

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΟΡΙΟΥ
ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΩΝ ΕΛΑΦΩΝ ΜΕ ΤΙΣ
ΜΕΘΟΔΟΥΣ CASAGRANDE ΚΑΙ ΠΗΠΤΟΝΤΟΣ ΚΩΝΟΥ**



ΚΑΡΑΒΑ ΧΑΡΗ
ΤΣΑΒΕΑ ΕΛΕΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Β. ΧΡΗΣΤΑΡΑΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πραγματοποιήθηκε μια σειρά εργαστηριακών αναλύσεων με σκοπό τον χαρακτηρισμό των εδαφών, τον προσδιορισμό του ορίου υδαρότητας με τη συσκευή CASAGRANDE και τη μέθοδο πίπτοντος κώνου, τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο μεθόδων και τον προσδιορισμό της πλαστικότητας δειγμάτων που συλλέχθηκαν από περιοχές της Κοζάνης και της Θεσσαλονίκης.

Για τη σωστή διεκπεραίωση των εργαστηριακών αναλύσεων, χρειάστηκαν να γίνουν κάποιες βοηθητικές δοκιμές για την ανεύρεση των φυσικών μεγεθών που χαρακτηρίζουν τα εδαφικά δείγματα. Αυτά τα μεγέθη είναι η φυσική υγρασία, το φαινόμενο υγρό βάρος γ και το ξηρό φαινόμενο βάρος γ_d . Για το χαρακτηρισμό των εδαφών με βάση το μέγεθος των κόκκων τους, έγιναν κοκκομετρικές αναλύσεις με κόσκινα και με αραιόμετρο. Από τις κοκκομετρικές καμπύλες που προέκυψαν προσδιορίστηκε ο συντελεστής ομοιομορφίας U , ο συντελεστής διαπερατότητας K , η ποσότητα αργίλου %. Με τη συσκευή CASAGRANDE και με τη μέθοδο πενетроμέτρου πίπτοντος κώνου, προσδιορίστηκαν τα όρια υδαρότητας LL για κάθε δείγμα. Επίσης προσδιορίστηκαν τα όρια πλαστικότητας και υπολογίστηκαν ο δείκτης πλαστικότητας και η ενεργότητα των δειγμάτων.

Έγινε ταξινόμηση των εδαφών κατά Casagrande καθώς επίσης και με βάση τον συντελεστή διαπερατότητας και τη συνεκτικότητα τους. Τέλος βρέθηκε μια σχέση που συνδέει τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων, Casagrande και πίπτοντος κώνου.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο προσδιορισμός των ορίων Atterberg χρησιμοποιείται συχνά στη γεωτεχνική έρευνα εδαφών. Η μέθοδος Casagrande είναι η κλασσική μέθοδος προσδιορισμού του ορίου υδαρότητας. Τα αποτελέσματα με τη μέθοδο πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου, που χρησιμοποιήθηκε αρχικά για μετρήσεις της διατμητικής αντοχής, μπορούν να συσχετιστούν με εκείνα της συσκευής Casagrande, για καθαρές αργίλους. Με αυτή τη μέθοδο η υγρασία που εμπεριέχεται στα εδάφη, απαραίτητη για 10mm διείδυσης του πίπτοντος κώνου, ανταποκρίνεται στο όριο υδαρότητας με τη μέθοδο Casagrande. Ο κύριος σκοπός αυτής της μελέτης είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την μέθοδο του πίπτοντος κώνου με εκείνα της μεθόδου Casagrande.

Ο προσδιορισμός των φυσικών ιδιοτήτων και ο χαρακτηρισμός των εδαφών, όπως φυσική υγρασία, διαπερατότητα, κοκκομετρία, όρια υδαρότητας και πλαστικότητα, μας δίνει σημαντικές πληροφορίες για τη μηχανική συμπεριφορά τους..

Τα εδάφη χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: στα χονδρόκοκκα, στα λεπτόκοκκα και στα οργανικά. Ένα χονδρόκοκκο έδαφος περιέχει λιγότερο από 35% εδάφους με κοκκομετρία μικρότερη από 0,075 mm. Επιπλέον τα χονδρόκοκκα εδάφη χωρίζονται σε άμμους και χάλικες. Τα λεπτόκοκκα εδάφη περιέχουν περισσότερο από 35% υλικά λεπτότερα των 0,075 mm και χωρίζονται σε ιλύ και άργιλο.

1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ

1.1. ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Για την ανεύρεση του βάρους του ξηρού εδάφους, προσδιορίστηκε η φυσική υγρασία των δειγμάτων. Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε νερό των εδαφικών δειγμάτων ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία: ζυγίστηκαν οι κάψες, σε ηλεκτρικό ζυγό ακριβείας, και σημειώθηκαν τα βάρη τους, αφού πρώτα αριθμήθηκαν. Τοποθετήθηκαν τα δείγματα στις κάψες και ζυγίστηκαν ξανά. Έπειτα παρέμειναν στο φούρνο, στους 105°C, για 24 ώρες, ώστε να ξηραθούν τελείως. Για να υπολογιστεί η υγρασία των δειγμάτων επί τοις εκατό, διαιρέθηκε το βάρος του νερού που εξατμίστηκε δια του βάρους του ξηρού εδάφους που έμεινε στην κάψα και το πηλίκο πολλαπλασιάστηκε επί το εκατό. (Ν. Παπαχαρίσης, 1999, σελ. 231)

$$m = \frac{W_w}{W_s} \cdot 100(\%) = \frac{W - W_s}{W_s} \cdot 100(\%)$$

Έτσι υπολογίστηκαν:

	Αρχικό Βάρος (Kg)	Βάρος Ξηρού Εδάφους	Βάρος Νερού (Kg)	Φυσική Υγρασία %
Δείγμα 1	5.04	4.94	0.10	2.02
Δείγμα 2	1.04	0.8	0.24	30
Δείγμα 3	1.15	1.08	0.07	6.48
Δείγμα 4	1.10	1.01	0.09	8.91
Δείγμα 5	1.25	1.02	0.23	22.55

1.2. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ

Για τη σωστή πραγματοποίηση της κοκκομετρικής ανάλυσης με κόσκινα, οι κόκκοι αποσυσσωματώθηκαν σε κάψα βαρέως τύπου με ανάλογο γουδοχέρι. Κατόπιν τοποθετήθηκαν μέσα σε μια σειρά κόσκινων τετραγωνικών οπών με διαφορετικές διαμέτρους. Τα κόσκινα που χρησιμοποιήθηκαν με αυξανόμενη σειρά μεγέθους από κάτω προς τα πάνω είναι: No.200, No.100, No.40, No.30, No.10, No.4, $\frac{1}{4}$ ". Αυτά τοποθετήθηκαν στη συσκευή κοσκινίσματος για 15 περίπου λεπτά και στη συνέχεια ζυγίστηκαν τα βάρη των υλικών που συγκρατήθηκαν σε κάθε κόσκινο και μετατράπηκαν σε ποσοστό %. Με βάση τα αποτελέσματα που πήραμε από την κοκκομετρική ανάλυση, σχεδιάστηκαν οι κοκκομετρικές καμπύλες των δειγμάτων.

Για τη χάραξη των κοκκομετρικών καμπυλών ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία:

Σε ημιλογαριθμική κλίμακα, με άξονα τετμημένων, τις διαμέτρους σε χιλιοστά των κόκκων και τεταγμένες τα διερχόμενα ποσοστά, γίνεται η χάραξη του διαγράμματος κοκκομετρικής διαβάθμισης των δειγμάτων. Από την κοκκομετρική καμπύλη διακρίνεται ο κύριος τύπος του εδάφους και οι υπάρχουσες προσμίξεις. Ως κύριο έδαφος χαρακτηρίζεται το έδαφος εκείνο στο



οποίο κυριαρχεί το μεγαλύτερο ποσοστό βάρους. Από την κλίση της κοκκομετρικής καμπύλης μεταξύ των διαμέτρων d_{60} και d_{10} διαπιστώνεται η ομοιομορφία του εδάφους. Αριθμητικά εκφράζεται με το συντελεστή ομοιομορφίας $U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$, όπου d_{60} και d_{10} είναι η διάμετρος των κόκκων σε ποσοστά διερχόμενων αντίστοιχα 60% και

10% του βάρους πάνω στην κοκκομετρική καμπύλη. Με βάση τις τιμές του U το έδαφος χαρακτηρίζεται:

Ομοιόμορφο όταν $U < 5$

Ανομοιόμορφο όταν $5 < U < 15$

Πολύ ανομοιόμορφο όταν $U > 15$

Επίσης υπολογίζεται ο συντελεστής διαπερατότητας k , ο οποίος συνδέεται με την κοκκομετρική διαβάθμιση του εδαφικού υλικού με την εμπειρική εξίσωση που πρότεινε για χαλαρές και ομοιόμορφες άμμους ο Hazen (1911) και είναι:

$$k = c \cdot d_{10}^2 \text{ (cm/sec)}$$

όπου d_{10} η διάμετρος κόσκινου από την οποία διέρχεται το 10% του υλικού (d_{10} σε cm) και $c = 45.8-142$ για κοκκομετρική διαβάθμιση από αργιλώδη άμμο έως καθαρή αντίστοιχα. Στην πράξη δεχόμαστε εμπειρικά μια μέση τιμή $c = 100$. (Χρηστάρας, 2002, σελ. 27).

	Συντελεστής ομοιομορφίας U	Συντελεστής διαπερατότητας $K(\text{cm/sec})$
Δείγμα 1	-	-
Δείγμα 2	6.25	$64 \cdot 10^{-4}$
Δείγμα 3	50	$4 \cdot 10^{-4}$
Δείγμα 4	10	$81 \cdot 10^{-4}$
Δείγμα 5	7	10^{-2}

Δείγμα 1

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΣΚΙΝΟΥ	ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΟΣΚΙΝΟΥ (mm)	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	
			gr	%
¼ in.	6.35	980	3997.78	80.31
No.4	4.76	650	3347.78	67.25
No.10	2.00	1140	2207.78	44.35
No.30	0.595	1220	987.78	19.84
No.40	0.420	410	577.78	11.61
No.100	0.149	310	267.78	5.38
No.200	0.074	139.51	128.27	2.58
Παιπάλη		128.27		
Ολικό Βάρος		4977.78	4977.78	

Δείγμα 2

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΣΚΙΝΟΥ	ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΟΣΚΙΝΟΥ (mm)	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	
			gr	%
¼ in.	6.35			
No.4	4.76			
No.10	2.00	8.33	790.03	98.96
No.30	0.595	193.94	596.09	74.66
No.40	0.420	159.89	436.2	54.64
No.100	0.149	255.09	181.11	22.7
No.200	0.074	106.73	74.38	9.32
Παιπάλη		74.38		
Ολικό Βάρος		798.36		

Δείγμα 3

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΣΚΙΝΟΥ	ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΟΣΚΙΝΟΥ (mm)	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	
			gr	%
¼ in.	6.35			
No.4	4.76	55.08	1032.03	94.93
No.10	2.00	230	802.03	73.78
No.30	0.595	270	532.03	48.94
No.40	0.420	58.24	473.79	43.58
No.100	0.149	173.13	300.66	27.66
No.200	0.074	160	140.66	12.94
Παιπάλη		140.66		
Ολικό Βάρος		1087.11		

Δείγμα 4

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΣΚΙΝΟΥ	ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΟΣΚΙΝΟΥ (mm)	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	
			gr	%
¼ in.	6.35			
No.4	4.76	2.84	1017.59	99.72
No.10	2.00	76.87	940.72	92.2
No.30	0.595	500	440.72	43.2
No.40	0.420	96.70	344.02	33.71
No.100	0.149	184.23	159.79	15.66
No.200	0.074	72.88	86.91	8.52
Παιπάλη		86.91		
Ολικό Βάρος		1020.43		

Δείγμα 5

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΣΚΙΝΟΥ	ΑΝΟΙΓΜΑ ΚΟΣΚΙΝΟΥ (mm)	ΣΥΓΚΡΑΤΟΥΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ (gr)	ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	
			gr	%
¼ in.	6.35	17.64	1003.15	98.27
No.4	4.76	3.87	999.28	97.9
No.10	2.00	41.78	957.5	93.8
No.30	0.595	401.68	555.82	54.45
No.40	0.420	200.36	355.46	34.82
No.100	0.149	169.68	185.78	18.2
No.200	0.074	130.93	54.85	5.37
Παιπάλη		54.85		
Ολικό Βάρος		1020.79		

1.3. ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΑΡΑΙΟΜΕΤΡΟ

Σκοπός της κοκκομετρικής ανάλυσης με αραιόμετρο είναι ο προσδιορισμός, σε κάθε εμβάπτιση, του ποσοστού των κόκκων που έχουν ορισμένη διάμετρο. Λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας των δειγμάτων σε λεπτόκοκκα υλικά πραγματοποιήθηκε η ανάλυση αυτή.

Για αυτή τη δοκιμή χρησιμοποιήθηκαν 50 gr από κάθε δείγμα που διαπέρασαν από το κόσκινο No.10 (2mm). Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε φιάλη 250ml αντιθρομβωτικού διαλύματος εξαμεταφωσφορικού νατρίου (NaPO_3). Αναδεύτηκαν με γυάλινη ράβδο και αφέθηκαν για 24 ώρες να αποσυσσωματωθούν οι κόκκοι. Το περιεχόμενο του ποτηριού μεταφέρθηκε με επίπλυση μέσα σε ένα κύπελλο διασποράς, προστέθηκε αποσταγμένο νερό και αναδεύτηκε με μηχανική συσκευή ανακίνησης 1min για να επιτευχθεί η διασπορά. Έπειτα μεταφέρθηκαν σε γυάλινο βαθμολογημένο ογκομετρικό κύλινδρο όπου προστέθηκε αποσταγμένο νερό μέχρι την ογκομετρική χαραγή των 1000ml και αναταράχθηκαν για 1min. Μετά το τέλος της αναταράξεως τέθηκε σε λειτουργία το χρονόμετρο και διαβάστηκαν οι ενδείξεις στην βαθμονομημένη κλίμακα του αραιομέτρου των 1, 2, 5, 15, 30, 60, 250, 1440 min από την έναρξη της κατακαθίσεως. Μετά από κάθε ανάγνωση, το αραιόμετρο τοποθετούνταν σε δοχείο με αποσταγμένο νερό για τον καθαρισμό του και μετριόταν η θερμοκρασία του διαλύματος. Μετά την τελική ανάγνωση του αραιομέτρου, το αιώρημα πλύθηκε επάνω σε κόσκινο No.200 (0,074). Το κλάσμα που συγκρατήθηκε ζυγίστηκε, ξηράθηκε σε φούρνο και ξαναζυγίστηκε με αποτέλεσμα να πάρουμε τις παρακάτω μετρήσεις.

	Αρχικό Βάρος (gr)	Τελικό Βάρος (gr)
Δείγμα 1	50	28.67
Δείγμα 2	50	8.54
Δείγμα 3	50	38.52
Δείγμα 4	50	33.88
Δείγμα 5	50	18.83

Δείγμα 1

Χρόνος	Χρόνος (min)	Θερμοκ. °C	Ανάγνωση πυκνόμετρου	Διόρθ. R'	R	Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση P (%)	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d (mm)	Ποσοστό κόκκων επί αρχικού W (%)
9.04								
9.05	1	21	38	-6.5	31.5	63	0.045	35.1
9.06	2	21	35	-6.5	28.5	57	0.032	31.7
9.09	5	21	34	-6.5	27.5	55	0.021	30.6
9.19	15	21	30	-6.5	23.5	47	0.012	26.2
9.34	30	21	27	-6.5	20.5	41	0.008	22.8
10.04	60	21	24	-6.5	17.5	35	0.006	19.5
13.14	250	21	21	-6.5	14.5	29	0.003	16.1
9.04	1440	21	18	-6.5	11.5	23	0.001	12.8

Χρόνος (min)	Μέγιστη διάμετρος d ₀ (mm)	K _n	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d (mm)
1	0.058	0.98	0.789	1.00	0.045
2	0.040	0.98	0.805	1.00	0.032
5	0.026	0.98	0.814	1.00	0.021
15	0.015	0.98	0.835	1.00	0.012
30	0.010	0.98	0.855	1.00	0.008
60	0.0074	0.98	0.872	1.00	0.006
250	0.0036	0.98	0.890	1.00	0.003
1440	0.0015	0.98	0.911	1.00	0.001

Δείγμα 2

Χρόνος	Χρόνος (min)	Θερμοκ. °C	Ανάγνωση πυκνόμετρου	Διόρθ. R'	R	Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση P (%)	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d (mm)	Ποσοστό κόκκων επί αρχικού W (%)
9.12								
9.13	1	21	53	-6.5	46.5	93	0.04	0.97
9.14	2	21	52	-6.5	45.5	91	0.028	0.95
9.17	5	21	52	-6.5	45.5	91	0.018	0.95
9.27	15	21	52	-6.5	45.5	91	0.01	0.95
9.42	30	21	49	-6.5	42.5	85	0.007	0.88
10.12	60	21	47	-6.5	40.5	81	0.005	0.84
13.22	250	21	43	-6.5	36.5	73	0.003	0.76
9.12	1440	21	38	-6.5	31.5	63	0.001	0.65

Χρόνος (min)	Μέγιστη διάμετρος d ₀ (mm)	K _n	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d (mm)
1	0.058	0.980	0.699	1.00	0.04
2	0.040	0.980	0.705	1.00	0.028
5	0.026	0.980	0.705	1.00	0.018
15	0.015	0.980	0.705	1.00	0.01
30	0.010	0.980	0.725	1.00	0.007
60	0.0074	0.980	0.737	1.00	0.005
250	0.0036	0.980	0.758	1.00	0.003
1440	0.0015	0.980	0.789	1.00	0.001

Δείγμα 3

Χρόνος	Χρόνος (min)	Θερμοκ. °C	Ανάγνωση πυκνόμετρου	Διόρθ. R'	R	Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση P (%)	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d (mm)	Ποσοστό κόκκων επί αρχικού W (%)
9.19								
9.20	1	21	30	-6,5	23,5	47	0.0470	12.3
9.21	2	21	29	-6,5	22,5	45	0.0330	11.8
9.24	5	21	26	-6,5	19,5	39	0.0220	10.2
9.34	15	21	21	-6,5	14,5	29	0.0130	7.60
9.49	30	21	20	-6,5	13.5	27	0.0090	7.10
10.19	60	21	18	-6,5	11.5	23	0.0060	6.00
13.29	250	21	17	-6,5	10.5	21	0.0030	5.50
9.19	1440	21	16	-6,5	9.5	19	0.0014	5.00

