

Κατακρημνίσεις



Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων
Αθήνα 2009

ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ:

Κατακρημνίσεις

- ΦΥΣΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ
- ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ
- ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ
- ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ
- ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

ΕΙΔΗ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΗΣΜΑΤΩΝ

Ο όρος *κατακρημνίσματα* χρησιμοποιείται για να περιγράψει μαζικά τις μετρήσιμες ποσότητες νερού που φτάνουν στην επιφάνεια της γης ως συνέπεια της υγροποίησης ατμοσφαιρικών υδρατμών. Στην Ελλάδα κυριαρχούν τρεις κύριες μορφές κατακρημνισμάτων:

Βροχή: είναι το συνηθέστερο φαινόμενο, υπερέχει ποσοτικά πολύ των άλλων μορφών κατακρημνισμάτων και δημιουργεί τα σημαντικότερα φαινόμενα επιφανειακής απορροής

Χιόνι: είναι η κυριότερη πηγή της εαρινής και θερινής απορροής

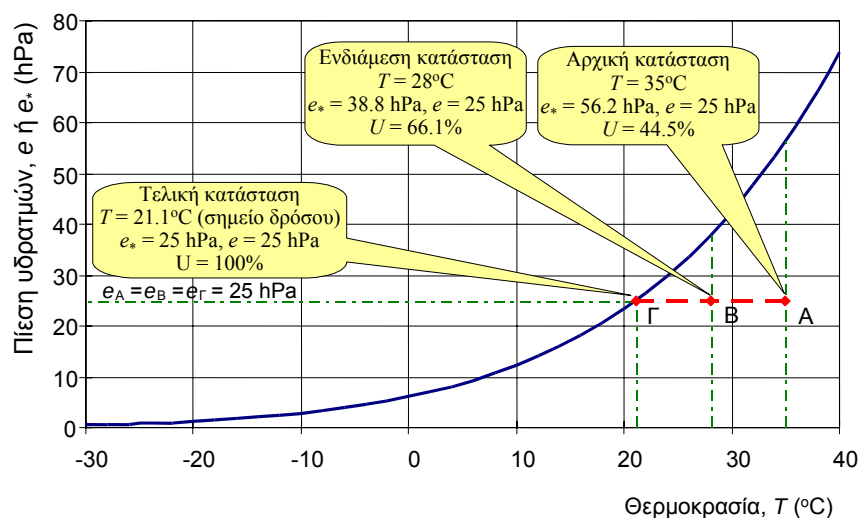
Χαλάζι: έχει καταστροφικά αποτελέσματα, ιδίως στη γεωργία

Υπάρχουν και άλλες μορφές κατακρημνισμάτων, όπως π.χ. το *χιονόβροχο*

Διαφορετικό μηχανισμό γέννησης και μικρότερη σημασία για την υδρολογία έχουν οι *υδρολογικές αποθέσεις* που περιλαμβάνουν τη *δρόσο*, τη *πάχνη*, τη *βρέχουσα ομίχλη* και την *αχλύ*.

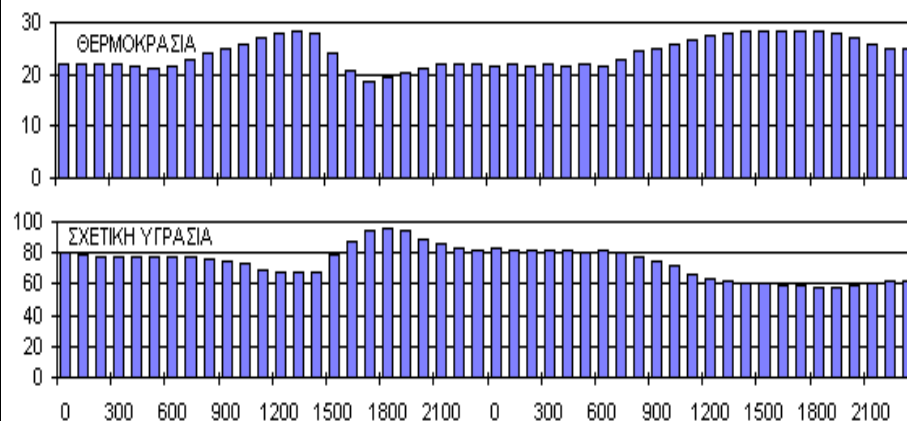
ΦΥΣΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ

ΣΧΕΣΗ ΠΙΕΣΗΣ ΥΔΡΑΤΜΩΝ, ΠΙΕΣΗΣ ΚΟΡΕΣΜΟΥ, ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ, ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΗΜΕΙΟΥ ΔΡΟΣΟΥ



ΦΥΣΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ

ΣΧΕΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ-ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ



ΦΥΣΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ

ΓΕΝΕΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΩΝ

- Δημιουργία θερμοδυναμικής κατάστασης κορεσμού των υδρατμών. Σχεδόν πάντα είναι αποτέλεσμα της διάγκωσης και ψύξης του εμπλουτισμένου σε υγρασία αέρα κατά την ανοδική πορεία του. Η ανοδική κίνηση ευνοείται σε συνθήκες *ασταθούς ατμόσφαιρας*, δηλαδή σε συνθήκες απότομης μείωσης της θερμοκρασίας του αέρα με το υψόμετρο
- Συμπύκνωση των υδρατμών σε λεπτά σταγονίδια ενδεικτικής μέσης διαμέτρου 10 ως 30 μm ή μικρούς κρυστάλλους (ανάλογα με τη θερμοκρασία που επικρατεί). Για να πραγματοποιηθεί απαιτείται η διεργασία της *πυρηνοποίησης*

ΠΥΡΗΝΟΠΟΙΗΣΗ (NUCLEATION PROCESS). Η δράση ειδικών σωματιδίων (πυρήνες) κατά την υγροποίηση των υδρατμών στα νέφη. Η υγροποίηση απαιτεί τη δημιουργία διεπιφανείας μεταξύ της υγρής και της αέριας φάσης και άρα την ύπαρξη υγροσκοπικών πυρήνων. Η διεργασία έχει μεγαλύτερες ενεργειακές απαιτήσεις και πραγματοποιείται δυσκολότερα αν ο πυρήνας αποτελείται από μόρια νερού (ομογενής πυρηνοποίηση). Αντίθετα η διεργασία ευνοείται αν ο πυρήνας έχει διαφορετική προέλευση όπως σκόνη, προϊόντα καύσης, κρύσταλλοι άλατος (ετερογενής πυρηνοποίηση).

- Εντυπωσιακή αύξηση της μάζας των σταγόνων (ή των κρυστάλλων πάγου) σε μεγέθη κατακρημνίσμα. Η αύξηση μπορεί να είναι 10⁶ φορές και πραγματοποιείται μέχρις ότου οι δυνάμεις βαρύτητας της μεμονωμένης σταγόνας υπερνικήσουν την αιώρηση που της δημιουργεί η τυρβώδης διάχυση (διεργασίες *σύμψυξης των σταγονιδίων - ανάπτυξης των παγοκρυστάλλων*)

