



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΑΘΑΝΑΣΙΑ Χ. ΛΙΟΥΚΑ

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΧΙΣΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ
ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2020





ΑΘΑΝΑΣΙΑ Χ. ΛΙΟΥΚΑ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5258

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΧΙΣΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ
ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Γεωλογίας,
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Επιβλέπων

Δρ. Μακεδών Θωμάς, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, Τμήμα Γεωλογίας
Α.Π.Θ.

©Αθανασία Χ. Λιούκα, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωλογίας, 2020
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.



Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΧΙΣΤΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΠΤΙΚΗ ΑΝΤΟΧΗ
ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ–
Διπλωματική Εργασία

©Athanasia X. Liouka, School of Geology, Dept. of Geology, 2020

All rights reserved.

THE EFFECT OF SCHISTOSITY ON THE UNIAXIAL COMPRESSIVE
STRENGTH OF METAMORPHIC ROCKS OF NORTHERN GREECE– *Bachelor
Thesis*

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος «Διπλωματική Εργασία» του Τμήματος Γεωλογίας της Σχολής Θετικών Επιστημών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, κατά το ακαδημαϊκό έτος 2019-2020. Θα ήθελα να ευχαριστήσω το Δρ. Θωμά Μακεδόνα για την πολύτιμη βοήθεια, τις συμβουλές και τη στήριξη που έδειξε απέναντί μου, καθώς και τον υπονήφιο διδάκτορα Αναστάσιο Τσικρίκη για τη βοήθεια και τις γνώσεις που μοιράστηκε μαζί μου, όσον αναφορά το εργαστηριακό κομμάτι.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η δοκιμή μονοαξονικής θλίψης (Uniaxial Compressive Strength-UCS) αφορά τον ταχύ προσδιορισμό της αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη άρρηκτου βράχου κατά την εφαρμογή αξονικού φορτίου. Με τον όρο αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη εννοούμε τη θραύση μετά από πίεση ενός δείγματος κατά μία μόνο διεύθυνση (κατακόρυφη) ενώ πλευρικά μπορεί να επεκτείνεται χωρίς κανένα εξωγενή περιορισμό. Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζεται η μεταβολή της μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής μεταμορφωμένων πετρωμάτων, συγκεκριμένα γνεύσιου και πρασινοσχιστόλιθου, σε σχέση με τη διεύθυνση της σχιστότητας την οποία αυτά εμφανίζουν. Τα δείγματα έχουν διαμορφωθεί έτσι ώστε να δοκιμαστούν κάθετα, υπό γωνία και παράλληλα ως προς τη σχιστότητα. Οι εργαστηριακές δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος, Εργαστήριο Γεωμηχανικής, τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.

SUMMARY

The Uniaxial Compression Test is a laboratory test used to derive the Unconfined Compressive Strength (UCS) of a rock specimen by applying an axial load. The Unconfined Compressive Strength presents the maximum compressive stress (axial) that the specimen can sustain, before the failure occurs, while the specimen is under zero confining stress. In the current dissertation/thesis, the Uniaxial Compressive Strength Test is applied, in metamorphic rock specimens; more specifically gneiss and greenschist, respect to their schistosity. The samples have been formed so as to be tested vertically, at an angle and parallel to their schistosity. These tests were performed in the laboratory at the International Hellenic University.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	
1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ.....	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

2.1 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ.....	
2.2 ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΕΔΙΟΥ.....	
2.3 ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ (ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ) ΘΛΙΨΗΣ	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ - ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

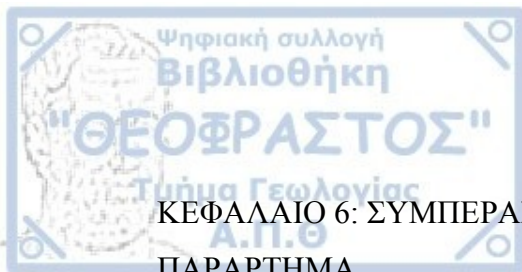
3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	
3.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ....	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΟΚΙΜΩΝ

4.1 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ.....	
4.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΩΝ.....	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ.....	
5.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ	



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....

.....

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ανάλογα με τον τρόπο δημιουργίας τους, τα πετρώματα διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες : πυριγενή, ιζηματογενή και μεταμορφωμένα. Μεταμορφωμένα πετρώματα (metamorphic rocks) ή κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα όπως αλλιώς λέγονται, είναι εκείνα τα πετρώματα, για τα οποία όλες οι ενδείξεις (γεωλογικές, ορυκτολογικές, ιστολογικές κ.λπ.) οδηγούν στο συμπέρασμα ότι έχουν προέλθει από άλλα πετρώματα τα οποία προ υπήρχαν και τα οποία παραμένοντας σε στερεή κατάσταση τροποποιήθηκαν ιστολογικά, ορυκτολογικά ή και χημικά από τη δράση κάποιων διεργασιών που συνολικά τις ονομάζουμε *μεταμόρφωση* (metamorphism). Η μεταμόρφωση των πετρωμάτων γίνεται στο εσωτερικό της γης και σε συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας υψηλότερες από αυτές που επικρατούν στην επιφάνεια της ή σε μικρό βάθος κάτω από αυτήν. Συνδέεται με την ανακρυστάλλωση και νέο-ορυκτογένεση, τη δημιουργία φολίδωσης/*σχιστότητας* και εξαρτάται άμεσα από την αρχική σύσταση των πετρωμάτων, τη θερμοκρασία, την πίεση, την περιεκτικότητα σε υγρά και το χρόνο εφαρμογής των παραμέτρων αυτών.

Ο όρος φολίδωση (foliation) περιλαμβάνει κάθε είδους επίπεδη υφή, ενώ συνήθως χρησιμοποιείται ακόμα γενικότερα, ώστε να περιλαμβάνει και το μηχανικό αποτέλεσμα της παρουσίας κάποιας τέτοιας υφής, το οποίο είναι η *σχιστότητα* (schistosity) των πετρωμάτων, η ιδιότητά τους δηλαδή να αντιδρούν στις μηχανικές καταπονήσεις με σχίσσιμο κατά περίπου παράλληλες επίπεδες επιφάνειες.



Εικόνα 1: Πετρώματα με έντονη φολίδωση και σχιστότητα

1.2 ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εφαρμογή της δοκιμής ανεμπόδιστης θλίψης, με στόχο τον υπολογισμό της αντοχής του άρρηκτου βράχου και πώς αυτή διαφοροποιείται ανάλογα με την διεύθυνση(υπό γωνία, κάθετα ή παράλληλα ως προς τη σχιστότητα) επιβολής του αξονικού φορτίου.

Το στοιχείο αυτό είναι καθοριστικό στον προσδιορισμό της συμπεριφοράς των σχηματισμών αυτών στα διάφορα τεχνικά έργα, λόγω της μεταβολής της αντοχής τους ανάλογα με τον προσανατολισμό του φορτίου ως προς τη διεύθυνση της σχιστότητας.

Είναι προφανές λοιπόν πως η σχιστότητα αποτελεί έναν από τους παράγοντες που λαμβάνονται υπ' όψη για την κατασκευή ενός τεχνικού έργου, καθώς είναι ικανή να οδηγήσει σε αστοχία.

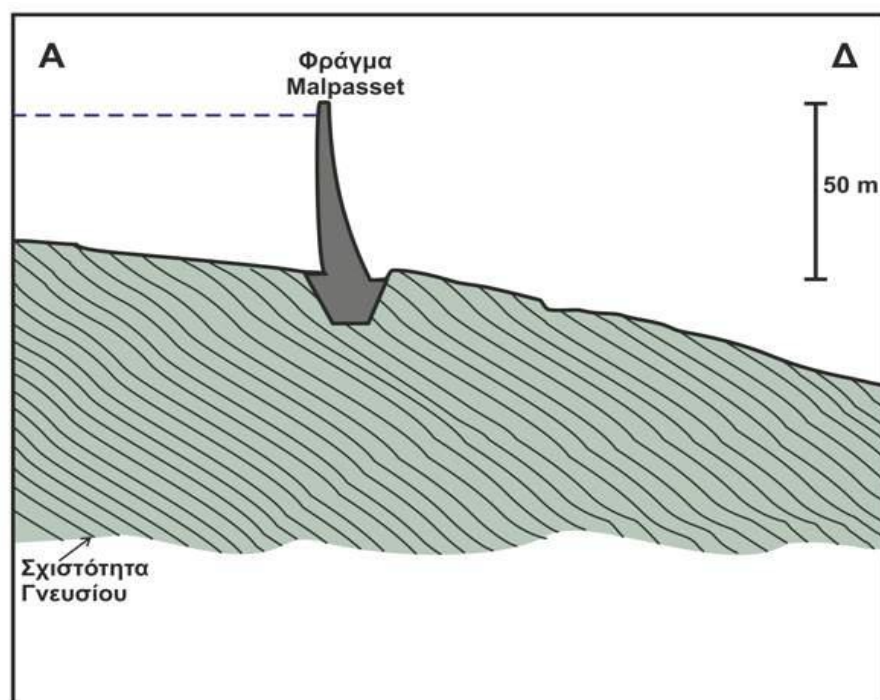
Ένα γνωστό παράδειγμα αστοχίας στο οποίο συνέβαλε ο προσανατολισμός της σχιστότητας είναι το φράγμα του Malpasset (Γαλλία, 1959). Το τοξωτό φράγμα του Malpasset κατασκευάστηκε για υδρευτικούς και αρδευτικούς σκοπούς το 1954 και καταστράφηκε το 1959.



Εικόνα 2: Το φράγμα του Malpasset πριν την καταστροφή



Εικόνα 3: Το φράγμα του Malpasset μετά την καταστροφή



Εικόνα 4: Γεωλογικό προσομοίωμα φράγματος Malpasset

Η θέση κατασκευής του τοξωτού φράγματος Malpasset αποτελείται από γνευσίους. Οι γνεύσιοι είναι πετρώματα υψηλής αντοχής και χαμηλής περατότητας, στη συγκεκριμένη θέση όμως, η σχιστότητα του γνευσίου έχει φορά κλίσης από τα ανάντη προς τα κατόντη με γωνία περίπου 40° . Η διεύθυνση επιβολής του φορτίου του ταμιευτήρα στο αριστερό αντέρεισμα, σχεδόν παράλληλα με τη φορά της σχιστότητας, αποτέλεσε έναν από τους καθοριστικούς παράγοντες που προκάλεσαν την αστοχία στο συγκεκριμένο αντέρεισμα, παρά την υψηλή αντοχή του γνευσίου.

Ο προσδιορισμός της σχιστότητας και του προσανατολισμού της είναι ένα χαρακτηριστικό, το οποίο πρέπει να μελετάται κατά την κατασκευή οποιουδήποτε τεχνικού έργου:

- *Σήραγγες* : η σχιστότητα σε σχέση με τον άξονα της σήραγγας επηρεάζει σημαντικά την κατανομή και συγκέντρωση των τάσεων, που επιδρούν στη διατομή της και συνεπώς στην άμεση υποστήριξη και στην τελική επένδυση της σήραγγας.
- *Φράγματα* : η σχιστότητα σε σχέση με τον άξονα του φράγματος έχει ιδιαίτερη σημασία ως προς την ευστάθεια στον άξονα του έργου. Ο δυσμενής προσανατολισμός της σχιστότητας σε σχέση με τον άξονα του φράγματος μπορεί να προκαλέσει παράγοντα πρόκλησης αστοχίας εάν συνδυαστεί και με άλλους δυσμενείς παράγοντες κάτω από την επίδραση υδροστατικών πιέσεων.
- *Ευστάθεια Πρανών* : ο προσανατολισμός της σχιστότητας σε σχέση με το πρανές, είναι σημαντικός για την πρόβλεψη πιθανής αστοχίας καθώς και την εφαρμογή των αντίστοιχων μέτρων αντιστήριξης.



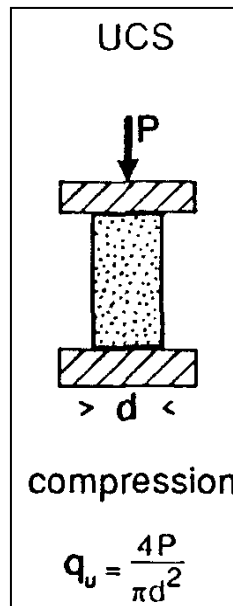
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΔΟΚΙΜΕΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ

2.1 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

- ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ
- ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ
- ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ (POINT LOAD TEST)
- ΑΜΕΣΗΣ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ

ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

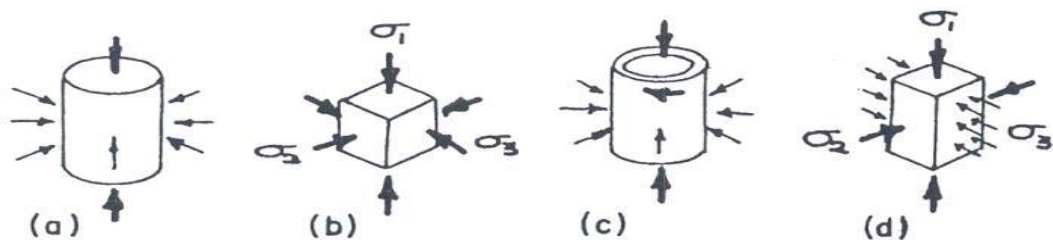
Η δοκιμή μονοαξονικής συμπίεσης (θλίψης), στην οποία ένας ορθός κύλινδρος άρρηκτου πετρώματος συμπιέζεται μεταξύ δύο παράλληλων χαλύβδινων πλακών, είναι η παλαιότερη και συνηθέστερα εκτελούμενη εργαστηριακή δοκιμή αντοχής στα πετρώματα. Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της μονοαξονικής ή ανεμπόδιστης θλιπτικής αντοχής (uniaxial compressive strength, UCS), του μέτρου ελαστικότητας και του λόγου Poisson του άρρηκτου πετρώματος.



Εικόνα 5: Συμπίεση του ορθού κυλίνδρου μεταξύ των παράλληλων πλακών.

Ο όρος μονοαξονική θλιπτική αντοχή αναφέρεται στο μέγιστο επίπεδο τάσεων που μπορεί να φέρει ένα δείγμα άρρηκτου βράχου χωρίς πλευρικό περιορισμό .

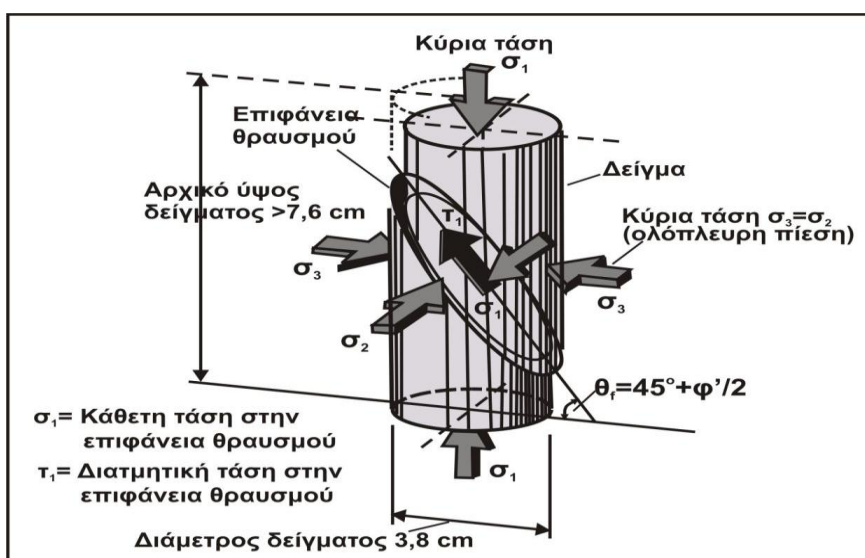
ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ (TRIAXIAL COMPRESSION TEST)



Εικόνα 6: Συμπίεση του δείγματος υπό τρισδιάστατες καταστάσεις

Οι δοκιμές τριαξονικής φόρτισης χρησιμοποιούνται στη μηχανική των πετρωμάτων για την κατανόηση της συμπεριφοράς τους υπό διάφορες τρισδιάστατες εντατικές

καταστάσεις, καθώς και για την επαλήθευση των μαθηματικών και αριθμητικών μοντέλων πρόβλεψης αυτής της συμπεριφοράς. Τριαξονικές δοκιμές μπορούν να πραγματοποιηθούν κάτω από στατικές ή δυναμικές συνθήκες, για τη διερεύνηση της αντοχής ή της παραμορφωσιμότητας ενός δοκιμίου άρρηκτου πετρώματος, υπό συγκεκριμένη διαδρομή φόρτισης, ταχύτητα φόρτισης, πίεση πόρων και θερμοκρασία. Κατά συνέπεια η πειραματική διαδικασία, τα υλικά και τα μετρητικά συστήματα μπορεί να διαφέρουν σημαντικά. Η απλούστερη και συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος για την επίτευξη τριαξονικής εντατικής κατάστασης σε ένα δοκίμιο πετρώματος στο εργαστήριο είναι η εφαρμογή μίας αξονικής τάσης μαζί με μία ολόπλευρη υδροστατική πίεση. Η αξονική τάση είναι η μέγιστη κύρια τάση, ενώ οι άλλες δύο κύριες τάσεις είναι ίσες μεταξύ τους και ίσες με την πίεση στην πλευρική επιφάνεια του δοκιμίου ($\sigma_2 = \sigma_3 = P$), η οποία καλείται πλευρική πίεση. Αυτή η δοκιμή συνήθως αναφέρεται ως «δοκιμή τριαξονικής θλίψης» (triaxial compression test) ή απλά ως «τριαξονική δοκιμή» (triaxial test).



