

## 23<sup>η</sup> ΤΑΚΤΙΚΗ ΓΕΝΙΚΗ ΣΥΝΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΕΔΕΥ.Α.

# Κλιματική αβεβαιότητα και διαχείριση υδατικών πόρων

από την επιστήμη στην μαντική (και τούμπαλιν..)

Λάρισα 30 Ιουνίου 2011



Νίκος Μαμάσης και Δημήτρης Κουτσογιάννης

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

Η παρουσίαση είναι διαθέσιμη στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.itia.ntua.gr/el/docinfo/1155/>

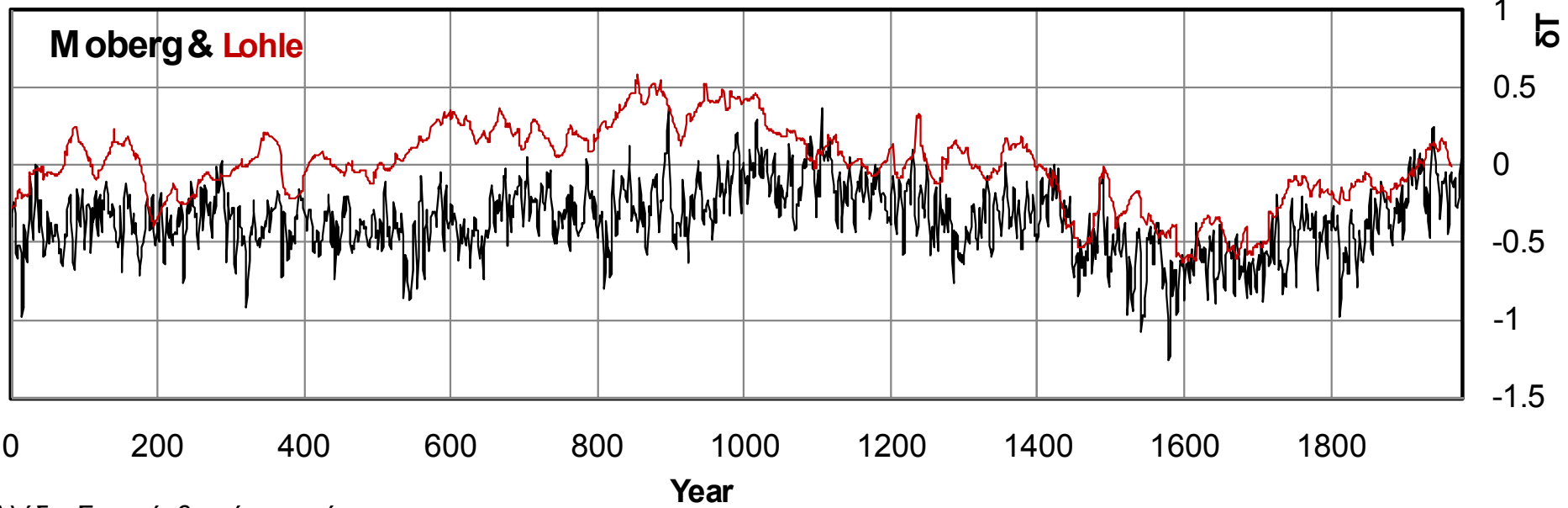
# Μέρη της παρουσίασης

- Κλιματικές διακυμάνσεις
- Πρόγνωση κλίματος
- Η κλιματική αλλαγή ως αποδιοπομπαίος τράγος
- Διαχείριση υδατικών πόρων
- Εκτροπές νερού
- Συμπεράσματα

# Κλιματικές διακυμάνσεις

## Καταγεγραμμένες μαρτυρίες - διακύμανση θερμοκρασίας τα τελευταία 2000 έτη

<p>Ο Τάμεσης σχεδόν ξεραίνεται  <b>1114, 1325-1326, 1538-1541, 1665-1666, 1716</b></p>	<p>Λιώνουν οι πάγοι σε μεγάλο τμήμα της Γροιλανδίας  <b>985</b></p>	<p>Μέσα σε δεκαετίες γίνονται εναλλαγές ψυχρών και θερμών περιόδων (μετάβαση από τη θερμή μεσαιωνική περίοδο στο «μικροπαγετωνικό αιώνα»)  <b>1330-1340</b></p>	<p>Στο Παρίσι και πιο νότια τα δένδρα ανθίζουν τα Χριστούγεννα  <b>1357, 1361</b></p>	<p>Διαδοχικά ψυχρά καλοκαίρια δεν επιτρέπουν ωρίμανση των φρούτων (σταφυλιών)  <b>1435-1447, 1812-1817</b></p>	<p>Το καλοκαίρι στην Ευρώπη ξεκινά τον Απρίλιο ή το Μάρτιο, είναι θερμότερο, μεγάλης διάρκειας και με ελάχιστες βροχές  <b>1420, 1473, 1540, 1893</b></p>
--	---	---	---	--	---

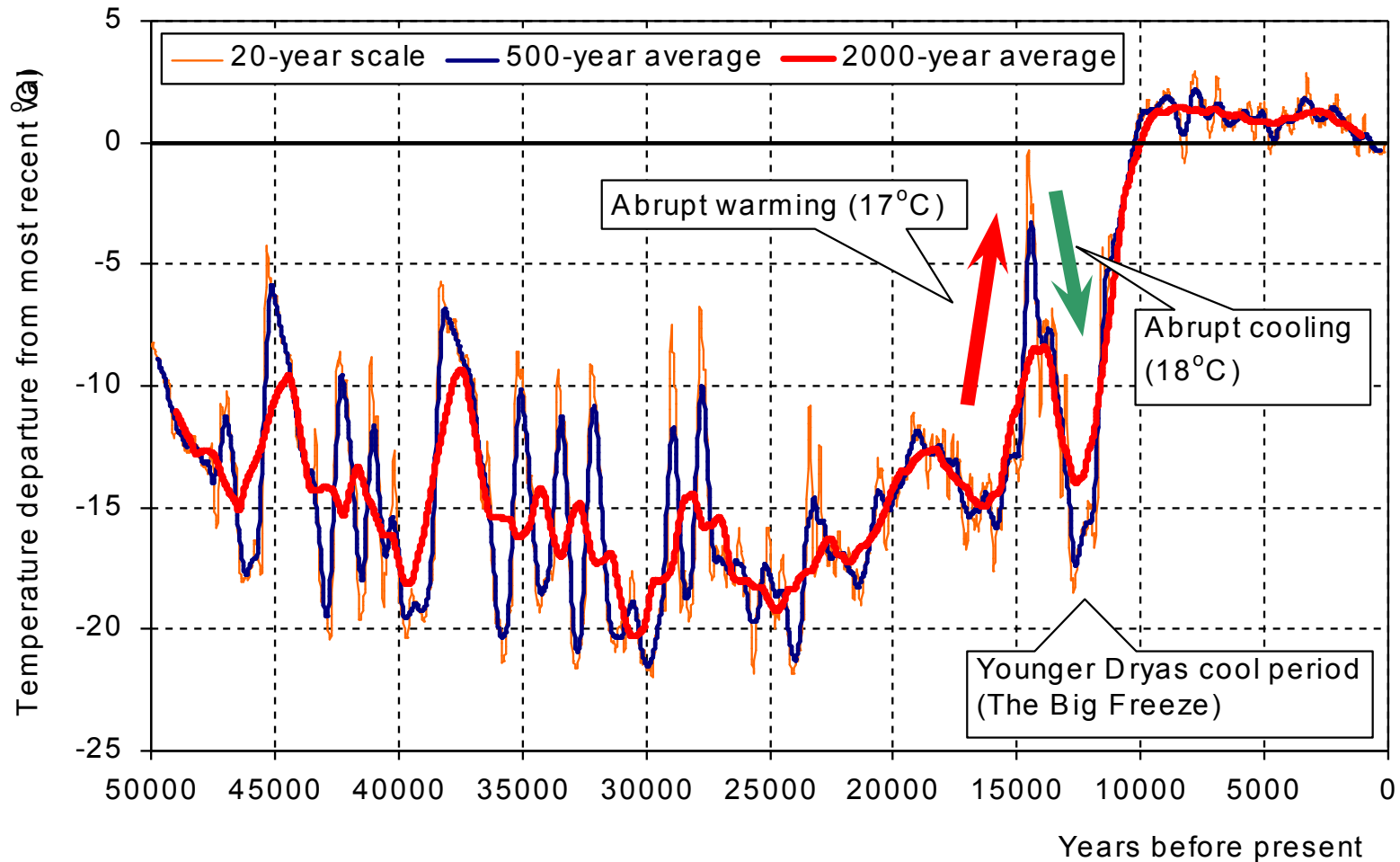


<p>Ελλάδα: Συνεχείς βροχές γεννούν πλημμύρες και δεν επιτρέπουν την καλλιέργεια αγροτικών προϊόντων  <b>1684/ 1685</b></p>	<p>Ελλάδα: Κρύοι χειμώνες, λίμνες (Ιωαννίνων) παγωμένες για τρεις μήνες  <b>1686/ 87</b></p>	<p>Ελλάδα: Πυκνές χιονοπτώσεις, μόνιμα χιόνια σε όλη τη διάρκεια του έτους ακόμη και στην Κρήτη  <b>1699/ 1700</b></p>	<p>Ελλάδα: Φθινόπωρο και χειμώνας χωρίς καθόλου βροχή  <b>1680/ 1681, 1695/ 1696, 1712-1714</b></p>
--	--	--	---

Πηγή: Δ. Κουτσογιάννης, Η κλιματική αβεβαιότητα, το φαινόμενο Ιωσήφ και η διαχείριση των υδατικών πόρων, 2005

# Κλιματικές διακυμάνσεις

Θερμοκρασία Γροιλανδίας τα τελευταία 50.000 έτη



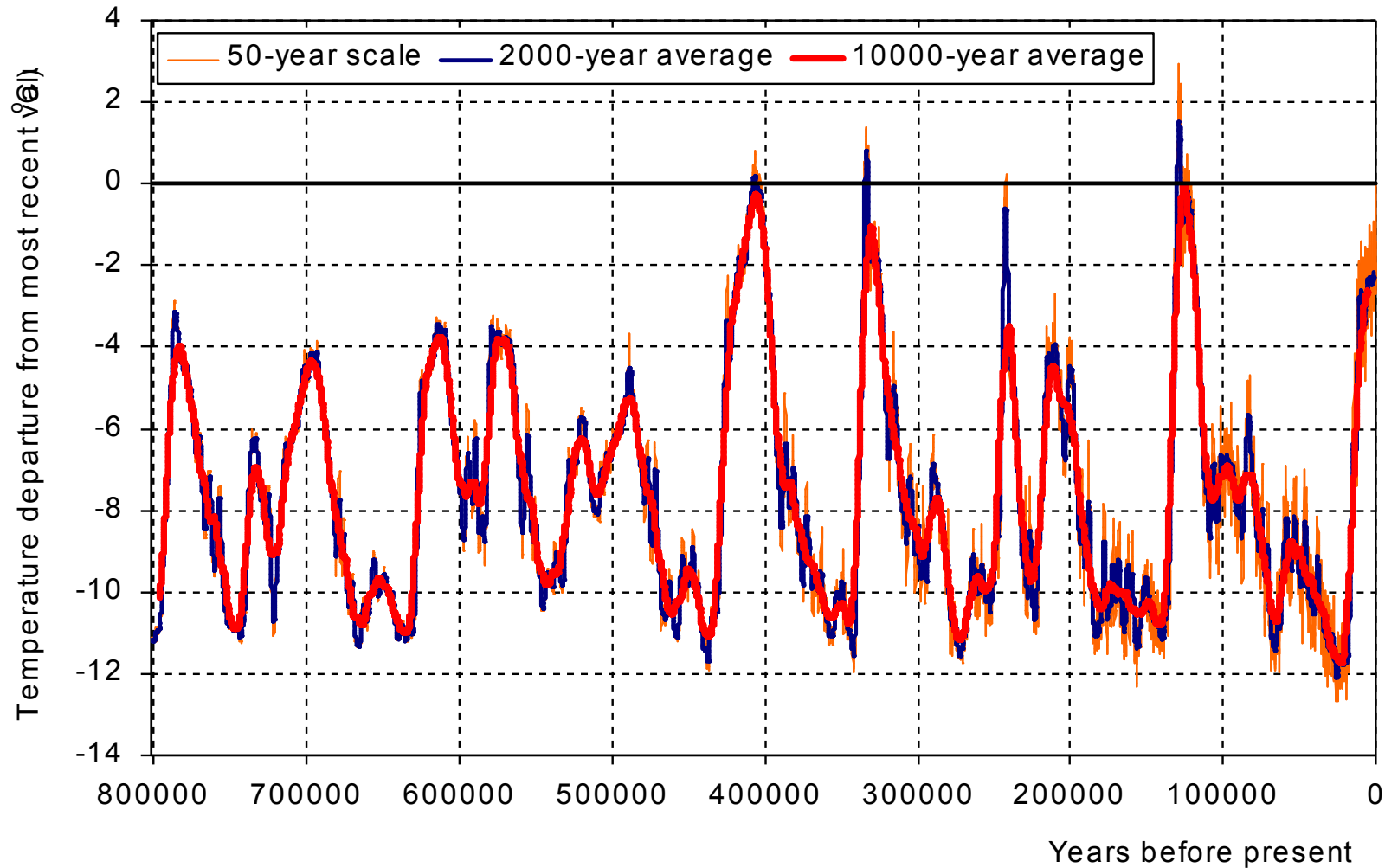
GISP2 Ice Core (Alley 2000, 2004).

Data from: [ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/greenland/summit/gisp2/isotopes/gisp2\\_temp\\_accum\\_alley2000.txt](ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/greenland/summit/gisp2/isotopes/gisp2_temp_accum_alley2000.txt)

# Κλιματικές διακυμάνσεις

Θερμοκρασία Ανταρκτικής τα τελευταία 800.000 έτη

Το κλίμα αλλάζει σε όλες τις χρονικές κλίμακες

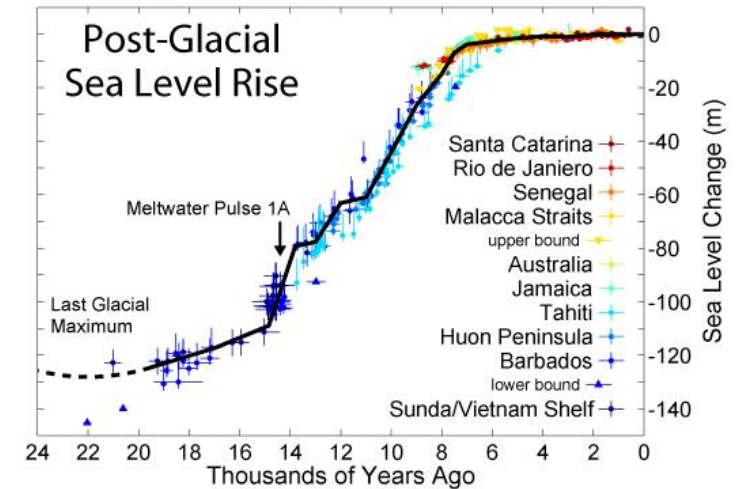
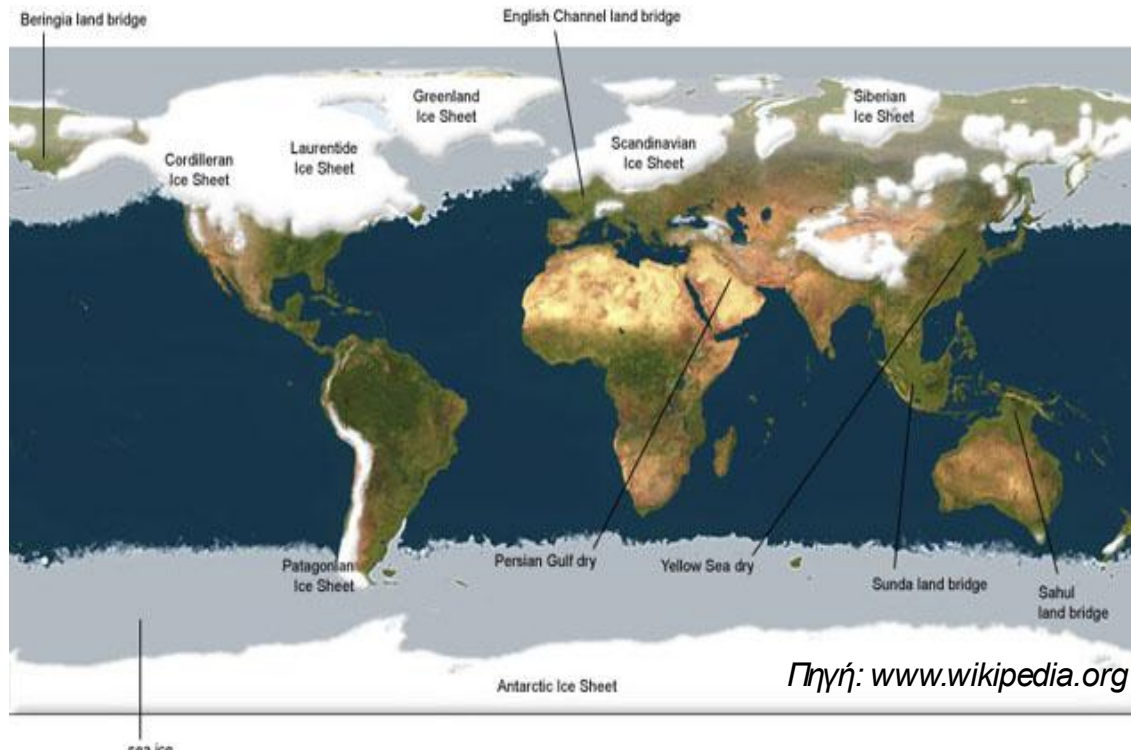


The EPICA, Dome C, Ice Core deuterium proxy data set, Antarctica (Juzel et al. 2007).