ΣΥΜΨΥΞΗ ΝΕΦΟΣΤΑΓΟΝΙΔΙΩΝ (COALESCENCE PROCESS). Ο σχηματισμός μιας μόνον υγρής σταγόνας από την ένωση δύο ή περισσότερων σταγόνων που συγκρούονται. Η διεργασία πραγματοποιείται στα *θερμά νέφη*, όπου με τις συγκρούσεις μεταξύ των νεφροσταγονιδίων επιτυγχάνεται ο πολλαπλασιασμός της μάζας τους σε κατακρημνίσμα μεγέθη.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΑΓΟΚΡΥΣΤΑΛΛΩΝ (ICE CRYSTAL PROCESS). Η επαύξηση της μάζας των παγοκρυστάλλων με την απορρόφηση των γειτονικών υγρών σταγόνων. Η διεργασία πραγματοποιείται στα *ψυχρά νέφη*, όπου σε θερμοκρασίες μικρότερες του μηδενός συνυπάρχουν παγοκρύσταλλοι με νεφροσταγονίδια. Όταν τα τελευταία παγώνουν πριν ενωθούν με τους παγοκρυστάλλους έχουμε την διεργασία της *πρόσφυσης* (accretion)

- Συνεχής τροφοδότηση με νέους υδρατμούς, ώστε να συντηρηθούν επί αρκετό χρόνο οι διεργασίες των τριών προηγούμενων βημάτων

ΧΙΟΝΙ

- Το **χιόνι (snow)** είναι μορφή κατακρήμνισης που δημιουργείται από τη συμπύκνωση των υδρατμών σε θερμοκρασία κατώτερη των 0°C. Κατακρημνίζεται με τη μορφή απλών κρυστάλλων ή συνδυασμών και εναποτίθεται στο έδαφος σαν **χιονοκάλυψη (snow cover)**, εκτός αν λειώσει κατά τη διαδρομή του στην ατμόσφαιρα και να μετατραπεί σε βροχή.
- Συνεχής χιονόπτωση μπορεί να σχηματίσει **συσσώρευση χιονιού (snow pack)** στο έδαφος. Στις πολικές περιοχές αλλά και στα ψηλότερα όρη, όπου πέφτει σε μεγάλη ποσότητα και έκταση, η πίεση των επάνω στρώσεων το μετατρέπει σε πάγο, σχηματίζοντας έτσι τους **παγετώνες (glacier)**.
- Μετά την εναπόθεση του χιονιού αρχίζει η διαδικασία του **μεταμορφισμού** όπου οι δενδριτικοί παγοκρύσταλλοί αποσυντίθενται σε θραύσματα τα οποία στη συνέχεια μεγαλώνουν και γίνονται πιο στρογγυλά. Εάν υπάρχει θερμοβαμίδα στο συσσωρευμένο χιόνι οι μεγαλύτεροι κόκκοι σχηματίζονται κοντά στο έδαφος και ονομάζονται **πάχνη βάθους (depth hoar)**.
- Σε διαλέκτους βορείων χωρών (Γροιλανδία, Σκανδιναβία) υπάρχουν δεκάδες λέξεις για να περιγράψουν το χιόνι όχι μόνο ως προς τη μορφή του αλλά και σε άλλα χαρακτηριστικά

ΧΑΛΑΖΙ

- Τα υδροσταγονίδια και οι παγοκρύσταλλοι που βρίσκονται μέσα στα σύννεφα μεταφέρονται πάνω και κάτω από τα ισχυρά ανοδικά και καθοδικά ρεύματα. Στους σωρειτομελανίες οι θερμοκρασίες στα ανώτερα στρώματα μπορούν να φτάσουν και τους -30 °C. Έτσι σταγόνες οι οποίες ανεβαίνουν παγώνουν και στη συνέχεια μεταφέρονται στα κατώτερα στρώματα όπου οι θερμοκρασίες είναι θετικές και δημιουργείται ένα υγρό μανδύας γύρω τους ο οποίος στη συνέχεια παγώνει όταν μεταφέρονται εκ νέου στα ανώτερα στρώματα. Αυτή η διεργασία συνεχίζεται και το μέγεθος του χαλαζόκοκκου αυξάνει μέχρι που γίνεται αρκετά βαρύς ώστε να υπερνικήσει τα ανοδικά ρεύματα και να πέσει στο έδαφος.
- Οι καταστροφές είναι ανάλογες του μεγέθους (συνήθως μεταξύ 0.5 και 15 cm), της ταχύτητας πτώσης και της διάρκειας (συνήθως είναι λίγα λεπτά). Έχουν παρατηρηθεί χαλαζόκοκκοι βάρους ενός κιλού στην Ουγκάντα που είχαν αποτέλεσμα το θάνατο 96 ανθρώπων (Γ. Μελανίτης, Ο καιρός και τα μυστικά του)



Χαλαζόκοκκος όπου διακρίνεται η σύμπτυξη παγοκρυστάλλων



Χαλαζόκοκκοι στους οποίους διακρίνονται οι διαδοχικοί μανδύες

ΟΜΙΧΛΗ

Η ομίχλη είναι φαινόμενο που συμβαίνει στην ατμόσφαιρα, πολύ κοντά στην επιφάνεια της γης και αποτελείται από μικρά υδροσταγονίδια προερχόμενα από την συμπύκνωση των υδρατμών, η οποία συμβαίνει όταν η αέρια μάζα που είναι σε επαφή με τη γη ψύχεται. Κατά συνέπεια η ομίχλη είναι απλά ένα χαμηλό νέφος.

Η ομίχλη προκαλεί ελάττωση της ορατότητας δημιουργώντας προβλήματα στις συγκοινωνίες. Ανάλογα με τη ορατότητα η ομίχλη διακρίνεται σε **Ξηρή Αχλύ** (ορατότητα > 2 km), **Υγρή Αχλύ** (ορατότητα 1-2 km) και **Ομίχλη** (ορατότητα <1 km)

Ανάλογα με το μηχανισμό δημιουργίας της διακρίνεται σε:

Ομίχλη ακτινοβολίας. Δημιουργείται όταν το έδαφος ψύχεται λόγω της νυκτερινής ακτινοβολίας της γης και κατά συνέπεια ψύχεται και ο αέρας που έρχεται σε επαφή με αυτό. Η διεργασία ευνοείται όταν υπάρχει μεγάλη σχετική υγρασία, αίθριος και ασθενής άνεμος ενώ αντίθετα η ομίχλη διαλύεται όταν ενισχύεται ο άνεμος και αυξάνεται η θερμοκρασία.

Ομίχλη αναμίξεως. Δημιουργείται όταν συναντώνται δύο αέριες μάζες διαφορετικής θερμοκρασίας και υγρασίας και η προκύπτουσα αέρια μάζα από την ανάμιξη αυτή έχει θερμοκρασία τέτοια ώστε να συμπυκνωθούν οι υδρατμοί που περιέχει

Ομίχλη μεταφοράς. Δημιουργείται από την μεταφορά υγρού και σχετικά θερμού αέρα πάνω από ψυχρότερη επιφάνεια.

