

כנס הארצי המקוון למורי חטיבות הביניים במדע וטכנולוגיה
מתחמם, מתחמם, חם... משבר האקלים לאן?

כ"ח באב, תש"פ

18 באוגוסט 2020



אומן סביבתי: דורון גזית

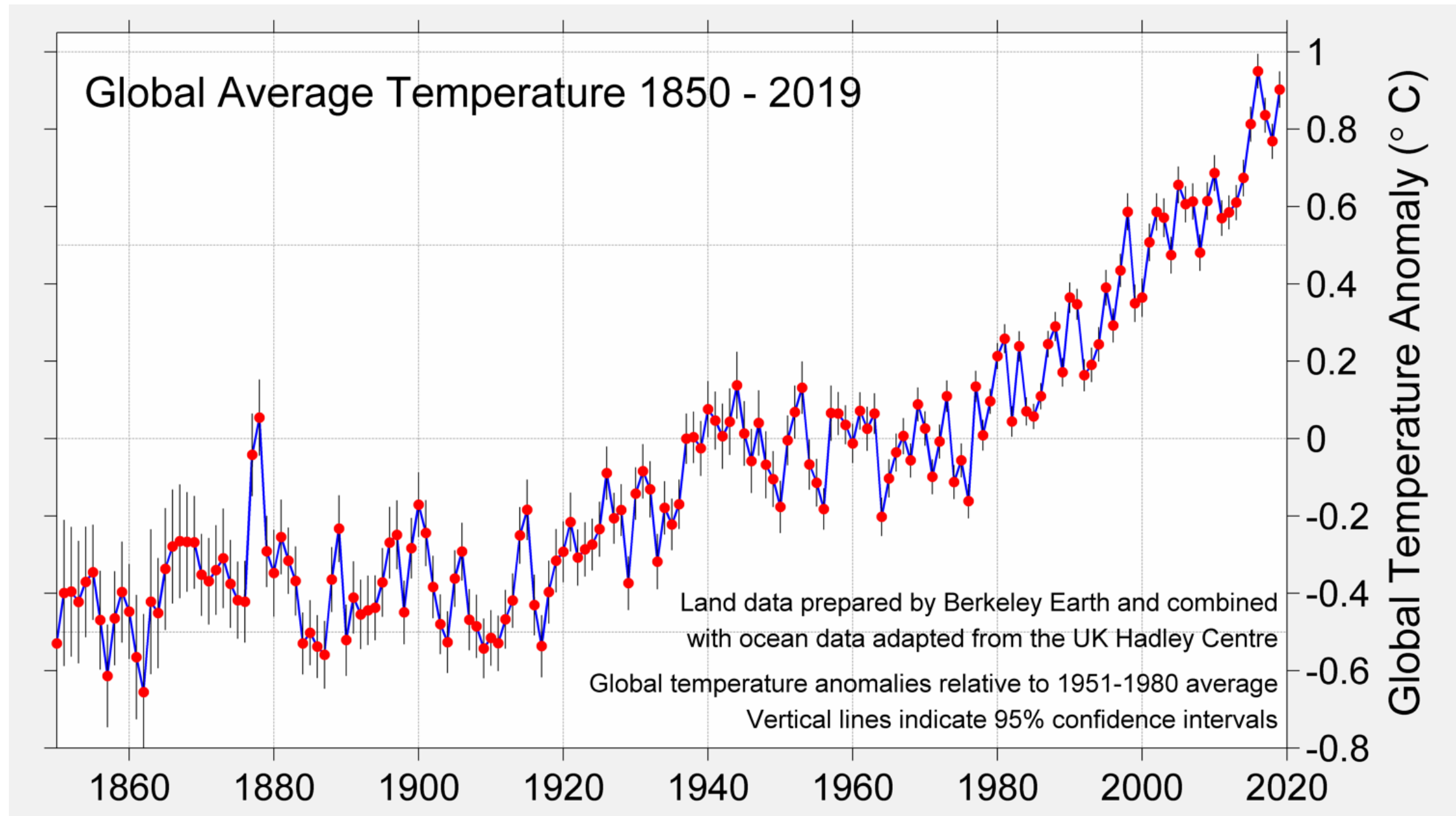
הקשר גאולוגי לשינוי האקלים

איתי הלוי

מדעי כדה"א, מכון ויצמן למדע

מידע נוסף: הלוי א. "פרספקטיבה גאולוגית על שינוי האקלים".
קריאת ביניים, גליון 34-35, עמ' 6-14 (2020).

הטמפרטורה הממוצעת עלתה בכ-1.2 מעלות מאז 1920



קרחונים יבשתיים הולכים ונעלמים

Pedersen Glacier, Alaska



PEDERSEN GLACIER, BERING SEA, ALASKA.

קרחונים יבשתיים הולכים ונעלמים

Pedersen Glacier, Alaska



קרחונים יבשתיים הולכים ונעלמים

Careser Glacier, Italy



קרחונים יבשתיים הולכים ונעלמים

Careser Glacier, Italy



Careser Glacier, Italy - August 1933 (top) and August 2012 (bottom)

Top photo courtesy of Comitato Glacologico Italiano

קרחונים יבשתיים הולכים ונעלמים

Boulder Glacier, Montana



1932

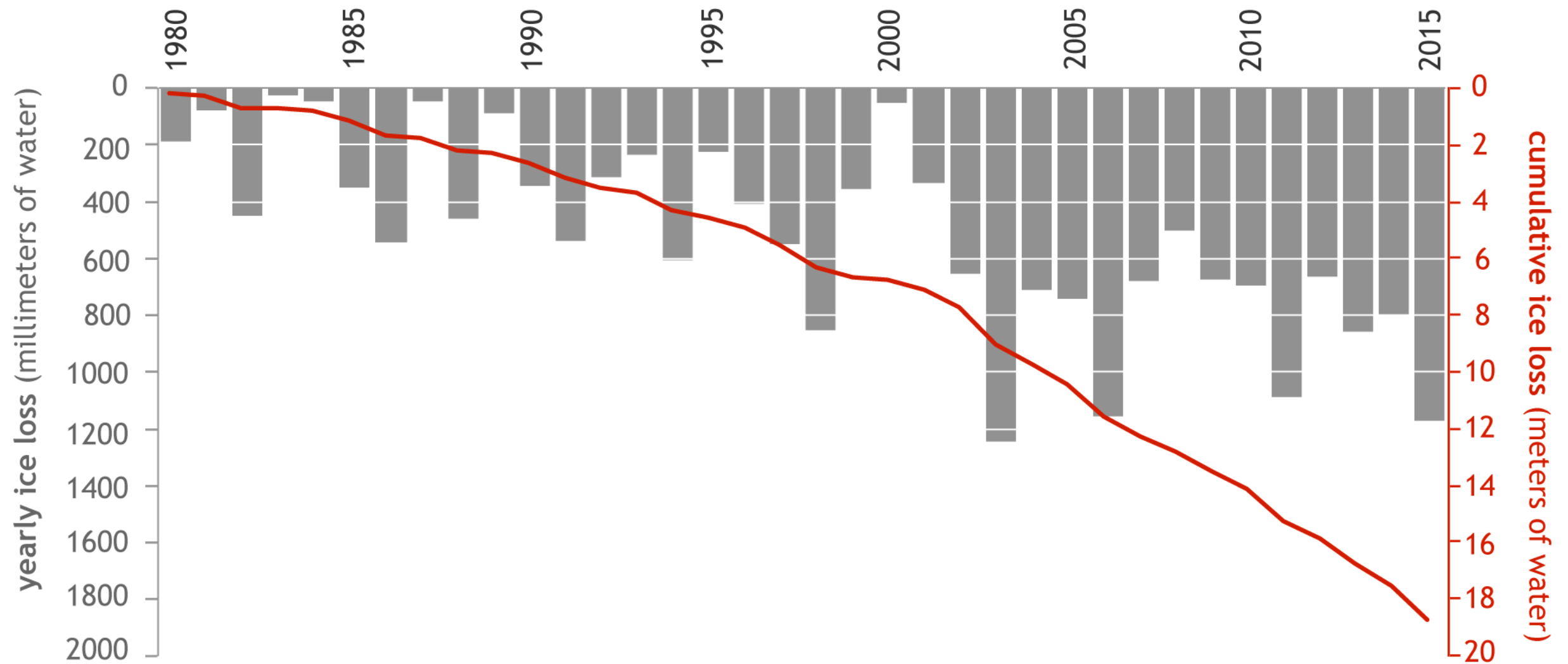
קרחונים יבשתיים הולכים ונעלמים

Boulder Glacier, Montana



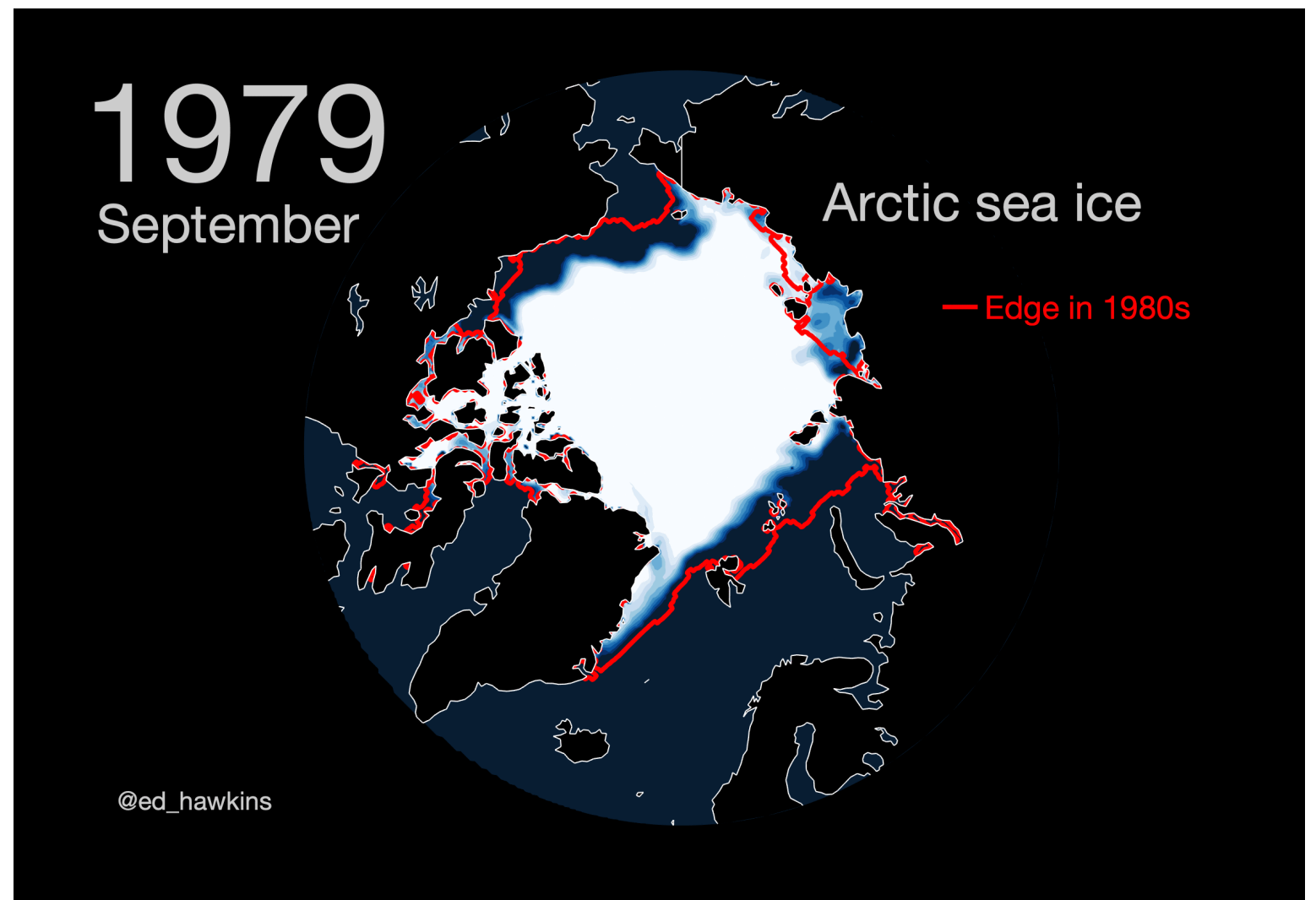
2005

עובי קרחונים יבשתיים פחת בכ-20 מטרים מאז 1980

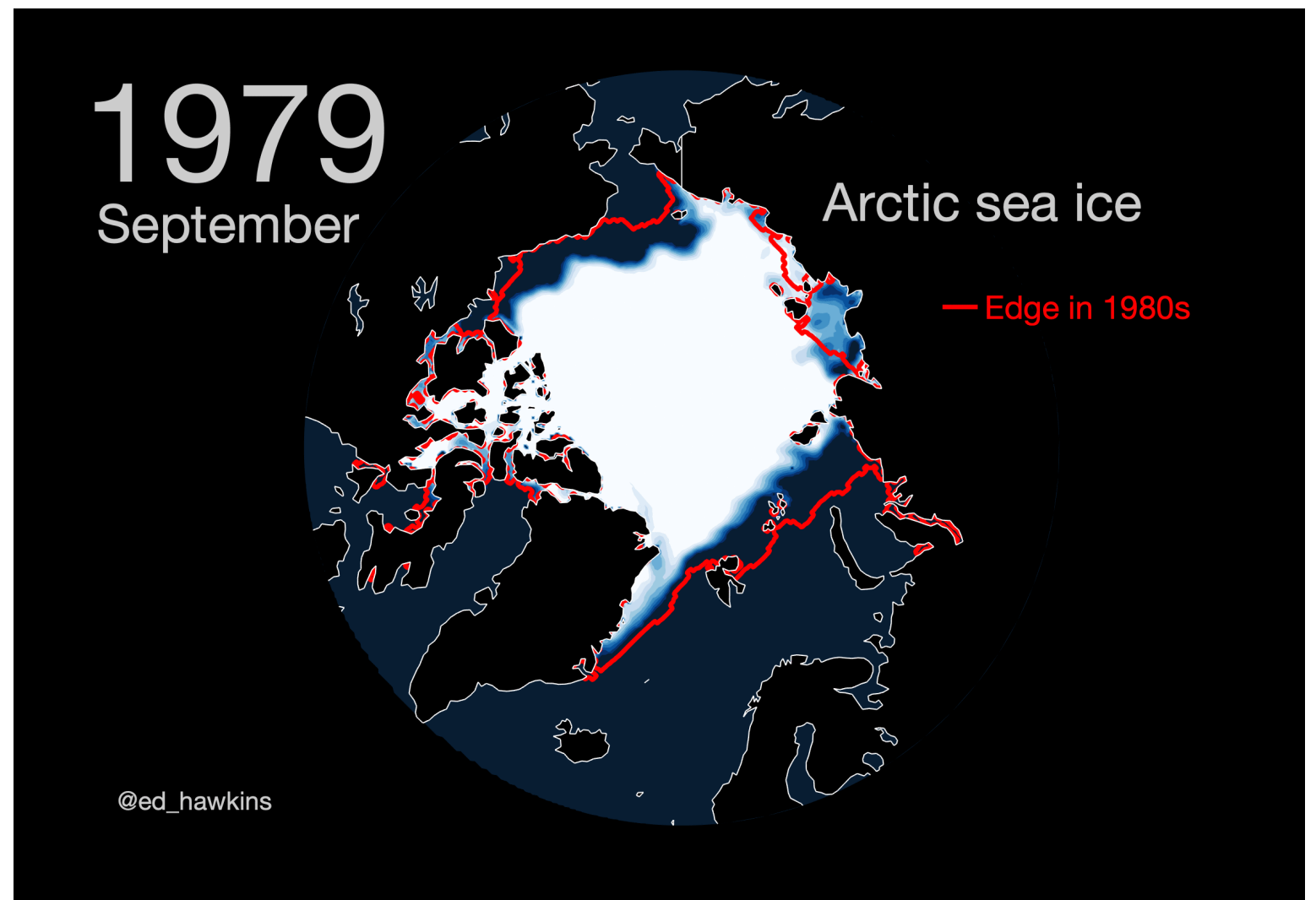


NOAA Climate.gov, adapted from State of the Climate 2015

שטח הקרח הימי פחת בכ-40% מאז 1900



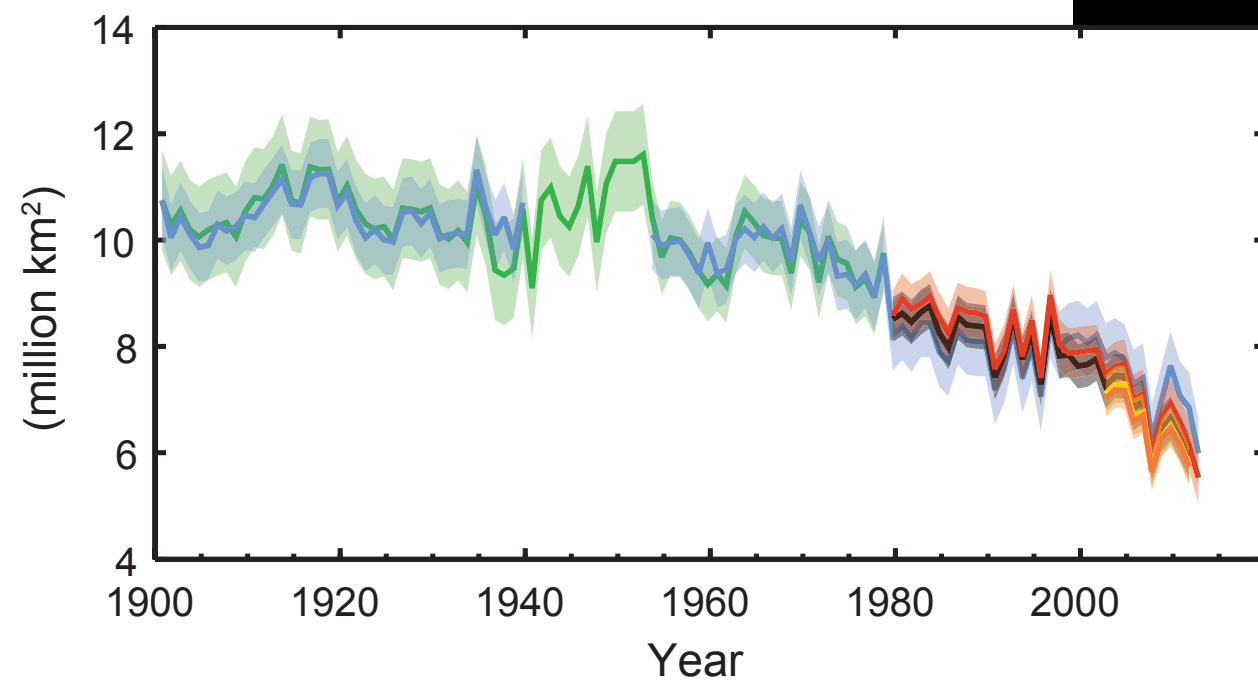
שטח הקרח הימי פחת בכ-40% מאז 1900



שטח הקרח הימי פחת בכ-40% מאז 1900

IPCC 5th Assessment Report

Arctic summer sea ice extent

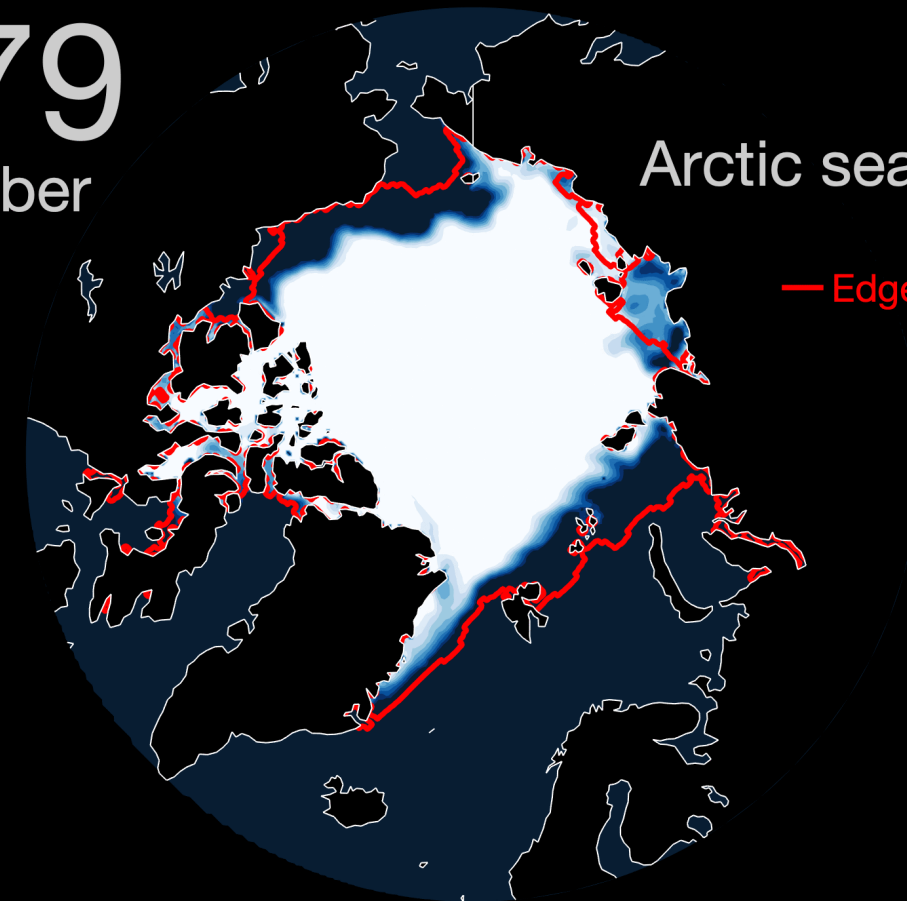


1979
September

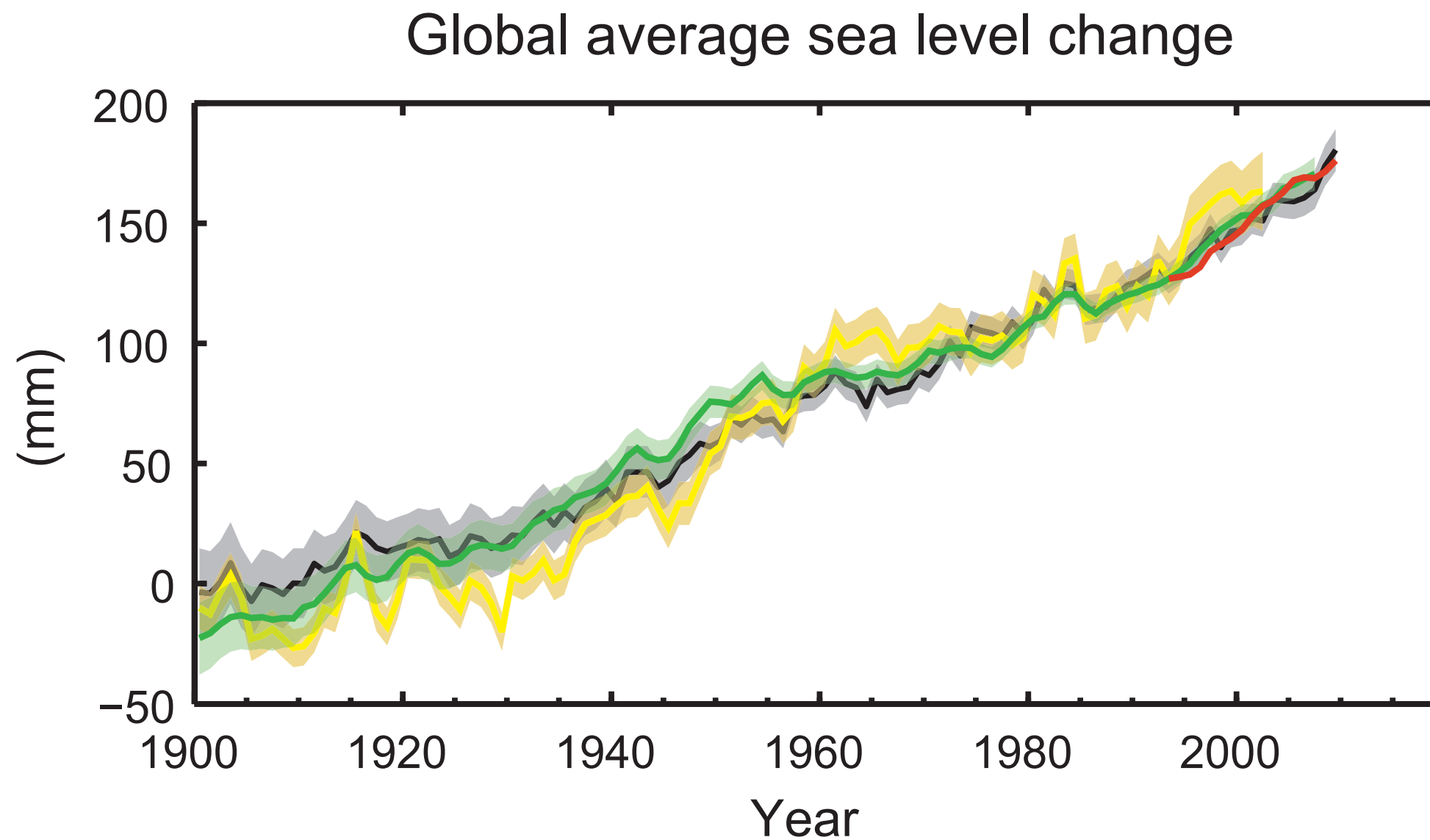
Arctic sea ice

— Edge in 1980s

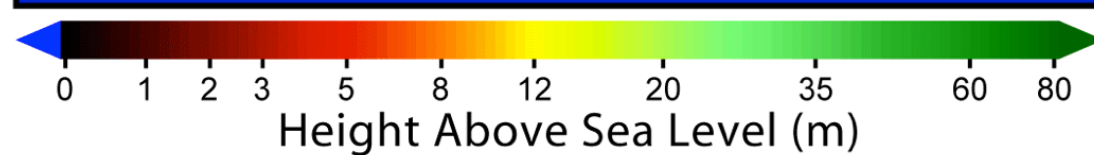
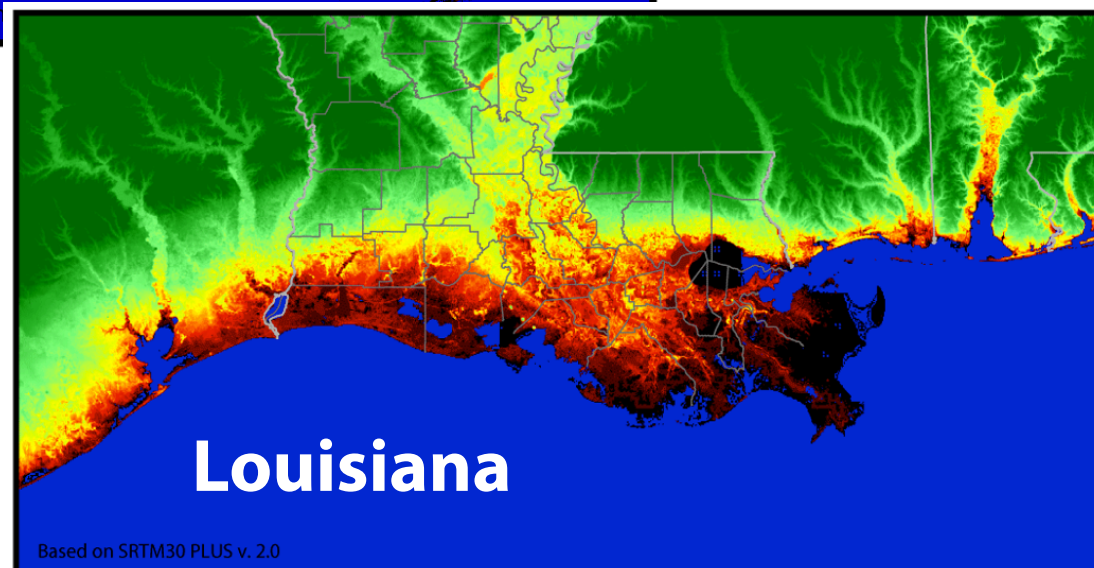
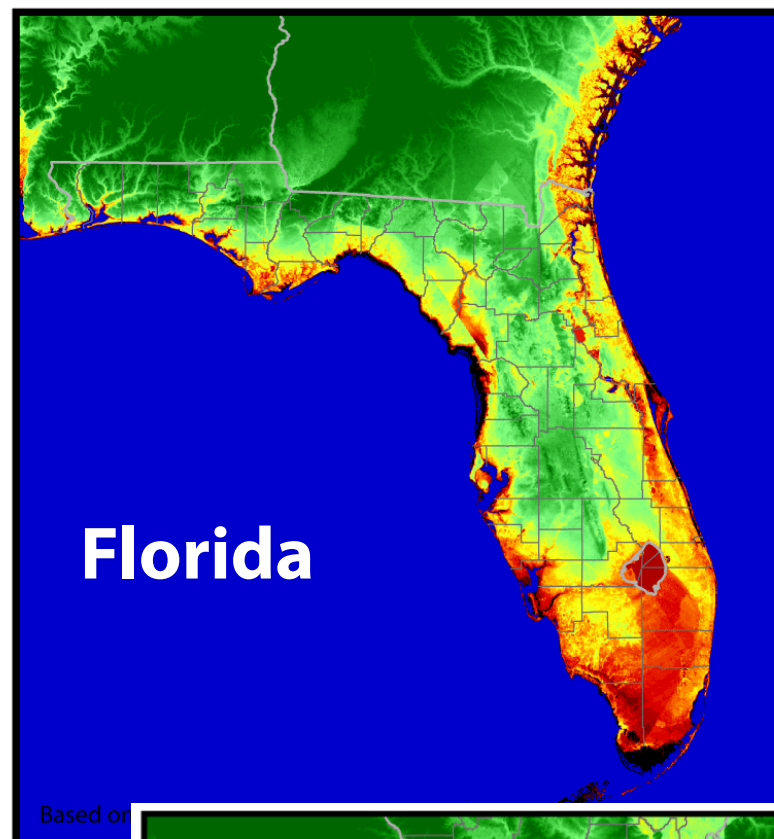
hawkins



