



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά μαθήματα ΠΠ

**ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: Φαινόμενο του Θερμοκηπίου
& Κλιματικές Μεταβολές**

**ΕΝΟΤΗΤΑ: 5. Κλιματικές μεταβολές κατά τη διάρκεια της
εξελικτικής πορείας της Γης (Παλαιοκλιματολογία)**

ΟΝΟΜΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ: ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

**ΤΜΗΜΑ: Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων
ΑΓΡΙΝΙΟ**

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «**Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση**» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

Επίκουρη Καθηγήτρια

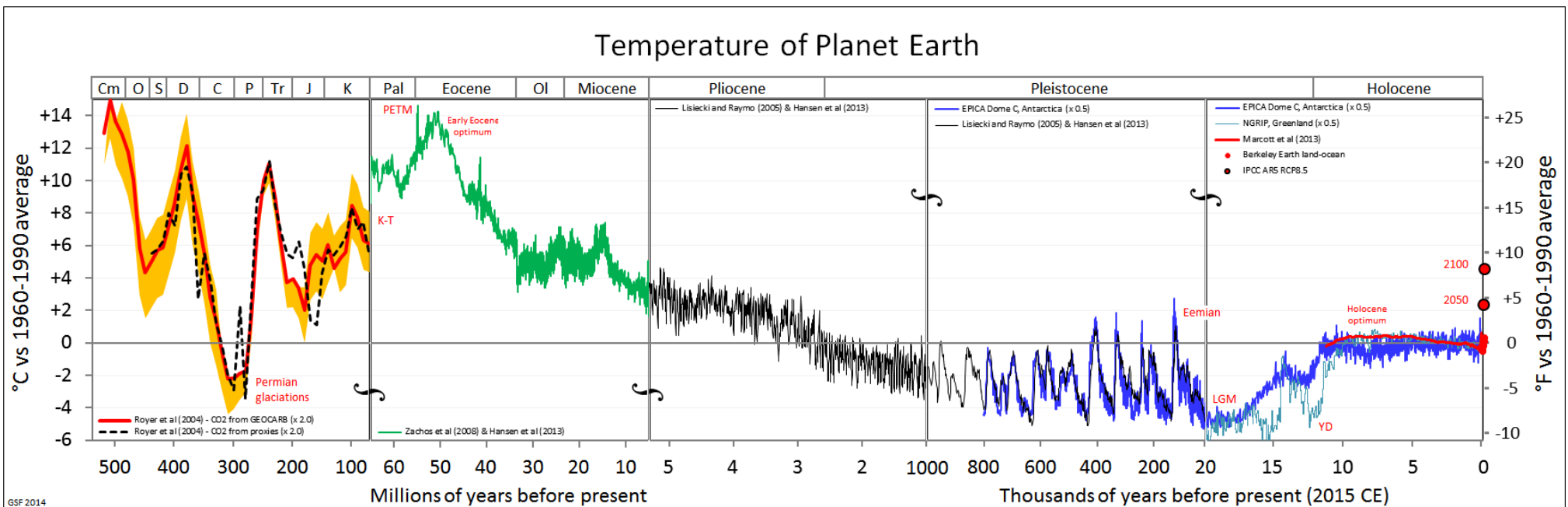
του Τμήματος Διαχείρισης Περιβάλλοντος &
Φυσικών Πόρων

 2641074156

 afotiadi@upatras.gr

Εισαγωγή

- Ερώτηση: Έχει μεταβληθεί το Κλίμα στο Παρελθόν ;
- Απάντηση: **ΝΑΙ !**



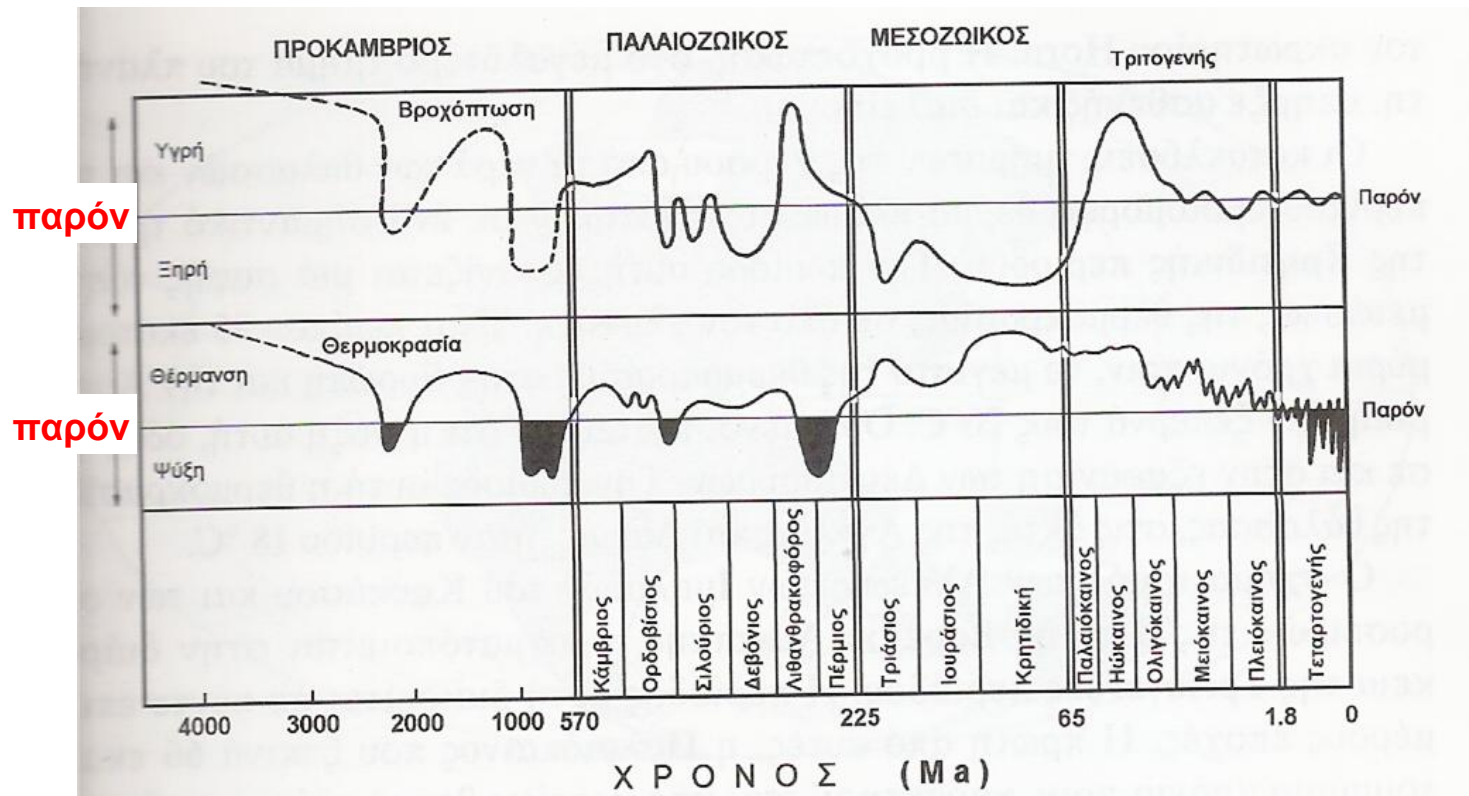
Πηγή: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f5/All_palaeotemps.png



Εισαγωγή

➤ Ερώτηση: Έχει μεταβληθεί το Κλίμα στο Παρελθόν ;

➤ Απάντηση: **ΝΑΙ !**



Πηγή: Σχήμα 12.2.1 από Χ.Σ. Σαχσαμάνογλου, Α.Α. Μπλούτσος, Φυσική Κλιματολογία, 1998, ISBN 960-431-495-5, Εκδόσεις ΖΗΤΗ



Εισαγωγή

➤ **Ερώτηση:** Έχει μεταβληθεί το Κλίμα στο Παρελθόν ;

➤ **Απάντηση:** **ΝΑΙ !**

- Στο παρελθόν, το κλίμα παρουσίασε σημαντικές μεταβολές. Σημαντικότερες και από τη σημερινή
- Στο παρελθόν, αρκετές φορές οι πάγοι των πόλων επεκτάθηκαν προς τα μικρότερα γεωγραφικά πλάτη (μέχρι των **40°**), με μια περίοδο περίπου **250 Ma**, καλύπτοντας ορισμένες φορές μέχρι και το **40%** της επιφάνειας του πλανήτη
- Στην Πλειστόκαινο εποχή υπήρξαν **4** σαφείς περιπτώσεις μεγιστοποίησης της παρουσίας των παγετώνων. Η τελευταία έληξε στις ΗΠΑ πριν **11Kys** & στη Σκανδιναβία πριν **9 Kys**



Εισαγωγή

➤ **Ερώτηση:** Έχει μεταβληθεί το Κλίμα στο Παρελθόν ;

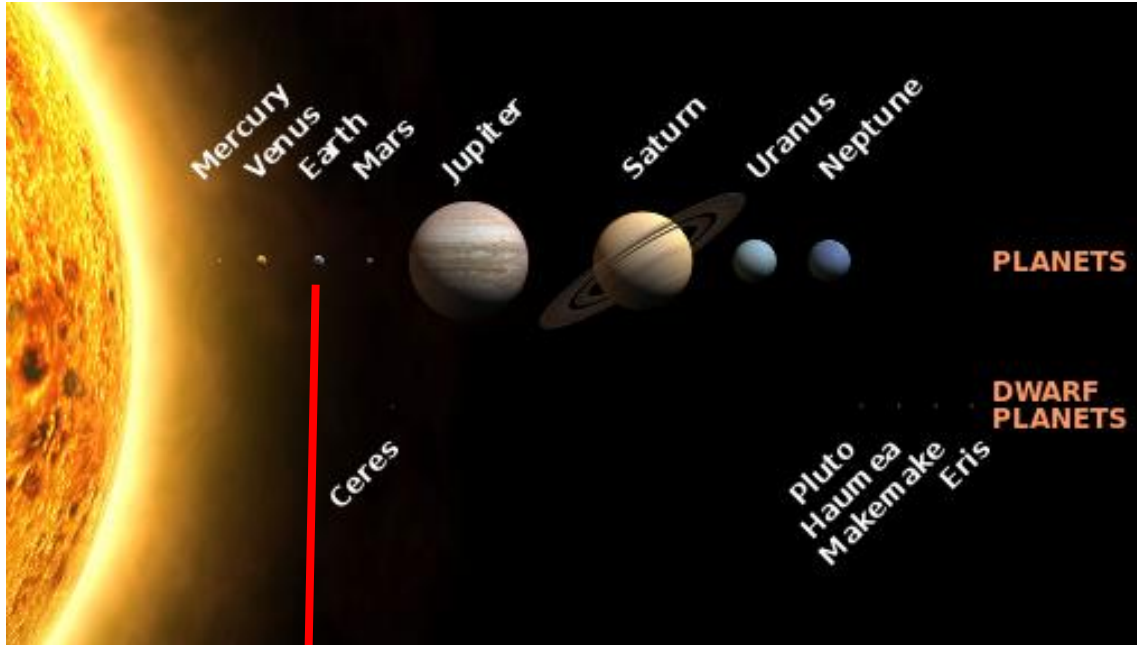
➤ **Απάντηση:** **ΝΑΙ !**

- Η διάρκεια των παγετωνικών περιόδων ήταν μερικά εκατομμύρια έτη & η θερμοκρασία του πλανήτη μειωνόταν σημαντικά
- Εκτιμάται ότι στα μέσα γεωγραφικά πλάτη, στο μέγιστο της εμφάνισης των παγετώνων, η **μείωση** ήταν της τάξης των **~25°C**
- Στα θερμά μεσοδιαστήματα, εκτιμάται ότι η θερμοκρασία ήταν αρκετά **υψηλότερη** από αυτή που επικρατεί σήμερα, ίσως **> 10°C**
- Η ανεύρεση & ανάλυση των στοιχείων παρέχουν καλή γνώση για το πώς μεταβλήθηκε (εξελίχθηκε) το κλίμα στη διάρκεια του παρελθόντος
- Εκείνο που δεν έχει διευκρινιστεί είναι οι αιτίες που προκάλεσαν αυτές τις μεταβολές. Διατυπώθηκαν διάφορες θεωρίες που ορισμένες φορές δεν συμφωνούν απόλυτα με τις παρατηρήσεις ή με τις αρχές της Φυσικής. Όλες όμως εξηγούν σημαντικά τμήματα του φάσματος των κλιματικών μεταβολών



Η Γη

- Η θέση της Γης στο Ηλιακό μας σύστημα



Πηγή: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/00/Solar_System_size_to_scale.svg/512px-Solar_System_size_to_scale.svg.png

Φιλοσοφικό ερώτημα: είναι αυτό που λέμε ‘... τα πάντα με σοφία εποίησε..’

... ή απλώς έτυχε να βρίσκεται στη σωστή θέση



Η Γη ... σήμερα



Διάμετρος: 12 757 km

Μέση απόσταση από τον Ήλιο:

150 000 000 km = 1 a.u.

Χρόνος περιστροφής γύρω από τον Ήλιο:

365 days, 5 hours, 48 minutes, 46 seconds

Χρόνος περιστροφής γύρω από τον άξονα της:

24 hours

Θερμοκρασία επιφάνειας:

~ 15 °C (-50 - +50 °C)

Μέση ταχύτητα: ~ 1610 km/h

Ηλικία: ~ **4.6 δισεκατομμύρια έτη !**

Πηγή:
https://en.wikipedia.org/wiki/Earth#/media/File:The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg



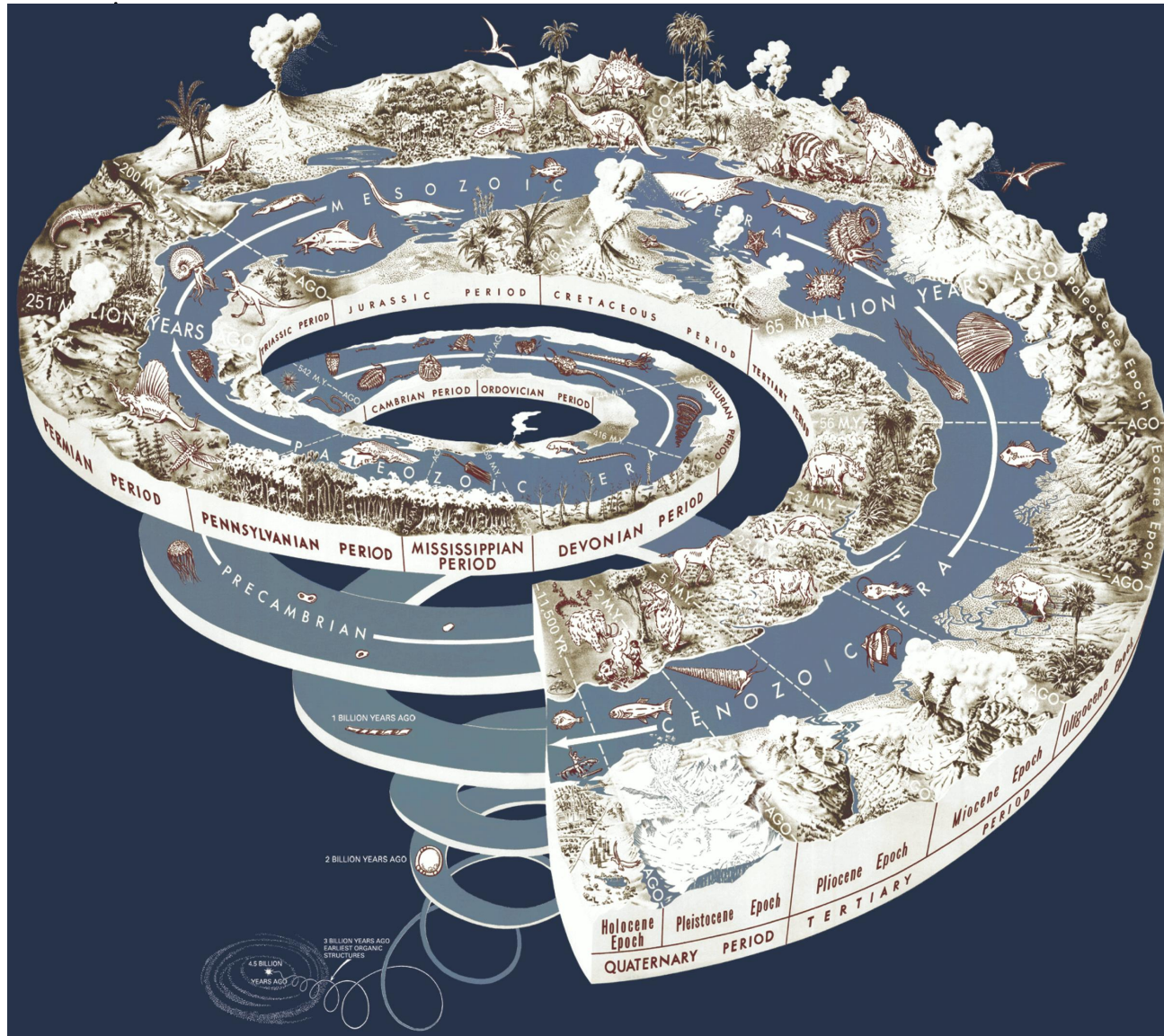
Η Ιστορία της Γης

	ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΑΙΩΝΑΣ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΕΠΟΧΗ	Απόλυτη Ηλικία (Ma BP)*	
ΠΡΟΚΑΜΒΡΙΟ	ΑΖΩΙΚΟΣ			4560 - 3800	
	ΑΡΧΑΪΚΟΣ			3800 - 2500	
	ΠΡΩΤΕΡΟΖΩΙΚΟΣ	ΠΑΛΑΙΟΠΡΩΤΕΡΟΖΩΙΚΟΣ (ΧΟΥΡΩΝΙΟΣ) ΜΕΣΟΠΡΩΤΕΡΟΖΩΙΚΟΣ (ΚΕΒΙΝΑΡΙΟΣ) ΝΕΟΠΡΩΤΕΡΟΖΩΙΚΟΣ (ΠΡΟ-ΚΑΜΒΡΙΟΣ)		2500 - 1600	
				1600 - 900	
			900 - 590		
ΦΑΝΕΡΟΖΩΙΚΟΣ	ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟΣ	ΚΑΜΒΡΙΟ		590 - 490	
		ΟΡΔΟΒΙΣΙΟ		490 - 440	
		ΣΪΛΟΥΡΙΟ		440 - 410	
		ΔΕΒΟΝΙΟ		410 - 360	
		ΛΙΘΑΝΘΡΑΚΟΦΟΡΟ	ΜΙΣΣΙΣΙΠΙΟΣ	360 -	
			ΠΕΝΣΥΛΒΑΝΙΟΣ	- 290	
		ΠΕΡΜΙΟ		290 - 250	
	ΜΕΣΟΖΩΙΚΟΣ	ΤΡΙΑΔΙΚΟ (ΤΡΙΑΣΙΟΣ)		250 - 210	
		ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ		210 - 140	
		ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ		140 - 65	
	ΚΑΙΝΟΖΩΙΚΟΣ	ΤΡΙΤΟΓΕΝΕΣ	ΠΑΛΑΙΟΓΕΝΕΣ	ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ	65 - 55
				ΗΩΚΑΙΝΟ	55 - 35
			ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟ	35 - 25	
			ΝΕΟΓΕΝΕΣ	ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ	25 - 5
		ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ		5 - 1,8	
ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ		ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ		1,8 - 0,01	
		ΟΛΟΚΑΙΝΟ	0,01 - ΣΗΜΕΡΑ		