Χρόνος (min)	Μέγιστη διάμετρος d ₀ (mm)	K _n	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d (mm)
1	0.058	0.98	0.835	1.00	0.0470
2	0.040	0.98	0.841	1.00	0.0330
5	0.026	0.98	0.860	1.00	0.0220
15	0.015	0.98	0.890	1.00	0.0130
30	0.010	0.98	0.897	1.00	0.0090
60	0.0074	0.98	0.911	1.00	0.0060
250	0.0036	0.98	0.918	1.00	0.0030
1440	0.0015	0.98	0.924	1.00	0.0014

Δείγμα 4

Χρόνος	Χρόνος (min)	Θερμοκ. °C	Ανάγνωση πυκνόμετρου	Διόρθ. R'	R	Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση P (%)	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d (mm)	Ποσοστό κόκκων επί αρχικού W (%)
9.24								
9.25	1	21	40	-6.5	33.5	67	0.044	5.2
9.26	2	21	38	-6.5	31.5	63	0.031	4.9
9.29	5	21	35	-6.5	28.5	57	0.020	4.4
9.39	15	21	32	-6.5	25.5	51	0.012	4.0
9.54	30	21	30	-6.5	23.5	47	0.008	3.7
10.24	60	21	29	-6.5	22.5	45	0.006	3.5
13.34	250	21	25	-6.5	18.5	37	0.003	2.9
9.24	1440	21	23	-6.5	16.5	33	0.001	2.6

Χρόνος (min)	Μέγιστη διάμετρος d ₀ (mm)	K _n	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d (mm)
1	0.058	0.98	0.778	1.00	0.044
2	0.040	0.98	0.789	1.00	0.031
5	0.026	0.98	0.805	1.00	0.020
15	0.015	0.98	0.825	1.00	0.012
30	0.010	0.98	0.835	1.00	0.008
60	0.0074	0.98	0.841	1.00	0.006
250	0.0036	0.98	0.867	1.00	0.003
1440	0.0015	0.98	0.878	1.00	0.001

Δείγμα 5

Χρόνος	Χρόνος (min)	Θερμοκ. °C	Ανάγνωση πυκνόμετρου	Διόρθ. R'	R	Ποσοστό κόκκων σε αιώρηση P (%)	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d (mm)	Ποσοστό κόκκων επί αρχικού W (%)
9.30								
9.31	1	21	47	-6,5	40.5	81	0.042	5.0
9.32	2	21	45	-6,5	38.5	77	0.029	4.8
9.35	5	21	42	-6,5	35.5	71	0.020	4.4
9.45	15	21	38	-6,5	31.5	63	0.012	3.9
10.00	30	21	35	-6,5	28.5	57	0.008	3.5
10.30	60	21	33	-6,5	26.5	53	0.006	3.3
13.40	250	21	29	-6,5	22.5	45	0.003	2.8
9.30	1440	21	21	-6,5	14.5	29	0.001	1.8

Χρόνος (min)	Μέγιστη διάμετρος d ₀ (mm)	K _n	K _L	K _G	Διάμετρος κόκκων σε αιώρηση d (mm)
1	0.058	0.98	0.737	1.00	0.042
2	0.040	0.98	0.748	1.00	0.029
5	0.026	0.98	0.764	1.00	0.020
15	0.015	0.98	0.789	1.00	0.012
30	0.010	0.98	0.805	1.00	0.008
60	0.0074	0.98	0.819	1.00	0.006
250	0.0036	0.98	0.841	1.00	0.003
1440	0.0015	0.98	0.890	1.00	0.001

Με βάση την κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο συμπληρώθηκαν οι παραπάνω πίνακες. Όπου:

R': οι σύνθετες διορθώσεις των ενδείξεων που διαβάζονται στο πρότυπο, κατά A.A.S.H.O., υδρομέτρο εδάφους 152 H, για τις αναγραφόμενες θερμοκρασίες και διάλυμα διασποράς NaPO_3 , ώστε να γίνει αναγωγή αυτών σε ενδείξεις μέσα σε απεσταγμένο νερό θερμοκρασίας 20°C .

R: η διορθωμένη τιμή

P: το ποσοστό % του αρχικού εδαφικού δείγματος, που αναμίχθηκε και παραμένει σαν αιώρημα και υπολογίζεται από

τον τύπο: $P(\%) = \frac{R \cdot a}{W_s} \cdot 100$, όπου R = η διορθωμένη ένδειξη

του υδρομέτρου, W_s = το βάρος του αρχικού δείγματος του εδάφους ελαττωμένο κατά την υγροσκοπική του υγρασία, a = σταθερά που εξαρτάται από την πυκνότητα του αιωρήματος και δίνεται από πίνακα (για $\gamma_s = 2,65 \rightarrow a = 1,00$)

W: το ποσοστό των κόκκων επί του αρχικού και δίνεται από

τον τύπο: $W(\%) = P \cdot \left(\frac{100 - W_{10}}{100} \right)$, όπου W_{10} = ποσοστό του

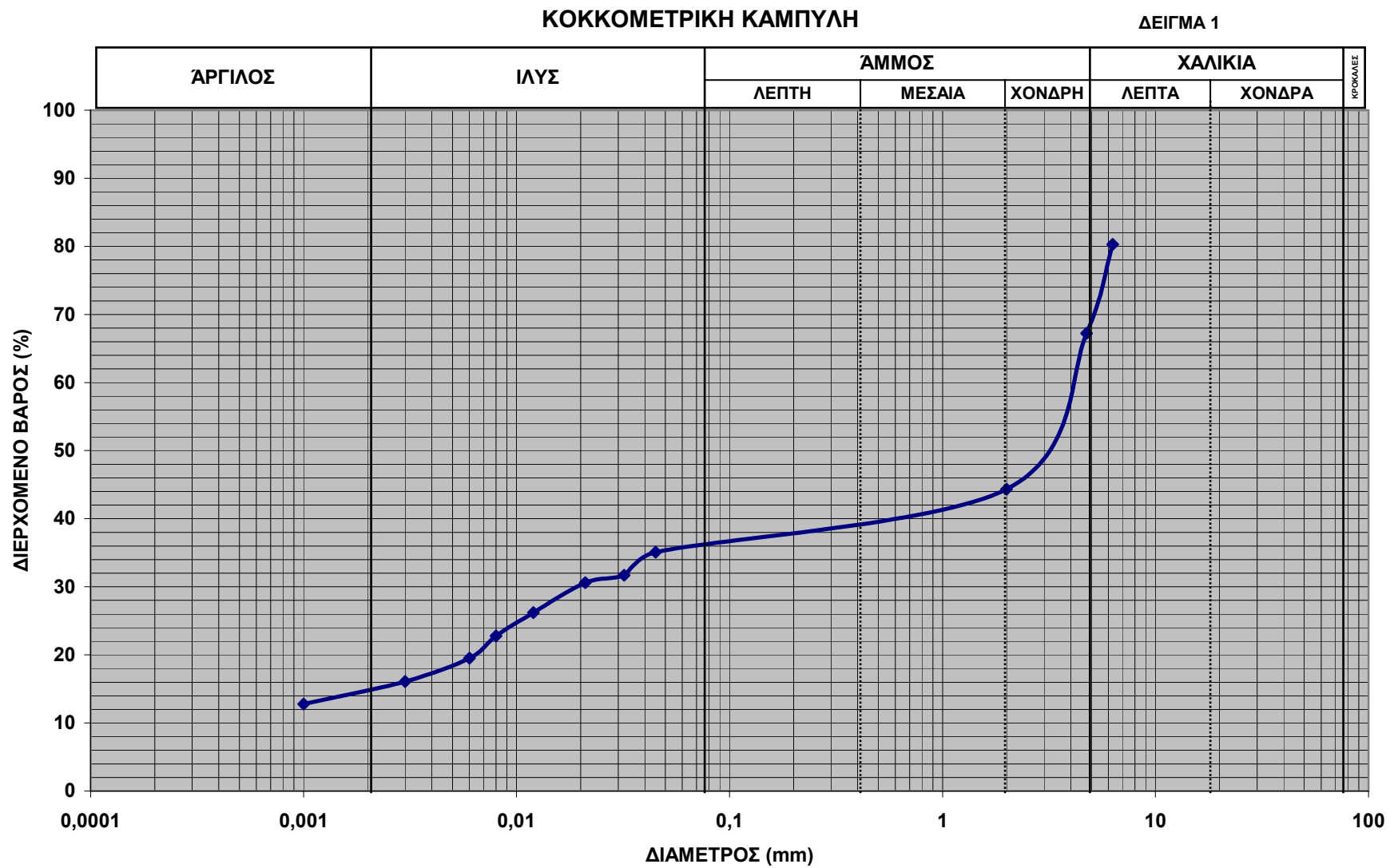
όλου δείγματος λεπτότερου του κοσκίνου No.10.

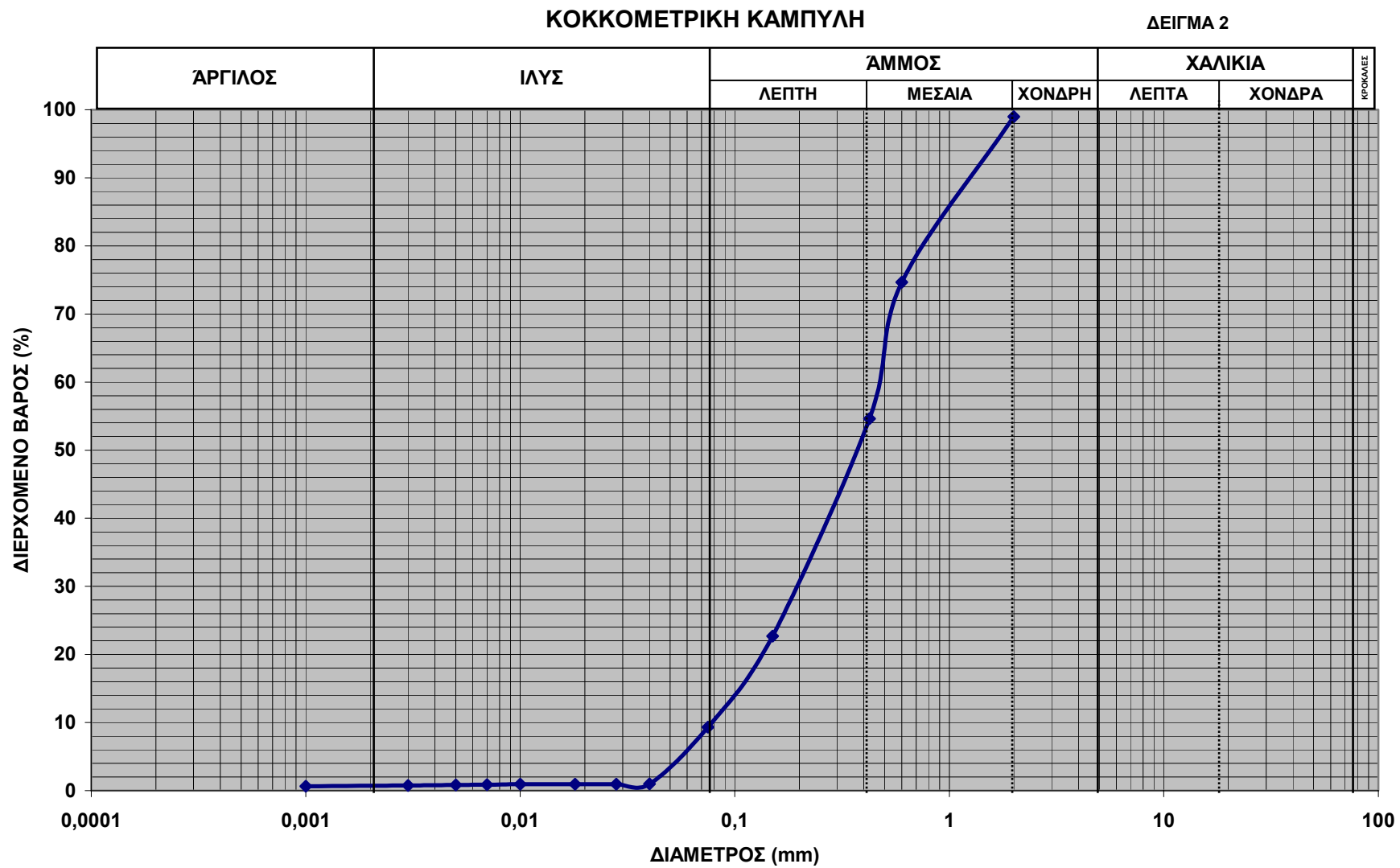
d: η διορθωμένη διάμετρος των κόκκων σε mm, η οποία υπολογίζεται από τον τύπο:

$d = d_o \cdot K_L \cdot K_G \cdot K_n$, όπου d_o = η μέγιστη διάμετρος κόκκων υπολογιζόμενη από το νόμο του Stokes, K_L = συντελεστής διορθώσεως σε συνάρτηση με την ανάγνωση του υδρομέτρου χωρίς την σύνθετη διόρθωση, K_G = συντελεστής διορθώσεως σε συνάρτηση με το ειδικό βάρος του εδάφους, K_n = συντελεστής διορθώσεως σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία.

Από τους πίνακες κοκκομετρικής ανάλυσης με κόσκινα και με αραιόμετρο σχεδιάστηκαν οι παρακάτω κοκκομετρικές καμπύλες.

