Υδρομετεωρολογία
Κλιματολογία και κλιματική αλλαγή

Νίκος Μαμάσης και Δημήτρης Κουτσογιάννης
Τομέας Υδατικών Πόρων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Αθήνα 2010

ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ:
Κλιματολογία και κλιματική αλλαγή

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

- ΕΙΣΑΓΩΓΗ
- ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ
- ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ
- ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN
- ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

- ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ
- ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ
- ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Βασικοί ορισμοί

Κλίμα (Climate). Η σύνθεση των στοιχείων του καιρού για ένα μακρό χρονικό διάστημα.

Κλιματολογία (Climatology). Η επιστήμη που ασχολείται με την μελέτη των κλιμάτων (αίτια, μεταβολές, κατανομές, τύποι κλπ).

Κλιματική αλλαγή (Climatic change). Σημαντική μεταβολή που παρατηρείται στο κλίμα μιας περιοχής μεταξύ δυο περιόδων αναφοράς.

Κλιματικό στοιχείο (Climatic element). Οποιαδήποτε από τις ιδιότητες ή συνθήκες της ατμόσφαιρας οι οποίες από κοινού καθορίζουν τη φυσική κατάσταση του καιρού ή του κλίματος δεδομένου τόπου για οποιαδήποτε συγκεκριμένη στιγμή ή χρονική περίοδο.

Κλιματική περιοχή (Climatic region). Περιοχή στην οποία επικρατεί ένα σχετικά ομοιόμορφο κλίμα, σύμφωνα με ειδικά κριτήρια.

Κλιματική ταξινόμηση (Climatic classification)

Διαίρεση των κλιμάτων της γης σε ένα παγκόσμιο σύστημα συνεχόμενων περιοχών, καθεμιά από τις οποίες ορίζεται από σχετική ομοιογένεια στα κλιματικά στοιχεία.

Κλιματικός τύπος (Climatic type)

Το κλίμα μιας περιοχής όταν χαρακτηρίζεται από μια σειρά μέσων και ετήσιων δεικτών της θερμοκρασίας, της βροχόπτωσης και άλλων κλιματικών στοιχείων.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κλάδοι της κλιματολογίας

Δυναμική (Dynamical). Στατιστική ανάλυση των μετρήσεων των κλιματικών μεταβλητών με στόχο την ερμηνεία των διακυμάνσεων του κλίματος και την ανίχνευση μακροχρόνιων κλιματικών μεταβολών ή τάσεων.

Συνοπτική (Synoptic). Βασίζεται στις διεργασίες της γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας (συνοπτικές διεργασίες).

Γεωργική (Agricultural). Μελέτη της επίδρασης του κλίματος στις γεωργικές δραστηριότητες.

Αερουαυτική (Aeronautical). Εφαρμοσμένη κλιματολογία που μελετά τα προβλήματα της αεροναυτικής, όπως η επιλογή τοποθεσιών αεροδρομίων και των δρομολογίων των αεροσκαφών.

Οικολογική (Ecological). Μελέτη της σχέσης μεταξύ ζωντανών οργανισμών και του κλιματικού τους περιβάλλοντος. Περιλαμβάνει τη φυσιολογία της προσαρμογής των φυτών και των ζώων στο κλίμα καθώς και τη γεωγραφική κατανομή τους σε σχέση με αυτό.

Βιοκλιματολογία (Bioclimatology). Μελέτη των επιδράσεων του κλίματος στους ζώντες οργανισμούς.

Παλαιοκλιματολογία (Paleoclimatology). Η μελέτη του κλίματος μιας παλαιότερης περιόδου, τα κύρια χαρακτηριστικά του οποίου μπορούν να εκτιμηθούν έμμεσα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Βασικοί κλιματικοί τύποι

Ηπειρωτικό (Continental). Παρουσιάζεται στο εσωτερικό μεγάλων ηπείρων και χαρακτηρίζεται από το μεγάλο εύρος της θερμοκρασίας σε ετήσια και ημερήσια βάση.

Θαλάσσιο (Maritime-marine). Παρουσιάζεται σε περιοχές που είναι κοντά στη θάλασσα και χαρακτηρίζεται από υψηλή σχετική υγρασία και από το μικρό εύρος της θερμοκρασίας σε ετήσια και ημερήσια βάση.

Μεσογειακό (Mediterranean). Παρουσιάζεται στη λεκάνη της Μεσογείου και χαρακτηρίζεται από θερμά-υγρά καλοκαίρια και βροχερούς χειμώνες.

Ξηρό (Dry). Χαρακτηρίζεται από μικρή βροχόπτωση με μεγάλη μεταβλητότητα

Μουσωνικό (Monsoon). Παρουσιάζεται σε περιοχές που είναι εκτεθειμένες σε μουσώνες και χαρακτηρίζεται από ξηρούς χειμώνες και υγρά καλοκαίρια.

Τούνδρας (Tundra). Τύπος κλίματος που σχετίζεται με βλάστηση τύπου τούνδρας. Χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλές θερμοκρασίες για να ευνοηθεί η ανάπτυξη δέντρων, αλλά χωρίς μόνιμη παγοκάλυψη ή χιονοκάλυψη.

Στέπας (Steppe). Τύπος ημιάνυδρου αλλά όχι ψυχρού κλίματος που σχετίζεται με χαμηλή βλάστηση (χορτάρι, διασκορπισμένοι θάμνοι και μικρά δένδρα).

Ορεινό (Highlands). Κλίμα που ρυθμίζεται από τον παράγοντα του υψομέτρου. Χαρακτηρίζεται από χαμηλή πίεση και έντονη ηλιακή ακτινοβολία ειδικότερα στην υπεριώδη περιοχή.

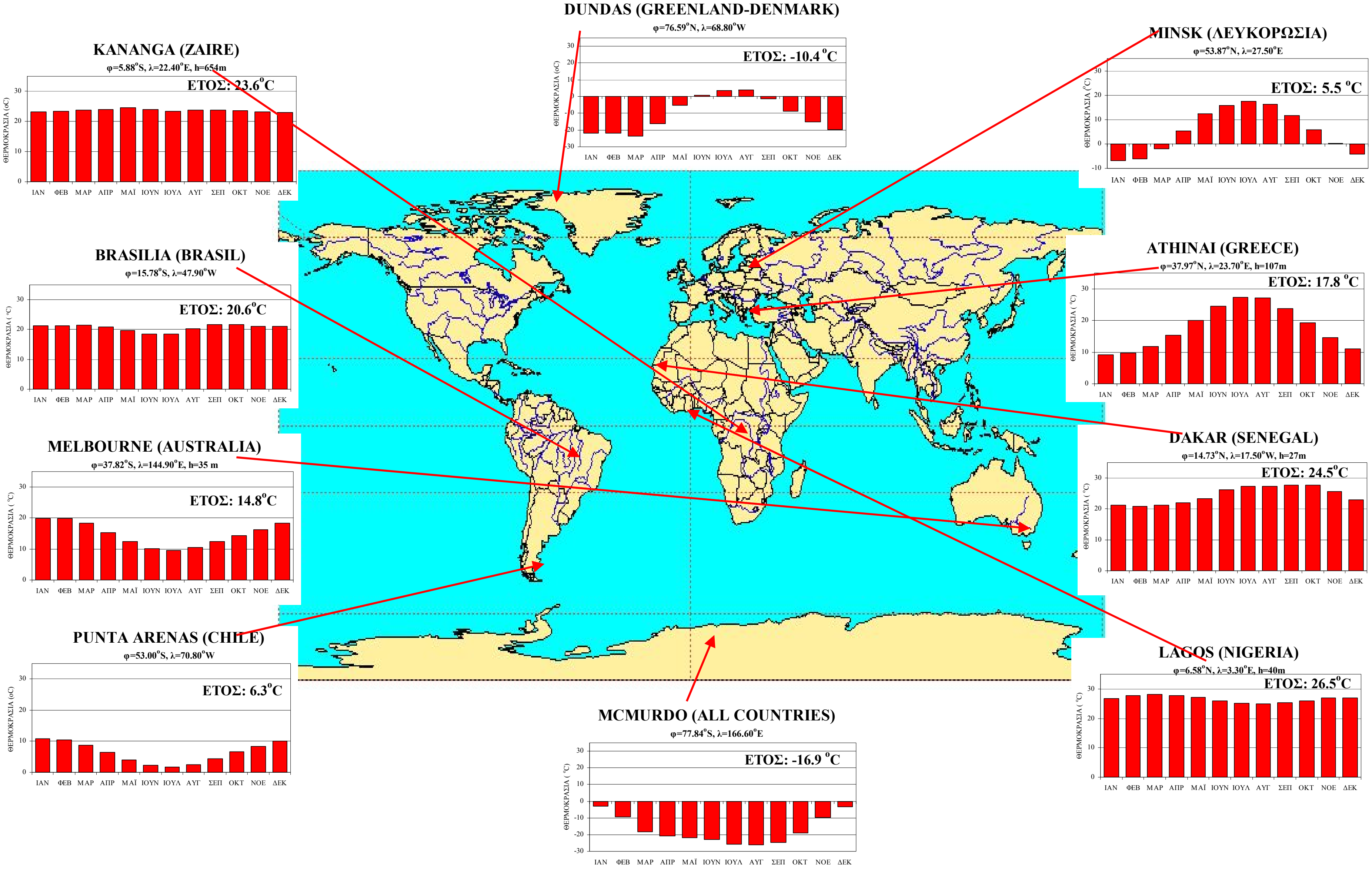
ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Παράγοντες που επιδρούν στο κλίμα

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ
Δυνητική ηλιοφάνεια
Πραγματική ηλιοφάνεια
Εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ
Ατμοσφαιρική πίεση
Γενική ατμοσφαιρική κυκλοφορία
Τοπικά συστήματα ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΙ
Γεωγραφικό πλάτος
Κατανομή ξηράς-θάλασσας
Ανάγλυφο
Εδαφοκάλυψη
Θαλάσσια ρεύματα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ
Διακύμανση μηνιαίας θερμοκρασίας



ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ
Κύριες εξεταζόμενες παράμετροι

$T_ε$	Μέση ετήσια θερμοκρασία σε ^oC
$R_ε$	Μέση ετήσια κατακρήμνιση σε mm
$φ$	Γεωγραφικό πλάτος σε μοίρες (^{o})
$T_ψ$	Μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα σε ^oC
$T_θ$	Μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα σε ^oC
ΗΘΕ	Ημερήσιο Θερμοκρασιακό Εύρος. Η διαφορά μεταξύ της μεγαλύτερης και μικρότερης θερμοκρασίας αέρα σε ένα 24ωρο
ΕΘΕ	Ετήσιο Θερμοκρασιακό Εύρος. Η διαφορά μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας του θερμότερου και ψυχρότερου μήνα

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Δείκτης ηπειρωτικότητας (Johansson)

κ=17*ΕΘΕ/ημφ - 20.4

$0<\kappa<33$ θαλάσσιο,

$34<\kappa<66$ ηπειρωτικό

$67<\kappa<100$ εξαιρετικά ηπειρωτικό

Δείκτης ηπειρωτικότητας (Kerner)

κ=100(T_o-T_α)/ΕΘΕ

όπου:

T_o μέση θερμοκρασία Οκτωβρίου και

T_α μέση θερμοκρασία Απριλίου

για μικρές ή αρνητικές τιμές του κ το κλίμα χαρακτηρίζεται ηπειρωτικό

για μεγάλες τιμές του κ το κλίμα χαρακτηρίζεται θαλάσσιο

Δείκτης ξηρότητας (de Martone)

Ετήσιος δείκτης $I=P_\varepsilon/(T_\varepsilon+10)$

αν $I<10$ το κλίμα χαρακτηρίζεται ξηρό ή ερημικό

Μηνιαίος δείκτης $I=12*P/(T+10)$

αν $I<20$ το έδαφος χρειάζεται άρδευση

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Δείκτης ξηρότητας (Pinna)

$I = 1/2*(P_ε/(T_ε+10) + (12*P_ξ/(T_ξ+10)$

$P_ξ$, $T_ξ$ βροχόπτωση και θερμοκρασία του ξηρότερου μήνα

$I<10$ ξηρό

$10<=I<=20$ ημίξηρο μεσογειακό

Ορισμός ξηρού μήνα κατά Gaussen

P(mm) < $2T$(°C) **ή** $P<10$ mm και $T<10$°C **ή** $P<25$ mm και 10°C<T<20°C **ή** $P<50$ mm και 20°C<T<10°C **ή** $P<75$ mm και 30°C<T

Ξηροθερμικός δείκτης (Gaussen)

Αριθμός ξηρών ημερών στο έτος που πραγματοποιούνται στη διάρκεια μιας συνεχούς ξηράς περιόδου του έτους.

Ορισμός ξηρής ημέρας $P=0$ και Σχετική Υγρασία (*ΣΥ*)<40%

αν 40%<*ΣΥ*<60% τότε θεωρείται 0.9 ξηρής ημέρας

αν 60%<*ΣΥ*<80% τότε θεωρείται 0.8 ξηρής ημέρας

αν 80%<*ΣΥ*<100% τότε θεωρείται 0.7 ξηρής ημέρα

Βιοκλιματική κατάταξη (UNESCO-FAO)

Γίνεται με βάση τον ξηροθερμικό δείκτη, και την μέση θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Δείκτης δυσφορίας (Heat Index)

Σχετική υγρασία (%)

Θερμοκρασία (°C)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
20	19	20	21	22	23	24	25	25	25	25	25	25	25	24	23	22	21	20	18	17	15
21	20	21	22	23	23	24	24	25	25	25	25	25	24	24	23	22	22	20	19	18	16
22	21	22	22	23	24	24	25	25	25	25	25	25	24	24	24	23	22	21	20	19	18
23	22	22	23	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	24	24	24	23	23	22	21	20
24	23	23	24	24	24	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	24	24	24	23	23
25	24	24	24	25	25	25	25	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	25
26	25	25	25	25	25	26	26	26	26	26	27	27	27	27	27	27	28	28	28	28	28
27	26	26	26	26	26	26	26	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	31	32
28	27	27	27	27	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	31	31	32	33	34	35	36
29	28	27	27	27	27	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	37	38	40
30	28	28	28	28	28	28	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	42	44
31	29	29	29	29	29	29	30	30	31	32	33	34	35	36	38	39	41	43	45	47	49
32	30	30	30	30	30	30	31	31	32	33	34	36	37	39	40	42	44	47	49	51	54
33	31	31	31	31	31	31	32	33	34	35	36	38	40	41	43	46	48	51	54	57	60
34	32	32	31	32	32	33	33	34	35	37	38	40	42	44	47	49	52	55	58	62	66
35	33	32	32	33	33	34	35	36	37	39	41	43	45	48	50	53	57	60	64	68	72
36	33	33	33	34	34	35	36	38	39	41	43	46	48	51	54	58	61	65	69	74	78
37	34	34	34	35	35	36	38	39	41	43	46	48	51	55	58	62	66	70	75	80	85
38	35	35	35	36	37	38	39	41	43	46	49	52	55	59	63	67	71	76	81	87	92
39	35	36	36	37	38	39	41	43	46	49	52	55	59	63	67	72	77	82	88	94	100
40	36	36	37	38	39	41	43	46	48	51	55	59	63	67	72	77	83	88	95	101	108
41	37	37	38	39	41	43	45	48	51	54	58	62	67	72	77	83	89	95	102	109	116
42	37	38	39	40	42	45	47	50	54	57	62	66	71	77	82	88	95	102	109	117	125
43	38	39	40	42	44	46	49	53	57	61	65	70	76	82	88	94	101	109	117	125	134
44	38	39	41	43	46	48	52	55	60	64	69	75	81	87	94	101	108	116	125	134	143
45	39	40	42	44	47	50	54	58	63	68	73	79	86	92	100	107	116	124	133	143	153
46	39	41	43	46	49	53	57	61	66	72	78	84	91	98	106	114	123	132	142	152	163
47	40	42	44	47	51	55	59	64	70	76	82	89	96	104	113	121	131	141	151	162	173
48	40	43	45	49	53	57	62	67	73	80	87	94	102	110	119	129	139	149	160	172	184
49	41	43	47	50	55	59	65	71	77	84	91	99	108	117	126	137	147	158	170	182	195
50	41	44	48	52	57	62	68	74	81	88	96	105	114	124	134	144	156	167	180	193	206
51	41	45	49	54	59	64	71	78	85	93	101	111	120	131	141	153	165	177	190	204	218
52	42	46	50	55	61	67	74	81	89	98	107	117	127	138	149	161	174	187	201	215	230
53	42	46	51	57	63	70	77	85	93	103	112	123	134	145	157	170	183	197	212	227	242
54	42	47	53	59	65	72	80	89	98	108	118	129	140	153	165	179	193	208	223	239	255
55	43	48	54	60	68	75	84	93	103	113	124	135	148	161	174	188	203	218	234	251	268
56	43	49	55	62	70	78	87	97	107	118	130	142	155	169	183	198	213	229	246	264	282
57	43	49	56	64	72	81	91	101	112	124	136	149	163	177	192	208	224	241	258	277	296
58	43	50	58	66	75	84	95	106	117	129	142	156	170	186	201	218	235	252	271	290	310
59	43	51	59	68	77	88	98	110	122	135	149	163	179	194	211	228	246	264	284	304	324
60	44	52	60	70	80	91	102	115	128	141	156	171	187	203	221	239	257	277	297	318	339

Dhahran, Σαουδική Αραβία

8 Ιουλίου 2003

Θερμοκρασία: 108 °F (42 °C)

Σχετική υγρασία: 67%

Δείκτης δυσφορίας: 176 °F (80° C)

ΚΑΥΣΩΝΑΣ

Επεισόδια υψηλών θερμοκρασιών στην Ελλάδα

Ημερομηνία	Μέγεθος	Παρατηρήσεις
20-26/8/1958	47 ^oC Τρίκαλα, 45 ^oC Λάρισα, 44 ^oC Φιλαδέλφεια	500 νεκροί, 7 Κ
19/7/1973	47 ^oC Λαμία, 45 ^oC Λάρισα, 46 ^oC Ελληνικό	2 Κ
10/7/1977	>40 ^oC όλη η χώρα, 48 ^oC Τατόι,	2 Κ
25/6/1982	44 ^oC Τρίκαλα, 45 ^oC Φιλαδέλφεια	40 νεκροί
23-27/7/1987	>39 ^oC όλη η χώρα, 45 ^oC Ελευσίνα	3500 νεκροί
5-9/7/1988	45 ^oC Λάρισα και Φιλαδέλφεια	600 νεκροί
10-15/8/1994	44 ^oC Λαμία και Αλίαρτος	
2-4/7/1998	45 ^oC Κόρινθος, Ελευσίνα, Ιεράπετρα κ.α	3 Κ
21/8/1999	44 ^oC Αλίαρτος	
4-10/7/2000	45 ^oC Λάρισα, Φιλαδέλφεια και Άστρος	Ο πιο ζεστός Ιούλιος

Πηγή: Γ. Μελανίτης, Ο καιρός και τα μυστικά του

ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΕΜΟΥ-ΨΥΧΟΥΣ (WIND CHILL INDEX)

Ο δείκτης WCI είναι η φαινομενική θερμοκρασία που αισθάνεται το δέρμα εξαιτίας του ανέμου.

Ο δείκτης υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση (National Weather Service 2001):

$$WCI = 13.12+0.6215*T-11.37*V^{0.16}+0.3965*T*V^{0.16}$$

όπου V η ταχύτητα του ανέμου σε km/h σε ύψος 10 m και

T η θερμοκρασία του αέρα σε ^oC.

V km/h/ T °C	**5**	**0**	**-5**	**-10**	**-15**	**-20**	**-25**	**-30**	**-35**	**-40**	**-45**	**-50**
5	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53	-58
10	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57	**-63**
15	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	**-60**	**-66**
20	1	-5	-12	-18	-24	-31	-37	-43	-49	-56	**-62**	**-68**
25	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-45	-51	-57	**-64**	**-70**
30	0	-7	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	**-65**	**-72**
35	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	**-60**	**-66**	**-73**
40	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	**-61**	**-68**	**-74**
45	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	**-62**	**-69**	**-75**
50	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	**-63**	**-70**	**-76**
55	-2	-9	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	**-63**	**-70**	**-77**
60	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-43	-50	-57	**-64**	**-71**	**-78**
65	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	**-65**	**-72**	**-79**
70	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-59	**-66**	**-73**	**-80**
75	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	**-66**	**-73**	**-80**
80	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	**-60**	**-67**	**-74**	**-81**

Πιθανότητα κρυοπαγήματος σε παρατεταμένη έκθεση

Πιθανότητα κρυοπαγήματος σε 10 λεπτά

Πιθανότητα κρυοπαγήματος σε 2 λεπτά

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Σχέση του δείκτη δυσφορίας με συμπτώματα στον ανθρώπινο πληθυσμό

HI (^oC)	Συμπτώματα
< 21	Δεν προκαλείται δυσφορία
21–24	Το 10% του πληθυσμού αισθάνεται δυσφορία
24–27	Σχεδόν το σύνολο του πληθυσμού αισθάνεται δυσφορία
27–32	Αίσθημα κόπωσης με την παρατεταμένη έκθεση και δραστηριότητα
32–41	Πιθανή ηλίαση, εξάντληση και θερμικές κράμπες
41–54	Κίνδυνος. Ηλίαση, εξάντληση και πιθανή θερμοπληξία
> 54	Ιδιαίτερος κίνδυνος. Ηλίαση και θερμοπληξία

$$HI = c_1 + c_2T + c_3R + c_4TR + c_5T^2 + c_6R^2 + c_7T^2R + c_8TR^2 + c_9T^2R^2$$

ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ

Γενετικές (genetic)

Βασίζονται στη θεώρηση των αιτίων που διαμορφώνουν το κλιματικό καθεστώς, όπως είναι η ατμοσφαιρική κυκλοφορία, η επίδραση των αερίων μαζών, η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία κλπ.

- Hidore (1966)

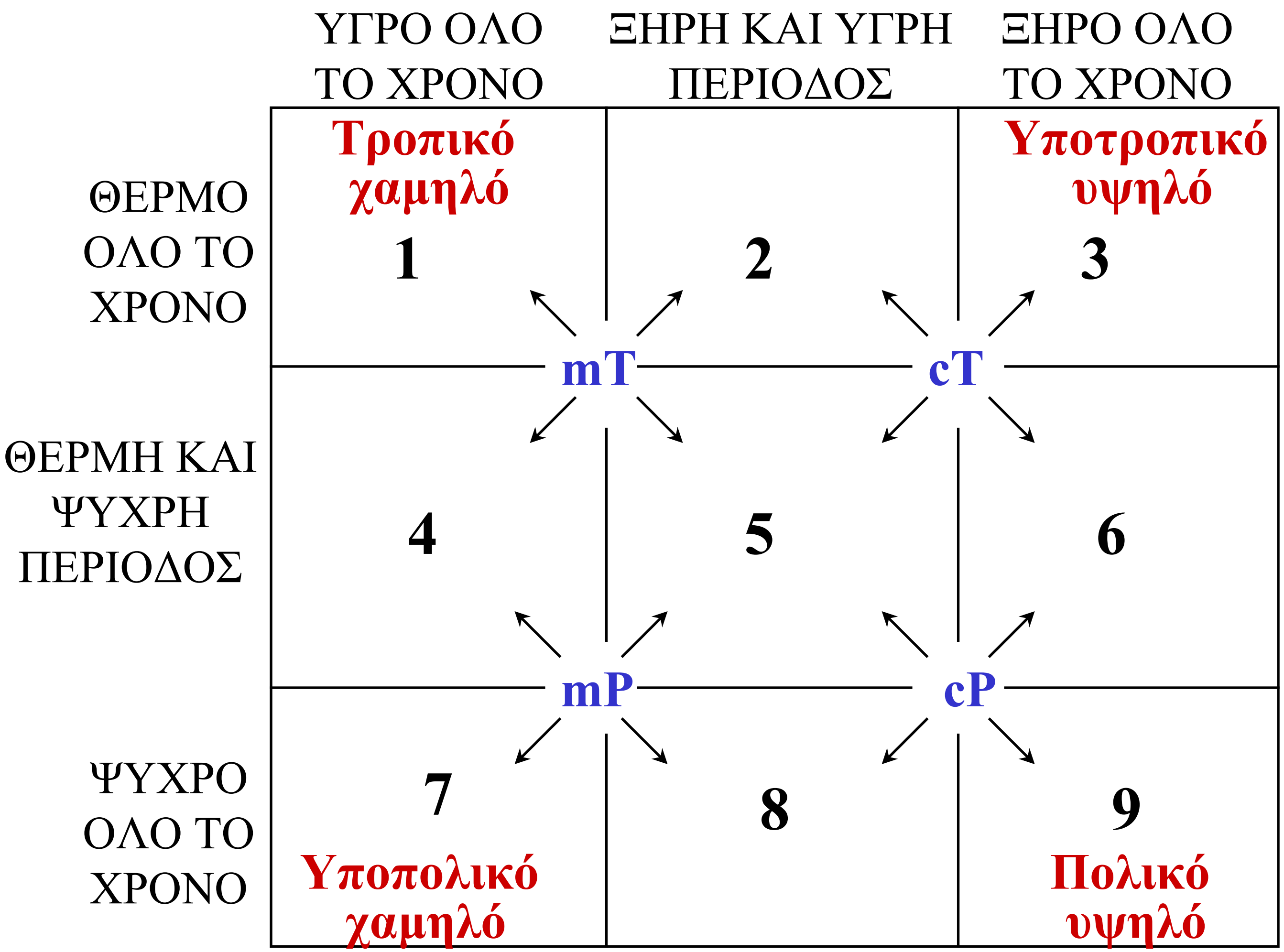
Εμπειρικές (empirical)

Βασίζονται στη στατιστική ανάλυση της επίδρασης του κλίματος σε ποικίλους παράγοντες, όπως το θερμοκρασιακό και βροχομετρικό καθεστώς της περιοχής, η βλάστηση, η ανθρώπινη αντίδραση κλπ.

