

ΤΑ ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΑ ΡΙΠΙΔΙΑ ΤΗΣ ΠΟΛΓΗΣ ΤΟΥ ΟΜΑΛΟΥ, ΔΥΤΙΚΗ ΚΡΗΤΗ

Μανούτσογλου Ε.¹, Παναγόπουλος Γ.¹, Πυλιώτης Ι.¹, Στειακάκης Ε.¹ και Βαφειδής Α.¹

¹ Πολυτεχνείο Κρήτης, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνειούπολη, Ακρωτήρι, 73100 Χανιά, Τηλ. 2821037650, E-mail: emanout@med.tuc.gr

Περίληψη

Μια από τις πιο χαρακτηριστικές γεωμορφολογικές δομές των ορεινών όγκων είναι τα οροπέδια (plateau) μεγάλων σχετικά διαστάσεων (>10 Km²). Είναι γενικώς αποδεκτή η συμμετοχή της καρστικοποίησης στην δημιουργία αυτών των δομών. Ταυτόχρονα όμως βρίσκονται υπό συζήτηση διεργασίες παράλληλες, ή/επάλληλες όπως αυτή της επίδρασης του κλίματος ή/και της τεκτονικής στην δημιουργία αυτών των δομών. Υπό το πρίσμα της καρστικής γεωμορφολογικής εξέλιξης, ορισμένες από τις δομές αυτών των διαστάσεων χαρακτηρίζονται ως πόλγες. Σ' αυτά τα υψίπεδα δημιουργούνται με την επίδραση των προαναφερθέντων διεργασιών επιπρόσθετες ιζηματογενείς δομές. Από τις πιο χαρακτηριστικές και ευρέως διαδεδομένες είναι τα αλλουβιακά ριπίδια.

Λαμβάνοντας υπόψη τα υφιστάμενα στοιχεία από προηγούμενες έρευνες στην ευρύτερη περιοχή της πόλγης του Ομαλού (Δ. Κρήτη) σχετικά με την τεκτονική και την στρωματογραφία των αλπικών σχηματισμών της ευρύτερης περιοχής αλλά και της διερεύνησης τμημάτων της πόλγης με γεωφυσικές μεθόδους, πραγματοποιήθηκε στην ευρύτερη περιοχή λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:5.000. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο σχεδιασμού λιμνοδεξαμενής, σχετικά μεγάλων διαστάσεων (ταμιευτήρας νερού >10⁶ m³) εντός της πόλγης του Ομαλού. Στόχος της λεπτομερούς χαρτογράφησης αποτέλεσε η ανάδειξη όλων εκείνων των γεωλογικών/μορφοτεκτονικών στοιχείων που θα μπορούσαν να σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με το υπό κατασκευή έργο δίδοντας έμφαση σε δύο κύρια ερωτήματα: α) Πέραν της λεπτομερούς οριοθέτησης και απεικόνισης της χωρικής κατανομής των γεωλογικών ενοτήτων που χαρτογραφήθηκαν στην περιοχή, ποια είναι και η χωρική κατανομή των μορφοτεκτονικών στοιχείων (κυρίως ρηγματών, διαφόρων διαστάσεων) εντός και περίξ της πόλγης; β) Υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή των λεκανών απορροής που εκφορτίζονται εντός της πόλγης οι απαραίτητοι προς διάβρωση σχηματισμοί για την δημιουργία μεγάλου και ικανού πάχους αδιαπέρατων σχηματισμών εντός της πόλγης; Η πληθώρα των νέων δεδομένων ενσωματώθηκαν στον νέο λεπτομερή γεωλογικό χάρτη που σχεδιάστηκε.

Λέξεις Κλειδιά: Πόλγη Ομαλού, αλλουβιακά ριπίδια, Ενότητα Τρυπαλίου, Πλακώδεις Ασβεστόλιθοι, Δυτική Κρήτη

Abstract

The plateau is a typical in mountainous areas. The so-called polje is, a relatively extended plateau (>10km²). It is widely accepted that it is basically formed due to karstification processes, while the influence of climate and tectonic factors is important, as well. These factors result in the creation of specific depositional environments, within which several sedimentological units occur, with alluvial fans being one of the most characteristic. In the context of the construction of a water reservoir in Omalos plateau (Western Crete) which will host water volume in the order of 10⁶ m³, a detailed 1:5.000 geological mapping took place. The mapping was based on the existing tectonic and stratigraphic data from previous studies, as well as, on the recent geophysical measurements which depict the current status of the karstification in the polje.

The objective of the geological mapping was the identification of specific geological/geomorphological structures which are critical for the construction of the water reservoir with emphasis on: a) the spatial distribution of the morphotectonic elements within and proximal to the polje and b) whether the existing vulnerable formations in the watershed

of the polje can provide the necessary amount of impermeable sediments within the polje. The resulting geological map (figure1) depicts an updated version of the polje surface.

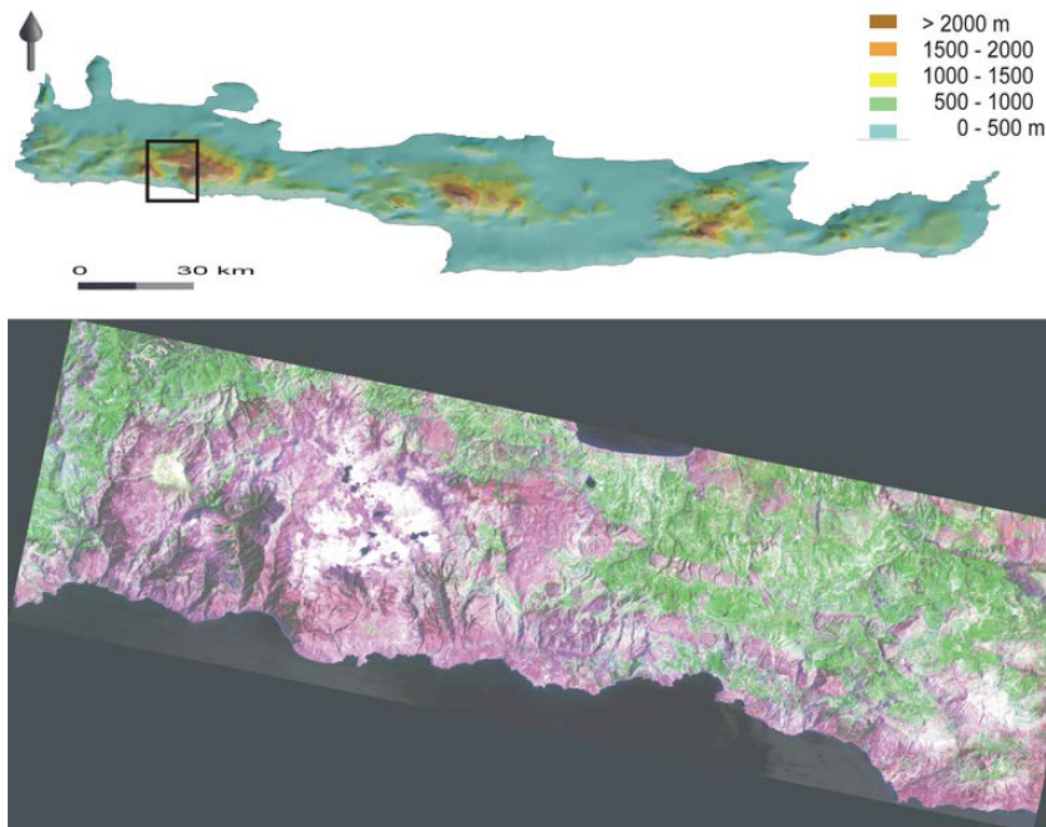
Keywords: Omalos polje, alluvial fans, Trypali Unit, Plattenkalk, Western Crete.

