



Klimarealistene  
Vollsveien 109  
1358 Jar, Norway  
ISSN: 2703-9072

Correspondence:

dk@itia.ntua.gr

Vol. 4.3 (2024)

pp. 39-49

# Η σχέση μεταξύ της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα

## [Ελληνική μετάφραση του άρθρου: The Relationship between Atmospheric Temperature and Carbon Dioxide Concentration]

Δημήτρης Κουτσογιάννης

Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών,  
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ζωγράφου

### Abstract

Το CO<sub>2</sub> που παράγεται από τον άνθρωπο με την καύση ορυκτών καυσίμων, σε συνδυασμό με την αύξηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα και την παρατηρούμενη αύξηση της θερμοκρασίας, επέτρεψε την κατασκευή ενός εντυπωσιακού αφηγήματος, στο οποίο τα τρία αυτά γεγονότα, με αυτή τη σειρά, φέρεται να σχηματίζουν αιτιακή αλυσίδα. Το αφήγημα αυτό υιοθετήθηκε από τις παγκόσμιες πολιτικές ελίτ για την προώθηση των συμφερόντων τους. Έχει επίσης καταστεί κυρίαρχο στην αντίληψη του κοινού, μέσω της εκτόξευσης απειλών για όλες τις πτυχές της ζωής λόγω των υποτιθέμενων κλιματικών επιπτώσεων. Το πρόσφατο έργο μου έχει αμφισβητήσει τις υποτιθέμενες αιτιακές σχέσεις που διαμορφώνουν το αφήγημα. Μια στοχαστική μέθοδος για την ανίχνευση της αιτιότητας έδειξε ότι η αλλαγή της θερμοκρασίας μπορεί δυνητικά να προκαλέσει αλλαγές στη συγκέντρωση CO<sub>2</sub>, αλλά όχι το αντίστροφο. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί την επέκταση της βιόσφαιρας και, με τη σειρά της, την παραγωγή περισσότερων φυσικών εκπομπών CO<sub>2</sub>, οι οποίες αντιπροσωπεύουν το 96% των συνολικών εκπομπών. Όλα τα σχετικά σύνολα δεδομένων επιβεβαιώνουν αυτά τα ευρήματα. Ειδικότερα, τα δεδομένα μετρήσεων και τα υποκατάστατα δεδομένα υποστηρίζουν τη φυσική προέλευση της αλλαγής της ισοτοπικής σύνθεσης του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub>, ενώ τα δεδομένα μακράς διάρκειας (ενός αιώνα) για την ακτινοβολία μακρών κυμάτων δεν δείχνουν καμιά διακριτή επίδραση της αυξημένης συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> στο φαινόμενο θερμοκηπίου.

**Keywords:** Αιτιότητα· στοχαστική· φαινόμενο θερμοκηπίου· ακτινοβολία μακρών κυμάτων· υδρατμοί· διοξείδιο του άνθρακα.

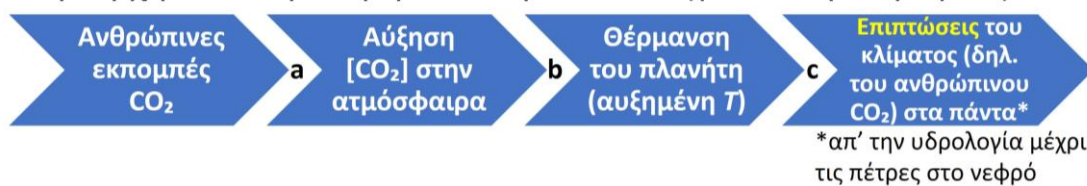
Υποβλήθηκε 2024-11-19. Έγινε δεκτό 2024-11-24. <https://doi.org/10.53234/scc202412/15>

*Τι να μάς πει η φυσική / Οι νόμοι δε μετράνε / Σε φάση μεταφυσική / Τα πάθη κυβερνάνε*  
Λαυρέντης Μαχαιρίτσας, από τους στίχους του τραγουδιού «Πεθαίνω για σένα»

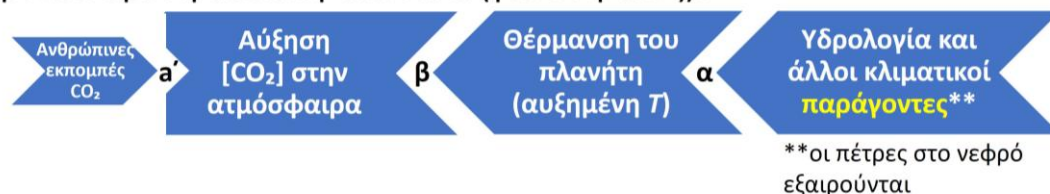
### 1. Εισαγωγή

Οι ισχυρές ελίτ, αναλαμβάνοντας το ρόλο των σωτήρων του πλανήτη, ενοχοποιούν τις ανθρώπινες εκπομπές CO<sub>2</sub> για κάθε κακό που συμβαίνει στη Γη. Σε αυτό, υποστηρίζονται από τη λεγόμενη «κλιματική επιστήμη», η οποία έχει κατασκευάσει ως πυρήνα της την αιτιακή αλυσίδα «a», «b», «c», που παρουσιάζεται στο Σχ. 1 (πάνω σειρά). Η αλυσίδα αυτή δεν προωθείται μόνο από τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change—IPCC) και τα πολιτικά και οικονομικά συμφέροντα, αλλά υποστηρίζεται επίσης από τους επικρατούντες «σκεπτικιστές». Ωστόσο, κατά την άποψή μου, είναι αφελής, καθώς το κλίμα είναι πολύ περίπλοκο για να αναπαρασταθεί σε μια τόσο απλουστευτική ακολουθία με μία και μόνη αιτία. Άλλωστε, η κατεύθυνση της αιτιότητας είναι ως επί το πλείστον αντίθετη από την επικρατούσα υπόθεση και αντιπροσωπεύεται από την κάτω σειρά στο Σχ. 1, η οποία είναι αποτέλεσμα των πρόσφατων ερευνητικών δημοσιεύσεών μου που συνοψίζονται παρακάτω.

### Κυρίαρχη αλλά αβάσιμη αιτιακή αλυσίδα (για το νηπιαγωγείο):



### Προτεινόμενη αιτιακή αλυσίδα (για ενήλικες):



**Σχ. 1:** Γραφική απεικόνιση του θέματος της παρούσας εργασίας. Η πάνω σειρά των βελών δείχνει την κυρίαρχη αιτιακή αλυσίδα που είναι δημοφιλής μεταξύ των φανατικών του κλίματος και των καθιερωμένων σκεπτικιστών του κλίματος, και η κάτω σειρά δείχνει την προτεινόμενη εναλλακτική αλυσίδα που βασίζεται στις πρόσφατες δημοσιεύσεις μου. Το μικρότερο βέλος για τις ανθρώπινες εκπομπές CO<sub>2</sub> στην κάτω σειρά αντιστοιχεί στο γεγονός ότι συμβάλλουν μόνο κατά 17% στην αύξηση της συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα (αιτιακή σχέση «α'»), ενώ οι φυσικές εκπομπές από τη διεσταλμένη βιόσφαιρα λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας (T) συμβάλλουν κατά 83% (αιτιακή σχέση «β»). Οι υποσημειώσεις περιλαμβάνονται για λόγους επεξήγησης και τεκμηριώνονται ως εξής: Μια αναζήτηση στο Google Scholar για τους όρους «climate impacts» και «hydrology» δίνει 34 200 δημοσιεύσεις<sup>1</sup> και μια αναζήτηση για τους όρους «climate change» και «kidney stones» δίνει 3710 δημοσιεύσεις<sup>2</sup>.