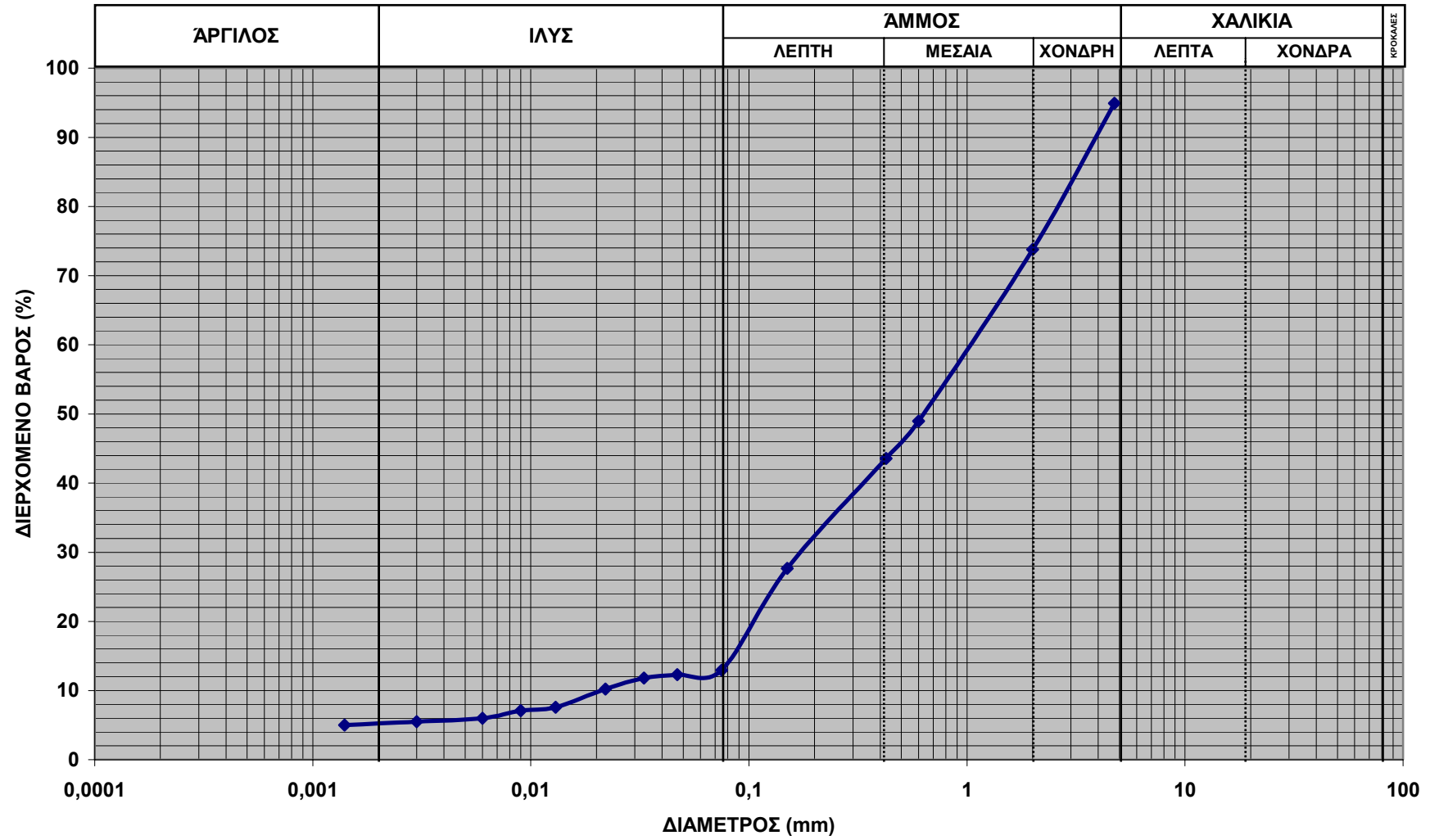


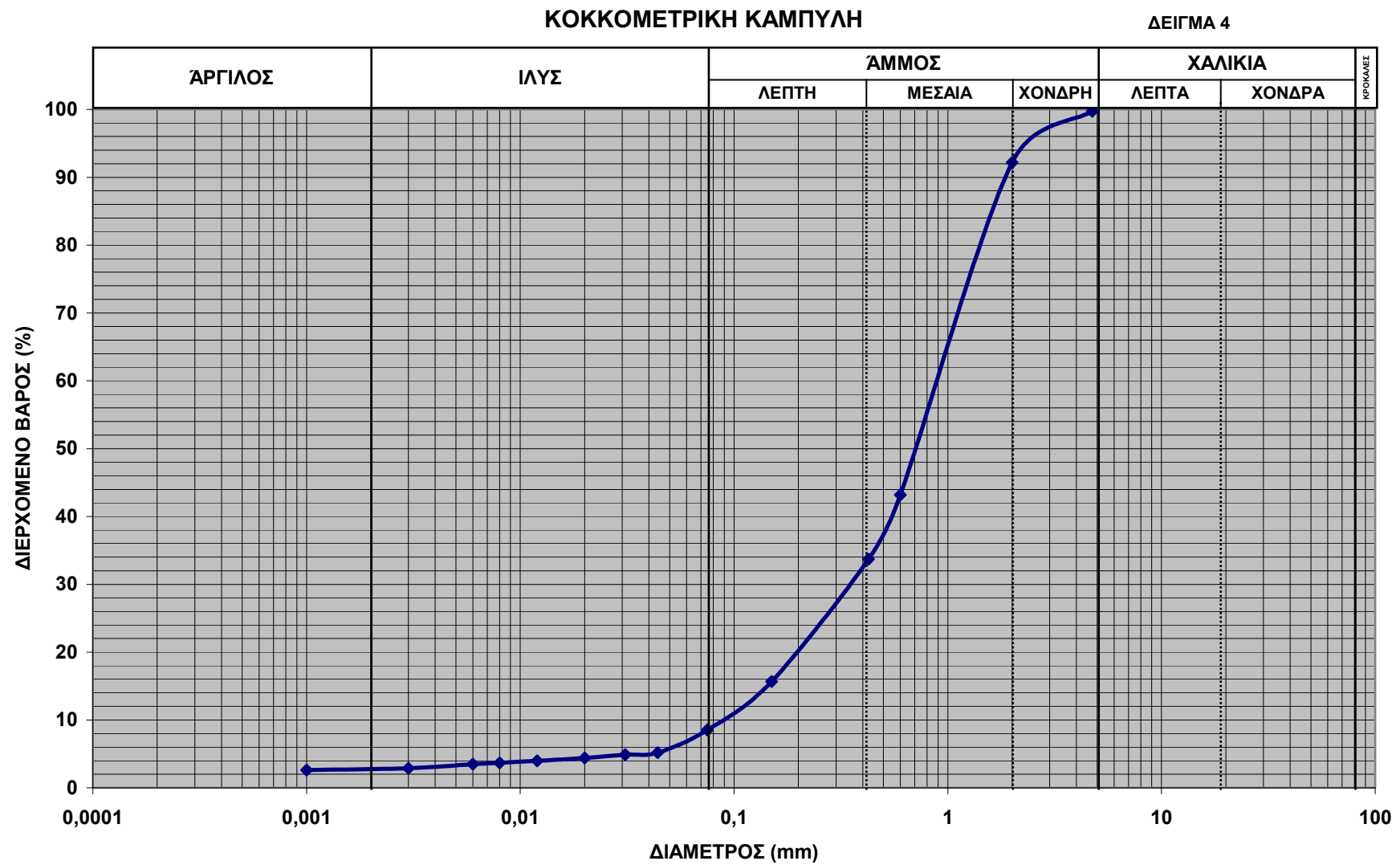




ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ

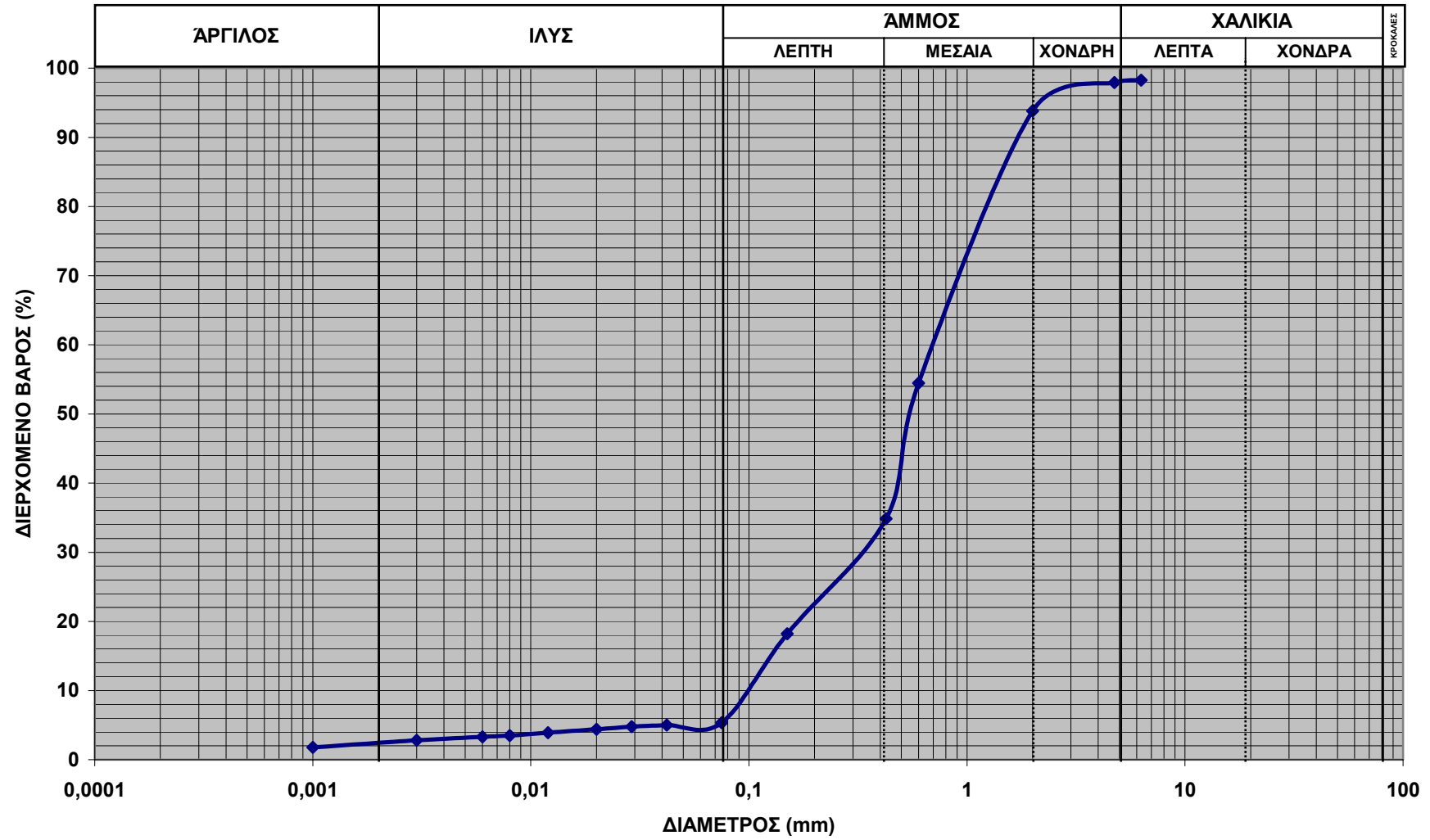
ΔΕΙΓΜΑ 3





ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΚΑΜΠΥΛΗ

ΔΕΙΓΜΑ 5



2. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΩΝ ATTERBERG

Τα όρια Atterberg, δηλαδή τα όρια υδαρότητας και πλαστικότητας, περιγράφουν την μετάπτωση του εδάφους από την υγρή στην πλαστική και στην συνέχεια στην ημιστερεή και στην στερεή κατάσταση, σύμφωνα με τα ποσοστά της περιεχόμενης υγρασίας. Τα όρια αυτά δείχνουν ουσιαστικά την συμπεριφορά ενός εδάφους ανάλογα με την μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας και καταδεικνύουν αν κάποιο έδαφος είναι ευαίσθητο στις μεταβολές της υγρασίας.

2.1. ΟΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ

Οι φυσικές ιδιότητες και η συμπεριφορά των λεπτόκοκκων και οργανικών εδαφών επηρεάζονται σημαντικά από τη μεταβολή της περιεχόμενης σε αυτά υγρασίας. Έτσι, για παράδειγμα αν η περιεκτικότητα σε νερό λεπτόκοκκου πολτού μειωθεί βαθμιαία με βραδεία αποξήρανση, το υλικό μεταπίπτει από την υγρή στην πλαστική και τελικά στη στερεά κατάσταση. Πάντως η μεταβολή αυτή δε γίνεται απότομα μόλις η περιεκτικότητα σε νερό λεπτόκοκκου συνεκτικού εδάφους φτάσει ορισμένη κρίσιμη τιμή, αλλά πραγματοποιείται βαθμιαία και μάλιστα σε μεγάλη διακύμανση της περιεκτικότητας σε νερό. Η περιεχόμενη υγρασία, που εκφράζεται σε % ποσοστό κατά βάρος ξηρού εδάφους όταν το έδαφος μετά την απώλεια νερού, μεταπίπτει στην πλαστική κατάσταση, λέγεται όριο υδαρότητας (LL). Αυτό αποτελεί το όριο μεταξύ της ρευστής και της πλαστικής κατάστασης σε ένα έδαφος. Ο προσδιορισμός του ορίου υδαρότητας πραγματοποιήθηκε με δύο τρόπους, τη συσκευή CASAGRANDE και τη μέθοδο πενετρόμετρου πίπτοντος κώνου.

2.1.1. ΣΥΣΚΕΥΗ CASAGRANDE

Η συσκευή CASAGRANDE αποτελείται από μια μεταλλική κάψα, όπου τοποθετείται το υλικό, από έναν πείρο που συγκρατεί την κάψα και τη συνδέει με διάφορους κοχλίες με την πλάκα ρύθμισης και τον στρόφαλο και έναν μετρητή όπου μετριοούνται οι χτύποι, δηλαδή κάθε πλήρης περιστροφή του στρόφαλου, και ένα όργανο χαράξεως. Για τη δοκιμή χρειάστηκε το υλικό που διήλθε από το κόσκινο No.40 (0,4 mm). Αυτό ζυμώθηκε με νερό ώστε σχηματίστηκε μια μαλακή μάζα. Μέρος της μάζας τοποθετήθηκε και απλώθηκε στην κάψα με μέγιστο πάχος 1cm. Με το όργανο χαράξεως διαιρέθηκε το υλικό κατά μήκος της διαμέτρου που διέρχεται από το μέσο του στηρίγματος της κάψας, έτσι ώστε να σχηματιστεί μια καθαρή και απότομη χαραγή κατάλληλων διαστάσεων, χωρίς να φαίνεται ο πυθμένας της κάψας.

Γυρίζοντας τον στρόφαλο με ρυθμό δύο στροφές το λεπτό η λεκάνη πέφτει ρυθμικά πάνω στο βάθρο του οργάνου, με αποτέλεσμα η χαραγή να κλείνει φτάνοντας στα 12,7mm περίπου όπου και σταμάτησε η λειτουργία της συσκευής. Στον μετρητή του



οργάνου αναγράφηκε ο αριθμός των χτύπων που χρειάστηκαν μέχρι να κλείσει η χαραγή. Από το σημείο της συνένωσης λήφθηκε υλικό με τη σπάτουλα και τοποθετήθηκε σε υποδοχέα, γνωστού βάρους, και ζυγίστηκε. Στη συνέχεια τοποθετήθηκε σε φούρνο στους 105°C, μέχρι να

σταθεροποιηθεί το βάρος του, αποβάλλοντας υγρασία, επαναζυγίστηκε και προσδιορίστηκε η περιεχόμενη υγρασία του.

Η δοκιμή αυτή επαναλήφθηκε τρεις φορές για κάθε δείγμα για διαφορετικές περιεκτικότητες νερού και για χτύπους περισσότερους των 10 και λιγότερους των 40. Τα αποτελέσματα των δοκιμών μεταφέρθηκαν σε ημιλογαριθμικό διάγραμμα, όπου η σύνδεση των σημείων αυτών σχημάτισε ευθεία γραμμή. Το όριο υδαρότητας (LL) είναι η περιεκτικότητα σε νερό που προέκυψε από την τομή της ευθείας με την τεταγμένη των 25 χτύπων.

Παρακάτω δίνονται οι πίνακες με τα αποτελέσματα και τα αντίστοιχα διαγράμματα:

ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ
CASAGRANDE

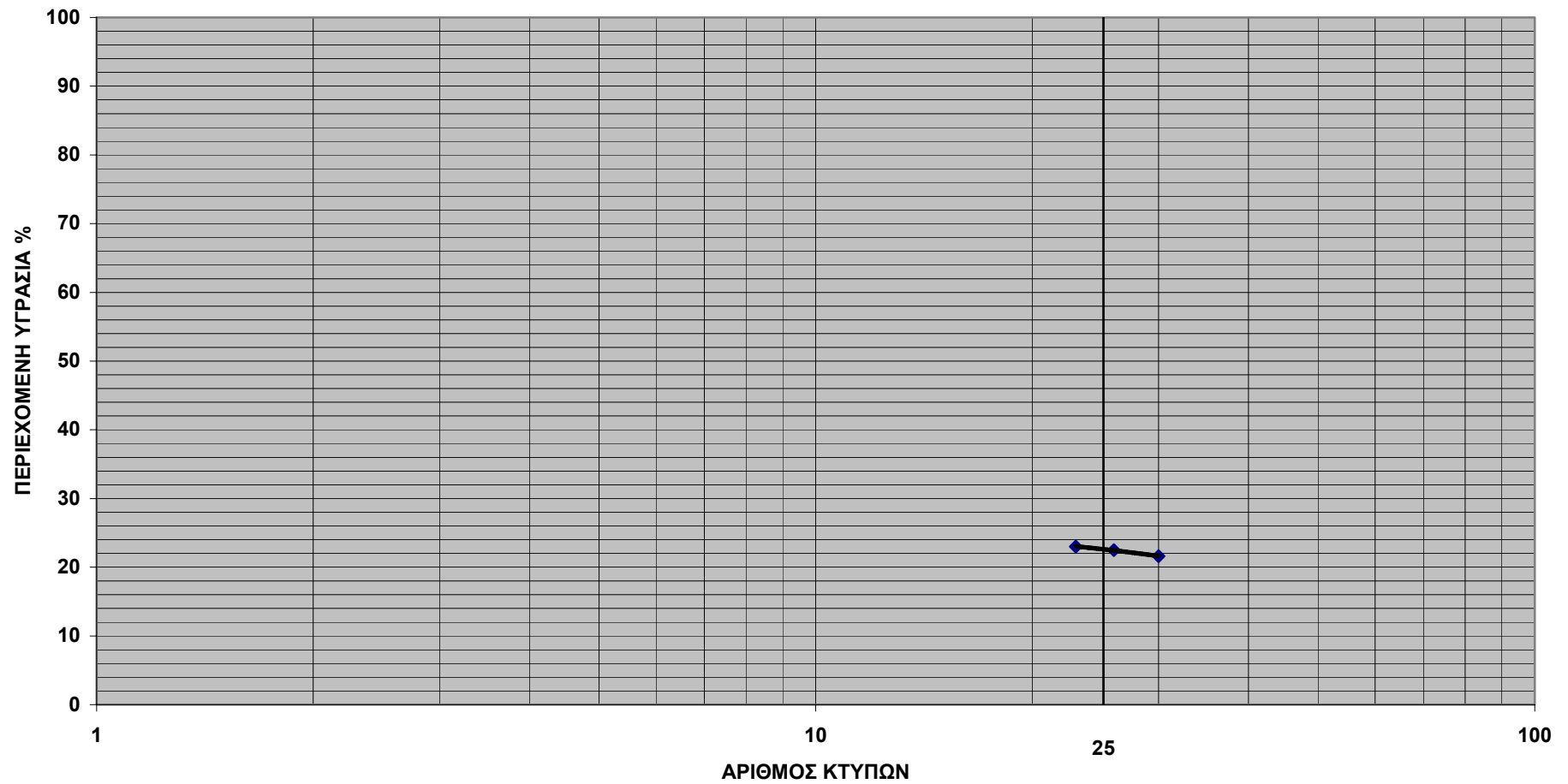
ΔΕΙΓΜΑ 1

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Αριθμός κτύπων	30	23	26
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	34.545	35.365	40.868
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	33.436	37.87	38.567
Βάρος ύδατος (gr)	1.109	1.495	2.301
Βάρος υποδοχέα (gr)	28.311	27.37	28.33
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	5.125	6.5	10.237
Περιεχόμενη υγρασία %	21.6	23	22.5