Εικόνα 7: Κατανομή των τάσεων στη δοκιμή τριαξονικής θλίψης

ΣΗΜΕΙΑΚΗ ΦΟΡΤΙΣΗ (POINT LOAD TEST)

Στη δοκιμή σημειακής φόρτισης, κατάλληλα διαμορφωμένα δοκίμια πετρώματος φορτίζονται σημειακά, μέχρι τη θραύση τους, από ένα ζεύγος χαλύβδινων ορθών κώνων με στρογγυλεμένες κορυφές. Η δοκιμή εκτελείται επί τόπου με φορητό εξοπλισμό ή στο εργαστήριο με συσκευή εφοδιασμένη με ελαφρύ πλαίσιο φόρτισης. Η δοκιμή μπορεί να πραγματοποιηθεί σε κυλινδρικά δοκίμια πετρώματος φορτίζοντας είτε παράλληλα με μία διάμετρο της κυκλικής διατομής τους (διαμετρική δοκιμή) είτε παράλληλα προς τον άξονά τους (αξονική δοκιμή). Επίσης πραγματοποιείται σε πρισματικά δοκίμια μεγέθους 50 ± 35 mm (δοκιμή πρισματικού δοκιμίου ή σε ακανόνιστης μορφής δοκίμια παρόμοιου μεγέθους).

Το δοκίμιο τοποθετείται μεταξύ των κώνων φόρτισης, έτσι ώστε η φόρτιση να γίνεται στο μέσο μήκος του δοκιμίου και κατά διάμετρο. Η φόρτιση γίνεται βαθμιαία και με σταθερή ταχύτητα μέχρι τη θραύση του δοκιμίου. Η θραύση του δοκιμίου θα πρέπει να συμβεί σε χρονικό διάστημα 10-60 δευτερόλεπτα. Οι συνθήκες υγρασίας του

δοκίμιου κατά τη δοκιμή πρέπει να αντιπροσωπεύουν τις πραγματικές επι τόπου συνθήκες. Η δοκιμή θεωρείται αποδεκτή, εάν η επιφάνεια της θραύσης διέρχεται και από τα δύο σημεία φόρτισης. Υπολογίζεται π δείκτης αντοχής σημειακής φόρτισης I_s σύμφωνα με τη Σχέση 1:

$$I_s = P / D_e^2 \quad (1)$$

Όπου P είναι το φορτίο θραύσης και D_e η ισοδύναμη διάμετρος δοκίμιου.

ΑΜΕΣΗ ΔΙΑΤΜΗΣΗ(DIRECT SHEAR TEST)

Στη δοκιμή άμεσης διάτμησης δοκίμιο του πετρώματος οδηγείται σε θραύση με την επιβολή μετακινήσεως του ενός τμήματος του υποδοχέα που περιέχει το δοκίμιο σε σχέση με το άλλο. Έτσι το δείγμα θραύεται κατά μια προκαθορισμένη οριζόντια επιφάνεια που λέγεται επιφάνεια διάτμησης.

Με τη δοκιμή άμεσης διάτμησης πραγματοποιείται επίσης και ο εργαστηριακός προσδιορισμός της διατμητικής αντοχής ασυνεχειών σε δοκίμια πετρώματος που περιέχουν ένα επίπεδο ασυνέχειας. Η δοκιμή μπορεί να εκτελεστεί με δύο διαφορετικές συνθήκες :

- Εφαρμόζοντας μία ορθή τάση κάθετα στο επίπεδο της ασυνέχειας και διατηρώντας αυτή σταθερή κατά τη διάρκεια της δοκιμής
- Εφαρμόζοντας ελεγχόμενη μετατόπιση κάθετα στο επίπεδο της ασυνέχειας (ορθή μετατόπιση), έτσι ώστε να διατηρείται σταθερή η ορθή δυστροπία (stiffness) στο επίπεδο της ασυνέχειας. Με τον όρο δυστροπία ορίζεται η αντίσταση του πετρώματος στην παραμόρφωση, σε σχέση με την τάση που ασκείται.

Οι δύο αυτές παραλλαγές της δοκιμής αναφέρονται ως δοκιμή σταθερού φορτίου (Constant Normal Load, CNL) και δοκιμή σταθερής δυστροπίας (Constant Normal Stiffness, CNS).

Η δοκιμή εκτελείται με τις συσκευές άμεσης διάτμησης, οι οποίες αποτελούνται από ένα κιβώτιο υποδοχής του δοκίμιου (shear box), στο οποίο στερεώνεται το δοκίμιο με την ασυνέχεια και κατάλληλες διατάξεις εφαρμογής της διατμητικής και της ορθής τάσης με τον επιθυμητό ρυθμό. Ο σχεδιασμός της συσκευής θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να επιτρέπει την ελεύθερη σχετική διατμητική ολίσθηση των δύο εκατέρωθεν της ασυνέχειας τεμαχίων του πετρώματος και επιπλέον η διεύθυνση εφαρμογής του διατμητικού φορτίου να διέρχεται από το κέντρο βάρους της επιφάνειας διάτμησης.

Ως δοκιμές πεδίου ή επί τόπου δοκιμές αντοχής χαρακτηρίζονται οι δοκιμές που διενεργούνται σε δείγματα στο φυσικό τους περιβάλλον χωρίς τη μεταφορά τους στο εργαστήριο. Αυτές είναι :

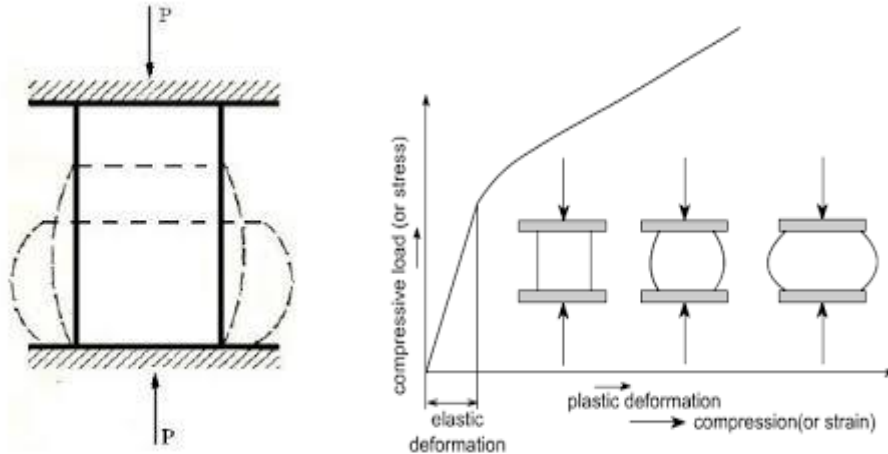
- Χρήση γεωλογικού σφυριού για την ποιοτική εκτίμηση της αντοχής του πετρώματος
- Χρήση σφύρας SCHMIDT τύπου L για την ποσοτική εκτίμηση της αντοχής του πετρώματος

Οι δοκιμές πεδίου εμφανίζουν ορισμένα πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα. Μερικά από αυτά είναι :

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
Χαμηλό κόστος	Σημαντική αβεβαιότητα
Ταχύτητα	Αποτελέσματα μέσω εμπειρικών συσχετίσεων
Μικρή διαταραχή του βράχου	
Πολλαπλές μετρήσεις	

2.3 ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗΣ (ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗΣ) ΘΛΙΨΗΣ

Η δοκιμή μονοαξονικής θλίψης, όπως προαναφέρθηκε, αφορά τον ταχύ προσδιορισμό της ανεμπόδιστης θλιπτικής αντοχής άρρηκτου δείγματος βράχου κατά την εφαρμογή αξονικού φορτίου. Η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη προκύπτει από τη θραύση μετά από πίεση ενός δοκιμίου κατά μία μόνο διεύθυνση (κατακόρυφη), χωρίς πλευρικό περιορισμό.

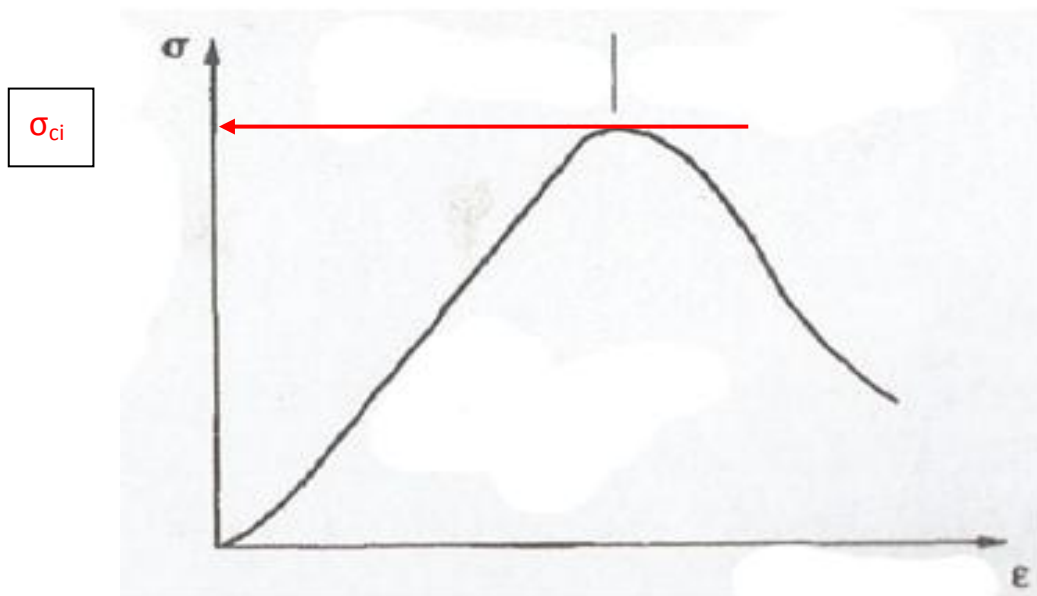


Εικόνα 8: Η επίδραση της τάσης στην παραμόρφωση του δείγματος.

Το δοκίμιο φορτίζεται υπό την επίδραση δυο δυνάμεων, ίσου μέτρου, ίδιας διευθύνσεως, αντίθετης όμως φοράς, τέτοιας ώστε να προκαλείται συμπίεση του υλικού.

Η μονοαξονική θλιπτική αντοχή είναι μία από τις σημαντικότερες μηχανικές ιδιότητες των πετρωμάτων, η οποία χρησιμοποιείται κυρίως για το σχεδιασμό κατασκευών και το χαρακτηρισμό της βραχομάζας. Ως μονοαξονική θλιπτική αντοχή ενός άρρηκτου πετρώματος, ορίζεται η αντοχή ενός άρρηκτου κυλινδρικού δείγματος βράχου, με διάμετρο 48 ή 54 mm και λόγο ύψους προς διάμετρο τουλάχιστον 2, κατά προτίμηση 2,5-3 (ASTM 2983-79, ISRM, 1979). Η μονοαξονική θλιπτική αντοχή ενός πετρώματος επηρεάζεται από ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες. Σημαντικοί ενδογενείς παράγοντες είναι ο βαθμός αποσάθρωσης του πετρώματος, η ορυκτολογική του σύσταση, το μέγεθος των κόκκων, το πορώδες, οι εξαλλοιώσεις και η ανισοτροπία. Εξωγενείς παράγοντες είναι το σχήμα και το μέγεθος του δείγματος, ο ρυθμός (ταχύτητα) φόρτισης και ο βαθμός κορεσμού. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών, πρέπει να αναγνωρίζεται η επίδραση αυτών των παραγόντων και να ερμηνεύονται αναλόγως τα αποτελέσματα. Διαφορετικά, τα αποτελέσματα των δοκιμών μπορεί να είναι παραπλανητικά και με μικρή χρησιμότητα.

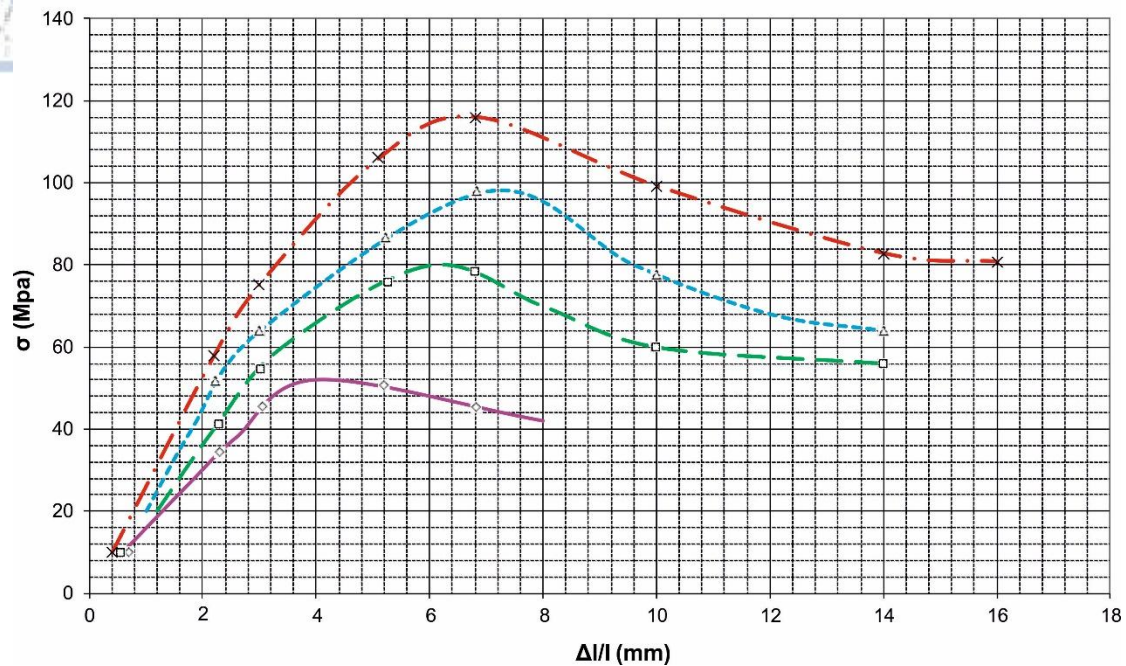
Η δοκιμή διεξάγεται με τη φόρτιση ενός κυλινδρικού δείγματος άρρηκτου βράχου κατά μήκος του άξονά του και την καταγραφή της παραμόρφωσης που προκαλείται καθώς αυξάνεται η φόρτιση. Στην Εικόνα 9 παρουσιάζεται το τυπικό διάγραμμα μιας τέτοιας δοκιμής. Η φόρτιση και η παραμόρφωση έχουν μετατραπεί αντίστοιχα σε τάση σ (διαίρωντας με την αρχική επιφάνεια εγκάρσιας τομής του δείγματος) και σε ανηγμένη παραμόρφωση $\epsilon = \Delta l / l_0$ (διαίρωντας με το αρχικό μήκος l_0). Στην αρχή της φόρτισης, η καμπύλη μπορεί να έχει ένα αρχικό τμήμα κοίλο προς τα πάνω λόγω κακής διαμόρφωσης των επιφανειών του δοκιμίου και συρρίκνωσης των μικροκρυστάλλων μέσα στον άρρηκτο βράχο.



