

Πρακτικά		του	Συνεδρίου	Μάιος 1992	
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	XXVIII/3		σελ.	383-395
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.			Αθήνα	1993
				pag.	Athens

**Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΠΕΡΙΟΧΩΝ
ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΕ ΛΕΚΑΝΕΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ
(ΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟ ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΑΚΡΟΠΟΤΑΜΟΥ, ΛΕΚΑΝΗ
ΠΙΕΡΙΑΣ, ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ)**

Ν.ΛΑΜΠΡΙΝΟΣ, Ο.ΧΡΙΣΤΟΥ, Χ.ΡΕΓΓΟΥΖΑΣ, Γ.ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ

ABSTRACT

The present paper deals with the drainage systems which are developing in Pieria valley, East Macedonia, North Greece. The aim of the study was the localization of some parts of the drainage systems which may provide high overland flow and large amounts of suspended sediments during periods of heavy rainfalls.

The drainage systems were delineated from topographic maps, 1:50000 in scale, and the drainage systems of 3rd order were depicted to study quantitatively using factor analysis. For this purpose, twelve (12) morphometric parameters were measured and calculated, describing the dimensions, the shape, the relief and the degree of dissection of the network.

From the factor analysis, two (2) factors were extracted, the factor of dimensions and the factor of relief and their factor scores were plotted one by one at the mouth of each drainage basin. These scores were joined together by isolines, forming a new map consisting of four (4) geomorphological units, depending on the dimensions and the relief of the basins. From each of these units, the drainage basins which belong to each unit, were depicted and their morphometric parameters were analyzed again using factor analysis. From this analysis, the important parameters were distinguished for the units of high relief basins (two parameters) and the units of low relief basins (three parameters).

The values of these parameters were plotted one by one at the mouth of the basins of each unit and were joined together by iso lines, forming a new isoline map, showing the spatial distribution of these parameters in each unit.

From the study of this map was found that the NW part of the study area has a tendency to provide high overland flows and large amounts of suspended sediments, because it shows more rapid erosional processes, compared to other parts of the study area.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται ποσοτικά το υδρογραφικό δίκτυο που αναπτύσσεται στην Πιερία λεκάνη, Α. Μακεδονία. Σκοπός της εργασίας ήταν να εντοπιστούν περιοχές του δικτύου που με βάση τη μορφολογία τους θα μπορούσαν να θεωρηθούν ικανά να παρουσιάσουν φαινόμενα έντονης διάβρωσης, μεγάλη επιφανειακή απορροφή και να προσκομίσουν στον ταμειευτήρα ενός φράγματος μεγάλες ποσότητες φερτών

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Θετικών Επιστημών,
Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωλογίας - Φυσικής Γεωγραφίας 351-1
540 06 Θεσσαλονίκη

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

Πρακτικά	δου	Συνεδρίου	Μάιος	1992
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	XXVIII/3	σελ.	383-395
				Αθήνα
				1993
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.		pag.	Athens

**Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΠΕΡΙΟΧΩΝ
ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΕ ΛΕΚΑΝΕΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ
(ΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟ ΤΟ ΦΡΑΓΜΑ ΑΚΡΟΠΟΤΑΜΟΥ, ΛΕΚΑΝΗ
ΠΙΕΡΙΑΣ, ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ)**

Ν.ΛΑΜΠΡΙΝΟΣ, Ο.ΧΡΙΣΤΟΥ, Χ.ΡΕΓΓΟΥΖΑΣ, Γ.ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ

ABSTRACT

The present paper deals with the drainage systems which are developing in Pieria valley, East Macedonia, North Greece. The aim of the study was the localization of some parts of the drainage systems which may provide high overland flow and large amounts of suspended sediments during periods of heavy rainfalls.

The drainage systems were delineated from topographic maps, 1:50000 in scale, and the drainage systems of 3rd order were depicted to study quantitatively using factor analysis. For this purpose, twelve (12) morphometric parameters were measured and calculated, describing the dimensions, the shape, the relief and the degree of dissection of the network.

From the factor analysis, two (2) factors were extracted, the factor of dimensions and the factor of relief and their factor scores were plotted one by one at the mouth of each drainage basin. These scores were joined together by isolines, forming a new map consisting of four (4) geomorphological units, depending on the dimensions and the relief of the basins. From each of these units, the drainage basins which belong to each unit, were depicted and their morphometric parameters were analyzed again using factor analysis. From this analysis, the important parameters were distinguished for the units of high relief basins (two parameters) and the units of low relief basins (three parameters).

The values of these parameters were plotted one by one at the mouth of the basins of each unit and were joined together by iso lines, forming a new isoline map, showing the spatial distribution of these parameters in each unit.

From the study of this map was found that the NW part of the study area has a tendency to provide high overland flows and large amounts of suspended sediments, because it shows more rapid erosional processes, compared to other parts of the study area.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται ποσοτικά το υδρογραφικό δίκτυο που αναπτύσσεται στην Πιερία λεκάνη, Α. Μακεδονία. Σκοπός της εργασίας ήταν να εντοπιστούν περιοχές του δικτύου που με βάση τη μορφολογία τους θα μπορούσαν να θεωρηθούν ικανά να παρουσιάσουν φαινόμενα έντονης διάβρωσης, μεγάλη επιφανειακή απορροή και να προσκομίσουν στον ταμειευτήρα ενός φράγματος μεγάλες ποσότητες φερτών

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Θετικών Επιστημών,
Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωλογίας - Φυσικής Γεωγραφίας 351-1
540 06 Θεσσαλονίκη

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

υλικών σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων. Ο εντοπισμός τέτοιων περιοχών στην παραπάνω λεκάνη εντάσσεται στα πλαίσια εκπόνησης οριστικής μελέτης κατασκευής του φράγματος Ακροποτάμου, στην έξοδο περίπου της λεκάνης.

Το υδρογραφικό δίκτυο αποτυπώθηκε από τοπογραφικούς χάρτες της Γ.Υ.Σ., κλίμακας 1:50000, αριθμήθηκε κατά Strahler και επιλέχθηκαν οι λεκάνες απορροής 3ης τάξης.

Στις λεκάνες αυτές ακολουθήσε η μέτρηση και ο υπολογισμός μορφομετρικών παραμέτρων που έχουν σχέση με τις διαστάσεις των λεκανών το σχήμα τους, το ανάγλυφο και το βαθμό διαμελισμού τους.

