



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ**

**Ερευνητική Μονάδα Γεωλογίας – Τεκτονική, Στρωματογραφία, Περιβαλλοντική Γεωλογία**

---

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΨΑΜΜΙΤΩΝ ΤΟΥ ΝΕΟΓΕΝΟΥΣ –**

**ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΕΦΕΛΙΟΥ, ΜΕΣΣΑΡΑ, ΚΡΗΤΗ**

**ΜΙΧΑΗΛ ΓΙΟΦΚΟΣ**

**Εξεταστική Επιτροπή:**

Μανούτσογλου Εμμανουήλ, Καθηγητής Π.Κ (επιβλέπων)

Βαφείδης Αντώνιος, Καθηγητής Π.Κ

Στειακάκης Εμμανουήλ, Επίκουρος Καθηγητής Π.Κ

**ΧΑΝΙΑ**

**ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ, 2016**

Η έγκριση της παρούσας διπλωματικής εργασίας από το Πολυτεχνείο Κρήτης, δεν σημαίνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Νόμος 5343/1932, άρθρο 202).

στην οικογένειά μου

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι ψαμμίτες είναι ιζηματογενή πετρώματα με σχετικά μεγάλο πορώδες και διαπερατότητα και ως εκ τούτου αποτελούν αντικείμενο μελέτης πολλών γεωεπιστημονικών ειδικοτήτων. Στην κατηγορία όμως των ψαμμιτών εμπίπτουν επίσης πετρώματα που εκτός από το ψαμμιτικό κλάσμα περιέχουν και ποσοστά ιλυολιθικού αλλά και αργιλικού κλάσματος. Μέσω της διαγένεσης τα βασικά πετροφυσικά χαρακτηριστικά αυτών των πετρωμάτων επηρεάζονται καθοριστικά. Τα αποθετικά περιβάλλοντα των ψαμμιτών μπορεί να είναι διαφορετικά από νηριτικά μέχρι και αβυσσικά μέσω τουρβιδιτικών ρευμάτων. Ψαμμίτες δομούν ένα σημαντικό τμήμα των Νεογενών σχηματισμών στην κεντρική Κρήτη.

Σε μια εκτεταμένη περιοχή στην κεντρική Κρήτη, εντός των νεογενών σχηματισμών της λεκάνης της Μεσσαράς, έχουν παρατηρηθεί σε υδρογεωτρήσεις διαφυγές μεθανίου διαγενετικής προέλευσης. Γεωτρητικά δεδομένα υπέδειξαν ότι το μεθάνιο βρίσκεται πέραν των ιλυολίθων εντός ψαμμιτικών στρωμάτων που φιλοξενούν νερό υψηλής αλατότητας. Ψαμμίτες έχουν δημιουργηθεί στην ευρύτερη αποθετική λεκάνη της Μεσσαράς διαχρονικά από το Μέσο Μειόκαινο έως το Πλειόκαινο σε διαφορετικά αποθετικά περιβάλλοντα. Ως επακόλουθο τα κύρια πετροφυσικά τους χαρακτηριστικά το πορώδες και η διαπερατότητα εξαρτώνται άμεσα από τις αρχικές αυτές ιζηματολογικές συνθήκες και τις συνεπακόλουθες διεργασίες της διαγένεσης.

Στόχος της εργασίας αυτής είναι η μέτρηση του πορώδους και της διαπερατότητας, για πρώτη φορά σε ψαμμίτες του Νεογενούς από διαφορετικά αποθετικά περιβάλλοντα σε 45 δείγματα που πάρθηκαν από τέσσερις γεωλογικές τομές αντιπροσωπευτικές των τριών κύριων σχηματισμών του Μέσου-Ανώτερου Μειοκαίνου στην ευρύτερη λεκάνη της Μεσσαράς: του Βιάννου, Σκοινιά και Αμπελούζου. Κατά μήκος αυτών των τομών παρατηρούνται ψαμμιτικοί πάγκοι σε εναλλαγές με κροκαλοπαγή και μάργες. Αν και οι διαφορές στο πορώδες των σχηματισμών αυτών είναι εμφανείς, δεν συμβαίνει το ίδιο με την διαπερατότητα, συνέπεια του σχετικά υψηλού ποσοστού αργιλικού και ιλυολιθικού κλάσματος εντός των ψαμμιτών, που διαγενετικά την καθόρισε.

## ABSTRACT

Sandstone are sedimentary rocks with relatively high porosity and permeability and consequently being the subject of study for many geoscientific disciplines. In the category of sandstones raise also rocks that apart from the sedimentary fraction contain also percentages siltstone rates and clay fraction. Through diagenesis these basic petrophysical characteristics of these rocks are influenced decisive. The depositional surrounding of the sandstones may be different from neritic up to Abyss through turbidite flows. Sandstones construct a substantial part of the Neogene formations in central Crete.

In an extensive region in central Crete, in the Neogene formations of the basin Messara, have been observed in wells leaks of methane of transgenic origin. Drilling data indicated that methane is beyond siltstone in sandstone layers hosting high salinity water. The sandstone were created in the wider consequential basin of Messara over time from the Middle Miocene to Pliocene in different depositional environments. Following, their main petrophysic characteristics like porosity and permeability are directly dependent on these initial sedimentological conditions and subsequent processes of diagenesis.

The aim of this paper is the measurement of porosity and permeability, for the first time in sandstones of Neogene from different depositional environments in 45 samples taken from four geological sections representative of three main formations of the Middle-Upper Miocene in the Messara basin: the Viannou, Sxoinias and Ampelouzos. Along these sections observed sandstone benches in alternation with conglomerates and marl. Although the differences in porosity of those formations is obvious, it is not the case with the permeability, therefore the relatively high clay and siltstone fraction rate within the sandstones, which transgenic defined it.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστίσω τον επιβλέποντα Καθηγητή κ. Μανούτσογλου Εμμανουήλ για την εμπιστοσύνη και την υπομονή που έδειξε προς το πρόσωπό μου από την επιλογή του θέματος της διπλωματικής εργασίας όσο και κατά την διάρκεια της εκπόνησής της, παρέχοντάς μου τεχνικές και όχι μόνο γνώσεις, βοήθεια σε όποιο θέμα και αν προέκυψε καθώς επίσης και συνεχή κίνητρα για την βελτίωση της διπλωματικής εργασίας αλλά και του τρόπου σκέψης μου.

Στην συνέχεια θα ήθελα να ευχαριστήσω για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή, στον Καθηγητή κ. Βαφείδη Αντώνιο για το χρόνο τον οποίο διέθεσε, όπως και για τις διορθωτικές συμβουλές του στην εν λόγω εργασία, καθώς και στον Επίκουρο Καθηγητή κ. Στειακάκη Εμμανουήλ για τις καίριες τοποθετήσεις του στον τελικό έλεγχο της διπλωματικής εργασίας.

Επιπροσθέτως, οφείλω θερμές ευχαριστίες στον υποψήφιο διδάκτορα κ. Πυλιώτη Γιάννη για την συνεργασία, την υπομονή και την αμέριστη συμπαράστασή που μου παρείχε κατά την διεκπεραίωση της εργασίας όπως και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Παναγόπουλο Γιώργο για τις συμβουλές του στο τεχνικό μέρος της διπλωματικής.

Επιπλέον, ένα εγκάρδιο ευχαρίστω στον Δρ. κ. Μαρινάκη του Εργαστηρίου Ανάλυσης Ρευστών και Πυρήνων Υπογείων Ταμιευτήρων, στον κ. Μαυριγιαννάκη του Εργαστηρίου Μηχανικής Πετρωμάτων, καθώς και στους κ. Πετράκη και κα. Παντελάκη του Εργαστηρίου Εμπλουτισμού για την παραχώρηση των απαραίτητων μέσων για την ολοκλήρωση των εργαστηριακών δοκιμών.

Τέλος, δεν θα μπορούσα να ξεχάσω τους συμφοιτητές και φίλους Στυλιανό Σπαντιδάκη και Ηρακλή Μαντζιώκα για την συνεργασία όπως και τους Ξυλά Δημήτρη, Κανέλλο Παναγιώτη, Γεωργιά Κωνσταντίνο, Βασιλείου Γιώργο, Παπαδόπουλο Χαράλαμπο και Στυλιάρη Λουκά για την ηθική τους υποστήριξη, πρώτα από όλους βέβαια την οικογένειά μου για την υπομονή την στήριξη και την εμπιστοσύνη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	6
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ – ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	17
2.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΡΗΤΗΣ.....	17
2.1.1. Η γεωγραφία της Μεσσαράς.....	18
2.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ .....	19
2.2.1. Γεωλογικό περίγραμμα της Κρήτης .....	24
2.2.2. Απόψεις για την νεοτεκτονική εξέλιξη της Κρήτης.....	30
2.2.3. Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής μελέτης .....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΟΡΩΔΕΣ - ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ .....	38
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	38
3.1.1. Πορώδες.....	38
3.1.2. Τύποι πορώδους .....	40
3.1.3. Μέθοδοι προσδιορισμού του πορώδους.....	40
3.1.4. Διαπερατότητα .....	48
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ .....	53
4.1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ .....	53
4.1.1. Μέτρηση του πορώδους.....	53
4.1.2. Διαμόρφωση δοκιμίων .....	54
4.1.3. Πειραματική διαδικασία.....	58
4.1.4. Εργαστηριακή μέτρηση της διαπερατότητας.....	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ – ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ .....	64
5.1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	83
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	85
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....	92
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ.....	92

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΠΥΡΗΝΟΛΗΣΙΑ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ .....	104
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ.....	127

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Σχέση κατανομής πορώδους και διαπερατότητας σε ανθρακικά πετρώματα του Ολοκαίνου (από Moore & Wade, 2013).....	14
Εικόνα 2: Σχέση κατανομής ταχυτήτων κυμάτων P με κατανομή διαφόρων τύπων πορώδους από δείγματα ανθρακικών πετρωμάτων (κατά Anselmetti and Eberli, 1993 από Baechle 2009) .....	15
Εικόνα 3: Γεωγραφικός χάρτης της Κρήτης και η θέση της λεκάνης της Μεσσαράς (από Κρινή, 2009) .....	18
Εικόνα 4: Γεωτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας (κατά Jacobshagen et al, 1978 τροποποιημένος από Κοκκάλα, 2000).....	20
Εικόνα 5: Σχηματικές τομές που αναπαριστούν την ορογενετική εξέλιξη των Ελληνίδων (Κατά Jacobshagen et al., 1986). Πιο συγκεκριμένα: α) Περίοδος Μέσου Μειόκαινου. Επώθηση των κεντρικών Ελληνικών καλυμμάτων (ζώνες Πίνδου, Παρνασσού, Πελαγονικής) πάνω στη ζώνη Γαβρόβου. β) Περίοδος Μέσου - Ανω.Ηωκαίνου. Κλείσιμο του ωκεάνιου χώρου της ζώνης Αξιού. Επώθηση των οφειολίθων από τη ζώνη Αξιού πάνω στην Πελαγονική. Αρχή της ιζηματογένεσης του εξωτερικού φλύσχη. Απόθεση της μολάσσης στην Μεσοελληνική αύλακα και την "αύλακα Αξιού". γ) Περίοδος Ανωτέρου Ιουρασικού - Κατωτέρου Κρητιδικού. Βύθιση του ωκεανού της ζώνης Αξιού κάτω από την Περιροδοπική ζώνη και την Ελληνική Ενδοχώρα. Αρχική τεκτονική τοποθέτηση των οφειολίθων πάνω στην Πελαγονική και δ) Περίοδος Μέσου - Ανω Ιουρασικού. Αύλακες και υβώματα μετά την περιροδοπική ορογένεση. ΑΙ = Αλμωπίας, C.R.B. = Περιροδοπική, G.T. = Γαβρόβου-Τρίπολης, Η = Ενδοχώρα, Ιο = Ιόνιος, Ρ = Πελαγονική, Ρα = Πάικου, Ρε = Παιονίας, Ρh = λεκάνη φυλλιτών, Ρi = Πίνδου, Sb = Υποπελαγονική, T.O. = Σειρά Plattenkalk. ....	22
Εικόνα 6: Λιθολογική υποδιαίρεση του Φυλλιτικού καλύμματος κατά Dornsiepen και Manutsoglu (1994) (αριστερά) και δεξιά σχηματικές συγκριτικές λιθοστρωματογραφικές	



στήλες των μεταμορφωμένων ενοτήτων των εξωτερικών Ελληνίδων (Dornsiepen et al., 2001) .....	23
Εικόνα 7: Τμήμα του γεωλογικού χάρτη της Ελλάδος σε κλίμακα 1:500.000 με κίτρινες και πράσινες αποχρώσεις οι λεκάνες του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς (Ι. Γ.Μ.Ε) .....	24
Εικόνα 8: Τεκτονική διάταξη των τεκτονοστρωματογραφικών ενοτήτων στην Κρήτη (τροποποιημένη από Seidel et al., 1982) .....	25
Εικόνα 9: Σχηματική απεικόνιση της λιθοστρωματογραφίας της Κρήτης, με τις μεγαλύτερες ομάδες σχηματισμών του Νεογενούς και το προνεογενές υπόβαθρο (αδιαίρετο). Παρουσιάζεται η μεταξύ τους σχέση όσο αφορά τη κατακόρυφη και οριζόντια θέση αλλά και την στρωματογραφική εξέλιξή τους (κατά Meulenkaamp, 1979) .....	29
Εικόνα 10: Τεκτονοστρωματογραφικά επεισόδια στην κεντρική και ανατολική Κρήτη (Duermeijer et al. 1998) .....	31
Εικόνα 11: Σχηματική αναπαράσταση την ζώνης αποκόλλησης στην περιοχή της Κρήτης. Το κατερχόμενο τέμαχος κινήθηκε εφελκυστικά προς τον Βορρά (κατά van Hinsbergen & Meulenkaamp 2006) .....	32
Εικόνα 12: Σχηματικά στερεοδιαγράμματα της περιοχής της κεντρικής Κρήτης και οι κύριες ρηξιγενείς ζώνες, που έχουν επηρεάσει την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Μεσσαράς μετά το Μέσο Μειόκαινο, με γωνία θέασης προς τα ΒΔ. (Από Βασιλάκη 2006) .....	33
Εικόνα 13: Γενικευμένο μοντέλο τεκτονικής εξέλιξης της Κρήτης (κατά Παρανικόλαου & Vassilakis 2008) .....	34
Εικόνα 14: Στρωματογραφική διάρθρωση των διαφορετικών ομάδων στην κεντρική Κρήτη (από Ντρίνια 1996 κατά Meulenkaamp, 1979) .....	35
Εικόνα 15: Απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη κλίμακας 1:50.000 του ΙΓΜΕ, φύλλο Τυμπάκιον με τις θέσεις των γεωλογικών τομών από όπου έγιναν οι δειγματοληψίες. Στο παράρτημα παρατίθεται το γεωλογικό φύλλο Τυμπάκιον. (θέση 1, πλησίον του χωριού Λαγόλιο. Σχηματισμός Β .....	37
Εικόνα 16: Απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη κλίμακας 1:50.000 του ΙΓΜΕ, φύλλο Άνω Αρχάναι με την θέση της γεωλογικής τομής από όπου έγιναν οι δειγματοληψίες. Στο παράρτημα παρατίθεται το γεωλογικό φύλλο Άνω Αρχάναι .....	37
Εικόνα 17: Οι έξι βασικές μορφές ισοθέρμων προσρόφης σύμφωνα με την κατάταξη κατά IUPAC .....	42
Εικόνα 18: Ηλεκτρονικά μικροφωτογραφήματα ποροχυτευμάτων ψαμμιτών .....	43

<i>Εικόνα 19: Μέθοδος με διαγραφίες νετρονίων .....</i>	<i>45</i>
<i>Εικόνα 20: Διαγραφίες πυκνότητας.....</i>	<i>46</i>
<i>Εικόνα 21: Τεχνική Ακουστικής Διαγραφίας (από Τσούρλος, 2015) .....</i>	<i>47</i>
<i>Εικόνα 22: Ο χρόνος διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος εξαρτάται από την λιθολογία όσο και από το πορώδες του δείγματος.....</i>	<i>47</i>
<i>Εικόνα 23: Ροή ρευστών μέσω ενός πορώδους μέσου (από Σταματάκη, 2005).....</i>	<i>49</i>
<i>Εικόνα 24: Ποροσίμετρο και πειραματική διάταξη τύπου Boyle (από Γαμβρούδης, 2010 και Βαρότσης ,2014) .....</i>	<i>54</i>
<i>Εικόνα 25: Εργαστηριακός πυρηνολήπτης δοκιμίων .....</i>	<i>56</i>
<i>Εικόνα 26: Εργαστηριακό δισκοπρίονο κοπής δοκιμίων πετρωμάτων (από Φέγγος, Κουβελάς 2006) .....</i>	<i>57</i>
<i>Εικόνα 27: Εργαστηριακός λειαντής.....</i>	<i>58</i>
<i>Εικόνα 28: Πειραματική διάταξη μέτρησης διαπερατότητας, 1-Πάνελ ελέγχου, 2-Υποδοχέας δειγμάτων, 5-Φιάλη πεπιεσμένου αέρα, 6,7-Μανόμετρα, 8-Διακόπτης λειτουργίας.....</i>	<i>63</i>
<i>Εικόνα 29: Πραγματοποίηση της υγρής κοσκίνισης .....</i>	<i>66</i>
<i>Εικόνα 30: Πραγματοποίηση της ξηρής κοσκίνισης – Κοσκινιέρα.....</i>	<i>66</i>
<i>Εικόνα 31: Αθροιστικές κοκκομετρικές αναλύσεις δειγμάτων .....</i>	<i>68</i>
<i>Εικόνα 32: Τριγωνικό Διάγραμμα λεπτόκοκκων ιζημάτων κατά Folk (1974) .....</i>	<i>74</i>
<i>Εικόνα 33: Τριγωνικό Διάγραμμα μεσόκοκκων ιζημάτων κατά Folk (1974).....</i>	<i>75</i>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην Κρήτη, μεταξύ των ορεινών όγκων του Ψηλορείτη στα βόρεια, των Αστερουσίων στα νότια και του όρους Δίκτη στα ανατολικά εκτείνεται η πεδιάδα της Μεσσαράς που αποτελεί το σημαντικότερο γεωμορφολογικό κομμάτι της νήσου όσον αφορά τον αγροτικό τομέα. Το επίπεδο τμήμα της Μεσσαράς (Messara plain) αποτελεί τμήμα της λεκάνης της Μεσσαράς (Messara basin) , μιάς γεωλογικής δομής για την ερμηνεία της δημιουργίας, της εξέλιξης αλλά

και της χωρικής κατανομής των δεκάδων λιθοτύπων της οποίας, έχουν συγγραφεί πολλές επιστημονικές εργασίες και παρ'όλα αυτά οι έρευνες συνεχίζονται.

Η κίνηση του βαρυτικού νερού εντός των διαφορετικής λιθολογίας και ηλικίας υδροφορέων της ευρύτερης λεκάνης, η λεπτομερής διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών του πολύπλοκου αυτού συστήματος, καθώς και η αξιολόγηση κατάλληλων μεθόδων και ομοιωμάτων που μπορούν να εφαρμοσθούν στις επιμέρους συνιστώσες της διαχείρισης των υδάτων, ώστε να υπάρξει μια ρεαλιστική προσέγγιση της διαχρονικής κατάστασής των, η οποία θα συμβάλλει στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων κυρίως στην κατεύθυνση της προστασίας έχουν παρουσιαστεί και αναλυθεί διεξοδικά (από Κριτσωτάκης 2009).

Εντός της λεκάνης της Μεσσαράς υπάρχουν ηχηρές ενδείξεις για ύπαρξη πιθανού γεωθερμικού πεδίου χαμηλής ενθαλπίας στη νότια περιοχή των Μοιρών, όπως αναφέρεται σε μελέτη του Ι.Γ.Μ.Ε. (Νικολάου, 1994). Τα πιο πρόσφατα στοιχεία σχετικά με πιθανή ύπαρξη γεωθερμικών πεδίων στην Μεσσαρά (από Κυρκιμτζή 2013), προέκυψαν από μετρήσεις θερμοκρασίας σε υδρογεωτρήσεις στις περιοχές Περί, Πλάτανος και Μελιδοχώρι (από Αμβράζης 2015; Σμπώκος 2015; Αγριμάκη 2016). Για την κατανόηση της κίνησης των υδροθερμικών ρευστών είναι απαραίτητη η γνώση πετροφυσικών χαρακτηριστικών των πετρωμάτων (κυρίως του πορώδους και της διαπερατότητας) ή/και των τεκτονικών δομών (ρηγμάτων, διακλασεων κτλ) εντός των οποίων γίνεται η κίνηση των υδροθερμικών ρευστών. Στα παλάισια αυτά βασικές έννοιες όπως υδραυλική αγωγιμότητα ενός υδροφόρου σχηματισμού μπαίνουν σε προτεραιότητα.

Ως υδραυλική αγωγιμότητα ενός γεωλογικού σχηματισμού, περιγράφεται η ιδιότητα του να επιτρέπει τη ροή υγρού μέσα από τη μάζα του. Ο Darcy απέδειξε ότι για γραμμική ροή μέσα σε κύλινδρο (μήκους  $L$ ) υπάρχει αναλογία μεταξύ της ποσότητας του νερού που διέρχεται στη μονάδα του χρόνου (παροχή  $Q$ ) και της απώλειας δυναμικού ( $\Delta H$ ) μεταξύ δύο σημείων της διαδρομής του νερού (από Στειακάκης, 2012). Θεωρώντας ένα συντελεστή  $k$  για να αποδώσει την αναλογία αυτή, διατύπωσε τη σχέση:

$$\diamond \quad q = k \times A \times i = k \times A \times \left(\frac{\Delta H}{L}\right) \quad (\text{Εξίσωση 1.2})$$

όπου,

$q$  : ρυθμός ροής,  $m^3/s$

$k$  : υδραυλική αγωγιμότητα,  $m/s$

$\Delta H/L = i$ : υδραυλική βαθμίδα

$\Delta H$  : απώλεια φορτίου μεταξύ δύο σημείων της διαδρομής του νερού

$L$  : απόσταση των σημείων, m

$A$  : εμβαδόν διατομής δοκιμίου,  $m^2$

Ο νόμος του Darcy ισχύει για ένα μεγάλο εύρος τύπων εδαφών και υδραυλικών βαθμίδων όταν υπάρχει στρωτή ροή μέσω των κόκκων (Olson and Daniel, 1981). Δεν ισχύει όμως για πολύ μεγάλες υδραυλικές βαθμίδες σε χονδρόκοκκα εδάφη όπου η ροή από στρωτή γίνεται τυρβώδης. Ο νόμος του Darcy δεν ισχύει επίσης όταν εφαρμόζονται πάρα πολύ μικρές υδραυλικές βαθμίδες σε αργιλικά κυρίως υλικά. Γίνεται φανερό ότι ενώ αναγνωρίζεται η ύπαρξη πόρων και διαπερατότητας με την κλασσική αυτή διάταξη ο Darcy ενσωμάτωσε τις δύο αυτές έννοιες με την πρακτική της μέτρησης του ρυθμού ροής του πορώδους μέσου. Έτσι λοιπόν στην προσέγγιση της κίνησης του βαρυτικού νερού (πολύ δε περισσότερο στην κίνηση των γεωθερμικών υδάτων που είναι ακόμα πιο πολύπλοκη) αναγνωρίζεται η ύπαρξη πετροφυσικών χαρακτηριστικών όπως **το πορώδες και η διαπερατότητα** αλλά στην βασική εξίσωση της υπόγειας ροής π.χ. σε ένα υπό πίεση υδροφόρο στρώμα, αναγνωρίζεται ότι η τρισδιάστατη ροή εξελίσσεται σε ένα **ισότροπο και ομοιογενές πορώδες μέσο**. Τα βασικά πετροφυσικά μεγέθη του πορώδους και της διαπερατότητας των πετρωμάτων «εμπεριέχονται» σε άλλα μετρούμενα βασικά μεγέθη όπως π.χ. την παροχή ανα μονάδα πλάτους ενός υδροφόρου στρώματος.

Η μελέτη της υδροπερατότητας ή υδραυλικής αγωγιμότητας ιζημάτων και πετρωμάτων που εμπίπτουν στην περιοχή των «εδαφικών σχηματισμών», που είναι απαραίτητη για το σχεδιασμό γεωτεχνικών έργων (π.χ. φράγματα, λιμνοδεξαμενές, επιχώματα), αλλά και για τη διαπίστωση της καταλληλότητας υλικών στεγάνωσης σε Χ.Υ.Τ.Α, μπορεί είτε να μετρηθεί εργαστηριακά με διαφόρου τύπου περατομέτρων (εύκαμπτου (flexible wall) και άκαμπτου (rigid wall) τύπου) μες διάφορες διατάξεις και τεχνικές είτε (δοκιμή πίπτοντος υδραυλικού φορτίου, σταθερού υδραυλικού φορτίου) είτε εκτιμούνται με εμπειρικούς τύπους (μέσω μίας παραλλαγής του τύπου Kozeny Carman, κατά Breyer, κατά Slitcher) είτε ενναλακτικά γίνεται εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας με βάση το  $d_{10}$  κατά Hazen (Ishaku J., et al., 2010) (από Μιχάλας, 2013):

$$\diamond k = \frac{g}{\nu} \times 8.3 \times 10^{-3} \times \left[ \frac{n^3}{(1-n)^2} \right] \times d_{10}^2 \text{ (Εξίσωση 1.1)}$$

όπου,

$k$  : υδραυλική αγωγιμότητα, cm/s

$d_{10}$  : ενεργό μέγεθος που αντιστοιχεί στο μέγεθος του 10 % κατά βάρος των λεπτόκοκκων κόκκων, cm

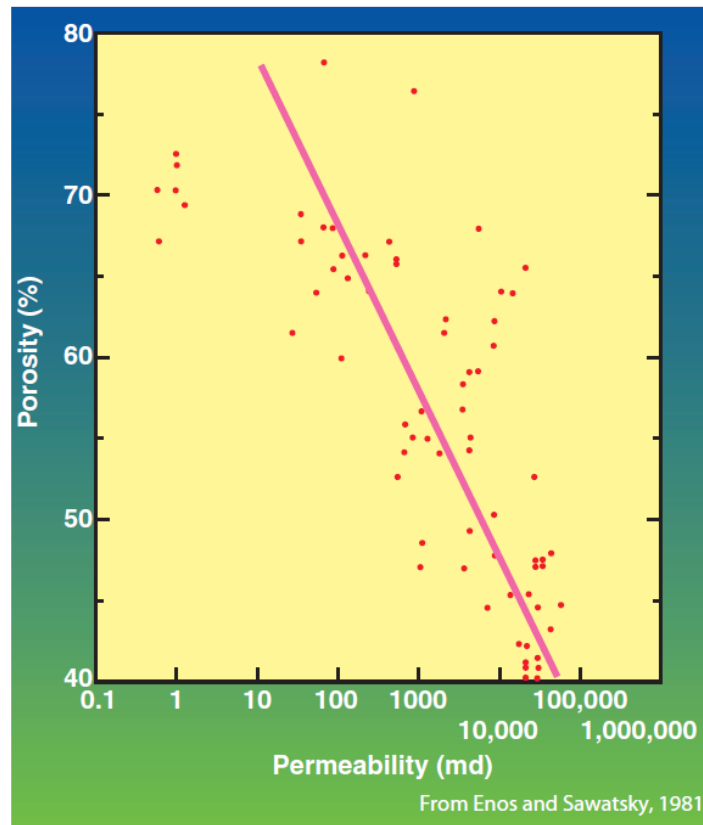
$g$  : επιτάχυνση της βαρύτητας, cm/s<sup>2</sup>

$v$  : κινηματικό ιξώδες νερού, 0.01 cm<sup>2</sup> /s

$n$  : πορώδες, %

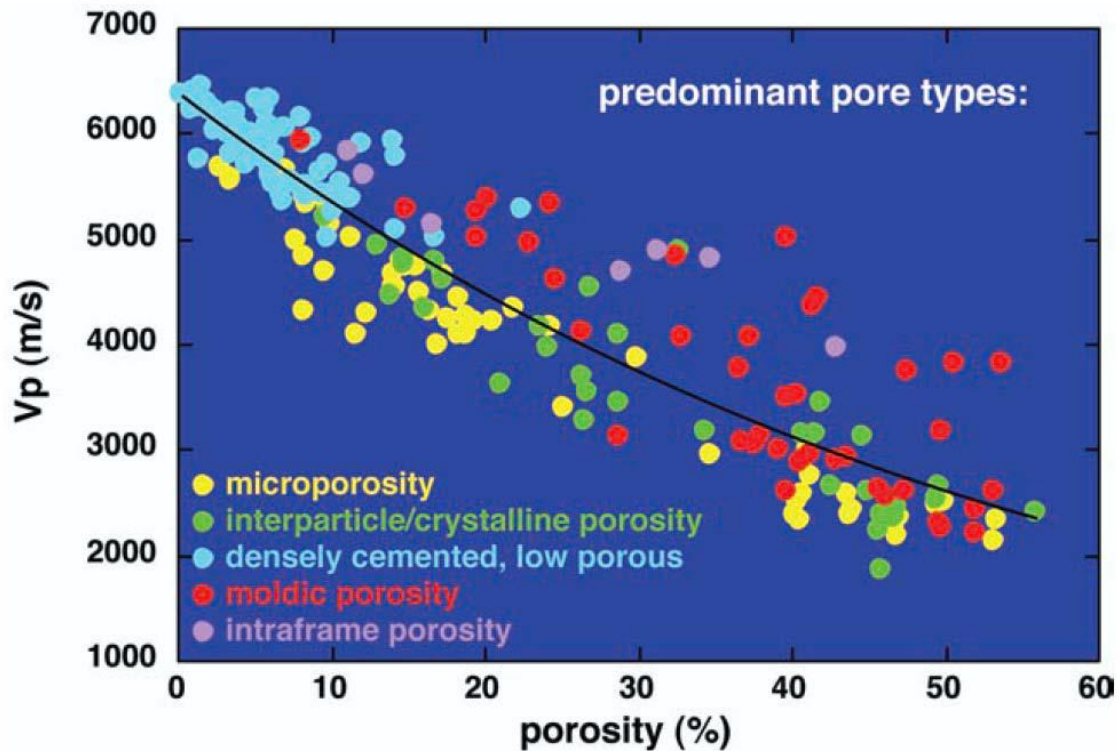
**μια σχέση που απαιτεί προηγουμένως την μέτρηση του πορώδους.**

Σε κάθε επιστιμονική περιοχή έχουν παγιωθεί μεθόδολογίες μέτρησης πορώδους και διαπερατότητας. Στην μελέτη ταμιευτήρων υδρογονανθράκων, τα δύο αυτά βασικά μεγέθη (πορώδες και διαπερατότητα) των γεωλογικών σχηματισμών είτε μετρούνται και συσχετίζονται άμεσα (Εικ.1.1) είτε συσχετίζονται στην ερμηνεία γεωφυσικών δεδομένων (Εικ. 1.2).



**Εικόνα 1: Σχέση κατανομής πορώδους και διαπερατότητας σε ανθρακικά πετρώματα του Ολοκαίνου (από Moore & Wade, 2013)**

Η ποσοτική ερμηνεία σεισμικών δεδομένων είναι μια σημαντική τεχνολογία στην αναζήτηση υδρογονανθράκων που στόχο έχει να προβλέψει ιδιότητες ενός ταμιευτήρα. Χρησιμοποιούνται στις βασικές αρχές της φυσικής των πετρωμάτων για να μετασχηματίσουν ακουστικές ιδιότητες προερχόμενες από σεισμικές μεθοδολογίες σε ιδιότητες ενός ταμιευτήρα π.χ. ο όγκος των πόρων, ο τύπος ρευστών των πόρων ή η λιθολογία. Σε ψαμμίτες, η ταχύτητα μπορεί να προβλεφθεί/υπολογιστεί με τη χρήση μοντέλων φυσικής των πετρωμάτων που ενσωματώνουν παραμέτρους, όπως το πορώδες, όγκος των αργιλικών σχιστών, ο τύπος της ρευστής φάσης, ή/και η επικρατούσα ορυκτολογία (Baechle, 2009).



Εικόνα 2: Σχέση κατανομής ταχυτήτων κυμάτων P με κατανομή διαφόρων τύπων πορώδους από δείγματα ανθρακικών πετρωμάτων (κατά Anselmetti and Eberli, 1993 από Baechle 2009)

Η εκμετάλλευση του παραγόμενου βιογενούς μεθανίου σε αβαθείς σχηματισμούς έχει αποκτήσει σημαντικό ενδιαφέρον παγκόσμια, λόγω της αυξημένης ζήτησης. Ειδικά σε χώρες, όπως η Ελλάδα, με εξαιρετικά περιορισμένη συμμετοχή της εγχώριας παραγωγής υδρογονανθράκων στο ενεργειακό ισοζύγιο, η κατεύθυνση αυτή έχει ιδιαίτερη ση μασία, ακόμη και για μικρού όγκου παραγωγές, κατάλληλες για χρήση σε τοπική θέρμανση ή σε γεωργικές εκμεταλλεύσεις. Σε μια εκτεταμένη περιοχή (~30km<sup>2</sup>) στην κεντρική Κρήτη, εντός της λεκάνης της Μεσσαράς, έχουν παρατηρηθεί πολυάριθμες διαφυγές αερίων σε υδρογεωτρήσεις διαφορετικού βάθους. Τα αέρια αυτά αποτελούνται κυρίως από μεθάνιο (~90% κ.ό.) και άζωτο. Η σύσταση αυτή είναι χαρακτηριστική των αερίων προϊόντων από βιογενετικές διεργασίες (διαγένεση) της οργανικής ύλης. Τα γεωτρητικά δεδομένα στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος με τίτλο: «Εντοπισμός και αξιολόγηση βιοαερίου Νεογενών σχηματισμών της περιοχής Αρκαλοχωρίου του Ν. Ηρακλείου Κρήτης για ενεργειακή χρήση» που συγχρηματοδοτήθηκε από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ) και τη Δημοτική Επιχείρηση Αρκαλοχωρίου στα πλαίσια του ΠΕΠΕΡ – ΚΡΗΤΗΣ «Τεχνολογικά επιδεικτικά έργα» υποδεικνύουν την ύπαρξη ιλυολίθων και

ψαμμιτικών στρωμάτων, τα οποία συνήθως φιλοξενούν νερό υψηλής αλατότητας (Panagopoulos et al., 2011).

Η κίνηση και η συσσώρευση του βιογενούς αερίου εντός των Νεογενών σχηματισμών σχετίζεται με την ύπαρξη πορώδους ικανής διαπερατότητας στα πετρώματα αυτά. Στόχος λοιπόν της εργασίας αυτής είναι η μέτρησης για πρώτη φορά του πορώδους και της διαπερατότητας με μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται στην έρευνα υδρογονανθράκων σε 38 δείγματα που παρήχθησαν από τέσσερις γεωλογικές τομές αντιπροσωπευτικές των τριών κύριων σχηματισμών του Μέσου-Ανώτερου Μειοκαίνου στην περιοχή: των σχηματισμών Βιάννου, Σκοινιά, Τεφελίου και Αμπελούζου. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτέθηκαν σε διαφορετικά αποθετικά περιβάλλοντα. Κατά μήκος αυτών των τομών παρατηρούνται ψαμμιτικοί πάγκοι σε εναλλαγές με κροκαλοπαγή και μάργες. Αν και οι διαφορές στο πορώδες των σχηματισμών αυτών είναι εμφανείς, δεν συμβαίνει το ίδιο με την διαπερατότητα, συνέπεια του σχετικά υψηλού ποσοστού αργιλικού και ιλυολιθικού κλάσματος εντός των ψαμμιτών, που διαγενετικά την καθόρισε.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ – ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

### 2.1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

*Η Κρήτη αποτελεί το μεγαλύτερο νησί του ελλαδικού χώρου και βρίσκεται στα νότια του Αιγαίου πελάγους. Πρόκειται για μια επιμήκη χερσαία περιοχή με γενική διεύθυνση Α-Δ, με το Κρητικό πέλαγος να βρέχει τις βόρειες ακτές του νησιού και το Λιβυκό πέλαγος να βρέχει τις νότιες. Οι μεγαλύτερες πόλεις βρίσκονται στη βόρεια πλευρά του και είναι από τα δυτικά προς τα ανατολικά τα Χανιά, το Ρέθυμνο, το Ηράκλειο, ο Αγ. Νικόλαος και η Σητεία, οι οποίες αποτελούν και λιμάνια που συνδέοντας το νησί με την ηπειρωτική Ελλάδα. (από Βασιλάκης, 2006) Κατά μήκος της νότιας ακτογραμμής συναντώνται μικρότερες πόλεις (Ιεράπετρα, Αγία Γαλήνη, Χώρα Σφακίων).*

*Οι μεγάλοι ορεινοί όγκοι στο νησί είναι τρεις. Τα Λευκά όρη, (2.452 m), στο δυτικό τμήμα της Κρήτης, νότια της πόλης των Χανίων. Ο Ψηλορείτης (Ιδη) (2.456 m) βρίσκεται στην κεντρική Κρήτη, μεταξύ των νομών Ηρακλείου και Ρεθύμνου και το όρος Δίκτη (2.148 m) βρίσκεται μεταξύ των νομών Ηρακλείου και Λασιθίου, όπου έχει δημιουργηθεί το μεγάλης έκτασης οροπέδιο του Λασιθίου (από Μορέλας, 2014)*

*Ενδιάμεσα των ορεινών όγκων βρίσκονται οι λεκάνες του Ρεθύμνου, του Ηρακλείου και της Ιεράπετρας με μέση διεύθυνση Β-Ν. Ενώ με διεύθυνση κάθετη σε αυτή και στην περιοχή νότια του Ηρακλείου, έχει δημιουργηθεί η λεκάνη της Μεσσαράς, στο δυτικό τμήμα της οποίας βρίσκεται και το φράγμα της Φανερωμένης στην ευρύτερη περιοχή του οποίου επικεντώθηκε η παρούσα εργασία [1].*

### 2.1.1. Η γεωγραφία της Μεσσαράς

Η περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας αποτελεί το νοτιοδυτικό τμήμα της πεδιάδας της Μεσσαράς. Η πεδιάδα καλύπτει έκταση  $398 \text{ km}^2$  ενώ ολόκληρη η λεκάνη της Μεσσαράς περίπου  $1005 \text{ km}^2$ . Ανήκει διοικητικά στην Περιφέρεια Κρήτης και πιο συγκεκριμένα στο Νομό Ηρακλείου ενώ βρίσκεται σε απόσταση 50km νότια από την πόλη του Ηρακλείου (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 3: Γεωγραφικός χάρτης της Κρήτης και η θέση της λεκάνης της Μεσσαράς (από Κρινή, 2009)

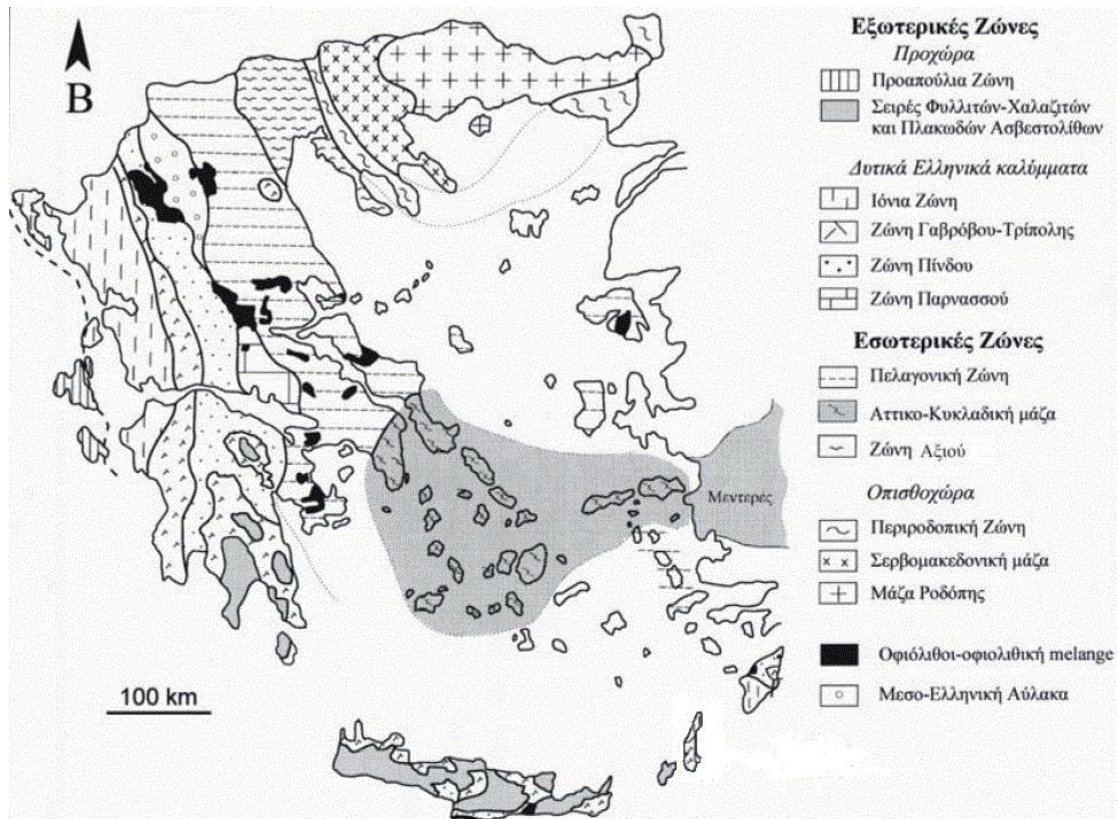
Η λεκάνη της Μεσσαράς βρίσκεται γεωγραφικά μεταξύ  $34^{\circ}55'$  και  $35^{\circ}15'$  Βόρεια του Ισημερινού και  $24^{\circ}45'$  και  $25^{\circ}25'$  Ανατολικά του Γκρίνουιτς. Οριοθετείται από τους ορεινούς όγκους: α) Ίδη ( $2.456 \text{ m}$ ) στο βορειοδυτικό τμήμα β) Αστερούσια Όρη ( $1.231 \text{ m}$ ) στο νότιο τμήμα και γ) Δίκτη ( $2.148 \text{ m}$ ) στο ανατολικό τμήμα, ενώ στο δυτικό τμήμα οριοθετείται από την περιοχή της Φαιστού και στο νοτιοανατολικό τμήμα το χωριό Δεμάτι.

Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης είναι  $445 \text{ m}$  και η μέση κλίση  $23,7\%$ . Το ανάγλυφο είναι αρκετά έντονο με ήπιες έως μηδενικές κλίσεις στο πεδινό τμήμα της λεκάνης, έντονες κλίσεις στα πιο ορεινά τμήματα, όπως το βορειοδυτικό και το νότιο, και πολύ έντονες κλίσεις στο ανατολικό τμήμα. Από τη λεκάνη της Μεσσαράς διέρχονται δύο μεγάλοι ποταμοί, ο Γεροπόταμος ( $38,4 \text{ km}$ ) και ο Αναποδιάρης ( $46 \text{ km}$ ) που αποστραγγίζουν τη δυτική και ανατολική λεκάνη της Μεσσαράς αντίστοιχα. Άλλοι σημαντικοί ποταμοί της λεκάνης είναι οι δύο παραπόταμοι του Γεροποτάμου, ο Κατσουλίδης και ο Αηθαίος και οι δύο παραπόταμοι του Αναποδιάρη, ο Βαρύτης και ο Κολοκυθάς (από Κρινής 2009).

## 2.2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ

Οι ερευνητές σήμερα, στηριζόμενοι στις νέες απόψεις της Θεωρίας των Λιθοσφαιρικών Πλακών δέχονται σχεδόν ομόφωνα την άποψη ότι η πλειονότητα των Αλπικών σχηματισμών της νήσου Κρήτης ανήκουν σε έναν ευρύτερο χώρο, τον χώρο των Εξωτερικών Ελληνίδων αλλά στην δομή της συμμετέχουν και γεωτεκτονικές ζώνες των Εσωτερικών Ελληνίδων. Οι γεωτεκτονικές ζώνες του Ελλαδικού χώρου (Εικ. 2.2.) διακρίθηκαν σε Εξωτερικές και Εσωτερικές με βάση κυρίως τον ορογενετικό τεκτονισμό που οι σχηματισμοί των ζωνών αυτών έχουν υποστεί. Πιο ειδικά, οι σχηματισμοί των Εξωτερικών ζωνών έχουν υποστεί κατά το Τριτογενές ένα μόνο ορογενετικό τεκτονισμό και κατέχουν το δυτικό και νότιο τμήμα του Ελλαδικού χώρου, ενώ οι σχηματισμοί των Εσωτερικών, εκτός από τον τεκτονισμό του Τριτογενούς, έχουν υποστεί επιπλέον και έναν πρώιμο ορογενετικό τεκτονισμό, που έλαβε χώρα κατά το Ανώτερο Ιουρασικό-Κατώτερο Κρητιδικό, και κατέχουν το ανατολικό (εσωτερικό) τμήμα του ελλαδικού χώρου.

