



NAMA

Σύμβουλοι Μηχανικοί & Μελετητές ΑΕ



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

MDS

Marathon Data Systems



ΔΕΥΑ Καρδίτσας

ΑΕΙΦΟΡΙΚΗ

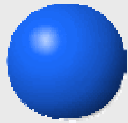
Αειφορική ΑΕ



ΟΔΥΣΣΕΥΣ - ΦΠ18

Πιλοτική Εφαρμογή Καρδίτσας

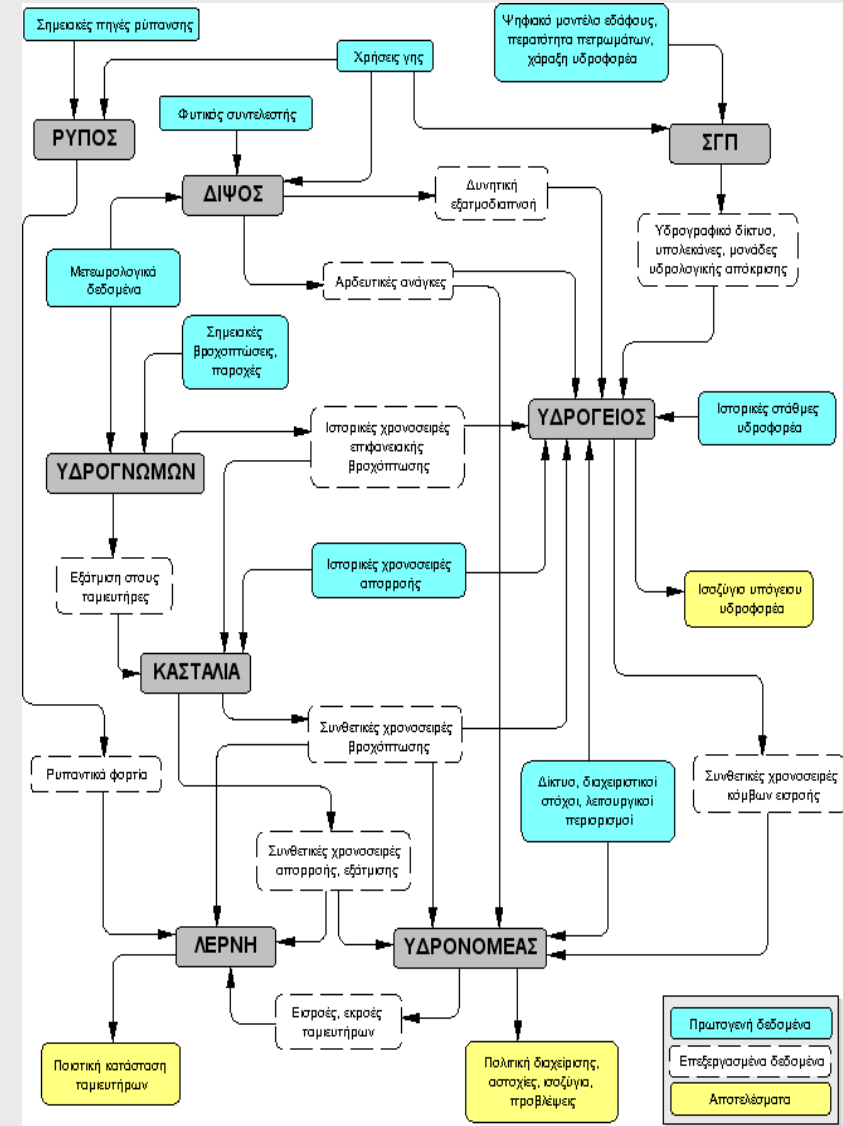
Ανδρέας Ευστρατιάδης, Πολιτικός Μηχανικός, Υποψ. Δρ.
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο - Τομέας Υδατικών Πόρων και
Περιβάλλοντος



Συνιστώσες Σχεδίου Διαχείρισης

Ο Δ Υ Σ Σ Ε Υ Σ - Φ Π 18

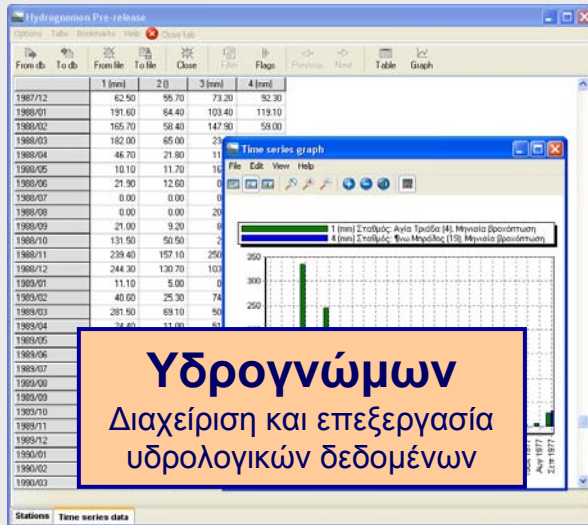
- Καταγραφή υδατικών πόρων, χρήσεων, υποδομών
- Διερεύνηση υφιστάμενων πρακτικών και θεσμικού πλαισίου
- Συλλογή και επεξεργασία δεδομένων
- Διαμόρφωση υδροσυστήματος
- Εκτίμηση υδατικών αναγκών
- Προσαρμογή υδρολογικού μοντέλου (1972-1993)
- Βελτιστοποίηση διαχειριστικής πολιτικής υδροσυστήματος
- Προσομοίωση ποιοτικών παραμέτρων ταμιευτήρων
- Χρηματοοικονομική ανάλυση





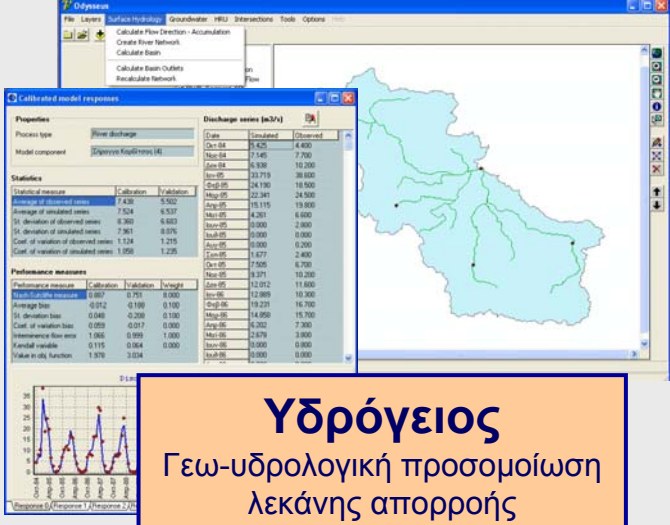
Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στις υδρολογικές (ποσοτικές) αναλύσεις

Ο Δ Υ Σ Σ Ε Υ Σ - Φ Π 18



Υδρογνώμων
Διαχείριση και επεξεργασία υδρολογικών δεδομένων

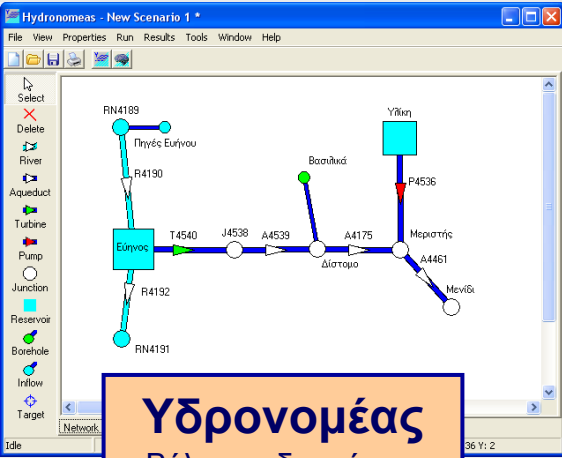
Υδρία
Βάση δεδομένων υδατικών πόρων



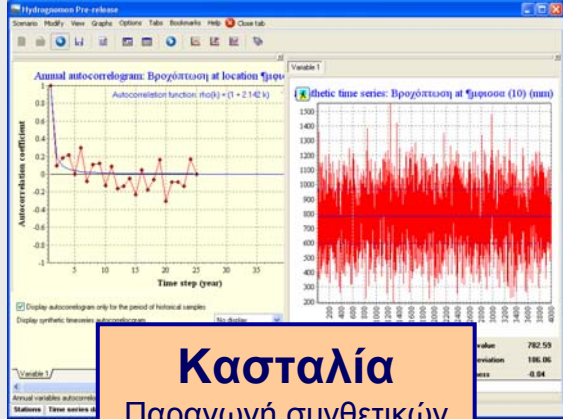
Υδρόγειος
Γεω-υδρολογική προσομοίωση λεκάνης απορροής