Data from: [ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/antarctica/epica\\_domec/edc3deutttemp2007.txt](ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/paleo/icecore/antarctica/epica_domec/edc3deutttemp2007.txt)

# Κλιματικές διακυμάνσεις

## Η τελευταία παγετώνια περίοδος



Πηγή: [www.globalwarmingart.com](http://www.globalwarmingart.com)

Πριν από 20 000 χρόνια η στάθμη της θάλασσας ήταν 130 m χαμηλότερα

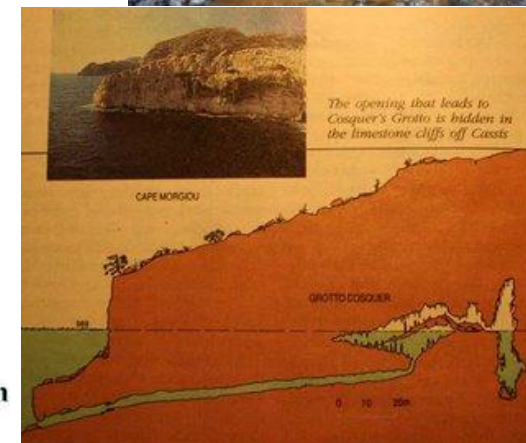
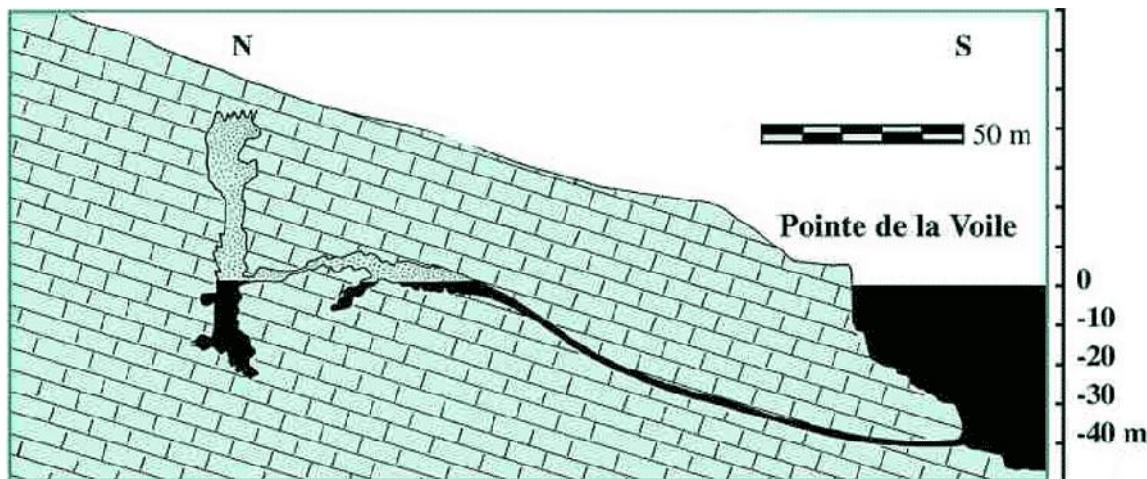
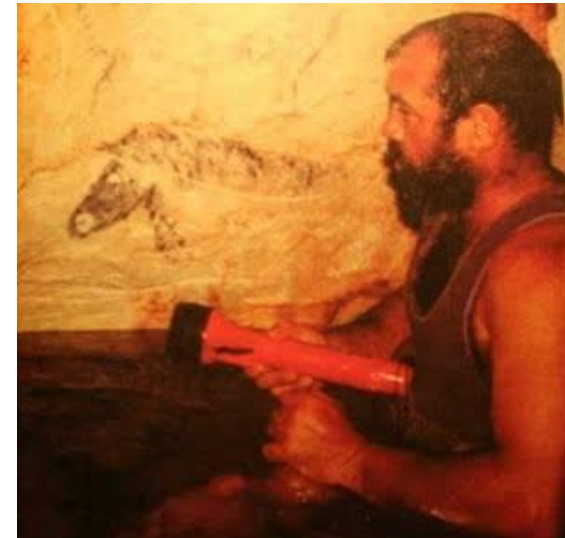
«Επειδή όμως έγιναν πολύ κατακλυσμοί στη διάρκεια των 9000 ετών (τόσα πέρασαν από τότε μέχρι σήμερα) το χώμα απομακρυνόταν από τα υψώματα...»

Πλάτων, Κριτίας 111α



# Η σπηλιά του Cosquer

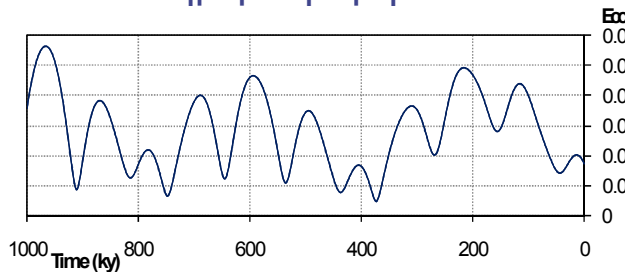
- Το 1985 ο Γάλλος δύτες Henri Cosquer ανακάλυψε στη περιοχή Massif des Calanques κοντά στη Μασσαλία μια υποθαλάσσια η είσοδος της οποίας βρίσκεται σε βάθος 37 μέτρων από τη σημερινή στάθμη της θάλασσας.
- Από την είσοδο μια γαλαρία (ανηφορική για 120 μέτρα) καταλήγει σε ένα θάλαμο που σε σημαντικό βαθμό παραμένει πάνω από τη επιφάνεια της θάλασσας.
- Στη σπηλιά ανακαλύφθηκαν το 1991 τοιχογραφίες (με ζωγραφική και χαρακτική) οι οποίες απεικονίζουν κυρίως ζώα (άλογα, ελάφια, κατσίκια) και γεωμετρικά σχήματα καθώς και ίχνη χεριών και δακτύλων. Τα ευρήματα αυτά χρονολογήθηκαν στην περίοδο 27000-18000 π.Χ και αποδεικνύουν σημαντική ανθρώπινη δραστηριότητα κατά την εποχή αυτή.
- Σημειώνεται ότι έρευνες στην περιοχή έδειξαν παλιές ακτογραμμές σε διάφορα βάθη από -36 έως -100 μέτρα και τεκτονική σταθερότητα τουλάχιστον 10000 ετών



## Διάταση τροχιάς (eccentricity)

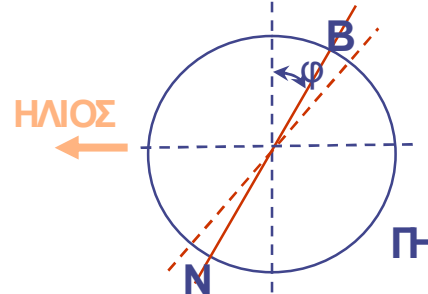


Διακύμανση: 0-5%  
Σημερινή τιμή: 1.7%

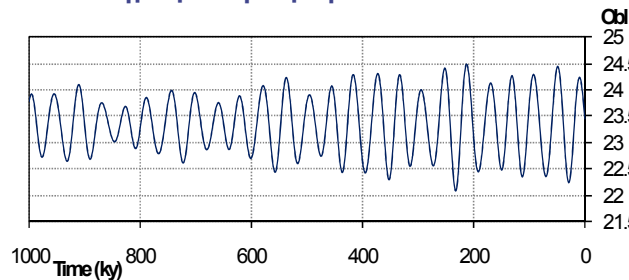


Κύκλοι 100 και 400 kyr

## Λόξωση άξονα (Obliquity)

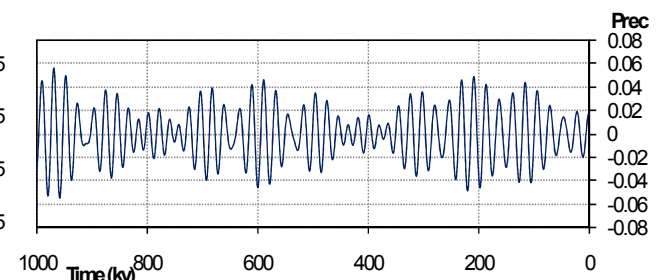
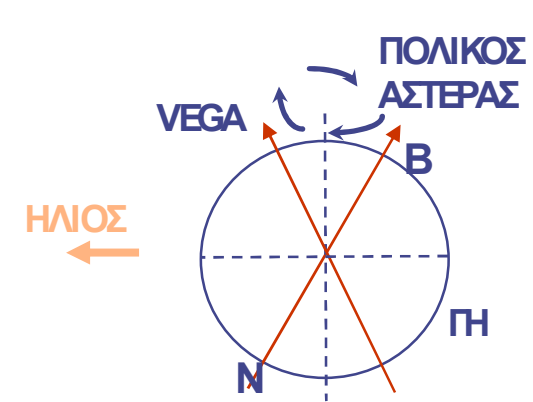


Διακύμανση: 21.8°-24.4°  
Σημερινή τιμή: 23.5°



Κύκλος 41 kyr

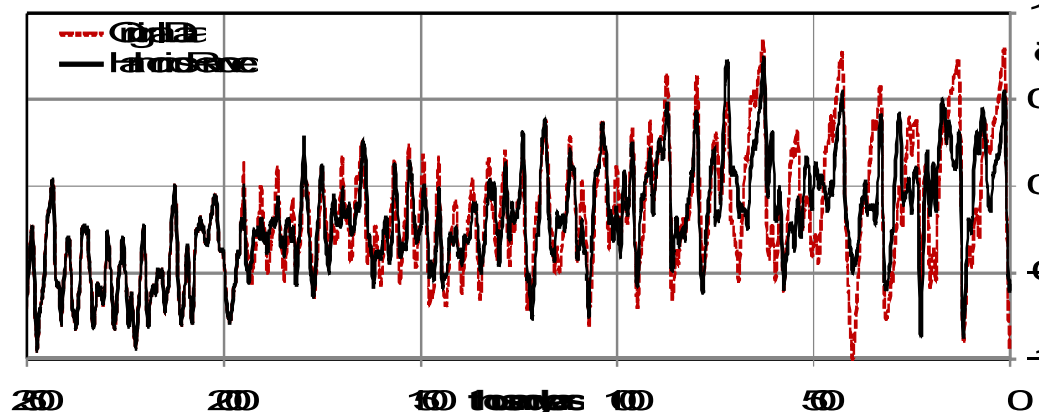
## Ταλάντευση άξονα (Precession)



Κύκλοι 19 και 23 kyr

Κύκλοι ↓ Milankovich

Η ανάλυση δείχνει ότι οι αρμονικές των 41 και 100 kyr εξηγούν το 27% της διασποράς για τα τελευταία 2 εκατομμύρια χρόνια (όχι στο σύνολο)

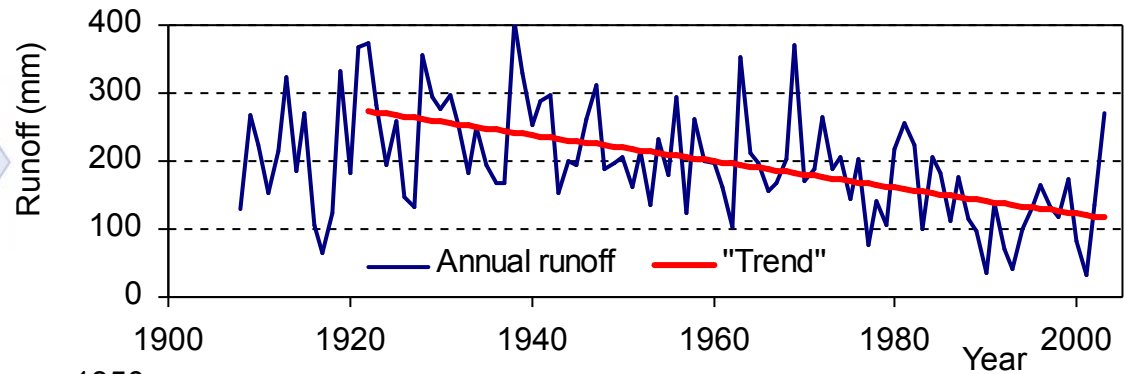


1  
0  
-1  
Η υπόθεση Milankovitch έχει αδυναμίες και η συσχέτιση δεν είναι θεμελιωμένη φυσικά.

