

ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΧΟΛΗ: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΜΑ : Προσδιορισμός της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού εδάφους, με τη μέθοδο διαπερατόμετρου σταθερού φορτίου στο εργαστήριο

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. Νικόλαος Μαλάμος

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : Γεώργιος Γλαβάς

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2015

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	1
Δομή εργασίας	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	3
1.1 Νόμος Darcy-Υδραυλική αγωγιμότητα.	3
1.2 Η ανάλυση του Wooding	8
1.3 Μεθοδολογία πίπτοντος φορτίου (falling head).....	9
1.4 Γενική μεθοδολογία σταθερού φορτίου (constant head).....	11
1.5 Υπολογισμός της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού στο εργαστήριο με τη μέθοδο διαπερατόμετρου σταθερού φορτίου πίεσης	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	17
2.1 Γενικά στοιχεία περί θινών.	17
2.2 Ποιότητα αμμοθινών	21
2.3 Η επιρροή στην ποιότητα των αμμοθινών από την διείσδυση νερού	25
2.4 Οι αμμοθίνες στην Ελλάδα	28
2.5 Θίνες στη Δυτική Ελλάδα	30
2.6 Περιοχές δειγματοληψίας.....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	36
3.1 Υλικά και πειραματική διαδικασία	36
<i>3.1.1 Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν.....</i>	<i>36</i>
<i>3.1.2 Διαδικασία προετοιμασίας και κατασκευής δείγματος (δοκιμίου)</i>	<i>36</i>
<i>3.1.2 Πειραματική διάταξη.....</i>	<i>37</i>
<i>3.3.3 Πειραματική διαδικασία.....</i>	<i>41</i>
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	47
4.1 Αποτελέσματα μετρήσεων	47
<i>Περιοχή: Σύρος</i>	<i>49</i>
<i>Περιοχή: Γέρακας.....</i>	<i>50</i>
<i>Περιοχή: Αλικανάς.....</i>	<i>53</i>
<i>Περιοχή: Πόρτο Μπανάνα.....</i>	<i>56</i>
<i>Περιοχή: Λίμνη</i>	<i>59</i>
<i>Περιοχή: Φούρνοι</i>	<i>60</i>
<i>Περιοχή: Κάστρο Κυλλήνης</i>	<i>64</i>
<i>Περιοχή: Βαρθολομιό</i>	<i>64</i>
<i>Περιοχή: Κυπαρισσία.....</i>	<i>65</i>
<i>Περιοχή: Γιαννιτσοχώρι</i>	<i>68</i>
<i>Περιοχή: Τήνος</i>	<i>70</i>
<i>Περιοχή: Σάμος.....</i>	<i>70</i>
<i>Περιοχή: Μήλος.....</i>	<i>71</i>
<i>Περιοχή: Νάξος.....</i>	<i>72</i>
<i>Περιοχή: Απολακκιά.....</i>	<i>73</i>
Συμπεράσματα.....	75
Βιβλιογραφία	76

Εισαγωγή

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας αυτής είναι αρχικά να κατανοήσουμε την έννοια της υδραυλικής αγωγιμότητας, να εξετάσουμε τις παραμέτρους από τις οποίες εξαρτάται και τις διάφορες τεχνικές που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για να την εκτιμήσουμε στο εργαστήριο.

Επίσης, σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η εφαρμογή της μεθοδολογίας διαπερατόμετρου σταθερού φορτίου για τον υπολογισμό της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού σε 30 δείγματα που λήφθηκαν από αμμοθίνες διαφόρων περιοχών της Ελλάδας.

Ο συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας είναι μια σταθερά αναλογίας στον νόμο του Darcy. Αν η ροή είναι κορεσμένη ο συντελεστής αυτός έχει σταθερή τιμή όπου εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά του πορώδους μέσου και ονομάζεται υδραυλική αγωγιμότητα ή υδραυλική αγωγιμότητα κορεσμού (K_s). Ο συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας ενός πορώδους μέσου, είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος γιατί χαρακτηρίζει την ικανότητα του εδάφους να μεταφέρει νερό.

Η ετερογένεια του εδάφους ακόμα και σε αποστάσεις λίγων μέτρων είναι έντονη με συνέπεια αντίστοιχες μεταβολές στις τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού (K_s).

Δομή εργασίας

Αρχικά παρουσιάζεται μια ανάλυση του νόμου του Darcy και του μοντέλου υπολογισμού της υδραυλικής αγωγιμότητας πάνω στο οποίο έχουν βασιστεί όλα τα μετέπειτα μοντέλα υπολογισμού, μετά να αναφέρουμε μερικές από τις βασικές δοκιμές που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό αυτής.

Στο 2^ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στις αμμοθίνες, τα χαρακτηριστικά τους και την προέλευση των δειγμάτων ενώ στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή του τρόπου που εκτελέσαμε το πείραμα, των εργαλείων που χρειαστήκαμε και όλων των χειρισμών όπου κάναμε για να καταλήξουμε στα αποτελέσματα που παρουσιάζουμε.

Στο 4^ο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της πειραματικής διαδικασίας με τη μορφή διαγραμμάτων που περιέχουν τα δεδομένα που εξαγάγαμε από τις μετρήσεις κάθε δείγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 Νόμος Darcy-Υδραυλική αγωγιμότητα.

Η υδραυλική αγωγιμότητα είναι μια σταθερά αναλογίας σύμφωνα με το νόμο του Darcy (1856) (**Εξίσωση 1.1**) η οποία αποδίδει τη σχέση της παροχής και της κλίσης του υδραυλικού φορτίου που επιβάλλεται στα άκρα του δοκιμίου:

$$q = k \times i \times A = k \times \frac{\Delta H}{L} \times A \quad (\text{Εξίσωση 1.1})$$

Όπου:

q : ρυθμός ροής, m^3/s

k : υδραυλική αγωγιμότητα, m/s

$\Delta H/L$: i = κλίση του υδραυλικού φορτίου

ΔH : απώλεια φορτίου κατά μήκος του δοκιμίου, m

L : μήκος δοκιμίου, m

A : εμβαδό διατομής δοκιμίου, m^2 .

Η υδραυλική αγωγιμότητα (k) έχει μονάδες μήκους ανά μονάδα χρόνου. Στις Η.Π.Α. η μονάδα του k είναι ft/s , ενώ στο SI m/s .

Η υδραυλική αγωγιμότητα (k) στο νόμου του Darcy δεν εξαρτάται μόνο από τις ιδιότητες του πορώδους μέσου αλλά και από τις ιδιότητες ρέοντος υγρού (Olson and Daniel, 1981). Η άμμος για παράδειγμα θα

είχε μικρότερη υδραυλική αγωγιμότητα εάν το ρέον υγρό ήταν λάδι αντί νερό, διότι το λάδι έχει μεγαλύτερο ιξώδες.

Μία πιο γενική μορφή του νόμου του Darcy είναι η εξής (**Εξίσωση 1.2**):

$$q = K \times \frac{\gamma}{\mu} \times \frac{\Delta H}{L} \times A \quad (\text{Εξίσωση 1.2})$$

Όπου:

K : απόλυτη (ειδική) υδραυλική αγωγιμότητα, m^2

γ : μοναδιαίο βάρος του ρέοντος υγρού, $kg/m^2 \text{ s}^2$

μ : ιξώδες του ρέοντος υγρού, $kg/m \text{ s}$.

Η απόλυτη (ειδική) υδραυλική αγωγιμότητα είναι συνάρτηση μόνο των ιδιοτήτων του πορώδους μέσου και όχι των ιδιοτήτων του ρέοντος υγρού.

Πολύ συχνά χρησιμοποιείται η υδραυλική αγωγιμότητα (k) αντί του όρου απόλυτη (ειδική) υδραυλική αγωγιμότητα επειδή αναφέρεται στο νερό του οποίου η πυκνότητα και το ιξώδες παραμένουν σχετικά σταθερές (η υδραυλική αγωγιμότητα μεταβάλλεται περίπου 3% για κάθε μεταβολή $1^\circ C$ στη θερμοκρασία). Παραδοσιακά η σταθερά k της **Εξίσωσης 1.1** καλείται συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας ή απλά υδραυλική αγωγιμότητα. Επίσης η χρήση του όρου υδραυλική αγωγιμότητα για την σταθερά k της **Εξίσωσης 1** μπορεί να δημιουργήσει σύγχυση με την απόλυτη (ειδική) υδραυλική αγωγιμότητα η οποία είναι σταθερά της **Εξίσωσης 1.2**. Η χρήση του όρου υδραυλική αγωγιμότητα εξαλείφει κάθε σύγχυση με την απόλυτη ή

ειδική υδραυλική αγωγιμότητα. Στην εργασία αυτή η υδραυλική αγωγιμότητα υποδηλώνει την σταθερά k της **Εξίσωσης 1.1**.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία έχει αποδειχθεί πειραματικά ότι η εξίσωση του Darcy (**Εξίσωση 1.1**) ισχύει για ένα μεγάλο εύρος τύπων εδαφών και υδραυλικών φορτίων όταν υπάρχει στρωτή (laminar) ροή μέσω των κόκκων (Olson and Daniel, 1981).

Το κριτήριο έρευνας του εύρους εφαρμογής του νόμου του Darcy είναι ο αριθμός Reynolds (R_n). Για ροή σε πορώδη μέσα ο αριθμός Reynolds (R_n) δίνεται από την σχέση:

$$R_n = \frac{vD\rho}{\mu} \quad (\text{Εξίσωση 1.3})$$

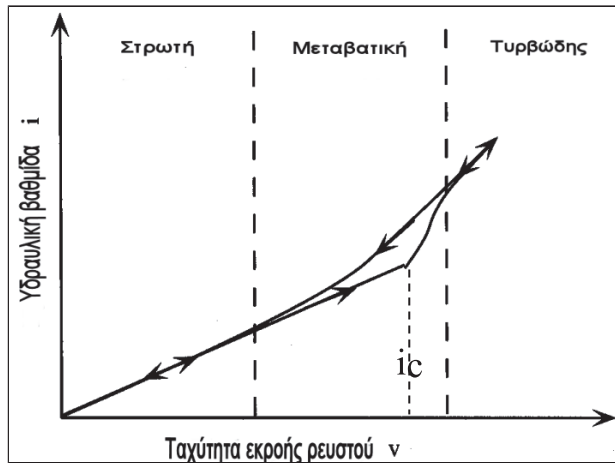
v : ταχύτητα εκροής, cm/s

D : μέση διάμετρος κόκκων, cm

ρ : πυκνότητα ρευστού, kg/cm³

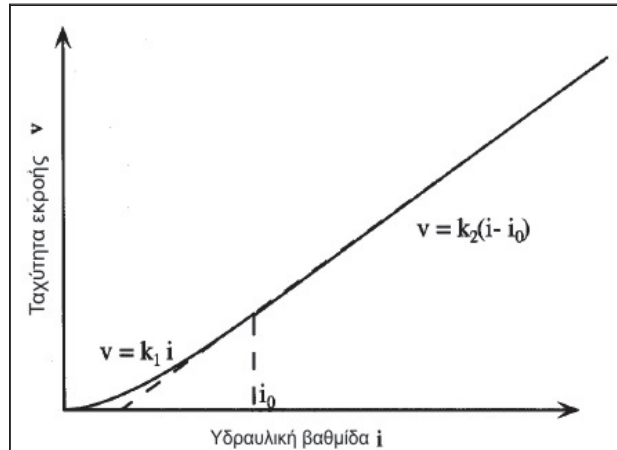
μ : δυναμικό ιξώδες, kg/cm s

Εντούτοις, ο νόμος του Darcy δεν ισχύει για πολύ μεγάλα υδραυλικά φορτία σε χονδρόκοκκα εδάφη όπου η ροή από στρωτή γίνεται τυρβώδης (turbulent) (**Σχήμα 1.1**).



Σχήμα 1. 1 Ζώνες στρωτής και τυρβώδους ροής (Taylor, 1948)

Ο νόμος του Darcy δεν ισχύει επίσης όταν εφαρμόζονται πάρα πολύ μικρές υδραυλικές βαθμίδες σε αργιλικά κυρίως υλικά. Όπως αποδείχθηκε από τον Hansbo (1960), σε αργιλικά εδαφικά δείγματα για πολύ μικρές υδραυλικές βαθμίδες ($i < i_0$) υπάρχει μια μη γραμμική συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας εκροής (v) και της υδραυλικής βαθμίδας, ενώ για μεγάλες υδραυλικές βαθμίδες ($i \geq i_0$) η σχέση γίνεται γραμμική (Σχήμα 1.2).



Σχήμα 1.2 Απόκλιση από το νόμο του Darcy σε αργιλικά υλικά (Hansbo, 1960)

Όταν η ροή του ρευστού μέσω του υπό μελέτη δείγματος είναι με φορά από κάτω προς τα επάνω, φαινόμενα τριβής τείνουν να ανυψώσουν τους εδαφικούς κόκκους και να εξαναγκάσουν τον αποχωρισμό τους.

Η υδραυλική αγωγιμότητα εξαρτάται από μηχανικούς ή φυσικοχημικούς παράγοντες. Οι μηχανικοί παράγοντες κύριου ενδιαφέροντος που επηρεάζουν την μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας είναι το μέγεθος του δοκιμίου, η υγρασία συμπύκνωσης του εδάφους (για συμπυκνωμένα εδάφη), η μέθοδος και ο χρόνος κορεσμού του δοκιμίου, η θερμοκρασία του ρευστού και του περιβάλλοντα χώρου και το χρησιμοποιούμενο ρευστό. Οι φυσικοχημικοί παράγοντες όπως η ορυκτολογική σύσταση και το ποσοστό των αργιλικών ορυκτών επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό το μέγεθος της υδραυλικής αγωγιμότητας επειδή ελέγχουν την τάση των αργιλικών ορυκτών να διογκώνονται και να δημιουργούν συσσωματώματα (Mesri et al., 1971).

1.2 Η ανάλυση του Wooding

Η προσεγγιστική λύση σταθερής κατάστασης του Wooding (1968) αποτελεί τη βάση για την εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας σε μη κορεσμένο έδαφος με βάση τα αποτελέσματα μετρήσεων με το διηθητόμετρο δίσκου εφαρμογής αρνητικής πίεσης. Η κλασική ανάλυση του Wooding αφορά τον προσδιορισμό δύο αγνώστων παραμέτρων, της υδραυλικής αγωγιμότητας K_s [$L T^{-1}$] στο κορεσμένο έδαφος και του συντελεστή διήθησης α^* (L^{-1}) στο εκθετικό μοντέλο του Gardner (1958) της υδραυλικής αγωγιμότητας στο ακόρεστο έδαφος. (Εξίσωση 1.2.1):

$$K(h) = K_s \exp(\alpha^* h) \quad \text{Εξίσωση 1.2.1}$$

Οι παράμετροι K_s και α^* μπορούν να εκτιμηθούν με βάση την εξίσωση του Wooding (1968), για διήθηση σταθερής κατάστασης κάτω από πηγή νερού προερχόμενη από δίσκο (Εξίσωση 1.2.2):

$$Q(h_0) = \pi r_0^2 K(h_0) + 4 r_0 \phi(h_0) \quad \text{Εξίσωση 1.2.2}$$

όπου.

Q : ο ρυθμός διήθησης σε συνθήκες σταθερής κατάστασης, [$L^3 T^{-1}$]

r_0 : η ακτίνα του δίσκου [L]

h_0 : το φορτίο πίεσης στην επιφάνεια του εδάφους. [L]

$K(h_0)$: η υδραυλική αγωγιμότητα που αντιστοιχεί στο φορτίο πίεσης h_0 [$L T^{-1}$]

$\phi(h_0)$: το αρχικό δυναμικό, [L]

όπου, ο πρώτος όρος αναφέρεται στην επίδραση της βαρύτητας και ο δεύτερος όρος αναφέρεται στην επίδραση των δυνάμεων λόγω του τριχοειδούς φαινομένου.

Με βάση το μετασχηματισμό του Kirchhoff (Gardner, 1958) ισχύει (Εξίσωση 1.2.3):

$$\varphi(h_0, h_i) = \int_{h_i}^{h_0} K(h) dh \quad \text{Εξίσωση 1.2.3}$$

Όπου, h_i : το αρχικό φορτίο πίεσης στην επιφάνεια του εδάφους. [L].

Στο σημείο, αυτό, αξίζει να αναφερθεί ότι η αρχική επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων διηθητομέτρου δίσκου εφαρμογής αρνητικής πίεσης έγινε με βάση την ανάλυση του Wooding (1968). η οποία προϋποθέτει την προσέγγιση του ρυθμού διήθησης, σε συνθήκες σταθερής κατάστασης, σε διάφορα διαθέσιμα αρχικά φορτία πίεσης. Προηγούμενες μελέτες έχουν αποδείξει, ότι η προσεγγιστική λύση του Wooding, υπερεκτιμά την υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους, εφόσον η σταθερή κατάσταση δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί. Παρόλα αυτά, ο ρυθμός διήθησης που επιτυγχάνεται εντός μίας ώρας, θεωρείται ότι αφορά στις συνθήκες ροής σταθερής κατάστασης στην πλειοψηφία των ερευνών που χρησιμοποιούν τη μέθοδο του Wooding. Το τυπικό σφάλμα, συνήθως αγνοείται, λόγω της βαρύτητας που δίδεται στην παραλλακτικότητα του εδάφους (Simunek et al. 1999a).

1.3 Μεθοδολογία πίπτοντος φορτίου (falling head)

Στη μεθοδολογία πίπτοντος φορτίου το επίπεδο της στάθμης του νερού στην είσοδο του δοκιμίου μεταβάλλεται.

Το κύριο πλεονέκτημα των δοκιμών πίπτοντος φορτίου είναι ότι ο εξοπλισμός τους είναι πιο απλός σε σχέση με τον εξοπλισμό που απαιτείται στις δοκιμές σταθερού φορτίου. Ένα μικρό μειονέκτημα είναι το γεγονός ότι οι εξισώσεις για τον προσδιορισμό της υδραυλικής

αγωγιμότητας είναι πολύ πιο περίπλοκες.

Εντούτοις, υπάρχουν τρεις δυνητικοί περιορισμοί στις δοκιμές πίπτοντος φορτίου οι οποίοι είναι (Olson and Daniel, 1981):

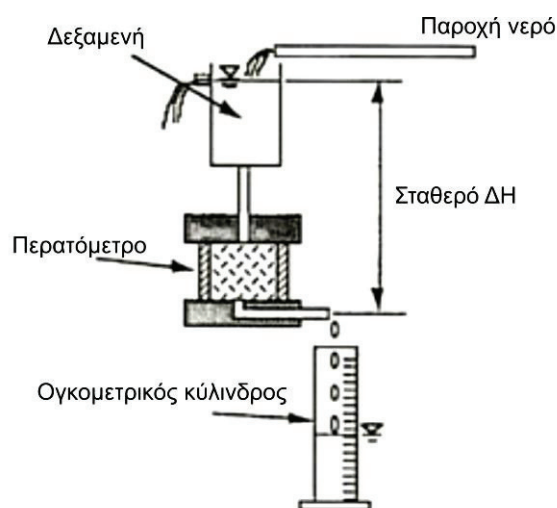
1. Καθώς το υδραυλικό φορτίο μειώνεται, η πίεση μειώνεται και κάθε πιθανή φυσαλίδα στο δοκίμιο διογκώνεται.
2. Καθώς η πίεση μειώνεται, το ποσοστό του αδιάλυτου αέρα στο ρευστό μειώνεται, γεγονός το οποίο μπορεί να προκαλέσει την έκλυση αδιάλυτου αέρα από το ρευστό και την δημιουργία φυσαλίδων (εφόσον το ρευστό ήταν κορεσμένο με αδιάλυτο αέρα στην αρχική μέγιστη πίεση).
3. Στα κελιά εύκαμπτου τύπου στα οποία η ολική τάση διατηρείται σταθερή, η μείωση της πίεσης των πόρων προκαλεί μια αύξηση στην ενεργή τάση η οποία με την σειρά της προκαλεί φαινόμενα στερεοποίησης και μείωση του λόγου κενών.

Η δοκιμή του πίπτοντος φορτίου χρησιμοποιείται για εδάφη μικρής έως μέσης υδραυλικής αγωγιμότητας, δηλαδή για εδάφη με υδραυλική αγωγιμότητα $< 10^{-5}$ m/s, όπως οι άργιλοι.

Το πρόβλημα της στερεοποίησης μπορεί να είναι σημαντικό για υλικά υψηλής συμπιεστότητας. Το πρόβλημα της ανάπτυξης των φυσαλίδων με την μείωση της πίεσης, περιορίζεται εάν το δοκίμιο κορεστεί με τη τεχνική αντιπίεσης πόρων και το πρόβλημα της δημιουργίας φυσαλίδων από το ρευστό περιορίζεται με τη χρήση απαερωμένου ρευστού σε υψηλές πιέσεις. Επίσης αν υπάρχουν μικρές γνωστές απώλειες φορτίου στους σωλήνες, βαλβίδες, πρέπει να ληφθούν υπόψη στις δοκιμές σταθερού φορτίου, ενώ στις δοκιμές μεταβλητού φορτίου όχι, μιας και οι απώλειες φορτίου διαφοροποιούνται με το φορτίο (Olson and Daniel, 1981).

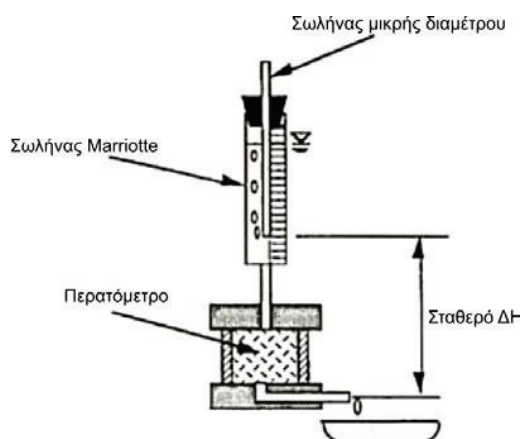
1.4 Γενική μεθοδολογία σταθερού φορτίου (constant head)

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να διατηρηθεί το φορτίο σταθερό. Στο **Σχήμα 1.3** διατηρείται σταθερή η στάθμη στη δεξαμενή νερού σε συνεχή ροή, παρέχοντας επαρκή ποσότητα νερού στο διαπερατόμετρο.



Σχήμα 1.3 Το σταθερό φορτίο διατηρείται με συνεχή παροχή νερού στη δεξαμενή (Olson and Daniel, 1981)

Μια άλλη μέθοδος για την διατήρηση σταθερού φορτίου είναι ο σωλήνας τύπου Mariotte (**Σχήμα 1.4**).



Σχήμα 1.4 Το σταθερό φορτίο διατηρείται χρησιμοποιώντας τη συσκευή Mariotte (Olson and Daniel, 1981)

Ένας μικρής διαμέτρου σωλήνας τοποθετείται μέσα στη δεξαμενή

και ο δακτύλιος ταπώνεται με ένα λαστιχένιο πώμα. Καθώς το νερό αρχίζει να ρέει έξω από τη δεξαμενή, ο αέρας μεταφέρεται στο σωλήνα μικρής διαμέτρου. Όταν ο σωλήνας μικρής διαμέτρου αδειάσει από νερό, ο αέρας ξεκινάει να σχηματίζει φυσαλίδες στη δεξαμενή. Το φορτίο στο σωλήνα μικρής διαμέτρου πρέπει να είναι ίσο με την εφαρμοζόμενη πίεση αέρα. Καθώς ο αέρας σχηματίζει φυσαλίδες στη δεξαμενή, η συσκευή Mariotte διατηρεί το φορτίο σταθερό. Εντούτοις υπάρχει μια μικρή διακύμανση λίγων χιλιοστών στο φορτίο κατά την διάρκεια της δημιουργίας των φυσαλίδων αέρα. Αυτή η μικρή διακύμανση στο φορτίο σπάνια είναι σημαντική σε εργαστηριακές δοκιμές μέτρησης της υδραυλικής αγωγιμότητας αλλά μπορεί να είναι σημαντική σε άλλου είδους εφαρμογές π.χ. δοκιμές διήθησης στο πεδίο.

Η δοκιμή είναι κατάλληλη και ενδείκνυται για εδάφη με υδραυλική αγωγιμότητα μεταξύ 10^{-2} και 10^{-5} m/s, που συναντάται σε καθαρές άμμους και δείγματα αμμοχάλικων με λεπτόκοκκα (ιλύς ή άργιλος) λιγότερα από 10% (Burnes, 2005).

Τα κύρια πλεονεκτήματα της μεθοδολογίας σταθερού φορτίου είναι:

1. Ευκολία στον υπολογισμό της υδραυλικής αγωγιμότητας,
2. Διατήρηση μιας σταθερής πίεσης στο δοκίμιο.

1.5 Υπολογισμός της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού στο εργαστήριο με τη μέθοδο διαπερατόμετρου σταθερού φορτίου πίεσης

Η μεθοδολογία υπολογισμού της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού με τη μέθοδο διαπερατόμετρου σταθερού φορτίου για πολύ πορώδη εδάφη (Sarkar and Haldar, 2005) παρουσιάζεται αναλυτικά παρακάτω:

Γενική αρχή.

Εαν ένα σταθερό επίπεδο νερού διατηρηθεί στην κορυφή μια κορεσμένης στήλης εδάφους με μήκος L , ο όγκος του νερού Q που θα την διαπεράσει από άκρο σε άκρο ανά επιφάνεια διατομής A της στήλης εδάφους σε μονάδα χρόνου t θα είναι ευθέως ανάλογη της κλίσης του υδραυλικού φορτίου κατά μήκος της στήλης εδάφους. Άρα

$$\frac{Q}{A \cdot t} = -K \Delta \frac{H}{L}$$

Σύμφωνα με νόμο του Darcy η σταθερά αναλογικότητας K στην παραπάνω εξίσωση είναι η υδραυλική αγωγιμότητα του εδάφους.

Το σύμβολο $\Delta H = H_i - H_o$ αναπαριστά την διαφορά ανάμεσα στο συνολικό φορτίο πίεσης μεταξύ των άκρων εισροής και εκροής της στήλης.

Άρα:

$$\begin{aligned} H_i &= H_{si} + H_{gi} \\ H_o &= H_{so} + H_{go} \end{aligned}$$

Όπου τα H_s και H_g αναπαριστούν το φορτίο πίεσης και το φορτίο θέσης αντίστοιχα, τα i και o αναπαριστούν τα άκρα εισροής και εκροής αντίστοιχα. Η προς τα επάνω κατεύθυνση θεωρείται θετική, το νερό κυλά ελεύθερα από τη βάση της στήλης εδάφους. Κάτω από αυτές τις συνθήκες $H_o = 0$, καθώς τα H_{so} και H_{go} είναι ίσα με το 0.

