



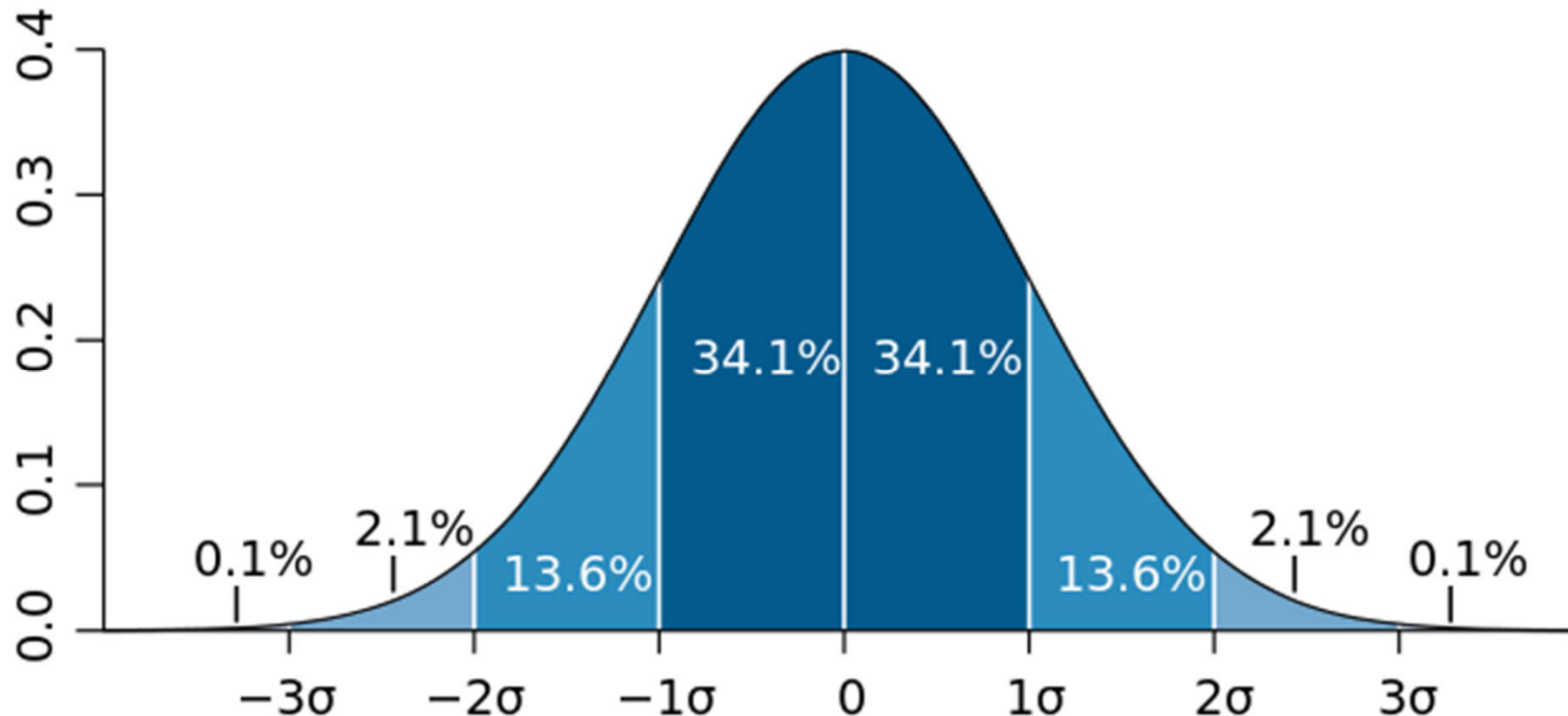
# ΑΚΡΑΙΑ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ. Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Παναγιώτης Θ. Νάστος

Εργαστήριο Κλιματολογίας και Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος,  
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

# Ποιο είναι το ακραίο;

**Ακραίο συμβάν:** η εμφάνιση της τιμής μιας μετεωρολογικής παραμέτρου πάνω (ή κάτω) από μια τιμή κατωφλίου κοντά στο ανώτερο (ή κατώτερο) άκρο της κατανομής των παρατηρηθεισών τιμών σε μια συγκεκριμένη περιοχή.



**Περίοδος επιστροφής:** Εκτίμηση του μέσου χρονικού διαστήματος μεταξύ εμφανίσεων ενός συμβάντος (π.χ., πλημμύρας ή ακραίας βροχοπτώσεις) καθορισμένου μεγέθους ή έντασης.

# Ποιο είναι το ακραίο;

- ✓ Πολύ μεγάλο εύρος σε χωρο-χρονική κλίμακα
- ✓ Η γλώσσα που χρησιμοποιείται στην Μετεωρολογία-Κλιματολογία δεν είναι πολύ ακριβής
  - Μεγάλη επίδραση (αλλά όχι πραγματικά ακραίο)
  - Υπέρβαση ενός σχετικά χαμηλού ορίου (π.χ. το 10ο, 90ο εκατοστημόριο της ημερήσιας θερμοκρασίας ή της βροχόπτωσης)
  - Σπάνιο γεγονός (μεγάλη περίοδος επαναφοράς)
  - Πρωτοφανές (ανεπανάληπτο) γεγονός (στο διαθέσιμο αρχείο παρατηρήσεων)
- ✓ Εύρος από πολύ μικρή κλίμακα (ανεμοστρόβιλοι, χαλάζι) σε μεγάλη κλίμακα (ξηρασία, κύματα καύσωνα)
- ✓ Το ακραίο σε μια τοποθεσία μπορεί να είναι φυσιολογικό σε μια άλλη

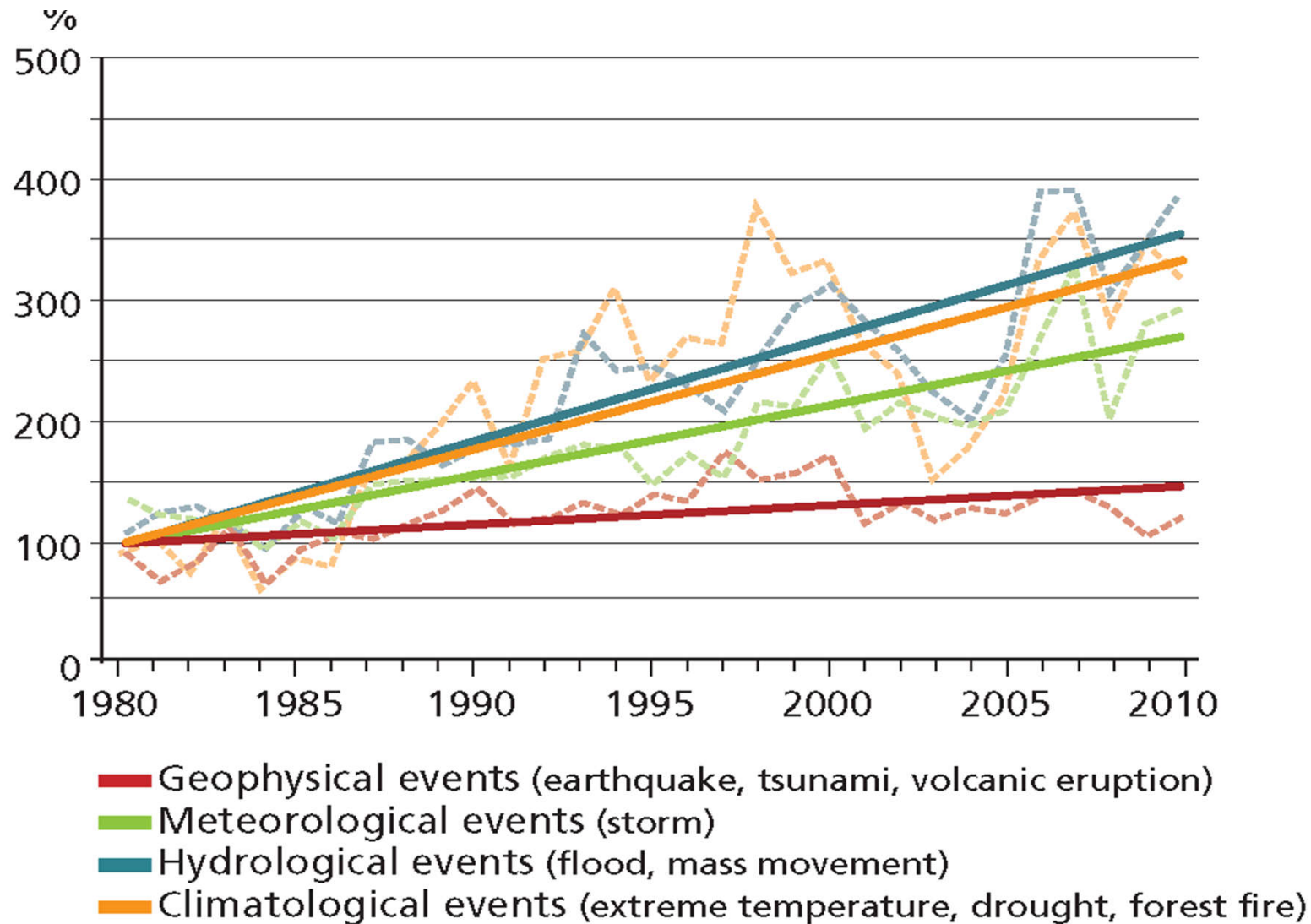
# Επιπτώσεις των ακραίων συμβάντων;

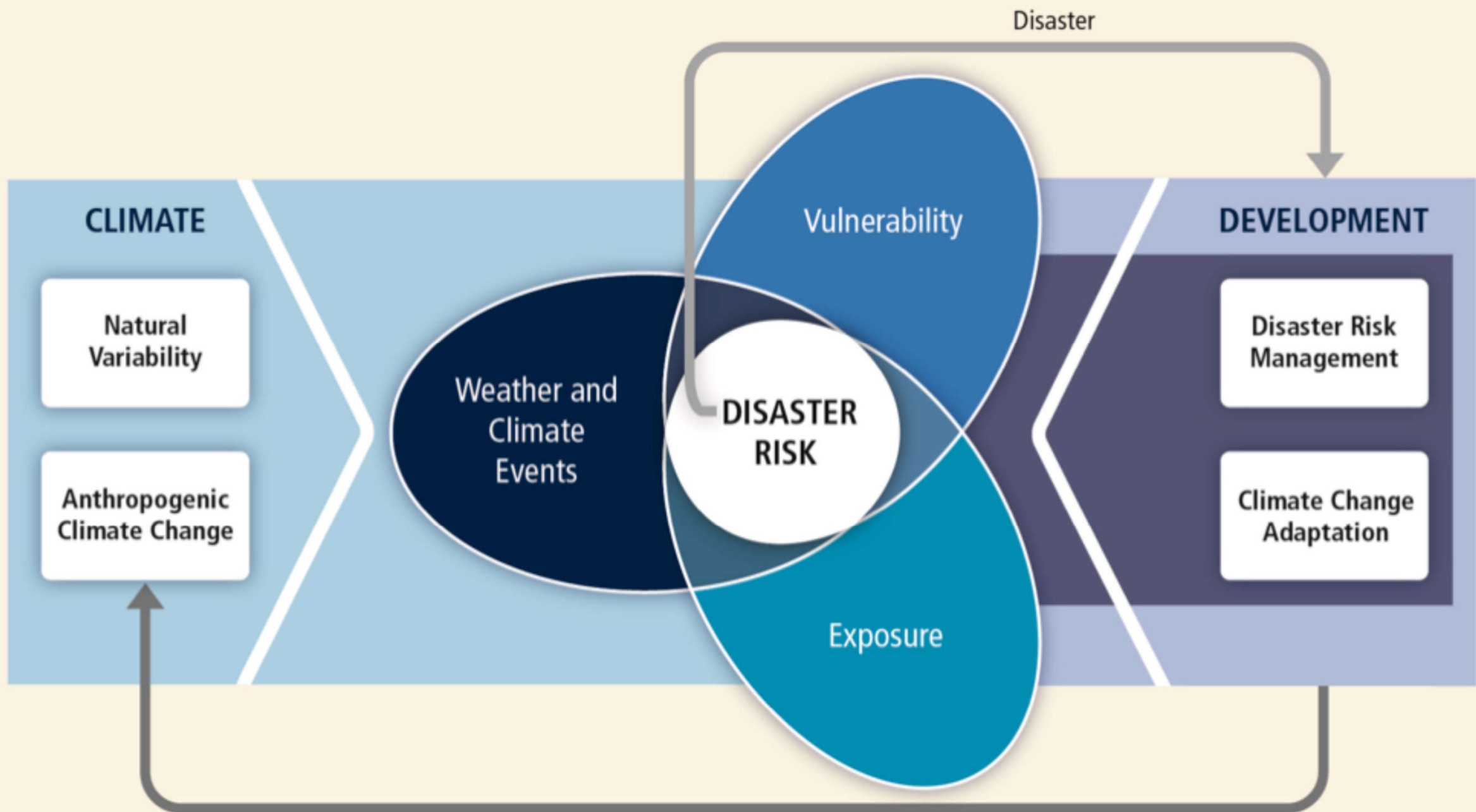
"Κάθε χρόνο, καταστροφές που σχετίζονται με τον καιρό, το κλίμα και το νερό προκαλούν σημαντικές απώλειες ζώων και επιβραδύνουν την οικονομική και την κοινωνική ανάπτυξη για χρόνια, αν όχι δεκαετίες.

"Από το 1970 έως το 2012, έχουν αναφερθεί παγκοσμίως: 8835 καταστροφές, 1.94 εκατομμύρια θάνατοι και 2.4 τρισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ οικονομικές ζημιές ως αποτέλεσμα των ξηρασιών, των πλημμυρών, των καταιγίδων, των τροπικών κυκλώνων, των ακραίων θερμοκρασιών, των κατολισθήσεων και των πυρκαγιών, ή από επιδημίες και προσβολές από έντομα, άμεσα συνδεδεμένες με μετεωρολογικές και υδρολογικές συνθήκες".

WMO (2014) Άτλας θνησιμότητας και οικονομικών απωλειών από τις ακραία μετεωρολογικά, κλιματικά και υδρολογικά ακραία γεγονότα (1970-2012)

# Φυσικές καταστροφές σε παγκόσμια κλίμακα





Greenhouse Gas Emissions

From IPCC Special Report on Extremes (2011)

«ΟΥΚ ΑΙΕΙ Δ' ΟΙ ΑΥΤΟΙ ΤΟΠΟΙ ΤΗΣ ΓΗΣ ΕΝΥΓΡΟΙ ΕΙΝΑΙ  
ΟΥΤΕ ΞΗΡΟΙ ΑΛΛΑ ΜΕΤΑΒΑΛΛΟΥΣΙΝ ...  
ΚΑΤΑ ΜΕΝΤΟΙ ΤΙΝΑ ΤΑΞΙΝ ΝΟΜΙΖΕΙΝ ΧΡΗ ΤΑΥΤΑ  
ΓΙΓΝΕΣΘΑΙ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΔΟΝ ...»

Αριστοτέλης Μετεωρολογικά  
1<sup>ο</sup> Βιβλίο, 14<sup>ο</sup> Κεφάλαιο



# Η κλιματική αλλαγή τον 20<sup>ο</sup> αιώνα

Ο εικοστός αιώνας που πέρασε χαρακτηρίστηκε από έντονη μεταβολή του κλίματος, όπως αυτή φαίνεται κυρίως στην αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας και στην εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων (κυκλώνες, καταιγίδες, μεγάλες περίοδοι ξηρασίας κ.λ.π.).

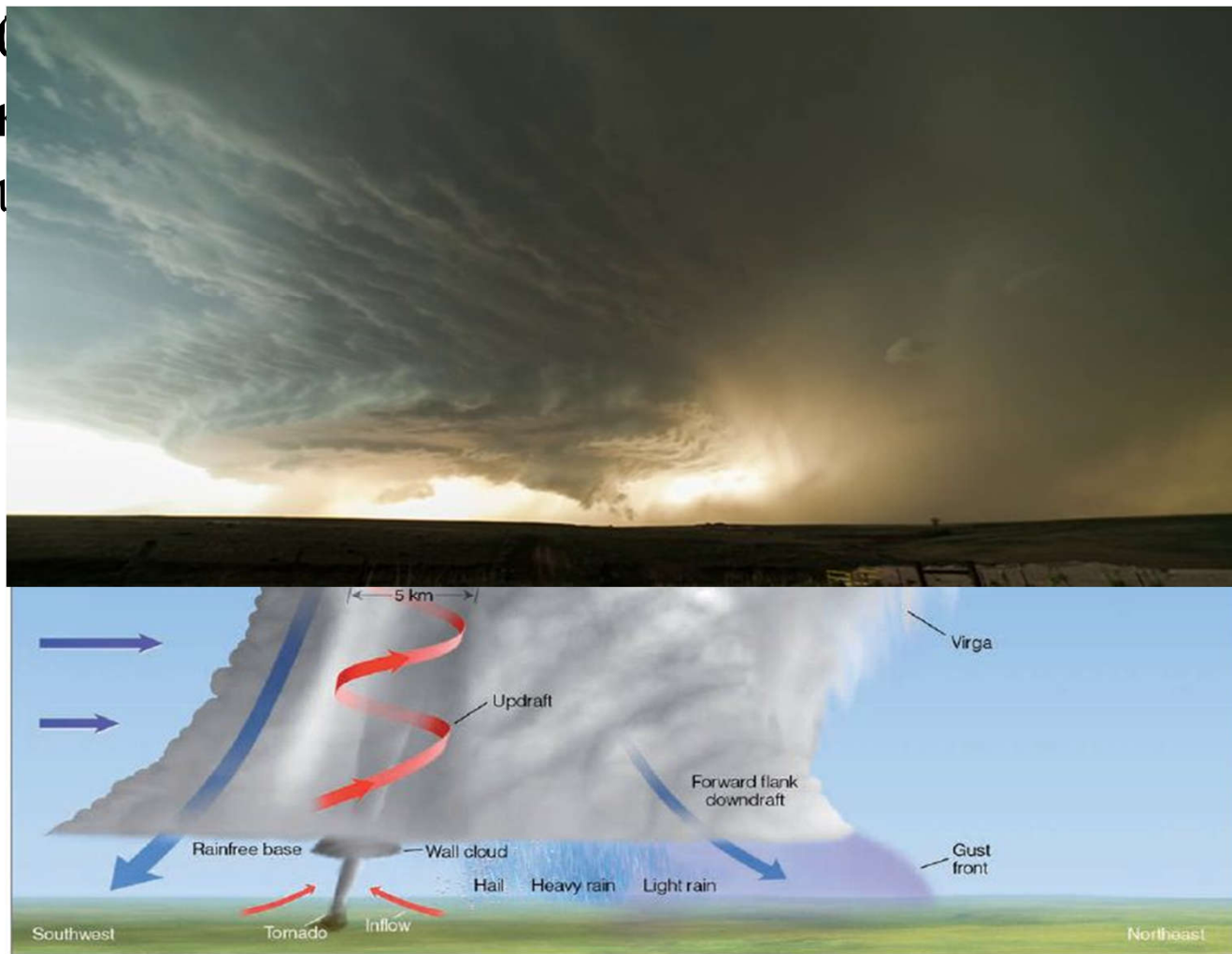
Ο άνθρωπος νοιώθει αδύναμος να αμυνθεί σε αυτό το ξέσπασμα της φύσης, για το οποίο ευθύνονται οι αλόγιστες δραστηριότητές του με σκοπό την υπέρμετρη εκμετάλλευση όλων των φυσικών πόρων για την οικονομική ανάπτυξη των κοινωνιών.

Τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής είναι ορατά σε όλα τα μήκη και πλάτη της Γης, με οικονομικές συνέπειες καθώς και απώλειες ανθρώπινων ζωών. Στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC), η Κλιματική Αλλαγή ορίζεται ειδικότερα ως η μεταβολή στο κλίμα που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες, διακρίνοντας τον όρο από την κλιματική μεταβλητότητα που έχει φυσικά αίτια, όπως είναι οι μεταβολές στην ηλιακή ακτινοβολία, οι κύκλοι του Milankovitch και οι εκρήξεις των ηφαιστείων.



# Ποιοι είναι οι υδρομετεωρολογικοί κίνδυνοι;

γίνονται από μετεωρολογικά, υδρολογικά αποτελέσματα απειλή για τη ζωή, την



**Υπερκύτταρες καταιγίδες:** εννοούμε τις τεράστιες περιστρεφόμενες καταιγίδες που έχουν ζωή αρκετών ωρών και προκαλούν μεγάλης έντασης βροχόπτωσης, μεγάλου μεγέθους χαλάζι όπου συνδέονται και με ανεμοστρόβιλους.

# Σίφωνες (tornadoes / waterspouts)

- Ο ανεμοστρόβιλος ή αλλιώς σίφωνα είναι μια βίαιη στροβιλιζόμενη στήλη αέρα σε επαφή με το έδαφος, είτε κρέμεται από σωρειτόμορφο νέφος (cumulonimbus) ή βρίσκεται κάτω από σωρειτόμορφο νέφος και συχνά (αλλά όχι πάντα) ορατό ως νέφος χωνί.
- Οι σίφωνες ξηράς (Tornadoes) και οι σίφωνες θάλασσας (waterspouts) είναι ολόδια φαινόμενα, ο πρώτος ορισμός χρησιμοποιείται για πάνω από την ξηρά ενώ ο δεύτερος για πάνω από την θάλασσα.
- Η οριζόντια έκταση του ανεμοστρόβιλου φθάνει και τα 250 m, η δε ταχύτητα κίνησης του είναι σχετικά μικρή (8-20 m/s). Η ταχύτητα της στροβιλιζόμενης στήλης του αέρα στην κεντρική περιοχή φτάνει τα 100 m/s, μπορεί όμως και να υπερβεί τις ταχύτητες αυτές φτάνοντας τα 200 m/s. Παράλληλα ισχυρές είναι και οι κατακόρυφες κινήσεις του αέρα. Η πίεση από την περιφέρεια προς το κέντρο του ανεμοστρόβιλου παρουσιάζει μεγάλη πτώση και μπορεί να φθάσει τα 25 hPa. Αποτέλεσμα αυτής της μείωσης είναι και η σφοδρότητα της περιστροφικής κίνησης του ανέμου στο σίφωνα.
- Η τροχιά που διανύει ένας σίφωνα είναι σχετικά μικρή, 10km, χωρίς να λείπουν και οι περιπτώσεις που η τροχιά του φτάνει τα 200km και η περίοδος της ζωής του είναι 4-5 ώρες. Η διέλευση ενός ανεμοστρόβιλου προκαλεί μεγάλες καταστροφές λόγω των θυελλωδών ανέμων και της μεγάλης πτώσης της ατμοσφαιρικής πίεσης.

# Σίφωνες (tornadoes / waterspouts)

Η δημιουργία του σίφωνα προϋποθέτει την ύπαρξη μιας σειρά φαινομένων. Θερμή και υγρή αέρια μάζα με συνεχή τροφοδοσία στην κατώτερη ατμόσφαιρα, ξηρή και ψυχρή τροφοδοσία στη μέση και κατώτερη ατμόσφαιρα, ψυχρό μέτωπο και η ύπαρξη αεροχειμάρρου αποτελούν ένα ιδανικό συνδυασμό για την δημιουργία σίφωνα.

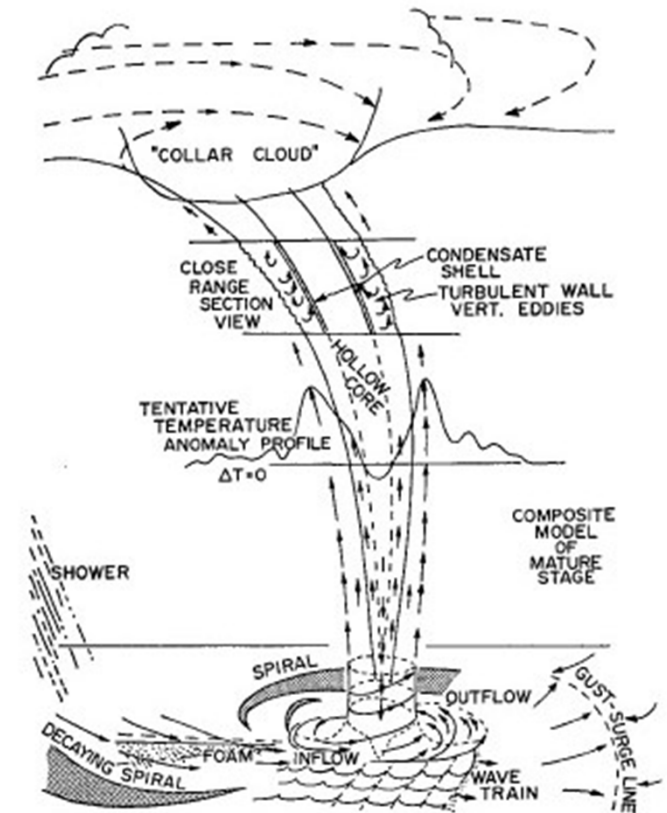
Η θερμή και υγρή αέρια μάζα στην κατώτερη ατμόσφαιρα είναι το πρώτο συστατικό στην δημιουργία κατακόρυφων νεφών καθώς ο θερμός αέρας είναι ελαφρύτερος και ανέρχεται κατακόρυφα.



