

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ: ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

## Κεφάλαιο 1 Κλιματική αλλαγή

Διδάσκων: ΙΩΑΝΝΗΣ ΓΚΙΑΛΑΣ

# Σκοπός του Μαθήματος

- Θα εξετασθεί το πρόβλημα της ενέργειας συνολικά
- Ποιές είναι οι εναλλακτικές μας λύσεις
- Κατανόηση τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας.
- Έπικρατούσες μέθοδοι παραγωγής (κυρίως καύσεις)
- Ανανεώσιμες πηγές.
- Θα εξετασθούν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, προοπτικές, επιπτώσεις οικονομικές, περιβαλλοντικές και κοινωνικές.
- Θα επικεντρωθούμε σε δύο μορφές ανανεώσιμης ενέργειας, την αιολική και την ηλιακή, κυρίως μέσω φωτοβολταϊκών.
- Στα φωτοβολταϊκά θα εξετασθούν οι φυσικές αρχές που διέπουν την λειτουργία τους, πράγμα που απαιτεί την εισαγωγή ορισμένων νέων φυσικών εννοιών.
- Τέλος θα εξετασθούν σύντομα η πυρηνική ενέργεια, τεχνολογίες αποθήκευσης, ένταξης των ανανεώσιμων στο δίκτυο, και η οικονομική θεώρηση του ζητήματος «ενέργεια»

# Περιεχόμενα-I

- Το θέμα της κλιματικής αλλαγής
- Εισαγωγικά για ανανεώσιμες μορφές ενέργειας
- Μετάδοση Θερμότητας
- Ηλιακή ακτινοβολία
- Θέρμανση κτιρίων
- Ηλιακοί συλλέκτες
- Συγκεντρωτικοί ηλιακοί συλλέκτες

# Περιεχόμενα-II

- Ατομική θεωρία
- Φωτοβολταϊκή μετατροπή
- Μηχανική ρευστών - Εισαγωγή στην αιολική ενέργεια
- Αιολικά συστήματα παραγωγής ηλεκτρισμού
- Πυρηνική ενέργεια
- Εργοστάσια παραγωγής πυρηνικής ενέργειας
- Αποθήκευση ενέργειας.



# ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

- 5 πρόοδοι (20% η κάθε μία). Σε περίπτωση αποτυχίας η πρόοδος επαναλαμβάνεται.
- Ιανουάριος Δεν υπάρχει Γραπτή εξέταση
- Σεπτέμβριος Γραπτή εξέταση (100%)

# Βιβλιογραφία

Σταθμοί Παραγωγής ηλεκτρικής Ισχύος	Απόστολος Πολυζάκης	ΕΥΔΟΞΟΣ: <b>68378829</b>
Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας Δυναμικό και Τεχνολογίες	Δ. Ασημακόπουλος, Γ. Αραμπατζής, Α. Αγγελής-Δημάκης, Α. Καρταλίδης, Γ. Τσιλιγκιρίδης	ΕΥΔΟΞΟΣ: 41963205
Ενεργειακή και Περιβαλλοντική Φυσική	Αργυρίου Αθανάσιος, Γιαννούλη Μυρσίνη	ΕΥΔΟΞΟΣ: 3704
Renewable Energy Resources	John Twidell and Tony Weir	
Renewable Energy for a Sustainable Future	2 <sup>nd</sup> Edition, Godfrey Boyle	
Bent Sorensen	Renewable Energy, 3 <sup>rd</sup> edition	

# ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

ΤΙ ΕΊΝΑΙ;

ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ;

ΠΟΙΕΣ ΕΊΝΑΙ ΟΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ;

ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΕΞΗΓΗΣΕΙΣ

Πηγές: NASA

# Διαχρονικές αλλαγές κλίματος

- Το κλίμα της Γης αλλάζει συνεχώς.
- Τα τελευταία 650000 χρόνια έχουν συμπληρωθεί 7 κύκλοι παγετώνων (άνοδος και υποχώρηση)
- Μετά το απότομο τέλος της τελευταίας εποχής παγετώνων πριν από 11700 χρόνια, αρχίζει η παρούσα εποχή του κλίματος (και ο ανθρώπινος πολιτισμός).
- Πού οφείλονται αυτές οι αλλαγές; Στις μικρές αλλαγές στην τροχιά της γης που αλλάζει και το ποσό της ενέργειας που προσλαμβάνει από τον Ήλιο.