(Ma = εκατομμύρια έτη (10^6), a = annum, BP = πριν από σήμερα)



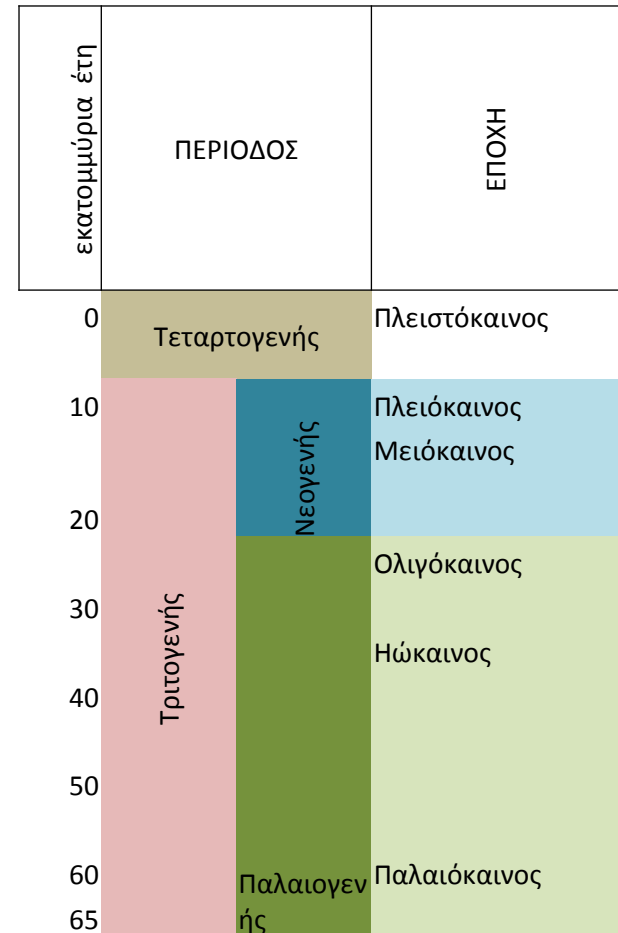
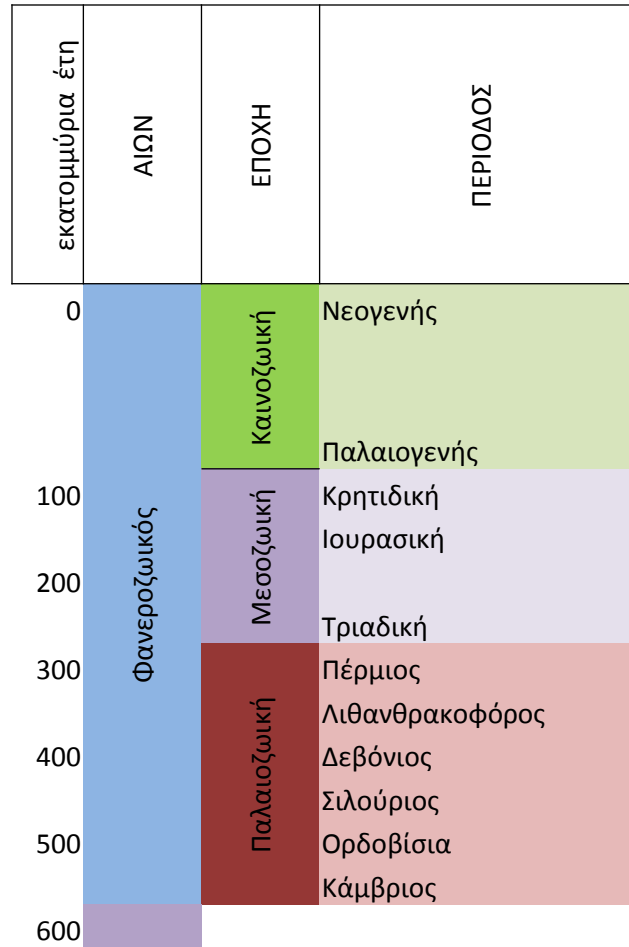
Η Ιστορία της Γης



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Geologic_time_scale

Η Ιστορία της Γης

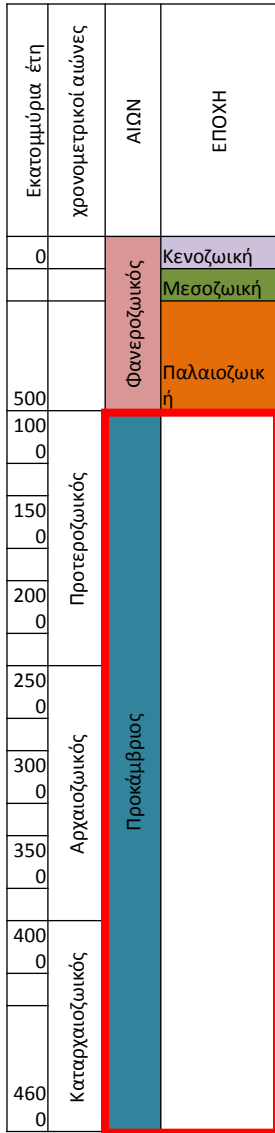
Εκατομμύρια έτη	χρονολογικοί αιώνες	ΑΙΩΝ	ΕΠΟΧΗ
0		Φανεροζωικός	Κενοζωική
			Μεσοζωική
500		Προκαμβριος	Παλαιοζωική
1000	Προτεροζωικός		
1500			
2000			
2500	Αρχαιοζωικός		
3000			
3500			
4000			
4600	Καταρχαιοζωικός		



With the courtesy of E. Kodouli



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν



- Πολύ λίγα στοιχεία είναι γνωστά για την **προ-κάμβριο** περίοδο
- Είναι γνωστό ότι σημειώθηκαν τουλάχιστον **5** παγετώδεις εξάρσεις με μια μέση περίοδο **~250 Ma**

• Η πιο δριμεία & εκτεταμένη (2400 -2100 Ma) στην γεωλογική ιστορία έλαβε χώρα στον πρωτεροζωικό αιώνα και συγκεκριμένα στη **Χουρώνιο περίοδο**

- Θεωρείται τόσο δριμεία όσο η παγετώδεις περιόδους όπου η Γη ήταν πλήρως καλυμμένη με πάγο (**Γη χιονόμπαλα – Snowball Earth**)



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

εκατομύρια χρόνια	χρονομετρικοί αιώνες	ΑΙΩΝ	ΕΠΟΧΗ
0		Φανεροζωικός	Κενοζωική
			Μεσοζωική
			Παλαιοζωική
500		Προκάμβριος	
1000	Προτεροζωικός		
1500			
2000			
2500			
3000	Αρχαιοζωικός		
3500			
4000	Καταρχαιοζωικός		
4600			

- Προς τα τέλη της πρωτεροζωικής περιόδου, πριν το 650 Ma (~750 Ma) πιστεύεται ότι η Γη πάγωσε πλήρως ή σχεδόν πλήρως στο σύνολο της
- Η υπόθεση αυτή είναι γνωστή ως υπόθεση της Γης – χιονόμπαλας (**Snowball Earth**)
- Η υπόθεση αυτή αναπτύχθηκε για να εξηγήσει αποθέσεις ιζημάτων παγετώδους προέλευσης σε τροπικά γεωγραφικά πλάτη εκείνης της περιόδου
- Εκείνη τη χρονική περίοδο η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία ήταν 6% μικρότερη απ' ότι σήμερα
- Η υπόθεση έχει αρκετά αδύναμα σημεία

With the courtesy of E. Kodouli



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

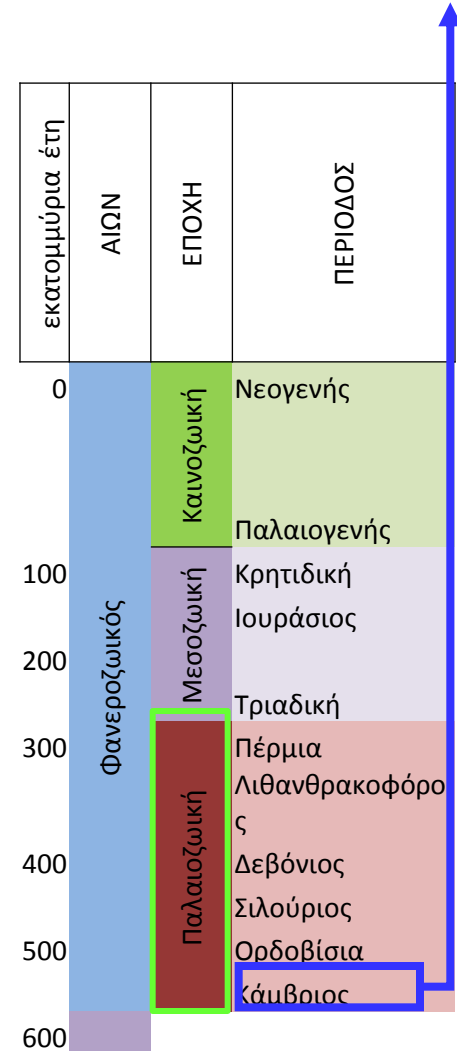
- Ο **Παλαιozoικός αιώνας**, ειδικότερα η **Κάμβριος περίοδος**, ξεκινά με μια παγετώδη περίοδο και τελιώνει με ένα κλίμα θερμότερο από αυτό που επικρατεί σήμερα στον πλανήτη

- Κατά την παγετώδη περίοδο η επέκταση των παγετώνων έφτασε μέχρι τη σημερινή εύκρατη ζώνη

- Κατά την άνω Κάμβριο περίοδο θερμό κλίμα επικράτησε στο μεγαλύτερο τμήμα του Βορείου Ημισφαιρίου (π.χ. στην Καλιφόρνια επικράτησαν τροπικές συνθήκες), ενώ η μέση θερμοκρασία του παράλληλου των 40°B κυμάνθηκε μεταξύ 10°C – 20°C, τιμές που σήμερα επικρατούν σε μικρότερα γεωγραφικά πλάτη

- Η θέρμανση συνεχίστηκε μέχρι τα μέσα της **Ορδοβισίου περιόδου**

- Κατά την **Κάμβριο & Ορδοβίσιο** περίοδο θαλάσσιες μάζες κάλυπταν σημαντικά τμήματα της Βορείου Αμερικής

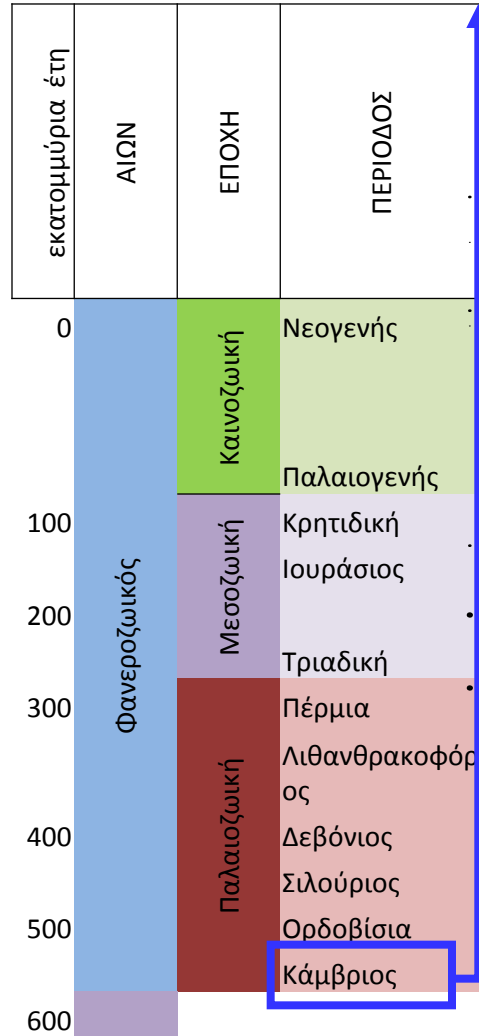


With the courtesy of E. Kodouli



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- Κάμβριος περίοδος: η περίοδος αυτή είναι γνωστή για την Κάμβριος έκρηξη (**Cambrian explosion** or **Cambrian radiation**)



With the courtesy of E. Kodouli

- **Cambrian explosion:** ~530 Ma χρόνια πριν συνέβη ταχεία (μέσα σε μερικά εκατομμύρια χρόνια) εμφάνιση των περισσότερων 'φύλων' (*phyla*) η οποία συνοδεύτηκε από σημαντική διαφοροποίηση και εμφάνιση μεγάλης ποικιλότητας και των άλλων οργανισμών (ζώα, φυτοπλαγκτόν & μικρόβια)
- παρατηρήθηκε από ανάλυση απολιθωμάτων & πετρωμάτων αυτής της περιόδου
- 580 Ma χρόνια πριν οι οργανισμοί ήταν απλοί & στα επόμενα 70-80 εκατομμύρια χρόνια ο ρυθμός εξέλιξης επιταχύνθηκε κατά μία τάξη μεγέθους, ενώ η ποικιλότητα των ειδών άρχισε να μοιάζει με τη σημερινή
- Η συζήτηση μεταξύ των επιστημόνων είναι μεγάλη. Γιατί αυτή η αυξημένη ποικιλότητα πολύπλοκων οργανισμών εμφανίστηκε από το πουθενά ξαφνικά και σε σύντομο χρονικό διάστημα



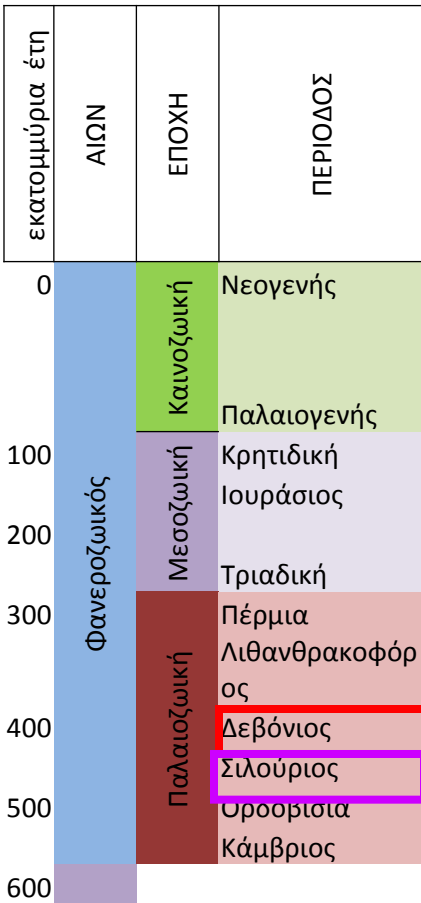
Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- Το κλίμα κατά τη διάρκεια της **Σιλουρίου** περιόδου υπήρξε επίσης θερμό σε όλη την έκταση της Βορείου Αμερικής και της Αρκτικής
- Υποχωρούν οι θαλάσσιες μάζες που κάλυπταν σημαντικές εκτάσεις της Βορείου Αμερικής και εμφανίζονται χερσαίες εκτάσεις στις ανατολικές ΗΠΑ, εξαιρετικώς ερημικές

460 – 430 Ma (τέλος της Ορδοβισίου & την Σιλούριο περίοδο) σημειώθηκαν οι παγετώνες **Andean-Saharan (Andean-Saharan Glaciation)**

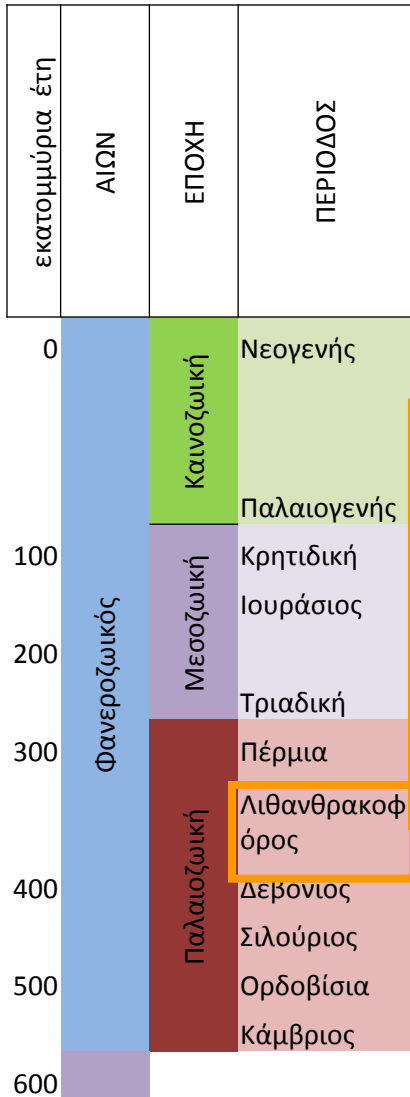
370 – 450 Ma: Ορογένεση στη Βορειοδυτική Ευρώπη