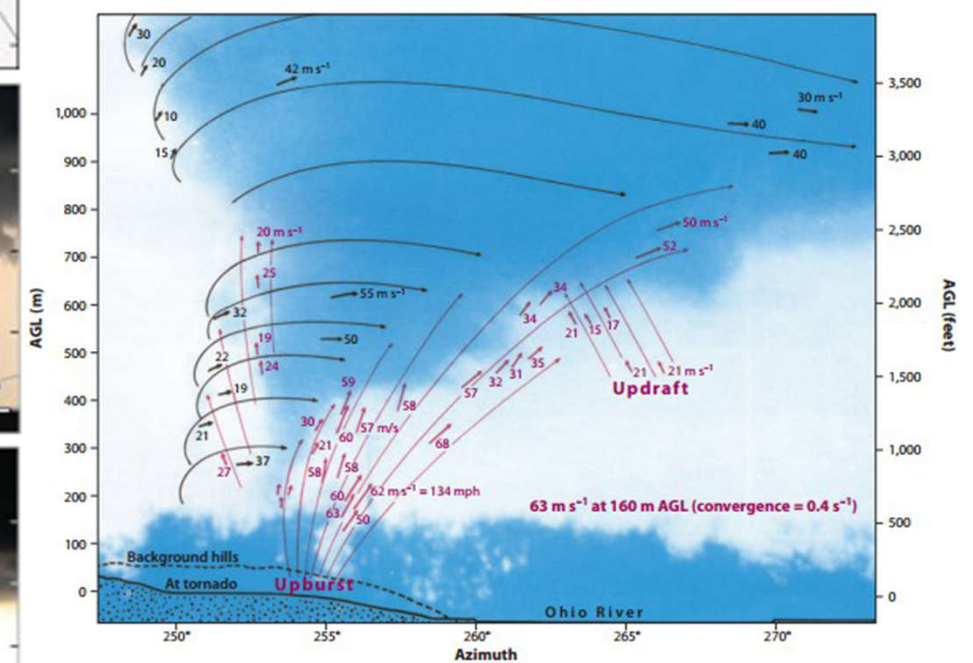
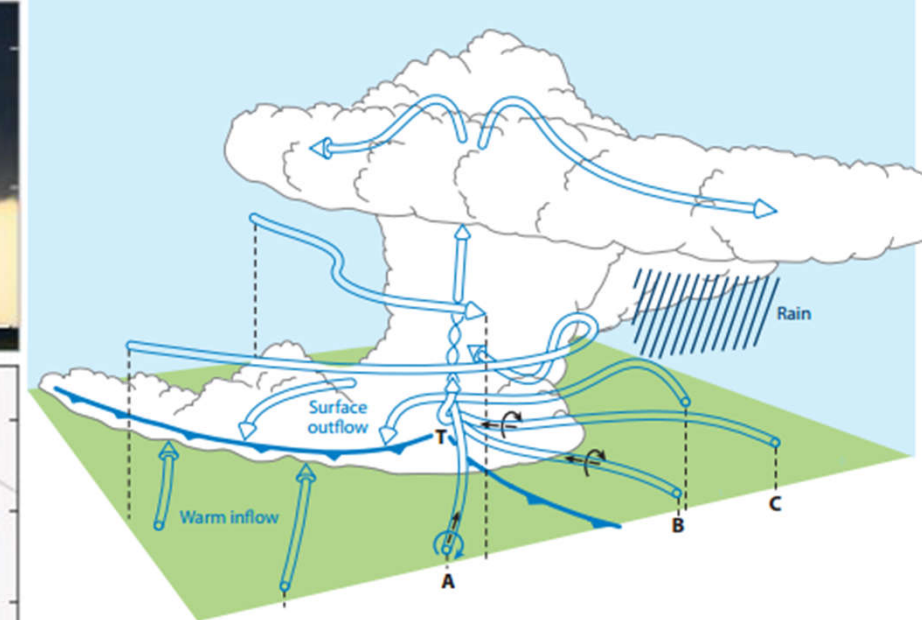
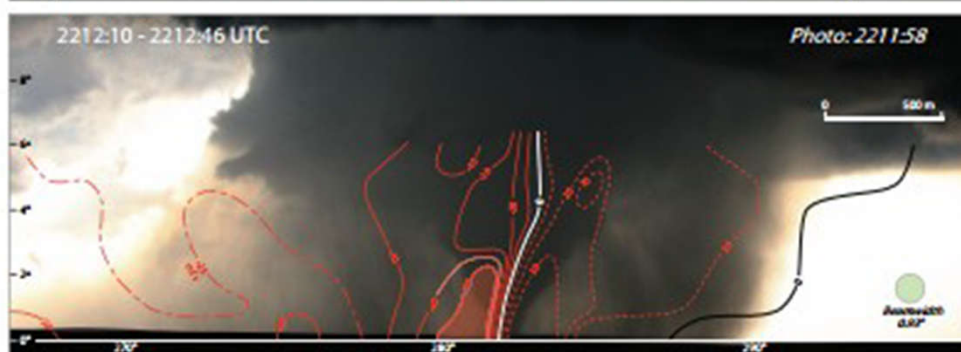
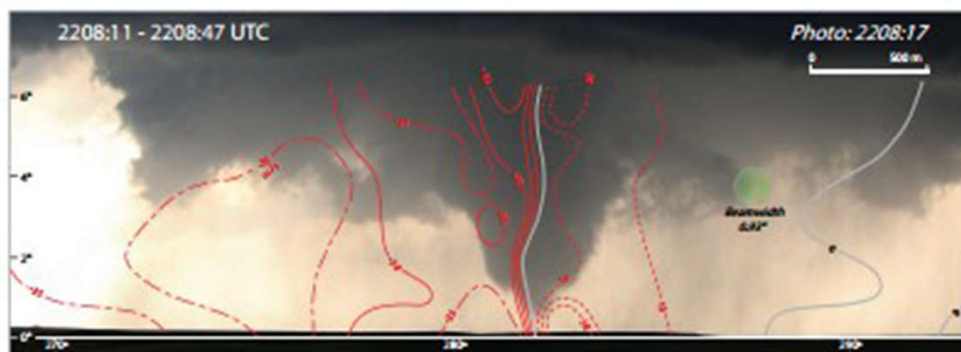
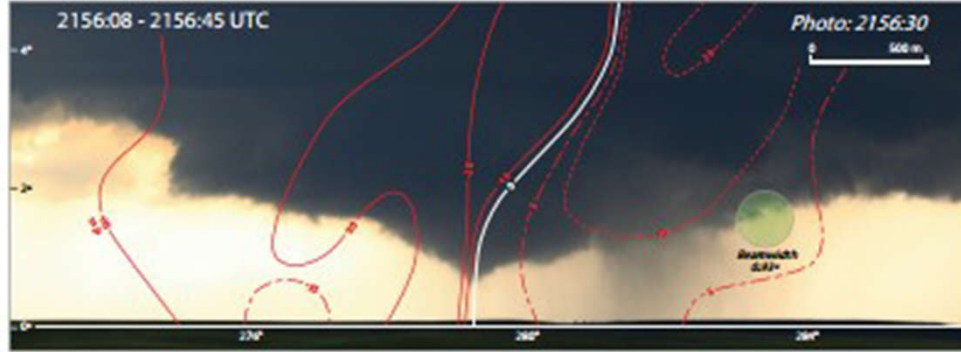
# Σίφωνες (tornadoes / waterspouts)

Σχηματική απεικόνιση της ροής κατά το 4ο στάδιο του κύκλου ζωής των υδροσίφωνων με τη διάμετρο του υδροσίφωνα κάτω από το νέφος με τη μορφή κολάρου (στη βάση του νέφους) να κυμαίνεται από 3 έως 140m.

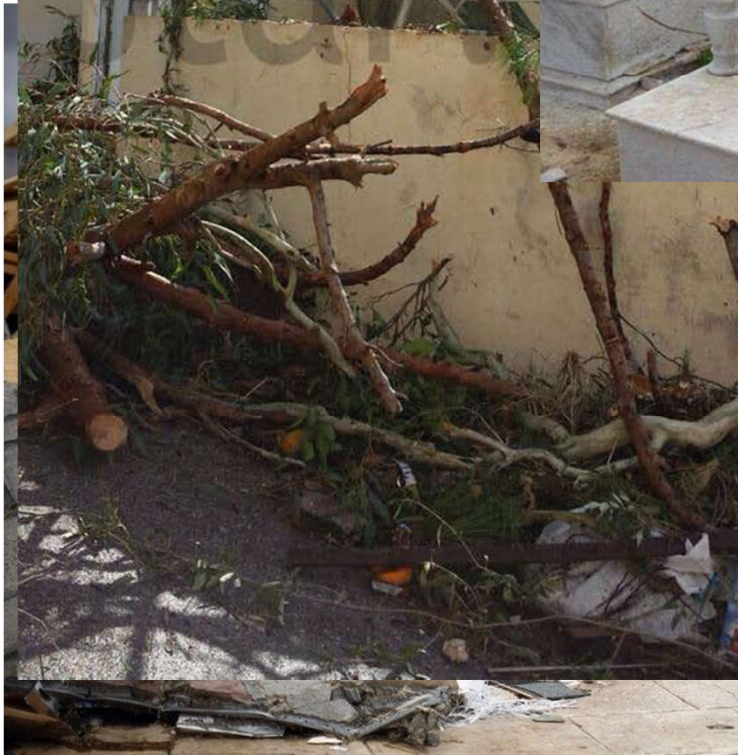
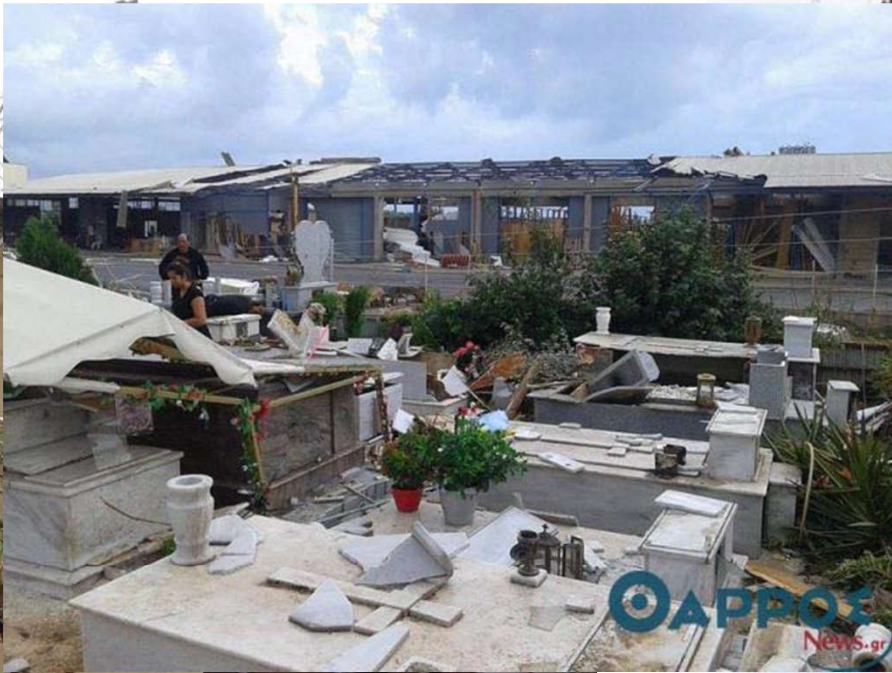
Στο ώριμο στάδιο της ζωής του υδροσίφωνα, το χοανοειδές νέφος «ακουμπάει» σχεδόν την επιφάνεια της θάλασσας και το κατώτερο μέρος του υδροσίφωνα να κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα.

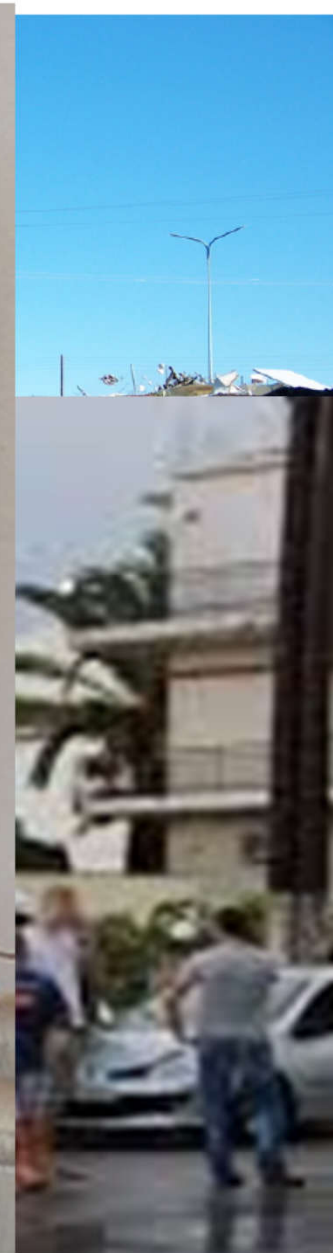


Παραλία Εγκρεμνών Λευκάδα, 23 Ιουνίου 2009

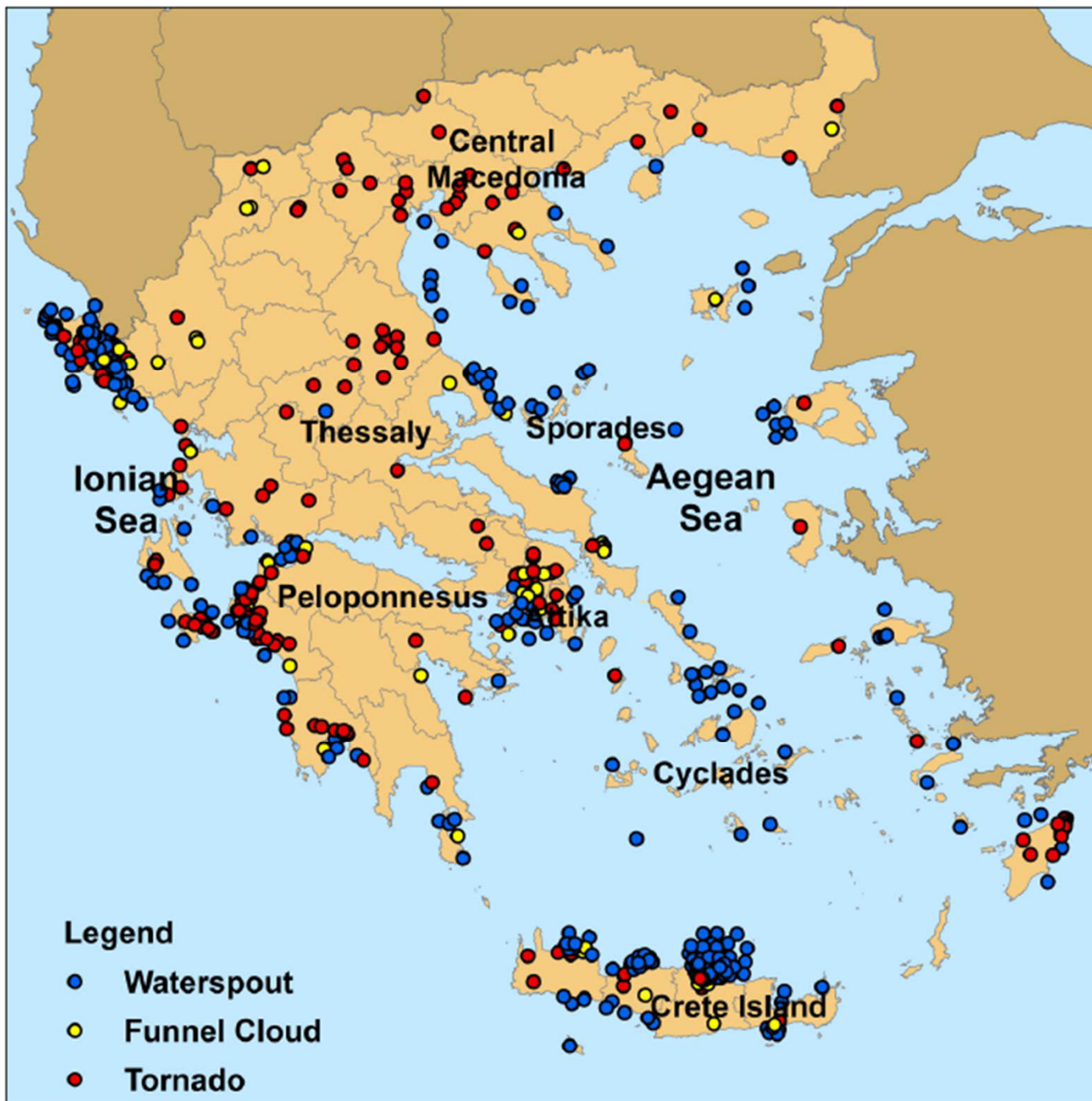


Η δημιουργία σίφωνα μέσα σε μία πολυκυτταρική καταιγίδα όπως αποτυπώνεται μέσα από σύνθετες εικόνες (φωτογραφίες και εικόνες doppler radar) στις 5 Ιουνίου 2009, LaGrange, WY, USA)





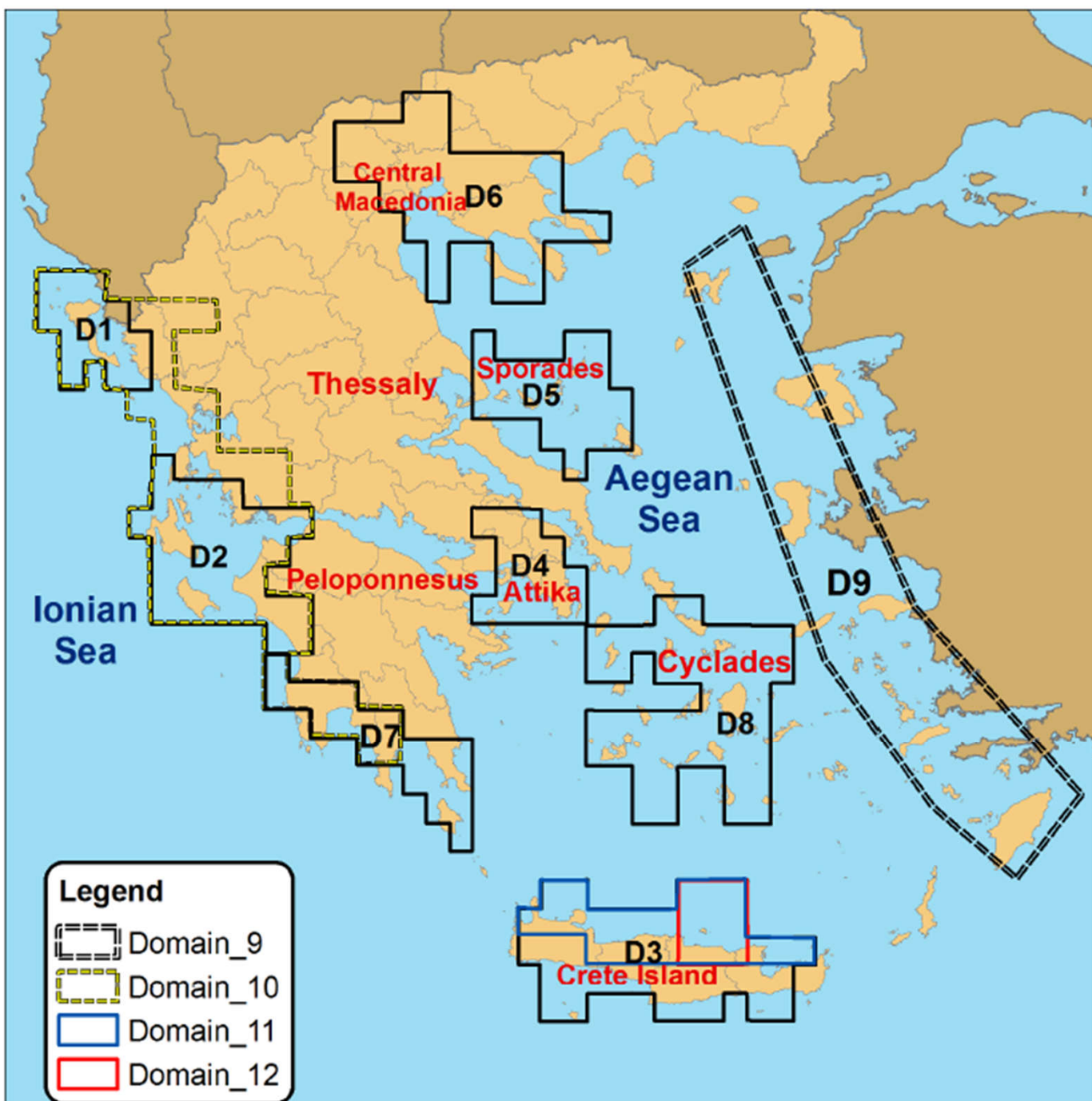
Μεγάλες καταστροφές στη Σκάλα Λακωνίας από ανεμοστρόβιλο



Χωρική κατανομή  
ανεμοστρόβιλων,  
υδροσιφώνων και χωνοειδών  
νεφών στην Ελλάδα, για την  
περίοδο 1709-2012.

(Πολυάριθμα γεγονότα  
αντιπροσωπεύονται κάτω από  
τα σύμβολά του Σχήματος,  
τα οποία δεν εμφανίζονται  
εξαιτίας της χαμηλής  
ανάλυσης του γραφήματος.

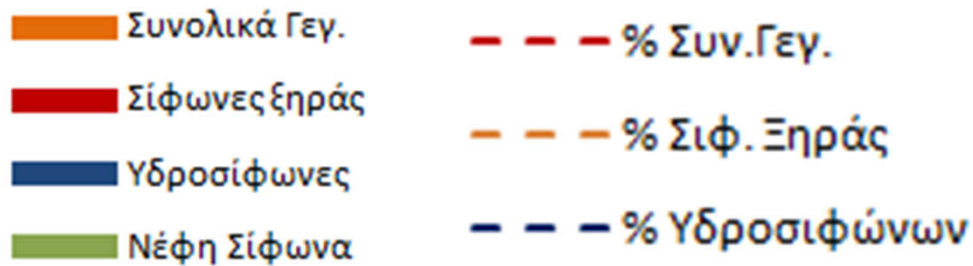
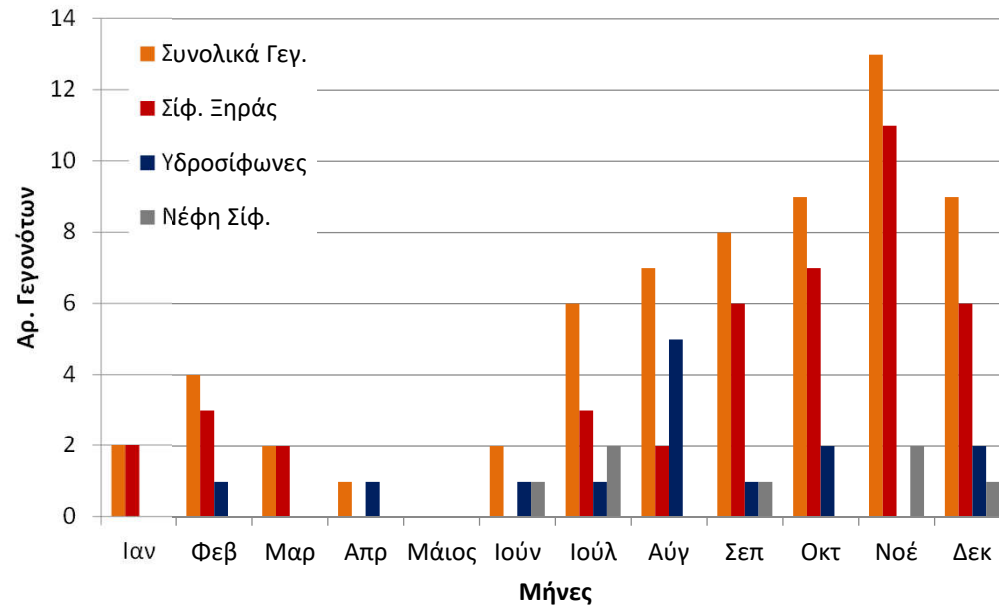
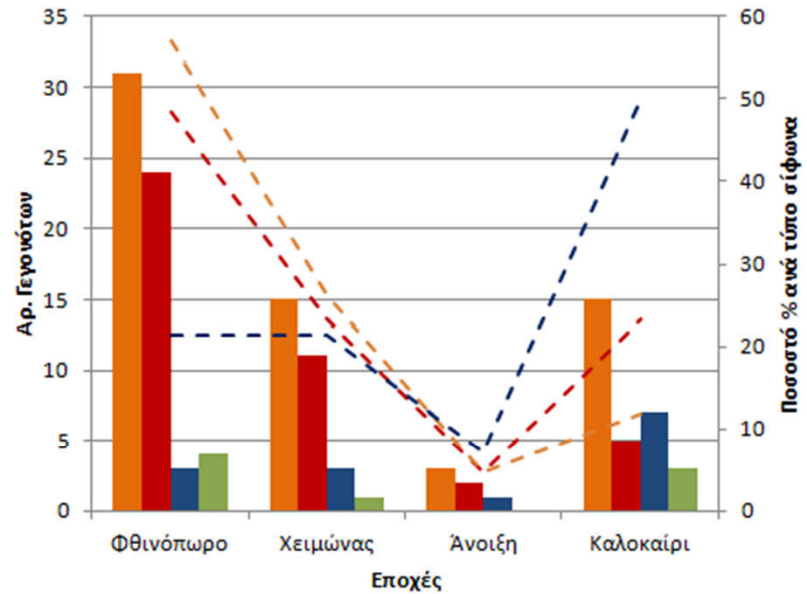