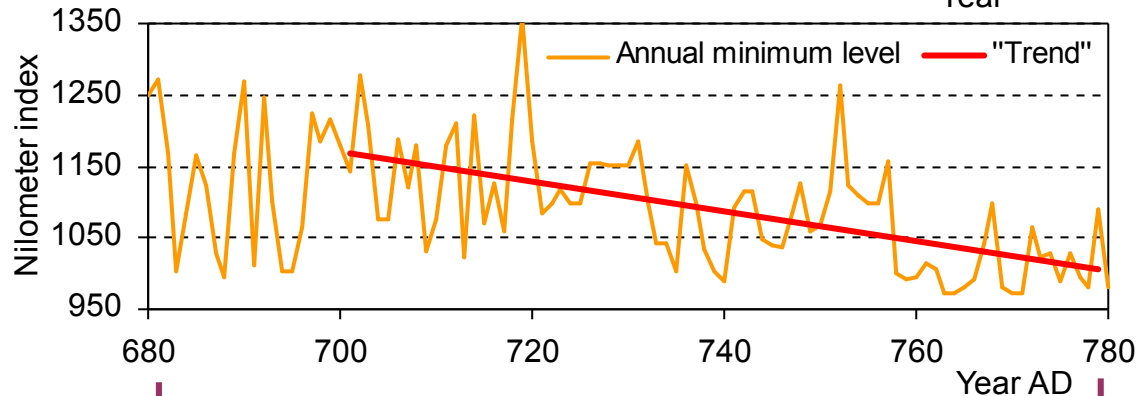


# Κλιματικές διακυμάνσεις

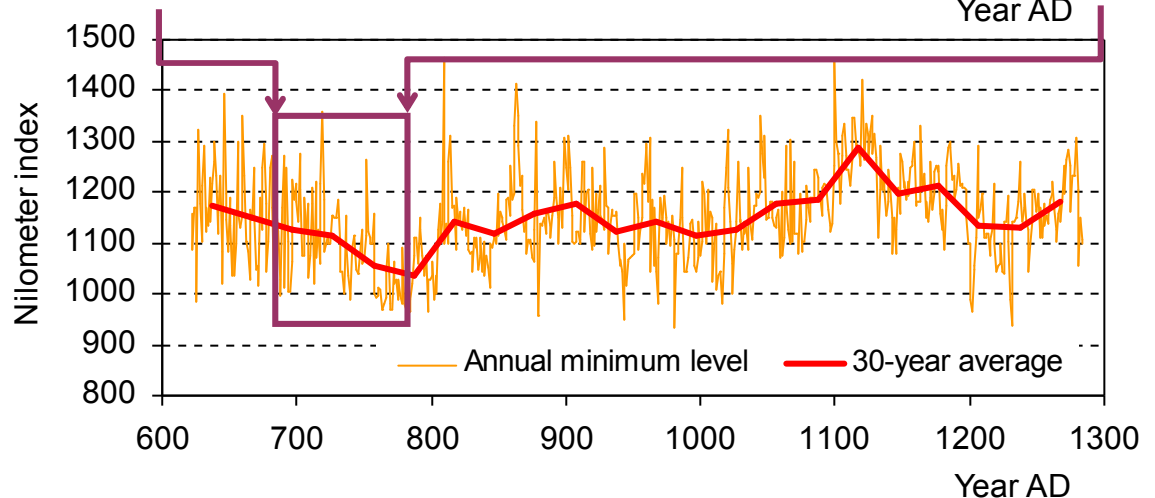
Χρονοσειρά απορροής στο Βοιωτικό Κηφισό



Τμήμα της χρονοσειράς του Νειλομέτρου (ελάχιστη στάθμη στο Νείλο σε cm)  
**Παρόμοια 'τάση'**

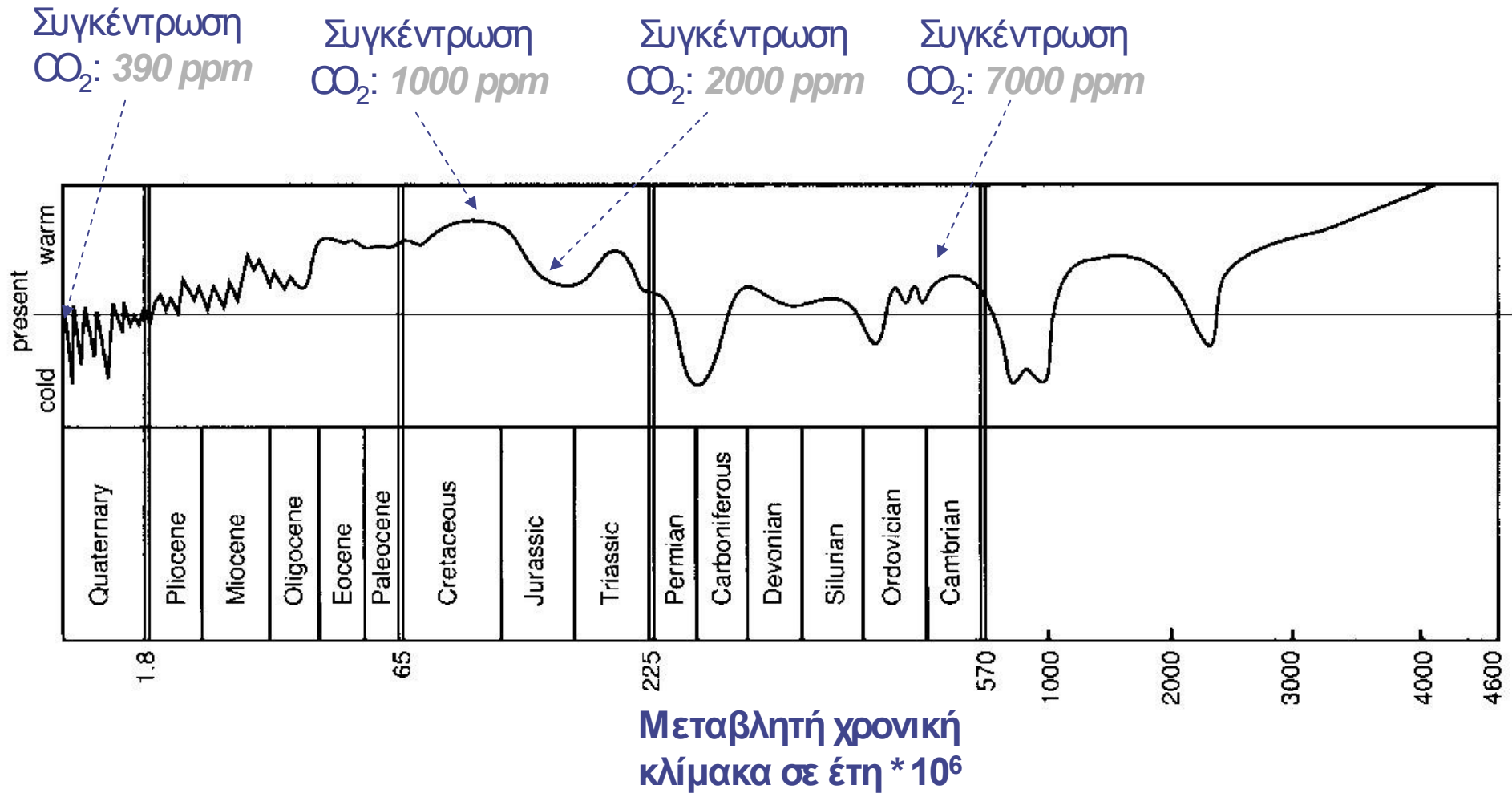


Η πλήρης χρονοσειρά του Νειλομέτρου  
**Ανοδικές και καθοδικές διακυμάνσεις σε όλες τις χρονικές κλίμακες**



# Κλιματικές διακυμάνσεις

Χρονική εξέλιξη της θερμοκρασίας της γης

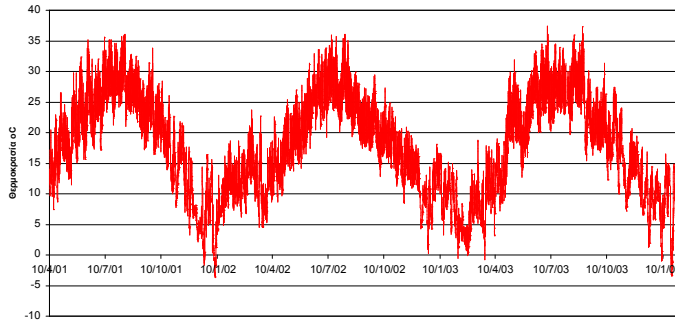


**ΠΗΓΗ:** Barry Saltzman, Dynamical Paleoclimatology: Generalized Theory of Global Climate Change, Academic Press, New York, 2002, fig. 1-3.

# Κλιματικές διακυμάνσεις

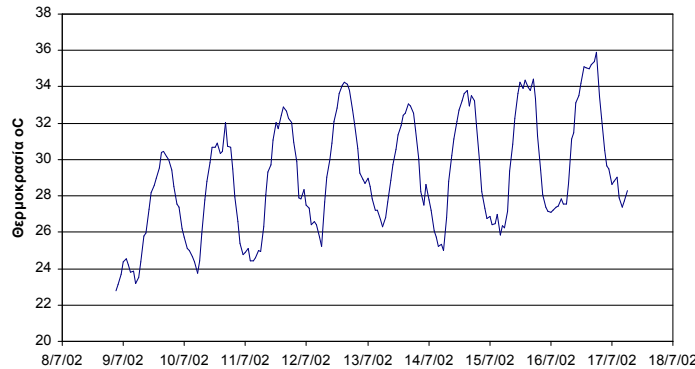
## Ωριαίες θερμοκρασίες στο σταθμό Ζωγράφου για:

**3 έτη**  
Συνήθης  
διάρκεια ζωής  
ενός ποντικιού.



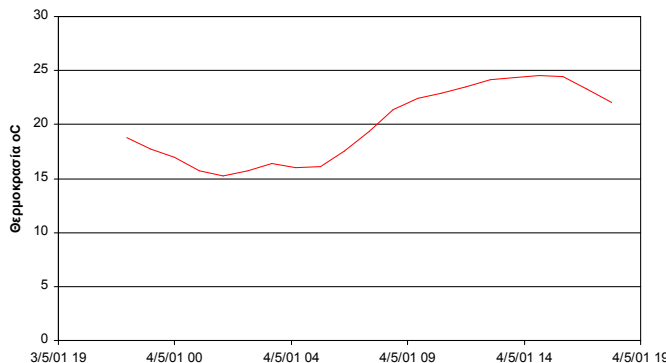
Σε αυτή τη χρονική κλίμακα γίνεται αντιληπτή η ημερήσια και εποχιακή περιοδικότητα αλλά υπάρχει η αίσθηση ενός προσδιοριστικού τρόπου μεταβολής

**10 ημέρες**  
Συνήθης  
διάρκεια ζωής  
μιας οικιακής  
μύγας.



Σε αυτή τη χρονική κλίμακα γίνεται αντιληπτή η ημερήσια περιοδικότητα αλλά η εποχιακή περιοδικότητα φαίνεται σαν ανοδική τάση

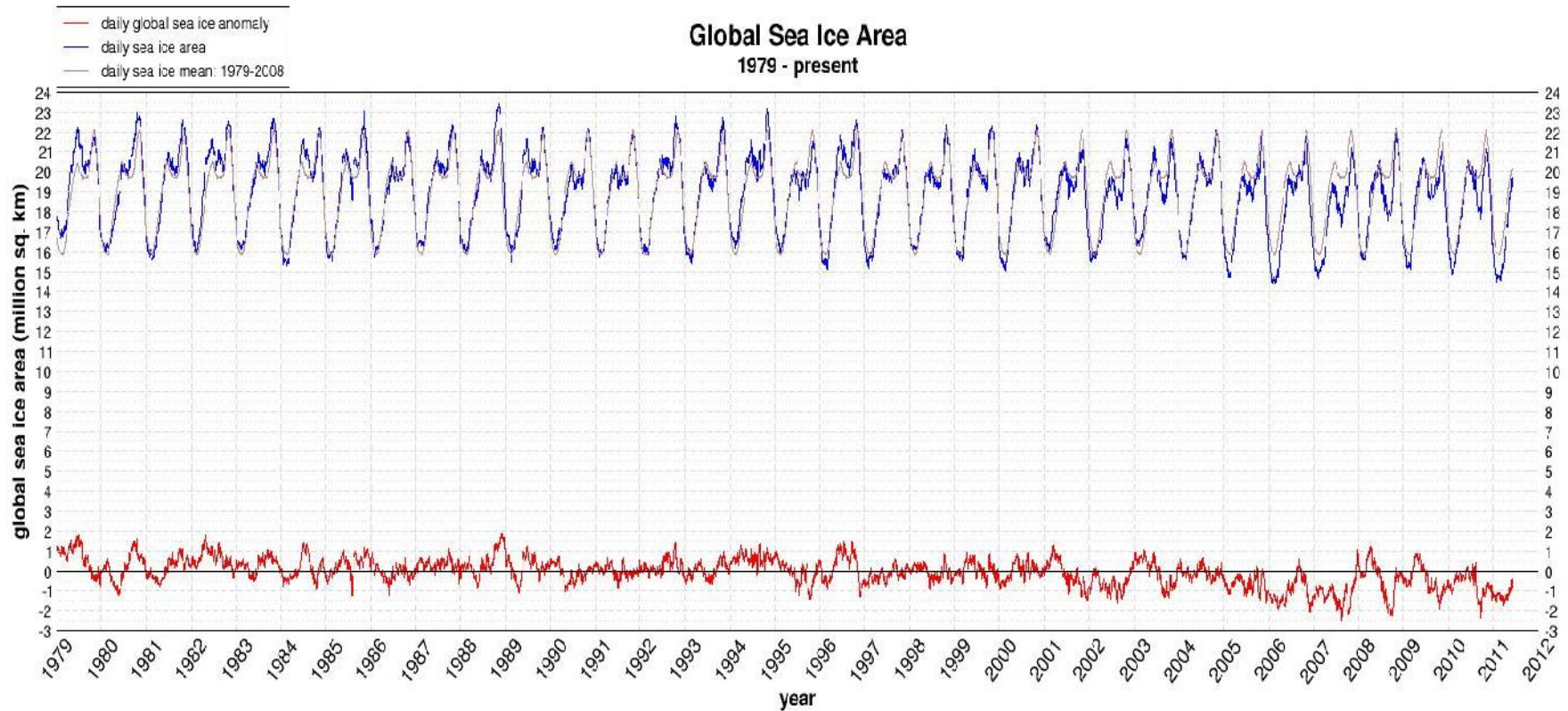
**20 ώρες**  
Συνήθης  
διάρκεια ζωής  
μιας μύγας  
Mayfly.



Σε αυτή τη χρονική κλίμακα δεν γίνεται αντιληπτή η ημερήσια περιοδικότητα. Τρεις ώρες πριν πεθάνει θα μπορούσε σχολιάσει “Ποτέ μέχρι τώρα στη ζωή μου δεν αισθάνθηκα τόσο ζέστη”

# Κλιματικές διακυμάνσεις

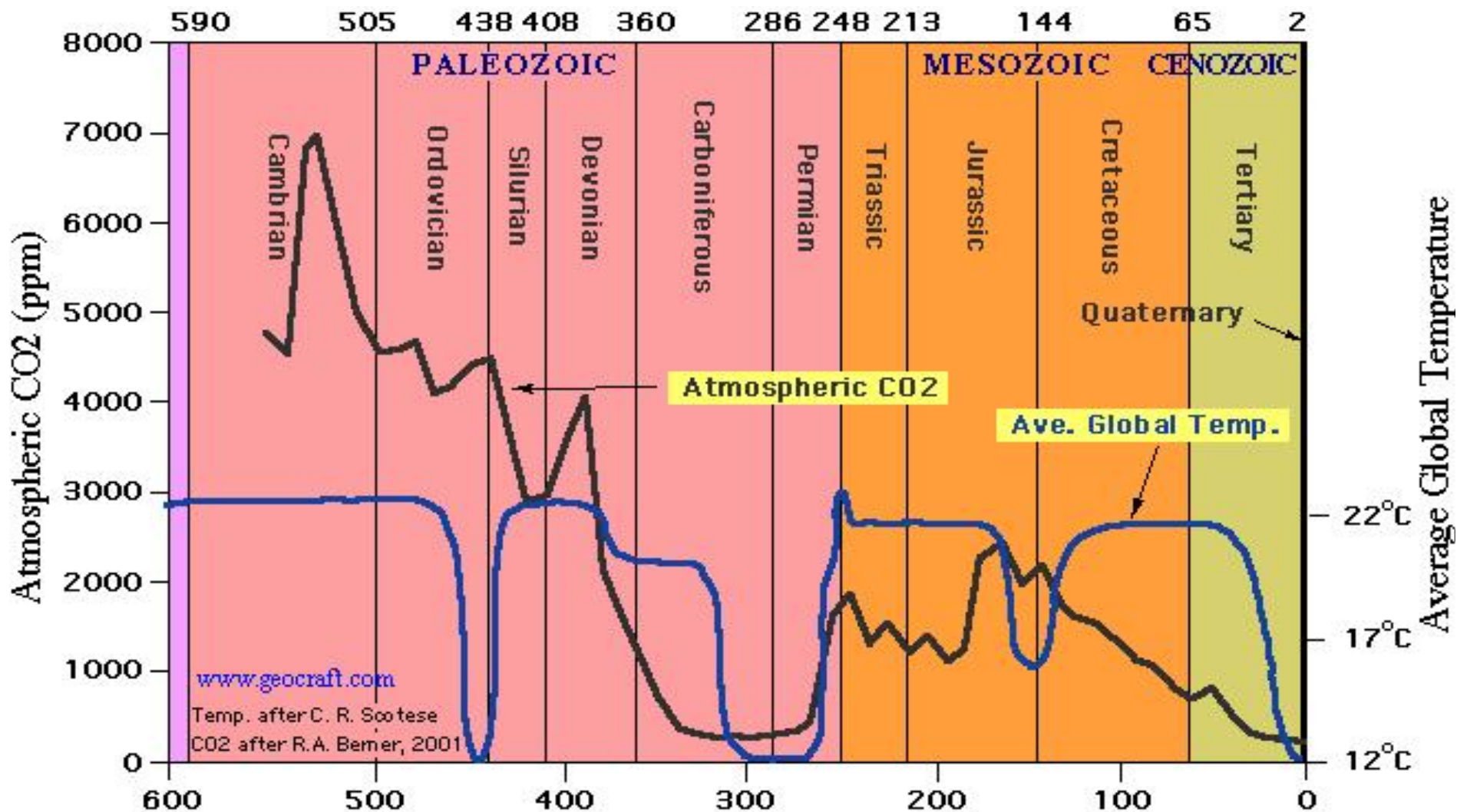
## Διακύμανση παγοκάλυψης ( $\text{km}^2 \cdot 10^6$ )