Θαλάσσιο καπνό. Είναι η ομίχλη μεταφοράς όταν συμβαίνει πάνω από τη θάλασσα

ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ

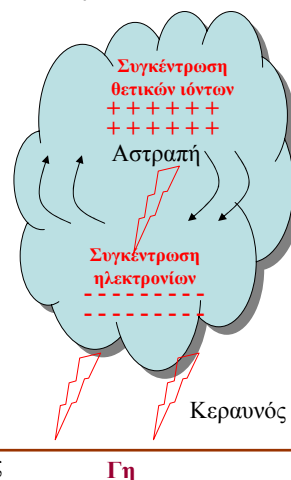
- Οι **καταιγίδες** είναι βίαια ατμοσφαιρικά φαινόμενα που χαρακτηρίζονται από ραγδαίες βροχές, ισχυρούς ανέμους με μεταβλητή ένταση και διεύθυνση, οι οποίοι συνήθως φτάνουν τα 50-80 km/h ή ακόμα και τα 100 km/h, από ισχυρές ηλεκτρικές εκκενώσεις (κεραυνούς) και πολλές φορές από χαλάζι. Η διάρκεια μιας καταιγίδας είναι συνήθως μικρότερη από δύο ώρες αλλά οι υψηλές εντάσεις βροχής είναι ικανές να προκαλέσουν πλημμύρες.
- Η καταιγίδα αναπτύσσεται όταν η ατμόσφαιρα είναι έντονα ασταθής (δηλαδή, ευνοούνται οι ανοδικές κινήσεις των αερίων μαζών) και υπάρχει μεγάλη ποσότητα υδρατμών στα κατώτερα τμήματα της ατμόσφαιρας. Κάτω από αυτές τις συνθήκες, ο θερμός και υγρός αέρας κοντά στην επιφάνεια του εδάφους ανέρχεται γρήγορα και ψύχεται. Η υγρασία που υπάρχει στην ατμοσφαιρική μάζα συμπυκνώνεται σε παγοκρυστάλλους και υδροσταγονίδια με αποτέλεσμα το σχηματισμό ογκωδών νεφών.
- Η ανάπτυξη των καταιγιδοφόρων νεφών (**σωρειτομελανίες – cumulonimbus Cb**) είναι το κύριο χαρακτηριστικό της καταιγίδας. Τα νέφη αυτά έχουν πολύ μεγάλο όγκο και μεγάλη κατακόρυφη ανάπτυξη. Η κορυφή τους μπορεί να ξεπεράσει και τα 12 km. Το ανώτερο τμήμα τους σχεδόν πάντα απλώνεται με τη μορφή άκμονα, ενώ η βάση τους είναι οριζόντια σε χαμηλό ύψος από το έδαφος
- Οι καταιγίδες υπάγονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους: **αέριες μάζας** (τοπικές ή θερμικές), **ορογραφικές** και **μετωπικές**. Στην Ελλάδα οι πρώτες δημιουργούνται κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες πάνω από τις ηπειρωτικές περιοχές, οι δεύτερες στα δυτικά προσήνεμα του ορεινού όγκου της ηπειρωτικής χώρας και οι τρίτες κυρίως την περίοδο Νοεμβρίου-Μαΐου και συνδέονται με την διέλευση υφέσεων από τον Ελληνικό χώρο.

ΣΩΡΕΙΤΟΜΕΛΑΝΙΕΣ - CUMULONIMBUS (CB)



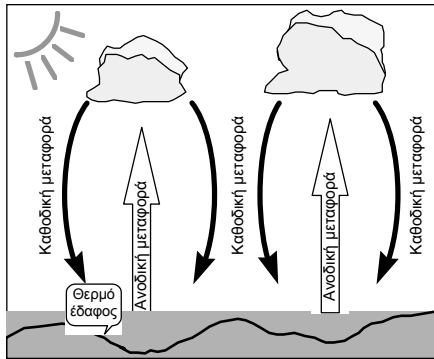
ΑΣΤΡΑΠΗ-ΚΕΡΑΥΝΟΣ-ΒΡΟΝΤΗ

- Τα ανοδικά και καθοδικά ρεύματα που αναπτύσσονται μέσα στους σωρειτομελανίες προκαλούν ισχυρές συγκρούσεις μεταξύ ατόμων, μορίων, σταγόνων και παγοκρυστάλλων με αποτέλεσμα να ελευθερώνονται ηλεκτρόνια τα οποία συσσωρεύονται στο κάτω τμήμα του νέφους ενώ τα θετικά ιόντα συσσωρεύονται στο επάνω τμήμα. Στη συνέχεια λόγω της διαφοράς δυναμικού μεταξύ των δύο τμημάτων δημιουργείται ροή ηλεκτρονίων μεταξύ των δύο περιοχών δηλαδή διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από τον αέρα.
- Η διέλευση του ρεύματος από τον αέρα είναι δύσκολη όταν είναι ξηρός αλλά ευνοείται όταν περιέχει υδροσταγονίδια. Η διέλευση του ρεύματος (ηλεκτρική εκκένωση) συνοδεύεται από λάμψη η οποία ονομάζεται **αστραπή**.
- Η διεργασία αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί και ανάμεσα σε δύο διαφορετικά νέφη ή ανάμεσα σε ένα νέφος και στο έδαφος οπότε και ονομάζεται **κεραυνός**.
- Η αστραπή απελευθερώνει μεγάλη ποσότητα ενέργειας, το 75% της οποίας δαπανάται για τη θέρμανση του αέρα. Η ξαφνική αυτή και έντονη θέρμανση κάνει τον αέρα να διαστέλλεται απότομα και δημιουργεί ένα κύμα κρούσης που ο ήχος του είναι η **βροντή**.
- Όταν η ηλεκτρική εκκένωση συμβεί κοντά στον παρατηρητή ακούγεται ως ένας κρότος, αλλά όταν γίνει μακριά ο ίδιος θόρυβος διαρκεί κάποια δευτερόλεπτα, γιατί η βροντή ακούγεται από διάφορες αποστάσεις καθώς ανακλάται ο ήχος από τα νέφη και τις εξάρσεις του εδάφους.

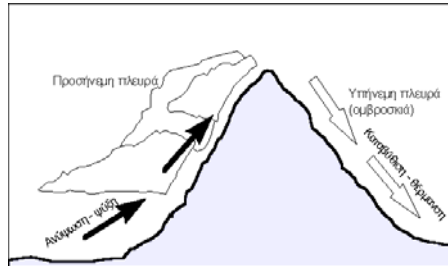


ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ

ΜΕΤΑΓΩΓΙΚΕΣ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΙΣ

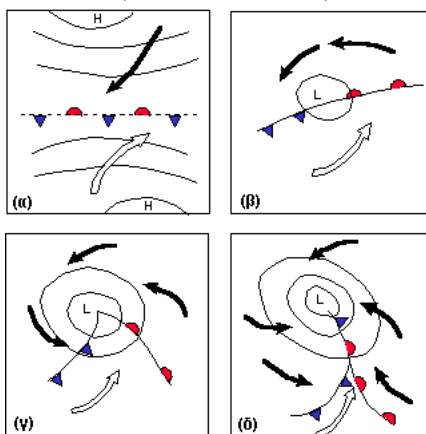


ΟΡΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΙΣ

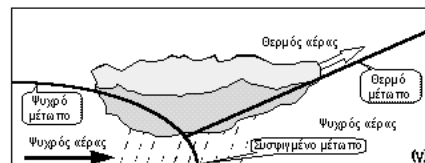
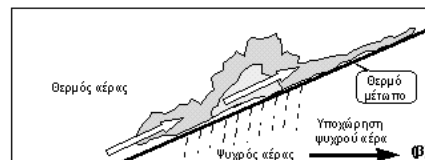
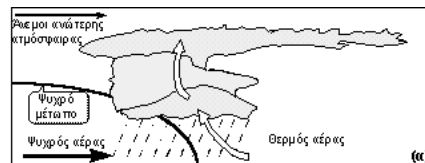


ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ

ΣΤΑΔΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΚΥΚΛΩΝΑ (ΒΟΡΕΙΟ ΗΜΙΣΦΑΙΡΙΟ)