Οι μορφομετρικές αυτές παράμετροι επεξεργάστηκαν με τη μέθοδο της παραγοντικής ανάλυσης και τα τελικά αποτελέσματα τοποθετήθηκαν πάνω στο χάρτη του υδρογραφικού δικτύου και ενώθηκαν μεταξύ τους με ισαριθμητικές καμπύλες. Οι καμπύλες αυτές σε συνδιασμό με την ομαδοποίηση των αρχικών παραμέτρων οδήγησαν στο διαχωρισμό της περιοχής σε γεωμορφολογικές ενότητες, ανάλογα με το ανάγλυφο και τις διαστάσεις των λεκανών απορροής. Κατόπιν επιλέχθηκαν από κάθε μία ενότητα οι λεκάνες απορροής που τις απαρτίζουν και εφαρμόστηκε ξανά η παραγοντική ανάλυση για κάθε ενότητα. Από την ανάλυση αυτή προέκυψαν οι σημαντικές παράμετροι για κάθε ενότητα. Οι τιμές των σημαντικών αυτών παραμέτρων τοποθετήθηκαν ξανά πάνω στο χάρτη των υδρογραφικών συστημάτων και μελετήθηκε η μεταβολή τους στο χώρο με τη δημιουργία νέων χαρτών ισαριθμητικών καμπυλών.

Από τη μελέτη αυτών των χαρτών διαπιστώθηκε ότι το ΒΔ τμήμα της περιοχής μελέτης δείχνει να είναι εκείνο που μπορεί να παρουσιάσει φαινόμενα ταχύτερης διάβρωσης και να δώσει περισσότερα φερτά υλικά, τα οποία θα καταλήξουν ακριβώς στην είσοδο της λεκάνης κτάκλυσης πίσω από το προτεινόμενο φράγμα. Έτσι, μ' αυτόν τον τρόπο εντοπίστηκε το τμήμα εκείνο στο οποίο προτείνεται κατάλληλη επέμβαση, ώστε να ελαττωθούν οι τιμές των παραμέτρων των δικτύων που αυξάνουν τον ρυθμό επίχωσης της λεκάνης του ταμειυτήρα και κατά συνέπεια ελαττώνει τη διάρκεια ζωής και λειτουργίας του φράγματος.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

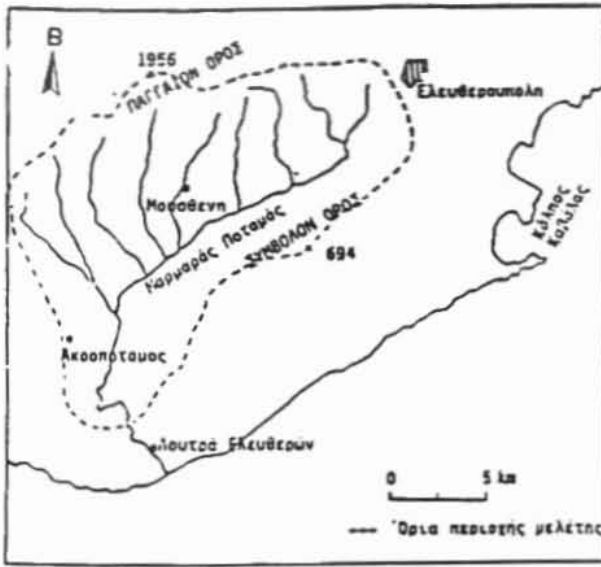
Μία από τις βασικότερες εργασίες που γίνονται κατά την έρευνα της κατασκευής ενός φράγματος αποτελεί η μελέτη των γεωμορφολογικών της λεκάνης τροφοδοσίας του φράγματος. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης με σκοπό να εντοπιστούν περιοχές, όπου τα φαινόμενα διάβρωσης είναι εντάσσονται σε σχέση με άλλες περιοχές, οπότε θα πρέπει εκεί να παρουσιάζονται επιφανειακές απορροές μεγαλύτερης έντασης και κατά συνέπεια να οδηγούνται στα κατάντη μεγαλύτερες ποσότητες φερτών υλικών.

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να εντοπιστούν αυτές οι περιοχές που αποτελούν τις μεγαλύτερες "πηγές" φερτών υλικών, οι διευθύνσεις προς τις οποίες μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά τους και τέλος οι θέσεις εκείνες, όπου πιθανότερα συγκεντρώνονται αυτά τα υλικά.

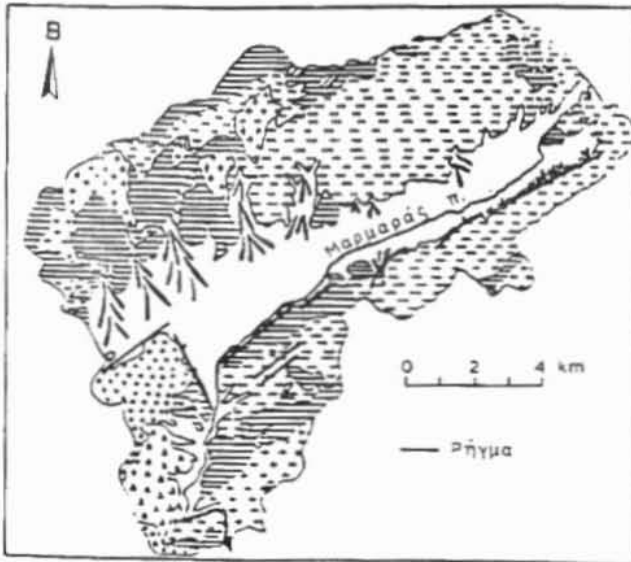
Εντοπίζοντας αυτές τις περιοχές, γίνεται δυνατή κάποια ανθρώπινη επέμβαση που στοχεύει, στον περιορισμό των κινδύνων ταχείας επιχωμάτωσης της λεκάνης κατάκλυσης του ταμειυτήρα, που προκαλούν οι εμφανίσεις μεγάλων επιφανειακών απορροών στη λεκάνη τροφοδοσίας.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ - ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην Α. Μακεδονία. Πρόκειται για την Πιερία λεκάνη (σχ. 1), που εντοπίζεται στο χώρο που σχηματίζεται μεταξύ Φηφιακή Βιβλιοθήκη Θεοφράστου - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ. νότο. Η λεκάνη αυτή έχει διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ.



Σχ. 1 Γεωγραφική τοποθέτηση της περιοχής.



Σχ. 2 Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης.

Τα πετρώματα της Πιερίας λεκάνης διαχωρίζονται στους παρακάτω γεωλογικούς σχηματισμούς (σχ. 2):

Το μεταμορφωμένο σύστημα: περιλαμβάνει γνευσίους, γνευσιακούς σχιστόλιθους, μάρμαρα, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και αμφιβολίτες.