Άρα

$$\Delta H = H_{si} + H_{gi}$$

Αλλά

$$H_{gi} = L$$

Οπότε

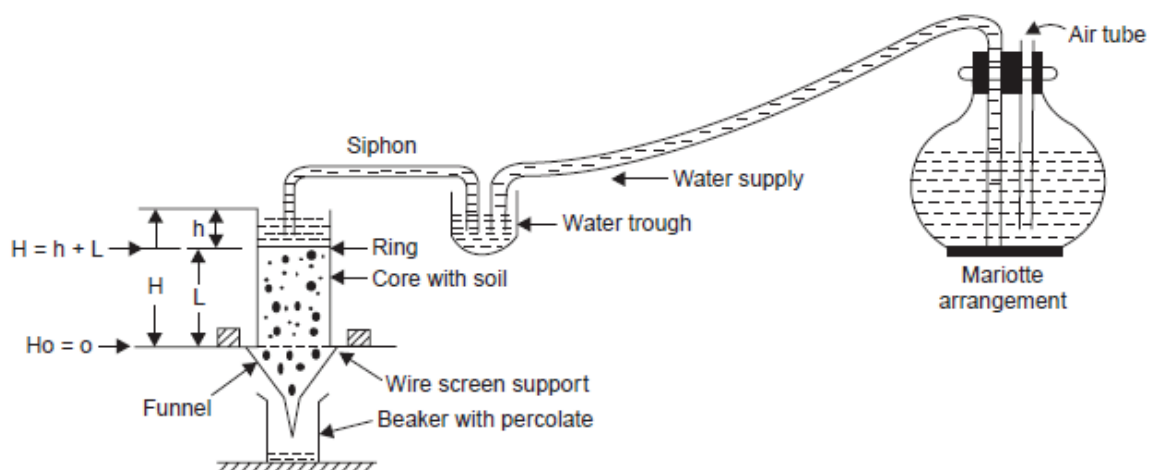
$$\Delta H = H_{si} + L$$

Άρα όντως

$$\frac{Q}{A \cdot t} = -K \left(\frac{H_{si} + L}{L} \right)$$

Διάταξη.

- Μπρούτζινος κύλινδρος (διαπερατόμετρο) εσωτερικής διαμέτρου περίπου 7 cm και μήκους 10 cm με διάτρητη βάση.
- Μία ξύλινη ή μεταλλική βάση για την υποστήριξη του διαπερατόμετρου.
- Γυάλινοι ράβδοι.
- Ένα χρονόμετρο.
- Μια δεξαμενή νερού με διάταξη Mariotte η οποία διατηρεί ένα σταθερό επίπεδο νερού στην κορυφή της επιφάνειας του εδάφους.



Διαδικασία εκτέλεσης πειράματος.

- Τοποθετήστε ένα φίλτρο χαρτιού στο κάτω μέρος του διαπερατόμετρου.
- Παίρνουμε 200g ξηρού εδάφους περασμένο απο κόσκινο 2 mm και τοποθετούμε όλο το δείγμα μέσα στο διαπερατόμετρο.
- Ανακατευουμε και συμπιέζουμε το δείγμα χτυπώντας το διαπερατόμετρο 15-20 φορές σε ένα κομματι ξύλο απο ύψος 2.5cm.
- Τοποθετούμε ένα φίλτρο χαρτιού στην επιφάνεια του εδάφους για να προστατεύσουμε το δείγμα κατα την αρχική εισαγωγή του νερού.
- Αφήνουμε το δείγμα να κορεστεί βάζοντας το δείγμα σε ένα δοχείο με αρκετό νερό ώστε το επίπεδο αυτού να είναι ελαφρώς πάνω απο την επιφάνεια του εδάφους.
- Το αφήνουμε έτσι για μια μέρα μέχρι να κορεστεί μέχρι την επιφάνεια του εδάφους σε νερό. Το σημείο κορεσμού καταδुकνειείται σε μια συνεχόμενη γραμμή νερού στην επιφάνεια του εδάφους.
- Τοποθετούμε το διαπερατόμετρο στην βάση και ανοίγουμε το σιφόνι για να διασφαλίσουμε ένα σταθερό επίπεδο νερού 2-3 cm στην επιφάνεια του εδάφους με χρήση της διάταξης Mariote.
- Εκτελούμε τουλάχιστον 4 επαναλήψεις για να έχουμε μια γενική ιδέα της μεταβλητότητας.
- Καταγράφουμε τον χρόνο απο την στιγμή που το νερό στην κορυφή του δείγματος σταθεροποιηθεί και έχουμε μια σταθερή ροή στην εκροή.
- Όταν επιτύχουμε μια σταθερή ροή ξεκινάμε να συγκεντρώνουμε το νερό που εκρέεται σε ένα ογκομετρικό κύλινδρο.
- Μετράμε τον όγκο του συγκεντρωμένου νερού σε συγκεκριμένο χρόνο.
- Καταγράφουμε μερικές διαδοχικές μετρήσεις μέχρι να σταθεροποιηθεί η ροή.
- Μετράμε το ακριβές επίπεδο νερού στην επιφάνεια του εδάφους με την χρήση ενός χάρακα και έπειτα αποσυνθέτουμε το πείραμα.

- Μετράμε το ύψος της στήλης εδάφους πιέζοντας με μια γυάλινη ράβδο κάθετα και καταγράφουμε το μήκος της ράβδου που καλυμμένο με χώμα.
- Καταγράφουμε την θερμοκρασία του νερού που χρησιμοποιήσαμε στο πείραμα.

Παρατηρήσεις και υπολογισμοί.

Διάμετρος του διαπερατόμετρου = d (cm)

Επιφάνεια διατομής του διαπερατόμετρου = A (cm²)

Βάθος του νερού πάνω από το έδαφος = H (cm)

Μήκος της στήλης εδάφους = L (cm)

Χρόνος που συγκεντρώσαμε το εκκρεόμενο νερό = t (min)

Όγκος του εκκρεόμενου νερού που συλλέχθηκε. = Q (cm³)

$$\text{Υδραυλική αγωγιμότητα } K_s : = \left(\frac{Q}{A \cdot t} \times \frac{L}{L + H} \right) \text{ cm min}^{-1}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Γενικά στοιχεία περί θινών.

Αμμοθίνες μπορούν να βρεθούν σε όλες τις ηπείρους και σε όλες τις κλιματικές συνθήκες στον κόσμο . Αυτές καλύπτουν περίπου το 20% των άνυδρων ζωνών της γής μα επίσης τις βρίσκουμε και σε υγρές περιοχές της νοτίου Αμερικής και στην Ευρώπη , συγχρόνως και στις πιο πολλές ακτές του κόσμου, σε σύνολο καλύπτουν μια περιοχή παραπάνω από 5.000.000 km² τα οποία 99% είναι έρημος . Οι αμμοθίνες εμφανίζονται σε πολλά διαφορετικά σχήματα εξαιτίας διάφορων παραγόντων που δημιουργούν , όπως η κατεύθυνση ανέμου , μεγέθους κόκκου και φυτοκάλυψη . Ως έδαφος οι αμμοθίνες συνήθως θεωρούνται στερημένο έδαφος από ευεργετικά χαρακτηριστικά για τα φυτά (flora, fauna) γιατί είναι γνωστό ότι η άμμος έχει χαμηλή γονιμότητα ,χαμηλή συγκράτηση νερού και οι κόκκοι της άμμου δεν έχουν συνοχή . Άνεμοι ισχύος 4 μποφόρ (5 – 7 ms⁻¹) και πάνω μπορούν εύκολα να διαβρώσουν την άμμο οπότε δημιουργούν κι άλλο πρόβλημα για την φυτοκάλυψη . Ως αποτέλεσμα η αιολική μετακίνηση της άμμου έχει γίνει συνώνυμη με την αποξήρανση και την ερημοποίηση ξηρών και ημίξηρων περιοχών .

Στην φυσική γεωγραφία μια αμμοθίνη είναι ένας λόφος κτισμένος από τις αιολικές μεθόδους . Οι αμμοθίνες συμβαίνουν να υπάρχουν σε διαφορετικές μορφές και μεγέθη. Σχηματίζονται από την αλληλεπίδραση με τον άνεμο ,στις πιο πολλές μορφές αμμοθινών οι πλευρές που είναι προς τον άνεμο είναι μικρότερες όπου η άμμος σπρώχνεται προς τα επάνω και έχει κοντύτερη επιφάνεια προς την μεριά του ανέμου.



Εικόνα 2.1: Αμμοθίνες με φυτοκάλυψη.

Η κοιλάδα ή ο τράφος ανάμεσα από τις θίνες καλούνται με την ορολογία SLACK (ψιλή σκόνη) . Ένα πεδίο αμμοθινών είναι μια περιοχή σκεπασμένη από εκτενείς αμμοθίνες , τα μεγάλα πεδία αμμοθινών καλούνται ERGS.

Κάποιες παραλιακές περιοχές έχουν μια η και περισσότερες σειρές αμμοθινών ακολουθώντας παράλληλα με την ακτογραμμή απευθείας από τα μεσόγεια προς την παραλία .

Οι αμμοθίνες ή θίνες είναι μικροί λόφοι από άμμο που συναντώνται κυρίως στις παράκτιες περιοχές, αποτελούν σημαντικό οικότοπο και δημιουργήθηκαν από τις διεργασίες της διάβρωσης και της απόθεσης της άμμου στην παράκτια ζώνη. Έτσι, η άμμος της ακτής που παρασύρεται από τον άνεμο αντικαθίσταται φυσιολογικά από την άμμο που κύματα και ρεύματα φέρνουν στην παραλία. Η άμμος αυτή προέρχεται και μεταφέρεται από τη λεκάνη απορροής των ποταμών ή και από ιζήματα διαβρωμένων βράχων ή και υποθαλάσσιων συσσωρεύσεων άμμου.



Εικόνα 2.2: Αμμοθίνες στο Μαρόκο

Οι θίνες, εξαιτίας της αμμώδους σύστασής τους, αποτελούν ασταθή, αλλά δυναμική γεωμορφολογική και όχι μόνο ενότητα, της παράκτιας συνήθως ζώνης. Η γένεση και η διατήρησή τους εξαρτάται από τους επικρατούντες ισχυρούς ανέμους της περιοχής, τη δράση του κυματισμού στην παράκτια ζώνη και τη προσφορά-διαλογή των υλικών της διάβρωσης, αλλά και από την προσφορά υλικών διάβρωσης που γειτονικοί χείμαρροι και ποτάμια γέρνουν στον παράκτιο χώρο.

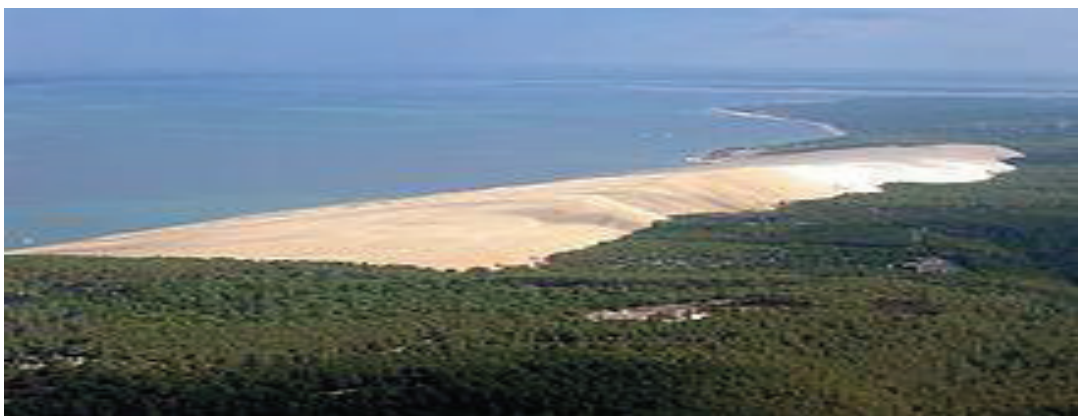


Εικόνα 2.3: Αμμοθίνη στην έρημο Namib , μια από τις ψηλότερες στον κόσμο.

Οι αμμοθίνες, μαζί με τους παράκτιους λασπότοπους, τους αλμυρούς βάλτους και τις αμμώδεις παραλίες, ανήκουν στους παράκτιους οικοτόπους, επιτελούν ευρύ φάσμα σημαντικών λειτουργιών, είναι ανεκτίμητης αξίας για την προστασία της άγριας πανίδας και χλωρίδας, αλλά και αποτελούν φυσικό φίλτρο και φυσικό αντιπλημμυρικό φράγμα για το αλμυρό νερό. Ειδικότερα δε, οι αμμοθίνες και οι αλμυροί βάλτοι απορροφούν την ενέργεια των κυμάτων, αποτρέποντας με αυτό τον τρόπο τη διάβρωση της παράκτιας ζώνης.

Οι αμμοθίνες είναι πολύ ευαίσθητα οικοσυστήματα και εύκολα μπορούν να αποσταθεροποιηθούν (Pearce & Kirk, 1986). Οι αμμοθίνες αποθηκεύουν άμμο την οποία «δίνουν» σε συνθήκες κακοκαιρίας στη θάλασσα, ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα διάβρωσης και εισόδου της θάλασσας στα χερσαία οικοσυστήματα.

Κάποιες χώρες όπως ΗΠΑ , ΖΗΛΑΝΔΙΑ , ΑΓΓΛΙΑ , και ΟΛΛΑΝΔΙΑ έχουν δημιουργήσει πρόγραμμα για την προστασία των αμμοθινών .Τα Ηνωμένα βασίλεια έχουν περάσει μια νομοθετική ρύθμιση για να βοηθήσει στην δημιουργία των χαμένων αμμοθινών και για να προστατέψει της αμμοθίνες από μελλοντική καταστροφή.



Εικόνα 2.4: Αμμοθίνη της Πύλα, είναι η μεγαλύτερη της Ευρώπης .

Ο σχηματισμός των θινών ευνοείται σε περιοχές όπου πνέουν δυνατοί άνεμοι με κατεύθυνση από τη θάλασσα προς τη στεριά και στις οποίες υπάρχει

αμμώδες άφθονο υλικό για μεταφορά. Η μορφή των θινών εξαρτάται από τη βλάστηση που συγκρατεί το αμμώδες υλικό και τροποποιείται από τη συνεχή δράση του ανέμου.

Η πλευρά που βρίσκεται στη διεύθυνση του επικρατούντος ανέμου είναι ομαλότερη γιατί ο αέρας παρασύρει άμμο και την αποθέτει στη σκιερή πλευρά με σταθερή γωνία αποθέσεως. Η γωνία αποθέσεως εξαρτάται από το μέγεθος της άμμου και την ταχύτητα του ανέμου.

Με τη διαδικασία που αναφέραμε μεταναστεύουν οι θίνες κατά τη διεύθυνση του επικρατούντος ανέμου. Η μετανάστευση εμποδίζεται αν γίνει κατάλληλη φυτοκάλυψη. Θίνες δημιουργούνται στις αμμώδεις έρημους και τις ακτές.

2.2 Ποιότητα αμμοθινών .

Τα τεμαχίδια εδάφους ταξινομούνται σύμφωνα με τα μεγέθη τους σε 4 κλάσεις χαλικώδης , αμμώδης , ιλυώδης και αργιλώδης . Οι γεωμορφολόγοι χρησιμοποιούν μια κλίμακα που αποτελείται από μια σειρά κλάσεων στις οποίες τα όρια μεταξύ κλάσεων διαφέρουν από ένα κλάσμα των 2. Αυτή η κλίμακα τροποποιείται μετατρέποντας τον βαθμό οριοθέτησης σε φ κλίμακα που προσδιορίζεται :

$$\varphi = - \log_2 * d \quad (1.1)$$

όπου το d είναι η διάμετρος του κόκκου σε mm.

Ο άνεμος πρέπει να ξεπερνάει την λιγότερη ισχύ που χρειάζεται για να δημιουργήσει την μεταφορά της άμμου , το αρχικό όριο εξαρτάται από το μέγεθος του κόκκου και τα κενά του . Οι κόκκοι μικρότεροι των 0,10 mm τείνουν να συνδέονται όταν η ταχύτητα συνοχής αυξάνεται με την μείωση του μεγέθους . Σύμφωνα με τα μεγέθη των μορίων της ψιλής άμμου η αρχή της διάβρωσης ξεκινάει από πολύ χαμηλότερες ταχύτητες ανέμου από αυτές της

ίλος και της αργίλου από την κατηγορία 2-3 . Το σύνηθες μέγεθος κόκκου άμμου παγκοσμίως είναι στην κλάση της ψίλης άμμου (0,125 – 0,250μm) , που χρειάζεται το χαμηλότερο όριο ταχύτητας ανέμου . Η ψιλή άμμος μπορεί να μεταφερθεί πολύ εύκολα στις πλευρές των αμμοθινών κάτω από θυελλώδεις ανέμους μέτριας σφοδρότητας . Τραχύς κόκκοι μέτριας κατεργασίας και πολύ τραχύ άμμος δεν είναι ικανά να ανέβουν τις πλευρές . Αυτό είναι η κύρια αιτία της δημιουργίας των φύλλων άμμου που έχουν συσταθεί στην έρημο από άμμο που η τραχύτητα είναι πάντα μεγαλύτερη από τους κόκκους της ψιλής άμμου.

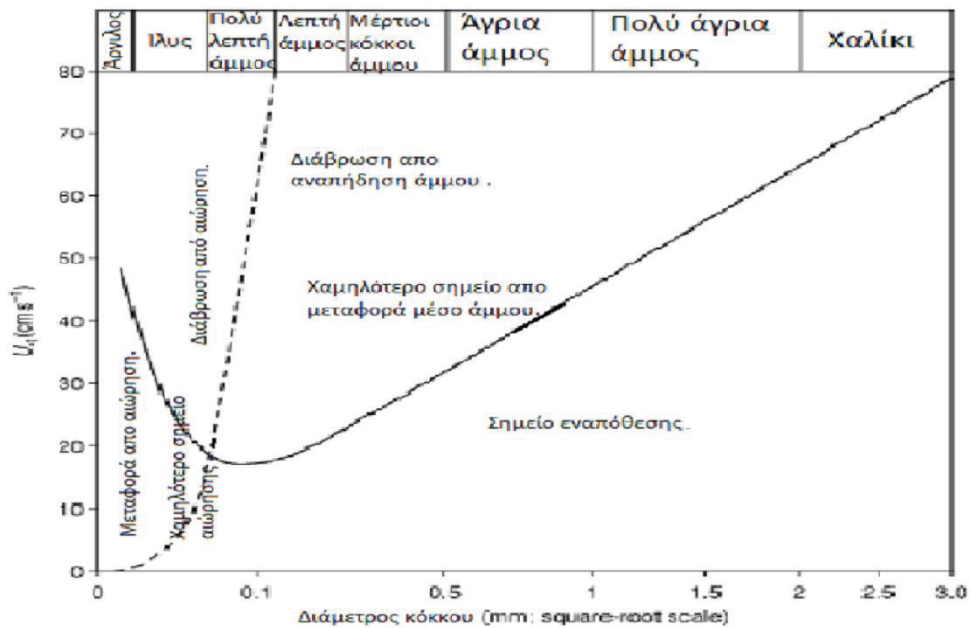
Η φύση της έλλειψης συνοχής της άμμου είναι η αιτία το να μεταφέρεται εύκολα από τον άνεμο σε μία κίνηση αναπήδησης που είναι γνωστό και με τον όρο «saltetion». Η χαμηλή συνοχή και η συνεχιζόμενη μορφή μεταφοράς των κόκκων (saltetion) έχουν καίρια σημασία για τα φυτά .Η εύκολη διάβρωση των άμμων από τον άνεμο αποκαλύπτει τις ρίζες των φυτών , δημιουργώντας φθορά στα φυτά εξαιτίας του βομβαρδισμού των κόκκων κάνοντας τα φυτά ευάλωτα στις ασθένειες . Κάποια φυτά το ξεπερνάνε αυτό μεγαλώνοντας ριζίδια που παράγουν κολλώδη υγρά . Τεμαχίδια άμμου κολλάνε σε αυτές τις ρίζες δημιουργώντας μια ασπίδα που τα προστατεύει από τραυματισμούς .

Η πιο συνήθης αντίδραση προσαρμογής των ζώων εξαιτίας της χαμηλής συνοχής των άμμων είναι να αυξήσουν την επιφάνεια της περιοχής των ποδιών τους (σόλες) και (δάκτυλα) . Έιτε αυξάνοντας η συμπληρώνοντας λέπια στα δάκτυλα (όπως κάνουν πολλά σαυροειδή), η μεγαλώνοντας σκληρό τρίχωμα στις σόλες των ποδιών τους (όπως κάνουν πολλά θηλαστικά). Η άλλη τεχνική που χρησιμοποιείται για να ξεπεράσουν την χαμηλή πυκνότητα – συνοχή του εδάφους είναι η αμμοκολύμβηση , που χρησιμοποιείται από ζώα όπως τα skinks και ορισμένα έντομα που έχουν μακριά και στενά (λεπτά) σώματα και κοντά πόδια που τα βοηθάει να μετακινούνται ανάμεσα στα μόρια άμμου στριφογυρίζοντας τα σώματα τους .

* saltation: Στην γεωλογία ο όρος αυτός είναι ένας ειδικός τύπος μοριακής μεταφοράς από τα υγρά ,τον άνεμο , ή το νερό. Αυτό συμβαίνει όταν ένα υλικό μετακινηθεί από ένα σημείο λόγω του ανέμου – νερού και επιστρέφει ξανά στην επιφάνεια .

Πίνακας 2.1 : Μεγέθη κλάσεων των κόκκων .

Μέγεθος κόκκων	Μέγεθος κόκκων	Μέγεθος κόκκων	Κατηγορία ορισμού κλάσεων .
(mm)	(μm)	(ϕ)	
>2	> 2000	< - 1	Χαλίκι
1-2	1000 – 2000	0 to -1	Πολύ χονδρή άμμος
1/2 - 1	500 – 1000	1 to 0	Χονδρή άμμος
1/4 -1/2	250 – 500	2 to 1	Μέτρια άμμος
1/8 - 1/4	125 – 250	3 to 2	Λεπτή άμμος
1/16 – 1/8	62 – 125	4 to 3	Πολύ λεπτή άμμος
1/ 256 – 1/16	4 - 62	8 to 4	Ίλος
1/4096 – 1/256	0,234 - 4	12 to 8	Άργιλος



Εικόνα 2.5: Σημείο ταχύτητας τριβής (u^*) καμπύλη για τους κόκκους Quartz διαφόρων διαμετρημάτων (συνεχής γραμμή). Η διακεκομμένη γραμμή χωρίζει τα αναπηδούμενα από τα αεορούμενα. Υιοθετημένα από το Pyek and Tsoar (1990) αιολική άμμο και αμμοθίνες, Λονδίνο Unwin Hyman.

Τα μεγέθη των μορίων της αργίλου, ιλύος, και της πολύ λεπτής άμμου είναι τόσα μικρά που έχουν χαμηλές ταχύτητες των κάθετων συστατικών της ροής του στροβιλιζόμενου ανέμου. Σαν αποτέλεσμα αυτά τα μόρια παραμένουν αιωρούμενα κατά την μεταφορά τους και υπολογίζονται ως σκόνη εικόνα 1. Η σκόνη δεν συγκεντρώνεται εύκολα μαζί με την άμμο εκτός εάν το τελευταίο έχει σκεπαστεί από φυτοκάλυψη έτσι δημιουργείται σαν παγίδα για τα αιωρούμενα μόρια της χαμηλότερης ατμόσφαιρας. Βιογενετική κρούστα δημιουργείται πάνω στις αμμοθίνες σε κάποιες περιοχές ερήμων όταν η φυτοκάλυψη απλωθεί και περιορίσει την μετακίνηση της άμμου. Κυανοβακτηρίδια, είναι γνωστό ότι έχουν δημιουργήσει κρούστες στους αμμόλοφους της βοριοδυτικής Negev (εικόνα 1.6). Αυτή η κρούστα λειτουργεί ως παγίδα για την ατμοσφαιρική σκόνη και έχει ως αποτέλεσμα του

μηχανισμού επανατροφοδότησης ανάμεσα στην ποσότητα σκόνης που εναποτίθεται πάνω στην επιφάνεια στον όγκο των κυανοβακτηριδίων . Υπάρχει ένας σημαντικός συσχετισμός στην βορειοδυτική Negev ανάμεσα στα ποσοστά των λεπτών τεμαχιδίων (ίλος , άργιλος) και τα ποσοστά της οργανικής μάζας στην κρούστα . Για 1,5 % οργανικής μάζας υπάρχουν περισσότερα από 30% λεπτών τεμαχιδίων . Νεροποντές διαπερνούν ποσότητα λεπτών μορίων σε ένα βάθος εισχώρησης εξαιτίας των μικρών τακτικών καταγίδων στην έρημο Negev .

2.3 Η επιρροή στην ποιότητα των αμμοθινών από την διείσδυση νερού

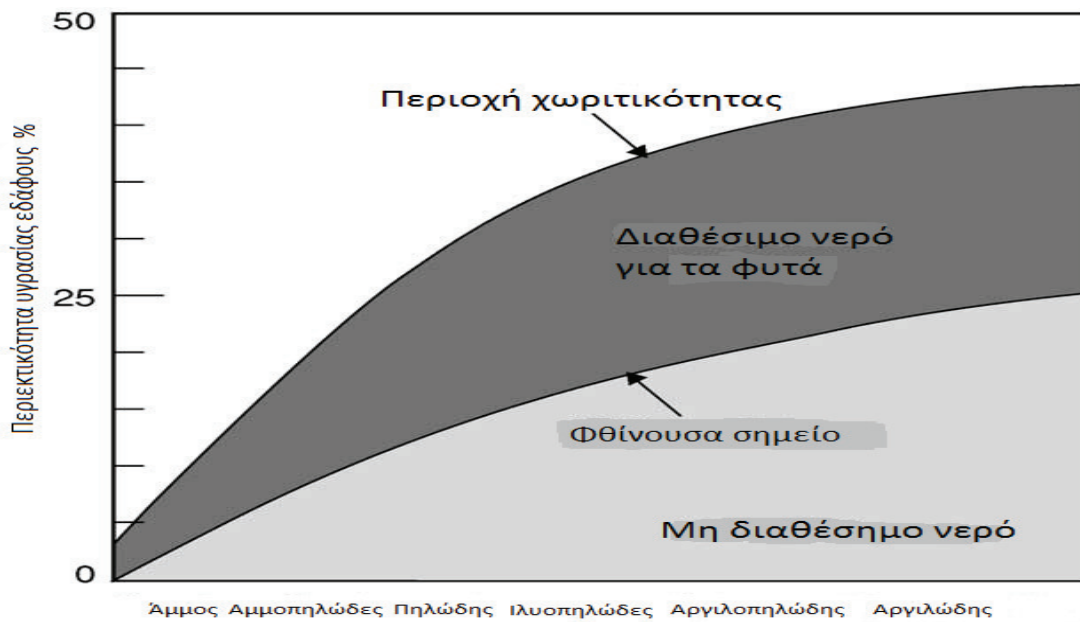
Μια από τις σημαντικότερες προσφορές των αμμοθινών είναι αποτέλεσμα της ποιότητας άμμου και της συγκρινόμενης μεγάλης χωρητικότητας των πόρων , αυτή είναι η χαμηλή χωρητικότητα εδάφους για τα φυτά , επίσης και η υψηλή ταχύτητα διείσδυσης νερού που έχει ως αποτέλεσμα το ξέπλυμα θρεπτικών στοιχείων αναγκαία για την ανάπτυξη των φυτών.

Η υδραυλική αγωγιμότητα στην διαβροχή των αμμοθινών είναι πολύ υψηλή ανάμεσα (10^{-3} και 10^{-4} ms^{-1}). Αντιθέτως ως προς τα εδάφη που αποτελούνται από ιλύ και άργιλο , η υδραυλική αγωγιμότητα των άμμων αντιδρά πολύ λίγο στις διαφορές περιεκτικότητας σε υγρασία σε υψηλή ταχύτητα της υδραυλικής αγωγιμότητας προσδιορίζοντας το βάθος της εισχώρισης του νερού. Το ανώτερο βάθος της εισχώρισης στις αμμοθίνες της βορειοδυτικής Negev, κατά την διάρκεια των ετήσιων βροχών είναι 10,5 % χαμηλότερο από το κλιματολογικό μέσο όρο (95 mm), φθάνοντας 60 -90 cm , όταν σε μία περιοχή

εσωτερικών αμμοθίνων σκεπασμένα κυρίως από ίλυς και άργιλου , η εισχώρηση έφθασε σε βάθος 30 με 40 cm.



