

גבריאלה אדלר

המחלקה המדעית, בריזומטר בע"מ

אלינור גינזבורג

המחלקה המדעית, בריזומטר בע"מ

ציטוט מומלץ

אדלר ג וגינזבורג א. 2022. אוזון – הטוב, הרע והסיפור של גוש עציון. *אקולוגיה וסביבה* 13(2).



"האוזון הוא מזהם שניוני. הוא אינו נפלט מתעשייה או ממקורות טבעיים, אלא נוצר באטמוספירה בעקבות נוכחות גזים אחרים. הגזים האלה כוללים תרכובות חנקן ותרכובות גזים נדיפים אורגניים הנפלטות מתעשייה ומכלי רכב, וכן ממקורות טבעיים" | צילום: Daniel Gimbel/ Unsplash

אוזון – הטוב, הרע והסיפור של גוש עציון

[בקצרה](#)

גיליון קיץ 2022 / כרך 13(2)

21 בספטמבר, 2022

אוזון הוא מולקולה בעלת ריח חזק (שהוא המקור הלטיני לשמה), חסרת צבע, ובעלת שלושה אטומי חמצן (O_3). כשאנחנו חושבים על 'אוזון', לרוב עולה לנו האסוציאציה של שכבת האוזון "הטובה" המגינה עלינו מההשלכות השליליות של קרינת השמש. אך ישנו גם 'אוזון רע'. בעוד ששני סוגי האוזון משפיעים על בריאותנו, מעניין להבין אילו הבדלים ביניהם עושים את האחד לטוב ואת השני לרע, ומפיעה לגלות ש"האוזון הרע" המוכר פחות לציבור, נמצא בישראל בריכוזים גבוהים מאוד ביחס לעולם.

"האוזון הטוב"

בשכבות הגבוהות של האטמוספירה (הסטרטוספירה) נמצא "האוזון הטוב", המגן עלינו מפני קרינת השמש האולטרה-סגולה (UV). קרינה זו פוגעת בדי-אן-איי של בני האדם ובעלי חיים, ואחראית לסרטן העור, וכן פוגעת גם בצמחים וביבול.

"האוזון הרע"

שכבה התחתונה של האטמוספירה (הטרופוספירה) נמצא "האוזון הרע"^[3], שאנו נושמים. אוזון הוא מחמצן חזק, שגורם למחלות ולקשיי נשימה מגוונים התלויים בגיל ובמצב הבריאותי של האדם, וכן לנזק לצמחים וליבולים. מחקרים מראים שחשיפה קצרת-טווח לאוזון, גם בריכוזים שנמוכים מההמלצה של ארגוני הבריאות, גורמת לתמותה מוקדמת^[6]. יתרה מזו, אנשים השוהים בחוץ באופן קבוע (כגון ילדים, ספורטאים ופועלי בניין) וכן אנשים הסובלים מאסתמה, מושפעים במיוחד מהאוזון^[4]. במחקר שנעשה בקרב ילדים קנדיים נמצא כי חשיפה מוגברת לאוזון בינקות העלתה את הסיכוי לחלות באסתמה עד גיל 3 ב-82%^[8].

איך נוצר אוזון?

האוזון הוא מזהם שניוני. הוא אינו נפלט מתעשייה או ממקורות טבעיים, אלא נוצר באטמוספירה בעקבות נוכחות גזים אחרים

[3]. הגזים האלה כוללים תרכובות חנקן (NOx) ותרכובות גזים נדיפים אורגניים (VOC) הנפלטות מתעשייה ומכלי רכב, וכן ממקורות טבעיים. האוזון נוצר בריאקציה כימית הדורשת נוכחות אור שמש, ולכן במהלך היום נוצר יותר אוזון. מאותה סיבה, ריכוזי אוזון במדינות שטופות שמש (כמו ישראל) גבוהים יותר (בממוצע) מאשר בארצות קרות (למשל באירופה).

אוויר הרים צלול כיון... האומנם?