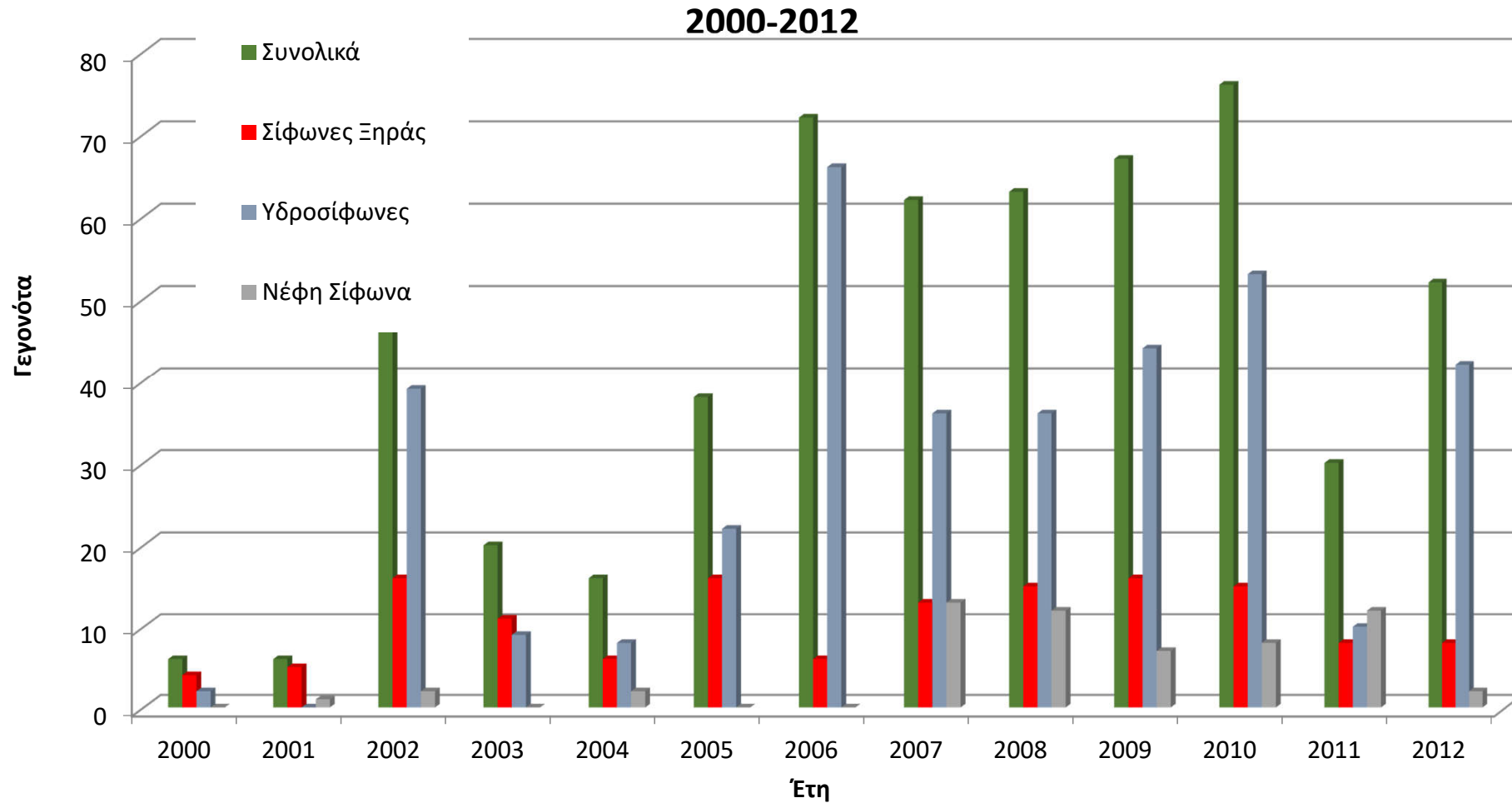
Οι 12 τομείς που εμφανίζουν αυξημένη συχνότητα ανεμοστροβίλων και υδροσιφώνων στην Ελλάδα, με χρήση GIS: η D1 υπο-περιοχή βρίσκεται στο βόρειο Ιόνιο πέλαγος, συμπεριλαμβανομένης της Κέρκυρας; Η υπο-περιοχή D2 βρίσκεται στο κεντρικό Ιόνιο και περικλείει το ΒΔ τμήμα της Πελοποννήσου; η υπο-περιοχή D3 αφορά την Κρήτη; η υπο-περιοχή D4 περιορίζεται σε όλη την Αττική; η υπο-περιοχή D5 αφορά το νησιωτικό σύμπλεγμα των Σποράδων, στο ΒΔ Αιγαίο; η υπο-περιοχή D6 αφορά την κεντρική Μακεδονία; η υπο-περιοχή D7 περιλαμβάνει τις νότιες περιοχές της Πελοποννήσου; η υπο-περιοχή D8 αφορά το νησιωτικό συγκρότημα των Κυκλάδων και η υπο-περιοχή D9 την ανατολική πλευρά του Αιγαίου, που περιλαμβάνει διάσπαρτες εκδηλώσεις ανεμοστροβίλων σε λίγα νησιά ή κατά μήκος της περιοχής του ανατολικού Αιγαίου Πελάγους, Τέλος, αναφέρονται ακόμη τρεις τομείς: D10, που καλύπτει τα δυτικά μέρη της Ελλάδας; D11 πάνω από το βόρειο τμήμα της D3 και D12 πάνω από την βόρεια Κρήτη (Ηράκλειο πόλη).

# Χρονική Κατανομή στην Ελλάδα

## Ιστορικά γεγονότα: 1709-1999

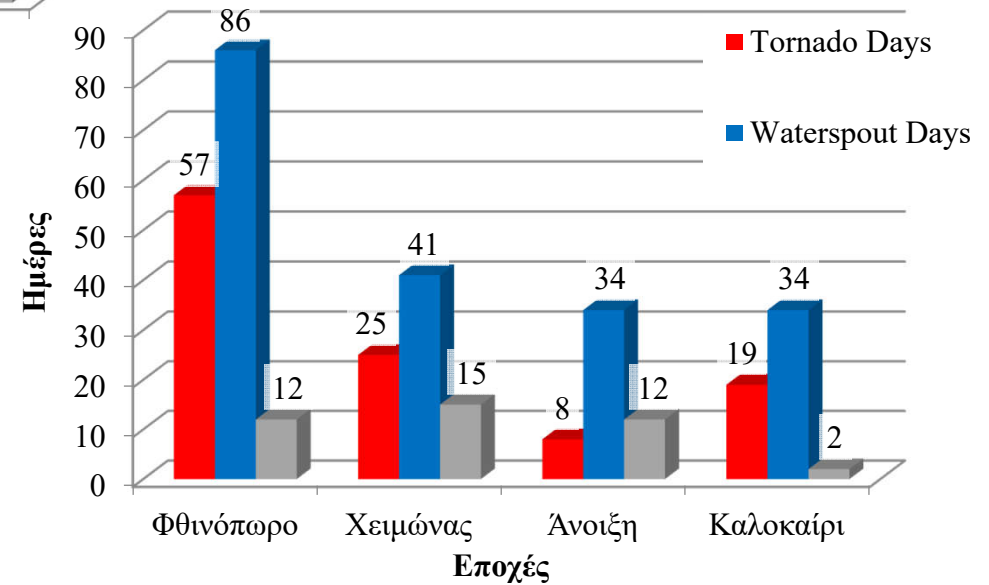
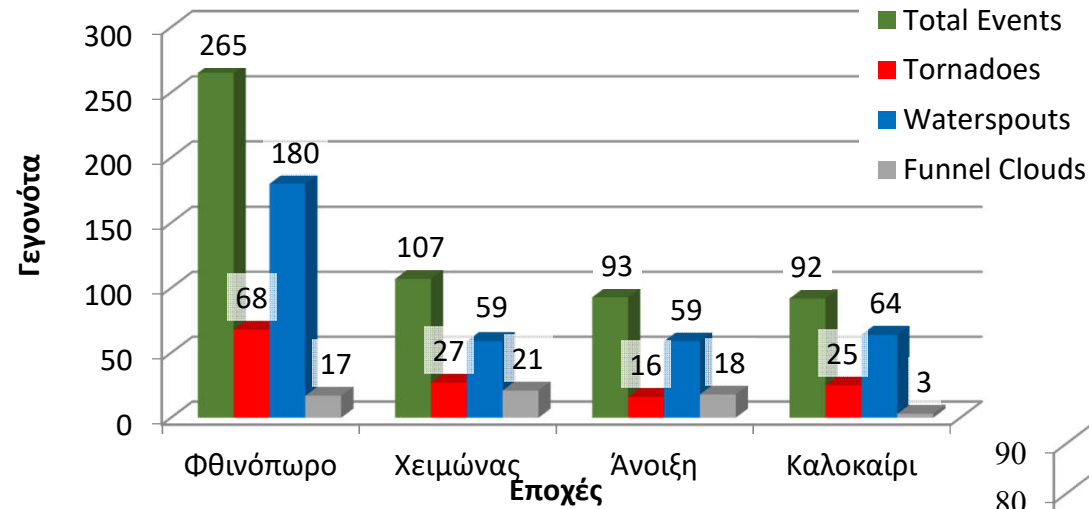


# Χρονική Κατανομή στην Ελλάδα

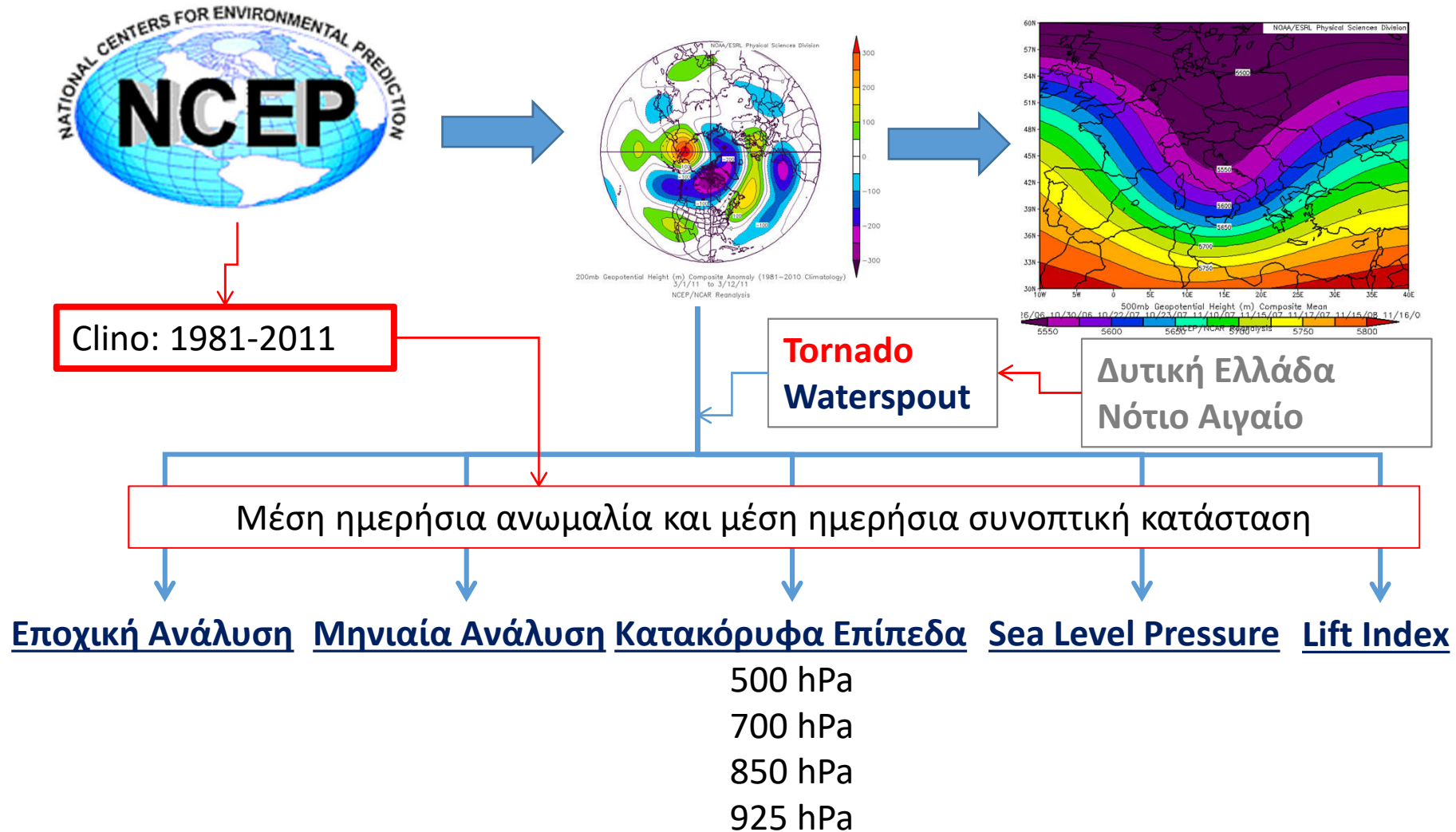


# Χρονική Κατανομή στην Ελλάδα

2000-2012

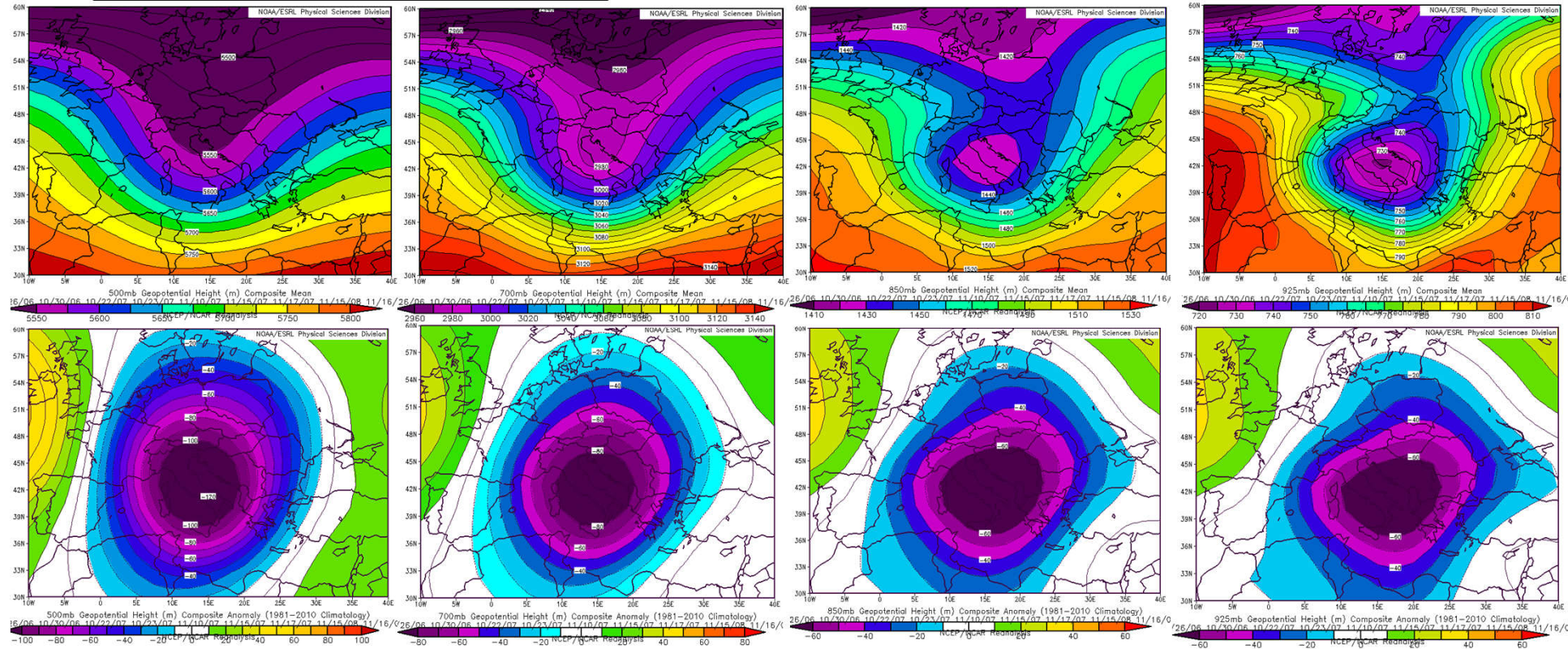


# Μέσες συνοπτικές καταστάσεις και ανωμαλίες της ατμόσφαιρας



# Μέσες συνοπτικές καταστάσεις και ανωμαλίες της ατμόσφαιρας

## Δυτική Ελλάδα: Φθινόπωρο, TR



500 hPa

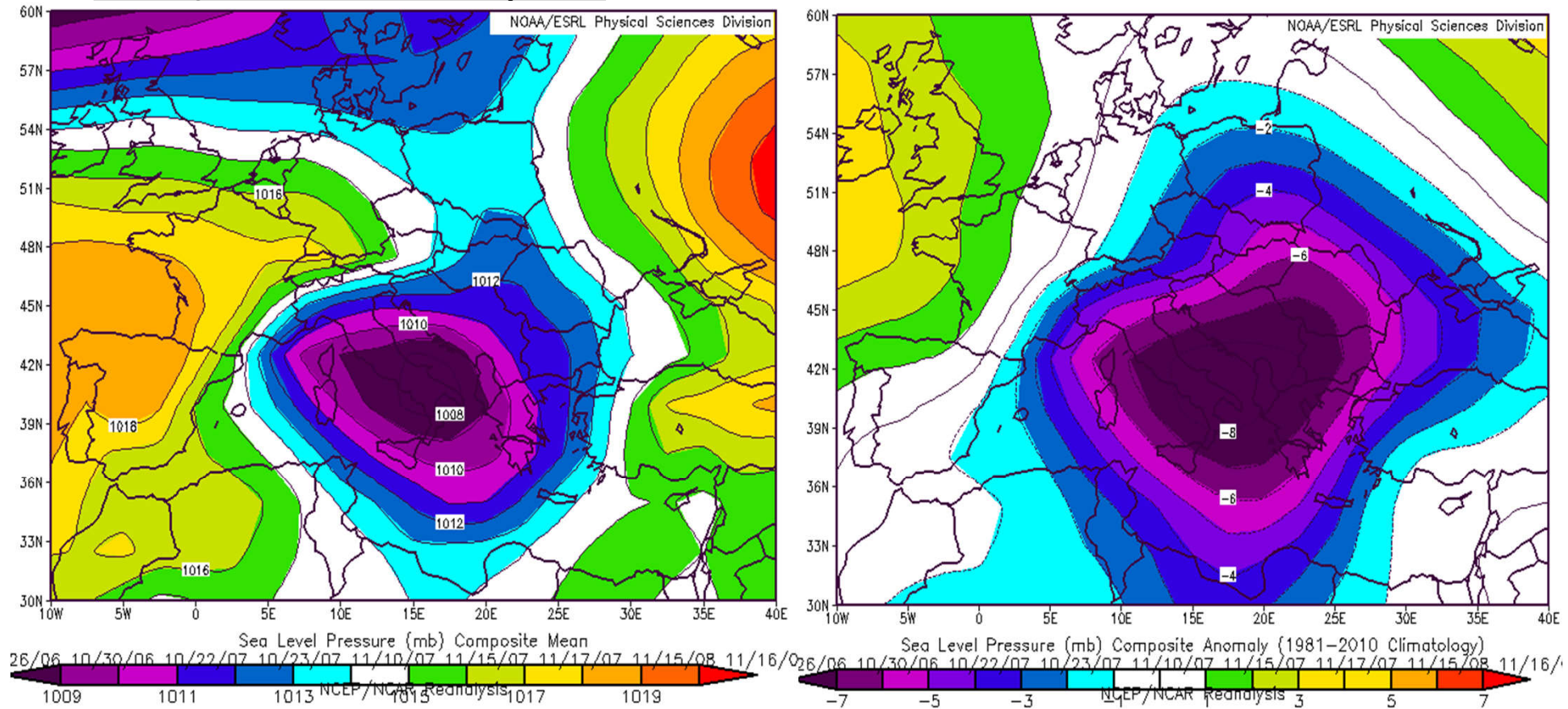
700 hPa

850 hPa

925 hPa

# Μέσες συνοπτικές καταστάσεις και ανωμαλίες της ατμόσφαιρας

## Δυτική Ελλάδα: Φθινόπωρο, TR



# Μέσες συνοπτικές καταστάσεις και ανωμαλίες της ατμόσφαιρας



- 48% των TR στη δυτική Ελλάδα εκδηλώθηκαν στο θερμό τομέα του ψυχρού μετώπου και σε μέση απόσταση < 50 Km.
- 27% των TR εκδηλώθηκε στο ψυχρό τομέα του ψυχρού μετώπου (μετά τη διέλευση του μετώπου).
- Δεν εντοπίστηκε συσχέτιση μεταξύ θερμού μετώπου και εκδήλωσης σίφωνα



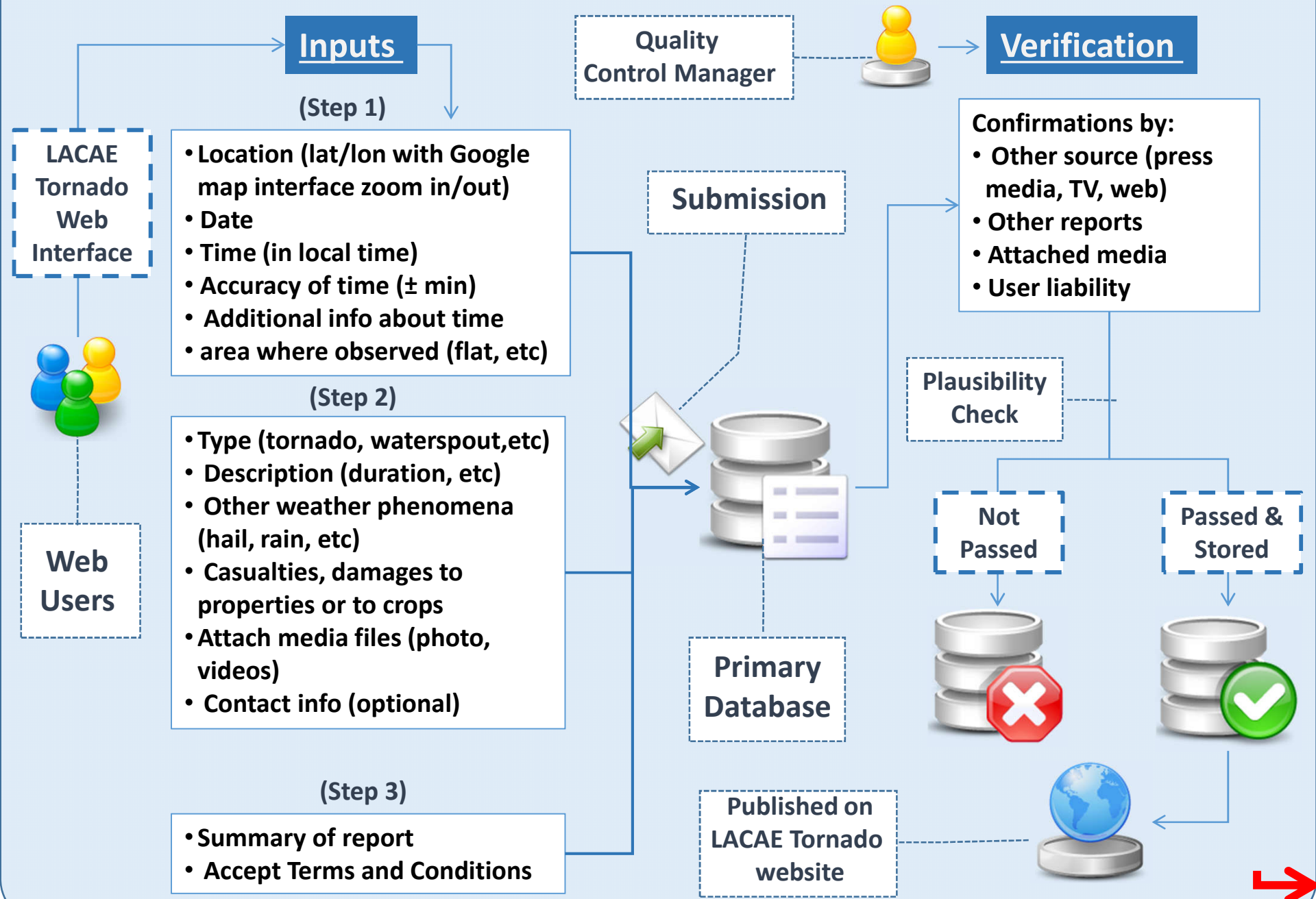


On line σύστημα αναφοράς ανεμοστροβίλων  
(<http://tornado.geol.uoa.gr>)

Ελληνική βάση ακραίων καιρικών φαινομένων  
([Hellenic severe weather phenomena](#))

Εργαστήριο Κλιματολογίας  
& Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος  
Πανεπιστήμιο Αθηνών  
(<http://lacaе.geol.uoa.gr>)

# LACAE Tornado Report data stream System

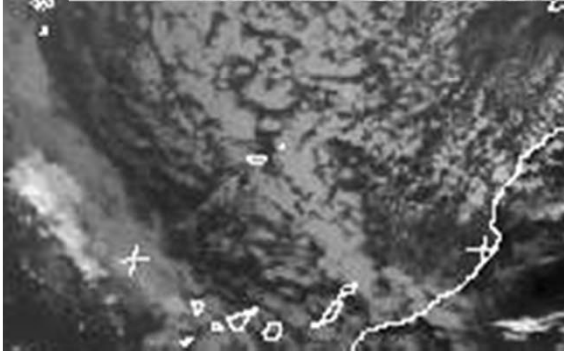


# Medicanes

- Mediterranean Sea, appears to be a vulnerable area for cyclogenesis.
- The specific orographic structures surrounding the Mediterranean, such as Alps, Pyrenees and Atlas mountains may trigger air flow to vortex development. Despite the synoptic formation of cyclones in the Mediterranean, occasionally there are cases when meso-scale extreme low pressure systems appear, having the characteristics of tropical cyclones, as they captured by satellites. **Mediterranean Tropical Like Cyclones (TLC) known as Medicanes** are accompanied by strong winds, heavy precipitation and thunderstorms, causing occasional severe damages in private property, agriculture and communication networks, or resulting in flooding of populated areas, posing a risk to human life.
- These meso-scale cyclones, with diameter, usually less than 300 km, have a rounded structure and a warm core, as well as intense low sea level pressure (Businger and Reed, 1989). Their intensity appears much weaker than tropical hurricanes; however, some of them have reached tropical hurricane strengths.

