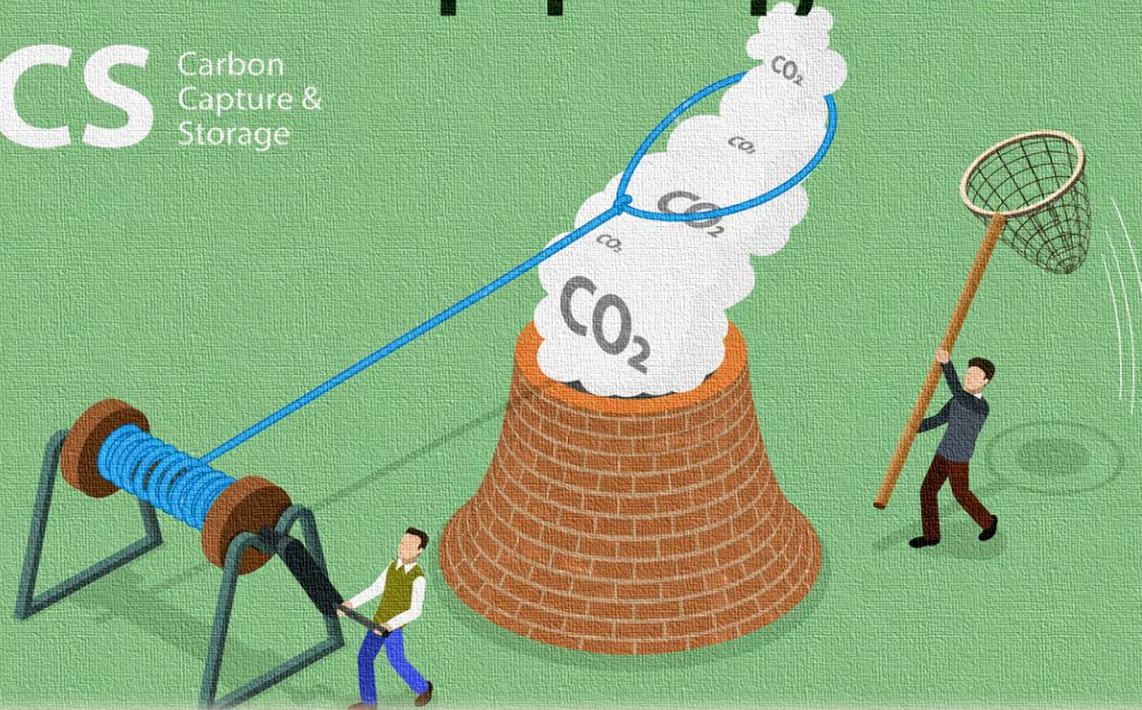


Η κλιματική υποκρίσις και το πείραμα της Θάσου.

CCS Carbon
Capture &
Storage



Πέτρος Παπαγεωργίου

**Μηχανολόγος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός
MSc στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και τα Προηγμένα Υλικά.**

Το CO₂ είναι τροφή των φυτών και παράγων πράσινης ανάπτυξης
Στον ανάποδο κόσμο όμως η πράσινη ανάπτυξη επιδιώκεται χωρίς αυτό

Plants love CO₂ for a good reason



385
ppm

535
ppm

685
ppm

835
ppm

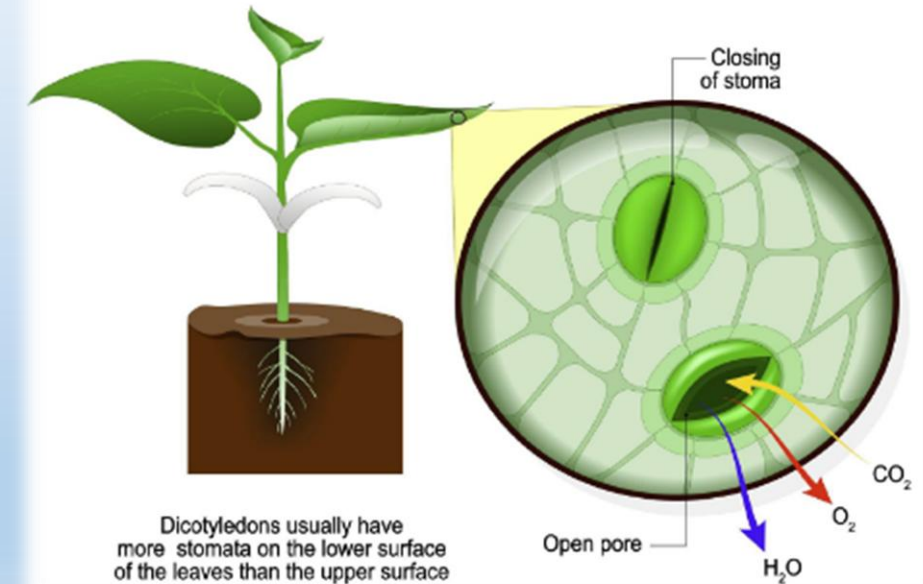


Idso 2013 The positive externalities of CO₂
CO₂ Science <http://www.co2science.org>

Το CO₂ ως τροφή των φυτών

- Μια περίληψη 270 εργαστηριακών μελετών (Idso, 2013) από 83 καλλιέργειες έδειξε ότι η αύξηση των συγκεντρώσεων CO₂ κατά 300 ppm αυξάνει την ανάπτυξη των φυτών κατά μέσο όρο 46% σε όλες τις καλλιέργειες που μελετήθηκαν.
- **Αντίθετα, ένας μεγάλος αριθμός μελετών δείχνει τις δυσμενείς επιπτώσεις ενός περιβάλλοντος χαμηλών επιπέδων CO₂.**
- Για παράδειγμα, ο Overdieck (1988) έδειξε ότι, σε σύγκριση με σήμερα, η ανάπτυξη των φυτών ήταν μειωμένη κατά 8% κατά την περίοδο πριν από τη Βιομηχανική Επανάσταση, με τη χαμηλή συγκέντρωση των 280 ppm CO₂.

Function of a stoma



Idso, 2013 – Ευεργετικές επιδράσεις του CO₂ στα φυτά

Idso, C.D. (2013). The Positive Externalities of Carbon Dioxide: Estimating the Monetary Benefits of Rising Atmospheric CO₂ Concentrations on Global Food Production. Center for the Study of Carbon Dioxide and Global Change.

<https://www.co2science.org/education/reports/co2benefits/idso2013.pdf>

(Οργανισμός CO₂ Science – Επιστημονική βάση δεδομένων για επιδράσεις CO₂ στη γεωργία)

<https://extension.okstate.edu/fact-sheets/greenhouse-carbon-dioxide-supplementation?>

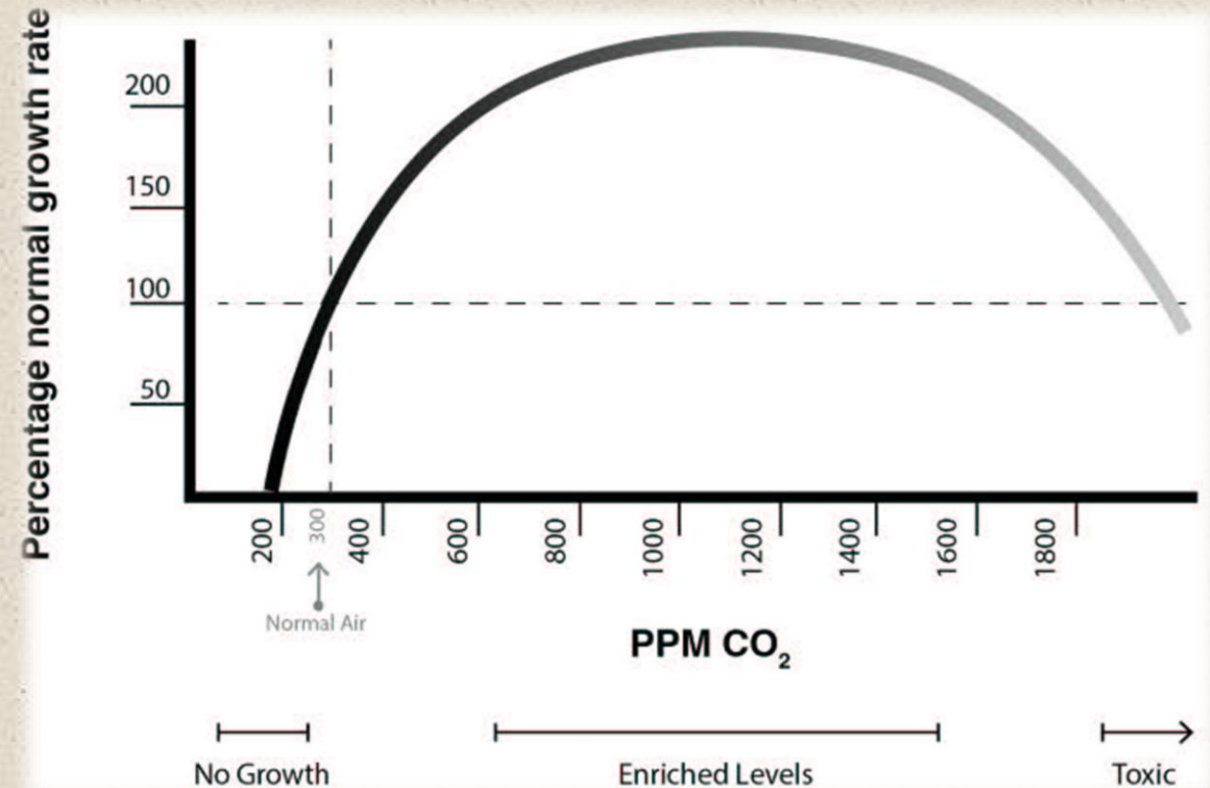


Ελάχιστα και μέγιστα επίπεδα CO₂ για τα περισσότερα φυτά:

- Ελάχιστο για επιβίωση: 150 ppm
- Όριο για μειωμένη ανάπτυξη: 200 ppm
- Τυπικό CO₂ περιβάλλοντος: 410 ppm
- Εύρος για ενίσχυση της ανάπτυξης: 1.000 έως 1.500 ppm
- Μέγιστο για επιβίωση: 1.500-2.000 ppm

Το Υπουργείο Γεωργίας, Τροφίμων και Αγροτικών Υποθέσεων του Οντάριο (OMAFRA), καθώς και γεωπονικά πανεπιστήμια των ΗΠΑ (όπως το Oklahoma State University και το University of Florida), έχουν εκδώσει αναλυτικούς οδηγούς για την ενίσχυση με CO₂ στα θερμοκήπια και αναφέρουν ότι η αύξηση CO₂ στα 1.000–1.200 ppm μπορεί να ενισχύσει την παραγωγή κατά 20% έως 30%.

