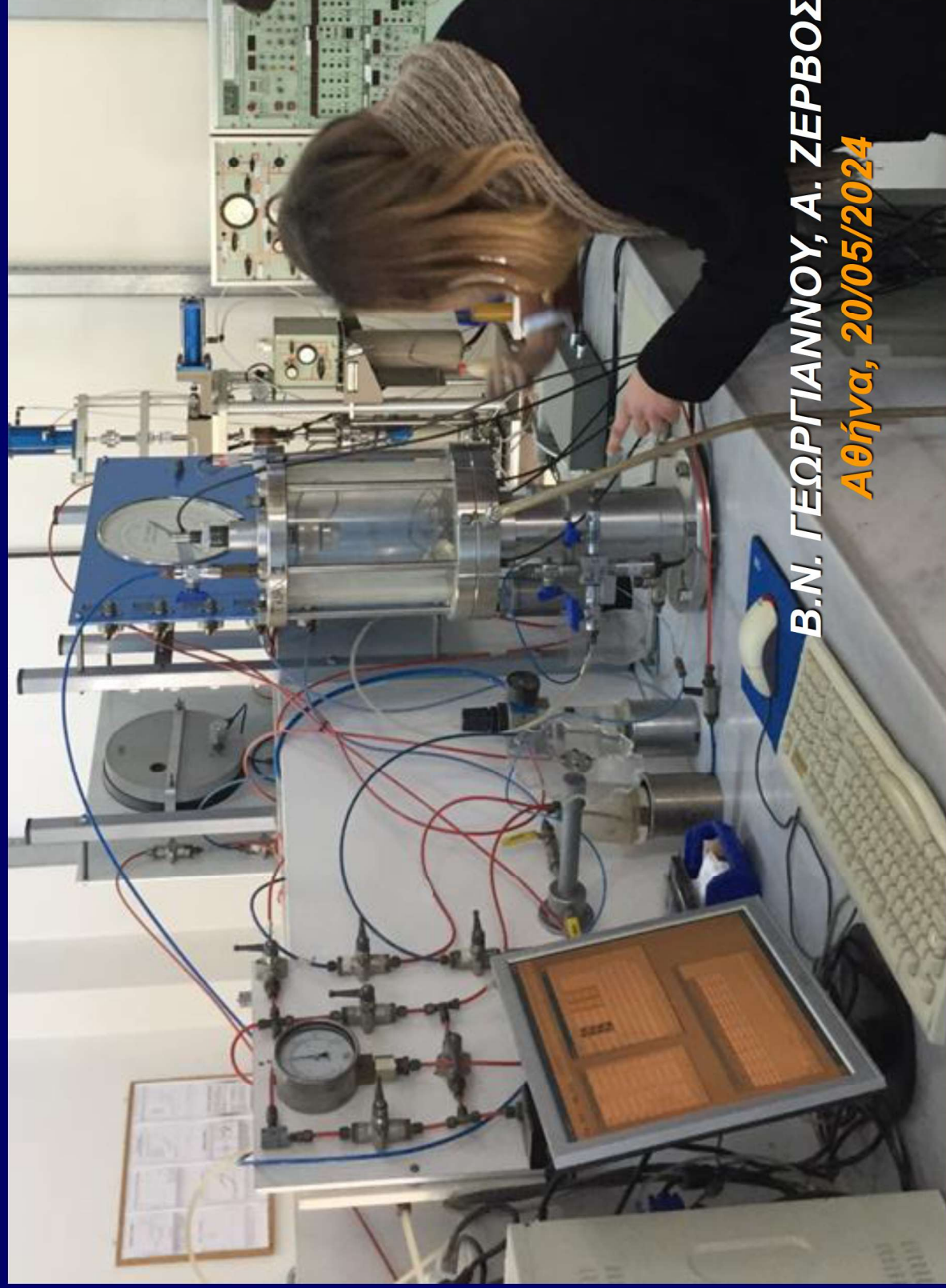


ΕΛΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Ι

Τριαξονική δοκιμή

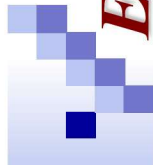


Β.Ν. ΓΕΩΡΓΙΑΝΝΟΥ, Α. ΖΕΡΒΟΣ

Αθήνα, 20/05/2024



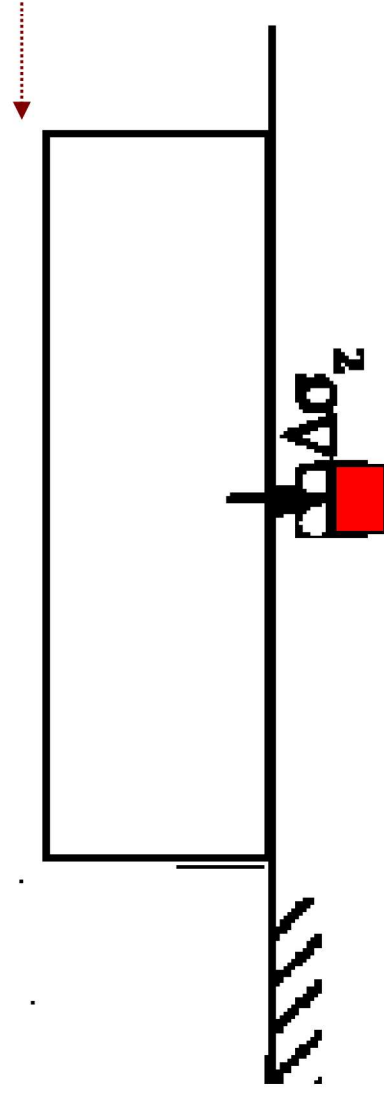
Ε.Μ.Π.



ΕΝΤΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

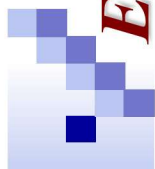


Εκτεταμένη φόρτιση

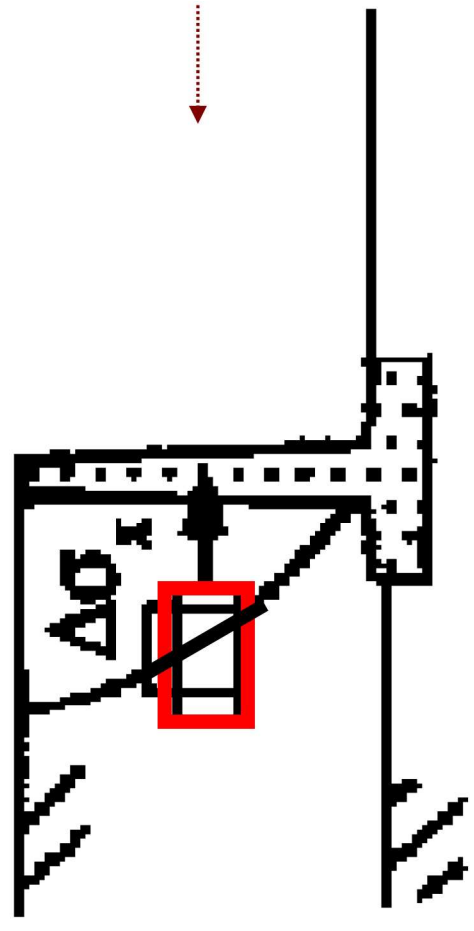


Δοκιμή Συμπιεσμέτρου

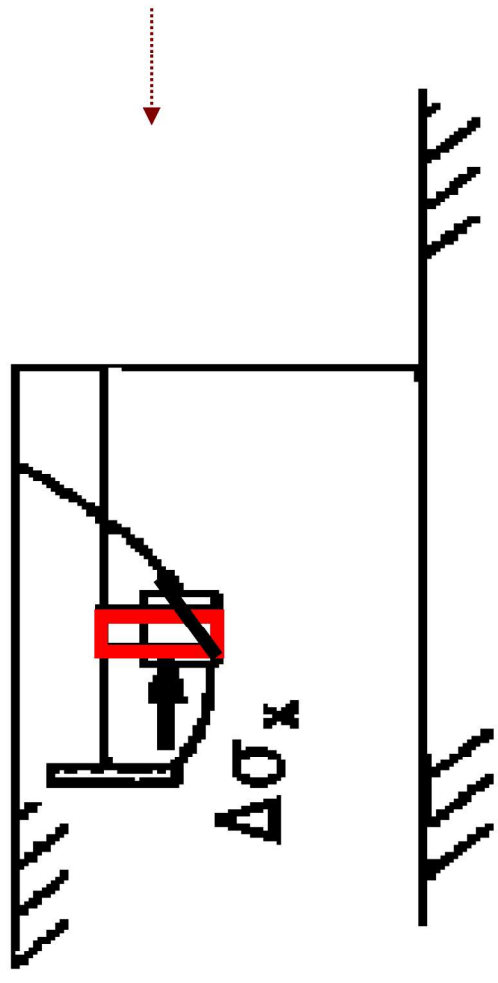




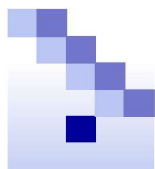
ΕΝΤΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ



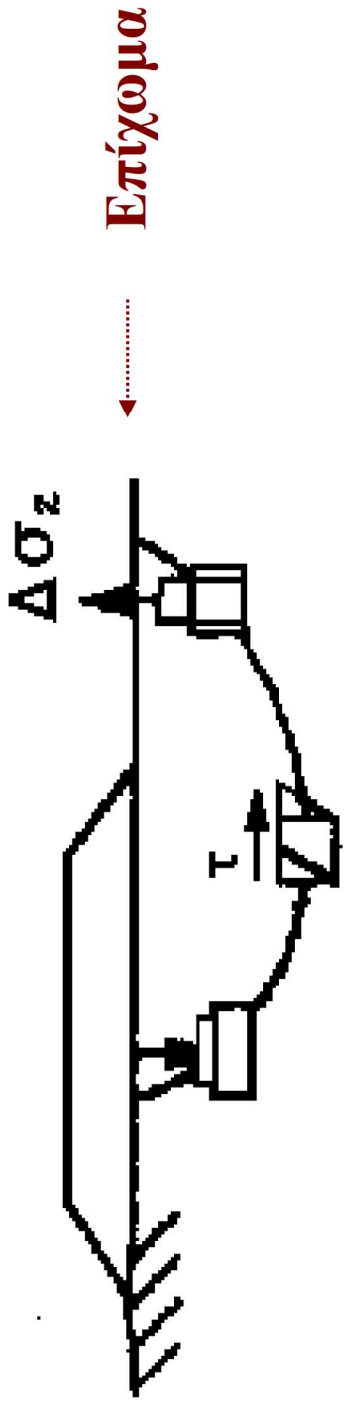
Τοίχος αντιστήριξης



Αγκύριο

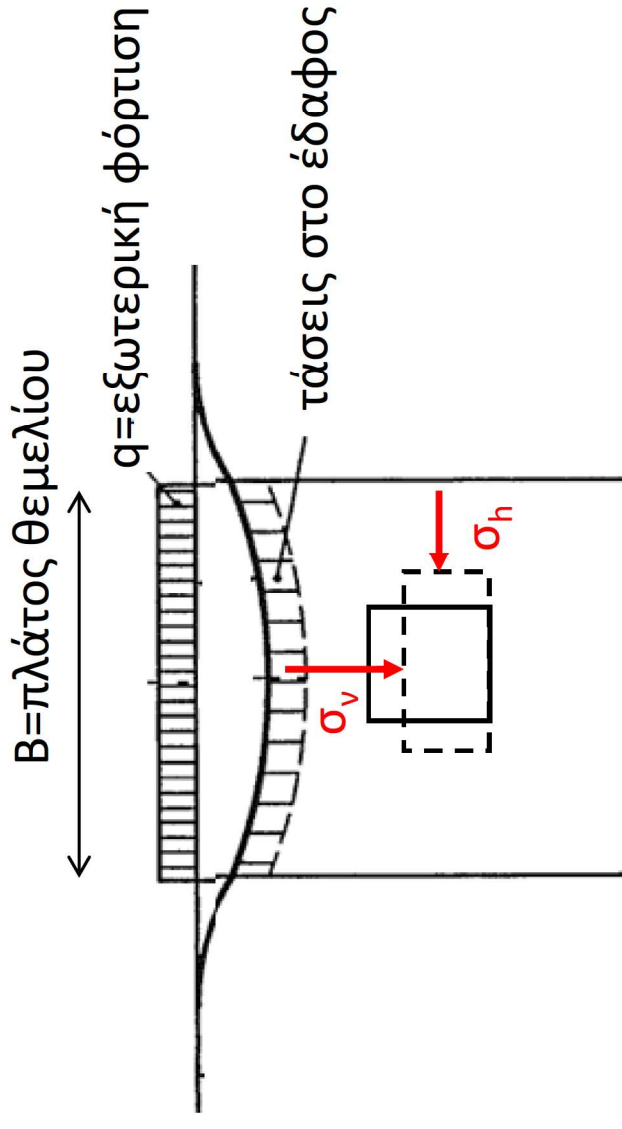
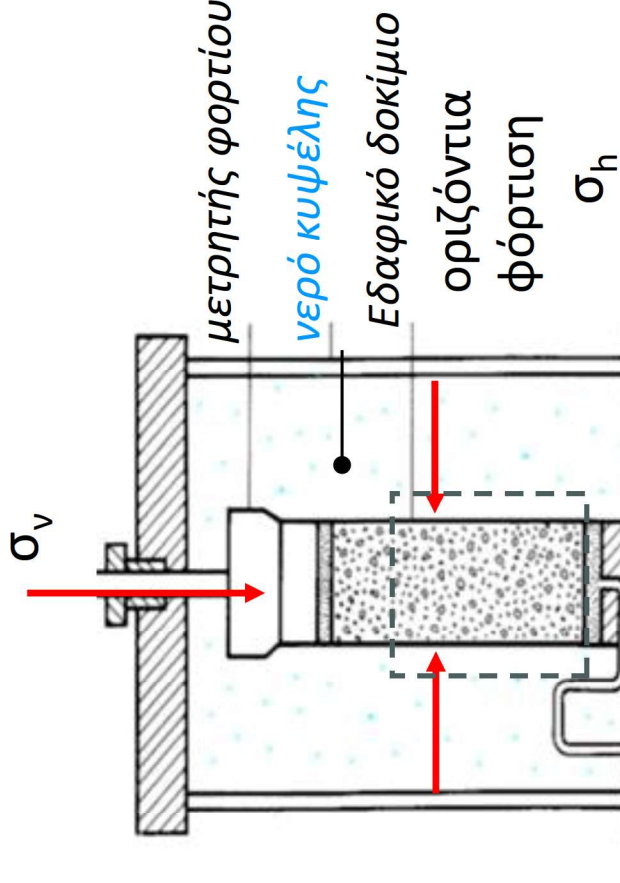


ΕΝΤΑΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

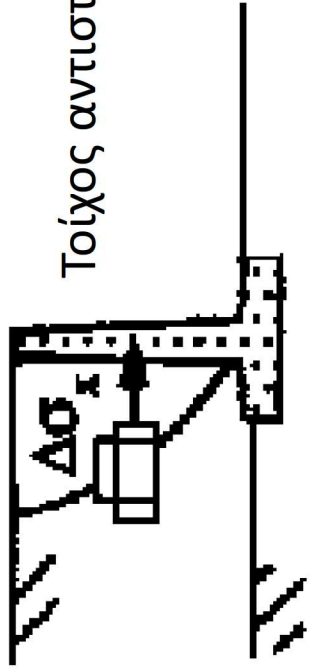


Φόρτιση θεμελίου – Τριαξονική Συσκευή

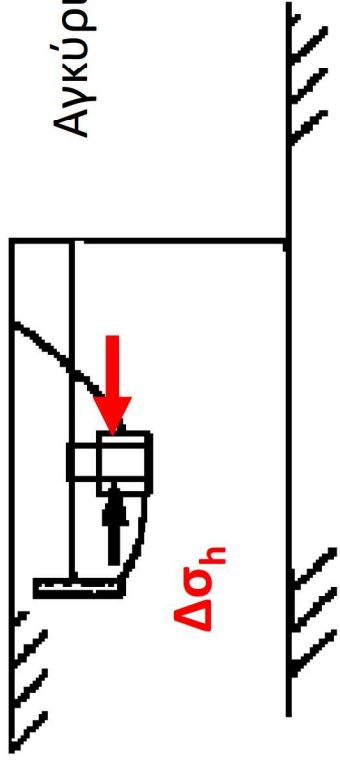
κατακόρυφη φόρτιση



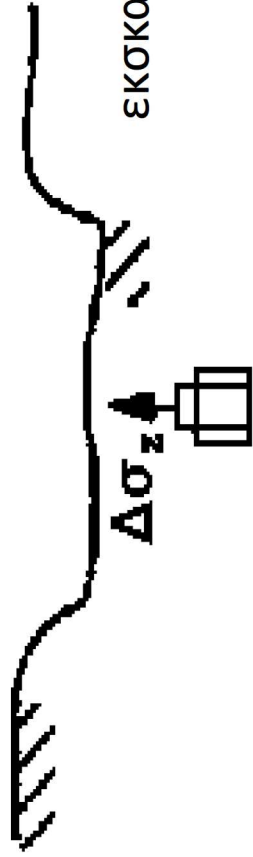
Τοίχος αντιστήριξης, Αγκύριο, Εκσκαφή-Τριαξονική Συσκευή