Category	Τοποσημ	Units	Needs (mm3/y)
Water Supply	Υδροσυνολο μόνιμου πληθυσμού	180000	7.906
Water Supply	Υδροσυνολο τουριστικού πληθυσμού	40000	1.244
Industry (1)	ΗΛΕΚΤΡΟΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΕΘΗΣ Α.Ε.	440	3.274
Industry (5)	ΒΠΕ Σχηματισμού	9	0.508
Farming (5)	Κτηνοτροφία Βοιωτίας	1271000	2.244
Irrigation (15)	Καλλιέργειες Βοιωτίας	853251	622.062
Irrigation (1)	Λαχανικά θερμοκηπίου	10000	6.650
Group (3)	Καλλιέργειες αγροτοοδοσ	3	10.432

Δίψος
Εκτίμηση υδατικών αναγκών



Υδρονομέας
Βέλτιστη διαχείριση υδροσυστημάτων



Κασταλία
Παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών



Περιοχή μελέτης – Υδροσύστημα Δυτικής Θεσσαλίας

Ο Δ Υ Σ Σ Ε Υ Σ - Φ Π 18



Αναπτύσσεται σε μια έκταση 6249 km², που περιλαμβάνει δύο υδρολογικές λεκάνες (Πηνειού, ανάντη της συμβολής του με Ενιπέα), και Ταυρωπού, ανάντη φράγματος Πλαστήρα).

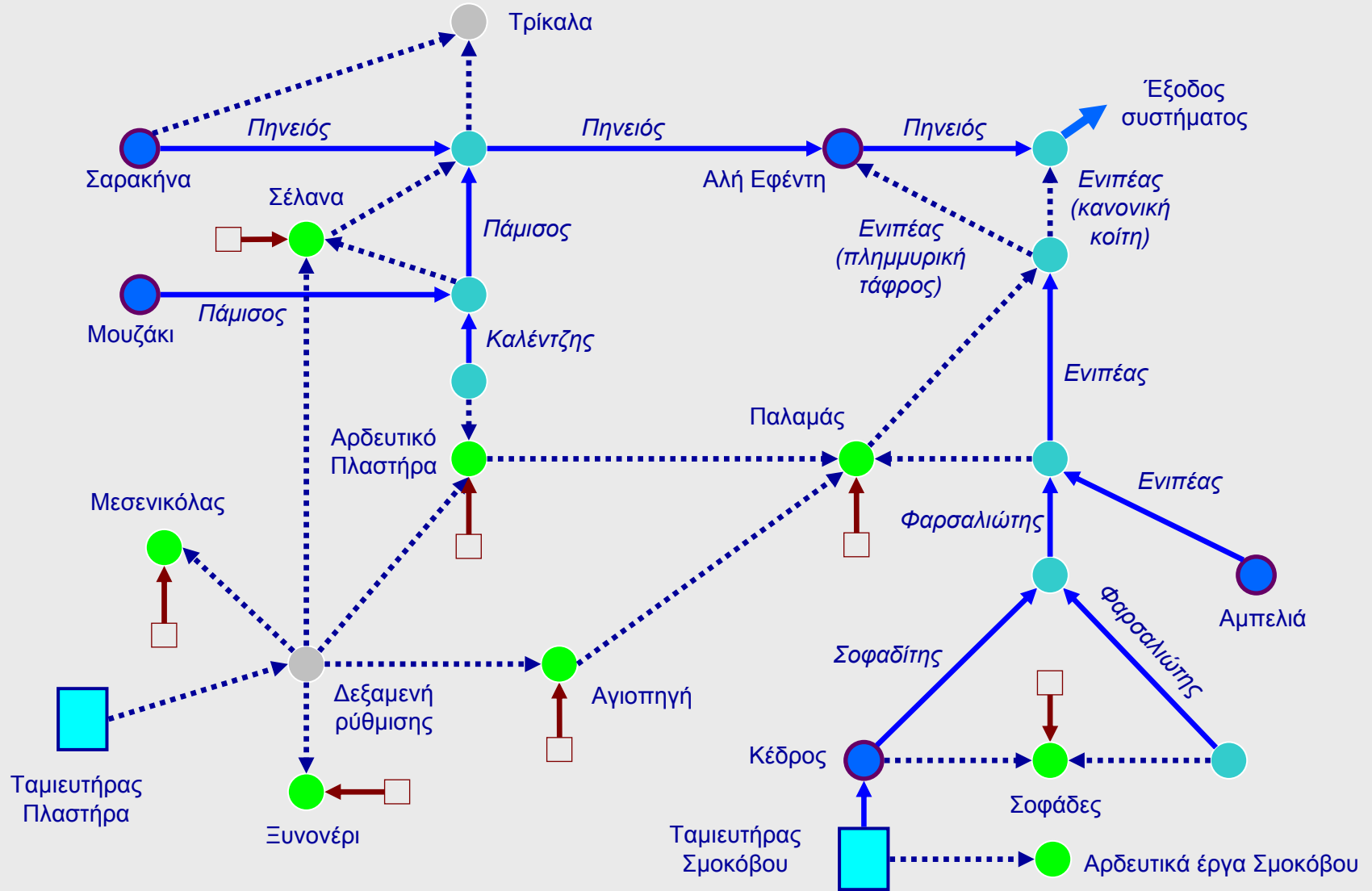
Διοικητικά, εκτείνεται στους Ν. Καρδίτσας και Τρικάλων, και σε μικρό τμήμα του Ν. Φθιώτιδας (οροπέδιο Ξυνιάδας).

Ο πληθυσμός της περιοχής ανέρχεται σε 250 000 κατοίκους, με κύρια δραστηριότητα τη γεωργία.



