

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΤΗ ΝΗΣΟ ΝΑΞΟ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ¹

ΣΑΜΠΩ, Β.,² ΕΥΕΛΠΙΔΟΥ, Ν.³, ΓΚΟΥΡΝΕΛΟΣ, Θ.², ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΣ, Α.³

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Νάξος είναι το μεγαλύτερο νησί των Κυκλάδων με έκταση 430Km². Το ανάγλυφο του νησιού είναι ορεινό με μία κεντρική οροσειρά να το διασχίζει από το βόρειο έως το νότιο άκρο του.

Η γεωλογία της νήσου Νάξου χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη μιας μιγματιτικής διείδυσης, μεταμορφωμένων πετρωμάτων (σχιστόλιθοι, γνεύσιοι, μάρμαρα) και ιζηματογενών πετρωμάτων (Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις).

Η διάβρωση είναι μία πολύπλοκη διαδικασία και λαμβάνει χώρα μετά τη δημιουργία αποσαθρωμένου επιφανειακού υλικού.

Σε αυτή την εργασία χρησιμοποιώντας την τεχνολογία των ΓΣΠ υπολογίστηκε η επικινδυνότητα διάβρωσης της Νάξου σε κυψελίδες μεγέθους 500x500m και δημιουργήθηκε ο αντίστοιχος χάρτης. Για αυτό το σκοπό ψηφιοποιήθηκαν οι χάρτες και δεδομένα υπαίθρου που αφορούν στην Γεωλογία, στην Τοπογραφία και στην Γεωμορφολογία της περιοχής. Στη συνέχεια ο μετασχηματισμός των δεδομένων εισόδου στον τελικό θεματικό χάρτη έγινε με τη χρησιμοποίηση κανόνων ασαφούς λογικής (fuzzy logic) γεγονός που κρίθηκε αναγκαίο λόγω της φύσης των μελετηθέντων μεταβλητών.

Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής συγκρίθηκαν με αυτά που προέκυψαν από προγενέστερη παρόμοια εργασία, με σκοπό τον έλεγχο των αποτελεσμάτων και τον εντοπισμό του βέλτιστου τρόπου υπολογισμού της παραμέτρου αυτής.

ABSTRACT

Naxos is the largest island (430km²) of Cyclades complex. The relief of the island is mountainous, with a central mountain chain crossing it from the north to the south.

The geology of Naxos is characterized by a migmatite irruption, metamorphic rocks (schist, gneiss, marble), and sedimentary rocks (Neogenic and Quaternary deposits).

Erosion is a complex procedure, which takes place after the forming of weathered surface material.

In this study, an erosion risk map was created, with the use of GIS technology. For this purpose, the maps and fieldwork data concerning the geology of the island, as well as the topography and the geomorphology (of the area) were imported into the GIS. Subsequently, the input data of the final thematic map were modified with the use of fuzzy logic rules, which was considered to be necessary because of the nature of the studied variables.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Επικινδυνότητα διάβρωσης, Νάξος, GIS, Fuzzy sets

KEY WORDS: Erosion risk, Naxos, GIS, Fuzzy sets

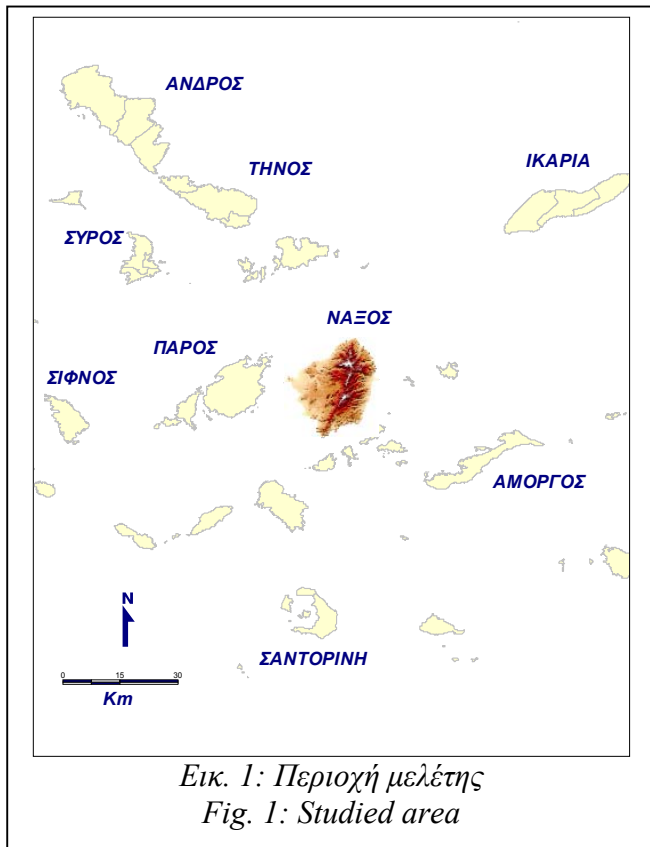
1:EROSION RISK IN NAXOS WITH THE USE OF GIS

2:Αν. Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Φ. Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, Παν/πολη, Ζωγράφου, 157-84, Αθήνα.