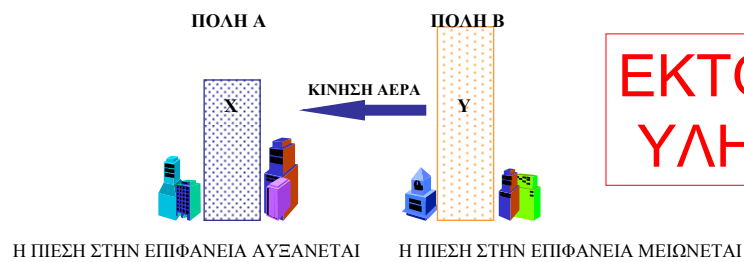
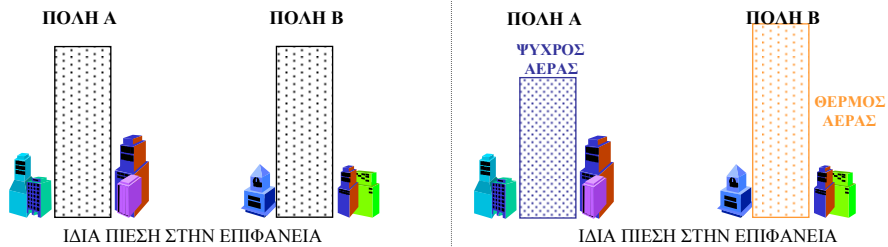


ΨΥΧΡΟ, ΘΕΡΜΟ ΚΑΙ ΣΥΣΦΙΓΜΕΝΟ ΜΕΤΩΠΟ



ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

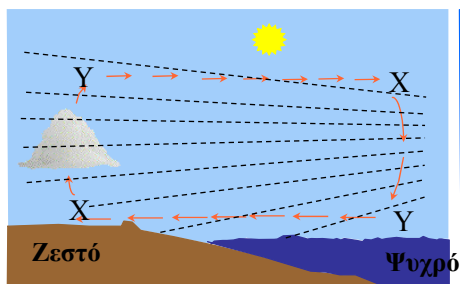


**ΕΚΤΟΣ
ΥΛΗΣ**

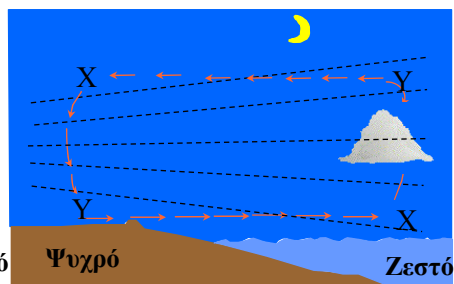
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΑΥΡΑ

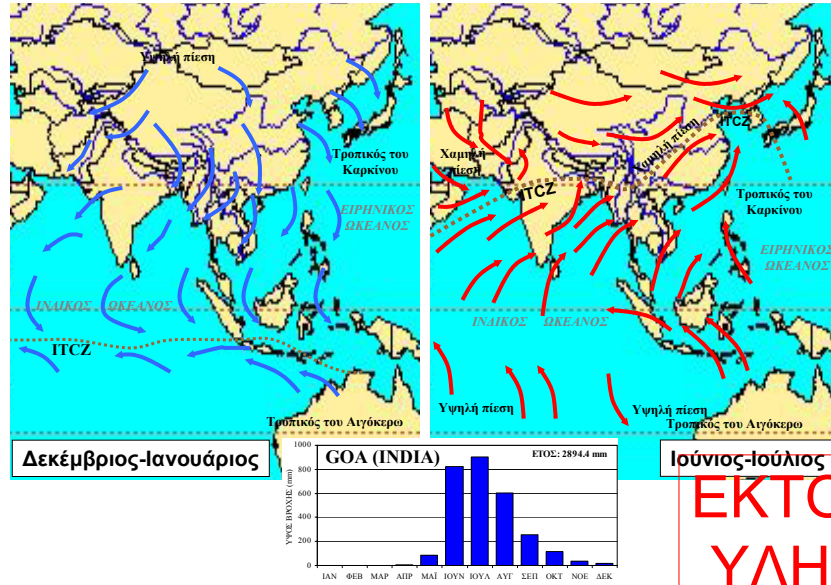


ΑΠΟΓΕΙΟΣ ΑΥΡΑ

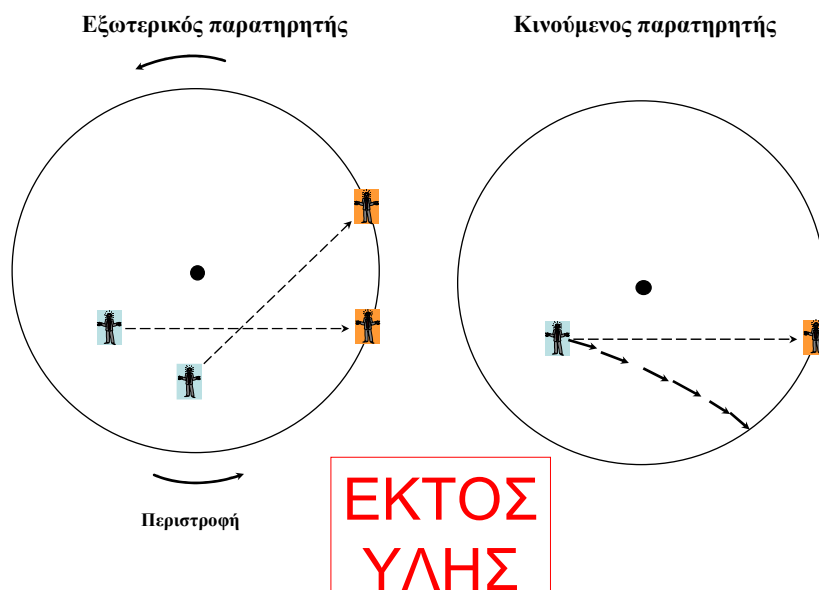


**ΕΚΤΟΣ
ΥΛΗΣ**

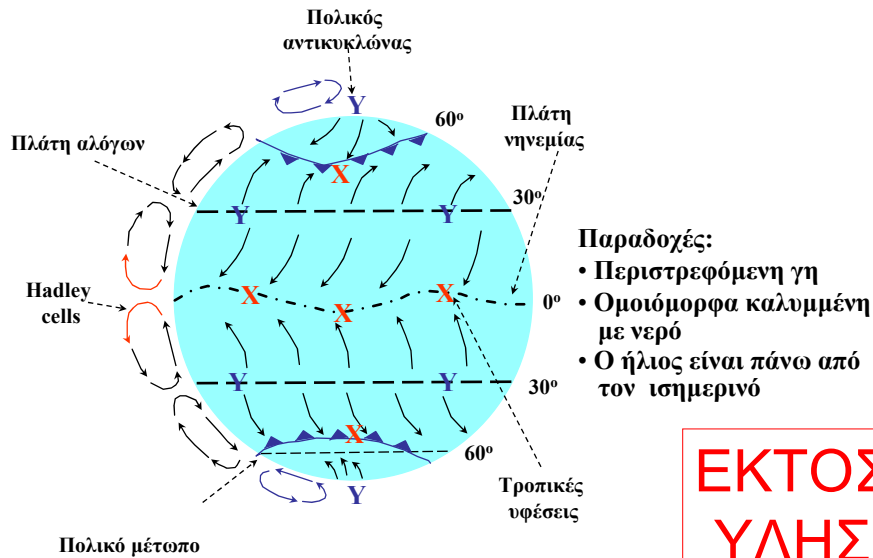
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΜΟΥΣΩΝΕΣ



ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ CORIOLIS



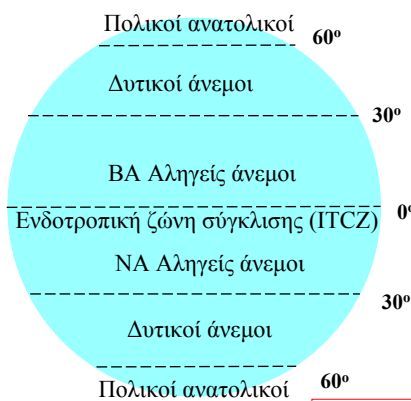
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ ΑΠΛΟΥΣΤΕΥΜΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕ ΤΡΙΑ ΚΥΤΑΡΑ