Εισαγωγή

Με ένα από τα κύρια προβλήματα που είχε και έχει να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα, παλεύει διαχρονικά για την επίλυση του: πώς να πάρει νερό, από εκεί που αυτό υπάρχει ή συγκεντρώνεται και να το μεταφέρει εκεί που το χρειάζονται. Από το γεγονός ότι το νερό βρισκόταν είτε κάτω από το έδαφος, είτε εμφανιζόταν περιστασιακά και έπρεπε να συγκεντρωθεί γεννήθηκε σχετικά πρόωρα η έννοια της διαχείρισης των υδατικών πόρων. Οι ορεινοί όγκοι, στα ανάλογα κλίματα, διατηρούν την υπεροχή την κατακρημνισμάτων.

Μια από τις πιο χαρακτηριστικές γεωμορφολογικές δομές των ορεινών όγκων είναι τα πλατό μεγάλων σχετικά διαστάσεων (> 10 Km²) που είναι γνωστά και ως οροπέδια. Είναι γενικώς αποδεκτή η συμμετοχή της καρστικοποίησης στην δημιουργία αυτών των δομών. Ταυτόχρονα όμως βρίσκονται υπό συζήτηση διεργασίες παράλληλες, ή/επάλλληλες όπως αυτή της επίδρασης του κλίματος ή/και της τεκτονικής στην δημιουργία αυτών των δομών. Υπό το πρίσμα της καρστικής γεωλογίας ορισμένες από τις δομές αυτών των διαστάσεων χαρακτηρίζονται ως πόλγες. Η ονοματολογία αυτή προέκυψε ακριβώς γιατί στην σλάβικη γλώσσα ο όρος πόλγη (polje) αναφέρεται σε ένα επίπεδο προσχωσιγενές πεδίο (Sweeting 1972). Εντός αυτών των επιπέδων δημιουργούνται με την επίδραση των προαναφερθέντων διεργασιών επιπρόσθετες ιζηματογενείς δομές. Από τις πιο χαρακτηριστικές και ευρέως διαδεδομένες είναι τα αλλουβιακά ριπίδια.

Λαμβάνοντας υπόψη τα υφιστάμενα στοιχεία από προηγούμενες έρευνες στην ευρύτερη περιοχή σχετικά με την τεκτονική και την στρωματογραφία των απλικών σχηματισμών της ευρύτερης περιοχής αλλά και της διερεύνησης τμημάτων της πόλγης με γεωφυσικές μεθόδους, στα πλαίσια του προγραμματισμού, από τις τοπικές αρχές, κατασκευής δεξαμενής νερού σχετικά μεγάλων διαστάσεων (ταμιευτήρας νερού >10⁶ m³) εντός της πόλγης του Ομαλού (Εικ. 1), πραγματοποιήθηκε στην ευρύτερη περιοχή λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:5.000. Στόχος της λεπτομερούς χαρτογράφησης αποτέλεσε η ανάδειξη όλων εκείνων των γεωλογικών/μορφοτεκτονικών στοιχείων που θα μπορούσαν να σχετίζονται άμεσα ή έμμεσα με το υπό κατασκευή έργο της λιμνοδεξαμενής, με έμφαση σε δύο κύρια ερωτήματα: α) Πέραν της λεπτομερούς οριοθέτησης και απεικόνισης της χωρικής κατανομής των γεωλογικών ενοτήτων που χαρτογραφήθηκαν, ποια είναι η χωρική κατανομή των μορφοτεκτονικών στοιχείων (κυρίως ρηγμάτων, διαφόρων διαστάσεων) εντός και περίξ της πόλγης? β) Υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή των λεκανών απορροής που εκφορτίζονται εντός της πόλγης οι απαραίτητοι προς διάβρωση σχηματισμοί για την δημιουργία μεγάλου και ικανού πάχους αδιαπέρατων σχηματισμών εντός της πόλγης? Η πληθώρα των νέων δεδομένων ενσωματώθηκαν στον νέο λεπτομερή γεωλογικό χάρτη ο οποίος και παρουσιάζεται.



Εικόνα 1: Landsat-TM της ΝΔ Κρήτης (Λήψη 182-35, Ζώνη UTM 35, bands 7,4,2 RGB) (κάτω) και θέση της περιοχής μελέτης (επάνω) (από Manutsoglu et al. 1999; 2001)

