

***Προς μια ορθολογική αντιμετώπιση των σύγχρονων υδατικών προβλημάτων:  
Αξιοποιώντας την Πληροφορία και την Πληροφορική για την Πληροφόρηση***

**Υδροσκόπιο: Εθνική Τράπεζα Υδρολογικής & Μετεωρολογικής  
Πληροφορίας (ΕΤΥΜΠ, Υποέργο 2)**

Ξενοδοχείο Hilton, Πέμπτη 15 Απριλίου 2010

**Τυπικές και εξειδικευμένες  
υδρολογικές αναλύσεις**

*Α. Ευστρατιάδης, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός*





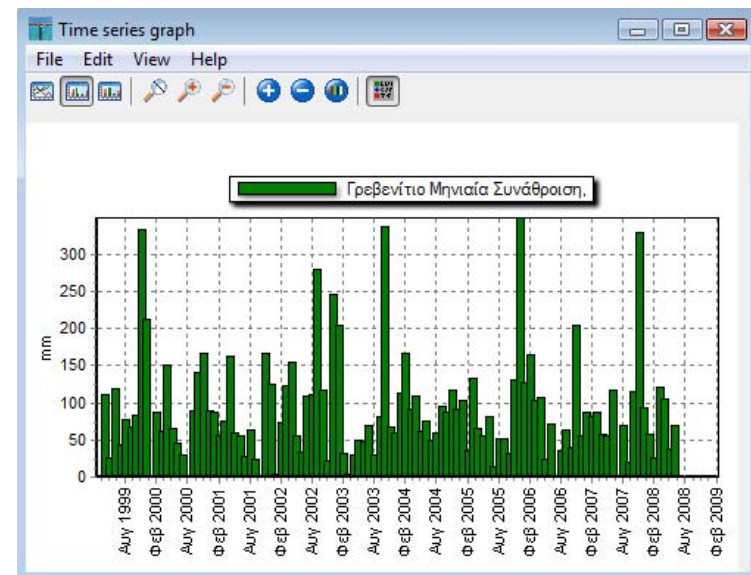
# Υδρολογικές αναλύσεις: Τι προσφέρει το Υδροσκόπιο;

- Κατηγορίες υδρολογικών αναλύσεων:
  - Διαχείριση δεδομένων (οργάνωση, έλεγχος, επεξεργασία, παρουσίαση)
  - Προετοιμασία χρονοσειρών εισόδου μοντέλων
  - Αυτόνομες εφαρμογές, που επιλύουν τυπικά υδρολογικά προβλήματα
- Υδρογνώμων – το υδρολογικό «κομπιουτεράκι»:
  - Τα υδρολογικά δεδομένα, προκειμένου να είναι αξιοποιήσιμα, απαιτούν μια σειρά επεξεργασιών, από την **πρωτογενή** ως την **παράγωγή** πληροφορία
  - Οι περισσότερες επεξεργασίες δύσκολα **τυποποιούνται** σε κοινά λογιστικά φύλλα, ενώ δημιουργούν αρχεία με υπερβολικά μεγάλο όγκο δεδομένων
  - Ο Υδρογνώμων απευθύνεται σε **χρήστες κάθε εμπειρίας**, υλοποιώντας ένα ευρύ φάσμα τυπικών και εξειδικευμένων εφαρμογών, που ενσωματώνουν συνήθεις τεχνικές καθώς και μεθοδολογίες αιχμής
  - Κεντρική συνιστώσα του προγράμματος είναι η **χρονοσειρά**, η οποία αναφέρεται σε διάφορες χρονικές διακρίτοτητες:
    - Μηνιαία (διαχειριστικές και υδρολογικές μελέτες)
    - Ημερήσια (υδρολογικές, ποιοτικές και περιβαλλοντικές μελέτες)
    - Πεντάλεπτη ως ημερήσια (μελέτες πλημμυρών, υδραυλικές μελέτες)

# Οργάνωση, έλεγχος, επεξεργασία και παρουσίαση υδρολογικών δεδομένων

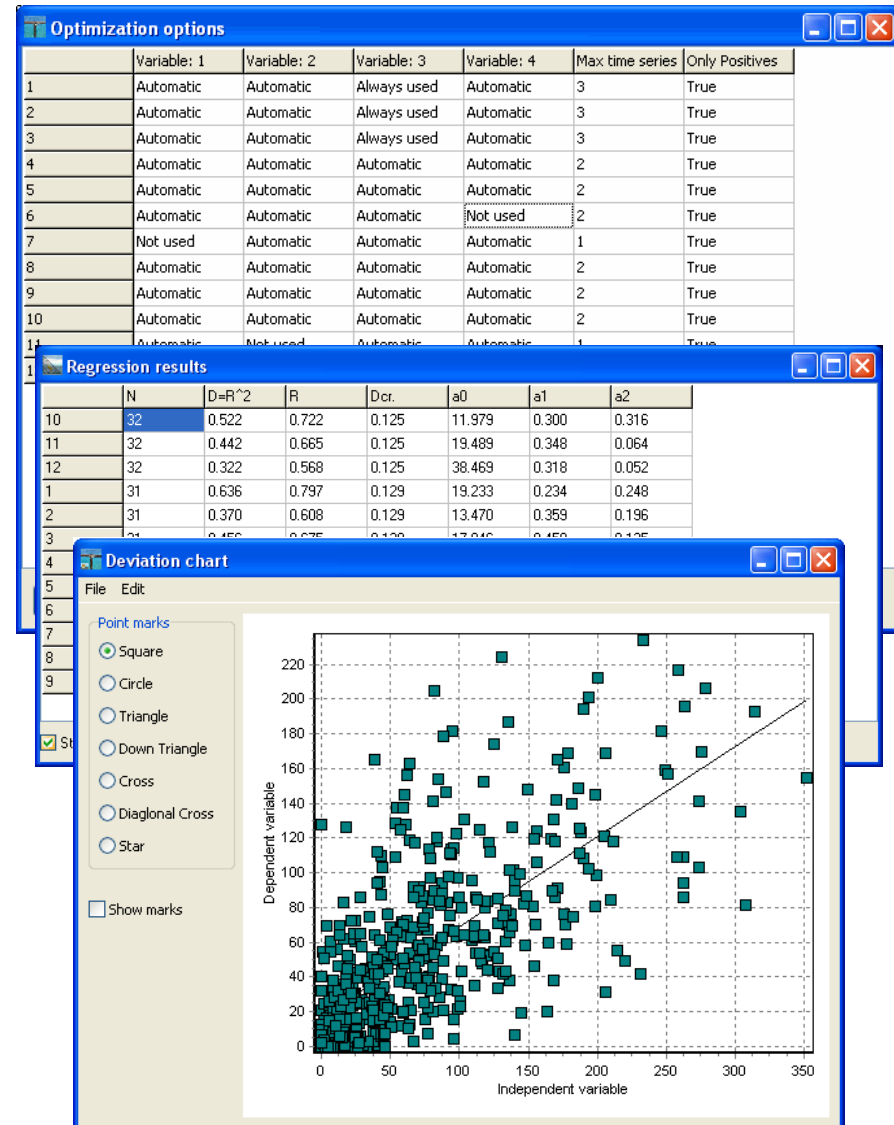
- Η διαχείριση (οργάνωση, επεξεργασία, παρουσίαση) της υδρολογικής πληροφορίας αποτελούν αναγκαία προϋπόθεση για κάθε μελέτη.
- Πληθώρα λειτουργιών στο περιβάλλον του Υδρογνώμονα
  - Συμβατότητα με λογιστικά φύλλα
  - Συνήθεις επεξεργασίες χρονοσειρών (τυπικοί έλεγχοι, κανονικοποίηση χρονικού βήματος, συνάθροιση)
  - Εποπτική παρουσίαση (πίνακες, στατιστικά, διαγράμματα)
  - Αποθήκευση σε μορφή αρχείου

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Mean
1999				112.20	25.10	118.80	43.30	77.00	67.70	83.90	332.80	211.70	119.17
2000	0.00	86.50	61.60	150.10	64.80	46.10	29.50	0.00	89.20	141.40	167.60	90.20	77.25
2001	87.30	55.80	75.70	162.70	59.40	56.40	27.20	64.50	23.30	0.00	166.80	125.10	75.35
2002	3.40	72.90	122.80	155.30	56.20	34.40	110.20	111.60	279.90	116.90	21.80	246.00	110.95
2003	204.70	32.20	4.20	30.30	49.60	48.60	68.60	30.30	82.40	338.00	67.50	59.90	84.69
2004	113.20	166.30	91.60	109.70	60.70	75.20	49.70	59.50	94.80	88.10	117.70	90.70	93.10
2005	102.50	36.30	133.30	65.30	56.60	80.80	14.80	51.80	51.30	31.30	130.50	349.60	92.01
2006	126.40	164.50	102.90	106.70	24.30	71.40	0.00	35.50	63.50	39.80	205.20	56.30	83.04
2007	87.90	81.70	86.60	58.50	55.60	118.00	0.00	68.70	19.70	115.50	329.30	92.80	92.86
2008	58.40	25.70	121.40	105.80	38.10	70.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		38.16
2009													
Mean	87.09	80.21	88.90	105.66	49.04	72.01	34.33	49.89	77.18	95.49	153.92	146.92	



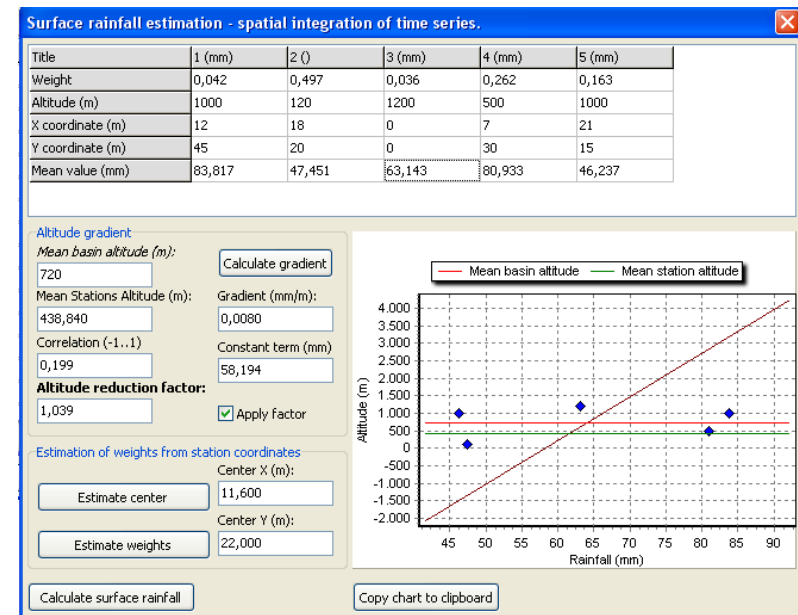
# Συμπλήρωση και επέκταση χρονοσειρών

- Συχνά οι χρονοσειρές παρουσιάζουν ελλείψεις, ενώ τα μήκη των δειγμάτων καλύπτουν διαφορετικές χρονικές περιόδους.
- Τυποποίηση διαδικασίας στο περιβάλλον του Υδρογνώμονα:
  - Πολλαπλά στατιστικά μοντέλα (μέση τιμή, απλή ή πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση, αυτοσυσχέτιση, οργανική συσχέτιση)
  - Εποχιακή (μηνιαία) μεταβολή των συντελεστών του μοντέλου
  - Για κάθε μήνα ορίζονται ή εντοπίζονται (μέσω βελτιστοποίησης) οι ανεξάρτητες μεταβλητές (σταθμοί βάσης) που συσχετίζονται καλύτερα με την εξαρτημένη



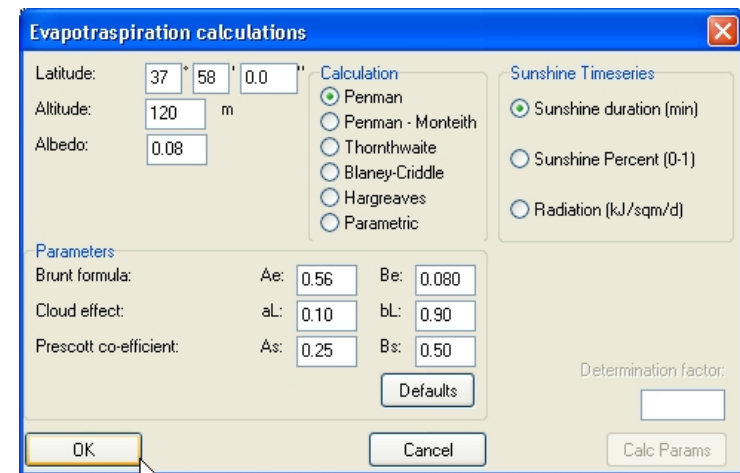
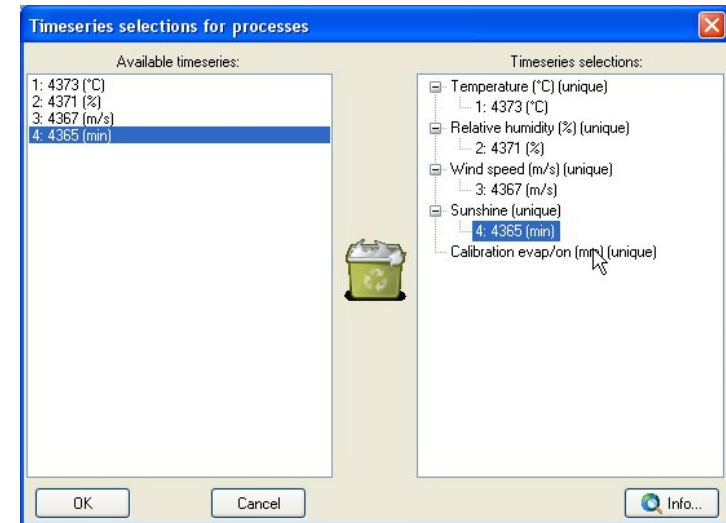
# Επιφανειακή ολοκλήρωση και υψομετρική αναγωγή σημειακών δειγμάτων

- Λόγω της έντονης χωρικής μεταβλητότητας αλλά και της εξάρτησής τους από το υψόμετρο, οι σημειακές μετρήσεις των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών δεν είναι άμεσα αξιοποιήσιμες – τα αντίστοιχα μεγέθη πρέπει να αναχθούν στο μέσο υψόμετρο της κατάλληλης επιφάνειας αναφοράς.
- Η εφαρμογή του ΣΓΠ εκτιμά τους συντελεστές επιρροής κάθε σταθμού, με βάση τυπικά μοντέλα χωρικής ολοκλήρωσης (π.χ. πολύγωνα Thiessen).
- Τα σημειακά δείγματα, τα γεωμετρικά μεγέθη και οι συντελεστές επιρροής των σταθμών εισάγονται στον Υδρογνώμονα, για τον υπολογισμό της αρχικής επιφανειακής χρονοσειράς.
- Για την αναγωγή στο μέσο υψόμετρο της επιφάνειας αναφοράς, εφαρμόζεται η μέθοδος του συντελεστή υψομετρικής αναγωγής, υπολογίζοντας τον ρυθμό μεταβολής του υδρολογικού μεγέθους συναρτήσει του υψομέτρου.



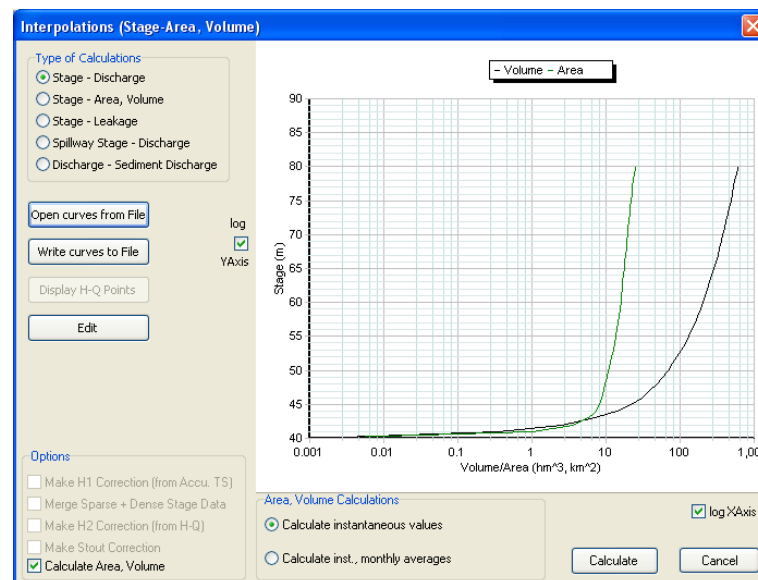
# Εκτίμηση εξάτμισης και εξατμοδιαπνοής

- Τυπικό ζητούμενο πολλών επιστημών φυσικής και περιβάλλοντος (υδρολογία, μετεωρολογία, γεωπονία, κτλ.):
  - Αναγκαίο για την εκτίμηση της αρδευτικής ζήτησης (θεωρητικές ανάγκες καλλιεργειών)
  - Χρονοσειρά εισόδου υδρολογικών μοντέλων
- Τυποποίηση διαδικασίας:
  - Αναλυτικά (Penman, Penman-Monteith) και ημιεμπειρικά (Thornthwaite, Hargreaves και Blaney-Criddle) μοντέλα, ανάλογα με τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα
  - Δυνατότητα επέκτασης και συμπλήρωσης χρονοσειρών, με προσαρμογή μιας παραμετρικής σχέσης που χρησιμοποιεί ως είσοδο μόνο τη θερμοκρασία



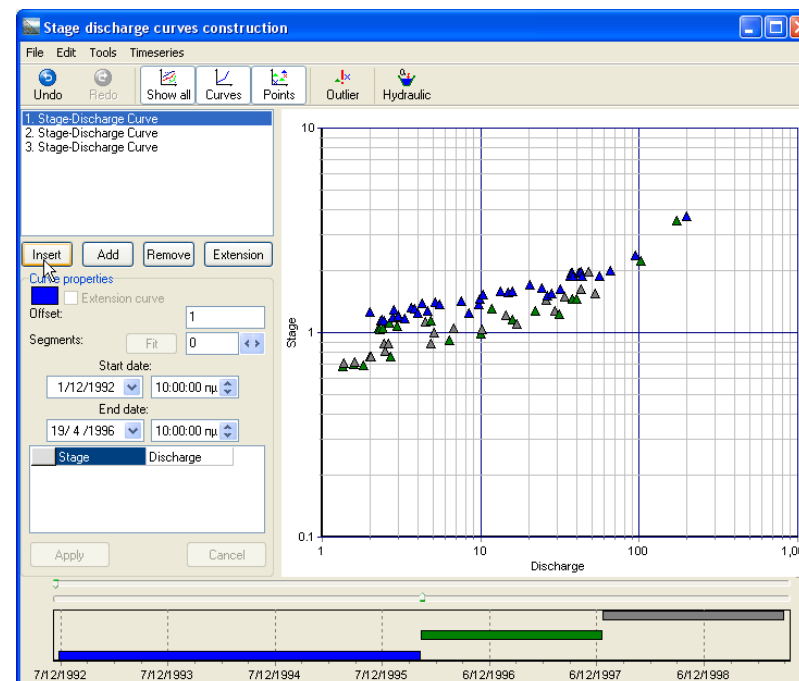
# Εφαρμογές παρεμβολής

- Σε πολλές υδρολογικές εφαρμογές, ζητούμενο είναι η εκτίμηση της τιμής μιας εξαρτημένης μεταβλητής  $y$ , συναρτήσει μιας ανεξάρτητης μεταβλητής  $x$ , με βάση μια σχέση (καμπύλη)  $y = f(x)$  που περιγράφεται από μια σημειοσειρά δεδομένων:
  - Υπολογισμός παροχής, συναρτήσει της στάθμης ποταμού
  - Υπολογισμός στερεοπαροχής, συναρτήσει της στάθμης ποταμού
  - Υπολογισμός επιφάνειας, αποθέματος ή υπόγειων διαφυγών ταμιευτήρα, συναρτήσει της αντίστοιχης στάθμης νερού στον ταμιευτήρα
  - Υπολογισμός εκροών μέσω υπερχειλιστή φράγματος, συναρτήσει της αντίστοιχης στάθμης νερού στον υπερχειλιστή
- Ο Υδρογνώμων χρησιμοποιεί ενιαίο γραφικό περιβάλλον για την παρεμβολή χρονοσειρών πάνω σε καμπύλες, υποστηρίζοντας διάφορα μοντέλα παρεμβολής (γραμμική, λογαριθμική).



# Κατασκευή καμπυλών στάθμης-παροχής

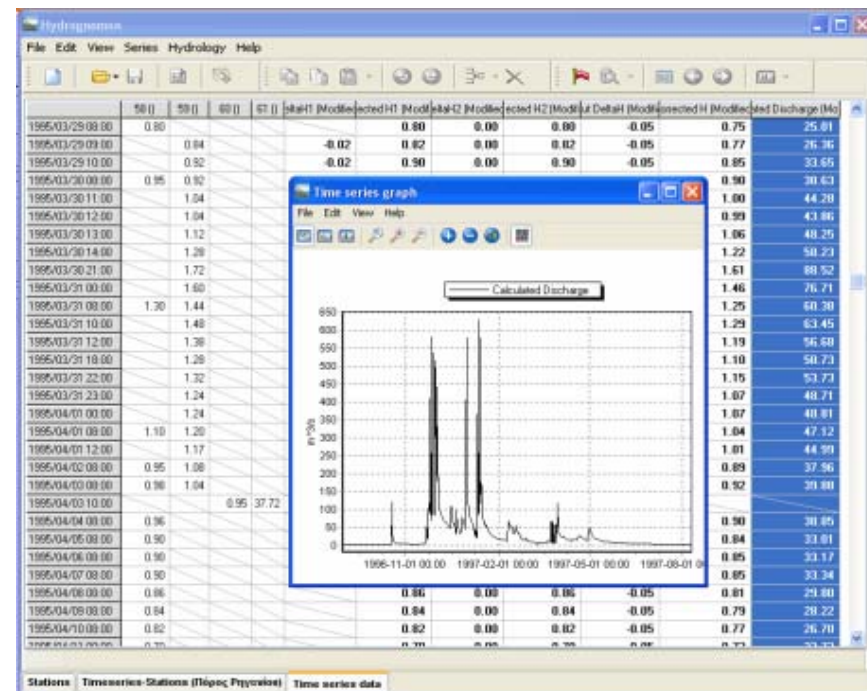
- Από τα συνθετότερα προβλήματα της τεχνικής υδρολογίας – εντάσσεται στα προβλήματα παρεμβολής, για τα οποία δεν υπάρχει τυποποιημένη μεθοδολογία (αλγόριθμος).
- Αναγκαία η υδρολογική εμπειρία, σε συνδυασμό με τη φιλικότητα του περιβάλλοντος εργασίας.
- Ο Υδρογνώμων αντιμετωπίζει τις ποικίλες ιδιαιτερότητες του προβλήματος:
  - Επιλογή χρονικών περιόδων ισχύος των σχέσεων στάθμης-παροχής
  - Εντοπισμός και απομάκρυνση εξωκείμενων σημείων
  - Αυτόματη προσαρμογή σύνθετων καμπυλών (μοντέλα παλινδρόμησης) και εντοπισμός σημείων θλάσης
  - Επέκταση με χρήση υδραυλικών μεθόδων, για δεδομένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά διατομής





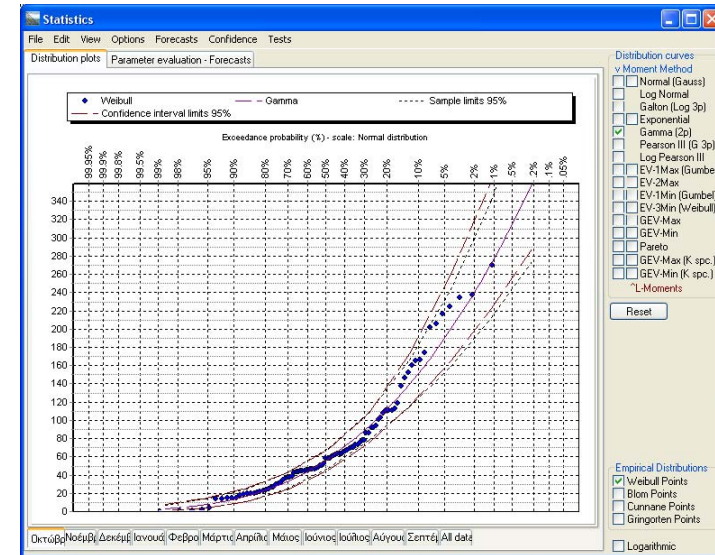
# Κατασκευή χρονοσειράς παροχής από δείγματα σταθμημέτρου και σταθμηγράφου

- Στη γενική περίπτωση, η κατάρτιση μιας χρονοσειράς μέσης παροχής βασίζεται σε ένα σύνολο ετερογενών δεδομένων:
  - Παρατηρήσεις στάθμης από σταθμήμετρο (συνήθως μία μέτρηση ανά ημέρα)
  - Καταγραφές σταθμηγράφου, πυκνής χρονικής διακριτότητας
  - Ταυτόχρονες μετρήσεις στάθμης και παροχής από υδρομετρικό συνεργείο
  - Σύνθετες εξισώσεις στάθμης-παροχής, για διάφορες περιόδους
- Στην πράξη, δεν είναι δυνατή η επίλυση του προβλήματος με τη βοήθεια λογιστικών φύλλων – απαιτείται εξειδικευμένο λογισμικό.
- Ο Υδρογνώμων εφαρμόζει την πληρέστερη μεθοδολογία της βιβλιογραφίας (μέθοδος Stout) για τη συνεπή εκτίμηση της παροχής.



# Στατιστική ανάλυση υδρολογικών δειγμάτων

- Η θεωρία πιθανοτήτων και η στατιστική αποτελούν βασικό μαθηματικό εργαλείο της τεχνικής υδρολογίας.
- Υλοποιείται από το υποσύστημα **Πυθία**:
  - Προσαρμογή κατανομής σε ένα ευρύ φάσμα στατιστικών μοντέλων
  - Απεικόνιση εμπειρικής και θεωρητικής κατανομής σε διάφορους τύπους χαρτιού
  - Εκτίμηση διαστήματος εμπιστοσύνης
  - Εκτίμηση τιμής υπέρβασης για δεδομένη περίοδο επαναφοράς
  - Εκτίμηση περιόδου επαναφοράς για δεδομένη τιμή της μεταβλητής
  - Αναλυτικοί πίνακες στατιστικών παραμέτρων και εκτιμητριών για όλες τις διαθέσιμες κατανομές



	Οκτώβριος	Νοέμβριος	Δεκέμβριος	Ιανουάριος	Φεβρουάριος	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος
Data count	93	94	94	94	94	94	94	94
Mean value	72.19	88.06	106.27	94.88	79.85	70.51	40.52	33.94
Standard deviation	59.99	52.98	58.59	53.23	46.18	43.76	33.1	29.16
Third central moment	306165.11	112556.43	98249.38	167268.85	85428.23	73397.08	51441.26	34791
Asymmetry factor	1.42	.76	.49	1.11	.87	.88	1.42	1.4
Mean value of $y=Ln(x)$	3.9	4.25	4.48	4.36	4.17	4.04	3.37	3.14
Std. dev. of $y=Ln(x)$	1.05	.79	.68	.71	.75	.72	.91	1.01
Third c. moment $-/-$	-1.72	-.71	-.28	-.49	-.61	-.27	-.42	-.75
Asymmetry factor $-/-$	-1.49	-1.47	-.91	-1.4	-1.43	-.71	-.56	-.72
LogNormal $m\gamma$	4.02	4.32	4.53	4.42	4.24	4.09	3.45	3.25
LogNormal $s\gamma$	.72	.56	.52	.52	.54	.57	.71	.74
Galton $m\gamma$	4.82	5.33	5.88	4.95	5.06	5	4.22	4.11
Galton $s\gamma$	.42	.25	.16	.34	.28	.28	.42	.42
Galton c	-63.08	-124.46	-256.69	-55.16	-84.14	-83.47	-34.05	-32.4
Exponential c	12.2	35.07	47.68	41.65	33.67	26.74	7.43	4.78
Exponential Lambda	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.03
Gamma Lambda	1.45	2.76	3.29	3.18	2.99	2.6	1.5	1.35
Gamma Kappa	.02	.03	.03	.03	.04	.04	.04	.04
Pearson III Kappa	1.99	6.86	16.76	3.25	5.32	5.22	1.99	2.03
Pearson III Lambda	.02	.05	.07	.03	.05	.05	.04	.05
Pearson III c	-12.44	-50.75	-133.62	-1.11	-26.66	-29.45	-6.13	-7.61
Log Pearson III Kappa	1.81	1.86	4.81	2.04	1.96	8.01	12.7	7.64
Log Pearson III Lambda	1.28	1.74	3.25	2.03	1.86	3.92	3.91	2.73
Log Pearson III c	2.49	3.18	3	3.35	3.11	1.99	.12	.34
EV-1 (Gumbel) Max Lambda	46.8	41.33	45.7	41.52	36.02	34.14	25.82	22.74
EV-1 (Gumbel) Max Psi	.37	1.55	1.75	1.71	1.64	1.49	.99	.32

# Ανάλυση μέγιστων υψών βροχής για παραγωγή όμβριων καμπυλών

- Αναγκαία συνιστώσα κάθε μελέτης πλημμυρών!
- Υλοποιείται από το υποσύστημα **Όμβρος**:
  - Παραγωγή δειγμάτων μέγιστων ετήσιων βροχοπτώσεων για διάφορες διάρκειες (χωρίς περιορισμό στο πλήθος των χρονικών διακριτοτήτων)
  - Ευρύ φάσμα κατανομών μέγιστων
  - Δυνατότητα διατύπωσης γενικευμένης εξίσωσης (με μεταβλητές τη διάρκεια βροχής και την περίοδο επαναφοράς)
  - Εκτίμηση διαστήματος εμπιστοσύνης με μέθοδο Monte-Carlo
  - Πίνακες στατιστικών χαρακτηριστικών – γραφήματα καμπυλών

Set IDF Timeseries

Available Time series:

- Maximum rainfall intensity (5 min)
- Maximum rainfall intensity (10 min)
- Maximum rainfall intensity (30 min)
- Maximum rainfall intensity (1 h)
- Maximum rainfall intensity (2 h)
- Maximum rainfall intensity (6 h)
- Maximum rainfall intensity (12 h)
- Maximum rainfall intensity (24 h)

Options:

Duration: 24

Minutes

Hours

Time resolution unknown

Time resolution: 5

Minutes

Hours

Use for Eta, Theta

Use for Distrib. fit

Add Remove

Timeseries Values are:

Height (mm)

Intensity (mm/h)

Eta 0.5 Theta 0.5

Time series comments:

Time series comment unspecified

Time series records:

1982-83	2.29
1983-84	1.82
1984-85	3.40
1985-86	0.83
1986-87	3.85

Desired amount of records used:

10%

20%

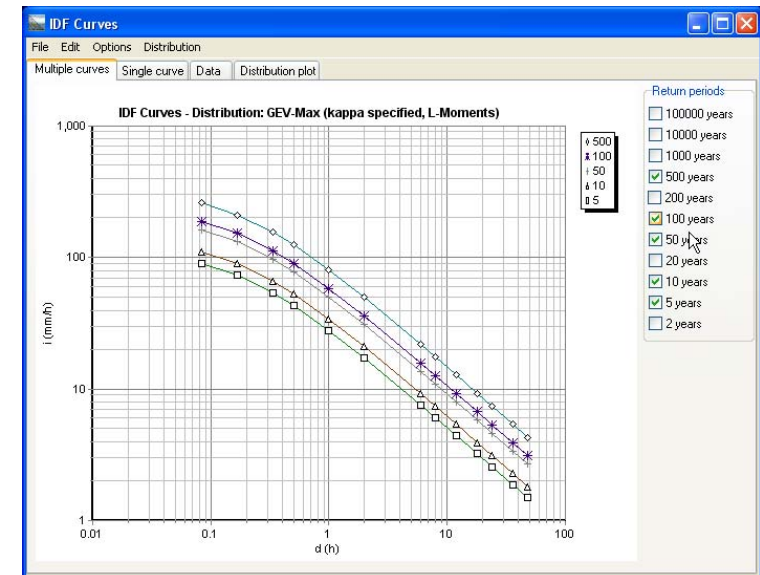
1/3

50%

2/3

100%

Load... Save... Consistency check Close IDF Analysis...



# Μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο λεκάνης απορροής

- Η σημαντικότερη πληροφορία μιας μελέτης σχεδιασμού υδραυλικών έργων και διαχείρισης υδατικών πόρων είναι η μηνιαία απορροή.
- Αν δεν υπάρχουν υδρομετρικά δεδομένα, η εκτίμηση της απορροής γίνεται έμμεσα, με βάση το υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης.
- Επειδή η εξίσωση ισοζυγίου περιλαμβάνει και άλλα άγνωστα μεγέθη (εξατμοδιαπνοή, διαφυγές), απαιτείται η αναπαράσταση των βασικών διεργασιών του υδρολογικού κύκλου μέσω ενός μοντέλου προσομοίωσης.
- Ο **Ζυγός** είναι ένα αδιαμέριστο εννοιολογικό μοντέλο, ευέλικτης δομής, κατάλληλο για λεκάνες μικρής και μεσαίας κλίμακας.
- Οι παράμετροι του μοντέλου εκτιμώνται εμπειρικά ή μέσω αυτόματης βαθμονόμησης.