3:Δρ. Γεωλόγος, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Φ. Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, Παν/πολη, Ζωγράφου, 157-84, Αθήνα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πρόκειται για το μεγαλύτερο νησί των νότιων Κυκλάδων, ενώ συγχρόνως κατέχει κεντρική θέση στο Αιγαίο (Εικ. 1), βρίσκεται ανατολικά και σε μικρή απόσταση από την Πάρο, νότια - νοτιοανατολικά της βρίσκονται τα νησιά Ηράκλεια, Σχοινούσα, Κουφονήσι, Κάτω Κουφονήσι, Κέρος και Άνω και Κάτω Αντικέρι, ενώ ανατολικά της



βρίσκονται οι νησίδες Μάκαρες, Αγία Παρασκευή, Στρογγύλη και Δονούσα. Πρωτεύουσά της είναι η κωμόπολη Νάξος.

Με τη γεωλογία της νήσου Νάξου ασχολήθηκαν πολλοί ερευνητές όπως είναι οι : Philippson (1898, 1901), Papavassiliou (1909), Negris (1914), Negris & Boussac (1914), Renz (1910), Oekonomides (1935), Trikkalinos (1950), Papastamatiou (1951), Marks & Schuiling (1965), Schuiling (1973), Roesler (1969, 1972), Jansen (1973), Sabot (1978), Durr, S. & Flugel, E. (1978), Bonneau, M., et al, (1978), Ευελπίδου (2001) κ.ά.

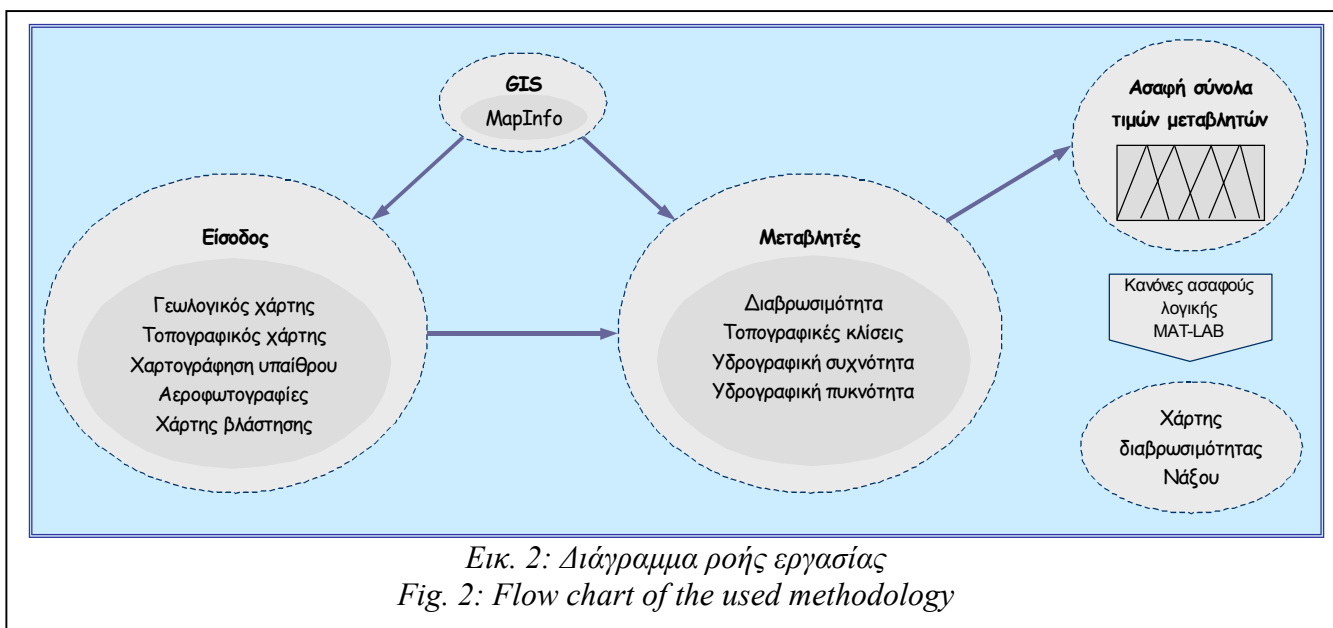
Οι λιθολογικοί σχηματισμοί που απαντούν στη νήσο Νάξο είναι: Μάρμαρα - Σχιστόλιθοι, Γρανοδιορίτης, Μιγματίτης, Τεταρτογενείς και Νεογενείς αποθέσεις. Οι σχηματισμοί μάρμαρα και σχιστόλιθοι, εμφανίζονται πολύ συχνά σε εναλλαγές στη νήσο, ενώ ως σύνολο καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση.

