

ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΩΝ ΣΕ ΔΙΑΒΡΩΣΗ, ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS) ΚΑΙ ΤΗΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ. ΕΝΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΑΝΘΕΜΟΥΝΤΑ.¹

ΙΩΑΝΝΗΣ ΦΟΥΡΝΙΑΔΗΣ², ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ³ ΚΑΙ ΘΕΟΔΩΡΟΣ ΑΣΤΑΡΑΣ⁴

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η λεκάνη απορροής του Ανθεμούντα ποταμού καταλαμβάνει έκταση μεταξύ των νομών Θεσσαλονίκης και Χαλκιδικής, νοτιοανατολικά του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης. Αποτελεί μία περιοχή έντονης αγροτικής, βιοτεχνικής-βιομηχανικής και οικιστικής δραστηριότητας και ιδιαίτερα στο πεδινό τμήμα αυτής. Το πεδινό τμήμα της λεκάνης περιβάλλεται από λοφώδεις και ημιορεινές-ορεινές περιοχές, οι οποίες σε σημαντικό ποσοστό αποτελούνται από χαλαρά, μη συνεκτικά υλικά. Στις περιοχές αυτές παρατηρούνται έντονα διαβρωτικά φαινόμενα. Μία προσπάθεια εντοπισμού των παραπάνω, επιδεκτικών σε διάβρωση περιοχών, με τη συνδυασμένη χρήση των Γ.Σ.Π. και επεξεργασμένων εικόνων TM του δορυφόρου LANDSAT-5, παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία.

ABSTRACT

The Anthemous drainage basin covers an area between the prefectures of Thessaloniki and Chalkidiki, southeast of the Thessaloniki urban area. It is an area of intense agricultural and industrial activity. The lowest parts of the basin are surrounded by hilly and mountainous area, where erosional phenomena take place, especially where soft underlying bedrock occurs. In this paper, an effort to identify and delineate areas susceptible to erosion in the above region, with the combined use of the recent version of ArcGIS and processed TM images of the LANDSAT-5 satellite, is presented.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Τηλεπισκόπηση, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, δορυφόρος LANDSAT-TM, λεκάνη Ανθεμούντα, επιδεκτικότητα στη διάβρωση (διαβρωσιμότητα), χάρτης διαβρωσιμότητας.

KEY WORDS: Remote Sensing, Geographical Information Systems, satellite LANDSAT-TM, Anthemountas basin, erodibility, erodibility map.

1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο εντοπισμός περιοχών που είναι επιδεκτικές στη διάβρωση στην περιοχή της λεκάνης του Ανθεμούντα, με την χρήση δορυφορικών εικόνων και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών/Γ.Σ.Π.. Τελικός στόχος, είναι η παραγωγή ενός χάρτη διαβρωσιμότητας της περιοχής.

2. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης είναι η λεκάνη απορροής του Ανθεμούντα ποταμού, η οποία καλύπτει την περιοχή μεταξύ των νομών Θεσσαλονίκης και Χαλκιδικής, στα νοτιοανατολικά του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης, καλύπτει επιφάνεια 327,34 km² και έχει περίμετρο 104,9 km. Η διεύθυνσή της λεκάνης είναι ΔΒΔ-ΑΝΑ, έχει τεκτονική προέλευση και ηλικία δημιουργίας της θεωρείται το Μέσο-Ανώτερο Μειόκαινο (Sotiriadis 1974). Το ανάγλυφο της περιοχής είναι ποικίλο, έχοντας πεδινούς (κεντρικό τμήμα της λεκάνης), λοφώδεις (νότια πλευρά) και ημιορεινούς-ορεινούς (βόρεια πλευρά) σχηματισμούς. Η λεκάνη χωρίζεται σε δυο

1: DELINEATING AREAS SUSCEPTIBLE TO EROSIONAL PHENOMENA, WITH THE HELP OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS (GIS) AND REMOTE SENSING. AN EXAMPLE FROM THE ANTHEMOUS DRAINAGE BASIN, NORTHERN GREECE.

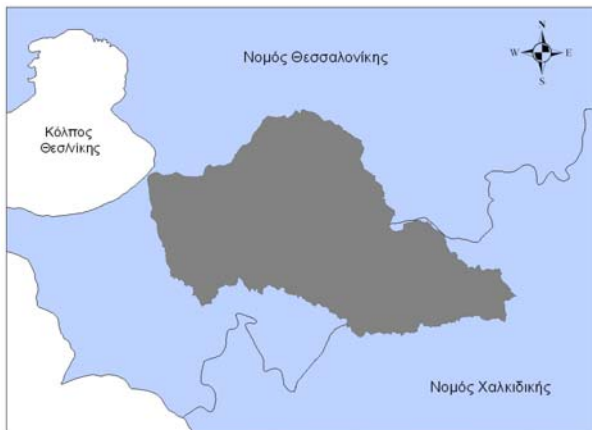
2: Geologist, School of Geology, Dept. of Physical And Environmental Geography, 54006, Thessaloniki, Greece (ifournia@geo.auth.gr)

3: Dr. of Geology, School of Geology, Dept. of Physical And Environmental Geography, 54006, Thessaloniki, Greece

4: Prof. of Geology, School of Geology, Dept. of Physical And Environmental Geography, 54006, Thessaloniki, Greece (astaras@geo.auth.gr)

κύριες υπολεκάνες, την ανατολική (Γαλαρινός, Γαλάτιστα, μεταλλεία Βάβδου) και τη δυτική (από το στόμιο της λεκάνης μέχρι την περιοχή Βασιλικών).