## 2. Υποθετική αιτιακή σχέση «α»: Προκαλείται η αύξηση του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub> απ' τις ανθρώπινες εκπομπές;

Ένα από τα επιχειρήματα που υποστηρίζουν τη δημοφιλή καταφατική απάντηση στο παραπάνω ερώτημα είναι η μείωση της αφθονίας του ισοτόπου <sup>13</sup>C στην ατμόσφαιρα, το οποίο αντιπροσωπεύεται από τον πρότυπο δείκτη δ<sup>13</sup>C. Αυτή αποδίδεται στην καύση ορυκτών καυσίμων και είναι γνωστή ως φαινόμενο Suess (1955). Πράγματι, η χρονοσειρά του ατμοσφαιρικού δ<sup>13</sup>C, που φαίνεται στο κάτω γράφημα του Σχ. 2, παρουσιάζει πτωτική τάση.

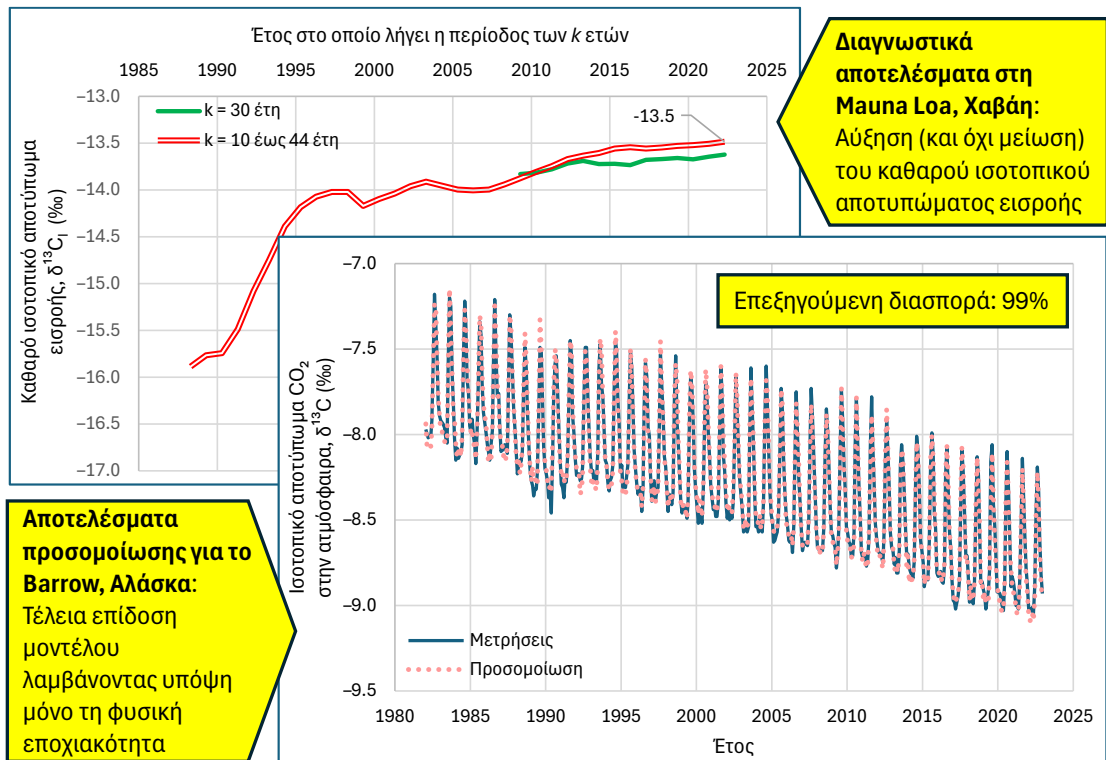
Ωστόσο, όπως φαίνεται στη μελέτη του Koutsoyiannis (2024a), η οποία αναπαρήγαγε πλήρως τις παρατηρήσεις με ένα απλό μοντέλο (κάτω γράφημα του Σχ. 2), το καθαρό σήμα εισροής στην ατμόσφαιρα, δ<sup>13</sup>C<sub>I</sub>, δεν μειώνεται –σε ορισμένες περιπτώσεις αυξάνεται (άνω γράφημα του Σχ. 2). Μια σταθερή τιμή δ<sup>13</sup>C<sub>I</sub> λίγο μικρότερη από –13‰ σε υπερετήσια χρονική κλίμακα είναι αντιπροσωπευτική σε ολόκληρη την υδρόγειο για όλη την περίοδο των μετρήσεων. Η ίδια τιμή ισχύει για ολόκληρη την περίοδο μετά τη Μικρή Εποχή των Παγετώνων, όπως επιβεβαιώνεται από υποκατάστατα δεδομένα. Τα αποτελέσματα αυτά υποστηρίζουν το συμπέρασμα ότι φυσικά αίτια οδήγησαν στην αύξηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> ([CO<sub>2</sub>]). Δεν διακρίνεται ανθρωπογενές αίτιο (φαινόμενο Suess).

Εξάλλου, ενώ τα ορυκτά καύσιμα έχουν πράγματι μικρό αποτύπωμα δ<sup>13</sup>C, μέχρι –26‰, και επομένως η εισροή δ<sup>13</sup>C<sub>I</sub> απ' αυτά έχει χαμηλή τιμή, τα φυτά C3 (π.χ. αειθαλή δέντρα, φυλλοβόλα δέντρα και αγριόχορτα) έχουν πολύ χαμηλότερες τιμές δ<sup>13</sup>C από τα ορυκτά καύσιμα, μέχρι –34‰, και επομένως η εισροή δ<sup>13</sup>C<sub>I</sub> απ' αυτά είναι ακόμη χαμηλότερη (Koutsoyiannis, 2024b). Χαμηλότερες τιμές απ' ό,τι στα ορυκτά καύσιμα, εμφανίζονται και σε άλλες πηγές CO<sub>2</sub>. Όταν τα φυτά C3 (και πολλοί άλλοι οργανισμοί) αναπνέουν, εκπέμπουν στην ατμόσφαιρα χαμηλό δ<sup>13</sup>C, μειώνοντας την περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε δ<sup>13</sup>C. Επομένως, είναι παράλογο να

<sup>1</sup> <https://scholar.google.com/scholar?q=%22climate+impacts%22+%22hydrology%22>.

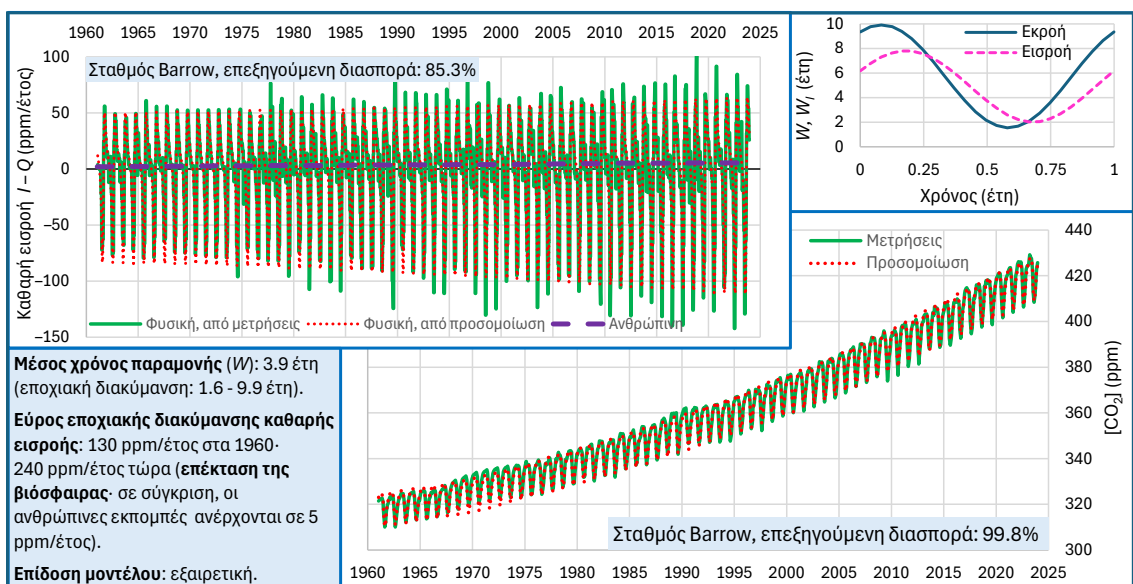
<sup>2</sup> <https://scholar.google.com/scholar?q=%22climate+change%22+%22kidney+stones%22>.

