



N.K.U.A. - Department of Science

Psachna, Euboea - Euripus Campus

Φυσική Περιβάλλοντος :

“κεφ 13:Η υπερθέρμανση του πλανήτη και η κλιματική αλλαγή“

Καθ. Μιχάλης Γρ Βραχόπουλος

Energy and Environmental Research Laboratory



Ακτινοβολία μέλανος σώματος

Όλα τα σώματα που βρίσκονται σε θερμοκρασία μεγαλύτερη του απόλυτου μηδενός ακτινοβολούν συνεχώς ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (θερμική ακτινοβολία).

Σε περίπτωση προσπίπτουσας ακτινοβολίας, όλα τα σώματα απορροφούν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έως κάποιο βαθμό.

Μέλαν σώμα είναι το σώμα που απορροφά πλήρως την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κάθε συχνότητας που προσπίπτει επάνω του. Αυτό σημαίνει ότι ένα τέτοιο σώμα δεν ανακλά ούτε διαχέει την προσπίπτουσα σε αυτό ακτινοβολία, ούτε αφήνει το φως να το διαπεράσει.

Ένα μέλαν σώμα που βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον, που έχει θερμοκρασία T (K), εκπέμπει επίσης ακτινοβολία, το φάσμα της οποίας εξαρτάται μόνο από τη θερμοκρασία του.

Νόμοι του μέλανος σώματος

Ο νόμος μετατόπισης του Wien

- μήκος κύματος λ_{\max} , στο οποίο το μέλαν σώμα εκπέμπει το περισσότερο ποσοστό της ακτινοβολούμενης ισχύος.

Ο νόμος του Wien

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2898$$

Με την βοήθεια αυτού του νόμου υπολογίσθηκε η θερμοκρασία της επιφανείας του ήλιου, περίπου 6.000 K.

Νόμοι του μέλανος σώματος

Ο νόμος των Stefan - Boltzmann

- Οι **Stefan - Boltzmann**, διαπίστωσαν ότι η αφετική ικανότητα A , που είναι το πηλίκο της συνολικής ακτινοβολούμενης ισχύος ενός μέλανος σώματος προς το εμβαδόν της επιφάνειάς του S , είναι ανάλογη προς την τέταρτη δύναμη της απόλυτης θερμοκρασίας του σώματος:

$$A = \sigma T^4$$

όπου σ είναι μία θεμελιώδης φυσική σταθερά, γνωστή ως σταθερά των Stefan – Boltzmann, ($5,67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2\text{K}^4$).

Στην πράξη ο νόμος των Stefan - Boltzmann περιγράφει ότι σε οποιαδήποτε θερμοκρασία T και αν βρίσκεται ένα σώμα θα εκπέμπει ακτινοβολία, σε κάποια περιοχή του φάσματος.

Ακόμη και στην θερμοκρασία $T=273 \text{ K}$, ή $T>0 \text{ K}$ εκπέμπει κάποια ακτινοβολία.

Βέβαια κάθε σώμα όχι μόνο εκπέμπει αλλά και απορροφά ακτινοβολία.

Εισαγωγικά Στοιχεία

Για να διατηρηθεί σταθερό κλίμα στη Γη, πρέπει να υπάρχει ισορροπία στην ακτινοβολία που δέχεται και σε αυτή που εξέρχεται.

Από αυτό το ισοζύγιο υπολογίζεται η ενεργός θερμοκρασία T_e της Γης

Η ολική ακτινοβολία E_s που εκπέμπεται από τον Ήλιο στη μονάδα χρόνου (εφόσον θεωρηθεί μέλαν σώμα) δίνεται από την σT_s^4 επί την επιφάνεια του δίσκου:

$$E_s = 4\pi R_s^2 \sigma T_s^4 \text{ (W)}$$

Η Γη δέχεται ακτινοβολία από τον Ήλιο και επανεκπέμπει.

Μέρος της γήινης ακτινοβολίας παγιδεύεται από τα θερμοκηπιακά αέρια (GHG) και επιστρέφει πίσω στην επιφάνεια της Γης αυξάνοντας την θερμοκρασίας της.

Το φαινόμενο αυτό είναι σημαντικό γιατί διατηρεί την θερμοκρασία της Γης πάνω από τους 0°C.

ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Η φυσική διαδικασία κατά την οποία οι ακτίνες του ήλιου αντανακλώνται στην ατμόσφαιρα της Γης με τη βοήθεια συγκεκριμένων αερίων.

Τα αέρια θερμοκηπίου είναι: CO_2 , O_3 , CFCs, CH_4 κ.λπ.

Ιδιαίτερα χρήσιμο..., χωρίς αυτό δε θα υπήρχε ζωή στον πλανήτη

Τα τελευταία έτη γίνεται επικίνδυνο λόγω της αύξησης των «αερίων του θερμοκηπίου».

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

- Πυρκαγιές και μείωση των δασών
- Αλόγιστη χρήση πετρελαίου και άνθρακα
- Αύξηση των καυσαερίων των οχημάτων και των βιομηχανιών
- Αυξημένη χρήση λιπασμάτων

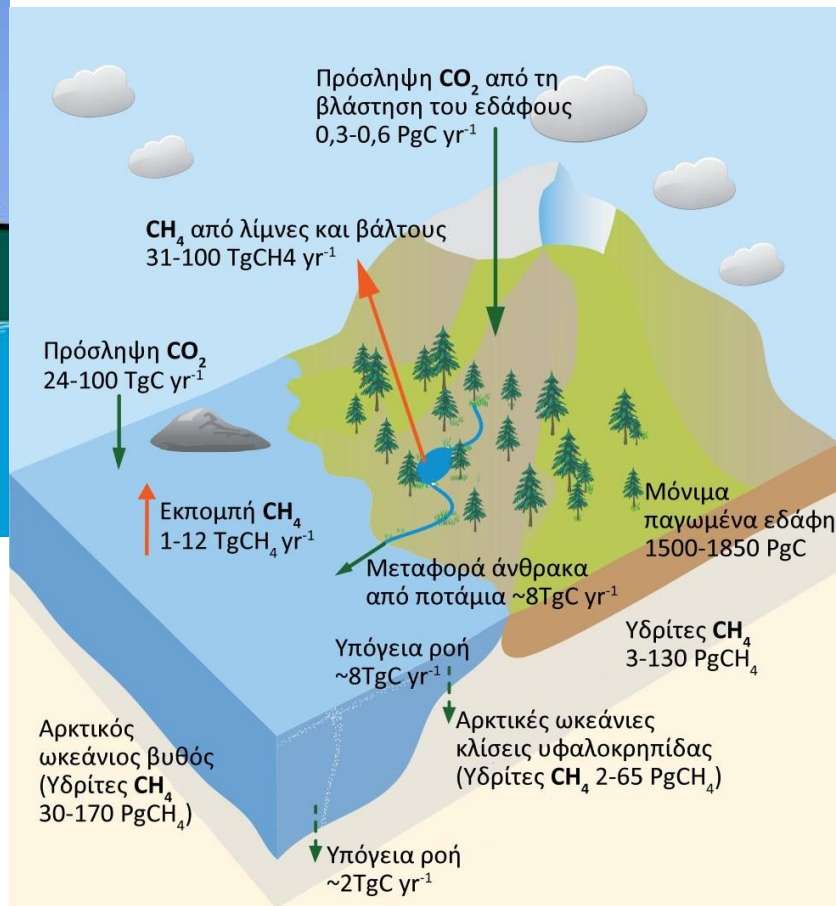
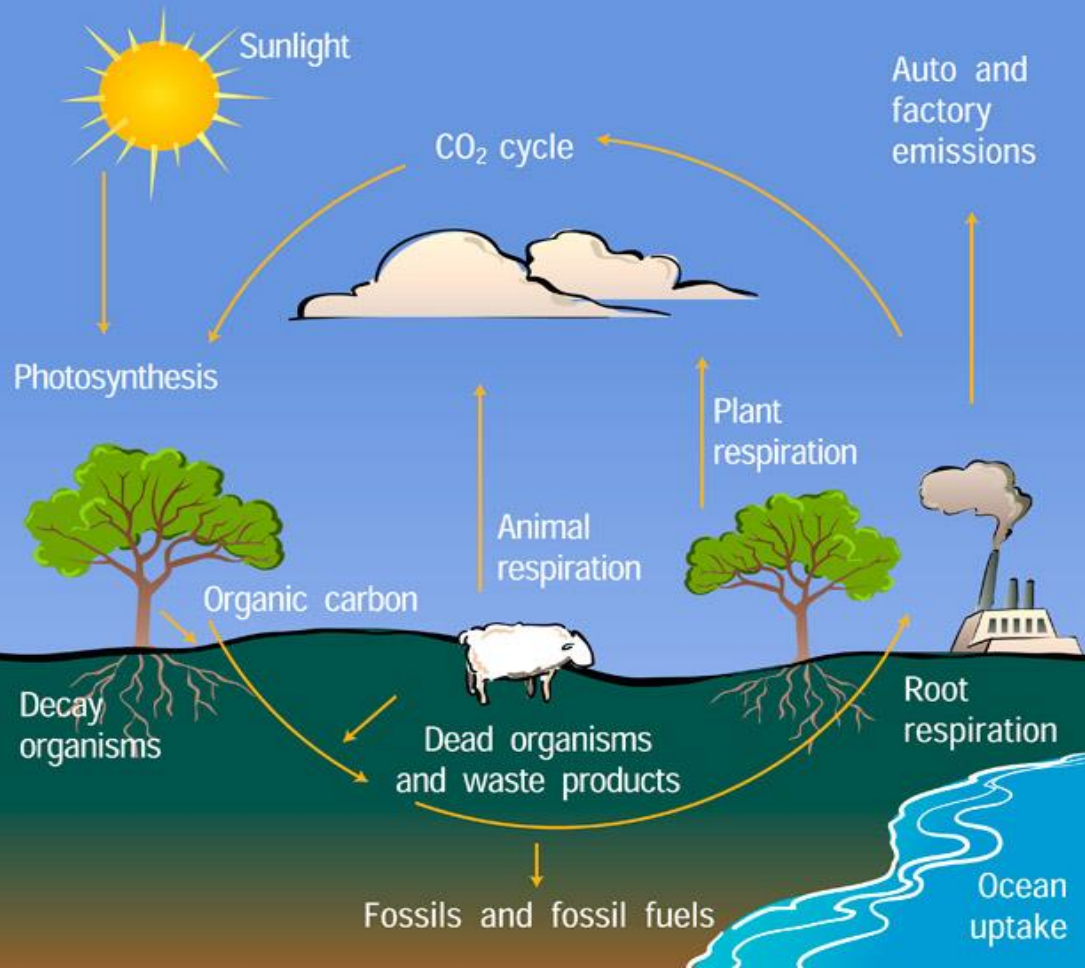


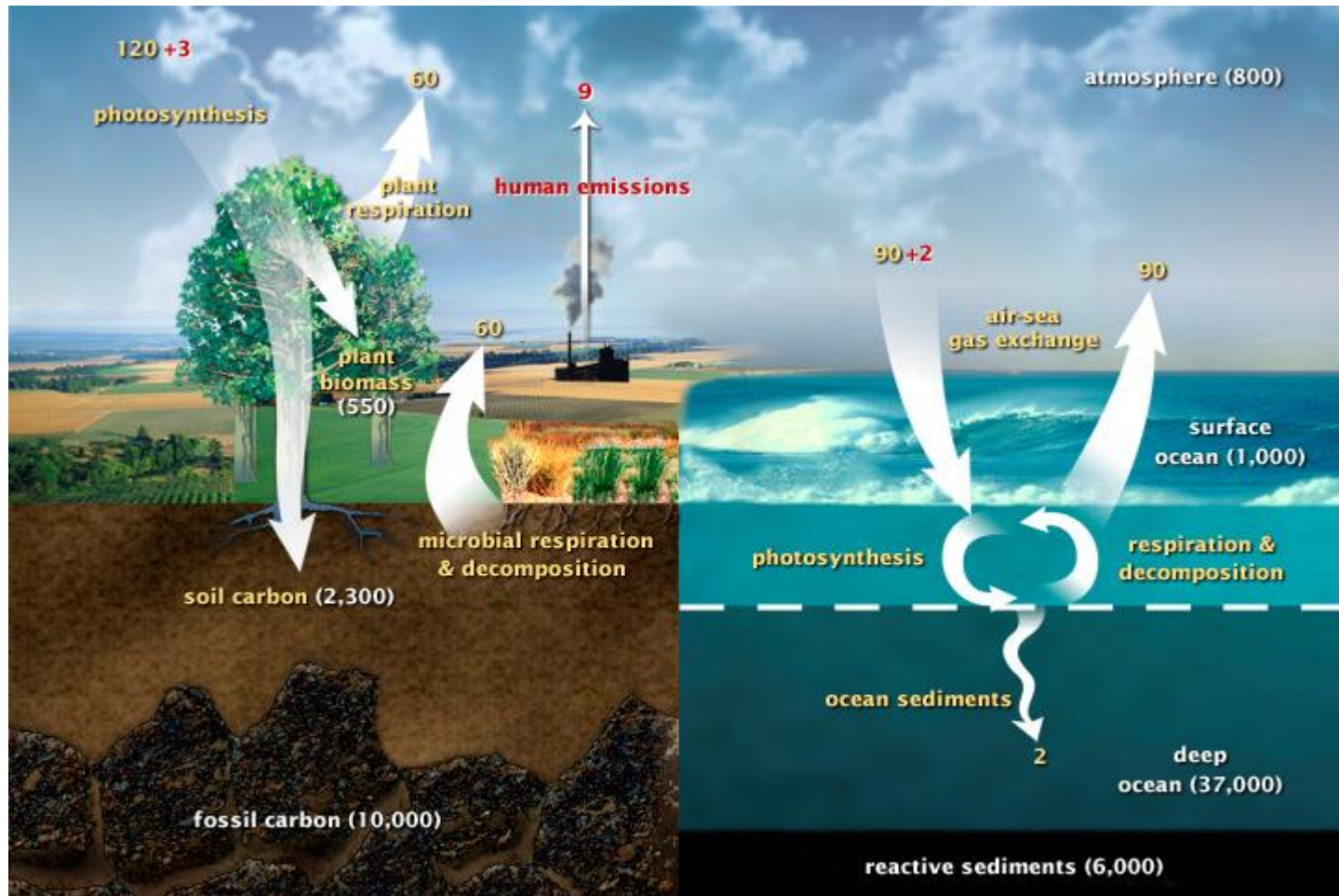
ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

- Μείωση απορρόφησης άνθρακα από ωκεανούς
- Μείωση απορρόφησης άνθρακα από δάση
- Σταδιακό λιώσιμο πάγων
- Αύξηση της στάθμης των θαλασσών από 20- 40 εκατοστά.
- Αύξηση της θερμότητας των θαλασσών
- Αύξηση του πλήθους των εντόμων
- Εξαφάνιση πολλών θαλάσσιων ειδών
- Αύξηση βροχών και χιονοπτώσεων, σε κάποιες περιοχές και επικίνδυνη μείωση σε άλλες.
- Λειψυδρία
- Πλημμύρες πολλών δέλτα ποταμών
- Συρρίκνωση ποταμών
- Φονικοί τυφώνες