Εικόνα 9: Τυπικό διάγραμμα μονοαξονικής θλίψης τάσης-παραμόρφωσης

Η μέγιστη τάση που επισημαίνεται στην εικόνα 9 είναι η μέγιστη τάση που μπορεί να υποστεί το δείγμα, δηλαδή η αντοχή του σε μονοαξονική θλίψη (σ_{ci}).

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΣΕΩΝ - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ
STRESS-STRAIN DIAGRAM



Εικόνα 10: Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων τεσσάρων δοκιμίων.

Στην Εικόνα 10 (διάγραμμα τάσης – παραμόρφωσης) διακρίνονται οι καμπύλες τεσσάρων δοκιμίων. Η καμπύλη τάσης – παραμόρφωσης που παίρνουμε από τη δοκιμή όταν εκφράζεται σε πραγματικές τιμές ($\sigma - \epsilon$), ονομάζεται καμπύλη διαρροής (flow curve) του υλικού. Όσο μεγαλύτερη είναι η τάση που ασκείται στο δοκίμιο τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η παραμόρφωση που θα υποστεί. Το υψηλότερο σημείο της κάθε καμπύλης αποτελεί τη μέγιστη τάση που αυτό μπορεί να δεχτεί ή αλλιώς τη μονοαξονική θλιπτική αντοχή του υλικού (σ_{ci}).

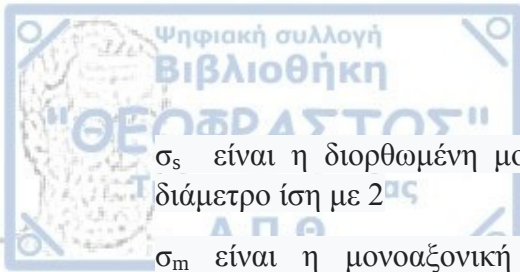
Στην πράξη, δεν είναι πάντοτε δυνατόν να ληφθούν δοκίμια με τις προδιαγραφόμενες διαστάσεις. Για το λόγο αυτό, έχουν προταθεί εξισώσεις διόρθωσης για την τυποποίηση των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται από μη τυποποιημένα δείγματα. Έχουν προταθεί δύο τύποι εξισώσεων διόρθωσης με σκοπό:

- (1) την τυποποίηση του αποτελέσματος για την αναλογία ύψους προς διάμετρο δοκιμίου
- (2) τυποποίηση για διάμετρο 50 mm.

Μια ευρέως αποδεκτή εξίσωση διόρθωσης για την πρώτη περίπτωση είναι η Σχέση 2 (Hobbs, 1964 και Szlavin, 1974) :

$$\sigma_s/\sigma_m = \frac{1}{0.848 + 0.304(\frac{D}{L})} \quad (2)$$

όπου:



σ_s είναι η διορθωμένη μονοαξονική αντοχή σε θλίψη σε αναλογία ύψους προς διάμετρο ίση με 2

σ_m είναι η μονοαξονική αντοχή σε θλίψη των δειγμάτων πετρώματος μη τυποποιημένου μεγέθους

D είναι η διάμετρος του δείγματος σε mm και

L είναι το μήκος του δείγματος σε m

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ -ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

3.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η συλλογή των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε στην περιοχή του Σταυρού, Νομού Θεσσαλονίκης και στον Άγιο Παύλο, Θεσσαλονίκης.

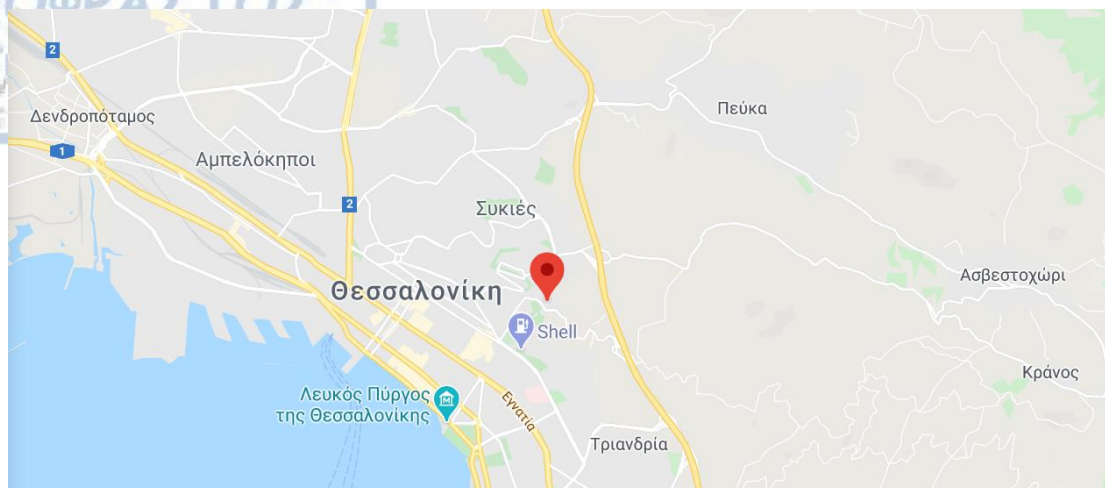
- Σταυρός, Θεσσαλονίκης, ΓΝΕΥΣΙΟΣ



Εικόνα 11α: Χάρτης Μακεδονίας, περιοχή Σταυρού

Η περιοχή του Σταυρού γεωτεκτονικά εντάσσεται στη Σερβομακεδονική μάζα. και πιο συγκεκριμένα στην κατώτερη και αρχαιότερη ενότητα των Κερδυλλίων (Εικόνα 12).

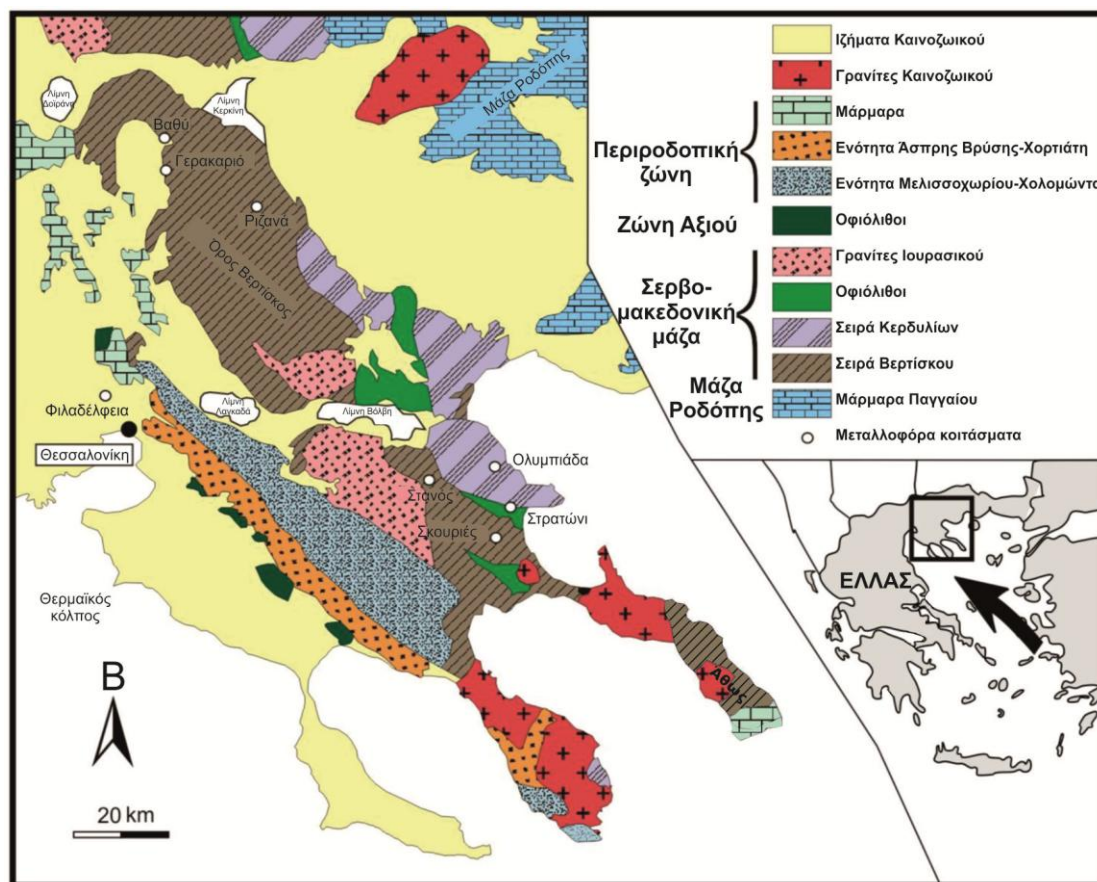
Η ενότητα των Κερδυλλίων που καταλαμβάνει την Ανατολική Χαλκιδική μεταξύ των εκβολών του Στρυμόνα και του Στρατωνίου, έχει συνολικό πάχος περίπου 3.000 m και τα πετρώματά της συνιστούν του βαθύτερους ορίζοντες της Σερβομακεδονικής μάζας και ίσως τους βαθύτερους ορίζοντες πετρωμάτων σε όλη την Ελλάδα. Τα πετρώματα που κυρίως συγκροτούν την ενότητα Κερδυλλίων είναι μιγματιτικοί βιοτικοί γνεύσιοι, γρανατούχοι διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι, αμφιβολίτες , αμφιβολιτιωμένοι εκλογίτες και μάρμαρα.



Εικόνα 11β : Χάρτης Θεσσαλονίκης, Άγιος Παύλος

Η περιοχή του Αγίου Παύλου γεωτεκτονικά εντάσσεται στην ενότητα Παιονίας της ζώνης Αξιού, αλλά τα δείγματα ελήφθησαν από τους από τους πρασινοσχιστόλιθους και γνεύσιους που αποτελούν σχηματισμούς της μαγματικής σειράς του Χορτιάτη (Εικόνα 12).

Τα δείγματα επιλέχθηκαν από επιφανειακές εμφανίσεις χωρίς έντονη αποσάθρωση ώστε να μπορούν να διαμορφωθούν δοκίμια άρρηκτου βράχου (χωρίς την παρουσία ασυνέχειας) με παρουσία σχιστότητας.



Εικόνα 12: Συνοπτικός γεωλογικός χάρτης ζωνών Αξιού και Σερβομακεδονικής

Ο **πρασινοςχιστόλιθος** ορυκτολογικά αποτελείται από αλβίτη, χλωρίτη, επίδοτο. Με μικρή συμμετοχή βρίσκονται βιοτίτης, χαλαζία, γρανάτης, ακτινόλιθος κ.ά. Είναι χαρακτηριστικό πέτρωμα της πρασινοσχιστολιθικής φάσης και προέρχεται από βασικά πυριγενή (γάββροι, βασάλτες, δολερίτες) ή ακόμη και από ανάδρομη μεταμόρφωση βιοτιτικών σχιστολίθων και αμφιβολιτών.



Εικόνα 13: Πρασινοςχιστόλιθος

Ο **γνεύσιος** έχει ως θεμελιώδη συστατικά αστρίους και χαλαζία. Είναι κατά το πλείστον μεσόκοκκο πέτρωμα και χαρακτηρίζεται από τη σχιστότητα και τη γνευσιοειδή υφή. Κύριο συστατικό του είναι κάποιο είδος μαρμαρυγία, βιοτίτης ή μοσχοβίτης, αλλά μπορούν να βρεθούν πάρα πολλά άλλα ορυκτά, όπως κεροστίλβη, επίδοτο, γρανάτης, κορδιερίτης, σταυρόλιθος, σιλλιμανίτης, ανδαλουσίτης, κυανίτης και άλλα. Μπορεί να έχει ορθο- ή παρα- προέλευση.

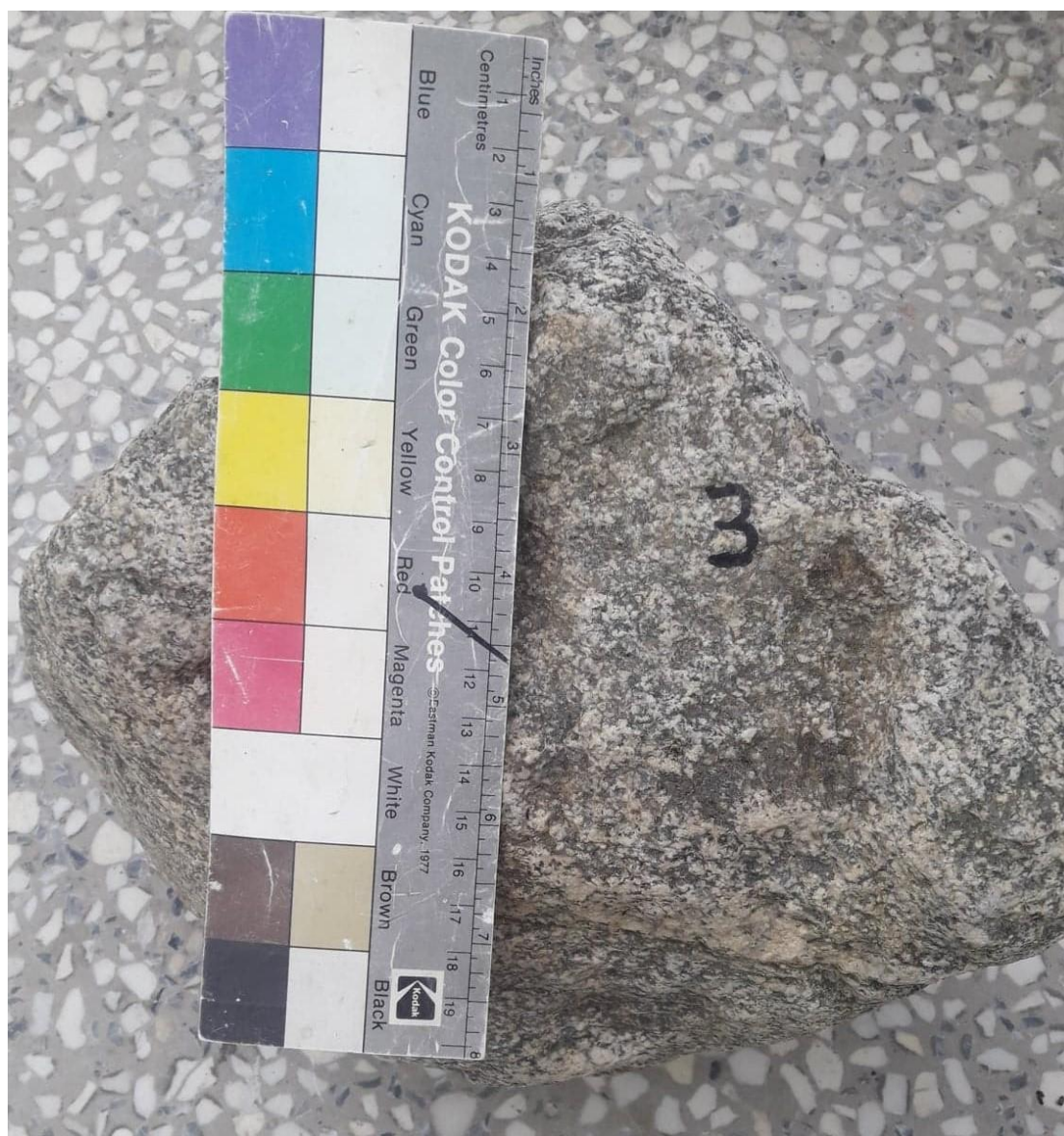


Εικόνα 14: Γνεύσιος

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	4
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΑΓΙΟΣ ΠΑΥΛΟΣ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΠΕΤΡΩΜΑ	ΠΡΑΣΙΝΟΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ
ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗΣ	ΛΙΓΟ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΟ



ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	3
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΤΑΥΡΟΣ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΠΕΤΡΩΜΑ	ΓΝΕΥΣΙΟΣ
ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗΣ	ΛΙΓΟ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΟ





ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	8
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΑΓΙΟΣ ΠΑΥΛΟΣ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΠΕΤΡΩΜΑ	ΠΡΑΣΙΝΟΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ
ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗΣ	ΛΙΓΟ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΟ



ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	5
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΑΓΙΟΣ ΠΑΥΛΟΣ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΠΕΤΡΩΜΑ	ΠΡΑΣΙΝΟΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ
ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗΣ	ΛΙΓΟ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΟ



ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	10
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΑΓΙΟΣ ΠΑΥΛΟΣ, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΠΕΤΡΩΜΑ	ΠΡΑΣΙΝΟΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ
ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗΣ	ΛΙΓΟ ΕΩΣ ΜΕΤΡΙΑ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΟ



ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	2
ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΤΑΥΡΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΠΕΤΡΩΜΑ	ΓΝΕΥΣΙΟΣ
ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗΣ	ΛΙΓΟ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΟ



ο βαθμός αποσάθρωσης καθορίστηκε με βάση τον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Βαθμοί αποσάθρωσης βραχώδων δειγμάτων

ΒΑΘΜΟΙ ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗΣ ΒΡΑΧΩΔΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ		
Κατηγορία πετρώματος	Περιγραφή	Κατηγορία κατά την ISRM
Υγιές (F)	Χωρίς ίχνη αποσάθρωσης	I
Ελάχιστα αποσαθρωμένο	Η αποσάθρωση περιορίζεται στις επιφάνειες των ασυνεχειών	II
Ολίγον αποσαθρωμένο	Έντονη αποσάθρωση στις επιφάνειες των ασυνεχειών και ελαφρά αποσάθρωση στη μάζα του υλικού	III
Μετρίως αποσαθρωμένο	Εκτεταμένη αποσάθρωση στη μάζα του υλικού, χωρίς το υλικό να παρουσιάζει ευθρυπτότητα.	IV
Έντονα αποσαθρωμένο	Εκτεταμένη αποσάθρωση στη μάζα του υλικού, με τοπική ευθρυπτότητα του υλικού	V
Πλήρως αποσαθρωμένο	Πλήρης αποσάθρωση και μεγάλη ευθρυπτότητα του υλικού, με διατήρηση της υφής και της δομής	VI
Έδαφος	Η υφή και δομή του υλικού έχει καταστραφεί και το υλικό μπορεί να χαρακτηριστεί ως έδαφος (υπολειμματικός σχηματισμός)	-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΟΚΙΜΩΝ

4.1 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

1) Κοπή των δειγμάτων με τη χρήση τροχού.



2) Λήψη κυλινδρικών δοκιμίων με εργαστηριακό, περιστροφικό κοπτικό.



3) Μέτρηση πορώδους και υγρής πυκνότητας με τη χρήση συσκευής κενού.



4) Ξήρανση του δοκιμίου με τη χρήση φούρνου για τον προσδιορισμό της ξηρής πυκνότητας.



5) Τοποθέτηση των δειγμάτων στην πρέσα.



Εικόνα 15: Πρέσα μονοαξονικής δοκιμής

4.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΩΝ

1) Διαμόρφωση και προετοιμασία των δοκιμίων στο εργαστήριο

Για τη λήψη έγκυρων αποτελεσμάτων από τη δοκιμή μονοαξονικής θλίψης απαιτείται προσεκτική διαμόρφωση και ακριβής προετοιμασία των δοκιμίων. Κυλινδρικά δοκίμια που προορίζονται για δοκιμή πρέπει να έχουν ευθεία γενέτειρα, σταθερή διάμετρο σε όλο το ύψος τους, και βάσεις επίπεδες, παράλληλες μεταξύ τους και κάθετες ως προς τον διαμήκη άξονα του κυλίνδρου. Τα δοκίμια διαμορφώνονται με κοπή και πυρηνοληψία από κατάλληλα επιλεγμένα δείγματα πετρώματος, τα οποία συλλέγονται συνήθως με τη μορφή ακανόνιστων τεμαχών ή πυρήνων γεωτρήσεων δειγματοληψίας. Η υγρασία των δειγμάτων θα πρέπει να διατηρείται σταθερή κατά τη μεταφορά και την αποθήκευσή τους στο εργαστήριο. Τα δείγματα πρέπει επίσης να προστατεύονται από υπερβολικές αλλαγές στις συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας, ενώ απαιτείται και προσεκτικός χειρισμός τους για την αποφυγή πρόκλησης ανεπιθύμητης ζημίας σε αυτά. Η κοπή των δειγμάτων γίνεται με τη χρήση τροχού.

Για τη λήψη κυλινδρικών δοκιμίων πραγματοποιείται πυρηνοληψία με εργαστηριακό περιστροφικό γεωτρύπανο, που φέρει αδαμαντοκοπτικό μορφής κοίλου σωλήνα προσαρμοζόμενο σε σωληνωτό στέλεχος, όπως φαίνεται στις παραπάνω Εικόνες.

Η μονάδα πρέπει να είναι εφοδιασμένη με σταθερή βάση συγκράτησης των τεμαχών του πετρώματος, και να εξασφαλίζει την απαιτούμενη ροπή περιστροφής του κοπτικού άκρου. Επίσης, να έχει δυνατότητα ρύθμισης των περιστροφών προώθησης του κοπτικού στο απαιτούμενο βάθος (τουλάχιστον 15 cm και κατά προτίμηση

μεγαλύτερο από 20 cm) και ανάσχυσης του κοπτικού χωρίς τη διατάραξη του πυρήνα. Ο εξοπλισμός ψύχεται με νερό, το οποίο ταυτόχρονα απομακρύνει τα προϊόντα κοπής. Η τελική προετοιμασία των δοκιμίων πραγματοποιείται με τη λείανση της επιφάνειάς τους, και ειδικότερα των βάσεων, για την εξάλειψη των ανωμαλιών που προκαλούνται κατά την κοπή του δοκιμίου. Οι διαστάσεις των δοκιμίων μετά τη διαμόρφωσή τους μετρούνται με παχύμετρο. Ο λόγος ύψους H προς τη διάμετρο D πρέπει να είναι μεταξύ 2,5 και 3 ενώ η διάμετρος θα πρέπει να είναι δεκαπλάσια του μεγαλύτερου κόκκου των ορυκτών, που συμμετέχουν στη δομή του πετρώματος. Η διάμετρος του δοκιμίου πρέπει να μετράται με ακρίβεια 0,1 mm, με τη λήψη του μέσου όρου δύο μετρήσεων της διαμέτρου.

Οι συνθήκες υγρασίας του δοκιμίου κατά τη δοκιμή, θα πρέπει να αντιπροσωπεύουν τις πραγματικές επιτόπου συνθήκες.

2) Μέτρηση πορώδους

Ως πορώδες χαρακτηρίζεται ο όγκος των κενών ή κενού χώρου σε ένα βράχο που εκφράζεται συνήθως ως ποσοστό. Η τιμή είναι η αναλογία του συνολικού όγκου πόρων δια του συνολικού όγκου του βράχου. Για τον προσδιορισμό του, το δείγμα τοποθετείται στη συσκευή κενού και ακολουθεί η εξής διαδικασία:

- Το μορφοποιημένο δείγμα βυθίζεται σε νερό και υποβάλλεται σε συνθήκες κενού (συσκευή κενού για 1 ώρα) για τον κορεσμό των πόρων του.
- Το δείγμα μετά τον κορεσμό, ζυγίζεται, τοποθετείται στο φούρνο για τουλάχιστον 24 ώρες και ξαναζυγίζεται. Με αυτόν τον τρόπο προσδιορίζεται η ξηρή και υγρή πυκνότητα του δείγματος.

3) Υπολογισμός μονοαξονικής αντοχής.

Για να γίνει η δοκιμή αντοχής ενός δείγματος σε μονοαξονική θλίψη χρησιμοποιούμε μια απλή χειροκίνητη συσκευή φορτίσεως (θλίψεως). Αυτή αποτελείται από μια πρέσα μέσα στην οποία το κυλινδρικό δείγμα πιέζεται κατακόρυφα. Με τη μεταφορά του εμβόλου καταγράφεται αυτόματα τόσο η συμπίεστότητα του δείγματος (παραμόρφωση), όπως επίσης και το θλιπτικό αξονικό φορτίο που επιφέρεται.

Το τελικό δοκίμιο θα πρέπει να μην επιφέρει ανωμαλίες ή κενά καθώς επίσης να έχει παράλληλες και επίπεδες έδρες. Στο δοκίμιο εφαρμόζεται θλιπτικό αξονικό φορτίο με βαθμιαία και σταθερή ταχύτητα φόρτισης. Η επιβολή του φορτίου συνεχίζεται μέχρι τη θραύση του δοκιμίου. Στο έντυπο σημειώνονται οι συνθήκες του δοκιμίου, η διάμετρος, το ύψος, το μέγιστο φορτίο ενώ σχεδιάζεται η θραύση του δοκιμίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

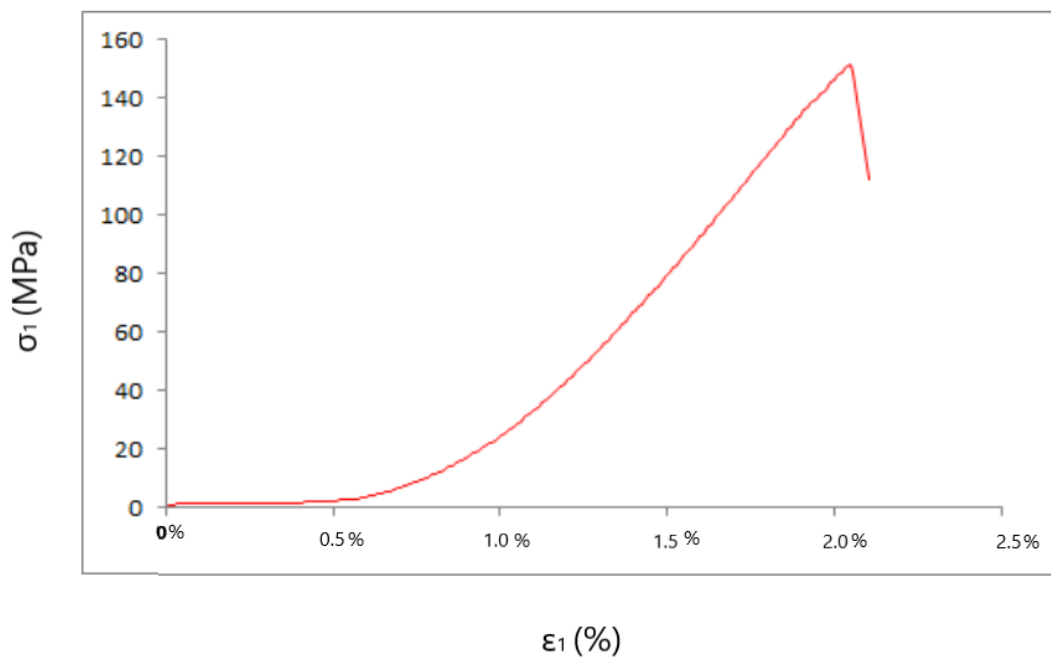
5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ

ΔΕΙΓΜΑ 1
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ 1α SAMPLE DATA 1α
Do (mm) = 54,59
Ho (mm) = 129,675
Ww (g) = 787,7
Ws (g) = 784,4
σci (MPa) = 151,6055
Σχιστότητα = 90⁰
Υγρασία: ΞΗΡΟ

Στοιχεία δοκιμίου	1α	
Ύψος δοκιμίου (H)		12,9675 cm
Διάμετρος δοκιμίου (D)		5,459 cm
Πλάτος δοκιμίου (B)		
Μήκος δοκιμίου (L)		
Όγκος δείγματος (Vt)		0,000303 m³
Βάρος κορεσμένου δείγματος (Wsat)	784,9 gr =	0,007699 kN
Βάρος ξηρού δείγματος (Ws)	781,6 gr =	0,007667 kN
Όγκος κενών, Vu = (Wsat - Ws)/ρw		0,0000033 m³
Όγκος στερεών, Vs = Vt - Vu		0,0002997 m³
Πορώδες n = (Vu/Vt) x 100		1,089 %
Λόγος κενών, e = Vu/Vs		0,011

Ξηρή πυκνότητα $\rho_d = W_s/V_t$		25,30 kN/m ³
Υγρή πυκνότητα $\rho_{sat} = (W_s + V_u \times \rho_w)/V_t$		25,31 kN/m ³
Διορθωτικός συντελεστής βάρους		0,0035

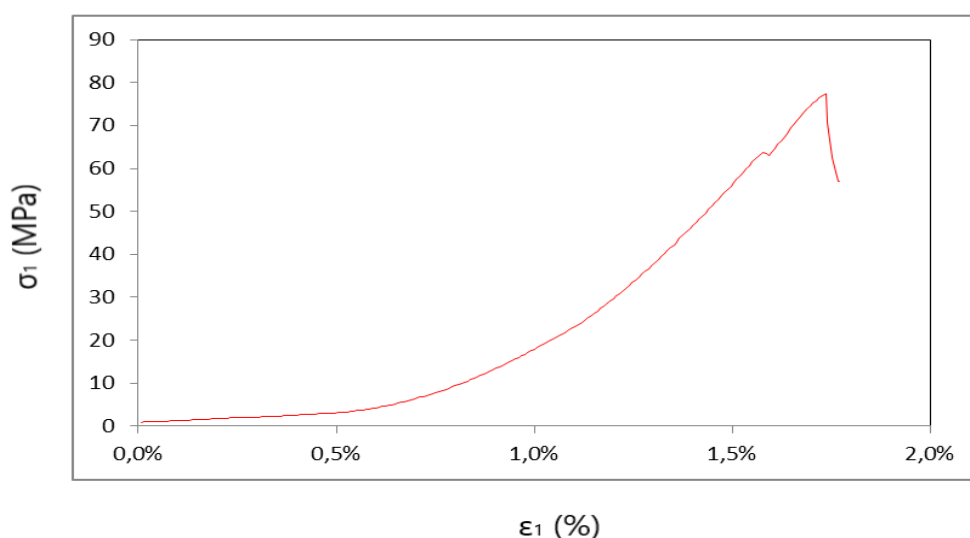
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΡΘΗΣ ΤΑΣΗΣ – ΑΝΗΓΜΕΝΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ



ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ 1β SAMPLE DATA 1β
Do (mm) = 54,61
Ho (mm) = 123,685
Ww (g) = 773,5
Ws (g) = 772,0
σ_{ci} (MPa) = 77,58313
Σχιστότητα = 180°
Υγρασία: ΞΗΡΟ

Στοιχεία δοκιμίου	1β	
Ύψος δοκιμίου (H)		12,3685 cm
Διάμετρος δοκιμίου (D)		5,461 cm
Πλάτος δοκιμίου (B)		
Μήκος δοκιμίου (L)		
Όγκος δείγματος (Vt)		0,000289 m ³
Βάρος κορεσμένου δείγματος (Wsat)	770,7 gr =	0,007560 kN
Βάρος ξηρού δείγματος (Ws)	769,2 gr =	0,007545 kN
Όγκος κενών, $V_u = (W_{sat} - W_s) / \rho_w$		0,0000015 m ³
Όγκος στερεών, $V_s = V_t - V_u$		0,0002875 m ³
Πορώδες $n = (V_u / V_t) \times 100$		0,51 %
Λόγος κενών, $e = V_u / V_s$		0,005
Ξηρή πυκνότητα $\rho_d = W_s / V_t$		26,10 kN/m ³
Υγρή πυκνότητα $\rho_{sat} = (M_s + V_u \times \rho_w) / V_t$		26,11 kN/m ³
Διορθωτικός συντελεστής βάρους		0,0035