Τα πυριγενή πετρώματα: Αντιπροσωπεύονται από εμφανίσεις γρανοδιοριτών στο Παγγαίο και μία μεγάλη εμφάνιση γνευσιομένου γρανίτη στο όρος Σύμβολο.

Οι νεώτεροι σχηματισμοί: Αποτελούνται από πλειστοκαινικά ιζήματα στο δυτικό άκρο της λεκάνης που περιλαμβάνουν ηλούς, ψαμμίτες, άμμους, κροκαλοπαγή, αργίλλους και τοφρώδεις ασβεστόλιθους. Οι Ολοκαινικές αποθέσεις αποτελούνται από χαλαρά λατυποπαγή και αλλουβιακούς κώνους κορημάτων (Δημόπουλος, 1978).

Τα ρήγματα που παρουσιάζονται έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και ΝΔ-ΒΑ με μεγαλύτερη ζώνη διάρρηξης εκείνη της ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης (Kronberg, 1969, Δημόπουλος, 1978, Syrides and Psilovikos, 1989). Οι δύο αυτές ζώνες χώρισαν την Πιερία λεκάνη σε δύο κύρια τμήματα, ένα δυτικό ανυψωμένο τμήμα, που αποτελεί το κέρας του Ακροποτάμου και ένα ανατολικό τμήμα βυθισμένο, που αποτελεί την τάφρο της Πιερίας λεκάνης (Syrides and Psilovikos, 1989).

ΣΥΛΛΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ - ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η χάραξη του υδρογραφικού δικτύου (σχ. 3) έγινε από χάρτες της Γ.Υ.Σ. κλίμακας 1:50000 εκδόσεως 1960, 1970, φύλλα Νικήσιανη, Καβάλα και Λουτρά Ελευθερών. Χαράχθηκαν όλες οι μπλέ γραμμές που παρουσιάζονται σ'αυτούς τους χάρτες, καθώς και όσες μπόρεσαν να προκύψουν από την εξέταση των ισουψών καμπυλών των χαρτών, ακολουθώντας το χαρακτηριστικό V σχήμα τους (μέθοδος των crenulation lines; Morisawa, 1959, Sotiriadis and Astaras, 1977).

Το δίκτυο που προέκυψε παρουσιάζεται ασύμμετρο, με μεγαλύτερη ανάπτυξη στο Β και ΒΔ τμήμα της περιοχής που αποστραγγίζει τις Ν παρυφές του όρους Παγγαίο. Το Ν και ΝΑ τμήμα του δικτύου αποστραγγίζει τις Β παρυφές του όρους Σύμβολο και παρουσιάζει μικρή ανάπτυξη. Τα δύο αυτά τμήματα του δικτύου καταλήγουν στη μεταξύ των δύο ορέων λεκάνη (λεκάνη Πιερίας) και σχηματίζουν τον ποταμό Μαρμαρά, «ε διεύθυνση ροής από ΒΑ προς ΝΔ. Προς την έξοδο της λεκάνης, ο ποταμός κάμπτεται και συνεχίζει προς τα Ν.

Η μορφή του δικτύου μπορεί να χαρακτηριστεί υποπαράλληλη, δεδομένου ότι τα ρεύματα ακολουθούν την μορφολογική κλίση των πρηνών των δύο ορέων.

Από την αρίθμηση του δικτύου κατά Strahler (Strahler, 1952a) βρέθηκε ότι το δίκτυο είναι 6ης τάξης. Από το δίκτυο επιλέχθηκαν οι λεκάνες απορροής 3ης τάξης (συνολικά 100), γιατί θεωρούνται ως οι λεκάνες που συνδιάζουν τη μεγαλύτερη δυνατή τάξη με την πετρογραφική ομογένεια (Ασάρας, 1980, Λαμπρινός, 1989). Στο δίκτυο αυτό μετρήθηκαν και υπολογίστηκαν οι εξής μορφομετρικές παράμετροι (λεπτομερή περιγραφή των παραμέτρων από Ασάρα, 1980 και Λαμπρινός 1989):

- α) Τάξη u του δικτύου (Strahler, 1952a)
- β) Αριθμός κλάδων κάθε τάξης N_u , $u=1,2,3$ (Horton, 1945, Strahler, 1952a)
- γ) Αθροιστικό μήκος των ρευμάτων 3ης τάξης ΣL (Km) (Horton, 1945, Strahler, 1957)
- δ) Εμβαδόν των λεκανών απορροής 3ης τάξης A (Km^2) (Horton, 1945)
- ε) Μήκος περιμέτρου των λεκανών απορροής 3ης τάξης P (Km) (Smith, 1958)
- στ) Μήκος λεκανών απορροής 3ης τάξης L_b (Km) (Schumm, 1956, Gregory and Walling, 1973)

ζ) Υδρογραφική πυκνότητα λεκανών απορροής 3ης τάξης D (Km/Km^2) (Horton, 1945)

η) Υδρογραφική συχνότητα λεκανών απορροής 3ης τάξης F (Km^{-2}) (Horton, 1945)

θ) Τοπικό ανάγλυφο των λεκανών απορροής 3ης τάξης Hb (Km) (Strahler, 1952b, 1964)

ι) Λόγος αναγλύφου των λεκανών απορροής 3ης τάξης RH (Schumm, 1956)

ια) Βαθμός τραχύτητας λεκανών απορροής 3ης τάξης Rn (Strahler, 1958).