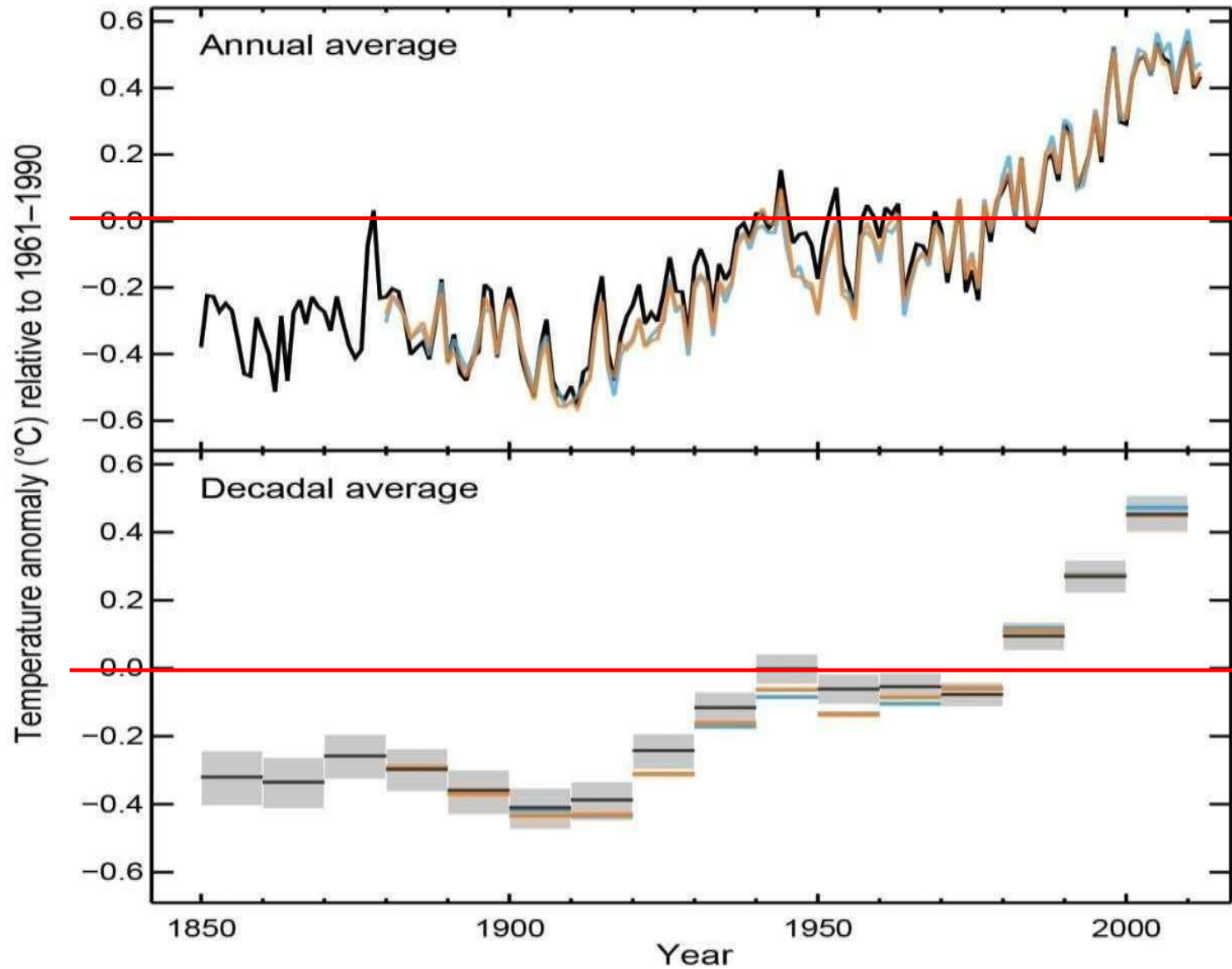


ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ



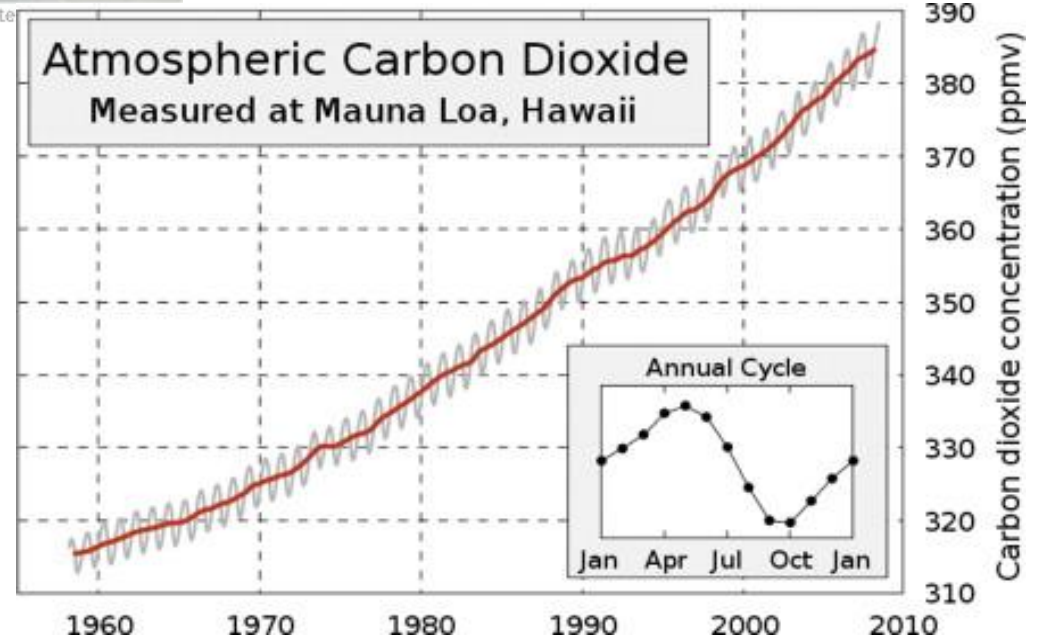
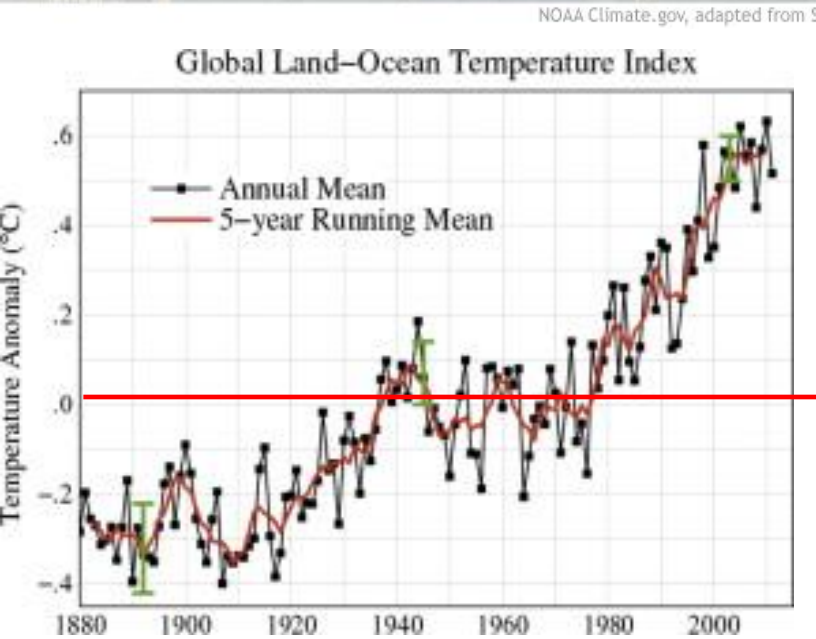
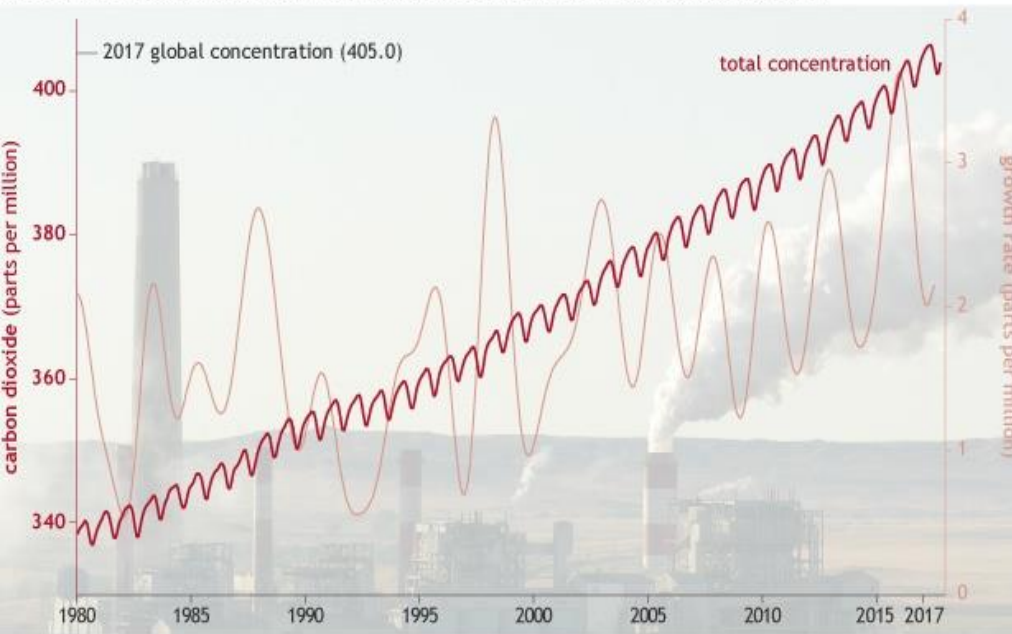


Απόκλιση θερμοκρασίας του αέρα στην επιφάνεια της θάλασσας.
Τα τελευταία 160 έτη



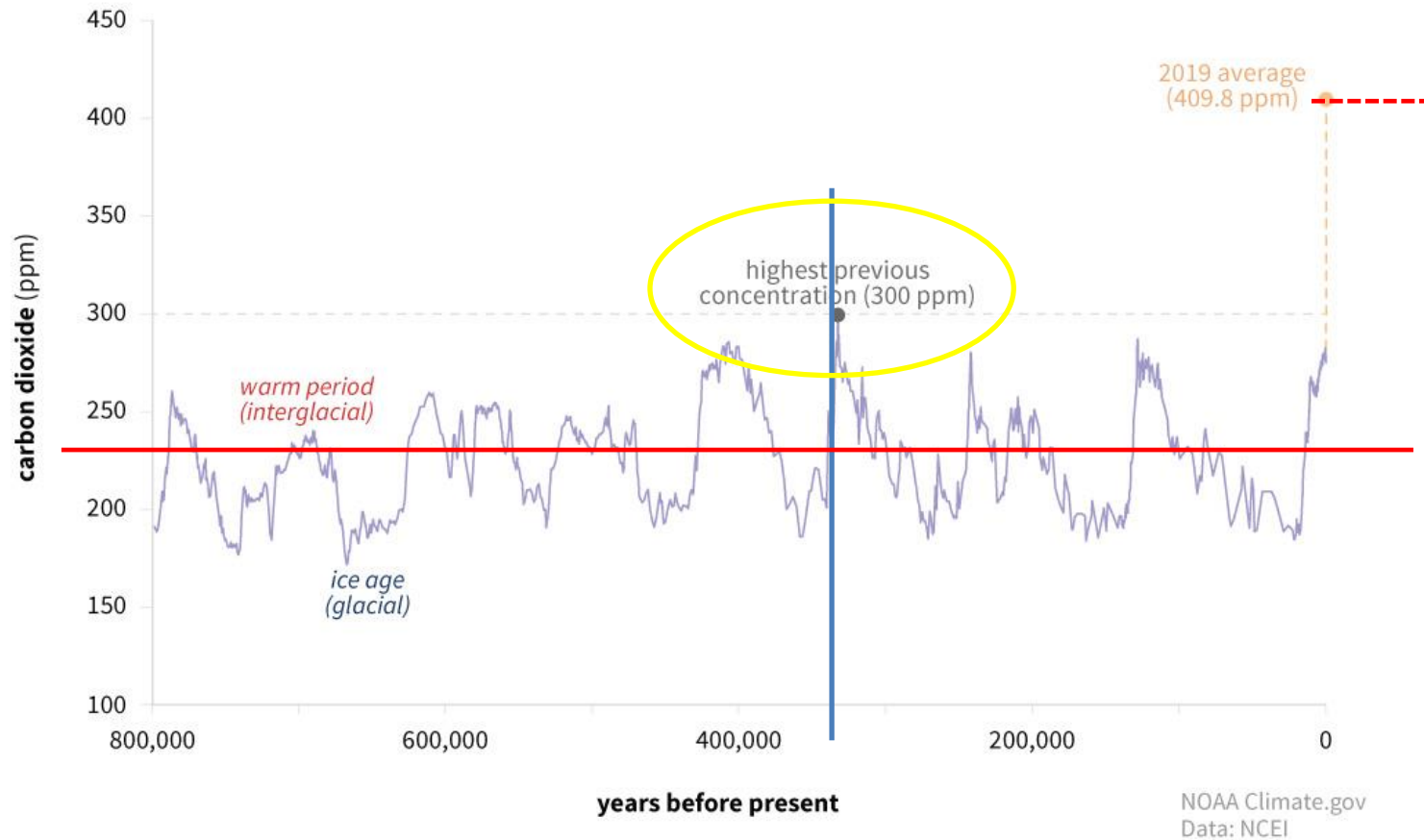
GLOBAL ATMOSPHERIC CARBON DIOXIDE SETS NEW RECORD HIGH IN 2017

Source: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>

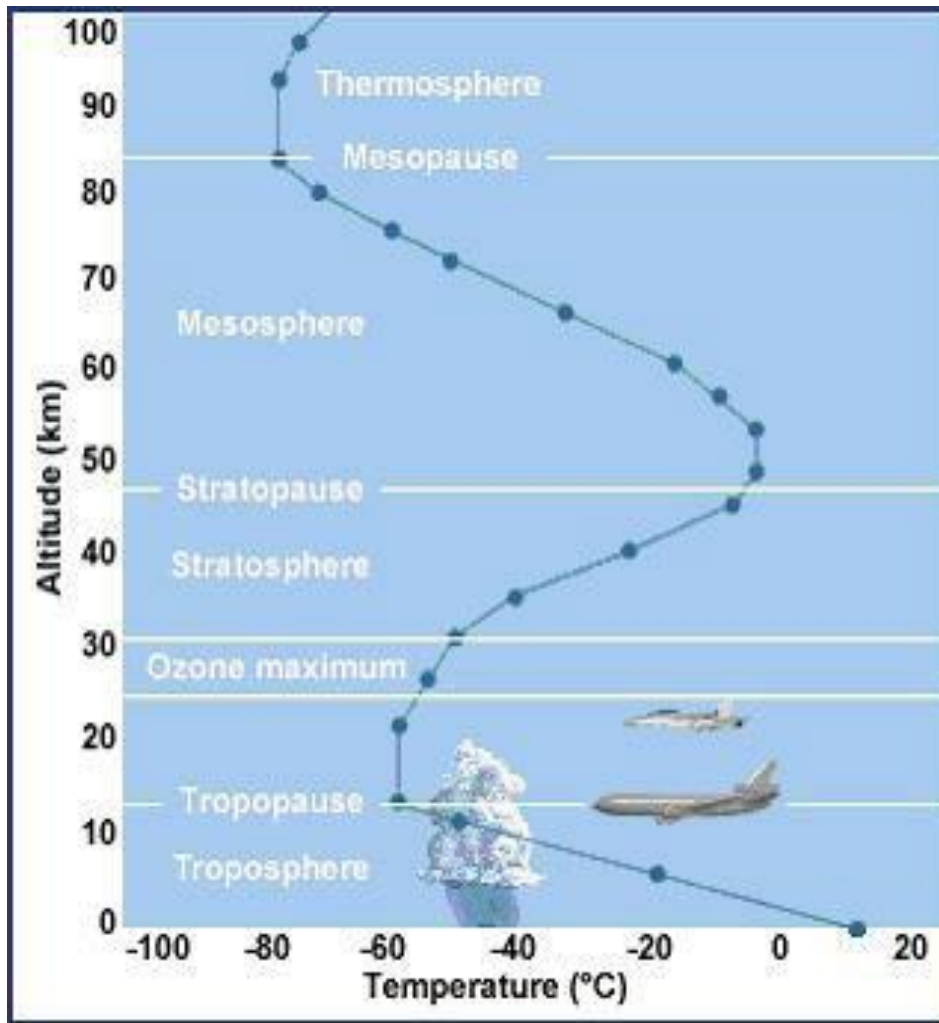


Στο παρελθόν;

CARBON DIOXIDE OVER 800,000 YEARS



Source: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>



Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

- 99% της ηλιακής ακτινοβολίας $< 4.0 \mu\text{m}$ (μικρού μήκους κύματος)
- 99% της γήινης ακτινοβολίας $> 4.0 \mu\text{m}$ (μεγάλου μήκους κύματος ή θερμική ακτινοβολία)
- H_2O , CO_2 , CH_4 , O_3 , N_2O , HFCs, CFCs:

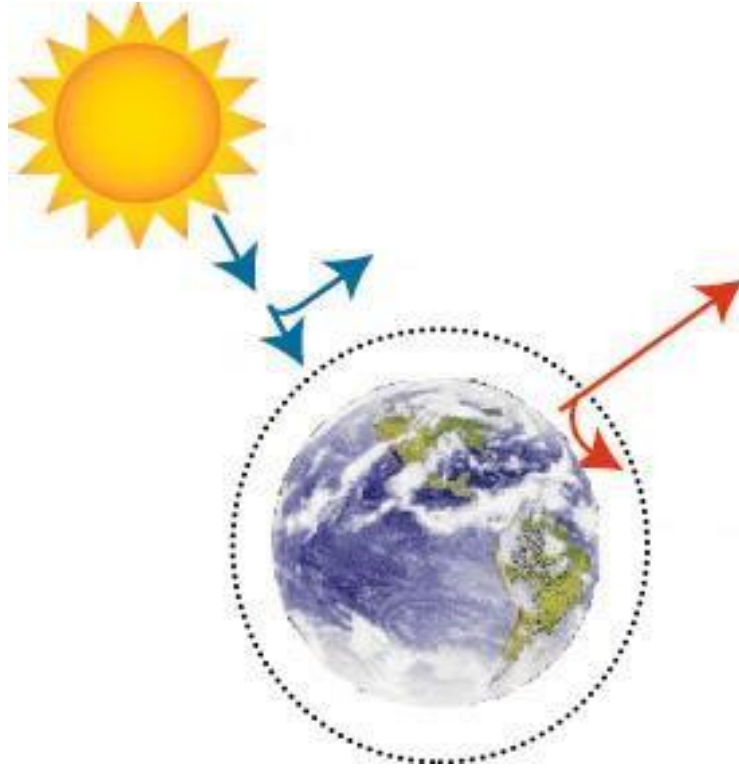
Απορροφούμενη γήινη ακτινοβολία

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

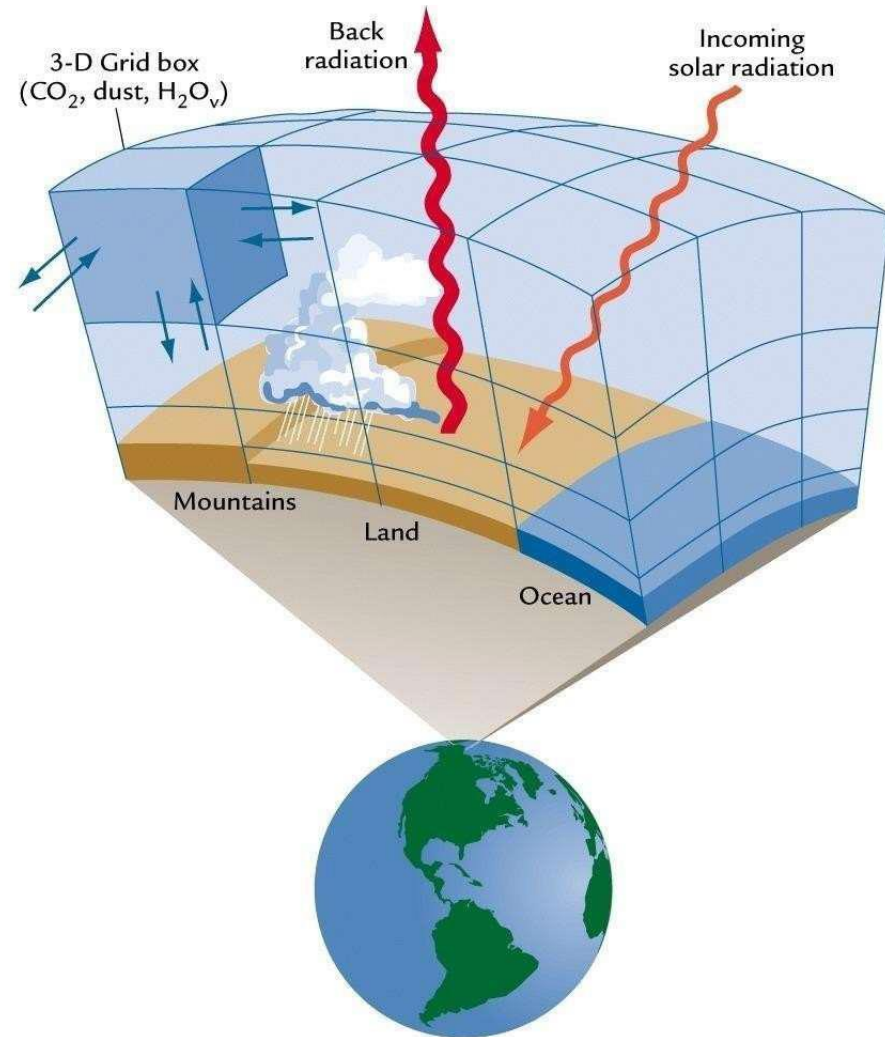
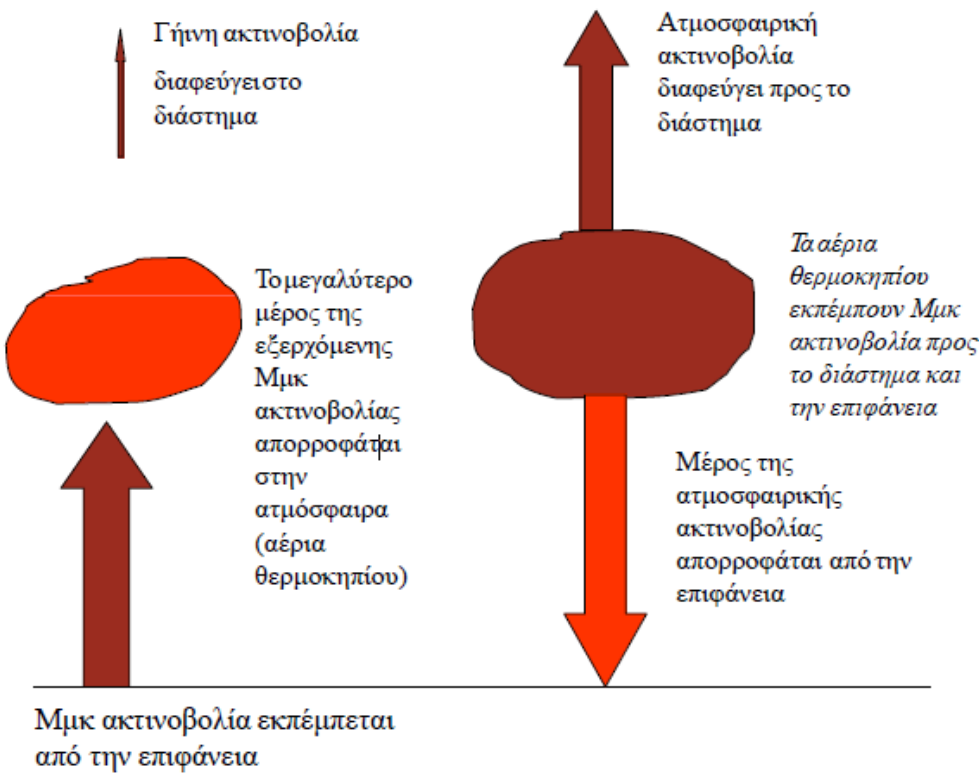
- Ο όρος χρησιμοποιήθηκε αρχικά τον 18^ο αιώνα και δεν είχε οποιαδήποτε αρνητική έννοια.
- Από τα μέσα της δεκαετίας του 1950 ο όρος συνδυάστηκε με την ανησυχία σχετικά με την αλλαγή του κλίματος.
- Χωρίς το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης θα ήταν πολύ πιο χαμηλή!!! Και ο πλανήτης χωρίς ζωή.
- Η ηλιακή ακτινοβολία που θερμαίνει την επιφάνεια της Γης, και η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης και την ατμόσφαιρα προς το διάστημα πρέπει να βρίσκονται σε ισορροπία.

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

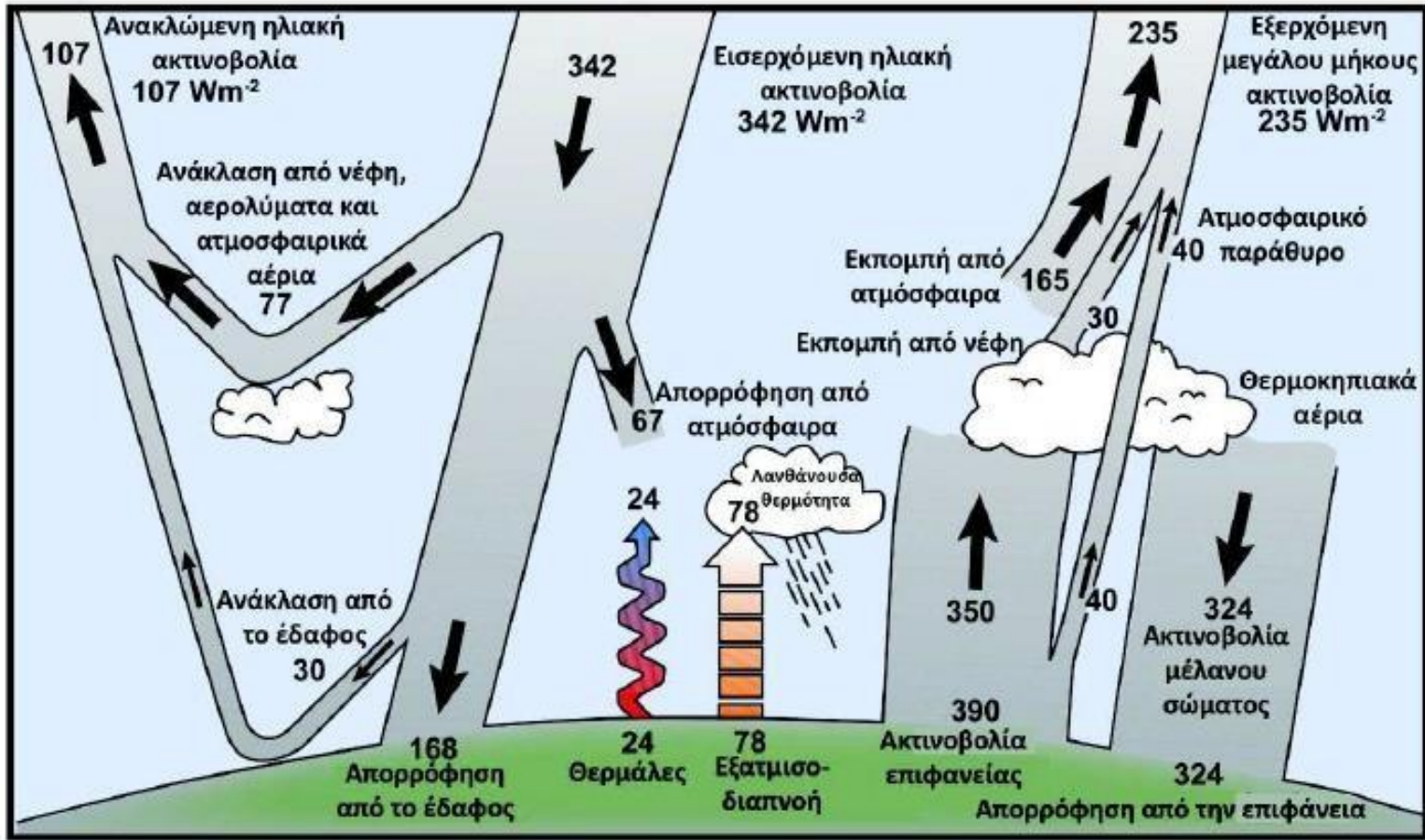
Η φυσική διαδικασία κατά την οποία η εκπεμπόμενη θερμική ακτινοβολία απορροφάται από τα αέρια θερμοκηπίου και επανεκπέμπεται προς τη Γη.



***Χωρίς αυτό, η μέση θερμοκρασία στη γη θα ήταν -19°C ,
ενώ αυτή τη στιγμή φθάνει τους $+15^{\circ}\text{C}$.***



Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου



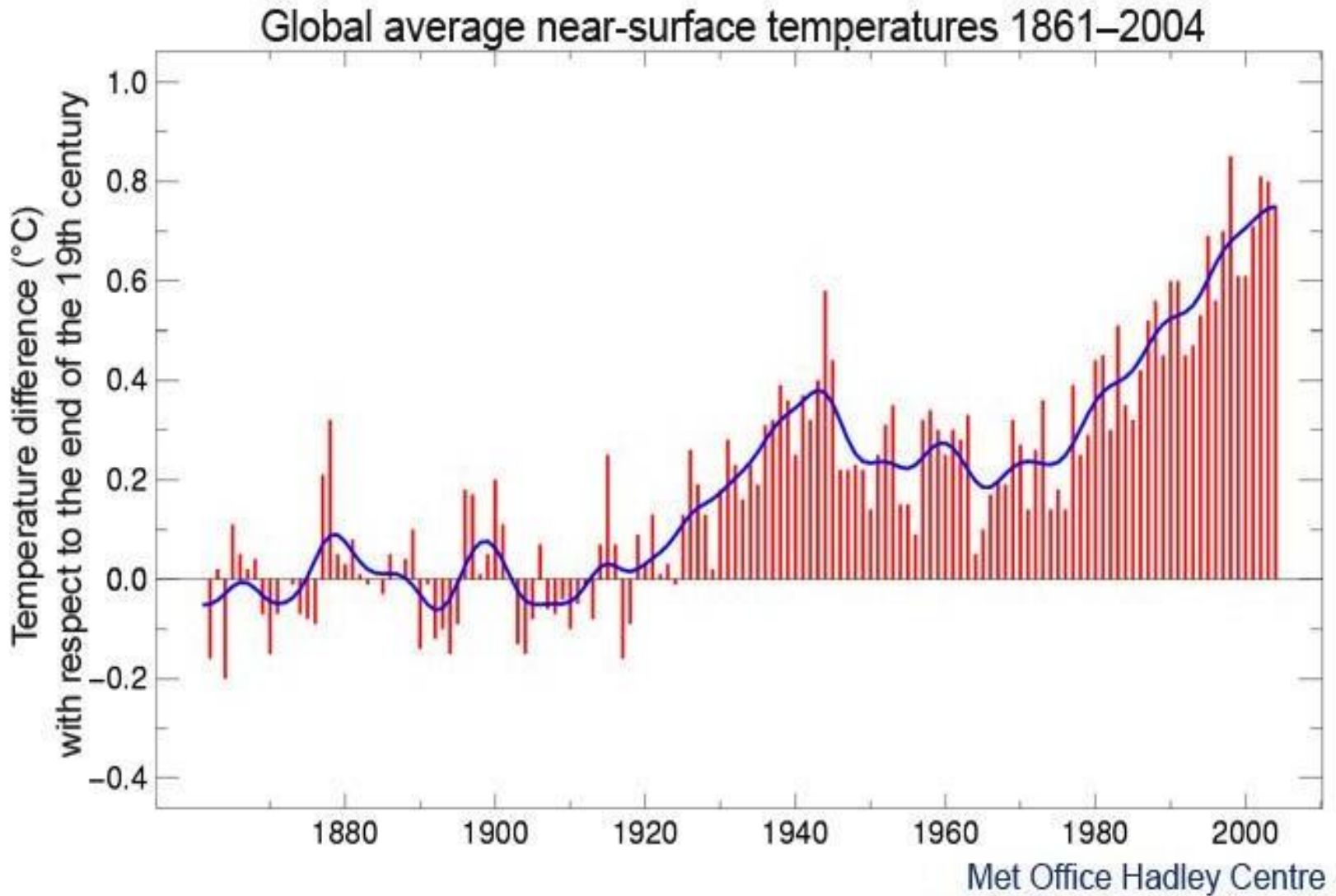
Εκτίμηση του μέσου ετήσιου ισοζυγίου ενέργειας του πλανήτη. Το ποσό εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, που απορροφάται από την επιφάνεια και την ατμόσφαιρα, είναι σε ισορροπία με την εξερχόμενη θερμική ακτινοβολία από την επιφάνεια και την ατμόσφαιρα (IPCC, 2007).

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

- Η **τροποποίηση στο ισοζύγιο ακτινοβολίας** μετριέται σε μονάδες Wm^{-2} και εκφράζει την ποσότητα (θετική ή αρνητική) της ενέργειας που παρακρατείται από το σύστημα, λόγω κάποιας μεταβολής.
- **Θετική μεταβολή** στο ισοζύγιο ακτινοβολίας επιφέρει **θέρμανση**, ενώ η **αρνητική μεταβολή** προκαλεί **ψύξη**.

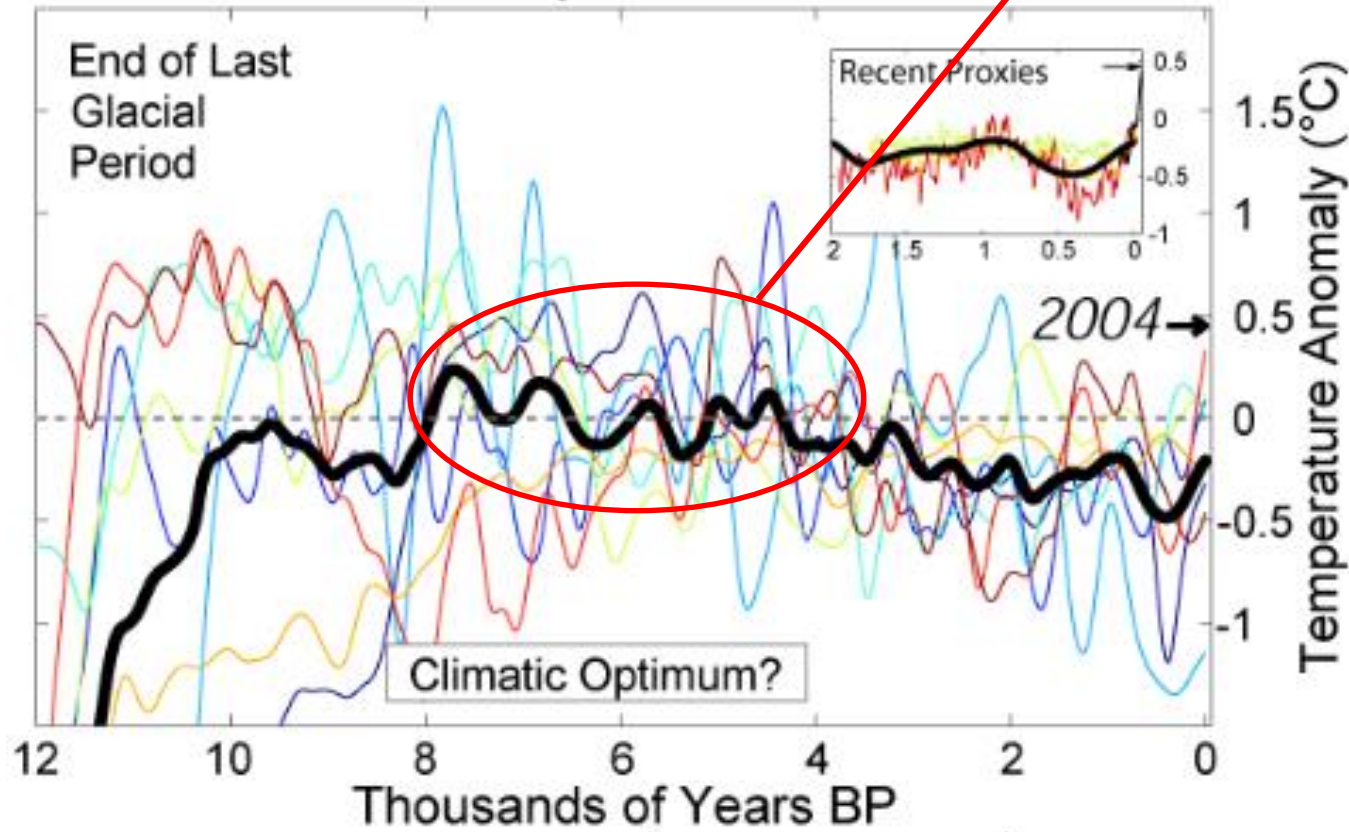


Έντονη θέρμανση του πλανήτη από το 1975



○ Κλιματικό βέλτιστο ή θερμικό μέγιστο της Ολόκαινου εποχής (9.000 – 5.5000 Ka πριν): το κλίμα του Πλανήτη έγινε πιο θερμό αλλά η θέρμανση δεν ήταν ομοιόμορφη ο σύνολο του πλανήτη

Holocene Temperature Variations



Πηγή: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Holocene_Temperature_Variations.png

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Ο ρυθμός αύξησης του ισοζυγίου ακτινοβολίας που οφείλεται στα θερμοκηπιακά αέρια είναι μικρότερος την τελευταία δεκαετία σε σχέση με το 1970 και το 1980 εξαιτίας του περιορισμού της αύξησης της συγκέντρωσης των θερμοκηπιακών αερίων, εκτός του CO₂.

Το **όζον** (O₃) και οι **στρατοσφαιρικοί υδρατμοί** συνεισφέρουν εξίσου στην ανθρωπογενή επίδραση της μεταβολής του ισοζυγίου ακτινοβολίας.

Οι μετρήσεις του O₃ **φανερώνουν αύξηση της συγκέντρωσής του από το 1990.**

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Το κλάσμα CO_2 που μεταβάλλει το ισοζύγιο ακτινοβολίας θα πρέπει να αποδοθεί σε ένα βαθμό και στο O_3 , όχι μόνο στις απευθείας εκπομπές CO_2 .

Το τροποσφαιρικό O_3 έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στη βλάστηση, άρα και στην πρόσληψη CO_2 .

