

## ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΧΑΡΤΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΤΡΙΧΩΝΙΔΑΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΚΑΝΟΝΕΣ ΑΣΑΦΟΥΣ ΛΟΓΙΚΗΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ Γ.Σ.Π.\*

Β. ΣΑΜΠΩ<sup>1</sup>, Θ. ΓΚΟΥΡΝΕΛΟΣ<sup>1</sup>, Ν. ΕΥΕΛΠΙΔΟΥ<sup>1</sup>, Α. ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΣ<sup>1</sup>

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η λίμνη Τριχωνίδα, βρίσκεται στον νομό Αιτωλοακαρνανίας και καταλαμβάνει έκταση 96,17 Km<sup>2</sup>. Στην εργασία αυτή, αναπτύχθηκε μία βάση δεδομένων με γεωλογικά, γεωμορφολογικά και περιβαλλοντικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής. Τα πεδία της βάσης δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν αφενός μεν για την παραγωγή έγχρωμων συνδυαστικών θεματικών χαρτών, αφετέρου δε ως μεταβλητές εισόδου στο μαθηματικό λογισμικό MathLab. Με το λογισμικό αυτό, έγινε η μετατροπή των πρωτογενών πεδίων σε ασαφή σύνολα και η παραγωγή των τιμών επικινδυνότητας στη διάβρωση για την κάθε υδρολογική λεκάνη. Η εργασία κατέληξε σε έναν θεματικό χάρτη των υδρογραφικών λεκανών, με την πληροφορία της επικινδυνότητας στη διάβρωση, καθώς επίσης και σε μία βάση δεδομένων με τα πρωτογενή και δευτερογενή γεωλογικά, γεωμορφολογικά και περιβαλλοντικά δεδομένα.

Η γεωγραφική βάση δεδομένων που παρουσιάζεται, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί τόσο σε τοπικό επίπεδο, για την επίλυση προβλημάτων επικινδυνότητας στη διάβρωση, όσο και για τη λήψη αποφάσεων σε περιφερειακή βάση.

### ABSTRACT

Trichonida lake has an area of 96,17Km<sup>2</sup> and is situated at Etoloakarnania prefecture. In this study a data base has been developed, on geological, geomorphological and environmental data, concerning the wider zone around Trichonida lake. Different thematic maps have been created, using as input variables, the GIS database fields and the statistical analysis output from the MathLab software. Using MathLab software, the primary data has been transformed into fuzzy data sets and for each drainage basin an erodibility value was calculated. The final thematic map, present the erodibility values of each drainage basin.

Such geographical GIS databases may be used in local or regional level for the study of erodibility problems, the development of thematic maps and moreover to decision support systems.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Επικινδυνότητα Διάβρωσης, Περιβαλλοντική Βάση Δεδομένων, Ασαφής λογική, ΓΣΠ.

**KEY WORDS:** Erodibility, Environmental data base, fuzzy logic, GIS.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η δημιουργία μιας πλήρους βάσης δεδομένων με Γεωλογικά, Γεωμορφολογικά, Κλιματολογικά και Περιβαλλοντικά δεδομένα και η μελέτη της επικινδυνότητας διάβρωσης της περιοχής γύρω από τη λίμνη. Πρέπει να σημειωθεί ότι ένας σημαντικός παράγοντας επιτάχυνσης του φαινομένου διάβρωσης της περιοχής μελέτης είναι οι πυρκαϊές.

Στην ευρύτερη περιοχή της λίμνης προς τα Β-ΒΑ βρίσκεται το όρος Παναϊτωλικό (1.926m) ενώ προς τα νότια το όρος Αράκυνθος (948m). Οι όχθες της λίμνης παρουσιάζουν ομαλό ανάγλυφο εξαιτίας των προσχωσιγενών αποθέσεων. Από τους ορεινούς όγκους που περιλείουν την Τριχωνίδα υπάρχει πυκνό υδρογραφικό δίκτυο του οποίου τα νερά καταλήγουν σε αυτήν. Η Τριχωνίδα επικοινωνεί επίσης μέσω διαύλου με τη Λυσιμαχία καθώς και κατευθείαν με τον Αχελώο ποταμό για αρδεντικούς σκοπούς. Η Τριχωνίδα βρίσκεται στις εξωτερικές ισοπικές ζώνες (Aubouin, J., 1959, Fleury, J.J., 1980), στην περιοχή της Ακαρνανίας με έντονη νεοτεκτονική δραστηριότητα (British Petroleum, 1971, Underhill, 1985, Doutsos et al, 1987). Η λίμνη, είναι το

\* DATA BASE AND EROSION RISK MAP CREATION AT TRICHONIDA LAKE USING FUZZY SETS AND GIS

1. University of Athens, Department of Geology, Geography and Climatology Sector

αποτελεσμα εγκάρσιας ρηγματογενούς τεκτονικής, κατά τη διεύθυνση των ισοπικών εξωτερικών ζωνών.