- Koppen (1918)
- Thornthwaite (1931, 1948)

ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ

Γενετική κατάταξη Hidore (1966)



Πηγή: Hidore and Oliver, 1993

ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΤΑΞΕΙΣ

Παράμετροι κατάταξης Koppen

Μέσες ετήσιες τιμές

• R κατακρήμνιση σε mm

• T θερμοκρασία σε ^oC

Μέσες εξαμηνιαίες τιμές

• $R_{6ψ}$ μέσο ύψος κατακρήμνισης του ψυχρού εξαμήνου σε mm

• $R_{6θ}$ μέσο ύψος κατακρήμνισης του θερμού εξαμήνου σε mm

Μέσες μηνιαίες τιμές

• $T_ψ$ θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα σε ^oC

• $T_θ$ θερμοκρασία του θερμότερου μήνα σε ^oC

• $T_μ$ θερμοκρασία ενός μήνα σε ^oC

• $R_ξ$ κατακρήμνιση του ξηρότερου μήνα σε mm

• $R_υ$ κατακρήμνιση του υγρότερου μήνα σε mm

• $R_{ξθ}$ κατακρήμνιση του ξηρότερου μήνα του θερμού εξαμήνου σε mm

• $R_{υθ}$ κατακρήμνιση του υγρότερου μήνα του θερμού εξαμήνου σε mm

• $R_{ξψ}$ κατακρήμνιση του ξηρότερου μήνα του ψυχρού εξαμήνου σε mm

• $R_{υψ}$ κατακρήμνιση του υγρότερου μήνα του ψυχρού εξαμήνου σε mm

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN
Κύριοι κλιματικοί τύποι

ΤΥΠΟΣ *A*: Υγρό τροπικό (Humid tropical)
Κριτήριο: $T_\psi > 18^0C$

ΤΥΠΟΣ *B*: Ξηρό (Dry)
Κριτήριο: $R < R_l$ όπου $R_l = 20*T+280$ αν $R_{6\theta} > 0.7*R$ (ξηρός χειμώνας)
$R_l = 20*T$ αν $R_{6\psi} > 0.7*R$ (ξηρό καλοκαίρι)
$R_l = 20*T+140$ αν υπάρχει ισοκατανομή κατακρήμνισης

ΤΥΠΟΣ *C*: Υγρό με ήπιους χειμώνες (Moist with mild winters)
Κριτήριο: $T_\theta > 10^oC$ και $-3^oC < T_\psi < 18^oC$

ΤΥΠΟΣ *D*: Υγρό με ψυχρούς χειμώνες (Moist with cold winters)
Κριτήριο: $T_\theta > 10^oC$ και $T_\psi < -3^oC$.

ΤΥΠΟΣ *E*: Πολικό (Polar)
Κριτήριο: $T_\theta < 10^oC$

ΤΥΠΟΣ *H*: Ορεινό (Highlands)

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος A)

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Το **υγρό τροπικό κλίμα** επικρατεί στις περιοχές βόρεια και νότια του Ισημερινού μέχρι τα γεωγραφικά πλάτη 15^o-25^o. Χαρακτηρίζεται από υψηλές θερμοκρασίες όλες τις εποχές και άφθονη βροχόπτωση (R>1500 mm). Στις συνθήκες αυτές ευνοείται η έντονη βλάστηση και αναπτύσσονται τροπικά δάση που περιλαμβάνουν πολλά είδη φυτών προσαρμοσμένων στη μεταβλητή (ανάλογα με το ύψος βλάστησης) εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Τα τροπικά δάση υπάρχουν κυρίως στις λεκάνες των ποταμών Αμαζονίου και Κονγκό και στη ζώνη από τη Σουμάτρα μέχρι τη Ν. Γουινέα.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ: $T_{\psi}>18^0C$

ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ:

***f*: Υγρό τροπικό (Tropical wet)**
Κριτήριο: R_{ξ} **>=60 mm**

***w*: Υγρό και ξηρό-Σαβάνα (Tropical wet and dry-savanna)**
Κριτήριο: $R_{\xi}<10-R/250$

***m*: Τροπικό Μουσσωνικό (Tropical monsoon)**
Κριτήριο: $10-R/250<=R_{\xi}<60$ **mm**

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος A)

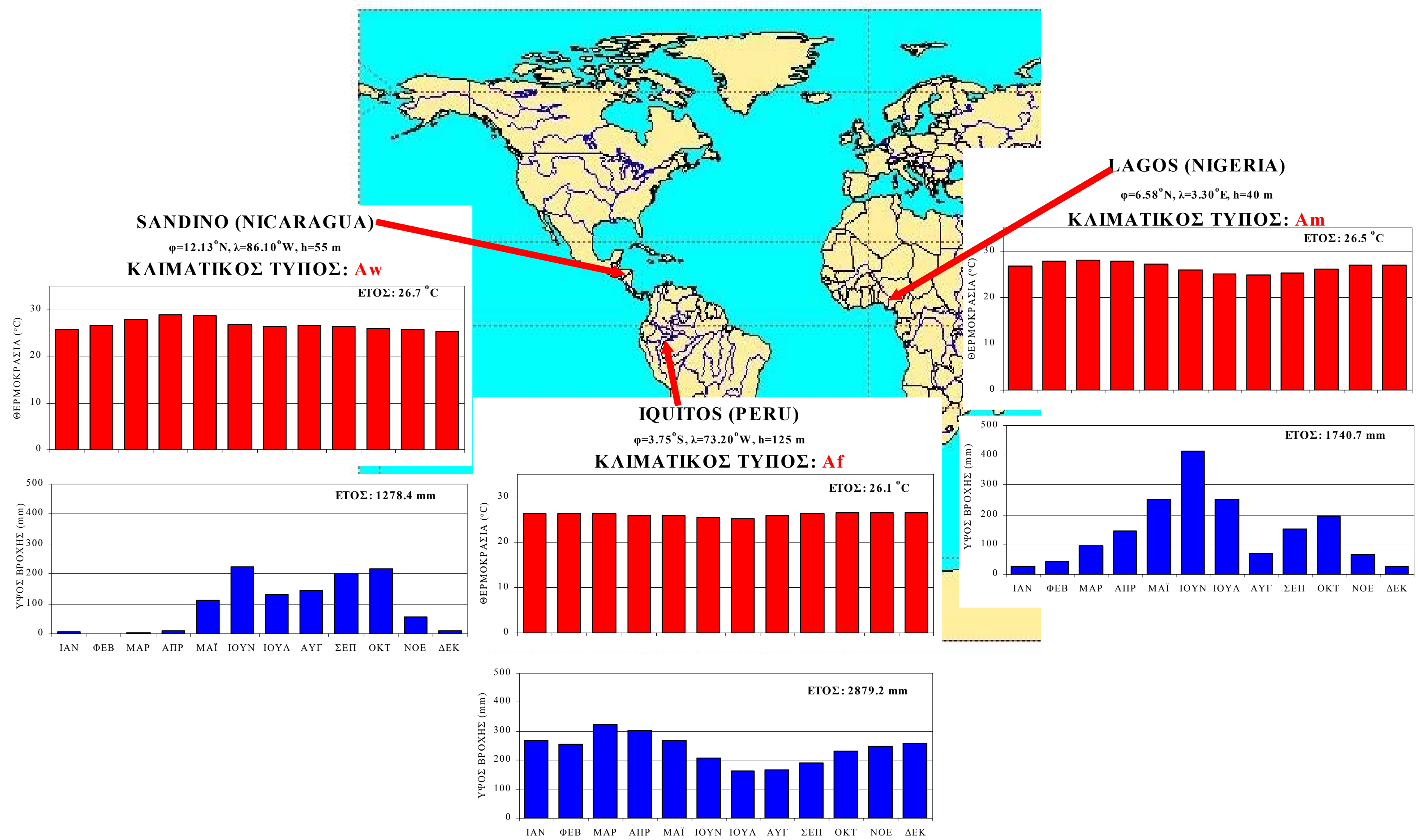
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ο τύπος Af χαρακτηρίζεται από ΕΘΕ<3^{o}C αφού το ύψος του ηλίου και οι ώρες ηλιοφάνειας είναι σταθερές όλο το έτος. Ο καιρός είναι μονότονος και αποπνικτικός με περίπου ίδια θερμοκρασία κάθε ημέρα. Σχεδόν κάθε απόγευμα νέφη τύπου Cumulus προκαλούν τοπικές ισχυρές και μικρές σε διάρκεια βροχοπτώσεις. Το βράδυ ο ουρανός είναι καθαρός και η ψύξη του εδάφους προκαλεί δρόσο και ομίχλη. Η υψηλή υγρασία και νέφωση διατηρεί τις μέγιστες θερμοκρασίες σε χαμηλά επίπεδα σε σχέση με αυτές των μεσαίων πλατών. Συνήθως R>1500 mm ενώ στις προσήνεμες περιοχές είναι δυνατόν R>4000 mm.

Ο τύπος Aw επικρατεί στις περιοχές που βρίσκονται στα όρια του τύπου **Af** και προς τους πόλους. Εκεί η ετήσια βροχόπτωση μειώνεται και επικρατεί μια διαχωρισμένη ξηρή περίοδος το χειμώνα (όταν οι περιοχές αυτές είναι κάτω από την επίδραση των υποτροπικών αντικυκλώνων). Αν και R>1000 mm, η ξηρή περίοδος διαρκεί περισσότερο από δύο μήνες ($R_ξ$<60mm). Επειδή το τροπικό δάσος απαιτεί βροχόπτωση όλο το έτος, επικρατεί υψηλό σκληρό χορτάρι Σαβάνας με διασκορπισμένα, χαμηλά φυλλοβόλα δένδρα, ανθεκτικά σε αυτή την ολιγόμηνη 'ξηρασία'. Το καλοκαίρι η ITCZ κινείται προς τους πόλους, και φέρνει ισχυρές βροχοπτώσεις με την μορφή θερινών καταιγίδων. Ακόμη η βροχή ενισχύεται και από το πέρασμα ασθενών υφέσεων. Η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι μικρότερη από αυτή του τύπου **Af** και παρουσιάζει μεγαλύτερη διασπορά.

Ο τύπος Am επικρατεί στη ΝΑ Ασία, Ινδία, ΝΑ Νότια Αμερική. Χαρακτηρίζεται από μικρή ξηρή περίοδο ($R_ξ$<60 mm) αλλά R>1500 mm και έτσι διατηρούνται τα τροπικά δάση. Η υπερβολική βροχόπτωση στη διάρκεια μερικών μηνών συνδέεται με τη δράση των μουσώνων.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος A)
Ετήσια διακύμανση κλιματικών μεταβλητών



ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος B)

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Το **ξηρό κλίμα** επικρατεί στις περιοχές μεταξύ των γεωγραφικών πλατών 15^o-25^o όπου επικρατούν οι αντικυκλώνες, στις ηπειρωτικές περιοχές των μεσαίων πλατών που είναι μακριά από πηγές υγρασίας και στις υπήνεμες πλευρές μεγάλων οροσειρών λόγω της ομβροσκιάς. Χαρακτηρίζεται από μικρή βροχόπτωση με μεγάλη μεταβλητότητα.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ: $R<R_l$

όπου $R_l=20*T+280$ αν $R_{6\theta}>0.7*R$ (ξηρός χειμώνας)

$R_l=20*T$ αν $R_{6\psi}>0.7*R$ (ξηρό καλοκαίρι)

$R_l=20*T+140$ αν υπάρχει ισοκατανομή κατακρήμνισης

ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ:

Τύποι δεύτερης κατηγορίας

***S*: Υμιάνυδρο - στέπας (Semiarid-steppe)** Κριτήριο: $R_l/2<R<R_l$

***W*: Άνυδρο-ερήμου (Arid-desert)** Κριτήριο: $R<R_l/2$

Τύποι τρίτης κατηγορίας

***h*: Θερμό και ξηρό (Hot and dry)** Κριτήριο: $T>18^oC$

***k*: Δροσερό και ξηρό (Cool and dry)** Κριτήριο: $T<18^oC$.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος Β)

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Τα κριτήρια κατάταξης του ξηρού κλίματος στηρίζονται εκτός από τη βροχή και στη θερμοκρασία. Έτσι 350 mm ετήσιας βροχής σε ένα ζεστό κλίμα θα υποστηρίξουν αραιή βλάστηση αλλά σε ψυχρό κλίμα (π.χ στον Καναδά) ένα δάσος κωνοφόρων. Ακόμη μια περιοχή με μικρή βροχή κατατάσσεται ως ξηρή αν η περισσότερη βροχή πραγματοποιείται την θερμή περίοδο όπου η εξάτμιση είναι μεγαλύτερη. Η βροχή στα ξηρά κλίματα είναι μικρή και ακανόνιστη. Για παράδειγμα σε σταθμό με μέση ετήσια βροχή 50 mm είναι δυνατόν να μην πραγματοποιηθεί βροχή για 2 χρόνια και σε μια ξαφνική νεροποντή να πέσουν 100 mm. Η βλάστηση αν και μικρή εξαρτάται από την ακανόνιστη βροχή (λίγες έρημοι δεν έχουν καθόλου βλάστηση). Επικρατούν τα ξηρόφυτα, ποικίλες μορφές κάκτων και φυτών που αναπτύσσονται και ζουν μόνο κατά την περίοδο των βροχών.

Ο τύπος BW επικρατεί στο 12% των ηπειρωτικών περιοχών της γης και συγκεκριμένα στην Δυτική ακτή της Νότιας Αμερικής και της Αφρικής, στο εσωτερικό της Αυστραλίας, από την βορειοδυτική Αφρική μέχρι την κεντρική Ασία και από το Β. Μεξικό μέχρι τις Ν. ΗΠΑ. Η βροχή είναι ακανόνιστη και πραγματοποιείται με τη μορφή απογευματινών θερινών καταιγίδων.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος B)

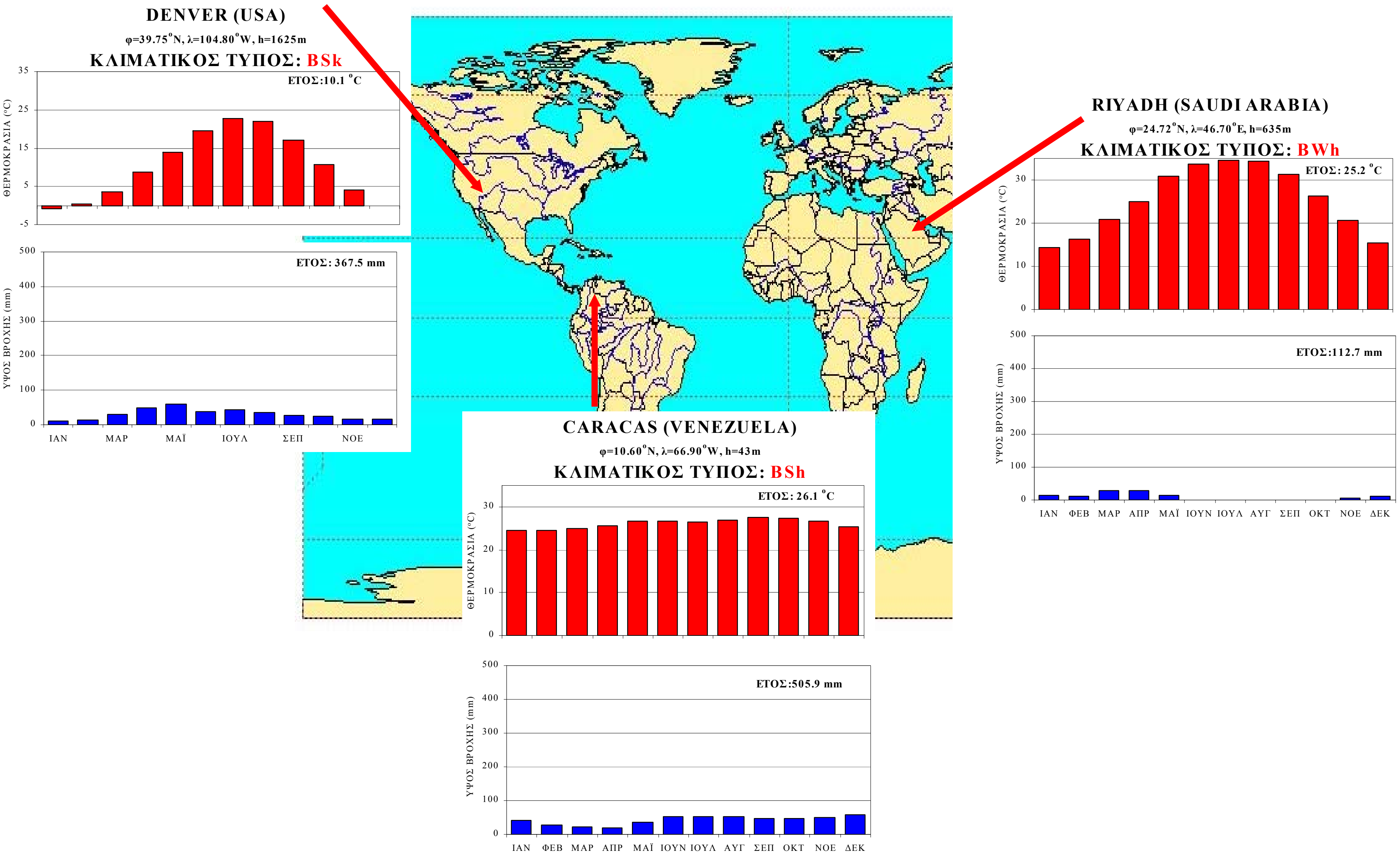
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ο τύπος BWh εμφανίζεται στις έρημους των χαμηλών πλατών όπου η έντονη ηλιακή ακτινοβολία αναπτύσσει μεγάλη θερμοκρασία στο κατάξερο έδαφος. Οι θερμοκρασίες αέρα είναι μεγαλύτερες από οπουδήποτε αλλού και το χειμώνα η μέγιστη θερμοκρασία μπορεί να φτάσει τους 50^{o}C. Η σχετική υγρασία είναι 5-25% και αυτό επιτρέπει την γρήγορη ψύξη του εδάφους τις βραδυνές ώρες. Υπάρχει μεγάλο ΕΘΕ και το χειμώνα οι ελάχιστες θερμοκρασίες μπορεί να είναι μικρότερες από 0^{o}C.

Ο τύπος BWk επικρατεί σε περιοχές των μεσαίων πλατών όπου οι μέσες ετήσιες θερμοκρασίες είναι μικρότερες από την προηγούμενη κατηγορία. Τα καλοκαίρια είναι θερμά και οι απογευματινές θερμοκρασίες φτάνουν τους 40^{o}C. Οι χειμώνες είναι πολύ ψυχροί και οι ελάχιστες θερμοκρασίες πέφτουν και από τους -35^{o}C. Πολλές από αυτές τις έρημους είναι στην ομβροσκιά μεγάλων οροσειρών (Σιέρρα Νεβάδα, Ιμαλάια, Άνδεις). Η ισχνή βροχή προέρχεται από θερινές καταιγίδες ή από χειμερινούς σποραδικούς κυκλώνες.

Ο τύπος BS επικρατεί γύρω από τα όρια των άνυδρων εκτάσεων όπου το κλίμα σταδιακά αλλάζει σε ημιάνυδρο. Οι περιοχές αυτές περιλαμβάνουν στέπες που συνήθως η βλάστησή τους αποτελείται από κοντό χορτάρι, διασκορπισμένους θάμνους και μικρά δένδρα. Οι βόρειες περιοχές έχουν χαμηλότερες θερμοκρασίες και συχνότερες χιονοπτώσεις και η μέση ετήσια βροχή είναι μεταξύ 200 και 400 mm. Βορειότερα η βροχή αυξάνει και έτσι οι ημιάνυδρες περιοχές είναι αυτές που διαχωρίζουν τις ξηρές από τις υγρές περιοχές.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος B)
Ετήσια διακύμανση κλιματικών μεταβλητών



ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος C)

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Το **υγρό κλίμα με ήπιους χειμώνες** επικρατεί στις ανατολικές και δυτικές περιοχές των ηπείρων μεταξύ των γεωγραφικών πλατών 25^o-40^o. Χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες και αρκετή βροχή (ώστε να μην κατατάσσεται ως ξηρό), ενώ η θερμή και η ψυχρή περίοδος είναι διαχωρισμένες.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ: T_θ**>10^{o}C** και **–3^{o}C<**T_ψ**<18^{o}C**

ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

Τύποι δεύτερης κατηγορίας

w: **Ξηρός χειμώνας (Dry winter)** Κριτήριο: $R_{\xi\psi}<R_{\upsilon\theta}/10$

s: **Ξηρό καλοκαίρι (dry summer)** Κριτήρια: $R_{\xi\theta}$**<40 mm** και $R_{\xi\theta}<R_{\upsilon\psi}/3$

f: **Υγρό όλο το χρόνο (wet all seasons)** Κριτήριο: Δεν ισχύουν τα προηγούμενα

Τύποι τρίτης κατηγορίας

a: **Μεγάλο και θερμό καλοκαίρι (summer long and hot)**

Κριτήρια: T_θ**>22^{o}C** και T_μ**>10^{o}C** για 4 τουλάχιστον μήνες

b: **Μεγάλο και δροσερό καλοκαίρι (summer long and cool)**

Κριτήρια: T_θ**<22^{o}C** και T_μ**>10^{o}C** για 4 τουλάχιστον μήνες

c: **Μικρό και δροσερό καλοκαίρι (summers short and cool)**

Κριτήρια: T_θ**<22^{o}C** και T_μ**>10^{o}C** για 1-3μήνες

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος C)

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ο **τύπος Cfa** εμφανίζεται στις ανατολικές ακτές των ηπείρων μεταξύ των πλατών 25^o-40^o και συγκεκριμένα στις ΝΑ ΗΠΑ, Α. Κίνα, Ν. Ιαπωνία, ΝΑ Νότια Αμερική και στις ΝΑ ακτές της Αφρικής και της Αυστραλίας. Χαρακτηρίζεται από θερμό και υγρό καλοκαίρι με υψηλές θερμοκρασίες δρόσου ακόμη και μέσα στην ημέρα. Η υψηλή θερμοκρασία συνδυασμένη με την υψηλή υγρασία παράγει αποπνικτικές συνθήκες όπως στους τροπικούς. Οι χειμώνες είναι ήπιοι και στα χαμηλότερα πλάτη η θερμοκρασία δεν πέφτει συχνά κάτω από τους 0^{o}C. Στα βορειότερα πλάτη οι χειμώνες είναι ψυχρότεροι και παρουσιάζονται σποραδικές χιονοπτώσεις. Ο καιρός είναι μεταβλητός αφού σε σχεδόν καλοκαιρινές συνθήκες διέρχονται κυκλώνες μεσαίων πλατών. Η βροχόπτωση (μεταξύ 800 και 1650 mm) είναι κατανεμημένη σε όλο το έτος ενώ η περισσότερη θερινή βροχή πέφτει το απόγευμα σαν καταιγίδα.

