

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ:

**«ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΤΩΝ
ΕΝΑΠΟΘΗΚΕΥΤΩΝ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ – ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗ ΚΟΖΑΝΗΣ»**



Επιβλέπων καθηγητής: Χρηστάρας Βασίλειος

Φοιτήτρια: Κωτίδου Παρθένα Α.Ε.Μ.: 3577

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.ΓΕΝΙΚΑ	4
1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	4
2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	5
2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ	5
2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ	16
2.3 ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ – ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ.....	18
3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	19
3.1 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	19
3.2 ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ	20
4. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ	22
4.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	22
4.2 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	22
4.3 ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ	26
5. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΟΥ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	28
5.1 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	28
5.1.1 ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ	28
5.1.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ	35
5.2 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ.....	37
5.3 ΕΔΑΦΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	39
5.4 ΣΤΑΘΜΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ & ΤΡΟΠΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ	43
5.5 ΣΤΑΘΜΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΣΥΝΗΘΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ	46
5.6 ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ.....	46
5.7 ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ	51
5.8 ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	56
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	57
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	59
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	60

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας του όγδοου εξαμήνου συντάχθηκε η παρακάτω εργασία από την Κωτίδου Παρθένα , φοιτήτρια του τμήματος της γεωλογίας, υπό την επίβλεψη του καθηγητή του τομέα Γεωλογίας και Φυσικής Γεωγραφίας (εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας), Βασίλειο Χρηστάρα, τον οποίο θέλω να ευχαριστήσω για τον πολύτιμο χρόνο που μου αφιέρωσε. Το αντικείμενο της εργασίας είναι η γεωλογική διερεύνηση της περιοχής θεμελίωσης των εναποθηκευτών θερμότητας – τηλεθέρμανσης Κοζάνης, στο 2 Km Π.Ε.Ο. Κοζάνης – Θεσσαλονίκης.

1. ΓΕΝΙΚΑ

1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΜΕΛΕΤΗΣ

Αντικείμενο της παρούσης μελέτης είναι η παρουσίαση και η αξιολόγηση της Γεωτεχνικής έρευνας που έγινε στο οικόπεδο όπου πρόκειται να ανεγερθούν οι εναποθηκευτές θερμότητας.

Στην παρούσα μελέτη αναφέρονται κατ' αρχήν γενικά γεωλογικά στοιχεία αλλά και συγκεκριμένα μηχανικά χαρακτηριστικά τα οποία θα συμβάλουν στην επιλογή, από τον μηχανικό, του καταλληλότερου τρόπου θεμελίωσης.

2. Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Γενικά όλη η περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας δομείται από πετρώματα της Πελαγονικής και Υποπελαγονικής Γεωτεκτονικής ζώνης, με το μεγαλύτερο τμήμα της να καλύπτεται από τα πετρώματα της πρώτης.

Ο ευρύτερος χώρος της περιοχής ενδιαφέροντος τοποθετείται Γεωλογικά στην Πελαγονική ζώνη.

Η Πελαγονική καθορίστηκε από τον Kossmat με την ονομασία «Πελαγονική μάζα και το κάλυμμά της» επειδή συγκροτείται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα (μάζα), πάνω στα οποία υπάρχουν Μεσοζωικά ιζήματα (κάλυμμα). Ο όρος «Πελαγονική ζώνη καθιερώθηκε από τους Brunh και Aubouin στα πλαίσια της διαίρεσης της Ελλάδας σε αλπικές ισοπικές ζώνες. Στη διαίρεση αυτή δόθηκε στην Πελαγονική η έννοια του υβώματος που χώριζε την αύλακα της Αλμωπίας στα ανατολικά από την αύλακα της Πίνδου στα Δυτικά. Η υποθαλάσσια ράχη της Πελαγονικής πιστευόταν ότι διακόπτονταν από δύο διαύλους(βυθίσματα), στις περιοχές Κοζάνης και Κεντρικής Εύβοιας, δια μέσου των οποίων επικοινωνούσαν οι δύο αύλακες.

Στη διάρκεια του Μεσοζωικού η ιζηματογένεση στην Πελαγονική ήταν ανθρακική, καθαρά νηριτική με εξαίρεση τις δύο παραπάνω περιοχές όπου εμφανίζονται πελαγικά ιζήματα μαζί με οφειολιθικές μάζες και γιαυτό το λόγο θεωρήθηκαν δίαυλοι.

Οι σύγχρονες απόψεις θεωρούν την Πελαγονική ένα μεγάλο ηπειρωτικό τέμαχος τμήμα της Κιμμερικής ηπείρου που αποσπάστηκε από την Gondwana και εκατέρωθεν του οποίου αναπτύχθηκαν δύο ωκεάνιες περιοχές της Παλαιο-Τηθύος (ζώνη Αξιού) και της Νέο-Τηθύος (Υποπελαγονική-Πίνδου) από τις οποίες προήλθαν με επώθηση οι οφειόλιθοι (Μουντράκης 1983)

Οι δύο περιοχές που αναφέρθηκαν παραπάνω ως δίαυλοι είναι απλά δύο

περιοχές όπου διατηρούνται οι μάζες των οφειολίθων και των συνοδών ιζημάτων που προήλθαν με επώθηση από τους δύο ωκεάνιους χώρους.

Όλα τα πετρώματα της Πελαγονικής ζώνης, αλπικά και προαλπικά ηλικίας Παλαιοζωικού, Μεσοζωικού και Τριτογενούς θα χαρακτηρίζονται ως υπόβαθρο της περιοχής.

Η περιγραφή για κάθε γενική κατηγορία πετρωμάτων δίνεται παρακάτω :

A) Πετρώματα ηλικίας Παλαιοζωικού - Μεσοζωικού

1) Το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο

Τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου έχουν πολύ μεγάλη εξάπλωση στο χώρο της Πελαγονικής και αποτελούν το κύριο δομικό στοιχείο της ζώνης.

Συστηματικές έρευνες στις διάφορες περιοχές της ζώνης έδειξαν ότι το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο δεν είναι ομογενές αλλά αποτελείται από πολλές ενότητες πετρωμάτων που συνιστούν αλλητάλληλα τεκτονικά λείπια. Τέτοιες ενότητες του κρυσταλλοσχιστώδους έχουν διακριθεί στο Βόρα, στο Βέρνο, στο Λιβιάδι των Πιερίων, στα Υψηλά Πιέρια.

Παρόλη την διάκρισή τους όλες οι ενότητες αυτές θεωρούνται παράλληλες κρυσταλλοσχιστώδεις ακολουθίες ενός κοινού υποβάθρου, οι οποίες έχουν παρόμοια λιθολογική ανάπτυξη και οι οποίες κρυσταλλώθηκαν σε όμοιες συνθήκες στο Παλαιοζωικό ή και πιο παλιά στο Προκάμβριο.

Κάθε μία λοιπόν από τις παραπάνω ενότητες αποτελείται από τους βαθύτερους ορίζοντες προς τους ανώτερους από:

- ο Γνεύσιους βιοιτιτικούς ομφαλμοειδείς ορθο-προέλευσης
- ο Γνεύσιους ταινιωτούς, μασχοβιτικούς πάρα- προέλευσης
- ο Ανφιβολίτες και αμφιβολιτικούς- βιοιτιτικούς σχιστόλιθους
- ο Γρανατούχους διμαρμαριγνακούς σχιστόλιθους
- ο Εναλλαγές αμφιβολιτικών σχιστολίθων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων, επιδοιτιτικών σχιστολίθων με παρεμβολές απλιτογενευσίων.

Η μεταμόρφωση του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου έγινε σε συνθήκες τις

βαθύτερες της πρασινοσχιστολιθικής φάσης έως τις ανώτερες της αμφιβολιτικής και έλαβε χώρα στο Παλαιοζωικό πριν το Άνω Λιθανθρακοφόρο.

2) Οι γνευσιομένοι γρανίτες του Άνω Λιθανθρακοφόρου

Μέσα στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου σε όλη την έκταση της Πελαγονικής παρατηρούνται μεγάλοι γρανιτικοί όγκοι. Προκειμένου για παρόμοιας σύστασης και υφής παλιούς γρανίτες, πορφυριτικούς με μεγάλους κρυστάλλους αστρίων, οι οποίοι αναφέρονται συνήθως με τα ονόματα των περιοχών ανάπτυξής τους όπως π.χ ο γρανίτης της Φλώρινας, της Καστοριάς, του Λιβαδιού Πιερίων, του Καταφυγίου Πιερίων κλπ.

Οι γρανίτες αυτοί είναι μαγματικές διεισδύσεις μέσα στο υπόβαθρο και έχουν προκαλέσει φαινόμενα μεταμόρφωσης επαφής στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα. Η ηλικία τους με ραδιοχρονολογήσεις καθορίστηκε ως Άνω Λιθανθρακοφόρος (300 εκ. Έτη).

Στη μεγαλύτερη μάζα τους οι γρανίτες εμφανίζονται γνευσιομένοι διότι υποστήκαν την αλπική μεταμόρφωση, στο Άνω Ιουρασικό -Κάτω Κρητιδικό, σε συνθήκες χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Εμφανίζονται επίσης πολύπλοκα συμπυκνωμένοι με τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα.

Παρ'όλα αυτά έχουν παρατηρηθεί και ορισμένα τμήματα των γρανιτικών όγκων χωρίς μεταμόρφωση, όπως επίσης παρατηρήθηκαν και περισσότερες της μίας γρανιτικές διεισδύσεις που η μία διαπερνά την άλλη. Όλες αυτές οι παρατηρήσεις οδηγούν στην υπόθεση ότι υπάρχουν πιθανόν μέσα στις γρανιτικές αυτές μάζες και νεώτερες (αλπικές) μαγματικές διεισδύσεις οι οποίες όμως δεν έχουν καθοριστεί με ραδιοχρονολογήσεις.

3) Οι Περμοτριάδικές μετακλαστικές ακολουθίες

Πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο και τους γρανιτικούς όγκους του Άνω Λιθανθρακοφόρου αποτέθηκε μια κλαστική ιζηματογενής σειρά πάχους περίπου 200m μέσα στην οποία παρεμβάλλονται ορισμένα ηφαιστειακά υλικά, όξινες και βασικές λάβες και τόφφοι.

Τα ιζήματα αυτά αποτέθηκαν στο Πέρμιο και Κάτω Τριαδικό και στη συνέχεια μαζί με τα ηφαιστειακά υλικά μεταμορφώθηκαν στη διάρκεια Ανωτέρου

Ιουρασικού- Κάτω Κρητιδικού σε συνθήκες χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής μεταμόρφωσης.

Τα πετρώματα που συνιστούν τις Περμοτριάδικές ακολουθίες είναι φυλλίτες, μετα-πελίτες, μετα-αρκόζες, χλωριτικοί και σερικιτικοί σχιστόλιθοι, μετα-ψαμμίτες, χαλαζιακά μετα-κροκαλοπαγή, αλλεπάλληλες παρεμβολές φακών ερυθρωπών και τεφρών ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων και λατυποπαγών ασβεστόλιθων, ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι, μετα-ρυόλιθοι και μετα-τόφφοι.

Οι μετακλαστικές σειρές του Περμοτριάδικού εμφανίζονται βασικά κατά μήκος του δυτικού περιθωρίου της Πελαγονικής ζώνης και αντιπροσωπεύουν την παλιά ιζηματογένεση ηπειρωτικής κατωφέρειας, που αναπτύχθηκε την περίοδο εκείνη στο δυτικό περιθώριο της Πελαγονικής κατά τη διάρκεια της ηπειρωτικής διάρρηξης, που οδήγησε στην ανάπτυξη της ωκεάνιας περιοχής Δυτικά της Πελαγονικής.

Συνδεδεμένα με την ίδια ηπειρωτική διάρρηξη είναι και τα ηφαιστειακά υλικά που παρεμβάλλονται μέσα στις μετακλαστικές σειρές και τα οποία αντιπροσωπεύουν την ηφαιστειότητα που αναπτύχθηκε στο χείλος της ηπειρωτικής διάρρηξης στη διάρκεια του Περμοτριάδικού.

4) Τα ανθρακικά καλύμματα Τριαδικού-Ιουρασικού

Η κύρια Αλπική ιζηματογένεση της Πελαγονικής ζώνης είναι νηριτική, ανθρακική στη διάρκεια Τριαδικού- Ιουρασικού και τα πετρώματά της καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις της ζώνης.

Το σύνολο των ανθρακικών αυτών ιζημάτων συνηθίστηκε να ονομάζεται «Μεσοζωικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής» με την έννοια ότι αντιπροσωπεύει την ιζηματογένεση του υβώματος ή σύμφωνα με τις καινούριες απόψεις την ιζηματογένεση της ηπειρωτικής πλατφόρμας. Νεώτερες όμως έρευνες (Μουντράκης 1983, 1984) έδειξαν ότι πρόκειται για δύο χωριστά ανθρακικά καλύμματα που αποτέθηκαν στα δύο περιθώρια, ανατολικό και δυτικό, της Πελαγονικής ζώνης στη διάρκεια Τριαδικού-Ιουρασικού. Το δυτικό κάλυμμα είναι αυτόχθονο, αποτέθηκε από το Μέσο Τριαδικό μέχρι το Κάτω Κρητιδικό πάνω στα μετακλαστικά ιζήματα Περμίου-Κάτω Κρητιδικού. Αποτελείται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους λευκούς, τεφρούς, μαύρους, λατυποπαγείς, ταινιωτούς, πλακώδεις,

λεπτοπλακώδεις, άστρωτους καθώς και ελάχιστες λεπτές παρεμβολές πηλιτικών ενστρώσεων. Το συνολικό πάχος του καλύμματος υπολογίζεται στα 600-800 m.

Το δυτικό ανθρακικό κάλυμμα παρουσιάζει μία βαθμιαία μεταβολή προς Δυσμάς από καθαρά νηριτικές προς βαθύτερες (ημιπελαγικές-πελαγικές) ιζηματολογικές φάσεις γεγονός που δείχνει την παλαιογεωγραφική ανάπτυξη στα Δυτικά της Πελαγονικής ενός βαθύτερου χώρου ιζηματογένεσης που ήταν ο χώρος των ζωνών Υποπελαγονικής και Πίνδου.

Το ανατολικό ανθρακικό κάλυμμα είναι πάρα-αυτόχθονο, αποτέθηκε δηλαδή στο ανατολικό περιθώριο της Πελαγονικής προς τη ζώνη Αλμωπίας και στη συνέχεια επωθήθηκε προς Δυσμάς πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της Πελαγονικής, στο οποίο βρίσκεται σήμερα, χωρίς τη μεσολάβηση κλαστικών ιζημάτων.

Το ανατολικό κάλυμμα συνίσταται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους, μάρμαρα, σιπολίνες και δολομίτες, και χαρακτηρίζεται καθαρά νηριτικό.

Και τα δύο ανθρακικά καλύμματα, ανατολικό και δυτικό, εμφανίζουν αισθητή μεταμόρφωση που έλαβε χώρα στην περίοδο Ανωτέρου Ιουρασικού- Κάτω Κρητιδικού σε συνθήκες χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής φάσης, ανάλογη με την μεταμόρφωση των Περμοτριάδικών μετακλαστικών ιζημάτων.

5) Οι οφειόλιθοι και τα συνοδά ιζήματα

Σημαντικές οφειολιθικές μάζες παρατηρούνται στην Πελαγονική, τοποθετημένες κυρίως στα δύο περιθώρια της ζώνης, ενώ μερικές μικρές εμφανίσεις βρίσκονται διασπαρμένες και στο εσωτερικό της.

Οι οφειόλιθοι της Πελαγονικής είναι αλλόχθονοι και προέρχονται από τις δύο ωκεάνιες περιοχές των ζωνών Αξιού και Υποπελαγονικής που βρίσκονται εκατέρωθεν της Πελαγονικής. Από τις δύο ωκεάνιες περιοχές οι οφειόλιθοι, μαζί με τα συνοδεύοντα αυτούς ιζήματα βαθιάς θάλασσας, επωθήθηκαν πάνω στα Τριαδικό-ΐουρασικά ανθρακικά καλύμματα των δύο Πελαγονικών περιθωρίων.

Υπολείμματα των επωθημένων αυτών μαζών αποτελούν και οι δύο μεγάλες περιοχές οφειολίθων και ιζημάτων βαθιάς θάλασσας οι οποίες είχαν ονομασθεί δίαυλοι της Κοζάνης και της Εύβοιας. Στην πραγματικότητα είναι τμήματα των διπλανών ωκεάνιων ζωνών που επωθήθηκαν πάνω στην

Πελαγονική.

«Ο δίαυλος της Κοζάνης» κατέχεται από την μεγάλη οφειολιθική μάζα του βουνού Βούρινος που βρίσκεται τεκτονικά τοποθετημένη στο δυτικό Πελαγονικό περιθώριο. Στο δυτικό περιθώριο βρίσκεται επίσης και η οφειολιθική μάζα της Καστοριάς με προέλευση επίσης από την Υποπελαγονική ζώνη.

