

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ &
ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ**

ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ
ΕΥΔΕ ΑΧΕΛΩΟΥ

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ - ΥΔΡΑΥΛΙΚΩΝ
& ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

**MINISTRY OF ENVIRONMENT, REGIONAL
PLANNING & PUBLIC WORKS**
GENERAL SECRETARIAT OF PUBLIC WORKS
DIRECTORATE FOR ACHELOOS DIVERSION WORKS

NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
DIVISION OF WATER RESOURCES - HYDRAULIC
& MARITIME ENGINEERING

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΟ
ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ
ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

RESEARCH PROJECT
UPGRADING AND UPDATING OF HYDROLOGICAL
INFORMATION OF THESSALIA

ΤΕΥΧΟΣ 3
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

VOLUME 3
PROCESSING OF GEOGRAPHICAL
INFORMATION

ΣΥΝΤΑΞΗ: Α. ΚΟΥΚΟΥΒΙΝΟΣ, Ν. ΜΑΜΑΣΗΣ
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ: Δ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ
ΚΥΡΙΟΣ ΕΡΕΥΝΗΤΗΣ: Ι. ΝΑΛΜΠΑΝΤΗΣ

BY: Α. ΚΟΥΚΟΥΒΙΝΟΣ, Ν. ΜΑΜΑΣΙΣ
SCIENTIFIC DIRECTOR: Δ. ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΙΣ
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ι. ΝΑΛΒΑΝΤΙΣ

ΑΘΗΝΑ - ΜΑΡΤΙΟΣ 1997

ATHENS - MARCH 1997

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	2
1.1 Ιστορικό	2
1.2 Περιεχόμενα του τεύχους	2
2. Περιγραφή περιοχής μελέτης	3
3. Διαθέσιμα από πριν ψηφιακά δεδομένα	3
4. Νέα δεδομένα - Επίπεδα πληροφορίας	4
4.1 Βροχομετρικοί σταθμοί	4
4.2 Υδρομετρικοί Σταθμοί	4
4.3 Θέσεις φραγμάτων	5
4.4 Μετεωρολογικοί Σταθμοί	5
4.5 Λεκάνες απορροής στις θέσεις των υδρομετρικών σταθμών	5
4.6 Λεκάνες απορροής στις θέσεις φραγμάτων	5
5. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους	5
5.1 Γενικά	5
5.2 Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της Θεσσαλίας	7
6. Χαρακτηριστικά λεκανών απορροής	7
7. Κατασκευή λεκανών απορροής και πολυγώνων Thiessen	8
7.1 Πολύγωνα και συντελεστές Thiessen	8
7.2 Υπολογισμός λεκανών απορροής	8
7.3 Η φόρμα επιλογής (menu) hydro	10
8. Σύνδεση βάσεων δεδομένων	13
8.1 Γενικά	13
8.2 Σύνδεση σε λειτουργικό σύστημα Unix	14
8.3 Σύνδεση σε λειτουργικό σύστημα MS-Windows	14
9. Υδρολογικές Εφαρμογές	16
Αναφορές	19
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Πίνακες	20
Πίνακας 1. Βροχομετρικοί Σταθμοί	21
Πίνακας 2. Μετεωρολογικοί Σταθμοί	23
Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά λεκανών απορροής στις θέσεις των υδρομετρικών σταθμών	24
Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά λεκανών απορροής στις θέσεις φραγμάτων	24
Παράρτημα 2: Χάρτες	25

1. Εισαγωγή

1.1 Ιστορικό

Στο τεύχος αυτό περιγράφονται τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας τα σχετικά με τις υδρολογικές μεταβλητές, καθώς και οι εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν για τη διαχείριση της υδρολογικής και γεωγραφικής πληροφορίας. Οι σχετικές με τα παραπάνω εργασίες πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του ερευνητικού έργου με τίτλο “Επικαιροποίηση και Αναβάθμιση της Υδρολογικής Πληροφορίας της Θεσσαλίας”. Το ερευνητικό αυτό πρόγραμμα ανατέθηκε και χρηματοδοτήθηκε από τη Διεύθυνση Ύδρευσης και Αποχέτευσης του ΥΠΕΧΩΔΕ (με την από 28/3/1996 απόφαση του υπουργού ΠΕΧΩΔΕ) σε ερευνητική ομάδα του Τομέα Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλασσίων Έργων του Ε.Μ. Πολυτεχνείου με επιστημονικό υπεύθυνο τον Επ. Καθηγητή Δ. Κουτσογιάννη και συντονιστή τον Δρ. Ι. Ναλμπάντη. Οι συγκεκριμένες εργασίες που καλύπτει το τεύχος αυτό προδιαγράφονται στο Παράρτημα της απόφασης ανάθεσης και είναι οι ακόλουθες:

- 2.3.3.α. Εισαγωγή σε Η/Υ των επιπέδων πληροφορίας (coverages) που περιλαμβάνουν τη γεωγραφική θέση των υδρομετρικών, βροχομετρικών και μετεωρολογικών σταθμών μέτρησης, καθώς και τις λεκάνες απορροής στις θέσεις που ενδιαφέρουν.
- 2.3.3.β. Σύνδεση του Γεωγραφικού Συστήματος με τη βάση υδρολογικών δεδομένων.
- 2.3.3.γ. Ανάπτυξη συστήματος αυτόματου υπολογισμού διαφόρων χαρακτηριστικών των λεκανών απορροής (εμβαδά, μέσα υψόμετρα, μέσες κλίσεις, συντελεστές Thiessen).
- 2.3.3.δ. Εκμάθηση του προγράμματος ArcView στα στελέχη του ΥΠΕΧΩΔΕ. Το αντικείμενο αυτό δεν καλύπτεται σε αυτό το τεύχος αλλά έγινε σχετική παρουσίαση και στη συνέχεια εκμάθηση του προγράμματος σε δύο μηχανικούς του ΥΠΕΧΩΔΕ .

1.2 Περιεχόμενα του τεύχους

Το παρόν τεύχος έχει ως αντικείμενο την παρουσίαση:

- α) των εργασιών που έγιναν για να δημιουργηθεί μία βάση γεωγραφικών δεδομένων για την περιοχή της Θεσσαλίας και

β) των υδρολογικών εφαρμογών που προκύπτουν από τη σύνδεση της γεωγραφικής αυτής βάσης με τη βάση των υδρολογικών δεδομένων.

Στην αρχή του τεύχους δίνεται μία περιγραφή της περιοχής και παρουσιάζονται τα ψηφιακά δεδομένα που ήδη διέθετε το ΥΠΕΧΩΔΕ. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα γεωγραφικά επίπεδα πληροφορίας που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια του ερευνητικού έργου καθώς και ο τρόπος που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή τους. Κατόπιν, περιγράφεται η μέθοδος για την κατασκευή παράγωγων δεδομένων όπως το ψηφιακό μοντέλο εδάφους και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης. Παρουσιάζεται ακόμα ο τρόπος της σύνδεσης της γεωγραφικής βάσης που δημιουργήθηκε με τους πίνακες της βάσης των υδρολογικών δεδομένων. Τέλος περιγράφονται οι εφαρμογές που αναπτύχθηκαν ώστε να είναι δυνατή η επεξεργασία της πληροφορίας και η οπτικοποίηση των διάφορων γεωγραφικών και υδρολογικών μεγεθών.

2. Περιγραφή περιοχής μελέτης

Το υδατικό διαμέρισμα Θεσσαλίας, έχει συνολικό εμβαδόν 13 162 km² και ορίζεται βόρεια από το όρος Όλυμπος, τα Πιέρια και τα Καμβούνια όρη, δυτικά και νοτιοδυτικά από την οροσειρά της Πίνδου, νότια από το όρος Όθρυς και ανατολικά από το Αιγαίο Πέλαγος.

Η κύρια υδρολογική λεκάνη του διαμερίσματος είναι η λεκάνη του Πηνειού με έκταση 10 225 km². Οι κύριοι παραπόταμοι του Πηνειού είναι στα νότια οι Ενιπέας, Φαρσαλιώτης, Σοφαδίτης και Καλέντζης, στα δυτικά-νοτιοδυτικά οι Πάμισος, Πορταϊκός, Μαλακασιώτικος, Καστανιώτικος και Κλεινοβίτικος και στα βόρεια οι Ληθαίος, Νεοχωρίτης και Τιταρήσιος. Στο υδατικό διαμέρισμα βρίσκονται ακόμη και οι κλειστές λεκάνες της Κάρλας, του Συκουρίου και του Αλμυρού.

Στον Χάρτη 1 απεικονίζεται η περιοχή μελέτης (ορογραφία και υδρογραφικό δίκτυο).

3. Διαθέσιμα από πριν ψηφιακά δεδομένα

Το ΥΠΕΧΩΔΕ διέθεσε στην ομάδα μελέτης του ΕΜΠ ψηφιακά γεωγραφικά δεδομένα για περαιτέρω επεξεργασία (ΕΥΔΕ Αχελώου, 1995). Πρόκειται για δύο επίπεδα πληροφορίας:

- Ισοϋψείς καμπύλες με ισοδιάσταση 100 m.
- Υδρογραφικό δίκτυο.

Τα δεδομένα αυτά είναι σε σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ '87 προέκυψαν από ψηφιοποίηση χαρτών της ΓΥΣ κλίμακας 1:50 000 και χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους.

4. Νέα δεδομένα - Επίπεδα πληροφορίας

Κατασκευάστηκαν έξι νέα επίπεδα πληροφορίας (coverages) όλα σε σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ '87. Τέσσερα από τα επίπεδα αυτά έχουν σημειακή τοπολογία (βροχομετρικοί, υδρομετρικοί, μετεωρολογικοί σταθμοί, θέσεις φραγμάτων) και δύο τοπολογία πολυγώνου (λεκάνες απορροής ανάντη των υδρομετρικών σταθμών και των θέσεων φραγμάτων). Για τη δημιουργία και αποθήκευση της πληροφορίας αυτής χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Arc/Info (ESRI, 1991α) σε λειτουργικό σύστημα Unix. Στη συνέχεια περιγράφεται το κάθε επίπεδο και ο τρόπος παραγωγής του.

4.1 Βροχομετρικοί σταθμοί

Πρόκειται για τις θέσεις και τις ιδιότητες των βροχομετρικών σταθμών που εξετάστηκαν στη διάρκεια του ερευνητικού έργου (50 σταθμοί). Οι ορθογώνιες συντεταγμένες (x,y) προέκυψαν από μετατροπή των γεωγραφικών συντεταγμένων (φ,λ), όπως οι τελευταίες καταγράφονται στο Μητρώο Μετεωρολογικών και Βροχομετρικών Σταθμών του ΥΒΕΤ (ΥΒΕΤ, 1987). Στον πίνακα ιδιοτήτων καταγράφηκαν ως πεδία το όνομα, το υψόμετρο και η αρμόδια για κάθε σταθμό υπηρεσία (name , altitude, service). Οι θέσεις και τα ονόματα των βροχομετρικών σταθμών φαίνονται στον Χάρτη 2 του Παραρτήματος 2 και οι ιδιότητες τους δίνονται στον Πίνακα 1 του Παραρτήματος 1.

4.2 Υδρομετρικοί Σταθμοί

Οι θέσεις των σταθμών εντοπίστηκαν στο χάρτη που είχε συνταχθεί σε προηγούμενο ερευνητικό έργο (Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 1988) και ψηφιοποιήθηκαν. Τα πεδία που καταγράφηκαν στον πίνακα ιδιοτήτων είναι όνομα και υπηρεσία (name, service). Οι υδρομετρικοί σταθμοί που μελετήθηκαν φαίνονται στον Χάρτη 3 του Παραρτήματος 2.

