

## כמויות גזים זעירות יכולות לגרום לשינוי גדול באקלים כדור הארץ

Hanna Campen\* | Hermann W. Bange

מרכז גאומר הלקמהולץ לחקר האוקיינוס בקייל, קייל, גרמניה

### סוקרים צעירים

FINN

גיל: 11



RUARI

גיל: 12



### עקבות גזים

(Trace gases)

גזים שיחד מרכיבים פחות מ-1% מהאטמוספירה שלנו (ראו איור 1).

בהשוואה לפחמן דו-חמצני ( $\text{CO}_2$ ), דימתיל סולפיד (DMS) ופחמן חד-חמצני (CO) הם גזים זעירים בעלי השפעה גדולה על האקלים שלנו. אף על פי שהם נמצאים בכמויות קטנות באטמוספירה, הם משפיעים על האקלים, במיוחד באזור הארקטי-מקום מיוחד בכדור הארץ, שבו כל צורות החיים התאימו עצמן לקור הקיצוני. לכן, התחממות גלובלית מהווה איום גדול עבור האזור הארקטי. דימתיל סולפיד ופחמן חד-חמצני מיוצרים באוקיינוס הארקטי ויכולים להיכנס לאטמוספירה. שם, פחמן חד-חמצני עלול לתרום להתחממות של האזור הארקטי. מצד אחר דימתיל סולפיד ככל הנראה מקרר את האטמוספירה מאחר שגז זה מסייע להיווצרות עננים. התהליכים שפחמן חד-חמצני ודימתיל סולפיד מעורבים בהם הם מורכבים, וכנראה ישתנו תחת האקלים המשתנה. חשוב להבין את התהליכים האלה כדי לקבל מושג לגבי עתיד האוקיינוס הארקטי והאקלים, ולמצוא דרכים להציל את האזור הארקטי.

### גזים זעירים יוצרים שינוי

המונח **עקבות גזים** (Trace gases) מתייחס לגזים הנמצאים באטמוספירה שלנו בכמויות קטנות מאוד. אולם אל תתנו להם לשטות בכם: הם משפיעים על אקלים כדור הארץ

בצורה משמעותית, דרך התנהגויותיהם והאינטראקציות ביניהם. הדבר נכון במיוחד באוקיינוס הארקטי, אחד המקומות המרשימים יותר, ועם זה פגיעים ביותר, בכדור הארץ. ככל הנראה שמעתם על פחמן דו-חמצני, מאחר שהוא אחד המניעים העיקריים של שינויי האקלים – המשפיע הראשי מבין עקבות הגזים. אולם האם אי פעם שמעתם על פחמן חד-חמצני ועל דימתיל סולפיד? גם הם משפיעים על האקלים – עקבות גזים ששאל לנו להתעלם מכוחותיהם. מהיכן הם מגיעים? עד כמה הם עוצמתיים, והאם ישפיעו על עתיד האזור הארקטי? באינטסגרם, אנו עוקבים אחרי אנשים משפיעים ומאפשרים להם להשפיע על התנהגותנו. מדוע איננו לוקחים גם עקבות גזים כדוגמה מעוררת השראה? אף על פי שאנו עשויים להרגיש זעירים למול בעיית האקלים הגדולה והמשמעותית, התנהגותנו האישית יוצרת שינוי!