Στην εργασία αυτή μελετάται η επικινδυνότητα διάβρωσης της νήσου η οποία εμφανίζει έντονα προβλήματα διάβρωσης και απόπλυσης του εδάφους, τα οποία οφείλονται κυρίως στη μεγάλη ραγδαιότητα των βροχοπτώσεων.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για τη δημιουργία χάρτη επικινδυνότητας διάβρωσης, ακολουθήθηκε μία σειρά από διαφορετικά στάδια (Εικ. 2), όπως είναι η στερεοσκοπική παρατήρηση των αεροφωτογραφιών, η ανάλυση των γεωλογικών, των τοπογραφικών και των υδρογραφικών χαρακτηριστικών, η εργασία υπαίθρου, ο καθορισμός των παραμέτρων εισόδου και εξόδου, η θέσπιση λογικών κανόνων ανάμεσα στις παραμέτρους εισόδου και εξόδου και τέλος, η ανάλυση και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Σε όλα τα στάδια της μελέτης, χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία των GIS για την εισαγωγή παραμέτρων που αφορούσαν α) στην τρωτότητα των πετρωμάτων, η οποία εξαρτάται κυρίως από τους ακόλουθους παράγοντες: τη φυσική και χημική σύσταση του πετρώματος (Sparks, B.W., 1965), την ύπαρξη ασυνεχειών (μικρής ή μεγάλης κλιμακας), τα λιθολογικά χαρακτηριστικά του (που με τη σειρά τους συνδέονται με τη σκληρότητα του πετρώματος και την αντίστασή του στη διάβρωση) (Kuenen, P.H., 1956, Selby, M.J., 1987, Jensen, J.M., & Painter, R.B., 1974), την υδροπερατότητά τους (Bolton, M., 1979), την ικανότητα κατείσδυσης β) στην μορφολογική κλίση (Schumm, S.A., 1977), και γ) στην υδρογραφική πυκνότητα (Horton, R.E., 1945, Strahler, A.N., 1957, Schumm, S.A., 1977).



Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ένας κανάβος για τη νήσο Νάξο με διαστάσεις κυψελίδων 500x500m, με εξαίρεση αυτές που εφάπτονται στην ακτογραμμή, οι διαστάσεις των οποίων καθορίζονται από το σχήμα αυτής.

Οι μεταβλητές που αναφέρθηκαν, υπολογίστηκαν για κάθε στοιχειώδη κυψελίδα του κανάβου που δημιουργήθηκε για τη Νάξο, δηλαδή σε κάθε κυψελίδα αντιστοιχεί μία τριάδα μεταβλητών (τρωτότητα, μορφολογική κλίση, υδρογραφική πυκνότητα), η οποία χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή διαφορετικών θεματικών χαρτών. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν κατάλληλοι λογικοί κανόνες (Πίνακας 1) 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, χαρακτηρίζονται από μη σαφή όρια και όχι απόλυτη ακρίβεια των τιμών τους, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίστηκε στη θεωρία των ασαφών συνόλων (Zadeh, L.A., 1987, Klir, G.J. & Yuan, B., 1995) και χρησιμοποιήθηκαν απλές τριγωνικές συναρτήσεις (membership functions).

Η τρωτότητα των πετρωμάτων ταξινομήθηκε στις κατηγορίες "χαμηλή", "μέση" και "υψηλή" που αντιστοιχούν σε διαφορετικούς βαθμούς διάβρωσης των πετρωμάτων. Η ίδια ταξινόμηση χρησιμοποιήθηκε για την μορφολογική κλίση και την υδρογραφική πυκνότητα. Ως μεταβλητή εξόδου προέκυψε η επικινδυνότητα διάβρωσης η οποία περιγράφηκε από τις κατηγορίες "Πολύ χαμηλή", "Χαμηλή", "Μέση" και "Υψηλή".

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, S., 1975) και έχει εφαρμοστεί ξανά στη νήσο Νάξο σε επίπεδο υδρογραφικών λεκανών (Ευελπίδου, Ν., 2001).