Η λεκάνη του Ανθεμούντα βρίσκεται στο όριο της Περιροδοπικής ζώνης και της ζώνης Παιονίας (Μουντράκης 1985). Αποτελείται από τους σχηματισμούς του υποβάθρου (σειρά βασικών-υπερβασικών πετρωμάτων, ασβεστόλιθοι και μάρμαρα, καθώς και γρανοδιορίτες) και τις Νεογενείς (κροκαλοπαγές βάσης, σειρά ερυθρών αργίλων και ψαμμιτομαργαίική σειρά) και Τεταρτογενείς (Πλειστοκαινικές και Ολοκαινικές) αποθέσεις (Sotiriadis 1974, Kockel and Mollat 1977).



Χάρτης 1: Θέση της περιοχής μελέτης.
Map 1: Study area.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στην εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα δεδομένα:

Τοπογραφικοί χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ), κλίμακας 1:50.000, φύλλα: Θεσσαλονίκη, Θέρμη, Ζαγκλιβέριο, Πολύγυρος, Βασιλικά και Επανωμή (1982).

Γεωλογικός χάρτης της «Χερσονήσου της Χαλκιδικής και των γειτονικών περιοχών» των Kockel και Mollat (1977), κλίμακας 1: 100.000.

Δασικός χάρτης της Δασική Υπηρεσίας, κλίμακας 1:200.000, φύλλα: Νομός Θεσσαλονίκης και Νομός Χαλκιδικής -Άγιο Όρος (1995).

Δορυφορική εικόνα του δορυφόρου LANDSAT-5/TM, με ημερομηνία λήψης 10/08/92.

Στην εικόνα TM του LANDSAT-5, χρησιμοποιήθηκαν όλες οι φασματικές ζώνες, διακριτικής ικανότητας 30 μ., πλην της θερμικής. Η ψηφιακή επεξεργασία των παραπάνω TM εικόνων και των GIS επιπέδων που δημιουργήθηκαν από τους παραπάνω χάρτες, έγιναν σε H/Y Pentium III, με την βοήθεια του λογισμικού ψηφιακής επεξεργασίας εικόνας EASI/PACE της PCI, ver. 6.1 (1996) και του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών/GIS ArcGIS, ver. 8.1.2 (2002).

Η ψηφιακή επεξεργασία της TM εικόνας, αποσκοπεί στη βελτίωση της οπτικής πληροφορίας της εικόνας και περιλαμβάνει διάφορες τεχνικές, όπως α) την ενίσχυση της εικόνας (enhancement), β) τους λόγους φασματικών ζωνών, γ) την ανάλυση κυρίων συνιστωσών (Principal Component Analysis/PCA), δ) την χρησιμοποίηση φίλτρων και ε) την σύνθεση ψευδοέγχρωμων εικόνων (False Colour Composites/FCC) (Gupta 1991, Drury 1993, Sabins 1997). Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν όλες οι παραπάνω τεχνικές, αυτές όμως που έδωσαν τα καλύτερα αποτελέσματα ήταν η χρήση του δείκτη βλάστησης (λόγος φασματικών ζωνών) NDVI (Συλλαίος 2000, Μανάκος 1999), ο οποίος ακολουθώς ενισχύθηκε μέσω του αλγορίθμου "equal" (ενίσχυση της αντίθεσης με ισοκατανομή των τιμών), του λογισμικού EASI/PACE.

Με τη βοήθεια του Γ.Σ.Π. ArcGIS έγινε η ψηφιοποίηση, διόρθωση και επεξεργασία επιπέδων γεωγραφικών πληροφοριών, όπως ισοΰψεις καμπύλες, γεωλογία της περιοχής, υδρογραφικό δίκτυο, και δειγματοληπτικές περιοχές έντονης διάβρωσης που εντοπίστηκαν στο ύπαιθρο με GPS. Τα δεδομένα αυτά συνδυάστηκαν με τις δορυφορικές εικόνες και χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του χάρτη διαβρωσιμότητας εδαφών.

4. ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΧΑΡΤΗ ΔΙΑΒΡΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΩΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ.