υποστηρίζεται ότι η εκπομπή από την καύση ορυκτών καυσίμων (4% του συνόλου) είναι αυτή που προκαλεί τη μείωση της ατμοσφαιρικής τιμής  $\delta^{13}\text{C}$ .



Σχ. 2: Ελληνική μετάφραση της γραφηματικής περίληψης της εργασίας του Koutsoyiannis (2024a).

Μια πιο λεπτομερής περιγραφή του ισοζυγίου  $\text{CO}_2$  στην ατμόσφαιρα παρουσιάστηκε από τον Koutsoyiannis (2024c). Η εν λόγω μελέτη ανέτρεψε πλήρως τους περιεργούς ισχυρισμούς της IPCC περί διαφορετικής συμπεριφοράς του ανθρωπογενούς από το φυσικό  $\text{CO}_2$ , όπου το πρώτο φέρεται να έχει πολυετή διάρκεια ζωής στην ατμόσφαιρα. Σε αντίθεση με αυτό, ο Koutsoyiannis (2024c), έδειξε ότι ο μέσος χρόνος παραμονής του  $\text{CO}_2$  στην ατμόσφαιρα είναι: (α) ανεξάρτητος από την προέλευση (ανθρώπινη ή φυσική), (β) περίπου 4 χρόνια σε υπερετήσια βάση και (γ) εποχιακά μεταβαλλόμενος με χαμηλότερη τιμή < 2 χρόνια (βλ. Σχ. 3, πάνω δεξιά).



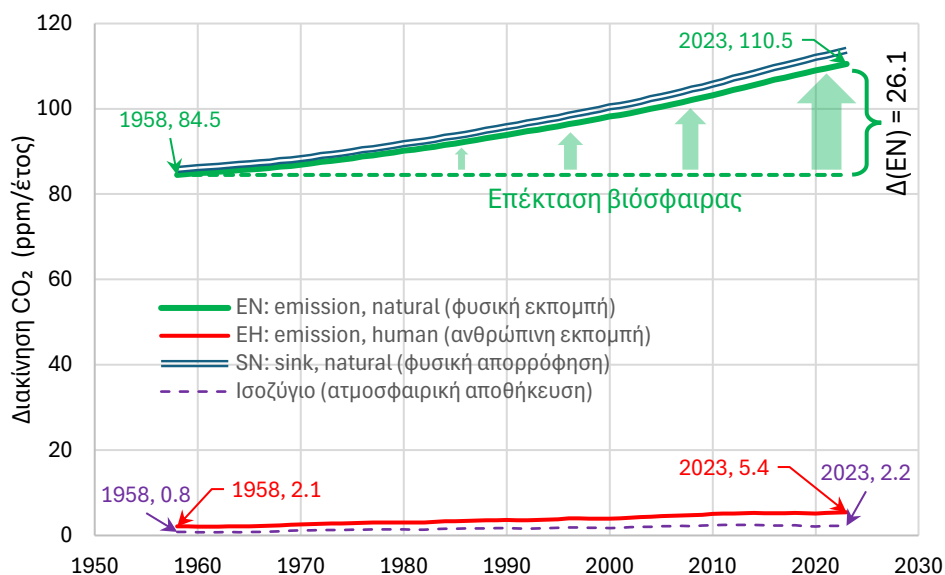
Σχ. 3: Ελληνική μετάφραση της γραφηματικής περίληψης της εργασίας του Koutsoyiannis (2024c).

Η ίδια μελέτη υπογράμμισε το γεγονός ότι από τη δεκαετία του 1960 η βιόσφαιρα έχει επεκταθεί σημαντικά, όπως προκύπτει από τις παρατηρήσεις της καθαρής φυσικής εισροής CO<sub>2</sub> (βλ. Σχ. 3, πάνω αριστερά). Η επέκταση προκλήθηκε από την αύξηση της θερμοκρασίας. Πράγματι, οι θερμές συνθήκες είναι ευνοϊκές για τους οι ζωντανούς οργανισμούς, οι οποίοι αυξάνουν εκθετικά την αναπνοή τους  $R$  με τη θερμοκρασία  $T$ , ακολουθώντας την εμπειρικά αποδεδειγμένη σχέση, γνωστή ως μοντέλο Q10 (Patel et al., 2022):

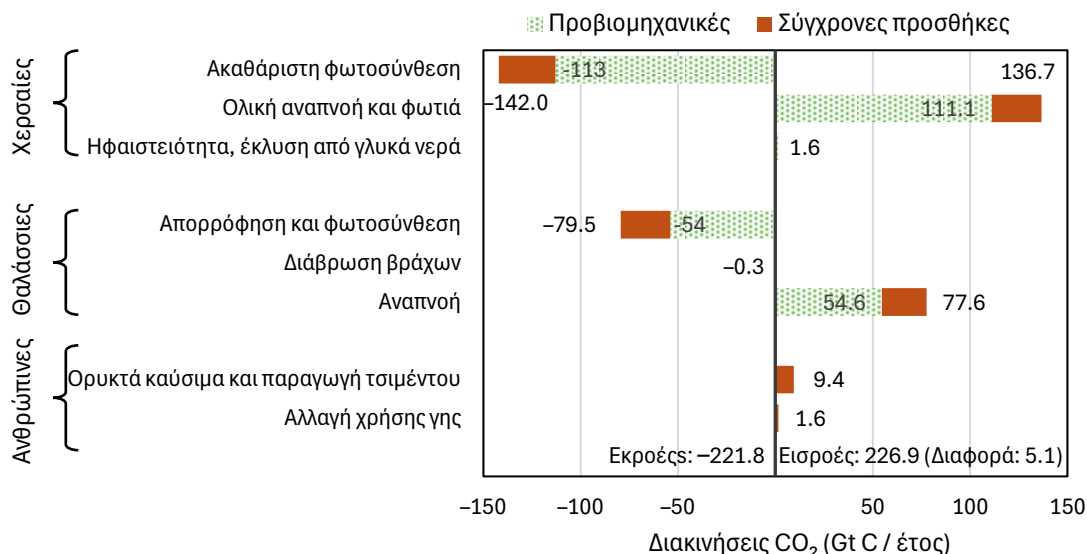
$$R(T) = R(T_0)Q_{10}^{(T-T_0)/10} \quad (1)$$

όπου  $Q_{10}$  είναι αδιάστατη παράμετρος, και  $T_0$  και  $R(T_0)$  είναι τιμές αναφοράς. Από τα αποτελέσματα του μοντέλου συμπεραίνουμε ότι η επέκταση της βιόσφαιρας από το 1958 έως το 2023 είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση, κατά  $\Delta(\text{EN})$ , της φυσικής εκπομπής, EN, ίση με 26.1 ppm/έτος. Για λόγους σύγκρισης, οι ανθρώπινες εκπομπές κατά την περίοδο αυτή κυμάνθηκαν από 2.1 έως 5.4 ppm/έτος στην αρχή και στο τέλος της περιόδου αυτής, αντίστοιχα. Οι σχετικές χρονοσειρές φαίνονται στο Σχ. 4. Από ολόκληρο το σχήμα μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η συνήθης πρακτική τόσο της IPCC όσο και των επικρατούντων σκεπτικιστών να επικεντρώνονται στο κάτω μέρος του γραφήματος (στις δύο καμπύλες κάτω από τα 10 ppm/έτος στο Σχ. 4) είναι ακατάλληλη, καθώς χάνει το «δάσος», δηλαδή ολόκληρη τη βιόσφαιρα. Αυτή η πρακτική της IPCC αντικατοπτρίζεται στο ακόλουθο απόσπασμα (IPCC, 2021, σ. 54 σε ελληνική μετάφραση): «Οι εκπομπές από φυσικές πηγές, όπως η ωκεάνια και η χερσαία βιόσφαιρα, συνήθως υποτίθεται ότι είναι σταθερές ή ότι εξελίσσονται ως απάντηση στις αλλαγές των ανθρωπογενών παραγόντων ή στην προβλεπόμενη κλιματική αλλαγή».