Γεωλογικό περίγραμμα

Η περιοχή μελέτης εντάσσεται χωροταξικά στον κύριο όγκο του ορεινού συγκροτήματος των Λευκών Ορέων. Τα πετρώματα που δομούν και εμφανίζονται στην στενή περιοχή ενδιαφέροντος, πέραν των Ολοκαινικών αποθέσεων και των Τεταρτογενών σχηματισμών, εντάσσονται στο μεταμορφωμένο σύστημα των Εξωτερικών Ελληνίδων με υπερκείμενη την Ενότητα Τρυπαλίου και υποκείμενη την Ομάδα Πλακωδών Ασβεστολίθων (Γάταρης και Χριστοδούλου 1969; Xavier 1976; Φυτρολάκης 1980). Όπως έχει δειχθεί το οροπέδιο του Ομαλού αποτελεί μία τυπική ενεργή πόλγη, με τεκτονοκαρστικά χαρακτηριστικά, που αναπτύσσεται στην περιοχή εξάπλωσης της ρηματογενούς ζώνης μεταξύ του υπερκείμενου καλύμματος της Ενότητας του Τρυπαλίου και των υποκείμενων μεταμορφωμένων σχηματισμών της Ομάδας των Πλακωδών Ασβεστολίθων (Φυτρολάκης 1980; Manutsoglu et al 1999; Μανούτσογλου et al 2001; Manutsoglu et al 2003; Βαφείδης et al 2004; Manoutsoglou and Steiakakis 2011; Steiakakis et al 2011; Hamdan et al 2012). Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης συμπεριλαμβανομένου και του φαραγγιού της Σαμαριάς έχει δημιουργηθεί μια δυναμική τράπεζα πληροφοριών (Manutsoglu et al 1999; Μανούτσογλου et al 2001). Η προσθήκη και νεότερων δεδομένων (Manutsoglu et al 2003) στα πρωταρχικά στοιχεία οδήγησε στην ταυτοποίηση της ύπαρξης μιας συγκλινικής μεγαδομής για την περιοχή αυτή. Η μεγαδομή υποβυθίζεται προς τα ΒΑ. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να διαβρωθούν ευκολότερα και ταχύτερα τα “στρώματα του Γκίγκιλου” (Φυτρολάκης 1980) λόγω της ασβεστοσχιστολιθικής σύστασης τους και να δημιουργηθεί μια τυπική μορφολογική δομή λεκάνης απορροής στο βόρειο τμήμα του φαραγγιού της Σαμαριάς. Με το σύνολο των δεδομένων και της ευρύτερης περιοχής έγινε η γεωμετρική προσέγγιση όσον αφορά το πάχος του καλύμματος της Ενότητας του Τρυπαλίου. Υπολογίστηκε ότι το μέγιστο πάχος της Ενότητας του Τρυπαλίου κάτω από την πόλγη του Ομαλού δεν ξεπερνά τα 50 μέτρα. Επειδή το συνολικό πάχος της ενότητας αυτής είναι πολύ μεγαλύτερο θεωρούμε ότι κάτω από την πόλγη του Ομαλού η Ενότητα του Τρυπαλίου έχει υποστεί τεκτονικά λέπτυνση

και ταυτόχρονα κατακερματισμό, βασικές προϋποθέσεις για την έντονη καρστικοποίηση της περιοχής και της δημιουργίας στη θέση αυτήν της πόλγης. Για το πάχος των υπερκείμενων νεώτερων σχηματισμών εντός της πόλγης υπολογίστηκε ένα μέγιστο πάχος 150 μέτρων. Η υπολογισμένη αυτή μέγιστη τιμή προσαρμόστηκε στην συνέχεια από τα προκαταρκτικά αποτελέσματα γεωφυσικής διασκόπησης που πραγματοποιήθηκε στο οροπέδιο του Ομαλού: ο συνδυασμός όλων των γεωφυσικών μεθόδων συνέκλινε σε ένα μέγιστο πάχος 115 μέτρων σχετικά με το πάχος των υπερκείμενων σχηματισμών του μεταμορφωμένου ανθρακικού υποβάθρου (Βαφείδης et al 2004). Πρόσφατες έρευνες στην ίδια περιοχή έδειξαν ότι στο κεντρικό τμήμα της πόλγης το πάχος των μέτα-Μεσοζωικών αποθέσεων κυμαίνεται μεταξύ 40 και 130 μέτρων. Από την αναστροφή των δεδομένων ηλεκτρικής αντίστασης που συλλέχθηκαν σε κάρναβο στο νοτιοδυτικό τμήμα της πόλγης πλατώ, προέκυψε μια απεικόνιση της τριδιάστατης κατανομής της ηλεκτρικής αντίστασης. Στην απεικόνιση αυτή εντοπίζεται μια καρστική δομή σε βάθος 25 με 55 μέτρων (Hamdan et al 2012).

Το ερώτημα που αυτονόητα προκύπτει μετά από την εύρεση διαφορετικών σε μέγεθος επιφανειακών και υποεπιφανειακών καρστικών δομών στην περιοχή ενδιαφέροντος είναι το ακόλουθο: αρκεί μόνο η νεοτεκτονική δράση για την δημιουργία της πόλγης? Στα μοντέλα καρστικοποίησης (ύψος του υδροφόρου ορίζοντα, θεωρία των δύο κύκλων) άμεση είναι η εμπλοκή υδροφορίας. Τα σχετικά υδατοστεγή/αδιαπέρατα ασβεστοχιστολιθικά πετρώματα του σχηματισμού του Γκίγκιλου όπως προκύπτει και από το γεωμετρικό τρισδιάστατο γεωλογικό μοντέλο της περιοχής βρίσκονται πολύ νοτιότερα και σε σχετικά μεγάλο βάθος κάτω από την περιοχή της πόλγης του Ομαλού. Βέβαια δεν μπορεί να αποκλειστεί ότι η διεργασία της καρστικοποίησης δημιούργησε ένα υπόγειο σύστημα μεγάλου βάθους και εξάπλωσης. Οι εργασίες πεδίου όμως στα πλαίσια αυτής της έρευνας αποσκοπούν την προσέγγιση αυτού του θέματος.

Μεθοδολογία εργασιών

Γεωλογική χαρτογράφηση

Στα πλαίσια των εργασιών πεδίου της λεπτομερούς χαρτογράφησης της ευρύτερης περιοχής του Ομαλού σε κλίμακα 1:5.000 (όπως φαίνεται και από τον γεωλογικό χάρτη που παρατίθεται (εικ. 7), πολύ κοντά στην επώθηση της Ενότητας του Τρυπαλίου, εντός των υποκείμενων Πλακωδών Ασβεστολίθων, στην νοτιοανατολική περιοχή του Ομαλού, εντοπίστηκαν για πρώτη φορά στην δυτική Κρήτη στρώματα μετάβασης προς το φλύσχη: πολύχρωμοι (ερυθροιώδεις) σιπολίτες αλλά και τμήματα του φλύσχη: Είναι κυρίως εναλλασσόμενα στρώματα ασβεστιτικών σχιστολίθων και ασβεστοφυλλιτών, κατά θέσεις μικρού πάχους (μερικών μέτρων), χρώματος τεφροπράσινου ή βυσσινί που λόγω ισοκλινούς πτύχωσης δημιουργούν εναλλασσόμενα στρώματα πάχους εκατοντάδων μέτρων που από τους περισσότερους ερευνητές εντάσσονται στον μεταφλύσχη της Ομάδας των Πλακωδών Ασβεστολίθων (Φυτρολάκης 1980).