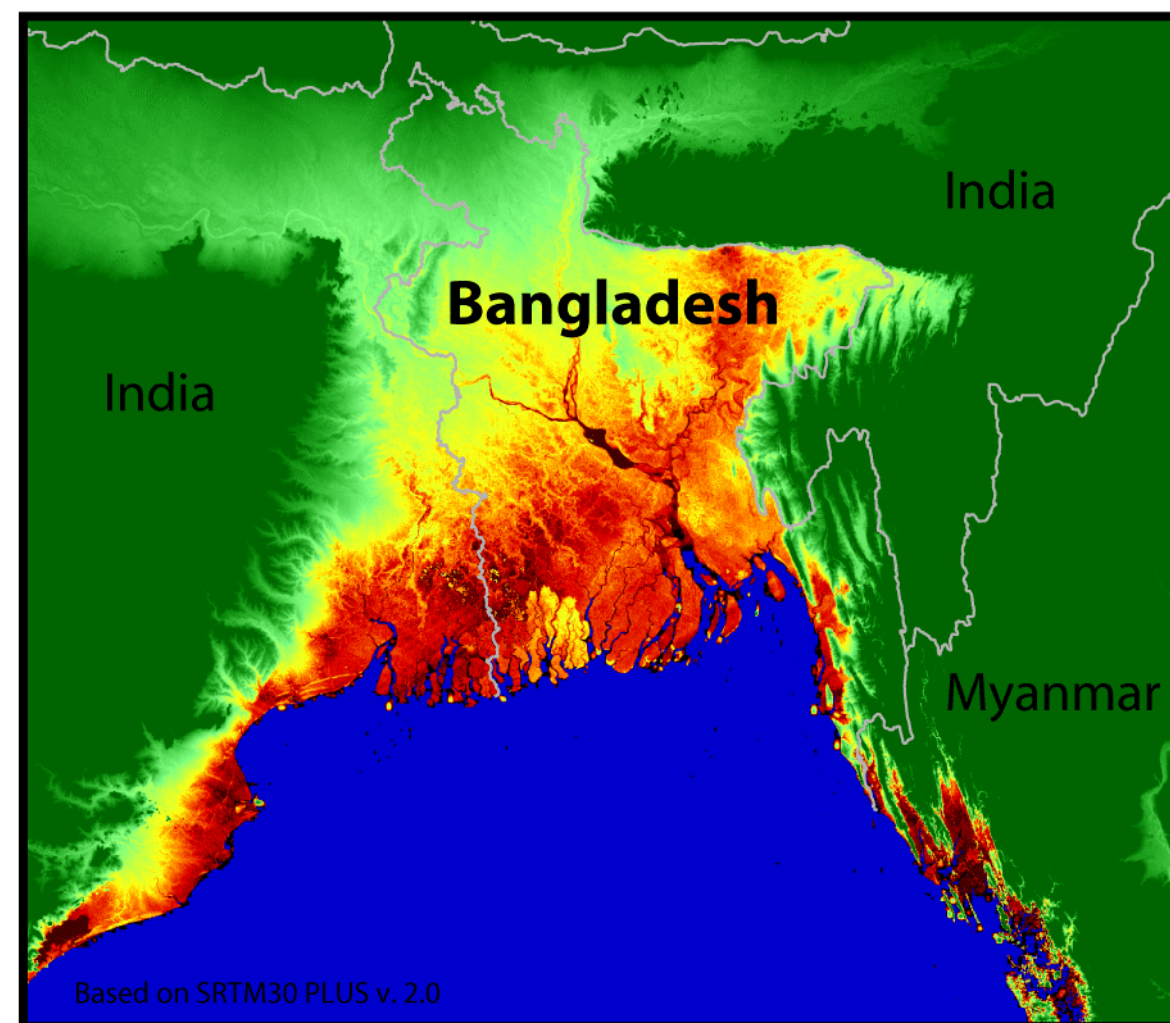
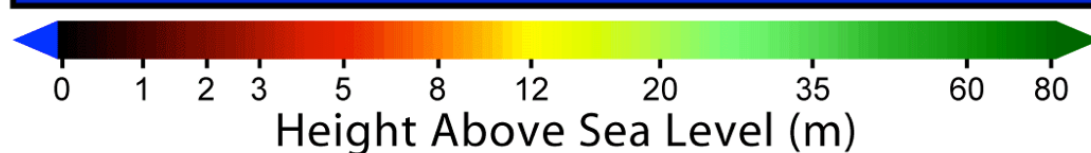
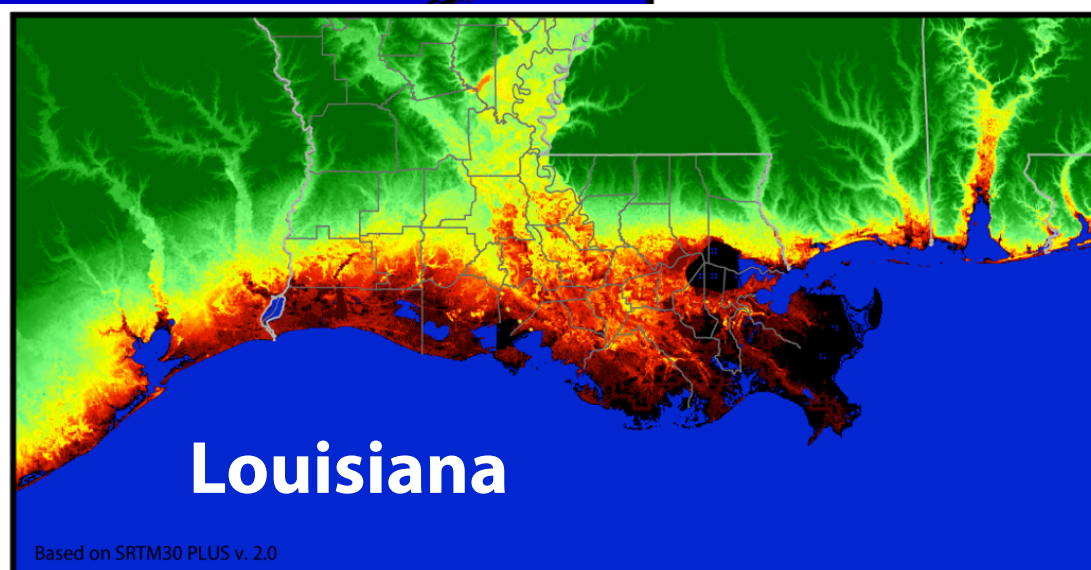
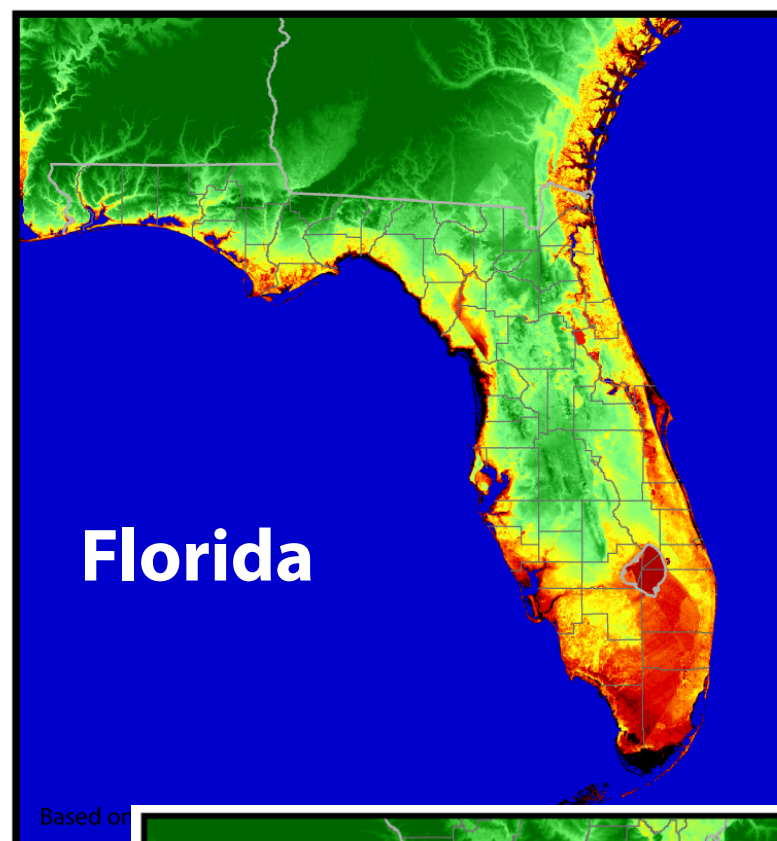
פני הים עלו בכ-20 ס"מ מאז 1900



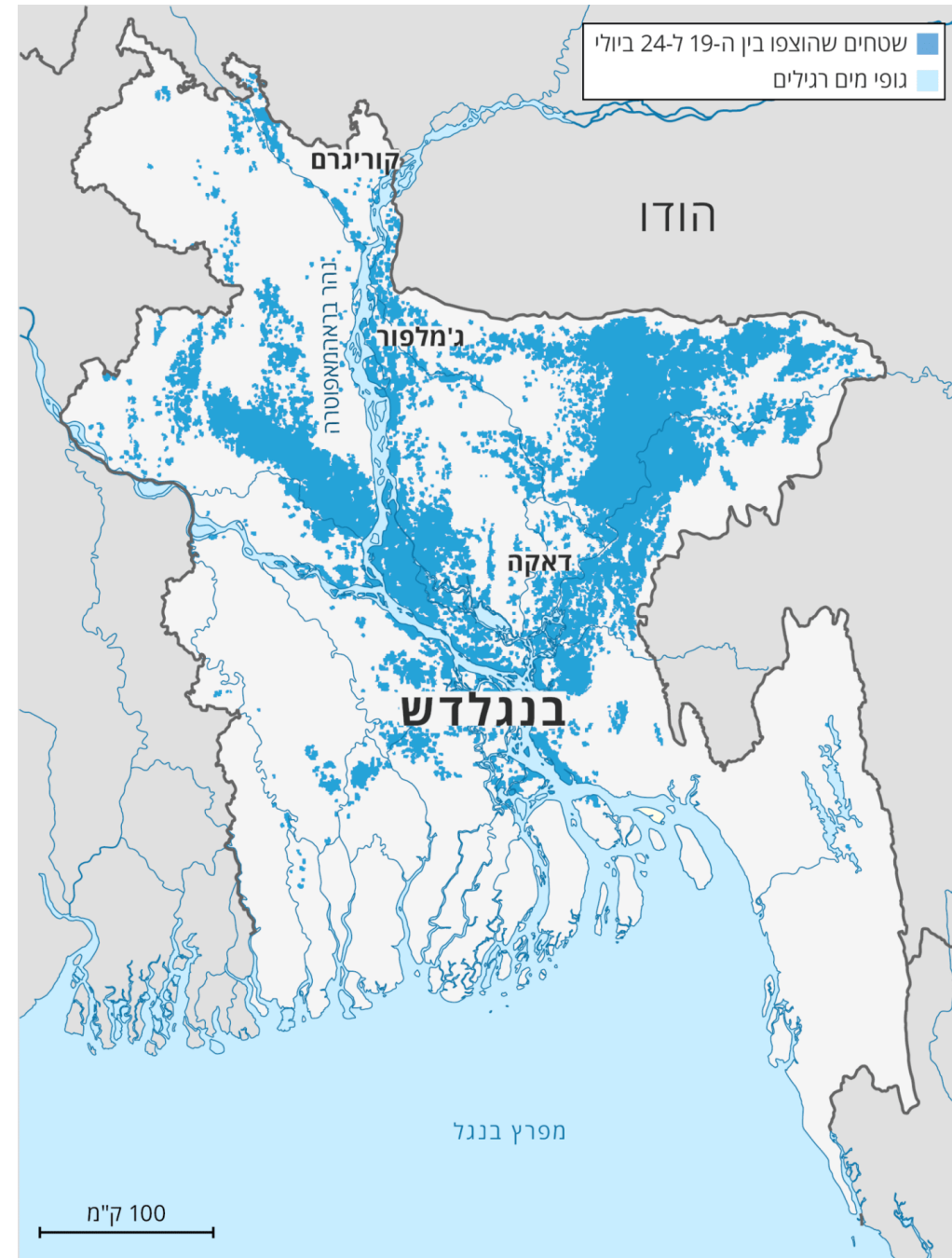
לעלייה של עשרות סנטימטרים בגובה פני הים השלכות חמורות



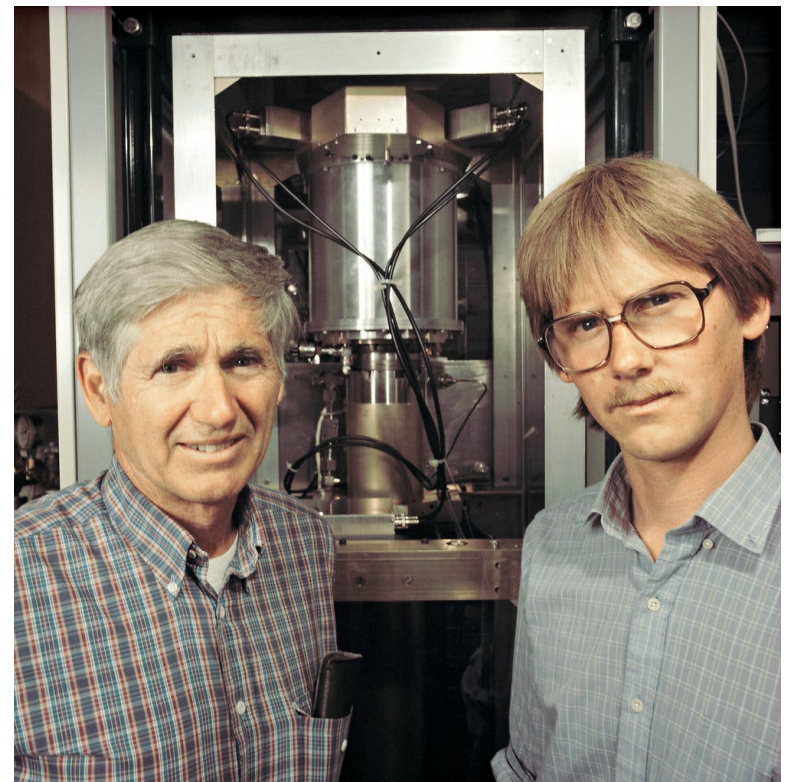
לעלייה של עשרות סנטימטרים בגובה פני הים השלכות חמורות



לעלייה של עשרות סנטימטרים בגובה פני הים השלכות חמורות

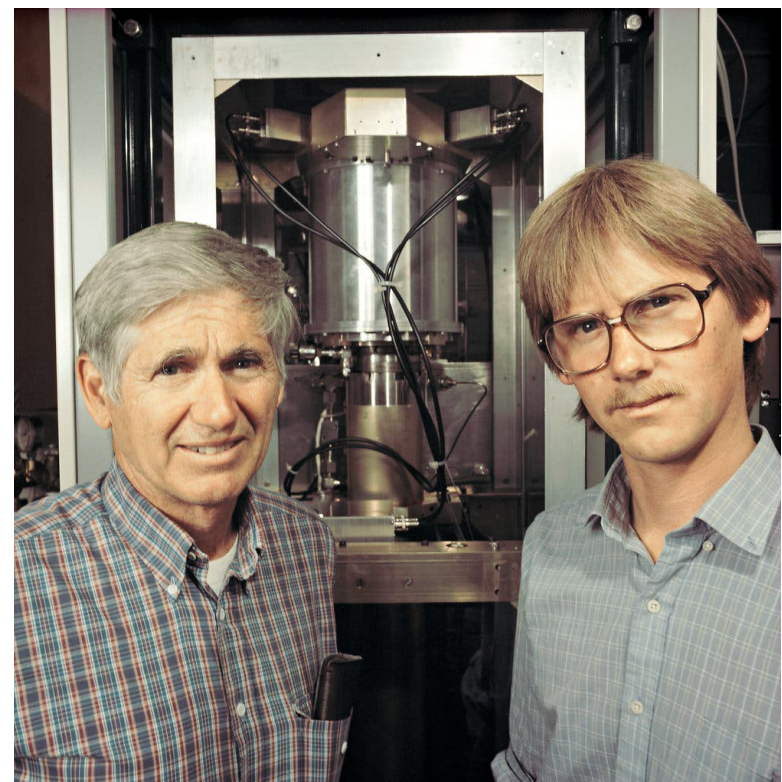


עסק משפחתי קטן שהחל בשנות החמישים



Charles (Dave) and Ralph
Keeling (1989)

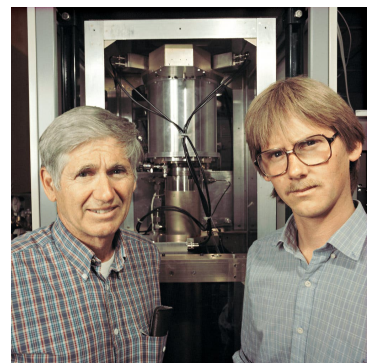
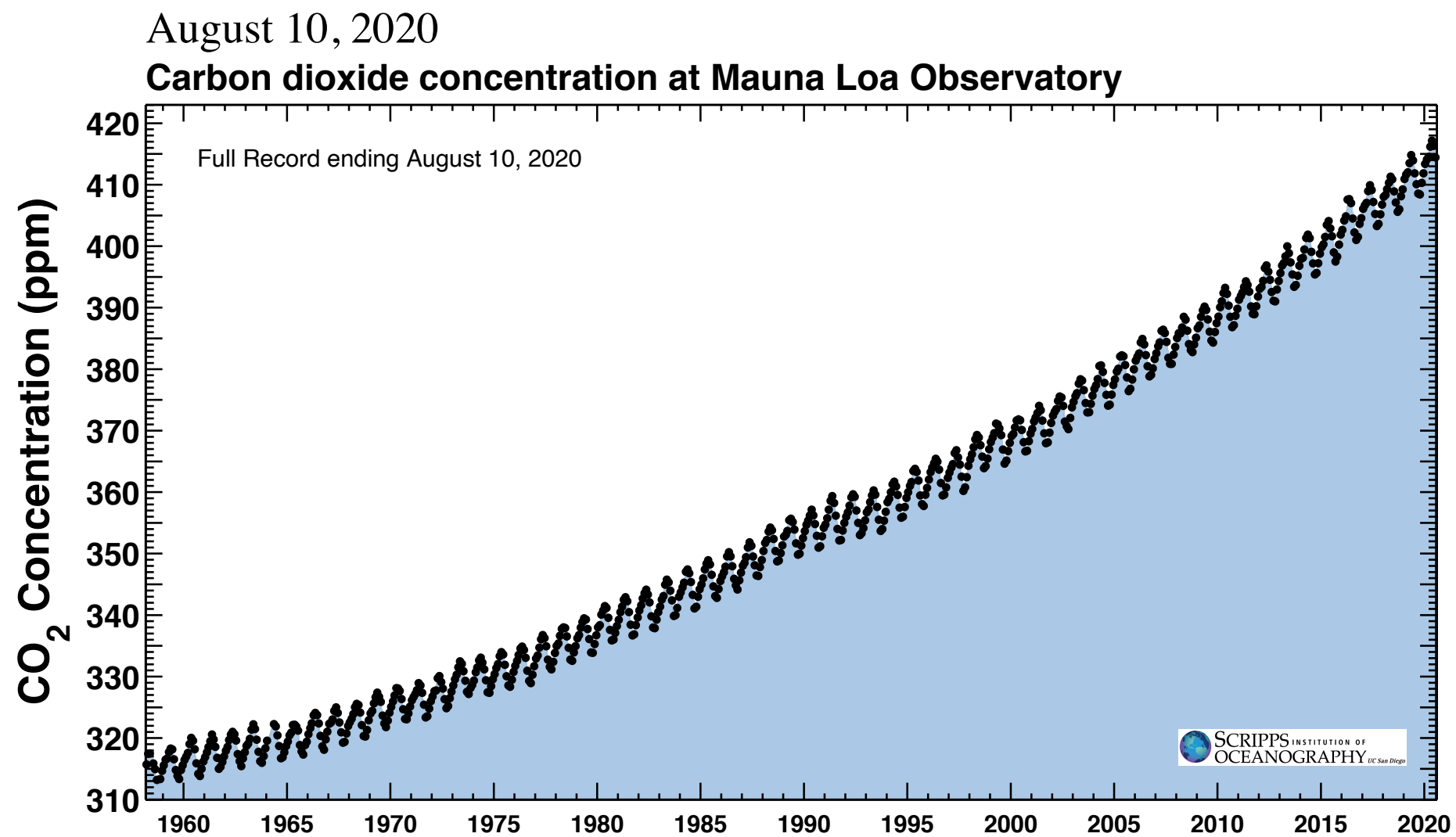
עסק משפחתי קטן שהחל בשנות החמישים



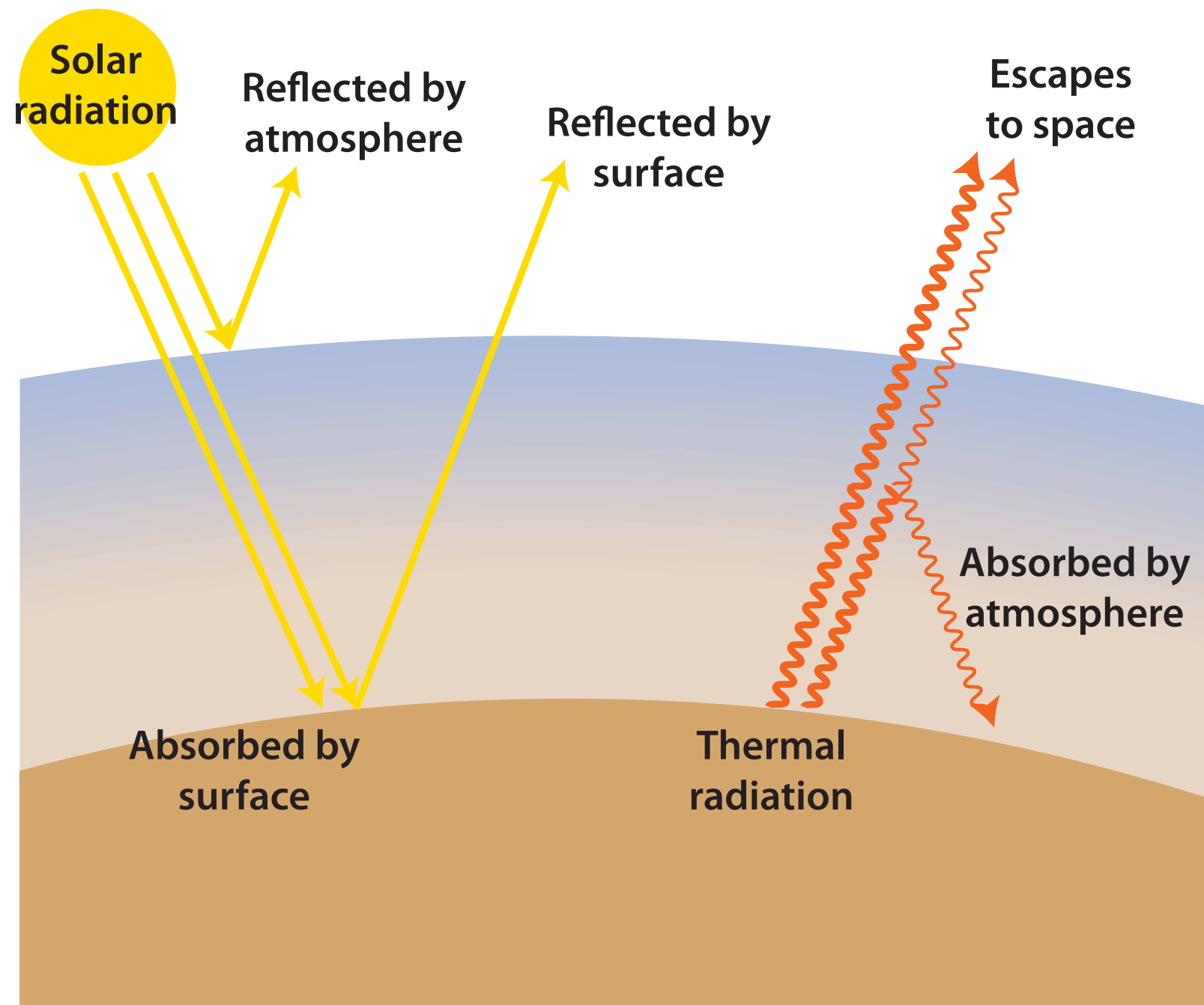
Charles (Dave) and Ralph
Keeling (1989)

