

ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ ΑΒΔΗΡΩΝ, Ν. ΞΑΝΘΗΣ

Δελημάνη Π. και Ξειδάκης Γ.

Τομέας Γεωτεχνικής Μηχανικής Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δ.Π.Θ. 67.100 Ξάνθη
e-mail: pdeliman@civil.duth.gr, xeidakis@civil.duth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή γίνεται η επισήμανση των κυριότερων τεχνικογεωλογικών προβλημάτων της παράκτιας ζώνης της ευρύτερης περιοχής των Αρχαίων Αβδήρων από τον παραλιακό οικισμό του Μυρωδάτου μέχρι την παραλία της Μάνδρας του Ν. Ξάνθης και εξετάζονται τα αίτια που τα προκαλούν. Παρουσιάζεται επίσης μια γεωμορφολογική ταξινόμηση των ακτών της περιοχής και συντάσσεται ο τεχνικογεωλογικός χάρτης και ο χάρτης κλίσεων εδάφους. Η περιοχή έρευνας έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον λόγω της μακραίωνης ιστορίας της. Ως γνωστόν τα Αρχαία Αβδηρα παρουσιάζουν οικιστική παρουσία από τον 8^ο αι. π.Χ. μέχρι σήμερα. Στο διάστημα αυτό, όπως προκύπτει από παλαιότερες αρχαιολογικές και γεωμορφολογικές έρευνες στην περιοχή έχουν συντελεστεί σοβαρές γεωμορφολογικές μεταβολές, που έχουν επηρεάσει την οικιστική εξέλιξη της και τις λιμενικές εγκαταστάσεις της, σε όλη τη διάρκεια της ιστορικής της διαδρομής. Τα κυριότερα γεωτεχνικά προβλήματα που εμφανίζονται στην περιοχή εντοπίζονται κυρίως στις ελώδεις εκτάσεις, όπου αναπτύσσεται και η κυριότερη οικοδομική δραστηριότητα (οικιστικές ζώνες). Τα προβλήματα αυτά είναι ο πλημμυρισμός του εδάφους από τα νερά της βροχής, οι καθιζήσεις και τα προβλήματα θεμελιώσεων λόγω του μικρού βάθους του υδροφόρου ορίζοντα και της ατελούς στράγγισης του εδάφους.

1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η περιοχή του ακρωτηρίου των Αρχαίων Αβδήρων (Μπαλούστρα) αποτελεί το όριο δύο διαφορετικών υδρολογικών ενότητων της λεκάνης της λίμνης της Βιστωνίδας ανατολικά, και της λεκάνης του χειμάρρου Λασπία δυτικά, οποία αποτελεί ανεξάρτητη υδρολογική υπολεκάνη της ευρύτερης λεκάνης του ποταμού Νέστου. Στην περιοχή του ακρωτηρίου εμφανίζεται στην επιφάνεια το μεταμορφωμένο υπόβαθρο της μάζας της Ροδόπης το οποίο καταλήγει μέχρι τη θάλασσα, ενώ ανατολικά και δυτικά αυτού εκτείνονται πεδινές εκτάσεις από πρόσφατες τεταρτογενείς αποθέσεις. Η τεκτονική επέδρασε δραστικά στη διαμόρφωση της περιοχής. Τα μεγάλα περιθωριακά ρήγματα του τριτογενούς βύθισαν την περιοχή της λεκάνης της Βιστωνίδας, ενώ τα εγκάρσια προς αυτά ρήγματα της περιοχής των Αβδήρων δημιούργησαν το κέρασ των Αβδήρων, αποτελούμενο από τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Ροδοπικής μάζας (γνεύσιους, μεταμορφωμένους σχιστόλιθους, μάρμαρα) (Κολιός, 1993, Διαμαντής, 1985). Το κέρασ των Αβδήρων αποτελεί και το νοτιοδυτικό περιθώριο της λεκάνης της Βιστωνίδας.

2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η ευρύτερη περιοχή έρευνας βόρεια και βορειοανατολικά οριοθετείται από μια σειρά λόφων που καταλήγουν μέχρι την ακτογραμμή στην περιοχή του ακρωτηρίου Μπαλούστρα. Η Β και ΒΑ λοφώδης περιοχή αποτελεί τον υδροκριτή της λεκάνης της Βιστωνίδας με την γειτονική της, δηλ. εκείνης του ποταμού Νέστου, επιτρέποντας όμως μια επικοινωνία μεταξύ των λεκανών από το άνοιγμα που υπάρχει μεταξύ Κυψέλης - Μέλισσας (Διαμαντής 1985). Στο αρχικό στάδιο της εξέλιξης της πεδινής περιοχής η ορμητικότητα των χειμάρρων από την ορεινή μάζα συντελούσε στη διάβρωση της περιοχής. Κατά το πρόσφατο τεταρτογενές άρχισε να κυριαρχεί μια φάση απόθεσης κυρίως λόγω των πλημμυρών που δημιουργούσαν τα νερά των χειμάρρων, στις περιοχές με μικρές

κλίσεις. Σ' αυτό συνετέλεσε και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας μετά την περίοδο των παγετώνων και το προς ανατολάς παράκτιο ρεύμα από το δέλτα του ποταμού Νέστου.

2.1 Κλίσεις εδάφους.

Η παράκτια περιοχή που ερευνάται κατά τη μεγαλύτερη έκτασή της είναι πεδινή και ένα τμήμα της είναι λοφώδες. Συγκεκριμένα, κλίση εδάφους μεγαλύτερη από 12% μέχρι 18% παρουσιάζουν οι περιοχές των οικισμών Μυρωδάτου και Αβδηρών, όπως και βόρεια αυτών. Στην περιοχή του ακρωτηρίου Μπαλούστρα - Αρχαία Άβδηρα - παρατηρούνται κλίσεις μέχρι 6%. Για την αποτύπωση των κλίσεων του εδάφους έχουν επιλεγεί τέσσερις ζώνες κλίσεων (σχήμα. 1) και για τον υπολογισμό τους χρησιμοποιήθηκαν τα φύλλα των τοπογραφικών χαρτών της Γ.Υ.Σ 1:50.000.

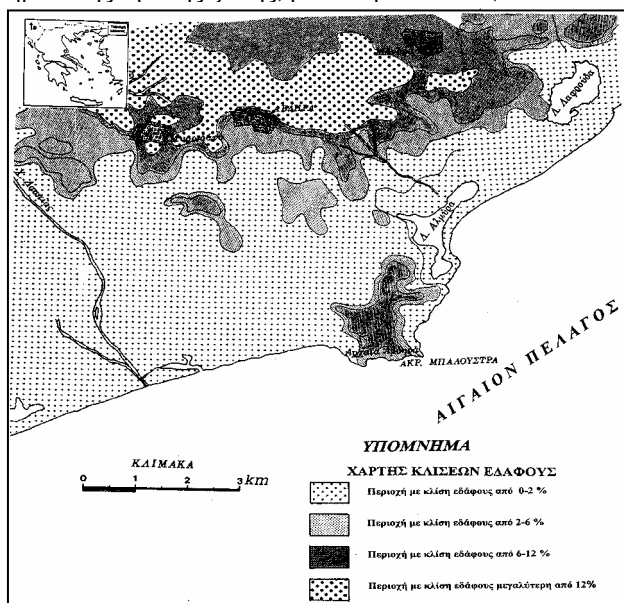
1) Η πρώτη περιλαμβάνει τις περιοχές στις οποίες η κλίση του εδάφους κυμαίνεται από 0-2%

2) Η δεύτερη ζώνη περιλαμβάνει τις περιοχές όπου η κλίση του εδάφους κυμαίνεται από 2-6%.

