

---

## יותר אוזון, פחות ירקות

זיהום אוויר שמקורו בתעשייה ובתחבורה גורם ליצירת אוזון, שנסחף ממוקדי הזיהום אל מעל שדות חקלאיים. צילום: Flickr, Paces PRO4652 מכירים את האוזון (ozone)? ההוא [מהחור](#) באוזון? אז מחקר חדש מגלה שהוא לא רק מזיק לבריאות באופן ישיר, אלא גם פוגע ביבולים החקלאיים. זה נשמע לא קשור, אבל זה קשור בהחלט: הגז הזה נוצר משילוב של זיהום אוויר, קרינת השמש ולחות נמוכה. רוחות מערביות שנושבות בערי החוף בארץ - שהן מוקדי זיהום האוויר - גורמות להופעת אוזון מעל אזורי חקלאות, וכתוצאה מנוכחותו שם יורדת כמות התוצרת החקלאית. האוזון הוא גז-אח לגז החמצן: מולקולות החמצן שאנחנו צורכים בנויות משני אטומים של חמצן (O<sub>2</sub>), ואילו מולקולות האוזון עשויות שלושה אטומים של חמצן (O<sub>3</sub>). להבדל קטן זה משמעות של חיים ומוות מבחינתנו, פשוטו כמשמעו - הגוף שלנו ושל כל בעלי החיים שחיים בכדור הארץ משתמש בחמצן לקיום תהליכי נשימה תאית. האוזון (O<sub>3</sub>), לעומת זאת, רעיל עבורנו משום שהוא יוצר בגוף רדיקלים חופשיים. הרדיקלים החופשיים הם מולקולות או אטומים ריאקטיביים (לא רדיואקטיביים!), כלומר פעילים מאוד, שנוטים להרוס קשרים יציבים שקיימים במולקולות אחרות. כשיש בגוף רדיקלים חופשיים, הם יכולים להרוס כל מולקולה אורגנית שבה הם נתקלים. הפגיעה המשמעותית ביותר של האוזון שאנו

נושמים היא במערכת הנשימה, וידוע שהוא מעלה את הסיכון למוות ממחלות ריאה. באופן טבעי, ריכוז האוזון גבוה יחסית באטמוספירה בשכבת הסטרטוספירה, שגובהה 10-50 קילומטרים מעל פני האדמה, מה שמכונה שכבת האוזון. יש לו תפקיד חשוב: הוא חוסם את קרינת השמש האולטרה סגולה שמגיעה מהשמש וחודרת את האטמוספירה, מקטין את כמות הקרניים המסוכנות וכך מגן על היצורים החיים מפני פגיעה בדנ"א שלהם. בדרך כלל ריכוז האוזון על פני כדור הארץ נמוך מאוד ואינו מסוכן, אלא שזיהום אוויר שמקורו בנידוף (התאדות) ובשריפת דלקי מאובנים כמו גז טבעי, נפט ופחם גורם ליצירת אוזון בגובה הקרקע - וזו כבר בעיה אמיתית.

## האוזון רע לחקלאות

כשמדברים על חקלאות בהקשר הסביבתי, בדרך כלל עוסקים בהשפעות הרעות שיש לחקלאות על הסביבה ועל הבריאות. מזכירים את הפיכת בתי גידול טבעיים לטובת שטחים חקלאיים, את דחיקת הצמחים וחיות הבר, את הפצת המינים הפולשים והמתפרצים ואת זיהום הקרקע והמים בדשנים ובחומרי ריסוס. ירידה של 10% בתנובה החקלאית עלולה להיות הרסנית עבור החקלאי. צילום: Yoni התפרסם באחרונה Lerner, Flickr [מחקר חדש](#) שעוסק בהשפעת האוזון על בריאות הצמחים. החוקרים בדקו אם לריכוז האוזון שעל פני הקרקע, שמקורו בזיהום אוויר, הייתה השפעה על תנובת הגידולים החקלאיים בארה"ב ב-30 השנים האחרונות. הם מצאו שכאשר ריכוז האוזון גבוה, הייתה ירידה של עד 10% בתנובת השדות החשופים לריכוזים הגבוהים האלה. ובתרגום לשפה שכולם מבינים - נזק של 10 מיליארד דולרים (כ-40 מיליארד שקלים) בשנה רק בארה"ב. למי שחושב שירידה של 10% בתנובה היא קטנה, אנחנו מזכירים שגידולי שדה הם כנראה המוצר הכי פגיע בכלכלה האנושית: הם רגישים לפגעי מזג האוויר, למחלות, למזיקים, לחיות בר ולבצורת. בעיה נוספת היא שבשנים האחרונות החקלאים בישראל הפכו שבויים של רשתות השיווק שרוכשות מהם תוצרת חקלאית במחירים נמוכים במיוחד (ומוכרות אותה במחירים גבוהים לאזרחים). הוסיפו את כל אלה לעלויות שיש לכל מוצר, כגון חומרי גלם, תעבורה, אנרגיה ומשכורות לעובדים - ותבינו שירידה כזו יכולה להיות ההבדל בין חקלאי שמצליח להתקיים לבין חקלאי פושט רגל.