Οι χείμαροι που καταλήγουν στο νότιο τμήμα της λίμνης παρουσιάζουν μικρά δέλτα στα οποία το στόμιο εκβολής εισχωρεί μέσα στη λίμνη δημιουργώντας νησίδες αδρομερών και αμμωδών υλικών. Αντίθετα στα δέλτα του νότιου τμήματος, η λίμνη εισχωρεί μέσα στο δέλτα για δεκάδες μέτρα παίρνοντας μορφή χωνοειδούς ορμίσκου. Η πλειονότητα των πηγών καρστικού χαρακτήρα εμφανίζεται στους ασβεστολίθους της περιοχής μεταξύ Παλαιόμυλου και Σιταραλών όπου είναι η μοναδική περιοχή που οι παρυφές της λίμνης παρουσιάζουν απότομο ανάγλυφο με απουσία τεταρτογενών ιζημάτων.

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η διάβρωση είναι αποτέλεσμα της επιφανειακής απορροής και πρόκειται για μια εξαιρετικά πολύπλοκη διεργασία.

Οι διαβρωσιγενείς διαδικασίες έχουν ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση του εδάφους και του διαβρωμένου υλικού. Κυριότερος παράγοντας της διάβρωσης είναι η βροχόπτωση, η επίδραση της οποίας καθορίζεται κατά κύριο λόγο από τη διάρκεια, την ένταση και τη χωρική της κατανομή. Ένας δεύτερος παράγοντας είναι η μορφολογία η οποία εκφράζεται από τη μορφολογική κλίση. Ο τρίτος παράγοντας, είναι οι φυσικές και χημικές ιδιότητες των πετρωμάτων και των επιφανειακών αποθέσεων.

Στην εργασία αυτή δημιουργήθηκε ένας χάρτης διαβρωσιμότητας, δηλαδή ταξινόμησης των λεκανών βάσει του βαθμού εκτίμησης στην επικινδυνότητα διάβρωσης. Παρόμοιες εργασίες που αφορούν στις μεθόδους εκτίμησης επικινδυνότητας διάβρωσης έχουν λάβει χώρα από τους Morgan, R.P.C., 1974, Jozefaciuk, C., Jozefaciuk, A., 1993. Παρόμοιοι χάρτες που αφορούν διαβρωσιγενείς διεργασίες ή φυσικές καταστροφές έχουν κατασκευαστεί τόσο στο παρελθόν, (Brundsen, D., et al, 1975, Carrara, A., et al, 1977, Carrara, A., et al, 1991, Marinos, P.G., et al, 1997, Alexouli- Livaditi, A. & Livaditis, G., 1997), όσο και πρόσφατα, με τη χρήση ειδικών συντελεστών και ασαφών συνόλων (Binagly, E., et al, 1998, Γκουρνέλλος, Θ., κ.ά, 1999) ή δικτύων πιθανοτήτων (Stassopoulou, A., et al, 1998).

Κατά τη διάρκεια της εργασίας αυτής, με σκοπό τη δημιουργία ενός χάρτη επιφανειακών αποθέσεων διάβρωσης έλαβαν χώρα μία σειρά από διαφορετικές εργασίες, όπως είναι η εργασία υπαίθρου, η ερμηνεία αεροφωτογραφιών, η ανάλυση γεωλογικών, τοπογραφικών και υδρογραφικών χαρακτηριστικών, ο καθορισμός των παραμέτρων εισόδου και εξόδου και η θέσπιση λογικών κανόνων ανάμεσα στις παραμέτρους εισόδου και εξόδου (Σχ. 1).

## ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ:

Οι βασικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στην περιοχή της Τριχωνίδας ήταν:

- *Η τρωτότητα των πετρωμάτων, που εξαρτάται από τη λιθολογία και τη διαπερατότητα των πετρωμάτων.*