ריכוז דו-תחמוצת הפחמן באטמוספירה

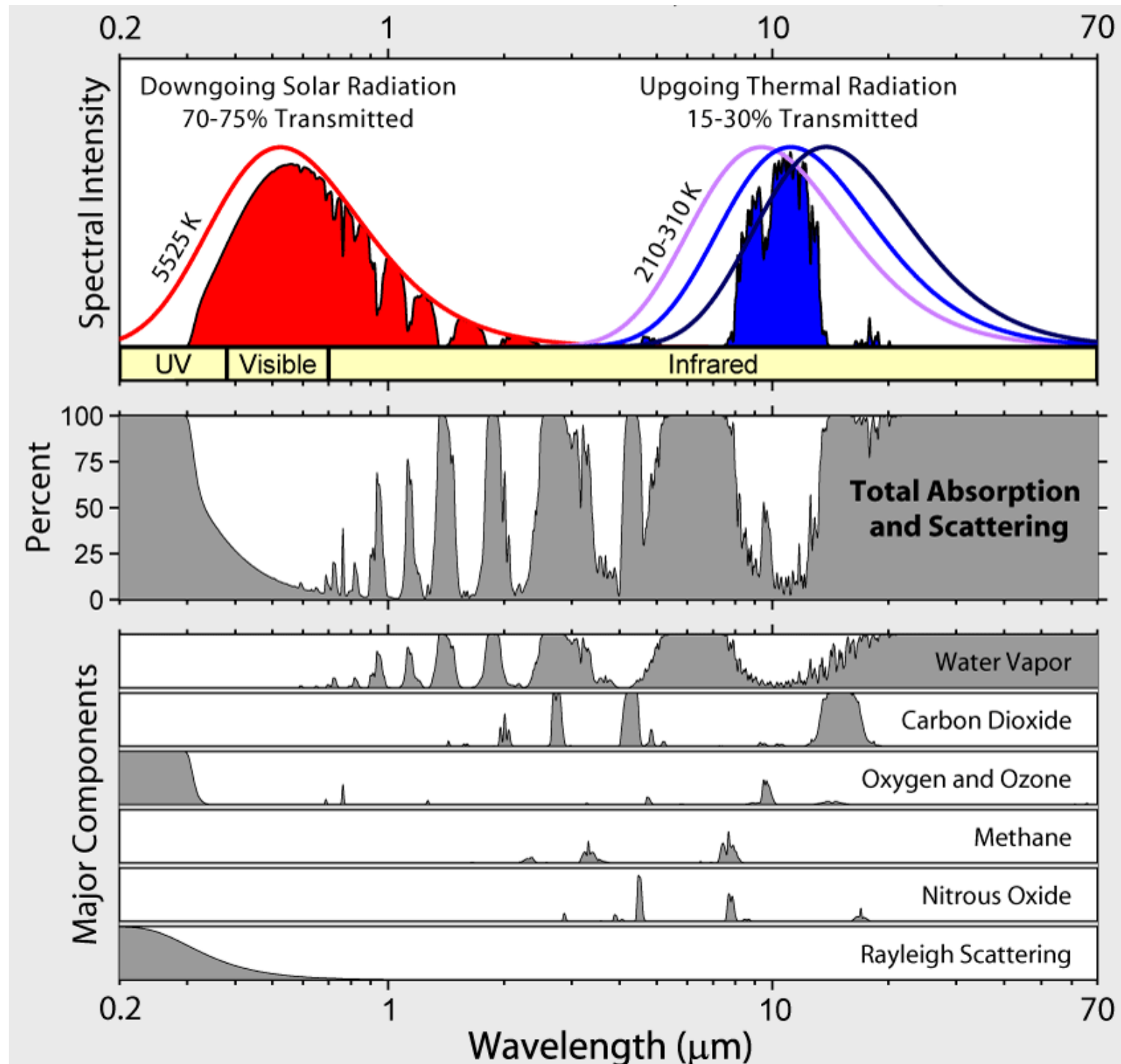
עלה בכ-100 חלקי מיליון מאז 1958



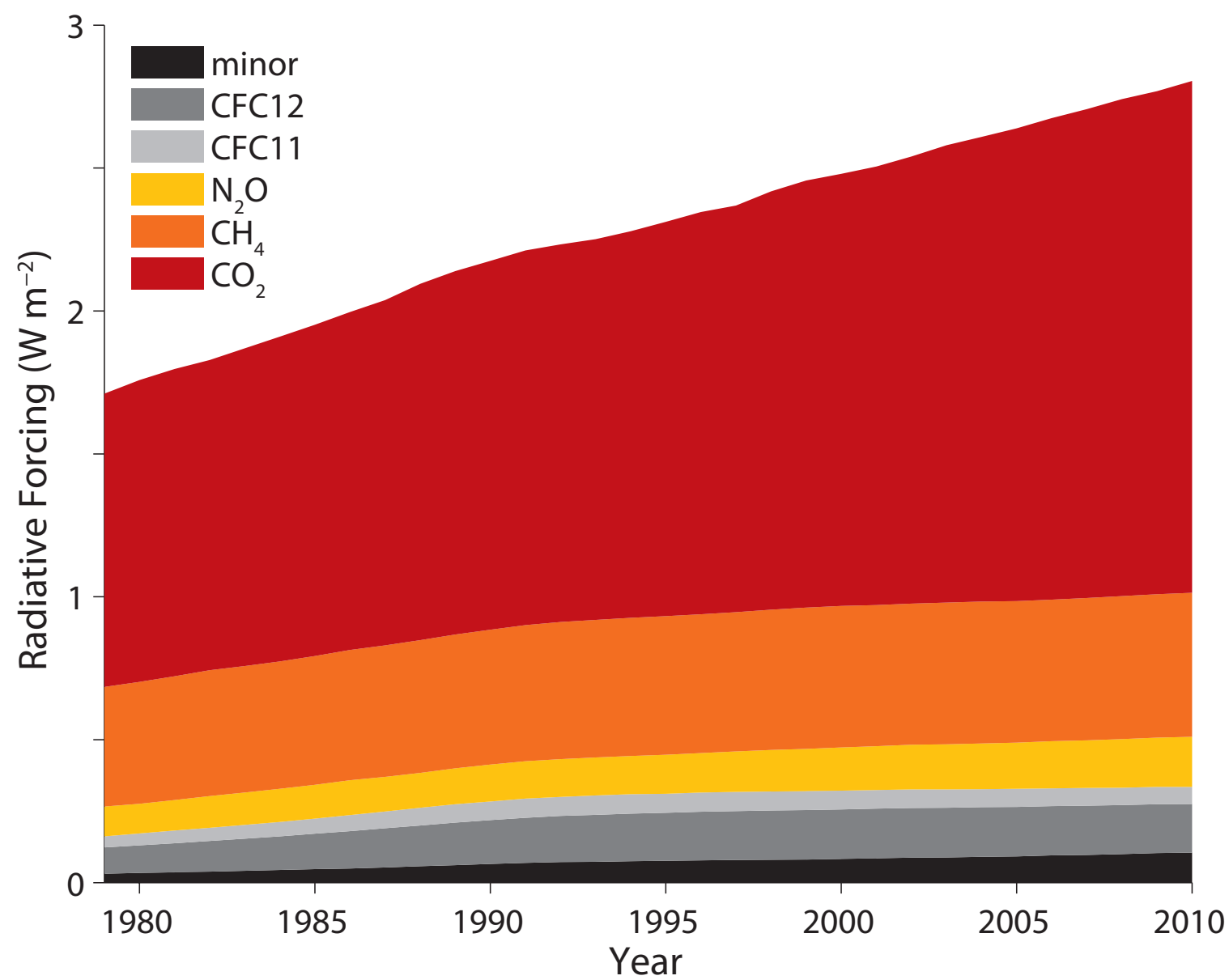
דו-תחמוצת הפחמן הינו "גז חממה" המשפיע על מאזן הקרינה של כדה"א



דו-תחמוצת הפחמן הינו "גז חממה" המשפיע על מאזן הקרינה של כדה"א



גם ריכוז גזי חממה אחרים בעשורים האחרונים



סיכום ביניים

- ריכוז דו-תחמוצת הפחמן עלה בכ-100 חלקי מיליון מאז 1958.
- הטמפרטורה הממוצעת עלתה בכ-1.2 מעלות מאז 1920.
- קרחונים יבשתיים וקרח ימי מגיבים לעלייה בטמפרטורה.

סיכום ביניים

- ריכוז דו-תחמוצת הפחמן עלה בכ-100 חלקי מיליון מאז 1958.
- הטמפרטורה הממוצעת עלתה בכ-1.2 מעלות מאז 1920.
- קרחונים יבשתיים וקרח ימי מגיבים לעלייה בטמפרטורה.
- האם האנושות היא הגורם?
- האם השינויים חריגים בראי הזמן?
- מה תהיה התגובה הכוללת של מערכת האקלים?

סיכום ביניים

- ריכוז דו-תחמוצת הפחמן עלה בכ-100 חלקי מיליון מאז 1958.
- הטמפרטורה הממוצעת עלתה בכ-1.2 מעלות מאז 1920.
- קרחונים יבשתיים וקרח ימי מגיבים לעלייה בטמפרטורה.

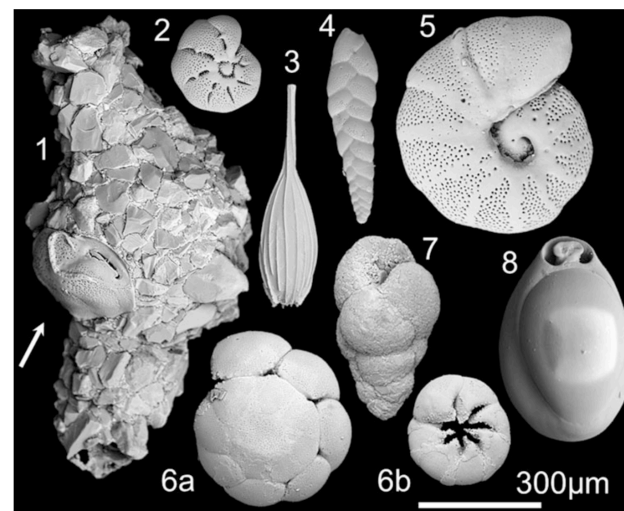
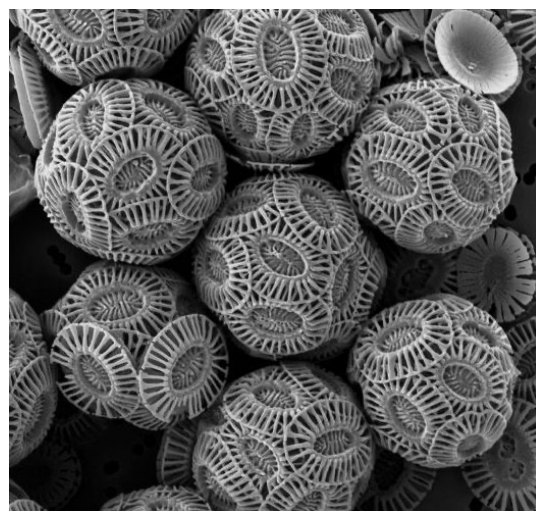
- האם האנושות היא הגורם?
- האם השינויים חריגים בראי הזמן?
- מה תהיה התגובה הכוללת של מערכת האקלים?

קשה לענות על השאלות הללו בשל היעדר הקשר ארוך-טווח.

סיכום ביניים

- ריכוז דו-תחמוצת הפחמן עלה בכ-100 חלקי מיליון מאז 1958.
- הטמפרטורה הממוצעת עלתה בכ-1.2 מעלות מאז 1920.
- קרחונים יבשתיים וקרח ימי מגיבים לעלייה בטמפרטורה.
- **האם האנושות היא הגורם?**
- **האם השינויים חריגים בראי הזמן?**
- **מה תהיה התגובה הכוללת של מערכת האקלים?**

ארכיבים גאולוגיים מאפשרים שיחזור אקלים קדום

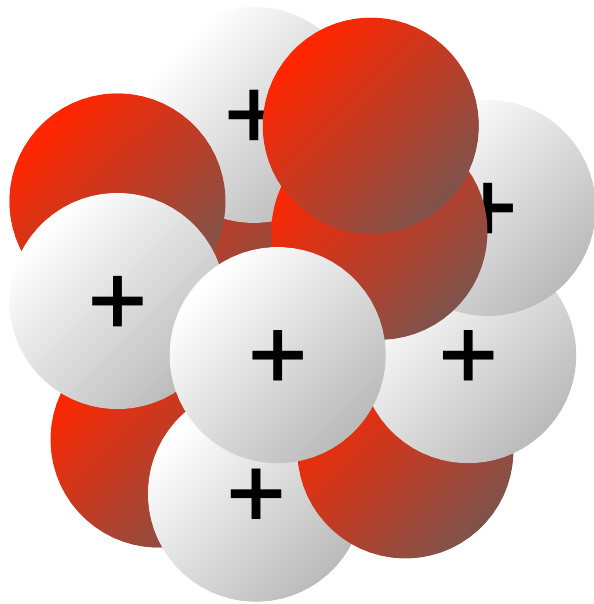


בועיות בקרח משמרות ארכיב אטמוספרי

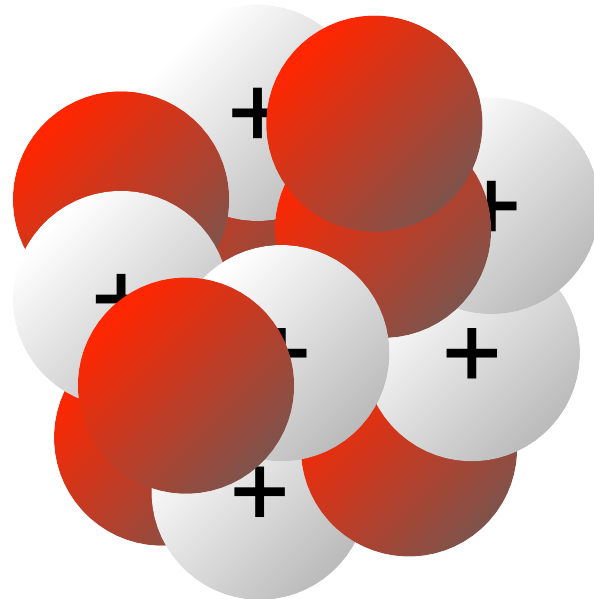


איזוטופים

$^{12}_6\text{C}$

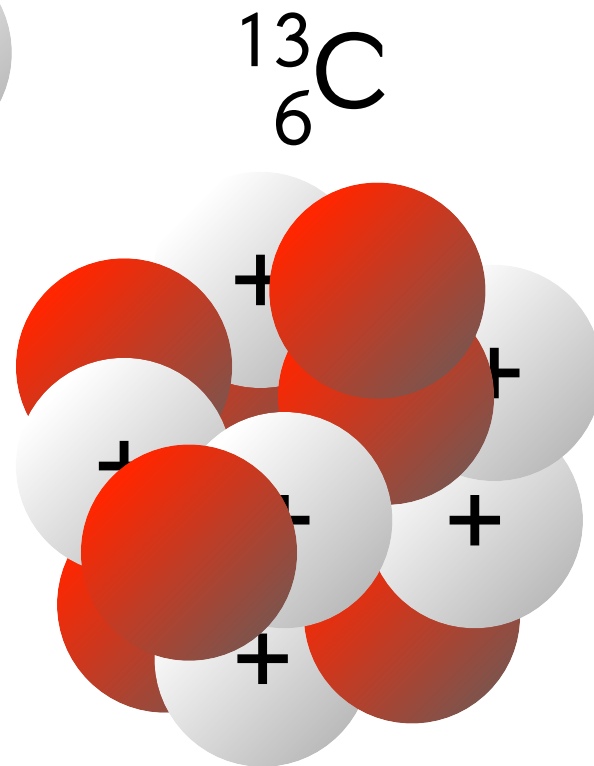
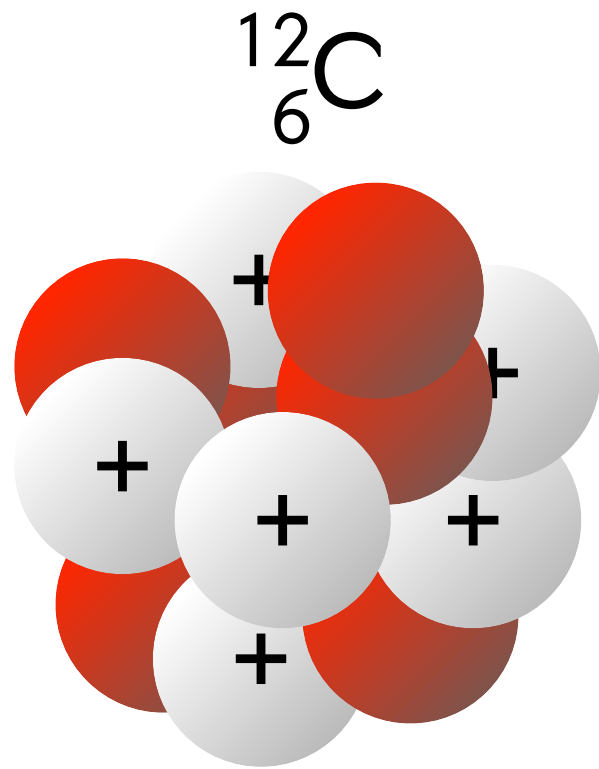


$^{13}_6\text{C}$



יציבים

איזוטופים

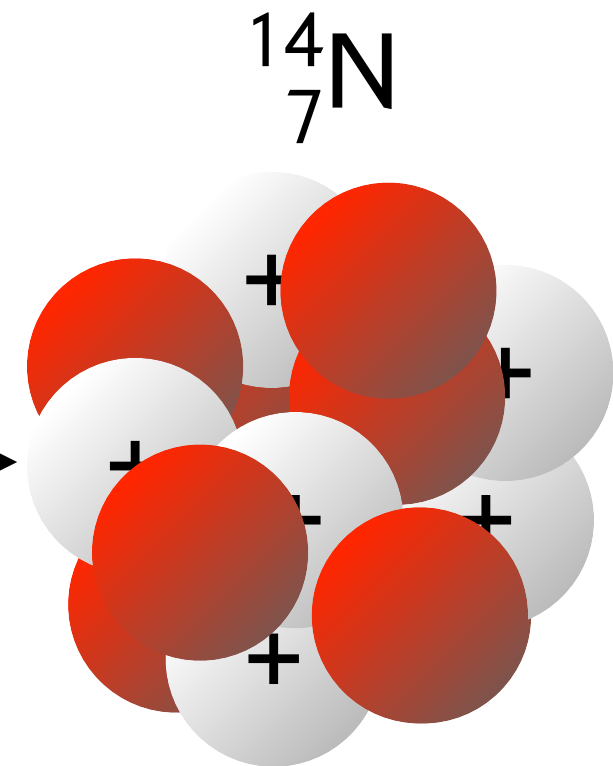
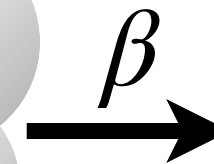
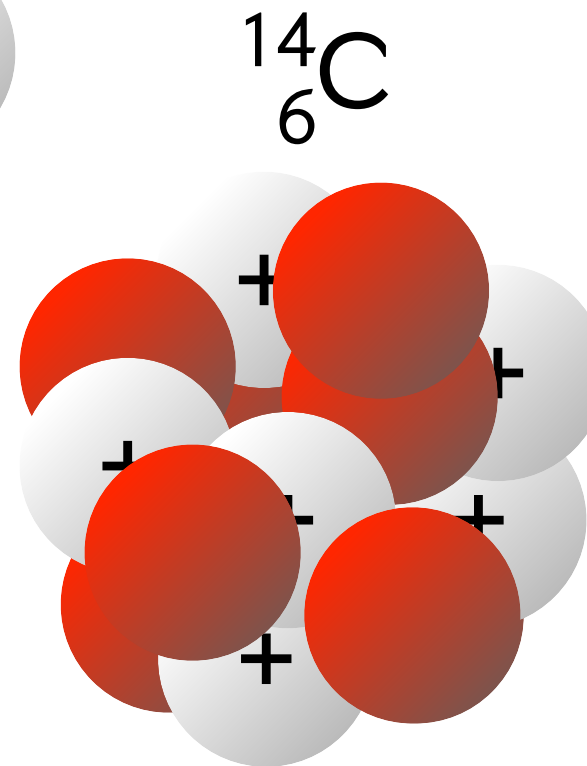
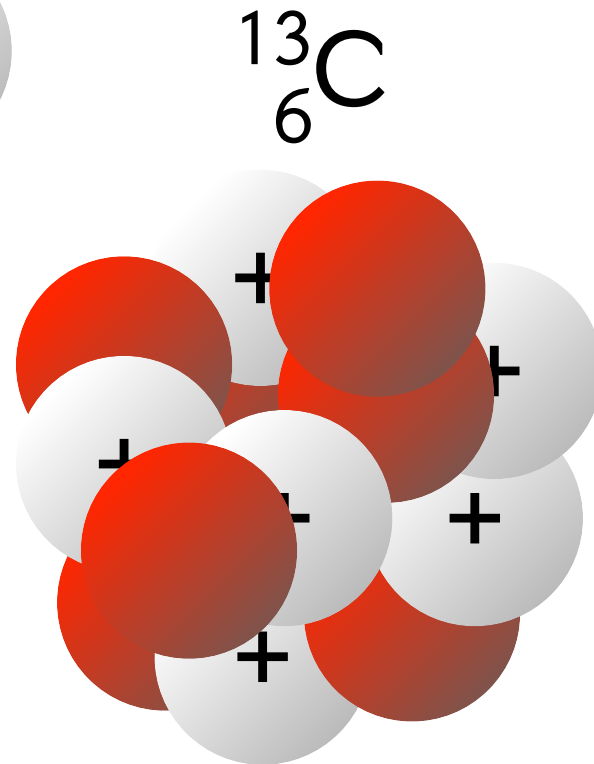
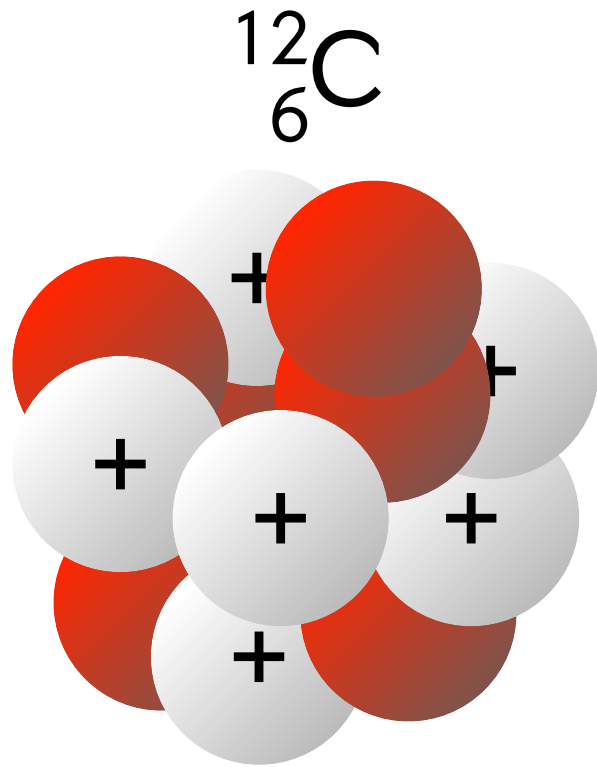


$$\delta^{13}\text{C} = \left(\frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sam}} - (^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{ref}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{ref}}} \right) \times 1000$$

יציבים

איזוטופים

$$\delta^{13}\text{C} = \left(\frac{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{sam}} - (^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{ref}}}{(^{13}\text{C}/^{12}\text{C})_{\text{ref}}} \right) \times 1000$$

