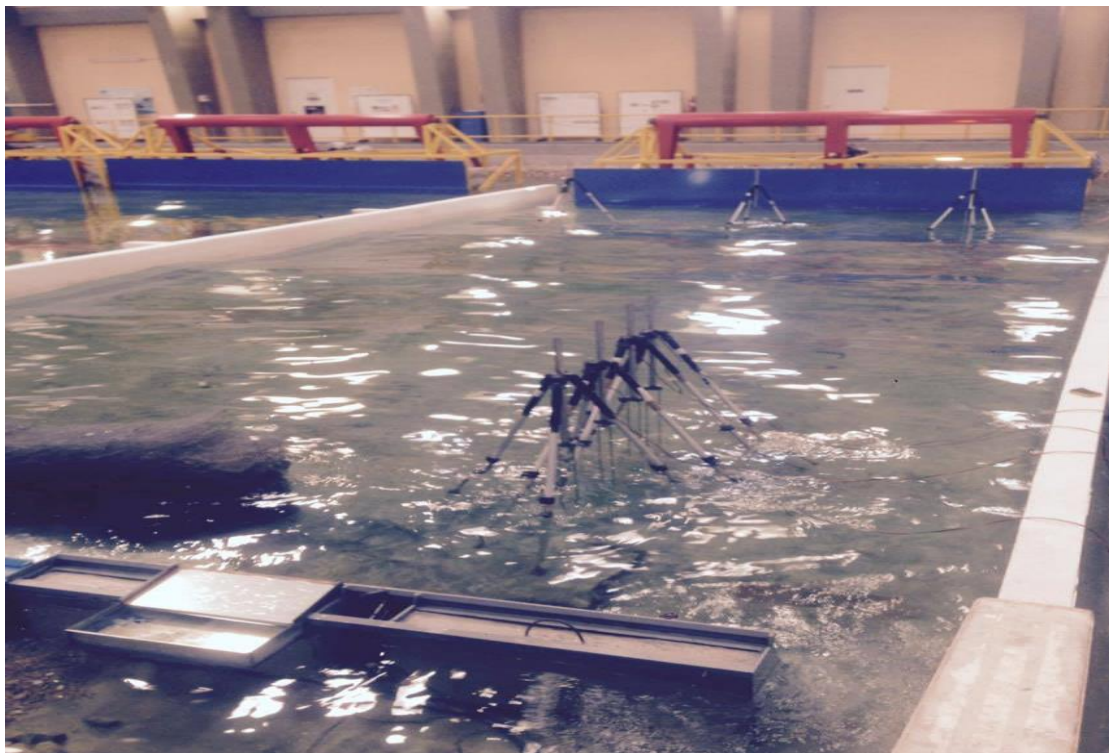




Εθνικό Μετσόβιο πολυτεχνείο  
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών  
Τομέας Υδραυλικής  
Εργαστήριο Λιμενικών έργων

**Διπλωματική εργασία**

**Πειραματική διερεύνηση πιέσεων μη θραυόμενων  
κυματισμών σε κεκλιμένο αδιαπέρατο κυματοθραύστη**



**Τσουκαλάς Ανδρέας**

**Επιβλέπων: Καθ. Κωνσταντίνος Ι. Μουτζούρης**  
**Συνεπιβλέπουσα: Θεοδώρα Γιαντσή**

Αθήνα, Ιούλιος 201

## Ευχαριστίες

Πριν ξεκινήσω, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στα τα οποία με βοήθησαν, ο καθένας με το δικό του τρόπο, για την δημιουργία αυτής της εργασίας.

Αρχικά θέλω να ευχαριστίσω προφανώς τον καθηγητή μου **κ. Κωνσταντίνο Ι. Μουτζούρη** ο οποίος μου έδωσε την ευκαιρία να εκπονήσω αυτή την εργασία στο εργαστήριο λιμενικών έργων, και ανέλαβε την επίβλεψη της, στηρίζοντας την όλη προσπάθεια και δείχνοντας απόλυτη εμπιστοσύνη στο πρόσωπο μου.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ θα ήθελα να δώσω την συνεπιβλέπουσα **κα. Θεοδώρα Γιαντσή** για την συνεργασία που είχαμε στην εκπόνηση των πειραμάτων και την ανάλυση των δεδομένων τους, για τις ατέλειωτες ώρες που αφιέρωσε τόσο στο στάδιο των πειραμάτων, και στην επεξεργασία των μετρήσεων όσο και στη συγγραφή της εργασίας. Την ευχαριστώ για την μεγάλη προθυμία της να μου μάθει πολλά πράγματα αλλά και να εξοικειωθώ ακόμα περισσότερο με το χώρο του Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων και τον εξοπλισμό του.

Τέλος να ευχαριστήσω και το προσωπικό του εργαστηρίου λιμενικών, τους βοηθούς κ. Στάθη Τσουνή και κ. Παναγιώτη Μαργαρώνη, οι οποίοι βοηθούσαν καθημερινά στη βαθμονόμηση των οργάνων, και όπου αλλού χρειαζόμουν.

## Abstract

At this diploma thesis is presented the experimental investigation on a physical model of the non-breaking waves pressures on a sloping wall. Also calculated the parameter of pulsating waves and the wave reflection.

All experiments were performed at the Laboratory of Harbor works, National Technical University of Athens.

The purpose of this thesis is to record the pressure allocation on a sloping wall. This record is necessary for the calculation of wave forces, in which we find the constructional features of the sea structures.

The report beginning with the presentation of theoretical data concerning the sea waves, as well as details about the experimental procedure and the facilities where the experiments were held. Then the results of the investigation are presented in the form of tables and graphs. The last part consists of the general conclusions of this diploma thesis

# Περιεχόμενα

---

## 1.Εισαγωγή

- 1.1 Περιγραφή και σκοπός διπλωματικής εργασίας .....5
- 1.2 Δομή της διπλωματικής εργασίας .....6

## 2.Βιβλιογραφική αναφορά

- 2.1 Γενικά .....7
  - 2.1.1 Θαλάσσιοι κυματισμοί.....7
  - 2.1.2 Φασματικοί κυματισμοί.....9
  - 2.1.3 Παλλόμενα κύματα .....10
  - 2.1.4 Θραύση κύματος.....11
  - 2.1.5 Ανάκλαση θαλάσσιων κυματισμών .....13
  - 2.1.6 Πιέσεις από θαλάσσιους κυματισμούς .....14
  - 2.1.7 Έννοια και χρησιμότητα κυματοθραύστη .....18
  - 2.1.8 Συμβολισμοί.....19
- 2.2 Πιέσεις σε κατακόρυφα μέτωπα.....20
  - 2.2.1 Γραμμική Θεωρία.....20
  - 2.2.2 Μέθοδος Sainflou .....21
  - 2.2.3 Σχέση Goda.....22
  - 2.2.4 Μέθοδος Takahashi .....24
  - 2.2.5 Μέθοδος Minikin για θραυόμενα κύματα .....26
- 2.3 Πιέσεις σε κεκλιμένα μέτωπα .....27
  - 2.3.1 Θεωρία κατά Kirkgöz.....27
- 2.4 Σύνοψη .....28

## 3.Πειραματικές διατάξεις

- 3.1 Εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκαν .....29
  - 3.1.1 Δεξαμενή Δ1 του Ε.Λ.Ε .....29
  - 3.1.2 Συστήματα παραγωγής τυχαίων κυματισμών .....30
  - 3.1.3 Μετρητές κύματος .....31

3.1.4 Βαθμονόμηση δεξαμενής και μετρητών κύματος.....	32
3.1.5 Μετρητές Πιέσεως .....	33
3.1.6 Κατασκευή φυσικού προσομοιώματος .....	34
3.1.7 Πειραματική διατομή.....	37
3.2 Παραγωγή κυμάτων.....	38
3.2.1 Συλλογή μετρήσεων και ανάλυση .....	40
3.2.2 Μετρήσεις κυματικής διαταραχής .....	40
3.2.3 Μετρήσεις πιέσεων.....	41

#### **4. Πειραματικά αποτελέσματα**

4.1 Έλεγχος παλλόμενου κύματος .....	42
4.2 Χρονοσειρές πιέσεων.....	44
4.3 Μέγιστες, ελάχιστες και μέσες τιμές πιέσεων(υδροδυναμικές και υδροστατικές) .....	50
4.3 Μέγιστες, ελάχιστες και μέσες τιμές πιέσεων(υδροδυναμικές και υδροστατικές ) .....	67
4.4 Συγκεντρωτικές κατανομές μεγίστων, ελαχίστων και μέσων τιμών ανά κύμα με ίδια περίοδο.....	83
4.5 Αποτελέσματα ανάκλασης κυμάτων.....	96

#### **5. Συμπεράσματα**

5.1 Πιέσεις.....	99
5.2 Ανάκλαση .....	100
5.3 Προτάσεις για περαιτέρω επεξεργασία.....	100

#### **Βιβλιογραφία**

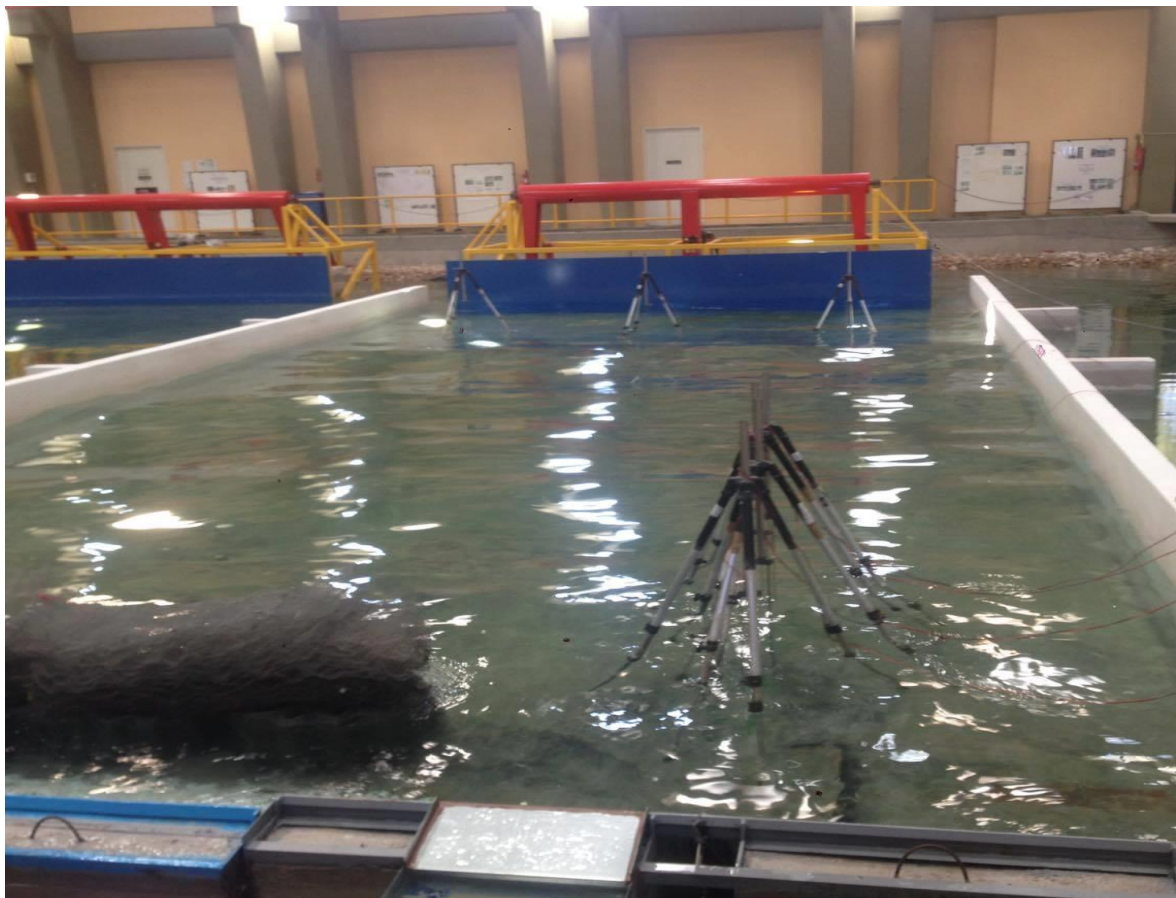
#### **Παραρτήματα**

# 1.Εισαγωγή

---

## 1.1 Περιγραφή και σκοπός διπλωματικής εργασίας

Η εργασία αυτή έχει σκοπό, την πειραματική διερεύνηση σε φυσικό προσομοίωμα των πιέσεων που αναπτύσσονται σε ένα κυματοθραύστη με κεκλιμένο μέτωπο. Οι μετρήσεις αυτές αποτελούν το υπόβαθρο για τον υπολογισμό των δυνάμεων που ασκούνται στον τοίχο, με τις οποίες υπολογίζεται η ευστάθεια του κυματοθραύστη έτσι ώστε να γίνει επαρκής διαστασιολόγηση και κατασκευή ενός λιμενικού έργου αυτής της μορφής. Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, αφού επιβεβαιώθηκε η υπόθεση ότι όλα τα κύματα είναι παλλόμενα, εξετάζει αποκλειστικά την καταγραφή και την επεξεργασία των αναπτυσσόμενων πιέσεων μη θραυομένων κυμάτων πάνω στο κεκλιμένο μέτωπο από κύματα σχεδιασμού με διαφορετικά χαρακτηριστικά ( ύψος κύματος και περίοδο κύματος) ώστε να φαίνεται η κατανομή των πιέσεων . Επίσης υπολογίσθηκε η ανάκλαση των κυμάτων πάνω στην συγκεκριμένη διατομή που δημιουργούν τα κύματα αυτά.



Εικόνα 1.1- Φυσικό προσομοίωμα

## 1.2 Δομή της διπλωματικής εργασίας

Στο **πρώτο κεφάλαιο** της διπλωματικής γίνεται μια γενική περιγραφή του αντικειμένου της εργασίας

Στο **δεύτερο κεφάλαιο** γίνεται αναφορά των θεωρητικών στοιχείων που αφορούν τους θαλάσσιους κυματισμούς. Αναπτύσσονται βασικές θεωρίες πιέσεων και παρουσιάζονται βασικές έννοιες, όπως αναγράφονται στη διεθνή βιβλιογραφία

Στο **τρίτο κεφάλαιο** αναπτύσσεται αναλυτικά η διαδικασία βήμα πηρός βήμα που ακολουθήθηκε για τη πραγματοποίηση των πειραμάτων καθώς επίσης και τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο** αρχικά εξετάζονται τα κύματα σε παλλόμενα ή μη παλλόμενα. Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων μέσα από διαγράμματα χρονοσειρών και την παρουσίαση των μεγίστων, ελαχίστων και μέσων τιμών.

Στο **πέμπτο κεφάλαιο** αναγράφονται τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξε αυτή η διπλωματική εργασία

## 2. Βιβλιογραφική επισκόπηση

---

### 2.1 Γενικά

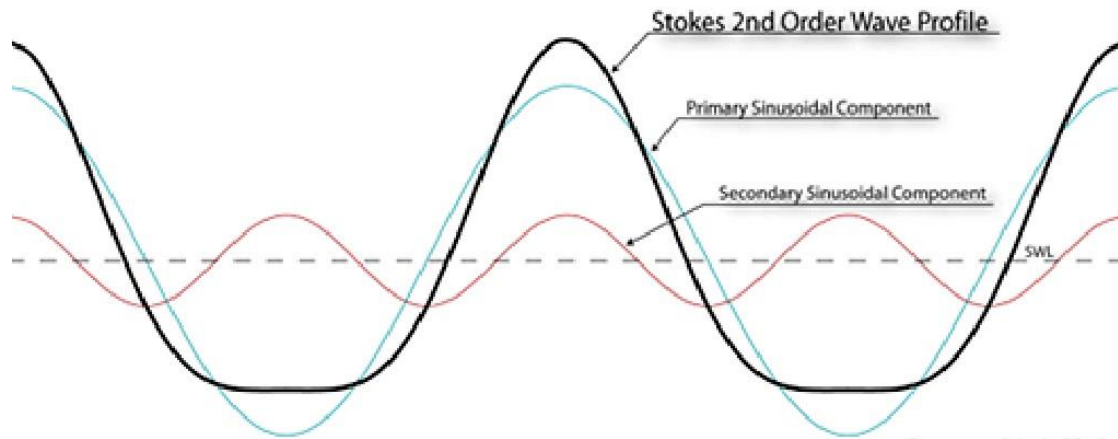
#### 2.1.1 Θαλάσσιοι κυματισμοί

Η ταυτόχρονη δράση δυνάμεων απομακρύνσεως των υδάτινων σωματιδίων της θαλάσσιας μάζας από τη θέση ηρεμίας τους (γενεσιουργίες δυνάμεις) και δυνάμεων επαναφοράς των σωματιδίων στις αρχικές θέσεις τους (επαναφέρουσες δυνάμεις), σε συνδυασμό με τη μεγάλη κινητικότητα των σωματιδίων, προκαλεί κάτω από ορισμένες συνθήκες τη δημιουργία κινήσεων ταλαντώσεως στα σωματίδια. Η συνισταμένη διαταραχή της θαλάσσιας μάζας από τις ταλαντώσεις των σωματιδίων οδηγεί στο θαλάσσιο κυματισμό. Τα κυριότερα γενεσιουργά αίτια των ταλαντώσεων είναι ο άνεμος οι σεισμικές δονήσεις, οι γρήγορες μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσεως, η έλξη της σελήνης κλπ.

Στην ανάλυση των κυμάτων στην περιοχή του χρόνου προσδιορίζονται οι χρονικές μεταβολές όπως είναι το ύψος και το μήκος ή η περίοδος του κύματος, με τη βασική παραδοχή, ότι το ένα ορισμένο κύμα είναι ανεξάρτητο από οποιοδήποτε άλλο. Περίοδος κύματος Είναι ο χρόνος μιας πλήρους ταλαντώσεως των σωματιδίων. Ορίζεται και σαν το χρονικό διάστημα μεταξύ της διελεύσεως δύο διαδοχικών κορυφών κύματος από ένα ορισμένο σημείο. Ύψος κύματος Η είναι η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της κορυφής και της κοιλιάς του κύματος. Ισούται με το διπλάσιο του εύρους ταλαντώσεως των σωματιδίων.

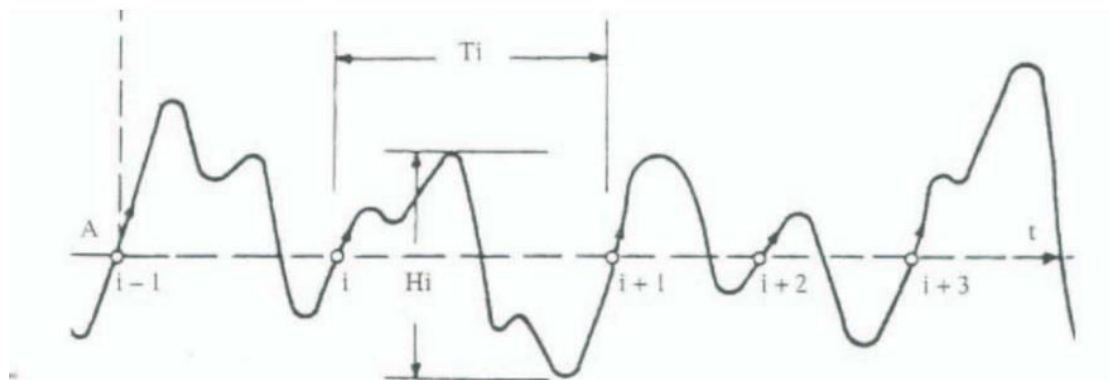
Υπάρχουν δύο μεθοδολογίες βάση των οποίων εξετάζονται οι κυματισμοί: η πρώτη ονομάζεται μαθηματική θεωρία των κυματισμών και θεωρεί, ότι η διαταραγμένη επιφάνεια αποτελείται από μια σειρά μονοχρωματικών ή μια σειρά κυμάτων με συχνότητες πολλαπλάσιες της βασικής. Με τις παραδοχές και της χρήσης των θεωριών της υδραυλικής καταλήγει σε μαθηματικές εκφράσεις για το πεδίο ροής. (Εικ 2.1.1)





**Εικ 2.1.1: Θεωρία Stokes (μαθηματική θεωρία κυμάτων)**

Η δεύτερη είναι η θεωρία είναι των πραγματικών κυματισμών και η μεθοδολογία εξετάσεως βασίζεται στη φασματική περιγραφή τους. Θεωρεί ότι η θαλάσσια επιφάνεια συντίθεται από απειροσειρά κυμάτων, με χαρακτηριστικά εμφανιζόμενα κατά στοχαστικό τρόπο. (Εικ 2.1.2) (Κ.Ι.Μουτζούρης(α), 2009).



**Εικ 2.1.2: Φασματική θεωρία κυμάτων**

## 2.1.2 Φασματικοί κυματισμοί

Η ανώμαλη κίνηση της θαλάσσιας επιφάνειας προσδιορίζεται σαν μια επαλληλία αρμονικών ταλαντώσεων με διάφορες συχνότητες. Στη φασματική ανάλυση περιγράφεται η θαλάσσια διαταραχή σε όλο το φάσμα συχνοτήτων και ενεργειών. Στη θεωρία των φασματικών κυματισμών επιδιώκεται η αντιπροσώπευση του όλου φάσματος κυμάτων από ένα αντιπροσωπευτικό μονοχρωματικό κύμα, συνήθως το χαρακτηριστικό κύμα του φάσματος.

Η ανάλυση μιας καταγραφής αρχίζει με τον προσδιορισμό των περιεχομένων κυμάτων. Ο προσδιορισμός γίνεται είτε με τη "μέθοδο τομής της μέσης στάθμης προς τα πάνω" ή απλούστερα "μέθοδος ανοδικού μηδενισμού" (zero-up-crossing method) είτε με τη "μέθοδο τομής της μέσης στάθμης προς τα κάτω" ή απλούστερα "μέθοδος καθοδικού μηδενισμού" (zero-down-crossing method). Για την παρούσα διπλωματική παρήχθησαν φασματικά κύματα 3D με τη χρήση του φάσματος JONSWAP.

Το φάσμα JONSWAP προτάθηκε από τον Hasselmann et al το 1973, με βάση τα δεδομένα από το JointNorthSeaWaveProgram (JONSWAP) του 1969 στα δυτικά των ακτών της Δανίας. Πρόκειται για μια επέκταση του φάσματος Pierson-Moskowitz προς τις μερικά ανεπτυγμένες θαλάσσιες διαταραχές, που εισάγονται για μια νέα παράμετρο-συνάρτηση του αναπτύγματος πελάγους  $X$  και της ταχύτητας  $U_{10}$ . Η νέα παράμετρος παρέχει την δυνατότητα για στενότερα και πιο απότομα φάσματα, χαρακτηριστικά αύξουσας θαλάσσιας διαταραχής.

Η περίοδος  $T_{max}$  του μέγιστου φάσματος δίνεται από τις σχέσεις :

Pierson-Moskowitz:  $T_{max} = 0.785 U_{10}$  , όπου  $T$  σε sec και  $U_{10}$  σε m/sec

JONSWAP:  $T_{max} = 0.605 X^{0.33} 0.785 U_{10}^{0.34}$  , όπου  $X$  σε km

Στην ουσία αφού ανέλυσαν μετρήσεις που είχαν συλλεχθεί στη Βόρεια θάλασσα στο Project JONSWAP, βρήκαν ότι το φάσμα δεν είναι ποτέ εντελώς ανεπτυγμένο, σε αντίθεση με ότι είχε ως παραδοχή το προηγούμενο φάσμα-υπόδειγμα του Pierson-Moskowitz. Έτσι διατύπωσαν τη θεωρία ότι οι κυματισμοί αναπτύσσονται συνεχώς μέσω μη γραμμικών σχέσεων κύμα με κύμα για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα και αποστάσεις. Συνοπτικά αυτό που έκαναν είναι πως το διαμόρφωσαν έτσι ώστε το φάσμα να ταιριάζει περισσότερο με τις μετρήσεις τους και να συναρτάται από το ανάπτυγμα πελάγους (fetch) και όχι μόνο από τη ταχύτητα του ανέμου (για άνεμο που φυσάει για μεγάλο χρονικό διάστημα). Το φάσμα JONSWAP είναι σήμερα το πιο διαδεδομένο και χρησιμοποιούμενο.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό των φασματικών κυματισμών είναι πως δεν υπάρχει καμία εμφανής βραχυπρόθεσμη περιοδικότητα, δεδομένου ότι οι κινήσεις είναι τυχαίες και διαφέρουν συστηματικά από ημιτονοειδείς. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι κινήσεις ενός σωματιδίου της ελεύθερης επιφάνειας προέρχονται από μια τυχαία διαδικασία. Η στοχαστικότητα συνεπάγεται ότι σπάνια μπορούν να ανευρεθούν δύο παρόμοιες κινήσεις σε συνάρτηση με το χρόνο. Βασική αιτία δημιουργίας τυχαίων διαδικασιών είναι οι συνεχείς μεταβολές των γενεσιουργών αιτιών. Στη περίπτωση των κινήσεων της ελεύθερης επιφάνειας της θάλασσας όπως προαναφέρθηκε τέτοια βασική αιτία είναι οι μεταβολές του πεδίου του ανέμου. (Κ.Ι.Μουτζούρης(α),2009).

### 2.1.3 Παλλόμενα κύματα

Σύμφωνα με το Eurotopmanual(T.Pullen,2007)για τη διάκριση των κυμάτων σε παλλόμενα και μη, έχει οριστεί μια παράμετρος  $h^*$  η οποία εξαρτάται από το μήκος κύματος, το ύψος κύματος και το βάθος του νερού από τη στάθμη του ηρεμούντος ύδατος. Αν η παράμετρος  $h^*$  είναι μεγαλύτερη του 0.3 τότε το κύμα χαρακτηρίζεται ως παλλόμενο, ενώ σε αντίθετη περίπτωση χαρακτηρίζεται ως μη παλλόμενο.

$$h^*=d^2/HsL_0$$

Όπου:

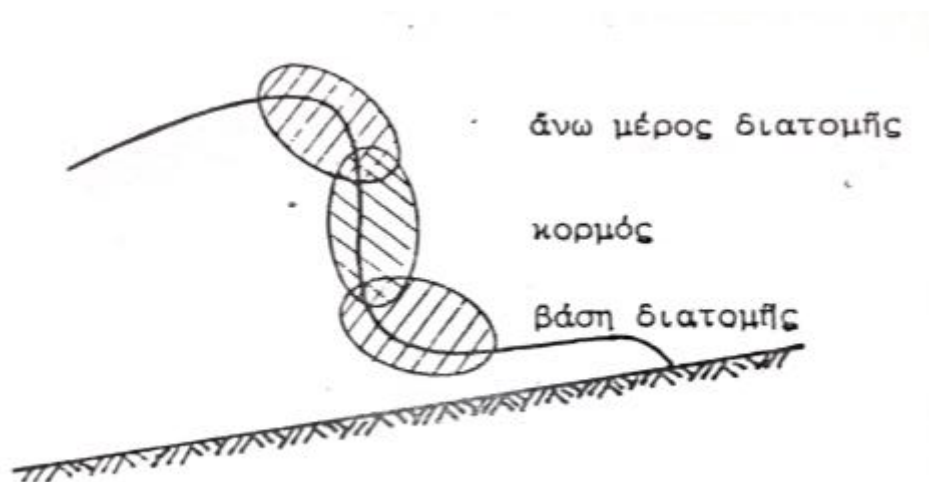
d: το βάθος του πυθμένα

Hs:το ύψος κύματος

L<sub>0</sub>: το μήκος κύματος ( $=gT^2/2\pi$ )

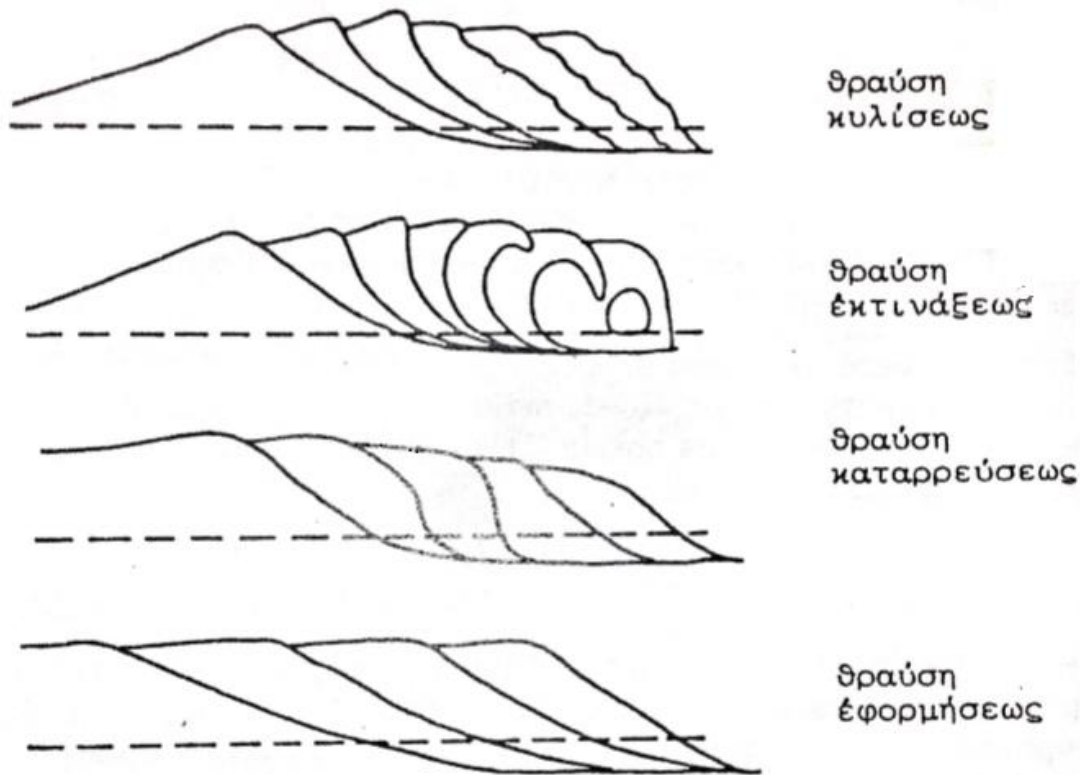
## 2.1.4 Θραύση κύματος

Θραύση ενός κύματος είναι το φαινόμενο κατά το οποίο η διατομή ενός κύματος υπερβαίνει κάποια όρια. Η θραύση ενός κύματος οφείλεται στις μεγάλες παραμορφώσεις της διατομής από τις επιδράσεις του πυθμένα. Σύμφωνα με το Miche, η θραύση προέρχεται όταν τα δύο μέτωπα της διατομής σχηματίζουν γωνία  $60^\circ$ , με ταυτόχρονη εμφάνιση γωνιακού σημείου στην κορυφή. Βέβαια το κριτήριο αυτό δεν είναι αντιπροσωπευτικό στην πραγματικότητα. Στη πραγματικότητα, όπως έχει προκύψει από πειραματικούς και εμπειρικούς συλλογισμούς, η θραύση εμφανίζεται όταν για πρώτη φορά η ταχύτητα υγρού σωματιδίου στην κορυφή του κύματος υπερβεί σε μέγεθος την ταχύτητα φάσεως του κύματος.



Σχήμα 2.1.4.α- Περιοχή εκδηλώσεως θραύσεως σε ένα κύμα

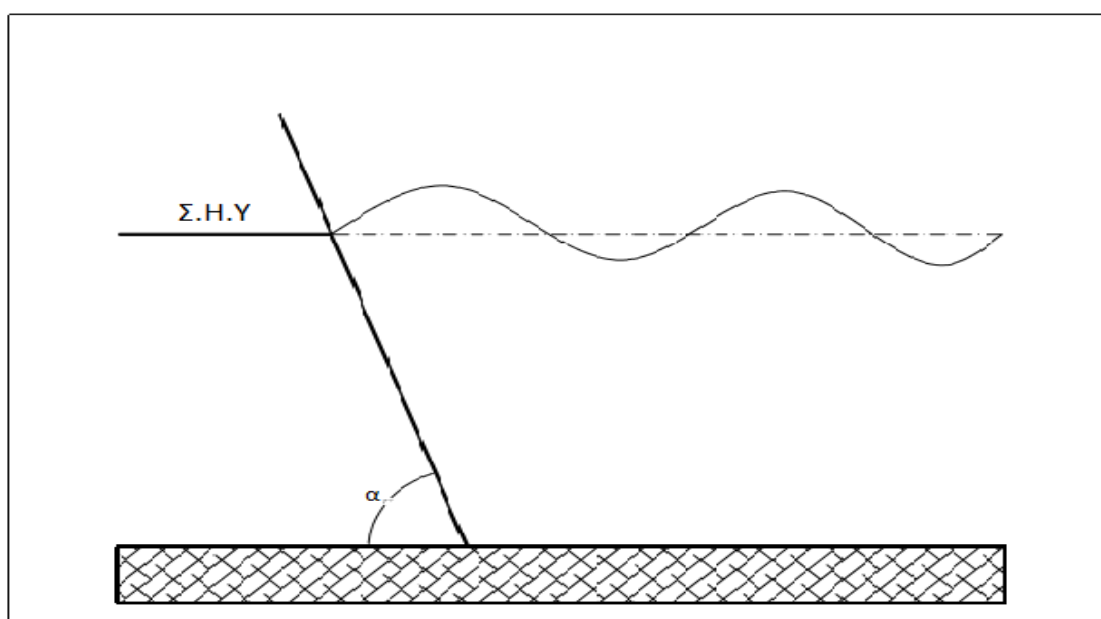
Η θραύση ενός κύματος εμφανίζεται στη βάση( θραύση εφορμήσεως) ή στα άνω μέρη του μετώπου( θραύση κυλίσεως) ή στην κορυφή της διατομής του κύματος (θραύση εκτινάξεως). Κάθε μία απ' αυτές τις μορφές εξαρτάται από τη γωνία του πυθμένα και την καμπυλότητα του κύματος γο στα ανοικτά. Επίσης, σύμφωνα με τον Galvin διακρίνεται ένας τέταρτος τύπος θραύσης ο οποίος κατατάσσεται των τύπων εκτινάξεως και εφορμήσεως, η θραύση καταρρεύσεως. (Κ.Ι. Μουτζούρης(β), 2005).



Σχήμα 2.4.1.β- Βασικοί τύπου θραύσεως κατά Calvin

### 2.1.5 Ανάκλαση θαλάσσιων κυματισμών

Η ενέργεια ενός κυματισμού που προσπίπτει σε ένα στερεό μέτωπο υφίσταται ανάκλαση, η οποία μπορεί να χαρακτηριστεί είτε ως μερική είτε ως ολική. Στην ολική ανάκλαση η ενέργεια του προσπίπτοντος κύματος ανακλάται εξ ολοκλήρου, ενώ στη μερική ανακλάται μέρος της ενέργειας αυτής, ενώ η υπόλοιπη μετατρέπεται σε ενέργεια θραύσης ή τριβής. Η διαφοροποίηση σε μερική και ολική ανάκλαση καθορίζεται με το αν το μέτωπο καλύπτει κατακόρυφα όλο ή μέρος του πεδίου ροής, αν το μέτωπο είναι κατακόρυφο ή κεκλιμένο και τέλος αν είναι αμελητέες ή σημαντικές οι απώλειες ενέργειας κατά την πρόσπτωση.



Σε ένα επίπεδο μέτωπο αν θεωρηθούν η τραχύτητα και η διαπερατότητα αμελητέες, τότε η ανάκλαση θεωρείται ολική αν  $\alpha=90^\circ$  και μερική για  $\alpha<90^\circ$

Βασική παράμετρος με την οποία μετράται η ανάκλαση ενός κύματος είναι ο συντελεστής κύματος  $C_r$ , ο οποίος ισούται με το λόγο του ύψους του ανακλώμενου κύματος  $H_r$  προς το λόγο του προσπίπτοντος  $H_i$ . Στην ολική ανάκλαση ο λόγος  $H_r/H_i$  ισούται με τη μονάδα, ενώ στη μερική είναι μικρότερος της μονάδας. (Κ.Ι.Μουτζούρης(α), 2009).

## 2.1.6 Πιέσεις από θαλάσσιους κυματισμούς

Οι θαλάσσιες πιέσεις που αναπτύσσονται σε ένα κατακόρυφο μέτωπο συντίθεται από την επαλληλία των υδροστατικών και των υδροδυναμικών πιέσεων. Η υδροστατική πίεση σε ένα βάθος  $h$  ισούται με το γινόμενο  $p=\rho \cdot g \cdot h$  όπου  $h$  είναι η απόσταση απ' την ελεύθερη επιφάνεια του νερού στη ηρεμία ενώ η υδροδυναμική πίεση εξαρτάται από τη μεταβολή της κινητικής ενέργειας, η οποία εμφανίζεται με τη μορφή πίεσης.

Μέγιστη υδροστατική πίεση παρουσιάζεται όταν το κύμα την επιφάνεια νερού βρίσκεται στην κορυφή του στάσιμου κύματος

Πολλοί ερευνητές έχουν επικεντρωθεί στη μέτρηση και την ανάλυση των πιέσεων και των επιπτώσεων τους σε διάφορες θαλάσσιες κατασκευές. Ωστόσο δεν έχει γίνει πλήρως κατανοητή η συμπεριφορά των πιέσεων αφού η διάρκεια των μετρήσεων είναι μικρή καθώς επίσης και λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων που προκύπτουν και τα οποία χρειάζεται να αποθηκευτούν ώστε να αναλυθούν.

Στις κατανομές των πιέσεων και τις επιδράσεις τους στις θαλάσσιες κατασκευές υπάρχει μια ικανοποιητική βιβλιογραφία που αναπτύσσεται κυρίως τον τελευταίο αιώνα. Στη βιβλιογραφία έχουν καταγραφεί κυρίως κατακόρυφα μέτωπα, ενώ για διαφορετικού τύπου διατομές( όπως αυτή που εξετάσαμε εμείς) είναι αρκετά περιορισμένη.

Υπάρχει ένας αριθμός θεωρημάτων και μεθόδων για διαφορετικούς τύπους κυμάτων σε μια δομή. Αυτοί οι τύποι περιλαμβάνουν γενικά μεγέθη των μέγιστων πιέσεων, τις κατανομές τους και τις δυνάμεις που αναπτύσσονται σε αυτές. Σε ορισμένες περιπτώσεις, δίνονται και οι πιέσεις ανύψωσης. Όλα αυτά τα θεωρήματα και οι μέθοδοι είναι πλήρως εμπειρικές ή ημι-εμπειρική καθώς η διαδικασία της θραύσης κύματος σε μια κατασκευή δεν έχει εξηγηθεί ακόμη πλήρως. Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζονται οι σημαντικότερες μέθοδοι κατά χρονολογική σειρά.

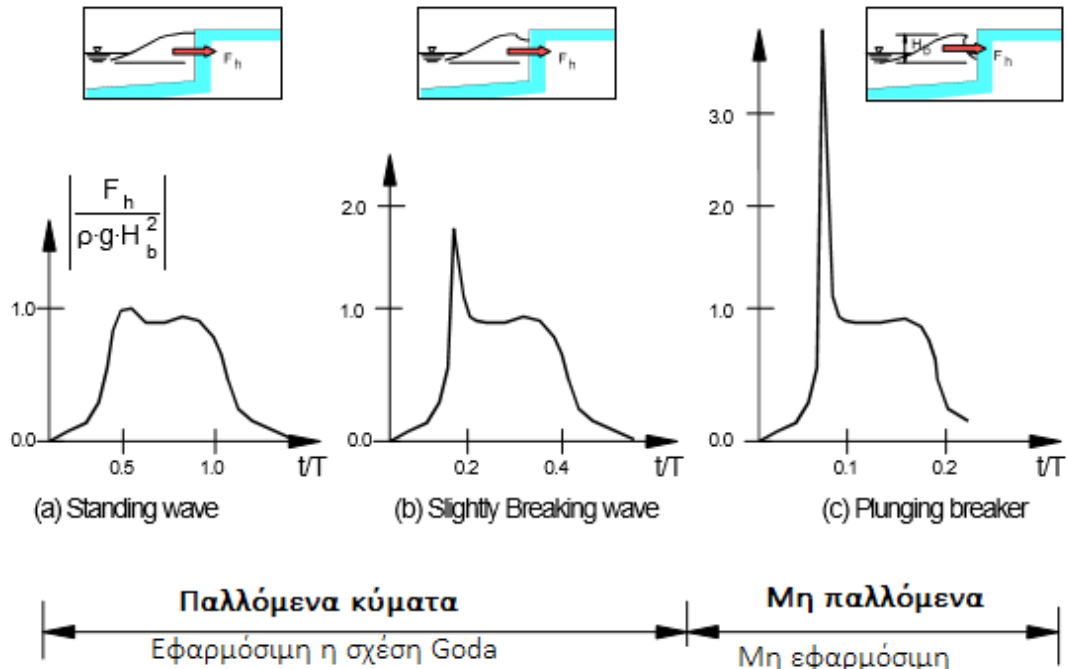
Συγγραφέας-ερευνητής	Έτος	Πιέσεις	Δυνάμεις	Ανύψωση	Σχόλια
<b>Οιωνοί στατικά κύματα</b>					
Sainflou	1928	NAI	NAI	OXI	Κατακόρυφοι τοίχοι
Miche-Rundgren	1944 1958	NAI	NAI	OXI	Σχεδιασμός καμπύλων SPM, 1984
Goda	1985	NAI	NAI	NAI	Η πιο ευρέως διαδεδομένη μέθοδος σχεδιασμού
<b>Προσκρούμενα κύματα</b>					
Hiroi	1919	NAI	NAI	OXI	Κατακόρυφοι τοίχοι
BagOXIld	1939	-	-	-	Εννοιολογικά μοντέλα μόνο
Minikin	1963	NAI	NAI	OXI	Λάθος διαστάσεις κάποιες φορές
Ito	1971	NAI	NAI	NAI	
Blackmore & Hewson	1984	NAI	NAI	OXI	
Partenscky	1988	NAI	OXI	OXI	Εμπεριεχόμενος αέρας στο κύμα
Kirkgöz	1990 1995	NAI	NAI	OXI	Κατακόρυφοι τοίχοι
Takahashi	1994	NAI	NAI	NAI	Επέκταση της μεθόδου του Goda
Allsop et al.	1996	OXI	NAI	NAI	
Walkden et al.	1996	OXI	NAI	OXI	Σχέση δύναμης και χρόνου αύξησης
Oumeraci & Kortenhuis	1997	NAI	NAI	NAI	Προσέγγιση για την εξάρτηση από το χρόνο
McConnell	1998	OXI	NAI	OXI	Τροποποίηση του O&K, 1997
Hull & Müller	1998	NAI	NAI	OXI	Τροποποίηση του O&K, 1997
Vicinanza	1998	NAI	NAI	OXI	Τροποποίηση του O&K, 1997
<b>Θραυόμενα κύματα</b>					
SPM	1984	NAI	NAI	OXI	Κατακόρυφοι τοίχοι
Camfield	1991	NAI	NAI	OXI	Τροποποίηση του O&K, 1997
Jensen	1984	NAI	NAI	NAI	Προστατευτικοί τοίχοι
Bradbury & Allsop	1988	NAI	NAI	NAI	Προστατευτικοί τοίχοι
Pedersen	1997	NAI	NAI	NAI	Προστατευτικοί τοίχοι
Martín et al.	1997	NAI	NAI	NAI	Προστατευτικοί τοίχοι

Πίνακας 2.1.3-Μέθοδοι σχεδιασμού λόγω πιέσεων



Μια απλή μέθοδος είναι απαραίτητη για να γίνει η διάκριση μεταξύ:

α) των ψευδο μόνιμων φορτίσεων για τις οποίες η απαραίτητη μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς να λάβουμε υπ' όψιν τη διάρκεια της φόρτισης

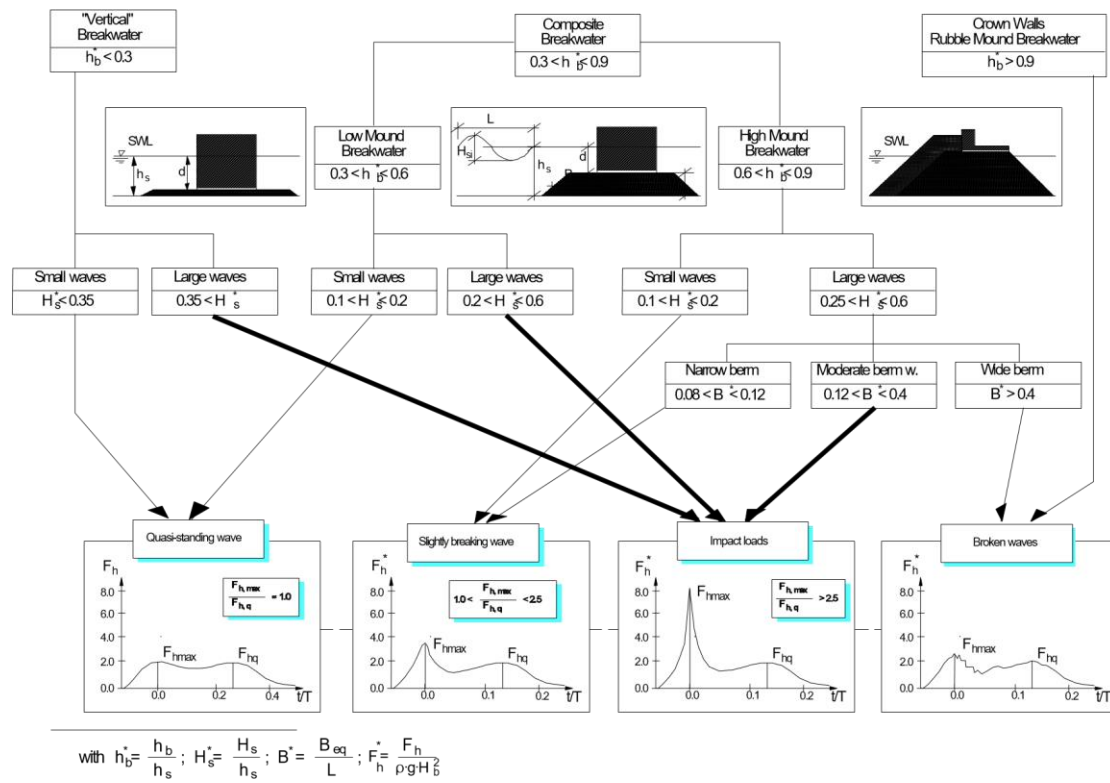


β) των φορτίσεων από ελαφρώς θραυόμενα κύματα τα οποία αποτελούνται ήδη από θραυόμενα κύματα αλλά δεν υπερβαίνουν σημαντικά τις φορτίσεις που χρησιμοποίησε ο Goda.

γ) των επιπτώσεων των πιέσεων, για τις οποίες χρησιμοποιούνται νέες μέθοδοι οι οποίες συμπεριλαμβάνουν τη διάρκεια τους

δ) των φορτίσεων από θραυόμενα κύματα και από κύματα που έχουν θραυστεί πριν φτάσουν στην κατασκευή.

Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε ένας γνωμικός παραμετρικός χάρτης. Τα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τη χρήση του χάρτη αυτού, είναι γεωμετρικές και κυματικές παράμετροι, ο συνδυασμός των οποίων δίνει μια ένδειξη για την πιθανότητα να συμβεί ένα από τα παραπάνω.



Σχήμα 2.1.3.β-Παραμετρικός χάρτης

## 2.1.7 Έννοια και χρησιμότητα κυματοθραύστη

Κυματοθραύστες και λιμενοβραχίονες έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως ως δομές προστασίας των ακτών για να σταθεροποιηθεί η ακτή από τις διάφορες επιδράσεις των κυμάτων (είτε από φυσικό κυματισμό είτε από κυματισμούς που δημιουργούνται από τον ανθρώπινο παράγοντα όπως από σκάφη). Αυτές οι δομές υπόκεινται σε παρορμητικές πιέσεις από τα κύματα, οι οποίες είναι υψηλές σε μέγεθος και μικρές σε διάρκεια όταν επηρεάζονται από τη θραύση των κυμάτων. Οι παρορμητικές αυτές πιέσεις που προκαλούνται από τα θραυόμενα κύματα είναι πολύ μεγαλύτερες απ' αυτές που μετριούνται από τα μη θραυόμενα κύματα.

Οι μέγιστες πιέσεις είναι της τάξης  $10\rho g(d_w+H_b)$  όπου:  $\rho$  η πυκνότητα του νερού,  $g$  η επιτάχυνση της βαρύτητας,  $d_w$  το βάθος του νερού μπροστά από τον κυματοθραύστη και  $H_b$  το ύψος του θραυόμενου κύματος.

Οι πιέσεις αυτές και κυρίως οι μέγιστες πιέσεις που καταγράφονται, είναι πάρα πολύ σημαντικές για να μπορούμε να μελετήσουμε και να ελέγξουμε τη σταθερότητα και την ασφάλεια του κυματοθραύστη.

Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των κυμάτων και της κατασκευής του, μπορεί να οδηγήσει σε πολύ σύνθετα πεδία ροής. Για το λόγο αυτό και είναι απαραίτητο η κατασκευή του να είναι τόσο ισχυρή ώστε να μπορεί να αντέξει τις μεγάλες πιέσεις και τις κατανομές τους καθ' ύψος της, που δημιουργούνται από τις επιπτώσεις των κυμάτων.

Από εργαστηριακά πειράματα για την κατανομή των πιέσεων έχει καθοριστεί ότι υπάρχει μια ποσότητα αέρα κατά την πρόσπτωση του κύματος στον κυματοθραύστη.



Σχήμα 2.1.7- Κεκλιμένος κυματοθραύστης

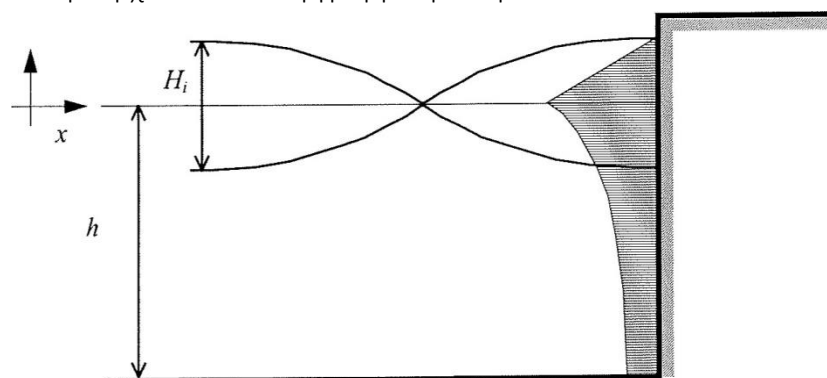
## 2.1.8 Συμβολισμοί

- **Hs**: το χαρακτηριστικό ύψος κύματος
- **Tm**: η μέση περίοδος του κυματισμού
- **Tr**: η περίοδος αιχμής του φάσματος του κυματισμού
- **h**: το βάθος του πυθμένα στο φυσικό προσομοίωμα
- **L**: το μήκος κύματος στα ρηχά και ενδιάμεσα νερά
- **Lo**: το μήκος κύματος στα βαθιά νερά
- **C**: ταχύτητα κύματος ( $=L/T$ )
- **Cr**: συντελεστής ανάκλασης
- **Rc**: ελεύθερο περιθώριο

## 2.2 Πιέσεις σε κατακόρυφα μέτωπα

### 2.2.1 Γραμμική Θεωρία

Η κατανομή των πιέσεων μη θραυόμενων κυμάτων σε έναν κάθετο τοίχο μπορούν να προέρχονται από τη γραμμική θεωρία.



Σχήμα 2.2.1-Γραμμική θεωρία

Σύμφωνα με τη γραμμική θεωρία κυμάτων, με πλήρη αντανάκλαση του εισερχόμενου κύματος, η μέγιστη πίεση που καταγράφεται υπολογίζεται:

$$p = \rho_w g H_i \frac{\cosh(k(h+z))}{\cosh(kh)} \quad \text{for } -h < z < 0$$
$$p = \left(1 - \frac{z}{H_i}\right) \rho_w g H_i \quad \text{for } 0 < z < H_i$$

Όπου:

$p$ = πίεση νερού

$H_i$ =ύψος κύματος

$h$ = βάθος νερού

$\rho_w$ =πυκνότητα νερού

$g$ =συντελεστής βαρύτητας

$K$ =αριθμός κυμάτων( $=2\pi/L_i$ )

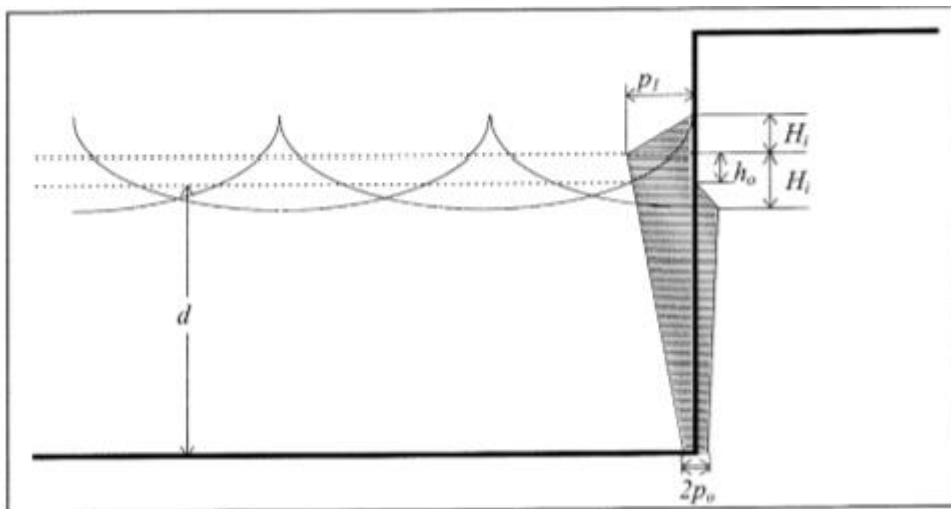
Η δύναμη ανά γραμμικό μέτρο κατά μήκος της δομής, από την ολοκλήρωση μέχρι το βάθος του νερού, υποθέτει ότι  $Rc > H_i$ :

$$F = \int_{-h}^0 \rho_w g H_i \frac{\cosh(k(h+z))}{\cosh(kh)} dz + \int_0^{H_i} \left(1 - \frac{z}{H_i}\right) \rho_w g H_i dz =$$
$$F = \rho_w g H_i \left( \frac{\sinh(kh)}{k \cosh(kh)} + \frac{H_i}{2} \right)$$

Αυτή η μέθοδος συνήθως αντικαθίσταται από τη μέθοδο του Sainflou και χρησιμοποιείται για θεωρία κυμάτων υψηλότερης τάξης.

## 2.2.2 Μέθοδος Sainflou

Με τη μέθοδο αυτή ο Sainflou αξιοποιεί τον δεύτερο κανόνα της θεωρίας των κυμάτων του Stokes και την πλήρη ανάκλαση των κυμάτων τα οποία έχουν τροχοειδή μορφή.