Στο ανατολικό περιθώριο της Πελαγονικής βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένοι πάνω στο Τριαδικοΐουρασικό ανθρακικό κάλυμμα οι οφειολιθικές μάζες της Άρνισσας – Βεγορίτιδας και του Βερμίου με προέλευση τη ζώνη Αξιού. Οι παραπάνω οφειολιθικές μάζες (ιδίως η μεγάλη εμφάνιση του Βούρινου) αποτελούνται από όλα τα πετρώματα της οφειολιθικής ακολουθίας, δηλαδή από σερπεντινιωμένους δουνίτες, χαρτσβουργίτες και άλλα υπερβασικά, γάββρους, νορίτες και άλλα βασικά πετρώματα, pillow lavas, διαβάσες και άλλα βασικά ηφαιστειακά και τόφφους.

Τα συνοδά ιζήματα είναι ραδιολαριτικοί κερατόλιθοι, αργιλικοί σχιστόλιθοι, ασβεστιτικοί πυριτιόλιθοι, πελαγικοί ασβεστόλιθοι και κλαστικά ιζήματα με υλικά προερχόμενα από βασικά μαγματικά πετρώματα.

Κατά την επώθηση των οφειολίθων πάνω στα Τριαδικοΐουρασικά ανθρακικά καλύμματα των δύο Πελαγονικών περιθωρίων σχηματίστηκαν χαρακτηριστικά τεκτονικά οφειολιθικά μίγματα (melanges). Μικρά και μεγάλα τεμάχια (μπλοκ) αποσπάσθηκαν από τα υποκείμενα ανθρακικά πετρώματα και σφηνώθηκαν μέσα στη βάση (πέλμα) του οφειολιθικού τεκτονικού καλύμματος προκαλώντας ταυτόχρονα και μια τεκτονική ανάμειξη οφειολίθων- ιζημάτων βαθιάς θάλασσας με αποτέλεσμα τον σχηματισμό των πολύχρωμων τεκτονικών μιγμάτων.

6) Τα επικλυσιογενή ιζήματα Μέσου – Άνω Κρητιδικού

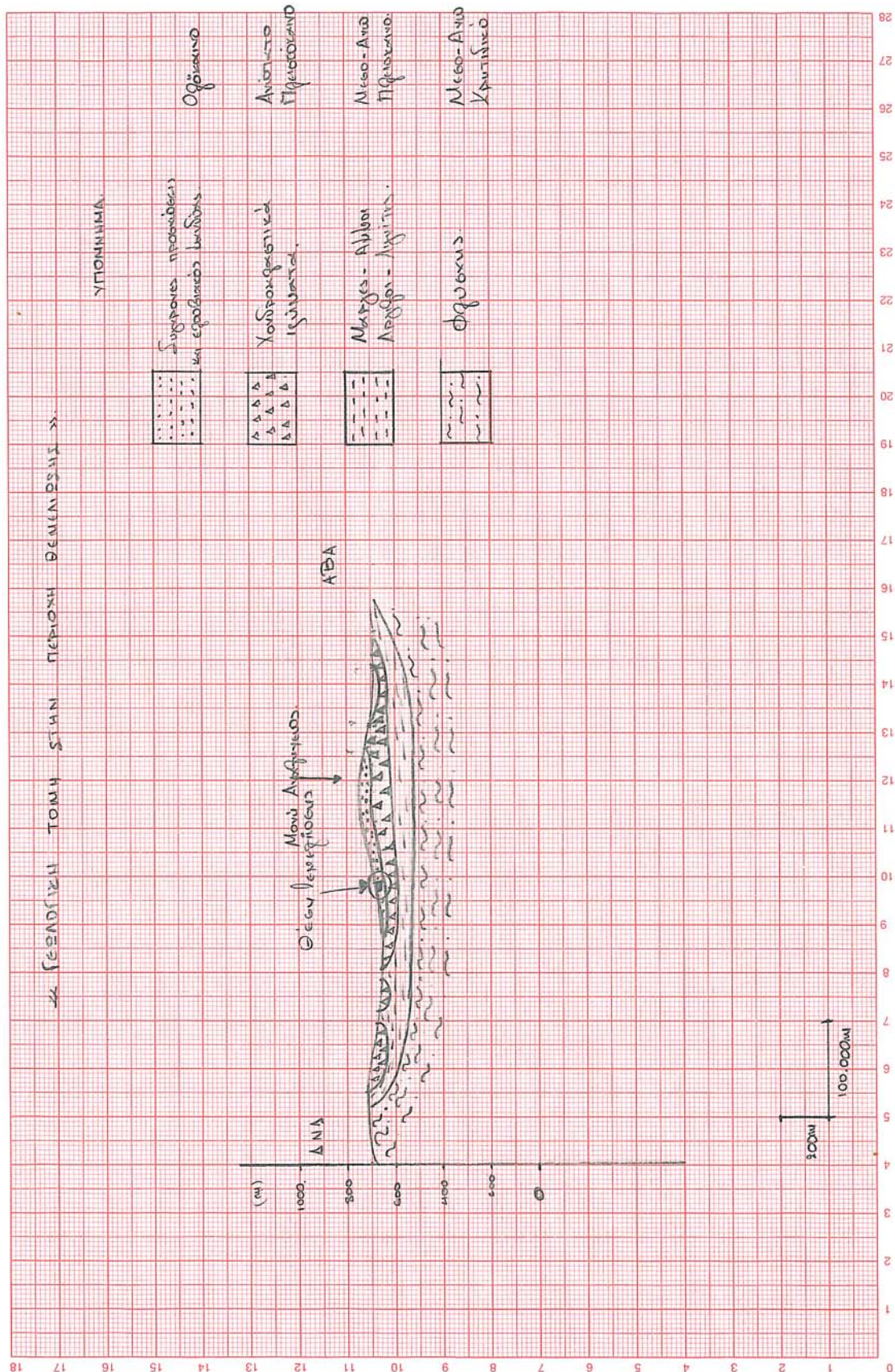
Μετά την ανάδυση των εσωτερικών ζωνών στην Άνωΐουρασική- Κατωκρητιδική ορογένεση και την χέρσευση που ακολούθησε, είχαμε ως γνωστόν την επίκλυση της θάλασσας Μέσου – Άνω Κρητιδικού. Τα ιζήματα της επίκλυσης τοποθετούνται με ασυμφωνία πάνω στα προϋπάρχοντα ανθρακικά πετρώματα (μάρμαρα, ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι, δολομίτες κλπ) των Τριαδικοΐουρασικών καλυμμάτων, που εν τω μεταξύ είχαν πτυχωθεί στην ορογενετική περίοδο, είτε ακόμα τοποθετούνται με

επικλυσιογενή ασυμφωνία πάνω στους οφειολίθους και τα συνοδά τους πελαγικά ιζήματα όπου βέβαια υπάρχουν τέτοια.

Η επίκλυση άρχισε γενικά το Κενομάνιο – Τουρώνιο του Μέσου Κρητιδικού αλλά σε ορισμένες περιοχές φαίνεται ότι καθυστέρησε και εκδηλώθηκε στο Άνω Κρητιδικό.

Αναλυτικά η στρωματογραφική διάρθρωση του Μέσου – Άνω Κρητιδικού έχει ως εξής από κάτω προς τα πάνω:

- ο Κροκαλοπαγή, μικρολατυποπαγή και μαργαίκοι ασβεστόλιθοι ηλικίας Κενομανίου – Τουρωνίου.
- ο Μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι ηλικίας Σαντονίου – Καμπανίου
- ο Συμπαγής ασβεστόλιθος με απολιθώματα *orbitoides media* του Μαιστριχτίου
- ο Φλύσχης που στην αρχή είναι σχιστώδης ασβεστιτικός, εξελίσσεται σε ασβεστοπηλιτικό – ψαμμιτικό και καταλήγει σε πηλιτικό – κροκαλοπαγή. Η ηλικία του είναι Άνω Μαιστριχτίου – αρχές Παλαιοκαίνου.



Β) Μολασσικά ιζήματα της μέσο – Ελληνικής Αύλακας

Τα Μολασσικά ιζήματα καλύπτουν ασύμφωνα τα αλπικά και προαλπικά πετρώματα.

Οι σχηματισμοί αυτοί αναπτύσσονται στο δυτικό περιθώριο της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος.

Γ) Αποθέσεις Νεογενούς και Πλειο-πλειστοκαινικές αποθέσεις

Πρόκειται για ηπειρωτικές εδαφικές αποθέσεις ποταμοχειμάρρειας – ποταμολιμναίας φάσης που είτε επικάθονται ασύμφωνα πάνω στα υποκείμενα Μολασσικά ιζήματα είτε σε απευθείας πάνω στο Αλπικό υπόβαθρο.

Μεταμόρφωση των σχηματισμών – Μυλονιτίωση

Συμπερασματικά στα πετρώματα της Πελαγονικής ζώνης επέδρασαν δύο μεταμορφώσεις. Η πρώτη έλαβε χώρα το Παλαιοζωικό, πριν το Άνω Λιθανθρακοφόρο και μεταμόρφωσε το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο σε συνθήκες κάτω πρασινοσχιστολιθικής φάσης, μέχρι και της άνω αμφιβολιτικής φάσης. Η δεύτερη αλπική μεταμόρφωση, έλαβε χώρα το Άνω Ιουρασικό – Κάτω Κρητιδικό και μεταμόρφωσε μαζί τους γρανίτες του Άνω Λιθανθρακοφόρου, τις μετακλαστικές σειρές Περμίου – Κάτω Τριαδικού και τα Τριαδικοίουρασικά ανθρακικά καλύμματα σε συνθήκες χαμηλής (άνω) πρασινοσχιστολιθικής φάσης.

Η αλπική μεταμόρφωση επηρέασε βέβαια και το ήδη μεταμορφωμένο Παλαιοζωικό υπόβαθρο στο οποίο επέδρασε ως ανάδρομη μεταμόρφωση.

Η επίδραση αυτή διαπιστώνεται και με ραδιοχρονολογήσεις του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου οι οποίες δίνουν ηλικίες μεταμόρφωσης 98 – 140 Μα, που αφορούν την δεύτερη αλπική μεταμόρφωση Ανωτέρου Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού.

Τέλος σε ορισμένες περιοχές της Πελαγονικής ζώνης παρατηρείται κατά θέσεις η ανάπτυξη μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων (γλαυκοφανιτικής) που οφείλεται σε ανώτερα τεκτονικά γεγονότα μεγάλων επωθήσεων.

Ένα άλλο σημαντικό φαινόμενο που παρατηρείται στην Πελαγονική ζώνη είναι οι αλληπάλληλες ζώνες μυλονιτίωσης. Συγκεκριμένα μεγάλα τμήματα των γνευσιωμένων γρανιτών και ορισμένοι από τους οφθαλμοειδείς γνευσίους του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου είναι έντονα μυλονιτωμένοι και προέρχονται από αρχικά γρανιτικά πετρώματα που μετατράπηκαν κατά διαδοχικά στάδια σε πρωτομυλονίτες (οφθαλμογνεύσιους), μυλονίτες (σχιστώδες γνεύσιους) και υπερμυλονίτες (φυλλονίτες). Τα έντονα αυτά μυλονιτικά φαινόμενα συνδέονται πιθανόν με τις μεγάλες επωθητικές κινήσεις της Πελαγονικής ζώνης και ίσως μάλιστα με τη βύθιση του ωκεάνιου φλοιού της δυτικής λεκάνης και την επώθηση των οφειολίθων της Υποπελαγονικής ζώνης πάνω στο ηπειρωτικό περιθώριο της Πελαγονικής.

Τεκτοορογενετική εξέλιξη

- ο 1^η παραμορφωτική φάση (ERC) Ερκύνιας ηλικίας

Τα πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου της Πελαγονικής υπέστησαν μια πρώτη μεταμόρφωση πριν το Άνω Λιθανθρακοφόρο. Η φάση αυτή ήταν συμμεταμορφική με την πρώτη μεταμόρφωση του κρυσταλλοσχιστώδους (συνθήκες ορίου πρασινοσχιστολιθικής – αμφιβολιτικής φάσης) και σχημάτισε πτυχές τέλειες ισοκλινείς μικροσκοπικής ή εκατοστομετρικής κλίμακας, αξονικής διεύθυνσης 155° - 160° αν και οι υπάρχουσες παρατηρήσεις δεν είναι πολλές. Η παραμόρφωση αυτή σχημάτισε επίσης την κύρια φύλλωση στα πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους με τη μορφή σχιστότητας S₁ παράλληλη στα αξονικά επίπεδα των ισοκλινών πτυχών.

- ο 2^η ορογενετική περίοδος Ανωτέρου Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού

Στην ορογενετική αυτή περίοδο έγινε η καταστροφή των δύο ωκεάνιων περιοχών Αξιού και Υποπελαγονικής – Πίνδου εκατέρωθεν της Πελαγονικής ηπειρωτικής μάζας, αποτέλεσμα της οποίας ήταν ο ισχυρός τεκτονισμός των πετρωμάτων και η επώθηση των οφειολιθικών μαζών, με τα συνοδεύοντα αυτούς ιζήματα βαθιάς θάλασσας, πάνω στα ηπειρωτικά περιθώρια της Πελαγονικής.

Στο Ανώτερο Ιουρασικό υπολογίζεται ότι έγινε η επώθηση των οφειολίθων από τη ζώνη Αξιού πάνω στο ανατολικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής με κατεύθυνση από ΒΑ προς ΝΔ και συνοδεύονταν από μια φάση πτυχώσεων (JE_1). Αυτή σχημάτισε πτυχές υπο'ίσοκλινείς έως ισοκλινείς αξονικής διεύθυνσης ΒΔ – ΝΑ ($150^\circ - 170^\circ$) και συνοδεύονταν από σχιστότητα S_2 που ήταν η δεύτερη σχιστότητα για τα πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου αλλά η πρώτη και κύρια σχιστότητα για τα πετρώματα Άνω Παλαιοζωικού και Τριαδικο'ιουρασικού. Στην ίδια αυτή φάση έγινε και η επώθηση του ανατολικού ανθρακικού καλύμματος πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο.

Το κλείσιμο της δυτικής ωκεάνιας λεκάνης και η επώθηση των οφειολίθων της Υποπελαγονικής από τα Δ προς τα Α πάνω στο δυτικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής υπολογίζεται ότι έγινε στο Κάτω Κρητιδικό, και συνοδευόταν από μια φάση πτυχώσεων (JE_2). Αυτή προκάλεσε πτυχές κλειστές – ανοιχτές, ισοπαχείς ή όμοιες, που πολλές φορές συνοδεύονται από σχιστότητα ολίσθησης, και οι οποίες έχουν άξονες διεύθυνσης $0^\circ - 30^\circ$ και απόκλιση προς Α ή ΝΑ.

Κατά τη διάρκεια της ορογενετικής περιόδου Ανωτέρου Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού έγινε, όπως είδαμε, η δεύτερη (αλπική) μεταμόρφωση των σχηματισμών της Πελαγονικής. Επίσης με την ορογενετική αυτή δράση αναδύθηκε η Πελαγονική όπως και όλες οι εσωτερικές ζώνες και χέρσευσε μέχρι τη Μέσο – Άνω Κρητιδική επίκλυση.

ο 3^η Ορογενετική περίοδος Τελικού Κρητιδικού – Μέσου Ηωκαίνου.

Τριτογενείς φάσεις πτυχώσεων

Η οριστική ανάδυση της Πελαγονικής ζώνης έγινε μετά το τέλος Κρητιδικού και πριν το Μέσο Ηώκαινο.

Στο διάστημα αυτό του Τριτογενούς έλαβαν χώρα δύο φάσεις πτυχώσεων : μια (CT_1) με πτυχές ανοιχτές, ισοπαχείς, γενικής αξονικής διεύθυνσης ΒΔ – ΝΑ και απόκλισης προς τα ΝΔ και μια άλλη (CT_2) με πτυχές κλειστές – ανοιχτές αξονικής διεύθυνσης ΒΑ – ΝΔ ($70^\circ - 80^\circ$) και απόκλισης προς τα ΝΑ. Δεν είναι εξακριβωμένο ποια από τις δυο έγινε πρώτα ή αν ακόμα ανήκουν σε μια συνεχόμενη συμπίεστική παραμόρφωση του Παλαιογενούς.

Οι φάσεις πάντως αυτές σχημάτισαν μεγάλες πτυχές και σπουδαίες δομές όπως π.χ. η αντικλινική δομή του βουνού Βόρας με άξονα 125 βυθιζόμενο προς ΝΑ.

Τέλος στην περίοδο Ολιγοκαίνου – Μειοκαίνου έγινε η τελική παραμόρφωση (CT_3) των σχηματισμών προκαλώντας πτυχές κάμψης πολύ ανοιχτές και τύπου knick γενικής διεύθυνσης Β – Ν.