Ο **τύπος Cfb** αντιπροσωπεύει το θαλάσσιο κλίμα που χαρακτηρίζεται από χαμηλά σύννεφα, ομίχλη και ψιλή βροχή όλο το χρόνο που συνδέεται με τις υγρές θαλάσσιες αέριες μάζες.

Ο **τύπος Cfc** χαρακτηρίζεται από σύντομα και δροσερά καλοκαίρια.

Ο **τύπος Cs** αντιπροσωπεύει το Μεσογειακό κλίμα που χαρακτηρίζεται από ήπιους υγρούς χειμώνες και ήπια, ζεστά και ξηρά καλοκαίρια λόγω της επιρροής των υποτροπικών αντικυκλώνων. Η ετήσια βροχή κυμαίνεται μεταξύ 300-900 mm αλλά μπορεί και να είναι περισσότερη στα γύρω υψώματα.

Ο **τύπος Csa** παρουσιάζεται στις ηπειρωτικές περιοχές και χαρακτηρίζεται από τα ζεστά καλοκαίρια και χειμώνες ψυχρότερους από τις παράκτιες περιοχές.

Ο **τύπος Csb** εμφανίζεται στις παράκτιες περιοχές με συχνά χαμηλά σύννεφα, ομίχλη και δροσερό καλοκαίρι.

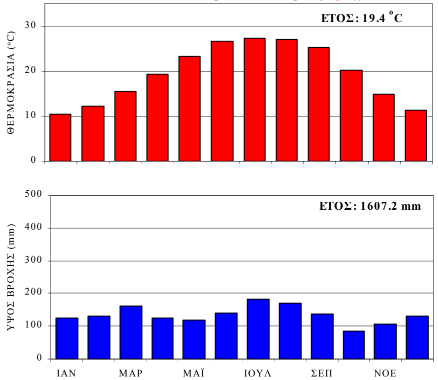
Ο **τύπος Cw** χαρακτηρίζεται από μουσωνικό καθεστώς (ξηρός χειμώνας-υγρό καλοκαίρι).

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος C)
Ετήσια διακύμανση κλιματικών μεταβλητών

MOBILE (USA)

φ=30.68°N, λ=88.20°W, h=66 m

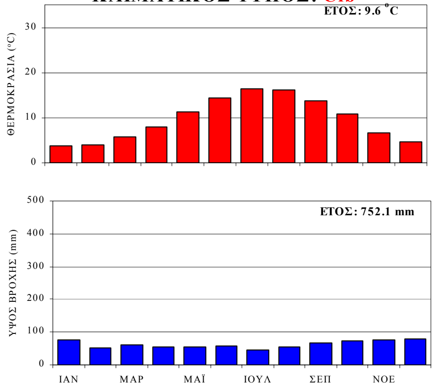
ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: Cfa



LONDON (UK)

φ=51.15°N, λ=0.10°W, h=62 m

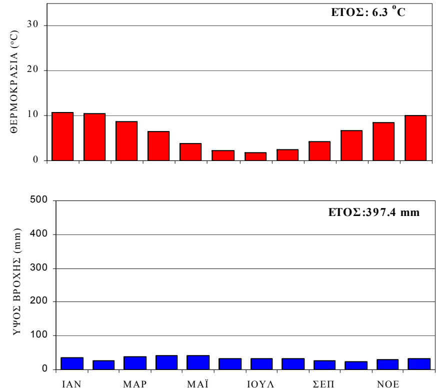
ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: Cfb



PUNTA ARENAS (CHILE)

φ=53.00°W, λ=70.80°W

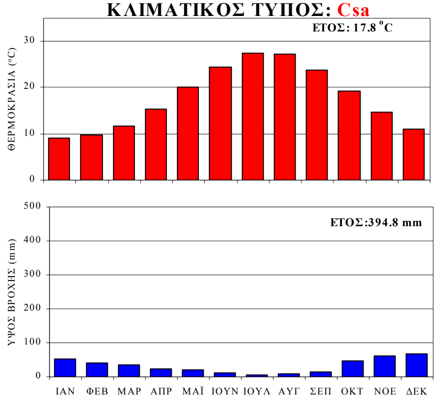
ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: Cfc



ATHINAI (GREECE)

φ=37.97°N, λ=23.70°E, h=107 m

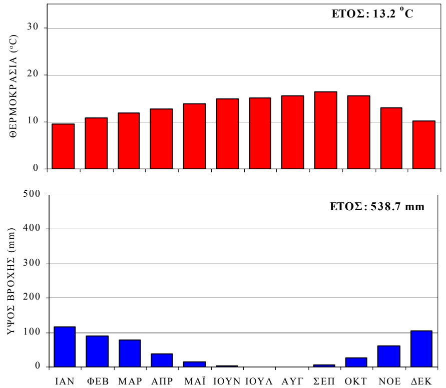
ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: Csa



SAN FRANCISCO (USA)

φ=37.61°N, λ=122.30°W, h=6 m

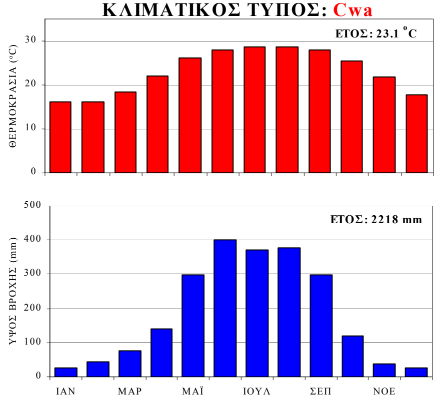
ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: Csb



HONG KONG

φ=22.30°N, λ=114.10°E, h=32 m

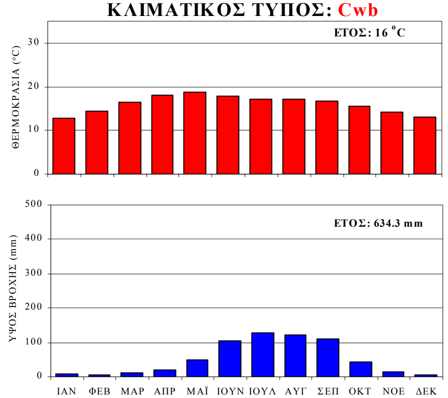
ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: Cwa



MEXICO CITY

φ=19.43°N, λ=99.00°W, h=2234 m

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: Cwb



ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος D)

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Το **υγρό κλίμα με ψυχρούς χειμώνες** παρουσιάζεται μόνο στο Βόρειο Ημισφαίριο (σχετίζεται άμεσα με τις ηπειρωτικές αέριες μάζες), βορειότερα των περιοχών που χαρακτηρίζονται από τον κλίματικό τύπο C και μεταξύ των γεωγραφικών πλατών 40^{o}-70^{o}. Χαρακτηρίζεται από θερμά έως δροσερά καλοκαίρια και κρύους εκτεταμένους χειμώνες, με χιονοπτώσεις και δυνατούς ανέμους.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ: $T_{\theta}>10^{o}C$ και $T_{\psi}<-3^{o}C$

ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

Τύποι δεύτερης κατηγορίας (οι ίδιοι με της κατηγορίας C)
w (ξηρός χειμώνας), ***s*** (ξηρό καλοκαίρι) και ***f*** (υγρό όλο το χρόνο)

Τύποι τρίτης κατηγορίας(περιλαμβάνονται οι τρεις της κατηγορίας C)
a (μεγάλο και θερμό καλοκαίρι)**,** ***b*** (μεγάλο και δροσερό καλοκαίρι)**,** ***c*** (μικρό και δροσερό καλοκαίρι)

d: Δριμείς χειμώνες και δροσερά καλοκαίρια (summers cool, winters severe)

Κριτήριο: $T_{\psi}<-38^{o}C$

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος D)

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Οι **τύποι Dfa και Dfb** εμφανίζονται μεταξύ των πλατών 40^o-50^o (60^o στην Ευρώπη). Η βροχόπτωση είναι αρκετή (μεταξύ 500-1000 mm) και κατανεμημένη στο έτος. Η βλάστηση των υγρότερων περιοχών περιλαμβάνει δάση από έλατα, πεύκα και βαλανιδιές.

Ο **τύπος Dfa** χαρακτηρίζεται από ζεστά και υγρά καλοκαίρια, ενώ η χωρίς πάγο εποχή διαρκεί 5-6 μήνες με αποτέλεσμα να φύεται ποικιλία φυτών. Οι χειμώνες είναι κρύοι με χιόνι και άνεμο.

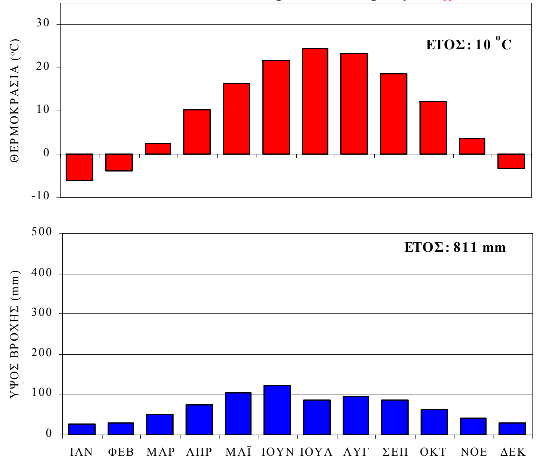
Ο **τύπος Dfb** επικρατεί βορειότερα με τα καλοκαίρια να είναι μικρότερα, ψυχρότερα και ξηρότερα. Η εποχή χωρίς πάγο διαρκεί 3-5 μήνες. Οι χειμώνες είναι κρύοι με χιόνι και άνεμο και δεν είναι σπάνιο η θερμοκρασία να πέσει κάτω από -30^oC ή να μείνει κάτω από -18^oC για εβδομάδες. Ακόμη, ο τύπος αυτός χαρακτηρίζεται από μεγάλο ΕΘΕ.

Ο **τύπος Dfc** συναντάται στις περιοχές από τις οποίες προέρχονται οι πολικές αέριες μάζες (Καναδάς, Αλάσκα, Νορβηγία, Σιβηρία). Χαρακτηρίζεται από εκτεταμένους χειμώνες και μικρά και δροσερά καλοκαίρια. Μόνο για 1-3 μήνες η θερμοκρασία περνάει τους 10^oC. Η ετήσια βροχόπτωση είναι μικρή (<500 mm) ιδιαίτερα στις ηπειρωτικές περιοχές και ένα μεγάλο ποσοστό προέρχεται από τις θερινές υφέσεις. Η χιονόπτωση δεν είναι μεγάλη αλλά οι χαμηλές θερμοκρασίες έχουν αποτέλεσμα να υπάρχει χιονοκάλυψη πολλούς μήνες. Οι χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν μικρή εξατμιση και έτσι υπάρχει αρκετή υγρασία για να επιβιώσουν τα δάση των κωνοφόρων (taiga).

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος D)
Ετήσια διακύμανση κλιματικών μεταβλητών

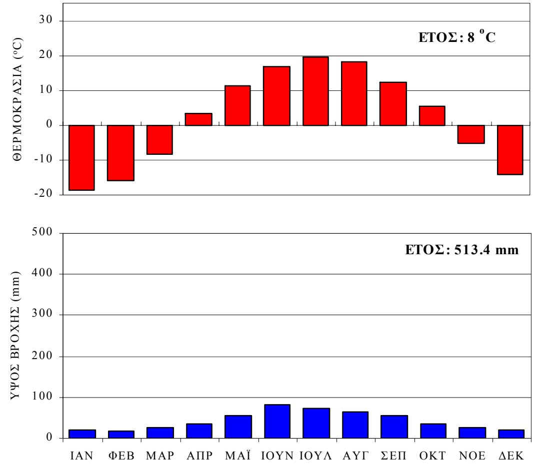
DES MOINES (USA)
φ=41.53°N, λ=93.60°W, h=292 m

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: Dfa



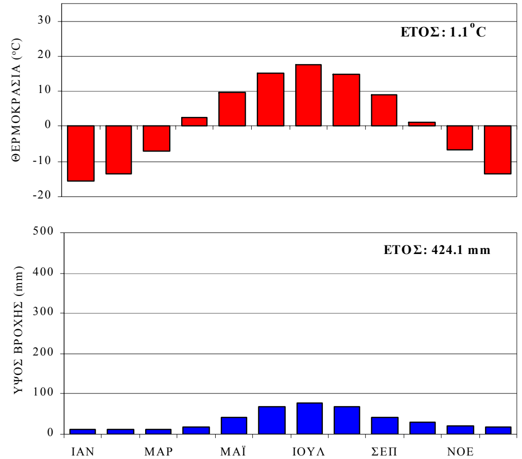
WINNIPEG (CANADA)
φ=49.90°N, λ=97.20°W, h=239m

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: Dfb



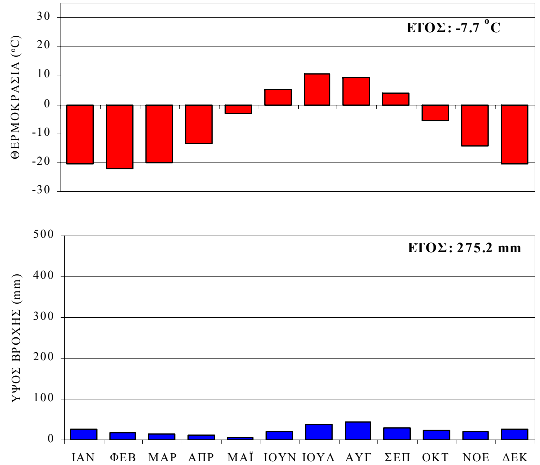
SVERDLOVSK (RUSSIA)
φ=56.80°N, λ=60.60°E

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: Dfc



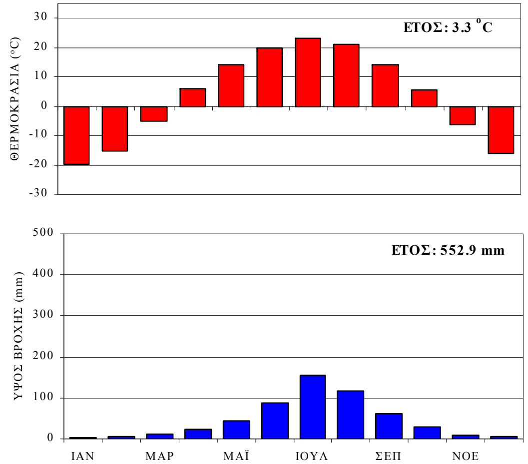
ANADYR (RUSSIA)
φ=64.78°N, λ=177.50°E

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: Dsc



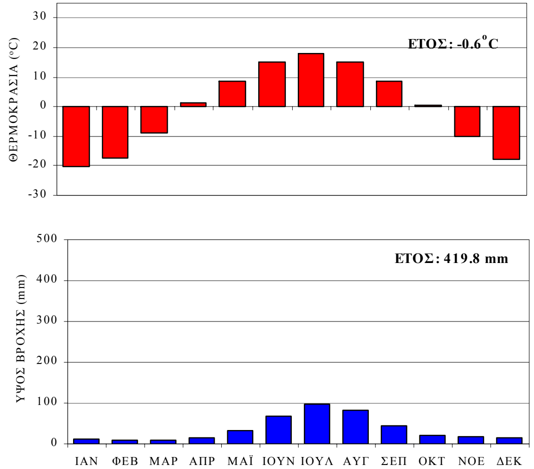
HARBIN (CHINA)
φ=45.75°N, λ=126.70°E

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: Dwa



IRKUTSK (RUSSIA)
φ=52.27°N, λ=104.30°E

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: Dwc



ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος Ε)

ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ: Το **πολικό κλίμα** επικρατεί στις Βόρειες ακτές της Αμερικής και της Ευρασίας, στην Γροιλανδία και στην Ανταρκτική. Χαρακτηρίζεται από χαμηλές θερμοκρασίες όλο το χρόνο.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ: $T_\theta < 10^oC$

ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

***T*: Τούντρα (Tundra)** Κριτήριο: $0^oC < T_\theta < 10^oC$

***F*: Παγοκάλυψη (Ice cap)** Κριτήριο: $T_\theta < 0^oC$.

ΜΕΤΑΓΕΝΕΣΤΕΡΟΙ ΤΥΠΟΙ

***H*: Ορεινό κλίμα (Highlands)** Κριτήριο: $T_\theta < 10^oC$

Οι κλιματολόγοι μετά τον Koppen πρόσθεσαν και μια έκτη κατηγορία κλιμάτων που αποτελεί **παραλλαγή της *Ε*** (αφού έχει το ίδιο κριτήριο) και χαρακτηρίζει τα κλίματα με μεγάλο υψόμετρο (γενικά πάνω από τα 1500 m), ανεξάρτητα από το γεωγραφικό πλάτος.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος E)

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ο τύπος ET χαρακτηρίζεται από έδαφος που είναι μόνιμα παγωμένο, ενώ το καλοκαίρι όπου ο θερμός καιρός λειώνει τον πάγο που υπάρχει στο ανώτερο εδαφικό στρώμα, η τούνδρα γίνεται βαλτώδης και λασπώδης. Η μέση ετήσια βροχή είναι μικρή (<200mm) και σε χαμηλότερα πλάτη το κλίμα θα χαρακτηριζόταν ξηρό, αλλά η πολύ μικρή εξάτμιση έχει αποτέλεσμα να υπάρχει αρκετή υγρασία στην ατμόσφαιρα. Επειδή η περίοδος ανάπτυξης των φυτών είναι πολύ μικρή η βλάστηση της τούνδρας αποτελείται από βρύα, λειχήνες, πολύ μικρά δένδρα και διασκορπισμένη ξυλώδη χαμηλή βλάστηση. Παρά το γεγονός ότι στις περιοχές αυτές το καλοκαίρι υπάρχει μεγάλη ηλιοφάνεια, η γωνία του ηλίου και η ανακλαστικότητα του εδάφους έχουν αποτέλεσμα τα πολύ δροσερά καλοκαίρια. Το ΕΘΕ είναι μεγάλο.

Ο τύπος EF εμφανίζεται στο εσωτερικό της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής όπου οι περιοχές είναι μόνιμα καλυμμένες από χιόνι και πάγο πάχους εκατοντάδων μέτρων και η ανάπτυξη φυτών είναι αδύνατη. Η θερμοκρασία ποτέ δεν ξεπερνάει τους 0^oC, ακόμη και το καλοκαίρι. Στον τύπο αυτό συναντώνται τα ψυχρότερα μέρη του κόσμου. Η μέση ετήσια κατακρήμνιση είναι πολύ μικρή (<100 mm) και η περισσότερη πέφτει σαν χιόνι κατά τη θερμή περίοδο.

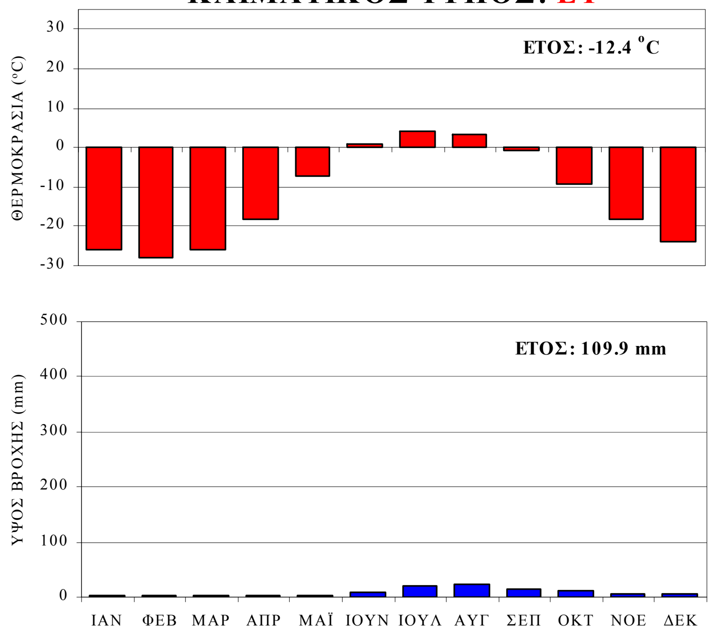
Ο τύπος Η χαρακτηρίζει το πολικό κλίμα που συναντάται στα μεγάλα υψόμετρα δεδομένου ότι η θερμοκρασία μειώνεται με το υψόμετρο. Έχει εκτιμηθεί ότι η μεταβολή στα κλιματικά χαρακτηριστικά για υψομετρική μετακίνηση κατά 330 μέτρα, ισοδυναμεί στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη με οριζόντια μετακίνηση 320 km (3^o πλάτους).

