



## כמה פחמן דו-חמצני יהיה לנו באוויר השנה?

Chris D. Jones<sup>1\*</sup> | Richard A. Betts<sup>1,2†</sup>

<sup>1</sup>משרד מט, מרכז האדלי, אַקְסְטֵר, בריטניה

<sup>2</sup>המכון למערכות גלובליות, אוניברסיטת אקסטר, אקסטר, בריטניה

### סוקרים צעירים

ADDY  
גיל: 12

SHANMUKH  
גיל: 12

TEDDY  
גיל: 9

פחמן דו-חמצני הוא גז שתורם להתחממות הגלובלית. כשאנו שורפים דלק, למשל כדי לנסוע במכוניות או לייצר חשמל, אנחנו מכניסים עוד פחמן דו-חמצני לאוויר, מה שתורם לשינויי האקלים. הטבע יעיל בהסרת פחמן דו-חמצני מהאוויר: עצים זקוקים לגז זה כדי לגדול, והאוקיינוסים יכולים להמיס אותו. אולם, לא כל הפחמן הדו-חמצני מוסר, ולכן כמותו באוויר גדלה משנה לשנה. מדי שנה, אנו מנסים לחזות כמה פחמן דו-חמצני יתווסף במהלכה. עבור תחזית פחמן דו-חמצני מדויקת, אנו צריכים להבין כיצד פעילויות אנושיות ומערכות אקולוגיות טבעיות משפיעות אלה על אלה. במאמר נסביר באיזה אופן אנו יכולים לבצע את התחזית הזו.

### מהו מחזור הפחמן?

פחמן דו-חמצני (CO<sub>2</sub>) קיים באופן טבעי באטמוספירה של כדור הארץ. זהו גז חממה – ייתכן שתצאו לקרוא על כך עוד במאמר של ג'וני וויליאמס [1], אשר מסביר בהרחבה על האופן שבו תופעה זו גורמת לשינויי אקלים. פחמן דו-חמצני הכרחי לגדילתם של צמחים. כאשר צמחים גדלים, הם סופגים אותו מהאוויר. כשהם מתים, הפחמן הדו-חמצני חוזר

### פחמן דו-חמצני [Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)]

גז באטמוספירה שנוצר כשאנו שורפים דלקי מאובנים. פחמן דו-חמצני הוא גז חממה שיכול להישאר באוויר במשך שנים רבות. הוא הגורם העיקרי לשינויי אקלים.

**גז חממה  
(Greenhouse gas)**

גז באטמוספירה שיכול לספוג חום ולגרום לכדור הארץ להתחמם. גזים אלה מופיעים באופן טבעי, כמו למשל פחמן דו-חמצני ואדי מים, אך פעילות אנושית מכניסה גזי חממה נוספים אל תוך האוויר, ומובילה להתחממות כדור הארץ.

**מחזור הפחמן  
(Carbon cycle)**

התנועה של פחמן בטבע – צמחים סופגים פחמן דו-חמצני מהאוויר כשהם גדלים, ומשחררים אותו שוב כשהם מתים. המים באוקיינוסים ממסים פחמן דו-חמצני. מחזור זה נקרא מחזור הפחמן.

