

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ  
ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΗΛΙΟΛΟΥΣΤΟΥ ΚΙΛΚΙΣ

ΑΘΑΝΑΣΙΑΣ ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ - ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ

ΚΑΘΗΓ. ΕΜ. ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥ

ABSTRACT

A. PAPANANNIOPOULOU - ECONOMOU: "Contribution of the resistivity method to the construction study of an irrigation dam at Iliolousto - Kilkis area".

In the frame of the construction study of an irrigation dam, on the river AYAK, geoelectrical investigation of the sub-surface was carried out to the North of the village ILIOLOU-STO where the river has the smallest width, in order to explore, from the geological point of view, the possibility of constructing the dam on this morphologically appropriate position.

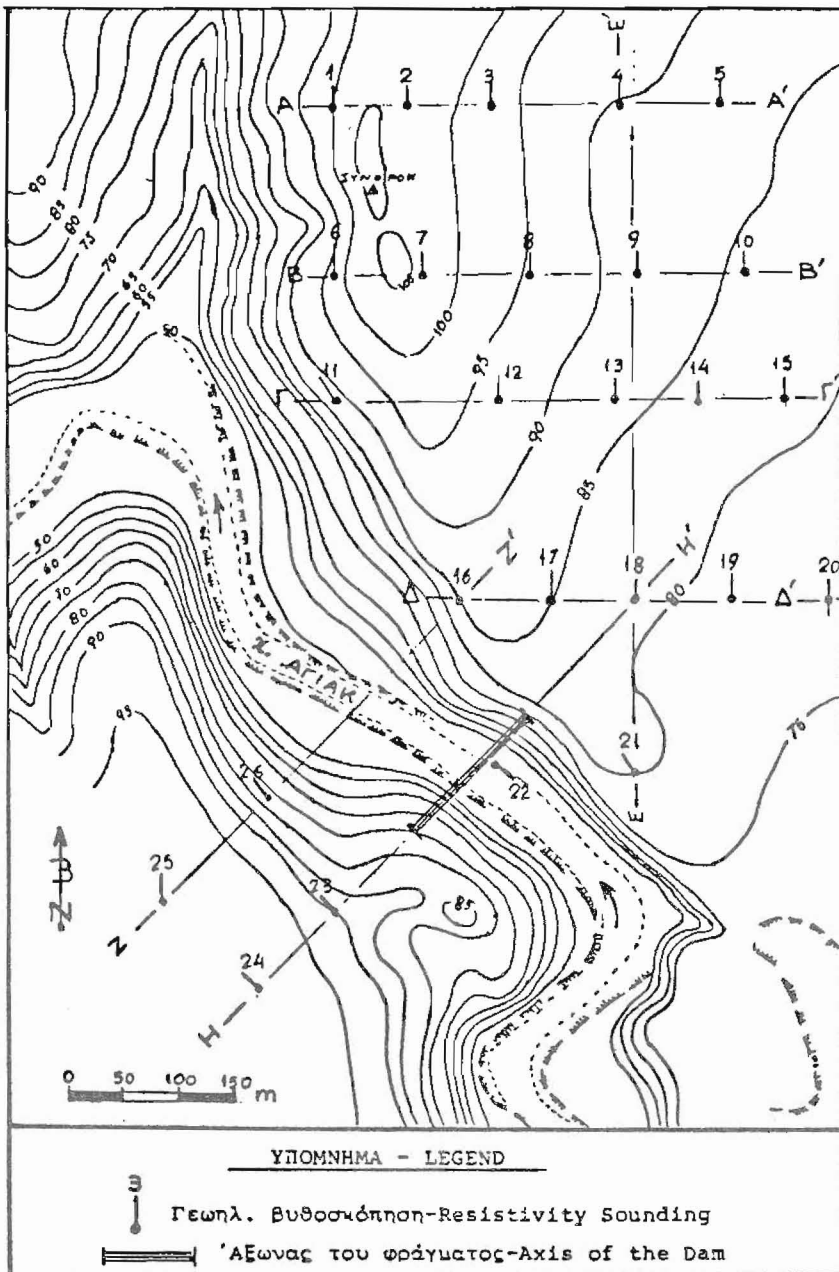
Specifically, the scope of the geophysical investigation was to determine the depth to which crystalline limestones and marbles observed as layers in between schist formations were extended. This factor is of great importance since it may influence the impermeability degree of the chosen site. The results of 26 geoelectrical soundings proved that the afore mentioned limestones and marbles are isolated lenses between the schist formations and do not consist extensive layers as they appear on surface.