Εικόνα 2.6 : Η κρούστα που καλύπτει της αμμοθίνες της Βόριο Δυτικής ερήμου Negev , που η ετήσια βροχόπτωση είναι 85 mm . Η κρούστα έχει σχηματιστεί από τα κυανοβακτηρίδια. Σημειώστε μια περιοχή με αποκαλυμμένη άμμο στο μεσαίο χαμηλότερο τμήμα της φωτογραφίας .



Εικόνα 2.7: Η επιρροή στην ποιότητα εδάφους φαίνεται στο φθίνον σημείο , περιοχής χωρητικότητας και εκπηγαζώμενης υγρασίας που είναι διαθέσιμη στα φυτά. Σημειώστε ότι η άμμος έχει το χαμηλότερο φθίνον σημείο μα επίσης πολύ χαμηλά είναι και η περιοχή χωρητικότητας , που αφήνει πολύ μικρή ποσότητα υγρασίας διαθέσιμη στα φυτά γιατί η μεγαλύτερη ποσότητα του νερού διεισδύει ευκολότερα στα υπόγεια ύδατα .

Κατά την διάρκεια μίας υγρότερης χρονιάς με βροχοπτώσεις 38 % υψηλότερες από το μέσο όρο το βάθος διήθησης ήταν 90 εως 120 cm και σε κάποιες περιπτώσεις μέχρι 180-210 cm . Στις εσωτερικές ψιλόκοκκες στρώσεις των εσωτερικών αμμοθινών η διήθηση περιορίστηκε στο βάθος των 30 – 60 cm . Βαθιά διήθηση ως το βάθος των 180 – 400 cm συμβαίνει στην άμμο μόνο όταν συσσωρεύεται βροχή μέχρι 100 mm σε λιγότερο από 2 μήνες . Είναι γνωστό ότι οι αμμοθίνες έχουν εσωτερική ελασματοειδής κατασκευή με μεγάλη γεωμετρική διαφορά . Η ελασματοειδής (αμμοθίνη) είναι από αποτέλεσμα 2 βασικών τρόπων εναπόθεσης: η ροή των κόκκων και η πτώση των κόκκων , αυτοί οι δύο τύποι της εναπόθεσης παράγουν διαφορετική τακτοποίηση των κόκκων με συγκεκριμένες συγκεντρώσεις από ψιλόκοκκο άμμο και χονδρόκοκκο άμμο . Ο εσωτερικός σκελετός των αιολικών αμμοθινών

επηρεάζει την κατεύθυνση της διείδυσης μέσα στην θίνη . Αν η αιολική άμμοι αποτελούνται από ροές κόκκων και βουτούν σε γωνίες 32° - 36° , η διείδυση θα παρεκκλίνει 50° – 60° από την κίνηση της κάθετης πτώσεως (και αυτό ονομάζεται διείδυση του πιστονιού). Η τριχοειδής πίεση που προκαλείται από τη συμπιεσμένη λεπτόκοκκο άμμο που είναι οριζόντια ή παράλληλα με επιφανειακές κλήσεις δημιουργεί την επιφάνεια ροής του νερού . Τέτοια ροή μπορεί να βρεθεί σε περιοχές με αμμοθίνες όπου οι μικρότερες ετήσιες βροχοπτώσεις είναι πάνω από 200 mm . Περιοχές με περίπου 100 mm ετήσιες βροχοπτώσεις δοκιμάζονται από πλάγιες κινήσεις μόνο κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων και όταν υπερβαίνουν το μέσο όρο .

Η βιογενετική κρούστα που δημιουργείται πάνω στις αμμοθίνες στην δυτική Negev (εικόνα 1.6) που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για βοσκή έχουν χαμηλότερη υδραυλική αγωγιμότητα απ' ότι μια αμμοθίνη γιατί έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις από λεπτή άμμο . Αλλά η βιογενετική κρούστα πάνω στις αμμοθίνες της Negev δεν είναι υδροφοβική και έτσι απορροφά το νερό της βροχής μέχρι να διήθηθει και η ταχύτητα διήθησης να πέσει στα 9 με 12 mm h⁻¹ .

2.4 Οι αμμοθίνες στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα συναντάμε τους ακόλουθους τύπους θινών:

Κινούμενες ή λευκές αμμοθίνες

Είναι ευμετάβλητες, καθώς βρίσκονται διαρκώς σε δυναμική εξέλιξη, με αμμόλοφους κάποιου ύψους, σταθερότερα ριζωμένα φυτά και αναπτύσσονται πίσω από τις πρωτογενείς θίνες. Γύρω από τα εκεί φυτά συγκρατείται περισσότερη άμμος και με τη βοήθεια του ανέμου δημιουργούνται οι κινούμενες λευκές αμμοθίνες.

Οι σημαντικότερες από άποψη έκτασης και ποικιλότητας βρίσκονται στη Λήμνο, Νάξο, Ρόδο, Σιθωνία, Κασσάνδρα, Πελοπόννησο, Θράκη, Δ.Ελλάδα, Κρήτη (π.χ. Ελαφονήσι, Φαλάσαρνα και Χρυσή) και αλλού .

Αμμοθινικοί και υγροτοπικοί υγρότοποι

Οι Αμμοθινικοί και υγροτοπικοί υγρότοποι που σχηματίζονται πίσω από λοφίσκους άμμου κατά μήκος της ακτογραμμής σε ενδιάμεσες χαμηλότερες περιοχές μεταξύ των θινών και πλημμυρίζουν εποχικά. Η ποικιλομορφία αυτών των οικοτόπων που αποτελούν δυναμικά οικοσυστήματα, δημιουργείται εξαιτίας της κλίσης και του προσανατολισμού των θινών σε σχέση με τον επικρατούντα άνεμο, του επιπέδου του υπόγειου νερού και του νερού της θάλασσας, αλλά και της σύστασης του εδάφους και της φυτοκάλυψης.

Οι πλέον αντιπροσωπευτικές εμφανίσεις συναντώνται στη Λήμνο, Αταλάντη, Σπερχειός, Σούρπη, Κατερίνη, Χαλκιδική, Πελοπόννησο, Θράκη, Δ. Ελλάδα, Ελαφονήσι, Φαλάσαρνα, Ν. Κρήτη, Νάξος, Γαύδος και αλλού.

Οι σταθερές ή γκρίζες θίνες

Στις σταθερές ή γκρίζες θίνες με μεγαλύτερη συνοχή των αμμόλοφων, αναπτύσσονται περισσότερα φυτά, απαντώνται περισσότερα ζώα και συγκρατείται περισσότερο νερό.

Οι πλέον αντιπροσωπευτικές εμφανίσεις απαντώνται στη Λήμνο, Θάσο, Σάμο, Θράκη, Σιθωνία, Κασσάνδρα, Δ. Ελλάδα, Κουφονήσι, Ελαφονήσι, Ν. Κρήτη, Γαύδος, Πελοπόννησος, Σκιάθος, Σχοιινιάς.

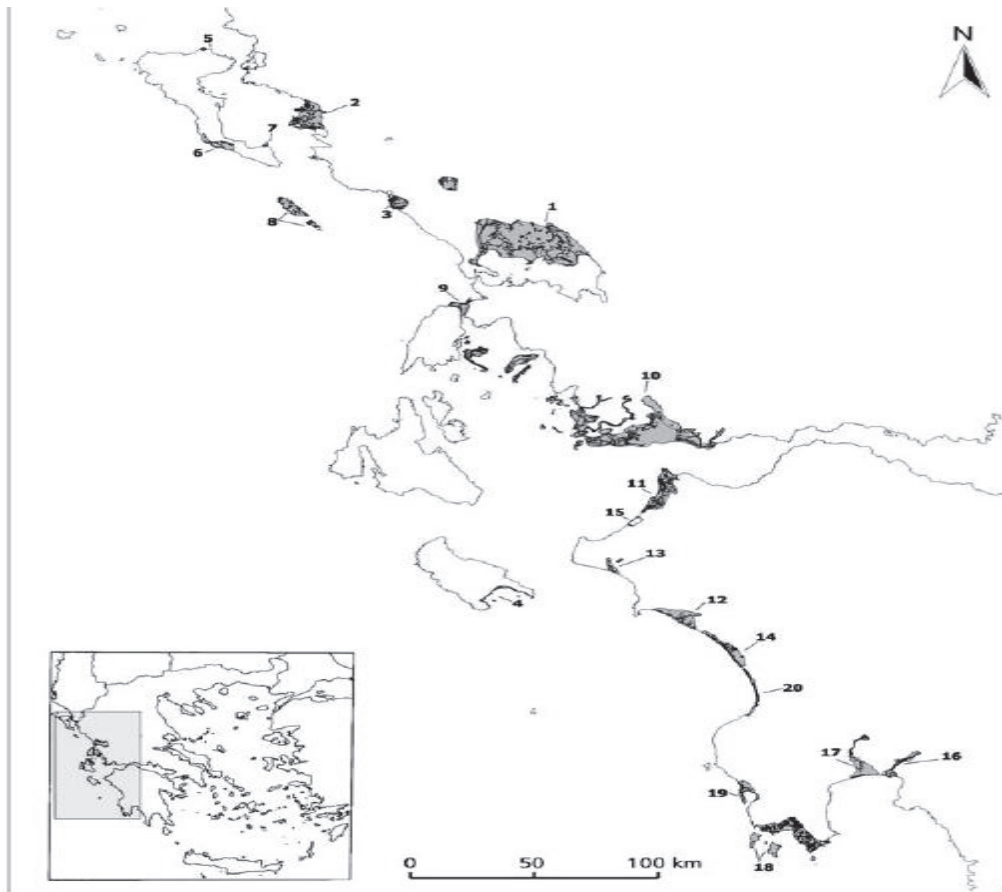
2.5 Θίνες στη Δυτική Ελλάδα

Οι αμμόλοφοι είναι ένα από τα δυναμικότερα και ραδιούργα φαινόμενα της φύσης. Βρίσκονται στα περισσότερα κλίματα του κόσμου, συνήθως στη θάλασσα ή στις ξηρές περιοχές (έρημοι). Οι παράκτιοι αμμόλοφοι δημιουργούνται κοντά στις ακτές από τη δράση της θάλασσας και του αέρα. Το υλικό που μεταφέρεται από τους ποταμούς και τα παράκτια ρεύματα κατατίθεται μέσω της αλληλεπίδρασης των κυμάτων και του αέρα κατά μήκος της ακτής, που διαμορφώνει τους αμμόλοφους. Κόκκοι της άμμου μεταξύ 0,062 και 2 χιλ. στη διάμετρο δεν είναι συνεκτικοί και δεν μεταφέρονται εύκολα από τον αέρα. Λεπτότεροι κόκκοι του βούρκου

και της αργίλου (< 0,050 χιλ.) είναι συνεκτικοί και αντιστέκονται στη διάβρωση του αέρα, και οι μεγαλύτεροι κόκκοι είναι πάρα πολύ βαριοί. Αυτή η ιδιότητα της άμμου εξηγεί γιατί η άμμος αμμόλοφων αποτελείται κυρίως από τα μόρια μεταξύ 0.125-0.250 χιλ. (Tsoar 2003). Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη μορφολογία αμμόλοφων είναι η ταχύτητα των χερσαίων ανέμων και η διανομή μεγέθους κόκκου των διαθέσιμων ιζημάτων.

Οι παράκτιοι αμμόλοφοι άμμου προστατεύουν το έδαφος με τη δράση ως φυσικά εμπόδια στην παρείσφρηση αλμυρού ύδατος και την αιολική διάβρωση. Η αμμώδης περιοχή μεταξύ της ακτής και των αμμόλοφων απορροφά την ενέργεια κυμάτων και χωρίς την προστασία αυτή τα μη σταθεροποιημένα ιζήματα θα διαβρώνονταν γρήγορα. Ακόμη και μικρές διασπάσεις στο σύστημα αμμόλοφων μπορεί να προκαλέσουν αλμυρό νερό και την παρείσφρηση στα υπόγεια νερά, απειλώντας κατά συνέπεια την τοπική ποτισμένη γεωργία. Οι αμμόλοφοι είναι κατ' οίκον σε ένα πλήθος ειδών, και στη χλωρίδα και στην πανίδα. Η σημασία τους έχει αναγνωριστεί τα τελευταία χρόνια και είναι τώρα βίοτοποι προτεραιότητας για τη συντήρηση Willdenowia 36 - 2006.235 στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Εντούτοις, ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η εξαγωγή άμμου, το ποδοβολητό, τα οχήματα ή η οδήγηση (π.χ. μοτοκρός) και η

ανεξέλεγκτη χρήση να περιβάλουν τα δημόσια ή ιδιωτικά εδάφη προκαλούν διάβρωση σε μια μεγάλη κλίμακα.



Εικόνα 2.8: 1:Αμβρακικός κόλπος , Δέλτα Λούρου και Αράχθου . 2: Εκβολές (Δέλτα) Καλαμά . 3: Εκβολές Αχέροντα (και στενά) Αχέροντα . 4:Κόλπος Λαγανά Ζακύνθου , Νησιά Μαραθονίση και Πελούζο . 5: Λιμνοθάλασσα Αντινιότη (Κέρκυρα). 6: Λιμνοθάλασσα Κορισιόν (Κέρκυρα) (). 7: Αλική Λεφκίμης (Κέρκυρα) . 8: Νησιά Παξοί και Αντίπαξοι . 9: Λιμνοθάλασσες Στενών Λεφκάδας και Αλυκές Λεφκάδας. 10: Δέλτα Αχελού, Λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου-Αιτολικού και Εκβολές Ευήνου. 11: Λιμνοθάλασσα Καλογριάς , Δάσος Στροφιλίας Και Έλος Λαμίας . 12:Εκβολές (Δέλτα) Αλφειού. 13: Εκβολές (Δέλτα) Πηνειού . 14: Θίνες και Παραλιακό Δάσος Ζαχάρος , Λίμνη Καιάφα . 15: Λιμνοθάλασσα Κοτίτσι . 16: Φαράγκι και Εκβολές Νέδοντα. 17: Πηγές και Εκβολές Παμισού . 18: Νησιά Sapienza και Σχίζα , Ακροτήριο

Ακρίτας. 19: Λιμνοθάλασσα Πύλου (Ντιβάρι) και Νήσος Σφακτήρια. 20:Θίνες Κυππαρισίας.

Παρά το μικρό μέγεθός της, η Ελλάδα έχει μια μακριά ακτή. Οι αμμόλοφοι που υπάρχουν σε ισχύ είναι πολλές εμπρός από αυτή την ακτή. Η ακτή των παραλιών της Δυτικής Ελλάδας είναι ειδικά δύσκολη και οι απότομοι βράχοι εναλλάσσονται με τις αμμώδεις παραλίες, που παρέχουν μια μεγάλη παραλλαγή στη μορφή, το ύψος και τη δομή βλάστησης. Η περιοχή έχει ένα μεσογειακό κλίμα subhumid με τους δροσερούς έως ήπιους χειμώνες (Emberger 1954). Οι βορειοδυτικοί άνεμοι επικρατούν, προκαλώντας την υψηλή πτώση κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Χιόνι και παγετός είναι πολύ σπάνια φαινόμενα σε αυτήν την περιοχή.

Πολλές εργασίες έχουν δημοσιευθεί στους παράκτιους βιότοπους αμμόλοφων και τους υγρότοπους της Δυτικής Ελλάδας (Gehu 1986, Biondi 1989, Georgiadis & Al 1990), τρεις από τις οποίες είναι περιοχές Ramsar (Κόλπος Αμβρακικού, δέλτα ποταμών Αχελώου και λιμνοθάλασσα Κοτύχι). Οι αμμόλοφοι μελετήθηκαν από τους Sýkora & Al (2003) για το σύνολο της Ελλάδας και από τον Λαβρεντιάδη (1964 ..1971 ..1979) για τη Δυτική Ελλάδα. Ο Λαβρεντιάδης (1971) διάκρινε τέσσερις τύπους αμμόλοφων στις ακτές της δυτικής Πελοποννήσου:

Πολύ χαμηλούς , εμβρυικούς αμμόλοφους που διαμορφώνονται από το θαλάσσιο νερό μέσω του swash (πλατάγισμα) και της δραστηριότητας παλίνδρομου κύματος , χαμηλούς αμμόλοφους σε μια απόσταση 5-10 μ από τη θάλασσα , υψηλούς κινητούς αμμόλοφους (λευκοί, που μετατοπίζουν τους αμμόλοφους) 8-10 μ από τη θάλασσα, και σταθεροποιημένοι αμμόλοφοι, οι οποίοι εμφανίζονται περαιτέρω εσωτερικά. Αυτό το σχέδιο φαίνεται να ισχύει, με τις δευτερεύουσες διαφορές, επίσης στις άλλες ακτές της Δυτικής Ελλάδας. Οι χαμηλοί, εμβρυικοί αμμόλοφοι χαρακτηρίζονται από μια κάλυψη βλάστησης της οικογένειας juncei Agropyrium. Οι λευκοί, μετατοπιζόμενοι αμμόλοφοι

καλύπτονται από *Ammophilion arenariae* (ένωση *arenariae* *Ammophiletum*) και οι σταθεροποιημένοι αμμόλοφοι από *Ammophilion arenariae* ή/και τα *maritimae* *Crucianellion* (στο νησί Κέρκυρα και γύρω από την Κυπαρισσία).

Πιο εσωτερικά των αμμολόφων *lyciae* *Juniperion* και ελαιο- *Ceratonion* γίνονται σημαντικότερα.

Όλες αυτές οι ζώνες βλάστησης δεν εμφανίζονται σε όλες τις περιοχές.

Μέσα στο πλαίσιο του προγράμματος χαρτογράφησης βλάστησης Natura 2000, στους παράκτιους αμμόλοφους συμπεριλαμβάνονται είκοσι από τα οικοσυστήματα της Δυτικής Ελλάδας που έχουν μελετηθεί, και ταξινομηθεί. Οι θέσεις από αυτές τις περιοχές παρουσιάζονται στην εικόνα 1.17. Αυτές οι μελέτες βρίσκονται ακόμα σε εξέλιξη, και οι λεπτομέρειες και οι χάρτες είναι ακόμα αδημοσίευτες.

Αυτή η μελέτη είναι βασισμένη στις αδημοσίευτες συλλογές και τις παρατηρήσεις τομέων που έγιναν από διάφορους συντάκτες από το 1999 ως 2004, εν μέρει μέσα στο πλαίσιο του προγράμματος Natura 2000 για τη βλάστηση και τον προσδιορισμό βιότοπων και χαρτογράφησης. Η ονοματολογία ακολουθείται από τους Strid & black(1997 ..2002), Greuter & Al (1984-89) και Tutin & Al (1968-80, 1993).

Τα σχόλια στις φυτοκοινωνιολογικές μονάδες είναι βασισμένα σε 185 δείγματα βλάστησης (*relevés*) που λήφθηκαν σε όλες τις περιοχές μελέτης, από τον Blanquet (1964) και τους Westhoff & Van der Maarel (1978).

Οι τύποι βιότοπων προσδιορίστηκαν χρησιμοποιώντας το "εγχειρίδιο ερμηνείας των τύπων βιότοπων της ΕΕ" (ΕΟΚ 2003) και τον "τεχνικό οδηγό χαρτογράφησης " (Dafis & Al 2001). Η θέση των είκοσι περιοχών μελέτης παρουσιάζεται στην εικόνα 1.17.

2.6 Περιοχές δειγματοληψίας

Στην παρούσα εργασία, ασχοληθήκαμε με δείγματα αμμοθινών από τις περιοχές:

1. Κυκλάδες
 - a. Σύρος (4 δείγματα)
 - b. Τήνος (1 δείγμα)
 - c. Μήλος (1 δείγμα)
 - d. Νάξος (1 δείγμα)

2. Ζάκυνθος
 - a. Γέρακας (3 δείγματα)
 - b. Πόρτο Μπανάνα (3 δείγματα)

3. Ρόδος
 - a. Φούρνοι (3 δείγματα)
 - b. Απολακκιά (2 δείγματα)

4. Δυτική Πελοπόννησος
 - a. Κάστρο Κυλλήνης (1 δείγμα)
 - b. Βαρθολομιό (1 δείγμα)
 - c. Κυπαρισσία (3 δείγματα)
 - d. Γιαννιτσοχώρι (3 δείγματα)

5. Ανατολικό Αιγαίο
 - a. Σάμος (1 δείγμα)



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Υλικά και πειραματική διαδικασία

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε κατά την εκτέλεση του πειράματος μέτρησης υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού με την μέθοδο σταθερού φορτίου περιγράφονται στη συνέχεια.

3.1.1 Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν.

- Φιάλη Mariotte και διάταξη μέτρησης
- Ογκομετρικός κύλινδρος 2000 ml
- Χωνί
- Κυλινδρικά δοχεία κατασκευής δοκιμών
- Γεώφασμα
- Σφινγκήρες
- Κόσκινο
- Κουτάλι
- Ζυγαριά
- Διαφόρων μεγεθών δοχεία
- Χρονόμετρο
- Χάρακας
- Αλφάδι
- Μεταλλικό ταψί
- Παχύμετρο

3.1.2 Διαδικασία προετοιμασίας και κατασκευής δείγματος (δοκιμίου)

Για την πραγματοποίηση της πειραματικής διαδικασίας, χρησιμοποιήσαμε 18 κυλίνδρους από plexiglass με εσωτερική διάμετρο: 5.4 cm και ύψος 12 cm. Η επιλογή του υλικού έγινε γιατί είναι απαραίτητο να μετρηθεί το ύψος της στήλης άμμου, καθώς και το ύψος της στήλης νερού καθόλη την διάρκεια εκτέλεσης του πειράματος, μέσα στο δοκίμιο.

Για τον κορεσμό των δειγμάτων χωρίς την απώλεια τμήματος του δείγματος, χρησιμοποιήσαμε ένα κομμάτι γεωφάσματος το οποίο συγκρατούνταν στο κάτω μέρος των κυλίνδρων με έναν σφιγκτήρα.

3.1.2 Πειραματική διάταξη



Εικόνα 3. 1

Η παραπάνω φωτογραφία δείχνει την πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήσαμε.

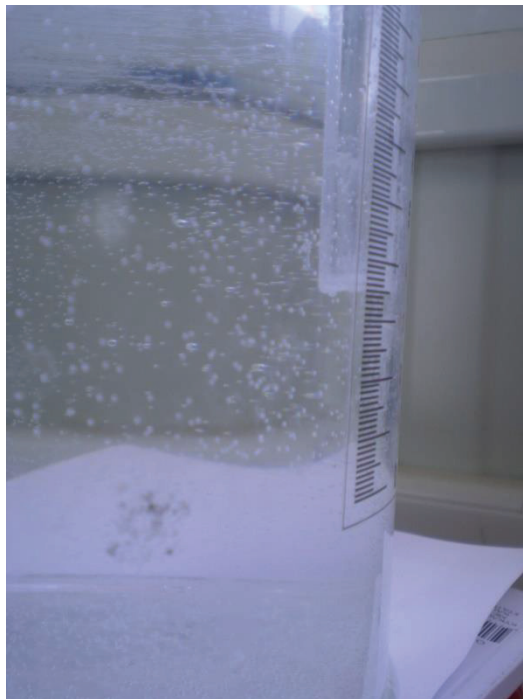
Τα βασικά στοιχεία που διακρίνουμε είναι:

1. Η φιάλη Mariotte η οποία αποτελείται από:
 - a. τη δεξαμενή όπου περιέχεται η ποσότητα του νερού που θα χρησιμοποιήσουμε.



Εικόνα 3. 2

β. σωλήνα όπου από τον οποίο εισέρχεται αέρας εντός της δεξαμενής.



Εικόνα 3. 3

Αυτός ο σωλήνας είναι ελεύθερος και μπορεί να κινηθεί προς τα επάνω και προς τα κάτω.

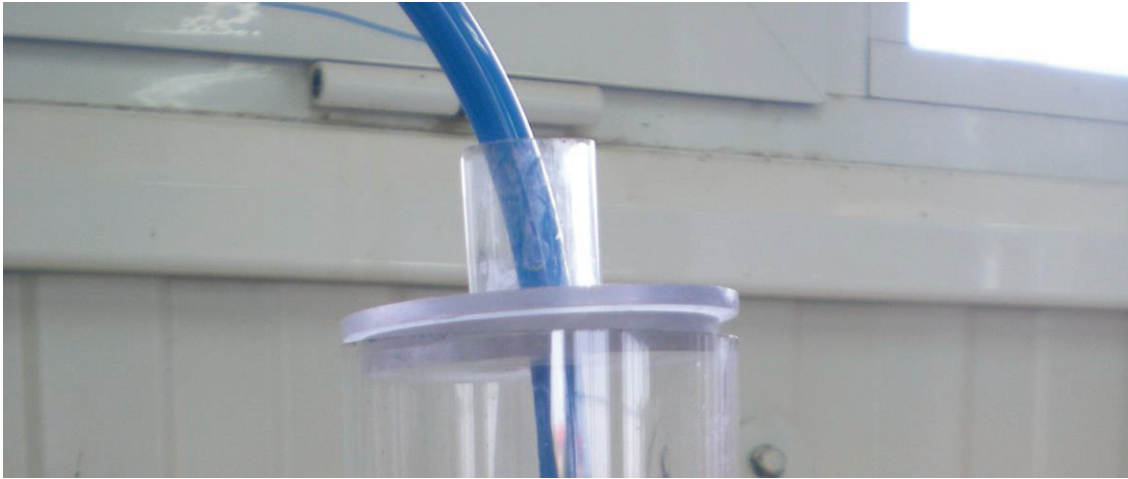
Ουσιαστικά μετακινώντας τον σωλήνα πάνω και κάτω μπορούμε να ρυθμίσουμε το ύψος της στήλης νερού δηλαδή το σταθερό φορτίο νερού όπου θα παρέχουμε στην επιφάνεια του δοκιμίου μας. Αυτή είναι άλλωστε και η βασική αρχή της μεθοδολογίας που εφαρμόζουμε.,

- ε. Το επόμενο στοιχείο που παρατηρούμε είναι ο διακόπτης όπου απομονώνει την παροχή νερού από την δεξαμενή στους σωλήνες έτσι ώστε να μπορούμε να διακόπτουμε την διαδικασία ώστε να αλλάζουμε τα δοκίμια. Επίσης βοηθάει να σταματήσουμε την διαδικασία σε περίπτωση που το πείραμα δεν ξεκινά σωστά και γενικά σε κάθε περίπτωση όπου η διακοπή της παροχής είναι αναγκαία.



Εικόνα 3. 4

- δ. Το επόμενο στοιχείο που βλέπουμε είναι τα σωληνάκια όπου μεταφέρουν το νερό από την δεξαμενή στο διακόπτη και από εκεί στο δοκίμιο. Οι σωλήνες αυτοί είναι εύκαμπτοι έτσι ώστε να γίνεται εύκολα η εφαρμογή του νερού στην επιφάνεια του δοκιμίου.
- ε. Ο σωλήνας καταλήγει στο καπάκι του δοκιμίου όπου είναι ειδικά διαμορφωμένο ώστε να τοποθετούμε το στόμιο του σωλήνα και αυτό να είναι στο κέντρο του δοκιμίου και να μας επιτρέπει να μπορούμε να φέρουμε το στόμιο του σωλήνα στην ίδια ευθεία με την άνω επιφάνεια της άμμου του δοκιμίου.



Εικόνα 3. 5

2. Αμέσως μετά έχουμε τοποθετήσει ένα χωνί με σκοπό την περισυλλογή του νερού όπου περνάει μέσα από το δοκίμιο αλλά και την συγκράτηση του δοκιμίου στο πάνω μέρος του ογκομετρικού κυλίνδρου.