בשנת 2021 הגדיר האו"ם את זיהום האוויר כאיום הסביבתי החמור ביותר על בריאות האדם, והגדיר את הגישה לסביבה נקייה כזכות אדם בסיסית [9]. אוזון בגובה הקרקע ("האוזון הרע") הוא מזהם אוויר שלעיתים רבות לא זוכה לאותה תשומת לב ציבורית כמו זו שזוכים לה מזהמים ממקורות כגון תעשייה, כלי רכב ושרפות, אף שהוא מקושר לכ-20%-10 ממקרי המוות מזהום אוויר. ככל הנראה, סיבה לכך היא בעיקר העובדה שהוא שקוף, וקשה לזהות את הריח שלו ללא ידע מקדים. יתרה מזו, אוזון ידוע בבעיית "אפקט היום היפה" שקשורה אליו: אוזון נוצר בנוכחות השמש, וריכוזיו גבוהים יותר באזורים גבוהים. לכן, גם כאשר האוויר נראה צלול ונקי, עלול להיות בו ריכוז גבוה של אוזון. לעומת זאת, בסופת אבק, למשל, המשפיעה משמעותית על הראות, ניתן להבחין בקלות ולהבין שיש הפרעה סביבתית באוויר.



גוש עציון, במבט לכיוון בת עין. ריכוזי האוזון בגוש עציון גבוהים מאוד ביחס לעולם | צילום: יאיר ארונשטם, ויקימדיה, CC BY-SA 2.0

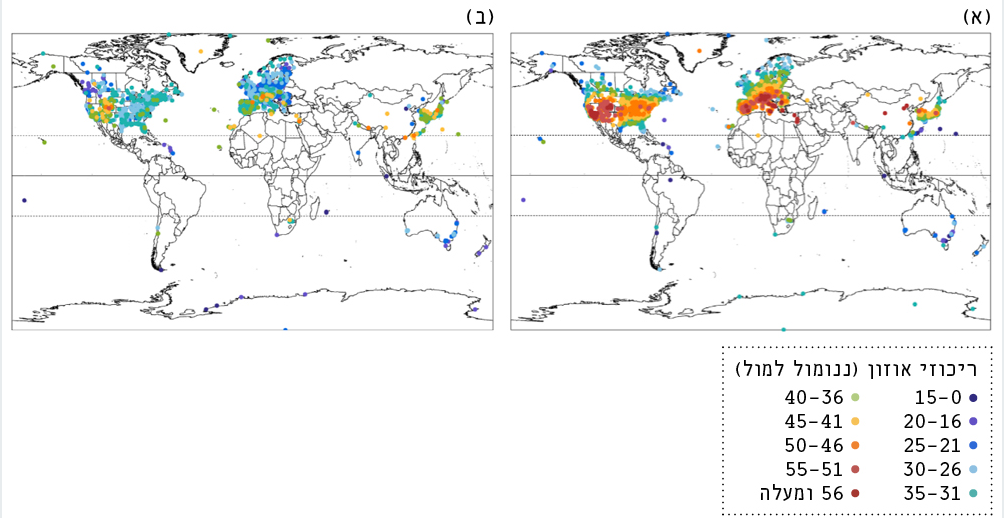
מה המצב בישראל?

ישראל שוררים תנאים סביבתיים של שמש וחום כמעט בכל הארץ, ולכן הריכוזים הממוצעים של האוזון גבוהים מאוד. **ערכי הסביבה הישראליים לאוזון, בממוצע שמונה שעות, הם מהגבוהים בעולם** – 140 מק"ג למ"ק [2]. הם דומים לאלה שבארה"ב (138 מק"ג למ"ק), וגבוהים מאירופה (120 מק"ג למ"ק). עם זאת, יש לציין כי ההמלצה של ארגון הבריאות העולמי עומדת על 100 מק"ג למ"ק בלבד, וההמלצה היא לשלוש עד ארבע חריגות בשנה מערך זה [10].

במחקר פורץ דרך בנושא, שפורסם כבר ב-1984, תוארו הרמות הגבוהות של אוזון בפנים הארץ ובאזור ההר (ירושלים והסביבה). מקורן בזיהום ראשוני מתחנות כוח ומתחבורה באזור מישור החוף, שעובר תהליך פוטוכימי באטמוספירה ומוביל ליצירת אוזון במעלה ההר [7]. מחקר מקיף שנעשה במנהל האוקיינוסים והאטמוספירה הלאומי בארה"ב (NOAA) מצא **שישראל היא אחת המדינות המזוהמות ביותר בעולם מבחינת אוזון, ובפרט נמצא שבגוש עציון יש ריכוזי אוזון יוצאי דופן לרעה ביחס לעולם** [5] (איור 1). גם בדו"ח של הקרן לבריאות הסביבה, המתאר את הממוצע השנתי של אוזון עבור תחנות שונות בארץ [2], נמצאו ערכים גבוהים של אוזון בגוש עציון. יתרה מכך, הנתונים אינם משקפים את מלוא חומרת המצב, משום שהם מתארים ממוצע שנתי ולא חריגות בטווח של שמונה שעות. יש להזכיר, שהמלצות ארגון הבריאות העולמי מתייחסות לממוצע שמונה שעות מכיוון שנמצא שחשיפה זו היא בעלת השפעה בריאותית משמעותית.