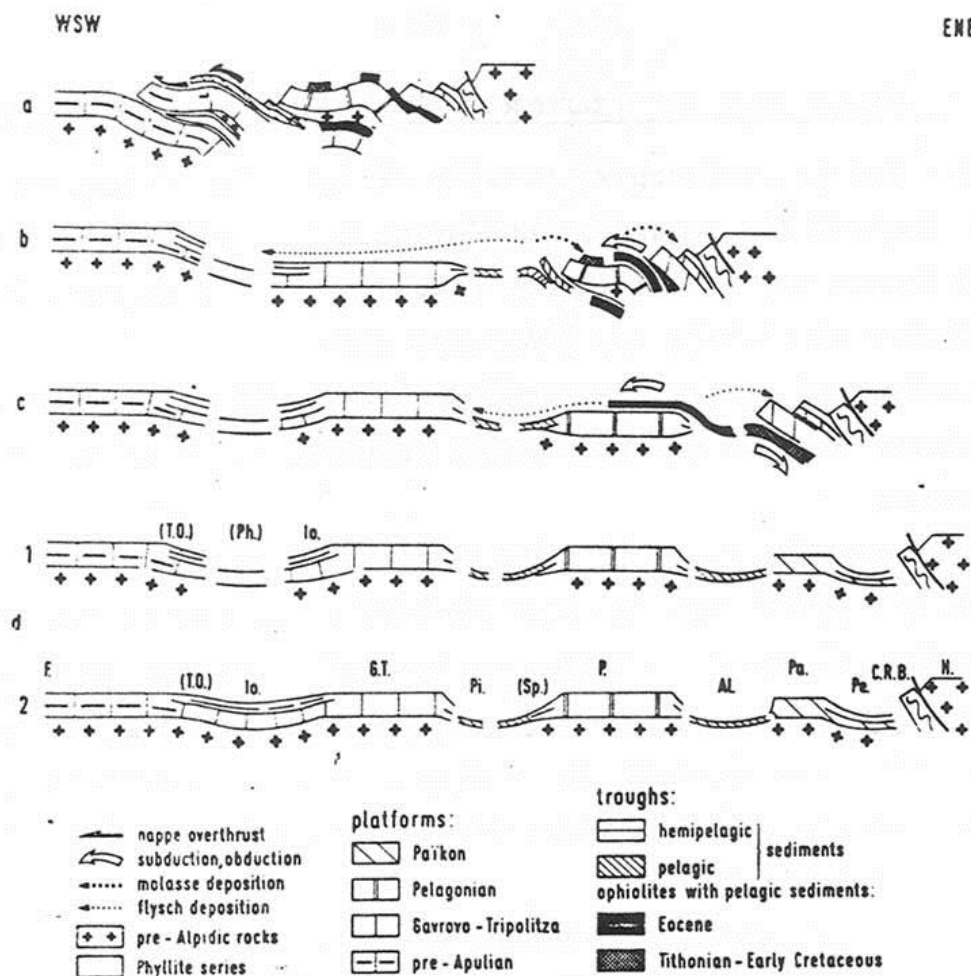
Οι γεωτεκτονικές ζώνες των Ελληνίδων αποτελούν παλαιογεωγραφικούς χώρους του «Παλαιοωκεανού» της Τηθύος, μιας ωκεάνιας περιοχής στον ευρύτερο χώρο της υπερηπείρου της Παγγαίας, ενός ηπειρωτικού τεμάχους που δημιουργήθηκε κατά την Βαρίσκια Ορογένεση. Μέσα στο ωκεάνιο χώρο της Τηθύος η ανάπτυξη μιας μεσοωκεάνιας ράχης που λειτούργησε στο Λιάσιο-Δογγέριο του Ιουρασικού οδήγησε στην διάσπαση της Παγγαίας και στην δημιουργία δύο νέων ηπειρωτικών τεμαχών, της Λαυρασίας και της Γκοτβάνας και ταυτόχρονα στην υποβύθιση του ωκεάνιου φλοιού της Τηθύος κάτω από τον ηπειρωτικό φλοιό της Λαυρασίας. Το τελευταίο γεγονός που ξεκίνησε το Μέσο Ιουρασικό και ολοκληρώθηκε το Ανώτερο Ιουρασικό-Κατώτερο Κρητιδικό οριοθετεί την απαρχή του τελευταίου Ορογενετικού κύκλου του Αλπικού και ταυτόχρονα για τον Ελληνικό χώρο, την διαφοροποίηση και την τεκτονική εξέλιξη των γεωτεκτονικών Ζωνών των Ελληνίδων οροσειρών.



**Εικόνα 4: Γεωτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας (κατά Jacobshagen et al, 1978 τροποποιημένος από Κοκκάλα, 2000)**

Από τα πρωταρχικά και σημαντικά ερωτήματα με τα οποία απασχολήθηκε η παγκόσμια γεωεπιστημονική κοινότητα ήταν και παραμένει η ακριβής θέση και τα όρια του «μητρικού» αυτού ωκεανού της Τηθύος. Ειδικότερα για τον ευρύτερο χώρο της Ελλάδας το πρόβλημα εντοπίστηκε από την αρχή της διάδοσης και εφαρμογής της νέας θεωρίας των λιθοσφαιρικών πλακών στο θέμα, με ποια από τις γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας ταυτίζεται ο ωκεανός της Τηθύος ή καλύτερα ποια ζώνη έχει τους σχηματισμούς που αντιπροσωπεύουν τον κατεστραμμένο ωκεάνιο φλοιό της Τηθύος. Η πρώτη τάση που αναπτύχθηκε στους γεωεπιστήμονες τη δεκαετία του 1970, στο ξεκίνημα της νέας θεωρίας, ήταν ότι ο ωκεάνιος χώρος της Τηθύος ταυτίζονταν με τη ζώνη Ωλονού-Πίνδου που είχε θεωρηθεί από την παλιότερα ισχύουσα «Θεωρία των συζυγών Γεωσυγκλίσεων» ως ο τυπικός ωκεάνιος χώρος, το "Ελληνικό ευγεωσύγκλινο". Σε αντίθεση με την γενικευμένη αυτήν αντίληψη το πρώτο γεωδυναμικό μοντέλο που προτάθηκε για την εξέλιξη των Ελληνίδων είναι των Jacobshagen et al. (1976) και το οποίο προβλέπει την ύπαρξη των ωκεάνιων λεκανών Παιονίας, Αλμωπίας, Υποπελαγονικής-Πίνδου και της φυλλιτικής σειράς μεταξύ Ιονίου ζώνης και «Πλακωδών Ασβεστολίθων» (Plattenkalk), Εικ. 2.3). Οι ωκεάνιες αυτές λεκάνες λειτούργησαν σταδιακά

και έκλεισαν διαδοχικά από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά από το Μάλμιο μέχρι το Μειόκαινο προκαλώντας την μετακίνηση της τεκτονογένεσης προς τα Δυτικά επηρεάζοντας διαδοχικά τις Εσωτερικές και Εξωτερικές γεωτεκτονικές Ζώνες. Στο παλαιογεωγραφικό χώρο των εξωτερικών ζωνών των Εξωτερικών Ελληνίδων και ειδικότερα στις ζώνες Παζών και Ιονίου, πάνω από την εβαποριτική ακολουθία ακολούθησε μεγάλου πάχους ανθρακική ιζηματογένεση με παρεμβολές κερατολίθων και μικρού πάχους κλαστικών σχηματισμών, μέχρι την έναρξη της απόθεσης του φλύσχη κατά το Τριτογενές. Τα πετρώματα των δύο αυτών ισοπικών/γεωτεκτονικών ζωνών εμφανίζονται σε μια ορεογραφική-χωρική διάταξη από τα βόρεια σύνορα της χώρας μέχρι την Κεντρική Πελοπόννησο. Νοτιότερα εμφανίζονται αντ' αυτών τα μεταμορφωμένα πετρώματα των Εξωτερικών Ελληνίδων. Τα πετρώματα αυτά εμφανίζονται σε μία ζώνη πάνω από 600 χλμ και σχηματίζουν μία παραβολική καμπύλη κυρτή προς την προχώρα που ακολουθηθεί τη γεωμετρία του ελληνικού ενεργού τόξου σε μια σειρά από τεκτονικά παράθυρα όχι μόνο στην Πελοπόννησο και τα Κύθηρα αλλά κατ'έξοχήν στην Κρήτη (Εικ. 2.2).



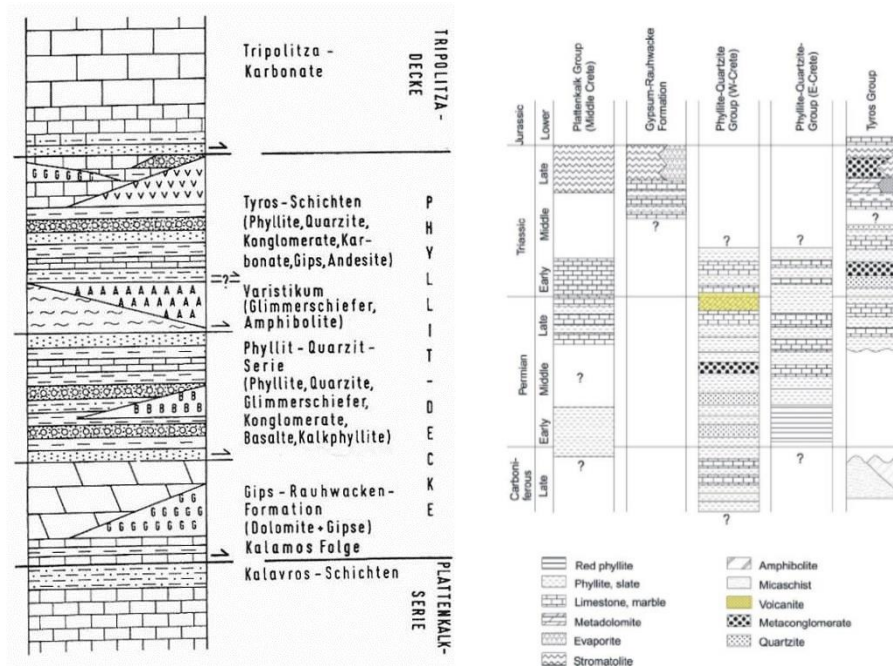
Εικόνα 5: Σχηματικές τομές που αναπαριστούν την ορογενετική εξέλιξη των Ελληνίδων (Κατά Jacobshagen et al., 1986). Πιο συγκεκριμένα: α) Περίοδος Μέσου Μειόκαινου. Επώθηση των κεντρικών Ελληνικών καλυμμάτων (ζώνες Πίνδου, Παρνασσού, Πελαγονικής) πάνω στη ζώνη Γαβρόβου. β) Περίοδος Μέσου - Ανω. Ηωκαίνου. Κλείσιμο του ωκεάνιου χώρου της ζώνης Αζιού. Επώθηση των οφειολίθων από τη ζώνη Αζιού πάνω στην Πελαγονική. Αρχή της ιζηματογένεσης του εξωτερικού φλύσχη. Απόθεση της μολάσσας στην Μεσοελληνική αύλακα και την "αύλακα Αζιού". γ) Περίοδος Ανωτέρου Ιουρασικού - Κατωτέρου Κρητιδικού. Βύθιση του ωκεανού της ζώνης Αζιού κάτω από την Περιοδοπική ζώνη και την Ελληνική Ενδοχώρα. Αρχική τεκτονική τοποθέτηση των οφειολίθων πάνω στην Πελαγονική και δ) Περίοδος Μέσου - Ανω Ιουρασικού. Αύλακες και υβώματα μετά την περιοδοπική ορογένεση. AL = Αλμωπίας, C.R.B. = Περιοδοπική, G.T. = Γαβρόβου-Τρίπολης, H = Ενδοχώρα, Io = Ιόνιος, P = Πελαγονική, Pa = Πάικον, Pe = Παιονίας, Ph = λεκάνη φυλλιτών, Pi = Πίνδου, Sb = Υποπελαγονική, T.O. = Σειρά Plattenkalk.

Μετά το Ολιγόκαινο τα πετρώματα αυτά υποβυθίστηκαν κάτω από το υπόβαθρο της ζώνης Τρίπολης με αποτέλεσμα να υποστούν μεταμόρφωση υψηλών πιέσεων (Seidel et al., 1982).



Σύμφωνα με τους Dornsiepen et al (2001), το Φυλλιτικό Κάλυμμα των εξωτερικών Ελληνίδων που εμφανίζεται στην Νότιο Πελοπόννησο και Κρήτη αποτελείται από τις τέσσερις υποενότητες (Εικόνα 2.4).

Πάνω σε αυτά τα μεταμορφωμένα πετρώματα αποτέθηκαν ασύμφωνα στις λεκάνες που δημιουργήθηκαν κατά το Νεογενές τα αντίστοιχα ιζήματα διαφορετικής λιθολογίας από όπου και προέκυψαν τα πετρώματα του Νεογενούς (Μανούτσoglou 2008).



Εικόνα 6: Λιθολογική υποδιαίρεση του Φυλλιτικού καλύμματος κατά Dornsiepen και Manutsoglu (1994) (αριστερά) και δεξιά σχηματικές συγκριτικές λιθοστρωματογραφικές στήλες των μεταμορφωμένων ενοτήτων των εξωτερικών Ελληνίδων (Dornsiepen et al., 2001)

### 2.2.1. Γεωλογικό περίγραμμα της Κρήτης

Κατά τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες, οι γνώσεις μας για την γεωλογική δομή της Κρήτης έχουν αυξηθεί σημαντικά. Τα αποτελέσματα των ερευνών στα πλαίσια μεγάλου αριθμού προγραμμάτων ευρωπαϊκών και εθνικών ερευνητικών ιδρυμάτων αλλά και μεμονωμένων ερευνητών, οδήγησε στην έκδοση του πρώτου συνοπτικού γεωλογικού χάρτη της Κρήτης το 1977 σε κλίμακα 1/200.000. Όπως φαίνεται στον χάρτη αυτόν αλλά και στους επόμενους που εκδόθηκαν από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:500.000, τμήμα του οποίου παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.5, το μεγαλύτερο ποσοστό προνεογενούς ηλικίας πετρωμάτων που δομούν και εμφανίζονται στην Κρήτη, ανήκουν σε ακολουθίες μεταμορφωμένων πετρωμάτων η παλαιογεωγραφική τοποθέτηση, η τεκτονική τους θέση αλλά ακόμη και η ηλικίες τους παραμένει ένα ανοικτό γεωλογικό κεφάλαιο.



**Εικόνα 7: Τμήμα του γεωλογικού χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:500.000 με κίτρινες και πράσινες αποχρώσεις οι λεκάνες του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς (Ι. Γ.Μ.Ε)**

Η γεωλογία της Κρήτης χαρακτηρίζεται από τη «λεπιοειδή» ανάπτυξη αλληπάλληλων επωθημένων τεκτονικών καλυμμάτων των Ελληνίδων, που κάθε ένα από αυτά συγκροτείται από διαφορετικούς λιθολογικούς σχηματισμούς και τα οποία συνωθούνται στο μικρό σχετικά γεωγραφικό χώρο του νησιού, με γενική κατεύθυνση από Βορρά προς Νότο.

Η γενικότερη πολύπλοκη δομή της νήσου, με τη καλυμματική διάταξη είναι αποτέλεσμα τόσο των τεκτονικών διεργασιών που κορυφώθηκαν στο Τριτογενές και σχετίζονται με την υποβύθιση της Αφρικανικής λιθосφαιρικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική, όσο και με διαρκή τεκτονική δραστηριότητα ακόμα και στη μεταλπηκή περίοδο.

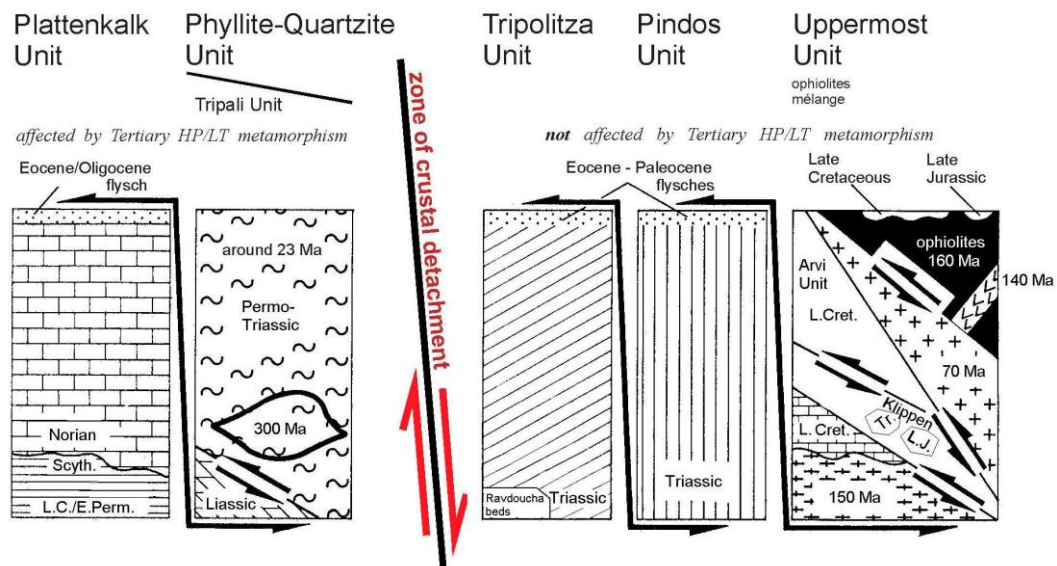


Γενικά, η Κρήτη συγκροτείται από την κατώτερη τεκτονική ενότητα η οποία αποτελείται από ένα αυτόχθονο έως παραυτόχθονο σύστημα πετρωμάτων που περιλαμβάνει την μεταμορφωμένη Ομάδα των Πλακωδών Ασβεστόλιθων (*Plattenkalk*) με ηλικία από το Άνω Πέρμιο έως το Ολιγόκαινο.

Με τεκτονική επαφή, ακολουθεί ένα αλλόχθονο σύστημα επωθημένο πάνω στο (παρα)αυτόχθονο, υπό τη μορφή αλληπαλλήλων τεκτονικών καλυμμάτων αλπικών ενότητων, και με χαρακτηριστική λεπιοειδή διάταξη. Τα αλληπαλλήλα τεκτονικά καλύμματα (Εικ. 2.6) επωθημένα το ένα πάνω στο άλλο τοποθετούνται με την ακόλουθη σειρά από το υποκείμενο προς το υπερκείμενο:

Ενότητα Τρυπαλίου αποτελούμενη από ημιμεταμορφωμένα έως μεταμορφωμένα κυρίως ανθρακικά πετρώματα ηλικίας Τριαδικό έως Λιάσιο.

Ακολούθως, η Ενότητα Φυλλιτών – Χαλαζιτών (Φυλλιτικό Κάλυμμα κατά *Dornsiepen & Manutsoglu 1994*) με ηλικία Άνω Πέρμιο έως και το Κάρνιο όπου στα κατώτερα τμήματα παρουσιάζονται εντός δολομιτών και ραουβάκων εμφανίσεις γύψου και ανυδρίτου και στα ανώτερα εναλλαγές φυλλιτών με στρώσεις χαλαζιτών και στρώσεις μετα-ηφαιστίτων.



Εικόνα 8: Τεκτονική διάταξη των τεκτονοστρωματογραφικών ενότητων στην Κρήτη (τροποποιημένη από *Seidel et al., 1982*)

Επεται η ενότητα Τρίπολης με το κατώτερο τμήμα να αποτελείται από την αργιλοσχιστολιθική – ανθρακική σειρά Ραβδούχα, το ανώτερο τμήμα από την ανθρακική σειρά της Τρίπολης και τέλος, στο ανώτατο τμήμα της σειράς παρουσιάζεται ο φλύσχος της ενότητας της Τρίπολης. Η ηλικία της ενότητας τοποθετείται στο Μέσο - Άνω Τριαδικό.

Ακολουθεί η Ενότητα Ωλονού – Πίνδου, όπου στην Κρήτη εντοπίζεται με τρεις σειρές: Πίνδου στη Δυτική Κρήτη με την τυπική στρωματογραφική ακολουθία της ενότητας της Πίνδου, Εθιάς στην Κεντρική Κρήτη και Μαγκασσά στην Ανατολική Κρήτη. Η ηλικία της ενότητας τοποθετείται από το Άνω Τριαδικό έως και το Μέσο Παλαιόκαινο (από Φυτρολάκης, 1980).

Πάνω από τις παραπάνω αναφερόμενες εξωτερικές ζώνες υπάρχουν σε ανώτερη τεκτονική θέση αλλόχθονα τεκτονικά λείπια των **Εσωτερικών ζωνών**: ένα σύνθετο πολύμεικτο λιθοφασικά τεκτονικό σύμπλεγμα που αποτελείται από επαλληλία καλυμμάτων (Bonneau 1984). Τα διάφορα καλύμματα τα οποία είναι επωθημένα το ένα επάνω στο άλλο από το υπερκείμενο προς το υποκείμενο είναι τα εξής:

- Οφειολιθικό κάλυμμα με σερπεντινωμένους περιδοτίτες, γάββρους, διορίτες, δολερίτες και διαβάσες, ηλικίας Κατώτατου Ιουρασικού – Ανώτατου Κρητιδικού.
- Καλυμμα Αστερούσιων με μετα-ιλυολιθικούς, διμαρμαρυγιακούς, χλωριτικούς, επιδοτιτικούς γνευσίους και σχιστολίθους, αμφιβολίτες και μάρμαρα ηλικίας Κατώτατου Ιουρασικού – Ανώτατου Κρητιδικού.
- Κάλυμμα Βάτου με εναλλαγές τεφρών ιλυολίθων και πάγκους από ψαμμιτικούς ασβεστολίθους και ψαμμίτες ηλικίας Ανωτέρου Ιουρασικού.
- Κάλυμμα Άρβης με βασάλτες σε «μαξιλαροειδείς λάβες» ηλικίας Ανωτέρου Κρητιδικού (Εικόνα 2.6).

Τέλος, πάνω από τους αλπικούς σχηματισμούς βρίσκονται πετρώματα του Νεογενούς και Τεταρτογενούς τα οποία συνήθως έχουν κυμαινόμενο πάχος και εξάπλωση στις διάφορες περιοχές της Κρήτης. Τα πετρώματα αυτά σχετίζονται με τις μετεορεγενετικές διεργασίες που επέδρασαν στην περιοχή. Οι απόψεις για το είδος, την διαδοχή και εύρος αυτών των διεργασιών δίστανται στην βιβλιογραφία.

Οι εφελκυστικές τάσεις που έλαβαν χώρα στην περιοχή της Κρήτης είχαν ως συνέπεια τη δημιουργία μεγάλων βυθισμάτων, ως αποτέλεσμα της δράσης μεγάλων ρηγμάτων με κύριες διευθύνσεις B-N και A-Δ. Οι κυριότερες λεκάνες που πληρώθηκαν με ιζήματα του Νεογενούς

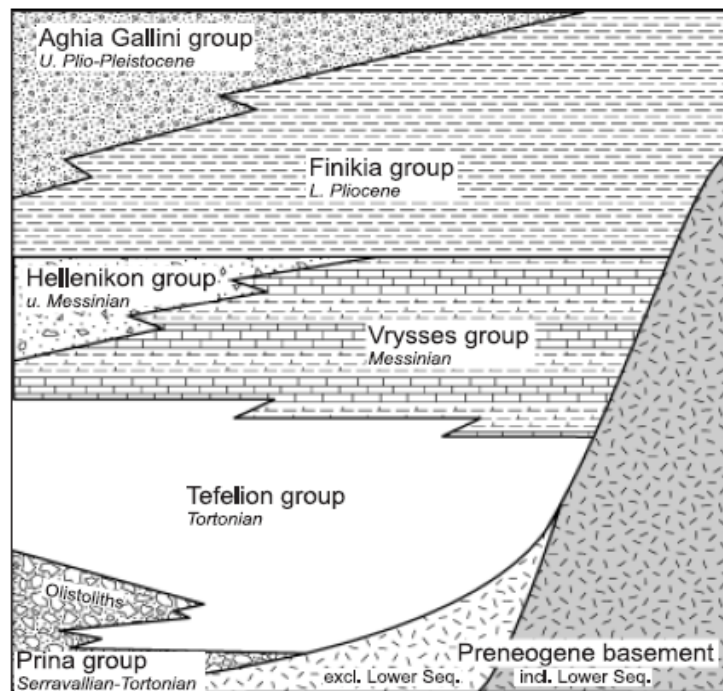
είναι οι λεκάνες Ηρακλείου, Μεσσαράς, Ιεράπετρας και του βορείου τμήματος Νομών Ρεθύμνου και Χανίων. Τα νεογενή αυτά ιζήματα επικάθονται ασύμφωνα στους αλπικούς σχηματισμούς και είναι χερσαίας, ποτάμιας, υφάλμυρης και θαλάσσιας προέλευσης. Παρουσιάζουν ανομοιομορφία ως προς την ηλικία τους και ως προς τη λιθολογία τους. Κατά Meulenkamp (1979) οι σχηματισμοί του Νεογενούς έχουν ομαδοποιηθεί σε λιθοφασικές ομάδες (Εικόνα 2.7):

- **Η Ομάδα Πρίνα** αποτελείται από ασβεστολιθικά μαύρα χονδρόκοκκα λατυποπαγή και λατυποκροκαλοπαγή με ασβεστιτικό υλικό συγκόλλησης ενώ εμπεριέχει ολισθόλιθους προνεογενών ασβεστολίθων. Αποτελεί τη βάση των Νεογενών ιζημάτων στις περιοχές της ανατολικής και δυτικής Κρήτης, ή μεταβαίνει πλευρικά ως προς την αμέσως Νεότερη. Η ηλικία της Ομάδας Πρίνα προσδιορίζεται στο Μέσο Μειόκαινο και το περιβάλλον απόθεσης χαρακτηρίζεται μη θαλάσσιο ως υφάλμυρο ή ρηχό θαλάσσιο (Meulenkamp, 1979; Φυτρολάκης, 1980).
- **Η Ομάδα Τεφελίου** τοποθετείται ασύμφωνα είτε πάνω στην Ομάδα Πρίνα, είτε απευθείας πάνω στο προνεογενές υπόβαθρο. Αποτελείται από χαλαρά θαλάσσια και ποταμολιμναία κροκαλοπαγή, άμμους, αργίλους και ιλύ. Η ηλικία τους τοποθετείται από το Σερραβάλλιο έως το Άνω Τορτόνιο (Meulenkamp, 1979; Βασιλάκης 2006). **Η Ομάδα Τεφελίου αποτελείται από τους σχηματισμούς Βιάννου, Σκοινιά και Αμπελούζου.**
- **Η Ομάδα Βρυσών** συντίθεται από το **σχηματισμό της Αγίας Βαρβάρας** και τοποθετείται υπερκείμενη είτε της Ομάδας Τεφελίου είτε του αλπικού υποβάθρου. Αποτελείται από θαλάσσιους βιοκλαστικούς ή υφαλογενείς ασβεστόλιθους, εναλλαγές φυλλωδών και ομογενών μαργών, οι οποίες κατά τόπους εμπεριέχουν παρεμβολές γύψων. Η ηλικία της Ομάδας των βρυσών τοποθετείται στο Άνω Τορτόνιο έως το Κάτω Μεσσηνίο (Meulenkamp, 1979).
- **Η Ομάδα Ελληνικού** παρουσιάζεται τοποθετημένη ασύμφωνα σε παλαιότερους Νεογενής σχηματισμούς ή κατά θέσεις, απευθείας επάνω στο υπόβαθρο ή επάνω στην ομάδα Βρυσών στην οποία όμως κατά τόπους παρεμβάλετε. Περιλαμβάνει ερυθρωπά χερσαίας προέλευσης κροκαλοπαγή, ποταμολιμναίες σχετικώς λεπτόκοκκες αποθέσεις και ενίοτε υφάλμυρες και λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις με εμπεριεχόμενα λεπτά στρώματα γύψου. Η Ομάδα Ελληνικού αποτέθηκε κατά τη διάρκεια της κρίσης αλατότητας του Μεσσηνίου με την ηλικία της να προσδιορίζεται στο Άνω Μεσσηνίο. Στις περιοχές της κεντρικής και ανατολικής Κρήτης δεν υπάρχουν εμφανίσεις της Ομάδας Ελληνικού.

- **Η Ομάδα Φοινικιάς** συντίθεται από το **σχηματισμό της Φοινικιάς** και τοποθετείται επί των στρωμάτων της Ομάδας Ελληνικού, Βρυσών ή του προνεογενούς υποβάθρου. Αποτελείται από ανοιχτής θάλασσας αργίλους και μάργες οι οποίες ενίοτε παρουσιάζουν πυριτικές ενστρώσεις ενώ τμήμα της βάσης της Ομάδας Φοινικιάς, περιέχει ένα λατυποπαγές αποτελούμενο από ιζήματα του Μειόκαινου και του Κατώτερου Πλειόκαινου. Η ηλικία της Ομάδας της Φοινικιάς είναι Πλειοκαινική.
- **Η Ομάδα Αγίας Γαλήνης** συντίθεται από το **σχηματισμό της Αγίας Γαλήνης** και βρίσκεται υπερκείμενη της Ομάδας της Φοινικιάς και κατά ένα μέρος αποτελεί πλευρική αντιστοιχία της. Εμπεριέχει χονδροκλαστικά υλικά, χερσαία ερυθρά κροκαλοπαγή και ποταμοδελταϊκές άμμους και αργίλους. Αποτελεί την τελευταία ενότητα του Νεογενούς στην Κρήτη η οποία ανήκει στο Άνω Πλειόκαινο ή πιθανά στο Άνω Πλειστόκαινο (Meulenkamp, 1979; ten Veen & Kleinspehn, 2003).

Η ομάδα του Τεφελίου, αναπτύχθηκε στη διάρκεια Μέσου-Ανωτέρου Μειοκαίνου (Zachariasse 1975, Meulenkamp 1979, Meulenkamp et al., 1979,) και συντίθεται από την κατώτερη προς την ανώτερη στρωματογραφική μονάδα από τους σχηματισμούς:

- Βιάννου που αποτελείται από 600μ. ποταμολιμναίων άμμων ψαμμιτών και ιλυωδών αργίλων με ενδιαστρώσεις πολύμικτων κροκαλοπαγών και είναι ηλικίας Σερραβαλίου (Meulenkamp 1979).
- Σχοινιά: Αποτελείται από 150μ. θαλάσσιων αργίλων και ψαμμιτών του Ανωτέρου Σερραβαλίου-Κάτω Τορτονίου (Zachariasse, 1975).
- Αμπελούζου που αποτελείται από 150μ. ποταμίων λιμναίων υφάλμυρων και θαλάσσιων κροκαλοπαγών ψαμμιτών και αργίλων Τορτόνιας ηλικίας. Το ηπειρωτικό, έως ρηχό θαλάσσιο τμήμα του σχηματισμού Αμπελούζου, έχει ηλικία στο Κάτω Τορτόνιο (Sissingh, 1972).



**Εικόνα 9:** Σχηματική απεικόνιση της λιθοστρωματογραφίας της Κρήτης, με τις μεγαλύτερες ομάδες σχηματισμών του Νεογενούς και το προνεογενές υπόβαθρο (αδιαίρετο). Παρουσιάζεται η μεταξύ τους σχέση όσο αφορά τη κατακόρυφη και οριζόντια θέση αλλά και την στρωματογραφική εξέλιξή τους (κατά Meulenkaamp, 1979)

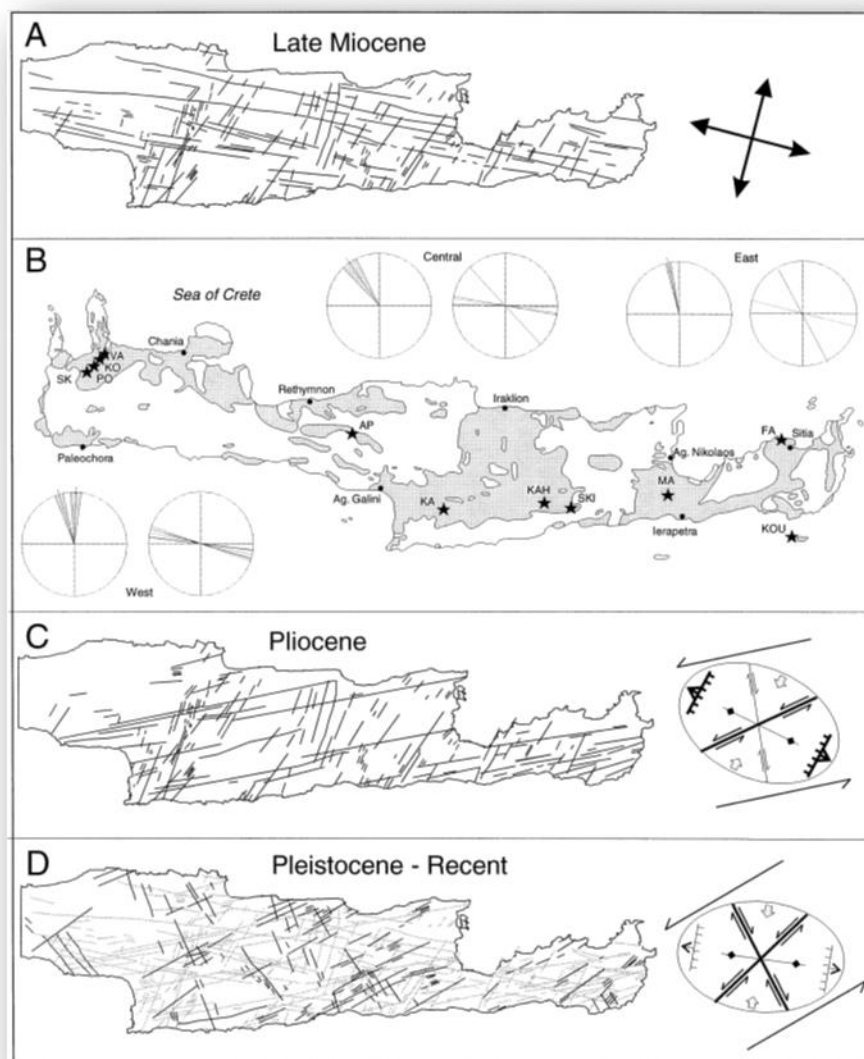
Επάνω στους σχηματισμούς του Νεογενούς ή απευθείας στο προνεογενές υπόβαθρο υπέρκεινται ασύμφωνα τα ιζήματα του Τεταρτογενούς. Πρόκειται για συγκεκολλημένους ή ασύνδετους χερσαίους σχηματισμούς η ηλικία των οποίων τοποθετείται στο Πλειστόκαινο και νεότερη, ενώ οι μορφές τους ποικίλουν σε πλευρικά κορήματα σε κλιτύες, σε αλλουβιακά ριπίδια στις εξόδους χειμάρρων και σε αλλουβιακές αποθέσεις (Meulenkaamp, 1979; Φυτρολάκης, 1980).

### 2.2.2. Απόψεις για την νεοτεκτονική εξέλιξη της Κρήτης

Την άποψη του McKenzie (1972, 1978) που οριοθέτησε την εκκίνηση της νέας θεωρίας των Τεκτονικών Πλακών με την υποβύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την πλάκα του Αιγαίου υποστήριξαν μεταξύ των πρώτων οι Pichon & Angelier (1979) που πρότειναν ότι η έναρξη της υποβύθισης κατά μήκος του ελληνικού τόξου φαίνεται να ξεκίνησε 13 εκ. χρόνια πριν και ότι το σύστημα της τάφρου μετακινείται προς τα N-NA, προκαλώντας ένα εφελκυστικό καθεστώς στην περιοχή προ του τόξου, το οποίο οδήγησε σε γενική βύθιση και στον σχηματισμό του σημερινού Αιγαίου.

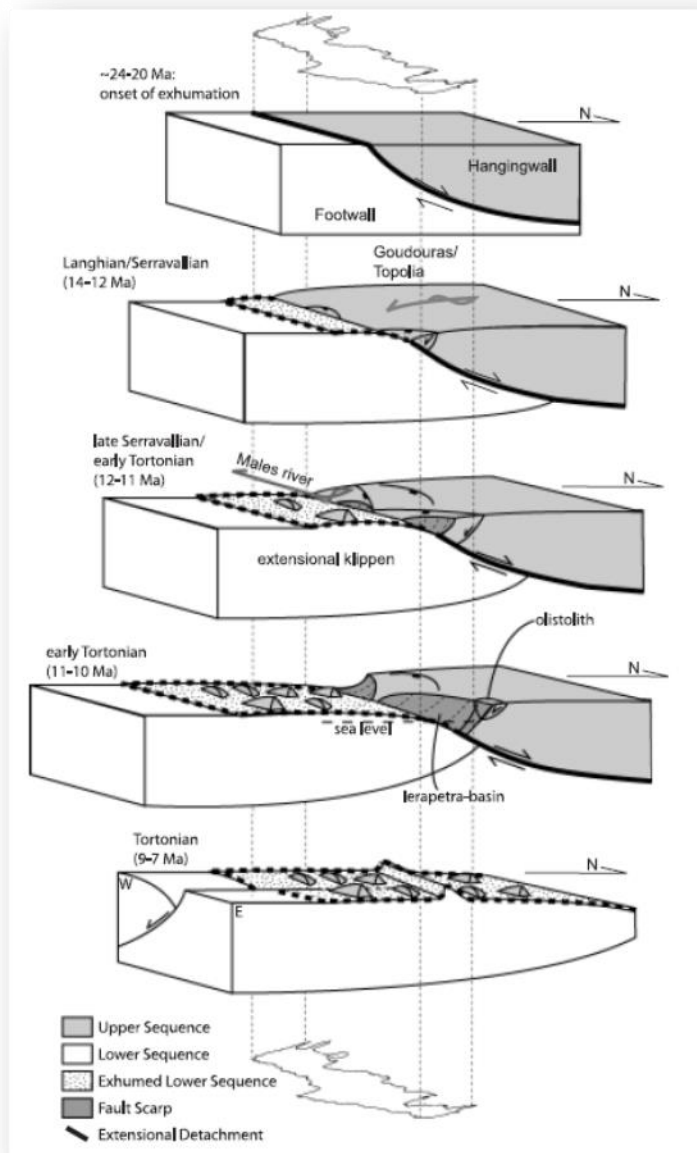
Σε αντίθεση οι Meulenkamp et al. (1988) υποστήριξαν ότι η υποβύθιση έχει ξεκινήσει 26 εκ. χρόνια πριν και ότι οι διεργασίες, όπως ο κατακερματισμός της Κρήτης σε βυθίσματα που αποτέλεσαν τις διάφορες λεκάνες του Νεογενούς, 12 εκ. χρόνια πριν δεν πρέπει να αποδίδονται στην έναρξη της υποβύθισης αλλά σχετίζονται με την έναρξη διαδικασιών οπισθοχώρησης του ορογενούς (N-NN μετανάστευση της ελληνικής τάφρου).

Οι ten Veen & Meijer (1998) περιγράφουν την ύπαρξη πέντε τεκτονικών σταδίων για την κεντρική και ανατολική Κρήτη (Εικόνα 2.8) τα οποία είναι τα εξής: 1) Πριν το Άνω Μειόκαινο (Άνω Σερραβάλλιο) η συμπίεση ήταν ο κυρίαρχος τύπος παραμόρφωσης σχηματίζοντας πτυχές διεύθυνσης B130A και B100A. 2) Στο Κατώτατο Τορτόνιο ένα σύστημα κανονικών ρηγμάτων διευθύνσεων B130E και B100E, παρουσιάζοντας ορθορομβική συμμετρία. 3) Το χρονικό διάστημα από Κάτω Τορτονίου έως το Κάτω Μεσσήνιο από παραμόρφωση κατά μήκος κανονικών ρηγμάτων B100A και B020A διεύθυνσης. Η δράση αυτών των ρηγμάτων πυροδότησε τον κατακερματισμό της Κρήτης 4) Στην διάρκεια του Κάτω Πλειόκαινου δημιουργήθηκαν ρήγματα B075A διεύθυνσης, τα οποία αντιπροσωπεύονται από πολλές εκ των γωνιωδών ασυμφωνιών που παρατηρούνται μεταξύ των του Μεσσηνίου και του Κάτω Πλειόκαινου. 5) Για το διάστημα από το Πλειστόκαινο έως σήμερα δεν παρέχουν στοιχεία επειδή τα αντίστοιχα ιζήματα είναι φτωχά διατηρημένα και δεν παρείχαν ικανοποιητικά δεδομένα (από Μπελιβάνη, 2013).



**Εικόνα 10: Τεκτονοστρωματογραφικά επεισόδια στην κεντρική και ανατολική Κρήτη (Duermeijer et al. 1998)**

Κατά van Hinsbergen & Meulenkamp (2006) η νεοτεκτονική εξέλιξη της Κρήτης συνδέεται με μια ζώνη αποκόλλησης που επέτρεψε αφ' ενός την άνοδο των μεταμορφωμένων ενοτήτων της νήσου αλλά αφ' εταίρου την δημιουργία «τεκτονικών ρακών» και περιοχών ιζηματογένεσης μεταξύ αυτών, χώρων δηλαδή που πληρώθηκαν με ιζήματα κατά και μετά το Νεογενές (Εικόνα 2.9)

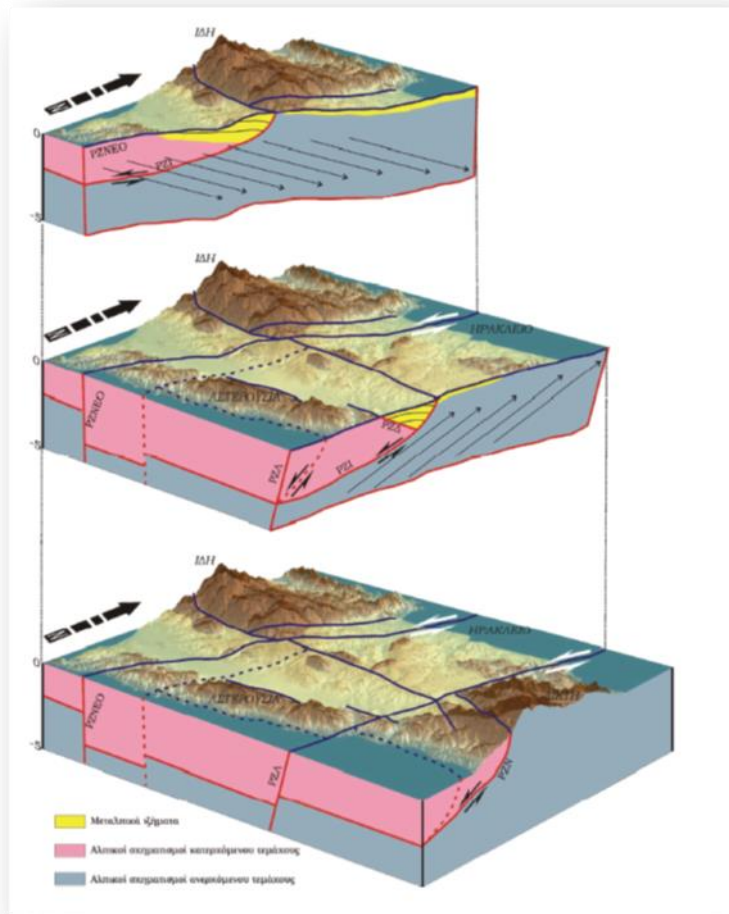


**Εικόνα 11:** Σχηματική αναπαράσταση την ζώνης αποκόλλησης στην περιοχή της Κρήτης. Το κατερχόμενο τέμαχος κινήθηκε εφελκυστικά προς τον Βορρά (κατά van Hinsbergen & Meulenkamp 2006)

Σύμφωνα με τον Βασιλάκη (2006) οι κύριες διευθύνσεις παραμόρφωσης που εντοπίστηκαν στην λεκάνη της Μεσσαράς συνυπάρχουν σχεδόν σε όλη την περίοδο εξέλιξης της λεκάνης και έχουν άμεση σχέση με την τοποθέτησή της στο νησιωτικό τόξο (Εικόνα 2.10). Πρόκειται για μια συνεχή εξέλιξη των τεκτονικών δομών που δημιουργήθηκαν είτε παράλληλα στη διεύθυνση του ελληνικού τόξου (Α-Δ) είτε στις συζυγείς διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ. Οι διευθύνσεις αυτές δεν παρατηρούνται ταυτόχρονα σε όλη την περιοχή της λεκάνης με την ίδια ένταση. Ο βασικός παράγοντας που φαίνεται να επηρεάζει τη διεύθυνση της κύριας παραμόρφωσης σε

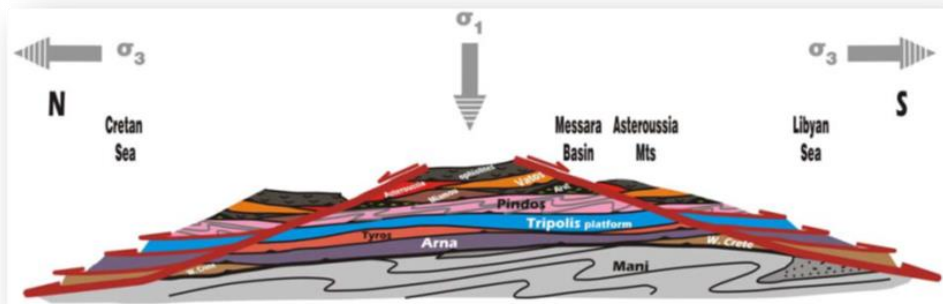


κάθε περιοχή αφορά τη θέση του κάθε ρηξιτεμάχους ως προς τις τεκτονικές δομές που έχουν δημιουργηθεί λόγω της σχετικής κίνησης της μικροπλάκας του Αιγαίου προς νότο.