## עד כמה גזים אלה "זעירים"?

כפי שמצביע השם "עקבות גזים", גזים אלה נמצאים באוויר רק בכמויות קטנות (trace-שארית). האוויר שאנו נושמים מכיל בעיקר חנקן וחמצן, ולכן אלה לא נחשבים כעקבות גזים. כל עקבות הגזים יחד מרכיבים פחות מ-1% מהאטמוספירה. פחמן חד-חמצני ודימתיל סולפיד הם שניים בלבד מבין כמה עקבות גזים, ולכן הם מייצגים חלק יחסי זעיר עוד יותר (איור 1). אנו עשויים להסיק שלחלקים יחסיים קטנים יש השפעה קטנה; לכן אנו עלולים לחשוב שעקבות גזים אינם חשובים במיוחד. אולם, זה לא נכון כלל! פחמן דו-חמצני גם הוא גז חשוב מבין עקבות הגזים. תכונותיו, בשילוב ריכוזיו העולים באטמוספירה, שומרים על חום השמש כלוא קרוב לכדור הארץ במשך זמן ארוך יותר, כך שכדור הארץ מתחמם. זה דומה לאופן שבו גז חממה מאפשר לעגבניות לגדול, אפילו בחורף, ולכן אנו מכנים את התופעה אפקט החממה. אפקט החממה חזק כל כך שהוא משפיע על האקלים של כל כדור הארץ. אך מה לגבי פחמן חד-חמצני ודימתיל סולפיד? בהמשך המאמר נסביר מהי ההשפעה של עקבות גזים חשובים אלה על אקלים כדור הארץ.

## מהו פחמן חד-חמצני והיכן הוא נמצא?

מונחים בשימוש:

#אווהבת אינטראקציה #תוצר אוקיינוס #גז חממה בלתי ישיר #משפיען אקלים

פחמן חד-חמצני נמצא בעיקר במקומות שבהם דברים בוערים. ייתכן ששמעתם על כך שהוא גז מסוכן שיכול להיות רעיל ברמות מסוימות. מרבית הפחמן החד-חמצני מגיע משריפת דלקים, כמו למשל נפט. אך מדענים מצאו שהאוקיינוס מכיל הרבה פחמן חד-חמצני. באוקיינוס, צף חומר מת המצומח בו אצות ימיות זעירות, שנקראות פִּיטוֹפְלַנְקְטוֹן, המגיבות עם אור השמש ומייצרות פחמן חד-חמצני [1]. כמויות של גז זה, שמויצרות באזורים מסוימים בפני השטח של האוקיינוס, יכולות לגדול כל כך, שהן נכנסות אל תוך האטמוספירה. זו הסיבה לכך שמדענים מכנים את האוקיינוס מְקוֹר לפחמן חד-חמצני אטמוספרי – #תוצר אוקיינוס.

### האוקיינוס הארקטי (Arctic ocean)

כולל את אזור הקוטב הצפוני, ומוקף על ידי חלקים צפוניים של אירופה ואסיה וכן צפון אמריקה. הוא האוקיינוס הכי קר, קטן ורדוד בהשוואה לאוקיינוסים הפסיפיקי, האטלנטי, ההודי והדרומי. באזור הארקטי חיים דובי קוטב, אך אין שם פינגווינים.

### פחמן חד-חמצני (Carbon monoxide)

גז פחות מוכר ממשפחת עקבות הגזים, שיש לו פוטנציאל להגביר את ההתחממות הגלובלית.

### דימתיל סולפיד (Dimethyl sulfide)

גז שככל הנראה מקרר את האטמוספירה באמצעות סיוע ביצירת עננים.

### אפקט החממה (Greenhouse effect)

שרפה של דלק ושל גז משחררת עקבות גזים מסוימים. חלק מהגזים האלה פועלים בתור גזי חממה ומצטברים באטמוספירה של כדור הארץ. כמו חממה, הם שומרים יותר חום מאור השמש באטמוספירה, מה שמוביל להתחממות גלובלית.