# Spatial variability of TLC impacts

- The majority of the recorded impacts concerns favorably specific areas such as the Balearic Islands in the archipelago of Spain in the western Mediterranean Sea, near the eastern coast of the Iberian Peninsula, Sardinia, Sicily and also southern Italy, although there is a large number of casualties regarding the northern coasts of Tunisia, with respect to a flood episode mentioned as “*north African flood*” in September, 1969.
- **Tornadoes** associated with significant damages are mainly spotted in the west and central Mediterranean basin, mostly accumulated near the shores of the Balearics and the Aeolian Islands in a volcanic archipelago in the Tyrrhenian Sea north of Sicily,
- As far as **floods** are concerned, southern Italy and Sicily are the most affected areas, with nearby islands, like Malta, also having impacts caused by many flood incidents.
- The **wind speed** ranges from 47 to 180 km/h among the different cases reported. It is evident that private and public damages occur mainly in areas affected by flood episodes. However, the Balearics Islands seem to be an exception to this rule, with no floods, against many tornadoes reported. In the eastern Mediterranean, there are reduced reports on TLC impacts mainly occurred in urban agglomerations, that is the case of Athens, in western Peloponnese and Cyprus Island.



Bab El Oued, Algeria, Flood on November 10, 2001 (Djilladi Benouar, 2015)

METEOSAT IR channel: Nover

During November 9 and 10, 2001, Algeria:

- more than 900 people were killed, thousands injured and thousands of homes destroyed from damaging winds and severe flash floods in Algeria.
- Strong winds and persistent rains hit the Balearic Islands on November 11, producing 4 casualties, the loss of 220,000 pines and the removal of 60% of beach sand. A total of 1.5 billion in private property damage was estimated by insurance companies.

Devastating flooding rains and windstorm in Algiers caused by storm resembling US 'Storm of the Century' (Tripoli et al. 2005)

(Homar and Stensrud, 2004)



Genoa, Italy on November 5, 2011. Overturned cars after flash floods that killed six people. In Genoa 356 mm of rain - or a third of the average annual rainfall - came down in six hours on November 4, 2011 (<http://www.telegraph.co.uk>)

Medicane Rolf 12:00 UTC on November 7, 2011

# ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

## Επιχειρησιακό Πρόγραμμα

Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση & Δια Βίου Μάθηση



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**Μοντελοποίηση της κατακόρυφης δομής Τροπικού  
Τύπου Μεσογειακών Κυκλώνων (Medicanes), με χρήση  
σμήνους προσομοιώσεων πρόγνωσης με το μοντέλο  
WRF και η επίδραση της κλιματικής αλλαγής.  
"MEDICANE"**

[www.lacae.geol.uoa.gr](http://www.lacae.geol.uoa.gr)

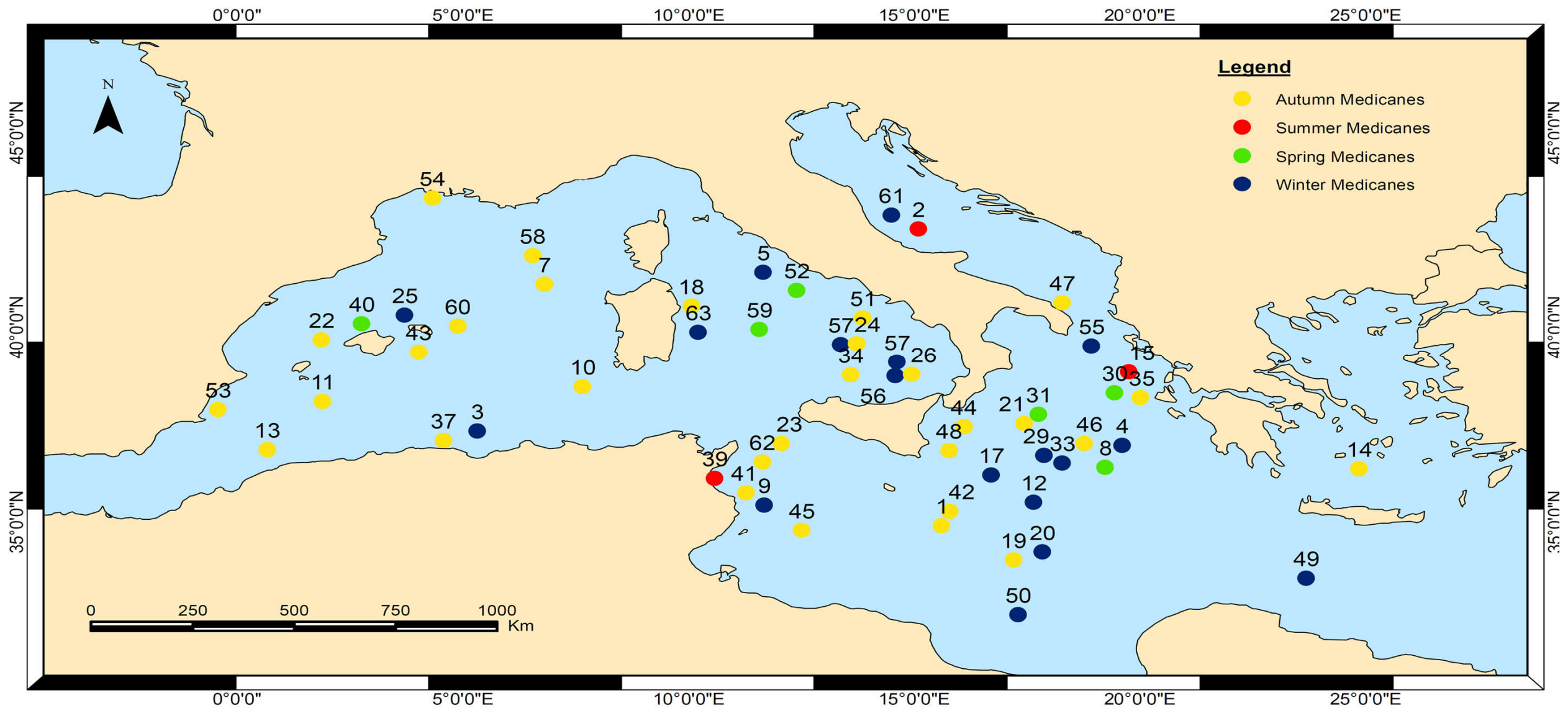


Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης







Seasonal geographical distribution of medicane occurrence (yellow color for autumn, red color for summer, green color for spring and blue color for winter) based on the selected 63 cases over Mediterranean during the study period 1969-2014.

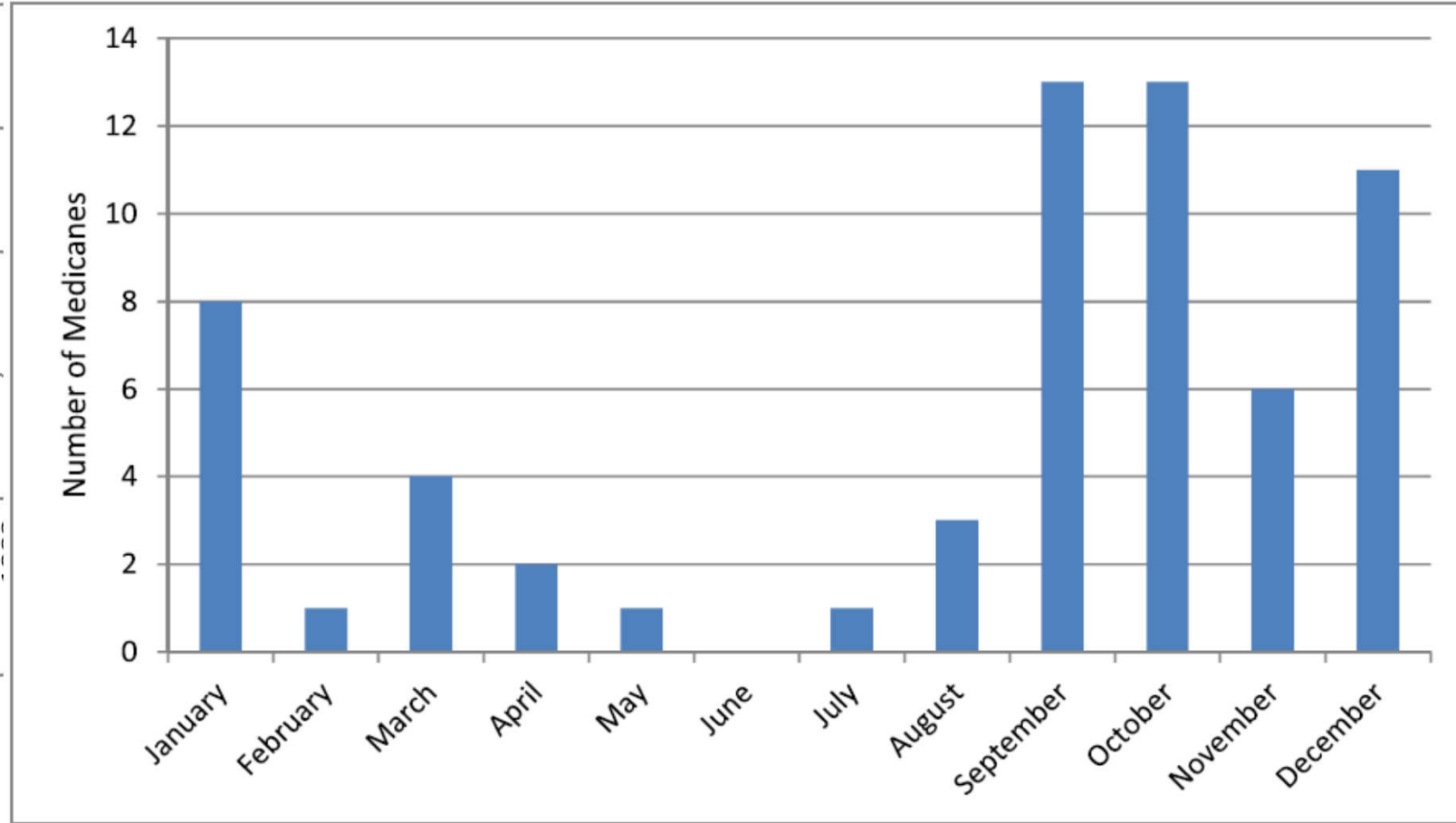
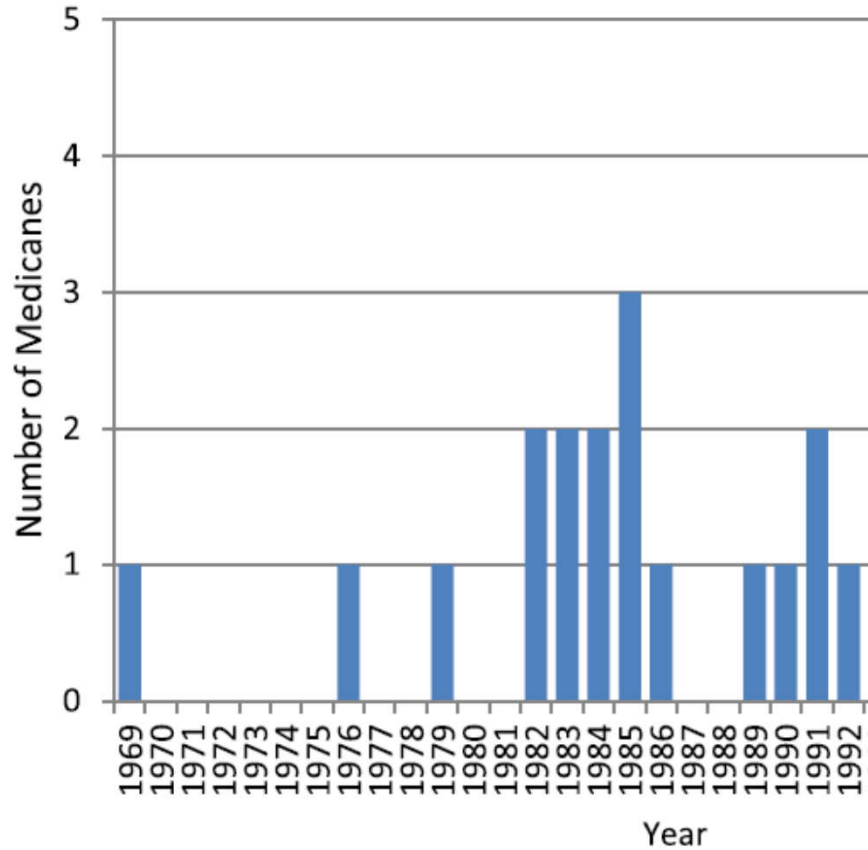


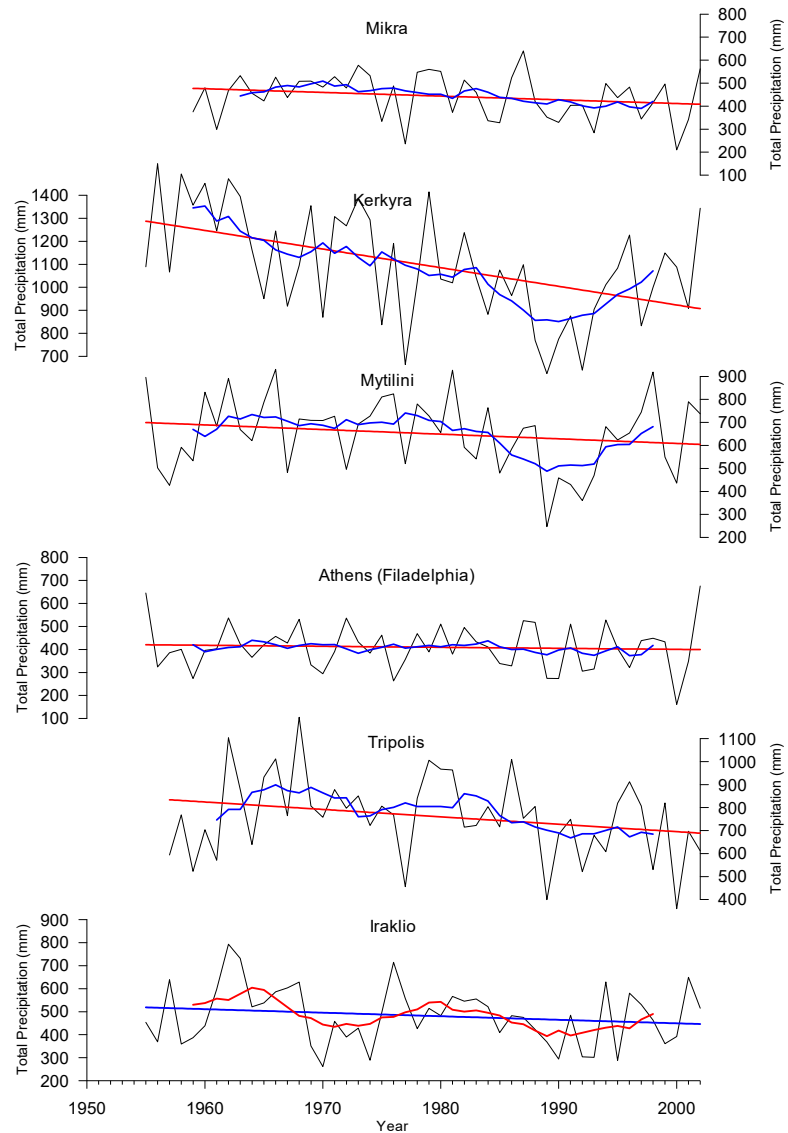
TLC impacts based on the 65 recorded cases over Mediterranean during the study period 1969-2014.

(Nastos et al., 2017).

# Inter-annual variability of TLCs

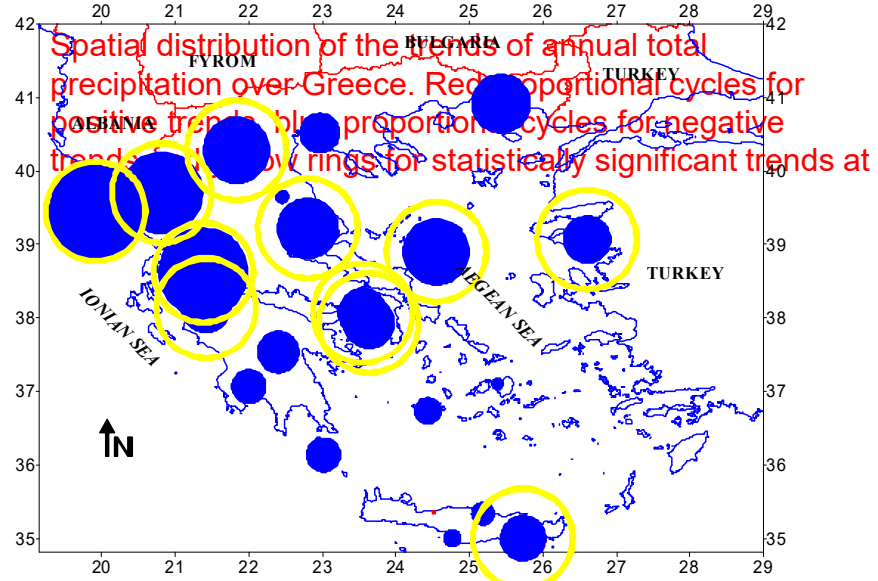
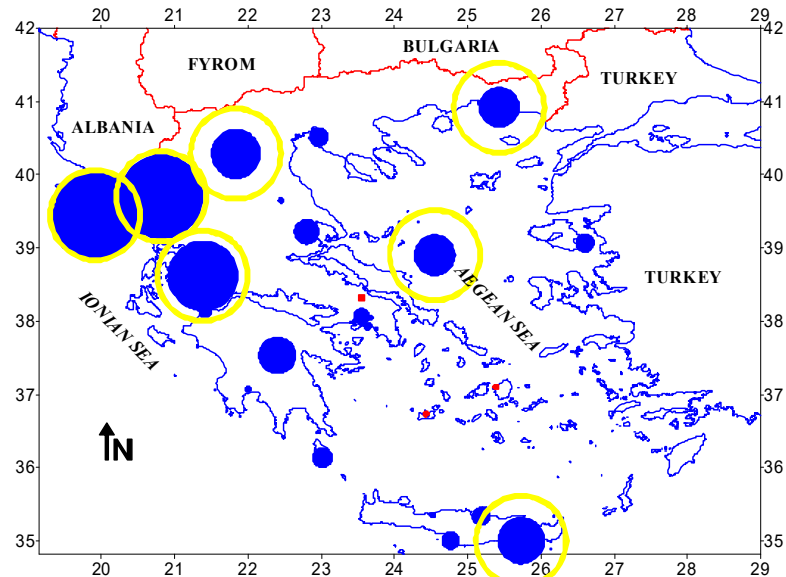
## Intra-annual variability of TLCs



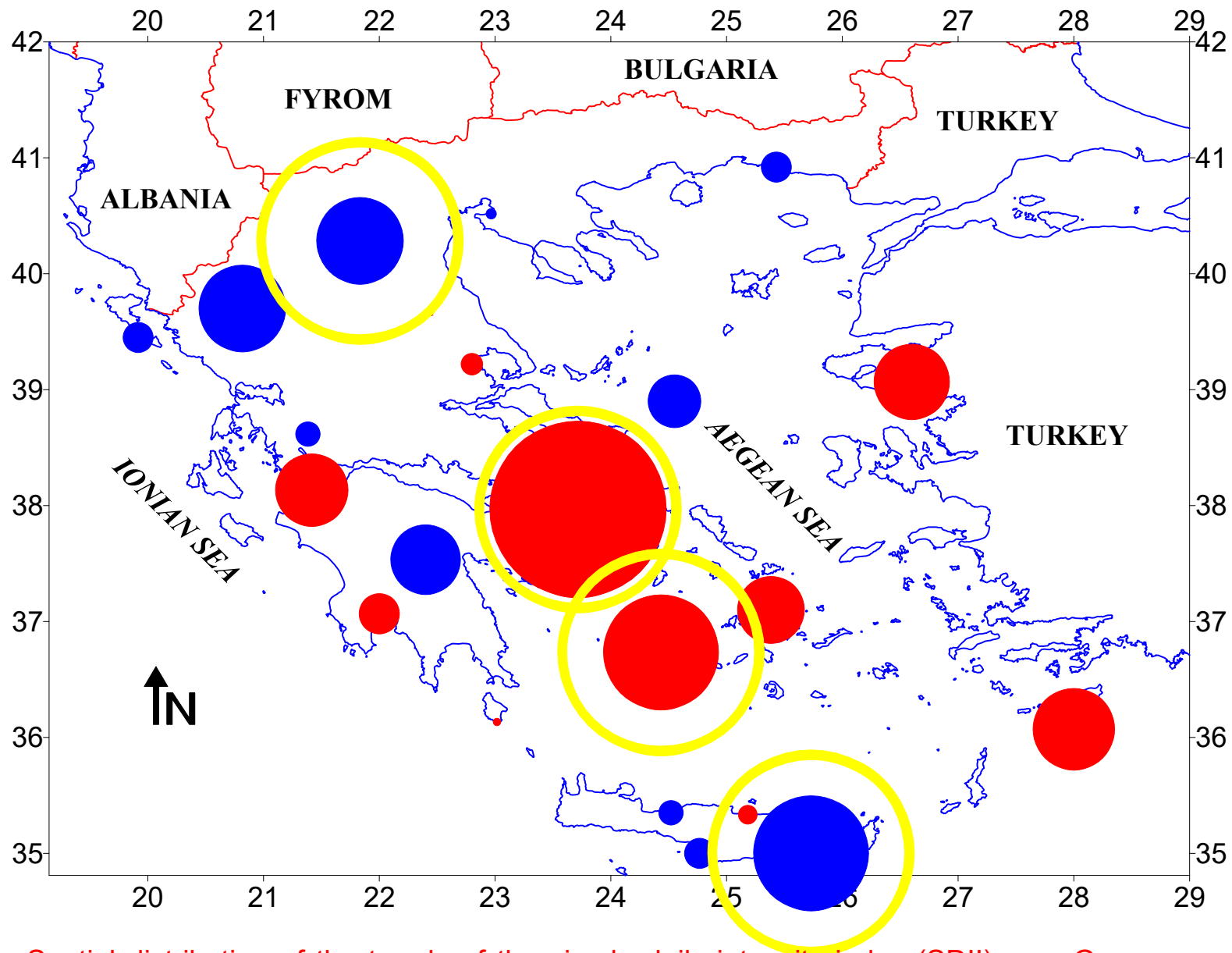


Time series of the annual total precipitation for representative stations of the Hellenic Meteorological Service network.