Όριο υδαρότητας LL : 22.37 %

ΚΑΜΠΥΛΗ ΡΟΗΣ

ΔΕΙΓΜΑ 1



ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ
CASAGRANDE

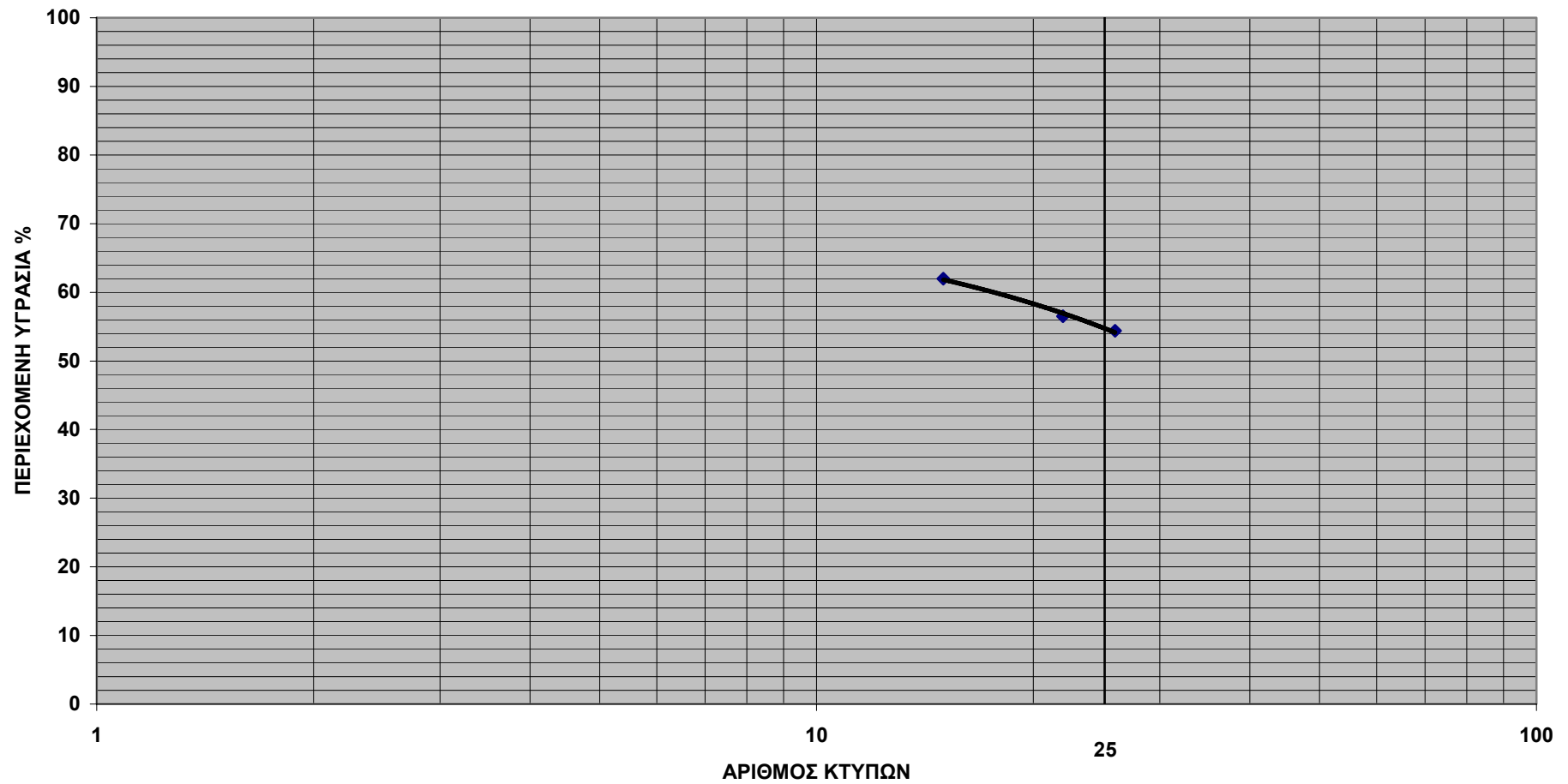
ΔΕΙΓΜΑ 2

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Αριθμός κτύπων	22	26	15
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	35.933	34.206	35.508
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	33.181	31.662	32.763
Βάρος ύδατος (gr)	2.752	2.544	2.745
Βάρος υποδοχέα (gr)	28.312	27.378	28.335
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	4.869	4.284	4.428
Περιεχόμενη υγρασία %	56.5	54.4	62

Όριο υδαρότητας LL : 59.3 %

ΚΑΜΠΥΛΗ ΡΟΗΣ

ΔΕΙΓΜΑ 2



ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ
CASAGRANDE

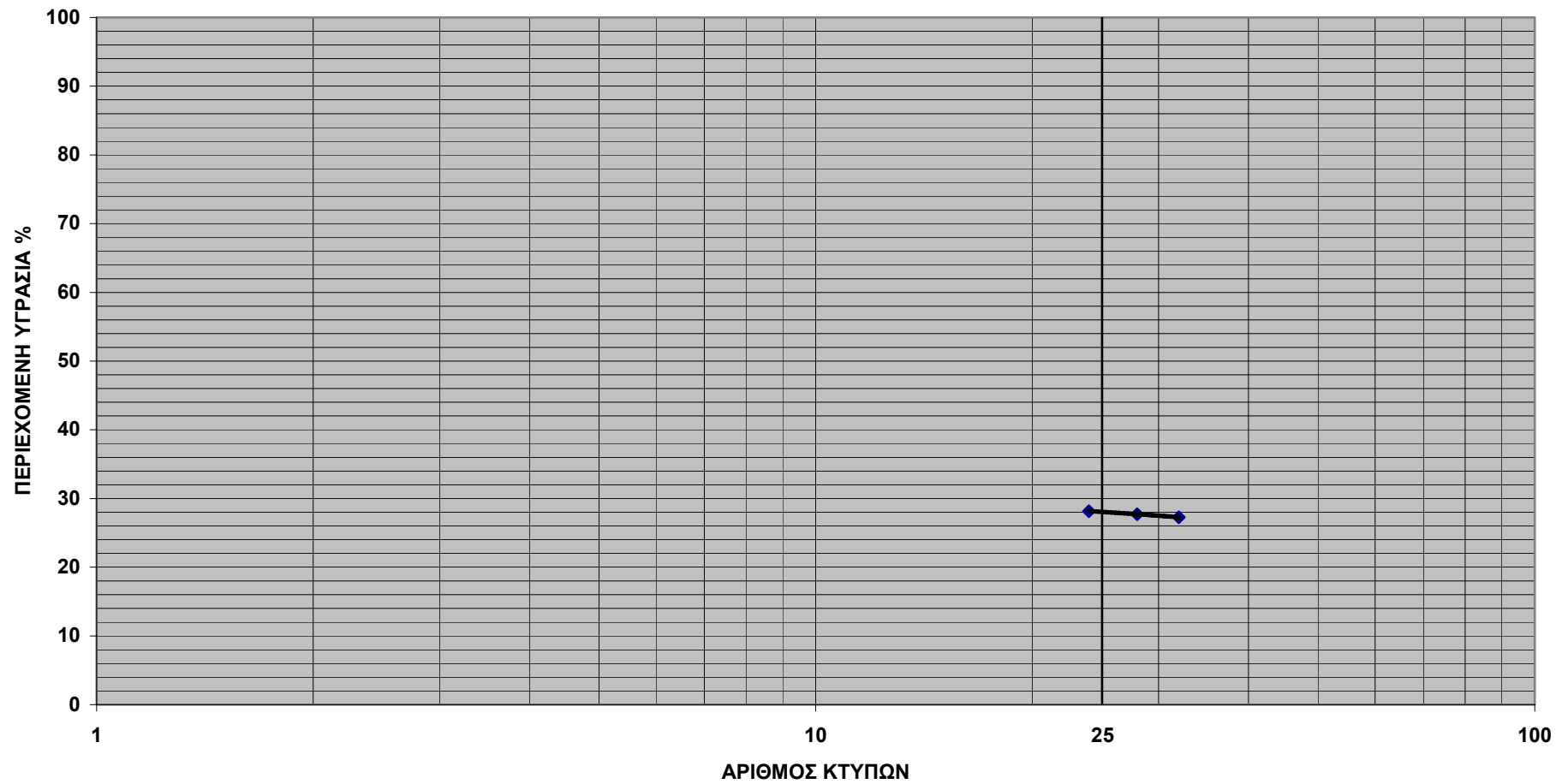
ΔΕΙΓΜΑ 3

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Αριθμός κτύπων	32	24	29
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	23.91	27.905	17.132
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	22.44	26.553	16.065
Βάρος ύδατος (gr)	1.47	1.352	1.067
Βάρος υποδοχέα (gr)	17.052	21.753	12.217
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	5.388	4.8	3.848
Περιεχόμενη υγρασία %	27.28	28.17	27.73

Όριο υδαρότητας LL : 27.73 %

ΚΑΜΠΥΛΗ ΡΟΗΣ

ΔΕΙΓΜΑ 3



ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ
CASAGRANDE

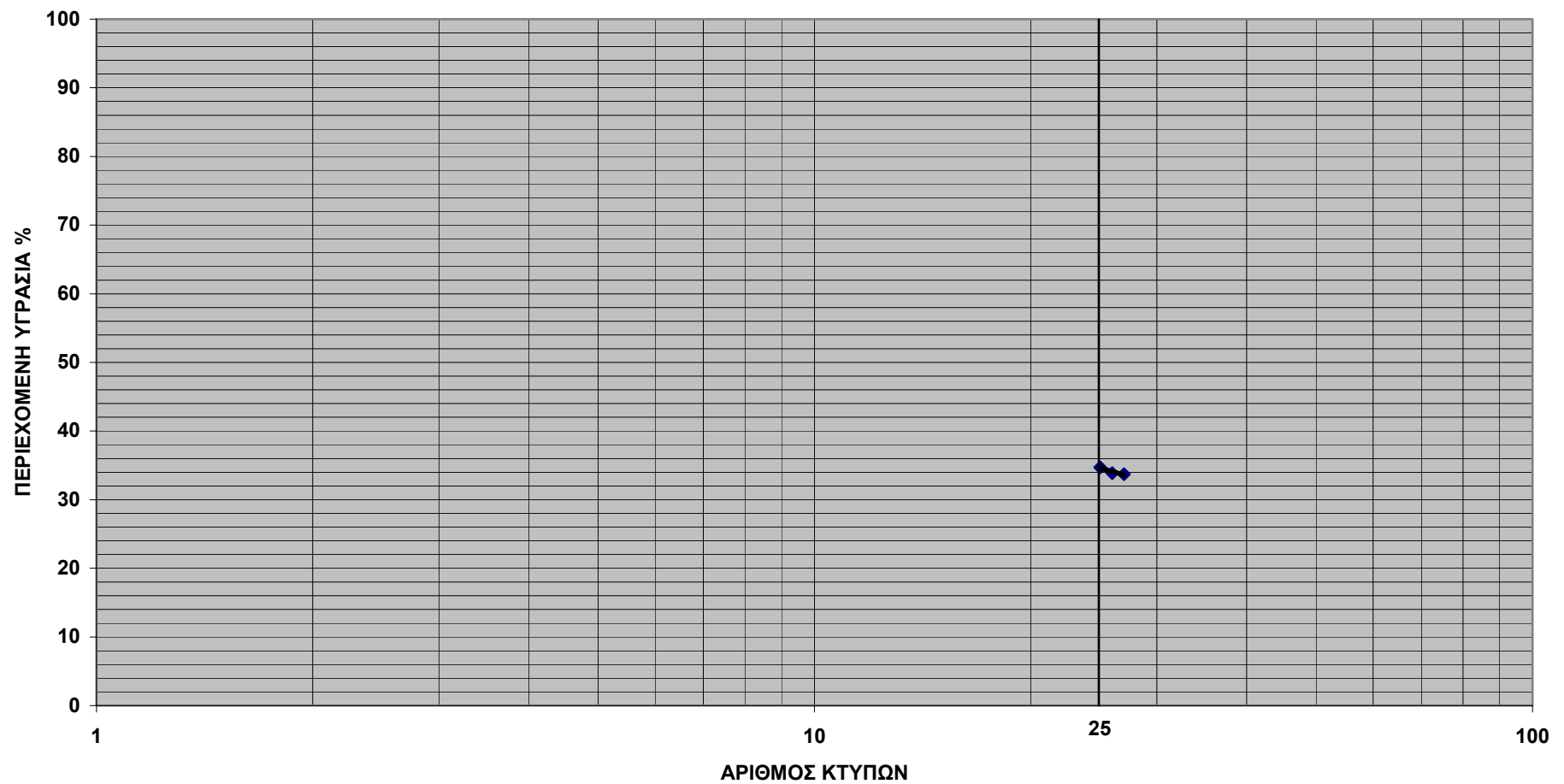
ΔΕΙΓΜΑ 4

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Αριθμός κτύπων	26	27	25
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	36.206	34.192	24.209
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	34.971	32.68	23.119
Βάρος ύδατος (gr)	1.235	1.512	1.09
Βάρος υποδοχέα (gr)	31.325	28.192	19.979
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	3.646	4.488	3.14
Περιεχόμενη υγρασία %	33.87	33.7	34.713

Όριο υδαρότητας LL : 34.1 %

ΚΑΜΠΥΛΗ ΡΟΗΣ

ΔΕΙΓΜΑ 4



ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΣΥΣΚΕΥΗ
CASAGRANDE

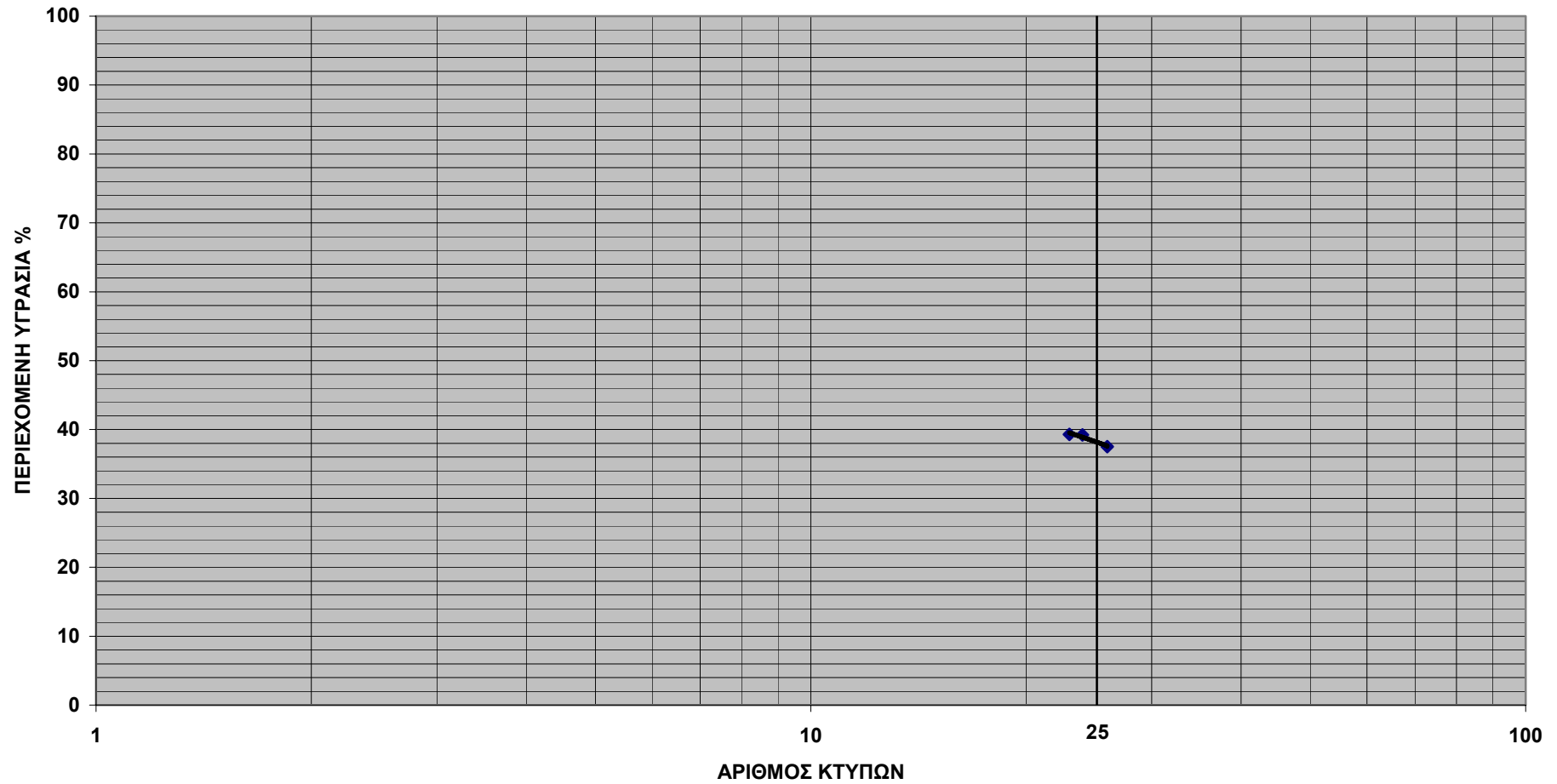
ΔΕΙΓΜΑ 5

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Αριθμός κτύπων	26	23	24
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	31.554	35.628	35.895
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	30.104	34.15	34.355
Βάρος ύδατος (gr)	1.45	1.478	1.54
Βάρος υποδοχέα (gr)	26.239	30.390	30.429
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	3.865	3.76	3.926
Περιεχόμενη υγρασία %	37.52	39.31	39.23

Όριο υδαρότητας LL : 38.69 %

ΚΑΜΠΥΛΗ ΡΟΗΣ

ΔΕΙΓΜΑ 5



2.1.2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΠΕΝΕΤΡΟΜΕΤΡΟΥ ΠΗΠΤΟΝΤΟΣ ΚΩΝΟΥ

Κατά τη μέθοδο αυτή κωνικό βαρίδιο με βάρος 60 gr και με γωνία ανοίγματος 60° κρέμεται με την κορυφή του κώνου σε επαφή με το εδαφικό δείγμα, το οποίο προηγουμένως έχει ζυμωθεί με νερό και είναι τοποθετημένο σε ένα μεταλλικό κυλινδρικό δοχείο. Το κωνικό αυτό βαρίδιο απελευθερώνεται και βυθίζεται στο εδαφικό δείγμα σε κάποιο βάθος. Αμέσως μετά τη βύθιση του, γίνεται ανάγνωση του βάθους διείσδυσης από μια βαθμονομημένη κλίμακα. Η δοκιμή αυτή επαναλαμβάνεται τρεις φορές για κάθε δείγμα με διαφορετικά ποσοστά νερού.



Κατασκευάζεται δεκαδικό διάγραμμα «βάθος διείσδυσης – περιεκτικότητα σε νερό». Το όριο υδαρότητας υπολογίζεται από την περιεκτικότητα σε νερό που αντιστοιχεί στα 10mm βάθους διείσδυσης.

