



Σχολή Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ
Τομέας Υδατικών Πόρων & Περιβάλλοντος
9^ο Εξάμηνο: Ολοκληρωμένο Θέμα Υδραυλικού Σχεδιασμού

Υδρομετεωρολογικά Δεδομένα: Μετρητικές Υποδομές & Βασικές Επεξεργασίες

Ανδρέας Ευστρατιάδης & Νίκος Μαμάσης

Τα δεδομένα του Υδραυλικού Μηχανικού με μια ματιά

Είδος

Μετεωρολογικά
Υδρομετρικά
Υδρογεωλογικά
Γεωχωρικά

Επίπεδο επεξεργασίας

Πρωτογενή (μέτρηση ή παρατήρηση)
Επεξεργασμένα (διορθωμένα πρωτογενή, μετά από ελέγχους)
Παράγωγα (αποτέλεσμα διαδικασίας ή μοντέλου)
Συνθετικά (στατιστικά ισοδύναμα με τα πραγματικά)

Χρονική κλίμακα

Ακανόνιστη
Λεπτών (5, 10, 15 min)
Ωριαία
Ημερήσια
Μηναία
Ετήσια
Κλιματική (υπερετήσια)

Διαδικασία μέτρησης

Εμπειρική οπτική εκτίμηση
Καταγραφή τιμών από όργανα πεδίου
σε διακριτά διαστήματα
Συνεχής καταγραφή (ταινίες)
Τηλεμετρία-τηλεμετάδοση
Τηλεπισκόπηση (remote sensing)

Μετρικές ιδιότητες

Στιγμιαία
Αθροιστική
Μέσου όρου
Μεγίστων-ελαχίστων
Διανυσματική
Πεδίο τιμών (εικόνα)

Μετεωρολογικά δεδομένα: τύποι μεταβλητών

- **Δεδομένα κατακρημνίσεων**

- Βροχόπτωση (ύψος ή ένταση βροχής)
- Χιονόπτωση (εμπειρική σχέση: 1 cm ύψους χιονιού = 1 mm ισοδύναμο ύψος βροχής)

- **Λοιπά μετεωρολογικά δεδομένα**

- Θερμοκρασία αέρα (+ θερμοκρασία εδάφους σε διάφορα βάθη)
- Ταχύτητα ανέμου (+ διεύθυνση ανέμου, ριπή ανέμου)
- Ηλιακή ακτινοβολία (άμεση/διάχυτη ακτινοβολία, διάρκεια ηλιοφάνειας, νέφωση)
- Σχετική υγρασία
- Σημείο δρόσου
- Ατμοσφαιρική πίεση
- Εξάτμιση (εξατμισίμετρο, περιορισμένη αξιοπιστία)
- Παρών καιρός – παρελθών καιρός (παρατήρηση)
- Κατάσταση εδάφους (παρατήρηση)

Μετεωρολογικά δεδομένα: μέτρηση



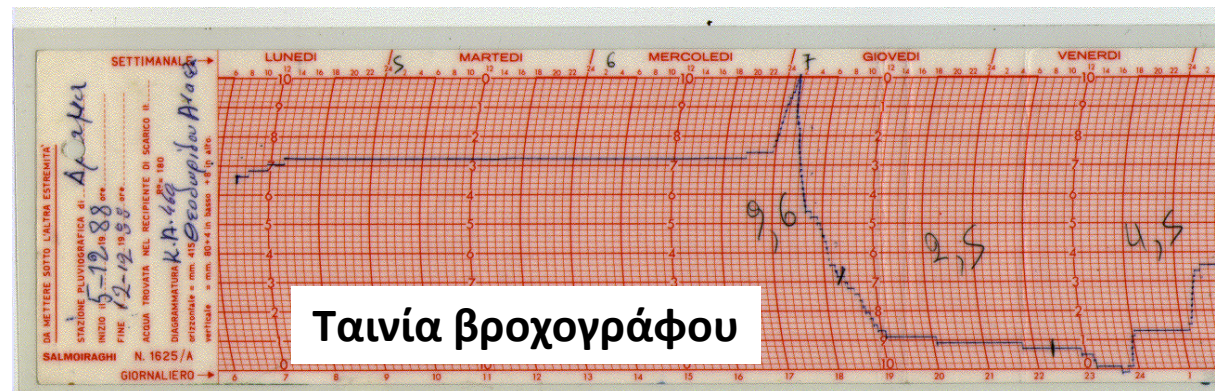
Συμβατικό (αθροιστικό)
βροχόμετρο



Αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός
EMΠ (1994, ο πρώτος της χώρας)



Αυτόματος μετεωρολογικός σταθμός
τύπου Davis (Πράσινο Βοιωτίας)