Από το υψόμετρο των 1000 περίπου μέτρων μέχρι το των 1400 μέτρων στην νοτιοανατολική περιοχή του χάρτη και πλησίον της επαφής της Ενότητας του Τρυπαλίου με το υποκείμενο, παρατηρήθηκε αυξημένη συμμετοχή πρωτογενούς αργιλικού υλικού εντός των λεπτοπλακωδών μεταμορφωμένων ανθρακικών της Ομάδας των Πλακωδών Ασβεστολίθων. Στην περιοχή αυτήν η πτυχογόνος τεκτονική που συνοδεύεται από θραυσιγενή τεκτονική είναι πολύ έντονος με αποτέλεσμα να εμφανίζονται πολλές χαραδρώσεις που τροφοδοτούν με κλαστικό υλικό ποικίλου μεγέθους από τα εφήμερα ρέματα την πόλγη του Ομαλού. Τα απότομα πρηνή δεν επιτρέπουν μια πρόσβαση σε όλες στις θέσεις. Κατά μήκος όμως του υπάρχοντος δρόμου και όπου ήταν εφικτή η προσπέλαση διαπιστώθηκε η σταθερά αυξημένη ύπαρξη του πρωτογενούς αργιλικού υλικού εντός των λεπτοπλακωδών μεταμορφωμένων ανθρακικών.

Οι δύο ενότητες του υποβάθρου στην περιοχή ενδιαφέροντος (υπερκείμενη, Ενότητα του Τρυπαλίου και υποκείμενη, η Ομάδα Πλακωδών Ασβεστολίθων) παρουσιάζουν διακριτά λιθολογικά χαρακτηριστικά που επιτρέπουν την χαρτογράφησή τους:

Στην Ενότητα αφ' ενός του Τρυπαλίου επικρατούν έντονα κατακερματισμένα μεταμορφωμένα κυρίως ανθρακικά (υπερτερούν οι δολομίτες των ασβεστολίθων) και σε πολλές θέσεις εμφανίζουν κυψελώδη υφή που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ραουβάκες. Εντός του σχηματισμού αυτού χαρακτηριστικός είναι στην περιοχή ένας σχετικά μεγάλου πάχους, έντονα κατακερματισμένος μαύρος δολομιτικός ορίζοντας ή πιθανώς επαναλαμβανόμενοι μαύρου χρώματος δολομιτικοί ορίζοντες.

Στην Ομάδα των Πλακωδών Ασβεστολίθων οι κερατολιθικές ενδιαστρώσεις ή/και βολβοί μεταξύ των λεπτοπλακωδών μαρμάρων (με ή χωρίς ασβεστολιθικούς σχιστολιθικούς ορίζοντες) αποτελούν το χαρακτηριστικό γνώρισμα. Το πέρασμα στον μεταφλύσχη σηματοδοτείται από τις χαρακτηριστικές σε χρώμα σιπολίνας. Ο μεταφλύσχη δε στις θέσεις που εμφανίζεται και δεν καλύπτεται λόγω έντονης διάβρωσης από εδαφικό κάλυμμα διαφέρει από την αντίθεση της λιθολογίας του. Από την χωρική θέση της τεκτονικής επωθητικής επαφής στην κύρια διεύθυνση ΒΒΑ/ΝΝΔ, εκατέρωθεν της οποίας εξαπλώνονται οι δύο τεκτονικές ενότητες (υποκείμενη η Ομάδα των Πλακωδών Ασβεστολίθων και υπερκείμενη η Ενότητα του Τρυπαλίου) μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η δημιουργία της πόλγης του Ομαλού είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ύπαρξή της. Κάθετα στην κύρια αυτή τεκτονική διεύθυνση, όπως θα περιγραφεί και στην συνέχεια, εμφανίζονται η πλειονότητα των εγκαρσίων ρηγμάτων, που πιθανώς έδρασαν κατά την νεοτεκτονική περίοδο. Στην ίδια αυτή διεύθυνση αναπτύχθηκε και εξελίχθηκε το σύνθετο αλλουβιακό ριπίδιο το οποίο αποτελεί το μη διαπερατό υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα κατασκευαστεί η υπό σχεδιασμό λιμνοδεξαμενή.

Εντός της πόλγης του Ομαλού έχει δημιουργηθεί ένα σχετικά μεγάλων διαστάσεων σύνθετο αλλουβιακό ριπίδιο και ανατολικότερα ένα μικρότερον διαστάσεων. Οι κύριες λεκάνες τροφοδοσίας του σύνθετου ριπιδίου είναι: στα νότια του Ξυλόσκαλου (Εικ. 2) και στα νότια και ανατολικά η λεκάνη απορροής γύρω από την περιοχή του Καλλέργη (Εικ. 3).



Εικόνα 2: Αποψη προς νότο της υδρολογικής λεκάνης του Ξυλόσκαλου, στα αριστερά δεσπόζει η κορυφή του Γκίγκιλου



Εικόνα 3: Άποψη προς νότιοανατολικά της υδρολογικής λεκάνης του Καλλέργη, στα δεξιά δεσπόζει η κορυφή του Γκίγκιλου

Η διεύθυνση προέλασής των προς δυτικά/βόρειοδυτικά επιτρέπει τις ακόλουθες ερμηνείες:

A) είτε κατά μήκος μιας εκ των δύο κύριων τεκτονικών διευθύνσεων δημιουργήθηκαν και εξελίσσονται διαχρονικά τα αλλουβιακά ριπίδια είτε,

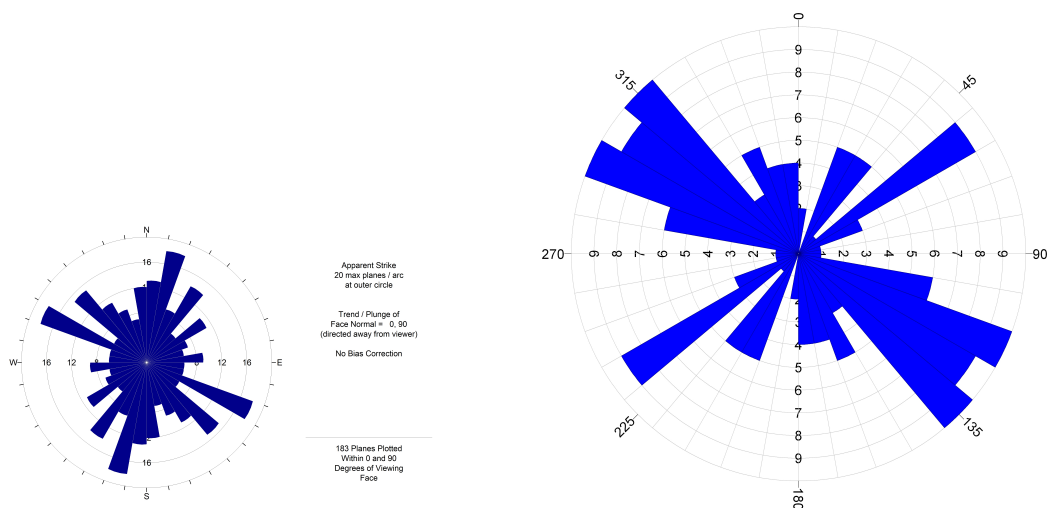
B) η συνολική δυναμική του κλάδου του Καλλέργη ήταν πάντα η μεγαλύτερη.