# Πρόγνωση κλίματος

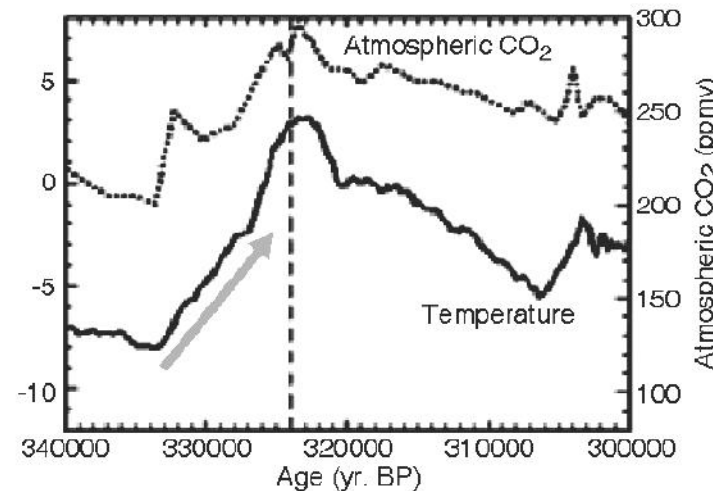
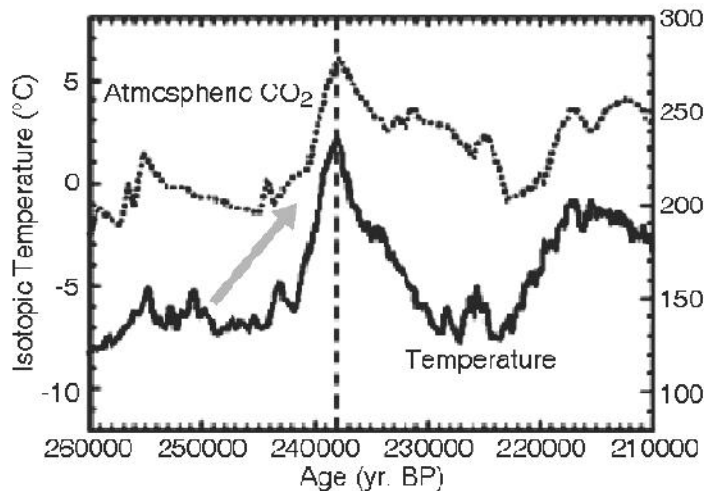
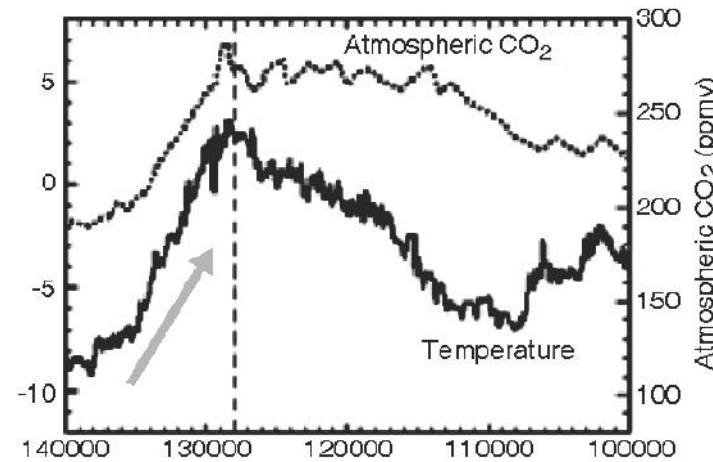
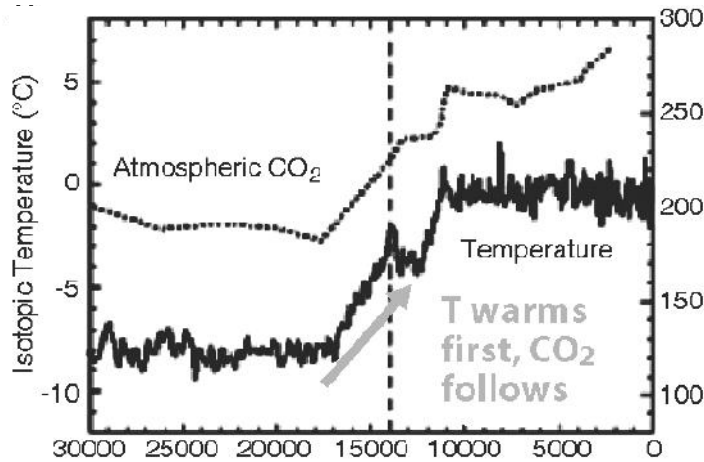
Χρονική εξέλιξη CO<sub>2</sub> και θερμοκρασίας τα τελευταία 600\* 10<sup>6</sup> έτη





# Πρόγνωση κλίματος

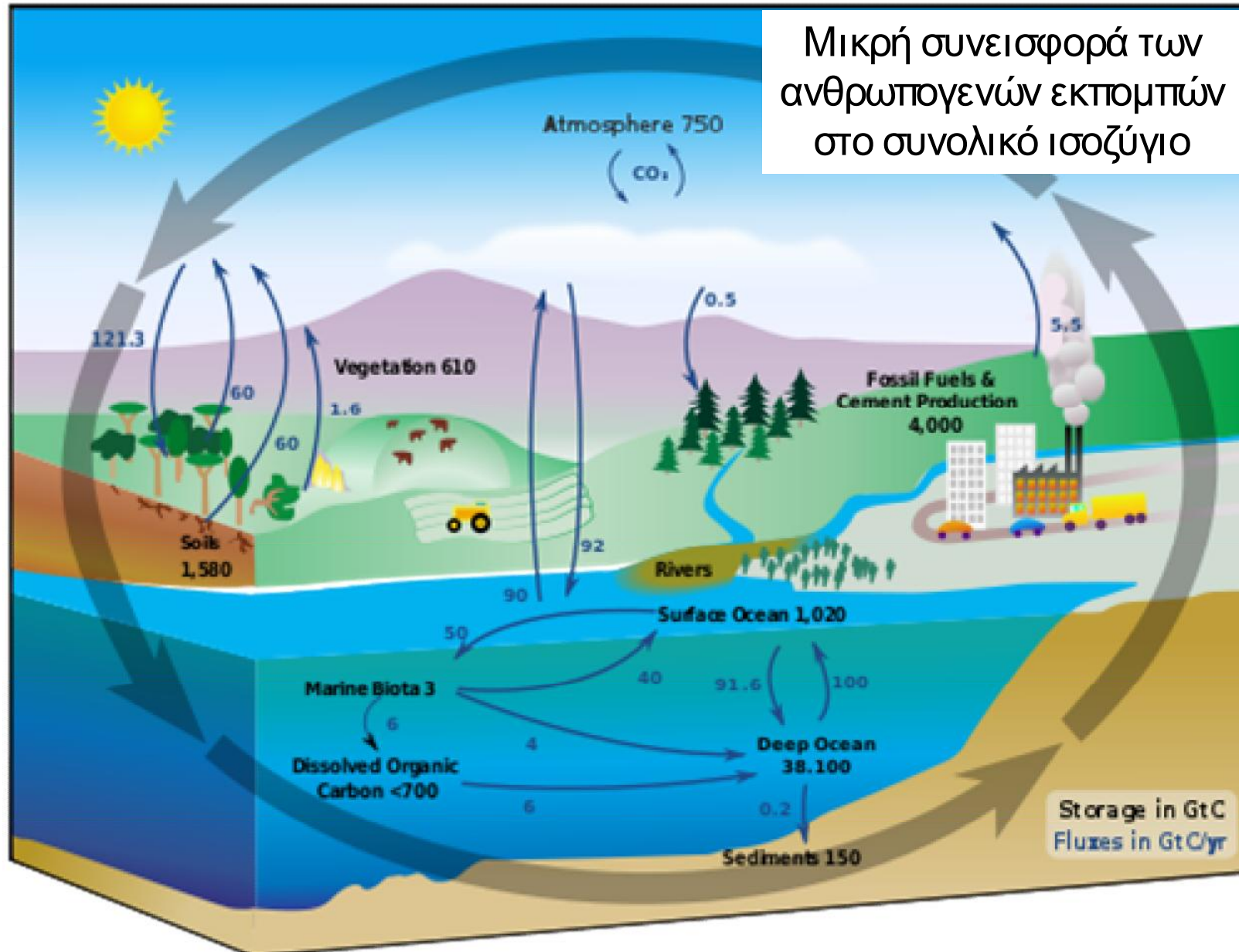
Η αύξηση του CO<sub>2</sub> προξενεί την αύξηση της θερμοκρασίας ή το ανάποδο;



Θερμοκρασία και συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στο Vostok για τα τελευταία 340.000 έτη. Η θέρμανση της Ανταρκτικής προηγείται της αύξησης της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> κατά τη διάρκεια της τελευταίας εποχής μείωσης των πάγων. Ακόμη τα επίπεδα CO<sub>2</sub> παραμένουν υψηλά για χιλιάδες χρόνια ακόμη και μετά τη σημαντική πτώση της θερμοκρασίας (Soon, 2007).

# Πρόγνωση κλίματος

## Κύκλος άνθρακα

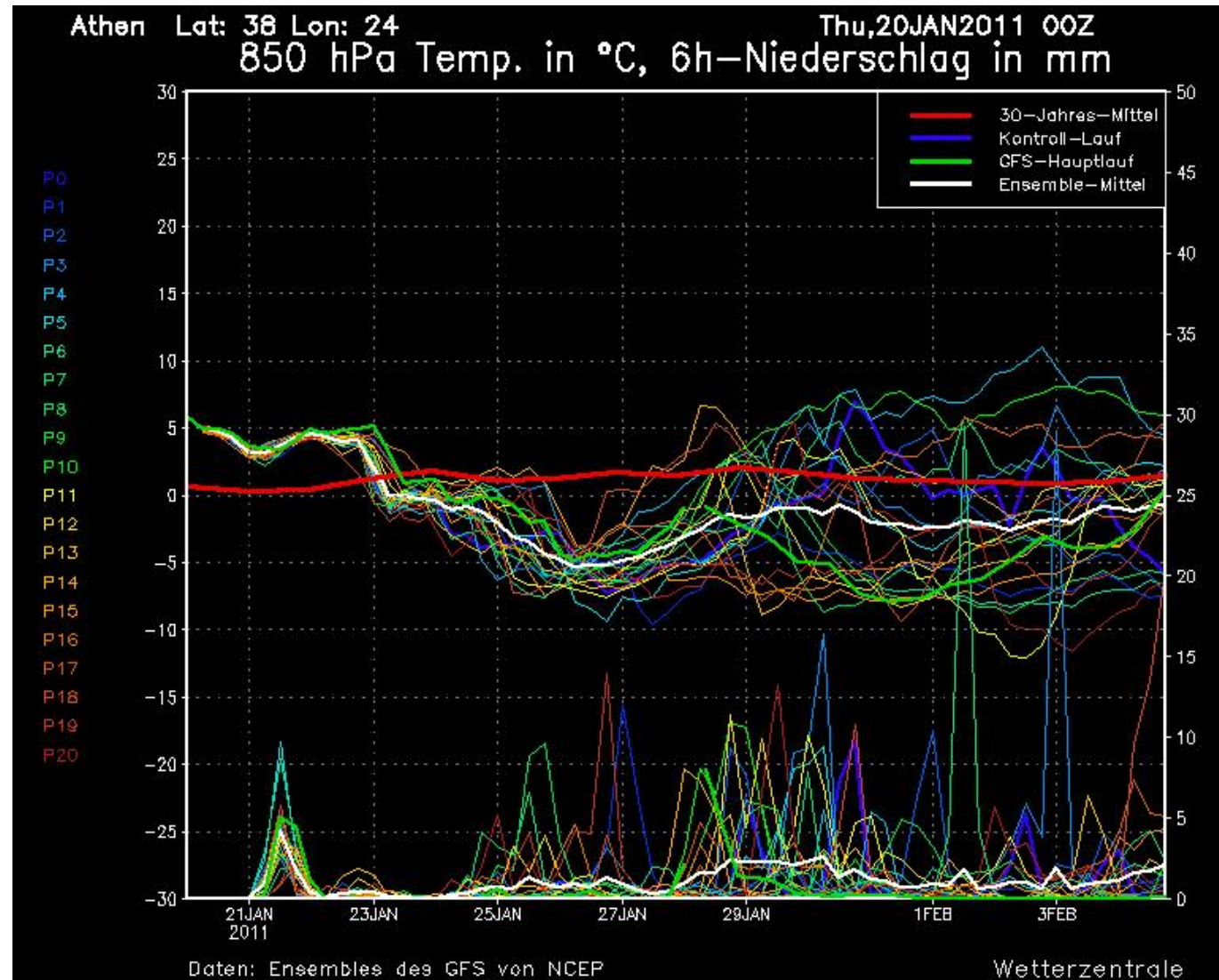


# Πρόγνωση κλίματος

## Πρόγνωση καιρού 15 ημερών

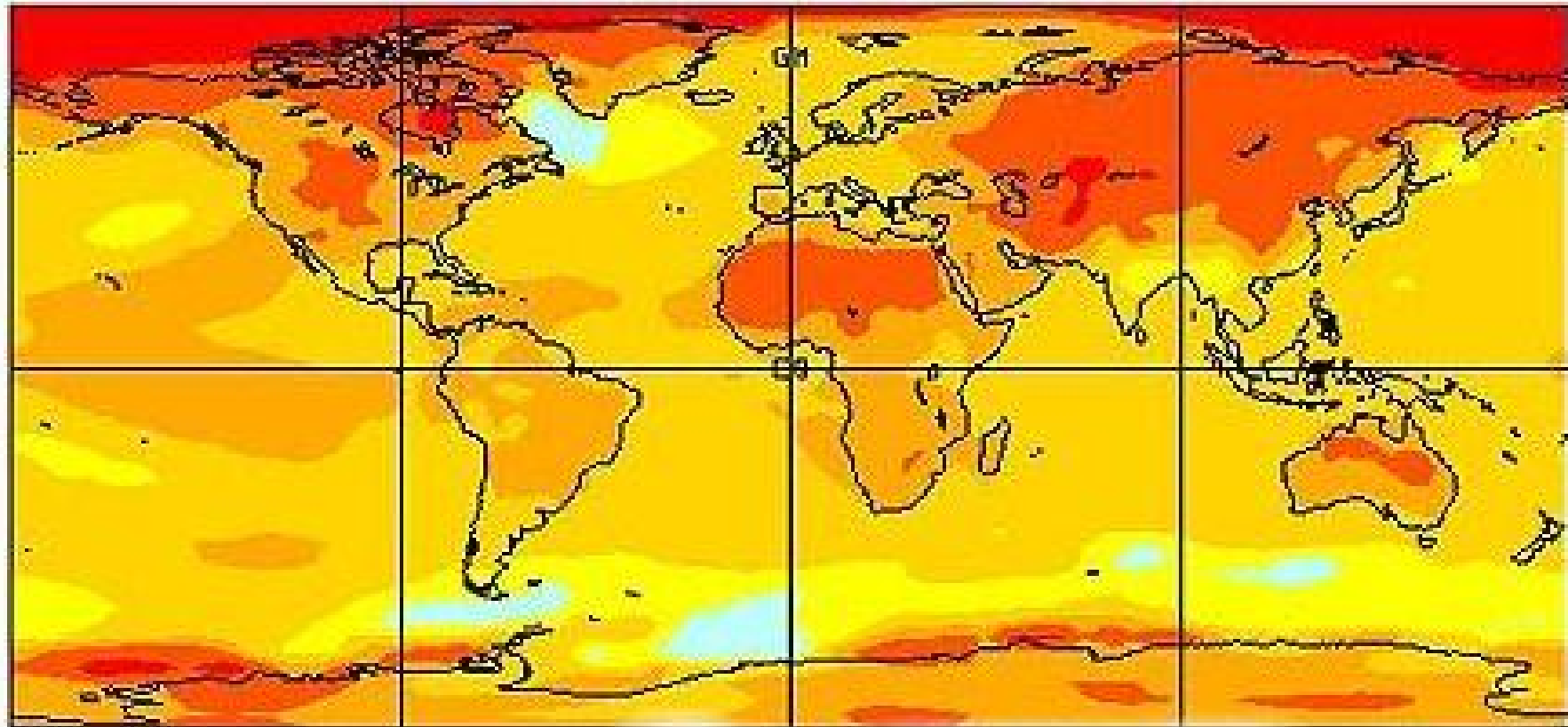
Lorenz (1963): «ακόμα και με τέλεια μοντέλα και τέλειες παρατηρήσεις η χαοτική φύση της ατμόσφαιρας θα επέβαλε ένα άνω χρονικό όριο περίπου δύο εβδομάδων στην προγνωσιμότητα του καιρού»

Για το λόγο αυτό αναπτύχθηκε η τεχνική του ensemble forecasting – πολλαπλών δειγμάτων κατά την οποία πραγματοποιούνται πολλές προγνώσεις είτε διαταράσσοντας τις αρχικές συνθήκες ενός μοντέλου είτε χρησιμοποιώντας διαφορετικά μοντέλα.