איור 1. ריכוזי אוזון ברחבי העולם

ריכוזי האוזון הממוצעים בשעות היום, כפי שנמדדו בתחנות לא-עירוניות בשנים 2010-2014 בחודשים דצמבר-פברואר (א) ובחודשים יוני-אוגוסט (ב). מתוך Gudel ואח' [5].



איור 1

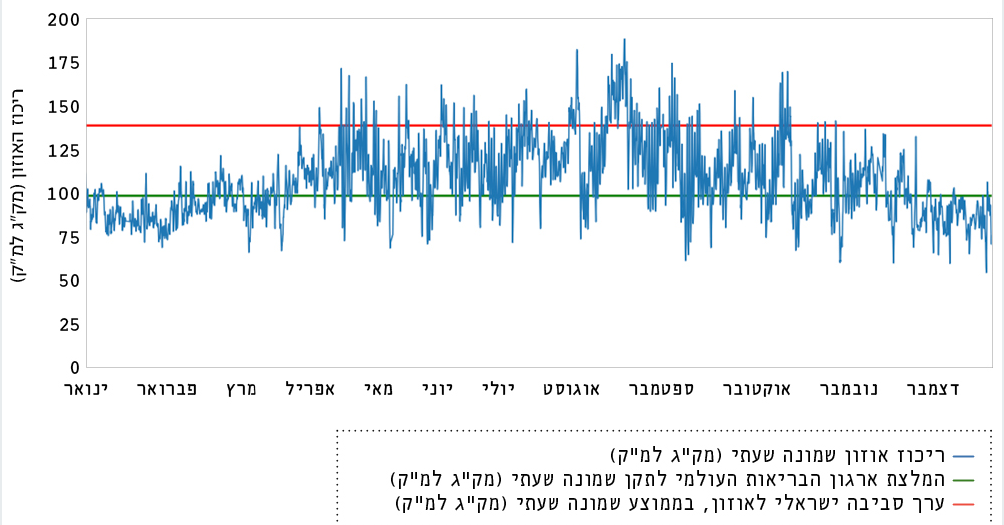
ריכוזי אוזון ברחבי העולם

ריכוזי האוזון הממוצעים בשעות היום, כפי שנמדדו בתחנות לא-עירוניות בשנים 2010-2014 בחודשים דצמבר-פברואר (א) ובחודשים יוני-אוגוסט (ב). מתוך Gudel ואח' [5].

איור 2 מתמקד בממוצע שמונה שעות של תחנת הניטור של המשרד להגנת הסביבה בגוש עציון לאורך שנת 2021. מספר הימים שיש בהם חריגות מהמלצת ארגון הבריאות העולמי – שהיא כאמור שלוש עד ארבע חריגות בשנה מהערך שמונה שעות של 100 מק"ג למ"ק (המסומן באיור 2 בירוק) – עומד בגוש עציון על **293 ימים**. כלומר, רק בכ-20% מהימים לא הייתה חריגה. נוסף על כך, חריגות מערכי הסביבה שהגדיר המשרד להגנת הסביבה עצמו מתרחשות בתדירות גבוהה יותר בעונות מסוימות.

איור 2. זיהום אוזון בגוש עציון

ממוצעים שמונה שעות של ריכוזי האוזון, שנמדדו בתחנת הניטור של המשרד להגנת הסביבה [1] בגוש עציון בשנת 2021, ועובדו על-ידי המחברות.