Από μικρών διαστάσεων φυσικές τομές αλλά και από μια τεχνητή τομή εντός της υπό κατασκευή λιμνοδεξαμενής (Εικ. 4) έγινε εφικτή η παρατήρηση των κλαστικών εναλλαγών εντός του κυρίου σώματος του αλλουβιακού ριπιδίου: Εναλλαγές κλαστικών ακολουθιών πάχους εκατοστών, αμμωδών κροκαλοπαγών, ψαμμιτών με λατύπες και χονδρόκοκκων ψαμμιτών, με απότομες, συχνά διαβρωσιγενείς βάσεις. Απολιθωμένα κανάλια παλαιότερων χειμάρρων πλάτους επίσης μερικών εκατοστών αλλά και πολύ μεγαλύτερα, με συνδεδεμένες κροκάλες, που δείχνουν κεραμιδωτή διάταξη εμφανίζονται κατά μήκος των δύο κύριων τεκτονικών διευθύνσεων. Υπερτερούν οι παλαιοκοίτες με διεύθυνση αυτής του ριπιδίου (ΒΒΔ). Οι στρώσεις με λατύπες και οι χονδρόκοκκοι ψαμμίτες παρουσιάζουν και σκαφοειδή πέραν της επίπεδης στρώσης. Οι παραπάνω φάσεις αποδίδεται ότι μεταφέρθηκαν και εναποτέθηκαν από αβαθή, διακλαδούμενα κανάλια. Σε εναλλαγή με τα χονδρόκοκκα κλαστικά παρατηρούνται στρώματα κόκκινο-καφέ πηλών, πάχους από μερικά δεκατόμετρα ως δεκάδες μέτρα. Οι πηλοί εμπεριέχουν ιλύ, άμμο και ψηφίδες, είτε σαν διάσπαρτα τεμάχια είτε σαν υπο-οριζόντιες λεπιδώσεις. Οι φάσεις αυτές αποδίδεται ότι αποτέθηκαν από χαμηλής ενέργειας, μακρινές, πλημμυρικές ροές.



Εικόνα 4: Πανοραμική εικόνα της τεχνητής τομής του αλλουβιακού ριπιδίου εντός της λιμνοδεξαμενής στην οποία διακρίνονται τα επάλληλα, διαφορετικής λιθολογίας στρώματα που το δομούν. Διακριτή η χρωματική διαφορά μεταξύ των λευκότερων και αδρομερέστερων ιζημάτων (κυρίως ανθρακικής σύστασης) στα ανατολικά και των καφε - κόκκινων μικρότερης κοκκομετρίας στα δυτικά (αυξημένο το ποσοστό των αργιλικών ορυκτών και των οξειδίων)

Οι λιθολογικές ενότητες που εμφανίζονται εντός του σύνθετου αυτού ριπιδίου εναλλάσσονται σε λεπτόκοκκες στρώσεις υλικών, γεγονός που τις καθιστά υδατοστεγείς και αποθέσεις συμπαγοποιημένων και μη κροκαλοπαγών σχηματισμών που επιτρέπουν την διατήρηση υδροφορίας, που δεν σχετίζεται άμεσα με το καρστικό σύστημα. Στο κύριο σώμα του ριπιδίου η υδροφορία αυτή βρίσκεται σε βάθος κάτω από τα τρία μέτρα και έχει τύχει εκμετάλλευσης όπως μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα από τα υπάρχοντα φρέατα (ρηγά πηγάδια) στην περιοχή (Εικ. 5). Οι πλημμυρικές ροές έχουν δημιουργήσει στην ανατολική πλευρά της πόλης εδαφικό οριζόντα λευκού χρώματος ασβεστιτικής σύστασης. Στην δυτική πλευρά της περιοχής ένα δίκτυο επιφανειακής απορροής έχει διαβρώσει τον αλλουβιακό μανδύα και έχει φέρει στην επιφάνεια παλαιούς εδαφικούς οριζόντες στους οποίους επικρατούν οι κόκκινοι/καφέ πηλοί. Τα υλικά αυτά προέρχονται από τον συνδυασμό της terra rossa που αποτελεί το υπολειμματικό προϊόν της καρστικοποίησης (διαλυτοποίηση των αναθρακικών) με ταυτόχρονη συνεισφορά υλικού από τα πετρώματα του Φυλλιτικού Καλύμματος που έχουν ευρεία εξάπλωση στα δυτικά της περιοχής. Αν και κανείς από του εφήμερους χείμαρρους στις δυτικές παρειές της πόλης δεν έχει σήμερα στερεοπαροχή αυτού του υλικού, αυτή σίγουρα υπήρξε όπως δείχνουν τα διάσπαρτα υπολείμματα χαλαζιακών τεμαχίων που προέρχονται από τα πετρώματα του Φυλλιτικού Καλύμματος και εμφανίζουν το μέγιστο της επιφανειακής της εξάπλωσης στα δυτικά τμήματα της πόλης, σε περιοχές που σήμερα διαβρώνονται.



Εικόνα 5: Απεικόνιση στατιστικής επεξεργασίας ρηγμάτων. Αριστερά, ομαδοποιήσεις κύριων διευθύνσεων μικρορηγμάτων με την βοήθεια στατιστικής επεξεργασίας (δίκτυα Schmidt). Δεξιά, ροδодιάγραμμα ρηγμάτων από επεξεργασία ζεύγους αεροφωτογραφιών

Η μακροσκοπική έρευνα (οπτικός έλεγχος) επισήμανε ποικίλες διαρρήξεις μεταπτωτικού χαρακτήρα με σχετικά άλματα εκατοστών μέχρι μέτρου. Η μέτρηση σε θέσεις περίξ της πόλης ζωνών ασυνεχειών/ρηγμάτων, οδήγησε με την βοήθεια της στατιστικής επεξεργασίας (δίκτυα Schmidt) σε ομαδοποιήσεις κύριων διευθύνσεων, που αφ' ενός απεικονίστηκαν στο γεωλογικό χάρτη αλλά αφ' εταίρου και συγκεντρωτικά (εικ. 5 αριστερά). Εφαρμόστηκε η τεχνική του «παραθύρου» (διάστημα 2Χ2 μέτρων) με την οποία κανείς μπορεί εκτός των άλλων να έχει και μια εποπτική εικόνα της πυκνότητας των ρηγματώσεων. Συνολικά μετρήθηκε ο προσανατολισμός των επιφανειών 183 διαρρήξεων σε 8 διαφορετικούς σταθμούς μετρήσεων. Οι διαρρήξεις μετρήθηκαν σε εμφανίσεις πετρωμάτων που ανήκουν στο σχηματισμό του Τρυπαλίου (Θέσεις 1 ως 6) και στην Ομάδα των Πλακωδών Ασβεστολίθων (Θέσεις 7 και 8). Από τις μετρήσεις αυτές κατασκευάστηκαν ισάριθμα στεροεδιαγράμματα Schmidt για κάθε θέση. Πιο αναλυτικά, στη πρώτη περιοχή μέτρησης, παρατηρείται μια εκτεταμένη διασπορά των πόλων των διαρρήξεων με κυρίαρχες τις ομάδες διαρρήξεων με γενικό προσανατολισμό παράταξης ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ. Στη δεύτερη και