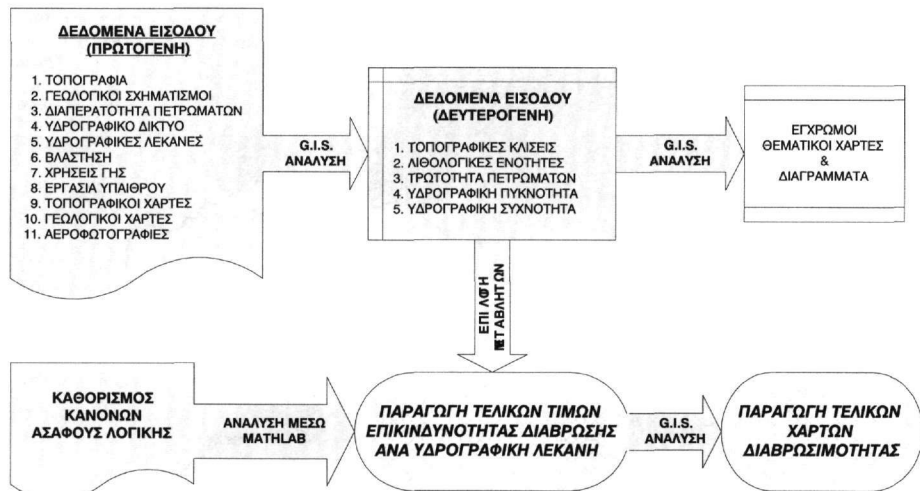
Η παράμετρος της τρωτότητας των πετρωμάτων είναι εξαιρετικά πολύπλοκη, δεδομένου ότι εξαρτάται α) από τη φυσική και χημική σύσταση του πετρώματος, β) την ύπαρξη μεγάλων τεκτονικών δομών όπως είναι οι πτυχές και τα ρήγματα και μικρών όπως η στρώση, η σχιστότητα και οι ρωγμές, γ) τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα, και δ) τους προστατευτικούς μηχανισμούς.

Η λιθολογία καθορίζει τη σκληρότητα του πετρώματος και την αντίστασή του στη διάβρωση. Πρόκειται για μεταβλητή που είναι δύσκολο να υπολογιστεί άμεσα. Η μορφή και το μέγεθος των κόκκων καθορίζουν τη διαπερατότητα του πετρώματος. Η μεταβλητή αυτή ελέγχει την ποσότητα της επιφανειακής απορροής. Η διαπερατότητα μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες τιμών: πολύ χαμηλή ( $10^{-12} - 10^{-8}$  m/s), χαμηλή έως μέση ( $10^{-8} - 10^{-5}$  m/s) και υψηλή ( $10^{-5} - 10^{-2}$  m/s) (Bolton, 1979).

Όσον αφορά στους λιθολογικούς σχηματισμούς που απαντούν στην περιοχή μελέτης, ο φλύσχης θεωρείται ως πολύ χαμηλής διαπερατότητας, ενώ οι ασβεστόλιθοι και τα επιφανειακά πετρώματα ως διαπερατοί σχηματισμοί. Τέλος, η ύπαρξη βλάστησης δρα ως προστατευτικός μηχανισμός κατά τη διάρκεια των διεργασιών διάβρωσης.

### *Η μορφολογική κλίση*

Οι μορφολογικές κλίσεις, παράγοντας που ελέγχει σημαντικά τις διαβρωτικές διεργασίες κάθε υδρογραφικής λεκάνης, είναι η δεύτερη μεταβλητή που επεξεργαστήκαμε. Εκτός από την τιμή της κλίσης, σημαντικοί παράγοντες για τη διάβρωση, είναι επίσης η μορφή της (κυρτή ή κοίλη), ο προσανατολισμός της και το μήκος



**Σχ. 1: Διάγραμμα ροής των σταδίων εργασίας παραγωγής χαρτών διαβρωσιμότητας.  
Flow diagram of erodibility map development.**

της. Είναι προφανές ότι η τιμή της κλίσης είναι καθοριστικός παράγοντας για την ένταση της διάβρωσης.

- **Η υδρογραφική πυκνότητα και συχνότητα**

Η επόμενη ομάδα μεταβλητών εισόδου είναι η υδρογραφική πυκνότητα και συχνότητα. Η υδρογραφική πυκνότητα είναι στενά συνδεδεμένη με την ποσότητα απορροής του νερού και την ικανότητα κατείσδυσης του υποβάθρου. Σε γενικές γραμμές η υδρογραφική πυκνότητα είναι μεγάλη σε λεκάνες που αποτελούνται από ευπαθή αδιαπέρατα πετρώματα και χαμηλή σε λεκάνες που αποτελούνται από ανθεκτικά και διαπερατά πετρώματα.