3) Η τρίτη ζώνη, περιλαμβάνει τις περιοχές που η κλίση του εδάφους κυμαίνεται από 6-12% και

4) Η τέταρτη ζώνη περιλαμβάνει τις περιοχές με κλίση εδάφους είναι μεγαλύτερη από 12%.

Τα τμήματα της πρώτης ζώνης, με κλίση από 0-2%, αποτελούν τις ελώδεις εκτάσεις της περιοχής.



Σχήμα 1. Χάρτης κλίσεων εδάφους της ευρύτερης περιοχής έρευνας (από Δελημάνη 2000)

2.2 Ταξινόμηση των ακτών.

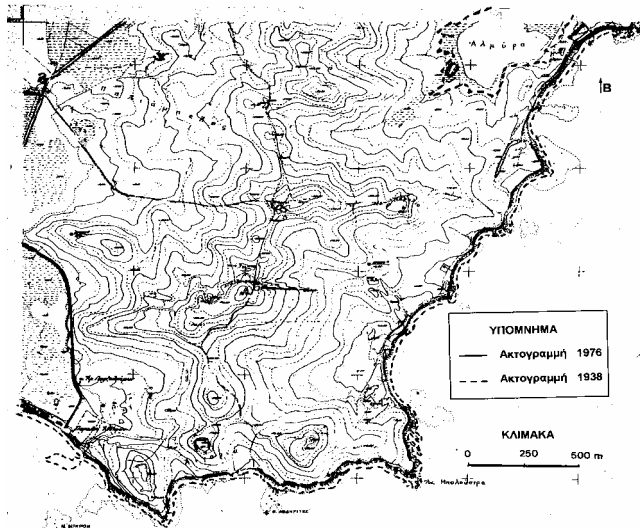
Ανατολικά του ακρωτηρίου Μπαλούστρα οι ακτές είναι, ομαλές, χαμηλού ανάγλυφου, ποταμογενείς (fluvial deposition), αλλά σε ορισμένα σημεία παρουσιάζουν υποχωρήσεις, όπως στον παραλιακό οικισμό της Μάνδρας (Δελημάνη 2000). Στην περιοχή ανατολικά της Λαφρούδας κατέληγε ένας κλάδος του ποταμού Κόσυνθου μέχρι την δεκαετία του 1950 ο οποίος τροφοδοτούσε τις ακτές με ιζήματα. Μετά τη διευθέτηση του ποταμού η τροφοδοσία των ακτών με ιζήματα περιορίστηκε, γεγονός που συντελεί στις τοπικές υποχωρήσεις της ακτής στον παραλιακό οικισμό της Μάνδρας.

Οι ακτές της περιοχής του ακρωτηρίου Μπαλούστρα λόγω της γεωλογικής δομής τους, ανήκουν στις βραχώδεις ακτές με κύρια χαρακτηριστικά τη διαμόρφωση μικρών αβαθών κόλπων, με συχνή παρουσία υφάλων και μικρών νησίδων. Ο πυθμένας του βυθού μπροστά από τις ακτές αυτές αποτελείται από κλαστικά υλικά, όπου επικρατούν οι άμμοι. Σύμφωνα με τον Shepard (1937, 1963) κατατάσσονται στις βραχώδεις, οδοντωτές ακτές (irregular by wave erosion). Πρωτογενώς, χαρακτηρίζονται ως ακτές πλημμυρισμένων κοιλάδων δενδριτικού τύπου υδρογραφικού δικτύου (ria coasts), ενώ δευτερογενώς δέχονται κυρίως την επίδραση της θαλάσσιας διάβρωσης από κυματισμό. Κατά Leontyen, et al (1975) χαρακτηρίζονται βραχώδεις, ομαλές (indenal) και στο μεγαλύτερο τμήμα τους είναι ακτές απόξεσης (abrasion). Κατά Johnson ανήκουν στον τύπο των σύνθετων ακτών (conround). Κατά Valentin (1952) χαρακτηρίζονται ως υποχωρούσες (retreated). Η υποχώρηση αυτή των ακτών παρατηρείται από τα τοπογραφικά διαγράμματα της περιοχής του ακρωτηρίου Μπαλούστρα 1:5.000 του 1938 και 1976. (Σχήμα 2, Σχήμα 3). Η κύρια διαφορά που παρατηρείται είναι ότι από το τοπογραφικό διάγραμμα του 1976 λείπει εντελώς η αμμώδης ακτή

που περιέβαλε τις βραχώδεις ακτές και φαίνεται εμφανώς στο τοπογραφικό διάγραμμα του 1938. Αντίθετα παρατηρείται μείωση της έκτασης της λιμνοθάλασσας Αλμύρας, για το ίδιο χρονικό διάστημα, λόγω των ιζημάτων που δέχεται, γεγονός που επιβεβαιώνει την ακρίβεια των τοπογραφικών διαγραμμάτων. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι η φαινόμενη υποχώρηση των αμμωδών ακτών του ακρωτηρίου, που είναι της τάξεως 5-15 m, παρουσιάζεται σχεδόν ομοιόμορφη σε όλο το μήκος των ακτών του ακρωτηρίου για την χρονική περίοδο 1938 – 1976, γεγονός που πιθανόν να οφείλεται αφενός στην μεταβολή που υφίστανται οι ακτές (πλημμυρισμός), λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας τον τελευταίο αιώνα και αφετέρου στην μείωση της τροφοδοσίας των ακτών με ιζήματα λόγω των τεχνικών παρεμβάσεων στο υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής έρευνας σε συνδυασμό με την υψηλή κυματική ενέργεια της περιοχής. Για την περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου και ιδιαίτερα του Αιγαίου πρόσφατα δεδομένα τηλεπισκόπισης επισημαίνουν αξιόλογη άνοδο της θάλασσας κύρια λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας του θαλάσσιου νερού (Larnicol, et al., 2002). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι ορισμένοι ερευνητές εκτιμούν το ρυθμό ανόδου της στάθμης της θάλασσας στην περιοχή της νοτιοανατολικής Μεσογείου ότι κυμάνθηκε σε $13,2 \pm 1,5$ mm/yr μεταξύ Ιανουαρίου 1993 και Δεκεμβρίου 1996. (Cazenave, et al 2001a, b).

Δυτικά του ακρωτηρίου οι ακτές είναι ομαλές, χαμηλού αναγλύφου, δελταϊκές (delta coasts), προελαύνουσες (prograded), αναδυόμενες (emerged). Στη θέση αυτή βρίσκεται το λιμάνι των Αβδηρών, δυτικά του οποίου, εξ αιτίας της κατασκευής των λιμενοβραχιόνων του εντάθηκε ο ρυθμός πρόσχωσης του τμήματος αυτού, λόγω της διατάραξης της ισορροπίας παράκτιας κυκλοφορίας του θαλάσσιου νερού και της παράκτιας μετακίνησης ιζήματος κατά μήκος της ακτής. Το ακρωτήριο Μπαλούστρα λειτουργούσε ως φραγμός των ιζημάτων που μεταφέρονται από τα τοπικά δυτικά παράκτια ρεύματα. Η κύρια αιτία της πρόσχωσης, στο σημείο αυτό, είναι η παροχή ιζημάτων από τον χείμαρρο Λασπία του οποίου οι εκβολές βρίσκονται περίπου 4 km δυτικά του λιμένα, αλλά και μέρους των ιζημάτων του ποταμού Νέστου.

