

# Κλιματική Αλλαγή



# Ευχαριστίες

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερω τον επιβλέποντα καθηγητή μας, Σωτήρη Καρέλλα για όλη την υποστήριξη του κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας καθώς και για την ευκαιρία που μας έδωσε να ασχοληθούμε στα πλαίσια αυτής και να εμβαθύνουμε σε ένα καίριο θέμα που μας αφορά άμεσα όλους.

Ευχαριστούμε ακόμη τον συντονιστή του μαθήματος Α. Παπαγιάννη, καθώς και όλους τους προσκεκλημένους ομιλητές του μαθήματος κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού εξαμήνου, οι οποίοι μας μύησαν σε ένα μεγάλο εύρος θεμάτων για τα οποία είναι δύσκολο κανείς να λάβει γνώση με άλλο τρόπο.

## Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες το κλίμα της Γης όντως αλλάζει; Και αν ναι, η ανθρώπινη δραστηριότητα, η οποία έχει αυξήσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, κλπ, συμβάλλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη και γενικότερα στην κλιματική αλλαγή; Ή μήπως η κλιματική αλλαγή που συντελείται οφείλεται αποκλειστικά σε φυσικούς παράγοντες τους οποίους ο άνθρωπος δεν επηρεάζει, όπως είναι η δραστηριότητα του Ήλιου; Και καταλήγοντας, πρώτα έγινε αναφορά στην υπερθέρμανση του πλανήτη, στην συνέχεια στην κλιματική αλλαγή, αύριο ποια θα είναι τα ερωτήματα που θα κληθούμε να απαντήσουμε;

# Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 .....	6
1.1 Εισαγωγικές έννοιες .....	6
1.2 Το φαινόμενο του Θερμοκηπίου .....	8
1.3 Τα αέρια του Θερμοκηπίου .....	8
1.3.1 Τα πιο σημαντικά αέρια του θερμοκηπίου.....	8
1.3.2 Παγκόσμιες Εκπομπές ανά Αέριο και ανά Οικονομικό Τομέα .....	9
1.3.3 Παγκόσμιες Εκπομπές ανά Οικονομικό Τομέα .....	10
1.3.4 Εκπομπές CO <sub>2</sub> ανά χώρα.....	13
1.4 Η κλιματική αλλαγή και οι συνέπειες στον πλανήτη .....	14
1.4.1 Ιστορική αναδρομή και κλιματική αλλαγή .....	14
1.4.2 Η Τήξη των πάγων.....	19
1.4.3 Άνοδος της Στάθμης της Θάλασσας .....	23
Κεφάλαιο 2 .....	26
2.1 Στοιχεία εναντίον της υπόθεσης περί ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής.....	26
2.1.1 Διοξείδιο του άνθρακα και παγκόσμια υπερθέρμανση.....	26
2.1.2 Μεθάνιο, υδρατμοί και πιθανές επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα ..	35
2.1.3 Ηλιακές κηλίδες .....	38
2.1.4 Πολιτικοί παράγοντες και συσχέτιση με το CO <sub>2</sub> .....	41
2.1.5 Τα υπολογιστικά μοντέλα .....	44
2.1.6 Ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή και οικονομικές συνέπειες...	48
2.2 Ο ανθρῶπιнос παράγοντας ως υπεύθυνος για την κλιματική αλλαγή	48
2.2.1 Η ιστορία της έρευνας της κλιματικής αλλαγής.....	48
2.2.2 Ο κύκλος του διοξειδίου του άνθρακα .....	51
2.2.3 Η επίδραση του φαινομένου του θερμοκηπίου στους πλανήτες	53
2.2.4 Επίδραση της τροχιάς της Γῆς στη θερμοκρασία.....	54
2.2.5 Μεταβλητότητα της ηλιακής ακτινοβολίας και η επίδραση της στο κλίμα.....	55
2.2.6 Η διαφθορά των εταιριών ορυκτών καυσίμων .....	59
Κεφάλαιο 3 .....	62
3.1 Λύσεις στα ζητήματα της σπατάλης και της υπερκατανάλωσης των αναπτυσσόμενων χωρών.....	62
3.1.1 Υπερκατανάλωση.....	62

3.1.2 Εκ προμελέτης απαξίωση ..... 64

# Πρόλογος

*Πριν ήταν η υπερθέρμανση του πλανήτη, μετά η κλιματική αλλαγή, αύριο τι; Φταίει ο άνθρωπος για αυτά;*

Αυτές είναι οι ερωτήσεις τις οποίες προσπαθήσαμε να προσεγγίσουμε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Το θέμα επίκαιρο όσο ποτέ, αποτελεί ένα από τα θέματα δημόσιας συζήτησης σε παγκόσμιο επίπεδο ενώ έπειτα από τη σύσκεψη στο Παρίσι εν έτει 2018 κορυφαίων αρχηγών κρατών και κυβερνήσεων με στόχο να δώσουν ώθηση στη χρηματοδότηση της εκστρατείας αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής αναδείχθηκε εκ νέου. Ωστόσο, η δημόσια συζήτηση καλά κρατεί με κορυφαίους ηγέτες να αποτελούν αρνητές της άποψης περί κλιματικής αλλαγής.

Για την κατά το δυνατόν αντικειμενική προσέγγιση του θέματος, αξιοποιήσαμε πληροφορίες από αναγνωρισμένους οργανισμούς όπως η NASA (National Aeronautics and Space Administration) ενώ παρουσιάζονται επιχειρήματα υπέρ καθεμιάς εκ των δύο πλευρών – τόσο για τους υπέρμαχους της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής όσο και για την αντίθετη άποψη.

Κατά τη διαδικασία συλλογής πληροφοριών κυρίως για την αντίθετη αυτή άποψη, παρουσιάστηκαν δυσκολίες εύρεσης επιστημονικά τεκμηριωμένων στοιχείων. Η συγκεκριμένη οπτική κυρίως υποστηρίζεται από απόψεις μεμονωμένων προσώπων παρά από κάποιο οργανωμένο κομμάτι της επιστημονικής κοινότητας με επίσημες δημοσιεύσεις.

Κατά τη γνώμη μας, η οποία είναι το αποτέλεσμα της σύγκλισης των απόψεων και των τριών συγγραφέων της παρούσας εργασίας, ο άνθρωπος έχει επιδράσει στην επιτάχυνση της υπερθέρμανσης του πλανήτη και είναι επιτακτική η περαιτέρω διερεύνηση της επίδρασης αυτής καθώς και η ανάληψη κατάλληλων ρυθμιστικών μέτρων πριν το κλίμα αλλάξει ανεπιθύμητα και η μετατροπή αυτή καταστεί μη αντιστρέψιμη.

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Εισαγωγικές έννοιες

#### - Τι είναι το κλίμα;

Το κλίμα μιας χώρας ή πόλης είναι η τυπική ή μέση καιρική της κατάσταση. Για παράδειγμα, το κλίμα της Χαβάης είναι ηλιόλουστο και ζεστό, ενώ το κλίμα της Ανταρκτικής είναι πολύ παγωμένο (κρύο).

Πιο συγκεκριμένα το κλίμα μιας περιοχής ή πόλης εκτιμάται ως οι μεταβολές του καιρού (καιρικών συνθηκών) σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, συνήθως σε βάθος χρόνου 30 ετών. Επιπλέον το κλίμα είναι συνήθως διαφορετικό για τις διάφορες εποχές. Για παράδειγμα σε μια περιοχή ή μία πόλη το κλίμα μπορεί να είναι ζεστό και υγρό το καλοκαίρι, ενώ το χειμώνα να είναι κρύο με χιονοπτώσεις.

Το κλίμα της Γης συνολικά είναι η μέση τιμή (μέσος όρος) όλων των κλιμάτων των χωρών και των περιοχών της.

#### - Τι είναι ο καιρός;

Ο καιρός αφορά τις βραχυπρόθεσμες μεταβολές της θερμοκρασίας, της υγρασίας, των βροχοπτώσεων, της πυκνότητας των νεφών και της έντασης των ανέμων μιας περιοχής ή πόλης. Ο καιρός μπορεί να μεταβάλλεται πολύ απότομα από την μία μέρα στην άλλη ακόμα και από ώρα σε ώρα. Για παράδειγμα το πρωί ο καιρός μπορεί να είναι συννεφιασμένος και δροσερός ενώ το απόγευμα να είναι ηλιόλουστος και ζεστός.

#### - Τι είναι η κλιματική αλλαγή;

Η κλιματική αλλαγή είναι η μεταβολή στην τυπική ή μέση καιρική κατάσταση μιας περιοχής ή πόλης. Για παράδειγμα μια τέτοια αλλαγή μπορεί να αφορά τις μέσες ετήσιες βροχοπτώσεις ή την μέση θερμοκρασία ενός μήνα ή μιας εποχής μιας περιοχής.

Η κλιματική αλλαγή αφορά επίσης την αλλαγή του συνολικού κλίματος της Γης. Παράδειγμα κλιματικής αλλαγής της Γης είναι μια αλλαγή στη μέση θερμοκρασία της Γης ή μια διαφοροποίηση στα τυπικά μοτίβα των βροχοπτώσεων.

Εν γένει το κλίμα μιας πόλης, μιας περιοχής ή ολόκληρου του πλανήτη αλλάζει με πολύ αργό ρυθμό, και η αλλαγή αυτή συντελείται μέσα σε δεκάδες, εκατοντάδες ή και χιλιάδες χρόνια.

Στο παρελθόν υπήρξαν κάποιες περιόδους όπου το κλίμα της Γης ήταν πιο ζεστό και άλλες που το κλίμα ήταν πιο κρύο, καθεμία από τις οποίες διήρκεσε χιλιάδες χρόνια.

Σύμφωνα με παρατηρήσεις των τελευταίων 100 ετών η μέση θερμοκρασία της Γης έχει αυξηθεί λίγο περισσότερο από 1°F ή περίπου 0,8°C.

- **Η διαφορά μεταξύ «Κλιματικής Αλλαγής» και «Υπερθέρμανσης του Πλανήτη»**

Η Υπερθέρμανση του Πλανήτη (Global Warming) αφορά την μακροπρόθεσμη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Γης

Η κλιματική αλλαγή αναφέρεται σε οποιαδήποτε μακροπρόθεσμη αλλαγή στο κλίμα της Γης, ή στο κλίμα μιας περιοχής ή πόλης. Παραδείγματα τέτοιων αλλαγών είναι οι διαφοροποιήσεις στα μοτίβα των βροχοπτώσεων, της υγρασίας κλπ, δηλαδή αλλαγές που δεν αφορούν μόνο την θερμοκρασία της Γης.

Ωστόσο στις μέρες μας οι περισσότεροι επιστήμονες ή πολιτικοί όταν αναφέρονται στον όρο Υπερθέρμανση του Πλανήτη, αναφέρονται συνήθως στην πιθανή υπερθέρμανση του πλανήτη εξαιτίας της αυξημένης εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων του θερμοκηπίου που προκαλείται από την ανθρωπογενή δραστηριότητα.

Αδιαμφισβήτητο είναι ότι κάποιες αιτίες της κλιματικής αλλαγής είναι φυσικές, όπως οι αλλαγές στην τροχιά της Γης και της ποσότητας της ενέργειας που φθάνει στην Γη από τον ήλιο, αλλαγές στους Ωκεανούς και εκρήξεις ηφαιστειών.

Οι περισσότεροι επιστήμονες πιστεύουν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη που συντελείται από τα μέσα του 1900 δεν μπορεί να εξηγηθεί μόνο από τα φυσικά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα. Ισχυρίζονται ότι είναι πολύ πιθανό εξαιτίας της αυξημένης χρήσης ορυκτών καυσίμων για την παραγωγή της ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών στις σύγχρονες κοινωνίες, και της απελευθέρωσης τεράστιων ποσοτήτων αερίων του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, να εντείνεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Για την μελέτη της κλιματικής αλλαγής, οι επιστήμονες χρησιμοποιούν μοντέλα που προβλέπουν πως θα αλλάξει το κλίμα της Γης τα επόμενα χρόνια, βασιζόμενοι σε δεδομένα που έχουν συλλέξει για το κλίμα από το παρελθόν. Σύμφωνα με αυτά, αναμένεται ότι η μέση θερμοκρασία του πλανήτη θα αυξηθεί ακόμα και αν το ποσό των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα μειωθεί. Ωστόσο προβλέπουν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι μικρότερη σε σχέση με αυτήν που θα συμβεί αν τα επίπεδα των αερίων του θερμοκηπίου παραμείνουν τα ίδια ή αυξηθούν.



## 1.2 Το φαινόμενο του Θερμοκηπίου

Ενέργεια (ακτινοβολία) από τον ήλιο περνάει μέσα από την ατμόσφαιρα της Γης χωρίς να απορροφάται από τα αέρια του θερμοκηπίου, εξαιτίας του μικρού της μήκους κύματος. Η επιφάνεια της Γης απορροφά αυτήν την ενέργεια και την επανεκπέμπει πίσω στην ατμόσφαιρα με την μορφή ακτινοβολίας σε μεγαλύτερα μήκη κύματος (υπέρυθρες ακτίνες). Το 10% αυτής της επανεκπεμπόμενης ακτινοβολίας από την Γη δραπετεύει στο διάστημα και το υπόλοιπο 90% απορροφάται από τα αέρια του θερμοκηπίου. Με τη σειρά τους τα μόρια των αερίων του θερμοκηπίου επανεκπέμπουν την ενέργεια με την μορφή ακτινοβολίας μεγάλου μήκους κύματος προς όλες τις κατευθύνσεις. Περίπου η μισή από αυτήν την ακτινοβολία δραπετεύει στο διάστημα και η υπόλοιπη μισή εκπέμπεται πίσω στην επιφάνεια της Γης. Ως αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας, μια συνεχής ανταλλαγή ακτινοβολίας λαμβάνει χώρα ανάμεσα στην επιφάνεια της Γης και την ατμόσφαιρα πάνω από αυτήν. Αυτό το ποσό της ακτινοβολίας που εγκλωβίζεται σε αυτόν τον αέναο κύκλο εκπομπής και επανεκπομπής της, είναι υπεύθυνο για την θέρμανση του πλανήτη. Το λεγόμενο λοιπόν φαινόμενο του θερμοκηπίου παίζει έναν καθοριστικό ρόλο στην επιβίωση της ζωής, με την μορφή που την ξέρουμε σήμερα. Χωρίς την ατμόσφαιρα η θερμοκρασία στην επιφάνεια της Γης θα ήταν περίπου 30°C χαμηλότερη.

## 1.3 Τα αέρια του Θερμοκηπίου

### 1.3.1 Τα πιο σημαντικά αέρια του θερμοκηπίου

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, οι περισσότεροι κλιματικοί επιστήμονες συμφωνούν στο ότι ο βασικός υπαίτιος για τον ρυθμό με τον οποίο συντελείται η σημερινή υπερθέρμανση του πλανήτη είναι οι ανθρωπίνες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, οι οποίες εγκλωβίζουν ακτινοβολία στην ατμόσφαιρα της Γης, η οποία διαφορετικά θα διέφευγε στο διάστημα.

Τα αέρια του θερμοκηπίου είναι περίπου 20, είναι συστατικά της ατμόσφαιρας και κατέχουν μόλις το 1% του συνολικού της όγκου. Τα σημαντικότερα είναι τα εξής:

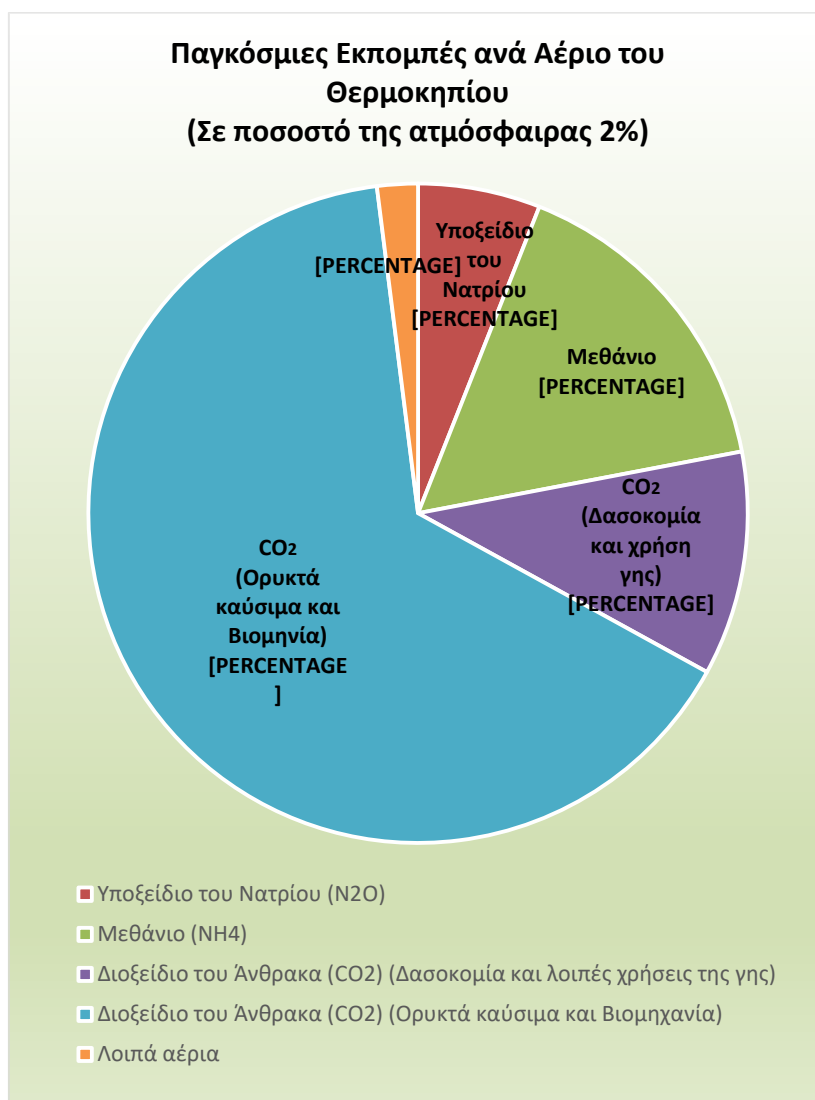
- **Υδρατμοί (H<sub>2</sub>O):** Είναι το μεγαλύτερο σε αφθονία αέριο του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, το οποίο αλληλεπιδρά με το κλίμα. Οι υδρατμοί αυξάνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της Γης, ενώ με τη σειρά της η άνοδος της θερμοκρασίας, αυξάνει την πιθανότητα συννεφιάς και βροχοπτώσεων. Συνεπώς οι υδρατμοί αποτελούν ένα αέριο εξαιτίας του οποίου συντελείται μια σημαντική θετική ανατροφοδότηση του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- **Διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>):** Αποτελεί μικρό ποσοστό της ατμόσφαιρας αλλά η παρουσία του σε αυτή είναι πολύ σημαντική.

Το διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνεται μέσω φυσικών διαδικασιών όπως η αναπνοή, οι εκρήξεις ηφαιστειών, αλλά και μέσω ανθρώπινων δραστηριοτήτων όπως η αναδάσωση, η αλλαγή της χρήσης της γης, η καύση ορυκτών καυσίμων κ.α. Οι άνθρωποι έχουν τριπλασιάσει την συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα από την βιομηχανική επανάσταση μέχρι σήμερα.

- **Μεθάνιο (CH<sub>4</sub>):** Αποτελεί αέριο υδρογονάνθρακα. Παράγεται μέσω φυσικών διαδικασιών, παραδείγματος χάριν από την αποσύνθεση των φυτών, αλλά και μέσω της ανθρώπινης δραστηριότητας, όπως για παράδειγμα μέσω της γεωργίας και σε μεγάλο βαθμό μέσω της καλλιέργειας ρυζιού. Επιπρόσθετα μεθάνιο παράγεται μέσω της πέψης των μηρυκαστικών αλλά και μέσω της διαχείρισης της κοπριάς που σχετίζεται με τα ζώα εκτροφής. Από μοριακής άποψης το μεθάνιο αποτελεί ένα πολύ πιο ενεργό και δραστικό αέριο του θερμοκηπίου από το CO<sub>2</sub> αλλά αποτελεί και πολύ μικρότερο ποσοστό της ατμόσφαιρας.
- **Υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O):** Ένα πολύ ισχυρό αέριο του θερμοκηπίου που παράγεται μέσω διαδικασιών καλλιέργειας της Γης, ιδιαίτερα μέσω της χρήσης εμπορικών και οργανικών λιπασμάτων. Παράγεται επίσης μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων και βιομάζας καθώς και από διάφορες άλλες ενώσεις νιτρικών οξέων.
- **Χλωροφθοράνθρακες (CFCs):** Έχουν εξ ολοκλήρου βιομηχανική προέλευση. Παράγονται μέσω συνθετικών ενώσεων που χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές, όπως στα ψυκτικά των ψυγείων, στα προωθητικά αέρια των καταναλωτικών αερολυμάτων κλπ. Συμβάλει στην καταστροφή της στιβάδας του όζοντος αλλά ταυτόχρονα αποτελεί και αέριο του θερμοκηπίου. Το 1987 υπογράφηκε το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ όπου ορίστηκαν οι χημικές ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος και συμφωνήθηκε η σταδιακή κατάργησή τους.

### 1.3.2 Παγκόσμιες Εκπομπές ανά Αέριο και ανά Οικονομικό Τομέα

Στο επόμενο διάγραμμα φαίνονται τα ποσοστά εκπομπών ανά αέριο παγκοσμίως.

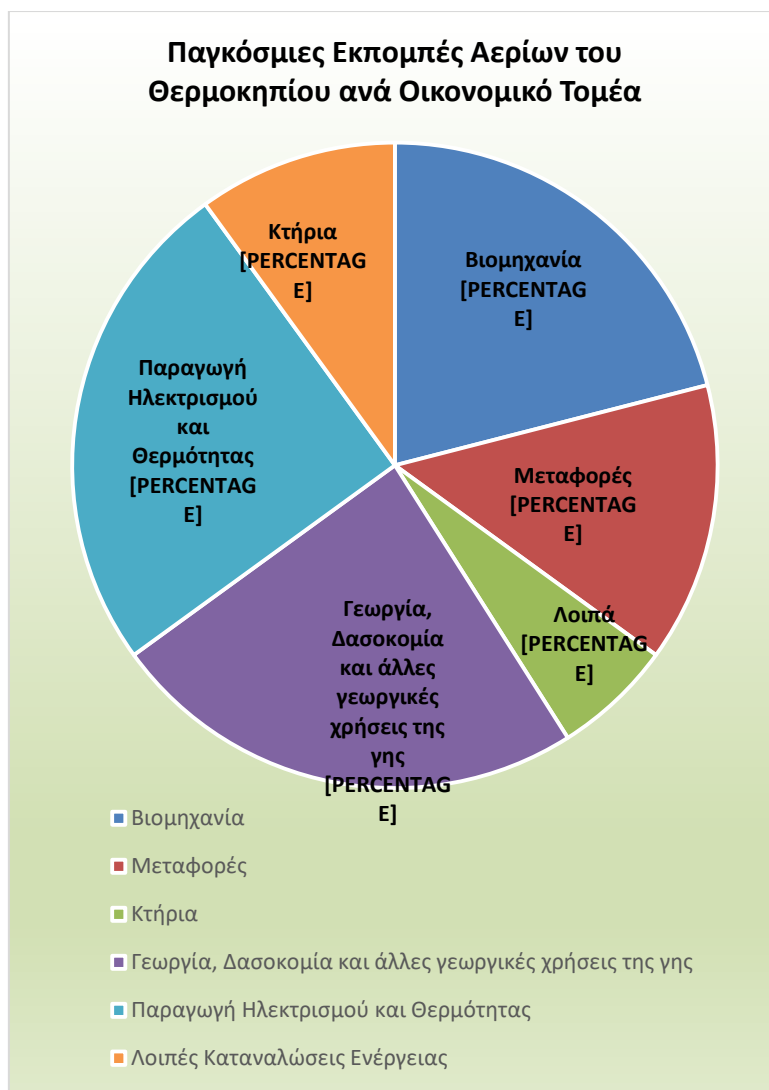


**Σχήμα 1:** Παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά αέριο για το έτος 2010 [1]

Όπως παρατηρούμε το αέριο που εκπέμπεται σε μεγαλύτερο ποσοστό και μάλιστα εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Για αυτό το λόγο, οι εκπομπές συγκεκριμένα αυτού του αερίου αποτελούν ένα μείζον ζήτημα, κρίνοντας το διοξείδιο του άνθρακα ως «τον κύριο υπαίτιο» για την ανθρωπογενή κλιματική αλλαγή. Μάλιστα τα τελευταία χρόνια γίνεται συνεχής προσπάθεια για τον περιορισμό των εκπομπών του.

### 1.3.3 Παγκόσμιες Εκπομπές ανά Οικονομικό Τομέα

Στη συνέχεια παρατίθεται ένα διάγραμμα στο οποίο φαίνονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά οικονομικό τομέα.



**Σχήμα 2:** Παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά οικονομικό τομέα για το έτος 2010 [1]

- **Ηλεκτρισμός και παραγωγή θερμότητας (25%):** Αφορά την καύση άνθρακα, φυσικού αερίου και πετρελαίου για την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Αποτελεί τον τομέα με το μεγαλύτερο ποσοστό εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου.
- **Γεωργία, δασοκομία και άλλες χρήσεις Γης (24%):** Οι εκπομπές αερίων αυτού του κλάδου προέρχονται κυρίως από την γεωργία, την κτηνοτροφία και την αναδάσωση. Σε αυτή την εκτίμηση δεν έχει συμπεριληφθεί η αντιστάθμιση CO<sub>2</sub> που πραγματοποιείται από το οικοσύστημα, μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης και άλλων φυσικών διαδικασιών, το οποίο αντισταθμίζει περίπου το 20% των εκπομπών αυτού του κλάδου.
- **Βιομηχανία (21%):** Αφορά κατά κύριο λόγο τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την καύση ορυκτών καυσίμων στην εγκατάσταση της βιομηχανίας, για παραγωγή ενέργειας. Αυτός ο κλάδος περιλαμβάνει επίσης τις εκπομπές εξαιτίας χημικών, μεταλλουργικών και ορυκτών διαδικασιών. Στις εκπομπές δε συμπεριλαμβάνονται αυ-

τές που σχετίζονται με την ίδια κατανάλωση ενέργειας και την επεξεργασία λυμάτων. (Οι εκπομπές από την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των βιομηχανιών συμπεριλαμβάνεται στον κλάδο της παραγωγής ηλεκτρισμού)

- **Μεταφορές (14%)**: Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αυτού του κλάδου αφορούν πρωτίστως την καύση ορυκτών καυσίμων για τις οδικές, σιδηροδρομικές, εναέριες και ακτοπλοϊκές μεταφορές. Σχεδόν όλες (95%) οι παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες καλύπτονται από πετρελαϊκά προϊόντα και κυρίως από βενζίνη και diesel.
- **Κτίρια (6%)**: Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου αυτού του κλάδου προκύπτουν από την επιτόπια παραγωγή ενέργειας και την καύση καυσίμων για θερμότητα στα κτίρια και γενικά για τις διάφορες ενεργοβόρες ανάγκες του σπιτιού, όπως για παράδειγμα το μαγείρεμα. (Οι εκπομπές εξαιτίας του ηλεκτρικού ρεύματος που καταναλώνεται στα κτίρια συμπεριλαμβάνονται στην κατηγορία παραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας.)
- **Άλλες ενεργειακές χρήσεις (10%)**: Αυτή η πηγή αερίων του θερμοκηπίου περιλαμβάνει όλες τις εκπομπές που δε σχετίζονται άμεσα με την παραγωγή ηλεκτρισμού και θερμότητας. Για παράδειγμα περιλαμβάνει τις εκλυόμενες ποσότητες CO<sub>2</sub> κατά την εξόρυξη, την διύλιση, την επεξεργασία και την μεταφορά των καυσίμων.

### Παγκόσμιες Εκπομπές CO<sub>2</sub> από τα Ορυκτά Καύσιμα



**Σχήμα 3:** Παγκόσμιες εκπομπές CO<sub>2</sub> από τα ορυκτά καύσιμα για το χρονικό διάστημα 1900-2014 [2]

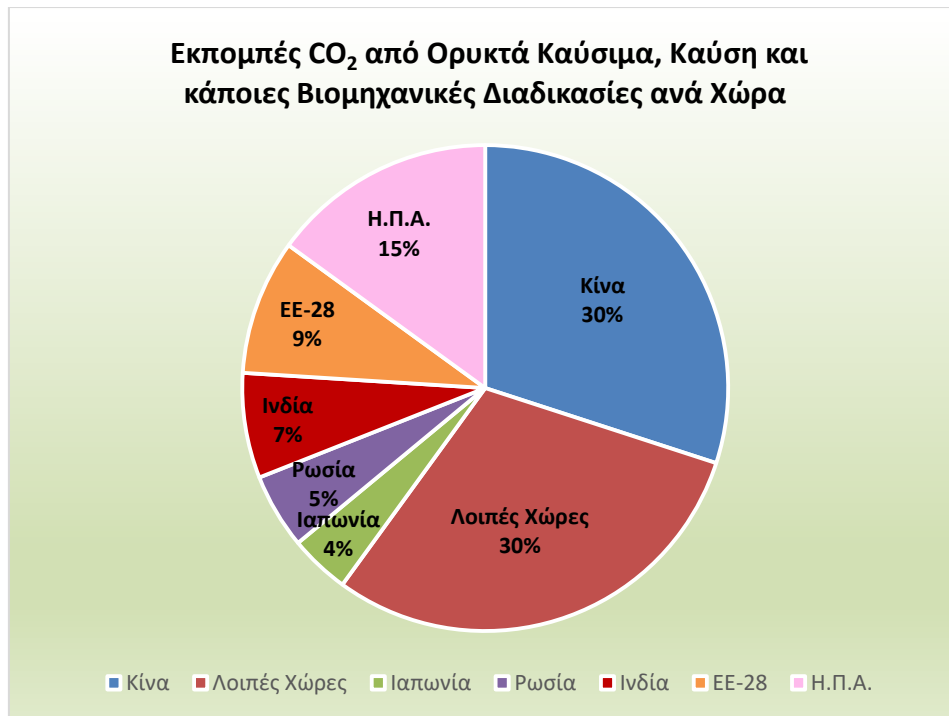
Οι παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα μέσω των ορυκτών καυσίμων έχουν αυξηθεί σημαντικά από το 1900. Από το 1970, οι εκπομπές CO<sub>2</sub> έχουν αυξηθεί κατά 90% από την καύση ορυκτών καυσίμων και τις βιομηχανικές διαδικασίες. Οι τελευταίες έχουν συνεισφέρει κατά 78% στη συνολική αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου από το 1970 έως το 2011. Η γεωργία, η αποψίλωση και άλλες αλλαγές στην χρήση της Γης αποτελεί τον δεύτερο μεγαλύτερο συνεισφέροντα τομέα.