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN (Τύπος E)
Ετήσια διακύμανση κλιματικών μεταβλητών

BARROW, ALASKA (USA)

φ=71.30°N, λ=156.69°W, h=13m

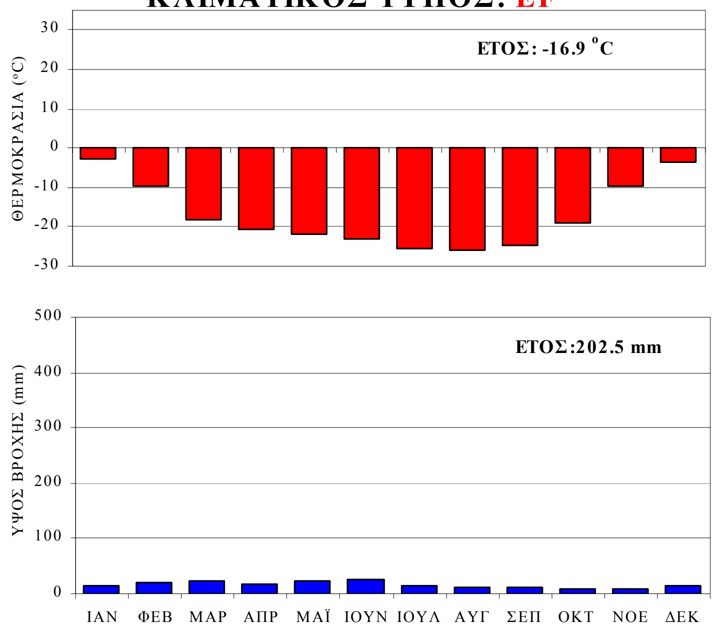
ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: ET



MCMURDO (ANTARCTICA)

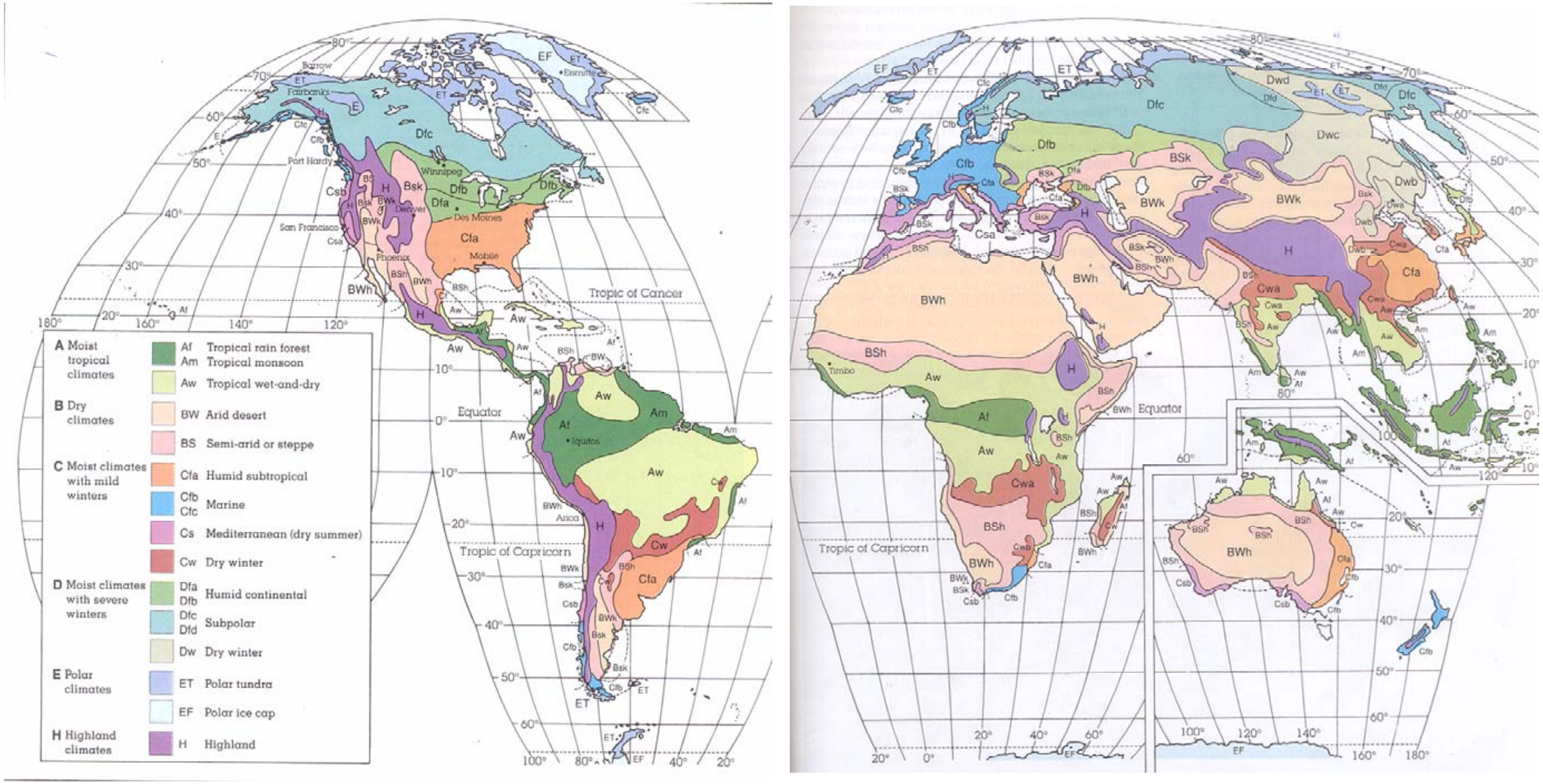
φ=77.84°S, λ=166.60°E

ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ: EF



ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ KOPPEN

Κλιματικές ζώνες



Πηγή: Ahrens, 1993

ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Γεωγραφικά χαρακτηριστικά Ελλαδικού χώρου

- Βρίσκεται ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη 34-42^o Β δηλαδή στη περιοχή δράσης των εξωτροπικών κυκλώνων.
- Η κατανομή ξηράς-θάλασσας είναι 1:3 και το μήκος ακτών είναι πολύ μεγάλο (περίπου 15.000 χιλιόμετρα).
- Χαρακτηρίζεται από πλούσιο ανάγλυφο, ιδίως στα δυτικά.

Κλιματικά χαρακτηριστικά

- Τα βόρεια τμήματα επηρεάζονται από τους παράγοντες που καθορίζονται από το κλίμα της ΝΑ Ευρώπης ενώ τα νότια τμήματα χαρακτηρίζονται από θαλάσσιο Μεσογειακό κλίμα.
- Το χειμώνα η περιοχή βρίσκεται κάτω από την επιρροή του Σιβηρικού αντικυκλώνα ή των διέρχομενων από δυτικά υφέσεων. Το καλοκαίρι βρίσκεται κάτω από την επιρροή του αντικυκλώνα του Ατλαντικού και του χαμηλού των Ινδιών.

ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες

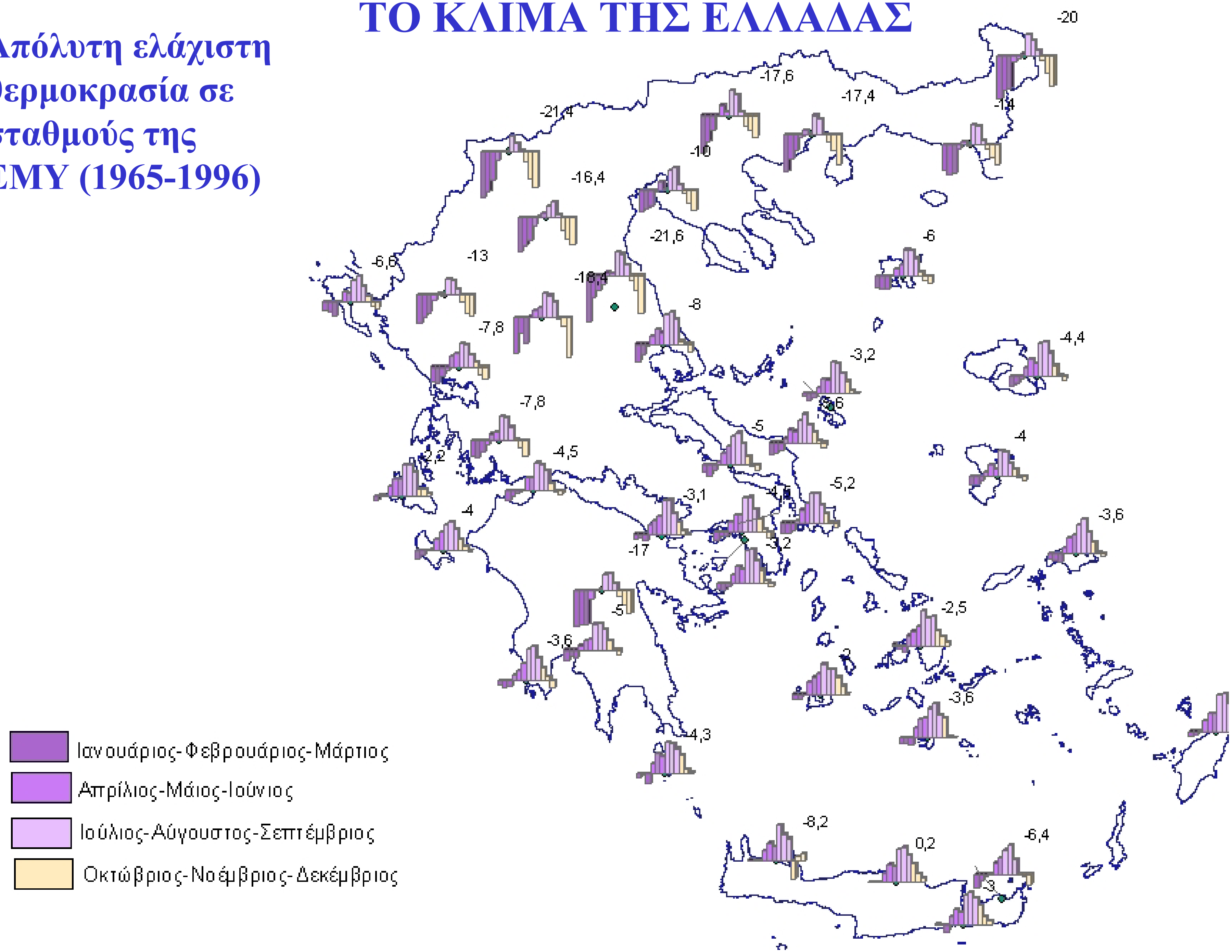
ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία σε σταθμούς της ΕΜΥ (1965-1996)

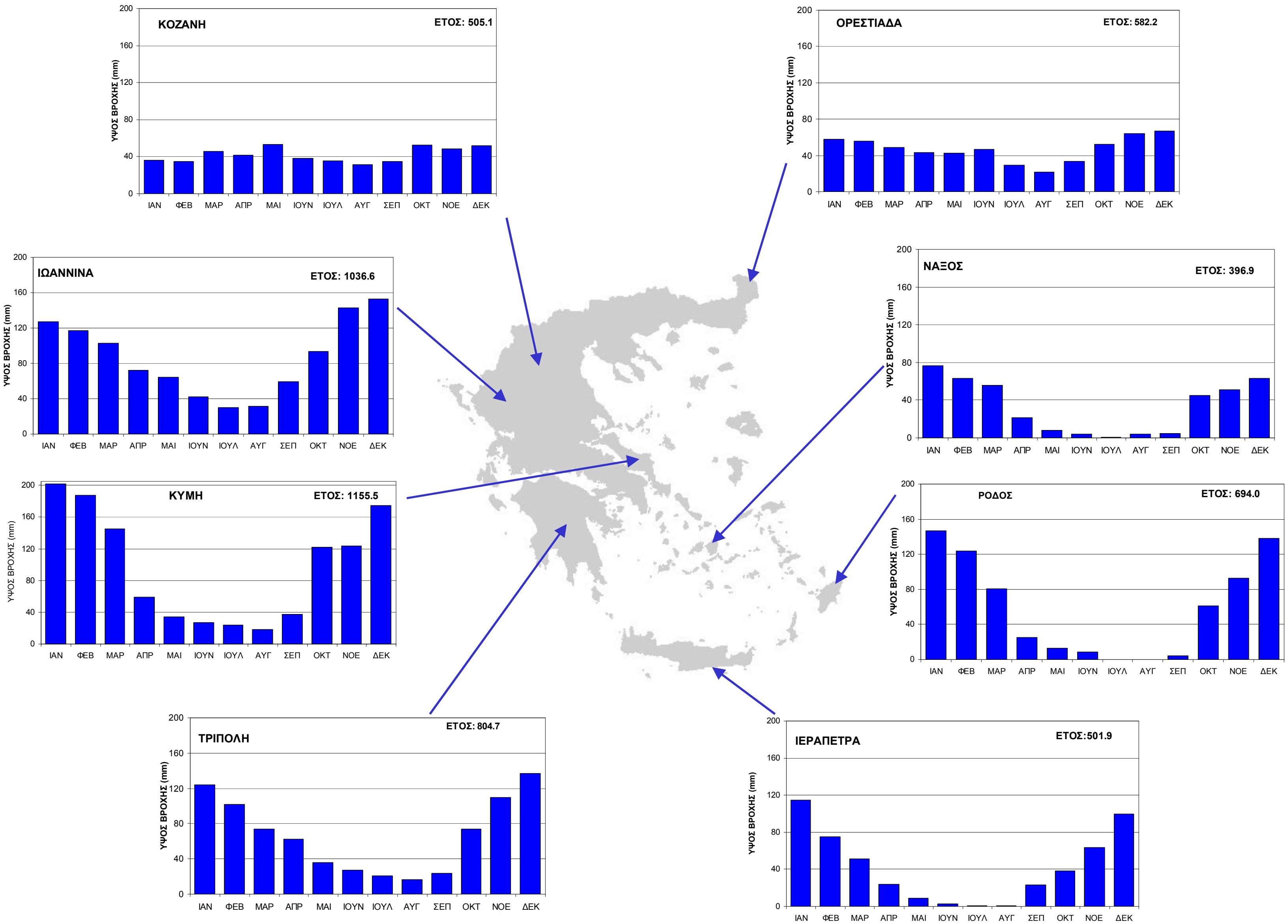
- Ιανουάριος-Φεβρουάριος-Μάρτιος
- Απρίλιος-Μάιος-Ιούνιος
- Ιούλιος-Αύγουστος-Σεπτέμβριος
- Οκτώβριος-Νοέμβριος-Δεκέμβριος

ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

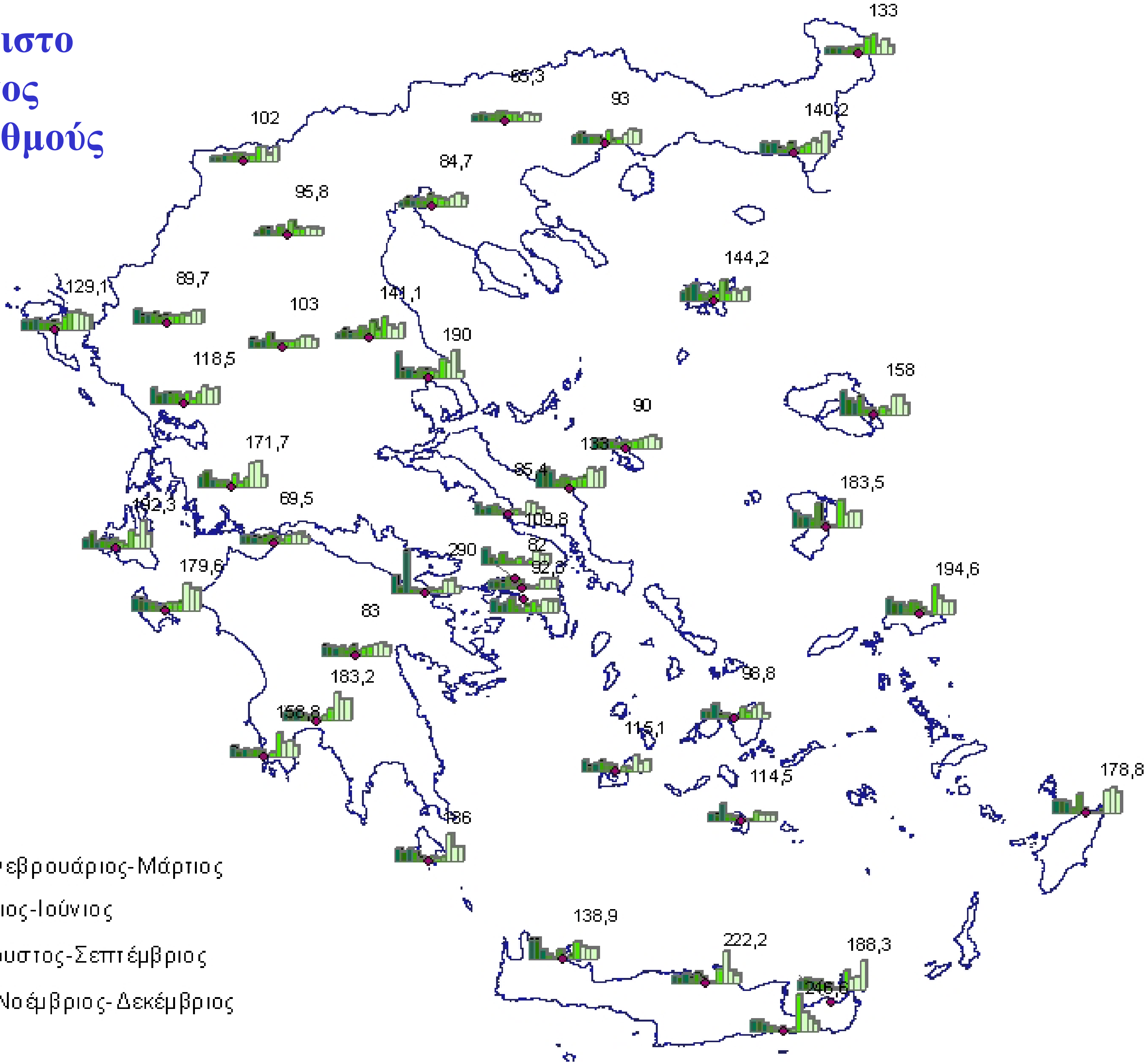
Απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία σε σταθμούς της ΕΜΥ (1965-1996)



ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
Μέσες μηνιαίες κατακρημνίσεις

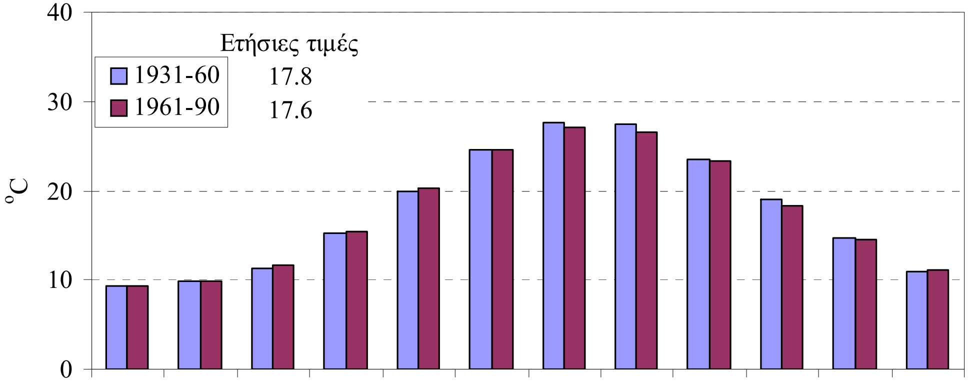


Απόλυτο μέγιστο ημερήσιο ύψος υετού σε σταθμούς της ΕΜΥ 1965-1996

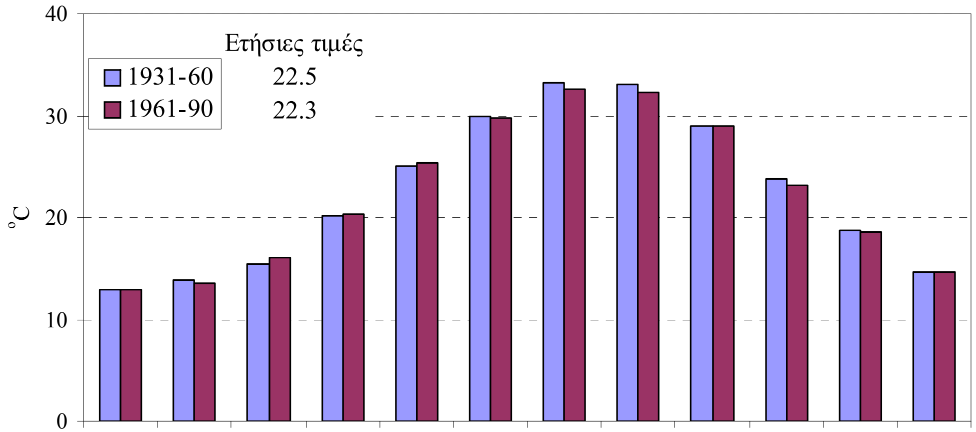


Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών,
Λόφος Νυμφών Θησείο
(πλάτος 37 58'N, μήκος 23 43' Ε,
υψόμετρο107 m)

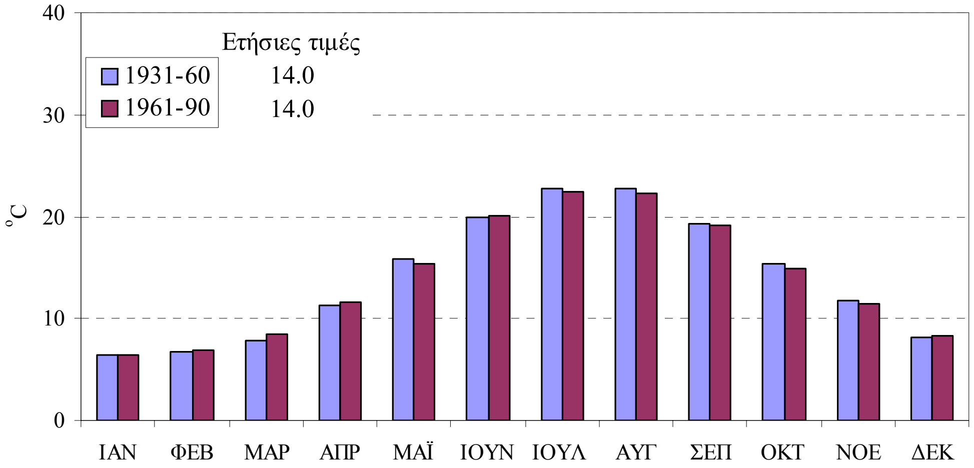
Μέση μηνιαία θερμοκρασία



Μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία



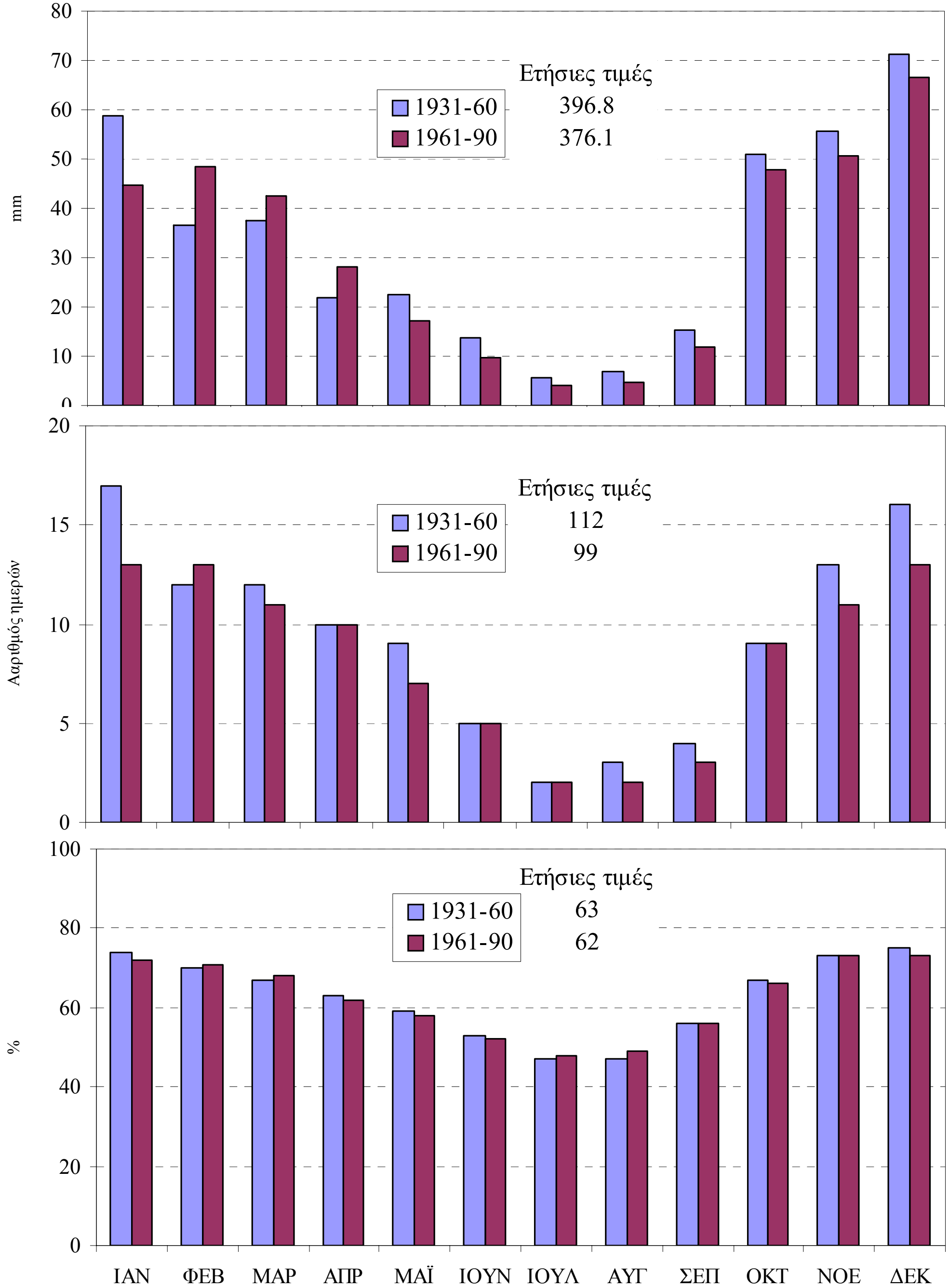
Μέση ελάχιστη μηνιαία θερμοκρασία



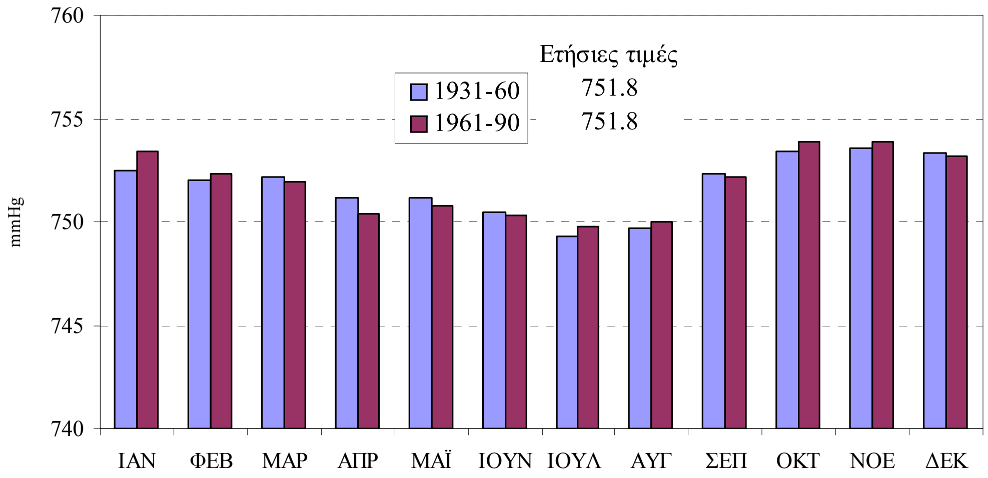
Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm)