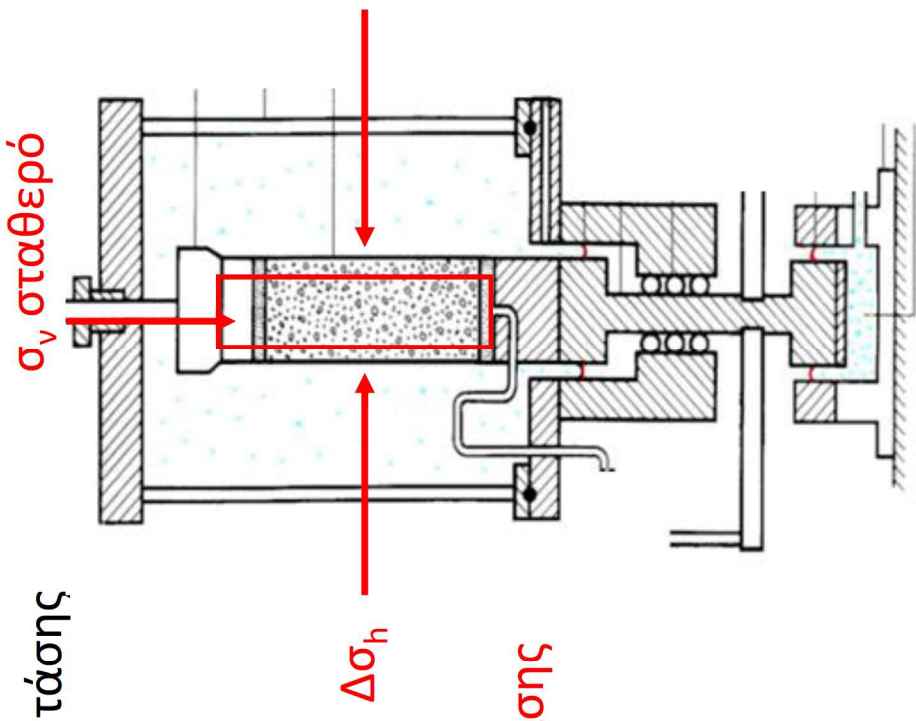
Τοίχος αντιστήριξης: μείωση οριζόντιας τάσης

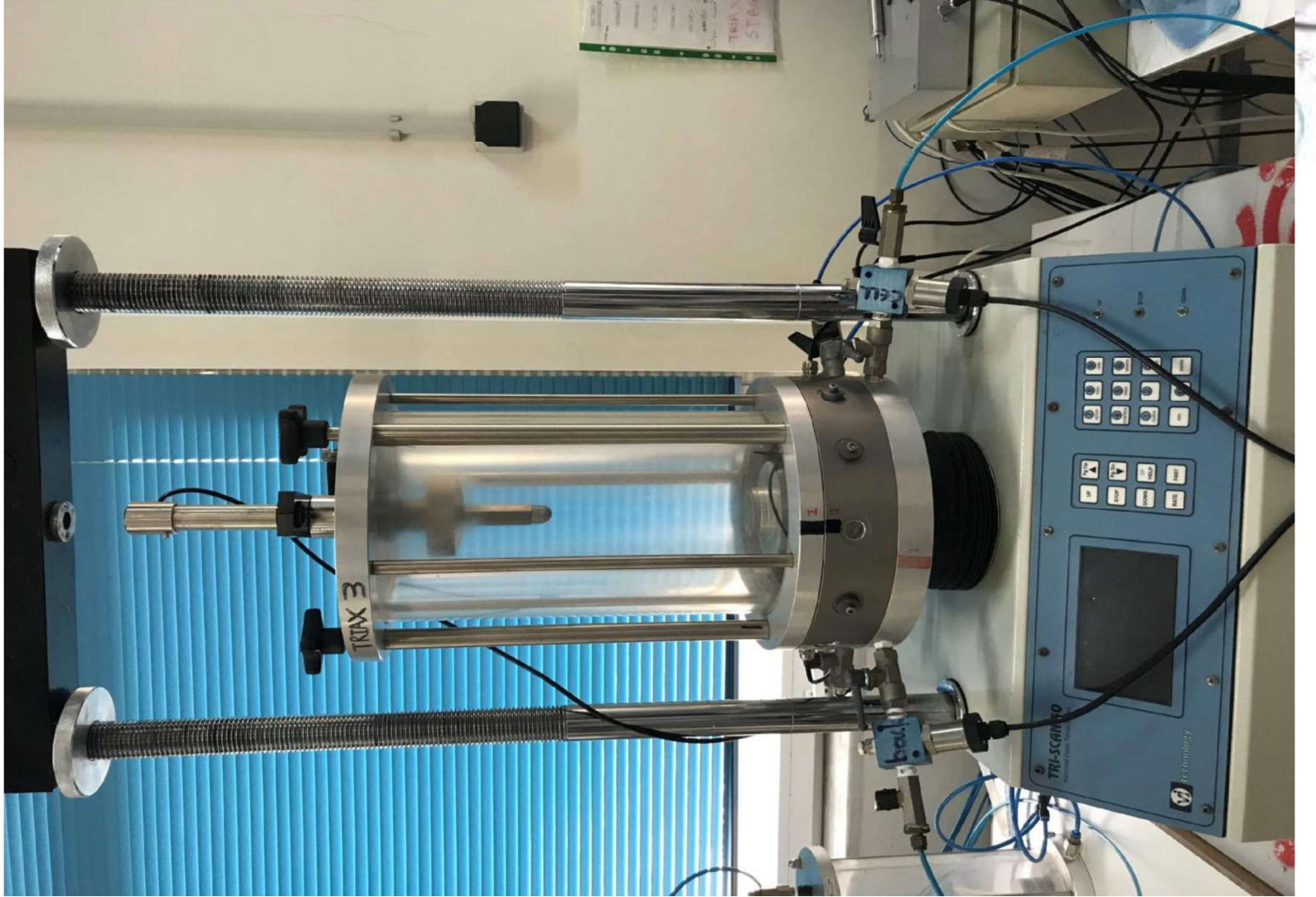


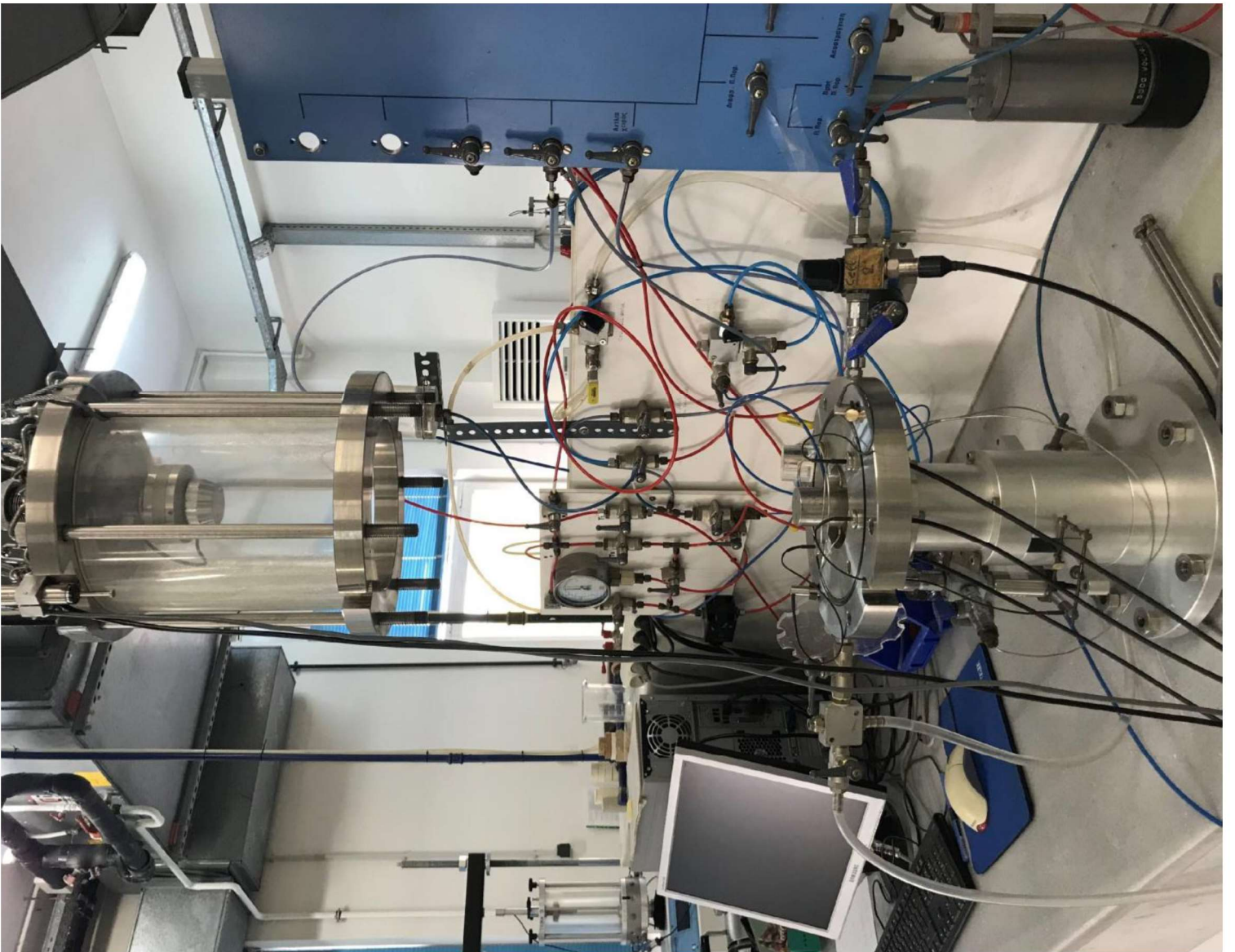
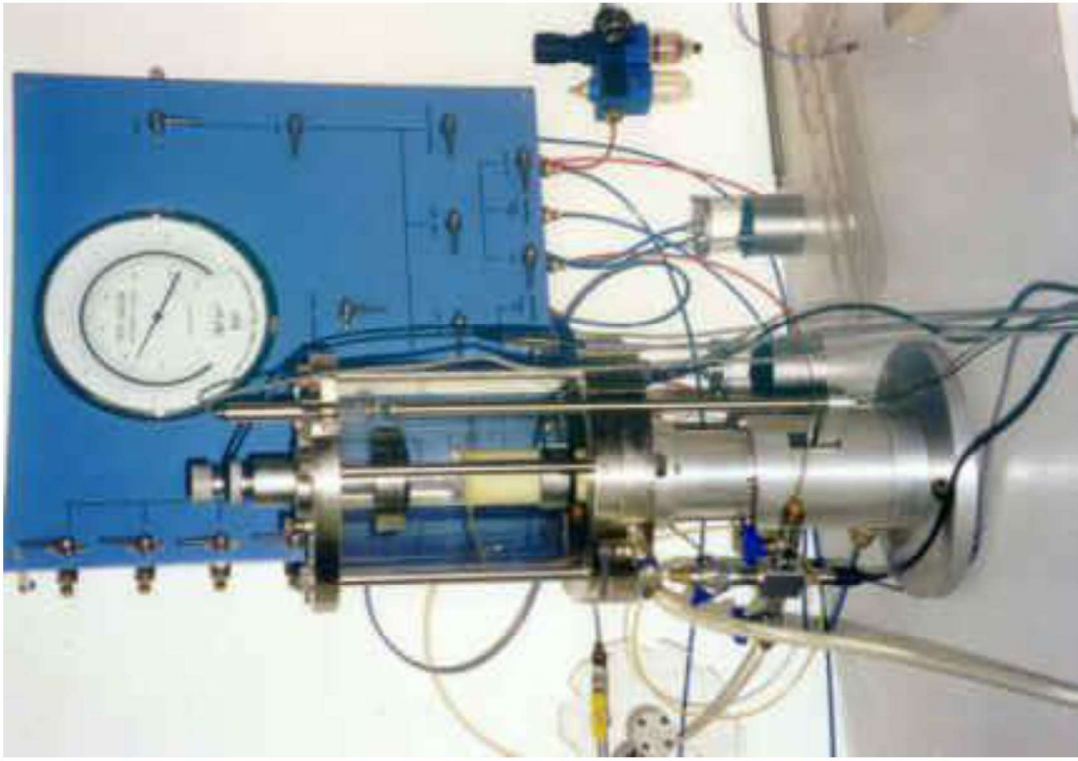
Αγκύριο: αύξηση οριζόντιας τάσης