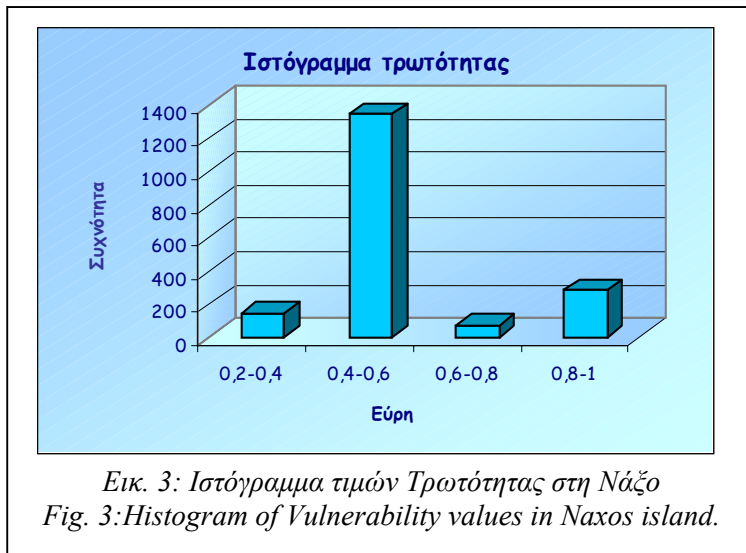
Για τη δημιουργία χάρτη επικινδυνότητας διάβρωσης στην Νάξο, χρησιμοποιήθηκαν τα ψηφιακά αρχεία που αφορούν στα γεωλογικά, τοπογραφικά και υδρογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Οι ασυνέχειες που παρουσιάζουν τα μάρμαρα (διακλάσεις, στρώσεις κτλ), αυξάνουν τη διαπερατότητά τους και κατά συνέπεια μειώνουν την επιφανειακή τους απορροή. Στους σχιστόλιθους η ύπαρξη σχιστότητας, σε συνδυασμό με το σύστημα των διακλάσεων, επηρεάζει την αποσύνθεση του πετρώματος σε παράλληλα τμήματα και διευκολύνει τη διάβρωση.

Με επεξεργασία των αρχικών δεδομένων (γεωλογικών, γεωμορφολογικών και τοπογραφικών χαρακτηριστικών) υπολογίστηκαν η τρωτότητα, η μορφολογική κλίση και η υδρογραφική πυκνότητα της κάθε κυψελίδας, και σχεδιάστηκαν οι αντίστοιχοι θεματικοί χάρτες.

Τέλος, καθορίστηκαν οι κανόνες ασαφούς λογικής, για τη μετατροπή των μεταβλητών εισόδου στην μεταβλητή εξόδου και έτσι δημιουργήθηκε ο θεματικός χάρτης που αφορά στην επικινδυνότητα διάβρωσης (Γκουρνέλος, Θ., et al, 1999, Ευελπίδου, Ν., 2001, Σαμπώ, Β., et al, 2001).

Η ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΤΗ ΝΑΞΟ

Η μεταβλητή εισόδου που αφορά στην τρωτότητα των πετρωμάτων (Εικ. 3 & 6) βαθμονομήθηκε από 0 έως 1. Τιμή μηδέν της τρωτότητας, αντιστοιχεί σε μη επιδεκτικά στη διάβρωση πετρώματα και η τιμή 1 αντιστοιχεί σε εξαιρετικά επιδεκτικά στη διάβρωση πετρώματα. Για τη δημιουργία του ιστογράμματος της εικόνας 3 χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της τρωτότητας για την κάθε κυψελίδα που δημιουργήθηκε για τη Νάξο. Τα επιμέρους δεδομένα που χρειάστηκαν για τον υπολογισμό της τρωτότητας προήλθαν κυρίως από γεωλογικούς χάρτες κλίμακας 1:50.000 και εργασία υπαίθρου. Οι επιμέρους λιθολογικοί σχηματισμοί ομαδοποιήθηκαν ως 'χαμηλής', 'μέσης' και 'υψηλής' τρωτότητας, με αντίστοιχα επικαλυπτόμενα εύρη τιμών (0-0,5), (0,25-0,75) και (0,5-1). Οι παραπάνω τιμές αντιπροσωπεύονται από τον μιγματίτη, τα μάρμαρα, τους σχιστόλιθους, τον γρανοδιορίτη, τα νεογενή, τα κορήματα/ριπίδια και τα αλλούβια.