- **Οι χρήσεις γης και η βλάστηση της ευρύτερης περιοχής**

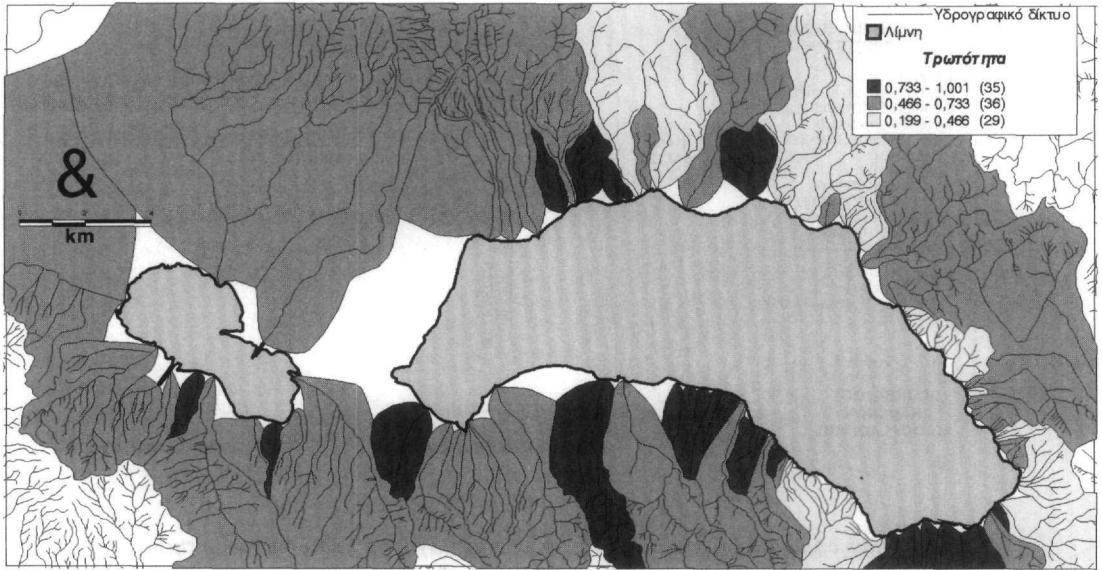
Τέλος, μελετήθηκαν οι χρήσεις γης και γενικότερα η κατανομή της βλάστησης στην ευρύτερη περιοχή παράμετροι που παίζουν σημαντικό ρόλο για την προστασία των λιθολογικών σχηματισμών από την διάβρωση των όμβριων κυρίως νερών.

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Οι παραπάνω μεταβλητές υπολογίστηκαν για κάθε υπολεκάνη της υπό μελέτη περιοχής, διότι η υδρογραφική λεκάνη είναι η μικρότερη αυτόνομη ενότητα στην οποία συλλέγεται και εκφορτίζεται το νερό. Έτσι σε κάθε υπολεκάνη αντιστοιχεί μία πεντάδα μεταβλητών, η οποία χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή διαφορετικών θεματικών χαρτών (Σχ. 2, 3, 4).

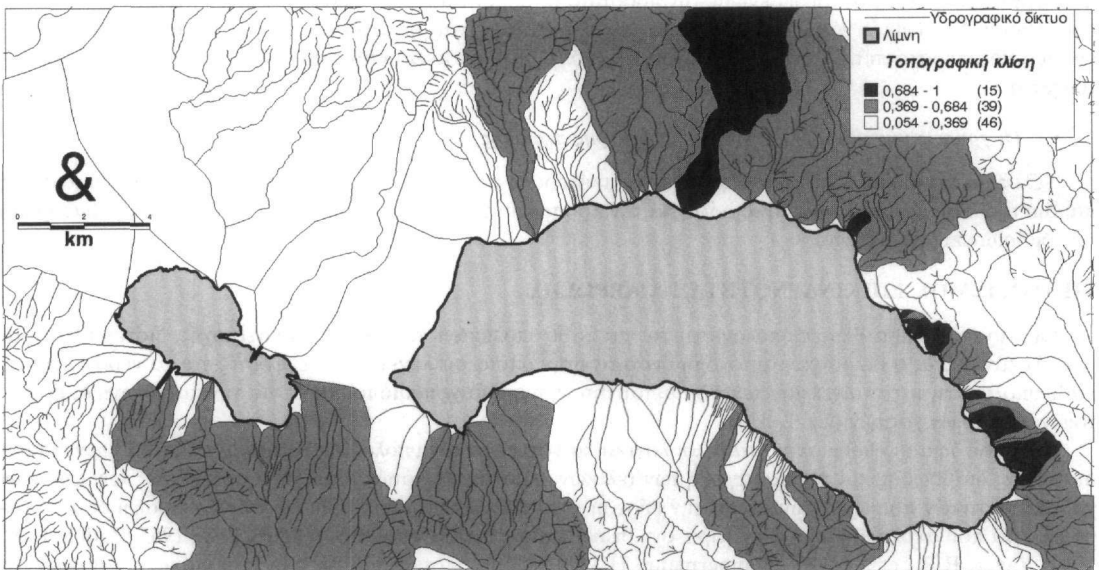
Κατόπιν, δημιουργήθηκαν κατάλληλοι λογικοί κανόνες για τον υπολογισμό διαφορετικών βαθμών επικινδυνότητας διάβρωσης και την παραγωγή των τελικών θεματικών χαρτών. Επειδή οι μεταβλητές των φυσικών χαρακτηριστικών που εξετάζονται για την εύρεση της επικινδυνότητας διάβρωσης, έχουν ασαφή όρια, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίστηκε στη θεωρία των ασαφών συνόλων (Zadeh, L.A., 1965, Zadeh, L.A., 1987, Yager, R.R., et al, 1987, Zimmermann, H.J., 1991), με αποτέλεσμα όλες οι παραπάνω μεταβλητές να χαρακτηρίζονται από τιμές ασαφών συνόλων (Σχ.1). Στην περίπτωση της Τριχωνίδας χρησιμοποιήθηκαν απλές τριγωνικές συναρτήσεις.