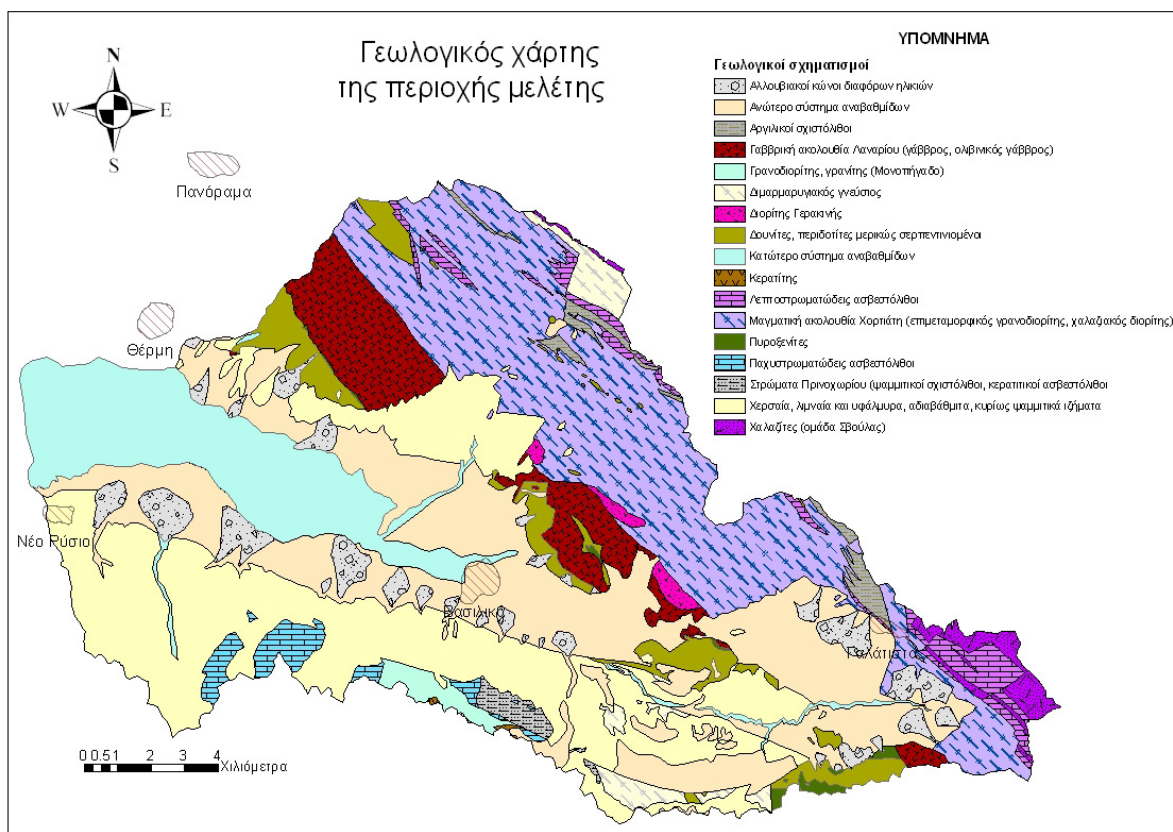
Στην προσπάθεια εντοπισμού των περιοχών επιδεκτικών στη διάβρωση, αξιολογήθηκαν οι τρεις κύριοι παράγοντες διαβρωσιμότητας: η ανθεκτικότητα των γεωλογικών σχηματισμών απέναντι στη διάβρωση, η υδρογραφική ένταση ή υφή του υδρογραφικού δικτύου και η κλίση του αναγλύφου (Μαρίνος και Πλέσσας 1998).

Οι πολύπλοκοι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής ταξινομήθηκαν σε κατηγορίες, σύμφωνα με την ανθεκτικότητά τους στη διάβρωση (αντοχή στη δράση των εξωγενών παραγόντων διάβρωσης και αποσάθρωσης). Η ταξινόμηση των λιθολογικών σχηματισμών της περιοχής, έγινε λαμβάνοντας υπόψη την περατότητα των πετρωμάτων, την ικανότητα διήθησης των εδαφικών καλυμμάτων και την εμφάνιση συμπαγών πετρωμάτων. Από την ταξινόμηση προέκυψαν πέντε κύριες κατηγορίες, οι οποίες χαρακτηρίζουν περιοχές περισσότερο ή λιγότερο επιδεκτικές στη διάβρωση (βλ. Χάρτη 3).

Στην πρώτη και δεύτερη κατηγορία (των πλέον επιδεκτικών στη διάβρωση σχηματισμών), ανήκουν οι αδιαίρετες αποθέσεις κοιλάδων, οι κώνοι κορημάτων και διάφορα χερσαία, λιμναία και υφάλμυρα, αδιαβάθμιτα κυρίως, ψαμμιτικά ιζήματα.

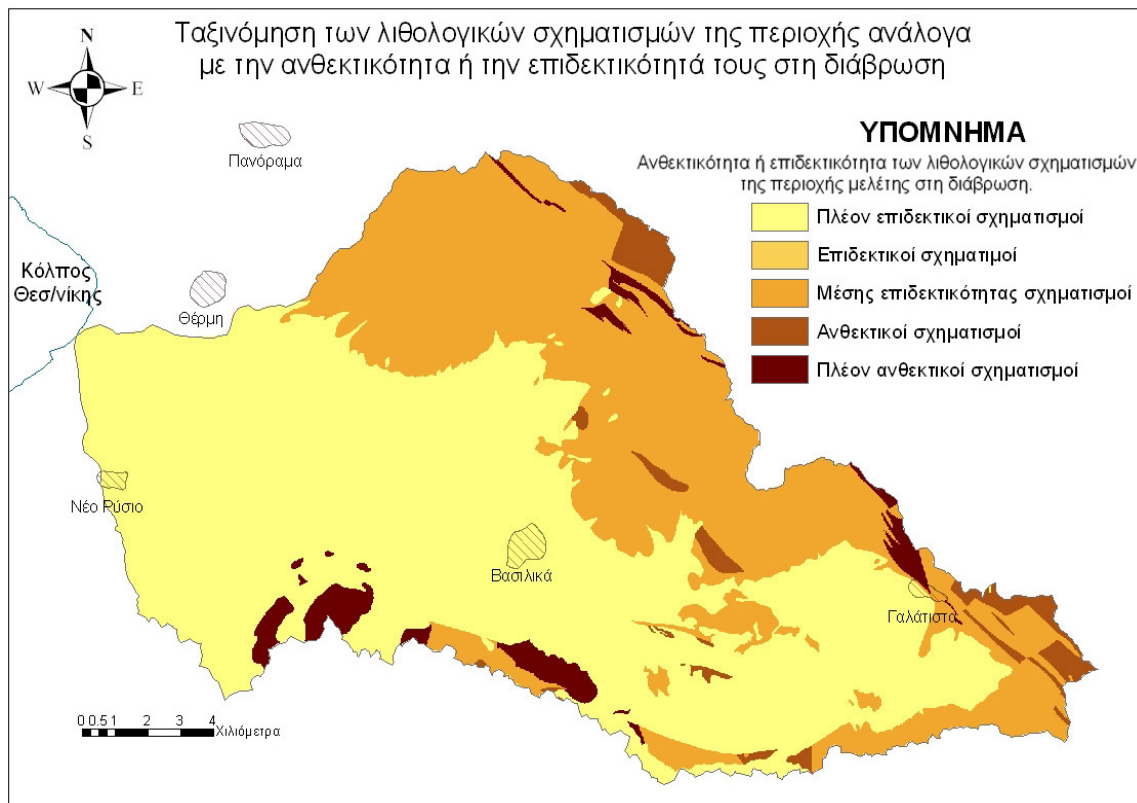
Στους σχηματισμούς μέσης ανθεκτικότητας (διαβρωσιμότητας) ανήκουν στη διάβρωση, ανήκουν οι διορίτες και γρανοδιορίτες, οι γνεύσιοι και η γαββρική ακολουθία της περιοχής, που αναπτύσσονται κυρίως στο βόρειο τμήμα της λεκάνης.