### פיטופלנקטון (Phytoplankton)

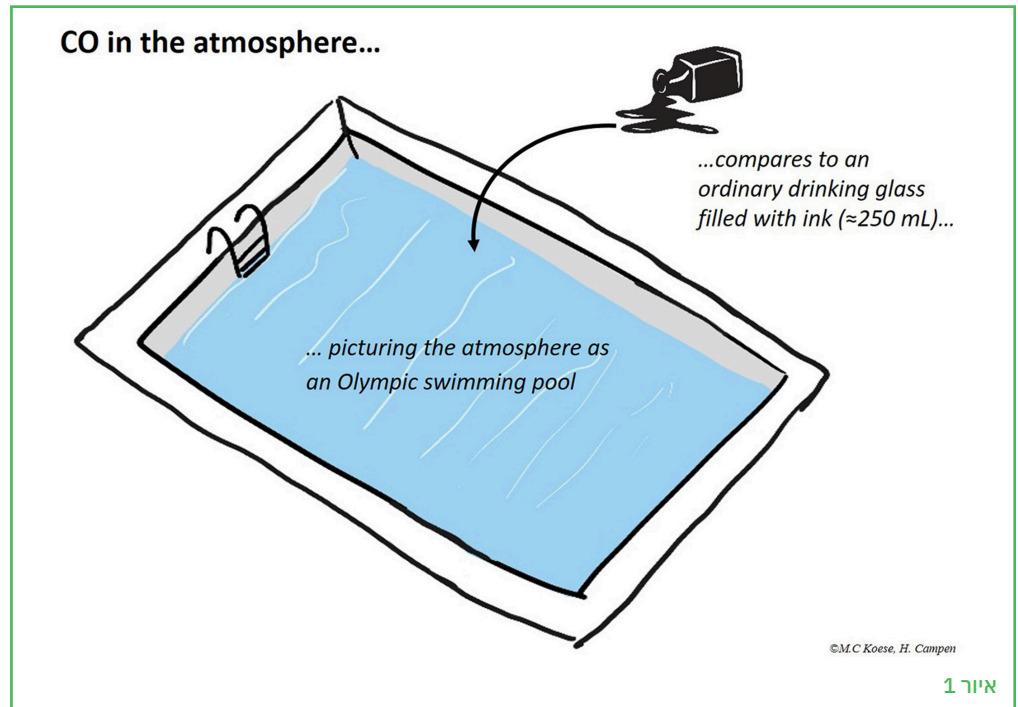
אצות ימיות צפות זעירות שהן הבסיס לכל החיים באוקיינוס.

**איור 1**

**שיעור עקבות**

**הגזים באטמוספירה.** כל עקבות הגזים מרכיבים פחות מ-1% מהאטמוספירה. פחמן חד-חמצני (CO) הוא אחד הגזים במשפחה זו. נסו לדמיין את האטמוספירה בתור בריכת שחייה אולימפית. דמיינו גם כוס שתייה רגילה מלאה בדיו. שפכו את כוס הדיו הזה אל תוך הבריכה וצפו במידה שבה היא מידלדלת במים. זה שווה בקירוב לכמות הפחמן החד-חמצני באטמוספירה.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>הנפח של בריכת שחייה אולימפית = 50 × 25 × 2 m = 2,500 מטרים מעוקבים = 2,500,000 ליטרים. החלק היחסי של פחמן חד-חמצני באטמוספירה:  $10^{-7} = 0.0000001$ . נפח דיו שנדרש כדי לקבל את אותו החלק היחסי בבריכה:  $2,500,000 \times 0.0000001$  ליטרים = 0.25 ליטרים, כלומר כוס שתייה רגילה (250 מיליליטר) שמלאה בדיו.