**Εικόνα 12:** Σχηματικά στερεοδιαγράμματα της περιοχής της κεντρικής Κρήτης και οι κύριες ρηξιγενείς ζώνες, που έχουν επηρεάσει την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Μεσσαράς μετά το Μέσο Μειόκαινο, με γωνία θέασης προς τα ΒΑ. (Από Βασιλάκη 2006)

Συμφώνα με τους Papanikolaou & Vassilakis (2008) η παραμορφωτική ιστορία των μονάδων της Κρήτης μπορεί να συνοψιστεί ως εξής (Εικόνα 2.11): 1) στο Ολιγόκαινο έως το Κάτω Μειόκαινο υπάρχει συμπιεστική παραμόρφωση που παράγει ανάστροφα ρήγματα, παράλληλα με το τόξο, διεύθυνσης Α-Δ, τα οποία κλίνουν Νότια, 2) στο Μέσο Μειόκαινο υπάρχει εφελκυστική παραμόρφωση κατά μήκος, παράλληλων στο τόξο, ρηγμάτων αποκόλλησης διεύθυνσης Α-Δ, με κίνηση της οροφής των ρηγμάτων προς Βορρά και Νότο, 3) στο Άνω Μειόκαινο έως Τεταρτογενές έχουμε εγκάρσια παραμόρφωση εφελκυσμού (transtensional deformation), κατά μήκος μεγάλης γωνίας κανονικών και πλαγιοκανονικών ρηγμάτων τα οποία διακόπτουν τις παλαιότερες, παράλληλες προς το τόξο, δομές (Εικ. 2.11).



*Εικόνα 13: Γενικευμένο μοντέλο τεκτονικής εξέλιξης της Κρήτης (κατά Paranikolaou & Vassilakis 2008)*

### **2.2.3. Γεωλογία της ευρύτερης περιοχής μελέτης**

*Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αυτή πάρθηκαν από τους σχηματισμούς του Βιάννου, του Σχοινιά και του Αμπελούζου που συνθέτουν την ομάδα του Τεφελίου. Η ομάδα Τεφελίου είτε υπέρκειται της ομάδας Πρίνα, είτε επικάθεται ασύμφωνα απευθείας στο προ-Νεογενές υπόβαθρο, καλύπτει στρωματογραφικά την περίοδο από το Σερραβάλλιο μέχρι το Ανώτερο Τορτόνιο (Εικόνες 2.12, 2.13, 2.14).*



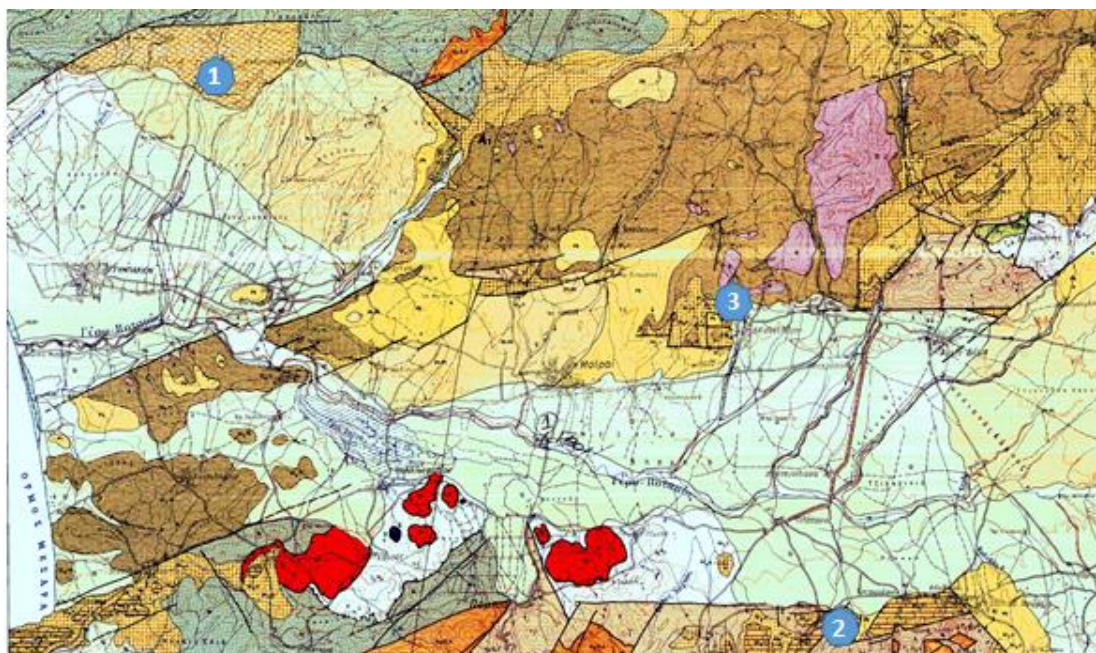
### Σχηματισμός Σκοινιά

Πάνω από το σχηματισμό Βιάννου και σε συμφωνία με αυτόν, αποτίθεται ο σχηματισμός Σκοινιά, ο οποίος αποτελείται από αργίλους συνδεδεμένους με τη περίοδο του Ανώτερου Σερραβαλλίου και με πάχος περίπου 200 μέτρα (Zachariasse, 1975). Οι γκρι-μπλε άργιλοι του σχηματισμού Σκοινιά καλύπτουν τους παράκτιους ψαμμίτες του σχηματισμού Βιάννου, βόρεια του χωριού Τεφέλι. Αυτή η ακολουθία απεικονίζει τη συνέχεια της θαλάσσιας επίκλισης, που άρχισε στο Άνω Σερραβάλλιο. Στην περιοχή μεταξύ των χωριών Σκοινιάς, Μάρθα και Τεφέλι, οι άργιλοι του σχηματισμού Σκοινιά αποτέθηκαν σε ένα βαθύ (περισσότερο από 200 μέτρα βάθος) θαλάσσιο περιβάλλον. Οι άργιλοι χρονολογήθηκαν στο Κάτω Τορτόνιο (Zachariasse, 1975). Περιέχουν τουρβιδίτες με αυλάκια (*flute casts*), που δείχνουν την κατεύθυνση των παλαιο-ρευμάτων να ρέουν προς νότο. Κοντά στη χρονική μετάβαση από το Μέσο στο Άνω Μειόκαινο, κατά τη διάρκεια της απόθεσης του σχηματισμού Σκοινιά, έλαβε χώρα η απόθεση ασβεστολιθικών λατυποπαγών και μαζική τοποθέτηση ολισθολίθων αλπικής προέλευσης και ιδιαίτερα ανθρακικής σύστασης τεμάχη, προερχόμενα από την ενότητα της Τρίπολης.

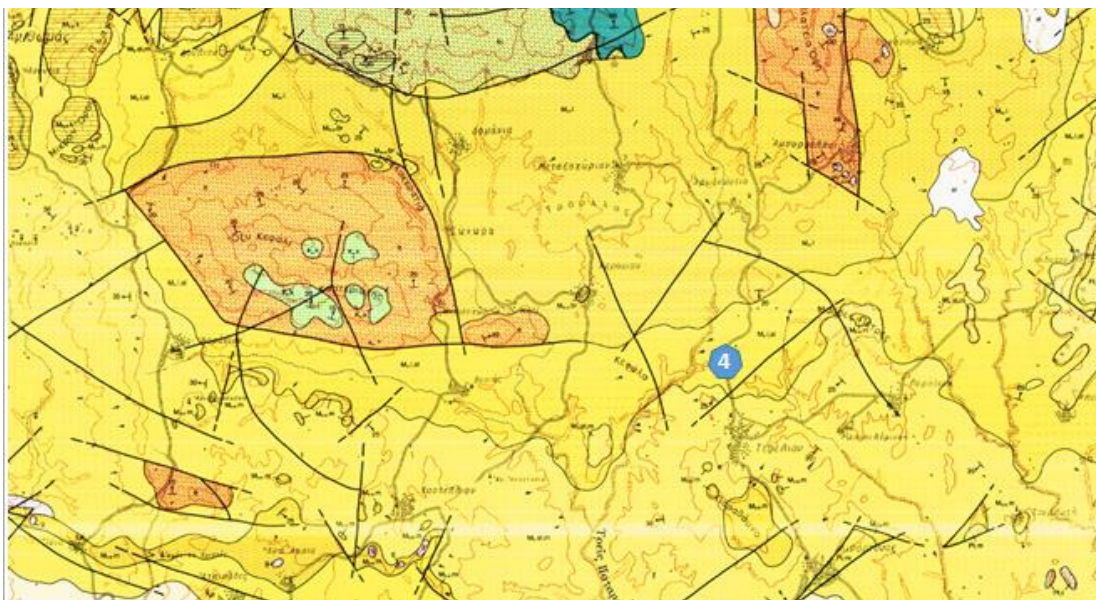
### Σχηματισμός Αμπελούζου

Κατά την περίοδο του Κάτω Τορτονίου αποτέθηκαν κλαστικά ιζήματα που ανήκουν στο κατώτερο τμήμα του σχηματισμού Αμπελούζου (Meulenkamp, et al., 1979). Στρωματογραφικά, ο σχηματισμός αυτός αποτέθηκε πάνω από το σχηματισμό Σκοινιά. Στην ανατολική περιοχή της λεκάνης της Μεσσαράς αποκαλύπτεται γωνιώδης ασυμφωνία μεταξύ των δύο σχηματισμών. Το κατώτερο τμήμα του σχηματισμού Αμπελούζου χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλία ιζηματογενών φάσεων, από κροκαλοπαγή ριπιδίων μέχρι ομογενείς ψαμμίτες υφαλοκρηπίδας. Επίσης, παρατηρείται μια συνολική τάση βάθυνσης, η οποία αποτελείται από κυκλοθέματα που αντικατοπτρίζουν εναλλαγές λεπτόκοκκων και αδρόκοκκων δελταϊκών αποθέσεων. Το ηπειρωτικό, έως ρηχό θαλάσσιο τμήμα του σχηματισμού Αμπελούζου, έχει προσδιοριστεί, από θηλαστικά και οστρακοειδή, να έχει ηλικία στο Κάτω Τορτόνιο (Sissingh, 1972). Κατά τη διάρκεια του Τορτονίου, έλαβε χώρα μια μετάβαση από αμμώδεις παράκτιες αποθέσεις, σε συσσωρευμένες μαργαϊκές αποθέσεις ανοιχτής θάλασσας, με χαρακτηριστικό γκρι-μπλε χρώμα. Στρωματογραφικά, αυτή η μετάβαση εκφράζει τη μετάβαση από το κατώτερο προς το ανώτερο τμήμα του σχηματισμού Αμπελούζου (Βασιλάκης, 2006).





**Εικόνα 15:** Απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη κλίμακας 1:50.000 του ΙΓΜΕ, φύλλο Τυμπάκιον με τις θέσεις των γεωλογικών τομών από όπου έγιναν οι δειγματοληψίες. Στο παράρτημα παρατίθεται το γεωλογικό φύλλο Τυμπάκιον. (θέση 1, πλησίον του χωριού Λαγόλιο. Σχηματισμός Β



**Εικόνα 16:** Απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη κλίμακας 1:50.000 του ΙΓΜΕ, φύλλο Άνω Αρχάναι με την θέση της γεωλογικής τομής από όπου έγιναν οι δειγματοληψίες. Στο παράρτημα παρατίθεται το γεωλογικό φύλλο Άνω Αρχάναι

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΟΡΩΔΕΣ - ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ

### 3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δομή ενός πορώδους στερεού είναι ένα από τα σημαντικότερά χαρακτηριστικά του, καθώς επηρεάζει τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του και καθορίζει την ανθεκτικότητά του, δηλαδή καθορίζοντας το πορώδες και την διαπερατότητα ενός κοιτάσματος βγαίνουν χρήσιμα συμπεράσματα για την ποιοτική όσο και οικονομική εκμετάλλευση του κοιτάσματος.

#### 3.1.1. Πορώδες

Είναι χαρακτηριστικό ότι ακόμα και υλικά με τον ίδιο συνολικό όγκο πόρων παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά ανάλογα με το αν έχουν λίγους αλλά μεγάλους πόρους ή πολλούς αλλά μικρούς πόρους. Άρα το πορώδες μπορεί να χωριστεί σε δύο κατηγορίες: Συνολικό (ή ολικό) πορώδες και Ενεργό (ή Ανοιχτό) πορώδες. Το συνολικό πορώδες ορίζεται ως ο λόγος του συνολικού όγκου των πόρων (ανοιχτών και κλειστών) προς τον συνολικό όγκο του υλικού όπως φαίνεται στην επόμενη εξίσωση:

$$p = \frac{V_p}{V_t} * \%$$

όπου p είναι το συνολικό πορώδες,  $V_p$  ο συνολικός όγκος των πόρων και  $V_t$  ο συνολικός όγκος του υλικού.

Πιο αναλυτικά, το απόλυτο ή ολικό πορώδες εκφράζεται ως αδιάστατη ποσότητα, συνήθως επί τοις εκατό. (από Κατσιώτη, 2009)

Το ενεργό πορώδες ορίζεται ως το ποσοστό των ανοιχτών και συνδεδεμένων μεταξύ τους πόρων ως προς τον συνολικό όγκο. Ως εκ τούτου, το ενεργό πορώδες είναι πάντα ίσο ή μικρότερο του ολικού πορώδους. Ακόμα το ενεργό πορώδες περιλαμβάνει τους διασυνδεδεμένους πόρους, και επομένως επιτρέπει την σύνδεση με την εξωτερική επιφάνεια του υλικού και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την διαπερατότητα και άρα την ανθεκτικότητα του υλικού σε εξωτερικούς παράγοντες. Παράλληλα, το ενεργό πορώδες αναφέρεται μόνο στους πόρους που συνδέονται μεταξύ τους, γεγονός που το καθιστά ιδιαίτερα σημαντικό πετροφυσικό χαρακτηριστικό. (από Κατή, 1999)

### **Παράγοντες καθορισμού του πορώδους:**

Πρακτικό ενδιαφέρον υφίσταται για πορώδη υλικά στα οποία ένα ποσοστό των πόρων είναι αλληλοσυνδεδεμένοι κατά τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται η ροή και μεταφορά μάζας ρευστών (αερίων ή υγρών) διαμέσου του υλικού. Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε πορώδη μέσα εξαρτώνται άμεσα από τα τοπολογικά και γεωμετρικά χαρακτηριστικά της πορώδους δομής, στα οποία συμπεριλαμβάνεται το μέγεθος και το σχήμα των πόρων, η συνδετικότητα και η συσχέτιση μεγέθους γειτονικών πόρων και η μικροτραχύτητα.

1. **Σχήμα και μέγεθος των κόκκων:** Είναι δυνατόν να οριστούν ένα ή και περισσότερα χαρακτηριστικά μεγέθη-μήκη πόρων από τα οποία προκύπτουν οι αντίστοιχες κατανομές μεγέθους πόρων που χαρακτηρίζουν το εκάστοτε υλικό. Για παράδειγμα, ο Scheidegger (1974) ορίζει μια χαρακτηριστική διάμετρο σε κάθε σημείο του κενού χώρου ως την διάμετρο της μεγαλύτερης σφαίρας που περιέχει αυτό το σημείο και παραμένει ολόκληρη στο κενό χώρο. Ένα άλλο πολύ σημαντικό, αλλά συνάμα δύσκολο στον προσδιορισμό, χαρακτηριστικό των πορώδων μέσων είναι η εξάρτηση του μεγέθους ενός πόρου από τα μεγέθη των γειτονικών πόρων, το οποίο αναφέρεται ως συσχέτιση μεγέθους.
2. **Η συνδετικότητα:** Μέτρο της συνδετικότητας των πόρων αποτελεί ο αριθμός συνδιάταξης,  $Z$ , ο οποίος χαρακτηρίζει τα σημεία συνένωσης γειτονικών πόρων και ορίζεται ως ο αριθμός των πόρων που συνδέονται σε ένα σημείο συνένωσης. Στον υπολογισμό του αριθμού συνδιάταξης δεν λαμβάνονται υπόψιν απομονωμένοι πόροι. Προφανώς, το πορώδες μέσο θα χαρακτηρίζεται από έναν μέσο αριθμό συνδιάταξης,  $\langle Z \rangle$ , ο οποίος είναι ο αριθμητικός μέσος των διακριτών αριθμών συνδιάταξης.
3. **Η μικροταχύτητα:** αναφέρεται στην ανομοιογένεια της εσωτερικής επιφανείας των πόρων και επίσης προσδιορίζεται δύσκολα (Καπέλλος, 2009).

### 3.1.2. Τύποι πορώδους

Τα ιζηματογενή πετρώματα λόγω τεκτονισμού πολύ συχνά παρουσιάζουν ρωγμές διακλάσεις μικρότερου ή μεγαλύτερου φάρδους. Έντονα τεκτονικά γεγονότα είναι δυνατόν να κατακερματίσουν ένα πέτρωμα και να δώσουν τεκτονικά λατυποπαγή. Στους πόρους λοιπόν των ιζηματογενών πετρωμάτων ή στις ρωγμές τους ή στις στρωσιγενείς επιφάνειες συγκεντρώνονται τα υπόγεια νερά. Οι πόροι του πετρώματος λοιπόν αποτελούν το πρωτογενές πορώδες. Δηλαδή το πρωτογενές πορώδες είναι αυτό που δημιουργείται κατά την διάρκεια της ιζηματογένεσης και το αποτελούν τα διάκενα μεταξύ των κόκκων (διακοκκικό) είτε από διάκενα μέσα στη δομή των κόκκων (ενδοσωματιδιακό) (Σταματάκη, 2005). Τέλος το πρωτογενές πορώδες εξαρτάται από τη διάταξη, το μέγεθος και τη μορφή των κόκκων.

Το δευτερογενές πορώδες είναι αυτό που οφείλεται στα διάκενα που δημιουργήθηκαν λόγω τεκτονισμού, αποσάθρωσης, διάλυσης, δράσης του έμβιου κόσμου. Οι ψαμμίτες είναι πετρώματα, τα οποία προέρχονται από τη συγκόλληση αμμωδών ιζημάτων ασβεστολιθικών, αργιλικών ή πυριτικών με ποικίλο χρώμα. Οι ψαμμίτες παρουσιάζουν μεγάλη σκληρότητα και ανθεκτικότητα στις καιρικές επιδράσεις, ανάλογα με τη σύστασή τους. Έτσι μπορούν να εμφανίσουν δευτερογενές πορώδες λόγω των διάκενων των κόκκων αλλά κυρίως έχουν διάκοκκο πορώδες.

### 3.1.3. Μέθοδοι προσδιορισμού του πορώδους

Γενικότερα, όπως είναι γνωστό, το πορώδες ενός ιζηματογενούς πετρώματος εξαρτάται άμεσα από τα πρωτογενή αποθετικά ιστολογικά χαρακτηριστικά του, δηλαδή το είδος, το σχήμα, το μέγεθος, την ταξινόμηση και τον τρόπο στοίβαξης των συστατικών του, και επομένως αποτελεί ιδιαίτερο χαρακτηριστικό για το κάθε πέτρωμα. Επιπλέον όμως, δίνει την τρισδιάστατη εικόνα του δικτύου του πορώδους και ως εκ τούτου επιτρέπει μία πρώτη επαφή με την κατανομή του μεγέθους και την γεωμετρία των πόρων, χαρακτηριστικά από τα οποία εξαρτάται άμεσα η διαπερατότητα ενός πετρώματος (Κατή).

*Η μέτρηση του πορώδους γίνεται είτε με ειδικά όργανα, τα ποροσίμετρα, ειδικές συσκευές που λειτουργούν με αέριο, είτε με απλές ζυγίσεις του δείγματος. Στην τελευταία περίπτωση το δείγμα αποστεγνώνεται κατά το δυνατό καλύτερα (σε θερμοκρασία 105 0C επί 24 ώρες) και ζυγίζεται*



στεγνό. Υπολογίζουμε και τον όγκο του δείγματος  $V$ . Στη συνέχεια το δείγμα βυθίζεται μέσα σε ο γκομετρικό δοχείο που περιέχει ορισμένη ποσότητα υγρού (νερού ή υδραργύρου) ενώ σύγχρονα παρατηρείται η άνοδος της στάθμης του υγρού μέσα στο ογκομετρικό δοχείο, που οφείλεται στην προσθήκη του όγκου  $V_s$  της στερεάς φάσης. Από τα πιο πάνω στοιχεία υπολογίζεται το ολικό πορώδες

$$n = \frac{V_t - V_s}{V_t}$$

Ακόμη μπορούμε σε εντελώς στεγνό δείγμα, γνωστού όγκου  $V$  να προσθέσουμε νερό μέχρι κορεσμού του. Ο όγκος του νερού που θα απορροφηθεί ολικά από το δείγμα ανταποκρίνεται προς τον όγκο  $V_f$  των κενών. Έτσι υπολογίζεται το πορώδες

$$n = \frac{V_f}{V_t}$$

Και στις δύο περιπτώσεις η όλη διαδικασία παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες και απαιτεί κατάλληλες συσκευές (Θεοχάρης, 2014)

1. **Ποροσιμετρία υδραργύρου:**είναι μία από τις σπουδαιότερες μεθόδους ανάλυσης της δομής των πορωδών μέσων. Η πειραματική τεχνική βασίζεται στην βαθμιαία είσδυση υδραργύρου σε ένα εκκενωμένο πορώδες υλικό καθώς η εξωτερική πίεση αυξάνεται και στην απομάκρυνση υδραργύρου απ' αυτό καθώς επίσης η πίεση ελαττώνεται. Οι σχέσεις μεταξύ κορεσμού υδραργύρου και πίεσης για ένα δεδομένο υλικό αποτελούν τις καμπύλες τριχοειδούς πίεσης. Πληροφορίες σε σχέση με την πορώδη δομή περιέχονται σ' αυτές τις καμπύλες αλλά σε αρκετά πεπλεγμένη μορφή. Η μέθοδος ανάλυσης βασίζεται στο μοντέλο της παράλληλης δέσμης κυλινδρικών σωλήνων, και χρησιμοποιείται ευρύτατα ακόμη και σήμερα, παρόλο που έχει γενικά αναγνωριστεί ότι τα αποτελέσματα της δεν είναι αξιόπιστα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο σε προσεγγιστική ή συγκριτική βάση. Αρκετοί ερευνητές έχουν προσπαθήσει να ερμηνεύσουν δεδομένα πορομετρίας υδραργύρου μη στερεοποιημένων πορωδών υλικών (όπως κλίνες κόκκων άμμου, εδάφη κλπ.), υποθέτοντας ότι ο πορώδης χώρος είναι παρόμοιος με αυτόν που σχηματίζεται σε μία διάταξη ομοιόμορφων σφαιρών (Τσακίρογλου,1990).

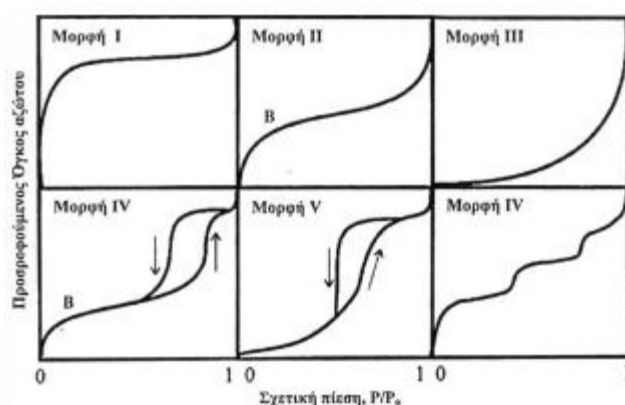
2. **Ποροσιμετρία αζώτου:** Η ποσότητα (W) του αζώτου που προσροφάται ανά μονάδα μάζας στερεού μπορεί να εκφρασθεί ως εξής:

$$W=f(P,T,\text{στερεό})$$

Αν το πείραμα διεξαχθεί υπό ισόθερμες συνθήκες, στη θερμοκρασία ζέσεως του αζώτου και για συγκεκριμένο στερεό η παραπάνω εξίσωση γίνεται:

$$W=f(P/P_0) T, \text{στερεό}$$

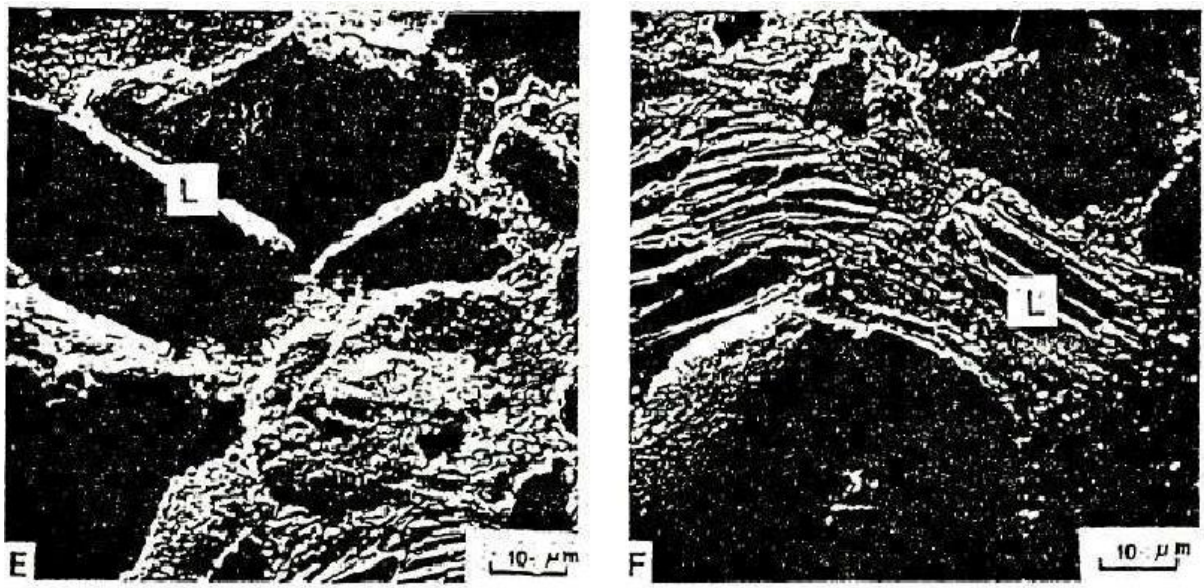
όπου (P) είναι η πίεση και (P<sub>0</sub>) η πίεση κορεσμού στη θερμοκρασία (T) του πειράματος. Σύμφωνα με τη την αναφερθήσα εξίσωση είναι δυνατόν να συσχετίσουμε την προσροφημένη ποσότητα αζώτου με τη μερική πίεση, η δε μορφή της ισοθέρμου θα εξαρτάται από τη δομή και το μέγεθος των πόρων του υλικού. Η ισόθερμος προσρόφησης εκφράζει τη σχέση της προσροφημένης ποσότητας αερίου και της πίεσης ισορροπίας (η σχετικής πίεσης) σε σταθερή θερμοκρασία. Συνήθως αυτή δίνεται ως γράφημα της προσροφημένης ποσότητας (W) έναντι της πίεσης (P) ή της σχετικής πίεσης (P/P<sub>0</sub>). Η μορφή της ισοθέρμου εξαρτάται κυρίως από τις φυσικοχημικές ιδιότητες της επιφάνειας του προσροφητικού υλικού, από τη γεωμετρία των πόρων και από τον μηχανισμό πλήρωσης των πόρων. Έτσι σε πολλές περιπτώσεις από τη μορφή της ισοθέρμου προσρόφησης μπορούμε να κάνουμε εκτιμήσεις για την πορώδη δομή του προσροφητικού υλικού και να οδηγηθούμε στην καταλληλότερη μέθοδο για τον πιο αξιόπιστο προσδιορισμό της κατανομής μεγέθους πόρων.



Εικόνα 17: Οι έξι βασικές μορφές ισοθέρμων προσρόφησης σύμφωνα με την κατάταξη κατά IUPAC

Οι πέντε πρώτες κατηγορίες ισοθέρμων (I-V) αρχικά προτάθηκαν από τους Brunauer, Deming, Deming, και Teller και είναι γνωστές ως ισόθερμες BDDT (Σαλμάς, 2004).

3. **Μικροσκόπιο SEM:** Οπτικές μελέτες της πορώδους δομής υλικών με τη χρήση απλού ή ηλεκτρονικού μικροσκοπίου (SEM) παρέχουν μια πρώτη ένδειξη για τη πολυπλοκότητα ως προς τα μεγέθη, τα σχήματα αλλά και τον τρόπο σύνδεσης των πόρων μεταξύ τους (Σχ. 2.1). Κοινό χαρακτηριστικό των πορωδών δομών του Σχ. 2.1 είναι η ύπαρξη μεγάλων σχετικά κενών χώρων (P) που παρουσιάζουν μια ποικιλία σχημάτων και μεγεθών και συνδέονται μεταξύ τους με στενότερους πόρους (L) ελασματοειδούς σχήματος. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός της παρουσίας μιας μεγάλης ποικιλίας σχημάτων και μεγεθών καθώς επίσης και της πολυπλοκότητας ως προς τον τρόπο σύνδεσης των πόρων, αν μάλιστα φανταστούμε ότι η δομή συνεχίζεται προς την κάθετη κατεύθυνση που δεν φαίνεται στο σχήμα. Έχει διαπιστωθεί ότι για μια μεγάλη κλάση πορωδών υλικών που σχηματίζονται με διαδικασίες εναπόθεσης (κλίνες κόκκων) και ενοποίησης κόκκων (ιζηματογενή πετρώματα) ο πορώδης χώρος μπορεί να θεωρηθεί σαν ένα δίκτυο μεγάλων σχετικά πόρων που στο εξής θα ονομάζονται "θάλαμοι" οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους με στενώσεις μικρότερων διαστάσεων που στην συνέχεια θα ονομάζονται "λαιμοί".



Εικόνα 18: Ηλεκτρονικά μικροφωτογραφήματα ποροχυτευμάτων ψαμμιτών

Τα σχήματα και τα μεγέθη των θαλάμων καθώς επίσης και οι λόγοι μεγέθους θαλάμου προς μέγεθος γειτονικού λαιμού ποικίλουν στους διάφορους τύπους ιζηματογενών πετρωμάτων εξ αιτίας διαδικασιών τσιμεντοποίησης, συμπίεσης διάλυσης και ανακρυστάλλωσης ορυκτών που λαμβάνουν χώρα στο στάδιο της διαγένεσης. Οι λαιμοί αντίστοιχα παρουσιάζουν

ελασματοειδές σχήμα (lamellar) εξ αιτίας του γεγονότος ότι σχηματίζονται στους χώρους επαφής των πρωταρχικών σωματιδίων (Τσακιρογλου,1990).

## ΔΙΑΓΡΑΦΙΕΣ ΠΟΡΩΔΟΥΣ

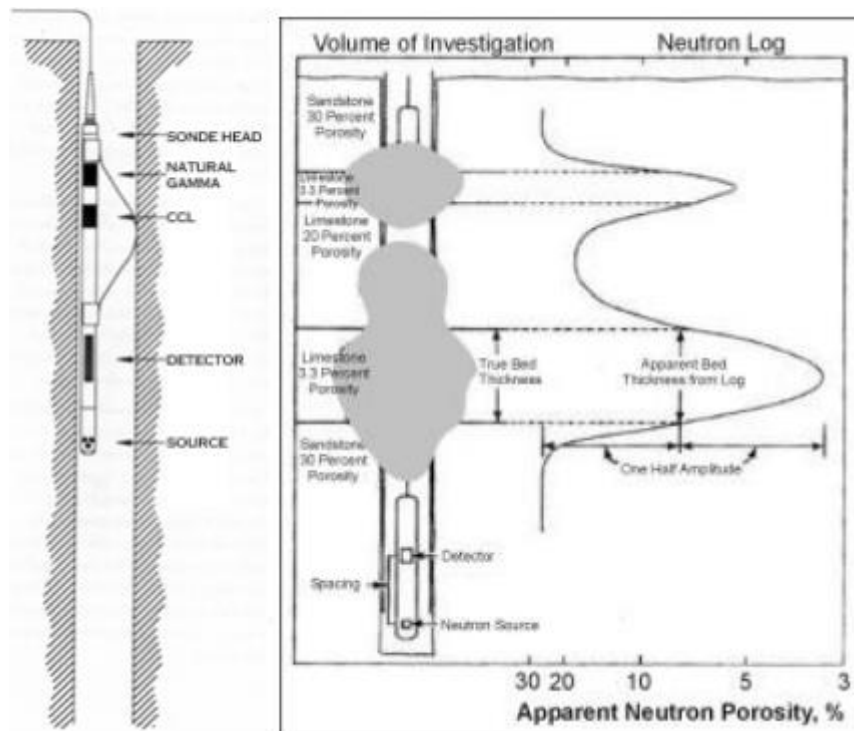
### Εισαγωγή

Το πορώδες ενός σχηματισμού υπολογίζεται από τις ακουστικές διαγραφίες , από τις διαγραφίες πυκνότητας και από τις διαγραφίες νετρονίου . Οι συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση των διαγραφιών πορώδους είναι ευαίσθητες όχι μόνο στο πορώδες αλλά και στα είδη των ρευστών και στη λιθολογική σύσταση του στερεού τμήματος του σχηματισμού . Αν είναι γνωστές οι φυσικές ιδιότητες ( π . χ . πυκνότητα ) του στερεού και του υγρού τμήματος του σχηματισμού , τότε οι μετρήσεις των διαγραφιών πορώδους σχετίζονται άμεσα με το πορώδες του σχηματισμού . Οι τρεις τεχνικές διαγραφιών πορώδους έχουν μικρή διεισδυτική ικανότητα ( της τάξης μερικών ιντσών ) και οι μετρήσεις του πορώδους αναφέρονται στην ζώνη διείσδυσης του διηθήματος της λάσπης . Για την εκτίμηση του πορώδους χρησιμοποιούμε , μερικές φορές και αλλά πετροφυσικά μεγέθη όπως η ειδική ηλεκτρική αντίσταση .

4. **Οι διαγραφίες νετρονίου:** Οι διαγραφίες νετρονίου χρησιμοποιούνται κυρίως στην περιχαράκωση (delineation) πορωδών σχηματισμών και στον υπολογισμό του πορώδους αυτών των σχηματισμών . Οι διαγραφίες νετρονίου αποκρίνονται κυρίως στη ποσότητα υδρογόνου η οποία υπάρχει στον υπό μελέτη σχηματισμό . Έτσι σε σχηματισμούς των οποίων οι πόροι πληρούνται από νερό ή πετρέλαιο , οι διαγραφίες νετρονίου δίνουν ενδείξεις του πορώδους . Επίσης από τον συνδυασμό των διαγραφιών νετρονίου με άλλες διαγραφίες πορώδους , προκύπτουν πληροφορίες σχετικά με τη λιθολογία του σχηματισμού . Τέλος , είναι δυνατόν να υπολογισθεί το πορώδες με μεγαλύτερη ακρίβεια όταν συνδυασθούν περισσότερες από μία διαγραφίες πορώδους ( π . χ . διαγραφίες νετρονίου και πυκνότητας ).

Η αρχή λειτουργίας της μεθόδου έχει ως εξής: Στις διαγραφίες νετρονίου ο υπό μελέτη σχηματισμός βομβαρδίζεται με νετρόνια . Το κυριότερο χαρακτηριστικό των νετρονίων είναι η έλλειψη φορτίου . Αυτή η ιδιότητα καθιστά το νετρόνιο διεισδυτικό π . χ . μπορεί να διατρέξει πολλά μέτρα αέρα χωρίς να παράγει ούτε ένα ζεύγος ιόντων . Η έλλειψη φορτίου του επιτρέπει επίσης να εισέρχεται στο πυρήνα , έστω

και αν η κινητική του ενέργεια είναι σχεδόν μηδενική, καθώς δεν έχει να υπερπηδήσει κανένα φράγμα δυναμικού.

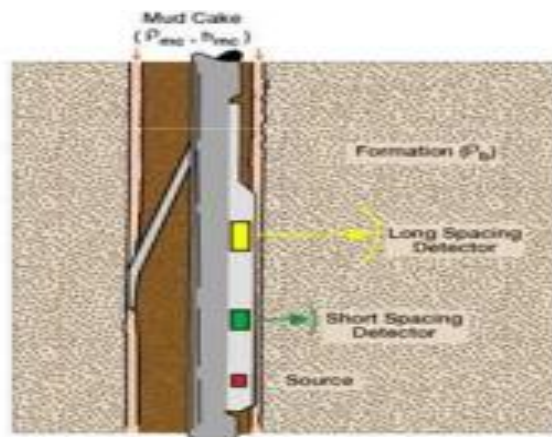


**Εικόνα 19: Μέθοδος με διαγραφές νετρονίων**

5. **Οι διαγραφές πυκνότητας:** Οι διαγραφές αυτές είναι γραφήματα της πυκνότητας συναρτήσεως του βάθους από τις οποίες κυρίως προσδιορίζεται το πορώδες. Οι διαγραφές πυκνότητας δίνουν χρήσιμες πληροφορίες για την ερμηνεία των βαρυτικών και σεισμικών δεδομένων. Επίσης σε συνδυασμό με τις ακουστικές διαγραφές χρησιμοποιούνται στο υπολογισμό των μηχανικών ιδιοτήτων των σχηματισμών. Για τη μέτρηση της πυκνότητας χρησιμοποιούνται ανιχνευτές ακτίνων γάμμα και ραδιενεργός πηγή (π.χ. Co 60, Cs 137) η οποία εκπέμπει ακτινοβολία γάμμα γνωστής έντασης. Η ένταση των διαχεόμενων ακτίνων γάμμα είναι ανάλογη της πυκνότητας των ηλεκτρονίων. Η πυκνότητα του σχηματισμού προκύπτει από εμπειρική σχέση η οποία συνδέει την πυκνότητα του σχηματισμού και την πυκνότητα των ηλεκτρονίων. Η αρχή λειτουργίας της συγκεκριμένης μεθόδου είναι η εξής:
1. Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο όπου οι χαμηλής ενέργειας ακτίνες γάμμα ( $< 0.2 \text{ MeV}$ ) απορροφώνται από τα ηλεκτρόνια
  2. Δημιουργία ενός ζεύγους σωματιδίων (πρωτόνιο και νετρόνιο) όταν οι ακτίνες γάμμα είναι υψηλής ενέργειας ( $> 1.02 \text{ MeV}$ ).

3. **Φαινόμενο Compton** όπου οι ενδιάμεσης ενέργειας ακτίνες γάμμα χάνουν μέρος της ενέργειας των λόγω διαδοχικών συγκρούσεων με ηλεκτρόνια .

Συσκευές διαγραφιών πυκνότητας: συσκευή FDC



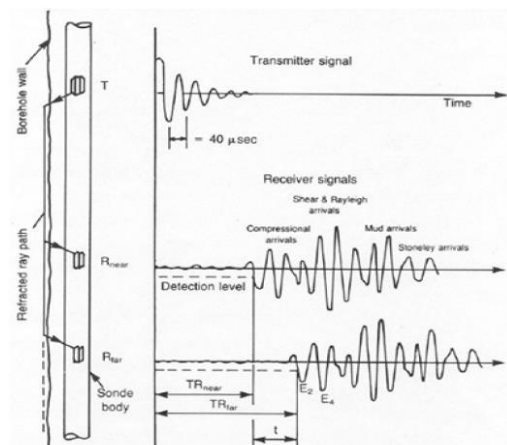
**Εικόνα 20: Διαγραφίες πυκνότητας**

6. Οι ακουστικές διαγραφίες στην απλούστερη τους μορφή αποτελούνται από μια συσκευή ακουστικών διαγραφών και μια πηγή ακουστικών κυμάτων συχνότητας 20KHz και ένα γεώφωνο πιεζοηλεκτρικού τύπου. Η ακουστική διαγραφή είναι η καταγραφή του χρόνου διαδρομής  $\Delta t$ , (Interval ή Transit time) τον οποίο χρειάζεται το ακουστικό κύμα για να διανύσει 1ft (ή 1m) του σχηματισμού, συναρτήσει του βάθους. Ο χρόνος διαδρομής,  $\Delta t$ , είναι αντιστρόφως ανάλογος της ταχύτητας διάδοσης των ακουστικών κυμάτων και εξαρτάται από το πορώδες και τη λιθολογία του σχηματισμού. Η εξάρτηση του  $\Delta t$  από το πορώδες καθιστά τις ακουστικές διαγραφίες πολύ χρήσιμες στην εκτίμηση του πορώδους όταν είναι γνωστή η λιθολογία. Στις ακουστικές διαγραφίες, εκτός από το χρόνο διαδρομής  $\Delta t$ , καταγράφεται και ο συνολικός χρόνος διαδρομής του ακουστικού κύματος (Integrated transit time) ο οποίος ισούται με το άθροισμα των χρόνων διαδρομής  $\Delta t$  που αναφέρονται στο ίδιο σχηματισμό. Ο συνολικός χρόνος διαδρομής χρησιμοποιείται στην επεξεργασία και στην ερμηνεία των σεισμικών καταγραφών ανάκλασης(από Βαφείδης,2013).

Σύμφωνα με την τεχνική αυτή μετράμε το χρόνο που απαιτείται για να διαδοθεί ένα σεισμικό κύμα μεταξύ δύο σημείων των τοιχωμάτων της γεώτρησης. Ο χρόνος διάδοσης

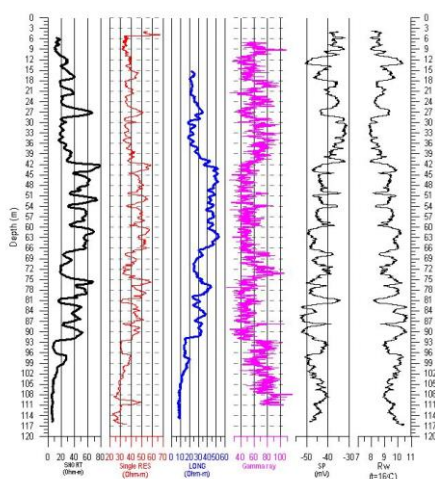


του σεισμικού κύματος εξαρτάται τόσο από την λιθολογία όσο και από το πορώδες του πετρώματος.



Εικόνα 21: Τεχνική Ακουστικής Διαγραφίας (από Τσούρλος, 2015)

**Συσκευές ακουστικών διαγραφιών:** Οι κυριότερες συσκευές ακουστικών διαγραφών είναι : η BHC (Borehole Compensated Sonic Tool), η LSS (Long Spaced Sonic Tool) και η συσκευή Array-Sonic.



Εικόνα 22: Ο χρόνος διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος εξαρτάται από την λιθολογία όσο και από το πορώδες του δείγματος

**Πίνακας 3.α Μεθοδολογίες μέτρησης και προσέγγισης του πορώδους**

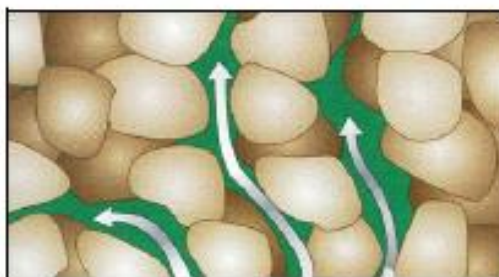
<b>Μέτρηση Πορώδους</b>	
<b>Υδρογεωλογία</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Με τα ποροσίμετρα</li> <li>• Με συσκευές που χρησιμοποιούν αέριο</li> <li>• Με δοκιμαστικές αντλήσεις</li> </ul>
<b>Με γεωφυσικές μεθόδους (Διαγραφίες)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Διαγραφή νετρονίου</li> <li>• Διαγραφή πυκνότητας</li> <li>• Ακουστική Διαγραφή</li> </ul>
<b>Αναζήτηση Υδρογονανθράκων</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ποροσίμετρο τύπου Boyle</li> <li>• Ποροσιμετρία Υδραργύρου</li> <li>• Ποροσιμετρία Αζώτου</li> <li>• Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM)</li> </ul>

#### **3.1.4. Διαπερατότητα**

Η παρουσία πετρωμάτων-ταμιευτήρων, δηλαδή σχηματισμών που χαρακτηρίζονται αφ' ενός μεν από την δυνατότητα αποθήκευσης υδρογονανθράκων (πορώδες) αφ' ετέρου δε από την ικανότητα να επιτρέπουν την διέλευσή τους από ζώνες υψηλού σε αντίστοιχες χαμηλού δυναμικού (διαπερατότητα), αποτελεί την αναγκαία συνθήκη προκειμένου οι υδρογονάνθρακες να απαντούν σε οικονομικά εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα. Και οι δύο πετροφυσικές ιδιότητες (πορώδες-διαπερατότητα) από χρονική άποψη μπορεί να είναι είτε πρωτογενείς, αν η δημιουργία τους ανάγεται στη χρονική στιγμή απόθεσης των ιζημάτων, είτε δευτερογενείς αν προέκυψαν από μεταγενέστερες διεργασίες (π.χ. διαγένεση ή τεκτονισμός). ενώ από τη διαπερατότητα εξάγονται συμπεράσματα σχετικά με την



δυνατότητα του πετρώματος να επιτρέπει τη διέλευση των ρευστών και αποτελεί συνάρτηση του βαθμού σύνδεσης των πόρων μεταξύ τους, δηλαδή του ενεργού πορώδους (Μπακόπουλος, 2006).