# Scientific evidence for warming of the climate system is unequivocal.

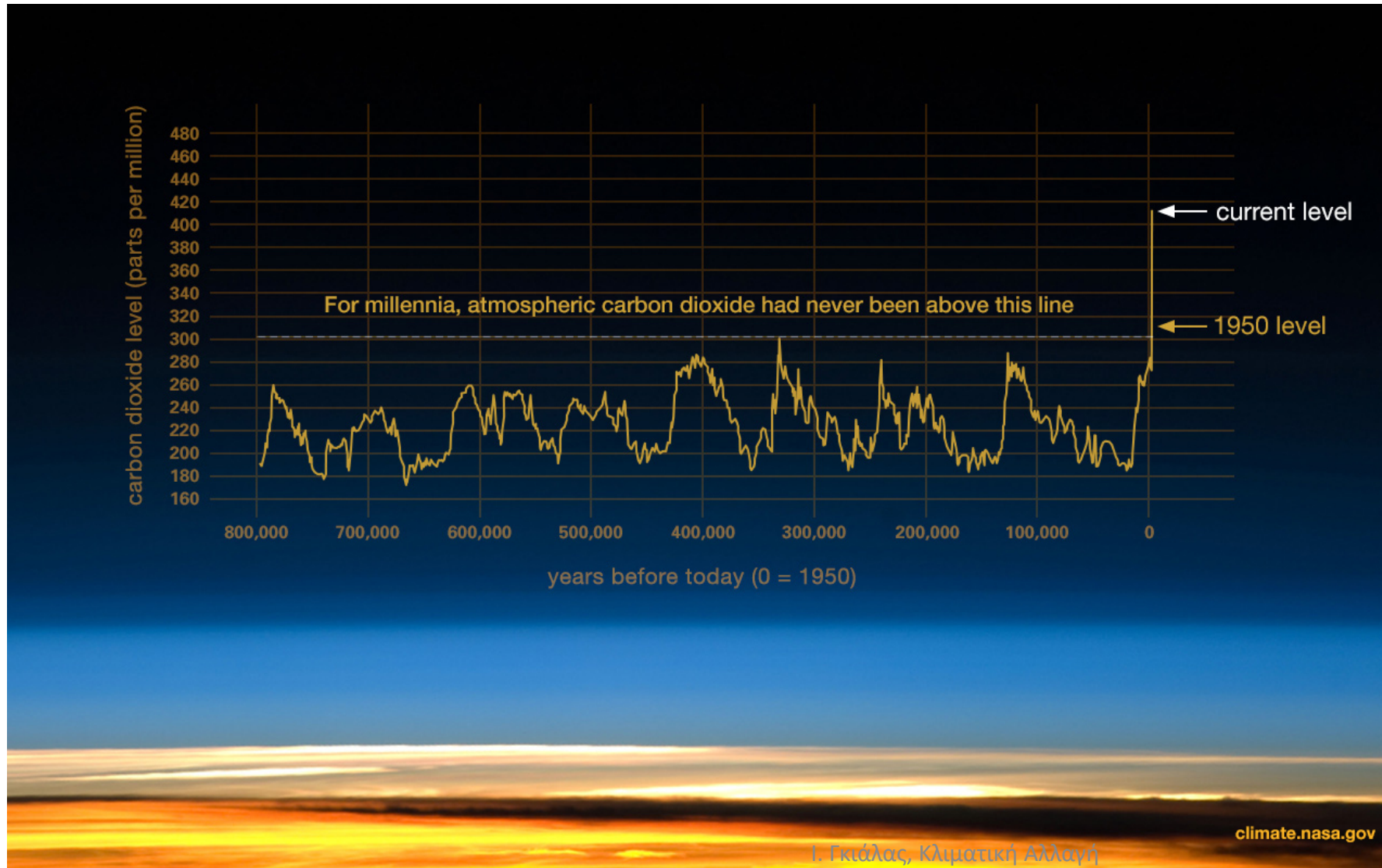
*Intergovernmental Panel on Climate Change*

- Η παρούσα τάση θέρμανσης του πλανήτη είναι σημαντική επειδή είναι πολύ πιθανόν να οφείλεται σε ανθρωπογενή αίτια από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Ο ρυθμός είναι πολύ ταχύτερος από οποτεδήποτε στο παρελθόν (>95% πιθανότητα)
- Χρησιμοποιούμε δορυφόρους και πολλών ειδών αισθητήρες να συγκεντρώσουμε διαφορετικά δεδομένα σε πλανητικό επίπεδο. (Η μεγάλη εικόνα)

# ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

- Πώς ξέρουμε ότι συμβαίνει;

# Επίπεδο CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα



- Φαίνεται η ποσότητα CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα τα τελευταία 800000 χρόνια.
- Φαίνονται οι 7 εποχές παγετώνων.
- Αύξηση 33% από το επίπεδο του 1950.

# ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΤΑΧΕΙΑΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

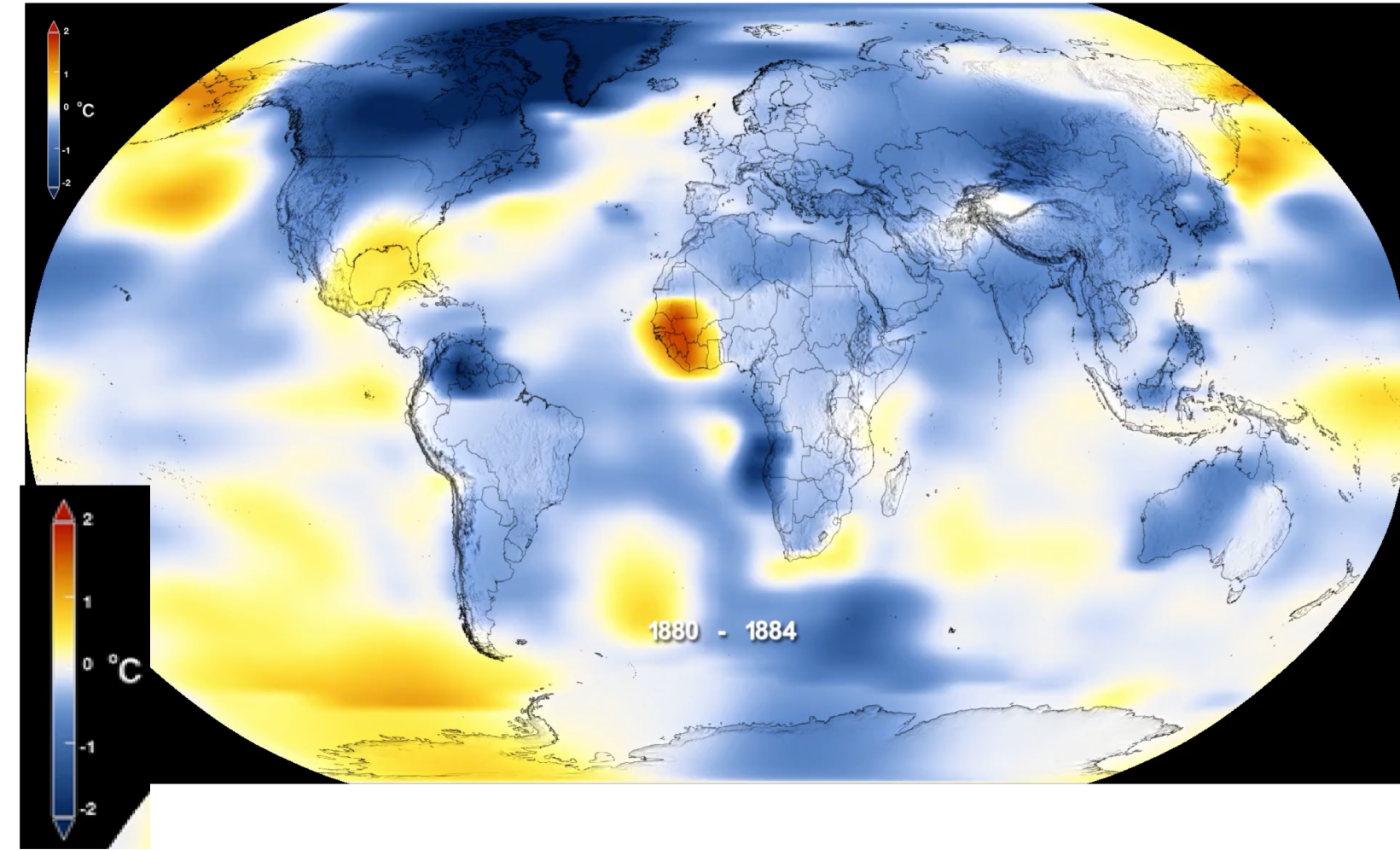
- Παγκόσμια αύξηση θερμοκρασίας
- Θέρμανση των ωκεανών
- Συρρικνούμενα φύλλα πάγου
- Υποχώρηση παγετώνων
- Αύξηση επιπέδου θαλασσών
- Συρρίκνωση αρκτικού θαλάσσιου πάγου
- Ακραία φαινόμενα
- Οξύνιση ωκεανών (το θαλάσσιο νερό γίνεται πιο όξινο)



# Παγκόσμια αύξηση θερμοκρασίας

- Η πλανητική μέση επιφανειακή θερμοκρασία αυξήθηκε 1.14 C από το τέλος του 19<sup>ου</sup> αιώνα.
- Βασικό αίτιο η αυξημένη εκπομπή CO<sub>2</sub> και άλλων αερίων του θερμοκηπίου. Το μεγαλύτερο μέρος της θέρμανσης προκλήθηκε τα τελευταία 40 χρόνια.

# Παγκόσμια αύξηση θερμοκρασίας 1880 μέχρι 2019



- Το 2019 η θερμοκρασία της επιφάνειας της γης ήταν η δεύτερη ψηλότερη που καταγράφηκε ποτέ και 0.98 C ψηλότερη από τον Μ.Ο. μεταξύ 1951 και 1980
- Το 2016 ήταν η ψηλότερη θερμοκρασία επιφανείας
- Τα τελευταία 5 χρόνια ήταν πιο ζεστά από τα τελευταία 140 χρόνια.