Under these conditions the marbles do not seem to create serious problems concerning the impermeability of the site.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή αφορά σε γεωηλεκτρική διασκόπηση που διεξήχθη από την συγγραφέα στα πλαίσια μελέτης κατασκευής φράγματος στο χειμάρρο Άγιακ, στην περιοχή Ηλιόλουστου-Κιλκίς, για την δημιουργία αρδευτικού υδατοαποταμιευτήρος.

Σκοπός της γεωηλεκτρικής έρευνας ήταν να διερευνηθεί η γεωλογική δομή του υπεδάφους βορείως του χωρίου Ηλιόλουστου, όπου το φαράγγι του χειμάρρου παρουσιάζει το μικρότερο πλάτος, προκειμένου να εξεταστεί κατά πόσον η μορφολογικά ευνοϊκή αυτή θέση προσφέρεται κατ'αρχήν και από άποψη στεγανότητας.



Σχ. 1. Τοπογραφικό διάγραμμα περιοχής έρευνας.  
 Fig.1. Location map of the geoelectrical survey.

## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ - ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Η διερευνηθείσα περιοχή αποτελείται από ημιμεταμορφωμένο σύστημα σχιστολίθων - φυλλιτών, μέσα στους οποίους, κατά θέσεις, απαντώνται ενστρώσεις κρυσταλλικών ασβεστολίθων. Τα πετρώματα αυτά, που αποτελούν το κρυσταλλικό υπόβαθρο της ευρύτερης περιοχής, στο υπό έρευνα τμήμα της παρουσιάζουν ανατολική κλίση  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$  και καλύπτονται από αποσαθρώματα του ημιμεταμορφωμένου υποβάθρου και προσχώσεις.

Η παρουσία ασβεστολίθων στην περιοχή εύλογα δημιουργεί ερωτηματικά για τον βαθμό στεγανότητάς της. Κρίθηκε συνεπώς αναγκαίο να διερευνηθεί το υπέδαφος αυτής, προκειμένου να διαπιστωθεί αν οι ασβεστόλιθοι εκτείνονται σε βάθος κάτω του απολύτου υψομέτρου + 75m της στέψεως του φράγματος και μέχρι τουλάχιστον 15m κάτω από το υψόμετρο +50m της κοίτης του χειμάρρου. Σημειούται, ότι η ΝΑ του φράγματος περιοχή της λεκάνης κατακλύσεως είχε παλαιότερα διερευνηθεί με γεωηλεκτρική διασκόπηση και γεωτρήσεις και είχε διαπιστωθεί η σχιστολιθική σύσταση του υπεδάφους της.