Το μέγιστο CO₂ (σημείο κορεσμού) για τα περισσότερα φυτά κυμαίνεται μεταξύ 1.000 και 1.300 ppm.



<https://www.agrowtronics.com/how-much-co%E2%82%82-do-plants-need/>

Τάση αύξησης της βλάστησης παγκοσμίως (1982-2021)

Όταν αυξάνεται το CO₂, η φύση αντιδρά και παράγει περισσότερη χλωροφύλλη· η βλάστηση ενισχύεται, απορροφώντας περισσότερο διοξείδιο και επαναφέροντας μία φυσική ισορροπία!

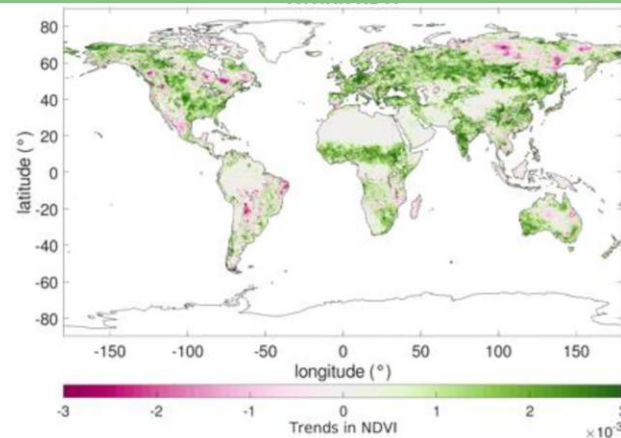
Ανάλυση δεδομένων περίπου 35 ετών (1980–2015) έδειξε ότι:

- Η παγκόσμια φυλλική επιφάνεια αυξήθηκε περίπου 5–10%.
- Το επιπλέον πράσινο ισοδυναμεί με μια περιοχή βλάστησης περίπου στο μέγεθος των ΗΠΑ

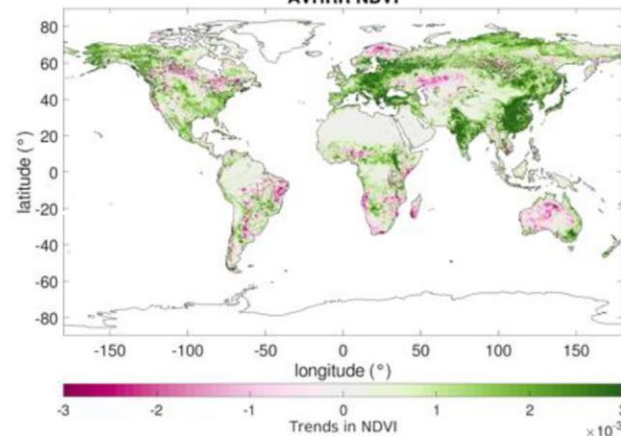
<https://www.jpl.nasa.gov/videos/watching-earth-breathe-the-seasonal-vegetation-cycle-and-carbon-dioxide/>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425724003006>

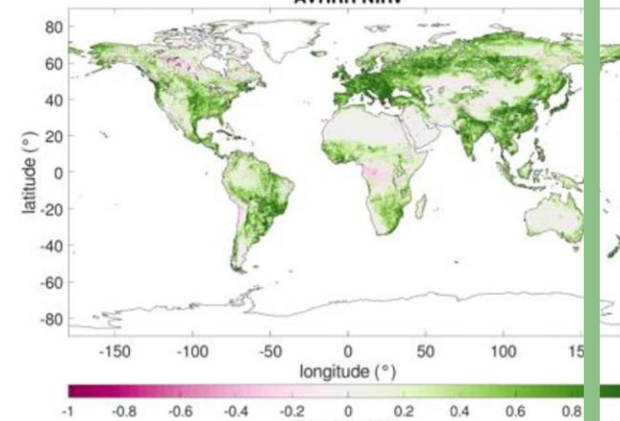
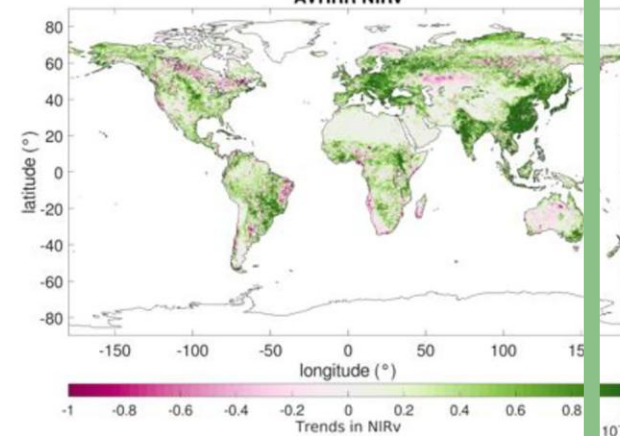
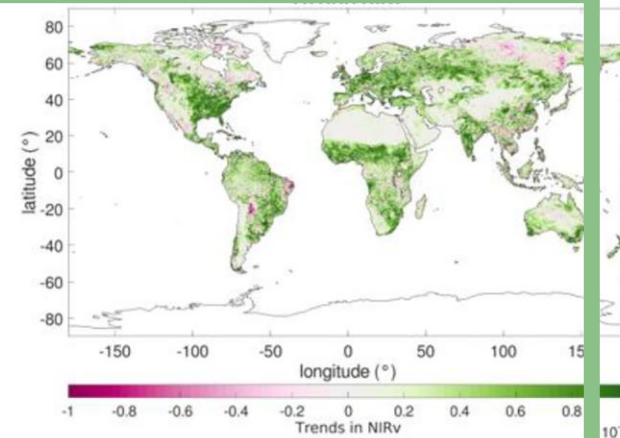
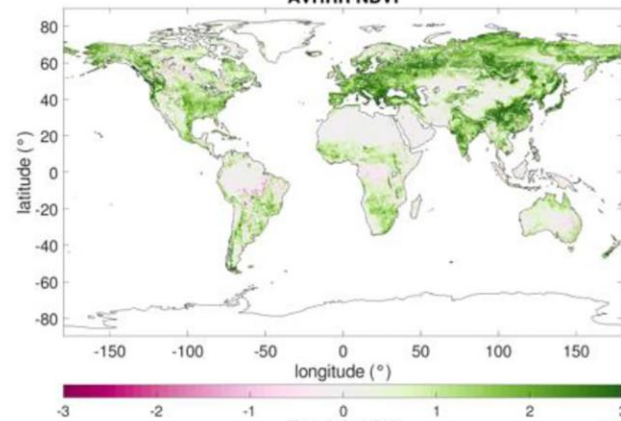
1982-1999