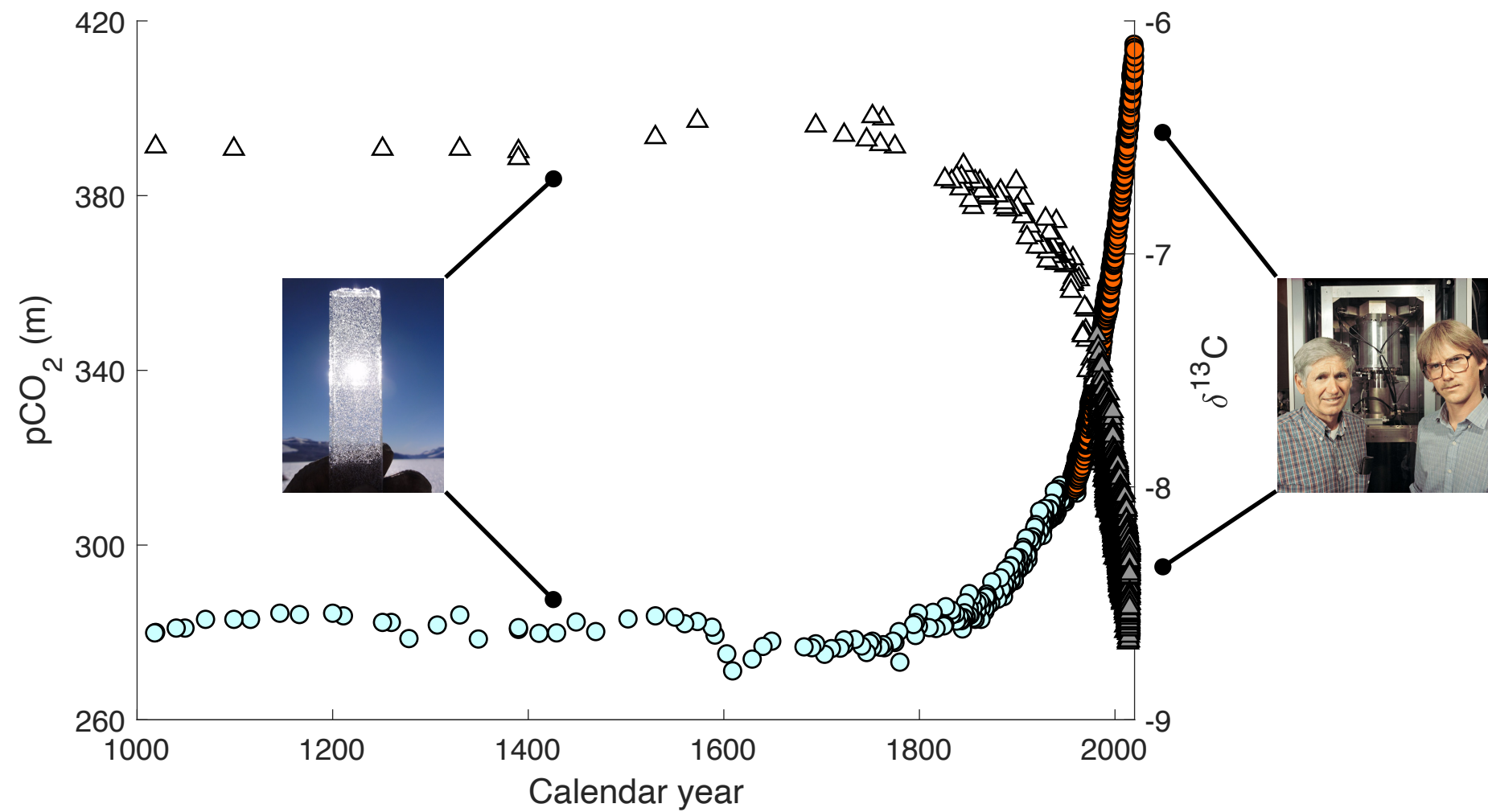


$\tau = 5,730 \text{ y}$

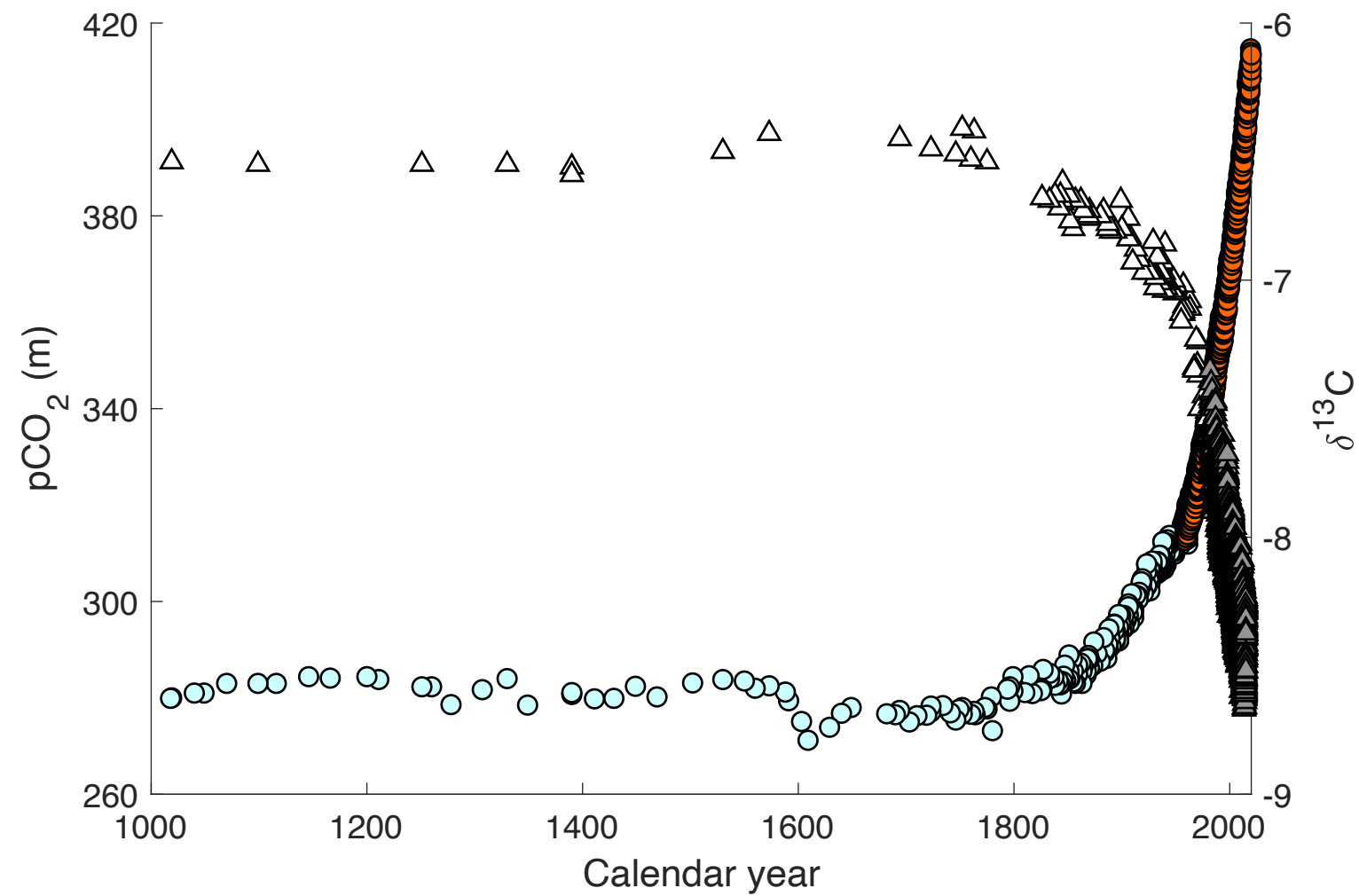
יציבים

רדיואקטיבי

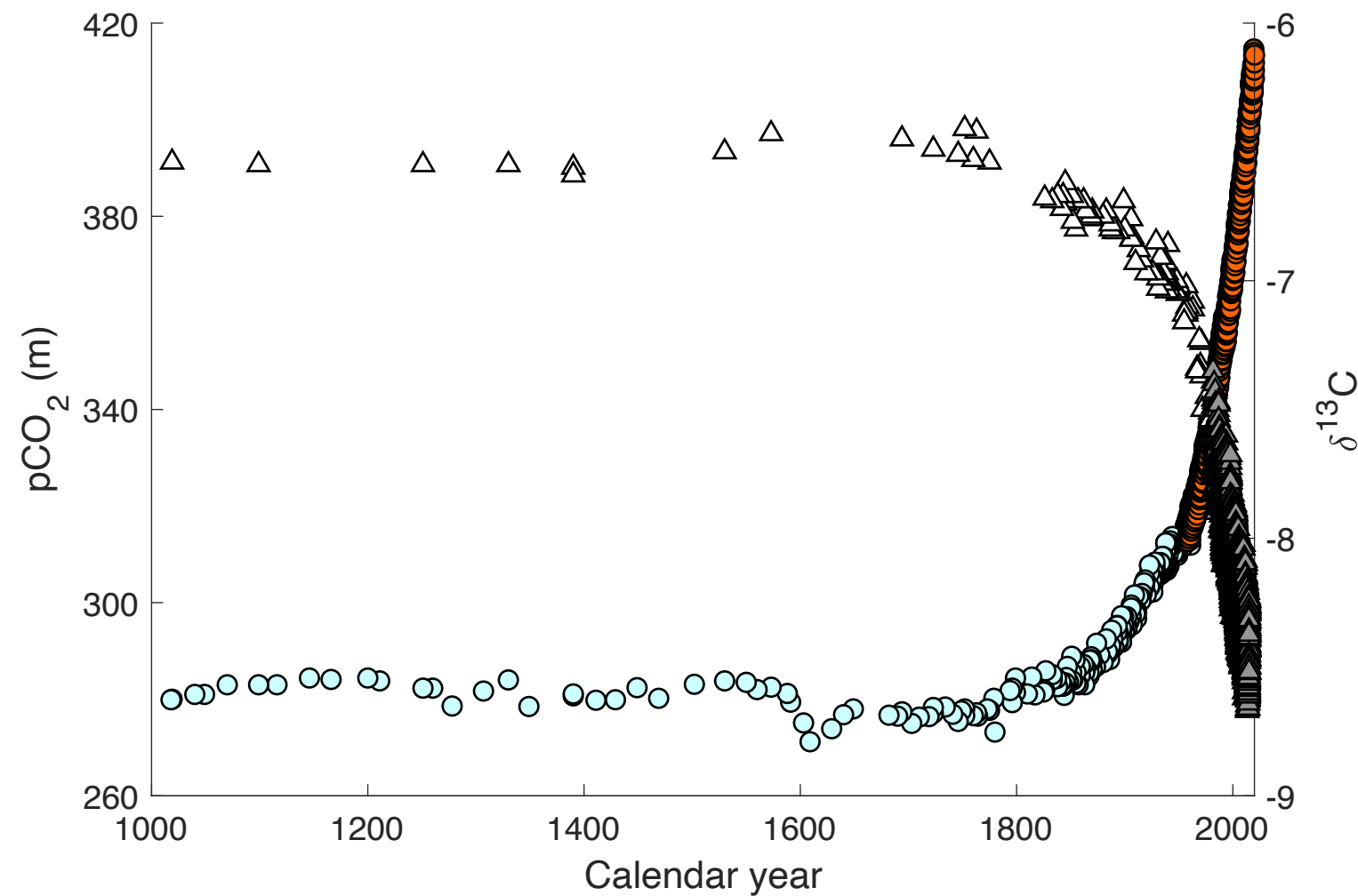
העלייה בריכוז דו-תחמוצת הפחמן מלווה בירידה ב- $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$



העלייה בריכוז דו-תחמוצת הפחמן מלווה בירידה ב- $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$

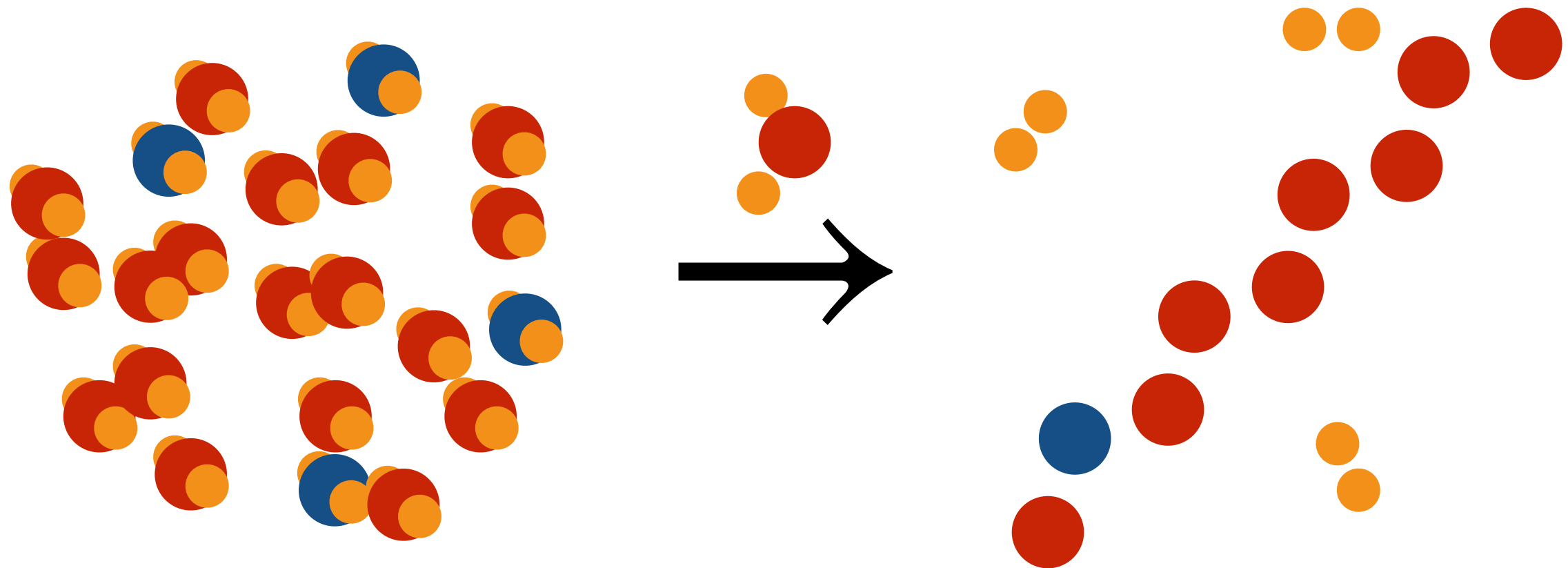


העלייה בריכוז דו-תחמוצת הפחמן מלווה בירידה ב- $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$



מכאן שמקור דו-תחמוצת הפחמן בפירוק של חומר אורגני.

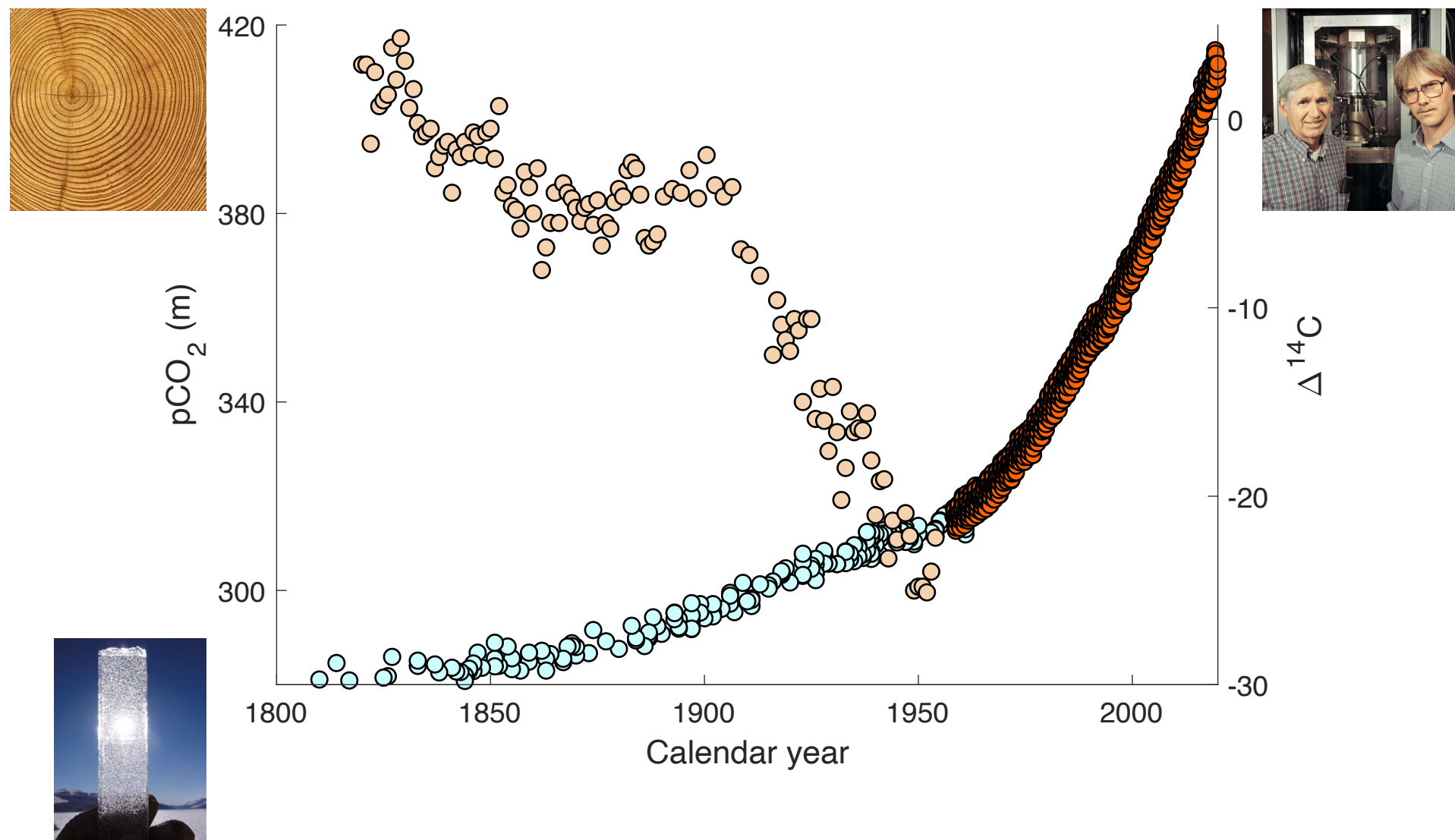
חומר אורגני דל ב- ^{13}C



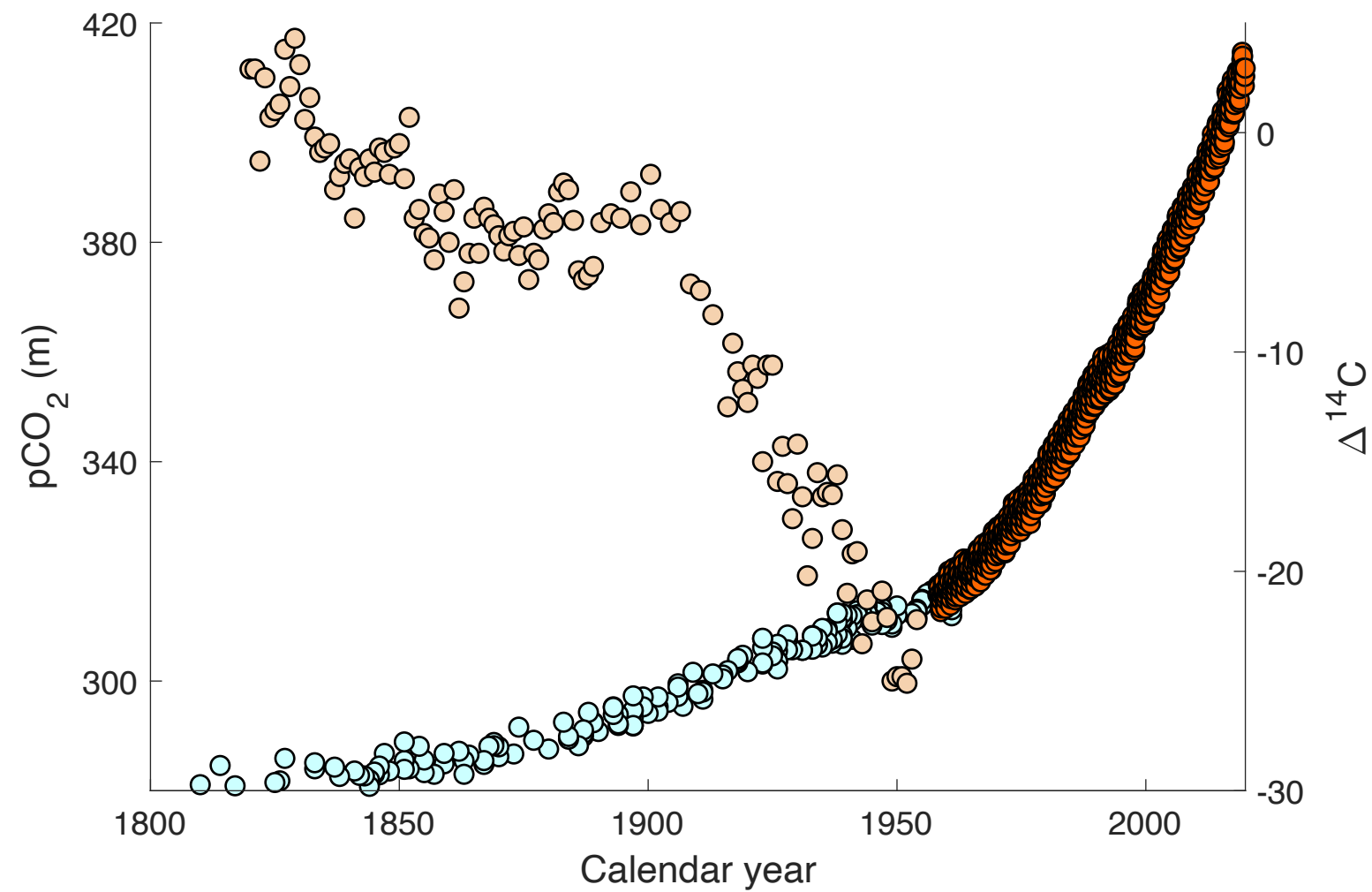
דו-תחמוצת הפחמן

חומר אורגני

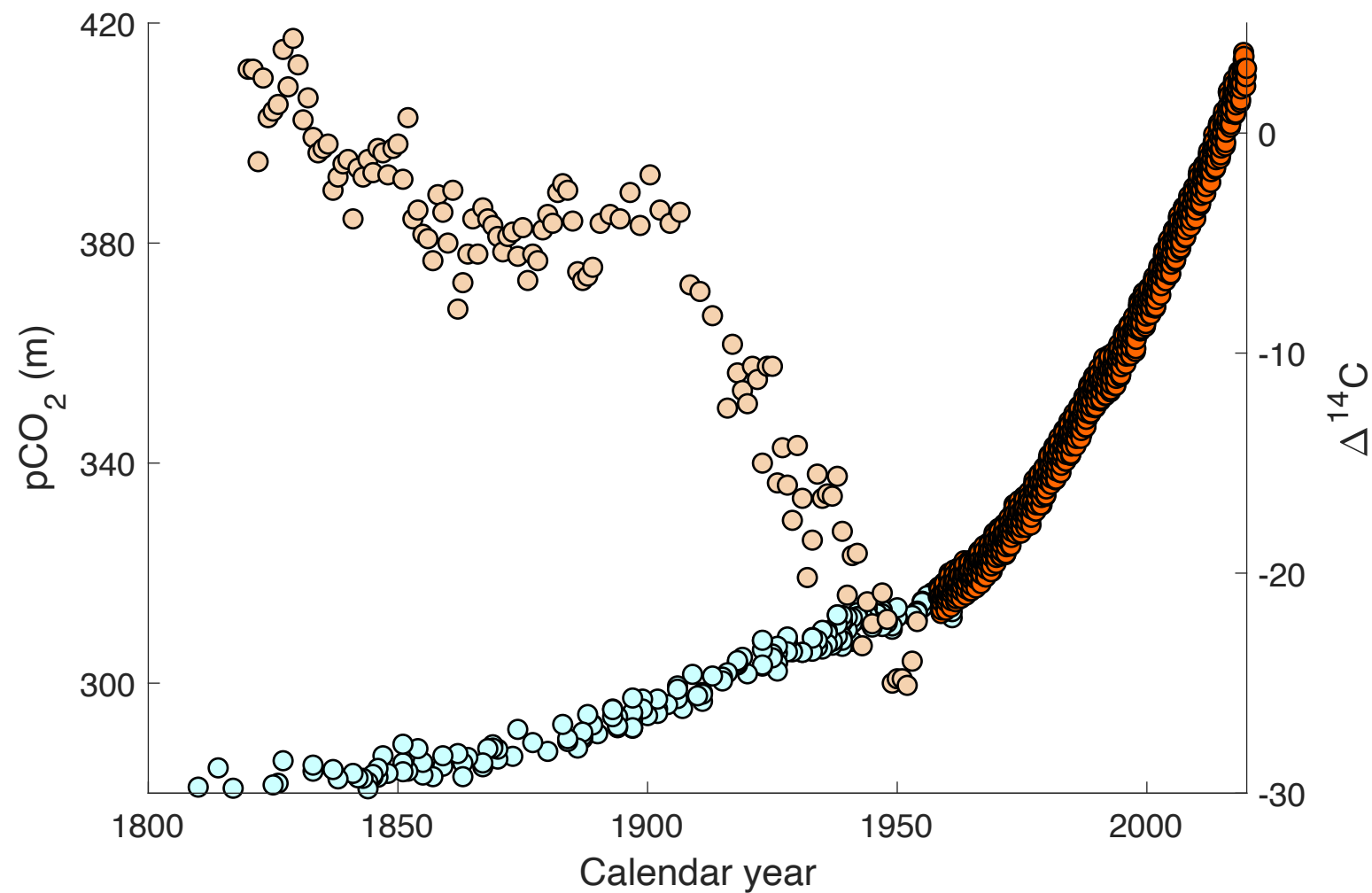
העלייה בריכוז דו-תחמוצת הפחמן מלווה בירידה ב- $\Delta^{14}\text{C}$



העלייה בריכוז דו-תחמוצת הפחמן מלווה בירידה ב- $\Delta^{14}\text{C}$

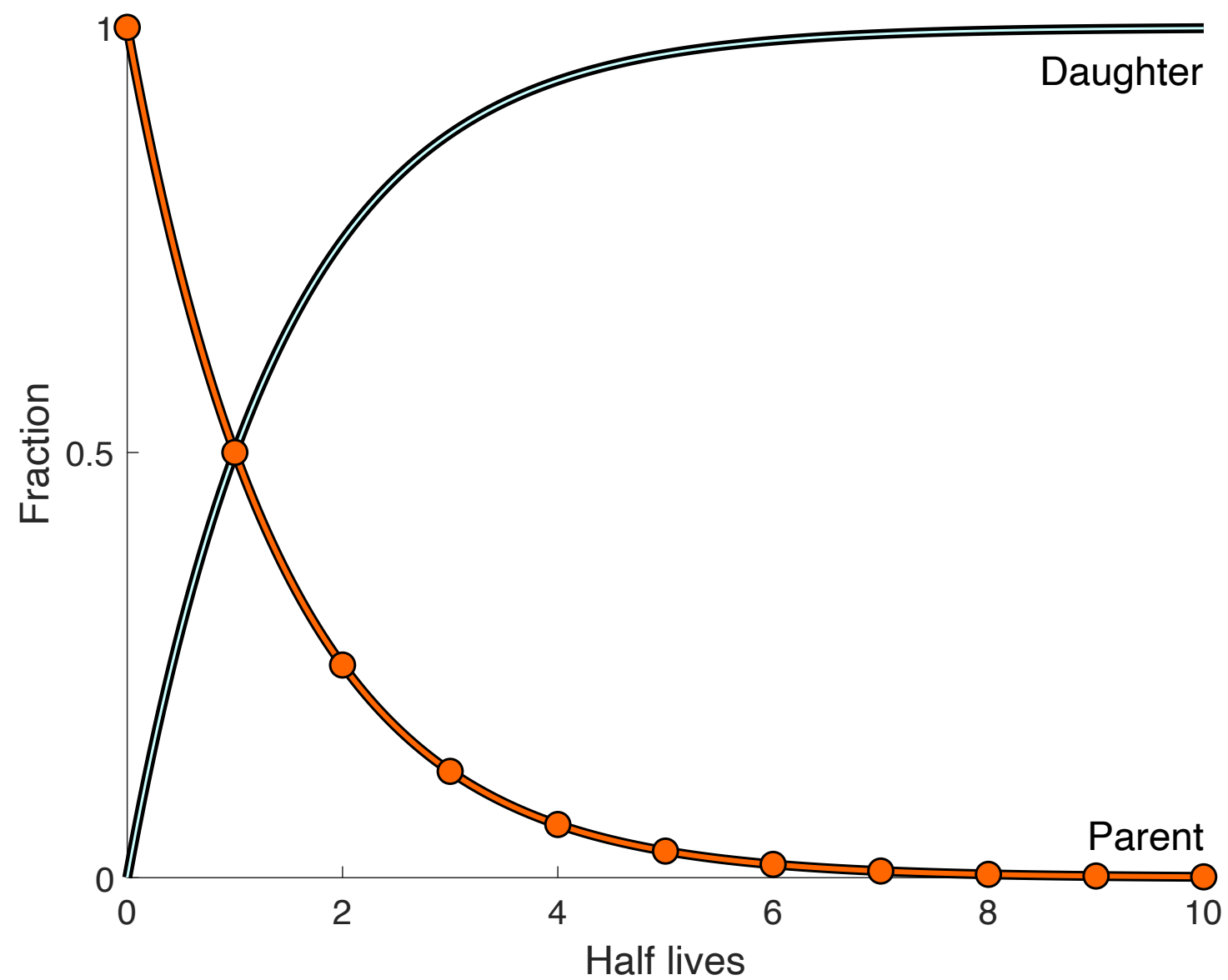


העלייה בריכוז דו-תחמוצת הפחמן מלווה ב- $\Delta^{14}\text{C}$



מכאן שמקור דו-תחמוצת הפחמן בחומר "עתיק".