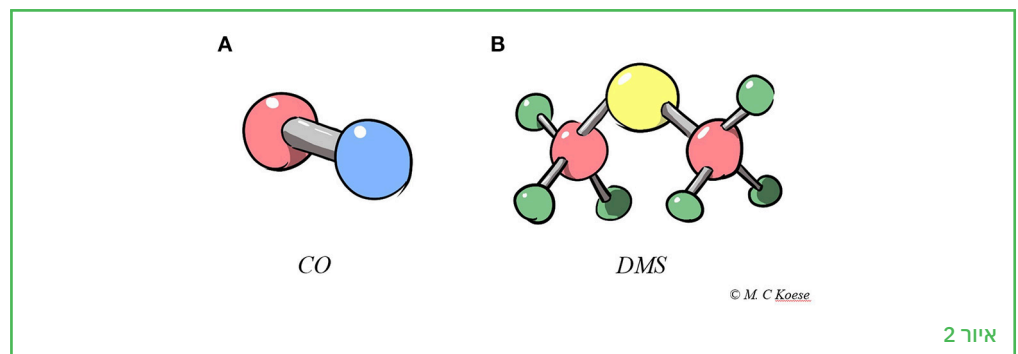
**איור 1**

כיצד פחמן חד-חמצני מתנהג באטמוספירה? כפי שתוכלו לראות **איור 2**, פחמן חד-חמצני הוא מולקולה פשוטה, המכילה רק אטום פחמן אחד ואטום חמצן אחד. אולם בשל תכונותיה, מולקולה זו אוהבת להתקשר ולהגיב עם מולקולות אחרות באוויר. זה מה שמאפיין את ההשפעה שלה-#אוהבת אינטראקציה. ברגע שפחמן חד-חמצני משוחרר לאוויר, השותפים המועדפים עליו לתגובה הם מולקולות הידרוקסיל (OH-). הידרוקסיל הוא החבר הכי טוב של פחמן חד-חמצני, והם אוהבים להתקשר זה עם זה. באינטראקציה ביניהם, פחמן חד-חמצני לוקח במהרה את אטום החמצן של הידרוקסיל, וזה נותן פחמן חד-חמצני + חמצן. מה נוצר? בדיוק: פחמן דו-חמצני-גז חממה.

**איור 2**

**המבנים של מולקולות הגזים פחמן חד-חמצני**

**ודימתיל סולפיד (A) פחמן חד-חמצני (CO) ו-(B) דימתיל סולפיד (DMS).** פחמן חד-חמצני מכיל אטום פחמן אחד (בוורוד) ואטום חמצן אחד (בכחול) שקשורים זה אל זה. דימתיל סולפיד מכיל שתי קבוצות מתיל (בוורוד) ובירוק) שמחוברות על ידי אטום גופרית (בצהוב) במרכז. קבוצת מתיל מורכבת מאטום פחמן אחד שקשור לשלושה אטומי מימן.



**איור 2**

לעיתים קרובות מולקולות הידרוקסיל מכונות "חומר הניקוי של האטמוספירה", מאחר שהן יכולות להגיב עם תרכובות אטמוספריות רבות, כולל כמה תרכובות מסוכנות, ולהרוס אותן. לדוגמה, הידרוקסיל מגיב עם מתאן (CH<sub>4</sub>) - גז אחר ממשפחת עקבות הגזים, שהוא גז חממה עוצמתי כמו פחמן דו-חמצני. כאשר הידרוקסיל מגיב עם מתאן, הסכנה שבמתאן מתבטלת. אולם, כאמור, הידרוקסיל אוהב להגיב עם פחמן חד-חמצני כמה שיותר. לכן, אם פחמן חד-חמצני נוכח, הוא לוקח הידרוקסיל, שהוא הפרטנר הפוטנציאלי לתגובה עם

מִתָּאן, ומאריך את הזמן שֶׁמִּתָּאן נשאר באטמוספירה [2]. זה מחזק את אפקט ההתחממות המזיק שיש לִמִּתָּאן על האטמוספירה. אם כן, פחמן חד-חמצני גורם לתגובת שרשרת שבתורה מובילה להתחממות. זו הסיבה לכך שפחמן חד-חמצני נקרא #גז חממה בלתי ישיר – אחד מהמשפיעים על האקלים.

בשלב זה, עשוי להיות לכם ברור יותר מדוע אנו דואגים לכמות הפחמן החד-חמצני שמיוצרת באזורים מרוחקים של אוקיינוסים, כמו למשל האוקיינוס הארקטי. האוקיינוס הארקטי פחות מושפע מפחמן חד-חמצני שמיוצר באדמה ביחס לאזורים רבים אחרים בעולם, מאחר שהשטחים הסובבים אותו לא מאוד מאוכלסים. שחרור של פחמן חד-חמצני מהאוקיינוס הארקטי אל תוך האטמוספירה יכול ליצור שינוי באקלים הארקטי. האם המשמעות היא שאין חדשות טובות עבור האוקיינוס הארקטי? השאלה היא אם ישנן מולקולות משפיעות אחרות שעשויות לסתור את ההשפעה שיש לפחמן חד-חמצני שמשוחרר מהאוקיינוס? כעת, דִּימְתִּיל סוּלְפִיד נכנס לתמונה.