Σχηματοποίηση υδροσυστήματος

Ο Δ Υ Σ Σ Ε Υ Σ - Φ Π 18





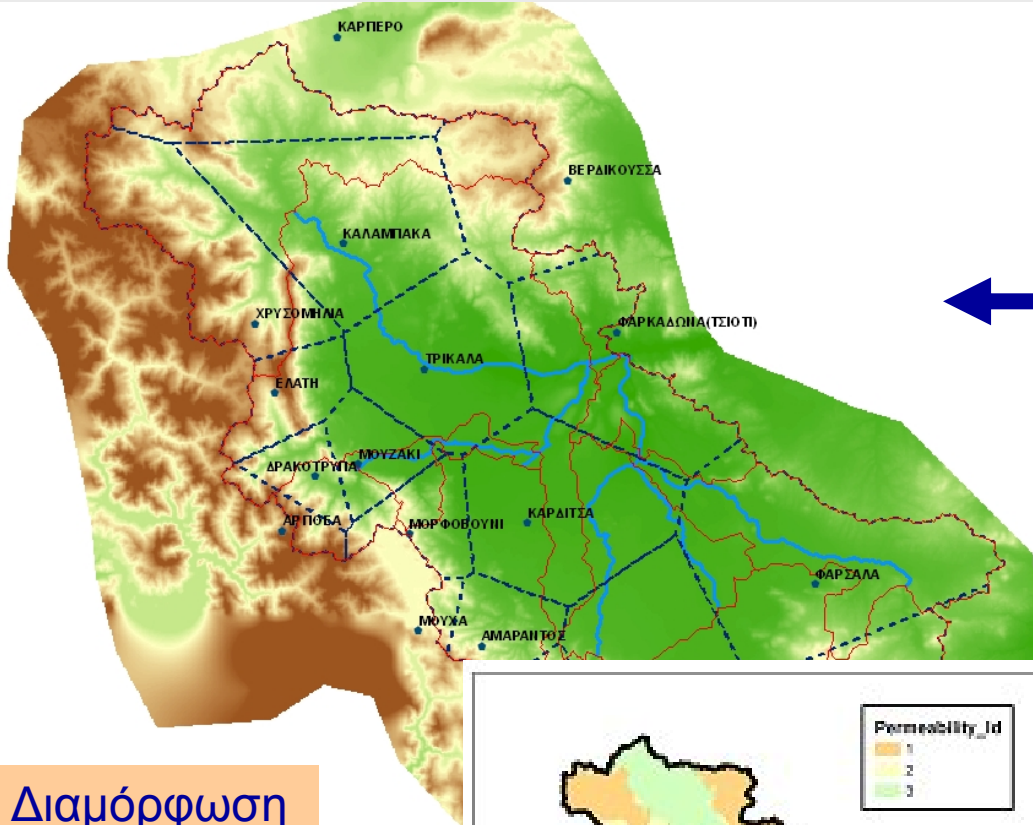
Συλλογή πρωτογενών δεδομένων

- Γεωγραφικά
 - Ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων
 - Χαρακτηριστικά εδαφών (περατότητα, κάλυψη γης)
 - Θέσεις σταθμών μέτρησης
- Υδρολογικά
 - Σημειακά ύψη βροχής
 - Μετεωρολογικά δεδομένα
 - Υδρομετρήσεις
- Υδρογεωλογικά
 - Πιεζομετρικός χάρτης
 - Παρατηρήσεις στάθμης
- Διαχειριστικά
 - Χαρακτηριστικά μεγέθη ταμιευτήρων
 - Τεχνικά έργα μεταφοράς νερού (αρδευτικά υδραγωγεία)
 - Δεδομένα αρδευτικών αναγκών (καλλιέργειες, εκτάσεις)



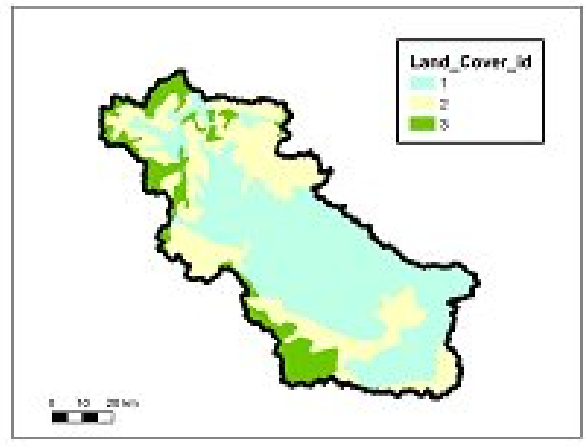
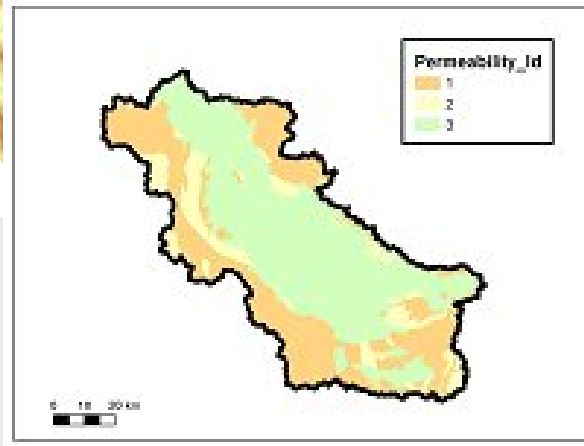
Γεωγραφικές επεξεργασίες

Ο Δ Υ Σ Σ Ε Υ Σ - Φ Π 18



Κατασκευή πολυγώνων Thiessen για την εκτίμηση της μηνιαίας επιφανειακής βροχόπτωσης των υπολεκανών

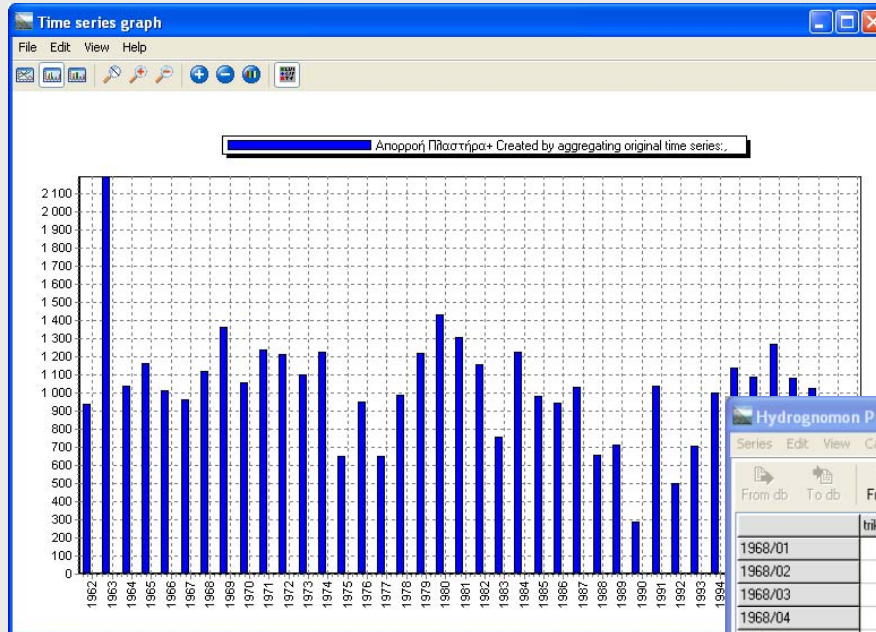
Διαμόρφωση μονάδων υδρολογικής απόκρισης





Υδρολογικές επεξεργασίες με το λογισμικό ΥΔΡΟΓΝΩΜΩΝ

Ο Δ Υ Σ Σ Ε Υ Σ - Φ Π 18



Οργάνωση και έλεγχοι δεδομένων – Κατασκευή μηνιαίων χρονοσειρών εισόδου μαθηματικών μοντέλων

Υπολογισμός εξάτμισης από υδάτινη επιφάνεια ταμιευτήρων και δυνητικής εξατμοδιαπνοής λεκανών

Hydrognomon Pre-release software interface showing a data table and an 'Evapotranspiration calculations' dialog box.