- Κατά την **Δεβόνιο** περίοδο το κλίμα υπήρξε γενικά θερμό με εξαίρεση τους περιορισμένης έκτασης τοπικούς παγετώνες της Νοτίου Αμερικής & της Νοτίου Αφρικής



With the courtesy of E. Kodouli

Το κλίμα της Γης στο παρελθόν



- **Λιθανθρακοφόρος περίοδος:** στην αρχή της περιόδου το κλίμα υπήρξε θερμό και υγρό, ενώ στο τέλος της ίδιας περιόδου υπήρξε πολύ ψυχρό

- Αποτελείται από δύο εποχές την **Μισσισίπια** & την **Πενσυλβάνια**

- Η Μισσισίπια υπήρξε θερμή κυρίως για την Βόρειο Αμερική

- Το κλίμα χαρακτηριζόταν επίσης από ισχυρές βροχοπτώσεις ιδιαίτερα στις ανατολικές ΗΠΑ, στην Ευρώπη & στη Βόρειο Ασία

- τα μεγαλύτερα αποθέματα άνθρακα σε αυτές τις περιοχές δημιουργήθηκαν αυτή την εποχή

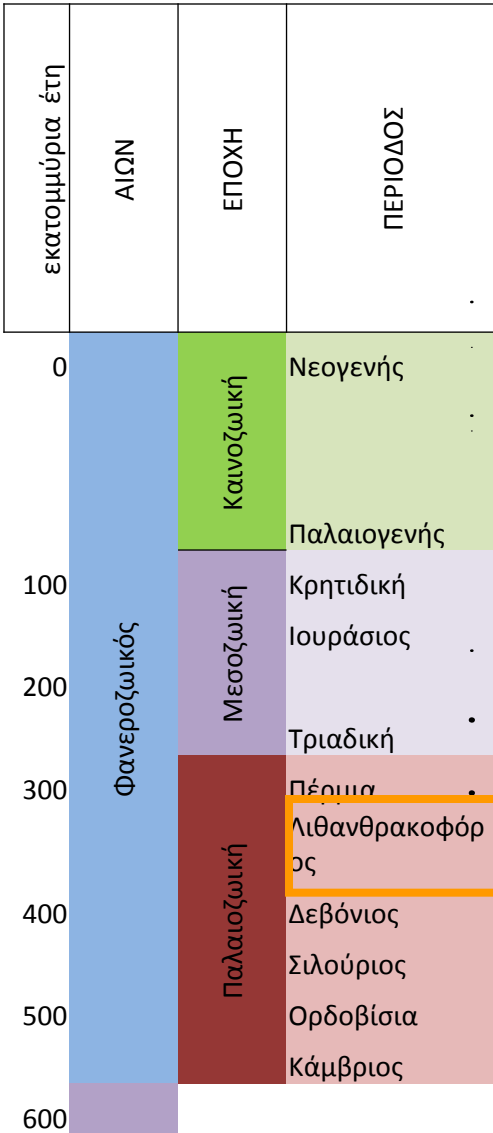
- Αυτές οι συνθήκες συνεχίστηκαν σχεδόν μέχρι το τέλος της **Πενσυλβάνιας** εποχής

- Λίγο πριν το τέλος της το κλίμα έγινε ξηρό & ψυχρό

- σε ηπειρωτικές περιοχές της Ευρώπης επικράτησε κλίμα ερημικό



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν



- **Λιθανθρακοφόρος περίοδος:** ~ 305 Ma σημειώθηκε η κατάρρευση των βροχοφόρων δασών (**Carboniferous Rainforest Collapse**)

- Συνέβη κατά την **Πενσυλβάνια** εποχή

- Τα τροπικά δάση που είχαν σχηματιστεί λόγω των θερμών & υγρών συνθηκών στην Ισημερινή ζώνη εκείνης της περιόδου, της Αμερικής & της Ευρώπης, κατέρρευσαν

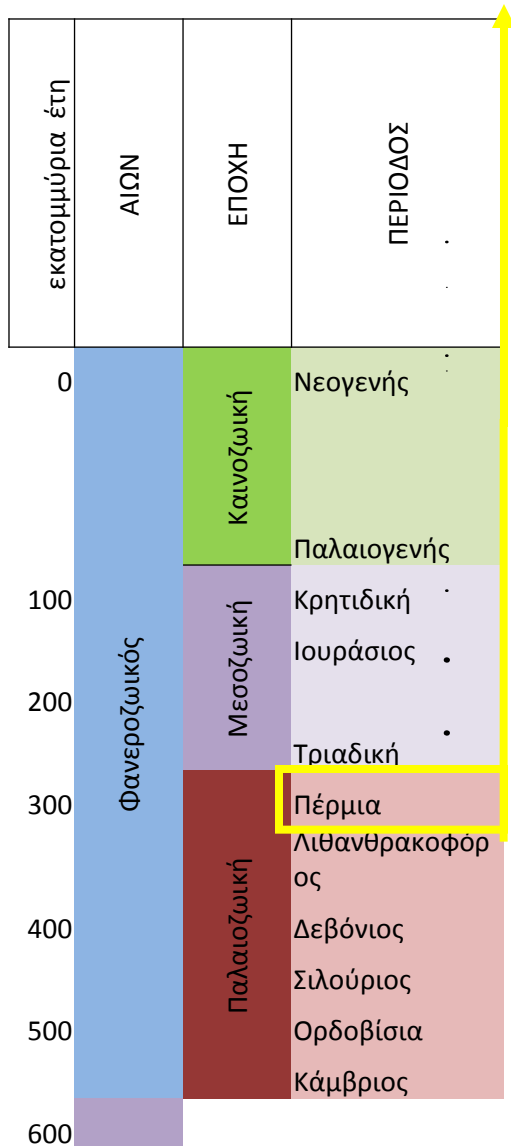
- Πιθανή αιτία της κατάρρευσης των δασών ήταν η αλλαγή του κλίματος σε ξηρότερο & ψυχρότερο

- Η κατάρρευση των δασών οδήγησε σε εξάλειψη αρκετών ειδών της πανίδας & της χλωρίδας

- τα συμπιεσμένα υπολείμματα της πυκνής βλάστησης σχημάτισαν κοιτάσματα λιθάνθρακα



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν



- **Πέρμιος περίοδος:** το κλίμα αυτής της περιόδου ήταν ψυχρό & ερημικό στο Νότιο Ημισφαίριο, ενώ στο Βόρειο ήταν θερμό & ξηρό

- Στο πρώτο τέταρτο της περιόδου δημιουργήθηκαν παγετώνες στο νότιο τμήμα της νοτίου Αμερικής, στη Νότιο Αφρική, στην Ινδία και στο μεγαλύτερο τμήμα της Αυστραλίας

- Αυτή την περίοδο οι ωκεανοί υποχωρούν με το μέγεθος της ξηράς να αυξάνει

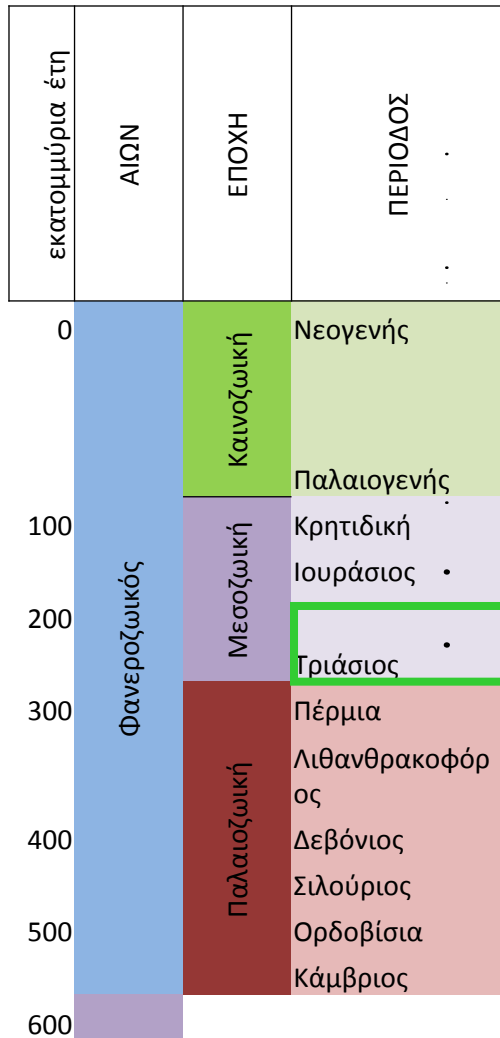
- Παραδόξως όμως δεν αυξάνεται ο όγκος των πάγων της Ανταρκτικής

- Τα αποθέματα λιθάνθρακα που δημιουργούνται αυτή την περίοδο στη Βόρειο Κίνα & σε τμήματα της Αυστραλίας υποδηλώνει κλίμα θερμό-τροπικό σε αυτές τις περιοχές



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- Ο Μεσοζωικός αιώνας ξεκινά με την Τριάσιο περίοδο



- Η Τριάσιος περίοδος ξεκινά με κλίμα ήπιο & ξηρό και τελειώνει με κλίμα υγρό & θερμό
- ιδιαίτερα στην Τασμανία, Αυστραλία, Σιβηρία, Νότια Ασία, Ευρώπη, Ανατολική Γροιλανδία
- Θερμό είναι επίσης το κλίμα στην Καλιφόρνια, τη Μαλαισία και στις θάλασσες εκείνες που εμφανίζονται τα κοράλια



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

εκατομύρια έτη	ΑΙΩΝ	ΕΠΟΧΗ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ
0	Φανεροζωικός	Καινοζωική	Νεογενής
			Παλαιογενής
100		Μεσοζωική	Κρητιδική
200			Ιουράσιος
300			Τριασιος
400		Παλαιοζωική	Πέρμιος
			Λιθανθρακοφόρος
500			Δεβόνιος
600			Σιλούριος
			Κάμβριος

251.4 Ma πριν: σημειώθηκε το πιο σφοδρό γεγονός εξαφάνισης ειδών πάνω στη Γη, το οποίο αποτέλεσε και το όριο μεταξύ της **Περμίου & Τριασιίου** περιόδου γνωστό ως **Permian–Triassic (P–Tr) extinction event** ή ως **Great Dying**

- Εξαφανίστηκε σχεδόν το **96%** όλων των θαλάσσιων ειδών & το **70%** των ζώων vertebrate της ξηράς. Αποτελεί την μόνη γνωστή μαζική εξαφάνιση των εντόμων, ενώ εξαλείφθηκε το **57%** των οικογενειών
- Εξαιτίας της τεράστιας απώλειας της βιοποικιλότητας η ανάκτηση της ζωής διήρκεσε πολύ περισσότερο σε σχέση με άλλα συμβάντα εξαφάνισης

With the courtesy of E. Kodouli



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

Permian–Triassic (P–Tr) extinction event ή ως Great Dying:

- Οι ερευνητές πιστεύουν ότι η εξάλειψη των ειδών συνέβη σε **3 φάσεις**
 - Προτάθηκαν διάφοροι μηχανισμοί που οδήγησαν στην εξαφάνιση των ειδών: η πρώτη φάση πιστεύεται ότι έγινε βαθμιαία λόγω περιβαλλοντικών αλλαγών, ενώ η τελευταία είχε το χαρακτήρα καταστροφικού γεγονότος
 - Οι μηχανισμοί που προτείνονται για την τελευταία φάση περιλαμβάνουν
 - πτώση μετεωρίτη στη Γη
 - ηφαιστειακή δραστηριότητα
 - ξαφνική απελευθέρωση μεθανίου από τον πυθμένα των θαλασσών
 - Η βαθμιαία καταστροφή περιλαμβάνει μηχανισμούς όπως:
 - αλλαγές π.χ. στη στάθμη της θάλασσας
 - αλλαγή της ωκεάνιας κυκλοφορίας
 - σταδιακή επικράτηση ξηρασίας
 - δημιουργία ανοξικών συνθηκών λόγω μείωσης του O₂

εκατομύρια έτη	ΑΙΩΝ	ΕΠΟΧΗ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ
0	Φανεροζωικός	Καινοζωική	Νεογενής
			Παλαιογενής
100		Μεσοζωική	Κρητιδική
200			Ιουράσιος
300			Τριάσιος
400		Παλαιοζωική	Πέρμιος
500			Λιθανθρακοφόρος
600			Δεβόνιος
			Σιλούριος
			Κάμβριος

With the courtesy of E. Kodouli

Το κλίμα της Γης στο παρελθόν



- **Ιουράσιος περίοδος ή αιώνας των κοραλιών:** υπήρξε γενικά θερμή με μέσες θερμοκρασίες που έφταναν τους 10°C σε περιοχές με γεωγραφικά πλάτη > 40°N
- Η θερμοκρασίες των θαλασσών των μεγάλων γεωγραφικών πλατών (>50°N) ήταν μεγαλύτερη κατά 5-10°C σε σχέση με αυτές που επικρατούν σήμερα
- Τήκονται οι παγετώνες που σχηματίστηκαν κατά την Πέρμιο περίοδο, με αποτέλεσμα να καλυφθούν με νερά μεγάλες περιοχές στην Ευρώπη, Ασία, δυτικές ΗΠΑ
- Τροπικό κλίμα επικράτησε στην Ιαπωνία, Μαλαισία, Αρκτική Αλάσκα. Αγγλία, Σιβηρία

With the courtesy of E. Kodouli



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- Κρητιδική περίοδος:

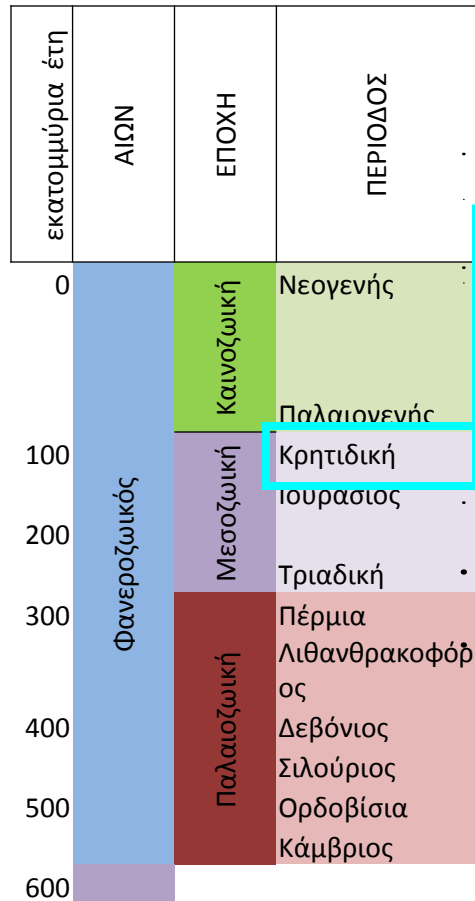
- Κατά ένα σημαντικό μέρος της περιόδου συνεχίστηκε το σχεδόν ομοιόμορφα θερμό κλίμα & οι κατακλύσεις της ξηράς από νερά των θαλασσών

- Η περίοδος αυτή χαρακτηρίζεται από μια **σαφή τάση μείωσης της θερμοκρασίας** σε όλο τον πλανήτη

- Πιστεύεται ότι η ψύξη αυτή οδήγησε στην εξαφάνιση των Δεινοσαύρων

- **85 Ma:** πριν το μέγιστο της θερμοκρασίας δεν ξεπερνά τους 20°C στην Ευρώπη και την Αμερική

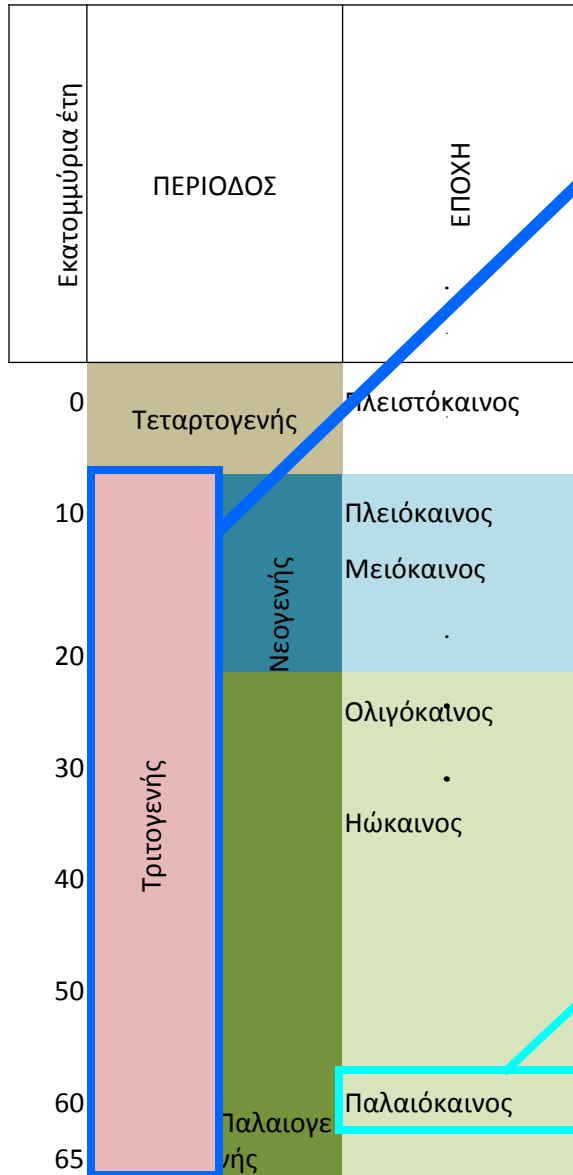
- ενώ η θερμοκρασία της θάλασσας στις ακτές της Αγγλίας & της Δανίας ήταν ~ 18°C