Οι εκπομπές άλλων αερίων του θερμοκηπίου πέρα από το διοξείδιο του άνθρακα έχουν επίσης αυξηθεί σημαντικά από το 1900.

#### **1.3.4 Εκπομπές CO<sub>2</sub> ανά χώρα**

Το 2014 τα κράτη με της μεγαλύτερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ήταν η Κίνα, οι Ηνωμένες πολιτείες της Αμερικής, η Ευρωπαϊκή Ένωση, η Ινδία, η Ρωσία και η Ιαπωνία. Αυτά τα στοιχεία εκπομπών CO<sub>2</sub> αναφέρονται στην καύση ορυκτών καυσίμων αλλά και φυσικού αερίου καθώς επίσης και στην παραγωγή τσιμέντου. Αθροιστικά, αυτές οι πηγές αποτελούν ένα τεράστιο ποσοστό των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Οι εκπομπές που οφείλονται στις αλλαγές της χρήσης γης δεν συμπεριλαμβάνονται σε αυτές τις εκτιμήσεις. Παρόλα αυτά, οι αλλαγές στην χρήση της γης μπορεί να είναι σημαντικές, καθώς εκτιμάται πως οι συνολικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από την γεωργία, την δασοκομία και άλλες χρήσεις της γης ξεπερνούν τους 8 δισεκατομμύρια τόνους σε ισοδύναμο CO<sub>2</sub>, αποτελώντας συνολικά το 24% των παγκόσμιων εκπομπών.



**Σχήμα 4:** Εκπομπές CO<sub>2</sub> από τα ορυκτά καύσιμα, γενικότερα την κάυση και κάποιες βιομηχανικές διαδικασίες ανά χώρα, για το έτος 2014 [2]

## 1.4 Η κλιματική αλλαγή και οι συνέπειες στον πλανήτη

### 1.4.1 Ιστορική αναδρομή και κλιματική αλλαγή

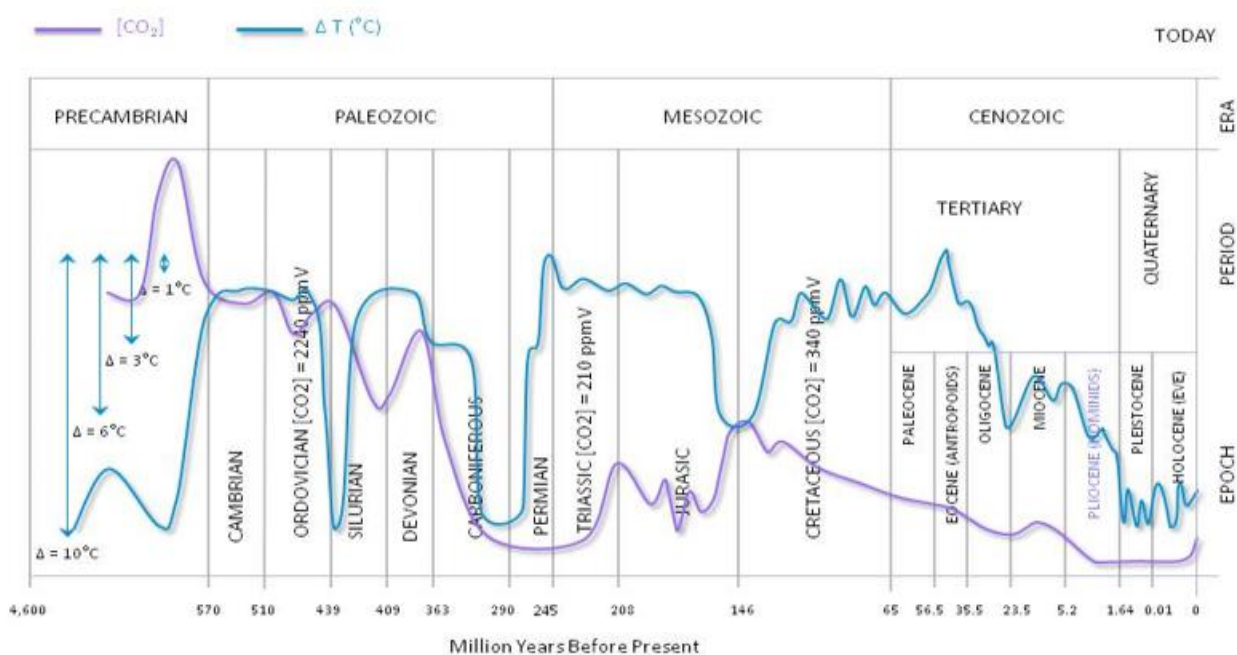
Το κλίμα είναι το σύνολο των μέσων τιμών των μετεωρολογικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα σε μια συγκεκριμένη περιοχή για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα, όπως είναι η θερμοκρασία, οι βροχοπτώσεις, οι άνεμοι, οι χιονοπτώσεις καθώς και ακραία καιρικά φαινόμενα όπως είναι οι τυφώνες και οι ανεμοστρόβιλοι. Τα φαινόμενα αυτά συνήθως επαναλαμβάνονται κατά περιόδους.

Τα παραπάνω μετεωρολογικά φαινόμενα είναι εκδηλώσεις των κινήσεων και μεταβολών της Τροπόσφαιρας που αλληλεπιδρά με τις διάφορες φυσικοχημικές διεργασίες, την δράση των ζώντων οργανισμών και ακραίων φαινομένων όπως είναι οι εκρήξεις των ηφαιστειών. Ουσιώδης παράγοντας του συστήματος είναι η ηλιακή ενέργεια που εγκλωβίζεται στην ατμόσφαιρα οπότε η ισχυροποίηση του φαινομένου της υπερθέρμανσης του πλανήτη, οδηγεί όχι μόνο στην αύξηση της θερμοκρασίας αλλά και στην διατάραξη του κλίματος.

Γνωρίζουμε πως το κλίμα του πλανήτη μπορεί να έχει μεταβολές όπως υπήρχαν και κατά το παρελθόν. Στην σύγχρονη ιστορία του πλανήτη έχουν καταγραφεί περιορισμένες μετρήσεις από τον 17<sup>ο</sup> αιώνα για τη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις και πιο συστηματικές από τον 20<sup>ο</sup> αιώνα.

Μέσω της επιστήμης της Παλαιοκλιματολογίας μπορούμε να μελετήσουμε το κλίμα που επικρατούσε στον πλανήτη τις παλαιότερες γεωλογικές περιόδους, αντλώντας πληροφορίες από την μελέτη των παλαιότερων στρωμάτων του εδάφους, των απολιθωμάτων από κελύφη και γεωλογικών σχηματισμών, όπως μορένες και τυλλίτες. Επίσης σημαντικές πληροφορίες καταγράφουμε από το πάχος των δακτυλίων των κορμών των δέντρων, τα κοράλλια, τους κόκκους γύρης από τα ιζήματα, τους πυρήνες πάγου και τους πυρήνες ιζημάτων.

Από το Σχήμα 5, βλέπουμε ότι στην Εποχή των Παγετώνων 600-700 εκατομμύρια έτη πριν, υπήρχε μια μακροχρόνια περίοδος στην οποία κυριαρχούσε το κρύο κλίμα και τεράστιες εκτάσεις καλύπτονταν από παγετώνες.



**Σχήμα 5:** Οι μεταβολές της θερμοκρασίας της Γης και της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, 4.600 εκατομμύρια χρόνια πριν μέχρι σήμερα [3]

Τα γεωλογικά δεδομένα δείχνουν ότι κατά τον τεταρτογενή συνέβησαν τέσσερις εξαπλώσεις παγετώνων που διήρκεσαν χιλιάδες έτη, ενώ διακόπηκαν από ενδιάμεσες μεσοπαγετώδεις περιόδους δεκάδων χιλιάδων ετών. Οι παγετώνες απλώθηκαν τόσο στο βόρειο όσο και στο νότιο ημισφαίριο του πλανήτη.

Υπήρχαν και άλλες περιόδοι παγετώνων τα τελευταία 5 εκατομμύρια έτη κατά τις οποίες υπήρχε εναλλαγή του κλίματος από ψυχρό σε θερμό. Επίσης έχουν καταγραφεί περιόδοι που το κλίμα του πλανήτη ήταν θερμότερο, όπως για παράδειγμα κατά τη διάρκεια της μεσοζωικής εποχής, όταν ζούσαν οι δεινόσαυροι.

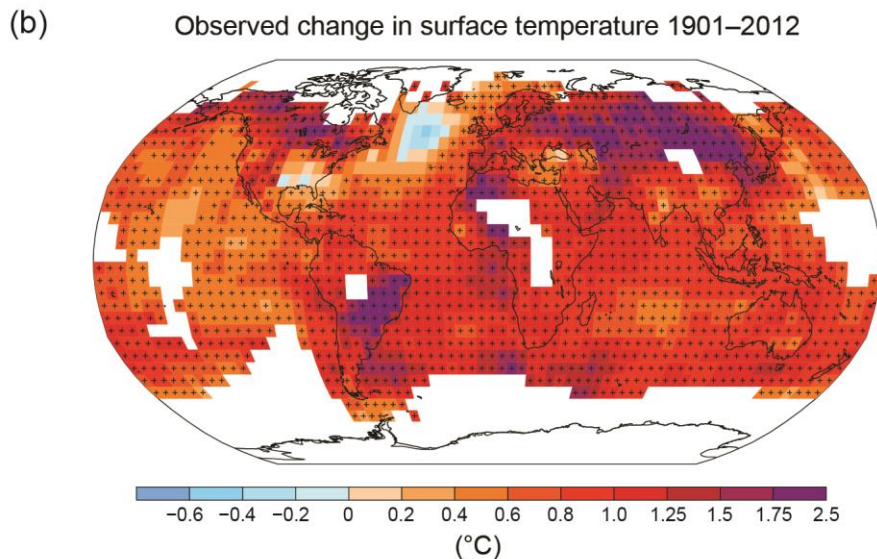
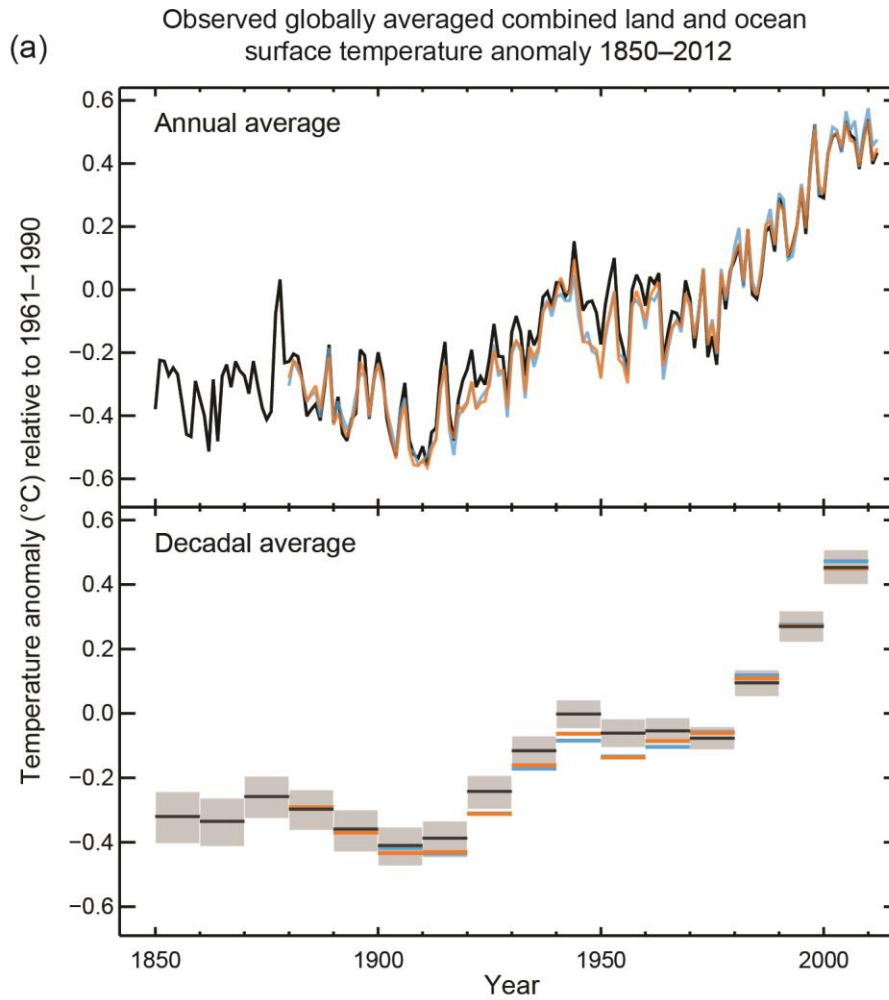
Οι παραπάνω μεταβολές στο κλίμα του πλανήτη αποδίδονται σε αστρονομικούς παράγοντες, όπως είναι οι γεωμετρικές διακυμάνσεις της τροχιάς του



πλανήτη και η αλλαγή διεύθυνσης του άξονα περιστροφής. Όπως επίσης οι μεταβολές στην ηλιακή δραστηριότητα, οι αλλαγές στις θέσεις των ηπείρων, την ωκεάνια κυκλοφορία νερού, τα χαμηλότερα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), οι εκρήξεις των ηφαιστειών. Οι μεταβολές στην ακτινοβολία του πλανήτη από την εξάπλωση των παγετώνων έχουν συμβάλει στον κλιματολογικό κύκλο.

Παρ' όλο που οι αλλαγές στο κλίμα πάντα συνέβαιναν, επιστημονικές έρευνες δείχνουν ότι η τωρινή κλιματική αλλαγή προκαλείται πολύ γρηγορότερα εξαιτίας της υπερθέρμανσης του πλανήτη, με αποτελέσματα τα οικοσυστήματα να μην προλαβαίνουν να προσαρμοστούν στους μεταβαλλόμενους όρους.

Σύμφωνα με την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC, Intergovernmental Panel Climate Change) η μέση θερμοκρασία του πλανήτη έχει αυξηθεί  $0,6 \pm 0,2$  °C από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα. [Σχήμα 6]



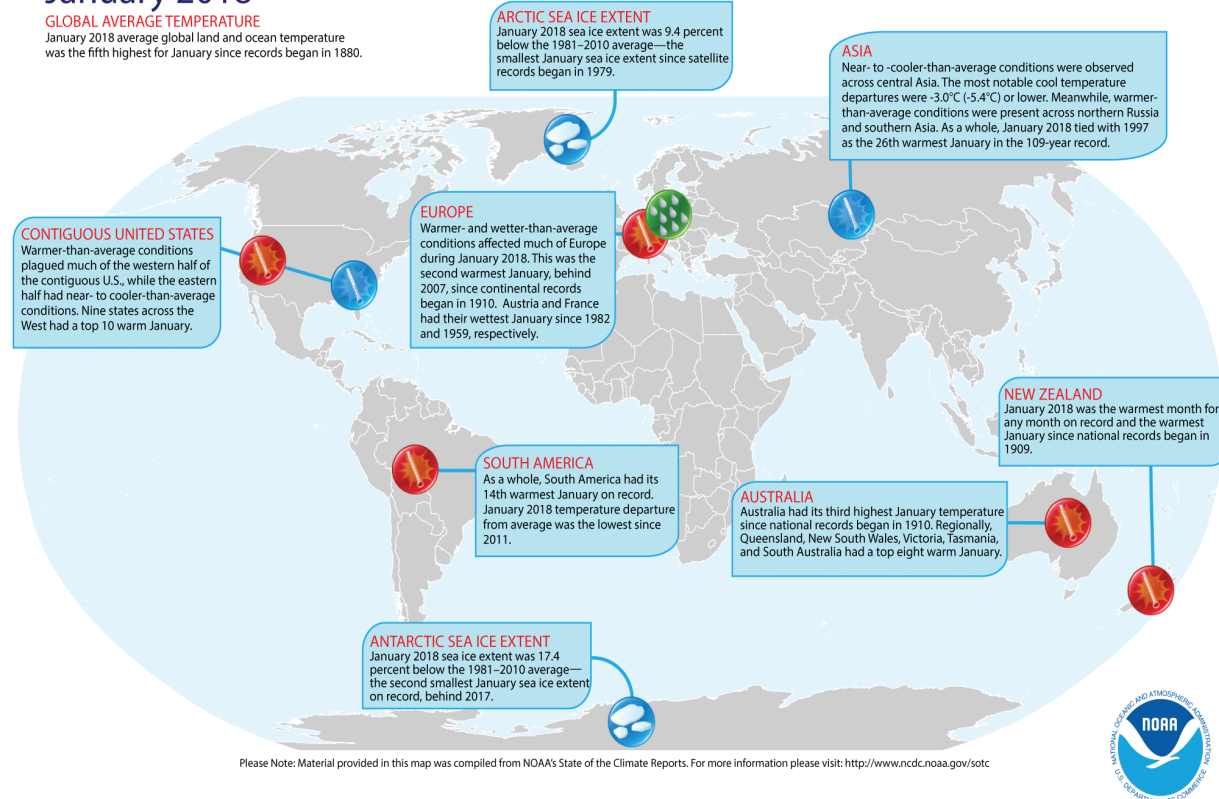
**Σχήμα 6:** a) Η μέση ανωμαλία της συνδυασμένης θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Γης και των Ωκεανών, σύμφωνα με μετρήσεις για το χρονικό διάστημα 1850-2012, σε σχέση με την αντίστοιχη θερμοκρασιακή ανωμαλία για το χρονικό διάστημα 1961-1990 (ως ανωμαλία ορίζουμε την διαφορά ανάμεσα στην αναμενόμενη θερμοκρασία και στην μετρούμε-

νη). Παρουσιάζεται τόσο σε ετήσια κλίμακα (μέση τιμή ανά έτος), όσο και σε διαστήματα δεκαετίας (μέση τιμή ανά δεκαετία).

b) Η παρατηρούμενη αλλαγή στην θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης, χωρισμένη σε χρωματικές ζώνες ανάλογα με το μέγεθος αυτής της αλλαγής [4]

Η κλιματική αλλαγή έχει τεράστιες επιπτώσεις στον πλανήτη και έχουν παρατηρηθεί ήδη μία σειρά από περιβαλλοντικά προβλήματα όπως αύξηση της θερμοκρασίας, αλλαγές στις βροχοπτώσεις, μεταβλητότητα των μετεωρολογικών συνθηκών, λιώσιμο παγετώνων και άνοδος της στάθμης της θάλασσας. Ενδεικτικά στο Σχήμα 7 παρατηρούμε τις σημαντικές κλιματικές αλλαγές που συνέβησαν στον πλανήτη.

## Selected Significant Climate Anomalies and Events January 2018

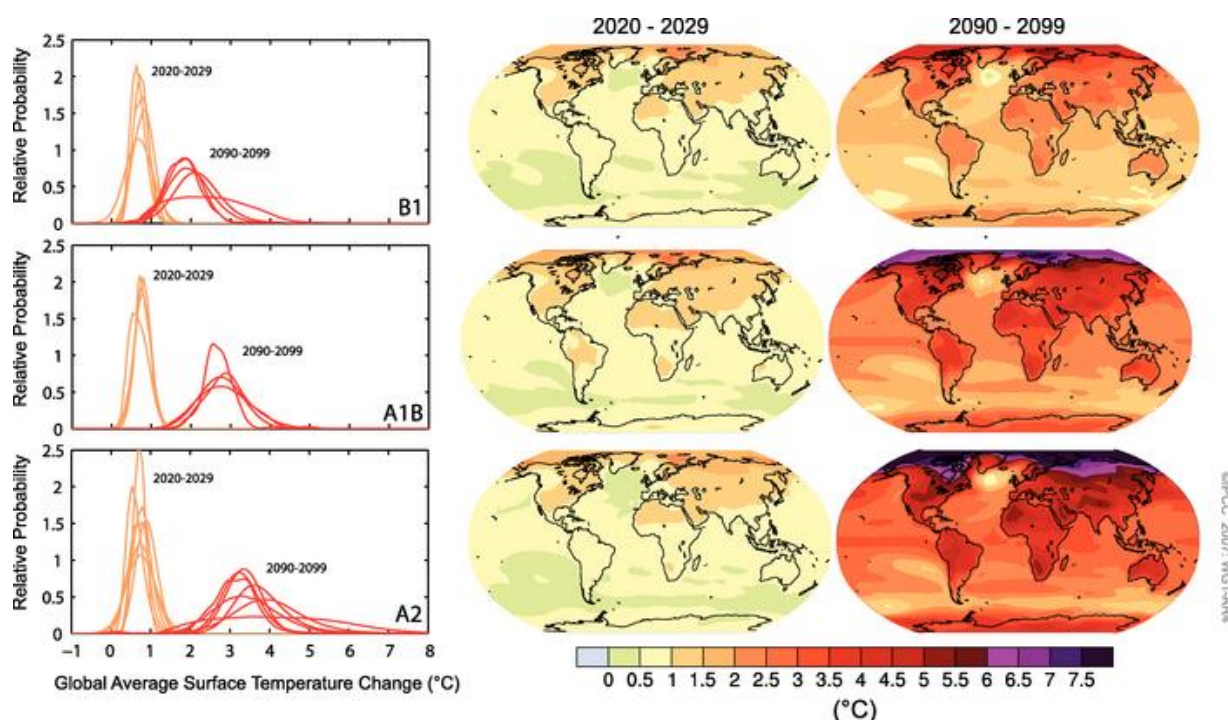


**Σχήμα 7:** Στον χάρτη απεικονίζονται ορισμένες αξιοσημείωτες θερμοκρασιακές ανωμαλίες καθώς και κάποια περιστατικά πρωτοφανούς κλιματικής αλλαγής [5]

Παγκόσμιες επιστημονικές αναρτήσεις και μαθηματικά μοντέλα πρόγνωσης της κλιματικής αλλαγής, αναφέρουν πως η θερμοκρασία του πλανήτη ενδέχεται να αυξηθεί έως 5,8 °C έως το 2100. [Σχήμα 8]

Μία τέτοια αύξηση θα έχει αρνητικές συνέπειες και θα οδηγήσει στην επικείμενη κατάρρευση του παγκόσμιου κλίματος, με αυτό να συνεπάγεται

σοβαρές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα, στην βιοποικιλότητα, στους υδάτινους πόρους και κατά συνέπεια στην δημόσια υγεία.

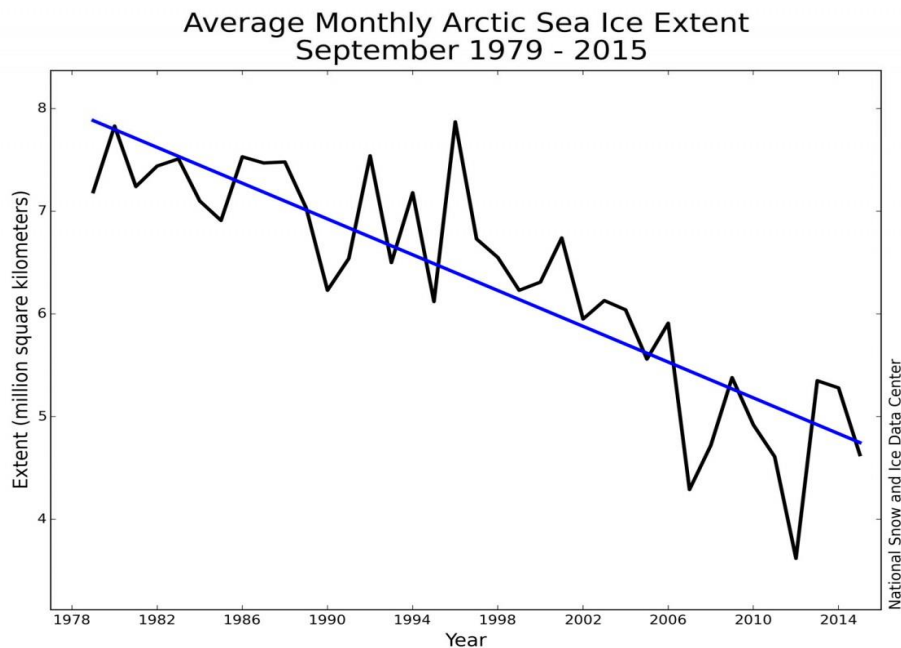
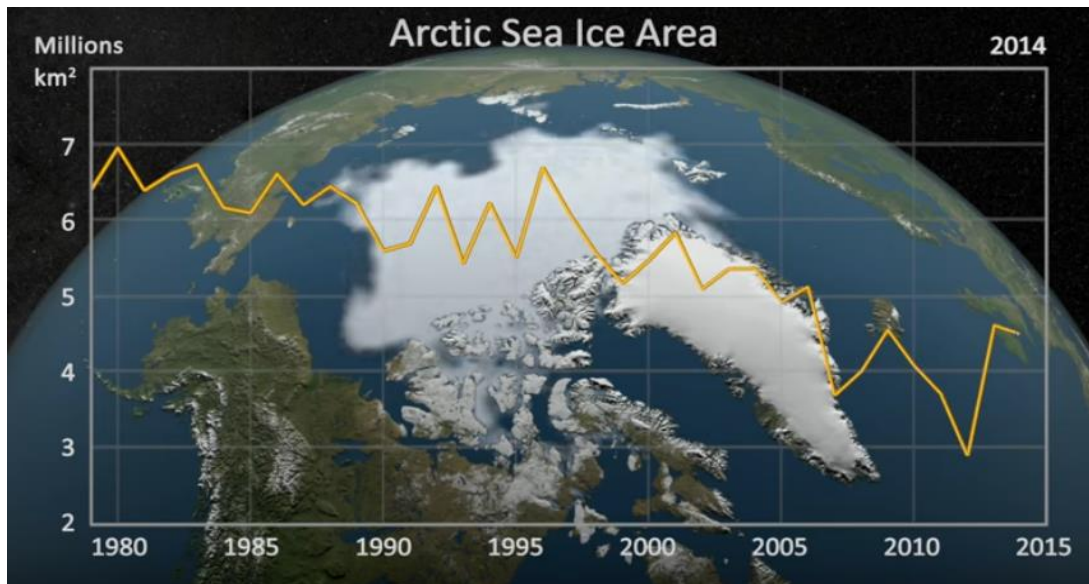


**Σχήμα 8:** Στο παραπάνω σχήμα φαίνονται τρία πιθανά σενάρια μεταβολής της θερμοκρασίας του πλανήτη με τις πιθανότητές τους, σύμφωνα με προσομοιώσεις βασισμένες σε υπολογιστικά μοντέλα [6]

Η κλιματική αλλαγή, για οποιοδήποτε λόγο και να συντελεστεί, είναι ένα αδιαμφισβήτητο γεγονός και δεν μπορεί να θεωρηθεί ως ένα απλό περιβαλλοντικό ή πολιτικό ζήτημα. Είναι αναγκαία και άμεση η εκτίμηση της διάστασης του φαινομένου και κατά πόσο ο άνθρωπος ευθύνεται ή όχι για αυτό, ώστε να γίνει πρόβλεψη των πιθανών επιπτώσεων που θα επέλθουν και να παρθούν μέτρα για τα πιθανά προβλήματα που θα προκύψουν. Όλα αυτά είναι απαραίτητο να γίνουν πριν φτάσουμε στο σημείο όπου οι κλιματικές αλλαγές να είναι μη ανατρέψιμες για τον πλανήτη.

#### 1.4.2 Η Τήξη των πάγων

Οι επιστήμονες της Nasa που παρακολουθούν τα μοτίβα σχηματισμού και τήξης των πάγων των πόλων, σε συνεργασία με το υποστηριζόμενο από την Nasa κέντρο, National Snow and Ice Data Center (NSIDC), ισχυρίζονται ότι από τα τέλη του 1970 έχουν καταφέρει να παρακολουθούν με μεγάλη ακρίβεια τον «κύκλο ζωής» των πάγων. Σύμφωνα με τις καταγραφές τους, στο βάθος αυτής της 45ετίας η έκταση και ο όγκος των πάγων είναι μειούμενα, χωρίς αυτό να σημαίνει απαραίτητα ότι κάθε έτος σχηματίζεται λιγότερος πάγος από το προηγούμενο, αλλά ότι η συνολική τάση που αφορά την έκταση των πάγων είχε φθίνουσα πορεία.