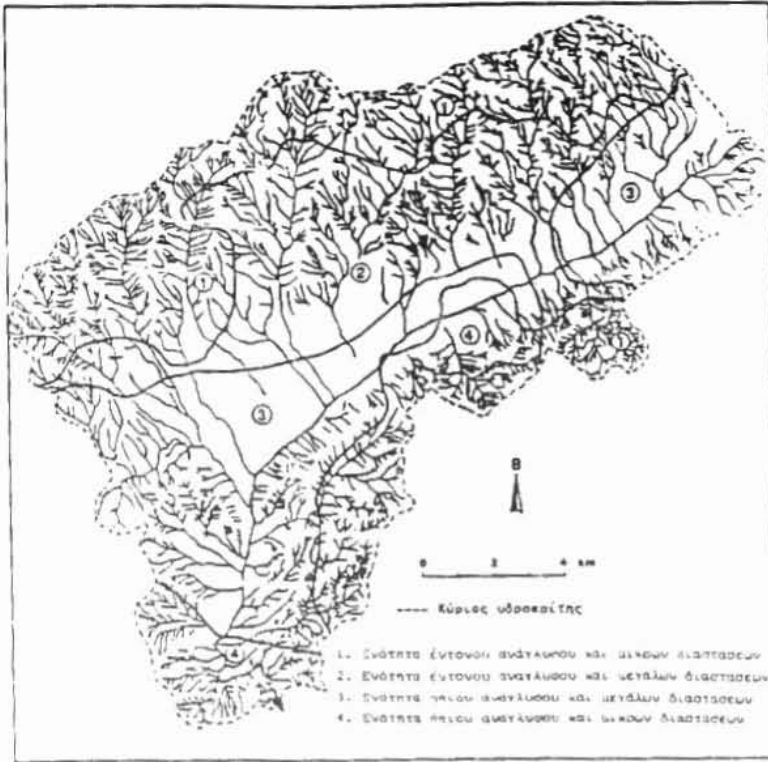
Οι παράμετροι αυτές επεξεργάστηκαν στατιστικά με τη μέθοδο της παραγοντικής ανάλυσης με σκοπό να γίνει δυνατή η ομαδοποίηση εκείνων των παραμέτρων που είναι ισχυρά συσχετισμένες μεταξύ τους. Η παραγοντική ανάλυση δίνει τη δυνατότητα της αντικατάστασης μιας ομάδας παραμέτρων που έχουν υψηλό βαθμό συσχέτισης μεταξύ τους, από μία καινούργια παράμετρο (παράγοντα), δίχως να χάνονται σημαντικές πληροφορίες από εκείνες που περιείχονταν στην αρχική ομάδα παραμέτρων (Jolliffe, 1985, Λαμπρινός, 1989).

Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση ήταν όλες οι προαναφερθείσες εκτός των α) και β). Από την ανάλυση των παραμέτρων αυτών, με βάση το κριτήριο των Guttman-Kaizer, προέκυψαν δύο παράγοντες (πιν. 1), οι οποίοι περιστράφηκαν με τη μέθοδο της περιστροφής μέγιστης διακύμανσης (varimax orthogonal rotation, Kaiser, 1958). Στους δύο παράγοντες που προέκυψαν μετά την περιστροφή χρησιμοποιήθηκε ως κρίσιμη τιμή φορτίου των παραμέτρων στους παράγοντες η τιμή 0.8 (Blake et al., 1970, Λαμπρινός, 1989), για να γίνει έτσι δυνατός ο διαχωρισμός των παραμέτρων σε σημαντικές και λιγότερο σημαντικές. Από αυτόν τον διαχωρισμό προέκυψε και η ονομασία του κάθε παράγοντα. Έτσι, ο πρώτος παράγοντας (πιν. 1) ονομάστηκε παράγοντας των διαστάσεων, επειδή οι παράμετροι με τα υψηλότερα φορτία σε αυτόν τον παράγοντα εκφράζουν διαστάσεις. Οι παράμετροι αυτές είναι α) το εμβαδόν (A) της λεκάνης, β) το μήκος (Lb) της λεκάνης, γ) η περίμετρος (P) της λεκάνης, και δ) το συνολικό μήκος (ΣL) των ρευμάτων της λεκάνης. Ο δεύτερος παράγοντας ονομάστηκε παράγοντας του ανάγλυφου, διότι οι παράμετροι με τα υψηλότερα φορτία σε αυτόν τον παράγοντα είναι παράμετροι που εκφράζουν το ανάγλυφο. Οι παράμετροι αυτές είναι α) το τοπικό ανάγλυφο (Hb), β) ο λόγος του ανάγλυφου (Rh) και γ) ο βαθμός τραχύτητας (Rn).

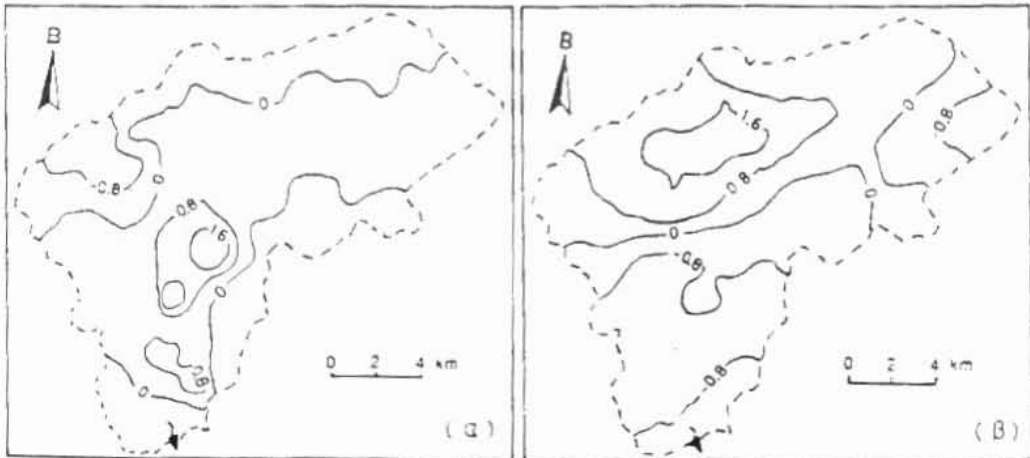
Αυτές οι παράμετροι αποτέλεσαν πλέον τις νέες παραμέτρους για την παραπέρα μελέτη της γεωμορφολογίας των λεκανών 3ης τάξης της περιοχής μελέτης. Τέλος, για κάθε μία από τις νέες αυτές παραμέτρους (παραγοντές) εξήχθησαν οι παραγοντικοί βαθμοί (factor scores), που αντιπροσωπεύουν τις μετρήσεις από τις οποίες αποτελούνται αυτές.

Έτσι, έγινε δυνατή η αντικατάσταση των 9 διαφορετικών και αλληλοσυσχετιζόμενων παραμέτρων από δύο μόνο, χωρίς να έχουν χαθεί οι σημαντικές πληροφορίες που περιείχαν οι αρχικές παράμετροι. Οι δύο αυτοί παράγοντες (των διαστάσεων και του ανάγλυφου) αποτελούνται από 100 μετρήσεις ο κάθε ένας, όπως και οι αρχικές παράμετροι.