**איור 1**

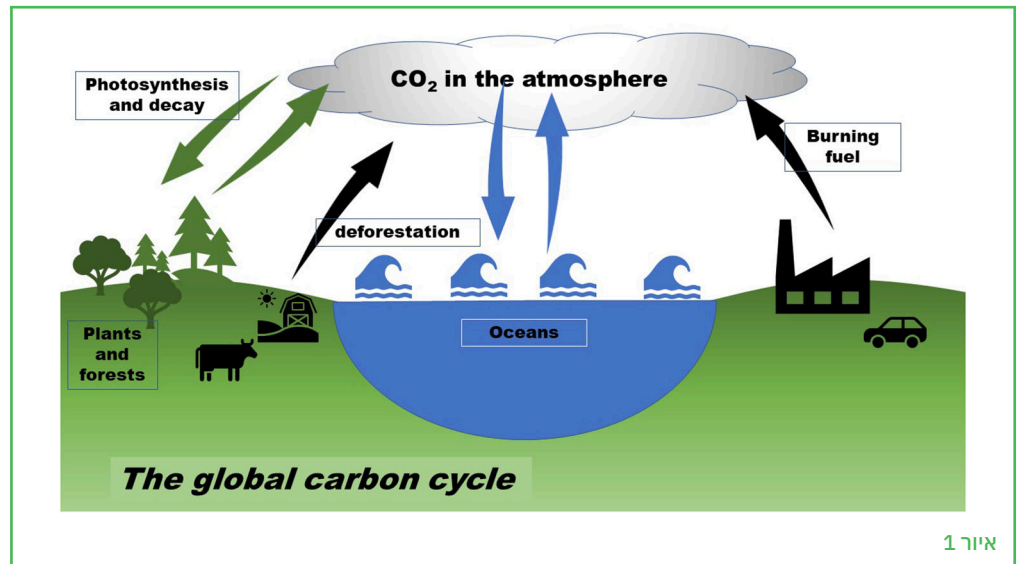
**מחזור הפחמן הגלובלי.** עצים וצמחים סופגים פחמן דו-חמצני והופכים אותו לפחמן שהם זקוקים לו כדי לגדול, דרך תהליך פוטוסינתזה. כאשר הצמחים והעלים המתים מרקיבים, הפחמן חוזר לאטמוספירה כפחמן דו-חמצני. אוקיינוסים סופגים פחמן ומשחררים אותו חזרה אל האטמוספירה. פעילויות אנושיות כמו שרפת דלקי מאובנים וכריתת עצים, מכניסות יותר פחמן דו-חמצני לאטמוספירה.

**דלק מאובנים  
(Fossil fuel)**

דלקים, כמו פחם, גז וגז טבעי נוצרו לפני מיליוני שנים כאשר צמחים וחיות מתו ונקברו. שרפת דלקי מאובנים יוצרת פחמן דו-חמצני, אשר נכנס לאטמוספירה.

חזרה אל האטמוספירה – זה ידוע כ**מחזור הפחמן**. הדבר דומה מעט למחזור המים, שאתם ככל הנראה מכירים: כשיורד גשם על האדמה, המים זורמים דרך נהרות אל הים. לאחר מכן, הם יכולים להתאדות שוב לפני שיירדו פעם נוספת כגשם. המים נעים באופן מעגלי הלוך ושוב באופן מחזורי.

פחמן דו-חמצני מתנהג באופן דומה (**איור 1**). הוא יכול להיספג גם על ידי צמחים על האדמה וגם באוקיינוס, באמצעות צמחים זעירים שנקראים פִּיטוֹפְלַנְקְטוֹן. דרך תהליך הפוטוסינתזה, צמחים הופכים את הפחמן הדו-חמצני לפחמן שנדרש כדי לגדל את גופם, גזעיהם או עליהם. כאשר הצמחים מתים, הפחמן נכנס לאדמה, שם חיידקים ומיקרובים אוכלים אותו והופכים אותו חזרה לפחמן דו-חמצני. לפני שבני אדם התחילו לשרוף **דלקי מאובנים** רבים לפני כ-200 שנים, הכמות הכוללת של פחמן במחזור נשארה זהה. אולם כעת, בני אדם הוסיפו פחמן למחזור הפחמן על ידי כריתת עצים – בַּרוא, ושרפת פחם ונפט.