2000-2021

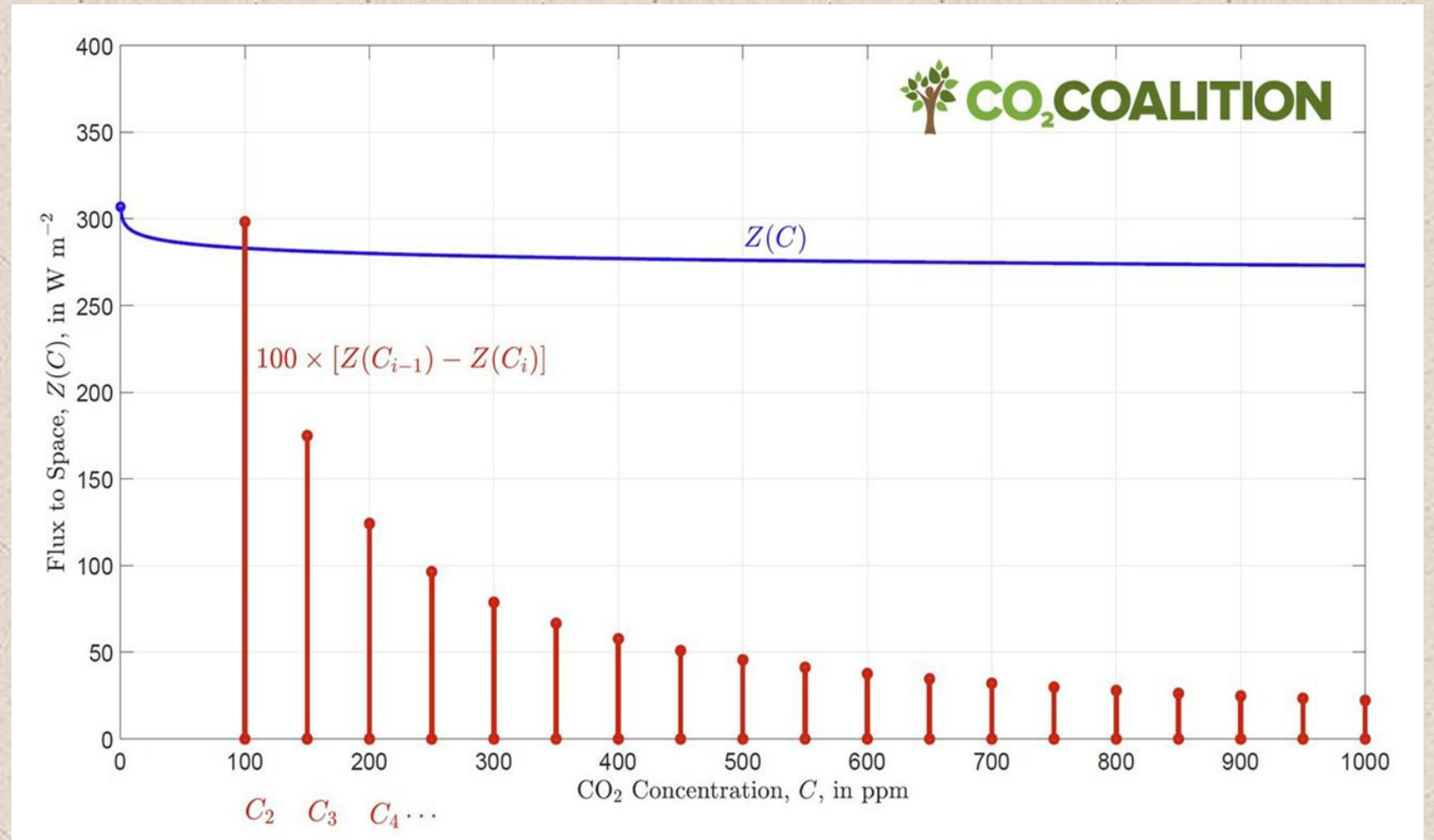


1982-2021



Η **μπλε καμπύλη** στο διάγραμμα δείχνει πώς η ροή της θερμικής ακτινοβολίας της Γης, $Z(C)$, μεταβάλλεται με την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα. Η καμπύλη είναι σχεδόν επίπεδη, επομένως το φαινόμενο του θερμοκηπίου δεν αλλάζει πολύ όταν μεταβάλλονται τα επίπεδα CO_2 .

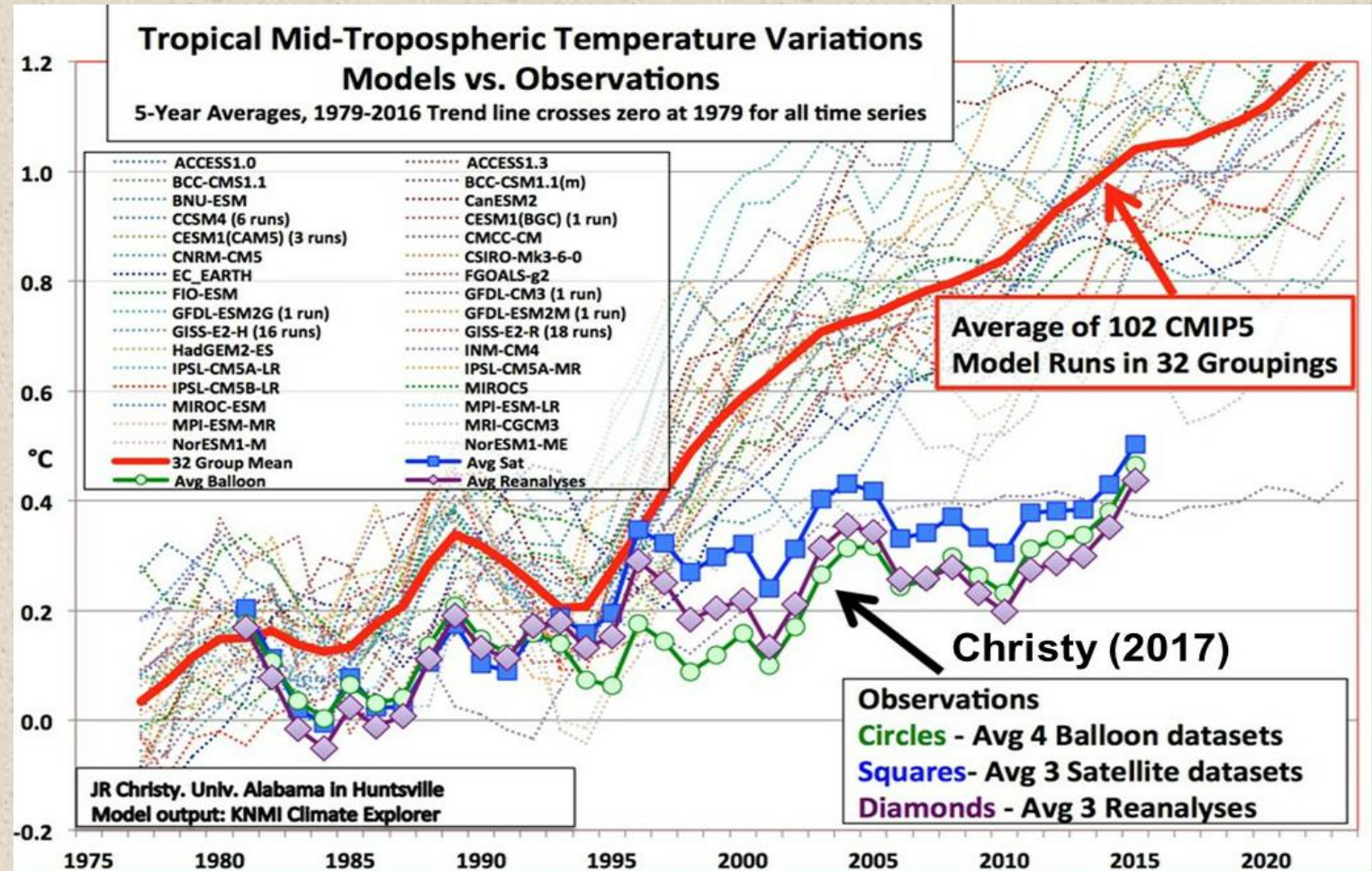
Οι κόκκινες κατακόρυφες γραμμές δείχνουν πώς η ροή θερμότητας προς το διάστημα μειώνεται όταν το CO_2 αυξάνεται κατά 50 ppm. Στο τρέχον επίπεδο CO_2 περίπου 400 ppm, η ροή θερμότητας είναι $Z(400 \text{ ppm}) = 277$ Watt ανά τετραγωνικό μέτρο (W/m^2).



◆ Christy, J.R. & McNider, R.T. (2017). *Satellite Bulk Tropospheric Temperatures as a Metric for Climate Sensitivity*. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 53(4), 511–518. <https://doi.org/10.1007/s13143-017-0070-z>

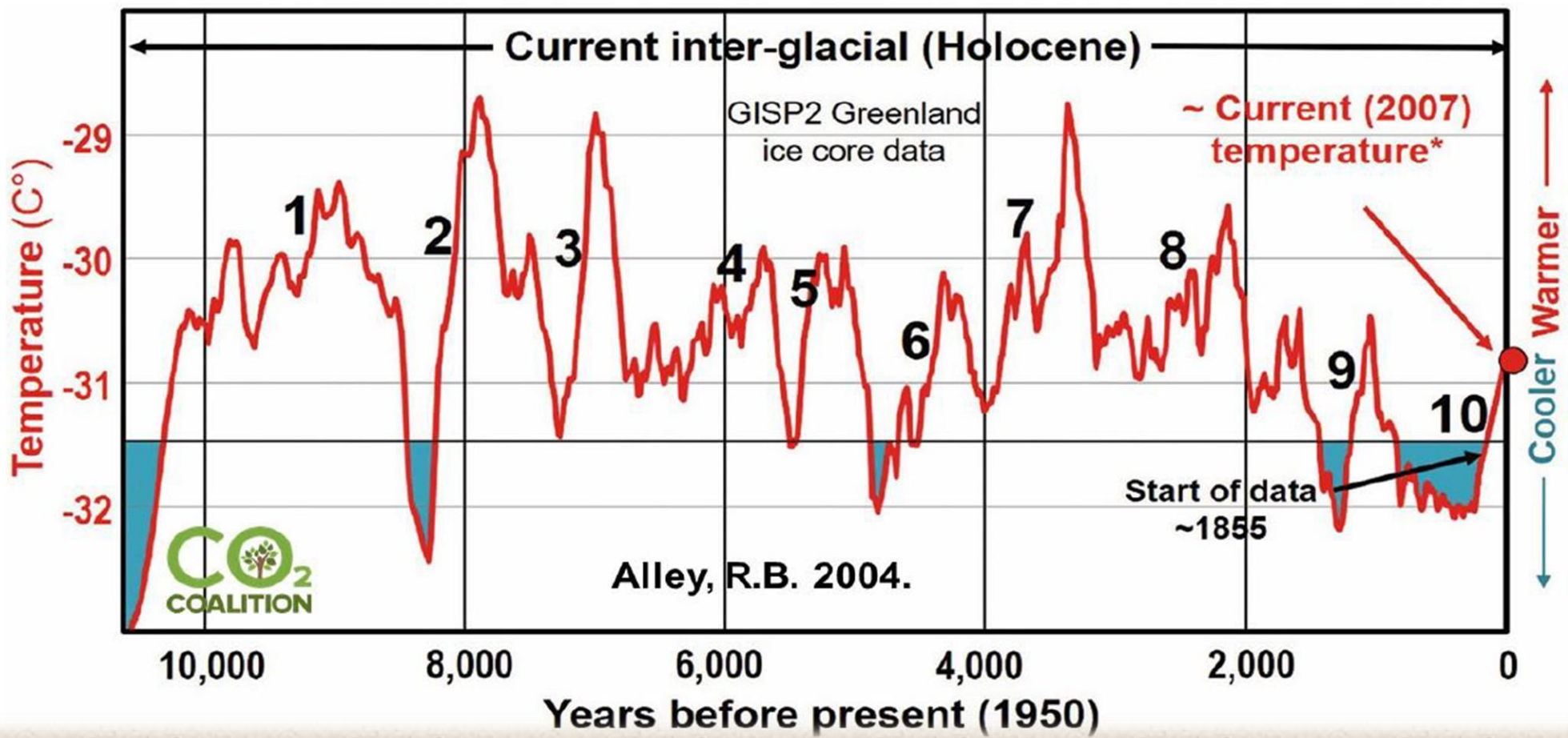
Ο κλιματολόγος John Christy (Πανεπιστήμιο της Αλαμπάμα) έχει δείξει ότι τα κλιματικά μοντέλα υπερεκτιμούν συστηματικά την υπερθέρμανση.