Year	trikala_temp	trikala_sun	trikala_hum	trikala_wind	ho (Penman)
1968/01	2.30				
1968/02	9.20				
1968/03	10.10				
1968/04	17.00				
1968/05	22.70				
1968/06	24.00				
1968/07	28.30				
1968/08	26.50				
1968/09	23.10				
1968/10	15.70				
1968/11	12.40				
1968/12	19.00				
1969/01	4.30				
1969/02	8.70				
1969/03	9.20				
1969/04	14.50				
1969/05	39.00	0.67	53.00	2.37	279.40
1969/06	25.20	0.65	51.00	2.47	202.36
1969/07	26.10	0.76	53.00	1.95	210.41
1969/08	27.30	0.83	55.00	1.80	197.92
1969/09	22.80	0.58	70.00	1.75	116.69
1969/10	15.70	0.50	73.00	1.20	63.73

Evapotranspiration calculations dialog box parameters:

- Latitude: 32, 60.0
- Altitude: 116 m
- Albedo: 0.08
- Calculation: Penman (selected)
- Parameters: Brunt formula (Ae: 0.56, Be: 0.080), Cloud effect (aL: 0.10, bL: 0.90), Prescott co-efficient (As: 0.25, Bs: 0.50)



Εκτίμηση αρδευτικών αναγκών με υποστήριξη του λογισμικού ΔΙΨΟΣ

Ο Δ Υ Σ Σ Ε Υ Σ - Φ Π 18

- Εκτίμηση δυνητικής εξατμοδιαπνοής καλλιέργειας αναφοράς
- Εκτίμηση φυτικών συντελεστών ανά καλλιέργεια
- Υπολογισμός θεωρητικών αναγκών για τις κύριες καλλιέργειες της περιοχής, (αραβόσιτος, βαμβάκι, κτλ.)
- Ομαδοποίηση κοινοτήτων
- Εκτίμηση μηνιαίας αρδευτικής ζήτησης κοινοτήτων, με βάση τις αρδευόμενες εκτάσεις (κατά ΕΣΥΕ) των ετών 1972, 1982 και 1993
- Συνάθροιση επιμέρους υδατικών αναγκών στους κόμβους
- Χρονική επέκταση δειγμάτων

The screenshot displays the DIPOS software interface. On the left, the 'Irrigation' window shows a table of crop types and their associated data:

Type	Sem. Day	1000 m2	Needs (hm3)
Cereals: Wheat	90	496000	381,538
Cereals: Barley	90	18540	14,262
Cereals: Oats	90	2085	1,604
Cereals: Corn (grain)	90	11264	8,934
Legumes: Lentil	90		
Legumes: Beans (dry)	90		
Tobacco: Tobacco	90		

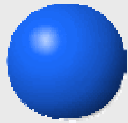
Below the table, there are input fields for 'Toponym' (Καλλιέργειες) and 'Meteorological Data', along with 'OK' and 'Cancel' buttons.

On the right, the 'Crop' selection window is open, showing a list of crops: Fruit Trees: Olive, Fruit Trees: Pistachos, Fruit Trees: Walnut, Grapes: Grapes, Legumes: Beans (dry), Legumes: Beans (green), Legumes: Lentil, and Legumes: Peas, Faba bean, broad bean. A graph in the background shows Kc values over time.

In the foreground, the 'Meteorological Data' window is open, showing the 'Method' selection (Blaney-Criddle, Mod. Blaney-Criddle, Penman-Monteith, Empirical) and a table of monthly meteorological data:

	Min Temp.(C)	Max Temp.(C)	Rel.Humidity	Rel.Sunshine	Wnd.Speed (m/s)
January	6,3	11,3	0,72	0,55	3
February	4,8	11,8	0,68	0,58	3,1
March	7,9	15,6	0,64	0,53	3,3
April	11,1	16,3	0,6	0,8	2,7
May	18,7	21,9	0,5	0,9	2,9
June	23,4	26,4	0,44	0,84	3,1
July	26,3	29	0,43	0,78	3,1
August	24	28,3	0,45	0,73	3,1
September	20,9	26,1	0,55	0,55	2,7
October	16	20,8	0,64	0,43	2,8
November	11,4	16,3	0,72	0,48	2,8
December	7,1	12,7	0,74	0,66	3

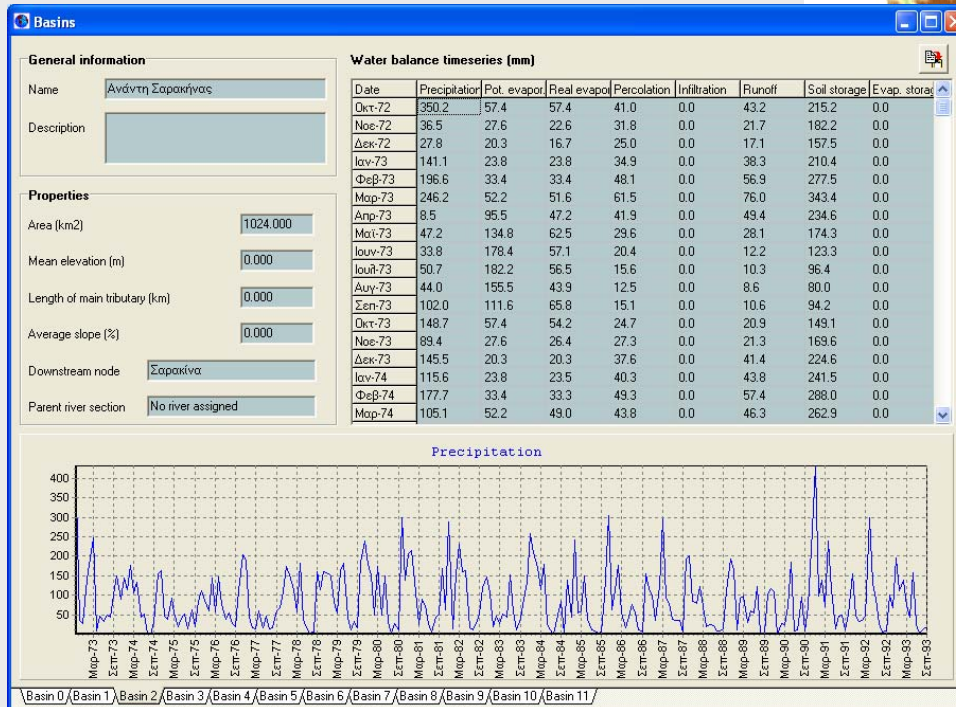
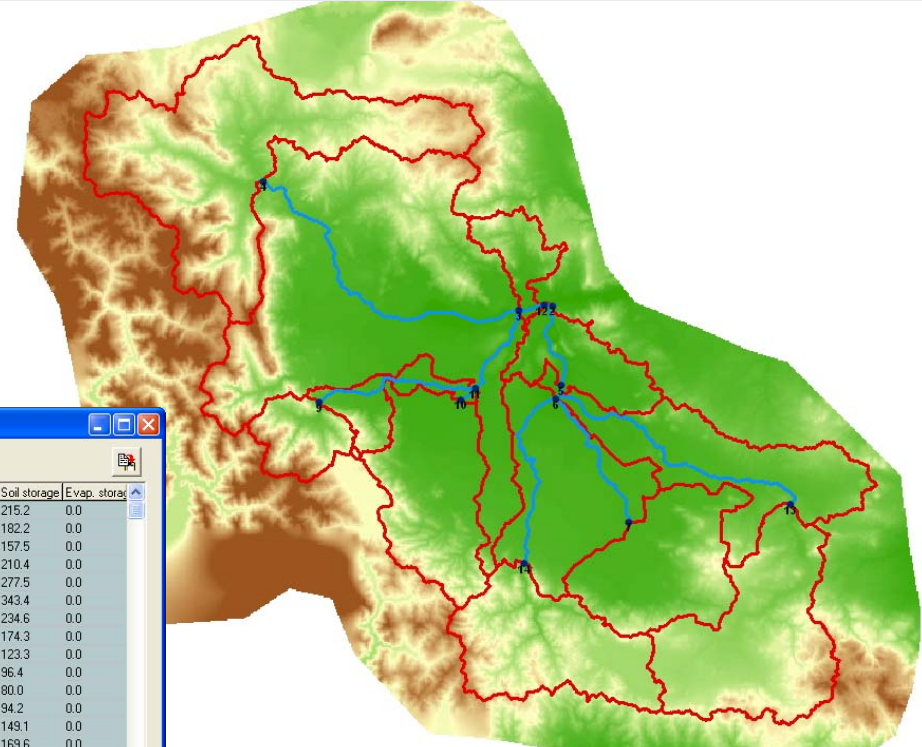
At the bottom of the 'Meteorological Data' window, there are fields for 'Latitude' (38) and buttons for 'Paste', 'Last Values', 'ETo Ref. Crop', 'ETo Water', and 'OK'.



ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ: Σχηματοποίηση επιφανειακών υδρολογικών διεργασιών

Ο Δ Υ Σ Σ Ε Υ Σ - Φ Π 18

Διαμορφώθηκε ένα υδρογραφικό δίκτυο που αποτελείται από 13 κόμβους και 12 υπολεκάνες, με βάση τις θέσεις των πέντε υδρομετρικών σταθμών και τις συμβολές των υδατορευμάτων.



Διαμορφώθηκαν 9 μονάδες υδρολογικής απόκρισης, με ένωση τριών τύπων περατότητας με τρεις τύπους χρήσεων γης (δασώδης, χαμηλή βλάστηση, αρδευόμενες εκτάσεις)



ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ: Σχηματοποίηση υπόγειου συστήματος (υδροφορέας, πηγές)

Η διακριτοποίηση του υδροφορέα έγινε με βάση τον πιεζομετρικό χάρτη της πεδινής περιοχής (SOGREAH, 1979), όπου τα κύτταρα που αντιπροσωπεύουν **δεξαμενές υπόγειου νερού** χαράχθηκαν με τις ακμές παράλληλα προς τις ισοδυναμικές γραμμές του χάρτη.

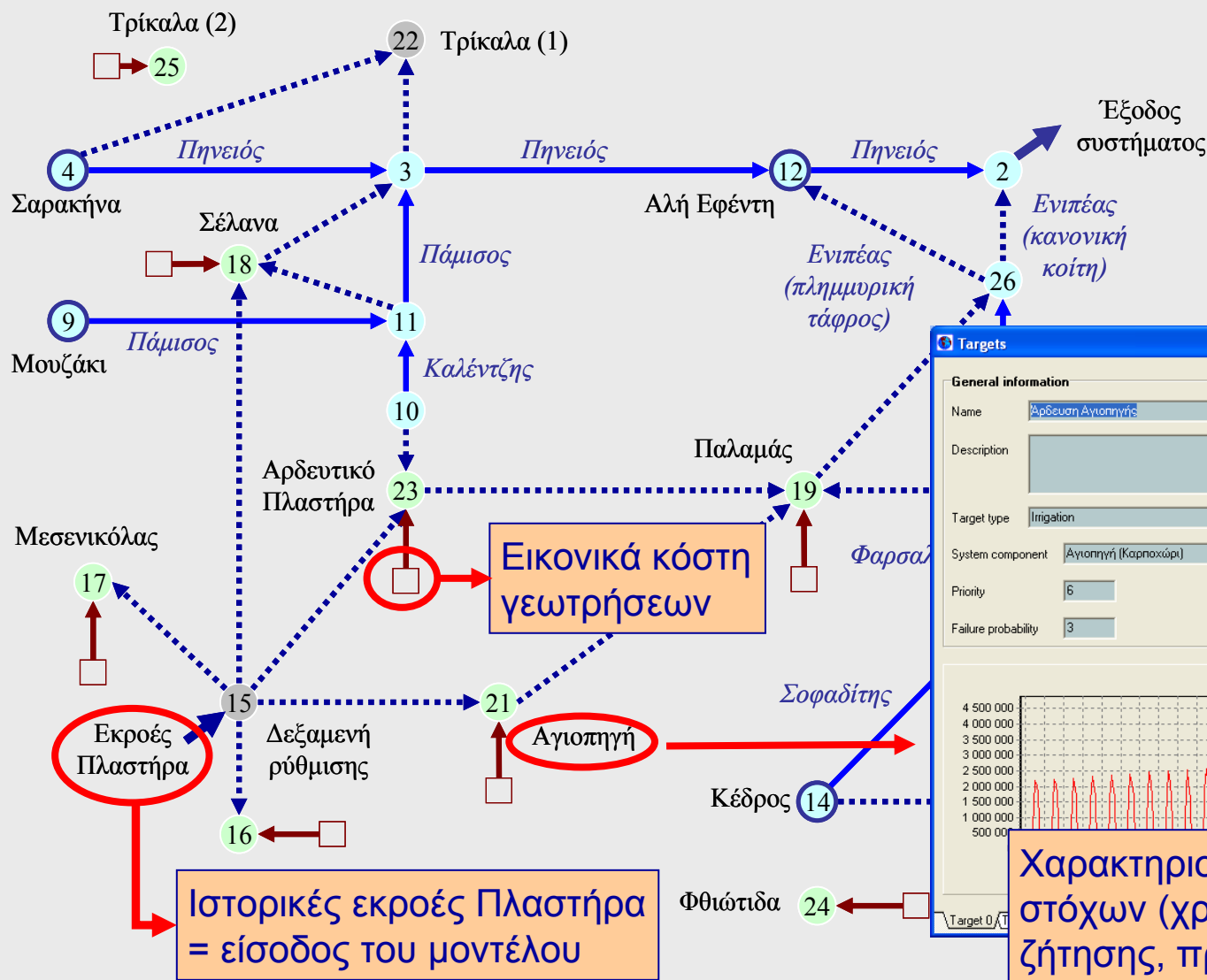
Τοποθετήθηκαν τρεις **πηγές** (= εικονικές δεξαμενές πολύ μεγάλης επιφάνειας), που αναπτύσσονται στα όρια των υπολεκανών Καλαμπάκας και Τρικάλων.





ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ: Απεικόνιση τεχνικών έργων και καθεστώτος διαχείρισης νερού

Ο Δ Υ Σ Σ Ε Υ Σ - Φ Π 18



Targets

General information

Name: Άρδευση Αγοιπηγής

Description:

Target type: Irrigation

System component: Αγοιπηγή (Καρποχώρι)

Priority: 6

Failure probability: 3

Demand / supply series (m3)

Date	Demand	Supply
Οκτ-72	0	0
Νοε-72	0	0
Δεκ-72	0	0
Ιαν-73	0	0
Φεβ-73	0	0
Μαρ-73	0	0
Απρ-73	0	0
Μαϊ-73	0	0
Ιουν-73	1356500	1356500
Ιουλ-73	2184900	2184900
Αυγ-73	2066500	2066500
Σεπ-73	1755200	1755200
Οκτ-73	0	0

4 500 000
4 000 000
3 500 000
3 000 000
2 500 000
2 000 000
1 500 000
1 000 000
500 000

Target 0, T

Χαρακτηριστικά μεγέθη στόχων (χρονοσειρές, ζήτησης, προτεραιότητα)