# Θέρμανση των ωκεανών

- Ο ωκεανός απορροφά την επιπλέον θερμότητα, με την θερμοκρασία των ανώτερων 100 m να ανεβαίνει κατά 0.33 C από το 1969.
- Η Γη αποθηκεύει 90% της επί πλέον ενέργειας στους ωκεανούς.
- Οι ωκεανοί μπορούν να απορροφήσουν 1000 περισσότερη ενέργεια από την ατμόσφαιρα χωρίς να αλλάξει πολύ η θερμοκρασία τους. Αυτό οφείλεται στην μεγάλη ειδική θερμότητα του νερού και την πολύ μεγαλύτερη μάζα του νερού των ωκεανών.
- **Ειδική θερμότητα:** Η ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για να ανεβάσει την θερμοκρασία 1 kg υλικού κατά 1 C (ή 1 K).
- **Νερό:**  $c = 4.184 \text{ kJ}/(\text{kg K})$
- **Αέρας:**  $c_p = 1.006 \text{ kJ}/(\text{kg K})$  (σε θερμοκρασία 15.6 C και πίεση 1 bar)

# Συρρικνούμενα φύλλα πάγου

- Η Γροιλανδία και η Ανταρκτική είναι μεγάλες μάζες ξηράς καλυμμένες από πάγο. Ο πάγος εκτείνεται και μέσα στη θάλασσα.
- Το κάλυμμα πάγου της Γροιλανδίας έχει μέσο πάχος 2.3 km και περιλαμβάνει 7% του παγκόσμιου αποθέματος γλυκού νερού.
- Αν ο πάγος της Γροιλανδίας λειώσει εντελώς η στάθμη των θαλασσών παγκοσμίως θα ανέβαινε κατά 7 m.

# Ποια είναι η διαφορά μεταξύ Αρκτικής και Ανταρκτικής;



- Ο πάγος της Αρκτικής (Βόρειος πόλος) επιπλέει. 90% του πάγου είναι κάτω από την επιφάνεια του νερού. Αν όλος ο πάγος λειώσει το επίπεδο της θάλασσας θα μείνει το ίδιο. Ο πάγος είναι από θαλασσινό νερό.
- Η Ανατολική Ανταρκτική είναι ξηρά. Το ύψος του πάγου φθάνει και τα 4 km. Αν λειώσουν οι πάγοι, το νερό θα ρεύσει στην θάλασσα και θα ανεβάσει την επιφάνεια των παγκόσμιων θαλασσών κατά 58 m.
- Στη Δυτική Ανταρκτική ο πάγος εκτείνεται στην θάλασσα και φθάνει σε βάθος 2500m. Αν λειώσει αυτός ο πάγος η επιφάνεια των θαλασσών δεν θα επηρεασθεί.
- Ο πάγος της Ανταρκτικής αποτελεί το 61% του γλυκού νερού της γης

**ΠΕΡΙΕΡΓΟ!** Το πάχος του πάγου στην ηπειρωτική Ανταρκτική συνεχίζει να αυξάνει και να αντισταθμίζει την απώλεια πάγου στη θάλασσα

# Υποχώρηση παγετώνων

- Παρατηρείται υποχώρηση των παγετώνων σε όλη την υφήλιο.  
Άλπεις, Ιμαλάια, Βραχώδη όρη, Αλάσκα, Αφρική (Κιλιμάντζαρο).



# Υποχώρηση παγετώνων - Alps, Doldenhorn



- North East Ridge, photographed by Bradford Washburn on July 24, 1960, at 10:40 a.m. (left) and by David Arnold on July 27, 2007, at 10:44 a.m. (right). Courtesy of Panopticon Gallery, Boston, MA.