Οι μετρήσεις αυτές, για κάθε ένα παράγοντα, τοποθετήθηκαν μία προς μία στο στόμιο κάθε μιας λεκάνης απορροής θεωρώντας, ότι το στόμιο είναι ένα συγκεκριμένο και χαρακτηριστικό σημείο για κάθε λεκάνη (Λαμπρινός, 1989), και ενώθηκαν μεταξύ τους με ισαριθμητικές καμπύλες. Έτσι, προέκυψαν δύο χάρτες ισαριθμητικών καμπυλών των παραγοντικών βαθμών (σχ. 4) κάθε παράγοντα παρουσιάζοντας στο χώρο τη μεταβολή των διαστάσεων των λεκανών απορροής της περιοχής μελέτης (πρώτος παράγοντας - πρώτος χάρτης ισαριθμητικών καμπυλών, σχ. 4), και του ανάγλυφου των λεκανών (δεύτερος παράγοντας - δεύτερος χάρτης ισαριθμητικών καμπυλών, σχ. 4). Οι τιμές των παραγοντικών βαθμών που εξάγονται από την παραγοντική ανάλυση βρίσκονται σε "τυποποιημένη"



Σχ. 3 Χάρτης που απεικονίζει το υδρογραφικό δίκτυο και τις γεωμορφολογικές ενότητες των λεκανών απορροής, όπως χωρίστηκαν αυτές από την παραγοντική ανάλυση.



Σχ. 4 Χάρτες ισαριθμητικών καμπυλών των παραγοντικών βαθμών του πρώτου παράγοντα, των διαστάσεων, (α), και του δεύτερου παράγοντα του ανάγλυφου, (β).

(standardized) μορφή και δείχνουν το πόσο κοντά ή μακριά βρίσκεται κάθε μία τιμή από τη μέση τιμή των παραγοντικών βαθμών του παράγοντα. Δεδομένου ότι, οι παραγοντικοί βαθμοί έχουν προκύψει από τις πραγματικές τιμές των αρχικών παραμέτρων που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση, μπορούμε έμμεσα να βγάλουμε συμπεράσματα για τη μεταβολή των πραγματικών τιμών γύρω από τον μέσο όρο τους.

Ετσι, στους χάρτες των ισარიθμητικών καμπυλών, η καμπύλη με τιμή μηδέν (0) οριοθετεί τις περιοχές με μεγαλύτερες τιμές (θετικές) από εκείνες με μικρότερες τιμές (αρνητικές) από το μέσο όρο. Ετσι, για την περιοχή μελέτης οριοθετήθηκαν, για τον πρώτο παράγοντα των διαστάσεων, οι περιοχές με διαστάσεις μεγαλύτερες του μέσου όρου (λεκάνες απορροής με μεγάλες διαστάσεις), και οι περιοχές με διαστάσεις μικρότερες του μέσου όρου (λεκάνες απορροής με μικρές διαστάσεις). Ομοια, για το δεύτερο παράγοντα, του αναγλύφου, οριοθετήθηκαν οι περιοχές με έντονο ανάγλυφο και ήπιο ανάγλυφο. Τέλος, οι δύο αυτοί χάρτες ενώθηκαν και προέκυψε ο χάρτης των γεωμορφολογικών ενότητων που απεικονίζονται πάνω στο χάρτη του υδρογραφικού δικτύου (σχ.3). Στο χάρτη αυτόν, εκτός του δικτύου, παρουσιάζονται οι τέσσερις ενότητες με διαφορετικά γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά λεκανών απορροής η κάθε μία. Αυτές οι ενότητες αποτελούνται από λεκάνες που έχουν: α) ήπιο ανάγλυφο και μικρές διαστάσεις, β) ήπιο ανάγλυφο και μεγάλες διαστάσεις, γ) έντονο ανάγλυφο και μικρές διαστάσεις και δ) έντονο ανάγλυφο και μεγάλες διαστάσεις.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο διαχωρισμός των λεκανών απορροής σε αυτές τις 4 ενότητες (θα μπορούσαν να είναι περισσότερες ανάλογα με την επιθυμητή λεπτομέρεια), έγινε βασιζόμενοι στο γεγονός, ότι το μέγεθος, το σχήμα και το ανάγλυφο μιας λεκάνης απορροής αποτελούν σημαντικούς και καθοριστικούς παράγοντες, που φανερώνουν τις δυνατότητες παροχής της λεκάνης σε φερτά υλικά καθώς και στο χρόνο υστέρησης (lag time) της επιφανειακής απορροής της λεκάνης μετά από μία έντονη βροχόπτωση.

Οι Gregory and Walling, (1973) αναφέρουν, ότι υψηλές πλημμύρες ανά μονάδα επιφανείας αποτελούν χαρακτηριστικό των μικρών λεκανών απορροής και ακόμη, ότι το σχήμα της λεκάνης απορροής καθορίζει το χρόνο υστέρησης (lag time). Ετσι, πλημμύρες σχηματίζονται και εκδηλώνονται πιο γρήγορα σε περισσότερο κυκλικές λεκάνες παρά σε επιμήκεις και στις κυκλικές παρουσιάζεται μεγαλύτερη διάβρωση και μεγαλύτερες ποσότητες φερτών υλικών (Zanoianu, 1985, Λαμπρινός, 1989).

Σχετικά με το ανάγλυφο, ο Schumm, (1956) παρουσιάζει μία θετική γραμμική σχέση μεταξύ του λόγου αναγλύφου και της μέσης ετήσιας συσσώρευσης φερτών υλικών σε ταμειυτήρες. Ο Maner, (1958), έδειξε ότι η κατανομή των ιζημάτων σε μία λεκάνη είναι συνάρτηση πολλών χαρακτηριστικών της λεκάνης που συσχετίζονται και εκφράζονται από το λόγο του αναγλύφου. Σε εκείνες τις λεκάνες που ο λόγος αναγλύφου παρουσιάζεται υψηλότερος από άλλες λεκάνες, ο χρόνος υστέρησης παρουσιάζεται μικρότερος. Ακόμη, ο λόγος αναγλύφου επιδρά και στη διαμόρφωση των μέγιστων τιμών της απορροής και στην κατανομή των ιζημάτων στη λεκάνη (Gregory and Walling, 1973).

Από τα παραπάνω φαίνεται η μεγάλη σημασία της έρευνας και της γνώσης των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών των λεκανών που απαρτίζουν την λεκάνη τροφοδοσίας ενός ταμειυτήρα. Παράλληλα όμως, είναι εξίσου σημαντικό να μπορούμε να ομαδοποιήσουμε τις λεκάνες που παρουσιάζουν ίδια γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, γιατί αυτές οι λεκάνες θα πρέπει να παρουσιάζουν και παρόμοια αντίδραση, από τη στιγμή που η ενέργεια

που δέχονται με μορφή κατακρημνισμάτων δεχόμαστε ότι είναι η ίδια σε όλες.