Η ακαταλληλότητα αυτής της πρακτικής μπορεί να συναχθεί από τα γεγονότα ότι η βιόσφαιρα: (α) έχει τη δική της δυναμική που δεν διέπεται από τις ανθρώπινες εκπομπές, και (β) έχει ποσοτικά 25 φορές μεγαλύτερη συνεισφορά από τις ανθρώπινες εκπομπές, ακόμη και σύμφωνα με τις εκτιμήσεις της IPCC (βλ. Σχ. 5). Εάν ληφθούν υπόψη πιο πρόσφατες εκτιμήσεις, η ανθρώπινη συμβολή γίνεται ακόμη λιγότερο σημαντική. Συγκεκριμένα, στην πρόσφατη δημοσίευση των Lai et al. (2024) οι εκτιμήσεις της ακαθάριστης φωτοσύνθεσης και της αναπνοής είναι υψηλότερες από αυτές της IPCC, δηλαδή 157 και 149 Gt C/έτος, αντίστοιχα (αντί των εκτιμήσεων της IPCC 142.0 και 136.7 Gt C/έτος που φαίνονται στο Σχ. 5).



Σχ. 4: Διακινήσεις CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα για την περίοδο 1958-2023, όπως προκύπτουν από εκτιμήσεις ανθρώπινων εκπομπών, δεδομένα συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> και το μοντέλο του Koutsoyiannis (2024c).



Σχ. 5: «Επίσημες» εκτιμήσεις της IPCC (2021· Σχ. 5.12) για τις διακινήσεις CO<sub>2</sub>, σε «ανεπίσημη» παρουσίαση προσαρμοσμένη από τον Koutsoyiannis (2024c) και μεταφρασμένη στα ελληνικά.

Ακόμα και αν κρατήσουμε τις εκτιμήσεις της IPCC που παρουσιάζονται στο Σχ. 5, μπορούμε να κάνουμε τις ακόλουθες παρατηρήσεις που συμφωνούν με την προτεινόμενη ερμηνεία των διακινήσεων CO<sub>2</sub>:

1. Ο άνθρωπος είναι υπεύθυνος μόνο για το 4% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.
2. Η συντριπτική πλειονότητα των μεταβολών στην ατμόσφαιρα από το 1750 (κόκκινες ράβδοι στο γράφημα) οφείλεται σε φυσικές διεργασίες, στην αναπνοή και στη φωτοσύνθεση.
3. Οι αυξήσεις τόσο στις εκπομπές όσο και στις απορροφήσεις CO<sub>2</sub> οφείλονται στην αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία διαστέλλει τη βιόσφαιρα και την καθιστά πιο παραγωγική.
4. Οι διεργασίες της χερσαίας βιόσφαιρας είναι πολύ πιο ισχυρές από τις θαλάσσιες ως προς την παραγωγή και την απορρόφηση του CO<sub>2</sub>.
5. Η αύξηση των φυσικών εκπομπών CO<sub>2</sub> μόνο από την θαλάσσια βιόσφαιρα είναι πολύ μεγαλύτερη από τις ανθρώπινες εκπομπές.
6. Οι σύγχρονες (μετά το 1750) προσθήκες CO<sub>2</sub> στις προβιομηχανικές ποσότητες (κόκκινες ράβδοι στο δεξί μισό του γραφήματος) υπερβαίνουν τις ανθρώπινες εκπομπές κατά ~4.5 φορές.

Επιπλέον, συνδυάζοντας το Σχ. 4 και το Σχ. 5, μπορούμε να δούμε ότι η συντριπτική πλειονότητα της αύξησης της συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> το 2023 οφείλεται στις αυξημένες φυσικές εκπομπές. Συγκεκριμένα, το ποσοστό από αυτή την αύξηση για το 2023 είναι  $26.1 / (26.1 + 5.4) = 83\%$ , αφήνοντας 17% στις ανθρώπινες εκπομπές (βλ. λεζάντα του Σχ. 1 και επίσης Koutsoyiannis, 2024f, ενότητα 5.3).

### 3. Υποθετική αιτιακή σχέση «b»: Προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας η αύξηση του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub>;

Μια πρώτη διερεύνηση της πιθανής αιτιακής σχέσης μεταξύ της ατμοσφαιρικής [CO<sub>2</sub>] και της θερμοκρασίας με βάση τις παρατηρήσεις και όχι τα μοντέλα, έγινε από τους Koutsoyiannis και Kundzewicz (2020), με αφορμή το γεγονός ότι το αυξανόμενο μοτίβο της συγκέντρωσης του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub> παρέμεινε ανεπηρέαστο από τη μείωση των ανθρώπινων εκπομπών CO<sub>2</sub> που προκάλεσαν τα μέτρα για το κόβιντ. Ακολούθησε η ανάπτυξη μιας νέας στοχαστικής μεθόδου

από τους Koutsoyiannis et al. (2022a,b). Αυτή ξεκίνησε με μια ανασκόπηση των προσεγγίσεων της αιτιότητας σε ολόκληρο το δέντρο της γνώσης, από τη φιλοσοφία στην επιστήμη και στην τεχνολογική και κοινωνικοπολιτική εφαρμογή, και προσδιόρισε τα σημαντικότερα άλματα προβλήματα. Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε έθεσε έναν μετριοπαθή στόχο: Να προσδιοριστούν αναγκαίες συνθήκες που είναι επιχειρησιακά χρήσιμες για τον εντοπισμό ή τη διάψευση ισχυρισμών αιτιότητας—δεν αναζητήθηκαν ικανές συνθήκες. Οι αναγκαίες συνθήκες είναι σημαντικές από δύο απόψεις:

- Σε παραγωγικό (deductive) πλαίσιο, για τη διάψευση μιας υποτιθέμενης σχέσης αιτιότητας, δείχνοντας ότι παραβιάζει μια αναγκαία συνθήκη.
- Σε επαγωγικό (inductive) πλαίσιο, για την προσθήκη τεκμηρίων υπέρ της αληθοφάνειας μιας υποτιθέμενης σχέσης αιτιότητας.