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΤΑΣΗΣ – ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

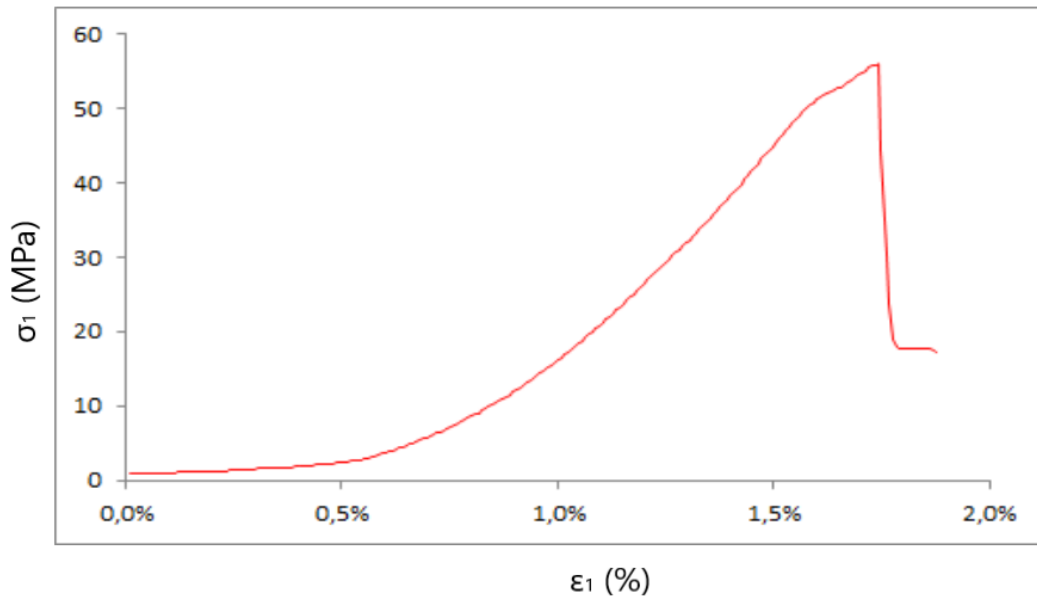


ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ 1γ

SAMPLE DATA 1γ

Do (mm) = 54,69
Ho (mm) = 110,44
Ww (g) = 668,5
Ws (g) = 662,8
σci (MPa)= 56,06334
Σχιστότητα = 45⁰
Υγρασία: ΞΗΡΟ

Στοιχεία δοκιμίου	1γ	
Ύψος δοκιμίου (H)		11,044 cm
Διάμετρος δοκιμίου (D)		5,469 cm
Πλάτος δοκιμίου (B)		
Μήκος δοκιμίου (L)		
Όγκος δείγματος (Vt)		0,000259 m³
Βάρος κορεσμένου δείγματος (Wsat)	666,1 gr =	0,006534 kN
Βάρος ξηρού δείγματος (Ws)	660,4 gr =	0,006478 kN
Όγκος κενών, Vu = (Wsat - Ws)/ρw		0,0000057 m³
Όγκος στερεών, Vs = Vt - Vu		0,0025843 m³
Πορώδες n = (Vu/Vt) x 100		2,2 %
Λόγος κενών, e = Vu/Vs		0,002
Ξηρή πυκνότητα ρd = Ws/Vt		25,01 kN/m³
Υγρή πυκνότητα ρsat = (Ws + Vu x ρw)/Vt		25,03 kN/m³
Διορθωτικός συντελεστής βάρους		0,0035



ΔΕΙΓΜΑ 2

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ 2α SAMPLE DATA 2a

Do (mm) = 54,365

Ho (mm) = 115,79

Ww (g) = 727,8

Ws (g) = 723,5

σci (MPa)= 119,7711

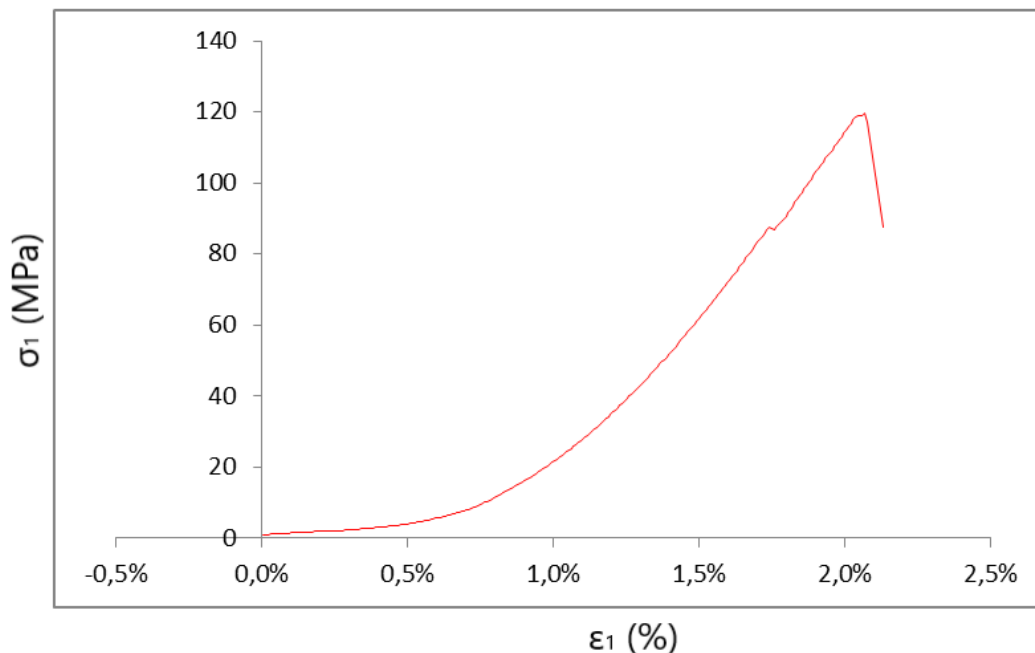
Σχιστότητα= 180°

Υγρασία: ΞΗΡΟ

Στοιχεία δοκιμίου	2α	
Ύψος δοκιμίου (H)		11,579 cm
Διάμετρος δοκιμίου (D)		5,4365 cm
Πλάτος δοκιμίου (B)		
Μήκος δοκιμίου (L)		
Όγκος δείγματος (Vt)		0,0002686 m³
Βάρος κορεσμένου δείγματος (Wsat)	725,2 gr =	0,007114 kN
Βάρος ξηρού δείγματος (Ws)	720,9 gr =	0,007072 kN
Όγκος κενών, Vu = (Msat-Ms)/ρw		0,0000043 m³
Όγκος στερεών, Vs = Vt-Vu		0,0002643 m³
Πορώδες n = (Vu/Vt) x 100		1,6 %
Λόγος κενών, e = Vu/Vs		0,016
Ξηρή πυκνότητα ρd = Ms/Vt		26,32 kN/m³

Υγρή πυκνότητα $\rho_{sat} = (M_s + V_u \times \rho_w) / V_t$		26,34 kN/m ³
Διορθωτικός συντελεστής βάρους		0,0035

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΤΑΣΗΣ - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

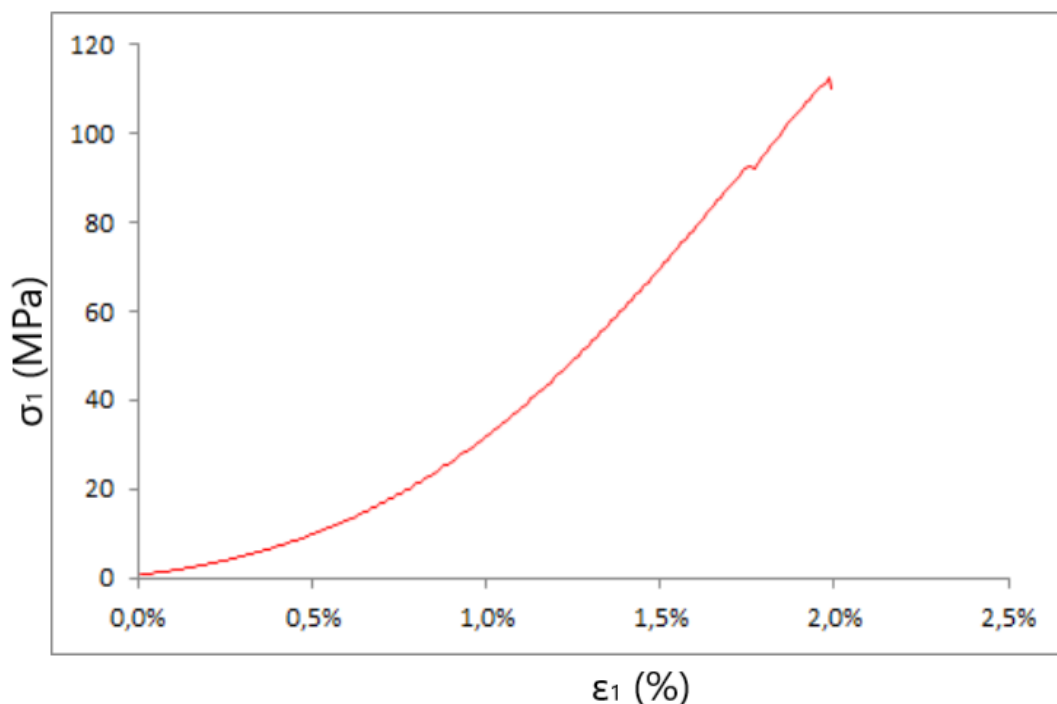


ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ 2β SAMPLE DATA 2b	
Do (mm) = 54,225	
Ho (mm) = 124,795	
Ww (g) = 776,8	
Ws (g) = 769,8	
σci (MPa) = 112,8942	
Σχιστότητα = 80°	
Υγρασία: ΞΗΡΟ	

Στοιχεία δοκιμίου	2β	
Ύψος δοκιμίου (H)		12,4795 cm
Διάμετρος δοκιμίου (D)		5,4225 cm
Πλάτος δοκιμίου (B)		
Μήκος δοκιμίου (L)		
Όγκος δείγματος (Vt)		0,00028 m ³
Βάρος κορεσμένου δείγματος (Wsat)	776,8 gr	0,0076 kN
Βάρος ξηρού δείγματος (Ws)	769,8 gr	0,0075 kN
Όγκος κενών, Vu = (Wsat - Ws)/ρw		0,000007
Όγκος στερεών, Vs = Vt - Vu		0,000273

Πορώδες $n = (V_v/V_t) \times 100$		2,5 %
Λόγος κενών, $e = V_u/V_s$		0,0256
Ξηρή πυκνότητα $\rho_d = W_s/V_t$		26,78 kN/m ³
Υγρή πυκνότητα $\rho_{sat} = (W_s + V_u \times \rho_w)/V_t$		26,81 kN/m ³
Διορθωτικός συντελεστής βάρους		0,0035

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΤΑΣΗΣ – ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

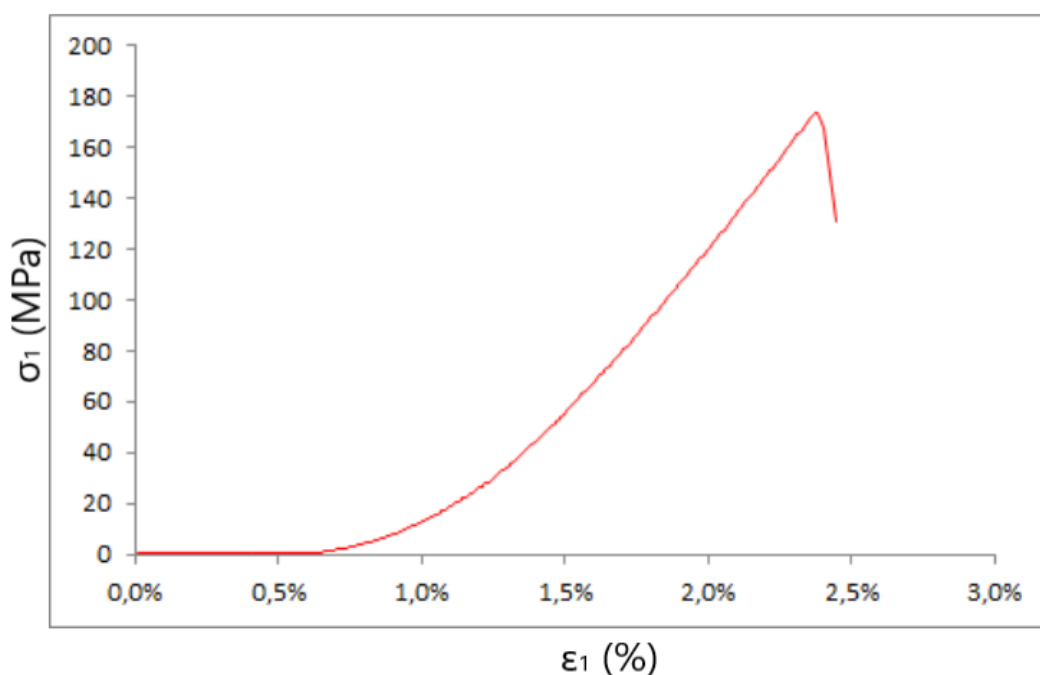


ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ 2γ SAMPLE DATA 2c
Do (mm) = 54,305
Ho (mm) = 129,25
Ww (g) = 804,1
Ws (g) = 799,8
σci (MPa) = 174,389
Σχιστότητα = 90 ⁰
Υγρασία: ΞΗΡΟ

Στοιχεία δοκιμίου	2γ	
Ύψος δοκιμίου (H)		12,925 cm
Διάμετρος δοκιμίου (D)		5,4305 cm
Πλάτος δοκιμίου (B)		
Μήκος δοκιμίου (L)		
Όγκος δείγματος (Vt)		0,00029 m ³

Βάρος κορεσμένου δείγματος (W _{sat})	804,1 gr	0,00788 kN
Βάρος ξηρού δείγματος (W _s)	799,8 gr	0,00784 kN
Όγκος κενών, V _u = (W _{sat} - W _s)/ρ _w		0,0000043 m ³
Όγκος στερεών, V _s = V _t - V _v		0,0002857 m ³
Πορώδες n = (V _v /V _t) x 100		1,48 %
Λόγος κενών, e = V _u /V _s		0,015
Ξηρή πυκνότητα ρ _d = W _s /V _t		27,03 kN/m ³
Υγρή πυκνότητα ρ _{sat} = (W _s + V _u x ρ _w)/V _t		27,05 kN/m ³
Διορθωτικός συντελεστής βάρους		0,0035

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΤΑΣΗΣ – ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ



ΔΕΙΓΜΑ 3
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ 3α SAMPLE DATA 3a
D_o (mm) = 54,375
H_o (mm) = 109,21
W_w (g) = 684,2