τρίτη περιοχή εμφανίζεται μια κύρια ομάδα διαρρήξεων με γενικό προσανατολισμό παράταξης BBA-NNΔ. Στην τέταρτη περιοχή παρατηρείται εκτεταμένη διασπορά με τις οι διαρρήξεις να παρουσιάζουν μεγάλες γωνίες κλίσης (προσεγγίζουν την κατακόρυφο) και να έχουν κύριο προσανατολισμό παράταξης BBA-NNΔ, ενώ υπάρχουν και δευτερεύοντες προσανατολισμοί παράταξεων ΔΒΔ-ΑΝΑ και ΒΔ-ΝΑ. Η πέμπτη και έκτη θέση παρουσιάζουν κύριους προσανατολισμούς παράταξεων από ΔΒΔ-ΑΝΑ ως ΒΒΔ-ΝΝΑ, ενώ εμφανίζεται και μια δευτερεύουσα ομάδα διαρρήξεων με προσανατολισμό περίπου Β-Ν. Όλες οι παραπάνω θέσεις τοποθετούνται σε περιοχές που δομούνται από πετρώματα της Ενότητας του Τρυπαλίου. Επομένως, με βάση και τις έξι προηγούμενες θέσεις προκύπτει ότι οι κυρίαρχες ομάδες διαρρήξεων που απατώνται στην ενότητα του Τρυπαλίου έχουν γενικό προσανατολισμό παράταξης από ΒΔ-ΝΑ και δευτερεύον γενικό προσανατολισμό ΒΒΑ-ΝΝΔ. Στις υπόλοιπες δύο θέσεις, με αριθμό επτά και οκτώ, που βρίσκονται σε σχηματισμούς της Ομάδας των Πλακωδών Ασβεστολίθων ο κύριος προσανατολισμός διαρρήξεων είναι ΒΑ-ΝΔ, ενώ παρατηρούνται και δευτερεύουσες ομάδες διαρρήξεων με προσανατολισμό από Δ-Α ως ΒΔ-ΝΑ. Στην συνέχεια δημιουργήθηκε ένα διάγραμμα που περιλαμβάνει το σύνολο των μετρήσεων, από όπου και διακρίνονται οι δύο κύριες διευθύνσεις η ΒΒΔ/ΝΝΑ και η ΒΒΑ/ΝΝΔ (Εικόνα 5, δεξιά).

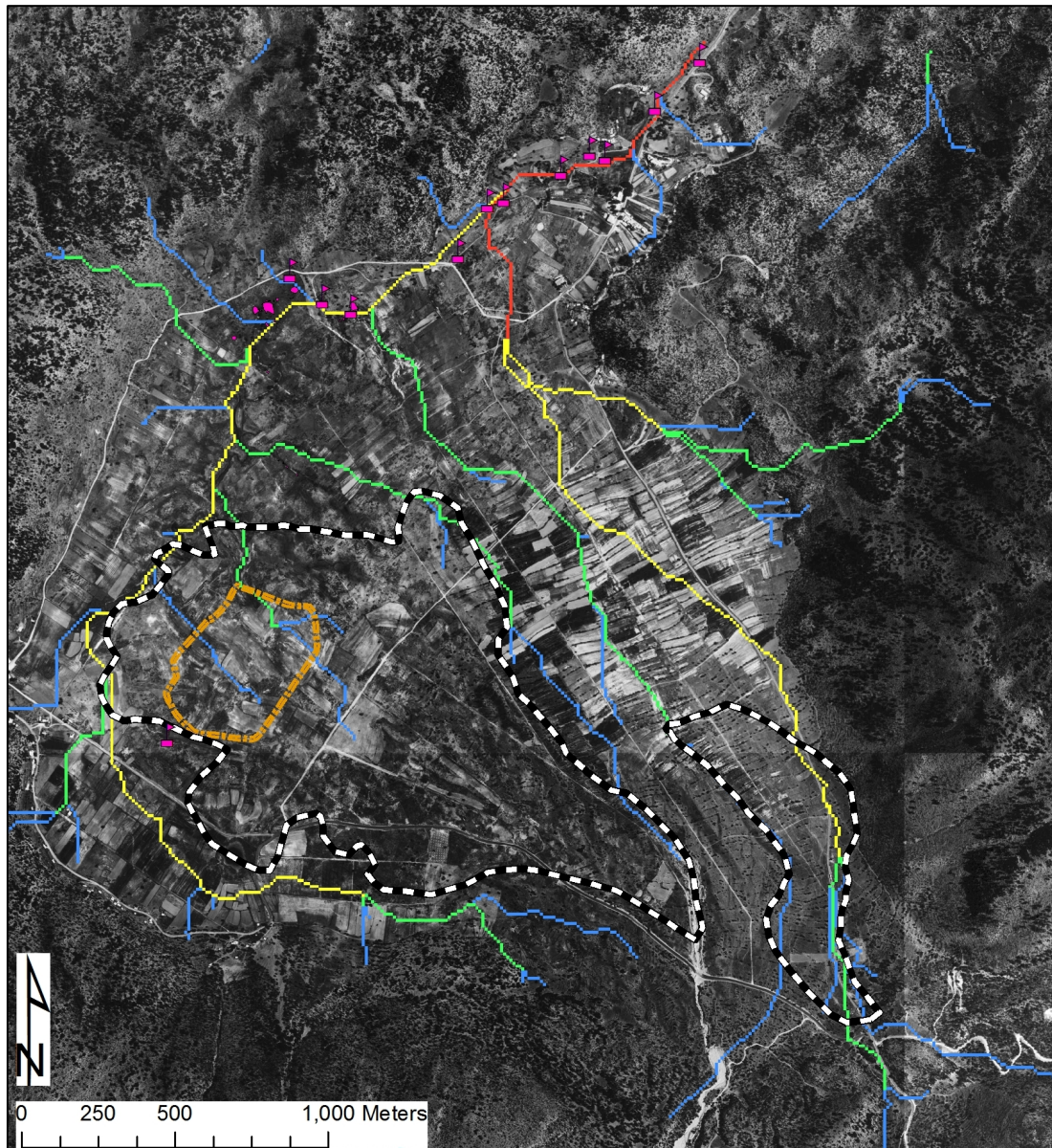
Ρήγματα με μεγάλες μεταπτώσεις (μερικά μέτρα ή μερικές δεκάδες μέτρων) εντοπίστηκαν και απεικονίστηκαν μετά από επεξεργασία ζευγών αεροφωτογραφιών που παραχωρήθηκαν από την Δασική Υπηρεσία του Ν. Χανίων. Μετά από στατιστική επεξεργασία (ροδοδιαγράμματα) ομαδοποιήθηκαν σε διευθύνσεις (Εικόνα 5, δεξιά) και συγκρίθηκαν με τα αποτελέσματα των σταθμών μετρήσεων τεκτονικών στοιχείων. Όπως φαίνεται και από την χωρική κατανομή των μεγάλων ρηγμάτων με μικρή διαφορά ορισμένων μοιρών και σε αυτήν την κλίμακα οι δύο κύριες διευθύνσεις είναι η ΒΒΔ/ΝΝΑ και η ΒΒΑ/ΝΝΔ (Εικ. 5).