Αυτό οδηγεί σε **αύξηση του ατμοσφαιρικού CO_2**

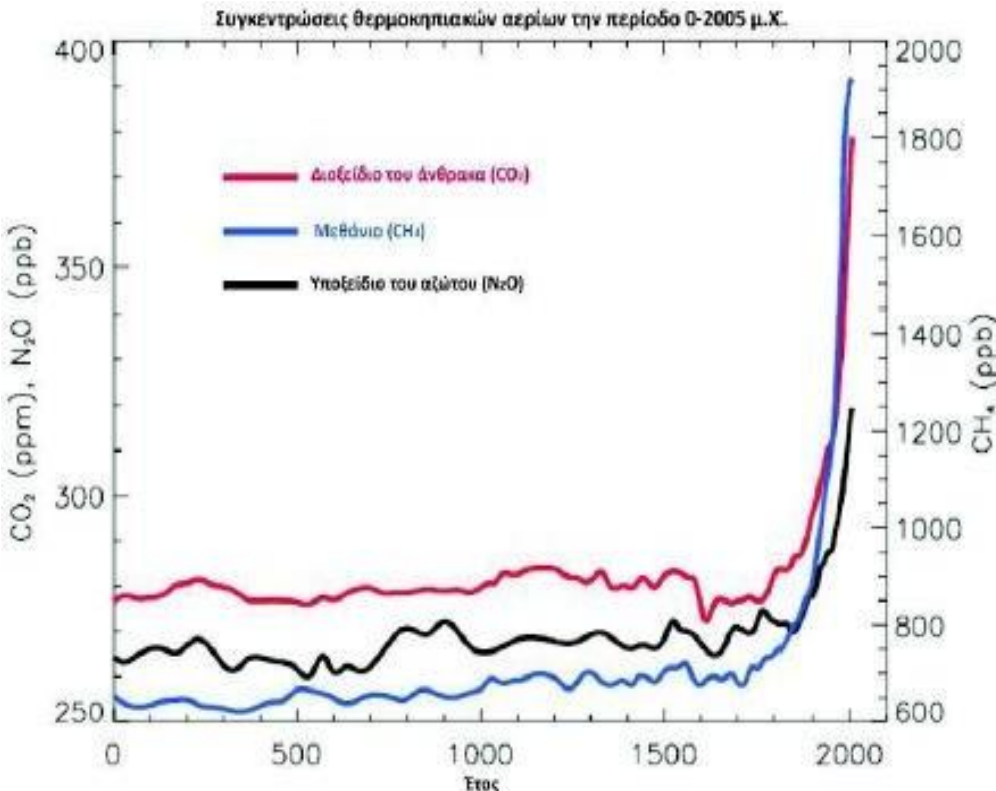
Η μεταβολή στο ισοζύγιο ακτινοβολίας από τα **αερολύματα** οφείλεται στις **αλληλεπιδράσεις τους με την ακτινοβολία και με τα νέφη.**

Η **αλληλεπίδραση των αερολυμάτων με τον άνθρακα** επιφέρει **μείωση στο ισοζύγιο ακτινοβολίας.**

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

❑ Οι αυξήσεις της συγκέντρωσης του CO_2 ποτέ δεν υπερέβησαν τα 30 ppm ανά 1000 έτη, ενώ τώρα το CO_2 έχει αυξηθεί 30 ppm τα τελευταία 17 έτη.

❑ Οι ωκεανοί έχουν απορροφήσει το 30% των εκπομπών ανθρωπογενούς CO_2 προκαλώντας την οξίνισή τους. Το pH της επιφάνειας των ωκεανών έχει μειωθεί.

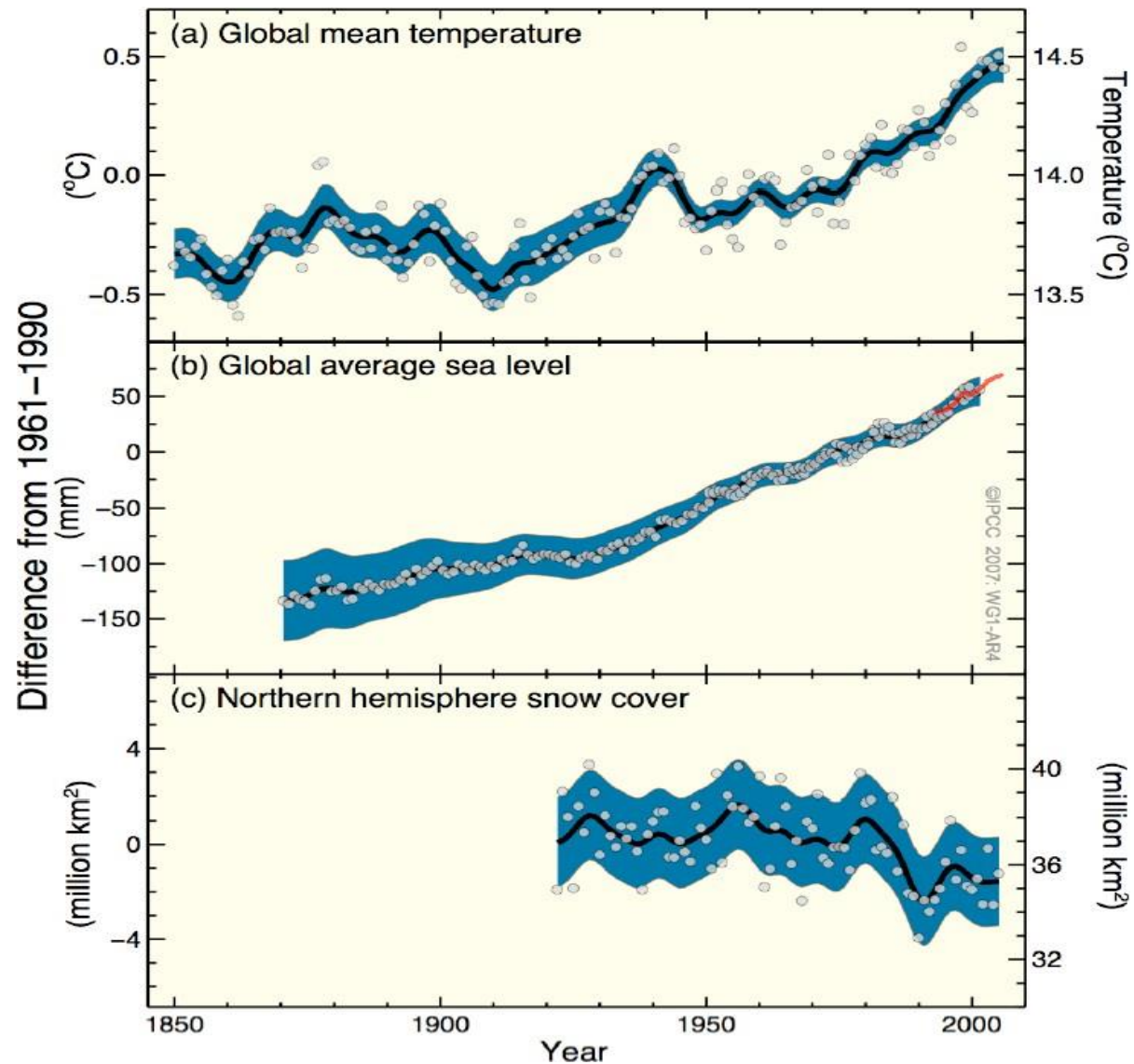


Συγκεντρώσεις σημαντικότερων αερίων θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια των τελευταίων 2000 ετών.

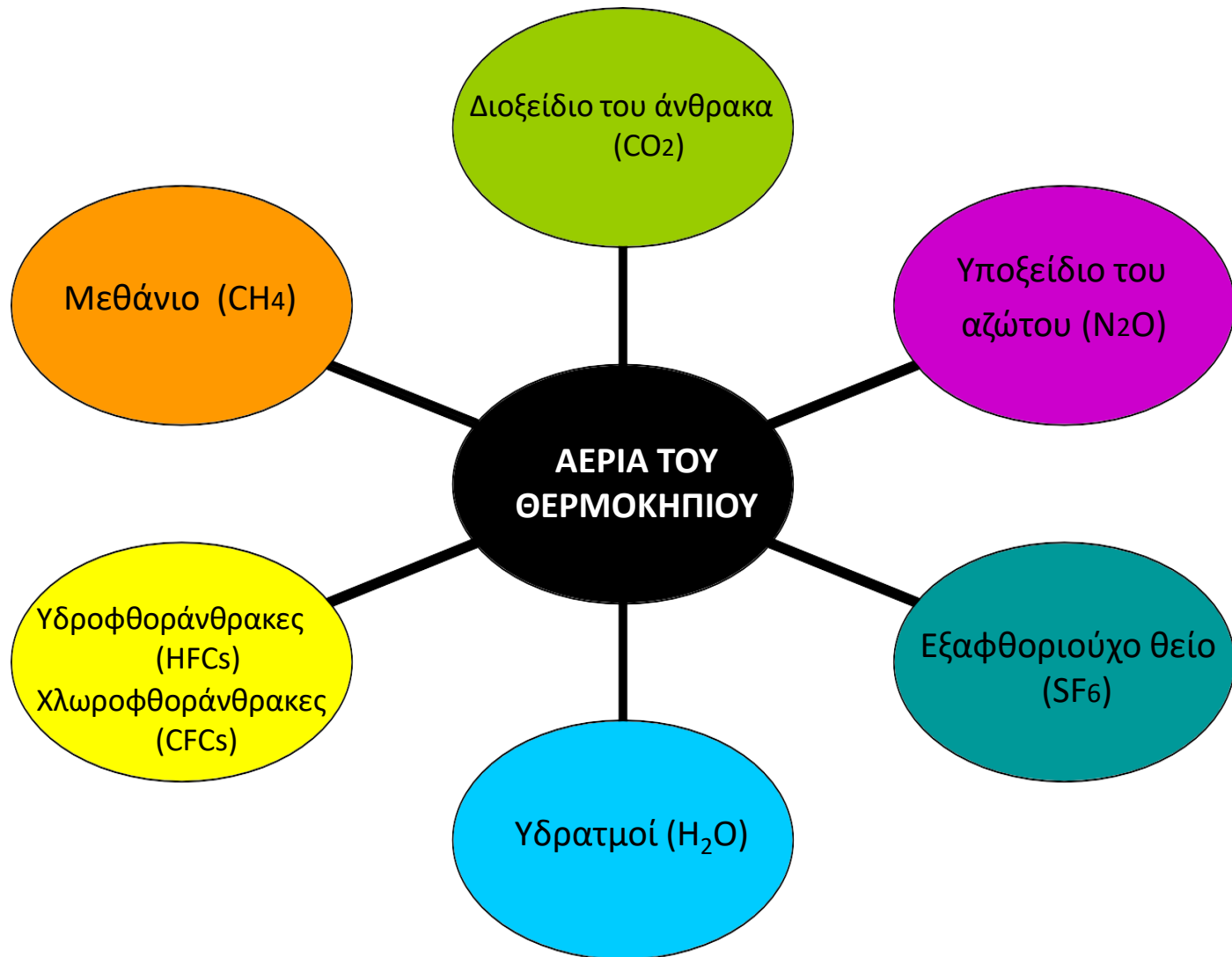
Οι μονάδες είναι μέρη ανά εκατομμύριο (ppm) ή μέρη ανά δισεκατομμύριο (ppb) (IPCC, 2007)

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

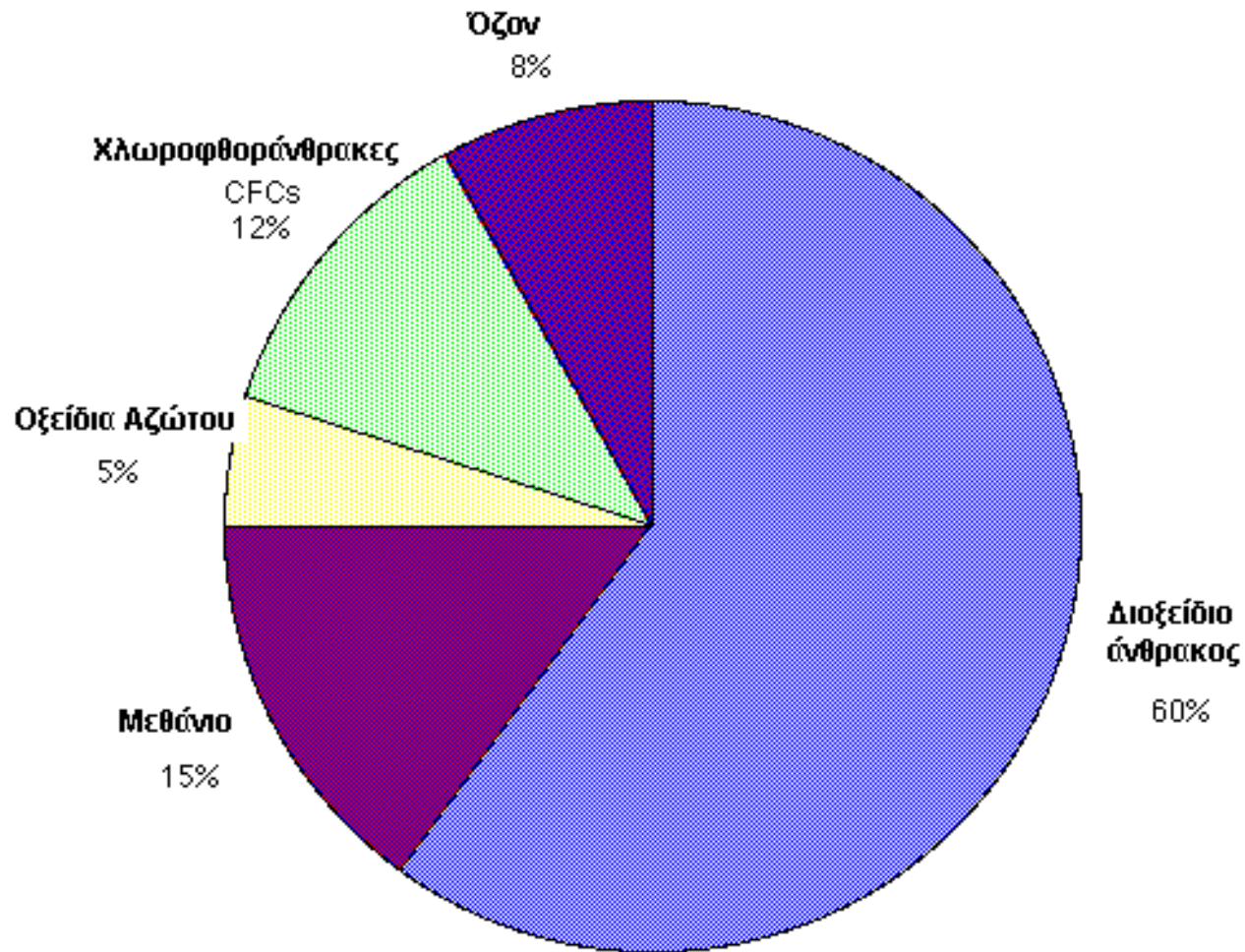
Changes in Temperature , Sea Level
and Northern Hemisphere Snow Cover

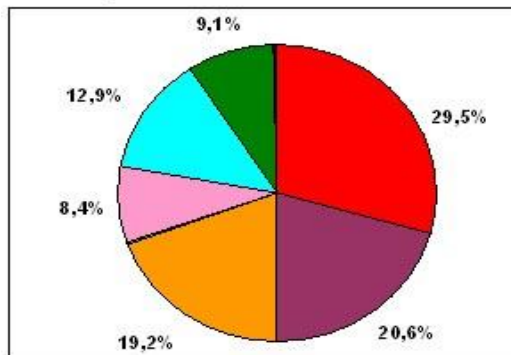
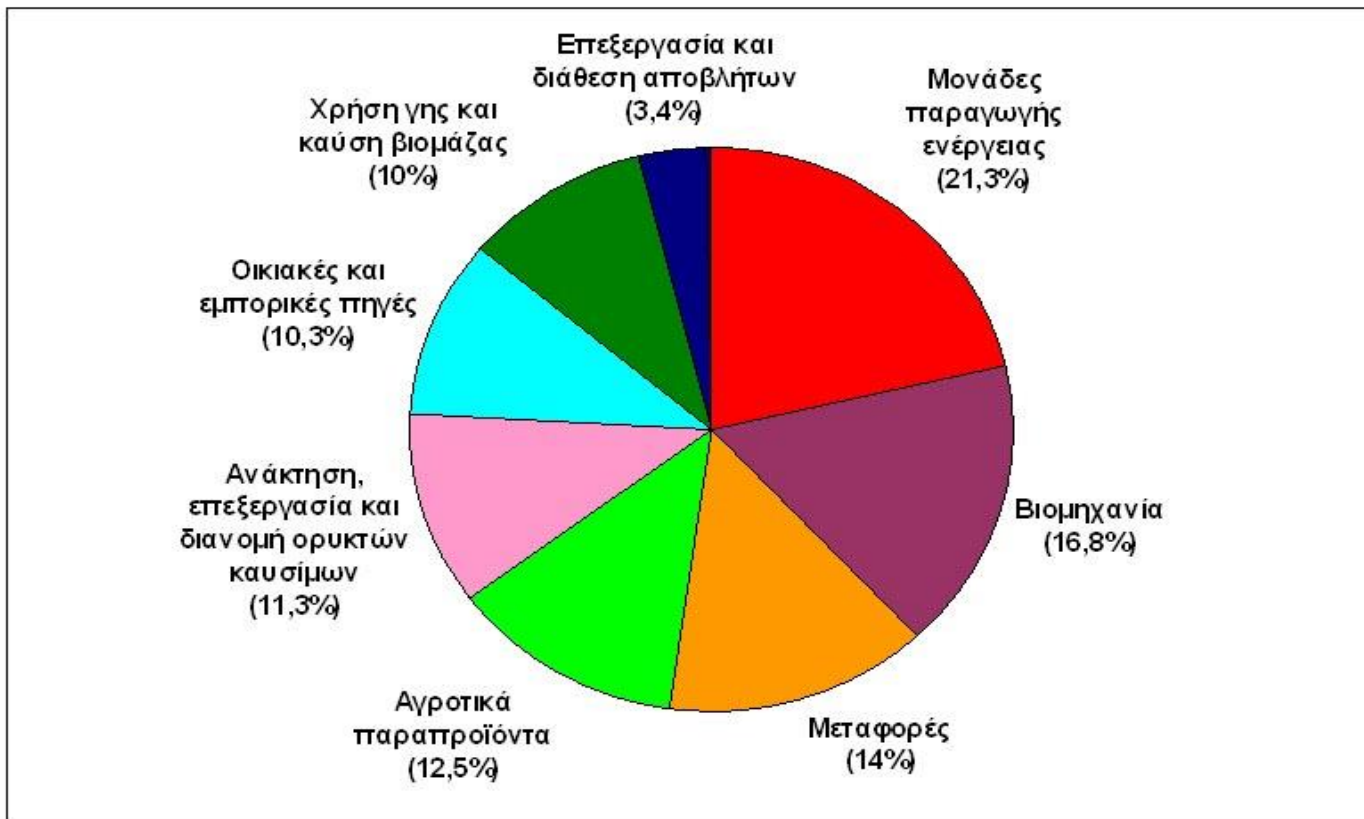


Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

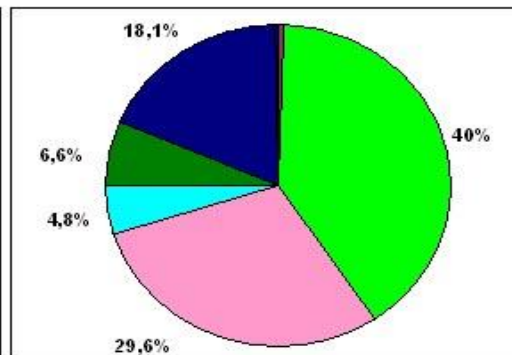


Συμμετοχή των ανθρωπογενών ρύπων στο ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΪΟΥ

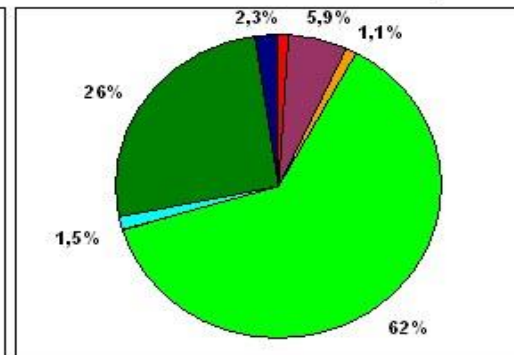




Διοξείδιο του άνθρακα (72%)



Μεθάνιο (18%)



Υποξείδιο του αζώτου (9%)

Το “**radiative forcing**” είναι η άμεση μέτρηση της παγκόσμιας μέσης τιμής του ρυθμού μεταβολής της ροής ενέργειας λόγω της γνωστής μεταβολής της συγκέντρωσης ενός θερμοκηπιακού αερίου.