Τέλος, στους πλέον ανθεκτικούς σχηματισμούς, ανήκουν οι ασβεστόλιθοι και τα μάρμαρα της περιοχής (Kockel and Mollat 1977).



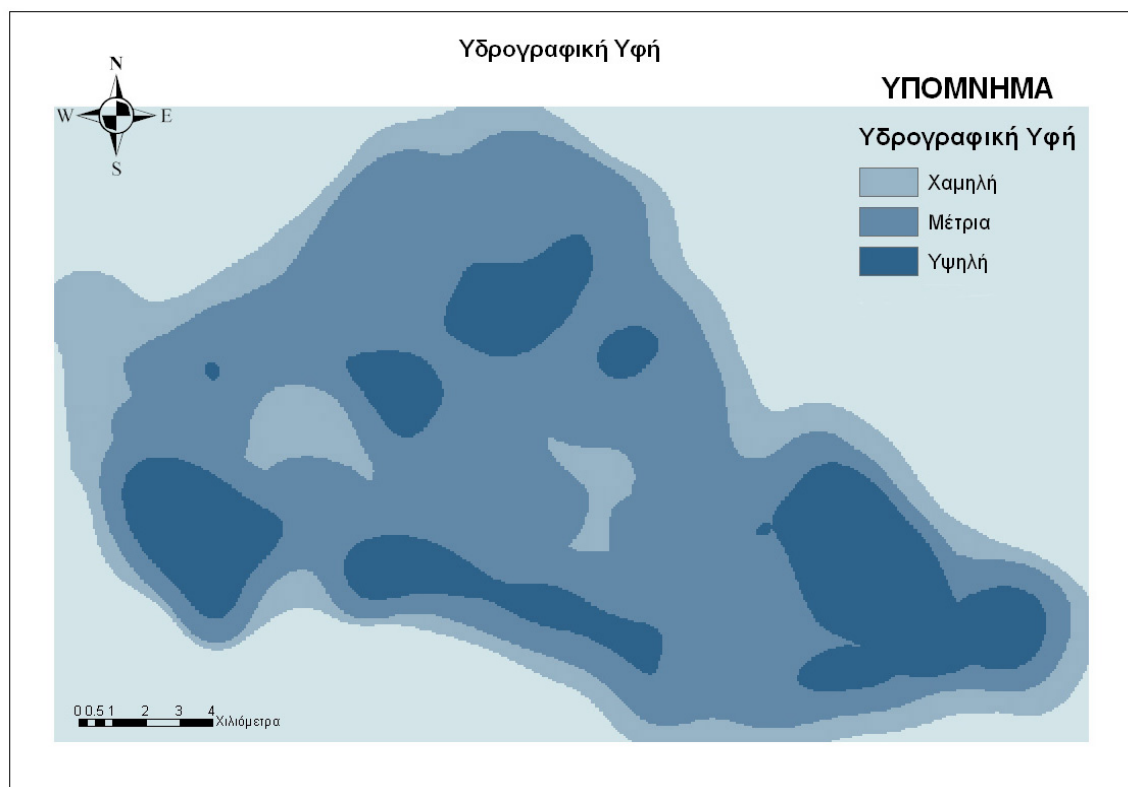
Χάρτης 2: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης, κατά Kockel and Mollat (1977).

Map 2: Geological map of the study area, by Kockel and Mollat (1977).



Χάρτης 3: Χάρτης ταξινόμησης των λιθολογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης ανάλογα με την επιδεκτικότητά τους στη διάβρωση.

Map 3: Map showing the lithological units of the study area according to their susceptibility to erosion.



Χάρτης 4: Υδρογραφική υφή της λεκάνης απορροής του Ανθεμούνια ποταμού.

Map 4: Drainage network texture of the drainage basin of Anthemous river.