**כיצד פחמן דו-חמצני באוויר השתנה במהלך ההיסטוריה?**

בשנת 1958, מדענים החלו למדוד את הפחמן הדו-חמצני באוויר. במשך אלפי שנים, הוא היה קבוע. אם הייתם בוחנים מיליון מולקולות של אוויר, 280 מתוכן היו פחמן דו-חמצני. אנו קוראים לזה "חלקים למיליון" (ppm). אם כן, במשך שנים רבות ריכוז הפחמן הדו-חמצני היה 280 חלקים למיליון. לפני כ-200 שנים, עם תחילת התיעוש, בני אדם החלו לחרות עוד ועוד יערות ולשרוף דלקי מאובנים, כמו פחם וגז. הפעילויות האלה הכניסו עוד פחמן דו-חמצני לאוויר. מאז 1850 לערך, ריכוז הפחמן הדו-חמצני באוויר עלה. מדענים מדדו לראשונה פחמן דו-חמצני באוויר במְאֹנָה לואֶה, הוואי, שם יש מצפה בפסגה של הר געש גדול. זה מקום טוב למדידת פחמן דו-חמצני מאחר שהוא רחוק משטחי אדמה גדולים שבהם יש יותר זיהום. מדען מפורסם בשם צ'רלס קילינג המשיך לערוך את המדידות האלה [2], וכיום ניתן לראות שמאז 2016 ריכוז הפחמן הדו-חמצני הגיע ליותר מ-410 חלקים למיליון (**איור 2**). זו הסיבה העיקרית לכך שהאקלים שלנו התחמם בכמעלת צלזיוס אחת מאז המהפכה התעשייתית.

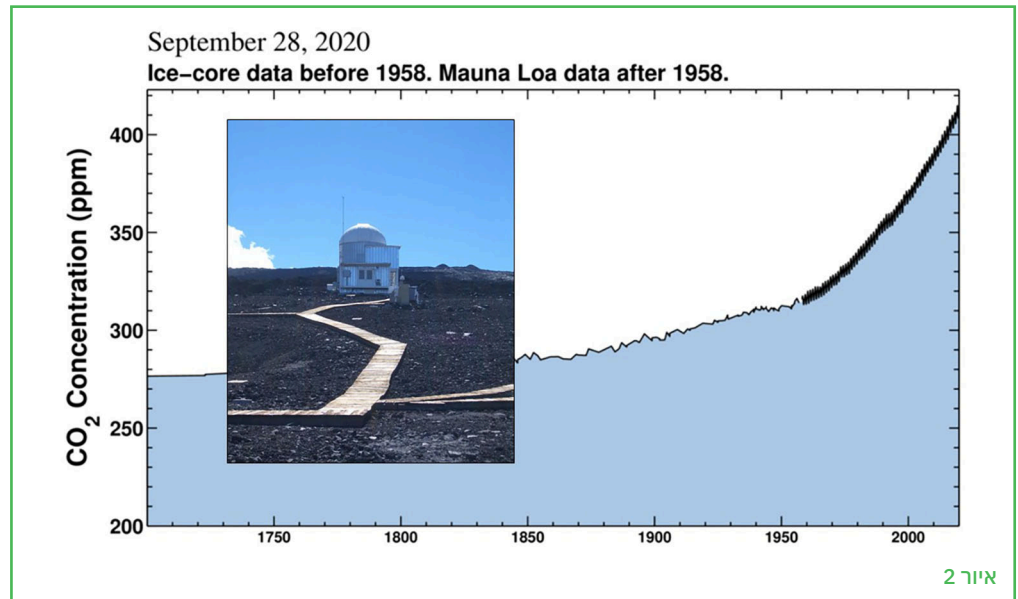
**איור 2**

**מידת פחמן דו-חמצני באוויר במצפה**

במאונה לואה. פחמן דו-חמצני נמדד באוויר במצפה במאונה לואה, הוואי (בתמונה), על ידי מדענים ממכון סקרילס לאוקיינוגרפיה.<sup>1</sup> הגרף מראה שפחמן דו-חמצני עלה מכ-280 חלקים למיליון לפני שהחלו פעילויות אנושיות שהכניסו עוד הרבה פחמן דו-חמצני לאוויר, והגיע עד ליותר מ-410 חלקים למיליון בשנת 2020.