# Υποχώρηση παγετώνων - Alps, Matterhorn

1960



2005



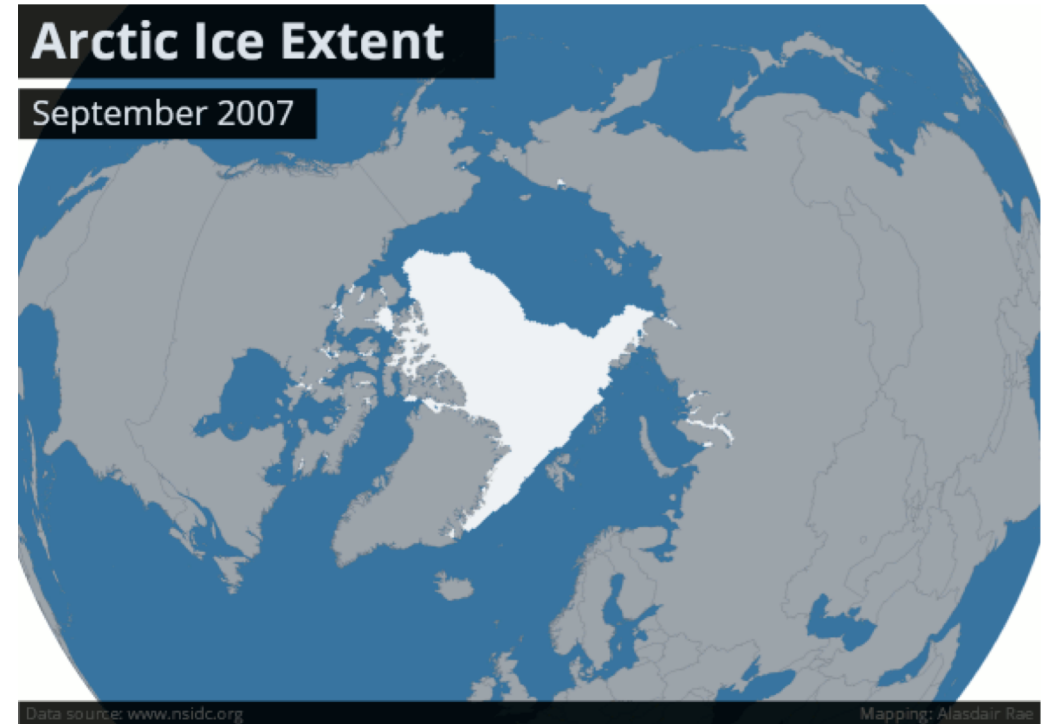
Photographed by Bradford Washburn on Aug. 16, 1960, at 9:00 a.m. (left) and by David Arnold on Aug. 18, 2005, at 9:10 am (right). Courtesy of Panopticon Gallery, Boston, MA.



# Άνοδος επιπέδου θαλασσών

- Η επιφάνεια ανέβηκε 20 cm τον τελευταίο αιώνα.
- Όμως ο ρυθμός ανόδου τις τελευταίες 2 δεκαετίες είναι σχεδόν δύο φορές του ρυθμού ανόδου του προηγούμενου αιώνα (και επιταχύνεται).

# Συρρίκνωση αρκτικού θαλάσσιου πάγου



# Ακραία φαινόμενα

- Ο αριθμός ακραίων φαινομένων υψηλών θερμοκρασιών αυξάνεται σταθερά. Αντίστοιχα, ο αριθμός φαινομένων ακραία χαμηλών θερμοκρασιών μειώνεται συνεχώς από το 1950.

# Οξύνιση ωκεανών

- Από τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα μέχρι σήμερα η οξύνιση των ωκεανών έχει αυξηθεί κατά περίπου 30%. Οφείλεται στην αύξηση των εκπομπών του CO<sub>2</sub> λόγω ανθρωπογενών παρεμβάσεων. Οι ωκεανοί απορροφούν το 20%-30% των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Πού οφείλεται η κλιματική αλλαγή;

# Για να είμαστε ξεκάθαροι - Ζούμε σε ένα θερμοκήπιο

- Η ζωή στη Γη εξαρτάται από την ενέργεια που έρχεται από τον Ήλιο. Περίπου το μισό από το φως που φθάνει στην ατμόσφαιρα της Γης περνάει μέσα από τον αέρα και τα σύννεφα και φθάνει στην επιφάνεια. Εκεί απορροφάται και επανεκπέμπεται προς τα πάνω με την μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας. Περίπου 90% αυτής της ενέργειας απορροφάται από τα αέρια θερμοκηπίου και επαναεκπέμπεται (ακόμα μία φορά) προς την επιφάνεια.
- Αυτός είναι ο μηχανισμός που επιτρέπει στον πλανήτη να κρατάει μία θερμοκρασία κατάλληλη για την ανάπτυξη της ζωής.
- Άρα το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι φυσικό και θετικό.
- Το πρόβλημα αρχίζει όταν τα αέρια θερμοκηπίου, μέσα από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, υπερβούν κατά πολύ την φυσική συγκέντρωση

# Τα αέρια του θερμοκηπίου (ένα από αυτά CO<sub>2</sub>)

- Στα μέσα του 19ου αιώνα αποδείχθηκε ότι το CO<sub>2</sub> και άλλα αέρια μπορούν να συγκρατούν την θερμότητα.
- Η ικανότητα τους να εμποδίσουν την διάδοση της υπέρυθρης ακτινοβολίας μέσα στην ατμόσφαιρα είναι επιστημονικά αποδεδειγμένη.
- Άρα, δεν υπάρχει αμφιβολία αυξημένα επίπεδα αερίων θερμοκηπίου θα προκαλέσουν θέρμανση της γης.