Ws (g) = 679,3

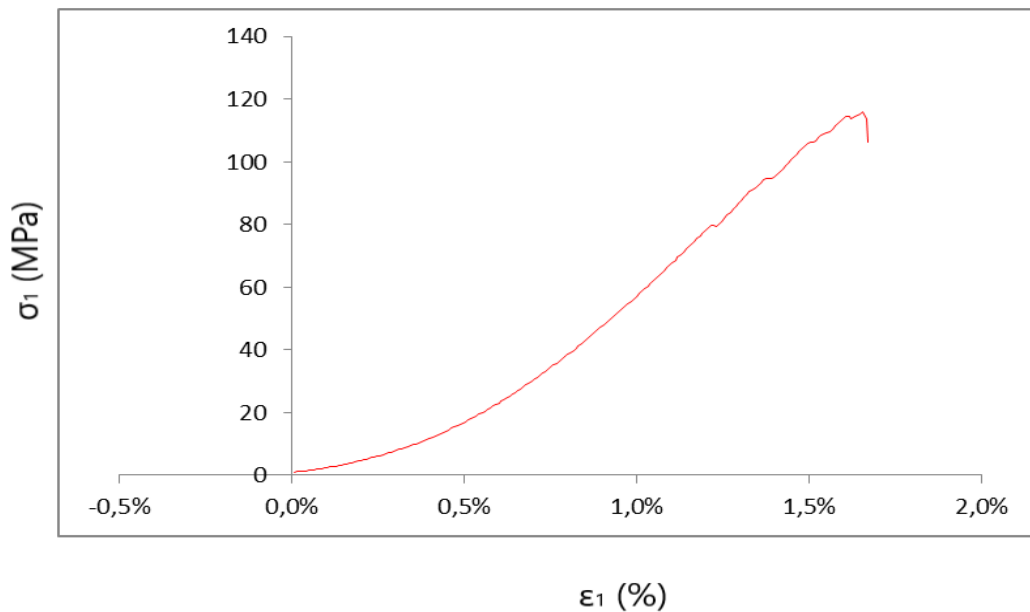
σ_{ci} (MPa)= 116,1639

Σχιστότητα= 180°

Υγρασία: ΞΗΡΟ

Στοιχεία δοκιμίου	3a	
Ύψος δοκιμίου (H)		10,921 cm
Διάμετρος δοκιμίου (D)		5,4375 cm
Πλάτος δοκιμίου (B)		
Μήκος δοκιμίου (L)		
Όγκος δείγματος (Vt)		0,0002534 m³
Βάρος κορεσμένου δείγματος (Wsat)	681,8 gr =	0,006688 kN
Βάρος ξηρού δείγματος (Ws)	676,9 gr =	0,006640 kN
Όγκος κενών, $V_u = (W_{sat} - W_s) / \rho_w$		0,0000049 m³
Όγκος στερεών, $V_s = V_t - V_u$		0,0002485 m³
Πορώδες $n = (V_u / V_t) \times 100$		1,93 %
Λόγος κενών, $e = V_u / V_s$		0,019
Ξηρή πυκνότητα $\rho_d = W_s / V_t$		26,20 kN/m³
Υγρή πυκνότητα $\rho_{sat} = (W_s + V_u \times \rho_w) / V_t$		26,19 kN/m³
Διορθωτικός συντελεστής βάρους		0,0035

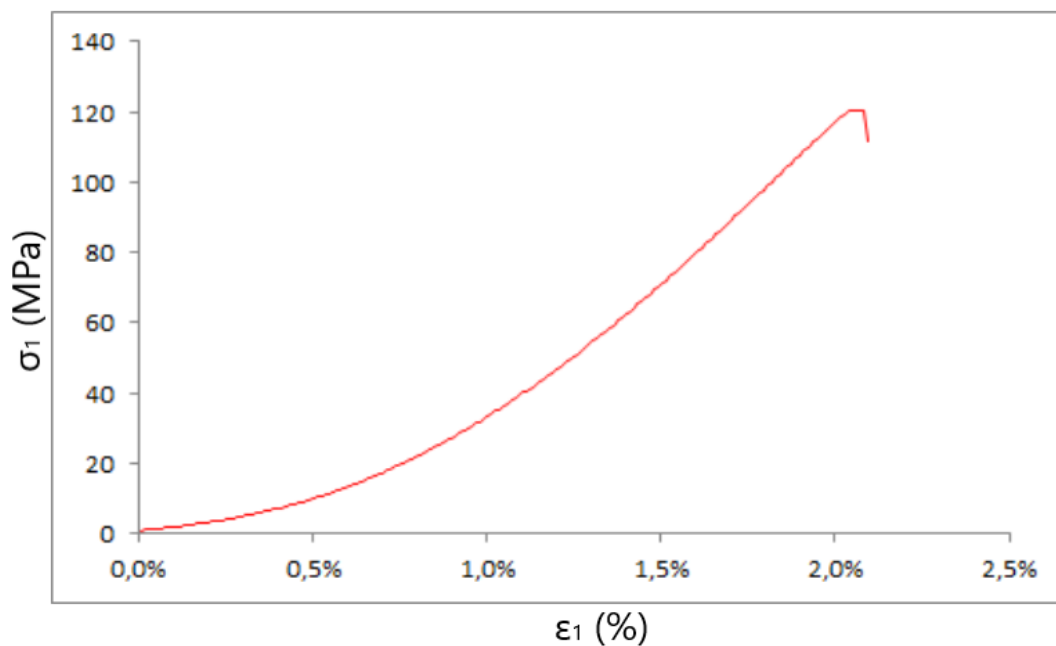
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΤΑΣΗΣ-ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ



ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ 3β		
SAMPLE DATA 3b		
Do (mm) = 54,17		
Ho (mm) = 117,535		
Ww (g) = 729,1		
Ws (g) = 722,7		
σci (MPa)= 120,8337		
Σχιστότητα = 90 ⁰		
Υγρασία: ΞΗΡΟ		
Στοιχεία δοκιμίου	<u>3β</u>	
Ύψος δοκιμίου (H)		11,7535 cm
Διάμετρος δοκιμίου (D)		5,417 cm
Πλάτος δοκιμίου (B)		
Μήκος δοκιμίου (L)		
Όγκος δείγματος (Vt)		0,00027 m ³
Βάρος κορεσμένου δείγματος (Wsat)	729,1	0,00715 kN

Βάρος ξηρού δείγματος (W_s)	722,7	0,00708 kN
Όγκος κενών, $V_u = (W_{sat} - W_s)/\rho_w$		0,0000064 m ³
Όγκος στερεών, $V_s = V_t - V_u$		0,000263 m ³
Πορώδες $n = (V_u/V_t) \times 100$		2,37 %
Λόγος κενών, $e = V_u/V_s$		0,024
Ξηρή πυκνότητα $\rho_d = W_s/V_t$		26,2 kN/m ³
Υγρή πυκνότητα $\rho_{sat} = (W_s + V_u \times \rho_w)/V_t$		26,3 kN/m ³
Διορθωτικός συντελεστής βάρους		0,0035

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΤΑΣΗΣ – ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ



ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ 3γ

SAMPLE DATA 3c

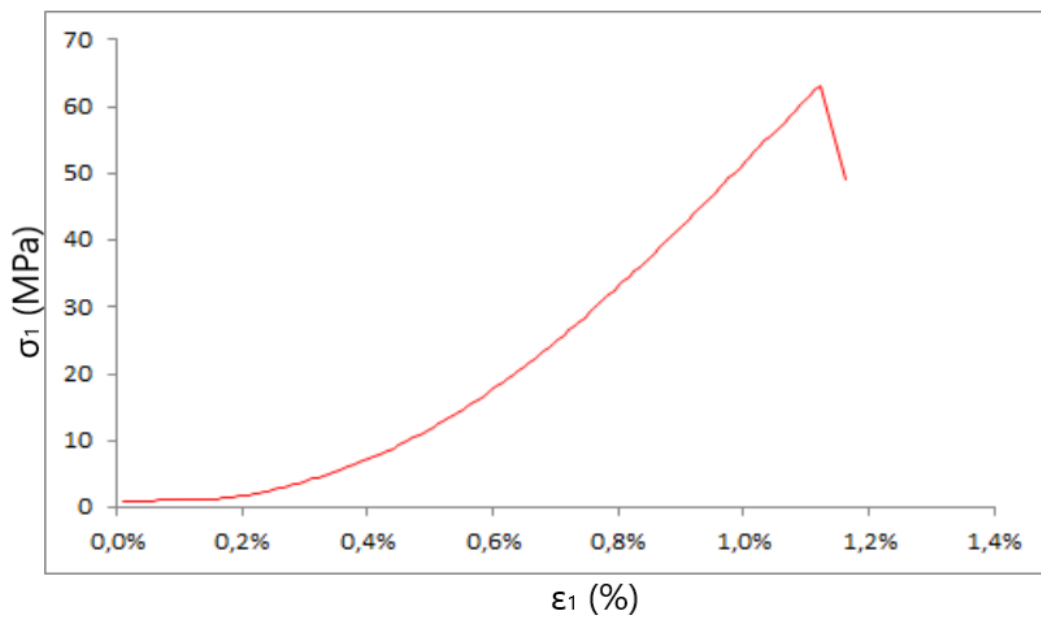
Do (mm) = 54,61

Ho (mm) = 137,385

Ww (g) = 885,3

Ws (g) = 883,4		
σci (MPa)= 63,18727		
Σχιστότητα= 45°		
Υγρασία: ΞΗΡΟ		
Στοιχεία δοκιμίου	<u>3γ</u>	
Ύψος δοκιμίου (H)		5,461 cm
Διάμετρος δοκιμίου (D)		13,7385 cm
Πλάτος δοκιμίου (B)		
Μήκος δοκιμίου (L)		
Όγκος δείγματος (Vt)		0,00321 m³
Βάρος κορεσμένου δείγματος (Wsat)	885,3 gr	0,0087 kN
Βάρος ξηρού δείγματος (Ws)	883,4 gr	0,0086 kN
Όγκος κενών, Vu = (Wsat-Ms)/ρw		0,0000019
Όγκος στερεών, Vs = Vt-Vv		0,0032
Πορώδες n = (Vv/Vt) x 100		0,059 %
Λόγος κενών, e = Vu/Vs		0,00059
Ξηρή πυκνότητα ρd = Ws/Vt		2,67 kN/m³
Υγρή πυκνότητα ρsat = (Ws + Vu x ρw)/Vt		2,68 kN/m³
Διορθωτικός συντελεστής βάρους		0,035

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΤΑΣΗΣ – ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

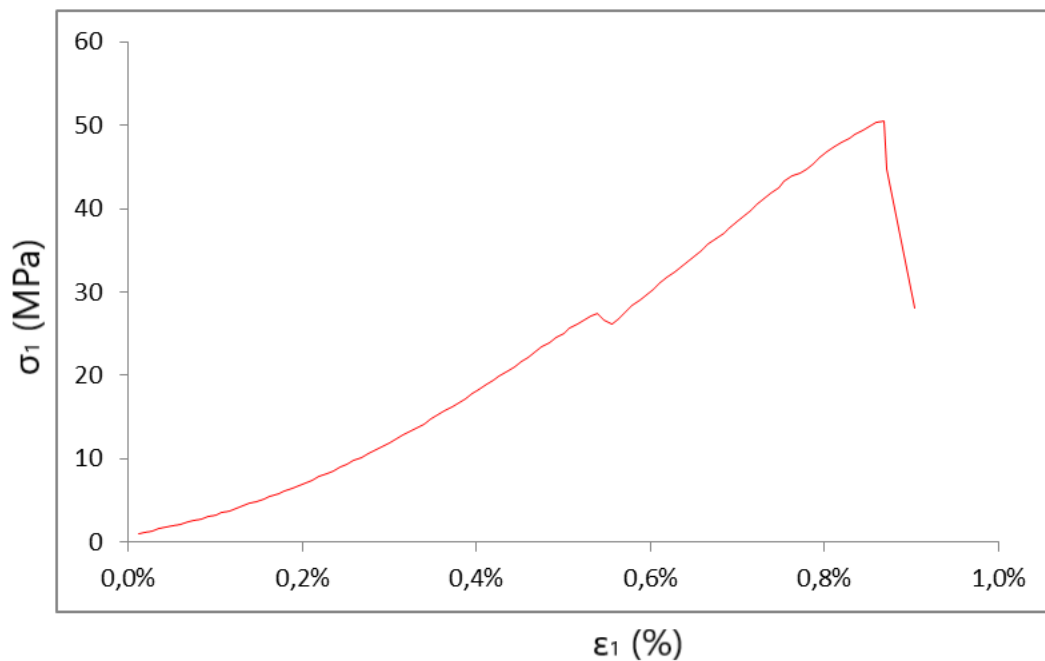


ΔΕΙΓΜΑ 4	
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ 4a	
SAMPLE DATA 4a	
Do (mm) = 54,525	
Ho (mm) = 133,415	
Ww (g) = 843,0	
Ws (g) = 839,3	
$\sigma_{ci} = 50,6701$ MPa	
σχιστότητα = 45°	
Υγρασία: ΞΗΡΟ	

Στοιχεία δοκιμίου	4a	
Ύψος δοκιμίου (H)		13,3415 cm
Διάμετρος δοκιμίου (D)		5,4525 cm
Πλάτος δοκιμίου (B)		
Μήκος δοκιμίου (L)		
Όγκος δείγματος (Vt)		0,0003113 m³

Βάρος κορεσμένου δείγματος (W _{sat})	840,0 gr =	0,008240 kN
Βάρος ξηρού δείγματος (W _s)	836,3 gr =	0,008204 kN
Όγκος κενών, V _u = (W _{sat} - W _s)/ρ _w		0,0000037 m³
Όγκος στερεών, V _s = V _t - V _v		0,0003076
Πορώδες n = (V _v /V _t) x 100		1,18 %
Λόγος κενών, e = V _u /V _s		0,012
Ξηρή πυκνότητα ρ _d = W _s /V _t		26,35 kN/m³
Υγρή πυκνότητα ρ _{sat} = (W _s + V _u x ρ _w)/V _t		26,36 kN/m³
Διορθωτικός συντελεστής βάρους		0,0035

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΤΑΣΗΣ – ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

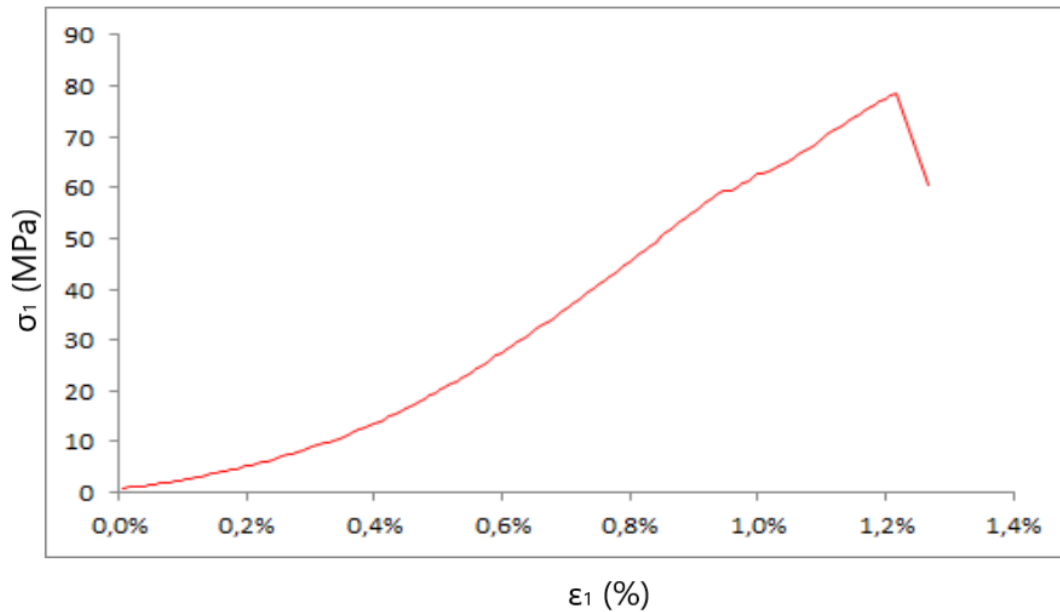


ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ 4β

SAMPLE DATA 4b

Do (mm) = 54,62		
Ho (mm) = 109,22		
Ww (g) = 709,5		
Ws (g) = 708,3		
σci (MPa)= 78,5625		
Σχιστότητα=180⁰		
Υγρασία: ΞΗΡΟ		
Στοιχεία δοκιμίου	<u>4β</u>	
Ύψος δοκιμίου (H)		10,922 cm
Διάμετρος δοκιμίου (D)		5,462cm
Πλάτος δοκιμίου (B)		
Μήκος δοκιμίου (L)		
Όγκος δείγματος (Vt)		0,000255 m³
Βάρος κορεσμένου δείγματος (Wsat)	709,5 gr	0,00696 kN
Βάρος ξηρού δείγματος (Ws)	708,3 gr	0,00694 kN
Όγκος κενών, Vu = (Wsat - Ws)/ρw		0,0000012
Όγκος στερεών, Vs = Vt - Vu		0,000253
Πορώδες n = (Vu/Vt) x 100		0,47 %
Λόγος κενών, e = Vu/Vs		0,00474
Ξηρή πυκνότητα ρd = Ws/Vt		27,21 kN/m³
Υγρή πυκνότητα ρsat = (Ws + Vu x ρw)/Vt		27,22 kN/m³
Διορθωτικός συντελεστής βάρους		0,0035