<sup>1</sup>תוכלו לראות את האיור הזה, ואת המדידות האחרונות, באתר שלהם:

<https://scripps.ucsd.edu/programs/keelingcurve/>



**מה גורם לכמות הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה להשתנות?**

אנו יודעים שפעילויות אנושיות מכניסות יותר פחמן דו-חמצני לאטמוספירה, אך בד בבד מחזור הפחמן מסיר חלק מהפחמן הדו-חמצני. זה גורם למורכבות בהבנה כמה פחמן דו-חמצני ימשיך להתווסף לאוויר. מדענים עבדו קשה מאוד כדי לאמוד את הפחמן דו-חמצני, וכעת אנו יודעים שכמחצית מפליטות הפחמן הדו-חמצני נותרות באוויר. צמחים ואוקיינוסים סופגים את השאר. במילים אחרות, אם אנו שורפים דלקי מאובנים ויוצרים ארבע טונות של פחמן דו-חמצני – כשתי טונות יישארו באוויר, טונה אחת תיספג על ידי צמחים, וטונה אחת תיספג על ידי האוקיינוס.

אנו יודעים שכמות הפחמן הדו-חמצני באוויר עולה בכל שנה. מגמה זו נגרמת עקב כך שאנשים שורפים דלקים וכורתים עצים. ניתן גם לראות שבחלק מהשנים כמות הפחמן דו-חמצני עולה מהר יותר מאשר בשנים אחרות. זה נכון אפילו אם כמות הדלק שאנו שורפים נשארת אותו הדבר בקירוב, ונובע מסוגי מזג אוויר שונים. שנים מסוימות הן חמות, ואחרות הן קרות. הבדלים במזג האוויר עשויים לשנות את כמות הפחמן הדו-חמצני שנספג. תבנית מזג אוויר שנקראת **אֵל נִיֵּנו** מתרחשת כל ארבע שנים בקירוב, וגורמת למקומות מסוימים להיות חמים ויבשים יותר מהרגיל. מזג האוויר החם יותר עשוי להאט את גדילתם של צמחים ולגרום ליותר שרפות, וההשליכה היא יותר פחמן דו-חמצני באוויר מהרגיל. **איור 3** מציג את השינויים בפחמן דו-חמצני מדי שנה – אנו קוראים לכך **קצב גידול**. בשנים חמות, קצב הגידול גדול יותר מאשר בשנים קרות.

**החשיבות שבחיזוי פחמן דו-חמצני**

התהליך של ניבוי כמה פחמן דו-חמצני יגיע לאוויר בכל שנה נקרא **חיזוי פחמן דו-חמצני**. עבור חיזוי מדויק, עלינו להבין שלושה תהליכים: בכמה דלק העולם משתמש, כמה יערות נכרתים וכמה מזג האוויר יִשָּׁנה תהליכים טבעיים.

**אל ניניו (El Niño)**

תבנית מזג אוויר שמתרחשת כל ארבע שנים בקירוב. הטמפרטורה באוקיינוס השקט מתחממת, וזה מוביל למזג אוויר חם ויבש יותר באזורים רבים. התבנית ההפוכה נקראת לה ניניה, שמובילה לטמפרטורות קרות יותר ברחבי העולם.

**קצב גידול (של פחמן דו-חמצני)**

**[Growth rate (of CO<sub>2</sub>)]**

אנו יודעים שבכל שנה יש יותר פחמן דו-חמצני באוויר, מאחר שאנו יכולים למדוד אותו. בחלק מהשנים הוא עולה מהר יותר מאשר בשנים אחרות. הכמות שבה פחמן דו-חמצני משתנה נקראת "קצב גידול".