חומר פחמני "עתיק" דל ב- ^{14}C



מקור העלייה בריכוז דו-תחמוצת

הפחמן הוא חומר **אורגני** **עתיק**

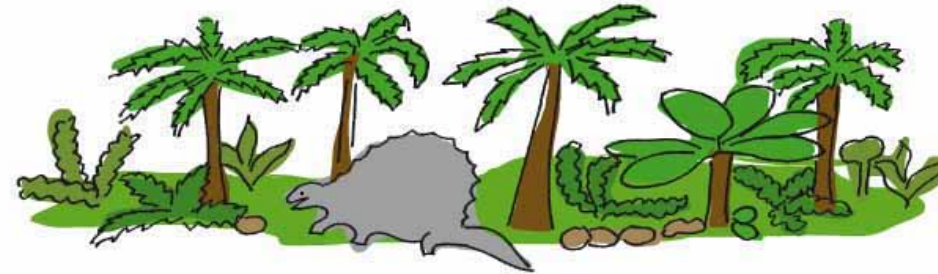
$\Delta^{14}\text{C}$ $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$

מקור העלייה בריכוז דו-תחמוצת

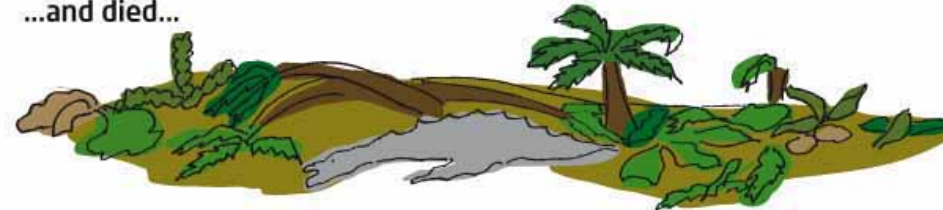
הפחמן הוא חומר אורגני עתיק

$\Delta^{14}\text{C}$ $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$

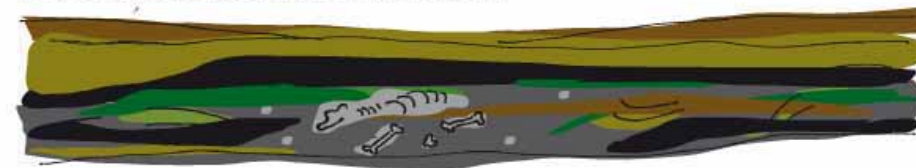
Ancient forests lived...



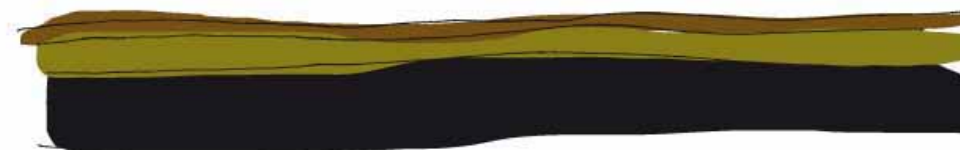
...and died...



...and were buried and compressed...

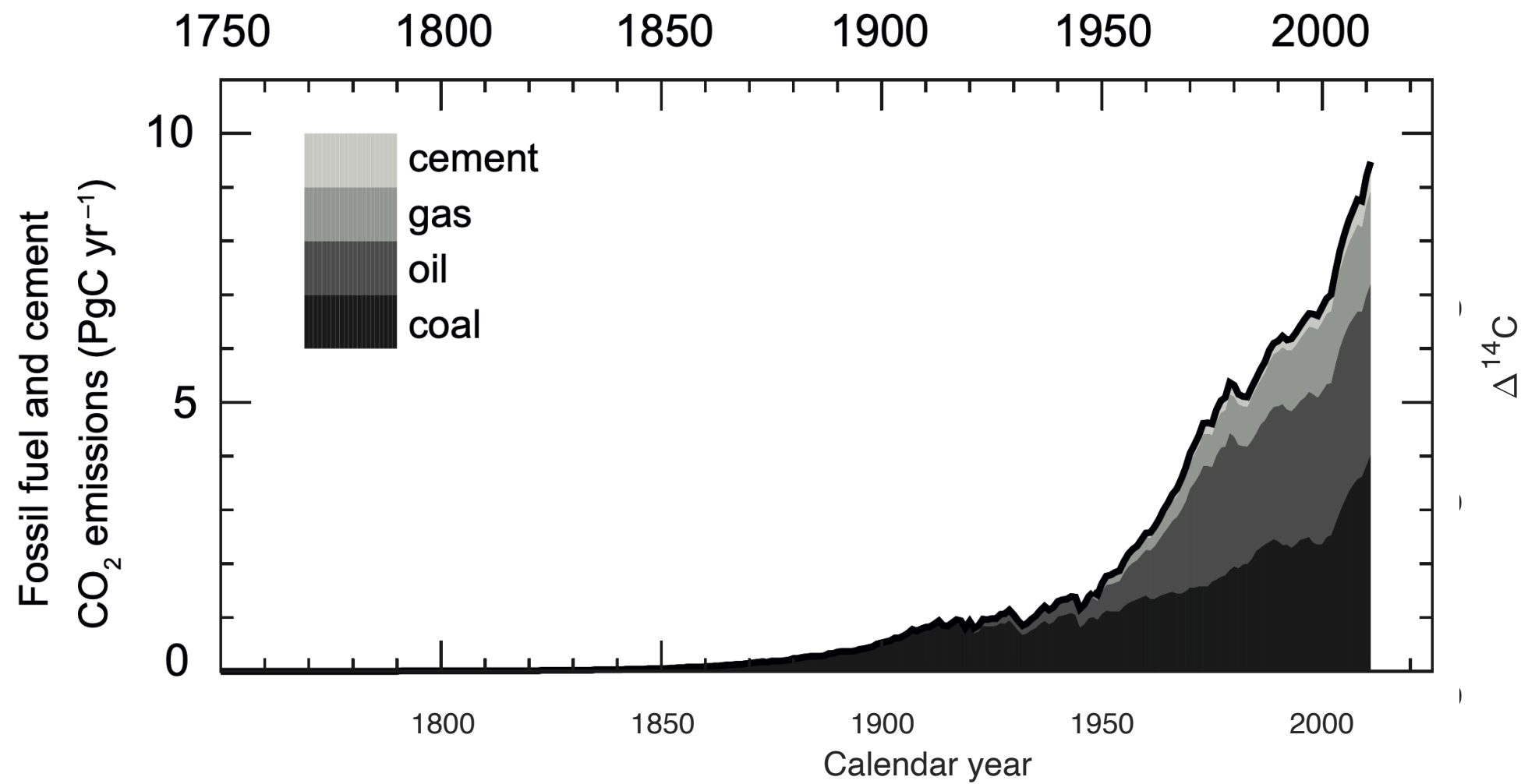


...to form coal.

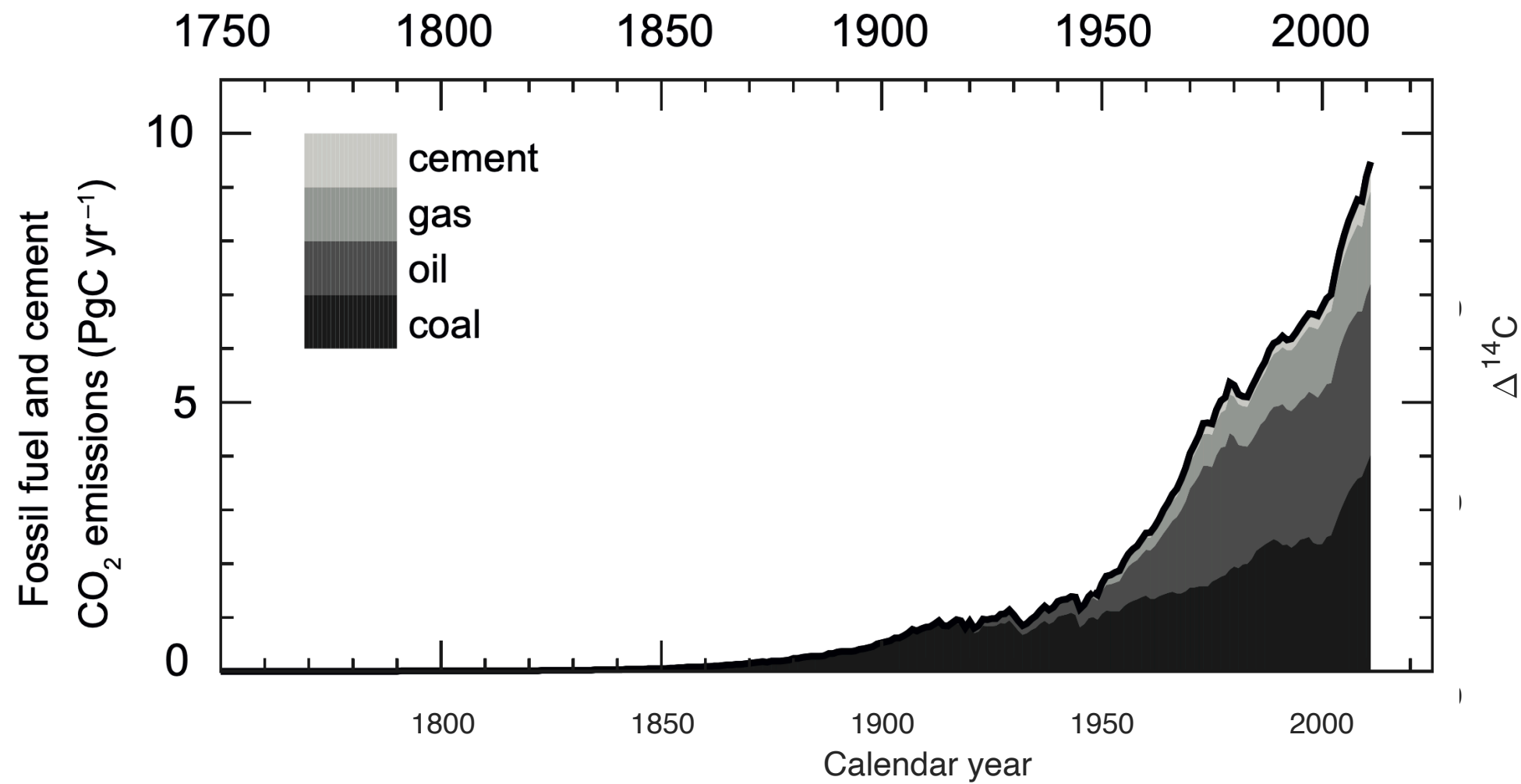


פחם, גז ונפט

הנתונים הגיאוכימיים מגבים נתונים כלכליים



הנתונים הגיאוכימיים מגבים נתונים כלכליים

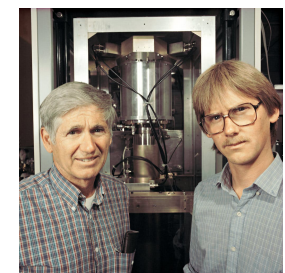
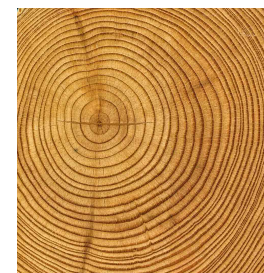
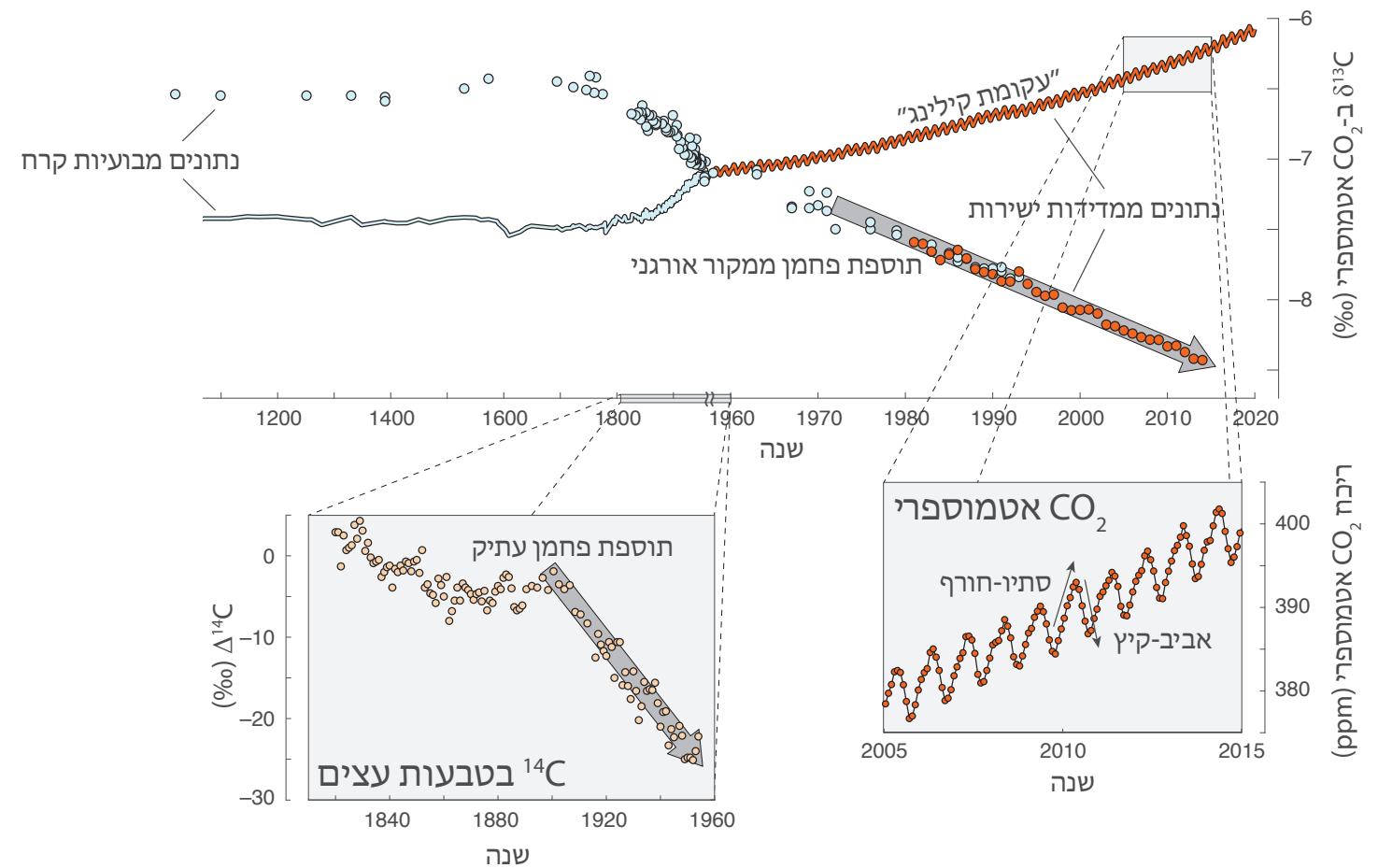


סיכום ביניים

- ריכוז דו-תחמוצת הפחמן עלה בכ-100 חלקי מיליון מאז 1958.
- הטמפרטורה הממוצעת עלתה בכ-1.2 מעלות מאז 1920.
- קרחונים יבשתיים וקרח ימי מגיבים לעלייה בטמפרטורה.
- ✓ **האם האנושות היא הגורם?**
- **האם השינויים חריגים בראי הזמן?**
- **מה תהיה התגובה הכוללת של מערכת האקלים?**

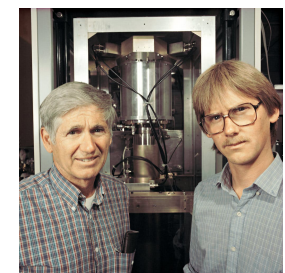
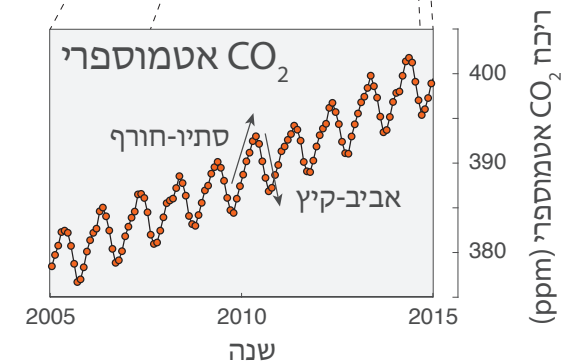
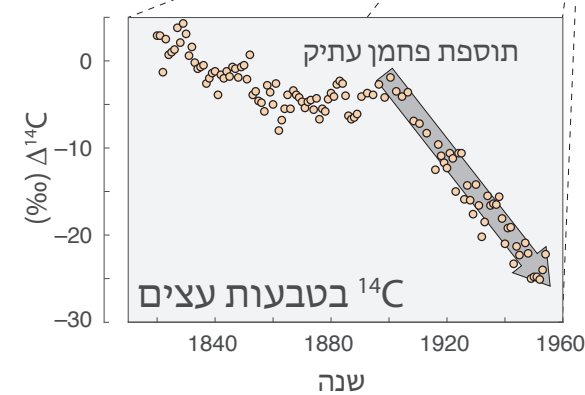
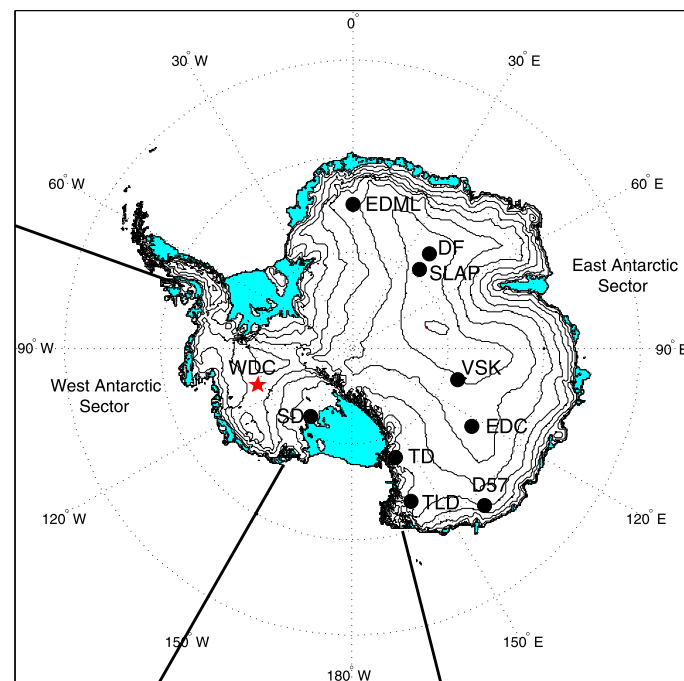
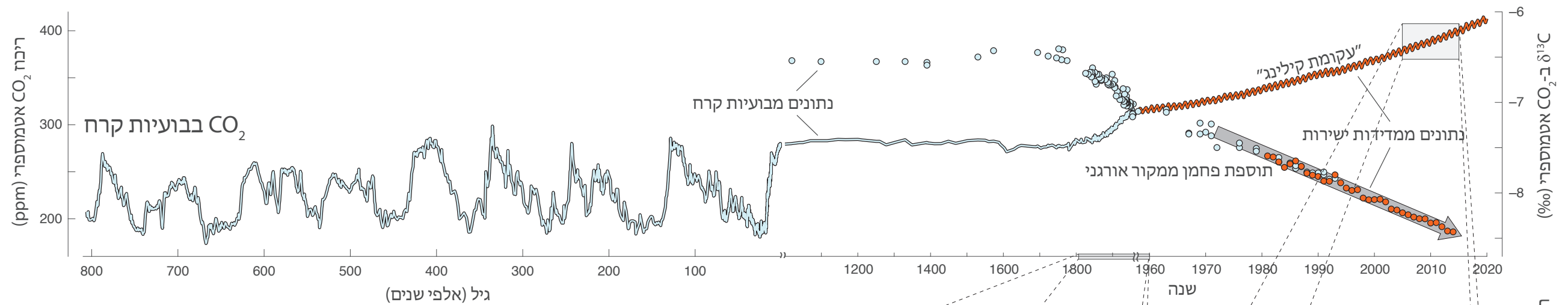
ריכוז דו-תחמוצת הפחמן מאז המהפכה התעשייתית

חריג באלף השנים האחרונות



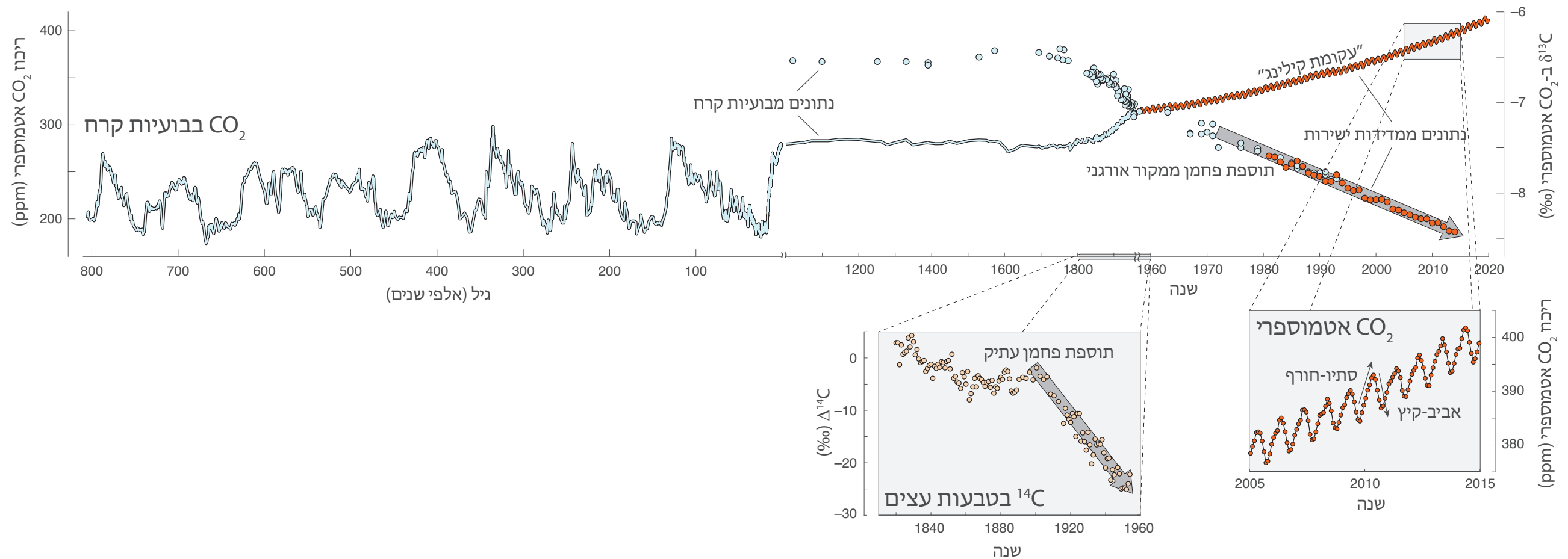
ריכוז דו-תחמוצת הפחמן מאז המהפכה התעשייתית