Υδρολογικό περίγραμμα

Σαν μια πρώτη εκτίμηση του συστήματος επιφανειακής απορροής κατασκευάστηκε αρχικά το υδρογραφικό δίκτυο, ως αποτέλεσμα επεξεργασίας των δεδομένων υψομετρίας (ισοϋψών). Αρχικά δημιουργήθηκε το δίκτυο αποροής και σε δεύτερο στάδιο η ταξινόμηση των κλάδων των ρεμάτων (κατά Strahler 1964). Η απεικόνιση του υδρογραφικού δικτύου αφορά αρχικά την πόλγη του Ομαλού και τα πρώτα συμπεράσματα που εξήχθησαν περιορίστηκαν σε αυτήν, χωρίς να επεξεργαστούν λεπτομερικώς τα δεδομένα από τους κλάδους ρεμάτων των πρηνών και γενικότερα των υδρολογικών λεκανών που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή πέριξ της πόλγης του Ομαλού. Για την απεικόνιση και εκτίμηση του δικτύου επιφανειακής απορροής χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικές μεθοδολογίες λαμβάνοντας υπόψη τους υδροκρίτες των κυρίων υδρολογικών λεκανών και του συνόλου των κλάδων ρεμάτων των πρηνών: επεξεργασίας του ψηφιακού αναγλύφου (DTM) σε συνδυασμό με επεξεργασίας ζεύγους αεροφωτογραφιών (του έτους 1945). Τα αποτελέσματα απεικονίστηκαν σε χάρτη (Εικ. 6). Οι μεγαλύτερες επιφανειακές διατομές διάβρωσης που έχουν προκύψει, έχουν δημιουργήσει ένα πυκνότερο δίκτυο στα νότια και δυτικά. Οι μεγαλύτερες ποσότητες επιφανειακών υδάτων διατρέχουν από νότο προς βορρά σχεδόν παράλληλα με το υπάρχον ρήγμα διεύθυνσης Β/Ν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα στην περιοχή αυτή να συγκεντρώνεται ο μεγαλύτερος αριθμός δολινών στην περιοχή. Η επιφανειακή απορροή καταλήγει στο σπήλαιο του Τζανή (ΒΔ της πόλγης) όπου εκφορτίζεται και το σύνολο της επιφανειακής απορροής.

Οι ροές των ρεμάτων ακολουθούν το περίγραμμά των αλλουβιακών ριπιδίων. Ειδικά στο νότιο και δυτικό τμήμα του σύνθετου ριπιδίου το ρέμα παρουσιάζει αυξημένη τάξη. Η δολίνες που έχουν ως τώρα εντοπιστεί βρίσκονται πλησίον ρεμάτων μεγάλης τάξης και κυρίως στα χαμηλότερα υψόμετρα της πόλγης (βόρεια περιοχή). Ο διαβρωτικός χαρακτήρας των ρεμάτων είναι πιθανώς η αιτία απομάκρυνσης των υπερκείμενων ιζημάτων στην δυτική περιοχή με αποτέλεσμα την ταυτόχρονη αποκάλυψη των υποκείμενων προϋπαρχόντων καρστικών δομών του υποβάθρου. Εκεί όπου το πάχος των ιζημάτων είναι πλέον μικρό

καταμετρήθηκαν και οι περισσότερες επιφανειακές καρστικές δομές χωρίς να λείπουν από τις υπόλοιπες περιοχές (Hamdan et al 2012).