# Φαινόμενο Θερμοκηπίου



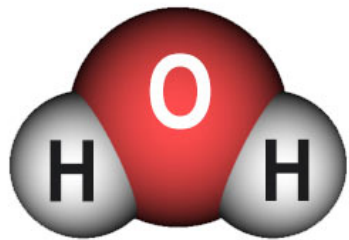


# Ανθρωπογενές φαινόμενο θερμοκηπίου

- Οι επιστήμονες αποδίδουν την τάση της παγκόσμιας θέρμανσης που παρατηρείται από τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα στην επέκταση του φαινομένου του θερμοκηπίου.
- Μερικά αέρια στην ατμόσφαιρα μπλοκάρουν την θερμότητα και δεν την αφήνουν να διαφύγει στο διάστημα.
- Μόρια με μεγάλο χρόνο ζωής, παραμένουν στην ατμόσφαιρα μόνιμα και δεν ανταποκρίνονται με φυσικό ή χημικό τρόπο σε αλλαγές θερμοκρασίας χαρακτηρίζονται σαν αέρια «επιβολής» (forcing) κλιματική αλλαγή.
- Αέρια, όπως οι υδρατμοί, που ανταποκρίνονται με φυσικό ή χημικό τρόπο σε αλλαγές θερμοκρασίας χαρακτηρίζονται σαν αέρια «ανάδρασης» (feedback).

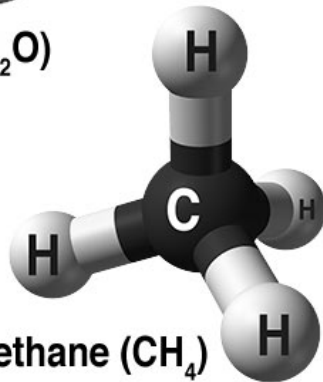
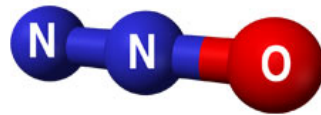
# Τα σημαντικότερα Αέρια θερμοκηπίου

- Υδρατμοί ( $H_2O$ )
- Οξείδια του αζώτου ( $N_2O$ )
- Διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ )
- Μεθάνιο ( $CH_4$ )
- Φθοροχλωράνθρακες  
Chlorofluorocarbons (CFC)

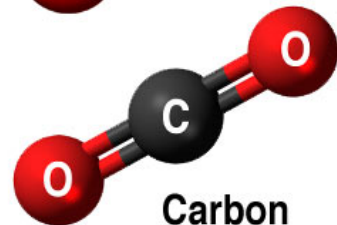


Water vapor ( $H_2O$ )

Nitrous oxide ( $N_2O$ )



Methane ( $CH_4$ )



Carbon dioxide ( $CO_2$ )