Μέσος μηνιαίος αριθμός ημερών με βροχή

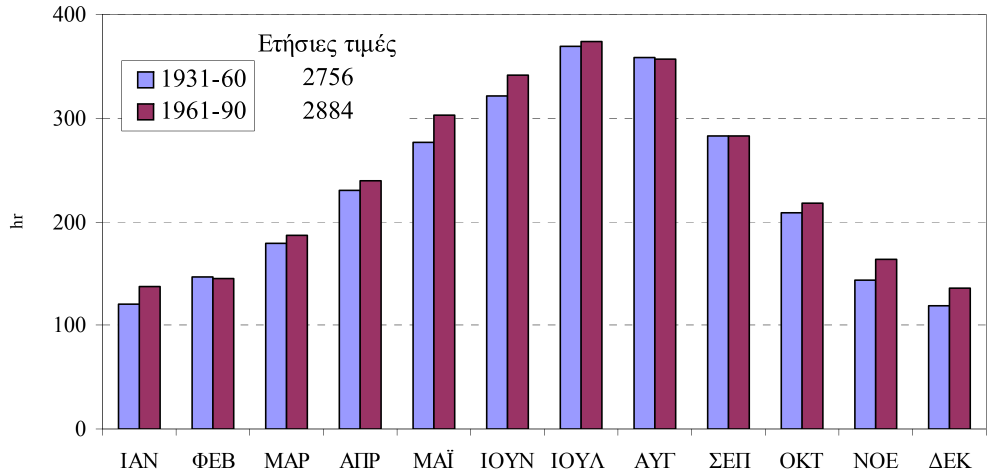
Μέση μηνιαία σχετική υγρασία (%)



Μέση μηνιαία ατμοσφαιρική πίεση (mmHg)



Μέσος μηνιαίος αριθμός ωρών ηλιοφάνειας



Κλιματικά δεδομένα

ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ 1 ΕΛΕΓΧΟΥ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΜΙΑ 675
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ 38^0 51' ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ 22^0 24'
ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ 14.3 ΜΕΤΡΑ ΥΨΟΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΒΑΡΟΜ. 17.4 ΜΕΤΡΑ ΥΨΟΣ ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΟΥ 12.0 ΜΕΤΡΑ

DATCLIM
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1970 - 1997

ΠΙΝΑΚΑΣ **Α**

ΜΗΝΕΣ	Μέση πίεση σε hPa στην επιφ. θάλασσας	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ °C Μέση	Τυπική απόκλιση	Μέση μέγιστη	Τυπική απόκλιση	Μέση ελάχιστη	Τυπική απόκλιση	Απολύτως μέγιστη	Απολύτως ελάχιστη	Μέση των απολύτως μεγίστων	Τυπική απόκλιση	Μέση των απολύτως ελαχίστων	Τυπική απόκλιση	Μέση σχετική υγρασία %	Τυπική απόκλιση	Μέση ηλιοφάνεια σε ώρες	Τυπική απόκλιση	Μέση νέφωση σε όγδοα	ΥΕΤΟΣ Μέσο ύψος σε χλσμ	Μέγιστο 24ωρου σε χλσμ	Επικρατούσα διεύθυνση ανέμου	Μέση ένταση ανέμου σε κόμβους
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1020,0	7,1	1,4	11,6	1,6	3,5	1,8	25,0	-6,2	19,1	2,4	-2,6	2,2	76,5	6,1	125,1	27,4	4,8	64,4	58,8	ΒΔ	5,3
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1018,1	8,0	1,7	12,6	2,1	3,9	2,0	26,3	-6,6	20,2	2,8	-1,7	2,7	74,5	6,0	115,7	34,4	4,9	65,2	51,2	ΒΔ	5,5
ΜΑΡΤΙΟΣ	1016,8	10,5	1,7	15,3	2,2	5,9	1,9	26,6	-6,9	22,9	2,2	-0,2	2,3	71,5	6,5	158,0	40,0	4,6	60,9	74,7	ΒΔ	5,8
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1013,4	14,8	1,5	20,0	1,9	9,3	1,6	35,3	-0,2	27,1	2,7	4,1	2,2	65,0	6,6	206,1	38,9	4,3	46,0	41,9	ΒΔ	6,3
ΜΑΙΟΣ	1014,1	20,1	1,3	25,4	1,5	13,8	1,5	39,6	4,4	32,4	2,8	8,5	2,5	59,1	5,1	252,0	29,2	3,8	34,1	52,5	Α	6,3
ΙΟΥΝΙΟΣ	1012,9	25,3	0,9	30,8	1,1	18,0	1,5	42,3	9,0	37,7	2,2	12,9	2,0	49,9	3,2	313,9	24,8	2,7	22,4	52,1	Α	6,6
ΙΟΥΛΙΟΣ	1012,7	26,9	0,9	32,3	1,0	19,7	1,8	46,5	12,6	38,9	2,7	15,8	1,8	50,0	5,0	327,7	24,5	2,1	18,8	53,9	Α	6,3
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1013,6	25,9	0,9	31,6	1,1	19,1	1,8	43,8	12,8	37,2	2,2	15,2	1,6	54,2	5,3	307,1	22,1	2,0	27,0	79,0	Α	5,8
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1016,3	22,4	1,0	28,5	1,3	16,2	1,8	37,4	7,4	34,3	1,7	11,8	2,6	59,7	3,4	244,1	16,4	2,5	17,4	47,8	Α	5,2
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1018,8	16,9	1,7	22,4	2,0	12,0	1,9	37,4	-1,2	29,9	2,5	5,6	3,2	70,4	5,5	166,5	32,3	3,9	71,4	153,8	ΒΔ	4,8
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1019,0	11,8	1,4	16,7	1,6	7,9	1,6	30,0	-3,0	23,4	2,6	1,9	2,6	75,5	5,9	129,0	31,2	4,4	72,9	105,9	ΒΔ	4,6
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1019,5	8,3	1,6	12,9	1,7	4,7	1,8	25,4	-7,0	20,1	2,9	-1,2	2,2	76,8	5,8	108,8	22,5	4,7	73,3	67,1	ΒΔ	5,1
ΕΤΟΣ	1016,3	16,5		21,7		11,2		46,5	-7,0	28,6		5,8		65,3		2454,0		3,7	573,8	153,8		5,6

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Ηλιοφάνεια 1977 - 1993

Απολ. Μέγιστη θερμ. 46.5 °C σημειώθηκε την 19-07-73

Απολ. Ελάχιστη θερμ. -7.0 °C σημειώθηκε την 27-12-86

Μέγιστο ύψος υετού 24ώρου 153.8 χλσμ σημειώθηκε την 22-10-94

Κλιματικά δεδομένα

ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ 1 ΕΛΕΓΧΟΥ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΣΕΛΙΔΑ 122

ΠΙΝΑΚΑΣ **B**

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

DATCLIM

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΛΑΜΙΑ 675

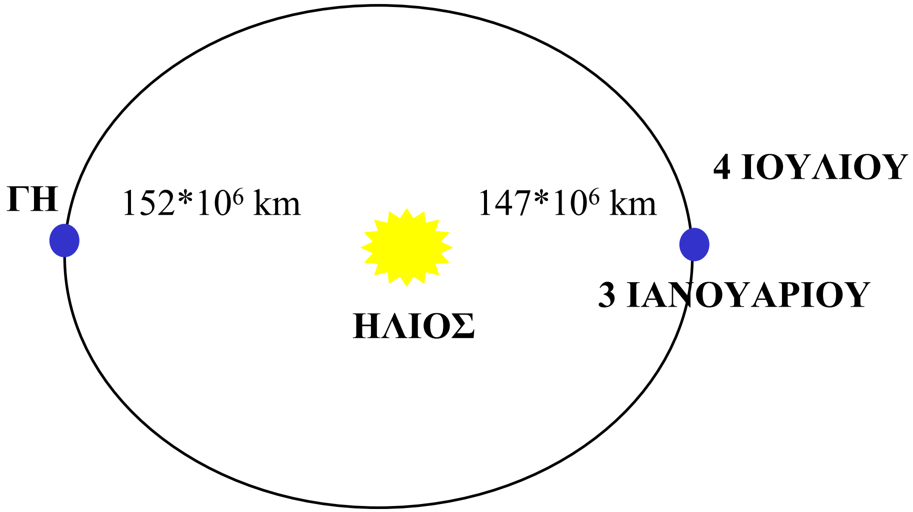
ΠΕΡΙΟΔΟΣ 1970 - 1997

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ 38^0 51' ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ 22^0 24'
ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ 14.3 ΜΕΤΡΑ ΥΨΟΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΒΑΡΟΜ. 17.4 ΜΕΤΡΑ ΥΨΟΣ ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΟΥ 12.0 ΜΕΤΡΑ

ΜΗΝΕΣ	ΜΕΣΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΩΝ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΣΗΜΕΙΩΘΗΚΕ															
	Νεφωση (0-1.5)/8	Νέφωση(1.6-6.4)/8	Νεφωση (6.5-8)/8	Υετός	Βροχή	Χιόνι	Καταιγίδα	Χαλάζι	Χιονοσκεπές έδαφος	Ομίχλη	Δρόσος	Πάχνη	Ελάχιστη θερμοκρασία < ή = από 0.0 °C	Μέγιστη θερμοκρασία < ή = από 0.0 °C	ταχύτητα ανέμου > ή = από 6 Μπωφόρ	ταχύτητα ανέμου > ή = από 8 Μπωφόρ
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	5,9	14,6	10,4	13,3	12,0	1,5	0,4	0,0	0,4	0,7	10,4	5,4	5,9	0,1	0,7	0,0
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	4,9	13,4	9,9	13,1	12,3	1,3	0,6	0,1	0,5	0,6	8,6	3,1	4,5	0,0	0,7	0,0
ΜΑΡΤΙΟΣ	6,0	16,4	8,6	12,6	11,6	0,8	0,8	0,1	0,6	1,0	10,7	1,0	1,9	0,0	1,0	0,0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	5,4	18,8	5,8	10,6	9,6	0,0	1,6	0,0	0,0	0,4	10,4	0,0	0,0	0,0	1,4	0,1
ΜΑΙΟΣ	6,6	20,8	3,5	8,7	7,4	0,0	3,0	0,0	0,0	0,1	8,8	0,0	0,0	0,0	0,9	0,0
ΙΟΥΝΙΟΣ	12,3	17,0	0,7	5,2	4,4	0,0	3,8	0,1	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
ΙΟΥΛΙΟΣ	16,6	13,9	0,5	3,7	3,1	0,0	3,7	0,1	0,0	0,3	4,3	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	17,9	12,8	0,3	4,2	3,5	0,0	3,3	0,0	0,0	0,1	6,3	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	14,5	14,2	1,3	4,3	3,6	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	9,1	15,4	6,6	10,5	10,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,5	11,9	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	6,4	15,3	8,3	11,1	10,6	0,2	1,6	0,1	0,0	0,4	14,1	0,5	0,6	0,0	0,4	0,0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	5,7	16,0	9,3	13,1	12,0	0,9	0,9	0,0	0,8	0,8	12,6	2,8	3,5	0,0	0,6	0,0
ΕΤΟΣ	111,3	188,6	65,2	110,4	100,1	4,7	23,3	0,5	2,3	4,9	112,9	12,8	16,4	0,1	7,8	0,1

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ
Κινήσεις της γης

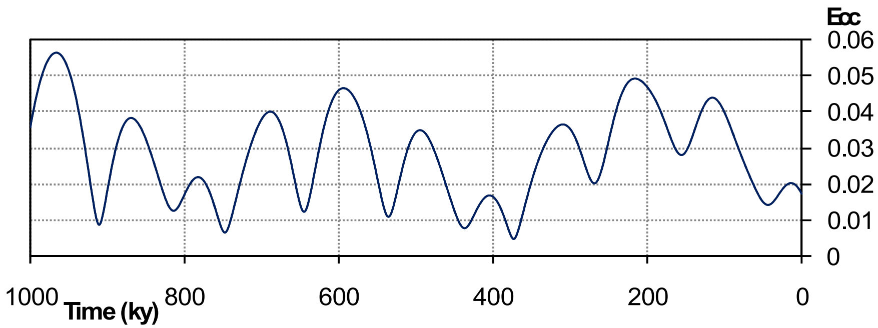
1. ΤΡΟΧΙΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟΝ ΗΛΙΟ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 365.25 ΗΜΕΡΕΣ

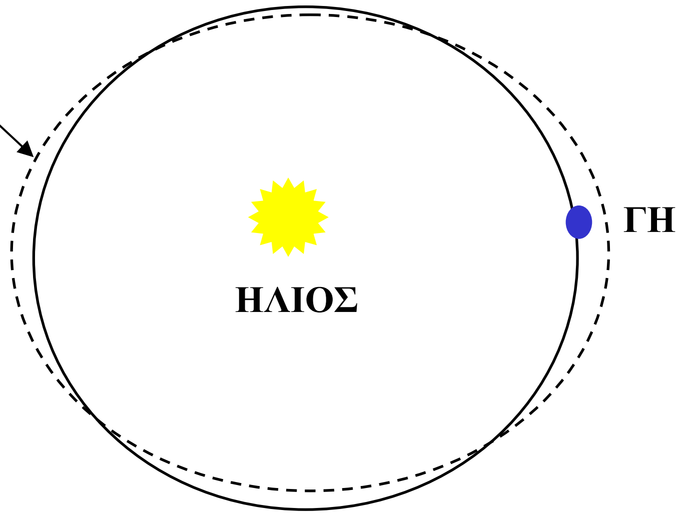


2. ΤΡΟΧΙΑ ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ
ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 24 ΩΡΕΣ

3. ΔΙΑΤΑΣΗ ΤΡΟΧΙΑΣ (ECCENTRICITY)
ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 95.000 ΕΤΗ

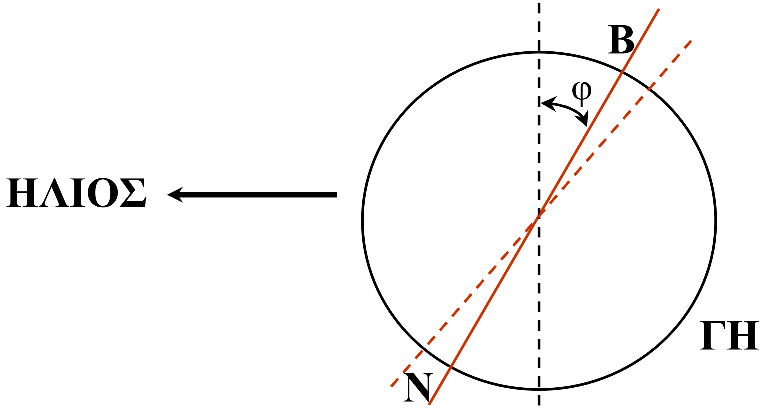
Εκκεντρότητα
Διακύμανση: 0-5%
Σημερινή: 1.7%





ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ
Κινήσεις της γης

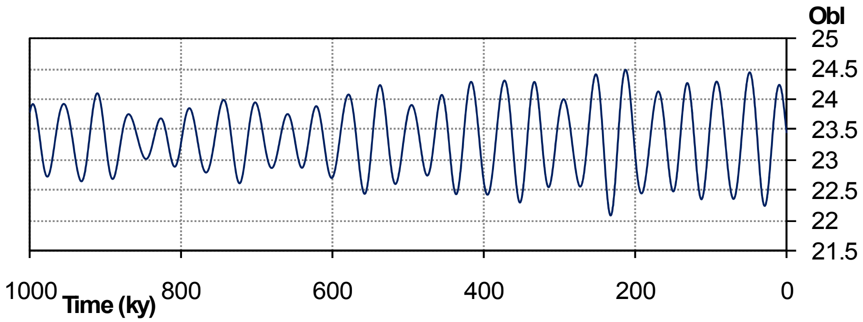
4. ΚΑΜΨΗ ΤΟΥ ΑΞΟΝΑ (OBLIQUITY)
ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 41.000 ΕΤΗ



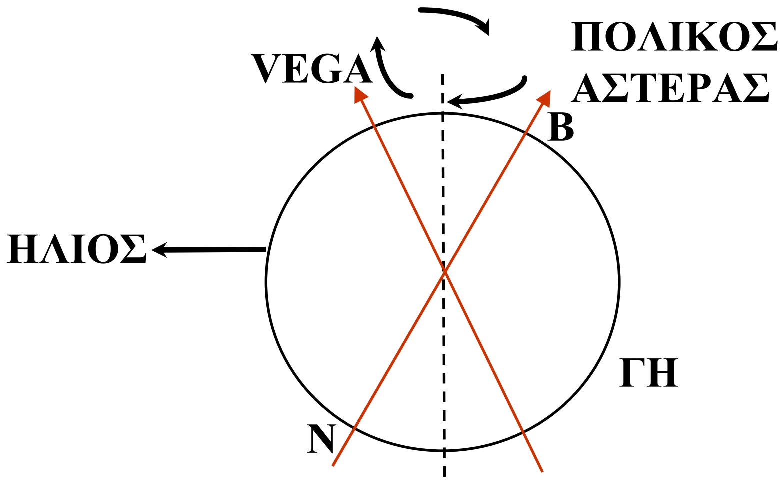
Ελάχιστή κάμψη φ=21.8°

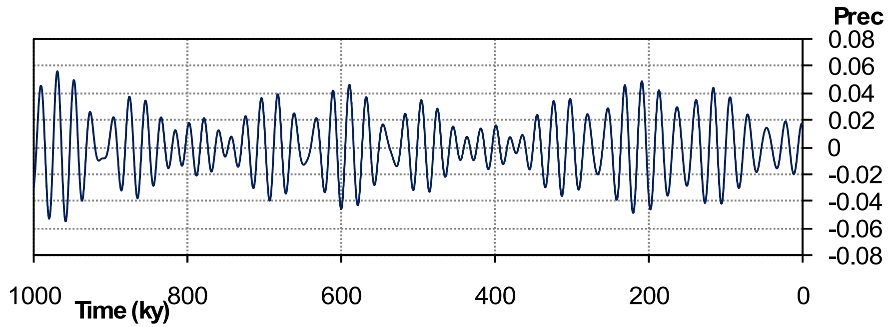
Μέγιστη κάμψη φ=24.4°

Σημερινή κάμψη φ=23.5°



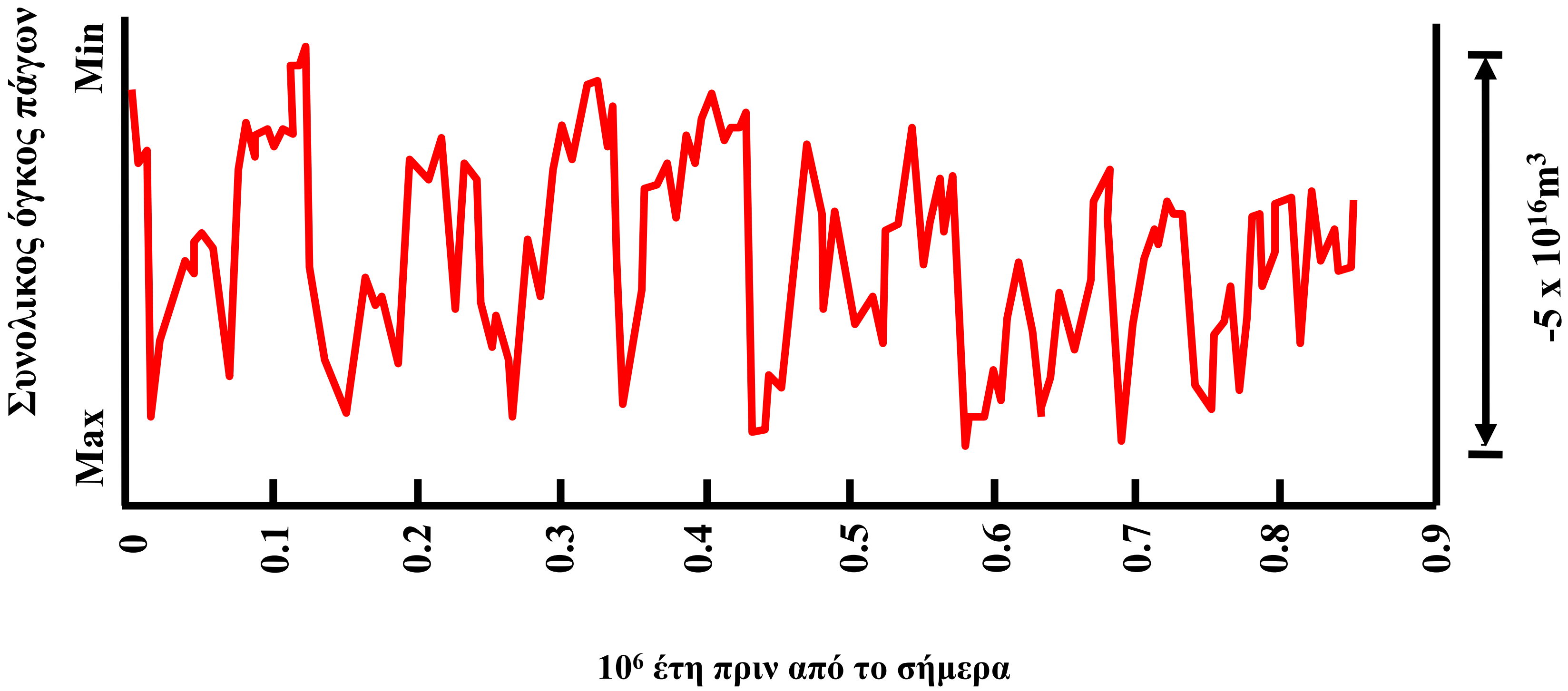
5. ΤΑΛΑΝΤΕΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗΣ ΤΟΥ ΑΞΟΝΑ (PRECESSION)
ΠΕΡΙΟΔΟΣ: 21.000 ΕΤΗ





ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ
Ιστορική εξέλιξη υδρομετεωρολογικών μεταβλητών