Σύμφωνα με την ταξινόμηση των ακτών κατά Armstrong - Price (Price 1954a,b, 1955, May 1982) για κλίση του θαλάσσιου πυθμένα μέχρι 0,0286%, οι ακτές συνολικά κατατάσσονται σε *χαμηλής δυναμικής ενέργειας* θαλάσσιου κυματισμού, για κλίση από 0,0286% έως 0,0476% *μέτριας ενέργειας* και μεγαλύτερη από 0,0476% *υψηλής ενέργειας* κυματισμού. Επίσης για τις ακτές μέτριας ενέργειας δέχεται ότι η κλίση του πυθμένα για την περιοχή της κατωφέρειας πλησίον των ακτών (nearshore bottom slope) κυμαίνεται δηλ. από 0,178 - 0,264% (σε m/km) ή από 10 - 15 ft/μίλι. Στην περιοχή έρευνας η κλίση του θαλάσσιου πυθμένα μέχρι την ισοβαθή των 10 m είναι περίπου 1,11%, ενώ μέχρι την ισοβαθή των 20 m η κλίση της είναι περίπου 0,59%. Οι ακτές της περιοχής ανήκουν στη κατηγορία *υψηλής κυματικής ενέργειας*. Η κλίση μετρήθηκε στη θέση X νότια του ακρωτηρίου, με άξονα Β 350⁰ (Σχήμα 7)(Δελημάνη, 2000).



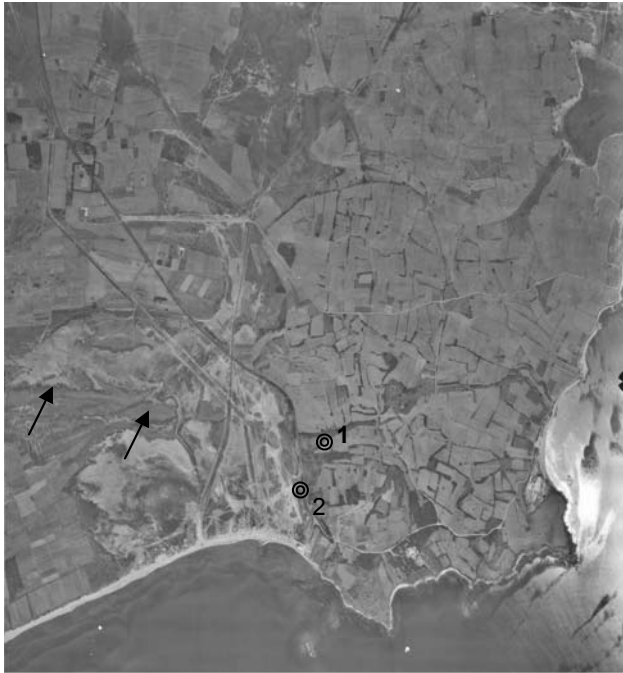
Σχήμα 2. Τοπογραφικό διάγραμμα της κλίμακα 1:5.000 του 1976 εμφανίζεται η φαινόμενη υποχώρηση της ακτογραμμής λόγω της απομάκρυνση των αμμωδών αποθέσεων σε σχέση με το τοπογραφικό διάγραμμα της κλίμακα 1:5.000 του 1938.



Σχήμα 3. Διάβρωση της ακτής στο ακρωτήριο Μπαλούστρα με αποτέλεσμα την υποχώρηση σκάλας

3 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Γεωμορφολογικές, στρωματογραφικές, υδρογεωλογικές και αρχαιολογικές έρευνες δείχνουν ότι η προσχωματική περιοχή δυτικά του ακρωτηρίου Μπαλούστρα αποτελούσε κατά το παρελθόν κόλπο. Ενδεικτική επίσης είναι και η εικόνα της περιοχής που παρουσιάζεται στις αεροφωτογραφίες της Γ.Υ.Σ. λήψεως 1976 όπου φαίνονται δύο παλαιότερες ακτογραμμές (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Αεροφωτογραφία λήψεως 1976 όπου διακρίνονται παλαιές ακτογραμμές και οι θέσεις 1 και 2 των λιμενικών εγκαταστάσεων των Αρχαίων Αβδήρων .

Κατά τον 8^ο - 7^ο αι. π.Χ. λιμενικές εγκαταστάσεις της πόλης των Αρχαίων Αβδήρων είχαν κτιστεί στο μυχό του κόλπου αυτού (Κουκούλη-Χρυσανθάκη, 1992, Ψιλοβίκος & Συρίδης, 1992). Σταδιακά ο κόλπος προσχώθηκε από χερσαία ιζήματα και παράκτιες αποθέσεις με δεδομένο ότι το ακρωτήριο Μπαλούστρα λειτούργει ως φραγμός στην τοπική παράκτια κίνηση των ιζημάτων κατά μήκος της ακτογραμμής. Η στάθμη της θάλασσας την εποχή του σιδήρου (1100-700 π.Χ), την αρχαϊκή (700-490 π.Χ) και κλασσική (490-340) βρισκόταν χαμηλότερα από την σημερινή (Kraft, et al 1982, Ψιλοβίκος & Συρίδης 1992, Lambek, 1996, Δελημάνη, 2000). Στα τέλη του 4^ο αι. π.Χ. σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αρχαιολογικών ανασκαφών είχε ολοκληρωθεί η μεταφορά της κατοίκησης της πόλης των Αρχαίων Αβδήρων από τον βόρειο περίβολο της προς νότο, όπως και η μεταφορά των λιμενικών εγκαταστάσεων από βόρα προς νότο (Τριαντάφυλλος, 1984, Κουκούλη-Χρυσανθάκη, 1984, Κουκούλη-Χρυσανθάκη 1992, Καλιντζή 1992) Σχήμα 5, σχήμα 6. Στη συνέχεια πρέπει να ακολούθησε μικρή σταδιακή άνοδος της στάθμης της θάλασσας με επεισόδια πλημμύρων που επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι τα κτίσματα της κλασσικής εποχής της πόλης των Αρχαίων Αβδήρων καλύπτονται από θαλάσσια άμμο. Παράλληλα όλες οι σύγχρονες παράκτιες πόλεις της Θράκης: Μαρώνεια, Στρώμνη, Μεσημβρία, Θάσος εμφανίζουν προβλήματα θαλάσσιας διάβρωσης και πλημμυρισμού (Πάντος, 1986, Μπακαλάκης, 1967, Τσατσοπούλου-Καλούδη, 1984, Λαζαρίδης 1971, Χειδάκης, 1989, Κρανιώτη 1990).

4 ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

4.1 Μεθοδολογία

Η συλλογή των στοιχείων εδάφους έγινε:



Σχήμα 5. Νεώσοικος του 7^{ου} π.Χ. αι., βόρειος περίβολος της πόλης των Αρχαίων Αβδήρων, θέση 1.



Σχήμα 6. Παράλια λιμενική εγκατάσταση 4^ο π.Χ. αι., νοτιότερα του βόρειου περιβάλου, θέση 2.

α) Από τους γεωλογικούς χάρτες 1:50.000 του Ι.Γ.Μ.Ε. που καλύπτουν την περιοχή και επιτόπιες παρατηρήσεις. Λήφθηκε υπόψη η γεωλογική κατάταξη των σχηματισμών της περιοχής.