Παρακάτω δίνονται οι πίνακες με τα αποτελέσματα και τα αντίστοιχα διαγράμματα:

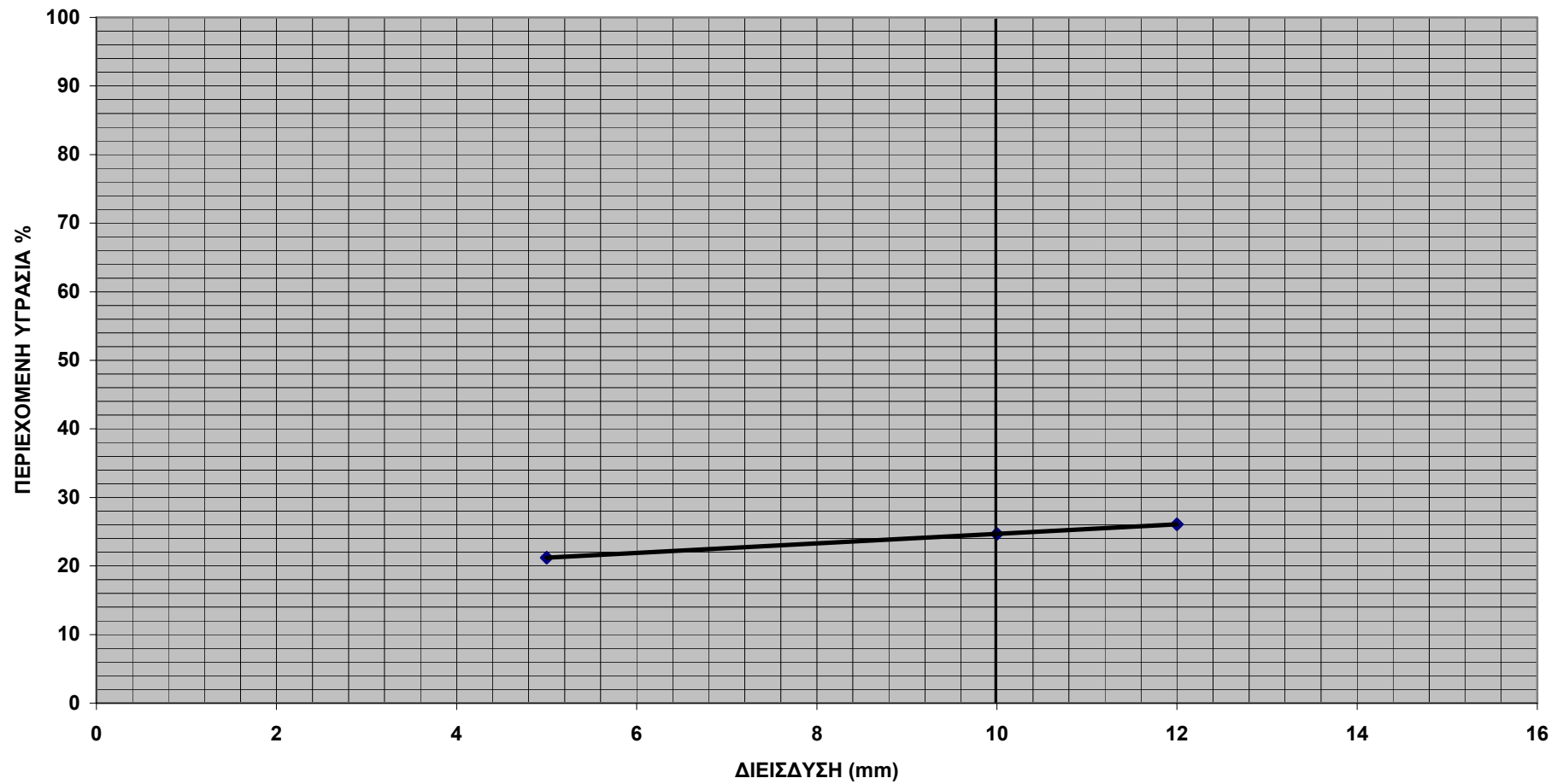
Δείγμα 1

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Βάθος διείσδυσης (mm)	5	12	10
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	32.92	33.674	36.677
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	31.171	32.165	34.975
Βάρος ύδατος (gr)	1.749	1.509	1.702
Βάρος υποδοχέα (gr)	22.927	26.374	28.079
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	8.244	5.791	6.896
Περιεχόμενη υγρασία %	21.22	26.06	24.68

Όριο υδαρότητας LL : 24 %

ΌΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ

ΔΕΙΓΜΑ 1



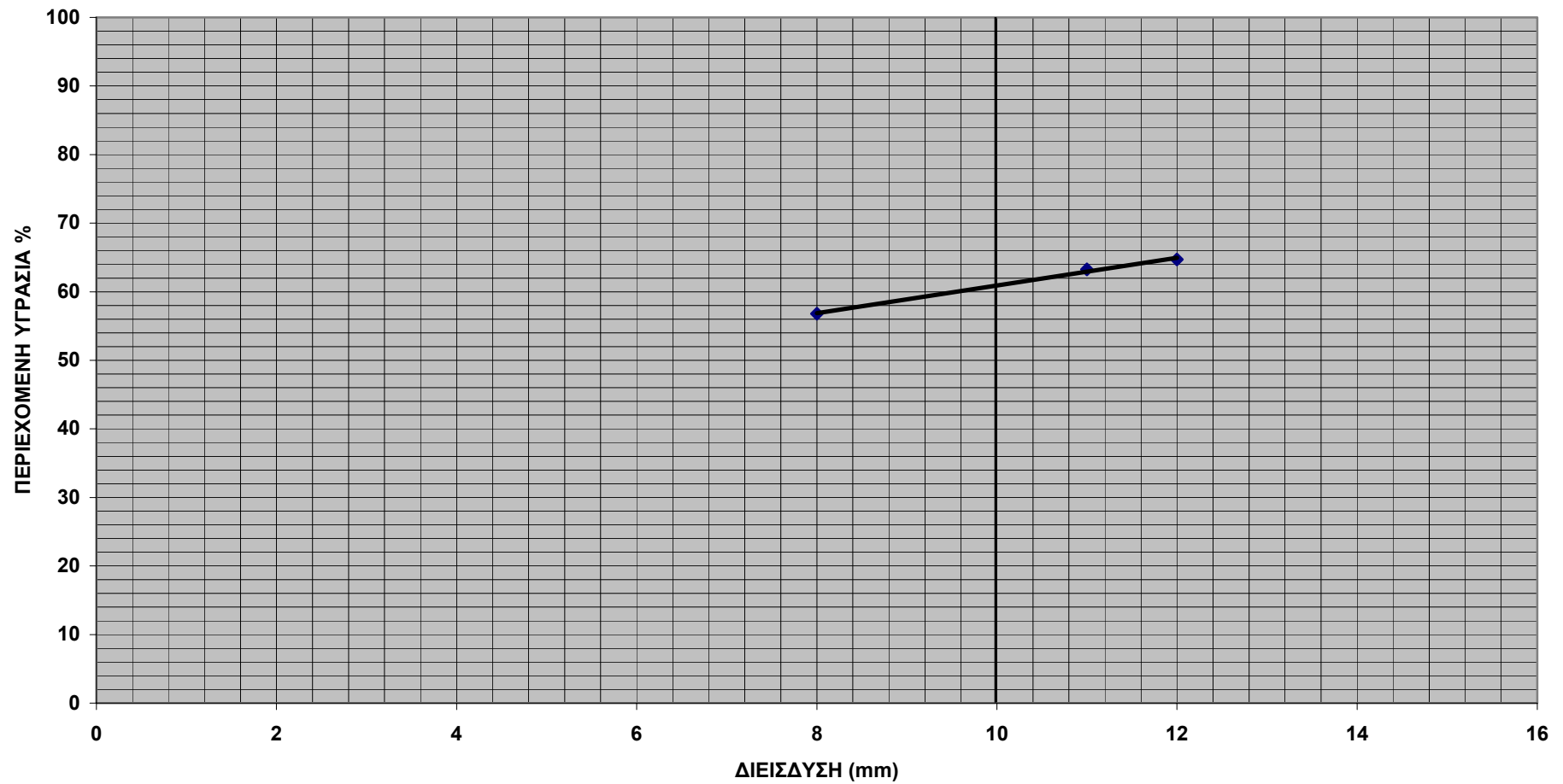
Δείγμα 2

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Βάθος διείσδυσης (mm)	8	12	11
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	31.058	35.639	36.814
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	28.114	32.012	33.431
Βάρος ύδατος (gr)	2.944	3.627	3.383
Βάρος υποδοχέα (gr)	22.930	26.404	28.082
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	5.184	5.608	5.349
Περιεχόμενη υγρασία %	56.79	64.68	63.24

Όριο υδαρότητας LL : 61.57 %

ΌΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ

ΔΕΙΓΜΑ 2



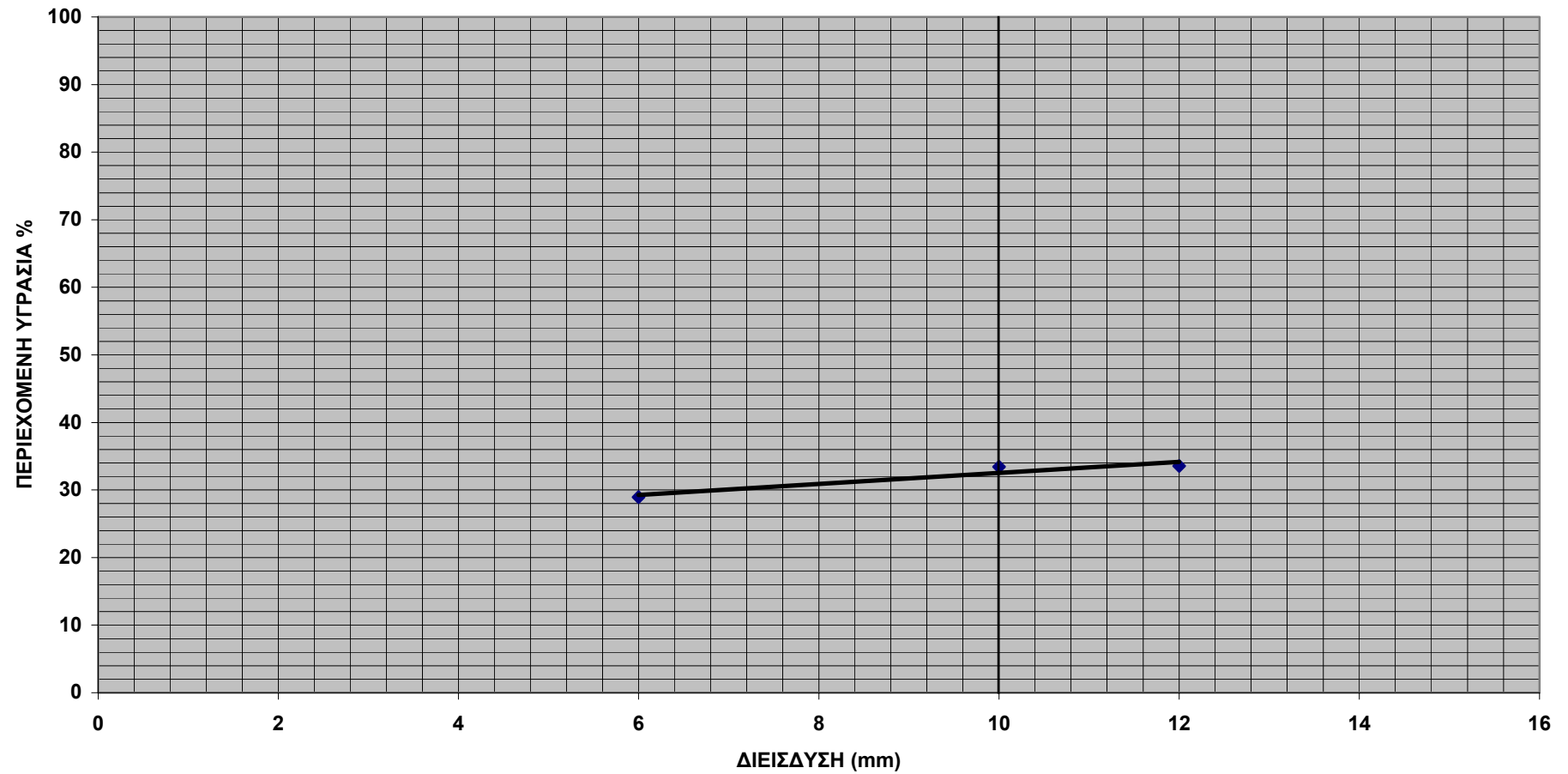
Δείγμα 3

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Βάθος διείσδυσης (mm)	6	12	10
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	36.998	39.011	33.603
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	35.511	36.852	31.755
Βάρος ύδατος (gr)	1.487	2.159	1.848
Βάρος υποδοχέα (gr)	30.377	30.421	26.229
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	5.134	6.431	5.526
Περιεχόμενη υγρασία %	28.96	33.57	33.44

Όριο υδαρότητας LL : 31.99 %

ΌΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ

ΔΕΙΓΜΑ 3



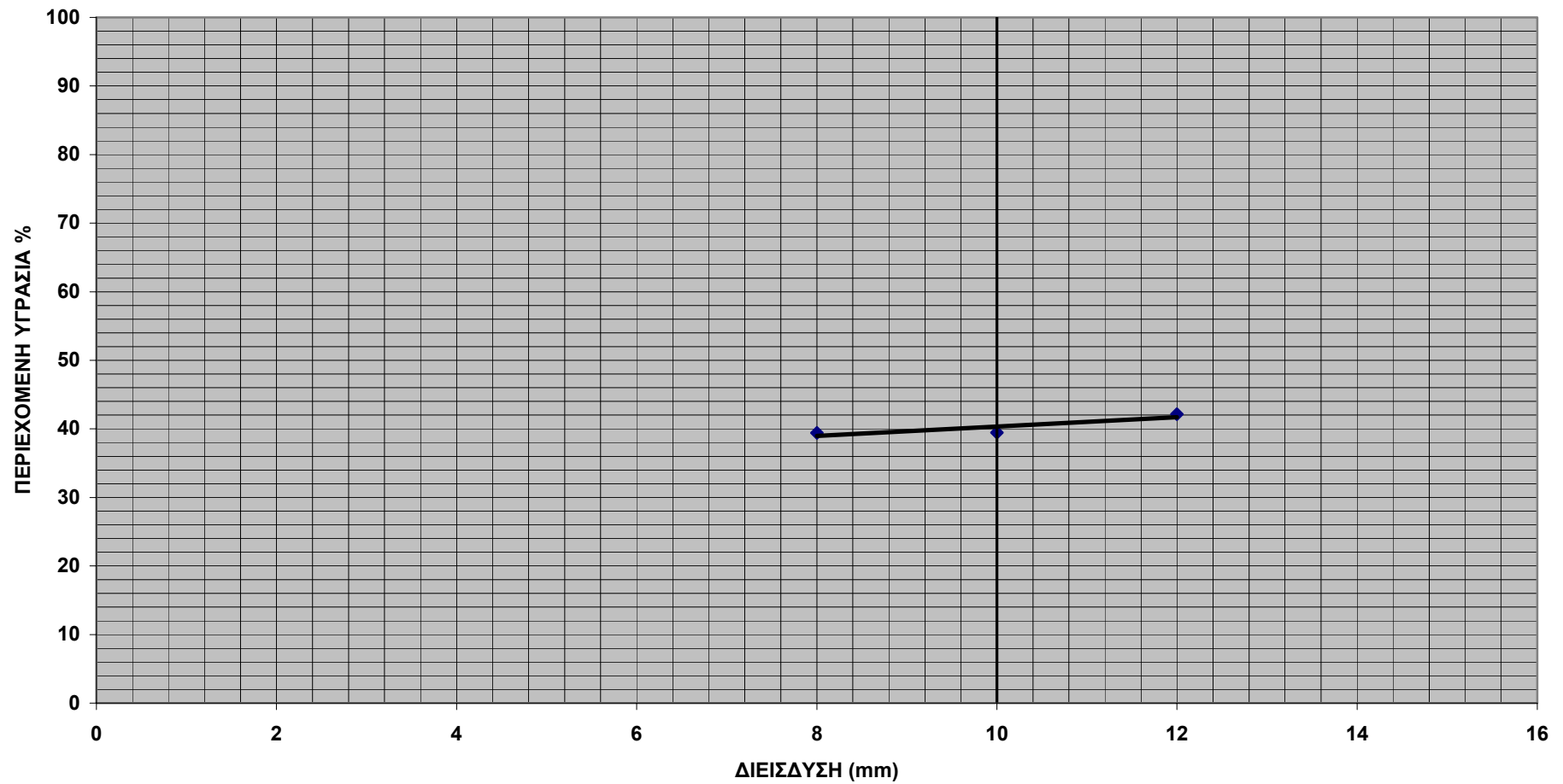
Δείγμα 4

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Βάθος διείσδυσης (mm)	10	12	8
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	16.914	17.386	33.255
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	15.694	15.719	31.707
Βάρος ύδατος (gr)	1.22	1.667	1.548
Βάρος υποδοχέα (gr)	12.602	11.764	27.779
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	3.092	3.955	3.928
Περιεχόμενη υγρασία %	39.46	42.15	39.41