# Πρόγνωση κλίματος

Πρόγνωση μεταβολής της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας με βάση σενάρια μεταβολής CO<sub>2</sub> 1970-1990 και 2040-2060



Temperature Change, °C



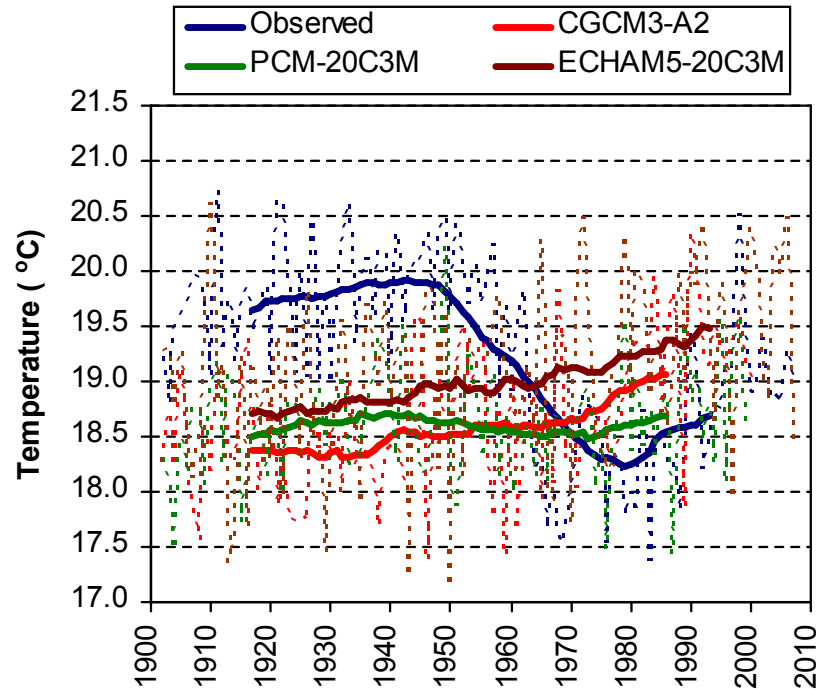
Πηγή: Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis



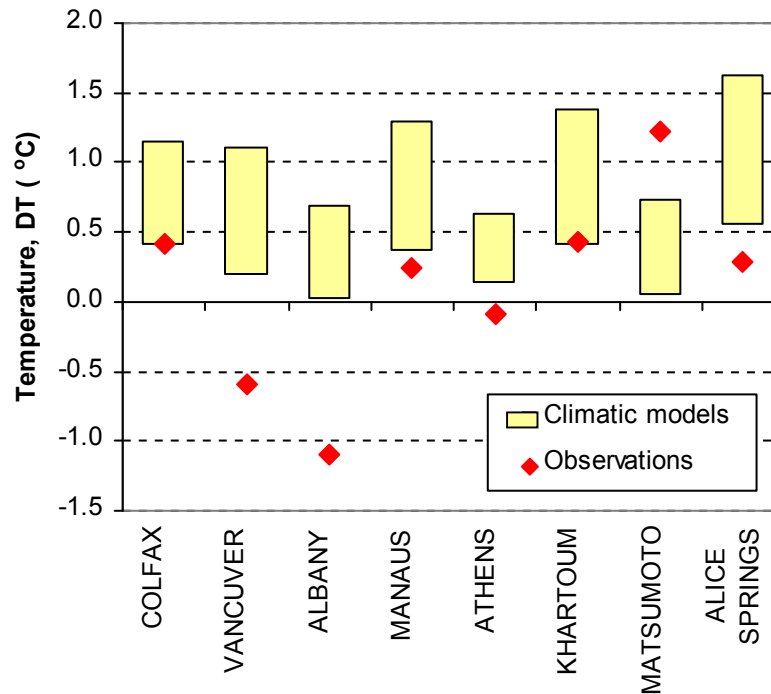
# Πρόγνωση κλίματος

Μπορούν τα μοντέλα να προβλέψουν το μέλλον;

Σύγκριση παρατηρημένης θερμοκρασίας στο Albany, Georgia, USA, και μοντελοποιημένης από 3 AR4 μοντέλα



Μεταβολή θερμοκρασίας (30-έτη κινούμενος μέσος όρος (20<sup>ος</sup> αιώνας; μοντέλα και πραγματικότητα



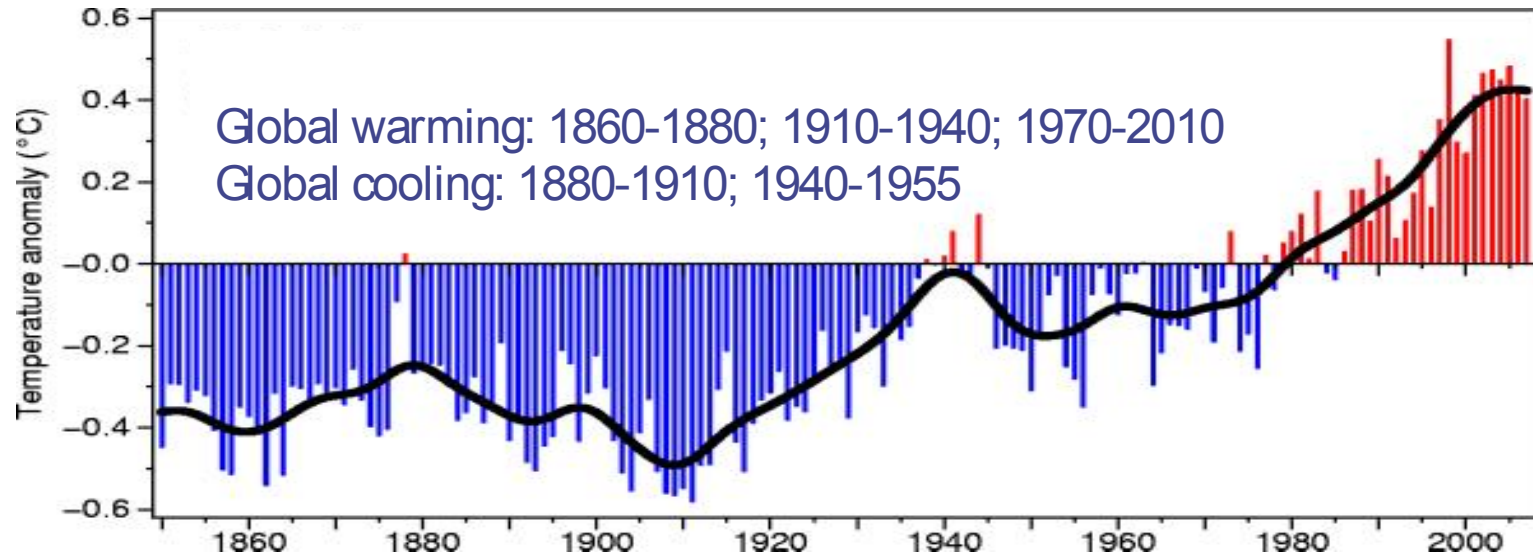
Οι Koutsoyiannis *et al.* (2008) σύγκριναν παλαιές προγνώσεις από τρία κλιματικά μοντέλα του IPCCAR4 και τρία του TAR σε οκτώ θέσεις που είχαν μεγάλο δείγμα παρατηρήσεων (> 100 έτη) θερμοκρασίας και βροχόπτωσης. Τα εξαγόμενα των μοντέλων ήταν ασύμφωνα με τις παρατηρήσεις.

**Ασυμφωνία κλιματικών μοντέλων και παρατηρημένων τιμών**



# Η κλιματική αλλαγή ως αποδιοπομπαίος τράγος

Data from: Climatic Research Unit (CRU) Information Sheets [www.cru.uea.ac.uk/cru/info/warming/]



Newsweek, 1975

Time, 1977

Time, 2006

# Η κλιματική αλλαγή ως αποδιοπομπαίος τράγος

🏠 πολιτική οικονομία γνώμες blogs κόσμος science κοινωνία πολιτισμός αθλητισμός

## ΤΟ ΒΗΜΑ science

ΑΘΗΝΑ ☀️ 32°C ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ ☀️ 31°C από freemeteo.com

Παρασκευή 24 Ιουνίου 2011

ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ

ΤΑΣΟΣ ΚΑΦΑΝΤΑΡΗΣ >

EMAIL | 📡

### Επιστρέφει η Εποχή των παγετώνων; Ο Ήλιος απειλεί να βάλει τον πλανήτη στο ψυγείο

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΗ: 14/06/2011, 19:52



Οι μελετητές υποστηρίζουν ότι η επερχόμενη ηλιακή δραστηριότητα θα βυθίσει τη Γη σε μια «μίνι» εποχή παγετώνων.

#### Σάντα Φε, Νέο Μεξικό

Το ενδεχόμενο επανάληψης της «μινι-εποχής παγετώνων» που σημειώθηκε μεταξύ των ετών 1645 και 1715 θεωρείται τώρα πιθανό από τους μελετητές του Ήλιου. Συγκεκριμένα, στο μεγαλύτερο διεθνές συνέδριο για τη συμπεριφορά του Ήλιου, που διεξάγεται αυτές τις ημέρες στο Νέο Μεξικό των ΗΠΑ, τρεις διαφορετικές ομάδες ερευνητών κατέληξαν στο ίδιο συμπέρασμα: Ο επερχόμενος ενδεκαετής κύκλος ηλιακών εκλάμψεων – γνωστός ως 25<sup>ος</sup> Ηλιακός Κύκλος – δεν θα χαρακτηρίζεται από την συνήθη ηλιακή δραστηριότητα, αλλά από μια... χειμερία νάρκη του μεγάλου μας άστρου.

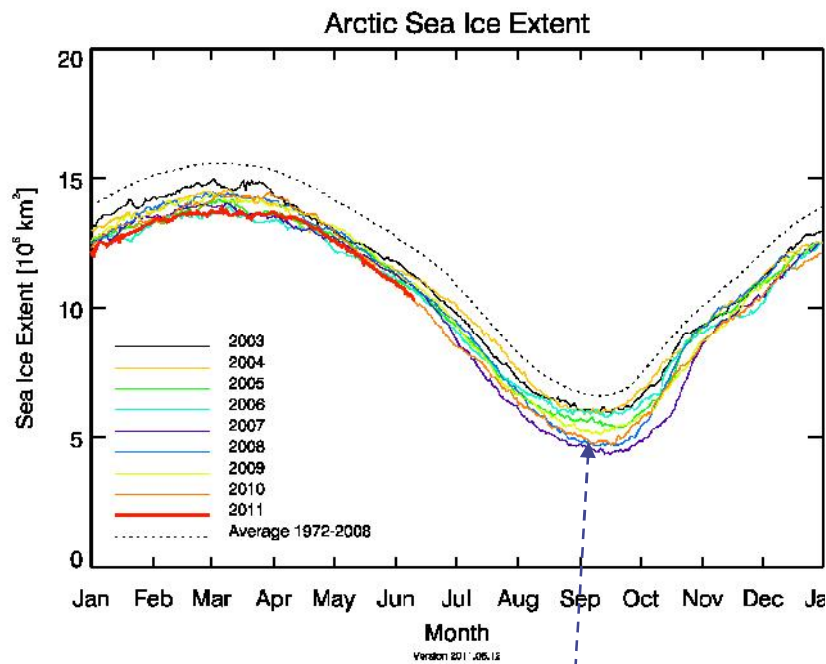
Κάθε 22 χρόνια, οι μαγνητικοί πόλοι του Ήλιου αντιστρέφονται και κατά τις ημιπεριόδους αυτής της αντιστροφής – τα 11 χρόνια – παρουσιάζεται η ίδια ακολουθία εξάρσης και μείωσης του αριθμού των ηλιακών κηλίδων και της όλης ηλιακής δραστηριότητας. Η επίδραση αυτής της κυκλικότητας των ηλιακών φαινομένων στο κλίμα της Γης πρωτοσυζητήθηκε από τους επιστήμονες το 1893, όταν ο βρετανός αστρονόμος Eduard Maunder παρατήρησε πως κατά την 70ετία μεγάλου ψύχους των ετών 1645-1715 η ηλιακή δραστηριότητα είχε ουσιαστικά σταματήσει. Έπειτα από ένα σχεδόν αιώνα, το 1976, ο αμερικανός φυσικός John Endy διατύπωσε την υπόθεση ότι η εμφάνιση Εποχών Παγετώνων στον πλανήτη μας συναρτάται άμεσα με την παύση της ηλιακής δραστηριότητας (γνωστή πλέον ως Maunder Minimum). Αλλά μόνον οι τρεις επιστημονικές ανακοινώσεις που δημοσιεύθηκαν την Τρίτη, 14 Ιουνίου 2011, έδιναν μετρήσιμα και διασταυρούμενα στοιχεία για μία τέτοια αλλαγή, και μάλιστα στις μέρες μας.

Κατά χρονική σύμπτωση, μία εβδομάδα πριν το εν λόγω συνέδριο, κυκλοφόρησε το ανάλογο περιεχομένου βιβλίο ενός συμβούλου της NASA, του John L. Casey, υπό τον τίτλο «Cold Sun», όπου διατείνεται πως η υπερθέρμανση του πλανήτη μας έχει σταματήσει και οι θερμοκρασίες των ωκεανών και της ατμόσφαιρας πέφτουν ραγδαία, ότι οι παγετώνες αυξάνουν τον όγκο τους και ο φόβος ανύψωσης της θάλασσας έχει εκλείψει, αλλά και ότι αυτή η φάση χειμερίας νάρκης του Ήλιου θα μας βάλει στην κατάψυξη τουλάχιστον για τα επόμενα τριάντα χρόνια!