Σχήμα 2.2.2-Μέθοδος Sainflou

Σε αυτή την περίπτωση, το επίπεδο του νερού θα αυξηθεί με:

$$h_0 = \frac{1}{2} k H_i \coth(kd)$$

Όπου:

$h_0$ =clarotis

$H_i$ =ύψος κύματος

$k$ =αριθμός κυμάτων ( $=2\pi/L_i$ )

Η μέγιστη πίεση στο επίπεδο του νερού κατά την ηρεμία είναι:

$$p_1 = \rho_w g H_i$$

Και η πίεση στον πυθμένα της κατασκευής είναι:

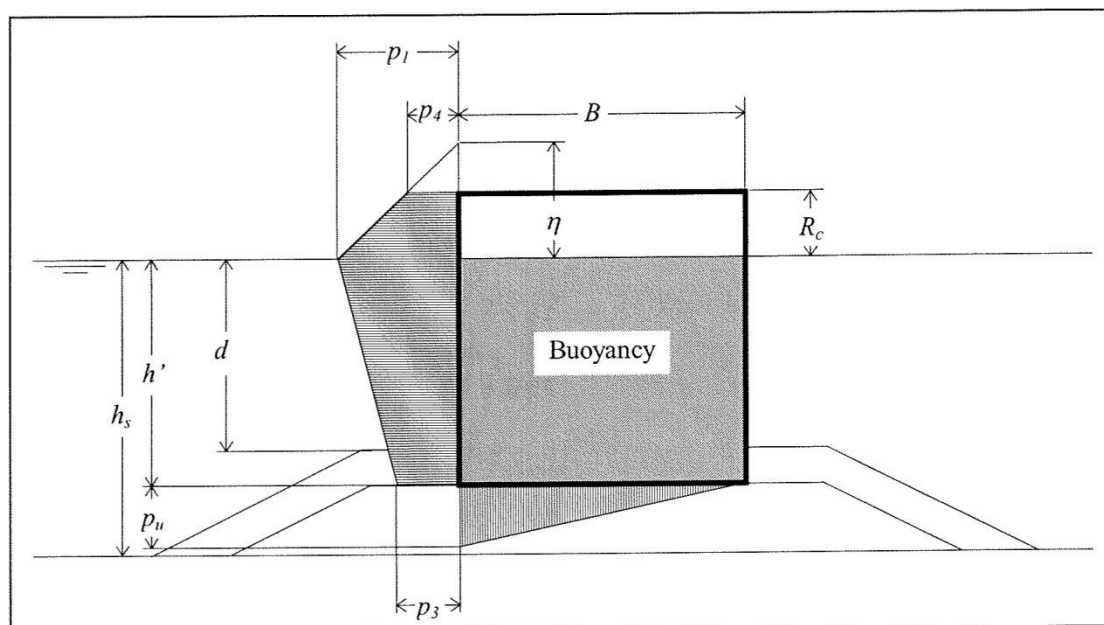
$$p_0 = \frac{\rho_w g H_i}{\cosh(kd)}$$

Η κατανομή της πίεσης είναι γραμμική. Για μεγάλης καμπυλότητας κύμα η μέθοδος του Sainflou δίνει μια υπερεκτίμηση της πίεσης

### 2.2.3 Μέθοδος Goda

Ο Goda πρότεινε σχέσεις υπολογισμού πιέσεων, οι οποίες βασίζονται σε θεωρητικές και εργαστηριακές μελέτες, προκειμένου να θεσπιστεί ένας ολοκληρωμένος τύπος για να μπορούν να υπολογιστούν οι δυνάμεις που δημιουργούνται από τα κύματα. Η σχέση του Goda εφαρμόζεται εκτεταμένα σε όλο τον κόσμο. Το θετικό της είναι ότι μπορεί να εφαρμοστεί σε όλες τις συνθήκες κύματος.

Η μέθοδος του Goda βασίζεται εν μέρη στη θεωρία των μη γραμμικών κυμάτων και μπορεί να παρουσιάσει τα χαρακτηριστικά της πίεσης των κυμάτων συμπεριλαμβάνοντας την συνισταμένη δύο πιέσεων. Ως εκ τούτου είναι εύκολο να επεκταθεί για την εφαρμογή σε διαφορετικού τύπου διατομές πλην, των κατακόρυφων (πχ κεκλιμένες, κοίλες κτλ).



Σχήμα 2.2.3-Τύπος Goda

Η πίεση του κύματος κατά μήκος του κατακόρυφου τοιχώματος θεωρείται ότι έχει τραπεζοειδή κατανομή πάνω και κάτω από το επίπεδο του νερού όταν αυτό είναι σε ηρεμία. Η πίεση ανύψωσης έχει μία τριγωνική κατανομή κατά μήκος του κάτω μέρους του κιβωτίου με φορά προς τα πάνω. Η άνωση υπολογίζεται ανάλογα με το επίπεδο του νερού.

$$\eta^* = 0.75H_{\max}$$

$$p_1 = 0.5(\alpha_1 + \alpha_2)\rho_w gH_{\max}$$

$$p_3 = \alpha_3 p_1$$

$$p_4 = \alpha_4 p_1$$

$$p_n = 0.5\alpha_1\alpha_3\rho_w gH_{\max}$$

with pressure coefficients,

$$\alpha_1 = 0.6 + 0.5 \cdot \left( \frac{4\pi h_s / L}{\sinh(4\pi h_s / L)} \right)^2$$

$$\alpha_2 = \min \left( \frac{(h_b - d)}{3h_b} \cdot \left( \frac{H_{\max}}{d} \right)^2, \frac{2d}{H_{\max}} \right)$$

$$\alpha_3 = 1 - (h'/h_s) \left( 1 - \frac{1}{\cosh(2\pi h / L)} \right)$$

$$\alpha_4 = 1 - \frac{h_c^*}{\eta^*}$$

$$h_c^* = \min(\eta^*, R_c)$$

Όπου:

$h_b$  = βάθος νερού σε απόσταση  $5 \cdot H_s$  από τον τοίχο

$H_{\max}$  = ύψος σχεδιασμού κύματος, όπου αντιστοιχεί στο 0,1% της υπέρβασης της τιμής για τη διανομή των κυμάτων (περίπου  $1,8H_s$ )

$L$  = μήκος κύματος

$h_s$  = βάθος νερού μπροστά από τη κατασκευή

$d$  = βάθος νερού από την κορυφή του στρώματος

$h$  = βάθος νερού από τον πυθμένα του τοίχου

$R_c$  = ελεύθερο περιθώριο

Αυτοί είναι οι τύποι του Goda για ψευδό-στατικά φορτία κύματος



## 2.2.4 Μέθοδος Takahashi

Ο τύπος του Goda αργότερα το 1996 επεκτάθηκε από τον Takahashi μέσω κάποιων συντελεστών για τις παλλόμενες πιέσεις. Οι συντελεστές αυτοί εξασφαλίστηκαν από την εκ νέου ανάλυση των συνολικών δοκιμών. Η προσθήκη λόγω του συντελεστή θα πρέπει να θεωρείται ως πρόσθετη στη συνιστάμενη αργά μεταβαλλόμενη πίεση. Σύμφωνα λοιπόν με τον Takahashi η πίεση στην επιφάνεια του νερού μπορεί να εκφραστεί με τον τύπο:

$$p_1 = 0.5(\alpha_1 + \alpha^*) \rho_w g H_{\max}$$

Όπου :

$$\alpha = \max(\alpha_1, \alpha_2)$$

$$\alpha_1 = \alpha_{10} \alpha_{11}$$

$$\alpha_{10} = \frac{H_{\max}}{1.8 \cdot d} \quad H_{\max} \leq 2 \times 1.8d$$

$$\alpha_{10} = 2 \quad H_{\max} > 2 \times 1.8d$$

$$\alpha_{11} = \frac{\cos \delta_2}{\cos \delta_1} \quad \delta_2 \leq 0$$

$$\alpha_{11} = \frac{1}{\cosh \delta_1 (\cosh \delta_2)^{0.5}} \quad \delta_2 > 0$$

$$\delta_1 = 20 \times \delta_{11} \quad \delta_1 \leq 0$$

$$\delta_1 = 15 \times \delta_{11} \quad \delta_1 > 0$$

$$\delta_2 = 4.9 \times \delta_{22} \quad \delta_{22} \leq 0$$

$$\delta_2 = 3 \times \delta_{22} \quad \delta_{22} > 0$$

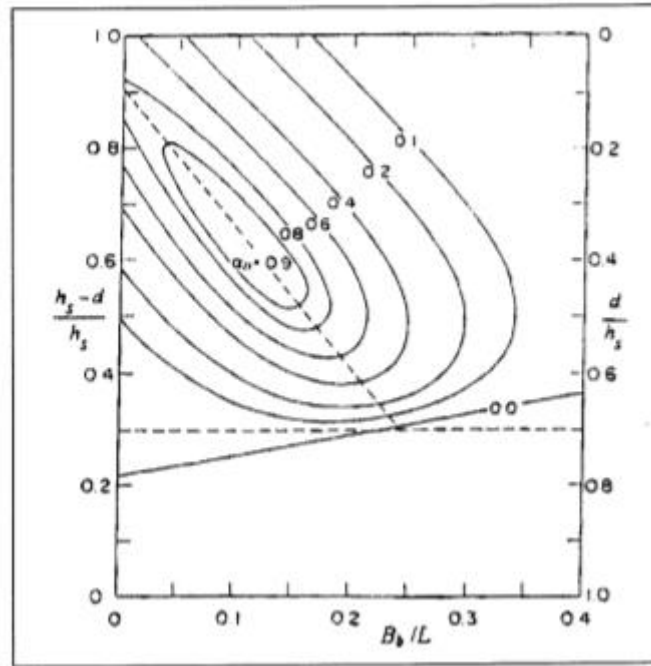
$$\delta_{11} = 0.93 \left( \frac{B_b}{L} - 0.12 \right) + 0.36 \left( \frac{h_s - d}{h_s} - 0.6 \right)$$

$$\delta_{22} = -0.36 \left( \frac{B_b}{L} - 0.12 \right) + 0.93 \left( \frac{h_s - d}{h_s} - 0.6 \right)$$

Ο συντελεστής  $\alpha_2$  δεν οδηγεί πάντα σε σωστή σχεδίαση, κατά την επίδραση ορμητικών πιέσεων.

$$\alpha_2 = \min \left( \frac{(h_b - d)}{3h_b} \cdot \left( \frac{H_{\max}}{d} \right)^2, \frac{2d}{H_{\max}} \right)$$

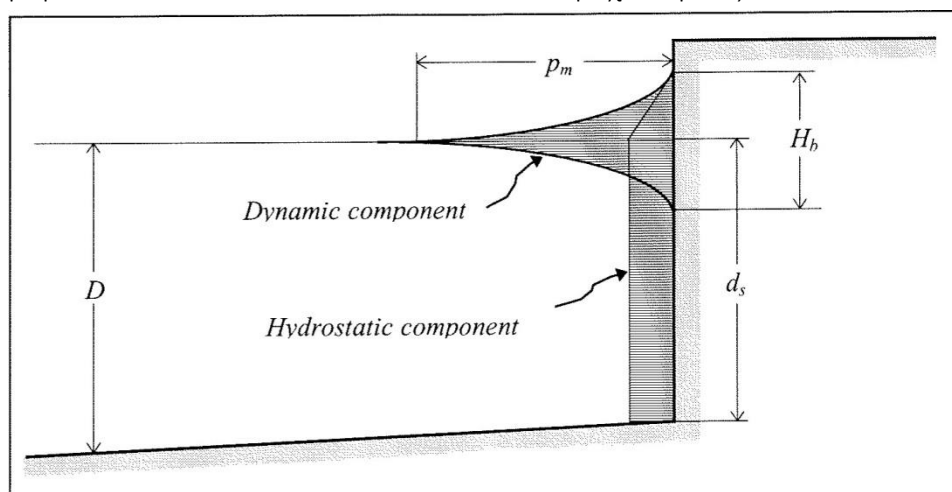
Επίσης οι συντελεστές υπολογίζονται και από το γράφημα:



Σχήμα 2.2.4-Γράφημα υπολογισμού συντελεστών

## 2.2.5 Μέθοδος Minikin για θραυόμενα κύματα

Ο Minikin, μέσα από έναν αριθμό πειραματικών αποτελεσμάτων, ανέπτυξε μια μεθοδολογία υπολογισμού της συνολικής πίεσης για θραυόμενα κύματα σε κατακόρυφο μέτωπο. Η μέθοδος του Minikin αποτελεί την πιο χρησιμοποιούμενη μέθοδο για τέτοιου είδους κύματα, η οποία όμως μας οδηγεί σε υπολογισμό μεγάλων πιέσεων και κατ'επέκτασιν σε υπερσχεδισμούς.



**Σχήμα 2.2.5-Μέθοδος Minikin για θραυόμενα κύματα**

Συνεπώς, για τον υπολογισμό της μέγιστης πίεσης ως άθροισμα της δυναμικής ( $p_d$ ) και της υδροστατικής ( $p_h$ ) πίεσης, ορίζεται μέγιστη υδροδυναμική πίεση ως:

$$p_{dm} = 102.4 \cdot H_b \cdot h_s \cdot (h_o + h_s) / L_{h_o} \cdot h_o$$

Όπου:

$h_o$ : βάθος πυθμένα σε απόσταση ενός μήκους κύματος πριν το μέτωπο

$L_{h_o}$ : μήκος κύματος σε βάθος  $h_o$

$h_s$ : βάθος πυθμένα σε θέση μετώπου

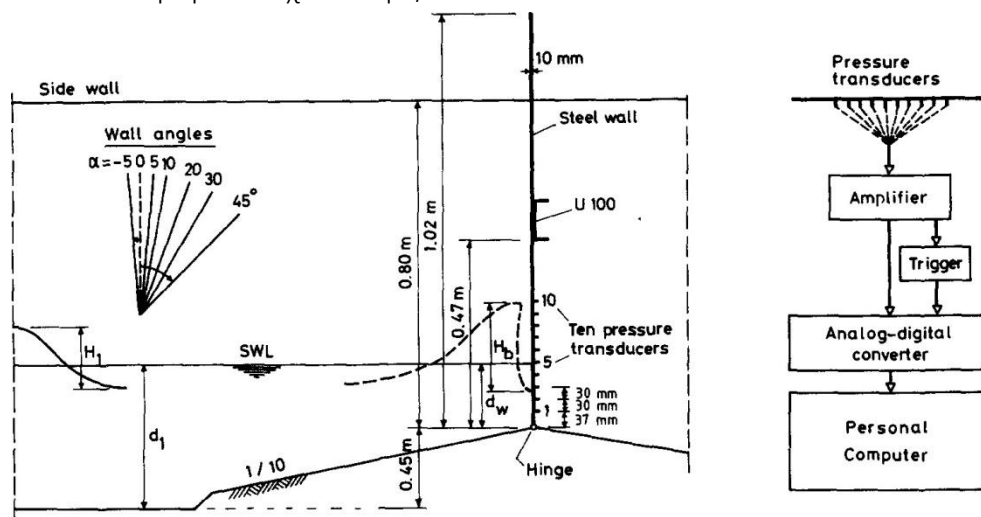
Η υδροδυναμική πίεση μηδενίζεται σε στάθμη  $H_b/2$  πάνω και κάτω από τη ΣΗΥ. Μεταξύ των δύο αυτών σημείων παρουσιάζεται παραβολική μεταβολή της σύμφωνα με τη σχέση:

$$p_d = p_{dm} \cdot (1 - 2 \cdot v / H_b)^2$$

## 2.3 Πιέσεις σε κεκλιμένα μέτωπα

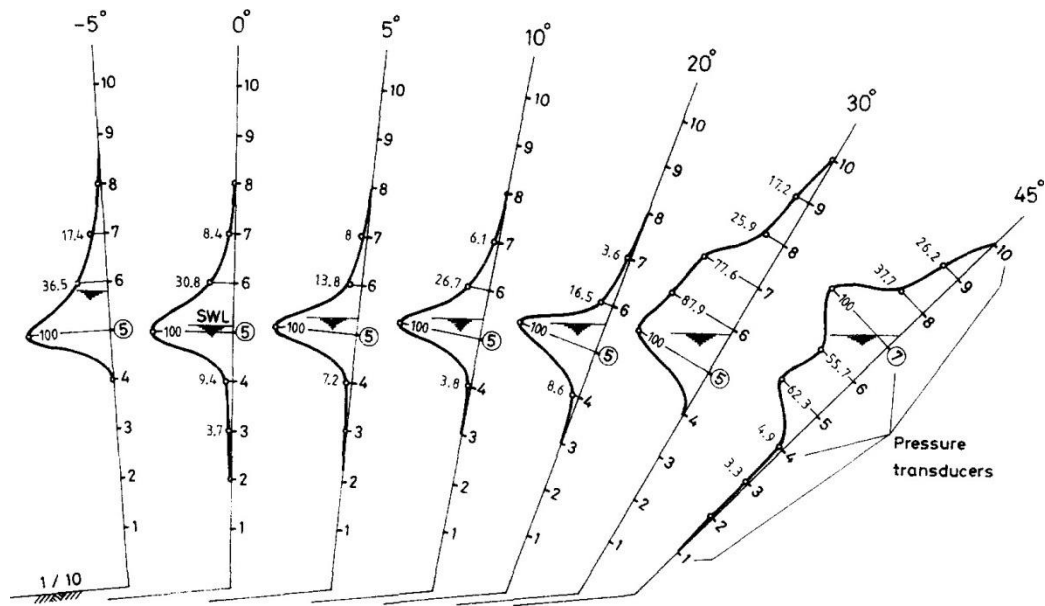
### 2.3.1 Θεωρία κατά Kirkgöz

Ο Kirkgöz ασχολήθηκε με την καταγραφή πιέσεων σε κατακόρυφους αλλά και κεκλιμένους θαλάσσιους τοίχους ή κυματοθραύστες. Οι κλίσεις που έλεγξε ήταν  $+5^\circ$  προς τα μπρος και,  $-5-10-20-20-45$  προς τα πίσω. Η βάση που εδραζόταν η κατασκευή κατά τα πειράματα είχε κλίση  $1/10$ .



Σχήμα 2.3.1.α-Κλίσεις επιπέδων τοίχου που μετρήθηκαν

Αυτό που έδειξε ο Kirkgöz ήταν ότι οι μέγιστες πιέσεις ικανοποιούν τη λογαριθμική-κανονική κατανομή. Από τα πειράματα παρατηρήθηκε ότι οι κεκλιμένοι τοίχοι μπορούν να δεχθούν πολύ μεγαλύτερες πιέσεις από τους κατακόρυφους. Για τις 7 διαφορετικές κλίσεις που ελέγχθηκαν παρατηρήθηκε ότι οι μέγιστες πιέσεις εμφανίζονται ελαφρώς πιο κάτω από την επιφάνεια του νερού όταν αυτό είναι σε ηρεμία. Επίσης, η πιθανότητα μείωσης της μέγιστης πίεσης θα οδηγήσει στην μεγαλύτερη διάρκεια των πιέσεων που δημιουργούνται στη περιοχή γύρω από τη μέγιστη πίεση.



Σχήμα 2.2.1.β-Πιέσεις στα διάφορα μέτωπα

## 2.4 Σύνοψη

Η διαδικασία ανάλυσης των θαλάσσιων κυματισμών και το πως αυτά επηρεάζουν τις κατασκευές είναι αφορμή για εκτεταμένη έρευνα από πολλούς ερευνητές παγκοσμίως. Οι μελέτες επικεντρώνονται κυρίως στη προσέγγιση όσο το δυνατόν καλύτερα στο πώς κατανέμονται οι πιέσεις και οι δυνάμεις σε μία κατασκευή καθώς επίσης και η αιτία που δημιουργούνται κατ' αυτό το τρόπο οι κατανομές. Για παράδειγμα πως επηρεάζει το ύψος κύματος και η περίοδος την ανάπτυξη και την κατανομή των πιέσεων. Αυτό επιτυγχάνεται με πειραματικούς ελέγχους πάνω σε φυσικά προσομοιώματα αλλά και σε πρωτότυπες κατασκευές πλήρους κλίμακας σε υπάρχουσες ή τεχνίτες κατασκευές. Έτσι έχει γραφτεί μια μεγάλη βιβλιογραφία που συνεχώς επεκτείνεται η οποία μας έχει δώσει ένα ευρύ τυπολόγιο για την ανάλυση των κυμάτων καθώς επίσης και μια πλήρη γνώση σχεδόν για το πώς εναλλάσσεται η επιρροή των κυμάτων σε διαφορετικού τύπου διατομές. Παρόλα αυτά η βιβλιογραφία για κεκλιμένα μέτωπα κατασκευών είναι πολύ περιορισμένη και για αυτό γίνεται μια προσπάθεια προσέγγισης στην παρούσα διπλωματική εργασία.

## 3. Πειραματικές διατάξεις

---

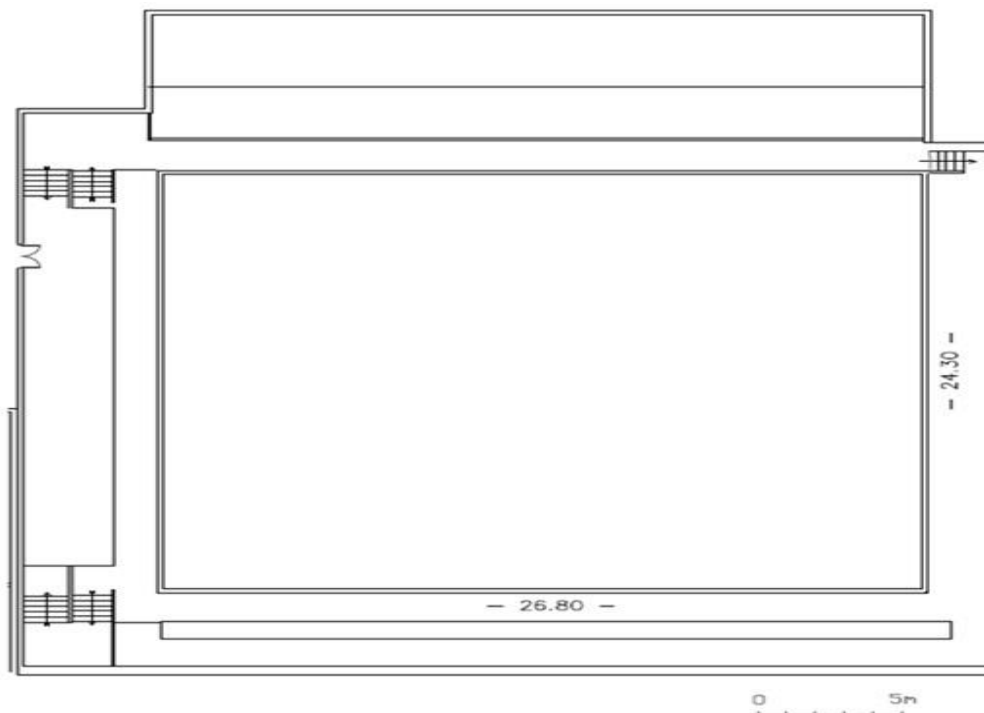
### 3.1 Εγκαταστάσεις και εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκαν

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται οι χρησιμοποιούμενες στην παρούσα μελέτη πειραματικές εγκαταστάσεις του Ε.Λ.Ε. Βασική εγκατάσταση ήταν η τρισδιάστατη Δεξαμενή Δοκιμών Δ1 του Ε.Λ.Ε. εξοπλισμένη με τα κατάλληλα όργανά και λογισμικό για την εκτέλεση παρομοίων δοκιμών.

#### 3.1.1 Δεξαμενή Δ1 του Ε.Λ.Ε

Η Δεξαμενή Δοκιμών Δ1 έχει εξωτερικές διαστάσεις 26,80 x 24,30 m<sup>2</sup> και βάθος 1,1 m. Η κάτοψη της δεξαμενής παρουσιάζεται στο **Σχήμα 3.1.1**. Στην δεξαμενή είναι εγκατεστημένο σύστημα παραγωγής τυχαίων κυματισμών και για τις ανάγκες του συγκεκριμένου πειράματος διαμορφώθηκε τμήμα της δεξαμενής σε διώρυγα με την κατασκευή 2 κατακόρυφων τοίχων. Στο ένα άκρο της διώρυγας τοποθετήθηκε ένας κυματιστήρας ενώ στο άλλο άκρο τοποθετήθηκε το φυσικό προσομοίωμα.

Για την απορρόφηση των προσπιπτόντων κυμάτων έχουν κατασκευασθεί στα τοιχώματα της αποσβεστικές επενδύσεις από λιθορριπή. Η κλίση των πρανών των επενδύσεων είναι 1:2 και η κοκκομετρία της λιθορριπής είναι τέτοια, ώστε ο συντελεστής ανακλάσεως να είναι πολύ μικρός. Επιπλέον, για την περαιτέρω απορρόφηση των προσπιπτόντων εκεί κυμάτων, ιδιαίτερα στην περιοχή των κυματογεννητριών, τμήμα των αποσβεστικών επενδύσεων έχει καλυφθεί με γεωύφασμα.



Σχήμα 3.1.1 - Κάτοψη της Δεξαμενής Δοκιμών Δ1 του Ε.Λ.Ε.

### 3.1.2 Συστήματα παραγωγής τυχαίων κυματισμών

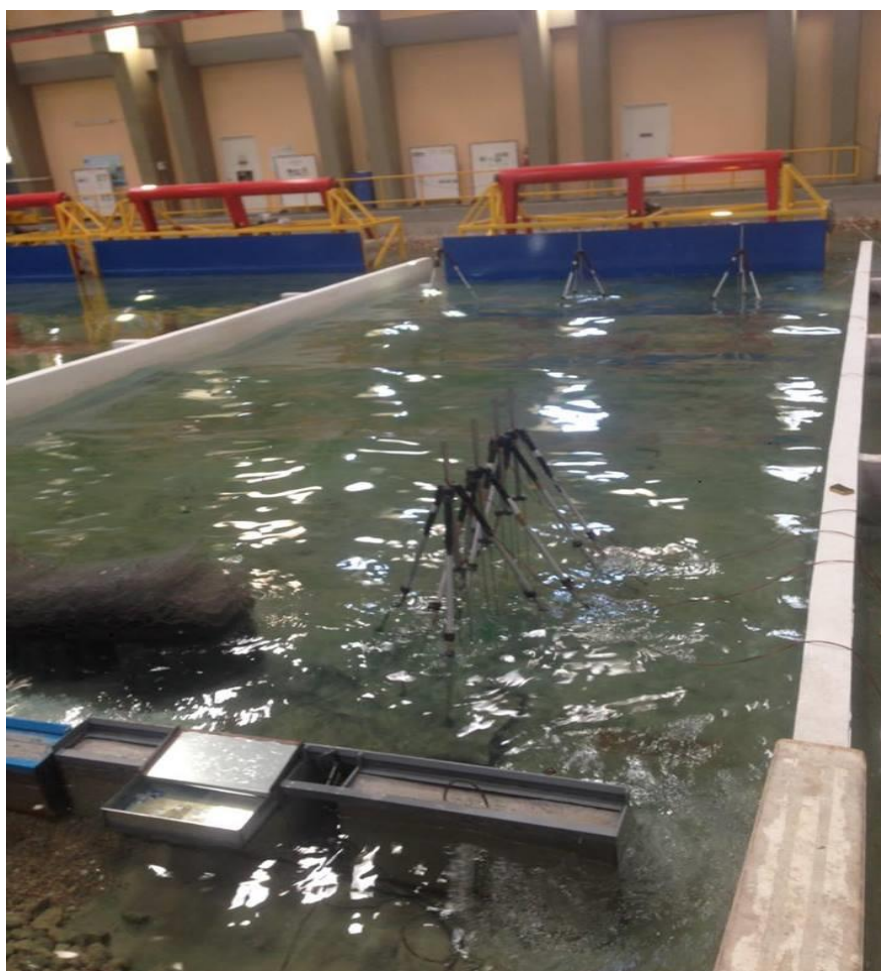
Το σύστημα παραγωγής κυμάτων κινείται υδραυλικά και αποτελείται από 3 κυματιστήρες, εκ των οποίων ο ένας χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη.

Οι διαστάσεις του μετώπου του κυματιστήρα είναι  $6.0 \times 1.2\text{m}^2$ . Το σύστημα παραγωγής κυμάτων είναι της Αγγλικής εταιρείας HR Wallinford.

Οι εντολές για την λειτουργία του υδραυλικού συστήματος δίδονται μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή με το κατάλληλο λογισμικό στο σύστημα ελέγχου. Το λογισμικό, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή των κυμάτων είναι το πακέτο WAVEDATA της Αγγλικής Εταιρείας H.R Wallingford. Έχει την δυνατότητα παραγωγής μονοχρωματικών (ημιτονοειδών) κυματισμών και φασματικών διαταραχών

### 3.1.3 Μετρητές κύματος

Για την μέτρηση των κυμάτων στην δεξαμενή χρησιμοποιήθηκαν μετρητές κύματος τύπου αντιστάσεως, οι οποίοι μετρούν την στιγμιαία μεταβολή της στάθμης του ύδατος. Αποτελούνται από δύο σύρματα στερεωμένα σε στέλεχος στηριζόμενο σε τρίποδο (βάση). Η διαφορετική στάθμη νερού δημιουργεί διαφορετική διαφορά δυναμικού, από την οποία με την κατάλληλη βαθμονόμηση προκύπτει η μεταβολή της στάθμης. Οι μετρητές είναι συνδεδεμένοι με ενισχυτή σήματος, ο οποίος στην συνέχεια μεταφέρει το σήμα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Οι μετρητές κύματος που χρησιμοποιήθηκαν είναι της εταιρείας HR Wallingford. Στην παρούσα μελέτη μετρήθηκε και αναλύθηκε η κυματική διαταραχή σε 7 διαφορετικά σημεία για κάθε διατομή που ελέγχθηκε. Για την συλλογή και ανάλυση των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκε το λογιστικό πακέτο WAVEDATA της εταιρείας HR WALLINGFORD. Οι μετρητές κύματος είναι συνδεδεμένοι με ηλεκτρονικό υπολογιστή στον οποίο αποθηκεύονται οι πληροφορίες για την περαιτέρω ανάλυση. Τα μετρηθέντα κύματα αναλύθηκαν φασματικά και στατιστικά.

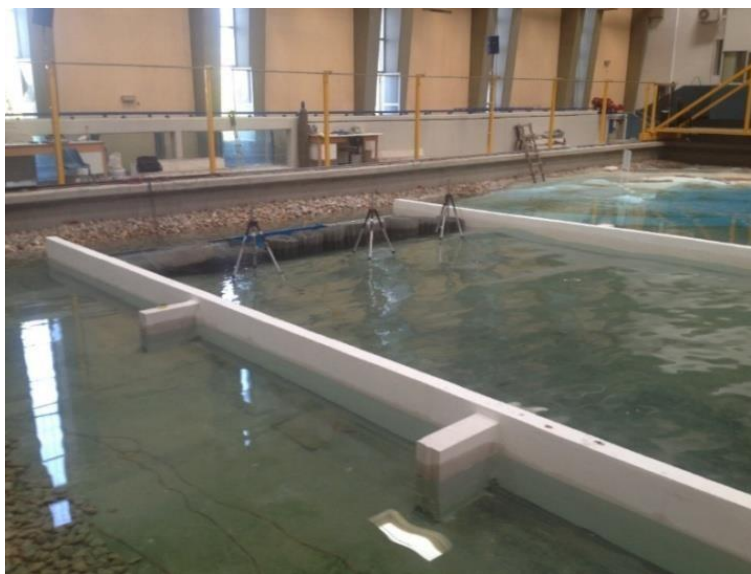


Εικόνα 3.1.3 - Μετρητές κυματικής διαταραχής



### 3.1.4 Βαθμονόμηση δεξαμενής και μετρητών κύματος

Πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων έγινε βαθμονόμηση της δεξαμενής με τα κυματικά δεδομένα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν κατά την διάρκεια των πειραμάτων χωρίς την παρουσία του φυσικού προσομοιώματος. Επειδή όμως το φυσικό προσομοίωμα ήταν πολύανακλαστικό, τα κύματα βαθμονομούνται καθημερινά πριν την έναρξη των μετρήσεων. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν 4 μετρητές κύματος σε απόσταση από 1 έως και 2 μέτρα από τον πόδα του φυσικού προσομοιώματος και στην συνέχεια γινόταν ανάλυση της ανάκλασης ούτως ώστε ο προσπίπτων κυματισμός να είναι ο προδιαγεγραμμένος. Τα μετρητικά όργανα (μετρητές κύματος) βαθμονομούνται επίσης καθημερινά πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων. Για την βαθμονόμηση των μετρητών κύματος μεταβαλλόταν το εμβαπτισμένο τμήμα του σύρματος και μεταβαλλόταν η διαφορά δυναμικού, η οποία κατεγράφετο. Για τον σκοπό αυτό τα στελέχη επί των οποίων στηρίζονται τα σύρματα των μετρητών κύματος είναι εφοδιασμένα με οπές ανά 2 cm ούτως ώστε να είναι δυνατή η μεταβολή του εμβαπτισμένου τμήματος του μετρητή.



Εικόνα 3.1.4 - Αρχική βαθμονόμηση δεξαμενής

### 3.1.5 Μετρητές Πίεσεως

Για τη μέτρηση των πιέσεων χρησιμοποιήθηκαν επτά (7) αισθητήρες πίεσης της εταιρείας Micron Instruments τύπου MP100B-50G, ενώ ένας επιπλέον αισθητήρας τύπου MP100B100G τοποθετήθηκε στο βαθύτερο σημείο του κυματοθραύστη (Σχήμα 3.1.5.α). Οι αισθητήρες 50G και 100G έχουν περιοχή μέτρησης μέχρι 50 PSI και 100 PSI, αντίστοιχα. Οι αισθητήρες αυτοί αποτελούνται από ένα δίσκο διαμέτρου 6 mm και πάχους 0.6 mm. Στο πίσω μέρος της επιφάνειας που ασκείται η πίεση είναι συγκολλημένα επιταχυνσιόμετρα τα οποία με τη σειρά τους συνδέονται με μια γέφυρα Wheatstone. Είναι φανερό ότι το σήμα που λαμβάνουμε είναι κάποια τάση η οποία πρέπει να μετατραπεί με τη βοήθεια μιας γραμμικής συνάρτησης μεταφοράς σε μονάδες πίεσης. Η επιφάνεια του αισθητήρα τοποθετείται στο μέσο του προτύπου του κυματοθραύστη, αφού αυτό διατρηθεί πρώτα εσωτερικά, ώστε ο άξονας του δίσκου του αισθητήρα να είναι κάθετος στην εξωτερική επιφάνεια του κυματοθραύστη. Ακολουθεί δειγματοληψία του σήματος που προέρχεται από τους αισθητήρες και αποθήκευσή του στον ένα φορητό Η/Υ για περαιτέρω ανάλυση.



Σχήμα 3.1.5.α - Αισθητήρας πίεσης

Οι αισθητήρες βαθμονομήθηκαν στην Πειραματική Δεξαμενή του Εργαστηρίου Ναυτικής και Θαλάσσιας Υδροδυναμικής του ΕΜΠ με μέτρηση στον αέρα και στον πυθμένα της Δεξαμενής. Αρχικές τιμές (χωρίς κυματισμούς) λαμβάνονταν και πριν από κάθε μέτρηση ώστε να διορθώνονται κατάλληλα οι μετρήσεις λαμβάνοντας υπόψη την υδροστατική πίεση.

Η δειγματοληψία έγινε με ένα σύστημα SPIDER 8-30 της εταιρείας HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK (HBM) GMBH Γερμανίας (**Εικόνα 3.1.5.β**) Πρόκειται για ένα ενισχυτή παράλληλης δειγματοληψίας για συνεργασία με Η/Υ, 4 εισόδων (differential) στάνταρτ + 4 εισοδοί προαιρετικοί, για σύνδεση αισθητηρίων ωμικής γέφυρας (1/4 - 1/2 - 4/4) & τάσεως. Ακρίβεια 16 bit, ταχύτητα μετρήσεων 9600 μετρ./sec. Το σύστημα αυτό των 8 καναλιών αντιστοιχεί σε ταχύτητα των συμβατικών πολυπλεκτικών καρτών > 100000 μετρ./sec. Δεν διαθέτει τοπική μνήμη κάνοντας

χρήση της μνήμης του Η/Υ. Το σύστημα συνδέεται με κάρτα μετατροπής της παράλληλης εξόδου σε USB.



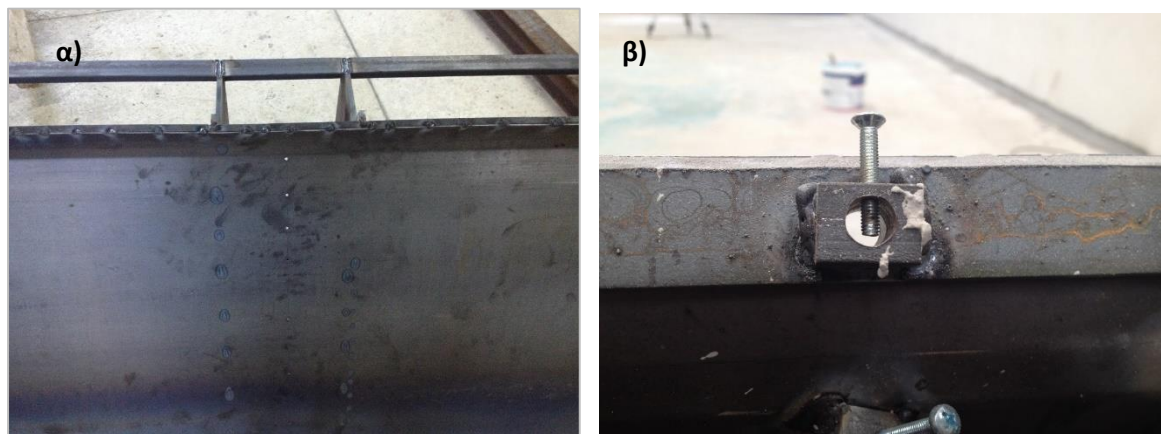
Εικόνα 3.1.5.β - Σύστημα παράλληλης δειγματοληψίας SPIDER 8-30

### 3.1.6 Κατασκευή φυσικού προσομοιώματος

Για τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας κατασκευάστηκε ένα φυσικό προσομοίωμα υπό γεωμετρική κλίμακα 1:40. Το φυσικό προσομοίωμα τοποθετήθηκε σε διαμορφωμένη διώρυγα πλάτους 7 m και μήκους 22 m, εντός της Δεξαμενής Δοκιμών 1 του Ε.Λ.Ε. Στην μια πλευρά της διώρυγας τοποθετήθηκε ο κυματιστήρας πλάτους 6.0 m, ενώ στην απέναντι πλευρά τοποθετήθηκε το φυσικό προσομοίωμα πλάτους 2.0 m.

Το εξωτερικό μέτωπο της διατομής που προσομοιώθηκε, κατασκευάστηκε από στρατζαριστή λαμαρίνα πάχους 2 mm. Με βάση τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής κατασκευάστηκαν 4 σίδηροι οδηγοί, επί των οποίων επικολλήθηκε η στρατζαριστή λαμαρίνα, αφού είχε καμπυλωθεί σύμφωνα με τα τις διαστάσεις του προσομοιώματος. Η κοπή των οδηγών και η καμπύλωση των λαμαρινών έγινε από ειδικό συνεργείο με την χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, ούτως ώστε το προσομοίωμα να είναι απολύτως σωστά κατασκευασμένο. Το μήκος του προσομοιώματος ήταν 2.0 m. Στο κέντρο της εξωτερικής επιφάνειας της διατομής σε 8 καθορισμένες κατακόρυφες διαστάσεις ανοίχθηκαν οπές πάνω στις οποίες θα στερεώνονται οι μετρητές πίεσης.

Στην συνέχεια το «κουτί» της διατομής έκλεισε και τοποθετήθηκε στην θέση του στην δεξαμενή δοκιμών όπου και πληρώθηκε με σκυρόδεμα.



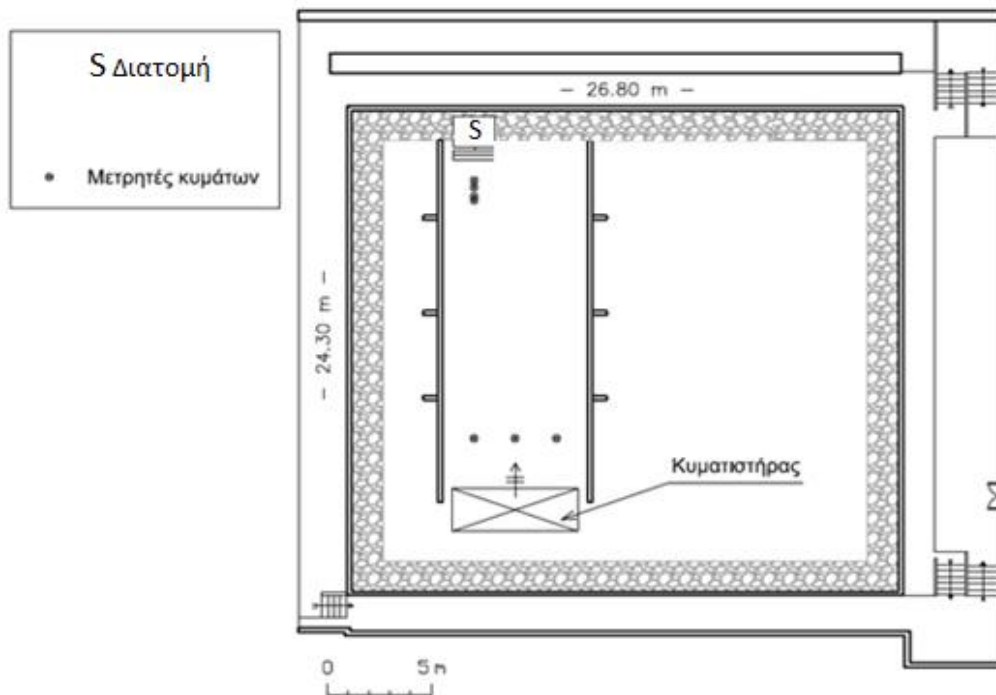
Εικόνα 3.1.6.α - Οπές για την τοποθέτηση των μετρητών πιέσεως,  
α) αρχική διαμόρφωση β) τελική διαμόρφωση



Εικόνα 3.1.6.β – Φυσικό προσομοίωμα

Κατά την διάρκεια των μετρήσεων η στάθμη ηρεμούντος ύδατος ορίσθηκε σε 52.3cm και σε 48.3cm για τις μετρήσεις της πίεσεως.

Για την καταγραφή της κυματικής διαταραχής χρησιμοποιήθηκαν 5 μετρητές κύματος εμπρός από κάθε διατομή κάθετα στο μέσον της διατομής. Στο Σχήμα 3.2.1 δίνεται η οριζοντιογραφία του φυσικού προσομοιώματος στην δεξαμενή δοκιμών με τις θέσεις των μετρητών κύματος ενδεικτικά.



### 3.2.1 Κάτοψη λιμενικών εγκαταστάσεων Ε.Λ.Ε

Στον Πίνακα 3.2.2 δίνονται οι αποστάσεις των κέντρων των μετρητών πίεσης από την ορισθείσα στάθμη ύδατος για τις μετρήσεις πίεσης για κάθε ελεγχθείσα διατομή.

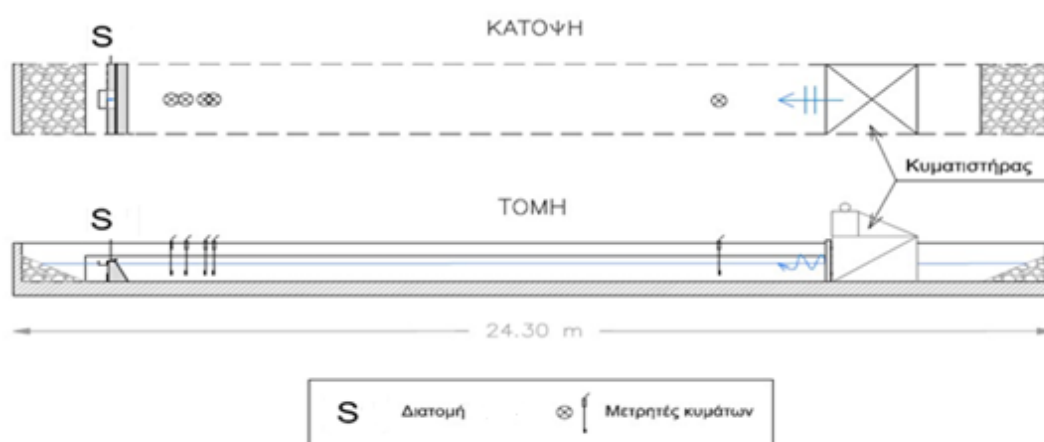
ΔΙΑΤΟΜΗ S1		
d(mm)	523	483
PT-0	-396.15	-356.15
PT-1	-296.15	-256.15
PT-2	-196.15	-156.15
PT-3	-96.15	-56.15
PT-4	-46.15	-6.15
PT-5	4.127	44.127
PT-6	54.127	94.127
PT-7	104.127	144.127

Πίνακα 3.2.2. Θέσεις μετρητών πίεσης από την ανωτάτη στάθμη ηρεμούντος ύδατος

### 3.1.7 Πειραματική διατομή

Το μέτωπο της Διατομής αποτελείται από κεκλιμένο τοίχιο από σκυροδέμα. Στο έξαλλο τμήμα της ανωδομής διαμορφώνεται προστατευτικό καμπύλο τοίχιο με στάθμη στέψης στο .

Κάτοψη και τομή της διάταξης της Διατομής S εντός της διώρυγας δίνεται στο Σχήμα 3.2.2. Τυπική τομή της Διατομής S με τις θέσεις των μετρητών πίεσης παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.2.3.



Σχήμα 3.2.2 - Κάτοψη και τομή φυσικού προσομοιώματος Διατομής S στην διώρυγα



#### 3.2.3 Θέση μετρητών πίεσης

### 3.1 Παραγωγή κυμάτων

Για τις μετρήσεις, χρησιμοποιήθηκαν φάσματα τύπου JONSWAP με παράμετρο κλίσης ίση με 3.3. Για τον σκοπό αυτό δημιουργήθηκαν στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ειδικά αρχεία βάσει των χαρακτηριστικών παραμέτρων των κυμάτων  $H_s$  και  $T_p$ , της κλίμακας ομοιότητας καθώς και του τύπου φάσματος JONSWAP, που έδιναν τις κατάλληλες εντολές στο σύστημα ελέγχου της κυματογεννήτριας. Στους επόμενους πίνακες δίνονται τα χαρακτηριστικά  $H_s$  και  $T_p$  των φασμάτων των κυμάτων που χρησιμοποιήθηκαν.

Α/Α	ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΦΑΣΜΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΗΡΕΜΙΑΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΟΣ	
				d(mm)	Hs(mm)
1	1.1.1	K1.A	523	17.5	1.801
2	1.1.2	K1.B	523	17.5	1.801
3	1.1.3	K1.Γ	523	19.25	1.801
4	1.1.4	K1.Δ	523	19.25	1.801
5	1.2.1	K2.A	523	16.25	1.736
6	1.2.2	K2.B	523	16.25	1.736
7	1.2.3	K2.Γ	523	18.6875	1.736
8	1.2.4	K2.Δ	523	18.6875	1.736
9	1.3.1	K3.A	523	16.5	1.668
10	1.3.2	K3.B	523	16.5	1.668
11	1.3.3	K3.Γ	523	15	1.668
12	1.3.4	K3.Δ	523	15	1.668
13	1.3.5	K3.E	523	18	1.668
14	1.3.6	K3.Z	523	18	1.668
15	1.4.1	K4.A	523	15.9	1.567
16	1.4.2	K4.B	523	15.9	1.567
17	1.4.3	K4.Δ	523	14.575	1.567
18	1.4.4	K4.E	523	17.8875	1.567
19	1.4.5	K4.Z	523	17.8875	1.567
20	1.5.1	K5.A	523	13.5	1.444
21	1.5.2	K5.B	523	13.5	1.444
22	1.5.3	K5.Γ	523	11.8125	1.444
23	1.5.4	K5.Δ	523	11.8125	1.444
24	1.5.5	K5.E	523	15.1875	1.444
25	1.5.6	K5.Z	523	15.1875	1.444
26	1.6.1	K6.A	523	11.875	1.327

27	1.6.2	K6.B	523	11.875	1.327
28	1.6.3	K6.Γ	523	10.45	1.327
29	1.6.4	K6.Δ	523	10.45	1.327
30	1.6.5	K6.E	523	12.825	1.327
31	1.6.6	K6.Z	523	12.825	1.327
32	1.7.1	K7.A	523	10.4	1.218
33	1.7.2	K7.B	523	10.4	1.218
34	1.8.1	K8.A	523	8.4375	1.077
35	1.8.2	K8.B	523	8.4375	1.077
36	2.1.1	K1.A	483	17.5	1.801
37	2.1.2	K1.B	483	17.5	1.801
38	2.1.3	K1.Γ	483	19.25	1.801
39	2.1.4	K1.Δ	483	19.25	1.801
40	2.2.1	K2.A	483	16.25	1.736
41	2.2.2	K2.B	483	16.25	1.736
42	2.2.3	K2.Γ	483	17.875	1.736
43	2.2.4	K2.Δ	483	17.875	1.736
44	2.3.1	K3.A	483	16.5	1.668
45	2.3.2	K3.B	483	16.5	1.668
46	2.3.3	K3.Γ	483	18	1.668
47	2.3.4	K3.Δ	483	18	1.668
48	2.4.1	K4.A	483	15.9	1.567
49	2.4.2	K4.B	483	15.9	1.567
50	2.4.3	K4.Γ	483	17.8875	1.567
51	2.4.4	K4.Δ	483	17.8875	1.567

Πίνακας 3.1 - Παράμετροι φασμάτων κυμάτων



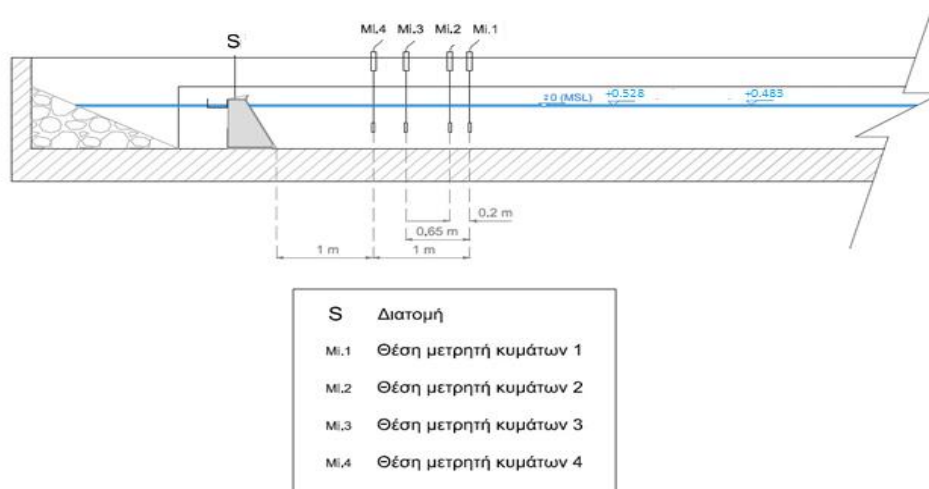
### 3.2.1 Συλλογή μετρήσεων και ανάλυση

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγιναν βασικά μετρήσεις πίεσης καθώς επίσης υπολογίσθηκε και η ανάκλαση από τις μετρήσεις της κυματικής διαταραχής. Συγχρόνως έγιναν και μετρήσεις κυματικής διαταραχής σε 3 σημεία για τον έλεγχο των παραγόμενων κυμάτων. Οι καταγραφές των κυμάτων γινόταν ταυτόχρονα με τις καταγραφές των πιέσεων, ενώ κατά την διάρκεια των μετρήσεων ανάκλασης γινόταν ταυτόχρονη καταγραφή των κυμάτων με βάση τα δεδομένα που καταγράφονταν από τους 4 μετρητές (Παράρτημα Β).

### 3.2.2 Μετρήσεις κυματικής διαταραχής

Για την καταγραφή της κυματικής διαταραχής σε κάθε φυσικό προσομοίωμα τοποθετήθηκαν 7 μετρητές κύματος σε προκαθορισμένες θέσεις. Με τα δεδομένα των 4 μετρητών ελέγξαμε τη μέτρηση της ανάκλασης σε όλα τα πειράματα. Στο Σχήμα 3.2.2 παρουσιάζονται οι θέσεις των μετρητών κύματος Mi.1 έως Mi.4 εμπρός από το φυσικό προσομοίωμα. Ο μετρητής Mi.5 έως Mi.7 βρίσκονται σε απόσταση ~ 2.5 m από τον κυματιστήρα και αποτελούν τους μετρητές ελέγχου του προσπίπτοντος κυματισμού.

Όσον αφορά τις συνοδευτικές ταυτόχρονες μετρήσεις κυμάτων κατά την διάρκεια των μετρήσεων πίεσης γινόταν καταγραφή 359 sec με 60 Hz. Η διάρκεια των 359 sec επελέγη διότι το κύμα παρέμενε σταθερό κατά την διάρκεια αυτή, ενώ στην συνέχεια υπήρχαν επιδράσεις στερεών ορίων.



Σχήμα 3.2.2 - Θέσεις μετρητών κύματος εμπρός από το φυσικό προσομοίωμα

### 3.2.3 Μετρήσεις πιέσεων

Οι μετρήσεις έγιναν σε δύο διαφορετικές στάθμες νερού(+52,8cm και +48,3cm) και μετρήθηκαν συνολικά 42 διαφορετικοί συνδυασμοί ύψους κύματος και περιόδου κύματος από τον κυματηστήρα. Οι μετρήσεις των πιέσεων επι του μετώπου έγιναν με τη χρήση 8 αισθητήρων πίεσης(PT-0/PT-1/PT-2/PT-3/PT-4/PT-5/PT-6/PT-7). Το σήμα που λαμβάναμε ήταν ως μία μορφή τάσης και με τη χρήση μιας συνάρτησης μεταφοράς το μετατρέψαμε σε μονάδες πίεσης(Πίνακας 3.2.3). από μέτρησή σε μέτρηση καταμετρούσαμε και τις τιμές του ηρεμούντος κύματος. Τις τιμές αυτές τις αφαιρέσαμε από τις μετρούμενες για να γίνει πιο ακριβής η καταγραφή της πίεσης από το δοσμένο κύμα.

	PT-0	PT-1	PT-2	PT-3	PT-4	PT-5	PT-6	PT-7
S/N	57.877	57.886	13.766	13.763	57.884	57.891	57.890	13.761
PSI	100G	50G	50G	50G	50G	50G	50G	50G
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	-0.2096	-0.2094	0.0492	0.0452	0.2682	0.4908	0.249	0.0342
ΒΥΘΙΣΗ	-0.1501 (51cm)	-0.07428 (50.6cm)	0.1902 (50.4cm)	0.1835 (50.01cm)	0.4098 (50.2cm)	0.6368 (50cm)	0.4058 (49.9cm)	0.1747 (49.9cm)
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ(ΑΜ)	-0.2110	-0.2046	0.04594	0.0534	0.2712	0.491	0.2605	0.0297
ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ	$y=12.19 * x+17.05$	$y=5.326 * x+15.61$	$y=5.084 * x+14.25$	$y=5.143 * x+14.27$	$y=5.042 * x+13.15$	$y=4.871 * x+12.11$	$y=4.526 * x+13.37$	$y=5.051 * x+14.33$

Πίνακας 3.2.3 Εξισώσεις μεταφοράς για τη διόρθωση των τιμών

## 4. Πειραματικά αποτελέσματα

---

### 4.1 Έλεγχος παλλόμενου κύματος

Στον παρακάτω πίνακα υπολογίζεται η παράμετρος  $h^*$ , όπως ορίζεται στο πρώτο κεφάλαιο. Επιβεβαιώνεται ότι όλα τα κύματα που εξετάστηκαν ορίζονται παλλόμενα καθώς η παράμετρος αυτή είναι μεγαλύτερη από 0,3 για όλα

ταχύματα.