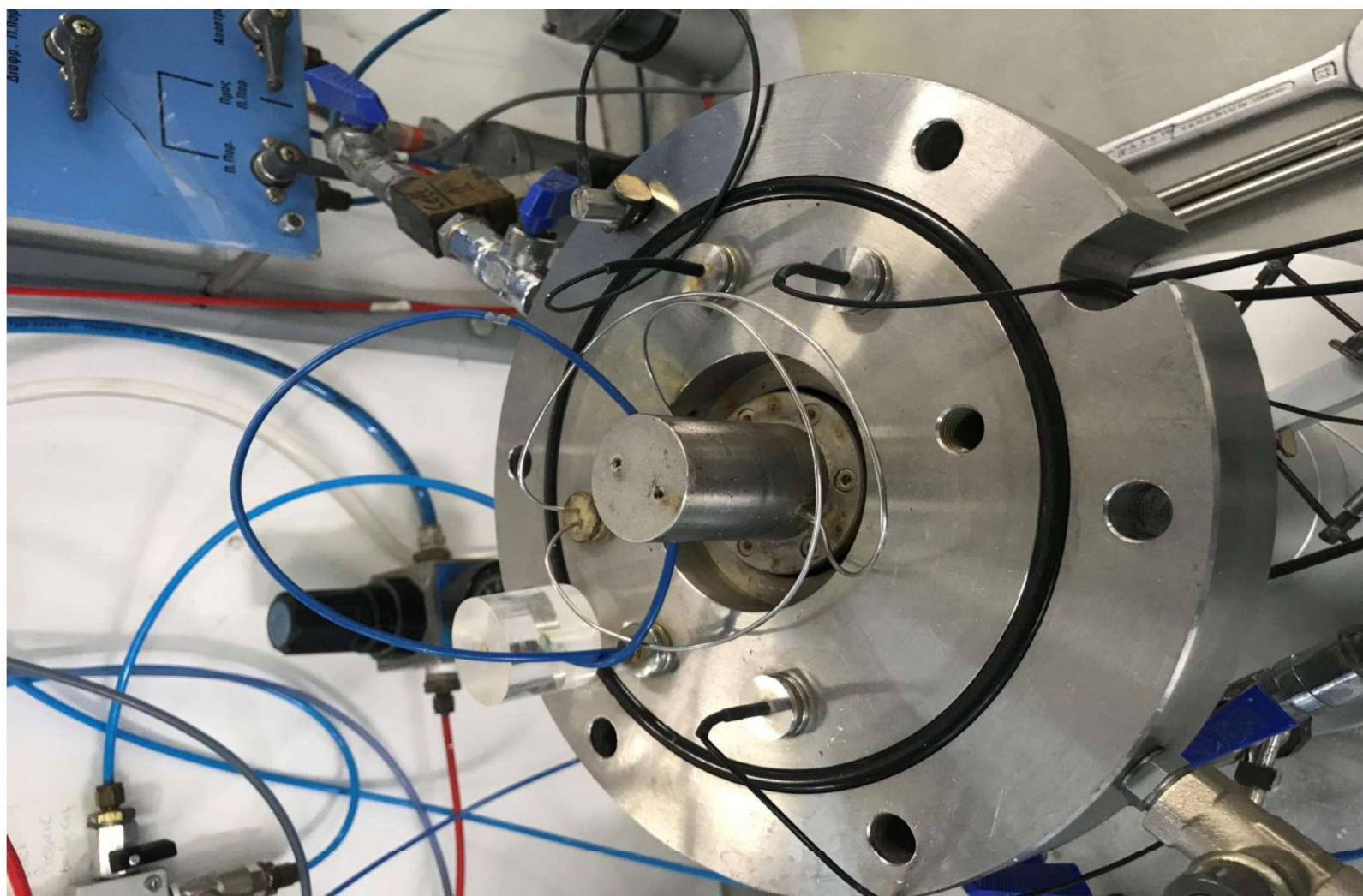
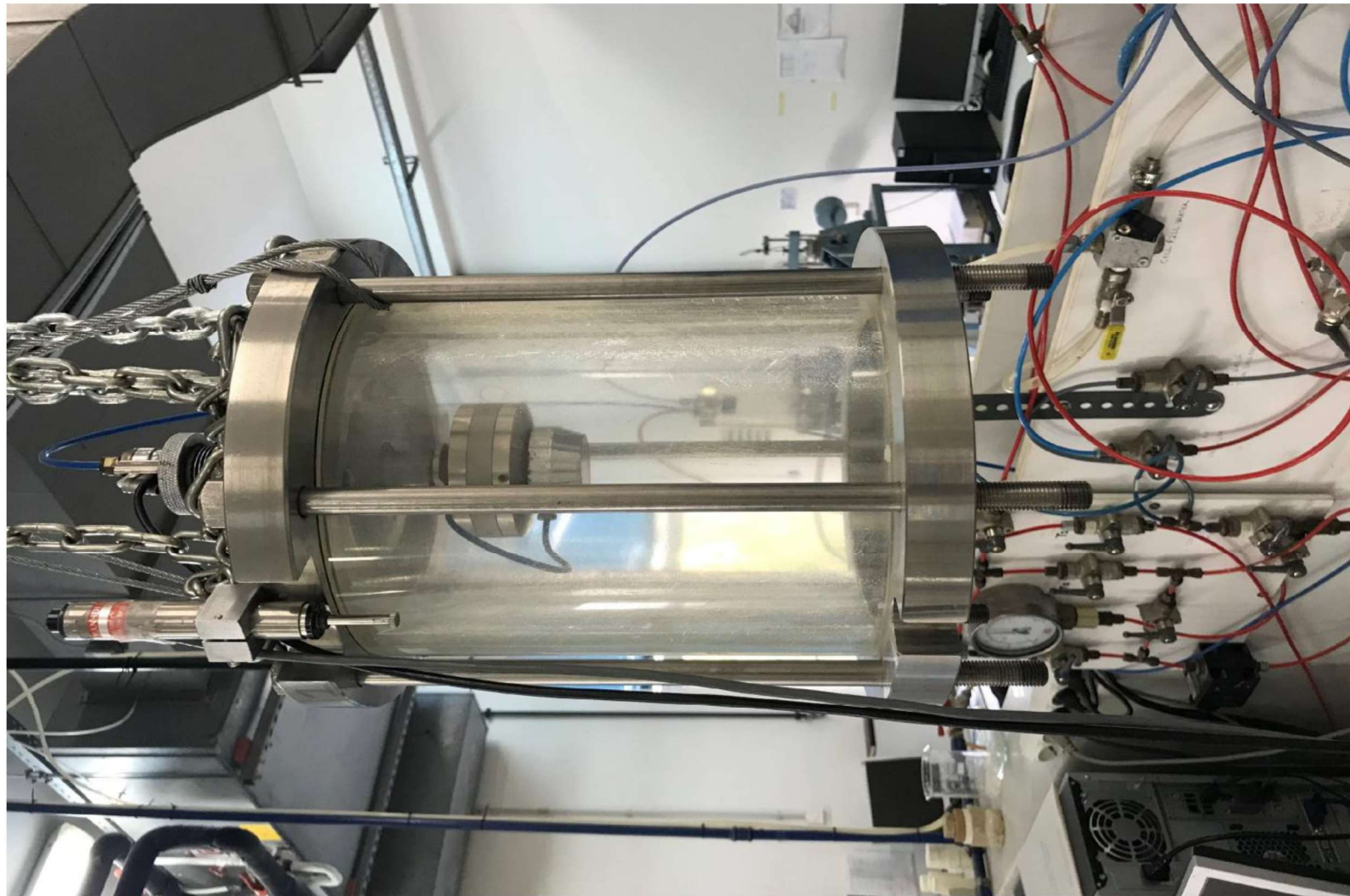