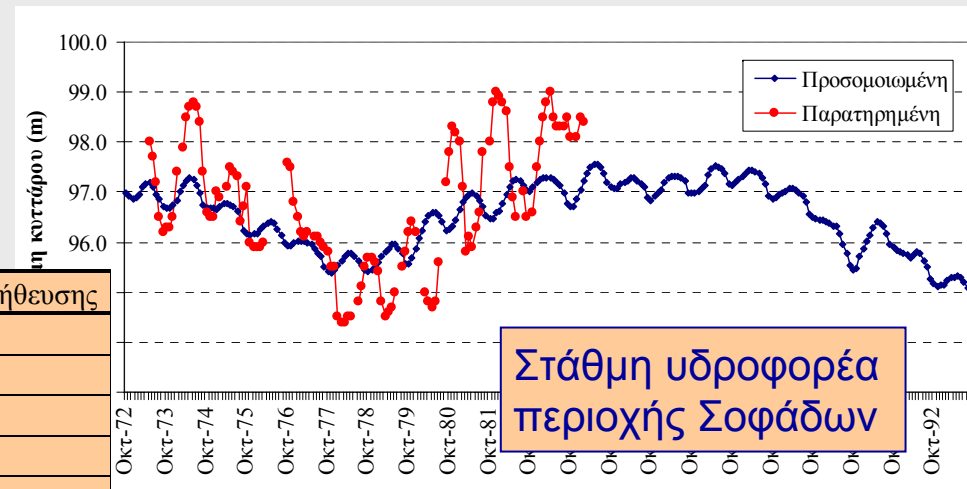
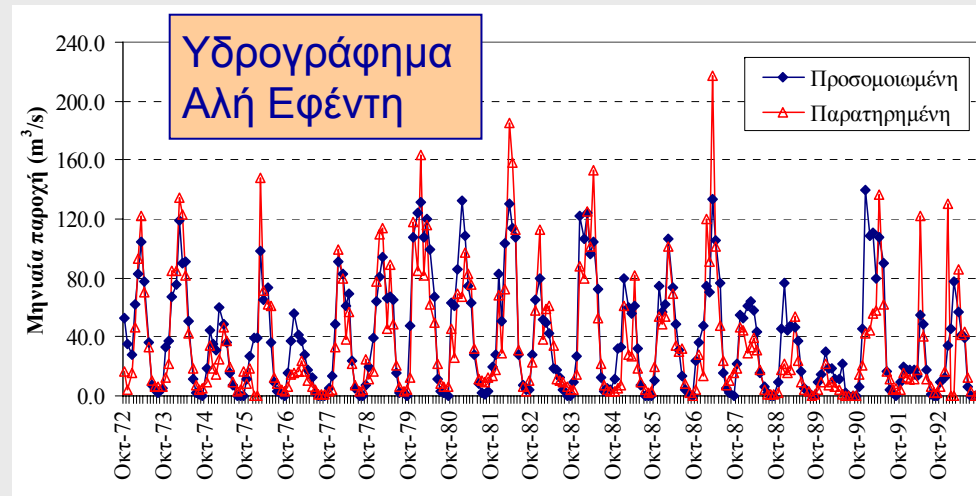
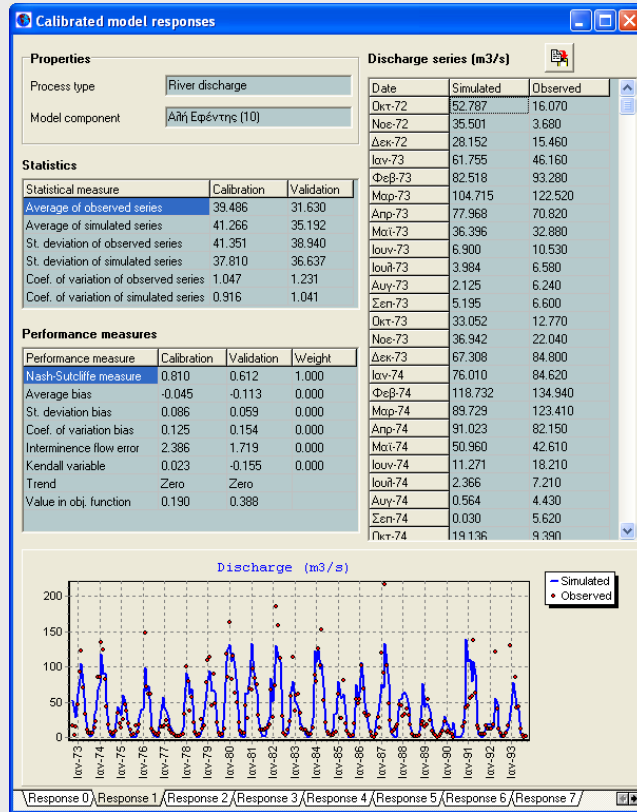
ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ: Μαθηματική διατύπωση προβλήματος βαθμονόμησης

- Μεταβλητές ελέγχου:
 - $6 \times 9 = 54$ παράμετροι επιφανειακής υδρολογίας (6 παράμετροι για κάθε μία από τις 9 μονάδες υδρολογικής απόκρισης)
 - 12 συντελεστές διήθησης υδατορευμάτων
 - $2 \times 49 = 98$ παράμετροι υπόγειας υδρολογίας (υδραυλική αγωγιμότητα και πορώδες κυττάρων)
- Συνιστώσες μέτρου προσαρμογής:
 - αποτελεσματικότητα (δείκτης Nash-Sutcliffe) χρονοσειρών μέσης μηνιαίας παροχής στις θέσεις των πέντε υδρομετρικών σταθμών (Αλή Εφέντη, Μουζάκι, Κέδρος, Αμπελιά, Σαρακήνα)
 - μεροληψία δειγματικής μέσης τιμής, στις παραπάνω θέσεις
 - μεροληψία εκτιμημένης μέσης τιμής πηγών Κεφαλόβρυσου
 - αποτελεσματικότητα χρονοσειρών στάθμης στις 11 γεωτρήσεις που εκτείνονται στο πεδινό τμήμα του υδροφορέα
 - μέτρα ποινής για την εμφάνιση έντονα ανοδικής ή πτωτικής τάσης στα υπόγεια κύτταρα, για τα οποία δεν υπάρχουν μετρήσεις.



ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ: Προσαρμογή και επαλήθευση μοντέλου

Ο Δ Υ Σ Σ Ε Υ Σ - Φ Π 18

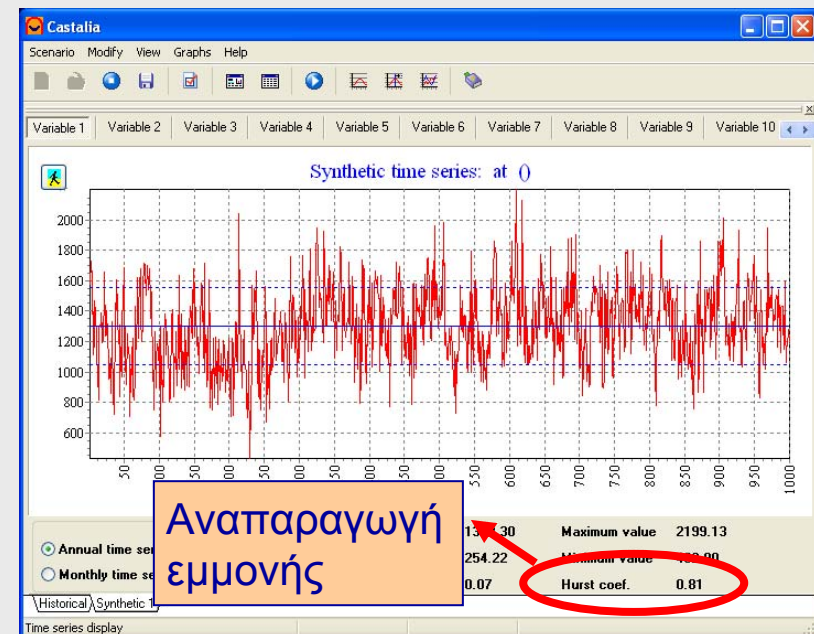


Θέση ελέγχου	Περίοδος βαθμονόμησης	Περίοδος επαλήθευσης
Αλή Εφέντη	0.810	0.612
Σαρακίνα	0.374	0.839
Μουζάκι	-	0.577
Αμπελιά	0.385	0.241
Κέδρος	0.687	-