Διακύμανση του όγκου πάγων



Πηγή: Mason, 1976

Κλιματική αλλαγή

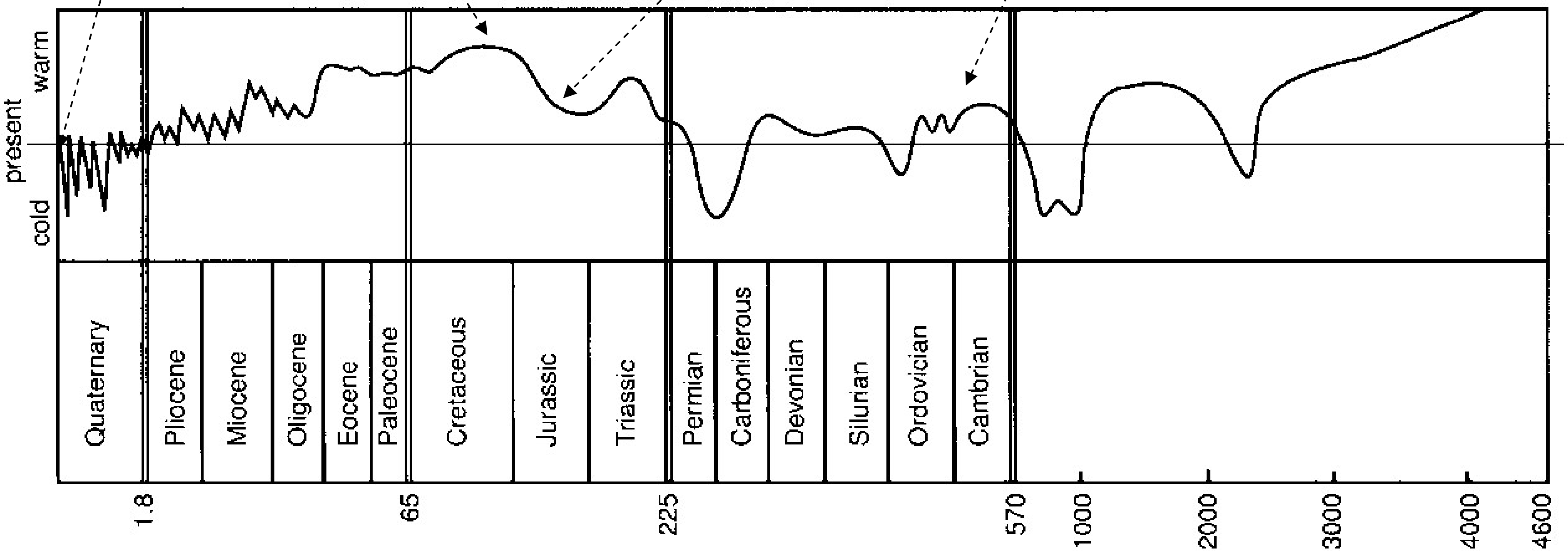
Χρονική εξέλιξη της θερμοκρασίας της γης

Συγκέντρωση CO_2: ***390 ppm***

Συγκέντρωση CO_2: ***1000 ppm***

Συγκέντρωση CO_2: ***2000 ppm***

Συγκέντρωση CO_2: ***7000 ppm***



Μεταβλητή χρονική κλίμακα σε έτη $*10^6$

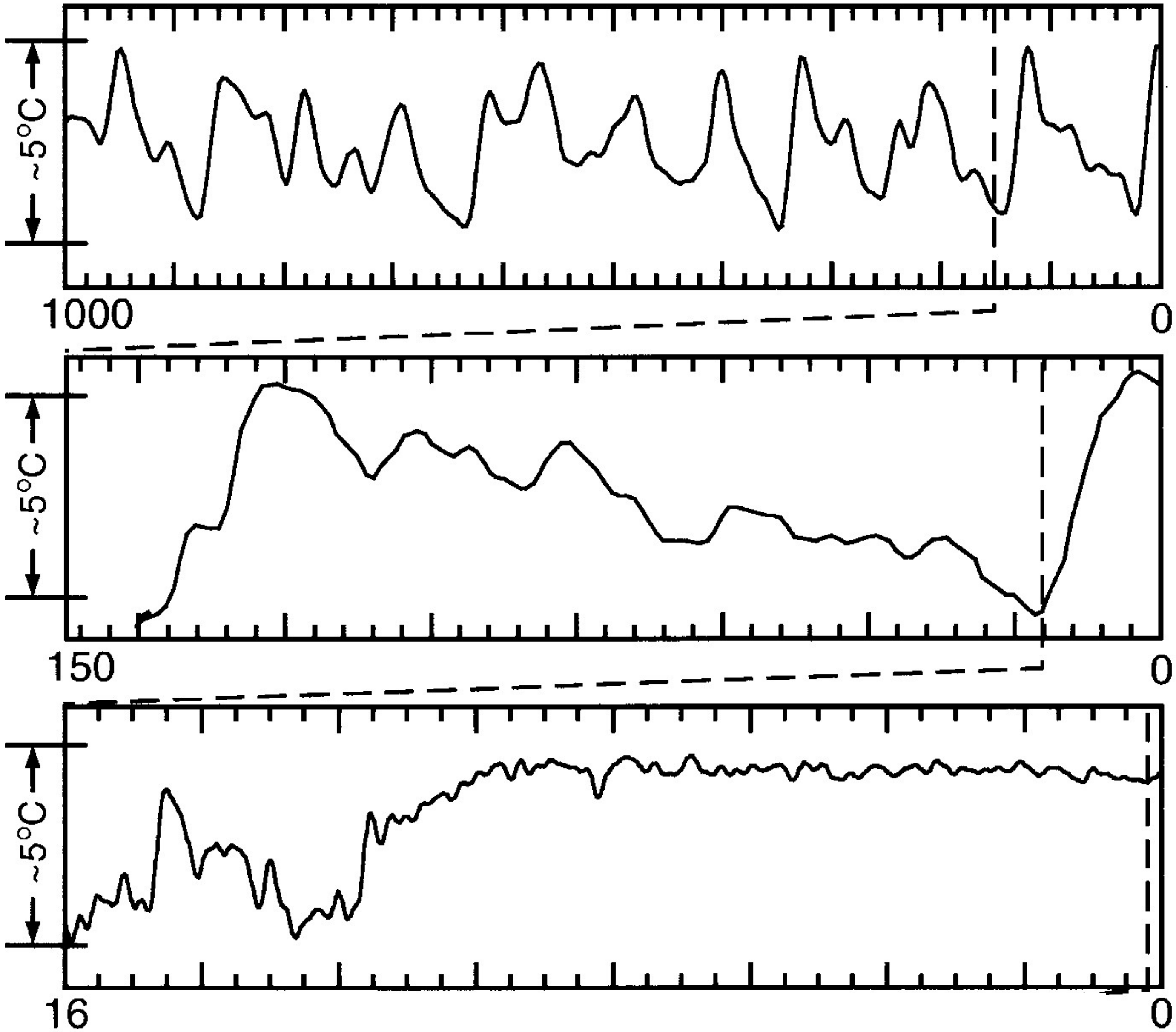
ΠΗΓΗ: Barry Saltzman, Dynamical Paleoclimatology: Generalized Theory of Global Climate Change, Academic Press, New York, 2002, fig. 1-3.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ ΤΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ:

1.000.000 ΕΤΗ

150.000 ΕΤΗ

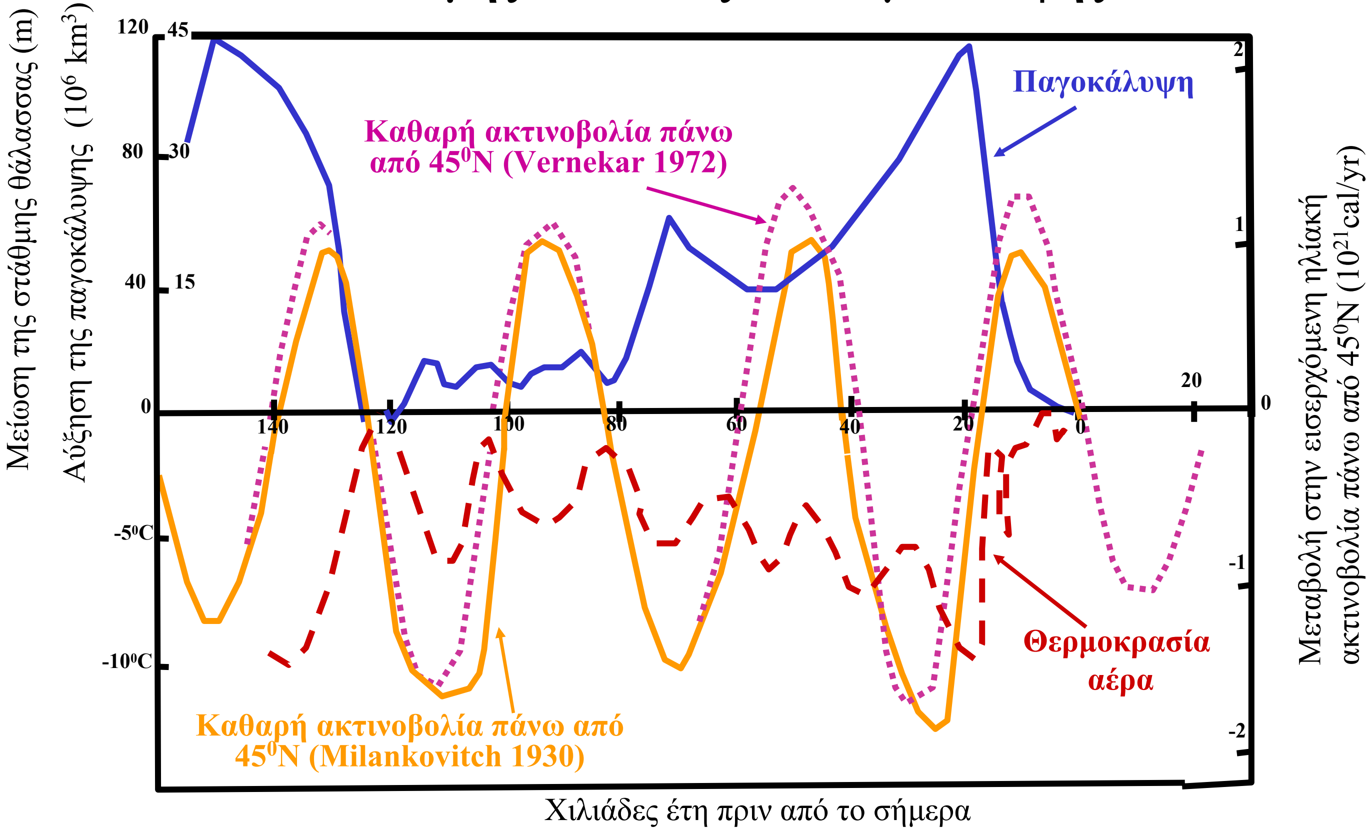
16.000 ΕΤΗ



ΠΗΓΗ: Barry Saltzman, *Dynamical Paleoclimatology: Generalized Theory of Global Climate Change*, Academic Press, New York, 2002, fig. 3-4.

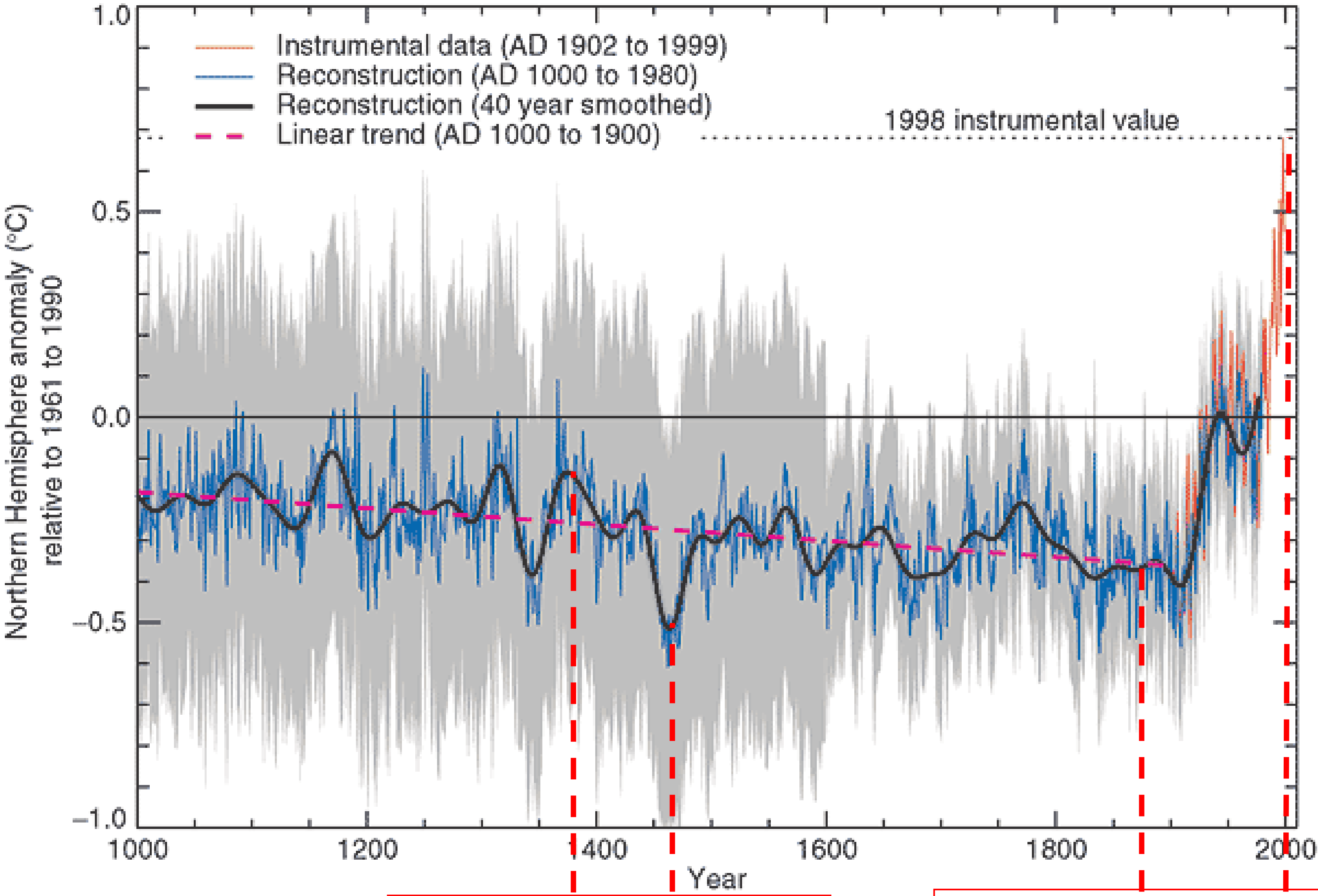
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ
Ιστορική εξέλιξη υδρομετεωρολογικών μεταβλητών

Διακύμανση της θερμοκρασίας, ηλιακής ακτινοβολίας, στάθμης θάλασσας και παγοκάλυψης



Πηγή: Mason, 1976

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ ΤΑ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ 1000 ΧΡΟΝΙΑ



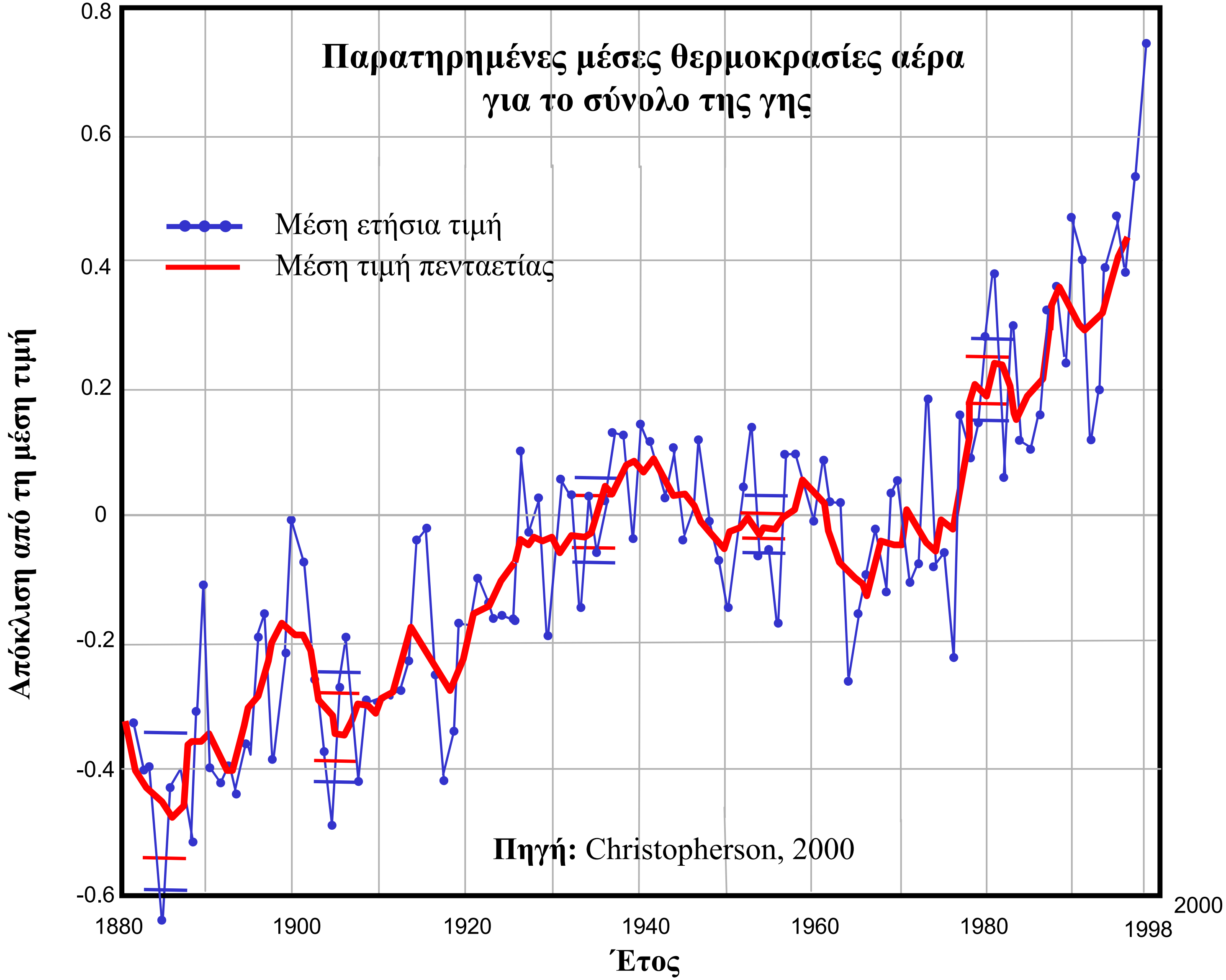
Donatello, (1386-1466). Ιταλός γλύπτης της Αναγέννησης. Βίωσε πτώση θερμοκρασίας 0.4 ^{o}C.

Jeanne Louise Calment, (1875-1997). Γαλλίδα με την μεγαλύτερη επιβεβαιωμένη διάρκεια ζωής στον κόσμο. Βίωσε άνοδο θερμοκρασίας 0.9 ^{o}C.

ΠΗΓΗ: Mann, Bradley and Hughes *Climate Change 2001: The Scientific Basis*.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Ιστορική εξέλιξη υδρομετεωρολογικών μεταβλητών



ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Ιστορική πραγματικότητα στην Ευρώπη

Λιώνουν οι πάγοι σε μεγάλο τμήμα της Γροιλανδίας	985 (μ.Χ.)
Το καλοκαίρι στην Ευρώπη ξεκινά τον Απρίλιο ή το Μάρτιο, είναι θερμότερο, μεγάλης διάρκειας και με ελάχιστες βροχές	1420, 1473, 1540, 1893
Στο Παρίσι και πιο νότια τα δένδρα ανθίζουν τα Χριστούγεννα	1357, 1361
Ο Τάμεσης σχεδόν ξεραίνεται (μετατρέπεται σε ρυάκι και διασχίζεται με τα πόδια), ενώ η θάλασσα προωθείται μέχρι τη Γέφυρα του Λονδίνου	1114, 1325-1326, 1538-1541, 1665-1666, 1716
Μέσα σε δεκαετίες γίνονται εναλλαγές ψυχρών και θερμών περιόδων	1330-1340 (μετάβαση από τη θερμή μεσαιωνική περίοδο στο «μικρο-παγετωνικό αιώνα»)
Διαδοχικά ψυχρά καλοκαίρια δεν επιτρέπουν ωρίμανση των φρούτων (π.χ. σταφυλιών)	1435-1347, 1812-1817

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Ιστορική πραγματικότητα στην Ελλάδα

Φθινόπωρο και χειμώνας χωρίς καθόλου βροχή (σαν να είναι καλοκαίρι)	1680/1681, 1695/1696, 1712-1714
Συνεχείς βροχές γεννούν πλημμύρες και δεν επιτρέπουν την καλλιέργεια αγροτικών προϊόντων	1684/1685
Πυκνές χιονοπτώσεις, μόνιμα χιόνια σε όλη τη διάρκεια του έτους ακόμη και στην Κρήτη	1699/1700
Κρύοι χειμώνες, λίμνες (π.χ. Ιωαννίνων) παγωμένες για τρεις μήνες	1686/1687

Συνέπειες: Λιμοί, επιδημίες, καταστροφές, εκτόξευση τιμών, πυρκαγιές
Αντιμετώπιση: Προσευχή, λιτανείες

Πηγές: J.H. Brazell (1968), *London Weather*, HMSO (Meteorological Office)

H.H. Lamb (1982), *Climate, History and the Modern World*, Methuen

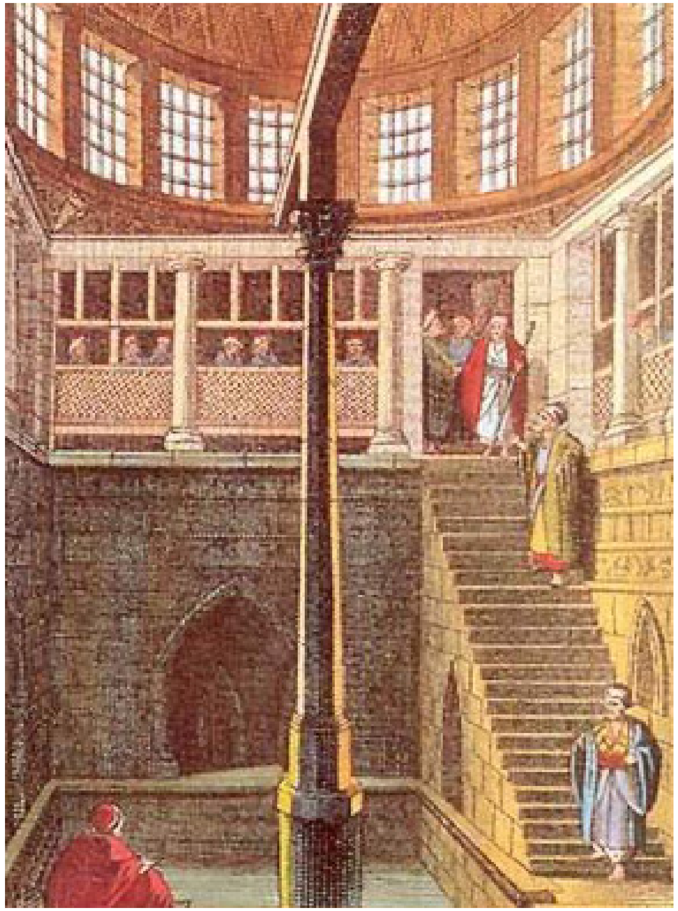
C. Pfister (1988), Variations in the spring-summer climate of central Europe from the high middle ages to 1850, Lecture notes in earth sciences, Vol. 16, Long and short term variability of climate, edited by H. Wanner, U. Siegenthaler, pp. 57-82, Berlin

E. Xoplaki, P. Maheras and J. Luterbacher (2001), Variability of climate in Meridional Balkans during the periods 1675–1715 and 1780–1830 and its impact on human life, *Climatic Change,* 48: 581–615

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

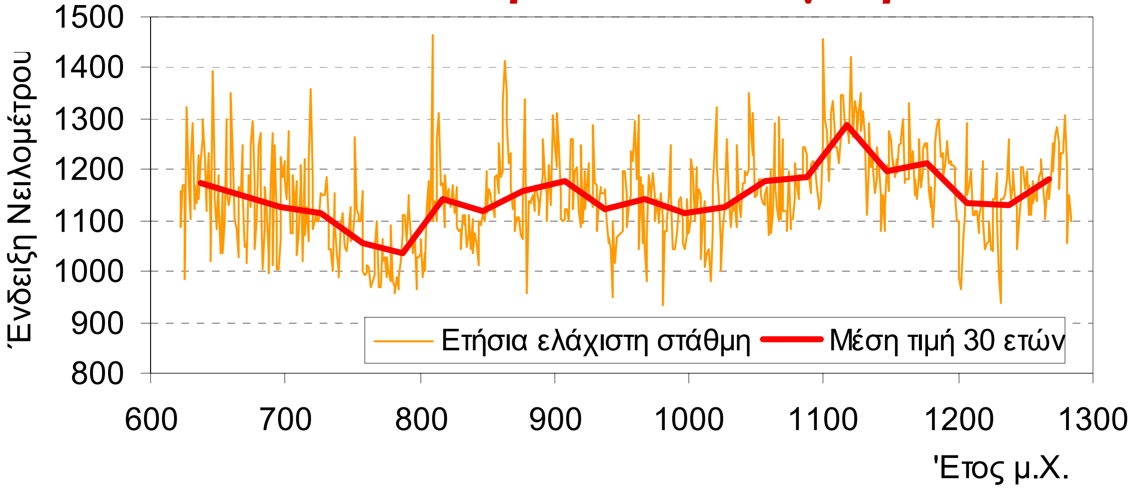
Παρατηρήσεις πάνω στα ιστορικά γεγονότα

- 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

Η σειρά του Νειλομέτρου



ΑΙΤΙΕΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Αλλαγές στην ατμοσφαιρική σύνθεση, την νέφωση και την γήινη ανακλαστικότητα μέσα από θετικούς (αυξανόμενους) και αρνητικούς (αυτορυθμιζόμενους) μηχανισμούς αλληλεπίδρασης:

•Αύξηση θερμοκρασίας-αύξηση υδρατμών και διαπνοής των φυτών-μείωση του διαλυμένου στους ωκεανούς CO_2 και αύξηση του μεθανίου από τους υγροτόπους-αύξηση των αερίων θερμοκηπίου-αύξηση θερμοκρασίας.