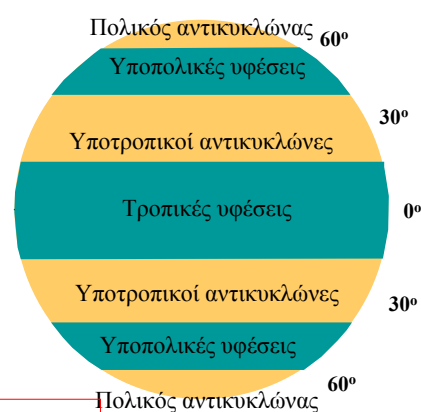
**ΕΚΤΟΣ
ΥΛΗΣ**

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΑΠΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕ ΤΡΙΑ ΚΥΤΑΡΑ

ΑΝΕΜΟΙ



ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΙΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ

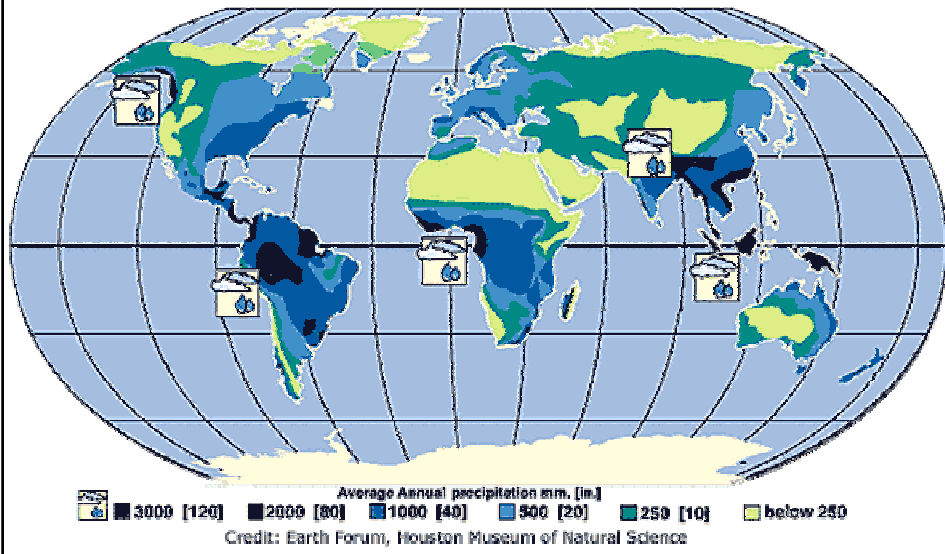


**ΕΚΤΟΣ
ΥΛΗΣ**

Υγρές περιοχές
Ξηρές περιοχές

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Ο παρακάτω χάρτης δείχνει το μέσο ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων παγκοσμίως (mm). Το ανοιχτό πράσινο χρώμα μπορεί να θεωρηθεί "έρημος".



ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ

ΚΥΡΙΕΣ ΤΡΟΧΙΕΣ ΥΦΕΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ

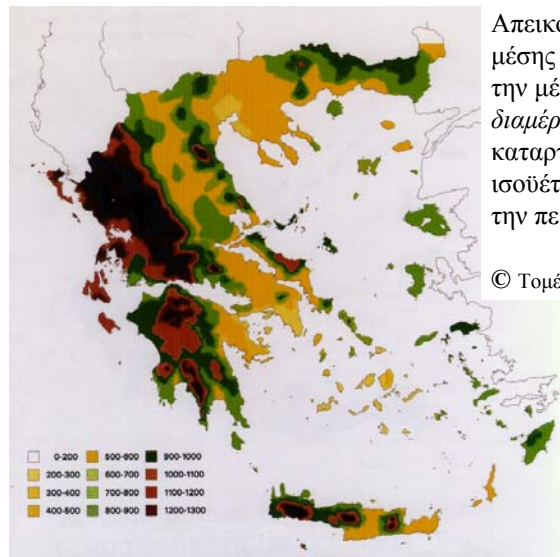
DEPRESSIONAL
WEATHER TYPES
AS INTRODUCED
BY MAHERAS



ΕΚΤΟΣ
ΥΛΗΣ

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΕΩΝ

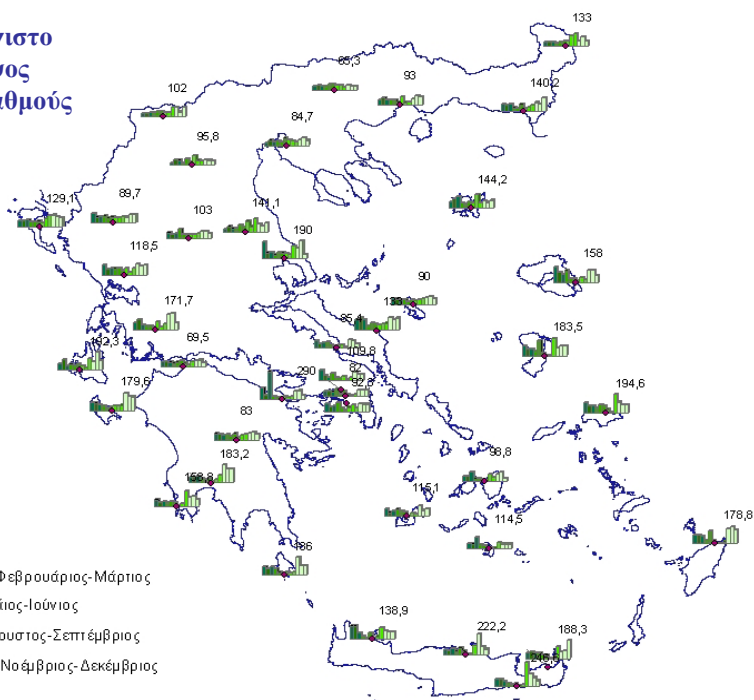
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ



Απεικόνιση της επιφάνειας μέσης ετήσιας βροχόπτωσης, με την μέθοδο της ψηφιδωτής διαμέρισης. Η επιφάνεια καταρτίστηκε με βάση τις ισοϋέτιες καμπύλες της ΔΕΗ για την περίοδο 1950-74.

© Τομέας Υδατικών Πόρων

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



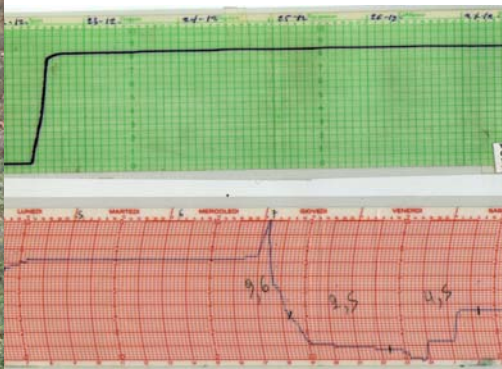
ΜΕΤΡΗΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

(Συμβατικός τρόπος)

ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΣ



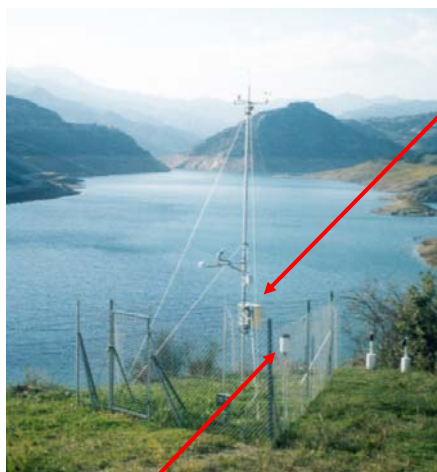
ΤΑΙΝΙΕΣ ΒΡΟΧΟΓΡΑΦΟΥ



ΜΕΤΡΗΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

(Αυτόματος τρόπος)

ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΚΟΣ
ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ



Αισθητήρας
βροχής

Καταχωρητής δεδομένων
(data logger)

Μεταφορά μετρήσεων σε υπολογιστή
(σε ομαλή λειτουργία μέσω τηλεφωνικής
γραμμής)

Εισαγωγή των
μετρήσεων σε
βάση
δεδομένων.
Έλεγχος,
επεξεργασία
και παραγωγή
χρονοσειρών

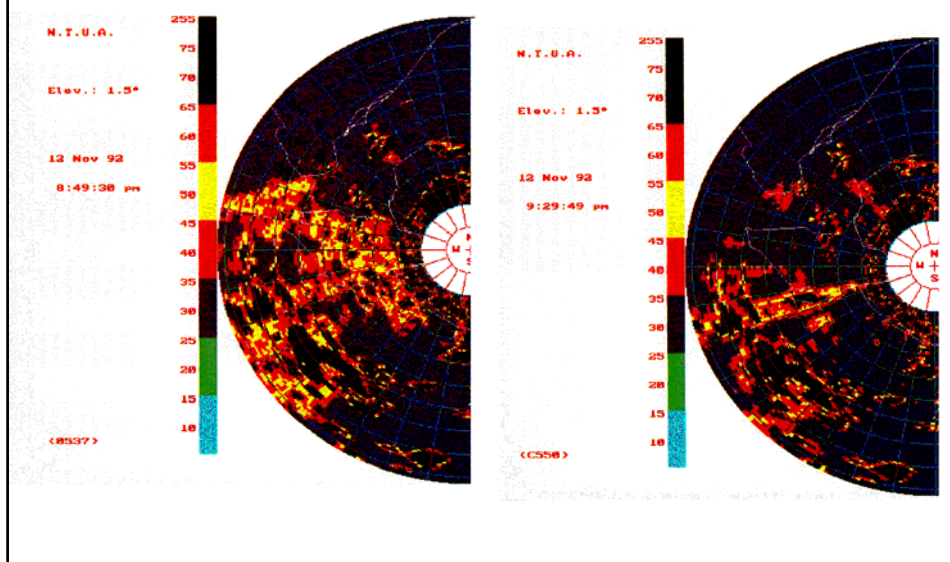
Διαδίκτυο

Πρωτογενείς
μετρήσεις σε
πραγματικό χρόνο

Επεξεργασμένες
ιστορικές
χρονοσειρές

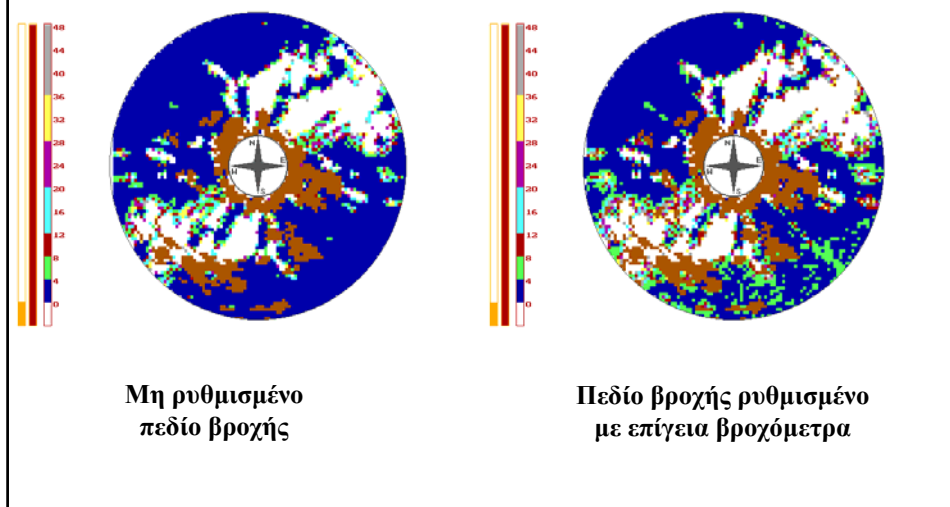
ΜΕΤΡΗΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

Μετεωρολογικό radar



ΜΕΤΡΗΣΗ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

Μετεωρολογικό radar



ΤΕΧΝΗΤΗ ΒΡΟΧΗ (σπορά νεφών)

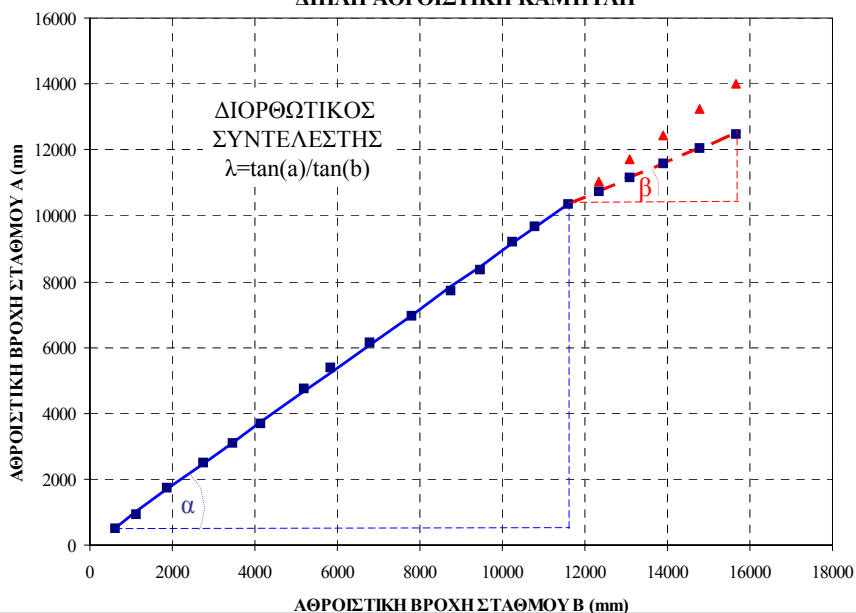
- Οι εφαρμογές **τεχνητής βροχής** αποσκοπούν στον τεχνητό εμπλουτισμό της ατμόσφαιρας σε πυρήνες συμπύκνωσης, οι οποίοι δίνουν το έναυσμα στο σχηματισμό παγοκρυστάλλων και επιταχύνουν έτσι τη συμπύκνωση των υδρατμών.
- **Στα ψυχρά σύννεφα** γίνεται με τη διάχυση ή σπορά, μέσα στο σύννεφο, είτε υπέρψυχρων σωματιδίων (π.χ. ανθρακικοί ανυδρίτες σε θερμοκρασία -80°C) οπότε δημιουργούνται αυτόματα κρυσταλλικοί πυρήνες από την ψύξη των σταγονιδίων που έρχονται σε επαφή μαζί τους, είτε κρυσταλλικών πυρήνων με δομή παραπλήσια των κρυστάλλων πάγου (π.χ. ιωδιούχος άργυρος, AgI).
- **Στα θερμά σύννεφα** χρησιμοποιούνται κυρίως διαχύσεις χλωριούχου νατρίου ή σταγονιδίων νερού.
- **Η υπερσπορά** τεχνητών πυρήνων σε υπέρψυχρα σύννεφα μπορεί να έχει αποτέλεσμα τη μείωση των κατακρημνισμάτων, λόγω της πληθώρας των διαθέσιμων πυρήνων και της συνακόλουθης αποδυνάμωσης της διεργασίας αύξησης της μάζας των σταγονιδίων ή των παγοκρυστάλλων. Η υπερσπορά των νεφών αποτελεί τη βάση των προγραμμάτων αντιχαλαζιακής προστασίας.
- Η διαδικασία σποράς επεμβαίνει μόνο στη διεργασία δημιουργίας σταγονιδίων βροχής. Δεδομένου ότι η πραγματοποίηση υδρολογικά σημαντικών βροχοπτώσεων προϋποθέτει τη συνεχή μεταφορά υδρατμών (κάτι που δεν μπορεί να τροποποιηθεί με ανθρώπινη επέμβαση), γίνεται κατανοητό ότι **η αποτελεσματικότητα της σποράς νεφών στην αύξηση της βροχόπτωσης δεν μπορεί να είναι ιδιαίτερα αξιόλογη.**