## מהו דִּימְתִּיל סוּלְפִיד והיכן הוא נמצא?

מונחים בשימוש:

#תוצר ביולוגי #יוצר ענן #מכילה גופרית #משפיען אקלים

דִּימְתִּיל סוּלְפִיד גם הוא מולקולה פשוטה, הכוללת שתי קבוצות מִתִּיל בקצה שלה ואטום גופרית אחד במרכזה – #מכילה גופרית. קבוצת מתיל מורכבת מאטום פחמן אחד שנקשר לשלושה אטומי מימן. אך אטום הגופרית הופך את המולקולה למיוחדת: גופרית נדרשת עבור כל האורגניזמים החיים לשם יצירת חלבונים ורכיבי מפתח אחרים בתאים שלהם. באוקיינוס, דִּימְתִּיל סוּלְפִיד מיוצר על ידי פיטופלנקטון וחיידקים [3] – #תוצר ביולוגי. לכן, דרך ייצור דִּימְתִּיל סוּלְפִיד, גופרית נעשית זמינה לאורגניזמים אחרים. כמו פחמן חד-חמצני, דִּימְתִּיל סוּלְפִיד יכול להיות משוחרר מהאוקיינוס לתוך האטמוספירה, ושם, הגופרית של מולקולה זו ממלאה תפקיד מרכזי אחר!

כאשר מולקולת דִּימְתִּיל סוּלְפִיד משוחררת לתוך האטמוספירה, היא יכולה לסייע ליצור עננים. ברגע שמולקולה זו נמצאת באוויר, היא גם מגיבה עם הִיֶּדְרוֹקְסִיל ומייצרת חלקיקים שיוצרים עננים, ונקראים "גרעיני התעבות ענן". תוכלו לדמיין את גרעיני התעבות הענן כחלקיק קטן מאוד שפועל כמו זרע – זרע עבור ענן שיגדל סביבו – #יוצר ענן. כנראה הבחנתם בכך שככל שיש יותר עננים בשמיים, כך פחות אור שמש מגיע אלינו לאדמה. העננים מחזירים את אור השמש חזרה אל החלל, והמשמעות של פחות אור שמש שנמצא בפני השטח של כדור הארץ היא שפני השטח מתקררים. מדענים קוראים לתיאוריית היווצרות הענן הזו "השערת CLAW" (על שם ראשי התיבות של מחברי מסמך מדעי בנושא משנת 1987: צירלסון, לוֹנְלוֹק, אנדרה ווֶרְן), שמשמעותה בתמצית: פיטופלנקטון ימיים יכולים לקרר את כדור הארץ באמצעות יצירת דִּימְתִּיל סוּלְפִיד, וכתוצאה מכך נוצרים עננים [4] – #משפיען אקלים. חיוני שנגלה אם תיאוריית CLAW נכונה עבור מקומות מרוחקים, כמו למשל האוקיינוס הארקטי, המאוימים במיוחד על ידי ההתחממות. זו הסיבה לכך שאנו

גרעין התעבות ענן  
(CCN-Cloud  
condensation  
nucleus)

חלקיק באוויר שפועל כמו זרע עבור היווצרות ענן. סביבו ענן יכול לגדול.

רוצים לחקור בצורה מוקפדת מאוד ייצור של דימתיל סולפיד, ואת כל התהליכים הקשורים אליו באוקיינוס הארקטי.