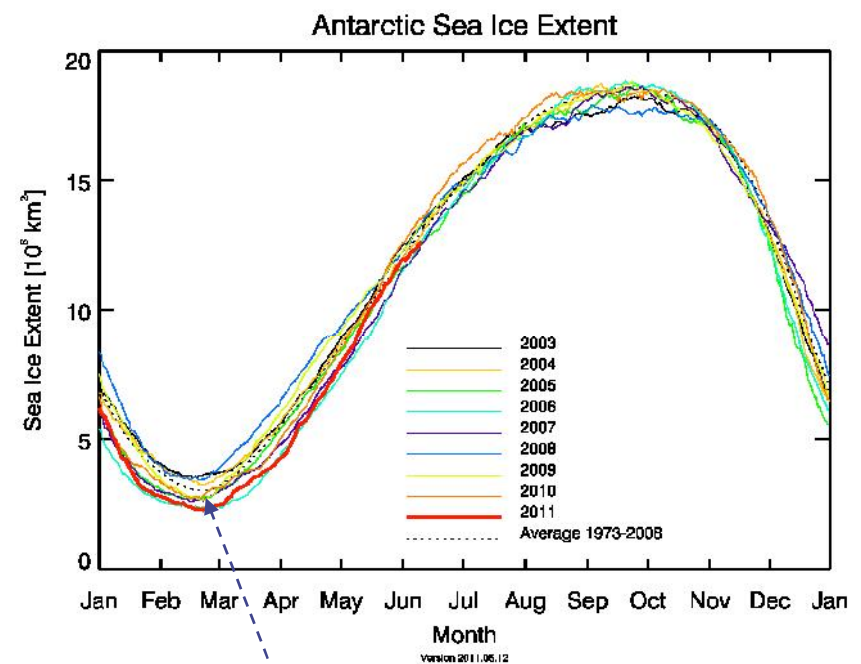
Για την πιο έγκυρη «πρόγνωση διαστημικού καιρού» ανά τριήμερο, μπορείτε να επισκεπτεστε την ιστοσελίδα [ww.swpc.noaa.gov/forecast.html/](http://ww.swpc.noaa.gov/forecast.html/).



# Η κλιματική αλλαγή ως αποδιοπομπαίος τράγος



The Star Newspaper, 4/9/2009



BBC, 9/3/2011

BBC Mobile News Sport Weather

NEWS SCIENCE & ENVIRONMENT

9 March 2011 Last updated at 12:07 GMT

Polar ice loss quickens, raising seas

By Richard Black  
Environment correspondent, BBC News

ERIC RIGNOT / JPL

# Η κλιματική αλλαγή ως αποδιοπομπαίος τράγος

“Global **warming** can mean **colder**, it can mean **drier**, it can mean **wetter**.”

(**Stephen Guilbeault, Greenpeace, 2005; Telegraph**)

[[www.telegraph.co.uk/opinion/main.jhtml?xml=/opinion/2005/12/06/do0602.xml](http://www.telegraph.co.uk/opinion/main.jhtml?xml=/opinion/2005/12/06/do0602.xml)]

..the Earth can end up like Venus with temperature rises of several hundreds degrees and sulfuric acid rain (**Stephen Hawking**)

Σύμφωνα με τα διάφορα ‘επιστημονικά’ δημοσιεύματα η κλιματική αλλαγή είναι υπεύθυνη για οτιδήποτε αρνητικό όπως:

- Θερμά καλοκαίρια;
- Ψυχρούς χειμώνες;
- Πλημμύρες, τυφώνες
- Ξηρασίες, ερημοποίηση

# Η κλιματική αλλαγή ως αποδιοπομπαίος τράγος

**ScienceDaily**

Your source for the latest research news

Web address:

<http://www.sciencedaily.com/releases/2008/05/080515072740.htm>

## Global Warming May Lead To Increase In Kidney Stones Disease

*NU Journal of Discovery, May 2008, <http://nujournal.net/EarthquakeEnergyRise.pdf>*

1

### Earthquake Energy Rise on Earth

Tom J. Chalko, MSc, PhD

Head of Geophysics Division, Scientific E Research P/L, Mt Best, Vic 3960, Australia

**The Telegraph**

Search - enhanced by Google

HOME NEWS SPORT **FINANCE** COMMENT BLOGS CULTURE TRAVEL LIFESTYLE FASHION TECH Jobs Dating Offers

Companies Comment Personal Finance Economics Markets Your Business Olympics Business Business Club Money Deals

BLOGS HOME » FINANCE » THE ASIA FILE

#### The Asia File

### Plugging cow farts key to climate change battle in Australia

By **The Asia File** Last updated: February 26th, 2009

10 Comments Comment on this article

The Australian agriculture ministry is investing A\$27m (Â£12m) in new technologies designed to reduce the harmful impact of cow and sheep farts, which are a major contributor to greenhouse gas emissions.

Share:   

 Recommend

 Tweet 0

RECENT POSTS

#### OUR FINANCE BLOGS

Economics

Retail and consumer

Business

Your Money

Your Business

Broadcasting and media

Energy





# Διαχείριση υδατικών πόρων

Ανθρωπογενής κύκλος του 20<sup>ου</sup> αιώνα



## Σημασία του νερού

- Διατήρηση φυσικού περιβάλλοντος (φαινόμενο θερμοκηπίου)
- Ύδρευση
- Παραγωγή τροφίμων (άρδευση) και αγαθών (βιομηχανία)
- Παραγωγή και ρύθμιση ενέργειας (υδροηλεκτρικά)
- Αποθήκευση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (ανάστροφη λειτουργία ταμιευτήρων)

# Διαχείριση υδατικών πόρων

Τα πραγματικά προβλήματα: Ο φαύλος κύκλος του 20ου αιώνα



- Η αύξηση πληθυσμού αυξάνει την κατανάλωση νερού
- Ο καταναλωτισμός αυξάνει την ανάγκη σε πόσιμο και βιομηχανικό νερό
- Ο υπερπληθυσμός και η υπερκατανάλωση αυξάνει την παραγωγή τροφίμων και κατά συνέπεια την ανάγκη σε νερό για άρδευση
- Η αυξημένη παραγωγή τροφίμων απαιτεί ενέργεια που κυρίως προέρχεται από ορυκτά καύσιμα
- Οι σύγχρονες γεωργικές πρακτικές, η αστικοποίηση και οι βιομηχανικές δραστηριότητες προκαλούν ρύπανση των υδατικών πόρων η οποία μειώνει τη διαθεσιμότητα του πόσιμου νερού και αυξάνει τις ενεργειακές ανάγκες

## Φυσικό περιβάλλον



## Αλληλεπίδραση

- Διακυμάνσεις στο χωρόχρονο
- «Κλιματική Αλλαγή»



- Αλλοιώσεις στα φυσικά συστήματα
- Υποβάθμιση ποιότητας
- Υπερκατανάλωση πόρων

## Άνθρωπος

Ανθρώπινα Συστήματα  
Πόλεις, Καλλιέργειες,  
Παραγωγή ενέργειας,  
Βιομηχανία, Κτηνοτροφία

Χρήσεις νερού  
Καταναλωτικές-  
Μη καταναλωτικές

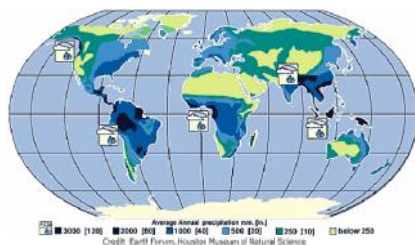


## Ανισοκατανομή νερού

## Πλημμύρες

## Ξηρασίες

## Προβλήματα



## Αντιμετώπιση

### Έργα-Υδροσυστήματα

- Μελέτη (Εκτίμηση προσφοράς και ζήτησης νερού)
- Κατασκευή (Ταμιεύτηρες, Δίκτυα, Αντιπλημμυρικά)
- Διαχείριση (Προσομοίωση, Βελτιστοποίηση)

### Φιλοσοφία

- Μοντελοποίησης του φυσικού περιβάλλοντος
- Διαχείρισης συστημάτων
- Αντιμετώπισης κινδύνων

### Δράσεις

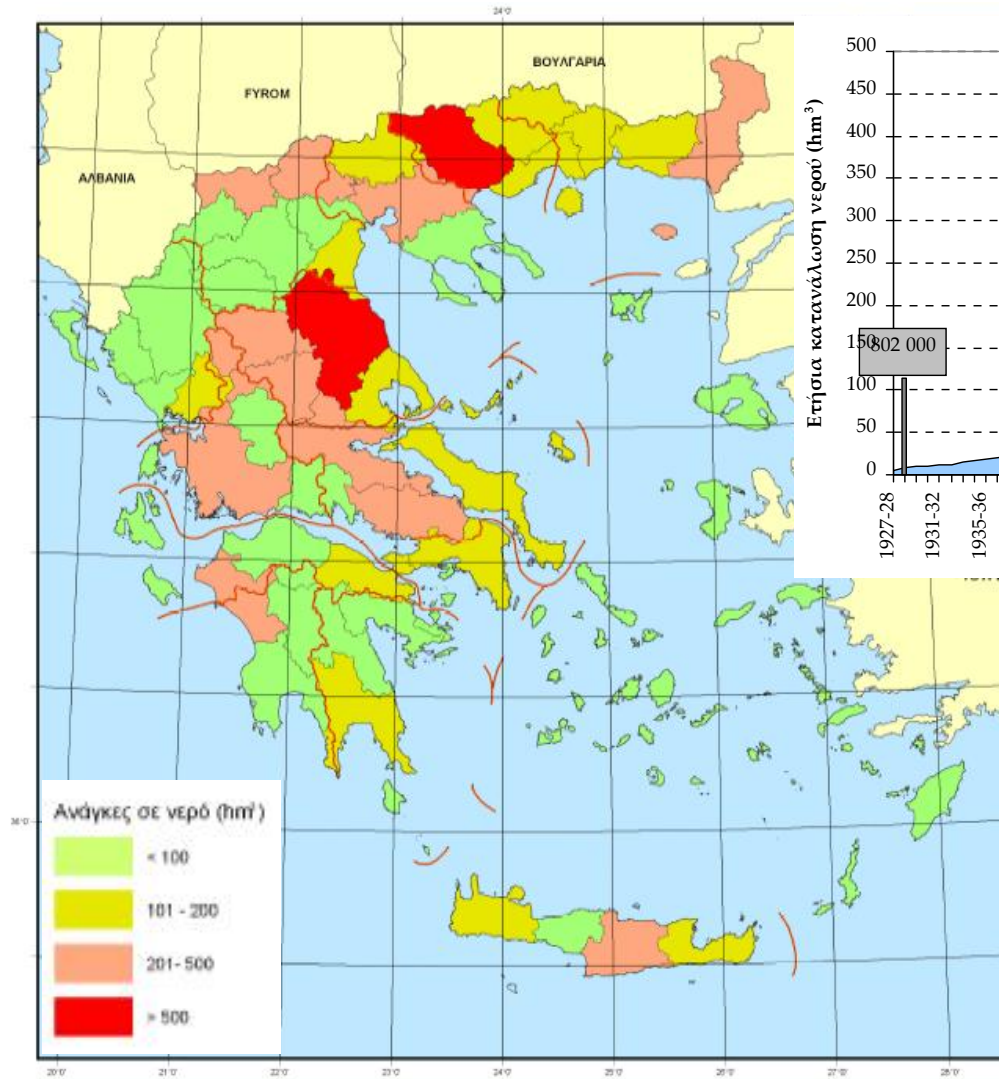
Θεσμικές, Τεχνολογικές,  
Οικονομικές, Κοινωνικές  
Περιβαλλοντικές