Στην κατάθεσή του το 2016 στο Κογκρέσο των ΗΠΑ, παρουσίασε στοιχεία ότι τα μοντέλα προβλέπουν θερμοκρασίες 2,5 φορές υψηλότερες από τις πραγματικές παρατηρήσεις — και έως και 3 φορές υψηλότερες σε βασικές τροπικές περιοχές

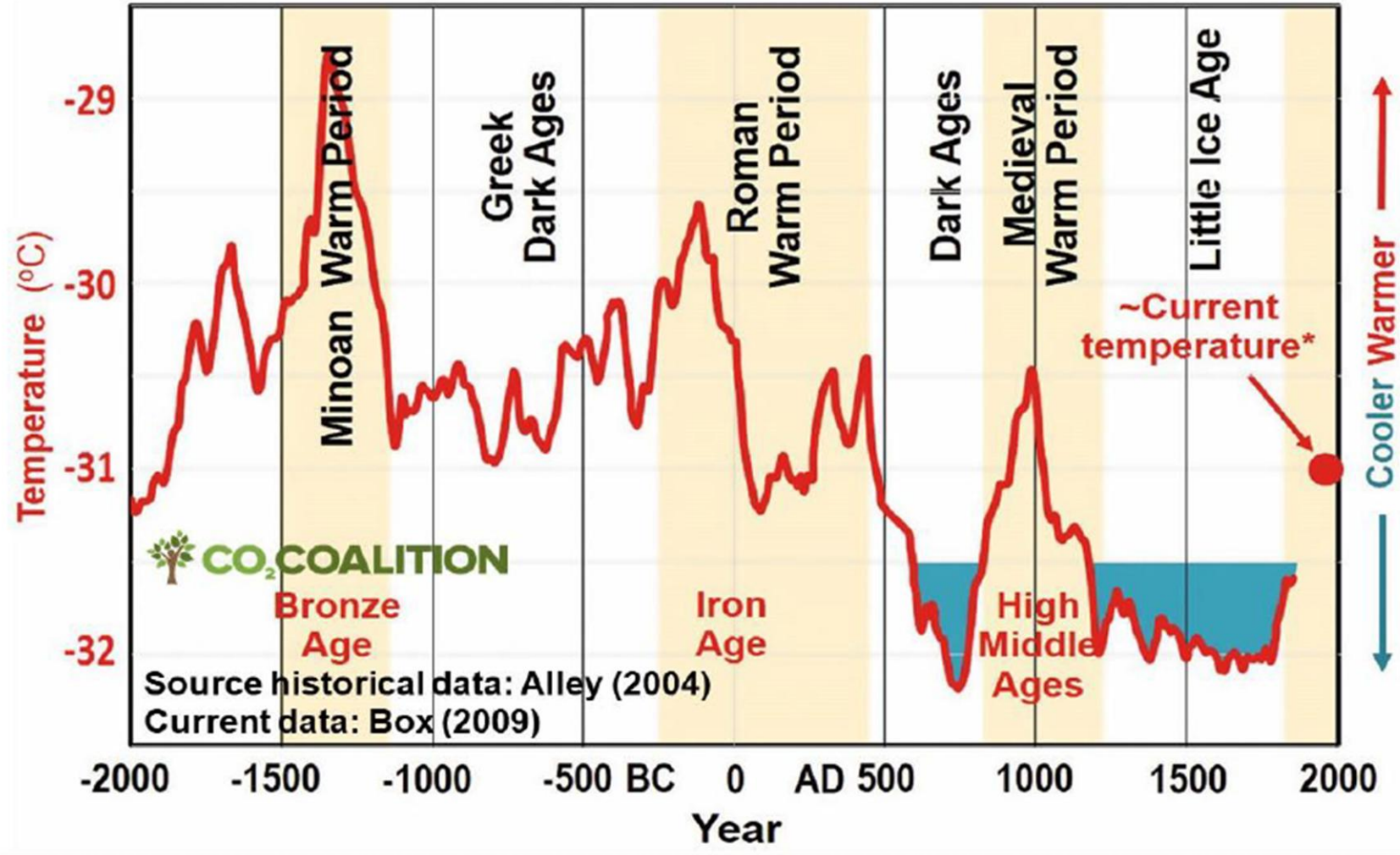


◆ Christy, J.R. & McNider, R.T. (2017). *Satellite Bulk Tropospheric Temperatures as a Metric for Climate Sensitivity*. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences, 53(4), 511–518.
<https://doi.org/10.1007/s13143-017-0070-z>

Η τρέχουσα τάση αύξησης της θερμοκρασίας δεν είναι ούτε ασυνήθιστη ούτε πρωτοφανής



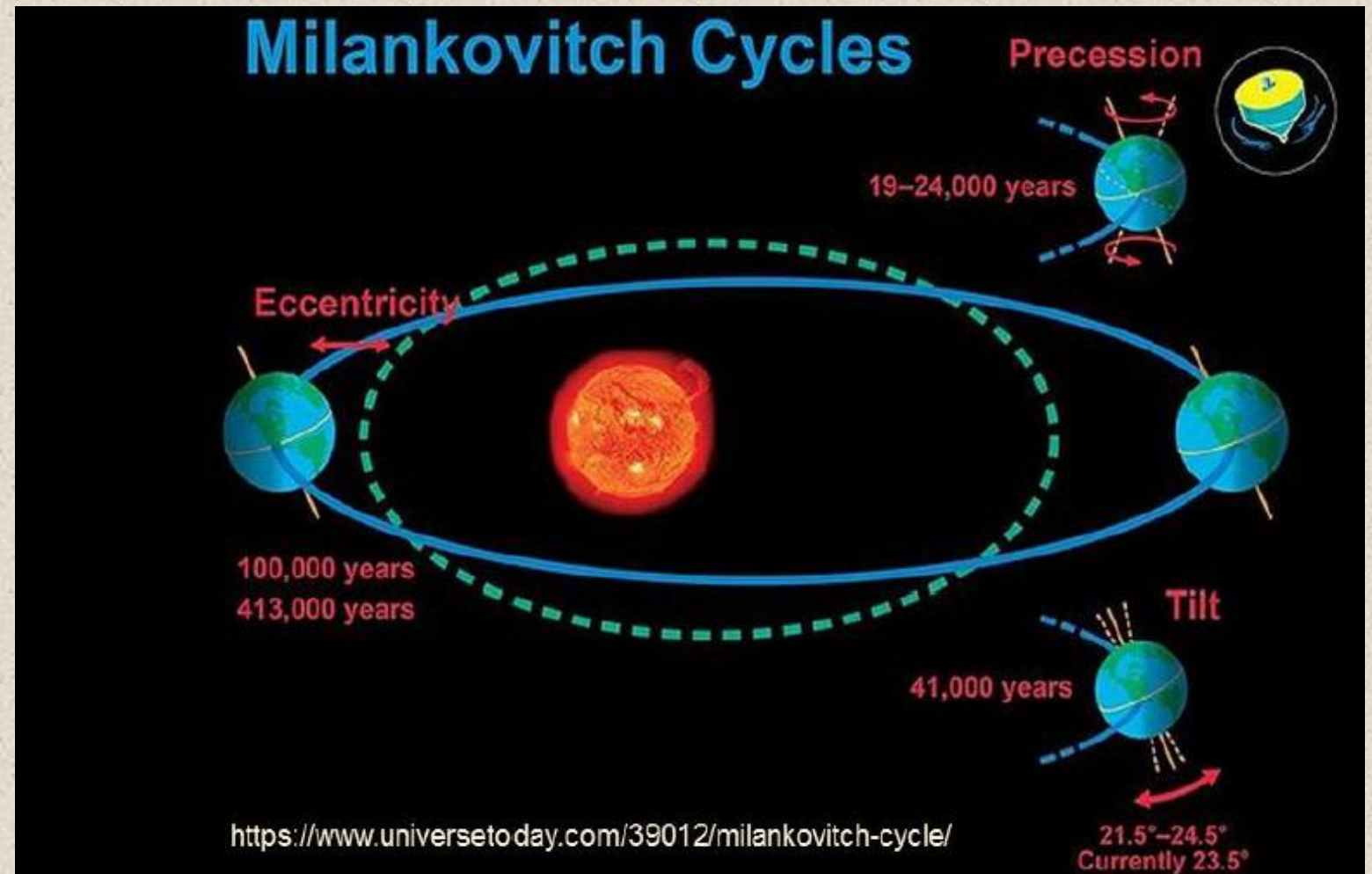
Για την ανθρώπινη πρόοδο, το θερμότερο κλίμα είναι καλύτερο από το ψυχρότερο.



Η επιστημονική έρευνα έχει δείξει ότι το κλίμα της Γης καθορίζεται από φυσικούς τροχιακούς κύκλους (κύκλοι Milankovitch) που προκαλούν σημαντικές μεταβολές θερμοκρασίας ανεξάρτητα από την ανθρώπινη επίδραση.