β) Ελήφθη υπόψη η κοκκομετρική ανάλυση των επιφανειακών σχηματισμών της περιοχής (μέχρι βάθους 2 m από την επιφάνεια του εδάφους) συνολικά από 10 εδαφοτομές από τις οποίες οι 5 έγιναν για την σύνταξη του χάρτη των Γεωργικών εδαφών του Νομού Ξάνθης (1996)(μέχρι βάθους 2 m από την επιφάνεια του εδάφους) και 5 είναι από φυσικές εδαφοτομές μέχρι βάθους 2,5 m από την επιφάνεια του εδάφους της παράκτιας ζώνης της περιοχής. Στα 5 δείγματα των φυσικών εδαφοτομών δείγματα έγινε κοκκομετρική ανάλυση και συντάχθηκαν οι κοκκομετρικές καμπύλες. Από τα στοιχεία των κοκκομετρικών αναλύσεων έγινε ομαδοποίηση των ποσοστών επί % των περιεχομένων χαλίκων, άμμων, ιλύων και αργίλων που περιέχονται στους επιμέρους οριζόντιους εδαφοτομών. Ανάλογα με το ποσοστό του μέσου όρου των επιμέρους κοκκωδών συστατικών (χαλίκων, άμμων, ιλύων, αργίλων) έγινε ο ενιαίος χαρακτηρισμός των υλικών της εδαφοτομής με βάση το ενιαίο σύστημα κατάταξης εδαφών. Προσδιορίστηκε επίσης και το μητρικό υλικό της απόθεσης κάθε εδαφοτομής.

Με βάση το είδος, την κατάσταση (συνοχή, ρωγμάτωση, κλπ) και την κοκκομετρική κατάταξη των γεωλογικών, καθορίστηκαν τέσσερις τύποι εδαφών και τέσσερα διαφορετικά πετρώματα που απαντώνται στην ευρύτερη περιοχή έρευνας. Ο χαρακτηρισμός, οι τιμές ή η διακύμανση των τιμών των τεχνικών χαρακτηριστικών των εδαφών και πετρωμάτων προέρχονται από την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία.

γ) Ακολούθησε στο ύπαιθρο χαρτογράφηση και επιβεβαίωση των διαφορετικών τύπων εδαφών και πετρωμάτων. Ως υπόβαθρο της χαρτογράφησης αυτής χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης 1:50.000 της Γ.Υ.Σ. και η παρεχόμενη πληροφόρηση αναφέρεται στους χαρακτήρες των επιφανειακών μόνο σχηματισμών που σε βάθος δεν ξεπερνά τα 5 μέτρα. Πάντως η φύση και ο τρόπος δημιουργίας του γεωλογικού υλικού δεν δικαιολογούν ριζικές μεταβολές σε μεγαλύτερα βάθη από την τυπική εικόνα που δίδεται στο χάρτη. (Σχήμα 7)

4.2 Περιγραφή των ζωνών

4.2.1 Ζώνη F (SP) Μεσόκοκκοι, ομοιόμορφοι άμμοι.

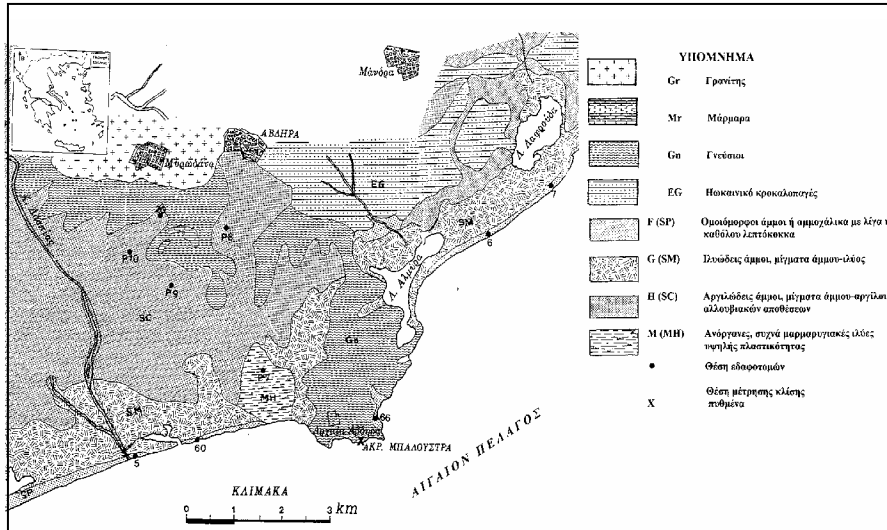
Η ζώνη αυτή αποτελείται από ομοιόμορφες άμμους ή αμμοχάλικα με λίγα ή καθόλου λεπτόκοκκα υλικά. Οι αποθέσεις αυτές αποτελούν κυρίως τις παράκτιες αποθέσεις (θαλάσσιας απόθεσης) και τα υλικά των πρόσφατων και παλαιότερων αμμοθινών (αιολικής απόθεσης). Εμφανίζονται στην παράκτια περιοχή δυτικά της παραλίας του Μυρωδάτου, στην παραλία του Αγ. Ιωάννου Αβδηρών και στην παραλία Μάνδρας. Σύμφωνα με το ενιαίο σύστημα κατάταξης εδαφών κατατάσσονται στην κατηγορία SP (μεσόκοκκοι, ομοιόμορφοι άμμοι).

Έχουν καλή διαπερατότητα, ικανοποιητική αντοχή και μέτρια ως καλή φέρουσα ικανότητα (75-200 kPa) Η επιπρεπόμενη φέρουσα ικανότητα τους είναι από 50-75 kPa (Carter 1983), δεν παρουσιάζουν συρρίκνωση ή διόγκωση, το SPT για συνεκτικά εδάφη(ή εδάφη με διαγένεση) είναι 50 N/ ft , με μέτρια συνεκτικότητα 30N/ ft και για χαλαρά <10 N/ ft. Το ειδικό βάρος τους λαμβάνει τιμές από 1,76-1,59 gr/ cm³. Ο συντελεστής του μέτρου ελαστικότητας Es για συνεκτικά κυμαίνεται από 200-800 kg/cm³ και για χαλαρά από 80-300 kg/cm³, ο λόγος του Poisson ν για συμπυκνωμένα εδάφη από 0,25-0,4 και για χαλαρά 0,20-0,35. Η διακύμανση της βέλτιστης υγρασίας είναι 21-12% (Hunt, 1986). Η γωνία τριβής εκτιμάται 35⁰±5⁰ (Day, 2000). Παρουσιάζουν χαμηλή επικινδυνότητα στη ρευστοποίηση κατά τους σεισμούς. Οι άμμοι αυτές σε περίπτωση που είναι ξηρές, και όταν υγραθούν καταρρέουν τα τοιχώματα των εκσκαφών και γεωτρήσεων που διανοίγονται σ' αυτές.

4.2.2 Ζώνη G (SM) Ιλυώδεις άμμοι.