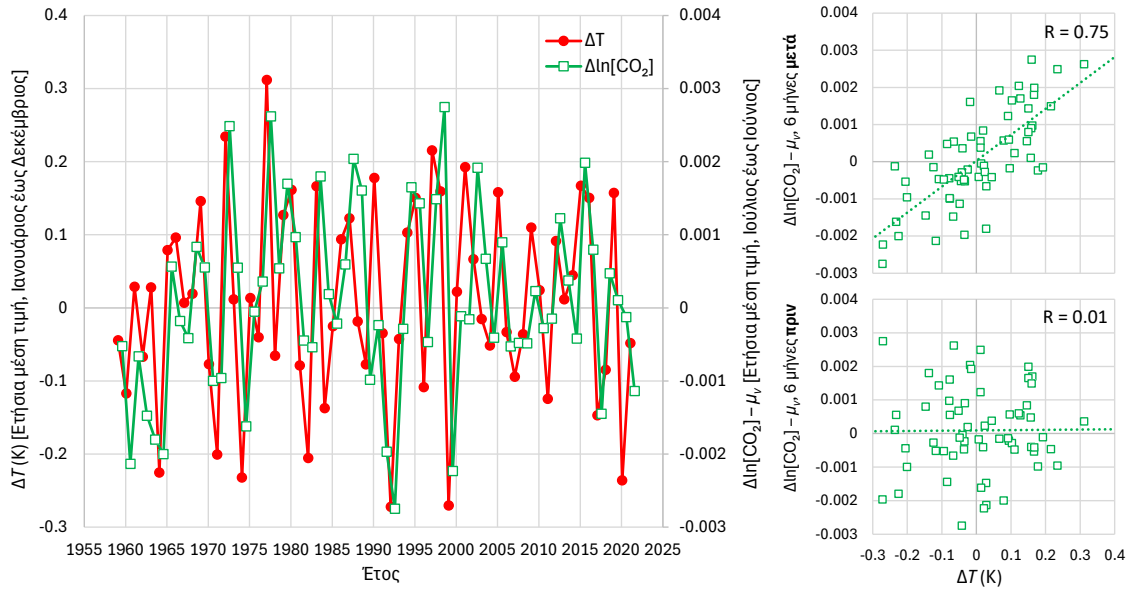
Η μεθοδολογία αντικατέστησε τα μεμονωμένα γεγονότα με στοχαστικές ανελίξεις. Βασίζεται πλήρως στη στοχαστική – ένα υπερσύνολο της θεωρίας πιθανοτήτων και της στατιστικής, στο οποίο ο χρόνος παίζει ουσιαστικό ρόλο. Συγκεκριμένα, η μεθοδολογία βασίζεται σε μια επανεξέταση της έννοιας της συνάρτησης παλμικής απόκρισης (impulse response function—IRF). Τα δεδομένα του πραγματικού κόσμου, δηλαδή οι χρονοσειρές παρατηρήσεων, αποτελούν τη μόνη βάση εφαρμογής της μεθόδου. Τα αποτελέσματα μοντέλων και τα λεγόμενα *in silico* πειράματα (δηλαδή υπολογιστικές προσομοιώσεις) αποκλείονται κατηγορηματικά. Αντιθέτως, η μέθοδος παρέχει ένα πεδίο δοκιμών για τον εντοπισμό του κατά πόσον τα μοντέλα συνάδουν ή όχι με την πραγματικότητα.

Το γενικό πλαίσιο της μεθόδου αφορά την περίπτωση «Κότα-ή-αβγό» δηλαδή την αμφίδρομη αιτιότητα, ενώ οι μονόδρομες περιπτώσεις ενός αιτιακού συστήματος (κατεύθυνση αιτιότητας σύμφωνα με την υπόθεση) ή ενός αντι-αιτιακού συστήματος (κατεύθυνση αιτιότητας αντίθετη προς την υπόθεση) προκύπτουν ως ειδικές περιπτώσεις.

Η μέθοδος διατυπώθηκε ως μια γενική στοχαστική μέθοδος, ενώ μια πιο εκτεταμένη ανάλυση των αλυσίδων αιτιότητας που σχετίζονται με το κλίμα έγινε σε μια επόμενη εργασία των Koutsoyiannis et al. (2023), η οποία επέκτεινε την προσέγγιση σε πολλαπλές κλίμακες και την εφάρμοσε στη μεγαλύτερη περίοδο που καλύπτεται από δεδομένα μετρήσεων. Στη συνέχεια, ο Koutsoyiannis (2024d) βελτίωσε περαιτέρω τη μεθοδολογία και χρησιμοποίησε επίσης υποκατάστατα δεδομένα που καλύπτουν ολόκληρο τον Φανεροζωικό αιώνα.

Τα αποτελέσματα ήταν πάντα τα ίδια: Η κοινή αντίληψη ότι αύξηση της  $[CO_2]$  προκαλεί αύξηση της  $T$  μπορεί να αποκλειστεί, καθώς παραβιάζει την αναγκαία συνθήκη για την κατεύθυνση της αιτιότητας. Αντίθετα, η κατεύθυνση αιτιότητας  $T \rightarrow [CO_2]$  προκύπτει να είναι εύλογη. Μια απεικόνιση τέτοιων αποτελεσμάτων παρέχεται στο Σχ. 6, όπου το γεγονός ότι οι μεταβολές της  $[CO_2]$  ακολουθούν εκείνες του  $T$  είναι εμφανές ακόμη και οπτικά. Στο γράφημα χρησιμοποιείται υστέρηση 6 μηνών (0.5 έτη) για λόγους καλύτερης απεικόνισης και ευκολότερης κατανόησης. Η λεπτομερής εφαρμογή της στοχαστικής μεθόδου οδηγεί σε μια διάμεση και μέση χρονική υστέρηση ελαφρώς υψηλότερη, 0.6 και 0.7 έτη, αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο Σχ. 7. Αυτό ισχύει για ετήσια χρονική κλίμακα ανάλυσης και για τα δεδομένα από μετρήσεις οργάνων. Εάν εξετάσουμε τη δεκαετή χρονική κλίμακα για τα ίδια δεδομένα, η κατεύθυνση της αιτιότητας παραμένει η ίδια και οι υστερήσεις αυξάνονται σε 3.2 και 3.3 έτη, αντίστοιχα. Εάν χρησιμοποιήσουμε υποκατάστατα δεδομένα για χρονικές κλίμακες έως και ένα εκατομμύριο έτη, και πάλι η κατεύθυνση της αιτιότητας είναι η ίδια (οι χρονικές υστερήσεις είναι θετικές), όπως φαίνεται στο Σχ. 7.

Η σχέση μεταξύ της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα



Σχ. 6: Ελληνική μετάφραση της γραφηματικής περίληψης της εργασίας των Koutsoyiannis et al. (2023), που περιλαμβάνει διαφορετικά διαγράμματα των ετήσιων μέσων τιμών των χρονοσειρών διαφορών θερμοκρασίας ( $\Delta T$ ) και λογαρίθμου της  $[CO_2]$  ( $\Delta \ln[CO_2]$ ) για χρονικό βήμα διαφοράς ενός έτους και υστέρηση έξι μηνών. Στο αριστερό γράφημα, κάθε σημείο αντιπροσωπεύει τη μέση τιμή για την περίοδο διάρκειας ενός έτους που λήγει τη στιγμή που σημειώνεται ως τετμημένη του εν λόγω σημείου.