## מזרחית לעיר

אפשר היה לחשוב שזיהום אוזון אינו משמעותי כל כך לחקלאות, שהרי זיהום אוויר נוצר משימוש בתחבורה בערים הגדולות, במתקני טיפול וזיקוק גז טבעי ונפט ובתחנות כוח - היכן שאין שדות או מטעים, אבל המחקר הזה הוכיח שיש קשר הדוק בין השניים. אוזון הוא מזהם אוויר שניוני, כלומר נוצר מתגובות כימיות של המזהמים הראשוניים שנפלטים מסוגי הדלק השונים ומשריפתם (כגון מתאן ותרכובות אורגניות נדיפות נוספות, NOX משריפת דלקים). תגובות אלה תלויות בעיקר בתנאי מזג אוויר כמו רוח, לחות וקרינת שמש - לחות נמוכה וקרינה חזקה מעודדות יצירת אוזון. לכן פעמים רבות ריכוזו הגבוה של האוזון, שהוא תוצר לוואי של זיהום האוויר הראשוני, נמצא באזורים יבשים יחסית שאליהם נושאת אותו הרוח. המחקר הזה רלוונטי גם לישראל, שכן מוקדי זיהום האוויר

---

אצלנו מצויים בערי החוף והשטחים החקלאיים של צפון הנגב, השפלה, מישור החוף, עמק יזרעאל והגליל נמצאים מזרחית להם. הלחות הולכת ויורדת ככל שמתרחקים מהחוף, ורוח מערבית מסיעה את זיהום האוויר. התוצאה היא שפעמים רבות, [ריכוז אוזון גבוה מופיע דווקא באותם אזורים שממזרח לחוף](#), שבהם נמצא חלק משמעותי משטחי החקלאות של ישראל. נניח שקיימת פגיעה בחקלאות הישראלית בסדר גודל דומה לפגיעה בחקלאות האמריקאית. במקרה כזה, הנזק מזיהום משני של אוזון עלול להגיע למיליארד ש"ח בשנה ואולי אפילו יותר. כדי להבין אם זה כך באמת מובן שדרוש מחקר מקומי שיבדוק את הנושא לעומק. בינתיים, על מנת לצמצם פגיעה זו בחקלאות (ואת הפגיעות בבריאות) יש לצמצם את זיהום האוזון השניוני על ידי צמצום זיהום האוויר הראשוני שמקורו בפחם, גז ונפט בתחבורה ובתחנות כוח בארץ. האם המחקר הנוכחי מחדש משהו? הרי ידוע כבר שאוזון הנוצר בגובה הקרקע כתוצאה מזיהום אוויר מזיק לבריאות וכדאי לצמצם את כמותו. אלא שלמרות הידיעה הזו עדיין לא נעשה מספיק כדי לצמצם את פליטות המזהמים לאוויר. המחקר הזה חשוב מכיוון שככל שיש יותר נתונים כלכליים מוצקים על נזקים לסביבה שגורם זיהום אוויר, למדינה יש תמריץ כלכלי גדול יותר למנוע אותו. **רמות המינימום של האוזון בחצי הכדור הדרומי בשנים 2013-1979. מקור: NASA's Goddard Space Flight Center בעקבות הכתבה ב"זווית" הסיפור פורסם גם ב-[ynet](#)**