Λιθολογικά η ζώνη αυτή αποτελείται από ιλυώδεις άμμους ή μίγματα άμμου και ιλύος. Αποτελούν λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις των οποίων η διάμετρος των κόκκων κυμαίνεται από 2 mm έως 0,08 mm σε ποσοστό μεγαλύτερο από 50%, ενώ το ποσοστό των λεπτοκόκκων συστατικών είναι μικρότερο από 12% (λεπτόκοκκα εδώ θεωρούνται εκείνα των οποίων η διάμετρος είναι μικρότερη από 0,074 mm). Οι αποθέσεις αυτές συνήθως είναι χαλαρές, σχεδόν αδιαπέρατες ως ημιδιαπέρατες από το νερό(k της τάξεως 10⁻⁵ έως 10⁻⁷ cm/s) με μέτρια ως κακή στράγγιση. Παρουσιάζουν χαμηλή συμπίεστικότητα και μικρή έως μέτρια διόγκωση. Οι ιλύες είναι ευπαθείς στον παγετό (frost action), έχουν συνήθως μέτρια αντοχή και μέτρια φέρουσα ικανότητα (<100 kPa). Η επιπρεπόμενη φέρουσα ικανότητα τους είναι συνήθως <70 kPa (Carter 1983), το SPT για συνεκτικά (ή εδάφη με διαγένεση) είναι 45 N/ ft, με μέτρια συνεκτικότητα 25 N/ ft και για χαλαρά <8 N/ ft. Το ειδικό βάρος τους λαμβάνει τιμές από 1,65-1,49 gr/ cm³. Ο συντελεστής του μέτρου ελαστικότητας Es κυμαίνεται από 20-200 kg/cm³, ο λόγος του Poisson ν από 0,25-0,35. Η διακύμανση της βέλτι-

στης υγρασίας είναι 16-11% (Hunt, 1986). Η γωνία τριβής από $30^{\circ} \pm 5^{\circ}$ (Day, 2000). Είναι ευαίσθητες στη ρευστοποίηση. Καταλαμβάνουν μέρος των ελωδών εκτάσεων δυτικά του ακρωτηρίου Μπαλούστρα, περιμετρικά των λιμνοθαλασσών Αλικής και Λαφρούδας, κ.ά. Αποτελούν κυρίως υγρά εδάφη, αφού στις περιοχές όπου αναπτύσσονται ο φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους (>5 m).



Σχήμα.7. Τεχνικογεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής έρευνας.

4.2.3 Ζώνη H (SC) Αργιλώδεις άμμοι.

Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει κυρίως τις πρόσφατες τεταρτογενείς αλλουβιακές αποθέσεις. Λιθολογικά αποτελείται από αργιλώδεις άμμους ή μίγματα άμμων και αργίλων, όπως και αμμούχες αργίλους. Οι χαρακτηρισμοί δίνονται ανάλογα με το περιεχόμενο ποσοστό των λεπτόκοκκων συστατικών. Το ποσοστό των αμμοδών συστατικών (με διαμέτρους από 2 mm - 0,074 mm) που περιέχεται στις αποθέσεις αυτές είναι μεγαλύτερο του 50%, ενώ το ποσοστό των λεπτόκοκκων υλικών είναι συνήθως μεγαλύτερο από 12%. Με βάση την κοκκομετρία τους στο ενιαίο σύστημα κατάταξης εδαφών κατατάσσονται στην κατηγορία SC αργιλώδεις άμμοι. Επιφανειακά παρουσιάζονται χαλαρές και σε βάθος περισσότερο από 2-5 m παρουσιάζουν συνεκτικότητα. Είναι σχεδόν αδιαπέραστες από το νερό ($k \cdot 10^{-7}$ cm/s), με μέτρια ως κακή στράγγιση, αν και οι ιδιότητες αυτές μεταβάλλονται ανάλογα με το ποσοστό της άμμου που περιέχουν. Η τεχνική τους συμπεριφορά ποικίλλει ανάλογα με την ορυκτολογική τους σύσταση και την διαβάθμισή τους, δηλ. με την αναλογία της περιεχόμενης άμμου και αργίλου. Η στραγγισμένη αντοχή μειώνεται, ενώ η πλαστικότητα και η συμπίεστικότητα αυξάνεται με την αύξηση του ποσοστού των αργιλικών ορυκτών. Στις κορεσμένες με νερό (δηλαδή σε περιοχές όπου η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα βρίσκεται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους) η αστράγγιστη αντοχή καθορίζει και την φέρουσα ικανότητά τους (Ξειδάκης 1999). Η αντοχή των αποθέσεων που είναι συνεκτικές, λόγω διαγένεσης αλλά και συμπύκνωσης, είναι μεγαλύτερη από ότι όταν είναι χαλαρές, ενώ έχουν μικρή φέρουσα ικανότητα όταν φορτίζονται (π.χ. από κατασκευές). Η επιτρεπόμενη φέρουσα ικανότητα τους υπολογίζεται <70 kPa (Carter 1983), το SPT κυμαίνεται από 40 έως <6 N/ft, το ειδικό βάρος τους είναι 1,65-1,49 gr/cm³. Ο συντελεστής του μέτρου ελαστικότητας Es για συνεκτικά έως χαλαρά εδάφη κυμαίνεται από 300-80 Kg/cm³ και ο λόγος του Poisson ν υπολογίζεται από 0,2-0,4, η διακύμανση της βέλτιστης υγρασίας είναι από 19-11%. Η γωνία τριβής κυμαίνεται από $28^{\circ} \pm 5^{\circ}$ (Day, 2000). Είναι γενικά ευπαθείς στη δράση του παγετού, παρατηρούνται σ' αυτές φαινόμενα διόγκωσης ή συρρίκνωσης και παρουσιάζουν συνήθως σχετικά χαμηλή συμπίεστικότητα. Καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις των αλλουβιακών αποθέσεων του δέλτα του π. Λασπία καθώς και των πεδινών τμημάτων γύρω από τη λοφώδη περιοχή του ακρωτηρίου Μπαλούστρα (Αβδηρα).

4.2.4 Ζώνη M (MH) Ιλύες υψηλής πλαστικότητας.

Η ζώνη αυτή αποτελείται από ανόργανες ιλύες, συχνά μαρμαρυγιακές, υψηλής πλαστικότητας. Σύμφωνα με το ενιαίο σύστημα κατάταξης εδαφών κατατάσσεται στην κατηγορία MH. Το ποσοστό των λεπτόκοκκων υλικών είναι μεγαλύτερο από 50%. Είναι κυρίως λιμναίας ή λιμνοθαλάσσιας φά-

σης, χαλαρές. Κατά θέσεις στο δέλτα του χειμάρρου Λασπία αποτελούν εναλλασσόμενες στρώσεις με αμμοίλλες και αργίλους, σκοτεινού χρώματος. Οι εναλλαγές ανοιχτόχρωμων και σκοτεινόχρωμων στρώσεων αποτελούν ενδείξεις διαφορετικής ταχύτητας του νερού απόθεσης. Οι αποθέσεις αυτές των λεπτών στρώσεων είναι εξαιρετικά ανισότροπες ως προς τις τεχνικές ιδιότητές τους τόσο κατά την οριζόντια όσο και κατά την κατακόρυφη έννοια. Οι ιλύες έχουν υψηλή επικινδυνότητα στη ρευστοποίηση κατά τους σεισμούς, είναι ευπαθείς στον παγετό και υπάρχει κίνδυνος κατάρρευσης των τοιχωμάτων των γεωτρήσεων και εκσκαφών που διανοίγονται σ' αυτές. Οι ιλύες παρουσιάζουν διόγκωση, όταν υγραθούν και μικραίνει η πυκνότητά τους με αποτέλεσμα να καταρρέουν, όταν κορεστούν με νερό (Ξειδάκης 1999). Οι σχηματισμοί της ζώνης αυτής είναι αδιαπέρατοι στο νερό ($k < 10^{-9}$ cm/s) με κακή στράγγιση, μικρή αντοχή και φέρουσα ικανότητα, με τιμές μεταξύ 50-100 kPa, η οποία όμως είναι καλύτερα να καθορίζεται μετά από δοκιμή όπως και η επιτρεπόμενη φέρουσα ικανότητα. Παρουσιάζουν συμπίεστότητα (0,3-1,5 kN/m²) και κακή εργασιμότητα. Το ειδικό βάρος τους κυμαίνεται από 1,92-2,08 gr/cm³. Ο συντελεστής του μέτρου ελαστικότητας Es από 40-80 Kg/cm³ και ο λόγος του Poisson ν υπολογίζεται από 0,30-0,35. Η διακύμανση της βέλτιστης υγρασίας είναι από 40-24%, η γωνία τριβής κυμαίνεται από 25⁰±5⁰ (Day, 2000). Οι αποθέσεις αυτές συναντώνται στις ελώδεις εκτάσεις της περιοχής μεταξύ Μυρωδάτου και Αβδήρων.