ΚΑΣΤΑΛΙΑ: Γέννηση χρονοσειρών για στοχαστική προσομοίωση

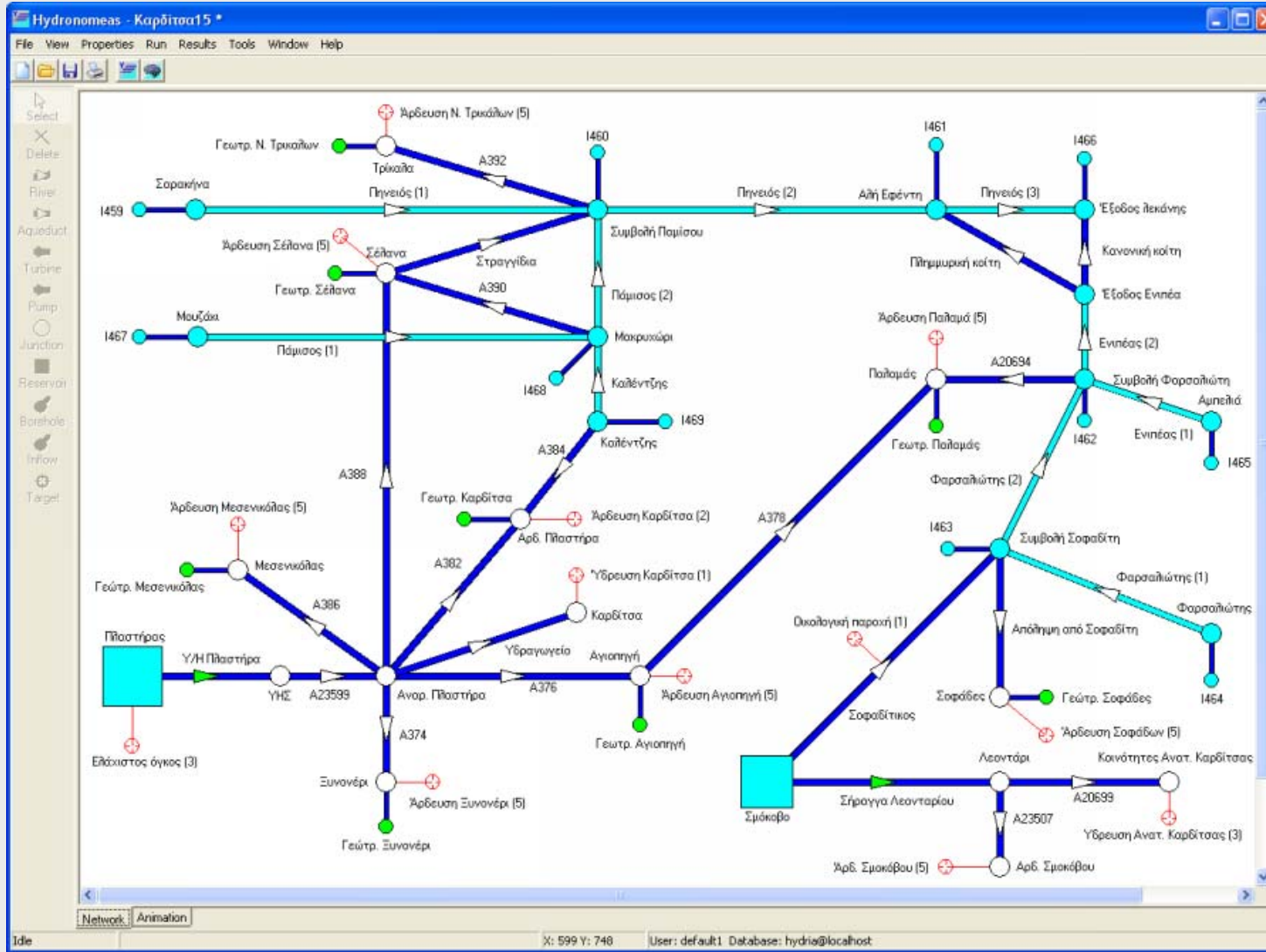
- Είσοδος του διαχειριστικού μοντέλου είναι οι εισροές στους ταμιευτήρες και τους κόμβους του υδρογραφικού δικτύου.
- Χρησιμοποιήθηκαν συνθετικές χρονοσειρές μήκους 1000 ετών, που παράγαγε το μοντέλο ΚΑΣΤΑΛΙΑ, με βάση τα δείγματα:
 - απορροής και βροχόπτωσης στον ταμιευτήρα Πλαστήρα
 - βροχόπτωσης στον ταμιευτήρα Σμοκόβου
 - επιφανειακής βροχόπτωσης στις υπολεκάνες του υδροσυστήματος
- Οι συνθετικές βροχοπτώσεις θεωρήθηκαν εισοδοι του μοντέλου ΥΔΡΟΓΕΙΟΣ για την εκτίμηση των εισροών στους κόμβους, με την παραδοχή:
 - σταθερής αρδευτικής ζήτησης, ίσης με του έτους 1993
 - σταθερών εκροών Πλαστήρα, ίσων με τη μέση τιμή των ετών 1990-2001





ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ: Διαμόρφωση μοντέλου δικτύου

Ο Δ Υ Σ Σ Ε Υ Σ - Φ Π 18



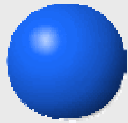


ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ: Λειτουργικοί στόχοι και περιορισμοί (κατά σειρά προτεραιότητας)

Ο Δ Υ Σ Σ Ε Υ Σ - Φ Π 18

- Ύδρευση περιοχής Συνδέσμου Καρδίτσας, μέσω του ταμιευτήρα Πλαστήρα (24 hm³/έτος)
- Διατήρηση θερινής οικολογικής παροχής κατόντη του φράγματος Σμοκόβου (10 hm³/έτος)
- Άρδευση περιοχής Καρδίτσας, μέσω του αρδευτικού έργου Πλαστήρα (64 hm³/έτος)
- Ύδρευση 55 οικισμών ανατολικής Καρδίτσας, μέσω του ταμιευτήρα Σμοκόβου (10 hm³/έτος)
- Διατήρηση ελάχιστου αποθέματος ταμιευτήρα Πλαστήρα (160 hm³, που αντιστοιχεί στην οικολογική στάθμη των +782 m)
- Άρδευση λοιπών κόμβων υδροσυστήματος Καρδίτσας (223 hm³/έτος)
- Άρδευση Νομού Τρικάλων, με απολήψεις από επιφανειακά νερά του Πηνειού (69 hm³/έτος)

Θεωρήθηκε ότι το 30% των αρδευτικών καταναλώσεων επιστρέφει στο σύστημα (κόμβος Σελάνων), μέσω αποστραγγιστικών καναλιών.



ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ: Διατύπωση προβλήματος βελτιστοποίησης υδροσυστήματος

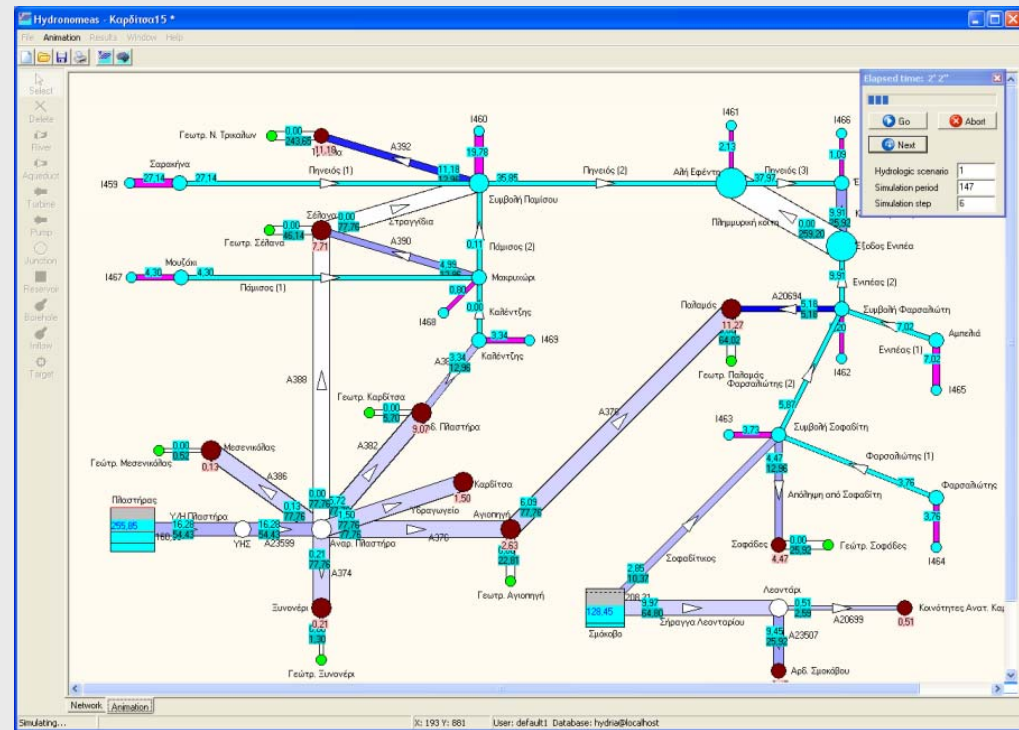
Ο Δ Υ Σ Ε Υ Σ - Φ Π 18

■ Μεταβλητές ελέγχου:

- παράμετροι λειτουργίας ταμιευτήρων Πλαστήρα και Σμοκόβου, με δυνατότητα εποχιακής μεταβολής (συνολικά 8 παράμετροι)
- κατώφλι ενεργοποίησης των γεωτρήσεων κατά προτεραιότητα σε σχέση με τους ταμιευτήρες

■ Μέτρο επίδοσης:

- ελαχιστοποίηση ετήσιας πιθανότητας αστοχίας υδρευτικών (σε υψηλή προτεραιότητα) και αρδευτικών στόχων σε επιλεγμένους κόμβους
- ελαχιστοποίηση μέσης ετήσιας κατανάλωσης ενέργειας γεωτρήσεων και αντλιοστασίων





ΥΔΡΟΝΟΜΕΑΣ: Αποτελέσματα προσομοίωσης

Ο Δ Υ Σ Σ Ε Υ Σ - Φ Π 18

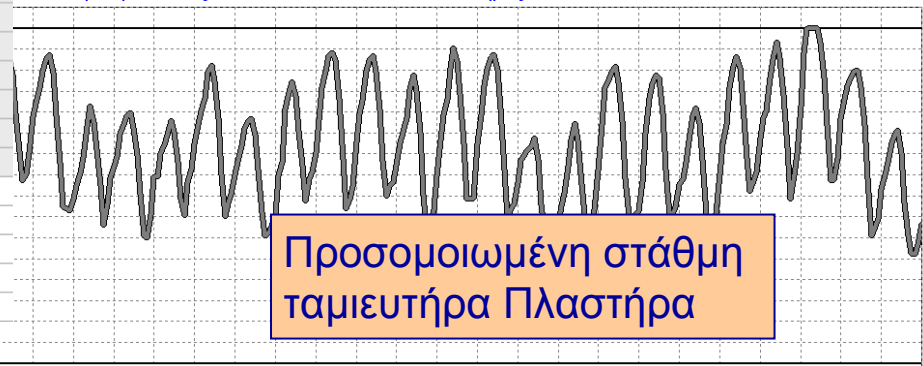
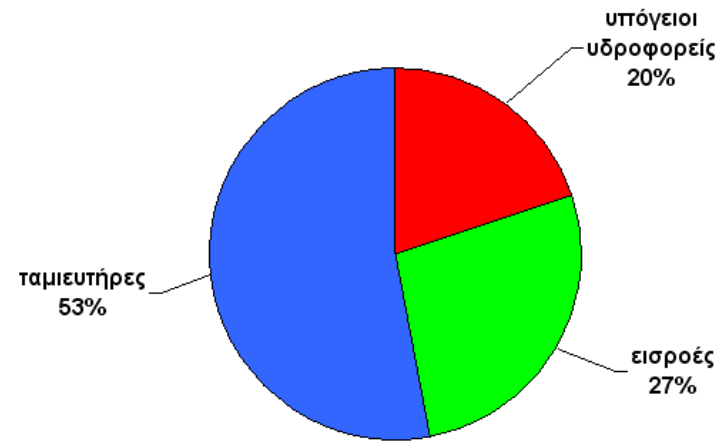
Target	Mean annual failure	Max. annual failure	Failed time steps	Mean annual deficit	Max. annual deficit
1) Καρδίτσα - Water supply	0.000	0.000	0	0.000	0.000
2) Σοφάδικοι - Min. flow	0.014	1.000	16	0.008	-
3) Αρδ. Πλαστήρα - Irrigation	0.000	0.000	0	0.000	0.000
4) Κοινότητες Ανατ. Καρδίτσας - W	0.058	1.000	0	0.000	1.643
5) Πλαστήρας - Min. volume	0.304	1.000	0	0.000	-
6) Ξυλονέρι - Irrigation	0.000	0.000	0	0.000	0.000
7) Αγιοπηγή - Irrigation	0.000	0.000	0	0.000	0.000
8) Μεσενικόλας - Irrigation	0.000	0.000	0	0.000	0.000
9) Παϊμάδες - Irrigation	0.000	0.000	0	0.000	0.000
10) Σοφάδες - Irrigation	0.000	0.000	0	0.000	0.000
11) Σέλινα - Irrigation	0.000	0.000	0	0.000	0.000
12) Τρίκαλα - Irrigation	0.000	0.000	0	0.000	0.000
13) Αρδ. Σμοκόβου - Irrigation	0.134	1.000	202	2.189	0.000

Πιθανότητες αστοχίας

Μέση ετήσια κατανομή απολήψεων

	Πλαστήρας	Σμόκοβο	TOTAL
Subcatchment runoff	11.77 (11.45)	6.12 (5.04)	17.88
Rainfall	2.15 (1.70)	0.39 (0.34)	2.54
Aqueduct inflow			0.00
River inflow			0.00
Aquifer inflow			0.00
External inflow			0.00
Returned water			0.00
Leakage			0.00
Evaporation	1.62 (1.34)	0.45 (0.40)	2.07
Aqueduct outflow	12.28 (16.28)	6.04 (7.52)	18.32
River outflow			0.00
Water supply			0.00
Irrigation			0.00
Spill	0.00 (0.20)	0.02 (0.36)	0.03
System loss			0.00
Storage usage	0.01 (26.04)	0.00 (11.84)	0.01
Verification		-0.00	-0.00
Mean inflow	32	357.29 (11.25)	
Mean outflow	28	127.87 (56.02)	

Μέσο ετήσιο ισοζύγιο ταμιευτήρων



Προσομοιωμένη στάθμη ταμιευτήρα Πλαστήρα



Διαχειριστικά συμπεράσματα

- Εμφανίζεται μικρή πιθανότητα αστοχίας στην ύδρευση της Ανατολικής Καρδίτσας (5.4%), η οποία οφείλεται στην έλλειψη εναλλακτικών υδατικών πόρων πέραν του ταμιευτήρα του Σμοκόβου.
- Παρατηρείται αρκετά υψηλή πιθανότητα αστοχίας (30.4%) για τον στόχο ελάχιστου αποθέματος του Πλαστήρα, δίχως όμως σημαντική ταπείνωση της στάθμης κάτω από το οικολογικό όριο των +782 m.
- Παρατηρούνται σημαντικές αστοχίες (13.4%) ως προς την κάλυψη της αρδευτικής ζήτησης του δικτύου Σμοκόβου, εφόσον δεν χρησιμοποιηθούν επικουρικά και τα υπόγεια νερά της περιοχής.
- Οι περιοχές Σελάνων, Παλαμά, Σοφάδων και Ξυνονερίου απαιτούν σημαντική συνεισφορά των γεωτρήσεων, η υπερεκμετάλλευση των οποίων προκαλεί έντονη ταπείνωση της στάθμης του υδροφορέα.
- Η μέση απορροή στην έξοδο ανέρχεται σε 28.6 hm³ τον Ιούνιο, 9.5 hm³ τον Ιούλιο, 4.6 hm³ τον Αύγουστο και 2.2 hm³ τον Σεπτέμβριο.
- Τα αποτελέσματα γίνονται λίγο πιο δυσμενή, εφόσον τεθεί στόχος ελάχιστης στάθμης ίσης με +346 m στον ταμιευτήρα Σμοκόβου.