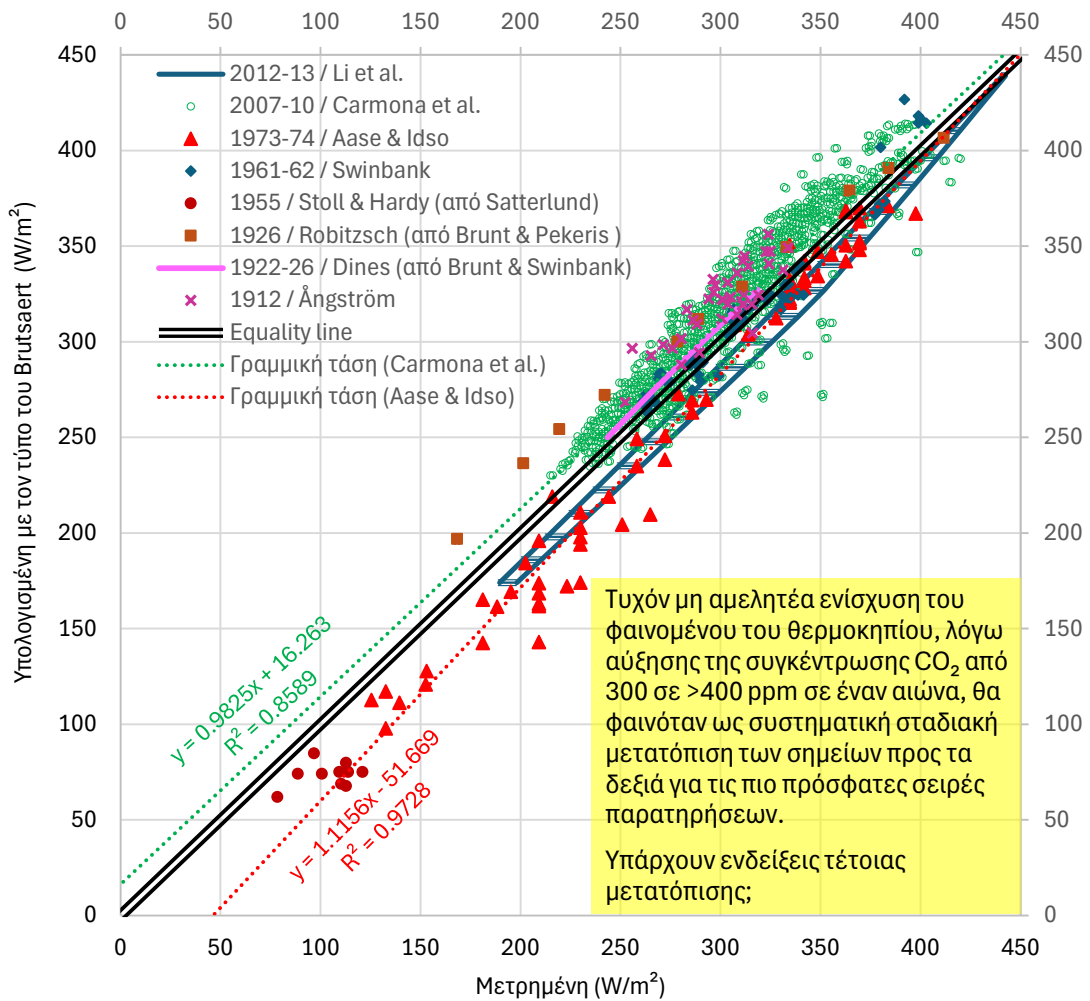
**Σύνοψη των χρονικών υστερήσεων (σε έτη) της δυναμικά αιτιακής σχέσης  $T \rightarrow [CO_2]$  (θετικές σε όλες τις περιπτώσεις)**

Περίοδος	Χρονική κλίμακα ανάλυσης	Χρονικές υστερήσεις, $h_{1/2}, \mu_h$
Φανεροζωικός 	$10^6$	$2.3 \times 10^6, 6.4 \times 10^6$
Καινοζωικός 	$10^5$	$7.6 \times 10^5, 9.1 \times 10^5$
Ύστερο Τεταρτογενές 	500 1000	1200, 3300 1200, 4500
Κοινή Εποχή 	1 10	25, 33 26, 33
Σύγχρονη (μετρήσεις) 	1 10	0.6, 0.7 3.2, 3.3

Σχ. 7: Σύνοψη των χρονικών υστερήσεων (σε έτη) της δυναμικά αιτιακής σχέσης  $T \rightarrow [CO_2]$  (θετική σε όλες τις περιπτώσεις, που σημαίνει ότι η μεταβολή της  $[CO_2]$  υστερεί σε σχέση με τη μεταβολή του  $T$ )· τα  $h_{1/2}$  και  $\mu_h$  συμβολίζουν τη διάμεση και τη μέση χρονική υστέρηση, αντίστοιχα.

#### 4. Υποθετική αιτιακή σχέση «ε»: Υπάρχουν κλιματικές επιπτώσεις και τελικώς επηρεάζουν τα πάντα οι ανθρωπίνες εκπομπές CO<sub>2</sub>;

Ενώ η «κλιματική επιστήμη» παραληρεί για το CO<sub>2</sub> ως το καθοριστικό αέριο του θερμοκηπίου (αποκαλώντας το «κύριο κόμβο ελέγχου»), η υδρολογία έχει ποσοτικοποιήσει συστηματικά το φαινόμενο του θερμοκηπίου εδώ και 70 χρόνια. Αυτό είναι απαραίτητο στους υπολογισμούς της εξάτμισης και οι σχετικοί τύποι βασίζονται σε δεδομένα ατμοσφαιρικής υγρασίας. Οι Koutsoyiannis και Vournas (2023) χρησιμοποίησαν ένα σύνολο δεδομένων που καλύπτει περίοδο ενός αιώνα σχετικά με την κατερχόμενη ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος στο επίπεδο του εδάφους. Η ανάλυση αυτού του συνόλου δεδομένων έδειξε ότι δεν υπάρχει διακριτή επίδραση στην ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου, παρά την αύξηση του ατμοσφαιρικού [CO<sub>2</sub>] από 300 σε >400 ppm σε έναν αιώνα (βλ. Σχ. 8).



Σχ. 8: Αναπαραγωγή (με την ευγενική άδεια του IAHS) του Σχήματος 2 από τους Koutsoyiannis and Vournas (2023 μετά από προσαρμογή και μετάφραση στα ελληνικά) που δείχνει τα διαγράμματα της κατερχόμενης ακτινοβολίας μακρών κυμάτων της ατμόσφαιρας, τόσο της μετρούμενης έναντι όσο και της υπολογισμένης (με τον τύπο του Brutsaert, 1975, ο οποίος λαμβάνει υπόψη μόνο την πίεση των υδρατμών), σε οκτώ σύνολα δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη. Για τα δύο σύνολα δεδομένων με τον μεγαλύτερο αριθμό σημείων, παρουσιάζονται επίσης οι ευθείες της γραμμικής παλινδρόμησης, καθώς και οι εξισώσεις τους.

Η εξήγηση αυτού του αποτελέσματος και η ποσοτικοποίηση της σχετικής σημασίας των επιμέρους συντελεστών του φαινομένου θερμοκηπίου πραγματοποιήθηκαν στην επακόλουθη μελέτη του Koutsoyiannis (2024e). Αυτή βασίστηκε στην καθιερωμένη θεωρία και σε ένα εδραιωμένο



μοντέλο ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα (MODTRAN), καθώς και σε δορυφορικά δεδομένα ακτινοβολίας. Χρησιμοποιώντας τα αποτελέσματα του MODTRAN και δεδομένα από το εν εξελίξει πρόγραμμα της NASA Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES, 2021), η μελέτη κατάρτισε μια μακροσκοπική σχέση για την ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος, ήτοι:

$$L_{D,O} = L^* \left( 1 + \left( \frac{T}{T^*} \right)^{\eta_T} \pm \left( \frac{e_a}{e_a^*} \right)^{\eta_e} \right) \left( 1 \pm a_{CO_2} \ln \frac{[CO_2]}{[CO_2]_0} \right) (1 \pm a_C C) \quad (2)$$

όπου  $L_{D,O}$  συμβολίζει τη ροή ακτινοβολίας μακρών κυμάτων, κατερχόμενη (downwelling, D) και εξερχόμενη (outgoing, O).  $T$  είναι η θερμοκρασία κοντά στο επίπεδο του εδάφους·  $e_a$  είναι η πίεση των υδρατμών κοντά στο επίπεδο του εδάφους,  $[CO_2]$  είναι η ατμοσφαιρική συγκέντρωση  $CO_2$  με τιμή αναφοράς  $[CO_2]_0 = 400$  ppm·  $C$  είναι το κλάσμα της επιφάνειας των νεφών·  $L^*$ ,  $T^*$ ,  $e_a^*$  είναι διαστατικές παράμετροι, με μονάδες [L], [T] και [ $e_a$ ], αντίστοιχα· και  $\eta_T$ ,  $\eta_e$ ,  $a_{CO_2}$ ,  $a_C$  είναι αδιάστατες παράμετροι. Οι τιμές των παραμέτρων βελτιστοποιήθηκαν με βάση τα αποτελέσματα του MODTRAN για καθαρό ουρανό, εκτός από το  $a_C$ , το οποίο εκτιμήθηκε από τα δορυφορικά δεδομένα CERES.