Εικόνα 23: Ροή ρευστών μέσω ενός πορώδους μέσου (από Σταματάκη, 2005)

**Ενεργός διαπερατότητα:** Πρακτικά στους περισσότερους ταμιευτήρες υπάρχει παραπάνω από μια φάση, έτσι υπάρχει επιπλοκή στην περίπτωση όπου ένα ρευστό παραμένει ακινητοποιημένο λόγω τριχοειδών πιέσεων θέτοντας έτσι την έννοια της ενεργού διαπερατότητας  $K_{o,w,g}$  του ρευστού. Άρα ενεργός διαπερατότητα ορίζεται σαν η διαπερατότητα ενός πετρώματος σε μία συγκεκριμένη φάση ρευστού όταν το πορώδες είναι κορεσμένο με περισσότερα από ένα ρευστά. Επίσης είναι προφανές ότι η ενεργός διαπερατότητα είναι συνάρτηση του βαθμού κορεσμού του μέσου στο υγρό (Βαρότσης, 2014).

**Σχετική διαπερατότητα:** ορίζεται σαν ο λόγος της ενεργού διαπερατότητας σε ένα δεδομένο βαθμό κορεσμού, προς μία διαπερατότητα αναφοράς που είναι η απόλυτη διαπερατότητα και μετριέται σε συνθήκες πλήρους κορεσμένου μέσου με ένα μονοφασικό ρευστό. Για τις φάσεις του νερού, του πετρελαίου και του αερίου οι σχετικές διαπερατότητες που προκύπτουν είναι (Βαρότσης, 2014).

Άρα η διαπερατότητα εκφράζει την ευκολία ροής ενός ρευστού μέσα στο πέτρωμα και εξαρτάται από τη γεωμετρία και το μέγεθος των πόρων, ιδιαίτερα αυτών που επικοινωνούν μεταξύ τους, καθώς και από τις ιδιότητες του ίδιου του ρευστού, όπως το ιξώδες, τις τριχοειδείς πιέσεις κλπ. Οι μετρήσεις διαπερατότητας πραγματοποιούνται από ειδικά περατόμετρα, μέσω εισπίεσης υγρού ή αερίου και σε κυλινδρικά δείγματα καθορισμένων διαστάσεων. Η ροή των ρευστών, μέσα σε ένα τέτοιο δείγμα, θα ακολουθήσει γενικά τον

νόμο του Darcy και επομένως ο όγκος των ρευστών (Q) που τελικά θα μεταφερθεί μέσα από τον κύλινδρο θα είναι :

$$Q=K*\Delta P*A/L*\mu$$

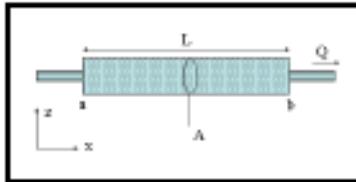
όπου: (K) η διαπερατότητα, ( $\Delta P$ )= $P_1-P_2$  η διαφορά της πίεσης στα δύο άκρα του κυλίνδρου, (A) η διατομή του κυλίνδρου, (L) το μήκος του και ( $\mu$ ) το ιξώδες του ρευστού.

Μονάδα μέτρησης της διαπερατότητας είναι το darcy, αλλά συνήθως η διαπερατότητα μετράται σε millidarcies (mD) . Ένα πέτρωμα με διαπερατότητα 1 darcy επιτρέπει 1 cm<sup>3</sup>/sec ρευστού το οποίο έχει ιξώδες 1 centipoise (ιξώδες νερού στους 68<sup>0</sup>F) διαμέσου 1 cm<sup>2</sup> της επιφάνειας του με πτώση της πίεσης 1 atm/cm. Το millidarcy (md) ισούται με 0.001 darcy ενώ το microdarcy ( $\mu$ d) ισούται με 0,000001 darcy.

### **Σχέση πορώδους-διαπερατότητας**

Γενικά η σχέση πορώδους και διαπερατότητας σε ένα πέτρωμα είναι έμμεση. Για παράδειγμα, ένα πέτρωμα που αποτελείται από μικρούς, καλά στρογγυλεμένους και του ίδιου μεγέθους κόκκους, μπορεί να έχει το ίδιο πορώδες με ένα όμοιο πέτρωμα με μεγαλύτερους κόκκους, αλλά να έχει τιμές διαπερατότητας μικρότερες από το δεύτερο. Όπως είναι γνωστό, το πορώδες ενός ιζηματογενούς πετρώματος εξαρτάται άμεσα από τα πρωτογενή αποθετικά ιστολογικά χαρακτηριστικά του, δηλαδή το είδος, το σχήμα, το μέγεθος, την ταξινόμηση και τον τρόπο στοιβαξης των συστατικών του, και επομένως αποτελεί ιδιαίτερο χαρακτηριστικό για το κάθε πέτρωμα (Choquette and Pray, 1970). Ειδικότερα, οι Enos and Sawatsky (1981) μελετώντας το πρωτογενές αποθετικό πορώδες ολοκαινικών ιζημάτων μικρού βάθους νερού σε σχέση με τις αποθετικές δομές τους έδειξαν ότι, τα λεπτόκοκκα ιζήματα εμφανίζουν τις μεγαλύτερες τιμές πορώδους από όλα τα υπόλοιπα ιζήματα, ενώ οι Schlanger and Douglas (1974) μέτρησαν επίσης πολύ υψηλά πορώδη σε σύγχρονες βαθιές ανθρακικές ιλύες. Τελικά αποδείχθηκε ότι οι υψηλές τιμές πορώδους όλων των ιζημάτων αυτών οφείλονται στην λεπτομερή δομή τους και στο αξιόλογο ενδοκοκκώδες πορώδες που παρέχουν τα σκελετικά συστατικά τους. Όμως, οι τιμές διαπερατότητας στα ίδια αυτά ιζήματα είναι εξαιρετικά χαμηλές και τελικά η διαπερατότητα ελαττώνεται σημαντικά καθώς ελαττώνεται το μέγεθος των συστατικών (Κατή, 1999).

### Ο νόμος του Darcy και τα μοντέλα ροής



$$Q = \left( \frac{k}{\mu} \right) \left( \frac{A(p_1 - p_2)}{B L} \right)$$

- ✓  $Q$  = Παροχή (βαρέλια/ημέρα)
- ✓  $k$  = Διαπερατότητα (Darcies)
- ✓  $\mu$  = το ιξώδες του ρευστού (centipoise)
- ✓  $A$  = επιφάνεια δια μέσου της οποίας ρέει το ρευστό ( $\text{cm}^2$  ή  $\text{ft}^2$ )
- ✓  $p_1 - p_2$  = η πτώση της πίεσης
- ✓  $L$  = η απόσταση ροής του ρευστού
- ✓  $B$  = ο συντελεστής όγκου του σχηματισμού (Bo)

Κατά τη διάρκεια της παραγωγής, τα ρευστά κυκλοφορούν στους πόρους του σχηματισμού με σχετικά μικρή ή μεγάλη δυσκολία εξαρτώμενη από τα χαρακτηριστικά του πορώδους μέσου. Ως ειδική ή απόλυτη διαπερατότητα (specific or absolute permeability) ορίζεται η ικανότητα του πορώδους μέσου να επιτρέπει σε ένα ρευστό με το οποίο είναι κορεσμένο να ρέει μέσω των πόρων του. Η διαπερατότητα ορίζεται μαθηματικά από το νόμο του Darcy: Θεωρούμε ένα οριζόντιο δείγμα κυλινδρικής μορφής, μήκους  $x$  και επιφάνειας  $A$ , κορεσμένο με ένα ρευστό ιξώδους  $\mu$ . Κατά μήκος του δείγματος υπάρχει μεταβολή της πίεσης ( $\Delta P$ ). Το ρευστό ρέει μόνο κατά την οριζόντια διεύθυνση με παροχή  $Q$ . Ο νόμος του Darcy εκφράζει τη σχέση μεταξύ των ανωτέρω μεγεθών ως :

$$Q = A \cdot \frac{k}{\mu} \cdot \frac{\Delta P}{x}$$

Η διαφορική έκφραση της εξίσωσης του Darcy έχει τη μορφή:

$$Q = -A \cdot \frac{k}{\mu} \cdot \frac{dP}{dx}$$

## Διαπερατότητα Klinkenberg

Η διαπερατότητα εξαρτάται άμεσα και από τα χαρακτηριστικά του ίδιου του ρευστού, κατά τον υπολογισμό της έχει ιδιαίτερη σημασία το είδος του ρευστού που χρησιμοποιείται στα διάφορα περατόμετρα (υγρό ή αέριο). Η διαφοροποίηση αυτή οφείλεται στη διαφορετική συμπεριφορά της ροής των αερίων από αυτής των υγρών, αφού η ροή των αερίων είναι ασταθής, λόγω της απότομης αποσυμπίεσης των αερίων όταν φθάνουν στα άκρα των αγωγών ροής. Επιπλέον, τα αέρια παρουσιάζουν το φαινόμενο slip δηλαδή τα μόρια των αερίων ολισθαίνουν όταν πλησιάζουν τα τοιχώματα των αγωγών σε αντίθεση με τα υγρά, των οποίων τα μόρια προσκολλούνται στα τοιχώματα των αγωγών.

Ο Klinkenberg (1941) που μελέτησε πρώτος το φαινόμενο αυτό, διατύπωσε την ακόλουθη σχέση μεταξύ διαπερατότητας και πίεσης:

$$K_{\alpha} = K_{\nu}(1+B/P_{\mu})$$

όπου, ( $K_{\alpha}$ ) η διαπερατότητα του υλικού για μία απλή φάση αερίου, ( $K_{\nu}$ ) η διαπερατότητα του ίδιου υλικού για μία απλή φάση υγρού, ( $P_{\mu}$ ) η μέση πίεση του αερίου μεταξύ κορυφής και πυθμένα του αγωγού, και ( $B$ ) σταθερή για γνωστό αέριο και γνωστό πορώδες μέσο, γνωστή ως παράγοντας Klinkenberg (Klinkenberg factor), η οποία μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με το μέγεθος των πόρων. Έτσι, στην περίπτωση που ο υπολογισμός της διαπερατότητας πραγματοποιείται από περατόμετρο αερίου, θα πρέπει ο νόμος Darcy να τροποποιηθεί με βάση τον παραπάνω παράγοντα και τελικά να υπολογιστεί η διαπερατότητα Klinkenberg (Klinkenberg permeability) (Κατή, 1999).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ

### 4.1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΕΥΝΑΣ

Ο προσδιορισμός του πορώδους και της διαπερατότητας έγινε σε 45 αρχικά δείγματα ψαμμιτών οι οποίοι ελήφθησαν στην ευρύτερη περιοχή της Μεσσαράς από τρεις διαφορετικές γεωλογικές τομές αντιπροσωπευτικές των σχηματισμών της Ομάδας Τεφελίου. Αφού πρώτα καθαρίστηκαν πάρθηκαν 21 πυρήνες και ένα σύνολο 52 δοκιμίων, (Παράρτημα.1 Περιοχή Δειγματοληψίας) στα οποία έγιναν προσπάθειες μέτρησης πορώδους και διαπερατότητας. Από τα 52 αυτά δοκίμια το πορώδες μετρήθηκε στα 35 ενώ αποτελέσματα για την διαπερατότητα απέφεραν μόνο οι 4. (Παράρτημα 2. Πίνακας.ε Διαγράμματα διαπερατότητας). Το πορώδες των δειγμάτων ερευνήθηκε με το ποροσίμετρο τύπου Boyle (4.1.1 Μέτρηση του πορώδους). Η διαπερατότητα των δειγμάτων εκτιμήθηκε μέσω του υποδοχέα Hassler (4.1.4 Εργαστηριακή μέτρηση της διαπερατότητας) με δυνατότητα εφαρμογής εξωτερικής εγκάρσιας ακτινωτής πίεσης (overburden pressure) για πιστή φυσική προσομοίωση των συνθηκών ροής του ρευστού στον σχηματισμό. Τέλος έγινε κοκκομετρική ανάλυση σε 38 από τα 42 αρχικά δείγματα με σκοπό να παρθούν πληροφορίες για τις στατιστικές παραμέτρους των κοκκομετρικών κατανομών των δειγμάτων όπως το μέσο κοκκομετρικό μέγεθος (mean grain size), την ταξινόμηση (sorting) την ασυμμετρία (skewness), την κύρτωση (Kurtosis) κατά τη στιγμή της απόθεσης των ψαμμιτικών φάσεων των ιζημάτων. Ακόμα έγινε υπολογισμός των % ποσοστών των κλασμάτων άμμου, ιλύος και αργίλου στα οποία ορίστηκε ο λιθολογικός χαρακτήρας αφού έγινε η προβολή τους στα τριγωνικά διαγράμματα κατά Folk (1974). Για πρακτικούς λόγους υπολογίστηκε και το ποσοστό του κλάσματος πηλού (ως άθροισμα του ποσοστού ιλυολιθικού και αργιλικού κλάσματος) για την προβολή του κλάσματος αυτού στο αντίστοιχο διάγραμμα χοντρόκοκκων κλασμάτων κατά Folk (1974).

#### 4.1.1. Μέτρηση του πορώδους

Στο Εργαστήριο Ανάλυσης Πυρήνων Υπόγειων Ταμιευτήρων χρησιμοποιήθηκε το ποροσίμετρο τύπου Boyle για την μέτρηση του ενεργού πορώδους. Η διάταξη αποτελείται από δύο μεταλλικά αεροστεγή δοχεία, ψηφιακά μανόμετρα με διακριτική ικανότητα

μέτρησης 0,01 bar, σύστημα σωλήνων και βαλβίδων, μια αντλία κενού και μια φιάλη He. Για την μέτρηση του ενεργού πορώδους χρησιμοποιήθηκαν μέθοδοι που βασίζονται στον νόμο του Boyle. Ένα καθαρό ξηρό δείγμα τοποθετείται εντός δοχείου κενού αέρος και γνωστού όγκου  $V_s$ . Το δοχείο συνδέεται με άλλου γνωστού όγκου  $V_R$  που περιέχει αέριο υπό πίεση. Με την εκτόνωση του αερίου στο πρώτο δοχείο, αποκαθίσταται πίεση  $P_2$  στο σύστημα. Ο νόμος του Boyle επιτάσσει πως για ένα αέριο ισχύει

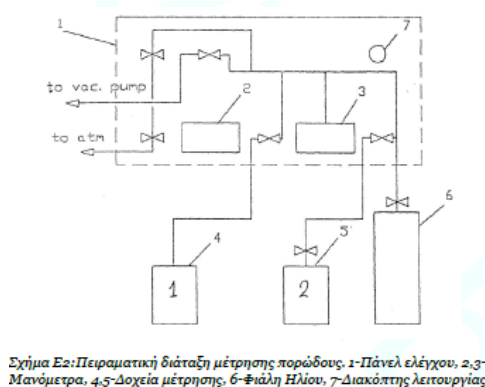
$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

Στην συγκεκριμένη περίπτωση η εξίσωση παίρνει την μορφή της εξίσωσης από την οποία υπολογίζεται ο όγκος των κόκκων του πετρώματος.

$$P_1 V_R = P_2 (V_R + V_s - V_G)$$

Το ποροσίμετρο τύπου Boyle, αποτελείται από τα παρακάτω μέρη:

- Μεταλλικά αεροστεγή δοχεία 1,2
- Μανόμετρο ψηφιακό με διακριτική ικανότητα μέτρησης 0,01bar
- Σύστημα σωλήνων και βαλβίδων
- Αντλία κενού
- Φιάλη He



**Εικόνα 24:** Ποροσίμετρο και πειραματική διάταξη τύπου Boyle (από Γαμβρούδης, 2010 και Βαρότσης, 2014)

#### 4.1.2. Διαμόρφωση δοκιμίων

Η πυρηνοληψία αποτελεί το ποιοτικότερο έλεγχο για την εκμετάλλευση ενός κοιτάσματος και η μέθοδος αυτή βασίζεται στην επιτυχείς λήψη κυλινδρικού δοκιμίου από το κυρίως

δείγμα. Στην παρούσα διπλωματική εργασία η μέθοδος αυτή έλαβε χώρα στο εργαστήριο Μηχανικής Πετρωμάτων. Οι προδιαγραφές των δοκιμίων βασίζονται στα παρακάτω βήματα:

- I. Τα δοκίμια πρέπει να είναι κυλινδρικά με διάμετρο κατά προτίμηση μεγαλύτερη ή ίση με NX (δηλαδή περίπου 254 mm) και ύψος 2.5-3 φορές τη διάμετρο τους, με την διάμετρο του δοκιμίου να είναι τουλάχιστον δεκαπλάσια από τον μεγαλύτερο κόκκο του υλικού.*
- II. Τα δοκίμια πρέπει να προετοιμασθούν χρησιμοποιώντας μόνον καθαρό νερό (στα κοπτικά και λειαντικά εργαλεία) και όχι να γίνεται χρήση πρόσθετων υλικών για ενίσχυση ή κατεργασία των άκρων του δοκιμίου.*
- III. Οι κυλινδρικές επιφάνειες πρέπει να είναι λείες με ανοχή 0.025 mm*
- IV. Οι βάσεις του κυλινδρικού δοκιμίου πρέπει να είναι παράλληλες μεταξύ τους με ανοχή περίπου 0.02 mm και ορθογώνιες ως προς τον άξονα συμμετρίας του δοκιμίου με ανοχή 0.001 ακτίνα.*
- V. Οι πλευρές του δοκιμίου πρέπει να είναι λείες και χωρίς ανωμαλίες με ανοχή 0.3mm σε όλο το μήκος του δοκιμίου (Αγιουτάντης, 2002).*

### **Εργαστηριακός πυρηνολήπτης (καροταρία)**

Το μηχάνημα της παρακάτω εικόνας (Εικόνα 28) λειτουργεί με την ίδια αρχή όπως και ένα τρυπάνι. Πρόκειται για ένα άξονα που περιστρέφεται κατά την κατακόρυφο και στη άκρη φέρει άκρο το οποίο κόβει το πέτρωμα. Η διαφορά του με το απλό τρυπάνι είναι ότι το κοπτικό άκρο του είναι δακτυλιοειδές (πυρηνολήπτης) και έτσι το κομμάτι πετρώματος που προκύπτει είναι κυλινδρικό. Για την κοπή του δοκιμίου το πέτρωμα στερεώνεται σταθερά σε εσχάρα που βρίσκεται στην βάση της μηχανής κοπής κάτω από το κοπτικό άκρο. Στην συνέχεια το πέτρωμα και το κοπτικό άκρο έρχονται σε επαφή και ξεκινά η κοπή. Η κατακόρυφη δύναμη που είναι απαραίτητη για την κοπή των δοκιμίων ασκείται χειροκίνητα. Στην μηχανή υπάρχει κλειστό κύκλωμα νερού για την ψύξη του κοπτικού άκρου το οποίο τίθεται σε λειτουργία κατά την έναρξη της κοπής. Συνολικά ελήφθησαν 47 πυρήνες με

προσανατολισμό είτε κάθετο είτε οριζόντιο στη στρώση. Για τον λόγο αυτό τα κυλινδρικά δοκίμια κατά την οριζόντια διεύθυνση ονομάστηκαν ΗΑ και τα αντίστοιχα κάθετα VΑ. Η διαδικασία ονοματολογίας των πυρήνων παρουσιάζεται σχηματικά παρακάτω.



*Εικόνα 25: Εργαστηριακός πυρηνολήπτης δοκιμίων*

#### **Εργαστηριακό δισκοπρίονο κοπής δοκιμίων πετρωμάτων**

Μετά την κοπή των δοκιμίων σε κυλινδρικά πρέπει να διαμορφωθούν οι άκρες των κυλίνδρων αυτών, γιατί κατά το τέλος της κοπής τα δοκίμια αποχωρίζονται. Με σπάσιμο από τον υπόλοιπο όγκο του πετρώματος. Έτσι τα κομμάτια αυτά στις άκρες του κυλίνδρου πρέπει να κοπούν για να δημιουργηθούν επίπεδες επιφάνειες. Το κάθε δοκίμιο τοποθετείται στο μηχάνημα και στερεώνεται σταθερά, έτσι ώστε να βρίσκεται κάθετα στον άξονα περιστροφής του δίσκου. Το δοκίμιο αρχικά απέχει λίγα εκατοστά από το δίσκο. Ο δίσκος (Εικόνα 29) τίθεται σε κίνηση και μετακινείται με σταθερή ταχύτητα προς το δοκίμιο κόβοντας το ανώμαλο άκρο. Η ίδια διαδικασία γίνεται και για το άλλο άκρο του δοκιμίου. Το μηχάνημα αυτό διαθέτει επίσης κλειστό κύκλωμα νερού για τη ψύξη του δίσκου.





*Εικόνα 26: Εργαστηριακό δισκοπρίονο κοπής δοκιμίων πετρωμάτων (από Φέγγος, Κουβελάς 2006)*

### **Εργαστηριακός λειαντής δοκιμίων.**

Το δοκίμιο τοποθετείται σταθερά σε ειδική βάση που φέρει το μηχάνημα έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η παραλληλότητά του με τον άξονα λείανσης, άρα και τη δημιουργία οριζόντιας επιφάνειας. Το μηχάνημα τίθεται σε λειτουργία. Ο δίσκος εφάπτεται στο δοκίμιο και λειαίνει την επιφάνεια του δοκιμίου. Η μετακίνηση του δίσκου γίνεται χειροκίνητα κατά την οριζόντια διεύθυνση. Μετά από λίγες επαναλήψεις της οριζόντιας αυτής κίνησης ο δίσκος σταματά να έρχεται σε επαφή με το δοκίμιο. Τότε, ο δίσκος μετακινείται χειροκίνητα κατά την κατακόρυφη διεύθυνση έως ότου έρθει πάλι σε επαφή με το δοκίμιο. Μετά από μια με δυο επαναλήψεις το δοκίμιο βγαίνει από τη μηχανή και τοποθετείται σε λεία οριζόντια επιφάνεια. Στη συνέχεια εξετάζεται η τέλεια εφαρμογή της λειανθείσας επιφάνειας με την επιφάνεια αυτή. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρις ότου επιτευχθεί η τέλεια εφαρμογή τους και για τις δυο άκρες του δοκιμίου. Το μηχάνημα διαθέτει επίσης κλειστό κύκλωμα νερού για τη ψύξη του δίσκου λείανσης (από Αγιουτάντης, 2002).



*Εικόνα 27: Εργαστηριακός λειαντής*

#### **4.1.3. Πειραματική διαδικασία**

Για την μεγαλύτερη ακρίβεια της μεθόδου, καθώς η βέλτιστη ακρίβεια του όγκου των δύο δοχείων  $V_R, V_S$  όπως και των βαλβίδων και των μανομέτρων είναι αδύνατη, χρησιμοποιείται η διαδικασία της βαθμονόμησης. Η διαδικασία αυτή ακολουθεί τα παρακάτω βήματα:

- Στο πρώτο δοχείο τοποθετούνται μεταλλικές σφαίρες γνωστής διαμέτρου (1,57cm). Στη συνέχεια δημιουργείται κενό στο συγκεκριμένο δοχείο και απομονώνεται από την διάταξη και ακολουθεί η εκτόνωση του δοχείου ενώ παράλληλα σημειώνεται η ένδειξη της πίεσης αμέσως μετά την αποκατάσταση της ισορροπίας του δοχείου με τις σφαίρες
- Η διαδικασία επαναλαμβάνεται, βάζοντας κάθε φορά μια καινούρια σφαίρα, έως ότου ο κύλινδρος να είναι πλήρης και προκύπτει το διάγραμμα Πίεσης-Όγκου Στερεών Προτύπων.
- Στη συνέχεια ακολουθείτε ακριβώς η ίδια διαδικασία για τα δοκίμια και οι μετρήσεις μαζί με την εξίσωση που δίνεται αποτελούν τον όγκο των κόκκων του πετρώματος.

**Πίνακας 4.α Αποτελέσματα μετρήσεων στερεών προτύπων**

Μέγεθος Σφαιρών	Σφαίρες	V(ml)	P <sub>αρχ</sub> (bar)	P <sub>R</sub> (bar)	P <sub>τελ</sub> (bar)
Μεγάλες D=1,57 cm	0	0	-0.82	6.40	3.56
	2	2.15	-0.82	6.40	3.68
	4	4.29	-0.81	6.40	3.73
	6	6.44	-0.80	6.40	3.82
	8	8.58	-0.80	6.40	3.93
	10	10.73	-0.80	6.40	4.01
	12	12.87	-0.80	6.40	4.09
	14	15.02	-0.80	6.40	4.19
Μικρές D= 0.395 cm	14+10	15.34	-0.78	6.40	4.22
	14+20	15.66	-0.78	6.40	4.22
	14+30	15.98	-0.78	6.40	4.26
	14+40	16.31	-0.78	6.40	4.28
	14+50	16.63	-0.78	6.40	4.28
	14+60	16.95	-0.78	6.40	4.29
	14+70	17.27	-0.77	6.40	4.30
	14+80	17.60	-0.77	6.40	4.34
	14+90	17.92	-0.77	6.40	4.34
	14+100	18.24	-0.77	6.40	4.35
	14+110	18.57	-0.77	6.40	4.37
	14+120	18.89	-0.77	6.40	4.39
	14+130	19.21	-0.77	6.40	4.4
	14+140	19.53	-0.77	6.40	4.42
	14+150	19.86	-0.77	6.40	4.43
	14+160	20.18	-0.77	6.40	4.45
	14+170	20.50	-0.77	6.40	4.48
	14+180	20.82	-0.77	6.40	4.51
	14+190	21.15	-0.77	6.40	4.51

**Πίνακας 4.β Αποτελέσματα μέτρησης πορώδους**

<b>ΔΕΙΓΜΑ</b>	<b>ΠΗΡΥΝΑΣ</b>	<b>ΔΟΚΙΜΙΟ</b>	<b>L (μήκος-cm-)</b>	<b>D(κάθετα-cm-)</b>	<b>ΠΟΡΩΔΕΣ (BV-GV)/BV (%)</b>
<b>LAG19</b>	<b>LAG19HA</b>	<b>LAG19HA1</b>	<b>2,24</b>	<b>2,45</b>	<b>21,0</b>
<b>LAG24</b>	<b>LAG24VA</b>	<b>LAG24VA1</b>	<b>2,23</b>	<b>1,99</b>	<b>34.3</b>
	<b>LAG24HA</b>	<b>LAG24H1</b>	<b>4,27</b>	<b>2,11</b>	<b>29.8</b>
<b>LAG30B</b>	<b>LAG30BVA</b>	<b>LAG30BVA1</b>	<b>2,33</b>	<b>2,33</b>	<b>46.3</b>
<b>LAG32A</b>	<b>LAG32AVA</b>	<b>LAG32AVA1</b>	<b>3,21</b>	<b>2,33</b>	<b>20.0</b>
	<b>LAG32AVB</b>	<b>LAG32AVB1</b>	<b>2,65</b>	<b>2,43</b>	<b>24.3</b>
	<b>LAG32AH</b>	<b>LAG32AH1</b>	<b>4,61</b>	<b>2,43</b>	<b>26.0</b>
		<b>LAG32AH2</b>	<b>2,19</b>	<b>2,45</b>	<b>26.3</b>
<b>LAG33</b>	<b>LAG33VA</b>	<b>LAG33VA1</b>	<b>3,03</b>	<b>2,53</b>	<b>28.1</b>
	<b>LAG33HA</b>	<b>LAG33HA1</b>	<b>3,04</b>	<b>2,51</b>	<b>26.7</b>
<b>LAG34</b>	<b>LAG34VA</b>	<b>LAG34VA1</b>	<b>3,88</b>	<b>2,26</b>	<b>37.2</b>
<b>LAG35</b>	<b>LAG35VA</b>	<b>LAG35VA1</b>	<b>3,64</b>	<b>2,43</b>	<b>20.44</b>
	<b>LAG35VC</b>	<b>LAG35VC1</b>	<b>2,21</b>	<b>2,51</b>	<b>35.1</b>
	<b>LAG35HA</b>	<b>LAG35HA1</b>	<b>2,47</b>	<b>2,45</b>	<b>26.4</b>
<b>LAG36</b>	<b>LAG36VC</b>	<b>LAG36VC1</b>	<b>3,01</b>	<b>2,42</b>	<b>7.8</b>
	<b>LAG36HA</b>	<b>LAG36HA1</b>	<b>3,11</b>	<b>2,41</b>	<b>19.6</b>
<b>LAG38A</b>	<b>LAG38AVB</b>	<b>LAG38AVB3</b>	<b>2,83</b>	<b>2,455</b>	<b>14.9</b>

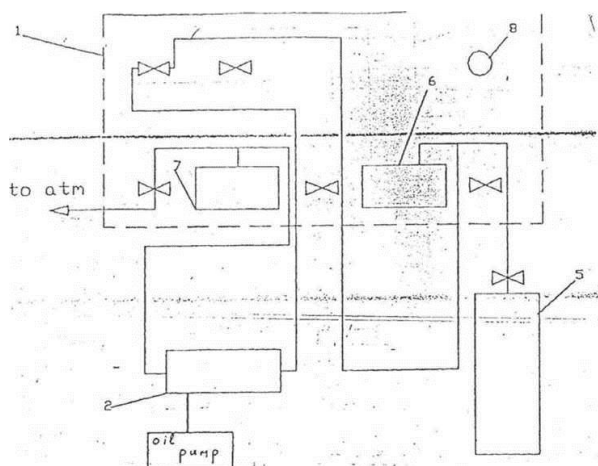
<b>TEF1</b>	<b>TEF1VA</b>	<b>TEF1VA1</b>	<b>2,71</b>	<b>2,47</b>	<b>18.7</b>
	<b>TEF1HA</b>	<b>TEF1HA1</b>	<b>3,21</b>	<b>2,465</b>	<b>1.0</b>
		<b>TEF1HA2</b>	<b>2,40</b>	<b>2,505</b>	<b>8.1</b>
<b>TEF2</b>	<b>TEF2VA</b>	<b>TEF2VA1</b>	<b>4,43</b>	<b>2,49</b>	<b>5.1</b>
<b>TEF4</b>	<b>TEF4HA</b>	<b>TEF4HA1</b>	<b>1,31</b>	<b>2,15</b>	<b>5.6</b>
<b>TEF6</b>	<b>TEF6VA</b>	<b>TEF6VA1</b>	<b>4,15</b>	<b>2,52</b>	<b>5.2</b>
	<b>TEF6VB</b>	<b>TEF6VB1</b>	<b>3,41</b>	<b>2,51</b>	<b>8.8</b>
	<b>TEF6HA</b>	<b>TEF6HA1</b>	<b>1,81</b>	<b>2,48</b>	<b>7.4</b>
		<b>TEF6HA2</b>	<b>4,71</b>	<b>2,51</b>	<b>1.6</b>
<b>TEF7</b>	<b>TEF7VA</b>	<b>TEF7VA1</b>	<b>4,41</b>	<b>2,51</b>	<b>5.3</b>
	<b>TEF7HA</b>	<b>TEF7HA1</b>	<b>1,98</b>	<b>2,51</b>	<b>5.8</b>
<b>TEF9</b>	<b>TEF9VA</b>	<b>TEF9VA2</b>	<b>3,17</b>	<b>2,43</b>	<b>13.7</b>
	<b>TEF9VB</b>	<b>TEF9VB1</b>	<b>2,69</b>	<b>2,45</b>	<b>33.6</b>
<b>TEF11</b>	<b>TEF11VB</b>	<b>TEF11VB1</b>	<b>3,88</b>	<b>2,505</b>	<b>5.6</b>
		<b>TEF11VB2</b>	<b>3,95</b>	<b>2,52</b>	<b>5.1</b>
	<b>TEF11HA</b>	<b>TEF11HA1</b>	<b>3,91</b>	<b>2,49</b>	<b>5.4</b>
<b>TEF12</b>	<b>TEF12VA</b>	<b>TEF12VA1</b>	<b>3,91</b>	<b>2,51</b>	<b>2.1</b>
	<b>TEF12VB</b>	<b>TEF12VB1</b>	<b>3,88</b>	<b>2,52</b>	<b>4.6</b>
	<b>TEF12VC</b>	<b>TEF12VC1</b>	<b>3,85</b>	<b>2,53</b>	<b>2.4</b>
	<b>TEF12HA</b>	<b>TEF12HA1</b>	<b>4,54</b>	<b>2,47</b>	<b>5.3</b>
		<b>TEF12HA2</b>	<b>3,85</b>	<b>2,51</b>	<b>1.6</b>
<b>POM1</b>	<b>POM1VA</b>	<b>POM1VA1</b>	<b>2,14</b>	<b>2,05</b>	<b>7.6</b>

		<b>POM1VA2</b>	<b>2,82</b>	<b>2,37</b>	<b>38.9</b>
	<b>POM1VB</b>	<b>POM1VB1</b>	<b>3,00</b>	<b>2,11</b>	<b>9.1</b>
		<b>POM1VB2</b>	<b>2,21</b>	<b>2,37</b>	<b>28.7</b>
	<b>POM1HA</b>	<b>POM1HA1</b>	<b>2,04</b>	<b>2,33</b>	<b>35.5</b>
<b>AMP2</b>	<b>AMP2VA</b>	<b>AMP2VA1</b>	<b>4,1</b>	<b>2,45</b>	<b>20.4</b>
	<b>AMP2VB</b>	<b>AMP2VB1</b>	<b>2,9</b>	<b>2,45</b>	<b>23.4</b>
	<b>AMP2HA</b>	<b>AMP2HA1</b>	<b>3,90</b>	<b>2,44</b>	<b>25.5</b>

#### 4.1.4. Εργαστηριακή μέτρηση της διαπερατότητας

Στην παρούσα διπλωματική εργασία η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της διαπερατότητας είναι η εξής:

Αρχικώς συνδέεται η αντλία κενού με το μηχάνημα γίνεται η βαθμονόμηση του οργάνου και στην συνέχεια τοποθετούμε τον πυρήνα στο κατάλληλο δοχείο και κλείνοντας όλες τις αντλίες του ανοίγεται ο αέρας και διαχέεται στο σύστημα. Μετά και αφού έχουμε καταφέρει να φτάσουμε την επιθυμητή πίεση παίρνουμε την μέτρηση του πορώδους.



**Εικόνα 28: Πειραματική διάταξη μέτρησης διαπερατότητας, 1-Πάνελ ελέγχου, 2-Υποδοχέας δειγμάτων, 5-Φιάλη πεπιεσμένου αέρα, 6,7-Μανόμετρα, 8-Διακόπτης λειτουργίας**

Το βασικό στοιχείο της διάταξης είναι ο υποδοχέας δειγμάτων (Coreholder). Πρόκειται για ένα υποδοχέα Hassler με δυνατότητα εφαρμογής εξωτερικής εγκάρσιας ακτινωτής πίεσης (overburden pressure) για πιστή φυσική προσομοίωση των συνθηκών ροής του ρευστού στον ταμιευτήρα. Όπως φαίνεται από το σχήμα αποτελείται από ένα μεταλλικό κύλινδρο στον οποίο στερεώνονται δύο μεταλλικές βάσεις 2,3. Στο εσωτερικό του κυλίνδρου τοποθετείται ελαστικός δακτύλιος, ο οποίος προσαρμόζεται ερμητικά στις δύο βάσεις. Μέσα στον δακτύλιο τοποθετείται δοκίμιο του πετρώματος με διάμετρο ίση με την εσωτερική διάμετρο του πλαστικού δακτυλίου (1" ή 1 1/2"). Το δοκίμιο συγκρατείται δεξιά και αριστερά από δύο μεταλλικούς κυλίνδρους με οπές μέσω των οποίων εισάγεται και εξάγεται το ρευστό ως προς το οποίο μετρείται η διαπερατότητα (αέρας στην συγκεκριμένη εφαρμογή). Ο κενός χώρος ανάμεσα στον ελαστικό δακτύλιο και τον εξωτερικό μεταλλικό κύλινδρο συνδέεται με την υδραυλική αντλία πίεσης. Στο χώρο αυτό εισάγεται υδραυλικό λάδι με πίεση ικανή να προσαρμόσει απόλυτα τον δακτύλιο πάνω στον πυρήνα και να αποτρέψει την διέλευση του αέρα γύρω από το δοκίμιο. Η πίεση αυτή είναι χαρακτηριστική για κάθε δοκίμιο και προσδιορίζεται πειραματικά. Υπάρχει δυνατότητα εφαρμογής πίεσης μέχρι 2500 psia, για εξάσκηση πίεσης υπερκειμένων στο δοκίμιο. Αρχικά συνδέεται η αντλία του αέρα στο σύστημα στην συνέχεια τοποθετείτε ο πυρήνας στο σύστημα – ο οποίος θα πρέπει να έχει μήκος μεγαλύτερο από 2,5 εκατοστά – και βιδώνονται τα άκρα του συστήματος τα οποία έχουν τοποθετηθεί παράλληλα. Εφόσον έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχουν σπειρώματα και από τις δυο μεριές μετά το βίδωμα ώστε να μην υπάρξει κάποιο ατύχημα, θέτουμε την πίεση ενταφιασμού ξεκινώντας από τα 25bar πίεσης μέχρι τα 200bar και παίρνουμε μέτρηση της διαπερατότητας κάθε 10psi ξεκινώντας από τα 0psi μέχρι τα 90psi (Βαρότσης,2014).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ – ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ

Η πιο απλή και συνηθισμένη μέθοδος διαχωρισμού δειγμάτων κατά μέγεθος είναι η εκτέλεση κοκκομετρικής ανάλυσης με τη χρήση κοσκίνων δοκιμών. Μία πλήρης σειρά προτύπων κοσκίνων διατάσσεται σε στήλη από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο μέγεθος κοσκίνων δηλαδή με το μικρότερο άνοιγμα στη βάση και το μεγαλύτερο στην κορυφή. Η ανάλυση διεξάγεται με τοποθέτηση του δείγματος στο κόσκινο της κορυφής και ανακίνηση της στήλης μηχανικά για ορισμένο χρόνο. Μετά το τέλος της ανακίνησης τα συγκρατούμενα σε κάθε κόσκινο σωματίδια απομακρύνονται και οι συγκρατούμενες μάζες σε κάθε κόσκινο μετατρέπονται σε κλάσματα μάζας ή ποσοστά μάζας επί τοις εκατό επί του ολικού δείγματος. Τα σωματίδια τα οποία διέρχονται το λεπτότερο κόσκινο συλλέγονται σε δίσκο στη βάση της στήλης. Τα αποτελέσματα μίας κοκκομετρικής ανάλυσης διατάσσονται σε πίνακες ώστε να δείχνουν το κλάσμα της συγκρατούμενης μάζας σε κάθε κόσκινο συναρτήσει του μεγέθους της οπής (mesh) του κοσκίνου. Εφόσον τα σωματίδια οποιουδήποτε κοσκίνου διέρχονται δια του αμέσως υπεράνω αυτού κοσκίνου, χρειάζονται δύο αριθμοί για να καθορισθεί η τάξη μεγέθους της συγκρατούμενης μάζας.

Σκοπός μιας κοκκομετρικής ανάλυσης είναι να προσδιοριστούν κάποιες στατιστικές παράμετροι και συγκεκριμένα χαρακτηριστικά για το κάθε δείγμα. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι:

- Η κατανομή του κοκκομετρικού μεγέθους των κόκκων των ιζημάτων
- Τα ποσοστά κατανομής των ομάδων μεγεθών των κόκκων του πετρώματος
- Η ταξινόμηση του πετρώματος από το οποίο ανακτήθηκε το δείγμα
- Το περιβάλλον απόθεσης των ιζημάτων

*Οι αρχαίοι Έλληνες ήταν οι πρώτοι που διαπίστωσαν τη μεγάλη ποικιλία του μεγέθους των κόκκων και τους ταξινόμησαν σε τρεις βασικές ομάδες, τους ψηφίτες (κροκάλες-χαλίκια), τους ψαμμίτες (άμμους) και τους πηλίτες (ιλύες-αργίλους) (από Μουρτζάκης 2011). Η βασική αυτή ταξινόμηση με ορισμένες παραλλαγές που έγιναν από νεώτερους ερευνητές ισχύει ακόμα και σήμερα με τα ακόλουθα όρια:*



**Πίνακας 5.α Ταξινόμηση των κόκκων**

<b>Μέγεθος κόκκων</b>	<b>&gt;2mm</b>	<b>Κροκάλες - χαλίκια</b>	
<b>Μέγεθος κόκκων</b>	<b>2mm – 0.0625 mm</b>	<b>Άμμος (sand)</b>	
<b>Μέγεθος κόκκων</b>	<b>0.0625mm –0.0020 mm</b>	<b>Ιλός (silt)</b>	<b>Πηλός (mud) = Άργιλος (clay) + 50% (silt)</b>
<b>Μέγεθος κόκκων</b>	<b>&lt;0.0020 mm</b>	<b>Άργιλος (clay)</b>	

### **5.1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ**

Στην παρούσα διπλωματική η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τα χονδρόκοκκα ιζήματα (>63μm) ήταν η μέθοδος των κοσκίνων ενώ για τα λεπτόκοκκα ήταν η μέθοδος laser (<63μm).

Σε κάθε δείγμα ζυγίστηκαν 300 gr περίπου και στην συνέχεια τοποθετήθηκαν σε ποτήρια ζέσεως των 1000 ml στα οποία προστέθηκε νερό το διάλυμα αυτό αναδεύθηκε για μερικά λεπτά κατά αραιά χρονικά διαστήματα.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκαν 38 κοκκομετρικές αναλύσεις όπου μετά το πέραςμα 24 ωρών τα δείγματα υποβλήθηκαν σε υγρή κοσκίνιση ώστε να επιτευχθεί ένας πρώτος διαχωρισμός μεταξύ των χονδρόκοκκων συστατικών (ψηφίδες +άμμος) και των λεπτόκοκκων συστατικών (πηλός και άργιλος). Η υγρή κοσκίνιση είναι μια έκπλυση του δείγματος με αποσταγμένο νερό μέσα σε κόσκινο διαμέτρου κόκκων 63 μm όπου το διερχόμενο υλικό (κόκκοι μεγέθους πηλού και αργίλου + νερό) συγκεντρώνεται σε ποτήρια ζέσεως των 1000 ml ενώ το συγκρατούμενο (κόκκοι μεγέθους μεγαλύτερων των 63 μm αλλά και υλικό μικρότερης διαμέτρου που δεν κατόρθωσε να περάσει από το κόσκινο ) μεταφέρεται σε ποτήρια ζέσεως των 400 ml και τοποθετείται σε φούρνο για να ξηρανθεί.

Το μέρος του δείγματος που συγκρατήθηκε κατά την υγρή κοσκίνιση (Εικόνα 32: Πραγματοποίηση της υγρής κοσκίνισης) αφού ξηράνθηκε, ζυγίστηκε και υποβλήθηκε σε ξηρή κοσκίνιση (Εικόνα 33: Πραγματοποίηση της ξηρής κοσκίνισης – Κοσκινιέρα). Το υλικό που πέρασε από το κόσκινο διαμέτρου 63 μm αφού ζυγίστηκε, εφαρμόστηκε η ανάλυση με την μέθοδο laser.

Επίσης, είναι σημαντικό να σημειωθεί το γεγονός πως για την μέτρηση και την εξαγωγή συμπερασμάτων στις ιζηματολογικές Αναλύσεις έγινε αναγωγή του % w/v (Laser) σε % w/w (Κόσκινο).



**Εικόνα 29: Πραγματοποίηση της υγρής κοσκίνισης**



**Εικόνα 30: Πραγματοποίηση της ξηρής κοσκίνισης – Κοσκινιέρα**

Με τα στοιχεία που εξήχθησαν από την κοκκομετρική ανάλυση κατασκευάστηκαν οι αθροιστικές κοκκομετρικές καμπύλες (Παράρτημα 3. Πίνακας.ε. Διαγράμματα Αθροιστικών κοκκομετρικών κατανομών δειγμάτων) έπειτα καθορίστηκε ο λιθολογικός χαρακτήρας των ιζημάτων με την βοήθεια της ταξινόμησης κατά Folk (1974) και υπολογίσθηκαν οι στατιστικές παράμετροι (διάμεσος Md, αριθμητικός μέσος Mz, τυπική απόκλιση σί, ασυμμετρία, και κύρτωση)

**Πίνακας 5.β Στατιστικές Παράμετροι (από Κοντόπουλος, 2007)**

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΤΥΠΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ
Διάμεσος Md	Φ50	
Αριθμητικός Μέσος Mz	$(\Phi 16 + \Phi 50 + \Phi 84)/3$	
Τυπική Απόκλιση σG	$(\Phi 84 - \Phi 16)/2$	
Τυπική Απόκλιση σi	$((\Phi 84 - \Phi 16)/4) + ((\Phi 95 - \Phi 5)/6,6)$	
Ασυμμετρία SK1	$((\Phi 16 + \Phi 84 - 2 * \Phi 50)/(2 * (\Phi 84 - \Phi 16))) + ((\Phi 5 + \Phi 95 - 2 * \Phi 50)/(2 * (\Phi 95 - \Phi 5)))$	

➤ Διάμεσος (Median, Md)

Το 50% κατά βάρος των κομματιών είναι χονδρότερα από τη διάμεσο και το 50% λεπτότερα από αυτήν. Η διάμεσος είναι η διάμετρος που αντιστοιχεί στο σημείο της αθροιστικής καμπύλης 50% και μπορεί να εκφραστεί είτε σε mm είτε σε τιμές φ.