Ετσι, η αντίδραση μιας λεκάνης με μικρές διαστάσεις διαφέρει από την αντίδραση μιας άλλης με μεγάλες διαστάσεις και το ίδιο συμβαίνει και για εκείνες που διαφέρουν ως προς το ανάγλυφο.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση μπορούμε να παρατηρήσουμε στο σχήμα 3, ότι στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης βρίσκονται εκείνες οι λεκάνες που έχουν ήπιο ανάγλυφο και μεγάλες διαστάσεις. Η περιοχή αυτή καλύπτεται από Τριτογενή θαλάσσια και Τεταρτογενή χερσαία ιζήματα (σχ. 2, 3).

Οι λεκάνες που βρίσκονται κοντά στον υδροκρίτη παρουσιάζουν έντονο ανάγλυφο και μικρές διαστάσεις, όπως επίσης και μία περιοχή στο ΝΑ τμήμα του δικτύου. Το Δ τμήμα αυτής της ενότητας εκτείνεται αρκετά προς τα Ν καλύπτοντας το Δ τμήμα του όρους Παγγαίων και φτάνει μέχρι τα περιθώρια της Πιερίας λεκάνης (σχ. 3) Η ενότητα αυτή αποτελείται κυρίως από μάρμαρα και γρανιτικά πετρώματα (σχ. 2, 3).

Μία τρίτη γεωμορφολογική ενότητα αποτελούν οι λεκάνες που παρουσιάζουν έντονο ανάγλυφο και μεγάλες διαστάσεις. Αυτή καταλαμβάνει το κεντρικό τμήμα των Ν παρυφών του όρους Παγγαίων (σχ. 3) και εκτείνεται μέχρι τα περιθώρια της Πιερίας λεκάνης. Από γεωλογικής πλευράς η ενότητα αυτή καλύπτεται από γνευσίους (σχ. 2, 3).

Η τελευταία από τις τέσσερις ενότητες αποτελείται από λεκάνες που έχουν ήπιο ανάγλυφο και μικρές διαστάσεις. Η ενότητα αυτή καταλαμβάνει το αριστερό τμήμα των Β παρυφών του όρους Σύμβολον (σχ. 3) και το τμήμα του ποταμού Μαρμαρά που βρίσκεται κοντά στο προτεινόμενο σημείο κατασκευής του φράγματος. Τα πετρώματα από τα οποία αποτελείται είναι γρανιτικά και μάρμαρα (σχ. 2, 3).

Από κάθε ενότητα επιλέχθηκαν μόνο εκείνες οι λεκάνες απορροής που την απαρτίζουν, κατά τέτοιο τρόπο ώστε αυτές να ανήκουν σε μία μόνο ενότητα. Ετσι, απορίφθηκαν οι λεκάνες που ανήκαν σε περισσότερες από μία ενότητες.

Στις μορφομετρικές παραμέτρους των λεκανών που επιλέχθηκαν εφαρμόστηκε εκ νέου η παραγοντική ανάλυση. Στην περίπτωση αυτή υπήρχε το πλεονέκτημα, ότι τώρα γνωρίζαμε τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της κάθε ενότητας. Σκοπός μας εδώ ήταν να δούμε πως μεταβάλλονται αυτά τα χαρακτηριστικά στο χώρο της κάθε ενότητας σε συνδιασμό με τις μορφομετρικές παραμέτρους που έχουν μεγαλύτερη σημασία για κάθε ενότητα.

Ετσι, εφαρμόστηκε η παραγοντική ανάλυση τέσσερις φορές (μία φορά για κάθε ενότητα). Τα αποτελέσματα των αναλύσεων φαίνονται στους πίνακες 2, 3, 4, 5, και έχουν προκύψει χρησιμοποιώντας τα ίδια κριτήρια με εκείνα που χρησιμοποιήθηκαν στην πρώτη παραγοντική ανάλυση για όλες τις λεκάνες 3ης τάξης που απαρτίζουν τη λεκάνη τροφοδοσίας. Από τους πίνακες αυτούς παρατηρούμε, ότι οι παράμετροι των ενότητων που έχουν έντονο ανάγλυφο (πιν. 2,3) ομαδοποιούνται σε δύο παράγοντες, όπου ο πρώτος σχετίζεται με τις διαστάσεις των λεκανών και ο δεύτερος με το βαθμό τραχύτητας του αναγλύφου των λεκανών. Οι παράμετροι που παρουσιάζουν το υψηλότερο φορτίο σε κάθε έναν παράγοντα είναι οι ίδιες και για τις δύο ενότητες και είναι: α) η περίμετρος (P) της λεκάνης και β) ο βαθμός τραχύτητας (Rn) του αναγλύφου της λεκάνης.

Στις ενότητες με χαμηλό ανάγλυφο, οι παράμετροι ομαδοποιούνται σε τρεις παράγοντες (πιν. 4, 5) που είναι: α) των διαστάσεων, β) του αναγλύφου και γ) του βαθμού διαμελισμού των λεκανών. Οι παράμετροι που παρουσιάζουν το υψηλότερο φορτίο σε αυτούς τους παράγοντες είναι και εδώ κοινές και πρόκειται για: α) το συνολικό μήκος των ρευμάτων (ΣL), του τοπικού αναγλύφου (Hb) και της υδρογραφικής πυκνότητας (D).

Οι τιμές των παραμέτρων αυτών τοποθετήθηκαν σε κάρναβο και με τη βοήθεια Η/Υ πήραμε τη μεταβολή στο χώρο των τιμών της περιμέτρου (P) και του βαθμού τραχύτητας του αναγλύφου (Rn) για τις ενότητες με έντονο ανάγλυφο, και του συνολικού μήκους των ρευμάτων (ΣL), του τοπικού αναγλύφου (Hb) και της υδρογραφικής πυκνότητας (D) για τις ενότητες με ήπιο ανάγλυφο (σχ. 5).

Από αυτό το σχήμα προκύπτουν τα εξής:

1) Για τις ενότητες έντονου αναγλύφου: Η μεταβολή του βαθμού τραχύτητας (Rn) παρουσιάζεται έντονη στο Δ και Β τμήμα των ενότητων, αυξανόμενη από ΜΑ προς ΒΑ, η δε περίμετρος (P) αυξάνεται από Β προς Ν. Σε γενικές γραμμές, αύξηση της περιμέτρου παρουσιάζεται σε μεγάλες λεκάνες απορροής με χαμηλή ενέργεια αναγλύφου (Zavoianu, 1985), και όταν η ενέργεια αναγλύφου είναι χαμηλή τότε τα ρεύματα τείνουν να αυξήσουν το μήκος τους και να μειωθεί ο αριθμός τους (Christofolletti, 1970). Επομένως, στις ενότητες αυτές θα πρέπει να αναμένεται υψηλή ενέργεια αναγλύφου στα Β που να ελαττώνεται σ'διακιά προς τα ΒΔ με ταυτοχρόνιη διαπλάτυση των κοιτών και αύξηση του μήκους των ρευμάτων.