Milankovitch, M. (1941). Canon of Insolation and the Ice-Age Problem
(Το έργο για τους αστρονομικούς κύκλους που επηρεάζουν το κλίμα της Γης)

- ◆ <https://archive.org/details/MilankovicCanonInsolation>
<https://earthobservatory.nasa.gov/features/Milankovitch>
- ◆ NASA για Milankovitch Cycles:
<https://climate.nasa.gov/news/2948/what-are-milankovitch-cycles/>



Η πραγματική δυνατότητα της γης να αποθηκεύσει με ασφάλεια διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι πολύ μικρότερη από ό,τι πιστευόταν έως τώρα, σύμφωνα με νέα μελέτη που δημοσιεύθηκε στις 3 Σεπτεμβρίου 2025 στην επιστημονική επιθεώρηση *Nature*.

nature

View all journals

Search

Log in

Explore content

About the journal

Publish with us

Sign up for alerts

RSS feed

nature > articles > article

Article | [Open access](#) | Published: 03 September 2025

A prudent planetary limit for geologic carbon storage

[Matthew J. Gidden](#), [Siddharth Joshi](#), [John J. Armitage](#), [Alina-Berenice Christ](#), [Miranda Boettcher](#), [Elina Brutschin](#), [Alexandre C. Köberle](#), [Keywan Riahi](#), [Hans Joachim Schellnhuber](#), [Carl-Friedrich Schleussner](#) & [Joeri Rogelj](#)

Nature **645**, 124–132 (2025) | [Cite this article](#)

123k Accesses | 57 Citations | 1772 Altmetric | [Metrics](#)

This article has been [updated](#)

Abstract

Geologically storing carbon is a key strategy for abating emissions from fossil fuels and durably removing carbon dioxide (CO₂) from the atmosphere^{1,2}. However, the storage

Download PDF



Associated content

Collection

Carbon Dioxide Removal

Sections

Figures

References

[Abstract](#)

[Main](#)

[Limits to geologic carbon storage](#)

[Implications for future mitigation strategies](#)

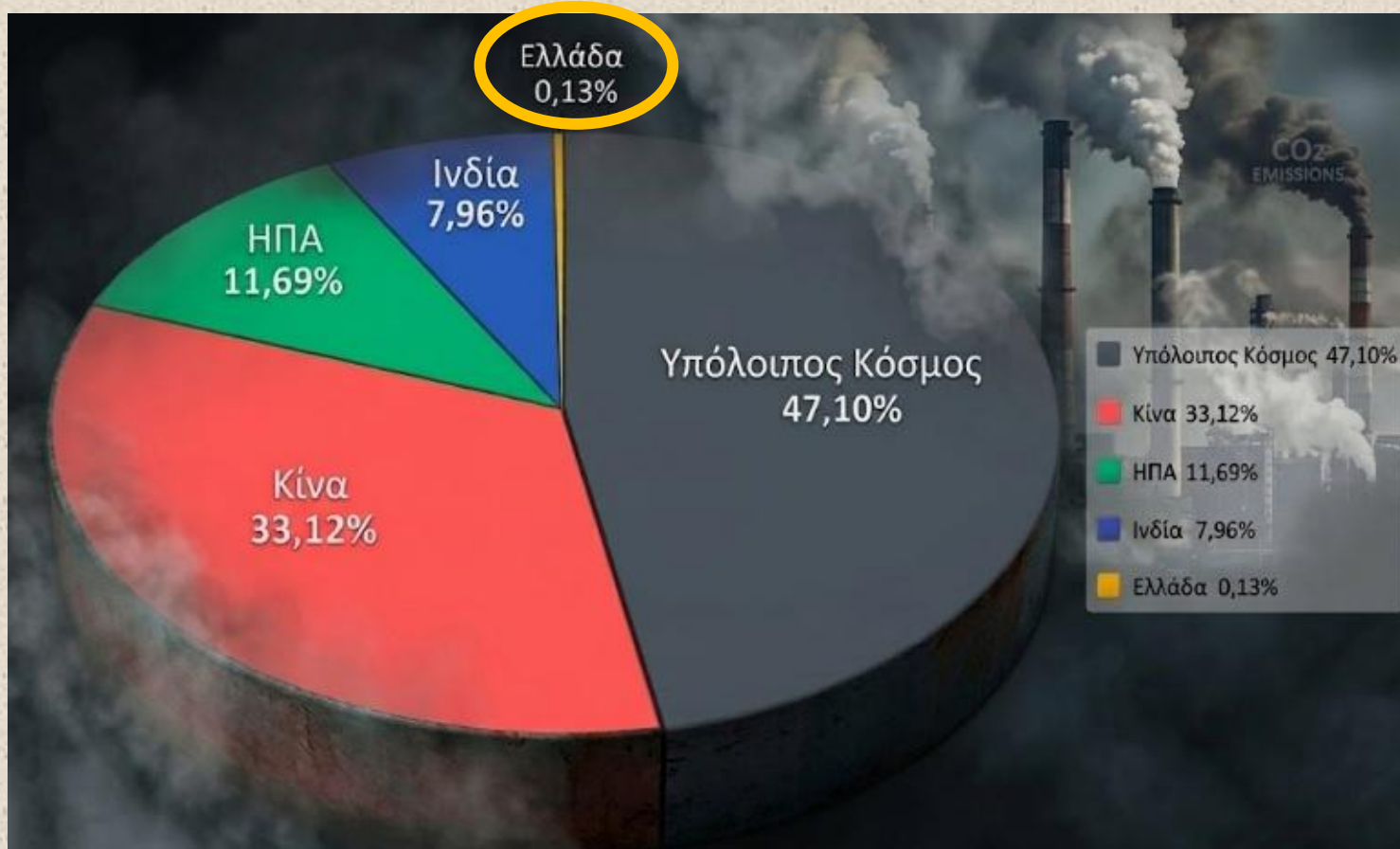
[Robust strategies under uncertainty](#)

Η χρήση τεχνολογιών δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα (CCS) μπορεί να μειώσει τη μέση παγκόσμια θερμοκρασία μόλις κατά 0,7°C, πολύ χαμηλότερα από προηγούμενες εκτιμήσεις (5-6 °C).

<https://www.nature.com/articles/s41586-025-09423-y?>

Η Ευρωπαϊκή Ένωση ευθύνεται για περίπου 7–8% των παγκόσμιων εκπομπών CO₂.

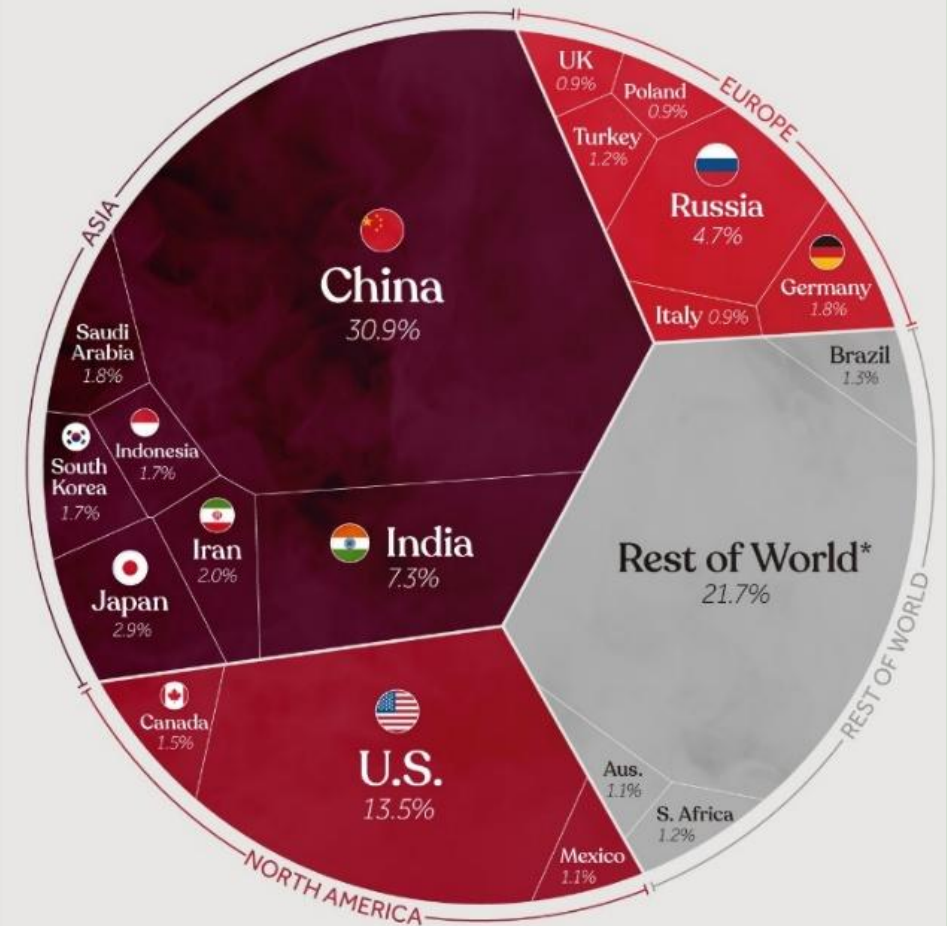
Η Κίνα ξεπερνά το 30% και η Ινδία αυξάνει συνεχώς το αποτύπωμά της.