➤ Αριθμητικός Μέσος (Mean size)

Ο Inman πρότεινε τη φόρμουλα  $(\phi 16 + \phi 84/2)$  για τον αριθμητικό μέσο, αλλά ο τύπος αυτός δεν είναι αποτελεσματικός σε ασύμμετρες καμπύλες. Ο Γραφικός Μέσος (graphic mean) (MZ) κατά Folk που δίνεται από τη φόρμουλα  $MZ = (\phi 16 + \phi 50 + \phi 84/3)$  είναι πολύ πιο κοντά στο μέσο που δίνει η μέθοδος των ροπών και δίνει πιο πιστή συνολική εικόνα της κατανομής σε σχέση με τη διάμεσο μια και είναι στηριγμένη σε τρία σημεία.

➤ Τυπική απόκλιση (Standard Deviation)

Η σταθερή απόκλιση εκφράζει την ομοιομορφία ή ταξιθέτηση (sorting) των ιζημάτων. Η φόρμουλα κατά Inman  $(\phi 84 - \phi 16/2)$  δίνει την γραφική σταθερή απόκλιση σG (graphic standard deviation).

Ασυμμετρία (skewness / asymmetry)

Όταν οι τιμές μιας μεταβλητής δεν ισαπέχουν από το σημείο της μέγιστης συχνότητας (επικρατούσα τιμή ή τύπος = Mode) και πάντα από τη μια πλευρά του σημείου μέγιστης

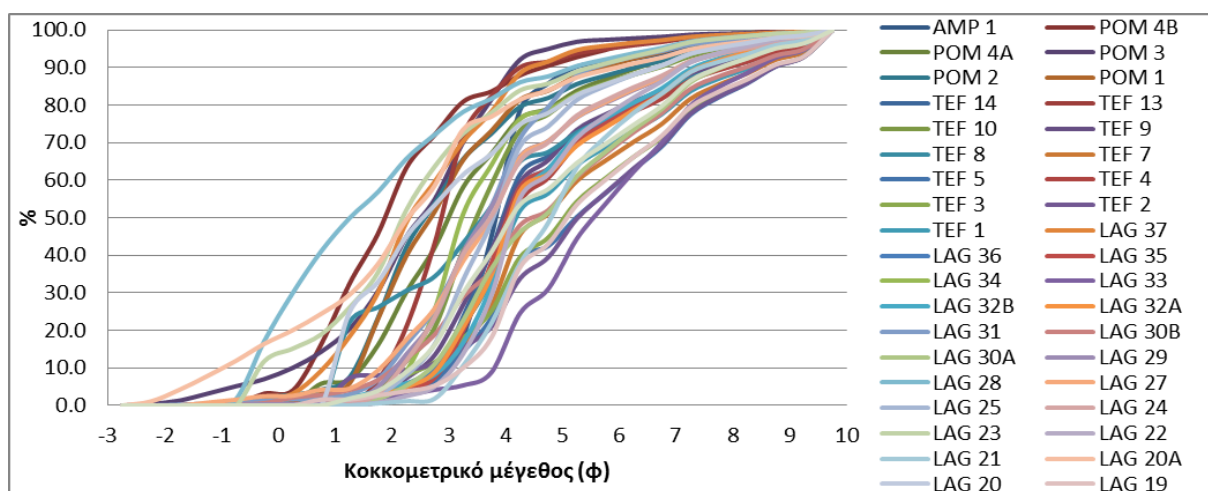
συχνότητας (Mode) υπάρχει μεγαλύτερος αριθμός συχνοτήτων σε σχέση προς την άλλη πλευρά του, τότε η καμπύλη είναι ασύμμετρη.

➤ Κύρτωση (Kurtosis ή peakedness)

Η κύρτωση μετρά την αναλογία μεταξύ της διασποράς των τιμών (sorting) στα άκρα και της διασποράς των τιμών στην κεντρική περιοχή της κατανομής, δηλαδή αναφέρεται στο βαθμό συγκέντρωσης των τιμών της μεταβλητής γύρω από το μέσον και τα άκρα (“tails”) της κατανομής.

➤ Επικρατούσα τιμή (Mode)

Η επικρατούσα τιμή δηλώνει την διάμετρο εκείνη που παρουσιάζει την πιο μεγάλη συχνότητα απάντησης. Αντιστοιχεί στο πιο απότομο σημείο της αθροιστικής καμπύλης και στο υψηλότερο σημείο πάνω στην καμπύλη συχνοτήτων (από Κοντόπουλος, 2007).



Εικόνα 31: Αθροιστικές κοκκομετρικές αναλύσεις δειγμάτων

**Πίνακας 5.σ Χαρακτηρισμός Κοκκομετρικών Παραμέτρων**

Δείγμα	Ταξινόμηση	Ασυμμετρία	Κύρτωση
LAG18	πολύ φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	πλατόκυρτη
LAG19	πολύ φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	μεσόκυρτη
LAG20	πολύ φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	μεσόκυρτη
LAG 20 A	πολύ φτωχή ταξινόμηση	κανονική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
LAG21	φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	μεσόκυρτη
LAG22	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	μεσόκυρτη
LAG23	πολύ φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
LAG24	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
LAG25	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
LAG27	πολύ φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
LAG28	πολύ φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	μεσόκυρτη
LAG29	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
LAG30A	πολύ φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	πλατόκυρτη
LAG30B	πολύ φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	μεσόκυρτη
LAG31	φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
LAG32A	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	μεσόκυρτη
LAG32B	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
LAG33	φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	μεσόκυρτη
LAG34	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	πολύ λεπτόκυρτη
LAG35	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	μεσόκυρτη
LAG36	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	μεσόκυρτη
LAG37	φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	μεσόκυρτη
TEF1	πολύ φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	μεσόκυρτη

TEF2	πολύ φτωχή ταξινόμηση	κανονική ασυμμετρία	μεσόκυρτη
TEF3	πολύ φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	μεσόκυρτη
TEF4	πολύ φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
TEF5	πολύ φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	πλατύκυρτη
TEF7	πολύ φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	μεσόκυρτη
TEF8	πολύ φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	πλατύκυρτη
TEF9	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
TEF10	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	πολύ λεπτόκυρτη
TEF13	φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	πολύ λεπτόκυρτη
TEF14	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
POM1	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
POM2	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
POM3	φτωχή ταξινόμηση	αρνητική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
POM4A	φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
POM4B	φτωχή ταξινόμηση	πολύ θετική ασυμμετρία	λεπτόκυρτη
AMP1	φτωχή ταξινόμηση	θετική ασυμμετρία	πολύ λεπτόκυρτη

• σί: <0,35φ πολύ καλή ταξιθέτηση, 0,35φ-0,50φ καλή ταξιθέτηση, 0,50φ-0,71φ μέτρια καλή ταξιθέτηση, 0,71φ-1,00φ μέτρια ταξιθέτηση, 1,00φ-2,0 0φ φτωχή ταξιθέτηση, 2,00φ-4,00φ πάρα πολύ φτωχή ταξιθέτηση, >4,00φ άκρως φτωχή ταξιθέτηση.

• Ski: (+)1,00-(+)0,30 πολύ θετική ασυμμετρία, (+)0,30-(+)0,10 θετική ασυμμετρία - (+)0,10-(-)0,10 σχεδόν κανονική ασυμμετρία - (-)0,10-(-)0,30 αρνητική ασυμμετρία - (-)0,30-(-)1,00 πολύ αρνητική ασυμμετρία.

• KG: <0,67 πολύ πλατύκυρτη, 0,67 -0,90 πλατύκυρτη, 0,90-1,11 μεσόκυρτη, 1,11-1,50 λεπτόκυρτη, 1,50-3,00 πολύ λεπτόκυρτη, >3,00 πάρα πολύ λεπτόκυρτη.

• Md: διάμεσος, Mz: αριθμητικός μέσος, σί:σταθερή απόκλιση, Ski: ασυμμετρία, KG:κύρτωση.

Όπως προκύπτει από τον παραπάνω πίνακα καθώς και με βάση τις αθροιστικές καμπύλες αλλά και με βάση στοιχεία που δίνονται παρακάτω (Παράρτημα 3. Πίνακας.ε. Διαγράμματα Αθροιστικών κοκκομετρικών κατανομών δειγμάτων) προκύπτουν τα εξής στοιχεία: Ο βαθμός ταξινόμησης στο 41,1% των αναλυθέντων δειγμάτων δείχνει ότι τα ιζήματα έχουν πολύ φτωχή ταξινόμηση ( $\sigma_i > 2\phi$ ), με το 58,9 % να χαρακτηρίζεται από φτωχή ταξινόμηση. Η ασυμμετρία των αναλυθέντων δειγμάτων χαρακτηρίζεται γενικά από θετική (38,5%), μέχρι και πολύ θετική ασυμμετρία (53,8 %), κανονική ασυμμετρία εμφανίζει το 5,1% ενώ ένα δείγμα εμφανίζει αρνητική ασυμμετρία (2,6%). Τέλος η κύρτωση των αναλυθέντων δειγμάτων έδειξε πως κατέχει ένα ευρύ φάσμα τιμών, όπου το 41% των δειγμάτων ανήκει στις λεπτόκυρτες καμπύλες με το υπόλοιπο ποσοστό να χαρακτηρίζεται από πλατύκυρτη(10,3%), μεσόκυρτη (38,4%) και πολύ λεπτόκυρτη καμπύλη(10,3%).

**Πίνακας 5.δ Αποτελέσματα Κοκκομετρικών Αναλύσεων των δειγμάτων**

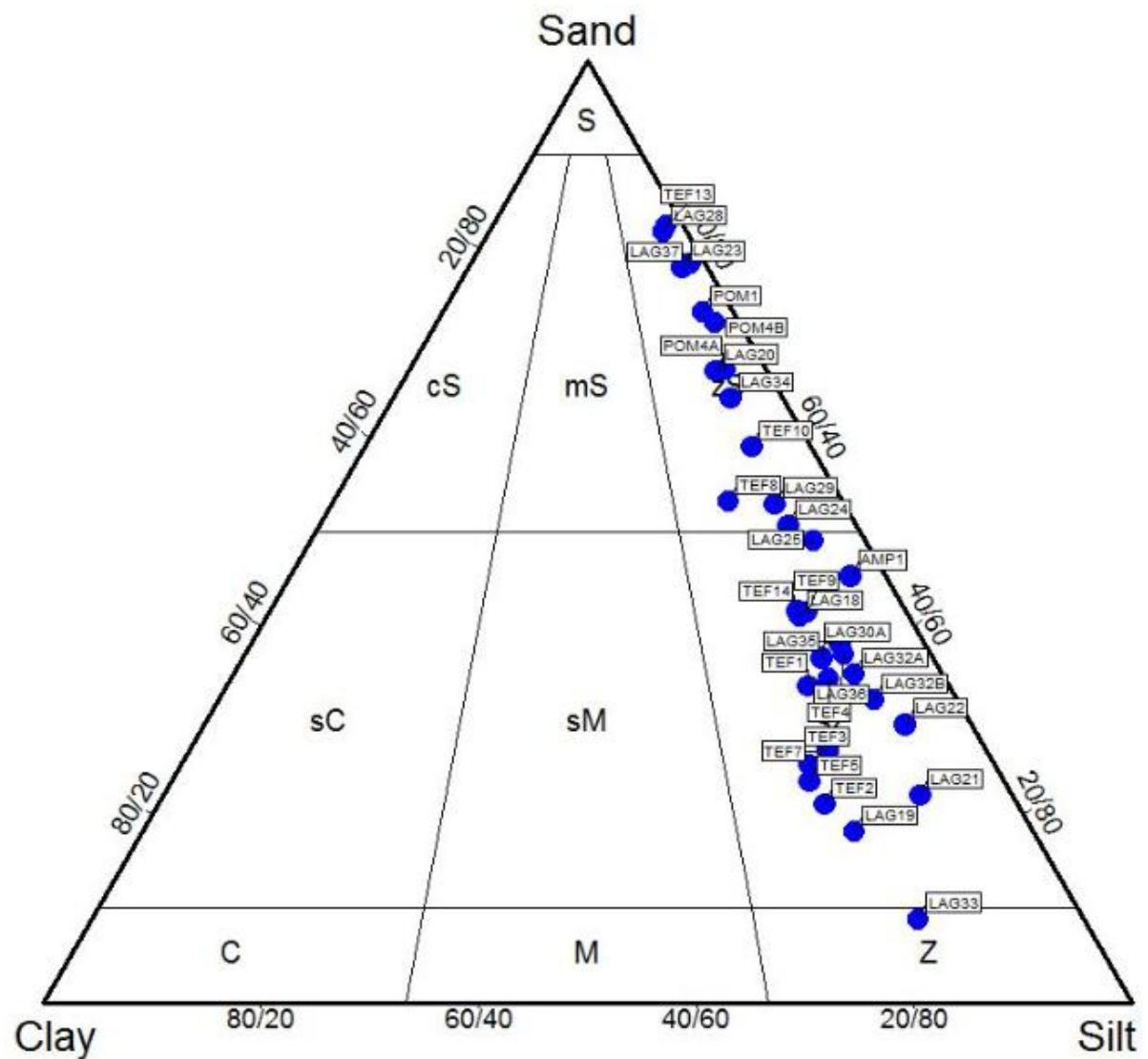
Δείγμα	Χαλίκι %	Άμμος %	Ιλύς %	Άργιλος %	Πηλός %
<b>LAG18</b>	<b>0.0</b>	<b>41.0</b>	<b>49.0</b>	<b>10.0</b>	<b>59.0</b>
<b>LAG19</b>	<b>0.0</b>	<b>18.2</b>	<b>65.4</b>	<b>16.4</b>	<b>81.8</b>
<b>LAG20</b>	<b>0.0</b>	<b>67.1</b>	<b>28.3</b>	<b>4.6</b>	<b>32.9</b>
<b>LAG 20 A</b>	<b>7.9</b>	<b>69.1</b>	<b>19.1</b>	<b>3.9</b>	<b>23.0</b>
<b>LAG21</b>	<b>0.0</b>	<b>22.0</b>	<b>69.5</b>	<b>8.5</b>	<b>78.0</b>
<b>LAG22</b>	<b>0.0</b>	<b>29.5</b>	<b>64.4</b>	<b>6.1</b>	<b>70.5</b>
<b>LAG23</b>	<b>0.0</b>	<b>78.0</b>	<b>19.7</b>	<b>2.3</b>	<b>22.0</b>
<b>LAG24</b>	<b>0.0</b>	<b>50.6</b>	<b>43.2</b>	<b>6.2</b>	<b>49.4</b>

<b>LAG25</b>	<b>0.0</b>	<b>48.9</b>	<b>46.3</b>	<b>4.8</b>	<b>51.1</b>
<b>LAG27</b>	<b>0.8</b>	<b>49.2</b>	<b>43.9</b>	<b>6.2</b>	<b>50.1</b>
<b>LAG28</b>	<b>0.0</b>	<b>81.8</b>	<b>16.1</b>	<b>2.1</b>	<b>18.2</b>
<b>LAG29</b>	<b>0.0</b>	<b>52.9</b>	<b>40.8</b>	<b>6.3</b>	<b>47.1</b>
<b>LAG30A</b>	<b>0.0</b>	<b>36.5</b>	<b>53.3</b>	<b>10.2</b>	<b>63.5</b>
<b>LAG30B</b>	<b>0.1</b>	<b>35.9</b>	<b>51.7</b>	<b>12.3</b>	<b>64.0</b>
<b>LAG31</b>	<b>0.4</b>	<b>52.9</b>	<b>43.8</b>	<b>2.8</b>	<b>46.7</b>
<b>LAG32A</b>	<b>0.0</b>	<b>34.9</b>	<b>57.0</b>	<b>8.1</b>	<b>65.1</b>
<b>LAG32B</b>	<b>0.0</b>	<b>32.1</b>	<b>60.3</b>	<b>7.6</b>	<b>67.9</b>
<b>LAG33</b>	<b>0.0</b>	<b>8.9</b>	<b>75.9</b>	<b>15.2</b>	<b>91.1</b>
<b>LAG34</b>	<b>0.0</b>	<b>64.1</b>	<b>31.1</b>	<b>4.6</b>	<b>35.9</b>
<b>LAG35</b>	<b>0.0</b>	<b>38.1</b>	<b>54.1</b>	<b>7.8</b>	<b>61.9</b>
<b>LAG36</b>	<b>0.0</b>	<b>36.9</b>	<b>55.1</b>	<b>8.1</b>	<b>63.2</b>
<b>LAG37</b>	<b>0.0</b>	<b>78.3</b>	<b>20.3</b>	<b>1.3</b>	<b>21.6</b>
<b>TEF1</b>	<b>0.0</b>	<b>33.6</b>	<b>53.5</b>	<b>12.9</b>	<b>66.4</b>
<b>TEF2</b>	<b>0.0</b>	<b>21.0</b>	<b>61.3</b>	<b>17.7</b>	<b>79.0</b>
<b>TEF3</b>	<b>0.0</b>	<b>25.2</b>	<b>57.8</b>	<b>17.0</b>	<b>74.8</b>
<b>TEF4</b>	<b>0.0</b>	<b>34.4</b>	<b>55.0</b>	<b>10.6</b>	<b>65.6</b>
<b>TEF5</b>	<b>0.0</b>	<b>23.4</b>	<b>58.7</b>	<b>17.9</b>	<b>76.6</b>
<b>TEF7</b>	<b>0.0</b>	<b>26.8</b>	<b>58.7</b>	<b>14.6</b>	<b>73.3</b>
<b>TEF8</b>	<b>0.0</b>	<b>53.2</b>	<b>36.4</b>	<b>10.4</b>	<b>46.8</b>
<b>TEF9</b>	<b>0.0</b>	<b>41.4</b>	<b>49.5</b>	<b>9.1</b>	<b>58.6</b>



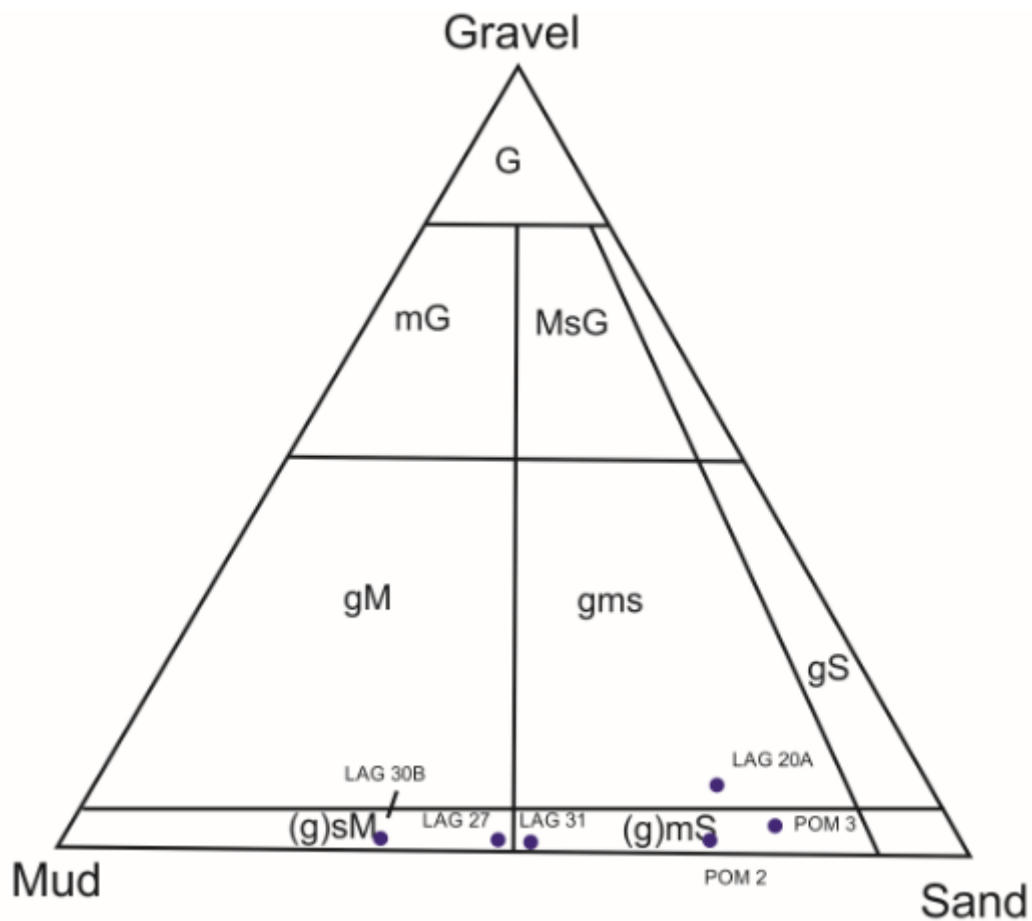
<b>TEF10</b>	<b>0.0</b>	<b>59.0</b>	<b>35.6</b>	<b>5.4</b>	<b>41.0</b>
<b>TEF13</b>	<b>0.0</b>	<b>82.4</b>	<b>16.0</b>	<b>1.5</b>	<b>17.5</b>
<b>TEF14</b>	<b>0.0</b>	<b>41.6</b>	<b>48.5</b>	<b>9.9</b>	<b>58.4</b>
<b>POM1</b>	<b>0.0</b>	<b>73.2</b>	<b>24.0</b>	<b>2.8</b>	<b>26.8</b>
<b>POM2</b>	<b>0.3</b>	<b>72.1</b>	<b>23.1</b>	<b>4.4</b>	<b>27.5</b>
<b>POM3</b>	<b>3.2</b>	<b>78.5</b>	<b>17.4</b>	<b>0.9</b>	<b>18.3</b>
<b>POM4A</b>	<b>0.0</b>	<b>67.2</b>	<b>29.0</b>	<b>3.8</b>	<b>32.8</b>
<b>POM4B</b>	<b>0.0</b>	<b>72.1</b>	<b>25.6</b>	<b>2.3</b>	<b>27.9</b>
<b>AMP1</b>	<b>0.0</b>	<b>45.2</b>	<b>51.6</b>	<b>3.2</b>	<b>54.8</b>

- Η ταξινόμηση σε λιθολογικούς τύπους ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων γίνεται με τη βοήθεια Τριγωνικών διαγραμμάτων Ταξινόμησης και Ονοματολογίας.
- Σύμφωνα με την εκατοστιαία συμμετοχή των διαφόρων κοκκομετρικών τάξεων
- Τα τριγωνικά συστήματα ταξινόμησης διακρίνονται σε:
  - ⇒ Διαγράμματα για **λεπτόκοκκα ιζήματα** με  $d < 2 \text{ mm}$  (άμμος-άργιλος-ίλύς)
  - ⇒ Διαγράμματα για **χονδρόκοκκα ιζήματα** με  $d > 2 \text{ mm}$  (ψηφίδες-πηλός-άμμος)



Εικόνα 32: Τριγωνικό Διάγραμμα λεπτόκοκκων ιζημάτων κατά Folk (1974)

**S** άμμος, **zS** ιλυούχος άμμος, **mS** πηλούχος άμμος, **cS** αργιλούχος άμμος, **sZ** αμμούχος ιλύς, **sM** αμμούχος πηλός, **sC** αμμούχος άργιλος, **Z** ιλύς, **M** πηλός, **C** άργιλος.



Εικόνα 33: Τριγωνικό Διάγραμμα μεσόκκοκων ιζημάτων κατά Folk (1974)

**G** ψηφίδες, **sG** αμμούχες ψηφίδες, **msG** ιλυούχες αμμούχες ψηφίδες, **mG** ιλυούχες ψηφίδες, **gS** ψηφιδούχος άμμος, **gms** ψηφιδούχος ιλυούχος άμμος, **Gm** ψηφιδούχος ιλύς, **(g)S** ελαφριά ψηφιδούχος άμμος, **(g)mS** ελαφριά ψηφιδούχος ιλυούχος άμμος, **(g)M** ελαφριά ψηφιδούχος ιλύς, **mS** ιλυούχος άμμος, **sM** αμμούχος ιλύς, **S** άμμος, **M** ιλύς

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η μεταβολή φυσικών και χημικών παραμέτρων ενός αρχικού ιζήματος σε διαφορετικά αποθετικά περιβάλλοντα κατά την απόθεση και κατά την διαγένεση είναι καθοριστικής σημασίας για τις τιμές των χαρακτηριστικών πετροφυσικών παραμέτρων όπως το πορώδες και η διαπερατότητα. Για τον καθορισμό των δύο αυτών παραμέτρων ακολούθηθηκε στα δείγματα που πάρθηκαν από τις τέσσερις φυσικές τμές στην ευρύτερη περιοχή της κεντρικής Μεσσαράς αντιπροσωπευτικές για ττρία διαφορετικά αποθετικά περιβάλλοντα των σχηματισμών της Ομάδας του Τεφελίου. Ένας πρώτος χαρακτηρισμός των πετρωμάτων κατά την δειγματοληψία στο πεδίο βοήθησε ώστε τα δείγματα χειρός να έχουν αν όχι παρόμοια, παραπλήσια οπτικά χαρακτηριστικά όσον αφορά το μέγεθος και την υφή των κόκκων τους. Ο ακριβής λιθολογικός χαρακτηρισμός τους κατά Folk (1974) πραγματοποιήθηκε ύστερα από κοσκίνιση (όσων δειγμάτων ρευστοποιήθηκαν ύστερα από εμβάπτιση σε νερό). Το πορώδες και η διαπερατότητα μετρήθηκαν όπως έχει αναφερθεί ανωτέρω. Στους επόμενους πίνακες παρατίθενται τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

**Πίνακας 6.α Διαστασιολόγηση, Περιγραφή και Λιθολογικός χαρακτήρας δοκιμίων**

ΔΕΙΓΜΑ	ΠΥΡΗΝΑ	ΔΟΚΙΜΙΑ	Μήκος Πυρήνα (L - cm)	Πλάτος Πυρήνα (D - cm)	Περιγραφή πεδίου	Λιθολογικό ς χαρακτήρας κατά Folk (1974)
LAG18	-	-	-	-	Κιτρινοπός λεπτόκοκκος ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
LAG19	LAG19VA	LAG19VA1	2,34	2,16	Κιτρινοπός λεπτοκόκκος ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
	LAG19HA	LAG19HA1	2,24	2,45		
LAG20	-	-	-	-	Κιτρινωπός λεπτόκοκκος ψαμμίτης	Πλούχος άμμος

LAG20A	-	-	-	-	Κιτρινωπό μικροκροκαλοπαγές με ψηφίδες	ψηφιδούχο ς ιλυούχος άμμος
LAG21	-	-	-	-	Σκουρόχρωμος (γκρι) λεπτόκοκκος ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
LAG22	-	-	-	-	Ανοιχτόχρωμος λεπτόκοκκος ψαμμίτης με φυτικά υπολείματα	Αμμούχος ιλύς
LAG23	-	-	-	-	Σκούρος (γκρι) ψαμμίτης	Ιλούχος άμμος
LAG24	LAG24VA	LAG24VA1	2,23	1,99	Ανοιχτόχρωμος ψαμμίτης	Ιλούχος άμμος
	LAG24HA	LAG24H1	4,27	2,11		
LAG25	-	-	-	-	Σκουρόχρωμος (γκρι) χαλαρός ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
LAG26	-	-	-	-	Μαύρη μάργα	
LAG27	-	-	-	-	Μετάβαση από ψαμμίτη σε κροκαλοπαγές	Ελαφριά ψηφιδούχα ιλυούχα άμμος
LAG28	-	-	-	-	Ανοιχτόχρωμος λεπτοστρωματώδεις χαλαρός ψαμμίτης	Ελαφριά ψηφιδούχα ιλυούχα άμμος
LAG29	-	-	-	-	Ανοιχτόχρωμος εύθρυπτος ψαμμίτης	Ιλυούχος άμμος
LAG30A	-	-	-	-	Ανοιχτόχρωμος ψαμμίτης με φυτικά υπολείματα και απολιθώματα	Αμμούχος ιλύς

LAG30B	LAG30BVA	LAG30BVA1	2,33	2,33	Μετάβαση ψαμμιτών σε κροκαλοπαγή	Ελαφριά ψηφιδούχα ιλουύχα άμμος
LAG31	LAG31VA	LAG31VA1	4,81	2,10	Ανοιχτόχρωμος ψαμμίτης	Ελαφριά ψηφιδούχα ιλουύχα άμμος
LAG32A	LAG32AVA	LAG32AVA1	3,21	2,33	Ανοιχτόχρωμος λεπτόκοκκος ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
	LAG32AVB	LAG32AVB1	2,65	2,43		
	LAG32AH	LAG32AH1	4,61	2,43		
		LAG32AH2	2,19	2,45		
LAG32B	LAG32BVB	LAG32BVB1	4,12	2,01	Ανοιχτόχρωμος λεπτόκοκκος ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
LAG33	LAG33VA	LAG33VA1	3,03	2,53	Σκουρόχρωμος (γκρι) μαργαϊκός ψαμμίτης	Ιλύς
	LAG33HA	LAG33HA1	3,04	2,51		
LAG34	LAG34VA	LAG34VA1	3,88	2,26	φυτικά υπολείματα και έντονο ηπειρωτικό χαρακτήρα (παλαιό έδαφος)	Ιλουύχος άμμος
LAG35	LAG35VA	LAG35VA1	3,64	2,43	Καφεκίτρινος ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
	LAG35VC	LAG35VC1	2,21	2,51		
	LAG35HA	LAG35HA1	2,47	2,45		
LAG36	LAG36VA	LAG36VA1	3,10	2,50	Ανοιχτόχρωμος λεπτόκοκκος ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
	LAG36VB	LAG36VB1	4,44	2,10		
	LAG36VC	LAG36VC1	3,01	2,42		
	LAG36HA	LAG36HA1	3,11	2,41		

LAG37	-	-	-	-	Ψαμμίτης με φυτικά υπολείματα	Ιλνούχος άμμος
TEF1	TEF1VA	TEF1VA1	2,71	2,47	Σκούρος (γκρι) μαργαϊκός ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
	TEF1VB	TEF1VB1	-	-		
	TEF1HA	TEF1HA1	3,21	2,47		
		TEF1HA2	2,40	2,51		
TEF2	TEF2VA	TEF2VA1	4,43	2,49	Σκούρος(γκρι) μαργαϊκός ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
TEF3	-	-	-	-	Σκούρος(γκρι) μαργαϊκός ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
TEF4	TEF4HA	TEF4HA1	1,31	2,15	Σκούρος(γκρι) μαργαϊκός ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
TEF5	-	-	-	-	Σκούρος (γκρι) μαργαϊκός ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
TEF6	TEF6VA	TEF6VA1	4,15	2,52	(Δεν επήλθε η χαλάρωση των συσσωμάτων των κόκκων)	-
	TEF6VB	TEF6VB1	3,41	2,51		
	TEF6HA	TEF6HA1	1,81	2,48		
		TEF6HA2	4,71	2,51		
TEF7	TEF7VA	TEF7VA1	4,41	2,51	Σκούρος (γκρι) μαργαϊκός ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
	TEF7HA	TEF7HA1	1,98	2,51		
TEF8	-	-	-	-	Σκούρος (γκρι) μαργαϊκός ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
TEF9	TEF9VA	TEF9VA1	4,73	2,42	Σκούρος (γκρι) μαργαϊκός ψαμμίτης	Αμμούχος ιλύς
		TEF9VA2	3,17	2,43		
	TEF9VB	TEF9VB1	2,69	2,45		
TEF10	-	-	-	-	Σκούρος(γκρι) ψαμμίτης	Ιλνούχος άμμος

TEF11	TEF11VA	TEF11VA1	-	-	Σκληρός ανθρακικός ψαμμίτης	-
	TEF11VB	TEF11VB1	3,88	2,51		
		TEF11VB2	3,95	2,52		
	TEF11HA	TEF11HA1	3,91	2,49		
TEF12	TEF12VA	TEF12VA1	3,91	2,51	Ανθρακικό	-
	TEF12VB	TEF12VB1	3,88	2,52		
	TEF12VC	TEF12VC1	3,85	2,53		
	TEF12HA	TEF12HA1	4,54	2,47		
		TEF12HA2	3,85	2,51		
TEF13	-	-	-	-	Σκουρόχρωμος (γκρι) εύθρυπτος ψαμμίτης	Ιλυούχος άμμος
TEF14	-	-	-	-	Σκουρόχρωμος (γκρι) λεπτοστοματώδεις λεπτόκοκκος με οργανικά υπολείματα	Αμμούχος ιλύς
POM1	POM1VA	POM1VA1	2,14	2,05	Ανοιχτόχρωμος ψαμμίτης	Ιλυούχος άμμος
		POM1VA2	2,82	2,37		
	POM1VB	POM1VB1	3,00	2,11		
		POM1VB2	2,21	2,37		
	POM1HA	POM1HA1	2,04	2,33		
POM2	-	-	-	-	Μετάβαση από ψαμμίτη σε μικροκροκαλοπαγή	Ελαφριά ψηφιδούχα ιλυούχα άμμος
POM3	-	-	-	-	Μετάβαση από ψαμμίτη σε μικροκροκαλοπαγή	Ελαφριά ψηφιδούχα ιλυούχα



						άμμος
POM4A	-	-	-	-	Κιτρινοπός ψαμμίτης	Ιλουόχος άμμος
POM4B	-	-	-	-	Κιτρινοπός ψαμμίτης	Ιλουόχος άμμος
AMP1	AMP1VA	AMP1VA1	4,10	2,45	Σκουρόχρωμος (γκρι) ιλουόχος άμμος	Αμμούχος ιλύς
	AMP1VB	AMP1VB1	2,90	2,45		
	AMP1HA	AMP1HA1	3,90	2,44		

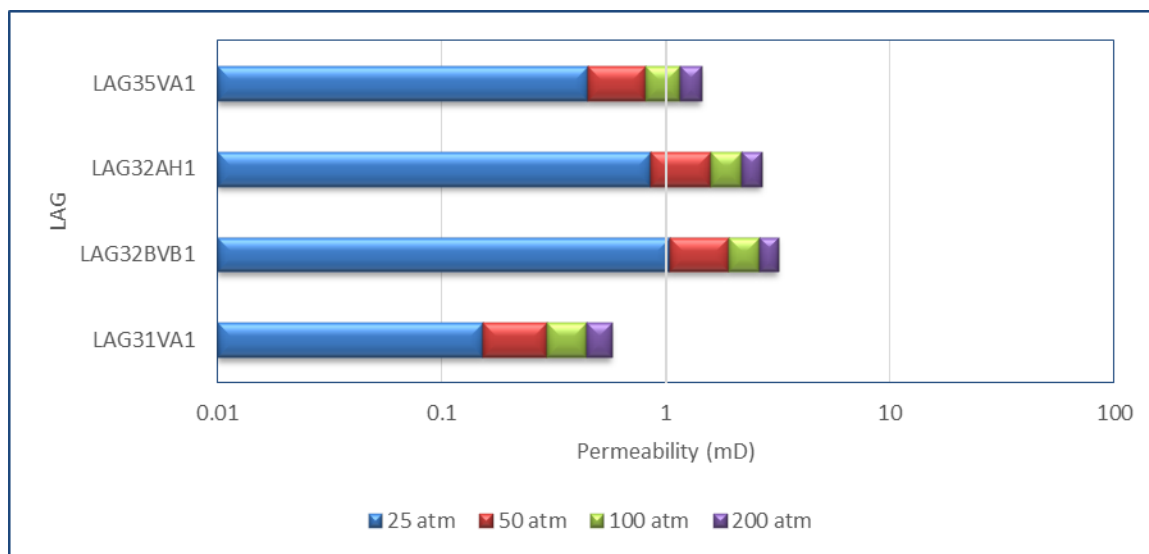
**Πίνακας 6.b Συγκριτικά αποτελέσματα Πορώδους**

Πορώδες (%)	ΒΙΑΝΝΟΣ (Lag18-Lag37) (%)	ΣΚΟΙΝΙΑΣ (Tef1-Tef14) (%)	ΑΜΠΕΛΟΥΖΟΣ (Pom1-4B & Amp2) (%)
Μικρότερο Πορώδες (%)	7,8	1.0	7,6
Μεγαλύτερο Πορώδες (%)	46,3	33,6	38,8
Μ.Ο Πορώδους (%)	26,1	7,6	23,6

**Πίνακας 6.c Συγκριτικά αποτελέσματα Διαπερατότητας**

Διαπερατότητα (%)	ΒΙΑΝΝΟΣ (Lag18-Lag37) (mD)	ΣΚΟΙΝΙΑΣ (Tef1-Tef14) (mD)	ΑΜΠΕΛΟΥΖΟΣ (Pom1-4B & Amp2) (mD)
Μικρότερη Διαπερατότητα (mD)	0,15	-	-
Μεγαλύτερη Διαπερατότητα (mD)	1,03	-	-
Μ.Ο Διαπερατότητας (mD)	0,62	-	-

**Πίνακας 6.d** Απεικόνιση σε ραβδόγραμμα των αποτελεσμάτων Διαπερατότητας



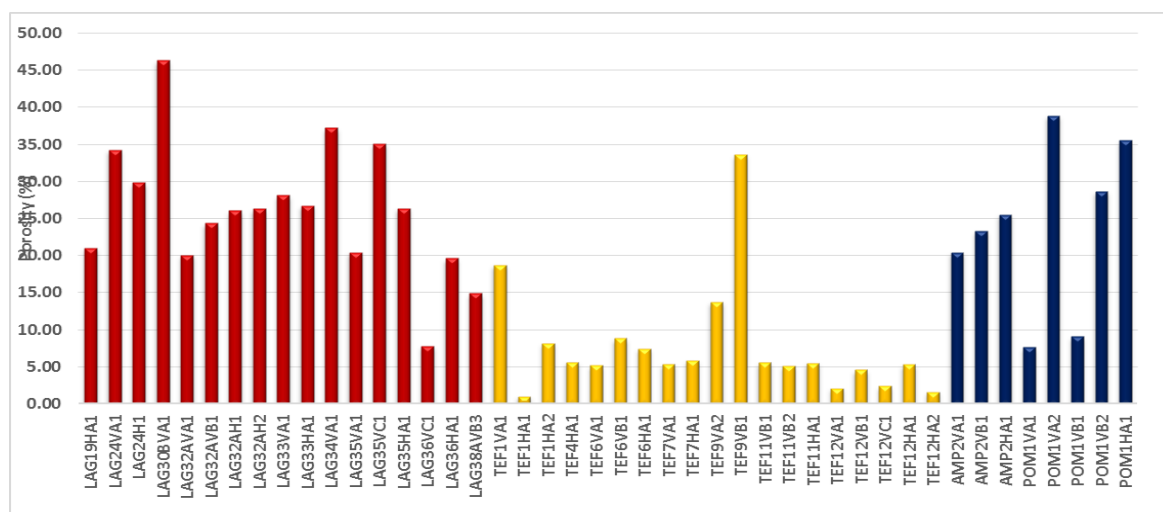
Όπως φαίνεται και στον αντίστοιχο πίνακα 6.d σε ελάχιστα δείγματα του σχηματισμού Βιάννου (τέσσερα δείγματα) κατέσται εφικτή η μέτρηση της διαπερατότητας ενώ σε κανένα από τα δείγματα των σχηματισμών Σκοινιά και Αμπελούζου για διαφορετικούς λόγους δεν έγινε εφικτή η μέτρηση της. Σε συνολικά 21 δείγματα έγινε μέτρηση πορώδους. Σε σύνολο 42 αρχικών δειγμάτων πραγματοποιήθηκαν 39 κοκκομετρικές αναλύσεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σε μια εκτεταμένη περιοχή στην κεντρική Κρήτη, εντός της λεκάνης της Μεσσαράς, έχουν παρατηρηθεί σε υδρογεωτρήσεις διαφυγές μεθανίου διαγενετικής προέλευσης. Γεωτρητικά δεδομένα υπέδειξαν ότι το μεθάνιο βρίσκεται πέραν των ιλυολίθων εντός ψαμμιτικών στρωμάτων που φιλοξενούν νερό υψηλής αλατότητας. Ψαμμίτες έχουν δημιουργηθεί στην ευρύτερη αποθετική λεκάνη της Μεσσαράς διαχρονικά από το Μέσο Μειόκαινο έως το Πλειόκαινο σε διαφορετικά αποθετικά περιβάλλοντα. Ως επακόλουθο, τα κύρια πετροφυσικά τους χαρακτηριστικά το πορώδες και η διαπερατότητα εξαρτώνται άμεσα από τις αρχικές αυτές ιζηματολογικές συνθήκες και την συνεπακόλουθη διεργασία της διαγένεσης.

Οι πρώιμες διαγενετικές αντιδράσεις στην αποθετική λεκάνη κατά τη διάρκεια της απόθεσης με την συνεισφορά μετεωρικής προέλευσης υδάτων μπορεί να επηρεάσει έντονα τις διαγενετικές αντιδράσεις σε μεγαλύτερα βάθη ταφής των ιζημάτων. Στα κλαστικά ιζήματα η πρόωγη διαλυτοποίηση αστρίων οδηγεί σε νεομορφισμό αργιλικών ορυκτών, ενώ σε ανθρακικής σύστασης κλαστικά πετρώματα το ανθρακικής σύστασης τσιμέντο παίζει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη του πορώδους και της διαπερατότητας (Parker & Sellwood 1994). Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρατηρείται αισθητά, η διαφορά στο πορώδες ακόμα και εντός του ιδίου αποθετικού περιβάλλοντος στην λιθολογική περιγραφή κατά Folk (1974) για τα δείγματα τα οποία μελετήθηκαν (Πίνακας 7.α).

Πίνακας 7.α. Απεικόνιση σε ραβδόγραμμα του πορώδους των υπό μελέτη ψαμμιτικών δειγμάτων. **(κόκκινη απεικόνιση δείγματα Βιάννου, κίτρινη απεικόνιση δείγματα Σχοιινιά, μπλέ απεικόνιση δείγματα Αμπελούζου)**



Όπως προαναφέρθηκε οι τρεις διαφορετικοί σχηματισμοί εκτός από διαφορετική ηλικία έχουν αποτεθεί και σε διαφορετικά αποθετικά περιβάλλοντα που αυτά καθορίστηκαν από την τεκτονική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής.

**Ο ηπειρωτικός χαρακτήρας του σχηματισμού Βιάννου** (ποταμολιμναίο αποθετικό περιβάλλον) χαρακτηρίζεται από την ενναλαγή ψαμμιτών με ιλυόλιθους και κροκαλοπαγή. Οι ψαμμίτες του σχηματισμού αυτού αν και βρίσκονται σε ενναλαγή κατά Folk (1974) παρουσιάζουν ομοιογένεια: από τα 23 δείγματα στα οποία έγιναν κοκκομετρικές αναλύσεις 10 χαρακτηρίζονται ως αμμούχος ιλύς, 6 ως ιλυούχος άμμος, 2 είναι καθαροί ιλυόλιθοι και 5 ως ψηφιδούχος ιλυούχος άμμος. Η πλειοψηφία των δειγμάτων αυτών παρουσιάζει πάνω από το μέσο όρο πορώδους για ψαμμιτικά πετρώματα αν και δεν είναι «καθαροί» ψαμμίτες. Στο μεγάλο ποσοστό συμμετοχής ιλυολιθικού κλάσματος οφείλεται και η έλλειψη διαπερατότητας παρά το σχετικά υψηλό πορώδες που εμφανίζουν

**Το βαθύ (περισσότερο από 200 μέτρα βάθος) θαλάσσιο περιβάλλον του σχηματισμού Σκοινιά** οδήγησε σε ψαμμίτες με εντελώς διαφορετικές πετροφυσικές ιδιότητες από αυτές του προηγούμενου (αλλά και του επόμενου σχηματισμού). Εκτός από έντονη διαφοροποίηση στον χρωματισμό (κίτρινοι ψαμμίτες του σχηματισμού Βιάννου – αποχρώσεις του κρί μαύρου οι ψαμμίτες του σχηματισμού Σκοινιά) παρατηρήθηκε και έντονη διαφοροποίηση συνεκτικότητας τόσο στο πεδίο όσο και στην πυρηνοληψία. Η έντονη συμπαγοποίηση των ψαμμιτών αντικατροπτρίζεται και στο έντονα χαμηλό παρώδες. Η κοκκομετρικές αναλύσεις ταυτόχρονα έδειξαν ότι από τα 11 δείγματα τα 9 αρχικά ιζήματα θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν επίσης ως αμμούχος ιλύς και τα 2 ως ιλυούχος άμμος) που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν αλλάζει η κοκκομετρική κατανομή των αρχικών ιζημάτων των ψαμμιτών αλλά η διαφοροποίηση οφείλεται σε διαγενετικές συνθήκες.

**Ο δελταϊκός χαρακτήρας του σχηματισμού Αμπαλούζου προσμοιιάζει με τα χαρακτηριστικά του ηπειρωτικού αποθετικού περιβάλλοντος.** Αν και ο αριθμός των δειγμάτων είναι περιορισμένος μπορεί κανείς να δει όχι μόνο τις χρωματικές αλλά και το σύνολο των πετροφυσικών ιδιοτήτων των δειγμάτων του σχηματισμού αυτού που παραμένουν στην κατηγορία αμμούχος ιλύς - ιλυούχος άμμος.