4.3 Θέσεις φραγμάτων

Κατασκευάστηκε ένα επίπεδο για τις 9 πιθανές θέσεις κατασκευής φραγμάτων όπως αυτές προκύπτουν από διάφορες σχετικές μελέτες. Η μέθοδος που ακολουθήθηκε είναι αυτή που περιγράφεται παραπάνω για τους υδρομετρικούς σταθμούς. Η ιδιότητα των σημείων είναι το όνομα (name) ενώ οι θέσεις τους στο χώρο παρουσιάζονται στον χάρτη 4 του Παραρτήματος 2. Από τα φράγματα αυτά έχει κατασκευαστεί μόνο το φράγμα Σμόκοβου ενώ τα άλλα έχουν απλώς μελετηθεί.

4.4 Μετεωρολογικοί Σταθμοί

Κατασκευάστηκε ένα επίπεδο για τους μετεωρολογικούς σταθμούς που μελετήθηκαν. Οι ορθογώνιες συντεταγμένες (x,y) προέκυψαν με μετατροπή των αντίστοιχων γεωγραφικών φ,λ του μητρώου Μετεωρολογικών και Βροχομετρικών Σταθμών του ΥΒΕΤ (ΥΒΕΤ, 1987). Οι ιδιότητες που δόθηκαν είναι όνομα, υψόμετρο και υπηρεσία (name , service, altitude) και παρουσιάζονται στον Πίνακα 2 (Παράρτημα 1).

4.5 Λεκάνες απορροής στις θέσεις των υδρομετρικών σταθμών

Οι λεκάνες απορροής ανάντη των υδρομετρικών σταθμών ορίστηκαν στον υπολογιστή χρησιμοποιώντας ως βοηθητικά επίπεδα πληροφορίας (backcoverages) τις ισοϋψείς, τα ποτάμια και τις θέσεις των σταθμών. Με τη δημιουργία τοπολογίας πολυγώνου υπολογίζονται και καταχωρούνται τα εμβαδά των λεκανών. Οι λεκάνες φαίνονται στον Χάρτη 3 (Παράρτημα 2) και τα εμβαδά τους στον Πίνακα 3 (Παράρτημα 1).

4.6 Λεκάνες απορροής στις θέσεις φραγμάτων

Χρησιμοποιήθηκε και εδώ η μέθοδος που περιγράφεται παραπάνω (κεφάλαιο 4.5). Οι λεκάνες φαίνονται στον Χάρτη 4 του Παραρτήματος 2 και τα εμβαδά τους στον Πίνακα 4 του Παραρτήματος 1.

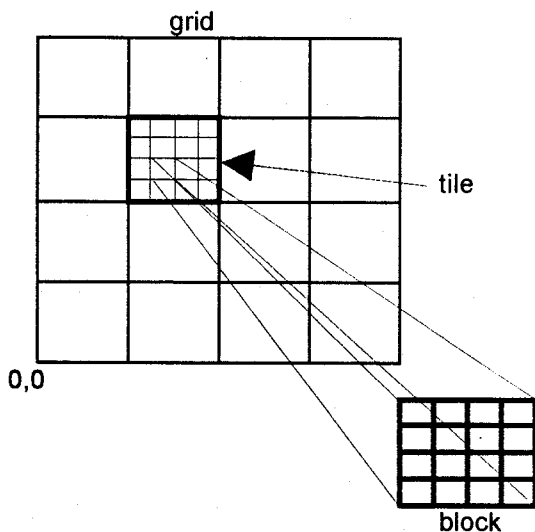
5. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους

5.1 Γενικά

Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (Digital Terrain Model, σε συντομογραφία DTM) είναι ένα νέο επίπεδο πληροφορίας που κατασκευάστηκε για να δοθεί συνεχής πληροφορία υψομέτρου στην περιοχή μελέτης και στη συνέχεια η δυνατότητα

υπολογισμού των χαρακτηριστικών μεγεθών των λεκανών απορροής στις θέσεις των υδρομετρικών σταθμών και των φραγμάτων. Ακόμη, χρησιμοποιείται για τη χάραξη της λεκάνης απορροής ανάντη κάποιας θέσης ενδιαφέροντος.

Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ) έχει μορφή κατηγορικού κανάβου και δίνει πληροφορία για οποιαδήποτε επιφάνεια της περιοχής μελέτης. Η περιοχή χωρίζεται σε στοιχειώδεις επιφάνειες με μορφή τετραγώνου και κάθε μία παίρνει μία ακέραια τιμή (cell based model). Έτσι δίνεται συνεχής πληροφορία για τα υψόμετρα και προσεγγίζεται το ανάγλυφο του εδάφους. Ο κánaβος που δημιουργείται με αυτόν τον τρόπο ορίζεται από τις συντεταγμένες της αρχής του και κάθε κύτταρο ορίζεται από τις σχετικές συντεταγμένες του ως προς την αρχή (αριθμός γραμμής, αριθμός στήλης).



Η δομή αυτή των δεδομένων (tile-block structure) επιτρέπει να γίνονται χωρικές πράξεις (map algebra) και να παράγονται από το ΨΜΕ παράγωγα επίπεδα, όπως ο κánaβος κλίσεων της περιοχής ή ο κánaβος διεύθυνσης ροής (όπως αναλύεται στο κεφάλαιο 7).

Για την κατασκευή του ΨΜΕ χρησιμοποιούνται όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες υψομέτρου που προκύπτουν είτε με τοπογραφικές μεθόδους (ισούψεις, υψομετρικά σημεία) είτε με μεθόδους τηλεπισκόπησης και δορυφορικής εικόνας. Επίσης χρησιμοποιούνται όσα άλλα επίπεδα είναι διαθέσιμα και χαρακτηρίζουν το ανάγλυφο (ποτάμια, λίμνες κλπ.).

5.2 Το Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της Θεσσαλίας

Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της Θεσσαλίας κατασκευάστηκε στο περιβάλλον *topogrid* του Arc/Info (ESRI, 1991α). Για την κατασκευή του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν, σαν επίπεδο υψομετρικής πληροφορίας, οι ισοϋψείς καμπύλες που διέθεσε το ΥΠΕΧΩΔΕ (κεφάλαιο 3). Χρησιμοποιήθηκαν ακόμα τα ποτάμια στα οποία έγινε επεξεργασία έτσι ώστε τα τόξα που απεικονίζουν το υδρογραφικό δίκτυο να είναι προσανατολισμένα κατά τη διεύθυνση ροής του ποταμού. Αυτό έγινε με αλλαγή της φοράς των τόξων όπου αυτή δεν ήταν σωστή (flip σε περιβάλλον ArcEdit). Ο προσανατολισμός των ποταμών προς το σημείο εξόδου της λεκάνης απορροής τους είναι απαραίτητος για τη μέθοδο, που παράγει υδρολογικά σωστό (hydrologically correct) μοντέλο με την έννοια ότι αγνοούνται όσα τοπικά ελάχιστα (sinks) δημιουργούνται κατά την παρεμβολή και δεν οφείλονται στα δεδομένα. Ακόμη ένας αλγόριθμος (drainage enforcement) αναγκάζει το μοντέλο να ακολουθεί το υδρογραφικό δίκτυο.

Σαν αποτέλεσμα παράγεται το ΨΜΕ της περιοχής μελέτης με διάσταση στοιχειώδους επιφάνειας 100X100 m, το οποίο παρουσιάζεται στον Χάρτη 1 του Παραρτήματος 2.

6. Χαρακτηριστικά Λεκανών απορροής

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 5, η δομή της καναβικής (raster) πληροφορίας που περιέχεται στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους δίνει τη δυνατότητα να παραχθούν νέα επίπεδα ίδιας δομής με τη βοήθεια χωρικών πράξεων και συναρτήσεων. Αυτό γίνεται στο περιβάλλον grid του Arc/Info και μία εφαρμογή είναι η συνάρτηση παραγωγής του κανάβου των κλίσεων (slope) που παίρνει σαν όρισμα το ΨΜΕ. Ο κανάβος αυτός έχει επίσης διάσταση 100X100 m (οι τιμές των κλίσεων είναι σε μοίρες), και χρησιμοποιήθηκε για να υπολογιστεί η μέση κλίση κάθε υδρολογικής λεκάνης που ενδιαφέρει.

Στους Πίνακες 3 και 4 του Παραρτήματος 1 φαίνονται τα εμβαδά, τα μέσα υψόμετρα και οι μέσες κλίσεις των λεκανών απορροής τόσο στις θέσεις των υδρομετρικών σταθμών που εξετάστηκαν όσο και στις θέσεις των φραγμάτων.

7. Κατασκευή λεκανών απορροής και πολυγώνων Thiessen

7.1 Πολύγωνα και συντελεστές Thiessen

Τα πολύγωνα Thiessen είναι μία μέθοδος που χρησιμοποιείται στην υδρολογία για την παραγωγή επιφανειακής βροχόπτωσης από σημειακές μετρήσεις. Αν και έχουν αναπτυχθεί και άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούν περισσότερες παραμέτρους (βλ. κεφάλαιο 9), η μέθοδος αυτή διακρίνεται για την απλότητα της σχετικά με τις άλλες. Η περιοχή χωρίζεται σε επιφάνειες (πολύγωνα) έτσι ώστε κάθε ένα να περιέχει μόνο ένα σταθμό μέτρησης. Η τιμή της βροχόπτωσης του σταθμού αποδίδεται στο πολύγωνο και πολλαπλασιάζεται με τον αντίστοιχο συντελεστή Thiessen. Ο συντελεστής αυτός είναι ο λόγος του εμβαδού του πολυγώνου προς το συνολικό εμβαδό της περιοχής.

7.2 Υπολογισμός λεκανών απορροής

Για τον αυτόματο υπολογισμό της λεκάνης απορροής ανάντη ενός σημείου ενδιαφέροντος, χρησιμοποιείται το ψηφιακό εδάφους και μία σειρά συναρτήσεων που παράγουν νέα επίπεδα σε μορφή κανάβου. Για την εφαρμογή των συναρτήσεων αυτών χρησιμοποιείται η άλγεβρα χαρτών (map algebra) στο περιβάλλον grid του Arc/Info (Esri, 1991β).

Από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους παράγεται κατ' αρχήν ο κানাβος διεύθυνσης ροής (flowdirection). Η διεύθυνση ροής για κάθε κύτταρο του νέου αυτού επιπέδου είναι η διεύθυνση προς την οποία ρέει το νερό από αυτό το κύτταρο. Από τις οκτώ πιθανές διευθύνσεις επιλέγεται αυτή με τη μεγαλύτερη κλίση. Στο παρακάτω σχήμα το κύτταρο στη μέση παίρνει την τιμή 16 αν η μεγαλύτερη κλίση είναι προς τη μέση αριστερά. Η κλίση υπολογίζεται σαν διαφορά υψομέτρου προς την απόσταση ανάμεσα στα κέντρα των δύο κυττάρων.

32	64	128
16		1
8	4	2

7.3 Η φόρμα επιλογών (menu) hydro

Για τη χάραξη της λεκάνης απορροής ανάντη ενός σημείου ενδιαφέροντος, την παραγωγή πολυγώνων Thiessen και την παρουσίαση και αναγνώριση, στην οθόνη, των διαφόρων επιπέδων πληροφορίας, κατασκευάστηκε μία φόρμα επιλογών (menu), το menu hydro (σχήμα 1), ώστε να είναι δυνατή η χρήση του γεωγραφικού συστήματος χωρίς να είναι απαραίτητη η γνώση των εντολών του. Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται οι λειτουργίες που γίνονται δυνατές με τη χρήση του menu (τα πλάγια γράμματα δείχνουν τα ανάλογα κουμπιά (buttons)).