•Αύξηση των πάγων-αύξηση της ανακλαστικότητας-μείωση της θερμοκρασίας-αύξηση χιονιού και πάγων.

•Αύξηση θερμοκρασίας-αύξηση της εξάτμισης και των υψηλών νεφών-αύξηση της ανακλώμενης ηλιακής ακτινοβολίας- μείωση της θερμοκρασίας.

ΜΑΚΡΟΠΡΟΘΕΣΜΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

Μεταβολή της συγκέντρωσης του CO_2

Γεωλογικές μεταβολές

Αστρονομικές μεταβολές

ΒΡΑΧΥΠΡΟΘΕΣΜΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ

Αλλαγές στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία

Ανθρωπογενείς παράγοντες (αλλαγές στην ατμοσφαιρική σύνθεση, καταστροφή όζοντος)

ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ
Παρατηρημένες χρονοσειρές

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Μηνιαίες θερμοκρασίες στην Κεντρική Αγγλία από το 1659 (το μεγαλύτερο ομογενές δείγμα στον κόσμο).

Μηνιαίες θερμοκρασίες Ευρωπαϊκών πόλεων (Μόναχο από το 1781, Βιέννη-Βερολίνο- Παρίσι από το 1761).

ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ

Η πιο γνωστή χρονοσειρά βροχόπτωσης είναι συνδυασμός μετρήσεων από ερασιτέχνες παρατηρητές τον 18^{ο} και 19^{ο} αιώνα στην Αγγλία και Ουαλία που την επεξεργάστηκε ο Symons. Στη συνέχεια άλλοι ερευνητές την έφτασαν μέχρι το 1727 και σήμερα συνεχίζεται από την Μετεωρολογική υπηρεσία της Αγγλίας.

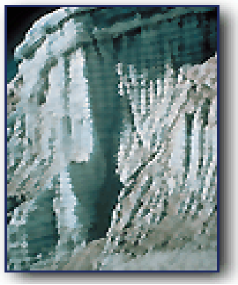
Στην Κίνα με βάση λεπτομερείς αναφορές για ξηρασίες και πλημμύρες για κάθε έτος σε περισσότερα από 100 σημεία ερευνητές έχουν δημιουργήσει χρονοσειρά που αρχίζει από τον 15^{ο} αιώνα. Αν και δεν προέρχεται από μετρήσεις αλλά από ιστορικές παρατηρήσεις είναι σημαντική αναφορά για τις κλιματολογικές συνθήκες.

ΑΠΟΡΡΟΗ

Έχουν βρεθεί χαραγμένες σε πέτρινη επιγραφή οι στάθμες του Νείλου για το χρονικό διάστημα από 3090-2400 π.Χ. Πιο αξιόπιστες αλλά σποραδικές στάθμες υπάρχουν κατά το διάστημα 622-1284 μ.Χ.

ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ
Υποκατάστατα (proxy) δεδομένα

Στρωματωμένοι πυρήνες πάγου
Μετρούμενες μεταβλητές: *Πάχος στρωμάτων, ατμοσφαιρικά αέρια, ισοτοπική σύνθεση, μέταλλα, ηφαιστειακή τέφρα*
Γεωγραφικές περιοχές: *Ανταρκτική, Βολιβία, Γροιλανδία, Η.Π.Α., Καναδάς, Κίνα, Κένυα, Νεπάλ, Περού, Τανζανία*
Εκτιμώμενες κλιματικές μεταβλητές: *Θερμοκρασία, συσσώρευση πάγου, ηλιακή ακτινοβολία*
Χρονική περίοδος: *340.000-800.000 έτη*
Ακρίβεια χρονικής εκτίμησης: *20-1000 έτη*



Ορεινοί παγετώνες
Μετρούμενες μεταβλητές: *Ακραίες θέσεις*
Γεωγραφικές περιοχές: *Ανάμεσα στα γεωγραφικά πλάτη 45°S - 70°N*
Εκτιμώμενες κλιματικές μεταβλητές: *Έκταση των ορεινών παγετώνων*
Χρονική περίοδος: *μέχρι 40.000 έτη (συγκεκριμένα επεισόδια)*
Ακρίβεια χρονικής εκτίμησης: *5%*

Πηγή: http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/

ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Υποκατάστατα (proxy) δεδομένα

Δακτύλιοι δένδρων

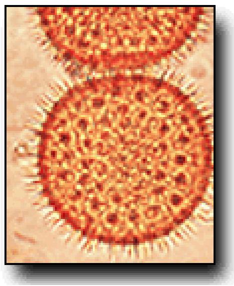
Μετρούμενες μεταβλητές: *Πάχος δακτυλίων, πυκνότητα, ισοτοπική σύνθεση*

Γεωγραφικές περιοχές: *Κυρίως μεσαία και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη των ηπείρων*

Εκτιμώμενες κλιματικές μεταβλητές: *Θερμοκρασία, απορροή, κατακρήμνιση, εδαφική υγρασία*

Χρονική περίοδος: *μέχρι 12.500 έτη*

Ακρίβεια χρονικής εκτίμησης: *1-10 έτη*



Απολιθωμένη γύρη

Μετρούμενες μεταβλητές: *Συγκέντρωση γύρης*

Γεωγραφικές περιοχές: *Μεσαία και μεγάλα γεωγραφικά πλάτη των ηπείρων*

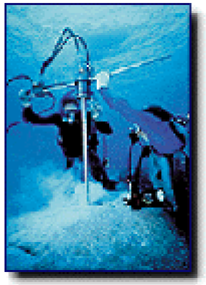
Εκτιμώμενες κλιματικές μεταβλητές: *Θερμοκρασία, κατακρήμνιση, εδαφική υγρασία*

Χρονική περίοδος: *μέχρι 22.000 έτη*

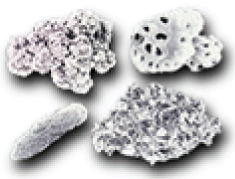
Ακρίβεια χρονικής εκτίμησης: *10 - 1800 έτη*

ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Υποκατάστατα (proxy) δεδομένα



Αποθέσεις στον πυθμένα λιμνών
Μετρούμενες μεταβλητές: *Πάχος απόθεσης, σύνθεση του ιζήματος (ανόργανα, οργανικά και ισότοπα)*
Γεωγραφικές περιοχές: *Κυρίως μεσαία γεωγραφικά πλάτη*
Εκτιμώμενες κλιματικές μεταβλητές: *Θερμοκρασία, βροχόπτωση*
Χρονική περίοδος: *500 - 60.000 έτη*
Ακρίβεια χρονικής εκτίμησης: *0,5%*



Αποθέσεις στον πυθμένα ωκεανών
Μετρούμενες μεταβλητές: *Συγκέντρωση άμμου, σύνθεση του απολιθωμένου πλανγκτού, σύνθεση του ιζήματος (ανόργανα, οργανικά και ισότοπα)*
Γεωγραφικές περιοχές: *Σε όλους τους ωκεανούς*
Εκτιμώμενες κλιματικές μεταβλητές: *Θερμοκρασία, αλατότητα, παραγωγή βιομάζας, έκταση παγετώνων*
Χρονική περίοδος: *Διάφορα διαστημάτα μέσα στη κενοζωική και μεσοζωική εποχή (ηλικίας μέχρι 200.000.000 έτη)*
Ακρίβεια χρονικής εκτίμησης: *0,001-0,01%*

ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

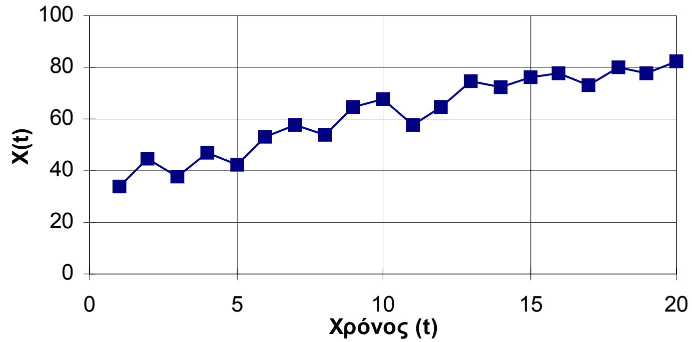
Υποκατάστατα (proxy) δεδομένα

Πηγή υποκατάστατων δεδομένων: *Αποθέσεις στον πυθμένα λιμνών*
Μετρούμενες μεταβλητές: *Πάχος απόθεσης*
Γεωγραφικές περιοχές: *Μεσαία γεωγραφικά πλάτη*
Εκτιμώμενες κλιματικές μεταβλητές: *Θερμοκρασία, βροχόπτωση*
Χρονική περίοδος: *5.000 έτη*
Ακρίβεια χρονικής εκτίμησης: *5%*

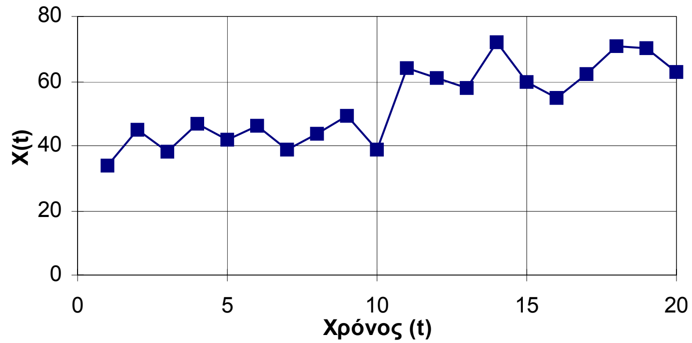
Πηγή υποκατάστατων δεδομένων: *Αποθέσεις στον πυθμένα ωκεανών*
Μετρούμενες μεταβλητές: *Συγκέντρωση άμμου, σύνθεση του απολιθωμένου πλαγκτού*
Γεωγραφικές περιοχές: *Σε όλους τους ωκεανούς*
Εκτιμώμενες κλιματικές μεταβλητές: *Θερμοκρασία, αλατότητα, διεύθυνση ανέμου, έκταση παγετώνων*
Χρονική περίοδος: *200.000 έτη (συγκεκριμένα επεισόδια)*
Ακρίβεια χρονικής εκτίμησης: *5%*

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

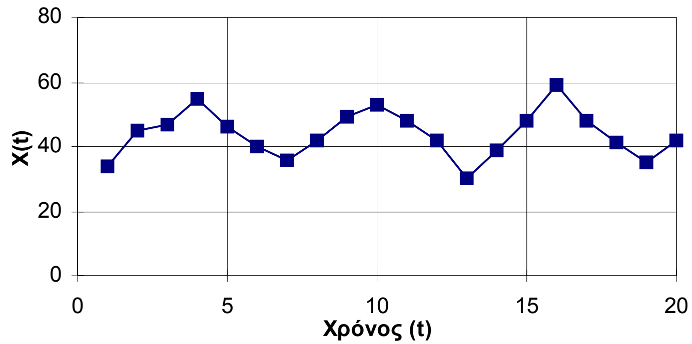
Ανίχνευση τάσεων
Δοκιμή Kendall
Δοκιμή γραμμικής συσχέτισης



Ανίχνευση αλμάτων
Δοκιμή Kruskal-Wallis
Δοκιμή διαφοράς μέσων τιμών



Ανίχνευση περιοδικοτήτων
Προσδιορισμός αρμονικών κατά Fourier
Περιοδόγραμμα



ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
Δοκιμή Kendall

Σε παρατηρημένη χρονοσειρά $X_1, X_2, \ldots, X_N$ εξετάζονται όλα τα δυνατά ζεύγη παρατηρήσεων X_i, X_j με $j>i$ και υπολογίζεται ο συνολικός αριθμός p των ζευγών που πληρούν τη σχέση $X_j>X_i$ (p μέγιστο όταν η χρονοσειρά είναι συνεχώς αύξουσα).

Εξετάζεται η ανηγμένη μεταβλητή $A=[4p/(N*(N-1)]-1$ όπου για μια τυχαία διαδοχή της χρονοσειράς:
η αναμενόμενη τιμή $\mathbf{E}(A)=0$
και η διασπορά $\mathbf{Var}(A)=2*(2*N+5)/9*N*(N-1)$

Η κατανομή της παραμέτρου $A/\mathbf{Var}(A)^{1/2}$ συγκλίνει στην τυπική κανονική κατανομή όσο το N μεγαλώνει.

Η **μηδενική υπόθεση** περί μη ύπαρξης πτωτικής/ανοδικής τάσης δεν απορρίπτεται για κάποιο επίπεδο σημαντικότητας α όταν $-Z_{\alpha/2}<=\tau<=Z_{\alpha/2}$ όπου $Z_{\alpha/2}$ η ανηγμένη μεταβλητή της κανονικής κατανομής για πιθανότητα υπέρβασης $\alpha/2$.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
Δοκιμή γραμμικής συσχέτισης

Η δοκιμή υποθέτει ότι η τάση είναι γραμμική. Έτσι η τιμή X_τ της παρατηρημένης χρονοσειρά X_1, X_2, …,X_τ,...X_N τη χρονική στιγμή τ εκφράζεται από τη σχέση

X_τ=α+βτ+ξ_τ

όπου

α, β σταθερές

τ ο χρόνος θεωρούμενος ως διακριτή μεταβλητή και

$\boldsymbol{\xi_\tau}$ στάσιμη, διαδοχικά ανεξάρτητη σειρά στοχαστικών υπολοίπων με μέση τιμή 0

Η μέση τιμή ($\boldsymbol{\beta_\mu}$) και τυπική απόκλιση ($\boldsymbol{\beta_\sigma}$) του ***β*** δίνονται από τις σχέσεις:

$$\beta_\mu = \frac{\sum_{t=1}^{N}(t-t_\mu)(X_t - X_\mu)}{\sum_{t=1}^{N}(t-t_\mu)^2} \qquad \beta_\sigma^2 = \frac{\sum_{t=1}^{N}(X_t - X_\mu) - \beta_\mu^2\sum_{t=1}^{N}(t-t_\mu)}{(N-2)\sum_{t=1}^{N}(t-t_\mu)^2}$$

$$t_\mu = \frac{\sum_{t=1}^{N} t}{N} \qquad X_\mu = \frac{\sum_{t=1}^{N} X_t}{N}$$

Η **μηδενική υπόθεση** περί μη ύπαρξης πτωτικής/ανοδικής τάσης δεν απορρίπτεται για κάποιο επίπεδο σημαντικότητας ***α*** όταν:

-$C_{\alpha/2}$<=β_μ/β_σ<=$C_{\alpha/2}$ όπου $Z_{\alpha/2}$ η ανηγμένη μεταβλητή της κατανομής Student για N-2 βαθμούς ελευθερίας και πιθανότητα υπέρβασης ***α/2***

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Δοκιμή Kruskal-Wallis

Η δοκιμή ελέγχει το κατά πόσον δύο ή περισσότερα ανεξάρτητα τυχαία δείγματα προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό. Πλεονεκτεί αφού είναι μη παραμετρική και δεν απαιτεί για την εφαρμογή της τα δείγματα να ακολουθούν συγκεκριμένη στατιστική κατανομή

Εάν έχουμε κ δείγματα με N_κ δεδομένα σε κάθε δείγμα συμβολίζουμε τις τιμές

X_{ij} όπου $1<=i<=\kappa$ και $1<=j<=N_\kappa$

Το σύνολο των δεδομένων είναι $N=N_1+N_2+\ldots+N_k$

Για την πραγματοποίηση της δοκιμής καταρτίζεται ένα συνολικό δείγμα (με N στοιχεία) το οποίο κατατάσσεται σε φθίνουσα σειρά. Σε κάθε τιμή X_{ij} αντιστοιχίζεται ο ακέραιος αριθμός r_{ij} $(1<=r<=N)$ που δείχνει την σειρά της τιμής στο συνολικό δείγμα. Για κάθε δείγμα κ υπολογίζεται η παράμετρος R_κ και στη συνέχεια για το σύνολο των δεδομένων η παράμετρος H

$$R_\kappa = \sum_{j=1}^{N_k} r_{kj} \qquad H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^{\kappa} \frac{R_i^2}{N_i} - 3(N+1)$$

Η **μηδενική υπόθεση** ότι όλα τα εναλλακτικά δείγματα προέρχονται από τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό δεν απορρίπτεται για κάποιο επίπεδο σημαντικότητας α όταν:

$H<=X_\alpha$ όπου X_α η ανηγμένη μεταβλητή της κατανομής X^2 για κ**-1** βαθμούς ελευθερίας και πιθανότητα υπέρβασης α

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Δοκιμή διαφοράς μέσων τιμών

Η δοκιμή ελέγχει το κατά πόσον δύο ανεξάρτητα τυχαία δείγματα που ακολουθούν την κανονική κατανομή προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό.

Εαν $\boldsymbol{\mu_1}$, $\boldsymbol{\mu_2}$ οι μέσες τιμές, $\boldsymbol{\sigma_1}$, $\boldsymbol{\sigma_2}$ οι τυπικές αποκλίσεις και $\boldsymbol{N_1}$, $\boldsymbol{N_2}$ τα μεγέθη των δύο δειγμάτων χρησιμοποιείται η μεταβλητή ***H***

$$H = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}\sqrt{\frac{N_1\sigma_1^2 + N_2\sigma_2^2}{N_1 + N_2 - 2}}}$$

Η **μηδενική υπόθεση** ότι και τα δύο δείγματα προέρχονται από τον ίδιο στατιστικό πληθυσμό ($\boldsymbol{\mu_1=\mu_2}$) δεν απορρίπτεται για κάποιο επίπεδο σημαντικότητας $\boldsymbol{\alpha}$ όταν:

$\boldsymbol{H<=C_\alpha}$ όπου $\boldsymbol{C_\alpha}$ η ανηγμένη μεταβλητή της κατανομής ***Student*** για $\boldsymbol{N_1+N_2-2}$ βαθμούς ελευθερίας και πιθανότητα υπέρβασης $\boldsymbol{\alpha}$

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
Ανάλυση κατά Fourier

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΚΦΡΑΣΗ

$$X(t) = X_\mu + \sum_{n=1}^{n=N/2}\left[A_n \sin\left(\frac{2\pi nt}{N}\right) + B_n \cos\left(\frac{2\pi nt}{N}\right)\right]$$

όπου:

X(t) τιμή της μεταβλητής τη χρονική στιγμή ***t***

N ο αριθμός των τιμών της χρονοσειράς

$\mathbf{X_\mu}$ η μέση τιμή της χρονοσειράς

n ο αριθμός των αρμονικών (ακέραιος μεταξύ 1 και N/2)

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ

$$A_n = \frac{2}{N}\sum_{t=1}^{N}\left[X(t)\sin\left(\frac{2\pi nt}{N}\right)\right]$$

$$B_n = \frac{2}{N}\sum_{t=1}^{N}\left[X(t)\cos\left(\frac{2\pi nt}{N}\right)\right]$$

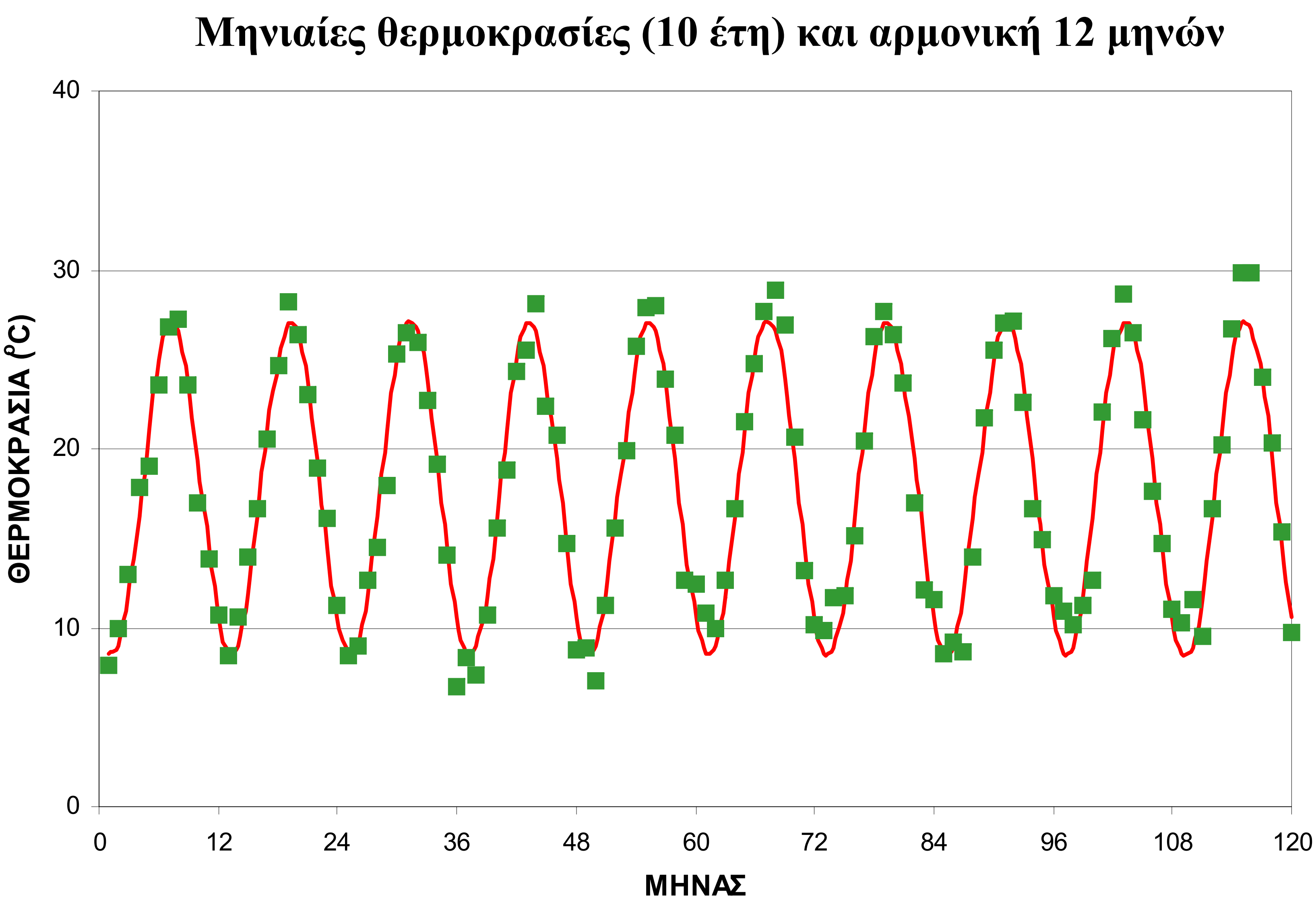
$$C_n = \sqrt{A_n^2 + B_n^2}$$

ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

$$\sigma_n^2 = \frac{C_n^2}{2}$$

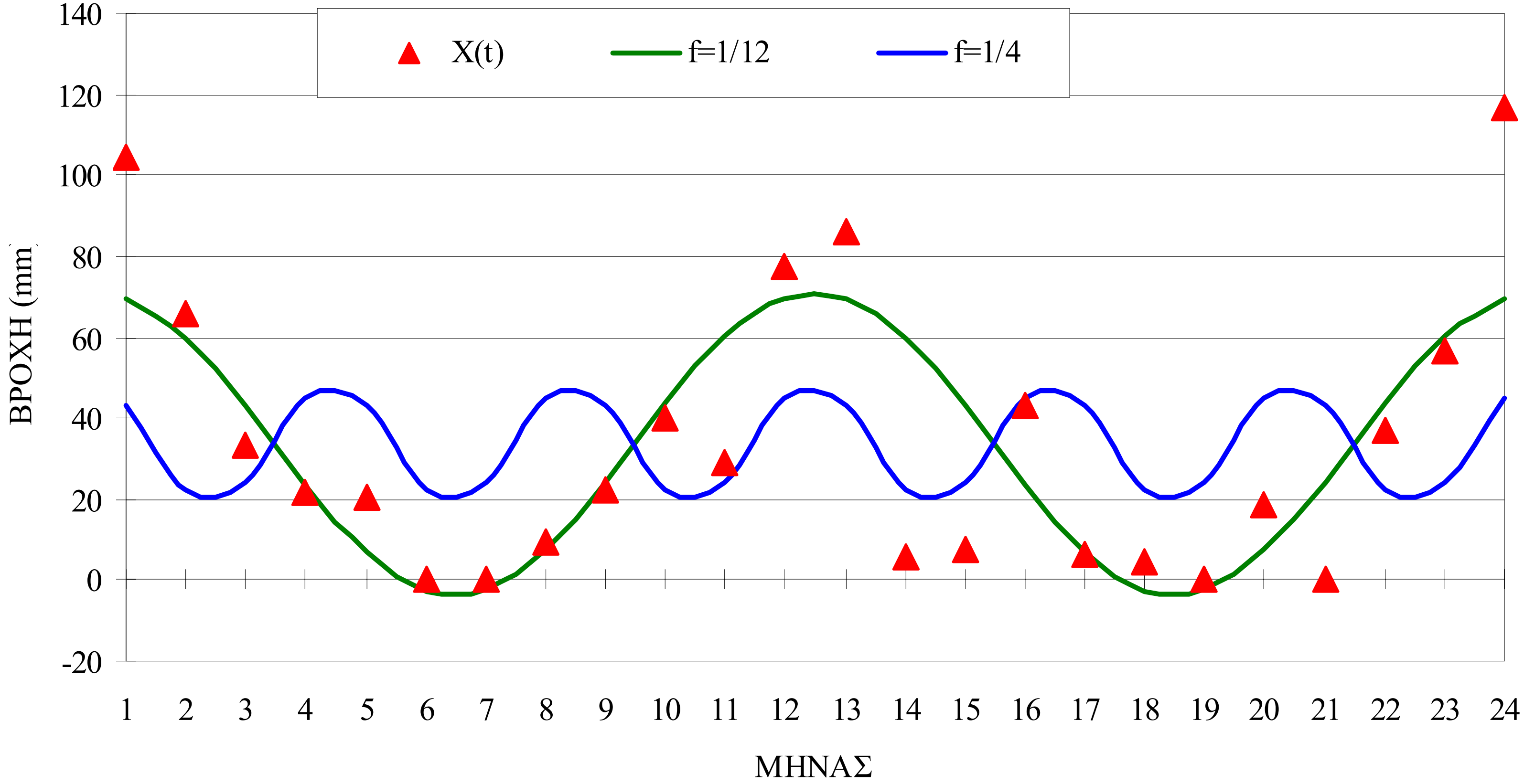
$$\sigma^2 = \sum_{n=1}^{n=N/2}\left[\sigma_n^2\right]$$