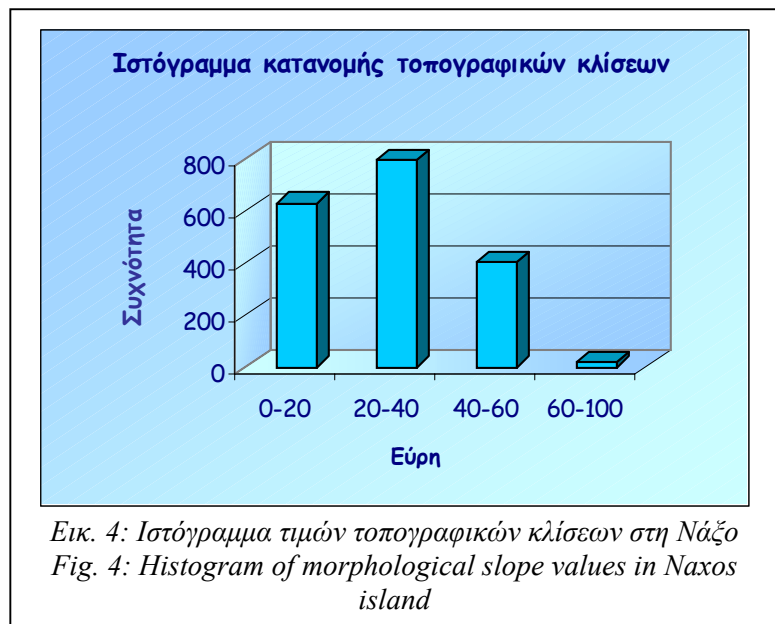


Εικ. 3: Ιστόγραμμα τιμών Τρωτότητας στη Νάξο
Fig. 3: Histogram of Vulnerability values in Naxos island.

Η μεταβλητή εισόδου που αφορά στις μορφολογικές κλίσεις (Εικ. 4 & 7), χωρίστηκε επίσης σε τρεις κατηγορίες κανονικοποιημένων επικαλυπτόμενων ευρών τιμών: χαμηλή (0-0,5), μέση (0,25-0,75) και υψηλή (0,5-1). Στο ιστόγραμμα της εικόνας 4, παρουσιάζεται η κατανομή των τιμών μορφολογικής κλίσης στη νήσο Νάξο. Οι τιμές που παρίστανται στο ιστόγραμμα προέρχονται από το GIS αρχείο με τις τιμές των μορφολογικών κλίσεων για κάθε στοιχειώδη κυψελίδα του κανάβου. Για τον υπολογισμό των μορφολογικών κλίσεων της Νάξου χρησιμοποιήθηκαν οι ψηφιοποιημένες ισοψείς καμπύλες ισοδιάστασης 50m (προέλευση: χάρτες ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000, φύλλα: Φιλότιον, Νάξος, Σχινούσα και Δυτική Ηρακλεία)

Τέλος, η μεταβλητή εισόδου που αφορά στην υδρογραφική πυκνότητα (Εικ. 5 & 8) χωρίστηκε επίσης σε τρία κανονικοποιημένα εύρη επικαλυπτόμενων τιμών: χαμηλή (0-0,5), μέση (0,25-0,75) και υψηλή (0,5-1). Για τον υπολογισμό της υδρογραφικής πυκνότητας χρησιμοποιήθηκαν ως πρωτογενή δεδομένα το ψηφιοποιημένο υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής που προήλθε από χάρτες της ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000.

Ο υπολογισμός των τιμών των μεταβλητών εισόδου, έγινε αυτόματα από το GIS με τη χρήση αλγορίθμων που αναπτύχθηκαν σε περιβάλλον MapBasic. Η εφαρμογή των λογικών κανόνων που αναπτύχθηκαν (Πίνακας 1) έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού Mat-Lab. Το τελικό βήμα ήταν η εκτίμηση του δείκτη επικινδυνότητας διάβρωσης και η δημιουργία του αντίστοιχου θεματικού χάρτη (Εικ. 9).

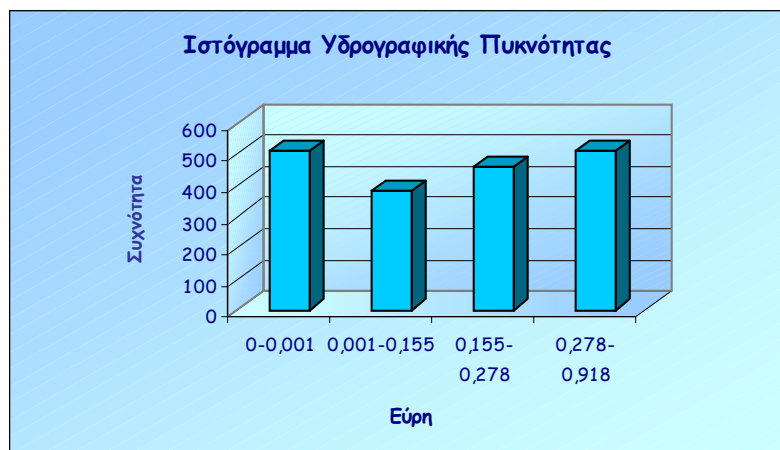


Εικ. 4: Ιστόγραμμα τιμών τοπογραφικών κλίσεων στη Νάξο
Fig. 4: Histogram of morphological slope values in Naxos island

ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για τη μελέτη της επικινδυνότητας διάβρωσης χρησιμοποιήθηκαν μία σειρά παραμέτρων, η γεωγραφική κατανομή των οποίων φαίνεται στους χάρτες των εικόνων 6,7 και 8. Σε γενικές γραμμές φαίνεται ότι τα αποτελέσματα (Εικ. 9) συμπίπτουν με αυτά που προέκυψαν από τη μελέτη της επικινδυνότητας διάβρωσης στις υδρογραφικές λεκάνες της περιοχής (Ευελπίδου, Ν., 2001) μιας και το μεγαλύτερο τμήμα της Νάξου εμφανίζει μέση επικινδυνότητα διάβρωσης, γεγονός που εξηγείται από τα λιθολογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά του νησιού.