**Σχήμα 9:** Η μέση μηνιαία έκταση που καταλάμβαναν οι πάγοι στην Αρκτική, το χρονικό διάστημα 1979-2015 [7]

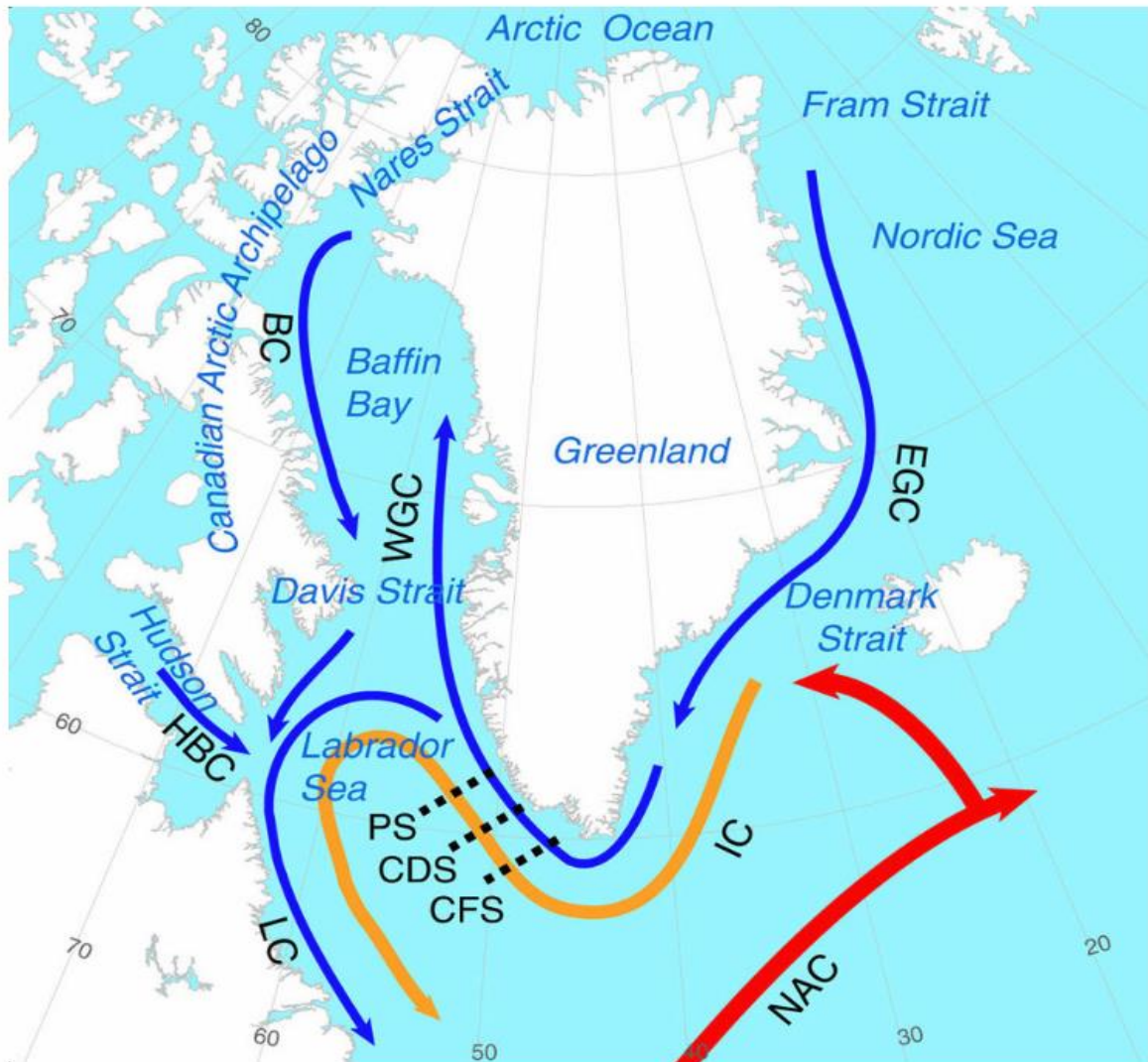
Κάθε χρόνο ο πάγος που καλύπτει την Αρκτική και τις γύρω περιοχές γίνεται πιο πυκνός και επεκτείνεται το Φθινόπωρο και το Χειμώνα, παρουσιάζοντας το ετήσιο μέγιστό του, από την άποψη της έκτασης που καλύπτει, κάποια στιγμή μέσα στο διάστημα τέλη Φεβρουαρίου-αρχές Απριλίου. Στην συνέχεια ο πάγος λιώνει κατά την διάρκεια της Άνοιξης και του Καλοκαιριού μέχρι να φτάσει το ετήσιο ελάχιστο τον Σεπτέμβριο. Τις τελευταίες δεκαετίες ο πάγος της Αρκτικής έχει μειούμενη τάση τόσο κατά τη διάρκεια της επέκτασής του όσο και κατά τη διάρκεια της μείωσής του. Φέτος η μέγιστη έκτασή του μετρήθηκε στις 17 Μαρτίου φτάνοντας τα 14.48 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα, που αποτελεί το δεύτερο μικρότερο μέγιστο

που έχει καταγραφεί, και είναι περίπου 60.000 τετραγωνικά χιλιόμετρα μεγαλύτερο από το αντίστοιχο μέγιστο που καταγράφηκε στις 7 Μαρτίου για το έτος 2017. Επιπλέον το φετινό μέγιστο είναι περίπου 1,16 εκατομμύρια χιλιόμετρα μικρότερο από το μέσο μέγιστο για τα έτη 1981 έως 2010, έκταση που αντιστοιχεί σε μια περιοχή μεγαλύτερη από το Texas και την California μαζί. Από επιστημονική άποψη το πιο σημαντικό ωστόσο στοιχείο αυτής της καταγραφής είναι ότι, τα τελευταία 4 χρόνια τα μέγιστα των πάγων είναι εξίσου χαμηλά, πράγμα που ενισχύει την θεώρηση της μακροχρόνιας μείωσης των πάγων.

Η Αρκτική υπέστη επανειλημμένα θερμά επεισόδια τον φετινό Χειμώνα με θερμοκρασίες που έφτασαν μέχρι και 40 βαθμούς πάνω από την μέση θερμοκρασία σε κάποιες περιοχές. Στον Βόρειο Πόλο καταγράφηκαν κάποιες μέρες του Φεβρουαρίου ακόμα και θερμοκρασίες πάνω από το σημείο ψύξης (0°C). Εκείνη την περίοδο, έλιωσε μία μεγάλη περιοχή ανάμεσα στους πιο παλιούς και πυκνούς πάγους της Αρκτικής (Multiyear Ice - Permafrost) που καλύπτουν το Βόρειο μέρος της Γροιλανδίας. Αυτού του είδους ο πάγος έχει χαρακτηριστικές ιδιότητες που τον διακρίνουν από τον πάγο που δημιουργείται μέσα στο έτος. Για παράδειγμα έχει πολύ λιγότερη άρμη το οποίο τον κάνει πιο σκληρό και δύσκολο να σπάσει, και έχει περισσότερους θύλακες αέρος. Αυτό τον καθιστά και «υπεύθυνο» για την ευστάθεια του συστήματος του πάγου της Αρκτικής.

Το μεγαλύτερο μέρος του ανοίγματος αναμένεται να ξαναπαγώσει, ωστόσο ο καινούριος πάγος θα είναι πιο λεπτός και εύθραυστος, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε καινούριο άνοιγμα κατά την τήξη των πάγων. Εάν πραγματοποιηθεί αυτό το ενδεχόμενο, ο πάγος της περιοχής θα γίνει πιο ευκίνητος αυξάνοντας τις πιθανότητες να διαφύγει από την Αρκτική μέσω των στενών του Fram ή του Nares, λιώνοντας ολοκληρωτικά στα πιο ζεστά νερά του Ατλαντικού Ωκεανού.

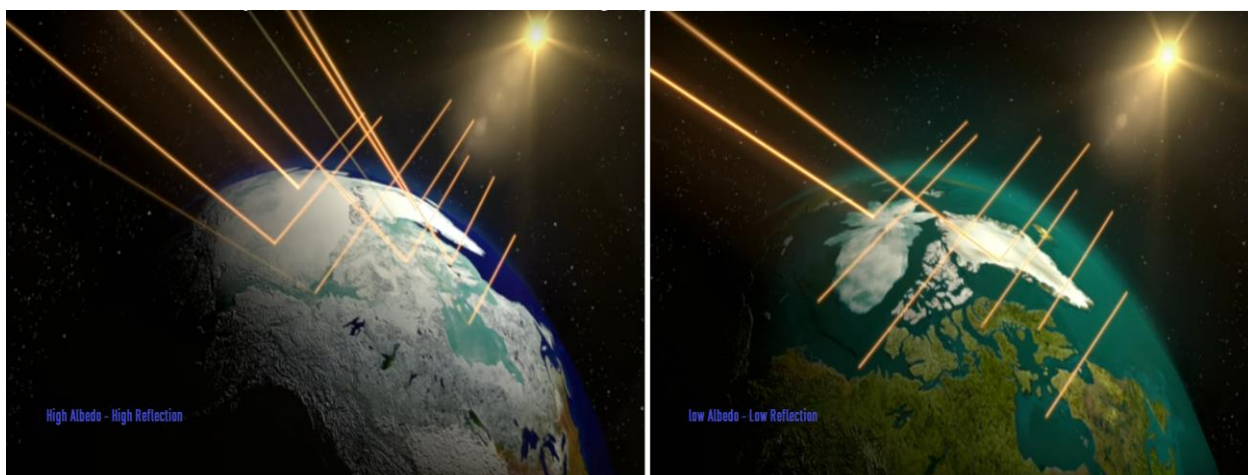
Παρακάτω φαίνεται ένας χάρτης με την περιοχή της Γροιλανδίας και με τα μετακινούμενα θαλάσσια ρεύματα. Με κόκκινο και πορτοκαλί χρώμα επισημαίνονται τα θαλάσσια ρεύματα που έχουν προέλευση από τον Ατλαντικό Ωκεανό και με μπλε βέλη εκείνα που έχουν προέλευση από την Αρκτική.



**Σχήμα 10:** Τα θαλάσσια ρεύματα στην περιοχή της Αρκτικής [8]

Οι επιστήμονες πιστεύουν ότι οι μεταβολές των πάγων παίζουν καθοριστικό ρόλο στην κλιματική αλλαγή καθώς αυτοί αποτελούν μία από της μεταβλητές του συστήματος Γη με τις μεγαλύτερες αλλαγές, ειδικά όσον αφορά τους πάγους της Αρκτικής. Η μείωση λοιπόν αυτών των πάγων δύναται να επιφέρει πολλές συνέπειες, όπως είναι η κλιματική αλλαγή που προείπαμε, αλλά και η αλλαγή στα μοτίβα του καιρού, καθώς και συνέπειες στις οποίες υπόκεινται τα γηγενή φυτά, ζώα ακόμα και οι αυτόχθονες κοινωνίες ανθρώπων που βασίζουν την επιβίωσή τους σε αυτούς. Η εξαφάνιση των πάγων, επίσης, αλλάζει τις κατάλληλες υφιστάμενες διαδρομές των πλοίων, αυξάνει την διάβρωση των παράκτιων περιοχών και επηρεάζει το θαλάσσια ρεύματα των ωκεανών.

Επιπροσθέτως, η τήξη των πάγων και η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη λειτουργεί ως ένας φαύλος κύκλος. Συγκεκριμένα, η άνοδος της θερμοκρασίας της Γης σημαίνει μείωση των πάγων, ενώ παράλληλα, η μείωση των πάγων οδηγεί σε μείωση της ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται έξω από την ατμόσφαιρα της Γης, που αυτό με τη σειρά του σημαίνει αύξηση της θερμοκρασίας κ.ο.κ



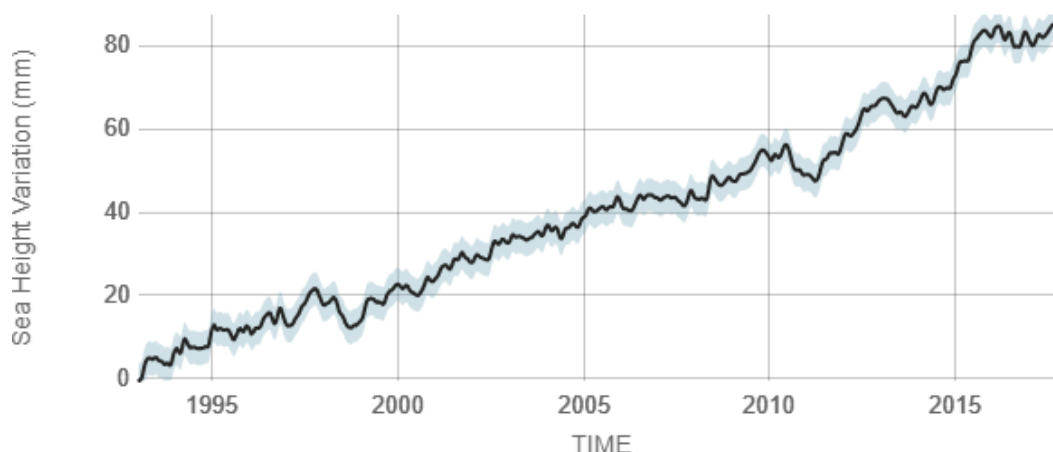
**Σχήμα 11:** Στις παραπάνω εικόνες φαίνεται πως η τήξη των πάγων συμβάλλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη [7]

Τα ερωτήματα που τίθενται στη συνέχεια, και πάνω στα οποία υπάρχει τεράστια διχογνωμία είναι τα εξής:

Μπορούμε να ισχυριστούμε με βεβαιότητα ότι συντελείται κλιματική αλλαγή; Και αν ναι, κατά πόσο ευθύνεται για το γεγονός αυτό ο άνθρωπος;

### 1.4.3 Άνοδος της Στάθμης της Θάλασσας

Η αύξηση της θερμοκρασίας της Γής έχει ως αποτέλεσμα το λιώσιμο των μόνιμων παγετώνων της Γής. Έτσι μεγάλο μέρος του πόσιμου νερού που βρισκόταν στην επιφάνεια απελευθερώνεται στην θάλασσα. Επιπλέον, με την αύξηση της θερμοκρασίας το νερό διαστέλλεται. Αυτοί οι δύο παράγοντες προκαλούν την αύξηση της στάθμης της θάλασσας.



Source: climate.nasa.gov

**Σχήμα 12:** Η διακύμανση της στάθμης της θάλασσας το χρονικό διάστημα 1990-2018, έτσι όπως προέκυψε από την παρατήρηση μέσω των δορυφόρων της NASA (Goddard Space Flight Center)



Οι πρώτοι πληγέντες του συγκεκριμένου φαινομένου είναι οι πόλεις και τα νησιά με χαμηλό υψόμετρο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η δημοκρατία των Μαλδιβών η οποία αποτελείται από μεγάλο αριθμό μικρών νησιών τα οποία βρίσκονται σε πολύ χαμηλό υψόμετρο. Συγκεκριμένα αναμένεται μεγάλο μέρος αυτών να βυθιστούν πλήρως τις επόμενες δεκαετίες, εκτοπίζοντας έτσι μεγάλο μέρος του πληθυσμού. Σε πολλές περιπτώσεις η μετεγκατάσταση του πληθυσμού έχει ξεκινήσει ήδη. Πέρα από της Μαλδίβες υπάρχουν αμέτρητα ακόμη νησιά ανά την υφήλιο που αντιμετωπίζουν παρόμοιο πρόβλημα. Στο πρόβλημα αυτό προστίθεται και το πρόβλημα ότι οι πληθυσμοί αυτών των περιοχών ζουν κατά κύριο λόγο στα όρια της φτώχειας.



Στις περιπτώσεις των νησιών, σε πολλές περιπτώσεις το θαλάσσιο νερό εισχωρεί στο ελάχιστο πόσιμο νερό που διαθέτουν προκαλώντας σοβαρά πρόβλημα στην υδροδότηση του κόσμου ειδικά στις φτωχότερες περιοχές που δε διαθέτουν εναλλακτικές λύσεις.

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας είναι εμφανής πλέον και στην πολιτεία της California, όπου νερό ξεβράζει από τις αποχετεύσεις της πόλης προκαλώντας σοβαρά προβλήματα. Έτσι έχουν ξεκινήσει έργα ανύψωσης δρόμων και εγκατάσταση αντλιών για την απομάκρυνση του νερού. Το συνολικό έργο θα κοστίσει 400 εκατομμύρια δολάρια και αναμένεται να λύσει το πρόβλημα για τα επόμενα 40-50 χρόνια μόλις.



Βλέπουμε πως ολόκληροι πληθυσμοί θα αναγκαστούν πολύ σύντομα να μετεγκατασταθούν αλλοιώνοντας τον τρόπο ζωής και την παράδοση τους. Προφανώς η συμβολή αυτών των περιοχών στο πρόβλημα της υπερθέρμανσης είναι μηδαμινή, σε αντίθεση με τις ανεπτυγμένες χώρες που στηρίζονται σε τεράστιο βαθμό στα ορυκτά καύσιμα. Καταλήγουμε έτσι στο συμπέρασμα ότι ο τρόπος ζωής του δυτικού πολιτισμού οδηγεί στη καταστροφή πολιτισμών σε όλα τα μήκη και πλάτη της Γης.

Μοντέλα προβλέψεων δείχνουν πως μέχρι το τέλος του αιώνα η στάθμη της θάλασσας θα αυξηθεί 0,2-2 μέτρα. Υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ των αποτελεσμάτων λόγω των πολλών μεταβλητών και των στοχαστικών φαινομένων που υπεισέρχονται στην μοντελοποίηση του συστήματος.

# Κεφάλαιο 2

## Άνθρωπος και κλιματική αλλαγή

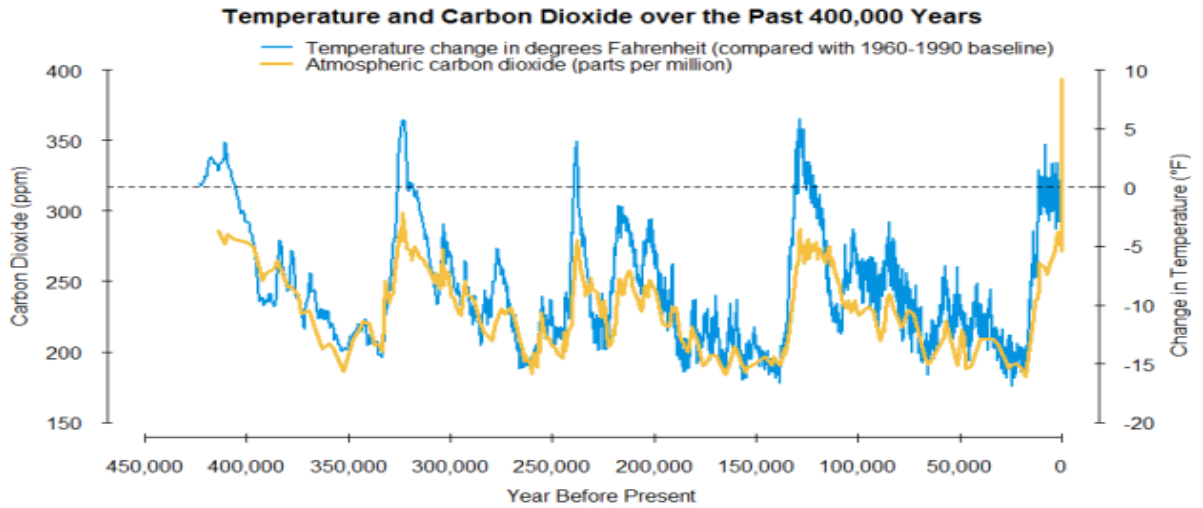
### 2.1 Στοιχεία εναντίον της υπόθεσης περί ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής

Η παρέμβαση του ανθρώπου στο περιβάλλον είναι δεδομένη. Συντελείται εδώ και εκατονταετίες και συχνά υπήρχαν περιπτώσεις αλόγιστης χρήσης φυσικών πόρων, ρύπανση του περιβάλλοντος και ραγδαίων επεμβάσεων που οδήγησαν στην εξάλειψη ειδών από την χλωρίδα και πανίδα του πλανήτη. Ωστόσο κάποιοι ισχυρίζονται ότι δεν υπάρχουν αρκετές ενδείξεις που να μας οδηγούν στο ασφαλές συμπέρασμα ότι ο άνθρωπος οφείλεται και για την κλιματική αλλαγή. Μάλιστα θεωρούν ότι γίνεται και μία προπαγάνδα πάνω στο ζήτημα της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής για οικονομικοπολιτικά συμφέροντα.

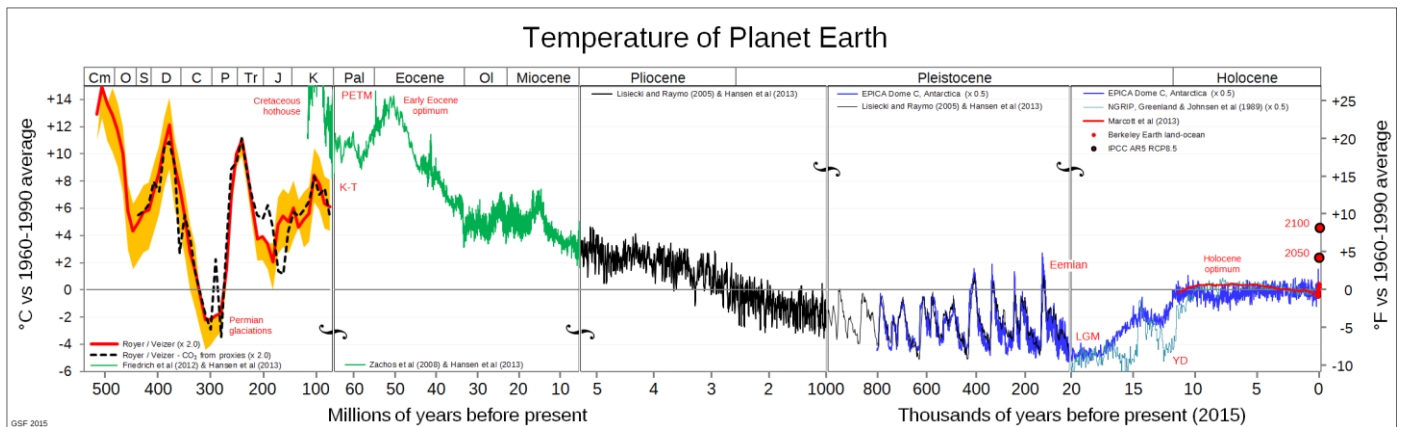
Τις τελευταίες δεκαετίες υπάρχει ένας καταγισμός τόσο από τον έντυπο τύπο όσο και από την επιστημονική κοινότητα που θεωρεί πως ο αντίκτυπος των εκπομπών από την ανθρωπογενή χρήση υδρογονανθράκων προκαλεί την κλιματική αλλαγή πάνω στον πλανήτη και μπορεί να αποδειχθεί άκρως καταστροφική και μη αναστρέψιμη. Στη συνέχεια παρατίθενται στοιχεία που αναδεικνύουν αυτήν την άποψη.

#### 2.1.1 Διοξείδιο του άνθρακα και παγκόσμια υπερθέρμανση

Γεγονός είναι πως το κλίμα του πλανήτη είχε μεταβολές και πριν την εξόρυξη και καύση των υδρογονανθράκων από τον άνθρωπο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα ποσοστά του διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) που υπάρχουν στον πλανήτη και οι αυξομειώσεις τους, όπως επίσης η διακύμανση της θερμοκρασίας σε παγκόσμιο επίπεδο. [Σχήμα 13 και 14]



**Σχήμα 13:** Ενιαίο διάγραμμα με την καμπύλη που αντιπροσωπεύει τις μεταβολές της θερμοκρασίας σε Fahrenheit και την καμπύλη που απεικονίζει τις αυξομειώσεις του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, τα τελευταία 400.000 χρόνια [9]



**Σχήμα 14:** Οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας στις διάφορες χρονολογικές εποχές της Γης (εκατομμύρια χρόνια πριν μέχρι σήμερα), σε σύγκριση με την μέση θερμοκρασία των ετών 1960-1990 [10]

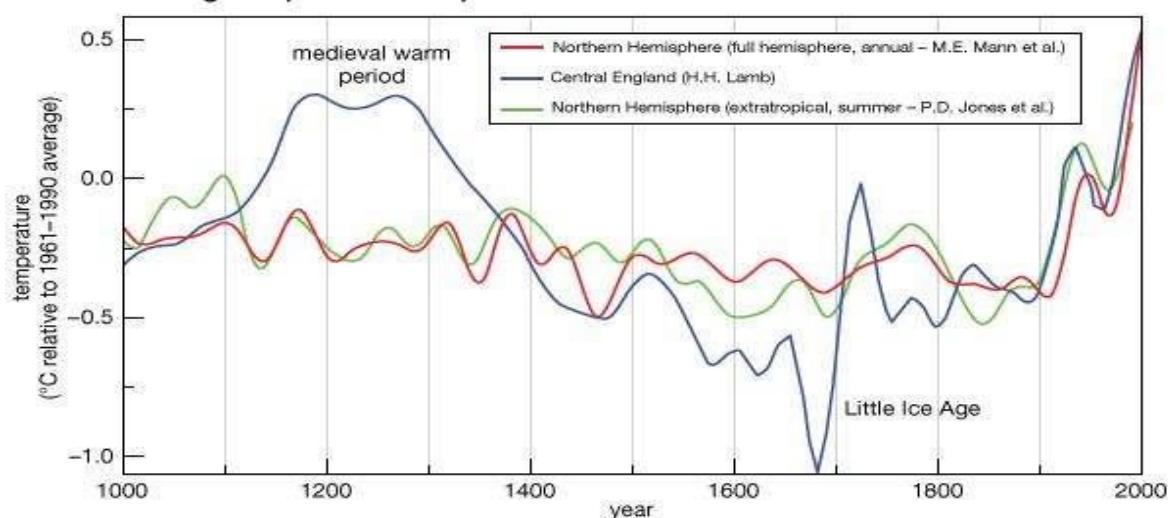
Από το Τεταρτογενές πριν 2 εκατομμύρια χρόνια, παρατηρούμε αμέτρητες κλιματικές διακυμάνσεις και για 10.000 χρόνια πριν είχαμε μια μέση θερμοκρασία 2,5° C πάνω από την σημερινή μέση θερμοκρασία που είναι 15,3° C.

Από το Ολόκαινο 11.000 χρόνια πριν, η μέση θερμοκρασία του πλανήτη ανεβαίνει απότομα κατά 4° C και αυτή η μέση θερμοκρασία των 15 βαθμών παραμένει μέχρι πριν 8.000 χρόνια.

Μεταξύ 8.000 και 4.000 χρόνια πριν, η μέση θερμοκρασία αυξάνεται κατά ένα βαθμό και έπειτα η θερμοκρασία πέφτει. Μεταξύ 500 και 300 χρόνια πριν, η θερμοκρασία ανεβαίνει πάλι ένα βαθμό Κελσίου.

Μεταξύ 3<sup>ου</sup> και 8<sup>ου</sup> αιώνα, έχουμε πτώση της θερμοκρασίας και αύξησή της μεταξύ 8<sup>ου</sup> και 13<sup>ου</sup> αιώνα όπου έχουμε τον Μεσαίωνα. [Σχήμα 15] Είναι η πιο θερμή περίοδος των 2000 ετών πριν τον 20<sup>ο</sup> αιώνα. Εκδηλώθηκε ως θερμό κλίμα στην περιοχή του Βόρειου Ατλαντικού συνδέεται όμως με κλιματικά συμβάντα σε άλλες περιοχές του πλανήτη όπως είναι η Νέα Ζηλανδία και η Κίνα.

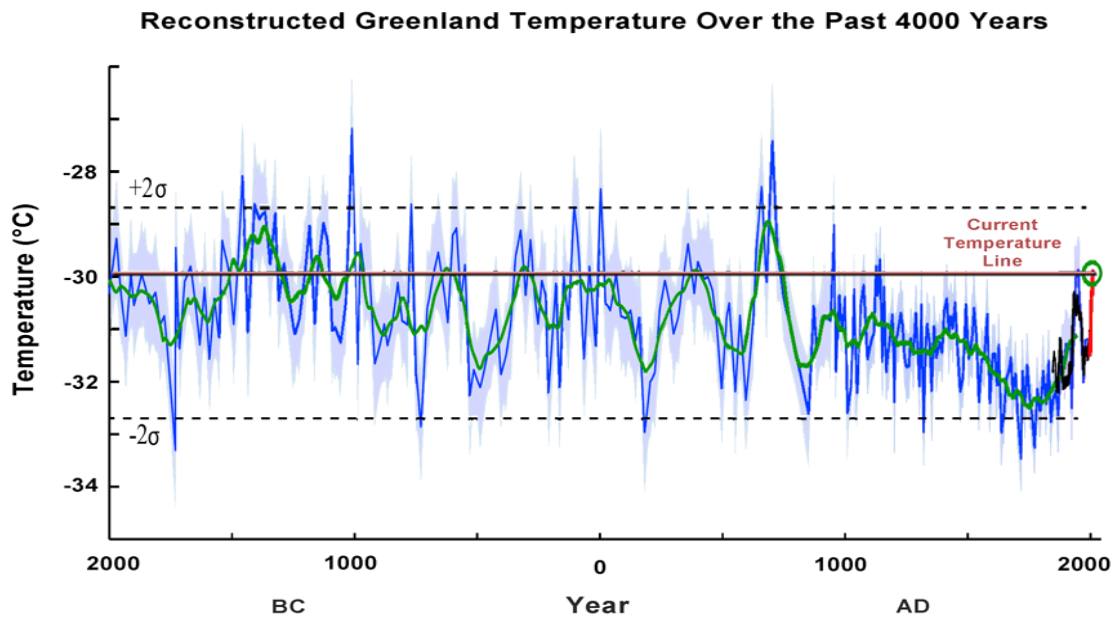
**Estimated temperature variations for the Northern Hemisphere and central England (1000–2000 CE)**



Sources: M.E. Mann et al., "Northern Hemisphere Temperatures During the Past Millennium: Inferences, Uncertainties, and Limitations," *Geophysical Research Letters*, 26:759–762 (1999); P.D. Jones et al., "High-resolution Palaeoclimatic Records for the Last Millennium: Interpretation, Integration, and Comparison with General Circulation Model Control Run Temperatures," *Holocene*, 8:477–483 (1998); H.H. Lamb, "The Early Medieval Warm Epoch and Its Sequel," *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1:13–37 (1965).

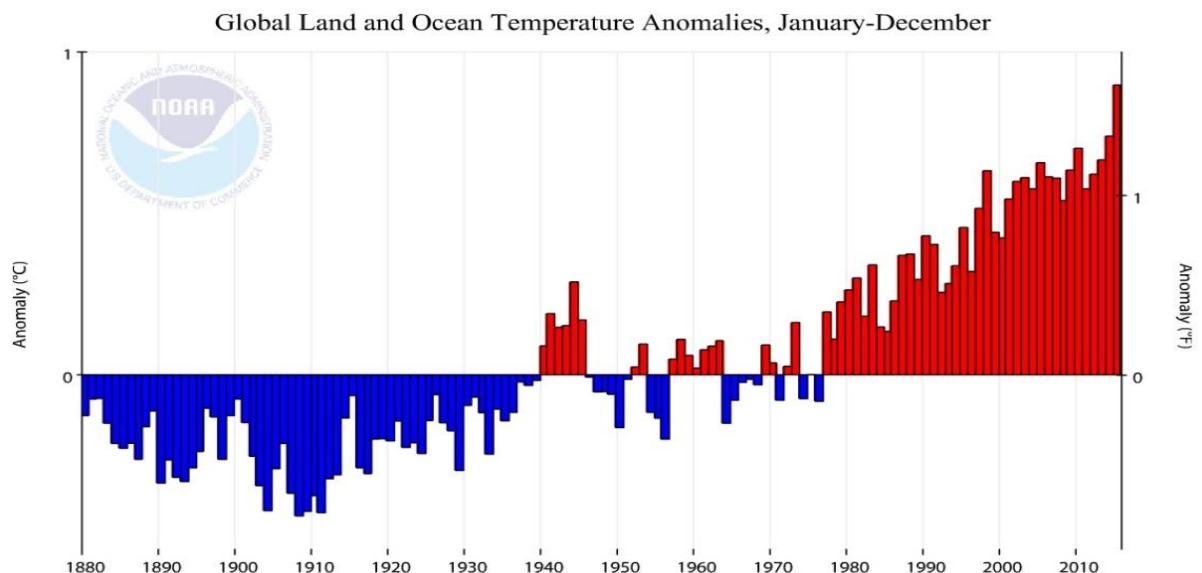
**Σχήμα 15:** Θερμοκρασιακές διακυμάνσεις στο Βόρειο Ημισφαίριο και στην κεντρική Αγγλία σε σχέση με τη μέση τιμή της θερμοκρασίας για τα έτη 1961-1990, σύμφωνα με εκτιμήσεις για το χρονικό διάστημα 1000-2000 μ.Χ. [11]

Χαρακτηριστικά, στο Σχήμα 16, βλέπουμε τις θερμοκρασίες που επικρατούσαν στην Γροιλανδία εδώ και 4000 χρόνια. Παρατηρούμε πως υπάρχουν αυξομειώσεις ενώ παράλληλα επικρατούσαν πιο υψηλές θερμοκρασίες κατά την μεσαιωνική περίοδο σε σύγκριση με τις τωρινές.