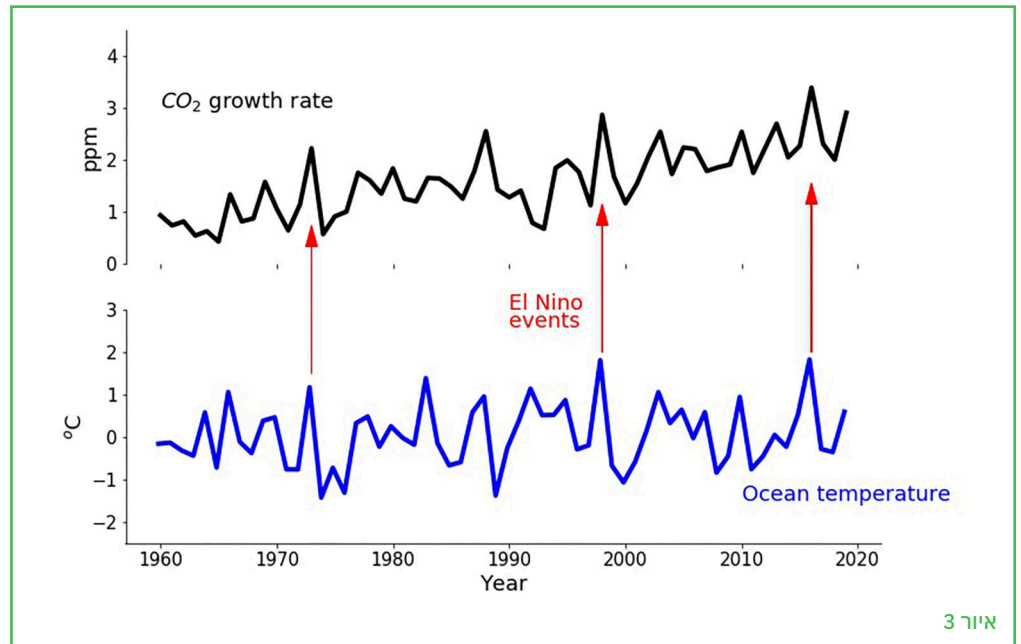
**חיזוי פחמן דו-חמצני (CO<sub>2</sub> forecasting)**

אנו יודעים שכמות הפחמן הדו-חמצני באוויר תגדל בכל שנה, אולם איננו יודעים בדיוק בכמה. שימוש בידע שלנו על מחזור הפחמן מאפשר לנו לחזות בדיוק כמה פחמן דו-חמצני יתווסף – זו תחזית הפחמן הדו-חמצני שלנו.

איור 3

גרף קצב הגידול של פחמן דו-חמצני בין השנים 1960-2020. קצב הגידול

של פחמן דו-חמצני, כלומר כמותו באוויר שעולה בכל שנה, מוצג בקו שחור. הקו הכחול מראה בכמה הטמפרטורה של האוקיינוס השקט הטרופי נמצאת מעל למצב הנורמלי או מתחתיו. תוכלו לראות שפחמן דו-חמצני עולה בכ-2 חלקים למיליון (ppm) בכל שנה, עם עלייה ממוצעת של 1.6 חלקים למיליון על פני התקופה כולה. מאז שנת 2000, קצב הגידול הממוצע היה 2.2 חלקים למיליון בכל שנה. שנים חמות שנגרמו על ידי אל ניניו הובילו לעליה רבה יותר ב פחמן דו-חמצני, כפי שמוצג באמצעות החיצים האדומים.



איור 3

בסוף 2015, ידענו מחיזויי מזג אוויר תקופתיים שאל ניניו גדול עומד להתרחש. לכן, חזינו שפחמן דו-חמצני באוויר יעלה במהירות רבה יותר מאי פעם. ערכנו חיזוי וכתבנו עליו מאמר [3]. בסוף 2016, מדדנו את הפחמן הדו-חמצני במאונה לואה, הוואי, במטרה לבדוק אם התחזית שלנו הייתה נכונה. התברר שחזינו נכון את עליית הפחמן הדו-חמצני הגדולה ביותר שאי פעם נצפתה, וכעת ריכוז הפחמן הדו-חמצני היה יותר מ-400 חלקים למיליון. מאז, בכל שנה, אנו חוזרים על החיזוי שלנו עבור השנה הבאה.<sup>2</sup>

עבור 2020, החיזוי העונתי שלנו צפה שיתרחש אל ניניו קטן, ושעקב כך פחמן דו-חמצני יעלה מהר יותר מהרגיל, אך לא בקצב שיא. אמרנו שאם החיזוי שלנו נכון, זו תהיה עליית הפחמן הדו-חמצני הרביעית בגודלה שנצפתה. צפינו לכך שהעולם ישרוף בערך את אותה כמות הדלק כמו בשנת 2019 [4], וישחרר כ-42 מילארדי טונות של פחמן דו-חמצני, שזה יותר מחמש טונות של גז זה עבור כל אדם בעולם! כששילבנו את העובדות האלה, חזינו שהפחמן הדו-חמצני יעלה ב-2.74 חלקים למיליון, והממוצע של 2020 יהיה 414.2 חלקים למיליון – רמת הפחמן הדו-חמצני הגבוהה ביותר זה יותר ממיליון שנים!