## מדוע האוקיינוס הארקטי חשוב כל כך?

אזורים קרים יותר בכדור הארץ יכולים להתחמם מהר יותר מאזורים שהם כבר חמים יחסית. לכן, מדענים ראו שהאזור הארקטי מתחמם הרבה יותר מהר מאזורים אחרים בעולם. זה חשוב מאחר שהאזור הארקטי ממלא תפקיד חשוב במזג האוויר ובאקלים העולמי. זרם הגולף הוא דוגמה טובה להשפעה של האוקיינוס הארקטי. הגולף הוא זרם אוקיינוס שמביא חום מהאזורים הטרופיים לאירופה, ולכן אחראי לאקלים המתון באירופה. הכוח המניע העיקרי של זרם הגולף הוא מי ים מהאוקיינוס הארקטי, שהם קרים ומלוחים מאוד. מי ים קרים ומלוחים הם כל כך כבדים ודחוסים, שהם שוקעים למטה אל תחתית האוקיינוס, מה שמוביל לתנועת מים גדולה, בדומה למשאבה. כעת, דמיינו שהטמפרטורה של האוקיינוס הארקטי ותכולת המלח שבו משתנות. ההימסות של הקרח הארקטי עקב ההתחממות המתמשכת של האוקיינוס הארקטי, צפויה להוסיף כמות גדולה של מים מתוקים, שמכילים פחות מלח ממי ים. המים החמים, המתוקים יותר, לא ישקעו כמו המים הקרים, המלוחים, ושינוי זה עלול להחליש את זרם הגולף. שינויים בזרם הגולף לא רק ישפיעו על האוקיינוס הארקטי עצמו, אלא יכולות להיות להם גם השלכות על אזורים אחרים בעולם, כמו למשל אירופה.

אם כן, תוכלו לראות שהגיוי לחקור את ההשלכות הרבות של שינויי אקלים על האזור הארקטי, ללמוד מהן ולקבוע כיצד השינויים האלה עשויים להשפיע על אזורים אחרים בכדור הארץ. יתרה מזו, אנו זקוקים למידע זה כדי לחזות כיצד מזג האוויר והאקלים יהיו בעתיד – כיצד ייראה עולמנו כשתהיו בני 90. על ידי חיזוי עתיד האקלים, אנו מקווים שנוכל למצוא דרכים להסתגל לשינויים, ואפילו למצוא פתרונות כדי לעצור אותם.

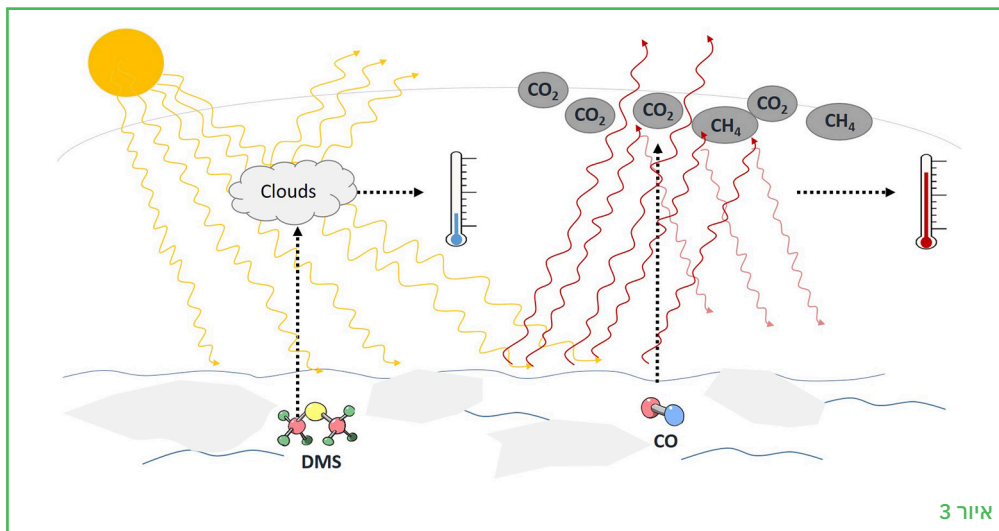
## כיצד פחמן חד-חמצני ודימתיל סולפיד ישפיעו על עתיד האוקיינוס הארקטי ועל האקלים שלנו?