Όλες αυτές οι Μεσοαλπικές φάσεις πτυχώσεων του Τριτογενούς έδρασαν στην ήδη αναδυόμενη οροσειρά της Πελαγονικής και προκάλεσαν, λεπίωση των σχηματισμών και επώθηση των λεπίων από Α προς Δ. Αποτέλεσμα της λεπίωσης είναι πολλές φορές και η αναστροφή των σχηματισμών, όπως συμβαίνει π.χ. στο δυτικό περιθώριο της Πελαγονικής στη Δυτική Μακεδονία όπου παρατηρείται πλήρης αναστροφή της δομής με τους βαθύτερους ορίζοντες να εφιππεύουν προς Δυσμάς τους ανώτερους.

Δεν είναι απόλυτα εξακριβωμένο ποια από τις τρεις παραπάνω φάσεις του Τριτογενούς είναι κύρια υπεύθυνη για τις λεπιώσεις αν και πιστεύεται γενικά ότι τόσο οι λεπιώσεις όσο και η επώθηση του Πελαγονικού τεκτονικού καλύμματος πάνω στο παράθυρο του Ολύμπου είναι φαινόμενα συνδεδεμένα με την τελική πτύχωση CT_3 του Ολιγοκαίνου.

2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ

Το υπέδαφος με δεδομένα της ευρύτερης περιοχής και ειδικά από τα δεδομένα των δύο γεωτρήσεων μπορεί να χωριστεί σε τρεις γενικές κατηγορίες:

A. ΟΛΟΚΑΙΝΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

A1) επιφανειακοί σύγχρονοι εδαφικοί σχηματισμοί (Υλικά του Μανδύα Αποσάθρωσης)

πρόκειται για επιφανειακά μαλακά αργιλοϊλυώδη ιζήματα (με μειωμένη γεωμηχανική συμπεριφορά), καστανού γενικά χρώματος, που καλύπτουν τα παλαιότερους σχηματισμούς σε περιοχές ήπιων κλίσεων, και το πάχος τους δεν υπερβαίνει τα 0,50 μέτρα.

A2) καστανές άργιλοι (αλλουβιακές αποθέσεις).

είναι Ολοκαινικές αποθέσεις αποτελούμενες από ανοικτοκάστανες – καστανές – φαιοκάστανες αργίλους, ενίοτε αμμώδεις, με υψηλή σχετικά πλαστικότητα. Μακροσκοπικά χαρακτηρίζονται ως στιφρές ή μέσες και το πάχος τους ξεπερνά τα 3,5 μ. στην περιοχή της μελλοντικής κατασκευής. Η γεωτεχνική τους συμπεριφορά μπορεί να χαρακτηριστεί γενικά ως ικανοποιητική.

B. ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Καταλαμβάνουν το κεντρικό και νοτιοανατολικό τμήμα του Πολεοδομικού Συγκροτήματος της Κοζάνης και αποτελούνται από τέσσερις διακριτούς ορίζοντες

B1) τραβερτινοειδείς μαργαϊκούς ασβεστόλιθους

B2) μαργαϊκούς ορίζοντες

B3) ιλυώδεις ορίζοντες

Στην περιοχή ενδιαφέροντος συναντάται ο εν λόγω σχηματισμός σε βάθος 3,15 μ στη Γ1 και σε βάθος 1,5 μ στη Γ2. Στη Γ1 πρόκειται για βυσσινέρυθρη σκληρή άργιλο, ενίοτε με αμμοίλυδεις ενστρώσεις, με ασβεστολιθικά τεμάχια και έντονη παρουσία οξειδίων (από τα 9,10 συμπυκνωμένη - ημιβραχώδης) ενώ στη Γ2 η στρώση παρουσιάζεται πιο αργιλική χωρίς ασβεστολιθικά τεμάχια και λιγότερους χάλικες. Μακροσκοπικά η στρώση χαρακτηρίζεται στιφρές ως σκληρή.

B4) κροκαλοπαγή

Γ. ΜΕΣΟΖΩΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Γ1) Ιζήματα Φλύσχη

αποτελούν το μεσοζωικό υπόβαθρο της πόλης της Κοζάνης και αποτελούνται από δύο φάσεις, μία στην οποία επικρατούν οι ψαμμίτες και μια δεύτερη στην

οποία υπάρχει εναλλαγή ιλυόλιθων και ψαμμιτών.

Στην περιοχή ενδιαφέροντος από τα 12 - 13,5 ξεκινά η ζώνη αποσάθρωσης και έντονου κερματισμού με υλικά ποικίλης σύστασης σε εναλλαγές. Γενικά η γεωτεχνική του συμπεριφορά χαρακτηρίζεται ως πολύ ικανοποιητική για συνήθεις κατασκευές.

2.3 ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ - ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

Από υδρολιθολογικής απόψεως διακρίνουμε δύο κατηγορίες σχηματισμών :

- α) τον αργιλικό σχηματισμό ο οποίος **δεν υδροφορεί** και
- β) τις υποκείμενες φλυσχικές στρώσεις, **σε βάθη μεγαλύτερα των 12 μ. όπου συναντάται υπόγειο νερό** .

Μετρήσεις της στάθμης του υπογείου υδάτινου ορίζοντα έγιναν κατά τη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου (πρωί και βράδυ) και μετά το πέρας των εργασιών υπαίθρου.

Μετρήθηκαν οι ακόλουθες στάθμες:

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Γ1	Γ2
Πρωί	*2,80 m	*3,00 m
Βράδυ	*3.20 m	*3.20 m
Μετά το πέρας	*3,60 m	*3,70 m

* πιεζομετρική στάθμη και όχι ελεύθερη.

3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

3.1 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Μακεδονίας στην οποία ανήκει και η περιοχή έρευνας έχει υποστεί πολλές τεκτονικές διεργασίες κατά την εξέλιξη του γεωλογικού χρόνου οι οποίες προκάλεσαν παραμορφώσεις των πετρωμάτων και του αναγλύφου της.

Οι νεότερες τεκτονικές κινήσεις λαμβάνουν χώρα από το ανώτερο Μειόκαινο και διακρίνονται σε δύο κύριες φάσεις παραμόρφωσης (Παυλίδης 1985 , Παυλίδης και Μουντράκης 1987).

A. Η πρώτη φάση είναι ηλικίας άνω Μειόκαινου - Πλειόκαινου και είναι εφελκυστική με διεύθυνση μέγιστου εφελκυσμού BA - ΝΔ. Από την εφελκυστική αυτή δράση δημιουργήθηκαν ή επαναδραστηριοποιήθηκαν κανονικά ρήγματα διεύθυνσης ΒΔ- ΝΑ , τα οποία ήταν η αιτία της δημιουργίας των τεκτονικών βυθισμάτων (λεκανών) όπως είναι η λεκάνη Καστοριάς - Γρεβενών - Αμυνταίου - Πτολεμαΐδας - Κοζάνης - Σερβίων και η μεγάλη λεκάνη Φλώρινας.

B. Η δεύτερη τεκτονική φάση ήταν εφελκυστική και αυτή με κύρια διεύθυνση εφελκυσμού ΒΒΔ - ΝΝΑ , με αποτέλεσμα τη δημιουργία ή επαναδραστηριοποίηση μεγάλων κανονικών ρηγμάτων ΒΑ - ΝΔ ως Α - Δ διεύθυνσης.

Η δράση των νεότερων αυτών ρηγμάτων ήταν να τεμαχιστούν σχεδόν εγκάρσια οι μεγάλες λεκάνες. Η εφελκυστική αυτή δράση με τα ΒΑ - ΝΔ διεύθυνσης ρήγματα έπαιξε μεγάλο ρόλο στην νεοτεκτονική εξέλιξη της περιοχής με σημαντικότερο το ρήγμα του Αλιάκμονα τμήμα του οποίου ενεργοποιήθηκε πρόσφατα και προκάλεσε το μεγάλο σεισμό Κοζάνης - Γρεβενών μεγέθους $M=6,6$.

Μετά τη ρηγμάτωση και τις πτυχώσεις που υπέστησαν κυρίως οι μαλλασικοί σχηματισμοί έλαβε χώρα απόθεση ιζημάτων τα οποία κάλυψαν τις προηγούμενες ρηξιγενείς δομές.

3.2 ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ

Η τεκτονική γραμμή του ποταμού Αλιάκμονα είναι η σημαντικότερη νεοτεκτονική ρηξιγενής ζώνη στο χώρο της Δυτικής Μακεδονίας και πλησιέστερη στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος. Η τεκτονική αυτή γραμμή εκτείνεται μέχρι την Κεντρική Μακεδονία με συνολικό μήκος πάνω από 70 km. Ακολουθεί στενά την κοίτη του ποταμού Αλιάκμονα από την περιοχή Γρεβενών, Κοζάνης διασχίζει το Βέρμιο, πάντοτε με γενική διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ και καταλήγει στην πεδιάδα Βέροιας – Θεσσαλονίκης.

Πρόκειται για ρηξιγενή ζώνη που έχει σημαντική τεκτονική δράση για μακρά περίοδο στους νεοτεκτονικούς χρόνους (Νεογενούς – Τεταρτογενούς) και έχει κόψει εγκάρσια τις οροσειρές Βουρίνου και Βερμίου για να δημιουργηθεί η δίοδος του ποταμού Αλιάκμονα.

Η ρηξιγενής ζώνη του Αλιάκμονα αποτελείται από συνεχόμενα αυτόνομα τμήματα που σχηματίζουν μεταξύ τους γωνίες. Η τμηματοποίηση της ρηξιγενούς ζώνης επιβεβαιώθηκε με το σεισμό της 13 Μαΐου 1995 κατά τον οποίο ενεργοποιήθηκε ένα τμήμα μόνο και προκάλεσε το σεισμό μεγέθους $M = 6,6$ (Μουντράκης et al. Pavlides et al. 1995).

Τα τμήματα της ρηξιγενούς ζώνης είναι από τα δυτικά προς ανατολικά τα εξής:

- σεισμικό ρήγμα Ρυμνίου – Παλαιοχωρίου – Σαρακήνας
- ενεργό ρήγμα Σερβίων – Βελβενδού
- ενεργό ρήγμα Βερμίου - Βεργίνας

Στην ευρύτερη περιοχή της μεγάλης λεκάνης Φλώρινας – Αμυνταίου – Πτολεμαΐδας έχουν εντοπιστεί με γεωλογικές έρευνες (Κουκουζας et al. 1981, 1983, Παυλίδης 1985, Pavlides & Mountrakis 1987) μια ομάδα από 6 μεγάλα ενεργά ρήγματα.

Τα ρήγματα αυτά έχουν γενική διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ (από 40° – 60°) διασχίζουν εγκάρσια τη μεγάλη λεκάνη Φλώρινας – Αμυνταίου – Πτολεμαΐδας η οποία έχει διάταξη ΒΔ – ΝΑ και είχε δημιουργηθεί από το Μειόκαινο και την έχουν τεμαχίσει με την Τεταρτογενή νεοτεκτονική δράση τους σε μικρότερες λεκάνες (βυθίσματα) που διαχωρίζονται από εξάρματα στην ίδια ΒΑ – ΝΔ διεύθυνση

των ρηγμάτων .

Τα ενεργά αυτά ρήγματα είναι από το Νότο προς το Βορρά είναι τα παρακάτω:

- το ρήγμα Κομνηνών – Ασβεστόπετρας
- το ρήγμα Εμπορίου – Περδίκια (Μπορντό)
- το ρήγμα Χειμαδίτιδας – Αναργύρων
- το ρήγμα Περαίας – Μανιάκι
- το ρήγμα Βεγορίτιδας – Αγ. Παντελεήμονα
- και το ρήγμα Νυμφαίου – Ξυνού Νερού – Λίμνης Πετρών, το οποίο έχει και το μεγαλύτερο μήκος $L = 30 \text{ Km}$.

4. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ

4.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η ευρύτερη περιοχή του υπο μελέτη έργου χαρακτηρίζεται από χαμηλή σχετικά σεισμικότητα (Παπαζάχος 1990) , όπως διαπιστώνεται από το χάρτη διαχωρισμού του Ελληνικού χώρου σε ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας καθώς και από τους χάρτες κατανομής των επικέντρων των επιφανειακών σεισμών στη Βόρεια Ελλάδα.

Σύμφωνα με τον χάρτη ζωνών σεισμικής επικινδυνότητας που περιέχεται στον τροποποιημένο αντισεισμικό κανονισμό (ΕΑΚ 2000) η περιοχή εντάσσεται στη **ΖΩΝΗ Ι**.

Ο πιο γνωστός ιστορικός σεισμός που έγινε στην ευρύτερη περιοχή έγινε τον Φεβρουάριο του 1896 ($M_s = 6,0$) με καταστροφικά αποτελέσματα (Παπαζάχος 1989). Πιθανολογείται ότι αυτός ο σεισμός έχει σχέση με το ρήγμα του Αλιάκμονα ποταμού με ακαθόριστης θέσης επίκεντρο λόγω έλλειψης στοιχείων. Επίσης καταστροφές αναφέρθηκαν κατά το έτος 821 σε εκκλησίες της περιοχής της Κοζάνης.

Στις 25 /10 και στις 7 /12 /1922 έχουν καταγραφεί στην εγγύς περιοχή του ισχυρού σεισμού τις 13/5/1995 σεισμοί έντασης $M_s = 5,6$ και 5.5 αντίστοιχα.

Ο ισχυρότερος σεισμός που καταγράφηκε στην ευρύτερη περιοχή είναι αυτός στις 13/5/1995 με επίκεντρο χαρακτηρισμένο από βόρειο γεωγραφικό πλάτος 40.16' και ανατολικό γεωγραφικό μήκος 21.67' με ένταση $M_s = 6,6$ στην περιοχή μεταξύ των πόλεων Γρεβενών και Κοζάνης.

4.2 ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Με τον όρο σεισμικότητα μιας περιοχής εννοούμε μια ποσότητα η οποία είναι

τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερα είναι τα μεγέθη των σεισμών που γίνονται στην περιοχή και όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα γένεσής τους (Parazachos, 1990).

Για τον **ποιοτικό** καθορισμό της σεισμικότητας χρησιμοποιούνται κυρίως χάρτες που δείχνουν την κατανομή των επικέντρων των σεισμών σε μια περιοχή. Απαραίτητη προϋπόθεση για να παρέχει ένας χάρτης επικέντρων αντικειμενική εικόνα της σεισμικότητας είναι το δείγμα των στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του να είναι πλήρες.

Για την **ποσοτική** εκτίμηση της σεισμικότητας μίας περιοχής χρησιμοποιούνται ποσότητες όπως είναι η μέση περίοδος επανάληψης των σεισμών με μεγέθη μεγαλύτερα ή ίσα ενός συγκεκριμένου μεγέθους ή το πιθανότερο μέγιστο μέγεθος κατά τη διάρκεια ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Όλα αυτά τα μέτρα σεισμικότητας που χρησιμοποιούνται σήμερα βασίζονται στο στατιστικό νόμο κατανομής των μεγεθών των Gutenberg και Richter (1944).

Σύμφωνα με το νόμο αυτό, ο αθροιστικός αριθμός N , των σεισμών με μεγέθη μεγαλύτερα ή ίσα του M , που έχουν εστίες σε ορισμένο χώρο και συμβαίνουν σε ορισμένο χρονικό διάστημα, t , δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Log} N = a_i - bM \quad (1)$$

όπου a_i και b είναι παράμετροι. Η παράμετρος b εξαρτάται από το πεδίο των τάσεων της περιοχής και την ομοιογένεια του υλικού. Η παράμετρος a_i εξαρτάται από τη σεισμικότητα της περιοχής, από το εμβαδόν της επιφάνειας την οποία καλύπτουν τα επίκεντρα και από το χρονικό διάστημα, t , στο οποίο έγιναν οι σεισμοί. Συνήθως ανάγουμε την παράμετρο a_i σε χρονικό διάστημα ενός έτους και σε μια μονάδα επιφάνειας με τη σχέση:

$$a = a_i - \log tS \quad (2)$$

όπου S είναι η επιφάνεια της περιοχής που μελετάται.