Εικόνα 3. 6

3. Τέλος έχουμε τον ογκομετρικό κύλινδρο όπου είναι το μέσο συγκράτησης του νερού που διέρχεται μέσα από το δείγμα μας. Επίσης η διαβάθμιση που διαθέτει χρησιμεύει στην μέτρηση του χρόνου που απαιτείται για τη διήθηση συγκεκριμένου όγκου νερού.



Εικόνα 3. 7

4. Επίσης χρησιμοποιούμε και μία βάση όπου ο σκοπός της είναι να συγκρατεί την δεξαμενή μας σε ένα συγκεκριμένο ύψος με σκοπό να πετύχουμε ότι το κέντρο της εξόδου του νερού από την δεξαμενή θα είναι στην ίδια ευθεία με την πάνω επιφάνεια του εδάφους όπου βρίσκεται μέσα το δοκίμιο μας.

3.3.3 Πειραματική διαδικασία.

Η πειραματική διαδικασία υπολογισμού της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού με τη μέθοδο σταθερού φορτίου για πολύ πορώδη εδάφη (Sarkar and Haldar, 2005) παρουσιάστηκε αναλυτικά στην ενότητα 1.5.

Στην περίπτωση μας τα δείγματα ήταν άμμος από θίνες διαφόρων περιοχών της Ελλάδας, όπως αναφέραμε στην παράγραφο 2.6. Με σκοπό την ορθότερη εφαρμογή της μεθοδολογίας, πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις των μετρήσεων.

Προετοιμασία δειγμάτων

Τα δείγματα ζυγίστηκαν ώστε η ποσότητα εδάφους να ήταν πάντα 200 γραμμάρια, σύμφωνα με τη ανωτέρω βιβλιογραφία. Αυτό πραγματοποιήθηκε αρχικά με τη ζύγιση της άμμου μέσα σε ένα πλαστικό δοχείο και στη συνέχεια την τοποθέτηση στην ζυγαριά του δοκιμίου και την επαναζύγιση της ποσότητας άμμου.



Εικόνα 3. 8

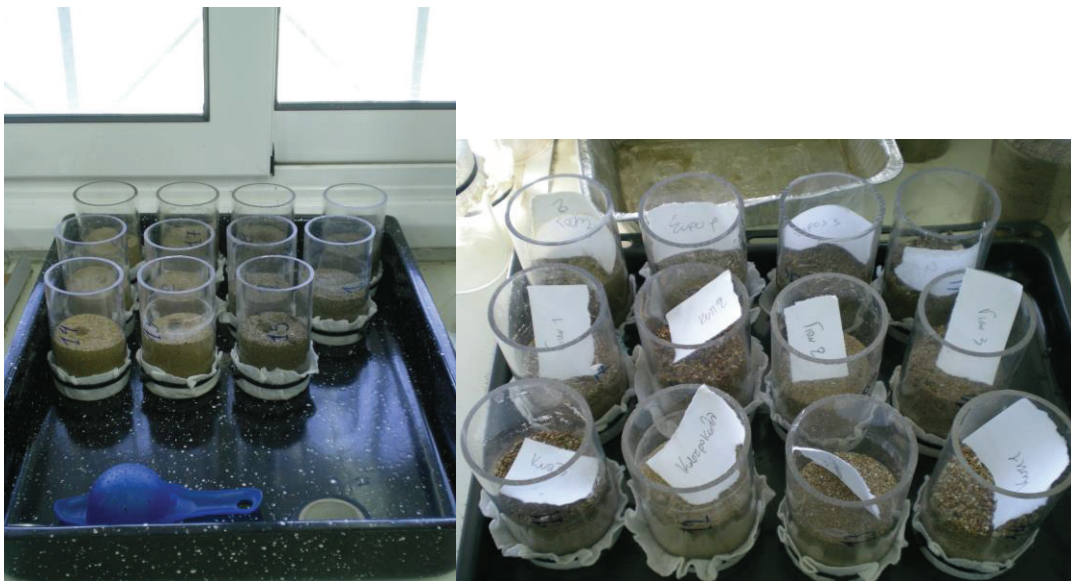
Με αυτόν τον τρόπο κάναμε δύο μετρήσεις ώστε να έχουμε την σωστή ποσότητα εδάφους.

Το ακριβώς επόμενο βήμα ήταν να συμπιέσουμε το δείγμα μας χτυπώντας το από απόσταση ύψους περίπου 3 cm σε μία λεία και επίπεδη επιφάνεια, περίπου 10 με 15 φορές.



Εικόνα 3. 9

Αφού εκτελέσαμε την παραπάνω διαδικασία, κάναμε οπτικό έλεγχο με κύριο μέλημα αρχικά να μην χάνουμε έδαφος από κάποιο σημείο του γεωφάσματος λόγω της κρούσης του δοκιμίου στην επιφάνεια. Επίσης, ελέγξαμε την οριζοντιώση της επιφάνειας του εδάφους. Αυτή η διαδικασία έχει σκοπό τη σωστή συμπίεση του εδάφους για την πραγματοποίηση των μετρήσεων.



Εικόνα 3. 10

Στη συνέχεια, ο κορεσμός των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ενός δοχείου (ταψί), το οποίο χωρούσε όλα τα δείγματα.

Τα δείγματα αριθμήθηκαν ώστε να ξέρουμε από ποιά περιοχή προέρχονται. Τοποθετήσαμε τα δείγματα μέσα στο ταψί με σειρά και γεμίσαμε το δοχείο με νερό μέχρι το ύψος των 2 cm, αφήνοντας τα δείγματα να κορεστούν για μια ημέρα.

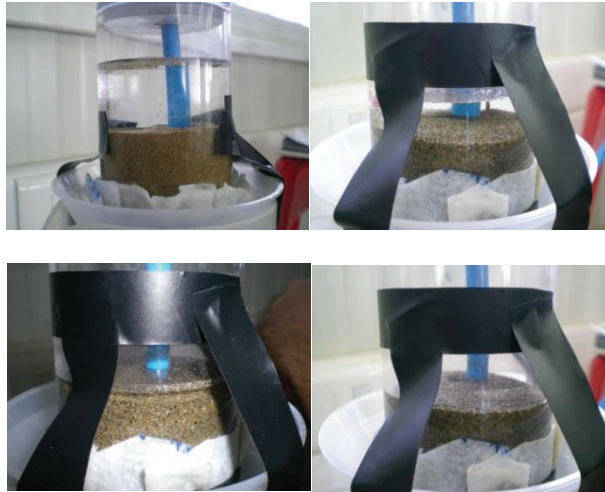


Εικόνα 3. 11

Εκτέλεση πειράματος

Πριν ξεκινήσουμε την διαδικασία, φροντίσαμε να γεμίσουμε τους σωλήνες με νερό ανοίγοντας την βάνα και αφήνοντας να τρέξει νερό σε ένα δοχείο.

Τοποθετούμε τον σωλήνα μέσα από την οπή στο καπάκι του δοκιμίου και φέρνουμε την άκρη του σωλήνα στο ίδιο επίπεδο με την επιφάνεια του δείγματος εδάφους. Ανοίγοντας την βάνα αργά, περιμένουμε να σταθεροποιηθεί το ύψος του νερού στην επιφάνεια του δείγματος στα 2-3 cm κάθε φορά.



Εικόνα 3. 12

Η καταγραφή του χρόνου πραγματοποιείται μετά τη διήθηση 200 ml νερού με σκοπό τη διασφάλιση σταθερής ροής διαμέσου του δοκιμίου και συνεχίζεται μέχρι τα 1400 ml, ανά 100 ml.



Εικόνα 3. 13

Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων χρόνου, μετρούνταν το ύψος στήλης του εδάφους εντός του κυλίνδρου με σκοπό την καταγραφή του πραγματικού ύψους που καταλαμβάνει η άμμος μέσα στο δοκίμιο μας.

Επίσης καταγράφονταν η θερμοκρασία του νερού εντός της φιάλης Mariotte.

Μετά την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας, τα δείγματα της άμμου αφήνονταν να στεγνώσουν σε ταψάκια, σε θερμοκρασία δωματίου.



Εικόνα 3. 14

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

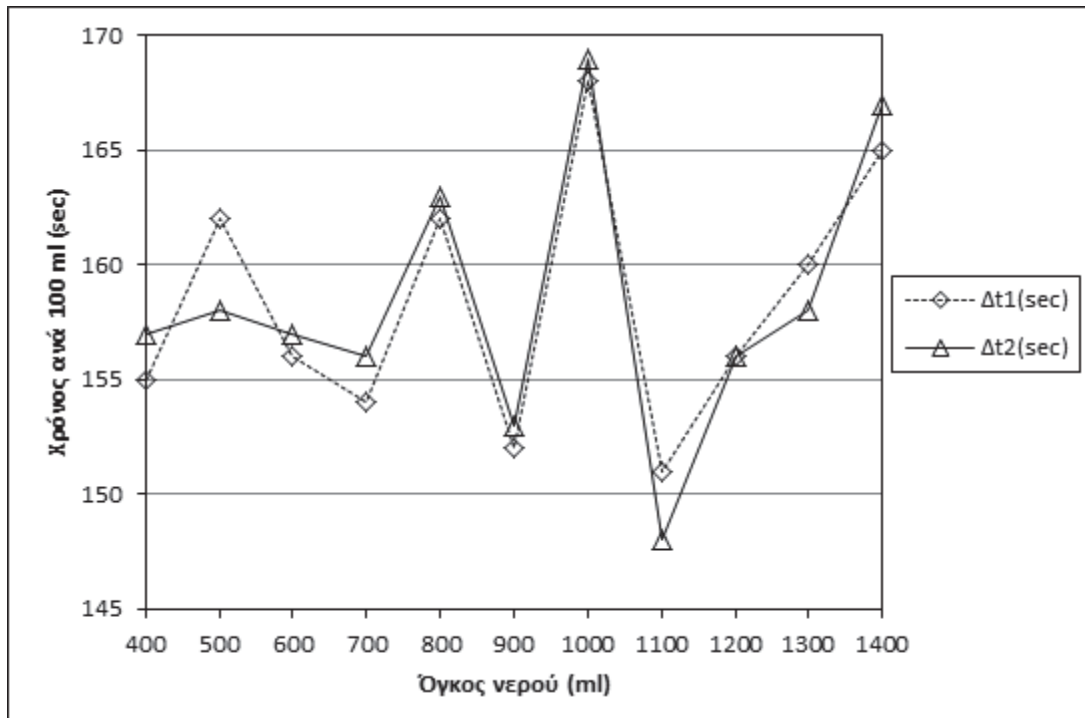
4.1 Αποτελέσματα μετρήσεων

Η εφαρμογή της μεθοδολογίας έγινε με χρήση λογιστικών φύλλων στο EXCEL, όπως παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα:

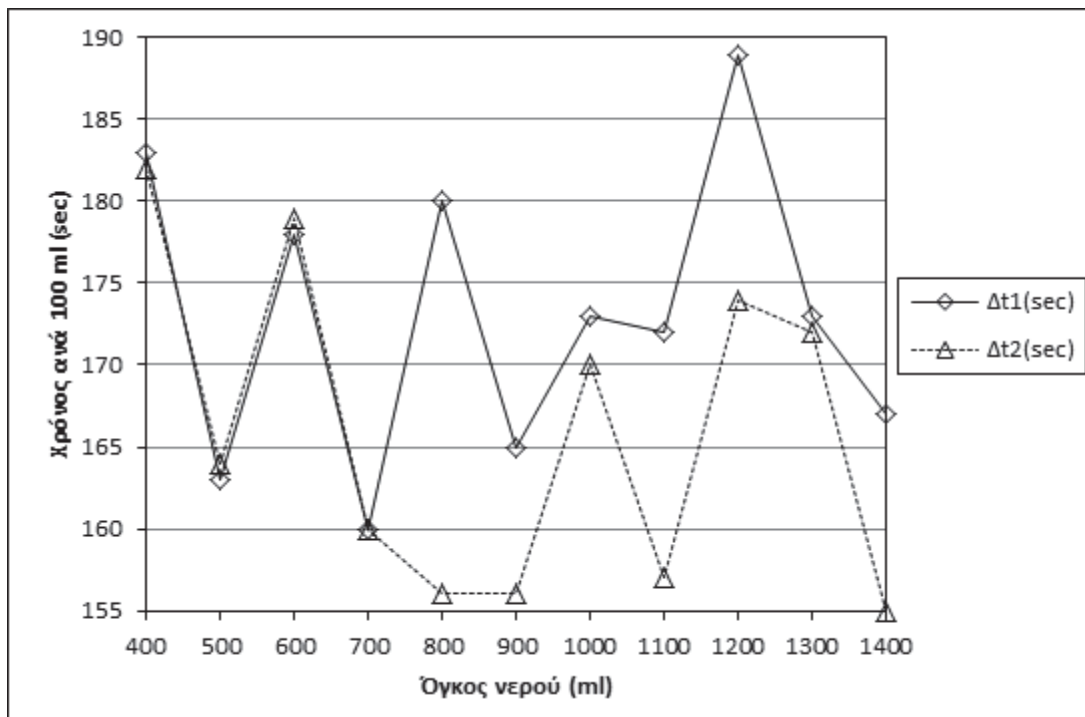
2η μέτρηση				M.O.	Ks (cm/sec)	3η μέτρηση				
Εσωτερική διάμετρος κυλίνδρου(cm)	d		5.4			Εσωτερική διάμετρος κυλίνδρου(cm)	d		5.4	
Επιφάνεια κυλίνδρου (cm ²)	A		22.90221			Επιφάνεια κυλίνδρου (cm ²)	A		22.90221	
Υψος υδάτινης στήλης πάνω από το έδαφος (cm)	H		2.55			Υψος υδάτινης στήλης πάνω από το έδαφος (cm)	H		2.55	
Μήκος εδαφικής στήλης (cm)	L		5.95			Μήκος εδαφικής στήλης (cm)	L		5.95	
Χρόνος συγκεκριμένης παροχής (min)	t		89.6			Χρόνος συγκεκριμένης παροχής (min)	t		93.8	
Όγκος νερού στο χρόνο t (cm ³)	Q		100			Όγκος νερού στο χρόνο t (cm ³)	Q		100	
Υδραυλική αγωγιμότητα (cm/sec)			0.0341124	2.04674567 cm/min		Υδραυλική αγωγιμότητα (cm/sec)			0.032585	1.9551 cm/min
	60 sec		0.034	2.0			60 sec		0.033	2.0
ml	time(min)	Time (sec)	Δt(sec)			ml	time(min)	Time (sec)	Δt(sec)	
200	0	0	0			200	0	0	0	
300	1.29	1	89	89		300	1.26	1	86	86
400	3.02	3	182	93		400	3.01	3	181	95
500	4.31	4	271	89		500	4.35	4	275	94
600	6.03	6	363	92		600	6.06	6	366	91
700	7.28	7	448	85		700	7.39	7	459	93
800	8.58	8	538	90		800	9.1	9	550	91
900	10.29	10	629	91		900	10.47	10	647	97
1000	11.57	11	717	88		1000	12.21	12	741	94
1100	13.26	13	806	89		1100	13.54	13	834	93
1200	14.56	14	896	90		1200	15.29	15	929	95
1300	16.25	16	985	89		1300	17.02	17	1022	93
1400	17.55	17	1075	90		1400	18.38	18	1118	96
			89.6						93.8	

Τοποθεσία	Περιοχή	Ks (cm/sec)
Σύρος1	ΚΥΚΛΑΔΕΣ	2.1 10 ⁻²
Σύρος2	ΚΥΚΛΑΔΕΣ	2.0 10 ⁻²
Σύρος3	ΚΥΚΛΑΔΕΣ	1.7 10 ⁻²
Σύρος4	ΚΥΚΛΑΔΕΣ	2.5 10 ⁻²
Γερακας1	ΖΑΚΥΝΘΟΣ	3.3 10 ⁻²
Γέρακας2	ΖΑΚΥΝΘΟΣ	2.7 10 ⁻²
Γέρακας3	ΖΑΚΥΝΘΟΣ	1.7 10 ⁻²
Αλικανάς1	ΖΑΚΥΝΘΟΣ	2.9 10 ⁻²
Αλικανάς2	ΖΑΚΥΝΘΟΣ	2.9 10 ⁻²
Αλικανάς3	ΖΑΚΥΝΘΟΣ	3.3 10 ⁻²
Πόρτο Μπανάνα1	ΖΑΚΥΝΘΟΣ	2.9 10 ⁻²
Πόρτο Μπανάνα2	ΖΑΚΥΝΘΟΣ	2.3 10 ⁻²
Πόρτο Μπανάνα3	ΖΑΚΥΝΘΟΣ	2.8 10 ⁻²
Λίμνη4	ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ	2.0 10 ⁻²
Φούρνοι2	ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ	2.5 10 ⁻²
Φούρνοι2(60cm)	ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ	2.7 10 ⁻²
Φούρνοι3	ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ	4.4 10 ⁻³
Κάστρο Κυλλήνης	ΔΥΤ. ΠΕΛΛΟΠΟΝΗΣΟΣ	2.0 10 ⁻²
Βαρθολομιό	ΔΥΤ. ΠΕΛΛΟΠΟΝΗΣΟΣ	3.4 10 ⁻²
Κυπαρισσία1	ΔΥΤ. ΠΕΛΛΟΠΟΝΗΣΟΣ	1.2 10 ⁻¹
Κυπαρισσία2	ΔΥΤ. ΠΕΛΛΟΠΟΝΗΣΟΣ	3.5 10 ⁻²
Κυπαρισσία3	ΔΥΤ. ΠΕΛΛΟΠΟΝΗΣΟΣ	1.5 10 ⁻²
Γιαννιτσοχώρι1	ΔΥΤ. ΠΕΛΛΟΠΟΝΗΣΟΣ	2.9 10 ⁻²
Γιαννιτσοχώρι2	ΔΥΤ. ΠΕΛΛΟΠΟΝΗΣΟΣ	3.3 10 ⁻²
Γιαννιτσοχώρι3	ΔΥΤ. ΠΕΛΛΟΠΟΝΗΣΟΣ	3.6 10 ⁻²
Τήνος	ΚΥΚΛΑΔΕΣ	2.8 10 ⁻²
Σάμος	ΑΝΑΤΟΛ. ΑΙΓΑΙΟ	2.7 10 ⁻²
Μήλος	ΚΥΚΛΑΔΕΣ	3.6 10 ⁻²
Νάξος	ΚΥΚΛΑΔΕΣ	3.0 10 ⁻²
Απολακκιά1	ΔΩΔΕΚΑΝΗΣΑ	1.5 10 ⁻²

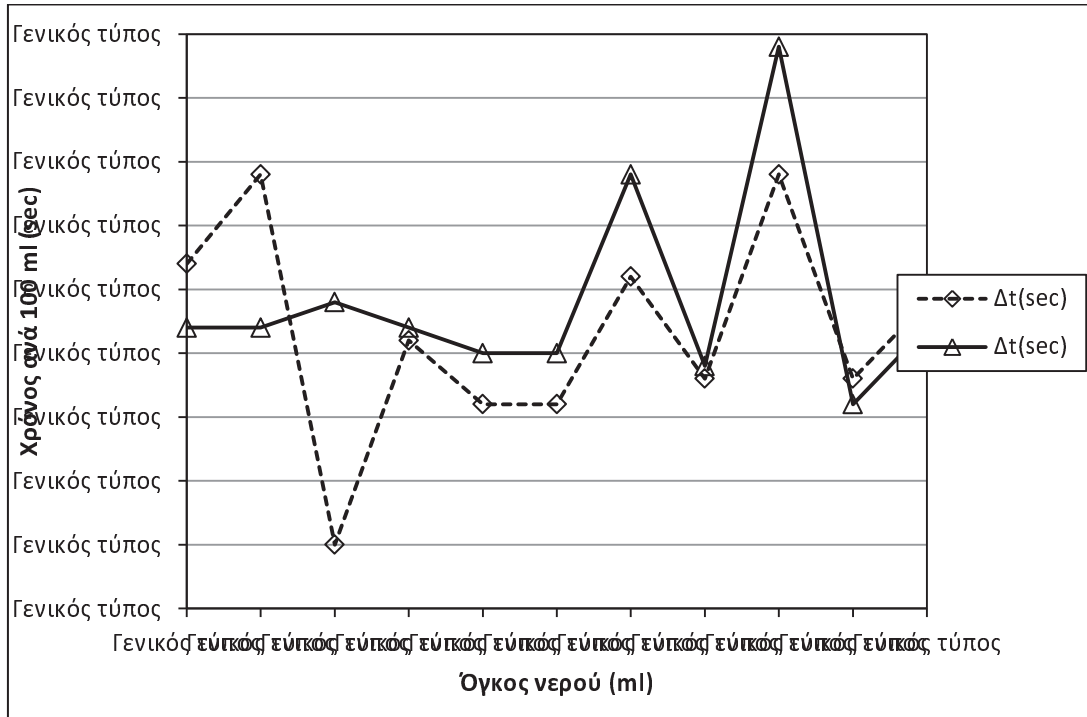
Περιοχή: Σύρος



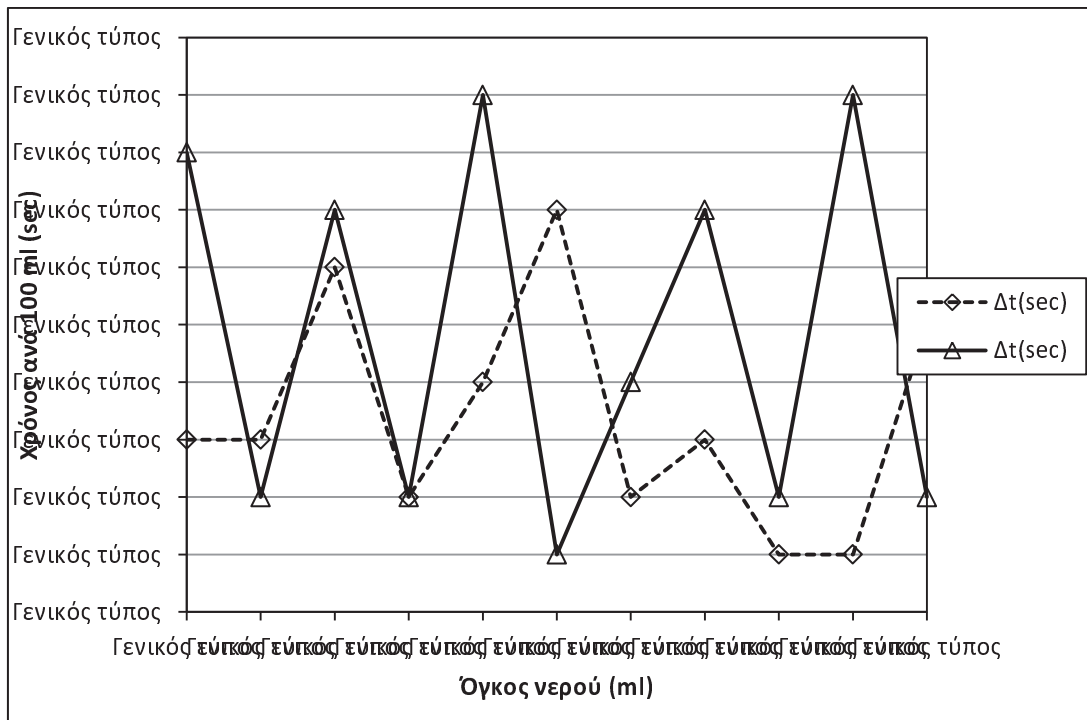
Γράφημα: Σύρος(1)



Γράφημα: Σύρος(2)

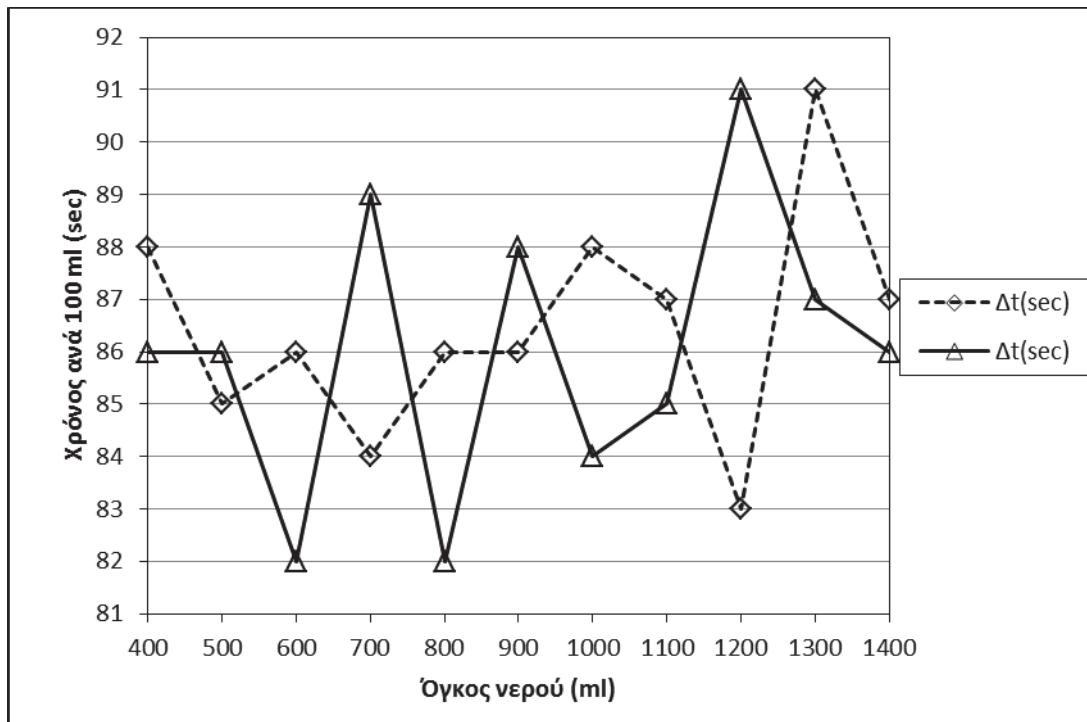


Γράφημα: Σύρος(3)

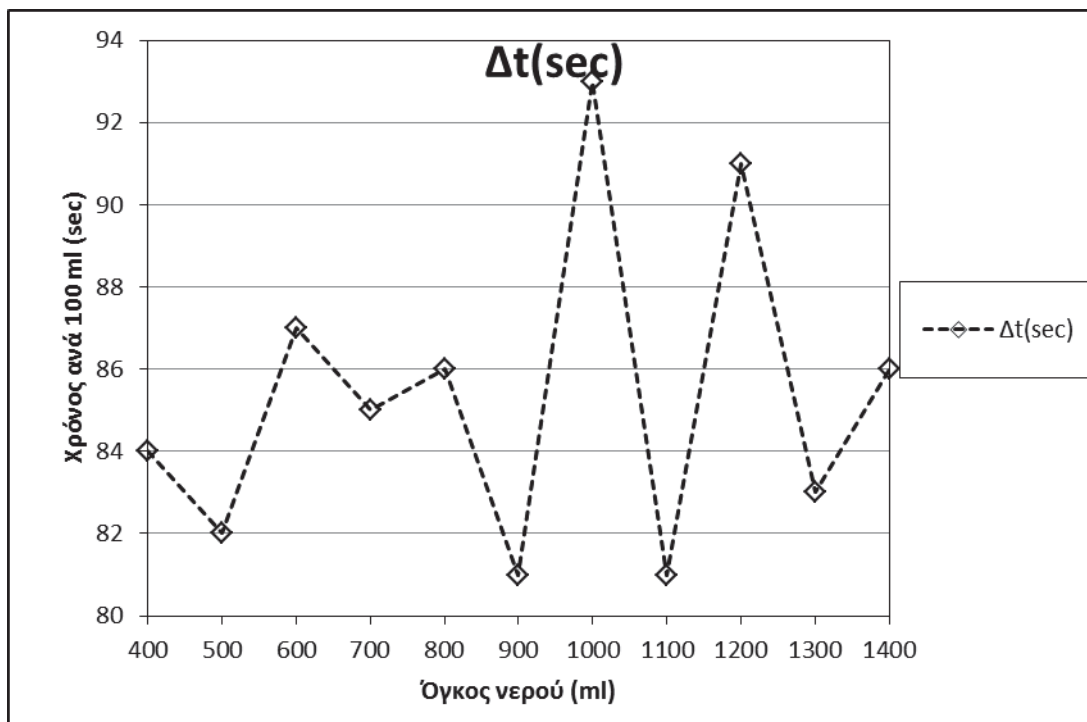


Γράφημα: Σύρος(4)