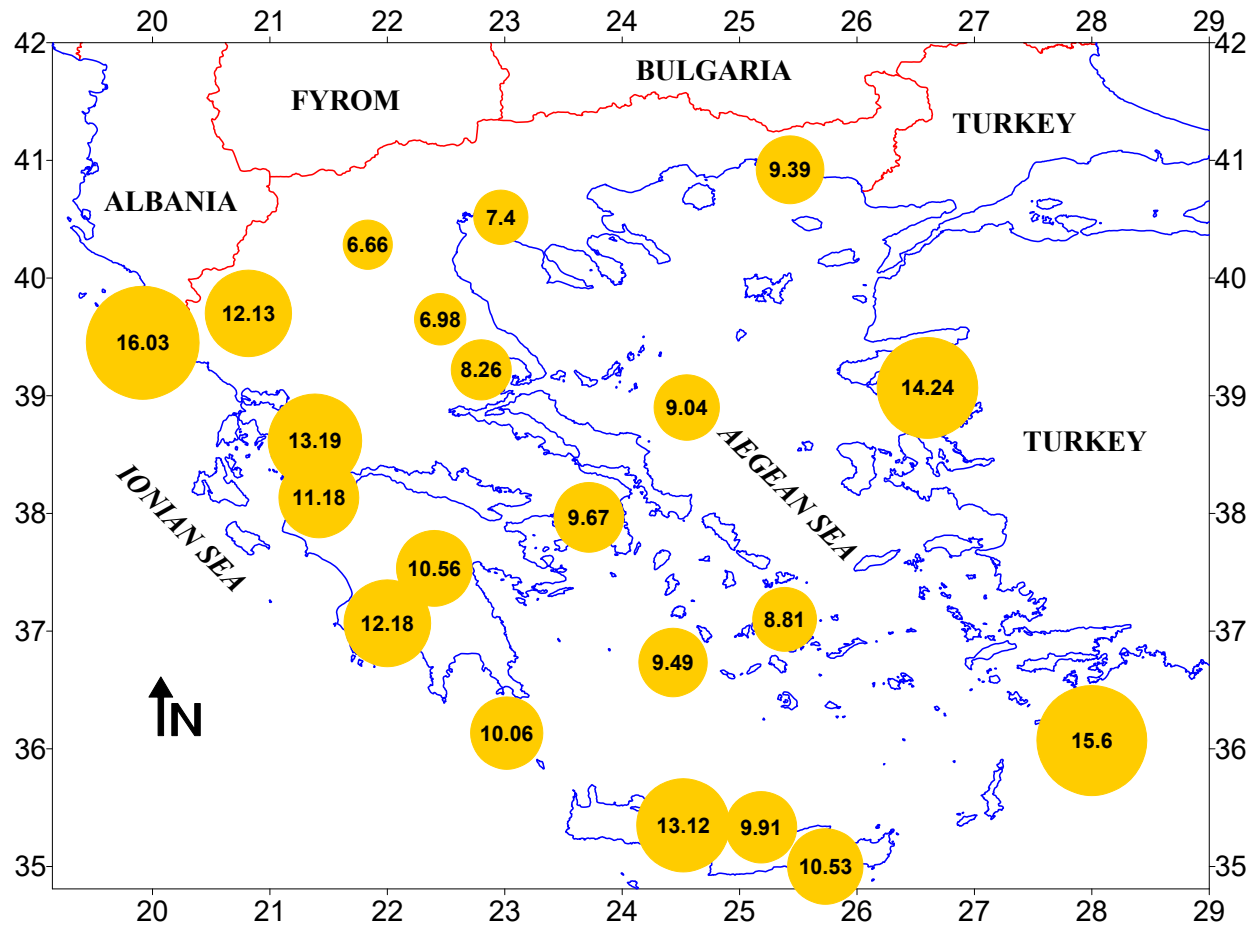
(Nastos et al. 2008)



Spatial distribution of the trends of the annual number of rain days (precipitation  $\geq 1$  mm) over Greece. Red proportional cycles for positive trends, blue proportional cycles for negative trends and yellow rings for statistically significant trends at 95% c.l.



Spatial distribution of the trends of the simple daily intensity index (SDII) over Greece. Red proportional circles for positive trends, blue proportional circles for negative trends and yellow rings for statistically significant trends at 95% c.l.



Spatial distribution of the scale parameter of the gamma distribution fitted to daily precipitation totals

The fitted gamma distributions to the precipitation datasets within 10-year sub periods indicate that the scale parameter increases for the western and southern-eastern sub regions, while the annual precipitation presents a downward trend, especially during the last decade 1991-2000. The increase in the variance and the scale parameter, as well as the shift of the mean towards higher values reveal the incidence of extreme daily precipitation values since 1980s

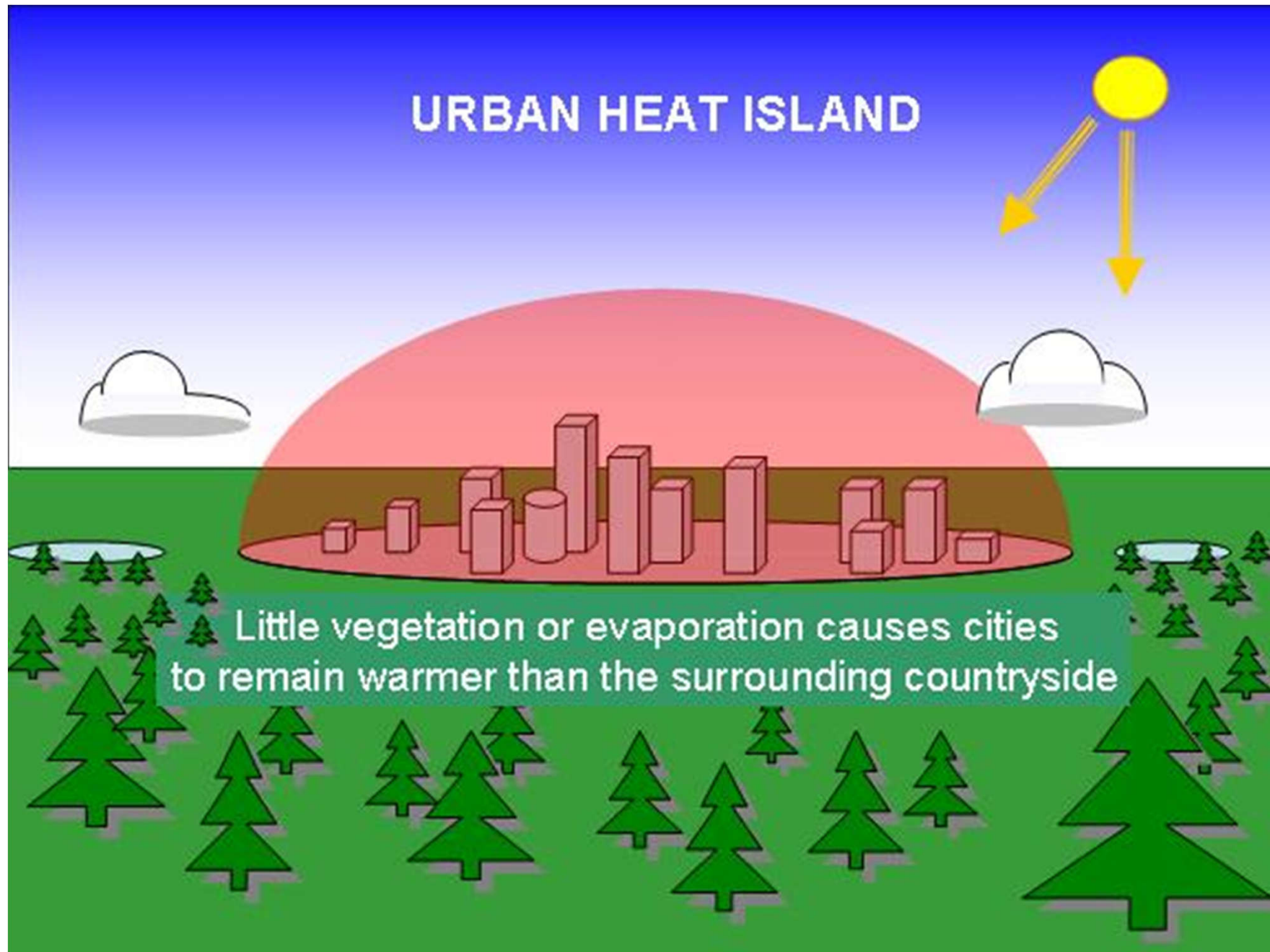
The probability of the extreme events is well determined by the scale and shape parameters of the fitted gamma distribution. The results show that the shape parameter of the precipitation gamma distributions remains rather stable in this period of study (1957-2001) independent of total precipitation, while the scale parameter, which characterizes the scale of the intensity of the daily precipitation (the higher the scale parameter is, the higher the intensity is), is most variable. High figures of the scale parameter appear in the western, eastern and southeastern Greece, while low ones appear mainly in the central continental Greece.

(Nastos and Zerefos 2008)

# Urban Heat Island and heavy storms

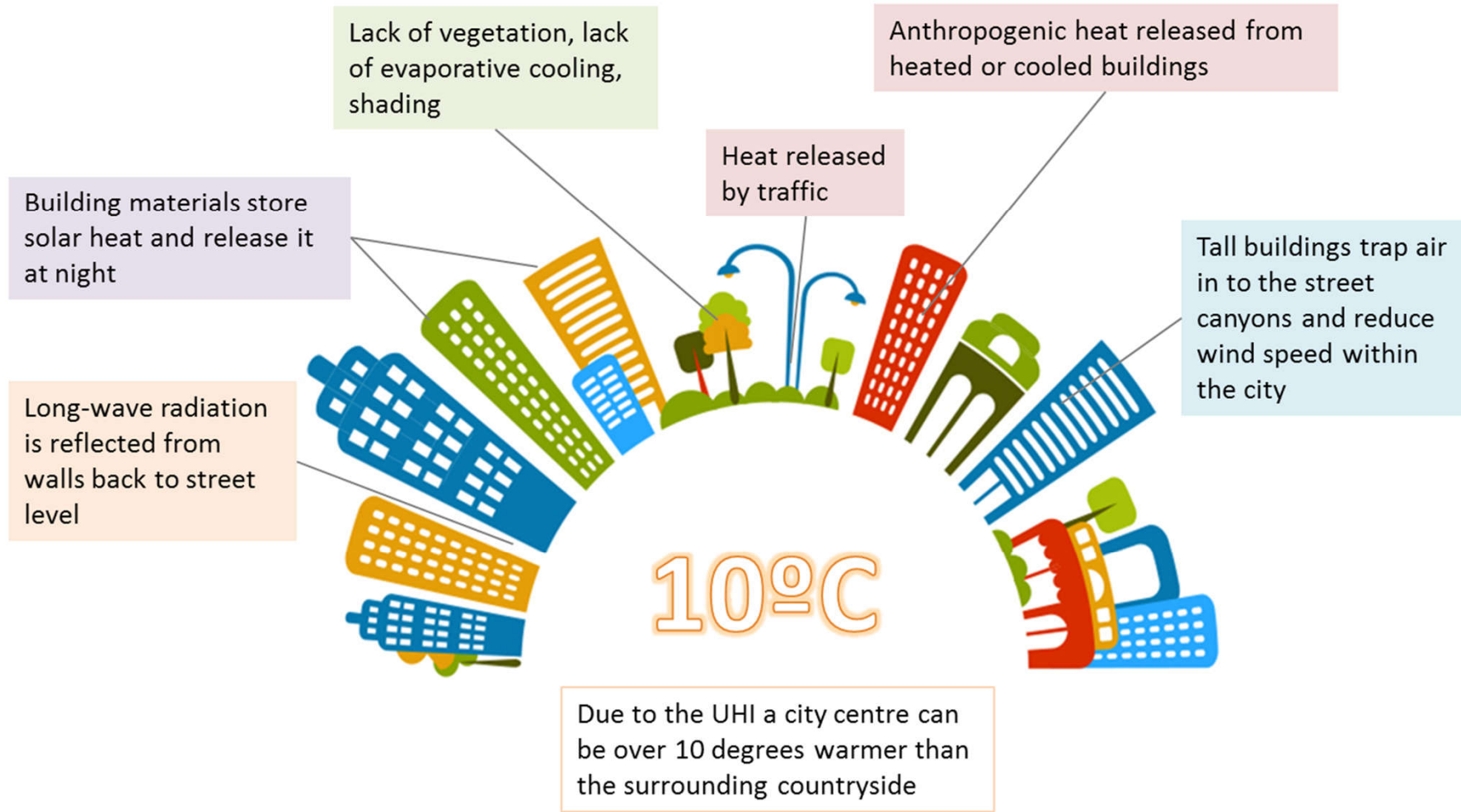
It is very likely that future trends of the frequency of heavy precipitation events (or proportion of total rainfall from heavy falls) will happen over most areas, based on projections for 21<sup>st</sup> century (IPCC, 2014). On the other hand, heavy storms of convective nature in the developed mega-cities could be attributed to the urban heat island (UHI). The possible main factors, which cause urban induced changes in precipitation, are the mechanical turbulence from increased surface roughness, the addition of sensible heat from the urban warm air and the anthropogenic condensation nuclei floating in the urban air.

# URBAN HEAT ISLAND

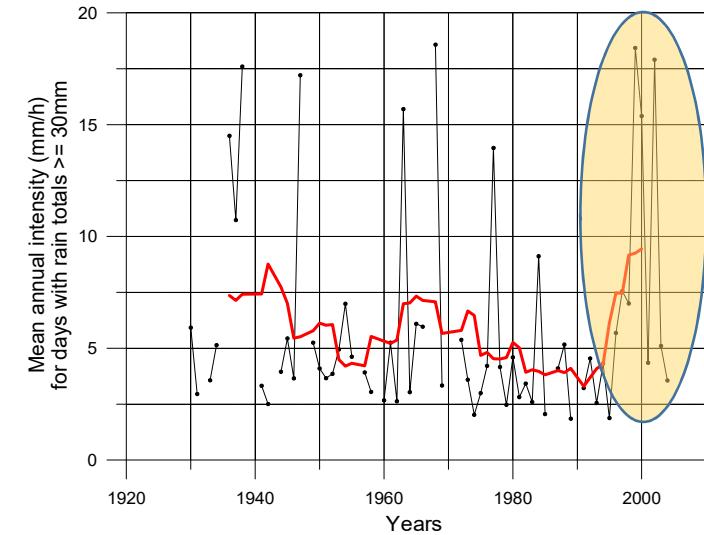
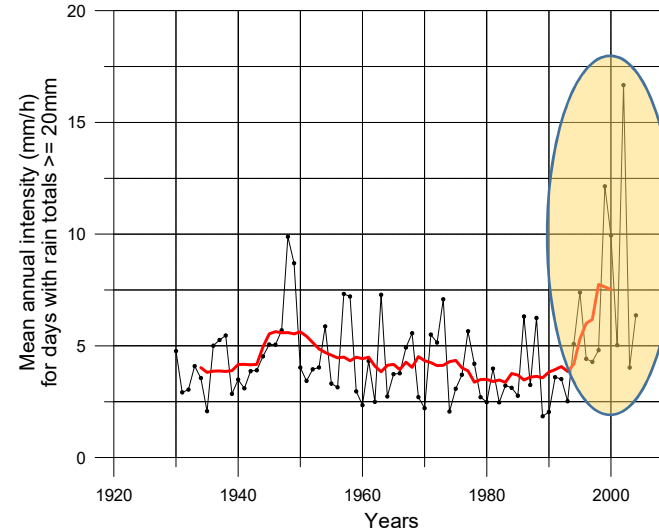
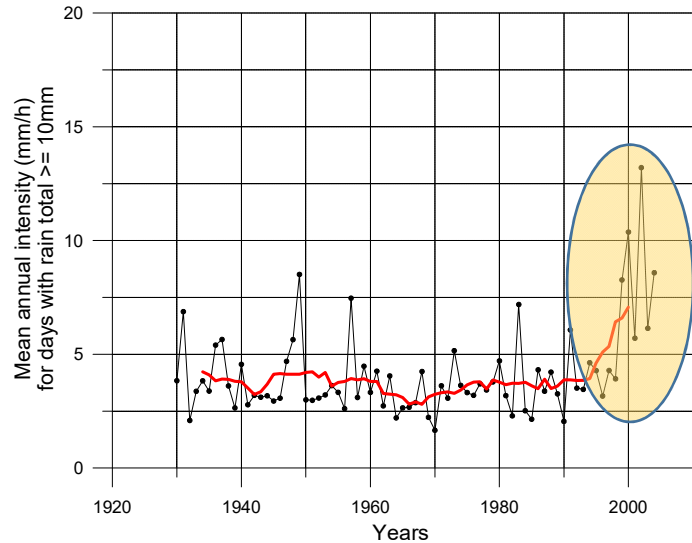


Little vegetation or evaporation causes cities to remain warmer than the surrounding countryside



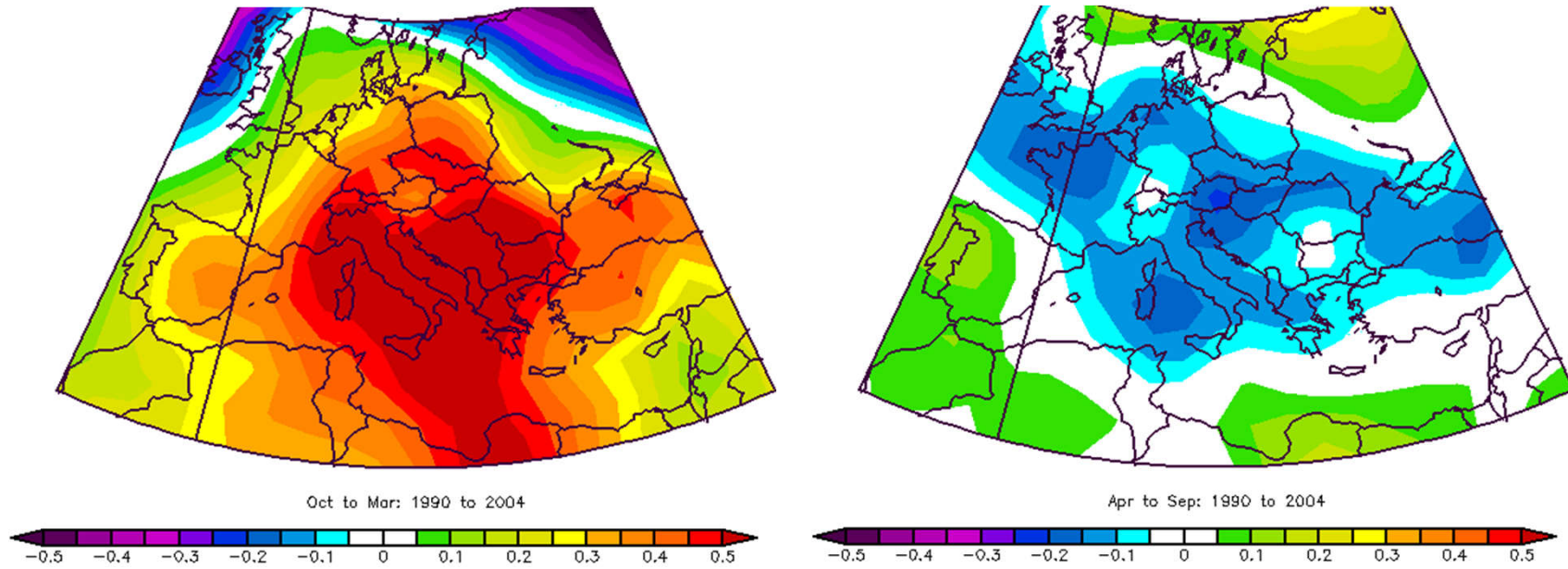


# Mean annual rain intensity



Mean annual rain intensity (MARI; mm/h) for the days with daily rain totals  $\geq 10\text{mm}$ ,  $20\text{mm}$  and  $30\text{mm}$  for Athens, along with the 9 points moving average fitting (red line).

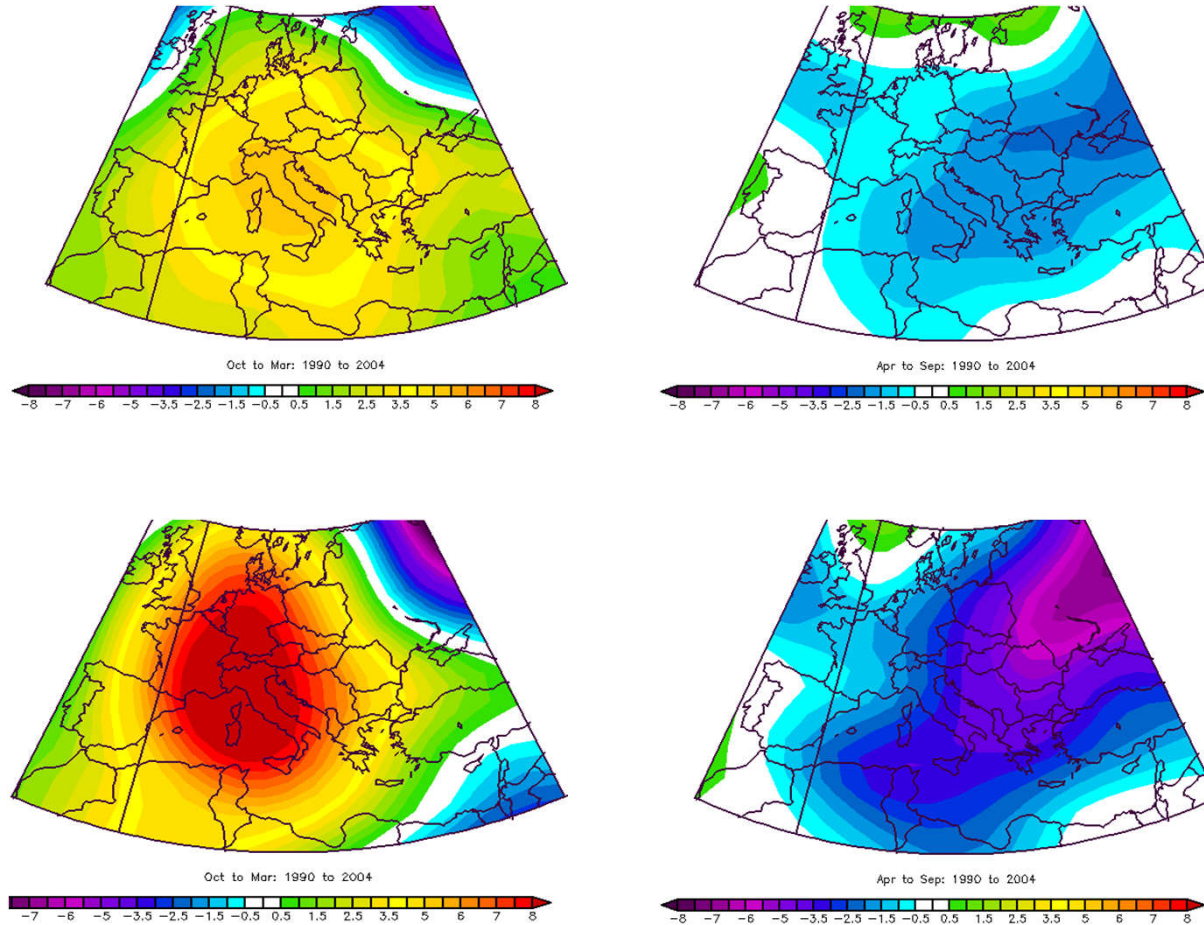
- ✓ Statistically significant (C.L. 95%) positive trend of MARI ( $+0.03\text{mm/h/year}$ ) for rain events over  $10\text{mm}$ , during the examined period 1930-2004.
- ✓ There are not significant trends of MARI for rain events over  $20\text{mm}$ ,  $30\text{mm}$ ,  $40\text{mm}$  and  $50\text{mm}$ .
- ✓ It is worthy to point out that, stronger trends, statistically significant (C.L. 95%) within the period 1990-2004, with respect to the rain threshold of  $10\text{mm}$  ( $+0.46\text{mm/h/year}$ ) and  $20\text{mm}$  ( $0.48\text{mm/h/year}$ ) appear.



*Monthly composite anomalies (reference period: 1981-2010) for the sea level pressure (hPa) calculated from NCEP/NCAR reanalysis datasets, during the wet (October-March; left graphs) and dry (April-September; right graphs) period 1990-2004.*

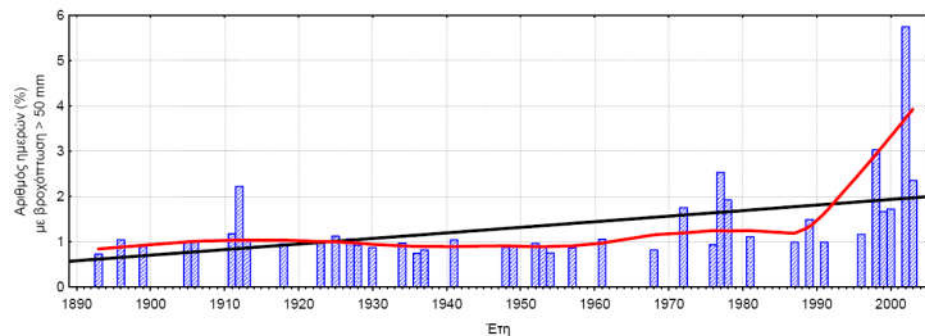
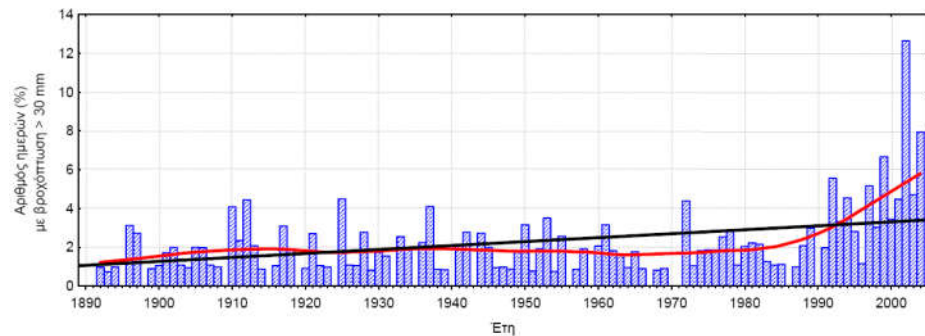
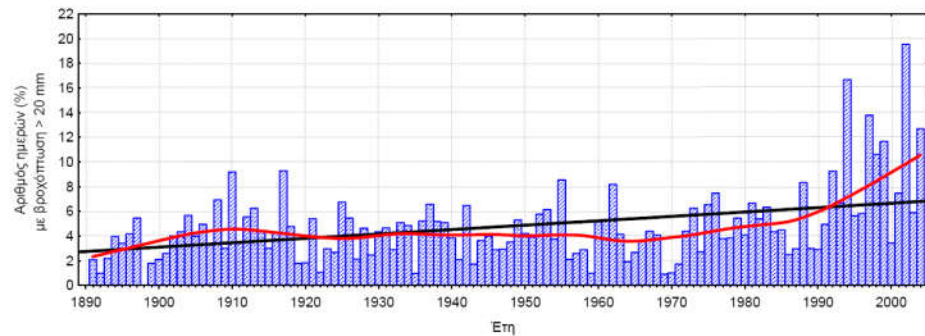
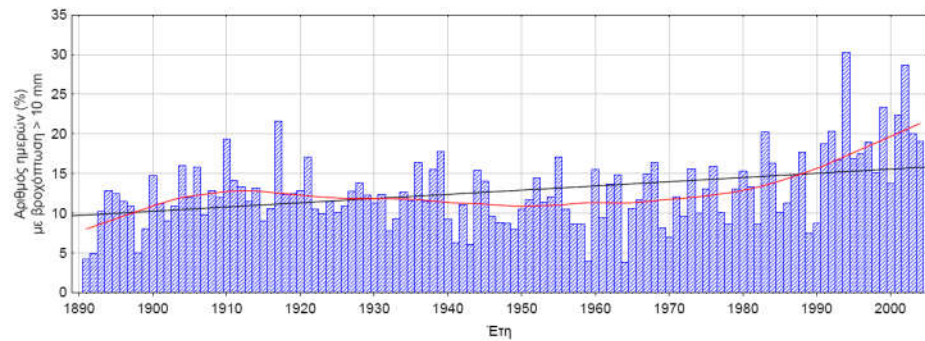


The composite anomalies of sea level pressure indicate not only the absence of increased cyclonic circulation over Greece but also slight increased anticyclonic circulation for the wet period (left graph) and negligible cyclonic circulation for the dry period of the year (right graph).