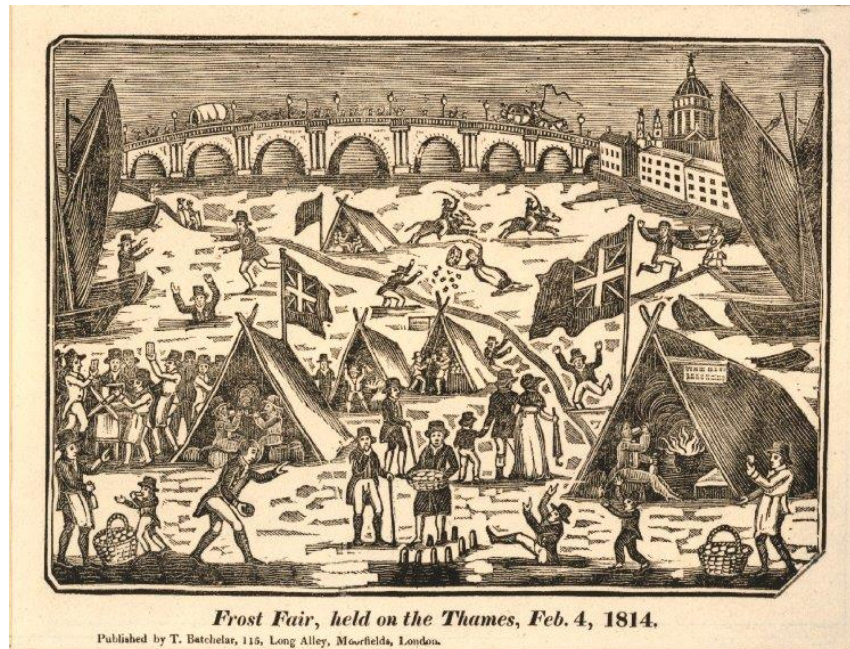
**Σχήμα 16:** Η θερμοκρασία της Γροιλανδίας, έτσι όπως ανακατασκευάστηκε σύμφωνα με μοντέλα προσομοίωσης, για το χρονικό διάστημα 2000 π.Χ.-2000 μ.Χ. [12]

Στα τέλη του 13<sup>ου</sup> αιώνα παρατηρήθηκε η Μικρή Εποχή των Παγετώνων που διήρκησε έως το τέλος του 19<sup>ου</sup> αιώνα. [Σχήμα 17] Δεν πρόκειται για πραγματική παγετωνική περίοδο αλλά για περίοδο αποτελούμενη από τρία ψυχρά διαστήματα.



**Σχήμα 17:** Η θερμοκρασιακή ανωμαλία παγκοσμίως στην στεριά και στους ωκεανούς, υπολογισμένη ως η μέση τιμή της θερμοκρασίας ανά έτος για το χρονικό διάστημα 1880-2015 [13]

Κατά την περίοδο αυτή, παγετώνες από τον Βορρά κάλυψαν σημαντικά τμήματα της Ευρώπης. Ενδεικτικά βλέπουμε στο Σχήμα 18 πως ο ποταμός Τάμεσης στο Λονδίνο είχε παγώσει όπως και στο Σχήμα 19 τα κανάλια στην Ολλανδία.



**Σχήμα 18:** Ο ποταμός Τάμεσης στο Λονδίνο, το 1814 [14]



**Σχήμα 19:** Τα κανάλια στην Ολλανδία, την δεκαετία του 1670 [15]

Η πρώτη θεωρία υποστηρίζει ότι το γεγονός που προκάλεσε την Μικρή Εποχή των Παγετώνων ήταν οι ηφαιστειακές εκρήξεις σε τροπικές περιοχές,

οι οποίες ξέσπασαν για παρατεταμένες χρονικές περιόδους, που σημειώθηκαν από το 1250 μέχρι το 1300. Εξαιτίας αυτών, τα αερολύματα που εκλύονταν στην ατμόσφαιρα αντανάκλουν την ηλιακή ακτινοβολία, μειώνοντας τη θερμοκρασία του πλανήτη ευνοώντας την δημιουργία πάγου.

Η βιομηχανική επανάσταση του 19<sup>ου</sup> αιώνα, υπήρξε αλληλένδετη με την εξόρυξη και την χρήση των υδρογονανθράκων όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Η καύση των ορυκτών που απαιτούσαν οι σύγχρονες βιομηχανικές και οικιακές δραστηριότητες παρήγαγαν CO<sub>2</sub>. Το 1932 είχαμε το παγκόσμιο οικονομικό κραχ λόγω ξηρασίας. Από το 1940 μέχρι το 1975 έχουμε πτώση των θερμοκρασιών και ακολουθούν δριμύτατοι χειμώνες. Το Σχήμα 20 δείχνει το σιντριβάνι στην πλατεία Trafalgar στο Λονδίνο να είναι παγωμένο το 1963. Στο Σχήμα 21 βλέπουμε το εξώφυλλο περιοδικού του 1977 για επικείμενη εποχή ψύξης.



**Σχήμα 20:** Το σιντριβάνι στην πλατεία Trafalgar στο Λονδίνο, το 1963 [16]





**Σχήμα 21:** Εξώφυλλο του περιοδικού *Time*, το 1977 [17]

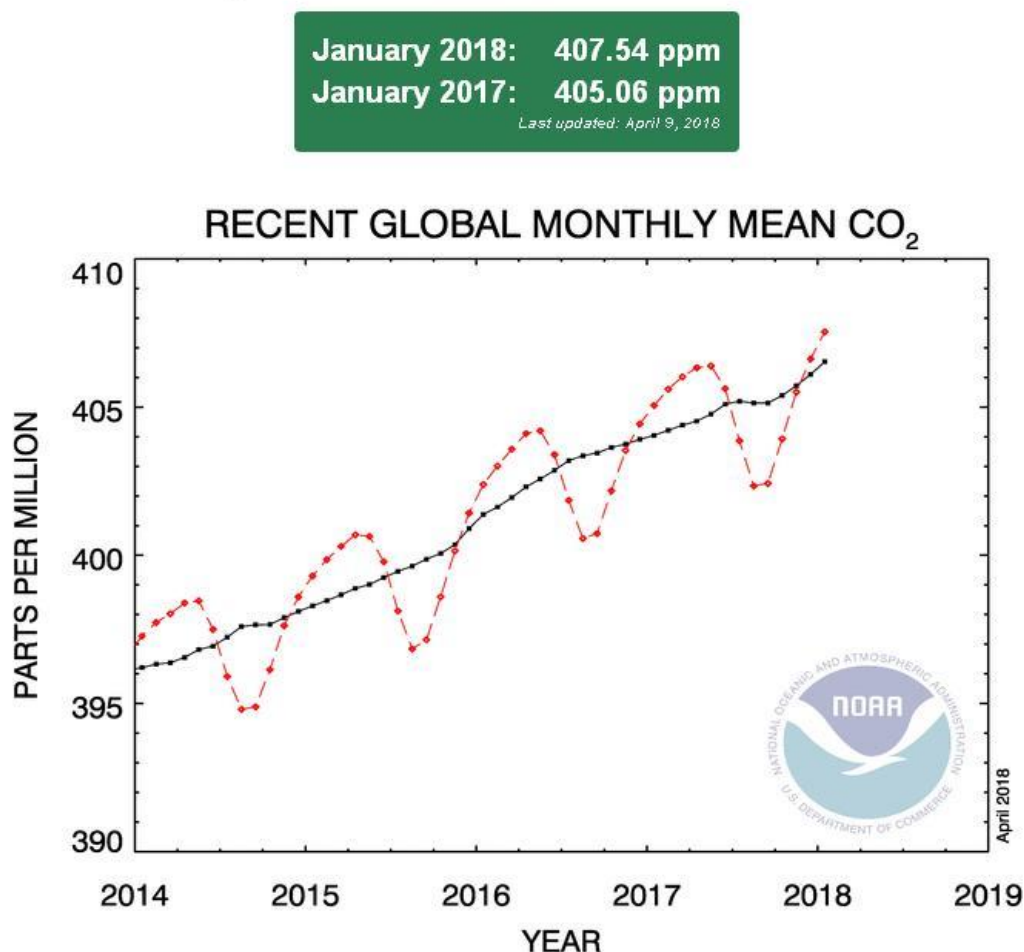
Από το 1980 και έπειτα παρατηρούμε συνεχή αύξηση της θερμοκρασίας. Τα μέσα μαζικής ενημέρωσης και επιστημονικές έρευνες καταλήγουν σε παγκόσμια υπερθέρμανση του πλανήτη. Ενδεικτικά το εξώφυλλο περιοδικού του 2007. [Σχήμα 22]



**Σχήμα 22:** Εξώφυλλο του περιοδικού *Time*, το 2007 [18]

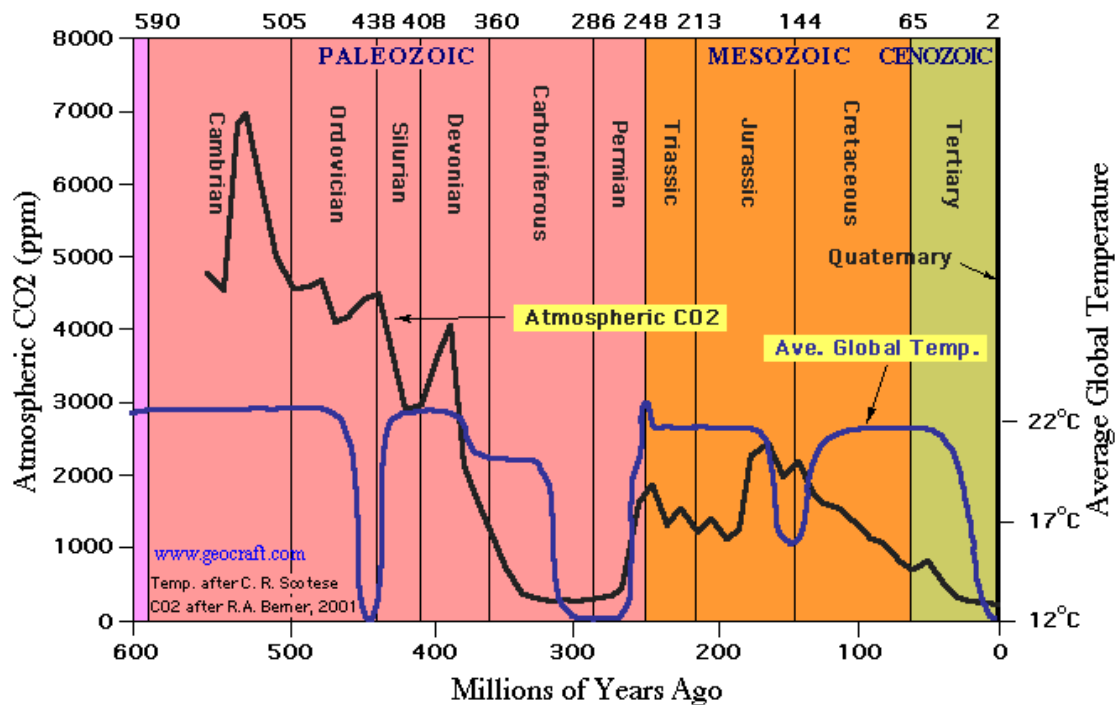
Είναι προφανές ότι η αύξηση της βιομηχανικής παραγωγής οδήγησε και σε αύξηση του CO<sub>2</sub> στον πλανήτη και πρέπει να τονιστεί πως σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο η συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα έχει αυξηθεί, από 280 ppm σε 407.54 ppm. [Σχήμα 23]

## Recent Global CO<sub>2</sub>



**Σχήμα 23:** Η μέση εκπομπή CO<sub>2</sub> παγκοσμίως, για το χρονικό διάστημα 2014-2018 [19]

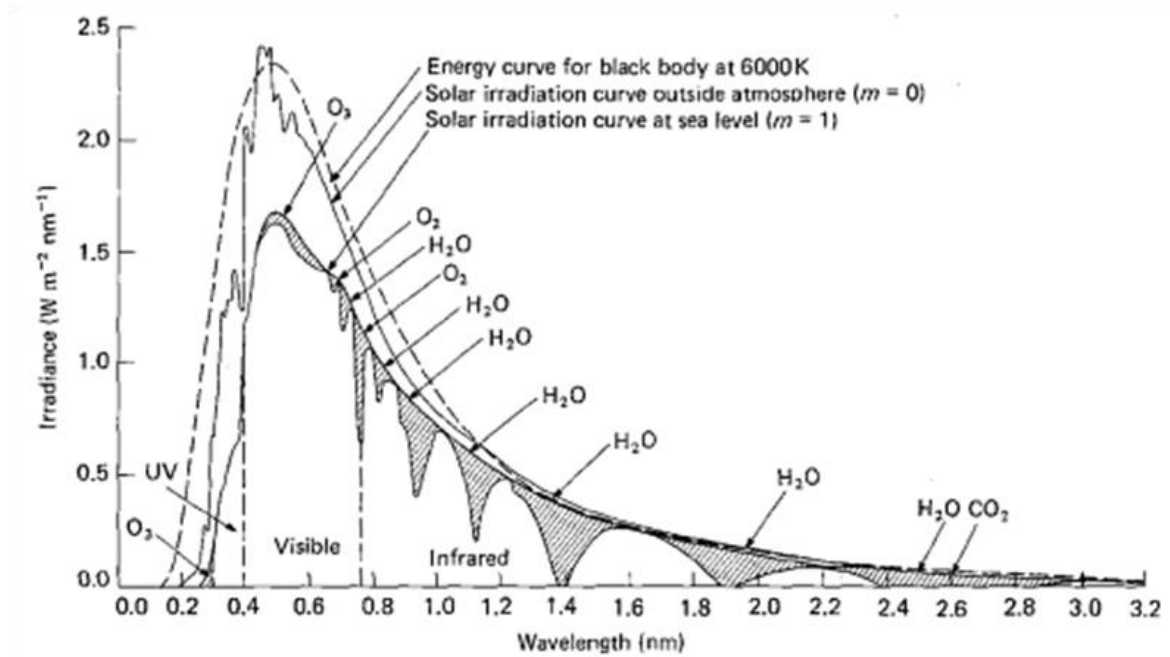
Αξίζει να σημειωθεί ότι 50 εκατομμύρια χρόνια πριν, η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> ήταν έξι φορές μεγαλύτερη με τη θερμοκρασία μόλις 1,5 βαθμό πιο αυξημένη. Αν πάμε 440 εκατομμύρια χρόνια πριν, η συγκέντρωση ήταν δεκαοχτώ φορές μεγαλύτερη και παγετώνες κάλυπταν μεγάλο μέρος του πλανήτη. [Σχήμα 24]



**Σχήμα 24:** Οι καμπύλες της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας και του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, 600 εκατομμύρια χρόνια πριν [20]

Αν και το CO<sub>2</sub> έχει κατηγορηθεί και στοχοποιηθεί για το φαινόμενο του θερμοκηπίου πρέπει να λάβουμε υπόψη πως τα αέρια υπεύθυνα για το φαινόμενο είναι περίπου είκοσι και έχουν όγκο μικρότερο από 1% του συνολικού όγκου της ατμόσφαιρας. Τα σημαντικότερα είναι οι υδρατμοί (H<sub>2</sub>O), το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O), οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs) και το τροποσφαιρικό όζον (O<sub>3</sub>).

Στο Σχήμα 25, παρατηρούμε την εξασθένηση που υφίσταται η ηλιακή ακτινοβολία στην ατμόσφαιρα. Η εξωτερική καμπύλη είναι το ηλιακό φάσμα και η εσωτερική καμπύλη είναι το ηλιακό φάσμα της ακτινοβολίας που μετρείται στην επιφάνεια του πλανήτη. Η μείωση που εκφράζεται από τη μετατόπιση μεταξύ των δύο καμπύλων, οφείλεται στην εξασθένηση της ηλιακής ακτινοβολίας λόγω των διεργασιών σκέδασης και ανάκλασης από τα νέφη, ενώ οι γραμμοσκιασμένες περιοχές αποτελούν ζώνες γραμμών απορρόφησης κυρίως του H<sub>2</sub>O, του CO<sub>2</sub> και δευτερευόντως του O<sub>3</sub>. Το νερό σε όλες του τις φάσεις, όπως και το CO<sub>2</sub>, είναι τα κύρια συστατικά υπεύθυνα για την απορρόφηση μεγάλου μέρους της υπέρυθρης ηλιακής ακτινοβολίας.



**Σχήμα 25:** Ακτινοβολία του Ηλίου σε συνάρτηση με το μήκος κύματος [21]

### 2.1.2 Μεθάνιο, υδρατμοί και πιθανές επιπτώσεις στην ατμόσφαιρα

Το μεθάνιο είναι οργανική χημική ένωση, που περιέχει άνθρακα και υδρογόνο, με μοριακό τύπο  $\text{CH}_4$ . Μεθάνιο εκλύεται από τη διαδικασία αναερόβιας αποσύνθεσης στα έλη, τις φυτείες ρυζιού και τους χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, την καύση των δασών και της βλάστησης, την εξόρυξη άνθρακα, την παροχή φυσικού αερίου στο περιβάλλον, καθώς επίσης από τις πεπτικές διαδικασίες των μηρυκαστικών και των τερμιτών.

Το μεθάνιο βρίσκεται σε αφθονία στην φύση, μαζί με το φυσικό αέριο, συνήθως σχηματίζεται και παγιδεύεται με φυσικό τρόπο κάτω από το έδαφος και κάτω από το θαλάσσιο πυθμένα. Το παγιδευμένο μεθάνιο μερικές φορές βρίσκει τον τρόπο να φθάνει ως την επιφάνεια και την ατμόσφαιρα, όπου είναι γνωστό ως ατμοσφαιρικό μεθάνιο. Το ατμοσφαιρικό μεθάνιο είναι ισχυρό αέριο θερμοκηπίου, με μεγάλο δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης, δηλαδή πολύ μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του  $\text{CO}_2$ .

Το μεθάνιο οξειδώνεται αργά στην ατμόσφαιρα της Γης, από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο ( $\text{O}_2$ ), με τη βοήθεια της υγρασίας ( $\text{H}_2\text{O}$ ) και της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV), του ηλιακού φωτός, παράγοντας ρίζες μεθυλίου ( $\text{CH}_3\cdot$ ).

Ιστορικά, τα επίπεδα της μοριακής συγκέντρωσης μεθανίου στην ατμόσφαιρα της Γης κυμαίνονταν μεταξύ 300 και 400 ppb κατά τις εποχές των παγετώνων και μεταξύ 600 και 700 ppb κατά τις μεσοπαγετώδεις περιόδους.

Το μεθάνιο προέρχεται από διάφορες ατμοσφαιρικές, χημικές αντιδράσεις,

κατά κανόνα από την αντίδραση των υδροξυλικών ριζών (OH<sup>-</sup>) στην τροπόσφαιρα. Η ένωση του μεθανίου με τις OH δίνεται από τον χημικό τύπο:  $CH_4 + OH \rightarrow CO_2 + H_2O$ .

Οπότε η οξειδωση του μεθανίου προκαλεί την παραγωγή CO<sub>2</sub> και υδρατμών, οι οποίοι συντελούν στην επίδραση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες από την εξόρυξη άνθρακα, την αύξηση των φυτειών ρυζιού και την καύση απορριμμάτων θεωρούνται υπεύθυνες για τα δύο τρίτα σχεδόν του μεθανίου που υπάρχει στην ατμόσφαιρα.

Ο μέσος χρόνος παραμονής του μεθανίου στην τροπόσφαιρα είναι γύρω στα 15 χρόνια. Τα αρχεία των πολικών πάγων μας πληροφορούν ότι η ατμοσφαιρική συγκέντρωση του μεθανίου έχει σχεδόν διπλασιαστεί από τη βιομηχανική επανάσταση και μετά, από 0,75 ppm πριν από το 1750, σε 1,7 ppm κατά τη δεκαετία του 1980. Σήμερα ο ρυθμός αύξησης της συγκέντρωσης του μεθανίου εκτιμάται σε 1-2% το χρόνο.

Τα μόρια του μεθανίου απορροφούν πολύ μεγαλύτερο τμήμα φωτονίων στην περιοχή του υπέρυθρου απ' ό,τι τα μόρια του CO<sub>2</sub>. Ένα μόριο μεθανίου απορροφά κατά εικοσιπέντε φορές περίπου περισσότερη υπέρυθη ακτινοβολία από ένα μόριο CO<sub>2</sub>. Η μεγάλη διαφορά στις συγκεντρώσεις του CO<sub>2</sub> (360ppm) και μεθανίου (1,7ppm) στην ατμόσφαιρα καθώς και η σημαντική διαφορά που υπάρχει στον ετήσιο ρυθμό αύξησης των συγκεντρώσεών τους (το CO<sub>2</sub> έχει ετήσιο ρυθμό αύξησης της συγκέντρωσης κατά περίπου 80% μεγαλύτερο από αυτόν που αντιστοιχεί στο μεθάνιο), ερμηνεύουν το γεγονός ότι το CO<sub>2</sub> παραμένει το πιο σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου.

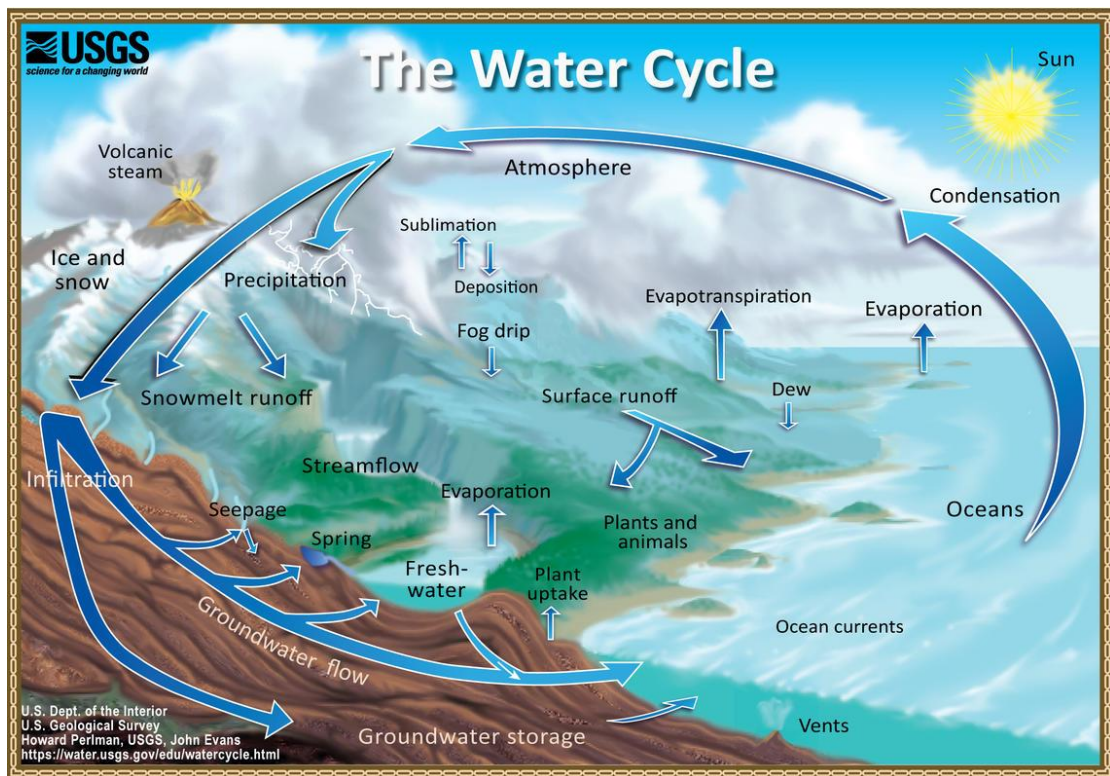
Αξίζει να αναρωτηθούμε στη συνέχεια, αν από την οξειδωση του μεθανίου προκαλείται και παραγωγή υδρατμών, που είναι το κυριότερο αέριο του θερμοκηπίου.

Οι υδρατμοί απορροφούν το 65% της υπέρυθρης ακτινοβολίας και σύμφωνα με πολλούς αποτελούν το κυριότερο αέριο του θερμοκηπίου. Στην ατμόσφαιρα τα μόρια νερού δεσμεύουν τη θερμότητα που εκπέμπει ο πλανήτης και έπειτα την εκπέμπουν εκ νέου προς όλες τις κατευθύνσεις, θερμαίνοντας έτσι την επιφάνεια πριν επιστρέψουν τελικά στο διάστημα. Αυξάνοντας τα επίπεδα των υδρατμών επηρεάζεται η ατμόσφαιρα του πλανήτη, όχι όμως με τον τρόπο που θα περιμέναμε. Θα υποθέταμε δηλαδή πως η αύξηση των υδρατμών θα πυροδοτούσε και την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, όμως ο πλανήτης είναι ένα πιο σύνθετο οικοσύστημα.

Το νερό που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα είναι σε τρεις μορφές:

- Αέρια μορφή, που είναι οι υδρατμοί.
- Υγρή μορφή, σταγονίδια τα οποία δημιουργούν νέφη, βροχή και ομίχλη κτλ.

- Στερεή μορφή, που είναι το χιόνι, χαλάζι κτλ.



**Σχήμα 26:** Ο κύκλος του νερού [22]

Οι τρεις αυτές φάσεις του νερού βρίσκονται σε συνεχή εναλλαγή (υδρολογικός κύκλος) [Σχήμα 26].

Η υγρασία δεν ελέγχεται μόνο από τη θερμοκρασία του αέρα αλλά και από τη θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας και της τροπόσφαιρας.

Ο ρυθμός της σταδιακής αλλαγής (lapse rate) είναι ο ρυθμός με τον οποίο η ατμοσφαιρική θερμοκρασία της Γης μειώνεται με αύξηση του υψομέτρου (ή αυξάνεται με τη μείωση του υψομέτρου). Ο αέρας δηλαδή θερμαίνεται στην πραγματικότητα από την επιφάνεια του πλανήτη και όχι απευθείας από την ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι ώστε όσο υψηλότερα ανεβαίνουμε, τόσο πιο πολύ κρύο επικρατεί. Με αυτόν τον τρόπο οι κορυφές βουνών είναι καλυμμένες με πάγο και χιόνι, ακόμα και τους καλοκαιρινούς μήνες.

Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας, εξατμίζεται περισσότερο νερό από την επιφάνεια του πλανήτη. Στην ουσία ο αέρας είναι σε θέση να απορροφήσει περισσότερο νερό όταν είναι πιο ζεστός, οδηγώντας σε περισσότερους υδρατμούς στην ατμόσφαιρα. Η υψηλότερη συγκέντρωση των υδρατμών στη συνέχεια είναι σε θέση να απορροφήσει περισσότερη θερμική ενέργεια (IR) που ακτινοβολείται από τον πλανήτη, με αποτέλεσμα την περαιτέρω θέρμανση της ατμόσφαιρας. Η θερμότερη ατμόσφαιρα μπορεί στη συνέχεια να κρατήσει περισσότερους υδρατμούς και ούτω καθεξής, αυτό είναι το φαινόμενο της θετικής ανάδρασης (positive feedback loop).

Ωστόσο, υπάρχει τεράστια επιστημονική αβεβαιότητα όσον αφορά τον ορισμό της έκτασης και της σημασίας αυτού του συστήματος θετικής ανάδρασης. Καθώς οι υδρατμοί αυξάνονται στην ατμόσφαιρα, τελικά συμπυκνώνεται σε υγρή μορφή, τα νέφη. Γιατί όπως αναφέραμε στην τροπόσφαιρά επικρατεί ψύχος που οδηγεί τους υδρατμούς από την αέρια μορφή τους στην υγρή. Τα νέφη είναι πιο ικανά να αντανakλούν την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, επιτρέποντας έτσι μειωμένη ποσότητα ενέργειας να φτάσει στην επιφάνεια του πλανήτη και να θερμανθεί. Στην περίπτωση αυτή, η επίδραση της προσθήκης περισσότερων υδρατμών θα οδηγούσε στη ψύξη παρά στη θέρμανση.

Στον αντίποδα, όπως προείπαμε η κάλυψη σύννεφων σημαίνει περισσότερο συμπυκνωμένο νερό στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα ένα ισχυρότερο φαινόμενο θερμοκηπίου από τους μη συμπυκνωμένους υδρατμούς. Έτσι, οι πιθανές θετικές και αρνητικές αναδράσεις που σχετίζονται με τους αυξημένους υδρατμούς και τον σχηματισμό νεφών μπορούν να ακυρωθούν και να περιπλέξουν τα πράγματα.