Οδηγίες, Διαχειριστικά  
σχέδια, Χάρτες πλημμυρών,  
ευαισθητοποίηση κοινού

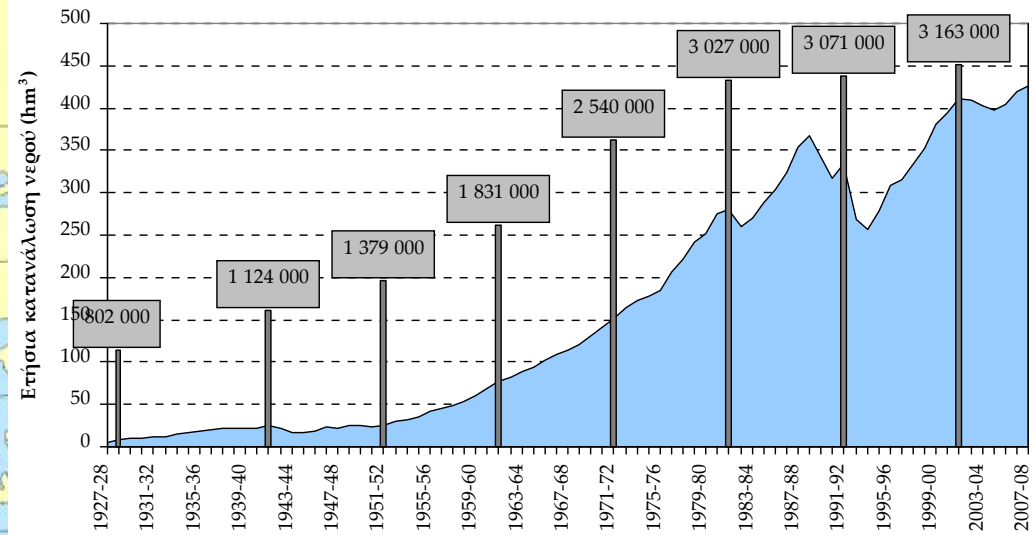
# Διαχείριση υδατικών πόρων

## Χωροχρονική κατανομή υδατικών αναγκών

### Αρδευτικές ανάγκες



### Ύδρευση Αθήνας



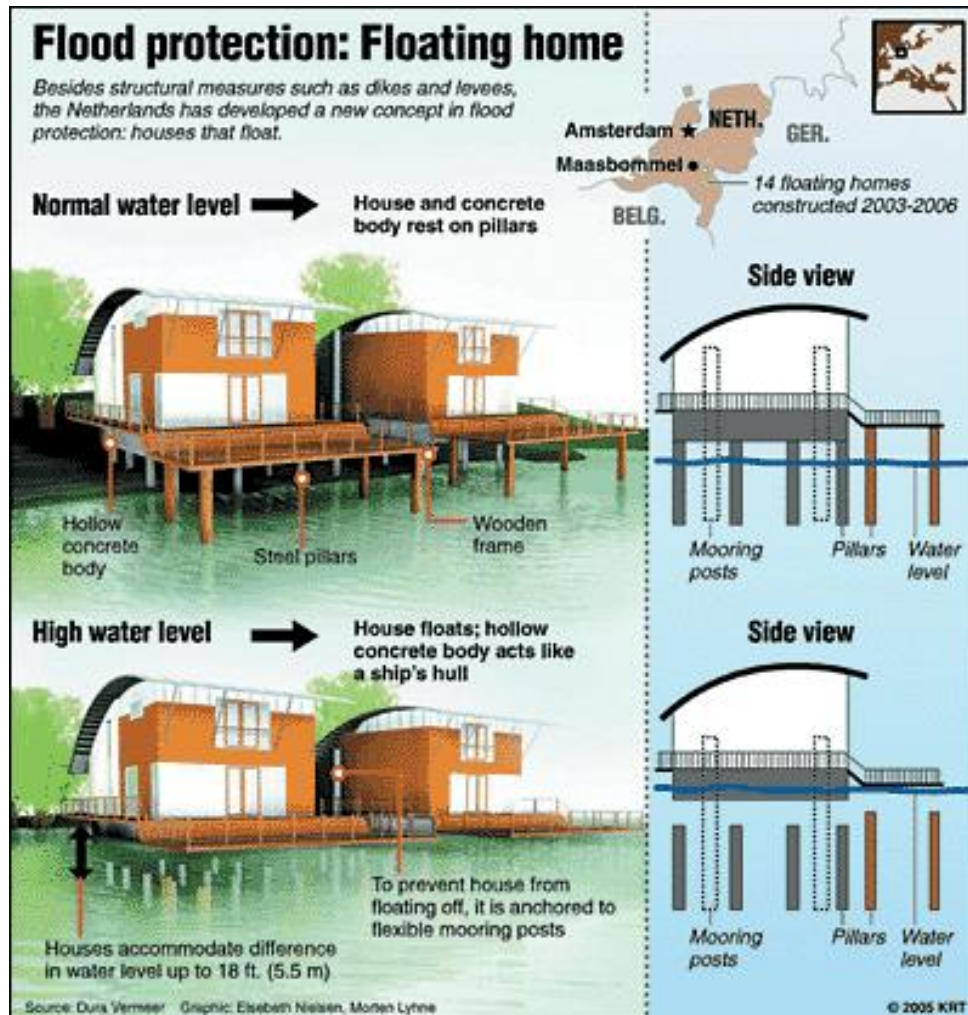


# Διαχείριση υδατικών πόρων

## Adaptation or Mitigation (Προσαρμογή ή αντιμετώπιση)

Επιπλέοντα σπίτια στην Ολλανδία

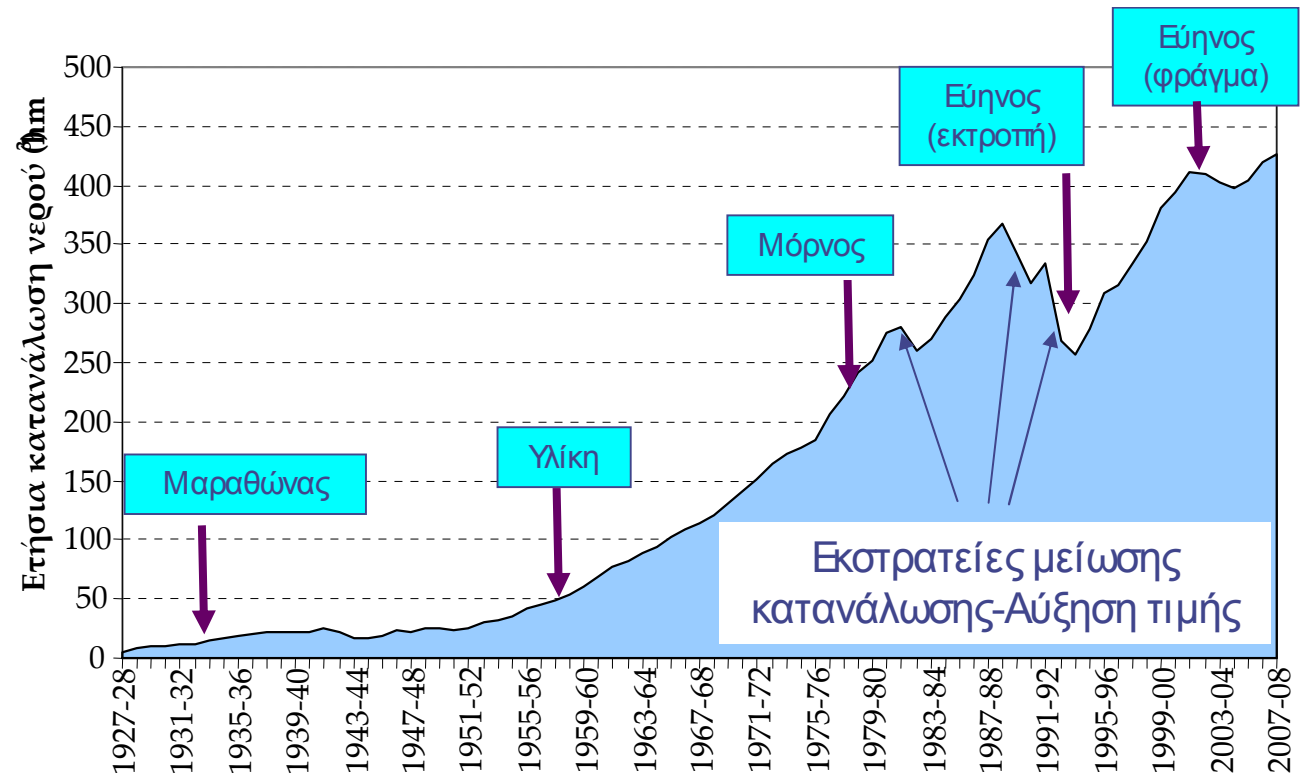
Κατασκευή προστατευτικών τοίχων





## Προσαρμογή της ζήτησης νερού στην Αθήνα

Αύξηση όταν υπάρχει αίσθηση αφθονίας από νέα έργα  
Μείωση όταν υπάρχει λειψυδρία



## Προσαρμογή των χρήσεων

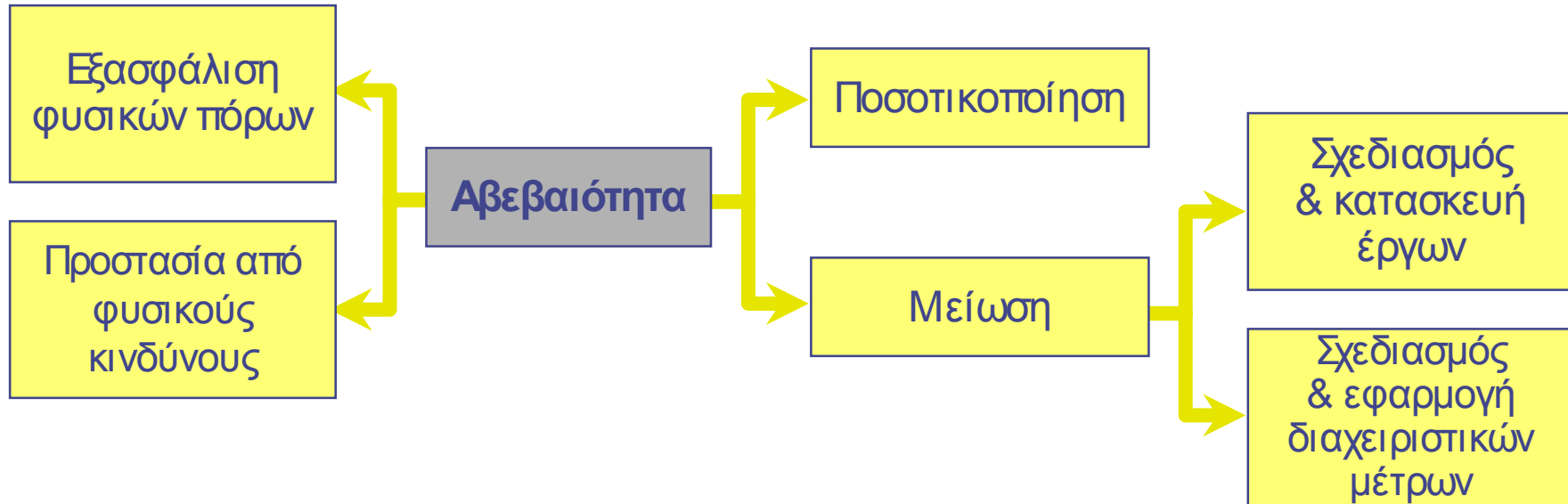
Οικίες κατάντη φράγματος  
Georgia, USA



# Διαχείριση υδατικών πόρων

## Η αβεβαιότητα και η διαχείρισή της

- Η ακριβής πρόγνωση των μελλοντικών συνθηκών είναι ανέφικτη
- Η αβεβαιότητα αποτελεί δομικό και αναπόφευκτο χαρακτηριστικό των φυσικών διεργασιών, οφειλόμενη πρωτίστως στην εγγενή πολυπλοκότητα των φυσικών συστημάτων
- Η διαχείριση της αβεβαιότητας αποτελεί πρώτηστη δραστηριότητα των μηχανικών



## Προσεγγίσεις για την ποσοτικοποίηση της υδροκλιματικής αβεβαιότητας

**Βασισμένες σε σενάρια:** Ευλογοφανείς υποθέσεις για τις μελλοντικές συνθήκες

- χονδροειδείς (π.χ. αύξηση/μείωση των βροχών κατά 20%) – δεν απαιτούνται κλιματικά μοντέλα
- αλγοριθμικές– σύζευξη με κλιματικά μοντέλα (π.χ. αύξηση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub>)

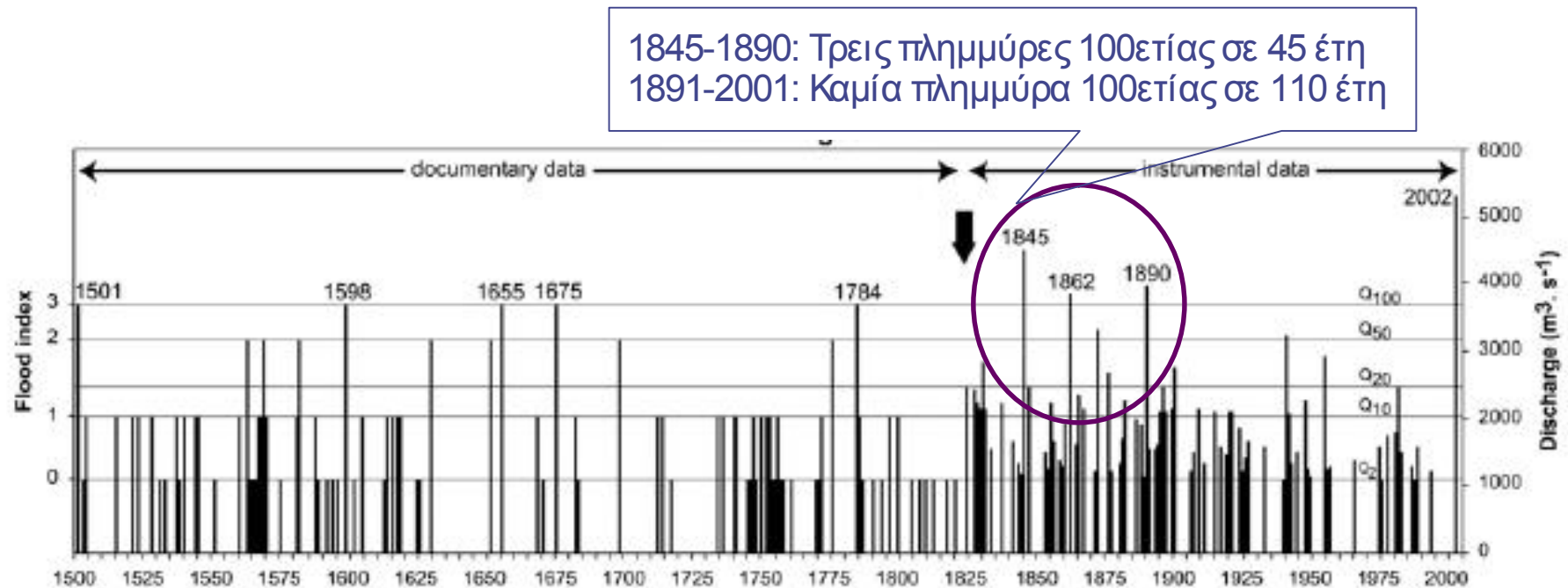
**Πιθανοτικές:** Χρήση θεωρίας πιθανοτήτων, στατιστικής και στοχαστικών ανελίξεων

- με ιστορικά δείγματα (συνθήκες παρελθόντος)
- με ευλογοφανείς υποθέσεις για τις μελλοντικές συνθήκες

# Διαχείριση υδατικών πόρων

## Παρατηρήσεις πάνω στα ιστορικά γεγονότα

- ◆ Καιρικά και κλιματικά φαινόμενα εξαιρετικά ασυνήθιστα και ακραία – με βάση τη σημερινή ανθρώπινη εμπειρία
- ◆ Αβάσιμη η εικόνα ενός σταθερού κλίματος – «Καθεστώς» η αλλαγή του κλίματος:  
«Το κλίμα αλλάζει ακανόνιστα, για άγνωστους λόγους, σε όλες τις κλίμακες»  
National Research Council (1991), Opportunities in the Hydrologic Sciences, National Academy Press, Washington DC, USA
- ◆ Τάση συσσώρευσης όμοιων φαινομένων σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους



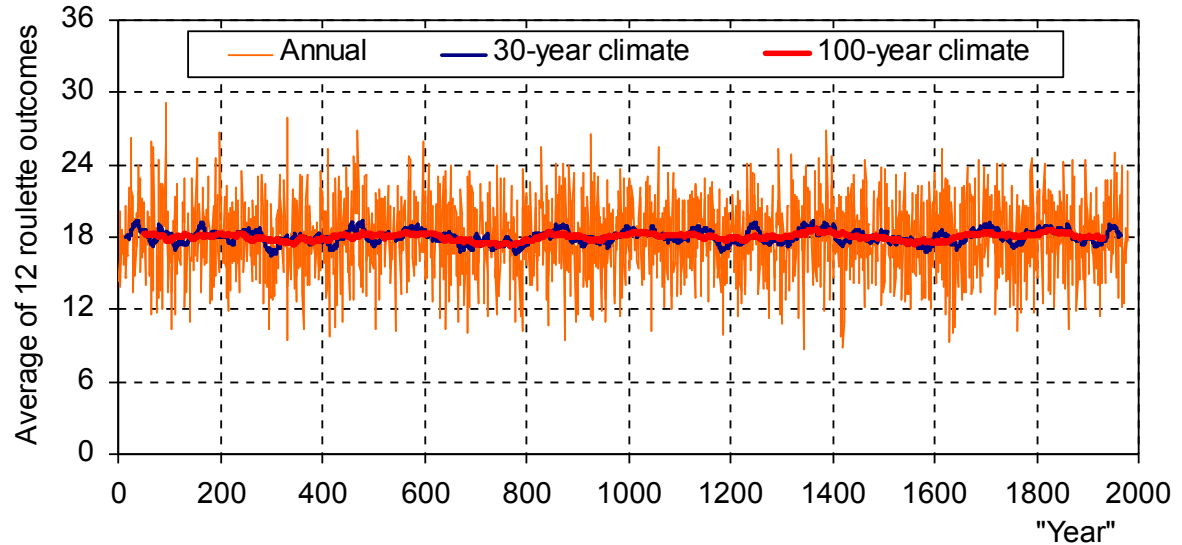
Flood discharges of the Vltava River in Prague during the last 5 centuries (Brázdil et al., 2006).