# Τι είναι τα αέρια του Θερμοκηπίου;

# Τι συμβαίνει στην πλανητική γειτονιά μας;

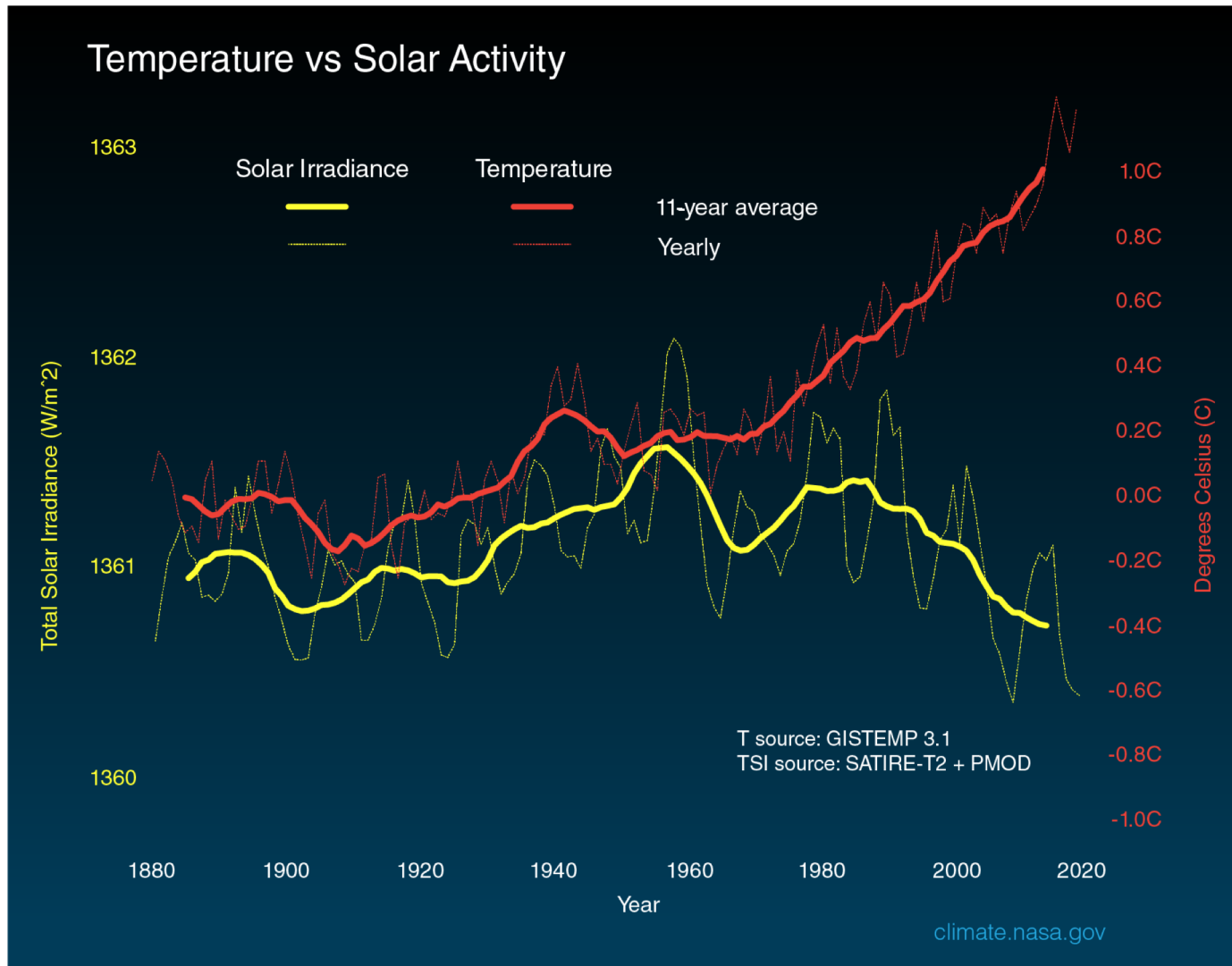


- **ΑΡΗΣ:** Καθόλου ΦΘ
- Πολύ αραιή ατμόσφαιρα, σχεδόν ολοκληρωτικά CO<sub>2</sub>. Χαμηλή πίεση, απουσία υδρατμών και CH<sub>4</sub>.
- Αποτέλεσμα, παγωμένη επιφάνεια. Δεν υπάρχουν ενδείξεις ζωής.



- **ΑΦΡΟΔΙΤΗ** Πολύ ΦΘ
- Ατμόσφαιρα, σχεδόν ολοκληρωτικά CO<sub>2</sub>. 154000 φορές περισσότερο από τη ΓΗ και 19000 περισσότερο από τον ΑΡΗ
- Εξαιρετικά ενισχυμένο φαινόμενο θερμοκηπίου, περίπου 400 C θερμοκρασία επιφάνειας

# ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΓΗΣ ΚΑΙ ΗΛΙΑΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ



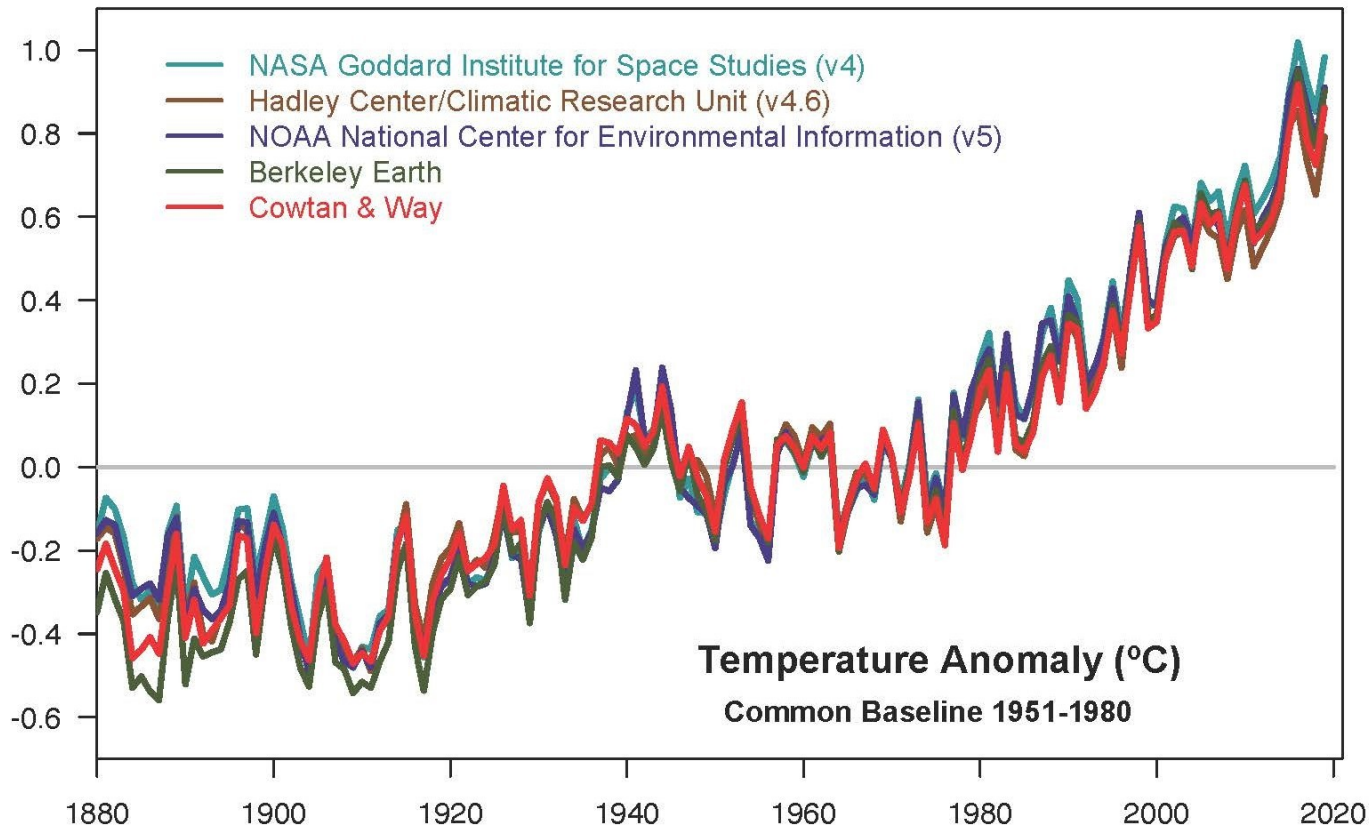
- Ηλιακή ακτινοβολία ( $W/m^2$ ) και επιφανειακή θερμοκρασία (C)
- Μήπως ευθύνεται ο Ήλιος για την υπερθέρμανση; Λογικό ακούγεται.
- Θεωρείται απίθανο ότι ο Ήλιος έχει προκαλέσει το παρατηρούμενη άνοδο της θερμοκρασίας τα προηγούμενα 50 χρόνια.