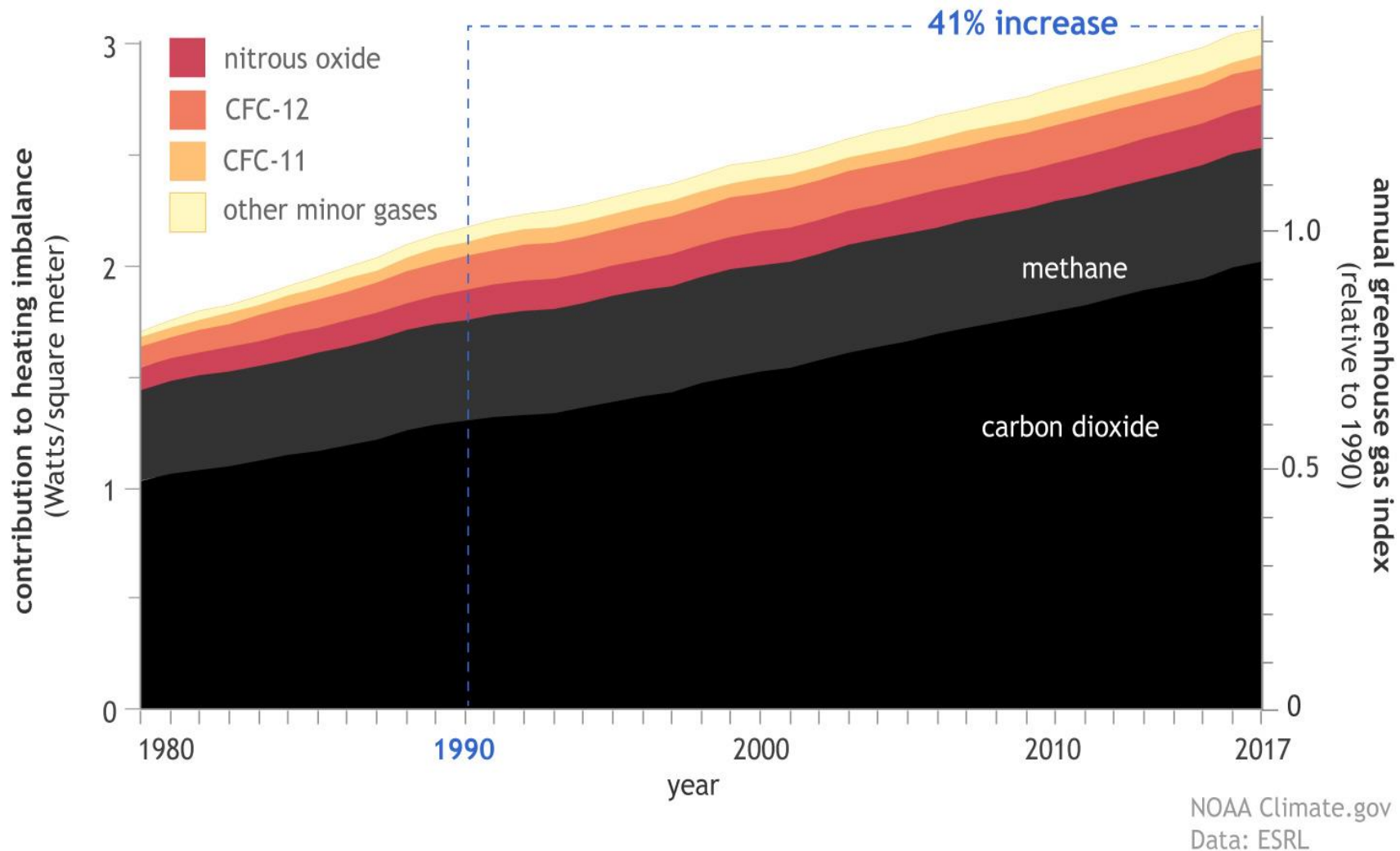
Radiative forcing για καλά αναμεμηγμένα θερμοκηπιακά αέρια

Αέριο	Συγκέντρωση το 1750	Συγκέντρωση το 1998		Radiative forcing (W/m ²)
Διοξείδιο του άνθρακα	278	365	ppm	1,46
μεθάνιο	700	1745	ppb	0,48
υποξείδιο του αζώτου	270	314	ppb	0,15
CFC-11	0	268	ppt	0,07
CFC-12	0	533	ppt	0,17
HCFC-22	0	132	ppt	0,03
HFC-23	0	14	ppt	0,002
όλοι οι αλογονομένοι υδρογονάνθρακες				0,4

Το Radiative forcing όλων των αερίων από τη προβιομηχανική εποχή είναι $2,45\text{W/m}^2 \pm 15\%$

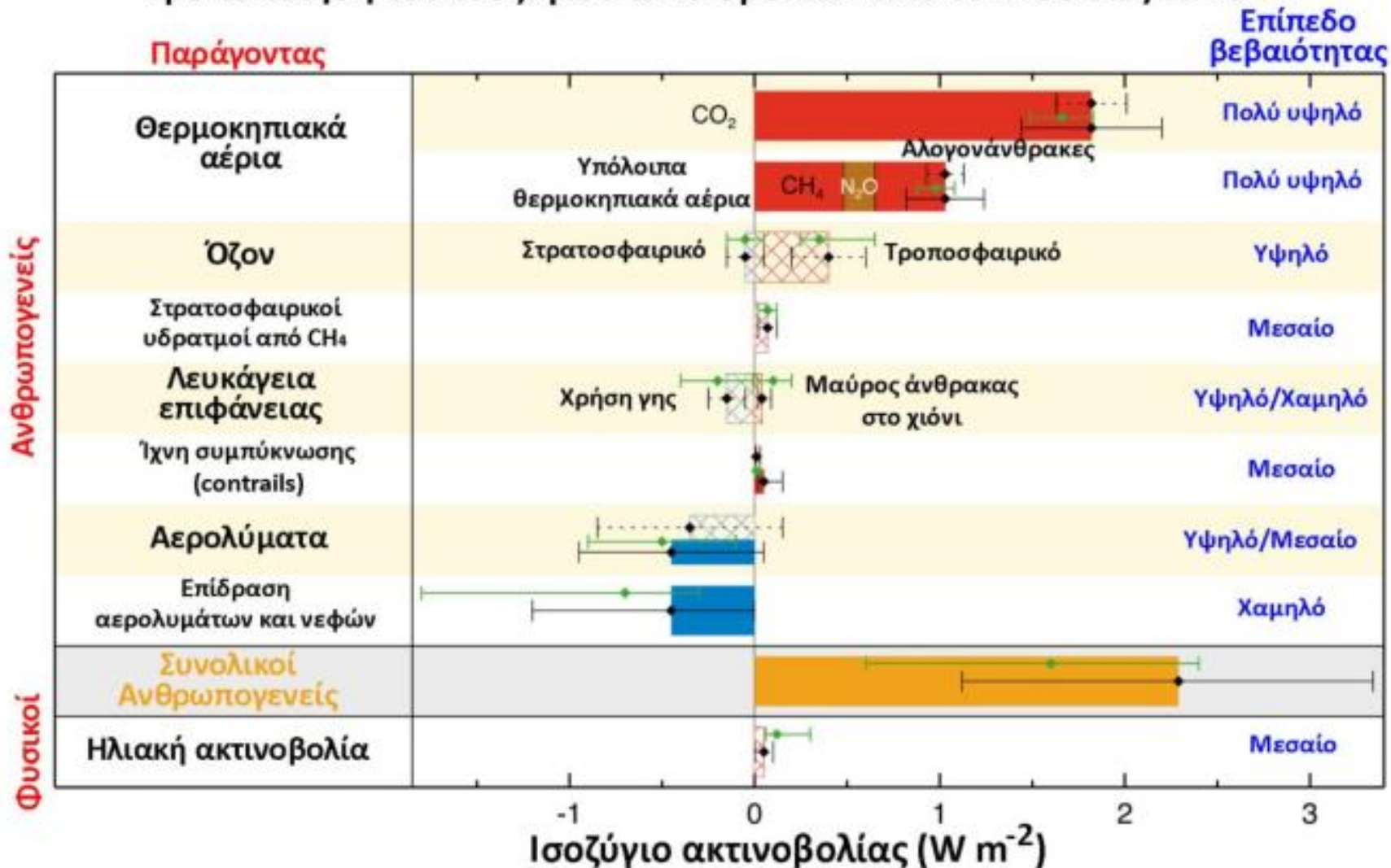
Πηγή. Intergovernmental Panel for Climate Change IPCC, 2013

Influence of all major human-produced greenhouse gases, 1979-2017



Source: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>

Τροποποίηση του ισοζυγίου ακτινοβολιών από το 1750 έως το 2011



Πηγή. IPCC, 2013

Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Τροποποίηση του ισοζυγίου ακτινοβολίας από τα αέρια θερμοκηπίου

- ❑ Τα τελευταία 15 χρόνια το CO₂ κυριαρχεί στη συνεισφορά της τροποποίησης του ισοζυγίου ακτινοβολίας και έχει προκαλέσει ρυθμό αύξησης 0,3 Wm⁻² ανά δεκαετία.
- ❑ Η πρόσφατη αύξηση της συγκέντρωσης του CH₄ τροποποίησε το ισοζύγιο της ακτινοβολίας κατά 2% (δηλαδή 0,48 Wm⁻²).
- ❑ Το N₂O αποτελεί τον 3^ο παράγοντα συνεισφοράς στη μεταβολή του ισοζυγίου ακτινοβολιών και η αύξηση της συγκέντρωσής του κατά 6% το 2005-2011 έχει μεταβάλλει το ισοζύγιο κατά 0,17 Wm⁻².
- ❑ Η επίδραση του O₃ στο ισοζύγιο εκτιμάται σε 0,35 Wm⁻².
- ❑ Η ανθρωπογενής επίδραση των αερολυμάτων στο ισοζύγιο ακτινοβολιών προσεγγίζει τα **-0,35 Wm⁻²**.

Το **Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης (Global Warming Potential)** ενός θερμοκηπιακού αερίου είναι ο λόγος της προβλεπόμενης μεταβολής της ροής ενέργειας λόγω της μεταβολής του αερίου αυτού ως προς την αντίστοιχη μεταβολή λόγω του CO₂ σε δεδομένο χρονικό ορίζοντα πολλών ετών (πχ 20, 100 ή και σε 500 χρόνια από σήμερα).

Στο Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης συνεισφέρουν:

Η μεταβολή ροής ενέργειας για μια γνωστή ποσότητα θερμοκηπιακού αερίου (σε Wm^{-2}),

Ο ρυθμός εκπομπής του αερίου,

Ο χρόνος ζωής του στην ατμόσφαιρα

Το Δυναμικό Παγκόσμιας Θέρμανσης (Global Warming Potential)

Για να υπολογιστεί η επίδραση ενός αερίου (που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα από οποιαδήποτε αιτία, συνήθως ανθρωπογενή) στη συνολική **διαταραχή ακτινοβολίας**, ορίζεται ένας δείκτης που ονομάζεται δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (GWP).

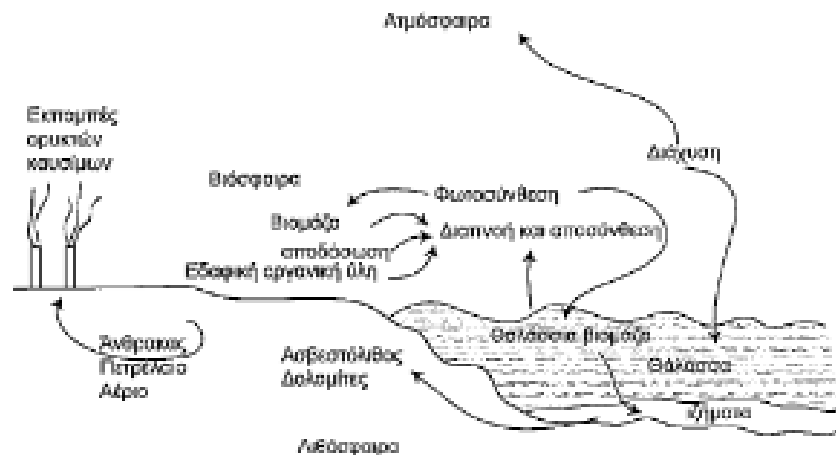
Το GWP ενός αερίου X ορίζεται ως η διαταραχή ακτινοβολίας που προκαλείται από 1kg του X στην ατμόσφαιρα, σε σχέση με τη διαταραχή ακτινοβολίας που προκαλείται από τη στιγμιαία εισαγωγή 1kg CO₂

$$GWP = \frac{\int_{t_c}^{t_c+dt} \Delta R_{1kgX} dt}{\int_{t_c}^{t_c+dt} \Delta R_{1kgCO_2} dt}$$

GWP από 1kg του ενός θερμοκηπιακού αερίου στην ατμόσφαιρα, σε σχέση με το 1kg CO₂

Αέριο	Χρόνος ζωής (έτη)	GWP-20 έτη	GWP-100 έτη
CO ₂	~100	1	1
CH ₄	10	62	25
N ₂ O	120	290	320
CFC-12	102	7,900	8,500
HCFC-123	1.4	300	93
SF ₆	3,200	16,500	24,900

* Τα θερμοκηπιακά αέρια είναι εκατοντάδες, εδώ παρουσιάζονται μόνο μερικά.



Ο κύκλος του άνθρακα στη Γη, όπου εμφανίζονται ροές C μεταξύ των ταμειυτήρων του

Μονάδα μέτρησης Αερίων Θερμοκηπίου.

- Στο διεθνές σύστημα μονάδων SI, μονάδα μέτρησης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου ορίζεται ο μετρικός τόνος του κάθε αερίου (t ή tn) και ο τόνος (tn) **ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα (t_{CO_2e})**.
- Το ισοδύναμο του διοξειδίου του άνθρακα (CO_{2e}) επιτρέπει τη σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών αερίων θερμοκηπίου, καθώς το καθένα από αυτά έχει διαφορετική επίδραση στο φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης.

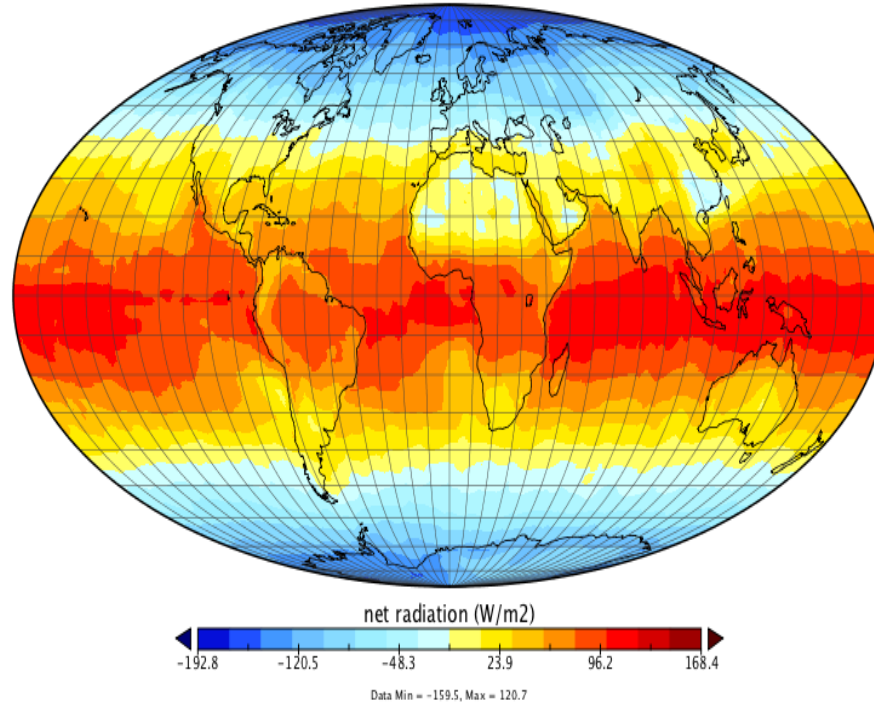
- Το ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τις εκπομπές καθενός από τα αέρια του θερμοκηπίου με το Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη εντός περιόδου 100 ετών (Global Warming Potential - GWP).