Η μέση περίοδος επανάληψης, T_m (σε έτη), των σεισμών οι οποίοι έχουν μέγεθος M ή μεγαλύτερο δίνεται από τη σχέση:

$$T_m = 10^{bM-a} \quad (3)$$

ενώ το συχνότερα παρατηρούμενο μέγιστο μέγεθος, M_t , σε χρόνο t ετών δίνεται από τη σχέση:

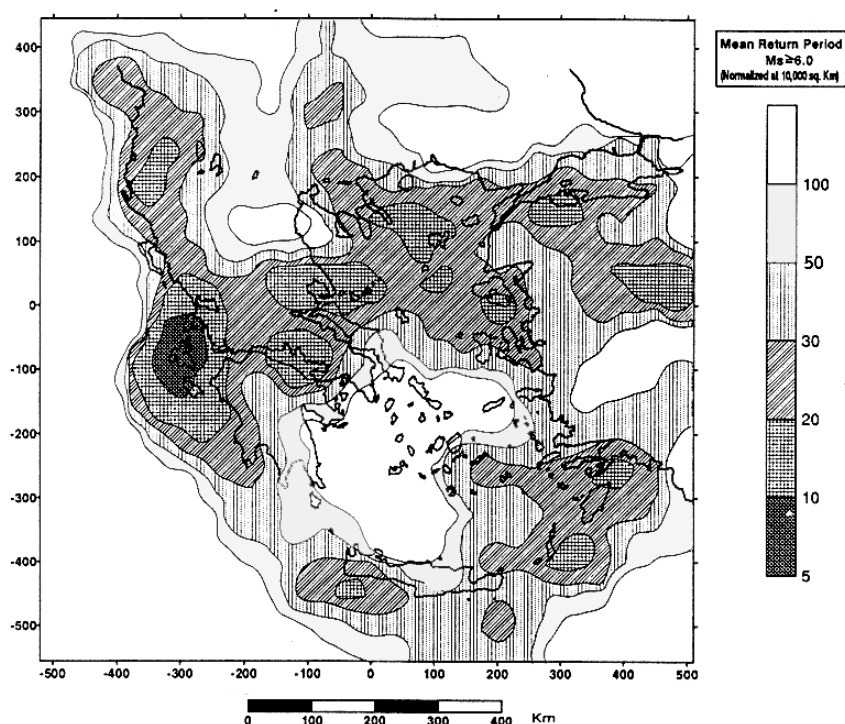
$$M_t = a/b + \log t/b \quad (4)$$

Οι ποσότητες T_m και M_t χρησιμοποιούνται συνήθως ως μέτρα

σεισμικότητας.

Ο Χατζηδημητρίου και οι συνεργάτες του (1994) υπολόγισαν τη μέση περίοδο επανάληψης σεισμών με μέγεθος $M \geq 6.0$ για ολόκληρο τον ελληνικό χώρο. Ο λόγος που επιλέχτηκε το μέγεθος αυτό είναι επειδή στον ελληνικό χώρο αυτοί οι σεισμοί, κατά κύριο λόγο, προξενούν εκτεταμένες καταστροφές στις κατασκευές και έχουν ως αποτέλεσμα την απώλεια σε ανθρώπινες ζωές (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1989; Papazachos and Papazachou, 1997). Τα αποτελέσματα αυτά έχουν παρουσιαστεί στο χάρτη του σχήματος (4) στον οποίο οι τιμές της μέσης περιόδου επανάληψης έχουν ταξινομηθεί σε έξι κατηγορίες: $T_{6.0}=5-10$ έτη (είναι η κατηγορία με τη μεγαλύτερη σεισμικότητα), $T_{6.0}=10-20$ έτη, $T_{6.0}=20-30$ έτη, $T_{6.0}=30-50$ έτη, $T_{6.0}=50-100$ έτη και $T_{6.0}$ μεγαλύτερη από 100 έτη. Από το χάρτη αυτό που δίνει μια καθαρή εικόνα της σεισμικότητας με την ποσοτική έννοια, φαίνεται χαρακτηριστικά ότι η περιοχή της θέσης μελέτης ανήκει στη τρίτη κατηγορία.

Οι Papaioannou and Papazachos (2000) καθόρισαν τις σεισμικές πηγές στον χώρο του Αιγαίου και τις γύρω περιοχές. Οι παράμετροι σεισμικότητας των πηγών οι οποίες είναι πλησιέστερα στην περιοχή ενδιαφέροντος δίνονται στον πίνακα (I) .



Σχήμα 4. Χάρτης σεισμικότητας (επιφανειακοί σεισμοί) της ευρύτερης

περιοχής του Αιγαίου σε σχέση με τη μέση περίοδο επανάληψης για σεισμούς με μέγεθος 6.0 ή μεγαλύτερο ανηγμένη στη μονάδα επιφάνειας 10000 Km² (Hatzidimitriou et al., 1994).

Πίνακας Ι. Στοιχεία των σεισμικών πηγών). Στη πρώτη και δεύτερη στήλη δίνεται ο κωδικός και το όνομα της πηγής, στη τρίτη και τέταρτη στήλη είναι οι σταθερές *a* και *b* της σχέσης των Gutenberg και Richter και στην πέμπτη στήλη δίνεται το μέγιστο μέγεθος σεισμού, *M*_{max}, της σεισμικής πηγής (Papaioannou and Parazachos, 2000).

ΚΩΔΙΚΟΣ	Όνομα	a	b	M _{max}
34	Πτολεμαίδα	3.76	0.86	6.6
35	Βόλβη	4.04	0.84	7.1
36	Κοζάνη	3.84	0.87	6.6

Με την χρήση των τιμών των παραμέτρων σεισμικότητας και εφαρμογή των σχέσεων (3) και (4) υπολογίστηκαν τα μέτρα σεισμικότητας για τις σεισμικές πηγές, οι οποίες είναι πλησιέστερα στη θέση μελέτης.

Ο πίνακας (II) δίνει τις παραμέτρους σεισμικότητας για αυτές τις σεισμικές πηγές, δηλαδή την μέση περίοδο επανάληψης σεισμών μεγέθους 6.0, 6.5 και 7.0 για τις σεισμικές πηγές καθώς και τα πιθανότερα μέγιστα μεγέθη για χρονικά διάστημα *t* =10, 20 και 50 χρόνια. Οι τιμές μέσα σε παρένθεση, για τη μέση περίοδο επανάληψης σεισμών με μέγεθος *M*≥7.0 είναι ενδεικτικές αφού το μέγιστο μέγεθος είναι για τις ζώνες αυτές μικρότερο του 7.0.

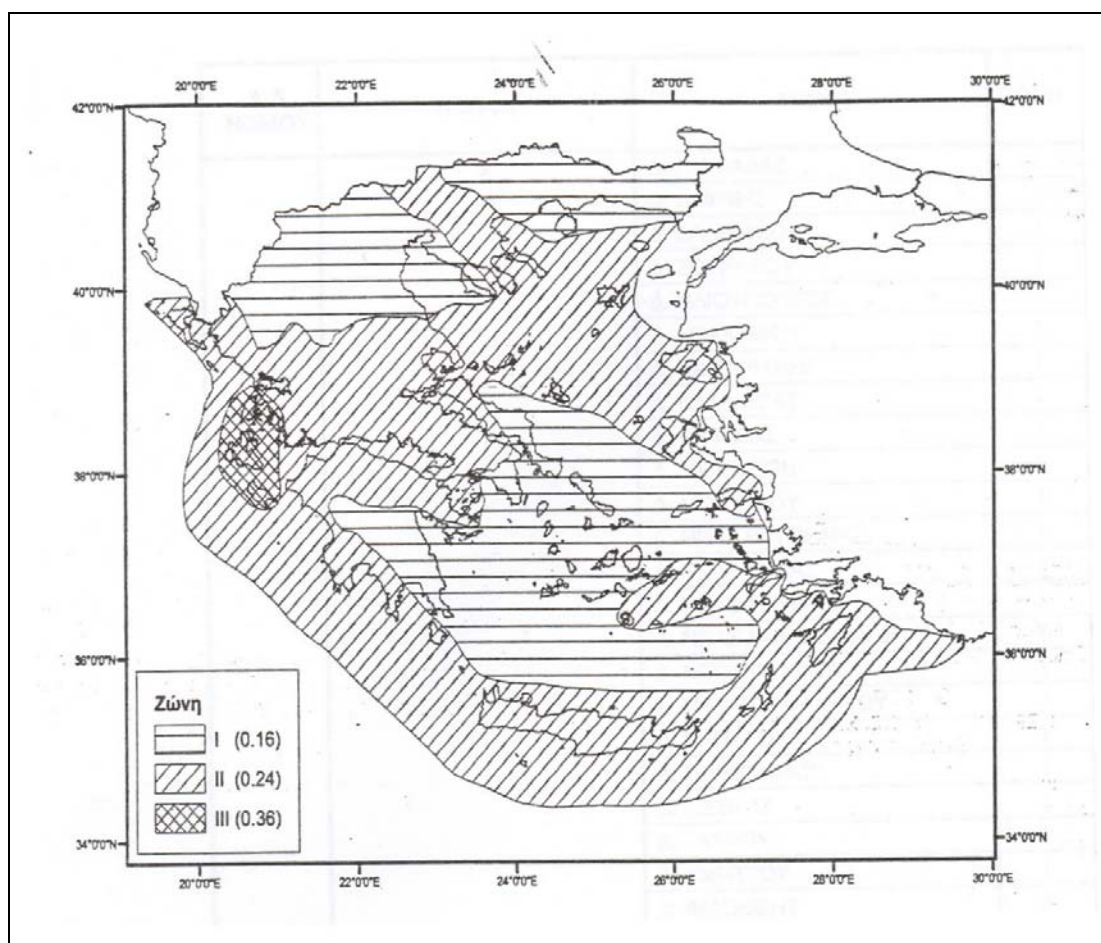
Πίνακας II. Τιμές των παραμέτρων σεισμικότητας για τις σεισμικές πηγές του πίνακα (I).

	Μέση Περίοδος Επανάληψης			Πιθανότερα Μέγιστα Μεγέθη		
	T _{6.0}	T _{6.5}	T _{7.0}	M ₁₀	M ₂₀	M ₅₀
ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑ	25	68	(182)	5.5	5.9	6.3
ΒΟΛΒΗ	10	26	69	6.0	6.4	6.8
ΚΟΖΑΝΗ	24	65	(178)	5.6	5.9	6.4

4.3 ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ

Το έργο βρίσκεται στην περιοχή της ΚΟΖΑΝΗΣ και επομένως σύμφωνα με τον τροποποιημένο ΕΑΚ κατατάσσεται στη **ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας Ι**.

Η σεισμική επιτάχυνση του εδάφους είναι ίση προς $A = \alpha \cdot g$ όπου $\alpha = 0,16$ όπως δίδεται από τον πίνακα του ΕΑΚ.



Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας	I	II	III
α	0,16	0,24	0,36

Το έδαφος στην στάθμη θεμελίωσης σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα του ΕΑΚ προσομοιάζει περισσότερο και κατατάσσεται μάλλον στην **κατηγορία Β**.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμενοι σε αρκετή έκταση και βάθος, με την προϋπόθεση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση. Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλυοαργιλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70 μ. Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ.
B	εντόνως αποσαθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκκώδη. Στρώσεις κοκκώδους υλικού μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ ή μεγάλης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Στρώσεις σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μεγαλύτερου των 70μ
Γ	στρώσεις κοκκώδους υλικού μικρής σχετικής πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 5μ ή μέσης πυκνότητας πάχους μεγαλύτερου των 70μ. Ιλυοαργιλικά εδάφη μικρής αντοχής σε πάχος μεγαλύτερο των 5μ
Δ	Έδαφος με μαλακές αργίλους με υψηλό δείκτη πλαστικότητας ($I_p > 50$) συνολικού πάχους μεγαλύτερου των 10 μ.
X	χαλαρά λεπτόκοκκα αμμοίλυδα εδάφη από τον υδάτινο ορίζοντα, που ενδέχεται να ρευστοποιηθούν (εκτός αν ειδική μελέτη αποκλείει τέτοιο κίνδυνο ή γίνει βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων) Εδάφη που βρίσκονται δίπλα σε εμφανή τεκτονικά ρήγματα. Απότομες κλιτείες καλυπτόμενες με προϊόντα χαλαρών πλευρικών κορημάτων. Χαλαρά κοκκώδη ή μαλακά ιλυοαργιλικά εδάφη, εφ' όσον έχει αποδειχθεί ότι είναι επικίνδυνα από άποψη δυναμικής συμπεκνώσεως ή απώλειας αντοχής. Πρόσφατες χαλαρές επιχωματώσεις (μπάζα) . οργανικά εδάφη. Εδάφη κατηγορίας Γ με επικινδύνως μεγάλη κλίση.

5. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΟΥ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ - ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

5.1 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

5.1.1 ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ

ΔΟΚΙΜΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ (ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΗΣ) ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ – ΚΡΟΥΣΤΙΚΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

Η δοκιμή εκτελείται κατά τη διάρκεια της ανόρυξης μιας δειγματοληπτικής γεώτρησης, οπότε διακόπτεται η διάτρηση και στη θέση του κανονικού δειγματολήπτη τοποθετείται πρότυπος δειγματολήπτης γνωστός ως δειγματολήπτης Terzaghi. Ο πρότυπος αυτός δειγματολήπτης εισάγεται μέσω της διατρητικής στήλης στον πυθμένα της γεώτρησης στο επιθυμητό βάθος και προωθείται συνολικά κατά 45 εκ. με ελεύθερες επαναλαμβανόμενες κρούσεις με τη χρήση ειδικής τυποποιημένης σφύρας (δηλαδή κρουστική διείσδυση). Οι διαστάσεις του δειγματολήπτη, το βάρος και το ύψος πτώσης της σφύρας είναι τυποποιημένα. Το συνολικό μήκος του δειγματοληπτικού σωλήνα είναι 457mm, του κοπτικού άκρου 76mm, το βάρος της σφύρας είναι 64 kg και το ύψος πτώσης 76 cm.

Κατά την εκτέλεση της δοκιμής μετριοούνται απλά οι αριθμοί κρούσεων που απαιτούνται για την ανά 15 εκ. διείσδυση του δειγματολήπτη στο έδαφος μέχρι αυτός να εισχωρήσει συνολικά 45 εκ. Το αποτέλεσμα της δοκιμής είναι ο αριθμός των κρούσεων που απαιτούνται για τη διείσδυση των 30 (15+15) τελευταίων cm και συμβολίζεται με N ή N_{SPT} . Τα πρώτα 15 cm δε λαμβάνονται υπόψη, επειδή είναι πολύ πιθανό στον πυθμένα της γεώτρησης να υπάρχουν υλικά κατάπτωσης (μπάζα) ή το έδαφος να έχει διαταραχθεί κατά την εκτέλεση της γεώτρησης. Με τον τρόπο αυτό απεικονίζεται η αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση του συγκεκριμένου δειγματολήπτη. Η δοκιμή SPT δίνει μια ποσοτική εικόνα της μηχανικής συμπεριφοράς του εδάφους και δίνει μια εκτίμηση, με ορισμένες προϋποθέσεις, της φέρουσας ικανότητας και των αναμενόμενων καθιζήσεων των θεμελιώσεων τεχνικών έργων.

Η εφαρμογή της δοκιμής είναι πιο αξιόπιστη στις περιπτώσεις αμμωδών

εδαφικών σχηματισμών αλλά σε όλες όμως τις εδαφικές συνθήκες δίνει χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με την πυκνότητα και τη συνεκτικότητα των εδαφών.

Η αξιοπιστία της δοκιμής εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τον υποκειμενικό παράγοντα και από τη σχολαστική ή όχι μεθοδολογία εκτέλεσης της. Επίσης η ύπαρξη μεμονωμένων χονδρών χαλίκων ή κροκαλών εμφανίζει τεχνητά αυξημένο αριθμό κρούσεων και συνεπώς δε θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στις περιπτώσεις αυτές. Σε αμμοχάλικα και σε εδάφη με σημαντικό ποσοστό χαλίκων και κροκαλών τα αποτελέσματα της δοκιμής έχουν χαμηλή αξιοπιστία και θα πρέπει να ερμηνεύονται συντηρητικά.

Κατά την εκτέλεση της δοκιμής κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα σε άμμους και ιλύες οι τιμές των κρούσεων μπορεί να είναι υπερβολικά χαμηλές αν η στάθμη του νερού στη γεώτρηση είναι χαμηλότερη από τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα καθόσον υπάρχει δυνατότητα στον πυθμένα της γεώτρησης, όπου εκτελούνται δοκιμές να δημιουργηθούν συνθήκες ρευστής άμμου.

Τα αποτελέσματα τα οποία λαμβάνονται άμεσα από την εκτέλεση της δοκιμής θα πρέπει να διορθώνονται ανάλογα με την ύπαρξη υδροφόρου ορίζοντα και το βάθος εκτέλεσης της δοκιμής όπως παρακάτω:

1. Εκτέλεση της δοκιμής κάτω από την στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα.

Στην περίπτωση αυτή συνίσταται διόρθωση του αριθμού κρούσεων (μόνο για $N > 15$) σύμφωνα με τη σχέση: $N' = 15 + 0,5 (N - 15)$, όπου N ο αριθμός κρούσεων που έχει μετρηθεί. Η παραπάνω σχέση ισχύει κυρίως για λεπτές άμμους και ιλυοαμμώδεις σχηματισμούς και κυρίως αναφέρεται στην πίεση των πόρων κατά την έμπηξη του δειγματολήπτη.