## 3. ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

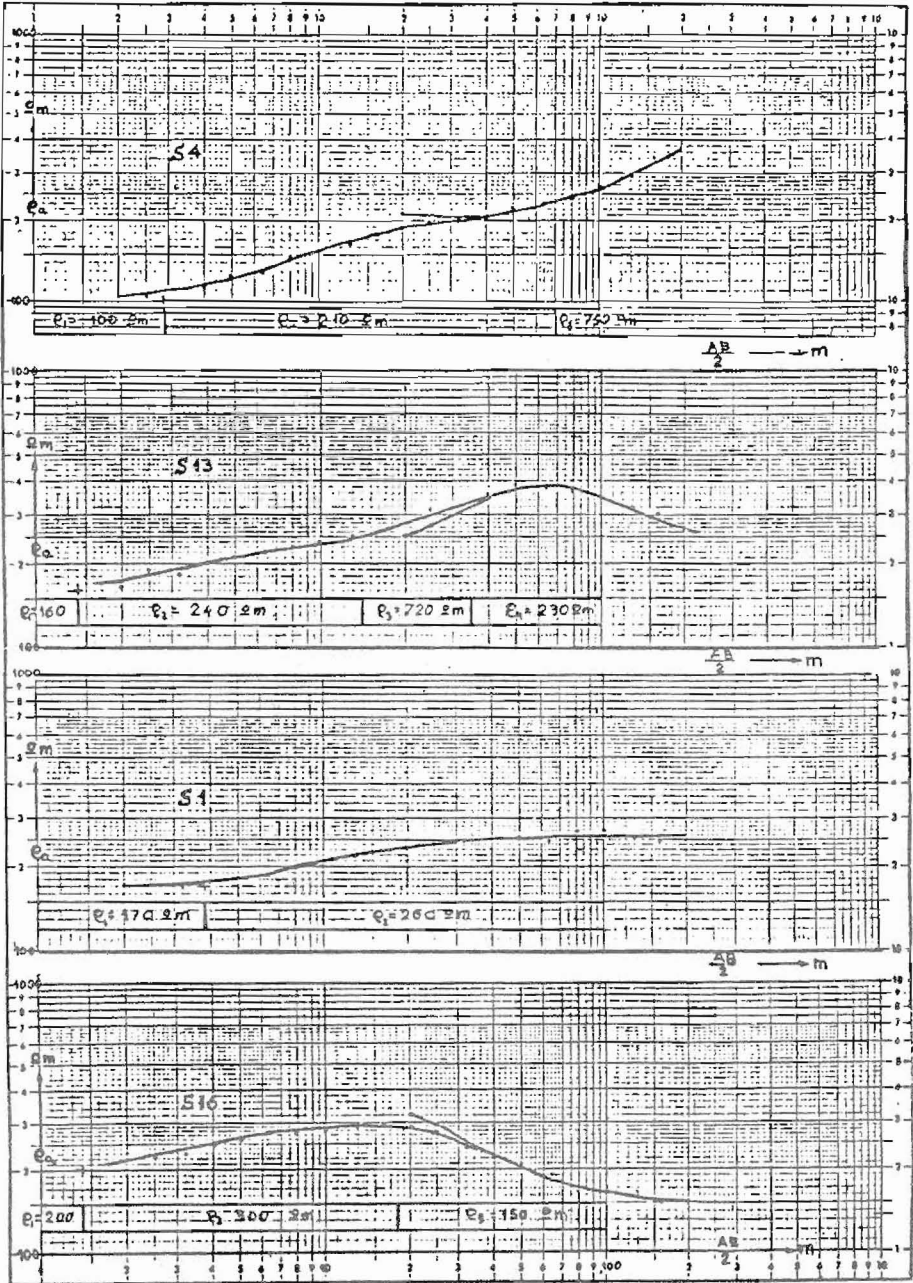
### 3.1. Διεξαγωγή των μετρήσεων

Η διασκόπηση του υπεδάφους έγινε δια γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων, με διάταξη ηλεκτροδίων κατά Schlumberger. Διεξήχθησαν 26 γεωηλ. βυθοσκοπήσεις, οι θέσεις των οποίων σημειούνται στο Σχ. 1. Η διεύθυνση της γραμμής ΑΒ, όπου το επέτρεπε η μορφολογία του εδάφους, ήταν Β-Ν, δηλαδή παράλληλη προς τη γενική παράταξη των σχηματισμών.

Σε όλες τις γεωηλ. βυθοσκοπήσεις το ανάπτυγμα της γραμμής ΑΒ έφθασε τα 400m, προκειμένου να προκύψουν αξιόπιστα συμπεράσματα μέχρι βάθους τουλάχιστον 50m, όση δηλαδή είναι η υψομετρική διαφορά της κοίτης του χειμάρρου στη θέση του φράγματος από το υψηλότερο σημείο της περιοχής. Η απόσταση ΜΝ μεταξύ των ηλεκτροδίων δυναμικού ήταν 1m μέχρι ΑΒ=40m και 10m μέχρι ΑΒ=400m.