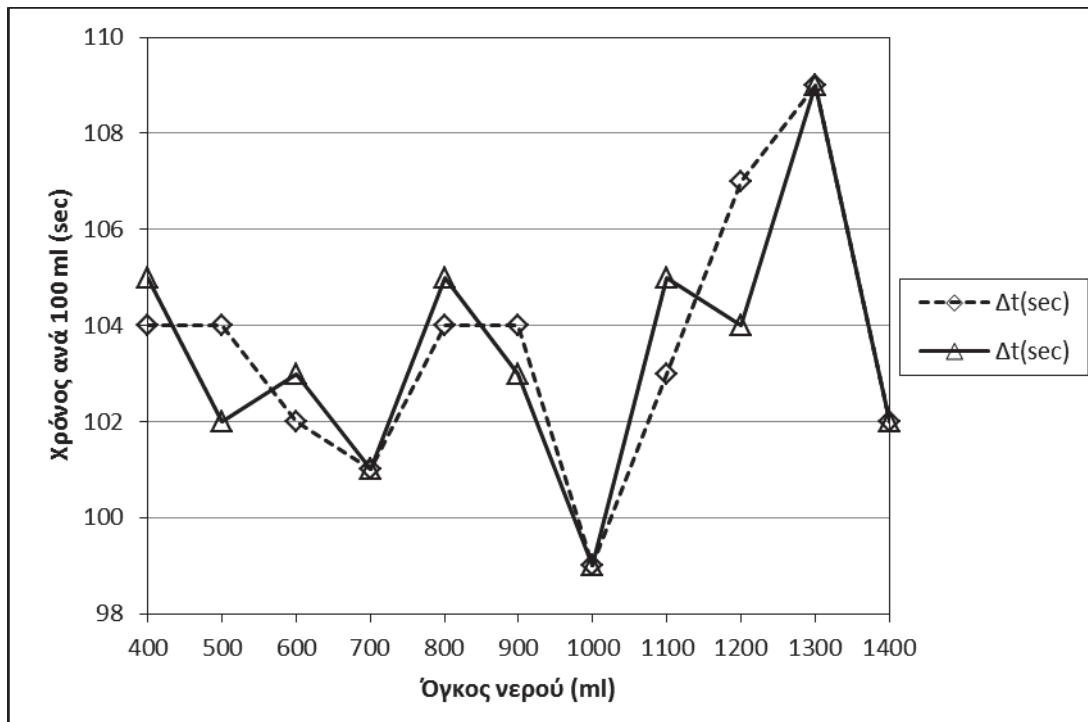
Περιοχή: Γέρακας



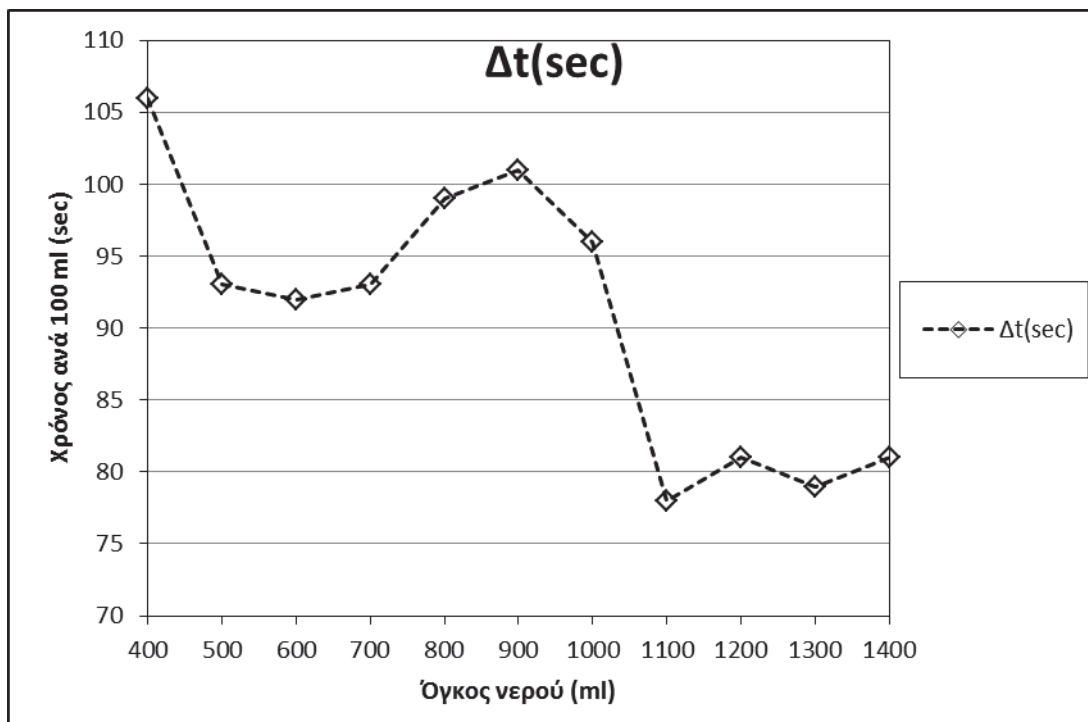
Γράφημα: Γέρακας(1)-α



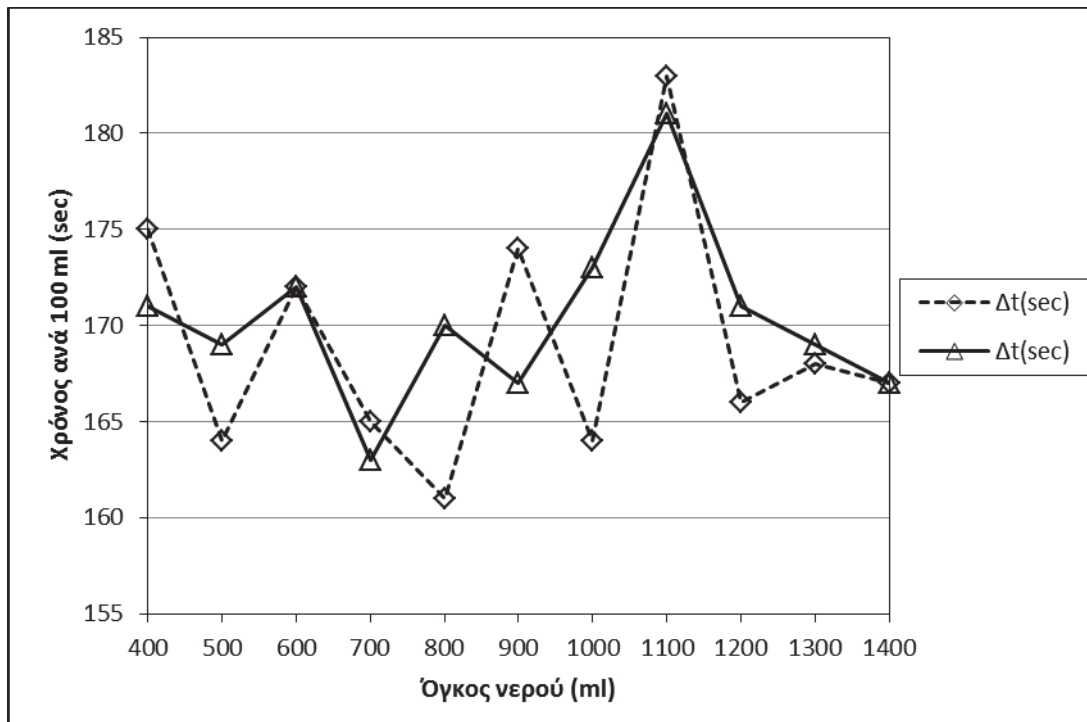
Γράφημα: Γέρακας(1)-β



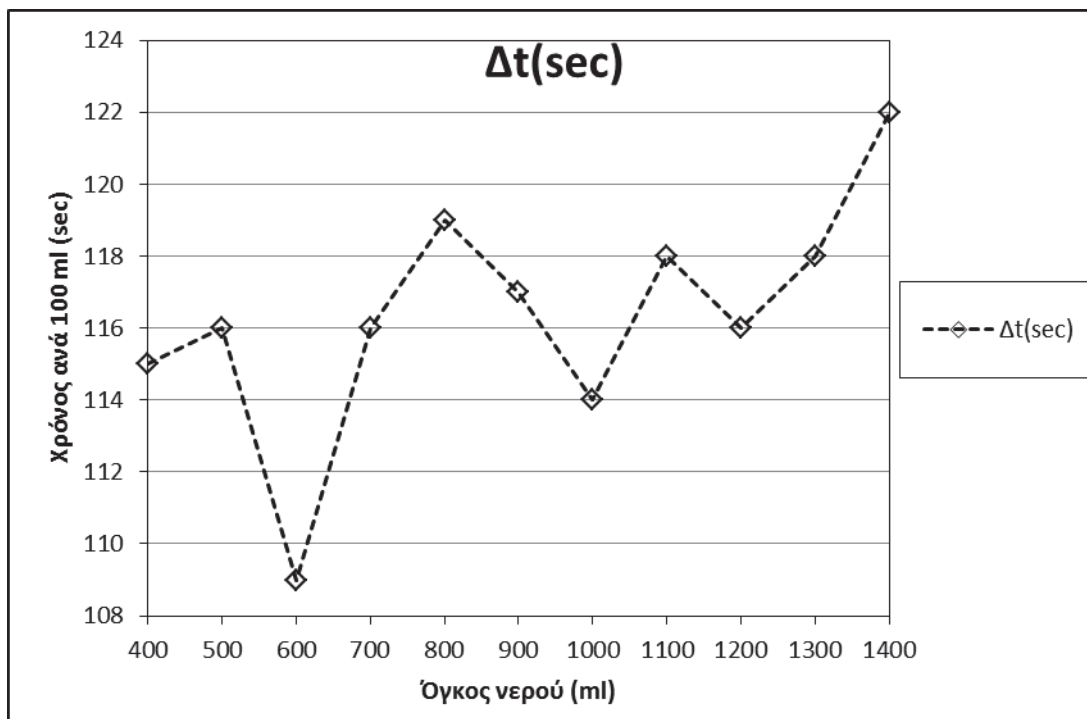
Γράφημα: Γέρακας(2)-α



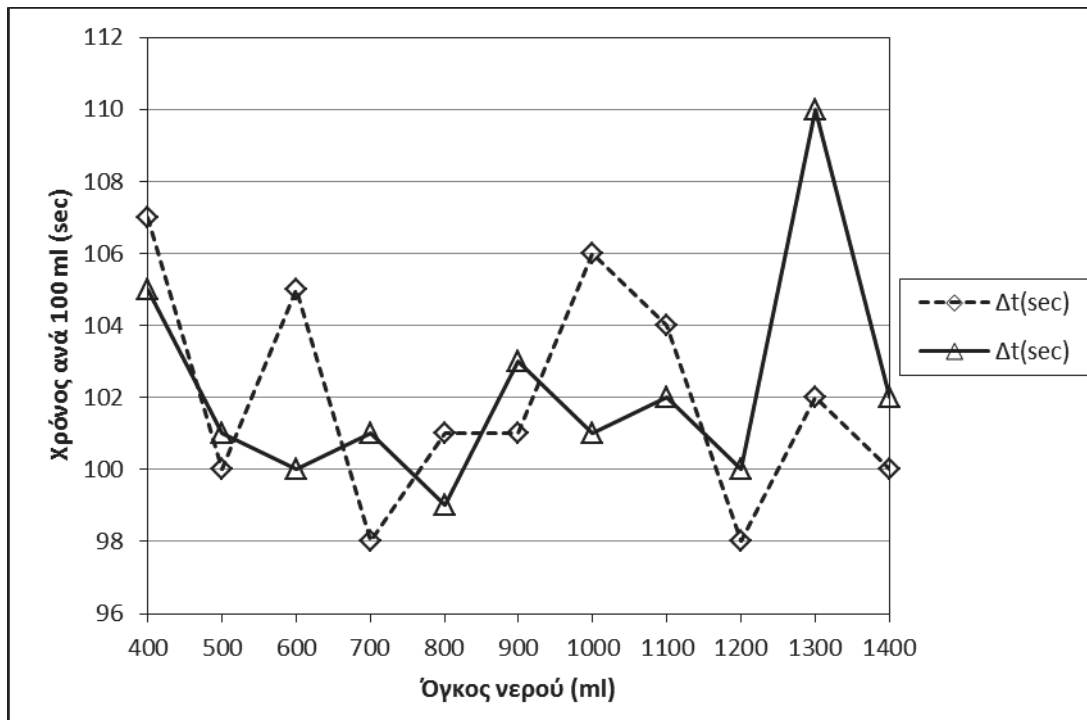
Γράφημα: Γέρακας(2)-β



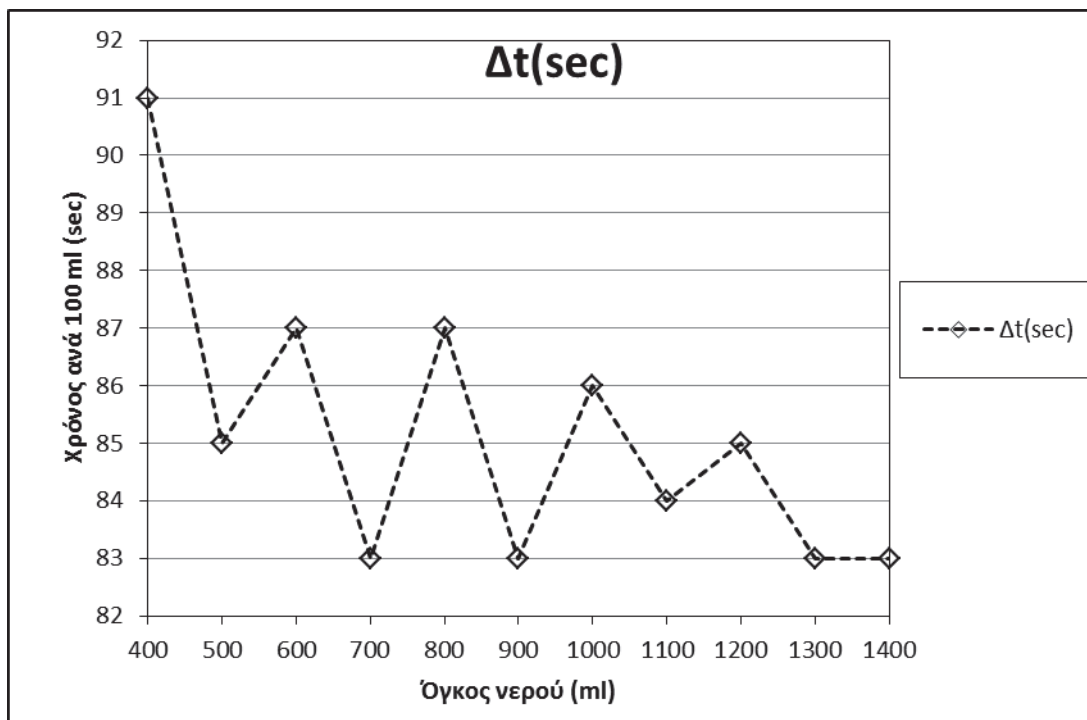
Γράφημα: Γέρακας(3)-α



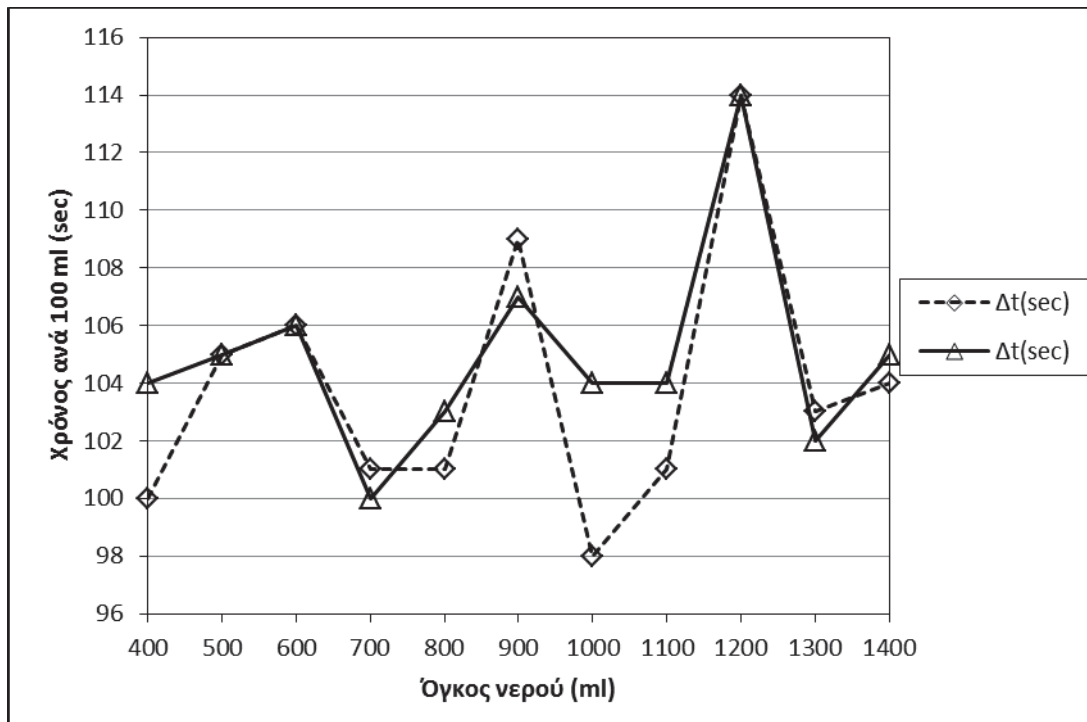
Γράφημα: Γέρακας(3)-β



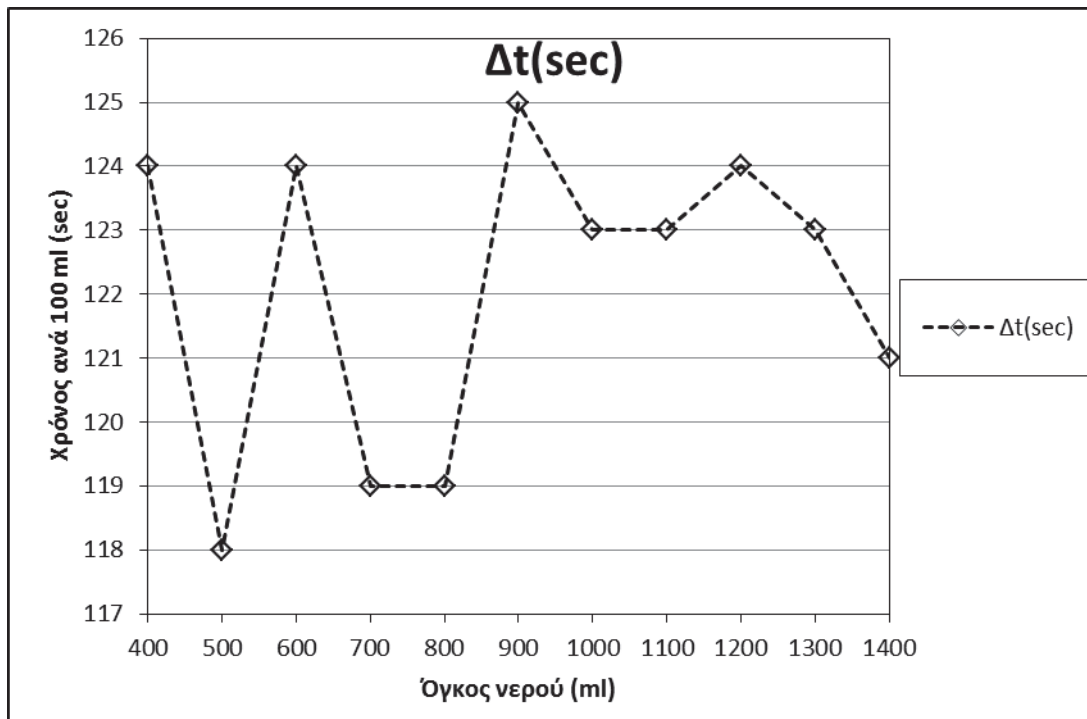
Γράφημα: Αλικανάς(1)-α



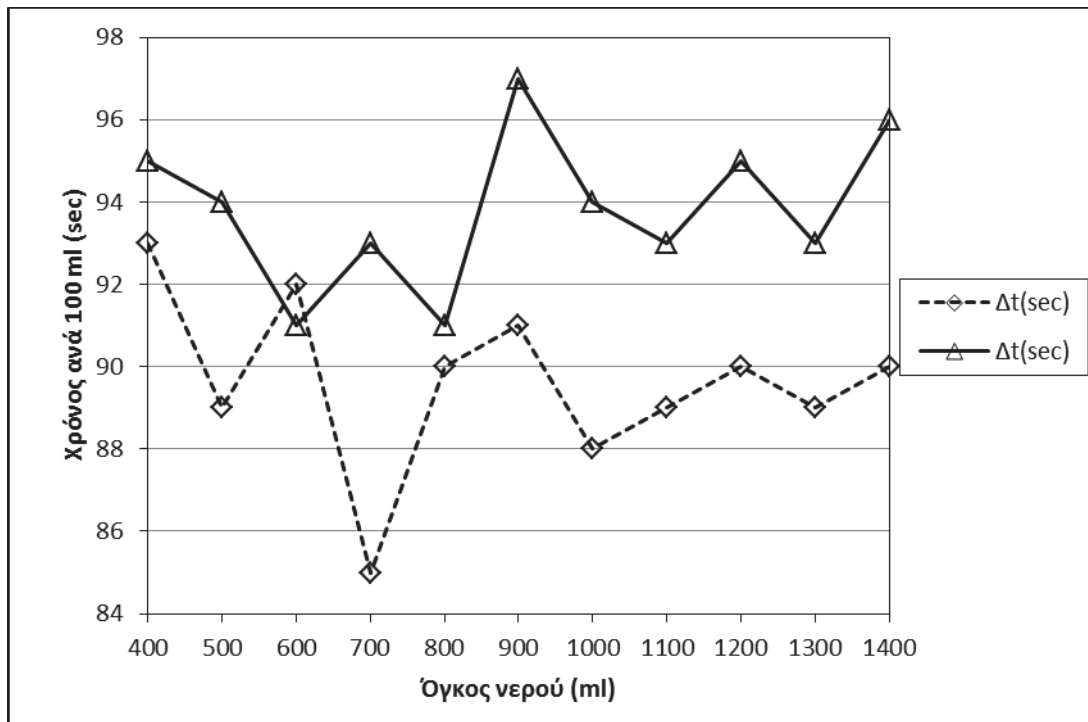
Γράφημα: Αλικανάς(1)-β



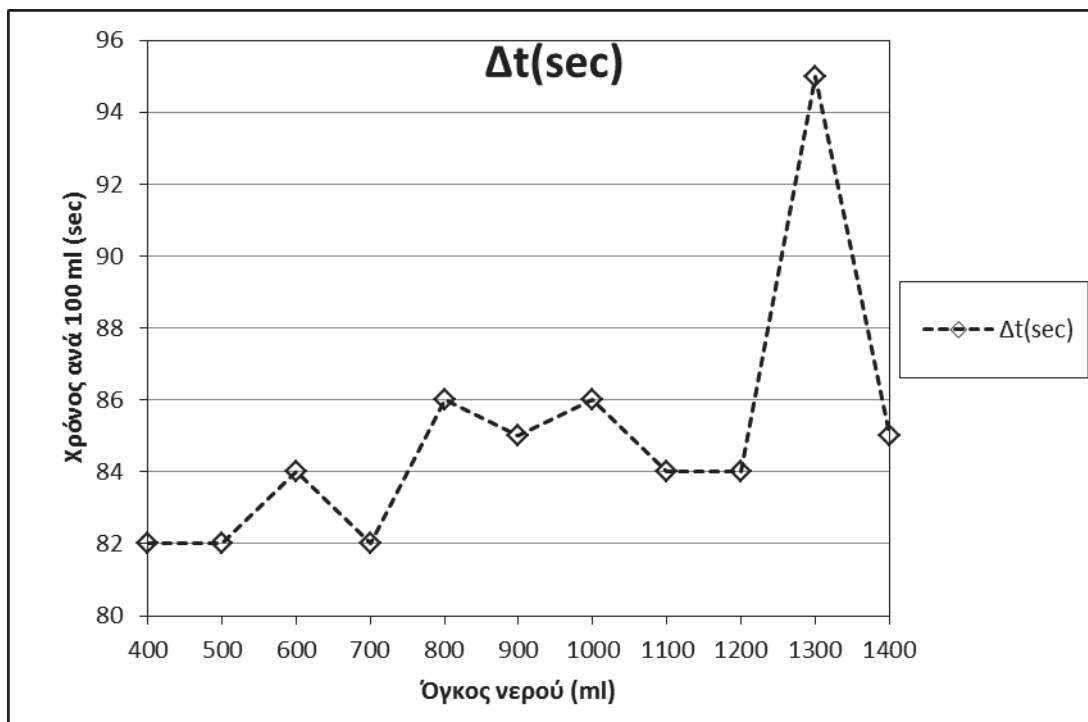
Γράφημα: Αλικανάς(2)-α



Γράφημα: Αλικανάς(2)-β

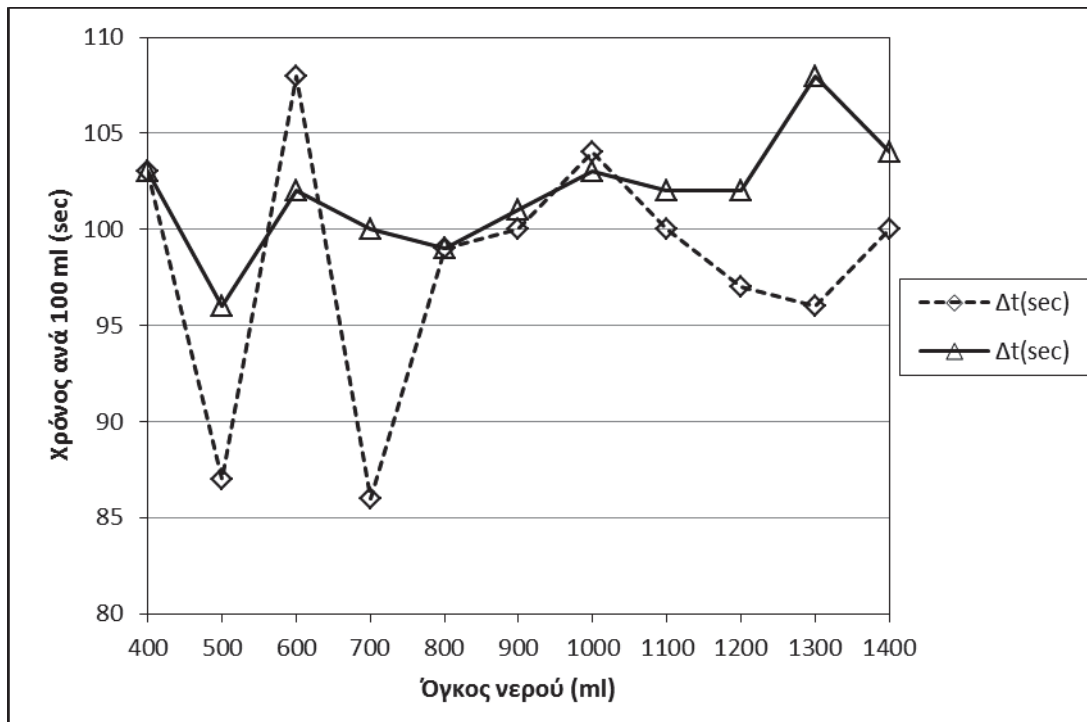


Γράφημα: Αλικανάς(3)-α

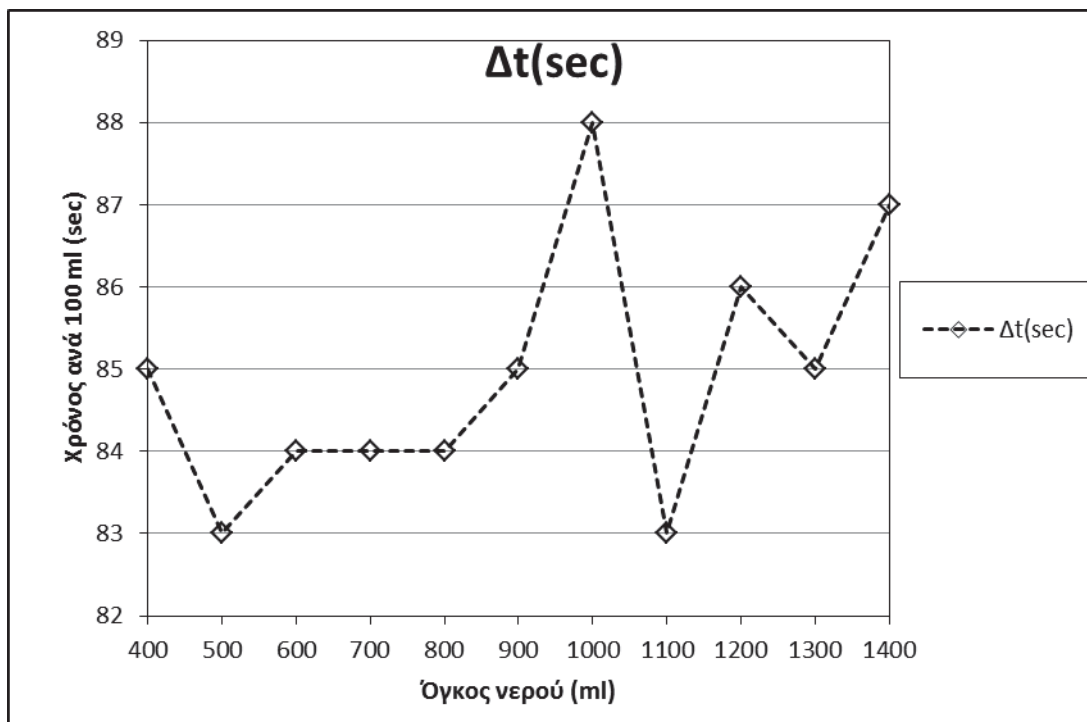