חריג במיליון השנים האחרונות



ריכוז דו-תחמוצת הפחמן מאז המהפכה התעשייתית

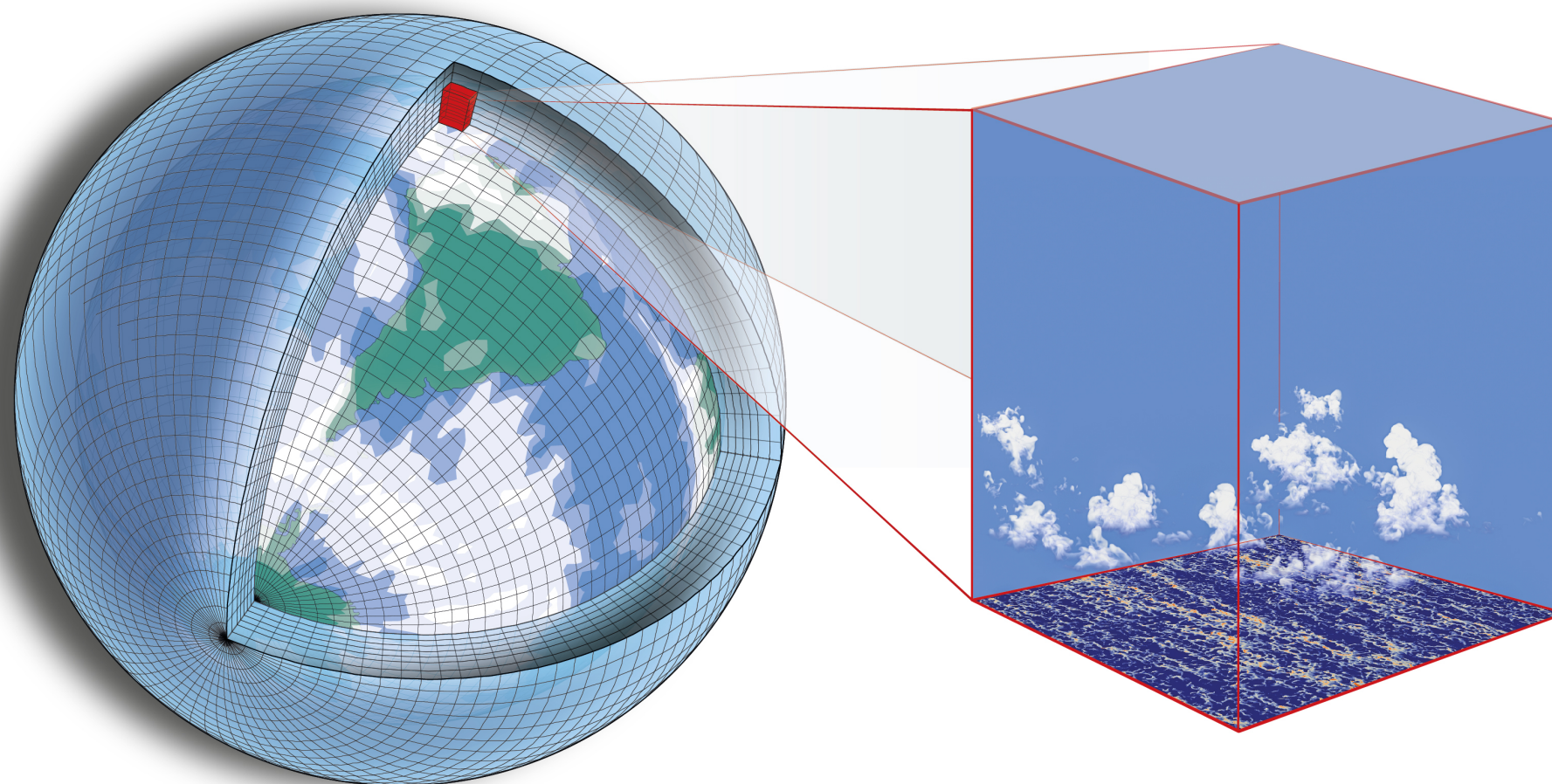
חריג במיליון השנים האחרונות



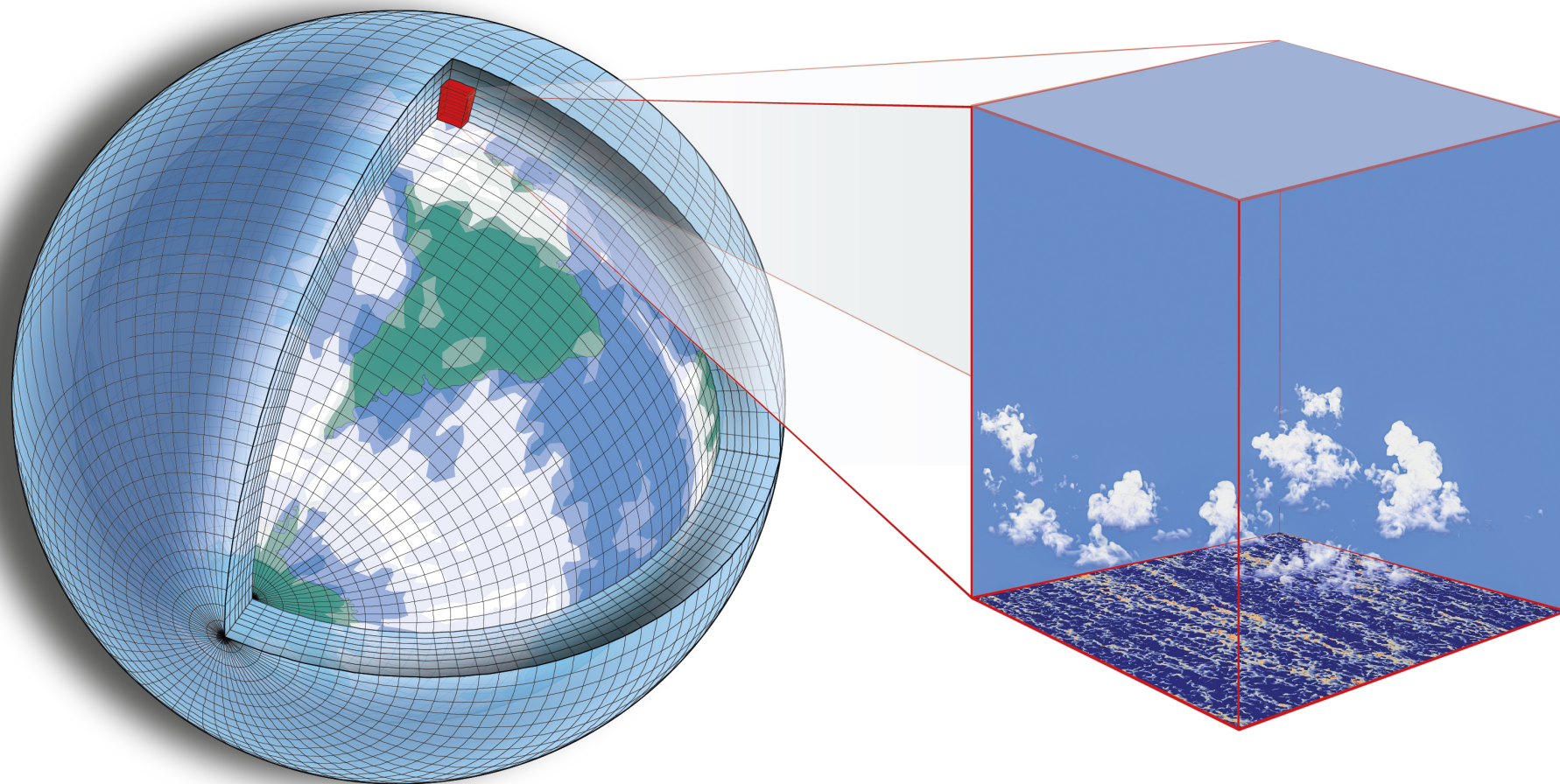
סיכום ביניים

- ריכוז דו-תחמוצת הפחמן עלה בכ-100 חלקי מיליון מאז 1958.
- הטמפרטורה הממוצעת עלתה בכ-1.2 מעלות מאז 1920.
- קרחונים יבשתיים וקרח ימי מגיבים לעלייה בטמפרטורה.
- ✓ האם האנושות היא הגורם?
- ✓ האם השינויים חריגים בראי הזמן?
- מה תהיה התגובה הכוללת של מערכת האקלים?

חיזוי אקלים מתבצע באמצעות מודלים ממוחשבים

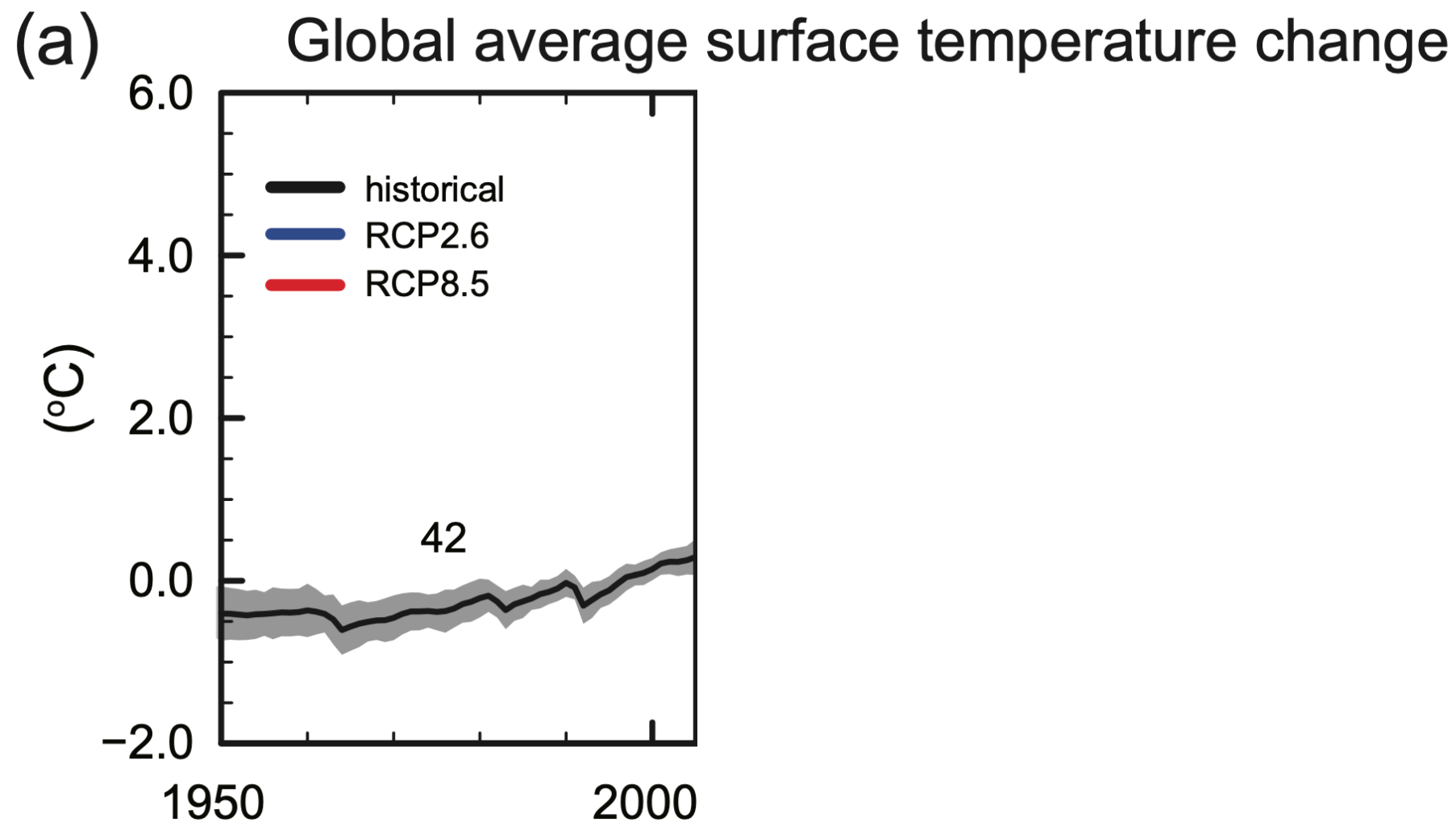


חיזוי אקלים מתבצע באמצעות מודלים ממוחשבים

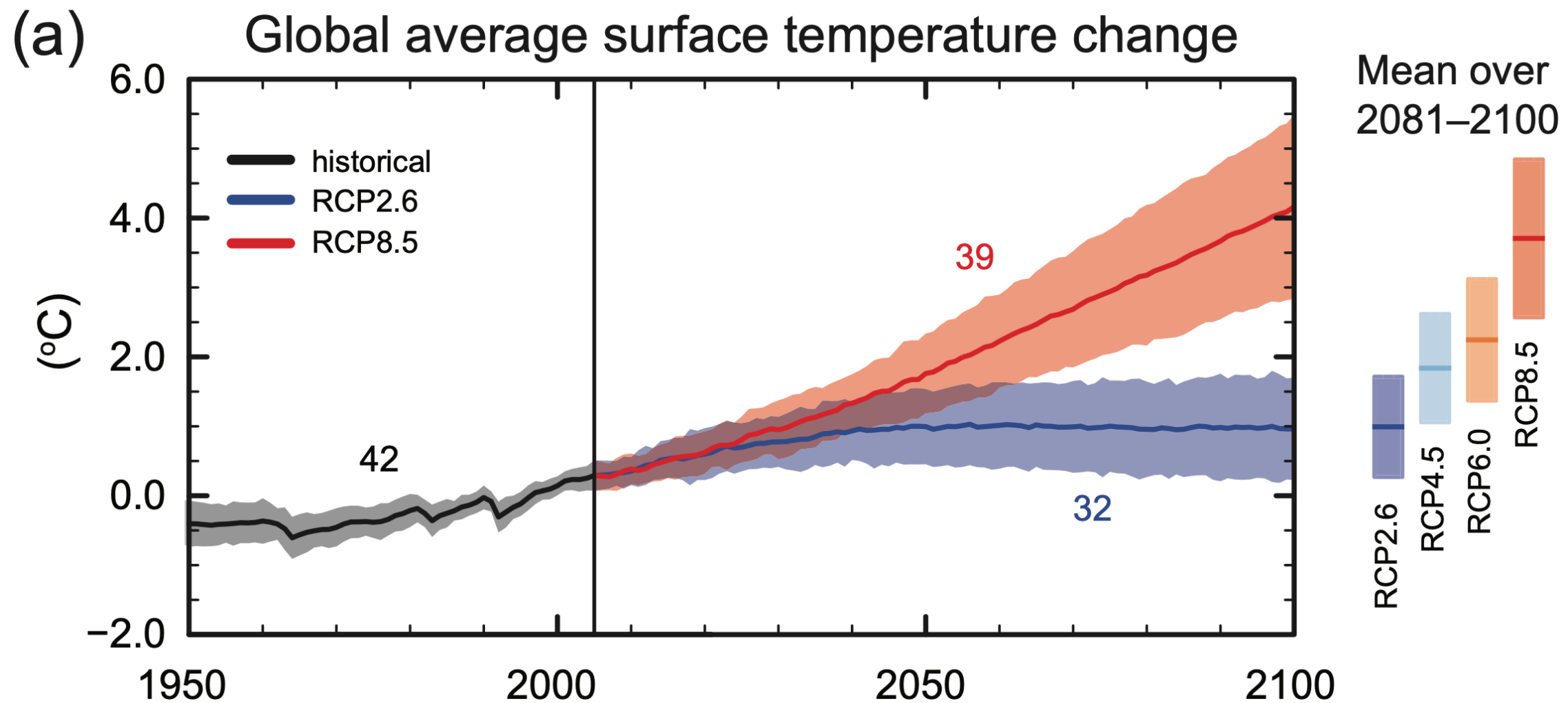


התהליכים הרלוונטיים מכסים רצף עצום של טווחי זמן ומרחב.

אי הסכמה בין המודלים מייצרת
אי וודאות לגבי התגובה האקלימית



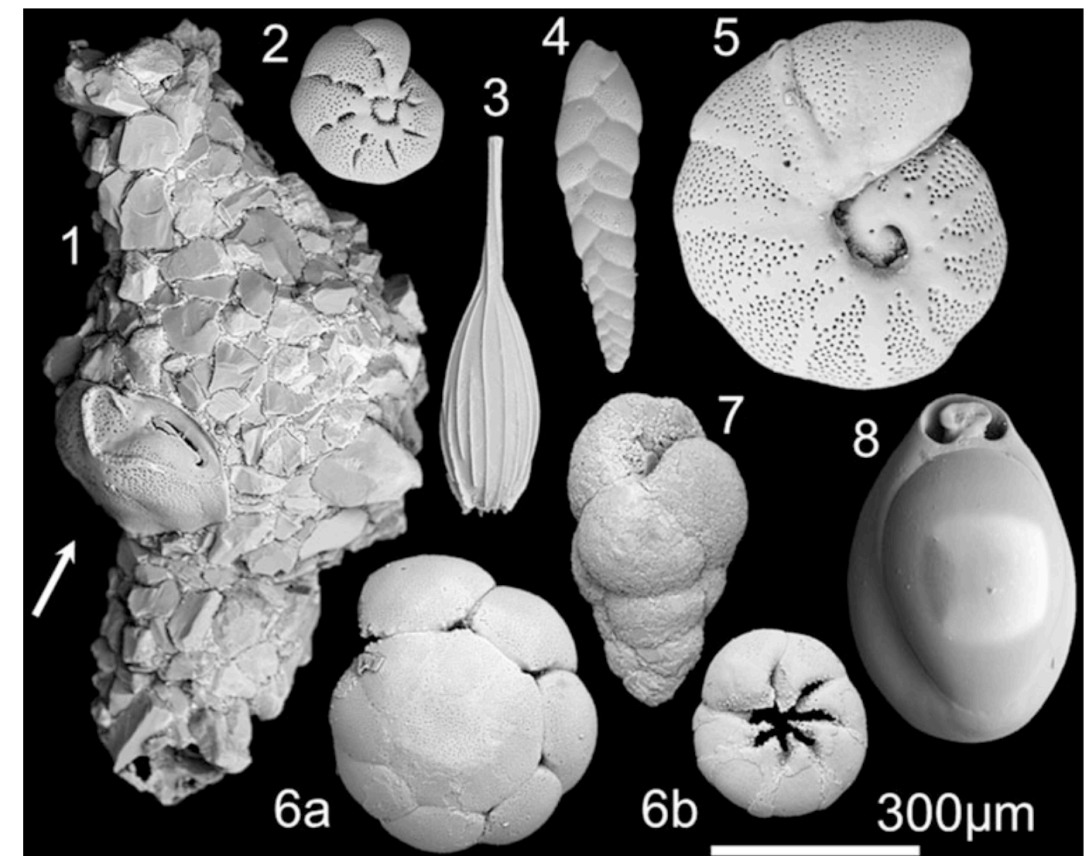
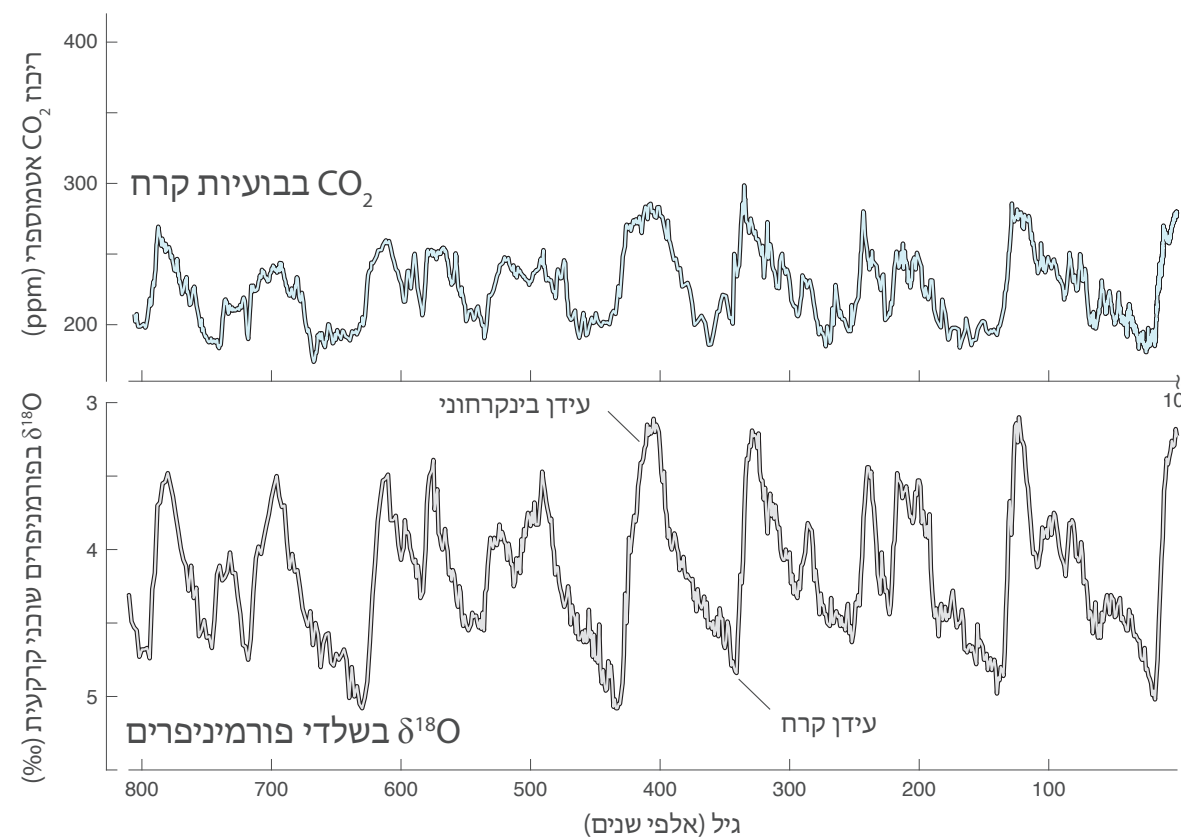
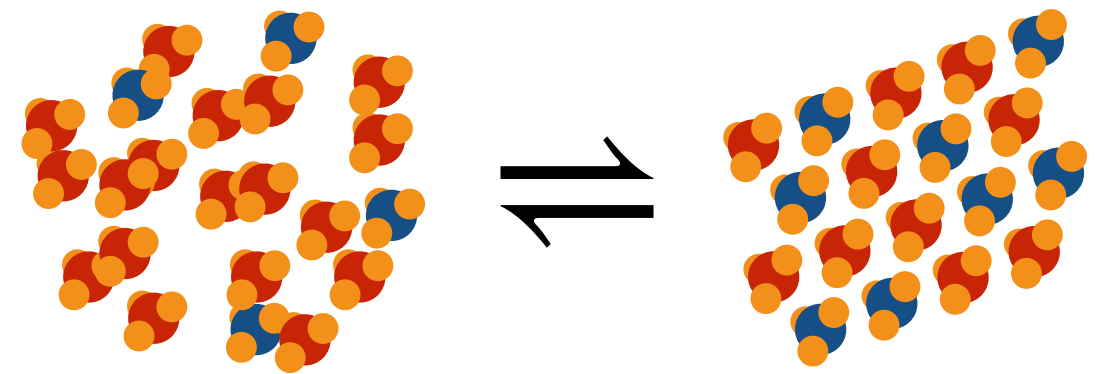
אי הסכמה בין המודלים מייצרת אי וודאות לגבי התגובה האקלימית



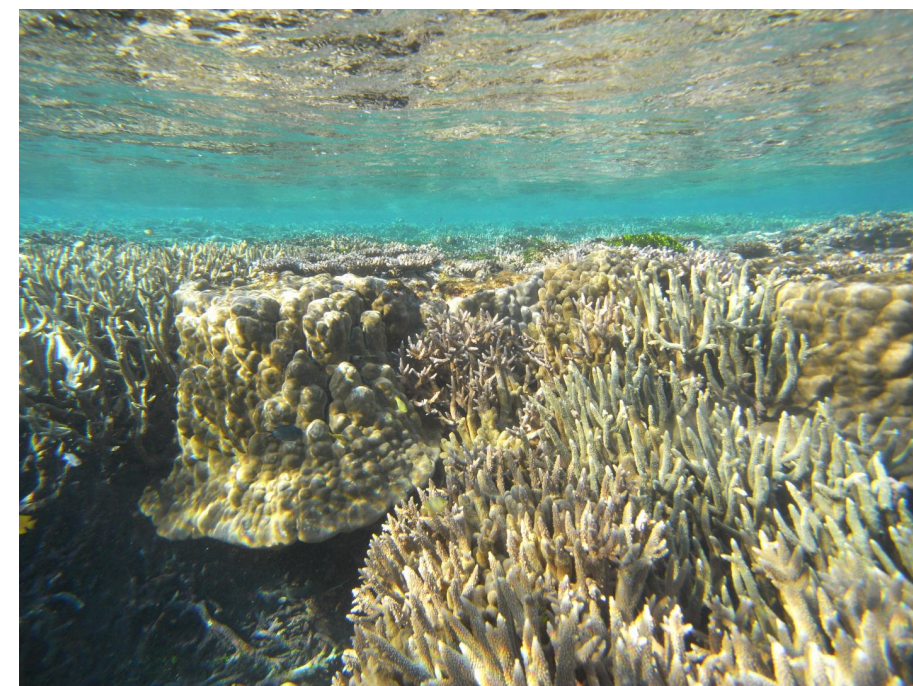
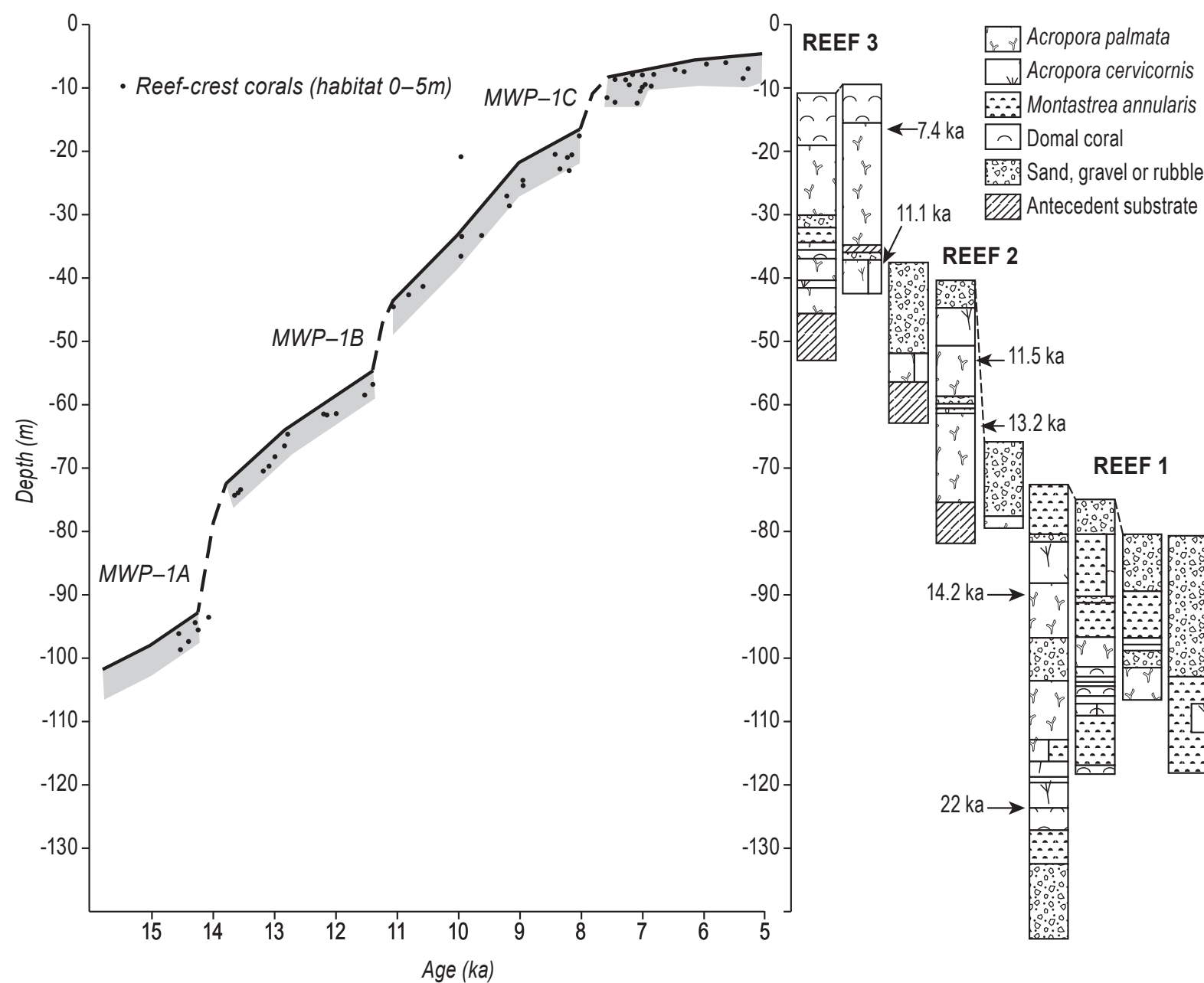
האם ניתן ללמוד מהעבר הגיאולוגי על רגישות האקלים לשינויים בריכוז דו-תחמוצת הפחמן?