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Αιθνής

- **Baechle G.T. (2009):** Effects of pore structure on velocity and permeability in carbonate rocks. Dissertation der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Eberhard Karls Universität Tübingen zur Erlangung des Grades eines Doktors der Naturwissenschaften, 125 p. Tübingen.
- **Bonneau M. (1984):** Correlation of the Hellenic Nappes in the south east Aegean and their tectonic reconstruction, Geological Society, London, Special Publications, 17, p 517-527.
- **Cosentino D., Gliozzi E., Pipponzi G. (2007):** The late Messinian Lago-Mare episode in the Mediterranean Basin: Preliminary report on the occurrence of Paratethyan ostracod fauna from central Crete (Greece), Geobios 40, 339–349.
- **Dornsiepen U.F., Manutsoglu E., Mertmann D. (2001):** Permian – Triassic palaeogeography of the external Hellenides. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 172, p 327-338.
- **Folk R. L., (1974):** Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Co, Austin, Texas, 170p.
- **Dornsiepen, U.F. & Manutsoglu, E. (1994):** Zur Gliederung der Phyllit Decke Kretas und des Peloponnes. Z. dt. geol. Ges., 145, 286-303.
- **Meulenkamp J.E. (1979):** Field Guide to the Neogene of Crete. Publ. Dep. Geol. Pal. Univ. Athens, p 1-32.
- **Meulenkamp, J. E., B. W. M. Driever, A. Jonkers, P. Spaak, W. J. Zachariasse, & G.J. van der Zwann, (1979):** Late Miocene-Pliocene climatic fluctuations and marine "cyclic" sedimentation, Ann. Geol. Pays Hell, Tome hors serie, 831- 842.

- **Meulenkamp J.E., van der Zwaan G.J. and van Wamel W.A. (1994):** On the Late Miocene to Recent vertical motions in the Cretan segment of the Hellenic Arc. *Tectonophysics*, p. 53-72
- **Moore & Wade (2013):** Carbonate Reservoirs, Porosity and Diagenesis in a Sequence Stratigraphic Framework, Elsevier, 2<sup>nd</sup> edition, pp 392.
- **Panagopoulos G., Pyliotis I., Zelilidis A., Spyridonos E., Hamdam H., Vafidis A. and Manoutsoglou E. (2011):** 3D modeling of biogenic gas-bearing Neogene deposits at Arkalochori region, Messara, Crete, Greece, IAMG 2011, September 5-9, University of Salzburg, Austria p. 1-10.
- **Papanikolaou D. and Vassilakis E. (2008):** IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science2,doi:10.1088/1755-1307/2/1/012003  
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/17551307/2/1/012003/pdf;jsessionid=C4F22CF3F4D35A3276020F96EA759A86.c1>
- **Parker, A., and Sellwood, B.W (1994):** Quantitative Diagenesis: Recent Developments and Applications to Reservoir Geology.
- **Sissingh, W. (1972):** Late Cenozoic Ostracoda of the South Aegean island arc, *Utrecht Micropal. Bull*, 6, 187.
- **Seidel E., H. Kreuzer & W. Harre (1982):** A late Oligocene/early Miocene high pressure belt in the external Hellenides, *Geol. Jb.*, E23, 165-206.
- **van Hinsbergen, D. and Meulenkamp, J.E. (2006):** Neogene supradetachment basin development on Crete (Greece) during exhumation of the South Aegean core complex. *Basin Research*, 18, 103-124.
- **Zachariasse W.J., van Hinsbergen D.J.J., Fortuin A.R. (2008):** Mass wasting and uplift on Crete and Karpathos during the early Pliocene related to initiation of south Aegean left-lateral, strike-slip tectonics. *GSA Bulletin*; v. 120; no. 7/8; p. 976–993.

## Ελληνική

- **Αγιουτάντης Ζ. (2002)** : Σημειώσεις μαθήματος Στοιχείων Γεωμηχανικής – Μηχανικής Πετρωμάτων, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά
- **Αγριμάκη Α. (2016)**: Μελέτη γεωλογικών παραμέτρων και διερεύνηση της θερμοκρασίας του υπόγειου υδροφορέα στην νοτιοδυτική Μεσσαρά, Κρήτη. Διπλωματική εργασία Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων Πολυτεχνείου Κρήτης, 99 σελ, Χανιά. <http://dias.library.tuc.gr/view/65053>
- **Αμβράζης Μ. (2015)**: Μελέτη γεωθερμικών υδάτων στην περιοχή νοτιοδυτικής Μεσσαράς, Κρήτη. Διπλωματική εργασία Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων Πολυτεχνείου Κρήτης, σελ. 125, Χανιά. <http://dias.library.tuc.gr/view/45632?show=full>
- **Βαρότσης Ν. (2014)**: Σημειώσεις μαθήματος Εκμετάλλευσης Ταμιευτήρων της σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά
- **Βασιλάκης Ε.Μ. (2006)**: Μελέτη της τεκτονικής δομής της λεκάνης Μεσσαράς, κεντρικής Κρήτης με τη βοήθεια τεχνικών τηλεπισκόπησης και συστημάτων γεωγραφικών πληροφοριών, Δημοσίευτη διδακτορική διατριβή Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος (ΕΚΠΑ) σελ. 564 , Αθήνα. <http://phdtheses.ekt.gr/eadd/handle/10442/21417>
- **Βαφειδής Α. (2013)**: Σημειώσεις μαθήματος Αξιολόγηση Σχηματισμών με Γεωφυσικές Μεθόδους της σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά
- **Βουδούρης Κ. (2009)**: Σημειώσεις μαθήματος Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκη
- **Γαμβρούδης Χ. (2010)**: Διερεύνηση διαπερατότητας συμπυκνωμένων λεπτόκοκκων γεωϋλικών, Μεταπτυχιακή εργασία, Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων Πολυτεχνείου Κρήτης, 307 σελ, Χανιά
- **Θεοχάρης Μ. (2014)**: Σημειώσεις μαθήματος Στραγγίσεων, σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Ηπείρου, 115 σελ, Άρτα
- **ΙΓΜΕ (1983)**: Γεωλογικός χάρτης φύλλο Τυμπάκιον σε κλίμακα 1:50.000, Αθήνα

- **ΓΓΜΕ (1983):** Γεωλογικός χάρτης φύλλο Άνω Αρχάναι σε κλίμακα 1:50.000, Αθήνα
- **Κατή Μ. (1999):** Απόθεση - Διαγένεση - Εξέλιξη πορώδους των Ηωκαινικών σχηματισμών της Προαπούλιας ζώνης στη Νήσο Ζάκυνθο, Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό πανεπιστήμιο Αθηνών, 305 σελ, Αθήνα
- **Κατσιώτης Μ. (2009):** Μελέτη του πορώδους ναοκρυσταλλικών υλικών και της ενυδάτωσης φωτοκαταλυτικών κονιαμάτων που περιέχουν Τιτανία με Φασματοσκοπία Πυρηνικού Μαγνητικού Συντονισμού και Μικροσκοπία Ατομικών Δυνάμεων, Διδακτορική Διατριβή Σχολής Χημικών Μηχανικών Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, 353 σελ, Αθήνα <http://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/18298>
- **Κοκκάλας Σ. (2000):** Γεωδυναμική εξέλιξη του ΝΑ τμήματος του Ελληνικού Τόξου. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή Γεωλογικού Τμήματος Παν/μιου Πατρών, σελ. 181, Πάτρα.
- **Κοντόπουλος Ν. (2007):** Σημειώσεις Ιζηματολογίας της σχολής Θετικών επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών
- **Κρινής Π. (2009):** Εφαρμογή μοντέλων βροχόπτωσης – απορροής σε λεκάνες του ελληνικού χώρου. (Λεκάνη Μεσσαράς του νομού Ηρακλείου, νότια Κρήτη), Διατριβή Ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη
- **Κριτσωτάκης Μ. (2009):** Διαχείριση Υδατικών Πόρων Μεσσαράς Κρήτης. Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Διατμητικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Έλεγχος Ποιότητας & Διαχείριση Περιβάλλοντος», 736 σελ., Χανιά <http://dias.library.tuc.gr/view/13903>
- **Κυρκιμτζή Ισμήνη-Χαρά (2013):** Καθορισμός γεωλογικών παραμέτρων εμφάνισης γεωθερμικών ρευστών, εντός σχηματισμών της Λεκάνης Μεσσαράς. Διατριβή ειδίκευσης, μεταπτυχιακό πρόγραμμα Γεωτεχνολογία και Περιβάλλον, Τμήμα Μηχ. Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, 172 σελ., Χανιά <http://dias.library.tuc.gr/view/13833>
- **Κωνσταντόπουλος Π. (2009):** Περιβάλλοντα ιζηματογένεσης και στρωματογραφική διάρθρωση του φλύσχη της Πελοποννήσου - πιθανή γένεση υδρογονανθράκων, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, 456 σελ, Πάτρα



- **Στέλιος Λαμπρακόπουλος (2013):** Σημειώσεις Εργαστηρίου της σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
- **Μανούτσογλου Ε. (2008):** Αδημοσίευτες Σημειώσεις Σεμιναρίου Γεωλογίας της Κρήτης, της Ερευνητικής Μονάδας Γεωλογίας της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης, 55 σελ.
- **Μιχάλας Μ. (2013):** Διερεύνηση υδραυλικής αγωγιμότητας εδαφών με χρήση εύκαμπτου και άκαμπτου τύπου περατομέτρων, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων Πολυτεχνείο Κρήτης, 78 σελ, Χανιά. <http://dias.library.tuc.gr/view/13075>
- **Μορέλας Β. (2014):** Τρισδιάστατη Γεωλογική Προσομοίωση του Πλειο-Τεταρτογενούς της πεδιάδας της Μεσσαράς, Διπλωματική εργασία Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων Πολυτεχνείου Κρήτης, 197 σελ, Χανιά <http://dias.library.tuc.gr/view/13260>
- **Μουρτζάκης Ι. (2011):** Ιζηματολογική ανάλυση και παλαιογεωγραφική εξέλιξη του σχηματισμού του Αμπελούζου στην λεκάνη της Μεσσαρά Κρήτης, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, σελ 49, Πάτρα.
- **Μοφόρης Α. (2013):** Συνθήκες ιζηματογένεσης και παλαιογεωγραφική εξέλιξη των ιζημάτων της τομής Μακρυλιά στη λεκάνη της Ιεράπετρας στην Κρήτη, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, σελ 81, Πάτρα.
- **Μπακόπουλος Ι. (2006):** Λιθοστρωματογραφική Διάρθρωση της Ιόνιας λεκάνης στο νότιο τμήμα της Ηπείρου σε σχέση με την μετανάστευση και παγίδευση των υδρογονανθράκων της, Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό πανεπιστήμιο Αθηνών, 168 σελ, Αθήνα
- **Μπελιβάνη Α. (2013):** Ιζηματολογική και γεωχημική ανάλυση των αποθέσεων της περιοχής Πιτσίδα στη Νότιο-ανατολική Κρήτη, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, σελ 1-90.
- **Ντρίνια Χ. (1996):** Κλαστική ιζηματογένεση στο Ανώτερο Καινοζωικό της Δυτικής Κρήτης: η λεκάνη των Αποστόλων (Ρέθυμνο). Διδακτορικό διτριβή Παν/μου ΕΚΠΑ, 187 σελ., Αθήνα.
- **Παντόπουλος Γ. (2009):** Περιβάλλοντα ιζηματογένεσης, στρωματογραφική διάρθρωση και στατιστική ανάλυση στρωμάτων του φλύσχη στο νησί της Καρπάθου-Πιθανότητα

ανάπτυξης πεδίου υδρογονανθράκων στο ΝΑ Αιγαίο, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, 404 σελ, Πάτρα

<http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/handle/10889/2117>

- **Πυλιώτης Ι. (2011):** Ιζηματολογική και Γεωχημική Μελέτη του Σχηματισμού Μετόχια, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, 157 σελ, Πάτρα  
<http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/handle/10889/5216>
- **Παπαδόπουλος Τ. (2008):** Σημειώσεις μαθήματος Εισαγωγή στην Γεωφυσική της σχολής Θετικών Επιστημών Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος Τομέας Γεωφυσικής – Γεωθερμίας, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- **Σαλμάς Κ. (2004):** Χαρακτηρισμός Πορώδων Υλικών: Ανάπτυξη Νέων Υπολογιστικών Μεθόδων Προσδιορισμού της Πορώδους Δομής, Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 372 σελ, Αθήνα
- **Σμπώκος Ε. (2015):** Μελέτη γεωλογικών παραμέτρων και διερεύνηση της θερμοκρασίας του υπόγειου υδροφορέα στην νοτιοδυτική Μεσσαρά, Κρήτη. Διπλωματική εργασία Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων Πολυτεχνείου Κρήτης, 116 σελ, Χανιά.  
<http://dias.library.tuc.gr/view/55997>
- **Σουπιός Π. (2011):** Σημειώσεις μαθήματος Τεχνολογίες Εντοπισμού Υδατικών Πόρων στο Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Χανιά.
- **Σταματάκη Σ. (2005):** Σημειώσεις μαθήματος Μηχανικής Πετρελαίου της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα
- **Στειακάκης Ε. (2012):** Σημειώσεις από Διαφάνειες των διαλέξεων του μαθήματος της Υδρογεωλογίας και Υδροτεχνικών Έργων του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων Πολυτεχνείου Κρήτης, Χανιά
- **Τσακίρογλου Δ. (1990):** Βελτιωμένη μέθοδος ανάλυσης της πορώδους δομής διαπερατών στερεών: Εφαρμογή σε ελληνικά Πετρελαιοφόρα Πετρώματα, Διδακτορική διατριβή στο Τμήμα Χημικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών, 581 σελ, Πάτρα  
<http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/handle/10889/2668>

- **Τσούρλος Π. (2015):** Σημειώσεις μαθήματος Ηλεκτρομαγνητικές Μέθοδοι Γεωφυσικών Διασκοπήσεων στον τομέα Γεωφυσικής, Τμήμα Γεωλογίας Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, Θεσσαλονίκη
- **Φασούλας Χ. (1995):** Κινηματική και Παραμόρφωση των καλυμμάτων της Κεντρικής Κρήτης, Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, 304 σελ, Θεσσαλονίκη
- **Φέγγος Γ., Κουβελάς Μ. (2006):** Χαρακτηρισμός βιογενούς ασβεστόλιθου περιοχής Άλφα Ρεθύμνου με επιτόπιες και εργαστηριακές μετρήσεις, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, 145 σελ, Χανιά
- **Φυτρολάκης Ν. (1980):** Η γεωλογική δομή της Κρήτης. - Διατριβή επί υφηγεσία. ΕΜΠ, Αθήνα, 146 σελ.

#### **Πηγές από το Διαδίκτυο**

- [1] [www.chania.gr](http://www.chania.gr)
- [2] <http://www.gliderengineering.com/laboratoridenvol/info/tech/porosity/porosity.en.html>
- [3] [http://www.chemeng.upatras.gr/sites/default/files/users/takisp/Extra\\_kef5\\_6.doc](http://www.chemeng.upatras.gr/sites/default/files/users/takisp/Extra_kef5_6.doc)
- [4] [seismo.geology.upatras.gr](http://seismo.geology.upatras.gr)

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Παράρτημα 1. Πίνακας.α.Φωτογραφική απεικόνιση περιοχής Δειγματοληψίας

ΔΕΙΓΜΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ
<b>LAG 18:</b> Κιτρινωπός λεπτόκοκκος ψαμμίτης	
<b>LAG 19:</b> Κιτρινωπός λεπτόκοκκος ψαμμίτης  <b>LAG20:</b> Κιτρινωπός λεπτόκοκκος ψαμμίτης  <b>LAG20A:</b> Κιτρινωπό μικροκροκαλοπαγές με ψηφίδες	

**LAG21: Σκουρόχρωμος (γκρι)  
λεπτόκοκκος ψαμμίτης**



**LAG22: Ανοιχτόχρωμος  
λεπτόκοκκος ψαμμίτης με φυτικά  
υπολοίματα**



**LAG23: Σκούρος (γκρι)  
ψαμμίτης**





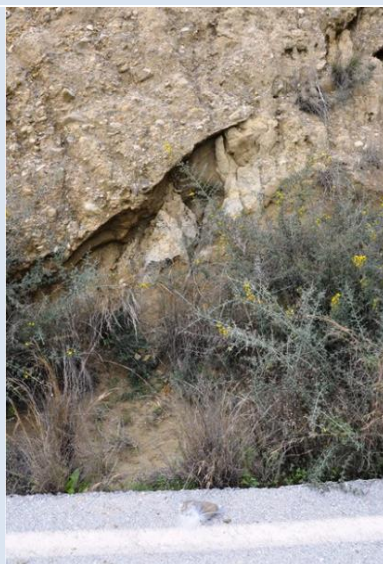
**LAG24: Ανοιχτόχρωμος  
ψαμμίτης**



**LAG25: Σκουρόχρωμος (γκρι)  
χαλαρός ψαμμίτης**



**LAG 27: Μετάβαση από  
ψαμμίτη σε κροκαλοπαγές**



**LAG 28:** Ανοιχτόχρωμος  
λεπτοστρωματώδης χαλαρός  
ψαμμίτης

**LAG29:** Ανοιχτόχρωμος  
εύθρυπτος ψαμμίτης



**LAG 30A:** Ανοιχτόχρωμος  
ψαμμίτης με φυτικά  
υπολείμματα και απολιθώματα  
**LAG30B:** Μετάβαση ψαμμιτών  
σε κροκαλοπαγή



**LAG 31:** Ανοιχτόχρωμος  
ψαμμίτης



**LAG 32A:** Ανοιχτόχρωμος  
λεπτόκοκκος ψαμμίτης

**LAG32B:** Ανοιχτόχρωμος  
λεπτόκοκκος ψαμμίτης



**LAG33:Σκουρόχρωμος (γκρι)  
μαργαϊκός ψαμμίτης**



**LAG 34: Φυτικά υπολείμματα  
και έντονο ηπειρωτικό  
χαρακτήρα (παλαιό έδαφος)**





**LAG 35: Καφεκίτρινος ψαμμίτης**



**LAG 36: Ανοιχτόχρωμος  
λεπτόκοκκος ψαμμίτης**



**LAG 37: Ψαμμίτης με φυτικά  
υπολείμματα**



<p><b>LAG38A,38B: Ανοιχτόχρωμος πολύ συμπαγής ψαμμίτης</b></p> <p>(Δεν επήλθε η χαλάρωση των συσσωμάτων των κόκκων!!)</p>	
<p><b>POM1: Ανοιχτόχρωμος ψαμμίτης</b></p> <p><b>POM2: Μετάβαση από ψαμμίτη σε μικροκροκαλοπαγή</b></p> <p><b>POM3: Μετάβαση από ψαμμίτη σε μικροκροκαλοπαγή</b></p> <p><b>POM4A: Κιτρινωπός ψαμμίτη</b></p> <p><b>POM4B: Κιτρινωπός ψαμμίτης</b></p>	

**AMP 1: Σκουρόχρωμος (γκρι)  
ψαμμίτης ιλούχος άμμος**

**AMP 2: Σκουρόχρωμος (γκρι)  
συμπαγής ψαμμίτης  
(Δεν διαλυτοποιήθηκε!!)**



**TEF 1: Σκούρος(γκρι)  
μαργαϊκός ψαμμίτης**



**TEF 2: Σκούρος μαργαϊκός  
ψαμμίτης**

**TEF3: Σκούρος μαργαϊκός  
ψαμμίτης**

**TEF4: Σκούρος μαργαϊκός  
ψαμμίτης**



**TEF 5: Σκούρος μαργαϊκός  
ψαμμίτης**



**TEF 6: Πολύ συμπαγής  
ψαμμίτης**  
(Δεν επήλθε η χαλάρωση των  
συσσωμάτων των κόκκων!!)





**TEF 7: Σκούρος μαργαϊκός  
ψαμμίτης**



**TEF 8: Σκούρος μαργαϊκός  
ψαμμίτης**



**TEF 9: Σκούρος μαργαϊκός  
ψαμμίτης**



**TEF 10: Σκούρος ψαμμίτης**



**TEF11: Σκληρός ανθρακικός  
ψαμμίτης**

**TEF12: Ανθρακικό**

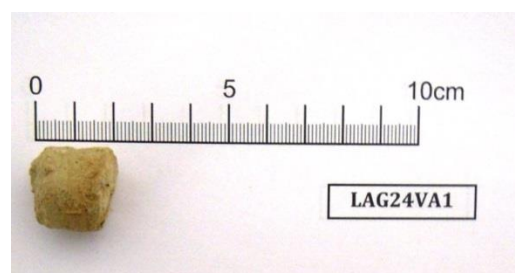
**TEF13: Σκουρόχρωμος (γκρι)  
εύθρυπτος ψαμμίτης**

**TEF14: Σκουρόχρωμος (γκρι)  
λεπτοστωματώδεις λεπτόκοκκος  
με οργανικά υπολείμματα**

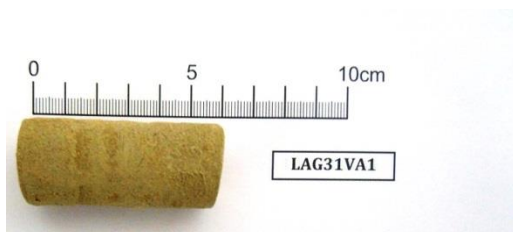


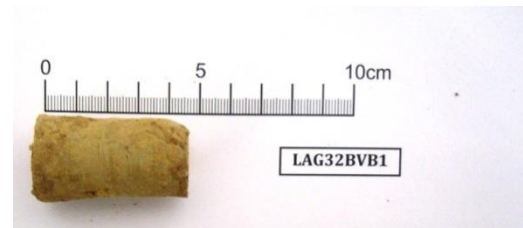
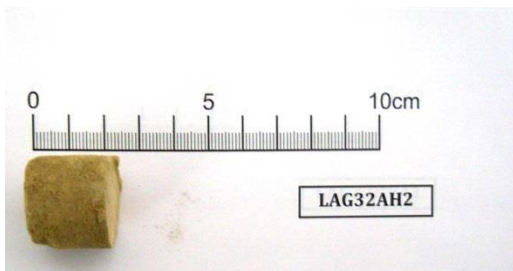
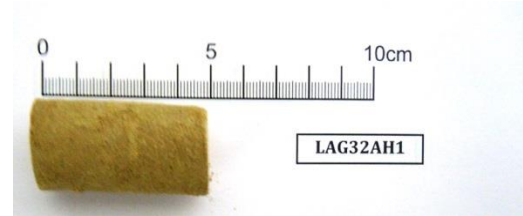
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΠΥΡΗΝΟΛΗΨΙΑ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

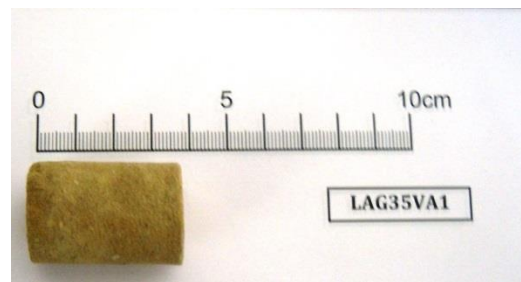
Πίνακας.β Φωτογραφική απεικόνιση πυρήνων

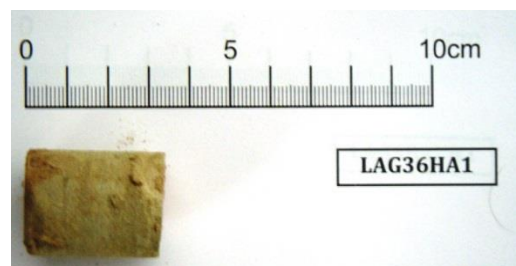
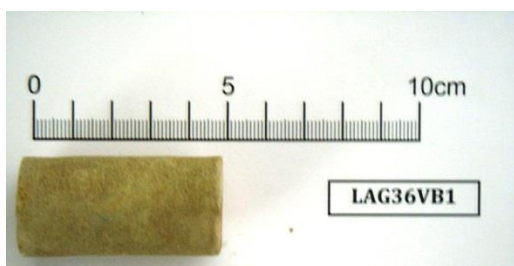
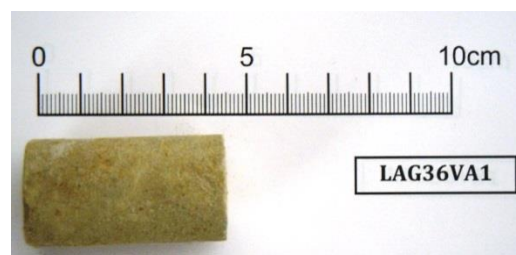
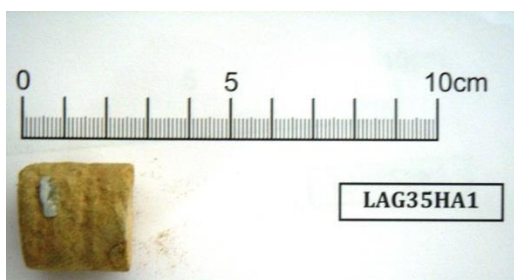
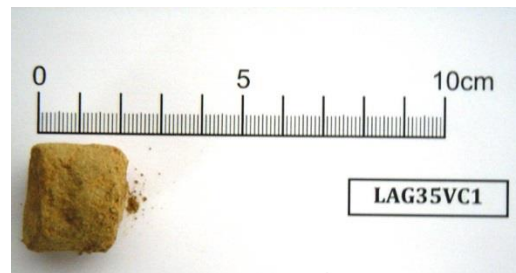


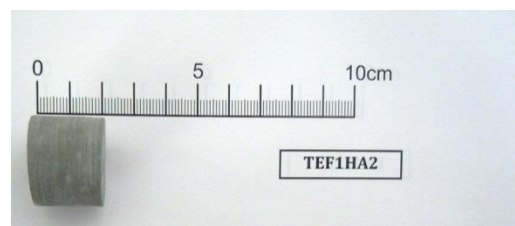
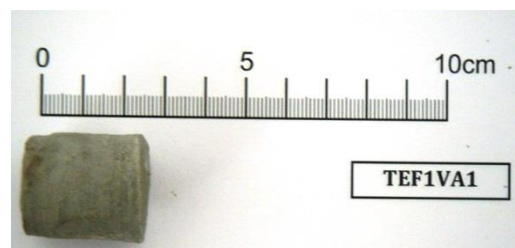
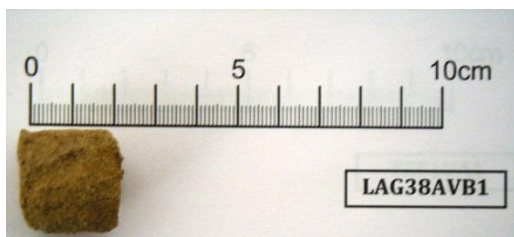


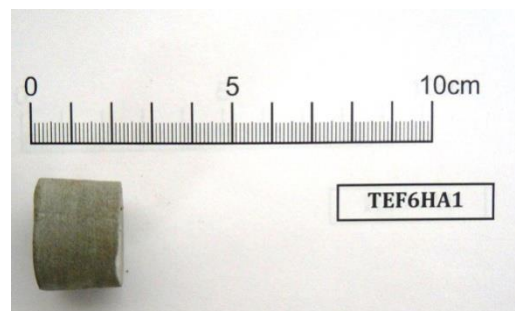
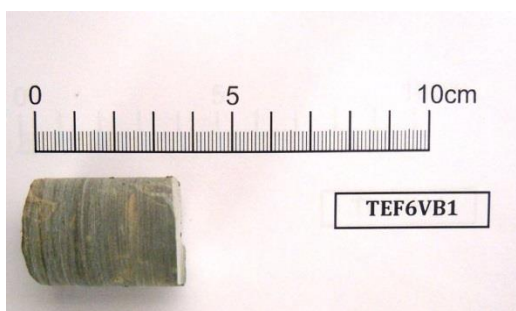
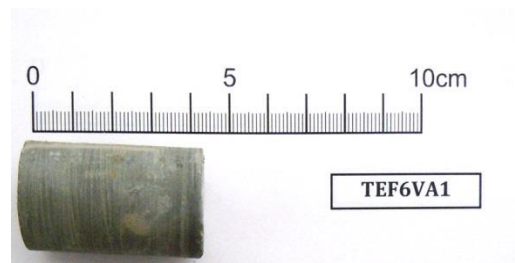
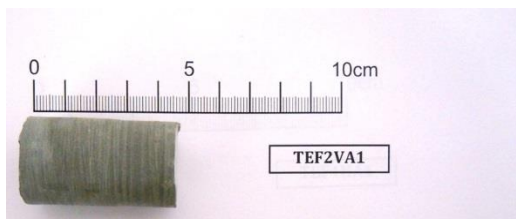


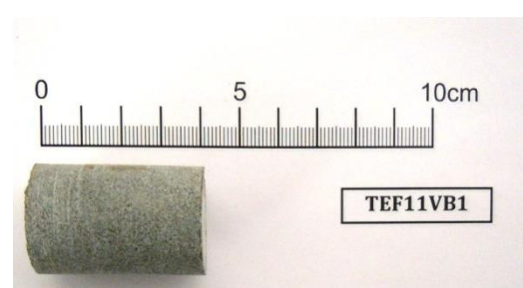
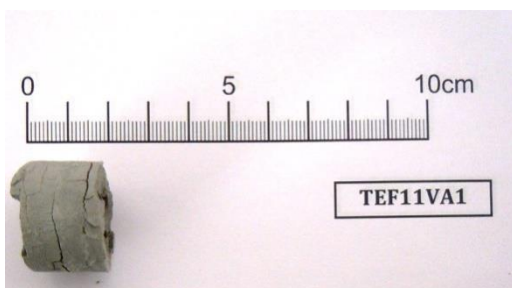
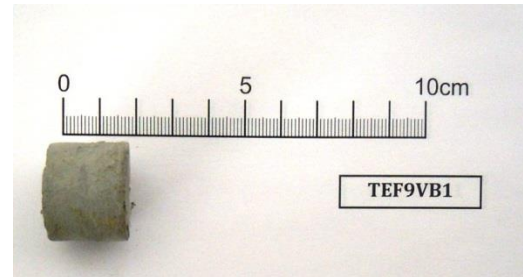




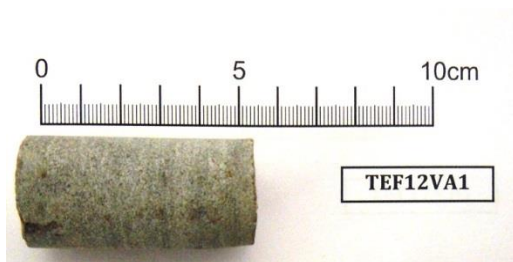
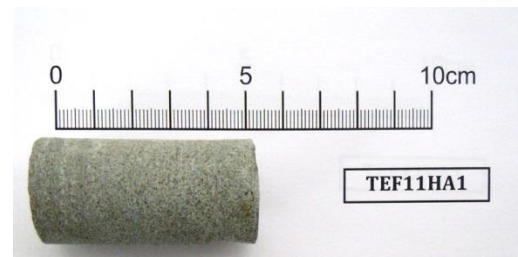
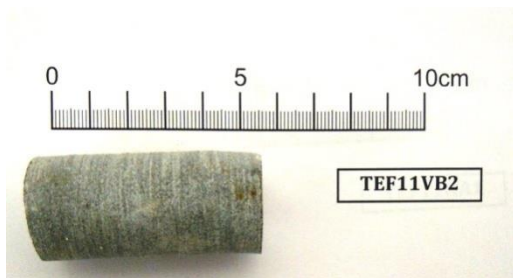




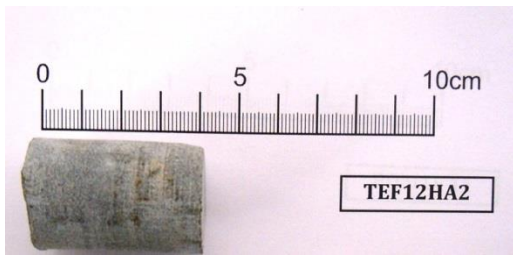
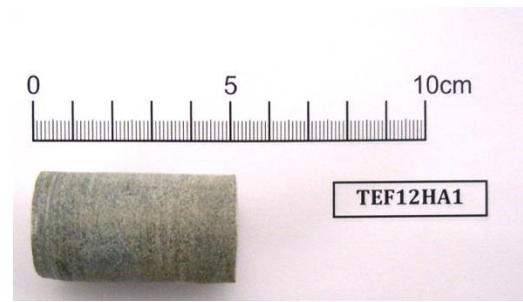


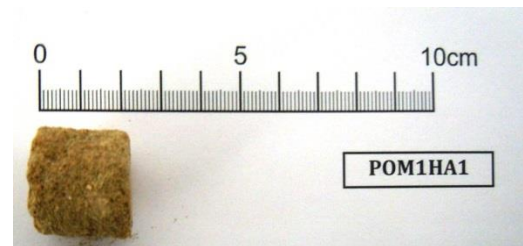


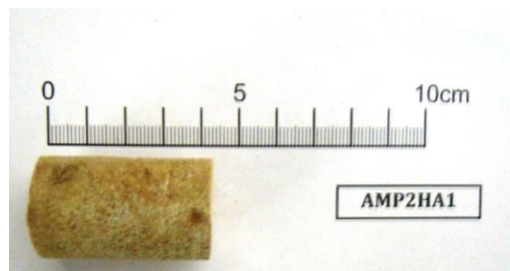
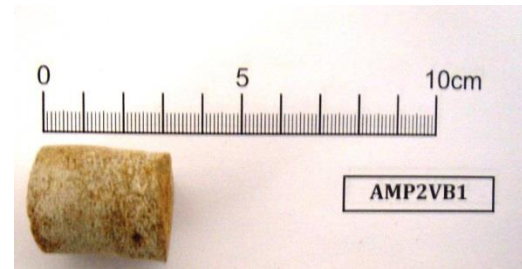
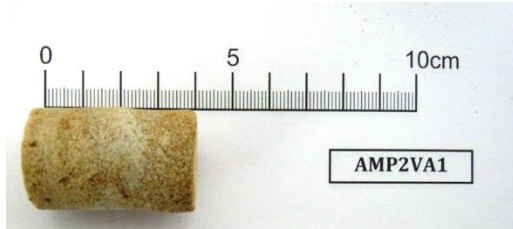






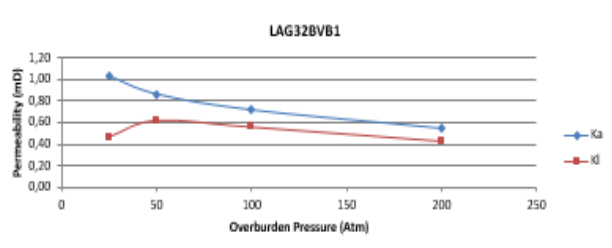




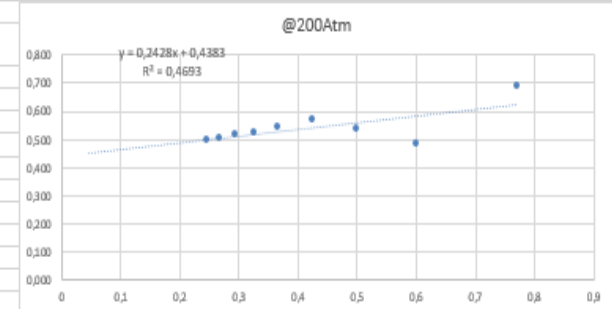


## Παράρτημα 2. Πίνακες & Διαγράμματα διαπερατότητας

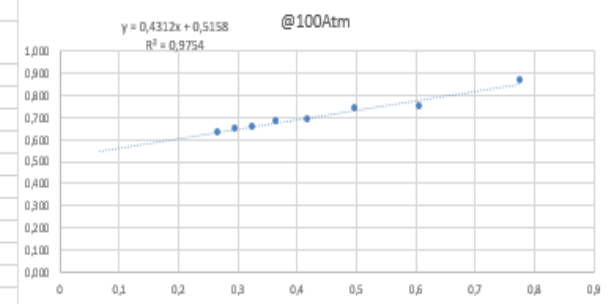
LAG32BVB1				
r (cm)	2,01	Atm	Ka	Ki
A(cm <sup>2</sup> )	12,685914	200	0,55	0,43
U(cm)	4,12	100	0,72	0,56
		50	0,87	0,62
		25	1,03	0,47
Ιξώδες αέρα (@20 oC)				
μ(cP)	1,98E-02			



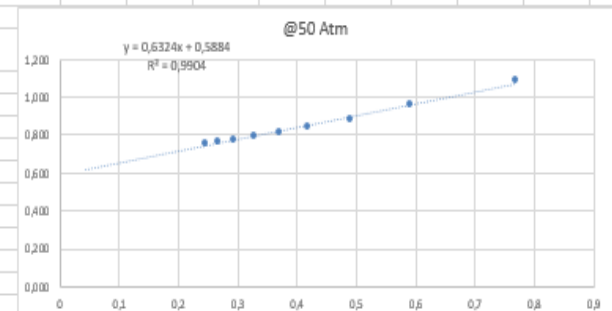
INPUT @200 atm lithostatic									
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)	
7,1652324	1,00027	1,95	4,0828	0,244933	105,3	90,6	117	0,499	
6,4643597	1,00027	1,6	3,7323	0,26793	95	80,3	96	0,505	
5,8247283	1,00027	1,31666667	3,4125	0,29304	85,6	70,9	79	0,515	
5,1374648	1,00027	1,03333333	3,0689	0,325853	75,5	60,8	62	0,524	
4,4774197	1,00027	0,8	2,7388	0,365117	65,8	51,1	48	0,541	
3,7085011	1,00027	0,56666667	2,3544	0,424739	54,5	39,8	34	0,572	
3,0008238	1,00027	0,33333333	2,0005	0,499863	44,1	29,4	20	0,536	
2,3339741	1,00027	0,16666667	1,6671	0,599835	34,3	19,6	10	0,483	
1,5990785	1,00027	0,08333333	1,2997	0,769422	23,5	8,8	5	0,690	
Average								0,546	
KI								0,428	



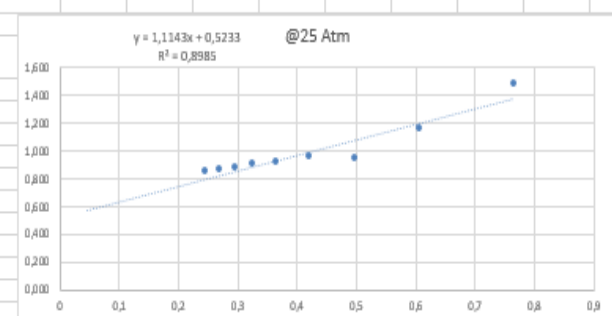
INPUT @100atm lithostatic									
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)	
7,1448187	1,00027	2,41666667	4,0725	0,245547	105	90,3	145	0,622	
6,4847735	1,00027	2,01666667	3,7425	0,267199	95,3	80,6	121	0,633	
5,7702916	1,00027	1,61666667	3,3853	0,295396	84,8	70,1	97	0,645	
5,1578786	1,00027	1,3	3,0791	0,324773	75,8	61,1	78	0,654	
4,4706151	1,00027	1	2,7354	0,365571	65,7	51	60	0,678	
3,7833516	1,00027	0,71666667	2,3918	0,418093	55,6	40,9	43	0,693	
3,0212376	1,00027	0,46666667	2,0108	0,497325	44,4	29,7	28	0,740	
2,2999511	1,00027	0,25	1,6501	0,606019	33,8	19,1	15	0,751	
1,5786647	1,00027	0,1	1,2895	0,775513	23,2	8,5	6	0,864	
Average								0,718	
KI								0,558	



INPUT @50atm lithostatic									
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)	
7,1924508	1,00027	2,96666667	4,0964	0,244119	105,7	91	178	0,753	
6,5187964	1,00027	2,46666667	3,7595	0,26599	95,8	81,1	148	0,766	
5,8383375	1,00027	2	3,4193	0,292457	85,8	71,1	120	0,779	
5,1034419	1,00027	1,55	3,0519	0,327669	75	60,3	93	0,797	
4,38896	1,00027	1,15	2,6946	0,37111	64,5	49,8	69	0,811	
3,776547	1,00027	0,86666667	2,3884	0,418688	55,5	40,8	52	0,842	
3,0824789	1,00027	0,58333333	2,0414	0,489865	45,3	30,6	35	0,884	
2,3884108	1,00027	0,35	1,6943	0,590199	35,1	20,4	21	0,958	
1,605883	1,00027	0,13333333	1,3031	0,767413	23,6	8,9	8	1,088	
Average								0,866	
KI								0,619	



INPUT @25atm lithostatic									
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)	
7,1652324	1,00027	3,3	4,0828	0,244933	105,3	90,6	198	0,844	
6,4643597	1,00027	2,71666667	3,7323	0,26793	95	80,3	163	0,858	
5,7839008	1,00027	2,2	3,3921	0,294804	85	70,3	132	0,873	
5,1374648	1,00027	1,76666667	3,0689	0,325853	75,5	60,8	106	0,896	
4,4638105	1,00027	1,35	2,732	0,366027	65,6	50,9	81	0,919	
3,7697424	1,00027	0,98333333	2,385	0,419286	55,4	40,7	59	0,959	
3,0280422	1,00027	0,6	2,0142	0,496485	44,5	29,8	36	0,946	
2,2931466	1,00027	0,38333333	1,6467	0,607271	33,7	19	23	1,160	
1,6126876	1,00027	0,18333333	1,3065	0,765415	23,7	9	11	1,476	
Average								1,033	
KI								0,471	



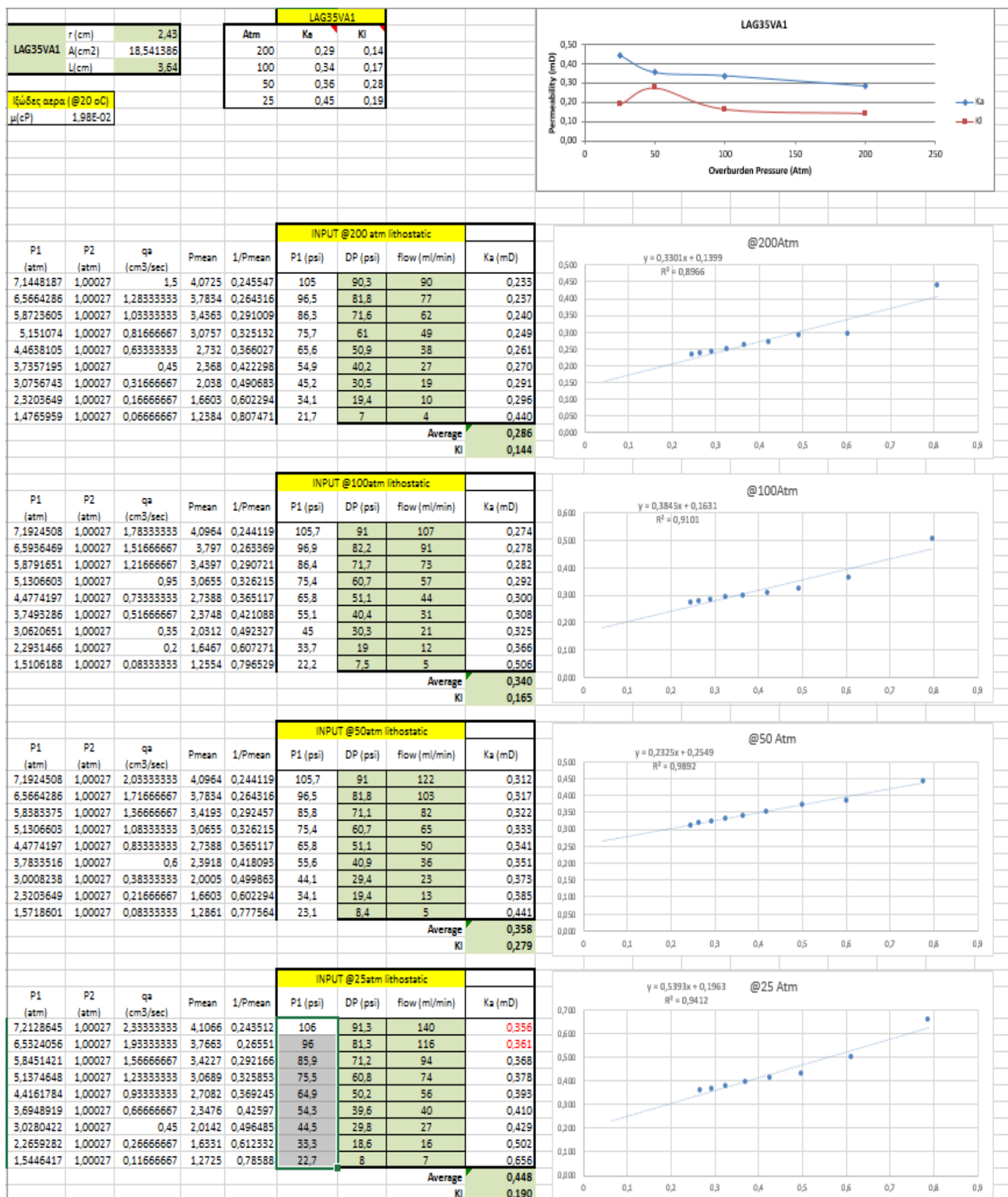
	r (cm)	2,43		LAG32AH1		
LAG32AH1	A (cm <sup>2</sup> )	18,541386		Atm	K <sub>a</sub>	Kl
	L (cm)	4,61		200	0,48	0,00
				100	0,60	0,50
				50	0,72	0,50
				25	0,85	0,54
Πύση σερα ( @20 °C )						
	υ (cP)	1.98E-02				

					INPUT @200 atm lithostatic			
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm3/sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)
7.1992554	1.00027	2.08333333	4.0998	0.243916	105.8	91.1	125	0.404
6.6004515	1.00027	1.76666667	3.8004	0.263133	97	82.3	106	0.409
5.9063834	1.00027	1.45	3.4533	0.289576	86.8	72.1	87	0.422
5.1102465	1.00027	1.11666667	3.0553	0.327304	75.1	60.4	67	0.438
4.5114426	1.00027	0.88333333	2.7559	0.362863	66.3	51.6	53	0.450
3.7969608	1.00027	0.61666667	2.3986	0.416907	55.8	41.1	37	0.453
3.0076284	1.00027	0.41666667	2.004	0.499014	44.2	29.5	25	0.511
2.2999511	1.00027	0.21666667	1.6501	0.606019	33.8	19.1	13	0.498
1.4834004	1.00027	0.08333333	1.2418	0.805258	21.8	7.1	5	0.685
							Average	0.483
							KI	