Μετεωρολογικά δεδομένα: τυπικές εφαρμογές

- **Δεδομένα κατακρημνίσεων**

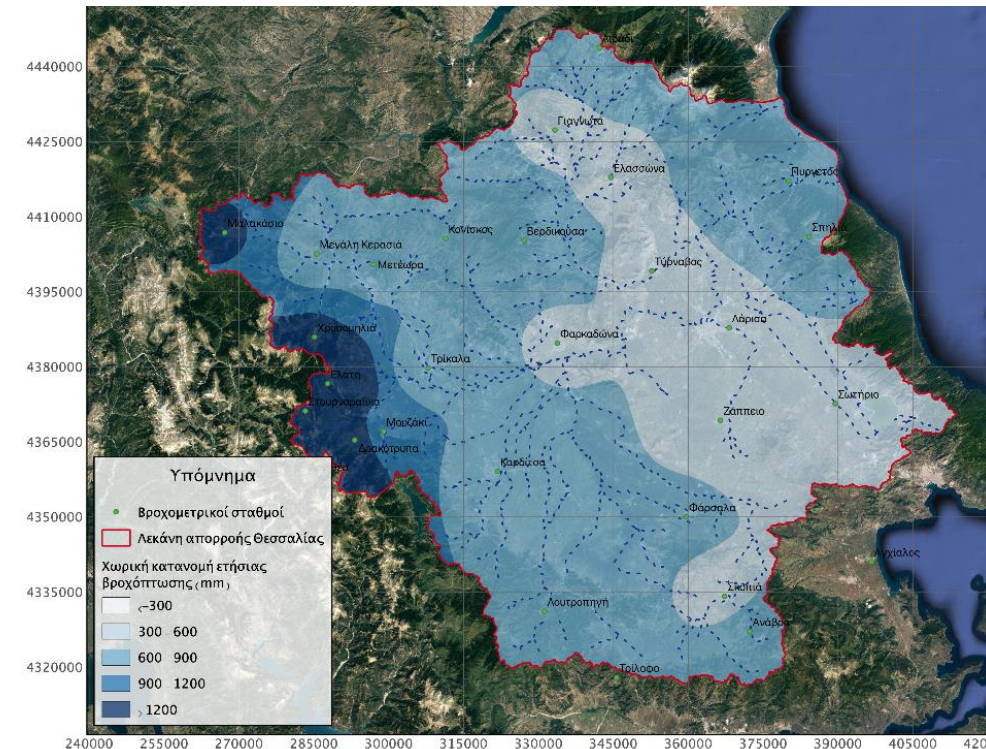
- Μελέτες υδατικού δυναμικού: πλήρεις χρονοσειρές (ημερήσιες, μηνιαίες)
- Μελέτες πλημμυρών (η βροχή καθορίζει την περίοδο επαναφοράς σχεδιασμού!):
 - Μέγιστα σε διάφορες κλίμακες από βροχόμετρα και βροχογράφους (5 min έως 48 h) → ετήσια μέγιστα ή «υπεράνω κατωφλίου» (peak over threshold, POT)
 - Πλήρεις χρονοσειρές λεπτής κλίμακας
 - Επιλεγμένα επεισόδια ισχυρών καταιγίδων

- **Λοιπά μετεωρολογικά δεδομένα**

- Εκτίμηση εξάτμισης από υδάτινη επιφάνεια (ισοζύγια λιμνών και ταμιευτήρων)
- Εκτίμηση δυνητικής εξατμοδιαπνοής (potential evapotranspiration, PET)
 - Απευθείας χρήση: εκτίμηση αρδευτικών αναγκών (καλλιέργεια αναφοράς)
 - Έμμεση χρήση: δεδομένο εισόδου σε υδρολογικά μοντέλα
- Μελέτες ΑΠΕ (αιολικά, Φ/Β)

Εφαρμογή 1: Εκτίμηση επιφανειακής βροχόπτωσης

- Συλλογή πρωτογενών δειγμάτων από διάφορες υπηρεσίες
- Ψηφιοποίηση δεδομένων και οργάνωσή τους σε μορφή χρονοσειράς
- Έλεγχοι (αυτόματοι & χειροκίνητοι)
- Συνάθροιση στη χρονική κλίμακα ενδιαφέροντος (π.χ. από ημερήσια σε μηνιαία)
- Συμπλήρωση ελλειπουσών τιμών προκειμένου να παραχθούν πλήρη σημειακά δείγματα για όλη την περίοδο ενδιαφέροντος
- Χωρική ολοκλήρωση σημειακών χρονοσειρών
 - Παραγωγή μιας αντιπροσωπευτικής χρονοσειράς της λεκάνης (π.χ. Thiessen, IDW)
 - Παραγωγή χρονοσειράς πεδίων βροχόπτωσης (σε περιβάλλον GIS)
 - Επίδραση υψομέτρου σημαντική (0.5-2.0 mm/m)
- Έντονη χωρική μεταβλητότητα, έντονη επίδραση του αναγλύφου, δύσκολος χειρισμός μηδενικών τιμών



Εφαρμογή 2: Εκτίμηση δυνητικής εξατμοδιαπνοής

- Αναλυτική μέθοδος Penman-Monteith (FAO) → συνάρτηση (1) θερμοκρασίας αέρα, (2) σχετικής υγρασίας, (3) ταχύτητας ανέμου, και (4) ηλιακής ακτινοβολίας
- Εναλλακτικά του (4): ώρες ηλιοφάνειας ή ποσοστό νέφωσης (εμπειρική παρατήρηση)
- Ελάχιστοι μετεωρολογικοί σταθμοί στη χώρα διαθέτουν ικανού μήκους (και ικανής αξιοπιστίας) χρονοσειρές για όλες τις μεταβλητές (συνήθως μόνο EMY)
- Προσεγγιστικές μέθοδοι:
 - Εμπειρικές εξισώσεις που χρησιμοποιούν μόνο τη θερμοκρασία, περιορισμένης αξιοπιστίας (π.χ., Thornthwaite)
 - Εξισώσεις συνδυασμού, με είσοδο την θερμοκρασία και την δυνητική ακτινοβολία (αστρονομικό μέγεθος, συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους και του χρόνου)
 - Παραμετρικές σχέσεις που βαθμονομούνται σε εκτιμήσεις κατά Penman-Monteith
- Επίδραση υψομέτρου σημαντική (περίπου $-0.60 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$)
- Η περιορισμένη σημειακή πληροφορία αντισταθμίζεται από την πολύ πιο ομαλή χωρική μεταβλητότητα της PET σε σχέση με τη βροχόπτωση

Υδρομετρικά δεδομένα

- Η μεταβλητή που ενδιαφέρει σε όλες τις μελέτες υδραυλικού μηχανικού είναι η **παροχή**, ωστόσο η παροχή **δεν είναι μετρήσιμο μέγεθος**.
- Η παροχή είναι συνδυαστικό (και συγκεντρωτικό) αποτέλεσμα των ατμοσφαιρικών διεργασιών (βροχόπτωση, εξατμοδιαπνοή), των τρεχουσών συνθηκών του εδάφους και υπεδάφους (αποθήκευση νερού), και των φυσιογραφικών χαρακτηριστικών της λεκάνης.
- Η παροχή είναι στιγμιαίο μέγεθος, η χρονική της ολοκλήρωση, ήτοι η **απορροή**, προϋποθέτει πυκνή πληροφορία παροχών (κατ' ελάχιστο στην ημερήσια κλίμακα).
- **Θεωρητική εκτίμηση** μέσω μετρήσεων στάθμης και σχέσεων της υδραυλικής (πρισματικές διατομές, ομοιόμορφη ροή → μόνο στον ιδεατό κόσμο)
- Τυπική διαδικασία στον πραγματικό κόσμο:
 - Συστηματικές μετρήσεις στάθμης (συχνά από διαφορετικά όργανα)
 - Υδρομετρήσεις σε αραιά διαστήματα (στάθμη, ταχύτητες σε διάφορα βάθη και αποστάσεις, γεωμετρία διατομής → παροχή)
 - Χρονοσειρά παροχής: χρονοσειρά στάθμης + εμπειρικές σχέσεις στάθμης-παροχής

Μέτρηση στάθμης: από τη σταδία στην τηλεμετρία



Συμβατικό σταθμήμετρο & σταθμηγράφος (Ασωπός)



Κάτι σαν σταθμήμετρο (Διώρυγα Καρδίτσας, λίγο ανάντη της Υλίκης)



Αυτόματος σταθμηγράφος (Κηφισός, Κόκκινος Μύλος)



Εγκατάσταση αυτόματου σταθμηγράφου στον Πηνειό, κοντά στον οικισμό Νομή

Υδρομέτρηση (= μέτρηση ταχύτητας, όχι παροχής)



**Ανάρτηση μωλίσκου από γέφυρα
(Λευκαδίτι, Μόρνος)**

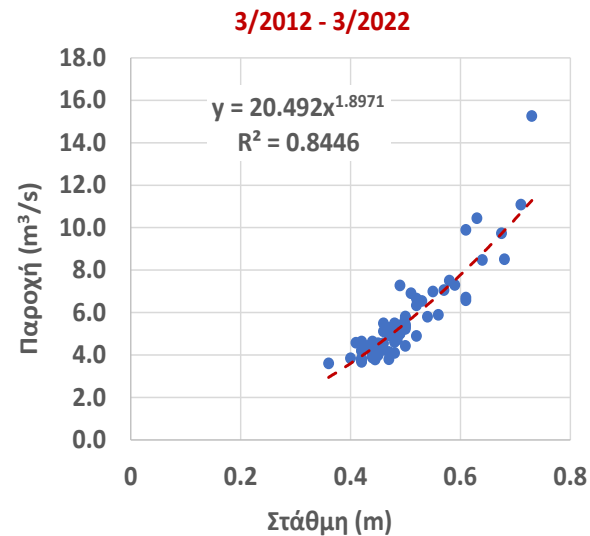
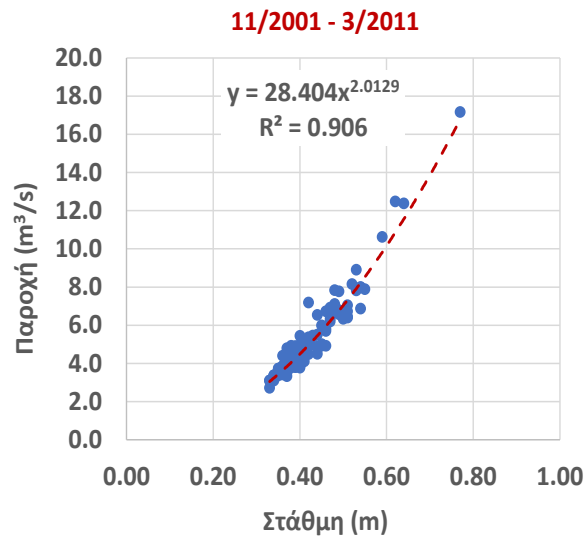
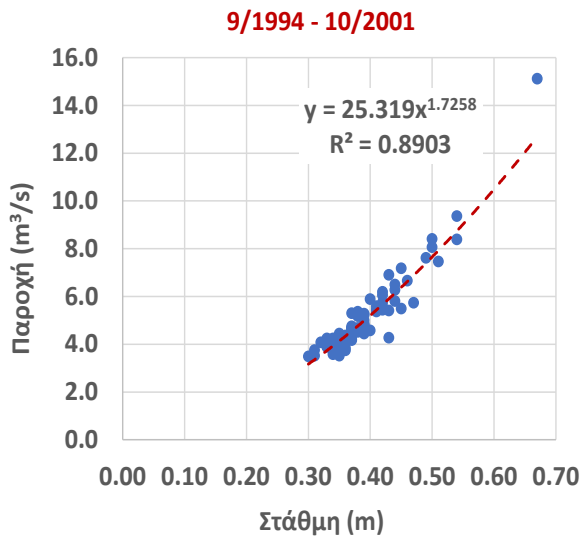
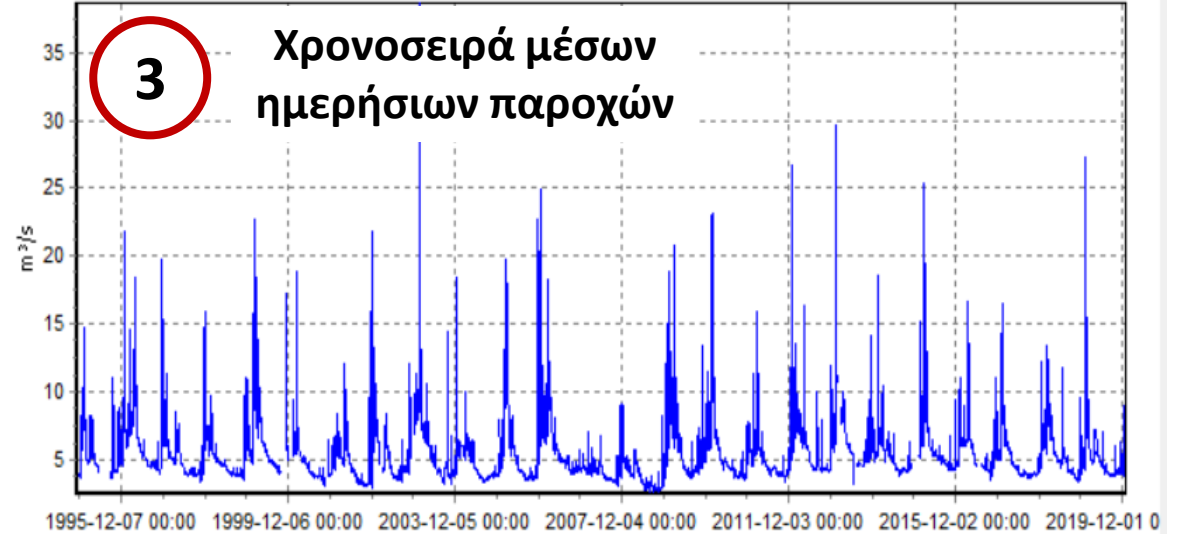
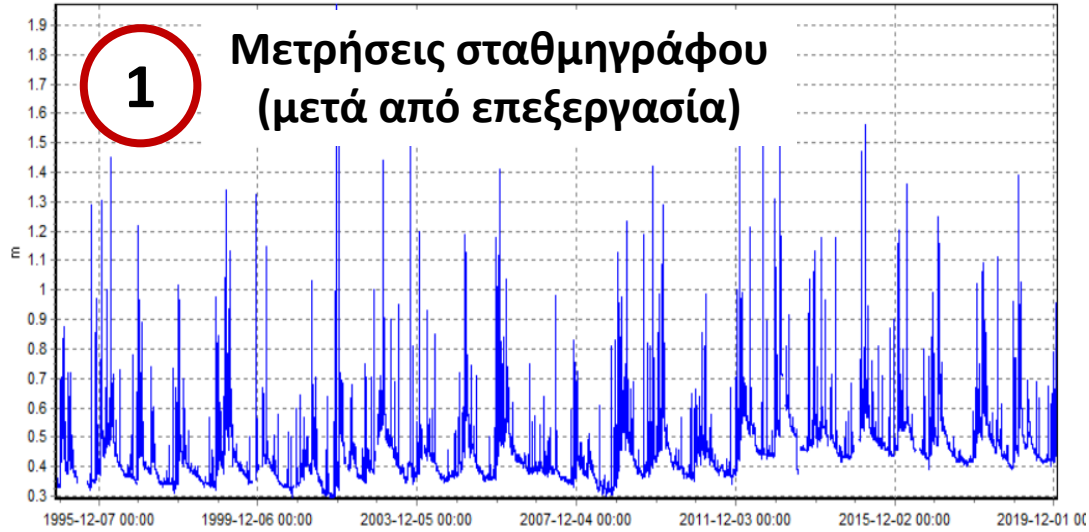


**Ο υδρομετρητής «επί το έργον»
(Σπ. Λυκούδης, Λούσιος)**



**Μέτρηση επιφανειακής
ταχύτητας (σχετικά νέα τεχνική,
ευκολία vs. ακρίβεια)**

Εφαρμογή 3: Παροχή από στάθμες & υδρομετρήσεις



2 Καμπύλες στάθμης-παροχής για τρεις χρονικές περιόδους (προσοχή στην τιμή του εκθέτη!!!)

Υδρομετρικός σταθμός Γέφυρας Κόκκορη, Λούσιος (πρωτογενή δεδομένα από ΔΕΗ)

Παροχή από σχέσεις στάθμης-παροχής: ναι μεν αλλά

- Καθοριστικοί παράγοντες για την κατάρτιση αξιόπιστων χρονοσειρών παροχής, εκτός από το αυτονόητα (καλή λειτουργία οργάνων, επιμελείς παρατηρητές) είναι η **γεωμετρία της διατομής** και οι **συνθήκες ροής** (ιδεατά: κρίσιμη ροή).
- Η **διατομή** σε φυσικά υδατορεύματα (όχι *υδατορέματα*, το ρέμα πάντα είναι υδάτινο), είναι **δυναμικό** μέγεθος → μετά από μεγάλες πλημμύρες, η σχέση στάθμης-παροχής συχνά αλλάζει (προσεκτική ανίχνευση στα δείγματα υδρομετρήσεων).
- Υδρομετρήσεις συνήθως **μόνο σε χαμηλές στάθμες**, άρα οι σχέσεις ισχύουν για περιορισμένο εύρος παροχών (κυρίως για χαμηλές και μεσαίες στάθμες).
- **Επέκταση** με θεωρητικές σχέσεις της υδραυλικής (έτσι λένε τα βιβλία υδρολογίας, αλλά ποιος τα πιστεύει).
- Οι **πλημμυρικές παροχές**, όπου η ροή υπερχειλίζει εκτός της κύριας κοίτης, είναι πρακτικά αδύνατο να εκτιμηθούν.
- Πρόβλημα και στις **χαμηλές ροές**, καθώς αν η διατομή δεν είναι αρκετά στενή, η ροή διαχωρίζεται ή και δεν μπορεί να καταγραφεί.