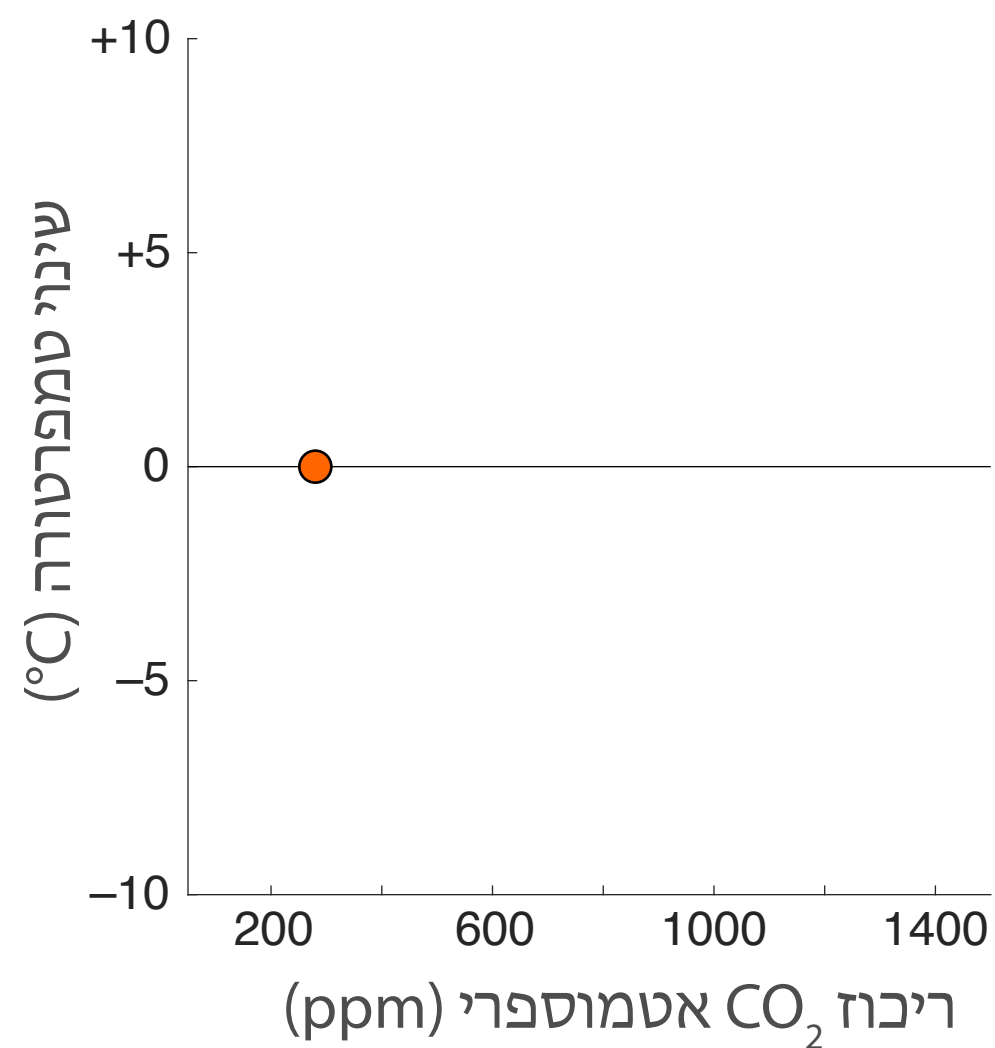
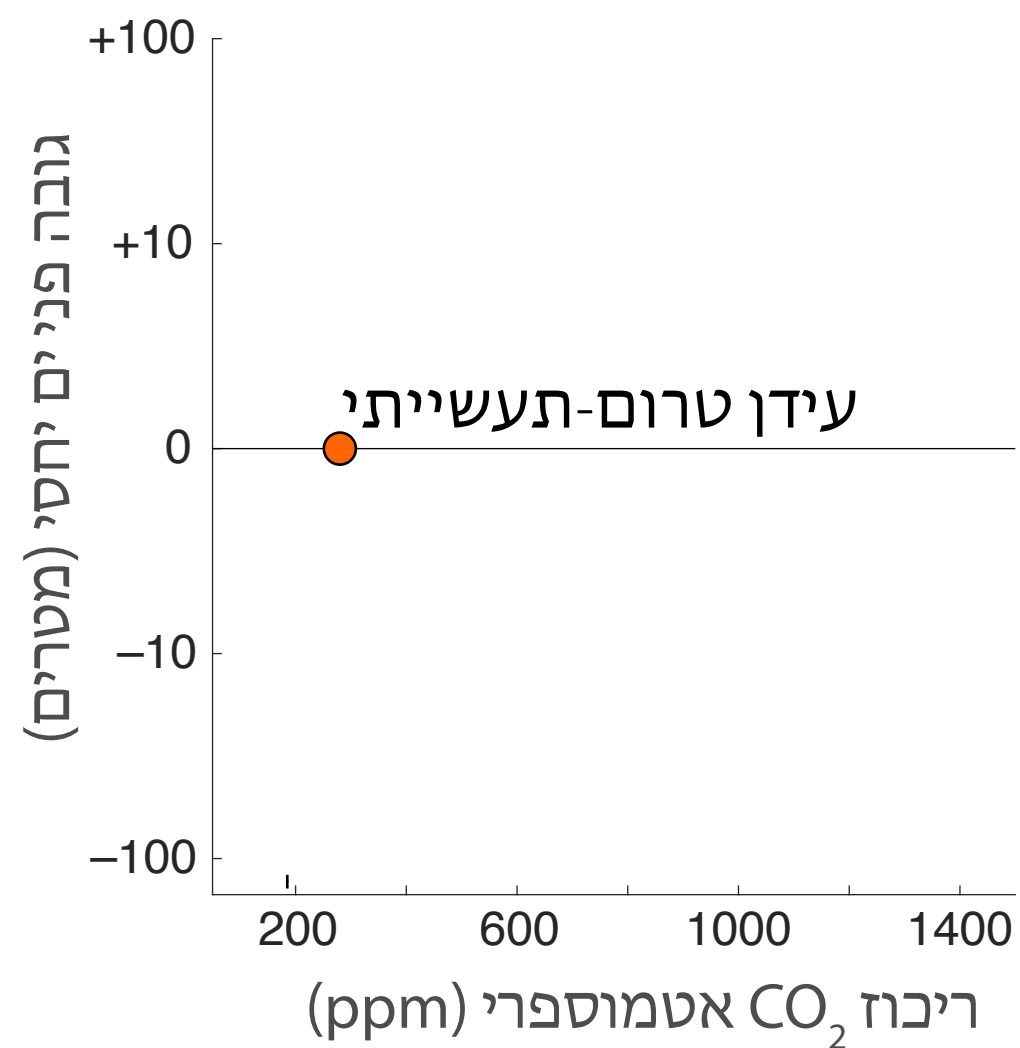
נתמקד בטמפרטורה ובגובה פני הים



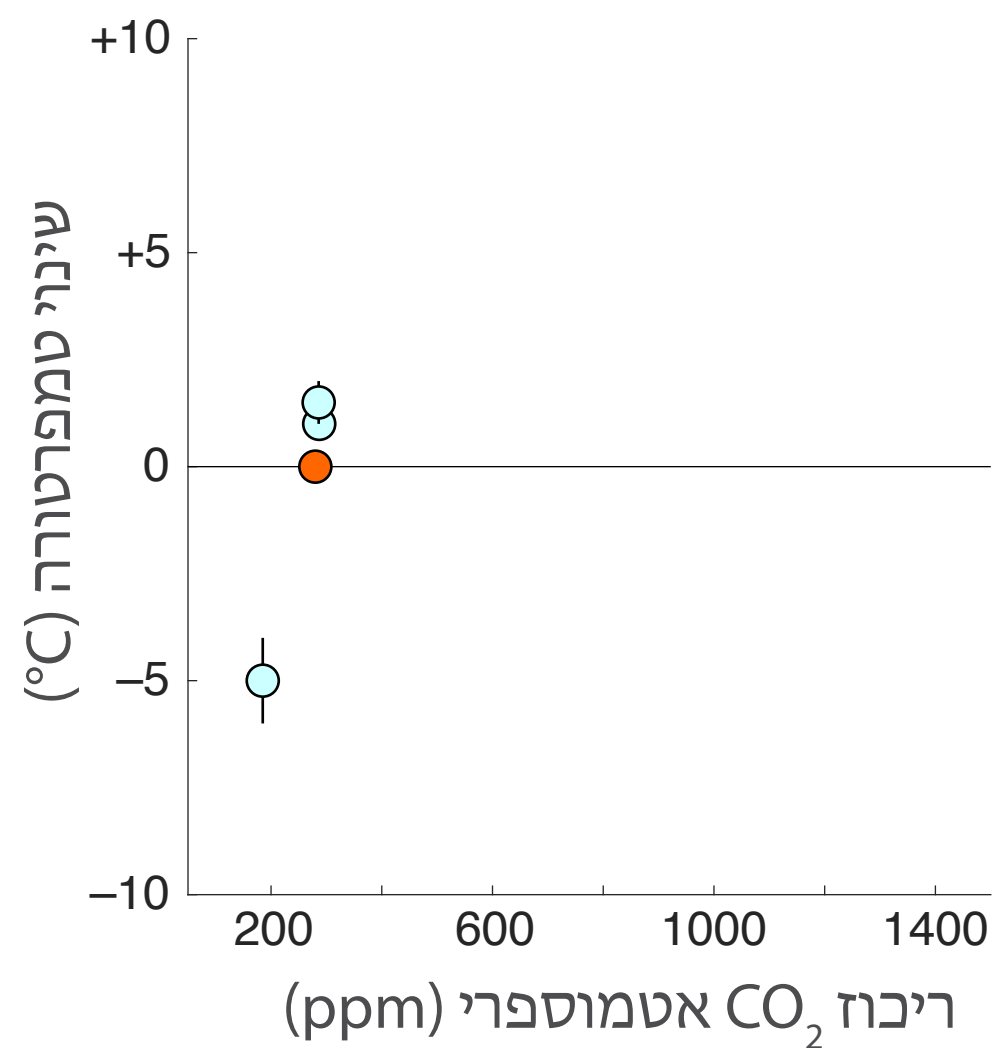
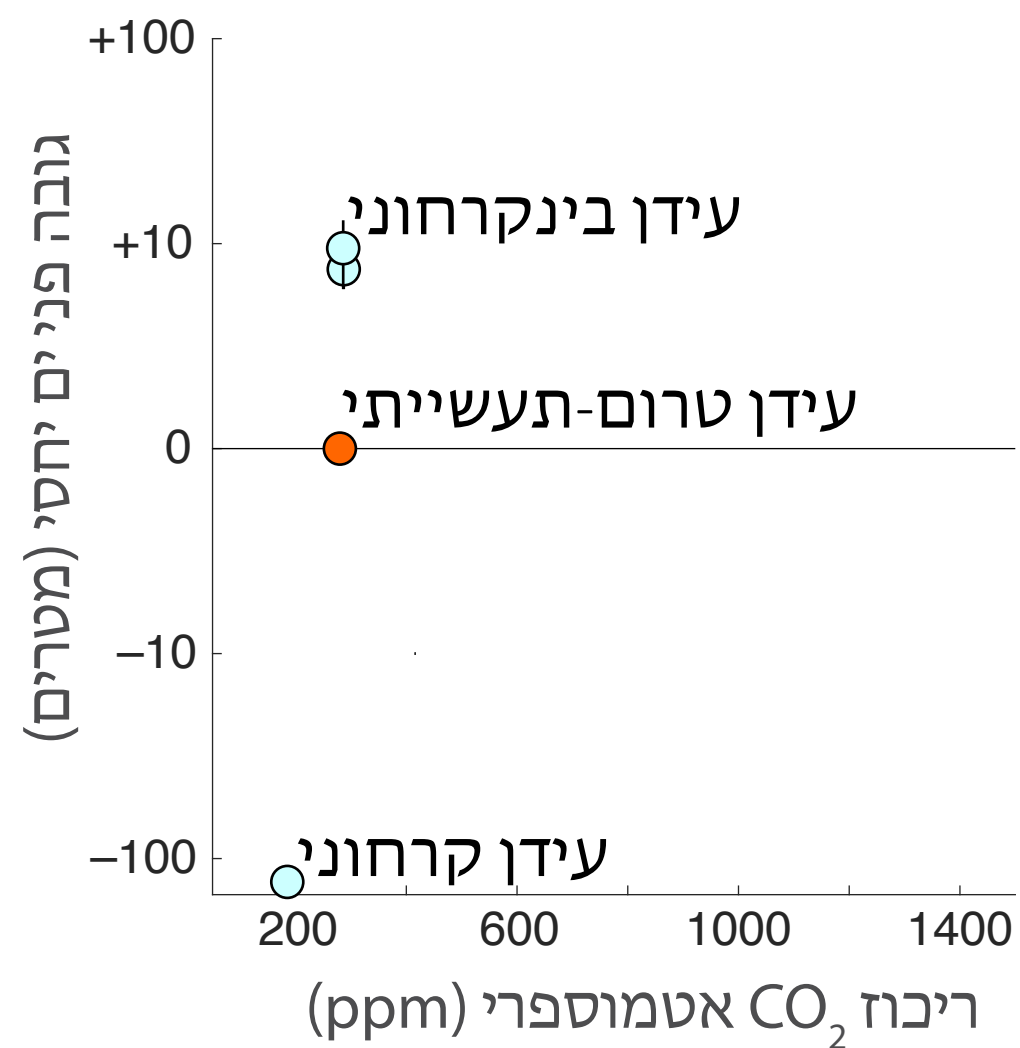
נתמקד בטמפרטורה ובגובה פני הים



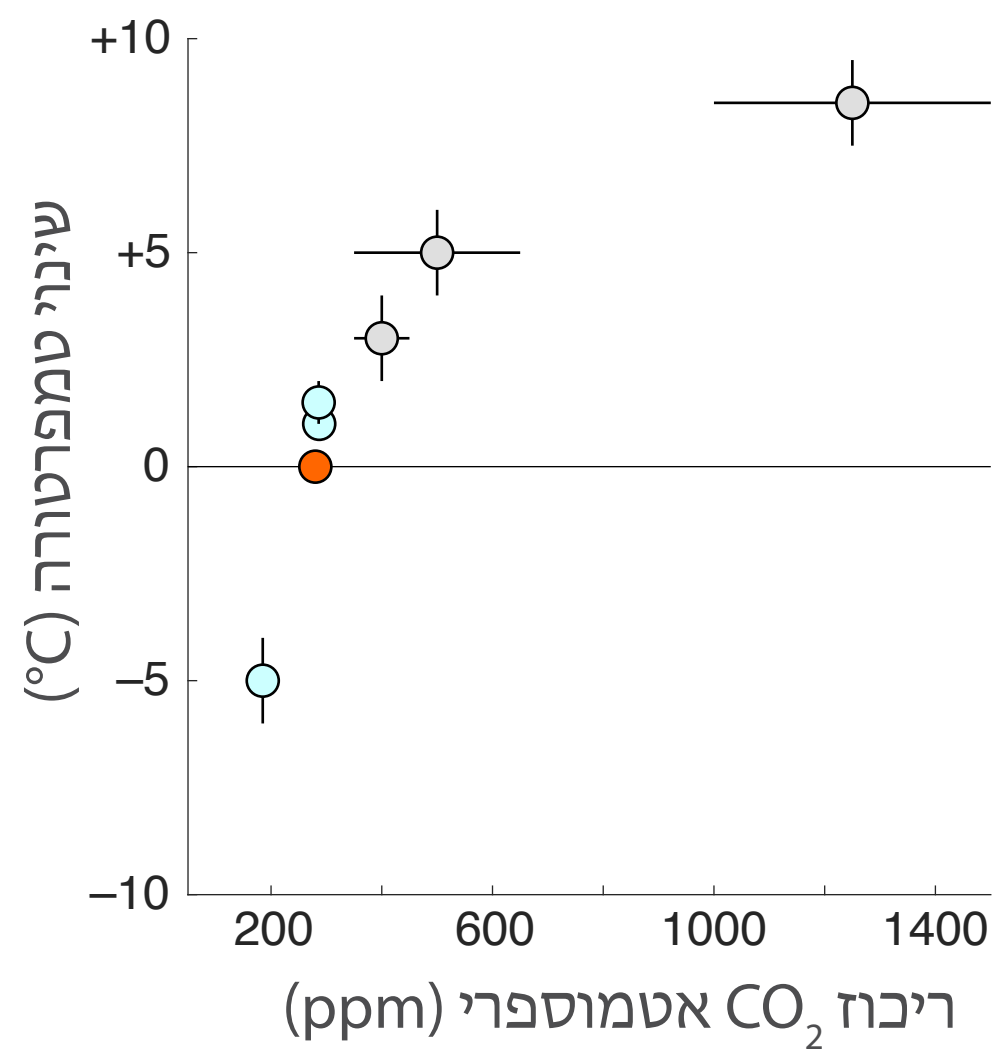
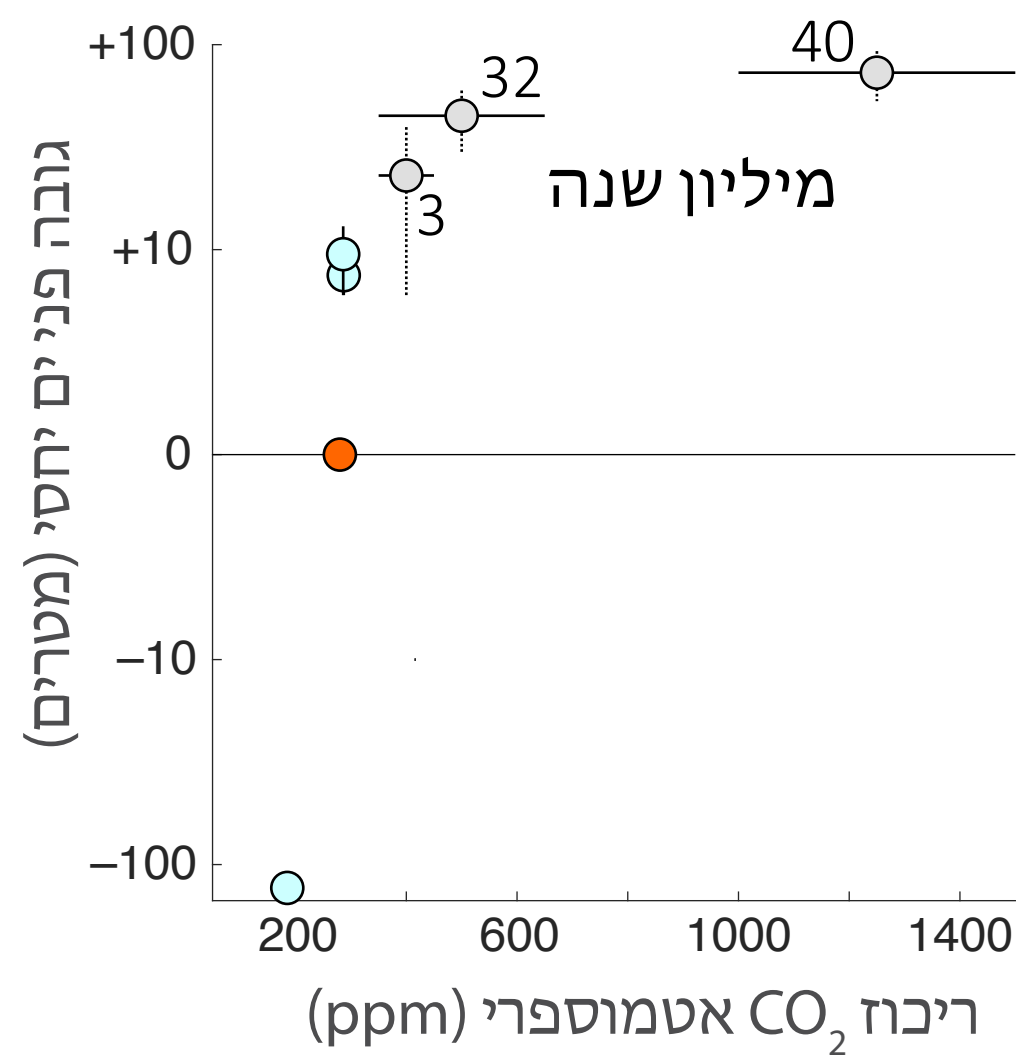
ההווה בראי הארכיב הגיאולוגי



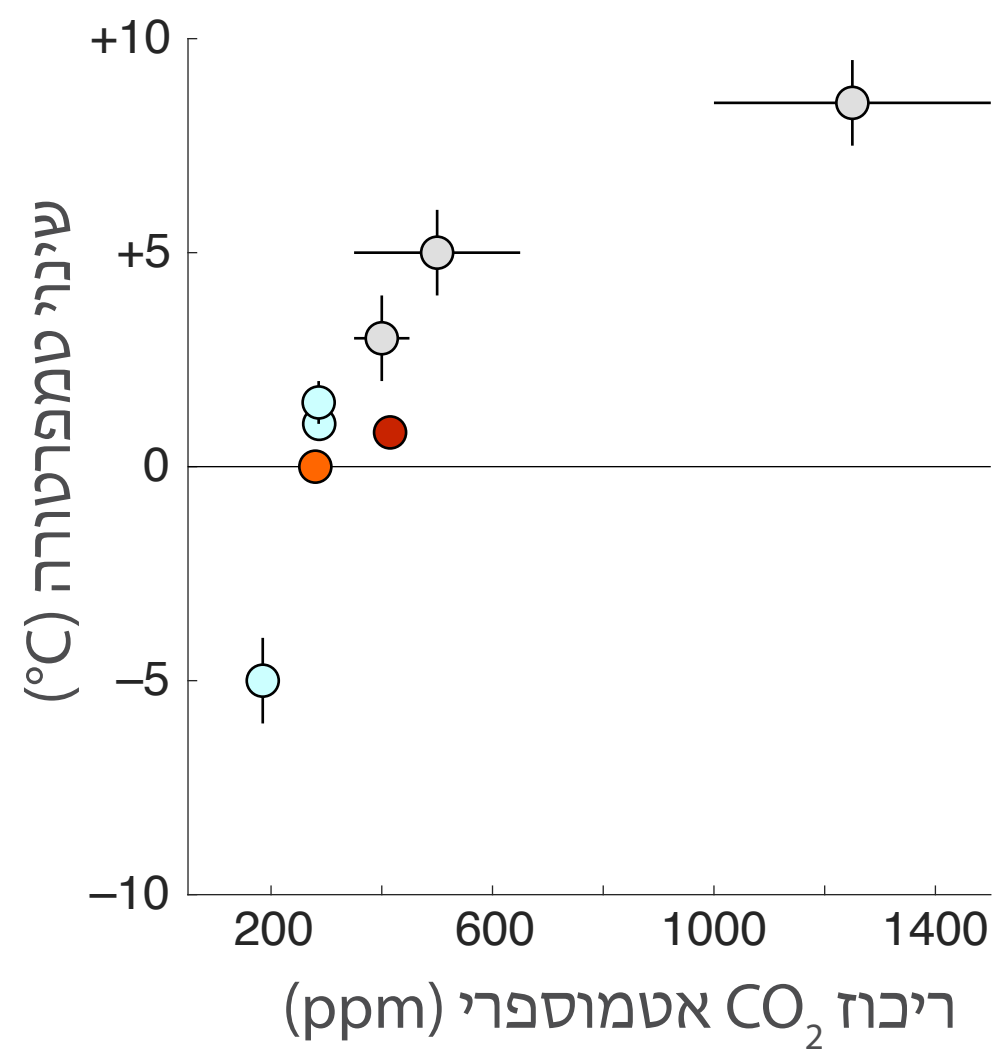
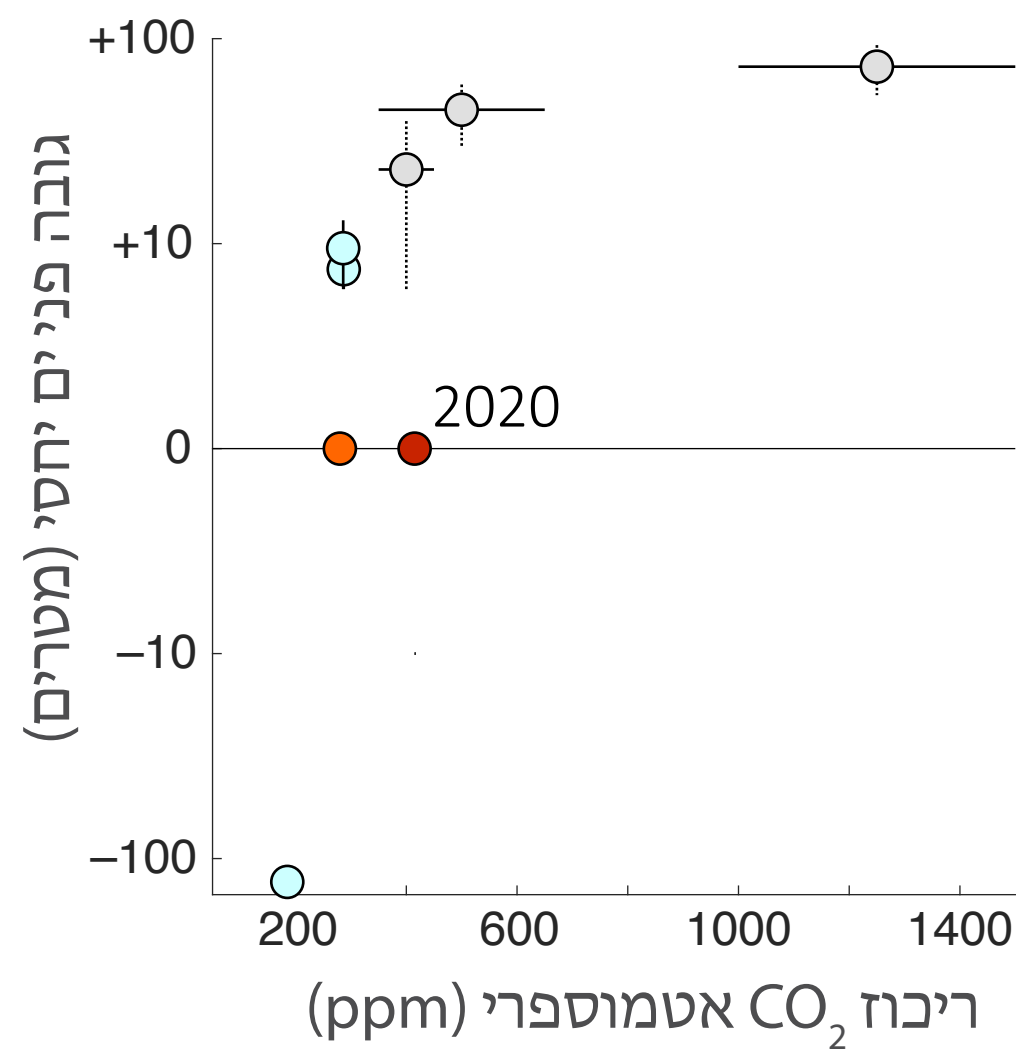
ההווה בראי הארכיב הגיאולוגי