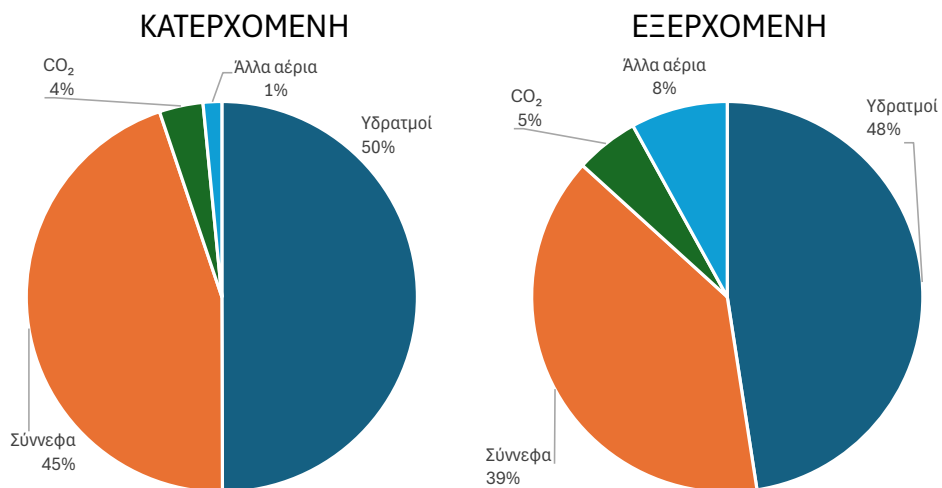
Η σχέση αυτή εφαρμόστηκε για να βρεθεί η σχετική συμβολή καθενός από τους παράγοντες  $F_i \in \{T, e_a, [CO_2], C\}$  στην ακτινοβολία μακρών κυμάτων μέσω του συνολικού διαφορικού:

$$d(\ln L) = \frac{dL}{L} = \sum_i \frac{\partial L}{\partial F_i} \frac{F_i}{L} \frac{dF_i}{F_i} = \sum_i L_{F_i}^{\#} \frac{dF_i}{F_i} = \sum_i L_{F_i}^{\#} d \ln F_i \quad (3)$$

όπου  $L_{F_i}^{\#}$  συμβολίζει τη διπλά λογαριθμική παράγωγο (log-log derivative, Koutsoyiannis, 2023):

$$L_{F_i}^{\#} := \frac{\partial \ln L}{\partial \ln F_i} = \frac{\partial L}{\partial F_i} \frac{F_i}{L} \quad (4)$$

Η συμβολή των λοιπών αερίων θερμοκηπίου υπολογίστηκε επίσης με άμεσο αριθμητικό προσδιορισμό με το MODTRAN. Τα τελικά αποτελέσματα απεικονίζονται στο Σχ. 9. Το διάγραμμα στα αριστερά εξηγεί τα ευρήματα της μελέτης των Koutsoyiannis και Vournas (2023): δεδομένου ότι η συνεισφορά του  $CO_2$  είναι μόνο 4%, δεν θα μπορούσε να υπάρξει καμία διακριτή επίδραση της αύξησης της  $[CO_2]$  σε έναν αιώνα στην καθοδική ακτινοβολία μακρών κυμάτων (LW). Το διάγραμμα στα δεξιά υποδηλώνει ότι το ίδιο θα συνέβαινε (μακροσκοπικά) και με την εξερχόμενη ακτινοβολία LW, εάν υπήρχαν δεδομένα παρόμοιου μήκους.



Σχ. 9: Αναπαράγωγή και ελληνική μετάφραση του Σχήματος 24 του Koutsoyiannis (2024e) που δείχνει τη συμβολή των συντελεστών του φαινομένου θερμοκηπίου στις διακινήσεις ακτινοβολίας μακρών κυμάτων.

Όλα τα τεκμήρια δείχνουν ότι η πρόσφατη αύξηση της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας δεν προκλήθηκε από την αύξηση της  $[CO_2]$ . Το ερώτημα τι μπορεί να την προκάλεσε δεν είναι εύκολο να απαντηθεί, καθώς το κλίμα επηρεάζεται από πολυάριθμους παράγοντες, τόσο εσωτερικούς όσο και εξωτερικούς του κλιματικού συστήματος. Πριν προσπαθήσει κανείς να το απαντήσει, θα έπρεπε να σκεφτεί πρόσθετα ερωτήματα όπως:

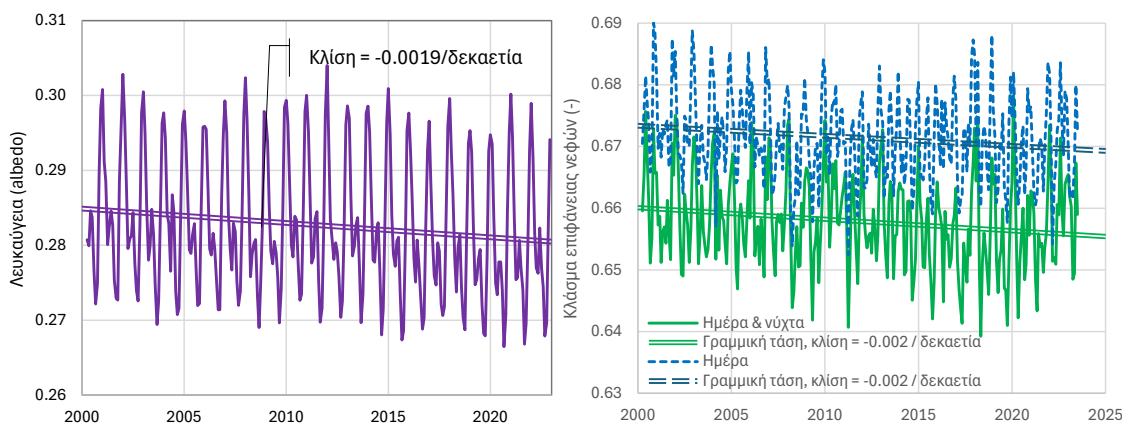
1. Χρειάζονται τα πολύπλοκα δυναμικά συστήματα εξωτερικούς παράγοντες για να αλλάξουν την κατάστασή τους;
2. Θα έπρεπε να περιμένουμε η θερμοκρασία να είναι σταθερή;
3. Ποια είναι το αίτιο ενός αιτίου;
4. Έχουν εξηγηθεί οι τεράστιες μεταβολές της παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του Φανεροζωικού αιώνα;

Καμία από αυτές τις πρόσθετες ερωτήσεις δεν έχει καταφατική απάντηση. Ειδικότερα, η αρνητική απάντηση στο ερώτημα 1 έχει μελετηθεί εκτενώς από τον Koutsoyiannis (2006, 2010, 2013).

Παρ' όλα αυτά, οι Koutsoyiannis et al. (2023) εξέτασαν ορισμένους πιθανούς εσωτερικούς μηχανισμούς του κλιματικού συστήματος, δηλαδή τη λευκαύγεια (albedo), τη Νότια Ταλάντωση Ελ Νίνιο (El Niño-Southern Oscillation—ENSO) και τη θερμότητα των ωκεανών. Για όλους αυτούς τους μηχανισμούς, οι μεταβολές τους βρέθηκαν να προηγούνται της μεταβολής της θερμοκρασίας (και πολύ περισσότερο του  $CO_2$ ).

Η μεταβολή του albedo με βάση τα δεδομένα του CERES παρουσιάζεται στο Σχ. 10 (αριστερά). Παρατηρείται μείωση του albedo κατά περίπου 0.004 για ολόκληρη την περίοδο παρατήρησης, η οποία μεταφράζεται σε ισχύ απορρόφησης ηλιακής ενέργειας  $1.4 W/m^2$ . Αυτό το μέγεθος είναι πολύ μεγαλύτερο από τη μέση διαταραχή στην καθαρή απορροφούμενη ενέργεια της Γης, η οποία, αν υπολογιστεί από τα δεδομένα του θερμικού περιεχομένου των ωκεανών, είναι περίπου  $0.4 W/m^2$  (Koutsoyiannis, 2021).