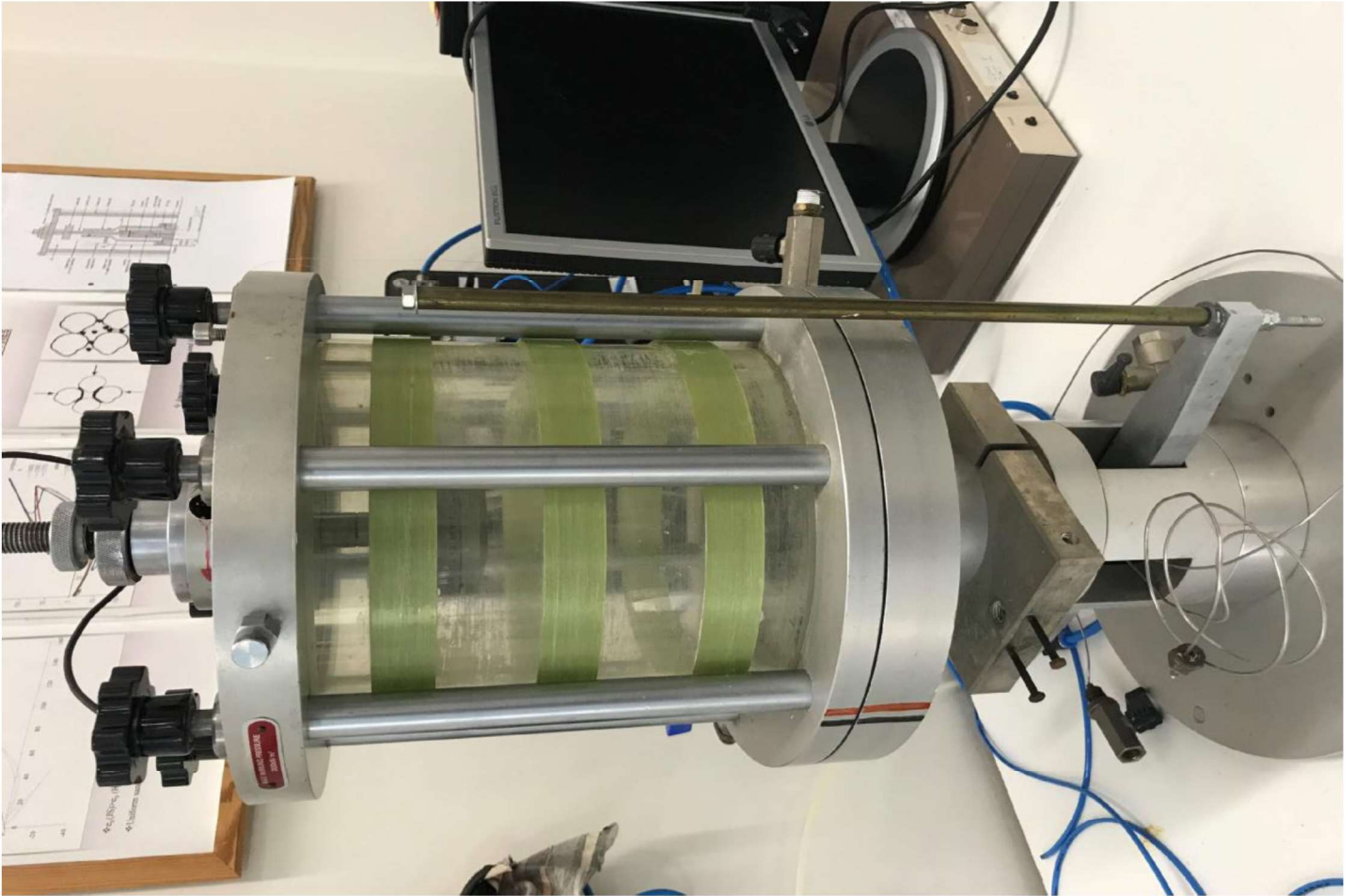
εκσκαφή: μείωση κατακόρυφης τάσης

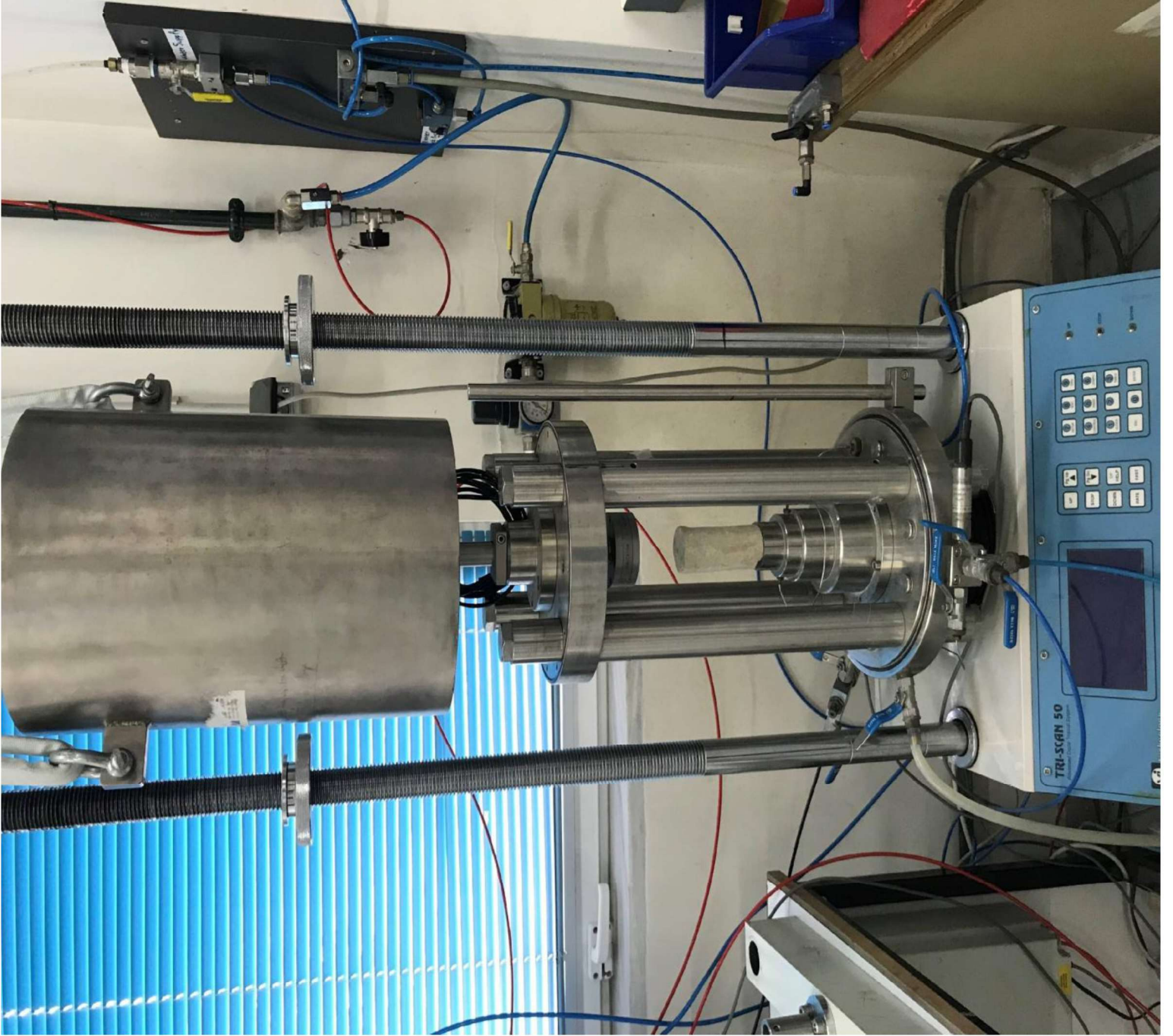


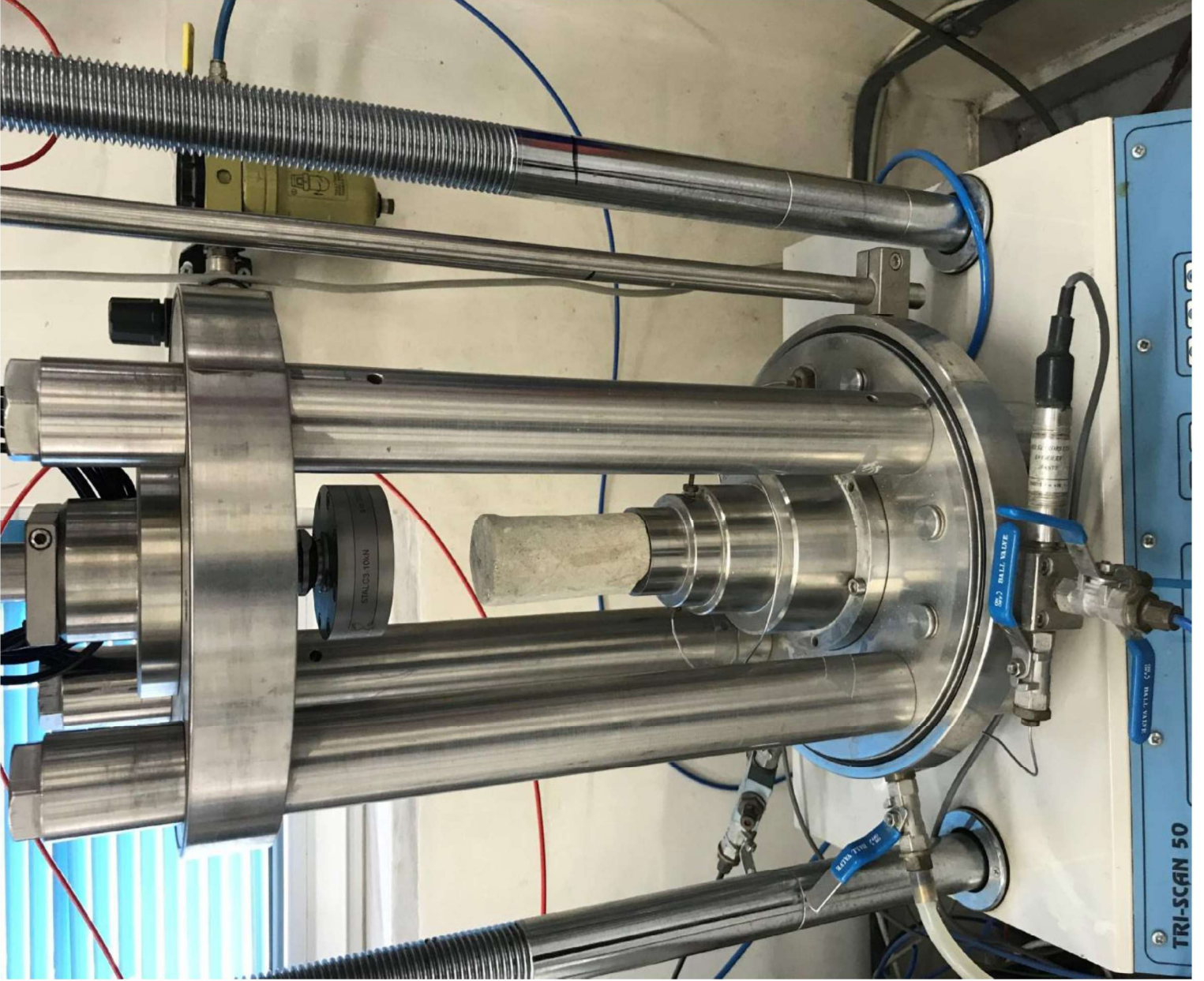










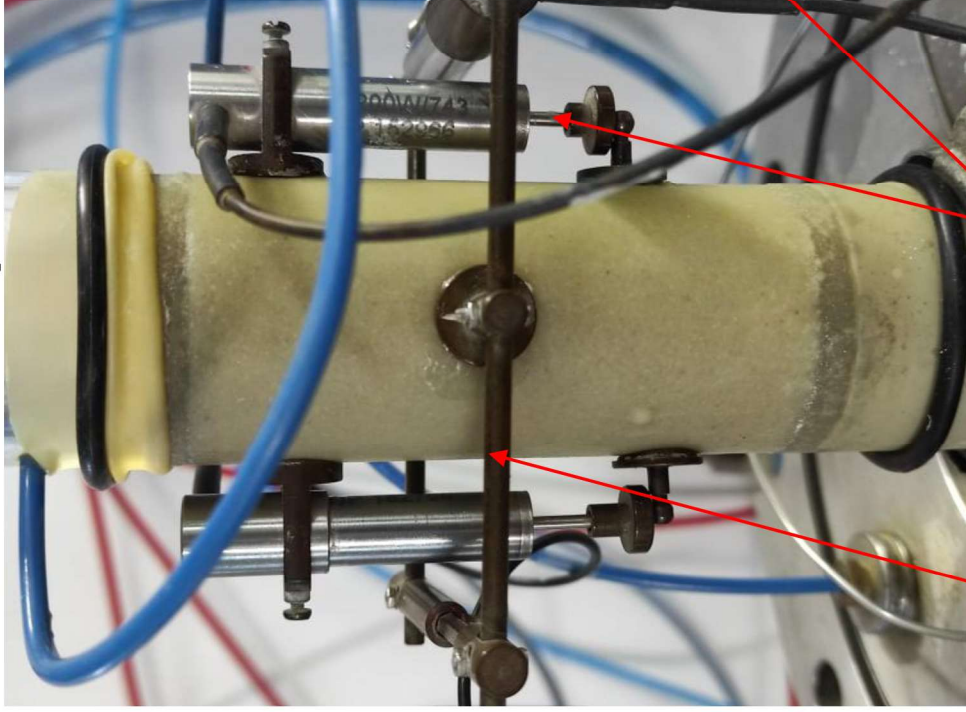


ΤΡΙΑΕΘΝΙΚΗ



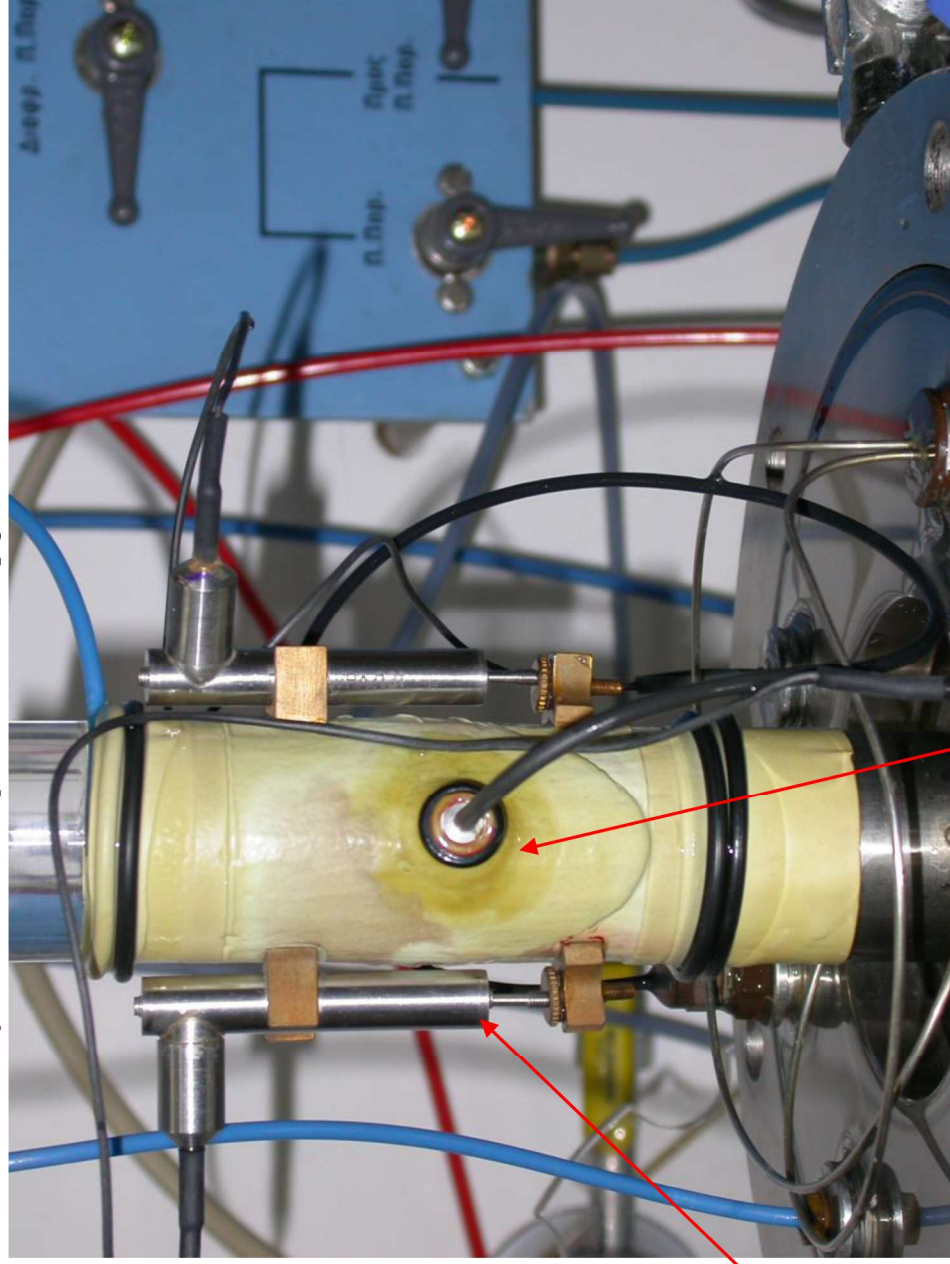
Δοκίμα τριαξονικής δοκιμής

■ πριν & μετά την αστοχία

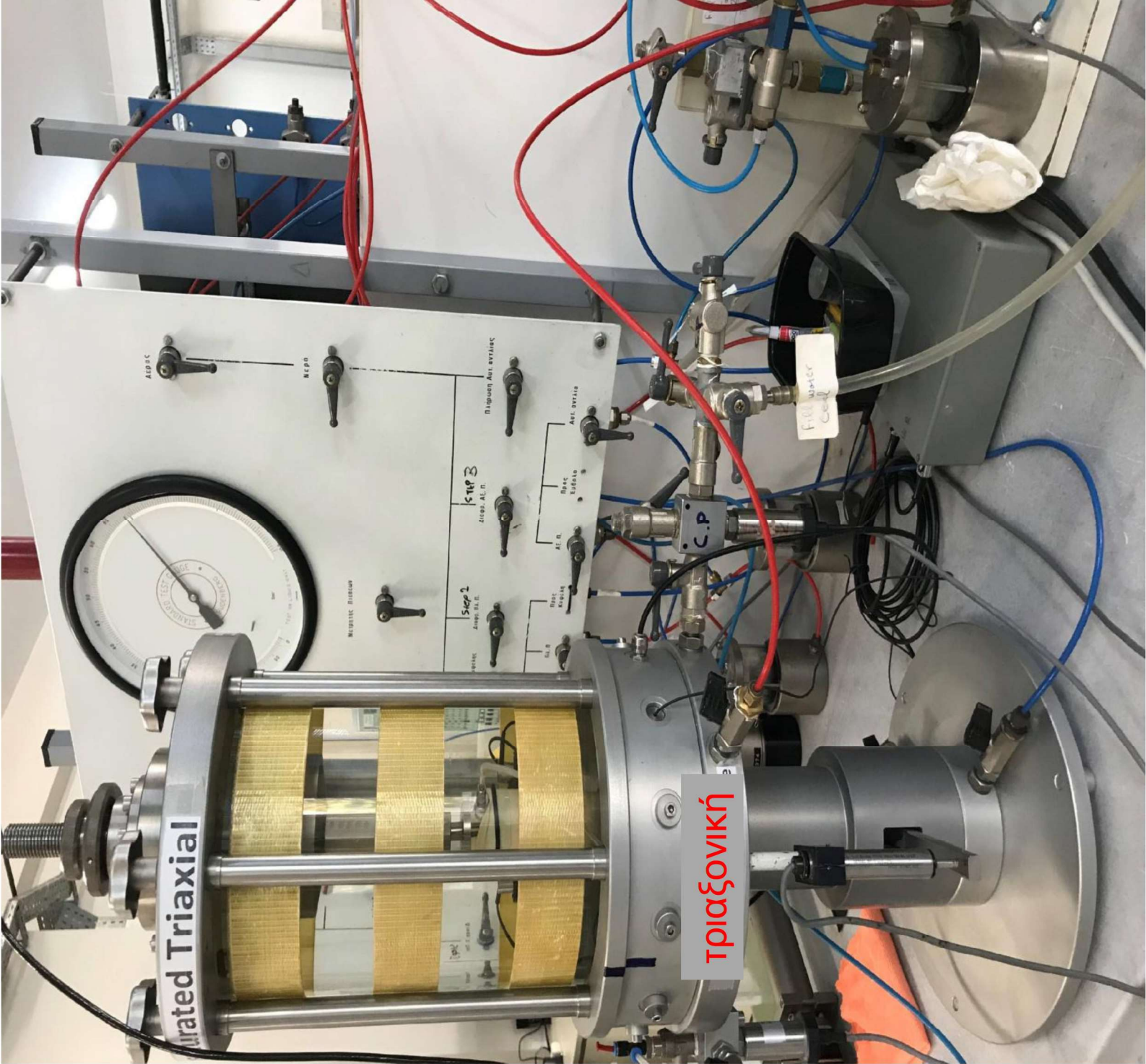


μετρητής οριζόντιας παραμόρφωσης

μετρητές κατακόρυφης παραμόρφωσης

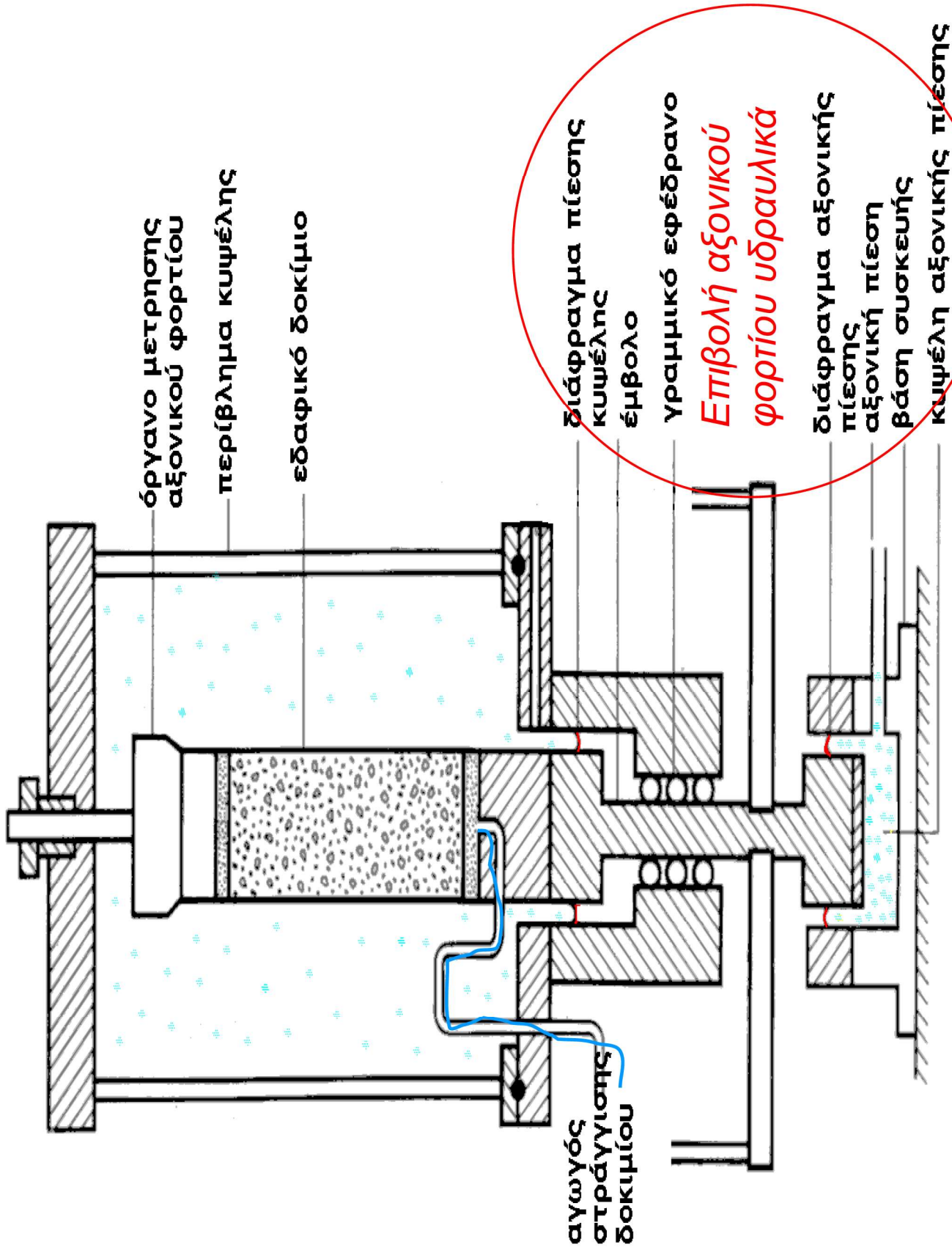


μετρητής πίεσης πόρων στο μέσο του δοκιμίου



τριαξονική

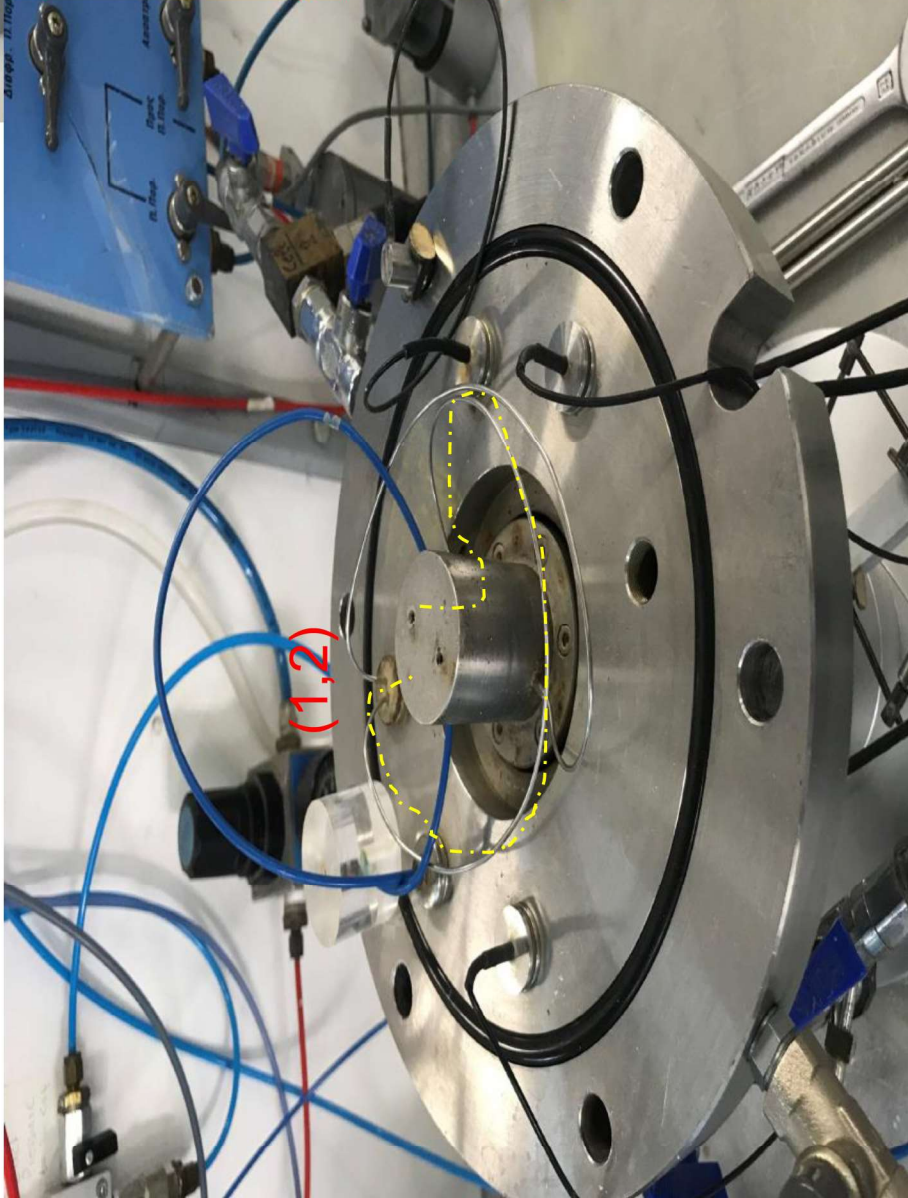
Saturated Triaxial



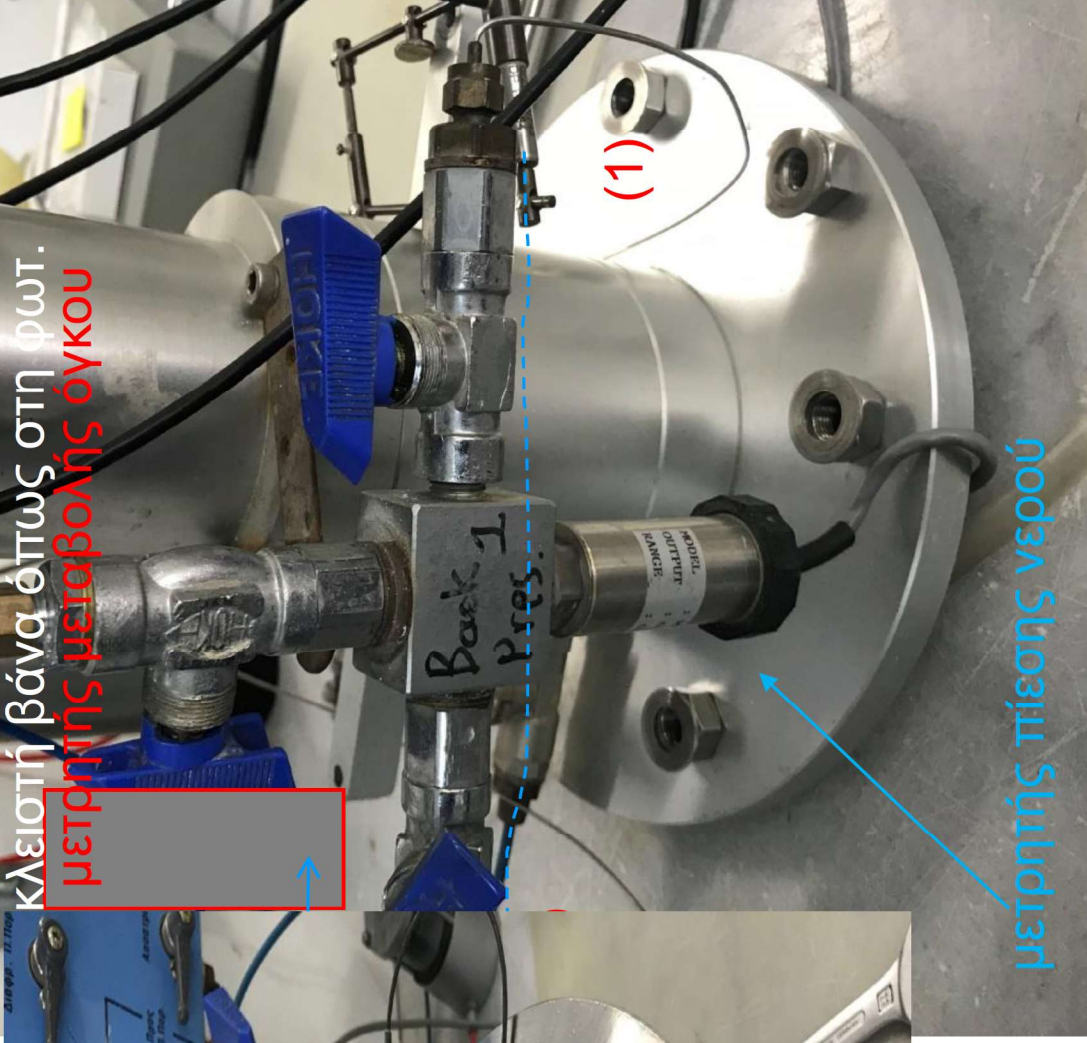
1/ πίεση νερού δοκιμίου

2/μέτρηση όγκου μετακινούμενου νερού από δοκίμιο για ανοικτή βάνα υπό σταθε επιβαλλόμενη πίεση ή χωρίς στραγγιστή κλειστή βάνα όπως στη φωτ.

μετρήτης μεταβολής όγκου



(1,2)



(1)

μετρητής πίεσης νερού

Επιλογή: ΕΛΕΥΘΕΡΗ ή ΕΜΠΟΔΙΖΟΜΕΝΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΗ

Εργαστηριακές δοκιμές

Χαρακτηριστικά συμπε-
στότητας & στερεοποίησης

**Δοκιμές
συμπιεσμέτρου**

Αστοχία εδαφικών υλικών

**Δοκιμές
απευθείας
διάτμησης**

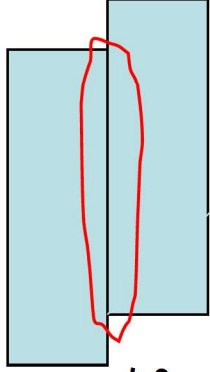
+

**Τριαξονικές
δοκιμές**

Εφαρμογές αποτελεσμάτων σε πρακτικά προβλήματα

Τοίχοι αντιστήριξης
Εκσκαφές
Αγγύρια
Ευστάθεια πρανών

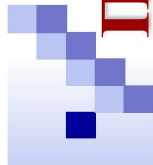
Περιβάλλουσα
αστοχίας



Επίπεδο αστοχίας

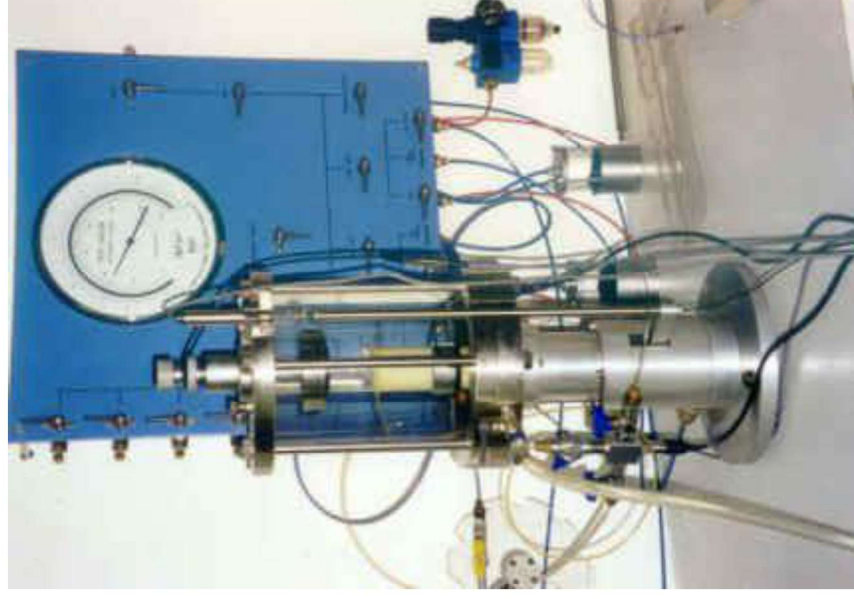