Δίνεται κατ' αρχήν η δυνατότητα παρουσίασης, στην οθόνη, των επιπέδων πληροφορίας που είναι διαθέσιμα και στη συνέχεια η δυνατότητα αναγνώρισης των ιδιοτήτων τους. Με το κουμπί ΣΧΕΔΙΑΣΗ παρουσιάζεται στην οθόνη το γεωγραφικό επίπεδο που αναγράφεται στο menu και με το κουμπί ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ δίνονται τα χαρακτηριστικά του όταν επιλέγεται με το ποντίκι.

Είναι επίσης δυνατή η επιλογή μίας λεκάνης απορροής, ώστε να υπολογίζεται το εμβαδόν, το μέσο υψόμετρο και η μέση κλίση της και να εμφανίζονται τα αποτελέσματα στην οθόνη. Το ίδιο ισχύει και αν επιλεγούν περισσότερες από μία λεκάνες οπότε δίνονται τα μεγέθη της ένωσης τους. Με την ΕΠΙΛΟΓΗ ΛΕΚΑΝΩΝ επιλέγονται, στην οθόνη, μία ή περισσότερες λεκάνες και με την ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ, ΚΛΙΣΕΩΝ καλούνται εντολές που υπολογίζουν τα μεγέθη αυτά στις επιλεγμένες λεκάνες. Το μοντέλο εδάφους για τις επιλεγμένες λεκάνες μπορεί να σχεδιαστεί (ΣΧΕΔΙΑΣΗ) και να δοθούν στην οθόνη το ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ και η ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ.

Η χάραξη λεκάνης απορροής ανάντη σε ΣΗΜΕΙΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ γίνεται δείχνοντας στην οθόνη (με το ποντίκι) το σημείο εξόδου της λεκάνης απορροής. Καλείται έτσι μία σειρά από συναρτήσεις, όπως αναφέρεται στο κεφάλαιο 7.2, υπολογίζεται η λεκάνη και σχεδιάζεται. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά της (ΕΜΒΑΔΟΝ, ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ, ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ).

Με το ίδιο menu γίνεται δυνατή η κατασκευή των πολυγώνων Thiessen. Τα πολύγωνα και οι συντελεστές Thiessen που σχηματίζονται για το σύνολο των βροχομετρικών σταθμών και όλη την έκταση της περιοχής μελέτης φαίνονται στον Χάρτη 5 (Παράρτημα 1). Χρησιμοποιώντας τους συντελεστές αυτούς κατασκευάστηκε η επιφάνεια της μέσης υπερετής βροχόπτωσης του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας (Χάρτης 6). Δίνεται επίσης η δυνατότητα να γίνει

επιλογή των βροχομετρικών σταθμών (ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΤΑΘΜΩΝ) και των λεκανών απορροής (ΕΠΙΛΟΓΗ ΛΕΚΑΝΩΝ), που θα χρησιμοποιηθούν για την ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ THIESSEN ΓΙΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ, και τέλος να σχεδιάζονται στην οθόνη τα αντίστοιχα πολύγωνα (ΣΧΕΔΙΑΣΗ THIESSEN) και συντελεστές (ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ).

Hydro.menu

Form

MENU hydro
ΣΤΑΘΜΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ, ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΥΓΩΝΑ THIESSEN

ΟΘΟΝΗ

ΛΕΚΑΝΕΣ	ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	ΠΟΤΑΜΙΑ	ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ
ΣΧΕΔΙΑΣΗ	ΣΧΕΔΙΑΣΗ	ΣΧΕΔΙΑΣΗ	ΣΧΕΔΙΑΣΗ
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ

ΕΠΙΛΟΓΗ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΚΥΡΩΣΗ ΕΠΙΛΟΓΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΟΛΥΓΩΝΩΝ THIESSEN

ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΤΑΘΜΩΝ	ΕΠΙΛΟΓΗ ΛΕΚΑΝΩΝ
ΑΚΥΡΩΣΗ ΕΠΙΛΟΓΩΝ	ΑΚΥΡΩΣΗ ΕΠΙΛΟΓΩΝ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΨΟΜΕΤΡΩΝ, ΚΑΙ ΣΕΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ THIESSEN ΓΙΑ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΕΣ ΛΕΚΑΝΕΣ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ THIESSEN ΓΙΑ ΣΥΝΟΛΟ ΛΕΚΑΝΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ THIESSEN

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΩΝ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ

ΕΜΒΛΑΔΟΝ	ΜΕΣΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ	ΕΞΟΔΟΣ
----------	---------------	------------	------------	--------

Σχήμα 1

8. Σύνδεση βάσεων δεδομένων

8.1 Γενικά

Η πληροφορία που περιγράφει τα γεωγραφικά δεδομένα καταχωρείται σε πίνακες που ονομάζονται πίνακες ιδιοτήτων χαρακτηριστικών (feature attribute tables) και κατασκευάζονται κατά τη διαδικασία της δόμησης της τοπολογίας (Esri, 1991α). Οι πίνακες αυτοί, που ανάλογα με το είδος της πληροφορίας που προσφέρουν, διακρίνονται σε πίνακες ιδιοτήτων πολυγώνου (Polygon Attribute Table), τόξου (Arc Attribute Table) ή σημείου (Point Attribute Table), περιέχουν χωρικές σχέσεις και γεωμετρικά μεγέθη όπως περίμετρο και εμβαδόν για τα πολύγωνα, μήκος για τα τόξα κλπ. Κάθε χαρακτηριστικό είναι μία εγγραφή (record) του πίνακα ιδιοτήτων. Στον πίνακα μπορούν στην συνέχεια να προστεθούν και νέα πεδία (items) που περιγράφουν το χαρακτηριστικό. Τέτοια πεδία στις υδρολογικές εφαρμογές μπορεί να είναι οι διαχειριστικές πληροφορίες των μετρητικών σταθμών (όνομα, υψόμετρο, υπηρεσία κλπ.) ή οι τιμές των υδρομετεωρολογικών μεταβλητών (βροχή, στάθμη, παροχή, θερμοκρασία κλπ.). Τα δεδομένα όμως αυτά είναι δυνατόν να υπάρχουν ή να δημιουργηθούν σε άλλες (εξωτερικές) βάσεις δεδομένων οπότε η ανάκτηση και η οπτικοποίηση τους από το γεωγραφικό σύστημα γίνεται με την εγκατάσταση μίας διαδικασίας συσχέτισης (relate). Η διαδικασία αυτή δημιουργεί μία αντιστοιχία μεταξύ μίας εγγραφής του πίνακα ιδιοτήτων χαρακτηριστικών και μίας εγγραφής σε ένα πίνακα της εξωτερικής βάσης δεδομένων, χρησιμοποιώντας ένα κοινό πεδίο των δύο πινάκων σαν πρωτεύον κλειδί (primary key). Οι αντιστοιχίες που μπορούν να εγκατασταθούν είναι τεσσάρων ειδών (ένα σε ένα, ένα σε πολλά, πολλά σε ένα, πολλά σε πολλά) και το ποια θα επιλεγεί καθορίζεται από το είδος των δεδομένων. Επίσης μπορούν να δημιουργηθούν περισσότερες της μίας συσχετίσεις, όπου ένας πίνακας χαρακτηριστικών σχετίζεται με ένα πίνακα της εξωτερικής βάσης δεδομένων και αυτός σχετίζεται με έναν άλλο πίνακα, ώστε να δημιουργούνται όλες οι επιθυμητές σχέσεις μεταξύ των μεγεθών που ενδιαφέρουν. Έχοντας εγκαταστήσει το περιβάλλον συσχέτισης μπορούν να διατυπωθούν ερωτήσεις προς τη βάση δεδομένων και να δοθούν απαντήσεις σε μορφή πίνακα. Στη συνέχεια ο πίνακας αυτός οπτικοποιείται χρησιμοποιώντας τις χωρικές σχέσεις μεταξύ των γεωγραφικών χαρακτηριστικών. Οι ερωτήσεις γίνονται είτε απευθείας στη βάση (με εντολές SQL) είτε μέσα από το γεωγραφικό σύστημα (με εντολές συστήματος).

8.2 Σύνδεση σε λειτουργικό σύστημα Unix

Τα υδρολογικά δεδομένα που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια του ερευνητικού έργου και στα οποία έγινε επεξεργασία καταχωρήθηκαν στη βάση του Υδροσκόπιου (Ingres) ενώ τα γεωγραφικά δεδομένα καταχωρούνται στη βάση Info του Arc/Info (Esri, 1991γ). Οι δύο βάσεις είναι σχεσιακές και χρησιμοποιούν το λειτουργικό σύστημα Unix. Γιά τη σύνδεση των δύο βάσεων χρησιμοποιήθηκαν διαδικασίες συσχέτισης (relates) με πρωτεύον κλειδί (primary key) τον κωδικό οργάνου Υδροσκοπίου (instrument). Από το Arc/Info χρησιμοποιήθηκαν οι πίνακες ιδιοτήτων των βροχομετρικών (brox50.pat) και υδρομετρικών σταθμών (thesydr97.pat) και από την Ingres οι πίνακες των ημερήσιων, μηνιαίων και ετήσιων βροχοπτώσεων (x_raw_std2, x_aggr_std2 και x_agr_std4 αντίστοιχα).

Η σύνδεση των δύο βάσεων κάνει δυνατή την υποβολή ερωτημάτων προς τη βάση των υδρολογικών δεδομένων και την οπτικοποίηση των απαντήσεων στο χώρο. Επιτρέπει επίσης χωρικές αναλύσεις και αναγνώριση από σημεία στο χώρο (σταθμοί μέτρησης) των αντίστοιχων υδρολογικών μεγεθών που είναι καταχωρημένα στη βάση των υδρολογικών δεδομένων. Οι εφαρμογές που προκύπτουν από τη σύνδεση των δύο βάσεων αναπτύσσονται στο κεφάλαιο 9.

Στο σχήμα 2 δίνεται ένα παράδειγμα σύνδεσης ώστε να ανακτάται η πληροφορία που αφορά τις ημερήσιες βροχοπτώσεις.

8.3 Σύνδεση σε λειτουργικό σύστημα MS-Windows

Επειδή το λειτουργικό σύστημα MS-Windows και το περιβάλλον του προσωπικού υπολογιστή (PC) είναι περισσότερο διαδεδομένα και επειδή τα υδρολογικά δεδομένα (μηνιαίες και ετήσιες βροχοπτώσεις, μηνιαίες και ετήσιες παροχές, μηνιαίες και ετήσιες θερμοκρασίες και υγρασίες) έχουν ήδη καταχωρηθεί σε περιβάλλον προσωπικού υπολογιστή (φύλλα εργασίας Excel), μεταφέρθηκαν σε PC και τα γεωγραφικά δεδομένα. Έτσι, οι υδρολογικές εφαρμογές που προκύπτουν από τη σύνδεση των δύο βάσεων λειτουργούν και σε προσωπικούς υπολογιστές.