<https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025/co2-emissions>

All the World's Carbon Emissions

% of total global emissions in 2021



*175 countries

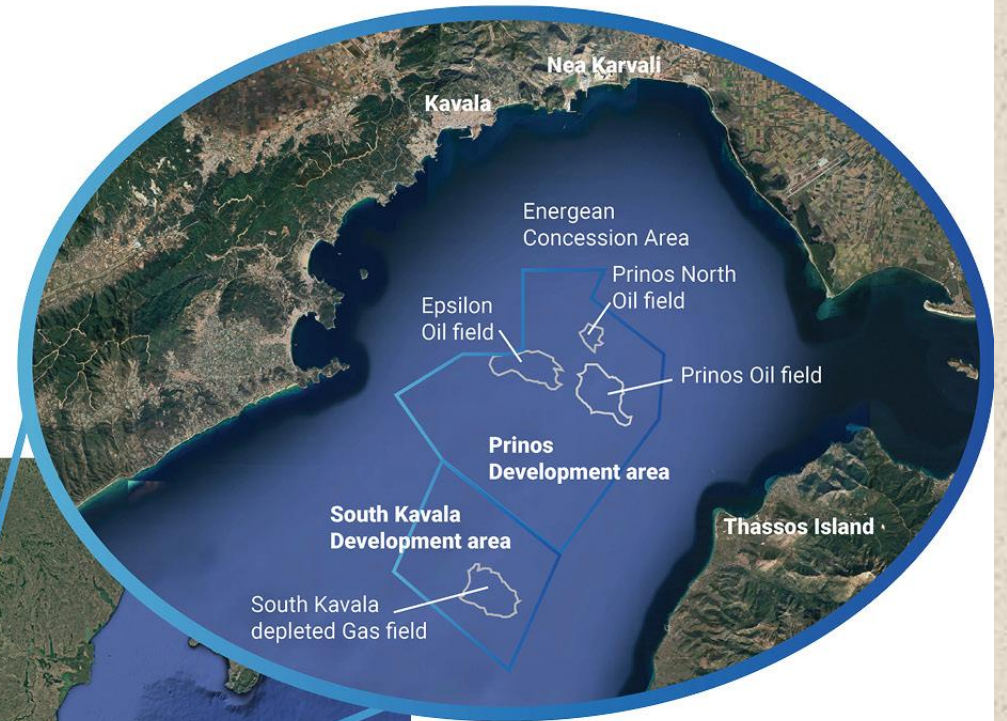
Source: Global Carbon Atlas
As of 2021

Εκτιμώμενη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ανά επιβάτη και ανά διαδρομή

 Sunday, 07 JUN 2026	Airline	
BA 854 British Airways <u>Check-in</u>	07JUN, 14:20 07JUN, 17:20 02h 00m (Non stop)	London, (Heathrow) Prague, (Vaclav Havel) CO2 E : 118.779 kg
Baggage : OPC		
 Tuesday, 09 JUN 2026	Airline	
BA 853 British Airways <u>Check-in</u>	09JUN, 14:00 09JUN, 15:10 02h 10m (Non stop)	Prague, (Vaclav Havel) London, (Heathrow) CO2 E : 118.769 kg
Baggage : OPC		

Έργο-«πείραμα»:

- Ενεργοβόρο
- Με υψηλό κόστος
- Με αβέβαιη αποτελεσματικότητα
- Με υπαρκτούς περιβαλλοντικούς κινδύνους



Πώς λειτουργεί η δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα;



Αποθήκευση όπως στον Πρίνο

CCS : Carbon Capture and Storage

Φιλτράρουμε το CO₂ από το χώρο των βιομηχανικών αποβλήτων, το διαχωρίζουμε το από τα άλλα συστατικά και στη συνέχεια το αποθηκεύουμε σε γεωλογικούς σχηματισμούς ή κάτω από τη θάλασσα... Έτσι γίνεται το CO₂ κλιματολογικά αβλαβές. Εδώ πρόκειται για καθαρό χειρισμό αποβλήτων.

Χρήση Παραγωγή άλλων προϊόντων

CCU: Carbon Capture and Usage

Ο στόχος εδώ είναι να χρησιμοποιηθεί το CO₂ ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ορισμένων βιομηχανικών προϊόντων, π.χ.

- Χημικά προϊόντα
- παραγωγή συνθετικών καύσιμων (e-fuels) κλπ.

CCS – A WRONG TRACK

Why carbon dioxide disposal sites block climate protection

GREENPEACE

CCS – Can we simply bury our CO2 problem?

02.12.2024 [Dr. Steffen Bukold](#)

CCS

Our latest report on CCS is now available in English. It was commissioned by Greenpeace Germany and first released in September 2024.

I would like to emphasize two aspects in particular:

1. The report provides a **detailed** and, in my opinion, **clear and jargon-free presentation of the most important active CCS projects to date (Sleipner, Snøhvit, Gorgon et al.)**. They demonstrate how **difficult, unplannable and individual** each CCS project is.

Even under the most favorable conditions (capture of CO2 in a neighboring natural gas field) and executed by the most capable actors such as Equinor or Shell, CCS projects remain an enormous challenge. Complete failure is not uncommon.

2. The second point is closely related: **CCS projects are not scalable and the entire CO2 chain is prone to technical faults**, especially CO2 capture with amine scrubbing. For example, to dispose of 10 percent of fossil CO2 emissions (oil, gas, coal) with CCS, **3300 Sleipner projects or 570 Northern Lights (Phase II) projects would be necessary**.

<https://www.energycomment.de/ccs-can-we-just-bury-our-co2-problem/>

- Σύμφωνα με τον **Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (IEA-*International Energy Agency*)**,

«Το κόστος κεφαλαίου των μονάδων άνθρακα με CCS έως το 2030 εκτιμάται περίπου έξι φορές υψηλότερο από εκείνο των φωτοβολταϊκών μεγάλης κλίμακας, καθιστώντας την τεχνολογία αυτή εξαιρετικά ακριβή».

- Το **Ινστιτούτο Οικονομικής και Χρηματοοικονομικής Ανάλυσης της Ενέργειας IEEFA *Institute for Energy Economics and Financial Analysis*** επιβεβαιώνει ότι:

«Τα ορυκτά καύσιμα συνδυασμένα με CCS καθίστανται όλο και λιγότερο ανταγωνιστικά συγκριτικά με την αιολική και ηλιακή ενέργεια, καθιστώντας το μακροπρόθεσμο μέλλον τους εξαιρετικά δύσκολο».

Institute for Energy Economics and Financial Analysis

Newsroom Research Regions About Search Subscribe

Insights Oil/Gas & LNG Carbon Capture and Storage Australia

Gorgon CCS underperformance hits new low in 2023-24

November 28, 2024
Amandine Denis-Ryan, Kevin Morrison

X f in

Key Findings

In the last financial year, the Gorgon CCS project captured only 30% of the CO2 it removed from its reservoir, its weakest performance to date.

X f in

As a result of technical challenges and underperformance, the cost per tonne of CO2 captured increased again in the last year to \$222.

X f in

The ENERGY MIX Solutions Journalism for Now

SUBSCRIBE DONATE

Topics Regions Special Coverage Resources About Contact

Chevron's Gorgon CCS Plant Records Worst Performance Ever

January 7, 2026 Reading time: 3 minutes

Full Story: The Energy Mix
Chris Bonasia

in f t



Get the latest climate news and analysis, direct to your inbox.

SUBSCRIBE TODAY

World's biggest carbon capture plant running at one third capacity, Chevron Australia reveals

By energy reporter Daniel Mercer

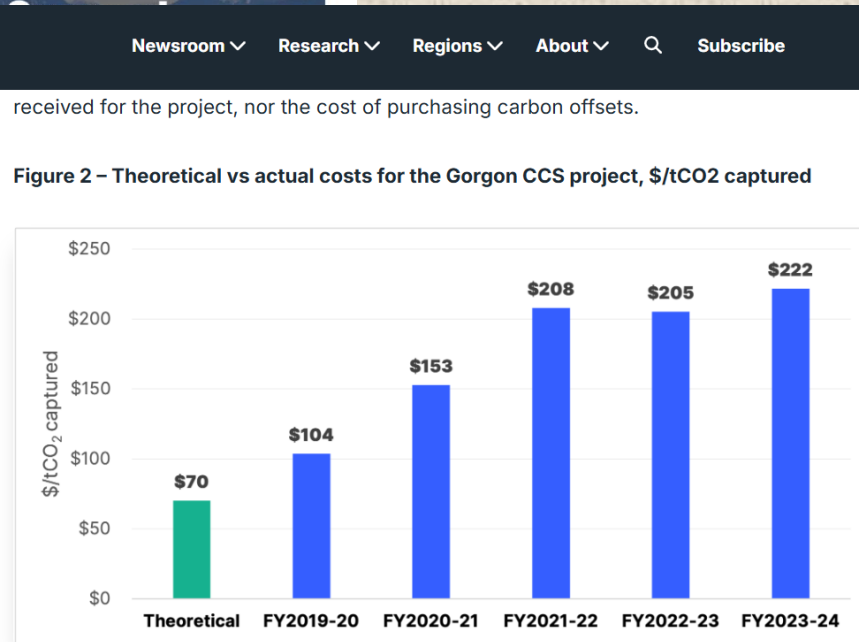
Energy Industry

Wed 17 May 2023



- <https://ieefa.org/resources/gorgon-ccs-underperformance-hits-new-low-2023-24>
- <https://timinclimate.medium.com/gorgon-carbon-capture-and-storage-project-the-failure-of-the-worlds-largest-ccs-facility-d517de0ee176>
- <https://www.theenergymix.com/chevrons-gorgon-ccs-plant-records-worst-performance-ever/>