Στην παρούσα μελέτη η τρωτότητα των πετρωμάτων ταξινομήθηκε σε τρεις κατηγορίες: “χαμηλή”, “μέση” και “υψηλή” που αντιστοιχούν σε διαφορετικούς βαθμούς διάβρωσης των πετρωμάτων. Οι τιμές τρωτότητας κάθε σχηματισμού βασίζονται σε εμπειρικά και θεωρητικά δεδομένα (Kuenen, P. H., 1956, Bolton, M., 1979, Selby, M.J., 1987). Η ίδια ταξινόμηση χρησιμοποιήθηκε για την κλίση του αναγλύφου, την υδρογραφική πυκνότητα, την υδρογραφική συχνότητα και τις παραμέτρους χρήσης γης και βλάστησης. Τελικά, η μεταβλητή εξόδου, δηλαδή η επικινδυνότητα διάβρωσης, περιγράφηκε επίσης από τις κατηγορίες «Χαμηλή», «Μέση» και



**Σχ. 2: Κατανομή της Τρωτότητας των πετρωμάτων των λεκανών της λίμνης Τριχωνίδας  
Trichonida's Drainage basin distribution, according to rocks Vulnerability factor.**

«Υψηλή». Με σκοπό την ομογενοποίηση των επιπέδων πληροφορίας, τα αρχικά δεδομένα κανονικοποιήθηκαν διααιρώντας τα με τη μέγιστη τιμή τους.

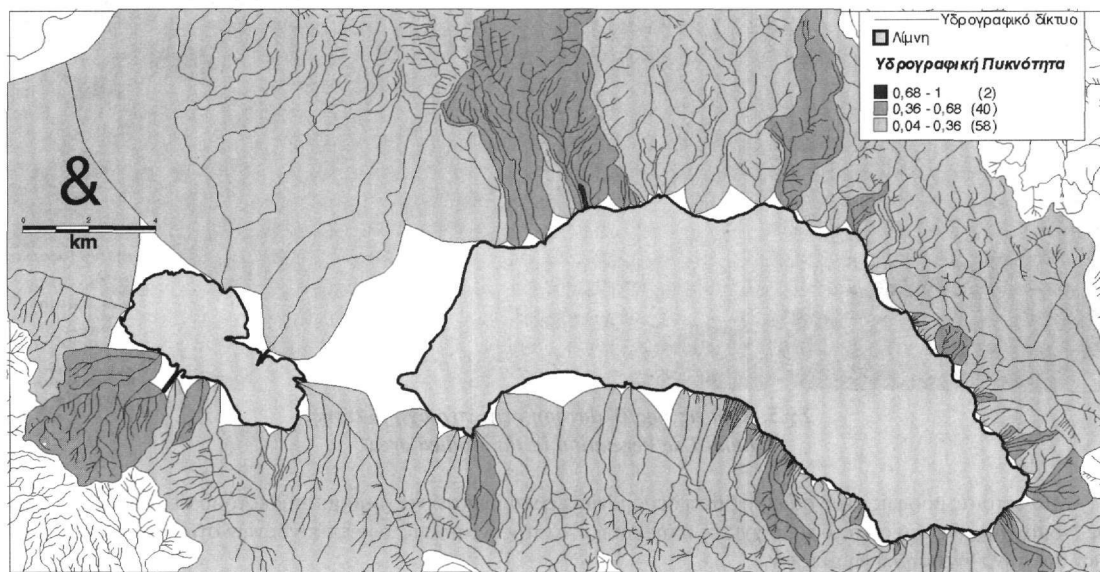


**Σχ. 3: Κατανομή των λεκανών της Τριχωνίδας βάσει της τοπογραφικής κλίσης.  
Trichonida's Drainage basin distribution, according to the inclination factor.**

Οι παραπάνω μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία ενός ασαφούς μοντέλου. Η διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε στη μελέτη αυτή, είναι γνωστή ως Mamdani μέθοδος (Mamdani, E., Assilian, 1975) και χαρακτηρίζεται από ασαφείς τιμές εξόδου. Το τελικό βήμα ήταν η μετατροπή των ασαφών τιμών σε σαφείς, λειτουργία γνωστή ως defuzzification, χρησιμοποιώντας την τεχνική "centroide".