Δυναμικό Θέρμανσης Πλανήτη για τα κύρια ΑΘ

Αέριο Θερμοκηπίου		4η Έκθεση Αξιολόγησης IPCC
Τύπος	Όνομα	Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη
CO ₂	Διοξείδιο του Άνθρακα	1
CH ₄	Μεθάνιο	25
N ₂ O	Υποξείδιο του αζώτου	298

Net Radiation: Insolation - LW Emission

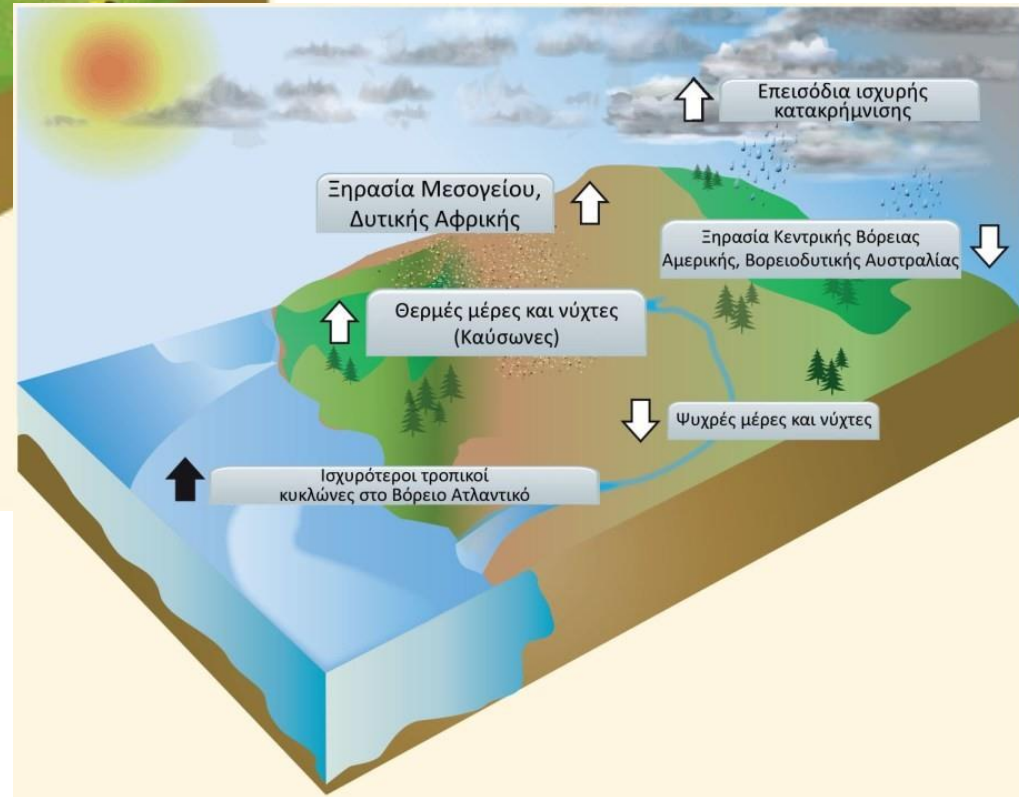
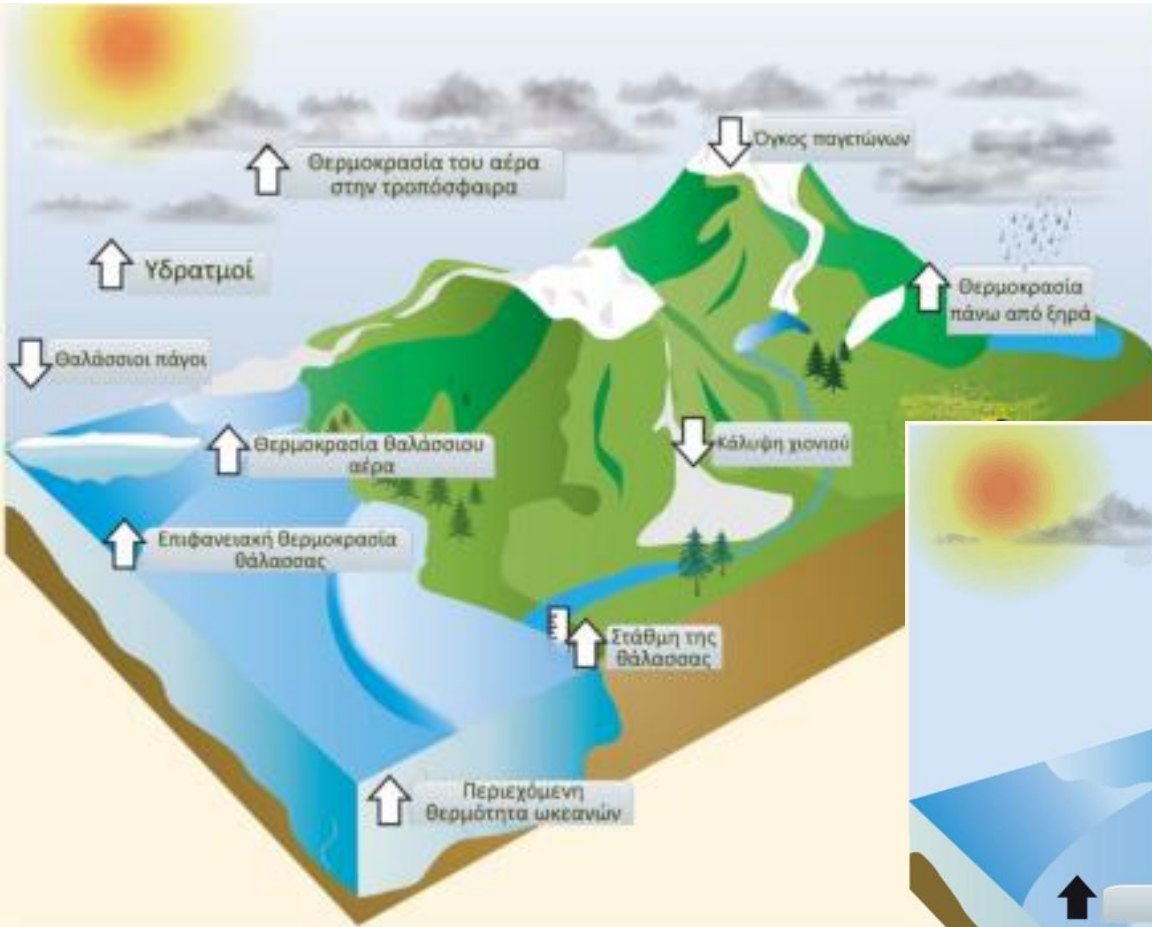
March Avg. 1985-1989



Ποιοι παράγοντες οδηγούν στη διαφοροποίηση της καθαρής ακτινοβολίας (net radiation) που καταγράφεται σε διάφορες περιοχές του πλανήτη.

Σημειώνεται ότι ως καθαρή ακτινοβολία ορίζεται η διαφορά της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας μείον της εξερχόμενης θερμικής ακτινοβολίας

Δέκα δείκτες της θέρμανσης του Πλανήτη

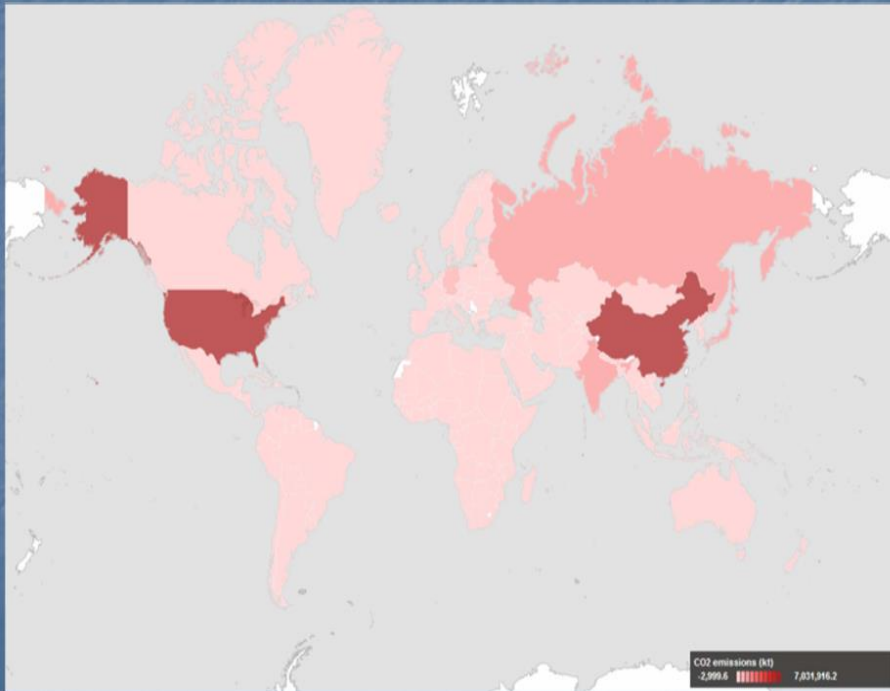


Μερικοί ορισμοί

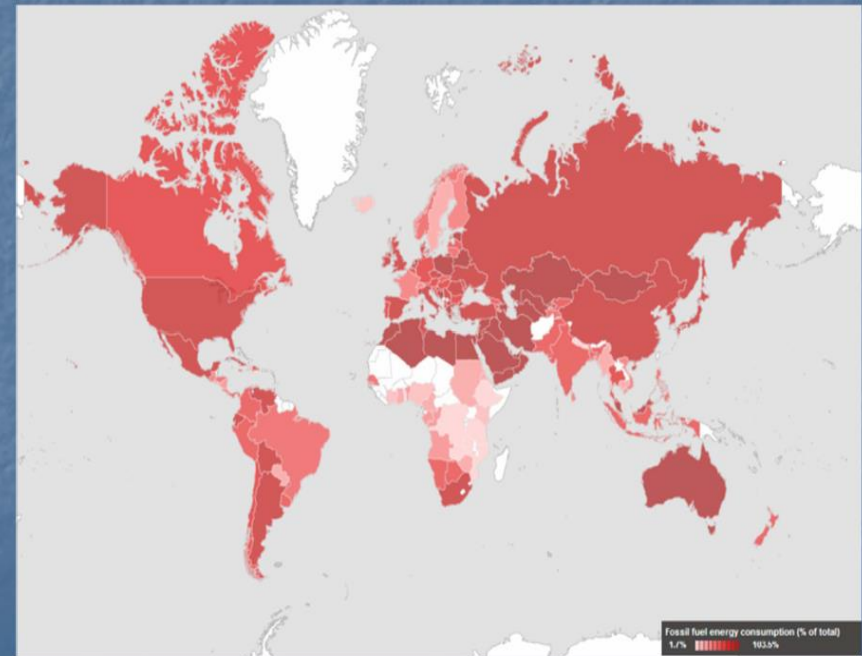
- **Μέση παγκόσμια επιφανειακή θερμοκρασία (GMST: Global mean surface temperature)**
- **Προβιομηχανική περίοδος:** το διάστημα 1850-1900
- **Παγκόσμια θέρμανση:** η αύξηση στη GMST σε διάστημα 30 ετών σε σύγκριση με τα προβιομηχανικά επίπεδα
- **Net zero carbon dioxide emissions:** ισοζύγιο εκπομπών CO₂ σε παγκόσμιο επίπεδο με την απομάκρυνση CO₂ από ανθρωπογενείς δραστηριότητες για συγκεκριμένη χρονική περίοδο.
- **Carbon dioxide removal (CDR):** Ανθρωπογενείς δραστηριότητες που οδηγούν στην απομάκρυνση CO₂ από την ατμόσφαιρα και αποθήκευση του σε γεωλογικά, χερσαία και ωκεάνια reservoirs.
- **Total carbon budget:** Εκτιμώμενο συνολικό ποσό παγκόσμιων ανθρωπογενών εκπομπών CO₂ από την προβιομηχανική περίοδο μέχρι το διάστημα που οι ανθρωπογενείς εκπομπές θα φθάσουν στο επίπεδο net zero.

- **Temperature overshoot:** η προσωρινή υπέρβαση ενός προκαθορισμένου επιπέδου θέρμανσης
- **Emission pathways:** διαδρομές που δίδουν πιθανότητα τουλάχιστον 50% για τον περιορισμό της παγκόσμιας θέρμανσης κάτω από 1,5°C καλούνται ως 'no overshoot'; Αυτές που οδηγούν περιορίζουν τη θέρμανση κάτω από 1,6°C και στη συνέχεια επιστρέφουν σε 1,5°C μέχρι το 2100 καλούνται 'limited-overshoot'; τέλος αυτές που οδηγούν σε υπέρβαση του 1,6 °C αλλά επιστρέφουν σε 1,5°C μέχρι το 2100 καλούνται 'higher-overshoot'.
- **Climate-resilient Development Pathways (CRDPs):** Διαδρομές που ενισχύουν τη βιώσιμη ανάπτυξη ενώ παράλληλα περιορίζουν την απειλή της κλιματικής αλλαγής μέσω δράσεων μετριασμού, προσαρμογής και ανθεκτικότητας.

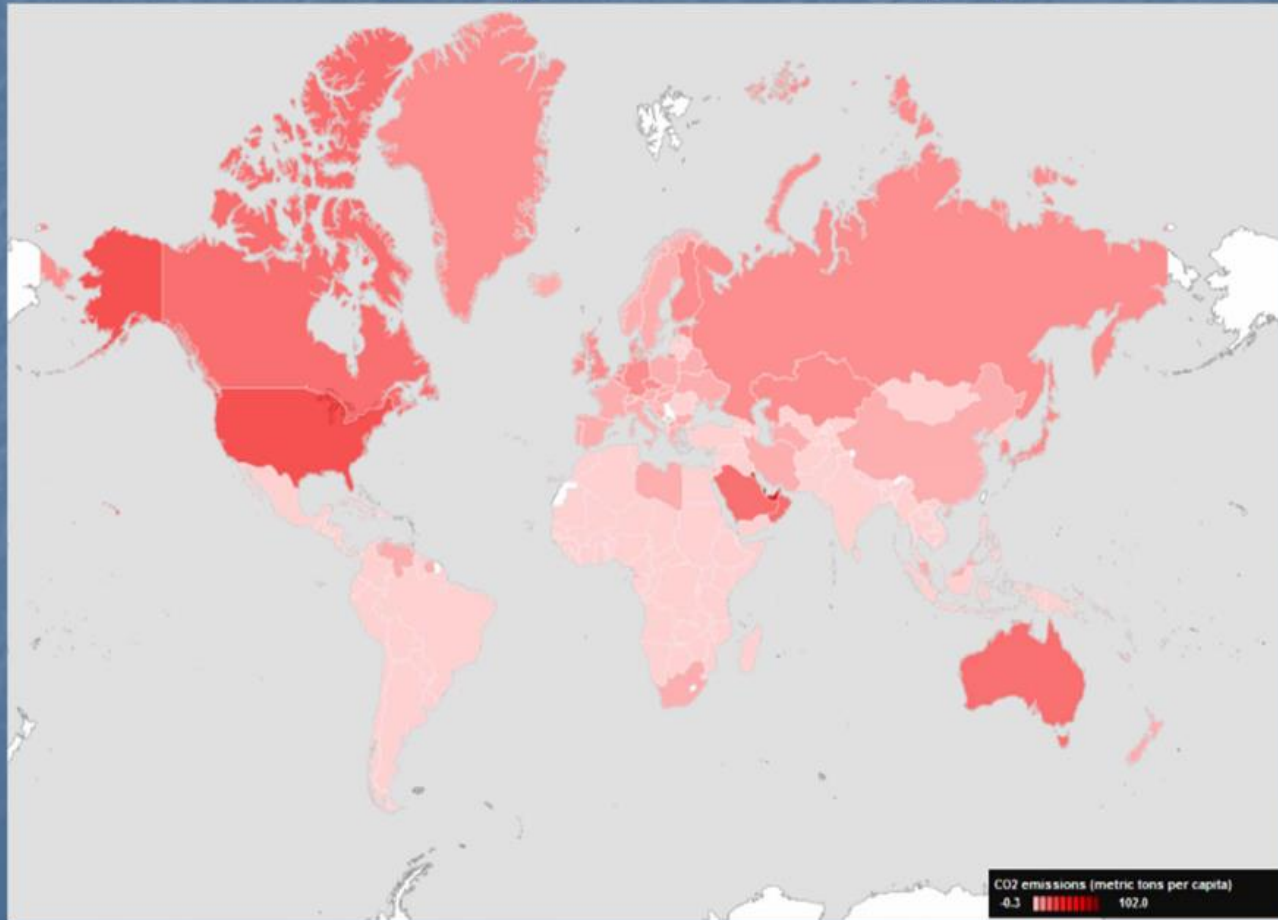
Γεωγραφική κατανομή των εκπομπών CO₂ (σε χιλιάδες τόνους) στον πλανήτη



Γεωγραφική κατανομή της παγκόσμιας κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων σε ποσοστά επί του συνόλου



Γεωγραφική κατανομή των κατά κεφαλή εκπομπών CO₂ (μετρικοί τόνοι CO₂ κατά κεφαλή) στον πλανήτη



Τα 5 στάδια κατανόησης των χωροχρονικών μεταβολών των συγκεντρώσεων των Α.Θ.

- Τις πηγές και τις καταβόθρες των διαφόρων ενώσεων.
- Τους χημικούς μετασχηματισμούς τους στην ατμόσφαιρα.
- Τη διανομή και συγκέντρωσή τους στην ατμόσφαιρα.
- Τις συνθήκες ευστάθειας/αστάθειας της κατώτερης τροπόσφαιρας (οριακό στρώμα).
- Το ισοζύγιο μεταφοράς και μετασχηματισμού τους.

Αιωρούμενα σωματίδια

Τα σωματίδια (PM, particulate matter) κατατάσσονται ως ρύποι και Α.Θ. με σημαντικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία, στα οικοσυστήματα και στο περιβάλλον.

Προέρχονται τόσο από φυσικές δραστηριότητες (πχ ηφαίστεια, σκόνη από έρημο, γύρη,...), όσο και από ανθρωπογενείς (πχ καύσεις).