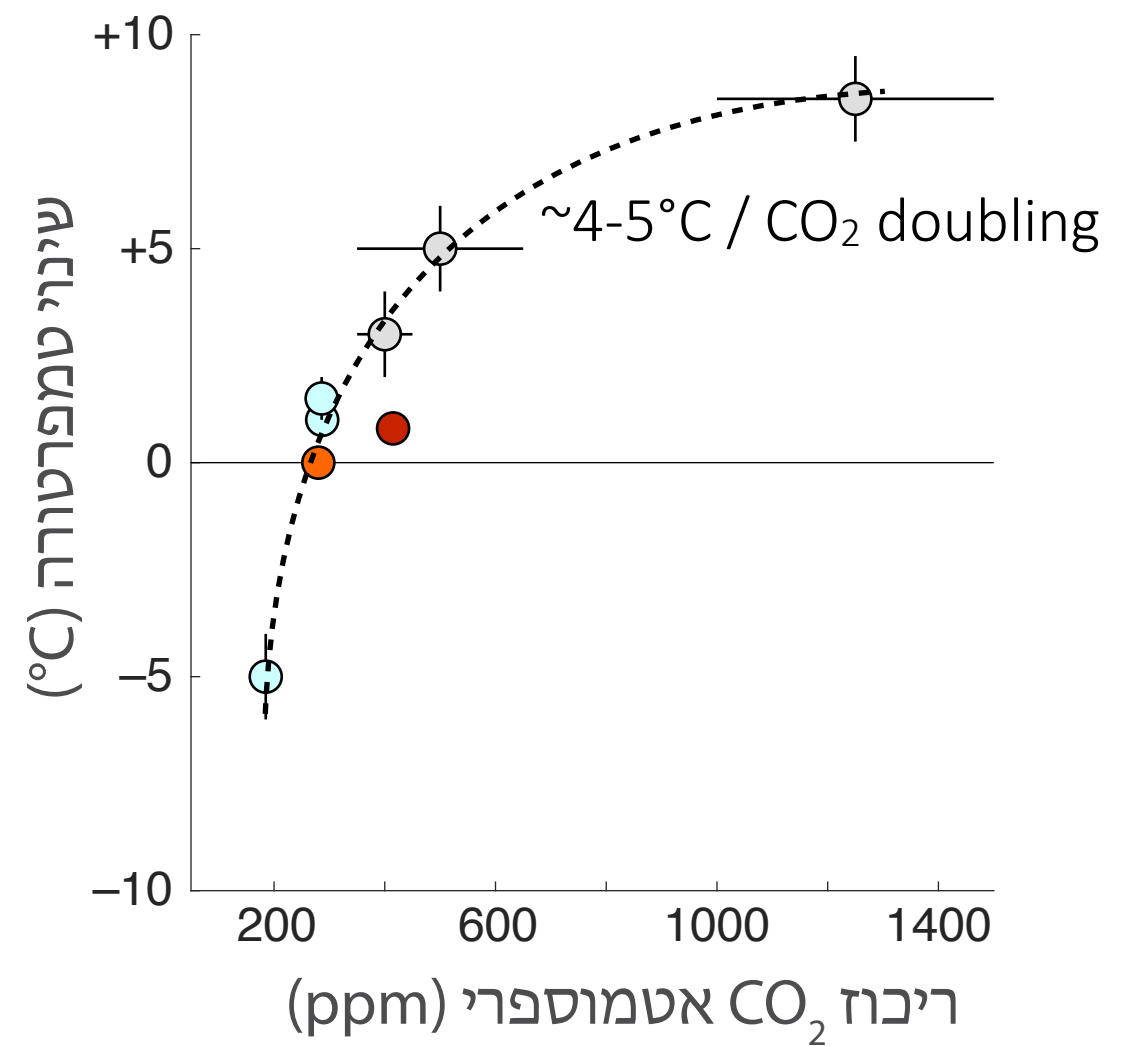
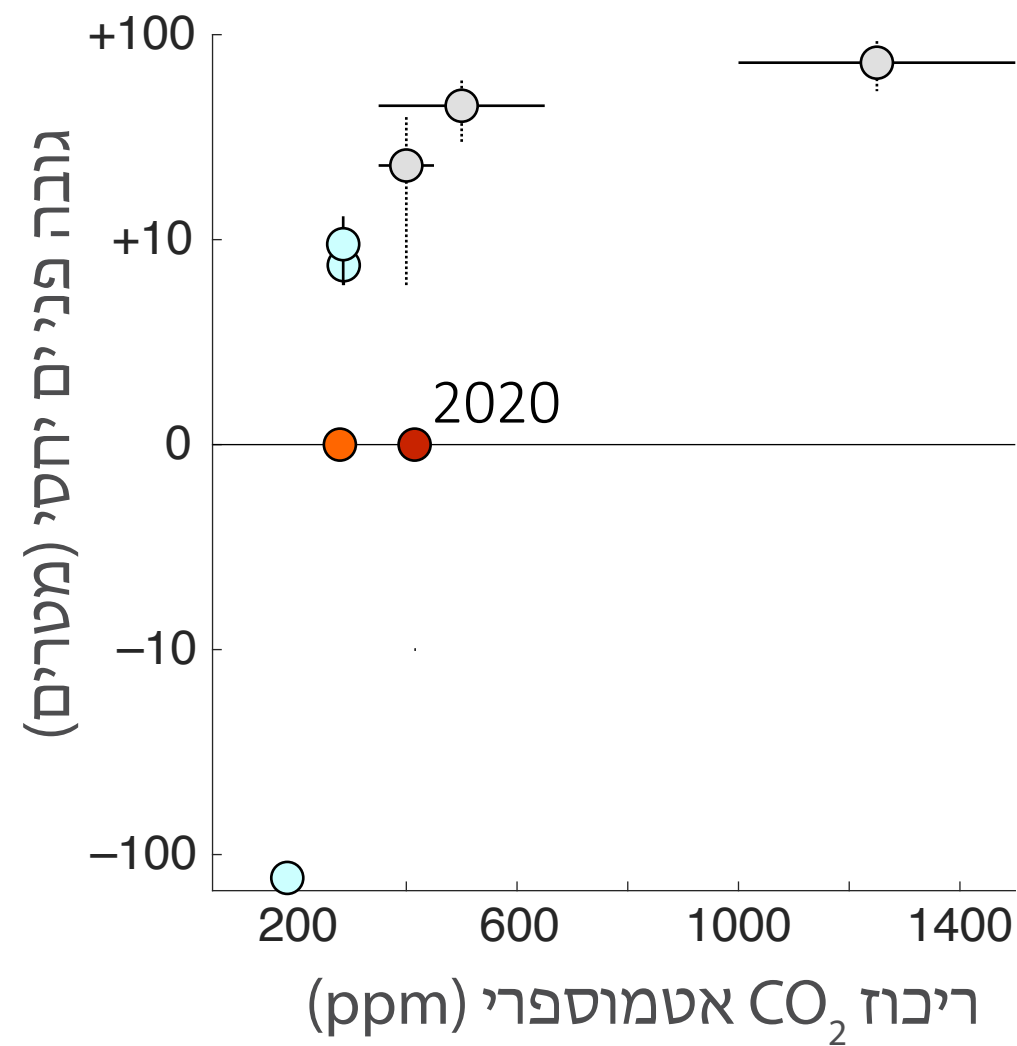
ההווה בראי הארכיב הגיאולוגי



ההווה בראי הארכיב הגיאולוגי

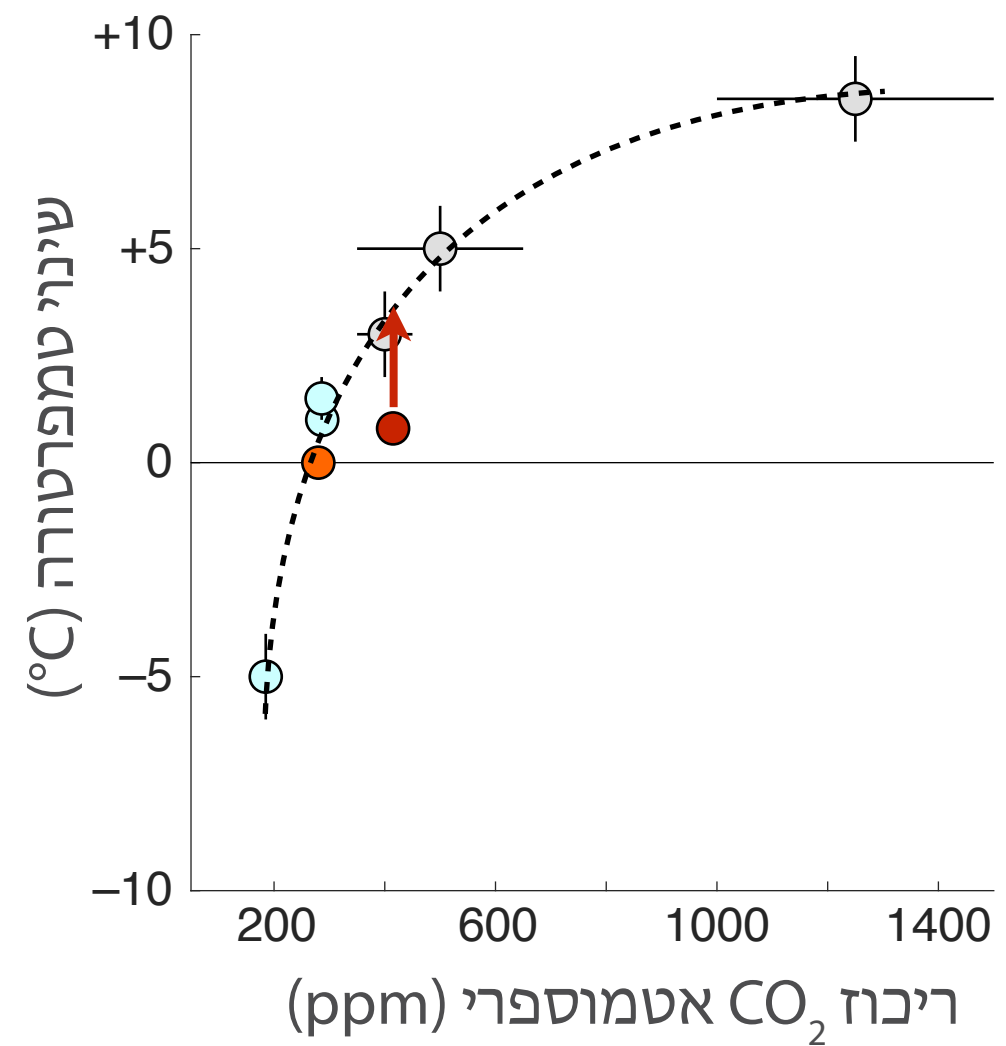
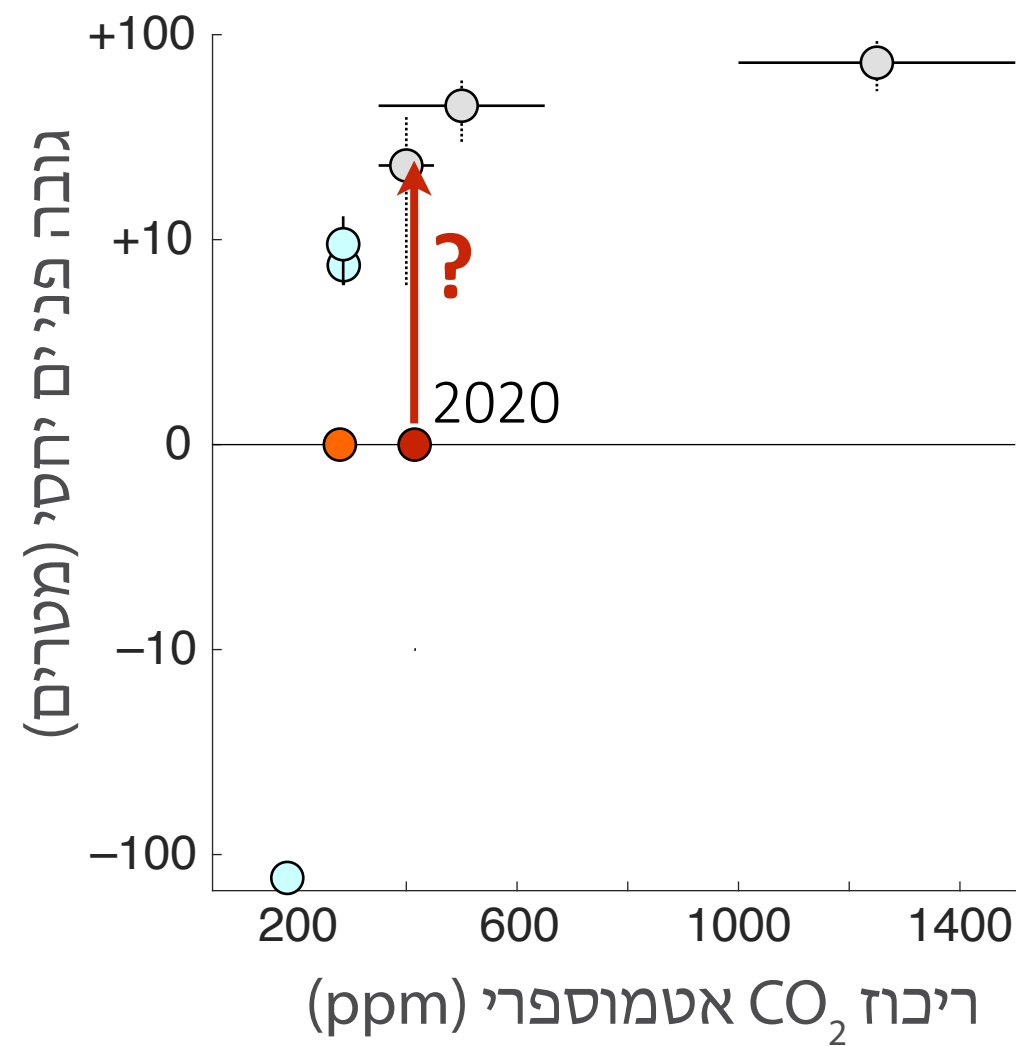


ההווה בראי הארכיב הגיאולוגי



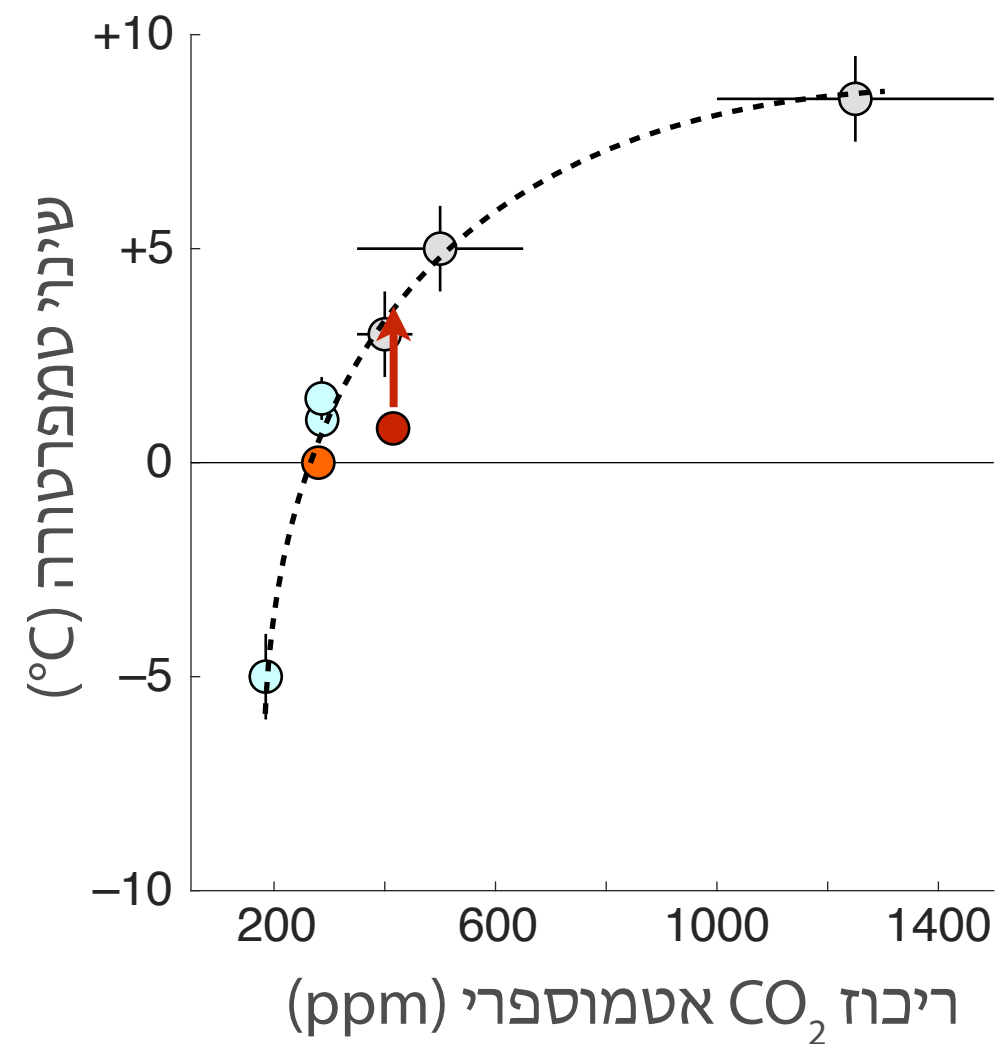
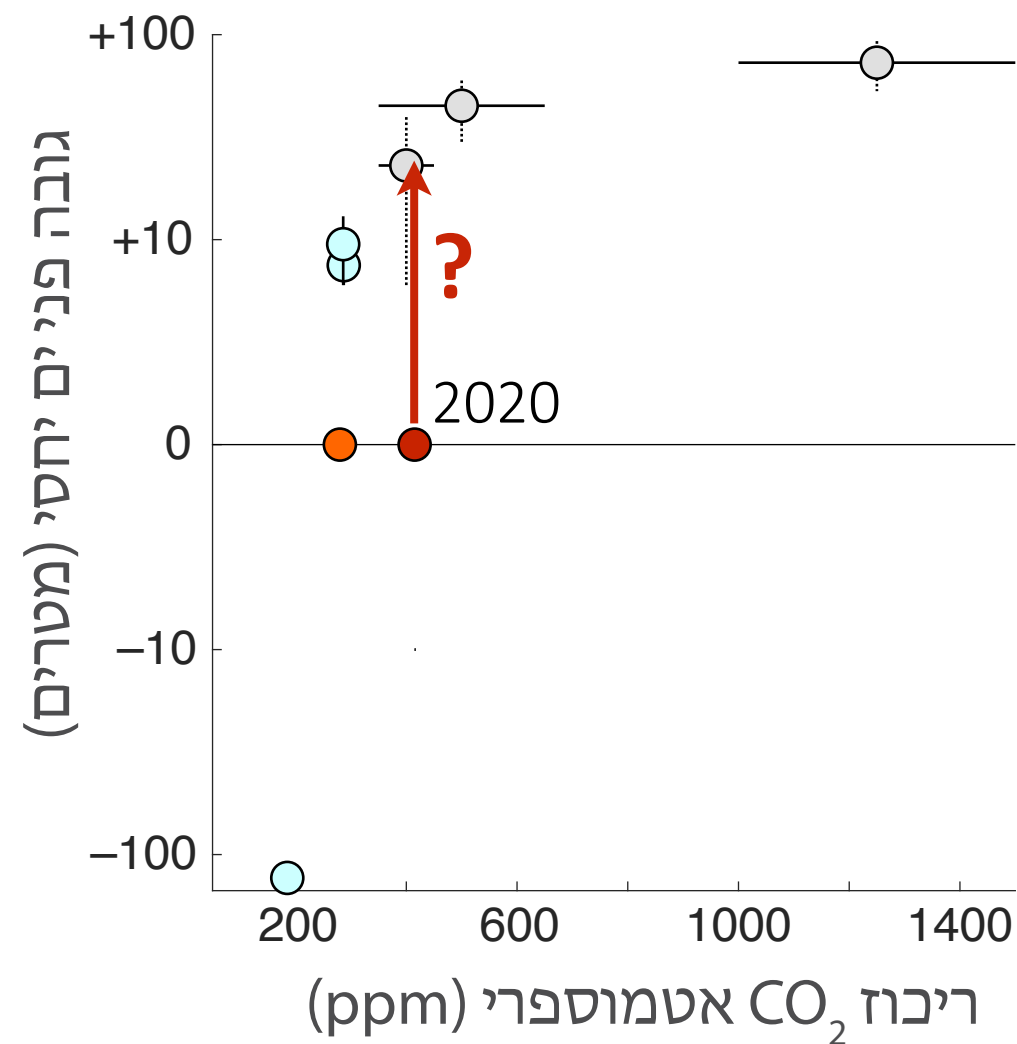
רגישות האקלים היא כ-4-5 מעלות להכפלת ריכוז דו-תחמוצת הפחמן.

ההווה בראי הארכיב הגיאולוגי



אנחנו כבר "מחוייבים" לעלייה בטמפרטורה ובגובה פני הים.

ההווה בראי הארכיב הגיאולוגי



אנחנו כבר "מחוייבים" לעלייה בטמפרטורה ובגובה פני הים.
 מעלות בודדות מטרים אחדים

סיכום ביניים

- ריכוז דו-תחמוצת הפחמן עלה בכ-100 חלקי מיליון מאז 1958.
- הטמפרטורה הממוצעת עלתה בכ-1.2 מעלות מאז 1920.
- קרחונים יבשתיים וקרח ימי מגיבים לעלייה בטמפרטורה.

✓ • האם האנושות היא הגורם?

✓ • האם השינויים חריגים בראי הזמן?

✓ • מה תהיה התגובה הכוללת של מערכת האקלים?



סיכום:

● ריכוז דו-תחמוצת הפחמן עלה:

א. בכ-100 ppm מאז 1958.

ב. בכ-140 ppm מאז המהפכה התעשייתית.

● הטמפרטורה הממוצעת עלתה בכ-1.2 מעלות.

● מאגרי קרח מגיבים לעלייה בטמפרטורה.

● הגורם לשינוי: פעילות אנושית.

● מארכיבים גיאולוגיים לומדים:

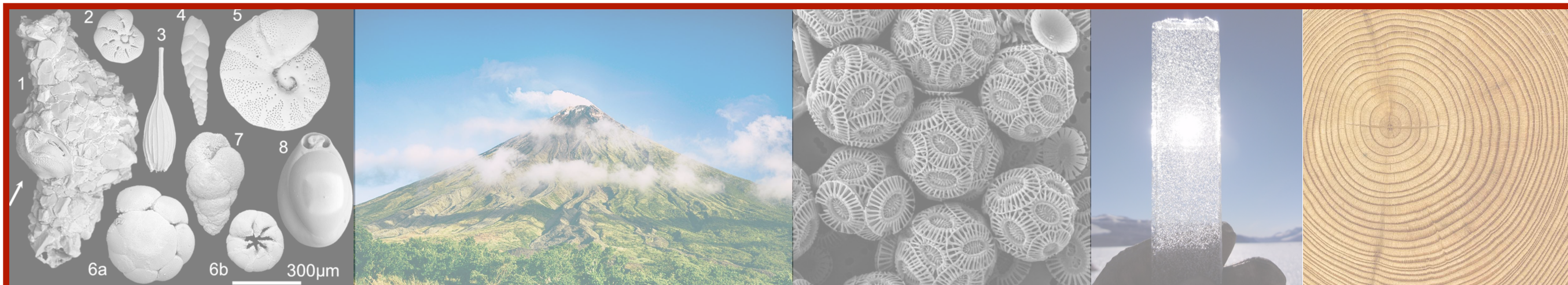
א. השינוי חריג ב-3 מיליון השנים האחרונות.

ב. צפויה עלייה של מספר מעלות בטמפרטורה.

ג. צפויה עלייה של מטרים ספורים בגובה פני הים.

מידע נוסף: הלוי א. "פרספקטיבה גאולוגית על שינוי האקלים".

קריאת ביניים, גליון 34-35, עמ' 6-14 (2020).



סיכום:

● ריכוז דו-תחמוצת הפחמן עלה:

א. בכ-100 ppm מאז 1958.

ב. בכ-140 ppm מאז המהפכה התעשייתית.

● הטמפרטורה הממוצעת עלתה בכ-1.2 מעלות.

● מאגרי קרח מגיבים לעלייה בטמפרטורה.

● הגורם לשינוי: פעילות אנושית.

● מארכיבים גיאולוגיים לומדים:

א. השינוי חריג ב-3 מיליון השנים האחרונות.

ב. צפויה עלייה של מספר מעלות בטמפרטורה.

ג. צפויה עלייה של מטרים ספורים בגובה פני הים.

מידע נוסף: הלוי א. "פרספקטיבה גאולוגית על שינוי האקלים".

קריאת ביניים, גליון 34-35, עמ' 6-14 (2020).

שאלות?