ΠΡΕΟΒΕ #4							
Α/Α	ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΦΑΣΜΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΗΡΕΜΙΑΣ ΚΥΜΑΤΟΣ Σ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΟΣ		ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΠΑΛΟΜΕΝΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ
				d(mm)	Hs(mm)		
1	1.1.1	K1.A	523	94.01828	1.264036	2.5442468	1.143488586
2	1.1.2	K1.B	523	99.31119	1.285681	2.6321268	1.046401573
3	1.1.3	K1.Γ	523	100.4644	1.235914	2.4322984	1.1193717
4	1.1.4	K1.Δ	523	106.2932	1.276229	2.5935676	0.992202511
5	1.2.1	K2.A	523	99.33984	1.270172	2.5690078	1.071801834
6	1.2.2	K2.B	523	102.6887	1.287672	2.6402853	1.008857579
7	1.2.3	K2.Γ	523	104.6818	1.276834	2.5960272	1.006521283
8	1.2.4	K2.Δ	523	121.9851	1.26198	2.5359769	0.884201588
9	1.3.1	K3.A	523	103.3838	1.280605	2.611384	1.013164919
10	1.3.2	K3.B	523	98.36605	1.308713	2.7272766	1.019597957
11	1.3.3	K3.Γ	523	97.03281	1.296046	2.6747376	1.053910135
12	1.3.4	K3.Δ	523	89.35368	1.337859	2.8501062	1.074063329
13	1.3.5	K3.E	523	110.4578	1.261506	2.5340723	0.9772102
14	1.3.6	K3.Z	523	102.7077	1.280969	2.6128688	1.01925483
15	1.4.1	K4.A	523	122.6121	1.305511	2.7139474	0.821993948
16	1.4.2	K4.B	523	121.1675	1.30687	2.7196006	0.83006499
17	1.4.3	K4.Δ	523	121.3455	1.308998	2.7284646	0.826154704
18	1.4.4	K4.E	523	134.2323	1.295479	2.6723978	0.762509458
19	1.4.5	K4.Z	523	130.6378	1.288384	2.6432059	0.79214287
20	1.5.1	K5.A	523	127.7225	1.277185	2.5974547	0.824494935
21	1.5.2	K5.B	523	107.3045	1.23893	2.444184	1.042921325
22	1.5.3	K5(1)	523	113.841	1.27113	2.5728845	0.933865609
23	1.5.4	K5(2)	523	94.35939	1.210569	2.3335626	1.242220809
24	1.5.5	K5(1)..	523	140.8735	1.248749	2.4830797	0.781957969
25	1.5.6	K5(2)..	523	112.2536	1.214572	2.3490209	1.03732827
26	1.6.1	K6.A	523	9.76E+01	1.17E+00	2.1806453	1.285721099
27	1.6.2	K6.B	523	98.70259	1.17926	2.2144174	1.251455286
28	1.6.3	K6(1)	523	80.1013	1.190324	2.2561644	1.51353712
29	1.6.4	K6(2)	523	78.51683	1.201067	2.2970732	1.516581643
30	1.6.5	K6(1)..	523	97.72579	1.186013	2.2398516	1.249611268
31	1.6.6	K6(2)..	523	94.95404	1.183942	2.2320361	1.290591259
32	1.7.1	K7.A	523	71.58708	1.05459	1.7709555	2.157551026
33	1.7.2	K7.B	523	81.8097	1.102516	1.9355757	1.72738212
34	1.8.1	K8.A	523	55.97468	0.9673109	1.4899528	3.279738658
35	1.8.2	K8.B	523	54.1855	0.9609797	1.4705127	3.432823773
36	2.1.1	K1.A	483	95.20835	1.275655	2.5912352	0.945610738
37	2.1.2	K1.B	483	104.1357	1.29	2.6498408	0.845424528
38	2.1.3	K1.Γ	483	94.40465	1.270152	2.5689269	0.961942529
39	2.1.4	K1.Δ	483	102.7996	1.281374	2.6145212	0.867981893
40	2.2.1	K2.A	483	89.14989	1.296237	2.6755261	0.978057226
41	2.2.2	K2.B	483	89.40523	1.301399	2.696878	0.967542483
42	2.2.3	K2.Γ	483	96.22152	1.276525	2.5947708	0.934378943
43	2.2.4	K2.Δ	483	98.26088	1.287353	2.6389773	0.899659059
44	2.3.1	K3.A	483	94.92094	1.297943	2.6825733	0.916179635
45	2.3.2	K3.B	483	91.85541	1.320911	2.7783533	0.91411756
46	2.3.3	K3.Γ	483	99.89479	1.324237	2.7923625	0.836333765
47	2.3.4	K3.Δ	483	100.3164	1.284627	2.6278129	0.884968628
48	2.4.1	K4.A	483	113.2573	1.285852	2.632827	0.782358368
49	2.4.2	K4.B	483	109.0602	1.297842	2.6821558	0.797524377
50	2.4.3	K4.Γ	483	121.4361	1.277307	2.5979509	0.739461402
51	2.4.4	K4.Δ	483	94.23981	1.332315	2.8265339	0.875801467

## 4.2 Χρονοσειρές πιέσεων

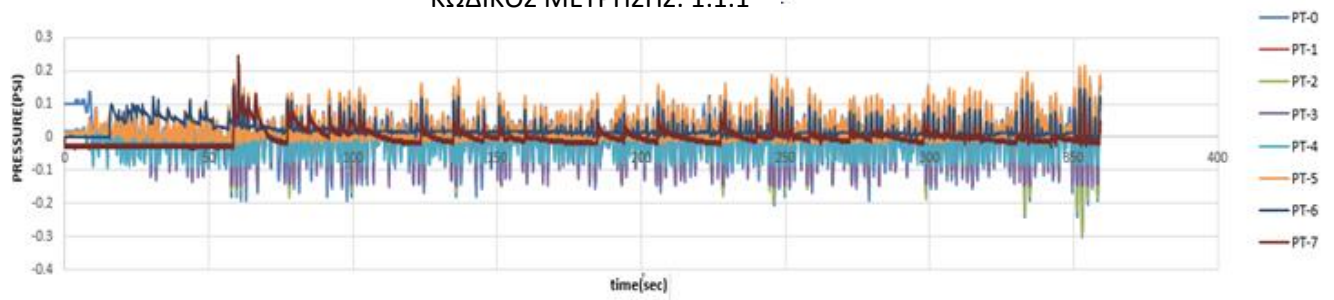
Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα διαγράμματα των χρονοσειρών, όπως αυτά προέκυψαν από την επεξεργασία των αναγραφόμενων τιμών. Τα δεδομένα για τη σύγκριση προέρχονται από τον τέταρτο μετρητή κυματικής διαταραχής, ο οποίος βρίσκεται μπροστά από τη διατομή. Επίσης γίνεται και μία παρουσίαση κάποιων λεπτομερειών της καταγραφής( Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται τα διαγράμματα του πρώτου κύματος ενώ όλων των υπόλοιπων μετρήσεων βρίσκονται στο παράρτημα Α).

PREOBE #4					
Α/Α	ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΦΑΣΜΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΗΡΕΜΙΑΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΟΣ	
			d(mm)	Hs(mm)	Tp(sec)
1	1.1.1	K1.A	523	94.01828	1.422222
2	1.1.2	K1.B	523	99.31119	1.706667
3	1.1.3	K1.Γ	523	100.4644	1.706667
4	1.1.4	K1.Δ	523	106.2932	1.706667
5	1.2.1	K2.A	523	99.33984	1.422222
6	1.2.2	K2.B	523	102.6887	1.422222
7	1.2.3	K2.Γ	523	104.6818	1.706667
8	1.2.4	K2.Δ	523	121.9851	1.422222
9	1.3.1	K3.A	523	103.3838	1.422222
10	1.3.2	K3.B	523	98.36605	1.422222
11	1.3.3	K3.Γ	523	97.03281	1.422222
12	1.3.4	K3.Δ	523	89.35368	1.422222
13	1.3.5	K3.E	523	110.4578	1.422222
14	1.3.6	K3.Z	523	102.7077	1.706667
15	1.4.1	K4.A	523	122.6121	1.422222
16	1.4.2	K4.B	523	121.1675	1.422222
17	1.4.3	K4.Δ	523	121.3455	1.422222
18	1.4.4	K4.E	523	134.2323	1.422222
19	1.4.5	K4.Z	523	130.6378	1.422222
20	1.5.1	K5.A	523	127.7225	1.422222
21	1.5.2	K5.B	523	107.3045	1.422222
22	1.5.3	K5(1)	523	113.841	1.422222
23	1.5.4	K5(2)	523	94.35939	1.422222
24	1.5.5	K5(1)..	523	140.8735	1.422222
25	1.5.6	K5(2)..	523	112.2536	1.422222
26	1.6.1	K6.A	523	9.76E+01	1.42E+00
27	1.6.2	K6.B	523	98.70259	1.422222

28	1.6.3	K6(1)	523	80.1013	1.422222
29	1.6.4	K6(2)	523	78.51683	1.422222
30	1.6.5	K6(1)..	523	97.72579	1.422222
31	1.6.6	K6(2)..	523	94.95404	1.422222
32	1.7.1	K7.A	523	71.58708	1.219048
33	1.7.2	K7.B	523	81.8097	1.219048
34	1.8.1	K8.A	523	55.97468	0.948148
35	1.8.2	K8.B	523	54.1855	0.948148
36	2.1.1	K1.A	483	95.20835	1.706667
37	2.1.2	K1.B	483	104.1357	1.706667
38	2.1.3	K1.Γ	483	94.40465	1.706667
39	2.1.4	K1.Δ	483	102.7996	1.706667
40	2.2.1	K2.A	483	89.14989	1.706667
41	2.2.2	K2.B	483	89.40523	1.706667
42	2.2.3	K2.Γ	483	96.22152	1.706667
43	2.2.4	K2.Δ	483	98.26088	1.422222
44	2.3.1	K3.A	483	94.92094	1.422222
45	2.3.2	K3.B	483	91.85541	1.706667
46	2.3.3	K3.Γ	483	99.89479	1.422222
47	2.3.4	K3.Δ	483	100.3164	1.422222
48	2.4.1	K4.A	483	113.2573	1.422222
49	2.4.2	K4.B	483	109.0602	1.422222
50	2.4.3	K4.Γ	483	121.4361	1.422222
51	2.4.4	K4.Δ	483	94.23981	1.422222

**Πίνακας 4.2- Δεδομένα κυματηστήρα για την καταγραφή των πιέσεων**

ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: 1.1.1



**Σχήμα 4.2.1.α – Χρονοσειρά μετρούμενων πιέσεων-Κ1.Α/d1**



**Σχήμα 4.2.1.β-Χρονοσειρά κύματος αισθητήρα 4**

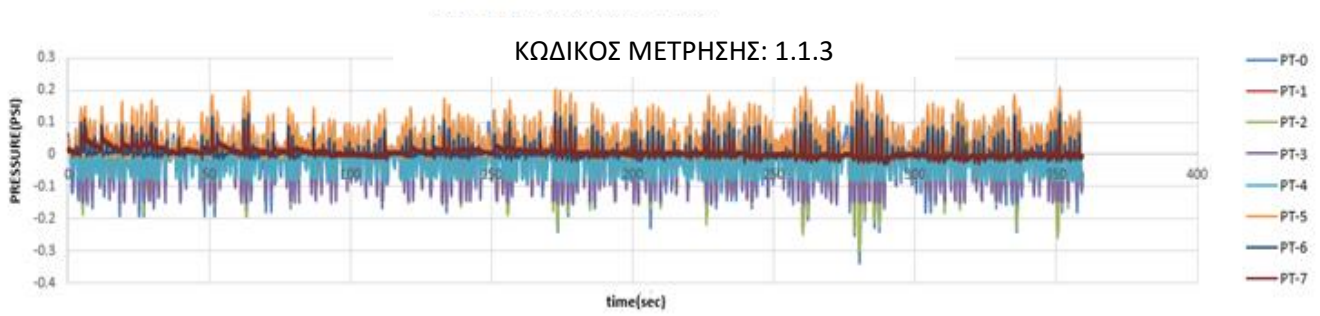
ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: 1.1.2



**Σχήμα 4.2.2.α- Χρονοσειρά μετρούμενων πιέσεων-Κ1.Β/d1**



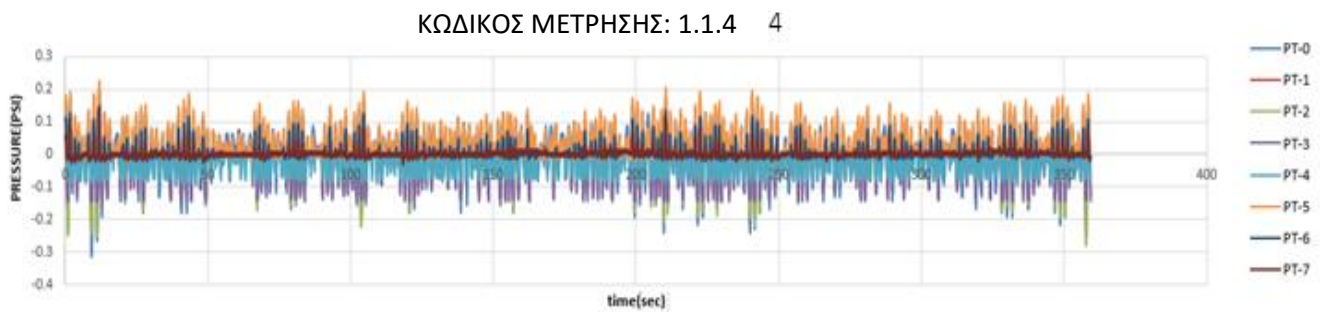
**Σχήμα 4.2.2.β-Χρονοσειρά κύματος αισθητήρα 4**



**Σχήμα 4.2.3.α- Χρονοσειρά μετρούμενων πιέσεων-Κ1.Γ/d1**



**Σχήμα 4.2.3.β-Χρονοσειρά κύματος αισθητήρα 4**

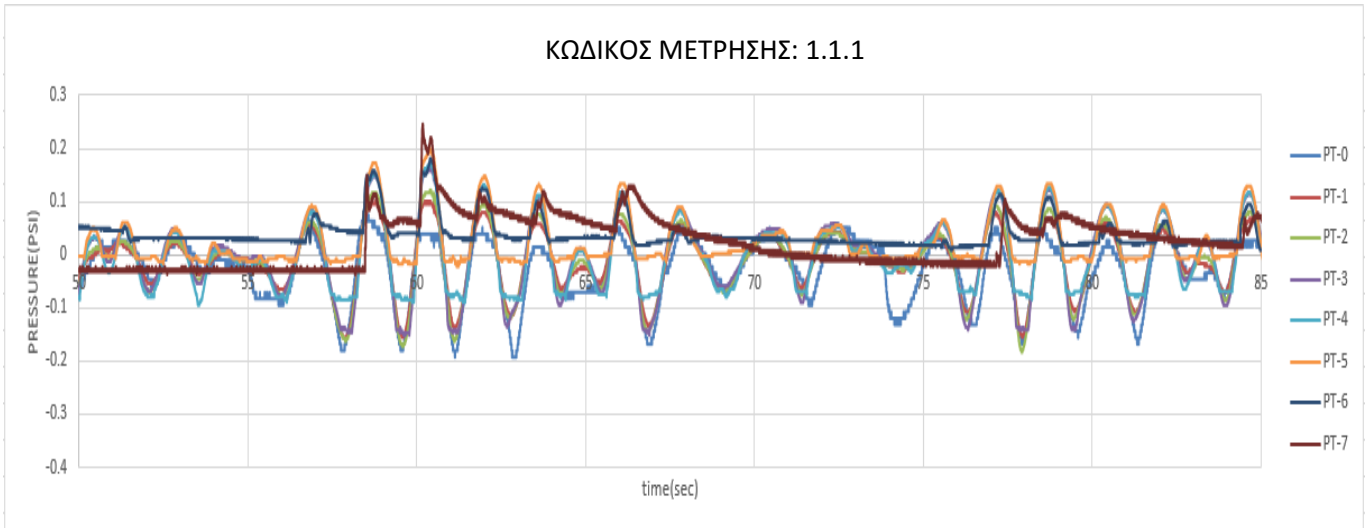


**Σχήμα 4.2.4.α - Χρονοσειρά μετρούμενων πιέσεων-Κ1.Δ/d1**

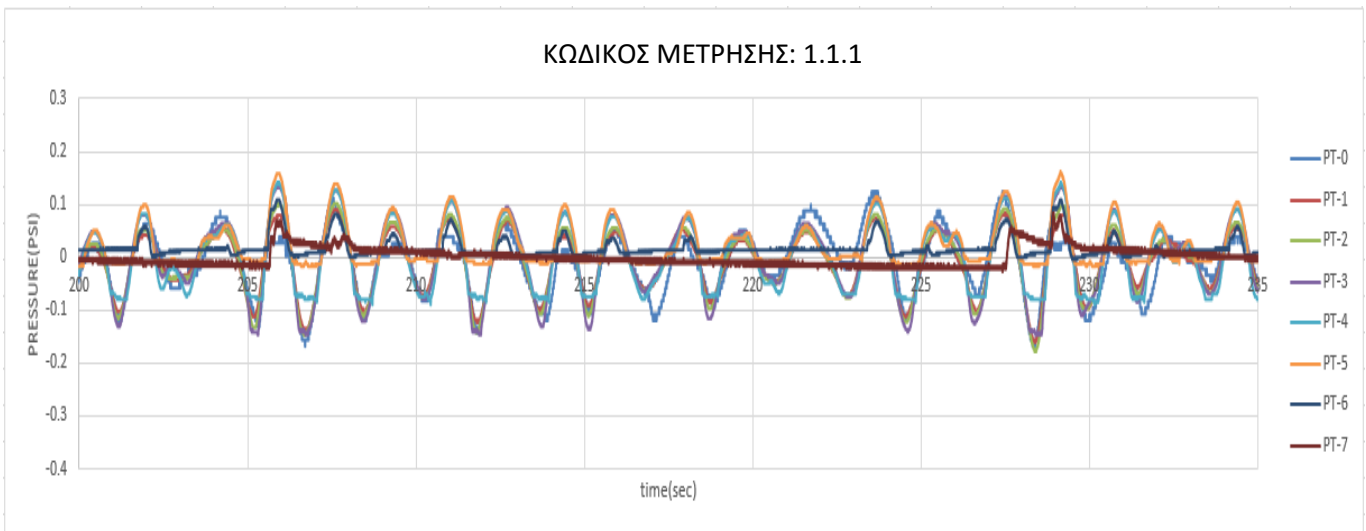


**Σχήμα 4.2.4.β-Χρονοσειρά κύματος αισθητήρα 4**

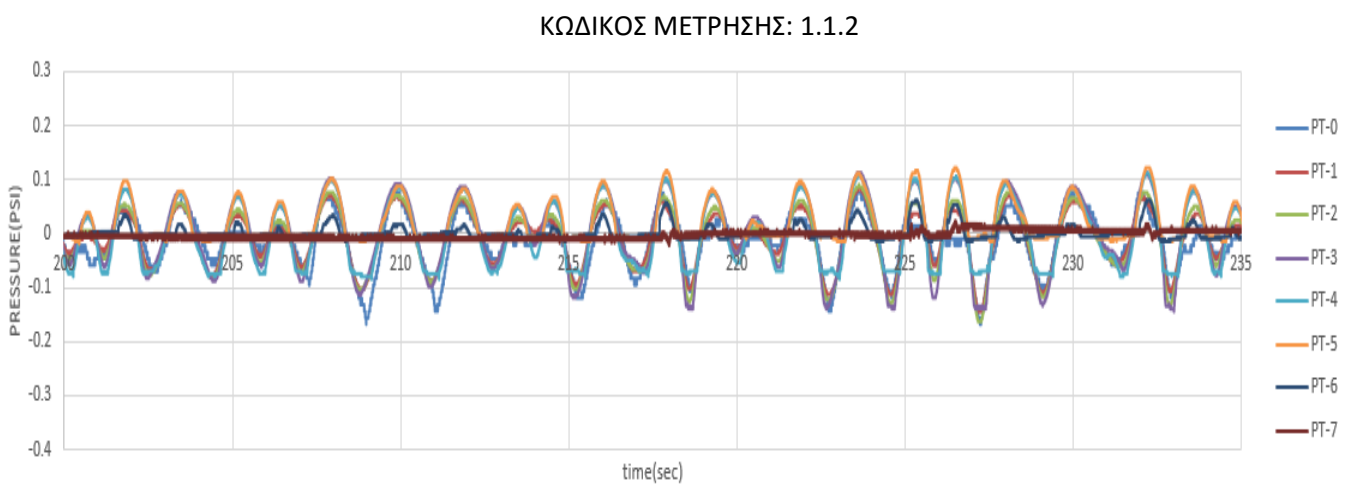




**Σχήμα 4.2.5.α-Λεπτομέρεια 1**

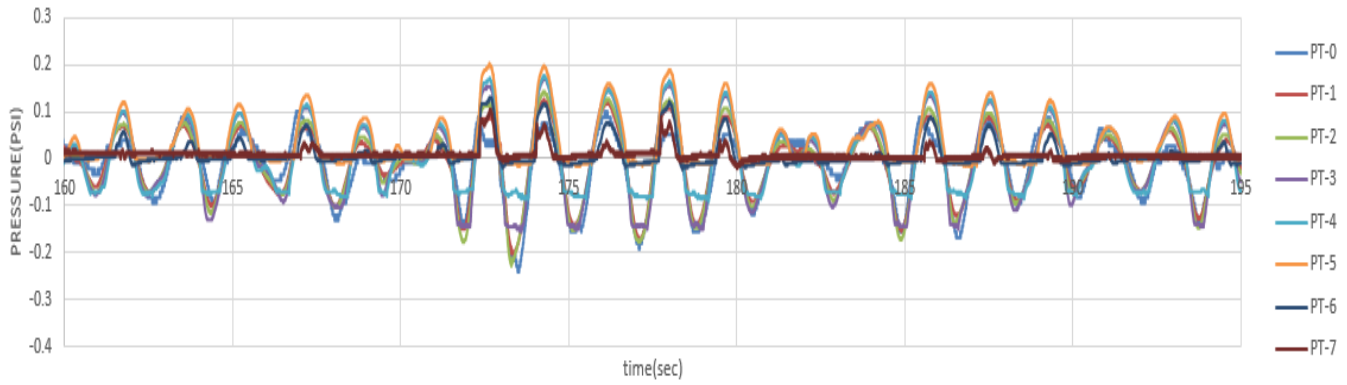


**Σχήμα 4.2.5.β- Λεπτομέρεια 2**



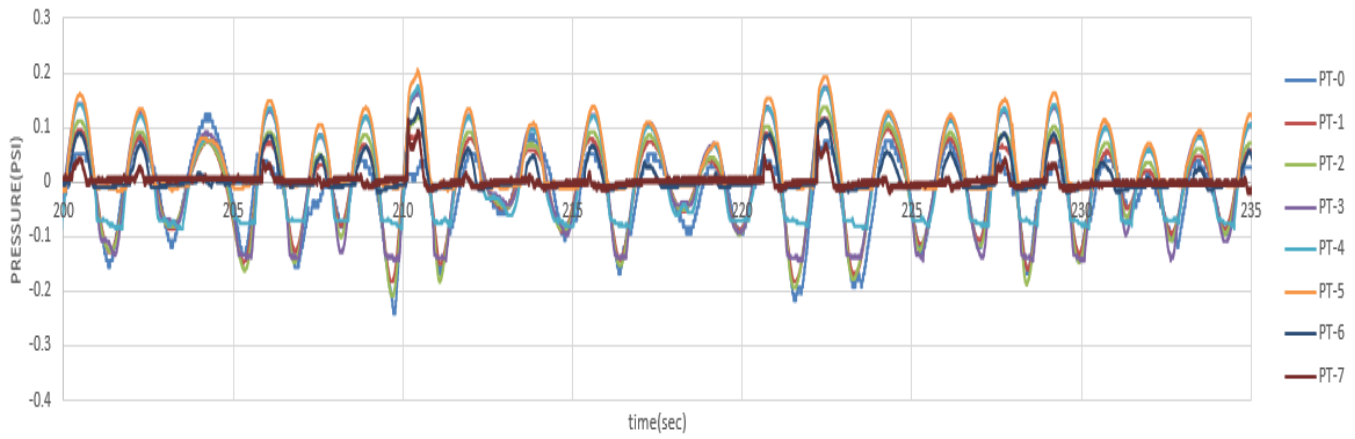
**Σχήμα 4.2.5.γ-Λεπτομέρεια 3**

ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: 1.1.3



**Σχήμα 4.2.5.δ- Λεπτομέρεια 4**

ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ: 1.1.4



**Σχήμα 4.2.5.ε- Λεπτομέρεια 5**

### 4.3 Μέγιστες, ελάχιστες και μέσες τιμές πιέσεων(υδροδυναμικές και υδροστατικές)

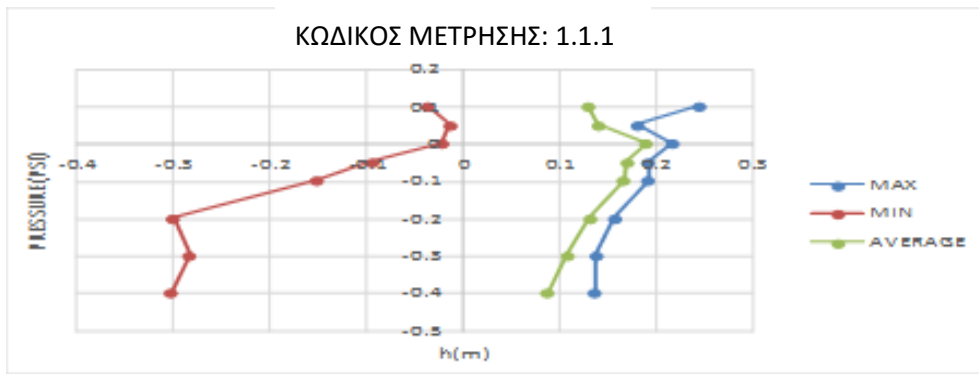
Για κάθε διατομή και θέση μετρήσεων έγιναν 215600 καταγραφές πίεσης (συχνότητα καταγραφής 600 Hz, διάρκεια 359 sec). Από τον πληθυσμό των 215600 τιμών πίεσης προέκυψαν τα παρακάτω μεγέθη:

maxp: μέγιστη τιμή

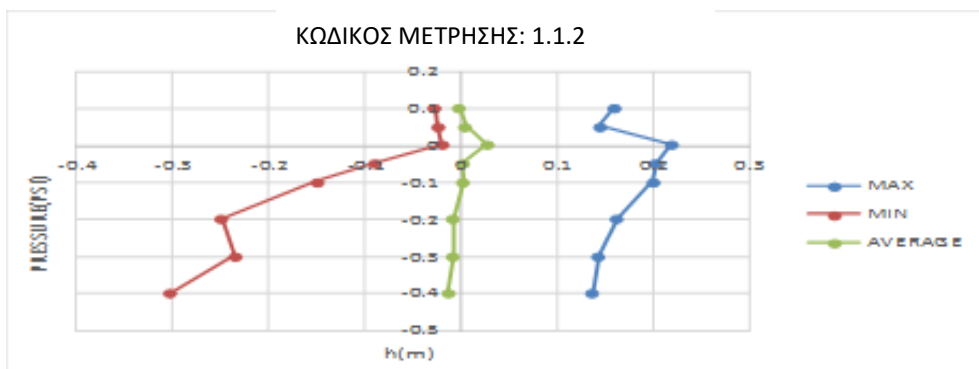
minp: ελάχιστη τιμή

average: μέση τιμή

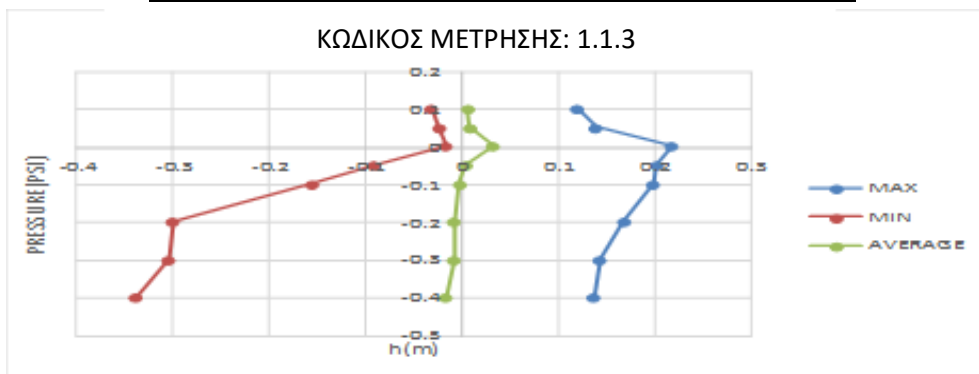
Στα σχήματα παρουσιάζονται οι κατανομές των υδροδυναμικών πιέσεων maxp, minp και  $\bar{p}$  στη μελετηθείσα διατομή από τις καταγραφές στις 8 θέσεις. (Στους πίνακες του παραρτήματος Δ) δίνονται οι τιμές των ανωτέρω αναφερομένων πιέσεων.



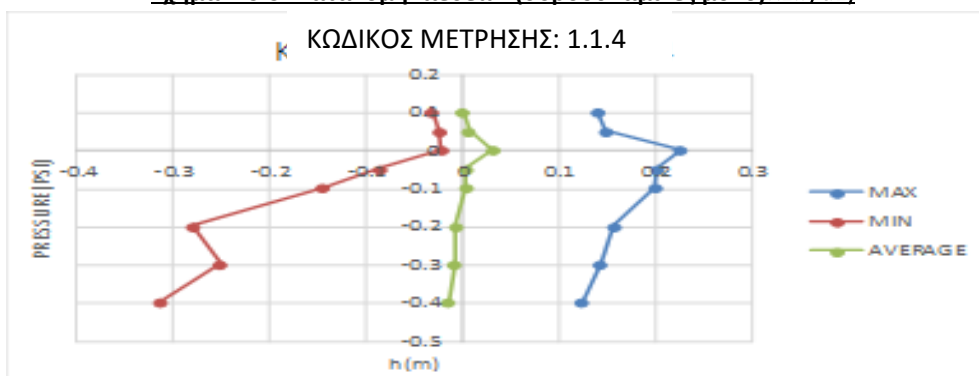
**Σχήμα 4.3.1-Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ1.Α/d1)**



**Σχήμα 4.3.2- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)Κ1.Β/d1)**



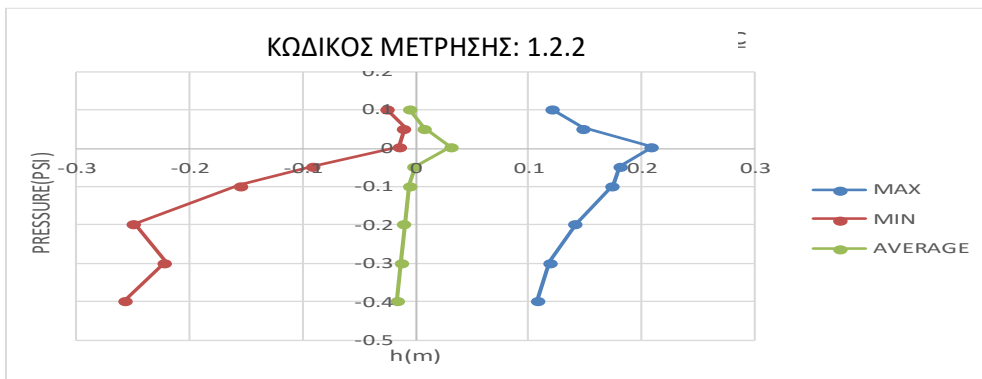
**Σχήμα 4.3.3- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)Κ1.Γ/d1)**



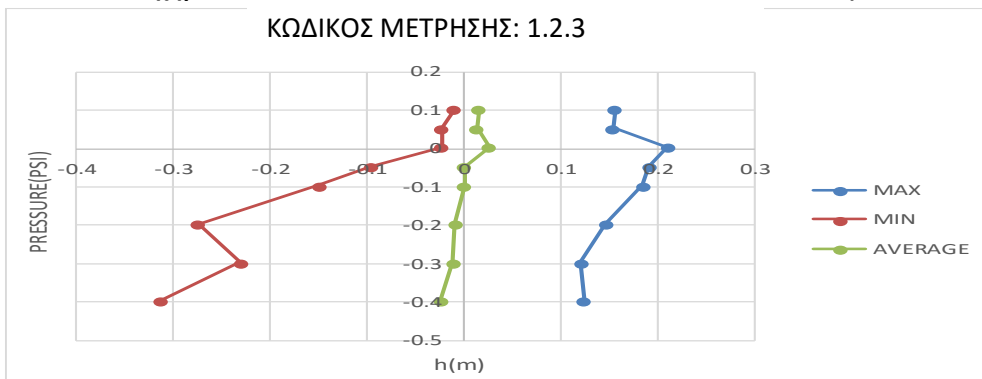
**Σχήμα 4.3.4-Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ1.Δ/d1)**



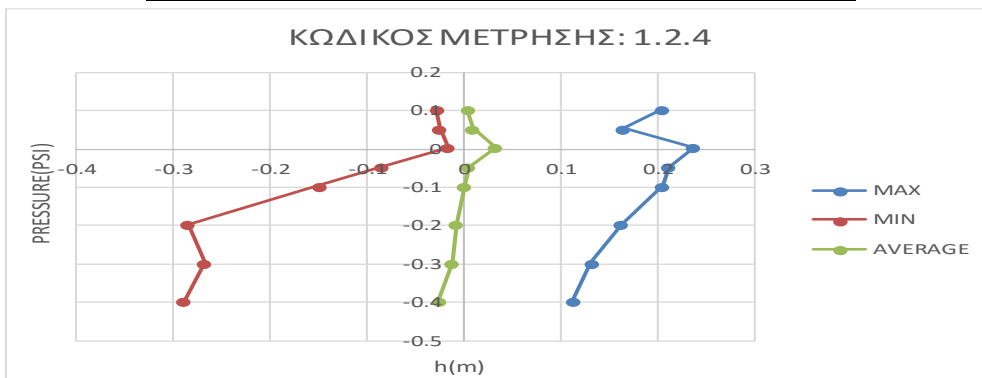
**Σχήμα 4.3.5-Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο) (Κ2.Α/d1)**



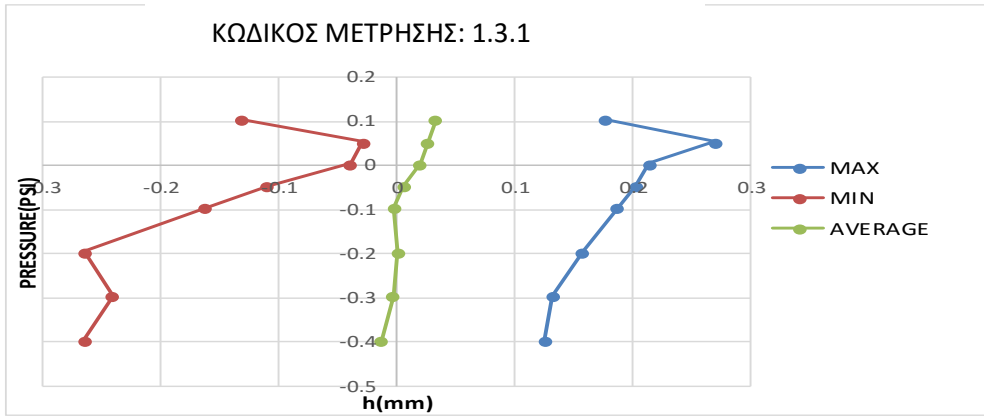
**Σχήμα 4.3.6- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)Κ2.Β/d1)**



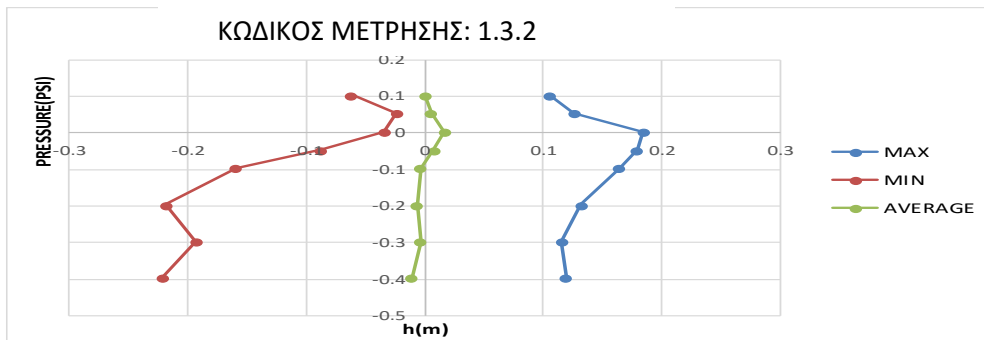
**Σχήμα 4.3.7- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)Κ2.Γ/d1)**



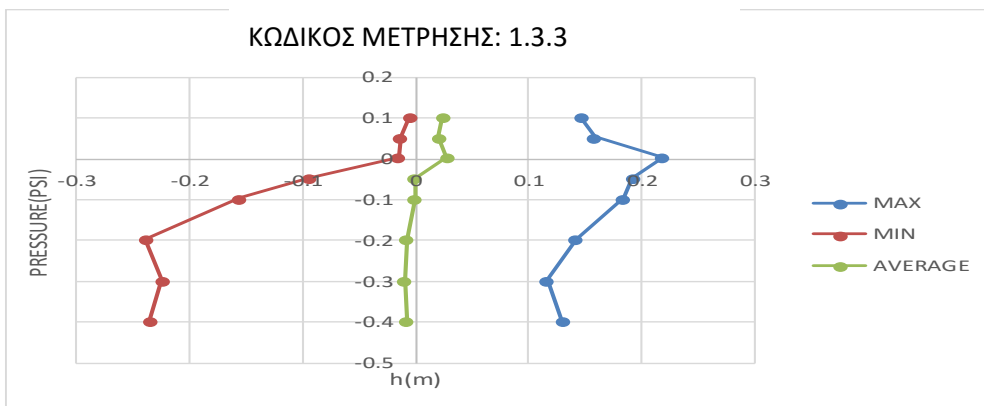
**Σχήμα 4.3.8- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ2.Δ/d1)**



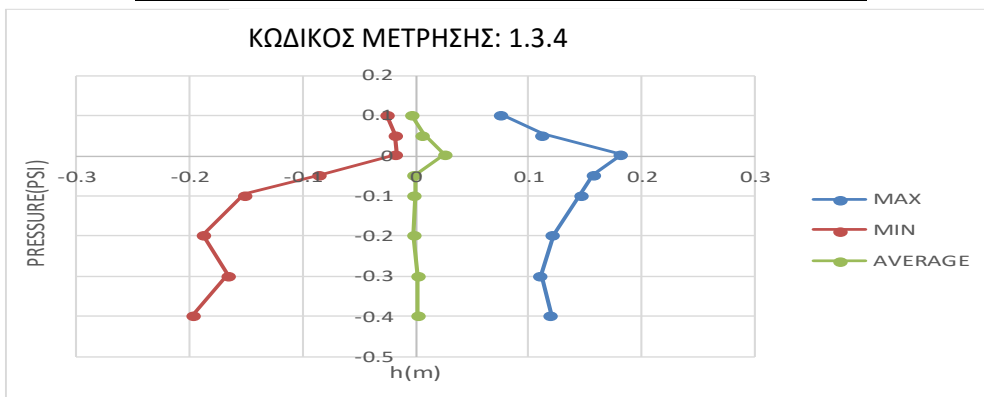
**Σχήμα 4.3.9- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ3.Α/d1)**



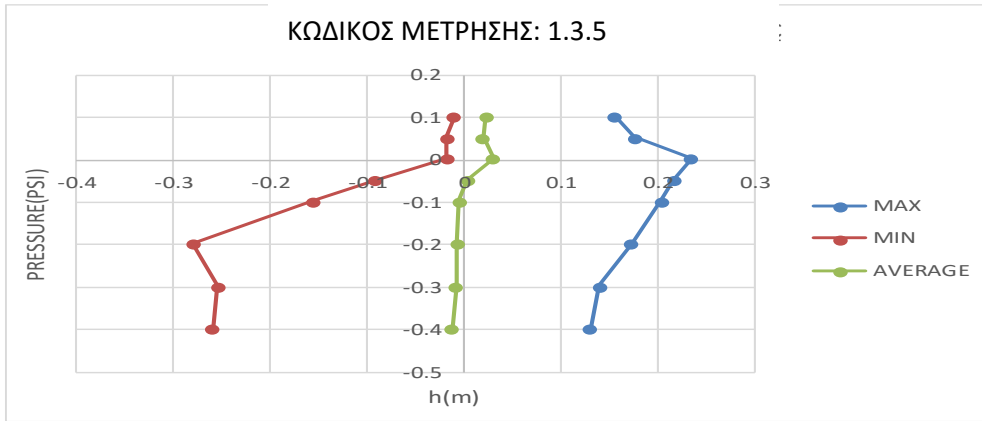
**Σχήμα 4.3.10- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ3.Β/d1)**



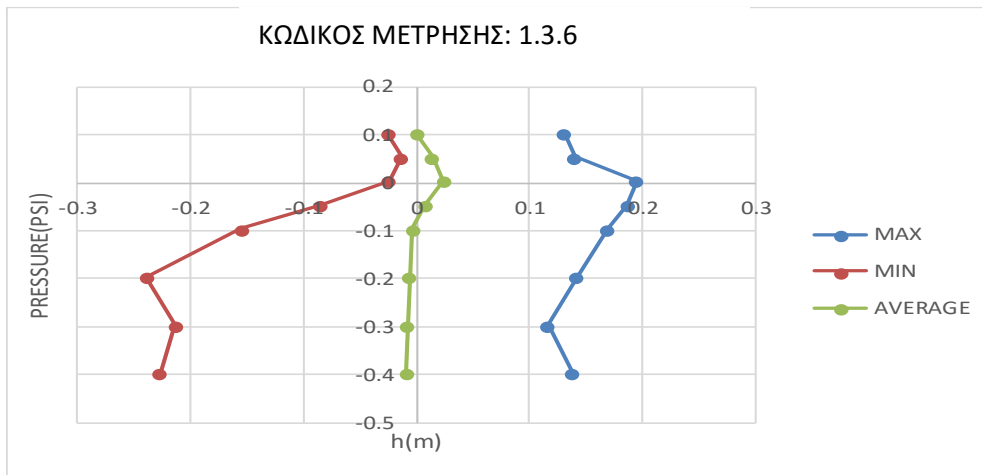
**Σχήμα 4.3.11- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ3.Γ/d1)**



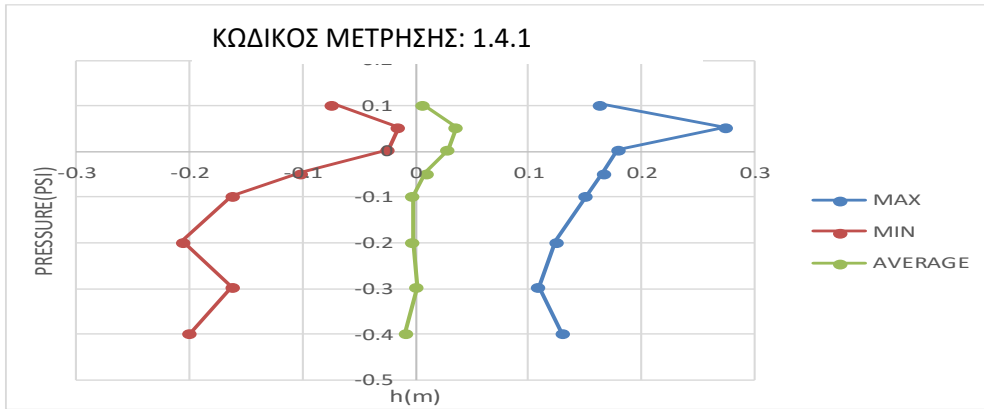
**Σχήμα 4.3.12-Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ3.Δ/d1)**



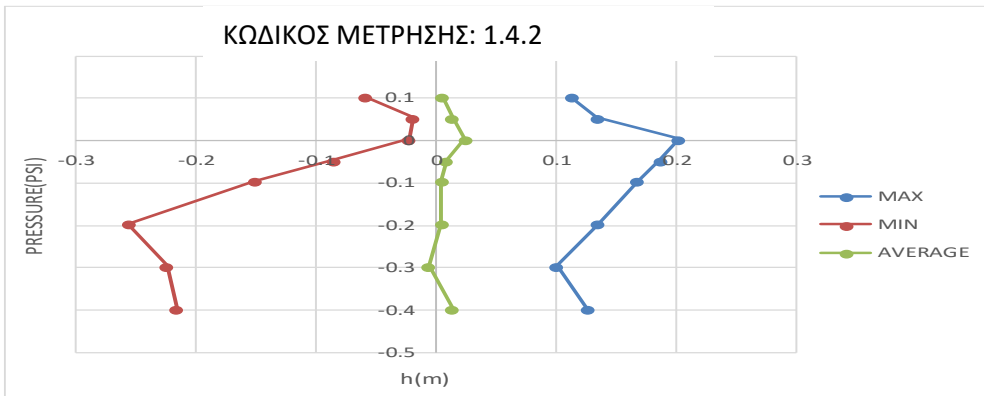
**Σχήμα 4.3.13- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ3.Ε/d1)**



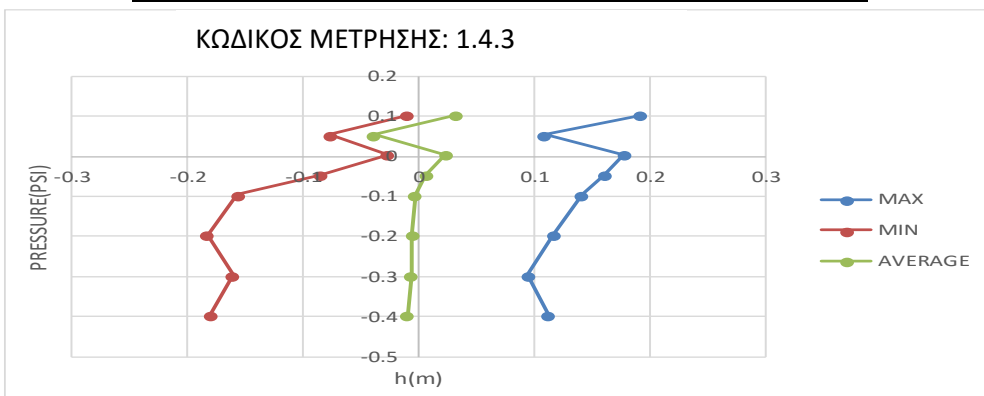
**Σχήμα 4.3.14-Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ3.Ζ/d1)**



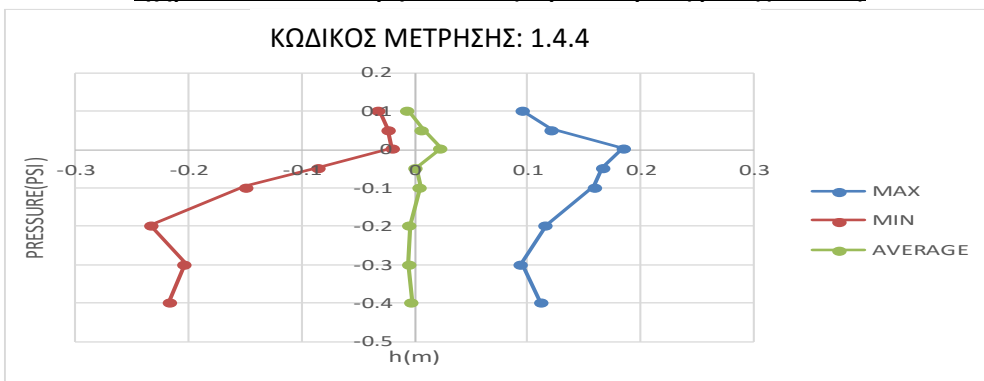
**Σχήμα 4.3.15-Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ4.Α/d1)**



**Σχήμα 4.3.16- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ4.Β/d1)**

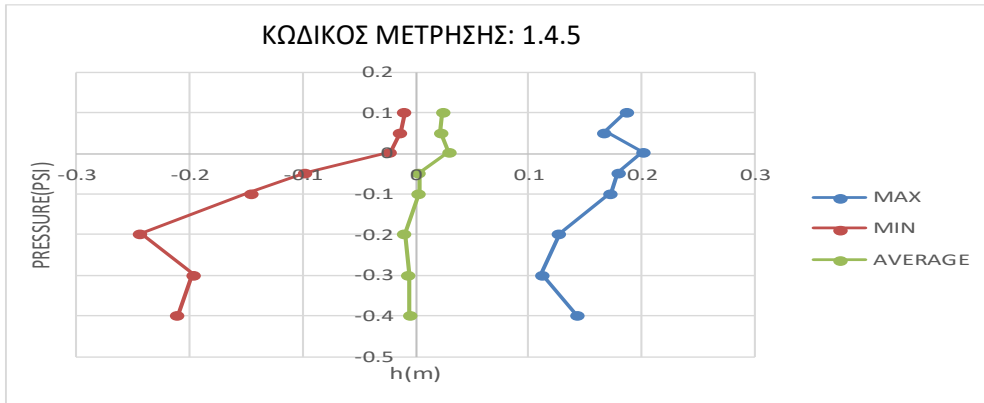


**Σχήμα 4.3.17- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ4.Γ/d1)**

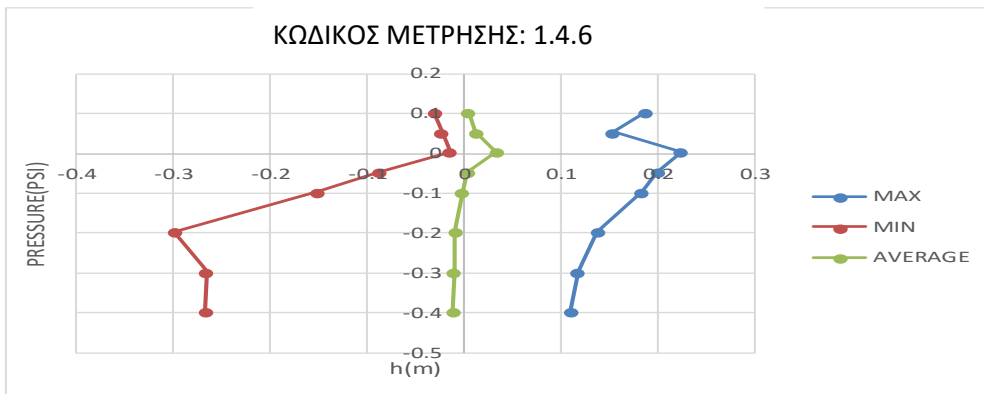


**Σχήμα 4.3.18- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ4.Δ/d1)**

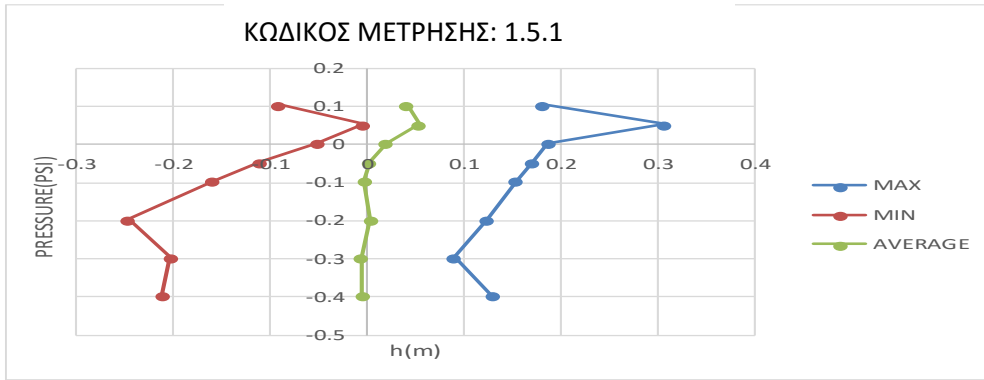




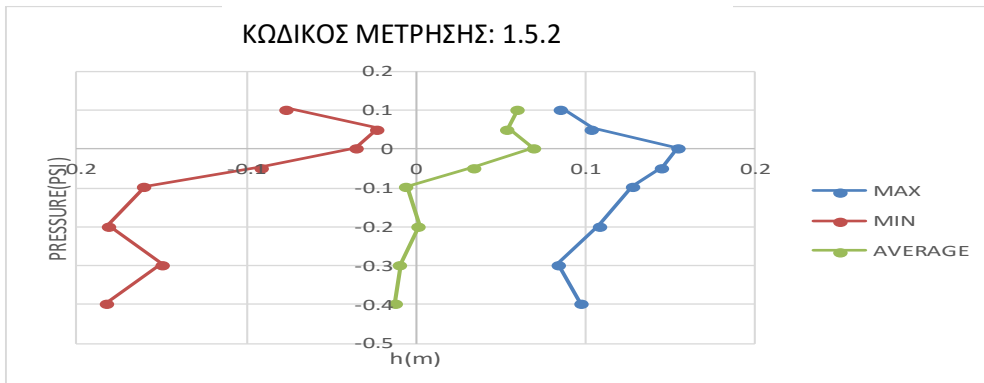
**Σχήμα 4.3.19-Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ4.Ε/d1)**



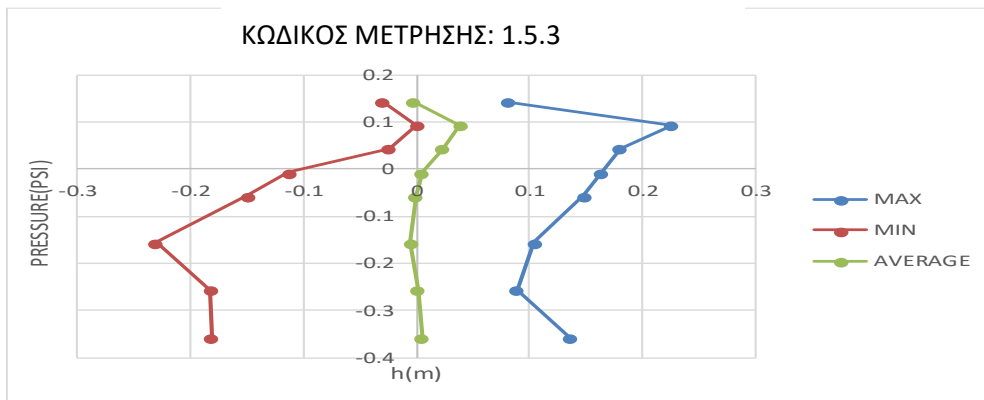
**Σχήμα 4.3.20- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ4.Ζ/d1)**



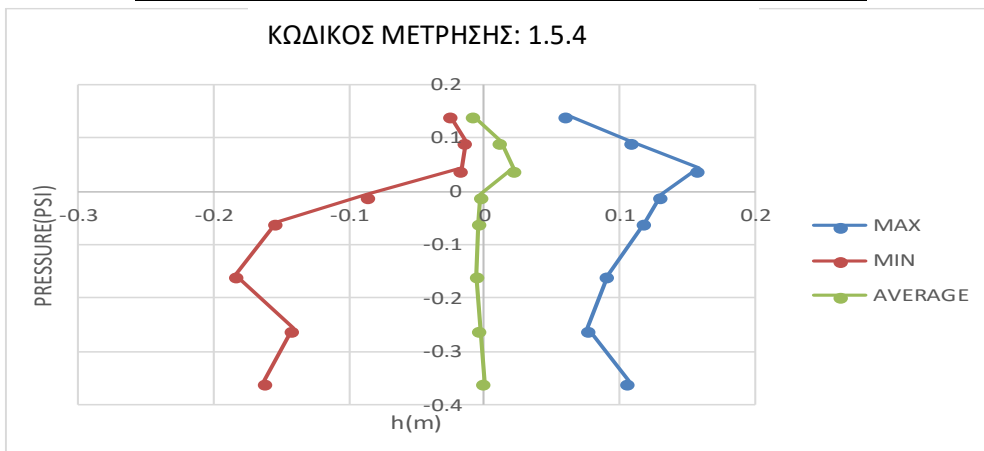
**Σχήμα 4.3.21- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ5.Α/d1)**



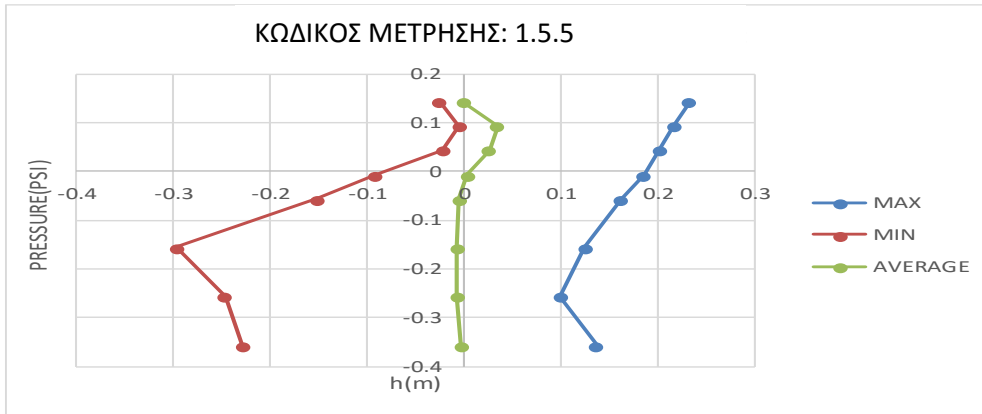
**Σχήμα 4.3.22- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ5.Β/d1)**



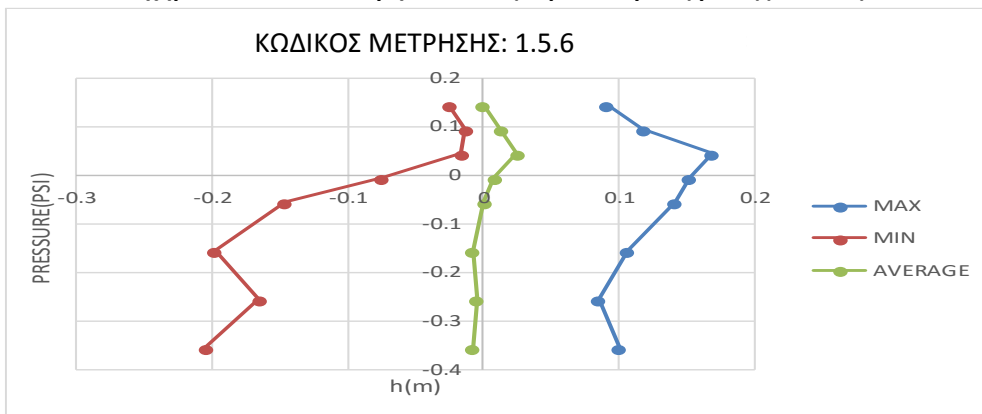
**Σχήμα 4.3.23- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ5.Γ/d1)**