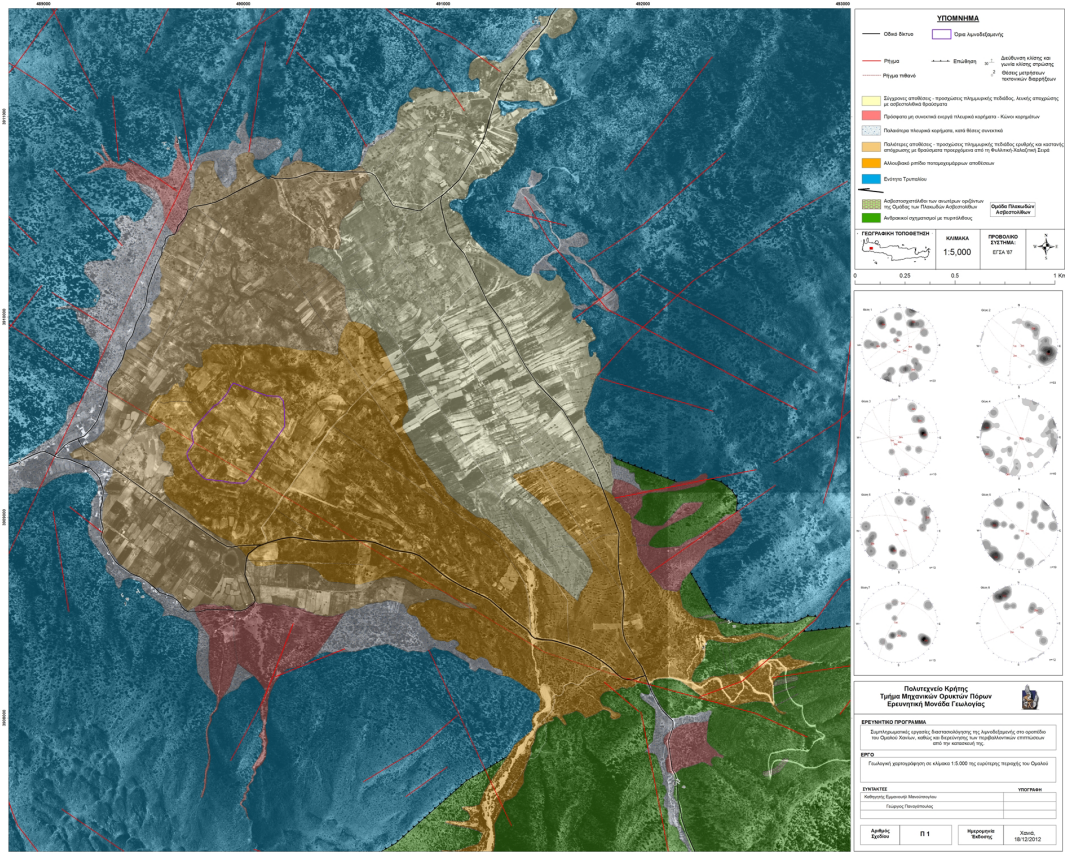


Εικόνα 6: Το δίκτυο επιφανειακής απορροής και ταξινόμηση των κλάδων των ρεμάτων κατά Strahler (1964)

Αποτελέσματα και συμπεράσματα

Το σύνολο των δεδομένων απεικονίστηκε στον λεπτομερή γεωλογικό χάρτη (εικ. 7). Όπως φαίνεται από το σύνολο των δεδομένων εκτός από την άμεση επίδραση της τεκτονικής, με την έννοια της δημιουργίας των πρωταρχικών διόδων κυκλοφορίας του νερού, υπάρχουν και έμμεσες επιδράσεις που σχετίζονται με τη σχετική θέση του ανθρακικού σχηματισμού και του αδιαπέρατου υπόβαθρου. Στην ευρύτερη περιοχή το κλαστικό αυτό υπόβαθρο αποτελείται από αδιαπέρατους σχηματισμούς (πολύ πιθανώς του μεταφλύσχη της Ομάδας

των Πλακωδών Ασβεστολίθων) και οριοθετείται από μια τεκτονική επωθητική επιφάνεια με παράταξη BBA/NNΔ παρόμοια μιας των επικρατουσών, κύριων τεκτονικών διευθύνσεων της περιοχής. Η «επιφάνεια» αυτή δημιούργησε (και πιθανώς να συνεχίζει να δημιουργεί μια «τεχνητή» βάση επιταχυνόμενης καρστικοποίησης που προσομοιάζει αρκετά με τις διαβρωτικές διεργασίες της επιφάνειας. Ήτοι, στην επαφή των κερματισμένων (μετα)ανθρακικών της Ενότητας του Τρυπαλίου με το υποκείμενο μη διαπερατό (μετα)κλαστικό υπόβαθρο της Ομάδας των Πλακωδών Ασβεστολίθων συνήθως εμφανίζονται περισσότερες καρστικές δομές.



Εικόνα 7: Λεπτομερής γεωλογικός χάρτης της περιοχής σε κλίμακα 1:5.000 με υπόβαθρο ζεύγος αεροφωτογραφιών της περιοχής μελέτης

Η περιοχή ενδιαφέροντος εξελέχθη πάνω σε μια επιφάνεια καρστικής επιπέδωσης πάνω στην οποία λόγω της διαφοράς υψομέτρου δημιουργήθηκαν και εξελέχθηκαν αλλουβιακά ριπίδια. Την ευρύτερη περιοχή διατέμνουν μικρά και μεγάλα ρήγματα στις διευθύνσεις BBA/NNΔ και BBA/NNΔ. Τις ανωτέρω διευθύνσεις ακολούθησαν τα εφήμερα ρέματα που δημιούργησαν τα αλλουβιακά ριπίδια.

Βιβλιογραφία

Hamdan H., Economou N., Kritikakis G., Andronikidis N., Manoutsoglou E., Vafidis A., Pangratis P. and Apostolidou G. 2012. 2D and 3D imaging of the metamorphic carbonates at Omalos plateau/polje, Crete, Greece by employing independent and joint inversion on resistivity and seismic data. *International Journal of Speleology*, 41(2), 199-209.

Manoutsoglou E., Jacobshagen V., Spyridonos E. and Skala W. 1999. Geologische 3D-Modellierung der Plattenkalk-Gruppe West-Kretas. *Mathematische Geologie*, 4, 73-79.

- Manoutsoglu E., Soujon A. and Jacobshagen V. 2003. Tectonic structure and fabric development of the Plattenkalk unit around the Samaria gorge, Western Crete, Greece. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft.*, 154/1, 85-100.
- Manoutsoglou E. and Steiakakis E. 2011. Contribution to the hydrogeological research of Western Crete. 9th International Hydrogeological Congress, [In: *Advances in the Research of Aquatic Environment*: N. Lambrakis, G. Stournaras & K. Katsanou (eds), Environmental Earth Sciences, Springer, vol. 1, 519-525].
- Steiakakis E., Monopolis† D., Vavadakīs D. and Manoutsoglu E. 2011. Hydrogeological research in Trypali carbonate Unit (NW Crete). 9th International Hydrogeological Congress, [In: *Advances in the Research of Aquatic Environment*: N. Lambrakis, G. Stournaras & K. Katsanou (eds), Environmental Earth Sciences, Springer, vol. 1, 561-567].
- Strahler A.N. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. [In: Chow V. (Ed.). *Handbook of applied hydrology*. Section 4-II: 39-76, McGraw-Hill Book Co., New York]
- Sweeting M.M. 1972. *Karst Landforms*. Mac-Millan Press Ltd, 362 pp. London
- Xavier J.-P. 1976. Contribution a l'étude géologique de l'arc égéen: la Crète occidentale, secteurs d'Omalos et de Kastelli. Thèse 3me Cycle, Université Pierre et Marie Curie, 101 p., Paris.
- Βαφείδης Α., Μανούτσογλου Ε., Ανδρονικίδης Ν., Hamdan H., Κουκαδάκη Μ., Κρητικιάκης Γ., Οικονόμου Ν. και Σπανουδάκης Ν. 2004. Γεωφυσική διασκόπηση στο οροπέδιο Ομαλού, Ν. Χανίων. - Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Τόμος 36/3, 1204 – 1213.
- Μανούτσογλου, Ε., Σπυρίδωνος, Ε., Soujon, Α. και Jacobshagen, V. 2001. Αναθεώρηση του γεωλογικού χάρτη και τρισδιάστατη προσομοίωση της γεωλογικής δομής της ευτύτερης περιοχής του φαραγγιού της Σαμαριάς. - Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, Τόμος 39/1, 29-36.
- Φυτρολάκης, Ν. 1980. Η γεωλογική δομή της Κρήτης. - Διατριβή επί υφηγεσία, ΕΜΠ, Αθήνα, 146 σελ.