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΤΑΣΗΣ – ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

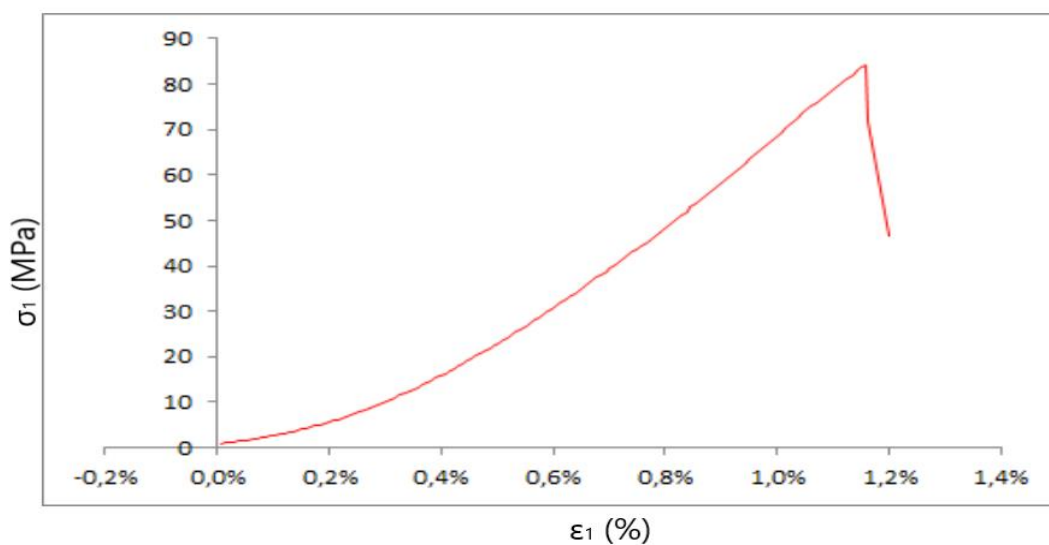


ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΟΚΙΜΙΟΥ 4γ	
SAMPLE DATA 4c	
Do (mm) =	54,605
Ho (mm) =	135,165
Ww (g) =	862,1
Ws (g) =	859,3
σci (MPa)=	84,13956
Σχιστότητα =	90 ⁰
Υγρασία: ΞΗΡΟ	

Στοιχεία δοκιμίου	4γ	
Ύψος δοκιμίου (H)		13,5165 cm
Διάμετρος δοκιμίου (D)		5,4605 cm
Πλάτος δοκιμίου (B)		
Μήκος δοκιμίου (L)		
Όγκος δείγματος (Vt)		0,000316 m ³
Βάρος κορεσμένου δείγματος (Wsat)	862,1 gr	0,00845 kN
Βάρος ξηρού δείγματος (Ws)	859,3 gr	0,00842 kN

Όγκος κενών, $V_u = (W_{sat} - W_s)/\rho_w$		0,0000028 m³
Όγκος στερεών, $V_s = V_t - V_u$		0,000312 m³
Πορώδες $n = (V_u/V_t) \times 100$		0,88%
Λόγος κενών, $e = V_u/V_s$		0,0089
Ξηρή πυκνότητα $\rho_d = W_s/V_t$		26,64 kN/m³
Υγρή πυκνότητα $\rho_{sat} = (W_s + V_u \times \rho_w)/V_t$		26,65 kN/m³
Διορθωτικός συντελεστής βάρους		0,0035

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΑΘΕΤΗΣ ΤΑΣΗΣ – ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ



5.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η εργαστηριακή δοκιμή μονοαξονικής ανεμπόδιστης θλίψης είναι η πιο διαδεδομένη εργαστηριακή μέθοδος μελέτης της θλιπτικής αντοχής των πετρωμάτων και μια από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες δοκιμές αντοχής εν γένει. Είναι εύκολη, γρήγορη στην εκτέλεση της και γενικώς χαμηλού κόστους. Έχει ως κύριο στόχο τη μέτρηση της αντοχής σε θλίψη άρρηκτων δοκιμίων πετρώματος χωρίς πλευρικό περιορισμό, καθώς επίσης και την ελαστική-πλαστική παραμόρφωση και τη σταδιακή φθορά των πετρωμάτων λόγω διάδοσης μικρό-ρωγμών.

Τα αποτελέσματα της δοκιμής ανεμπόδιστης θλίψης πετρωμάτων επηρεάζονται από μια σειρά παραμέτρων που δεν σχετίζονται με τη φύση του υλικού, οι βασικότερες των οποίων είναι:

- Η ύπαρξη ρωγμών ή μικρό-ρωγμών που δεν είναι εμφανείς
- Η παραλληλία των εδρών βάσεων και εκκεντρότητα (καθετότητα άξονα στις βάσεις έδρασης) των δοκιμίων
- Ο ρυθμός φόρτισης
- Η λίπανση των πλακών έδρασης
- Το μέγεθος του δοκιμίου
- Ο λόγος ύψους – διάμετρο

Το κατά πόσο το ακέραιο πέτρωμα η βραχώδης υλικό μπορεί να θεωρηθεί ως ιδανικό υλικό εξαρτάται κυρίως από την ισοτροπία, την ομοιογένεια και τη συνέχειά του.

Η *ισοτροπία* είναι ένα μέτρο των ιδιοτήτων του υλικού κατά διεύθυνση. Επειδή πολλά πετρώματα παρουσιάζουν εκλεκτικό προσανατολισμό των ορυκτολογικών συστατικών τους που έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία υφής, φύλλωσης, σχιστότητας κ.λπ. αναμένεται να αντιδρούν διαφορετικά σε εξωτερικές τάσεις προς διαφορετικές διευθύνσεις.

Η *ομοιογένεια* είναι ένα μέτρο της φυσικής σύστασης του υλικού. Έτσι σε ένα ομοιογενές υλικό, τα συστατικά του (κόκκοι, συγκολλητικό υλικό κ.λπ.) είναι κατανεμημένα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε ένα οποιοδήποτε τμήμα του να έχει τις ίδιες χαρακτηριστικές ιδιότητες του υλικού αυτού.

Η *συνέχεια* αναφέρεται στην ύπαρξη μικρορωγμών και πόρων που υπάρχουν στο πέτρωμα.

Στην παρούσα εργασία έγινε η μελέτη των πετρωμάτων με βάση την ισοτροπία τους όπως αυτή επηρεάζεται από την παρουσία της σχιστότητας. Ο αριθμός των δειγμάτων που εξετάστηκαν ήταν έξι από τα οποία διαμορφώθηκαν δώδεκα δοκίμια (κάθετα, παράλληλα και υπό γωνία ως προς τη σχιστότητα), με αποσάθρωση που κυμαίνεται από ελάχιστα έως λίγο αποσθρωμένα, έτσι ώστε να μην επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό τα αποτελέσματα της μελέτης, αφού όσο πιο αποσθρωμένο είναι ένα πέτρωμα τόσο μειώνεται η αντοχή του.

Η μονοαξονική θλιπτική αντοχή ως μηχανική παράμετρος του άρρηκτου πετρώματος αντιπροσωπεύει το μέγεθος της εφαρμοζόμενης σε αυτό συμπίεστικής τάσης που προκαλεί τη θραύση του.

Στον πίνακα 2 δίνεται η ποιοτική κατάταξη βραχώδους υλικού με βάση την αντοχή του σε μονοαξονική θλίψη (Κούκης & Σαμπατακάκης, 2002).

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΑΝΤΟΧΗΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ	ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗ ΘΛΙΨΗ (MPa)	ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ
Εξαιρετικά υψηλή	>250	Δεν σπάει με το γεωλογικό σφυρί
Πολύ υψηλή	100-250	Χρειάζονται πολλά χτυπήματα για να σπάσει με το γεωλογικό σφυρί
Υψηλής	50-100	Χρειάζονται περισσότερα από ένα χτυπήματα
Μέση	25-50	Δεν χαράσσεται με μαχαιρίδιο και μπορεί να σπάσει με ένα κτύπημα γεωλογικού σφυριού
Χαμηλή	5-25	Χαράσσεται δύσκολα με το μαχαιρίδιο και η μύτη του γεωλογικού σφυριού δημιουργεί αβαθείς χαραγές.
Πολύ χαμηλή	1-5	Σπάει σε πολλά κομμάτια με ένα κτύπημα του γεωλογικού σφυριού και χαράσσεται εύκολα με το μαχαιρίδιο
Εξαιρετικά χαμηλή	0,25-1	Χαράσσεται με το νύχι του αντίχειρα

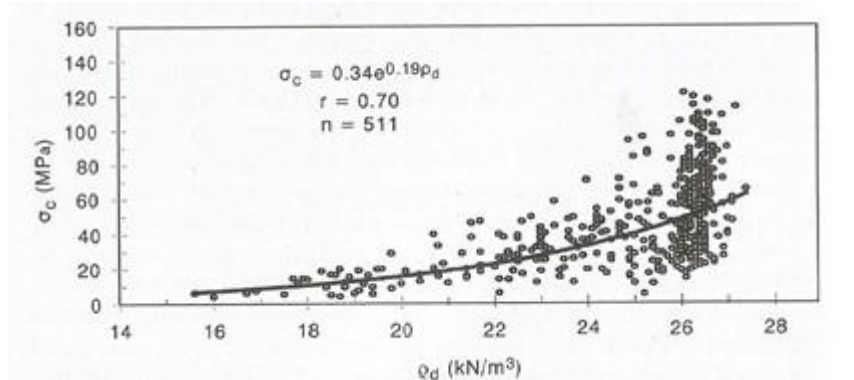
Πίνακας 2 : Κατάταξη βραχώδους υλικού με βάση την αντοχή του σε μονοαξονική θλίψη

Η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη βραχώδους υλικού που θα εξεταστεί λαμβάνοντας υπόψη τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν παραπάνω εξαρτάται από διάφορους παράγοντες που έχουν σχέση με :

1. Τη φύση του πετρώματος δηλαδή κυρίως την ορυκτολογική του σύσταση και το μέγεθος των κόκκων του
2. Την περιεχόμενη υγρασία του
3. Την ανισοτροπία του
4. Το βαθμό αποσάθρωσης

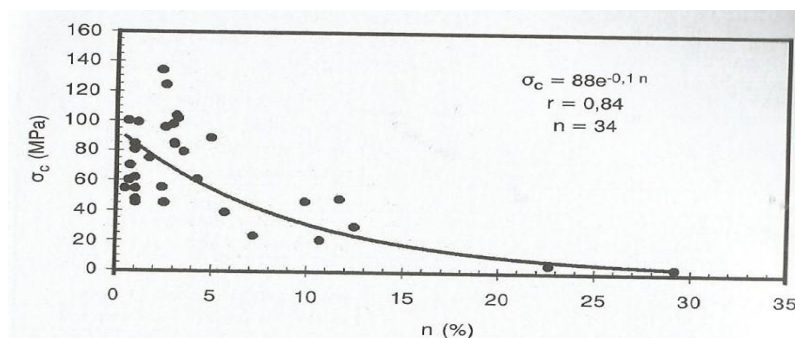
Από συσχετίσεις αποτελεσμάτων αντοχής σε μονοαξονική θλίψη με άλλες παραμέτρους του βραχώδους υλικού φαίνεται ότι :

- Αύξηση του ξηρού φαινόμενου βάρους σχετίζεται γενικώς με αύξηση της αντοχής του



Μεταβολή της αντοχής με το ξηρό φαινόμενο βάρος (Κούκης & Σαμπατακάκης 2002)

- Αύξηση του πορώδους σχετίζεται γενικώς με μείωση της αντοχής του.

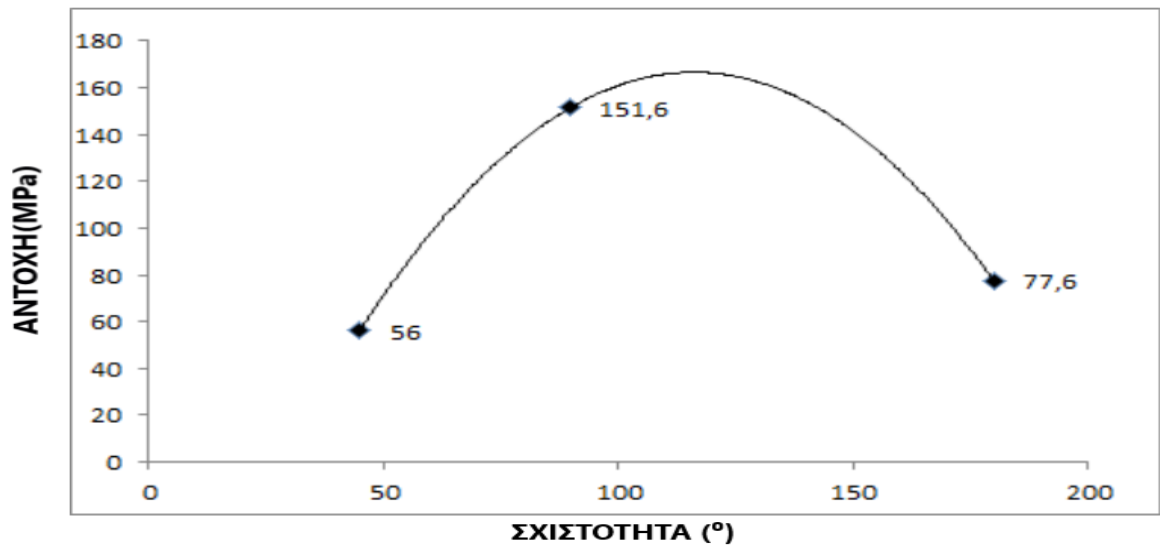


Μεταβολή της αντοχής με το πορώδες

- Αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας σχετίζεται γενικώς με μείωση της αντοχής. Δοκίμια άρρηκτου πετρώματος που έχουν ξηρανθεί παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή από αυτά που έχουν κάποια περιεχόμενη υγρασία.

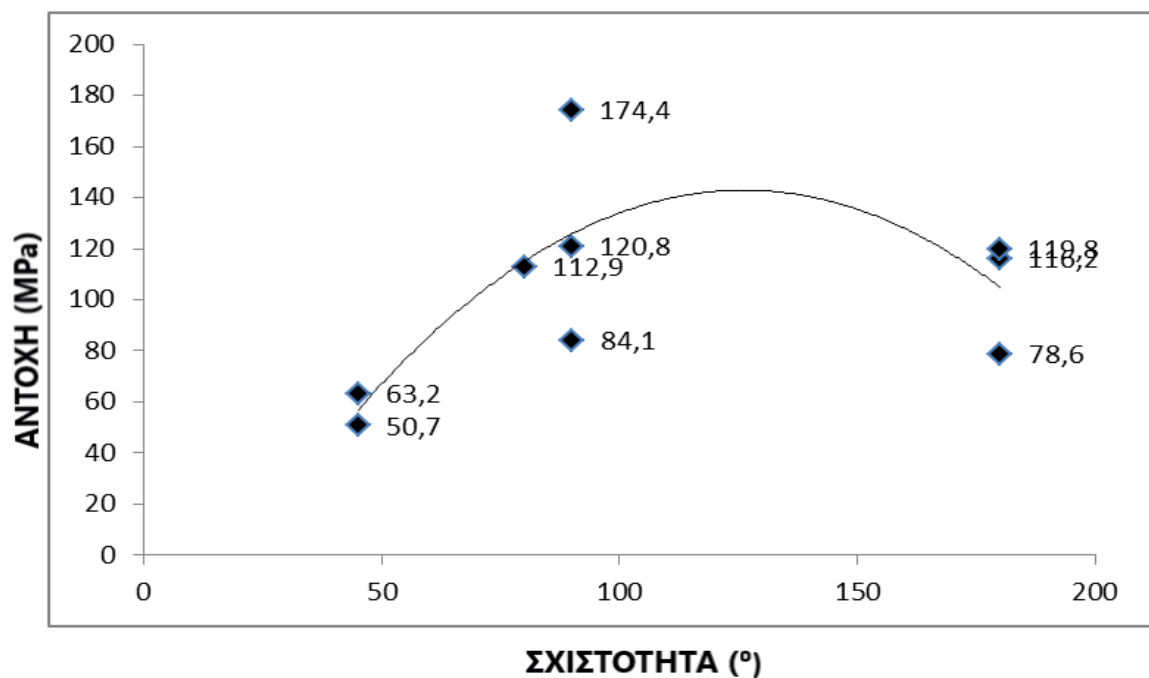
Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάστηκε η μονοαξονική θλιπτική αντοχή 12 δοκιμίων (γνευσίου και πρασινοσχιστόλιθου) με βάση των προσανατολισμό της σχιστότητας. Η μελέτη έδωσε τα αποτελέσματα που απεικονίζονται στα διαγράμματα που ακολουθούν (Εικόνα 17, Εικόνα 18).