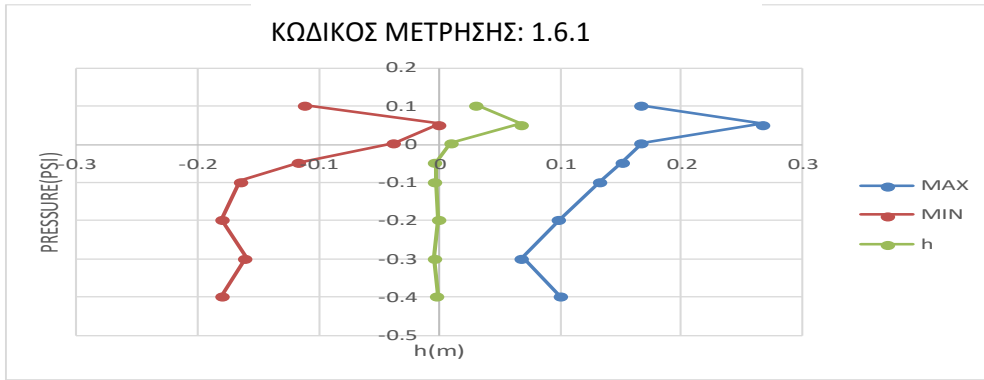
**Σχήμα 4.3.24- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ5.Δ/d1)**



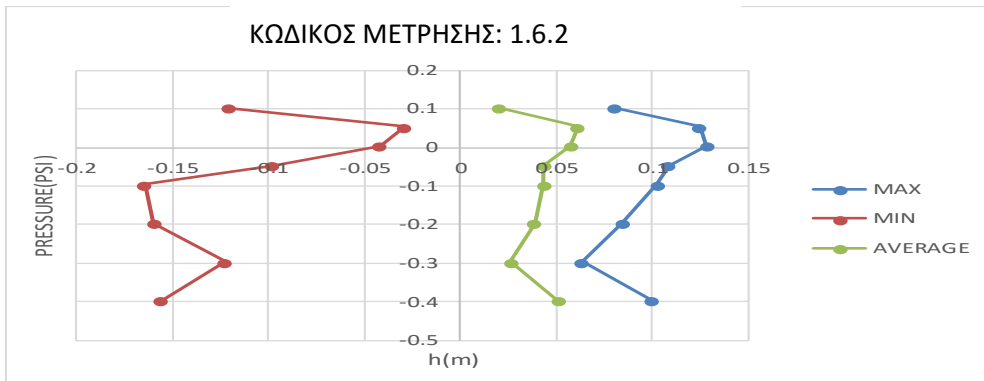
**Σχήμα 4.3.25- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ5.Ε/d1)**



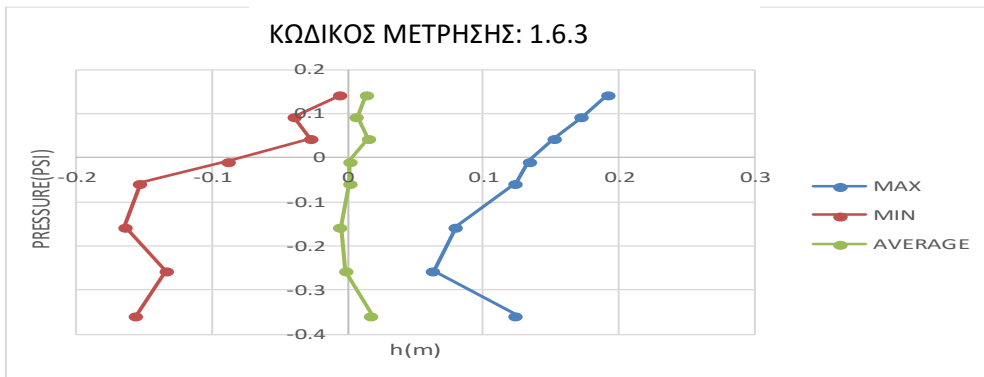
**Σχήμα 4.3.26- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ5.Ζ/d1)**



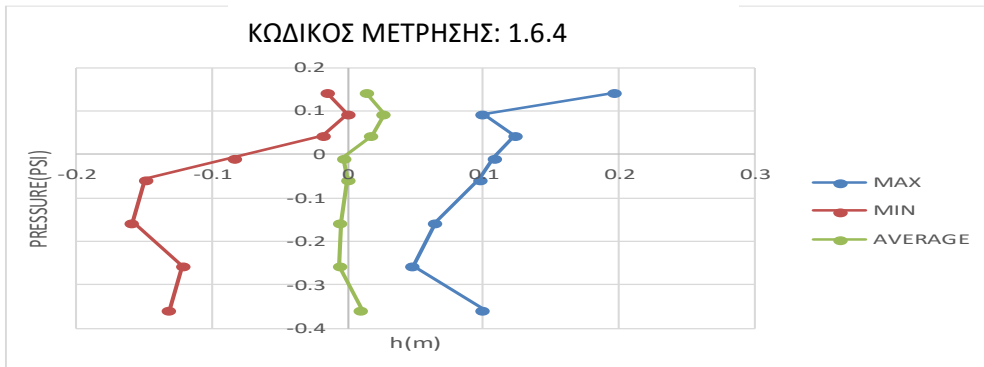
**Σχήμα 4.3.27- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ6.Α/d1)**



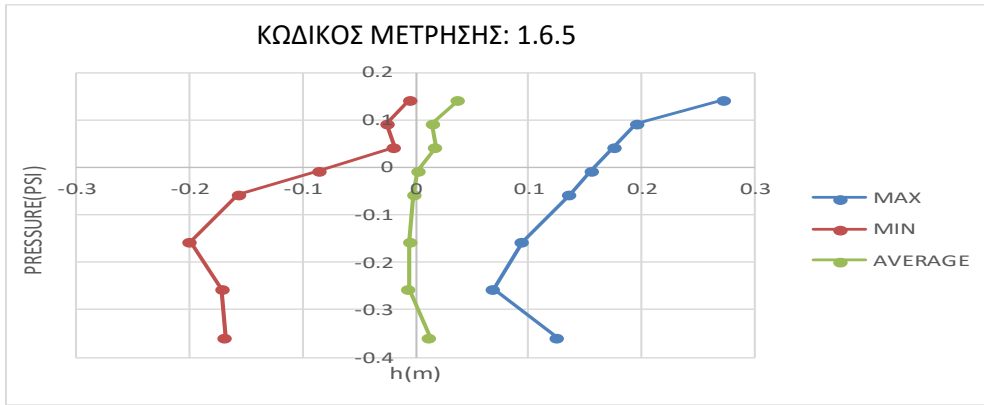
**Σχήμα 4.3.28- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ6.Β/d1)**



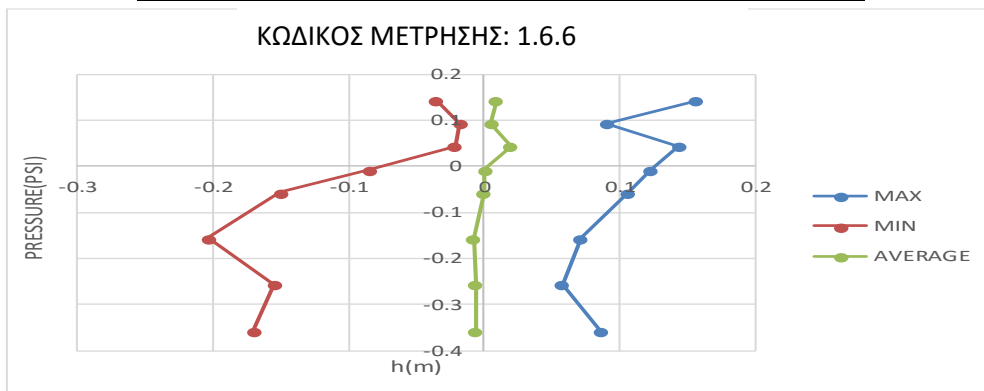
**Σχήμα 4.3.29- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ6.Γ/d1)**



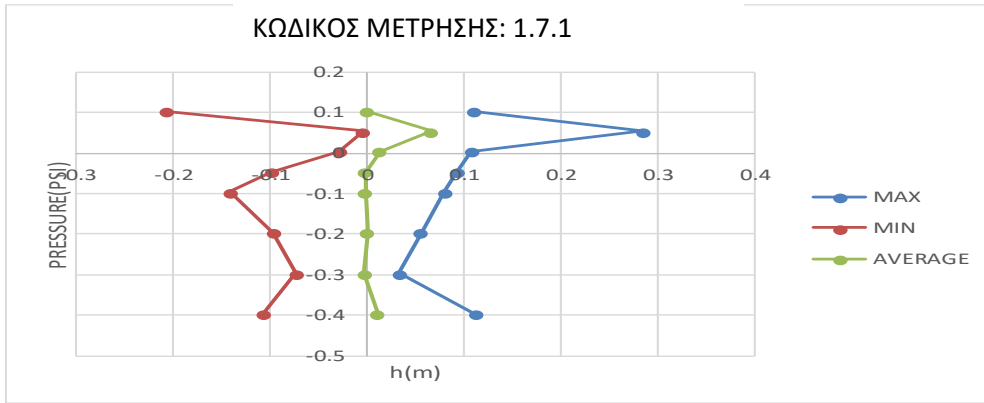
**Σχήμα 4.3.30-Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ6.Δ/d1)**



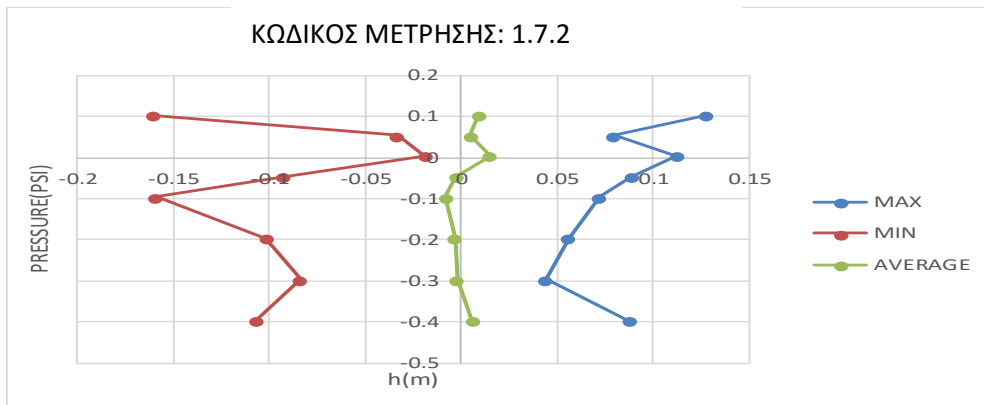
**Σχήμα 4.3.31-Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ6.Ε/d1)**



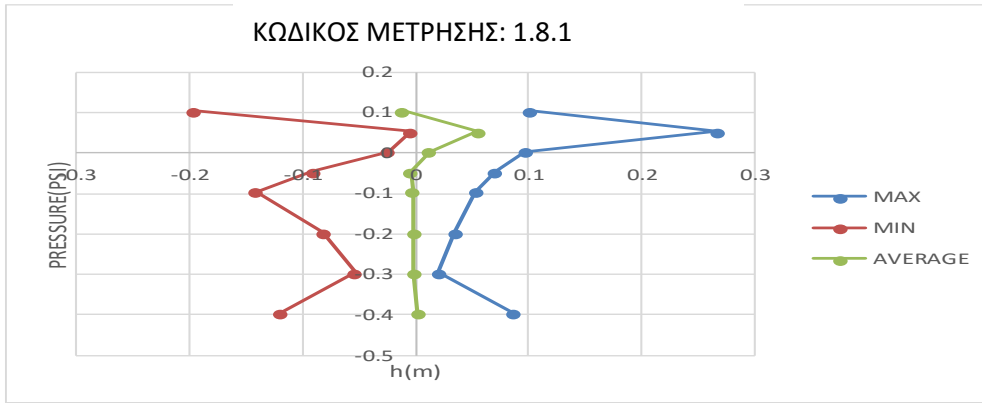
**Σχήμα 4.3.32- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ6.Ζ/d1)**



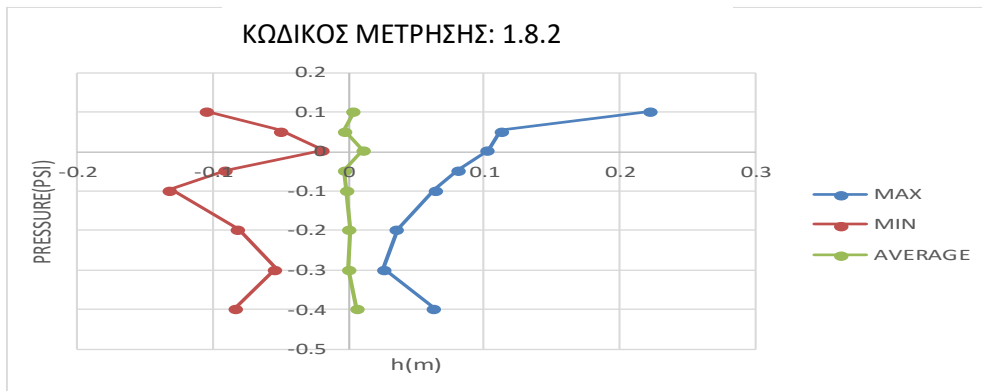
**Σχήμα 4.3.33- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ7.Α/d1)**



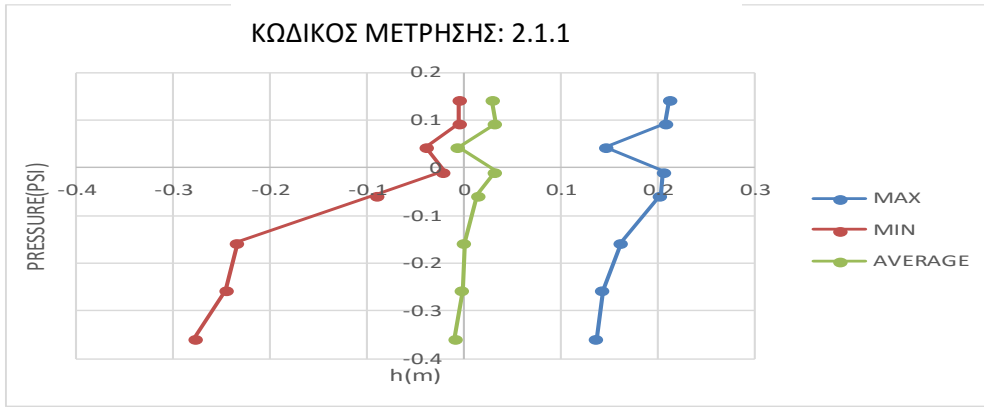
**Σχήμα 4.3.34- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ7.Β/d1)**



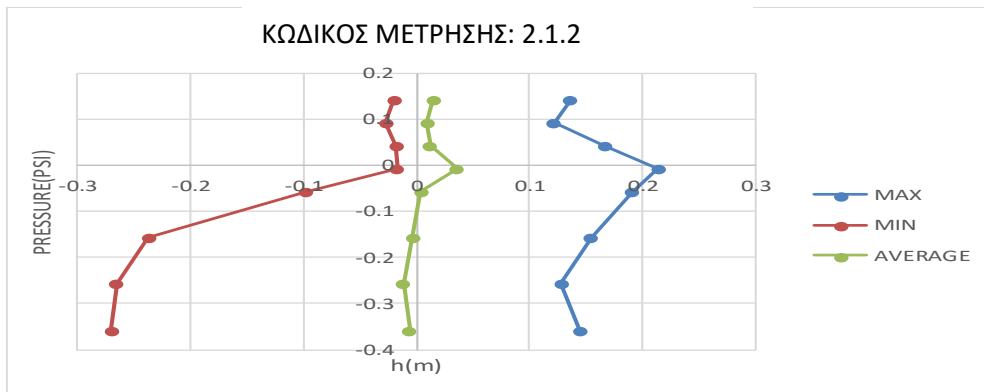
**Σχήμα 4.3.35- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ8.A/d1)**



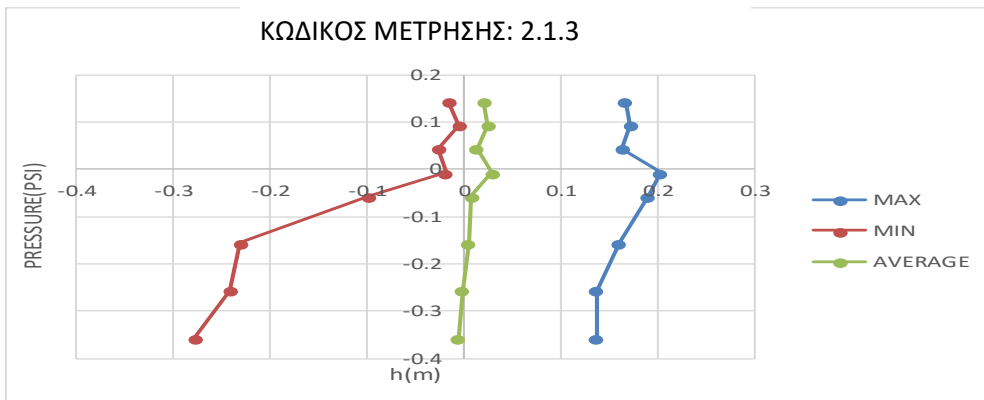
**Σχήμα 4.3.36- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ8.B/d1)**



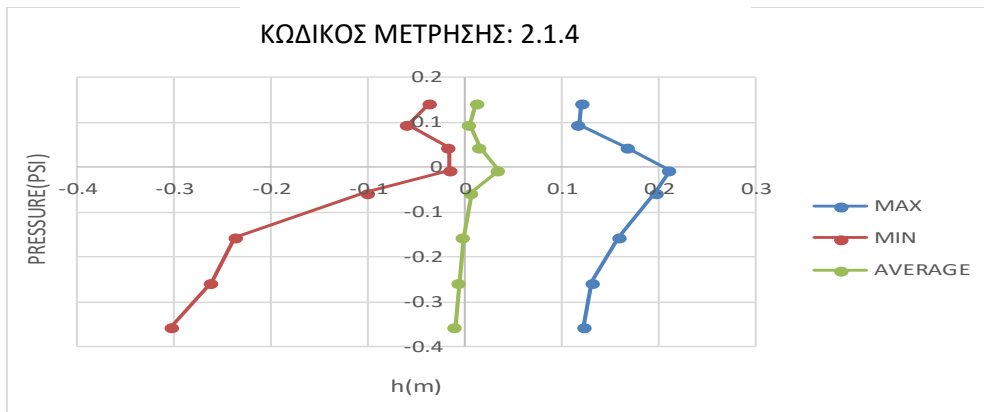
**Σχήμα 4.3.37- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ1.Α/d2)**



**Σχήμα 4.3.38- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ1.Β/d2)**

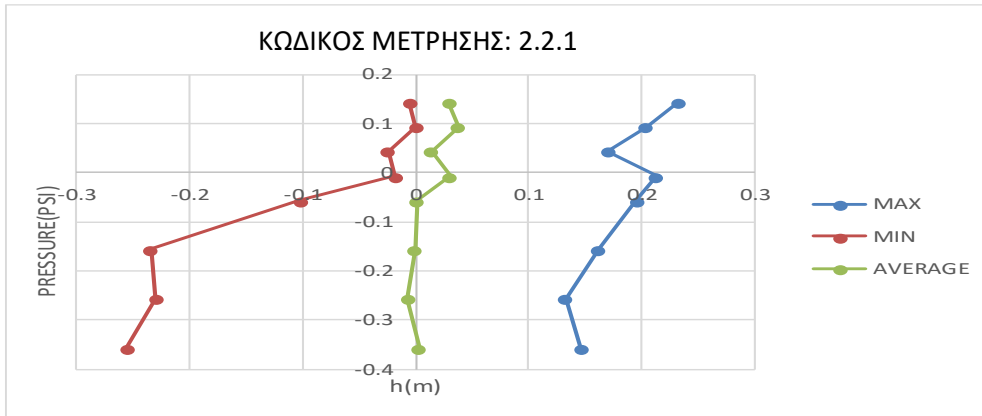


**Σχήμα 4.3.39- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ1.Γ/d2)**

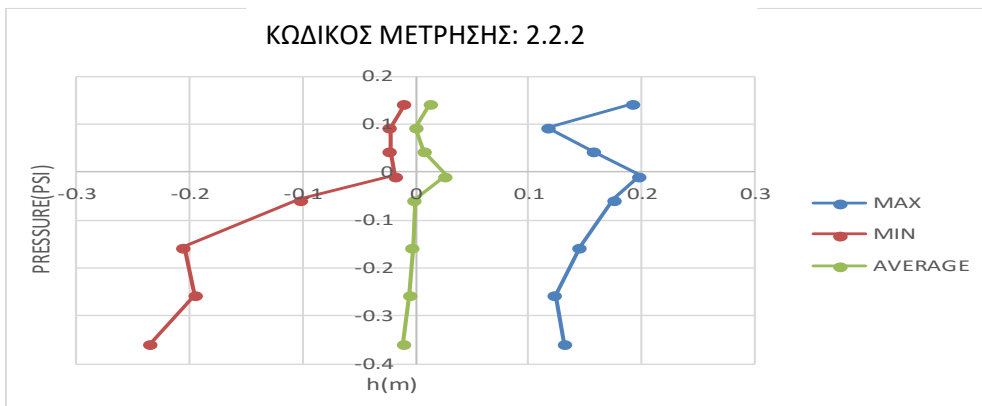


**Σχήμα 4.3.40- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ1.Δ/d2)**

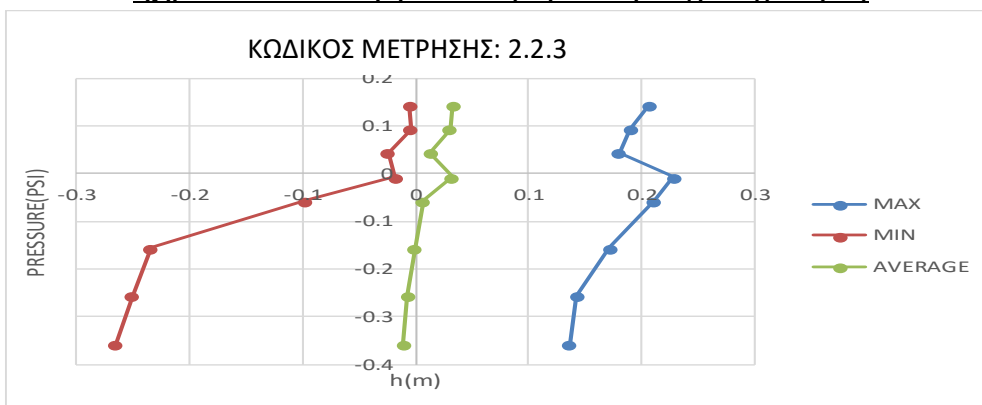




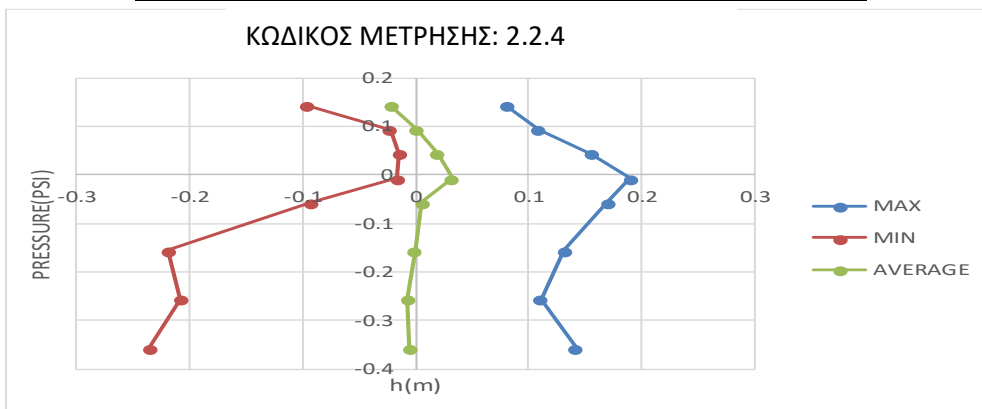
**Σχήμα 4.3.41- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ2.Α/d2)**



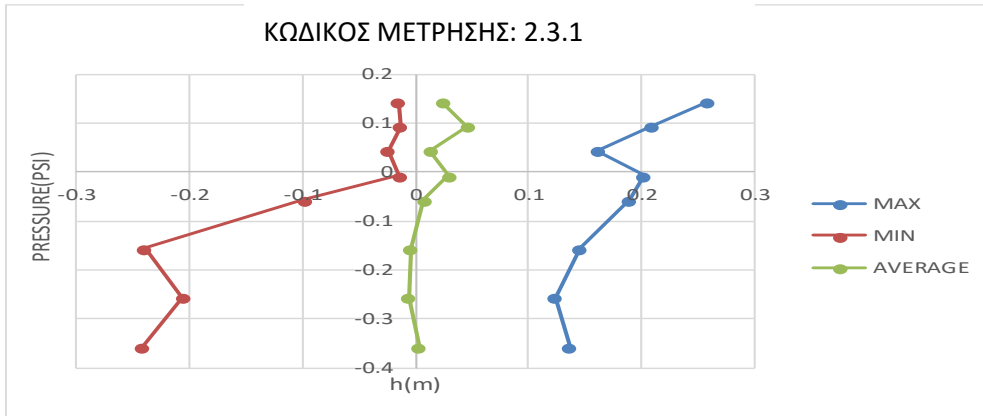
**Σχήμα 4.3.42- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ2.Β/d2)**



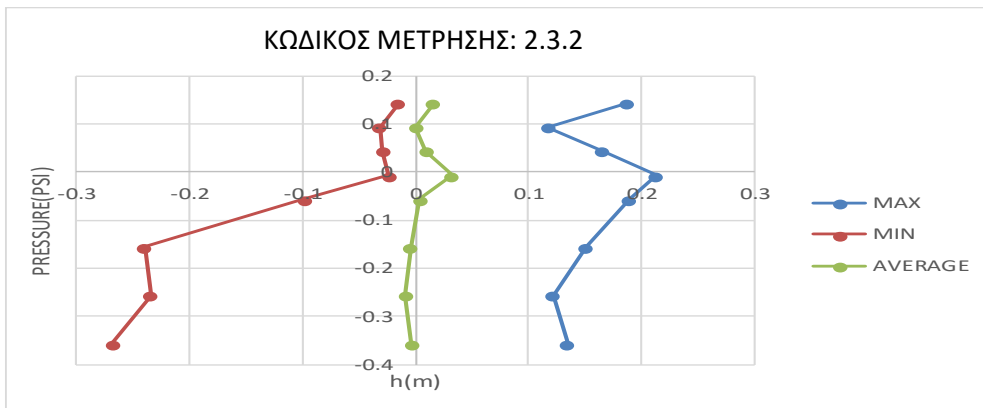
**Σχήμα 4.3.43- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ2.Γ/d2)**



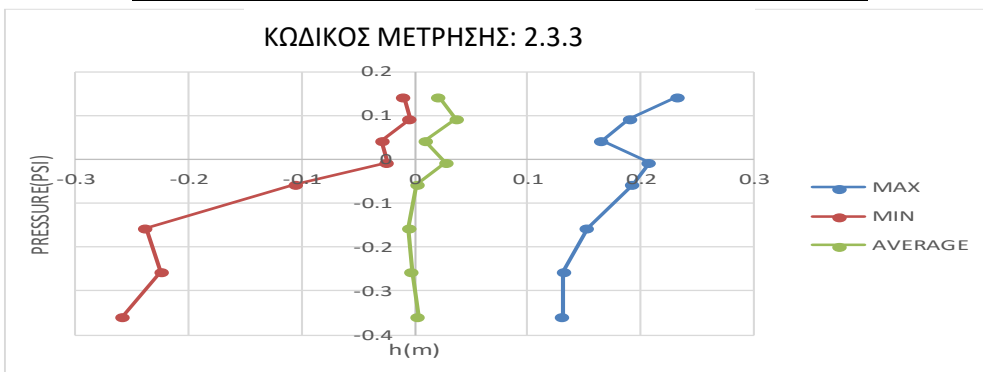
**Σχήμα 4.3.44- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ2.Δ/d2)**



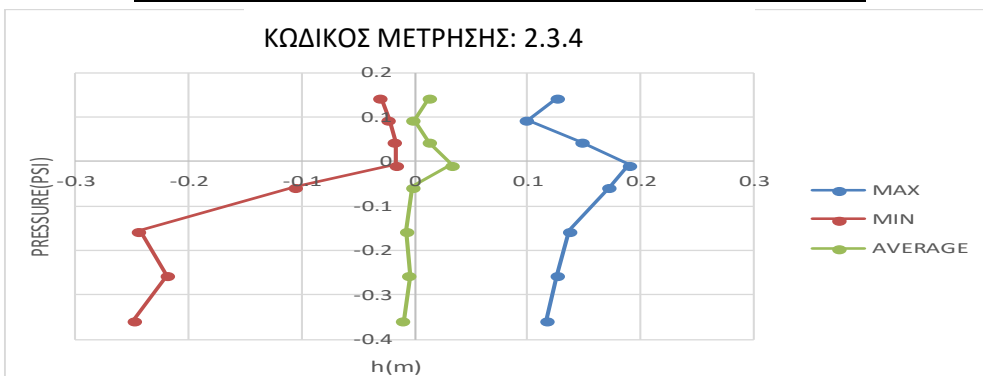
**Σχήμα 4.3.45- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ3.Α/d2)**



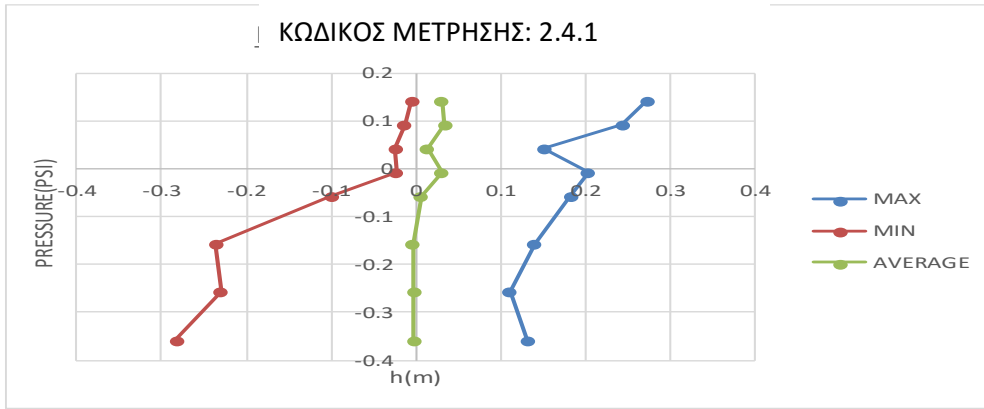
**Σχήμα 4.3.46- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ3.Β/d2)**



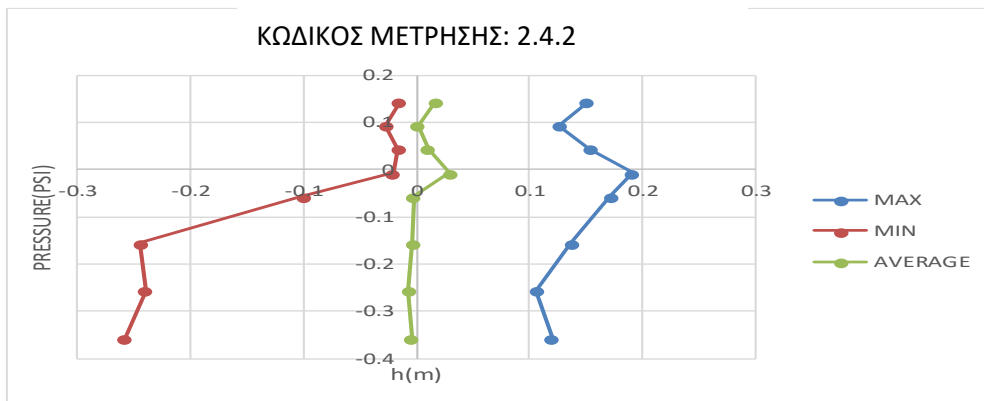
**Σχήμα 4.3.47- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ3.Γ/d2)**



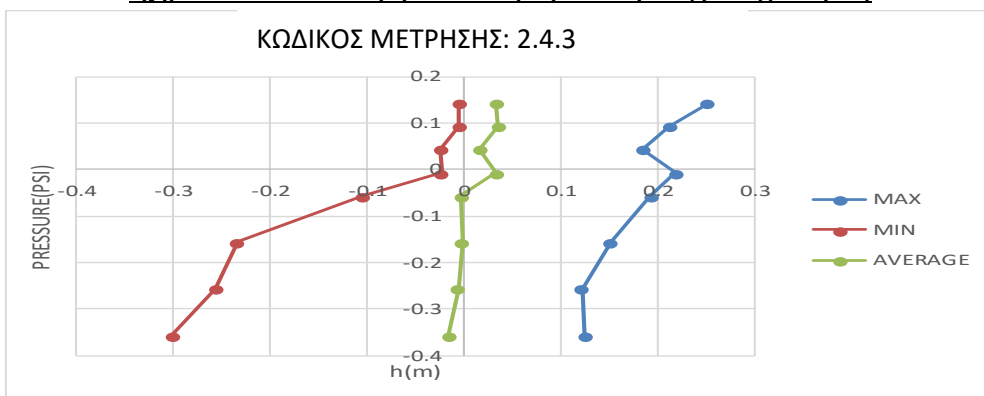
**Σχήμα 4.3.48- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ3.Δ/d2)**



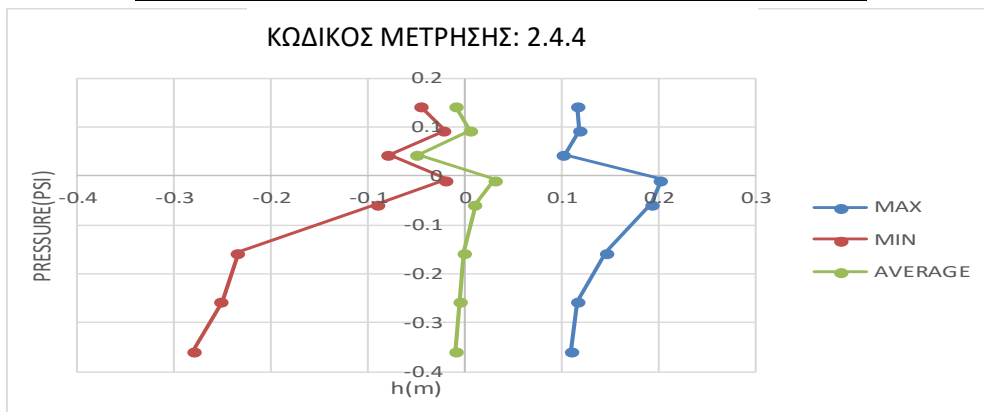
**Σχήμα 4.3.49- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ4.Α/d2)**



**Σχήμα 4.3.50.- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ4.Β/d2)**

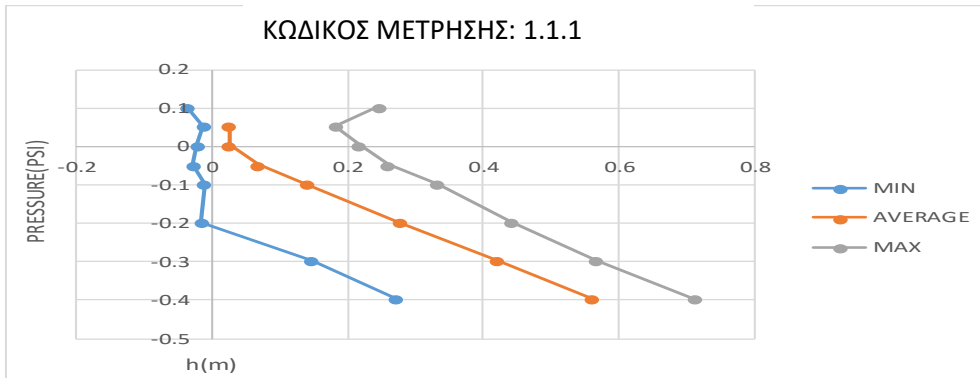


**Σχήμα 4.3.51- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ4.Γ/d2)**

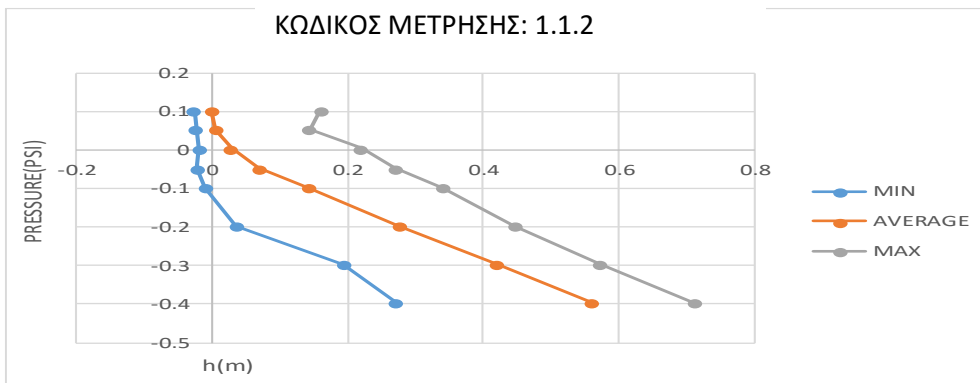


**Σχήμα 4.3.52- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές μόνο)(Κ4.Δ/d2)**

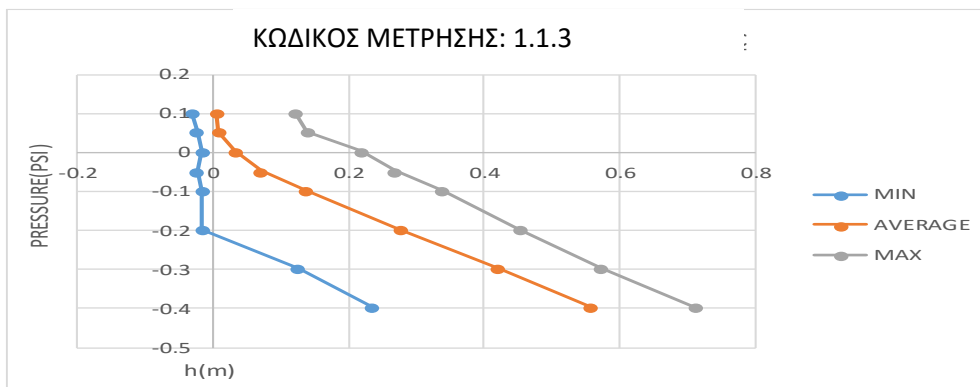
## 4.4 Μέγιστες, ελάχιστες και μέσες τιμές πιέσεων(υδροδυναμικές και υδροστατικές )



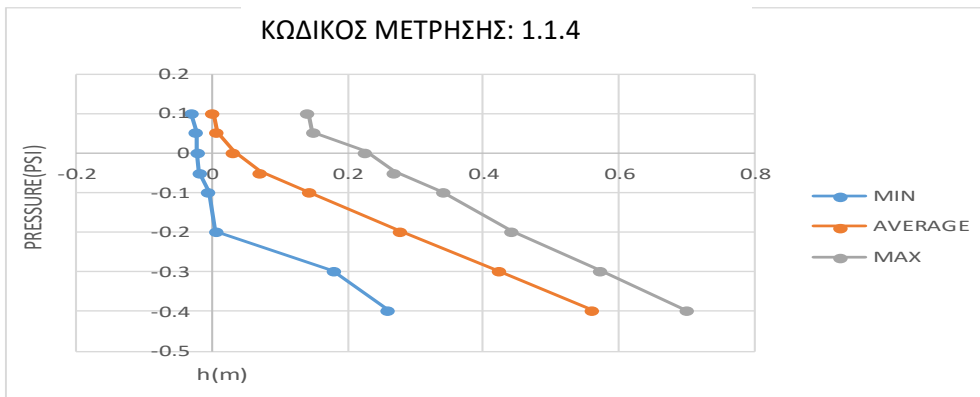
**Σχήμα 4.4.1- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ1.Α/d1)**



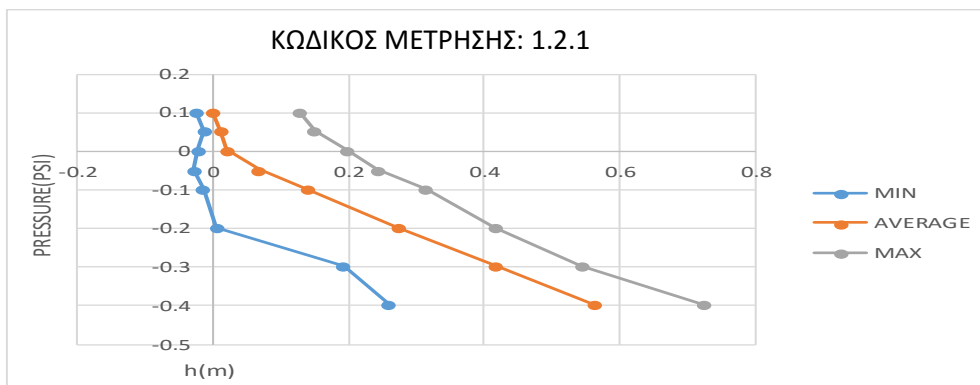
**Σχήμα 4.4.2- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ1.Β/d1)**



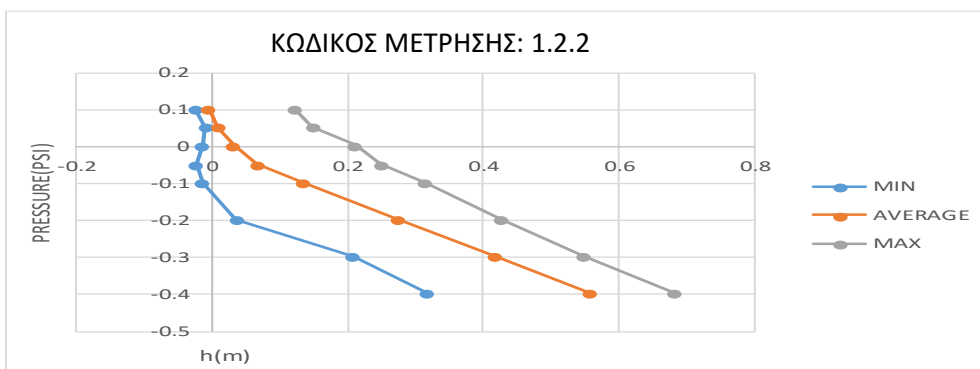
**Σχήμα 4.4.3- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ1.Γ/d1)**



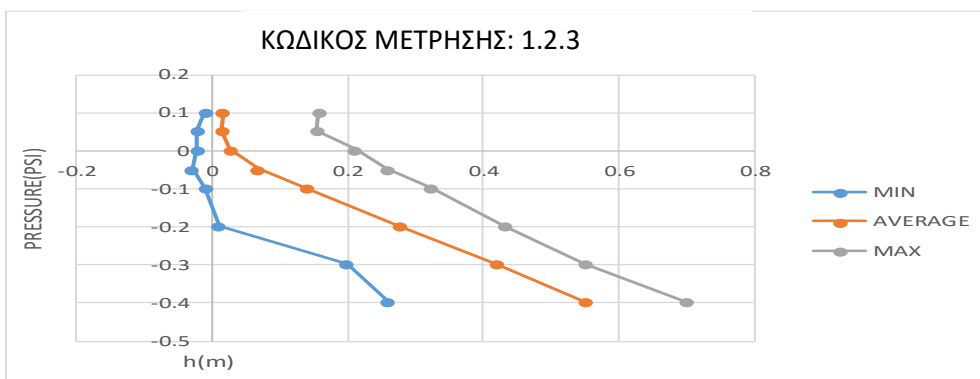
**Σχήμα 4.4.4- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ1.Δ/d1)**



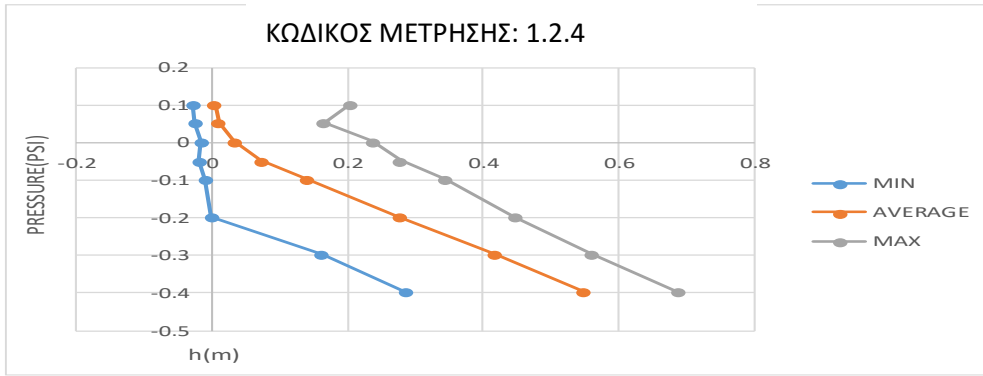
**Σχήμα 4.4.5- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ2.Α/d1)**



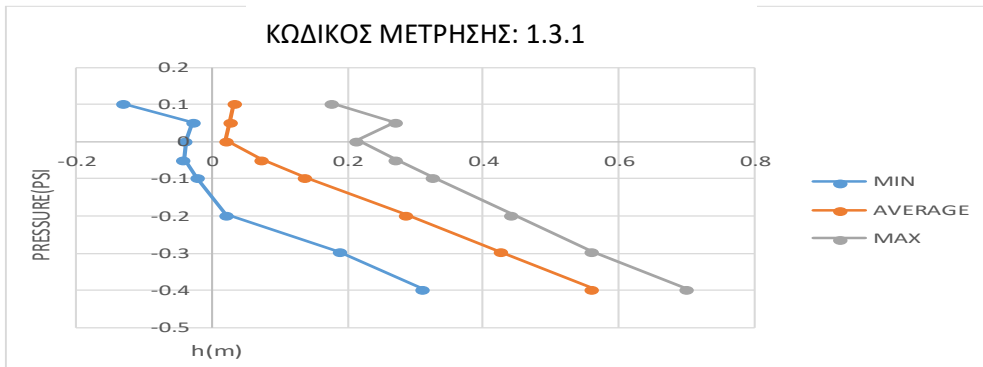
**Σχήμα 4.4.6- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ2.Β/d1)**



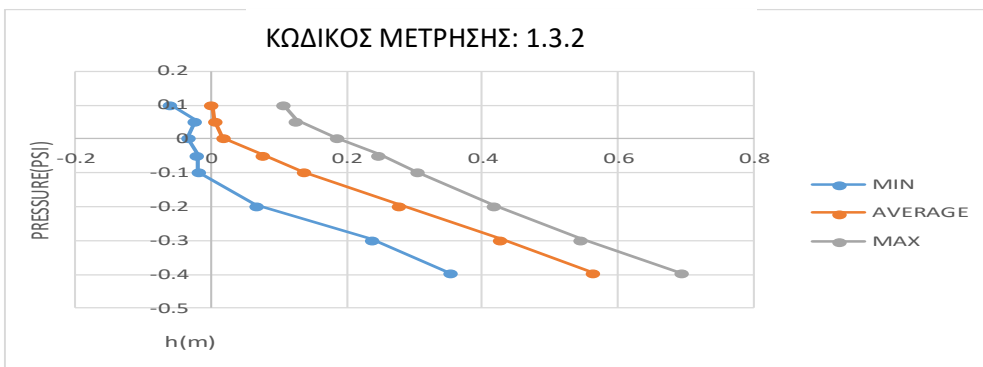
**Σχήμα 4.4.7- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ2.Γ/d1)**



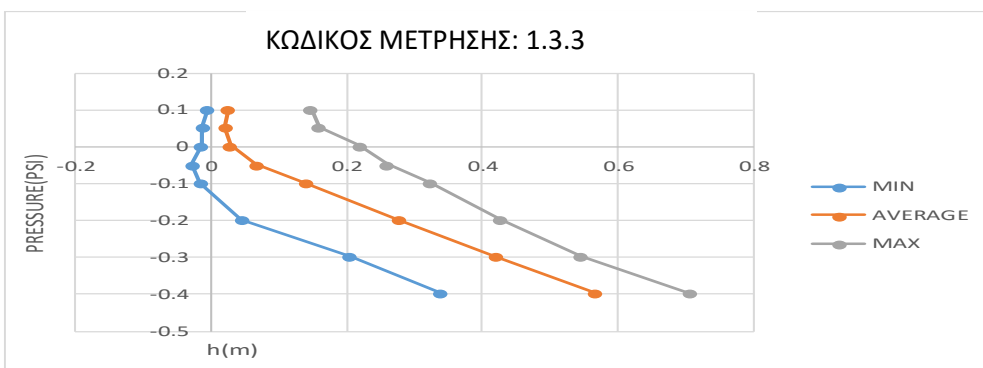
**Σχήμα 4.4.8- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ2.Δ/d1)**



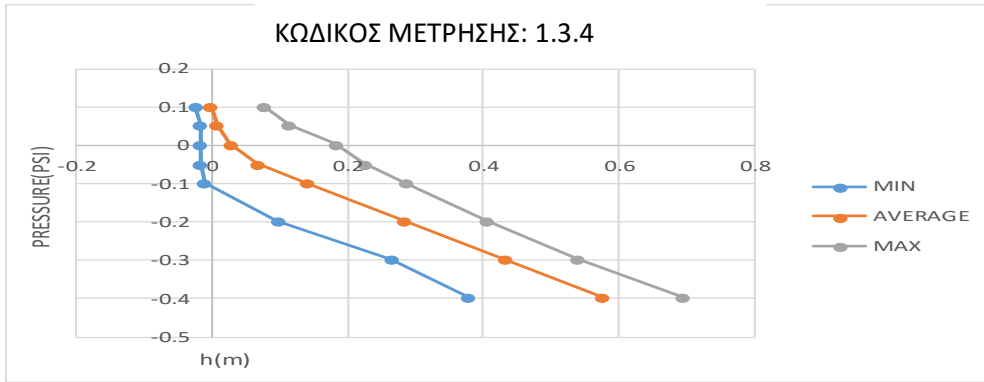
**Σχήμα 4.4.9- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ3.Α/d1)**



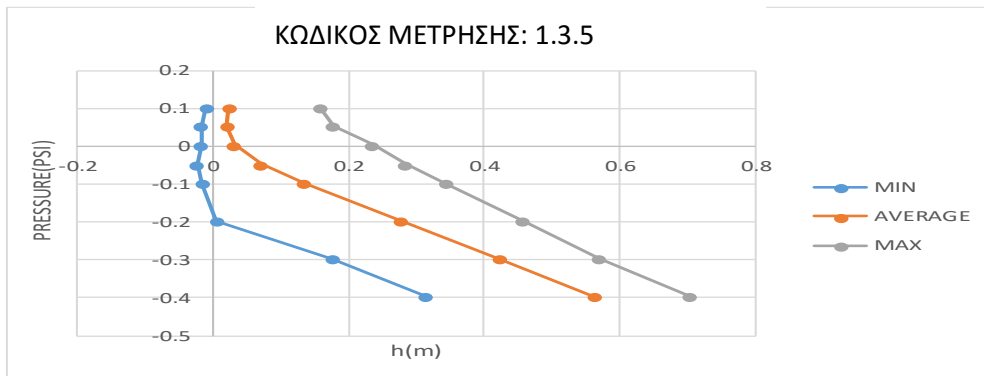
**Σχήμα 4.4.10- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ3.Β/d1)**



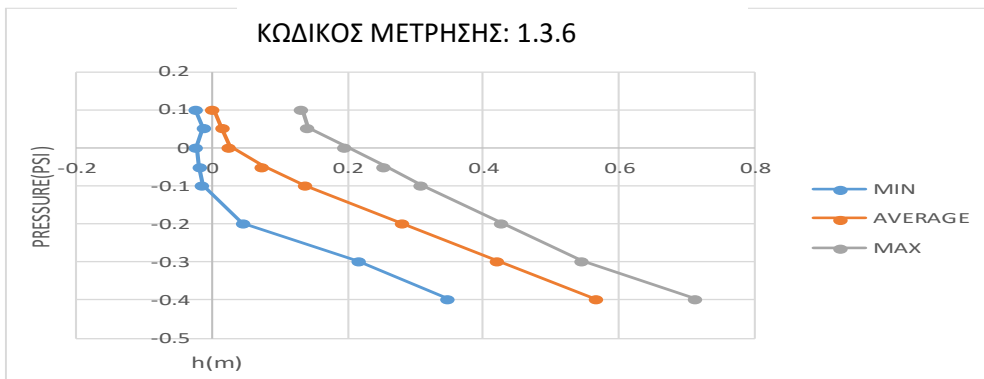
**Σχήμα 4.4.11- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ3.Γ/d1)**



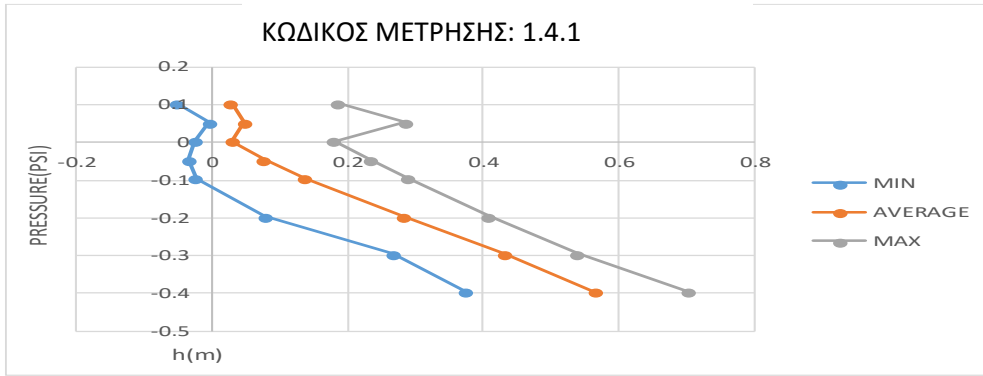
**Σχήμα 4.4.12- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ3.Δ/d1)**



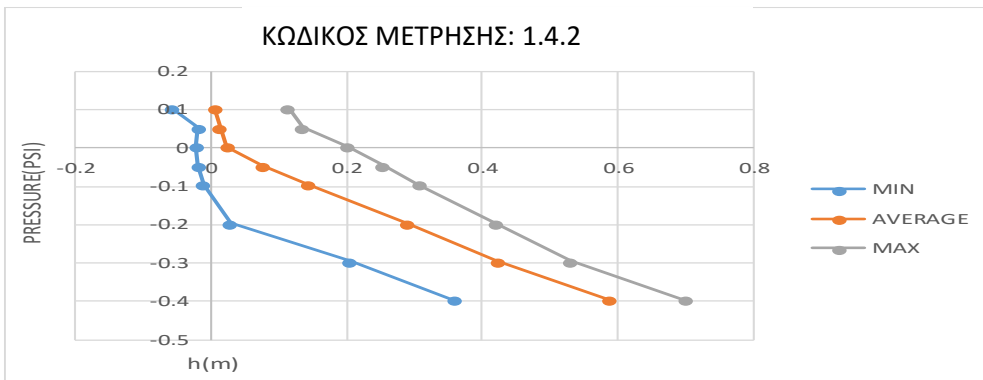
**Σχήμα 4.4.13 1- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ3.Ε/d1)**



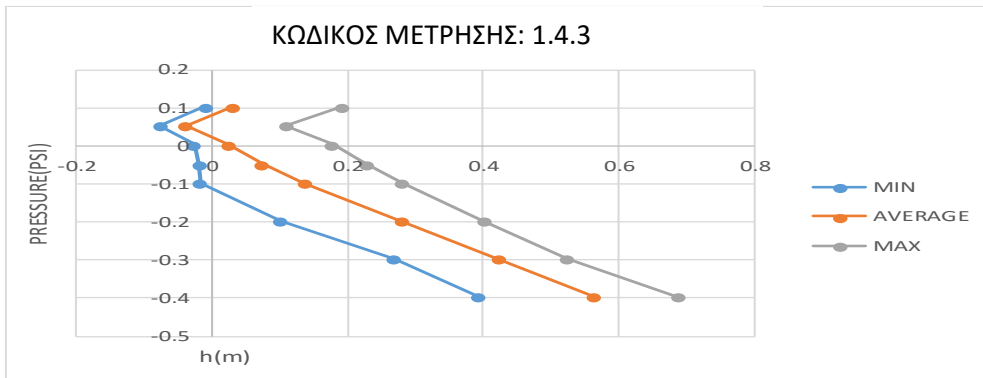
**Σχήμα 4.4.14- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ3.Ζ/d1)**