כולנו יודעים שכדור הארץ מתחמם, במיוחד האוקיינוס הארקטי. מחשבה על האינטראקציות שדנו בהן זה עתה מבהירה את התמונה: שינויים סביבתיים כמו התחממות האקלים והימסות קרח עשויים להשפיע על ייצור ושחרור של פחמן חד-חמצני ושל דימתיל סולפיד באוקיינוס הארקטי [5, 6]. אולם, ראינו גם עד כמה תהליכי הייצור והשחרור של דימתיל סולפיד ושל פחמן חד-חמצני הם מורכבים. זו הסיבה לכך שאיננו בטוחים אם פחמן חד-חמצני ודימתיל סולפיד באוקיינוס הארקטי ייצאו יותר או פחות בשפע, ואם זה יקרר או יחמם עוד את האטמוספירה הארקטית (איור 3).

לבסוף, הסברנו כי מה שקורה באוקיינוס הארקטי לא בהכרח נשאר באוקיינוס הארקטי, אלא שהשינויים האלה יכולים להשפיע על האקלים בשאר העולם. לכן, חשוב במיוחד להמשיך לחקור את ההתנהגות של עקבות גזים שרלוונטיים לאקלים, כמו פחמן חד-חמצני ודימתיל סולפיד באזור הארקטי, תחת תרחישים עתידיים שונים. אף על פי שעקבות גזים נמצאים בכמויות זעירות, הם יוצרים שינוי גדול.

**איור 3**

**השפעת עקבות גזים על האקלים הארקטי.** כל עקבות הגזים יחד מהווים פחות מ-1% מהאטמוספירה. פחמן חד-חמצני ודימתיל סולפיד הם שניים מתוך עקבות הגזים האלה. דימתיל סולפיד יכול לסייע ליצור עננים, שפוטנציאלית עשויים להוביל להתקררות האטמוספירה. פחמן חד-חמצני יכול לחמם עוד את האטמוספירה. מאחר שהוא מקדם יצירה של גזי חממה נוספים, כמו פחמן דו-חמצני, ומאריך את זמן החיים של מתאן באטמוספירה. אם כן, קשה לחזות מה תהיה ההשפעה הכוללת של עקבות גזים על האקלים הארקטי בעתיד.



**הודות**

אנו מודים ל-Mehmet C. Köse על **איורים 1 ו-2**. העבודה הזו היא תרומה לפרויקט PETRA (FKZ 03F0808A) שמומן על ידי UKRI-NERC ו-BMBF כחלק מתוכנית "משנים את האוקיינוס הארקטי".

**מקורות**

1. Stubbins, A., Uher, G., Law, C. S., Mopper, K., Robinson, C., Upstill-Goddard, R. C. 2006. Open-ocean carbon monoxide photoproduction. *Deep Sea Res. II Top. Stud. Oceanogr.* 53:1695–705. doi: 10.1016/j.dsr2.2006.05.011
2. Conte, L., Szopa, S., Séférian, R., and Bopp, L. 2019. The oceanic cycle of carbon monoxide and its emissions to the atmosphere. *Biogeosciences* 16:881–902. doi: 10.5194/bg-16-881-2019
3. Lovelock, J. E., Maggs, R. J., and Rasmussen, R. A. 1972. Atmospheric dimethyl sulfide and the natural sulfur cycle. *Nature* 237:452–3.
4. Charlson, R. J., Lovelock, J. E., Andreae, M. O., and Warren, S. G. 1987. Oceanic phytoplankton, atmospheric sulfur, cloud albedo and climate. *Nature* 326:655–61.
5. Levasseur, M. 2013. Impact of Arctic meltdown on the microbial cycling of sulfur. *Nat. Geosci.* 6:691–700. doi: 10.1038/ngeo1910
6. Tran, S., Bonsang, B., Gros, V., Peeken, I., Sarda-Estève, R., Bernhardt, A., et al. 2013. A survey of carbon monoxide and non-methane hydrocarbons in the Arctic Ocean during summer 2010. *Biogeosciences* 10:1909–35. doi: 10.5194/bg-10-1909-2013

פורסם אונליין: 10 באוגוסט 2023

נערך על ידי: Kirsty C. Crocket

מנחים מדעיים: Elizabeth Cottier | Jan Kaiser

**ציטוט:** Campen H | Bange HW (2023) כמויות גזים זעירות יכולות לגרום לשינוי גדול באקלים כדור הארץ. Front. Young Minds. doi: 10.3389/frym.2021.516417-he