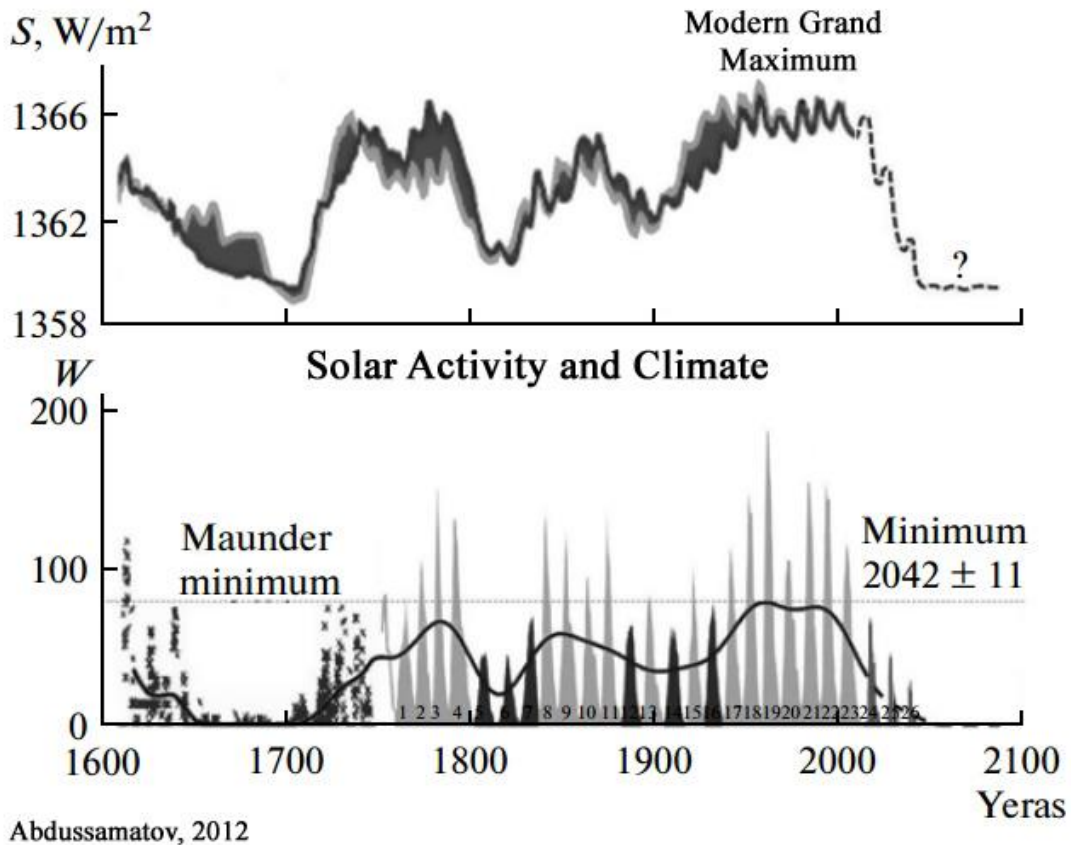
Η πραγματική ισορροπία μεταξύ τους, είναι αντικείμενο μελέτης και έρευνας από τους επιστήμονες για το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την κλιματική αλλαγή.

Η μελλοντική παρακολούθηση των ατμοσφαιρικών διεργασιών που αφορούν υδρατμούς θα είναι καθοριστική για την πλήρη κατανόηση των ανατροφοδοτήσεων του συστήματος που οδηγούν στην παγκόσμια αλλαγή του κλίματος. Μέχρι στιγμής, αν και τα βασικά στοιχεία του υδρολογικού κύκλου είναι αρκετά κατανοητά, έχουμε πολύ λίγη κατανόηση της πολυπλοκότητας του συστήματος ανάδρασης.

Επίσης, ενώ έχουμε πολύ καλές μετρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης από άλλα βασικά αέρια θερμοκηπίου (όπως το CO<sub>2</sub> και το μεθάνιο), έχουμε κακές μετρήσεις των παγκόσμιων υδρατμών, οπότε δεν είναι βέβαιο ότι οι συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα έχουν αυξηθεί τις τελευταίες δεκαετίες ή αιώνες. Ο συνδυασμός χρήσης μπαλονιών και επί τόπου μετρήσεων στο έδαφος υποδεικνύει γενικά θετικές τάσεις στις συγκεντρώσεις υδρατμών.

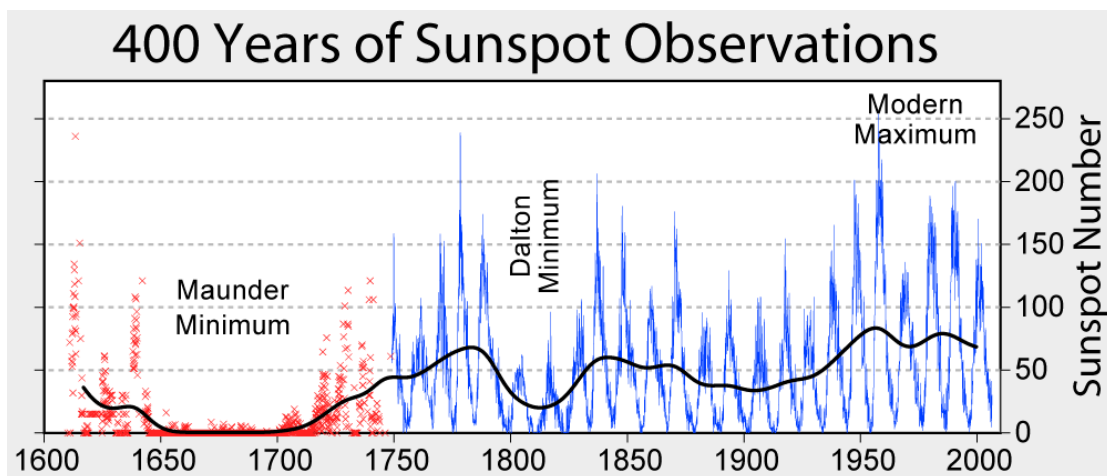
### **2.1.3 Ηλιακές κηλίδες**

Από τα παραπάνω στοιχεία δεν υπάρχει ξεκάθαρη απόδειξη για την συσχέτιση της αύξησης του CO<sub>2</sub> με την αύξηση της θερμοκρασίας. Αντίθετα αν εξετάσουμε την κύρια πηγή θερμότητας του πλανήτη, τον Ήλιο, θα διαπιστώσουμε μια πιο χαρακτηριστική συσχέτιση με τις αυξομειώσεις της θερμοκρασίας. [Σχήμα 27]



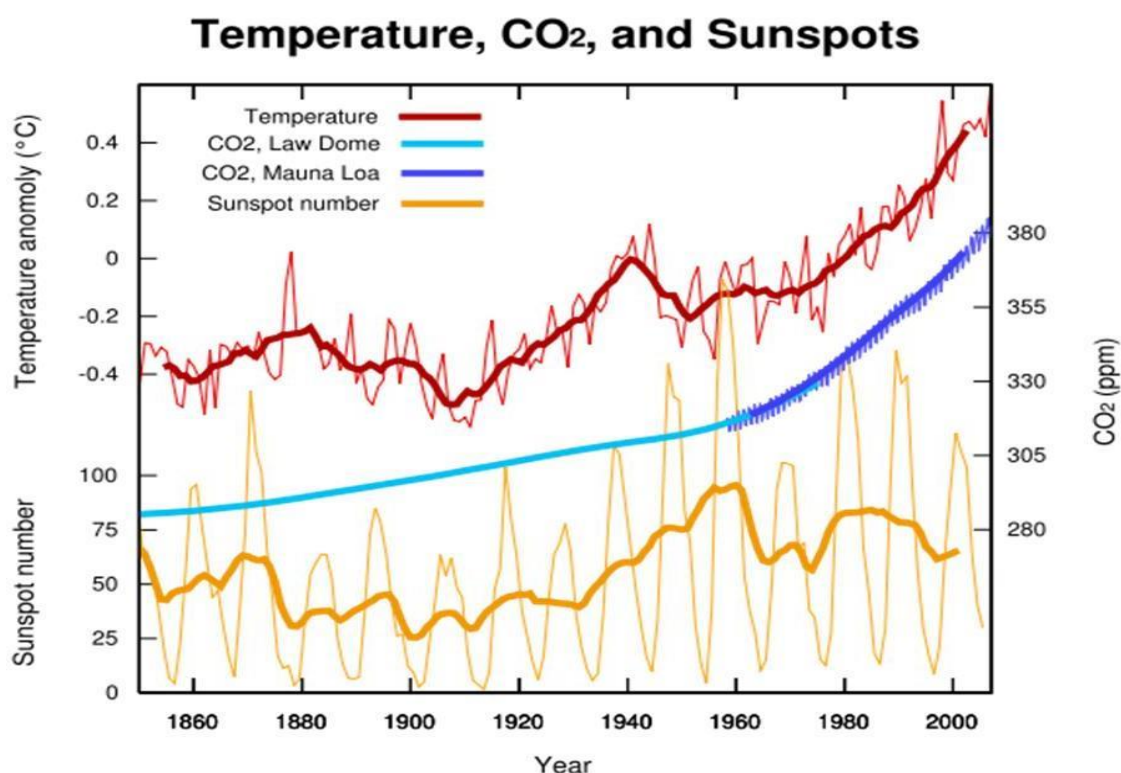
**Σχήμα 27:** Εκπεμπόμενη ισχύς από τον Ήλιο, για το χρονικό διάστημα 1620-2011 [23]

Από παρατηρήσεις τουλάχιστον τετρακοσίων ετών βρέθηκε ότι οι ηλιακές κηλίδες εμφανίζουν, ως προς το πλήθος και τη θέση τους, μια περιοδικότητα περίπου ενδεκαετή και ονομάζεται ενδεκαετής κύκλος της ηλιακής δραστηριότητας. Οι κηλίδες είναι τα πιο ευδιάκριτα φαινόμενα της φωτόσφαιρας του Ήλιου και καταγράφηκαν για πρώτη φορά πριν από τουλάχιστον δυο χιλιάδες χρόνια. [Σχήμα 28 και 29]





**Σχήμα 28:** Αριθμός ηλιακών κηλίδων, από το 1620 έως το 2011 [24]



**Σχήμα 29:** Συνδυαστικό διάγραμμα με τρεις καμπύλες. Η πρώτη αφορά την ανωμαλία της θερμοκρασίας, η δεύτερη τα επίπεδα του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα και η τρίτη τον αριθμό των ηλιακών κηλίδων [25]

Οι κηλίδες είναι σκοτεινές περιοχές, αφού έχουν θερμοκρασία περίπου 3800°C, δηλαδή περίπου 2000 βαθμούς χαμηλότερη από τη θερμοκρασία της φωτόσφαιρας, που θεωρείται η επιφάνεια του Ήλιου. Έχουν, όμως, μαγνητικό πεδίο ίσως και εκατό φορές ισχυρότερο από το γενικό ηλιακό μαγνητικό πεδίο.

Για λόγους που μέχρι σήμερα δεν γνωρίζουμε κατά την περίοδο 16<sup>ο</sup> έως 17<sup>ο</sup> αιώνα η εμφάνιση κηλίδων είχε σχεδόν μηδενιστεί. Αυτή η εποχή ονομάστηκε ελάχιστο του Maunder από τον Βρετανό αστρονόμο που μελέτησε τις ηλιακές κηλίδες και τον μαγνητικό ηλιακό κύκλο. Χαρακτηρίστηκε αυτή η περίοδος ως η Μικρή Εποχή των Παγετώνων και είναι η δεύτερη θεωρία για την δημιουργία της.

Έχουμε ενδείξεις να πιστεύουμε ότι η ηλιακή δραστηριότητα επηρεάζει την τροπόσφαιρα και ρυθμίζει τη θερμική κατάσταση του πλανήτη. Πρέπει να τονίσουμε ότι η συσχέτιση αυτή δεν είναι τόσο σαφής, διότι η ολική ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια, ως άθροισμα της άμεσης και της διάχυτης, εξαρτάται από τους πολλούς παράγοντες. Οι κυριότεροι είναι η απόσταση Γης και Ήλιου, το ύψος του Ήλιου (το οποίο μεταβάλλεται με το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή), τη διαδρομή της ακτινοβολίας μέσα στην ατμόσφαιρα (απορρόφηση και διάχυση), την τοπογραφία και τους προσα-

νατολισμοί των επιφανειών όπως επίσης την ύπαρξη νέφωσης και τα είδη νεφών.

#### **2.1.4 Πολιτικοί παράγοντες και συσχέτιση με το CO<sub>2</sub>**

Αξιοσημείωτο γεγονός είναι πως ξεκίνησε αυτή η συσχέτιση της υπερθέρμανσης του πλανήτη με το CO<sub>2</sub>. Η πρωθυπουργός της Μεγάλης Βρετανίας, Margaret Thatcher, ήθελε την υπονόμευση της μεγάλης και δυναμικής απεργίας των ανθρακωρύχων του 1982, οι οποίοι στήριζαν το εργατικό κόμμα της Αγγλίας. Γνώριζε πως οι απεργοί θα προκαλούσαν τεράστια ζημιά στην οικονομία της Μεγάλης Βρετανίας και αυτό θα της κόστιζε σε πολιτικό επίπεδο.

Όταν ανακοίνωσαν και οι λιμενεργάτες την έναρξη απεργίας, τότε γεννήθηκαν και φόβοι για έλλειψη τροφίμων στους κατοίκους της χώρας. Η M. Thatcher, δίστασε να χρησιμοποιήσει τον στρατό και αποφάσισε να περιμένει να φθάσει η χώρα σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης. Πίστευε ότι σε κάθε άλλη περίπτωση, ο στρατός θα έδινε την εντύπωση ότι η κυβέρνηση της ήταν αδύναμη, πράγμα που δεν ήθελε να συμβεί.

Ο κύριος στόχος της ήταν η απεξάρτηση από τον άνθρακα και το πετρέλαιο και το οριστικό κλείσιμο των ανθρακωρυχείων. Για να το επιτύχει αυτό, στηρίχθηκε στις σπουδές της πάνω στην χημεία και στον Βρετανό διπλωμάτη, περιβαλλοντολόγο και ακαδημαϊκό Crispin Tickell. Αν και ο ίδιος είχε γράψει αρχικά για παγκόσμια ψύξη στο βιβλίο του «Climatic Change and World Affairs» το 1977, έπειτα γίνεται υποστηρικτής της υπερθέρμανσης και η M. Thatcher αποκτά ένα ισχυρό εργαλείο πίεσης της κοινής γνώμης κάνοντας την συσχέτιση του CO<sub>2</sub> που παράγεται από τους υδρογονάνθρακες με την άνοδο της θερμοκρασίας του πλανήτη.

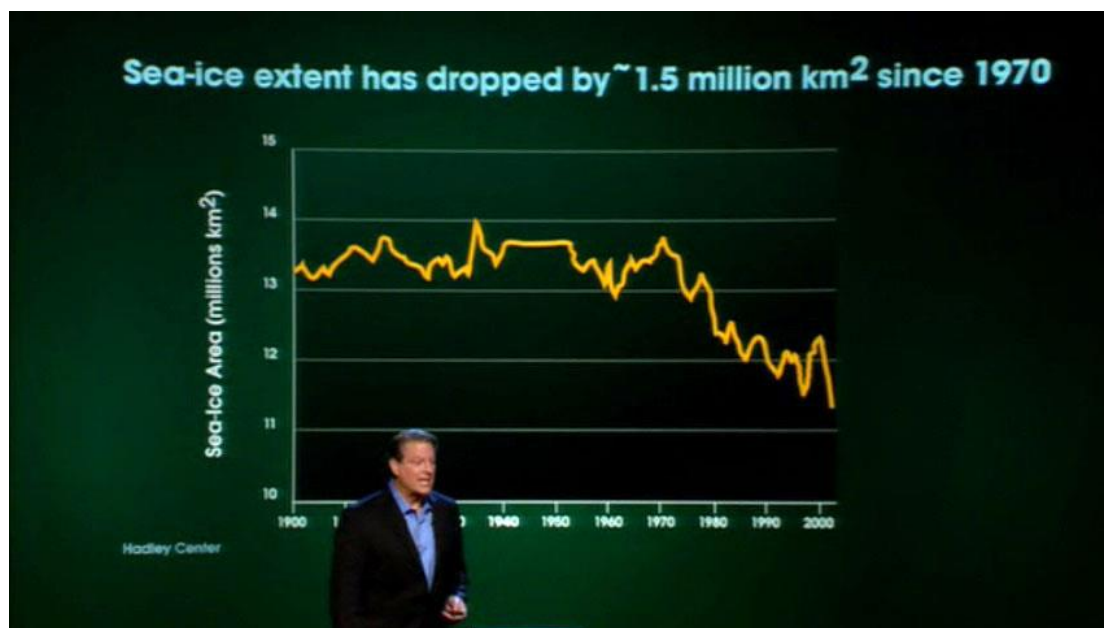
Μαζί με την βοήθεια των μέσων μαζικής ενημέρωσης, προειδοποιεί ότι η χρήση των υδρογονανθράκων θα φέρει την ραγδαία αύξηση στην θερμοκρασία, το λιώσιμο των πάγων, την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης και την εξαφάνιση θηλαστικών και πτηνών.

Γίνεται χρηματοδότηση στους επιστήμονες της Βασιλικής Ακαδημίας Επιστημών για να αποδείξουν αυτούς τους ισχυρισμούς. Ένα γεγονός που ευνόησε την κατάσταση ήταν η κατάρρευση και διάλυση της Σοβιετικής Ένωσης το 1989. Στις ομάδες που ήταν εναντίον του καπιταλιστικού συστήματος, δίνεται η ευκαιρία να ενταχθούν στο στρατόπεδο εναντίον του CO<sub>2</sub> και να ενισχύσουν το οικολογικό κίνημα.

Το CO<sub>2</sub> λαμβάνει πλέον γεωπολιτικές και οικονομικές διαστάσεις και χρησιμοποιείται ως μέσος πίεσης σε παγκόσμια κλίμακα. Με την πεποίθηση πως πρέπει να μειώσουμε την καύση του CO<sub>2</sub> επειδή προκαλεί την παγκόσμια αύξηση θερμοκρασίας, συντάσσονται και οι επιστήμονες του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (Ο.Η.Ε.) που συνέχισαν το έργο της M. Thatcher μετά την αποχώρησή της από την πολιτική το 1988.

Επίσης, το 1988 ιδρύεται η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC, Intergovernmental Panel Climate Change) από τον Ο.Η.Ε. που προσλαμβάνει επιστήμονες για να μελετήσουν το φαινόμενο της παγκόσμιας υπερθέρμανσης (global warming).

Το 2006 την σκυτάλη πήρε ο 45<sup>ος</sup> Αντιπροέδρος των Ηνωμένων Πολιτειών, Al Gore. Μέσω της κινδυνολογίας και της καταστροφολογίας, παρουσιάζει την συσχέτιση του CO<sub>2</sub> και της παγκόσμιας υπερθέρμανσης, στο αμφιλεγόμενο ντοκιμαντέρ «An Inconvenient Truth».



**Σχήμα 30:** Ο Al Gore από το ντοκιμαντέρ του "An Inconvenient Truth (2006)" [http://web.ncf.ca/jim/ref/inconvenientTruth/full/00\\_44\\_25.jpg](http://web.ncf.ca/jim/ref/inconvenientTruth/full/00_44_25.jpg)

Ακόμα και στην πρεμιέρα της ταινίας ο A. Gore είχε δηλώσει «Αν δεν ληφθούν δραστικά μέτρα για τη μείωση των αερίων θερμοκηπίου μέσα στα επόμενα 10 χρόνια, ο κόσμος θα φτάσει σε σημείο μη επιστροφής».

Το 2007 το ντοκιμαντέρ τιμήθηκε με Oscar όπως επίσης ο A. Gore τιμήθηκε με το Νόμπελ Ειρήνης για τις προσπάθειά του να ευαισθητοποιήσουν την κοινή γνώμη για το φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Όμως τον Οκτώβριο του 2007 το βραβευμένο ντοκιμαντέρ χάνει την δίκη έπειτα από την προσφυγή του S. Dimmock, διοικητή του σχολείου του Kent και μέλος μιας πολιτικής ομάδας, το Νέο Κόμμα, που αντιτίθεται για την προβολή της ταινίας στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Ο δικαστής M. Barton κλήθηκε να αποφασίσει αν το ντοκιμαντέρ μπορεί να προβληθεί στα βρετανικά δευτεροβάθμια σχολεία, όπως είχε ζητήσει η κυβέρνηση. Ο δικαστής διαπίστωσε ότι περιέχει εννέα σφάλματα και από τους ισχυρισμούς του δεν στηρίζονται στην επιστημονική συναίνεση και διατυπώθηκαν «στο πλαίσιο της κινδυνολογίας και της υπερβολής» και κρίνεται από τον δικαστή ότι «είναι σε γενικές γραμμές ακριβές».

Η δικαστική απόφαση θα έχει επιπτώσεις στη βούληση της κυβέρνησης για την προβολή του ντοκιμαντέρ σε όλα τα δευτεροβάθμια σχολεία. Ο δικαστής συμφώνησε ότι μπορεί να προβληθεί, αλλά με την προϋπόθεση ότι θα δοθούν νέες οδηγίες στους εκπαιδευτικούς να εξισορροπούν τις «μονόπλευρες» απόψεις του A. Gore στα αμφισβητούμενα τμήματα του ντοκιμαντέρ.

Τα εννέα αμφισβητούμενα σημεία, σύμφωνα με το δικαστήριο, είναι:

1) Στην ταινία υποστηρίζεται ότι κατοικημένες ατόλες (κοραλλιογενή νησιά) του Ειρηνικού «κατακλύζονται από τη θάλασσα εξαιτίας της ανόδου της θερμοκρασίας του πλανήτη που προκαλεί ο άνθρωπος», ωστόσο δεν υπάρχουν στοιχεία ότι εκκενώνονται από τους πληθυσμούς τους.

2) Στην ταινία αναφέρεται πως το ρεύμα του Κόλπου, που θερμαίνει τον Ατλαντικό Ωκεανό, θα σταματήσει λόγω της παγκόσμιας ανόδου της θερμοκρασίας, ωστόσο η IPCC εκτιμά πως αυτό είναι «πολύ απίθανο» να συμβεί.

3) Ο A. Gore υποστηρίζει πως δύο καμπύλες, από τις οποίες η μία αποτυπώνει την αύξηση του CO<sub>2</sub> και η άλλη την αύξηση της θερμοκρασίας σε μια περίοδο 650.000 ετών, «συμπίπτουν ακριβώς», όμως ο δικαστής επισημαίνει πως, μολονότι οι επιστήμονες συμφωνούν ότι υπάρχει μια σχέση, η δήλωση περί ακριβούς συμπτώσεως είναι υπερβολική.

4) Ο A. Gore υποστηρίζει πως η εξαφάνιση του χιονιού από το Κιλιμάντζαρο αποδίδεται ειδικά στην αλλαγή του κλίματος που προκαλεί ο άνθρωπος. Ο δικαστής δήλωσε πως οι επιστήμονες συμφωνούν ότι αυτό δεν μπορεί να αποδειχθεί.

5) Στην ταινία, το γεγονός ότι η λίμνη Chad στερεύει αποδίδεται στην παγκόσμια άνοδο της θερμοκρασίας. Σύμφωνα με τον δικαστή, «είναι πολύ πιθανόν να είναι αποτέλεσμα της πληθυσμιακής αύξησης, της υπερβολικής βόσκησης και των περιφερειακών κλιματικών διακυμάνσεων».

6) Ο A. Gore απέδωσε τον τυφώνα Κατρίνα στην παγκόσμια άνοδο της θερμοκρασίας, όμως «τα στοιχεία για κάτι τέτοιο είναι ανεπαρκή».

7) Ο A. Gore αναφέρεται επίσης σε μια έρευνα που δείχνει ότι πολικές αρκούδες πνίγηκαν «επειδή υποχρεώθηκαν να κολυπήσουν μεγάλες αποστάσεις για να βρουν τους πάγους». Σύμφωνα με τον δικαστή, «η μόνη επιστημονική μελέτη που μου παρουσίασαν οι πλευρές ήταν μία, που δείχνει ότι τέσσερις πολικές αρκούδες βρέθηκαν πρόσφατα πνιγμένες εξαιτίας μιας καταιγίδας».

8) Σύμφωνα με την ταινία, οι κοραλλιογενείς ύφαλοι σε όλο τον κόσμο ασπρίζουν εξαιτίας της παγκόσμιας ανόδου της θερμοκρασίας και άλλων παραγόντων. Ο δικαστής επισήμανε πως είναι δύσκολο να διαχωριστούν οι βλάβες στα κοράλλια που οφείλονται στην κλιματική αλλαγή από τις βλάβες που οφείλονται στην υπερβολική αλιεία και τη ρύπανση.

9) Ο Α. Gore υποστηρίζει πως μια άνοδος της στάθμης της θάλασσας έως και κατά 20 πόδια (6,1 μέτρα) θα προκληθεί από το λιώσιμο των πάγων είτε στη Δυτική Ανταρκτική είτε στη Γροιλανδία «στο εγγύς μέλλον». Ο δικαστής χαρακτήρισε τη δήλωση αυτή «ιδιαίτερα κινδυνολογική», προσθέτοντας πως είναι κοινώς αποδεκτό ότι, αν οι πάγοι της Γροιλανδίας λιώσουν, θα απελευθερώσουν αυτή την ποσότητα νερού «αλλά μόνον έπειτα από χιλιετίες». [26]

### **2.1.5 Τα υπολογιστικά μοντέλα**

Τα κλιματικά μοντέλα αποτελούν τα εργαλεία για την παρακολούθηση του κλίματος, τη διερεύνηση των παλαιότερων εποχών και των μελλοντικών εκτιμήσεων. Χρησιμοποιούν αριθμητικές μεθόδους για να προσομοιώσουν τις αλληλεπιδράσεις της ατμόσφαιρας με την επιφάνεια της γης, τους ωκεανούς και τις πολικές περιοχές. Η πιο διαδεδομένη χρήση των κλιματικών μοντέλων τα τελευταία χρόνια είναι για την εκτίμηση της πορείας της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου.

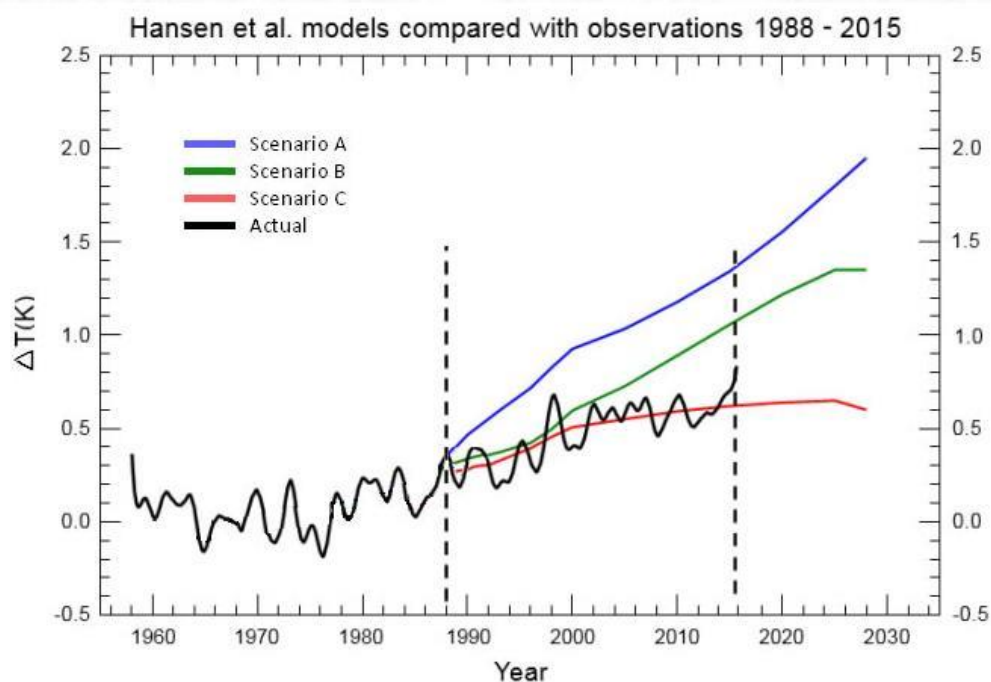
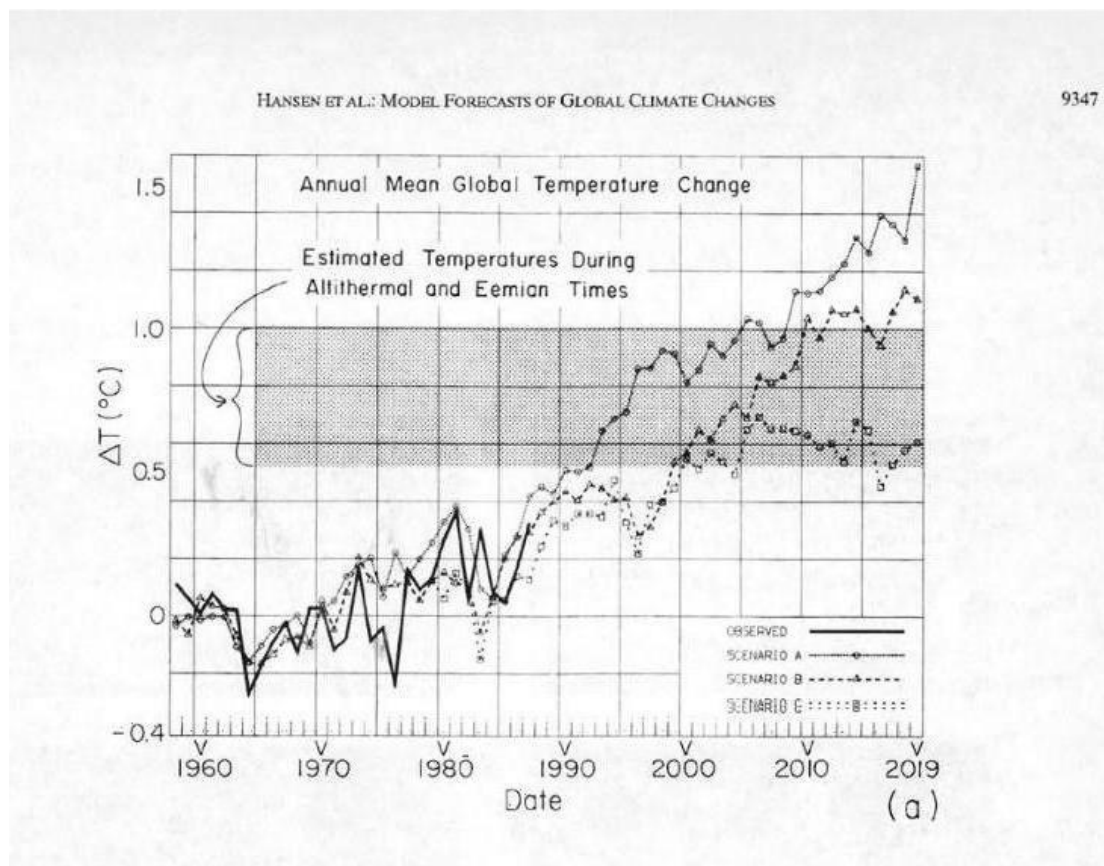
Ο υπολογισμός τους βασίζεται στο ενεργειακό ισοζύγιο υπολογίζοντας την εισερχόμενη, μικρού μήκους κύματος ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία του Ήλιου και την εξερχόμενη, υπέρυθρη ακτινοβολία που εκπέμπεται από τη Γη. Οποιαδήποτε διαφορά ανάμεσα στις δυο ποσότητες ακτινοβολίας οδηγεί σε μεταβολές της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Όμως οι εξισώσεις που προκύπτουν από τις παραπάνω αρχές είναι τόσο πολύπλοκες που πρέπει να λυθούν αριθμητικά. Ως αποτέλεσμα, τα μοντέλα παρέχουν δεδομένα τα οποία είναι διακριτά στο χώρο και στο χρόνο, δηλαδή τα αποτελέσματα αντιπροσωπεύουν μέσες τιμές ανά περιοχή, η οποία εξαρτάται από τη χωρική ανάλυση του μοντέλου, για δεδομένες χρονικές περιόδους.