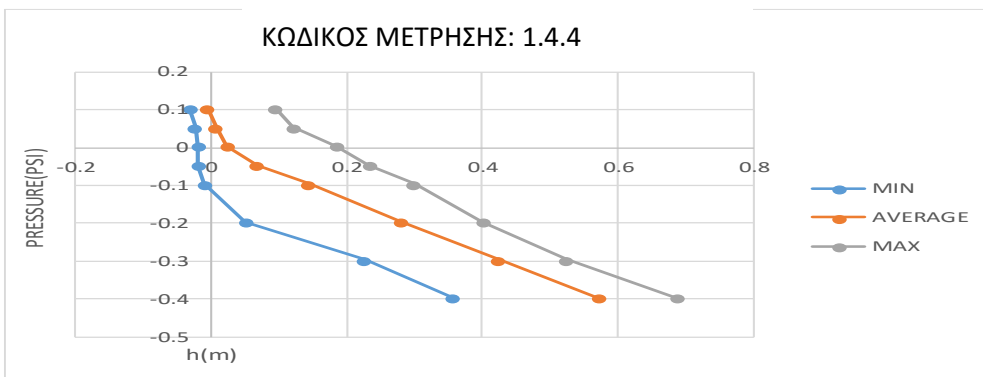
**Σχήμα4.4.15- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ4.Α/d1)**



**Σχήμα4.4.16- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ4.Β/d1)**

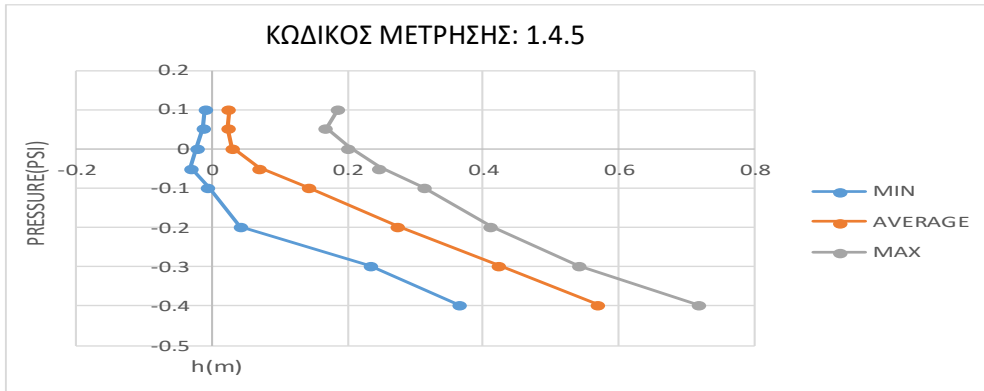


**Σχήμα4.4.17- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ4.Γ/d1)**

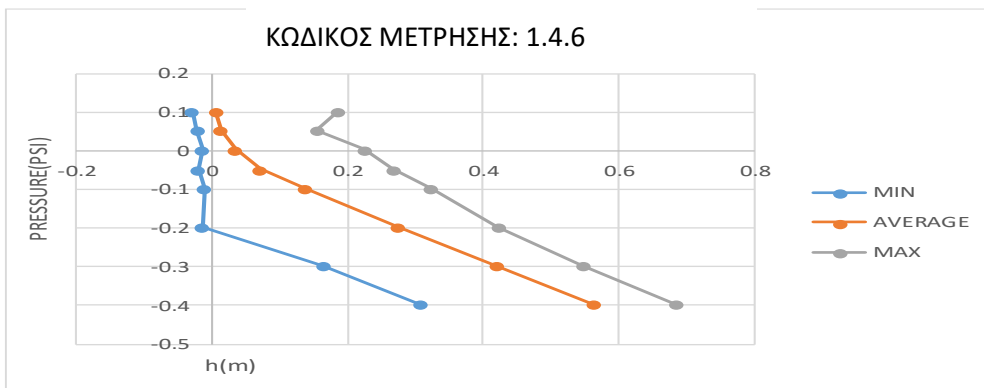


**Σχήμα4.4.18- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ4.Δ/d1)**

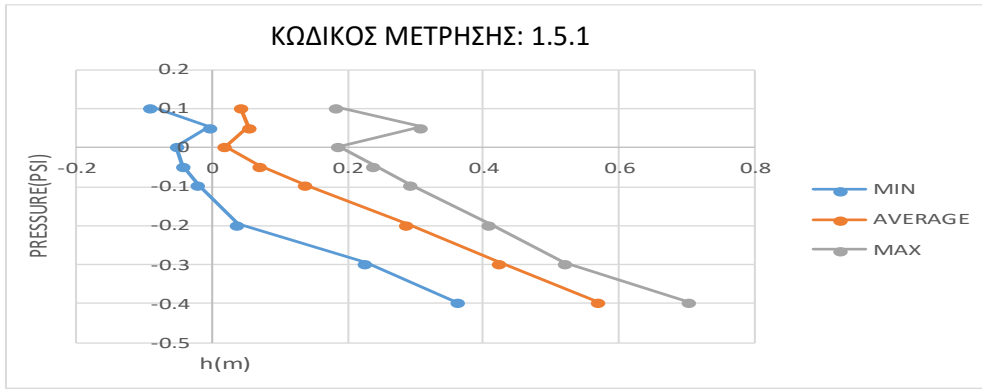




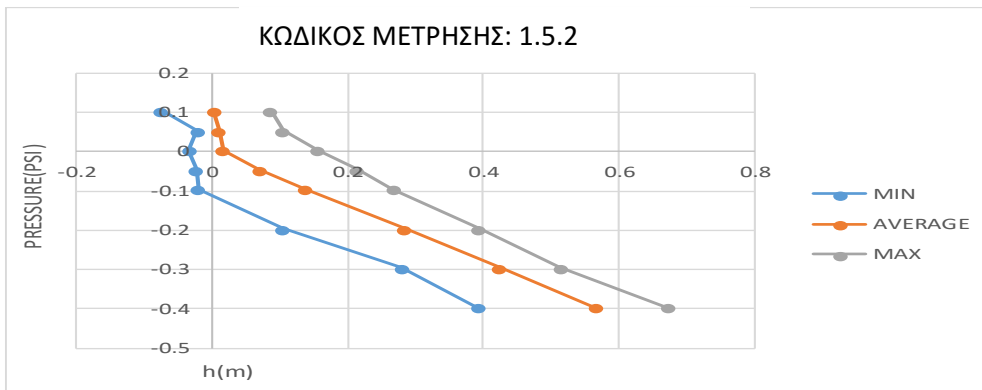
**Σχήμα4.4.19- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ4.Ε/d1)**



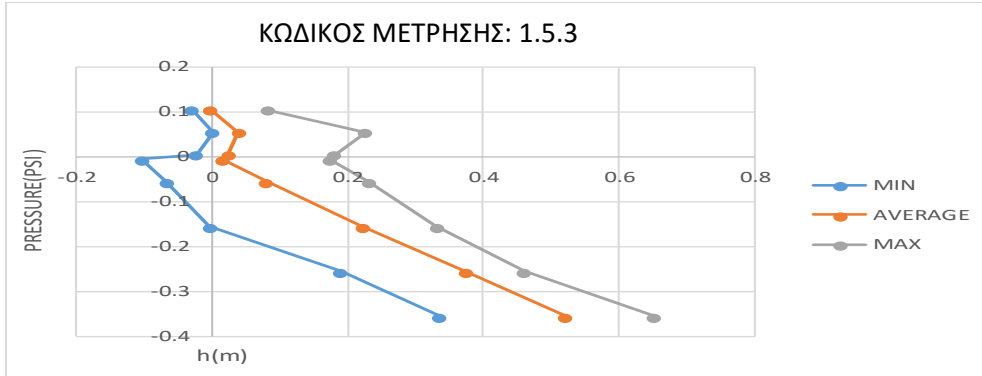
**Σχήμα4.4.20- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ4.Ζ/d1)**



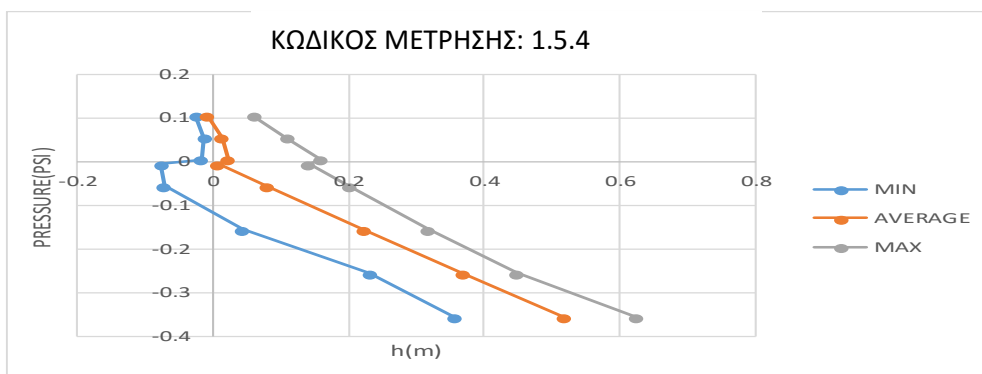
**Σχήμα4.4.21- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ5.Α/d1)**



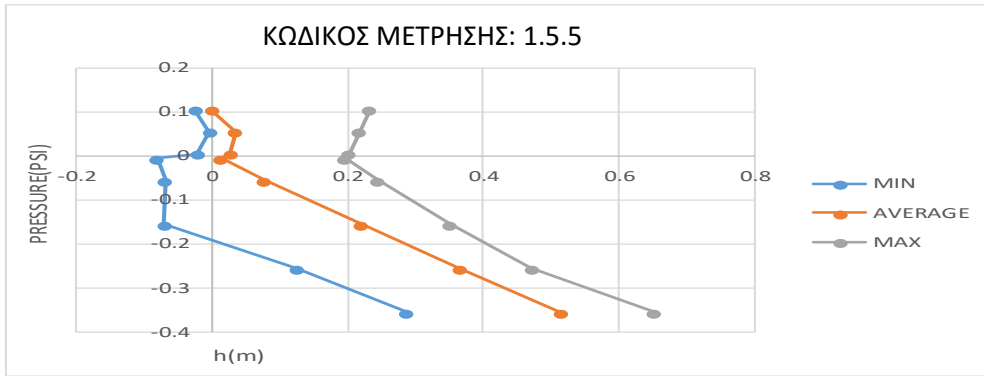
**Σχήμα4.4.22- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ5.Β/d1)**



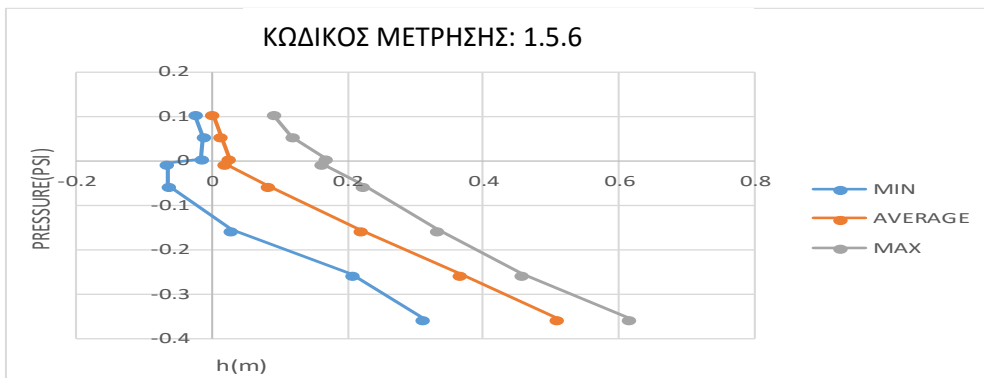
**Σχήμα4.4.23- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ5.Γ/d1)**



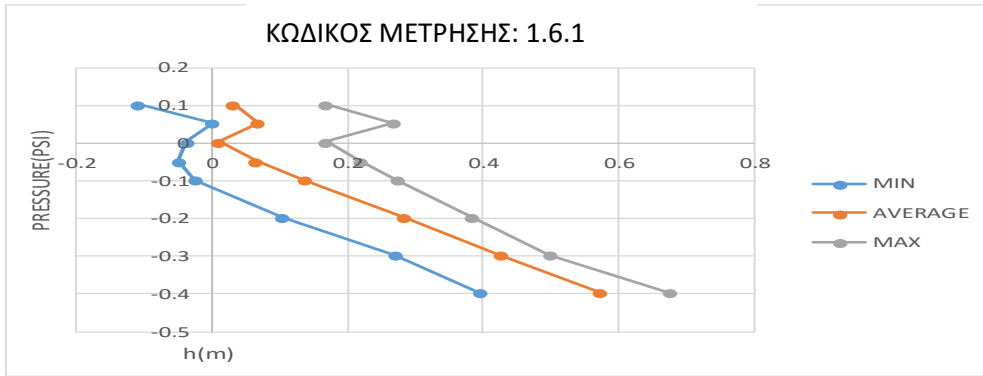
**Σχήμα4.4.24- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ5.Δ/d1)**



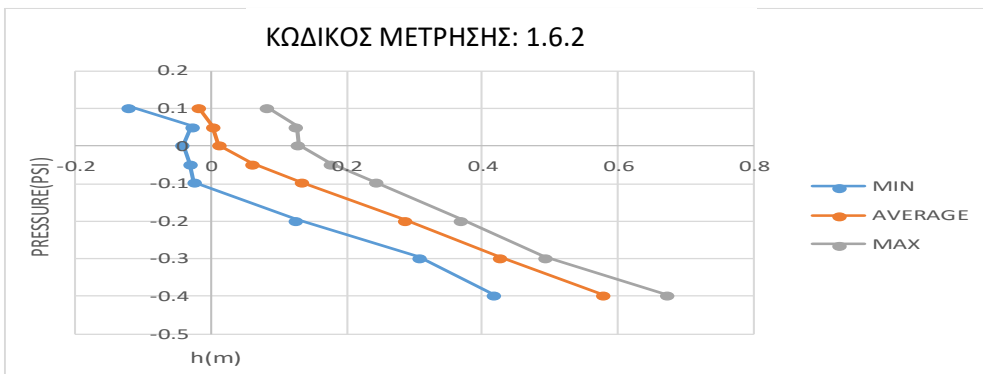
**Σχήμα4.4.25- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ5.Ε/d1)**



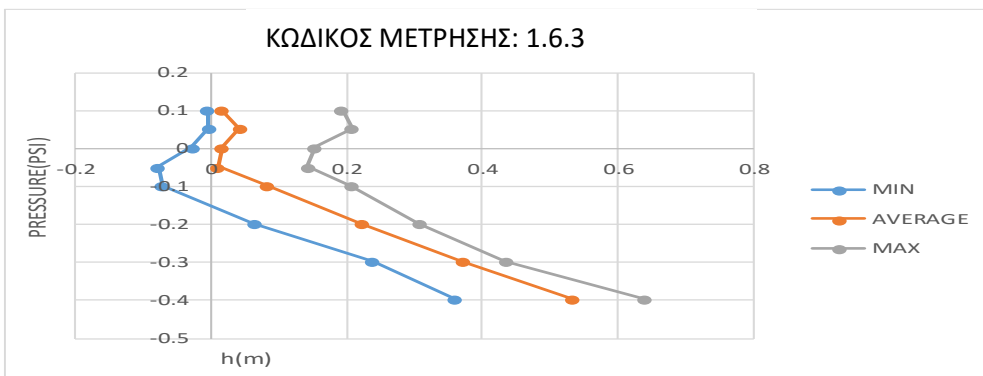
**Σχήμα4.4.26- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ5.Ζ/d1)**



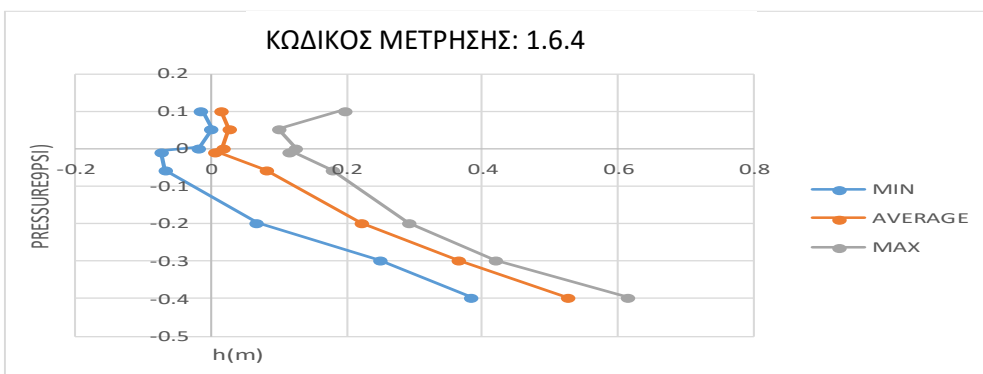
**Σχήμα4.4.27- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ6.Α/d1)**



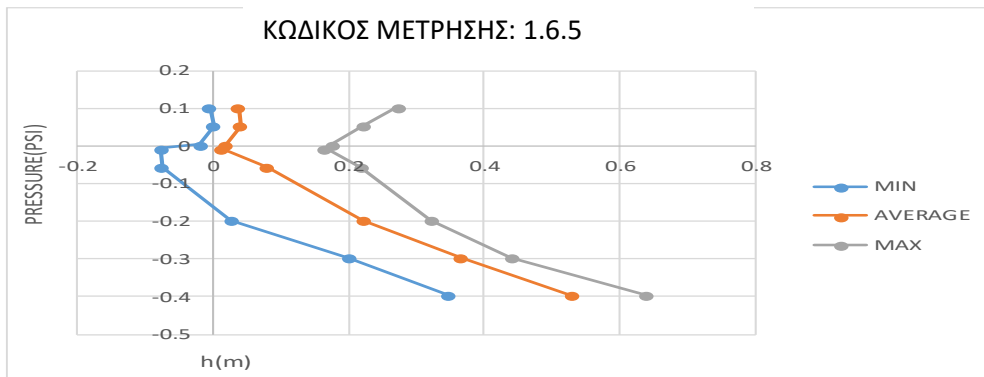
**Σχήμα4.4.28- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ6.Β/d1)**



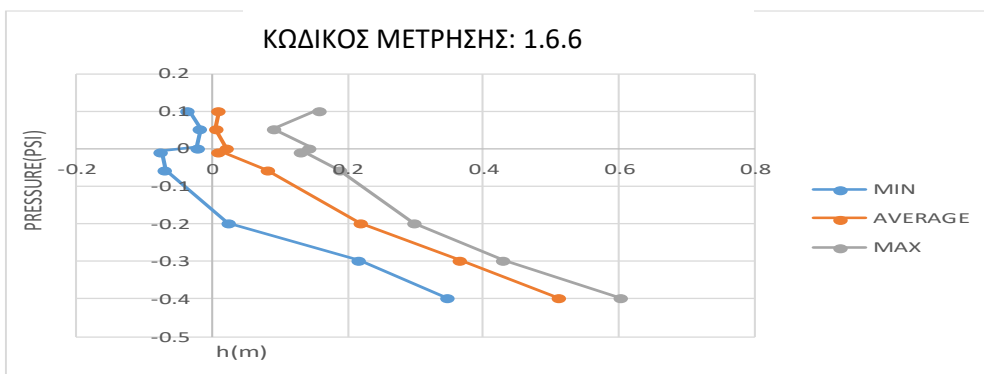
**Σχήμα4.4.29- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ6.Γ/d1)**



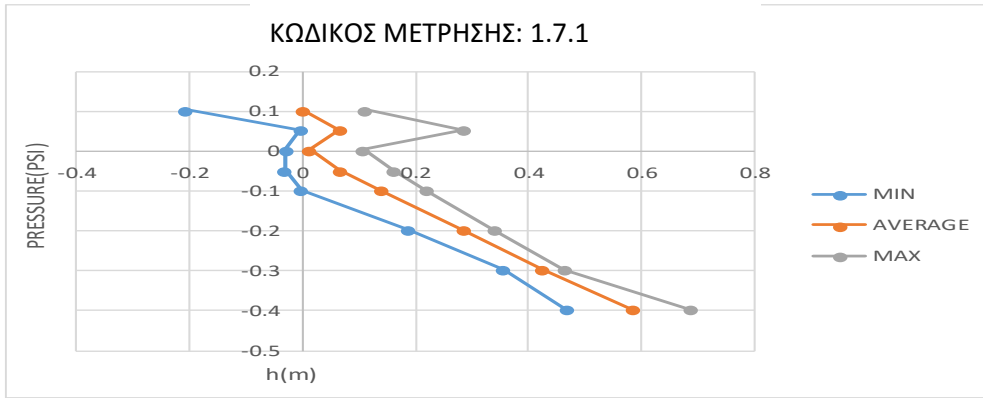
**Σχήμα4.4.30- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ6.Δ/d1)**



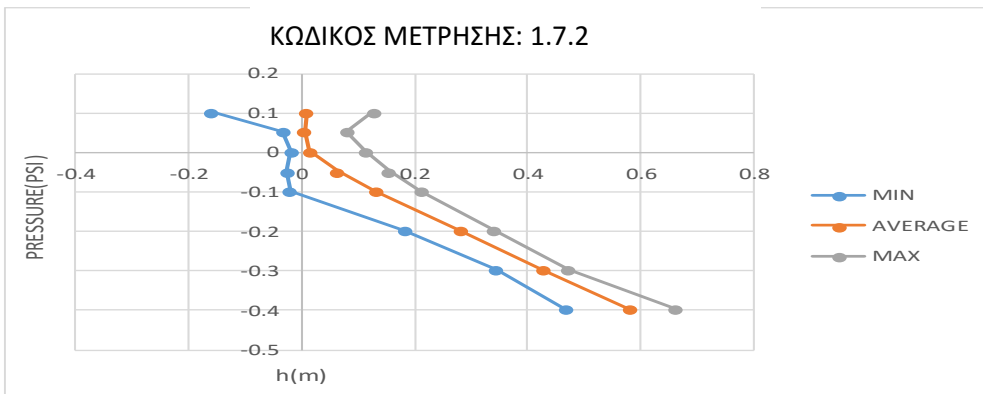
**Σχήμα4.4.31- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ6.Ε/d1)**



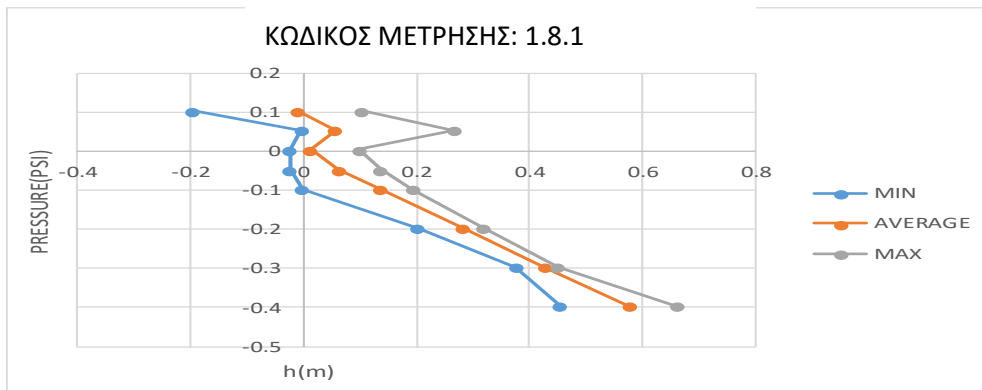
**Σχήμα4.4.32- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ6.Ζ/d1)**



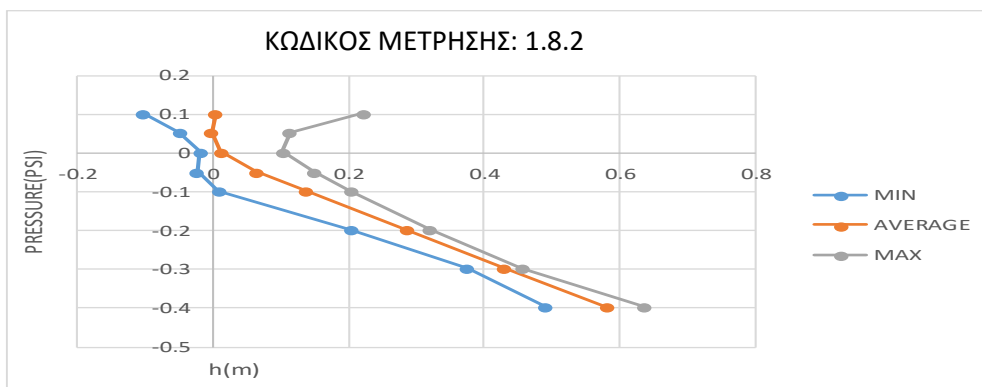
**Σχήμα4.4.33- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ7.Α/d1)**



**Σχήμα4.4.34- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ7.Β/d1)**



**Σχήμα4.4.35- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ8.Α/d1)**



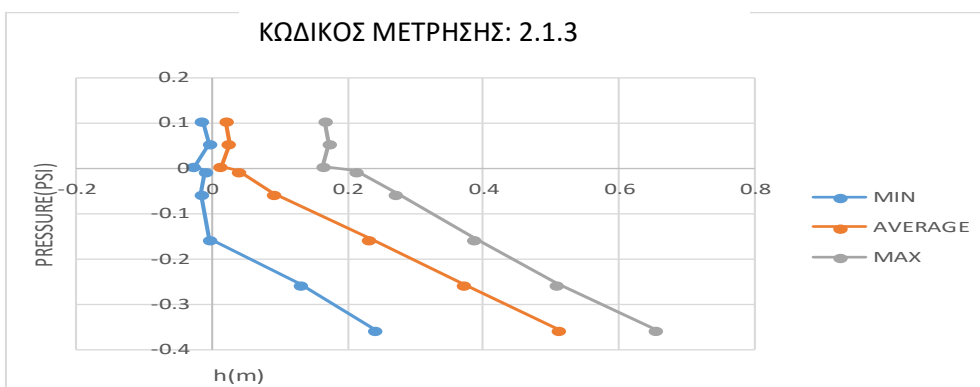
**Σχήμα4.4.36- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ8.Β/d1)**



**Σχήμα4.4.37- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ1.Α/d2)**



**Σχήμα4.4.38- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ1.Β/d2)**



**Σχήμα4.4.39- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ1.Γ/d2)**

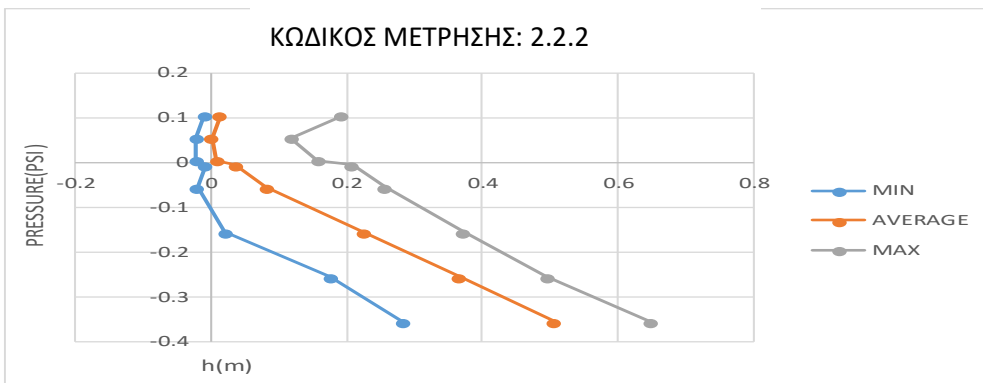


**Σχήμα4.4.40- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ1.Δ/d2)**





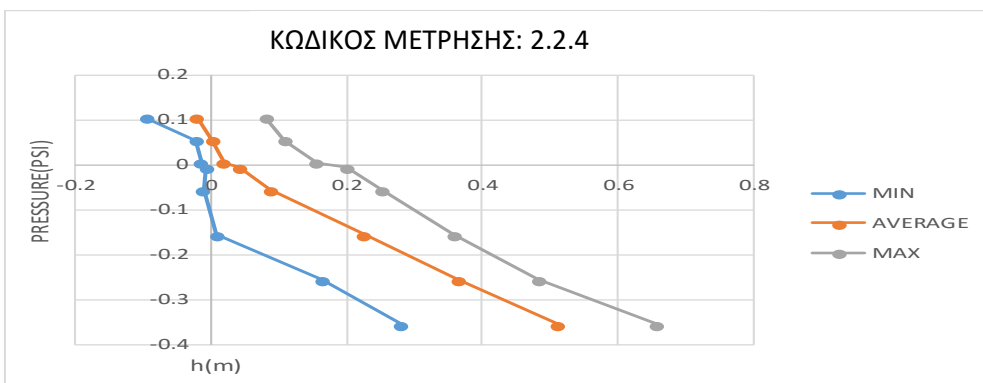
**Σχήμα4.4.41- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ2.Α/d2)**



**Σχήμα4.4.42- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ2.Β/d2)**



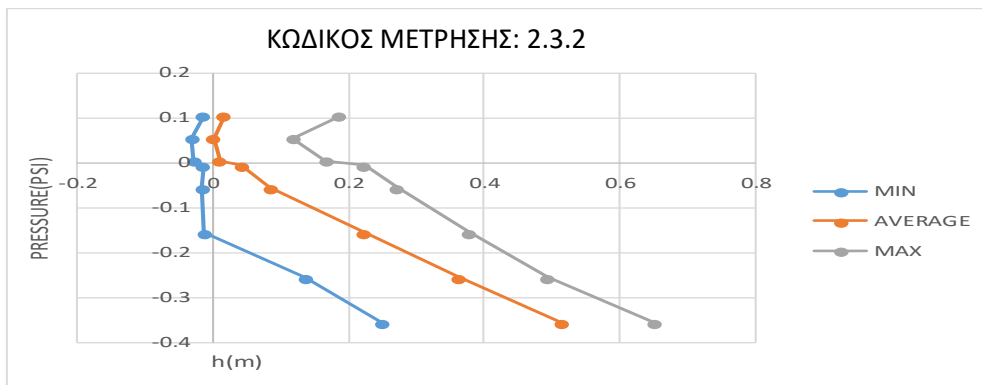
**Σχήμα4.4.43- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ2.Γ/d2)**



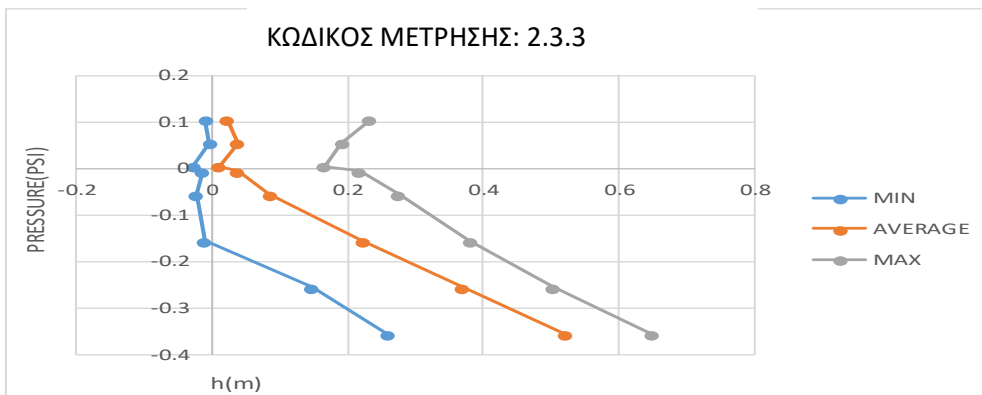
**Σχήμα4.4.44- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ2.Δ/d2)**



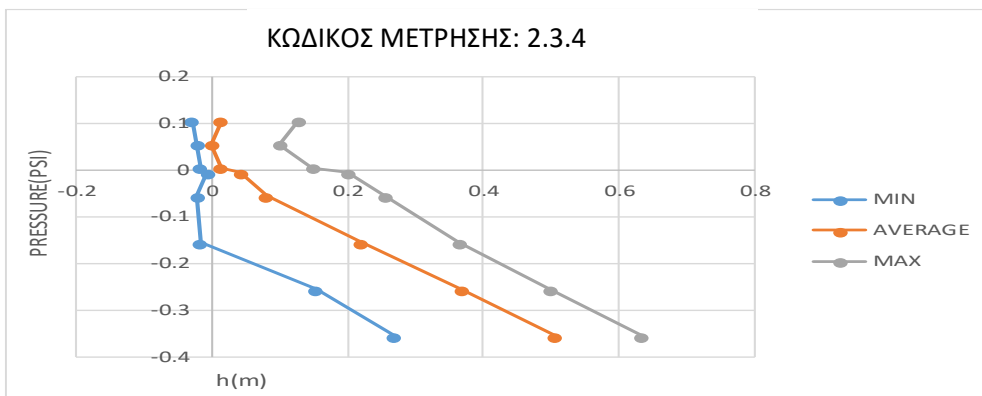
**Σχήμα4.4.45- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ3.Α/d2)**



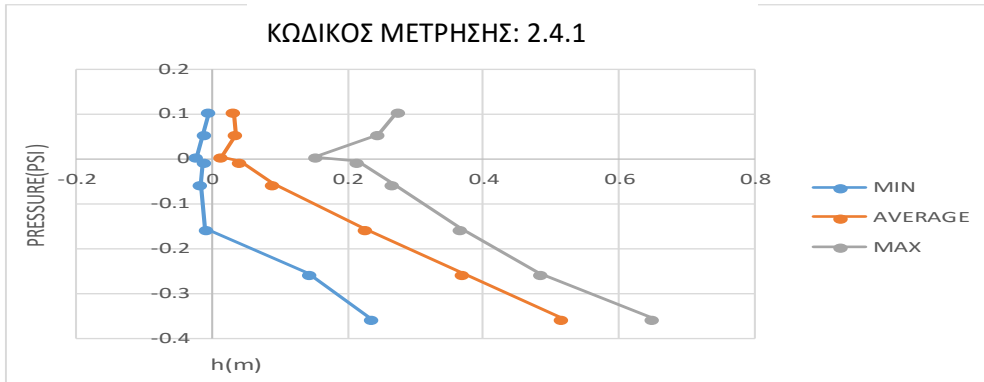
**Σχήμα4.4.46- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ3.Β/d2)**



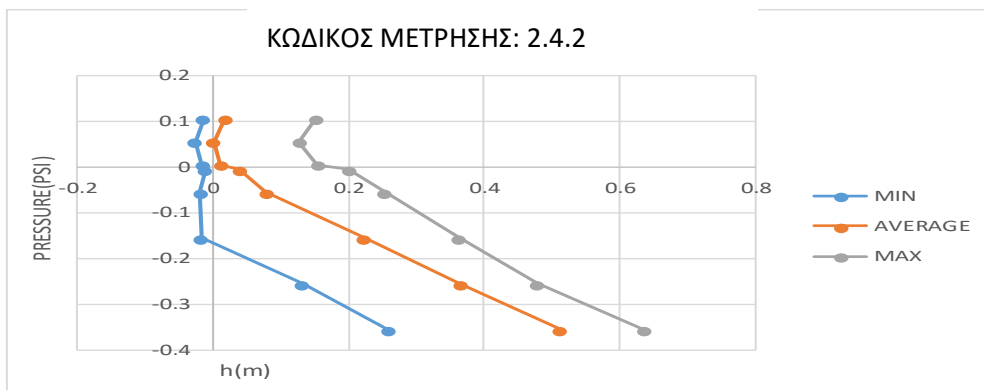
**Σχήμα4.4.47- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ3.Γ/d2)**



**Σχήμα4.4.48- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ3.Δ/d2)**



**Σχήμα4.4.49- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ4.Α/d2)**



**Σχήμα4.4.50- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ4.Β/d2)**



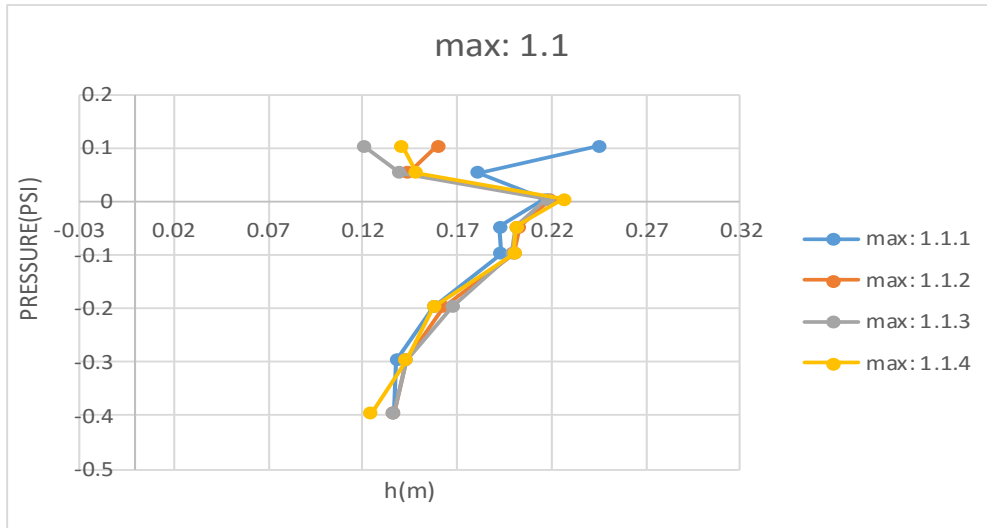
**Σχήμα4.4.51- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ4.Γ/d2)**



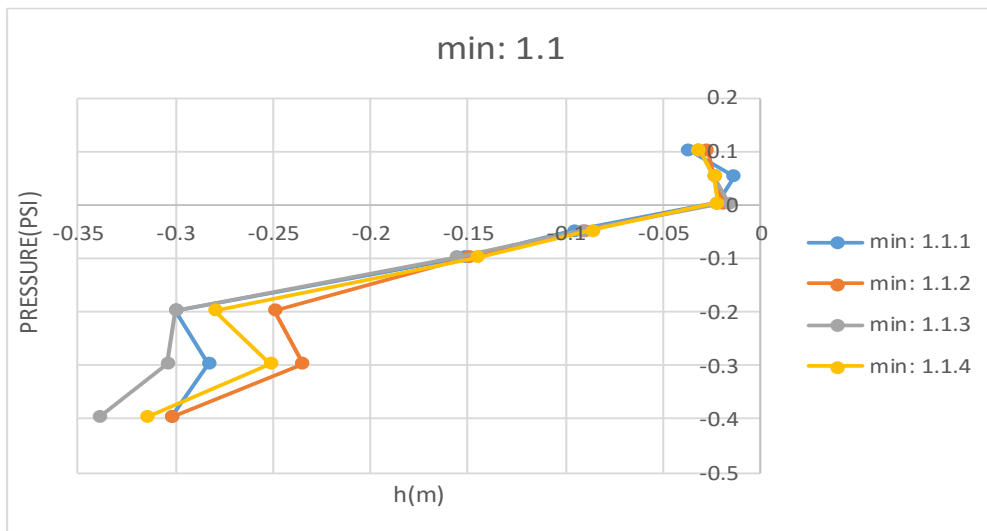
**Σχήμα4.4.52- Κατανομή πιέσεων (υδροδυναμικές + υδροστατικές)(Κ4.Δ/d2)**

#### 4.4 Συγκεντρωτικές κατανομές μεγίστων, ελαχίστων και μέσων τιμών ανά κύμα με ίδια περίοδο

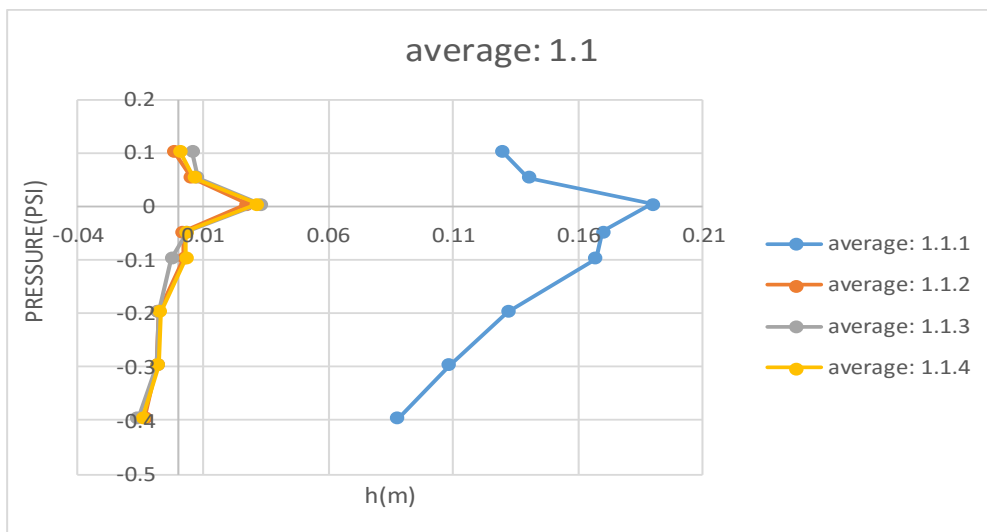
Στη τρέχουσα παράγραφο παρουσιάζονται τα συγκεντρωτικά διαγράμματα των μεγίστων, ελαχίστων και μέσων τιμών που καταγράφηκαν για κάθε διαφορετικό κύμα. Σκοπός της καταγραφής αυτής είναι να βγουν κάποια συμπεράσματα για το πόσο το μέτωπο μου δέχεται τις μεγαλύτερες πιέσεις.



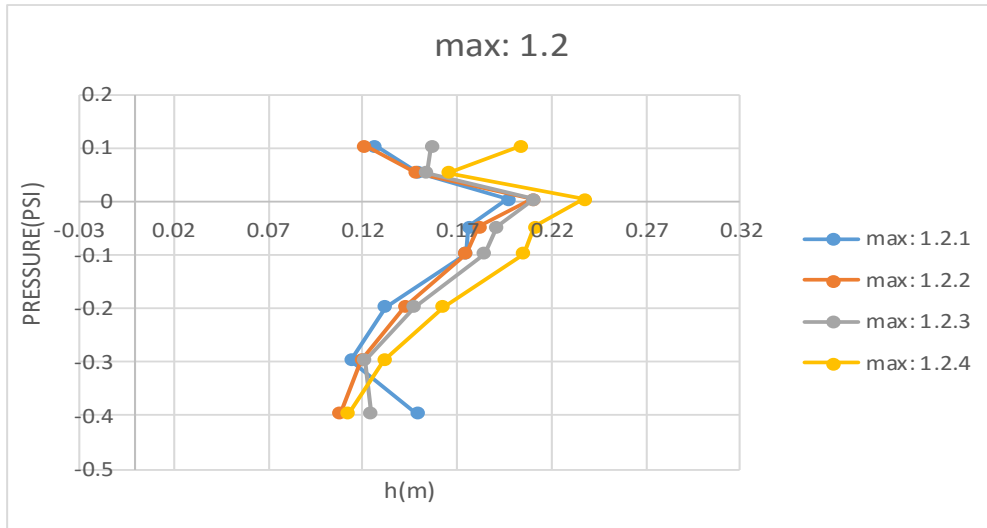
**Σχήμα 4.4.1.α – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μεγίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



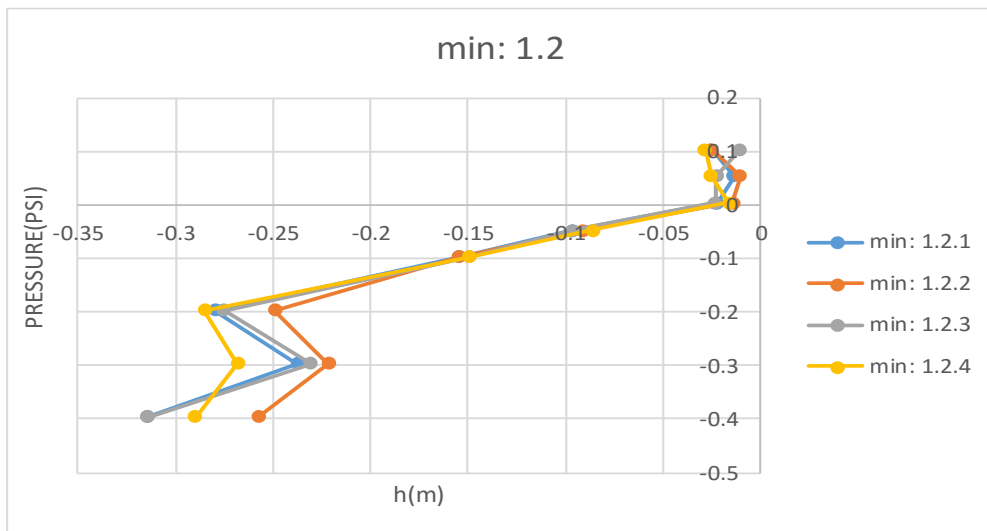
**Σχήμα 4.4.1.β – Συγκεντρωτικό διάγραμμα ελαχίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



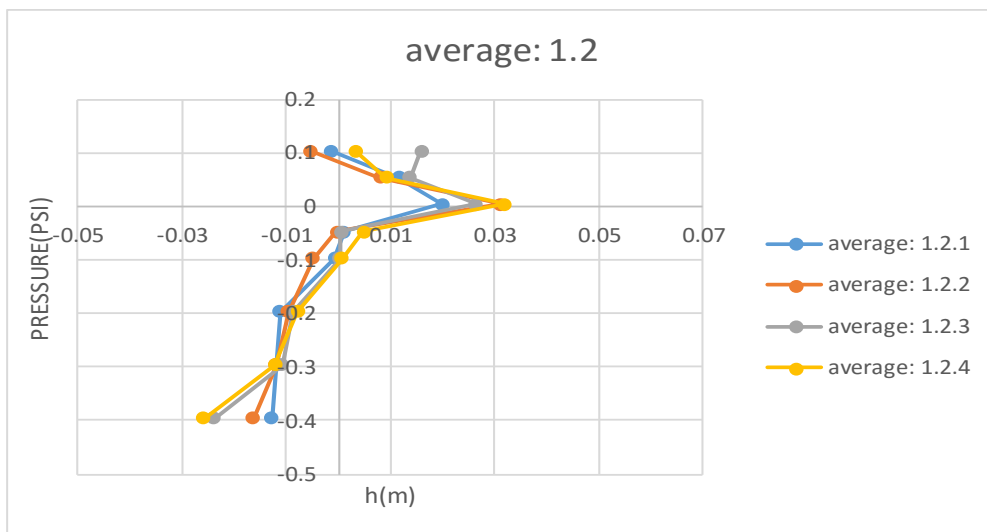
**Σχήμα 4.4.1.γ – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μέσων τιμών ανά κύμα ίδιας περιόδου**



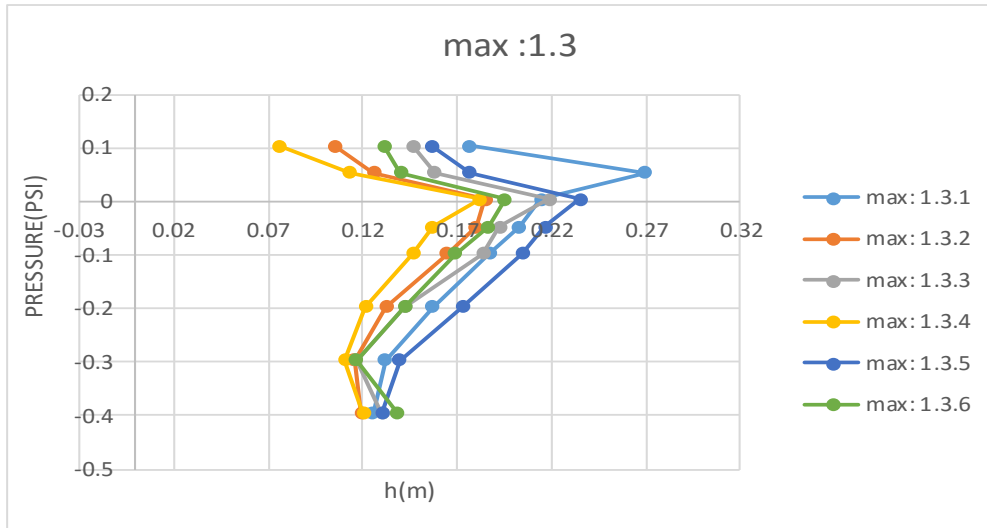
**Σχήμα 4.4.2.α – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μεγίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



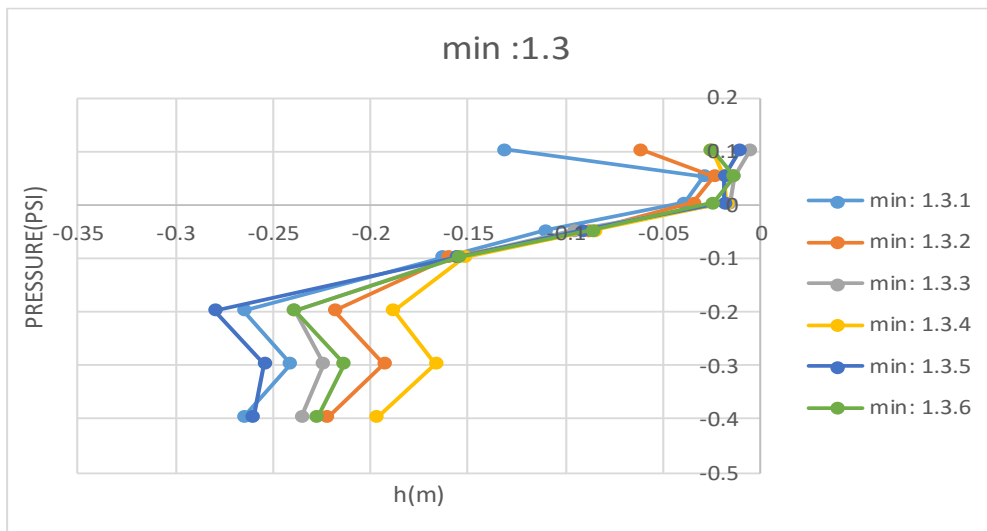
**Σχήμα 4.4.2.β – Συγκεντρωτικό διάγραμμα ελαχίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



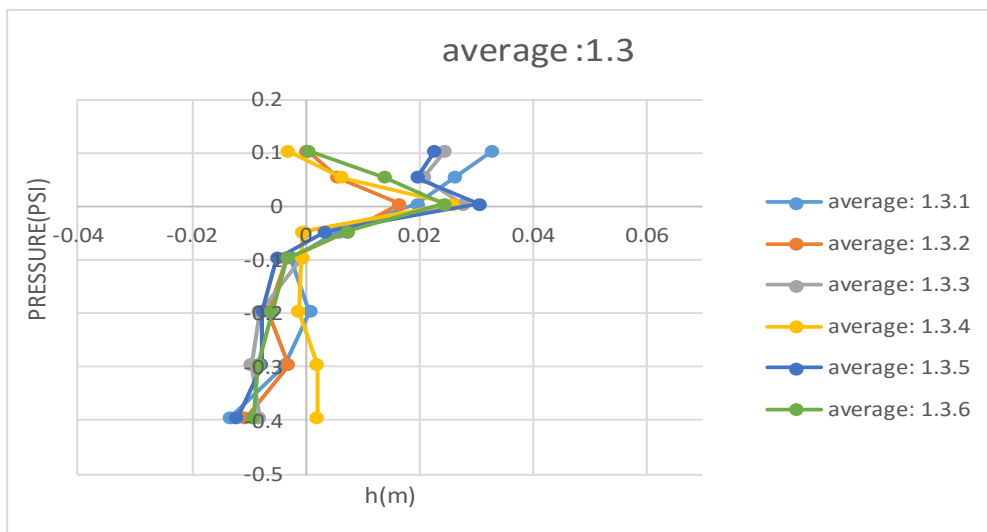
**Σχήμα 4.4.2.γ – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μέσων τιμών ανά κύμα ίδιας περιόδου**



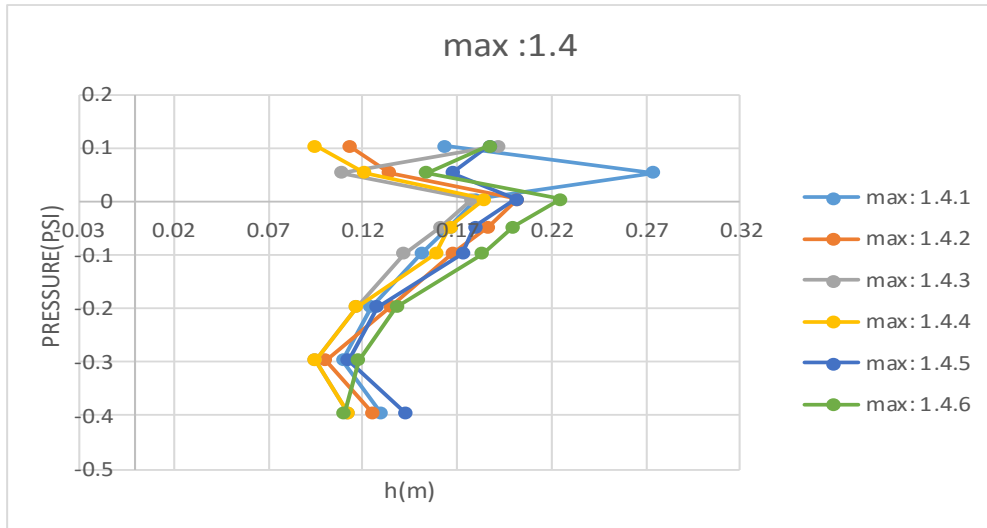
**Σχήμα 4.4.3.α – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μεγίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



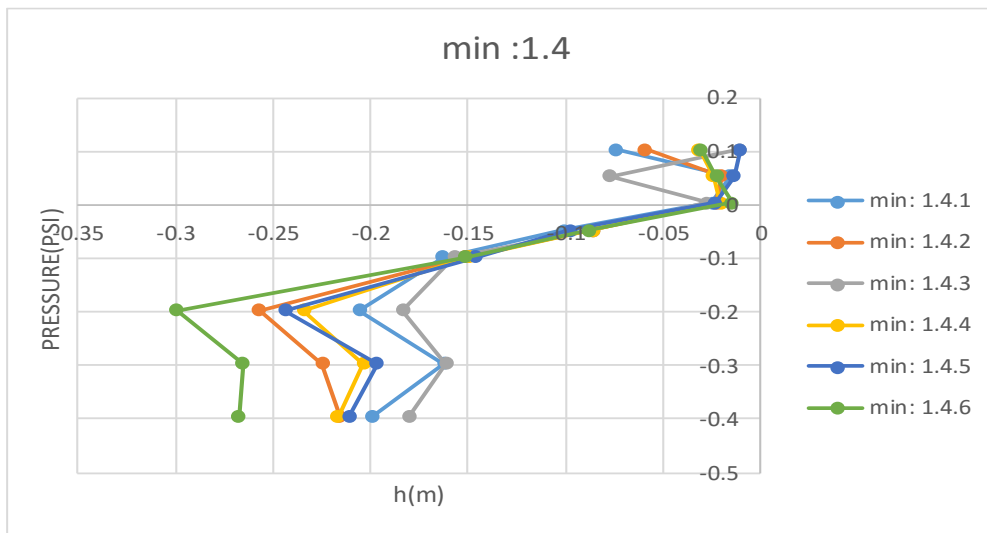
**Σχήμα 4.4.3.β – Συγκεντρωτικό διάγραμμα ελαχίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



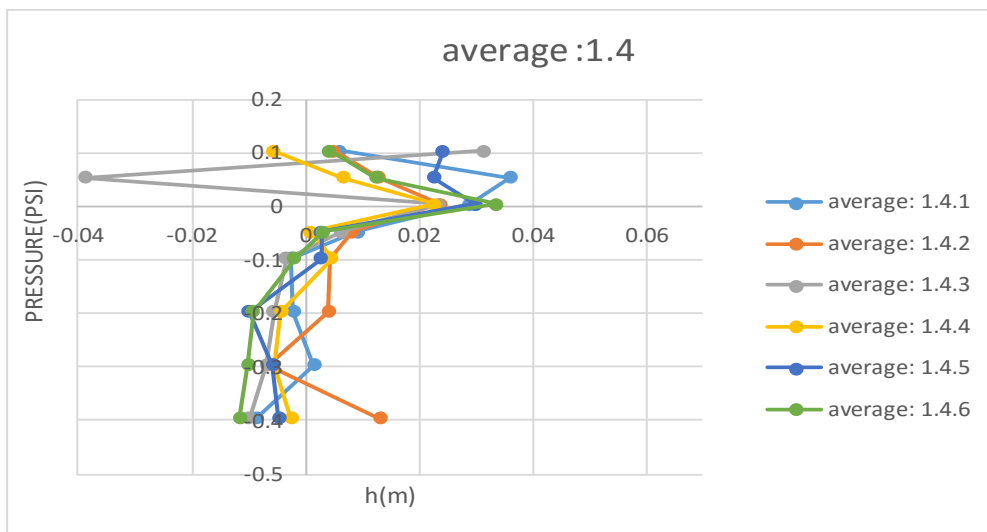
**Σχήμα 4.4.3.γ – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μέσων τιμών ανά κύμα ίδιας περιόδου**