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΤΟΧΗΣ-ΣΧΙΣΤΟΤΗΤΑΣ ΓΝΕΥΣΙΟΥ



Εικόνα 17 : Διάγραμμα μεταβολής της αντοχής του γνευσίου με τη σχιστότητα

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΤΟΧΗΣ-ΣΧΙΣΤΟΤΗΤΑΣ ΠΡΑΣΙΝΟΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΥ



Εικόνα 18 : Διάγραμμα μεταβολής της αντοχής του πρασινοςχιστόλιθου με τη σχιστότητα

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΓΝΕΥΣΙΟΥ : Τα δοκίμια του γνευσίου έχουν κοπεί υπό γωνία 90^0 (κάθετα), 180^0 (παράλληλα) και 45^0 ως προς τη σχιστότητα. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, η ελάχιστη αντοχή παρουσιάζεται όταν το δείγμα έχει κοπεί υπό γωνία σε σχέση με τη σχιστότητα, ενώ παρατηρείται μεγάλη αύξηση όταν η κοπή γίνεται κάθετα. Τέλος, η αντοχή μειώνεται πάλι όταν το δείγμα κόβεται παράλληλα. Ισχύει δηλαδή : $\sigma_{ci}(90^0) > \sigma_{ci}(180^0) > \sigma_{ci}(45^0)$.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΡΑΣΙΝΟΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΥ : Τα δείγματα του πρασινοσχιστόλιθου έχουν κοπεί υπό γωνία 90^0 (κάθετα), 180^0 (παράλληλα), 45 και 80^0 (υπό γωνία). Παρόμοια με το διάγραμμα του γνευσίου η ελάχιστη αντοχή παρατηρείται όταν το δείγμα έχει κοπεί υπό γωνία 45^0 σε σχέση με τη σχιστότητα, ενώ σταδιακά αυξάνεται μέχρι το μέγιστο βαθμό στις 90^0 . Μείωση της αντοχής παρατηρείται ξανά όταν το δείγμα κόβεται παράλληλα. Ισχύει δηλαδή : $\sigma_{ci}(90^0) > \sigma_{ci}(180^0) > \sigma_{ci}(45^0)$. Η μικρότερη αντοχή στο δοκίμιο των 45^0 οφείλεται στην συνιστώσες της τάσης που προκύπτουν.

Στατιστική απόκλιση :

ΖΕΥΓΑΡΙ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ	UCS (MPa)			ΜΕΙΩΣΗ %
			ΔΟΚΙΜΙΟ 1 (ΥΠΟ ΓΩΝΙΑ)	ΔΟΚΙΜΙΟ 2 (ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ)	ΔΟΚΙΜΙΟ 3 (ΚΑΘΕΤΑ)	
1	Σταυρός	Μέτρια	56,06	77,583	151,60	63
2	Άγιος Παύλος	Λίγη	112,89	119,77	174,39	35,3
3	Άγιος Παύλος	Μέτρια	63,19	116,16	120,83	47,7
4	Άγιος Παύλος	Λίγη	50,67	78,56	84,14	39,7

Πίνακας 3 : Αποτελέσματα δοκιμών μονοαξονικής θλιπτικής αντοχής για τα ζεύγη των δοκιμών

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Οι τιμές αντοχής του γνευσίου κυμαίνονται από 56,06 MPa (45° ως προς τη σχιστότητα) έως 151,61 MPa (κάθετα ως προς τη σχιστότητα). Οι τιμές του πρασινοσχιστόλιθου κυμαίνονται από 50,67 MPa (45° ως προς τη σχιστότητα) έως 174,39 MPa (κάθετα ως προς τη σχιστότητα). Χαρακτηριστικά περιβάλλοντος γνευσίων : γενικά πολύ υψηλές αντοχές, γνευσιακή υφή που προσδίδει ετερογένεια. Πρασινοσχιστόλιθοι : πέτρωμα ιδιαίτερα σκληρό και ανθεκτικό, συχνό δομικό υλικό. Παρατηρείται ότι στην περίπτωση του γνευσίου το ποσοστό μείωσης της αντοχής όταν αλλάζει η διεύθυνση της σχιστότητας είναι μεγαλύτερο από αυτό του πρασινοσχιστόλιθου, γεγονός που ίσως οφείλεται στο διαφορετικό βαθμό αποσάθρωσής τους.
- Και στα 2 πετρώματα παρατηρείται ότι η διεύθυνση η οποία έδωσε τα υψηλότερα νούμερα αντοχής είναι αυτή των 90° (κάθετα στη σχιστότητα), ενώ αυτή που έδωσε τα μικρότερα είναι των 45° (υπό γωνία στη σχιστότητα).
- Το ποσοστό απομείωσης για το γνεύσιο είναι 63% ενώ στην περίπτωση του πρασινοσχιστόλιθου κυμαίνεται από 35,3 % έως 47,7%. Επομένως, η αλλαγή στη διεύθυνση της σχιστότητας επηρεάζει σημαντικά στην αντοχή και των 2 πετρωμάτων. Η μεγαλύτερη μείωση της αντοχής του γνευσίου είναι πιθανό να οφείλεται στο μεγαλύτερο βαθμό αποσάθρωσης που αυτός παρουσιάζει.
- Οι Papadopoulos και Marinos (1992) απέδειξαν ότι η αύξηση του βαθμού αποσάθρωσης οδηγεί σε δραματική μείωση της αντοχής σε σημειακή φόρτιση (από την οποία έμμεσα προκύπτει και η αντοχή σε μονοαξονική θλίψη) και του δείκτη ανισοτροπίας της αντοχής σε σημειακή φόρτιση. Συνεπώς, ο βαθμός αποσάθρωσης είναι ένας παράγοντας, που είναι καλό να εξετάζεται σε κάθε περίπτωση καθώς μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την τιμή της αντοχής, γεγονός που φαίνεται και στον πίνακα 3.

Εν κατακλείδι , η μέγιστη θλιπτική αντοχή των υλικών που εξετάστηκαν παρουσιάζεται όταν αυτά έχουν κοπεί κάθετα ως προς τη σχιστότητα, ενώ η ελάχιστη όταν έχουν κοπεί υπό γωνία 45° . Η απόκλιση στην τιμή του σ_{ci} είναι σημαντική, γεγονός που δείχνει την επιρροή που μπορεί να έχει η σχιστότητα στο σχεδιασμό ενός τεχνικού έργου. Όπως έχει φανεί και από παραδείγματα αστοχιών., είναι ένας παράγοντας που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη καθώς ακόμα και μια μικρή διαφορά στον προσανατολισμό της σε σχέση με τις ασκούμενες τάσεις μπορεί να έχει μοιραία αποτελέσματα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΔΟΚΙΜΙΟ 1α



Δοκίμιο πριν τη θραύση



Δοκίμιο μετά τη θραύση

ΔΟΚΙΜΙΟ 1β



Δοκίμιο πριν τη θραύση



Δοκίμιο μετά τη θραύση 1

ΔΟΚΙΜΙΟ 1γ



Δοκίμιο πριν τη θραύση



Δοκίμιο μετά τη θραύση

ΔΟΚΙΜΙΟ 2 α



Δοκίμιο πριν τη θραύση



Δοκίμιο μετά τη θραύση

ΔΟΚΙΜΙΟ 2β



Δοκίμιο πριν τη θραύση



Δοκίμιο μετά τη θραύση

ΔΟΚΙΜΙΟ 2γ

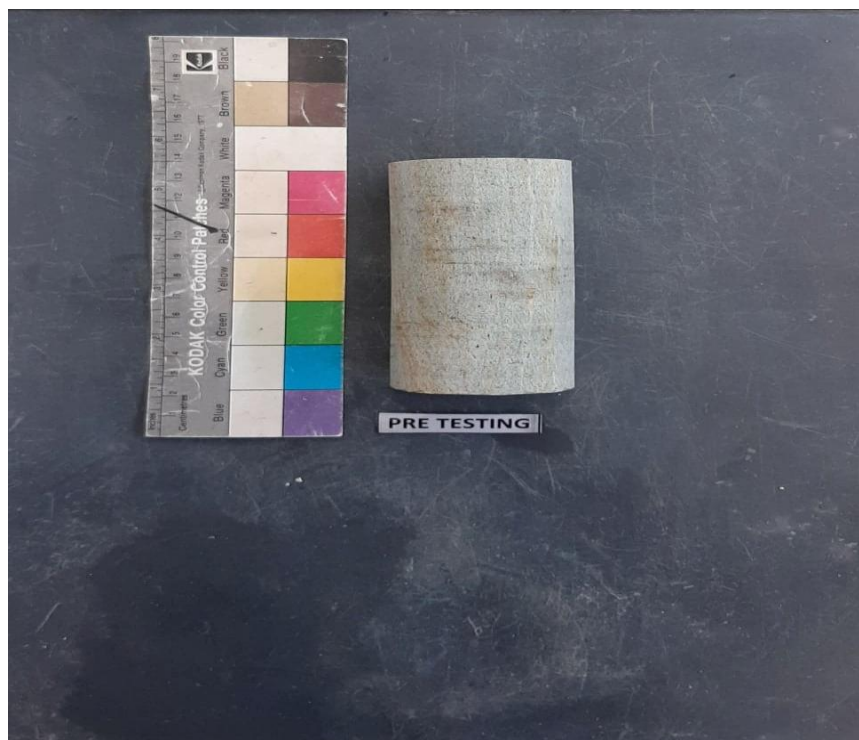


Δοκίμιο πριν τη θραύση

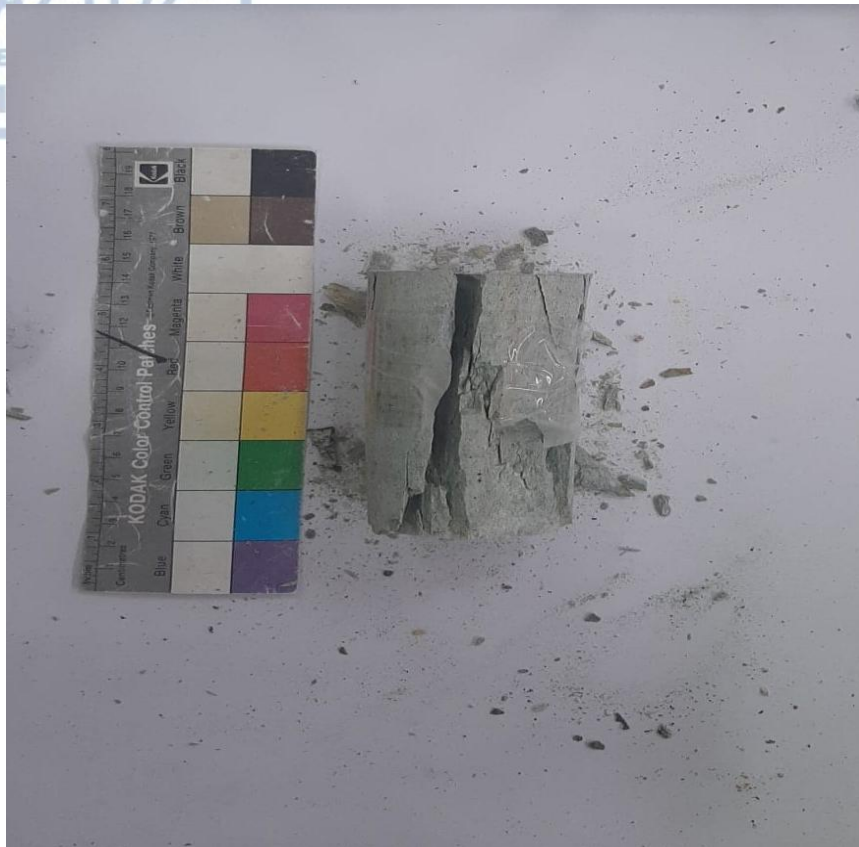


Δοκίμιο μετά τη θραύση

ΔΟΚΙΜΙΟ 3 α



Δοκίμιο πριν τη θραύση



Δοκίμιο μετά τη θραύση

ΔΟΚΙΜΙΟ 3β



Δοκίμιο πριν τη θραύση



Δοκίμιο μετά τη θραύση

ΔΟΚΙΜΙΟ 3 γ



Δοκίμιο πριν τη θραύση



Δοκίμιο μετά τη θραύση

ΔΟΚΙΜΙΟ 4α



Δοκίμιο πριν τη θραύση



Δοκίμιο μετά τη θραύση

ΔΟΚΙΜΙΟ 4β



Δοκίμιο πριν τη θραύση



Δοκίμιο μετά τη θραύση

ΔΟΚΙΜΙΟ 4γ



Δοκίμιο πριν τη θραύση



Δοκίμιο μετά τη θραύση



BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Londe, P.(1987). The Malpasset dam failure, Engineering Geology, Vol.24, pp 295-329
- Papadopoulos Z. & Marinos P., (1992). On the anisotropy of the Athenian Schist and its relation to weathering. Bull, of the I.A.E.G., Vol.45., pp 111-116.
- ASTM (2002). Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens
- HUDSON, J., & HARRISON, J. P. (1995). Engineering rock mechanics: an introduction to the principles. Tarrytown, NY, Pergamon.
- Ozturk, C.A., Nasuf, E.(2013) . Tunneling and Underground Space Technology 37, pp 45–54
- Turk N., Dearman W.R. (1986). A correction equation on the influence of length to diameter ratio on the uniaxial compressive strength of rocks, Engineering Geology, Vol. 22, Issue 3, pp 293-300
- Κούκης Γ. , Σαμπατακάκης Ν., (2002). Τεχνική Γεωλογία
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. (2010): Γεωλογία της Ελλάδος και γεωτεκτονική εξέλιξη. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- Σαράντης Θ. Δημητριάδης (1988) : Εισαγωγή στην Πετρολογία των Μεταμορφωμένων Πετρωμάτων, Εκδόσεις ΓΙΑΧΟΥΔΗ , σελ. 9-10.
- Χρηστάρας, (2011). Απλά βήματα στην εδαφομηχανική. Θεσσαλονίκη: University Studio Press

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ :

- http://dspace.aua.gr/xmlui/bitstream/handle/10329/5713/Karvouni_C.pdf?sequence=1
- <http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/document/file.php/MECH104/%CE%9C%CE%BF%CE%BD%CE%BF%CE%B1%CE%BE%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%98%CE%BB%CE%AF%CF%88%CE%B7.pdf>
- <http://enggeo-auth.weebly.com/>
- <http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg105y/html/daonpiaoa.html>
- <http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo425y/>
- http://www.geo.auth.gr/ege2004/articles/TG23_237.pdf
- <https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/geosociety/article/viewFile/16653/14834>



<https://parallaximag.gr/life/texnes/spania-petromata-diigountai-allios-tin-istoria-tis-polis>

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3988/1/06_chapter5.pdf

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3992/1/10_chapter9.pdf

<https://www.google.com/maps/place/%CE%91%CE%B3.+%CE%A0%CE%B1%CF%8D%CE%BB%CE%BF%CF%82/@40.6411706,22.9289012,12.93z/data=!4m5!3m4!1s0x14a8385aefc82737:0x400bd2ce2b9a3d0!8m2!3d40.6389975!4d22.9622564>