With the courtesy of E. Kodouli



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

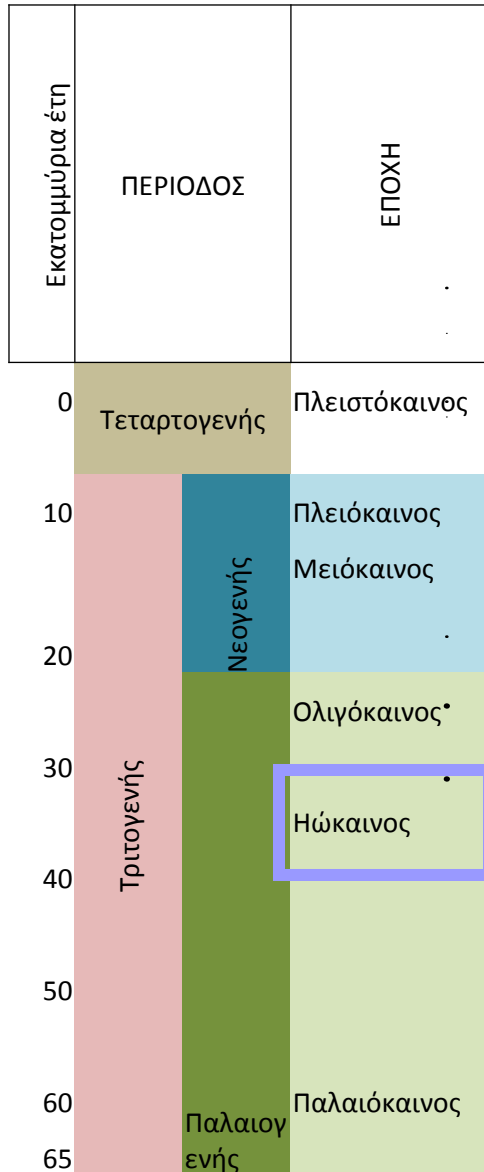


With the courtesy of E. Kodouli

- Ο **Καινοζωικός αιώνας** ξεκινά με την **Τριτογενή περίοδο**
- Ο σχηματισμός των Άλπεων, των Ιμαλαΐων, του Καυκάσου και των οροσειρών της δυτικής Βορείου Αμερικής τοποθετείται αυτή την περίοδο
- Η **Τριτογενής περίοδος** διαιρείται σε **5** επιμέρους εποχές:
- Η πρώτη από αυτές είναι η **Παλαιόκαινος** η οποία ξεκίνησε **66 Ma** πριν
- Η Παλαιόκαινος περίοδος χαρακτηρίζεται από μετρίως θερμό κλίμα με κάπως περισσότερες βροχές σε σχέση με σήμερα



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν



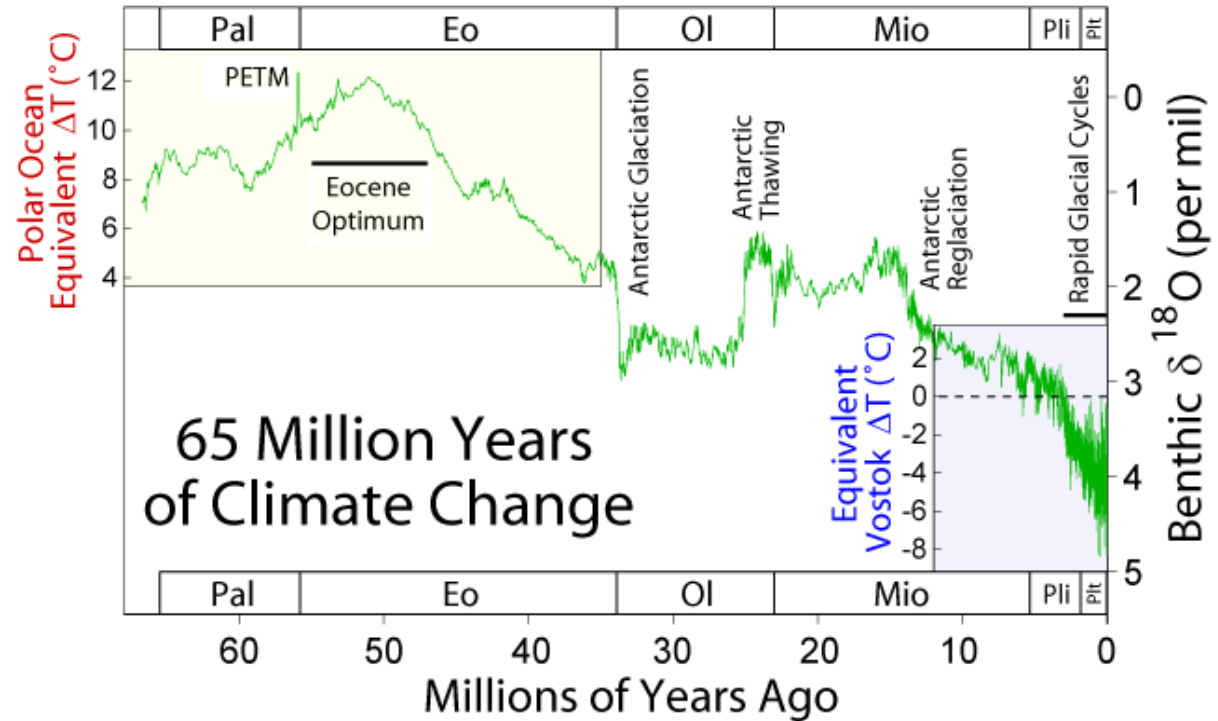
- Ακολουθεί η **Ηώκαινος** εποχή η οποία χαρακτηρίζεται από θερμό & υγρό κλίμα
- Η μέση ετήσια θερμοκρασία στην Ευρώπη ήταν 15°C υψηλότερη σε σχέση με τις σημερινές τιμές
- Την ίδια διαφορά είχε και η επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας τον χειμώνα στις ακτές της Καλιφόρνια
- Τα πολύ θερμά καλοκαίρια & οι ήπιοι χειμώνες, ιδιαίτερα των μεγάλων γεωγραφικών πλατών αποκλείουν τον σχηματισμό πάγων, ενώ το μεγαλύτερο τμήμα της Ευρώπης χαρακτηρίζεται από τυπικό Μεσογειακό κλίμα με ισχυρές βροχοπτώσεις τον χειμώνα. Η Αγγλία έχει κλίμα που προσομοιάζει αυτό των τροπικών δασών
- Το σύνολο των ΗΠΑ έχει υγρό κλίμα
- Αυτές οι κλιματικές συνθήκες προκαλούν ανάπτυξη της χλωρίδας & αφθονία άγριας πανίδας

With the courtesy of E. Kodouli



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

Το Παλαιόκαινο - Ηώκαινο θερμικό μέγιστο



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Geologic_temperature_record

- Τον Καινοζωικό αιώνα σημειώθηκε η πιο ακραία μεταβολή των συνθηκών που επικράτησαν στην επιφάνεια της Γης
- Ξεκίνησε στο τέλος της Παλαιόκαινου εποχής & κορυφώθηκε κατά την Ηώκαινο (**55.8 Ma** πριν)

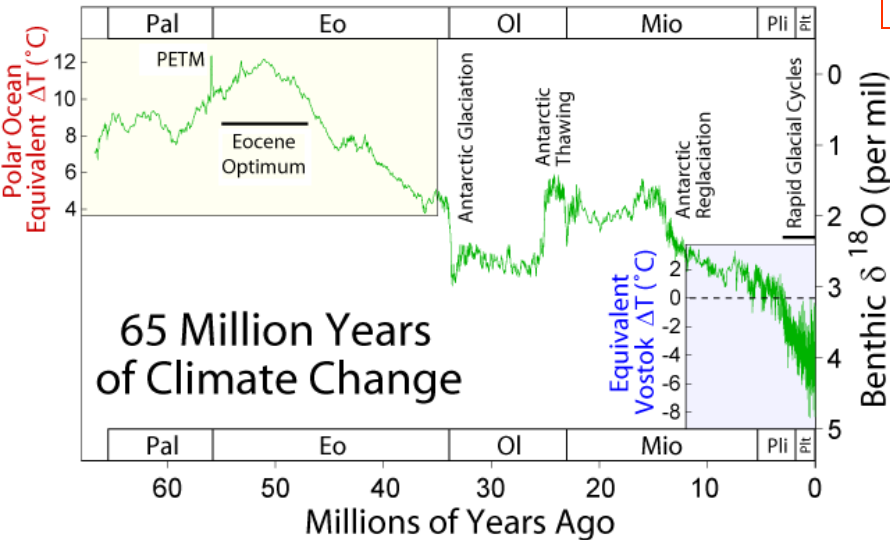
Εκατομύρια έτη	ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΕΠΟΧΗ
0	Τεταρτογενής	Πλειστόκαινος
10	Νεογενής	Πλειόκαινος
		Μειόκαινος
20	Τριτογενής	Ολιγόκαινος
30		Ηώκαινος
60	Παλαιογενής	Παλαιόκαινος
65		

With the courtesy of E. Kodouli



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

Το Παλαιόκαινο - Ηώκαινο θερμικό μέγιστο



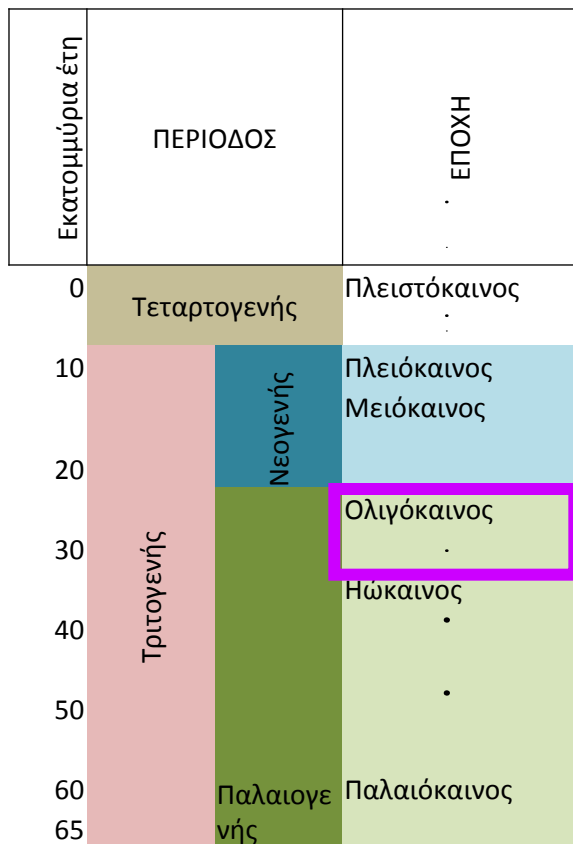
- Σημειώθηκε ταχύτατη παγκόσμια θέρμανση με τη μέση θερμοκρασία της Γης αυξήθηκε κατά 6°C μέσα σε ένα διάστημα 20.000 ετών
- Η θέρμανση είχε εξαιρετικά σοβαρές συνέπειες στα οικοσυστήματα. Διάφορα είδη της πανίδας εξαφανίστηκαν, ενώ εμφανίστηκαν άλλα

Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Geologic_temperature_record

- Διαταράχθηκε ο κύκλος του άνθρακα (C) με μαζική εισαγωγή C στους ωκεανούς & στην ατμόσφαιρα
- Η κατανομή ωκεανών-ηπείρων ήταν διαφορετική π.χ. δεν υπήρχε η διώρυγα του Παναμά που επιτρέπει την επικοινωνία Ατλαντικού-Ειρηνικού, ενώ το πέρασμα Drake (νότια Αμερική) ήταν κλειστό εμποδίζοντας την θερμική μόνωση της Ανταρκτικής???? Άνοιξε 41 εκατομμύρια χρόνια πριν Μάλλον εννοεί άνοιξε ????
- Η κυκλοφορία των ωκεανών άλλαξε δραστικά σ' ένα διάστημα 5.000 ετών με αναστροφή της κυκλοφορίας (από το Νότιο στο Βόρειο Ημισφαίριο) των ωκεάνιων ρευμάτων η οποία επέμενε για 40.000 έτη μεταφέροντας θερμά νερά στα βαθύτερα στρώματα των ωκεανών & ενισχύοντας έτσι περαιτέρω την θέρμανση



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν



With the courtesy of E. Kodouli

- Η **Ολιγόκαινος εποχή** στο ξεκίνημα της χαρακτηρίζεται από θερμό & υγρό κλίμα
- Στο μέσον περίπου της εποχής η κατάσταση άλλαξε και το κλίμα έγινε ψυχρό & υγρό
- Οι ωκεανοί ψύχονται ιδιαίτερα γύρω από την Ανταρκτική
- Τα τροπικά δάση του Καναδά & των Βορείων Ηνωμένων Πολιτειών αντικαθίστανται από δάση των εύκρατων περιοχών



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- Κατά τη **Μειόκαινος εποχή** παρατηρήθηκε ελαφρά βελτίωση του κλίματος, αποτελώντας έτσι προσωρινή ανάσχεση της γενικής τάσης μείωσης της θερμοκρασίας & της αύξησης των παγετώνων

- Οι ήπειροι συνεχίζουν να μετακινούνται προς τη σημερινή τους θέση

- Στο τέλος αυτής της εποχής αρχίζει η ανάπτυξη των Ιμαλαίων λόγω της σύγκρουσης της Ινδίας με την Ασία

- Λαμβάνει χώρα επίσης η ανάπτυξη των Άνδεων, οροσειρών στην Ευρώπη

- Σχηματισμός οροσειρών στη Δυτική Μεσόγειο σε συνδυασμό με πτώση της στάθμης της θάλασσας δημιουργεί προσωρινά συνθήκες ξηρασίας

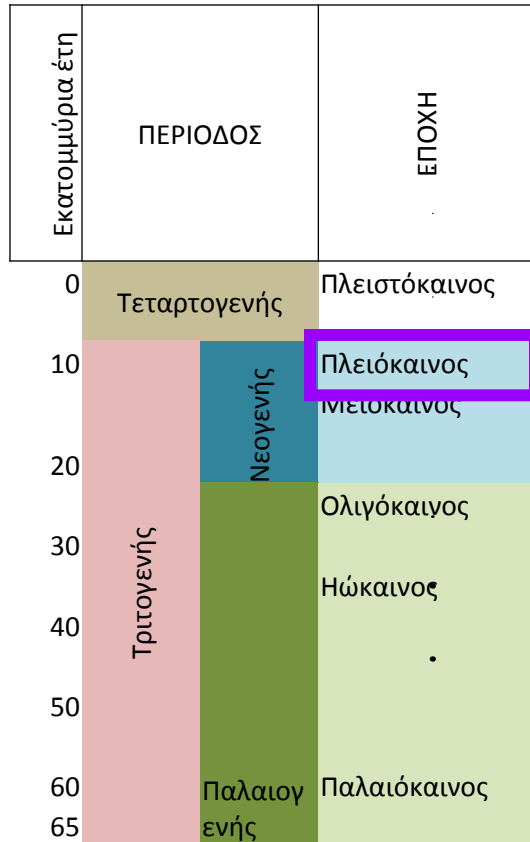
- Η πανίδα & χλωρίδα είναι σχετικά πρόσφατη, ενώ εξαπλώνονται πτηνά & θηλαστικά



With the courtesy of E. Kodouli



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν



With the courtesy of E. Kodouli

- Η **Πλειόκαινος εποχή** σηματοδεύτηκε από έντονη τάση μείωση της θερμοκρασίας & των βροχοπτώσεων με αποτέλεσμα την επικράτηση ξηρού & ψυχρού κλίματος με εποχικότητα που προσομοιάζει τη σημερινή
- Οι περισσότεροι από τους πρόσφατους και καλά μελετημένους παγετώνες σχηματίστηκαν αυτή την εποχή
- Οι ήπειροι συνεχίζουν να μετακινούνται από μια απόσταση 250 km σε μια απόσταση 70 km προς τη σημερινή τους θέση
- Δημιουργείται Ισθμός στο Παναμά με σημαντικές επιπτώσεις στο κλίμα καθώς αποκόπτεται το θερμό Ισημερινό ρεύμα και αρχίζει ένας κύκλος ψύξης του Ατλαντικού ωκεανού
- Η Αφρική συγκρούεται με την Ευρώπη **σχηματίζοντας τη Μεσόγειο Θάλασσα**
- Ραγδαία ανάπτυξη & εξάπλωση φυλλοβόλων & κωνοφόρων δασών, λιβαδικών εκτάσεων. Τούντρα επικρατεί στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη, σαβάνα & έρημοι στην Αφρική & Ασία



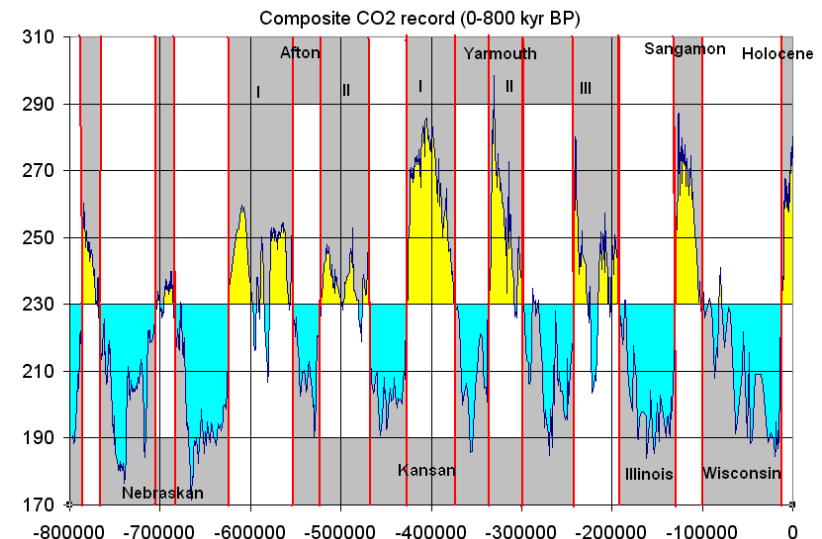
Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

Εκατομμύρια έτη	ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΕΠΟΧΗ
0	Τεταρτογενής	Πλειστόκαινός
10	Τριτογενής	Πλειόκαινος Μειόκαινος
20		Νεογενής
30	Τριτογενής	Ολιγόκαινος Ηώκαινος
40		
50	Τριτογενής	
60		
65	Παλαιογενής	Παλαιόκαινος