Για τον προσδιορισμό των τιμών της ειδικής αντιστάσεως των σχηματισμών έγιναν δοκιμαστικές μετρήσεις απ' ευθείας επί των σχιστολίθων και των κρυσταλλικών ασβεστολίθων, που εμφανίζονται στην επιφάνεια. Από τις μετρήσεις αυτές προκύπτει, ότι ο σχηματισμός σχιστολίθων - φυλλιτών παρουσιάζει τιμές ειδικής αντιστάσεως  $\rho=140-360 \Omega\text{m}$  και οι ασβεστόλιθοι  $\rho=700-800 \Omega\text{m}$ . Η ειδική αντίσταση του επιφανειακού καλύμματος, από αποσαθρώματα και προσχώσεις, ποικίλει μεταξύ 70 και 300  $\Omega\text{m}$ .

Το εύρος των τιμών της ειδικής αντιστάσεως του σχιστολιθικού σχηματισμού οφείλεται σε παρεμβολές μέσα σ' αυτόν λεπτών ενστρώσεων ψαμμιτών και χαλαζιτών, που παρατηρούνται κυρίως στα ανώτερα στρώματα, στις υψηλότερες μορφολογικά θέσεις της περιοχής. Εν τούτοις, παρά την αισθητή κύμανση της ειδικής αντιστάσεως του σχιστολιθικού σχηματισμού, η τιμή της παραμένει αρκετά μικρότερη από εκείνη των ασβεστολίθων, σε βαθμό που να επιτρέπει την διάκρισή τους με την γεωηλεκτρική μέθοδο.



Σχ. 2. Χαρακτηριστικές καμπύλες γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων και η αντίστοιχη ανάλυσή τους.  
 Fig.2. Typical sounding curves and their corresponding resistivity profiles.

### 3.2. Επεξεργασία μετρήσεων - Ερμηνεία αποτελεσμάτων

Στο Σχ.2. δίδονται ενδεικτικώς χαρακτηριστικές μορφές της σχέσεως  $\rho_{\alpha} = f\left(\frac{AB}{2}\right)$  που προσδιορίστηκαν στη διερευνηθείσα περιοχή, καθώς και το αντίστοιχο αποτέλεσμα της αναλύσεως της καμπύλης.