Προφανώς, η μείωση του albedo δεν έχει καμία σχέση με την αύξηση της  $[CO_2]$ . Αντίθετα, προκλήθηκε από (ή τουλάχιστον είναι συνεπής με) τη μείωση του κλάσματος της επιφάνειας των νεφών, που φαίνεται επίσης στο Σχ. 10 (δεξιά). Αξίζει να σημειωθεί ότι η εξήγηση αυτή δεν επιτρέπει την πρόβλεψη του μελλοντικού κλίματος. Αντίθετα, εγείρει πρόσθετα ερωτήματα, π.χ. τι προκάλεσε τη μείωση των νεφών; Ωστόσο, αναδεικνύει τη σημασία του  $H_2O$  και την ασημαντότητα του  $CO_2$  στο κλίμα.



**Σχ. 10:** (αριστερά) Χρονοσειρά albedo της οροφής της ατμόσφαιρας (συνεχής μονή γραμμή) από το σύνολο δεδομένων CERES της NASA, μαζί με την ευθεία γραμμικής τάσης (διπλή γραμμή)· πηγή Koutsoyiannis et al. (2023). (δεξιά) Συνολικό κλάσμα επιφάνειας νεφών (μονές γραμμές) με βάση το σύνολο δεδομένων CERES της NASA, μαζί με τις γραμμικές τάσεις (διπλές γραμμές)· πηγή Koutsoyiannis and Vournas (2024) (με την ευγενική άδεια του IAHS).

## 5. Συμπερασματικά σχόλια

- Η θεμελίωση του σύγχρονου κλιματικού οικοδομήματος πάσχει από εσφαλμένες υποθέσεις και εικασίες.
- Η αιτιακή αλυσίδα που προωθείται από την «κυρίαρχη επιστήμη» είναι αφελής και λανθασμένη.
- Σε επιστημονικούς όρους, η περίπτωση της μεγαλοποίησης της σημασίας του CO<sub>2</sub>, η εστίαση στις ανθρώπινες εκπομπές του και η παραμέληση των ~25 φορές μεγαλύτερων φυσικών εκπομπών CO<sub>2</sub> αποτελούν ιστορικό ατύχημα.
- Το ατύχημα αυτό αξιοποιήθηκε για μη επιστημονικούς (πολιτικο-οικονομικούς) στόχους.
- Για πολύπλοκα συστήματα, τα δεδομένα παρατήρησης αποτελούν το μοναδικό επιστημονικό πεδίο ελέγχου για τη διατύπωση υποθέσεων και την αξιολόγηση της εγκυρότητάς τους.
- Τα δεδομένα του πραγματικού κόσμου δεν συμφωνούν με την «κυρίαρχη επιστήμη» (ευφημισμός για τη σοφιστεία).
- Τα αποτελέσματα που παρουσίασα είναι επιστημονικά και επομένως μπορεί να μην έχουν σχέση με το κλιματικό αφήγημα, το οποίο έχει μη επιστημονικό στόχο.

**Guest Editor:** Stein Storlie Bergsmark

### Αναφορές

Brutsaert W, 1975: *On a derivable formula for long-wave radiation from clear skies*, Water Resour. Res., 11, 742–744.

CERES, 2021: *CERES\_SSF1deg\_Hour/Day/Month\_Ed4A Data Quality Summary*, Version 2. [https://ceres.larc.nasa.gov/documents/DQ\\_summaries/CERES\\_SSF1deg\\_Ed4A\\_DQS.pdf](https://ceres.larc.nasa.gov/documents/DQ_summaries/CERES_SSF1deg_Ed4A_DQS.pdf) (Updated 8/4/2023; accessed 15 February 2024).

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report (AR6) of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; ed. by Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, doi: 10.1017/9781009157896.

Koutsoyiannis D, 2006: *A toy model of climatic variability with scaling behaviour*, Journal of Hydrology, 322, 25–48, doi: 10.1016/j.jhydrol.2005.02.030.

Koutsoyiannis D, 2010: *A random walk on water*, Hydrology and Earth System Sciences, 14, 585–601, doi: 10.5194/hess-14-585-2010.

Koutsoyiannis D, 2013: *Hydrology and Change*, Hydrological Sciences Journal, 58 (6), 1177–1197, doi: 10.1080/02626667.2013.804626.

Koutsoyiannis D, 2021: *Rethinking climate, climate change, and their relationship with water*, Water, 13, 849, doi: 10.3390/w13060849.

Koutsoyiannis D, 2023: *Stochastics of Hydroclimatic Extremes – A Cool Look at Risk*, Edition 3, Kallipos Open Academic Editions, Athens, 391 pp, doi: 10.57713/kallipos-1.

Koutsoyiannis D, 2024a: *Net isotopic signature of atmospheric CO<sub>2</sub> sources and sinks: No change since the Little Ice Age*, Sci, 6 (1), 17, doi: 10.3390/sci6010017.

Koutsoyiannis D, 2024b: *Definite change since the formation of the Earth [Reply to Kleber, A. Comment on “Koutsoyiannis, D. Net isotopic signature of atmospheric CO<sub>2</sub> sources and sinks: No change since the Little Ice Age. Sci 2024, 6, 17”]*, Sci, 6 (4), 63, doi:10.3390/sci6040063.

Koutsoyiannis D, 2024c: *Refined reservoir routing (RRR) and its application to atmospheric carbon dioxide balance*, Water, 16 (17), 2402, doi: 10.3390/w16172402.

Koutsoyiannis D, 2024d: *Stochastic assessment of temperature – CO<sub>2</sub> causal relationship in climate from the Phanerozoic through modern times*, Mathematical Biosciences and Engineering, 21 (7), 6560–6602, doi: 10.3934/mbe.2024287.

Koutsoyiannis D 2024e: *Relative importance of carbon dioxide and water in the greenhouse effect: Does the tail wag the dog?*, Science of Climate Change, 4 (2), 36–78, doi: 10.53234/scc202411/01.

Koutsoyiannis D, 2024f: *The superiority of refined reservoir routing (RRR) in modelling atmospheric carbon dioxide*, ResearchGate, doi: 10.13140/RG.2.2.32285.32489.

Koutsoyiannis D, Kundzewicz ZW, 2020: *Atmospheric temperature and CO<sub>2</sub>: Hen-or-egg causality?*, Sci, 2, 72, doi:10.3390/sci2040077.

Koutsoyiannis D, Onof C, Christofides A, Kundzewicz ZW, 2022a: *Revisiting causality using stochastic: 1. Theory*, Proc. R. Soc. A, 478, 20210835, doi: 10.1098/rspa.2021.0835.

Koutsoyiannis D, Onof C, Christofides A, Kundzewicz ZW, 2022b: *Revisiting causality using stochastic: 2. Applications*, Proc. R. Soc. A, 478, 20210836, doi: 10.1098/rspa.2021.0836.

Koutsoyiannis D, Onof C, Kundzewicz ZW, Christofides A, 2023: *On hens, eggs, temperatures and CO<sub>2</sub>: Causal links in earth's atmosphere*, Sci, 5, 35, doi:10.3390/sci5030035.

Koutsoyiannis D., Vournas C, 2024: *Revisiting the greenhouse effect—a hydrological perspective*, Hydrol. Sci. J., 69, 151–164, doi: 10.1080/02626667.2023.2287047.

Lai J, Kooijmans LM, Sun W, Lombardozzi D, Campbell JE, Gu L, Luo Y, Kuai L, Sun Y, 2024: *Terrestrial photosynthesis inferred from plant carbonyl sulfide uptake*, Nature, 634, 855–861.

Patel KF, Bond-Lamberty B, Jian JL, Morris KA, McKeever SA, Norris CG, Zheng J, Bailey VL, 2022: *Carbon flux estimates are sensitive to data source: A comparison of field and lab temperature sensitivity data*, Environ. Res. Lett., 17, 113003.

Suess HE, 1955: *Radiocarbon concentration in modern wood*. Science, 122, 415–417.