2. Διόρθωση της δοκιμής σε συνάρτηση με την ενεργή γεωστατική τάση (δηλαδή λόγω των υπερκείμενων εδαφικών σχηματισμών) και ισχύει κυρίως αναφέρεται και ισχύει μόνο για μη συνεκτικά εδάφη (άμμους και μη πλαστικές ιλύες). Έχει οριστεί ένας συντελεστής διόρθωσης C_N που ορίζεται ως ο λόγος της αντίστασης αιχμής (δηλαδή του N) για δεδομένη ενεργή γεωστατική τάση, (δηλ. στο βάθος εκτέλεσης της δοκιμής) προς την αντίσταση αιχμής N' που αντιστοιχεί σε σταθερή ενεργή γεωστατική τάση που λαμβάνεται συνήθως 1 kg/cm^2 (100 kPa). Πρακτικά η μετρούμενη τιμή του N διορθώνεται σύμφωνα με τη σχέση : $N' = C_N * N$.

πρόσφατες βελτιώσεις κατευθύνονται προς χρήση διορθωτικών συντελεστών για να ξεπεραστούν οι αβεβαιότητες που έχουν σχέση με τον χρησιμοποιούμενο εξοπλισμό (στελέχη, δειγματολήπτες, βάρη κ.τ.λ.). οι συντελεστές αυτοί αναμένεται να καθοριστούν από τον ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΑ 7(GEOTECHNICAL DESIGN).

Οι διορθώσεις που προτείνονται δίνονται από τη σχέση (από Χριστούλα 1998):

$$N_{60} = \frac{ER_T}{60} \lambda C_{NN}$$

Όπου

N: Ο αριθμός των κρούσεων που μετρήθηκε κατά τη δοκιμή

ER_T: ο λόγος της ενέργειας που ορίζεται ως ο λόγος της ενέργειας που αποδίδεται στο στέλεχος αμέσως κάτω από τον άκμονα, προς την ενέργεια που προκύπτει από μια θεωρητικά ελεύθερη πτώση του πρότυπου βάρους στον άκμονα. Ο λόγος ενέργειας εκφράζεται (%) και λαμβάνεται το 60% (δηλ.

$$\frac{ER_T}{60}),$$

λ: ο διορθωτικός συντελεστής του μήκους των στελεχών κάτω από τον άκμονα μέχρι το βάθος της δοκιμής

C_{NN} : διορθωτικός συντελεστής για δεδομένη ενεργή γεωστατική τάση.

- ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ (ΚΟΚΚΩΔΗ ΕΛΑΦΗ)

Οι TERZAGHI and PECK πρότειναν την παρακάτω ταξινόμηση των κοκκωδών εδαφών ανάλογα με τις τιμές N και Dr (σχετική πυκνότητα)

N (Αριθμός κρούσεων)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	Dr % (σχετική πυκνότητα)
0 – 4	Πολύ χαλαρή	0 – 15
4 – 10	Χαλαρή	15 – 35
10 – 30	Μέση	35 – 65
30 – 50	Πυκνή	65 – 85
> 50	Πολύ πυκνή	85 – 100

Επίσης οι TERZAGHI and PECK το 1967 έδωσαν τα πρώτα εμπειρικά στοιχεία για την εκτίμηση της **γωνίας τριβής (φ)** σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα :

N (Αριθμός κρούσεων)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	ϕ ° (γωνία τριβής)
0 – 4	Πολύ χαλαρή	27 – 32
4 – 10	Χαλαρή	30 – 35
10 – 30	Μέση	35 – 40
30 – 50	Πυκνή	38 – 43
> 50	Πολύ πυκνή	> 40

Μεταγενέστεροι ερευνητές έδωσαν αρκετές συσχετίσεις μερικές από τις δημοφιλέστερες είναι οι παρακάτω:

Επίσης από τις εμπειρικές σχέσεις ($N_{SPT}=34$) :

- $\phi' = -0,002 \cdot N_{SPT}^2 + 0,44 \cdot N_{SPT} + 28,4$
- $\phi' = N_{SPT}^{2/3} + 24,88 =$
- $\phi' = \sqrt{12N'} + 25$
- $\phi' = \sqrt{20N'} + 25$ [όπου $N' = N \cdot C_N$]

τέλος έχουν προταθεί και εμπειρικές σχέσεις για το **ΜΕΤΡΟ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ E_s**

- $E_s = 3,8 + 1,05 N_{SPT}$ [Mpa] (Schultze & Metzenbach για αμμοχάλικα)
- $E_s = 21,60 + 1,06 N_{SPT}$ [Mpa] (D'APOLLONIA et al. 1970)
- $E_s = 40 + C (N + 6)$ [Mpa] για C = ανάλογα με το εδάφους (Begemann)

• ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ (ΣΥΝΕΚΤΙΚΑ ΕΔΑΦΗ)

Στα συνεκτικά εδάφη οι ίδιοι ερευνητές προτείνουν σχέση που συνδέει τον αριθμό κρούσεων με την αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη αργιλικών (συνεκτικών) εδαφών και επομένως έμμεσα με την αστράγγιστη διατμητική αντοχή ($c_u = q_u/2$).

N (Αριθμός κρούσεων)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	q_u kPa (ανεμπόδιστη θλίψη)
<2	Πολύ μαλακό	<25
2 – 4	Μαλακό	25 – 50
4 – 8	Μέτριο	50 – 100
8 – 15	Στιφρό	100 – 200
15 – 30	Πολύ στιφρό	200 – 400
> 30	Σκληρό	> 400

ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PENETRABILITY TEST)

Παράλληλα με τις εργασίες διατρήσεως και τις επί τόπου πρότυπες δοκιμές διεισδύσεως (Standard Penetration Test / S.P.T) εκτελέστηκαν και επιτόπου δοκιμές διεισδυτικότητας (Penetrability Test).

Οι δοκιμές S.P.T έγιναν σε εδαφικές στρώσεις καθώς και σε εντελώς αποσαθρωμένους ορίζοντες του βραχώδους σχηματισμού για να επιτευχθεί μια πρώτη εκτίμηση της αντοχής του υπεδάφους. Κατά την εκτέλεση της δοκιμής αυτής είχε δοθεί η εντολή να εκτελείται αριθμός κρούσεων ίσος με 60 σε ορισμένες περιπτώσεις όπου υπήρχε άρνηση του δειγματολήπτη να εισχωρήσει σε όλο το μήκος των 15 cm.

Στη δοκιμή αυτή μετριέται το μήκος εισχώρησης σε εκατοστά για τους 60 κτύπους έχει προταθεί από τους Κοτζιά – Σταματόπουλο σαν δοκιμή διεισδυτικότητας με τη μορφή:

$$\frac{[\mu\eta\kappa\omicron\varsigma\ \delta\iota\epsilon\iota\sigma\delta\upsilon\sigma\eta\varsigma\ \sigma\epsilon\ cm]\times[100]}{60\kappa\acute{\upsilon}\tau\upsilon\pi\omicron\iota}$$

Με τη δοκιμή αυτή μπορεί να δοθεί μια ποσοτική αναγνώριση της μεταβολής μιας βραχώδους ή ημιβραχώδους μάζας. Έτσι η κατάταξη της βραχομάζας δίνεται από τον ακόλουθο πίνακα I

ΠΙΝΑΚΑΣ I		
Διεισδυτικότητα [cm/60 κτύποι]	χαρακτηρισμός	συμβολισμός
0 - 1	Πολύ χαμηλή	Π.Χ
2 - 4	χαμηλή	Χ
5 - 8	μέση	Μ
9 - 15	υψηλή	Υ
16 - 30	Πολύ υψηλή	Π.Υ

Διεισδυτικότητα 8 cm δίνει ένα πρώτο διαχωρισμό της βραχώδους και της ημιβραχώδους ή αποσαθρωμένης μάζας.

Σε συνημμένα δίφυλλα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επί τόπου δοκιμών καθώς και των εργαστηριακών δοκιμών συγκεντρωτικά. Συγκεκριμένα στα δίφυλλα αυτά υπάρχει η περιγραφή της κάθε στρώσης, ποσοτική κατάταξη κατά Deere (1966) [πίνακας II], ταξινόμηση με βάση το βαθμό αποσάθρωσης (κατά την Geol. Soc. London 1970) [πίνακας III] καθώς και τα βασικά φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά όπως προσδιορίστηκαν από εργαστηριακές δοκιμές.

ΠΙΝΑΚΑΣ II	
R.Q.D (%)	Ποιότητα βραχώδους σχηματισμού
100 – 90	άριστη
90 – 75	καλή
75 – 50	μέτρια
50 – 25	κακή
25 – 0	πολύ κακή

ΠΙΝΑΚΑΣ III		
κατηγορία	συμβολισμός	χαρακτηριστικά
I _A	F υγιής	Χωρίς ίχνος αποσάθρωσης
I _B	<i>F.W.</i> Ελαφράς αποσάθρωσης	Η αποσάθρωση περιορίζεται στις επιφάνειες ασυνεχειών
II	<i>S.W</i> Ασήμαντης αποσάθρωσης	Αποσάθρωση έντονη στις επιφάνειες ασυνεχειών και ελαφρά στο βραχώδες υλικό
III	<i>M.W</i> Μέτριας αποσάθρωσης	Εκτεταμένη σε όλη τη μάζα χωρίς το υλικό να παρουσιάζει εύθρυπτο
IV	<i>H.W</i> Ισχυρής αποσάθρωσης	Εκτεταμένη σε όλη τη μάζα με κατά τόπους ευθρυπτότητα του υλικού
V	<i>C.W</i>	Πλήρης αποσύνθεση και

	Εντελώς αποσαθρωμένο	ευθρυπτότητα του υλικού. Διατήρηση της υφής και της δομής
VI	<i>R.S</i> Υπολειμματικό έδαφος	Η μάζα μπορεί να χαρακτηριστεί σαν εδαφικός σχηματισμός. Η δομή και η υφή του υλικού έχει καταστραφεί

Σύμφωνα με τα προαναφερόμενα τα αποτελέσματα της δοκιμής πρότυπης
διείσδυσης έτσι όπως εκτελέστηκε στις δύο γεωτρήσεις Γ-1 & Γ-2
παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

ΓΕΩΤΡΗΣΗ Γ-1					
ΒΑΘΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ TERZAGHI			ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ
Από m	Μέχρι m	Αριθμός κρούσεων για διείσδυση			
		15 cm	30 cm	άρνηση	
				cm διείσδυσης	
1,70	2,15	6 – 8 – 12	20		Πολύ σφιγρό
2,70	3,15	6 – 9 – 20	29		Πολύ σφιγρό
5,30	5,35	60/5		5	Σκληρό
11,70	11,77	60/7		7	Σκληρό
14,00	14,10	60 (10cm) Penetrability		10	υψηλή Διεισδυτικότητα

ΓΕΩΤΡΗΣΗ Γ-2					
ΒΑΘΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ		ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ TERZAGHI			ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΕΛΑΦΟΥΣ
Από m	Μέχρι m	Αριθμός κρούσεων για διείσδυση			
		15 cm	30 cm	άρνηση	
				cm διείσδυσης	
1,50	1,95	4 – 5 – 6	11		σφιγρό
2,60	3,05	5 – 6 – 21	27		Πολύ σφιγρό
4,60	5,05	20 – 24 – 30	54		Σκληρό
6,90	7,35	24 – 45 – 47	92		Σκληρό
8,70	8,81	50/11		11	Σκληρό
12,50	12,59	60 (9cm) Penetrability		9	υψηλή Διεισδυτικότητα

5.1.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Κατά τη διάρκεια της διάτρησης ελήφθησαν δείγματα στα οποία εκτελέστηκαν εργαστηριακές δοκιμές για τον προσδιορισμό των βασικότερων φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων.

Έγιναν οι εξής παρακάτω προσδιορισμοί:

- ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (w%)

Καθορίζεται ως ο λόγος , εκφρασμένος επί τοις εκατό, του βάρους του νερού που περιέχει το εδαφικό δείγμα προς το βάρος των ξηρών κόκκων του εδάφους.

- ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ

Ορίζεται ως ο λόγος του φυσικού βάρους εδαφικού δείγματος προς τον συνολικό όγκο, στερεών και κενών. Είναι θεμελιώδης ποσότητα που μεταβάλλεται ανάλογα με τις δομικές συνθήκες του εδάφους και ιδιαίτερα με αυτές που σχετίζονται με τον τρόπο διάταξης των στερεών σωματιδίων (κόκκων).

- ΛΟΓΟΣ ΚΕΝΩΝ

Ο λόγος κενών (ή δείκτης πόρων) χρησιμοποιείται ευρύτατα καθώς χαρακτηρίζει την παραμόρφωση που μπορεί να υποστεί το έδαφος από την επίδραση των εφαρμοζόμενων φορτίων καθώς επίσης και την υδροπερατότητα του. Εάν η τιμή το e είναι υψηλή οι παραμορφώσεις του εδάφους στη φόρτιση αναμένονται σημαντικές και αντίστροφα, που αντιπροσωπεύουν την πλέον χαλαρή και την πλέον συμπαγή (πυκνή) κατάσταση του εδάφους.

Ο λόγος κενών έχει μια τυπική διακύμανση 0,30 – 0,80 για της άμμους και 0,60 – 1,50 (και υψηλότερα ενίοτε) για τις αργίλους.

- ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΔΙΑΒΑΘΜΙΣΗ ΚΑΙ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Η διαδικασία διαχωρισμού των εδαφών σε κλάσεις μεγέθους που αντιστοιχούν μεταξύ ορισμένων ορίων με χρήση τυποποιημένων σειρών κόσκινων. Η ταξινόμηση των εδαφών γίνεται βάση ορισμένων βασικών ιδιοτήτων και δίνει ένα συγκεκριμένο πλαίσιο για τη συστηματική περιγραφή των εδαφών. Το περισσότερο διαδεδομένο και χρησιμοποιούμενο σύστημα ταξινόμησης είναι το Ενοποιημένο Σύστημα Ταξινόμησης Εδαφών (**U.S.C.S**), στο οποίο τα πρότυπα μεγέθη των

κόσκινων ακολουθούν γενικά την Αμερικάνικη Προδιαγραφή ASTM D422.

- ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ

Το περιεχόμενο ποσοστό υγρασίας στο οποίο το έδαφος παύει να συμπεριφέρεται σαν υγρό και αρχίζει να συμπεριφέρεται σαν πλάστιμο στερεό. (W_L ή LL).

- ΟΡΙΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Το περιεχόμενο ποσοστό υγρασίας στο οποίο το έδαφος παύει να συμπεριφέρεται σαν πλαστικό μέσο και αρχίζει να μεταβαίνει προς την ημιστερεή κατάσταση. (W_p ή PL).

- ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Εκφράζει την περιοχή περιεχόμενης υγρασίας στην οποία το έδαφος αποκτά πλαστικές ιδιότητες και συμπεριφέρεται σαν πλάστιμο υλικό. Υπολογίζεται ως η διαφορά μεταξύ του ορίου υδαρότητας και του ορίου πλαστικότητας. ($PI = W_L - W_p$)

Η ταξινόμηση των εδαφών με βάση τον δείκτη πλαστικότητας παρουσιάζεται στο εξής πίνακα:

Έδαφος μη πλαστικό	$PI < 1$
Έδαφος χαμηλής πλαστικότητας	$1 < PI < 7$
Έδαφος μέσης πλαστικότητας	$7 < PI < 17$
Έδαφος υψηλής πλαστικότητας	$17 < PI < 35$
Έδαφος εξαιρετικά υψηλής πλαστικότητας	$PI > 35$

- ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (έμμεσος προσδιορισμός)

Ορίζεται από την παρακάτω σχέση και ουσιαστικά καθορίζει τη "θέση" της φυσικής υγρασίας σε σχέση με όριο υδαρότητας.

$$I_c = \frac{LL - w}{PI}$$

Ο συγκεκριμένος δείκτης αποτελεί μια έμμεση εκτίμηση της διατμητικής αντοχής του εδάφους η οποία αυξάνει όσο αυξάνει ο δείκτης.

Έδαφος σε πολτώδη κατάσταση	$I_c: 0 - 0,25$
Έδαφος μαλακό	$I_c : 0,25 - 0,50$
Έδαφος στιφρό	$I_c : 0,50 - 0,75$
Έδαφος ημίσκληρο	$I_c : 0,75 - 1,00$
Έδαφος σκληρό	$I_c : > 1$

- ΣΥΝΟΧΗ [c_u] & ΓΩΝΙΑ ΤΡΙΒΗΣ [ϕ_u] (με τριαξονική δοκιμή χωρίς στερεοποίηση και αποστράγγιση – ταχεία δοκιμή)

Με τη δοκιμή αυτή απεικονίζονται οι συνθήκες των τάσεων κατά τη θραύση (εντατική κατάσταση αστοχίας) ενός κυλινδρικού δοκιμίου εδάφους όπου αποκλείεται εντελώς η αποστράγγιση του νερού των πόρων . η δοκιμή εφαρμόζεται σε κορεσμένα δοκίμια δηλ. σε εδάφη κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα. Αναφέρεται σε ολικές τάσεις (όχι ενεργές). Αναλύσεις του τύπου « $\phi_u = 0^\circ$ » αντιπροσωπεύουν στη πράξη συνθήκες όπου η επιβολή φόρτισης είναι πολύ γρήγορη ώστε η υπερπίεση του νερού των πόρων που αναπτύσσεται δεν προλαβαίνει να εκτονωθεί και επίσης η στερεοποίηση του εδάφους θεωρείται μηδενική. Η παράμετρος c_u ονομάζεται **αστράγγιστη διατμητική αντοχή** και η οποία συμβολίζεται και ως s_u .

- ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ

Μια αδρή εκτίμηση της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής μπορεί να γίνει με την πιο γρήγορη και πιο οικονομική δοκιμή της ανεμπόδιστης θλίψης. Με τη δοκιμή αυτή το δοκίμιο υποβάλλεται σε μονοαξονική θλίψη ($\sigma_3=0$) οπότε η αντοχή του εδαφικού δείγματος που προκύπτει (q_u) πρακτικά συμπίπτει με την αξονική ολική τάση (σ_1) οπότε $c_u = (\sigma_1 - \sigma_3)/2 = \sigma_1/2 = q_u/2$. επίσης στην Ελληνική βιβλιογραφία η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη αντιστοιχεί με την επιτρεπόμενη τάση οπότε οι δοκιμές αυτές αποτελούν μια γρήγορη και αρκετά αξιόπιστη εκτίμηση του μεγέθους της.

5.2 ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Η γενική κατάσταση του υπεδάφους αναφέρεται σε προηγούμενο κεφάλαιο

(κεφάλαιο 2).

Στο παρόν κεφάλαιο εξετάζεται το υπέδαφος από γεωτεχνικής απόψεως.

Οι εδαφικές στρώσεις με τα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά έχουν ως εξής :

ΣΤΡΩΣΗ S₀ (0 – 0,50± 0,2)

- περιγραφή : συνίσταται κυρίως από μαλακά καστανέρυθρα αργιλοϊλυώδη υλικά. Δεν έχει ικανοποιητικά μηχανικά χαρακτηριστικά και θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να εξυγιαίνεται .

ΣΤΡΩΣΗ S₁ (0,50 – 2,50± 1,0)

- περιγραφή : συνίσταται κυρίως από Φαιοκάστανη στιφρή άργιλο. Έδαφος υψηλής πλαστικότητας, με αρκετά καλά μηχανικά χαρακτηριστικά. Το πάχος της στρώσης είναι γενικά μικρό και δεν υπερβαίνει τα 2,5 – 3,0 μέτρα.
- οι τιμές των κρούσεων της δοκιμής πρότυπου διεισδύσεως σχετικά ψηλές **N_{SPT} = 11 – 29** ενώ και μακροσκοπικά διαπιστώνονται καλύτερες μηχανικές ιδιότητες σε σχέση με τη προηγούμενη στρώση.
- η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη έδωσε τιμές **q_u = 263 - 465 KN / m²**
- το όριο πλαστικότητας κυμαίνεται στο **W_p = 17- 19 %**
- το όριο υδαρότητας κυμαίνεται από **W_L = 47 – 55 %.**
- ο δείκτης πλαστικότητας έχει τιμές από **IP = 29 – 36.**
- Φαινόμενο βάρος **γ = 19,1 KN / m³**
- τέλος η φυσική υγρασία αυτής της εδαφικής στρώσης είναι από **20 - 25 %.**
- Συνοχή **c_{uu} = 240 KN / m²**
- Γωνία εσωτερικής τριβής **φ_{uu} = 7°**
- Συντελεστής στερεοποίησης **C_c = 0,18**

ΣΤΡΩΣΗ S₂ (2,5 – 13 ± 0,5μ)

- περιγραφή : βυσσινέρυθρη σκληρή άργιλος, υψηλής πλαστικότητας, ενίοτε με ασβεστολιθικά τεμάχια και αμμοχάλικα και με έντονη παρουσία οξειδίων. Σε μεγαλύτερα βάθη εμφανίζει και συμπαγοποιημένες - ημιβραχώδεις στρώσεις, έχει ικανοποιητικά μηχανικά χαρακτηριστικά τα οποία

βελτιώνονται ακόμη περισσότερο από τα 5 μέτρα.

- οι τιμές των κρούσεων της δοκιμής πρότυπου διεισδύσεως ήταν πολύ υψηλές $N_{SPT} > 27$.
- η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη έδωσε τιμές $q_u = 147 \text{ ως } 670 \text{ KN / m}^2$
- το όριο πλαστικότητας κυμαίνεται στο $W_p = 12 - 18 \%$
- το όριο υδαρότητας κυμαίνεται από $W_L = 37 - 56 \%$.
- ο δείκτης πλαστικότητας έχει μεγάλο εύρος τιμών από $IP = 23 - 38$
- Φαινόμενο βάρος $\gamma = 21,8 \text{ KN / m}^3$
- τέλος η φυσική υγρασία αυτής της εδαφικής στρώσης είναι από $10 - 28 \%$.
- Συνοχή $c_{uu} = 160 \text{ KN / m}^2$
- Γωνία εσωτερικής τριβής $\phi_{uu} = 32^\circ$
- Συντελεστής στερεοποίησης $C_c = 0,18$

ΣΤΡΩΣΗ S3 (13 – ? μ)

περιγραφή : αποτελεί το μεσοζωικό υπόβαθρο της πόλης της Κοζάνης και αποτελούνται από δύο φάσεις, μία στην οποία επικρατούν οι ψαμμίτες και μια δεύτερη στην οποία υπάρχει εναλλαγή ιλυόλιθων και ψαμμιτών.

Στην περιοχή ενδιαφέροντος από τα 12 - 13,5 ξεκινά η ζώνη αποσάθρωσης και έντονου κερματισμού με υλικά ποικίλης σύστασης σε εναλλαγές. Γενικά η γεωτεχνική του συμπεριφορά χαρακτηρίζεται ως πολύ ικανοποιητική για συνήθεις κατασκευές.

5.3 ΕΔΑΦΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

όπως προκύπτει από την εκτελεσθείσα γεώτρηση το απλοποιημένο εδαφικό μοντέλο έχει ως εξής:

1^η στρώση So [0 – 0,5 m ± 0,2m]

συνίσταται κυρίως από μαλακά καστανέρυθρα αργιλοϊλυώδη υλικά. Δεν έχει ικανοποιητικά μηχανικά χαρακτηριστικά και θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να εξυγιαίνεται .

2^η στρώση S1 [0,5 – 2,5 m ± 1,0m]

συνίσταται κυρίως από Φαιοκάστανη στιφρή άργιλο. Έδαφος υψηλής πλαστικότητας, με αρκετά καλά μηχανικά χαρακτηριστικά. Το πάχος της στρώσης είναι γενικά μικρό και δεν υπερβαίνει τα 2,5 – 3,0 μέτρα.

■ Μέσο $N_{SPT} = 20$.

■ Μέση αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη $q_u = 325 \text{ KN / m}^2$.

■ Μέσος δείκτης πλαστικότητας $IP = 32$.

■ Μέσο όριο υδαρότητας $WL = 50$

■ Μέση φυσική υγρασία $w = 21,65$

■ Δείκτης στερεοποίησης $I_c = \frac{50 - 21,65}{32} = 0,88$ [Έδαφος ημίσκληρο]

■ Φαινόμενο βάρος $\gamma = 19,1 \text{ KN / m}^3$

■ Συνοχή $c_{uu} = 240 \text{ KN / m}^2$

■ Γωνία εσωτερικής τριβής $\phi_{uu} = 6^\circ$

■ Συντελεστής στερεοποίησης $C_c = 0,18$

3^η στρώση S2 [2,5 – 13 m ± 0,5m]

βυσσινέρυθρη σκληρή άργιλος, υψηλής πλαστικότητας, ενίοτε με ασβεστολιθικά τεμάχια και αμμοχάλικα και με έντονη παρουσία οξειδίων. Σε μεγαλύτερα βάθη εμφανίζει και συμπαγοποιημένες - ημιβραχώδεις στρώσεις, έχει ικανοποιητικά μηχανικά χαρακτηριστικά τα οποία βελτιώνονται ακόμη περισσότερο από τα 5 μέτρα.

■ $N_{SPT} > 27$.

■ μέση αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη $q_u = 325 \text{ KN / m}^2$.

■ μέσος δείκτης πλαστικότητας $IP = 31$.

■ Μέσο όριο υδαρότητας $WL = 46$

■ Μέση φυσική υγρασία $w = 18,12$

■ Δείκτης στερεοποίησης $I_c = \frac{46 - 18,12}{31} = 0,90$ [Έδαφος ημίσκληρο]

■ Φαινόμενο βάρος $\gamma = 21,8 \text{ KN / m}^3$

■ Συνοχή $c_{uu} = 160 \text{ KN / m}^2$

■ Γωνία εσωτερικής τριβής $\phi_{uu} = 32^\circ$

■ Συντελεστής στερεοποίησης $C_c = 0,18$

4^η στρώση S3 [13 – ? m]

αποτελεί το μεσοζωικό υπόβαθρο της πόλης της Κοζάνης και αποτελούνται από δύο φάσεις, μία στην οποία επικρατούν οι ψαμμίτες και μια δεύτερη στην οποία υπάρχει εναλλαγή ιλυόλιθων και ψαμμιτών.

Στην περιοχή ενδιαφέροντος από τα 12 - 13,5 ξεκινά η ζώνη αποσάθρωσης και έντονου κερματισμού με υλικά ποικίλης σύστασης σε εναλλαγές. Γενικά η γεωτεχνική του συμπεριφορά χαρακτηρίζεται ως πολύ ικανοποιητική για συνήθεις κατασκευές.

- Από άποψη αποσάθρωσης σύμφωνα με την Geol. Soc. London 1970) [πίνακας III]_Κατατάσσεται στη **κλάση V**

V	C.W Εντελώς αποσαθρωμένο	Πλήρης αποσύνθεση και ευθρυπτότητα του υλικού. Διατήρηση της υφής και της δομής
---	-----------------------------	---

- Τέλος η δοκιμή Διεισδυτικότητας σύμφωνα με τον πίνακα Ι κατατάσσει την βραχώδη στρώση στο όριο της 3^{ης} με την 4^η κλάση (μέση – υψηλή Διεισδυτικότητα)

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

Διεισδυτικότητα [cm/60 κτύποι]	χαρακτηρισμός	συμβολισμός
0 - 1	Πολύ χαμηλή	Π.Χ
2 - 4	χαμηλή	Χ
5 - 8	μέση	Μ
9 - 15	υψηλή	Υ
16 - 30	Πολύ υψηλή	Π.Υ

Όπως διαπιστώνεται εύκολα από τις τομές των γεωτρήσεων και την ανάπτυξη των εδαφικών στρώσεων στο υπέδαφος οι στρώσεις που θα επηρεασθούν άμεσα από τα φορτία των επικείμενων κατασκευών είναι οι στρώσεις S 1, S2 για επιφανειακές θεμελιώσεις. Λαμβάνοντας υπόψη τις εκτελεσθείσες εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές για τις συγκεκριμένες στρώσεις προτείνονται ως αντιπροσωπευτικά φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά, σχεδιασμού τα εξής:

αντιπροσωπευτικά φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά, σχεδιασμού

■ $N_{SPT,des} = 20$.

■ η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη $q_{u,des} = 150 \text{ KN / m}^2$.

(η μέση μετρούμενη, στη στρώση S2 στο όριο με την S1)

■ ο δείκτης πλαστικότητας $IP_{des} = 32$. [έδαφος υψηλής πλαστικότητας]

(μέση τιμή στις στρώσεις S1 & S2 είναι $IP=31,5$)

■ Φαινόμενο βάρος $\gamma_{des} = 20,45 \text{ KN / m}^3$

(Η μέση τιμή στις στρώσεις S1 & S2)

■ λόγος κενών $eo=0,54$

■ Συνοχή $c_{UU,des} = 73,5 \text{ KN / m}^2$

(qu=147/2=73,5 - Η μικρότερη τιμή στις στρώσεις S1 & S2)							
■ Γωνία εσωτερικής τριβής $\varphi_{uu,des} = 0^\circ$ (θεωρούμε επί του συντηρητικότερου πλήρως αστράγγιστες συνθήκες) οι τιμές στις στρώσεις S1 & S2 είναι $\varphi_{uu} = 6^\circ$ και 32 αντίστοιχα							
■ Αστράγγιστο μέτρο συμπίεσης $E_u = 1000 c_{uu}$							
■ μέτρο συμπίεσης E_s =εξαρτάται από την τιμή της τάσης							
$P \text{ kN/m}^2$	0,0	25,0	50,0	100,0	200,0	400,0	800,0
$E=\text{kN/m}^2$	3373	3328	3648	6234	9037	13681	
■ Συντελεστής στερεοποίησης $C_{c,des} = 0,18$							

* ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Το έδαφος έχει σχετικά μεγάλη πλαστικότητα η οποία αυξομειώνεται τυχαία με το βάθος, γεγονός που επιδρά στο μέγεθος των καθιζήσεων.
- Εκτός από τη διαφορά στο ποσοστό των χονδρόκοκκων κλασμάτων και του χρώματος οι 2 πρώτες εδαφικές στρώσεις δεν παρουσιάζουν ουσιαστικές διαφορές στα άλλα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά.
- Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη είναι υψηλή αλλά επιλέγουμε επί του συντηρητικότερου την μικρότερη ως αντιπροσωπευτική.
- Η συμπεριφορά του εδάφους μπορεί να θεωρηθεί ως τυπική συνεκτικού εδάφους.
- Η στρώση S2 παρουσιάζει μεγάλο ποσοστό χονδρόκοκκων εξαιτίας του οποίου υπάρχει και μεγάλη γωνία τριβής (32°) αλλά θεωρούμε επί του συντηρητικότερου πλήρως αστράγγιστες συνθήκες και δεχόμαστε $\varphi=0^\circ$.

5.4 ΣΤΑΘΜΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ & ΤΡΟΠΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ

Συνήθως, σύμφωνα με τον Σ. Δ. Κωστόπουλο – ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ η στάθμη έδρασης, των δεξαμενών τοποθετείται άνω της υπάρχουσας επιφάνειας, ώστε να αντιμετωπίζονται σχετικά εύκολα ζητήματα που σχετίζονται με τη διάβρωση της χαλύβδινης βάσης πάχους 5 έως 20 mm. Επίσης απαιτείται η διαμόρφωση μιας καθαρής και ήπιας επιφάνειας ώστε να

θραυστή λιθορριπή

“μαξιλάρι” από άμμο και ασφαλτικό

συμπυκνωμένη επίχωση από χάλικες ή άμμο

δεξαμενή

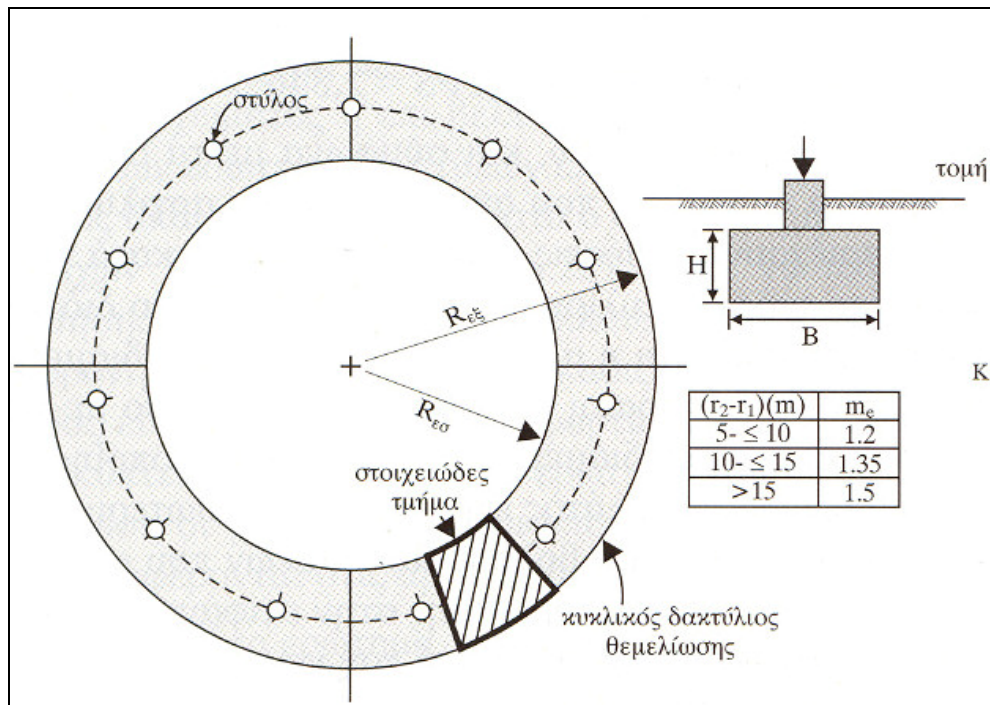
τάφρος αποστράγγισης

“μαξιλάρι” από άμμο

επίχωση

Σχήμα 4.15. Τυπική θεμελίωση δεξαμενής υγρών

Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος"⁴⁴ - Τμήμα Γεωλογίας - Α.Π.Θ.