4.2.5 Γρανίτης

Ο γρανίτης εμφανίζεται στη λοφώδη περιοχή του Μυρωδάτου. Είναι αδροκρυσταλλικός έως μεσοκρυσταλλικός. Τα ορυκτολογικά του συστατικά είναι καλλιούχοι άστριοι, πλαγιόκλαστα, χαλαζίνας, βιοτίτης και ορισμένες συγκεντρώσεις μοσχοβίτη. Παρουσιάζει ελαφρά μεταμόρφωση, τεκτονισμό και είναι παλαιότερος του Av. Ηωκαίνου - Κατώτερου Ολιγοκαίνου (γεωλογικός χάρτης ΙΓΜΕ, Κουρής 1978). Επιφανειακά παρουσιάζεται ρωγματομένος, αποσπασμένος και με εξαλλοιώσεις των ορυκτολογικών συστατικών του. Γενικά είναι αδιαπέρατο από το νερό πέτρωμα (k από 10⁻⁹-10⁻⁷ cm/s) παρουσιάζει. Επιφανειακά εμφανίζει δευτερογενή διαπερατότητα μέσω ρωγμών και διακλάσεων, οι οποίες όμως δεν προχωρούν σε βάθος μεγαλύτερο από 10 m. Η αντοχή του υγιούς υλικού είναι εξαιρετική με καλή φέρουσα ικανότητα >200 mPa. Στα αποσπασμένα όμως τμήματά του οι τιμές των ιδιοτήτων αυτών μειώνονται. Δεν εμφανίζει συμπίεστότητα, είναι εξαιρετικής εργασιμότητας και είναι δυνατόν να αποστραγγιστεί μόνο μέσω ρωγμών. Δεν παρουσιάζει συρρίκνωση ή διόγκωση, ούτε ευπάθεια από τη δράση του παγετού.

4.2.6 Μάρμαρα

Μικρή εμφάνιση μαρμάρων του μεταμορφωμένου συστήματος της Ροδόπης εμφανίζεται νότια του οικισμού του Μυρωδάτου (Γαλάζιος λόφος). Έχει περιορισμένη έκταση και περιβάλλεται από γνευσίους και μεταμορφωμένους σχιστόλιθους. Είναι αδροκρυσταλλικό, σκοτεινού χρώματος και εμφανίζεται ρωγματομένο. Λόγω της ρωγμάτωσής του παρουσιάζει μεγάλη δευτερογενή διαπερατότητα. Γενικά παρουσιάζει καλή τεχνική συμπεριφορά (120 MPa), καμία συμπίεστότητα, διόγκωση ή συρρίκνωση, με εξαιρετική εργασιμότητα και κανένα επηρεασμό από τη δράση του παγετού. Διαλύεται και σχηματίζει υπόγεια κενά και αγωγούς επικίνδυνα στις κατασκευές.

4.2.7 Γνεύσιοι και Μεταμορφωμένοι σχιστόλιθοι

Τα μεταμορφωμένα αυτά πετρώματα εντοπίζονται δυτικά και νότια της εμφάνισης του γρανίτη (οικισμός Μυρωδάτου) και νότια του οικισμού των Αβδήρων στο ακρωτήριο Μπαλούστρα (Αρχαία Άβδηρα) (Σχήμα 7). Είναι μέρος του μεταμορφωμένου υποβάθρου της ζώνης της Ροδόπης και αποτελούνται από γνευσίους ανοιχτόχρωμους έως σκοτεινότερους. Η υφή τους είναι γνευσιακή κοκκώδης και μεταπίπτει σε σχιστώδη στους σχιστόλιθους. Στην περιοχή των Αρχαίων Αβδήρων εμφανίζονται κερροστιλβικοί γνεύσιοι μέσα στους οποίους εντοπίζονται σε στρώματα ή φακούς σκοτεινόχρωμοι και πρασινόμαυροι αμφιβολίτες μικρού πάχους. Επιφανειακά παρουσιάζονται ρωγματομένα και με διακλάσεις χωρίς όμως ιδιαίτερη αποσάθρωση. Είναι υλικά αδιαπέρατα, $10^{-9} < k < 10^{-7}$ cm/s με υψηλή αντοχή και φέρουσα ικανότητα, χωρίς καμία συμπίεστότητα, με εξαιρετική εργασιμότητα και επιφανειακή μόνο δυνατότητα αποστράγγισης μέσω ρωγμών. Δεν εμφανίζουν καμία διόγκωση ή συρρίκνωση ούτε επηρεάζονται από τη δράση του παγετού.

4.2.8 Ηωκαινικά κροκαλοπαγή

Τα ηωκαινικά κροκαλοπαγή εμφανίζονται στη λοφώδη περιοχή των οικισμών Αβδήρων και Μάνδρας. Τα κροκαλοπαγή αυτά παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία ως προς την κοκκομετρική διαβάθμιση των συστατικών τους. Είναι πολύ αδρομερή έως μικροκροκαλοπαγή και ψαμίτες. Εμφανίζονται κατά θέσεις σε στρώματα και φακούς με φτωχή κοκκομετρική διαβάθμιση τα οποία τοπικά εναλλάσσονται με αρκόζες. Οι κροκάλες τους προέρχονται από μεταμορφωμένα και γρανιτικά πετρώματα καθώς και καλά στοργυλεμένες κροκάλες χαλαζία. Η συγκολλητική ύλη τους είναι ασβεστιτική, αργιλική ή χαλαζιακή. Παρουσιάζουν γενικά καλή τεχνική συμπεριφορά. Είναι μέ-

σης διαπερατότητας (k από 10^{-5} έως 10^{-3} cm/s) και η διαπερατότητά τους εξαρτάται από την χαλαρότητα και την ρωγμάτωσή τους. Παρουσιάζουν καλή αντοχή και φέρουσα ικανότητα (4 MPa), δεν παρουσιάζουν συμπίεστικότητα, ενώ η εργασιμότητά της είναι εξαιρετική. Η δυνατότητα αποστράγγισης γίνεται κυρίως μέσω ρωγμών και ζωνών χαλάρωσης. Δεν εμφανίζουν συρρίκνωση ή διόγκωση και δεν επηρεάζονται από τον παγετό.