					INPUT @100atm lithostatic			
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm3/sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)
7,2604967	1,00027	2,66666667	4,1304	0,242108	106,7	92	160	0,508
6,5800377	1,00027	2,23333333	3,7902	0,263841	96,7	82	134	0,521
5,8655559	1,00027	1,81666667	3,4329	0,291298	86,2	71,5	109	0,536
5,151074	1,00027	1,41666667	3,0757	0,325132	75,7	61	85	0,547
4,4161784	1,00027	1,06666667	2,7082	0,369245	64,9	50,2	64	0,568
3,7221103	1,00027	0,76666667	2,3612	0,423515	54,7	40	46	0,588
2,9940192	1,00027	0,5	1,9971	0,500714	44	29,3	30	0,619
2,3475833	1,00027	0,3	1,6739	0,597397	34,5	19,8	18	0,656
1,5514463	1,00027	0,1	1,2759	0,783785	22,8	8,1	6	0,701
Average								0,602
KI								0,502

P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	INPUT @50atm lithostatic			Ka (mD)
					P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	
7,2400829	1,00027	3,15	4,1202	0,242708	106,4	91,7	189	0,604
6,6344745	1,00027	2,7	3,8174	0,26196	97,5	82,8	162	0,619
5,913188	1,00027	2,18333333	3,4567	0,289291	86,9	72,2	131	0,634
5,1646832	1,00027	1,71666667	3,0825	0,324414	75,9	61,2	103	0,659
4,4842243	1,00027	1,31666667	2,7422	0,364664	65,9	51,2	79	0,679
3,7697424	1,00027	0,95	2,385	0,419286	55,4	40,7	57	0,709
3,0212376	1,00027	0,6	2,0108	0,497325	44,4	29,7	36	0,728
2,3475833	1,00027	0,35	1,6739	0,597397	34,5	19,8	21	0,765
1,5378372	1,00027	0,13333333	1,2691	0,787987	22,6	7,9	8	0,964
						Average		0,720
						KI		0,505

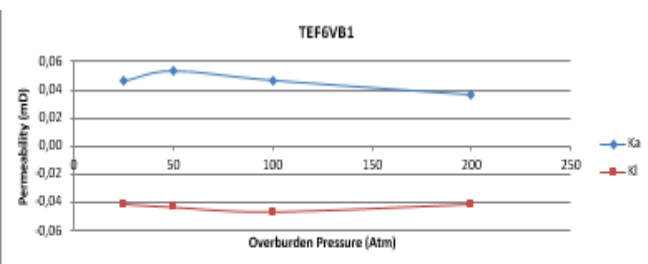
					INPUT @25atm lithostatic				
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm3/sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)	
7.20606	1.00027	3.55	4.1032	0.243714	105.9	91.2	213	0.687	
6.5868423	1.00027	3.03333333	3.7936	0.263605	96.8	82.1	182	0.706	
5.8655559	1.00027	2.45	3.4329	0.291298	86.2	71.5	147	0.723	
5.185097	1.00027	2	3.0927	0.323344	76.2	61.5	120	0.762	
4.5250518	1.00027	1.51666667	2.7627	0.36197	66.5	51.8	91	0.768	
3.7289149	1.00027	1.06666667	2.3646	0.422905	54.8	40.1	64	0.815	
3.0552605	1.00027	0.71666667	2.0278	0.493153	44.9	30.2	43	0.848	
2.3067557	1.00027	0.41666667	1.6535	0.604772	33.9	19.2	25	0.951	
1.5718601	1.00027	0.16666667	1.2861	0.777564	23.1	8.4	10	1.118	
								Average	0.855
								KI	0.540



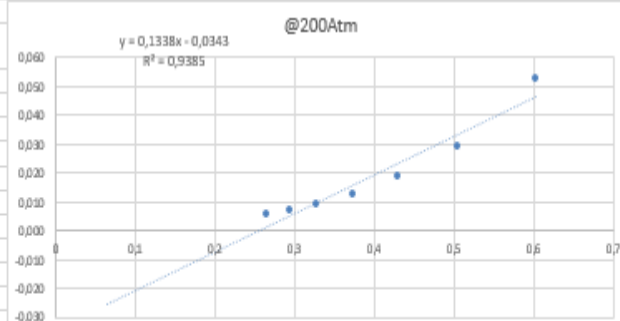


TEF6VB1			
r (cm)	2.51		
A (cm <sup>2</sup> )	19,782314		
L (cm)	3.41		
Ιώδες αερα (@20 oC)			
μ (cP)	1,98E-02		

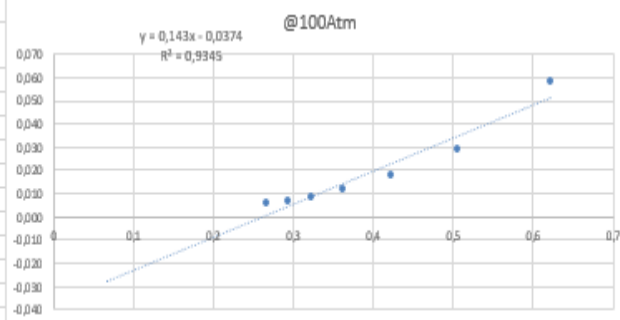
TEF6VB1			
Atm	Ka	KI	
200	0,04	-0,04	
100	0,05	-0,05	
50	0,05	-0,04	
25	0,05	-0,04	



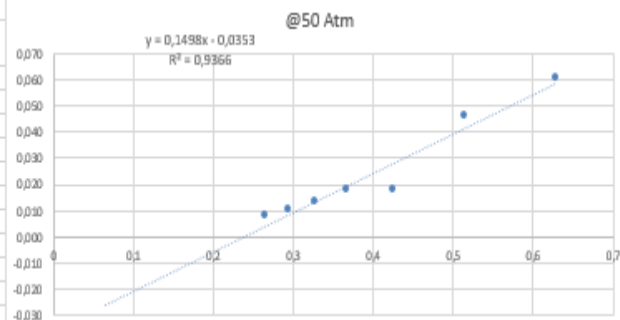
INPUT @200 atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7,1788416	1,00027	0,03333333	4,0896	0,244525	105,5	90,8	2
6,5324056	1,00027	0,03333333	3,7663	0,26551	96	81,3	2
5,7770962	1,00027	0,03333333	3,3887	0,2951	84,9	70,2	2
5,0966373	1,00027	0,03333333	3,0485	0,328035	74,9	60,2	2
4,3685463	1,00027	0,03333333	2,6844	0,372521	64,2	49,5	2
3,6472598	1,00027	0,03333333	2,3238	0,430336	53,6	38,9	2
2,9668009	1,00027	0,03333333	1,9835	0,50415	43,6	28,9	2
2,3135603	1,00027	0,03333333	1,6569	0,60353	34	19,3	2
1,5650555	1,00027	0,03333333	1,2827	0,779627	23	8,3	2
Average							0,036
KI							-0,041



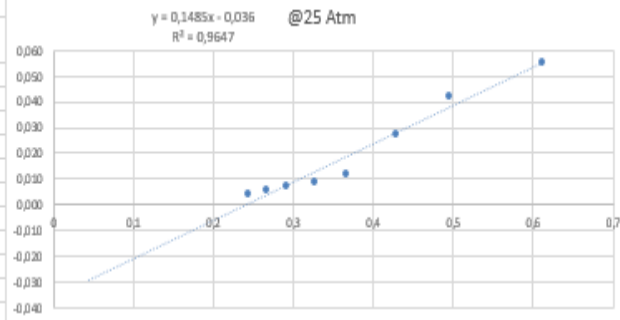
INPUT @100atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7,1924508	1,00027	0,03333333	4,0964	0,244119	105,7	91	2
6,4779689	1,00027	0,03333333	3,7391	0,267442	95,2	80,5	2
5,8247283	1,00027	0,03333333	3,4125	0,29304	85,6	70,9	2
5,1919016	1,00027	0,03333333	3,0961	0,322988	76,3	61,6	2
4,5114426	1,00027	0,03333333	2,7559	0,362863	66,3	51,6	2
3,7357195	1,00027	0,03333333	2,368	0,422298	54,9	40,2	2
2,9599963	1,00027	0,03333333	1,9801	0,505016	43,5	28,8	2
2,2182961	1,00027	0,03333333	1,6093	0,621394	32,6	17,9	2
1,4765959	1,00027	0,03333333	1,2384	0,807471	21,7	7	2
Average							0,047
KI							-0,047



INPUT @50atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7,20606	1,00027	0,05	4,1032	0,243714	105,9	91,2	3
6,5664286	1,00027	0,05	3,7834	0,264316	96,5	81,8	3
5,8179238	1,00027	0,05	3,4091	0,293333	85,5	70,8	3
5,1374648	1,00027	0,05	3,0689	0,325853	75,5	60,8	3
4,4706151	1,00027	0,05	2,7354	0,365571	65,7	51	3
3,7016965	1,00027	0,03333333	2,351	0,423354	54,4	39,7	2
2,8919504	1,00027	0,05	1,9461	0,513845	42,5	27,8	3
2,1842731	1,00027	0,03333333	1,5923	0,628033	32,1	17,4	2
1,5378372	1,00027	0,05	1,2691	0,787987	22,6	7,9	3
Average							0,053
KI							-0,043

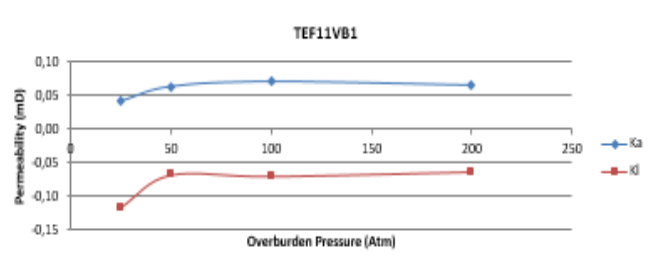


INPUT @25atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7,2128645	1,00027	0,03333333	4,1066	0,243512	106	91,3	2
6,525601	1,00027	0,03333333	3,7629	0,26575	95,9	81,2	2
5,8519467	1,00027	0,03333333	3,4261	0,291876	86	71,3	2
5,1374648	1,00027	0,03333333	3,0689	0,325853	75,5	60,8	2
4,4638105	1,00027	0,03333333	2,732	0,366027	65,6	50,9	2
3,660869	1,00027	0,05	2,3306	0,429079	53,8	39,1	3
3,0348468	1,00027	0,05	2,0176	0,495648	44,6	29,9	3
2,2659282	1,00027	0,03333333	1,6331	0,612332	33,3	18,6	2
1,5310326	1,00027	0,03333333	1,2657	0,790106	22,5	7,8	2
Average							0,046
KI							-0,041

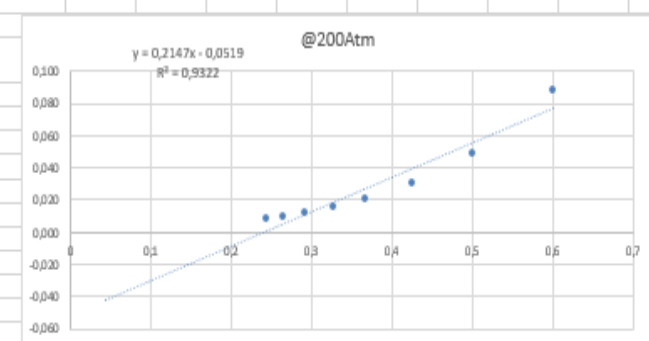


		TEF11VB1	
TEF11VB1	r (cm)	2,505	
	A (cm <sup>2</sup> )	19,7035785	
	l (cm)	3,88	
Κώδικας αερα (@20 oC)			
μ (cP)	1,98E-02		

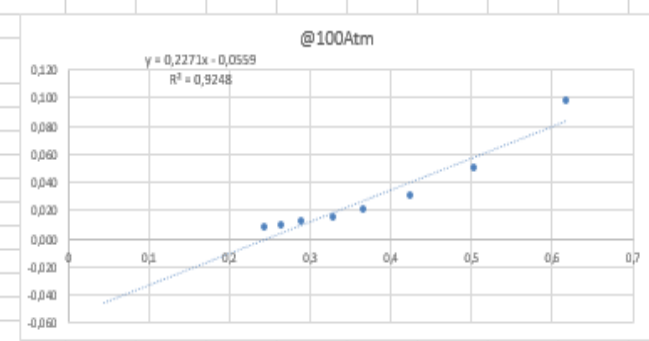
Atm	Ka	KI
200	0,07	-0,06
100	0,07	-0,07
50	0,06	-0,07
25	0,04	-0,12



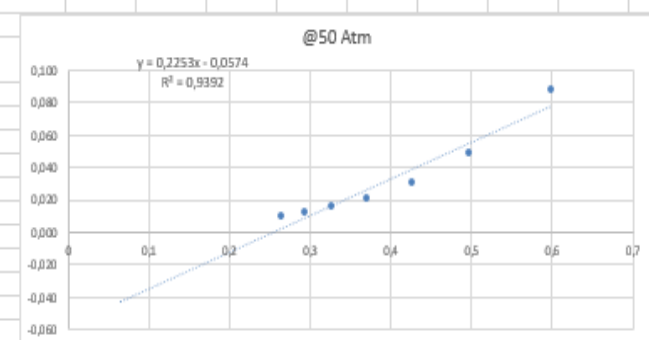
INPUT @200 atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7,1924508	1,00027	0,05	4,0964	0,244119	105,7	91	3
6,5324056	1,00027	0,05	3,7663	0,26551	96	81,3	3
5,8519467	1,00027	0,05	3,4261	0,291876	86	71,3	3
5,1034419	1,00027	0,05	3,0519	0,327669	75	60,3	3
4,4502013	1,00027	0,05	2,7252	0,36694	65,4	50,7	3
3,7085011	1,00027	0,05	2,3544	0,424739	54,5	39,8	3
2,9872147	1,00027	0,05	1,9937	0,501569	43,9	29,2	3
2,3271695	1,00027	0,05	1,6637	0,601062	34,2	19,5	3
1,524228	1,00027	0,05	1,2623	0,792235	22,4	7,7	3
Average							0,295
KI							-0,063



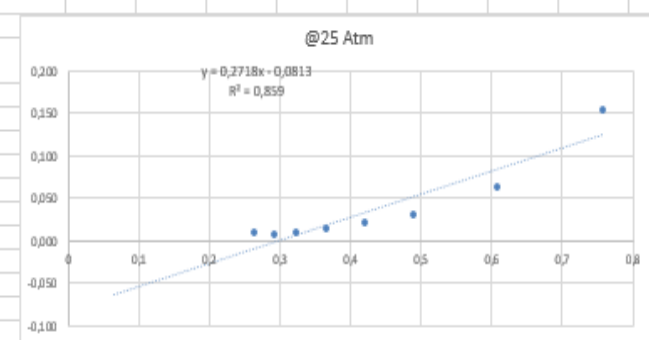
INPUT @100atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7,2128645	1,00027	0,05	4,1066	0,243512	106	91,3	3
6,5528194	1,00027	0,05	3,7765	0,264792	96,3	81,6	3
5,8927742	1,00027	0,05	3,4465	0,290147	86,6	71,9	3
5,0898327	1,00027	0,05	3,0451	0,328401	74,8	60,1	3
4,4706151	1,00027	0,05	2,7354	0,365571	65,7	51	3
3,7221103	1,00027	0,05	2,3612	0,423515	54,7	40	3
2,9668009	1,00027	0,05	1,9835	0,50415	43,6	28,9	3
2,2387098	1,00027	0,05	1,6195	0,617477	32,9	18,2	3
1,5718601	1,00027	0,05	1,2861	0,777564	23,1	8,4	3
Average							0,070
KI							-0,070



INPUT @50atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7,2332783	1,00027	0,05	4,1168	0,242909	106,3	91,6	3
6,559624	1,00027	0,05	3,7799	0,264554	96,4	81,7	3
5,7907054	1,00027	0,05	3,3955	0,294508	85,1	70,4	3
5,1102465	1,00027	0,05	3,0553	0,327304	75,1	60,4	3
4,4093738	1,00027	0,05	2,7048	0,36971	64,8	50,1	3
3,6880873	1,00027	0,05	2,3442	0,426588	54,2	39,5	3
3,0212376	1,00027	0,05	2,0108	0,497325	44,4	29,7	3
2,3407787	1,00027	0,05	1,6705	0,598614	34,4	19,7	3
1,5446417	1,00027	0,05	1,2725	0,78588	22,7	8	3
Average							0,282
KI							-0,068

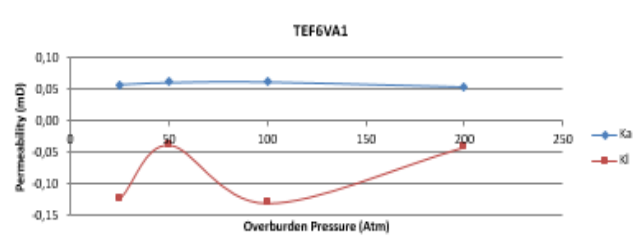


INPUT @25atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7,172037	1,00027	0,05	4,0862	0,244729	105,4	90,7	3
6,5392102	1,00027	0,05	3,7697	0,26527	96,1	81,4	3
5,8587513	1,00027	0,03333333	3,4295	0,291587	86,1	71,4	2
5,1714878	1,00027	0,03333333	3,0859	0,324057	76	61,3	2
4,4570059	1,00027	0,03333333	2,7286	0,366483	65,5	50,8	2
3,7561332	1,00027	0,03333333	2,3782	0,420485	55,2	40,5	2
3,0756743	1,00027	0,03333333	2,038	0,490683	45,2	30,5	2
2,2795374	1,00027	0,03333333	1,6399	0,609791	33,5	18,8	2
1,639906	1,00027	0,03333333	1,3201	0,757524	24,1	9,4	2
Average							0,043
KI							-0,117

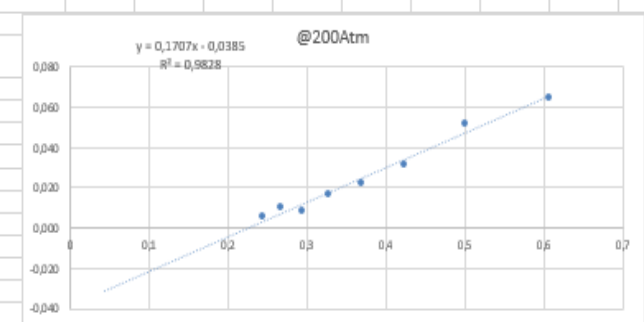




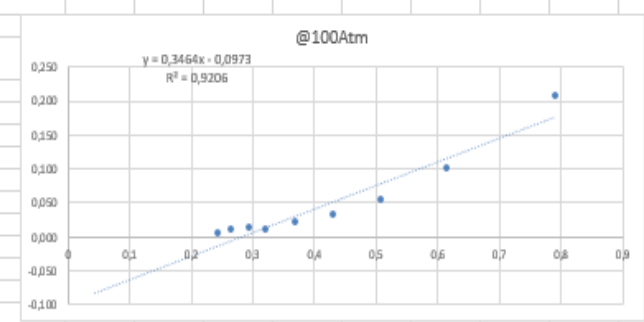
TEF6VA1			
r (cm)	2.51	Atm	Ka
A (cm <sup>2</sup> )	19,782314	200	0,05
L (cm)	4,09	100	0,06
		50	0,06
		25	0,06
μ (cP) @ 20 °C	1,98E-02	KI	-0,04
			-0,13
			-0,04
			-0,12



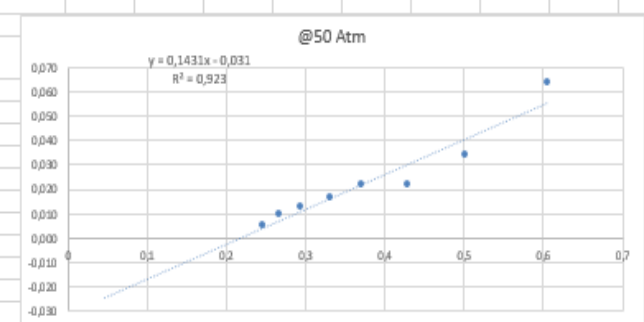
INPUT @200 atm lithostatic								
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)
7,172037	1,00027	0,03333333	4,0862	0,244729	105,4	90,7	2	0,005
6,4847735	1,00027	0,05	3,7425	0,267199	95,3	80,6	3	0,010
5,79751	1,00027	0,03333333	3,3989	0,294213	85,2	70,5	2	0,008
5,1102465	1,00027	0,05	3,0553	0,327304	75,1	60,4	3	0,016
4,422983	1,00027	0,05	2,7116	0,368782	65	50,3	3	0,022
3,7221103	1,00027	0,05	2,3612	0,423515	54,7	40	3	0,032
2,9940192	1,00027	0,05	1,9971	0,500714	44	29,3	3	0,051
2,2931466	1,00027	0,03333333	1,6467	0,607271	33,7	19	2	0,064
1,4834004	1,00027	0,03333333	1,2418	0,805258	21,8	7,1	2	0,228
Average								0,054
KI								-0,041



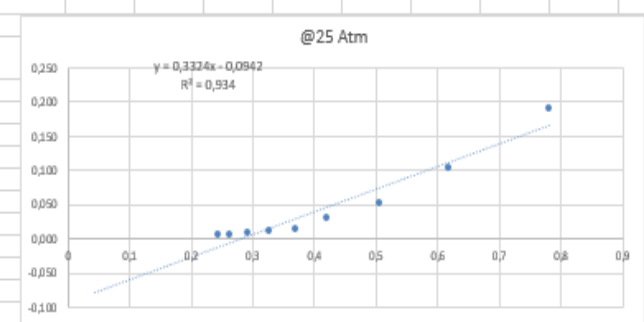
INPUT @100atm lithostatic								
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)
7,1924508	1,00027	0,03333333	4,0964	0,244119	105,7	91	2	0,005
6,5187964	1,00027	0,05	3,7595	0,26599	95,8	81,1	3	0,010
5,8111192	1,00027	0,05	3,4057	0,293626	85,4	70,7	3	0,013
5,1987061	1,00027	0,03333333	3,0995	0,322634	76,4	61,7	2	0,011
4,3957646	1,00027	0,05	2,698	0,370642	64,6	49,9	3	0,022
3,6404552	1,00027	0,05	2,3204	0,430967	53,5	38,8	3	0,033
2,9395825	1,00027	0,05	1,9699	0,507633	43,2	28,5	3	0,054
2,2455144	1,00027	0,05	1,6229	0,616183	33	18,3	3	0,101
1,524228	1,00027	0,03333333	1,2623	0,792235	22,4	7,7	2	0,207
Average								0,063
KI								-0,130



INPUT @50atm lithostatic								
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)
7,1312095	1,00027	0,03333333	4,0657	0,245958	104,8	90,1	2	0,005
6,5051873	1,00027	0,05	3,7527	0,266473	95,6	80,9	3	0,010
5,8179238	1,00027	0,05	3,4091	0,293333	85,5	70,8	3	0,012
5,0422006	1,00027	0,05	3,0212	0,33099	74,1	59,4	3	0,017
4,4025692	1,00027	0,05	2,7014	0,370175	64,7	50	3	0,022
3,6744782	1,00027	0,03333333	2,3374	0,42783	54	39,3	2	0,022
2,9940192	1,00027	0,03333333	1,9971	0,500714	44	29,3	2	0,034
2,2999511	1,00027	0,03333333	1,6501	0,606019	33,8	19,1	2	0,064
1,5174234	1,00027	0,05	1,2588	0,794376	22,3	7,6	3	0,115
Average								0,062
KI								-0,037

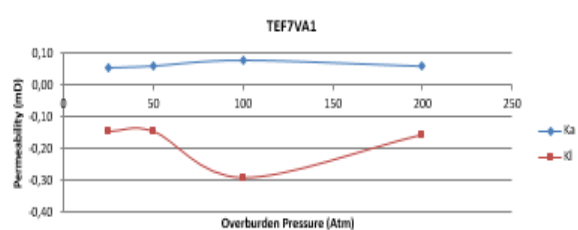


INPUT @25atm lithostatic								
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)
7,1856462	1,00027	0,03333333	4,093	0,244322	105,6	90,9	2	0,005
6,6276699	1,00027	0,03333333	3,814	0,262194	97,4	82,7	2	0,006
5,8451421	1,00027	0,03333333	3,4227	0,292166	85,9	71,2	2	0,008
5,1306803	1,00027	0,03333333	3,0655	0,326215	75,4	60,7	2	0,011
4,4297876	1,00027	0,03333333	2,715	0,36832	65,1	50,4	2	0,015
3,7561332	1,00027	0,05	2,3782	0,420485	55,2	40,5	3	0,031
2,9599963	1,00027	0,05	1,9801	0,505016	43,5	28,8	3	0,053
2,2387098	1,00027	0,05	1,6195	0,617477	32,9	18,2	3	0,102
1,5650555	1,00027	0,03333333	1,2827	0,779627	23	8,3	2	0,189
Average								0,058
KI								-0,124

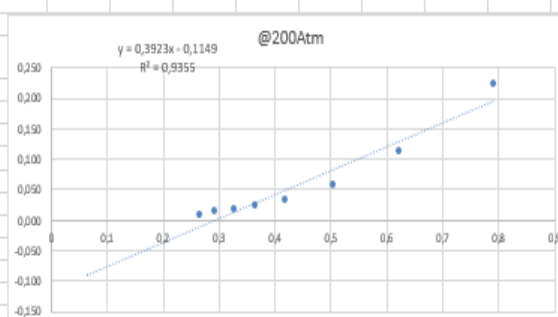


		TEF7VA1	
TEF7VA1	r (cm)	2.51	
	A(cm <sup>2</sup> )	19,782314	
	U(cm)	4.41	
İşıl Sec aspa (@20 oC)			
μ(cP)	1,98E-02		

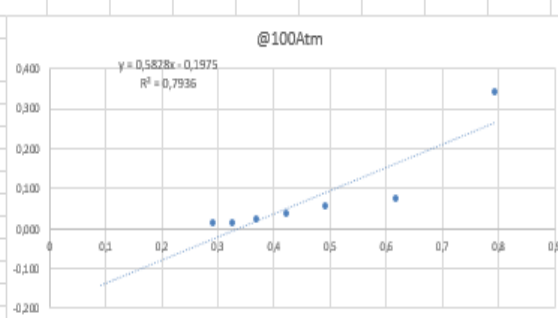
Atm	Ka	KI
200	0,06	-0,15
100	0,08	-0,29
50	0,06	-0,14
25	0,06	-0,14



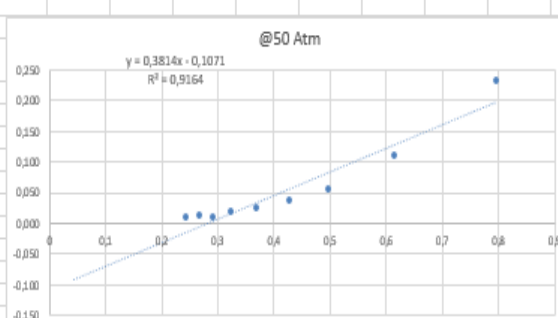
INPUT @200 atm lithostatic									
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)	
7,1924508	1,00027	0,05	4,0964	0,244119	105,7	91	3	0,009	
6,5528194	1,00027	0,03333333	3,7765	0,264792	96,3	81,6	2	0,007	
5,8587513	1,00027	0,05	3,4295	0,291587	86,1	71,4	3	0,013	
5,1238557	1,00027	0,05	3,0621	0,326577	75,3	60,6	3	0,018	
4,4774197	1,00027	0,05	2,7388	0,365117	65,8	51,1	3	0,023	
3,7901562	1,00027	0,05	2,3952	0,417499	55,7	41	3	0,033	
2,9736055	1,00027	0,05	1,9869	0,503286	43,7	29	3	0,056	
2,2114915	1,00027	0,05	1,6059	0,62271	32,5	17,8	3	0,114	
1,524228	1,00027	0,03333333	1,2623	0,792235	22,4	7,7	2	0,223	
Average								0,061	
KI								-0,155	



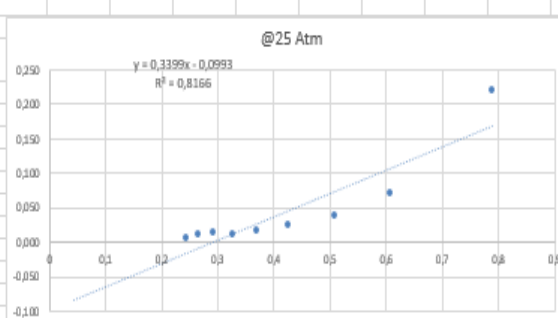
INPUT @100atm lithostatic									
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)	
7,172037	1,00027	0,05	4,0862	0,244729	105,4	90,7	3	0,009	
6,4847735	1,00027	0,05	3,7425	0,267199	95,3	80,6	3	0,011	
5,8519467	1,00027	0,05	3,4261	0,291876	86	71,3	3	0,013	
5,1306603	1,00027	0,03333333	3,0655	0,326215	75,4	60,7	2	0,012	
4,422983	1,00027	0,05	2,7116	0,368782	65	50,3	3	0,024	
3,7425241	1,00027	0,05	2,3714	0,421692	55	40,3	3	0,034	
3,0620651	1,00027	0,05	2,0312	0,492327	45	30,3	3	0,053	
2,2319053	1,00027	0,03333333	1,6161	0,618777	32,8	18,1	2	0,074	
1,5174234	1,00027	0,05	1,2588	0,794376	22,3	7,6	3	0,340	
Average								0,078	
KI								-0,293	



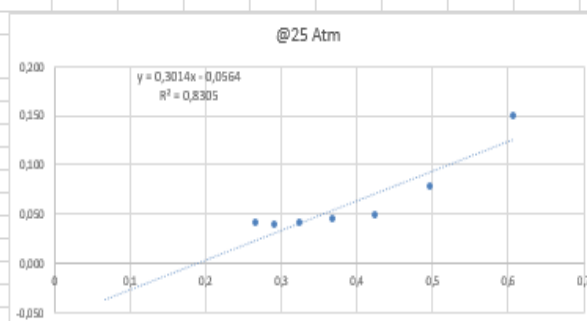
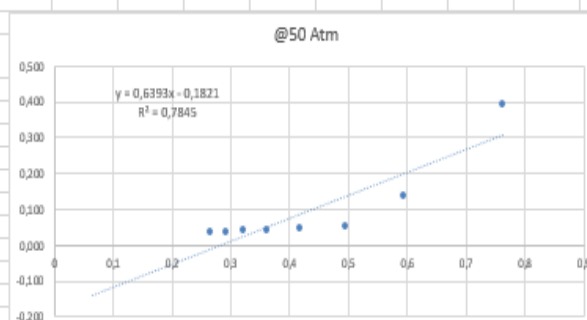
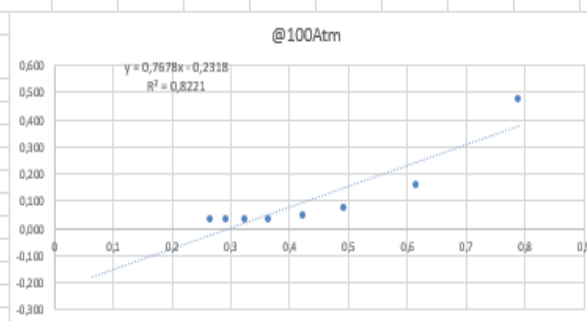
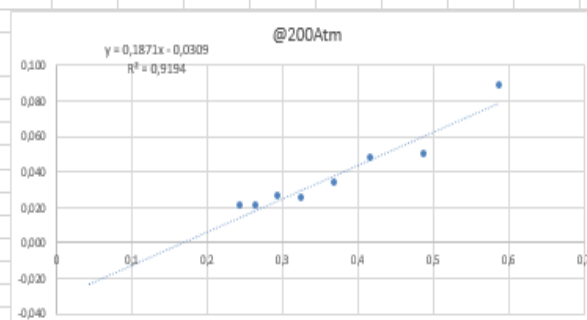
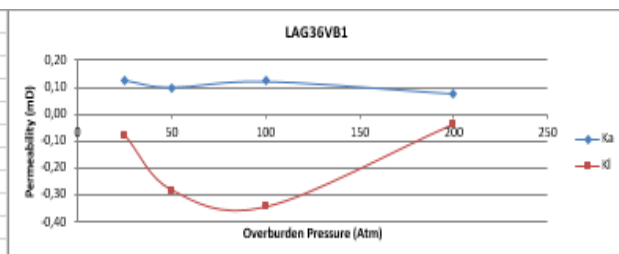
INPUT @50atm lithostatic									
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)	
7,2128645	1,00027	0,05	4,1066	0,243512	106	91,3	3	0,009	
6,4303368	1,00027	0,05	3,7153	0,269157	94,5	79,8	3	0,011	
5,8723605	1,00027	0,03333333	3,4363	0,291009	86,3	71,6	2	0,009	
5,1578786	1,00027	0,05	3,0791	0,324773	75,8	61,1	3	0,017	
4,422983	1,00027	0,05	2,7116	0,368782	65	50,3	3	0,024	
3,6676736	1,00027	0,05	2,334	0,428454	53,9	39,2	3	0,036	
3,0212376	1,00027	0,05	2,0108	0,497325	44,4	29,7	3	0,054	
2,2455144	1,00027	0,05	1,6229	0,616183	33	18,3	3	0,109	
1,5106188	1,00027	0,03333333	1,2554	0,796529	22,2	7,5	2	0,230	
Average								0,061	
KI								-0,144	



INPUT @25atm lithostatic									
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)	
7,2196691	1,00027	0,03333333	4,11	0,243311	106,1	91,4	2	0,006	
6,5732332	1,00027	0,05	3,7868	0,264078	96,6	81,9	3	0,010	
5,8451421	1,00027	0,05	3,4227	0,292166	85,9	71,2	3	0,013	
5,1102465	1,00027	0,03333333	3,0553	0,327304	75,1	60,4	2	0,012	
4,4025692	1,00027	0,03333333	2,7014	0,370175	64,7	50	2	0,016	
3,6948919	1,00027	0,03333333	2,3476	0,42597	54,3	39,6	2	0,023	
2,9995825	1,00027	0,03333333	1,9699	0,507633	43,2	28,5	2	0,039	
2,286342	1,00027	0,03333333	1,6433	0,608529	33,6	18,9	2	0,070	
1,5310326	1,00027	0,03333333	1,2657	0,790106	22,5	7,8	2	0,219	
Average								0,056	
KI								-0,145	

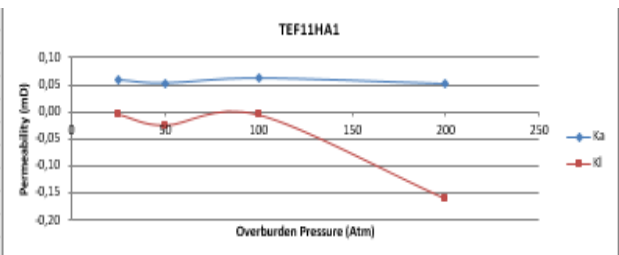


				LAG36VB1			
LAG36VB1	r (cm)	2.1			Atm	Ka	KI
	A (cm <sup>2</sup> )	13.8474			200	0.07	-0.04
	U (cm)	4.44			100	0.12	-0.35
				50	0.10	-0.28	
				25	0.13	-0.08	
Ιωδες αερα (@20 oC)							
μ (cP)	1.98E-02						

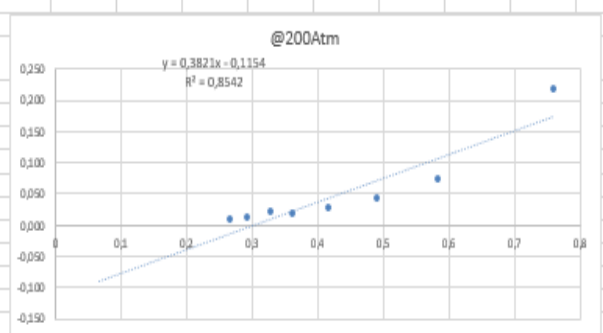


		TEF11HA1	
TEF11HA1	r (cm)	2.51	
	A (cm <sup>2</sup> )	19.782314	
	U (cm)	5.31	
ξωδερ αερρα (@20 oC)			
	μ (cP)	1.98E-02	

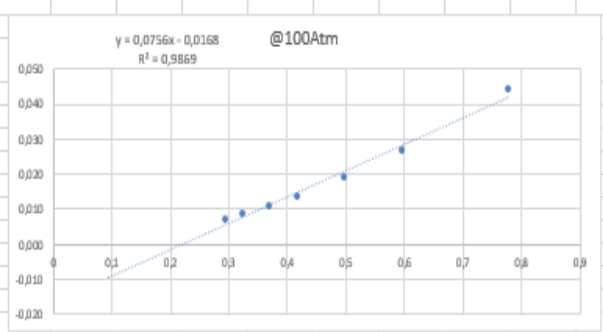
Atm	Ka	KI
200	0.05	-0.16
100	0.06	-0.01
50	0.05	-0.02
25	0.06	0.00



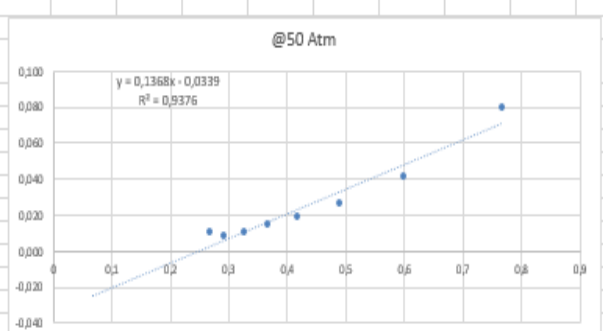
INPUT @200 atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7.1176003	1.00027	0.0333333	4.0589	0.24637	104.6	89.9	2
6.4983827	1.00027	0.0333333	3.7493	0.266714	95.5	80.8	2
5.8179238	1.00027	0.0333333	3.4091	0.293333	85.5	70.8	2
5.0898327	1.00027	0.05	3.0451	0.328401	74.8	60.1	3
4.504638	1.00027	0.0333333	2.7525	0.363312	66.2	51.5	2
3.7969608	1.00027	0.0333333	2.3986	0.416907	55.8	41.1	2
3.0688697	1.00027	0.0333333	2.0346	0.491504	45.1	30.4	2
2.4292383	1.00027	0.0333333	1.7148	0.583173	35.7	21	2
1.6262968	1.00027	0.0333333	1.3133	0.761449	23.9	9.2	2
Average							0.052
KI							-0.159



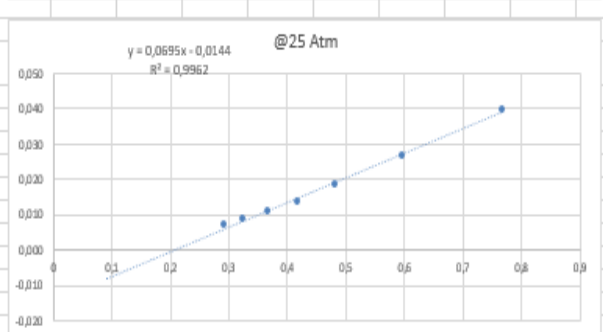
INPUT @100atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7.1244049	1.00027	0.0333333	4.0623	0.246164	104.7	90	2
6.4711643	1.00027	0.0333333	3.7357	0.267686	95.1	80.4	2
5.7702916	1.00027	0.0333333	3.3853	0.295396	84.8	70.1	2
5.1782924	1.00027	0.0333333	3.0893	0.3237	76.1	61.4	2
4.4093738	1.00027	0.0333333	2.7048	0.36971	64.8	50.1	2
3.776547	1.00027	0.0333333	2.3884	0.418688	55.5	40.8	2
3.014433	1.00027	0.0333333	2.0074	0.498168	44.3	29.6	2
2.3543879	1.00027	0.0333333	1.6773	0.596185	34.6	19.9	2
1.5718601	1.00027	0.0333333	1.2861	0.777564	23.1	8.4	2
Average							0.062
KI							-0.005



INPUT @50atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7.1176003	1.00027	0.05	4.0589	0.24637	104.6	89.9	3
6.4779689	1.00027	0.0333333	3.7391	0.267442	95.2	80.5	2
5.8451421	1.00027	0.0333333	3.4227	0.292166	85.9	71.2	2
5.1170511	1.00027	0.0333333	3.0587	0.32694	75.2	60.5	2
4.4365922	1.00027	0.0333333	2.7184	0.367859	65.2	50.5	2
3.7833516	1.00027	0.0333333	2.3918	0.418093	55.6	40.9	2
3.0892835	1.00027	0.0333333	2.0448	0.48905	45.4	30.7	2
2.3339741	1.00027	0.0333333	1.6671	0.599835	34.3	19.6	2
1.605883	1.00027	0.0333333	1.3031	0.767413	23.6	8.9	2
Average							0.053
KI							-0.025

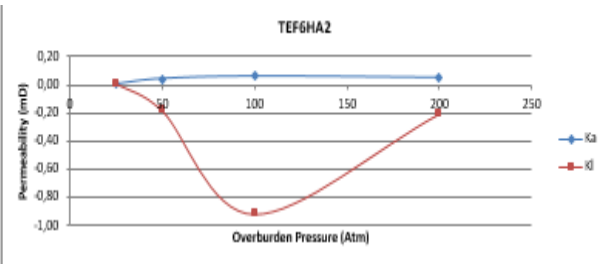


INPUT @25atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7.2264737	1.00027	0.0333333	4.1134	0.243109	106.2	91.5	2
6.4915781	1.00027	0.0333333	3.7459	0.266957	95.4	80.7	2
5.8587513	1.00027	0.0333333	3.4295	0.291587	86.1	71.4	2
5.1646832	1.00027	0.0333333	3.0825	0.324414	75.9	61.2	2
4.4706151	1.00027	0.0333333	2.7354	0.365571	65.7	51	2
3.7901562	1.00027	0.0333333	2.3952	0.417499	55.7	41	2
3.1505248	1.00027	0.0333333	2.0754	0.481835	46.3	31.6	2
2.3543879	1.00027	0.0333333	1.6773	0.596185	34.6	19.9	2
1.605883	1.00027	0.0333333	1.3031	0.767413	23.6	8.9	2
Average							0.059
KI							-0.005

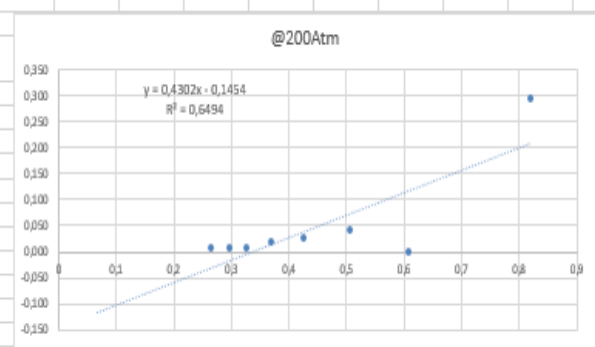


TEF6HA2		
r (cm)	2,51	
A (cm <sup>2</sup> )	19,782314	
L (cm)	4,68	
Ιώδες αέρα (@20 oC)		
μ (cP)	1,98E-02	

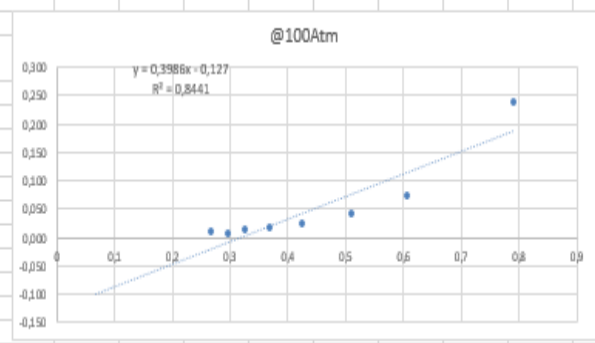
Atm	Ka	KI
200	0,05	-0,21
100	0,06	-0,92
50	0,04	-0,18
25	0,00	0,01



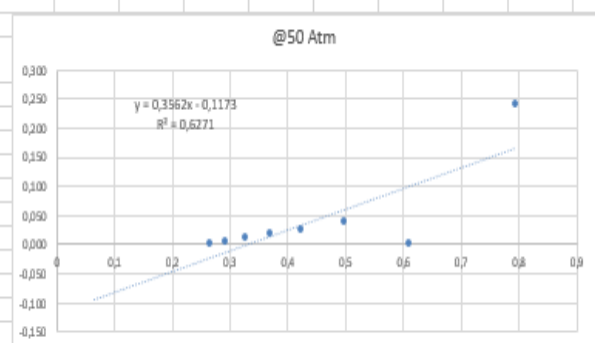
INPUT @200 atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7,1516232	1,00027	0,03333333	4,0759	0,245342	105,1	90,4	2
6,5119919	1,00027	0,03333333	3,7561	0,266231	95,7	81	2
5,7430733	1,00027	0,01666667	3,3717	0,296589	84,4	69,7	1
5,1034419	1,00027	0,01666667	3,0519	0,327669	75	60,3	1
4,4025692	1,00027	0,03333333	2,7014	0,370175	64,7	50	2
3,7016965	1,00027	0,03333333	2,351	0,425354	54,4	39,7	2
2,9463871	1,00027	0,03333333	1,9733	0,506757	43,3	28,6	2
2,2795374	1,00027	0	1,6399	0,609791	33,5	18,8	0
1,4357683	1,00027	0,03333333	1,218	0,821004	21,1	6,4	2
Average							0,049
KI							-0,207