Για τη δημιουργία του χάρτη επικινδυνότητας διάβρωσης της περιοχής της Τριχωνίδας χρησιμοποιήθηκαν τα ψηφιακά αρχεία που αφορούν στα γεωλογικά, τοπογραφικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά της περιο-

χής. Οι ασυνέχειες που παρουσιάζουν οι ασβεστόλιθοι (διακλάσεις, στρώσεις κτλ), αυξάνουν τη διαπερατότητα τους και κατά συνέπεια μειώνουν την επιφανειακή τους απορροφή. Στο φλύσχη η ύπαρξη στρώσης, σε συνδυασμό με το σύστημα των διακλάσεων, επηρεάζει την αποσύνθεση του πετρώματος σε παράλληλα τμήματα και διευκολύνει τη διάβρωση.



**Σχ. 4: Κατανομή των λεκανών της Τριχωνίδας βάσει της υδρογραφικής πυκνότητας.**  
*Trichonida's Drainage basin distribution, according to the drainage density factor*

Η πρώτη μεταβλητή εισόδου που χρησιμοποιήθηκε είναι η τρωτότητα των πετρωμάτων για την οποία χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα βαθμονόμησης από 0 έως 1. Δηλαδή η τιμή μηδέν της τρωτότητας αντιστοιχεί σε μη επιδεκτικά στη διάβρωση πετρώματα και η τιμή 1 αντιστοιχεί σε εξαιρετικά επιδεκτικά στη διάβρωση πετρώματα. Η τρωτότητα των lithολογικών σχηματισμών κατηγοριοποιήθηκε όπως προαναφέρθηκε σε τρεις ομάδες: “χαμηλή” (0-0,5), “μέση” (0,25-0,75) και “υψηλή” (0,5-1) και αντιπροσωπεύεται από τους ασβεστόλιθους, τους σχιστόλιθους και τον φλύσχη, και τέλος τις πρόσφατες αποθέσεις. Η δεύτερη μεταβλητή εισόδου, δηλαδή οι τοπογραφικές κλίσεις, χωρίστηκαν επίσης σε τρεις κατηγορίες κανονικοποιημένων τιμών: χαμηλή (0-0,5), μέση (0,25-0,75) και υψηλή (0,5-1). Η τρίτη μεταβλητή εισόδου, η υδρογραφική πυκνότητα, κατηγοριοποιήθηκε με τον ίδιο τρόπο: χαμηλή (0-0,5), μέση (0,25-0,75) και υψηλή (0,5-1). Η τέταρτη μεταβλητή που αφορά στην υδρογραφική συχνότητα είχε φάσμα τιμών ίσων με αυτό της υδρογραφικής πυκνότητας. Τέλος, η πέμπτη μεταβλητή αφορά στην ύπαρξη βλάστησης και στις χρήσεις γης (Σχ.6). Ο υπολογισμός των τιμών των μεταβλητών εισόδου έγινε αυτόματα από αλγόριθμους που γράφτηκαν σε περιβάλλον MapInfo (MapInfo, 1999, MapBasic, 1999).

Στο επόμενο βήμα καθορίστηκαν οι κανόνες ασαφούς λογικής, για τη μετατροπή των μεταβλητών εισόδου από διακριτές σε ασαφείς. Η μεταβλητή εξόδου ήταν ο δείκτης επικινδυνότητας της διάβρωσης και υπολογίστηκε χωριστά για κάθε υδρογραφική λεκάνη της περιοχής μελέτης. Οι ασαφείς κανόνες που χρησιμοποιήθηκαν για τη μετατροπή των δεδομένων εισόδου σε μεταβλητές εξόδου. Η εφαρμογή των κανόνων αυτών έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού Mat-Lab (Matlab, 1999). Το τελικό βήμα ήταν η εκτίμηση της μεταβλητής εξόδου, δηλαδή του δείκτη επικινδυνότητας διάβρωσης, και η δημιουργία του αντίστοιχου θεματικού χάρτη.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