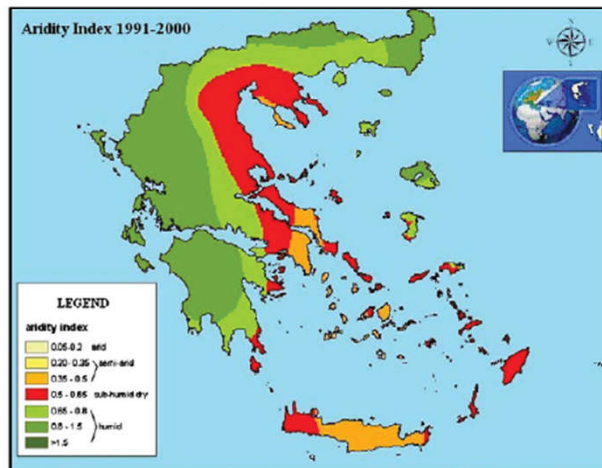
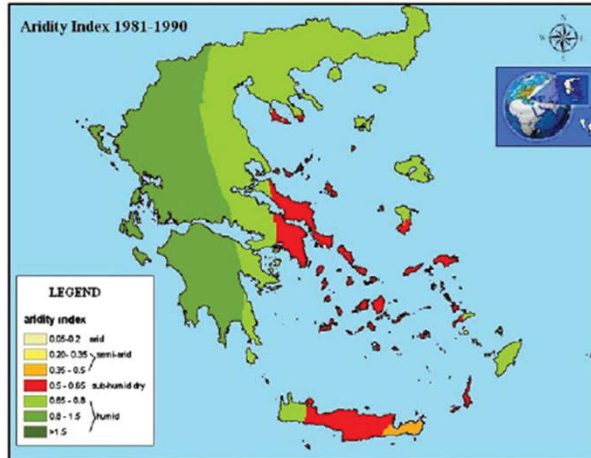
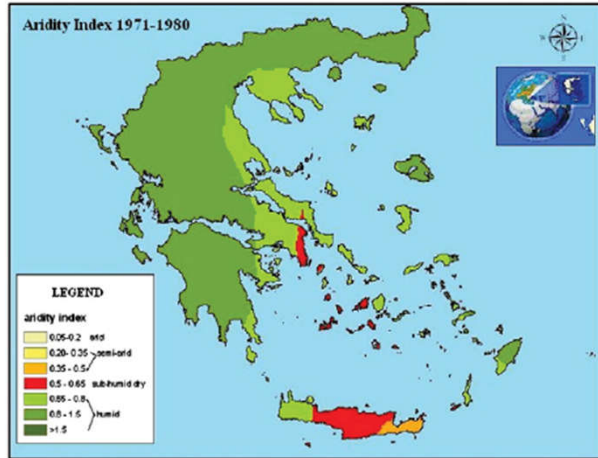
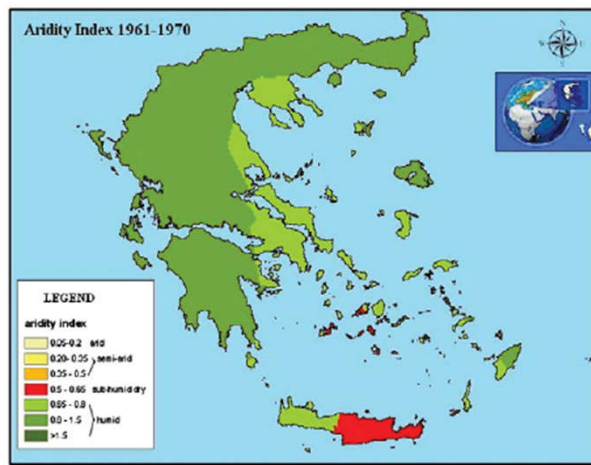
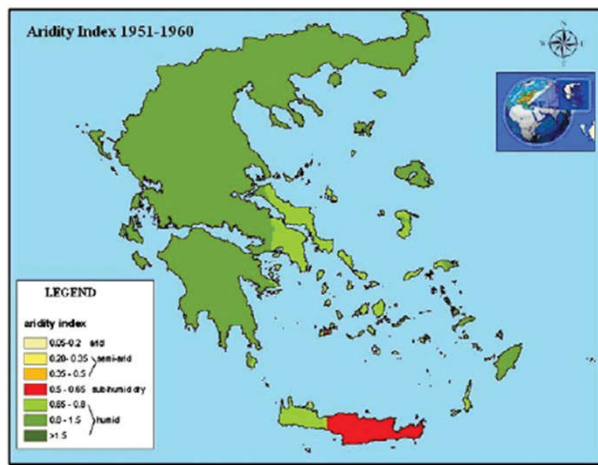
Both the patterns of the composite anomalies of geopotential heights at 850hPa and 500hPa levels reveal that, negative anomalies (increased cyclonic circulation) do not appear but on the contrary, slight positive anomalies (increased anticyclonic circulation) exist in the wider area of Greece for the wet period (left graphs) against unimportant minor negative anomalies for the dry period (right graphs).

*Monthly composite anomalies (reference period: 1981-2010) for the geopotential heights (m) at 850hPa (upper graphs) and 500hPa (lower graphs) calculated from NCEP/NCAR reanalysis datasets, during the wet (October-March; left graphs) and dry (April-September; right graphs) period 1990-2004.*



Χρονοσειρές των ετήσιων ποσοστών των αριθμών ημερών βροχής με βροχόπτωση μεγαλύτερη από 10mm, 20mm, 30mm and 50 mm.

(Nastos and Zerefos, 2007).



The Aridity Index is given 1951-1960, at the P. The whole area of Greece is classified as 'semi arid' with values ranging from 0.2 to 0.5, except the central part of the country, which is classified as 'sub-humid'. Over the index years, for recording of the eastern part of the Aegean Islands and the Attica basin, that is mainly the eastern Aegean, it gradually to "sub-humid" the climate zone. Especially during the last decade of the 1990s period, the spatial extent and frequency of the Aegean Islands and eastern Attica, central and southern Evia Island and western Halkidiki area have shifted to the 'semi arid' climate zone.

Spatial distribution of the Aridity Index per decade for the period 1951-2000, based on stations' data.



**Donald J. Trump** ✓

@realDonaldTrump

Ακολουθήστε

The concept of global warming was created by and for the Chinese in order to make U.S. manufacturing non-competitive.

11:15 π.μ. - 6 Νοε 2012

104.135 Retweet 66.816 επισημάνσεις "μου αρέσει"



13 χιλ. 104 χιλ. 67 χιλ.



**Linda Sullivan** @LindaMSullivan1 · 14 Νοε

Απάντηση στο χρήστη [@realDonaldTrump](#)

I can't believe these comments are the way Americans, or anyone with respect for another human, would respond to the President of the United States. 😞 It makes me sad that people have risen to this level of disrespect for our country's leadership.

2 1

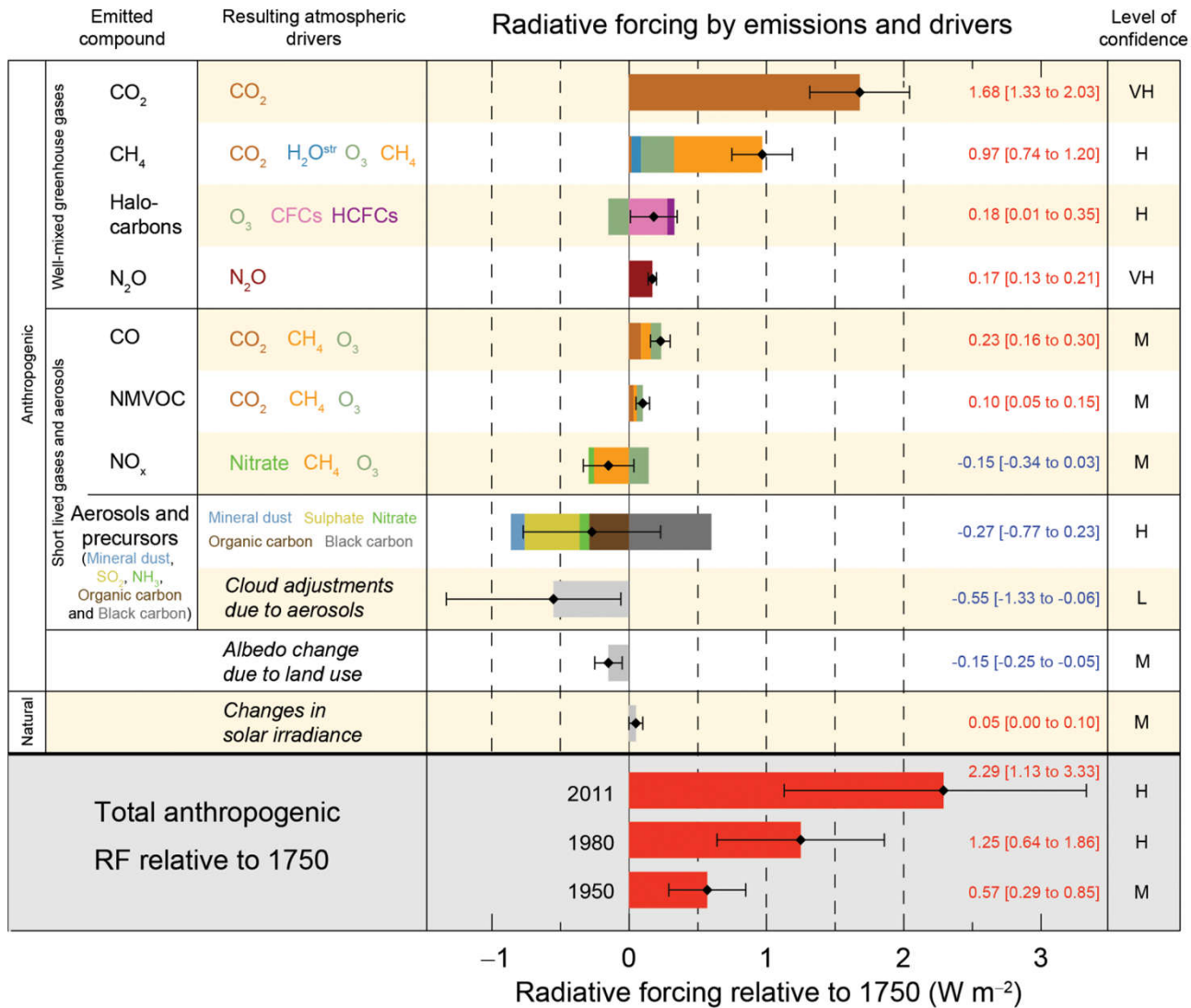


**Dan Plews** @Danplewsaortas · 25 Νοε

I'd say those who voted for [@realDonaldTrump](#) were the first to disrespect your country's leadership.

K  
α

ON

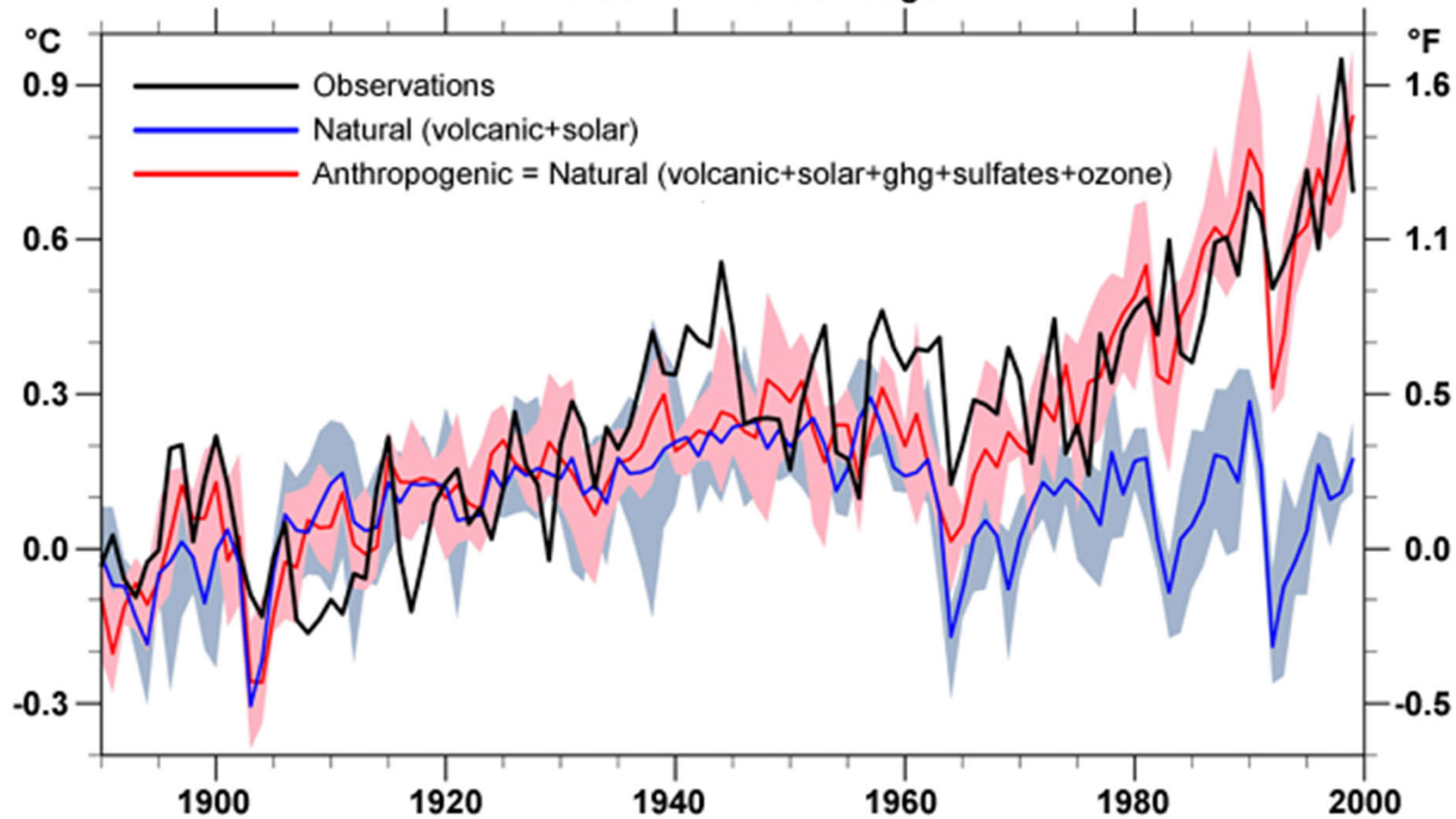


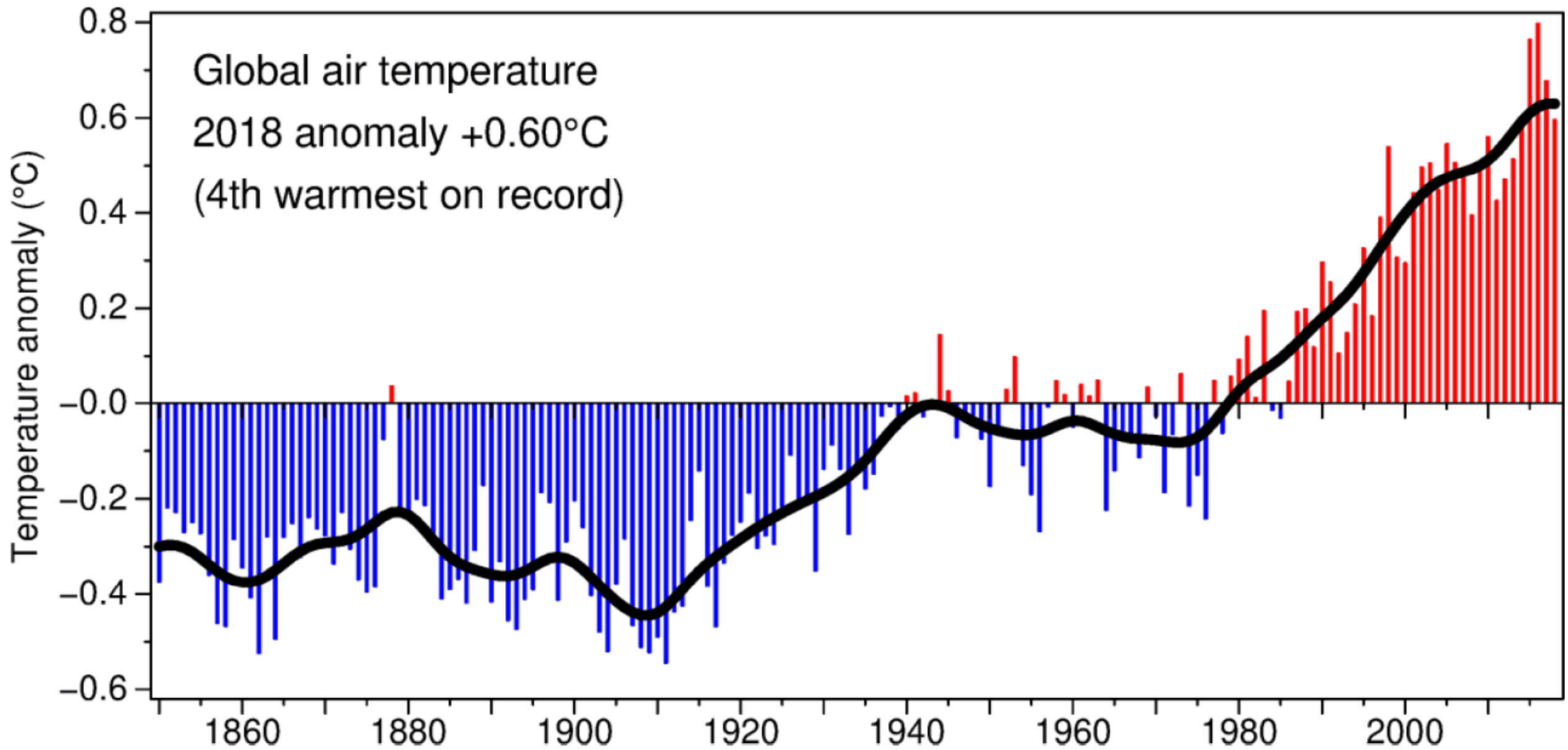
Radiative forcing (RF) estimates in 2011 relative to 1750 and aggregated uncertainties for the main drivers of climate change. Values are global average radiative forcing, partitioned according to the emitted compounds or processes that result in a combination of drivers. RF is the change in energy flux caused by a driver, and is calculated at the tropopause or at the top of the atmosphere. Volcanic forcing is not included as its episodic nature makes it difficult to compare to other forcing mechanisms. Total anthropogenic radiative forcing is provided for three different years relative to 1750.



# Climate Model Runs With/Without Greenhouse Gases

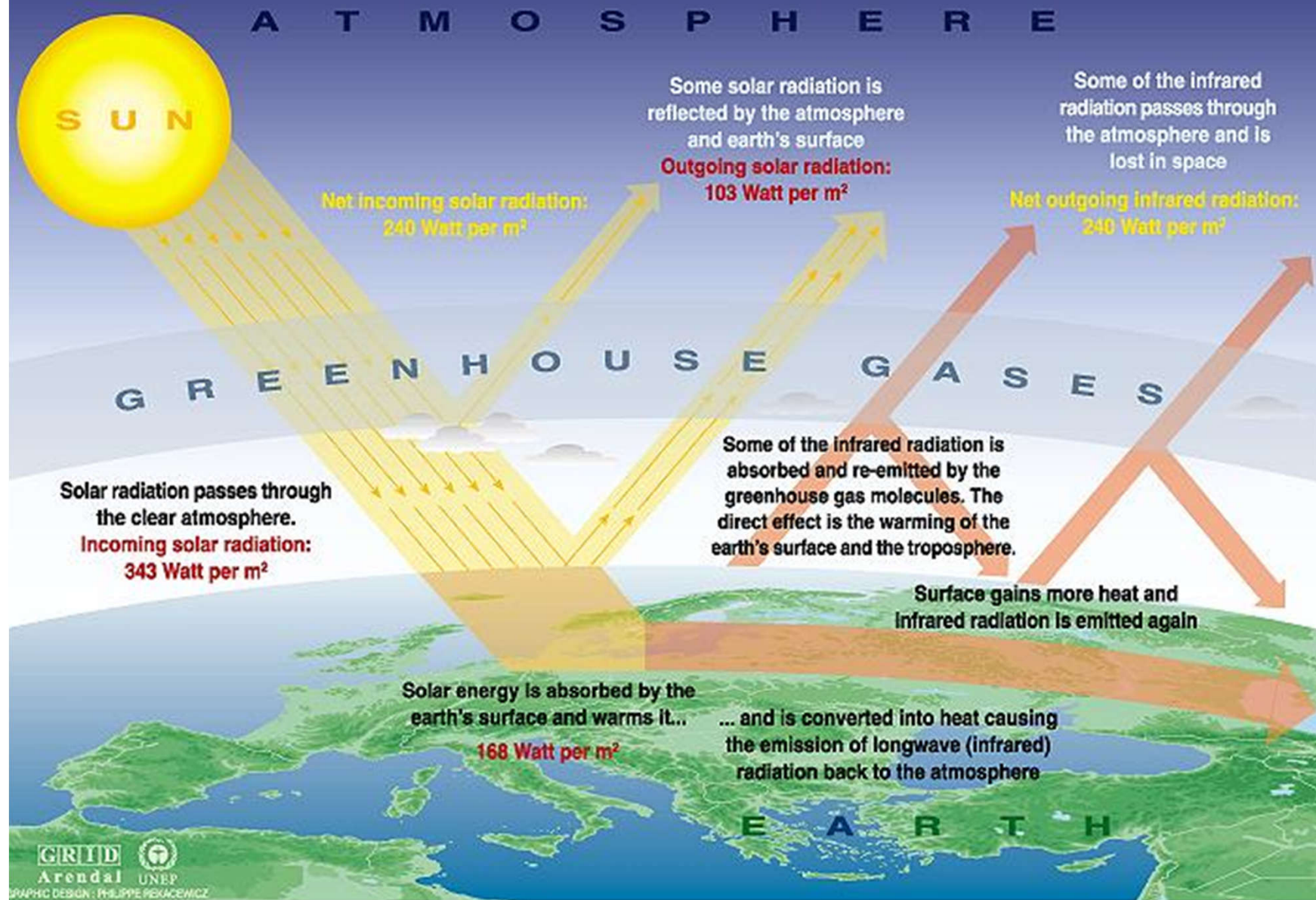
Global Temperature Anomalies  
from 1890-1919 average



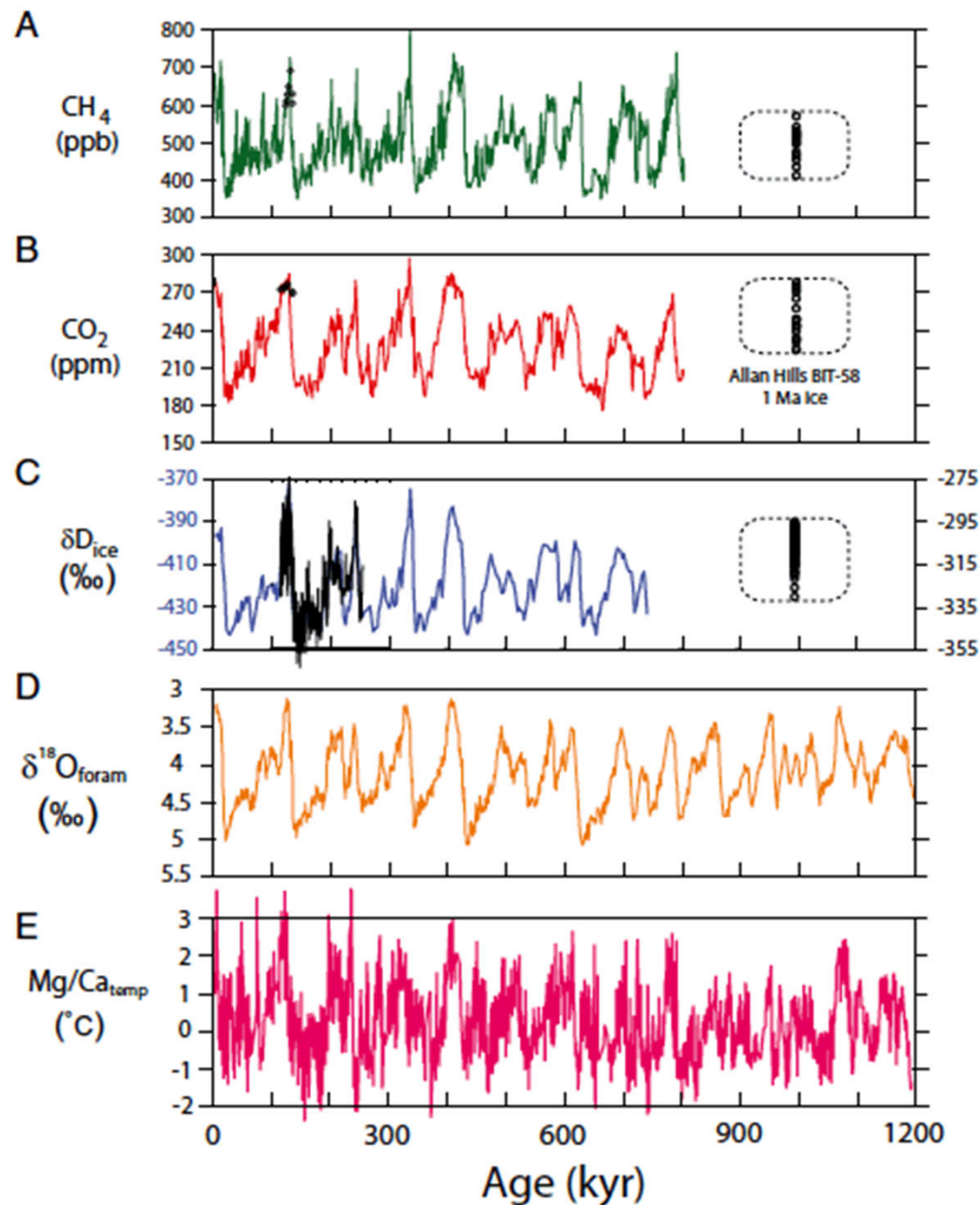


The period 2001-2010 ( $0.49^{\circ}\text{C}$  above the 1961-1990 average) was  $0.21^{\circ}\text{C}$  warmer than the previous 1991-2000 decade. The current decade has warmed further: the average for 2011-2018 is  $0.60^{\circ}\text{C}$  above the 1961-1990 average and more than  $0.90^{\circ}\text{C}$  above the late 19th century average. The last four years are the warmest four in record: 2015 and 2016 are clearly the warmest years ( $0.76^{\circ}\text{C}$  and  $0.80^{\circ}\text{C}$ , respectively), while 2018 is fourth warmest ( $0.60^{\circ}\text{C}$  above the 1961-1990 average).