Παρά το γεγονός ότι ένα μεγάλο τμήμα (195Km²) της Νάξου καλύπτεται από σχετικά



Εικ. 5: Ιστογράμμο τιμών Υδρογραφικής πυκνότητας στη Νάξο
Fig. 5: Histogram of Drainage density values in Naxos island

ανθεκτικά στη διάβρωση πετρώματα (μάρμαρο), η συχνή εναλλαγή τους με τους επιδεκτικούς στη διάβρωση σχιστόλιθους, έχει ως αποτέλεσμα την ταξινόμηση του μέγιστου τμήματος της περιοχής μελέτης ως μέτριου βαθμού επικίνδυνου στη διάβρωση. Τέλος, οι μικρές εμφανίσεις εδάφους σε σχιστόλιθους, οι εμφανίσεις μαργαϊκών ιζημάτων (Νεογενή), οι αποθέσεις κλιτύων και οι αλλουβιακές αποθέσεις, είναι ιδιαίτερα τρωτές στις κατά καιρούς ραγδαίες βροχοπτώσεις. Σε αυτό

συνηγεί και η έλλειψη βλάστησης που χαρακτηρίζει σε μεγάλο ποσοστό το ανάγλυφο της Νάξου.

Εκτεταμένες παρατηρήσεις υπαίθρου επιβεβαιώνουν σε μεγάλο ποσοστό, το χάρτη επικινδυνότητας διάβρωσης που δημιουργήθηκε θεωρητικά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ευρύτερη περιοχή της Απειράθου, στην οποία παρουσιάζεται έντονη διάβρωση (γεγονός που συμπίπτει τόσο με το μοντέλο που εφηρμόστηκε στις υδρογραφικές λεκάνες, όσο με αυτό των κυψελίδων), για την αντιμετώπιση της οποίας γίνονται προσπάθειες μέσω της δημιουργίας αναβαθμίδων καλλιέργειας.

Η εφαρμογή της θεωρίας των ασαφών συνόλων, στην ανάπτυξη χαρτών επικινδυνότητας διάβρωσης αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο σε πολλές περιπτώσεις. Η φύση των πρωτογενών μεταβλητών, η ανυπαρξία σαφών ορίων και η πολυπλοκότητα της αλληλοεξάρτησης των παραμέτρων, σε πολλές περιπτώσεις θέτει την προσέγγιση μέσω μεθόδων ασαφούς λογικής αναγκαία.

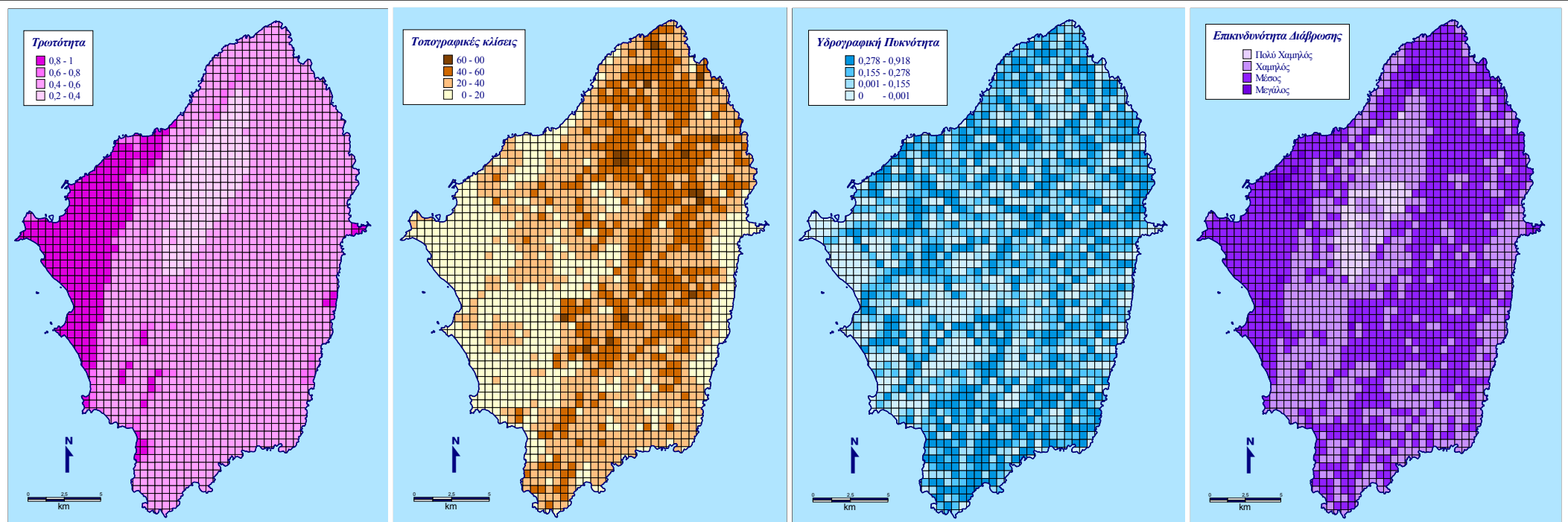
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Bolton, M.: 1979, A Guide to soil mechanics, McMillan, London.
- [2] Bonneau, M., Geyssant, J., Lepvrier, C., 1978, Tectonique alpine dans le massif d' Attique-Cyclades, Plis couches kilometriques dans l'ile de Naxos, consequences, Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn. 20/1, p.p. 109-122.
- [3] Bonneau, M., Geyssant, J., Lepvrier, C., 1978, Tectonique alpine dans le massif d' Attique-Cyclades, Plis couches kilometriques dans l'ile de Naxos, consequences, Rev. Geogr. Phys. Geol. Dyn. 20/1, p.p. 109-122.
- [4] Durr, S., Flugel, E., 1978, Obertrias - Fossilien in der Marmoren von Naxos (Ein Beitrag zur Stratigraphie des Kykladen - Kristallins), Symp.Com.Geol.Geoph.marines, Antalya.
- [5] Durr, S., Flugel, E., 1978, Obertrias - Fossilien in der Marmoren von Naxos (Ein Beitrag zur Stratigraphie des Kykladen - Kristallins), Symp.Com.Geol.Geoph.marines, Antalya.
- [6] Horton, R.E.: 1945, Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology, Bull. Geolog. Soc. Am., 56, 275-370.