Για τη διαχείριση των γεωγραφικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcView (Esri, 1994). Το λογισμικό αυτό υποστηρίζει τα επίπεδα γεωγραφικής πληροφορίας που έχουν δημιουργηθεί στο Arc/Info χωρίς να χρειάζεται περαιτέρω επεξεργασία τους. Έτσι, χρησιμοποιώντας τους ίδιους πίνακες που περιγράφονται παραπάνω (κεφάλαιο 8.2) όσον αφορά τα γεωγραφικά δεδομένα, και τα φύλλα

εργασίας του Excel όσον αφορά τα υδρολογικά (broxes.xls για τις βροχές, parmh.xls για τις παροχές και temper.xls για τις θερμοκρασίες), συνδέονται οι δύο βάσεις μέσα από το περιβάλλον του ArcView που διαχειρίζεται τις συσχετίσεις (SQL Connectivity).

INFO

INGRES

Πίνακας βροχομετρικών σταθμών Πίνακας ημερήσιων βροχοπτώσεων

brox50.pat

x_raw_std2

area
perimeter
brox50#
brox50-id
name
service
altitude
instrument

Date
status
value0
instrument

Relation name: Rain1
 Table Identifier: x_raw_std2
 Database name: Ingres
 Info Item: instrument
 Relate Column: instrument
 Relate Type: First
 Relate access: Rw

name	date	value0
ANABPA	04/11/1953 08:00:00	157.2
	28/10/1986 08:00:00	130.0

Σχήμα 2. Παράδειγμα σύνδεσης βάσεων δεδομένων Info και Ingres.

Η εγκατάσταση συσχέτισης (relate), μεταξύ δύο πινάκων των δύο βάσεων επιτρέπει τη σύνδεση τους και στη συνέχεια την υποβολή ερωτημάτων σαν να πρόκειται για μία βάση. Για παράδειγμα: "Στον σταθμό με όνομα ANABPA (δεδομένο του brox.pat) πότε το ύψος βροχής ήταν μεγαλύτερο από 130 mm (δεδομένα του x_raw_std2)".

9. Υδρολογικές Εφαρμογές

Η χρήση του συστήματος γεωγραφικής πληροφορίας επιτρέπει κατ' αρχήν την οπτικοποίηση της πληροφορίας της σχετικής με τη θέση και αναγνώριση των σταθμών μέτρησης των υδρολογικών μεγεθών και των λεκανών απορροής των ποταμών (Χάρτες 1, 2, 3, 4 του Παραρτήματος 2).

Εξάλλου η σύνδεση με τα αντίστοιχα αρχεία υδρολογικών δεδομένων δίνει την δυνατότητα να γίνουν ερωτήματα σχετικά με τα υδρολογικά μεγέθη και να εμφανιστούν οι απαντήσεις (με μορφή χάρτη) είτε στην οθόνη είτε σε χαρτί. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι τα παρακάτω:

- Η σύνδεση του πίνακα των μέσων ετήσιων βροχοπτώσεων με τον πίνακα των βροχομετρικών σταθμών επιτρέπει την κατασκευή διαγραμμάτων (charts) με τις βροχές των ετών που ενδιαφέρουν (Χάρτης 7) ή πιτών (pies) με μέγεθος ανάλογο της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης (Χάρτης 8).

- Επιτυγχάνεται η οπτικοποίηση απαντήσεων σε ερωτήματα του τύπου "πόσο έβρεξε σε επιλεγμένους σταθμούς για ένα καθορισμένο χρονικό διάστημα" (Χάρτης 9).

- Είναι δυνατή τέλος η ολοκλήρωση της σημειακής πληροφορίας (κυρίως πρόκειται για βροχόπτωση) σε επιφανειακή, για χρονικά βήματα που επιλέγονται. Αυτό επιτυγχάνεται με διάφορες μεθόδους παρεμβολής που έχουν αναπτυχθεί και υποστηρίζονται από τα γεωγραφικά συστήματα (ESRI, 1994). Οι δύο μέθοδοι, που εφαρμόζονται περισσότερο αναλύονται παρακάτω.

A. Μέθοδος αντιστρόφων αποστάσεων. Στη μέθοδο αυτή η τιμή του κάθε τετραγωνιδίου της επιφάνειας της περιοχής μελέτης υπολογίζεται από τις σημειακές μετρήσεις 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 τετραγωνιδίου από τα σημεία 1, 2, 3, ..., N και
 κ συντελεστής επιρροής της απόστασης

Για την πρακτική εφαρμογή της μεθόδου είναι απαραίτητο να καθοριστούν οι παρακάτω παράμετροι:

- **Διάσταση κανάβου επιφάνειας βροχής.** Η διάσταση του κανάβου της επιφάνειας βροχής συνήθως λαμβάνεται στο ένα δέκατο της μέσης απόστασης μεταξύ των σημείων μέτρησης.
- **Συντελεστής επιρροής της απόστασης.** Η τιμή του εκθέτη κ ρυθμίζει την επιρροή της απόστασης κάθε σημειακής μέτρησης από τη ζητούμενη θέση, στην τελική τιμή. Ο εκθέτης αυτός συνήθως λαμβάνεται ίσος με 2.
- **Προσδιορισμός σημείων επιρροής κάθε τετραγωνιδίου.** Η επιλογή των σημείων που συμμετέχουν στον υπολογισμό κάθε τετραγωνιδίου γίνεται με δύο μεθόδους. Στην πρώτη, στον υπολογισμό της τιμής συμμετέχουν τα σημεία που βρίσκονται μέσα σε μία προκαθορισμένη και σταθερή ακτίνα. Στη δεύτερη ορίζεται ένας σταθερός αριθμός των πλησιέστερων σημείων που λαμβάνονται για τον υπολογισμό της τιμής.

B. Μέθοδος Kriging. Η μέθοδος αυτή, όπως έχει υλοποιηθεί στο συγκεκριμένο ΣΓΠ που χρησιμοποιήθηκε, υποθέτει ότι η χωρική μεταβολή της μεταβλητής, που προκύπτει από τις παρατηρήσεις στα σημεία μέτρησης, είναι στατιστικά ομογενοποιημένη σε ολόκληρη την επιφάνεια. Στη παρατηρημένη χωρική μεταβολή της μεταβλητής προσαρμόζεται μαθηματική σχέση η οποία περιγράφει τη μεταβολή της συναρτήσεως της απόστασης. Ορίζεται η $\gamma(h)$ ως συνάρτηση ημιδιασποράς (semi-variance) που εκφράζει τη χωρική διασπορά της μεταβλητής συναρτήσεως της απόστασης h . Με βάση τα σημειακά δεδομένα και τη μεθοδολογία που περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο, υπολογίζονται οι εμπειρικές τιμές της $\gamma(h)$, και σχεδιάζονται στο εμπειρικό ημιμεταβλητόγραμμα συναρτήσεως της απόστασης h . Στις εμπειρικές τιμές της $\gamma(h)$ προσαρμόζεται μαθηματική συνάρτηση η οποία στη συνέχεια χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό κάθε σημείου της επιφάνειας, έτσι ώστε να διατηρείται η δομή της χωρικής διασποράς.

Η ανάλυση με την κατάρτιση ημιμεταβλητογράμματος εφαρμόζεται στην περίπτωση που διατίθενται σημειακές μετρημένες τιμές βροχόπτωσης $B(X)$, όπου το X συμβολίζει ένα διανυσματικό σύστημα δύο διαστάσεων. Σε ένα πλήθος n σημειακών μετρήσεων στο χώρο μπορούν να υπολογιστούν $n(n-1)/2$ ζεύγη από τη διαφορά $[B(X_i)-B(X'_i)]^2$ και την απόσταση $|(X_i)-(X'_i)|$. Η σχεδίαση της διαφοράς αυτής συναρτήσει της απόστασης, είναι το πειραματικό ημιμεταβλητόγραμμα. Για την κατάρτιση του πειραματικού ημιμεταβλητογράμματος απαιτείται η κατάτμηση του άξονα των αποστάσεων σε διαδοχικά διαστήματα. Το k διάστημα είναι $[h_{kK}, ha_{kK}]$ και περιέχει N_k ζεύγη τιμών $B(X_i)$ και $B(X'_i)$ για τα οποία ισχύει $ha_{kK} < |(X_i)-(X'_i)| < h_{kK}$. Για κάθε διάστημα υπολογίζεται η σχέση

$$2\gamma(h_k) = \frac{1}{2N_k} \sum_{i=1}^{N_k} [B(X_i) - B(X'_i)]^2$$

όπου το i δείχνει τον αριθμό των ζευγών που ανήκουν στο διάστημα. Το ημιμεταβλητόγραμμα σχεδιάζεται με βάση τις τιμές της προηγούμενης σχέσης ενώ κάθε διάστημα $[h_{kK}, ha_{kK}]$ αντιπροσωπεύεται από την τιμή $(ha_{kK}-h_{kK})/2$.

Στους Χάρτες 10 και 11 (Παράρτημα 2), παρουσιάζονται οι επιφανειακές βροχοπτώσεις Δεκεμβρίου και Μαρτίου αντίστοιχα και στο Χάρτη 12 η μέση ετήσια βροχόπτωση των υδρολογικών ετών 1960-61 έως 1992-93. Η μέθοδος που εφαρμόστηκε στους χάρτες αυτούς είναι αυτή των σταθμισμένων αντίστροφων αποστάσεων (Idw) με ακτίνα επιρροής 40 km.

Αναφορές

- Υπουργείο Βιομηχανίας Έρευνας και Τεχνολογίας, *Μετεωρολογικοί, βροχομετρικοί σταθμοί της χώρας*, Αθήνα, 1987.
- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, *Υδρολογική Διερεύνηση του υδατικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας*, Τεύχος 7 , Τελική Έκθεση, Αθήνα, 1988.
- ΕΥΔΕ Αχελώου Συνολική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων εκτροπής Αχελώου, Παράρτημα Γ, *Μελέτη οικολογικών και περιβαλλοντικών χαρακτηριστικών*, Αθήνα, 1995.
- ESRI, *ARC/INFO Data Model, Concepts, & Key Terms*, User's guide, 1991α.
- ESRI, *Cell-based Modeling with GRID*, User's guide, 1991β.
- ESRI, *Editing Coverages and Tables*, User's guide, 1991γ.
- ESRI, *ArcView*, User's Guide, 1994.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: Πίνακες

Πίνακας 1. Βροχομετρικοί Σταθμοί

Όνομα	Υψόμετρο (mm)	Υπηρεσία
Αγχιάλος	15	ΕΜΥ
Αμάραντος	0	ΥΠΓΕ
Ανάβρα	208	ΥΠΕΧΩΔΕ
Αργιθέα	980	ΔΕΗ
Βαθύλακος	800	ΔΕΗ
Βερδικούσσα	863	ΥΠΕΧΩΔΕ
Βόλος	3	ΕΜΥ
Γιαννωτά	578	ΥΠΕΧΩΔΕ
Δεσκάτη	830	ΔΕΗ
Δομοκός	615	ΕΜΥ
Δρακότρυπα	680	ΔΕΗ
Ελάτη	900	ΥΠΕΧΩΔΕ
Ελλασσόνα	314	ΥΠΕΧΩΔΕ
Ζάππειο	170	ΥΠΔΕ
Ιστιαία	45	ΥΠΕΧΩΔΕ
Καλαμπάκα	222	ΕΜΥ
Καρδίτσα	138	ΥΠΕΧΩΔΕ
Καροπλέσι	910	ΔΕΗ
Καρπερό	510	ΔΕΗ
Κατάφυτο	980	ΥΠΕΧΩΔΕ
Κηπουργιό	868	ΔΕΗ
Κονίσκος	860	ΥΠΓΕ
Κρυόβρυση	1030	ΥΠΓΕ
Λάρισα	73	ΕΜΥ
Λιβάδι	1183	ΥΠΓΕ
Λουτροπηγή	730	ΥΠΕΧΩΔΕ
Μακρυνίτσα	690	ΥΠΕΧΩΔΕ
Μαλακάσιο	842	ΥΠΕΧΩΔΕ
Μεγάλη Κερασιά	500	ΥΠΕΧΩΔΕ
Μετέωρα	596	ΥΠΕΧΩΔΕ
Μουζάκι	226	ΥΠΕΧΩΔΕ
Μούχα	870	ΔΕΗ
Παλαιά Γιαννισού	960	ΥΠΓΕ
Πιτσιωτά	800	ΔΕΗ
Πολυδένδρι	100	ΔΕΗ
Πύθιο	750	ΥΠΓΕ
Πυργετός	31	ΥΠΕΧΩΔΕ
Σκοπιά	580	ΥΠΔΕ
Σπηλιά	813	ΥΠΕΧΩΔΕ
Στουρναρέϊκα	860	ΔΕΗ
Σωτήριο	51	ΥΠΓΕ
Ταυρωπός	220	ΔΕΗ
Τρίκαλα	149	ΕΜΥ