1. Gorgon CCS (Αυστραλία)



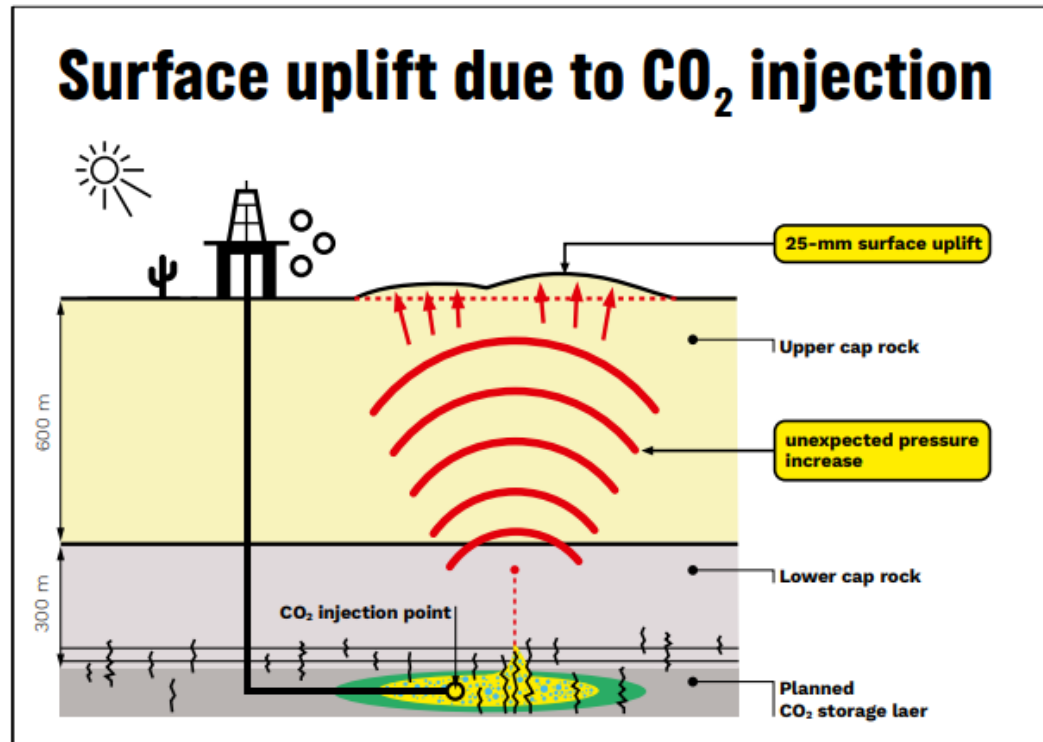
Source: Chevron, IEEFA analysis. Note: the theoretical cost is calculated based on initial project costs of \$2.5 billion and annual capture rate of 4 MtCO₂.

2.3 Failures overseas: In Salah, Gorgon, Quest

2.3.1 In Salah (Algeria): surface uplift and project cancellation

Another CCS project was carried out next to the In Salah gas field in the Algerian desert. As with Sleipner and Snøhvit, the natural gas had a very high CO₂ content, which the project partners BP, Equinor and the Algerian state company Sonatrach (operator) wanted to capture and inject into an older gas field in the ground.

The geological conditions were considered simple and manageable. A common fold in the rock layers (anticline) had formed a geological saddle with a very thick impermeable layer (950 metres). The chosen disposal site (Krechba formation) was at a more than adequate depth of 1900 metres.[Q49]



Source: Greenpeace Germany

2. In Salah CO₂ Storage Project



<https://ieefa.org/resources/carbon-capture-has-long-history-failure>

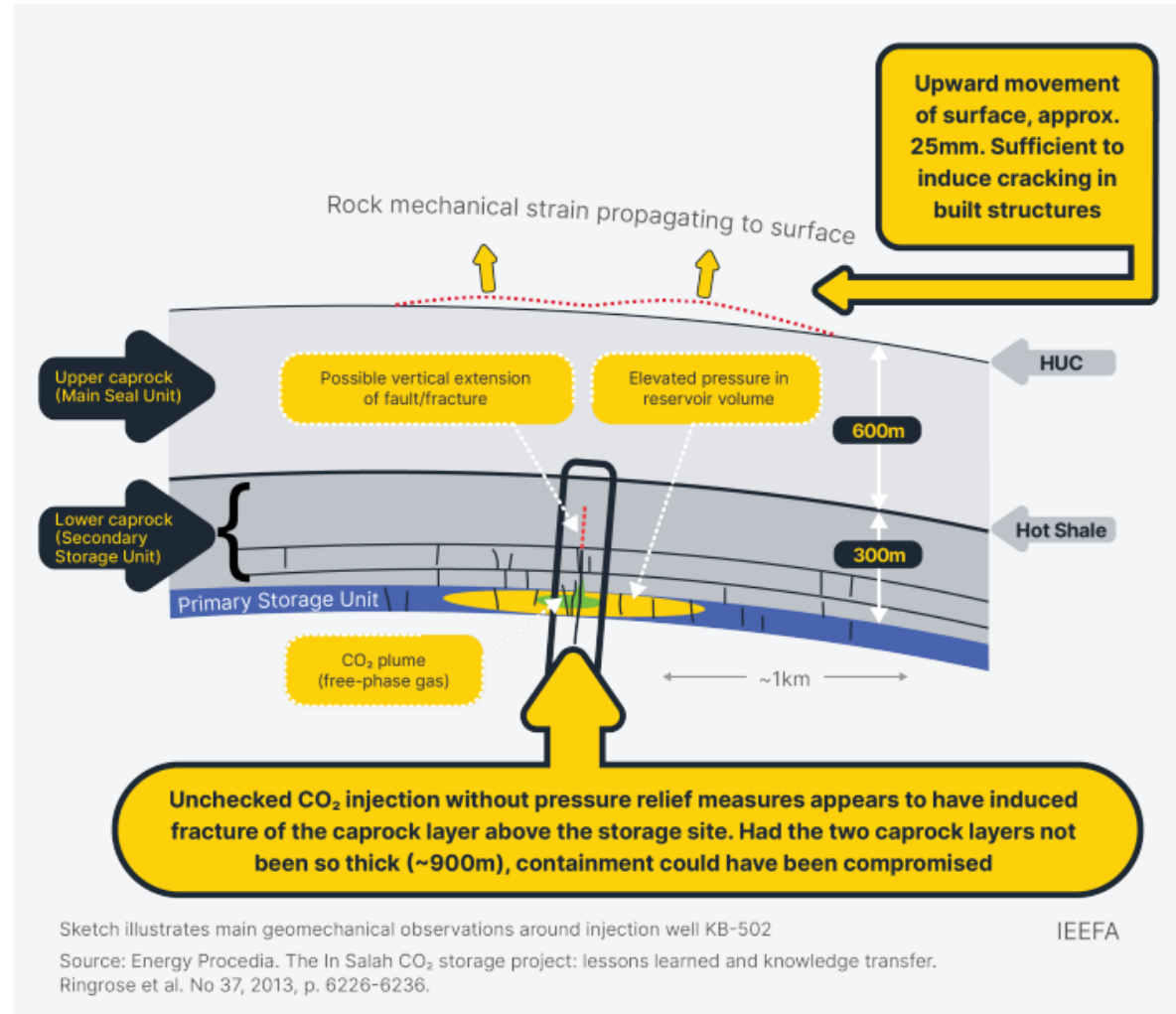
<https://www.yumpu.com/en/document/read/237062/the-in-salah-ccs-experience-sonatrach-algeria-the-in-salah-ccs-/9>

<https://www.energycomment.de/ccs-can-we-just-bury-our-co2-problem/>

Caution required due to In Salah, Algeria experience

What happened?

- Massive pressure rise happened early on in operations
- Jeopardized gas production
- Kept injecting
- Detected geologic failure due to pressure drop
- Injections permanently suspended
- Was deemed okay since it was voluntary storage activity
- CO₂ again vented to atmosphere



3. Boundary Dam (Καναδάς) & Petra Nova (ΗΠΑ):

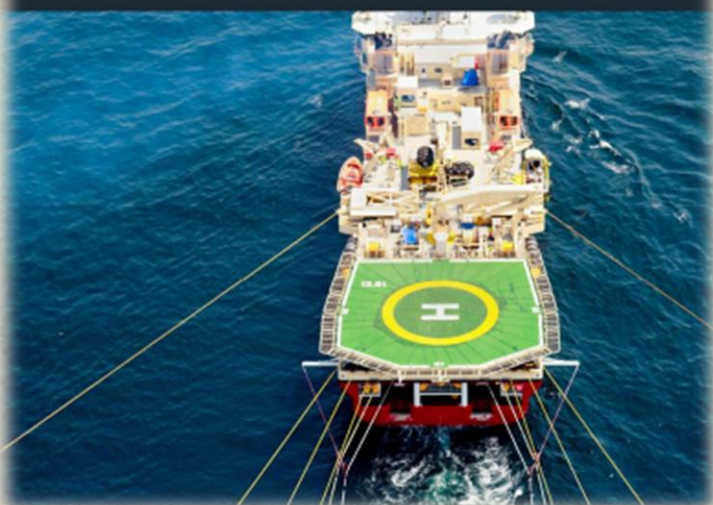
- Το κόστος στο **Boundary Dam** ξεπέρασε το \$1,5 δις και παρουσίασε συνεχείς μηχανικές βλάβες.
- Το **Petra Nova** έκλεισε το 2020 (και επαναλειτούργησε αργότερα με μεγάλες επιφυλάξεις) λόγω οικονομικής ασυμβατότητας με τις διακυμάνσεις της τιμής του πετρελαίου.



Norway's Sleipner and Snøhvit CCS: Industry models or cautionary tales?