With the courtesy of E. Kodouli

- Η τεταρτογενής περίοδος ξεκινά με την **Πλειστόκαινο εποχή (1,8 - 0,01 Ma πριν)**
- Η πλειστόκαινο εποχή τελείωσε 12.000 – 11.000 χρόνια πριν
- Διαιρείται σε **4** στάδια:
 - **Gelasian**
 - **Calabrian**
 - **Ionian**
 - **Tarantian**

• Είναι η τελευταία περίοδος όπου εμφανίζονται επαναλαμβανόμενες περιόδους παγετώνων. Συγκεκριμένα εμφανίστηκαν **4 παγετώδεις περιόδους**

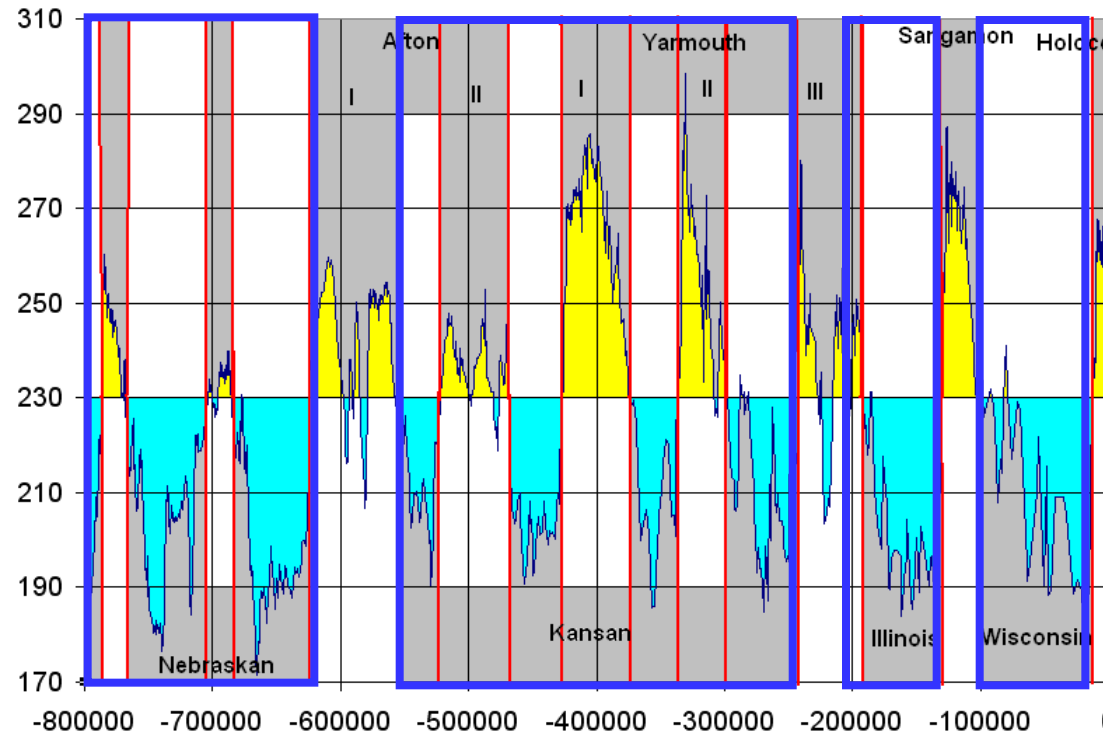


Πηγή:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c9/Co2_glacial_cycles_800k.png

Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- Οι 4 παγετώδεις περιόδους του τεταρτογενούς



Πηγή: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c9/Co2_glacial_cycles_800k.png

- Κατά τη διάρκεια αυτών των παγετωνικών περιόδων η μέση θερμοκρασία του πλανήτη ήταν **6°C μικρότερη** της σημερινής

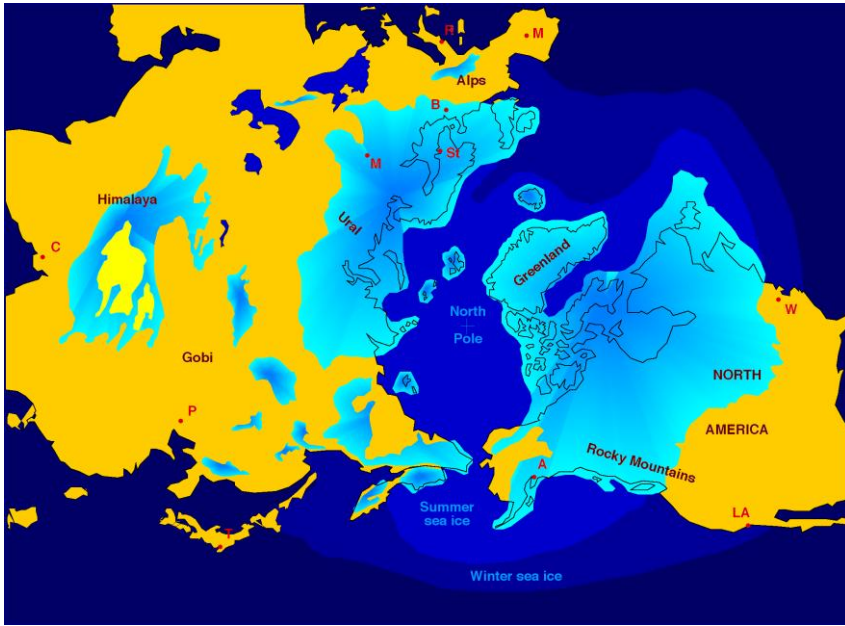
- Εκτιμάται ότι η παγοκάλυψη των ηπείρων έφτανε μέχρι τον 40° παράλληλο

- Κατά τη διάρκεια της μέγιστης παγοκάλυψης το **9%** του πλανήτη (30% της ξηράς) καλύφτηκε από πάγους

- Η ζώνη του permafrost μετακινήθηκε εκατοντάδες χιλιόμετρα νοτιότερα
- Η παγοκάλυψη είχε πλανητικά χαρακτηριστικά. Πάγοι κάλυπταν: Ανταρκτική, Άνδεις, Παταγονία, Νέα Ζηλανδία, Τασμανία, Κιλιμάντζαρο, όροι Κένυας & Αιθιοπίας, οροσειρά του Άτλαντα
- Η παγοκάλυψη ήταν μεγαλύτερη στη Βόρειο Αμερική, Γροιλανδία & Σκανδιναβία

Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

• Οι 4 παγετώδεις περιόδους του τεταρτογενούς



Πηγή: http://https://en.wikipedia.org/wiki/Quaternary_glaciation

Η τελευταία πεγετωνική περίοδος

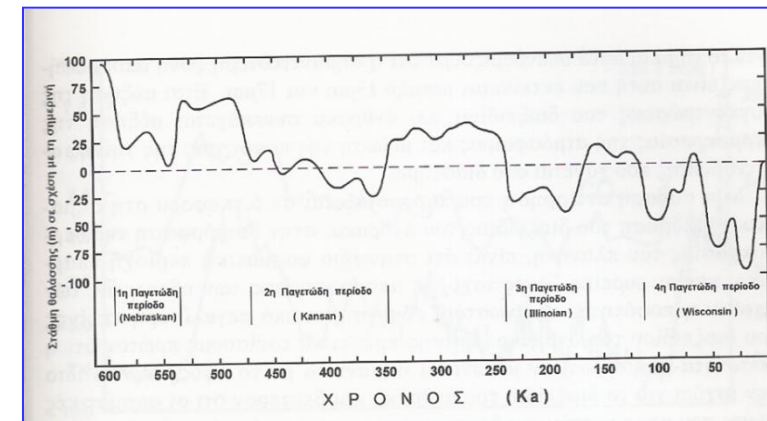
• Γενικά, χαρακτηριστικό του κλίματος των παγετώδων περιόδων ήταν η μείωση σε πλανητική κλίμακα του νετού & της εξάτμισης. Στις ακάλυπτες περιοχές η βροχόπτωση ήταν 2-3 φορές υψηλότερη της σημερινής => σχηματισμός των λιμνών της ανατολικής Αφρικής

• Η δέσμευση τεράστιου όγκου νερού για τη δημιουργία παγετώνων οδήγησε σε πτώση της στάθμης της θάλασσας 100 m κάτω της σημερινής

• Στην πρώτη παγετώδη περίοδο, το μέγιστο της παγοκάλυψης εμφανίστηκε στον Καναδά & στη συνέχεια διολίσθησε ανατολικά, όπου την τέταρτη παρατηρήθηκε στην ανατολική Ευρώπη

• Από την πρώτη μέχρι την παγετώδη περίοδο στο Βόρειο Ημισφαίριο & την Ανταρκτική, η έκταση της παγοκάλυψης εμφανίζει συνεχή μείωση λόγω μείωσης του νετού

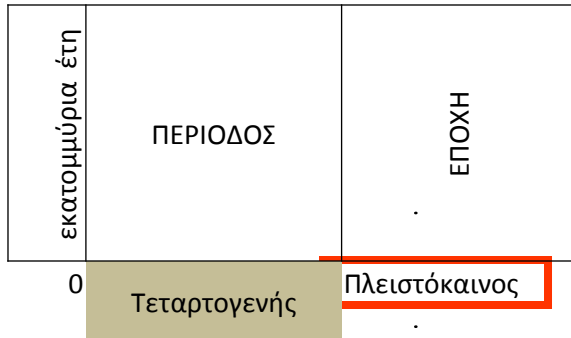
• Η ψυχρότερη & ξηρότερη ήταν η τελευταία παγετωνική περίοδος



Πηγή: Σχήμα 12.3.2 από Χ.Σ. Σαχσαμάνογλου, Α.Α. Μπλούτσος, Φυσική Κλιματολογία, 1998, ISBN 960-431-495-5, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- Η τεταρτογενής περίοδος ξεκινά με την Πλειστόκαινο εποχή (1,8 - 0,01 Ma πριν)

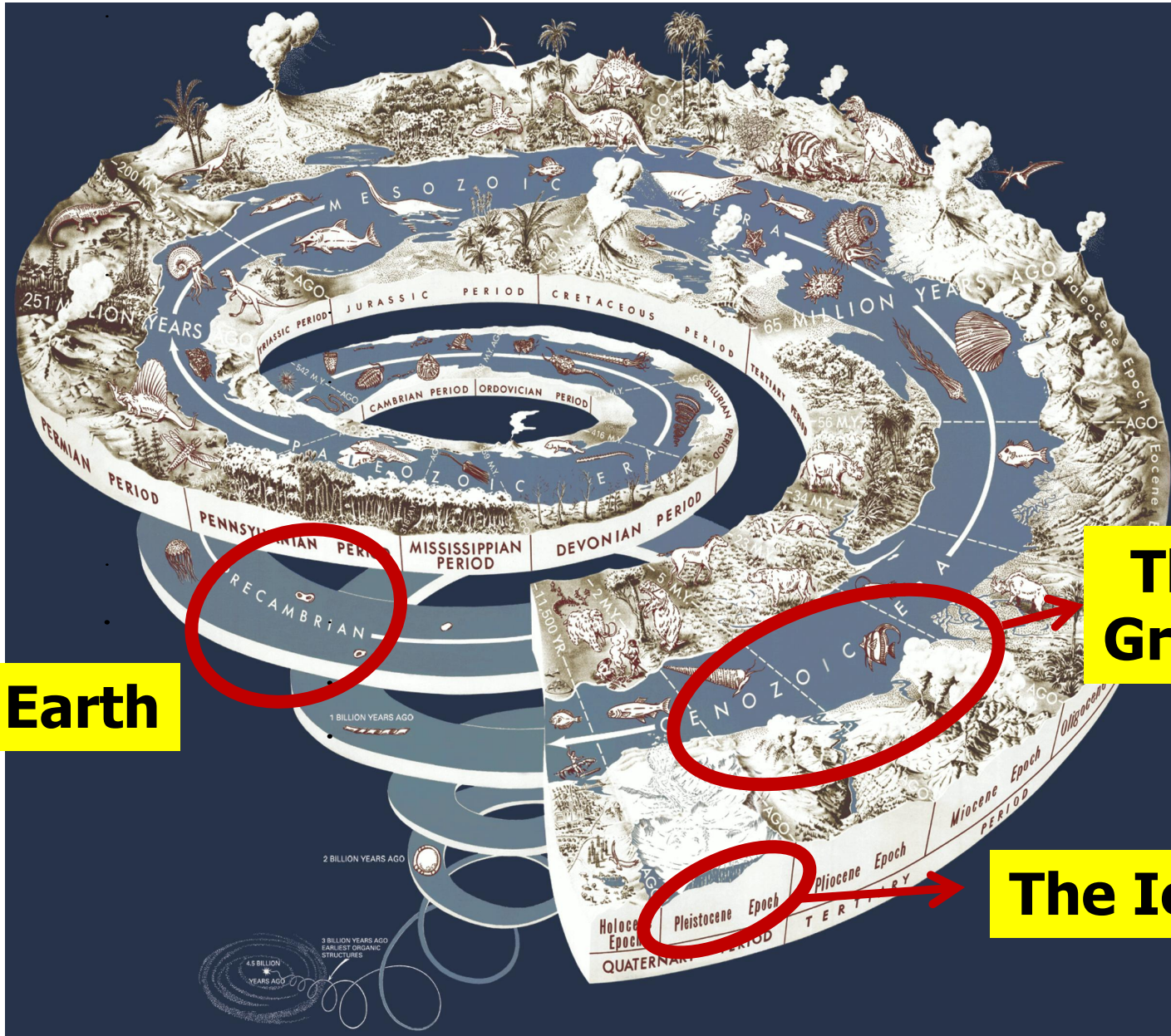


With the courtesy of E. Kodouli

- Κατά τα μεσοπαγετωνικά διαστήματα, η μέση πλανητική θερμοκρασία ήταν **3°C υψηλότερη από την σημερινή** => ο σημερινός τύπος κλίματος προσομοιάζει με αυτόν μεταξύ δύο παγετωνικών εξάρσεων γι' αυτό και η σημερινή περίοδος θεωρείται ως μεσοπαγετωνική
- Η θερμοκρασία των ωκεανών στην Ισημερινή & υποτροπική περιοχή ήταν **5 - 10°C υψηλότερη** σε σχέση με τις παγετωνικές περιόδους
- Η πανίδα θεωρείται σύγχρονη με αρκετά θηλαστικά να είναι μεγαλύτερα σε σχέση με τους σημερινούς απογόνους τους
- Το ανθρώπινο είδος εξελίχθηκε στη σημερινή του μορφή κατά τη διάρκεια του Πλειστόκαινου, κατά το μεγαλύτερο μέρος του οποίου κυριάρχησε ο **Homo erectus**
- Το της Πλειστόκαινου εποχής συμπίπτει με το τέλος της τελευταίας μεγάλης παγετωνικής περιόδου και με το τέλος της **παλαιολιθικής εποχής** (όρος της αρχαιολογίας)



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν



Snowball Earth

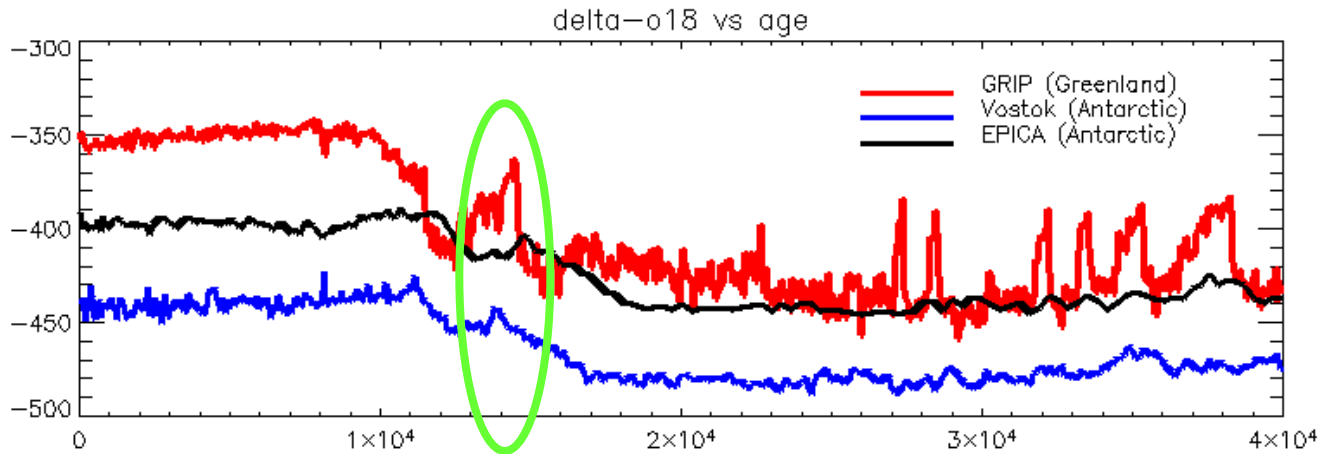
The Super Greenhouse

The Ice Ages



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- Στο τέλος της Πλειστόκαινου εποχής & αρχές της Ολόκαινου εντοπίζεται ένα χρονικό διάστημα (12.800 – 11.500 Ka πριν) γνωστό ως **Younger Dryas**



Πηγή: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9d/Epica-vostok-grip-140kyr.png>

- Το όνομα της προέρχεται από ένα αγριολούδουλο της Αλπικής Τούνδρας (*Dryas octopetala*)
- Είναι γνωστή και ως **Big Freeze** περίοδος ψυχρών & ξηρών κλιματικών συνθηκών
- Ήταν μια απότομη & ταχύτατη μετάβαση (μέσα ίσως σε μία δεκαετία) σε παγετώδεις συνθήκες. Η ταχύτητα, το μέγεθος & η έκταση αυτής της κλιματικής μεταβολής δεν είχε παρατηρηθεί ποτέ νωρίτερα
- Παραδείγματα: θερμοκρασίες στην Γροιλανδία **15°C** μικρότερη της σημερινής, μέση ετήσια θερμοκρασία στην Αγγλία **5°C**
- Παραδείγματα: αντικατάσταση των δασών της Σκανδιναβίας από Τούνδρα, ξηρασία στην Μέση Ανατολή
- Κλιματική μεταβολή αισθητή αλλά λιγότερο στον βορειοδυτικό Ειρηνικό



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- Στο τέλος της Πλειστόκαινου εποχής & αρχές της Ολόκαινου εντοπίζεται ένα χρονικό διάστημα (12.800 – 11.500 Ka πριν) γνωστό ως **Younger Dryas**

- **Αιτίες:**

- Η κατάρρευση της κυκλοφορίας του Βορείου Ατλαντικού η οποία μεταφέρει βόρεια νερά από τις τροπικές περιοχές, λόγω απορροής ‘φρέσκου’ νερού στον Ατλαντικό από το ‘ξεπάγωμα’ της λίμνης Agassiz στη Βόρειο Αμερική. Αυτή η θεωρία δεν έχει αποδειχθεί από γεωλογικά ευρήματα. Το φαινόμενο θα έπρεπε να εμμένει μέχρι το ‘φρέσκο’ νερό να δεσμευτεί από τους παγετώνες

- Εναλλακτική θεωρία: Μετακίνηση βόρεια του Jet Stream ως απόκριση αλλαγών στην τοπογραφία λόγω λιώσιμο των παγετώνων της βορείου Αμερικής. Αυτή η μετακίνηση επέφερε πολλές βροχές στον βόρειο Ατλαντικό => μείωση της αλατότητας των υδάτων => επιβράδυνση της ωκεάνιας κυκλοφορίας .