Πίνακας 1. Βροχομετρικοί Σταθμοί (συνέχεια)

Όνομα	Υψόμετρο (mm)	Υπηρεσία
Τρίλοφο	580	ΥΠΕΧΩΔΕ
Τύρναβος	92	ΥΠΕΧΩΔΕ
Φαρκαδώνα	87	ΥΠΕΧΩΔΕ
Φάρσαλα	148	ΕΜΥ
Χαλκιάδες	250	ΥΠΓΕ
Χρυσομηλιά	940	ΥΠΕΧΩΔΕ

Πίνακας 2. Μετεωρολογικοί Σταθμοί

Όνομα	Υψόμετρο (mm)	Υπηρεσία
Αγχίαλος	15	ΕΜΥ
Αργιθέα	950	ΔΕΗ
Βακάριο	1150	ΔΕΗ
Βόλος	3	ΕΜΥ
Δομοκός	615	ΕΜΥ
Καλαμπάκα	222	ΕΜΥ
Καρδίτσα	112	ΕΜΥ
Λαμία	144	ΕΜΥ
Λάρισα	73	ΕΜΥ
Λεοντίο	950	ΔΕΗ
Παχτούρι	950	ΔΕΗ
Πολυδένδρι	100	ΔΕΗ
Πολυνέρι	730	ΕΜΥ
Τρίκαλα	149	ΕΜΥ
Φάρσαλα	148	ΕΜΥ
Φράγμα Ταυρωπού	850	ΔΕΗ

Πίνακας 3. Χαρακτηριστικά λεκανών απορροής στις θέσεις των υδρομετρικών σταθμών

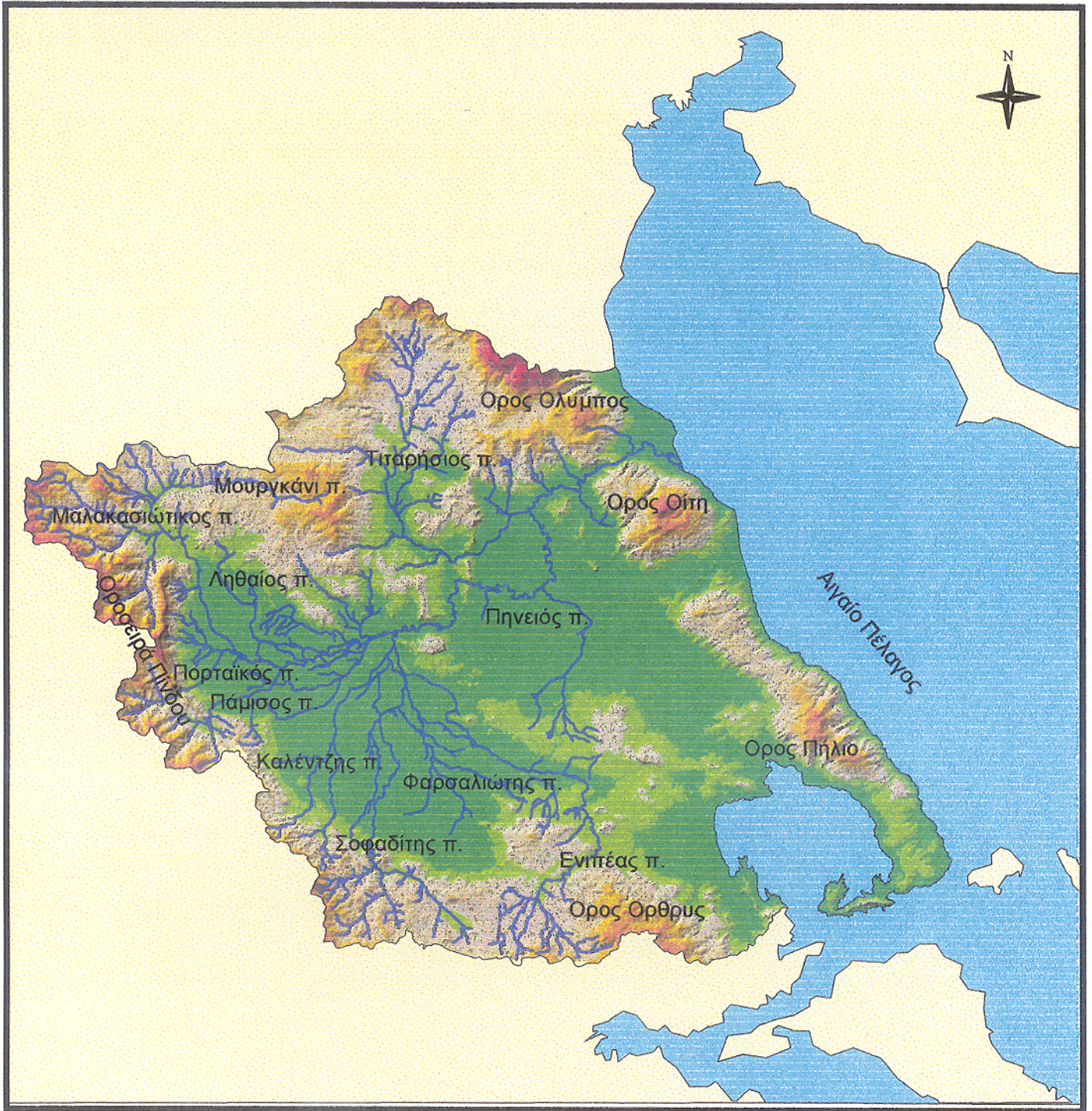
Όνομα	Έκταση (km ²)	Μέσο Υψόμετρο (m)	Μέση κλίση (%)
Πυργετός	9447.90	436.82	12.04
Τέμπη	9405.60	436.83	11.96
Λάρισα	6591.30	414.86	11.80
Αμυγδαλιά	6413.10	424.37	12.05
Πηνειάδα	6111.40	435.56	12.29
Αλή_εφέντη	2868.61	539.73	16.35
Μεσδάνι	2055.03	684.64	19.30
Μεσοχώρι	1519.80	693.78	15.25
Γάβρος	230.90	818.42	12.42
Σαρακίνα	1069.70	816.57	21.05
Πύλη	132.20	943.72	38.43
Μουζάκι	144.10	819.58	31.6
Αμπελιά	541.66	584.76	10.35
Σκοπιά	410.50	644.23	10.31













Πίνακας 4. Χαρακτηριστικά λεκανών απορροής στις θέσεις φραγμάτων

Όνομα	Έκταση (km ²)	Μέσο Υψόμετρο (m)	Μέση κλίση (%)
Θεόπετρα	121.76	506.27	11.99
Καλούδα	469.30	775.09	13.83
Κρύα_βρύση	952.80	860.43	21.81
Μουζάκι	150.10	810.26	31.36
Νεοχώρι	171.45	638.62	14.20
Παλαιοδερλί	432.34	638.29	10.18
Παλαιομονάστηρο	206.40	1030.19	21.66
Πύλη	132.34	946.66	38.36
Σμόκοβο	379.70	619.15	14.55

Παράρτημα 2: Χάρτες

Χάρτης 1. Υδρογραφικό Δίκτυο και Υψομετρία



-  Ποτάμια
 Υψόμετρα (m)
-  0 - 50
 -  51 - 100
 -  101 - 200
 -  201 - 400
 -  401 - 600
 -  601 - 900
 -  901 - 1200
 -  1201 - 1500
 -  1501 - 2000
 -  2001 - 2938