# The Greenhouse effect

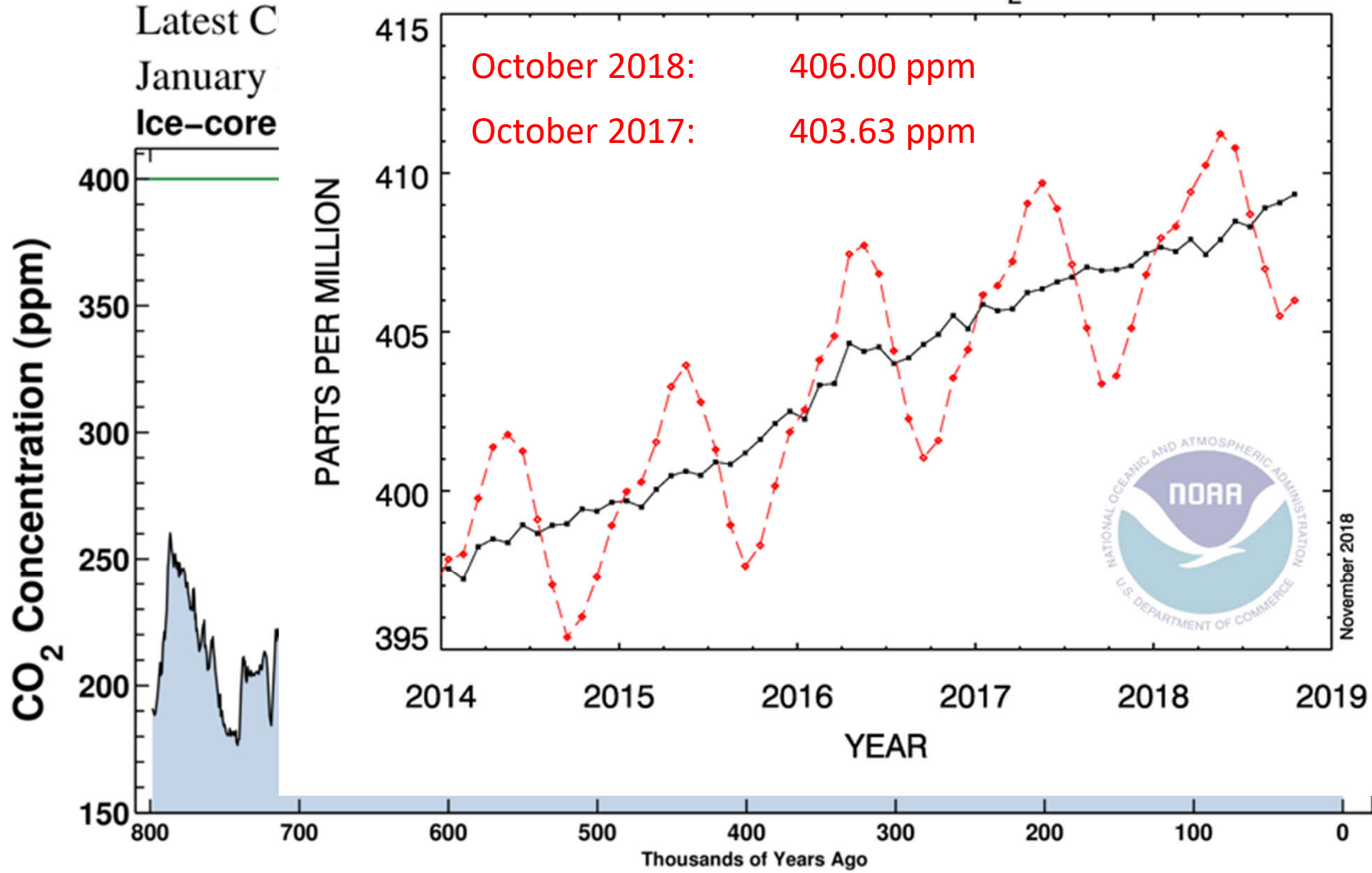


Sources: Okanagan university college in Canada, Department of geography, University of Oxford, school of geography; United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington; Climate change 1995, The science of climate change, contribution of working group 1 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge university press, 1996.

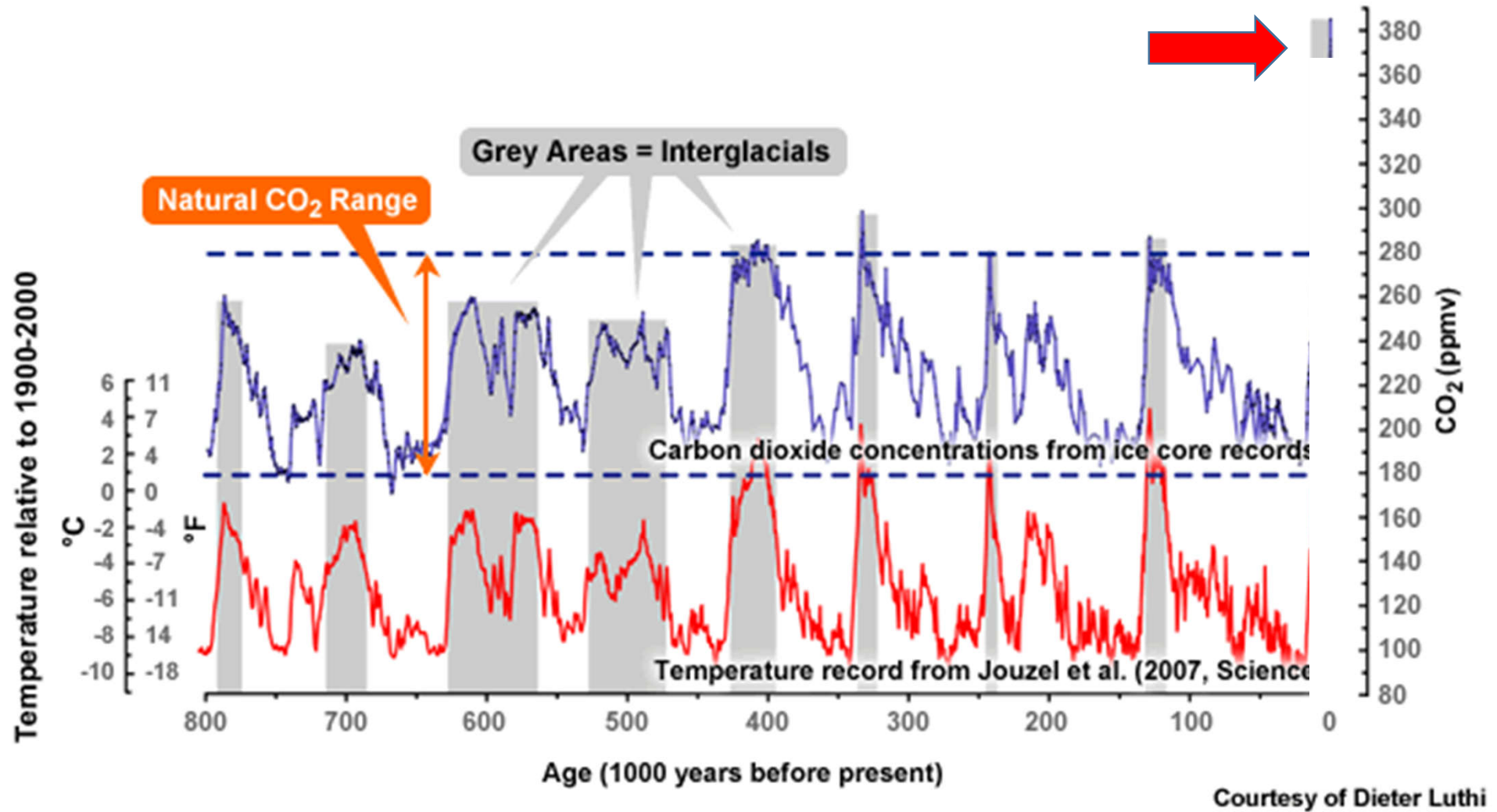


Records of (A) CH<sub>4</sub>, (B) CO<sub>2</sub>, and (C) δD from the Allan Hills BIA (Site 27; black line and black symbols between 115 and 250 ka) compared with records from Vostok/EPICA Dome C (green, red, and blue lines) (11, 18–20). The range of gas and ice properties in the 1-Ma ice from Site BIT-58 is shown to the right.

Boxes around the 1-Ma data indicate an age uncertainty of ±89 ky (SE) for n = 6 measurements of ice below 117 m assuming an external reproducibility (1σ) of ±213 ky. D shows the stacked benthic foraminiferal δ18O record (4), and E shows a record of deep ocean temperature based on foraminiferal Mg/Ca (17). ppb, parts per billion. (Higgins et al. 2015)

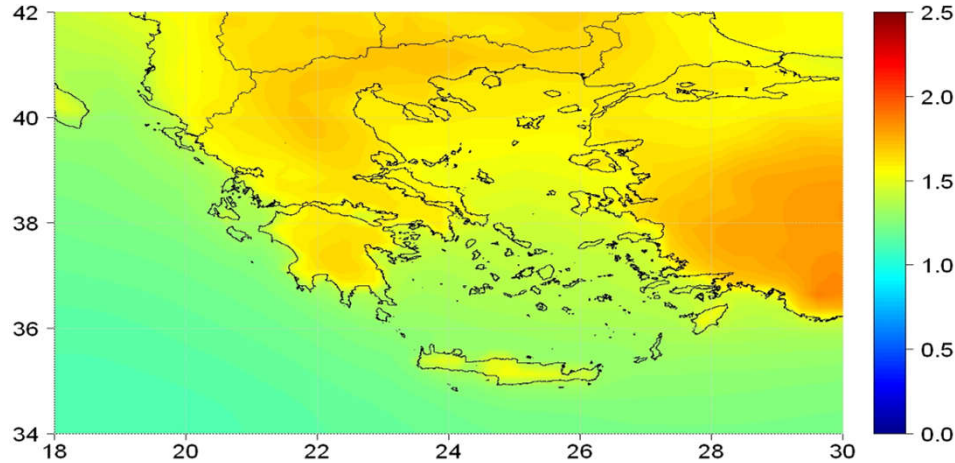


# Could the warming be natural?

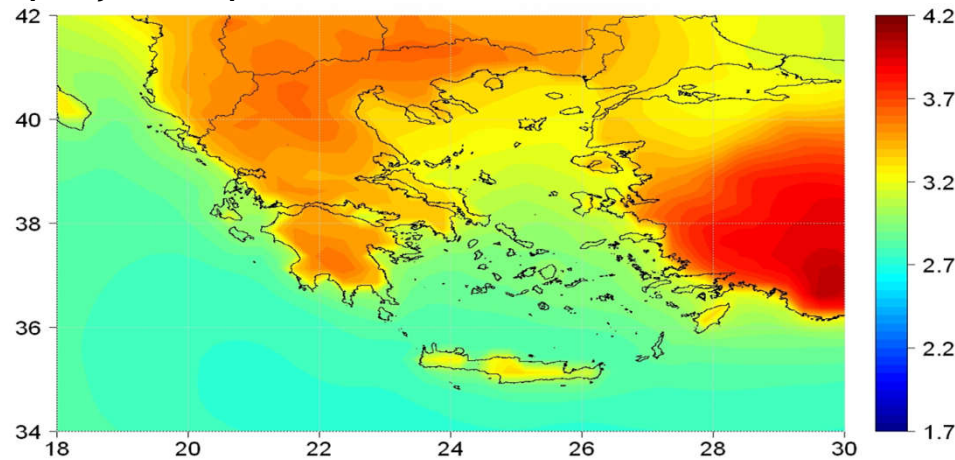


# Μέση Θερμοκρασία Αέρα

**Σενάριο A1B: Μεταβολή της Μέσης Ετήσιας Θερμοκρασίας μεταξύ των περιόδων 2021-2050 και 1961-1990**

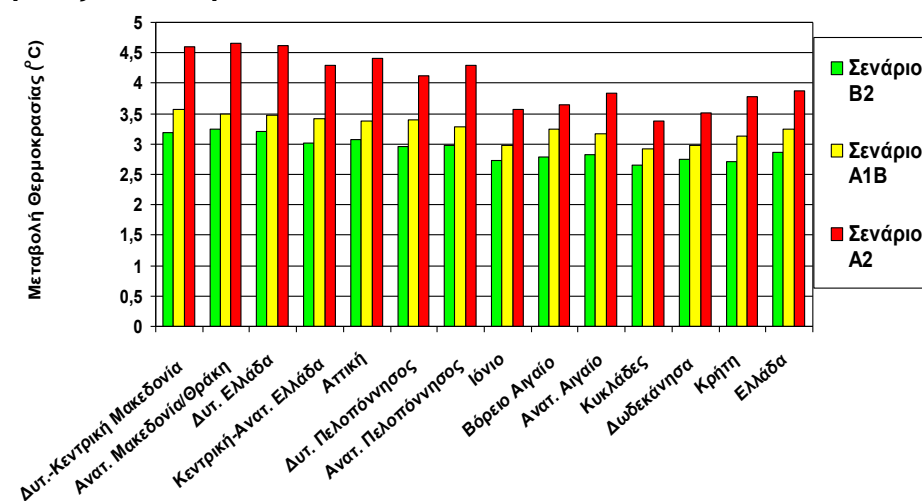


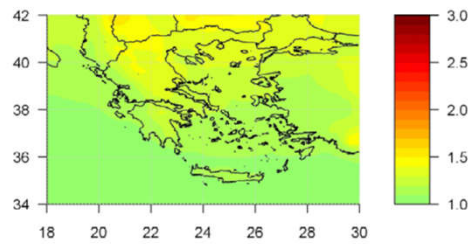
**Σενάριο A1B: Μεταβολή της Μέσης Ετήσιας Θερμοκρασίας μεταξύ των περιόδων 2071-2100 και 1961-1990**



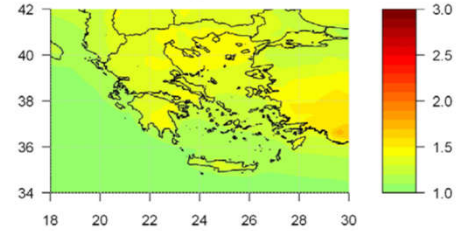
- 2021-2050, Σενάριο A1B : Άνοδος μέσης ετήσιας θερμοκρασίας κατά 1,4 °C.
- 2071-2100:  
Άνοδος θερμοκρασίας κατά 2,8 °C (Σενάριο B2) έως 3,9 °C (Σενάριο A2).
- Μεγαλύτερη άνοδος της θερμοκρασίας στις ηπειρωτικές σε σύγκριση με τις νησιωτικές περιοχές της Ελλάδος.
- Μεγαλύτερη άνοδος της θερμοκρασίας το θέρος και το φθινόπωρο και μικρότερη την άνοιξη και το χειμώνα.

**Μεταβολή της Μέσης Ετήσιας Θερμοκρασίας μεταξύ των περιόδων 2071-2100 και 1961-1990**

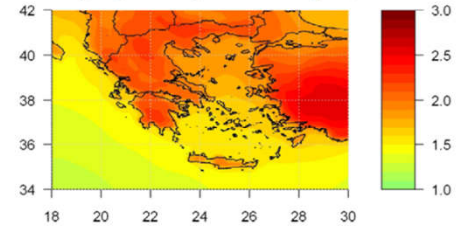




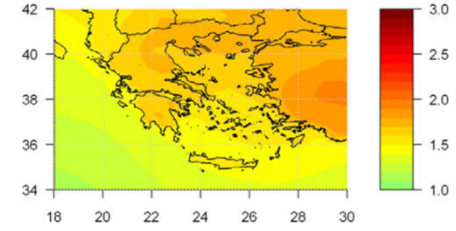
Mean winter air temperature change (2021-2050)



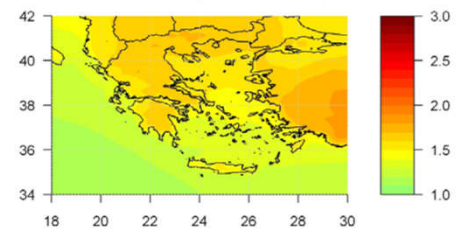
Mean spring air temperature change (2021-2050)



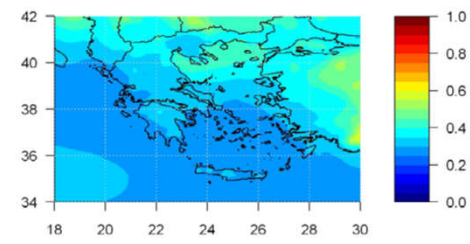
Mean summer air temperature change (2021-2050)



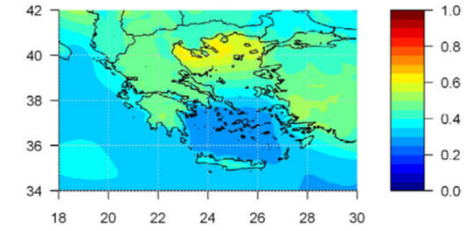
Mean autumn air temperature change (2021-2050)



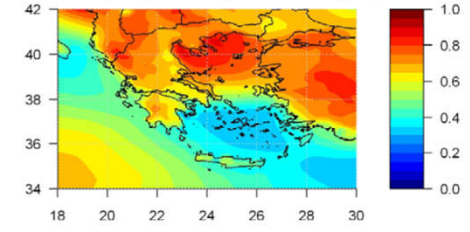
Mean annual air temperature change (2021-2050)



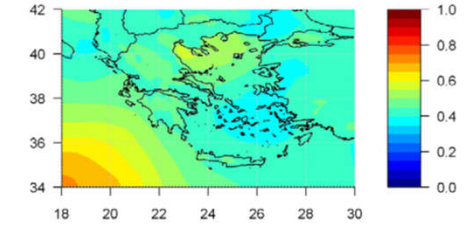
IMSD for winter air temperature change (2021-2050)



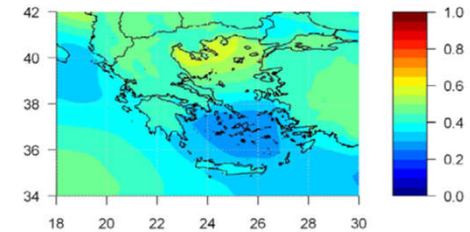
IMSD for spring air temperature change (2021-2050)



IMSD for summer air temperature change (2021-2050)



IMSD for autumn air temperature change (2021-2050)

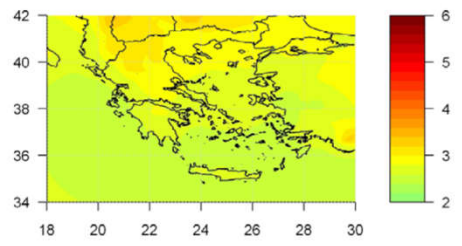


IMSD for annual air temperature change (2021-2050)

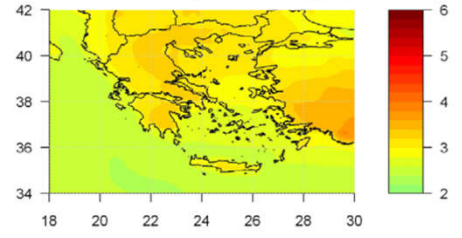
Spatial distribution of ensemble mean seasonal and annual air temperature change (left graphs) and inter model standard deviation (IMSD) (right graphs) for the near future 2021-2050, under SRES A1B.

The temperature datasets of a total of 12 simulations from Regional Climate Models (RCM) carried out by the European program ENSEMBLES (<http://ensemblesrt3.dmi.dk/>) were used in this study. More specifically, the results of the following simulations were analyzed: RCA3 (HadCM3Q), RM5.1 (ARPEGE), HIRHAM5 (ARPEGE), HIRHAM5 (ECHAM5), HIRHAM5 (BCM), CLM (Hadcm3Q0), RegCM3 (ECHAM5), RACMO2 (ECHAM5), REMO (ECHAM5), RCA (BCM), RCA (ECHAM5), RCA (HadCM3Q3); the name of the General Circulation Model (GCM), from which data were used as input in the simulation process for each RCM, appear in brackets, while the name of RCM used for the mentioned simulations appear in front of the bracket. The spatial resolution of the 12 RCMs is 0.22° longitude x 0.22° latitude.