Πρέπει να τονιστεί πως κάποιες διεργασίες δεν είναι γνωστές, ώστε να συμπεριληφθούν οι λεπτομερείς επιδράσεις τους στο μοντέλο. Δημιουργείται η ανάγκη για την παραμετροποίηση τους, βασισμένη σε εμπειρικούς και αριθμητικούς κανόνες. Καθώς όμως η παραμετροποίηση αναπαράγει μόνο τις άμεσες επιδράσεις αυτών των φαινομένων, είναι συχνά μια μεγάλης κλίμακας, πηγή αβεβαιότητας.

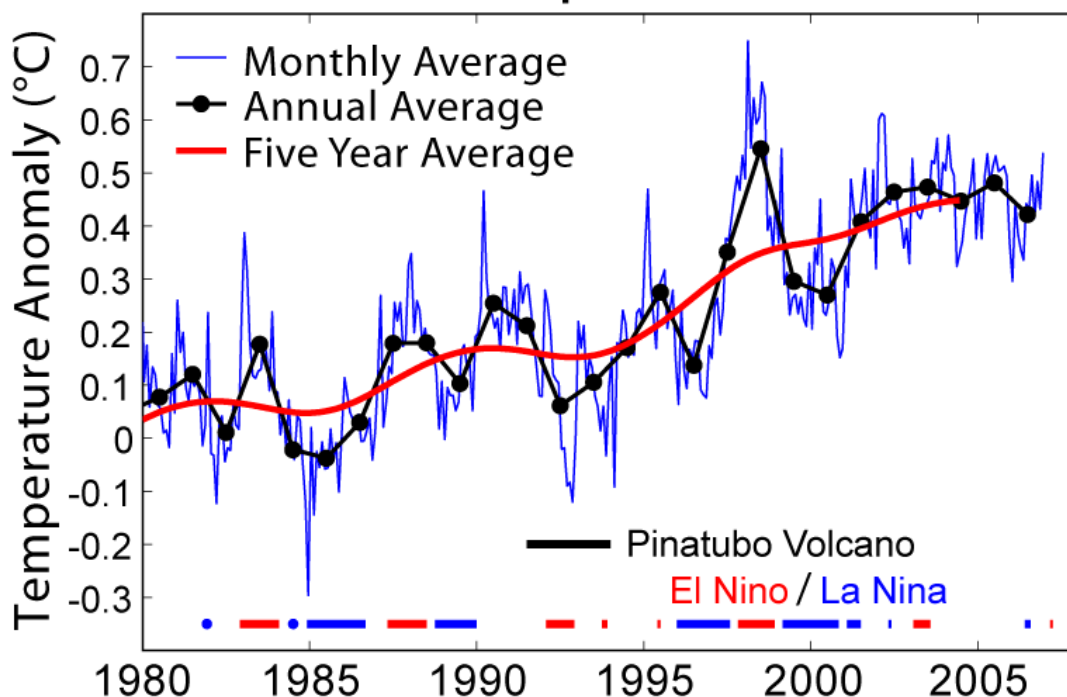
Ακόμη και για τα μοντέλα με ικανοποιητική ανάλυση, το βήμα του πλέγματος είναι τόσο μεγάλο, ώστε δεν μπορούν να προσομοιωθούν διεργασίες μικρής κλίμακας όπως οι τυρβώδεις ροές του οριακού στρώματος της ατμόσφαιρας ή των ωκεανών, οι αλληλεπιδράσεις μικρής κλίμακας με τα χαρακτηριστικά της τοπογραφίας, οι καταιγίδες και οι μικροφυσικές διεργασίες των νεφών.

Στο Σχήμα 31, η πρώτη εικόνα είναι η δημοσίευση των Hansen και Lebedeff του 1988 με τα τρία υποθετικά σενάρια σχετικά για την παγκόσμια θερμοκρασία και η επόμενη εικόνα είναι η πραγματική καταγεγραμμένη θερμοκρασία του πλανήτη σε σύγκριση με τις προβλέψεις τους. Όπως επίσης στο Σχήμα 32, βλέπουμε το γράφημα που απεικονίζει τις μέσες μετρήσεις της θερμοκρασίας της επιφάνειας από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από το Κέντρο Hadley του Μετεωρολογικού Γραφείου του Ηνωμένου Βασιλείου.



**Σχήμα 31:** Δημοσίευση των Hansen και Lebedeff του 1988, όπου παρουσιάζουν τρία υποθετικά σενάρια για την πορεία της θερμοκρασίας της Γης σε σύγκριση με τις καταγεγραμμένες θερμοκρασίες των ετών 1988-2015 [27]

## Surface Temperature Record



**Σχήμα 32:** Μέσες τιμές των μετρήσεων της ανωμαλίας της επιφανειακής θερμοκρασίας της Γης, από το Κέντρο Hadley του Μετεωρολογικού Γραφείου του Ηνωμένου Βασιλείου, για το χρονικό διάστημα 1980-2005 [28]

Τα κλιματικά μοντέλα χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της υποθέσεως για την υπερθέρμανση του πλανήτη CO<sub>2</sub> και για την ποσοτικοποίηση του «δακτυλικού αποτυπώματος» που προκαλείται από τον άνθρωπο. Στην πραγματικότητα όμως δεν μπορούν να καθορίσουν πόσο μεγάλο είναι το ανθρωπογενές δακτυλικό αποτύπωμα CO<sub>2</sub> σε σύγκριση με άλλες αβεβαιότητες στο μοντέλο. Όπως επίσης τα μοντέλα που συσχετίζονται με τα νέφη και τα αποτελέσματά τους έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα δύσκολα στον υπολογισμό τους.

Η IPCC, το αναγνωρίζει στην Πέμπτη έκθεση αξιολόγησης της, του 2013: «Η προσομοίωση των σύννεφων στα κλιματικά μοντέλα παραμένει δύσκολη».[29]

Με βάση τα παραπάνω, οι μέσες τιμές ανά περιοχή, η παραμετροποίηση και οι πηγές αβεβαιότητας καθιστούν τα υπολογιστικά μοντέλα ευάλωτα στην παραμετροποίηση τους και τα αποτελέσματά τους υπό αμφισβήτηση.



## **2.1.6 Ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή και οικονομικές συνέπειες**

Μέσα από τις έρευνες και τις πιέσεις των προβλέψεων σχετικά με την επίδραση του ανθρωπογενούς CO<sub>2</sub> με την κλιματική αλλαγή έχουν ψηφιστεί μέτρα για την αντιμετώπιση του φαινομένου και έχουν δημιουργηθεί πολλοί οργανισμοί.

Η «βιομηχανία του κλίματος», επιδοτεί με εκατομμύρια δολάρια πολλούς τομείς όπως επιστημονικές έρευνες, περιβαλλοντικές οργανώσεις και μέσα μαζικής ενημέρωσης. Οι ειδικοί επιστήμονες χρηματοδοτούνται για να δημοσιοποιήσουν τα αποτελέσματα των ερευνών τους που ενισχύουν το σενάριο περί υπερθέρμανσης του πλανήτη από την ανθρώπινη δραστηριότητα.

Ενδεικτικό παράδειγμα είναι ο Αμερικάνος μετεωρολόγος Chris Landsea, ο οποίος παραιτήθηκε από την IPCC ανακοινώνοντας με ανοικτή επιστολή στις 17 Ιανουαρίου του 2005: «Δεν μπορώ να συνεχίσω με καλή πίστη να συνεισφέρω σε μια διαδικασία που θεωρώ ότι υποκινείται από προκαθορισμένες επιδιώξεις και είναι αβάσιμη επιστημονικά».[30]

Η εφεύρεση του «Χρηματιστηρίου των Ρύπων», είναι μια επιχείρηση με κέρδη δισεκατομμυρίων δολαρίων για τις χώρες οι οποίες συνεργάζονται και ωφελούνται. Στα πλαίσια των απαγορεύσεων έχουν καταταχθεί και οι υπό ανάπτυξη χώρες όπως η Αφρική, που παρά τις εξαγωγές πετρελαίου παραμένει μία από τις φτωχότερες ηπείρους.

Η Αφρική έχει τους πόρους για να τροφοδοτήσει τη δική της ανάπτυξη. Η ήπειρος είναι πλούσια σε πετρέλαιο, ορυκτά, ξυλεία και αγροτικά προϊόντα. Ωστόσο η φτώχεια είναι ανεξέλεγκτη. Ειδικότερα στην υποσαχάρια Αφρική το 48,5% του πληθυσμού ζει με λιγότερα από 1,25 δολάρια την ημέρα σύμφωνα με στοιχεία του 2010. Η επισιτιστική κρίση, οι κακής ποιότητας υποδομές και η έλλειψη ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζει δεκάδες εκατομμύρια ανθρώπους σε όλη την ήπειρο. Όμως αντί να χρησιμοποιήσει τους άφθονους φυσικούς της πόρους για να αναπτυχθεί, αναγκάζεται να το κάνει μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καταδικάζοντας την έτσι στην φτώχεια και στην εξαθλίωση.

## **2.2 Ο ανθρώπινος παράγοντας ως υπεύθυνος για την κλιματική αλλαγή**

### **2.2.1 Η ιστορία της έρευνας της κλιματικής αλλαγής**

Η κλιματική αλλαγή είναι ένα πρόβλημα το οποίο αναδείχθηκε και συζητείται μόλις τις τελευταίες δεκαετίες. Καθ' όλη τη διάρκεια του περασμένου αιώνα μολύναμε αλόγιστα την ατμόσφαιρα χωρίς να σκεφτόμαστε τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, καθώς αγνοούσαμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που θα μπορούσε να επιφέρει η υπερβολική εκπομπή CO<sub>2</sub> στην ατμό-

σφαιρα. 'Η μήπως όχι; Μήπως απλά δε θέλαμε να αντικρίσουμε την πραγματικότητα, θυσιάζοντας όμως τα περιβαλλοντικά ζητήματα στον βωμό της ανάπτυξης; Συχνά ακούμε πως οι επιστήμονες ξεκίνησαν να ασχολούνται με το συγκεκριμένο θέμα τα τελευταία χρόνια και πως παλαιότερα αγνοούσαν το πρόβλημα. Η πραγματικότητα όμως απέχει πολύ από την κοινή άποψη. Επιστήμονες μεγάλου κύρους ασχολήθηκαν με το συγκεκριμένο θέμα από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Συγκεκριμένα η πρώτη ερεύνα που βλέπουμε να μιλάει για το κλίμα δημοσιεύτηκε το 1896 από τον φημισμένο Σουηδό χημικό Svante Arrhenius, ο οποίος υπολόγισε πως διπλασιάζοντας την ποσότητα CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα θα έλιωναν οι αρκτικοί πάγοι.

THE  
LONDON, EDINBURGH, AND DUBLIN  
PHILOSOPHICAL MAGAZINE  
AND  
JOURNAL OF SCIENCE.

[FIFTH SERIES.]

APRIL 1896.

XXXI. *On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground.* By Prof. SVANTE ARRHENIUS\*.

I. Introduction: Observations of Langley on Atmospheric Absorption.

A GREAT deal has been written on the influence of the absorption of the atmosphere upon the climate.

Tyndall † in particular has pointed out the enormous importance of this question. To him it was chiefly the diurnal and annual variations of the temperature that were lessened by this circumstance. Another side of the question, that has long attracted the attention of physicists, is this: Is the mean temperature of the ground in any way influenced by the presence of heat-absorbing gases in the atmosphere? Fourier ‡ maintained that the atmosphere acts like the glass of a hot-house, because it lets through the light rays of the sun but retains the dark rays from the ground. This idea was elaborated by Pouillet §; and Langley was by some of his researches led to the view, that "the temperature of the earth under direct sunshine, even though our atmosphere were present as now, would probably fall to -200° C., if that atmosphere did not possess the quality of selective

\* Extract from a paper presented to the Royal Swedish Academy of Sciences, 11th December, 1895. Communicated by the Author.

† 'Heat a Mode of Motion,' 2nd ed. p. 405 (Lond., 1865).

‡ *Mém. de l'Ac. R. d. Sci. de l'Inst. de France*, t. vii. 1827.

§ *Comptes rendus*, t. vii. p. 41 (1838).

*Phil. Mag. S. 5. Vol. 41. No. 251. April 1896.*

S

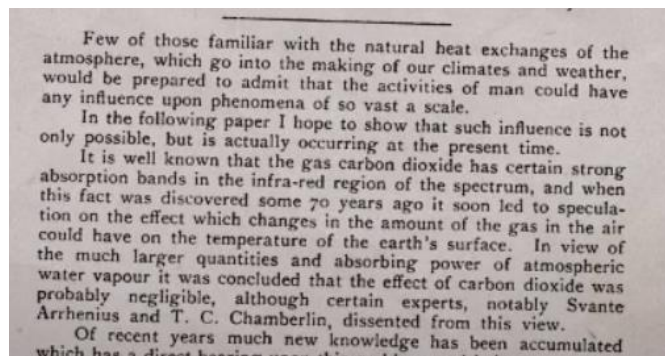
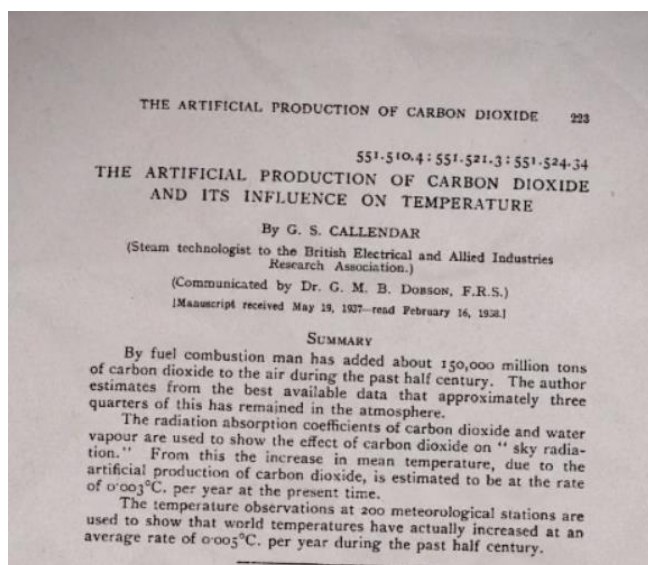
**Σχήμα 33:** Δημοσίευση του καθηγητή Svante Arrhenius, το 1896. Στην παρούσα δημοσίευση γίνεται συσχέτιση των μεταβολών της θερμοκρασίας της Γης σε σχέση με τα επίπεδα CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα

Εν συνεχεία το 1930 ο Αμερικάνος φυσικός E. O. Hulbert εργαζόμενος στο εργαστήριο έρευνας του Αμερικάνικου πολεμικού ναυτικού επιβεβαίωσε αυτό το αποτέλεσμα.



**Carbon Dioxide Heats the Earth**  
DR. E. O. HULBURT, physicist of the naval research laboratory, Washington, has found conclusive mathematical evidence that the earth's temperature is being warmed by the increased amount of carbon dioxide present in the air. Smoke stacks emit huge volumes of this gas, which is also found in the breath and waste products of humans and animals.

Μέχρι τότε ήταν ακόμη θεωρητικό, αλλά το 1938 ο άγγλος μηχανικός Guy Stewart Callendar συγκέντρωσε τα στοιχεία που αποδείκνυαν πως τόσο οι ποσότητες CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα αλλά και η μέση θερμοκρασία της Γης αυξανόταν.



**Σχήμα 34:** Δημοσίευση του Callendar για την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης και του CO<sub>2</sub>  
Πηγή: *Cosmos, A Space Time Odyssey*

Από κει και πέρα οι αναφορές και οι έρευνες πάνω στο θέμα αυξήθηκαν και ουσιαστικά γνωρίζαμε πλήρως τις επιπτώσεις των πράξεων μας. Υπάρχει επίσης οπτικοακουστικό υλικό από επιστήμονες όπως ο Frank Baxter το 1958 και ο Carl Sagan να παρουσιάζουν στο κοινό το πρόβλημα των υπερβολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> και να παρουσιάζουν με ακρίβεια τις επιπτώσεις πάνω στη Γη. Σήμερα, 60 χρόνια μετά βλέπουμε τις προβλέψεις τους να γίνονται πραγματικότητα.

Συνεπώς καταλαβαίνουμε πως πολλοί επιστήμονες δεν παρέμειναν σιωπηλοί στο συγκεκριμένο ζήτημα, η ίδια η κοινωνία ωστόσο αγνόησε το πρόβλημα επειδή τότε δεν ήταν αρκετά επείγον και οι επιπτώσεις του δεν είχαν αρχίσει να διαφαίνονται έντονα. Άλλωστε ακόμη και σήμερα όπου τα αποτελέσματα είναι εμφανή, αγνοούμε τα αποτελέσματα των ερευνών και μέσω λαϊκισμών και μη-επιστημονικών απόψεων προσπαθούμε να ρίξουμε αλλού την ευθύνη. Θα πρέπει να συνειδητοποιήσουμε πως η επιστήμη ως θεσμός, ήταν η αιτία της σημερινής ραγδαίας ανάπτυξης της κοινωνίας μας και του τρόπου ζωής μας. Πως είναι δυνατόν λοιπόν να τους αμφισβητούμε όταν δε διαθέτουμε την απαραίτητη κατάρτιση; Στην Ευρώπη τα πράγματα έχουν αλλάξει πολύ τα τελευταία χρόνια και έχουμε θέσει τις εκπομπές CO<sub>2</sub> ως μείζον ζήτημα. Υπάρχουν όμως ακόμη περιπτώσεις όπου πολιτικοί και δημοσιογράφοι επηρεάζουν την κοινή γνώμη με δικές τους λαϊκίστικες απόψεις, και αυτό συμβαίνει σε χώρες όπως η Αμερική όπου αποτελεί τον 2<sup>ο</sup> μεγαλύτερο εκπομπέα αερίων του θερμοκηπίου μετά την Κίνα. Μάλιστα η Κίνα έχει πληθυσμό 1,379 δισεκατομμύρια ανθρώπους, σε σχέση με τις

ΗΠΑ που έχει μόλις 325,7 εκατομμύρια, λιγότερο από τον μισό πληθυσμό ολόκληρης της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Η επιστήμη ως θεσμός διαθέτει τους δικούς της μηχανισμούς ελέγχου, καμία έρευνα ή αποτέλεσμα δε γίνεται ο κανόνας, αντιθέτως υπάρχει η ελευθερία αμφισβήτησης οποιουδήποτε αποτελέσματος ανεξαρτήτως κύρους ή ηλικίας και ακριβώς γι' αυτό η επιστήμη λειτουργεί. Αυτό που πρέπει να γίνει ευρέως κατανοητό είναι πως ο ακρογωνιαίος λίθος της επιστήμης είναι οι ΑΠΟΔΕΙΞΕΙΣ, το οποίο προϋποθέτει άρτια γνώση του αντικειμένου και πολύ κόπο.

## 2.2.2 Ο κύκλος του διοξειδίου του άνθρακα

Τα δάση περιέχουν το μεγαλύτερο ποσοστό «ζωής» στην Γη και τα περισσότερα δάση βρίσκονται στο βόριο ημισφαίριο. Όταν έρχεται η άνοιξη στον βορρά, τα δάση εισπνέουν διοξείδιο του άνθρακα από τον αέρα και αναπύσσονται, κάνοντας τη Γη πράσινη μειώνοντας παράλληλα το ποσό του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Το φθινόπωρο αντιθέτως τα φυτά ρίχνουν τα φύλλα τους τα οποία αποσυντίθενται αποβάλλοντας το διοξείδιο του άνθρακα πίσω στην ατμόσφαιρα. Το ίδιο συμβαίνει και στο νότιο ημισφαίριο, με αντίθετη όμως σειρά των εποχών του έτους. Η κύρια διαφορά είναι ότι το νότιο ημισφαίριο αποτελείται κυρίως από ωκεανούς. Έτσι τα δάση του βορρά είναι αυτά που ελέγχουν κυρίως τις ετήσιες μεταβολές του διοξειδίου του άνθρακα στον πλανήτη. Η Γη αναπνέει με αυτόν τον τρόπο για δεκάδες εκατομμύρια έτη. Κάνεις δε το πρόσεξε ως το 1958, όταν ο ωκεανογράφος Charles David Keeling επινόησε έναν τρόπο για την μέτρηση με ακρίβεια του ποσού του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Ο Keeling ανακάλυψε την αιθέρια αναπνοή της Γης.

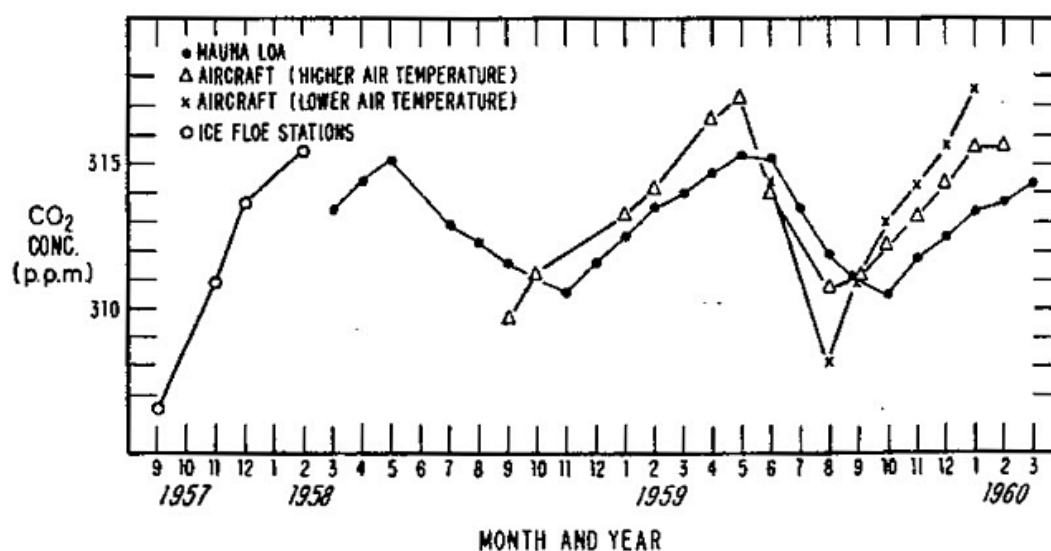


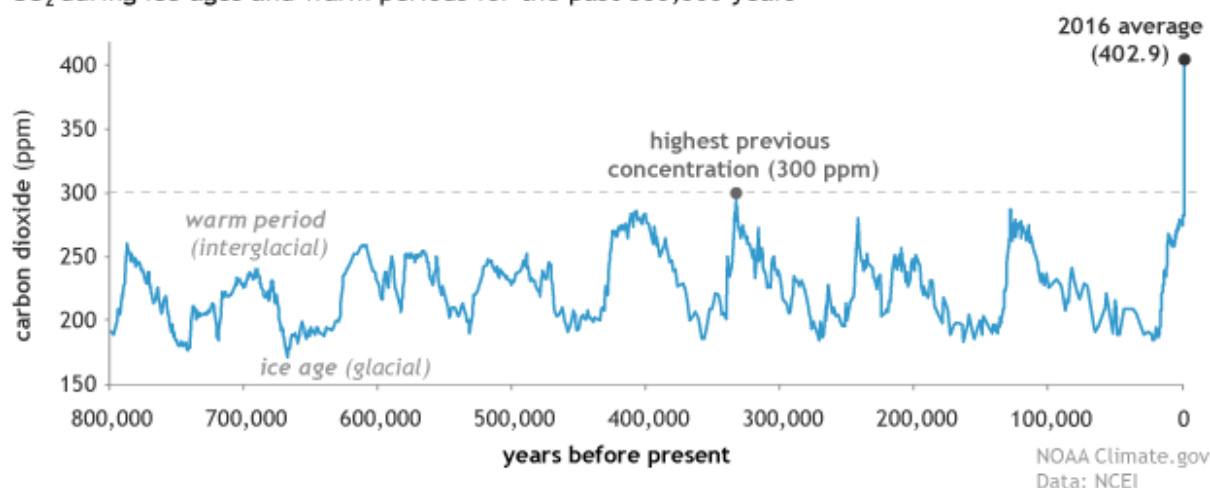
Fig. 1. Variation in concentration of atmospheric carbon dioxide in the Northern Hemisphere.

Tellus XII (1960), 2

**Σχήμα 35:** Διακυμάνσεις του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα στο Βόρειο Ημισφαίριο, το χρονικό διάστημα 1957-1960 [31]

Ο Keeling ανακάλυψε και κάτι συγκλονιστικό, μια ταχεία αύξηση, πρωτοφανή στην ανθρώπινη ιστορία, στο συνολικό επίπεδο του CO<sub>2</sub>, η οποία συνεχίζεται από τότε. Είναι μια εντυπωσιακή απόκλιση από τα επίπεδα CO<sub>2</sub> που επικρατούσαν κατά την ανάπτυξη της γεωργίας και του πολιτισμού. Η Γη έχει να δει κάτι τέτοιο εδώ και τρία εκατομμύρια έτη. Πώς μπορούμε όμως να είμαστε τόσο σίγουροι για αυτά τα δεδομένα; Οι αποδείξεις είναι γραμμένες στο νερό. Η Γη κρατάει λεπτομερές ημερολόγιο γραμμένο στους πάγους του παρελθόντος, κλιματικοί επιστήμονες έβγαλαν δείγματα (πυρήνες) πάγου από τα βάθη παγετώνων στη Γροιλανδία και την Ανταρκτική. Τα στρώματα πάγου περιέχουν αρχαίο αέρα παγιδευμένο μέσα τους με αποτέλεσμα να μπορούμε να διαβάσουμε τη συνεχή καταγραφή της ατμόσφαιρας της Γης των τελευταίων 800.000 ετών.

CO<sub>2</sub> during ice ages and warm periods for the past 800,000 years



**Σχήμα 36:** Η συγκέντρωση του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, 800 χιλιάδες χρόνια πριν μέχρι σήμερα

Βλέπουμε πως η συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στην Γη μεταβαλλόταν ανέκαθεν μέσω φυσικών διαδικασιών όπως τα ηφαίστεια. Μήπως ευθύνονται και τώρα τα ηφαίστεια για τη δραματική αύξηση του CO<sub>2</sub>; Σύμφωνα με την πιο ακραία επιστημονική πρόβλεψη περίπου 500 εκατομμύρια τόνοι ηφαιστειακού CO<sub>2</sub> διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο. Αυτό το νούμερο δεν αποτελεί ούτε το 2% από τα 35 δισεκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub> που παράγει ο πολιτισμός μας κάθε χρόνο.

Συνεπώς καταλαβαίνουμε πως η συνεισφορά των ηφαιστειών στις εκπομπές CO<sub>2</sub> είναι αμελητέες οπότε σαφώς δεν αποτελούν το πρόβλημα.

Παρατηρώντας το διάγραμμα της συγκέντρωσης CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα των τελευταίων 800.000 ετών προκαλεί εντύπωση ο ρυθμός με τον οποίον αυξάνεται το CO<sub>2</sub> αυτή τη χρονική περίοδο. Αν αναλογιστούμε την χρονική περίοδο του άξονα x καταλαβαίνουμε πως η αύξηση είναι κάθετη, λογικό δεδομένου ότι τα 100 χρόνια όπου παρατηρείται η δραματική αύξηση CO<sub>2</sub> είναι αμελητέα μπροστά στα 800.000 έτη του διαγράμματος. Αυτό δεν έχει

Ξανασυμβεί στην ιστορία της Γης, όλες οι άλλες καμπύλες του διαγράμματος διαθέτουν πεπερασμένη κλίση, πράγμα που αποδεικνύει ότι η αύξηση CO<sub>2</sub> μέσω φυσικών διαδικασιών απαιτεί χιλιάδες χρόνια. Πέρα από αυτό δεν έχει παρατηρηθεί κανένας άλλος εκπομπέας CO<sub>2</sub> που θα μπορούσε να ευθύνεται για αυτή την αύξηση. Αν πάλι υπολογίσουμε το CO<sub>2</sub> που εκπέμπει ως υποπροϊόν ο πολιτισμός μας βλέπουμε πως οι αριθμοί συμπίπτουν με αυτά της συνολικής αύξησης CO<sub>2</sub> της Γης.

### 2.2.3 Η επίδραση του φαινομένου του θερμοκηπίου στους πλανήτες

Παρατηρώντας τους πλανήτες βλέπουμε σε πολλές περιπτώσεις την επίδραση του φαινομένου του θερμοκηπίου στις θερμοκρασίες που επικρατούν στις επιφάνειές τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Αφροδίτη όπου παρατηρούνται θερμοκρασίες γύρω στους 462 °C ενώ στον Ερμή ο οποίος βρίσκεται σχεδόν στην μίση απόσταση από τον Ήλιο η μέγιστη θερμοκρασία που παρατηρείται είναι οι 427 °C. Η μοναδική αποστολή που έχει σταλεί στην Αφροδίτη, το Venira 13 από την Σοβιετική Ένωση το 1982 κατάφερε να μείνει σε λειτουργία μόλις 2 ώρες πριν τα ηλεκτρονικά του καταστραφούν από τη θερμοκρασία. Συνεπώς καταλαβαίνουμε πως η θερμοκρασιακή διαφορά της Γης με την Αφροδίτη δεν οφείλεται στο ότι η Αφροδίτη βρίσκεται 30% πλησιέστερα στον Ήλιο. Αντίστοιχα και ο Άρης είναι παγωμένος λόγω της έλλειψης του φαινομένου του θερμοκηπίου.