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
Ανάλυση κατά Fourier



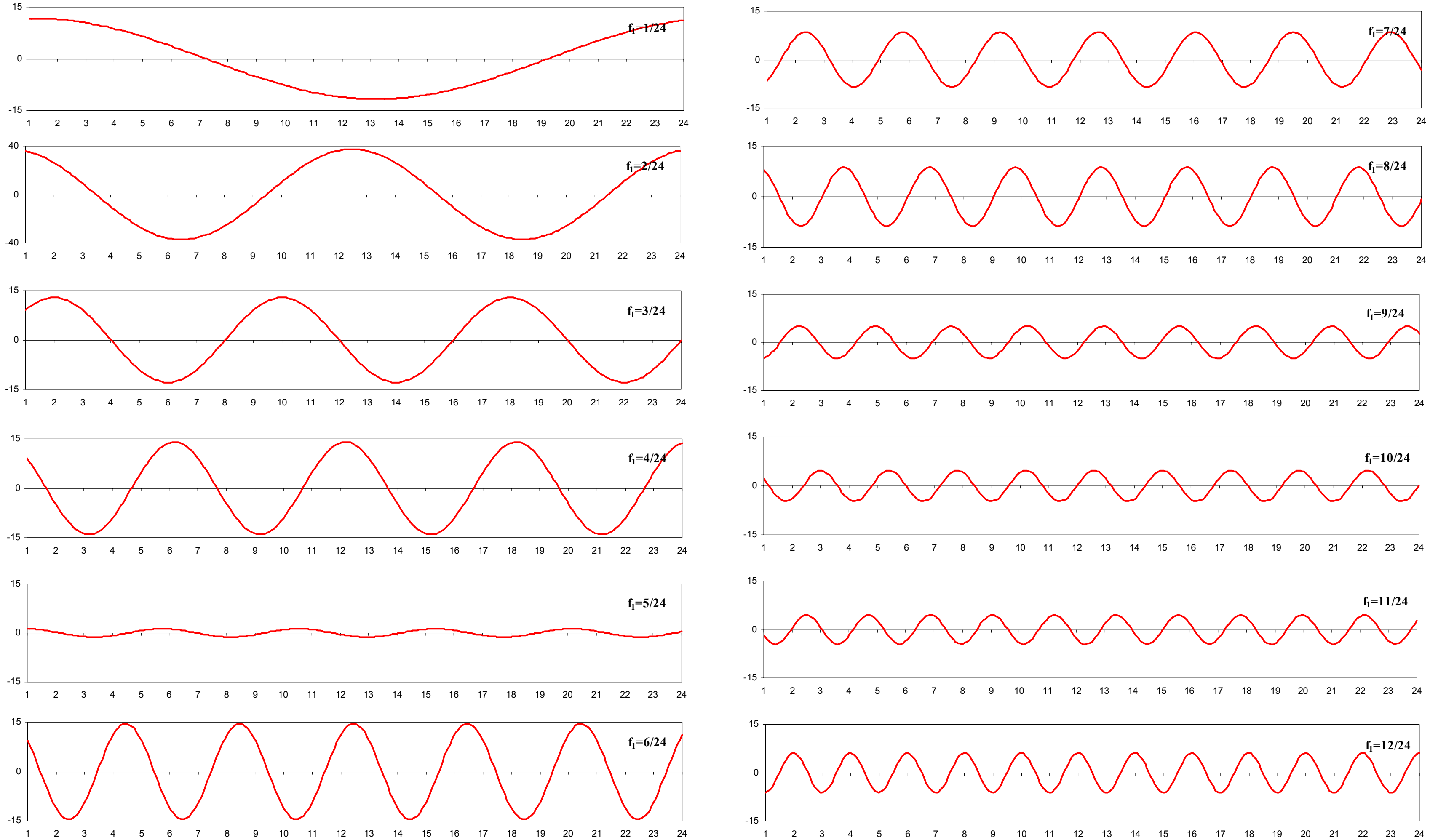
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
Ανάλυση κατά Fourier

Μηνιαίες βροχοπτώσεις (2 έτη) και αρμονικές 12 και 4 μηνών



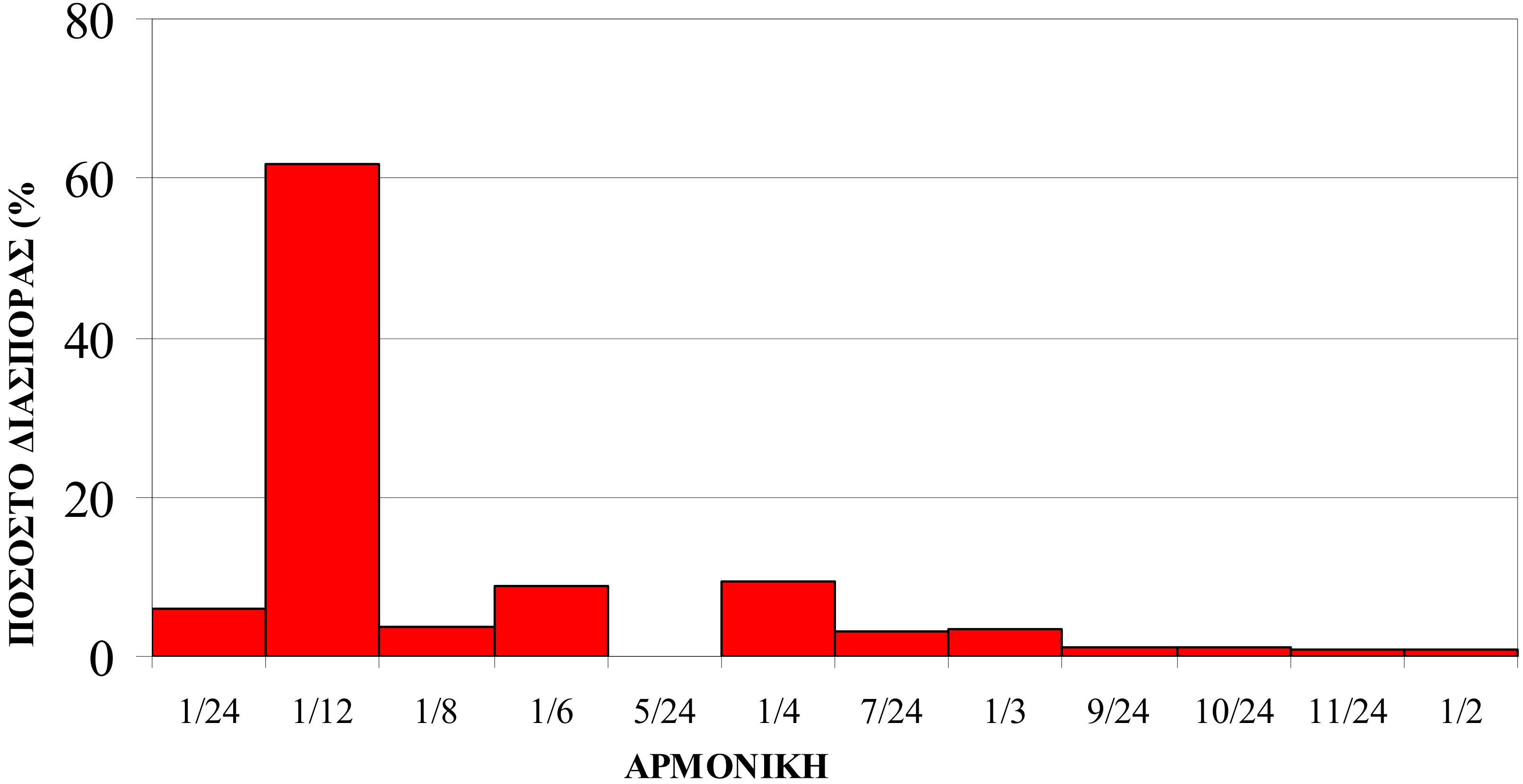
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
Ανάλυση κατά Fourier

Δώδεκα αρμονικές μηνιαίων βροχοπτώσεων



ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
Ανάλυση κατά Fourier

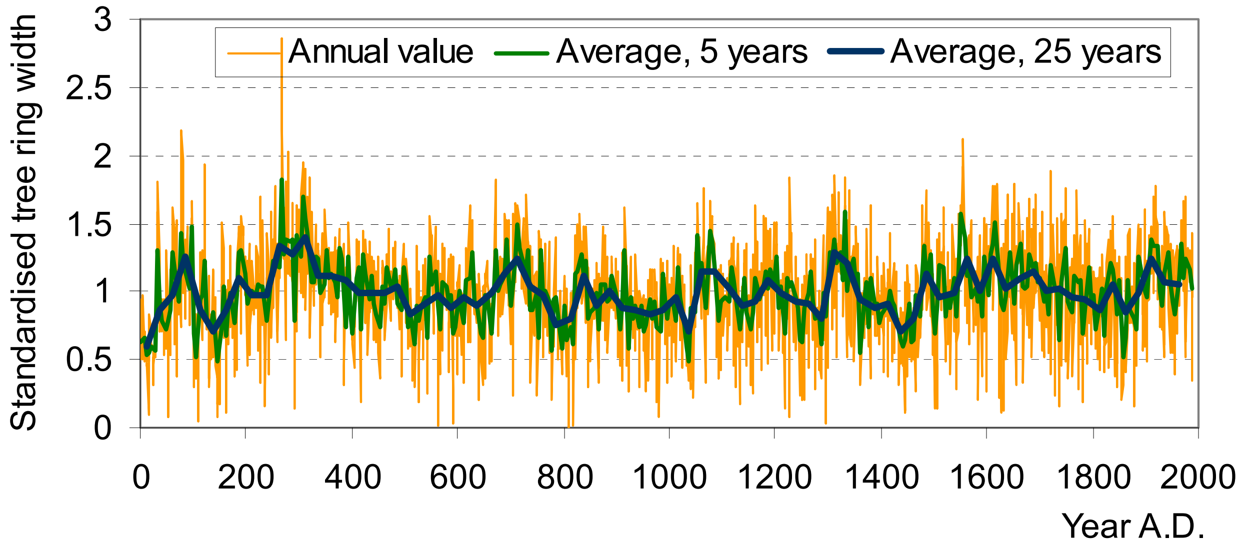
Περιοδόγραμμα (periodogram) μηνιαίων βροχοπτώσεων



ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
Πρόσφατες αναθεωρήσεις

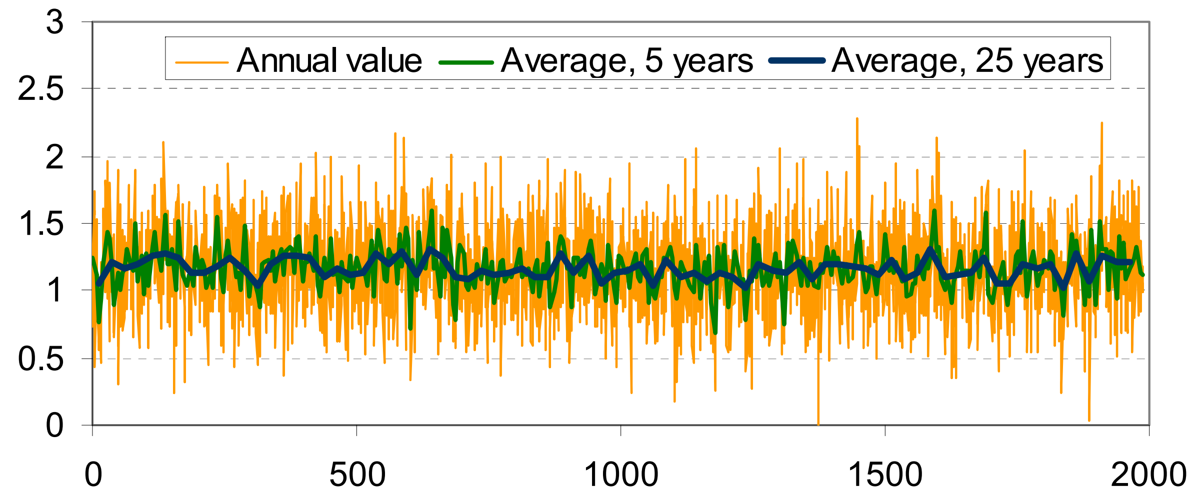
Πάχη δακτυλίων δέντρων από μελέτη στο Mammoth Creek, Utah, for the years 0-1989 (1990 χρόνια; από ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/paleo/)

Ακανόνιστες διακυμάνσεις σε όλες τις χρονικές κλίμακες



Συνθετική χρονοσειρά από ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές (λευκός θόρυβος), με στατιστικά χαρακτηριστικά ίδια με αυτά της παραπάνω χρονοσειράς

Τυχαίες διακυμάνσεις σε ετήσια κλίμακα. Τάση προς εξομάλυνση όταν μεγαλώνει η χρονική κλίμακα.



ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
Πρόσφατες αναθεωρήσεις

Οι στατιστικές δοκιμές βασίζονται:

- στις κλασικές εκτιμήσεις των στατιστικών χαρακτηριστικών (μέση τιμή, διασπορά) των παρατηρημένων χρονοσειρών
- στην υπόθεση ότι τα στοιχεία τους αποτελούν πραγματοποιήσεις ανεξάρτητων τυχαίων μεταβλητών που ακολουθούν την ίδια στατιστική κατανομή

Η υπόθεση αυτή δεν είναι συνεπής με τη φύση των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών που εξετάζονται για την ανίχνευση των κλιματικών αλλαγών.

Η μελέτη χρονοσειρών μεγάλου μήκους που προέρχονται από μετρήσεις υδρομετεωρολογικών και γεωφυσικών μεταβλητών έχει δείξει ότι αυτές παρουσιάζουν συνεχείς φυσικές διακυμάνσεις που τοπικά εκδηλώνονται ως πτωτικές ή ανοδικές τάσεις, πράγμα που οδηγεί σε σημαντική **μεταβλητότητα του κινούμενου μέσου όρου σε όλες τις χρονικές κλίμακες.**

Αυτές οι φυσικές διακυμάνσεις μπορούν να θεωρηθούν ως αίτιο της δυναμικής Hurst-Kolmogorov (HK) ή αλλιώς μακροπρόθεσμης εμμονής (δηλαδή, της τάσης οι υψηλές τιμές να ακολουθούνται από υψηλές και οι χαμηλές τιμές από χαμηλές), η οποία ποσοτικοποιείται από τον συντελεστή H:

- σε τυχαίες χρονοσειρές με μεγάλο αριθμό στοιχείων, $\boldsymbol{H \approx 0.5}$
- φυσικές χρονοσειρές (απορροής, θερμοκρασίας, αιολικής ισχύος και πάχους δακτυλίων δένδρων) $\boldsymbol{H > 0.5}$

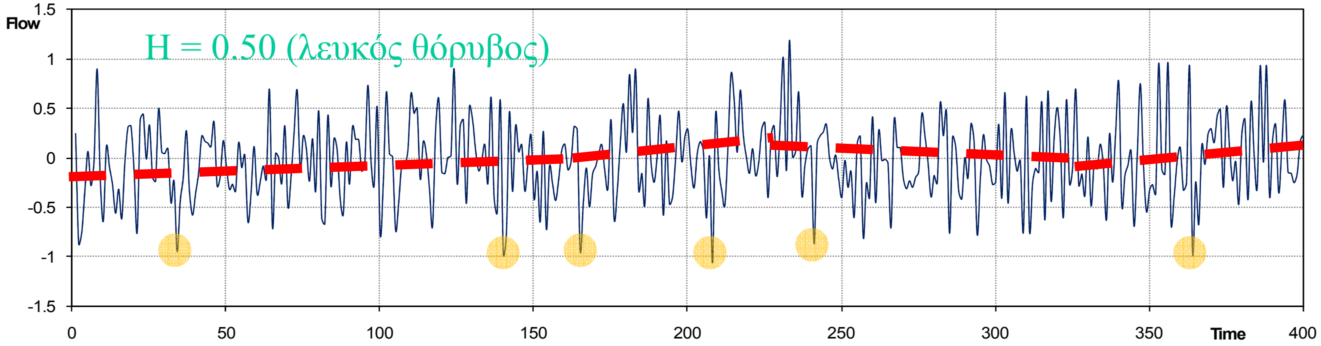
Οποιαδήποτε στατιστική προσέγγιση των κλιματικών μεταβλητών θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη της τη δυναμική HK.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ
Πρόσφατες αναθεωρήσεις

Τυχαίες διακυμάνσεις

Μηδενικές «τάσεις»

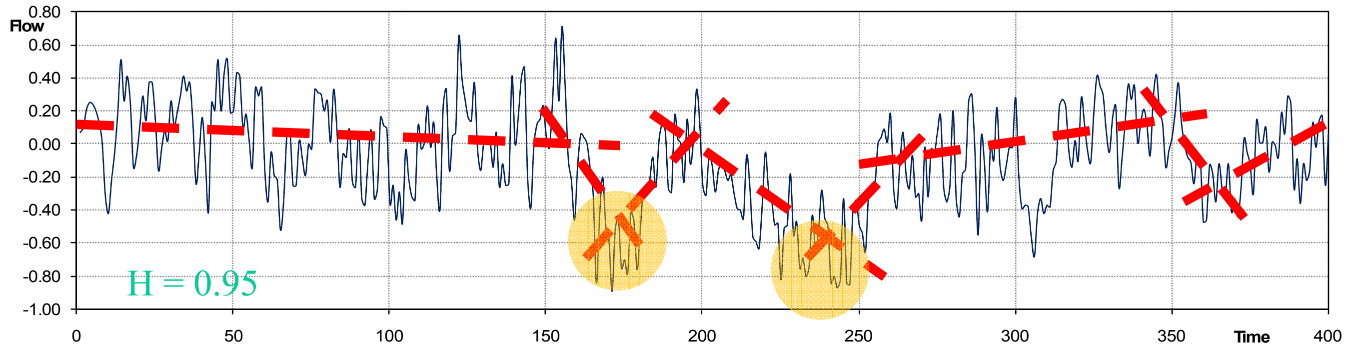
Τυχαία διασπορά ακραίων συμβάντων (π.χ. ελαχίστων)



Δυναμική Hurst-Kolmogorov

Έντονες «τάσεις»

Ομαδοποίηση ακραίων συμβάντων



O Koutsoyiannis, (2003) απέδειξε ότι οι κλασικές στατιστικές προσεγγίσεις οδηγούν σε υποεκτίμηση:

(α) του τυπικού σφάλματός της μέσης τιμής,

(β) της διασποράς,

(γ) των ορίων εμπιστοσύνης των τιμών (ποσοστημορίων) των στατιστικών κατανομών και

(δ) των ορίων εμπιστοσύνης της συνάρτησης αυτοσυσχέτισης.

Αν αρθούν αυτές οι υποεκτιμήσεις, τότε σε χρονοσειρές που με την κλασική στατιστική προκύπτει ένδειξη κλιματικής αλλαγής, η ένδειξη αυτή αποδυναμώνεται σοβαρά.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ahrens, C. D., *Essentials of Meteorology, An Invitation to the Atmosphere*, West Publishing, Minneapolis, 1993
- Barry, R.G, and R.J. Chorley, *Atmosphere, weather and climate*, Routledge, New York, 1992
- Burroughs W. J., *Weather Cycles-Real or imaginary?,* Gambrige University Press, 1992
- Christopherson, W.R., *Geosystems*, Prentice Hall, New Jersey, 2000.
- Freud J. and Simon G., *Statistics a first course*, Prentice-Hall Inc., New Jersey 1991
- Hidore J. and J. E. Oliver, *Climatology-An Atmospheric Science*, McMillan Publishing Company, 1993
- Hugget, R. J., *Climate, Earth Processes and Earth History*, Spinger-Veglar, Berlin, 1991
- Kottegoda, N., T., *Stochastic water resources Technology*, MacMillan Press, Hong Kong, 1980.
- Koutsoyiannis, D., *Climate change, the Hurst phenomenon, and hydrological statistics*, Hydrol. Sciences Journal, 48(1), 2003
- Mason B. J., *Towards the understanding and prediction of climatic variations*, Quart. J. of the R. Meteorological Society, 1976
- McIlveen, R., *Fundamentals of Weather and Climate*, Chapman, 1992
- Riehl, H., *Introduction to the Atmosphere*, McGraw Hill, 1978
- Wilks D. S., *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences-An Introduction*, Academic Press, San Diego, 1995

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΕΙΣ

Οι συγγραφείς εκφράζουν θερμές ευχαριστίες στην **Κατερίνα Αναγνώστου** για την βοήθεια της στην διαχείριση των κλιματικών δεδομένων και στην κατασκευή των σχημάτων.