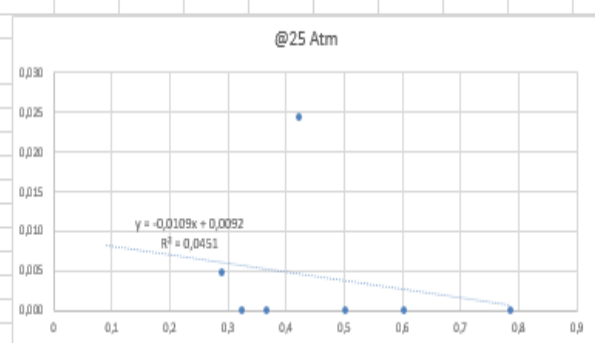
INPUT @100atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7,1380141	1,00027	0	4,0691	0,245752	104,9	90,2	0
6,4507506	1,00027	0,03333333	3,7255	0,268419	94,8	80,1	2
5,7430733	1,00027	0,01666667	3,3717	0,296589	84,4	69,7	1
5,1306603	1,00027	0,03333333	3,0655	0,326215	75,4	60,7	2
4,4093738	1,00027	0,03333333	2,7048	0,36971	64,8	50,1	2
3,6948919	1,00027	0,03333333	2,3476	0,42597	54,3	39,6	2
2,9123642	1,00027	0,03333333	1,9563	0,511164	42,8	28,1	2
2,286342	1,00027	0,03333333	1,6433	0,608529	33,6	18,9	2
1,524228	1,00027	0,03333333	1,2623	0,792235	22,4	7,7	2
Average							0,059
KI							-0,918



INPUT @50atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7,2196691	1,00027	0,03333333	4,11	0,243311	106,1	91,4	2
6,5187964	1,00027	0	3,7595	0,26599	95,8	81,1	0
5,8315329	1,00027	0,01666667	3,4159	0,292748	85,7	71	1
5,1034419	1,00027	0,03333333	3,0519	0,327669	75	60,3	2
4,4025692	1,00027	0,03333333	2,7014	0,370175	64,7	50	2
3,7425241	1,00027	0,03333333	2,3714	0,421692	55	40,3	2
3,0212376	1,00027	0,03333333	2,0108	0,497325	44,4	29,7	2
2,2727328	1,00027	0	1,6365	0,611059	33,4	18,7	0
1,5174234	1,00027	0,03333333	1,2588	0,794376	22,3	7,6	2
Average							0,042
KI							-0,182

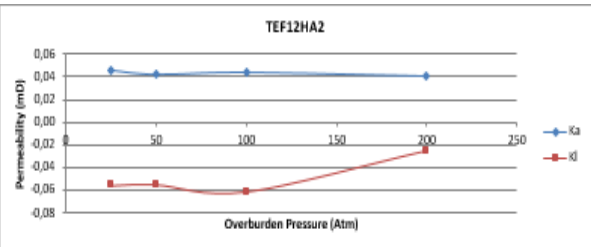


INPUT @25atm lithostatic							
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm <sup>3</sup> /sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)
7,2332783	1,00027	0,03333333	4,1168	0,242909	106,3	91,6	2
6,5868423	1,00027	0,03333333	3,7936	0,263605	96,8	82,1	2
5,8723605	1,00027	0,01666667	3,4363	0,291009	86,3	71,6	1
5,1646832	1,00027	0	3,0825	0,324414	75,9	61,2	0
4,4570059	1,00027	0	2,7286	0,366483	65,5	50,8	0
3,7357195	1,00027	0,03333333	2,368	0,422298	54,9	40,2	2
2,9804101	1,00027	0	1,9903	0,502426	43,8	29,1	0
2,3135603	1,00027	0	1,6569	0,60353	34	19,3	0
1,5378372	1,00027	0	1,2691	0,787987	22,6	7,9	0
Average							0,004
KI							0,012

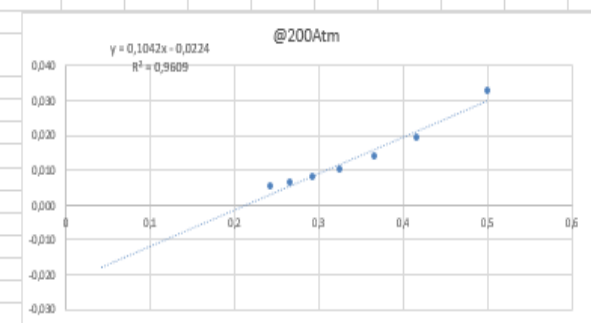




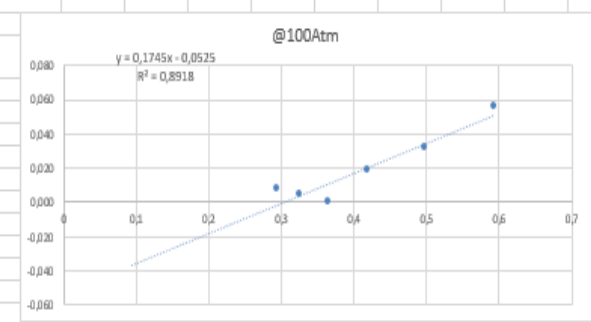
		TEF12HA2	
r (cm)	2.51	Atm	Ka KI
TEF12HA2 A(cm2)	19,782314	200	0,04 -0,02
U(cm)	3,85	100	0,04 -0,06
		50	0,04 -0,05
		25	0,05 -0,06
K <sub>sec</sub> aspa (@20 oC)			
μ(cP)	1,98E-02		



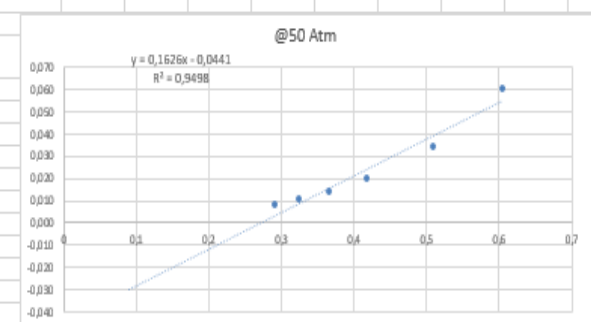
INPUT @200 atm lithostatic								
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm3/sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)
7,20606	1,00027	0,03333333	4,1032	0,243714	105,9	91,2	2	0,005
6,4915781	1,00027	0,03333333	3,7459	0,266957	95,4	80,7	2	0,006
5,8383375	1,00027	0,03333333	3,4193	0,292457	85,8	71,1	2	0,008
5,1374648	1,00027	0,03333333	3,0689	0,325853	75,5	60,8	2	0,010
4,4638105	1,00027	0,03333333	2,732	0,366027	65,6	50,9	2	0,014
3,7969608	1,00027	0,03333333	2,3986	0,416907	55,8	41,1	2	0,019
2,9872147	1,00027	0,03333333	1,9937	0,501569	43,9	29,2	2	0,032
2,3203649	1,00027	0,01666667	1,6603	0,602294	34,1	19,4	1	0,029
1,4970096	1,00027	0,03333333	1,2486	0,80087	22	7,3	2	0,207
Average								0,041
KI								-0,025



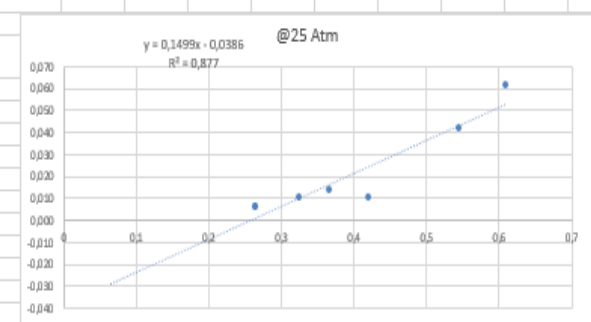
INPUT @100atm lithostatic								
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm3/sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)
7,1856462	1,00027	0,03333333	4,093	0,244322	105,6	90,9	2	0,005
6,5324056	1,00027	0,03333333	3,7663	0,26551	96	81,3	2	0,006
5,8247283	1,00027	0,03333333	3,4125	0,29304	85,6	70,9	2	0,008
5,1442694	1,00027	0,01666667	3,0723	0,325492	75,6	60,9	1	0,005
4,4910289	1,00027	0	2,7457	0,364212	66	51,3	0	0,000
3,7697424	1,00027	0,03333333	2,385	0,419286	55,4	40,7	2	0,019
3,014433	1,00027	0,03333333	2,0074	0,498168	44,3	29,6	2	0,032
2,367997	1,00027	0,03333333	1,6841	0,593776	34,8	20,1	2	0,056
1,5310326	1,00027	0,03333333	1,2657	0,790106	22,5	7,8	2	0,192
Average								0,045
KI								-0,061



INPUT @50atm lithostatic								
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm3/sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)
7,172037	1,00027	0,03333333	4,0862	0,244729	105,4	90,7	2	0,005
6,4711643	1,00027	0,03333333	3,7357	0,267686	95,1	80,4	2	0,006
5,8791651	1,00027	0,03333333	3,4397	0,290721	86,4	71,7	2	0,008
5,1646832	1,00027	0,03333333	3,0825	0,324414	75,9	61,2	2	0,010
4,4502013	1,00027	0,03333333	2,7252	0,36694	65,4	50,7	2	0,014
3,7697424	1,00027	0,03333333	2,385	0,419286	55,4	40,7	2	0,019
2,9259734	1,00027	0,03333333	1,9631	0,509392	43	28,3	2	0,034
2,2999511	1,00027	0,03333333	1,6501	0,606019	33,8	19,1	2	0,060
1,5378372	1,00027	0,03333333	1,2691	0,787987	22,6	7,9	2	0,189
Average								0,042
KI								-0,055



INPUT @25atm lithostatic								
P1 (atm)	P2 (atm)	qa (cm3/sec)	Pmean	1/Pmean	P1 (psi)	DP (psi)	flow (ml/min)	Ka (mD)
7,2196691	1,00027	0,03333333	4,11	0,243311	106,1	91,4	2	0,005
6,5392102	1,00027	0,03333333	3,7697	0,26527	96,1	81,4	2	0,006
6,5664286	1,00027	0,03333333	3,7834	0,264316	96,5	81,8	2	0,006
5,1578786	1,00027	0,03333333	3,0791	0,324773	75,8	61,1	2	0,010
4,4502013	1,00027	0,03333333	2,7252	0,36694	65,4	50,7	2	0,014
3,7561332	1,00027	0,01666667	2,3782	0,420485	55,2	40,5	1	0,010
2,667399	1,00027	0,03333333	1,8338	0,545305	39,2	24,5	2	0,042
2,286342	1,00027	0,03333333	1,6433	0,608529	33,6	18,9	2	0,061
1,5514463	1,00027	0,03333333	1,2759	0,783785	22,8	8,1	2	0,183
Average								0,047
KI								-0,055



### ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Παράρτημα 3. Πίνακας.δ. Ποσοστιαίες Αθροιστικών κοκκομετρικών κατανομών δειγμάτων

	min	max	LAG18	LAG19	LAG20	LAG20A	LAG21	LAG22	LAG23	LAG24	LAG25	LAG27
1	-3,0	-2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	-2,5	-2,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	-2,0	-1,5	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	-1,5	-1,0	0,0	0,0	0,0	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
5	-1,0	-0,5	0,0	0,0	0,0	11,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5
6	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	16,4	0,0	0,0	11,8	0,0	0,0	2,5
7	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	20,1	0,0	0,0	15,2	0,0	0,0	2,6
8	0,5	1,0	0,0	1,6	0,0	24,4	0,0	0,0	18,9	0,0	0,0	4,2
9	1,0	1,5	1,9	1,6	24,9	29,5	0,0	0,0	26,1	0,4	1,3	4,5
10	1,5	2,0	3,9	2,7	32,9	37,7	0,6	0,8	35,5	3,2	2,8	9,3
11	2,0	2,5	9,0	3,8	45,0	49,5	1,2	2,5	52,1	11,9	8,1	17,6
12	2,5	3,0	16,2	5,3	53,4	58,6	1,8	5,1	63,7	23,6	16,4	25,9
13	3,0	3,5	29,9	10,0	61,5	73,5	10,6	13,8	72,5	40,4	33,5	38,5
14	3,5	4,0	41,0	18,2	67,1	77,0	22,0	29,5	78,0	50,6	48,9	49,9
15	4,0	4,5	53,5	36,8	74,9	81,5	37,8	55,3	83,9	65,2	69,1	66,0
16	4,5	5,0	57,7	43,1	78,0	84,0	48,8	61,6	85,8	70,1	74,4	70,4
17	5,0	5,5	64,6	53,5	82,7	87,4	63,4	71,3	89,0	77,2	81,4	76,9
18	5,5	6,0	69,6	60,1	85,6	89,4	71,4	77,0	91,1	81,3	85,1	80,8
19	6,0	6,5	74,8	66,2	88,2	91,1	78,0	82,1	93,0	84,8	88,1	84,3
20	6,5	7,0	79,8	71,9	90,6	92,7	83,1	86,4	94,8	87,9	90,6	87,5
21	7,0	7,5	86,5	79,5	93,7	94,9	88,8	91,5	96,8	91,8	93,7	91,6
22	7,5	8,0	90,0	83,6	95,3	96,1	91,6	93,9	97,7	93,7	95,2	93,8
23	8,0	8,5	92,5	86,9	96,6	97,0	93,6	95,7	98,4	95,1	96,3	95,5
24	8,5	9,0	95,1	90,8	97,9	97,9	96,0	97,4	99,1	96,7	97,5	97,3
25	9,0	9,5	96,5	93,0	98,6	98,5	97,3	98,3	99,4	97,5	98,1	98,3
26	9,5	10,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

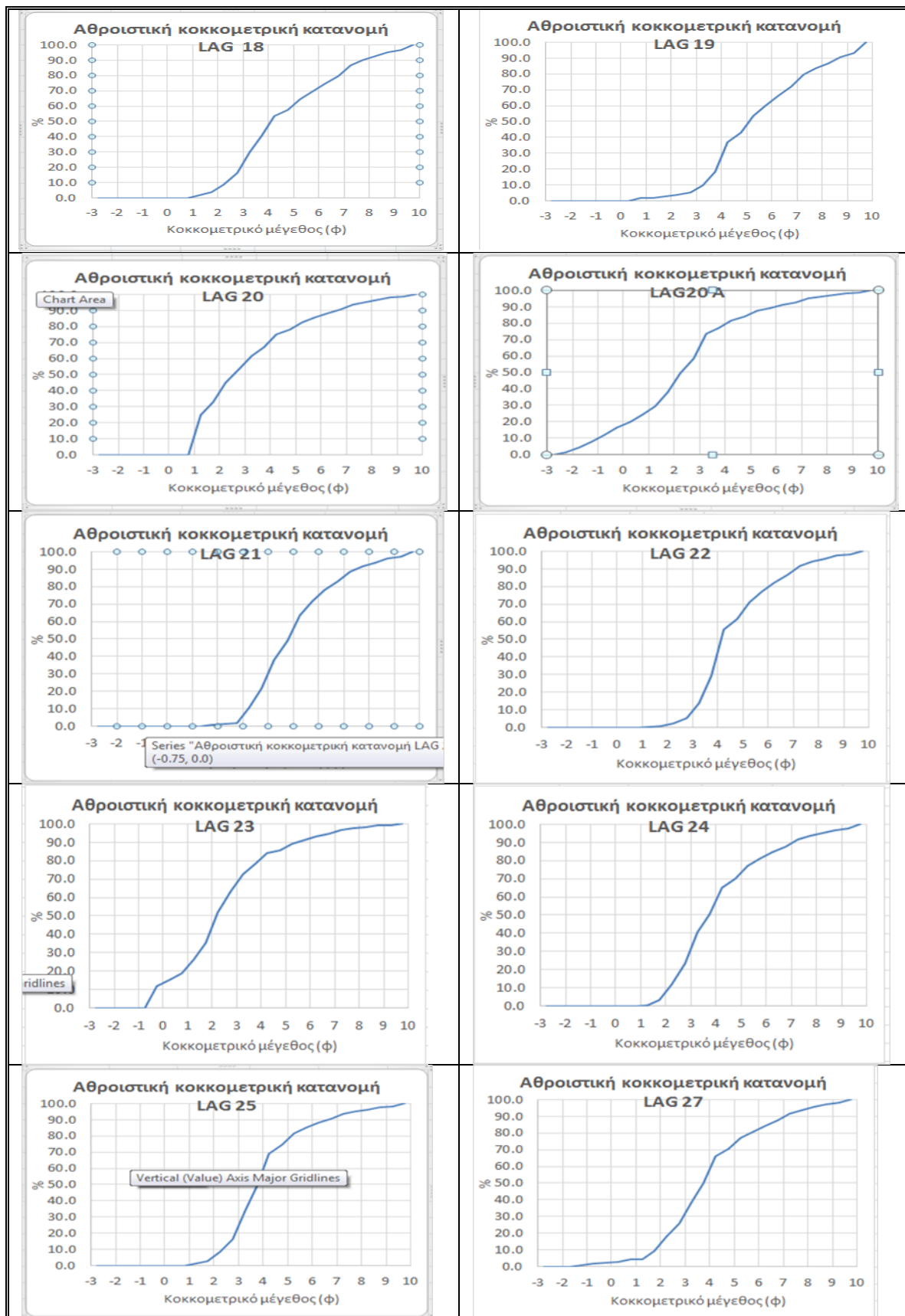
LAG28	LAG29	LAG30A	LAG30B	LAG31	LAG32A	LAG32B	LAG33	LAG34	LAF35	LAG36	LAG37
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,7	0,2	0,0	0,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
17,2	0,3	0,0	0,6	1,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6
30,0	0,3	0,0	2,1	1,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	3,2
41,1	0,6	0,2	2,8	2,1	0,9	2,2	0,0	0,0	0,4	0,0	9,3
49,9	0,6	0,4	4,1	3,0	0,9	2,2	0,0	0,6	0,7	0,0	18,4
56,9	5,0	1,7	6,8	6,9	2,5	3,9	1,4	1,6	2,2	2,4	30,1
65,7	13,6	5,3	12,6	16,3	4,9	5,9	2,8	9,1	4,5	5,8	48,8
72,2	23,3	11,1	18,9	25,8	8,9	8,2	4,2	25,6	7,4	10,0	59,7
78,2	40,9	22,7	29,0	40,3	20,9	16,7	5,3	51,0	20,0	21,7	70,4
81,8	52,9	36,5	36,0	53,3	34,9	32,1	8,9	64,1	38,1	36,9	78,3
86,1	66,4	46,2	48,0	71,1	57,1	55,8	24,6	76,3	58,2	58,2	88,5
87,7	70,5	51,4	52,1	79,6	61,7	63,1	31,1	78,8	63,1	63,1	91,7
90,4	76,8	61,1	60,8	87,9	69,2	71,9	44,4	82,9	70,5	70,7	94,7
92,2	80,5	67,5	67,0	91,0	74,1	76,6	53,6	85,6	75,0	75,3	95,8
93,8	84,0	73,5	72,8	93,0	78,7	80,7	62,3	88,2	79,4	79,5	96,7
95,3	87,2	79,0	77,9	94,4	83,1	84,5	70,1	90,5	83,6	83,5	97,3
97,0	91,4	86,1	84,4	96,2	88,9	89,7	79,8	93,7	89,2	89,0	98,2
97,8	93,7	89,8	87,7	97,1	91,9	92,4	84,8	95,3	92,2	91,9	98,7
98,4	95,4	92,6	90,2	97,7	94,2	94,5	88,6	96,4	94,5	94,2	99,0
99,0	97,3	95,6	93,2	98,4	96,6	96,7	92,7	97,6	96,9	96,5	99,4
99,4	98,2	97,2	95,0	98,8	97,8	97,8	94,8	98,3	98,0	97,7	99,6
100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

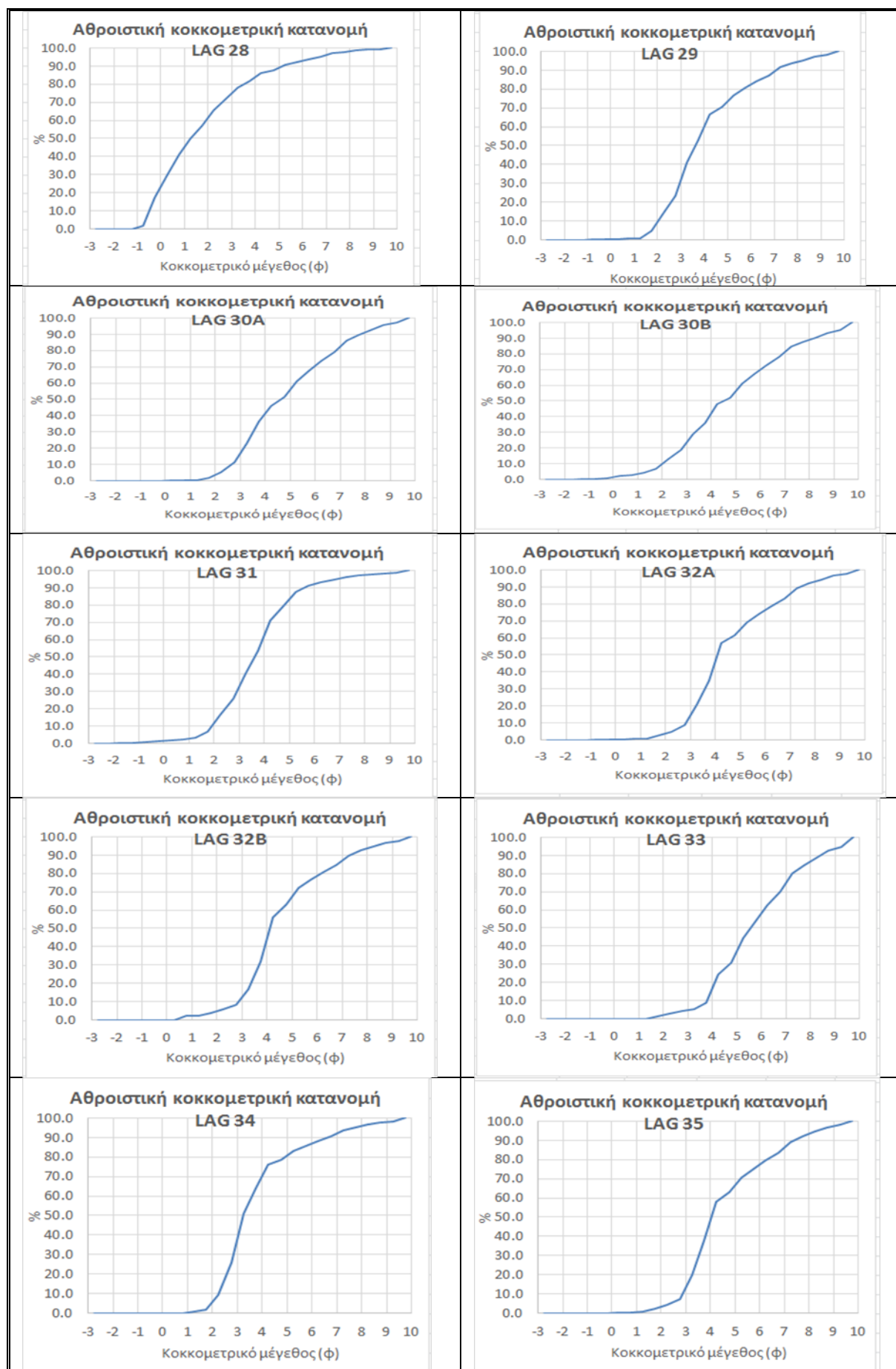


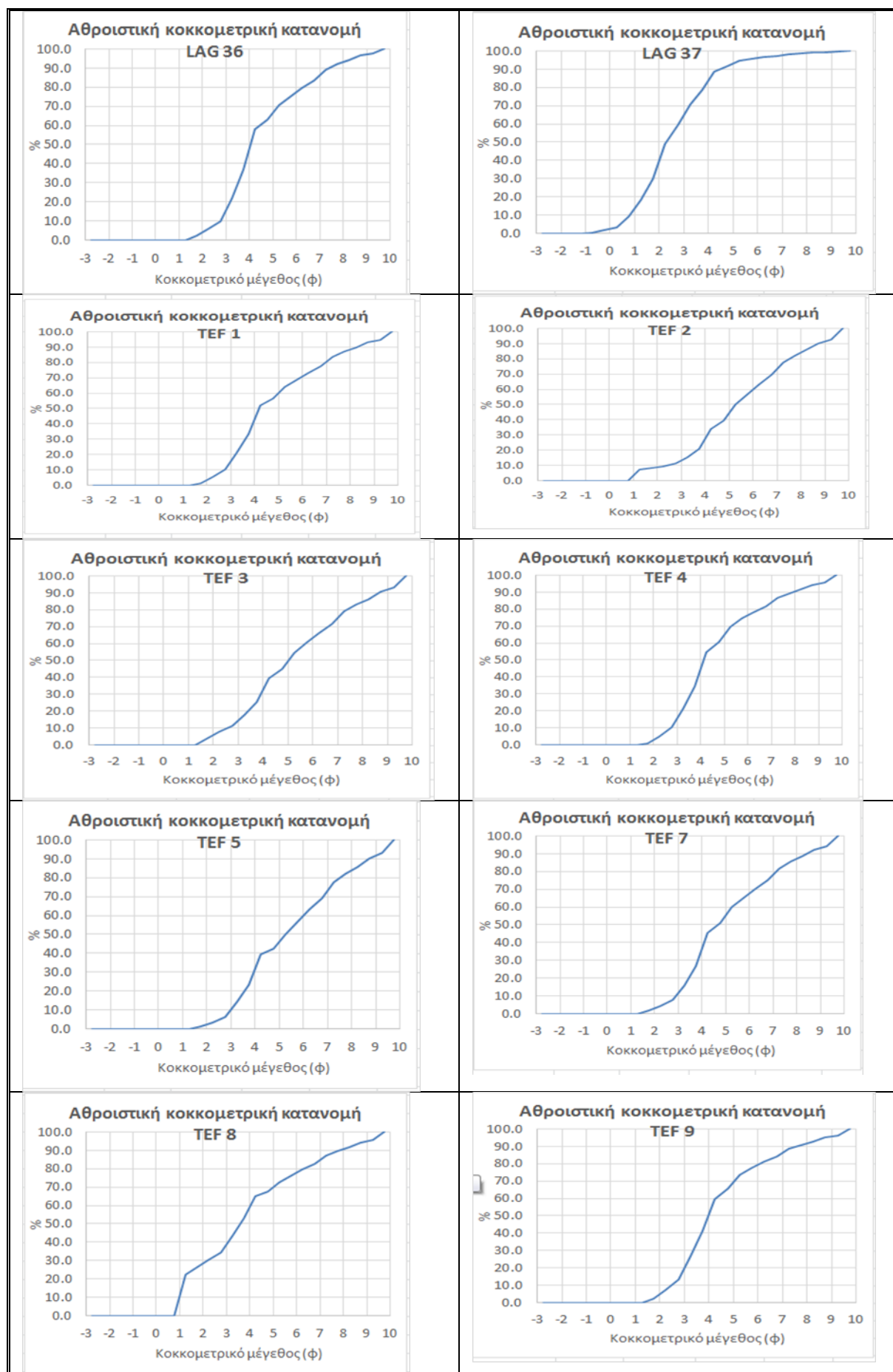
TEF1	TEF2	TEF3	TEF4	TEF5	TEF7	TEF8	TEF9	TEF10	TEF13	TEF14
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	22,2	0,0	0,0	0,0	2,3
1,5	8,0	3,7	0,9	1,2	1,7	26,2	2,5	4,4	6,7	3,0
5,3	9,3	8,0	4,7	3,3	4,4	30,6	7,3	11,8	21,0	4,7
10,5	11,2	11,5	10,2	6,3	7,7	34,4	13,5	20,8	43,4	8,4
21,3	15,6	18,0	21,2	14,4	16,0	43,3	26,8	41,5	71,9	23,7
33,6	21,0	25,2	34,4	23,4	26,8	53,2	41,4	59,0	82,4	41,6
51,9	33,8	39,5	54,3	39,2	45,5	65,0	59,4	73,2	90,1	61,5
56,6	39,5	44,8	60,7	42,5	51,1	67,5	65,4	77,6	91,6	66,5
64,0	49,7	54,3	69,6	50,2	59,8	72,7	73,4	83,1	93,8	72,5
68,8	56,6	60,5	74,3	56,5	65,2	76,2	77,5	85,9	95,0	75,8
73,3	63,2	66,2	78,3	62,9	70,2	79,6	81,0	88,2	96,0	79,0
77,6	69,4	71,6	81,8	69,1	75,0	82,8	84,1	90,3	96,9	82,4
83,7	77,7	78,9	86,6	77,5	81,7	87,1	88,4	93,1	97,9	87,3
87,1	82,3	83,0	89,4	82,1	85,4	89,6	90,9	94,6	98,5	90,1
89,7	85,9	86,3	91,6	85,8	88,5	91,6	92,8	95,8	98,9	92,3
92,9	90,3	90,5	94,3	90,3	92,1	94,2	95,0	97,2	99,3	94,9
94,8	92,9	93,0	95,8	93	94,2	95,7	96,3	98,0	99,5	96,3
100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

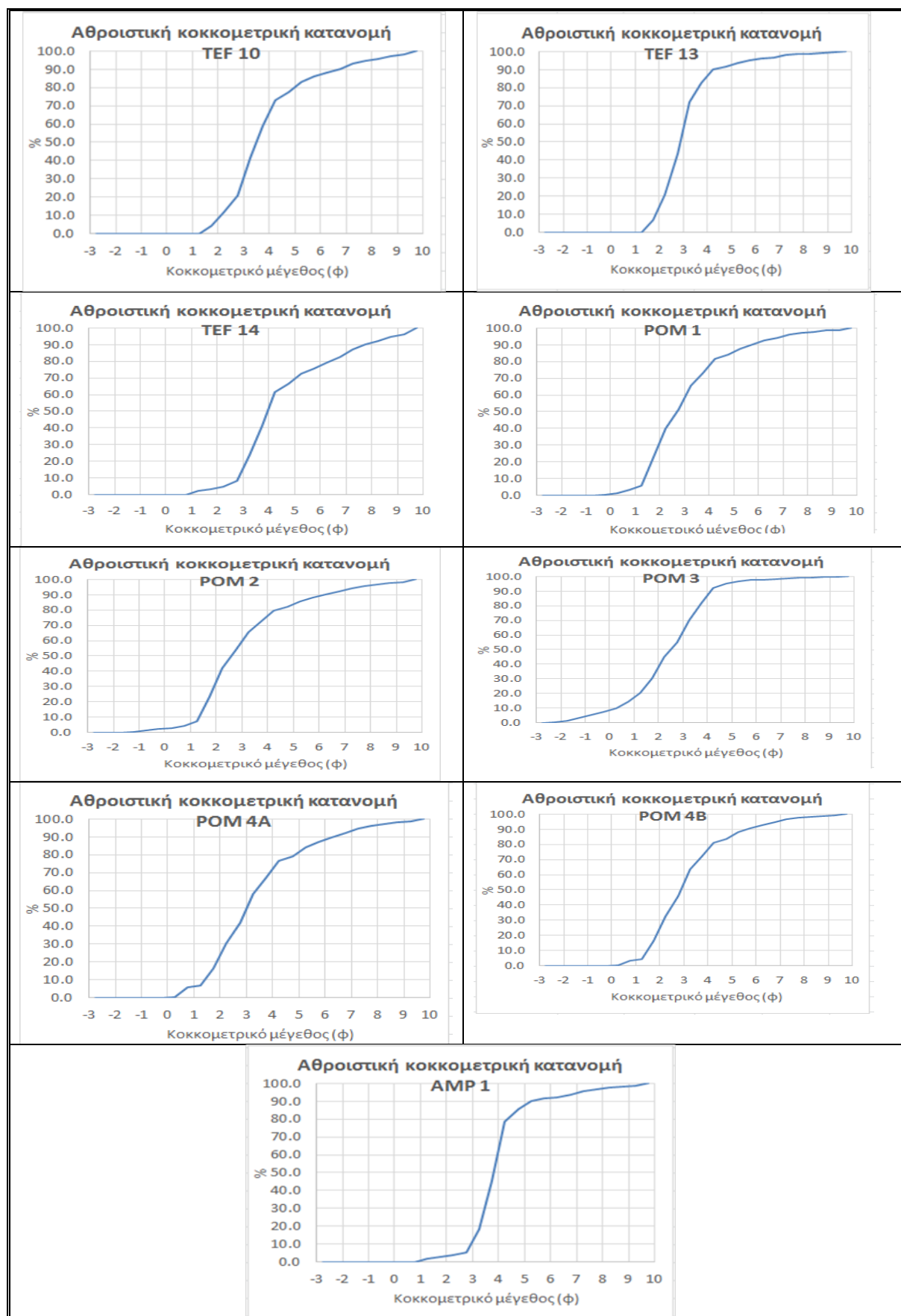
POM1	POM2	POM3	POM4A	POM4B	AMP1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0
0,0	0,3	3,2	0,0	0,0	0,0
0,0	1,2	5,1	0,0	0,0	0,0
0,5	2,2	7,0	0,0	0,0	0,0
1,2	2,8	10,0	0,3	0,3	0,0
3,1	4,2	14,3	5,8	3,2	0,0
5,9	7,5	20,4	6,9	4,0	1,8
23,1	23,4	30,5	16,1	16,3	2,7
39,9	42,2	45,0	30,3	32,5	3,6
51,7	53,8	55,0	42,1	45,8	5,3
65,4	65,7	70,2	58,2	63,3	18,4
73,2	72,5	81,6	67,2	72,1	45,2
81,5	79,5	92,1	76,5	80,9	78,7
83,9	82,0	95	79,1	83,7	85,8
87,9	85,6	96,9	83,9	88,0	90,3
90,3	87,9	97,4	86,9	90,6	91,5
92,4	90,0	97,9	89,7	92,8	92,4
94,2	91,9	98,3	92,1	94,7	93,8
96,3	94,4	98,8	94,9	96,8	95,8
97,2	95,6	99,1	96,2	97,7	96,8
97,9	96,5	99,2	97,1	98,3	97,4
98,5	97,4	99,4	98,0	98,9	98,2
98,8	98,0	99,6	98,4	99,1	98,7
100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Παράρτημα 3. Πίνακας.ε. Διαγράμματα Αθροιστικών κοκκομετρικών κατανομών δειγμάτων







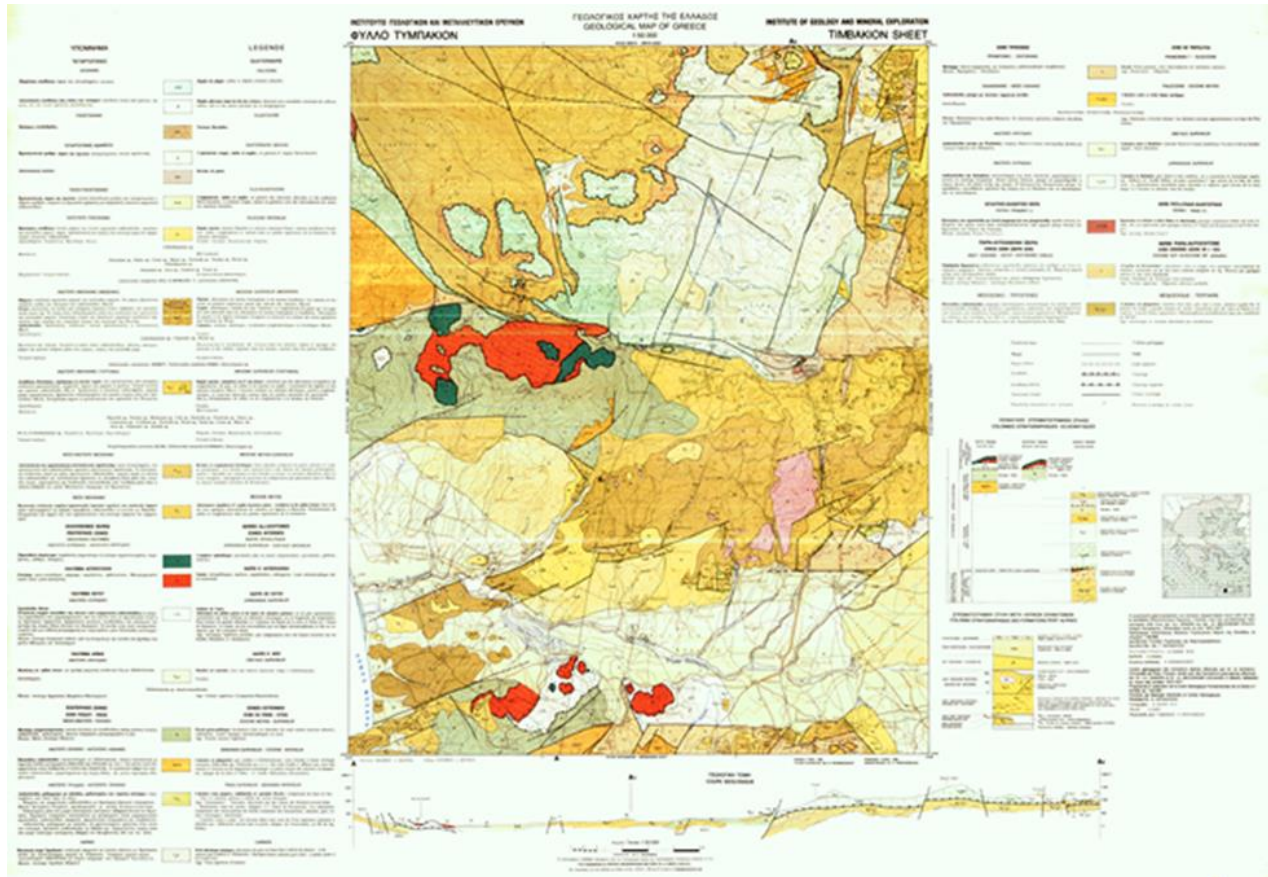


Δείγμα	LAG18	LAG19	LAG20	LAG	LAG	LAG21	LAG22	LAG23	LAG24	LAG25	LAG27	LAG28	LAG29	LAG	LAG	LAG31	LAG	LAG32	LAG33	LAG34	LAG35	LAG36	LAG37	LAG	LAG	TEF1	TEF2	TEF3	TEF4	TEF5	TEF6	TEF7	TEF8	TEF9	TEF10	TEF11	TEF12	TEF13	TEF14	POM1	POM2	POM3	POM4A	POM	AMP1	
Αρχική Εύρεση	294.27	282	279.55	290.1	282.8	270.1	273.7	282.5	297.6	277.1	288.5	289.6	274.7	294.9	267.7	293.9	268.5	263.9	281.1	264.5	277	280.2	271.1	283.6	283.6	289.1	277.2	296.6	291.2	283.7	275.6	250.2	299.1	275.3	287.6	272.6		286.4	271.4	260.9	267.3	289.7	287.9	296.6	287.8	
Εύρεση μετά από υπερήχους	129.15	127.25	224.02	224.02	203.34	54.75	153.4	241.01	168.47	161.63	172.91	256.93	168.94	162.01	189.5	162.01	160.59	135.86	89.88	197.91	162.37	164.77	216.93	199.89	215.49	261.6	72.57	247.2	205.2	222.32		211.88	221.55	195.37	203.99	—		260.05	147.59	236.17	250.22	239.1	231.7	248.42	150.35	
n	3000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5600	0	0	2.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
4000	0	0	8.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2820	0	0	10.1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9	0	0	0	0.3	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9	3.4	0.5	0	0.5	1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1400	0	0	0	12.25	0	0	0	28.2	0	0	0	2.4	30.5	0.3	0	1	1	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1000	0	0	0	9.84	0	0	0	8	0	0	0	0.26	25.1	0	0	4	21.8	0.7	0.6	2	1.2	2	5.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
710	0	3.6	0	11.74	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.87	0	0	4.05	0.85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500	5.08	0	74.53	13.77	1.26	0	0.13	17.2	1.02	3	0.78	17.4	0	0.425	3.76	2.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
355	5.47	2.59	23.96	22.13	22.17	0.99	1.95	22.3	7.13	3.64	12.01	13.68	10.69	3.79	7.51	9.65	4.1	4.12	3.57	2.72	3.55	5.04	29.85	5.55	7.81	0.9	1.51	2.8	1.6	1.2	0.97	13	4.81	11.85		17.85	1.79	20.8	11.69	24.12	22.3	29.42	2.27	2.04	4.34	
250	13.61	2.53	36.23	32	22.95	1.04	4.69	39.7	22.5	12.48	20.57	17.41	21.04	10.13	16.55	23.35	6.01	4.82	3.56	19.75	5.4	6.93	47.55	23.3	23.21	2.3	2.52	3.2	6.6	2.08	1.53	14.47	9.4	19.54		37.79	4.43	20.37	13.88	34.77	34.3	38.77	2.03			
180	19.53	3.49	25.1	24.59	28.22	1.21	7.03	27.71	30.05	19.76	20.59	12.66	23.67	16.33	18	23.51	9.95	5.54	3.41	43.56	7.01	8.69	27.66	31.29	26.14	3.1	3.68	2.6	9.8	3.03	1.87	12.39	12.07	24.15		59.34	9.47	14.38	8.61	24.14	28.87	31.87	4.32			
125	33.94	10.4	23.53	38.74	40.75	3.52	22.05	20.66	42.22	38.57	29.95	11.73	41.71	33	28.77	25.1	29.25	15.69	2.92	66.42	28.46	23.69	22.28	50.13	50.01	6.2	7.52	4.7	18.1	7.9	4.2	25.71	24.35	51.03		74.92	32.84	16.25	8.26	26.75	38.64	40.51	19.81			
90	23.58	13.89	13.08	5.55	25.21	4.43	35.62	11.87	21.05	30.37	23.11	5.92	24.99	34.62	18.1	13.4	30.37	26.09	5.41	31.73	37.56	27.84	12.35	35.09	35	6.2	6.74	4.3	18	8.27	4.64	30.73	22.88	39.86		25.76	37.39	8.34	4.05	14.38	20.07	18.21	40.51			
63	24.55	32.65	16.75	6.26	29.17	8.67	57.02	11.19	27.63	37.18	31.45	6.38	25.19	17.39	27.32	19.95	47.12	40.54	29.72	27.06	38.41	36.81	16.31	31.64	44.85	8.9	17.24	8.1	26.2	13.94	8.13	33.83	25.42	27.36		16.82	39.25	7.77	3.76	13.75	18.31	16.02	53.07			
Ραν	2.81	9.5	10.43	1.55	13.12	4.95	21.8	3.83	8.28	13.75	9.45	2.51	3.88	36.83	18.15	22.9	19.81	12.61	17.43	4.77	7.1	11.41	7.99	12.65	15.16	4.9	18.5	5.1	14.4	6.9	4.27	18.43	17.54	9.8		6.22	15.57	6.31	1.86	6.94	9.69	9.84	23.86			
Εύρεση μετά από υπερήχους n(≤63)	141.15	151.44	75.52	59.74	77.18	150.96	121.73	39.09	97.61	78.35	90.59	28.15	91.17	130.33	138.58	103.13	102.45	125.09	185.62	66.11	109.01	87.09	43.59	70.79	66.03	27.38	125.3	43.95	81.25	56.36		31.4	104.65	78.6	83.06		26.33	114.53	19.9	16.13	46.2	53.67	45.21	93.08		
Εύρεση που αναλύθηκε με Συστηματικό	143.96	160.94	85.95	61.29	90.3	155.91	143.53	42.92	105.89	92.1	100.04	30.66	95.05	167.16	156.73	126.03	122.26	137.7	203.05	70.88	116.11	98.5	51.58	83.44	81.19	32.28	143.8	49.05	95.65	63.26	0	35.67	123.08	96.14	92.86	0	0	32.55	130.1	26.21	17.99	53.14	63.36	55.05	116.94	
Συνολική επίδοση	46.7		1.7	26.34	28.48	2.17	37.7	8.48		14.26	0.2	18.5	3.175	22.82	16.3	10.6	24.9	20.9		33.04	8.1	5.25	1.6		213.47	13.4	213.47	109.95	179.58		186.6		78.1	18.9		21.1		134.22	191.85	42.7	11.86	52.68				
Συνολική επίδοση ανά δείγμα	8.3%	2.2%	-7.0%	6.3%	-1.4%	27.3%	-0.2%	2.5%	10.9%	14.4%	9.2%	32.1%	4.8%	2.8%	-16.3%	10.5%	2.5%	-0.3%	3.3%	0.3%	2.3%	23.7%	4.3%	5.1%	3.3%	20.8%	25.2%	10.1%	2.9%	4.3%	100.0%	10.4%	-8.8%	1.1%	0.8%	100.0%	8.1%	3.7%	4.2%	2.2%	2.8%	12.1%	1.8%	15.5%		



?

# ΙΓΜΕ (1983): Γεωλογικός χάρτης φύλλο Τυμπάκιον σε κλίμακα 1:50.000





IGME (1983): Γεωλογικός χάρτης φύλλο Άνω Αρχάναι σε κλίμακα 1:50.000