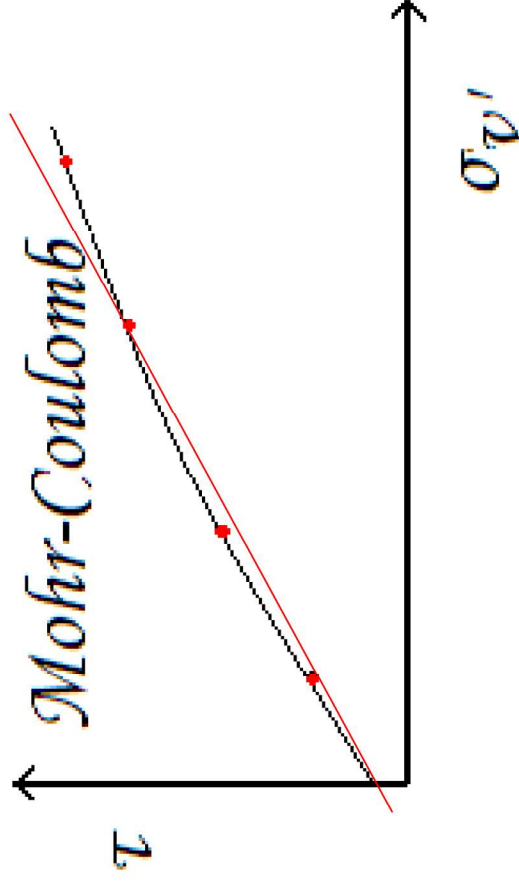
Στράγγιση ???

1. Αρχικά επιβάλλουμε στερεοποίηση (ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΣΤΡΑΓΓΙΣΗ)
2. Ακολουθεί η διάτμηση αν είναι αργή ελεύθερη στράγγιση, αν είναι ταχεία θα μπορούσε να είναι εμποδιζόμενη χωρίς να είμαστε σίγουροι (ΧΩΡΙΣ ΜΕΜΒΡΑΝΗ)

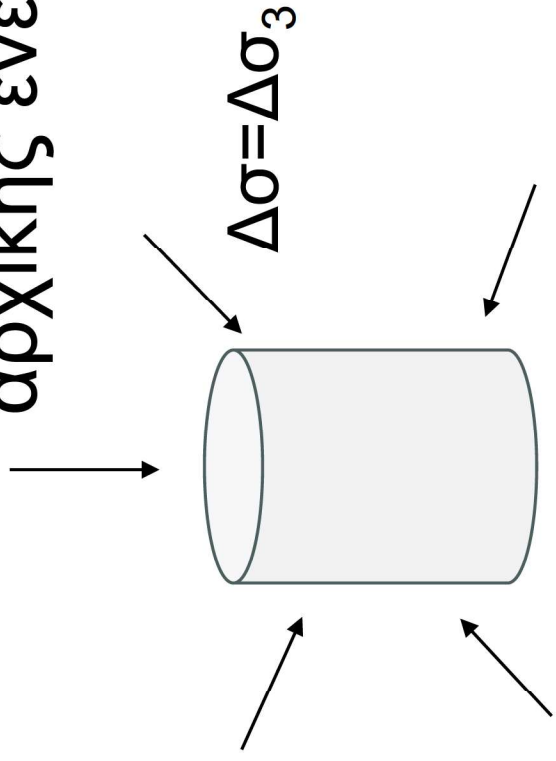


ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ

- Απευθείας διάτμηση
- Τριαξονική συσκευή



ΙΣΟΤΡΟΠΗ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ=μεταβολή αρχικής ενεργού τάσης (ανοικτή βάρνα)

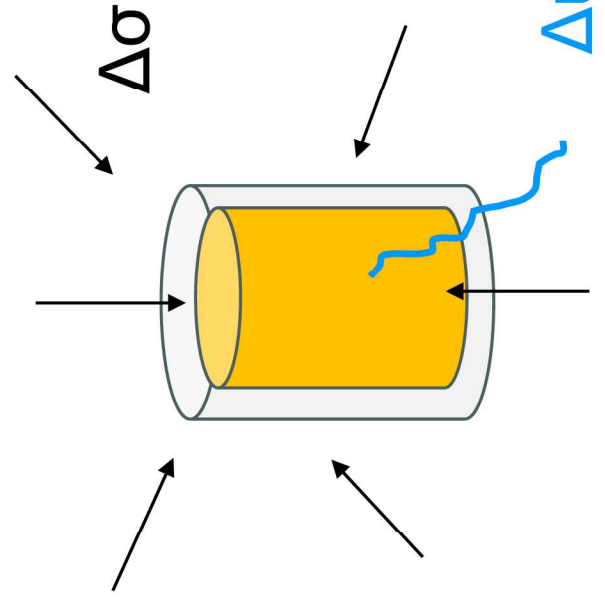
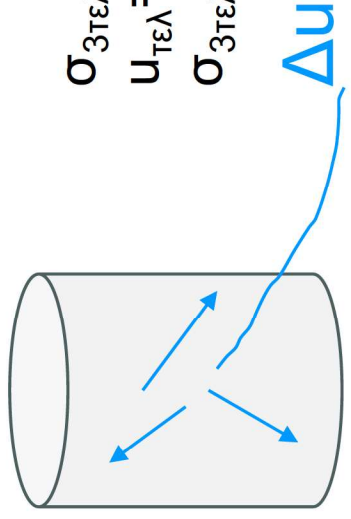


$$\sigma_{30}, u_0, \sigma_{30}' = \sigma_{30} - u_0$$

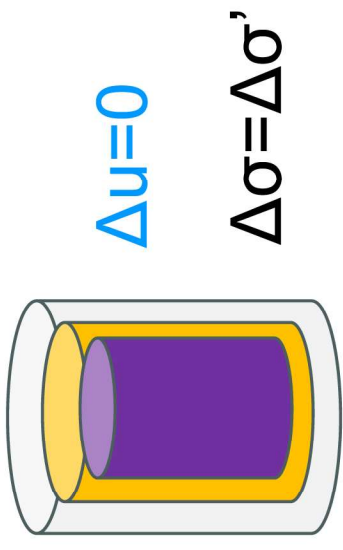
$$\sigma_{3\text{ΤΕΛ}} = \sigma_{30} + \Delta\sigma$$

$$u_{\text{ΤΕΛ}} = u_0$$

$$\sigma_{3\text{ΤΕΛ}}' = \sigma_{30}' + \Delta\sigma - u_0$$



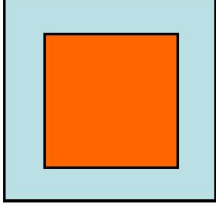
Δu μειώνεται



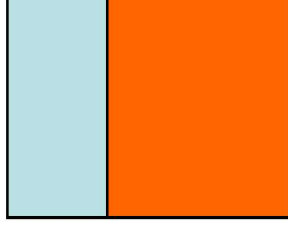
ΣΥΝΗΘΕΣΤΕΡΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ ΕΛΑΦΟΜ/ΙΚΗΣ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ

- Δοκιμές που επιβάλλουν κυρίως **ογκομετρικές** παραμορφώσεις :

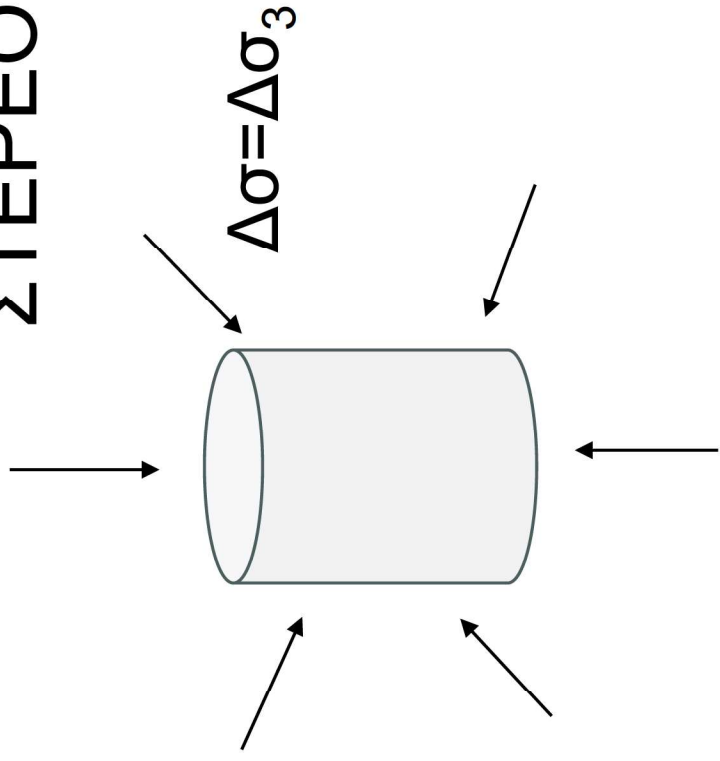
Ισότροπη συμπίεση



Μονοδιάστατη συμπίεση



ΙΣΟΤΡΟΠΗ ΦΟΡΤΙΣΗ (κλειστή βάρνα)=ΟΧΙ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ όχι μεταβολή όγκου