- **Μη επαρκές φαινόμενο του θερμοκηπίου:** Ο πλανήτης Άρης διαθέτει ατμόσφαιρα με πολύ μικρή πυκνότητα και αποτελείται κατά κύριο λόγο από διοξείδιο του άνθρακα. Λόγω της χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης και με τις ελάχιστες έως και μηδαμινές ποσότητες μεθανίου και υδρατμών για να ενίσχυση το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ο Άρης έχει μεγάλο μέρος της επιφάνειάς του παγωμένο που δε δείχνουν σημάδια ζωής.
- **Υπερβολικό φαινόμενο του θερμοκηπίου:** Η ατμόσφαιρα της Αφροδίτης, όπως και του Άρη, αποτελείται κατά κύριο λόγο από διοξείδιο του άνθρακα και θειικό οξύ. Η Αφροδίτη έχει 154.000 φορές περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα της από αυτό της Γης (και 19.000 φορές περισσότερο από αυτό του Άρη). Με τόσο υψηλά ποσά CO<sub>2</sub> παρατηρείται άμεσα το φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς στην επιφάνεια της Αφροδίτης επικρατούν θερμοκρασίες ικανές να λιώσουν μόλυβδο.



**Σχήμα 37:** α)Αριστερά ο πλανήτης Άρης β)στη μέση ο πλανήτης Αφροδίτη  
 γ) και δεξιά η Γη

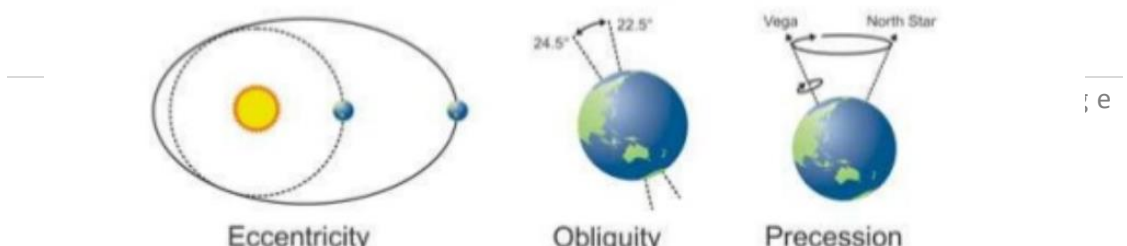
Στην Γη το φαινόμενο του θερμοκηπίου επέδρασε στο κατάλληλο βαθμό για να επικρατήσουν οι κατάλληλες θερμοκρασίες για την ανάπτυξη της ζωής. Εάν η ατμόσφαιρα της Γης δεν περιείχε αέρια του θερμοκηπίου τότε η Γη θα ήταν παγωμένη σα τον Άρη και η ανάπτυξη της ζωής με την μορφή που γνωρίζουμε θα ήταν αδύνατη. Συνεπώς το φαινόμενο του θερμοκηπίου τίθεται απαραίτητο για την επιβίωση μας. Από την άλλη, η υπερβολική εκδήλωση του φαινομένου του θερμοκηπίου αποτελεί κίνδυνο για τον πλανήτη. Εάν η ατμόσφαιρα της Γης περιείχε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό αερίων του θερμοκηπίου τότε η θερμοκρασίες στη Γη θα ήταν απαγορευτικές για την επιβίωση μας αλλά και την ανάπτυξη της ζωής εξαρχής, μετατρέποντας την επιφάνεια της Γης σε κόλαση παρόμοια με αυτή της Αφροδίτης.

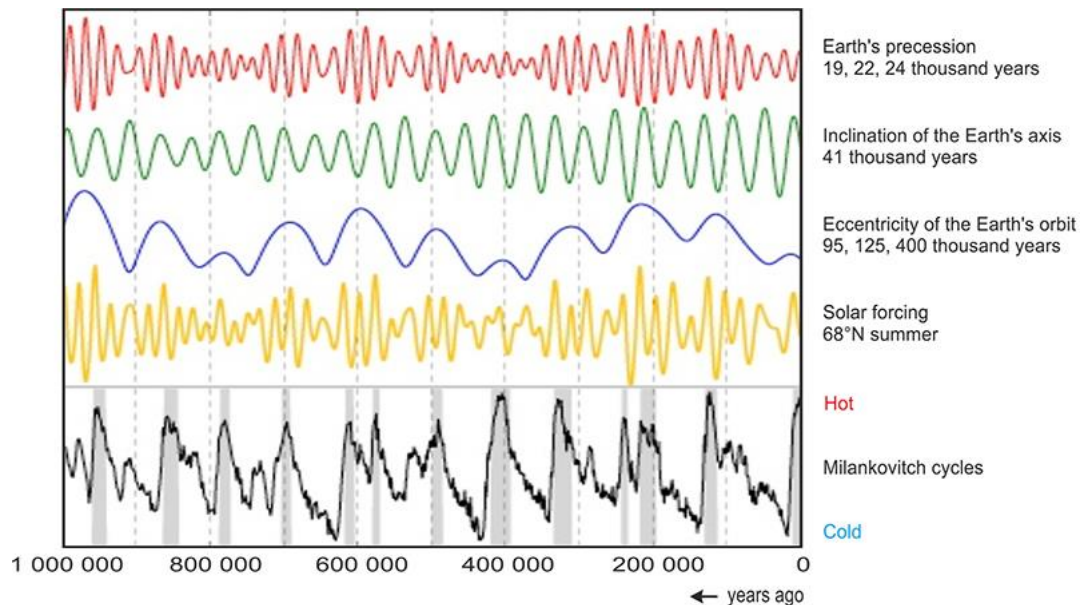
Συνεπώς η Γη βρίσκεται στη κατάλληλη ισορροπία για την ανάπτυξη της ζωής, όλα τα είδη εξελίχθηκαν χάρις σε αυτήν την ισορροπία, μια ισορροπία την οποία ο άνθρωπος διαταράσσει με πολύ γρήγορους ρυθμούς. Μπορεί στον ανθρώπινο κύκλο ζωής να φαντάζει πολύ το διάστημα αυτό αλλά στη κλίμακα της εξέλιξης των ειδών αποτελεί μηδαμινή χρονική περίοδος.

### 2.2.4 Επίδραση της τροχιάς της Γης στη θερμοκρασία

Η Γη κατά τη διάρκεια της ιστορίας της έχει υποστεί πολλές μεταβολές στο κλίμα και τη θερμοκρασία της. Αυτό οφειλόταν κατά κύριο λόγο στην αλλαγή της τροχιάς της που προκαλείται από διάφορες βαρυτικές διαταραχές. Συγκεκριμένα ο κύκλος αυτός της αλλαγής της ελλειπτικής τροχιάς αλλά και του άξονα της Γης ονομάζεται κύκλος Milankovitch.

#### Milankovitch Cycles





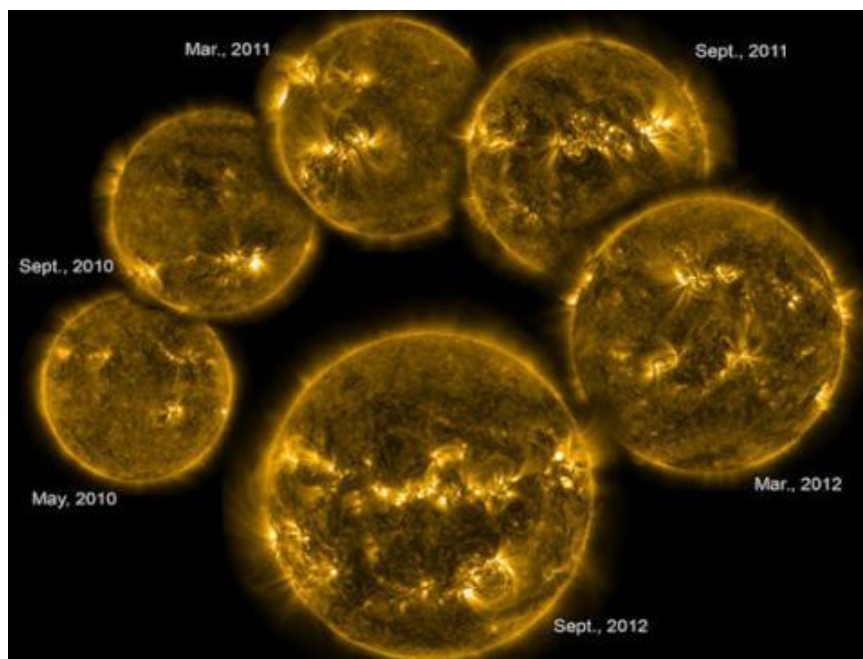
**Σχήμα 38:** a) Ο κύκλος του Milankovitch  
 b) Διάγραμμα συσχέτισης της τροχιάς της Γης με την θερμοκρασία, σε βάθος χρόνου 1.000.000 ετών [32]

Στο παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε τις θερμοκρασιακές αλλαγές που έχει υποστεί η Γη εξαιτίας της μεταβολή της τροχιάς και της κλίσης της. Βλέπουμε όμως πως οι αλλαγές αυτές συμβαίνουν σε βάθος χιλιάδων ετών οπότε σε καμία περίπτωση δε μπορεί να αιτιολογηθεί η τωρινή θερμοκρασιακή μεταβολή με αυτό το φαινόμενο.

### 2.2.5 Μεταβλητότητα της ηλιακής ακτινοβολίας και η επίδραση της στο κλίμα

Σε γαλαξιακή κλίμακα ο Ήλιος θεωρείται ένα πολύ σταθερό αστέρι, σε αντίθεση με άλλα αστέρια στα οποία παρατηρούνται δραματικές μεταβολές στην ένταση της ακτινοβολίας τους και το μέγεθος τους. Η φωτεινότητα του Ήλιου, μεταβάλλεται κατά 0,1% κατά τη διάρκεια του ηλιακού κύκλου, ο οποίος διαρκεί 11 χρόνια. Παρόλα αυτά, οι ερευνητές έχουν συνειδητοποιήσει πως πολύ μικρές μεταβολές στην φωτεινότητα του ήλιου μπορεί να έχει σημαντική επίδραση στο κλίμα της Γης.

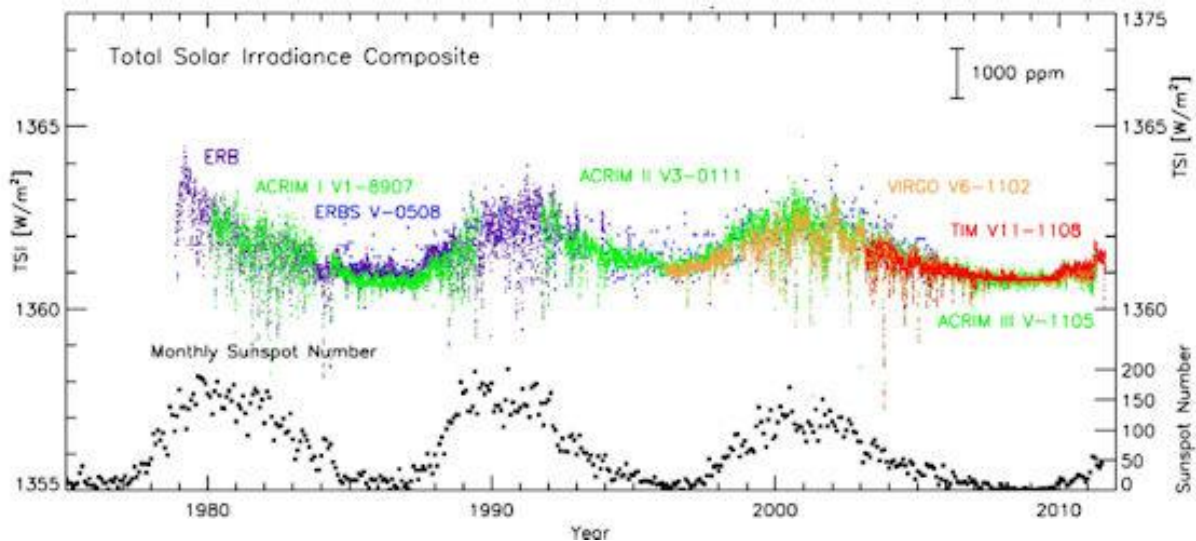




**Σχήμα 39:** Αυτές οι 6 φωτογραφίες UV του ηλίου, πάρθηκαν από το *NASA's Solar Dynamics Observatory*, παρακολουθώντας τις μεταβολές της Ηλιακής δραστηριότητας, καθώς ο ήλιος οδεύει στη ολοκλήρωση του εντεκαετούς κύκλου του.

Για να καταλάβουμε την σύνδεση του ήλιου με το κλίμα της Γης απαιτείται ένα εύρος τεχνογνωσίας όπως η φυσική του πλάσματος, οι αστρικές ακτινοβολίες, η ατμοσφαιρική χημεία, η ρευστομηχανική, η ενεργειακή σωματιδιακή φυσική καθώς και γνώση της εδαφικής ιστορίας. Κανένας ερευνητής δε διαθέτει τη πλήρη γνώση που απαιτείται για την επίλυση του ζητήματος. Για να σημειωθεί πρόοδος, η NRC έχει συγκεντρώσει έναν μεγάλο αριθμό ειδικών από διάφορους τομείς για το συγκεκριμένο έργο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μεγάλη υπεριώδης (EUV) ακτινοβολία, η οποία μεγιστοποιείται κατά τα έτη του ηλιακού μεγίστου. Εντός της σχετικά μικρής ζώνης του μήκους κύματος της υπεριώδους ακτινοβολίας, η απόδοση του ηλίου δεν μεταβάλλεται κατά 0,1%. Συγκεκριμένα μπορεί να παρουσιάσει μεταβολές της τάξεως του 1% ή και περισσότερο. Αυτό μπορεί να επιδράσει σημαντικά στην χημική σύσταση και την θερμική δομή των άνω στρωμάτων της ατμόσφαιρας.



**Σχήμα 40:** Συσχέτιση της συνολικής ακτινοβολίας του Ηλίου με τον αριθμό των κηλίδων του, για το χρονικό διάστημα 1975-2011.

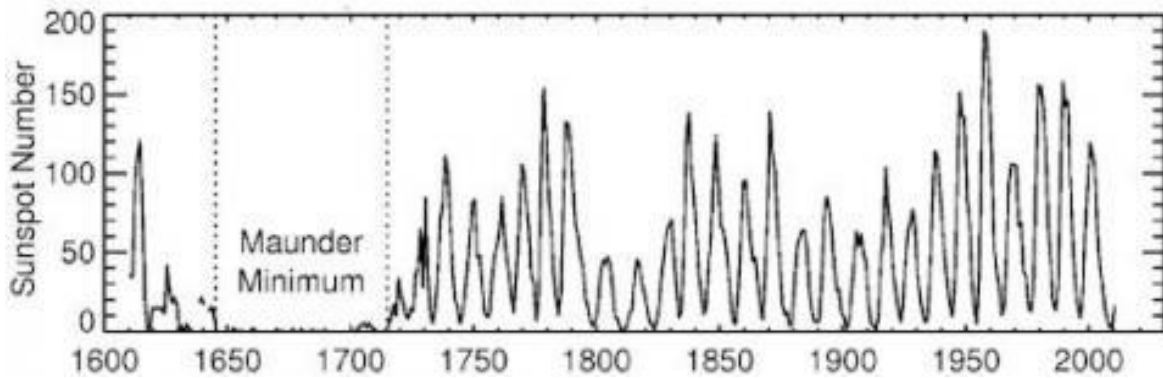
*Courtesy of Greg Kopp, University of Colorado*

Το παραπάνω διάγραμμα περιέχει μετρήσεις της συνολικής ακτινοβολίας (TSI) του ηλίου που πάρθηκαν στο διάστημα και αναδεικνύει το  $\sim 0,1\%$  της μεταβολής της ακτινοβολίας στη 11-ετή περίοδο του ηλιακού κύκλου.

Ο Raymond Bradley από το UMass, ο οποίος μελέτησε τα ιστορικά δεδομένα της ηλιακής δραστηριότητας, η οποία αποτυπώνεται με τη μορφή ραδιοϊσοτόπων στα δακτυλίους των δέντρων και σε πυρήνες πάγου, λέει ότι οι τοπικές βροχοπτώσεις δείχνουν να επηρεάζονται περισσότερο από τη θερμοκρασία. Εάν υπάρχει πράγματι ηλιακή επίδραση στο κλίμα, τότε εκδηλώθηκε από αλλαγές στο γενικό κύκλο του κλίματος και όχι αποκλειστικά στην θερμοκρασία". Αυτό ταιριάζει με το συμπέρασμα του IPCC και προηγούμενων αναφορών του NRC όπου η ηλιακή μεταβλητότητα ΔΕΝ είναι η αιτία της παγκόσμιας υπερθέρμανσης του πλανήτη των τελευταίων 50 ετών.

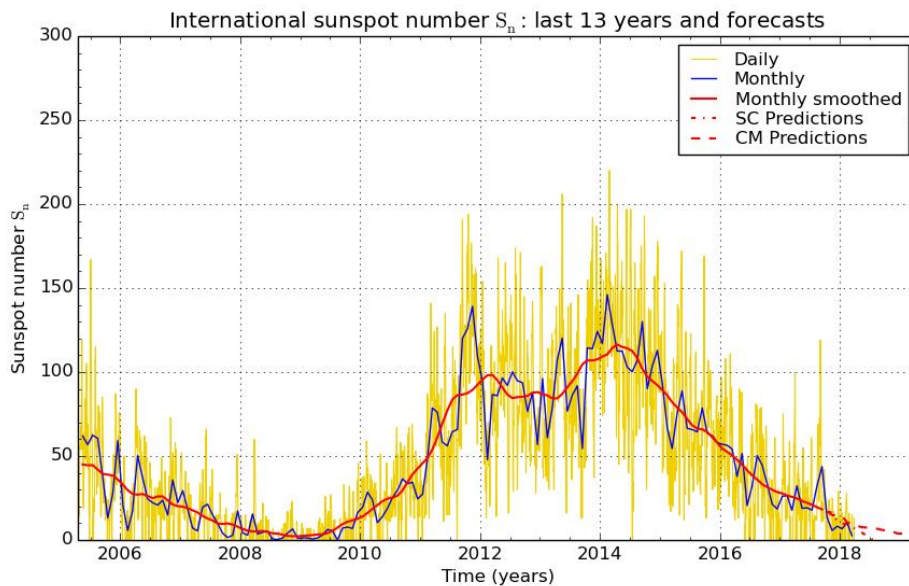
Μια 70ετή έλλειψη ηλιακών κηλίδων στα τέλη του 17<sup>ου</sup> αιώνα και την αρχή του 18<sup>ου</sup> προκάλεσε το πιο κρύο κομμάτι μίας μικρής εποχής παγετώνων κατά την οποία η Ευρώπη και η Βόρεια Αμερική αντιμετώπισαν ιδιαίτερα κρύους χειμώνες. Ο μηχανισμός για αυτή τη τοπική ψύξη μπορεί να οφειλόταν στις εκπομπές EUV ακτινοβολιών από τον ήλιο, αυτό όμως είναι μια θεώρηση χωρίς ιδιαίτερη επιστημονική τεκμηρίωση.

Παρακάτω βλέπουμε τα διαγράμματα του ετήσιου μέσου αριθμού των ηλιακών κηλίδων για μια περίοδο 400 ετών (1610-2010) και της τελευταίας δεκαετίας.



**Σχήμα 41:** Ηλιακή δραστηριότητα σε σχέση με τον αριθμό των ηλιακών κηλίδων, απο το 1600-2000

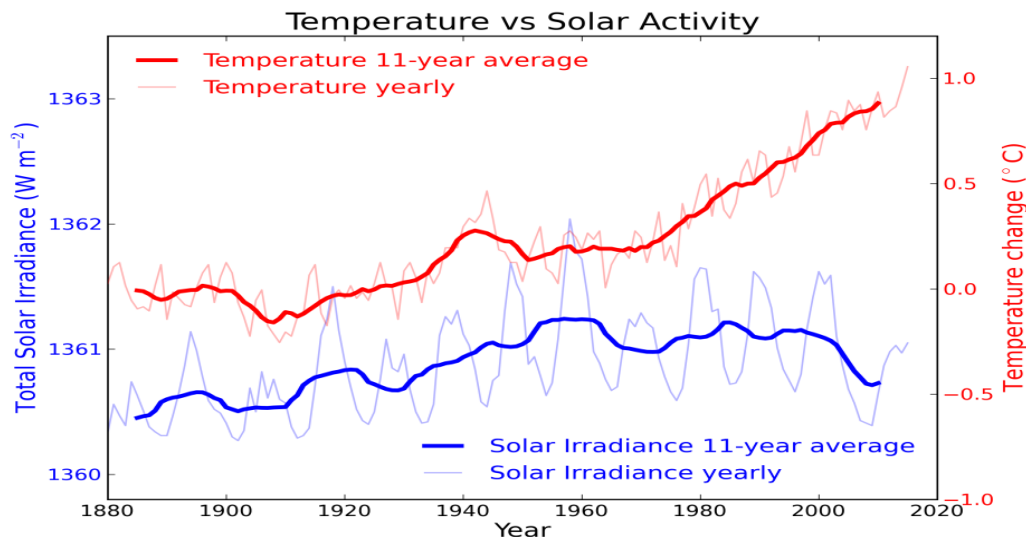
*Courtesy of NASA Marshall Space Flight Center*



SILSO graphics (<http://sidc.be/silso>) Royal Observatory of Belgium 2018 April 3

**Σχήμα 42:** Ηλιακή δραστηριότητα σε σχέση με τον αριθμό των ηλιακών κηλίδων, το χρονικό διάστημα 2004-2018

Δε παρατηρούμε καμία ανωμαλία συγκριτικά με προηγούμενα έτη, αντιθέτως παρατηρείται μείωση στον αριθμό των ηλιακών κηλίδων και της ηλιακής ακτινοβολίας. Συνεπώς η ηλιακή μεταβλητότητα δε μπορεί να δικαιολογήσει σε καμία περίπτωση την ραγδαία αύξηση της θερμοκρασίας.



**Σχήμα 43:** Διάγραμμα για την σύγκριση της μεταβολής της θερμοκρασίας της Γης σε σχέση με τις διακυμάνσεις της ηλιακής ακτινοβολίας. Αφορά το χρονικό διάστημα 1880-2018 [33]

## 2.2.6 Η διαφθορά των εταιριών ορυκτών καυσίμων

Η διαφθορά και η χρήση αθέμιτων μέσων από πολυεθνικές είναι ένα συχνό φαινόμενο το οποίο όμως σπάνια αναδεικνύεται, και οι κατηγορίες τείνουν να λαϊκίζουν χωρίς να επιρρίπτουν ουσιαστικές κατηγορίες με στοιχεία. Γι' αυτό στη συγκεκριμένη περίπτωση θα αναφερθούμε σε ένα συγκεκριμένο ιστορικό γεγονός. Για πολλά χρόνια οι πετρελαϊκές εταιρίες παρασκεύαζαν βενζίνη η οποία περιείχε μόλυβδο. Ο μόλυβδος αποτελεί ένα ιδιαίτερα τοξικό μέταλλο για τον ανθρώπινο οργανισμό το οποίο προκαλεί αναπνευστικές, εγκεφαλικές και άλλες βλάβες οι οποίες μπορεί να οδηγήσουν ακόμη και στον θάνατο. Οι επιδράσεις του μόλυβδου στον ανθρώπινο οργανισμό μας είναι γνωστές από την ρωμαϊκή περίοδο.

Η χρήση της βενζίνης με μόλυβδο ξεκίνησε το 1920 για να βελτιώσει την λειτουργία των κινητήρων οι οποίοι παρουσίαζαν πολλά λειτουργικά προβλήματα με την απλή βενζίνη. Βέβαια υπήρχε και η εναλλακτική της χρήσης αλκοόλης για την επίλυση του προβλήματος αλλά αυτή η λύση απορρίφτηκε καθώς έτσι οι πετρελαϊκές θα έχαναν ένα 30% του μεριδίου της αγοράς.

Για να μην υπάρχουν αντιδράσεις, οι πετρελαϊκές μίσθωναν επιστήμονες με επικεφαλής τον Robert Kehoe, για να δημοσιεύουν έρευνες οι οποίες θα καθιστούσαν το κοινό, καθώς υπήρχαν πολλά περιστατικά όπου οι εργάτες των διυλιστηρίων έχαναν τα λογικά τους, πηδώντας κάποιες φορές από τα παράθυρα. Έτσι οι έρευνες τους ανέφεραν πως ο μόλυβδος είναι επικίνδυνος μόνο κατά την επεξεργασία του και όχι στη καύση του.



**Σχήμα 44:** Φωτογραφία του Clair Patterson

Όλα αυτά, μέχρι να εμφανιστεί ο «ήρωας» της ιστορίας μας, τον οποίο ελάχιστοι θυμούνται. Ο λόγος για τον Clair Patterson, ο άνθρωπος ο οποίος βρήκε πρώτος την πραγματική ηλικία της Γης. Πάνω στην έρευνα του για την ηλικία της Γης τα αποτελέσματα του δε έβγαζαν νόημα λόγω της εκτεταμένης μόλυνσης των δειγμάτων με μόλυβδο. Έτσι κατασκεύασε το πρώτο απόλυτα αποστειρωμένο εργαστήριο. Ο Patterson ξεκίνησε εκτεταμένη έρευνα πάνω στο θέμα του μολύβδου, προσπαθώντας να βρει την ποσότητα μολύβδου που υπήρχε στην ατμόσφαιρα παλαιότερα. Ερευνώντας την άμμο από τα κατώτερα στρώματα των θαλασσών, βρήκε ότι παλαιότερα η περιεκτικότητα μολύβδου στον αέρα ήταν μηδενική. Παρουσίασε άμεσα τα αποτελέσματα του και η αντίδραση ήταν άμεση. Εώς εκείνη τη στιγμή η χρηματοδότηση της έρευνάς του προερχόταν από την ethyl (ένωση πετρελαϊκών εταιριών). Θέλοντας να αποκρύψουν τα στοιχεία, του πρότειναν να του χρηματοδοτήσουν οποιαδήποτε έρευνα θέλει ο ίδιος και να ξεχάσει το θέμα. Ο Patterson αρνήθηκε κατηγορηματικά και η χρηματοδότηση του εξαφανίστηκε **εν μια νυκτί**. Έτσι ξεκίνησε ο αγώνας του κατά του μολύβδου. Κατάφερε να πάρει τις απαραίτητες χορηγίες και ξεκίνησε το ταξίδι του για την αρκτική όπου μέσω παγοκολώνων θα έβρισκε την σύσταση της ατμόσφαιρας πριν την έναρξη της καύσης μολυβδου. Τα αποτελέσματα φυσικά επιβεβαίωσαν την αρχική του εκτίμηση και έτσι ξεκίνησε μια 20ετης δικαστική διαμάχη.

Ο Robert Kehoe, ο οποίος παλαιότερα είχε αναλάβει να καθυστερήσει το κοινό για το συμφέρον της ETHYL, τώρα προσπάθησε να κατευθύνει τα δικαστήρια προς το δικό τους συμφέρον. Τελικά ο Patterson δικαιώθηκε και ο μόλυβδος απαγορεύτηκε το 1986. Πλέον η ποσότητα μολύβδου στο αίμα του μέσου Αμερικάνου έχει μειωθεί κατά 80%, ωστόσο δεν υπάρχει ποσότητα η οποία να μην θεωρείται τοξική για τον ανθρώπινο οργανισμό. Η όλη διαμάχη μπορεί να δικαιώσει τον Patterson αλλά ουσιαστικά οι πετρελαικές κατάφεραν να επεκτείνουν την δικαστική διαμάχη όσο τους συνέφερε. Την περίοδο την οποία απαγορεύτηκε ο μόλυβδος η τεχνολογία των κινητήρων

είχε εξελιχθεί αρκετά ώστε να μην καθιστά απαραίτητη την χρήση μολύβδου στην βενζίνη.

Το ηθικό δίδαγμα στο παραπάνω γεγονός είναι η δύναμη την οποία διαθέτουν αυτού του είδους οι πολυεθνικές στο να καθοδηγούν το ευρύ κοινό και τον νόμο. Οι εταιρείες αυτές κατάφεραν για πάνω από 60 χρόνια να δηλητηριάσουν το κόσμο. Πόσο δύσκολο είναι να πράττουν αναλόγως στην περίπτωση της κλιματικής αλλαγής; Σε αντίθεση με τη περίπτωση του μολύβδου τα στοιχεία είναι αρκετά πιο περίπλοκα και απαιτείται μια ευρεία γκάμα επιστημών για την διαλεύκανση του ζητήματος. Έτσι είναι πολύ εύκολο να παραπλανήσεις το ευρύ κοινό με μπερδεμένα αποτελέσματα και με λαϊκισμούς. Επίσης στην περίπτωση της κλιματικής αλλαγής, αν αποδεχτούμε τον ανθρωπογενή παράγοντα ως υπαίτιο του προβλήματος, τότε οδηγούμαστε στον πλήρη αφανισμό των ορυκτών καυσίμων από τον πολιτισμό μας. Γνωρίζοντας πως στο παρελθόν οι εταιρίες αυτές έπραξαν με αυτόν τον τρόπο για να μην χάσουν μερίδιο της αγοράς τότε δεν είναι δεδομένο πως θα πράξουν ανάλογα τώρα που απειλούνται με τον πλήρη αφανισμό;

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Αμερική από όπου και προέρχονται πολλές πετρελαϊκές εταιρίες. Εκεί εμφανίζονται οι περισσότερες αμφισβητήσεις για τον ανθρωπογενή παράγοντα στην κλιματική αλλαγή. Βλέπουμε σε καθημερινή βάση πολιτικούς και άλλους μη επιστημονικά καταρτισμένους ανθρώπους να αμφισβητούν τα στοιχεία.