Γράφημα: Αλικανάς(3)-β

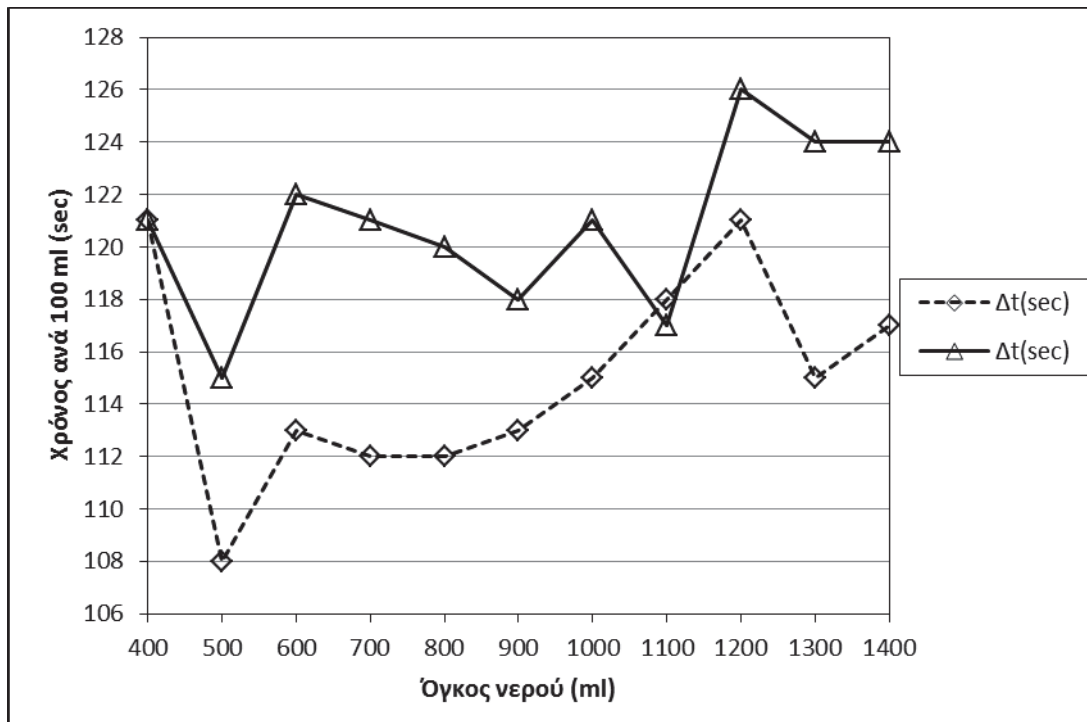
Περιοχή: Πόρτο Μπανάνα



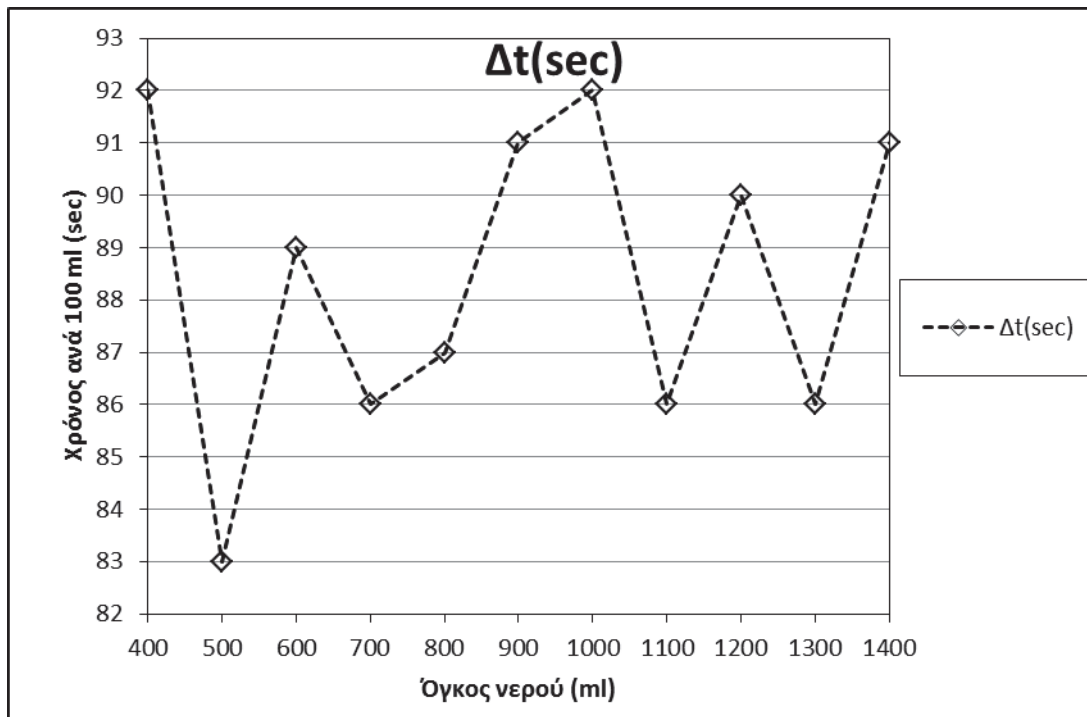
Γράφημα: Πόρτο Μπανάνα (1)-α



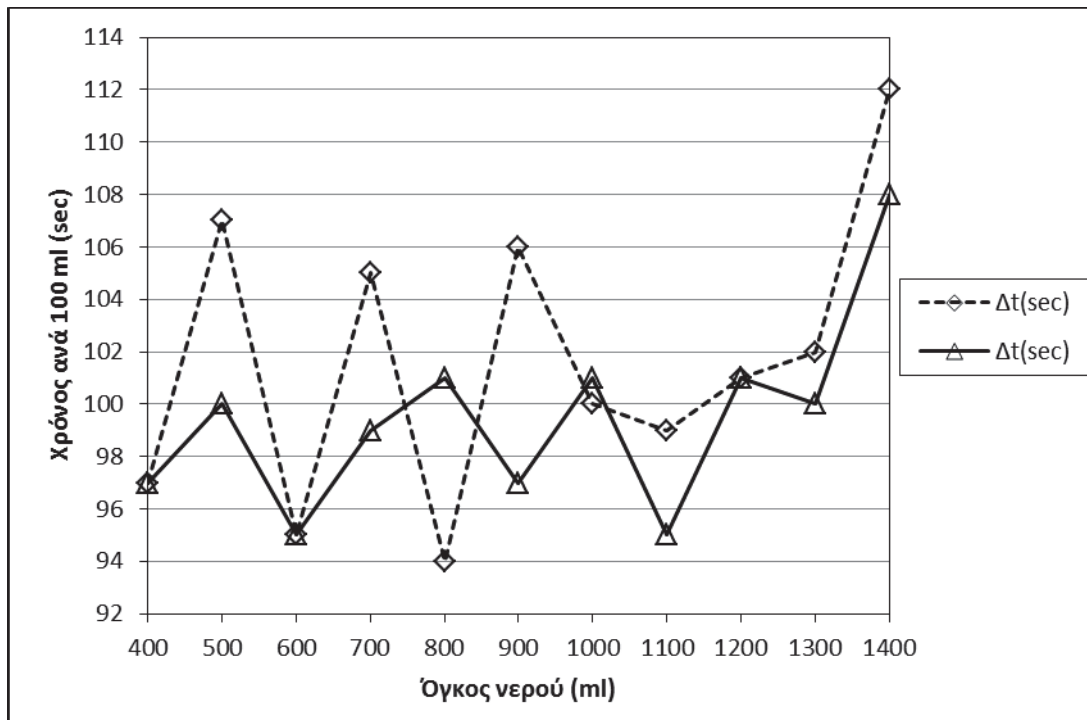
Γράφημα: Πόρτο Μπανάνα (1)-β



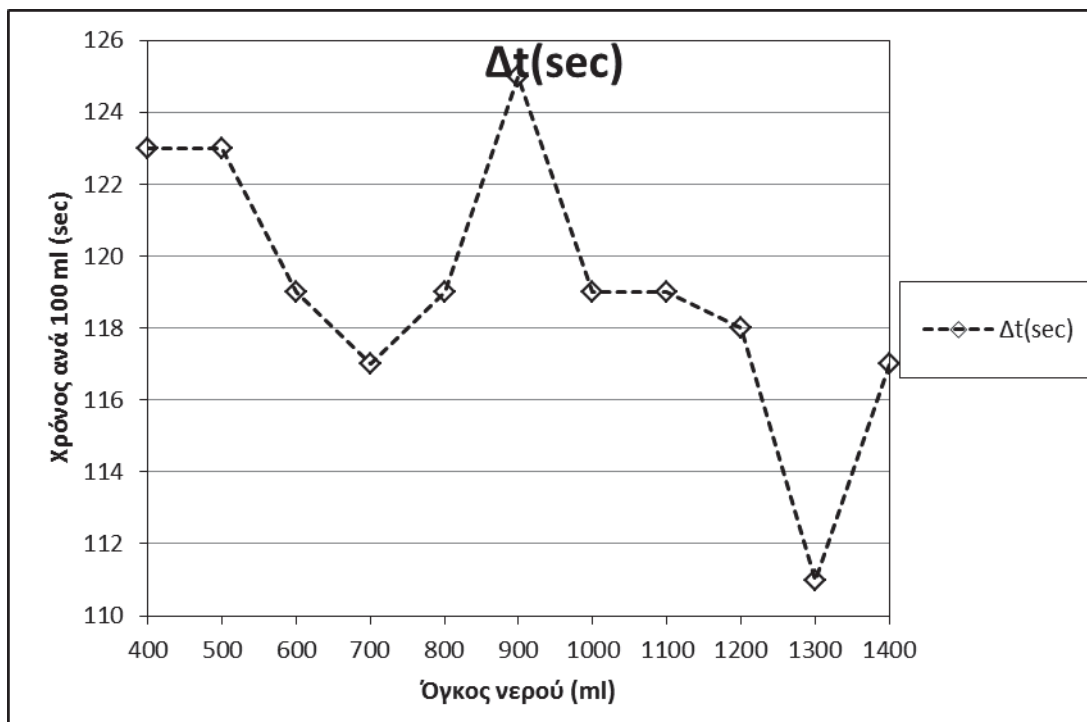
Γράφημα: Πόρτο Μπανάνα (2)-α



Γράφημα: Πόρτο Μπανάνα (2)-β

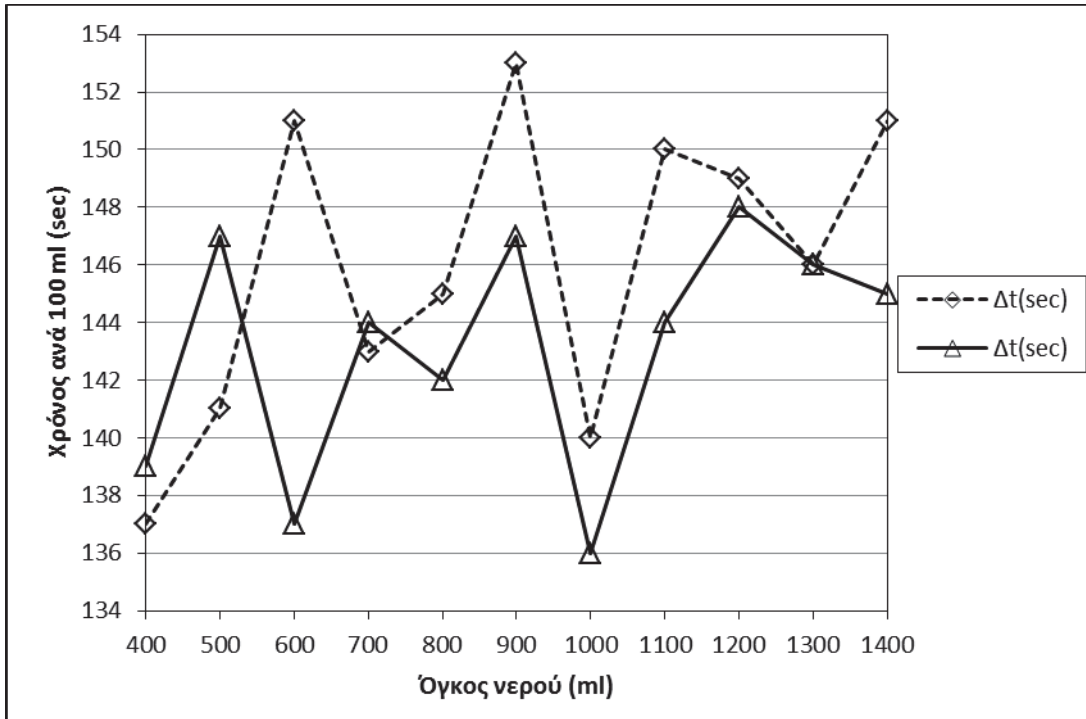


Γράφημα: Πόρτο Μπανάνα (3)-α

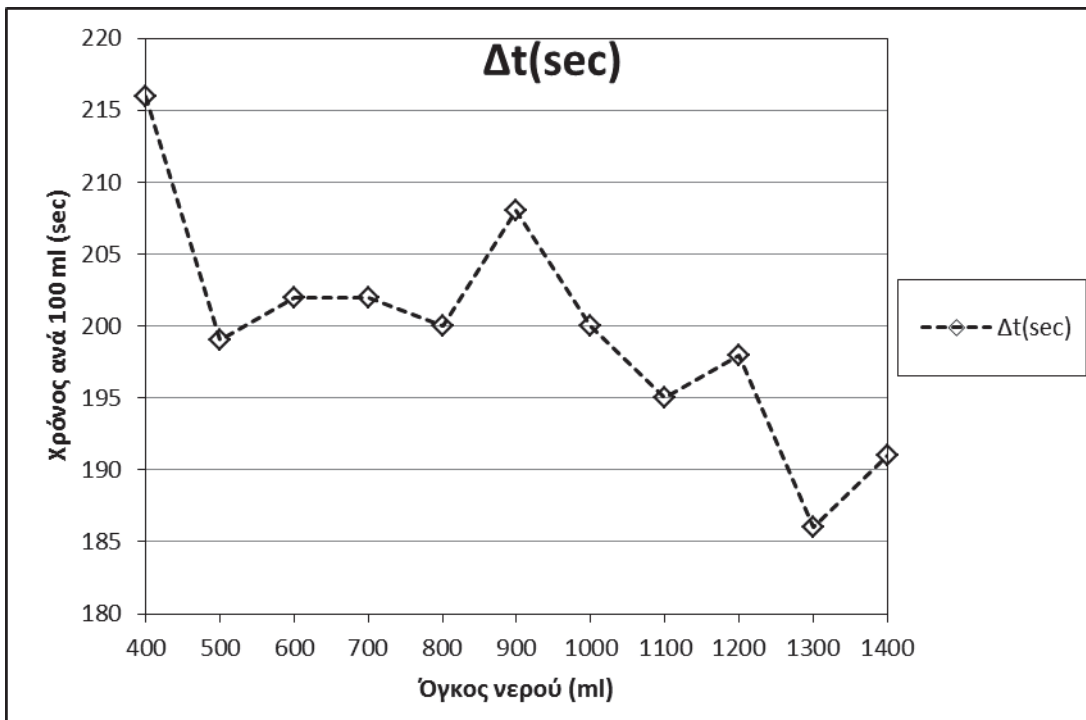


Γράφημα: Πόρτο Μπανάνα (3)-β

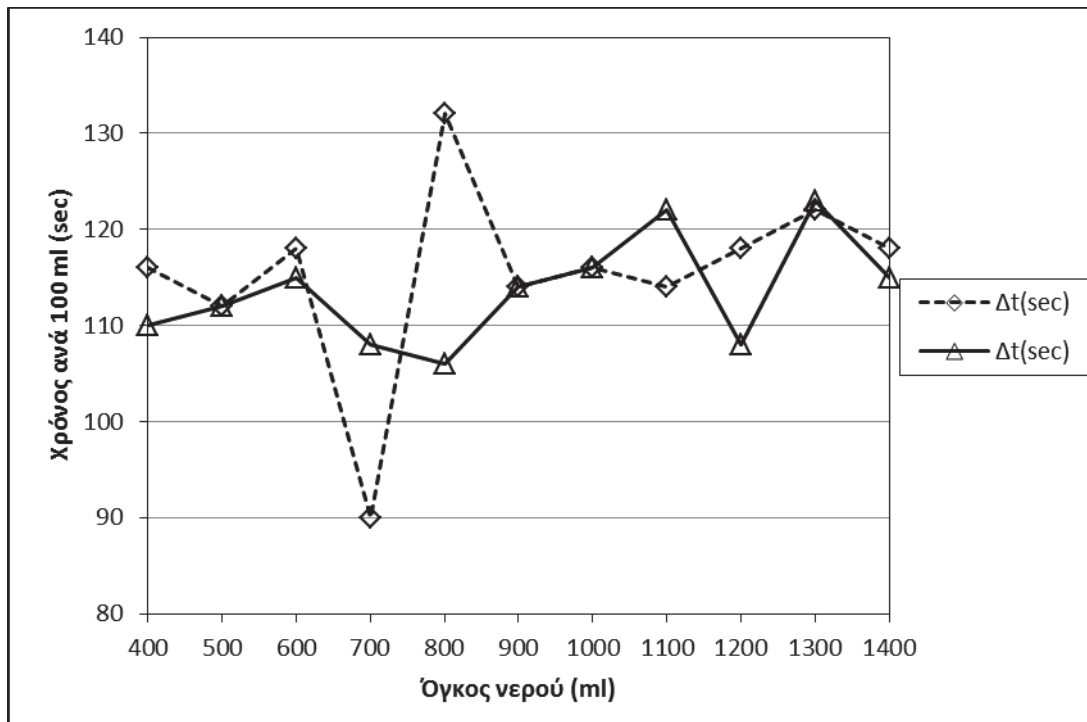
Περιοχή: Λίμνη



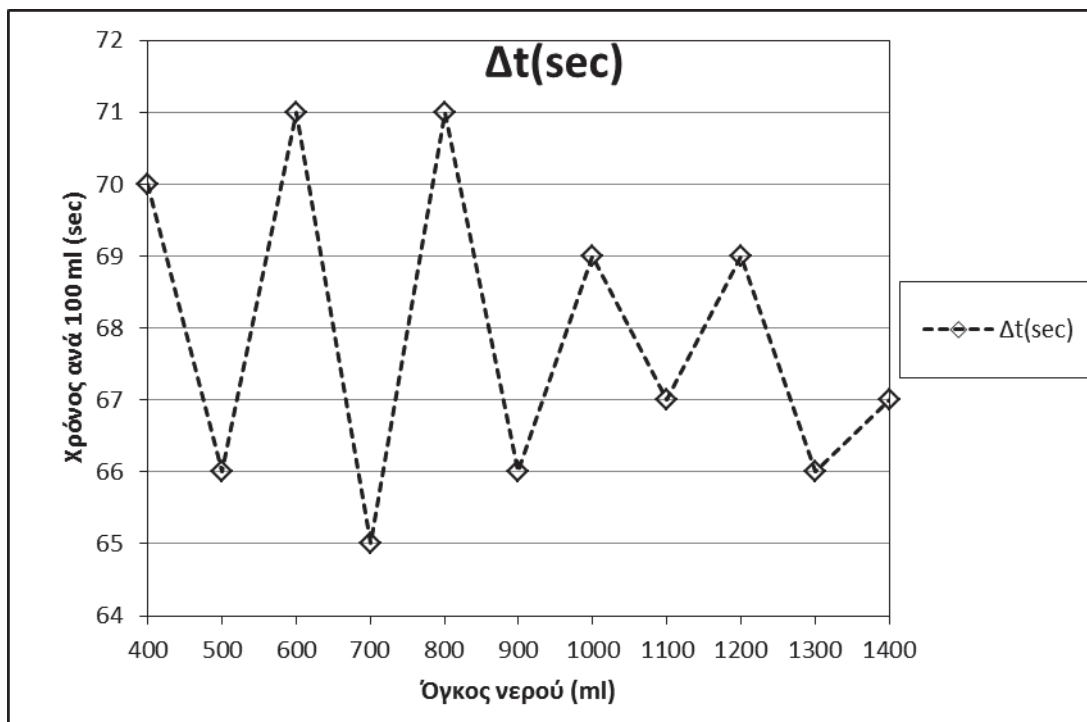
Γράφημα: Λίμνη(4)-α



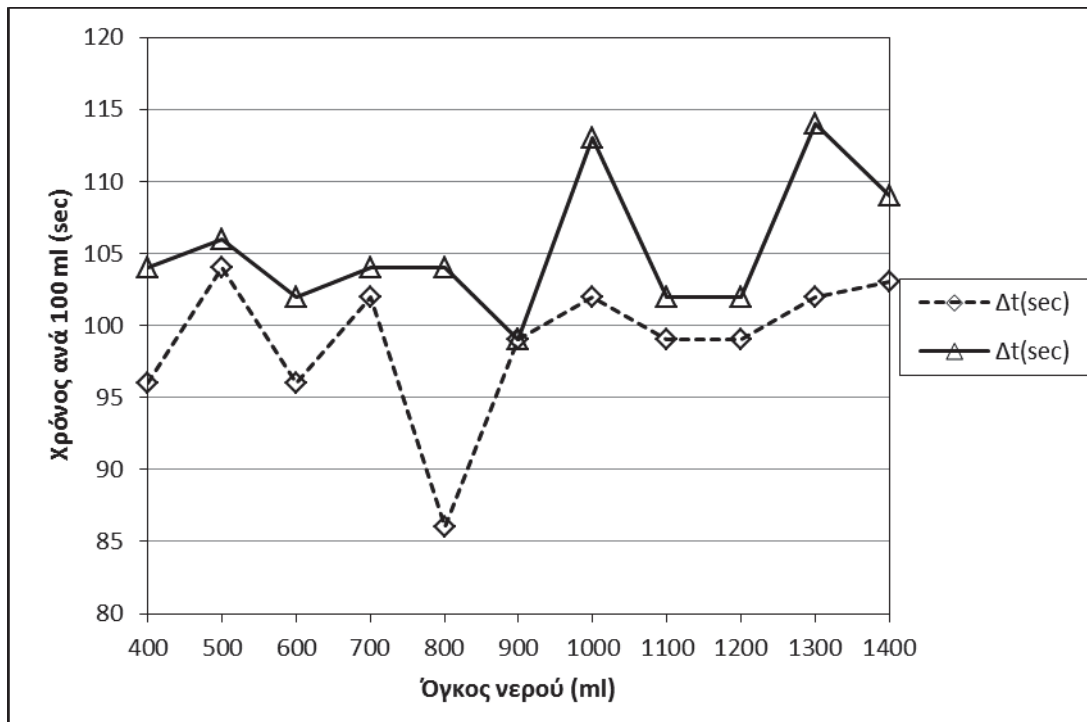
Γράφημα: Λίμνη(4)-β



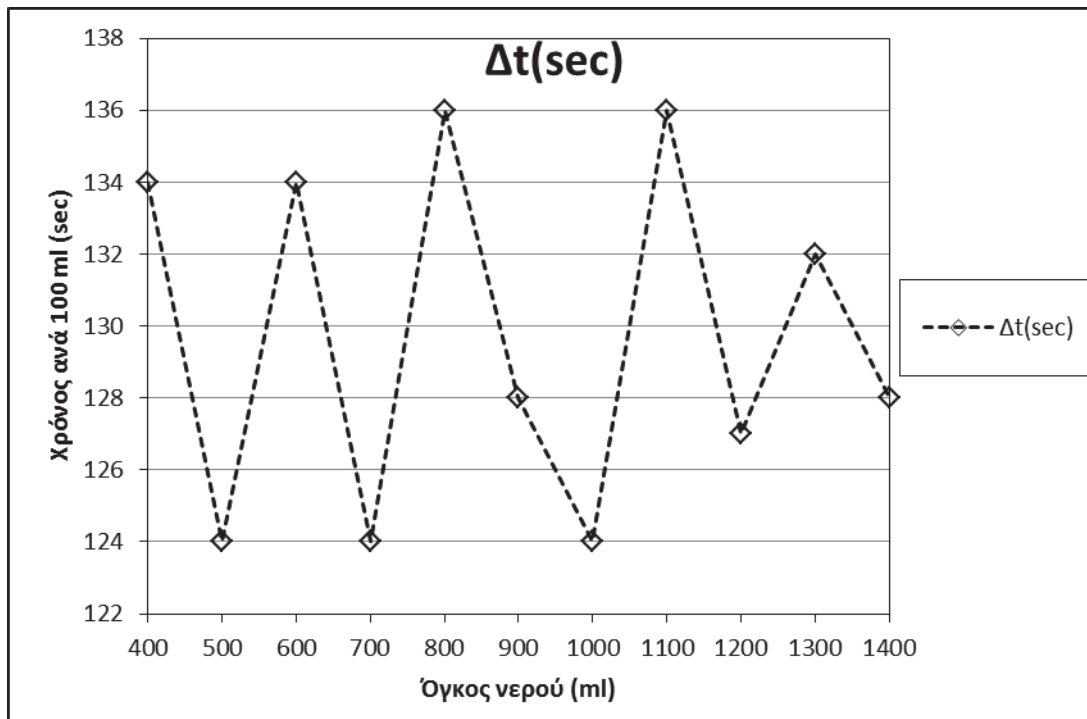
Γράφημα: Φούρνοι(2) 1



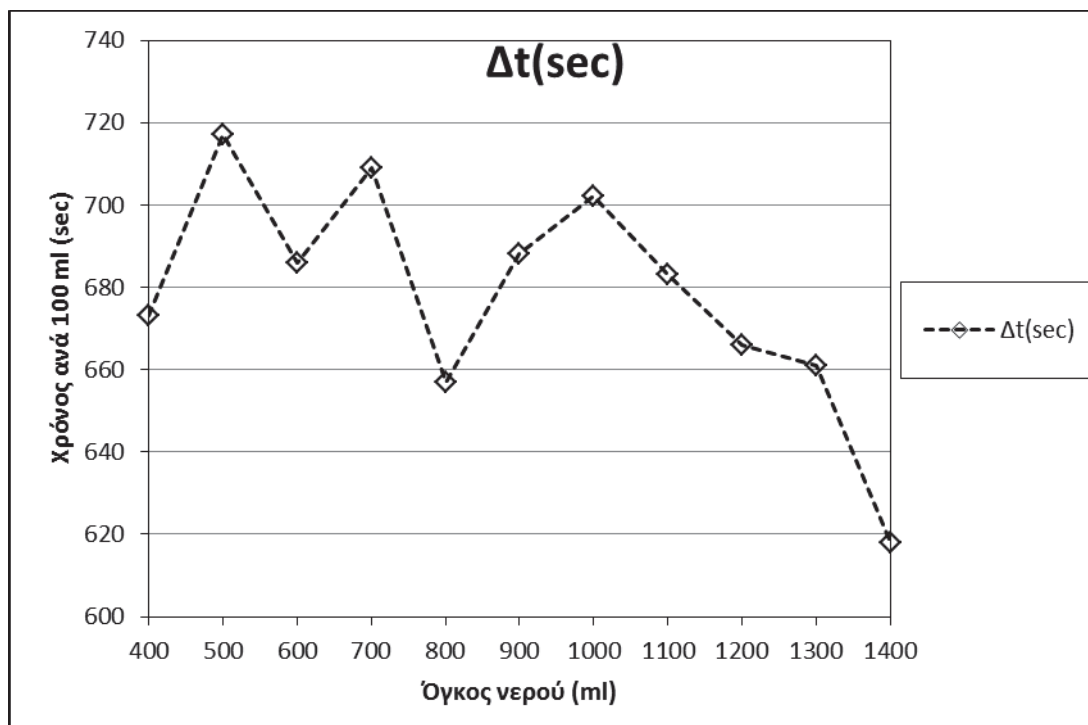
Γράφημα: Φούρνοι(2)