# Διαχείριση υδατικών πόρων

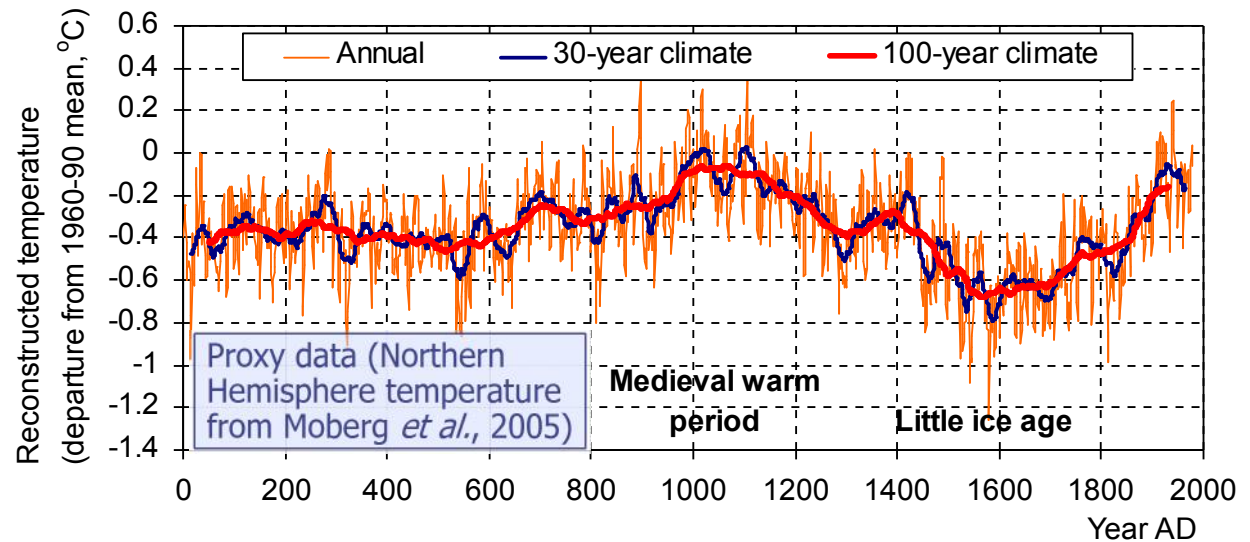
## Στοχαστική συμπεριφορά φυσικών διεργασιών



"Roulette climate"



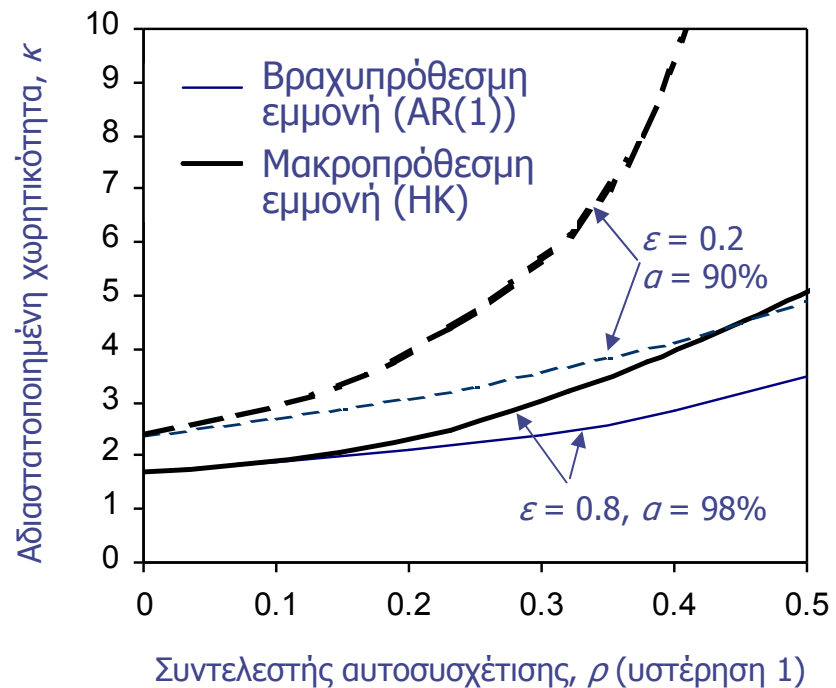
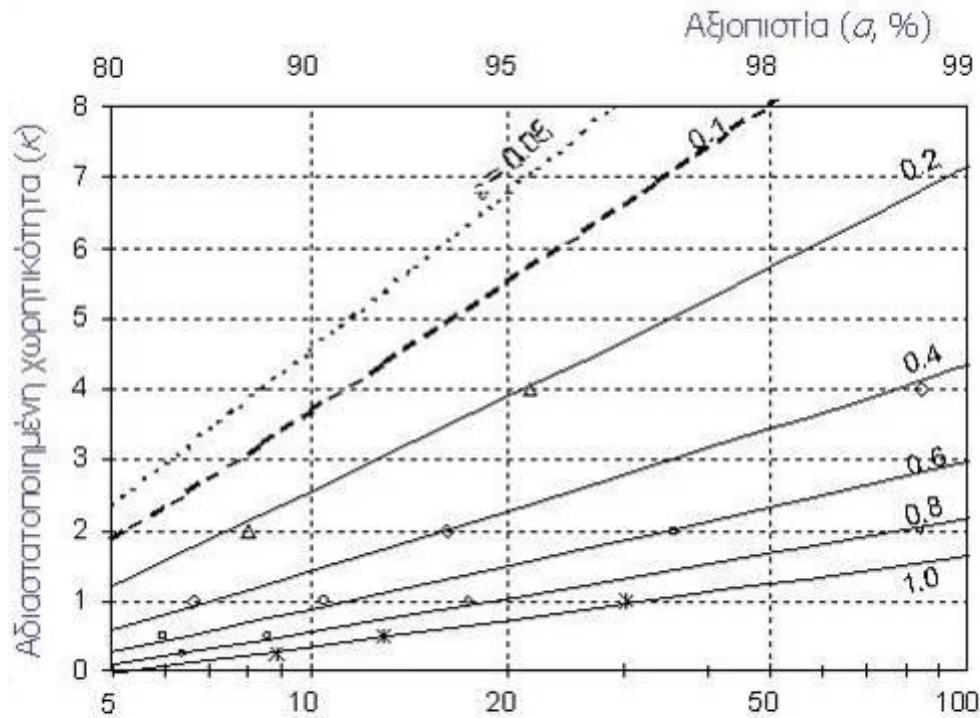
Real-world or "Hurst-Kolmogorov" climate





# Διαχείριση υδατικών πόρων

## Αβεβαιότητα και χωρητικότητα ταμιευτήρων



### Χαρακτηριστικά μεγέθη

$\mu$  : μέση τιμή (καθαρών) εισροών

$\sigma$  : τυπική απόκλιση εισροών

$\alpha$  : αξιοπιστία

$T := 1 / (1 - \alpha)$  : περίοδος επαναφοράς άδειου ταμιευτήρα

$\delta$  : ζήτηση

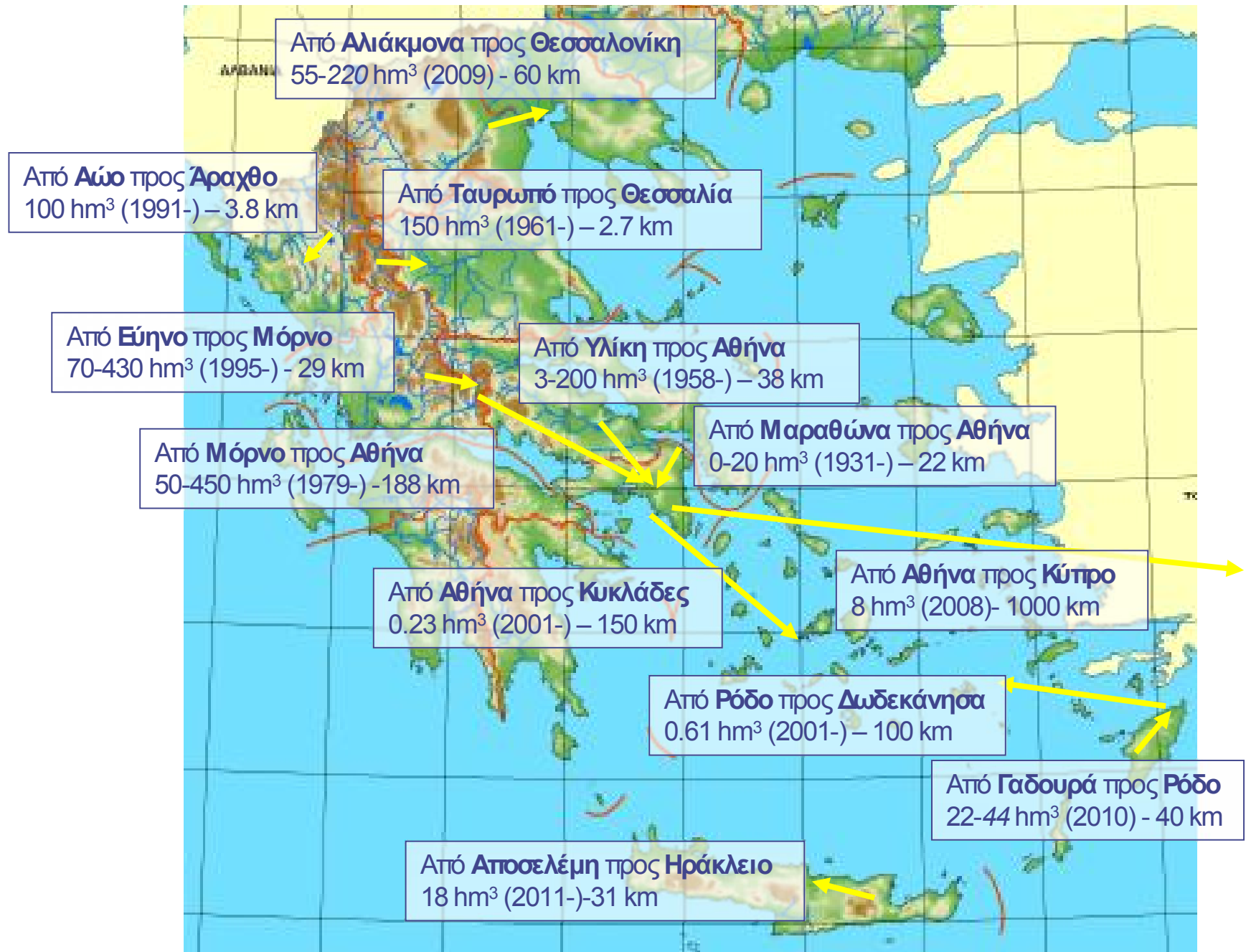
$c$  : χωρητικότητα ταμιευτήρα

$\kappa := c / \sigma$  : αδιαστατοποιημένη χωρητικότητα ταμιευτήρα

$\varepsilon := (\mu - \delta) / \sigma$  : αδιαστατοποιημένη μέση απώλεια

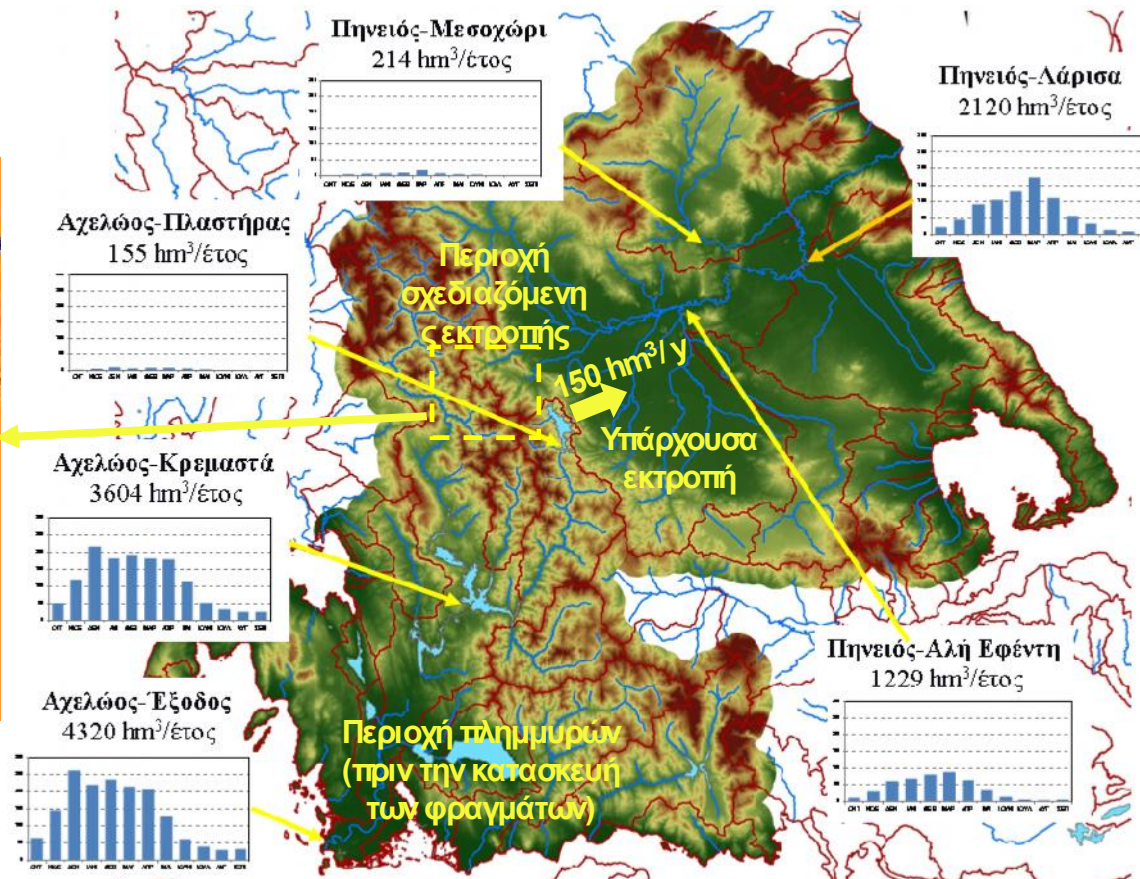
Για αναλυτικότερες πληροφορίες βλ. Koutsoyiannis (2005)

# Οι εκτροπές στην Ελλάδα



# Εκτροπή Αχελώου

Διαχειριστική –κατασκευαστική ενέργεια	(GWh/ έτος)		Euro* 10 <sup>6</sup>
	Πρωτ	Δευτ.	
Do nothing	1100	2000	76
Λειτουργία Μεσοχώρας-Συκιάς χωρίς εκτροπή	1600	2800	99
Λειτουργία Μεσοχώρας-Συκιάς με εκτροπή 600 hm <sup>3</sup> /y	1100	2400	111
Εκτροπή 600 hm <sup>3</sup> /y, κατασκευή Μουζάκι	1400	2810	128
Εκτροπή 600 hm <sup>3</sup> /y, κατασκευή ταμιευτήρα Μουζακίου και άντληση	2200	2110	134
Πλήρες υδροσύστημα με άντληση-ταμίευση σε Πευκόφυτο και Μουζάκι	2200	2750	134





# Συμπεράσματα

- Οι κλιματικές διακυμάνσεις είναι φυσικό φαινόμενο. Η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή είναι απλά μια υπόθεση. Το κλίμα αλλάζει ακανόνιστα, για άγνωστους λόγους, σε όλες τις κλίμακες. Αυτό που σε ανθρώπινη χρονική κλίμακα ονομάζεται *κλίμα* σε γεωλογική κλίμακα είναι *καιρός*. Αυτό που σε ανθρώπινη χρονική κλίμακα ονομάζεται *καιρός* σε μικρή χρονική κλίμακα είναι *κλίμα*.
- Το μελλοντικό κλίμα δεν μπορεί να προβλεφτεί, έτσι ο καλύτερος τρόπος σχεδιασμού συστημάτων (υδατικών, ενεργειακών) είναι η διαχείριση της αβεβαιότητας. Η χρήση των ντετερμινιστικών προγνώσεων στη λήψη αποφάσεων είναι επικίνδυνη αφού υποεκτιμά την κλιματική αβεβαιότητα και αυξάνει το ρίσκο
- Η συσχέτιση των σύγχρονων προβλημάτων με τις κλιματικές διακυμάνσεις είναι παραπλανητική και οι προσπάθειες αντιμετώπισής τους με επεμβάσεις σε ένα χαοτικό σύστημα όπως η ατμόσφαιρα είναι μάταιη. Τα προβλήματα οφείλονται στην περιβαλλοντική και δημογραφική αλλαγή και στη μη αειφορική ενεργειακή πολιτική.
- Η προσπάθεια μείωσης των εκπομπών του CO<sub>2</sub> οδηγεί σε συγκεκριμένες επιλογές ως προς την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας που σε πολλές περιπτώσεις είναι στρεβλές και ασύμφωνες για το κοινωνικό καλό (αλλά άκρως συμβατές με συγκεκριμένα συμφέροντα)
- Λύση αποτελεί η διαχείριση των υδατικών και ενεργειακών πόρων με (α) ποσοτικοποίηση της αβεβαιότητας, (β) μείωση της κατανάλωσης πόρων και (γ) κατασκευή έργων
- Τα έργα εκτροπής νερού μπορούν να έχουν ποικίλες ευεργετικές πτυχές (ύδρευση, παραγωγή ενέργειας, άρδευση, οικοτουρισμός, αισθητική τοπίου) αλλά ταυτόχρονα να επιτρέπουν πολλές διαχειριστικές επιλογές. Η ελληνική κοινωνία έχει δείξει ότι μπορεί να αναπροσαρμόζει τις επιλογές αυτές ανάλογα με τις εκάστοτε κοινωνικές και οικονομικές ανάγκες.