# Κεφάλαιο 3

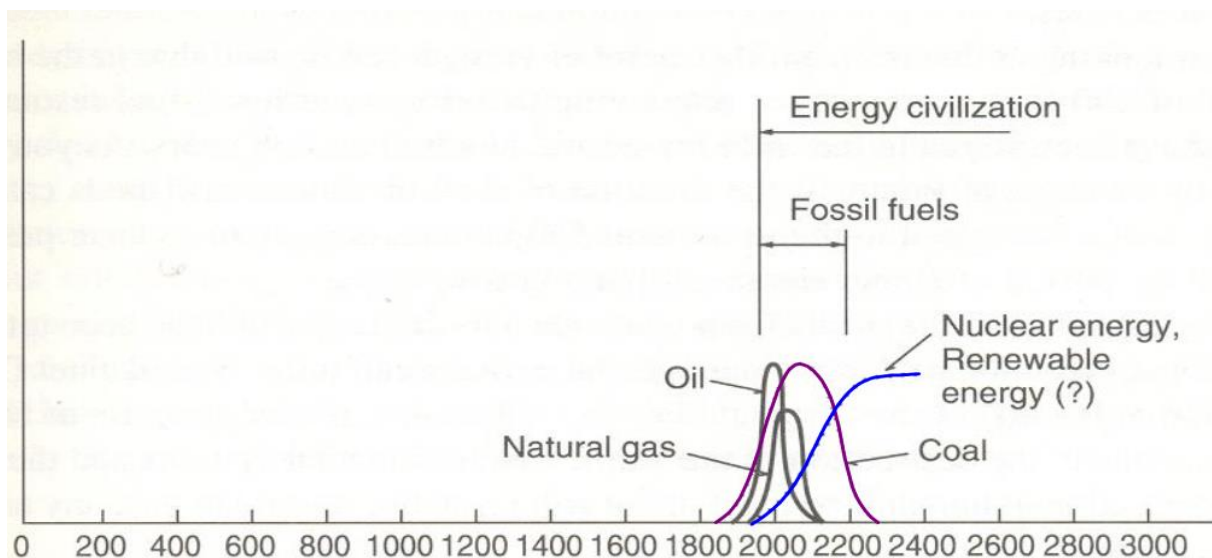
## Ανάγκη και τρόποι για εξοικονόμηση πόρων

### 3.1 Λύσεις στα ζητήματα της σπατάλης και της υπερκατανάλωσης των αναπτυγμένων χωρών

#### 3.1.1 Υπερκατανάλωση

Για την παραγωγή σχεδόν οποιουδήποτε προϊόντος ή υπηρεσίας είναι απαραίτητη η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης η οικονομική ανάπτυξη οποιασδήποτε χώρας προϋποθέτει κατανάλωση τεράστιων ποσών ηλεκτρικής ενέργειας και αυξημένη μεταφορική ικανότητα. Η βασική πηγή ενέργειας για την τροφοδότηση και ανάπτυξη όλων των παραπάνω τομέων είναι τα ορυκτά καύσιμα, σε ποσοστό περίπου 80% των συνολικών ενεργειακών αναγκών παγκοσμίως.

Το σημείο το οποίο αποτελεί κοινό τόπο, τόσο για τους υποστηρικτές της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής, όσο και για αυτούς που θεωρούν τις απόψεις περί κλιματικής αλλαγής εξαπάτηση της κοινής γνώμης για οικονομικοπολιτικά συμφέροντα, είναι η ανάγκη για εξοικονόμηση των πόρων. Είναι γεγονός ότι τα ορυκτά καύσιμα είναι πεπερασμένα και αναμένεται να εξαντληθούν μέσα στους επόμενους αιώνες, και αρκετά νωρίτερα αναμένεται να μην επαρκούν για την πλήρη κάλυψη των ολοένα και αυξανόμενων ανθρώπινων αναγκών.



**Σχήμα 45:** Η πορεία της χρήσης των διάφορων πηγών ενέργειας, σύμφωνα με τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα και με μελλοντικές προβλέψεις, για το χρονικό διάστημα 0-3000 μ.Χ. Πηγή: Παρουσίαση του Ομότιμου Καθηγητή

*της Σχολής Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών Ε.Μ.Π., Χ. Αθ. Φραγκόπουλου στα πλαίσια του μαθήματος «Περιβάλλον και Ανάπτυξη», με τίτλο «Προς την Οικονομία του Υδρογόνου;»*

Τον συλλογισμό αυτό ενισχύει η υφιστάμενη υπερκατανάλωση των πόρων και η συνεχόμενη αύξηση του πληθυσμού της Γης.

Υπερκατανάλωση είναι η κατάσταση στην οποία οι φυσικοί πόροι που χρησιμοποιούνται-καταναλώνονται ξεπερνούν την ικανότητα του ίδιου του οικοσυστήματος να παραμείνει βιώσιμο. Με άλλα λόγια, η υπερκατανάλωση αφορά την κατάσταση στην οποία οι πόροι καταναλώνονται με τέτοιο ρυθμό, (ρυθμός ο οποίος είναι κατά πολύ μεγαλύτερος από αυτόν που απαιτείται για την επιβίωση των ατόμων – σπατάλη) που αναμένεται να μην επάρκουν στο άμεσο μέλλον για την κάλυψη των αναγκών των μελών του οικοσυστήματος, δημιουργώντας παράλληλα τεράστιο πρόβλημα ρύπανσης του περιβάλλοντος, εξαιτίας του τεράστιου όγκου των αποβλήτων που δημιουργείται.

Δύο είναι οι κύριοι μηχανισμοί που τροφοδοτούν την υπερκατανάλωση. Πρώτον, τα περισσότερα προϊόντα που φτιάχνονται σήμερα, σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε σκοπίμως να αχρηστεύονται μετά από σύντομο χρονικό διάστημα. Ωστόσο το διάστημα αυτό μελετάται, ώστε να είναι αρκετό για να μην δημιουργεί δυσαρέσκεια στους πελάτες και να επιστρέφουν για να αγοράσουν ξανά καινούρια προϊόντα. Δεύτερον, ο τρόπος ζωής, το λεγόμενο *lifestyle*, ειδικά στις ανεπτυγμένες χώρες, παίζει καθοριστικό ρόλο στην ώθηση του ατόμου στην κατανάλωση, και στην δημιουργία επίπλευστων αναγκών. «Καύσιμο» για την κατανάλωση είναι η διαφήμιση και η δημιουργία τάσεων και μόδας. Οι καταναλωτές πείθονται ότι διάφορες κατηγορίες αντικειμένων, όπως είναι τα προϊόντα ένδυσης και υποδημάτων, προϊόντα υψηλής τεχνολογίας, χάνουν την αξία τους επειδή είναι εκτός μόδας. Μάλιστα, ζούμε στην εποχή της «γρήγορης μόδας» (*fast fashion*), όπου τάσεις έρχονται και παρέρχονται ακόμη και σε εβδομαδιαία βάση. Βασίζεται στην άμεση και μαζική διάθεση προϊόντων από σχεδιαστές σε προσιτές τιμές. Εκπρόσωποι αυτής της φιλοσοφίας είναι κυρίως οι μεγάλες πολυεθνικές αλυσίδες ρούχων.

Η υπερκατανάλωση είναι εξίσου έντονη και στα τρόφιμα. Μελέτες δείχνουν ότι το 1/3 των τροφίμων που παράγονται παγκοσμίως για ανθρώπινη κατανάλωση (περίπου 1,3 δις τόνοι), χάνεται ή πετιέται. Σύμφωνα με μία εκτίμηση για την ΕΕ, το 2012, τα τρόφιμα που πετιούνται ή χάνονται κατά τη διάρκεια της αλυσίδας εφοδιασμού, δηλαδή από την γεωργική παραγωγή μέχρι την τελική κατανάλωση, είναι 88 εκατομμύρια τόνοι ή 173 κιλά ανά άτομο ετησίως. Αυτό αντιστοιχεί σε εκπομπή 170 εκ. τόνων CO<sub>2</sub>. Οι τομείς που συμβάλουν περισσότερο στην δημιουργία απορριμμάτων τροφίμων είναι τα νοικοκυριά με ποσοστό 53% και στη συνέχεια η επεξεργασία τροφίμων με ποσοστό 19%.

Χώρες όπως η Κίνα και η Ινδία είναι έντονα αναπτυσσόμενες τόσο οικονομικά όσο και πληθυσμιακά. Συγκεκριμένα ο πληθυσμός της Κίνας το 2018 έφτασε τα 1,388 δισεκατομμύρια, αποτελώντας το 18,43% του παγκόσμιου



πληθυσμού και της Ινδίας 1,352 δισεκατομμύρια με ποσοστό 17,94%. Σαν μέτρο σύγκρισης φέρνουμε ότι ο πληθυσμός της Ευρώπης είναι 741,4 εκατομμύρια, αποτελώντας περίπου το 9,838% του παγκόσμιου πληθυσμού.[34] Εύκολα συμπεραίνεται λοιπόν ότι αν αυξηθούν οι καταναλωτικές ανάγκες ανά κάτοικο αυτών των χωρών και φτάσουν τα επίπεδα κατανάλωσης της Ευρώπης και της Αμερικής, η κατανάλωση ενέργειας και φυσικών πόρων θα είναι τεράστια και κατά συνέπεια και η δημιουργία απορριμμάτων και ρύπων θα είναι ανεξέλεγκτη.

Συνοψίζοντας, η παρατεταμένη υπερκατανάλωση σε τεράστια κλίμακα θα οδηγήσει σε εξάντληση των πόρων της φύσης και υποβάθμιση του περιβάλλοντος.

Ως μόνη λύση σε αυτό το πρόβλημα, λοιπόν, παρουσιάζεται η πρόληψη, μέσω της δημιουργίας μιας κυκλικής οικονομίας (επαναχρησιμοποίηση) και η στροφή σε εναλλακτικές μορφές ενέργειας, όπως είναι οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.

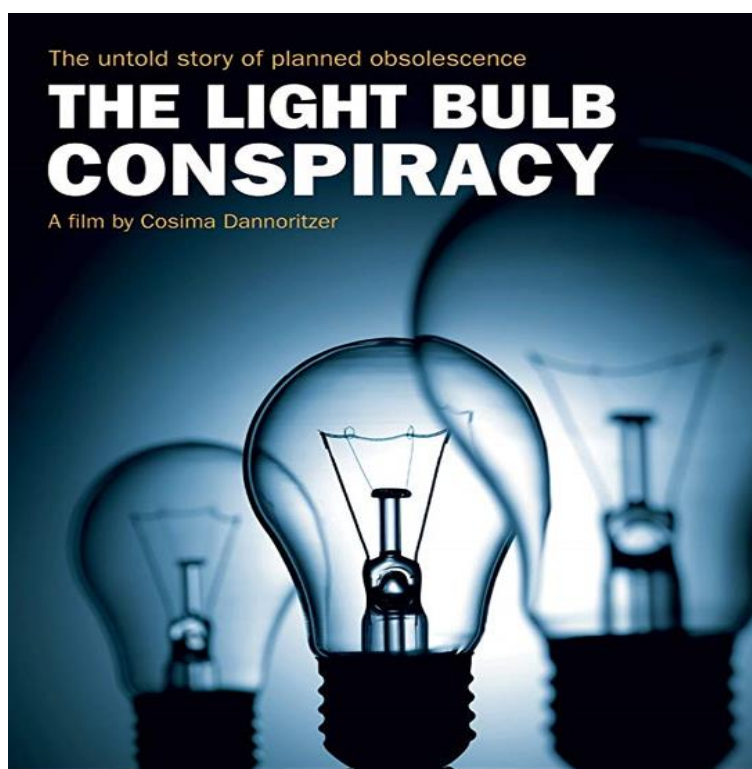
### **3.1.2 Εκ προμελέτης απαξίωση**

Η εκ προμελέτης απαξίωση (planned or built-in obsolescence) αποτελεί μια τεχνική σχεδιασμού και παραγωγής προϊόντων ώστε αυτά να έχουν περιορισμένη ζωή χρήσης, υπό την έννοια ότι έπειτα από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα τα προϊόντα κατανοούν μη λειτουργικά ή ξεπερασμένα χάνοντας την αξία τους. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται ότι οι πελάτες των συγκεκριμένων προϊόντων θα συνεισφέρουν στη συνολική ζήτηση έπειτα από ένα πεπερασμένο και γνωστό χρονικό διάστημα, εξασφαλίζοντας ακόμη και την πώληση πολλαπλών όμοιων προϊόντων στον ίδιο καταναλωτή. Η απαξίωση μπορεί να επέλθει μέσω ενός εκ των κάτωθι τρόπων:

- Προσφορά κάποιας βελτιωμένης έκδοσης ενός προϊόντος
- Σχεδίαση προϊόντος ώστε να εξασφαλίζεται η ορθή λειτουργία του μόνο εντός ενός προκαθορισμένου χρονικού διαστήματος
- Δημιουργία καταναλωτικής ανάγκης για απόκτηση ενός νέου και βελτιωμένου προϊόντος

Όλα ξεκίνησαν όταν το 1924, οι αμερικανοί κατασκευαστές ηλεκτρικών λαμπτήρων συνειδητοποίησαν ότι η καλή ποιότητα κατασκευής των προϊόντων τους αποτελούσε ανασταλτικό παράγοντα για την εξασφάλιση υψηλών κερδών από την επιχειρηματική τους δραστηριότητα. Για το λόγο αυτό, γνωστοί κατασκευαστές όπως οι Osram, Philips και General Electric συγκρότησαν το καρτέλ Phoebus και συμφώνησαν να μειώσουν την ανθεκτικότητα των λαμπτήρων τους από τις 2.500 ώρες στις 1.000 κατά μέσο όρο. Ένας αρχικός ορισμός που δόθηκε στην εκ προμελέτης απαξίωση είναι ο εξής: «Η εμφύσηση στον αγοραστή της επιθυμίας αγοράς και κατοχής ενός προϊόντος λίγο νεότερου, λίγο καλύτερου και λίγο νωρίτερα απ' ό,τι είναι αναγκαίο». Έπειτα ο όρος αυτός χρησιμοποιήθηκε ευρέως για να δηλώσει

το γεγονός της σχεδίασης και παραγωγής προϊόντων τα οποία είτε καταστρέφονταν πολύ εύκολα είτε πολύ γρήγορα καταντούσαν παρωχημένα.



**Σχήμα 45:** Φωτογραφία εξωφύλλου από το ντοκιμαντέρ "The Light Bulb Conspiracy", το οποίο διηγείται την ιστορία των εταιριών που σχεδίαζαν κατάλληλα τα προϊόντα τους για να αχρηστεύονται μετά απο σύντομο χρονικό διάστημα

Ένα πρόσφατο παράδειγμα εκ προμελέτης απαξίωσης αποτελεί η έκδοση μιας ενημέρωσης λογισμικού για κινητές συσκευές της γνωστής εταιρείας τεχνολογικών προϊόντων Apple, η οποία αποδείχθηκε πως περιόριζε τις επιδόσεις παλαιότερων κινητών συσκευών της εταιρείας με πρόσχημα την καλύτερη διατήρηση της μπαταρίας αυτών, αλλά με απώτερο σκοπό την ώθηση των κατόχων τους στην αγορά των νέων μοντέλων της εταιρείας. Έναν πιο ευφάνταστο τρόπο βρήκε η εταιρεία Epson, κατασκευάστρια πολυμηχανημάτων και εκτυπωτών μεταξύ άλλων, η οποία με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού και ενός τσιπ, μπλόκαρε τη λειτουργία των εκτυπωτών της όταν ολοκληρώνονταν 18.000 σελίδες εκτύπωσης.

Υπάρχουν, βέβαια, και περιπτώσεις στις οποίες η απαξίωση επέρχεται πιο έμμεσα μέσω του σχεδιασμού συσκευών οι οποίες είναι κατασκευασμένες με τέτοιο τρόπο που αποτελεί πρακτικά αδύνατη η επισκευή αυτών, η οποιαδήποτε επέμβαση όπως είναι η αλλαγή μπαταρίας ή τα ανταλλακτικά είναι μη διαθέσιμα μετά από σύντομο χρονικό διάστημα ή τόσο ακριβά που καταστούν μη συμφέρουσα την αγορά τους. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται και σε αυτές τις περιπτώσεις η πρόωρη απαξίωση των προϊόντων.

Ένα σημαντικό εργαλείο επηρεασμού της κοινής γνώμης και επιβολής της απαξίωσης σε αυτήν είναι και η διαφήμιση, μέσω της οποίας οι κατασκευα-

στές προϊόντων δημιουργούν την αίσθηση του ξεπερασμένου για προϊόντα τα οποία είναι ακόμη πλήρως λειτουργικά.

Το 1929, έπειτα από τη Μεγάλη Ύφεση που ακολούθησε το χρηματιστηριακό κραχ, ο Μπερναρντ Λόντον, αμερικανός οικονομολόγος, εισηγήθηκε μάλιστα την υποχρεωτική θέσπιση της εκ προμελέτης απαξίωσης με στόχο την ταχύτερη κίνηση της οικονομίας και την καταπολέμηση της ανεργίας.

Ωστόσο, τα οφέλη αυτά στην οικονομία είναι ασήμαντα μπροστά στη ρύπανση του περιβάλλοντος στην οποία οδηγεί το φαινόμενο αυτό. Αποτέλεσμα της πρακτικής της εκ προμελέτης απαξίωσης είναι η αλόγιστη συσσώρευση επικίνδυνων σκουπιδιών, αποβλήτων και ρύπων καθώς και η εξάντληση των πρώτων υλών του πλανήτη. Επί παραδείγματι, μια τετραμελής οικογένεια στη Γαλλία παράγει 2,4 τόνους σκουπιδιών ετησίως, ενώ τα 80 κιλά εξ αυτών αφορούν εξαιρετικά τοξικά ηλεκτρονικά απόβλητα.

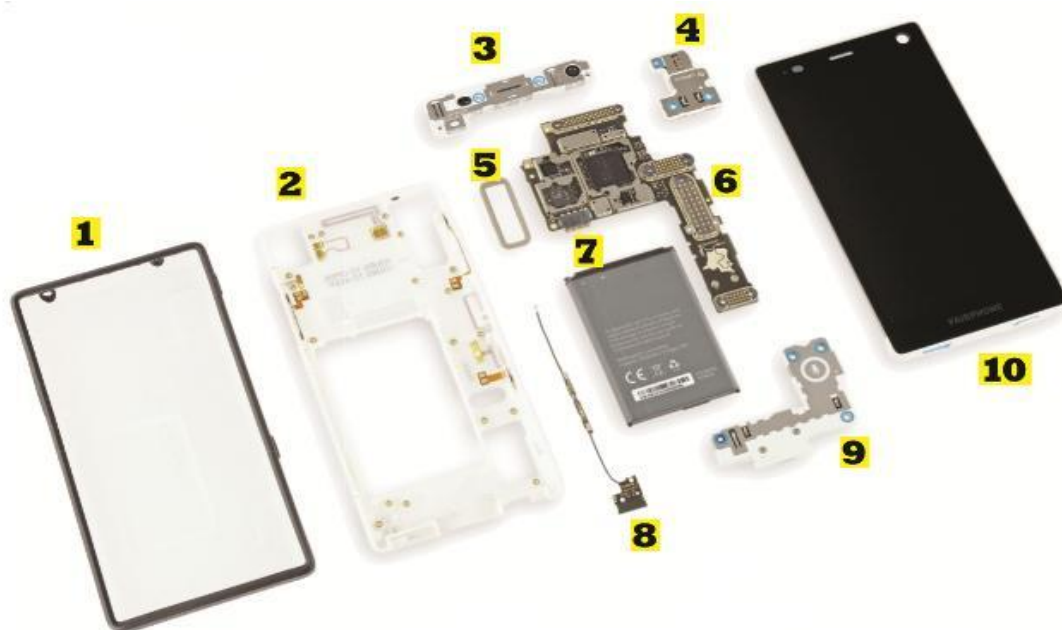


**Σχήμα 46:** Εικόνα μη διαχειρίσιμης συσσώρευσης απορριμάτων από το ντοκιμαντέρ "The Light Bulb Conspiracy"

Ήδη έχουν φανεί οι πρώτες αντιδράσεις σε διεθνές επίπεδο απέναντι στις πρακτικές απαξίωσης, όσο και αν αυτές έχουν ριζώσει για τα καλά στις ζωές μας τα τελευταία 94 χρόνια.

Μεταξύ των προτεινόμενων μέτρων που μπορούν εύκολα να ανατρέψουν την κατάσταση αυτή είναι η θέσπιση δεκαετούς εγγύησης για κάθε συσκευή χωρίς την παρουσία πολύπλοκου νομοθετικού πλαισίου. Το ευρωπαϊκό οικολογικό κίνημα θεωρεί ότι η λύση αυτή μπορεί να δώσει απάντηση στην εκ προμελέτης απαξίωση και να οδηγήσει τους κατασκευαστές στην παραγωγή ανθεκτικότερο προϊόντων, γλιτώνοντας έτσι τα υψηλά κόστη επισκευής και αντικατάστασης. Ένα ακόμη προτεινόμενο μέτρο είναι η θέσπιση ενός μικρού φόρου σε προϊόντα με μικρή διάρκεια ζωής και η μείωση του συντελεστή ΦΠΑ για προϊόντα που αποδεδειγμένα έχουν στιβαρή κατασκευή που εγγυάται τη μακροχρόνια χρήση τους καθώς και μεγάλη επι-

σκευασιμότητα και δυνατότητα αναβάθμισης. Έτσι, δεδομένου και του μικρού συντελεστή φορολογίας που αφορά τις επισκευές προϊόντων σε πολλές χώρες, θα μπορούσε αυτό να οδηγήσει στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Η Γαλλία ήδη από το 2015 έχει θεσπίσει νομοθεσία που καθιστά την προγραμματισμένη απαξίωση ποινικό αδίκημα που επισύρει πρόστιμο ύψους 300.000 Ευρώ ή έως 5% του τζίρου μιας επιχείρησης και φυλάκιση μέχρι 2 έτη. Η προαναφερθείσα υπόθεση με τις αναβαθμίσεις της Apple σε παλιά μοντέλα κινητών της συσκευών, είναι η πρώτη υπόθεση που μπήκε στο στόχαστρο των αρχών και αναμένεται να φανεί κατά πόσο μπορεί να αποδειχθεί ο δόλος εκ μέρους της κατασκευάστριας εταιρείας. Πολύ ενθαρρυντικό είναι το γεγονός ότι πολλοί κατασκευαστές έχουν πλέον στραφεί σε πελάτες με οικολογική συνείδηση προσφέροντας 5ετή ή 10ετή εγγύηση με πλήρη επάρκεια ανταλλακτικών και εξουσιοδοτημένων επισκευαστών, προσφέροντας έτσι ποιοτικά προϊόντα με μεγάλη διάρκεια ζωής. Αξίζει να αναφέρουμε επίσης το κινητό τηλέφωνο Fairphone, προϊόν μιας ολλανδικής συνεταιριστικής επιχείρησης το οποίο είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό ώστε να αντέχει σε πτώσεις αλλά και κατασκευασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε τα μέρη του αντικαθίστανται ιδιαίτερα εύκολα σε περιπτώσεις επισκευής ή αναβάθμισης. Η συσκευή παρέχει και την FairTrade πιστοποίηση, που σημαίνει ότι τα μέταλλα που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του δεν προκάλεσαν ρύπανση του περιβάλλοντος ούτε εξορύχτηκαν από εξθλιωμένους εργάτες χωρών του Τρίτου Κόσμου.[35]



**Σχήμα 47:** Αποσυναρμολόγηση κινητού Fairphone, με σκοπό την επίδειξη της ευκολίας αντικατάστασης κάποιου τμήματός του

## Βιβλιογραφία

- [1] "IPCC (2014) Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change."
- [2] M. G. and A. R.J., "Global, Regional and National Fossil-Fuel CO<sub>2</sub> Emissions," Boden, T.A., Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi 10.3334/CDIAC/00001\_V2017, 2017.
- [3] M. Pagani, "Marked Decline in Atmospheric Carbon Dioxide Concentrations During the Paleocene," *Science*, vol. 309, no. 5734, pp. 600–603.
- [4] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), "No Title." [Online]. Available: <https://www.ipcc.ch/report/graphics/images/Assessment Reports/AR5 - WG1/SPM/FigSPM-01.jpg>.
- [5] NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), "No Title." [Online]. Available: <https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/service/global/extremes/201801.gif>.
- [6] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), "No Title." [Online]. Available: [https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/fig/figure-spm-6-l.png](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/fig/figure-spm-6-l.png).
- [7] NASA (National Aeronautics And Space Administration), "No Title." [Online]. Available: <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2018/arctic-wintertime-sea-ice-extent-is-among-lowest-on-record>.
- [8] Q. Yang *et al.*, "Recent increases in Arctic freshwater flux affects Labrador Sea convection and Atlantic overturning circulation," *Nat. Commun.*, vol. 7, p. 10525, Jan. 2016.
- [9] USDA (United States Department of Agriculture), "No Title." [Online]. Available: [https://www.fs.usda.gov/ccrc/sites/default/files/Figure2\\_primer\\_updated2014r2.png](https://www.fs.usda.gov/ccrc/sites/default/files/Figure2_primer_updated2014r2.png).
- [10] C. I. (Paleoclimatology), "No Title." [Online]. Available: <http://climate.org/wp-content/uploads/2016/10/Earth-Temp-1200x413.png>.
- [11] Britannica, "No Title." [Online]. Available: <https://cdn.britannica.com/668x448/15/149415-004-3FCD1F93.jpg>.
- [12] A. (American G. Union), "No Title." [Online]. Available: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2011GL049444>.
- [13] N. (National O. and A. Administration), "No Title." [Online]. Available: [https://www.climate.gov/sites/default/files/CaG\\_GlobalTempAnom\\_1.jpg](https://www.climate.gov/sites/default/files/CaG_GlobalTempAnom_1.jpg).

- [14] British museum, "No Title." [Online]. Available: [http://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00599/AN00599781\\_001\\_l.jpg](http://www.britishmuseum.org/collectionimages/AN00599/AN00599781_001_l.jpg).
- [15] J. P. G. Museum, "No Title." [Online]. Available: <http://www.getty.edu/art/collection/objects/125/gerrit-battem-figures-on-a-frozen-canal-dutch-1670s/>.
- [16] Radiotimes, "No Title." [Online]. Available: <http://www.radiotimes.com/news/tv/2018-04-20/call-the-midwife-the-real-history-behind-the-big-freeze-of-1963/>.
- [17] Time, "No Title." [Online]. Available: <http://content.time.com/time/covers/0,16641,19770131,00.html>.
- [18] Time, "No Title." [Online]. Available: <http://content.time.com/time/covers/0,16641,20070409,00.html>.
- [19] NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), "No Title." [Online]. Available: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>.
- [20] Geocraft, "No Title." [Online]. Available: [http://www.geocraft.com/WVFossils/Carboniferous\\_climate.html](http://www.geocraft.com/WVFossils/Carboniferous_climate.html).
- [21] Physics Stack Exchange, "No Title." [Online]. Available: <https://physics.stackexchange.com/questions/116596/convert-units-for-spectral-irradiance>.
- [22] USGS (U.S. Geological Survey), "No Title." [Online]. Available: <https://www.usgs.gov/media/images/water-cycle-poster-natural-water-cycle>.
- [23] K. I. Abdusamatov, "Bicentennial decrease of the solar constant leads to the Earth's unbalanced heat budget and deep climate cooling," *Kinemat. Phys. Celest. Bodies*, vol. 28, no. 2, pp. 62–68, 2012.
- [24] NASA (National Aeronautics And Space Administration), "No Title." [Online]. Available: [https://sunearthday.nasa.gov/2007/locations/ttt\\_atob.php](https://sunearthday.nasa.gov/2007/locations/ttt_atob.php).
- [25] Stanford Solar Center, "No Title." [Online]. Available: <http://solar-center.stanford.edu/sun-on-earth/glob-warm.html>.
- [26] The Guardian, "No Title." [Online]. Available: <https://www.theguardian.com/environment/2007/oct/11/climatechange>.
- [27] NASA (National Aeronautics And Space Administration), "No Title." [Online]. Available: [https://pubs.giss.nasa.gov/docs/1988/1988\\_Hansen\\_ha02700w.pdf](https://pubs.giss.nasa.gov/docs/1988/1988_Hansen_ha02700w.pdf).
- [28] ETE (Exploring the Environment), "No Title." [Online]. Available: <http://ete.cet.edu/gcc/style/images/uploads/SurfaceTemp.png>.
- [29] K. Virágh, S. Bartha, and Z. Botta-Dukát, "WGIAR5\_Citations\_FinalRev1." 2000.

- [30] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), "No Title." [Online]. Available: <http://landscapesandcycles.net/chris-landsea-resigns-from-ipcc.html>.
- [31] "No Title." [Online]. Available: <https://www.co2.earth/seasonal-co2-cycle>.
- [32] "No Title." [Online]. Available: <https://www.milanzivic.com/2013/06/>.
- [33] "No Title." [Online]. Available: <https://www.skepticalscience.com/solar-activity-sunspots-global-warming.htm>.
- [34] Wikipedia, "No Title." [Online]. Available: [https://el.wikipedia.org/wiki/Κατάλογος\\_χωρών\\_ανά\\_πληθυσμό](https://el.wikipedia.org/wiki/Κατάλογος_χωρών_ανά_πληθυσμό).
- [35] Β. Παπακριβόπουλος, "Η `σχεδία' της αχρήματης κοινωνίας," *Σχεδία*, vol. #60, no. Κατανάλωση, pp. 44-47, 2018.



*"I'm not a believer in man-made global warming. It could be warming, and it's going to start to cool at some point. And you know, in the early, in the 1920s, people talked about global cooling...They thought the Earth was cooling. Now, it's global warming...But the problem we have, and if you look at our energy costs, and all of the things that we're doing to solve a problem that I don't think in any major fashion exists." the 1920s, people talked about global cooling...They thought the Earth was cooling. Now, it's global warming...But the problem we have, and if you look at our energy costs, and all of the things that we're doing to solve a problem that I don't think in any major fashion exists."*

Donald J. Trump, 45th President of the United States of America

*"The danger is that global warming may become self-sustaining, if it has not done so already. The melting of the Arctic and Antarctic ice caps reduces the fraction of solar energy reflected back into space, and so increases the temperature further. Climate change may kill off the Amazon and other rain forests, and so eliminate once one of the main ways in which carbon dioxide is removed from the atmosphere. The rise in sea temperature may trigger the release of large quantities of carbon dioxide, trapped as hydrides on the ocean floor. Both these phenomena would increase the greenhouse effect, and so global warming further. We have to reverse global warming urgently, if we still can. "*

Stephen Hawking, former Director of Research at the Centre for Theoretical Cosmology at the University of Cambridge