**Σχήμα 4.4.4.α – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μεγίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**

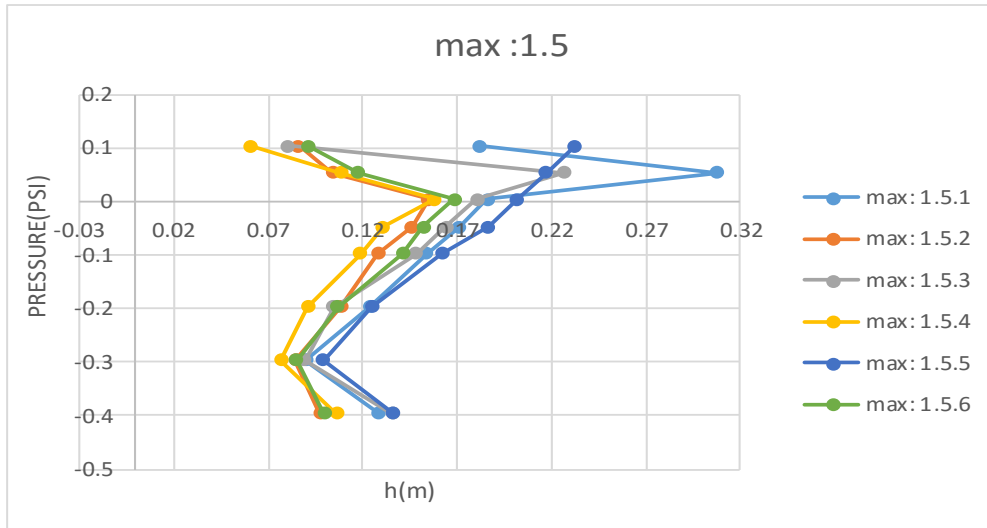


**Σχήμα 4.4.4.β – Συγκεντρωτικό διάγραμμα ελαχίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**

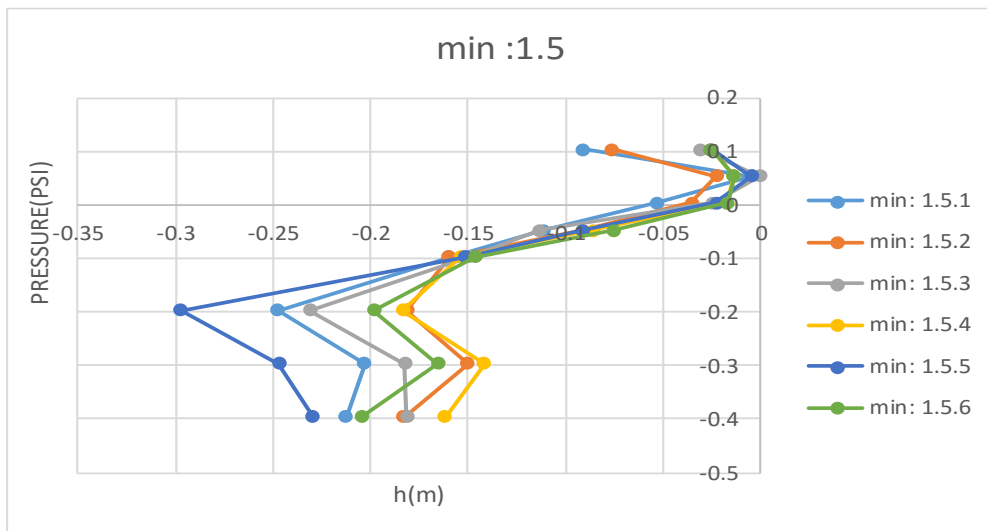


**Σχήμα 4.4.4.γ – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μέσων τιμών ανά κύμα ίδιας περιόδου**

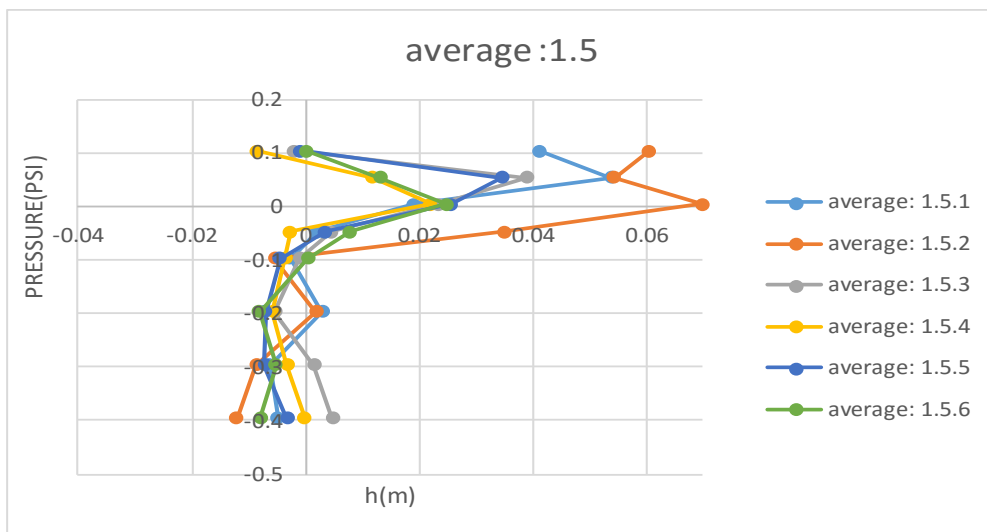




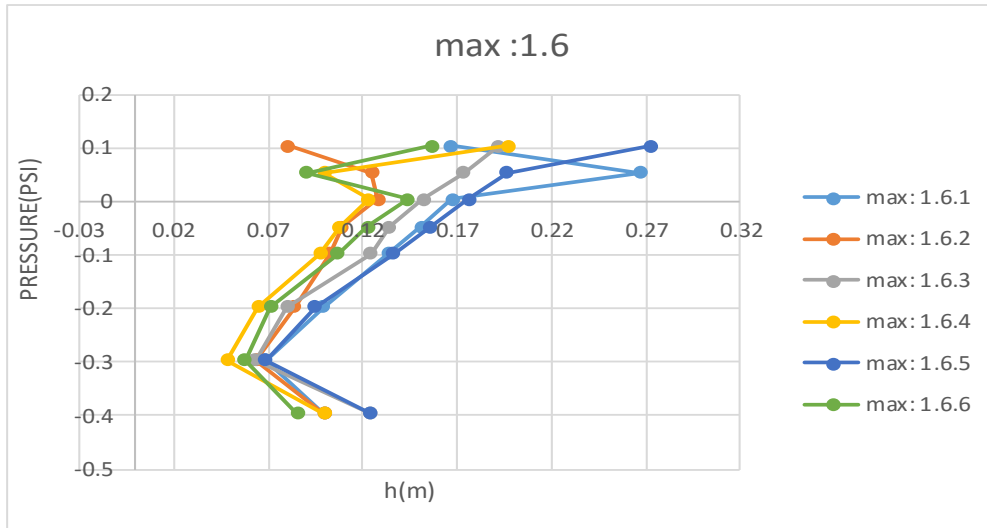
**Σχήμα 4.4.5.α – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μεγίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



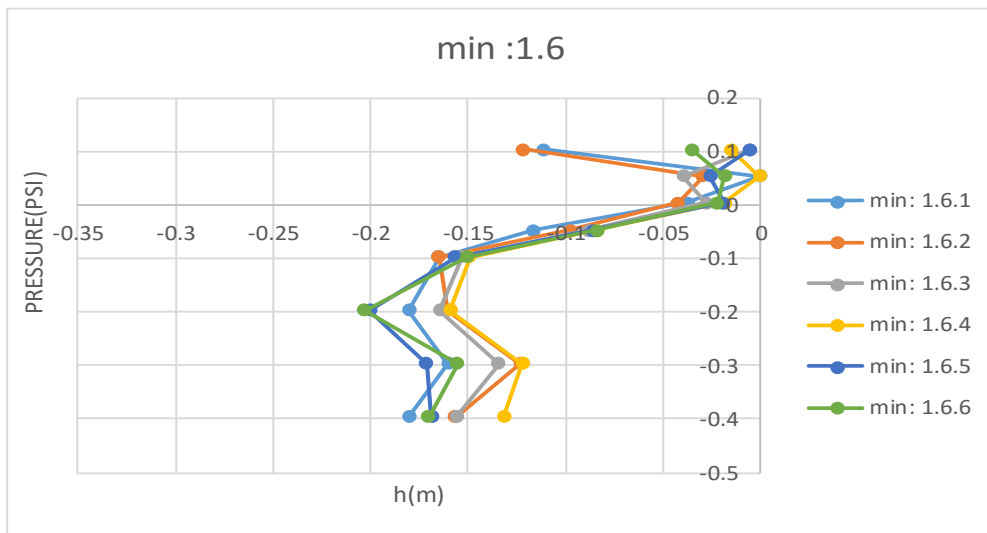
**Σχήμα 4.4.5.β – Συγκεντρωτικό διάγραμμα ελαχίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



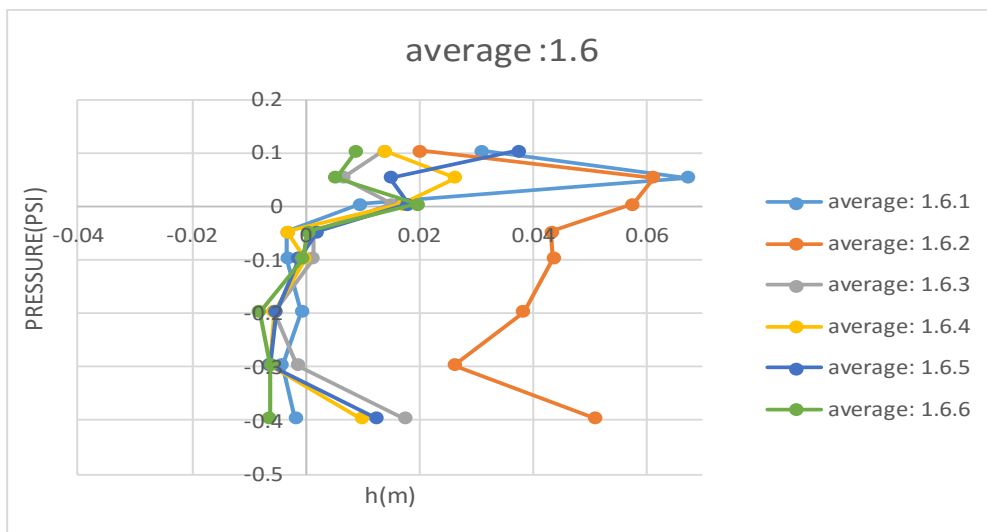
**Σχήμα 4.4.5.γ – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μέσων τιμών ανά κύμα ίδιας περιόδου**



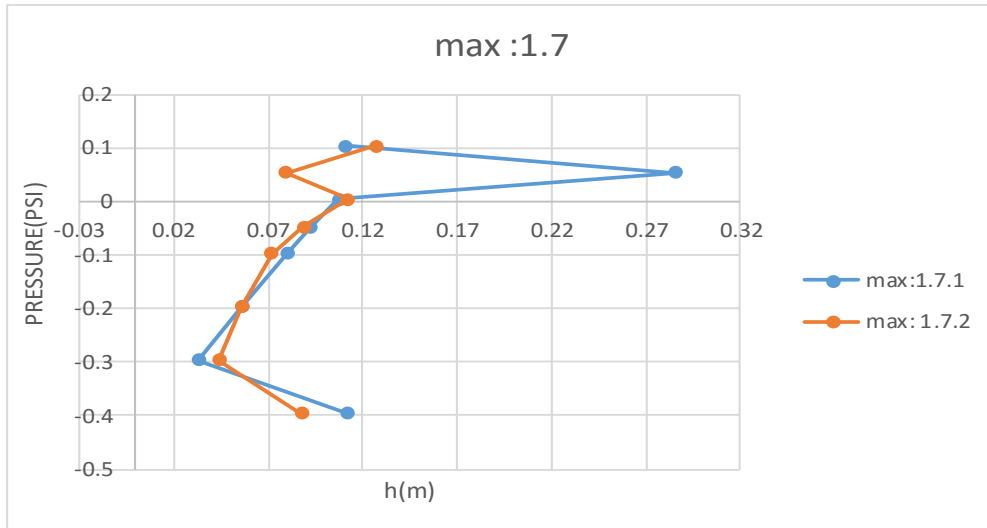
**Σχήμα 4.4.6.α – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μεγίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



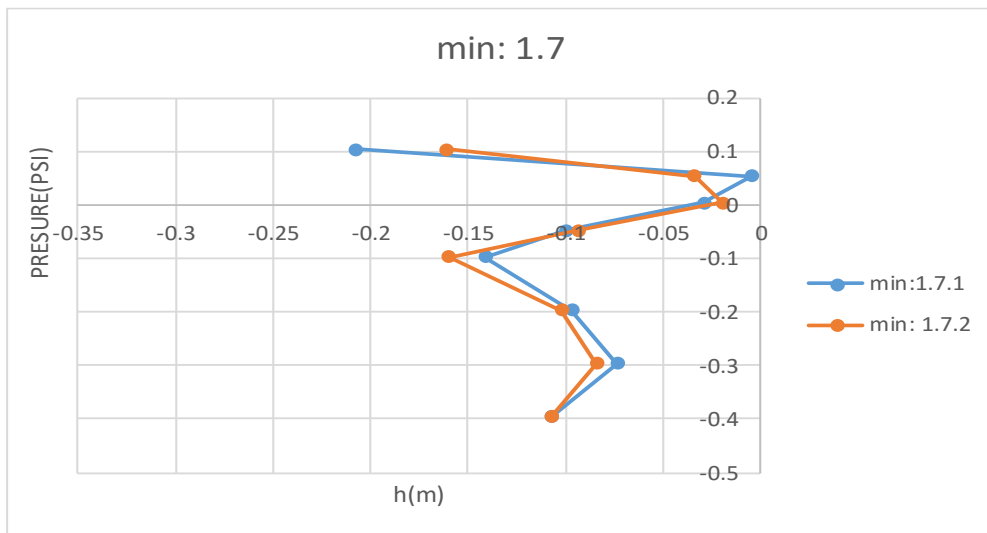
**Σχήμα 4.4.6.β – Συγκεντρωτικό διάγραμμα ελαχίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



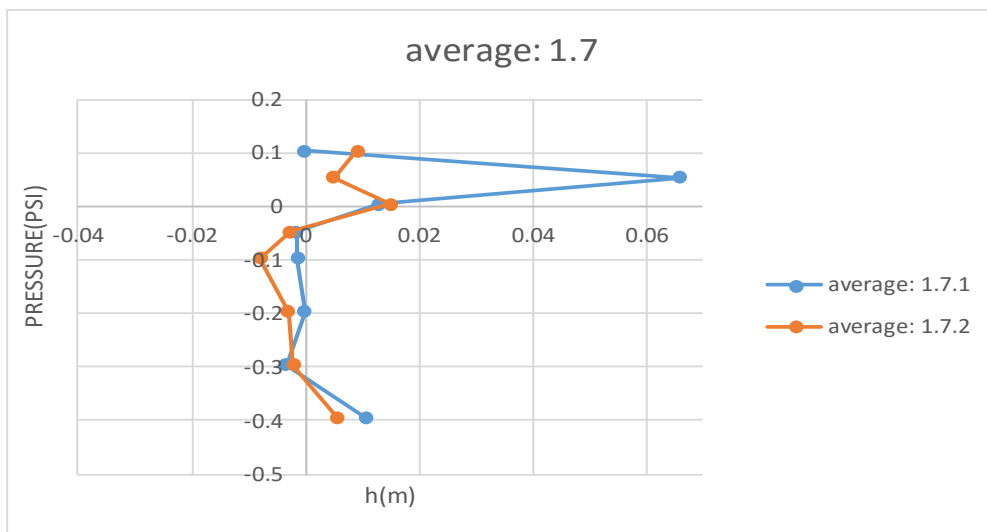
**Σχήμα 4.4.6.γ – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μέσων τιμών ανά κύμα ίδιας περιόδου**



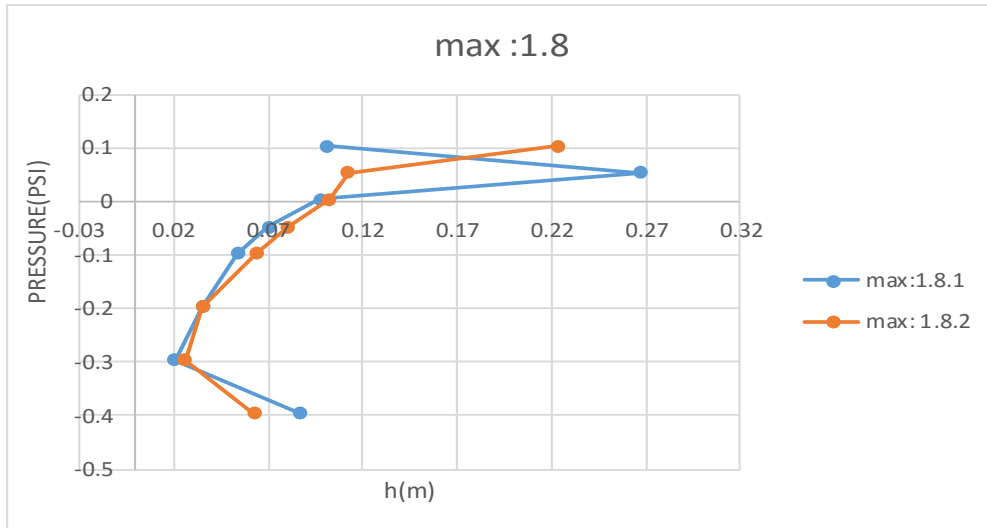
**Σχήμα 4.4.7.α – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μεγίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



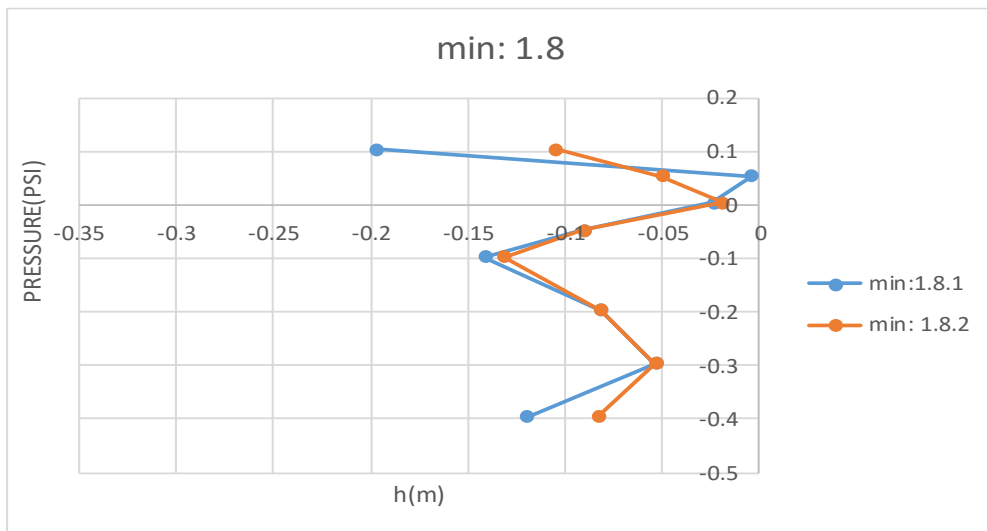
**Σχήμα 4.4.7.β – Συγκεντρωτικό διάγραμμα ελαχίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



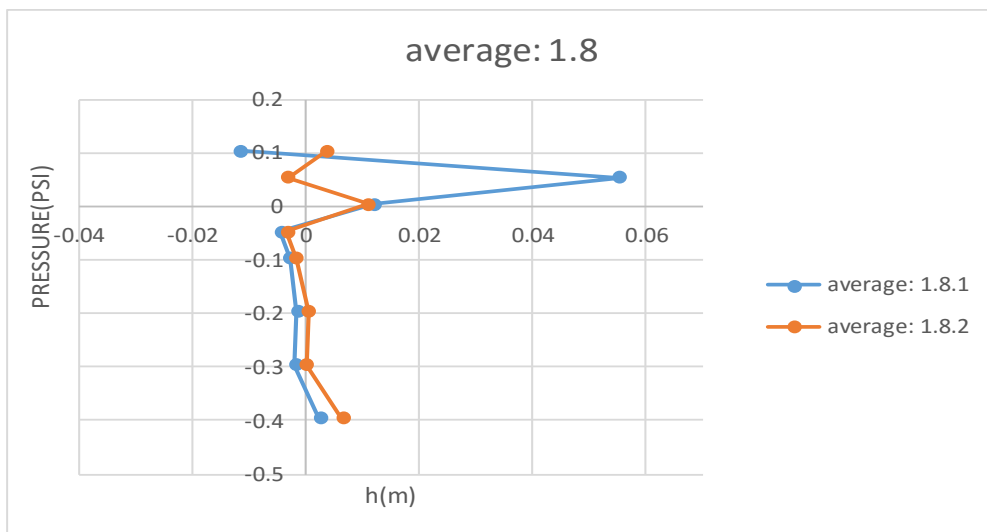
**Σχήμα 4.4.7.γ – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μέσων τιμών ανά κύμα ίδιας περιόδου**



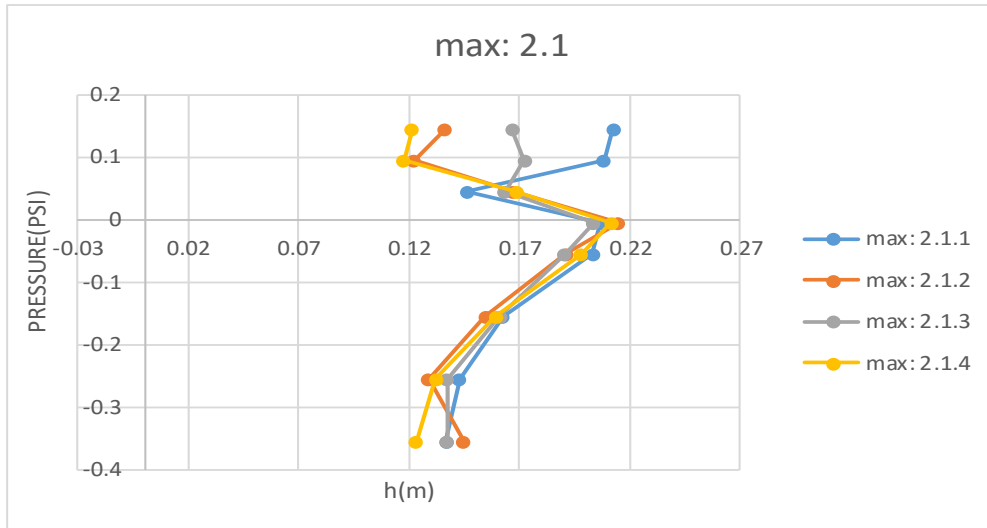
**Σχήμα 4.4.8.α – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μεγίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



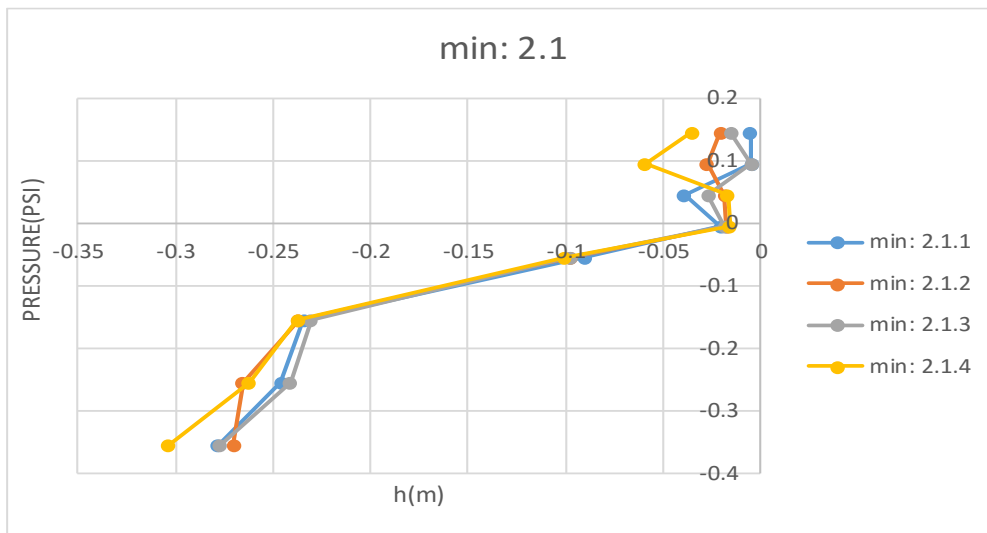
**Σχήμα 4.4.8.β – Συγκεντρωτικό διάγραμμα ελαχίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



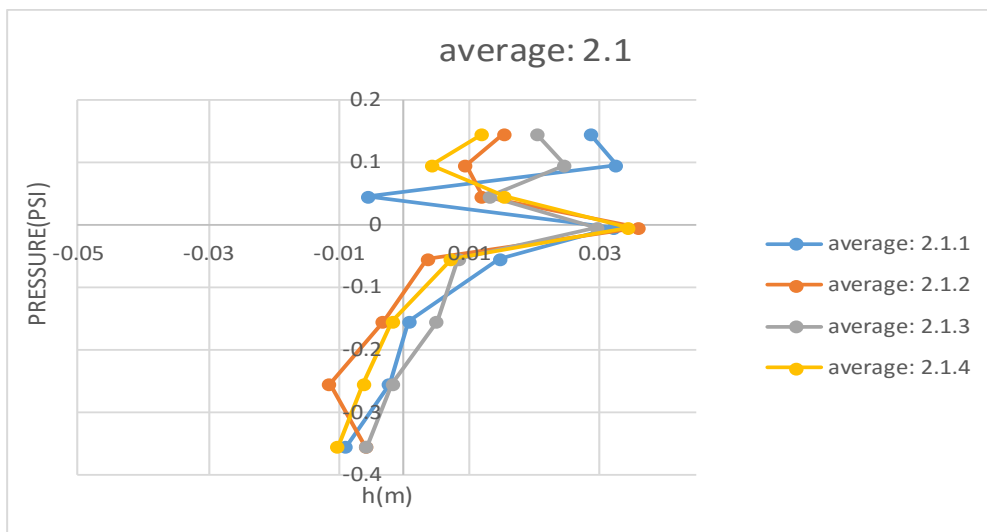
**Σχήμα 4.4.8.γ – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μέσων τιμών ανά κύμα ίδιας περιόδου**



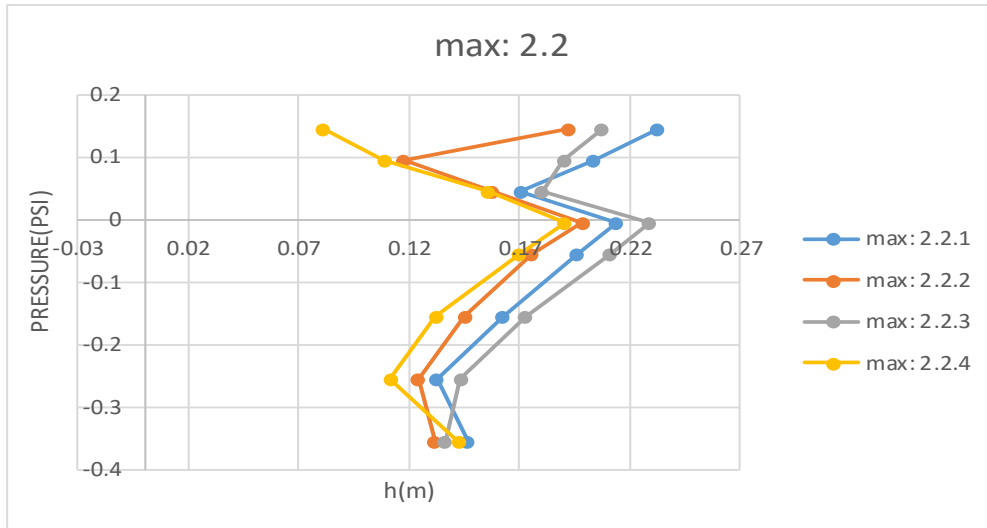
**Σχήμα 4.4.9.α – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μεγίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



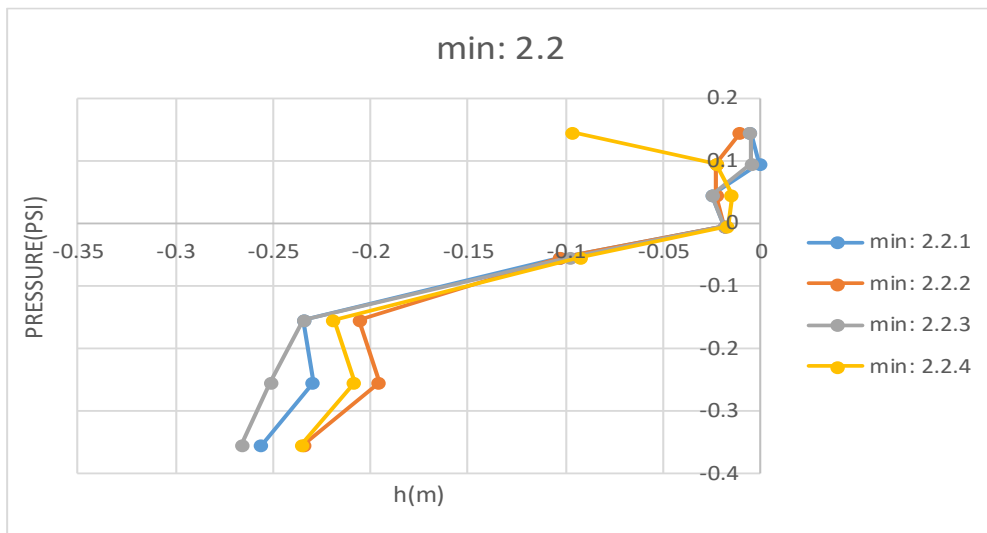
**Σχήμα 4.4.9.β – Συγκεντρωτικό διάγραμμα ελαχίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



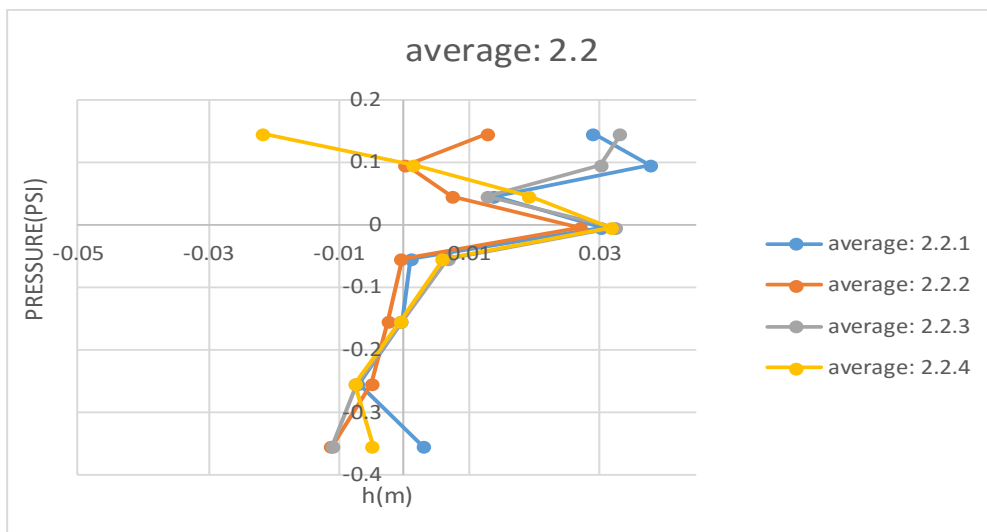
**Σχήμα 4.4.9.γ – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μέσων τιμών ανά κύμα ίδιας περιόδου**



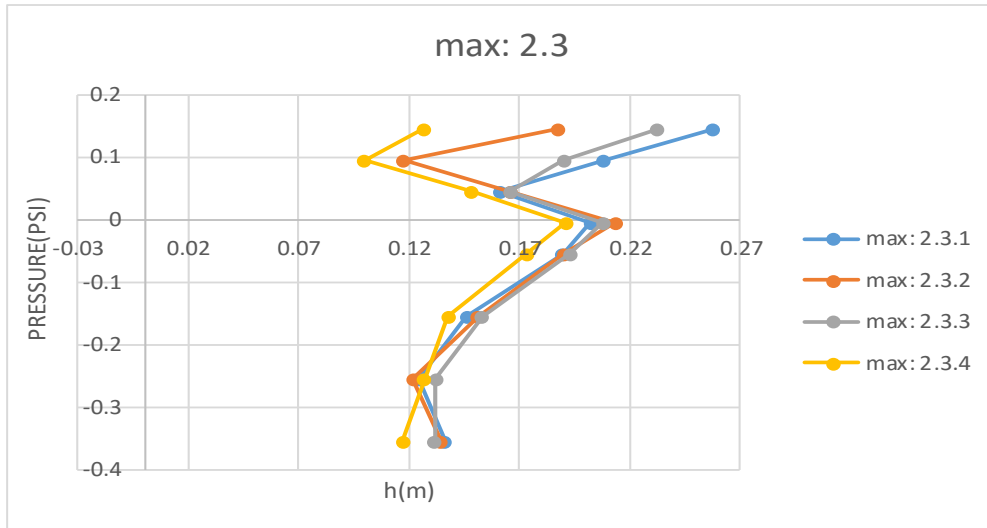
**Σχήμα 4.4.10.α – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μεγίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



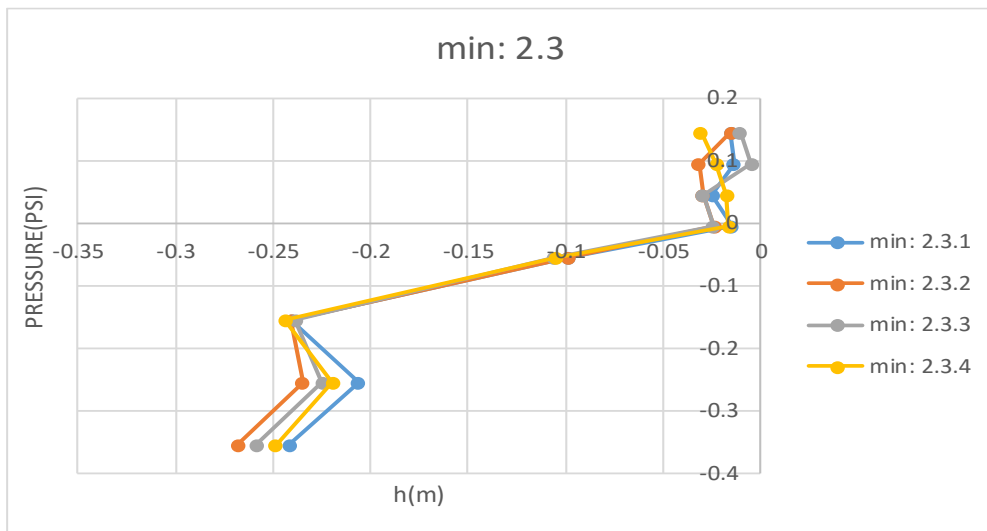
**Σχήμα 4.4.10.β – Συγκεντρωτικό διάγραμμα ελαχίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



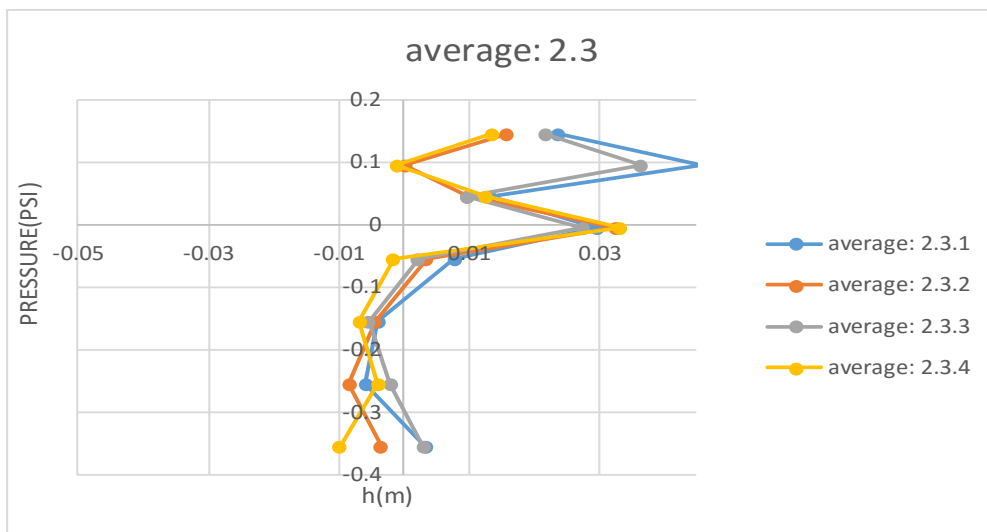
**Σχήμα 4.4.10.γ – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μέσων τιμών ανά κύμα ίδιας περιόδου**



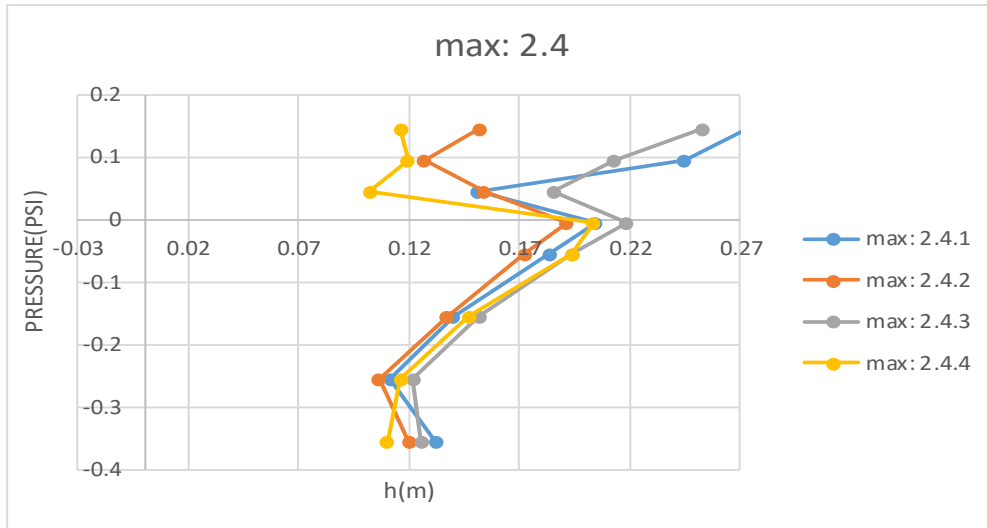
**Σχήμα 4.4.11.α – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μεγίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



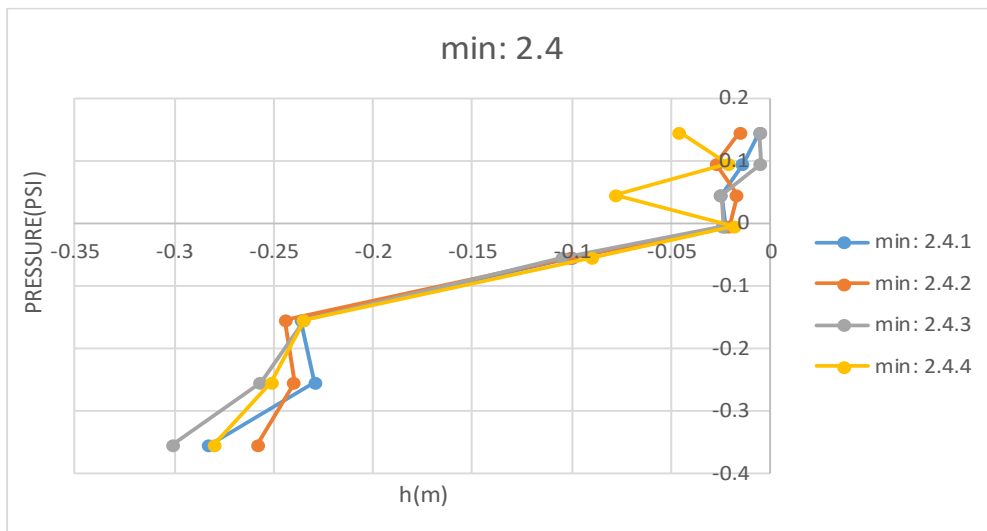
**Σχήμα 4.4.11.β – Συγκεντρωτικό διάγραμμα ελαχίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



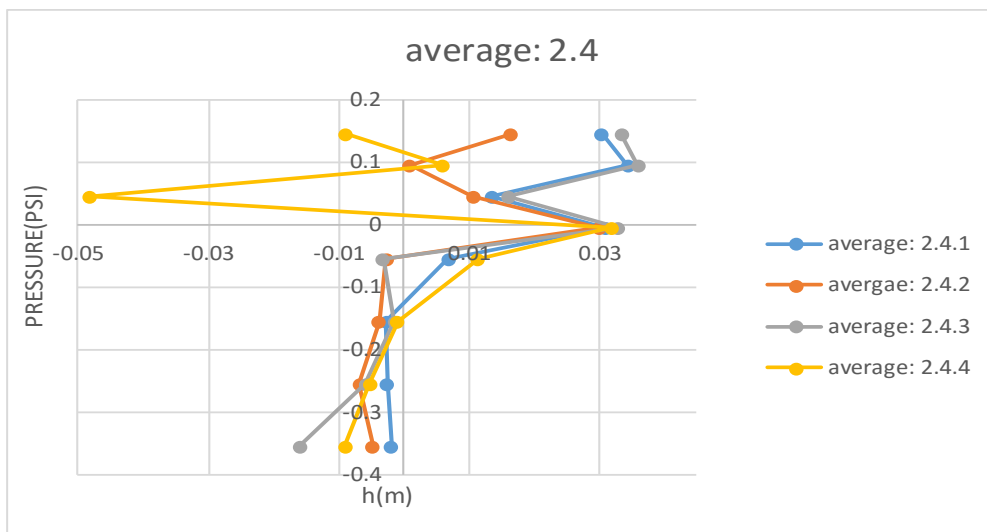
**Σχήμα 4.4.11.γ – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μέσων τιμών ανά κύμα ίδιας περιόδου**



**Σχήμα 4.4.12.α – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μεγίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



**Σχήμα 4.4.12.β – Συγκεντρωτικό διάγραμμα ελαχίστων ανά κύμα ίδιας περιόδου**



**Σχήμα 4.4.12.γ – Συγκεντρωτικό διάγραμμα μέσων τιμών ανά κύμα ίδιας περιόδου**

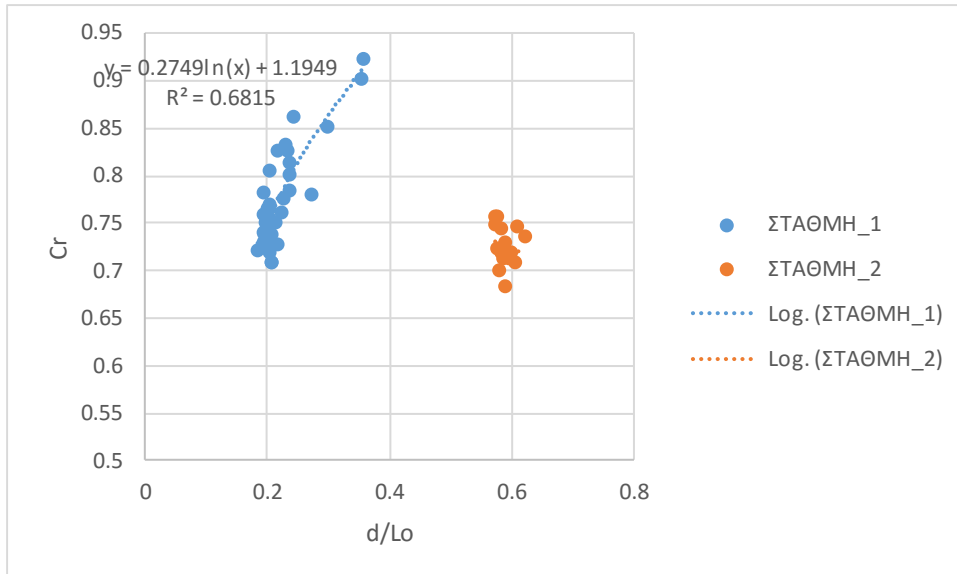


## 4.5 Αποτελέσματα ανάκλασης κυμάτων

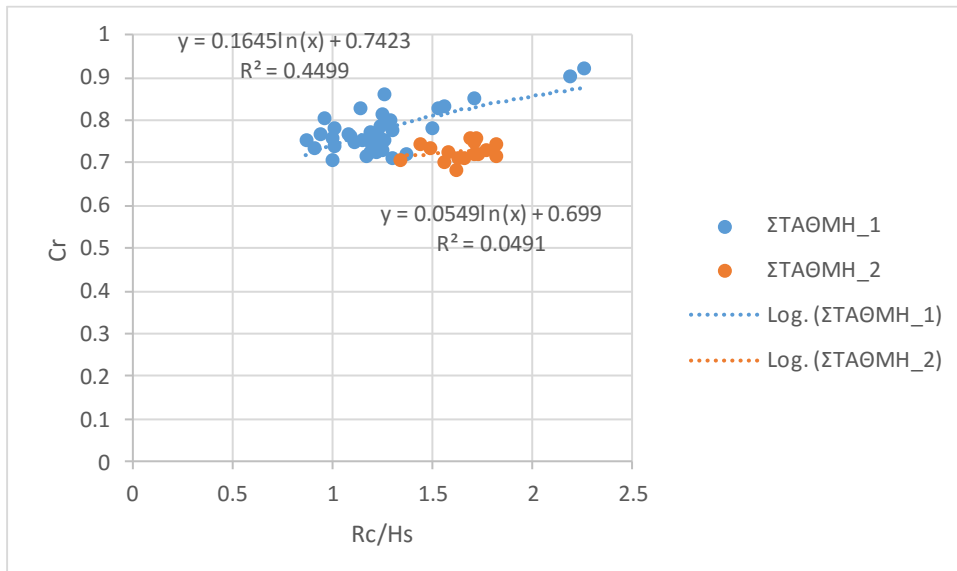
Α/Α	ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΦΑΣΜΑ	ΣΤΑΘΜΗ ΗΡΕΜΙΑΣ ΚΥΜΑΤΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΟΣ		
			d(mm)	Crr	Href	Hin
1	1.1.1	K1.A	523	0.7193	59	82.03
2	1.1.2	K1.B	523	0.7625	63.34	83.07
3	1.1.3	K1.Γ	523	0.7272	64.21	88.29
4	1.1.4	K1.Δ	523	0.7541	67.34	89.31
5	1.2.1	K2.A	523	0.7375	60.47	81.99
6	1.2.2	K2.B	523	0.7249	60.91	84.02
7	1.2.3	K2.Γ	523	0.7182	63.88	88.95
8	1.2.4	K2.Δ	523	0.7088	70.4	98.95
9	1.3.1	K3.A	523	0.7703	62.32	80.91
10	1.3.2	K3.B	523	0.7297	56.46	77.38
11	1.3.3	K3.Γ	523	0.7517	57.29	76.21
12	1.3.4	K3.Δ	523	0.7213	49.95	69.25
13	1.3.5	K3.E	523	0.7501	65.42	87.21
14	1.3.6	K3.Z	523	0.7479	62.1	83.03
15	1.4.1	K4.A	523	0.7588	66.55	87.7
16	1.4.2	K4.B	523	0.782	64.91	83
17	1.4.3	K4.Δ	523	0.7406	63.54	85.8
18	1.4.4	K4.E	523	0.7359	71.85	97.63
19	1.4.5	K4.Z	523	0.7656	69.38	90.62
20	1.5.1	K5.A	523	0.8045	65.75	81.73
21	1.5.2	K5.B	523	0.8268	56.86	68.77
22	1.5.3	K5.Γ	523	0.7664	57.03	74.41
23	1.5.4	K5.Δ	523	0.7759	48.53	62.55
24	1.5.5	K5.E	523	0.7516	70.16	93.35
25	1.5.6	K5.Z	523	0.7612	56.8	74.62
26	1.6.1	K6.A	523	0.8617	51.4700	59.73
27	1.6.2	K6.B	523	0.7842	50.73	64.7
28	1.6.3	K6.Γ	523	0.8271	40.35	48.78
29	1.6.4	K6.Δ	523	0.832	42.7	51.52
30	1.6.5	K6.E	523	0.8133	49.5	60.87
31	1.6.6	K6.Z	523	0.8021	50	62.34
32	1.7.1	K7.A	523	0.8525	43.06	50.51
33	1.7.2	K7.B	523	0.7809	42.66	54.63
34	1.8.1	K8.A	523	0.9014	39.09	43.37
35	1.8.2	K8.B	523	0.9228	36.11	39.14

36	2.1.1	K1.A	483	0.7495	61.16	81.6
37	2.1.2	K1.B	483	0.7	62.46	89.92
38	2.1.3	K1.Γ	483	0.7572	61.16	80.77
39	2.1.4	K1.Δ	483	0.7237	63.17	87.29
40	2.2.1	K2.A	483	0.7438	55.15	74.14
41	2.2.2	K2.B	483	0.7182	52.72	73.4
42	2.2.3	K2.Γ	483	0.7575	60.42	79.77
43	2.2.4	K2.Δ	483	0.7129	57.19	80.23
44	2.3.1	K3.A	483	0.72	54.22	75.31
45	2.3.2	K3.B	483	0.7292	52.28	71.7
46	2.3.3	K3.Γ	483	0.7135	55.98	78.46
47	2.3.4	K3.Δ	483	0.683	55.66	81.5
48	2.4.1	K4.A	483	0.7462	59.59	79.85
49	2.4.2	K4.B	483	0.7363	58.3	79.18
50	2.4.3	K4.Γ	483	0.7078	62.12	87.77
51	2.4.4	K4.Δ	483	0.7186	53.21	74.05

Πίνακας 4.5.1 Μετρήσεις ανάκλασης



**Σχήμα 4.5.1.α-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΞΥ Cr-d/Lo**



**Σχήμα 4.5.1.β-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΞΥ Cr-Rc/Lo**

# 5. Συμπεράσματα

---

## 5.1 Πιέσεις

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων των πιέσεων, με την ανάγνωση των παραπάνω διαγραμμάτων προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Συγκρίνοντας την καταγραφή των αισθητήρων πίεσης στη διατομή και αυτή του μετρητή της κυματικής διαταραχής ακριβώς εμπρός από το μέτωπο, παρατηρείται ότι παρουσιάζονται σχεδόν τις ίδιες χρονικές στιγμές μέγιστες και ελάχιστες τιμές με μικρή διαφορά φάσης. Η διαφορά φάσης που έχουν, οφείλεται στην απόσταση μεταξύ του μετρητή κυματικής διαταραχής και των αισθητήρων πίεσης, αφού όπως έχουμε προαναφέρει υπάρχει μια απόσταση μεταξύ τους 2.5m.
- Παρατηρώντας τις λεπτομέρειες των καταγραφισών πιέσεων παρατηρείται ότι οι αισθητήρες πίεσης που βρίσκονται άνωθεν της στάθμης ηρεμούντος ύδατος και κυρίως για τα μικρά κύματα δεν παρουσιάζουν σταθερή καταγραφή, αφού δεν δέχονται συνεχόμενα κυματισμούς. Αντιθέτως, οι αισθητήρες πίεσης που βρίσκονται εντός του ύδατος παρουσιάζουν σταθερή κατανομή, αφού δέχονται μονίμως υδροδυναμικές και υδροστατικές πιέσεις.
- Μέγιστες υδροδυναμικές πιέσεις καταγράφονται για τον μετρητή που βρίσκεται, κοντά στην στάθμη του ηρεμούντος κύματος
- Στις μετρήσεις πιέσεων και ειδικά στους έξαλους μετρητές, που περιέχουν την καταγραφή της έναρξης της κυματικής διαταραχής παρουσιάζονται αυξημένες πιέσεις μέχρι και την σταθεροποίηση της κυματικής διαταραχής.
- Από την παρατήρηση των συγκεντρωτικών διαγραμμάτων παρατείνεται ότι τα κύματα με μεγαλύτερο ύψος κύματος και την ίδια περίοδο ασκούν και μεγαλύτερες πιέσεις.

## 5.2 Ανάκλαση

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την ανάκλαση των κυμάτων, με την ανάγνωση των διαγραμμάτων που αφορούν την ανάκλαση, παρατηρούμε ότι:

- Όσον αφορά το διάγραμμα συσχέτισης του συντελεστή ανάκλασης  $C_r$  με το λόγο  $d/L_0$  παρατηρούμε ότι ο συντελεστής ανάκλασης κυμαίνεται από 0,7 μέχρι 0,95, με τις μεγαλύτερες τιμές να παρατηρούνται σε μεγαλύτερες τιμές του  $d/L_0$ . Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι στα κύματα με υψηλό χαρακτηριστικό ύψος υπήρχε υπερπήδηση και χανόταν μεγάλο μέρος του προσπίπτοντος κυματισμού, ενώ στα κύματα με μικρό χαρακτηριστικό ύψος το κύμα ανακλώνταν επί του μετώπου.

Τα ίδια συμπεράσματα βγάζουμε και για το διάγραμμα συσχέτισης του συντελεστή ανάκλασης  $C_r$  με το λόγο  $R_c/H_s$  δηλαδή ότι τα κύματα με μικρό χαρακτηριστικό ύψος ανακλώνται περισσότερο.

## 5.3 Προτάσεις για περαιτέρω επεξεργασία

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύθηκαν 52 πειραματικές διατάξεις, αποτελούμενες από μετρήσεις κυμάτων και πιέσεων. Σε κάθε πειραματική διάταξη αναλύθηκαν οι μετρήσεις σε 5 θέσεις και οι μετρήσεις πίεσης σε 8 σημεία. Ειδικότερα για τις μετρήσεις πιέσεων επεξεργάστηκαν αρχεία με 215.600 γραμμές και 9 στήλες. Λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων δεν έγινε περαιτέρω ανάλυση. Από τα υφιστάμενα δεδομένα και τα διαγράμματα που συντάχθηκαν θα πρέπει να γίνει αξιολόγηση του τρόπου επεξεργασίας των δεδομένων λόγω των ασαφειών που προέκυψαν ιδιαίτερα στην εκτίμηση της μέσης ατάθμισης αναφοράς. Μετά την τελική αξιολόγηση των μετρήσεων θα πρέπει προσδιορισθούν οι χρόνοι απόσβεσης των πιέσεων καθώς και τα μέγιστα των πιέσεων .

# Βιβλιογραφία

---

Μουτζούρης Κ.(α), 2009, Θαλάσσια Υδραυλική, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα

Μουτζούρης Κ.(β), 2005, Εισαγωγή στην ακτομηχανική, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα

T. Pullen, N.W.H Allsop, T.Bruce, A.Kortenhaus,2007.EurOtop,Wave Overtopping of Sea Defenses and Related Structures: Assessment Manual

T.M.G Schaap,1999, Wave impacts on a vertical breakwater, Graduation report

M. Salih Kirkgoz,1991, Impact pressure of breaking waves on vertical kai slopping walls

Dimmitris stagonas, Andreas Marzddu,2015, Measuring wave impact induced pressure with a pressure mapping-system

N.W.H Allsop, D. Vicinanza, J.E Ackenna, March 1995, Wave forces on vertical and composite breakwaters,

K.V. Avand, V Sundar,2000, Dynamic pressures on curved front seawalls models under random waves.