- [7] Jansen, B.J.H., 1973, Geological map of Greece, Island of Naxos, Scale 1:50.000, Nat. Inst. Geol. Mining Res., Athens.
- [8] Jensen, J.M., Painter, R.B.: 1974, Predicting sediment yield from climate and topography, J. Hydrol., v.21, p.p. 371-380.
- [9] Klir, G.J. & Yuan, B.: 1995, Fuzzy Sets and Fuzzy Logic theory and applications, Prentice-Hall, New Jersey.
- [10] Kuenen, P. H.: 1956, Rolling by current (Pt) 2 of Experimental abrasion of pebbles Jour. Geol. V. 64, pp. 336-368.
- [11] 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.
- [12] Marks, P, Schuiling, R.D., 1965, Sur la presence du Permien superieur non-metamorphique a Naxos, Prakt. Akad. Athenes, Vol. 40, p.p. 96-99.
- [13] Marks, P, Schuiling, R.D., 1965, Sur la presence du Permien superieur non-metamorphique a Naxos, Prakt. Akad. Athenes, Vol. 40, p.p. 96-99.
- [14] Negris, P., 1914, Roches cristallophylliennes et tectonique de la Grece, Athenes.
- [15] Negris, P., Boussac, J., 1914, Decouverte du Miocene a Naxos (Cyclades), C.R.S.Soc. Geol. France, 4, p.p. 143-144.
- [16] Oekonomides, T.G., 1935, Beitrage zur Kenntniss des Palaogens und Neogens auf der Insel Naxos, Jahrb. Geol. Bundesanstalt, Vol. 85, p.p. 333-342.
- [17] Papastamatiou, I.N., 1951, The emery of Naxos, Geol. geophys. Research, Vol. 1:p.p. 37-69; Athens (Inst. Geol. Subsurface Research).
- [18] Papavasiliou, S., 1913, Die Scmirgellagerstätten von Naxos nebst denjenigen von Iraklia und Sikinos Zeitschr.et Deutsch, Geol. Ges. Vol. 65, p.p. 1-123.
- [19] Philippson, A., 1898, La tectonique de l'Egeide, Ann.Geogr., p.p.112-141, Paris.
- [20] Philippson, A., 1901, Beitrage zur Kenntnis der Griechischen Inselwelt, Peterm.Mitt.Erganz., Vol. 134, p.p. 1-172, Gotha.
- [21] Renz, C., 1910, Stratigraphische Untersuchungen im griechischen Mesozoikum und Palaeozoikum, Jb.geol. R.A., Wien, Vol. 60, p.p. 421-515
- [22] Roesler, G., 1969, Stratigraphie und Geologischer bau der Halbinsel Stelida (Naxos-Griechenland), Diplomarbeit, Techn.Univ.Clausthal.
- [23] ROESLER, G., 1972, Das Neogene von Naxos und den benachbarten inseln, Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges, Vol. 123, p.p. 523-525.
- [24] Sabot, V., 1978, La geomorphologie et la geologie du Quaternaire de l'ile de Naxos, Cyclades-Greece, Thesis, Brussel.
- [25] Schuiling, R.D., 1973, The Cyclades: An early stage of oceanization, Bull. Geol. Soc. Greece, X, I, p.p. 174-176.
- [26] Schumm, S.A.: 1977, The fluvial system, A Wiley-Interscience publication, p. 338
- [27] Selby, M.J.: 1987, Rock slopes. In Anderson, M.G., and Richards, K.S., (eds), Slope Stability, Wiley, Chichester, 475-504.
- [28] Sparks, B.W., 1965, Geomorphology, Longmans ed., p. 371.
- [29] Strahler, A.N., 1957, Quantitative analysis of watershed geomorphology, Amer. Geoph.Union Trans, Vol. 38, p.p.913-920.
- [30] Trikkalinos, J., 1950, Tektonischen Untersuchungen in der osthellenischen Zone, Gebiet Lokris-Euboea, Ann.Geol.Pays hellen., Vol. 6, p.p. 142-144.
- [31] 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.
- [32] Γκουρνέλος, Θ., Βασιλόπουλος, Α., Ευελπίδου, Ν., 1999, Μελέτη της διαβρωσιμότητας του αναγλύφου σε περιβάλλον Γ.Σ.Π. με τη λογική κανόνων ασαφούς λογικής, Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Δυνατότητες & Εφαρμογές, Προοπτικές & Προκλήσεις, CD-Rom.
- [33] Ευελπίδου, Ν., 2001, Γεωμορφολογική και Περιβαλλοντική μελέτη της νήσου Νάξου με τη χρήση μεθόδων Τηλεανίχνευσης και G.I.S., Διδακτορική διατριβή, Παν/μιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, σελ. 225.
- [34] Σαμπώ, Β., Γκουρνέλος, Θ., Ευελπίδου, Ν., Βασιλόπουλος, Α., 2001, Δημιουργία βάσης δεδομένων και χάρτη επικινδυνότητας διάβρωσης της περιοχής της λίμνης Τριγωνίδας χρησιμοποιώντας κανόνες ασαφούς λογικής σε περιβάλλον Γ.Σ.Π.,