- Επειδή σε προηγούμενες παγετώνικες περιόδους δεν εμφανίστηκαν συμβάντα σαν αυτό => μπορεί να υπήρξε παράγοντας του τυχαίου

- Υπάρχουν όμως ενδείξεις ότι μετά το τέλος προηγούμενων παγετωνικών περιόδων υπήρχαν μετα-παγετωνικά συμβάντα σαν αυτό

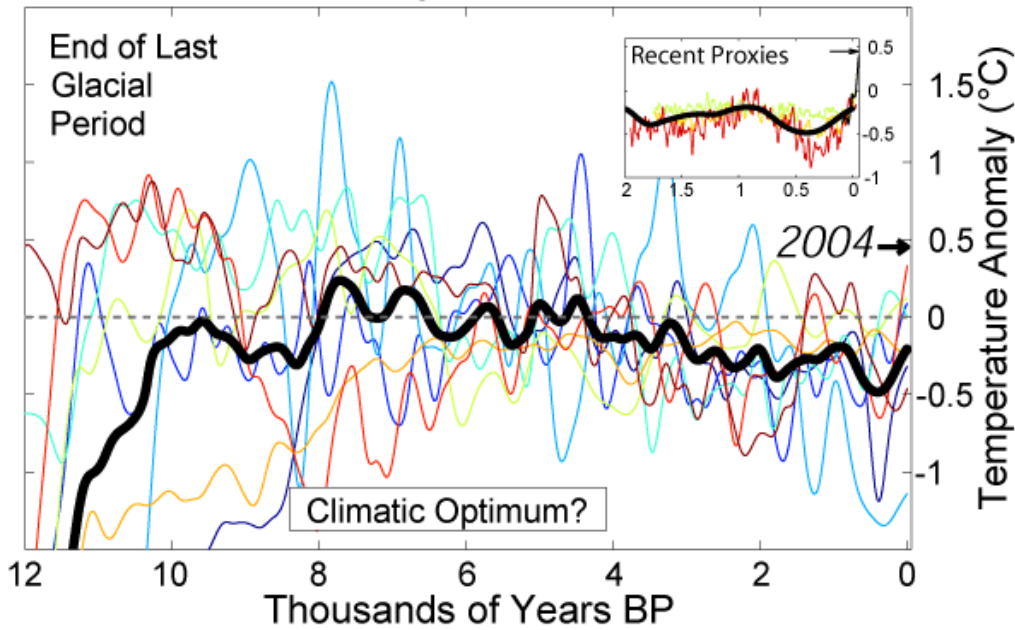
- Το τέλος της περιόδου έλαβε χώρα σε 40-50 έτη σε 3 διακριτά βήματα με απότομη αύξηση 7°C της θερμοκρασίας & συνολική θέρμανση 10±4 °C



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- **Ολόκαινος εποχή:** ξεκίνησε πριν περίπου 11.000-10.000 χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα

Holocene Temperature Variations



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

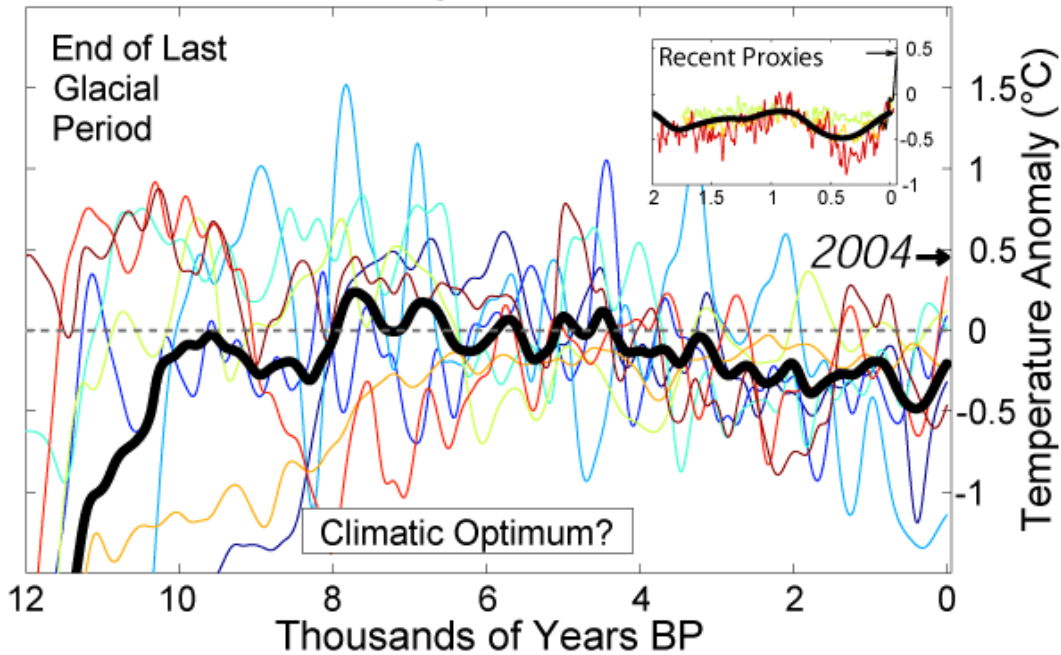
- Θεωρείται μεσοπαγετωνική θερμή περίοδος
- Χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη & αύξηση του ανθρωπίνου είδους, την εξάπλωση του στον πλανήτη & τις συνέπειες αυτών
- Διαιρείται σε **5** χρονικές περιόδους με βάση χαρακτηριστικά (χλωρίδα) & κλιματικές μεταβολές στην βόρεια Ευρώπη

- Ένας άλλος διαχωρισμός αφορά την τεχνολογική εξέλιξη: Νεολιθική εποχή, μεσολιθική εποχή & εποχή του χαλκού
- Οι τεκτονικές πλάκες (ήπειροι) μετακινήθηκαν κατά τη διάρκεια της ολόκαινου περιόδου λιγότερο από **1 km**
- Κατά το πρώτο τμήμα της περιόδου, η μέση στάθμη της θάλασσας ανήλθε κατά **35 m**

Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- **Ολόκαινος εποχή:** ξεκίνησε πριν περίπου 11.000-10.000 χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα

Holocene Temperature Variations



○ Τμήματα περιοχών σε γεωγραφικά πλάτη $> 40^{\circ}\text{B}$, συμπιέστηκαν από τους παγετώνες της πλειστόκαινου περιόδου \Rightarrow με το λιώσιμο των παγετώνων \Rightarrow την ανύψωση περιοχών κατά **180 m**, η οποία συνεχίζεται μέχρι σήμερα

\Rightarrow π.χ. η ανύψωση της Σκανδιναβικής χερσονήσου προκάλεσε το σχηματισμό της Βαλτικής Θάλασσας

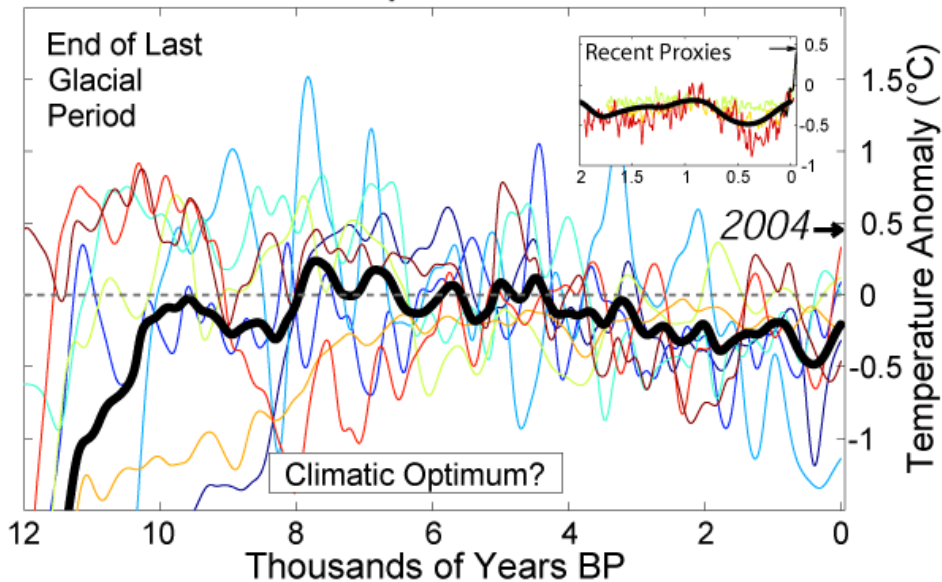
Πηγή: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Holocene_Temperature_Variations.png

- Η πανίδα & η χλωρίδα παρουσίασαν μικρή εξέλιξη κατά τη διάρκεια της ολόκαινου περιόδου. Συνέβη όμως μετακίνηση της κατανομής τους σε άλλες ζώνες. Εξαφανίστηκαν ένας αριθμός μεγάλων ζώων π.χ. μαμούθ, κυρίως στη βόρειο Αμερική
- Πιστεύεται ότι συνέβη πτώση μετεωριτών στην Ευρώπη, ινδικό ωκεανό & Σιβηρία
- Ένα megatsunami ίσως προκάλεσε τον κατακλυσμό του Νώε

Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- **Ολόκαινος εποχή:** ξεκίνησε πριν περίπου 11.000-10.000 χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα

Holocene Temperature Variations



- Το κλίμα: θεωρείται σχετικά σταθερό

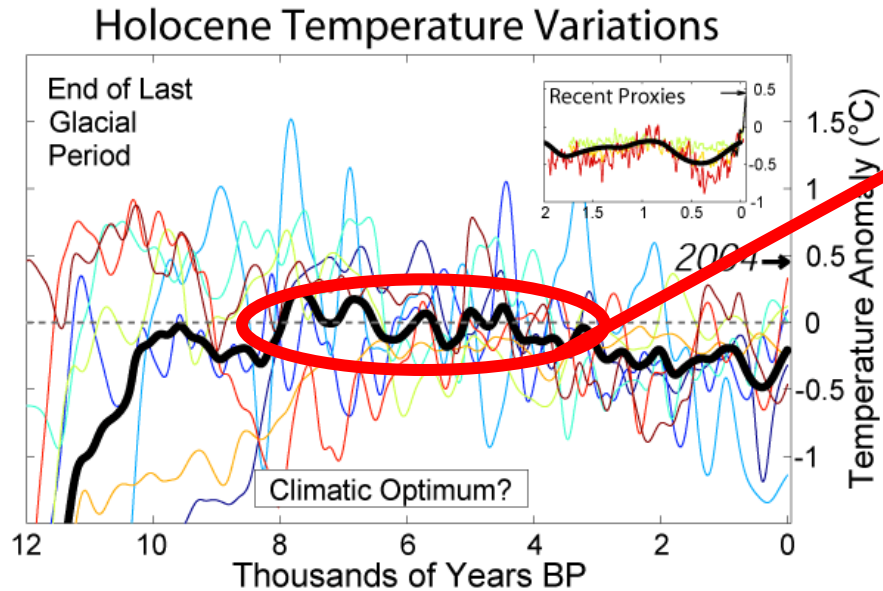
Πηγή: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/ca/Holocene_Temperature_Variations.png

- Με το τέλος της τελευταίας παγετωνικής περιόδου (τέλος Πλειστόκενου εποχής) η θέρμανση ξεκίνησε από το Νότιο Ημισφαίριο και επεκτάθηκε στη συνέχεια στο Βόρειο από 11.000 ως 7.000 έτη πριν
- Οι μεταβολές του κλίματος αποκτούν πιο τοπικό χαρακτήρα π.χ. Younger Dryas



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- **Ολόκαινος εποχή:** ξεκίνησε πριν περίπου 11.000-10.000 χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα



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

○ Το τέλος αυτής της περιόδου συμπίπτει με την 'ανατολή' των πολιτισμών της Αφρικής & της Ασίας

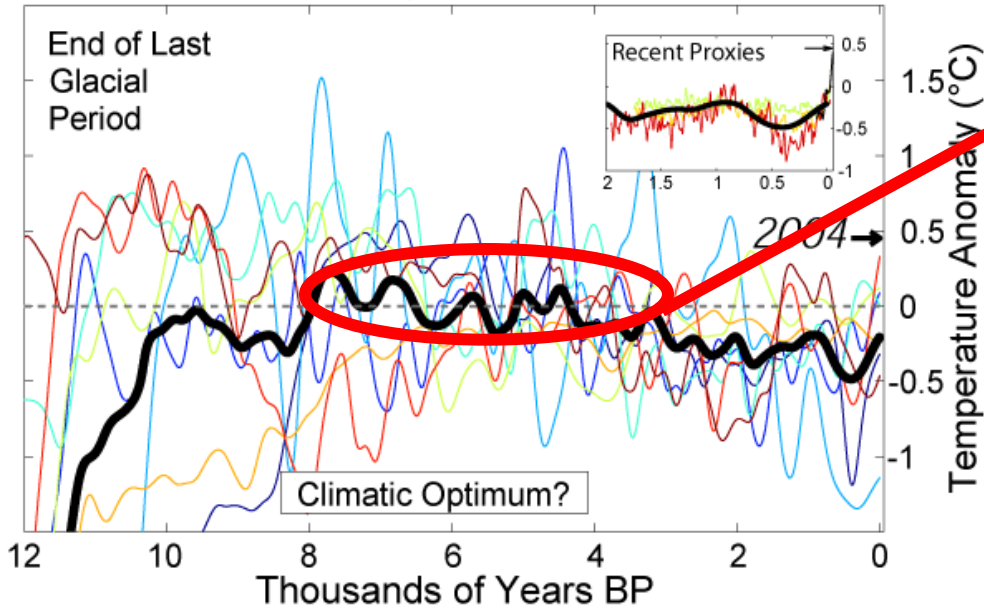
- Σε περιοχές στον Βόρειο πόλο, η αύξηση της θερμοκρασίας ήταν ~4°C
- Στην Σιβηρία η αύξηση ήταν της τάξης 3-9°C τον χειμώνα και 2-6°C το θέρος
- Η αύξηση αυτή είναι όλο και μικρότερη στα μέσα & μικρά γεωγραφικά πλάτη (π.χ. η αύξηση της θερμοκρασία στους τροπικούς ωκεανούς ήταν < 1°C
- Η μέση πλανητική θερμοκρασία εκτιμάται ότι ήταν μικρότερη από την σημερινή με το Βόρειο Ημισφαίριο θερμότερο από τον μέσο όρο & τους Τροπικούς & το Νότιο



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- **Ολόκαινος εποχή:** ξεκίνησε πριν περίπου 11.000-10.000 χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα

Holocene Temperature Variations



- Βόρειο Ημισφαίριο ήταν ψυχρότερο από τον μέσο όρο
- Οι έρημοι της κεντρικής Ασίας ήταν εκτεταμένα δάση λόγω αυξημένης βροχόπτωσης
- Ενώ οι εύκρατες ζώνες της Κίνας & της Ιαπωνίας εκτεινόταν αρκετά βόρεια
- Ο Αφρικανικός Μουσώνας ήταν πιο ενισχυμένος => το κλίμα της Αφρικής να είναι πιο υγρό

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

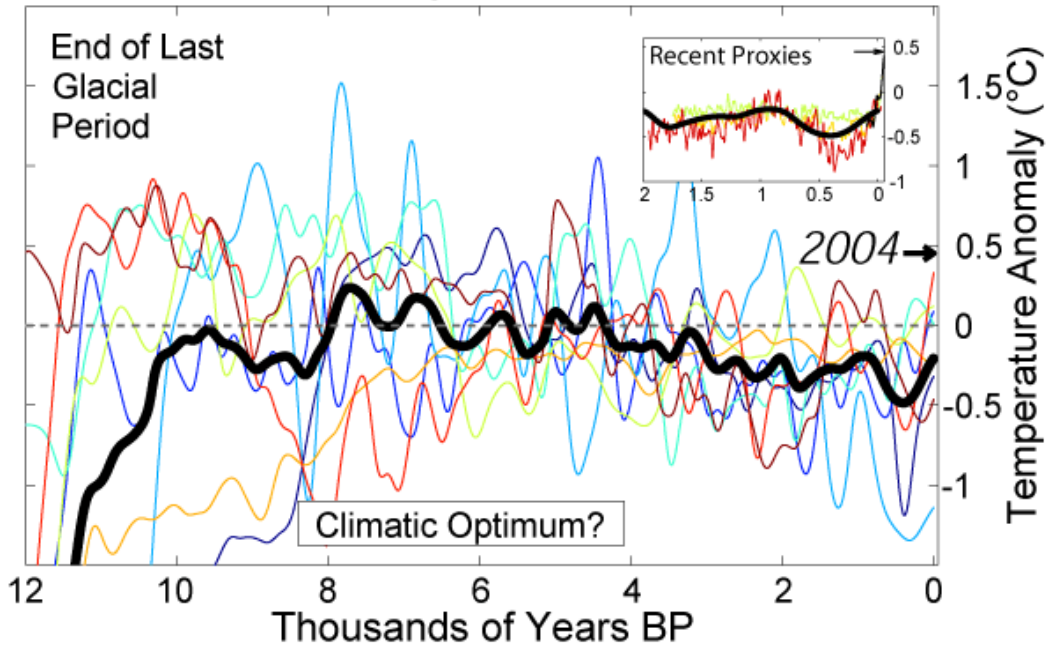
- Η περιοχή της Σαχάρας ήταν περισσότερο πράσινη
- Το Νότιο Ημισφαίριο (Νέα Ζηλανδία & Ανταρκτική) βίωσαν την πιο θερμή περίοδο στο διάστημα 10.500 με 8.000 χρόνια πριν
- Το θερμοκρασιακό μέγιστο της ολόκαινου εποχής ακολουθεί σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας για ένα διάστημα **2 χιλιετήδων**



