביבתיות – עלויות חיצוניות של מזהמי אוויר וגזי חממה.
- [6] לוי ש, סידני ד, שכטר מ ונאמן ג. 2018. הגורמים לשריפות ביערות ובחורשים בישראל ועלות כיבוי. אקולוגיה וסביבה 9(2): 42–48.
- [7] צלוק מ, אמדור ל, טאובר י, ואחרים. 2022. מתווה למיפוי סיכוני שינויי אקלים בישראל. דו"ח מחקר עבור לשכת המדענית הראשית במשרד להגנת הסביבה.
- [8] Robbins AP, Page IC, and Jaques RA. 2010. House fire GHG emissions estimation tool – A preliminary framework (Study Report SR 217). BRANZ and Scion for New Zealand Fire Service Commission.