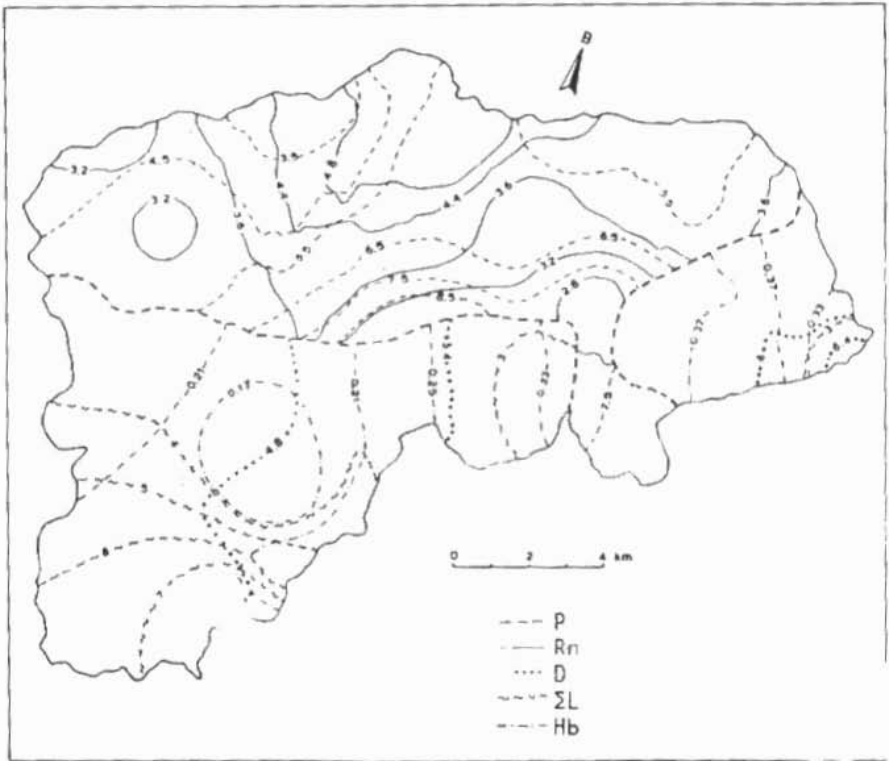
2) Για τις ενότητες ήπιου αναγλύφου: Η υδρογραφική πυκνότητα (D) παρουσιάζεται σ'αυτή στο Δ τμήμα των ενότητων. Το τοπικό ανάγλυφο (Hb) δείχνει μικρή μεταβολή. Γενικά, η μεταβολή αυτών των παραμέτρων ακολουθεί τη διεύθυνση του κύριου κλάδου του ποταμού Μαρμαρά. Η πλέον αξιoσημείωτη μεταβολή είναι στο αθροιστικό μήκος των ρευμάτων (ΣL), η οποία παρουσιάζεται υπό μορφή βεντάλιας στο Δ τμήμα αυτών των ενότητων, αποτελώντας τη μαρτυρία των διεργασιών που συμβαίνουν στις Β ενότητες έντονου αναγλύφου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επεξεργασία των μορφομετρικών παραμέτρων των υδρογραφικών συστημάτων της Πιερίας λεκάνης με τη βοήθεια της παραγοντικής ανάλυσης οδήγησε καταρχήν στον εντοπισμό τεσσάρων γεωμορφολογικών ενότητων στη λεκάνη τροφοδοσίας του ποταμού Μαρμαρά. Η ικανότητα της μεθοδολογίας αυτής να ομαδοποιεί τις αλληλοσυσχετιζόμενες παραμέτρους έδωσε τη δυνατότητα να χαρτογραφηθούν εκείνες οι ενότητες που παρουσιάζουν κοινά γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, ενώ κάτι τέτοιο θα ήταν πολύ δύσκολο και χρονοβόρο με τις ήδη γνωστές μεθόδους (φωτοερμηνεία ή/και επίπονη και λεπτομερής εργασία υπαίθρου). Ο εντοπισμός ακόμη των πλέον σημαντικών μορφομετρικών παραμέτρων για κάθε μία από αυτές τις ενότητες, με την ίδια μέθοδο, είχε σαν αποτέλεσμα να διαχωριστούν οι λεκάνες απορροής του Δ τμήματος της περιοχής μελέτης (σχ. 5), που δείχνουν ότι είναι εκείνες που παρουσιάζουν τον υψηλότερο βαθμό μεταβολών, όπως μπορεί αυτός να εκφραστεί από τις μεταβολές που παρατηρούνται στις σημαντικότερες παραμέτρους τους που εξετάστηκαν.

Ετσι, από τη λεκάνη τροφοδοσίας, η περιοχή εκείνη που μεταβάλλεται ταχύτερα φαίνεται να είναι η ΒΔ περιοχή (και κυρίως το τμήμα εκείνο που βρίσκεται κοντά στον υδροκρίτη, σχ.5), με πιθανά αποτελέσματα τη μεγαλύτερη επιφανειακή απορροή και περισσότερες ποσότητες φερτών υλικών από την περιοχή αυτή προς την έξοδο του ποταμού Μαρμαρά.

Με βάση τα παραπάνω συμπεράσματα, αν θα θέλαμε να προστατεύσουμε την περιοχή που βρίσκεται πίσω από το προτεινόμενο φράγμα, θα πρέπει να επεμβούμε σε αυτά ακριβώς τα ρεύματα που αναπτύσσονται στην παραπάνω περιοχή, φροντίζοντας, με κατάλληλα έργα, να ελαττώσουμε την ταχύτητα των ρεόντων υδάτων και κατ'επέκταση την ποσότητα των φερτών υλικών.



Σχ. 5 Χάρτης ισαριθμητικών καμπυλών της μεταβολής των παραμέτρων P, Rn, D, ΣL και Hb στις ενότητες έντονου ανάγλυφου (παραμέτροι P και Rn), και ήπιου ανάγλυφου (παραμέτροι D, ΣL και Hb). Η έντονη διακεκομμένη γραμμή δείχνει το όριο μεταξύ των δύο ενοτήτων.

Πίνακας 1. Παράγοντες και παραγοντικά φορτία όλων των λεκανών 3ης τάξης μετά την περιστροφή των αρχικών αξόνων (παραγόντων).