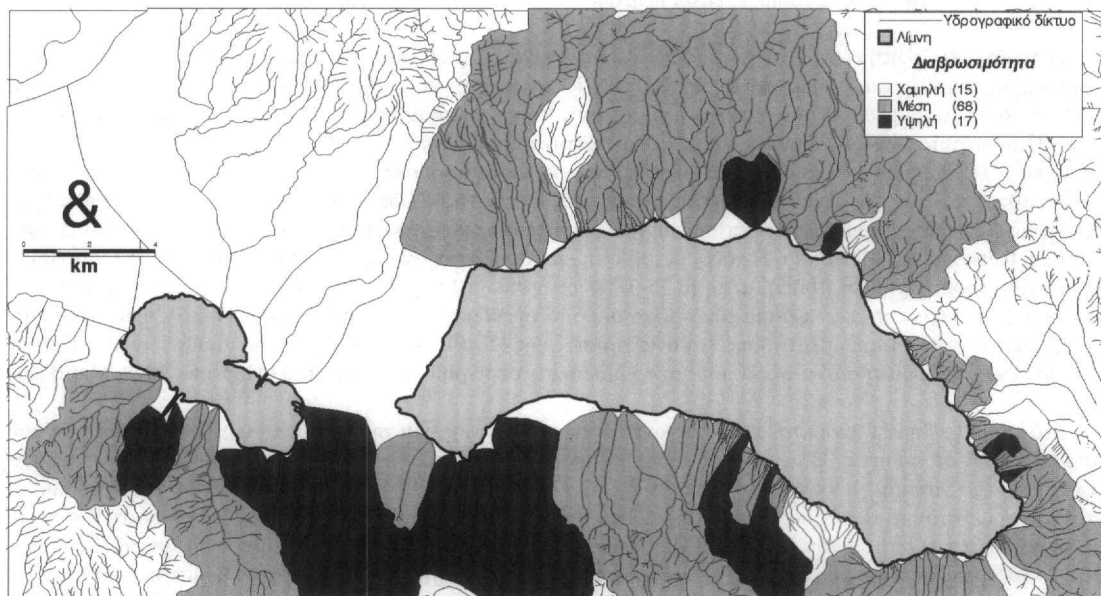
Στην εργασία αυτή, αναπτύχθηκε μία ευρεία γεωγραφική βάση δεδομένων που αφορούν στη γεωλογία, τη γεωμορφολογία και το περιβάλλον. Στη συνέχεια, με την εφαρμογή κανόνων ασαφούς λογικής σε περιβάλλον G.I.S., δημιουργήθηκε ο χάρτης διαβρωσιμότητας για την περί τη λίμνη περιοχή (Σχ.6). Από το χάρτη αυτό, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τόσο στο βόρειο και ανατολικό τμήμα, όσο και στο νότιο τμήμα, συναντώνται υδρογραφικές λεκάνες με υψηλό βαθμό επικινδυνότητας στη διάβρωση. Στο υπόλοιπο μεγαλύτερο τμήμα της υπό μελέτη περιοχής, υπάρχουν υδρογραφικές λεκάνες μέσου βαθμού επικινδυνότητας στη διάβρωση.



**Σχ.5: Χρήσεις Γης/Βλάστηση στην περιοχή μελέτης.  
Land Use/Vegetation in the studied area.**

Μία τέτοια μορφή γεωγραφική βάση δεδομένων, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί τόσο σε τοπικό, όσο και σε Νομαρχιακό επίπεδο από τις τεχνικές υπηρεσίες, για τον εντοπισμό των επικινδύνων στη διάβρωση περιοχών και την έγκαιρη λήψη μέτρων.

Η δημιουργηθείσα γεωγραφική βάση δεδομένων, είναι δυνατό να ενημερώνεται συνεχώς, μεταβάλλοντας



έτσι αυτόματα τους τελικούς χάρτες επικινδυνότητας διάβρωσης.

**Σχ. 6: Κατανομή της Διαβρωσιμότητας στις υδρογραφικές λεκάνες της λίμνης Τριχωνίδας.  
Trichonida's Drainage basin distribution according to the Erodibility factor.**