Σχήμα 4.16 - Σ. Δ. Κωστόπουλος – ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Στον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας, είναι αποδεκτό να θεωρείται ότι ο δακτύλιος συντίθεται από στοιχειώδη γραμμικά τμήματα κατά μήκος της περιμέτρου τα οποία λειτουργούν ως ορθογωνικά αβαθή θεμέλια κατά τη διεύθυνση της ακτίνας. Έτσι η συνολική φέρουσα ικανότητα υπολογίζεται με τις συνήθεις μεθόδους υπολογισμού, ως άθροισμα των επί μέρους φερουσών ικανοτήτων .

Στην πρώτη περίπτωση προτείνεται η αντικατάσταση του φυσικού εδάφους ως το 1,0 μ και η αντικατάσταση του με καλά συμπυκνωμένο αμμοχάλικο, ώστε η θεμελίωση να κατασκευαστεί στην στάθμη του φυσικού εδάφους. Επίσης θα πρέπει να ληφθούν μέτρα επιφανειακής αποστράγγισης για προστασία από τη διάβρωση.

Στη δεύτερη η θεμελίωση πρέπει να γίνει κάτω από τη βάση του εδάφους και τη στάθμη παγετού οπότε προτείνεται επιφανειακό βάθος θεμελίωσης $D_f = 1,2 \mu$

Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι θα εκτιμηθεί η γεωτεχνική συμπεριφορά του εδάφους λαμβανόμενη ως τυπική αργιλικού.

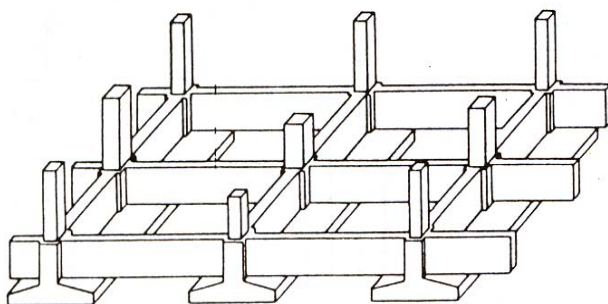
Λόγω των αμελητέων υψομετρικών διαφορών το βάθος θεμελίωσης δε θα διαφέρει πολύ από θέση σε θέση.

Όπως εύκολα διαπιστώνεται από το εδαφικό μοντέλο στην αυτή στάθμη θα επιτευχθεί ενιαία στάθμη θεμελίωσης.

Τα βάθη αυτά από άποψης αντοχής είναι αποδεκτά αφού η επιπλέον φόρτιση του εδάφους στους ορίζοντες αδυναμίας του υπεδάφους θα είναι μικρή και δεν θα υπερβαίνει την αντοχή τους.

5.5 ΣΤΑΘΜΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ ΣΥΝΗΘΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ

Προτείνεται η θεμελίωση με πλέγμα πεδιλοδοκών



': Μεμονωμένες πεδιλοδοκοί συνδεόμενες με ισχυρές συνδετή-
ρίους δοκούς.

Α. Γ. ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ – Β. Π. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ (Επιφανειακές θεμελιώσεις)

5.6 ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΗ ΤΑΣΗ

α) βάση των δοκιμών ανεμπόδιστης θλίψης

Στα αργιλικά εδάφη, όπως αναφέρεται σε διεθνή και Ελληνική βιβλιογραφία, η επιτρεπόμενη τάση (για συντελεστή ασφαλείας 3) συμπίπτει αριθμητικά με την αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη.

Οι αντοχές σε ανεμπόδιστη θλίψη που εκτιμήθηκαν από το εργαστήριο και για τις τρεις γεωτρήσεις, είχαν μεγάλο εύρος και είναι $q_u = 147$ ως 670 KN / m^2 και επιλέχθηκε αντιπροσωπευτική τιμή η:

$$q_u = \sigma_{\varepsilon\pi} = 150 \text{ kN} / \text{m}^2 = 1,5 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

β) βάση αποτελεσμάτων των δοκιμών πρότυπης διεισδύσεως
(S.P.T)

οι δοκιμές πρότυπης διεισδύσεως έδωσαν όλες αριθμό κρούσεων μεγαλύτερο του 20 ($N_{S.P.T} > 15$).

Σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα από την εδαφομηχανική του Terzaghi για $N = 20$ [αντιπροσωπευτική τιμή σχεδιασμού] προκύπτει

$$q_u = 2,00 - 4,00 \text{ kg} / \text{cm}^2.$$

ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΟΣ ΑΡΓΙΛΟΥ, ΑΡΙΘΜΟΥ ΚΡΟΥΣΕΩΝ N ΚΑΙ
ΑΝΤΟΧΗΣ ΕΙΣ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΟΝ ΘΛΙΨΙΝ

αντοχή εις ανεμπόδιστον θλίψιν q_u (kg / cm^2)						
συνεκτικότης	λίαν μαλακή	μαλακή	μέση	στιφρά	λίαν στιφρά	σκληρά
N	<2	2 -4	4 - 8	8 - 15	15 - 30	>30
q_u	< 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 1,00	1,00 - 2,00	2,00 - 4,00	> 4,00

γ) βάση αποτελεσμάτων των τριαξονικών δοκιμών θλίψης

γ1) για θεμελιολωρίδα (συνήθη κτίρια)

Οι τιμές που προέκυψαν από την εκτέλεση τριαξονικών δοκιμών, από το εργαστήριο εδαφομηχανικής είναι $c_u = 160 - 240 \text{ kN} / \text{m}^2$ και $\varphi_u = 6^\circ - 32^\circ$.

Επιλέγονται ως αντιπροσωπευτικές οι παράμετροι σχεδιασμού $c_u = 73,5 \text{ kN} / \text{m}^2$ (εδώ επιλέγουμε την μικρότερη μετρούμενη $q_u = 147/2 = 73,5$) και $\varphi_u = 0^\circ$ επί του συντηρητικότερου, θεωρώντας αστράγγιστες συνθήκες.

- Η συνολική φέρουσα ικανότητα (Terzaghi) για λωρίδα πλάτους B δίνεται από τον τύπο:

$$q = c \cdot N_c \cdot S_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 1/2 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma$$

$$S_c = 1, S_\gamma = 1 \text{ [λωρίδα]}$$

για $\phi = 0^\circ \rightarrow N_\gamma = 0$, $N_q = 1$, $N_c = 5,70$ (Terzaghi)

$$\gamma = 20,45 \text{ kN/m}^3$$

$$D_f = 3\mu$$

$$\text{άρα } q = 73,5 \cdot 5,70 \cdot 1 + 20,45 \cdot 3 \cdot 1 = 480 \text{ kN / m}^2$$

➤ η καθαρή (nett) έσχατη φέρουσα ικανότητα του εδάφους, δηλ. η πίεση η επιπρόσθετη στην αρχική πίεση του εδάφους στο συγκεκριμένο βάθος είναι

$$q_n = 419 \text{ kN / m}^2$$

$$\sigma_{\text{επ}} = q / 3 = 480/3 = 160 \text{ kN / m}^2 \text{ ή } 1,6 \text{ kg / cm}^2$$

[για ολικό συντελεστή ασφάλειας]

γ2) για κυκλικό θεμέλιο (δεξαμενές)

Επιλέγονται ως αντιπροσωπευτικές οι παράμετροι σχεδιασμού $c_u = 73,5 \text{ kN / m}^2$ (εδώ επιλέγουμε την μικρότερη μετρούμενη $q_u = 147/2 = 73,5$) και $\phi_u = 0^\circ$ επί του συντηρητικότερου, θεωρώντας αστράγγιστες συνθήκες.

$$q = c \cdot N_c \cdot S_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 1/2 B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma$$

$$S_c = 1,3 \text{ , } S_\gamma = 0,6 \text{ [στρογγυλό]}$$

για $\phi = 0^\circ \rightarrow N_\gamma = 0$, $N_q = 1$, $N_c = 5,70$ (Terzaghi)

$$\gamma = 20,45 \text{ kN/m}^3$$

$$D_f = 0$$

$$q = 73,5 \cdot 5,70 \cdot 1,3 + 18,8 \cdot 0 \cdot 0,6 = 419 \text{ kN / m}^2$$

$$\sigma_{\text{επ}} = q / 3 = 419/3 \cong 140 \text{ kN / m}^2 \text{ ή } 1,4 \text{ kg / cm}^2$$

[για ολικό συντελεστή ασφάλειας]

γ3) για τετραγωνικό θεμέλιο (για κάθε στοιχειώδες τμήμα δακτυλίου)

Επιλέγονται ως αντιπροσωπευτικές οι παράμετροι σχεδιασμού $c_u = 73,5 \text{ kN / m}^2$ (εδώ επιλέγουμε την μικρότερη μετρούμενη) και $\phi_u = 0^\circ$ επί του συντηρητικότερου, θεωρώντας αστράγγιστες συνθήκες.

$$q = c \cdot N_c \cdot S_c + \gamma \cdot D_f \cdot N_q + 1/2 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma$$

$$S_c = 1,3, S_\gamma = 0,8 \text{ [τετραγωνικό]}$$

$$\text{για } \phi = 0^\circ \rightarrow N_\gamma = 0, N_q = 1, N_c = 5,70 \text{ (Terzaghi)}$$

$$\gamma = 20,45 \text{ KN/m}^3$$

$$D_f = 1,2 \text{ και στοιχειώδες τμήμα } B = 0,5 \text{ μ}$$

$$q = 73,5 \cdot 5,70 \cdot 1,3 + 20,45 \cdot 1,2 \cdot 0,8 = 564 \text{ kN / m}^2$$

$$\sigma_{\pi\pi} = q / 3 = 564/3 \cong 188 \text{ kN / m}^2 \text{ ή } 1,9 \text{ kg / cm}^2$$

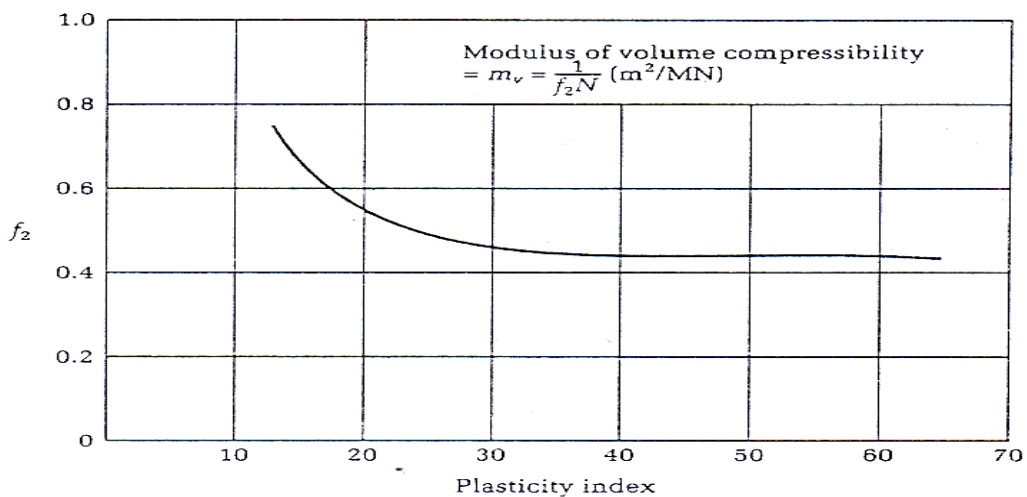
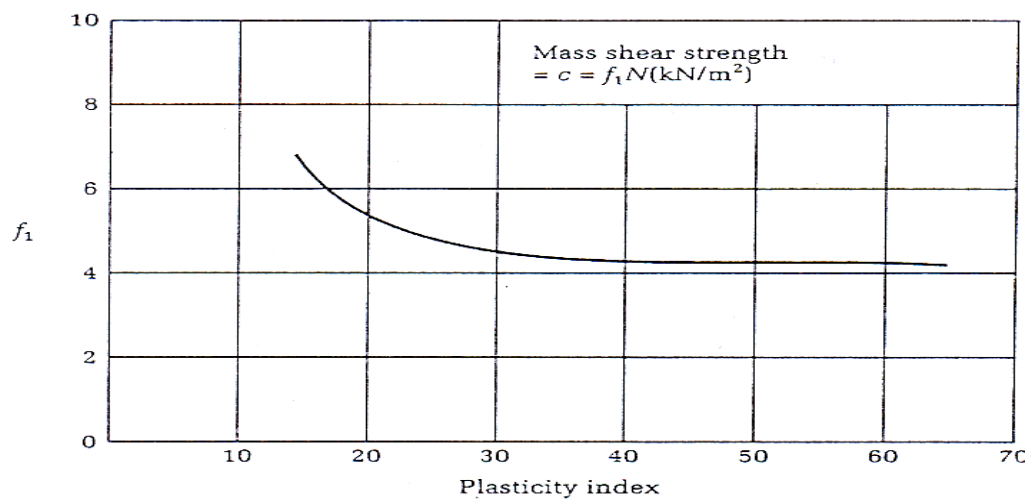
Επειδή στον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας, θεωρείται ότι ο δακτύλιος συντίθεται από στοιχειώδη γραμμικά τμήματα κατά μήκος της περιμέτρου τα οποία λειτουργούν ως ορθογωνικά αβαθή θεμέλια κατά τη διεύθυνση της ακτίνας, η συνολική φέρουσα ικανότητα υπολογίζεται με τις συνήθεις μεθόδους υπολογισμού, ως άθροισμα των επί μέρους φερουσών ικανοτήτων, διότι η αλληλεμπλοκή των μεμονωμένων ζωνών αστοχίας θεωρείται ως μη υπάρχουσα .

Είναι προφανές ότι το έδαφος μπορεί να παραλάβει μεγάλα φορτία αλλά ο περιορισμός έγκειται στην πιθανότητα μεγάλων μεγεθών καθιζήσεων.

δ) βάση αποτελεσμάτων των δοκιμών πρότυπης διεισδύσεως (S.P.T) και του συνημ. Διαγράμματος Fig.1.5 από το FOUNDATION DESIGN AND CONSTRUCTION του Tomlinson

$$\text{για } N = 20 \text{ και } P.I = 32 \% \text{ προκύπτει συνοχή } c = f_1 \cdot N = 4,5 \cdot 20 = 90 \text{ KN / m}^2$$

οπότε $q_u = 2c = 180 \text{ kN / m}^2 = \sigma_{\text{επ}}$



➔ συμπερασματικά σύμφωνα με τα ανωτέρω και για να διατηρηθούν οι αναμενόμενες καθιζήσεις σε επιτρεπτά επίπεδα, υιοθετείται καθαρή επιτρεπόμενη τάση η τιμή :

• Συνήθη κτίρια για $Df=3\mu$	$\sigma_{\text{επ}} = 170 \text{ kN / m}^2 = 1,7 \text{ kg / cm}^2$
• Δεξαμενές επί χαλύβδινης βάσης για $Df=0\mu$	$\sigma_{\text{επ}} = 140 \text{ kN / m}^2 = 1,4 \text{ kg / cm}^2$
• Δεξαμενές επί δακτυλίου οπλισμένου Σκυροδέματος για $Df=1,20\mu$	$\sigma_{\text{επ}} = 160 \text{ kN / m}^2 = 1,6 \text{ kg / cm}^2$ (για κάθε στοιχειώδες τμήμα)

5.7 ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ

λόγω της σημαντικής ευκαμψίας οι χαλύβδινες κατασκευές μπορούν να δεχθούν μεγάλες καθιζήσεις ολικές και διαφορικές, για το λόγο αυτό άλλωστε σχεδιάζονται και κυλινδρικές ώστε να αποφεύγονται τόσο οι στρεπτικές παραμορφώσεις το κελύφους όσο και υπερβολική καταπόνηση της σύνδεσης κελύφους - πυθμένα.

α) υπολογισμός των καθιζήσεων, για συνήθεις κατασκευές βάση του δείκτη πλαστικότητας (P.I) και τον αριθμό κρούσεων N_{SPT}

- Δεδομένα : $N_{SPT} = 20$, $P.I = 32 \%$, $\sigma_z = 140 \text{ KN / m}^2$, $H = 350 \text{ cm}$ (πάχος συμπιεζόμενου στρώματος)

οι τελικές αναμενόμενες καθιζήσεις λόγω της στερεοποίησης των αργιλικών στρώσεων μπορούν να εκτιμηθούν από τη σχέση :

$$\rho_{oed} = m_v \cdot \sigma_z \cdot H$$

Όπου m_v = συντελεστής συμπίεστότητας, σύμφωνα με το συνημ. Fig. 1.5 από το FOUNDATION DESIGN AND CONSTRUCTION, για $N = 20$ και $P.I. = 32 \%$ προκύπτει $f_2 = 0,45$ άρα

$$m_v = 1 / 0,45 \cdot 20 \text{ (m}^2 \text{ / MN)}$$

άρα η τελική μακροχρόνια καθίζηση λόγω στερεοποίησης είναι ίση προς

$$\rho_{oed} = (1 / 0,45 \cdot 20 \cdot 1000) \cdot 140 \cdot 350 = 5,44 \text{ cm}$$

→ ως τελική καθίζηση ρ_f υπολογιζόμενης και της άμεσης καθίζησης για την οποία λαμβάνεται τιμή 0,1. ρ_{oed} δεχόμαστε την τιμή

$$\underline{\rho_f = 1,1 \rho_{oed} = 5,98 \cong 6 \text{ cm}}$$

β) υπολογισμός των καθιζήσεων, για συνήθεις κατασκευές, βάση εμπειρικών τύπων και εργαστηριακού προσδιορισμού του συντελεστή στερεοποίησης C_c .