A. Koertenhaus, H. Oumeraci, N.W.H Allsop, Chapter 5.1: Wave impacts loads-pressures and forces,

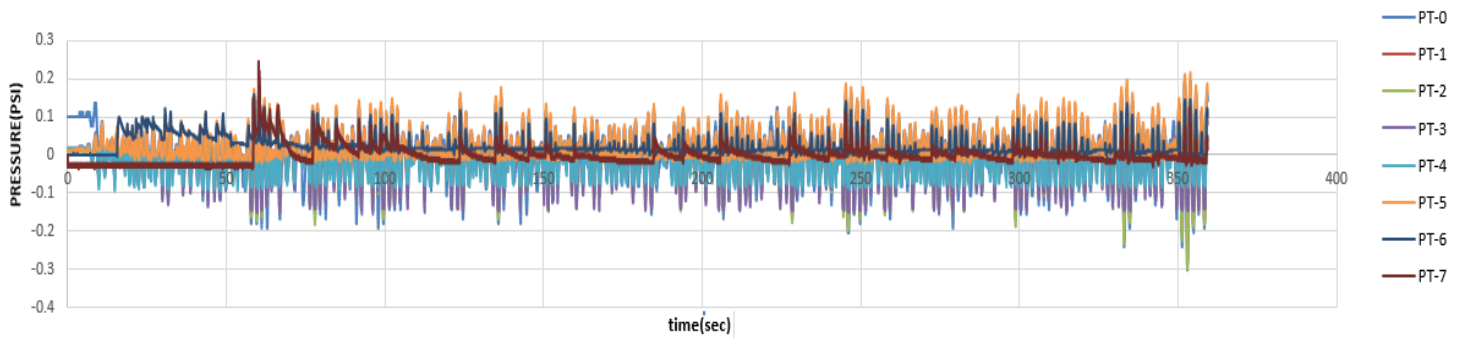
Hasselmann, D. E., Dunckel M., Ewing J. A., 1980, Directional Wave Spectra Observed during JONSWAP 1973., J. Phys. Oceanogr., 10, 1264–1280

Giovanni Cuomo, Rodolfo Piscopia, William Allsop,2015, Evaluation of wave impact loads on caisson breakwaters basd on joint propability of impact maxima and rise time.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

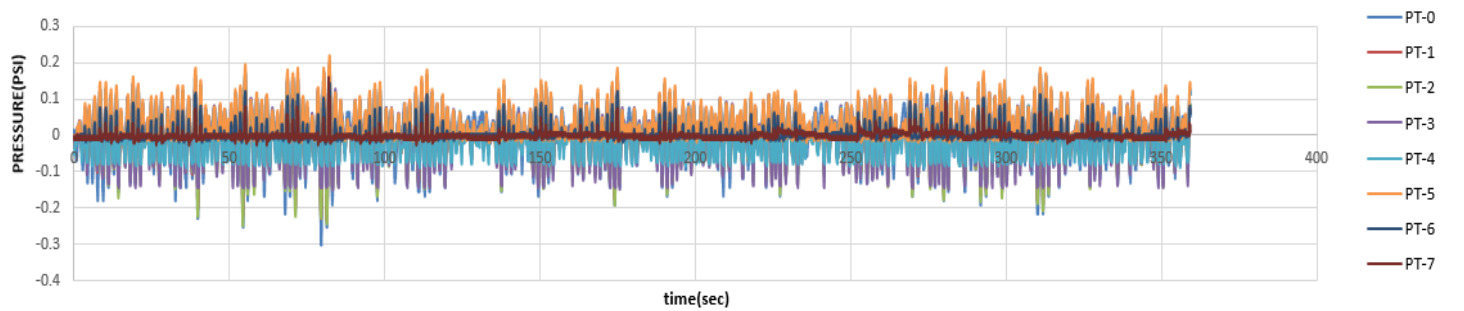
## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α(Χρονοσειρές πιέσεων για όλα τα κύματα)

Hs=94.018mm Tm=1.264sec



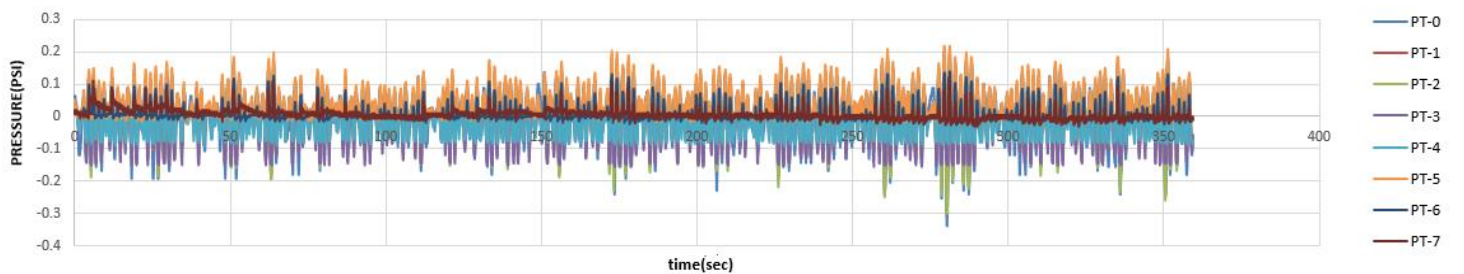
### ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K1.A/d1

Hs=99.311mm Tm=1.286sec



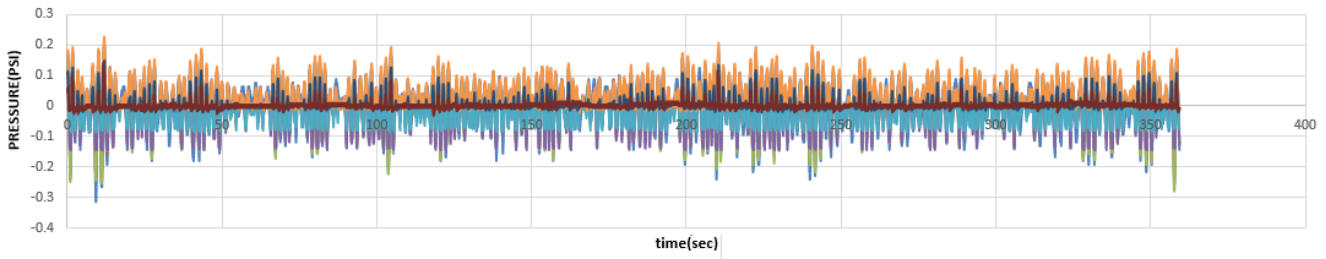
### ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K1.B/d1

Hs=100.464mm Tm=1.236sec



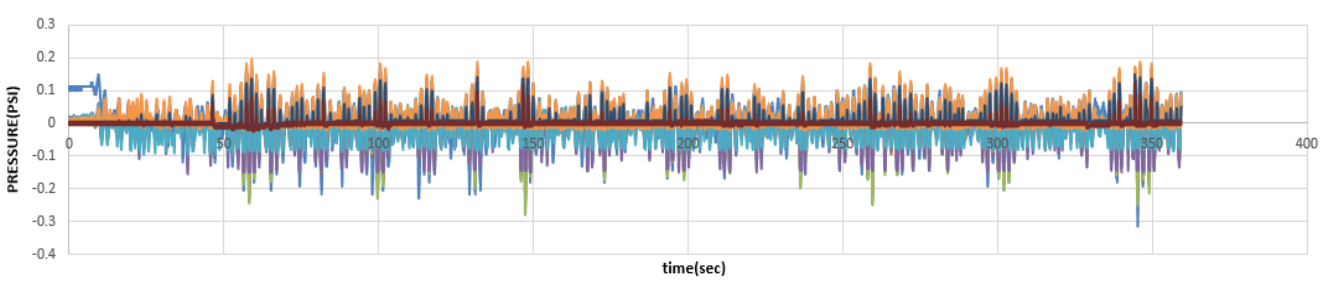
### ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K1.Γ/d1

Hs=106.293mm Tm=1.276sec



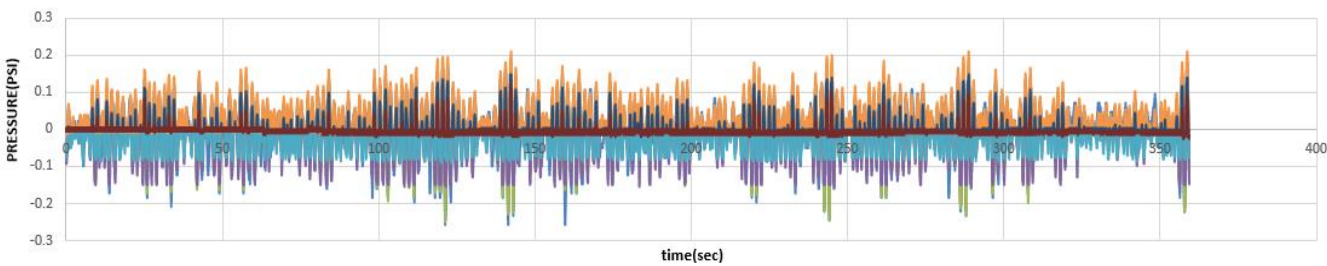
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K1.Δ/d1**

Hs=99.339mm Tm=1.270sec



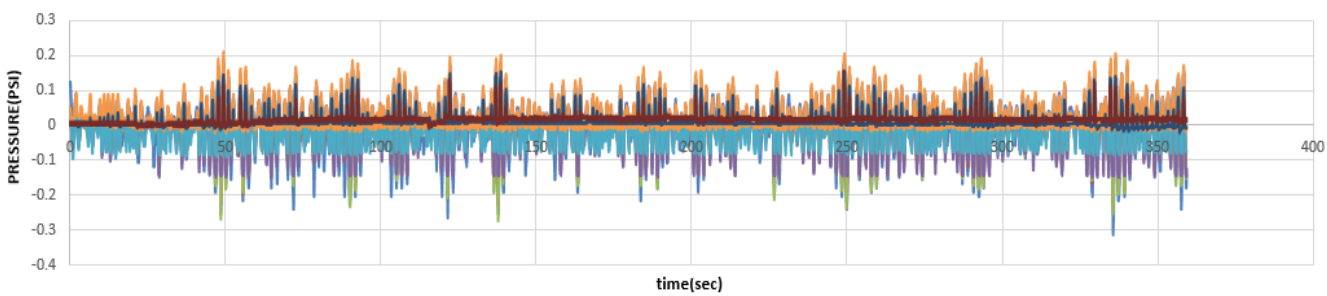
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K2.A/d1**

Hs=102.689mm Tm=1.288sec



**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K2.B/d1**

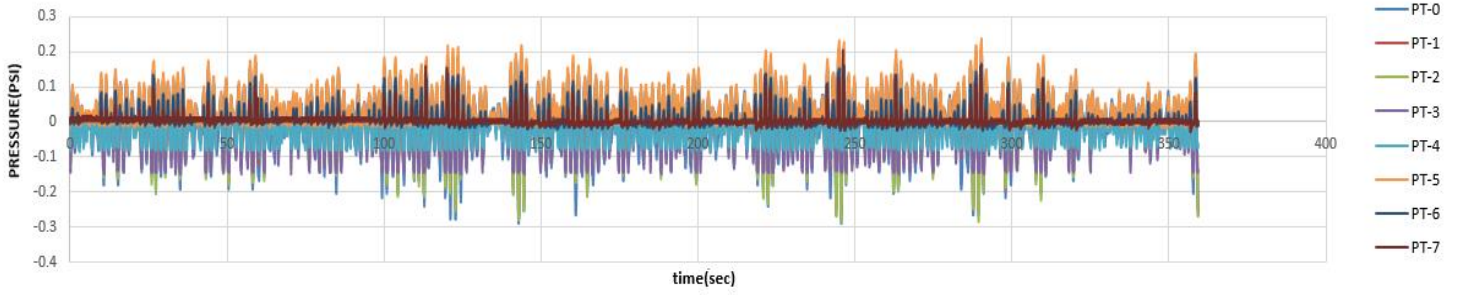
Hs=104.682mm Tm=1.277sec



**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K2.Γ/d1**

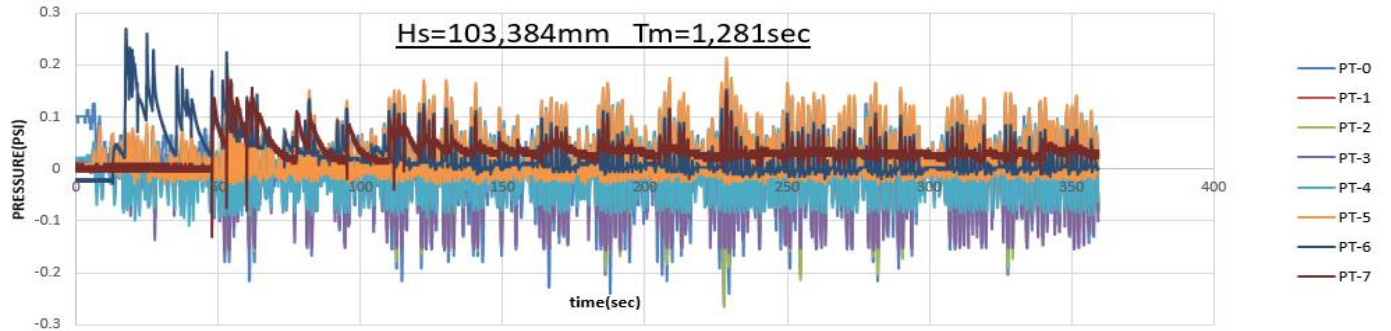


Hs=121.985mm Tm=1.262sec



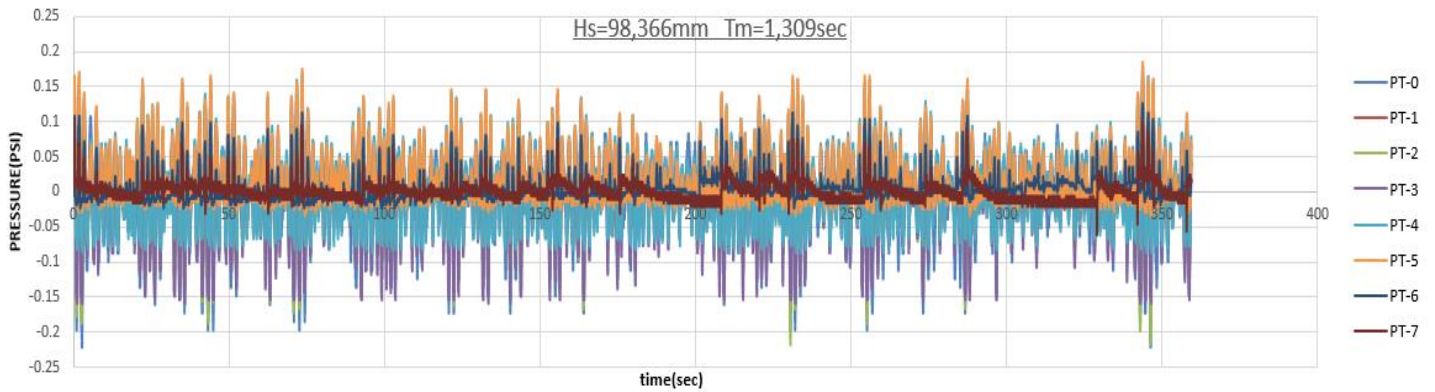
ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K2.Δ/d1

Hs=103,384mm Tm=1,281sec



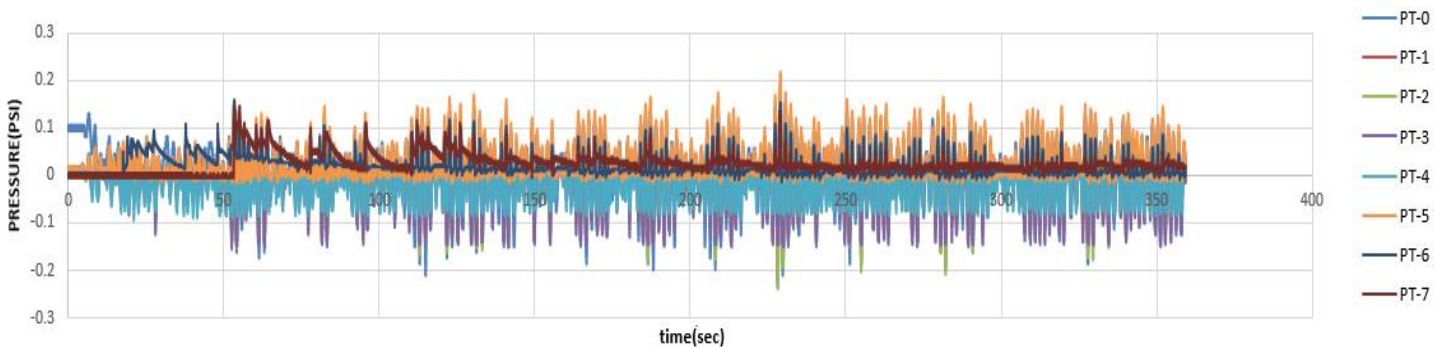
ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K3.A/d1

Hs=98,366mm Tm=1,309sec



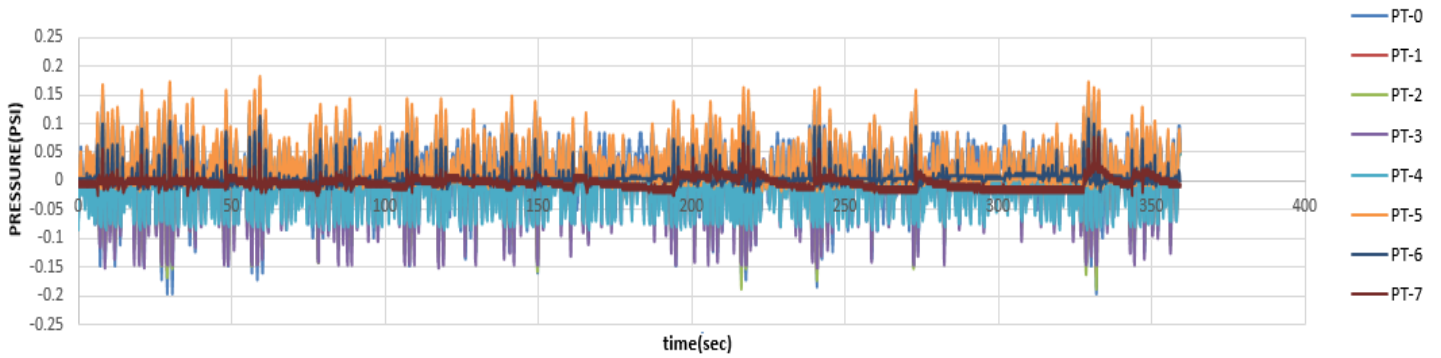
ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K3.B/d1

Hs=97.033mm Tm=1.296sec



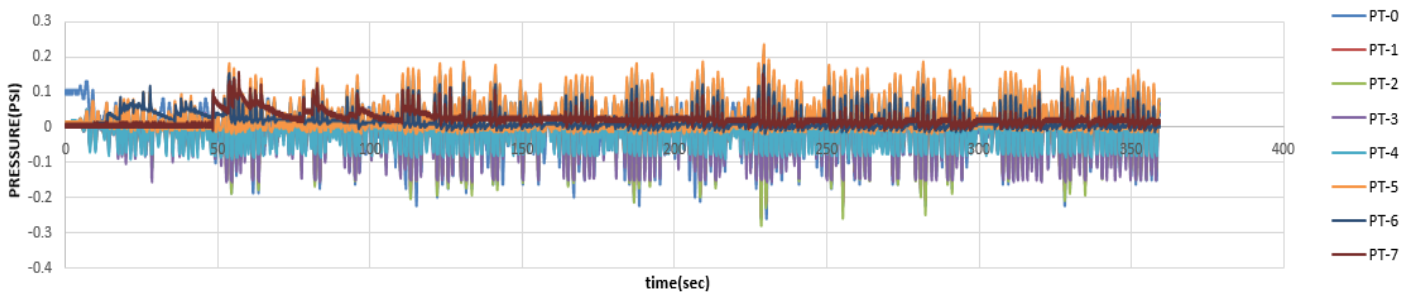
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-Κ3.Γ/d1**

Hs=89.354mm Tm=1.338sec



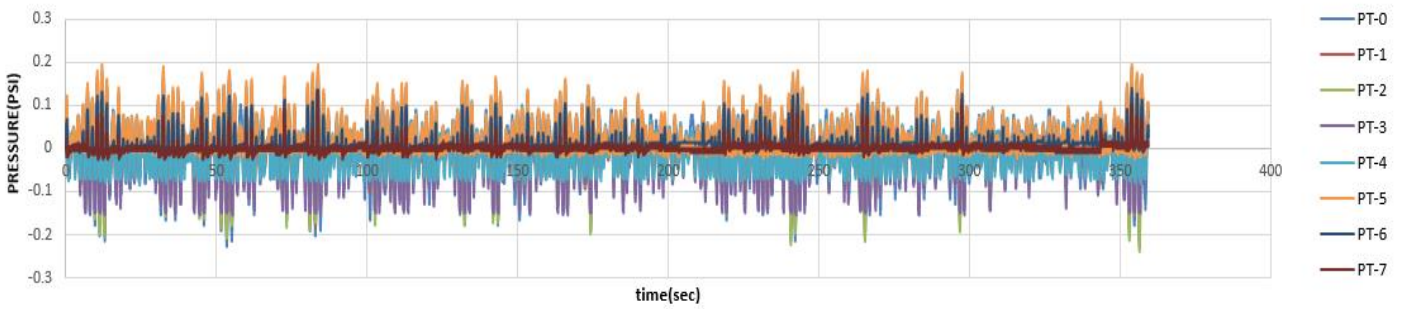
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-Κ3.Δ/d1**

Hs=110.458mm Tm=1.262sec



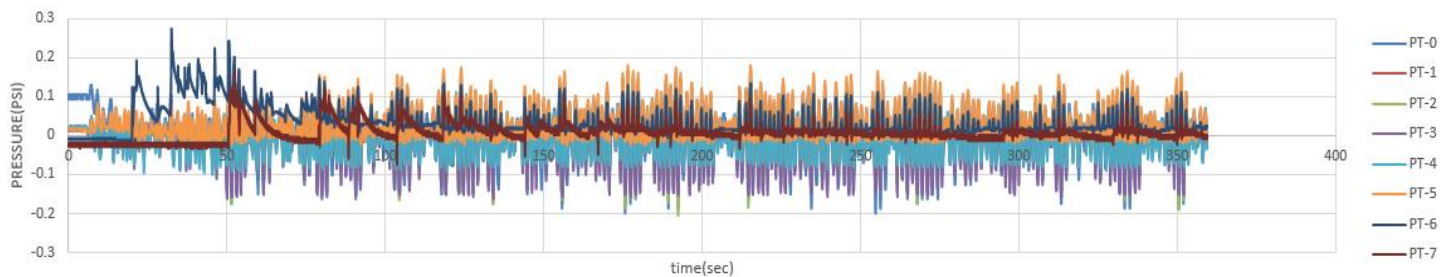
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-Κ3.Ε/d1**

Hs=102.708mm Tm=1.281sec



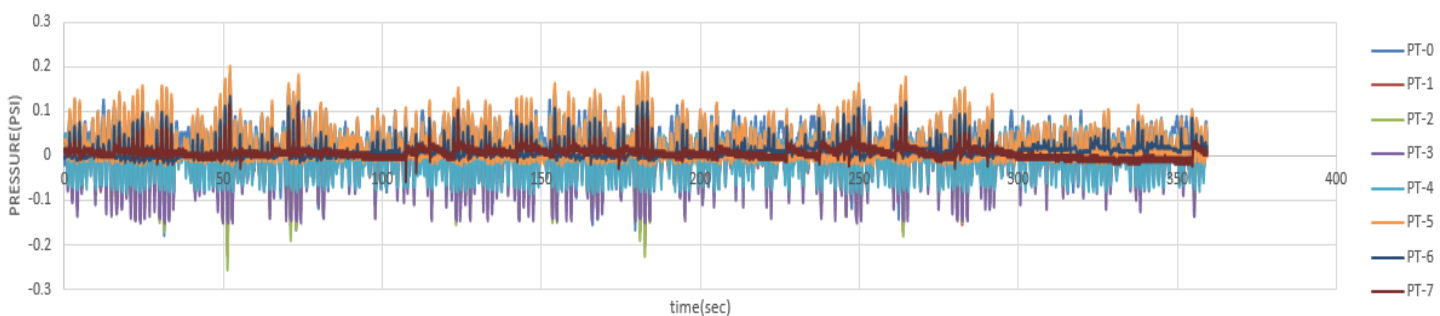
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-Κ3.Ζ/d1**

Hs=122.612mm Tm=1.306sec



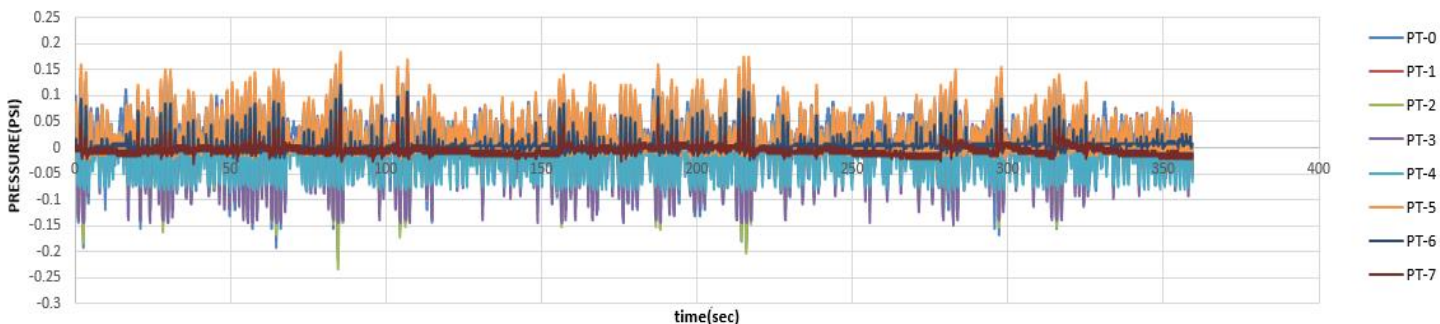
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K4.A/d1**

Hs=121.168mm Tm=1.307sec



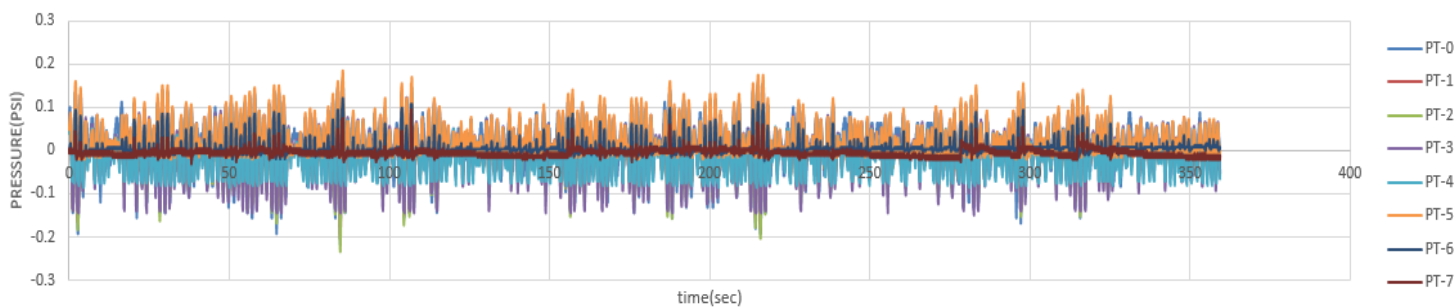
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K4.B/d1**

Chart Title



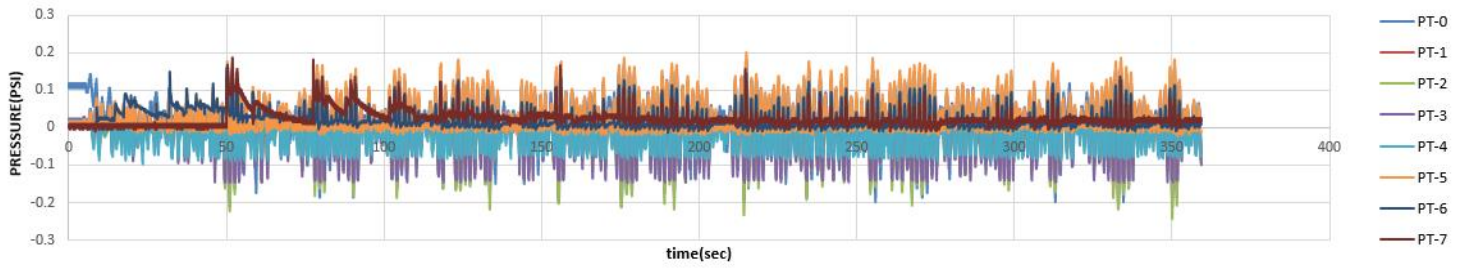
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K4.Γ/d1**

Hs=121.346mm Tm=1.309sec



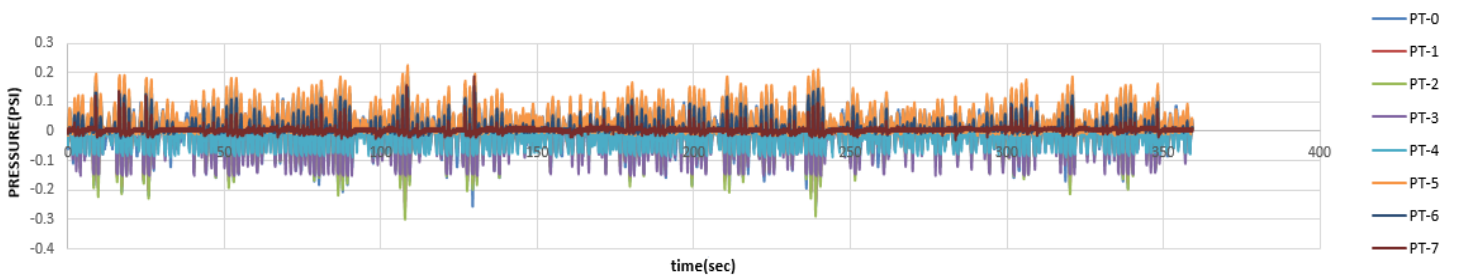
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K4.Δ/d1**

Hs=134.232mm Tm=1.295sec



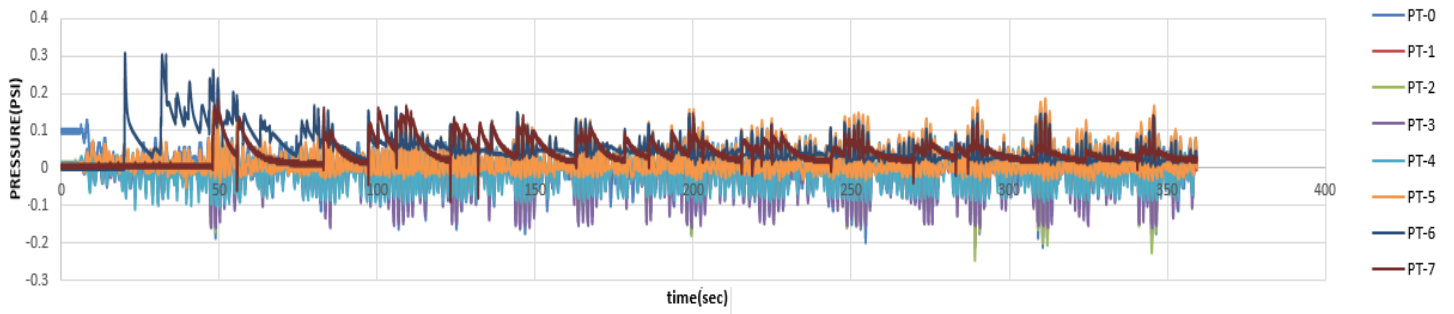
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K4.E/d1**

Hs=130.638mm Tm=1.288sec



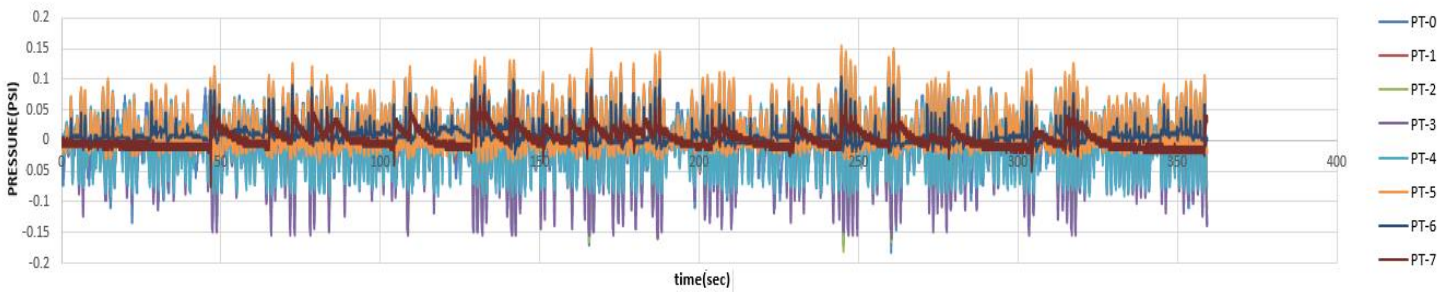
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K4.Z/d1**

Hs=127.7 mm Tm=1.277 sec



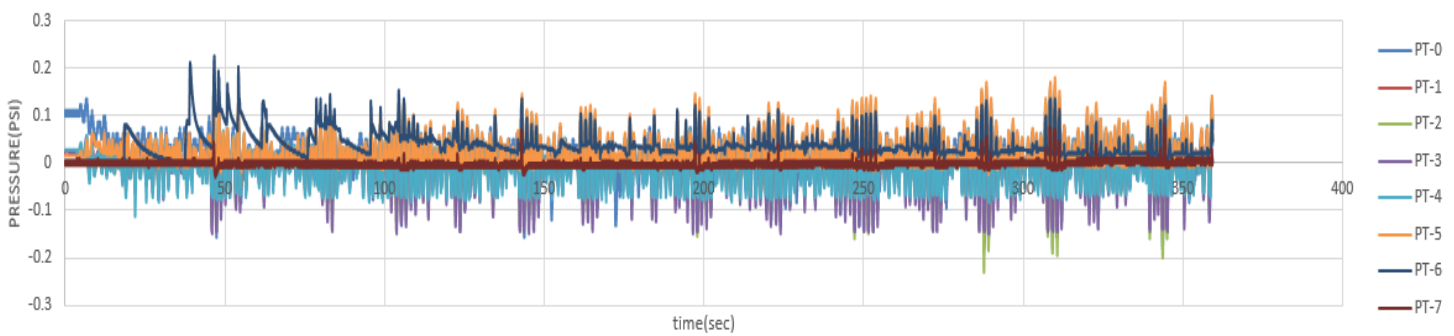
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K5.A/d1**

Hs=107.3mm Tm=1.239sec



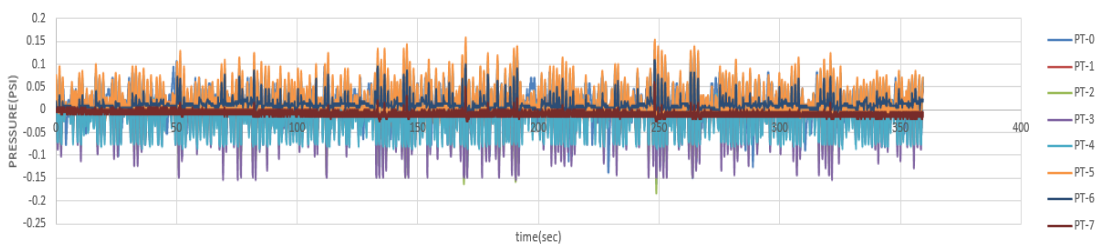
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K5.B/d1**

Hs=113.841 mm Tm=1.271sec



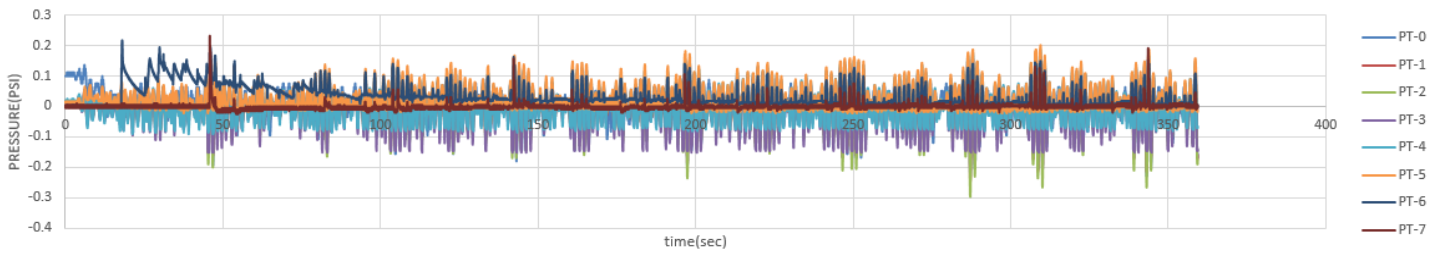
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K5.Γ/d1**

Hs=94.359mm Tm=1.211sec



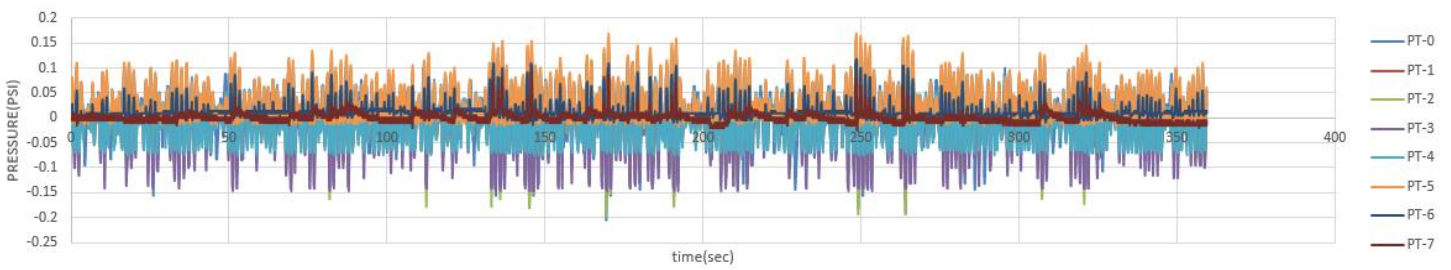
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K5.Δ/d1**

Hs=140.873mm Tm=1.249sec



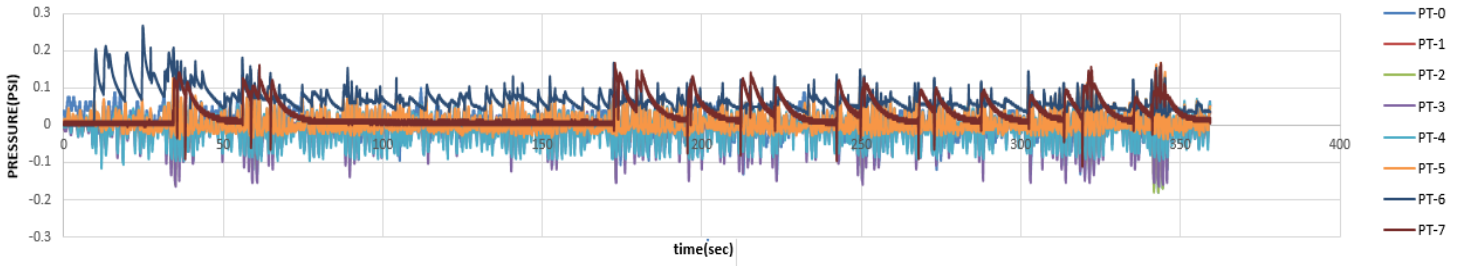
ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K5.E/d1

Hs=112.254mm Tm=1.215sec



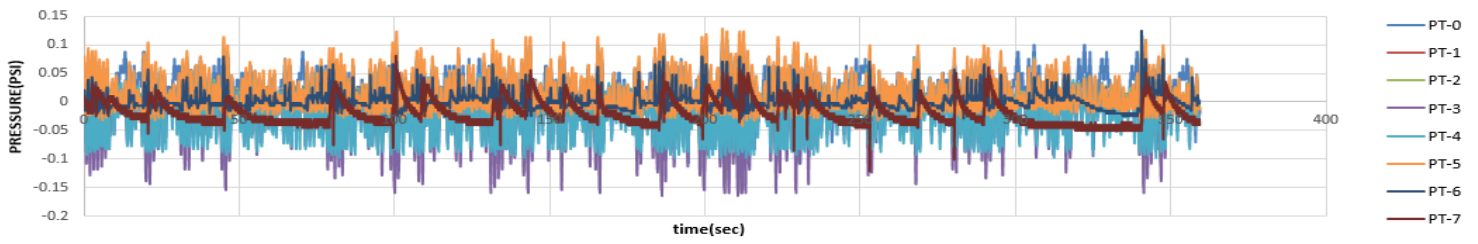
ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K5.Z/d1

Hs=97.56mm Tm=1.179sec



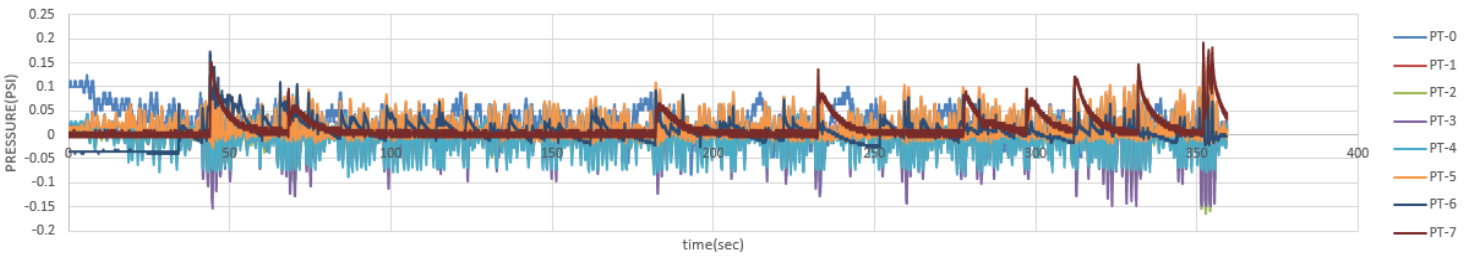
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K6.A/d1**

Hs=98.702mm Tm=1.179sec



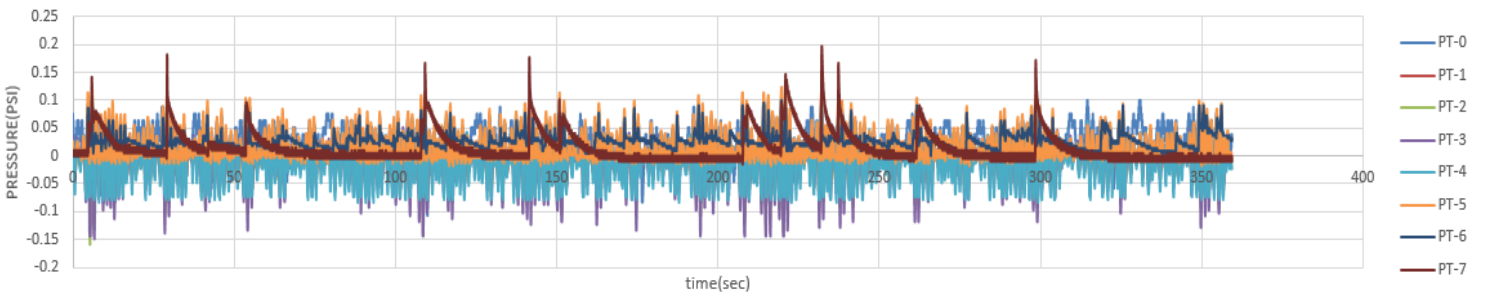
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K6.B/d1**

Hs=80.101mm Tm=1.190sec



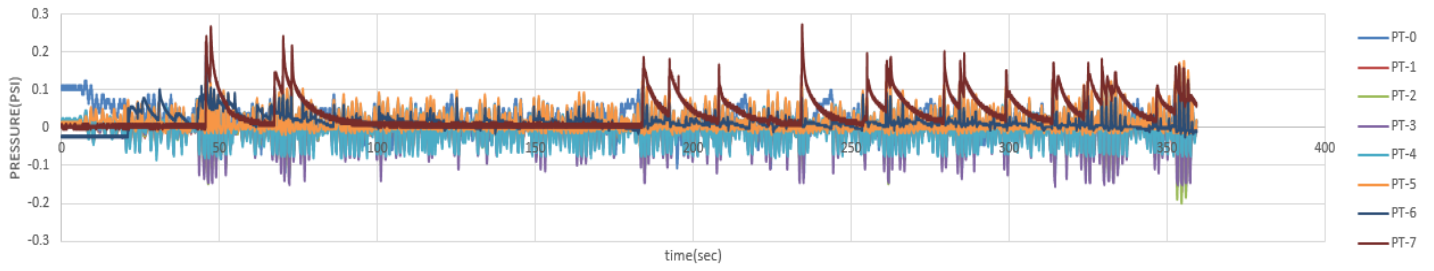
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K6.Γ/d1**

Hs=78.517mm Tm=1.201sec



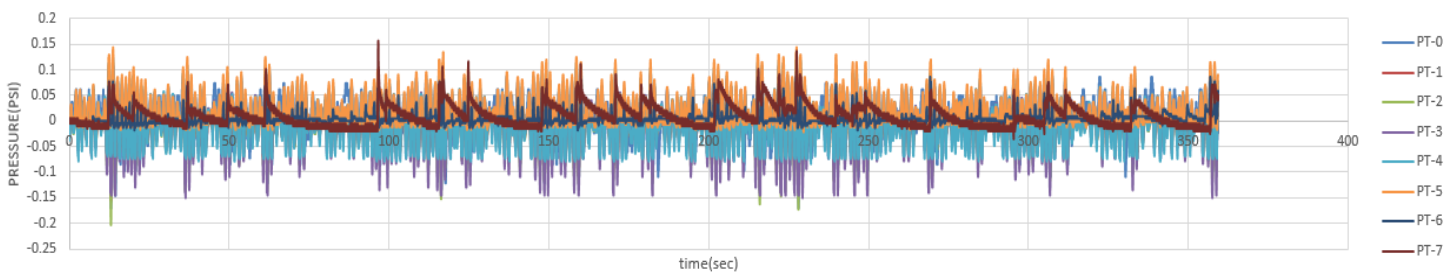
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K6.Δ/d1**

Hs=97.726mm Tm=1.186sec



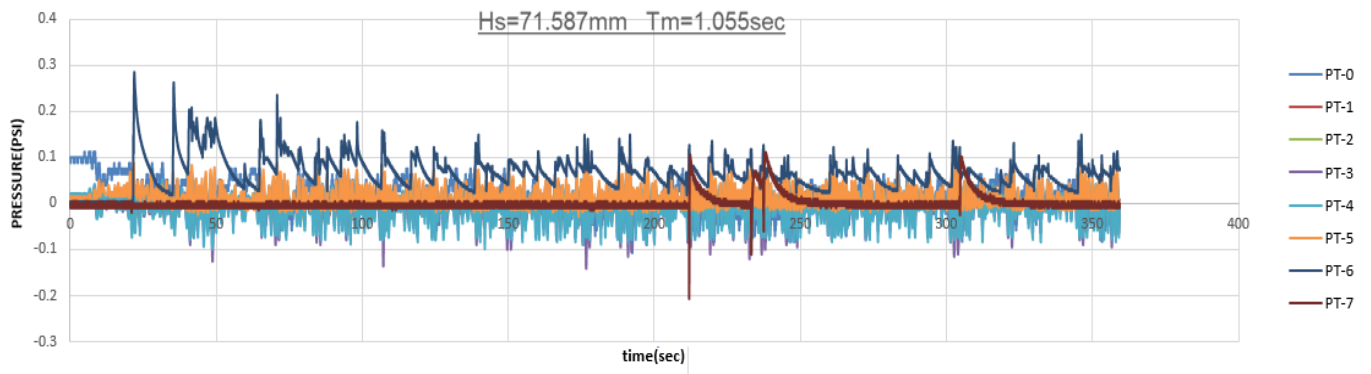
ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K6.E/d1

Hs=94.954mm Tm=1.184sec

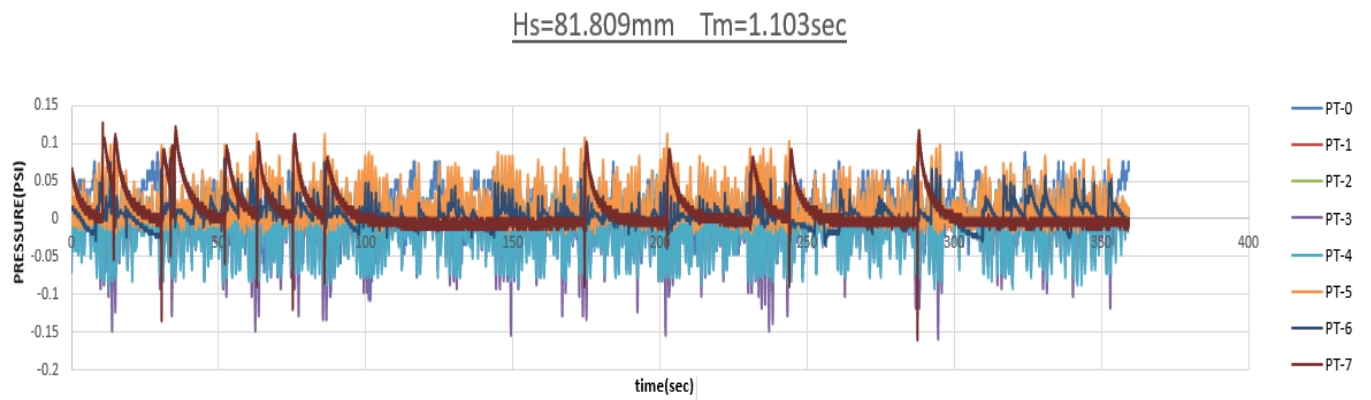


ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K6.Z/d1



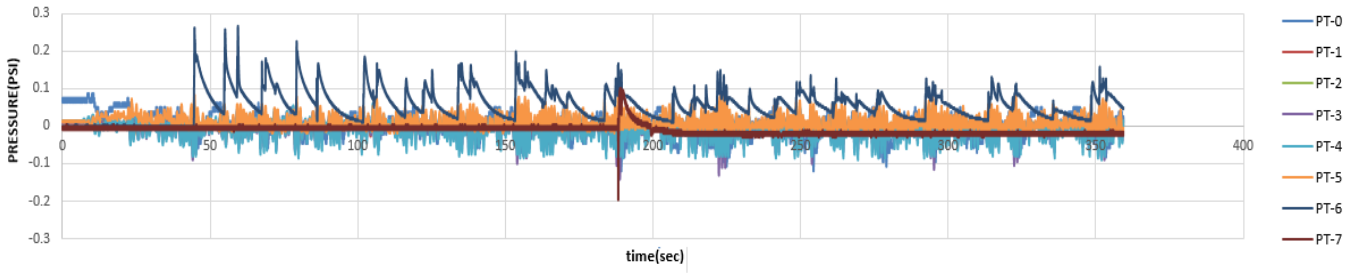


**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K7.A/d1**



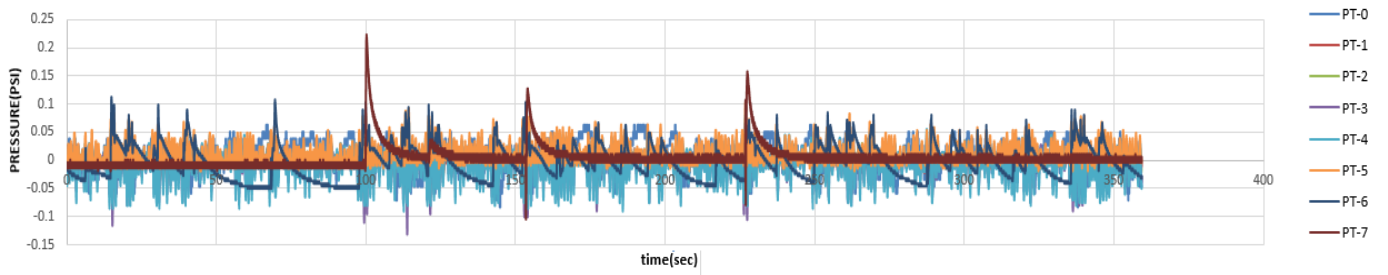
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K7.B/d1**

Hs=55.975mm Tm=0.967sec



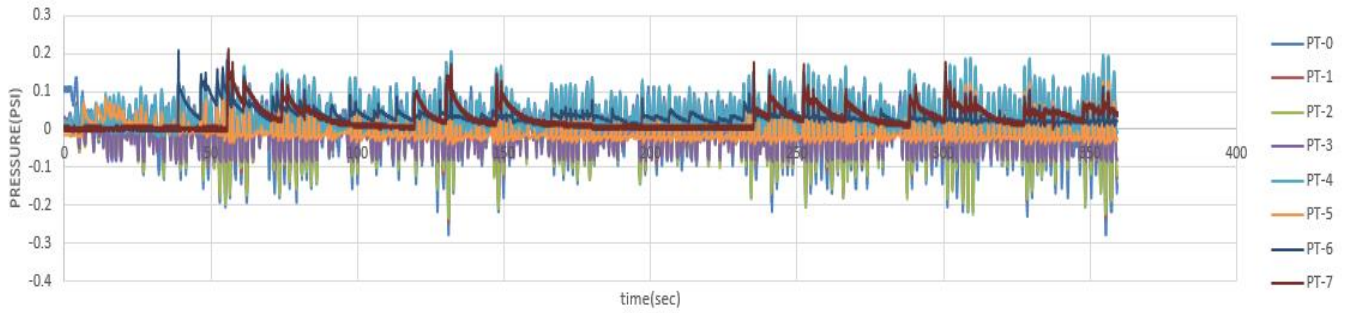
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K8.A/d1**

Hs=54.185mm Tm=0.961sec



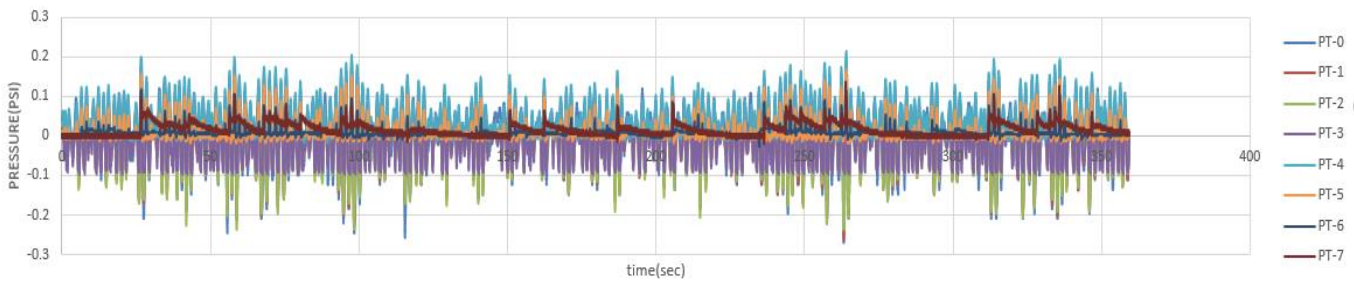
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K8.B/d1**

Hs=95.208mm Tm=1.276sec



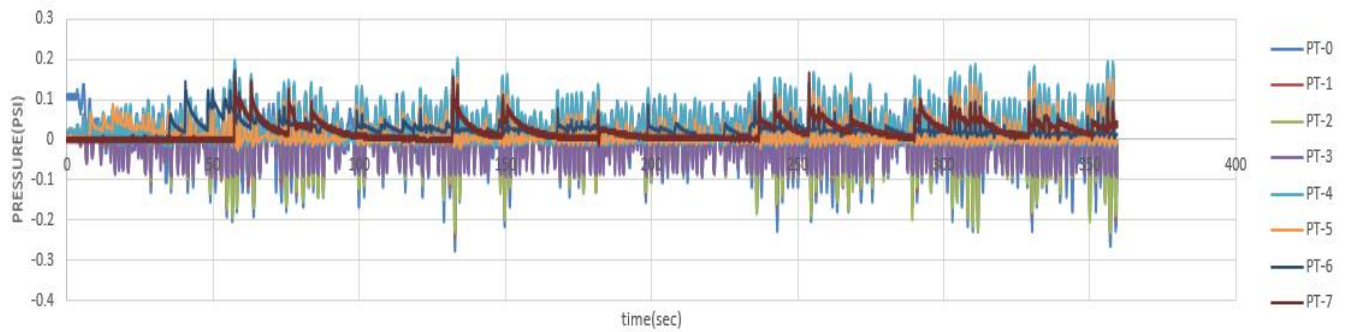
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K1.A/d2**