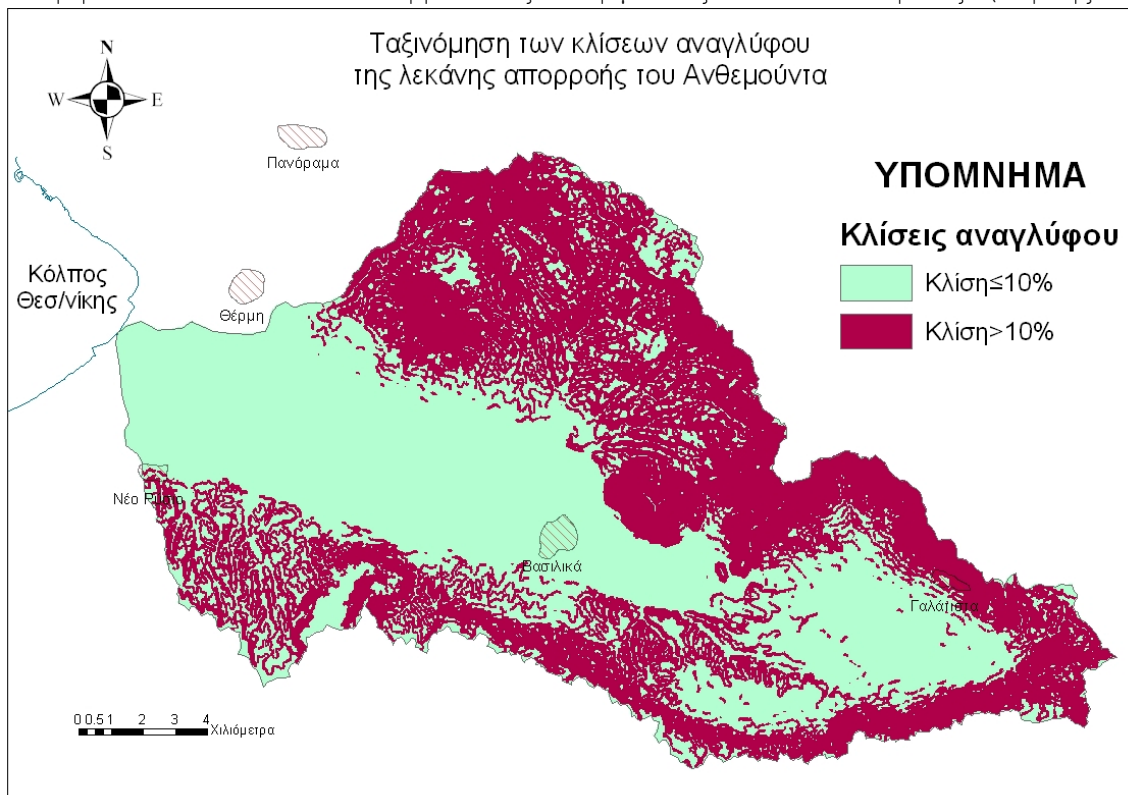
Η υδρογραφική πυκνότητα ορίζεται ως το μήκος των ρεμάτων ανά μονάδα επιφάνειας της λεκάνης απορροής. Η υδρογραφική συχνότητα, ορίζεται ως ο αριθμός των ρεμάτων ανά μονάδα επιφάνειας της λεκάνης απορροής (Strahler 1964, Αστάρας 1980). Η υδρογραφική ένταση (drainage intensity) ή υφή (texture), προκύπτει από τη συναξιολόγηση των μεγεθών της πυκνότητας και της συχνότητας (Faniran 1969, Gregory and Walling 1973).

Η υδρογραφική πυκνότητα χαρακτηρίζεται ως μια σημαντική παράμετρος του αναγλύφου, καθώς μαζί με την υδρογραφική συχνότητα, παρέχουν μια άμεση σύνδεση μεταξύ της μορφολογίας της λεκάνης απορροής και των διεργασιών που συντελούνται σε αυτήν. Η ανάπτυξη και η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου αντανακλούν τη λιθολογία, τοπογραφία, εδαφολογία και επικρατούσα βλάστηση σε μία περιοχή.

Στην παρούσα εργασία αρχικά υπολογίσθηκαν τα μεγέθη της υδρογραφικής πυκνότητας και συχνότητας. Εν συνεχεία, οι τιμές αυτές κατηγοριοποιήθηκαν σε «Υψηλές», «Μέσες» και «Χαμηλές». Τέλος, από την συνεκτίμηση των δύο αυτών μεγεθών, προέκυψε ο χάρτης της υδρογραφικής έντασης ή υφής (Χάρτης 4).

Τέλος, υπολογίσθηκε ο παράγοντας της μορφολογικής κλίσης. Η κλίση του αναγλύφου επηρεάζει τον ρυθμό ροής του νερού και των φερτών υλικών που αυτό μεταφέρει, ελέγχοντας την ενέργεια του νερού κατά την κίνηση του στα κατάντη.