0 20 40 km



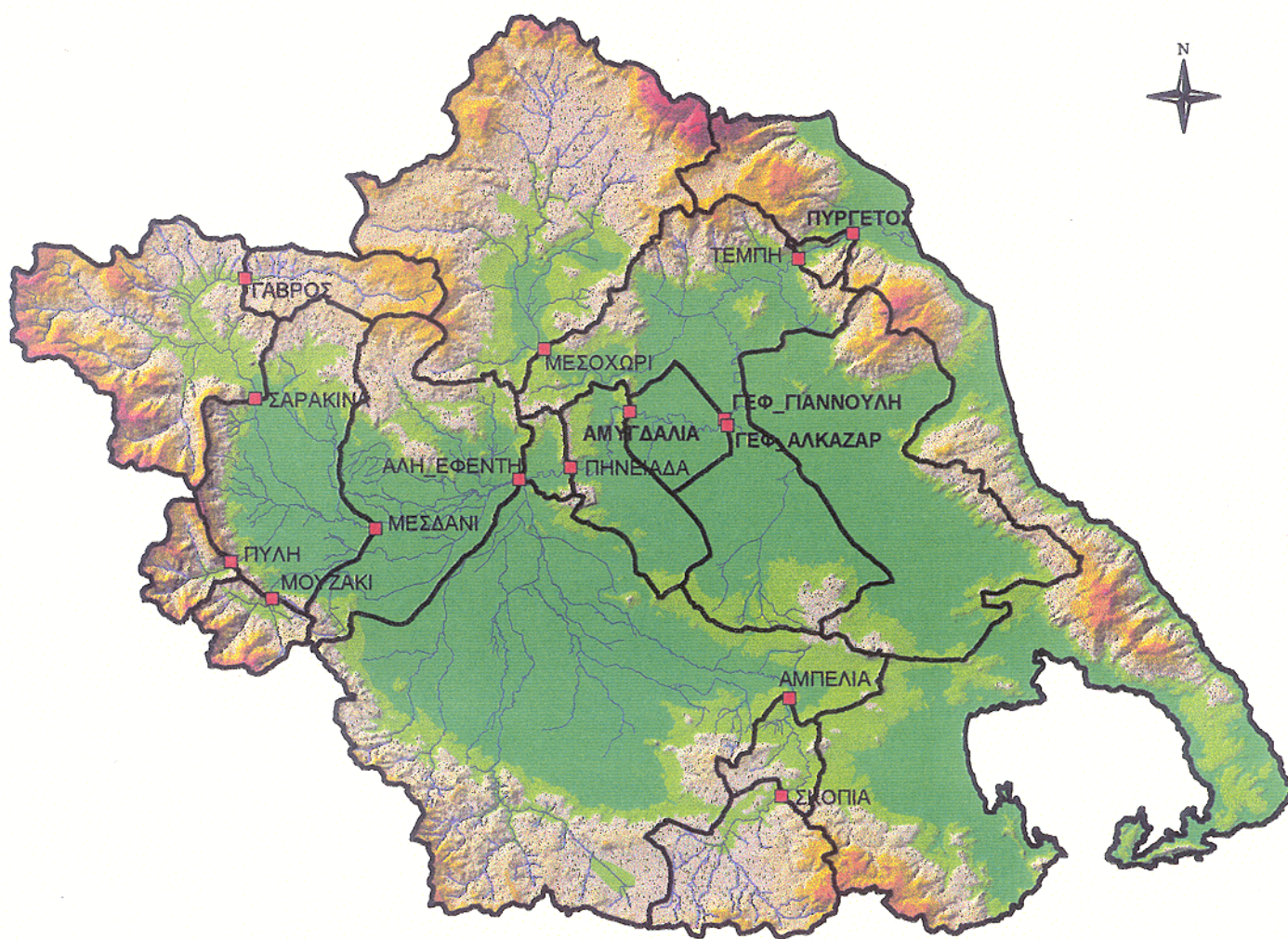
Χάρτης 2. Βροχομετρικοί Σταθμοί



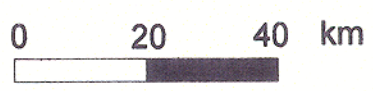
Βροχομετρικοί Σταθμοί

- ΔΕΗ
- ΕΜΥ
- ΥΠΓΕ
- ΥΠΕΧΩΔΕ

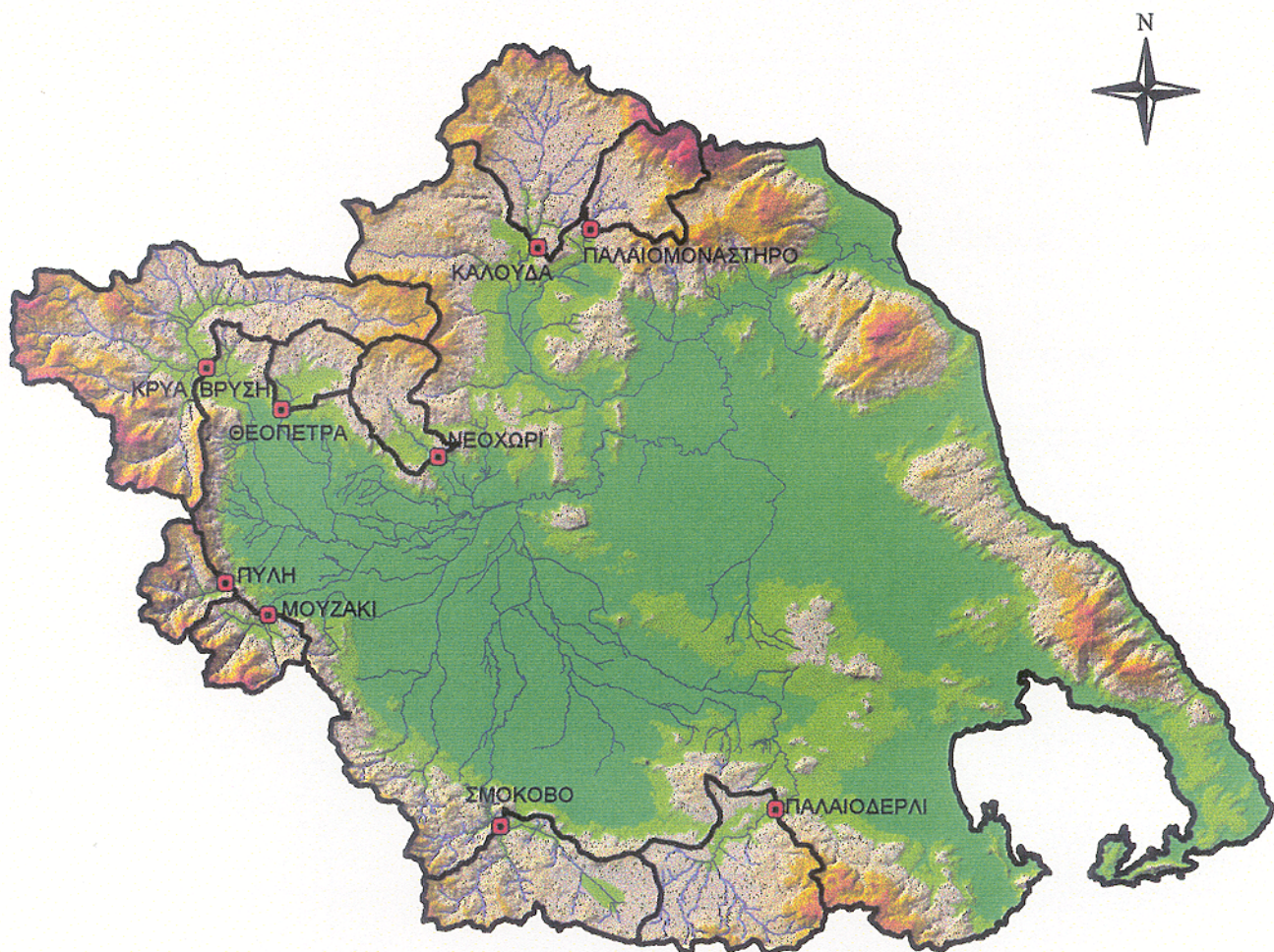
Χάρτης 3. Υδρομετρικοί Σταθμοί και λεκάνες απορροής



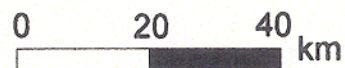
- Υδρομετρικοί Σταθμοί
- Λεκάνες απορροής
- ▬ Ποτάμια
- Υψόμετρα (m)
- 0 - 50
- 51 - 100
- 101 - 200
- 201 - 400
- 401 - 600
- 601 - 900
- 901 - 1200
- 1201 - 1500
- 1501 - 2000
- 2001 - 2938
-



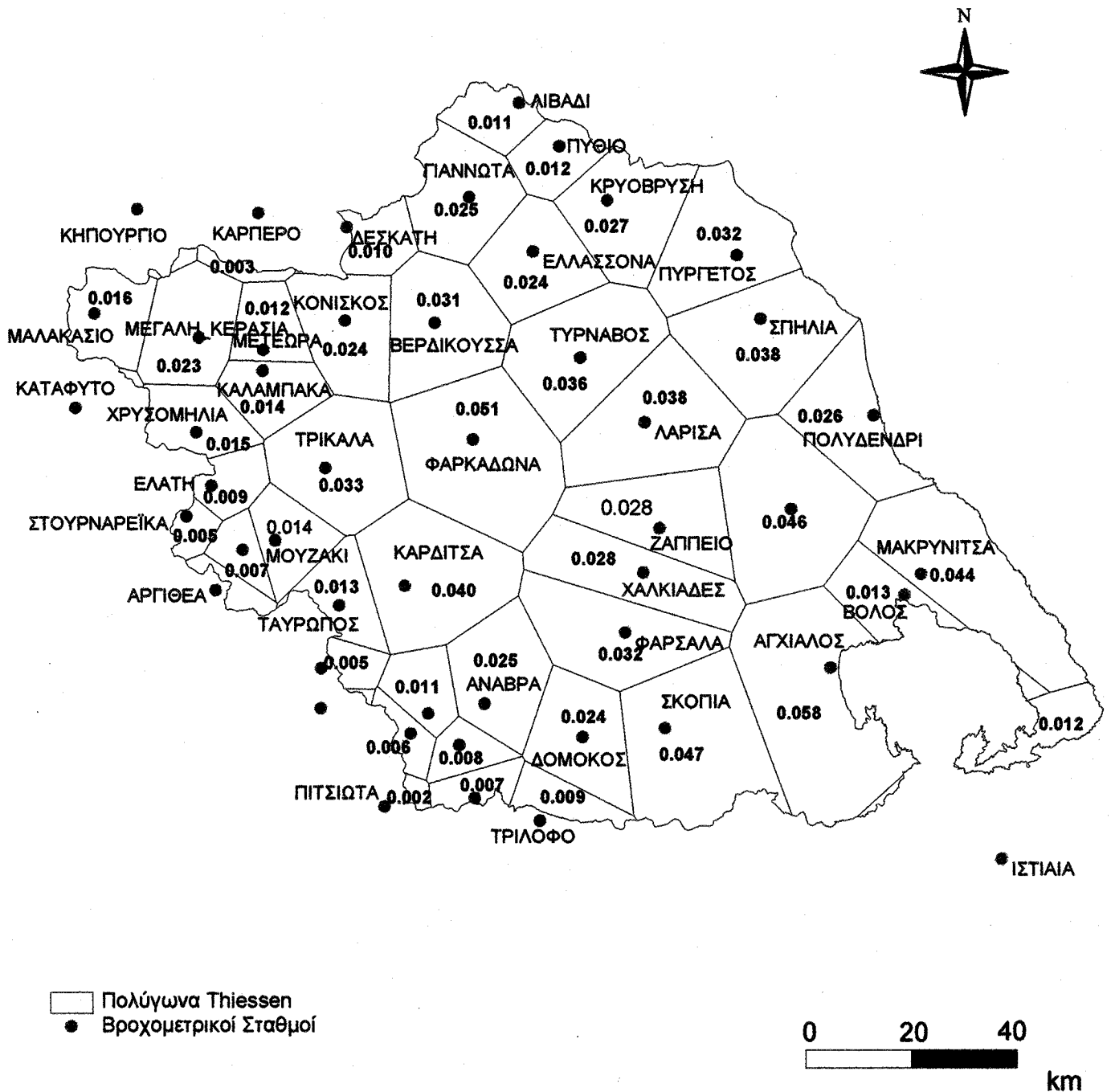
Χάρτης4. Θέσεις εξεταζόμενων φραγμάτων και λεκάνες απορροής