בסוף 2019 ובתחילת 2020 מזג האוויר באוסטרליה היה חם מאוד, והוביל לכמה שרפות ענק. שרפות אלה השפיעו על אנשים, חיות ובתים רבים, אולם הן גם שרפו הרבה עצים, מה שהוסיף פחמן דו-חמצני לאטמוספירה. ניתן להשתמש בליוויינים כדי לאמוד כמה שרפות פרצו, ולהעריך כמה פחמן דו-חמצני הן שחררו. על בסיס הניתוח שלנו הערכנו כי השרפות האלה הובילו לעליית פחמן דו-חמצני מהירה של כ-2% ביחס לשנים קודמות. אנו גם יודעים שבשנת 2020 אנשים השתמשו בפחות דלק, במיוחד עבור תחבורה, בשל מגפת הקורונה. משמעות הדבר היא שיתכן כי פליטות פחמן דו-חמצני היו מעט פחותות יותר בשנה זו [5], ולכן צפינו לגידול<sup>3</sup> קטן בכ-0.3 חלקים למיליון של פחמן דו-חמצני.

<sup>2</sup>בקיטור הזה תוכלו לראות את התחזית שהוערכה לשנת 2020: <https://www.carbonbrief.org/analysis-what-impact-will-the-coronavirus-pandemic-have-on-atmospheric-co2>

<sup>3</sup><https://www.carbonbrief.org/analysis-what-impact-will-the-coronavirus-pandemic-have-on-atmospheric-co2>

## מדוע חיזוי פחמן דו-חמצני הינו חשוב?

אנו יודעים שהאקלים שלנו משתנה, וכי השינויים האלה גורמים להשלכות הרסניות על אנשים ברחבי העולם. ראינו יותר סופות, יותר תקופות בצורת ויותר שרפות כמו אלה שפרצו באוסטרליה. חלק מאלה יכולים היו להתרחש בכל מקרה, אולם בשל שינויי האקלים אנו יודעים שהם יתרחשו לעיתים קרובות יותר. אנו מודעים לחשיבות הרבה של הניסיון לעצור את החרפת שינויי האקלים לפני שהמצב יעשה גרוע מדי. לצורך כך על כולנו לנסות להפחית את כמות הפחמן הדו-חמצני החדש שאנו מכניסים לאוויר. אם נוכל להבין כיצד תהליכים טבעיים לוקחים פחמן דו-חמצני מחוץ לאטמוספירה, נוכל לחשב בכמה עלינו להפחית את השימוש בדלק. אנו קוראים לזה **תקציב הפחמן** – ייתכן שיש לכם תקציב להשקעת הכסף שלכם, שמנחה אתכם כמה להשקיע במזון, בבגדים וכדומה. מדענים יכולים לפתח תקציב פחמן, אשר מודד בכמה דלק אנו יכולים להשתמש לפני ששינויי האקלים יעשו מסוכנים מדי.

### תקציב הפחמן (Carbon budget)

אנו יודעים שהכנסת פחמן דו-חמצני נוסף לאוויר גורמת לשינויי אקלים. על ידי הבנת האופן שבו מחזור הפחמן פועל, אנו יכולים לחשב עד כמה פחמן דו-חמצני יגרום לרמות מסוכנות של שינויי אקלים. עלינו לוודא שנשרוף פחות דלקי מאובנים מאשר כמות הפחמן הזו, שאנו קוראים לה תקציב הפחמן.

תחזית הפחמן הדו-חמצני שלנו היא חלק מהמחקר שאנו זקוקים לו כדי להצליח להבין את מחזור הפחמן הגלובלי. כיום אנו יודעים שבאפשרותנו לחזות את מחזור הפחמן העולמי לשנה בצורה מדויקת מאוד. זה יסייע לנו לשפר את האופן שבו אנו חוזים גידול של פחמן דו-חמצני לשנים רבות בעתיד, מה שיוכל לתרום לתכנון דרכים להימנע מהסכנות של שינויי אקלים.