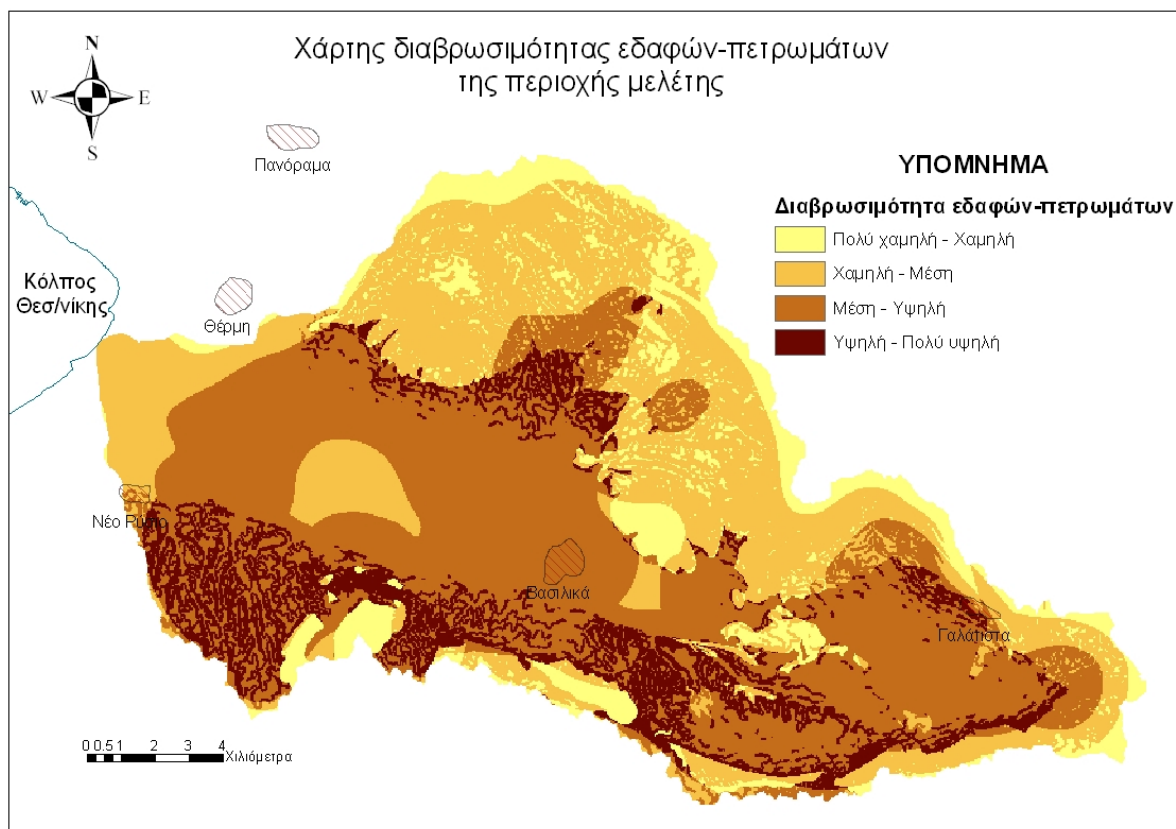
Από την επεξεργασία του διορθωμένου υδρολογικά ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM) από το λογισμικό ArcGIS, (Spatial Analyst extension), υπολογίσθηκαν οι κλίσεις των κλιτύων της λεκάνης απορροής του Ανθεμούντα και δημιουργήθηκε ο χάρτης κλίσεων του αναγλύφου (Φουρνιάδης 2002). Οι κλίσεις αυτές κατόπιν ταξινομήθηκαν, χρησιμοποιώντας ως οριακή τιμή κλίσης αυτή του 10%, διότι η τιμή αυτή της κλίσης είναι οριακή για τις διεργασίες της απόθεσης των κλαστικών υλικών σε συνθήκες διάχυτης ροής (λασπορροής) και της ιζηματογένεσης στην επιφάνεια της γης (δημιουργία κώνων κορημάτων) (Cooke and Doornkamp 1990). Έτσι διακρίνονται περιοχές του αναγλύφου με κλίση μεγαλύτερη του 10% όπου οι διαβρωτικές διεργασίες είναι πιο έντονες και περιοχές του αναγλύφου με κλίση μικρότερη του 10% όπου οι διαβρωτικές διεργασίες είναι πιο ήπιες (Χάρτης 5).



Χάρτης 5: Ταξινόμηση των κλίσεων αναγλύφου της λεκάνης απορροής του Ανθεμούντα σε περιοχές με κλίσεις μεγαλύτερες του 10% και σε περιοχές με κλίσεις μικρότερες ή ίσες του 10%.

Map 5: Slope classification of the Anthemous basin. Areas of slopes equal or less and greater than 10% are shown.

Τελικά, δημιουργήθηκε ο χάρτης διαβρωσιμότητας εδαφών και πετρωμάτων (Χάρτης 6), στον οποίο διακρίνονται τέσσερις κατηγορίες διαβρωσιμότητας: Πολύ Χαμηλή-Χαμηλή, Χαμηλή-Μέση, Μέση-Υψηλή, Υψηλή-Πολύ Υψηλή. Για τη δημιουργία του χάρτη αυτού, συναξιολογήθηκαν όλοι οι παραπάνω παράγοντες διάβρωσης. Μεγαλύτερη βαρύτητα δόθηκε στην ανθεκτικότητα των πετρωμάτων και στην υδρογραφική υφή, καθώς η κλίση των κλιτύων θεωρείται μικρότερος παράγοντας για την έναρξη της επιφανειακής διάβρωσης στα εδάφη. Αυτό οφείλεται στο ότι στις «φυσικές» διαβρώσεις των επικλινών εδαφών ο παράγοντας κλίση αντισταθμίζεται από τον παράγοντα βλάστηση. Η «φυσική» (γεωλογική) αυτή διάβρωση, που απαντά στις κλιτύες που καλύπτονται με ποώδη και θαμνώδη βλάστηση, εξισορροπείται με την εδαφογένεση που απαντά στην περιοχή και έτσι διατηρείται η ισορροπία των κλιτύων στις «αδιατάρακτες-φυσικές» λεκάνες απορροής (υδρογραφικά συστήματα) (Morgan 1980, Αστίρας 1989).



Χάρτης 6: Χάρτης διαβρωσιμότητας εδαφών και πετρωμάτων της περιοχής μελέτης.
Map 6: Erodibility map of the study area.

5. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.