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- **Ολόκαινος εποχή:** 11.000-10.000 χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα

Holocene Temperature Variations



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

- Ακραίο καιρικό κλιματικό φαινόμενο (535-536 μ.χ.): το πιο δριμύ σύντομο επεισόδιο ψύξης του Βορείου Ημισφαιρίου τα τελευταία 2000 χρόνια
- Δεν σημειώνονταν εποχές & υπήρχε καταστροφή των καλλιεργειών

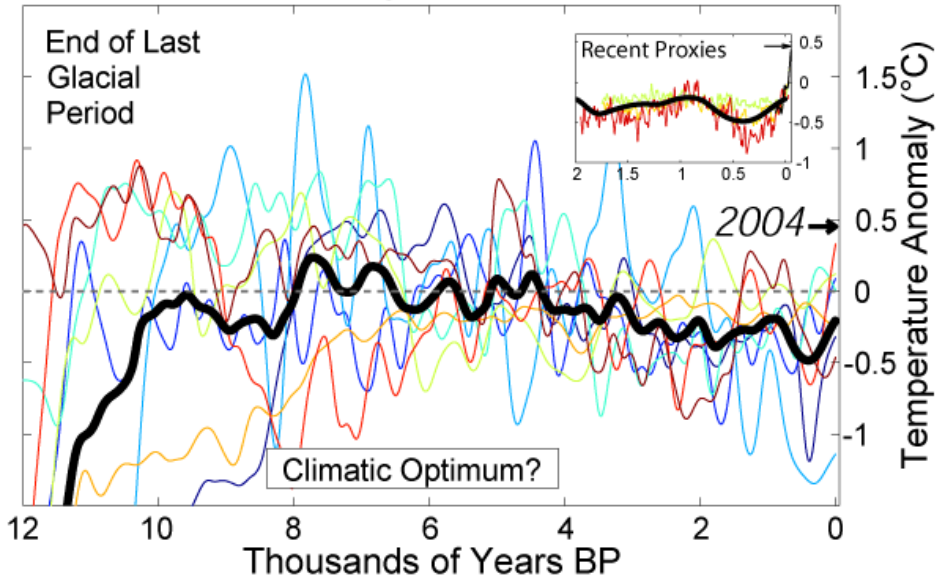
- Καταγράφηκε από τον Βυζαντινό ιστορικό Προκόπιο που έγραφε ότι ο ήλιος δεν ήταν ορατός, ήταν σαν να συνέβαινε έκλειψη
- Καταγράφηκε σε χρονικά στην Ιρλανδία
- Αναφέρθηκε χιονόπτωση το θέρος στην Κίνα
- Ξηρασία στο Περού
- Πυκνή ξηρά ομίχλη στην Ευρώπη, την Ασία & τη Μέση Ανατολή



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- **Ολόκαινος εποχή:** 11.000-10.000 χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα

Holocene Temperature Variations

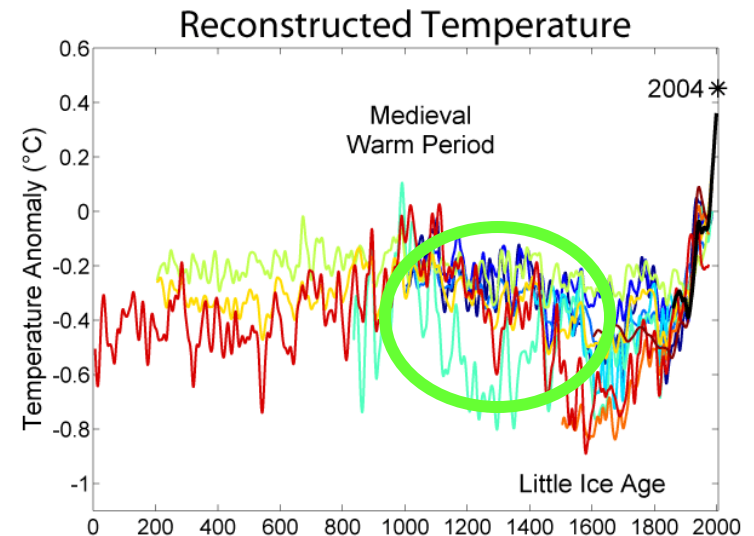


○ Το κλιματικό βέλτιστο (θέρμανση) του μεσαίωνα (950-1250 μ.χ.): εκδηλώθηκε ως θερμό κλίμα στην περιοχή του Βόρειου Ατλαντικού συνδέεται όμως με κλιματικά συμβάντα σε άλλες περιοχές του πλανήτη (Κίνα, Νέα Ζηλανδία)

- Είναι η πιο θερμή περίοδος των 2000 ετών πριν τον 20^ο αιώνα

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

- Καταγράφηκε σε ιστορικά κείμενα & σε κείμενα βοτανολόγων & μετεωρολόγων
- Λόγω της υποχώρησης των πάγων γίνεται εποίκισμός της Γροιλανδίας από τους Βίκινγς
- Περιοχές του πλανήτη ήταν ιδιαίτερα ξηρές (δυτικές ΗΠΑ, ανατολική Αφρική), ενώ ο Ειρηνικός ήταν ψυχρότερος & ξηρότερος από το κανονικό (συνθήκες La Nina)



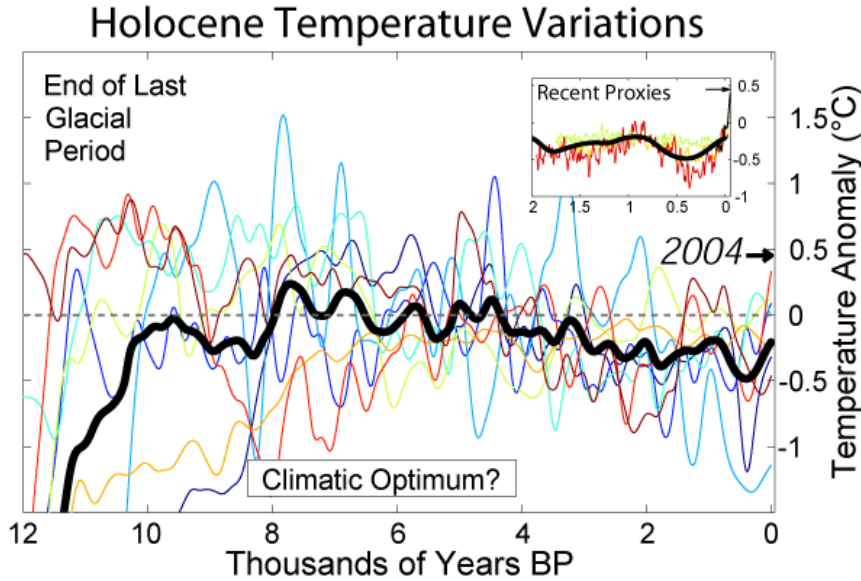
Πηγή:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/1000_Year_Temperature_Comparison.png



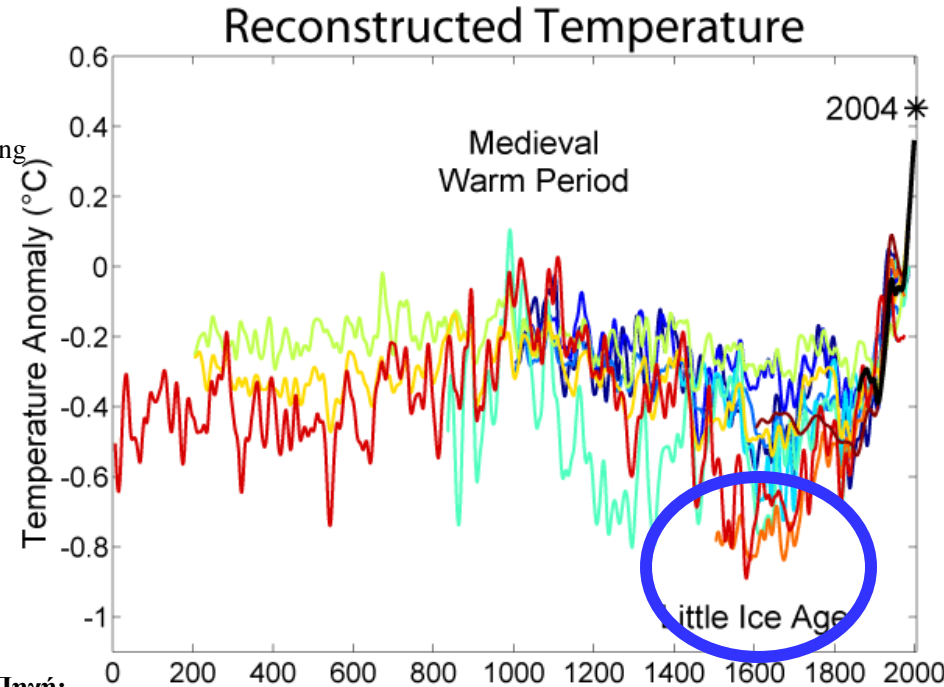
Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- **Ολόκαινος εποχή:** 11.000-10.000 χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα



○ Η μικρή παγετωνική περίοδος (**Little Ice Age, 1550-1850 μ.χ.**): ακολούθησε την θερμή περίοδο του μεσαίωνα

- Δεν πρόκειται για πραγματική παγετωνική περίοδο αλλά για μια περίοδο με ψυχρό κλίμα
- Αποτελείται από 3 ιδιαίτερα ψυχρά διαστήματα: 1650, 1770 - 1850



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

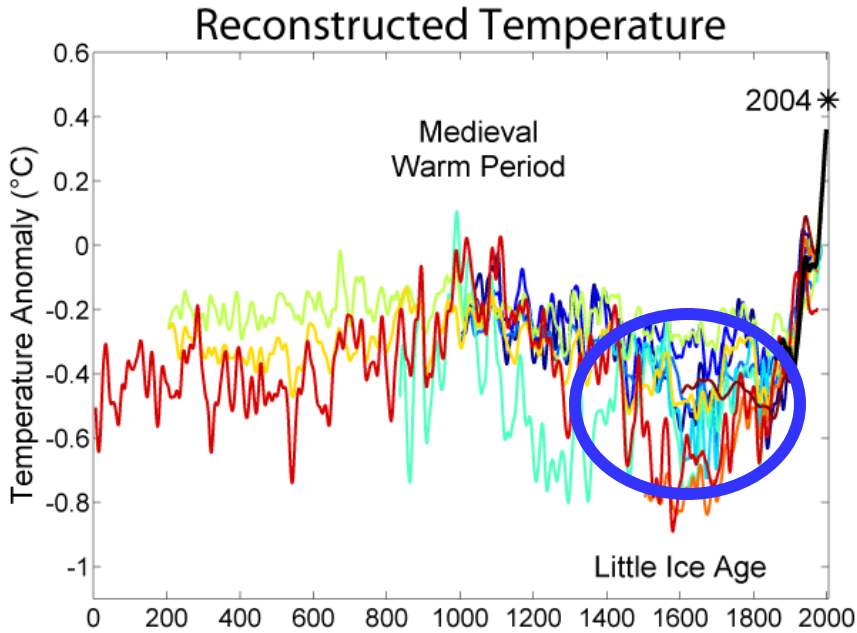
- Αύξηση της παγοκάλυψης σε ορεινούς όγκους σε μεγάλο αριθμό περιοχών της Ευρώπης
- Αύξηση της έκτασης της παγοκάλυψης παρατηρήθηκε επίσης σε Αλάσκα, Νέα Ζηλανδία, Παταγονία
- Όμως ο χρόνος εμφάνισης του μεγίστου της παγοκάλυψης δεν ήταν ο ίδιος σε όλες αυτές τις περιοχές =>

Πηγή: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/1000_Year_Temperature_Comparison.png



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- **Ολόκαινος εποχή:** 11.000-10.000 χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα



- => πρόκειται κυρίως για περιοχικές κλιματικές αλλαγές & όχι για ταυτόχρονη πλανητική ψύξη
- Οι χειμώνες στην Ευρώπη & τη Βόρειο Αμερική έγιναν εξαιρετικά ψυχροί & δριμείς
- Χωριά στις Ελβετικές Άλπεις καταστράφηκαν λόγω επέκτασης των παγετώνων
- Υδάτινες επιφάνειες & ποταμοί πάγωναν συχνά
- Σε συνδυασμό με μια έκρηξη ηφαιστείου ο πληθυσμός της Ισλανδίας μειώθηκε στο μισό

Πηγή: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/1000_Year_Temperature_Comparison.png

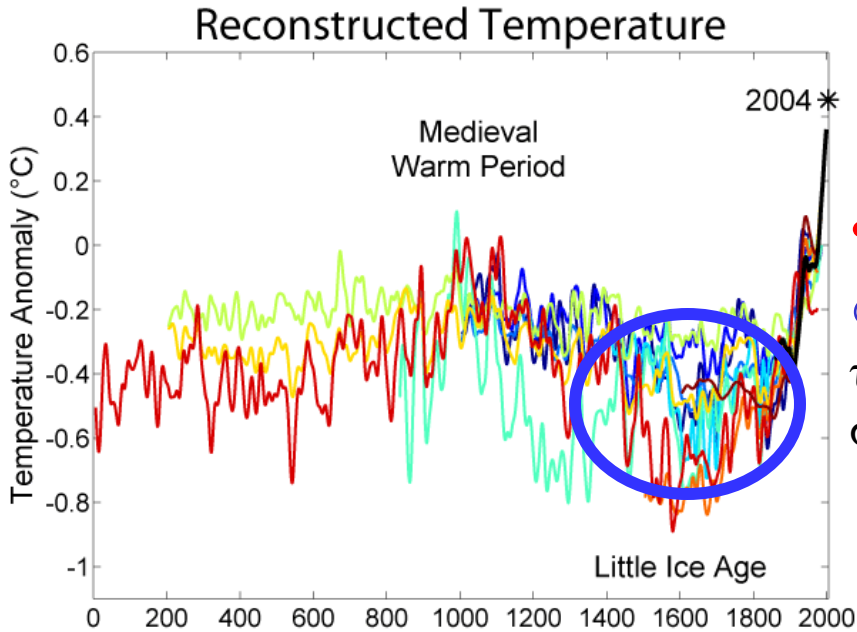
- Στην Πορτογαλία οι χιονοθύελλες ήταν πιο συχνές σε σχέση με σήμερα
- Συχνά η άνοιξη & και το θέρος ήταν ψυχρά και υγρά
- Αιθιοπία & Μαυριτανία αναφέρθηκε μόνιμη χιονοκάλυψη στις κορυφές των βουνών
- Υποστηρίζεται ότι το ψυχρό κλίμα έκανε το ξύλο πυκνότερο σε σχέση με τις θερμότερες περιόδους => τον ιδιαίτερο τόνο των βιολιών Στραντιβάριους που κατασκευάστηκαν αυτή την περίοδο



Πηγή: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/Hendrick_Avercamp_-_Winterlandschap_met_ijsvermaak.jpg

Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

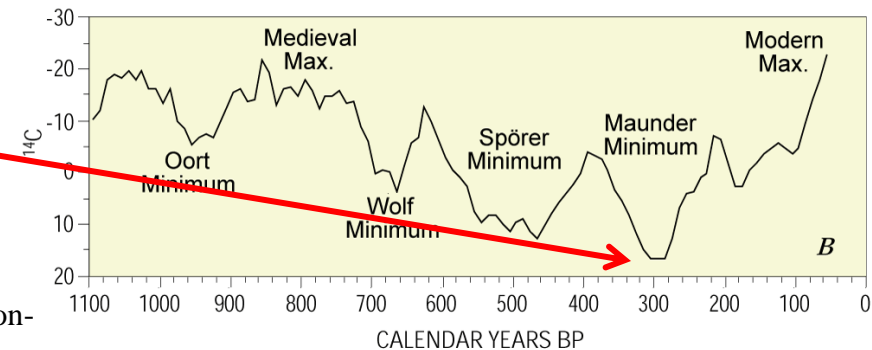
- **Ολόκαινος εποχή:** 11.000-10.000 χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα



- Παρότι πιστεύεται ότι δεν ήταν πλανητικής κλίμακας, μελέτες επισημαίνουν την παρουσία ψυχρών περιόδων σε περιοχές του Νοτίου Ημισφαιρίου
- **Αίτια:**
 - Μεταβολές της τροχιάς της Γης => είναι υπεύθυνες για την τάση ψύξης τα τελευταία 2000 χρόνια και αναμένεται να συνεχιστεί τα επόμενα 4000 ?!
 - Ηφαιστειακές εκρήξεις (π.χ. 1815 ηφαίστειο Tambora στην Ινδονησία)

Πηγή: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/1000_Year_Temperature_Comparison.png

- Ωκεάνια κυκλοφορία: Π.χ. επιβράδυνση της κυκλοφορίας του Βορείου Ατλαντικού λόγω εισροής τεράστιων ποσοτήτων 'φρέσκου' νερού κατά τη θερμή περίοδο του μεσαίωνα
- Περιορισμός της ηλιακής δραστηριότητας (π.χ. το ελάχιστο 1645-1715)



Πηγή:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sunspot_Numbers.png#/media/File:Carbon-14_with_activity_labels.png

Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

- **Ολόκαινος εποχή:** 11.000-10.000 χρόνια και συνεχίζεται μέχρι σήμερα

- **1816: το έτος χωρίς θέρος ή έτος φτώχειας**

- Ασυνήθιστα ψυχρό θέρος στο Βόρειο Ημισφαίριο προκαλώντας μείωση της μέσης πλανητικής θερμοκρασίας κατά 0.4–0.7 °C

- Ασυνήθιστα ψυχρό θέρος με μέση θερμοκρασία < 5°C

- Έγινε αισθητό στις βορειοανατολικές ΗΠΑ, τις ανατολικές ακτές του Καναδά & περιοχές της Δυτικής Ευρώπης

- Καταστροφή των καλλιεργειών

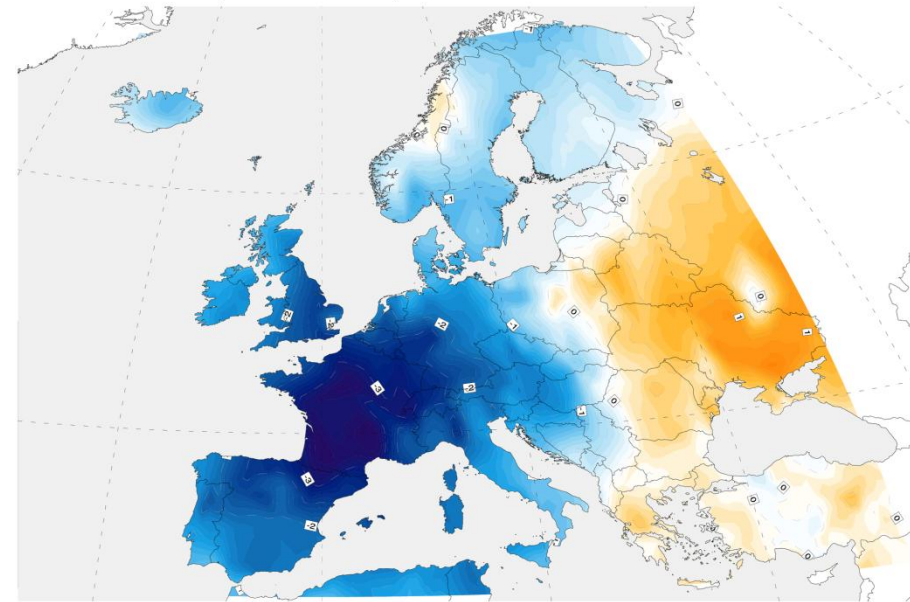
- **Αίτια:**

- Ελάχιστο ηλιακής δραστηριότητας (ελάχιστο Dalton) σε συνδυασμό με

- Ηφαιστειακές εκρήξεις π.χ.