Unexpected subsurface geology developments
in the two projects call into question the world's
offshore CO₂ storage ambitions

Grant Hauber, Energy Finance Analyst

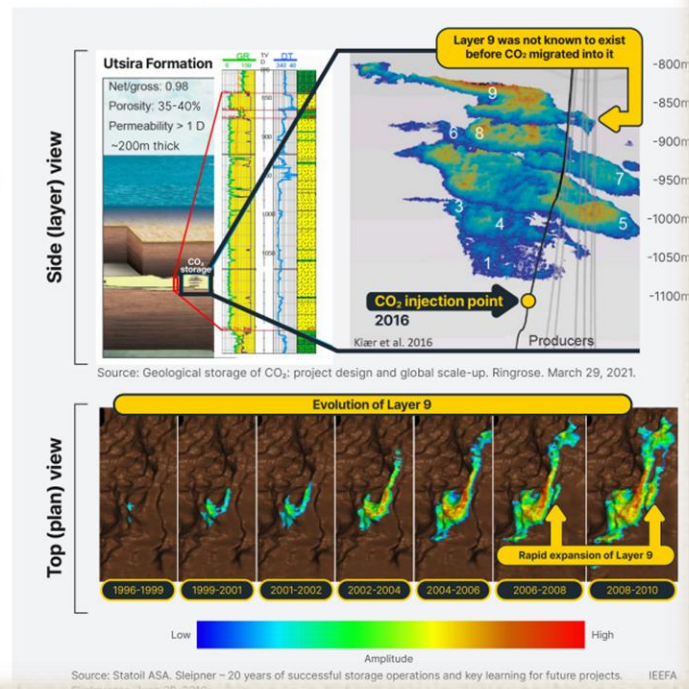


4. Sleipner & Snøhvit (Νορβηγία)

- Στο Snøhvit, μόλις 18 μήνες μετά την έναρξη, η πίεση στο σημείο αποθήκευσης ανέβηκε με γεωμετρική πρόοδο σε επικίνδυνα επίπεδα.
- Οι επιστήμονες συνειδητοποίησαν ότι η γεωλογική δομή δεν απορροφούσε το CO₂ όπως είχαν δείξει τα θεωρητικά μοντέλα.
- Χρειάστηκαν επείγουσες, πανάκριβες τροποποιήσεις και νέες γεωτρήσεις εκατοντάδων εκατομμυρίων δολαρίων για να βρεθεί νέο στρώμα αποθήκευσης, αποδεικνύοντας ότι η υπόγεια συμπεριφορά του αερίου είναι εν πολλοίς απρόβλεπτη.

Eight CO₂ storage layers become nine

- Original geophysics concept was that CO₂ would gradually percolate up through a number of shaly layers over a period of many years
- This configuration was identified through preliminary seismic studies and calculations
- Instead, in less than three years, CO₂ had moved all the way up to underneath the caprock
- CO₂ accumulated in a previously unidentified layer 9
- At some point after 2004, this accumulation accelerated to large volumes
- The horizontal boundaries of Layer 9 remain unknown



Διεθνείς αποτυχίες CCS:

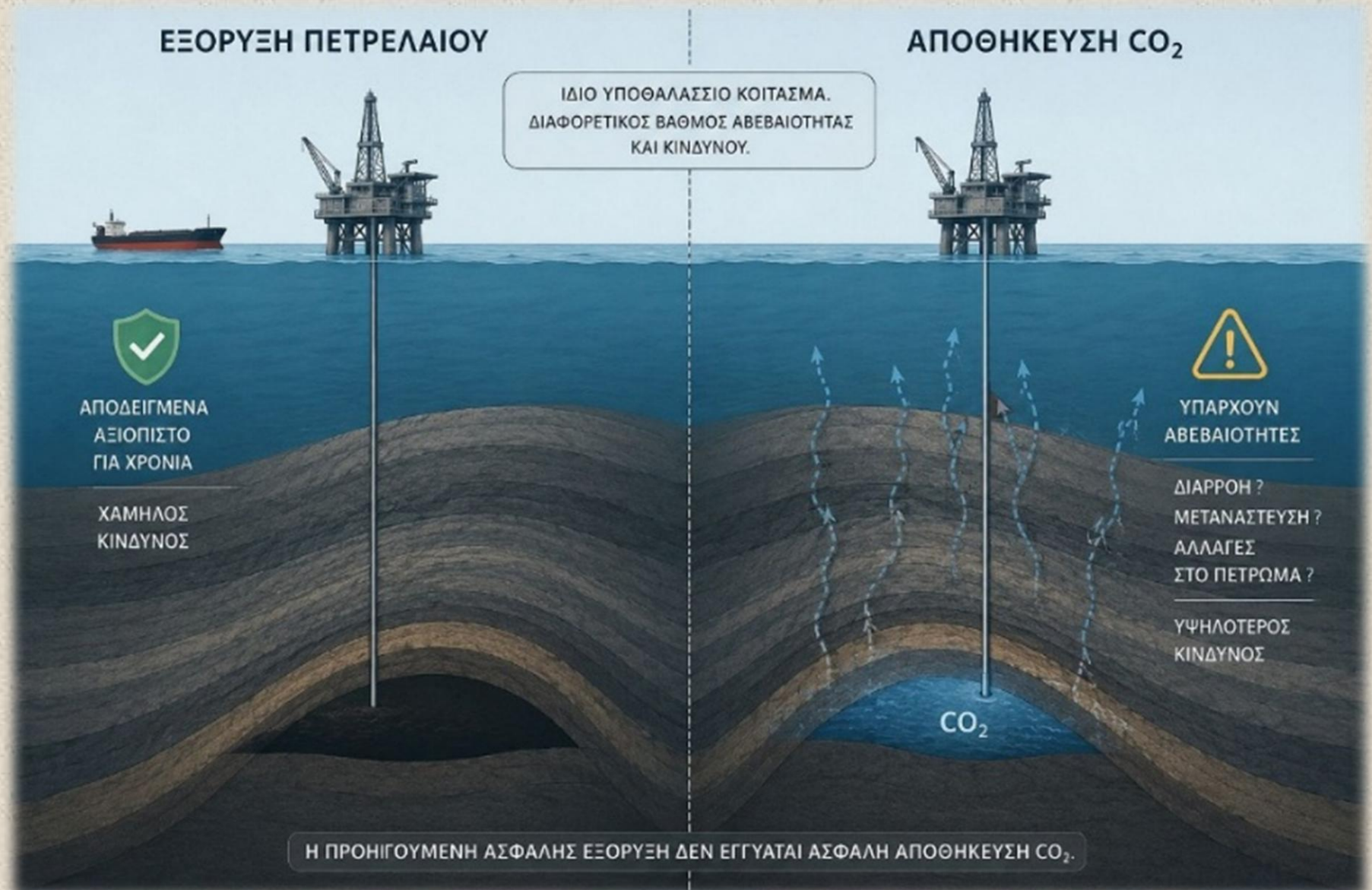
- **Gorgon (Αυστραλία):** κάτω από 50% απόδοση
- **In Salah (Αλγερία):** σταμάτησε λόγω γεωλογικών κινδύνων
- **Petra Nova (ΗΠΑ):** οικονομικά μη βιώσιμο
- **Snøhvit (Νορβηγία):** επικίνδυνη αύξηση πίεσης

Κοινό συμπέρασμα: υψηλό κόστος, τεχνικά προβλήματα, αβέβαια αποτελέσματα.

Ποιες είναι οι εγγυήσεις έναντι των υπαρκτών γεωλογικών και τεχνικών κωλυμάτων;

Εάν προκύψουν αστοχίες στη στεγανότητα των πετρωμάτων ή μελλοντικές διαρροές, ποιος θα μας προστατεύσει;

Η ασφαλής εξόρυξη πετρελαίου, δεν μπορεί να εγγυηθεί και ασφαλής αποθήκευση CO₂.



Κίνδυνοι του ενός έργου αποθήκευσης CO₂ στον Πρίνο

1. Αστοχία υποδομών (αγωγοί, γεωτρήσεις, συστήματα συμπίεσης) και διαρροή CO₂ στην ατμόσφαιρα και στη θάλασσα μέσω ρηγμάτων.
2. Αύξηση της πίεσης στους ταμιευτήρες, με κίνδυνο επαγόμενης σεισμικότητας ή αποσταθεροποίησης των γεωλογικών σχηματισμών.
3. Μόλυνση υπόγειων υδάτων του υδροφόρου ορίζοντα μέσω μετακίνησης αλάτων ή βαρέων μετάλλων. Η χρήση χημικών αμινών για τη δέσμευση του άνθρακα απελευθερώνει τοξικές και καρκινογόνες ουσίες που ρυπαίνουν τον αέρα και το έδαφος γύρω από τις εγκαταστάσεις
4. Οξίνιση των θαλάσσιων υδάτων, υποβάθμιση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και μείωση της βιοποικιλότητας..
5. Σοβαρές επιπτώσεις στην αλιεία.
6. Οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις: Η ανησυχία για πιθανά ατυχήματα μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τον τουρισμό, μειώνοντας την επισκεψιμότητα και επηρεάζοντας την τοπική οικονομία.
7. Υψηλό κόστος και διαχειριστική αβεβαιότητα: Το έργο απαιτεί σημαντική δημόσια χρηματοδότηση και μακροχρόνια παρακολούθηση. Εγείρονται εύλογα ερωτήματα για το ποιος θα καλύψει το κόστος και τις επιπτώσεις σε βάθος δεκαετιών, ιδίως σε περίπτωση διαρροών ή περιβαλλοντικών βλαβών.

Λίμνη Nyos, Καμερούν, 1986:

Μέσα σε ακτίνα 25 χιλιομέτρων, 1.746 άνθρωποι και περίπου 3.500 ζώα πέθαναν από ασφυξία μέσα σε λίγα λεπτά, την ώρα που κοιμόντουσαν.



Η λίμνη Nyos σχεδόν κόκκινη (από την πλούσια σε σίδηρο ιλύ του πυθμένα μετά το συμβάν της αυθόρμητης έκλυσης του φονικού νέφους CO₂ και τα κοπάδια νεκρών ζώων.

Σας ευχαριστώ!

Πέτρος Παπαγεωργίου

**Μηχανολόγος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός
MSc στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και τα προηγμένα υλικά.**