איור 2

זיהום אוזון בגוש עציון

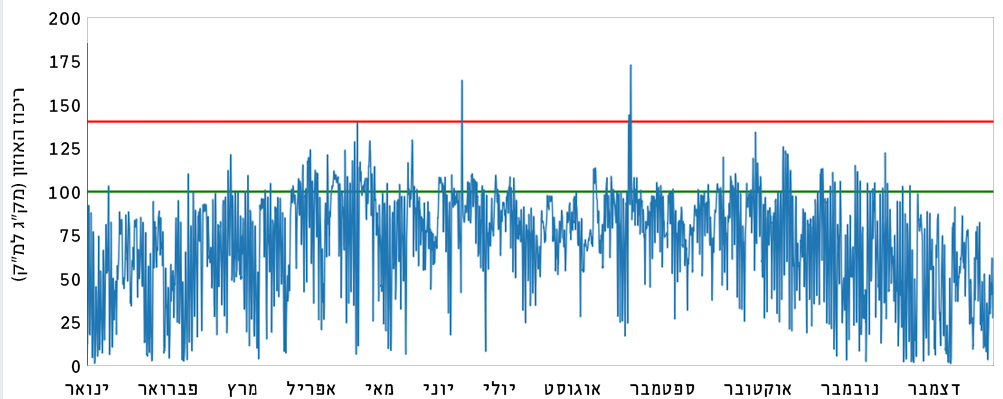
ממוצעים שמונה שעות של ריכוזי האוזון, כפי שנמדדו בתחנת הניטור של המשרד להגנת הסביבה [1] בגוש עציון,

בשנת 2021, ועובדו על-ידי המחברות.

זמנת המצב של ריכוזי האוזון בתל-אביב בתקופה המקבילה (איור 3) מראה כי בתל-אביב מספר החריגות מערכי הסביבה נמוך בהרבה מבאזור גוש עציון, אך גם בתל-אביב החריגות מהמלצות ארגון הבריאות העולמי רבות – **122 ימים**. מספר מקרי המוות בישראל מקבוצת מחלות הריאות (COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease המיוחס לאוזון היה 3 ל-100,000 איש ב-2017.^[2]

איור 3. זיהום אוזון בתל-אביב

ממוצעים שמונה שעתיים של ריכוזי האוזון, שנמדדו בתחנת הניטור של המשרד להגנת הסביבה^[1] בתל-אביב-יפו בשנת 2021, ועובדו על-ידי המחברות.



איור 3

זיהום אוזון בתל-אביב

ממוצעים שמונה שעתיים של ריכוזי האוזון, כפי שנמדדו בתחנת הניטור של המשרד להגנת הסביבה^[1] בתל-אביב-יפו, בשנת 2021, ועובדו על-ידי המחברות.

זה כל אחד מאיתנו יכול לעשות?

חשוב להיות מודעים לכך שריכוז של מזהמי אוויר בכלל, ואוזון בפרט, משתנה באופן משמעותי במהלך היממה. לכן, אם נתעדכן ברמות ריכוזי האוזון במקום הימצאנו ונפעל בהתאם, נוכל לצמצם את החשיפה למזהמים שונים ולצמצם סיכונים בריאותיים משמעותיים הנגרמים מהם, למשל ביצוע פעילות חוץ ספורטיבית בשעות היממה שהזיהום בהן מינימלי. כמו כן, ניתן לצמצם את יצירת האוזון בעת תדלוק, אם נקפיד לתדלק בשעות החשכה, מכיוון שגזים נדיפים הנפלטות בתדלוק יוצרים אוזון בנכחות השמש.

מקורות

1. המשרד להגנת הסביבה. [ניטור אוויר בישראל](#).

2. הקרן לבריאות וסביבה. [איכות האוויר](#).

3. EPA. [Ground-level ozone basics](#).

4. EPA. 2014. [Health risk and exposure assessment for ozone – Final report](#). EPA-452/R-14-004a.
5. Gaudel A, Cooper OR, Ancellet G, et al. 2018. [Tropospheric ozone assessment report: Present-day distribution and trends of tropospheric ozone relevant to climate and global atmospheric chemistry model evaluation](#). *Elementa: Science of the Anthropocene* **6**: 39.
6. Qian Di MS, Yan Wang MS, and Antonella Zanobetti. 2017. [Air pollution and mortality in the medicare population](#). *The New England Journal of Medicine* **376**: 2513–2522.
7. Luria M, Almog H, and Peleg M. 1984. [Transport and transformation of air pollutants from Israel's coastal area](#). *Atmospheric Environment (1967)* **18**(10): 2215–2221.
8. To T, Gray N, Zhu J, et al. 2018. [Association of air pollution with incidence of asthma, allergic Rhinitis and Eczema: 10-year follow-up of the Toronto Child Health Evaluation Questionnaire \(T-CHEQ\) study](#). *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* **197**: A1021.
9. UNECE. [Sustainable Development Goals – Air pollution and health](#).
10. World Health Organization (WHO). 2021. [WHO global air quality guidelines: Particulate matter \(PM_{2.5} and PM₁₀\), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide](#). Geneva: World Health Organization.