## אתגר חיזוי

אם אתם אוהבים מתמטיקה, הנה משוואה שאנו משתמשים בה לעריכת החיזוי שלנו.

חיברנו יחד את הפחמן הדו-חמצני שנוצר על ידי שרפת דלקי מאובנים וביורא. קראנו לזה פליטות (emissions), והשתמשנו בסמל "E". עבור 2018, 36.9 מיליארד טונות של CO<sub>2</sub> הגיעו מדלקי מאובנים, ו-5.5 מיליארד טונות הגיעו מביורא [4].

לכן,  $E = 36.9 + 5.5 = 42.4$  מיליארד טונות של פחמן דו-חמצני.

נזקקנו גם לתחזית של טמפרטורות האוקיינוס. קראנו לזה "N" שמייצגת את אל ניניו. תחזית שירות מטאורולוגי חזתה  $N = 0.59^{\circ}C$  עבור 2020.

כעת חישבנו את קצב גידול הפחמן הדו-חמצני עבור 2020 באמצעות משוואה, הכפלנו את E ו-N במספרים מסוימים שנקראים מקדמים. המקדמים נקבעו על ידי התבוננות בנתונים מהעבר ושימוש בשיטה מתמטית שנקראת רגרסיה.

קצב גידול פחמן דו-חמצני  $= (0.057 \times E) + (0.43 \times N) + 0.07$

$= 0.07 + 0.25 + 2.42$

$= 2.74$  חלקים למיליון.

כעת, דמיינו שבשנת 2021 פליטות עשויות לגדול ל-43 מיליארד טונות, אולם אנו עשויים לחוות לה נייה (תופעה ההפוכה מאל נינו) ו- $N = -1^\circ C$ . האם תוכלו לפענח מה יהיה קצב גידול הפחמן הדו-חמצני?<sup>4</sup>

<sup>4</sup>תשובת אתגר חיזוי: קצב הגידול יהיה 2.091 חלקים למיליון. האם צדקתם?

## מקורות

1. Williams, J. 2020. Computing the climate: building a model world. *Front. Young Minds* 8:161. doi: 10.3389/frym.2019.00161
2. Keeling, C. D., Piper, S. C., Bacastow, R. B., Wahlen, M., Whorf, T. P., Heimann, M., et al. 2001. "Exchanges of atmospheric CO<sub>2</sub> and 13CO<sub>2</sub> with the terrestrial biosphere and oceans from 1978 to 2000. I. Global aspects," in *SIO Reference Series, No. 01-06* (San Diego, CA: Scripps Institution of Oceanography). p. 88. Available online at: <http://escholarship.org/uc/item/09v319r9>
3. Betts, R., Jones, C., Knight, J., Keeling, R. F., and Kennedy, J. J. 2016. El Niño and a record CO<sub>2</sub> rise. *Nat. Clim. Change* 6:806–10. doi: 10.1038/nclimate3063
4. Friedlingstein, P., Jones, M. W., O'Sullivan, M., Andrew, R. M., Hauch, J., Peters, G. P., et al. 2019. Global carbon budget 2019. *Earth Syst. Sci. Data* 11:1783–838. doi: 10.5194/essd-11-1783-2019
5. Le Quéré, C., Jackson, R. B., Jones, M. W., Smith, A. J. P., Abernethy, S., Andrew, R. M., et al. 2020. Temporary reduction in daily global CO<sub>2</sub> emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nat. Clim. Chang.* 10:647–53. doi: 10.1038/s41558-020-0797-x

פורסם אונליין: 10 באוגוסט 2023

נערך על ידי: Mirjam Sophia Glessmer

מנחים מדעיים: Adam Hartstone-Rose | Balasubrahmanyam (Bala) Kottapalli

ציטוט: Jones CD | Betts RA (2023) כמה פחמן דו-חמצני יהיה לנו באוויר השנה? *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2021.546522-he