Όριο υδαρότητας LL : 40.34 %

ΌΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ

ΔΕΙΓΜΑ 4



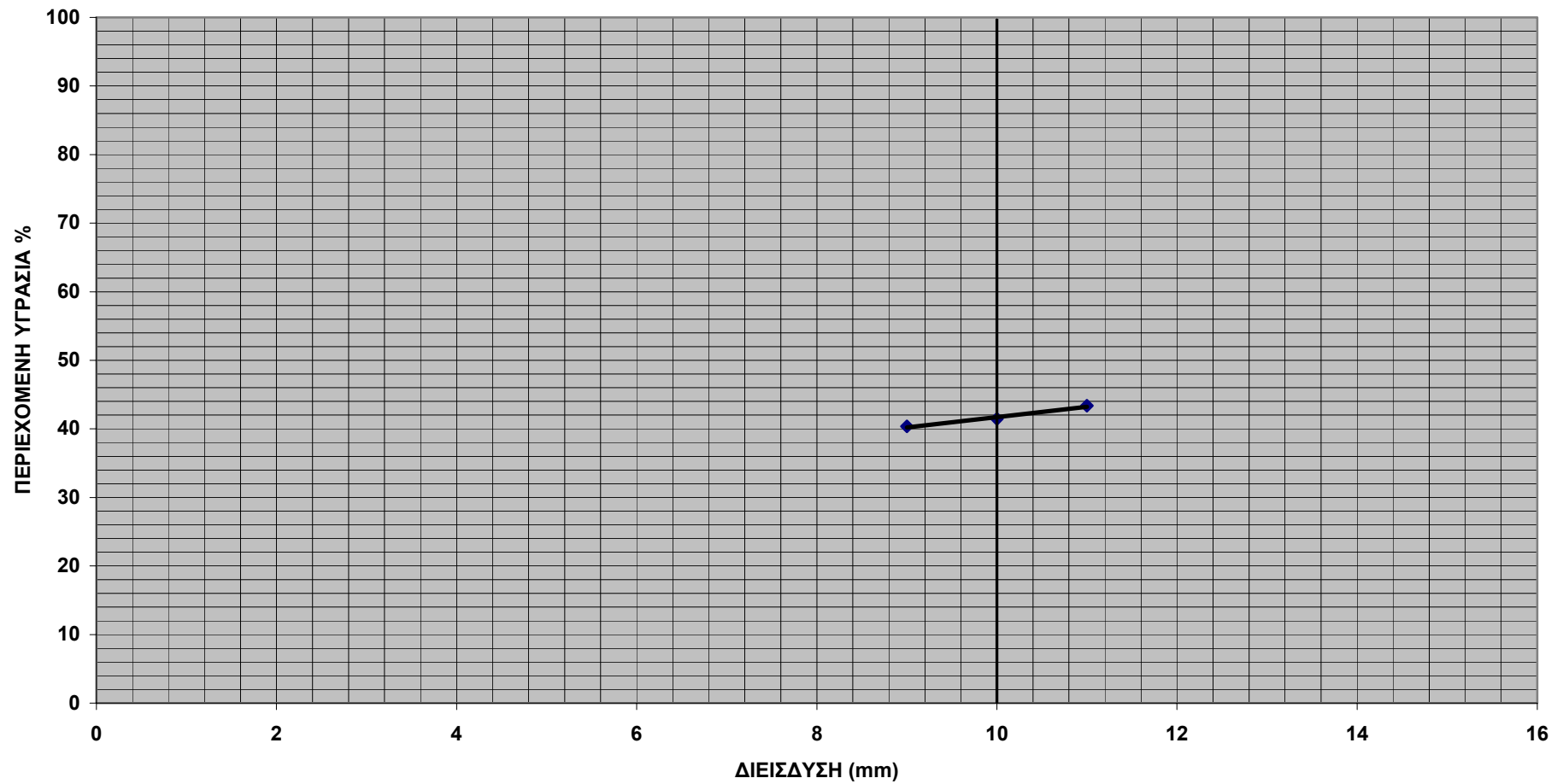
Δείγμα 5

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Βάθος διείσδυσης (mm)	10	11	9
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	34.347	34.595	31.662
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	32.828	32.953	30.242
Βάρος ύδατος (gr)	1.519	1.642	1.42
Βάρος υποδοχέα (gr)	29.165	29.166	26.724
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	3.663	3.787	3.518
Περιεχόμενη υγρασία %	41.47	43.36	40.36

Όριο υδαρότητας LL : 41.73 %

ΌΡΙΟ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ

ΔΕΙΓΜΑ 5



2.2. ΟΡΙΟ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Όριο πλαστικότητας (PL). Το όριο πλαστικότητας αντιστοιχεί στο χαμηλότερο ποσοστό υγρασίας στο οποίο το έδαφος μεταβαίνει από την πλαστική στην ημιστερεή κατάσταση και μπορεί να κυλινδρωθεί σε ραβδίσκο διαμέτρου 3mm χωρίς αυτός να θραύεται.

Για τον προσδιορισμό του ορίου πλαστικότητας λήφθηκε ποσότητα εδάφους περίπου 20 gr από το υλικό που διήρθε από το κόσκινο Νο.40. Το δείγμα αναμίχθηκε καλά με απεσταγμένο νερό μέχρι η μάζα του να γίνει αρκετά πλαστική. Σαν δείγμα δοκιμής λήφθηκε μέρος αυτού βάρους περίπου 8 gr. Η μάζα αυτή κυλινδρώθηκε μεταξύ των δακτύλων και του διηθητικού χαρτιού έτσι ώστε δημιουργήθηκε ραβδίσκος με ομοιόμορφη διάμετρο σε όλο το μήκος του. Όταν η διάμετρος του ραβδίσκου έγινε 3 mm, αυτός θραύτηκε σε τεμάχια. Τα τεμάχια αυτά συμπίεστηκαν μεταξύ τους και κυλινδρώθηκαν ξανά. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε μέχρις ότου ο ραβδίσκος θρυμματιζόταν και το έδαφος να μπορούσε πλέον να κυλινδρωθεί σε ραβδίσκο. Τα θρύμματα ζυγίστηκαν, ξηράθηκαν και ζυγίστηκαν εκ νέου. Η υγρασία που περιέχεται στους ραβδίσκους των 3 mm αποτελεί το όριο πλαστικότητας και προκύπτει από τον μέσο όρο τριών δοκιμών.

Τα αποτελέσματα φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΔΕΙΓΜΑ 1

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	18.03	33.739	34.868
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	17.17	32.55	34.022
Βάρος ύδατος (gr)	0.86	1.189	0.846
Βάρος υποδοχέα (gr)	12.19	26.026	29.150
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	4.98	6.524	4.872
Περιεχόμενη υγρασία %	17.27	18.225	17.365

Όριο πλαστικότητας PL : 17.62 %

ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΔΕΙΓΜΑ 2

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	12.569	27.528	29.460
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	12.497	27.184	29.398
Βάρος ύδατος (gr)	0.072	0.344	0.062
Βάρος υποδοχέα (gr)	12.217	26.009	29.131
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	0.28	1.175	0.267
Περιεχόμενη υγρασία %	25.71	29.28	23.22

Όριο πλαστικότητας PL : 26.07 %

ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΔΕΙΓΜΑ 3

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	14.955	14.917	14.939
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	14.241	14.331	14.329
Βάρος ύδατος (gr)	0.714	0.586	0.61
Βάρος υποδοχέα (gr)	11.587	12.188	12.071
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	2.654	2.143	2.258
Περιεχόμενη υγρασία %	26.9	27.34	27

Όριο πλαστικότητας PL : 27.08 %

ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΔΕΙΓΜΑ 4

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	17.207	22.082	12.357
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	17.182	22.03	12.341
Βάρος ύδατος (gr)	0.025	0.052	0.016
Βάρος υποδοχέα (gr)	17.041	21.727	12.229
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	0.141	0.303	0.112
Περιεχόμενη υγρασία %	17.73	17.16	14.29

Όριο πλαστικότητας PL : 16.39 %

ΔΕΛΤΙΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΟΥ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΔΕΙΓΜΑ 5

ΔΟΚΙΜΗ	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΡΙΟΥ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑΣ		
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	1	2	3
Βάρος υγρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	12.013	12.717	12.733
Βάρος ξηρού δείγματος + υποδοχέα (gr)	11.93	12.613	12.603
Βάρος ύδατος (gr)	0.083	0.104	0.13
Βάρος υποδοχέα (gr)	11.613	12.213	12.096
Βάρος ξηρού δείγματος (gr)	0.317	0.4	0.507
Περιεχόμενη υγρασία %	26.18	26	25.64

Όριο πλαστικότητας PL : 25.94 %

Δείκτης πλαστικότητας (PI). Ορίζεται ως η περιοχή ανάμεσα στο όριο υδαρότητας και στο όριο πλαστικότητας ($PI = LL - PL$), όπου το υλικό είναι εύπλαστο.

Οι δείκτες πλαστικότητας για τα πέντε δείγματα, με τη συσκευή CASAGRANDE και τη μέθοδο πίπτοντος κώνου, δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

	Δείκτης πλαστικότητας με τη συσκευή CASAGRANDE	Δείκτης πλαστικότητας με τη μέθοδο πίπτοντος κώνου
Δείγμα 1	4.75	6.38
Δείγμα 2	33.23	35.5
Δείγμα 3	0.65	4.91
Δείγμα 4	17.71	23.95
Δείγμα 5	12.75	15.79

Ενεργότητα (a). Η ενεργότητα αποτελεί κατά κάποιο τρόπο μέτρο της δραστικότητας του αργιλικού κλάσματος όσον αναφορά την ικανότητά του να προσροφήσει νερό. Ορίζεται ως ο λόγος του δείκτη πλαστικότητας με το ποσοστό της αργίλου ($a = \frac{PI}{\%clay}$). Όταν η ενεργότητα είναι μικρότερη του 0,75 τότε το έδαφος χαρακτηρίζεται ως μη ενεργό, όταν είναι μεταξύ του 0,75 και του 1,25 ως κανονικό και όταν είναι μεγαλύτερη του 1,25 ως ενεργό.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΕΛΑΦΩΝ

	U	K (cm/s)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΡΓΙΛΟΥ	LL CASAGRANDE	LL ΠΗΛ.ΚΩΝΟΥ		PL	PI CASAGRANDE	PI ΠΗΛ.ΚΩΝΟΥ	a _c	a _π	a _m
Δείγμα 1	-	-	15%	22.37	24	1.63	17.62	4.75	6.38	0.32	0.42	0.37
Δείγμα 2	6.25	$64 \cdot 10^{-4}$	1%	59.3	61.57	2.27	26.07	33.23	35.5	33.23	35.5	34.36
Δείγμα 3	50	$4 \cdot 10^{-4}$	5.5%	27.73	31.99	4.26	27.08	0.65	4.91	0.12	0.89	0.50
Δείγμα 4	10	$81 \cdot 10^{-4}$	2.8%	34.1	40.34	6.24	16.39	17.71	23.95	6.32	8.55	7.44
Δείγμα 5	7	10^{-2}	2.5%	38.69	41.73	3.04	25.94	12.75	15.79	5.10	6.32	5.71

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Ταξινόμηση εδαφών κατά Casagrande. Από το διάγραμμα πλαστικότητας του Casagrande τα δείγματα χαρακτηρίζονται ως εξής:

Δείγμα 1: (CL-ML) Ανόργανη άργιλος μικρής πλαστικότητας, ιλυώδης άργιλος έως ανόργανη ιλύς.

Δείγμα 2: (CH) Ανόργανη άργιλος μεγάλης πλαστικότητας.

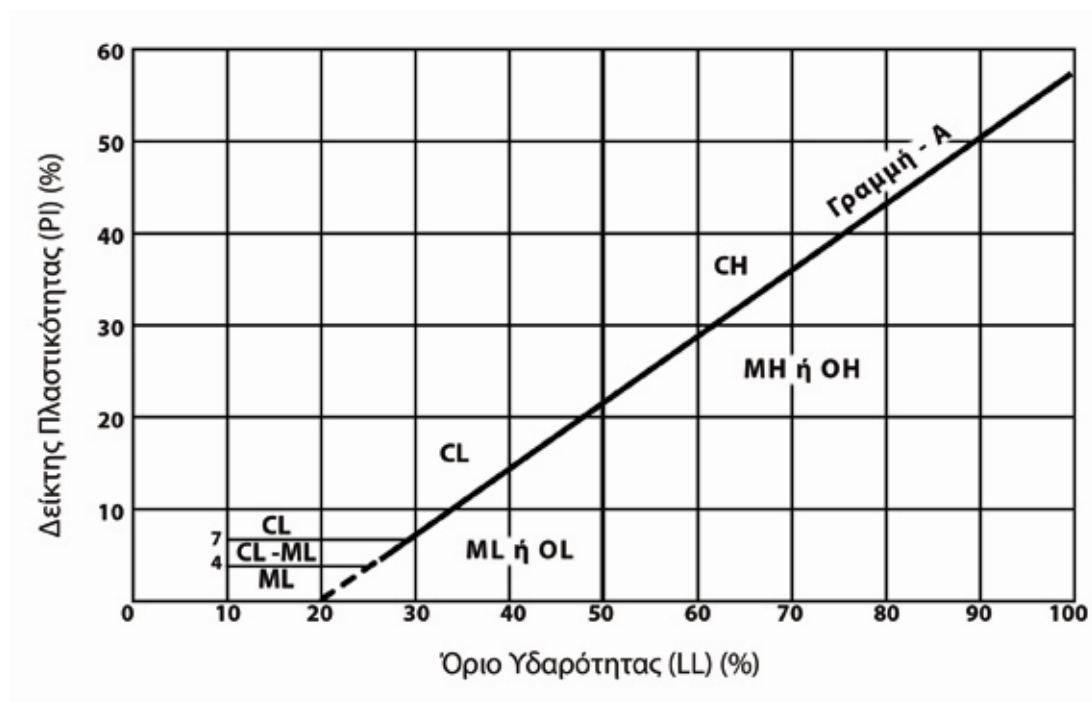
Δείγμα 3: (ML) Ανόργανη ιλύς μικρής πλαστικότητας.

Δείγμα 4: (CL) Ανόργανη άργιλος μικρής ή μέσης πλαστικότητας.

Δείγμα 5: (ML) Ανόργανη ιλύς μικρής ή μέσης πλαστικότητας

Τα γράμματα αυτά συμβολίζουν τον τύπο του εδάφους καθώς και την πλαστικότητα του. Έτσι Μ : ιλύς, C : ανόργανη άργιλος, O : οργανική ιλύς ή άργιλος, L : χαμηλή πλαστικότητα, H : υψηλή πλαστικότητα.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ CASAGRANDE



Ταξινομήσεις των δειγμάτων με βάση:

- Τον συντελεστή διαπερατότητας K:

Δείγμα 1: -

Δείγμα 2: Άμμος με ελάχιστες προσμίξεις

Δείγμα 3: Άμμος με ελάχιστες προσμίξεις

Δείγμα 4: Άμμος με ελάχιστες προσμίξεις

Δείγμα 5: Άμμος με ελάχιστες προσμίξεις.

Τύπος εδάφους	k (m/s)
Χαλίκια	$10^{-2} - 1$
Άμμος με ελάχιστες προσμίξεις	$10^{-5} - 10^{-2}$
Λεπτόκοκκη άμμος, ιλυώδης άμμος	$10^{-8} - 10^{-5}$
Ιλύς, ιλυώδεις άργιλοι	$10^{-9} - 10^{-6}$
Άργιλοι	$10^{-11} - 10^{-9}$

- Τη συνεκτικότητα:

Δείγμα 1: Μη συνεκτικό

Δείγμα 2: Μη συνεκτικό

Δείγμα 3: Μη συνεκτικό

Δείγμα 4: Μη συνεκτικό

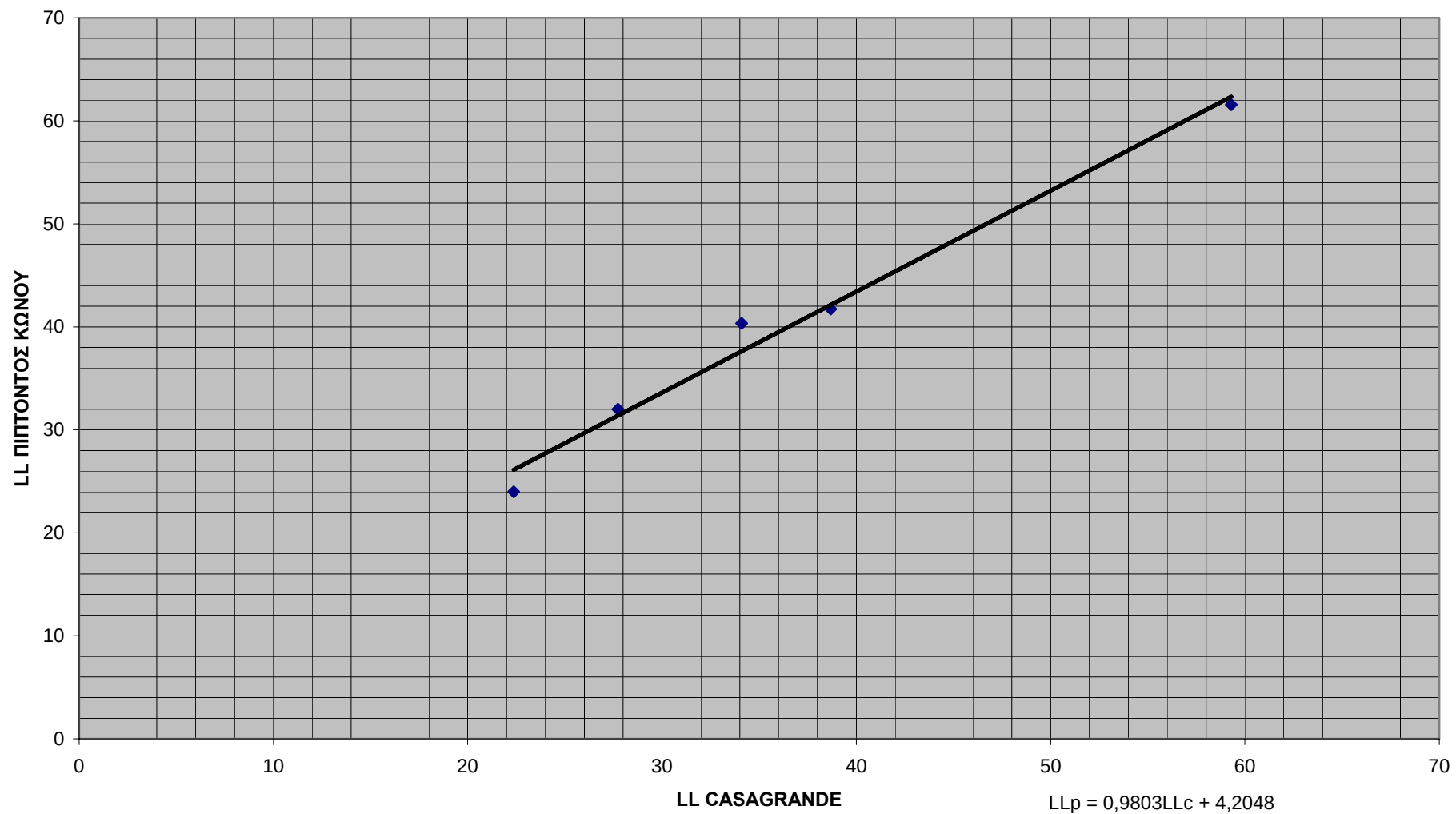
Δείγμα 5: Μη συνεκτικό

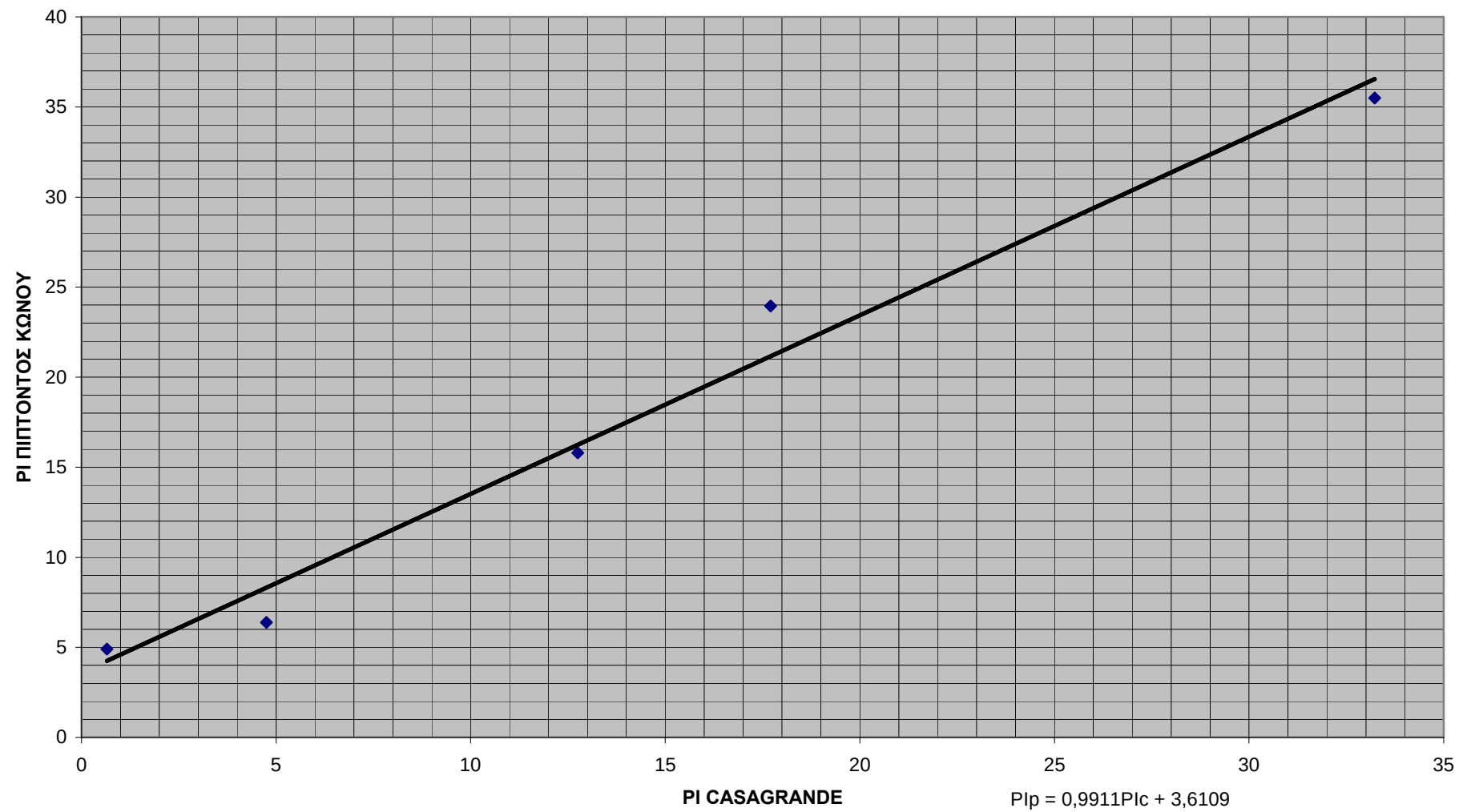
Από τον συγκεντρωτικό πίνακα δίνονται τα εξής χαρακτηριστικά για τα πέντε δείγματα:

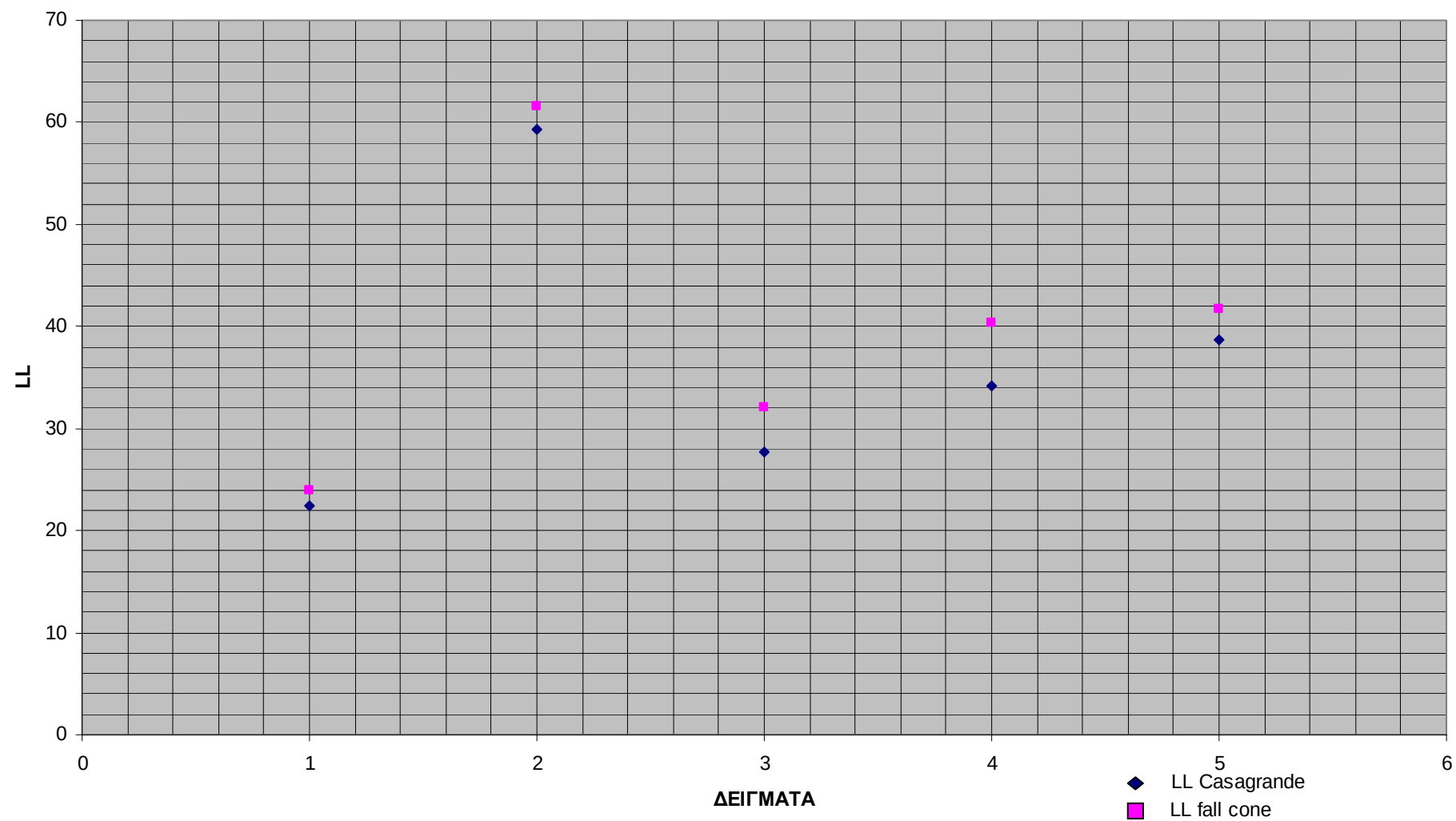
- Στο πρώτο δείγμα, ο προσδιορισμός του συντελεστή ομοιομορφίας και του συντελεστή διαπερατότητας δεν είναι δυνατός. Πρόκειται για εδαφικό δείγμα χαμηλής πλαστικότητας, μη ενεργό.
- Το δεύτερο δείγμα μπορεί να χαρακτηριστεί ως ανομοιόμορφο, με μεγάλη πλαστικότητα και ενεργό.
- Το τρίτο δείγμα μπορεί να χαρακτηριστεί ως πολύ ανομοιόμορφο, με χαμηλή πλαστικότητα, μη ενεργό έως κανονικό.
- Το τέταρτο δείγμα μπορεί να χαρακτηριστεί ως ανομοιόμορφο, με μικρή έως μέση πλαστικότητα, ενεργό.
- Το πέμπτο δείγμα μπορεί να χαρακτηριστεί ως ανομοιόμορφο, με μέση πλαστικότητα, ενεργό.

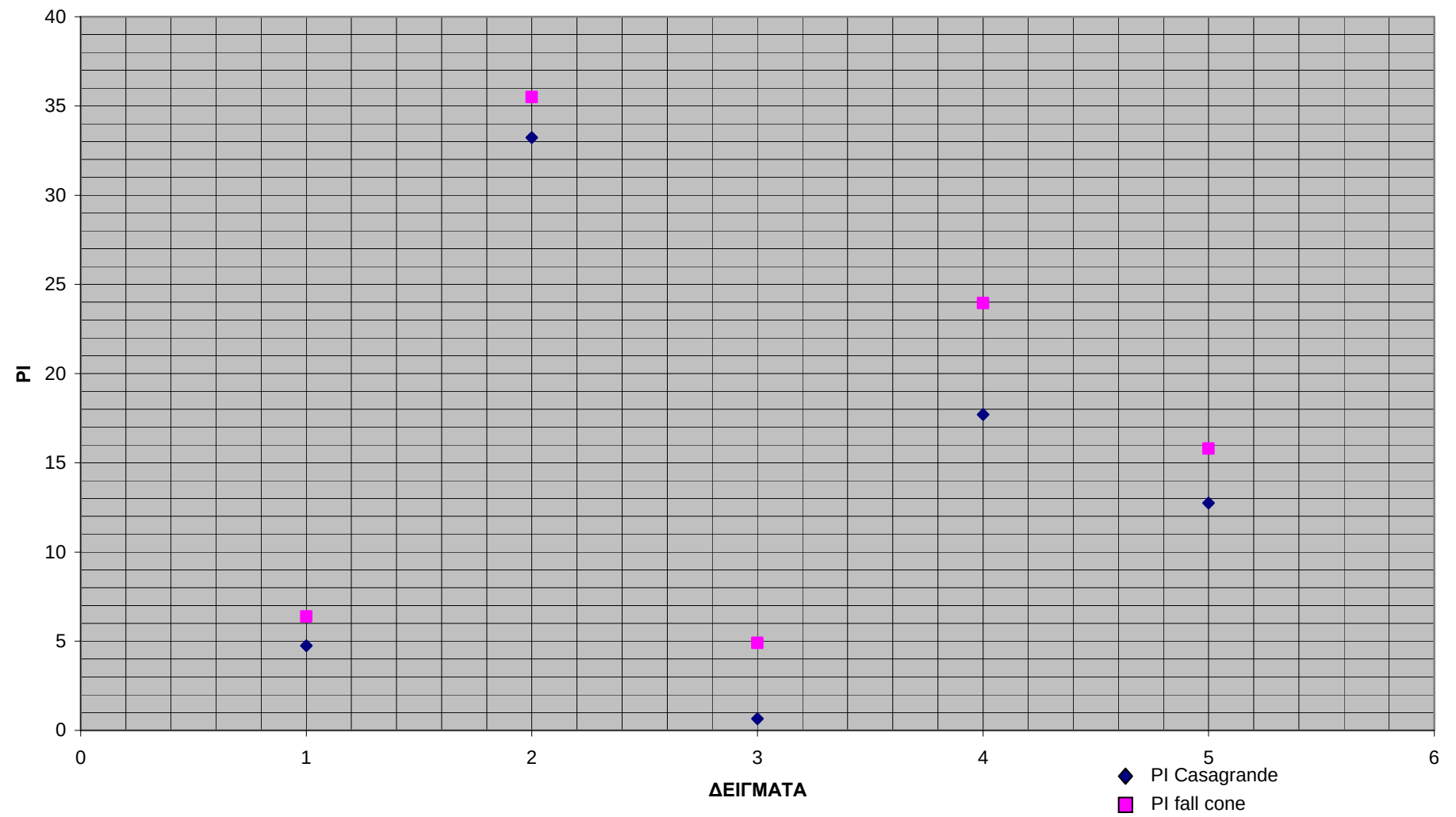
Από τις παρακάτω γραφικές παραστάσεις παρατηρείται ότι:

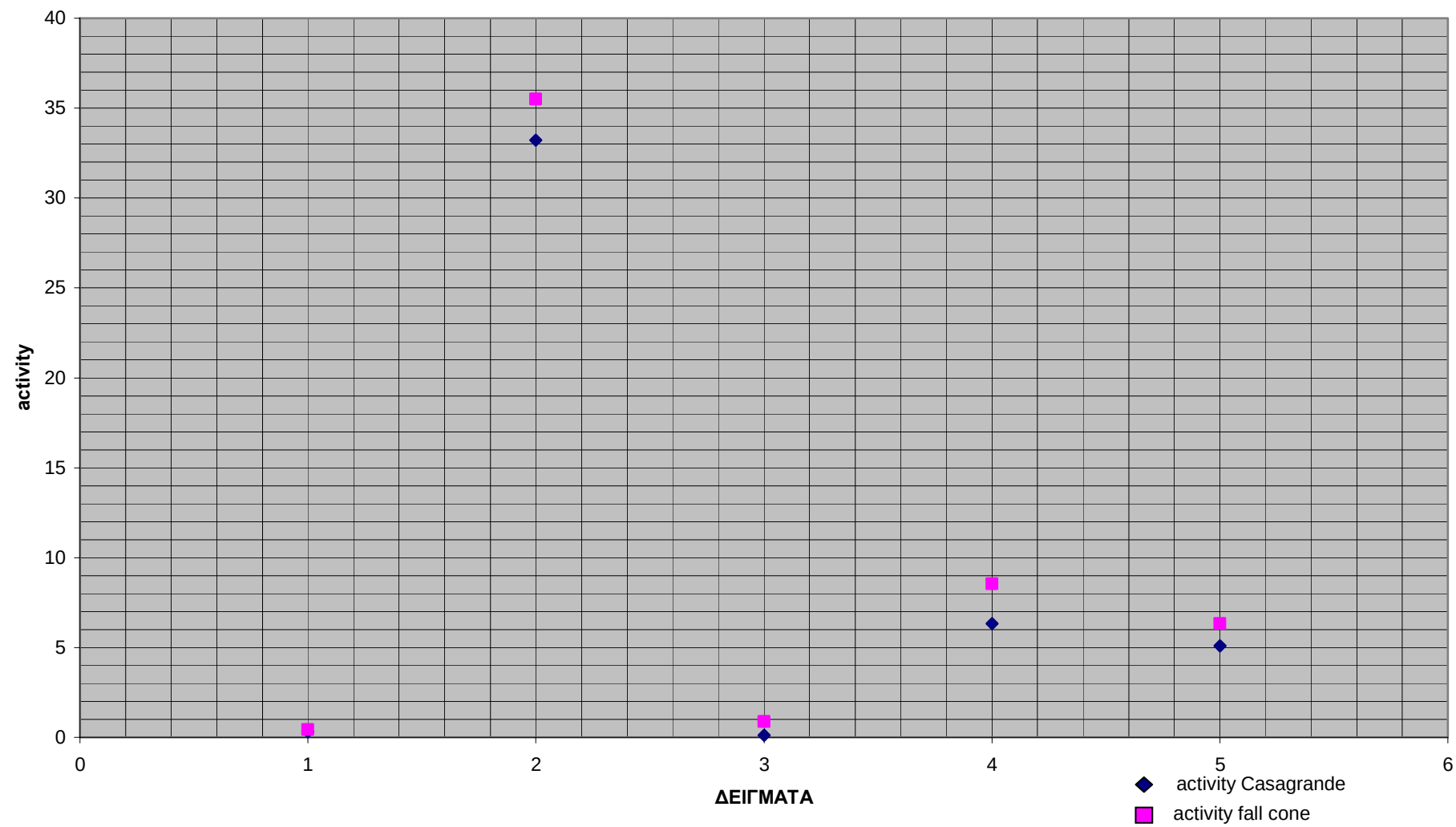
- οι τιμές του ορίου υδαρότητας με τη συσκευή Casagrande είναι μικρότερες από τις αντίστοιχες τιμές με τη μέθοδο του πίπτοντος κώνου.
- για μεγάλες τιμές της ενεργότητας, οι δείκτες πλαστικότητας με τις δύο μεθόδους πλησιάζουν πολύ.
- οι τιμές του ορίου υδαρότητας που προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο πίπτοντος κώνου, συνδέονται με εκείνες που προσδιορίστηκαν με τη συσκευή Casagrande, με τη σχέση $LL_p = 0.9803LL_c + 4.2048$