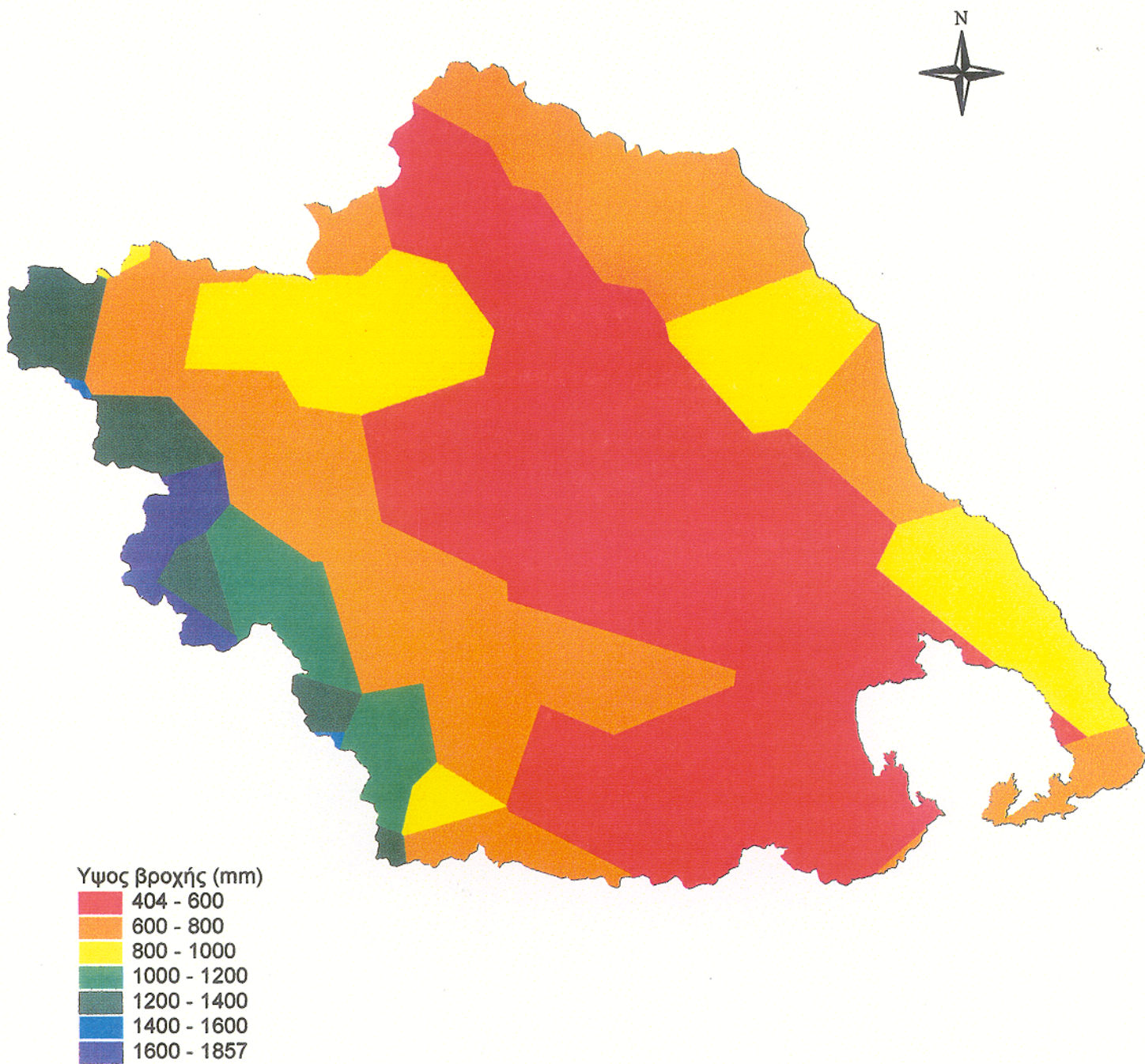
- Θέσεις Φραγμάτων
- Λεκάνες απορροής
- Ποτάμια
- Υψόμετρα (m)
- 0 - 50
- 51 - 100
- 101 - 200
- 201 - 400
- 401 - 600
- 601 - 900
- 901 - 1200
- 1201 - 1500
- 1501 - 2000
- 2001 - 2938



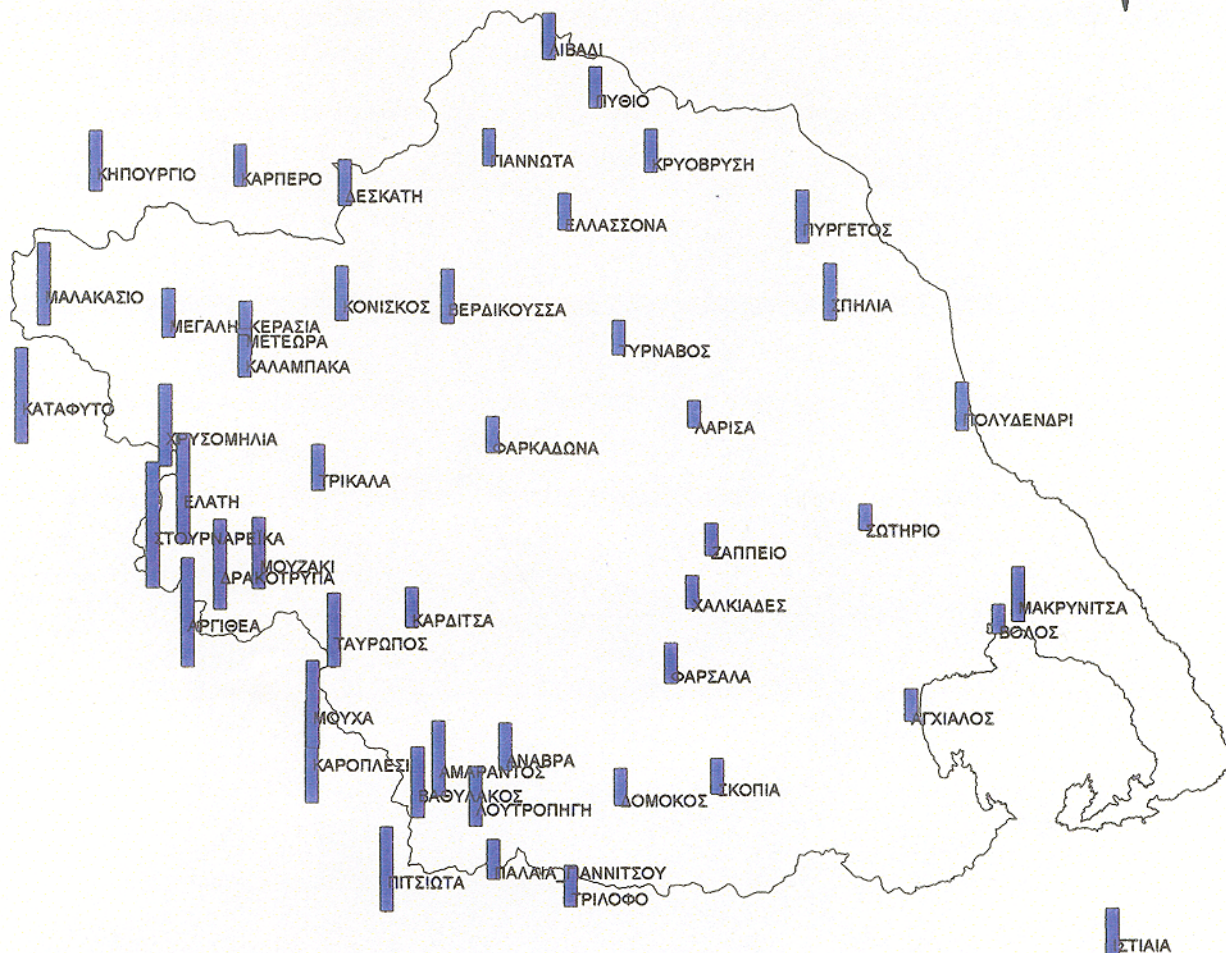
Χάρτης 5. Πολύγωνα και συντελεστές Thiessen



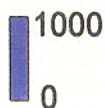
Χάρτης 6. Μέση ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση (μέθοδος Thiessen)



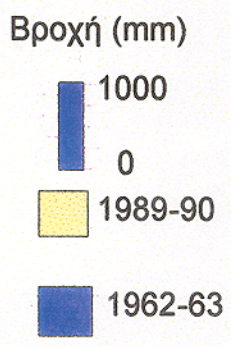
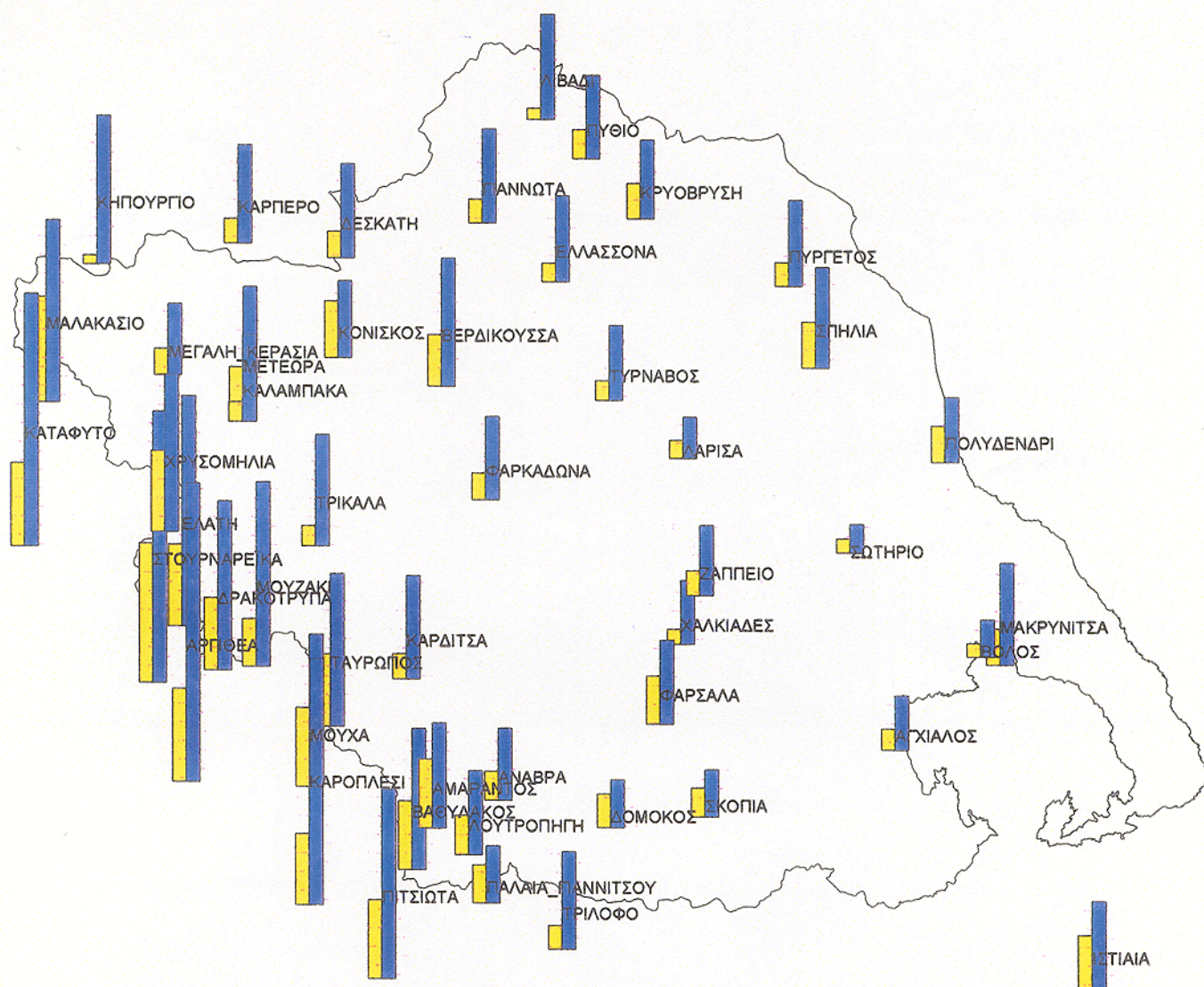
Χάρτης 7. Μέση Υπερετήσια Βροχόπτωση (από 1960-61 έως 1992-93)