Γράφημα: Φούρνοι(2-60cm) 1

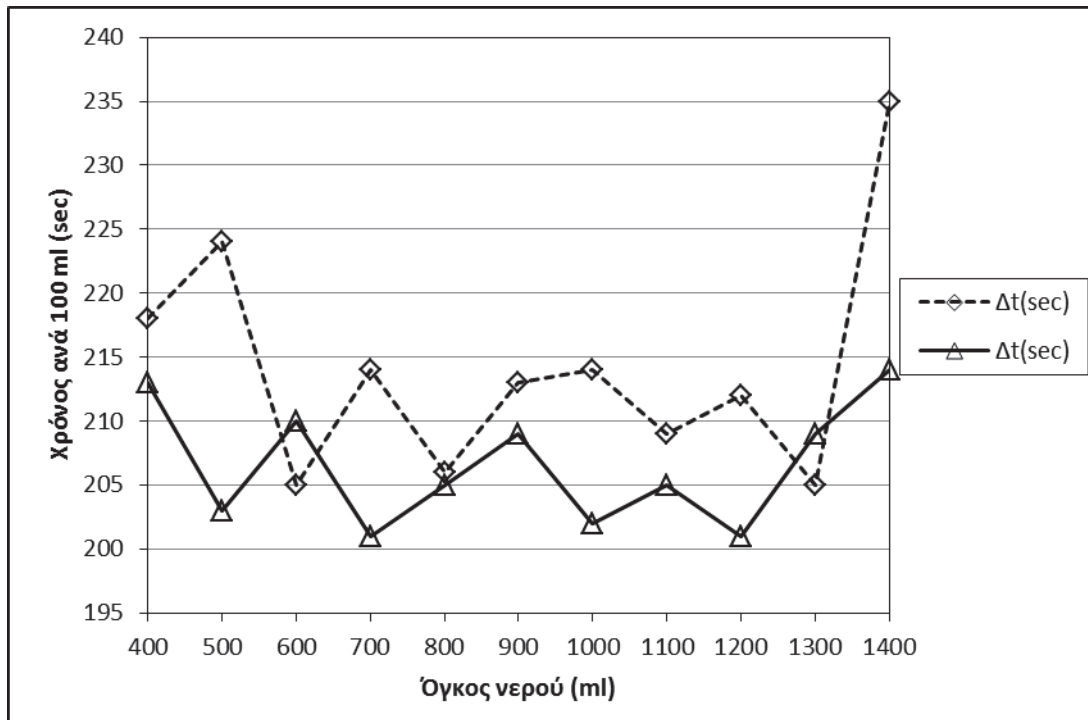


Γράφημα: Φούρνοι(2-60cm)

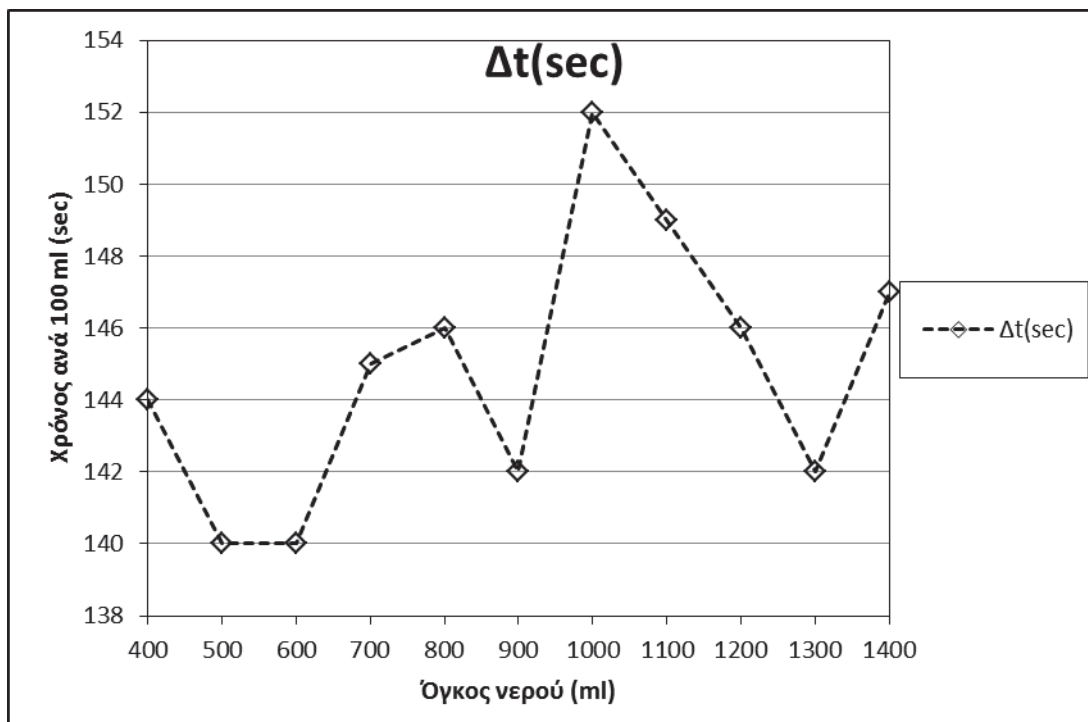


Γράφημα: Φούρνοι(3)

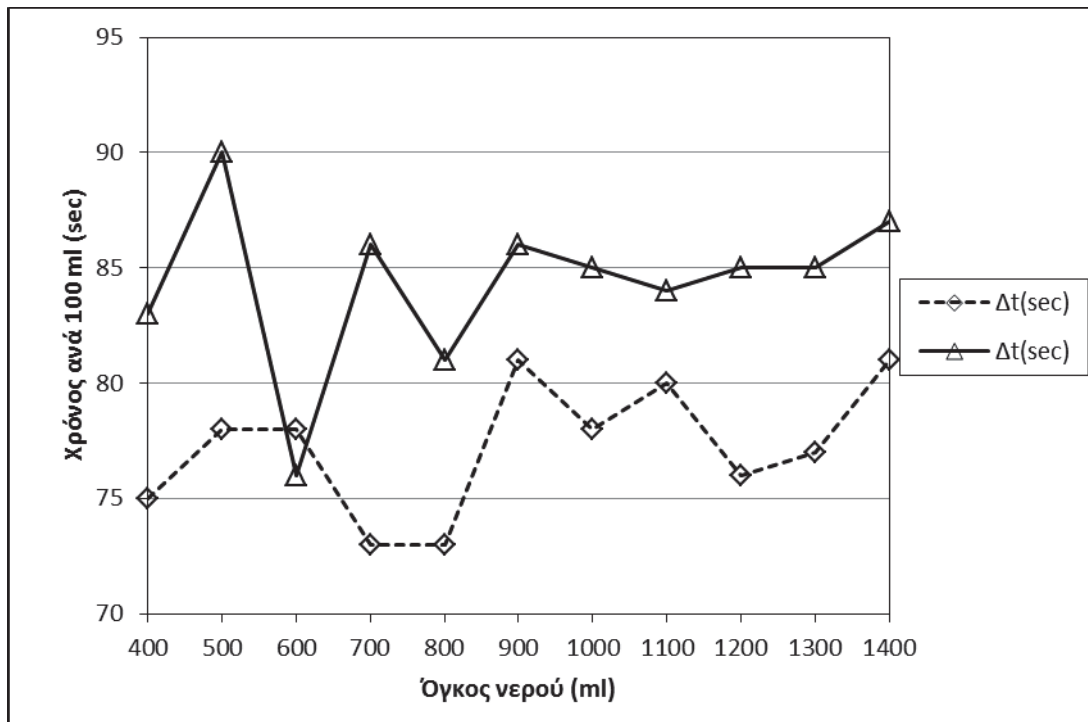
Περιοχή: Κάστρο Κυλλήνης



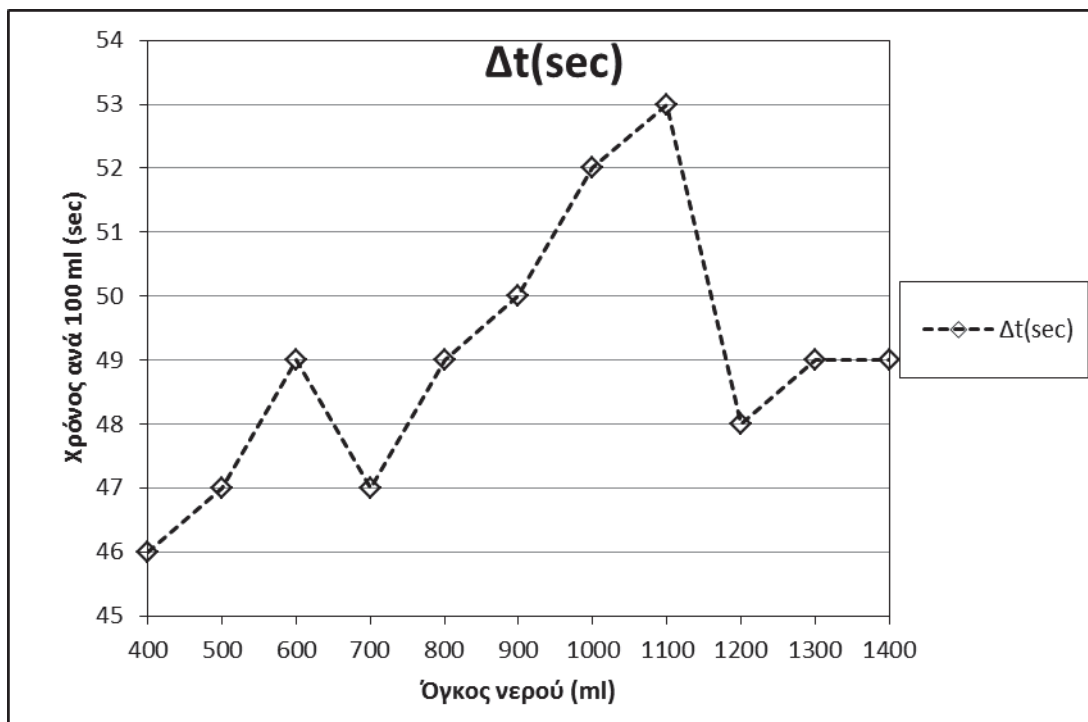
Γράφημα: Κάστρο Κυλλήνης(1)



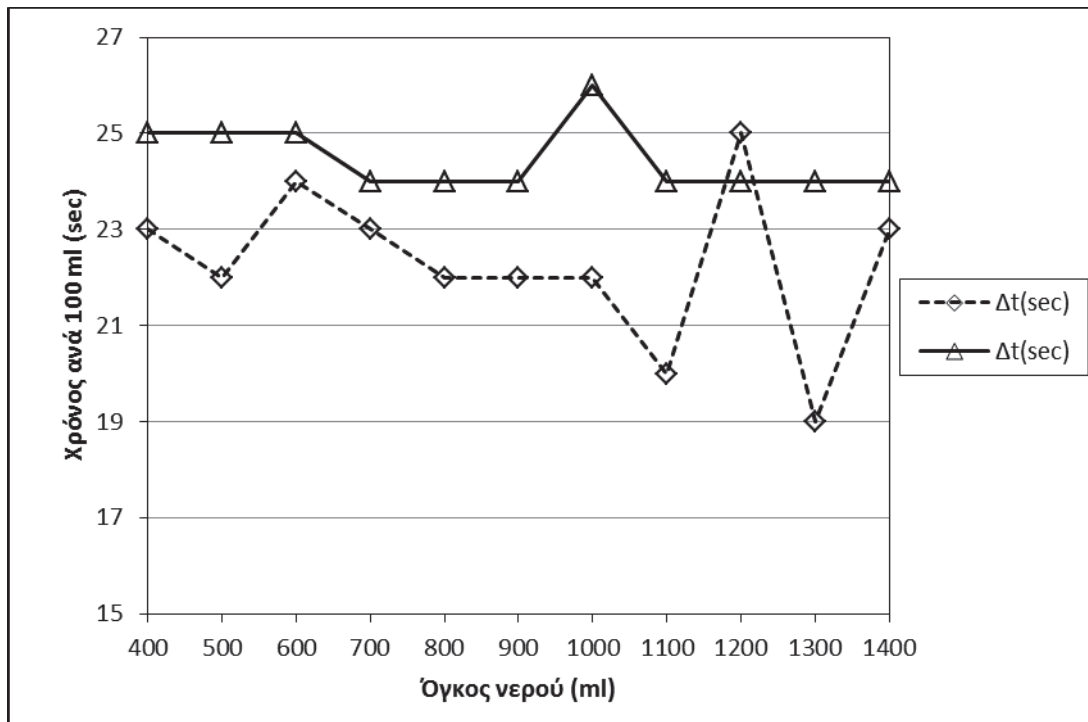
Γράφημα: Κάστρο Κυλλήνης



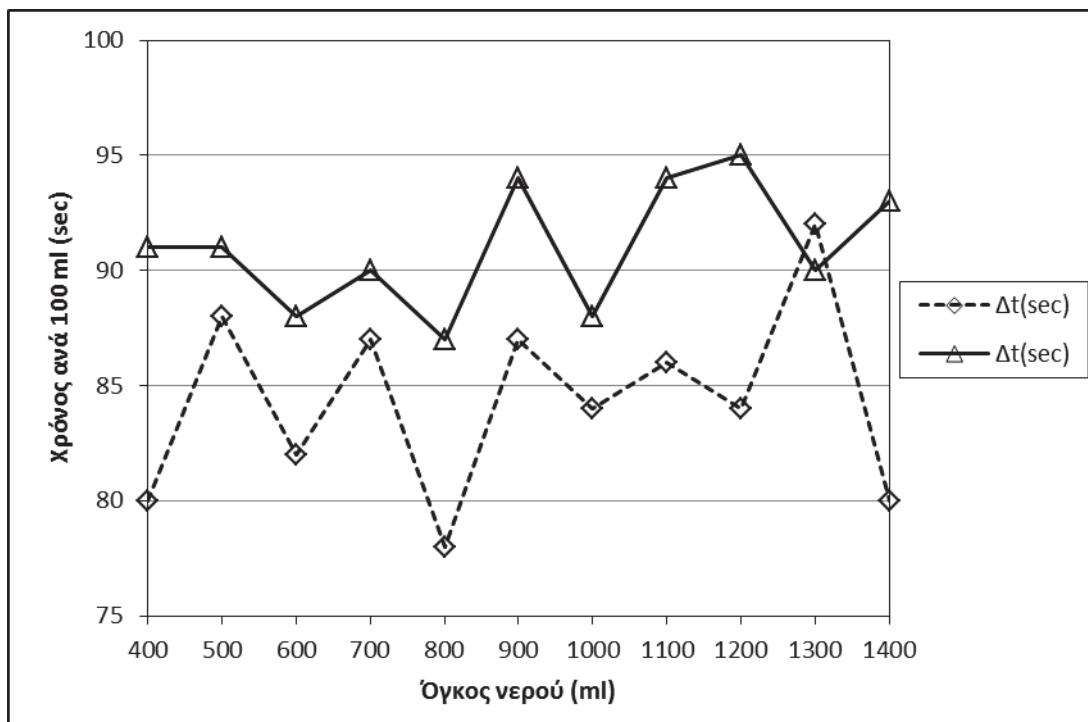
Γράφημα: Βαρθολομιό(1)



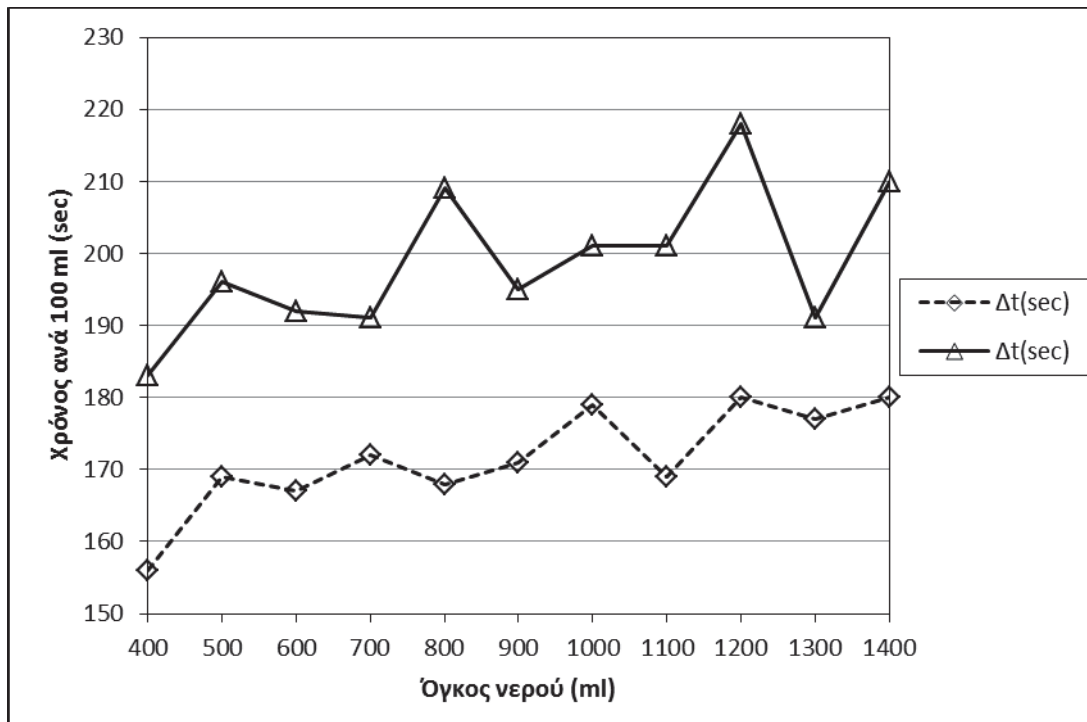
Γράφημα: Βαρθολομιό



Γράφημα: Κυπαρισσία(1)

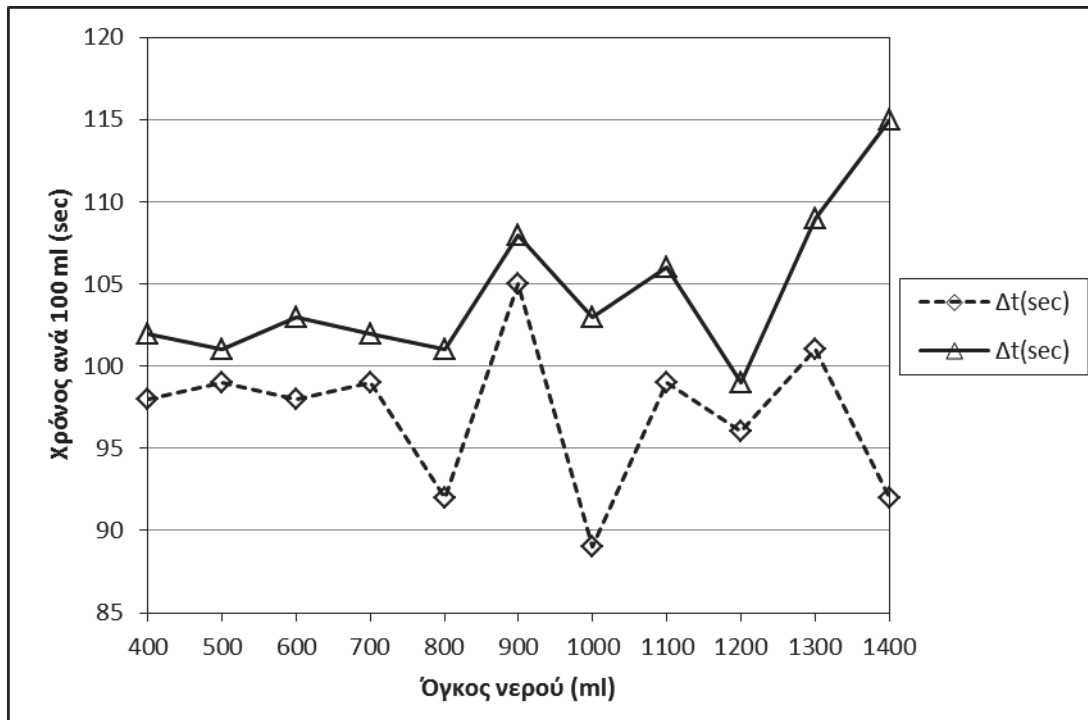


Γράφημα: Κυπαρισσία(2)

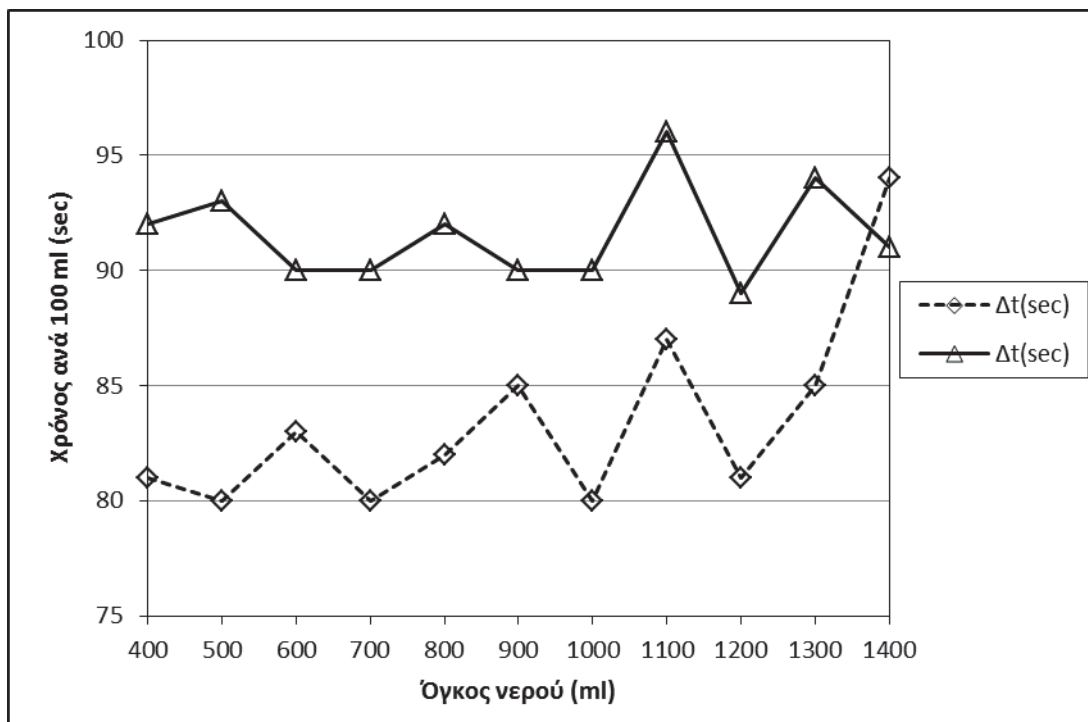


Γράφημα: Κυπαρισσία(3)

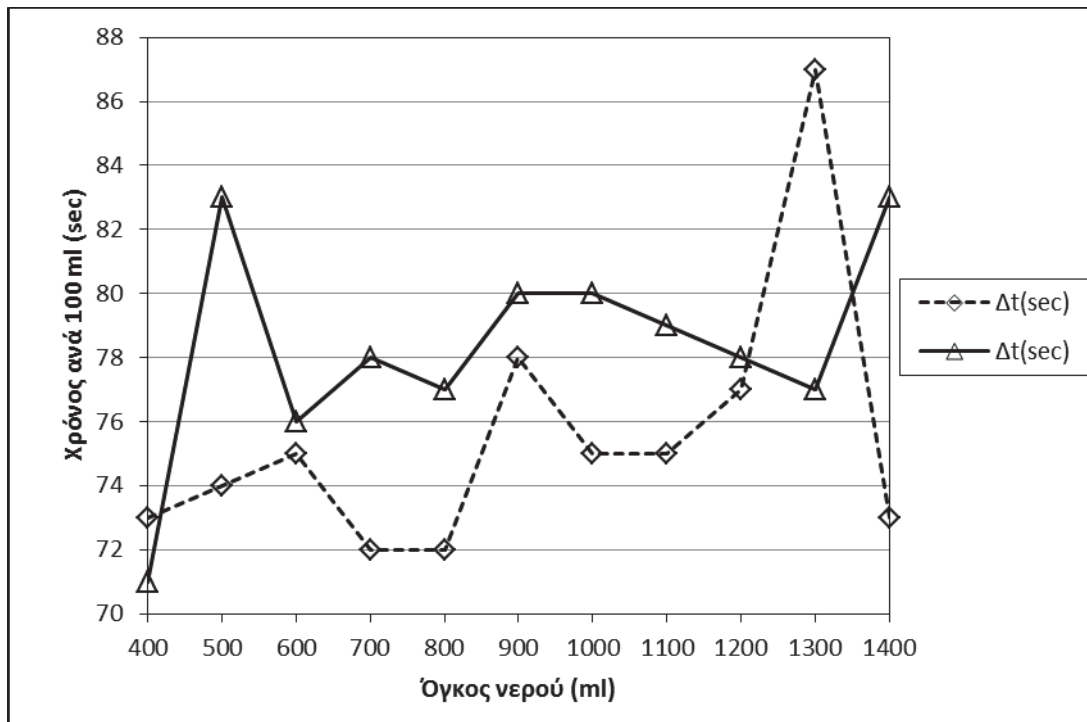
Περιοχή: Γιαννιτσοχώρι



Γράφημα: Γιαννιτσοχώρι(1)