**ΕΚΤΟΣ
ΥΛΗΣ**

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

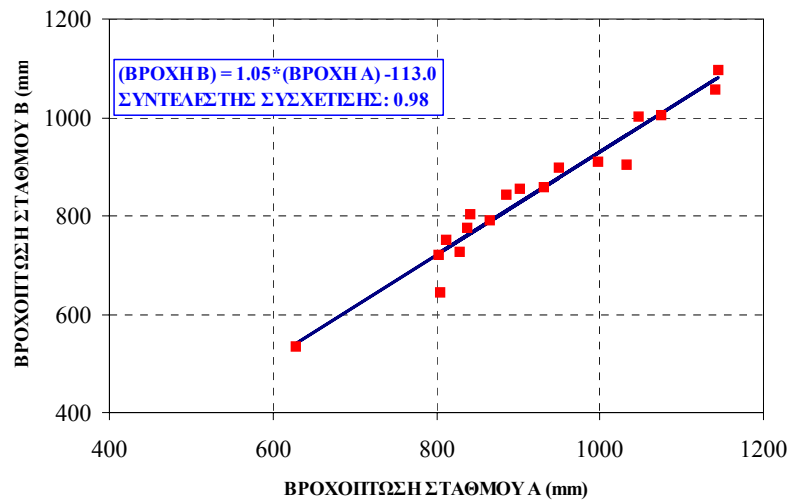
ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΗΣΗ

ΔΙΠΛΗ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ

ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΣΤΑΘΜΩΝ Β ΚΑΙ Α



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ

Ευθεία γραμμικής παλινδρόμησης

$$Y = a + b \cdot x$$

όπου y εξαρτημένη μεταβλητή και x ανεξάρτητη μεταβλητή

Παράμετροι

Συναρτήσεις EXCEL

Κλίση ευθείας $b = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sum (x - \bar{x})^2}$

$b = \text{SLOPE}(y, x)$

Σταθερά $a = \bar{y} - b\bar{x}$

$a = \text{INTERCEPT}(y, x)$

Συντελεστής
συσχέτισης

$$\text{Correl}(X, Y) = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

$r = \text{CORREL}(y, x)$

Μέθοδος σταθμισμένων αντίστροφων αποστάσεων (ΣΑΑ)

Η παρεμβολή γίνεται με βάση τη σχέση:

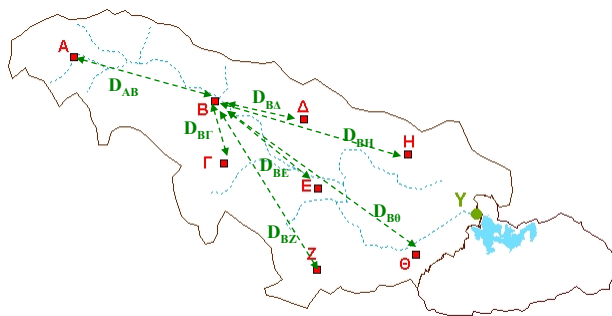
$$h = \frac{d_1^{-k}}{\sum_{n=1}^N d_n^{-k}} h_1 + \frac{d_2^{-k}}{\sum_{n=1}^N d_n^{-k}} h_2 + \dots + \frac{d_N^{-k}}{\sum_{n=1}^N d_n^{-k}} h_N$$

όπου :

h	η τιμή της μεταβλητής στη ζητούμενη θέση
N	ο αριθμός των σημείων που συμμετέχουν
$h_1, h_2, h_3, \dots, h_N$	οι σημειακές μετρήσεις στα σημεία 1, 2, 3, ..., N
$d_1, d_2, d_3, \dots, d_N$	οι αποστάσεις του κυττάρου από τα σημεία 1, 2, 3, ..., N
k	ο συντελεστής επιρροής της απόστασης

Η τιμή του εκθέτη k συνήθως λαμβάνεται 1 ή 2 [Dingman, 1994].

ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΣΑΑ



$$P_B = \frac{1/D_{AB}^2 * P_A}{\sum D} + \frac{1/D_{BA}^2 * P_A}{\sum D} + \frac{1/D_{BG}^2 * P_G}{\sum D} + \frac{1/D_{BE}^2 * P_E}{\sum D} + \frac{1/D_{BZ}^2 * P_Z}{\sum D} + \frac{1/D_{BH}^2 * P_H}{\sum D} + \frac{1/D_{BΘ}^2 * P_Θ}{\sum D}$$

$$\sum D = \frac{1}{D_{AB}^2} + \frac{1}{D_{BA}^2} + \frac{1}{D_{BG}^2} + \frac{1}{D_{BE}^2} + \frac{1}{D_{BZ}^2} + \frac{1}{D_{BH}^2} + \frac{1}{D_{BΘ}^2}$$

P: βροχόπτωση σε mm

D: απόσταση μεταξύ σταθμών σε m

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

ΜΕΤΡΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΩΝ

- Η κύρια μετρική ιδιότητα των βροχοπτώσεων και γενικότερα των κατακρημνισμάτων είναι το *ύψος* τους h σε δεδομένο χρόνο t . Παράγωγο μέγεθος είναι η *ένταση* δηλαδή η μεταβολή του *ύψους* σε χρόνο Δt
- Το φαινόμενο της κατακρήμνισης είναι επιφανειακά ανομοιόμορφο, δηλαδή εξελίσσεται σε κάποια επιφάνεια της γης με ρυθμό που μεταβάλλεται στο χώρο.
- Η πλήρης γνώση της χωροχρονικής εξέλιξης ενός φαινομένου θα απαιτούσε να είναι γνωστό το πεδίο $h(x, y, t)$ σε κάθε σημείο (x, y) της επιφάνειας που ενδιαφέρει και σε κάθε χρονική στιγμή t .
- Τα συμβατικά όργανα μετρήσεων παρέχουν *σημειακή* πληροφορία για ένα επιφανειακό φαινόμενο, η οποία αναφέρεται σε συγκεκριμένα σημεία της βρεχόμενης επιφάνειας (θέσεις μέτρησης). Η ολοκλήρωση της σημειακής πληροφορίας στην επιφάνεια αποτελεί τον τελικό στόχο της μελέτης των βροχοπτώσεων και είναι ακριβέστερη όσο πυκνότερα είναι τα σημεία μέτρησης στην επιφάνεια του φαινομένου.
- Η τεχνολογία του μετεωρολογικού radar χρησιμοποιείται εδώ και τρεις δεκαετίες στην επιφανειακή μέτρηση των βροχών
- Η τεχνολογία και η εμβάθυνση στις διεργασίες της κατακρήμνισης, επέβαλαν τη χρήση και άλλων μετρικών ιδιοτήτων των κατακρημνισμάτων, όπως είναι οι διάμετροι των σταγόνων βροχής και η στατιστική κατανομή τους, οι ταχύτητες των σταγόνων, η κινητική ενέργεια της βροχής, η ανακλαστικότητα των σύννεφων στην ακτινοβολία του ραντάρ, κ.ά.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Κατηγορίες μεθόδων

ΑΜΕΣΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ

Αριθμητικός μέσος
Πολύγωνα Thiessen
Δύο άξονες (Bethlahmy's)
Υψομετρική μέθοδος

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ (ισοπληθείς καμπύλες)

ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ (ψηφιδωτή διαμέριση)

Βέλτιστης παρεμβολής (kriging)
Ελάχιστων τετραγώνων με πολυώνυμα
Πολυνύμων Langrange
Παρεμβολής spline
Πολυτετραγωνικής παρεμβολής
Σταθμισμένων αντίστροφων αποστάσεων (ΣΑΑ)

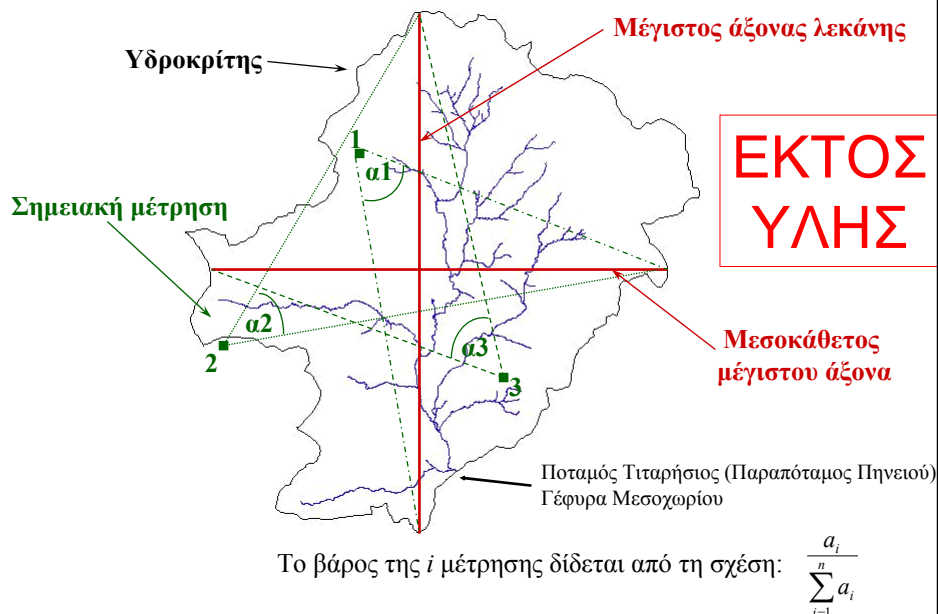
ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΜΕΣΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ

Πολύγωνα Thiessen (1911)



ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΜΕΣΗΣ ΟΛΟΚΛΗΡΩΣΗΣ

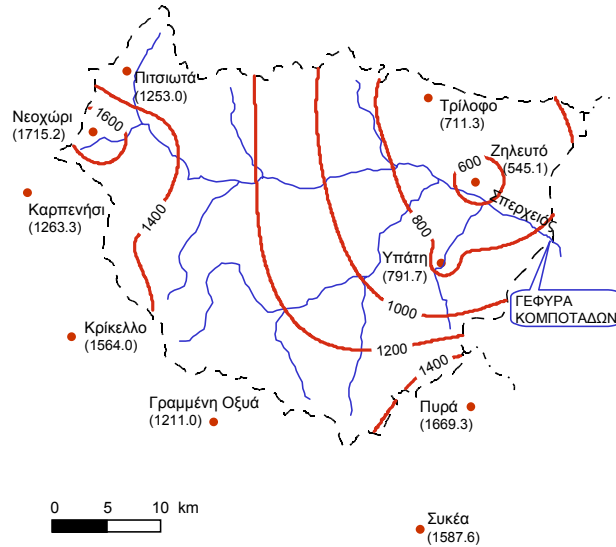
Δύο αξόνων Bethlahmays (1976)



ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Ισοπληθείς καμπύλες

Μέσες ετήσιες ισοϋέτιες
καμπύλες της λεκάνης
Σπερχειού ανάντη Γ.
Κομποτάδων (Πηγή:
Κουτσογιάννης και
Ξανθόπουλος, 1997)

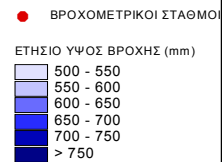
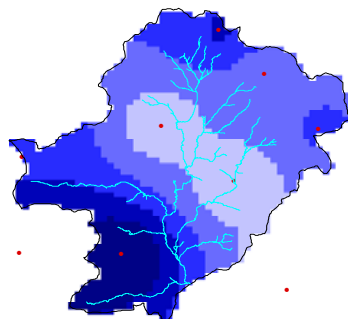


ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ

Ψηφιδωτή διαμέριση

Η περιοχή ολοκλήρωσης διαμερίζεται σε ισομεγέθη στοιχειώδη *κύτταρα* ή *ψηφίδες* με την εφαρμογή ενός ορθογωνικού καννάβου, με δεδομένη ισαποχή των οριζόντιων και κατακόρυφων γραμμών του. Για κάθε κύτταρο, υπολογίζεται η τιμή της μεταβλητής, η οποία αντιστοιχεί στο κέντρο του κυττάρου αλλά θεωρείται σταθερή για όλη την επιφάνεια του. Η επιφανειακή τιμή προκύπτει, τότε, ως ο μέσος όρος των τιμών όλων των κυττάρων. Η τιμή που ολοκληρώνεται μπορεί να είναι στιγμιαία, μέση ή αθροιστική για συγκεκριμένη χρονική διάρκεια

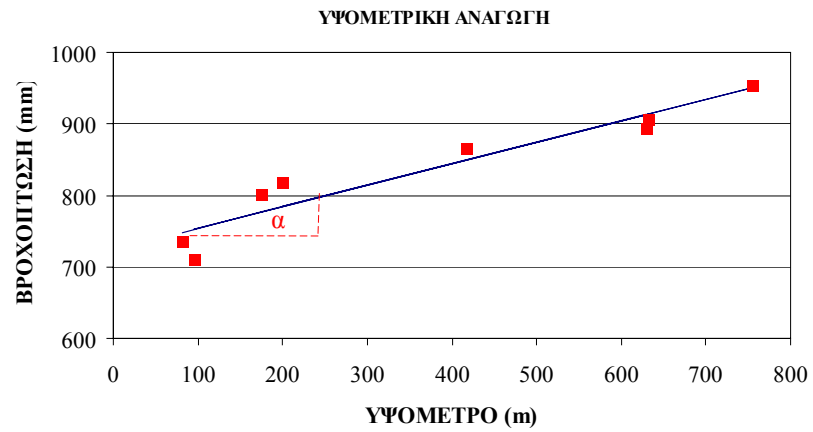
Επιφάνεια ετήσιας βροχόπτωσης (mm)



Λεκάνη Τιταρήσιου (ανάντη Γέφυρας Μεσοχωρίου)

**ΕΚΤΟΣ
ΥΛΗΣ**

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΩΝ



$$\mu = \frac{\bar{P}_{\lambda\epsilon\kappa\acute{\alpha}\nu\eta\varsigma} + \tan \alpha * (\bar{z}_{\lambda\epsilon\kappa\acute{\alpha}\nu\eta\varsigma} - \bar{z}_{\sigma\tau\alpha\theta\mu\acute{\omega}\nu})}{\bar{P}_{\lambda\epsilon\kappa\acute{\alpha}\nu\eta\varsigma}}$$