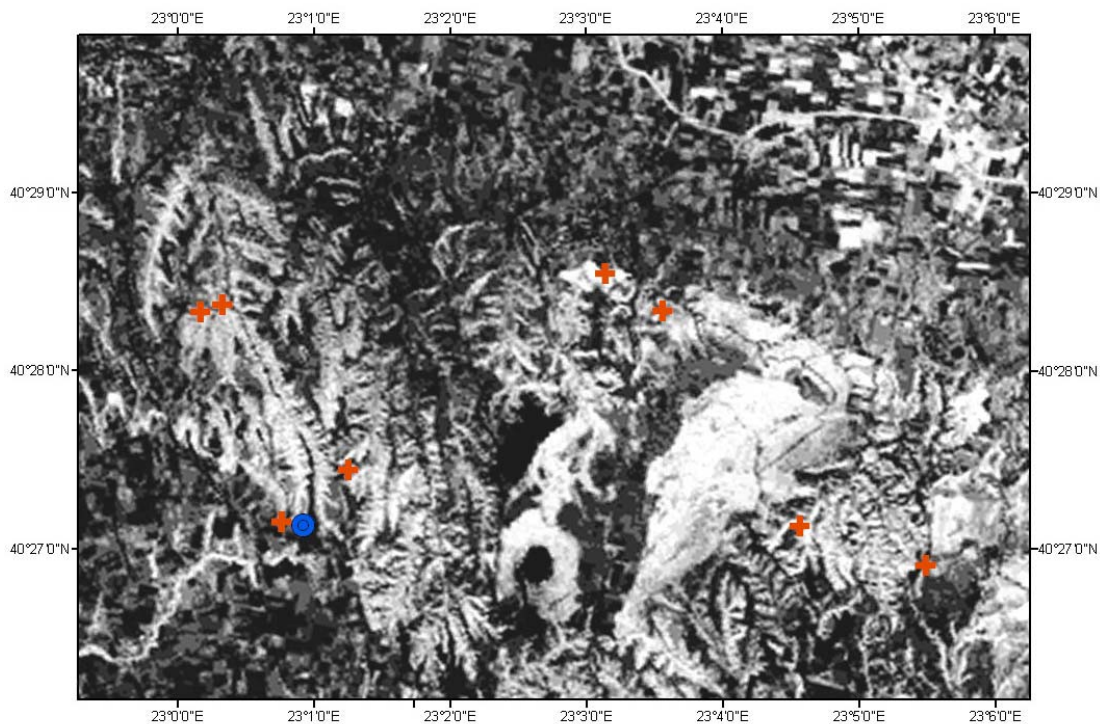
Σύμφωνα με τους Drury (1993), Sabins (1997), Μανάκο (1999) και Συλλαίο (2000), για τον εντοπισμό διαβρωμένων περιοχών με την βοήθεια των δορυφορικών εικόνων LANDSAT-5/TM, χρησιμοποιείται η μεθοδολογία των «δεικτών βλάστησης» (vegetation indices). Στην παρούσα εργασία ο δείκτης βλάστησης που έδωσε τα καλύτερα αποτελέσματα είναι ο «Δείκτης Βλάστησης Κανονικοποιημένης Διαφοράς» (Normalized Difference Vegetation Index/NDVI), ο οποίος ορίζεται ως εξής:

$$NDVI = \frac{N.IR - R}{N.IR + R}$$

όπου N.IR η φασματική ζώνη του εγγύς υπερύθρου και R η φασματική ζώνη του ερυθρού. Για τις εικόνες του Θεματικού Χαρτογράφου (TM) του δορυφόρου LANDSAT-5, ο παραπάνω δείκτης βλάστησης, παίρνει τη μορφή: $NDVI = \frac{TM4 - TM3}{TM4 + TM3}$.

Από την εφαρμογή του παραπάνω δείκτη βλάστησης, προέκυψε η εικόνα 1, αφού ενισχύθηκε με την εφαρμογή του αλγορίθμου "equal" του λογισμικού EASI/PACE, με την βοήθεια του οποίου, οι ισοκατανέμονται οι τιμές του τεφρού χρώματος μεταξύ 0 (μαύρο) και 255 (λευκό). Οπτικά, οι περιοχές της εικόνας με υψηλές τιμές NDVI (ανοιχτού τεφρού χρώματος), είναι αυτές που καλύπτονται από βλάστηση, λόγω της υψηλής ανακλαστικότητας της βλάστησης στο κοντινό υπέρυθρο και της χαμηλής στο ερυθρό. Αντίθετα, οι περιοχές της εικόνας με χαμηλές τιμές NDVI (σκούρου τεφρού

χρώματος), είναι αυτές όπου έχουμε απουσία βλάστησης, όπως είναι οι οικιστικές περιοχές, το αεροδρόμιο, αλλά και οι περιοχές με υψηλό βαθμό διάβρωσης (γυμνό έδαφος), που είναι και το αντικείμενο της παρούσας μελέτης. Ακολουθώντας, με βάση την επεξεργασμένη δορυφορική εικόνα και τον χάρτη διαβρωσιμότητας που δημιουργήθηκε (Χάρτης 6), έγινε μετάβαση στο ύπαιθρο, όπου επιβεβαιώθηκε η ύπαρξη των περιοχών όπου παρατηρούνται διαβρωτικά φαινόμενα (Εικ. 1 και Φωτ. 1).



Εικ. 1: Εικόνα Δείκτη Βλάστησης-Φυτοκάλυψης (NDVI), του ΝΔ τμήματος της περιοχής μελέτης, που καλύπτεται από ψαμμιτικά ιζήματα και ερυθροπηλούς. Φαίνονται οι θέσεις επίσκεψης στο ύπαιθρο (Ñ) καθώς και οι θέση λήψης της φωτογραφίας 1 (_).

Image 1: Vegetation Index image (NDVI) of the study area. Test-site areas (Ñ) and point of photograph 1 (_).