תורגם והותאם מ: Jones CD and Betts RA (2021) How Much CO<sub>2</sub> Will We Have in the Air This Year? *Front. Young Minds* 9:546522. doi: 10.3389/frym.2021.546522

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כל המחקר נערך בהעדר כי קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

זכויות יוצרים © 2021 © Jones I Betts 2023. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

## סוקרים צעירים

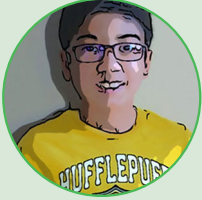
### ADDY, גיל: 12

אני בכיתה ו, נהנית מאוד להיות פעילה במועצת התלמידים. אני אוהבת לסייע לחיות, ומקווה להיות וטרנירית כשאגדל. השיעור האהוב עליי בבית הספר הוא שיעור ריקוד (אני גמישה מאוד), ואני אוהבת לטייל.



### SHANMUKH, גיל: 12

קוראים לי שַנְמוּקְ וְאני בן 12. אחד מתחביביי הוא מלאכת יד. הספורט האהוב עליי הוא כדורסל. יש לי תשוקה גדולה למתמטיקה ולמדע. בקיץ הזה, עשיתי פרויקט שכלל ניטור גדילה של צמחים ותנאי מזג אוויר. עם הצמחים השונים שחקרתי נמנים עגבניות, חצילים ופלפל חלפניני. אני מתרגש מאוד להיות סוקר צעיר, ומודה לפרונטירז על ההזדמנות הזו.



### TEDDY, גיל: 9

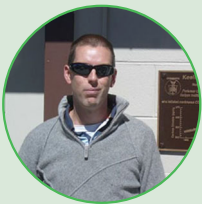
אני רוצה להיות מהנדס – נהיתי מאוד מהניסיון ומהמאמץ ללמוד כיצד להנדס ולקודד דברים. אני דיסלקטי, אוהב מאוד מתמטיקה, במיוחד אלגברה וגיאומטריה. אני גם אוהב לטייל, ורוכב 48 קילומטרים על אופניים כמעט כל שבוע.



## הכותבים

### CHRIS D. JONES

דוקטור כריס ג'ונס הוא חוקר אקלים במשרד מְט, מרכז האדלי באקסטר, בריטניה. הוא בעל יותר מ-25 שנות ניסיון בכתיבת תוכנות מחשב למידול האופן שבו האקלים משפיע על מערכות אקולוגיות טבעיות, וכיצד מחזור הפחמן מסייע להפחית את כמות זיהום הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה. כריס מוביל תוכנית מחקר עמיתים בברזיל, וביקר בכמה אתרי מחקר ביער הגשם באמזונס. התמונה ש כאן צולמה על פסגת הר הגעש מאוּנָה לואָה בהוואי, שם פחמן דו-חמצני נמדד. [orcid.org/0000-0002-7141-9285](https://orcid.org/0000-0002-7141-9285); [chris.d.jones@metoffice.gov.uk](mailto:chris.d.jones@metoffice.gov.uk)\*



### RICHARD A. BETTS

פרופסור ריצ'רד בֶּטְס הוא חוקר אקלים במשרד מְט, מרכז האדלי באוניברסיטת אקסטר, בריטניה. הוא בעל 25 שנות ניסיון בחקירת ההשפעות האפשריות של שינויי אקלים על אנשים ועל מערכות אקולוגיות טבעיות. הוא עובד עם מדענים אחרים ברחבי העולם, באזורים שנפרשים מהאמזונס ועד להימלאיה, והוא מדען מוביל עבור הדו"ח הבריטי הלאומי השלישי על הסיכונים שבשינויי אקלים. ריצ'רד מדבר על עניינים שקשורים בשינויי אקלים בהרצאות ציבוריות, במדיה החברתית ובאירועים גדולים. הוא קיבל את פרס MBE בארמון באקינגהם עבור עבודתו בתחומי מדע אקלים ותקשורת. [orcid.org/0000-0002-4929-0307](https://orcid.org/0000-0002-4929-0307)



מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים  
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس  
Bloomfield Science Museum Jerusalem



הוצאת פרונטירז מדע לצעירים ישראל  
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK