

# Συμβολή του Υδροσκοπίου στην επίλυση υδατικών προβλημάτων

*Ν. Μαμάσης & Α. Ευστρατιάδης*





# Δομή παρουσίασης

- Σύγχρονα υδατικά προβλήματα
- Φιλοσοφικό υπόβαθρο – Οι έννοιες του συλλογισμού και της επαγωγής
- Τα μοντέλα του Υδροσκοπίου
- Η συμβολή των μοντέλων στην επίλυση τυπικών και εξειδικευμένων προβλημάτων υδατικών πόρων

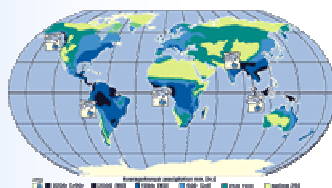
[illegible]

- Διακυμάνσεις στο χωρόχρονο
- *Κλιματική Αλλαγή*

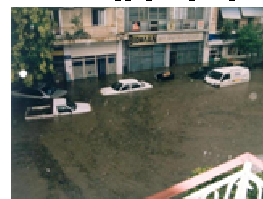
- Αλλοιώσεις στα φυσικά συστήματα
- Υποβάθμιση ποιότητας
- Υπερκατανάλωση πόρων

**Ανθρώπινα Συστήματα**  
**Πόλεις, Καλλιέργειες,**  
**Παραγωγή ενέργειας,**  
**Βιομηχανία, Κτηνοτροφία**  
**Χρήσεις νερού**  
**Καταναλωτικές-**  
**Μη καταναλωτικές**

## Ανισοκατανομή νερού



## Πλημμύρες



## Ξηρασίες



- Μελέτη (Εκτίμηση προσφοράς και ζήτησης νερού)
- Κατασκευή (Ταμιεύτρες, Δίκτυα, Αντιπλημμυρικά)
- Διαχείριση (Προσομοίωση, Βελτιστοποίηση)

## Φιλοσοφία

- Μοντελοποίηση του φυσικού περιβάλλοντος
- Διαχείρισης συστημάτων
- Αντιμετώπισης κινδύνων

## Δράσεις

Θεσμικές, Τεχνολογικές,  
Οικονομικές, Κοινωνικές  
Περιβαλλοντικές

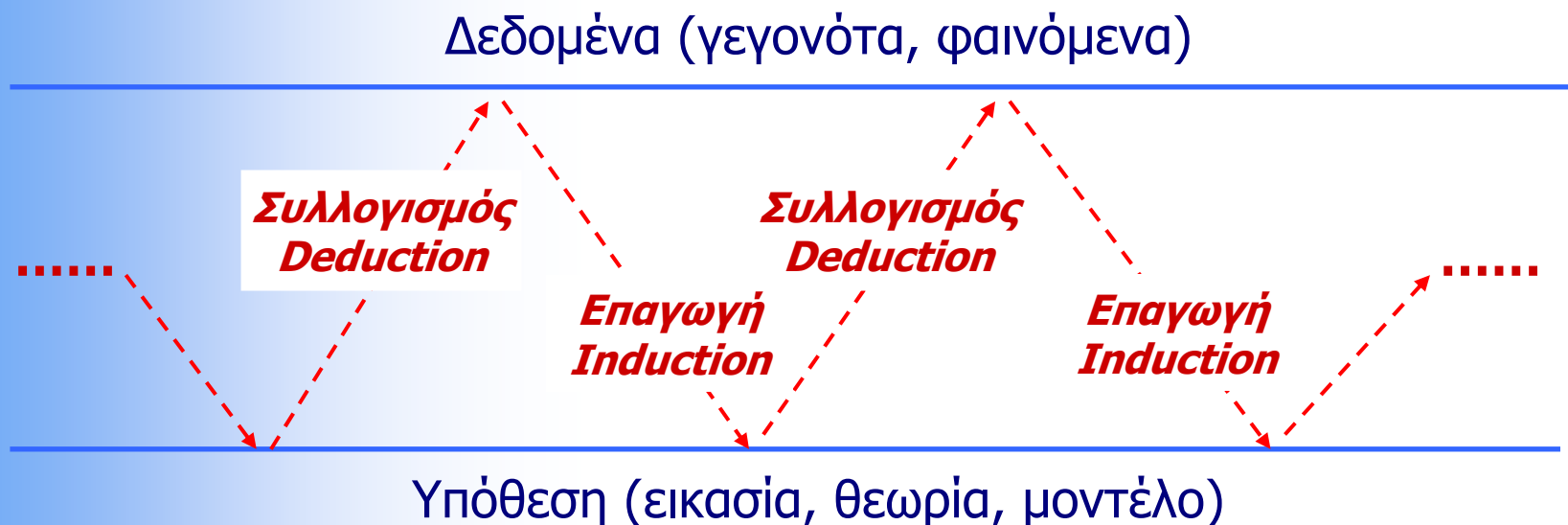
Οδηγίες, Διαχειριστικά  
σχέδια, Χάρτες πλημμυρών,  
ευαισθητοποίηση κοινού



# Φιλοσοφία αντιμετώπισης

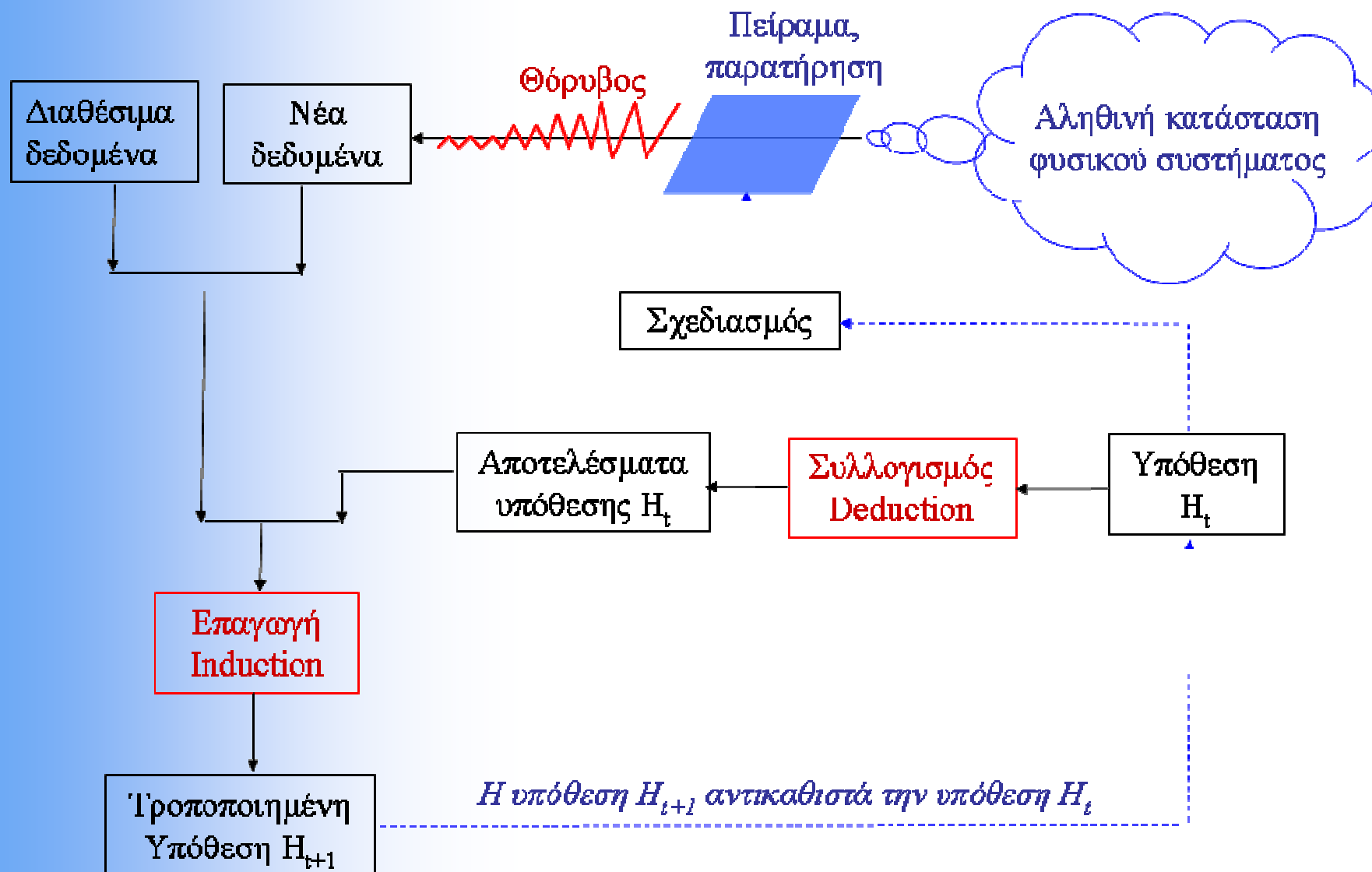
## Επαναληπτική διαδικασία μάθησης από την επιστήμη: Συλλογισμός-Επαγωγή

Συχνά η επαγωγή προμηθεύει τις βάσεις, οι οποίες στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για συλλογιστικά επιχειρήματα



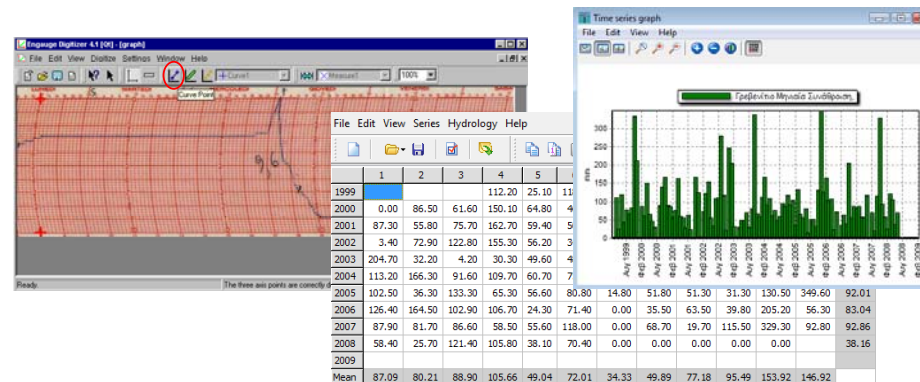
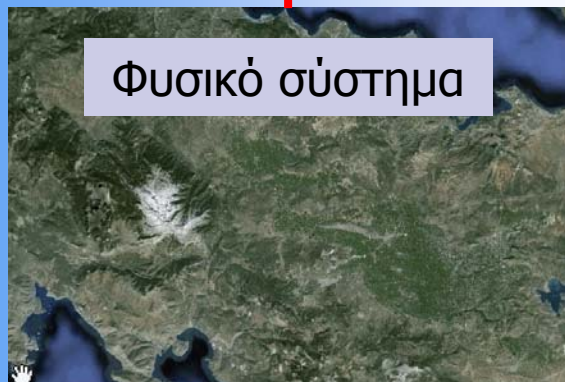
**Πηγή:** H. Gauch, Scientific Method in Practice, 2003

# Φιλοσοφία αντιμετώπισης

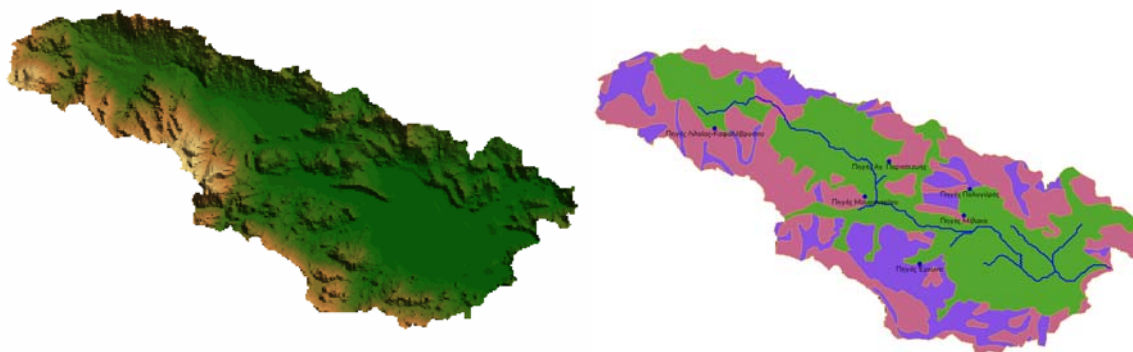


Πηγή: H. Gauch, Scientific Method in Practice, 2003

# Συμβολή του Υδροσκοπίου ως προς την επαγωγική συνιστώσα (δεδομένα)

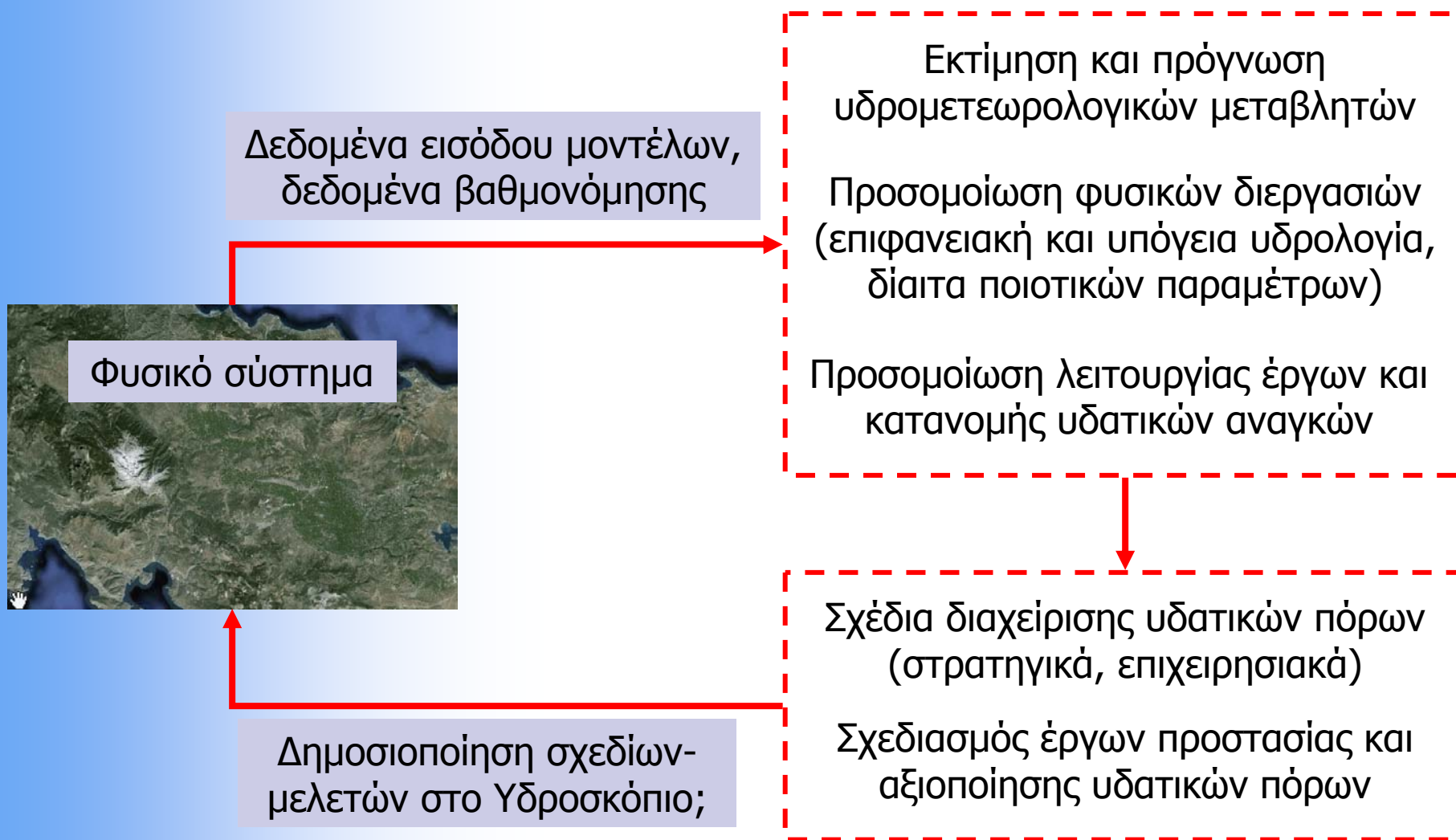


Ανάκτηση και επεξεργασία  
υδρομετεωρολογικών δεδομένων



Ανακτηση και επεξεργασία χωρικών  
δεδομένων - Γεωγραφική απεικόνιση

# Συμβολή του Υδροσκοπίου ως προς την συνιστώσα του συλλογισμού (μοντέλα)







# Τα μοντέλα του Υδροσκοπίου

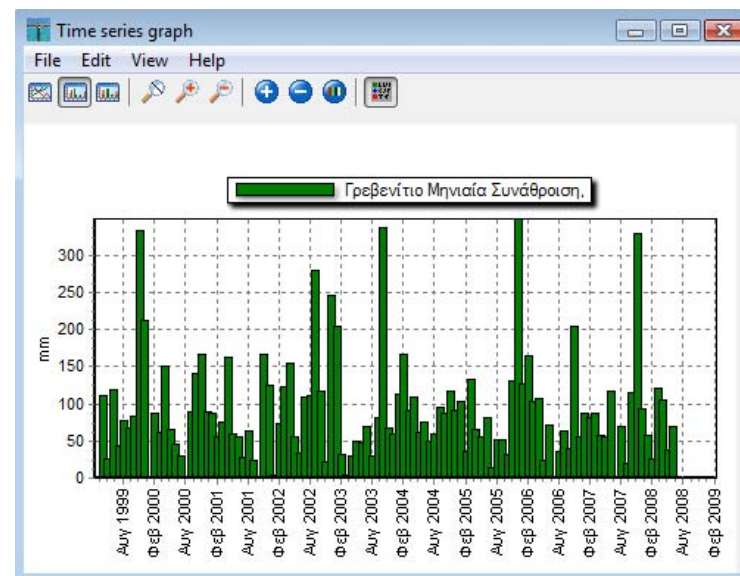
- Απευθύνονται σε φορείς, μελετητές και ερευνητές, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων υδατικών πόρων.
- Είναι ελεύθερα διαθέσιμα μέσω της ιστοσελίδας του Υδροσκοπίου (τα περισσότερα ως λογισμικά ανοιχτού κώδικα).
- Λειτουργούν αυτόνομα (π.χ. δεν συνδέονται με βάσεις δεδομένων).
- Αποτελούν προϊόν μακρόχρονης εμπειρίας του ΕΜΠ σε θέματα επιστήμης και τεχνολογίας υδατικών πόρων, και έχουν ελεγχθεί σε μεγάλο αριθμό υδροσυστημάτων, κάθε πολυπλοκότητας.
- Αν και υλοποιούν τις πλέον σύγχρονες μεθοδολογικές προσεγγίσεις, είναι προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητες των ελληνικών συνθηκών (π.χ. ανεπάρκεια δεδομένων).
- Διορθώνονται, βελτιώνονται και εμπλουτίζονται μέσα από μια διαδραστική συνεργασία επιστημόνων, ερευνητών, μελετητών, προπτυχιακών και μεταπτυχιακών φοιτητών, κτλ.



# Πρόβλημα 1: Οργάνωση, επεξεργασία και παρουσίαση υδρολογικών δεδομένων

- Η οργάνωση και επεξεργασία της υδρολογικής πληροφορίας 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 |        |



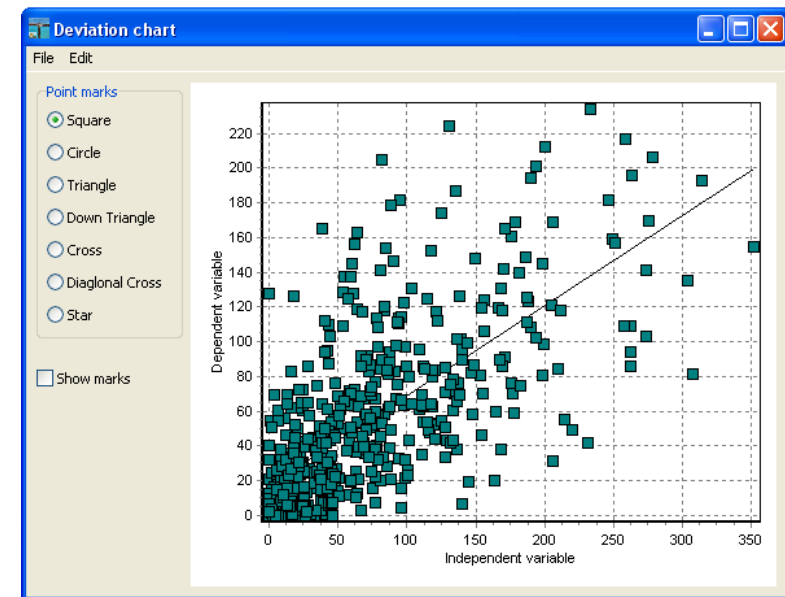
## Πρόβλημα 2: Συμπλήρωση και επέκταση χρονοσειρών

- Συχνά οι χρονοσειρές παρουσιάζουν ελλείψεις, ενώ τα μήκη των δειγμάτων καλύπτουν διαφορετικές χρονικές περιόδους.
- Τυποποίηση διαδικασίας στον Υδρογνώμονα:
  - Πολλαπλές μεθοδολογίες (απλή ή πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση, αυτοσυσχέτιση, οργανική συσχέτιση)
  - Εποχιακή μεταβολή συντελεστών μοντέλου παλινδρόμησης
  - Για κάθε μήνα εντοπίζονται οι ανεξάρτητες μεταβλητές (σταθμοί βάσης) που συσχετίζονται καλύτερα με την εξαρτημένη

Regression results

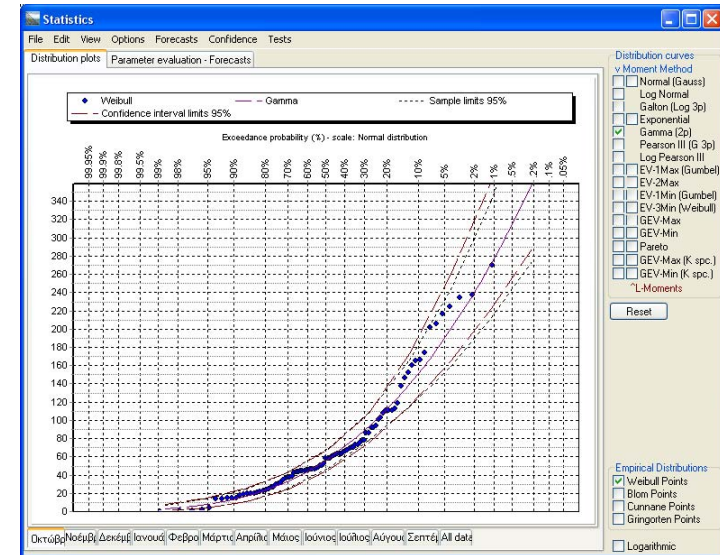
|    | N  | D=R <sup>2</sup> | R     | Dcr.  | a0     | a1    | a2    |
|----|----|------------------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 10 | 32 | 0.522            | 0.722 | 0.125 | 11.979 | 0.300 | 0.316 |
| 11 | 32 | 0.442            | 0.665 | 0.125 | 19.489 | 0.348 | 0.064 |
| 12 | 32 | 0.322            | 0.568 | 0.125 | 38.469 | 0.318 | 0.052 |
| 1  | 31 | 0.636            | 0.797 | 0.129 | 19.233 | 0.234 | 0.248 |
| 2  | 31 | 0.370            | 0.608 | 0.129 | 13.470 | 0.359 | 0.196 |
| 3  | 31 | 0.456            | 0.675 | 0.129 | 17.946 | 0.450 | 0.125 |
| 4  | 31 | 0.494            | 0.703 | 0.129 | 0.711  | 0.569 | 0.138 |
| 5  | 31 | 0.495            | 0.704 | 0.129 | 8.727  | 0.451 | 0.187 |
| 6  | 31 | 0.552            | 0.743 | 0.129 | -0.918 | 0.406 | 0.332 |
| 7  | 31 | 0.166            | 0.407 | 0.129 | 3.870  | 0.112 | 0.050 |
| 8  | 31 | 0.491            | 0.701 | 0.129 | 3.262  | 0.255 | 0.338 |
| 9  | 31 | 0.449            | 0.670 | 0.129 | 5.411  | 0.386 | 0.176 |

☒ Start with October Show deviation chart



# Πρόβλημα 3: Στατιστική ανάλυση υδρολογικών δειγμάτων

- Η θεωρία πιθανοτήτων και η στατιστική αποτελούν βασικό μαθηματικό εργαλείο της τεχνικής υδρολογίας.
- Υλοποιείται από το υποσύστημα Πυθία (Υδρογνώμων):
  - 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 $m_y$            | 4.02      | 4.32      | 4.53       | 4.42       | 4.24        | 4.09     | 3.45     | 3.25  |
| LogNormal $s_y$            | .72       | .56       | .52        | .52        | .54         | .57      | .71      | .74   |
| Galton $m_y$               | 4.82      | 5.33      | 5.88       | 4.95       | 5.06        | 5        | 4.22     | 4.11  |
| Galton $s_y$               | .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      | .03      | .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      | .92   |

# Πρόβλημα 4: Ανάλυση μέγιστων υψών βροχής για παραγωγή όμβριων καμπυλών

- Αναγκαία συνιστώσα σε κάθε **μελέτη πλημμυρών!**
- Υλοποιείται από το υποσύστημα Όμβρος (Υδρογνώμων):
  - 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 και την περίοδο επαναφοράς)
  - Εκτίμηση διαστήματος εμπιστοσύνης
  - 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: 5 [Minutes] [Hours]

☒ Use for Eta, Theta

☒ Use for Distrib. fit

Add Remove

Time series values are:

☐ Height (mm)

☒ Intensity (mm/h)

Eta 0.5 Theta 0.5

Time series comments:

Time series comment unspecified

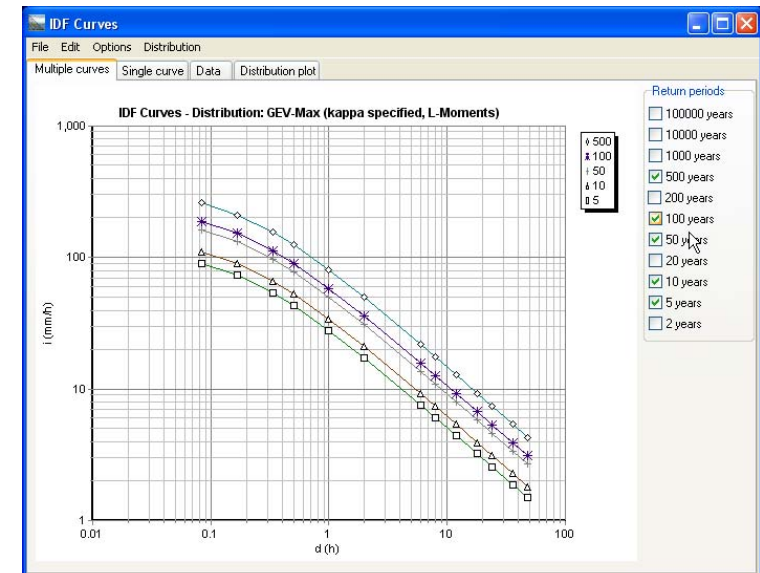
Time series records:

|         |      |
|---------|------|
| 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%

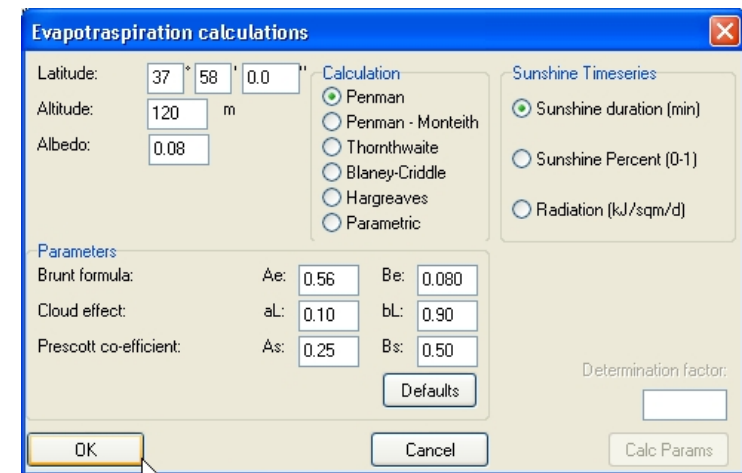
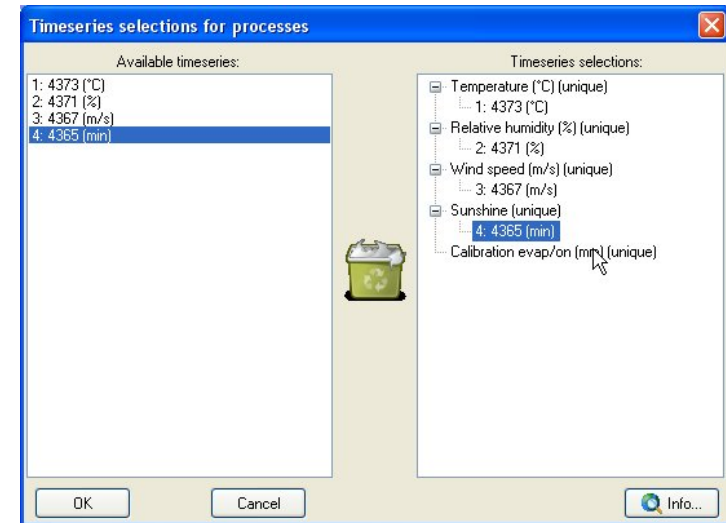
Load... Save... Consistency check Close IDF Analysis...





# Πρόβλημα 5: Εκτίμηση εξάτμισης και εξατμοδιαπνοής

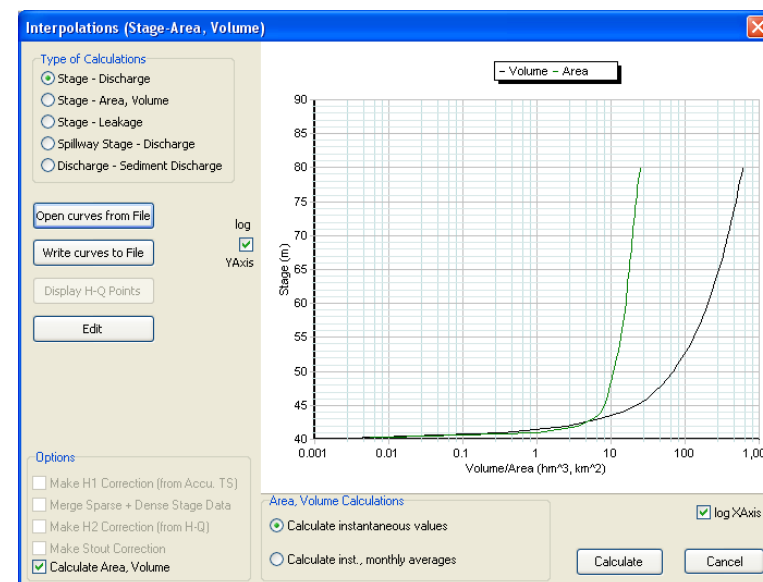
- Τυπικό ζητούμενο πολλών επιστημών φυσικής και περιβάλλοντος (υδρολογία, μετεωρολογία, γεωπονία, κτλ.):
  - Αναγκαίο για την εκτίμηση της αρδευτικής ζήτησης (θεωρητικές ανάγκες καλλιεργειών)
  - Τυπική χρονοσειρά εισόδου των υδρολογικών μοντέλων
- Τυποποίηση διαδικασίας στον Υδρογνώμονα:
  - Διαφορετικές μεθοδολογίες (αναλυτικά και ημιεμπειρικά μοντέλα), ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των μετεωρολογικών δεδομένων
  - Δυνατότητα επέκτασης και συμπλήρωσης χρονοσειρών με προσαρμογή μιας παραμετρικής σχέσης που χρησιμοποιεί ως είσοδο μόνο τη θερμοκρασία





## Πρόβλημα 6: Εφαρμογές παρεμβολής

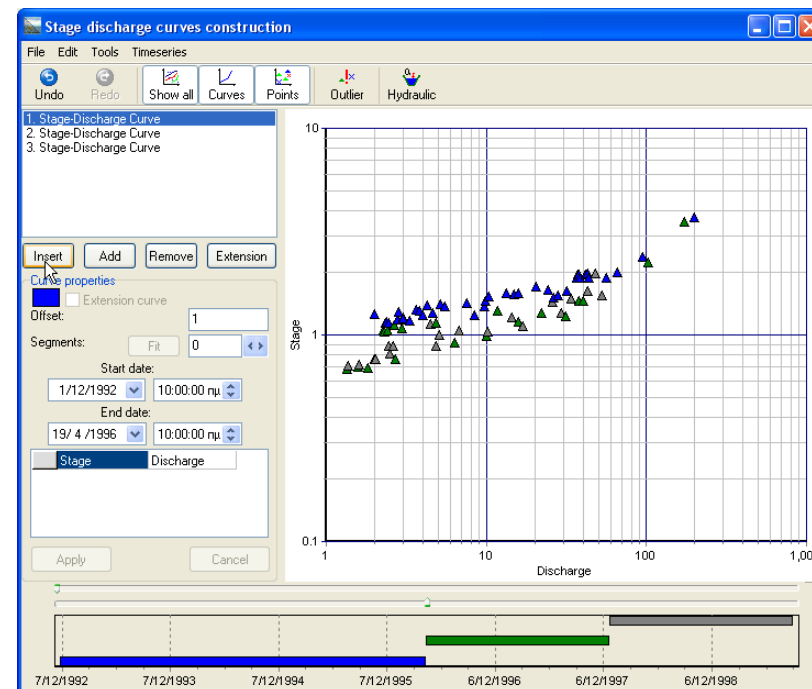
- Σε πολλές υδρολογικές εφαρμογές, ζητούμενο είναι η εκτίμηση της τιμής μιας εξαρτημένης μεταβλητής  $y$ , συναρτήσει μιας ανεξάρτητης μεταβλητής  $x$ , με βάση μια σχέση (καμπύλη)  $y = f(x)$  που περιγράφεται από μια σημειοσειρά δεδομένων:
  - Υπολογισμός παροχής, συναρτήσει της στάθμης ποταμού
  - 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).





# Πρόβλημα 7: 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 πλήρως τις ποικίλες ιδιαιτερότητες του προβλήματος:
  - Επιλογή χρονικών περιόδων ισχύος των σχέσεων στάθμης-παροχής
  - Εντοπισμός και απομάκρυνση εξωκείμενων σημείων
  - Αυτόματη προσαρμογή σύνθετων καμπυλών και εντοπισμός σημείων θλάσης
  - Επέκταση με χρήση υδραυλικών μεθόδων, για δεδομένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά διατομής

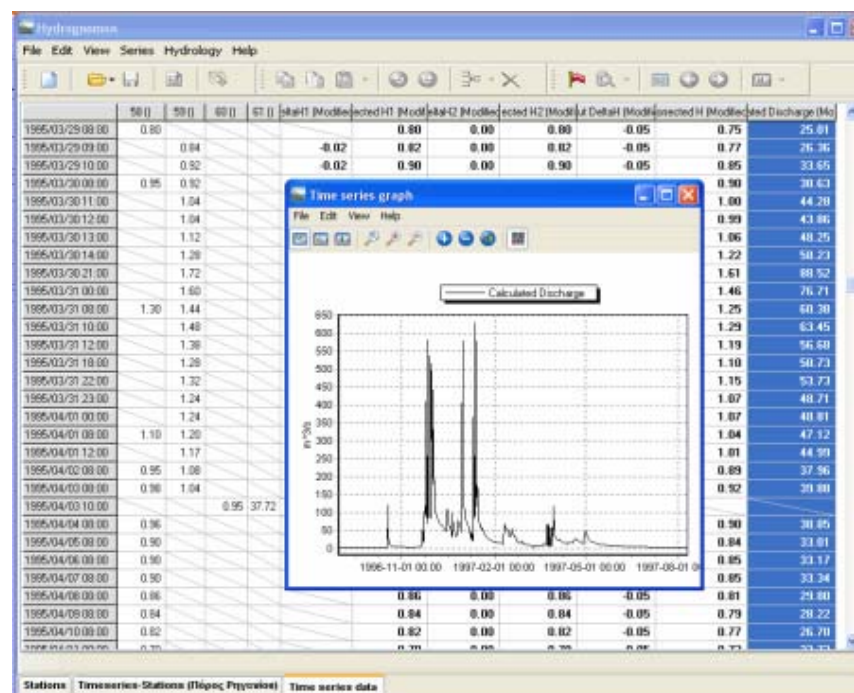






# Πρόβλημα 8: Εκτίμηση παροχής από δείγματα σταθμημέτρου και σταθμηγράφου

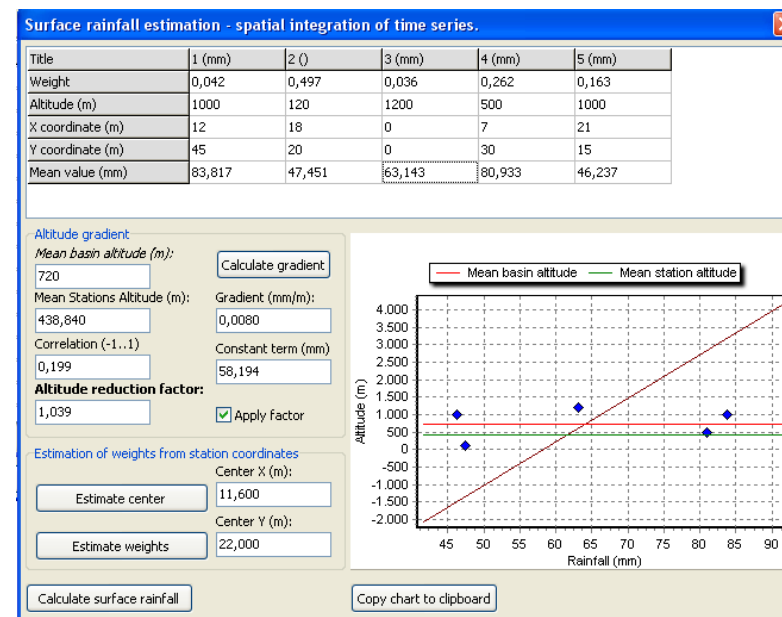
- Στη γενική περίπτωση, η κατάρτιση μιας χρονοσειράς μέσης παροχής βασίζεται σε ένα σύνολο ετερογενών δεδομένων:
  - Παρατηρήσεις στάθμης από σταθμήμετρο (συνήθως μία ανά ημέρα)
  - Καταγραφές σταθμηγράφου, πυκνής χρονικής διακριτότητας
  - Ταυτόχρονες μετρήσεις στάθμης και παροχής από υδρομετρικό συνεργείο
  - 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.





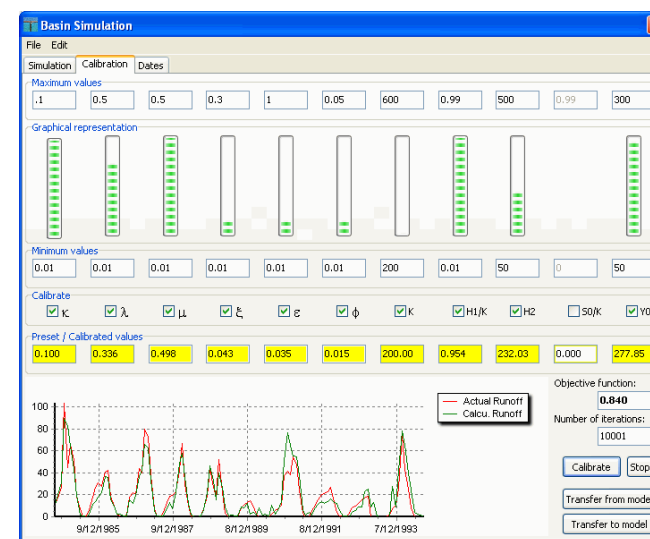
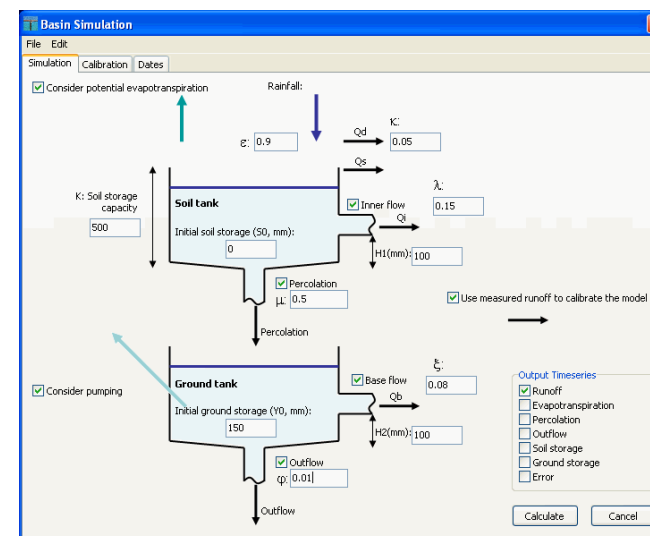
## Πρόβλημα 9: Επιφανειακή ολοκλήρωση σημειακών δειγμάτων

- 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 περιβάλλον του Υδρογνώμονα, για τον υπολογισμό της αρχικής επιφανειακής χρονοσειράς.
- Για την αναγωγή στο μέσο υψόμετρο της επιφάνειας αναφοράς, εφαρμόζεται η μέθοδο του συντελεστή υψομετρικής αναγωγής, υπολογίζοντας το ρυθμό μεταβολής του υδρολογικού μεγέθους συναρτήσει του υψομέτρου.



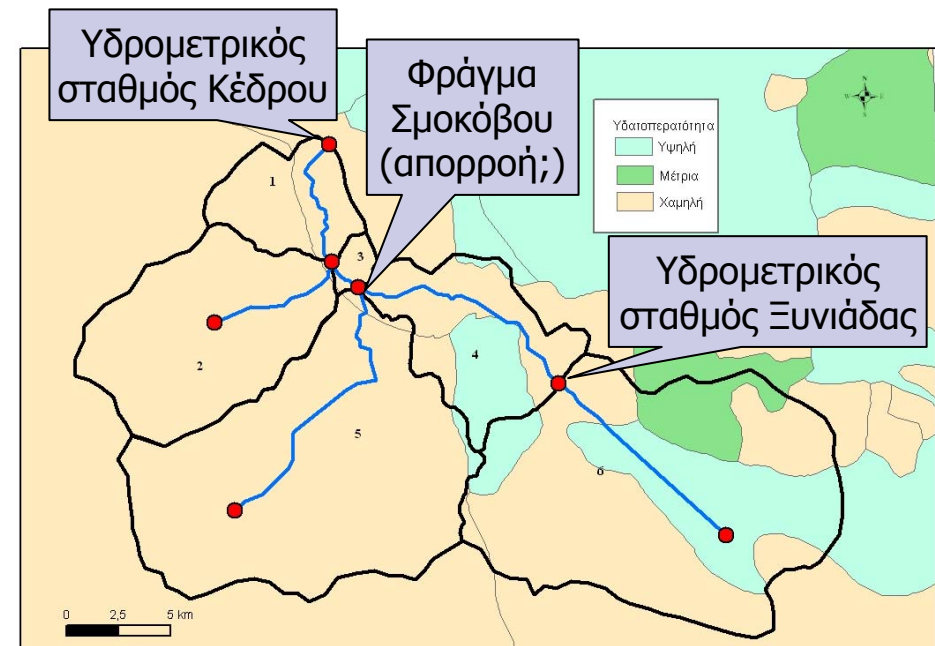
# Πρόβλημα 10: Μηνιαίο υδατικό ισοζύγιο σε κλίμακα λεκάνης απορροής

- 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.
- Εφόσον διατίθενται δείγματα απορροής, η εκτίμηση των παραμέτρων του μοντέλου γίνεται μέσω αυτόματης βαθμονόμησης.



# Πρόβλημα 11: Προσομοίωση υδρολογικών διεργασιών σε κλίμακα υπολεκάνης

- Σε ορισμένες περιπτώσεις διατίθενται μετρήσεις παροχής σε διαφορετικές θέσεις της λεκάνης σε σχέση με τα σημεία ενδιαφέροντος (π.χ. θέσεις κατασκευής έργων, πραγματοποίησης απολήψεων, κτλ.).
- Η συνήθης «μεταφορά» της απορροής με απλές εμπειρικές σχέσεις (π.χ. λόγος εμβαδών υπολεκανών) έχει αποδειχθεί εξαιρετικά επισφαλής, λόγω της έντονης ετερογένειας των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της λεκάνης και, συνακόλουθα, των υδρολογικών διεργασιών.
- Το μοντέλο Υδρόγειος αναπαριστά τη διαίτα της απορροής στη ζητούμενη χωρική κλίμακα (ορίζοντας κόμβους ελέγχου κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου), ενώ η χωρική μεταβλητότητα των μηχανισμών γεννώσης της απορροής υποτυπώνεται μέσω των παραμέτρων που αντιστοιχούν στις μονάδες υδρολογικής απόκρισης.





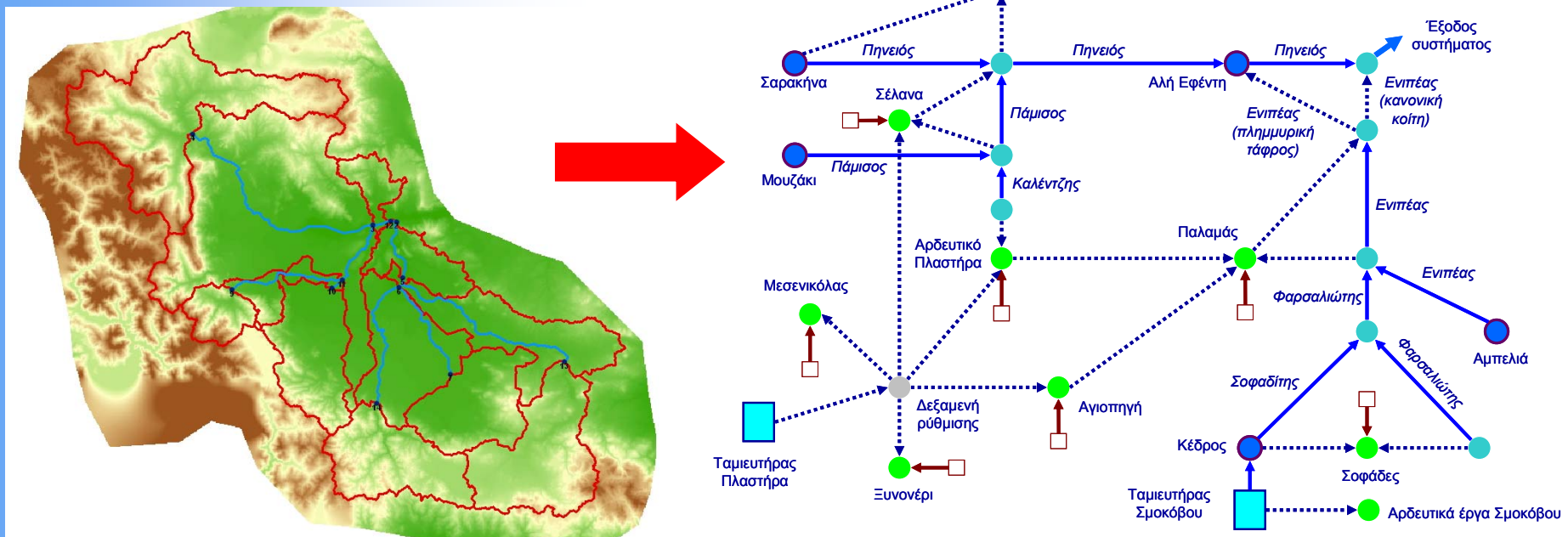
# Πρόβλημα 12: Συνδυασμένη προσομοίωση επιφανειακών και υπόγειων νερών

- Η συνδυασμένη αναπαράσταση των επιφανειακών και υπόγειων διεργασιών και των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων είναι αναγκαία όταν υπάρχουν:
  - σημαντική συνεισφορά της υπόγειας (βασικής) απορροής (πηγές) στο υδατικό δυναμικό της λεκάνης (π.χ. καρστικά συστήματα)
  - σημαντικές απώλειες νερού από υπόγειες διαφυγές, λόγω υδραυλικής επικοινωνίας με γειτονικές λεκάνες ή τη θάλασσα
  - συνδυασμένη χρήση επιφανειακών και υπόγειων υδατικών πόρων
- Η Υδρόγειος αναπαριστά όλα τα μεγέθη που σχετίζονται με τον κύκλο των υπόγειων νερών:
  - την κατείσδυση μέσω της ακόρεστης ζώνης
  - τις διηθήσεις νερού κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου
  - τις αντλήσεις από τις γεωτρήσεις
  - την επιφανειακή (πηγές) και υπόγεια (διαφυγές) εκφόρτιση

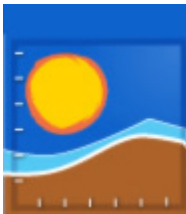


# Πρόβλημα 13: Διαχείριση υδατικών πόρων σε τροποποιημένες λεκάνες

- Η Υδρόγειος λειτουργεί και ως **διαχειριστικό εργαλείο**, αναπαριστώντας:
  - τα κύρια υδραυλικά έργα μιας λεκάνης (υδραγωγεία, εκτροπές επιφανειακών νερών, γεωτρήσεις και ομάδες γεωτρήσεων) και τα χαρακτηριστικά τους μεγέθη
  - τις χρήσεις νερού (ύδρευση, άρδευση) και τους διαχειριστικούς περιορισμούς (μέγιστη/ελάχιστη παροχή, μέγιστη/ελάχιστη άντληση) του συστήματος
  - την ιεραρχία των χρήσεων, όταν υπάρχει έλλειμμα προσφοράς νερού
  - τα κόστη απολήψεων και μεταφοράς, όταν υπάρχουν εναλλακτικές πηγές νερού

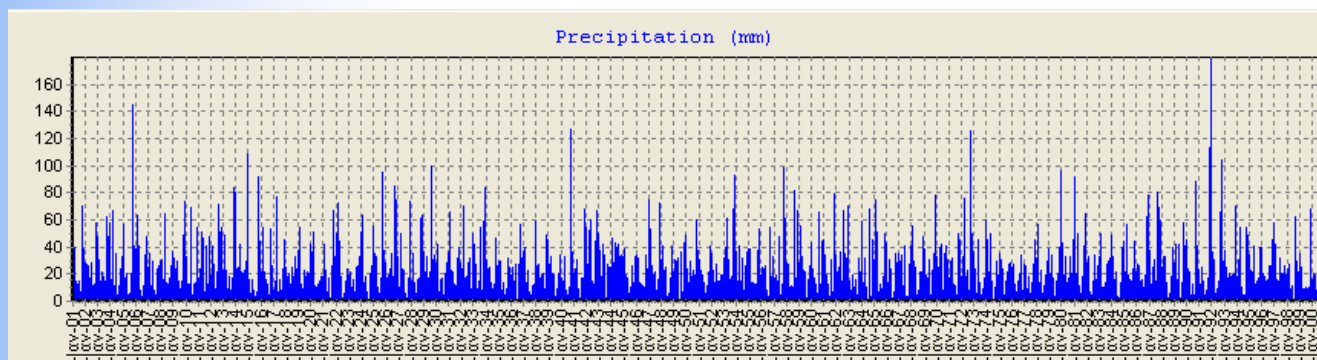






# Πρόβλημα 14: Προσομοίωση πλημμυρών σε λεκάνες μεγάλης κλίμακας

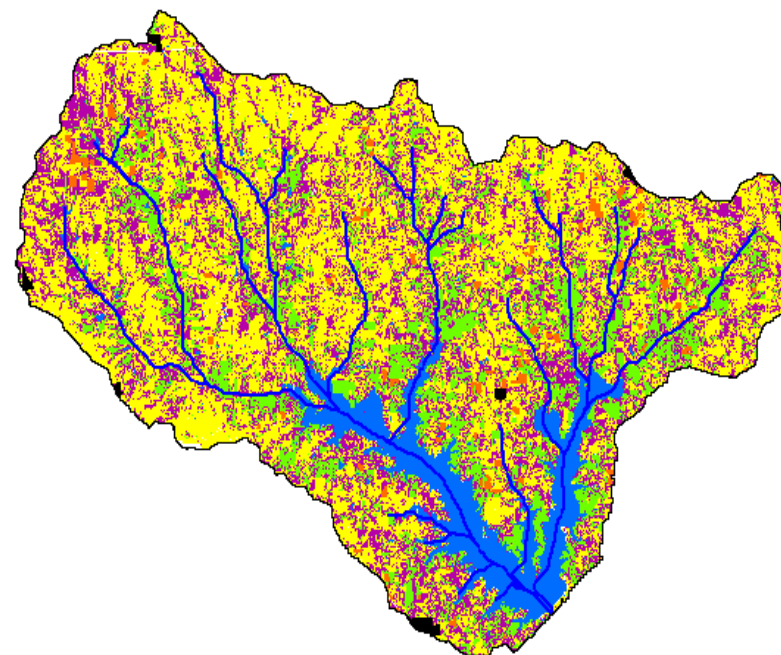
- Η Υδρόγειος, στην ημερήσια εκδοχή της, προσφέρεται για την εκτίμηση της **πλημμυρικής επικινδυνότητας** μεγάλων ελληνικών λεκανών, καθώς:
  - δέχεται συνθετικά δεδομένα εισόδου (βροχοπτώσεις), τα οποία είναι αναγκαία για την εκτίμηση ακραίων πιθανοτικών μεγεθών
  - επιτρέπει την περιγραφή της χωρικής μεταβλητότητας των βροχοπτώσεων, λόγω της ημικατανεμημένης σχηματοποίησης της λεκάνης
  - αναπαριστά την πλήρη δίατα όλων των μεταβλητών που σχετίζονται με την παραγωγή της πλημμυρικής απορροής (βροχόπτωση, εδαφική υγρασία, αλληλεπιδράσεις με υπόγεια νερά, κτλ.)
  - είναι εξαιρετικά φειδωλή σε δεδομένα εισόδου, καθώς χρησιμοποιεί μόνο ημερήσια ύψη βροχής και ένα περιορισμένο αριθμό παραμέτρων του υδρογραφικού δικτύου (μία έως δύο ανά κλάδο υδατορεύματος)





# Πρόβλημα 15: Ειδικά θέματα ποιότητας νερού και υδρο-οικολογίας

- Στα πλαίσια εξειδικευμένων μελετών, που μεταξύ άλλων αφορούν στην εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ, απαιτείται μια σειρά προχωρημένων αναλύσεων, που αφορούν σε προβλήματα όπως:
  - εκτίμηση επιπτώσεων λόγω αλλαγών στις γεωργικές πρακτικές
  - εκτίμηση ρύπανσης από σημειακές και μη σημειακών πηγές
  - εκτίμηση στερεοαπορροής
- Στο Υδροσκόπιο, οι παραπάνω απαιτήσεις καλύπτονται από το καταξιωμένο μοντέλο Soil & Water Assessment Tool (SWAT).
- Το SWAT είναι ένα μοντέλο φυσικής βάσης που προσομοιώνει τον κύκλο του νερού, των αγροχημικών και των φερτών, για διαφορετικούς τύπους εδαφών, χρήσεις γης και πρακτικές διαχείρισης.



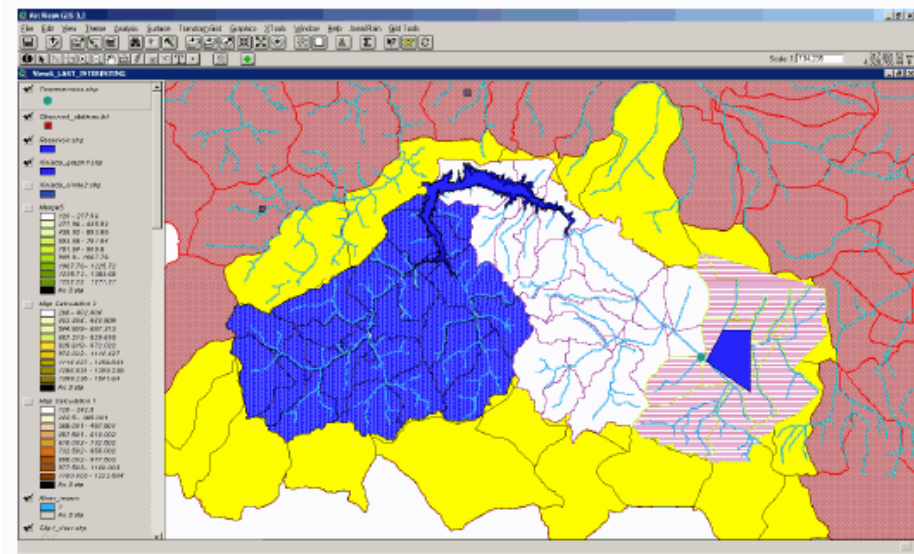
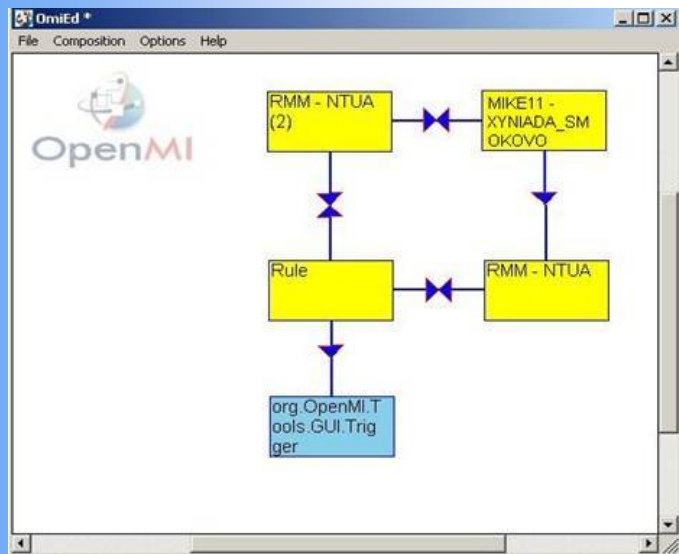


# Πρόβλημα 16: Προσομοίωση λειτουργίας μεμονωμένου ταμιευτήρα

- Η προσομοίωση της λειτουργίας μεμονωμένου ταμιευτήρα πολλαπλού σκοπού υλοποιείται από την εφαρμογή RMM-NTUA.
- Δεδομένα εισόδου (αρχεία κειμένου):
  - Χαρακτηριστικά μεγέθη ταμιευτήρα
  - Καμπύλες στάθμης-αποθέματος-επιφάνειας
  - Χρονοσειρές απορροής, βροχόπτωσης και εξάτμισης
  - Χρήσεις νερού, σειρά προτεραιότητας και κανόνες κατανομής των απολήψεων (κατώφλια στάθμης και ποσοστά ικανοποίησης της ζήτησης)
- Δεδομένα εξόδου:
  - Χρονοσειρές μεταβλητών υδατικού ισοζυγίου ταμιευτήρα (απόθεμα, στάθμη, εκροή για διάφορες χρήσεις, υπερχείλιση)
- Το μοντέλο μπορεί να εφαρμοστεί:
  - για τον υδρολογικό σχεδιασμό του ταμιευτήρα
  - για την εκτίμηση του επιπέδου αξιοπιστίας των διαφόρων χρήσεων νερού
  - για τη διερεύνηση πρόσφορων πολιτικών διαχείρισης των απολήψεων, εφόσον υπάρχουν ανταγωνιστικές χρήσεις νερού

# Πρόβλημα 17: Συνδυασμένη προσομοίωση ταμιευτήρων στο περιβάλλον OpenMI

- Η εφαρμογή RMM-NTUA είναι συμβατή με το πρότυπο διεπιφάνειας **Open Modeling Interface** (OpenMI) – η λειτουργία ταμιευτήρα αποτελεί συνιστώσα ενός ευρύτερου συστήματος προσομοίωσης, που μπορεί να περιλαμβάνει υδρολογικά, υδραυλικά και άλλα μοντέλα, τα οποία ανταλλάσσουν μεταξύ τους δεδομένα σε πραγματικό χρόνο.
- Πολλαπλοί ταμιευτήρες μπορούν να προσομοιωθούν ταυτόχρονα, ορίζοντας κατάλληλη πολιτική κατανομής των αποθεμάτων τους, με χρήση μιας ειδικής συνιστώσας του OpenMI (Rule).







# Επιχειρησιακή εφαρμογή μοντέλων στα πλαίσια μελετών και ερευνητικών έργων

- **ΕΥΔΑΠ**, 1999-2003: Εκσυγχρονισμός της εποπτείας και διαχείρισης του συστήματος των υδατικών πόρων ύδρευσης της Αθήνας
- **ΥΠΑΝ**, 2003-2005: Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων Υδατικού Διαμερίσματος Νησιών Αιγαίου – Φάση Α
- **ΥΠΓΕ**, 2006: Μελέτες διερεύνησης προβλημάτων άρδευσης και δυνατότητας κατασκευής ταμιευτήρων Νομού Βοιωτίας
- **Ειδική Υπηρεσία Διαχείρισης Επιχειρησιακών Προγραμμάτων Θεσσαλίας**, 2005-2008: Διερεύνηση σεναρίων διαχείρισης του ταμιευτήρα Σμοκόβου
- **ΕΥΔΑΠ**, 2008-2010: Συντήρηση, αναβάθμιση και επέκταση του Συστήματος Υποστήριξης Αποφάσεων για την διαχείριση του υδροδοτικού συστήματος της ΕΥΔΑΠ
- **ΔΕΗ**, 2009: Ειδική τεχνική μελέτη για την οικολογική παροχή από το φράγμα Στράτου
- **Δήμος Αρταίων**, 2010: Οριστική οριοθέτηση τμήματος κοίτης ποταμού Αράχθου που διέρχεται στα όρια του Δήμου Αρταίων