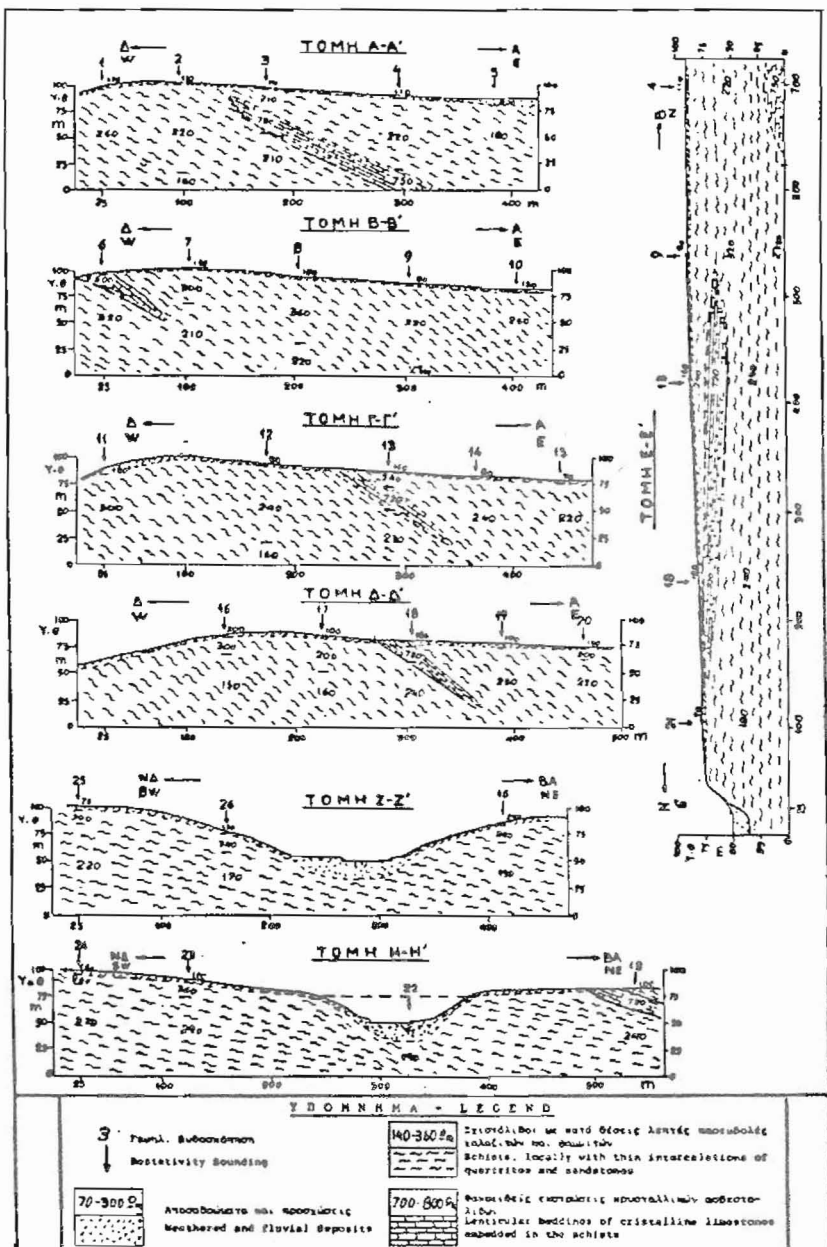
Με βάση τα αποτελέσματα της αναλύσεως της σχέσεως  $\rho = f\left(\frac{AB}{2}\right)$  που προσδιορίστηκε στις θέσεις των γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων, τις τιμές των ειδικών αντιστάσεων σχιστολίθων και ασβεστολίθων, καθώς και τις κλίσεις των σχηματισμών αυτών σχεδιάστηκαν οι ερμηνευτικές γεωηλεκτρικές τομές του σχήματος 3. Από τις τομές αυτές, που δίδουν μια εποπτική απεικόνιση της δομής του υπεδάφους της περιοχής, συνάγεται ευχερώς η εις βάθος και κατά την οριζοντιάν ανάπτυξη των σχηματισμών της περιοχής και ειδικώτερα των ασβεστολιθικών ενστρώσεων.

Αναλυτικώτερα, από τις γεωηλεκτρικές τομές προκύπτουν τα ακόλουθα :

Τομή Α-Α': Από τις πέντε γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις, που συνθέτουν την βορειότερη αυτή τομή, μόνο στις βυθοσκοπήσεις 3 και 4, στο κεντρικό τμήμα της, διαπιστώνεται η παρουσία κρυσταλλικών ασβεστολίθων σε σημαντικό πάχος. Στη θέση της βυθοσκοπήσεως 3 ο ασβεστόλιθος συναντάται σε βάθος 22 m (απολ.ύψ. +75m) και φθάνει μέχρι βάθους 42 m (απολ.ύψ. +55m) δηλαδή στην θέση αυτή έχει φαινόμενο πάχος 20 m, ενώ στη θέση της βυθοσκοπήσεως 4 ο ασβεστόλιθος συναντάται σε βάθος 70 m από την επιφάνεια και σύμφωνα με την μορφή της αντίστοιχης γεωηλεκτρικής καμπύλης, εκτείνεται τουλάχιστον μέχρι της στάθμης της θάλασσας. Επειδή στις αντίστοιχες θέσεις των γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων 8 και 9 της τομής Β-Β' δεν διαπιστώθηκε ασβεστόλιθος θα πρέπει να θεωρήσουμε, ότι η ασβεστολιθική ένστροψη της τομής Α-Α' αποσφηνούται προς νότον, δηλαδή έχει την μορφή φακοειδούς ενστρώσεως.