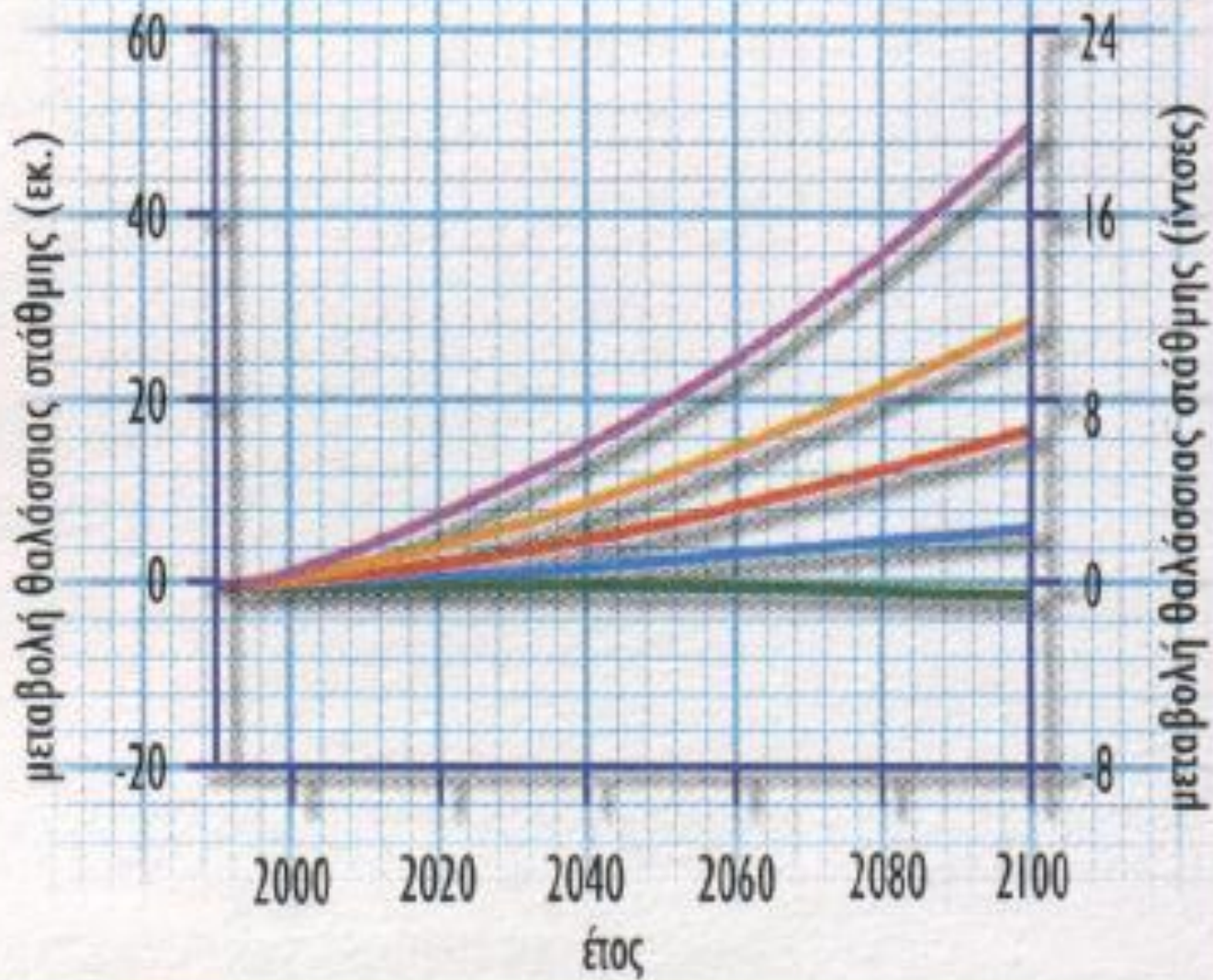
—Χαρακτηρίζονται ως πρωτογενή σωματίδια (primary particles) όταν εκπέμπονται απευθείας από μία πηγή.

—Με μία σειρά χημικών αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα μπορούν να σχηματιστούν και δευτερεύοντα σωματίδια (secondary particles).

- Τα σωματίδια εκλύονται (ή σχηματίζονται) στην ατμόσφαιρα και παραμένουν ένα ορισμένο χρονικό διάστημα σε αυτή.
- Τα μεγάλα σωματίδια πέφτουν στο έδαφος, τα μικρότερα συσσωματώνονται, ενώ η υγρασία μεγαλώνει το μέγεθός τους.

Ετήσιες απογραφές εκπομπών Α.Θ.

- Οι ετήσιες απογραφές εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και άλλων αερίων αποτελούν ένα απαραίτητο εργαλείο στη χάραξη περιβαλλοντικής πολιτικής μιας χώρας.
- Η απογραφή εκπομπών αερίων θερμοκηπίου είναι μία αποτίμηση της ποσότητας των αερίων θερμοκηπίου που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα εντός των ορίων μίας πόλης. Η ποσότητα των εκπομπών αποτιμάται ανά πηγή/δραστηριότητα (π.χ. μεταφορές, διαχείριση απορριμμάτων) για μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο, που συνήθως ονομάζεται έτος βάσης ή έτος αναφοράς.



Μέτρα μείωσης των επιπτώσεων της ΠΚΑ

- Μείωση ενεργειακών απωλειών – σπατάλης ενεργειακών πόρων

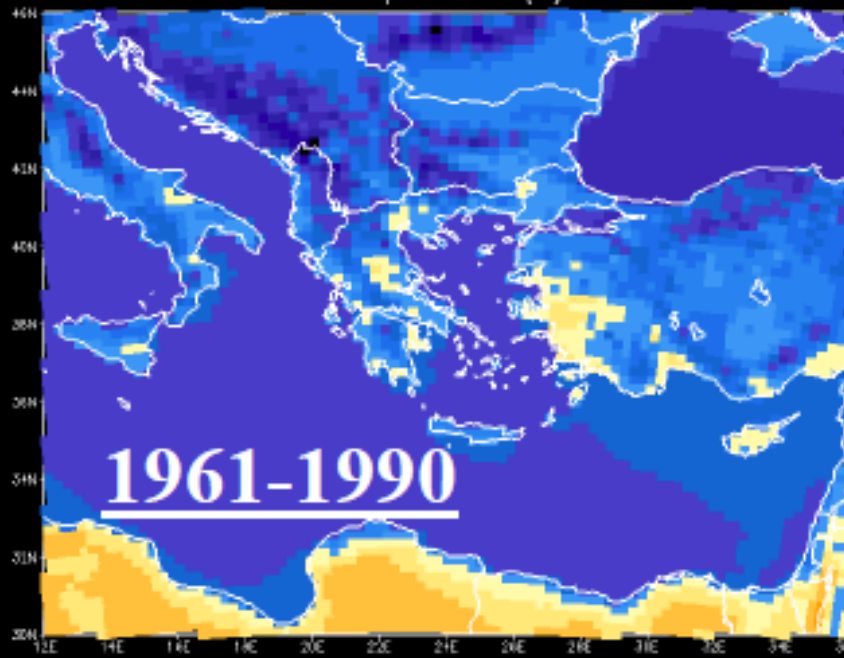
Εξοικονόμηση ενέργειας: Βιομηχανία-Μεταφορές-Οικιακή κατανάλωση

Αγροτική παραγωγή (ανάπτυξη βιολογικών καλλιεργειών)

- Επένδυση σε νέες (λιγότερο ενεργοβόρες) τεχνολογίες
- Ανάπτυξη μέσων μαζικής μεταφοράς-εναλλακτικής μετακίνησης
- Ανάπτυξη-χρήση ανανεώσιμων/εναλλακτικών πηγών ενέργειας
- Χρήση φυσικού αερίου-υδρογόνου

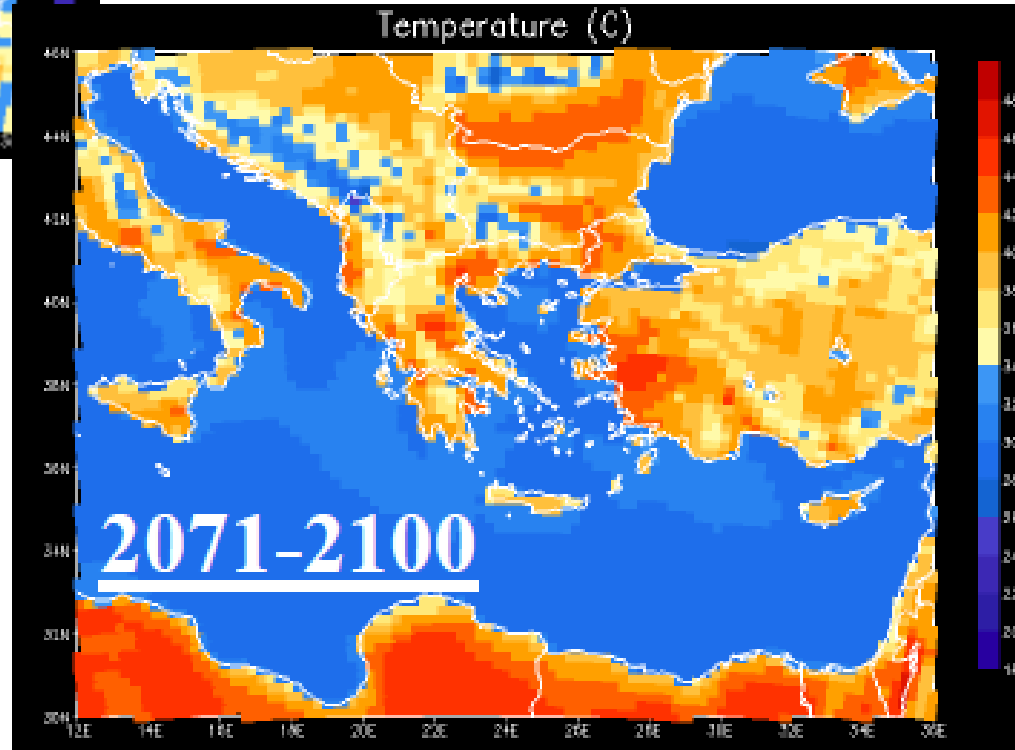
Παγκόσμια Κλιματική Αλλαγή

Temperature (C)



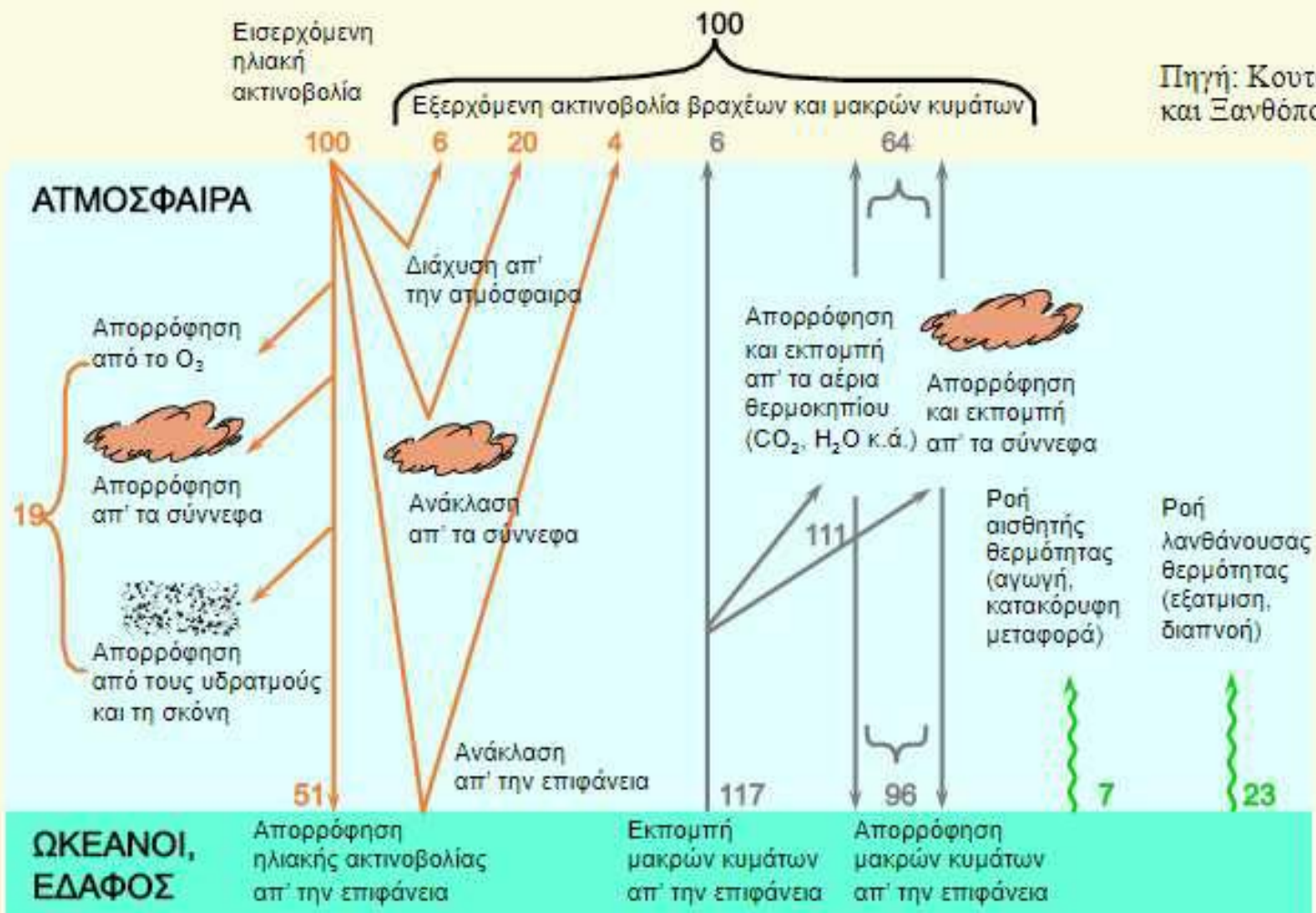
Πρόβλεψη μεταβολής της
θερμοκρασίας στην
περιοχή της Ελλάδας

Temperature (C)



Ενεργειακό ισοζύγιο της γης

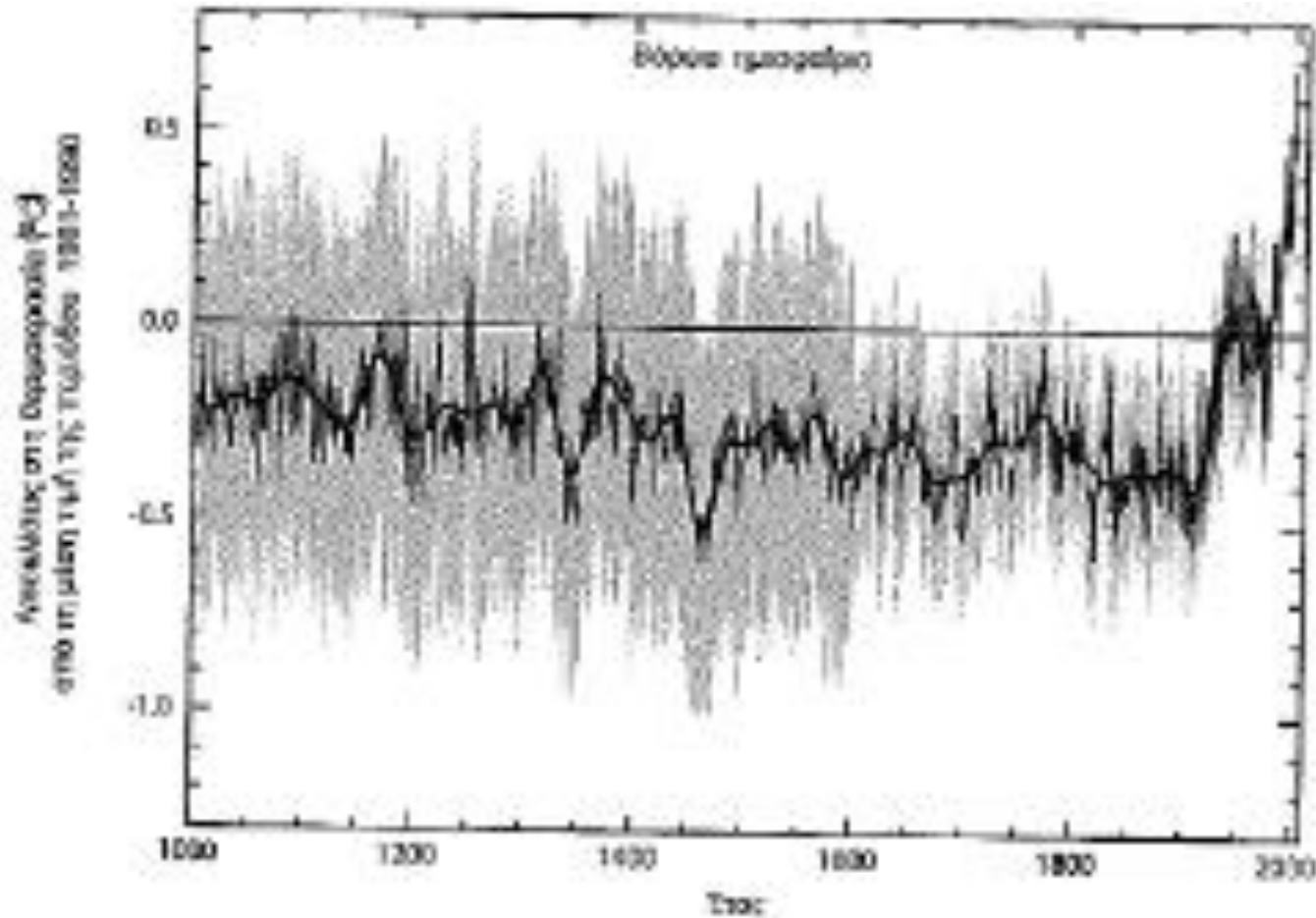
ΔΙΑΣΤΗΜΑ



Οι γεωλογικές εποχές και το κλίμα της Γης τα τελευταία 65εκ. έτη.