Οι τελικές μακροχρόνιες αναμενόμενες καθιζήσεις λόγω στερεοποίησης των αργιλικών στρώσεων μπορούν να εκτιμηθούν αναλυτικά, εφόσον κριθεί σκόπιμο από την σχέση:

$$S_c = \rho_{\text{sed}} = H [C_c / 1 + e_o * \log (P_o + \Delta \sigma_z / P_o)]$$

H : πάχος αργιλικής στρώσης

C_c : συντελεστής στερεοποίησης

e_o : αρχικός δείκτης πόρων

P_o : αρχική γεωστατική τάση

$\Delta \sigma_z$: πρόσθετη τάση λόγω εξωτερικού φορτίου

- με δεδομένα : $W_L = 48\%$, και $e_o = 0,54$

και από τους τύπους - $C_c = 0,009 (W_L - 10\%) = 0,34$

- $C_c = 0,540 (e_o - 0,35) = 0,10$

- $C_c = 0,18$ (εργαστηριακά προσδιορισμένος)

λαμβάνεται ως συντελεστής στερεοποίησης $C_c = 0,18$.

- για σ_z (τάση λόγω εξωτερικού φορτίου) λαμβάνεται η τιμή

$\sigma_z = 11 \text{ tn} / \text{m}^2$ [$\sigma_{\text{επ}}$ - ανακούφιση εκ της εκσκαφής]

- ως ειδικό βάρος λαμβάνεται η τιμή $\gamma = 2,0 \text{ tn} / \text{m}^3$

το υποκείμενο πάχος της συμπιεστής στρώσης (αργιλική) είναι περίπου 4 μέτρα το οποίο χωρίζεται σε 4 λεπτότερες στρώσεις του 1 μέτρου η κάθε μία για τις οποίες υπολογίζεται η καθίζηση με τη βοήθεια των παρακάτω πινάκων και για συνήθεις τιμές B και L .

- ως τελική τιμή της καθίζησης θα λαμβάνεται η διορθωμένη τιμή σύμφωνα με τον τύπο των Skempton and Bjerrum :

$$\rho_c = \mu_g \cdot \rho_{oed}$$

[μ_g : γεωλογικός συντελεστής εξαρτώμενος από τον τύπο της αργίλου. Οι τιμές του παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα, όπως αναφέρονται στο βιβλίο FOUNDATION DESIGN AND CONSTRUCTION - MJ TOMLINSON]

*** Στην προκειμένη περίπτωση η τιμή του μ_g θα λαμβάνεται ίση με **0,7** εξαιτίας των υψηλών κτύπων N_{SPT}

Type of clay	μ_g
Very sensitive clays	1.0 – 1.2
Normally consolidated clays	0.7 – 1.0
Overconsolidated clays	0.5 – 0.7
Heavily overconsolidated clays	0.2 – 0.5

Αφού επιλεγθούν οι διαστάσεις του θεμελίου σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα και τα προτεινόμενα δεδομένα δύνανται να υπολογιστούν αναλυτικά οι καθιζήσεις εφόσον κριθεί σκόπιμο, ο προσδιορισμός όμως της περίπτωσης α) είναι συντηρητικός και αφού είναι υπέρ της ασφάλειας γίνεται αποδεκτός .

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ (L = ?m , B = ?m)								
L / B = ? , $C_c = 0,17$, $\sigma_z = 11 \text{ tn} / \text{m}^2$, $\gamma = 2,0 \text{ tn} / \text{m}^3$								
z	z / B	I_z	$\Delta\sigma_z$	P_o	$P_o + \Delta\sigma_z$	$\log \frac{(P_o + \Delta\sigma_z)}{P_o}$	H.($C_c/1+e_0$)	S_i
0,5								
1,5								
2,5								
3,5								

άρα $\rho_{oed} =$ cm

$$\rho_c = \mu_g \cdot \rho_{oed} = 0,7 \cdot ? = \underline{\quad \text{cm} \quad}$$

γ) υπολογισμός των καθιζήσεων βάση της μεθόδου Egorov et al (1977), για θεμελίωσης δεξαμενής επί κυλινδρικού δακτυλίου οπλισμένου σκυροδέματος

$$s = \frac{2R_{εξ} \cdot p \cdot M}{m_e} \cdot \sum \frac{K_i - K_{i-1}}{E_i}$$

όπου:

s: η καθίζηση

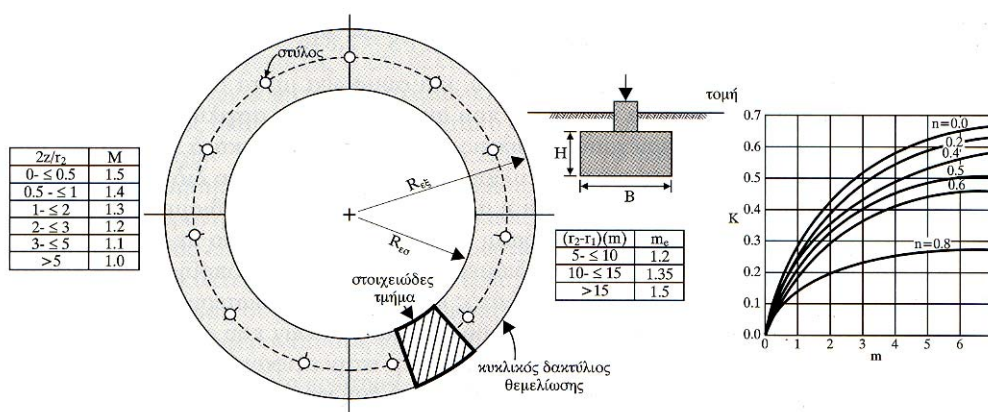
$R_{εξ}$: εξωτερική ακτίνα δακτυλίου ($R_{εξ} = B + R_{ες}$)

P: η καθαρή πίεση στη στάθμη του θεμελίου

E_i : η τάση παραμόρφωσης του i-στού υποστρώματος πάχους h, σε σύνολο n υποστρωμάτων.

K_i : συντελεστής που δίνεται από το διάγραμμα του σχ. 4.6

M, m_e : διορθωτικοί συντελεστές



Σχήμα 4.16. Μέθοδος Egorov et al (1977) υπολογισμού των καθιζήσεων δακτυλοειδούς θεμελίωσης

έστω:

$$R_{ες} = 2,0$$

$$R_{εξ} = B + R_{ες} = 0,5 + 2,0 = 2,5$$

Το βάθος z του βολβού των τάσεων $z = R_{εξ}$ άρα $2z / R_{εξ} = 2 \rightarrow M=1,3$

P : έστω 140 KN / m^2

$E_i : 6200 \text{ KN/ m}^2$.

K_i : συντελεστής που δίνεται από το διάγραμμα του σχ. 4.6

M, m_e : διορθωτικοί συντελεστές

$$n = R_{ες} / R_{εξ} = 2,0 / 2,5 = 0,8 \rightarrow K=0,3$$

οπότε:

$$s = \frac{2 \times 2,5 \times 1,3 \times 140}{1,2} \cdot \frac{0,3}{6200} = 0,037 \mu = 3,7 \text{ cm}$$

➤ όπως φαίνεται από τον πίνακα 2,4 του Beton Calendar η επιτρεπόμενη καθίζηση είναι της τάξης των 6 cm , η οποία είναι μεγαλύτερη από την καθίζηση (2,2 cm) που δίνει η επιλεγείσα τάση των $\sigma = 1,60 \text{ Kg / cm}^2$.

Άρα η επιλεγείσα ως επιτρεπόμενη τάση των $\sigma = 1,6 \text{ Kg / cm}^2$ για το στοιχειώδες τμήμα του δακτυλίου γίνεται αποδεκτή.

Ομοίως η επιτρεπόμενη τάση των $\sigma = 1,7 \text{ Kg / cm}^2$ για την πιθανή μελλοντική κατασκευή κτιρίου είναι αποδεκτή ($5,6 < 6 \text{ cm}$)

Είδος θεμελίωσης	Έδαφος θεμελίωσης	Επιτρεπόμενη Καθίζηση
μεμονωμένο θεμέλιο	άργιλος	6 cm
	άμμος	4 cm
πλακοειδής θεμελίωση	άργιλος	6 - 10 cm
	άμμος	4 - 6 cm
θεμελίωση σε σκάφη	άργιλος	> 10 cm

5.8 ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Σύμφωνα με το συνημμένο Πίνακα 2.5 του Beton Calendar για έδαφος αντοχής $0,1 - 0,2 \text{ MN/m}^2$ αντιστοιχεί μοναδιαίος δείκτης αντιστάσεως $K_1 = 20 \text{ MN/m}^3$

Άμμος	χαλαρή	πυκνή	Πολύ πυκνή
Ξηρή ή υγρή	10	40	160
Υπό το νερό	10	30	100
Άργιλος	ημιστερεή	σκληρή	Πολύ σκληρή
Αντοχή σε δοκιμή συμπίεστρο	0,1 έως 0,2	0,2 έως 0,4	0,4
Δείκτης εδάφους K_{S1} σε MN/m^3	20	50	100

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Τα βασικά φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά σχεδιασμού της στρώσης εδράσεως (άργιλος με σχετικά υψηλή πλαστικότητα) είναι:

αντιπροσωπευτικά φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά, σχεδιασμού							
■ $N_{SPT,des} = 20$.							
■ η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη $q_{u,des} = 150 \text{ KN / m}^2$. (η μέση μετρούμενη, στη στρώση S2 στο όριο με την S1)							
■ ο δείκτης πλαστικότητας $IP_{des} = 32$. [έδαφος υψηλής πλαστικότητας] (μέση τιμή στις στρώσεις S1 & S2 είναι $IP=31,5$)							
■ Φαινόμενο βάρος $\gamma_{des} = 20,45 \text{ KN / m}^3$ (Η μέση τιμή στις στρώσεις S1 & S2)							
■ λόγος κενών $eo=0,54$							
■ Συνοχή $s_u=c_{UU,des} = 73,5 \text{ KN / m}^2$ ($q_u=147/2=73,5$ - Η μικρότερη τιμή στις στρώσεις S1 & S2)							
■ Γωνία εσωτερικής τριβής $\phi_{UU,des} = 0^\circ$ (θεωρούμε επί του συντηρητικότερου πλήρως αστράγγιστες συνθήκες) οι τιμές στις στρώσεις S1 & S2 είναι $\phi_{UU} = 6^\circ$ και 32 αντίστοιχα							
■ Αστράγγιστο μέτρο συμπίεσης $E_u = 1000 c_{UU}$							
■ μέτρο συμπίεσης E_s =εξαρτάται από την τιμή της τάσης							
$P \text{ kN/m}^2$	0,0	25,0	50,0	100,0	200,0	400,0	800,0
$E=kN/m^2$	3373	3328	3648	6234	9037	13681	
■ Συντελεστής στερεοποίησης $Cc_{des} = 0,18$							

* ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Το έδαφος έχει σχετικά μεγάλη πλαστικότητα η οποία αυξομειώνεται τυχαία με το βάθος, γεγονός που επιδρά στο μέγεθος των καθιζήσεων.
- Εκτός από τη διαφορά στο ποσοστό των χονδρόκοκκων κλασμάτων και του χρώματος οι 2 πρώτες εδαφικές στρώσεις δεν παρουσιάζουν ουσιαστικές διαφορές στα άλλα φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά.

- Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη είναι υψηλή αλλά επιλέγουμε επί του συντηρητικότερου την μικρότερη ως αντιπροσωπευτική.
- Η συμπεριφορά του εδάφους μπορεί να θεωρηθεί ως τυπική συνεκτικού εδάφους.
- Η στρώση S2 παρουσιάζει μεγάλο ποσοστό χονδρόκοκκων εξαιτίας του οποίου υπάρχει και μεγάλη γωνία τριβής (32°) αλλά θεωρούμε επί του συντηρητικότερου πλήρως αστράγγιστες συνθήκες και δεχόμαστε $\varphi=0^\circ$.
- προτείνεται όπως μελλοντικές οικοδομές, στη περιοχή του οικοπέδου, θεμελιωθεί σε βάθος $D_f = 3,00 \text{ m}$ από το φυσικό έδαφος με **πλέγμα πεδιλοδοκών**, ενώ για τις δεξαμενές προτείνονται επιφανειακές θεμελιώσεις ανάλογα με το είδος της θεμελίωσης. Στην πρώτη περίπτωση προτείνεται η αντικατάσταση του φυσικού εδάφους ως το $1,0 \text{ m}$ και η αντικατάσταση του με καλά συμπυκνωμένο αμμοχάλικο, ώστε η θεμελίωση να κατασκευαστεί στην στάθμη του φυσικού εδάφους. Στη δεύτερη (δακτύλιος οπλισμένου σκυροδέματος) η θεμελίωση πρέπει να γίνει κάτω από τη βάση του εδάφους και τη στάθμη παγετού οπότε προτείνεται επιφανειακό βάθος θεμελίωσης $D_f = 1,2 \text{ m}$
- η στάθμη θεμελίωσης θα είναι **ενιαία**.
- ο υδροφόρος ορίζοντας **δεν επηρεάζει** την κατασκευή.
- ως καθαρή επιτρεπόμενη τάση υιοθετείται η τάση των

Συνήθη κτίρια	$\sigma_{\text{επ}} = 170 \text{ kN / m}^2 = 1,7 \text{ kg / cm}^2$
Δεξαμενές επί χαλύβδινης βάσης	$\sigma_{\text{επ}} = 140 \text{ kN / m}^2 = 1,4 \text{ kg / cm}^2$
Δεξαμενές επί δακτυλίου οπλισμένου Σκυροδέματος	$\sigma_{\text{επ}} = 160 \text{ kN / m}^2 = 1,6 \text{ kg / cm}^2$

- οι ολικές αναμενόμενες μακροχρόνιες **καθιζήσεις θα είναι σε αποδεκτά επίπεδα ($< 6 \text{ cm}$)**.
- μοναδιαίος δείκτης αντιστάσεως **$K_1 = 20 \text{ MN/m}^3$**
- Η σεισμική επιτάχυνση του εδάφους είναι ίση προς $A = \alpha \cdot g$ όπου **$\alpha = 0,16$**

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γεωλογικός Χάρτης του Ι.Γ.Μ.Ε (Φύλλο ΚΟΖΑΝΗ, Κλίμακα 1:50000),
- Γεωλογία Ελλάδος (Δ. Μουντράκης)
- Τεχνική Γεωλογία (Γ. Δημόπουλος)
- Τεχνική Γεωλογία (Γεώργιος Χρ. Κούκης & Νικόλαος Στ. Σαμπατακάκης)
- ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (Ε.Α.Κ – 2000 / τροπ. 1153 Β' & 1154 Β' /12-8-2003), Ο.Α.Σ.Π
- ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ – ΒΡΑΧΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ, Β. Χρηστάρας
- ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΘΕΩΡΙΑ, ΜΕΘΟΔΟΙ, ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ, ΣΤΕΦ. ΤΣΟΤΣΟΣ
- ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΣΤΗΝ ΠΛΕΙΟΣΕΙΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΝΟΜΩΝ ΚΟΖΑΝΗΣ ΚΑΙ ΓΡΕΒΕΝΩΝ (ΣΕΙΣΜΟΣ 13^{ΗΣ} ΜΑΙΟΥ 1995, Ms=6,6) // Α.Π.Θ, τμήμα Γεωλογίας, εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας / ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1996]
- ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑ, ΒΑΣΙΛΗΣ ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ
- FOUNDATION DESIGN AND CONSTRUCTION, Mj Tomlinson.
- ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ, Κ. TERZAGHI, R. B. PECK
- ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ (Σ. Δ. ΚΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ)
- ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ (Α. Γ. ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ – Β. Π. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ)
- Ενημερωτικό Δελτίο 73 του ΓΕΩΤΕΕ (Μαΐος '95)
- ΜΙΚΡΟΖΩΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΚΟΖΑΝΗΣ (Δ. ΡΟΖΟΣ – Ι. ΧΑΤΖΗΝΑΚΟΣ – Ι. ΒΑΚΟΝΔΙΟΣ – Ε. ΠΑΦΙΛΗΣ, ΙΓΜΕ)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ
ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΧΑΡΤΗ Γ.Υ.Σ. - ΚΛΙΜΑΚΑ 1:5.000
ΘΕΣΗ ΟΙΚΟΠΕΔΟΥ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΗΛΕΘΕΡΜΑΝΣΗΣ