Φωτ. 1: Θέση με έντονα διαβρωτικά φαινόμενα (βλ. Εικ.1)
Phot. 1: Site area with erosional phenomena.

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση του λογισμικού ArcGIS, και πιο συγκεκριμένα των υποπρογραμμάτων του (extensions), όπως είναι το Spatial Analyst, αποδεικνύεται ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στη διάθεση των γεωεπιστημόνων, για την επεξεργασία και ανάλυση ψηφιοποιημένων δεδομένων (ισοϋψείς, υδρογραφικό δίκτυο κ.α.) με τελικό σκοπό την χαρτογράφηση περιοχών διαβρωσιμότητας εδαφών και πετρωμάτων. Τα συμπεράσματα από την χρήση των GIS, ενισχύονται από τα αποτελέσματα της επεξεργασίας της δορυφορικής εικόνας (χρήση δείκτη βλάστησης NDVI), τα οποία δρουν συμπληρωματικά, καθότι εντοπίζουν περιοχές όπου παρατηρείται διάβρωση, οι οποίες μπορεί να μην καταγράφονται στα αποτελέσματα της μεθοδολογίας του GIS, λόγω ελαφράς απόκλισης που ενδέχεται να υπάρχει στα δεδομένα εισόδου (input data). Η παραπάνω συνδυασμένη χρήση GIS και Τηλεπισκόπησης, μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλες περιοχές του Ελληνικού χώρου όπου είναι αναγκαία η χαρτογράφηση περιοχών επιδεκτικών στη διάβρωση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Αστάρας, Θ. 1980: «Ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη τμήματος των δ. πλευρών του όρους Βερτίσκον (Κ. Μακεδονία)» (Με 4 χάρτες εντός κειμένου). Διδακτορική διατριβή, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 215 σελ.
- [2] Αστάρας, Θ. 1989: «Επιπτώσεις του ανορθόδοξου τρόπου γεωργικής εκμετάλλευσης στις ημιορεινές και λοφώδεις εκτάσεις, στη διάβρωση των εδαφών, τη μείωση της φυτικής παραγωγής και γενικά στο περιβάλλον. Ένα παράδειγμα από την Κεντρική Μακεδονία», Πρακτικά Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου «Προστασία Περιβάλλοντος και Γεωργική Παραγωγή», σελ. 415-434, Θεσσαλονίκη, 1989.
- [3] Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού, 1982: Τοπογραφικοί χάρτες «Φύλλα Θεσσαλονίκη, Θέρμη, Ζαγκλιβέριο, Πολύγυρος, Βασιλικά και Επανωμή», κλίμακα 1:50.000. Cooke R.U. and Doornkamp J.C. 1990: «Geomorphology in Environmental Management», Clarendon Press, Oxford, 410 p.
- [4] Gregory, K.J. & Walling, D. E. 1973: «Drainage Basin Form and Process», Fletcher & Son Ltd, Norwich, 456 p.
- [5] Gupta, R.P. 1991: «Remote Sensing Geology», Springer-Vorlag, Berlin, 356 p.
- [6] Drury, S.A. 1993: «Image Interpretation in Geology», Chapman, London, 284 p.
- [7] Δασική Υπηρεσία, Υπουργείο Γεωργίας, 1995: Δασικοί χάρτες «Φύλλα Νομός Θεσσαλονίκης και Νομός Χαλκιδικής-Άγιο Όρος», κλίμακα 1:200.000.
- [8] Faniran, A. 1969: «The index of drainage intensity: a provisional new drainage factor», Australian J. Sci. 31(9), 328-30.
- [9] Kockel, F., Mollat, H. 1977: «Geological Map of the Chalkidiki Peninsula and adjacent areas (Greece)», scale 1:100.000, Federal Institute for Geosciences and Natural Resources, Hannover.
- [10] Μαρίνος Π., Πλέσσας Σ., Βαλαδάκη-Πλέσσα Κ. 1998: «Θεματικοί χάρτες σχετικά με την εκτίμηση της επικινδυνότητας έναντι διαβρώσεων και παραγωγής φερτών υλών στην Αττική», Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου, σελ. 584-616, Αθήνα, 1998.
- [11] Μανάκος, Ι. 1999: «Η εφαρμογή των έμπειρων συστημάτων, της τηλεπισκόπησης και των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών στην επίλυση γεωργικών προβλημάτων: πιλοτική εφαρμογή στη διάβρωση εδαφών», Μεταπτυχιακή Διατριβή, Θεσσαλονίκη.
- [12] Morgan, R. 1979: Implications. In Kirkby, M. and Morgan, R (Eds). «Soil Erosion», John Willey Chichester, 253-301.
- [13] Μουντράκης, Δ. 1985: «Γεωλογία της Ελλάδας», University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 208 σελ.
- [14] Sabins, F. 1997: «Remote Sensing, Principles and Interpretation», W.H. Freeman and Co., N.Y., 494 p.
- [15] Sotiriadis, L.D. 1974: «Die Geomorphologie des Tales von Anthemous (griechisch Makedonien)». Ann. Mus. Goulandris 2, 141-163.
- [16] Strahler, A. 1964: «Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks». In. V. Chow (ed) Handbook of Applied Hydrology, 4-39--4-76.
- [17] Συλλαίος, Ν. 2000: «Εισαγωγή στην Τηλεπισκόπηση και στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών», Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη, 205 σελ.
- [18] Φουρνιάδης, Ι. 2002: «Γεωμορφολογική και περιβαλλοντική εξέλιξη της κοιλάδας του Ανθεμούντα», Διατριβή Ειδίκευσης υπό συγγραφή, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, Α.Π.Θ.