Παράμετροι	Παράγοντες	
	1	2
A	0.939	0.053
I.b	0.955	0.091
P	0.978	0.076
ΣL	0.873	0.129
D	-0.720	0.282
F	-0.742	0.052
Hb	0.388	0.876
RH	-0.478	0.800
Rn	0.034	0.989

Πίνακας 2. Παράγοντες και παραγοντικά φορτία των λεκανών 3ης τάξης της ενότητας έντονου αναγλύφου-μικρών διαστάσεων, μετά την περιστροφή των αρχικών αξόνων (παραγόντων).

Παράμετροι	Παράγοντες	
	1	2
A	0.914	0.058
I.b	0.949	0.056
P	0.977	0.058
ΣL	0.833	0.153
D	-0.770	0.404
F	-0.845	0.176
Hb	0.721	0.608
RH	-0.586	0.692
Rn	0.139	0.973

Πίνακας 3. Παράγοντες και παραγοντικά φορτία των λεκανών 3ης τάξης της ενότητας έντονου αναγλύφου-μεγάλων διαστάσεων, μετά την περιστροφή των αρχικών αξόνων (παραγόντων).

Παράμετροι	Παράγοντες	
	1	2
A	0.948	-0.145
I.b	0.964	-0.151
P	0.981	-0.144
ΣL	0.932	0.044
D	-0.698	0.508
F	-0.734	0.479
Hb	0.117	0.946
RH	-0.586	0.720
Rn	-0.222	0.968

Πίνακας 4. Παράγοντες και παραγοντικά φορτία των λεκανών 3ης τάξης της ενότιης ήπιου αναγλύφου-μικρών διαστάσεων, μετά την περιστροφή των αρχικών αξόνων (παραγόντων).

Παράμετροι	Παράγοντες		
	1	2	3
A	0.977	-0.118	-0.054
Lb	0.897	-0.294	0.312
P	0.944	-0.261	0.158
ΣL	0.993	0.006	0.033
D	-0.044	0.898	-0.025
F	-0.279	0.891	-0.025
Hb	0.111	0.022	0.984
RH	-0.631	0.641	0.204
Rn	0.064	0.516	0.846

Πίνακας 5. Παράγοντες και παραγοντικά φορτία των λεκανών 3ης τάξης της ενότιης ήπιου αναγλύφου-μεγάλων διαστάσεων, μετά την περιστροφή των αρχικών αξόνων (παραγόντων).

Παράμετροι	Παράγοντες		
	1	2	3
A	0.919	-0.171	-0.318
Lb	0.946	-0.093	-0.210
P	0.943	-0.078	-0.309
ΣL	0.966	-0.061	-0.062
D	-0.198	0.255	0.932
F	-0.347	0.087	0.866
Hb	0.007	0.994	-0.008
RH	-0.483	0.835	0.159
Rn	-0.017	0.925	0.360

REFERENCES

- Αστάρης, Θ., (1980). Ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη τμήματος των Δ. πλευρών του όρους Βερτίσκον (Κ. Μακεδονία). Δ. Διατριβή. Επιστ. Επέτ. Φυσικομαθηματικής Σχ., Παραρτ. Αρ. 18, Τομ. 19 Θεσσαλονίκη, 216pp.
- Blake, G.J., Cook, A.D., Greenall, D.H., (1970). The use of principal component factor analysis to establish the uniformity of a hydrological region in Northland, New Zealand. Inter. Assoc. Scient. Hydr. Publ., 96, 118-200.
- Christofoletti, A. (1970). Analise morfometrica das bacias hidrograficas do planalto de Pocos de Caldas. Mimeo, Rio Claro, Brazil.
- Δημόπουλος, Γ. (1978). Περί του σχηματισμού των υδροφόρων οριζόντων της λεκάνης σταξύ των ορέων Παγγαίου-Συμβόλου (Πιερία λεκάνη). Διδ. Διατριβή, Θεσσαλονίκη, 203pp.
- Gregg, K.J., Walling, D.E. (1973). Drainage basin form and process. (A geomorphological approach). Edward Arnold Ltd., London, 5 pp.
- Horton, R. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrological approach to quantitative morpholgy. Geol. Soc. Amer. Bull., 56, 3-370.
- Johnston, R.J. (1980). Multivariate statistical analysis in geography. A primer on the general linear model. Longman, London and New York, 280pp.
- Kaizer, H.F. (1958). The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. Psychometrica, 23(3), 187-200.
- Kronberg, P. (1969). Gliederung, Petrographie und Tectogenese des Rhodopen-Kristallins im Tsali Dag, Simvolon und Ost-Pangaon (Griechisch-Macedonien). Geotect. Forsch. 31, I-III Stuttgart.
- Λαμπρινός, Ν. (1989). Συμβολή της ποσοτικής μελέτης των υδρογραφικών συστημάτων στην παλαιογεωγραφική εξέλιξη των ορέων της Βόλβης. Διδ. Διατριβή, Επιστ. Επέτ. Τμήμα Γεωλογίας, Σχ. Θετικών Επιστ., παραρτ. αρ. 6, Θεσσαλονίκη, 168pp.
- Maner, S.B. (1958). Factors affecting sediment delivery rates in the Red Hills physiographic area. Trans. Amer. Geophys. Union 39, 669-75.
- Morisawa, M. (1959). Accuracy of determination of stream lengths from topographic maps. Trans. Amer. Geophys. Union, 38(1), 86-88.
- Schumm, S.A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in the badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geol. Soc. Amer. Bull., 67, 597-646.
- Smith, K.G. (1958). Erosional processes and landforms in badlands National Park. Geol. Soc. Amer. Bull., 69, 975-1008.
- Sotiriadis, L. and Astaras, T. (1976). A comparison of drainage densities as computed from topographic maps, aerial photographs and field survey. Ann. Geol. des Pays Helleniques, 28, 145-159.
- Strahler, A. (1952a). Dynamic basis of geomorphology. Geol. Soc. Amer. Bull., 63, 923-938.
- Strahler, A. (1952b). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geol. Soc. Amer. Bull., 63, 1117-42.
- Strahler, A. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. Amer. Geophys. Union Trans., 18(6), 913-20.
- Strahler, A. (1958). Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms. Geol. Soc. Amer. Bull., 69, 279-300.
- Strahler, A. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. (Chow, V.T., ed.), Handbook of Applied Hydrology, section 14, 54, New York.
- Syrides, G. and Psilovikos, A. (1989). Quaternary morphodynamic phenomena at the area of Pieria-Marmaras river valley complex, SW Rhodopes. Geographica Rhodopica, vol.1, 70-77.
- Zavoianu, I. (1985). Morphometry of drainage basins. Developments in water science, 20, Elsevier, Amsterdam, 238pp.