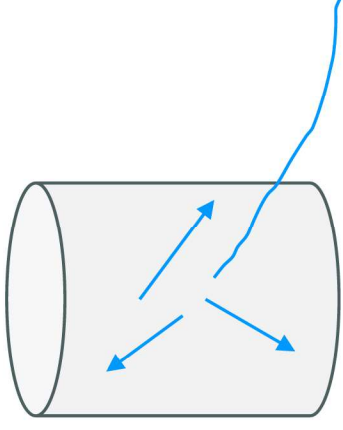


$$\sigma_{30}, u_0, \sigma'_{30} = \sigma_{30} - u_0$$

$$\sigma_{3\text{ΤΕΛ}} = \sigma_{30} + \Delta\sigma$$

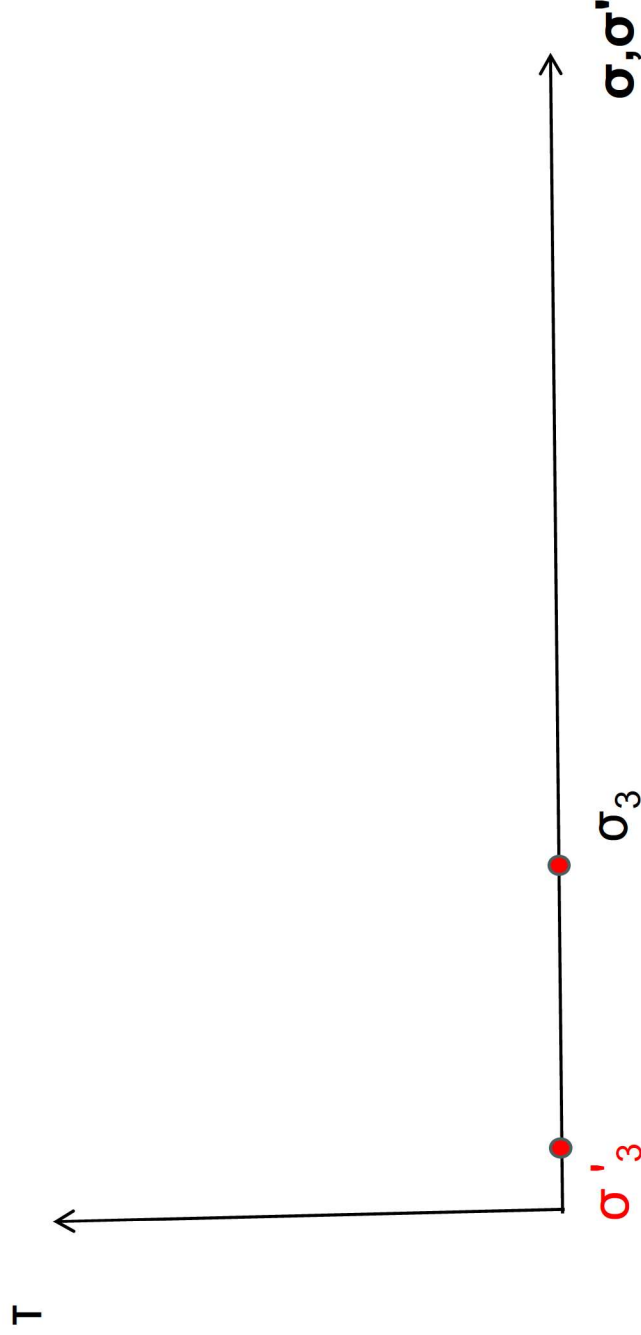
$$u_{\text{ΤΕΛ}} = \Delta\sigma + u_0$$

$$\sigma'_{3\text{ΤΕΛ}} = \sigma_{30} + \Delta\sigma - u_0 - \Delta\sigma = \sigma'_{30}$$

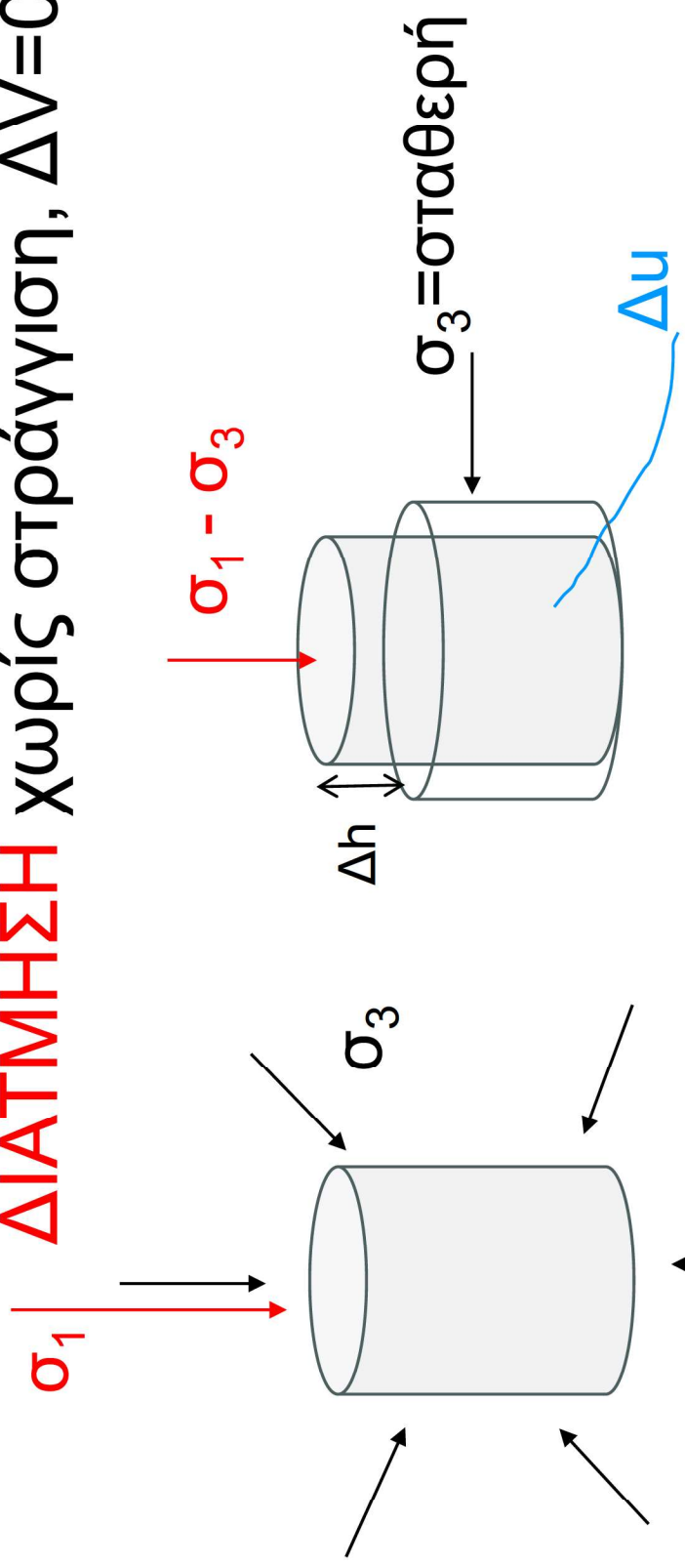


$$\Delta u = \Delta\sigma, \Delta V = 0$$

$\sigma' = \text{σταθερή}$
ενεργός τάση



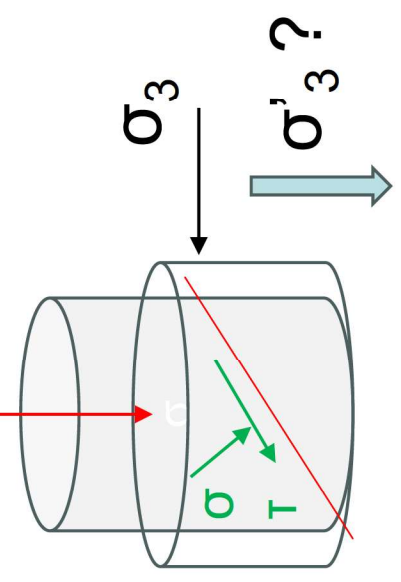
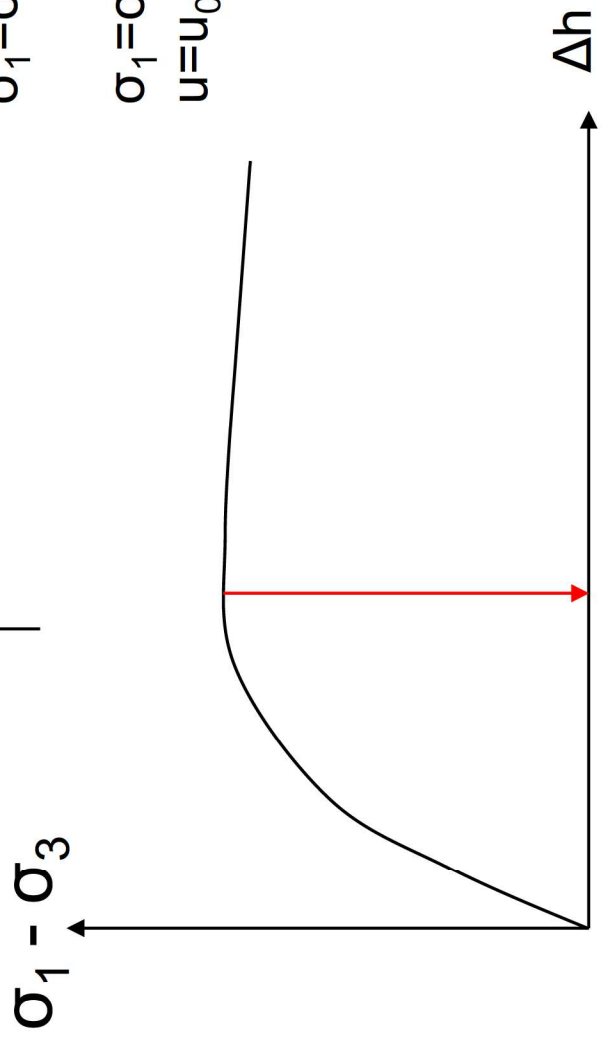
ΔΙΑΤΜΗΣΗ χωρίς στράγγιση, $\Delta V=0$ $\Delta u \neq 0$



$$\sigma_1 = \sigma_3, u_0, \sigma_1' = \sigma_3' = \sigma_3 - u_0$$

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta \sigma_1$$

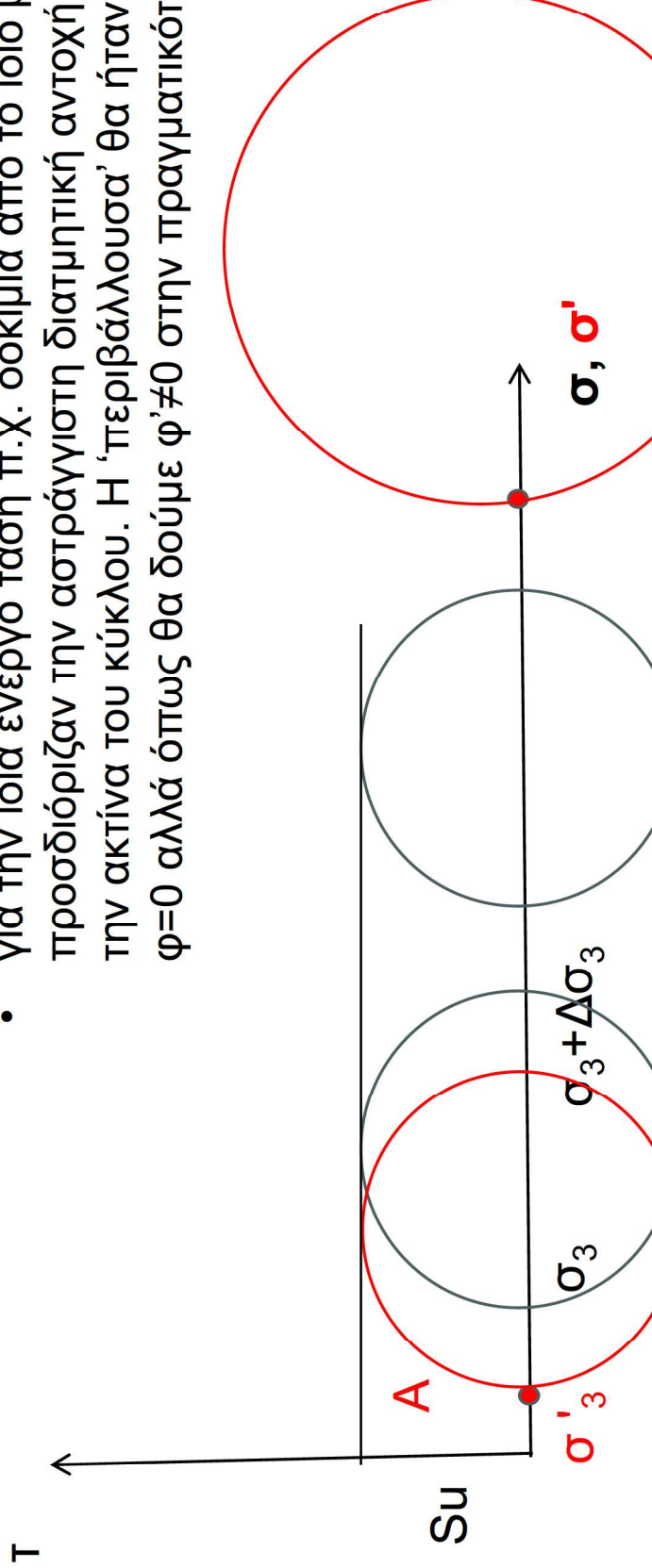
$$u = u_0 + \Delta u$$



ΔΙΑΤΜΗΣΗ χωρίς στράγγιση, $\Delta V=0$, $\Delta u \neq 0$

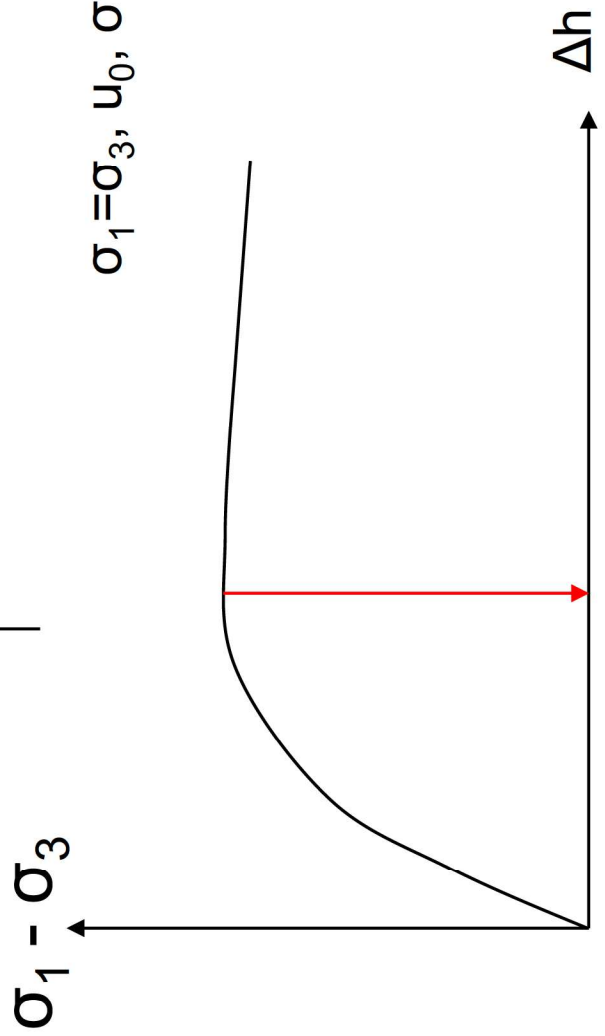
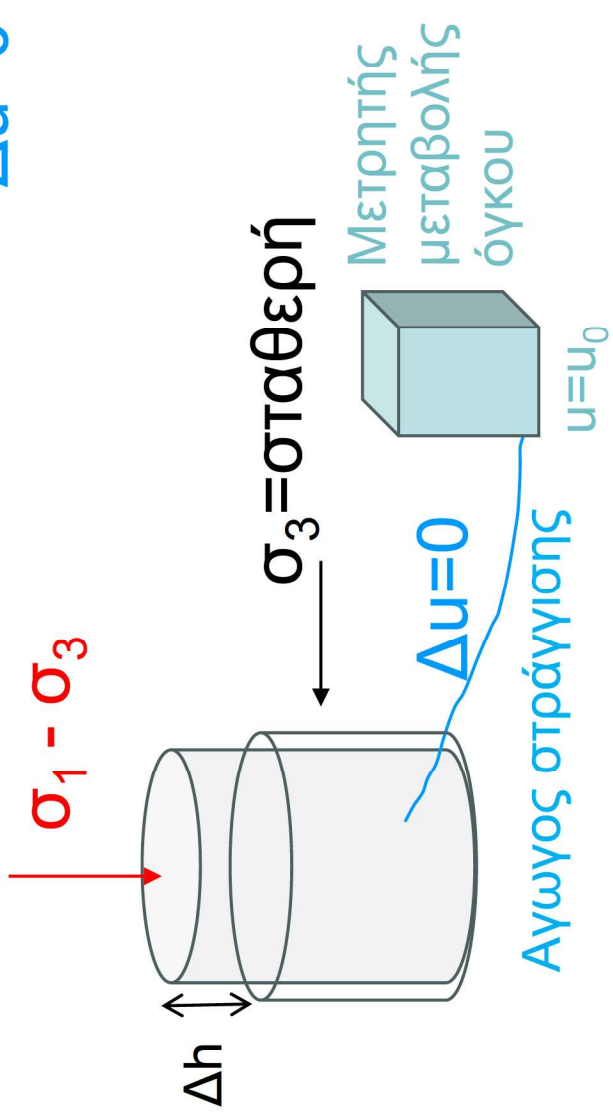
- Της διάτμησης χωρίς στράγγιση μπορεί να προηγηθεί στερεοποίηση ή η δοκιμή να γίνει στην αρχική ενεργό τάση του δοκιμίου (γεωστατική)
- οι κύκλοι Mohr του σχήματος με κόκκινο χρώμα αναφέρονται στην αστοχία για δύο διαφορετικές αρχικές ενεργές τάσεις σ_3'
- αν οι δοκιμές διάτμησης γίνουν στην ίδια αρχική ενεργό τάση αλλά για διαφορετική πίεση κυψέλης, δηλαδή ολική τάση σ_3 , ο κύκλος των ενεργών τάσεων παραμένει ο ίδιος, έστω A
- αν σχεδιαστούν οι κύκλοι των ολικών τάσεων με μαύρο χρώμα θα έχουν ίδια ακτίνα με τον κύκλο των ενεργών τάσεων διότι $\sigma_1 - \sigma_3 = \sigma_1' - \sigma_3'$ και θα είναι μετατοπισμένοι σε διάφορες θέσεις ανάλογα με την τιμή σ_3 .
- παλαιότερα δεν μετρούσαν τις μεταβολές της πίεσης του νερού των πόρων κατά τη διάρκεια της διάτμησης και σχεδίαζαν τους κύκλους ολικών τάσεων.