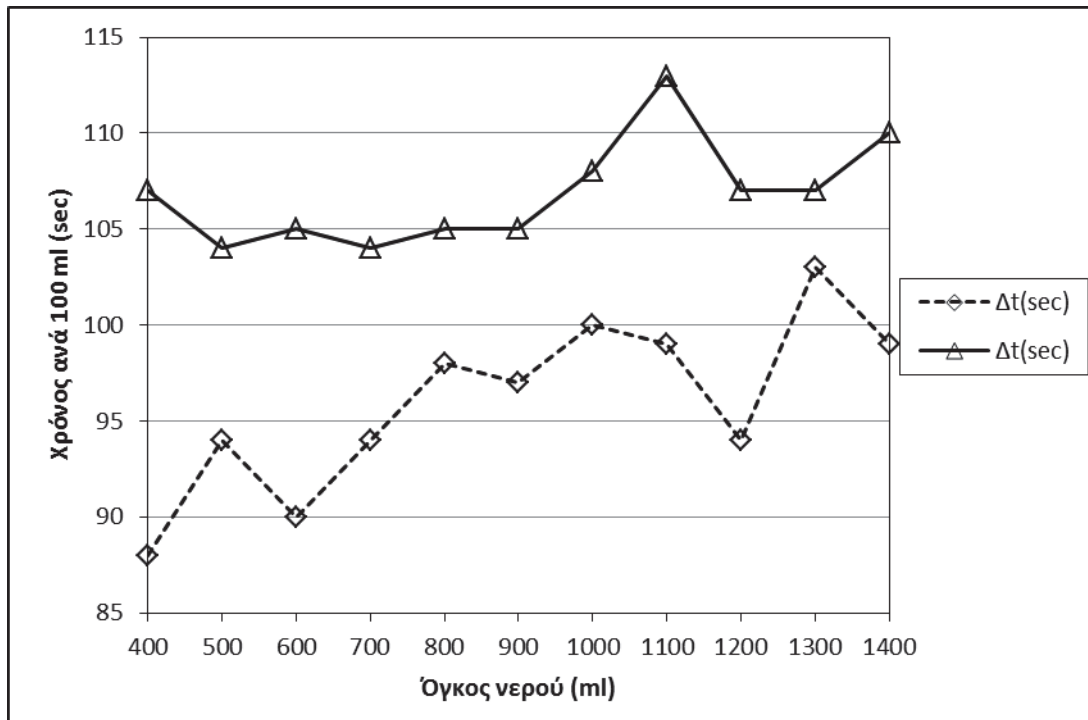


Γράφημα: Γιαννιτσοχώρι(2)

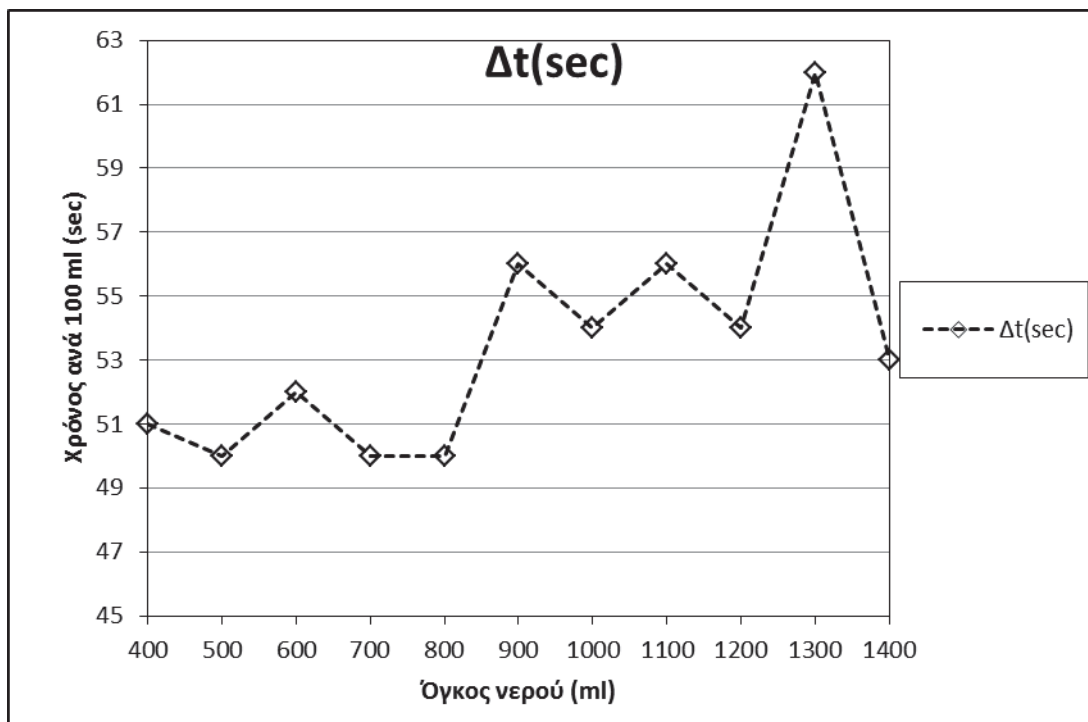


Γράφημα: Γιαννιτσοχώρι(3)

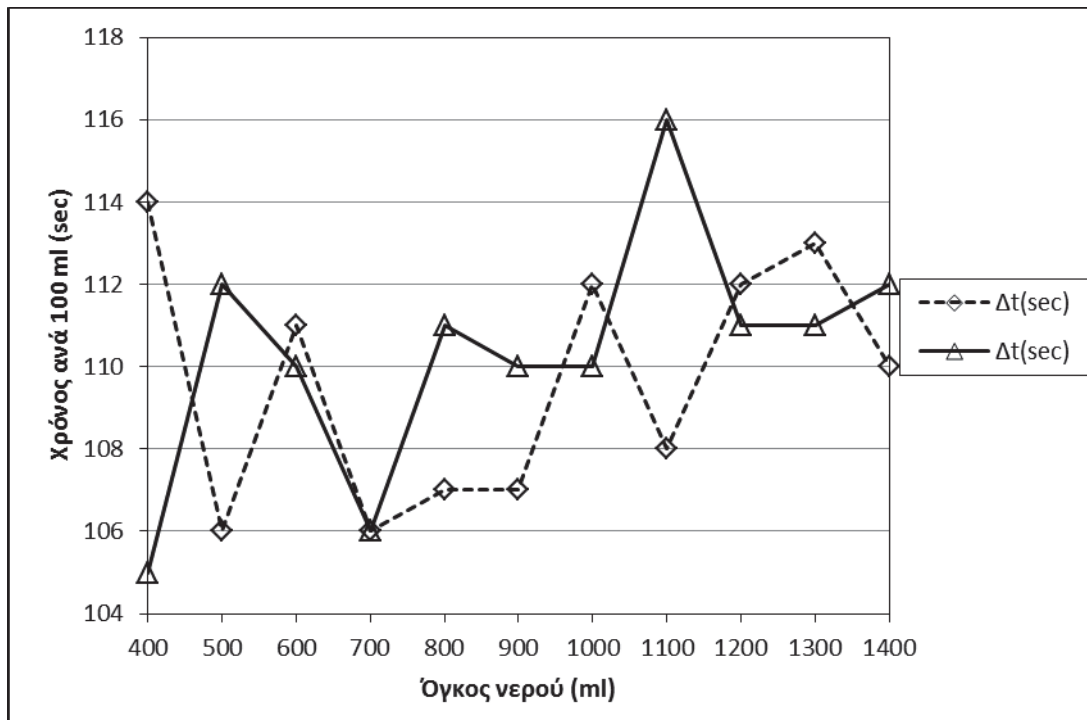
Περιοχή: Τήνος



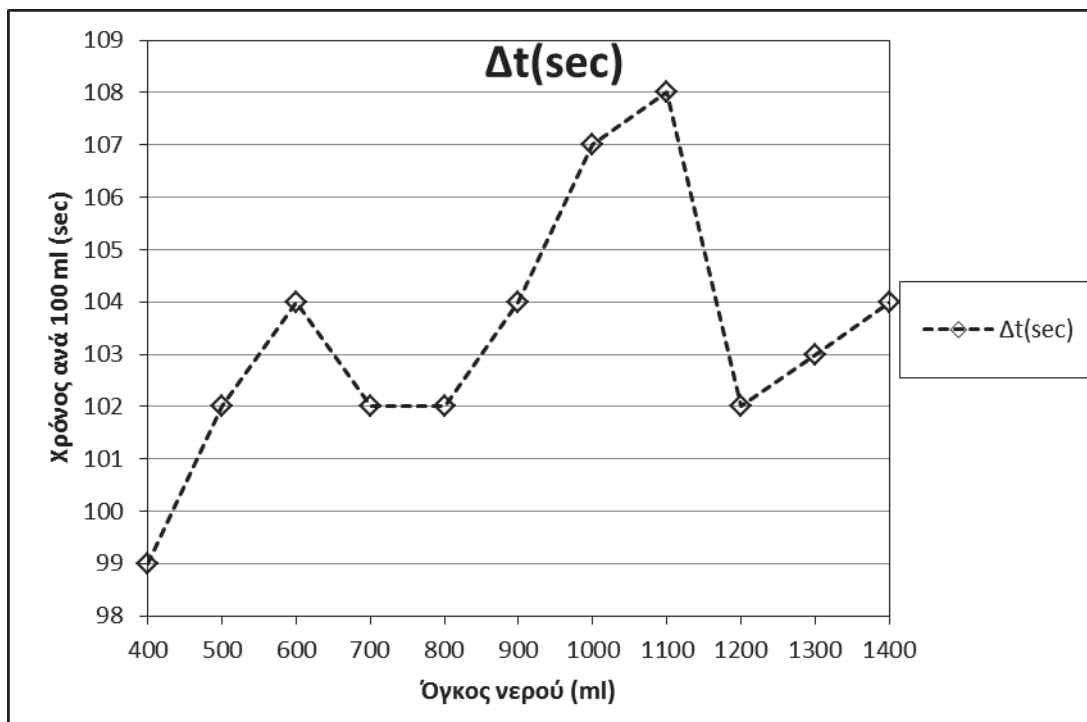
Γράφημα: Τήνος(1)



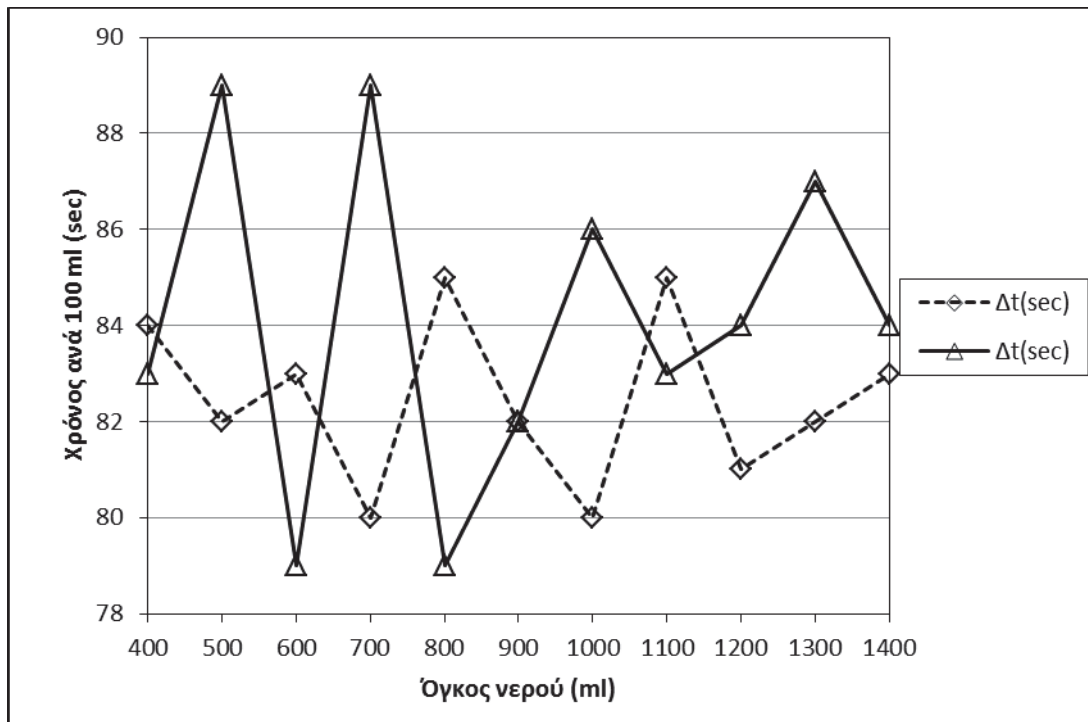
Γράφημα: Τήνος



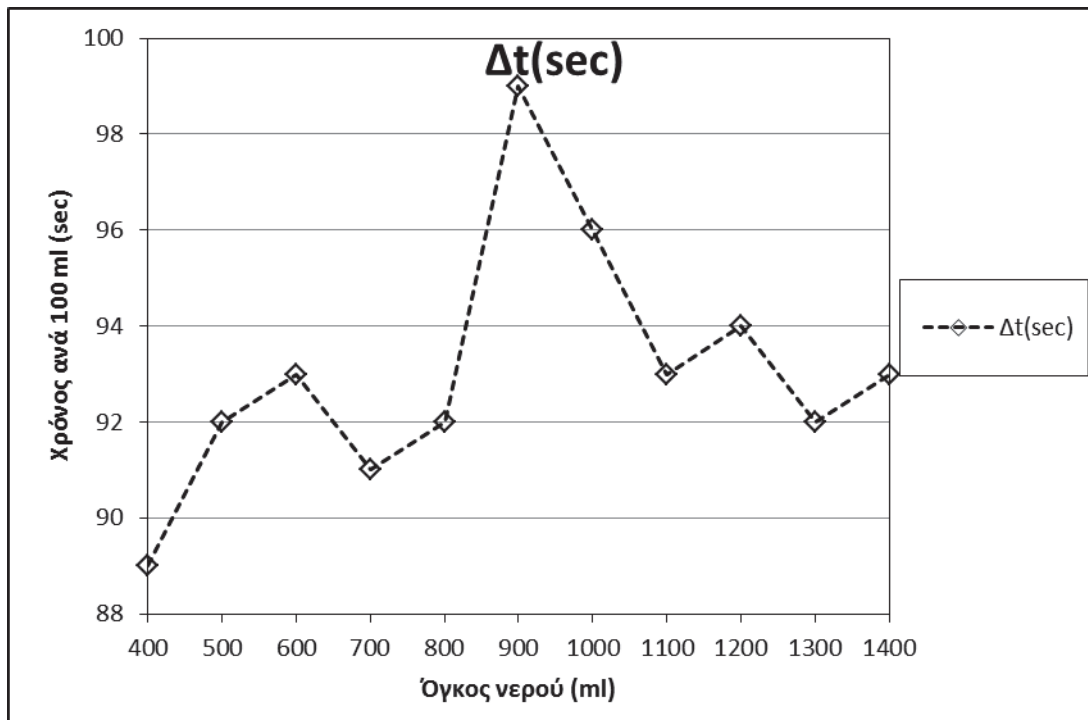
Γράφημα: Σάμος (1)



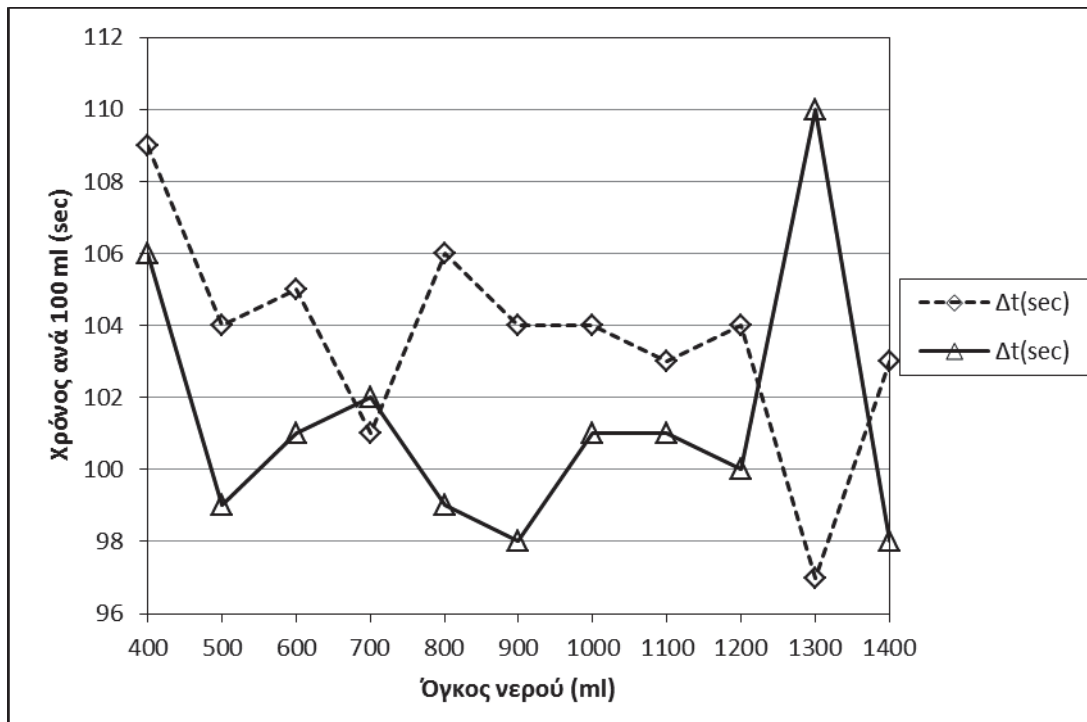
Γράφημα: Σάμος



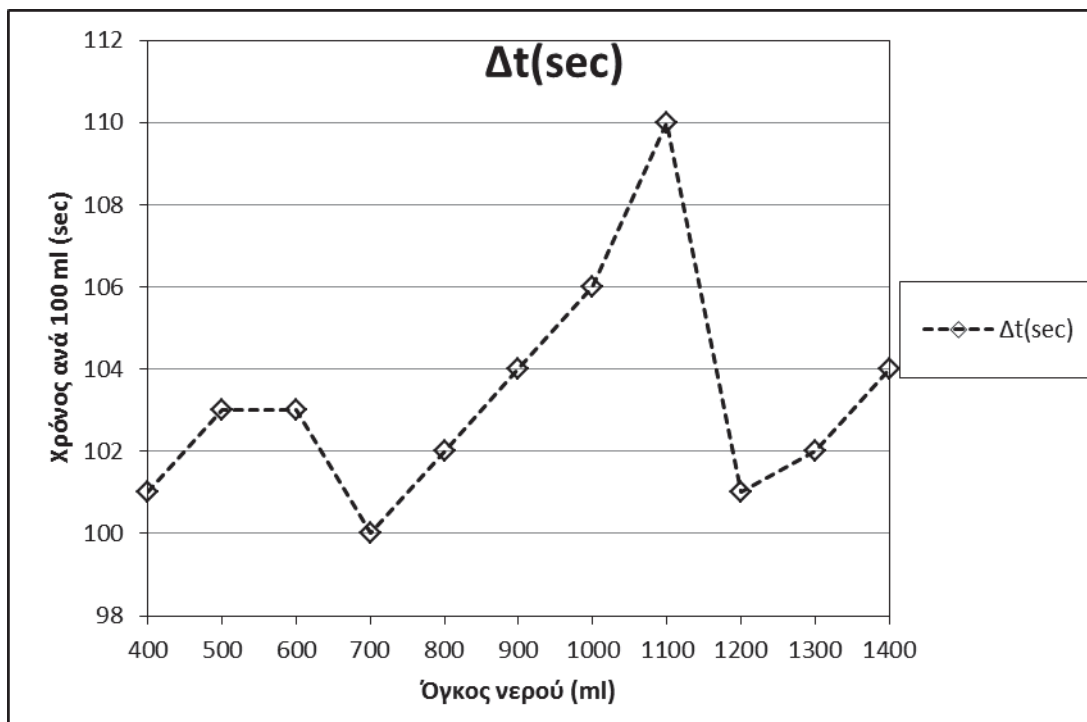
Γράφημα: Μήλος (1)



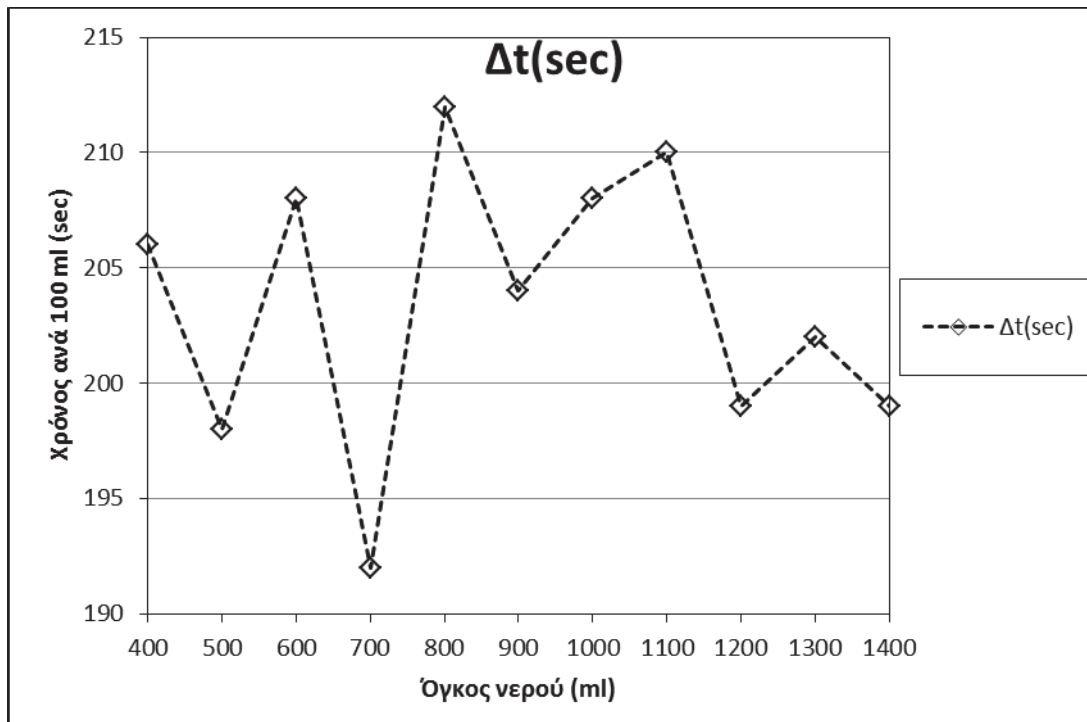
Γράφημα: Μήλος



Γράφημα:Νάξος (1)



Γράφημα:Νάξος



Γράφημα:Απολακκιά(1)

Συμπεράσματα

Η εφαρμογή της μεθόδου σταθερού φορτίου για τον υπολογισμό της υδραυλικής αγωγιμότητας κορεσμού πραγματοποιήθηκε με χρήση κατάλληλου εξοπλισμού ο οποίος σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στο Εργαστήριο Αρδεύσεων του Τμήματος Μηχανολογίας & Υδατικών Πόρων του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, για αυτό το σκοπό.

Τα δείγματα αφορούσαν θίνες από διάφορες περιοχές της Ελλάδας. Οι τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας και των 30 δειγμάτων είναι εντός των ορίων της διεθνούς βιβλιογραφίας, όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Cronican and Gribb 2004, Ekhnaj *et al.* 2006) και κυμαίνονται από $4.4 \cdot 10^{-3}$ cm/sec στο δείγμα: Φούρνοι3, ως $1.2 \cdot 10^{-1}$ cm/sec στο δείγμα: Κυπαρισσία1.

Data Source	Measured K_s (cm/sec)	K_s Equation 3	K_s Rawls and Brakensiek (1989) (Equation 1)	K_s Rosetta Model (1) (Schaap 1999)	K_s SC DHEC (1998)
Dane et al. (1983)	4.64E-02	2.42E-02	1.24E-02	9.54E-03	5.60E-03
	1.80E-02	1.62E-03	8.86E-03	4.51E-03	5.60E-03
	1.52E-02	2.21E-02	1.29E-02	8.11E-03	5.60E-03
Bene (1996)	2.51E-05	1.36E-04	7.36E-03	8.07E-04	5.60E-03
	5.84E-04	3.09E-04	1.67E-03	7.42E-04	5.60E-03
	8.23E-05	4.51E-03	1.08E-02	5.01E-03	5.60E-03
Bene (1997)	7.58E-05	3.21E-05	3.55E-03	5.20E-04	5.60E-03
Puckett et al. (1985)	3.06E-05	3.46E-05	3.30E-03	1.50E-03	5.60E-03

Η μεγάλη τιμή της K_s για το Κυπαρισσία1, οφείλεται στο γεγονός ότι η συγκεκριμένη άμμος ήταν η πιο χονδρόκοκκη, σύμφωνα με τα αποτελέσματα κλασμάτωσης της άμμου που παρουσιάστηκαν στην πτυχιακή εργασία: «ΜΕΛΕΤΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΑΜΜΟΘΙΝΩΝ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ», η οποία εκπονήθηκε από τους φοιτητές Μαρία Γιαβρούτα και Γεώργιο Μαρίνο- Έκτορα, με επιβλέποντα τον Καθ. Εφαρμογών Δρ. Π. Μπαρούχα

Βιβλιογραφία

Γιαβρούτα Μ. και Μαρίνος-Έκτορας Γ., 2011. Μελέτη φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των αμμοθινών της δυτικής και ανατολικής Ελλάδας. Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Μηχανολογίας & Υδατικών Πόρων, ΤΕΙ Μεσολογγίου.

Cronican, A.E., Gribb, M.M., 2004. Hydraulic Conductivity Prediction for Sandy Soils. *Ground Water* 42, 459–464.

Darcy, H., 1856. *Les fontaines publiques de la ville Dijon*. Paris.

Ekhmaj, A.I., Amin, M.S.M., Almdny, A.H., Abdulaziz, A.M., Aimrun, W., 2006. Simulation of Soil Water Movement in Sandy Soil under a Prairie Field with Hydrus _ 2D Model. In: *The 2nd International Conf. on Water Resources & Arid Environment*. pp. 1–16.

Gardner, W.R. 1958. Some steady state solutions of the unsaturated moisture flow equation with application to evaporation from a water table. *Soil Science*, 85: 228-232.

Hansbo, S, 1960. Consolidation of clay, with special reference to influence of vertical sand drains. *Swedish Geotech Inst Proc No 18*, Stockholm 18:41–159

Olson . R.E and Daniel D.E., 1981. Measurement of the Hydraulic Conductivity of Fine-Grained Soils, Permeability and Groundwater Contaminant Transport, *ASTM STP*, 746 (1981), pp. 18–64

Sarkar, D. and Haldar, A., 2005. *Physical and Chemical Methods in Soil Analysis*. New Delhi: New Age International Pvt Ltd Publishers.

Šimůnek, J., Kodešová, R., Gribb, M.M., and van Genuchten, M.T., 1999. Estimating hysteresis in the soil water retention function from cone permeameter experiments. *Water Resources Research*, 35 (5), 1329–1345.

Wooding, R.A. 1968. Steady infiltration from a shallow circular pond. *Water Resour. Res.* 4:1259–1273.