Τομή Β-Β': Στην τομή αυτή, 150 m νοτίως της τομής Α-Α', η ύπαρξη ασβεστολίθων εντοπίστηκε μόνον στην γεωηλ. βυθοσκόπηση 6, στο δυτικό άκρον της τομής. Πρόκειται για επιφανειακό στρώμα, πάχους 10 m περίπου. Η προς ανατολάς προέκτασή του δεν διαπιστώθηκε στη βυθοσκόπηση 7, πιθανώς να εκφυλίζεται σε λεπτές παρεμβολές μέσα στους σχιστολίθους. Δεδομένου ότι στην αντίστοιχη θέση της γεωηλ. βυθοσκοπήσεως 11 της τομής Γ-Γ' δεν συναντήθηκε ασβεστόλιθος, θα πρέπει να θεωρήσουμε, ότι ο ασβεστόλιθος αυτός της τομής Β-Β' αποτελεί φακοειδή ένστροψη, που αποσφηνούται επίσης προς νότον.

Τομή Γ-Γ': Στην τομή αυτή, 130 m νοτίως της τομής Β-Β', εντοπίζεται ασβεστόλιθος στην θέση της γεωηλ. βυθοσκοπήσεως 13 σε βάθος 15 m από την επιφάνεια και πάχους 21 m περίπου. Σύμφωνα με την γενική προς ανατολάς κλίση των στρωμάτων, το εντοπισθέν αυτό ασβεστολιθικό στρώμα αποτελεί την συνέχεια της εμφανιζόμενης στην επιφάνεια, δυτικώς της βυθοσκοπήσεως 13, ασβεστολιθικής ενστρώσεως. Δεδομένου ότι η προς ανατολάς, σε απόσταση 80 m από την βυθοσκόπηση 13, γεωηλ. βυθοσκόπηση 14 δεν συνάντησε ασβεστόλιθο θα πρέπει να υποθέσουμε, ότι η ασβεστολιθική ένστροψη της βυθοσκοπήσεως 13 αποσφηνούται στο βάθος προς ανατολάς. Επίσης, επειδή δεν συναντάται ασβεστόλιθος στην



Σχ. 3. Σχηματικές ερμηνευτικές γεωηλεκτρικές τομές.  
Fig.3. Schematic interpretation sections.

αντίστοιχη θέση 9 της τομής Β-Β', θα πρέπει αυτή να αποσφηνούται και προς βορράν, ενώ αντιθέτως συνεχίζεται προς νότον, όπως προκύπτει από την βυθοσκόπηση 18 της τομής Δ-Δ'.

Τομές Δ-Δ' και Ε-Ε': Όπως φαίνεται στην τομή Δ-Δ' μόνο στην θέση της βυθοσκοπήσεως 18 συναντήθηκε ασβεστόλιθος σχεδόν από την επιφάνεια, πάχους περίπου 15 m, ο οποίος αποσφηνούται προς ανατολάς, δεδομένου ότι δεν ανευρέθει στην βυθοσκόπηση 19 της τομής αυτής, καθώς επίσης και προς νότον, όπως προκύπτει από την βυθοσκόπηση 21 της τομής Ε-Ε', διευθύνσεως Β-Ν.

Τομές Ζ-Ζ' και Η-Η': Οι γεωηλεκτρικές βυθοσκήσεις, που έγιναν στις θέσεις 22, 23, 24, 25 και 26, δεν διαπίστωσαν την παρουσία ασβεστολίθων στο υπέδαφός τους, τουλάχιστον μέχρι βάθους 100 m.