5 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟΥ ΜΠΑΛΟΥΣΤΡΑ

Στην ευρύτερη περιοχή του ακρωτηρίου Μπαλούστρα (Αβδηρα) οι υδροφόροι ορίζοντες που αναπτύσσονται παρουσιάζουν μικρό υδατικό δυναμικό. Αυτό οφείλεται αφ' ενός στην παρουσία, σε μικρό βάθος, στεγανών σχηματισμών και αφ' ετέρου στην έλλειψη αξιόλογων υδατορευμάτων που αποτελούν επιφανειακούς άξονες τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφορέων. Το πάχος των τεταρτογενών αποθέσεων είναι μικρό και οι υδρογεωτρήσεις που έγιναν συνάντησαν τα μεταμορφωμένα πετρώματα του υποβάθρου της μάζας της Ροδόπης σε μικρό βάθος κάτω από τεταρτογενείς αποθέσεις (Αβδηρα, Μυρωδάτο). Η διαπερατότητα των τεταρτογενών αυτών αποθέσεων είναι μικρή, λόγω προσμίξεων αργίλων, και οι παροχές που επιτεύχθηκαν ήταν μικρές ($3 \text{ m}^3/\text{h}$) (Τομέας Γεωτεχνικής Μηχανικής Δ.Π.Θ., 1994). Ο φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε μικρό βάθος, της τάξεως 1-2 m από την επιφάνεια του εδάφους, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα στην εκσκαφή των θεμελίων, αλλά και παραμονής επιφανειακών νερών στις περιοχές αυτές κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου.

Οι υδρολογικές συνθήκες που επικρατούν στο ερευνούμενο παράκτιο τμήμα σχετίζονται με την επάρκεια ή μη του υπόγειου νερού για διάφορες χρήσεις νερού (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία), λόγω της ανυπαρξίας σχεδόν υδροφόρων οριζόντων. Οι οικισμοί της περιοχής υδρεύονται από τα υδροφόρα στρώματα της περιοχής «αεροδρομίου Ξάνθης», 20 km βορειότερα από την περιοχή ερευνάς. Η υδροδότηση όμως των οικισμών αυτών παρουσιάζει και σήμερα προβλήματα επάρκειας, ιδιαίτερα τη θερινή περίοδο, λόγω της αύξησης των αναγκών από τη χρησιμοποίηση των περιοχών αυτών για θερινή κατοικία. Για άρδευση σήμερα χρησιμοποιείται το νερό που προορίζεται για ύδρευση με αποτέλεσμα να αναζητείται επιφανειακό νερό από τα φράγματα του Νέστου για την κάλυψη αρδευτικών και υδρευτικών των αναγκών της περιοχής.

6 ΟΙΚΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Κατά το μεγαλύτερο μέρος η παράκτια περιοχή έρευνας χρησιμοποιείται για γεωργική και κτηνοτροφική χρήση και ένα τμήμα της καλύπτεται από τον υγροτόπο της Αλμύρας σημαντικής οικολογικής αξίας. Επίσης τμήμα της περιοχή αποτελεί ο αρχαιολογικός χώρος των Αρχαίων Αβδηρών. Για τους λόγους αυτούς υπάρχει απαγόρευση της δόμησης. Την τελευταία όμως δεκαετία παρατηρείται επέκταση των υπαρχόντων παράκτιων οικισμών και δημιουργία νέων. Η δόμηση αυτών, στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι αυθαίρετη και χωρίς την ένταξή τους σε ευρύτερα σχέδια ανάπτυξης περιφερειακού ή χωροταξικού σχεδιασμού της ευρύτερης περιοχής. Συνέπεια του γεγονότος αυτού είναι να παρατηρούνται πολυάριθμα προβλήματα από την έλλειψη υποδομής, την κατάτμηση αγρών και οικοπέδων, την έλλειψη κτηματολογίου, τις αλληλοσυγκρουόμενες χρήσεις γης, τις οχλήσεις και τη συρρίκνωση του βιοτόπου κλπ. Οι οικισμοί αυτοί είναι κυρίως περιστατικές ζώνες β' κατοικίας, με ελάχιστη υποδομή (ΧΥΤΑ, βιολογικοί καθαρισμοί, κ.λ.π.) με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα ρύπανσης εδάφους, υπόγειων νερών, αλλοίωση του φυσικού τοπίου, επηρεασμός των μηχανισμών γεωμορφολογικής εξέλιξης κ.λ.π. Σήμερα ο υγρότοπος της Αλμύρας επιχωματώνεται και οικοπεδοποιείται. Στις ζώνες αυτές ο φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας βρίσκεται σε μικρό βάθος από την επιφάνεια του εδάφους, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα στην εκσκαφή των θεμελίων, αλλά και παραμονή επιφανειακών νερών στις περιοχές αυτές κατά τη διάρκεια της υγρής περιόδου. (Σχήμα 8, Σχήμα 9). Την παραμονή επιφανειακών νερών διευκολύνει η σύσταση του εδάφους, που είναι κυρίως ιλυώδεις, με κακή αποστράγγιση και οι μικρές κλίσεις, (η πρώτη ζώνη κλίσεων εδάφους, 0-2%). Η περιοχή αυτή είναι ανεπαρκής σε υπόγεια και επιφανειακά νερά και παρουσιάζει προβλήματα υδροδότησης την καλοκαιρινή περίοδο λόγω της συγκέντρωσης τουριστών (οικιστική ζώνη β' κατοικίας).



Σχήμα 8. Παραλιακός οικισμός Μυρωδάτου



Σχήμα 9. Παραλιακός οικισμός Μάνδρας

7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα κυριότερα τεχνικογεωλογικά προβλήματα της ευρύτερης παραλιακής ζώνης των Αρχαίων Αβδήρων είναι :

- Η κακή στράγγιση των εδαφών στις περιοχές όπου εκτείνονται κυρίως οι αποθέσεις των ιλυωδών άμμων, SM, των ιλύων υψηλής πλαστικότητας, MH και μερικώς οι αργιλώδεις άμμοι, SC.
- Η παρουσία εκτεταμένων ελωδών περιοχών κατά τη χειμερινή περίοδο, λόγω του χαμηλού αναγλύφου, των μικρών κλίσεων (>2%, πρώτη ζώνη), του υψηλού υδροφόρου ορίζοντα, και της κακής στράγγισης του εδάφους.
- Διαφορικές καθιζήσεις σε οικοδομές λόγω συμπτυκνώσεων του εδαφικού υλικού θεμελίωσης.
- Ρύπανση των υπογείων νερών από την αυθαίρετη δόμηση, την έλλειψη καταλλήλων χώρων συγκέντρωσης και ταφής των απορριμμάτων και τη μεταφορά ρυπαντών από τους χειμάρρους της περιοχής και κυρίως από το χείμαρρο Λασπία.
- Προβλήματα υδροδότησης των παραλιακών οικισμών τους καλοκαιρινούς μήνες λόγω ανυπαρξίας υδροφόρων οριζόντων και της συγκέντρωσης τουριστών (οικιστική ζώνη β' κατοικίας).