# Ο Ήλιος;

- Από το 1750, η μέση ενέργεια που φθάνει από τον Ήλιο είναι σταθερή ή έχει μία μικρή άνοδο.
- Αν ευθυνόταν ο Ήλιος για την θέρμανση, θα περιμέναμε να δούμε αύξηση της θερμοκρασίας σε όλα τα στρώματα της ατμόσφαιρας. Αυτό δεν φαίνεται. Η θέρμανση επικεντρώνεται στα χαμηλότερα στρώματα, εκεί που τα αέρια θερμοκηπίου παγιδεύουν την εκπεμπόμενη από την γη υπέρυθρη ακτινοβολία.
- Κλιματικά Μοντέλα με μεταβολές της ακτινοβολίας του Ηλιου δεν μπορούν να περιγράψουν την αύξηση της θερμοκρασίας χωρίς να περιλάβουν αύξηση στα αέρια θερμοκηπίου.

# Επιστημονική συναίνεση

# Σύμφωνη γνώμη επιστημόνων –Το κλίμα της Γης αλλάζει



Περίπου 97% των ενεργών κλιματικών επιστημόνων **συμφωνούν**. Η τάση θέρμανσης όλο τον περασμένο αιώνα κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται σε δραστηριότητες του ανθρώπου. Πρόσθετα, οι περισσότεροι επιστημονικοί οργανισμοί παγκοσμίως έχουν εκδώσει δημόσιες δηλώσεις που υποστηρίζουν αυτή την θέση.



# Τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής

- Έχουμε δει τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής. Οι επιστήμονες υποστηρίζουν με μεγάλο περιθώριο εμπιστοσύνης ότι οι παγκόσμιες θερμοκρασίες θα συνεχίσουν να ανεβαίνουν κυρίως λόγω ανθρωπογενών εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.
- Το Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) που αποτελείται από 1300 επιστήμονες, προβλέπει άνοδο θερμοκρασίας 1 C έως 3 C σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 για τον επόμενο αιώνα.
- Μερικές περιοχές θα έχουν θετικές επιπτώσεις και άλλες αρνητικές. Το κόστος των δυσμενών αλλαγών θα είναι σημαντικό και θα αυξάνει με το χρόνο.

# Τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής - Σενάρια

- Η αλλαγή θα συνεχισθεί για τον επόμενο αιώνα και μετά
- Οι θερμοκρασίες θα συνεχίσουν να ανεβαίνουν
- Η περίοδος χωρίς πάγο (και η περίοδος ανάπτυξης των φυτών) θα επιμηκυνθεί.
- Το πάτερν των βροχοπτώσεων θα αλλάξει. Σε άλλες περιοχές θα υπάρξει άνοδος βροχοπτώσεων (πχ. Δυτική Ελλάδα) και αλλού μείωση (πχ. Ανατολική Πελοπόννησος). Ειδικότερα η Ανατολική Ελλάδα απειλείται με ερημοποίηση.
- Περισσότερες περιόδους ξηρασίας και καύσונες.
- Το επίπεδο των θαλασσών θα ανέβει 30 cm – 3m μέχρι το 2100.
- Ο Αρκτικός ωκεανός πιθανόν να ελευθερωθεί τελείως από τον πάγο κατά την διάρκεια του καλοκαιριού.