Όπως δείχνει η γεωηλ. βυθοσκόπηση 22 της τομής Η-Η', η σημερινή κοίτη του χειμάρρου Άγιακ αποτελείται από αποσαθρώματα σχιστολίθων και νεώτερες αποθέσεις, πάχους περίπου 20 m, κάτω από τα οποία βρίσκεται ο σχιστόλιθος. Τούτο σημαίνει, ότι παλαιότερα η κοίτη του χειμάρρου αυτού ήταν 20 m χαμηλότερα της σημερινής. Η παλαιογεωγραφική αυτή διαπίστωση ενισχύει την άποψη ότι άλλοτε, κατά το Τεταρτογενές, τα νερά του χειμάρρου Άγιακ ήταν πιά ορμητικά με αποτέλεσμα να διαβρώσουν την σχιστολιθική κοίτη του. Η αυξημένη διαβρωτική δράση του χειμάρρου οφείλεται σε ανοδικές κινήσεις στην περιοχή αυτή.

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την γεωηλεκτρική έρευνα της περιοχής προέκυψαν τα εξής:

- Το υπέδαφος της ερευνηθείσης περιοχής μέχρι του διασκοπηθέντος βάθους, τουλάχιστον 100 m, αποτελείται κυρίως από σχιστολιθικά πετρώματα. Σε ωρισμένες μόνο θέσεις εμφανίζονται κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, περιωρισμένης σχετικώς εκτάσεως, κυρίως Β και ΒΑ του άξονος του φράγματος.
- Οι γεωηλεκτρικώς διαπιστωθέντες ασβεστόλιθοι δεν αποτελούν συνεχείς εκτεταμένους ορίζοντες, αλλά επιμήκεις φακοειδείς ενστρώσεις εντός των σχιστολίθων, τμήμα των οποίων, σε μερικές θέσεις, εμφανίζεται στην επιφάνεια. Το στρωματογραφικό πάχος αυτών είναι της τάξεως των 20 m και αποσφηνούται γενικώς προς ανατολάς, κατά την διεύθυνση της κλίσεως, καθώς και προς νότον.
- Λόγω του εγκλωβισμού των ασβεστολίθων εντός των σχιστολίθων η παρουσία τους δεν φαίνεται να δημιουργεί σοβαρά προβλήματα για την στεγανότητα της θέσεως.
- Γενικώς, από τα ανωτέρω προκύπτει, ότι η γεωηλεκτρική μέθοδος μπορεί να αποβεί χρήσιμη για την επίλυση παρομοίων προβλημάτων, καθ' όσον με την διαπίστωση μέσω αυτής αλλαγών των λιθολογικών σχηματισμών του υπεδάφους, σε οριζόντια και κατακόρυφη διεύθυνση, μπορεί να συμβάλει όχι μόνο στην γνώση της γεωλογικής και τεκτονικής δομής του υπεδάφους της περιοχής, αλλά εμμέσως και των συνθηκών στεγανότητος αυτής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BOGOSLOVSKY, V and A. OGILVY, 1970: Application of geophysical methods for studying the technical status of earth dams. Geophysical Prospecting, V. XVIII, p.758.
- FRITSCH, V. 1956: Geoelektrische baugrunderforschungen in Jugoslawien und Oesterreich (Yugoslavia engineering dam). Geophysical prospecting, V. IV, N<sup>o</sup> 1, p. 24.
- KOEFOED, O, 1979: Geosounding principles, 1. Resistivity Sounding Measurements. Elsevier.
- KUNETZ, G, 1966: Principles of direct current resistivity prospecting. Berlin.
- PAPAYANNOPOULOU-ECONOMOY, A and C. GARAGUNIS, 1984: Geophysical investigations for the foundation of a dam, near Messara (Crete). Proceedings int. AMSE Conf. "Modelling & Simulation, Athens June 27-29, Vol. 4, 1 p. 23-29.
- Παπαγιαννοπούλου - Οικονόμου Α., 1989: Παλαιογεωγραφικές παρατηρήσεις στην περιοχή ανατολικά του Πολυκάστρου Κιλκίς βάσει γεωηλεκτρικής έρευνας. Ανακοίνωση στην Ακαδημία Αθηνών (2-2-89).
- TELFORD, W., GELDART, L., SCHERIFF, R., KEYS, D., 1976: Applied geophysics. Univ. Press. Cambridge.