- 1812: ηφαίστειο La Soufriere στην Καραϊβική
- 1812: ηφαίστειο Awu στην Ινδονησία
- 1813: ηφαίστειο Suwanosejima στην Ιαπωνία
- 1814: ηφαίστειο Mayon στις Φιλιππίνες
- 1815: ηφαίστειο Tambora στην Ινδονησία

1816 Summer Temperature Anomaly



Οι αποχές της θερμοκρασίας σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία της περιόδου 1970-2000

Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Year_Without_a_Summer



Το κλίμα της Γης στο παρελθόν

Το κλίμα του πλανήτη τα τελευταία 10.000 χρόνια (Ολόκαινος εποχή)

παγετώνων.

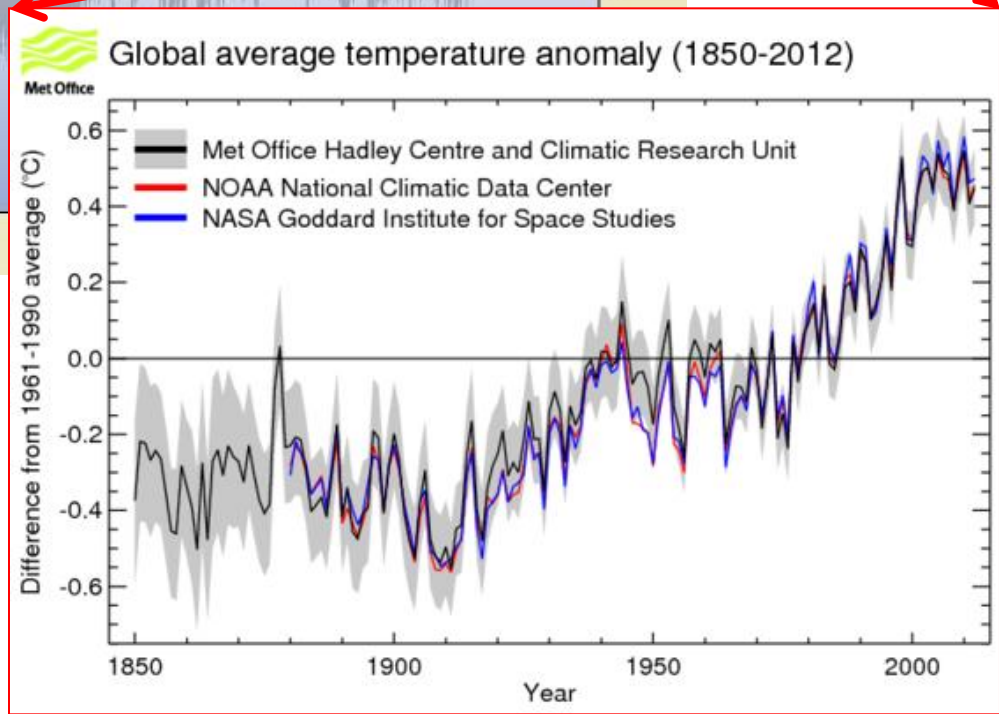
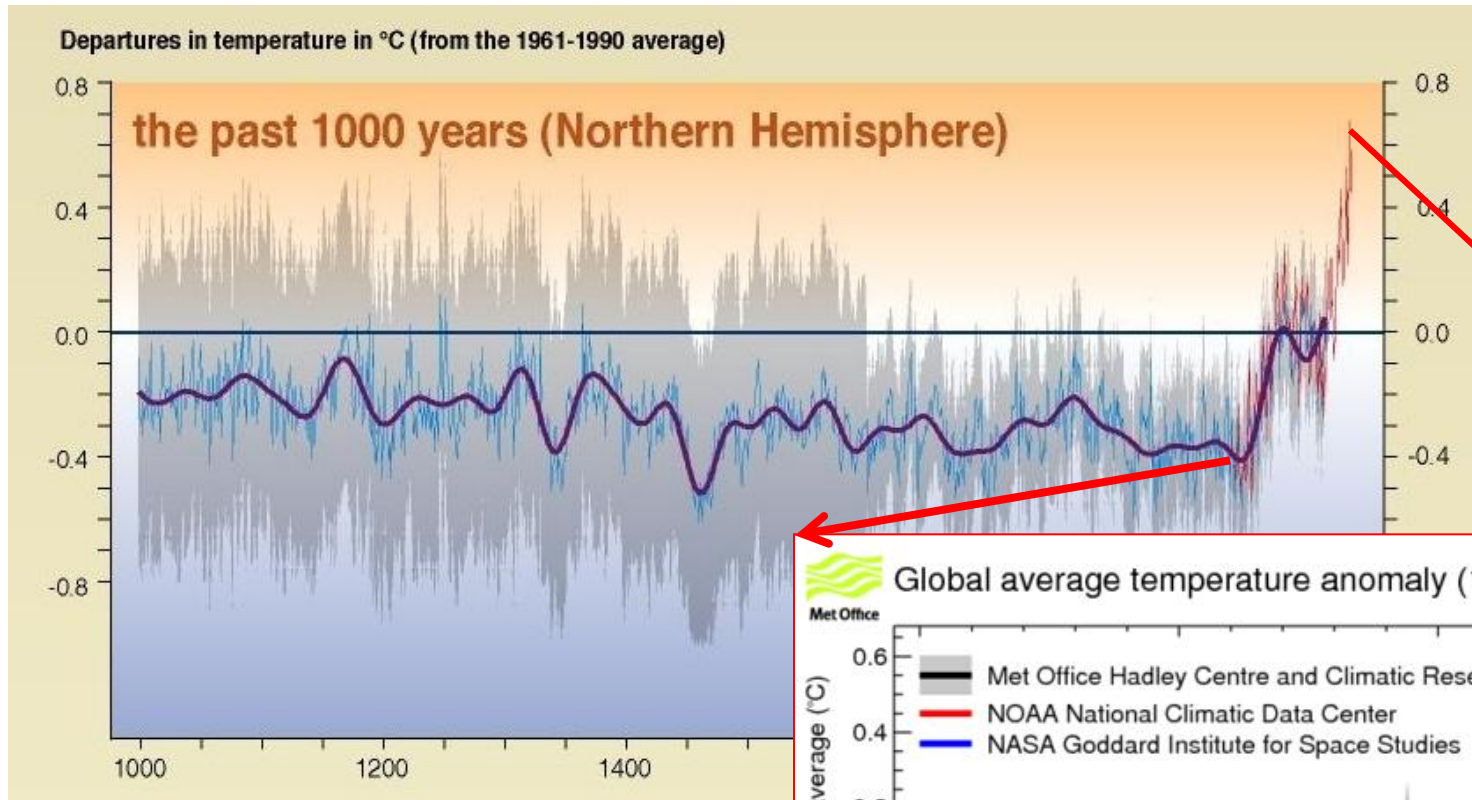
9000 - 6000 π.Χ.	Νότια Αριζόνα	Θερμό και άνυδρο
7800 - 6800 π.Χ.	Ευρώπη	Δροσερό και υγρό που γίνεται δροσερό και ξηρό το 7000 π.Χ. περίπου. Οι πάγοι εγκαταλείπουν τη Σουηδία το 6840 π.Χ.
6800 - 5600 π.Χ.	Βόρεια Αμερική & Ευρώπη	Δροσερό και ξηρό με πιθανή επέκταση των μαστοφόρων προς την Αριζόνα και το Νέο Μεξικό.
5600 - 2500 π.Χ.	Βόρειο & Νότιο Ημισφαίριο	Θερμό και υγρό που γίνεται θερμό και ξηρό το 3000 π.Χ. περίπου. Διαλείπουσα ξηρασία στις δυτικές ΗΠΑ, μετά το 5500 π.Χ. Υποχώρηση των πάγων στον πορθμό της Ανταρκτικής το 4000 π.Χ. Μέγιστη υποχώρηση των πάγων στην Αλάσκα το 3500 π.Χ.
2500 - 500 π.Χ.	Βόρειο Ημισφαίριο	Γενικώς θερμό και ξηρό με διαλείμματα ισχυρών βροχοπτώσεων (Ευρώπη 1300 π.Χ., Μέση Ανατολή 1100 π.Χ., 850-800 π.Χ., και ΗΠΑ 660 π.Χ.) και έντονων ξηρασιών (Ευρώπη μετά το 2200 π.Χ., μεταξύ 1200 και 1000 π.Χ. και μεταξύ 700 και 500 π.Χ., Κίνα από 842 π.Χ. μέχρι 771 π.Χ. και δυτικές ΗΠΑ στο 510 π.Χ. περίπου). Ενίσχυση των πάγων στην Αλάσκα μεταξύ 2380 π.Χ. και 1340 π.Χ. καθώς και το 600 π.Χ. περίπου.
500 π.Χ. - 0	Ευρώπη	Δροσερό και υγρό. Μεγιστοποίηση των πάγων στη Σκανδιναβία μεταξύ 500 π.Χ. και 200 π.Χ.
330 μ.Χ.	ΗΠΑ	Ξηρασία στις δυτικές πολιτείες
595 - 645 μ.Χ.	Μέση Ανατολή Αγγλία	Επεισόδια ξηρασίας στη Μ. Ανατολή που ακολουθούνται από ψυχρούς χειμώνες. Ξηρασία στην Αγγλία.

Πηγή: Πίνακας 12.2.1 από Χ.Σ. Σαχσαμάνογλου, Α.Α. Μπλούτσος, Φυσική Κλιματολογία, 1998, ISBN 960-431-495-5, Εκδόσεις ΖΗΤΗ



673 μ.Χ.	Αν. Ευρώπη	Πάγοι στη Μαύρη Θάλασσα.
800 μ.Χ.	Μεξικό	Άρχισε η υγρή περίοδος.
800 - 801 μ.Χ.		Πάγοι στη Μαύρη Θάλασσα.
829 μ.Χ.	Αφρική	Πάγοι στον Νείλο.
900 - 1200 μ.Χ.	Ισλανδία	Αποχώρηση των πάγων (εποχή των Βίκινγκς)
1000 - 1011 μ.Χ.	Αφρική	Πάγοι στον Νείλο
1000 - 1100 μ.Χ.	Γιούτα (ΗΠΑ)	Η γραμμή του χιονιού 300 m υψηλότερα.
1200 μ.Χ.	Αλάσκα	Αύξηση των πάγων.
1180 - 1215 μ.Χ.	ΗΠΑ	Υγρό κλίμα στις δυτικές πολιτείες
1220 - 1290 μ.Χ.	ΗΠΑ	Ξηρασία στις δυτικές πολιτείες.
1276 - 1299 μ.Χ.	ΗΠΑ	Εξαιρετική ξηρασία στις νοτιοδυτικές πολιτείες.
1300 - 1330 μ.Χ.	ΗΠΑ	Υγρό κλίμα στις δυτικές πολιτείες
1500 - 1900 μ.Χ.	Ευρώπη - ΗΠΑ	Δροσερό και υγρό. Περιοδική αύξηση των παγετώνων στην Ευρώπη (1541-1680, 1741-1770 και 1801-1890) και στη Βόρειο Αμερική (1700-1750). Ξηρασία στις νοτιοδυτικές ΗΠΑ (1573-1593).
1880 - 1940 μ.Χ.	Βόρειο & Νότιο Ημισφαίριο	Αύξηση της θερμοκρασίας του χειμώνα κατά 1.5°C. Πτώση κατά 5.2m της στάθμης της Great Salt Lake. Οι Παγετώνες των Άλπεων μειώθηκαν κατά 25% και της Αρκτικής κατά 40%. Ταχεία υποχώρηση των παγετώνων των Άνδεων της Παταγωνίας (1910-1920) και των Καναδικών Βραχωδών ορέων (1931-1938).
1920 - 1958 μ.Χ.	ΗΠΑ	Μείωση της ετήσιας βροχόπτωσης στις ΝΔ πολιτείες κατά 25%.
1942 - 1960 μ.Χ.	Βόρειο και Νότιο Ημισφαίριο	Μείωση της θερμοκρασίας του πλανήτη και σταθεροποίηση των ορίων των παγετώνων.
1960 - 1997 μ.Χ.	Βόρειο και Νότιο Ημισφαίριο	Ταχεία αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη και μείωση των πάγων ιδιαίτερα της Ανταρκτικής.

Η σημερινή παρατηρούμενη παγκόσμια θέρμανση



Πηγή: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/slides/large/05.16.jpg

**Αύξηση της Θερμοκρασίας
τα τελευταία 100 χρόνια κατά**

+0.85 [0.65 - 1.06] °C !

1880 - 2012

Πηγή: http://www.metoffice.gov.uk/media/image/3/0/compare_datasets_new_logo_large.png



Σημειώματα

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση: **1.**

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright: Πανεπιστήμιο Πατρών, **Αγγελική Φωτιάδη, 2014. Αγγελική Φωτιάδη. «Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και Κλιματικές Μεταβολές. 5^η ενότητα».** Έκδοση: **1.0.** Αγρίνιο **2014.** Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/ENV119/>

Σημείωμα Αδειοδότησης



Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons

«Το υλικό της παρουσίασης προέρχεται από τις πανεπιστημιακές παραδόσεις της καθηγήτριας **Α. Φωτιάδη**».

ΣΗΜΕΙΩΜΑ ΧΡΗΣΗΣ ΕΡΓΩΝ ΤΡΙΤΩΝ

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Διαφάνεια 5: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f5/All_palaeotemps.png

Διαφάνεια 6: Σχήμα 12.2.1 από Χ.Σ. Σαχσαμάνογλου, Α.Α. Μπλούτσος, Φυσική Κλιματολογία, 1998, ISBN 960-431-495-5, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Διαφάνεια 9:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/00/Solar_System_size_to_scale.svg/512px-Solar_System_size_to_scale.svg.png

Διαφάνεια 10: https://en.wikipedia.org/wiki/Earth#/media/File:The_Earth_seen_from_Apollo_17.jpg

Διαφάνεια 12: https://en.wikipedia.org/wiki/Geologic_time_scale

Διαφάνεια 29-30: https://en.wikipedia.org/wiki/Geologic_temperature_record

Διαφάνεια 34-35: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c9/Co2_glacial_cycles_800k.png

Διαφάνεια 36: http://https://en.wikipedia.org/wiki/Quaternary_glaciation

Σχήμα 12.3.2 από Χ.Σ. Σαχσαμάνογλου, Α.Α. Μπλούτσος, Φυσική Κλιματολογία, 1998, ISBN 960-431-495-5, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Διαφάνεια 38: https://en.wikipedia.org/wiki/Geologic_time_scale

Διαφάνεια 39: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9d/Epica-vostok-grip-140kyr.png>

Διαφάνεια 41-4 8:

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

Διαφάνεια 47-50:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/1000_Year_Temperature_Comparison.png

Διαφάνεια 49: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/Hendrick_Avercamp_-_Winterlandschap_met_ijsvermaak.jpg

Διαφάνεια 50: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1f/Hendrick_Avercamp_-_Winterlandschap_met_ijsvermaak.jpg

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sunspot_Numbers.png#/media/File:Carbon-14_with_activity_labels.png

Διαφάνεια 51: https://en.wikipedia.org/wiki/Year_Without_a_Summer

Διαφάνεια 52: Πίνακας 12.2.1 από Χ.Σ. Σαχσαμάνογλου, Α.Α. Μπλούτσος, Φυσική Κλιματολογία, 1998, ISBN 960-431-495-5, Εκδόσεις ΖΗΤΗ

Διαφάνεια 53:

http://www.metoffice.gov.uk/media/image/3/0/compare_datasets_new_logo_large.png

http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/slides/large/05.16.jpg