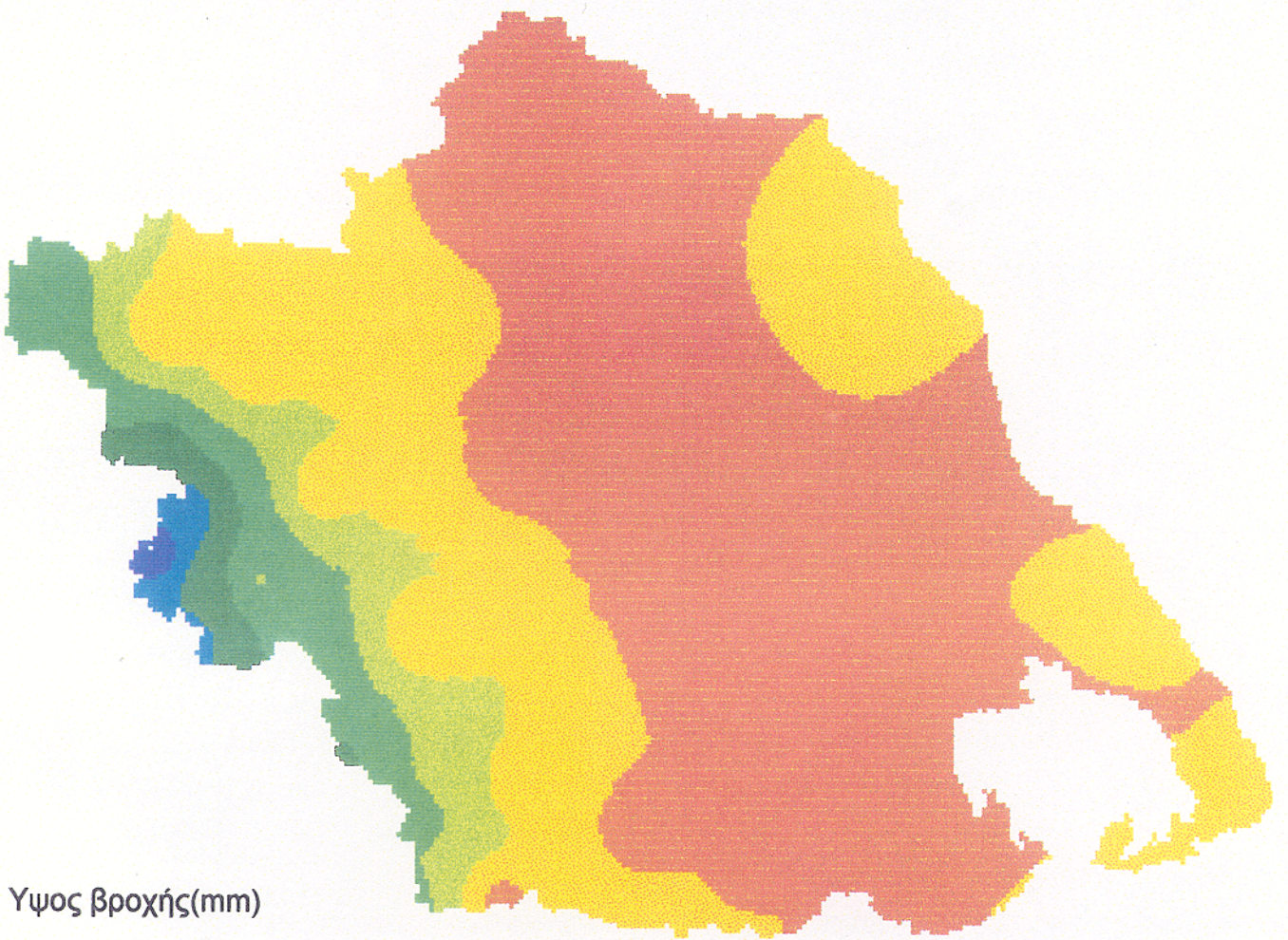
Υψος Βροχής (mm)



Χάρτης 9. Ετήσια βροχόπτωση ξηρού (1989-90) και υγρού έτους (1962-63)



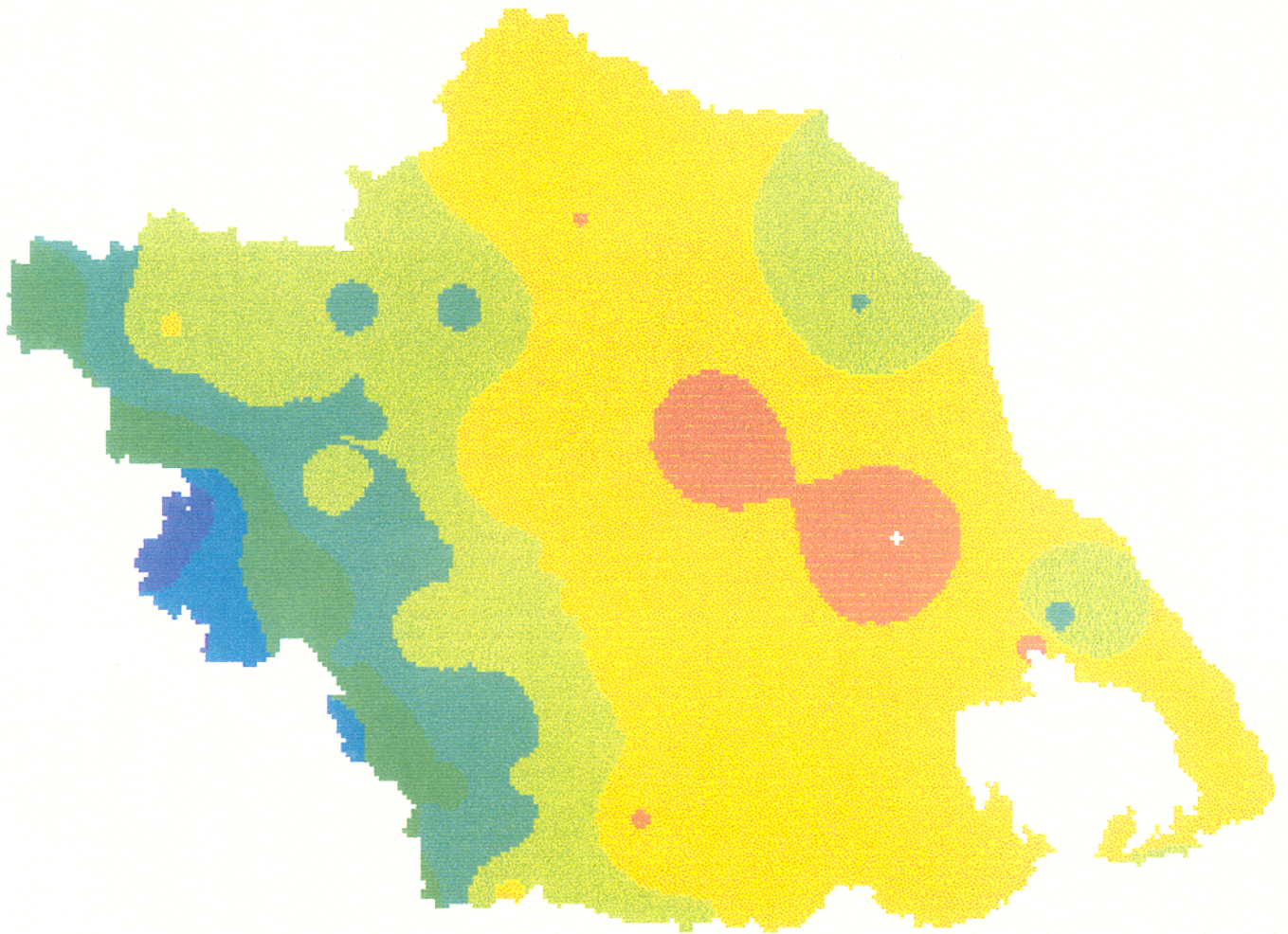
Χάρτης 10. Μέση επιφανειακή βροχόπτωση Δεκεμβρίου



Υψος βροχής(mm)

42 - 80
80 - 120
120 - 160
160 - 200
200 - 240
240 - 280
280 - 329

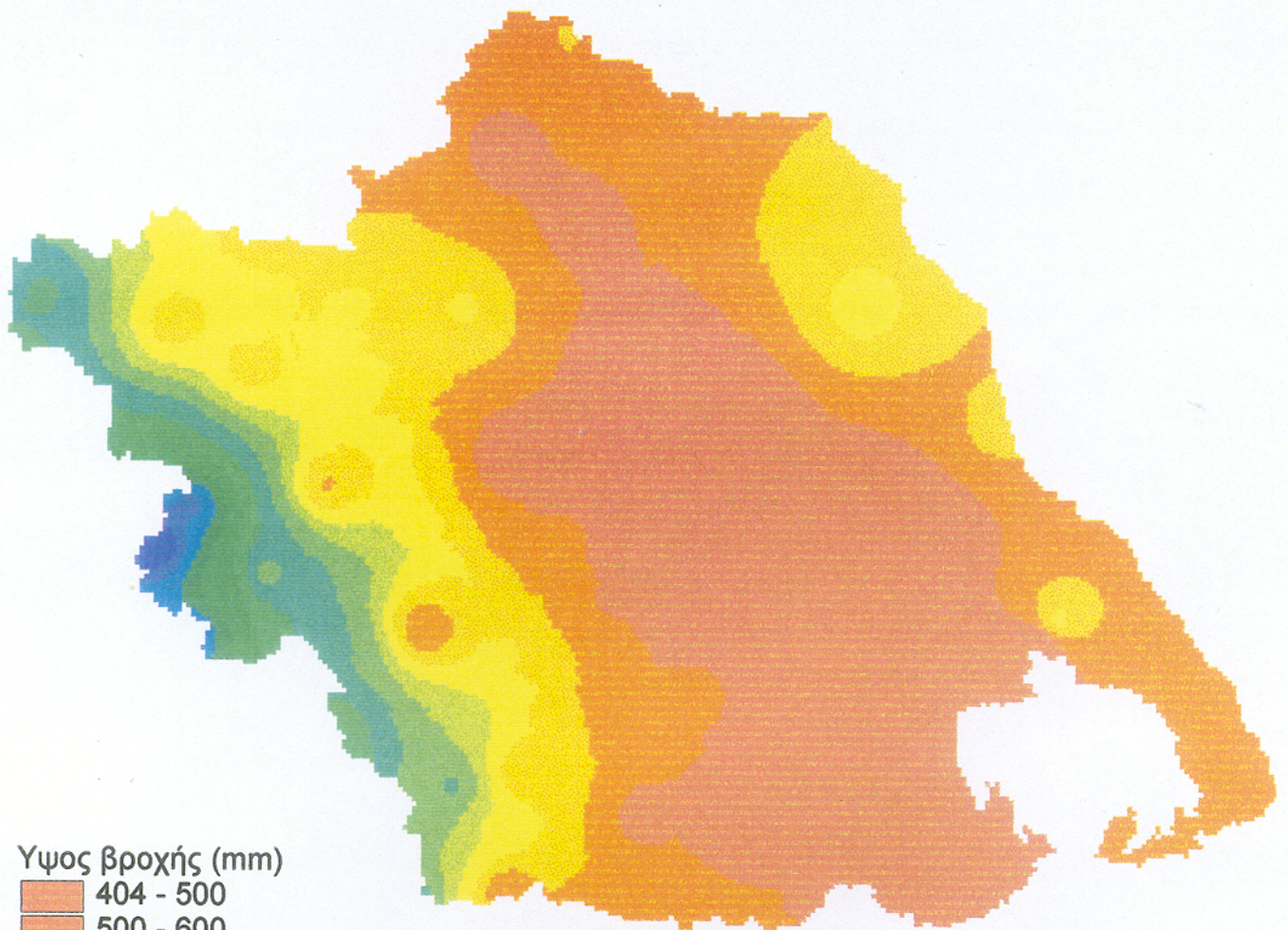
Χάρτης 11. Μέση επιφανειακή βροχόπτωση Μαρτίου



Υψος βροχής (mm)

- 29 - 50
- 50 - 70
- 70 - 90
- 90 - 110
- 110 - 130
- 130 - 150
- 150 - 172

Χάρτης 12. Μέση υπερετήσια επιφανειακή βροχόπτωση



Υψος βροχής (mm)

404 - 500
500 - 600
600 - 700
700 - 800
800 - 900
900 - 1000
1000 - 1100
1100 - 1200
1200 - 1300
1300 - 1400
1400 - 1500
1500 - 1600
1600 - 1700
1700 - 1857

Χάρτης 13. Φωτογραφίες υδρομετρικών σταθμών