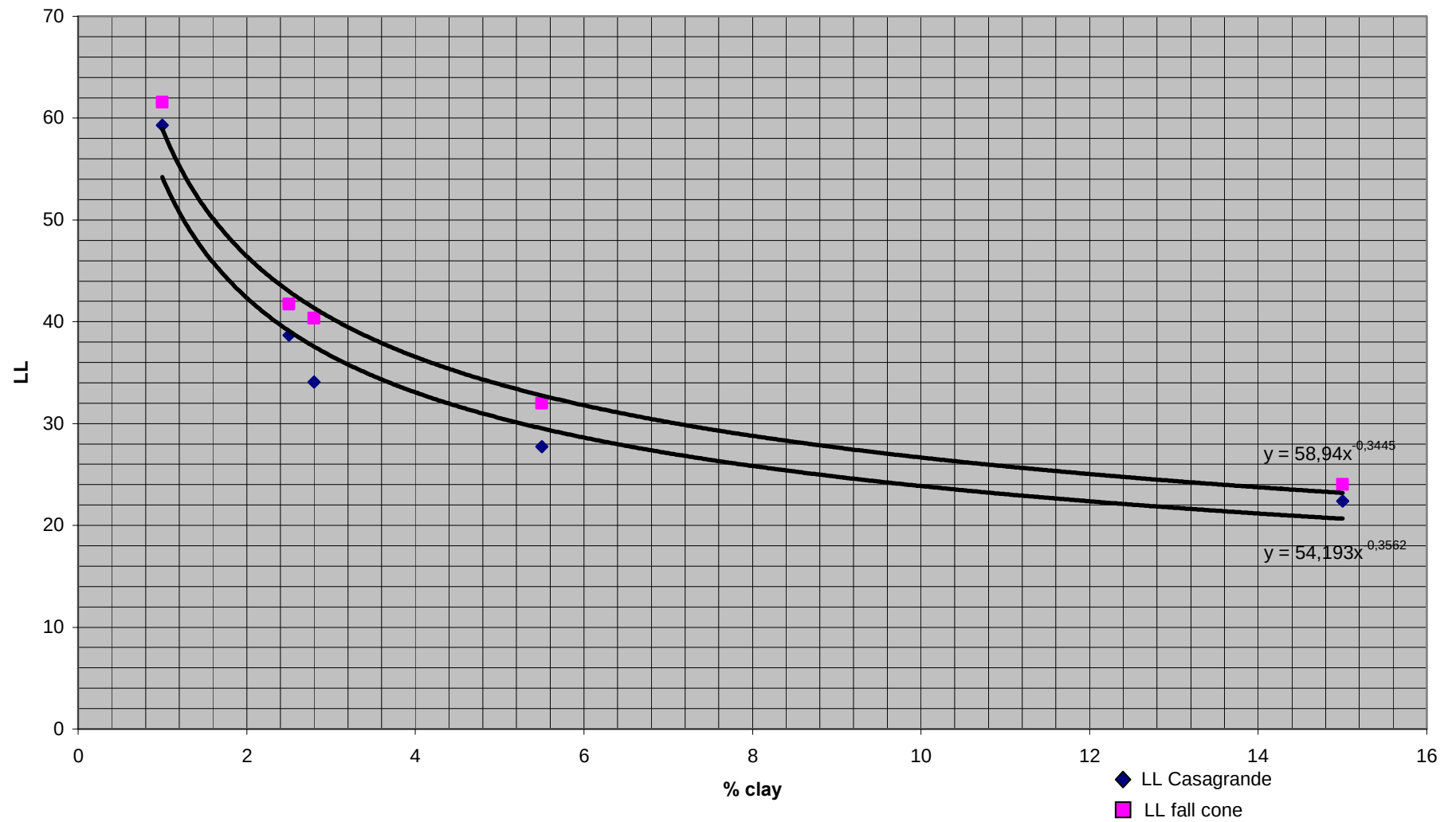


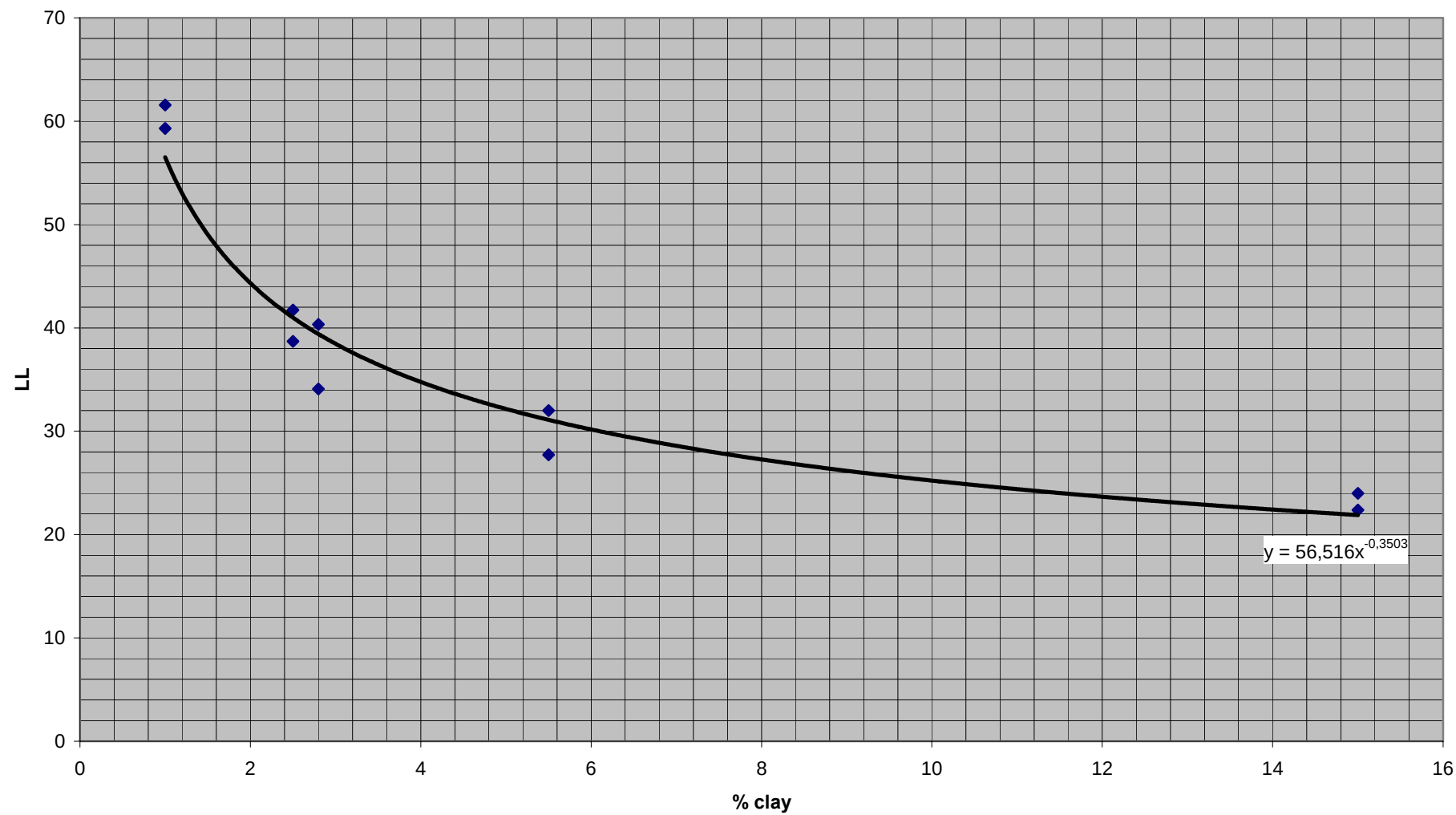


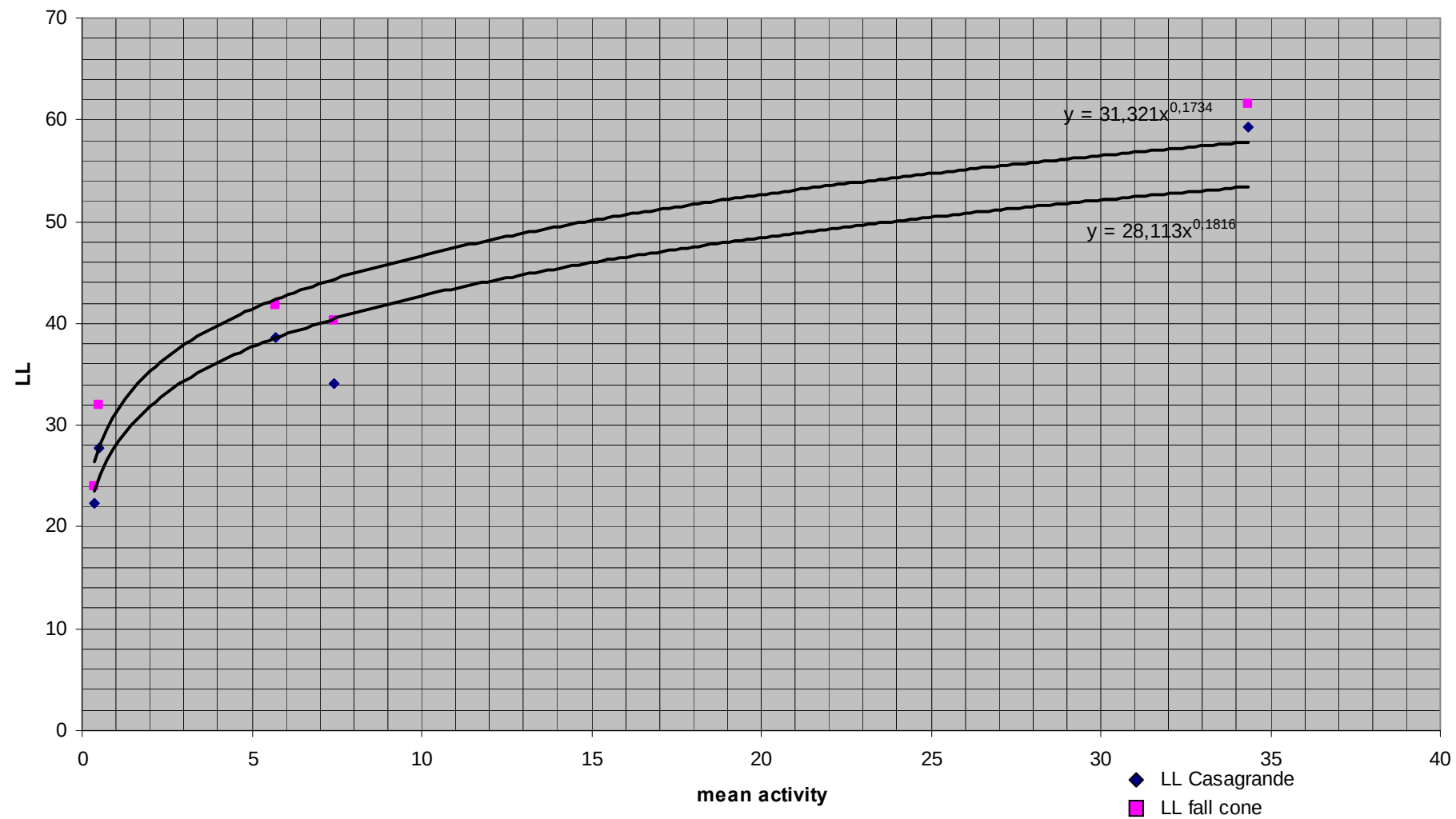


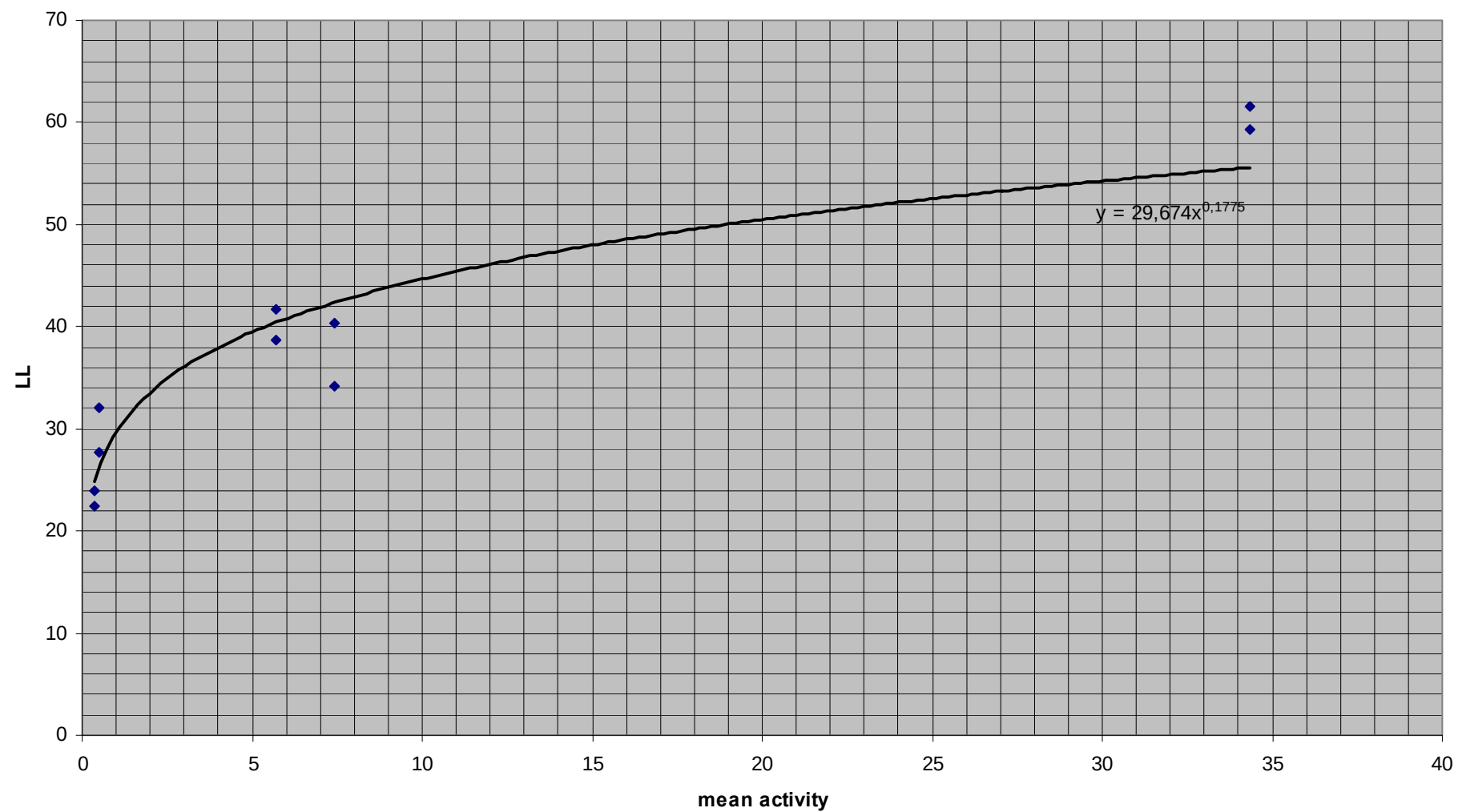


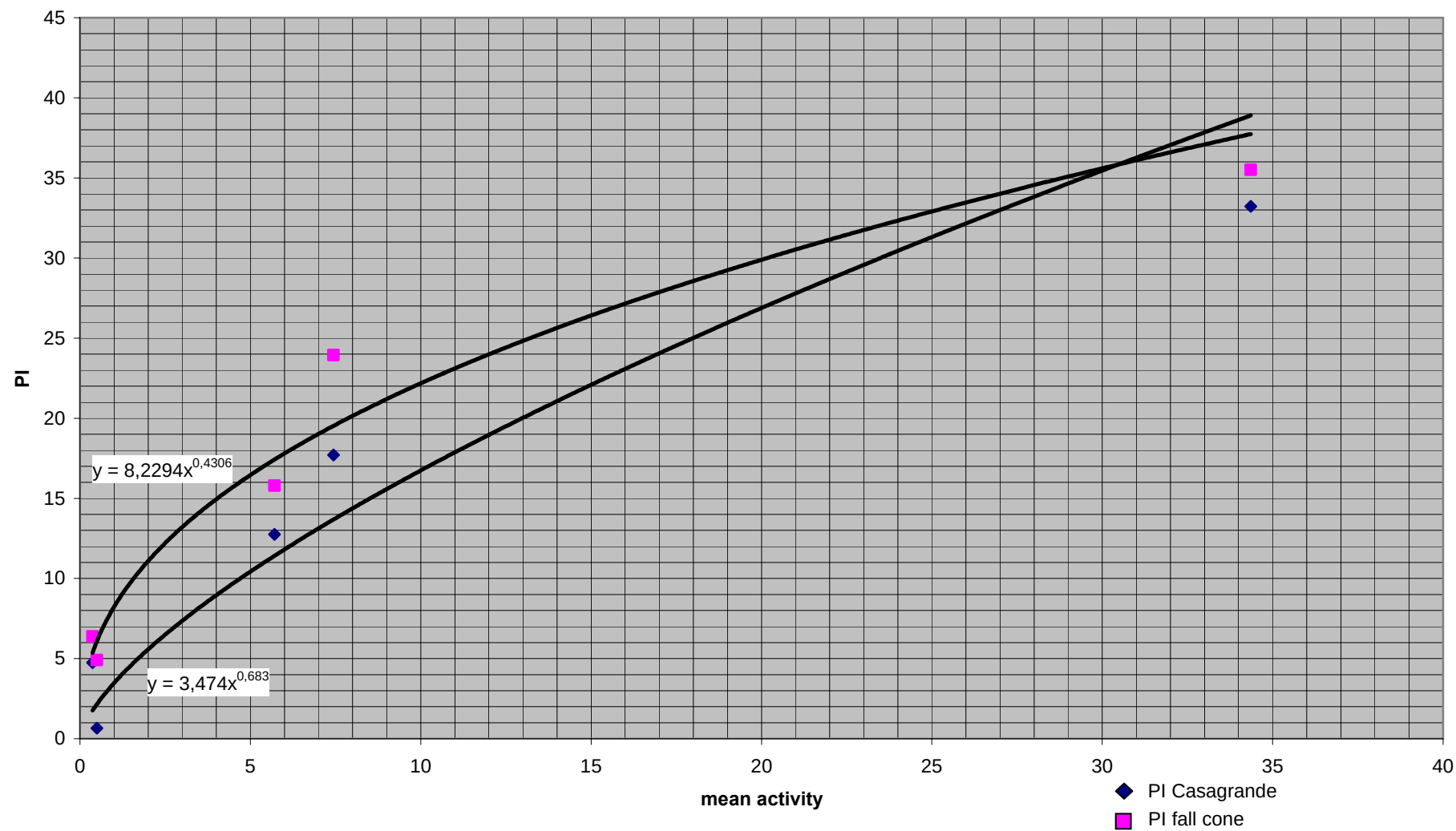












ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. (1990). Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes. British Standard BS 1377 Part 2: Classification Tests. London, BSI, 1990.

Casagrande, A. (1948). Classification and identification of soils. Am. Soc. Civ. Eng., Trans., Vol. 113, pp. 901-930

Christaras, B. (1991). A comparison of the Casagrande and fall cone penetrometer methods for liquid limit determination in marls from Crete, Greece. Journ. Eng. Geology, Elsevier, Amsterdam, Vol. 31, pp. 131-142.

Terzaghi, K. & Peck., R.B. (1948). Soil mechanics in engineering practice. New York, John Wiley and Sons.

Terzaghi, K. & Peck., R.B. (1967). Soil mechanics in engineering practice, 2nd ed.: John Wiley & Sons, New York, 927 pp.

Τσότσος, Σ. (1991). Εδαφομηχανική – Θεωρία, μέθοδοι και εφαρμογές. Εκδ. Φ. Βερβερίδης & Πολυχρονιάδης α.ε., Θεσσαλονίκη.

Χρηστάρας, Β. (1992). Στοιχεία Εδαφομηχανικής – Βραχομηχανικής. Υπηρεσία Δημοσιευμάτων Α.Π.Θ., 99 σελ.

Χρηστάρας, Β. (2002). Εργαστηριακές και επί τόπου δοκιμές Εδαφομηχανικής.