**תורגם והותאם מ:** Campen H and Bange HW (2021) Tiny But Powerful: How Tiny Amounts of Certain Gases Can Make a Big Difference in the Earth's Climate. Front. Young Minds 9:516417. doi: 10.3389/frym.2021.516417

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

**זכויות יוצרים © 2021 © 2023 Campen | Bange.** 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

### FINN, גיל: 11

קוראים לי פיין ואני בן 11. התחביבים שלי הם ריצה, קריאה (כולל של המאמר הזה), ציור, כדורגל, בישול ושינה! אני גם נהנה משחייה, במיוחד שחיית פרפר. כמשפחה אנו נוסעים יחד להרבה חופשות, והחופשות האהובות עליי עד כה היו נסיעה ליפן ומעבר מבקתה לבקתה בפירנאים. בבית הספר, אני הכי אוהב מתמטיקה, ולדעתי זהו המקצוע הכי קל.

### RUARI, גיל: 12

ראָרִי אוהב מדע, במיוחד כל דבר שקשור לחלל! הוא מקווה להיות אסטרונוט באחד הימים, ורוצה מאוד לטוס למאדים. כשאני בבית הספר הוא אוהב לקרוא ספרי הרפתקאות, לעשות סלטה לאחור על הטרמפולינה שלו ולנגן על חליל.

## הכותבים

### HANNA CAMPEN

חנה קָמְפֶן בוחנת את האופן שבו גזים שנמצאים בכמויות זעירות בלבד באטמוספירה משפיעים על האקלים. היא חוקרת כיצד תחום זה יתפתח בעתיד באוקיינוס הארקטי המשתנה. חנה למדה ביולוגיה ואוקיינוגרפיה ביולוגית בקייל, גרמניה. כיום היא עושה את הדוקטורט שלה במרכז גֶאוֹמֶר הֶלְמְהוּלֶץ לחקר האוקיינוס בקייל, גרמניה. יש לה תשוקה לראיית הטבע כבית שלנו, ולכן גם להגנה עליו. היא חושבת שדיבור על שינוי אקלים והשלכותיהם עם כמה שיותר אנשים, בסופו של דבר יסייע לשנות את האופן שבו אנו מתייחסים לכדור הארץ שלנו. \*[hcampen@geomar.de](mailto:hcampen@geomar.de)



**HERMANN W. BANGE**

הֶרְמָן בֶּנְגֵי לַמַּד כִּימִיָּה בְּגוֹטִינְגֵן וּבִפְרִיִּיבֹרְגֵן שֶׁבְּגֵרְמַנְיָה. כִּיּוֹם הוּא עוֹבֵד כְּבִיּוֹגִיאוֹכִימָאִי יָמִי בְּמֶרְכֵז הַגְּאוֹמֶר הַלְמֵהוּלֵץ לְחֶקֶר הָאוֹקֵינּוֹס בְּקֵיִל, גֵּרְמַנְיָה. הוּא מוֹמַחָה בְּמִדֵּיֶת גְּזִים רִלוּוֹנְטִיִּים לְאֶקְלִים, כְּמוֹ לְמִשַׁל חֲנֻקַּן חֲמֻצִי, מִתָּאֵן, פַּחְמָן חֲד-חֲמֻצִי וּדֵימִתִּיל סוֹלְפִיד. מֵאֵז הַדּוֹקֻטוֹרְט שְׁלוֹ, הוּא מְרוֹתֵק מֵהַעוֹבְדָה שֶׁגְּזִים זְעִירִים בְּכַמּוּיּוֹת קִטְנוֹת מְאֹד בְּאוֹקֵינּוֹסִים וּבֵאֵטְמוֹסְפֵרָה יְכוּלִים לְהַשְׁפִּיעַ בְּמִידָה עֲצוּמָה עַל אֶקְלִים כְּדוֹר הָאָרֶץ.

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**