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ALEXOULI-LIVADITI, A., LIVADITIS, G., 1997, Investigation and delineation of areas where erosion and mass wasting may occur at Tinos Island, Greece, *Engineering Geology and the Environment*, Marinou, Koukis, Tsiambaos & Stournaras (eds), p.p. 25-
- AUBOUIN, J., 1959, Contribution a l'etude geologique de la Grece septentrionale les confins de l'Epire et de la Thessalie, *Annuaire Geologique des Pays Hellenique*, v. 10. p. p. 1-525.
- BINAGHI, E., LUZI, L., MADELLA, P., PERGALANI, F. AND RAMPINI, A.: 1998, Slope Instability Zonation: a Comparison between Certainty Factor and Fuzzy Dempster-Shafer Approaches, *Natural Hazards*, 17, p.p. 77-97.
- BOLTON, M.: 1979, *A Guide to soil mechanics*, McMillan, London.
- BRIGGS D. AND GIORDANO, A.: 1992, CORINE soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Community. *Commission of the European Communities Publication* EUR 13233 EN.
- BRITISH PETROLEUM CO. LTD., 1971, The geological results of petroleum exploration in western Greece, Athens, Greece, *Institute for Geological and Subsurface Research, Report No. 10*.
- BRUNDSSEN, D., DOORNKAMP, J.C., FOOKES, P.G., JONES, D.K.C. AND KELLY, J.M.H.: 1975, Large scale geomorphological mapping and highway engineering design, *Quart. J. Eng. Geol.*, 8, 227-253.
- CARRARA, A., CARDINALI, M., DETTI, R., GUZZETTI, F., PASQUI, V. AND REICHENBACH, P.: 1991, Gis techniques and statistical models in evaluating landslide hazard, *Earth Surface Processes and Landforms*, 16 (5), p.p. 427-455.
- CARRARA, A., PUGLIESE GARRATELLI, E. MERENDA, L.: 1977, Computer based data bank and statistical analysis of slope stability phenomena, *Zeitschrift fur Geomorphologie*, N.F., 21 (2), p.p. 187-222.
- DOUTSOS, T., KONTOPOULOS, N., FRYDAS, D., 1987, Neotectonic evolution of northwestern continental Greece: *logische Rundschau*, v. 76, p.p. 433-452.
- FLEURY, J.J., 1980, Les zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonus (Greece occidentale et Peloponese du nord): Evolution d'une plate-forme et d'un bassin dans leur cadre alpin: Special Publication de Societe Geologique du Nord, No4.
- FOURNIER, F.: 1960, Climat et erosion: la relation entre l' erosion du sol par l' eau et les precipitations atmospheriques, *Presses Universitaires de France*, Paris.
- HORTON, R.E.: 1945, Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology, *Bull. Geol. Soc. Am.*, 56, 275-370.
- JENSEN, J.M. AND PAINTER, R.B.: 1974, Predicting sediment yield from climate and topography, *J. Hydrol.*, v.21, p.p. 371-380.
- JOZEFACIUK C. JOZEFACIUK A.: 1993, Gullies net density as a factor of water system deformation in Vistula River basin. In K Banasik and A Zbikowski (eds), *Runoff and sediment yield modelling*. Warsaw, Warsaw Agricultural University Press: 169-74.
- KIRKBY, M.J.: 1969, Infiltration, throughflow and overland flow, in Chorley, R.J. (ed.), *Water, Earth and Man*, Methuen, London, Ch. 5.1, p.p. 215-227.
- KUENEN, P. H.: 1956, Rolling by current (Pt) 2 of Experimental abrasion of pebbles *Jour. Geol.* V. 64, pp. 336-368.
- LEOPOLD, L.B., WOLMAN, M.G. AND MILLET, J.P.: 1964, *Fluvial processes in Geomorphology*, W.H. Fraeman and Company, San Francisco.
- MAMDANI, E.H. AND ASSILIAN, S.: 1975, An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller, *International Journal of Man-Machine Studies*, Vol. 7, No1, p.p. 1-13.
- MAPBASIC, 1999, *MapInfo Corporation*, Troy, New York.
- MAPINFO PROFESSIONAL, 1999, *MapInfo Corporation*, Troy, New York.
- MARINOS, P.G., PLESSAS, S.P. AND VALADAKI-PLESSA, K.: 1997, Erosion risk maps for the greater Athens region and a G.I.S. based processing of data, *Engineering and the Environment*, Balkema, Rotterdam, p.p.1353-
- MATLAB, 1999, *The Math works Inc*.
- MORGAN R. P. C.: 1974, Estimating regional variations in Peninsular Malaysia. *Malayan Nature Journal* 28: 94-106.
- SELBY, M.J.: 1987, Rock slopes. In Anderson, M.G., and Richards, K.S., (eds), *Slope Stability*, Wiley, Chichester, 475-504.
- SPARKS, B.W., 1965, *Geomorphology*, Longmans ed., p. 371.

- STASSOPOULOU, A., PETROU, M. AND KITTLER, J.: 1998, Application of a Bayesian network in a GIS based decision making system, *Int. J. Geographical Information Science*, Vol. 12, No. 1, p.p. 23-45.
- STOCKING M.A., ELWELL H. A.: 1973, Soil erosion hazard in Rhodesia. *Rhodesian Agricultural Journal* 70: 93-101.
- UNDERHILL, J.R., 1985, Neogene and Quaternary tectonics and sedimentation in western Greece, *PhD thesis*, Cardiff, Wales, University College, University of Wales.
- YAGER, R.R., OVCHINNIKOV, S., TONG, R.M. AND NGUYEN, H.T.: 1987, Fuzzy Sets and Applications, *selected papers by L.A. Zadeh*, Wiley, New York.
- ZADEH, L.A.: 1965, Fuzzy sets, *Information and Control*, 8, p.p. 338-353.
- ZADEH, L.A.: 1987, The concept of linguistic variable and its application to approximate reasoning, R.R. Yager, S. Ovchinnikov, R.M. Tong, H.T. Nguyen (eds), *Fuzzy Sets and Applications*, Wiley, New York, p.p.293-329.
- ZIMMERMANN, H.J.: 1991, Fuzzy Set Theory and Its Application, 2nd ed., MA:Kluwer Academic.
- ΓΚΟΥΡΝΕΛΛΟΣ, Θ., ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΣ, Α., ΕΥΕΛΠΙΔΟΥ, Ν., 1999, Μελέτη της διαβρωσιμότητας του αναγλύφου σε περιβάλλον Γ.Σ.Π. με τη χρήση κανόνων ασαφούς λογικής, Πρακτικά 1ου Πανελληνίου συνεδρίου 'Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Δυνατότητες & Εφαρμογές, Προοπτικές & Προκλήσεις', CD-Rom.