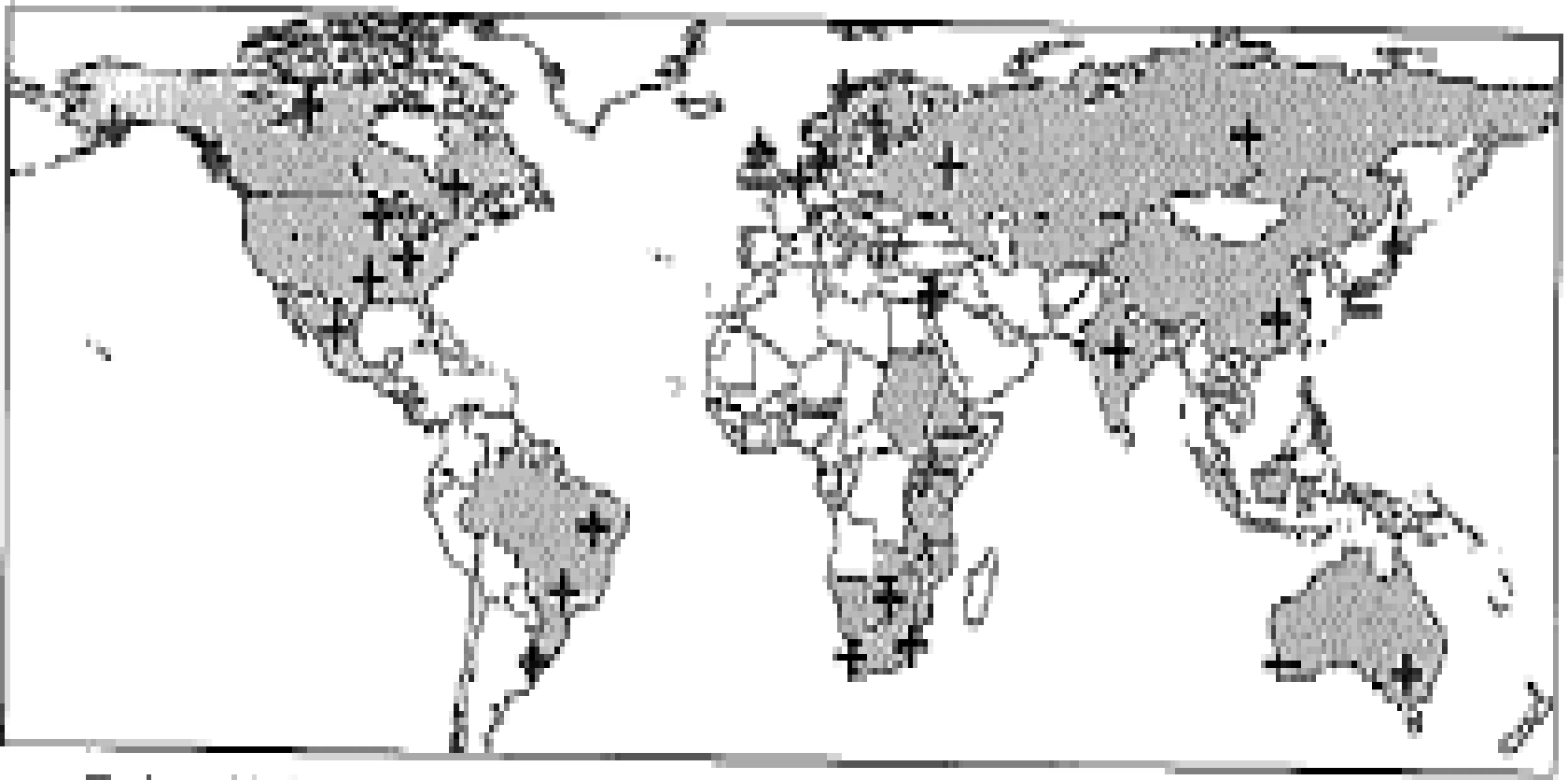
Γεωλογική εποχή	Χρονική περίοδος (έτη)	Κύρια κλιματικά χαρακτηριστικά
Ολόκαινος	Αρχίζει πριν από 11,700	Είναι η τελευταία μεσοκαγετάδης περίοδος.
Πλειστόκαινος	1,850,000–11,700	Χαρακτηρίζεται από καγετάδες και μεσοκαγετάδες περιόδους.
Πλειόκαινος	5,400,000–1,850,000	Το κλίμα είναι ψυχρό και ξηρό. Εμφανίζονται οι καγετάνες.
Μειόκαινος	23,000,000–5,400,000	Ήπιο κλίμα.
Ολιγόκαινος	34,000,000–23,000,000	Θερμό κλίμα.
Εόκαινος	55,000,000–34,000,000	Δημιουργούνται οι πρώτοι παγετιόνες στην Ανταρκτική. Το κλίμα ωστόσο παραμένει πολύ θερμό.
Παλαιόκαινος	65,000,000–55,000,000	Κλίμα τροπικό.

Το κλίμα την τελευταία χιλιετία.



Αποκλίσεις της θερμοκρασίας την τελευταία χιλιετία (μεσοσταθμισμένες 1961-1990) για το βόρειο ημισφαίριο.

Η Υπερθέρμανση του πλανήτη και η κλιματική αλλαγή.



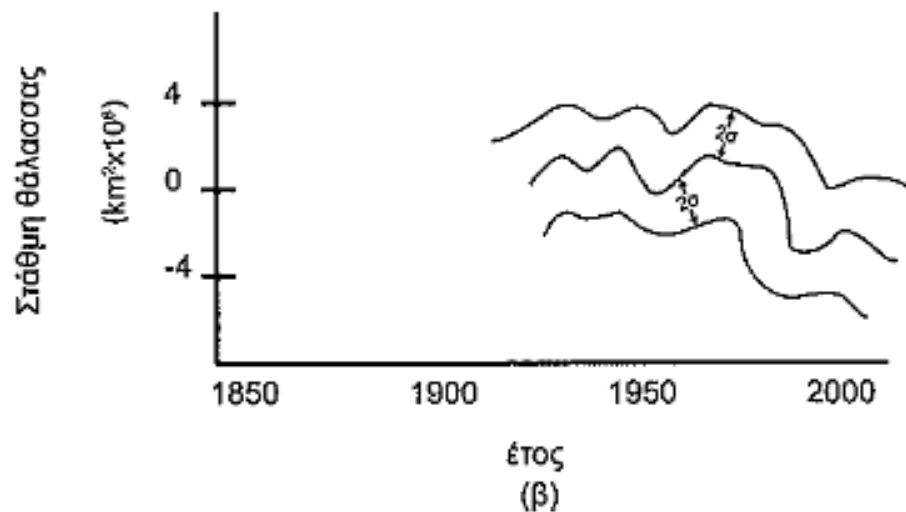
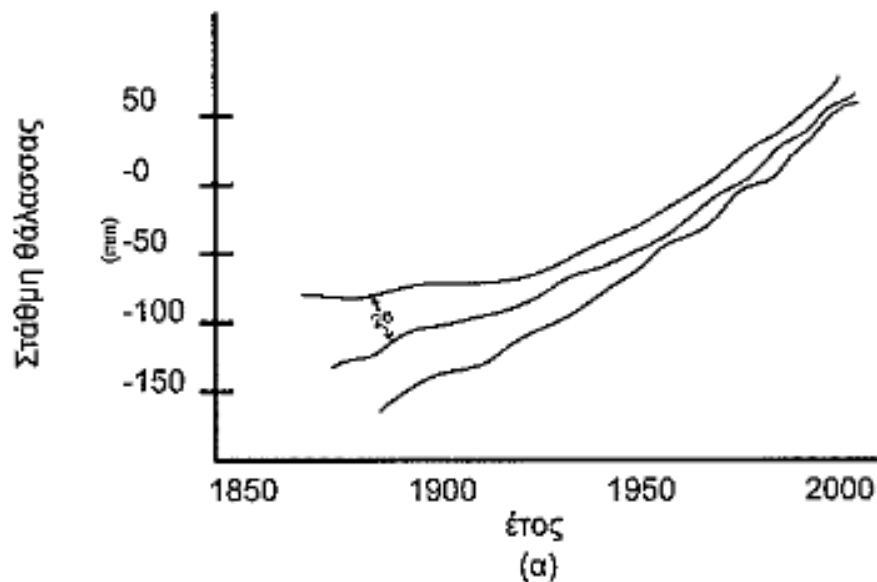
Πλανητική μεταβολή των περιστατικών βροχόπτωσης. Με (+) παρουσιάζεται η αύξηση και με (-) η μείωση.

Στάθμη της θάλασσας.

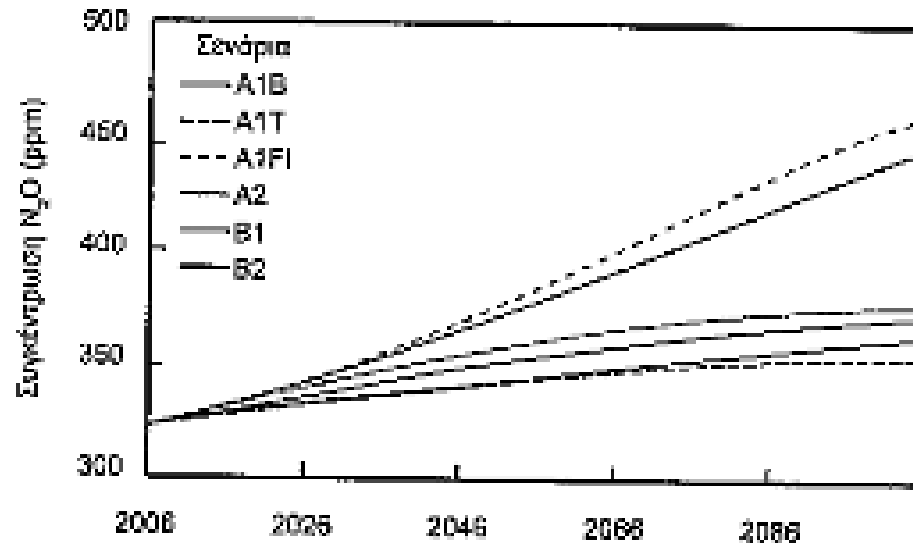
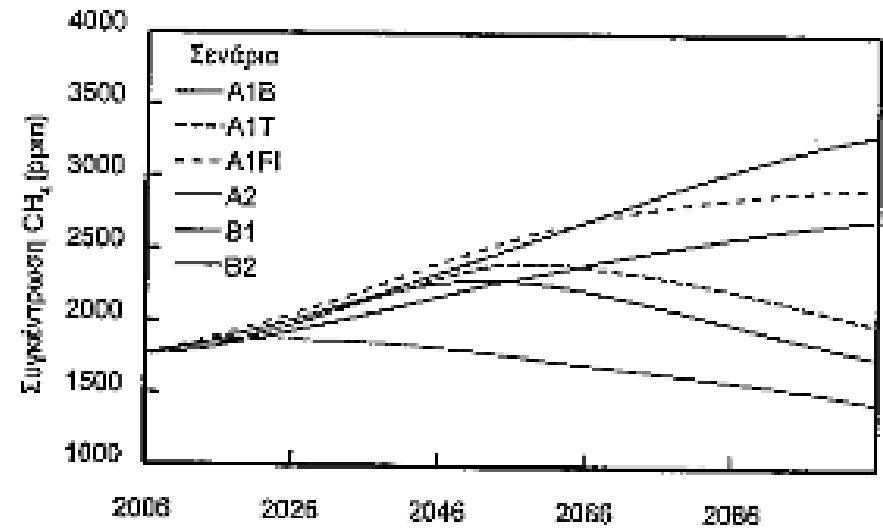
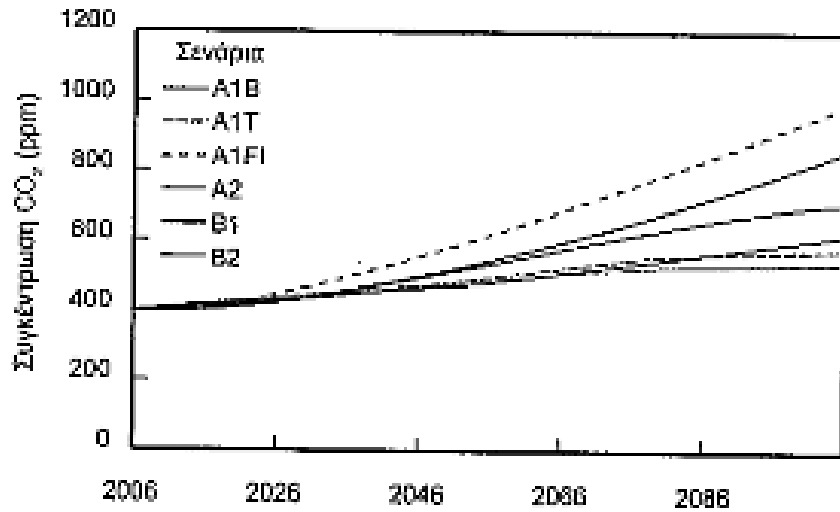
A) Αύξηση της μέσης πλανητικής στάθμης της θάλασσας.

B) μείωση το χινοκαλύμματος στο βόρειο ημισφαίριο τα τελευταία 100 έτη (παρουσιάζεται η μέση τιμή και η απόκλιση 2σ)

Οι τιμές παρουσιάζουν αποκλίσεις από τις τιμές του διαστήματος 1961-1990



Σενάρια εκπομπών 21^ο αιώνα.



Προβολές των συγκεντρώσεων CO₂, CH₄, N₂O σε ppm ανά σενάριο εκπομπών για τον 21^ο αιώνα

Με βάση τον Πίνακα 13.3, το σενάριο A1FI προβλέπει αύξηση της μέσης πλανητικής θερμοκρασίας του αέρα κατά μέσο όρο, 4°C, ενώ το σενάριο B1 προβλέπει αύξηση 1.8°C.

Μεταβολή της μέσης πλανητικής θερμοκρασίας και εύρος μεταβολής για τα διάφορα σενάρια εκπομπών. [IPCC, 2000· Houghton, 2004, με άδεια του συγγραφέα.]

Σενάριο	Αύξηση της μέσης πλανητικής θερμοκρασίας το 2100
B1	1.8 (1.1–2.9)
A1T	2.4 (1.4–3.8)
B2	2.4 (1.4–3.8)
A1B	2.8 (1.7–4.4)
A2	3.4 (2.0–5.4)
A1FI	4.0 (2.4–6.4)

Αναδυόμενα περιβαλλοντικά προβλήματα που οφείλονται στην υπερθέρμανση του πλανήτη και την κλιματική αλλαγή για τον 21^ο αιώνα

1. Ερημοποίηση
2. Καύσωνες
3. Η επίδραση στην γονιμότητας από το CO₂
4. Δάση, αναδάσωση και κλιματική μεταβολή
5. Οξίνιση των ωκεανών
6. Η άνοδος της στάθμης των ωκεανών
7. Υφαλμύρωδη

παραδείγματα κλιματικής μεταβλητότητας και κλιματικών ακροτάτων και οι επιδράσεις τους
προβολή των μεταβολών τον 21ο Αιώνα σε ακραία κλιματικά φαινόμενα

	αυξημένα περιστατικά θανάτων και σημαντικών ασθενειών σε ηλικιωμένους, καθώς και σε φτωχούς αστικούς πληθυσμούς
	Αυξημένη θερμική τάση στα κατοικίδια και στην άγρια ζωή
	Αλλαγή τουριστικών προορισμών
Υψηλότερες μέγιστες θερμοκρασίες, περισσότερες θερμές ημέρες και καύσωνες στις χερσαίες εκτάσεις	Αυξημένος κίνδυνος καταστροφής καλλιεργειών
	Αυξημένη ζήτηση ψύξης και περιορισμένη αξιοπιστία στην παροχή ενέργειας
	Ελάττωση της οφειλόμενης από το ψύχος ανθρώπινης νοσηρότητας και θνησιμότητας
Υψηλότερες ελάχιστες θερμοκρασίες, λιγότερες ψυχρές ημέρες, ημέρες με παγετό και ψυχρές εισβολές σε όλες τις χερσαίες περιοχές	Ελάττωση κινδύνου καταστροφών σε αριθμό καλλιεργειών και αύξηση σε άλλες
	Αύξηση του εύρους και της δραστηριότητας ορισμένων παρασίτων και των συνεπακόλουθων ασθενειών
	Περιορισμός της ζήτησης θερμικής ενέργειας

παραδείγματα κλιματικής μεταβλητότητας και κλιματικών ακροτάτων και οι επιδράσεις τους
προβολή των μεταβολών τον 21ο Αιώνα σε ακραία κλιματικά φαινόμενα

περισσότερο ισχυρές βροχοπτώσεις	Αύξηση βλαβών από πλημμύρες, κατολισθήσεις, χιονοστιβάδες, κατολισθήσεις λάσπης Αύξηση της διάβρωσης του εδάφους Αυξημένη απορροή κάποιων υδροφορέων πλημμυρικών πεδίων Αύξηση της πίεσης στις κυβερνήσεις και στις ασφάλειες για ανακούφιση από καταστροφές.
	Αύξηση βλαβών από πλημμύρες, κατολισθήσεις, χιονοστιβάδες, κατολισθήσεις λάσπης
Αυξημένες ξηρασίες το θέρος στα εσωτερικά των ηπείρων και των μέσων γεωγραφικών πλατών και σχετικοί κίνδυνοι ξηρασίας	Ελάττωση της απόδοσης των καλλιεργειών Αυξημένες ζημιές σε κτίρια που προκλήθηκαν από συρρίκνωση του εδάφους Ελάττωση των πηγών νερού σε ποιότητα και ποσότητα. Αύξηση του κινδύνου δασικών πυρκαγιών

παραδείγματα κλιματικής μεταβλητότητας και κλιματικών ακροτάτων και οι επιδράσεις τους

προβολή των μεταβολών τον 21ο Αιώνα σε ακραία κλιματικά φαινόμενα

Αύξηση της μέγιστης έντασης του ανέμου στους τροπικούς κυκλώνες, καθώς και της μέσης και μέγιστης έντασης των βροχοπτώσεων

Αύξηση του κινδύνου για την ανθρώπινη ζωή, κίνδυνος επιδημιών και μολυσματικών ασθενειών
Αύξηση της διάβρωσης των ακτών και βλάβες στα παράκτια κτίρια και στις υποδομές
Αύξηση των βλαβών στα παράκτια οικοσυστήματα, όπως οι κοραλλιογενείς ύφαλοι και τα μανκρόβια δάση

Ισχυροποίηση των ξηρασιών και των πλημμυρών που συνδυάζονται με τα γεγονότα El Nino σε πολλές διαφορετικές περιοχές

Ελάττωση της γεωργικής και λιβαδικής παραγωγής σε περιοχές επιρρεπείς σε ξηρασίες και πλημμύρες

Ελάττωση της παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας σε περιοχές επιρρεπείς σε ξηρασίες

Αύξηση στην ισχύ των καταιγίδων σε μέσα γεωγραφικά πλάτη

Αύξηση των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία και τη ζωή

Αύξηση των απωλειών ιδιοκτησίας και υποδομών
Αύξηση των βλαβών στα παράκτια οικοσυστήματα

Thanks for your attention!

Prof. Mic.Gr.Vrachopoulos

Τέλος κεφαλαίου



HELLENIC REPUBLIC
**National and Kapodistrian
University of Athens**
— EST. 1837 —

Τέλος κεφαλαίου



Dr. Dimitra Papadaki | Senior Researcher

Tel: +30 210 727 6841

dpapadaki@phys.uoa.gr



National and Kapodistrian
University of Athens
National and Kapodistrian University of Athens