- για την ίδια ενεργό τάση π.χ. δοκίμια από το ίδιο βάθος προσδιορίζαν την αστράγγιστη διατμητική αντοχή c_u , S_u ίση με την ακτίνα του κύκλου. Η 'περιβάλλουσα' θα ήταν οριζόντια $\varphi=0$ αλλά όπως θα δούμε $\varphi \neq 0$ στην πραγματικότητα



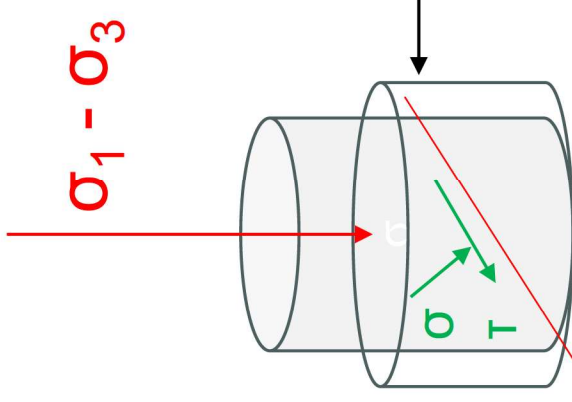
σ_1 | ΔΙΑΤΜΗΣΗ με ελεύθερη στράγγιση, $\Delta V \neq 0$

$\Delta u = 0$



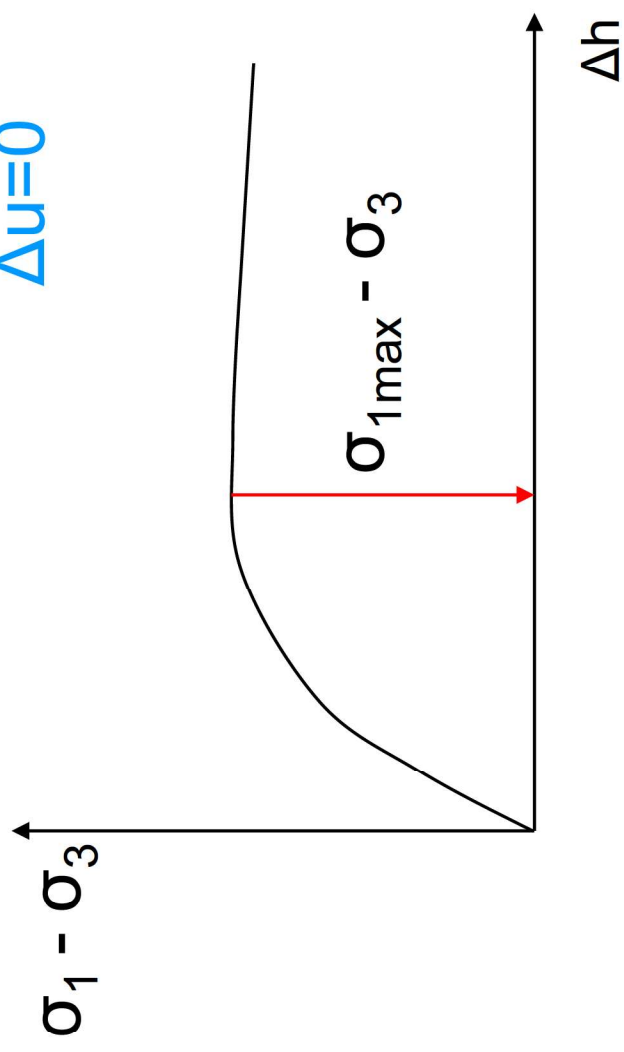
$\sigma_1 = \sigma_3, u_0, \sigma_1' = \sigma_3' = \sigma_3 - u_0$