Πρακτικά 9ου Διεθνούς συνεδρίου Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, τ. XXXIV, σελ. 443-450.

Πίνακας 1: Οι κυριότεροι λογικοί κανόνες που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό της επικινδυνότητας διάβρωσης											
Av	ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ	Μεγάλη	&	ΚΛΙΣΗ	Μεγάλη				Τότε	Δείκτης Διαβρωσιμότητας	Μεγάλος
Av	ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ	Μεγάλη	&	ΚΛΙΣΗ	Μέση	&	ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	Μεγάλη	Τότε	Δείκτης Διαβρωσιμότητας	Μεγάλος
Av	ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ	Μεγάλη	&	ΚΛΙΣΗ	Μέση	&	ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	Μέση	Τότε	Δείκτης Διαβρωσιμότητας	Μεγάλος
Av	ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ	Μεγάλη	&	ΚΛΙΣΗ	Μέση	&	ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ	Χαμηλή	Τότε	Δείκτης Διαβρωσιμότητας	Μέσος
Av	ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ	Μεγάλη	&	ΚΛΙΣΗ	Χαμηλή				Τότε	Δείκτης Διαβρωσιμότητας	Μέσος
Av	ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ	Μέση	&	ΚΛΙΣΗ	Μεγάλη				Τότε	Δείκτης Διαβρωσιμότητας	Μέσος
Av	ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ	Μέση	&	ΚΛΙΣΗ	Μέση				Τότε	Δείκτης Διαβρωσιμότητας	Μέσος
Av	ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ	Μέση	&	ΚΛΙΣΗ	Χαμηλή				Τότε	Δείκτης Διαβρωσιμότητας	Χαμηλός
Av	ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ	Χαμηλή	&	ΚΛΙΣΗ	Υψηλή				Τότε	Δείκτης Διαβρωσιμότητας	Χαμηλός
Av	ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ	Χαμηλή	&	ΚΛΙΣΗ	Μέση				Τότε	Δείκτης Διαβρωσιμότητας	Χαμηλός
Av	ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ	Χαμηλή	&	ΚΛΙΣΗ	Χαμηλή				Τότε	Δείκτης Διαβρωσιμότητας	Πολύ Χαμηλός



Εικ. 6, 7, 8 & 9: Γεωγραφική κατανομή της παραμέτρου 'Τρωτότητα', 'Τοπογραφική Κλίση' και 'Υδρογραφική Πυκνότητα' αντίστοιχα, καθώς και η μεταβλητή εξόδου 'Επικινδυνότητα Διάβρωσης'.

Fig. 6, 7 & 8: Geographical distribution of 'Vulnerability', 'Morphological slope' and 'Drainage density' parameters correspondingly and the output parameter 'Erosion Risk'.