Κριτήρια καταλληλότητας υδρομετρικών σταθμών

- συγκέντρωση ροής σε μία κοίτη (αποφυγή διάσπαρτης ροής σε πολλούς κλάδους)
- απλότητα και ομοιομορφία γεωμετρίας της διατομής
- ευθυγραμμία οριζοντιογραφίας ποταμού (μακριά από απότομες στροφές)
- μη επηρεασμός της στάθμης από ανάντη εμπόδια (φράγματα, απολήψεις) και κατάντη συνθήκες που δημιουργούν ανάσχεση (π.χ. ταμιευτήρες) ή διαταραχή στη ροή (συμβολή άλλου ρέματος)
- περιορισμένη διάβρωση και απόθεση φερτών
- ευαισθησία στη μεταβολή της παροχής για όλο το πεδίο μεταβολής της στάθμης
- αντιπροσωπευτικότητα της θέσης για τους τυχόν ειδικότερους σκοπούς που εξυπηρετεί ο υδρομετρικός σταθμός (π.χ., γειτνίαση με τη θέση φράγματος, σε περίπτωση που τα δεδομένα του σταθμού θα χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη φράγματος)
- εύκολη πρόσβαση των συνεργείων εγκατάστασης και συντήρησης, και ιδίως των συνεργείων μέτρησης, ακόμη και σε περιπτώσεις έντονων πλημμυρών

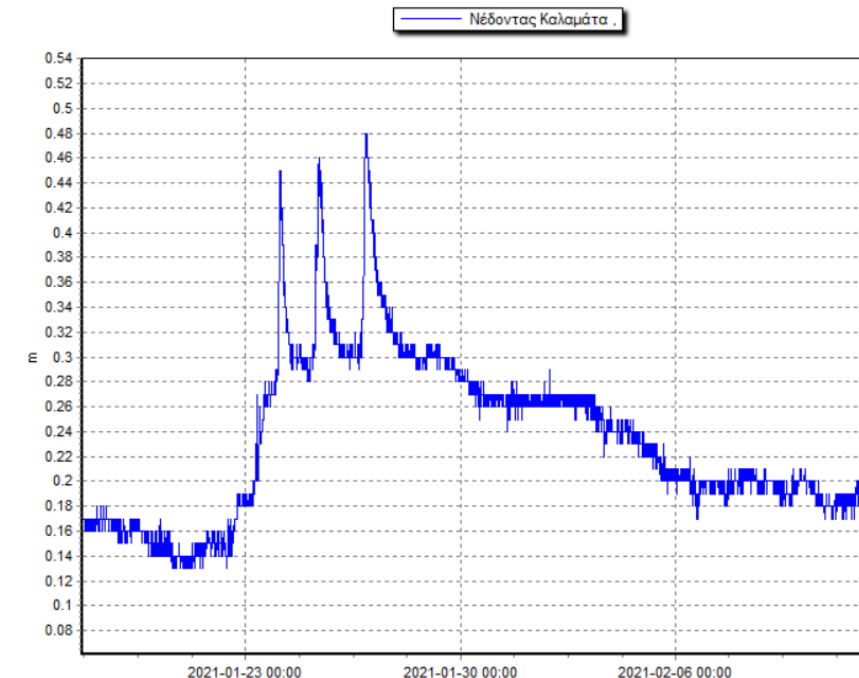
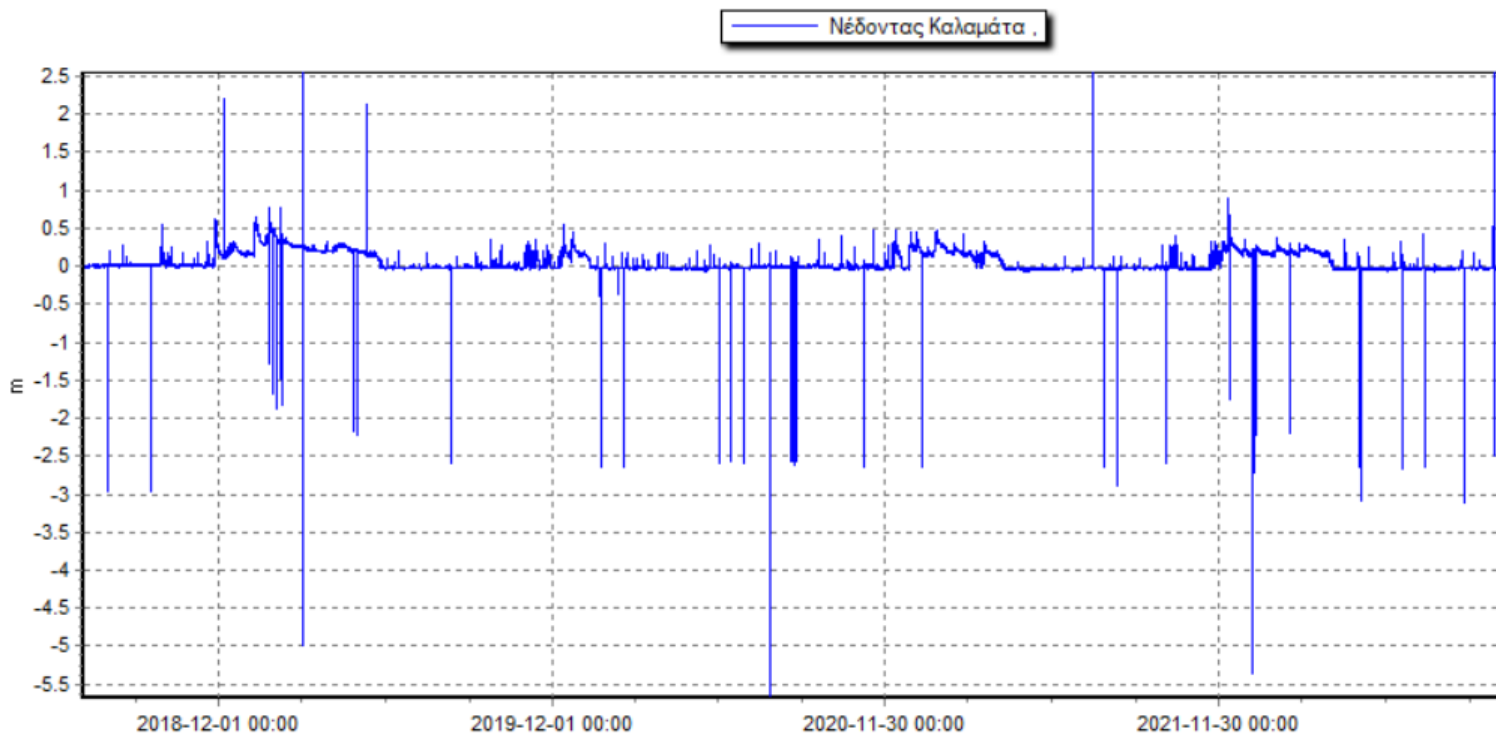
Φορείς και υπηρεσίες που διαθέτουν μετρητικά δίκτυα

- Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας (ΥΠΕΝ, πρώην ΥΠΕΚΑ, πρώην ΥΠΕΧΩΔΕ, πρώην ΥΠΔΕ) – κεντρική υπηρεσία και Περιφέρειες (**Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60**)
- Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού (ΔΕΗ)
- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ)
- Υπουργείο Γεωργίας (ΥΠΓΕ)
- Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ)
- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ)
- ΕΛΚΕΘΕ (ποιότητα νερού, εθνικό δίκτυο παρακολούθησης εσωτερικών υδάτων)
- Διάφοροι φορείς (κυρίως ερευνητικοί) που διαθέτουν μετρητικά δίκτυα

- **Βροχομετρικά δεδομένα:** όλοι οι φορείς (ελεύθερα δεδομένα: ΥΠΕΝ μέσω Υδροσκοπίου)
- **Υδρομετρικά δεδομένα:** ΔΕΗ (περιοχές με πλούσιο υδατικό δυναμικό, επί πληρωμή), ΥΠΕΝ (λίγοι σταθμοί, μέτρια αξιοπιστία), ΥΠΓΕ (μόνο υδρομετρήσεις)
- **Μετεωρολογικά δεδομένα:** ΕΜΥ (λίγοι σταθμοί), ΕΑΑ (πλατφόρμα meteo για ημερήσια δελτία, υψηλό κόστος για δεδομένα λεπτής χρονικής κλίμακας)
- **Υδρογεωλογικά δεδομένα:** ΙΓΜΕ (ούτε ένα στοιχείο ελεύθερα διαθέσιμο)

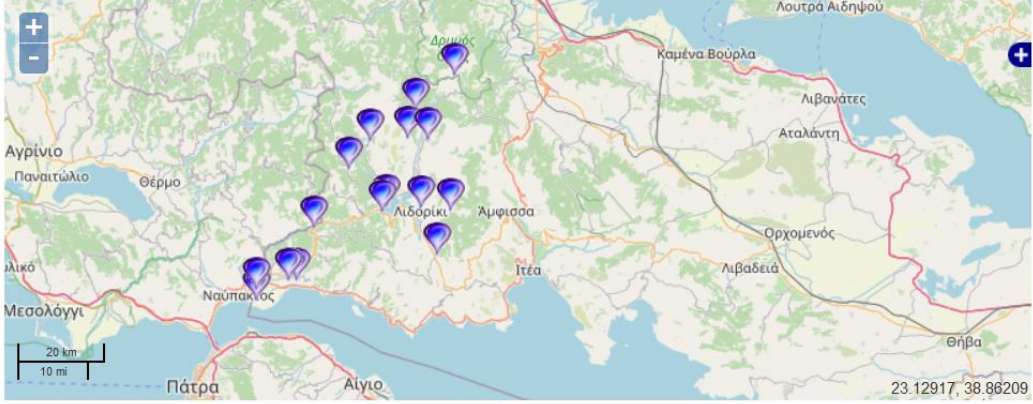
Πρωτογενή δεδομένα από αυτόματα καταγραφικά όργανα και τηλεμετρικούς σταθμούς: Welcome to Hell reloaded

- Ογκώδη δεδομένα, μη διαχειρίσιμα με «συμβατικά» εργαλεία (π.χ. λογιστικά φύλλα)
- Σφάλματα σε όλες τις κλίμακες, που δεν ελέγχονται από παρατηρητές
- Πληροφορία που συχνά δεν μπορεί να αξιοποιηθεί (π.χ., πολύ πυκνές μετρήσεις στάθμης, ενώ δεν υπάρχουν υδρομετρήσεις για την εξαγωγή σχέσεων στάθμης-παροχής)



Βάσεις δεδομένων: Υδροσκόπιο (www.hydroscope.gr)

- Ξεκίνησε ως ερευνητικό πρόγραμμα του ΕΜΠ και άλλων φορέων (αρχές '90s), με πρωτοβουλία των Δ. Κουτσογιάννη & Θ. Ξανθόπουλου.
- Τρέχουσα μορφή: 2009-2011 (Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής & Μετεωρολογικής Πληροφορίας)
- «Επίσημη» ΒΔ της χώρας, υπό το ΥΠΕΝ
- Διαχειριστικές πληροφορίες και δεδομένα όλων των υδρομετεωρολογικών σταθμών της χώρας (ΥΠΕΝ, ΔΕΗ, ΕΜΥ, ΥΠΑΑΤ, ΕΕΑ)
- Ελεύθερη πρόσβαση μόνο σε δεδομένα του ΥΠΕΝ:
 - Χρονοσειρές ημερήσιας βροχόπτωσης, όχι πλήρως επικαιροποιημένες
 - Στάθμες υδατορευμάτων (όχι υδρομετρήσεις)
 - Μετεωρολογικά δεδομένα σε λίγους σταθμούς



Stations

MOPNOS

Search tips

Login Register

List stations visible on map

| id | Name ↓ | Water basin | Water division | Political division | Owner | Type |
|-----------|--------------------------|--------------------|----------------------|--------------------|---|----------------|
| 100200001 | ΑΘ. ΔΙΑΚΟΣ (ΜΟΥΣΟΥΝΙΤΣΑ) | ΜΟΡΝΟΣ Π. (974 ΤΧ) | ΔΥΤΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ | ΦΩΚΙΔΑΣ | ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ | ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟ |
| 300500661 | ΓΕΦ. ΠΕΡΕΣΗ | ΜΟΡΝΟΣ Π. (974 ΤΧ) | ΔΥΤΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ | ΦΩΚΙΔΑΣ | ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ | ΣΤΑΘΜΗΜΕΤΡΙΚΟΣ |
| 100200004 | ΔΑΦΝΟΣ | ΜΟΡΝΟΣ | ΔΥΤΙΚΗ | ΦΩΚΙΔΑΣ | ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ | ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟ |

Πού αλλού βρίσκουμε δεδομένα;

- Στην ιστοσελίδα του **Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών** (www.meteo.gr) διατίθενται μετεωρολογικά δεδομένα σε εκατοντάδες σταθμούς της χώρας, που έχουν εγκατασταθεί σταδιακά, είτε στο πλαίσιο ερευνητικών προγραμμάτων είτε με ιδιωτική πρωτοβουλία.
- Το σύστημα παρέχει τη δυνατότητα **ανάκτησης ιστορικών δεδομένων** σε ημερήσια κλίμακα (δωρεάν υπηρεσία, προσωρινά εκτός λειτουργίας) και αναζήτησης δεδομένων επί πληρωμή.
- Δεδομένα **επί πληρωμή** παρέχουν επίσης η **ΔΕΗ** και η **ΕΜΥ**. Τα δεδομένα αυτά υπάρχουν στο Υδροσκόπιο, αλλά δεν είναι προσβάσιμα στο κοινό!
- Το κόστος των δεδομένων μπορεί να είναι συγκρίσιμο του κόστους της μελέτης!
- Διάφοροι ερευνητικοί φορείς και ιδιώτες παρέχουν ελεύθερα δεδομένα, τοπικής όμως εμπέλειας και αμφίβολης εγκυρότητας (παράδειγμα: μετεωρολογικός σταθμός σε μπαλκόνι)
- Νέα πρωτοβουλία: **Δίκτυο Ανοιχτής Πληροφορίας Υδροσυστημάτων** (<https://openhi.net/>)
- Αν αποτύχουν όλα τα παραπάνω ή αν δεν έχετε να πληρώσετε, **τελευταία σας ελπίδα για να βρείτε δεδομένα**: Ν. Μαμάσης & Α. Ευστρατιάδης, 2^{ος} όροφος Κτηρίου Υδραυλικής
- Επόμενο βήμα, αφού βρούμε δεδομένα: **Υδρογνώμων** (hydrognomon.openmeteo.org)