$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta \sigma_1$
 $u = u_0$

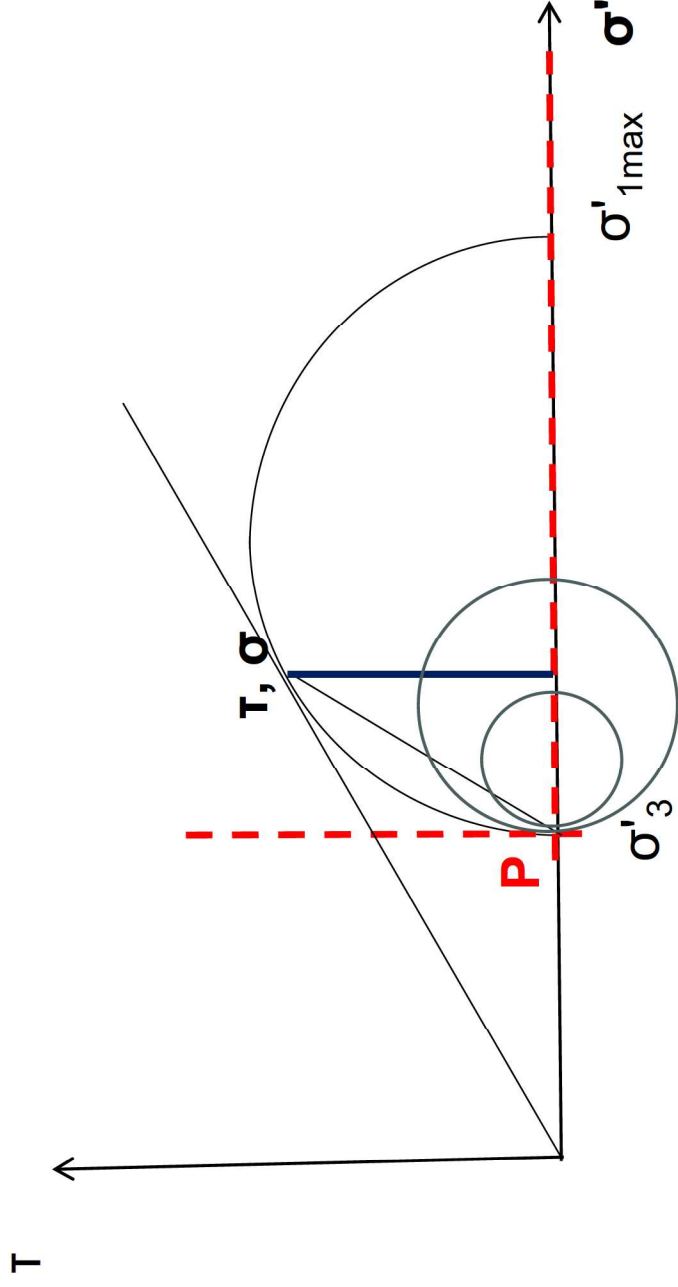


σταθερή

ΔΙΑΤΜΗΣΗ με ελεύθερη στράγγιση, ΔV μεταβάλλεται, $\Delta u=0$



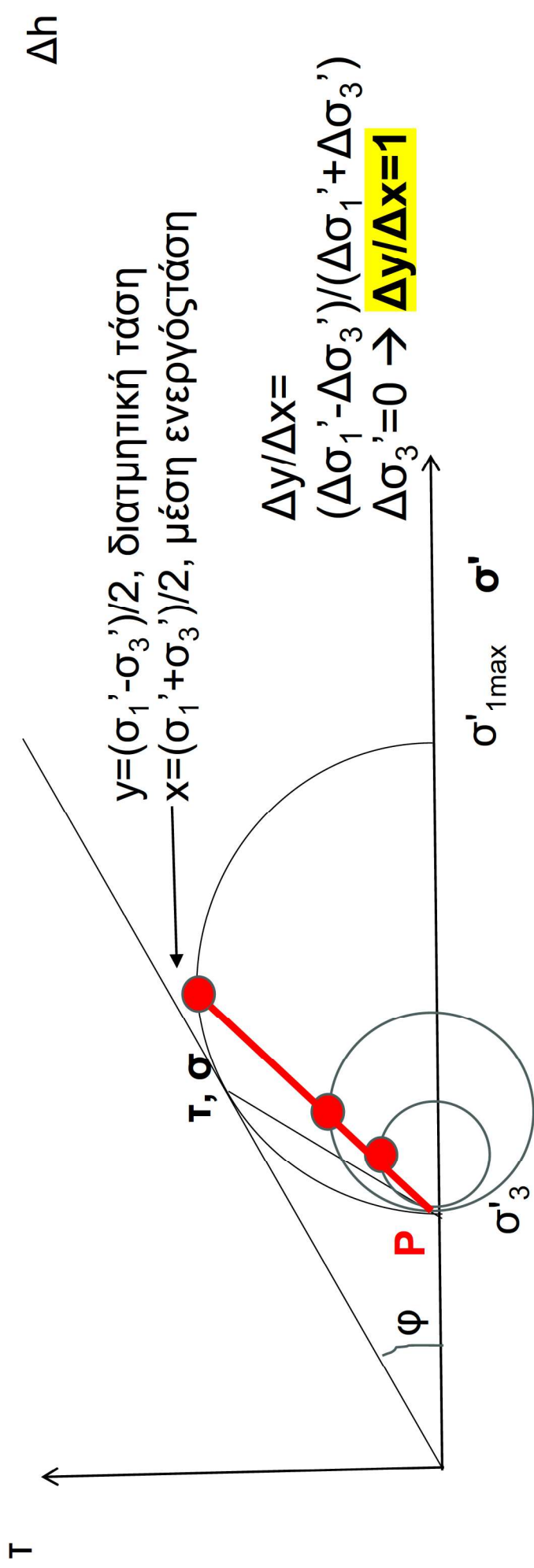
ΚΥΚΛΟΣ ΜΟHR



ΔΙΑΤΜΗΣΗ με ελεύθερη στράγγιση, ΔV μεταβάλλεται
 $\Delta u=0$

ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΤΑΣΕΩΝ

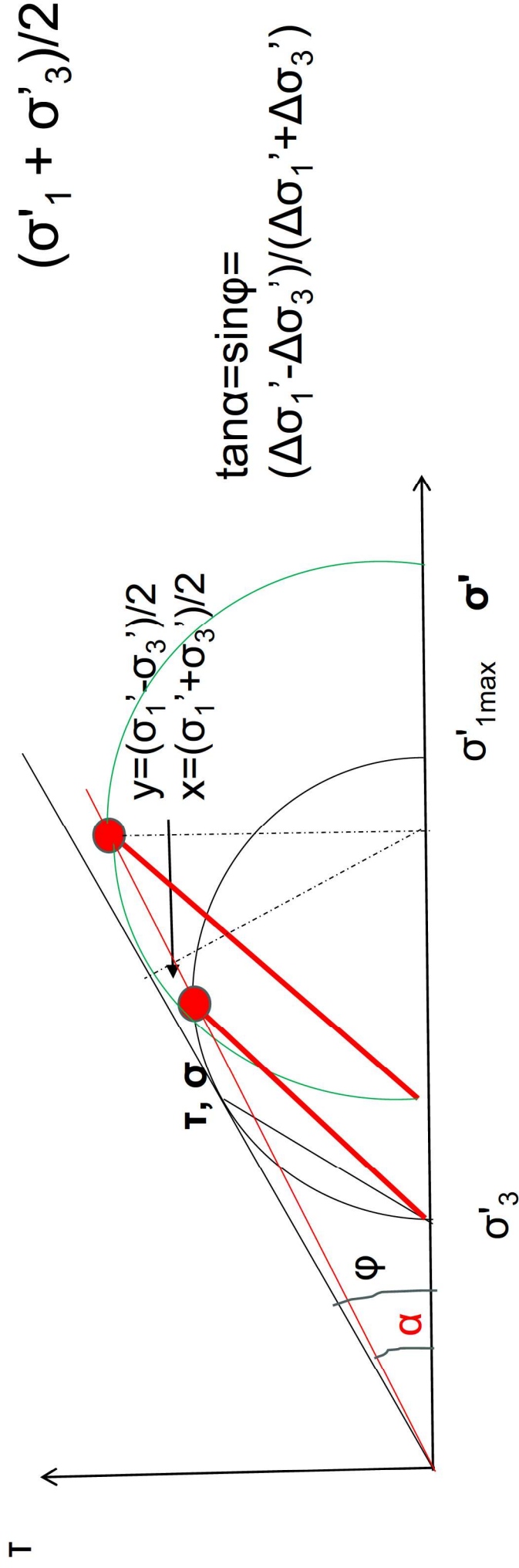
ΚΥΚΛΟΣ ΜΟHR



ΔΙΑΤΜΗΣΗ με ελεύθερη
στράγγιση, ΔΝ μεταβάλλεται

ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΤΑΣΕΩΝ

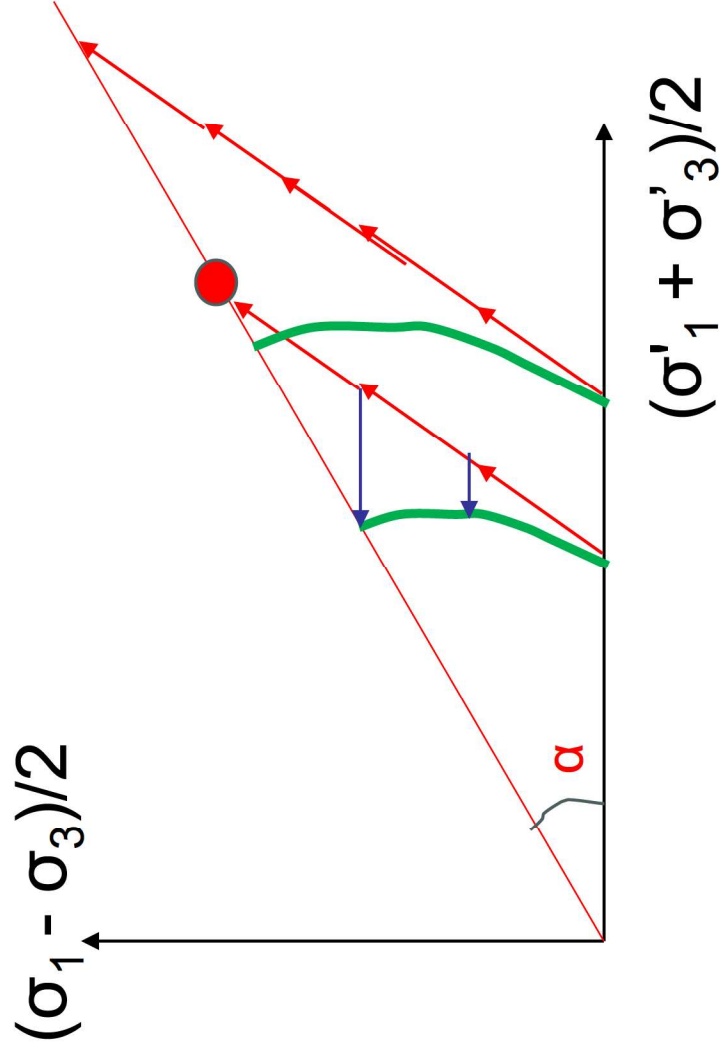
ΚΥΚΛΟΣ ΜΟHR



ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΤΑΣΕΩΝ

Κανονικά φορτισμένη άργιλος

(α) ΔΙΑΤΜΗΣΗ με ελεύθερη στράγγιση, ΔV μεταβάλλεται, $\Delta u=0$

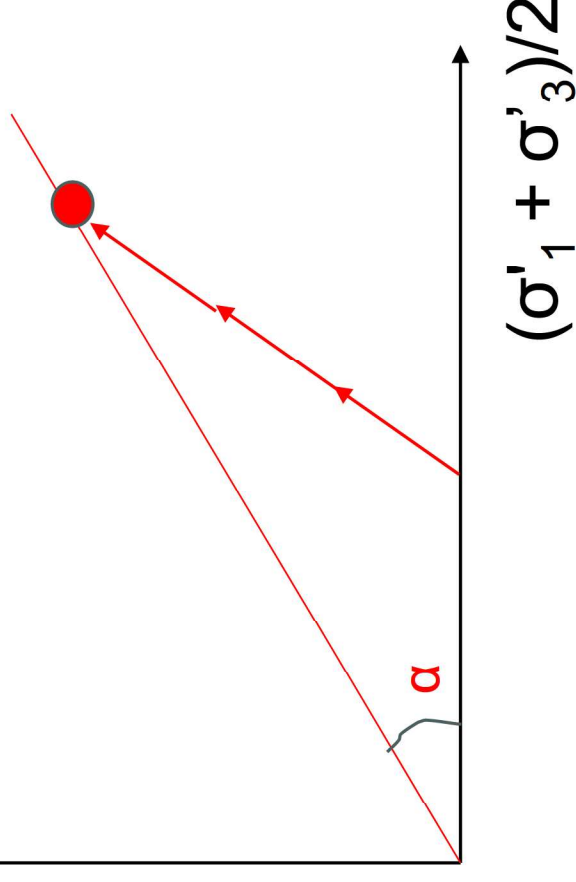


Κανονικά φορτισμένη άργιλος

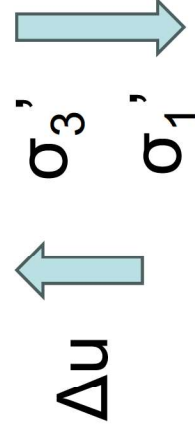
Προσπεροποιημένη



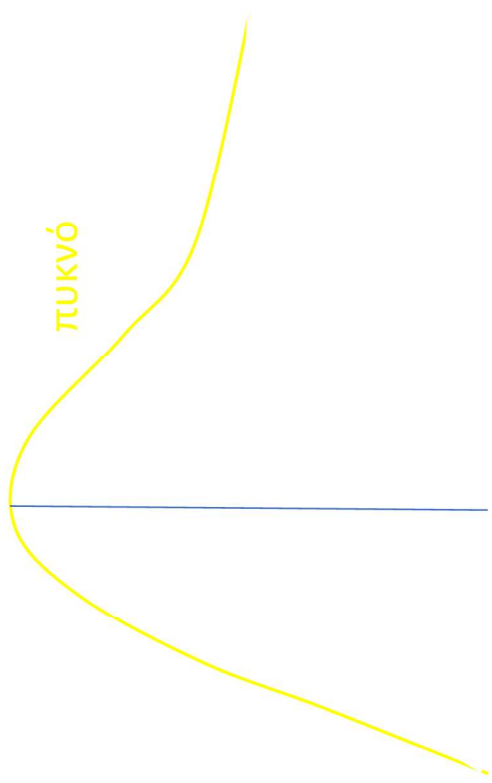
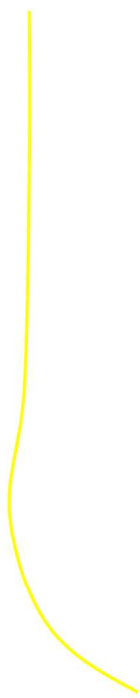
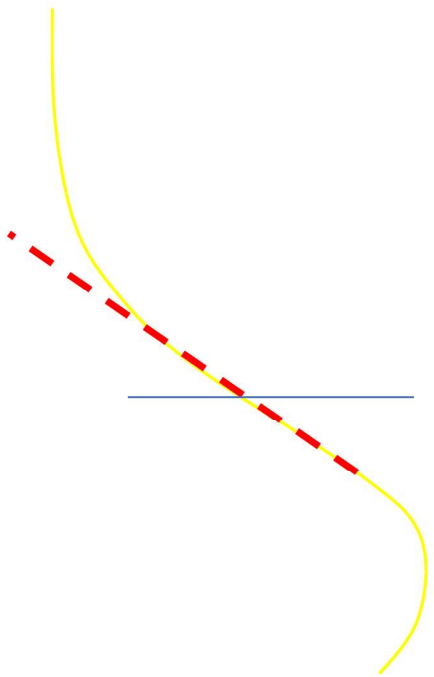
$(\sigma_1 - \sigma_3)/2$



(β) ΔΙΑΤΜΗΣΗ χωρίς στράγγιση, $\Delta V=0$, $\Delta u \neq 0$

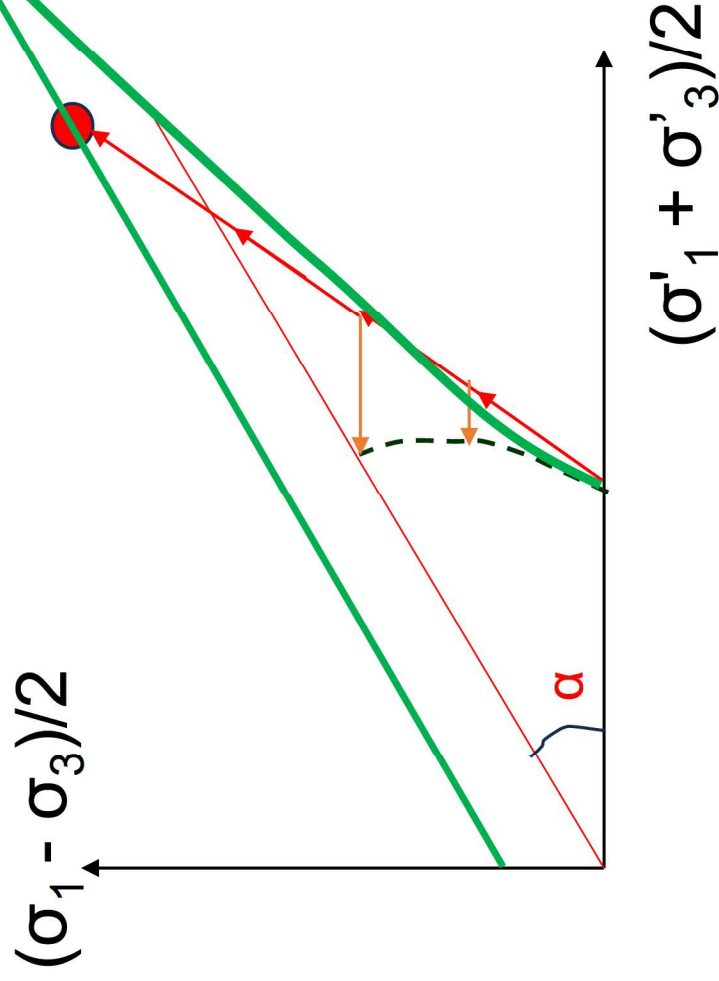


$(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$



ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΤΑΣΕΩΝ

(α) ΔΙΑΤΜΗΣΗ με ελεύθερη στράγγιση, ΔV μεταβάλλεται

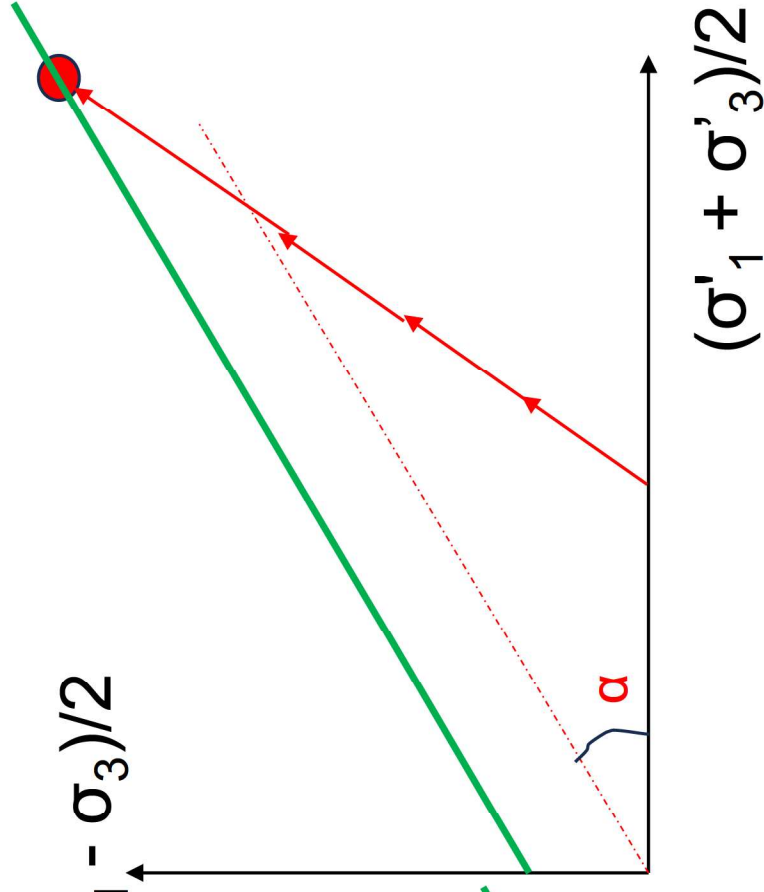


Κανονικά φορτισμένη άργιλος

Προστερεοποιημένη



$(\sigma_1 - \sigma_3)/2$



(β) ΔΙΑΤΜΗΣΗ χωρίς στράγγιση, $\Delta V=0$, $\Delta u \neq 0$

Δu

σ'_3 ↑

σ'_1 ↓

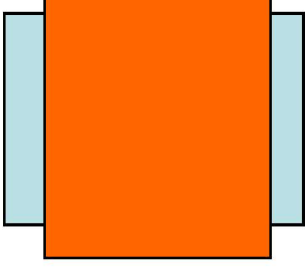
$(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$

Διατμητική αντοχή αργίλων

- Μεγαλύτερη για προφορτισμένες αργίλους από κανονικά φορτισμένες
- Για ελεύθερη και χωρίς (εμποδιζόμενη) στράγγιση
- Κανονικά φορτισμένες: αντοχή για ελεύθερη στράγγιση >> εμποδιζόμενη στράγγιση
- Προφορτισμένες : αντοχή για ελεύθερη στράγγιση << εμποδιζόμενη στράγγιση
- Στο πεδίο βραχυπρόθεσμα εμποδιζόμενη στράγγιση ανάλογα και με τη διαπερατότητα του εδάφους
- Στο πεδίο μακροπρόθεσμα ελεύθερη στράγγιση

- Δοκιμές που επιβάλλουν κυρίως **διατμητικές** παραμορφώσεις :

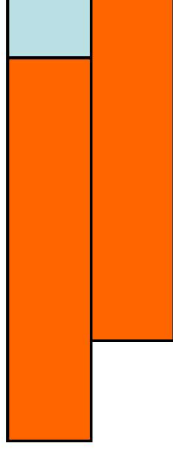
- Κυλινδρική τριαξονική συμπίεση



- Απλή διάτμηση



- Απευθείας διάτμηση

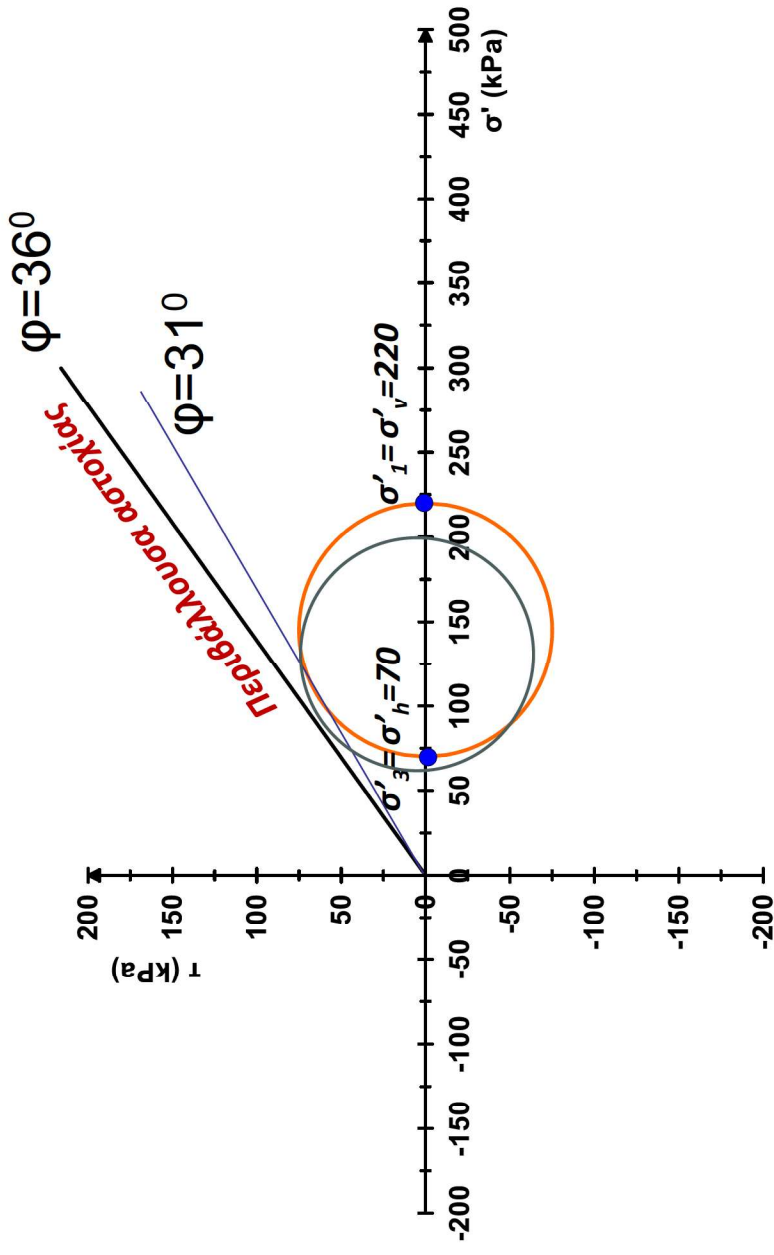


ΕΦΑΡΜΟΓΗ: Κτήριο εδράζεται σε στρώση ξηρής άμμου, με $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$, $K_o = 0.50$ και $\phi = 36^\circ$ και προκαλεί στο σημείο M, που βρίσκεται στο μέσο και σε βάθος 3m, πρόσθετες τάσεις $\Delta\sigma_v = 160 \text{ kPa}$ και $\Delta\sigma_h = 40 \text{ kPa}$. Να εξεταστεί αν το σημείο M έχει αστοχήσει εξαιτίας της κατασκευής του κτηρίου και να σχεδιαστεί ο αντίστοιχος κύκλος Mohr. Το αυτό αν η ΣΥΟ είναι στην επιφάνεια της άμμου

Γεωστατικές τάσεις: $\sigma'_{v0} = 3 \cdot 20 = 60 \text{ kPa}$, $\sigma'_{h0} = 0.5 \cdot 60 = 30 \text{ kPa}$
 $= 30 \text{ kPa}$ $= 15 \text{ kPa}$

Τάσεις μετά τη φόρτιση: $\sigma'_v = 60 + 160 = 220 \text{ kPa}$, $\sigma'_h = 30 + 40 = 70 \text{ kPa}$
 $= 30 + 160 = 190 \text{ kPa}$ $15 + 40 = 55 \text{ kPa}$





$$\sin\phi = (\sigma_1 - \sigma_3) / (\sigma_1' + \sigma_3') = (220 - 70) / (220 + 70) = 0.517 \rightarrow \phi = 31^\circ$$

$$\sin\phi = (190 - 55) / (190 + 55) = 0.551 \rightarrow \phi = 33.5^\circ$$