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Δελιμάνη, Π. 2000. Γεωλογικές μεταβολές της ακτογραμμής στη περιοχή της Θράκης και επιπτώσεις στη χρήση της παραλιακής ζώνης. Διδακτορική διατριβή, Δημοκρίτειο Πανεπ/μιο Θράκης. Πολυτεχνική Σχολή. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Ξάνθη 2000.
- Διαμαντής Ι.Β., 1985. Υδρογεωλογική μελέτη λεκάνη λίμνης Βιστονίδας. Μελέτη υδροφόρων οριζόντων μέσα σε ένα ευρύ ετερογενές πεδίο. Διδακτορική διατριβή. Ξάνθη 1985.
- Εργαστήριο Εδαφολογίας. Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 1996. Χάρτης Γεωργικών εδαφών Νομού Ξάνθης. Ερευνητικό Πρόγραμμα Interreg. Γεωργικό Πανεπιστήμιο Αθηνών Αθήνα.
- Ι.Γ.Μ.Ε., 1980. Φύλλο Γεωλογικού Χάρτη Άβδηρα - Μέση. Κλίμακα 1:50.000.
- Καλιτζή, Κ. 1992 Ανασκαφικές εργασίες. Νομός Ξάνθης. ΙΘ' Εφορεία προϊστορικών και κλασικών αρχαιοτήτων . Αρχαιολογικό Δελτίο. 47, σελ. 485- 487
- Κολιός, Ν., 1993. Γεωθερμική έρευνα χαμηλής ενθαλπίας. Μελέτη του γεωθερμικού πεδίου Ν. Κεσσάνης. Διδακτορική διατριβή. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Αθήνα 1993.
- Κουκούλη - Χρυσανθάνη, Χ., 1982. Ανασκαφικές έρευνες στα Άβδηρα, Π.Α.Ε., 1982, σ. 1-17.
- Κουκούλη - Χρυσανθάνη, Χ., 1992. Η Αρχαϊκή πόλη των Αβδήρων Β : Αρχαιολογικές έρευνες . Αρχαία Θράκη ΙΙ Κομοτηνή 1997.
- Κρασιώτη, Λ., 1990. Αρχαία επιγραφή από τη Στρώμη. Εκδ. εις μνήμη Δ. Λαζαρίδη. Πόλις και χώρα στην Αρχαία Μακεδονία και Θράκη. Πρακτικά αρχαιολογικού Συνεδρίου στην Καβάλα, 9-11 Μαΐου 1986, Θεσσαλονίκη.
- Λαζαρίδης, Α. Δ., 1971. Άβδηρα και Δίκαια (1971). Μονογραφία «Αρχαίες Ελληνικές πόλεις», Νο 6, Αθήνα
- Πάντος, Π., 1986. Αρχαιολογική τοπογραφία Αβδήρων Δικαίας, παρ' Άβδηρα και Στρώμης 7^{ος}-5^{ος} αι. π.Χ., Θρακικά Χρονικά, Νο 41, 1986, Ξάνθη.
- Μπακαλάκης, Γ., 1958. Προανασκαφικές έρευνες στη Θράκη, Θεσσαλονίκη.
- Ξειδάκης, Γ. 1999. Τεχνικογεωλογικά - γεωτεχνικά χαρακτηριστικά των εδαφικών αποθέσεων ανάλογα με τον τρόπο γένεσης αυτών. Από τις παραδόσεις του μαθήματος της Τεχνικής Γεωλογίας, Ξάνθη.
- Τομέας Γεωτεχνικής Μηχανικής Δ.Π.Θ., 1994. Διερεύνηση δυνατοτήτων ύδρευσης παράκτιων οικισμών της Θράκης από παράκτιους υδροφορείς. Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, 1989-1993. Ξάνθη.
- Τσατσπούλου - Καλούδη, Τ., 1984. Αφιέρωμα: Θράκη. Η Αγιαϊκή Μεσημβρία. Αρχαιολογία, τεύχος 13, Νοέμβριος 1984. Αθήνα

- Τριαντάφυλλος, Δ., 1984. Αφιέρωμα: Θράκη. Αβδηρα. Ιστορικά στοιχεία. Αρχαιολογία, τεύχος 13, Νοέμβριος 1984, Αθήνα.
- Ψιλοβίκος, Α., Συρίδης Γ. 1992. Η Αρχαϊκή πόλη των Αβδήρων Β : Γεωμορφολογικές έρευνες. Αρχαία Θράκη ΙΙ Κομοτηνή 1997.
- Cazenave A., P. Bonnefond, K. Dominh and F. Mercier, 2001a: "Sea level changes in the Mediterranean and Black Seas from satellite altimetry", Global and Planetary Change.
- Cazenave A., P. Bonnefond, K. Dominh and S. Mangiarotti 2001b. "Recent Sea level changes in the Mediterranean sea revealed by satellite altimetry". Geophys. Res. Letters.
- Carter, M., 1983. Geotechnical engineering handbook, Pentech Press, New York, USA.
- Day, R. 2000. Geotechnical engineer's portable handbook. McGraw-Hill. Book Company, New York U.S.A.
- Hunt, R. 1986. Geotechnical engineering analysis and evaluation. McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
- Kraft, J.C., Kayan, I.& Erol, O. 1982. Geology and paleogeographic reconstruction in vicinity of ancient Troy. In Geology of Troy, Eds: Rapp, G.R.& Gifford, J., Princeton Univ. Press, 11-42.
- Lambeck, K 1996. Sea level change and shore-line evolution in Aegean Greece since Upper Paleolithic time, Antiquity, 70, 588-611.
- Larnicol, G., Ayoub, N. and Le Traon, P.Y. 2002. "Major changes in Mediterranean sea level variability from 7 year of TOPEX/ Poseidon and ERS-1/2 data." Journal of Marine Systems, vol.33-34, 63-89.
- Leontyev, O.K., Niliforov, L. G., and Safyanov, G. A., 1975. The Geomorphology of Sea Coasts (in Russia). Moscow: Moscow University, 336 p.
- Price, W., 1954a. Shorelines and coasts of the Gulf of Mexico. Gulf of Mexico Fishery. Bull. 55, pp 39-65.
- Price, W., 1954b. Correlation of shoreline type with offshore condition in the Gulf of Mexico. Proceedings of the Coastal Geography conference. 1954.
- Price, W., 1955. Correlation of Shoreline Type with Offshore Bottom Condition. Austin, Texas : A & M College of Texas, Department of Oceanography, Project 63, 2p.
- May, J.P. 1982. Moderate-energy coast. Encyclopedia of earth science. Vol.VX. The Encyclopedia of Beaches and Coastal Environments. Edit. Schwartz, M., L. Hutchinson Ross Publishing Company. Stroudsburg, Pennsylvania. U.S.A. p 550.
- Xeidakis, G., 1989. Coastal geomorphology and development. The case of the Aegean Thrace. Proc. XIV. Congress of the Carpatho-Balkan Geological Association. Sofia, Sept. 1989
- Shepard, F. P., 1937. Revised classification of marine shorelines, Jour. Geology 45, 602 - 624 p.
- Shepard, F.P., 1963. Submarine Geology, 2d ed. New York: Harper and Row, 557p
- Valentin, H., 1952. Die Kusten der Erde, Petermans Geog. Mitt. Erg. 246. Gotha: Justus Perhes, 118p.

ABSTRACT

ENGINEERING GEOLOGY PROBLEMS OF THE COASTAL ZONE AROUND ANCIENT ABDERA, XANTHI, N. GREECE.

Delimani P. and Xeidakis G.

Department of Civil Engineering Democritus of Thrace, 67100, Xanthi, Greece.

e-mail: pdeliman@civil.duth.gr, xeidakis@civil.duth.gr

The main engineering geology problems of the coastal zone around Ancient Abdera together with their causes are examined in this paper. The area studied extends from the coastal settlement of Mirodato up to the coastal settlement of Mandra, Xanthi prefecture, N. Greece. A geomorphology classification of coasts of the area is presented and maps of the ground inclination and geotechnical zone are constructed.

The main geotechnical problems of the area appear to be: inundation of much of the area during winter period; foundation settlement; shallow water table; pollution of the groundwater and arbitrary construction in environmentally protected zones.

The area of study gets special interest due to its continues human habitation since the 8th B.C. century. As it has come but from archaeological and sentimentology studies, the Abdera bay has suffered (long shore bar) and land (torrents, load) results in quick filling in the ancient harbors, making them in navigable and forcing the habitants to more their harborworks further south to deeper sea water.