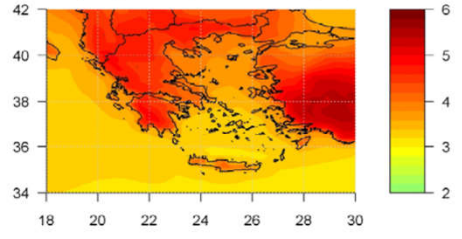




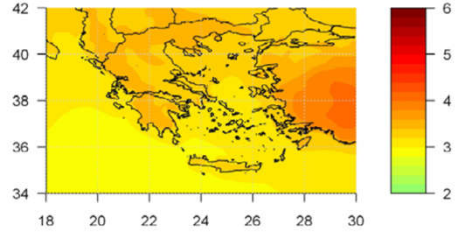
Mean winter air temperature change (2071-2100)



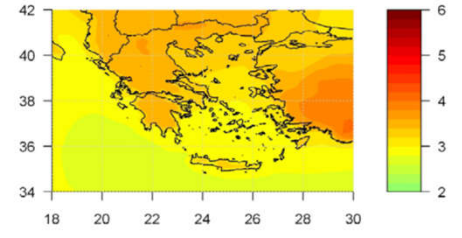
Mean spring air temperature change (2071-2050)



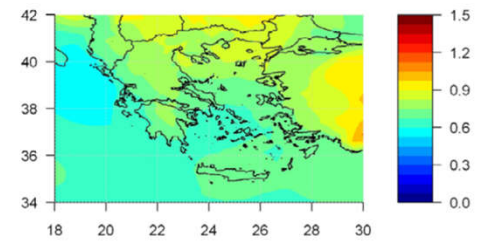
Mean summer air temperature change (2071-2100)



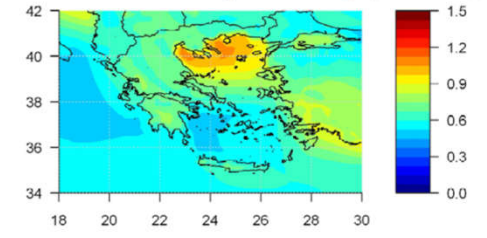
Mean autumn air temperature change (2071-2100)



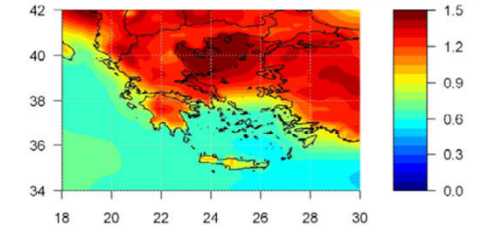
Mean annual air temperature change (2071-2100)



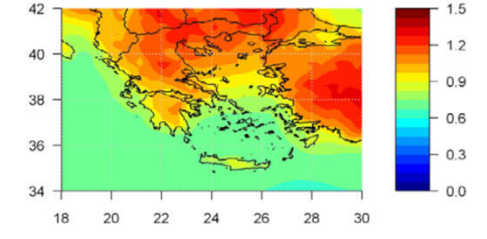
IMSD for winter air temperature change (2071-2100)



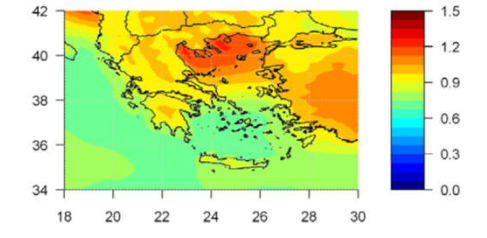
IMSD for spring air temperature change (2071-2100)



IMSD for summer air temperature change (2071-2100)



IMSD for autumn air temperature change (2071-2100)



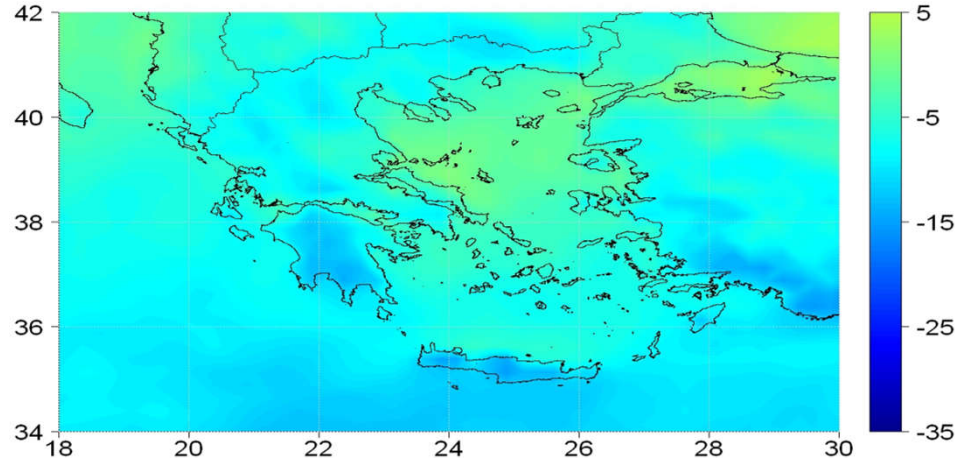
IMSD for annual air temperature change (2071-2100)

Spatial distribution of ensemble mean seasonal and annual air temperature change (left graphs) and inter model standard deviation (IMSD) (right graphs) for the near future 2071-2100, under SRES A1B.

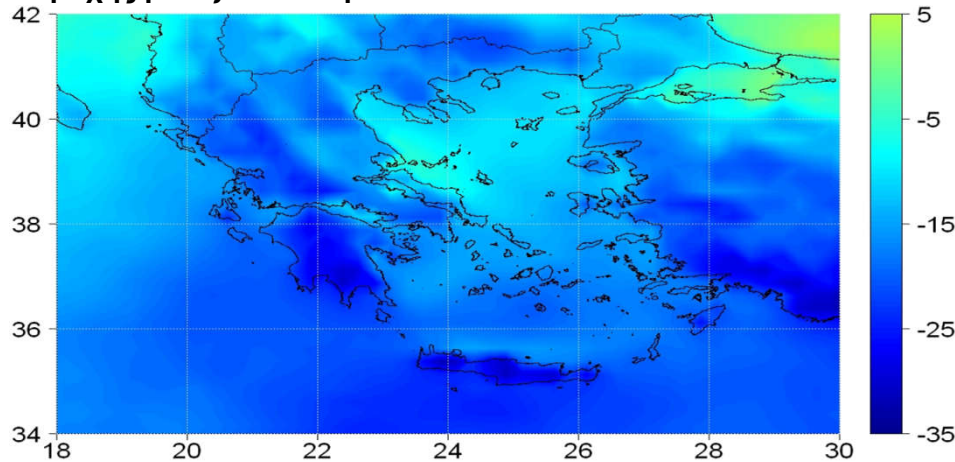


# Ύψος Βροχής

**Σενάριο A1B: Εκατοστιαία Μεταβολή του Μέσου Ετήσιου Ύψους Βροχής μεταξύ των περιόδων 2021-2050 και 1961-1990**

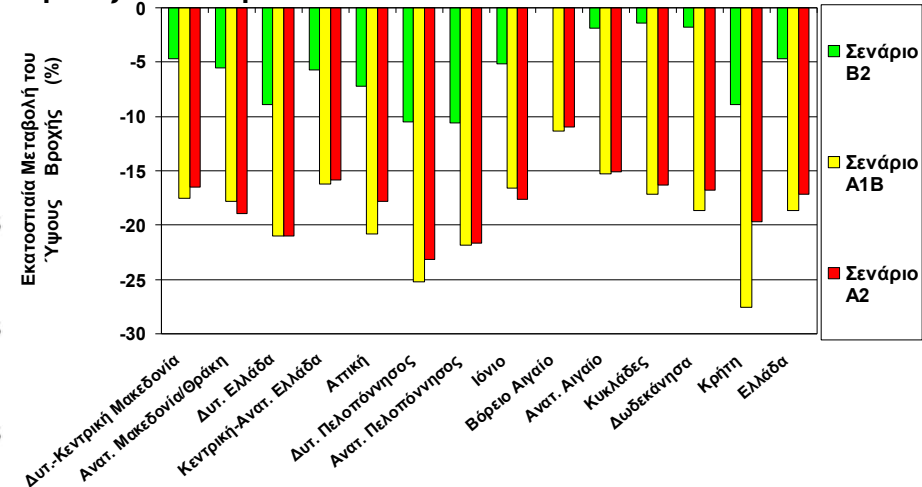


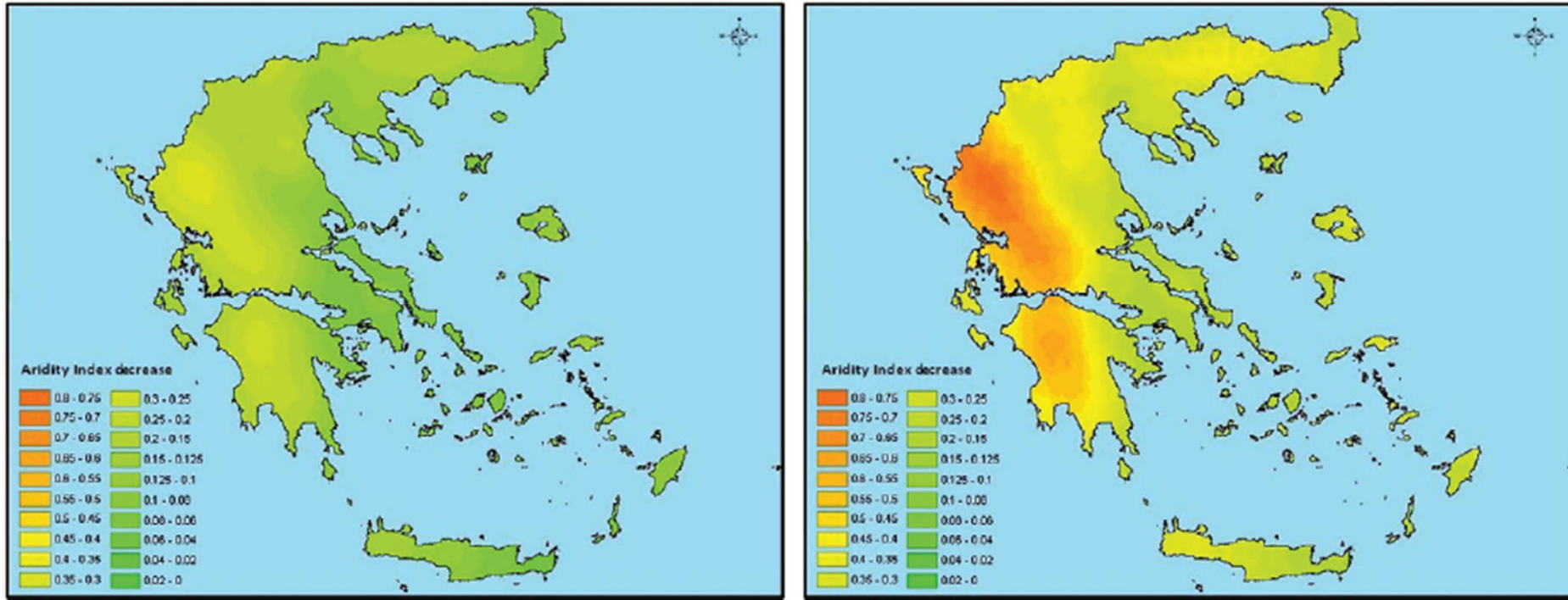
**Σενάριο A1B: Εκατοστιαία Μεταβολή του Μέσου Ετήσιου Ύψους Βροχής μεταξύ των περιόδων 2071-2100 και 1961-1990**



- **2021-2050, Σενάριο A1B:**  
**Μείωση** του μέσου ετήσιου ύψους βροχής για το σύνολο τις επικράτειας κατά **6.5%**
- **2071-2100:**  
**Μείωση** του μέσου ετήσιου ύψους βροχής για το σύνολο τις επικράτειας κατά **5% (Σενάριο B2)**  
κατά **19% (Σενάρια A2, A1B)**

**Εκατοστιαία Μεταβολή του Μέσου Ετήσιου Ύψους Βροχής μεταξύ των περιόδων 2071-2100 και 1961-1990**



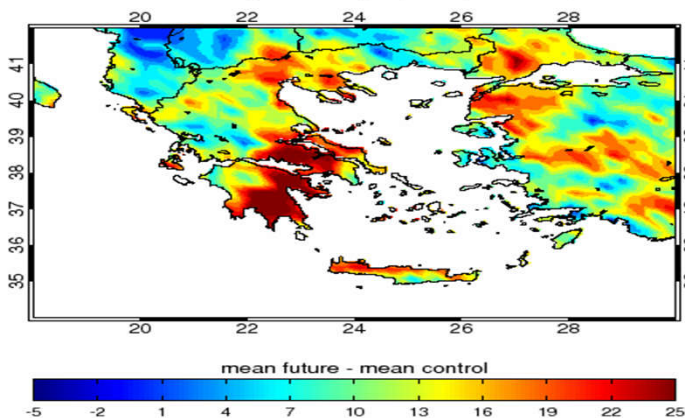


Spatial distribution of the projected decrease in Aridity Index between 2021-2050 (left graphs), 2071-2100 (right graphs) and the reference period 1961-1990, from the simulations of the Regional Climatic Models under SRES A1B, which were carried out within the European project “ENSEMBLES.

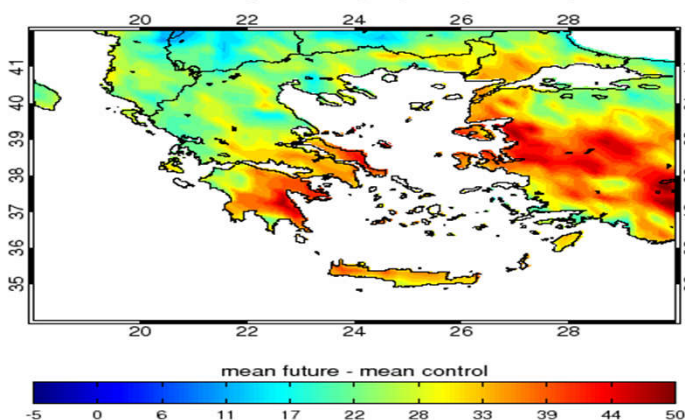
Regarding the future projections, slight decreases of AI ranging from -0.05 to -0.35 are expected to appear in the near future (2021-2050), with considerable changes (-0.20 to -0.35) over mountainous continental Greece (Pindus range and Peloponnese) against less decreases (-0.05 to -0.10) appearing in Attica, eastern continental country, Cyclades, Dodecanese, eastern Crete and northern Aegean. Higher decrease (-0.15 to -1.00) is expected with respect to the far future 2071-2100, appearing the same spatial pattern as previously described.

(Nastos et al. 2011)

# Μέγιστη διάρκεια ξηρής περιόδου



2021-2050 μείον 1961-1990



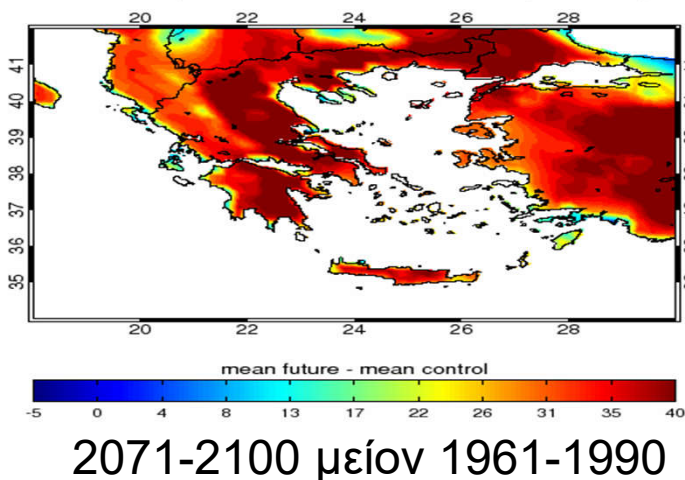
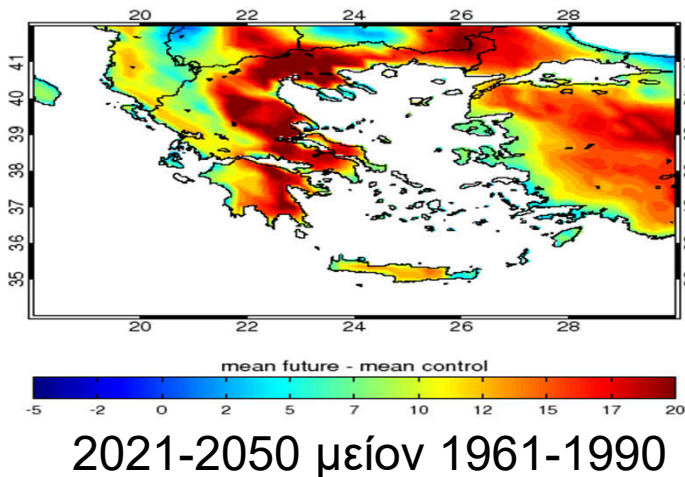
2071-2100 μείον 1961-1990

Αύξηση της μέγιστης διάρκειας ξηρής περιόδου στα Ανατολικά Ηπειρωτικά και τη Βόρεια Κρήτη

- κατά 20 επιπλέον ημέρες το 2021-2050
- κατά 40 επιπλέον ημέρες το 2071-2100

Μικρότερες αυξήσεις στη Δυτική και Βόρεια Ελλάδα μέχρι και 20 ημέρες το 2071-2100

# Αριθμός ημερών με εξαιρετικά αυξημένο κίνδυνο πυρκαγιάς

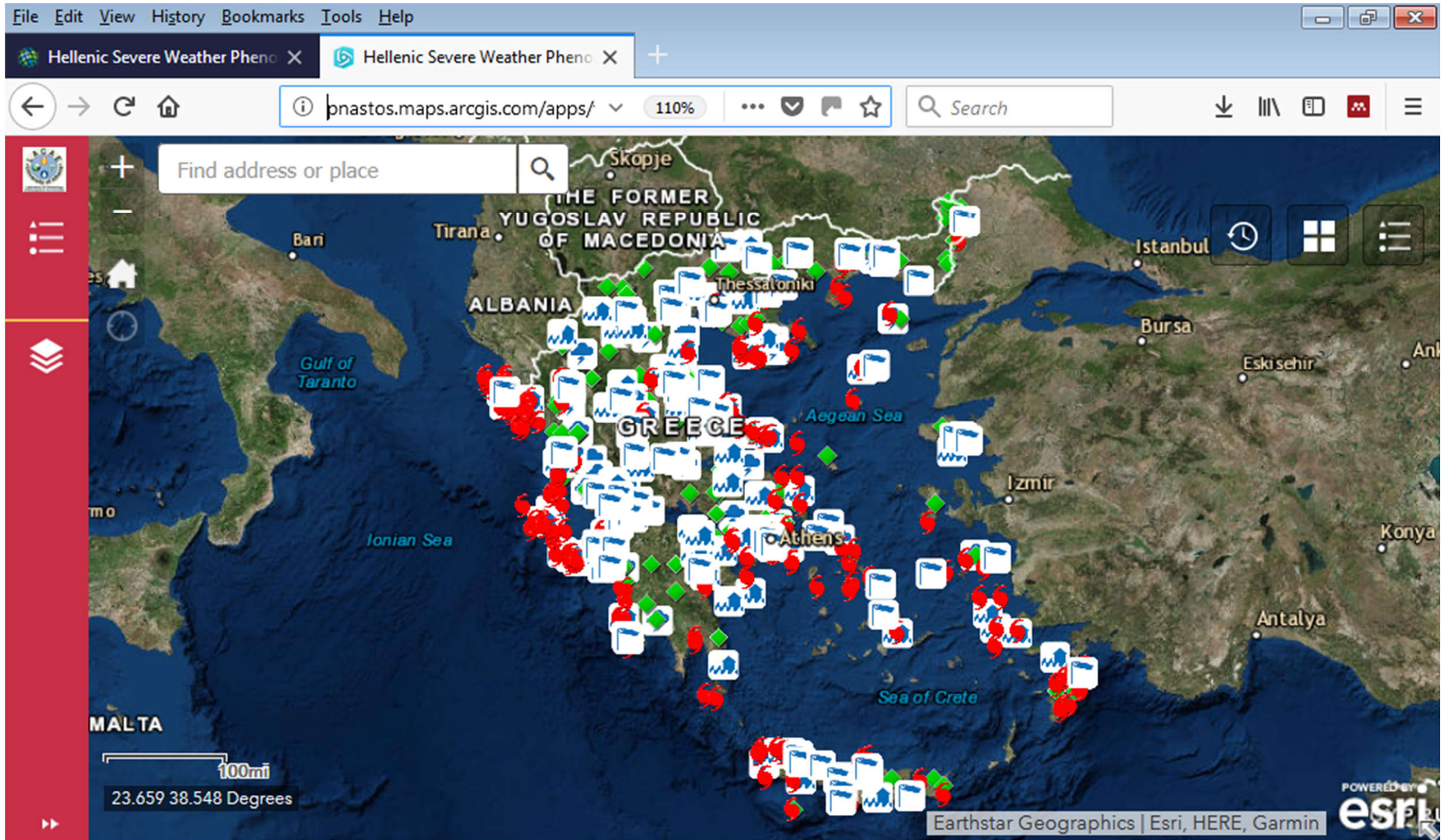


Αύξηση του αριθμού των ημερών με εξαιρετικά αυξημένο κίνδυνο για πυρκαγιά στην Ανατολική Ελλάδα

- κατά 20 ημέρες το 2021-2050
- κατά 40 ημέρες το 2071-2100

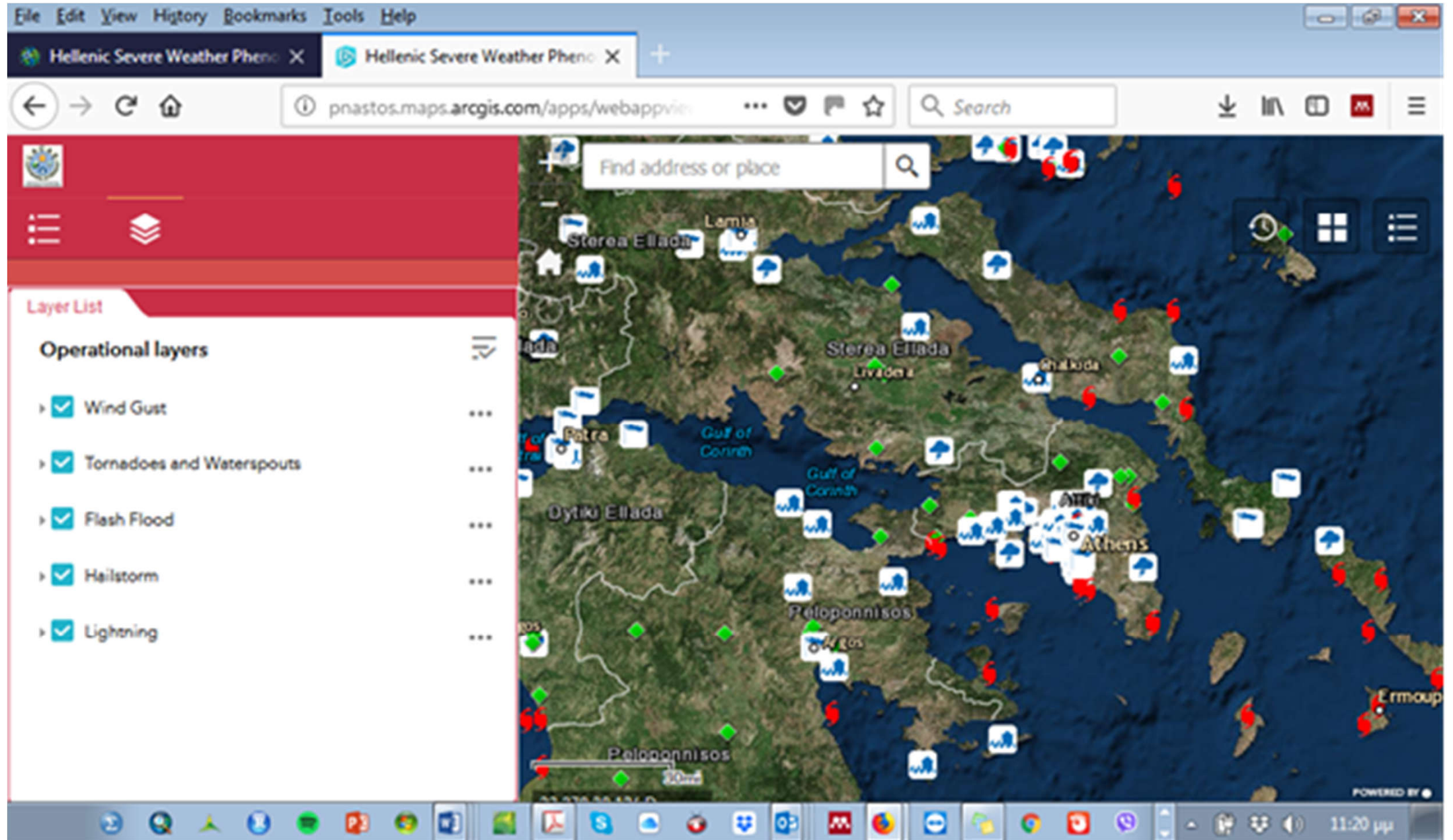
Μικρότερες αυξήσεις στη Δυτική Ελλάδα λόγω του υγρότερου κλίματος

## Ελληνική βάση ακραίων καιρικών φαινομένων (Hellenic severe weather phenomena)



Online GIS database με συνεχή καταγραφή ακραίων καιρικών φαινομένων στην Ελλάδα (<http://iacae.geol.uoa.gr>)

## Ελληνική βάση ακραίων καιρικών φαινομένων (Hellenic severe weather phenomena)



Online GIS database με συνεχή καταγραφή ακραίων καιρικών φαινομένων στην Ελλάδα (<http://iacae.geol.uoa.gr>)

## Our Story

 CAN-HELP · ΠΕΜΠΤΗ, 5 ΑΠΡΙΛΙΟΥ 2018

CAN-HELP (Copernicus Academy Network of Hellenic Partners) is a Greek member of the European Copernicus Academy Network, which comprises of a group of collaborating Greek institutions, who joined forces in order to better serve the following objective: to become a Copernicus ambassador for Greece, thus supporting the European Commission's initiative to stimulate awareness and spread knowledge about the Copernicus programme across Europe.

The CAN-HELP group includes Greek institutions and private organizations with proven Copernicus related activity or interest.

- Laboratory of of Climatology and Atmospheric Environment(LACAE), Faculty of Geology and Geoenvironment, National and Kapodistrian University of Athens

<http://lacaе.geol.uoa.gr/>

- National Observatory of Athens

<http://www.noa.gr/>

- University of Peloponnese

<https://www.uop.gr/>





Ευχαριστώ πολύ για την προσοχή σας