Hs=104.136mm Tm=1.29sec



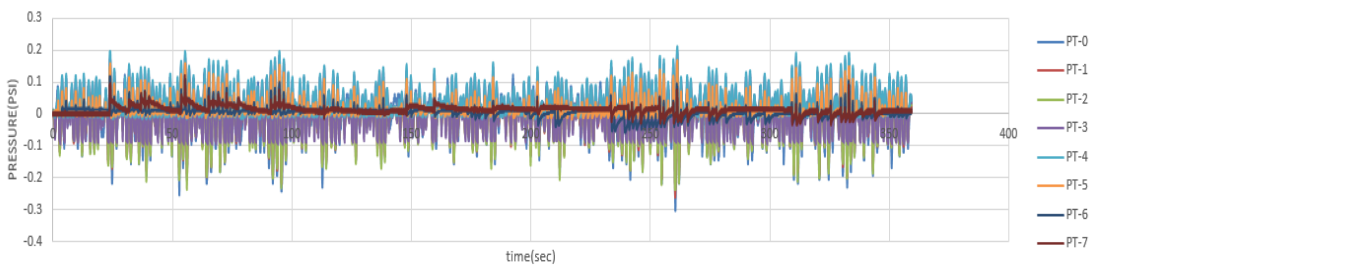
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K1.B/d2**

Hs=94.405mm Tm=1.270sec



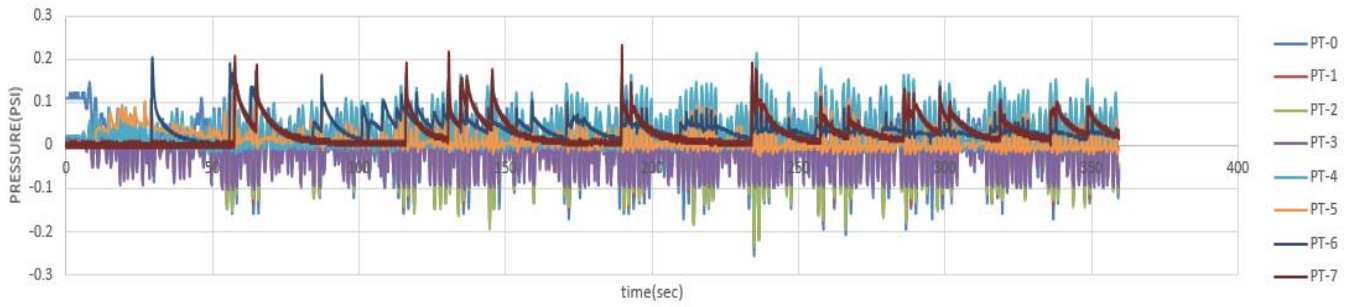
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K1.Γ/d2**

Hs=102.799mm Tm=1.281sec



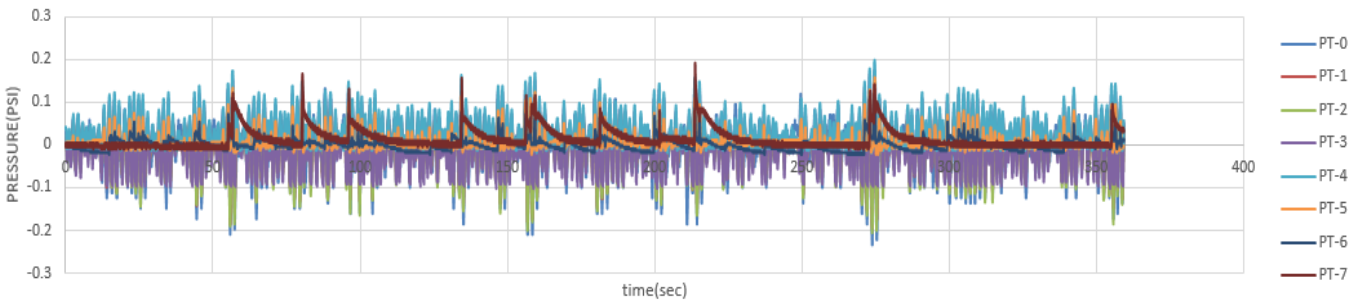
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K1.Δ/d2**

Hs=89.149mm Tm=1.296sec



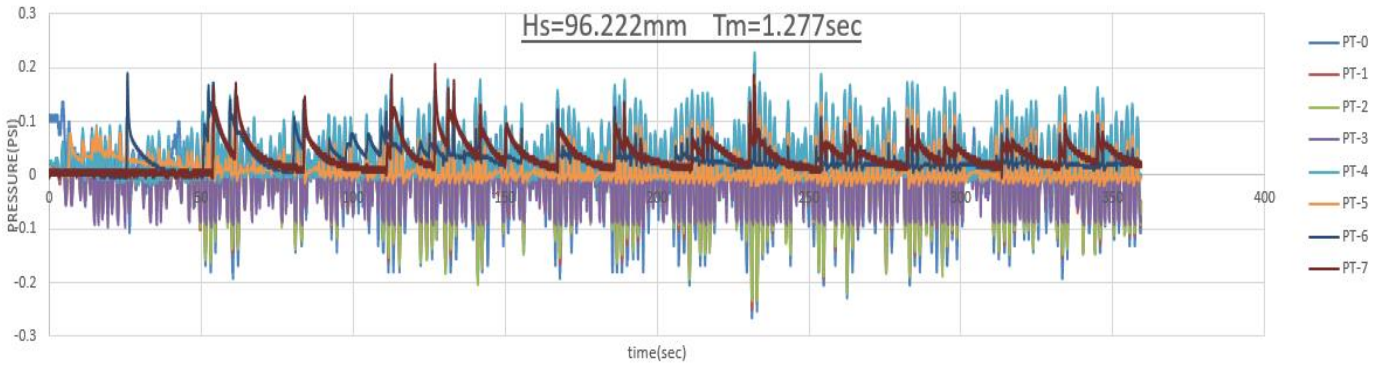
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K2.A/d2**

Hs=89.405mm Tm=1.301sec



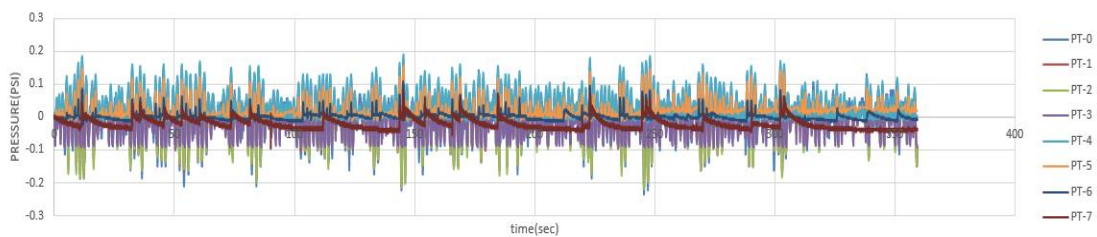
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K2.B/d2**

Hs=96.222mm Tm=1.277sec



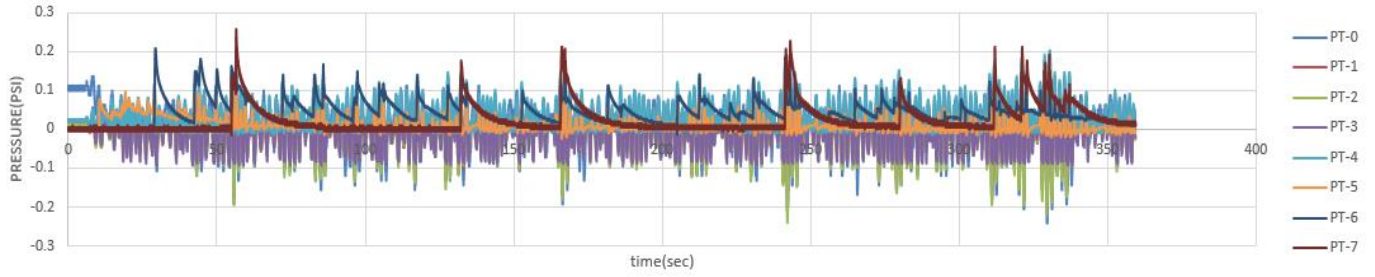
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K2.Γ/d2**

Hs=98.261mm Tm=1.287sec



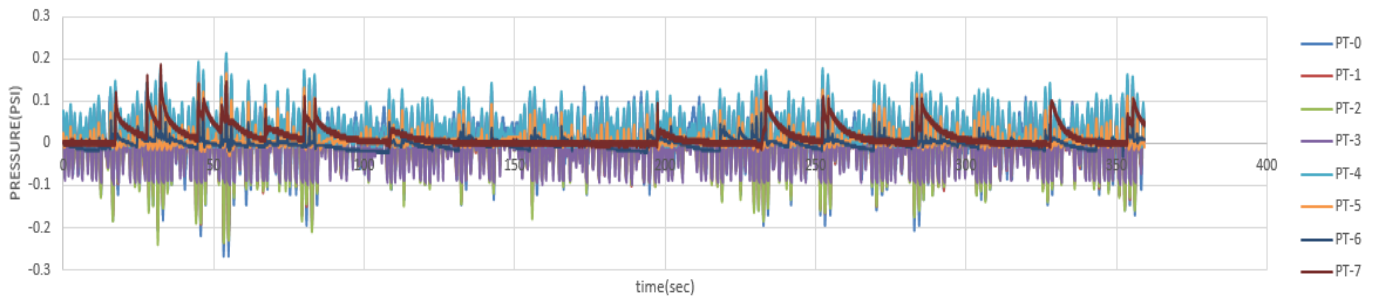
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K2.Δ/d2**

Hs=94.921mm Tm=1.298sec



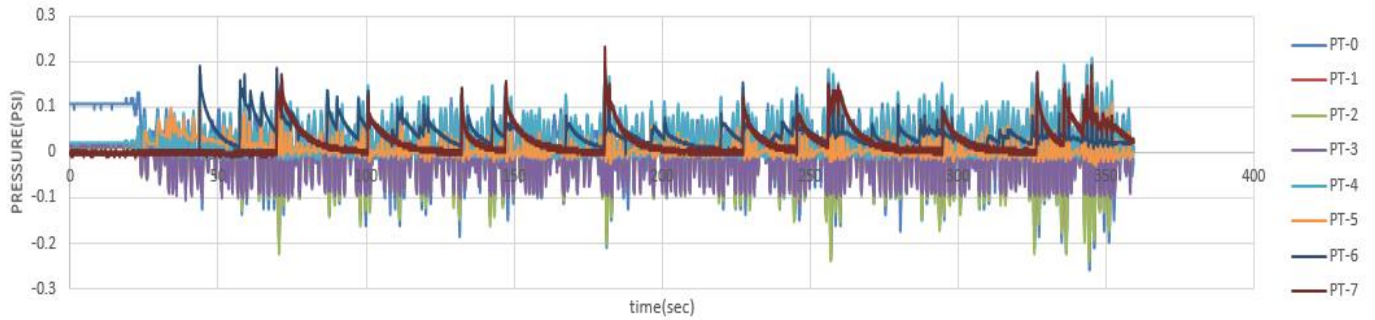
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K3.A/d2**

Hs=91.855mm Tm=1.321sec



**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K3.B/d2**

Hs=99.895mm Tm=1.324sec



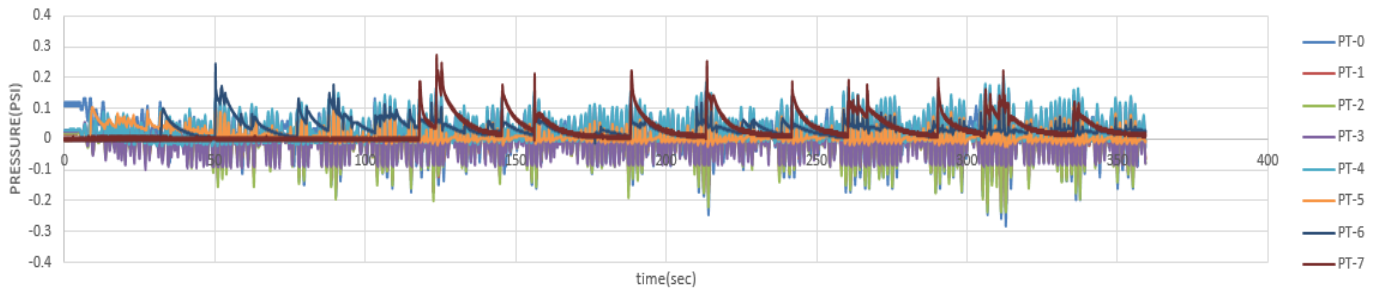
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K3.Γ/d2**

Hs=100.316mm Tm=1.285sec



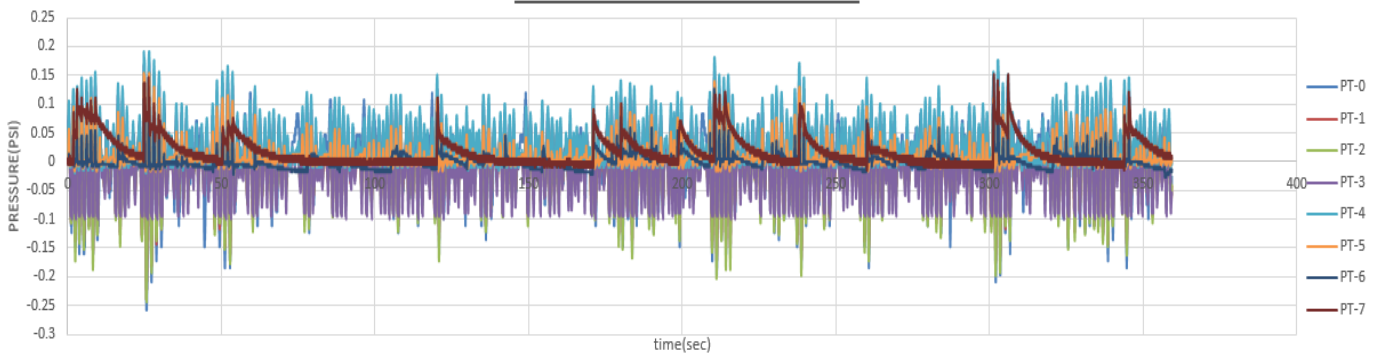
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K3.Δ/d2**

Hs=113.257mm Tm=1.286sec



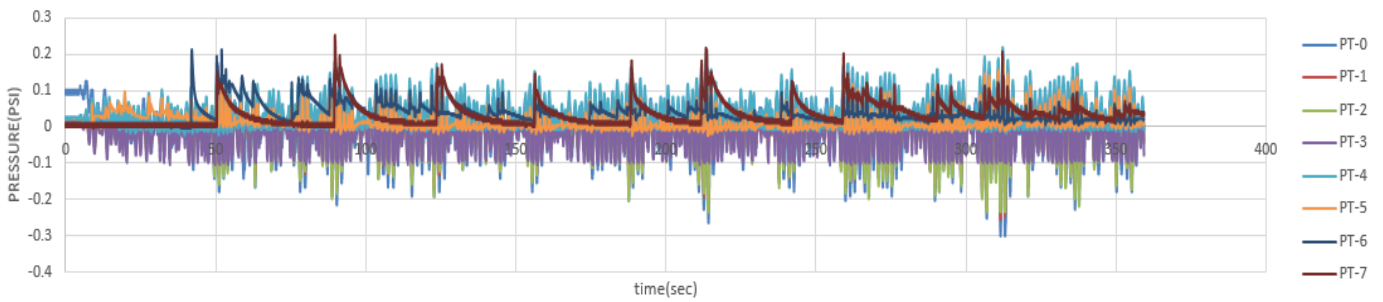
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K4.A/d2**

Hs=109.060mm Tm=1.298sec



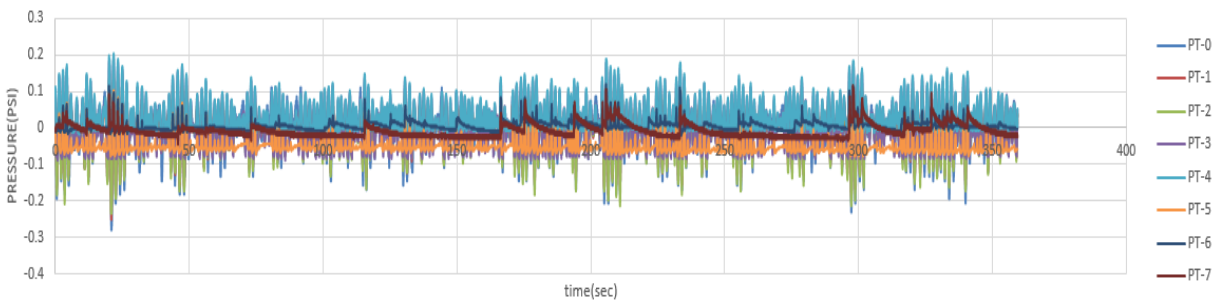
**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K4.B/d2**

Hs=121.436mm Tm=1.277sec



**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K4.Γ/d2**

Hs=94.239mm Tm=1.332sec



**ΧΡΟΝΟΣΕΙΡΑ ΜΕΤΡΟΥΜΕΝΩΝ ΠΙΕΣΕΩΝ-K4.Δ/d2**

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β( Πίνακες μεγίστων ελαχίστων και μέσων τιμών για υδροδυναμικές πιέσεις)**

1.1.1					1.1.3				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.136569	-0.30227	0.087809	-0.39615	PT-0	0.136569	-0.33884	-0.01626	-0.39615
PT-1	0.137824	-0.28293	0.108531	-0.29615	PT-1	0.143141	-0.30424	-0.00834	-0.29615
PT-2	0.157436	-0.30012	0.132016	-0.19615	PT-2	0.167604	-0.30012	-0.00797	-0.19615
PT-3	0.192862	-0.15172	0.167147	-0.09615	PT-3	0.199148	-0.15572	-0.00268	-0.09615
PT-4	0.192676	-0.09472	0.169987	-0.04615	PT-4	0.201554	-0.09088	0.003428	-0.04615
PT-5	0.216539	-0.02214	0.189749	0.004127	PT-5	0.217711	-0.0161	0.032966	0.004127
PT-6	0.18104	-0.01358	0.140306	0.054127	PT-6	0.139354	-0.02358	0.007674	0.054127
PT-7	0.245702	-0.03715	0.129529	0.104127	PT-7	0.120268	-0.03126	0.0056	0.104127
1.1.2					1.1.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.136569	-0.30227	-0.01327	-0.39615	PT-0	0.124379	-0.31446	-0.01417	-0.39615
PT-1	0.14315	-0.235	-0.00838	-0.29615	PT-1	0.143141	-0.25098	-0.00794	-0.29615
PT-2	0.16252	-0.24928	-0.00811	-0.19615	PT-2	0.157436	-0.27979	-0.00719	-0.19615
PT-3	0.200005	-0.14972	0.002474	-0.09615	PT-3	0.200005	-0.14458	0.003299	-0.09615
PT-4	0.20276	-0.08968	0.001885	-0.04615	PT-4	0.201554	-0.08584	0.003191	-0.04615
PT-5	0.21941	-0.01927	0.027386	0.004127	PT-5	0.226453	-0.02197	0.031652	0.004127
PT-6	0.143884	-0.02358	0.005114	0.054127	PT-6	0.148406	-0.02358	0.006482	0.054127
PT-7	0.159733	-0.02715	-0.00165	0.104127	PT-7	0.140472	-0.03126	0.000571	0.104127
1.2.1					1.2.3				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.148713	-0.31451	-0.01279	-0.39615	PT-0	0.124399	-0.31444	-0.02391	-0.39615
PT-1	0.114139	-0.23738	-0.01184	-0.29615	PT-1	0.120838	-0.23068	-0.01086	-0.29615
PT-2	0.132016	-0.27979	-0.01133	-0.19615	PT-2	0.147027	-0.27494	-0.00876	-0.19615
PT-3	0.17429	-0.15486	-0.00083	-0.09615	PT-3	0.184575	-0.14972	0.000263	-0.09615
PT-4	0.176302	-0.09597	0.000996	-0.04615	PT-4	0.191107	-0.09629	0.000441	-0.04615
PT-5	0.197093	-0.0221	0.019875	0.004127	PT-5	0.210848	-0.02296	0.026418	0.004127
PT-6	0.149358	-0.01358	0.011603	0.054127	PT-6	0.153884	-0.02263	0.013717	0.054127
PT-7	0.126275	-0.02526	-0.00147	0.104127	PT-7	0.156581	-0.0101	0.015881	0.104127
1.2.2					1.2.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.108143	-0.25756	-0.01644	-0.39615	PT-0	0.112209	-0.29006	-0.02591	-0.39615
PT-1	0.119465	-0.2214	-0.01205	-0.29615	PT-1	0.13149	-0.26796	-0.01223	-0.29615
PT-2	0.142184	-0.24928	-0.00963	-0.19615	PT-2	0.162279	-0.28511	-0.00782	-0.19615
PT-3	0.174433	-0.15472	-0.00484	-0.09615	PT-3	0.205147	-0.14972	0.000695	-0.09615
PT-4	0.181386	-0.09088	-0.00026	-0.04615	PT-4	0.211275	-0.0862	0.004854	-0.04615
PT-5	0.209964	-0.0141	0.031061	0.004127	PT-5	0.237203	-0.01609	0.03199	0.004127
PT-6	0.14841	-0.01	0.007921	0.054127	PT-6	0.165017	-0.02507	0.009073	0.054127
PT-7	0.121224	-0.02526	-0.00548	0.104127	PT-7	0.20402	-0.02833	0.003177	0.104127

1.3.1					1.3.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.125395	-0.26469	-0.01338	-0.39615	PT-0	0.120261	-0.19668	0.002027	-0.39615
PT-1	0.131752	-0.24107	-0.00357	-0.29615	PT-1	0.110619	-0.16633	0.001997	-0.29615
PT-2	0.157193	-0.26478	0.000804	-0.19615	PT-2	0.121771	-0.18835	-0.00127	-0.19615
PT-3	0.18723	-0.16249	-0.00247	-0.09615	PT-3	0.146566	-0.15173	-0.00058	-0.09615
PT-4	0.202985	-0.10962	0.005866	-0.04615	PT-4	0.15714	-0.08488	-0.00048	-0.04615
PT-5	0.214376	-0.03892	0.019744	0.004127	PT-5	0.182404	-0.01731	0.025945	0.004127
PT-6	0.269737	-0.02898	0.026173	0.054127	PT-6	0.11315	-0.0181	0.006419	0.054127
PT-7	0.176785	-0.13133	0.032973	0.104127	PT-7	0.075765	-0.02525	-0.00325	0.104127
1.3.2					1.3.5				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	H
PT-0	0.119395	-0.22193	-0.01068	-0.39615	PT-0	0.130091	-0.25999	-0.01216	-0.39615
PT-1	0.115774	-0.19313	-0.00303	-0.29615	PT-1	0.139825	-0.2543	-0.00773	-0.29615
PT-2	0.132441	-0.21835	-0.00643	-0.19615	PT-2	0.172688	-0.27979	-0.00753	-0.19615
PT-3	0.164658	-0.15935	-0.00337	-0.09615	PT-3	0.204341	-0.15567	-0.00493	-0.09615
PT-4	0.179775	-0.08745	0.007504	-0.04615	PT-4	0.21668	-0.09088	0.003473	-0.04615
PT-5	0.18515	-0.03404	0.016666	0.004127	PT-5	0.235195	-0.0181	0.030602	0.004127
PT-6	0.125957	-0.0234	0.005711	0.054127	PT-6	0.176514	-0.0181	0.019752	0.054127
PT-7	0.104946	-0.06174	0.000205	0.104127	PT-7	0.156581	-0.0101	0.022786	0.104127
1.3.3					1.3.6				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.130451	-0.23525	-0.00808	-0.39615	PT-0	0.138281	-0.22742	-0.00922	-0.39615
PT-1	0.116597	-0.22427	-0.00965	-0.29615	PT-1	0.116521	-0.21369	-0.0083	-0.29615
PT-2	0.142191	-0.23911	-0.00803	-0.19615	PT-2	0.142184	-0.23912	-0.00602	-0.19615
PT-3	0.183567	-0.15587	-0.00073	-0.09615	PT-3	0.16934	-0.15467	-0.00322	-0.09615
PT-4	0.192434	-0.09496	-0.00026	-0.04615	PT-4	0.186386	-0.08588	0.007311	-0.04615
PT-5	0.218501	-0.01531	0.027714	0.004127	PT-5	0.195227	-0.02397	0.024333	0.004127
PT-6	0.15841	-0.01358	0.020842	0.054127	PT-6	0.140306	-0.01358	0.013987	0.054127
PT-7	0.146479	-0.00505	0.024507	0.104127	PT-7	0.131326	-0.02525	0.000499	0.104127
1.4.1					1.4.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.129752	-0.19938	-0.00871	-0.39615	PT-0	0.112143	-0.21699	-0.00241	-0.39615
PT-1	0.109421	-0.16221	0.001447	-0.29615	PT-1	0.094747	-0.20351	-0.00551	-0.29615
PT-2	0.124582	-0.20588	-0.00204	-0.19615	PT-2	0.116764	-0.23403	-0.00422	-0.19615
PT-3	0.151065	-0.16266	-0.00243	-0.09615	PT-3	0.158858	-0.14972	0.004568	-0.09615
PT-4	0.166329	-0.1009	0.009134	-0.04615	PT-4	0.16626	-0.08584	0.001017	-0.04615
PT-5	0.179821	-0.02476	0.028892	0.004127	PT-5	0.184487	-0.0201	0.022705	0.004127
PT-6	0.274074	-0.01559	0.036113	0.054127	PT-6	0.120957	-0.02387	0.006614	0.054127
PT-7	0.163245	-0.07415	0.006083	0.104127	PT-7	0.095021	-0.03125	-0.00576	0.104127
1.4.2					1.4.5				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.125372	-0.21595	0.013229	-0.39615	PT-0	0.142736	-0.21077	-0.00473	-0.39615
PT-1	0.100421	-0.22447	-0.00651	-0.29615	PT-1	0.112137	-0.19677	-0.00569	-0.29615
PT-2	0.134666	-0.2568	0.004073	-0.19615	PT-2	0.12761	-0.24352	-0.01001	-0.19615
PT-3	0.167351	-0.15151	0.004238	-0.09615	PT-3	0.173028	-0.14584	0.00275	-0.09615
PT-4	0.186497	-0.08577	0.008275	-0.04615	PT-4	0.179553	-0.09776	0.002817	-0.04615
PT-5	0.201676	-0.02239	0.023684	0.004127	PT-5	0.20112	-0.02295	0.029821	0.004127
PT-6	0.134346	-0.01954	0.013041	0.054127	PT-6	0.167462	-0.01358	0.022571	0.054127
PT-7	0.112684	-0.05905	0.004948	0.104127	PT-7	0.186887	-0.0101	0.024229	0.104127
1.4.3					1.4.6				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.112143	-0.18042	-0.00999	-0.39615	PT-0	0.110356	-0.26753	-0.01155	-0.39615
PT-1	0.094747	-0.1609	-0.00688	-0.29615	PT-1	0.117789	-0.26568	-0.01002	-0.29615
PT-2	0.116764	-0.18319	-0.00554	-0.19615	PT-2	0.137778	-0.29945	-0.00914	-0.19615
PT-3	0.141572	-0.15672	-0.00329	-0.09615	PT-3	0.183457	-0.15084	-0.00189	-0.09615
PT-4	0.161176	-0.08588	0.006428	-0.04615	PT-4	0.199721	-0.08767	0.003221	-0.04615
PT-5	0.177616	-0.02697	0.023499	0.004127	PT-5	0.224733	-0.01433	0.033612	0.004127
PT-6	0.108624	-0.07694	-0.03889	0.054127	PT-6	0.153884	-0.02263	0.012457	0.054127
PT-7	0.191938	-0.0101	0.031489	0.104127	PT-7	0.186887	-0.03031	0.004303	0.104127



1.5.1				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.128926	-0.21239	-0.00477	-0.39615
PT-1	0.089892	-0.20304	-0.00633	-0.29615
PT-2	0.123764	-0.24737	0.003029	-0.19615
PT-3	0.153999	-0.15972	-0.00264	-0.09615
PT-4	0.171312	-0.11104	0.002146	-0.04615
PT-5	0.186281	-0.0524	0.019212	0.004127
PT-6	0.307768	-0.00453	0.053851	0.054127
PT-7	0.181836	-0.09092	0.041162	0.104127

1.5.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.106262	-0.16192	-0.00012	-0.39615
PT-1	0.076864	-0.1415	-0.00325	-0.29615
PT-2	0.09126	-0.18328	-0.00566	-0.19615
PT-3	0.118814	-0.15377	-0.00361	-0.09615
PT-4	0.130924	-0.08588	-0.00268	-0.04615
PT-5	0.158254	-0.0171	0.022034	0.004127
PT-6	0.108624	-0.01358	0.011936	0.054127
PT-7	0.060612	-0.02526	-0.00858	0.104127

1.5.2				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.097546	-0.18282	-0.01216	-0.39615
PT-1	0.084566	-0.14978	-0.00864	-0.29615
PT-2	0.108596	-0.18119	0.001832	-0.19615
PT-3	0.128284	-0.15972	-0.00543	-0.09615
PT-4	0.146102	-0.09087	0.035178	-0.04615
PT-5	0.155055	-0.03491	0.069813	0.004127
PT-6	0.104098	-0.02263	0.054312	0.054127
PT-7	0.085867	-0.07576	0.060612	0.104127

1.5.5				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.136491	-0.22921	-0.00313	-0.39615
PT-1	0.099162	-0.24703	-0.00728	-0.29615
PT-2	0.124847	-0.29712	-0.0071	-0.19615
PT-3	0.162124	-0.1516	-0.00446	-0.09615
PT-4	0.186397	-0.09091	0.003557	-0.04615
PT-5	0.201608	-0.02246	0.025721	0.004127
PT-6	0.217248	-0.00453	0.034495	0.054127
PT-7	0.232346	-0.02525	-0.00083	0.104127

1.5.3				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.135642	-0.1813	0.004743	-0.39615
PT-1	0.08919	-0.18244	0.001582	-0.29615
PT-2	0.104428	-0.23112	-0.00535	-0.19615
PT-3	0.148529	-0.14977	-0.00104	-0.09615
PT-4	0.164134	-0.11318	0.004589	-0.04615
PT-5	0.180609	-0.02397	0.023579	0.004127
PT-6	0.2263	-4.4E-14	0.038879	0.054127
PT-7	0.080816	-0.03031	-0.00216	0.104127

1.5.6				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.099921	-0.20483	-0.00786	-0.39615
PT-1	0.085184	-0.16514	-0.00519	-0.29615
PT-2	0.106595	-0.19844	-0.00804	-0.19615
PT-3	0.141409	-0.1466	-0.00044	-0.09615
PT-4	0.152061	-0.07483	0.007871	-0.04615
PT-5	0.16864	-0.01646	0.024847	0.004127
PT-6	0.117676	-0.01358	0.013069	0.054127
PT-7	0.090918	-0.02525	-1.5E-05	0.104127

1.6.1				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.100015	-0.18035	-0.00182	-0.39615
PT-1	0.068804	-0.16021	-0.00403	-0.29615
PT-2	0.099428	-0.18019	-0.00064	-0.19615
PT-3	0.13343	-0.16486	-0.00326	-0.09615
PT-4	0.15117	-0.11606	-0.00315	-0.04615
PT-5	0.167253	-0.03733	0.009606	0.004127
PT-6	0.267034	0	0.067263	0.054127
PT-7	0.166683	-0.11112	0.030996	0.104127

1.6.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.099904	-0.13171	0.00987	-0.39615
PT-1	0.048316	-0.12212	-0.00632	-0.29615
PT-2	0.064645	-0.15905	-0.00553	-0.19615
PT-3	0.097644	-0.14922	-5E-05	-0.09615
PT-4	0.107763	-0.08383	-0.00318	-0.04615
PT-5	0.123206	-0.01805	0.017155	0.004127
PT-6	0.099572	0	0.026363	0.054127
PT-7	0.196989	-0.01515	0.013781	0.104127

1.6.2				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.099825	-0.15616	0.051065	-0.39615
PT-1	0.063478	-0.12293	0.026196	-0.29615
PT-2	0.084176	-0.15986	0.03842	-0.19615
PT-3	0.102715	-0.16472	0.043571	-0.09615
PT-4	0.108876	-0.09785	0.04333	-0.04615
PT-5	0.128285	-0.0422	0.057656	0.004127
PT-6	0.124714	-0.02917	0.06135	0.054127
PT-7	0.080816	-0.12122	0.020204	0.104127

1.6.5				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.124144	-0.16842	0.012616	-0.39615
PT-1	0.068577	-0.17109	-0.00621	-0.29615
PT-2	0.094628	-0.20024	-0.00515	-0.19615
PT-3	0.13652	-0.15663	-0.00114	-0.09615
PT-4	0.156102	-0.08591	0.002	-0.04615
PT-5	0.175915	-0.01893	0.017991	0.004127
PT-6	0.196234	-0.02554	0.015038	0.054127
PT-7	0.272754	-0.00505	0.037569	0.104127

1.6.3				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.124284	-0.15609	0.017562	-0.39615
PT-1	0.062968	-0.13409	-0.0014	-0.29615
PT-2	0.079897	-0.16414	-0.0053	-0.19615
PT-3	0.124359	-0.15336	0.001393	-0.09615
PT-4	0.133931	-0.08792	0.001254	-0.04615
PT-5	0.152432	-0.0278	0.015214	0.004127
PT-6	0.173199	-0.03952	0.006587	0.054127
PT-7	0.191938	-0.00505	0.013922	0.104127

1.6.6				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.085764	-0.17023	-0.0063	-0.39615
PT-1	0.057925	-0.15512	-0.00619	-0.29615
PT-2	0.071292	-0.20324	-0.00808	-0.19615
PT-3	0.106662	-0.15049	-0.00048	-0.09615
PT-4	0.12285	-0.08387	0.000376	-0.04615
PT-5	0.143818	-0.0218	0.019683	0.004127
PT-6	0.09052	-0.0181	0.005301	0.054127
PT-7	0.156581	-0.03536	0.009035	0.104127

1.7.1				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.112199	-0.10722	0.010722	-0.39615
PT-1	0.033383	-0.07314	-0.00344	-0.29615
PT-2	0.055885	-0.09664	-0.00015	-0.19615
PT-3	0.079859	-0.14129	-0.00146	-0.09615
PT-4	0.092558	-0.09904	-0.0016	-0.04615
PT-5	0.107569	-0.02882	0.013009	0.004127
PT-6	0.285138	-0.00453	0.06604	0.054127
PT-7	0.111122	-0.20709	-7.9E-05	0.104127

1.7.2				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.087819	-0.10722	0.005735	-0.39615
PT-1	0.044035	-0.08379	-0.00218	-0.29615
PT-2	0.055969	-0.10164	-0.00309	-0.19615
PT-3	0.071859	-0.15958	-0.00801	-0.09615
PT-4	0.088558	-0.09295	-0.0027	-0.04615
PT-5	0.11244	-0.01908	0.015019	0.004127
PT-6	0.079482	-0.03367	0.00494	0.054127
PT-7	0.127288	-0.16062	0.009107	0.104127

1.8.1				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	H
PT-0	0.08725	-0.11998	0.002486	-0.39615
PT-1	0.020652	-0.05391	-0.00196	-0.29615
PT-2	0.03542	-0.08151	-0.00148	-0.19615
PT-3	0.053638	-0.1418	-0.0028	-0.09615
PT-4	0.070462	-0.09088	-0.00448	-0.04615
PT-5	0.097572	-0.0242	0.011971	0.004127
PT-6	0.267034	-0.00453	0.055351	0.054127
PT-7	0.10102	-0.19699	-0.01182	0.104127

1.8.2				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.06287	-0.08341	0.006443	-0.39615
PT-1	0.025978	-0.05391	7.68E-05	-0.29615
PT-2	0.03542	-0.08151	0.000475	-0.19615
PT-3	0.063924	-0.13151	-0.00177	-0.09615
PT-4	0.080546	-0.09088	-0.00337	-0.04615
PT-5	0.102443	-0.01933	0.010917	0.004127
PT-6	0.112467	-0.05047	-0.00313	0.054127
PT-7	0.223464	-0.10485	0.003665	0.104127

2.1.1				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.136447	-0.27801	-0.00888	-0.35615
PT-1	0.14282	-0.24598	-0.00214	-0.25615
PT-2	0.162431	-0.23412	0.000806	-0.15615
PT-3	0.202891	-0.09026	0.014769	-0.05615
PT-4	0.206525	-0.02037	0.032119	-0.00615
PT-5	0.146026	-0.03907	-0.00546	0.044127
PT-6	0.208196	-0.00453	0.032622	0.094127
PT-7	0.212142	-0.00505	0.028761	0.144127

2.1.2				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.144447	-0.27001	-0.00593	-0.35615
PT-1	0.128494	-0.26563	-0.01139	-0.25615
PT-2	0.154347	-0.23712	-0.00314	-0.15615
PT-3	0.190891	-0.09712	0.003625	-0.05615
PT-4	0.214567	-0.01737	0.036079	-0.00615
PT-5	0.167026	-0.01807	0.012009	0.044127
PT-6	0.122202	-0.02716	0.009569	0.094127
PT-7	0.136377	-0.0202	0.0153	0.144127

2.1.3				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.137178	-0.27728	-0.00574	-0.35615
PT-1	0.136991	-0.24115	-0.00168	-0.25615
PT-2	0.160821	-0.23065	0.005124	-0.15615
PT-3	0.190485	-0.09752	0.00841	-0.05615
PT-4	0.203421	-0.01843	0.029562	-0.00615
PT-5	0.163241	-0.02673	0.013205	0.044127
PT-6	0.171988	-0.00453	0.024644	0.094127
PT-7	0.166683	-0.01515	0.020443	0.144127

2.1.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.122988	-0.30366	-0.01013	-0.35615
PT-1	0.131991	-0.26213	-0.00618	-0.25615
PT-2	0.158905	-0.23765	-0.00176	-0.15615
PT-3	0.197771	-0.10052	0.007242	-0.05615
PT-4	0.211463	-0.01543	0.03457	-0.00615
PT-5	0.168241	-0.01686	0.015604	0.044127
PT-6	0.117676	-0.05884	0.004307	0.094127
PT-7	0.121224	-0.03536	0.012088	0.144127

2.2.1					2.2.3				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.14656	-0.25571	0.002997	-0.35615	PT-0	0.136397	-0.26587	-0.01095	-0.35615
PT-1	0.132498	-0.22967	-0.00702	-0.25615	PT-1	0.143145	-0.25098	-0.00728	-0.25615
PT-2	0.162436	-0.23412	-0.0003	-0.15615	PT-2	0.172442	-0.23428	-0.00034	-0.15615
PT-3	0.19588	-0.10241	0.001085	-0.05615	PT-3	0.211003	-0.09758	0.006804	-0.05615
PT-4	0.213627	-0.0183	0.030457	-0.00615	PT-4	0.228664	-0.01839	0.032531	-0.00615
PT-5	0.170485	-0.02436	0.013973	0.044127	PT-5	0.180227	-0.02436	0.012815	0.044127
PT-6	0.20367	0	0.037884	0.094127	PT-6	0.190092	-0.00453	0.030208	0.094127
PT-7	0.232346	-0.00505	0.029181	0.144127	PT-7	0.207091	-0.00505	0.033355	0.144127

2.2.2					2.2.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.13156	-0.23414	-0.01102	-0.35615	PT-0	0.142397	-0.23549	-0.00479	-0.35615
PT-1	0.123846	-0.19571	-0.00492	-0.25615	PT-1	0.111189	-0.20837	-0.00739	-0.25615
PT-2	0.145184	-0.20561	-0.00238	-0.15615	PT-2	0.13177	-0.21903	-0.00055	-0.15615
PT-3	0.175308	-0.10241	-0.00025	-0.05615	PT-3	0.169859	-0.09243	0.006003	-0.05615
PT-4	0.198501	-0.0183	0.027073	-0.00615	PT-4	0.190328	-0.01639	0.031925	-0.00615
PT-5	0.157872	-0.02235	0.007384	0.044127	PT-5	0.155872	-0.01461	0.019393	0.044127
PT-6	0.117676	-0.02263	0.000356	0.094127	PT-6	0.108624	-0.02263	0.001547	0.094127
PT-7	0.191938	-0.0101	0.012849	0.144127	PT-7	0.080816	-0.09597	-0.02157	0.144127

2.3.1					2.3.3				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.136269	-0.24162	0.003378	-0.35615	PT-0	0.131376	-0.2587	0.003078	-0.35615
PT-1	0.123888	-0.20632	-0.00589	-0.25615	PT-1	0.132172	-0.22467	-0.002	-0.25615
PT-2	0.14592	-0.24046	-0.00396	-0.15615	PT-2	0.152903	-0.23856	-0.00531	-0.15615
PT-3	0.189665	-0.09834	0.007738	-0.05615	PT-3	0.192671	-0.10562	0.002285	-0.05615
PT-4	0.202213	-0.01459	0.029693	-0.00615	PT-4	0.207797	-0.02414	0.02748	-0.00615
PT-5	0.160743	-0.02436	0.013238	0.044127	PT-5	0.165614	-0.02923	0.009624	0.044127
PT-6	0.208196	-0.01358	0.045836	0.094127	PT-6	0.190092	-0.00453	0.036452	0.094127
PT-7	0.257601	-0.01515	0.023797	0.144127	PT-7	0.232346	-0.0101	0.021688	0.144127

2.3.2					2.3.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.134269	-0.268	-0.00341	-0.35615	PT-0	0.117186	-0.24851	-0.00989	-0.35615
PT-1	0.121888	-0.23495	-0.00839	-0.25615	PT-1	0.126846	-0.21934	-0.00389	-0.25615
PT-2	0.151004	-0.24046	-0.00441	-0.15615	PT-2	0.137651	-0.24365	-0.00686	-0.15615
PT-3	0.189808	-0.0982	0.003541	-0.05615	PT-3	0.173242	-0.10448	-0.00163	-0.05615
PT-4	0.213297	-0.02368	0.032463	-0.00615	PT-4	0.190629	-0.01609	0.033255	-0.00615
PT-5	0.165743	-0.0291	0.009802	0.044127	PT-5	0.148262	-0.01735	0.012671	0.044127
PT-6	0.117676	-0.03168	0.000233	0.094127	PT-6	0.099572	-0.02263	-0.00104	0.094127
PT-7	0.186887	-0.01515	0.015819	0.144127	PT-7	0.126275	-0.03031	0.013395	0.144127

2.4.1					2.4.3				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.131961	-0.2825	-0.00192	-0.35615	PT-0	0.125564	-0.30109	-0.01604	-0.35615
PT-1	0.111435	-0.22943	-0.00256	-0.25615	PT-1	0.121561	-0.25659	-0.00588	-0.25615
PT-2	0.140016	-0.2362	-0.0027	-0.15615	PT-2	0.151781	-0.2346	-0.0014	-0.15615
PT-3	0.183369	-0.0995	0.006743	-0.05615	PT-3	0.193871	-0.10442	-0.0031	-0.05615
PT-4	0.20447	-0.02242	0.030967	-0.00615	PT-4	0.21864	-0.02338	0.033021	-0.00615
PT-5	0.151001	-0.02435	0.013404	0.044127	PT-5	0.185098	-0.02435	0.01595	0.044127
PT-6	0.244404	-0.01358	0.034342	0.094127	PT-6	0.212722	-0.00453	0.035991	0.094127
PT-7	0.272754	-0.00505	0.030354	0.144127	PT-7	0.25255	-0.00505	0.033386	0.144127
2.4.2					2.4.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.119771	-0.25812	-0.00472	-0.35615	PT-0	0.110184	-0.2799	-0.00909	-0.35615
PT-1	0.106435	-0.23976	-0.00684	-0.25615	PT-1	0.116235	-0.25126	-0.00525	-0.25615
PT-2	0.137016	-0.24428	-0.00374	-0.15615	PT-2	0.146697	-0.2346	-0.00089	-0.15615
PT-3	0.172369	-0.10021	-0.00268	-0.05615	PT-3	0.193442	-0.08942	0.011383	-0.05615
PT-4	0.191386	-0.02038	0.02995	-0.00615	PT-4	0.203514	-0.01833	0.031871	-0.00615
PT-5	0.153924	-0.01656	0.010575	0.044127	PT-5	0.102291	-0.07794	-0.04821	0.044127
PT-6	0.126728	-0.02716	0.000961	0.094127	PT-6	0.119181	-0.02113	0.006088	0.094127
PT-7	0.15153	-0.01515	0.016501	0.144127	PT-7	0.116173	-0.04546	-0.00887	0.144127

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ ( Πίνακες μεγίστων ελαχίστων και μέσων τιμών για υδροδυναμικές +υδροστατικές πιέσεις)**

1.1.1					1.1.3				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.711138	0.272298	0.561383	-0.39615	PT-0	0.711138	0.235728	0.558305	-0.39615
PT-1	0.567355	0.146601	0.420642	-0.29615	PT-1	0.572672	0.125288	0.421191	-0.29615
PT-2	0.441929	-0.01563	0.275633	-0.19615	PT-2	0.452097	-0.01563	0.276519	-0.19615
PT-3	0.332317	-0.01226	0.139552	-0.09615	PT-3	0.338603	-0.01626	0.136776	-0.09615
PT-4	0.259612	-0.02778	0.067026	-0.04615	PT-4	0.26849	-0.02395	0.070364	-0.04615
PT-5	0.216539	-0.02214	0.025489	0.004127	PT-5	0.217711	-0.0161	0.032966	0.004127
PT-6	0.18104	-0.01358	0.024758	0.054127	PT-6	0.139354	-0.02358	0.007674	0.054127
PT-7	0.245702	-0.03715	-0.00219	0.104127	PT-7	0.120268	-0.03126	0.0056	0.104127
1.1.2					1.1.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.711138	0.272298	0.561295	-0.39615	PT-0	0.698948	0.260108	0.560395	-0.39615
PT-1	0.572681	0.194535	0.421152	-0.29615	PT-1	0.572672	0.178548	0.421587	-0.29615
PT-2	0.447013	0.035209	0.276381	-0.19615	PT-2	0.441929	0.004705	0.277303	-0.19615
PT-3	0.33946	-0.01026	0.141929	-0.09615	PT-3	0.33946	-0.00512	0.142754	-0.09615
PT-4	0.269696	-0.02274	0.068821	-0.04615	PT-4	0.26849	-0.0189	0.070127	-0.04615
PT-5	0.21941	-0.01927	0.027386	0.004127	PT-5	0.226453	-0.02197	0.031652	0.004127
PT-6	0.143884	-0.02358	0.005114	0.054127	PT-6	0.148406	-0.02358	0.006482	0.054127
PT-7	0.159733	-0.02715	-0.00165	0.104127	PT-7	0.140472	-0.03126	0.000571	0.104127
1.2.1					1.2.3				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.723282	0.260062	0.561776	-0.39615	PT-0	0.698968	0.260128	0.550656	-0.39615
PT-1	0.54367	0.192154	0.417696	-0.29615	PT-1	0.550369	0.198853	0.418672	-0.29615
PT-2	0.416509	0.004705	0.273167	-0.19615	PT-2	0.43152	0.009548	0.275731	-0.19615
PT-3	0.313745	-0.01541	0.138627	-0.09615	PT-3	0.32403	-0.01027	0.139718	-0.09615
PT-4	0.243238	-0.02903	0.067932	-0.04615	PT-4	0.258043	-0.02935	0.067377	-0.04615
PT-5	0.197093	-0.0221	0.019875	0.004127	PT-5	0.210848	-0.02296	0.026418	0.004127
PT-6	0.149358	-0.01358	0.011603	0.054127	PT-6	0.153884	-0.02263	0.013717	0.054127
PT-7	0.126275	-0.02526	-0.00147	0.104127	PT-7	0.156581	-0.0101	0.015881	0.104127
1.2.2					1.2.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.682712	0.317012	0.55813	-0.39615	PT-0	0.686778	0.284508	0.548659	-0.39615
PT-1	0.548996	0.208132	0.41748	-0.29615	PT-1	0.561021	0.161571	0.417296	-0.29615
PT-2	0.426677	0.035209	0.274867	-0.19615	PT-2	0.446772	-0.00062	0.27667	-0.19615
PT-3	0.313888	-0.01526	0.134614	-0.09615	PT-3	0.344602	-0.01027	0.14015	-0.09615
PT-4	0.248322	-0.02395	0.066679	-0.04615	PT-4	0.278211	-0.01927	0.07179	-0.04615
PT-5	0.209964	-0.0141	0.031061	0.004127	PT-5	0.237203	-0.01609	0.03199	0.004127
PT-6	0.14841	-0.01	0.007921	0.054127	PT-6	0.165017	-0.02507	0.009073	0.054127
PT-7	0.121224	-0.02526	-0.00548	0.104127	PT-7	0.20402	-0.02833	0.003177	0.104127



1.5.1					1.5.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.703495	0.362175	0.569802	-0.39615	PT-0	0.622816	0.354636	0.516437	-0.39615
PT-1	0.519423	0.226493	0.423198	-0.29615	PT-1	0.44838	0.230014	0.368261	-0.29615
PT-2	0.408257	0.037125	0.287522	-0.19615	PT-2	0.317738	0.043202	0.220815	-0.19615
PT-3	0.293454	-0.02027	0.136814	-0.09615	PT-3	0.200253	-0.07233	0.077829	-0.09615
PT-4	0.238248	-0.0441	0.069082	-0.04615	PT-4	0.139845	-0.07696	0.006241	-0.04615
PT-5	0.186281	-0.0524	0.019212	0.004127	PT-5	0.158254	-0.0171	0.022034	0.004127
PT-6	0.307768	-0.00453	0.053851	0.054127	PT-6	0.108624	-0.01358	0.011936	0.054127
PT-7	0.181836	-0.09092	0.041162	0.104127	PT-7	0.060612	-0.02526	-0.00858	0.104127
1.5.2					1.5.5				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.672115	0.391745	0.564832	-0.39615	PT-0	0.653045	0.287345	0.513428	-0.39615
PT-1	0.514097	0.279753	0.424515	-0.29615	PT-1	0.470678	0.124488	0.364233	-0.29615
PT-2	0.393089	0.103301	0.284278	-0.19615	PT-2	0.351325	-0.07065	0.219379	-0.19615
PT-3	0.267739	-0.02027	0.137189	-0.09615	PT-3	0.243564	-0.07016	0.076979	-0.09615
PT-4	0.213038	-0.02394	0.068935	-0.04615	PT-4	0.195317	-0.08199	0.012477	-0.04615
PT-5	0.155055	-0.03491	0.015095	0.004127	PT-5	0.201608	-0.02246	0.025721	0.004127
PT-6	0.104098	-0.02263	0.009831	0.054127	PT-6	0.217248	-0.00453	0.034495	0.054127
PT-7	0.085867	-0.07576	0.002041	0.104127	PT-7	0.232346	-0.02525	-0.00083	0.104127
1.5.3					1.5.6				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.652196	0.335256	0.521297	-0.39615	PT-0	0.616475	0.311725	0.508697	-0.39615
PT-1	0.460706	0.18908	0.373098	-0.29615	PT-1	0.4567	0.206378	0.366331	-0.29615
PT-2	0.330906	-0.00464	0.221127	-0.19615	PT-2	0.333073	0.028033	0.218442	-0.19615
PT-3	0.229968	-0.06833	0.080403	-0.09615	PT-3	0.222849	-0.06516	0.081879	-0.09615
PT-4	0.173055	-0.10426	0.01351	-0.04615	PT-4	0.160981	-0.06591	0.016792	-0.04615
PT-5	0.180609	-0.02397	0.023579	0.004127	PT-5	0.16864	-0.01646	0.024847	0.004127
PT-6	0.2263	-4.4E-14	0.038879	0.054127	PT-6	0.117676	-0.01358	0.013069	0.054127
PT-7	0.080816	-0.03031	-0.00216	0.104127	PT-7	0.090918	-0.02525	-1.5E-05	0.104127
1.6.1					1.6.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.674584	0.394214	0.572751	-0.39615	PT-0	0.616458	0.384848	0.526424	-0.39615
PT-1	0.498335	0.269317	0.425504	-0.29615	PT-1	0.419832	0.2494	0.365197	-0.29615
PT-2	0.383921	0.104301	0.283857	-0.19615	PT-2	0.291123	0.067427	0.220951	-0.19615
PT-3	0.272885	-0.02541	0.13619	-0.09615	PT-3	0.179084	-0.06778	0.08139	-0.09615
PT-4	0.218106	-0.04912	0.06379	-0.04615	PT-4	0.116684	-0.07491	0.005737	-0.04615
PT-5	0.167253	-0.03733	0.009606	0.004127	PT-5	0.123206	-0.01805	0.017155	0.004127
PT-6	0.267034	0	0.067263	0.054127	PT-6	0.099572	0	0.026363	0.054127
PT-7	0.166683	-0.11112	0.030996	0.104127	PT-7	0.196989	-0.01515	0.013781	0.104127
1.6.2					1.6.5				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.674394	0.418404	0.578648	-0.39615	PT-0	0.640698	0.348138	0.52917	-0.39615
PT-1	0.493009	0.306599	0.425411	-0.29615	PT-1	0.440093	0.200423	0.365303	-0.29615
PT-2	0.368669	0.124637	0.285059	-0.19615	PT-2	0.321106	0.026234	0.221331	-0.19615
PT-3	0.24217	-0.02527	0.132452	-0.09615	PT-3	0.217959	-0.07519	0.080301	-0.09615
PT-4	0.175812	-0.03091	0.060331	-0.04615	PT-4	0.165023	-0.07699	0.010921	-0.04615
PT-5	0.128285	-0.0422	0.011115	0.004127	PT-5	0.175915	-0.01893	0.017991	0.004127
PT-6	0.124714	-0.02917	0.001424	0.054127	PT-6	0.221774	-4.3E-14	0.040578	0.054127
PT-7	0.080816	-0.12122	-0.01895	0.104127	PT-7	0.272754	-0.00505	0.037569	0.104127
1.6.3					1.6.6				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.640838	0.360468	0.534116	-0.39615	PT-0	0.602318	0.346328	0.510256	-0.39615
PT-1	0.434484	0.237422	0.370118	-0.29615	PT-1	0.429441	0.216401	0.365321	-0.29615
PT-2	0.306375	0.062343	0.221175	-0.19615	PT-2	0.29777	0.023234	0.218399	-0.19615
PT-3	0.205799	-0.07192	0.082833	-0.09615	PT-3	0.188101	-0.06905	0.080961	-0.09615
PT-4	0.142852	-0.079	0.010175	-0.04615	PT-4	0.131771	-0.07495	0.009297	-0.04615
PT-5	0.152432	-0.0278	0.015214	0.004127	PT-5	0.143818	-0.0218	0.019683	0.004127
PT-6	0.208196	-0.00453	0.041584	0.054127	PT-6	0.09052	-0.0181	0.005301	0.054127
PT-7	0.191938	-0.00505	0.013922	0.104127	PT-7	0.156581	-0.03536	0.009035	0.104127

1.7.1					1.7.2				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.686768	0.467348	0.585291	-0.39615	PT-0	0.662388	0.467348	0.580304	-0.39615
PT-1	0.462914	0.356394	0.426096	-0.29615	PT-1	0.473566	0.345742	0.42735	-0.29615
PT-2	0.340378	0.187858	0.284342	-0.19615	PT-2	0.340462	0.182858	0.281406	-0.19615
PT-3	0.219314	-0.00183	0.137998	-0.09615	PT-3	0.211314	-0.02012	0.131443	-0.09615
PT-4	0.159494	-0.0321	0.065335	-0.04615	PT-4	0.155494	-0.02602	0.064234	-0.04615
PT-5	0.107569	-0.02882	0.013009	0.004127	PT-5	0.11244	-0.01908	0.015019	0.004127
PT-6	0.285138	-0.00453	0.06604	0.054127	PT-6	0.079482	-0.03367	0.00494	0.054127
PT-7	0.111122	-0.20709	-7.9E-05	0.104127	PT-7	0.127288	-0.16062	0.009107	0.104127
1.8.1					1.8.2				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h	a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.661819	0.454589	0.577055	-0.39615	PT-0	0.637439	0.491159	0.581012	-0.39615
PT-1	0.450183	0.375619	0.427575	-0.29615	PT-1	0.455509	0.375619	0.429608	-0.29615
PT-2	0.319913	0.202981	0.283012	-0.19615	PT-2	0.319913	0.202981	0.284968	-0.19615
PT-3	0.193093	-0.00234	0.136659	-0.09615	PT-3	0.203379	0.007945	0.137688	-0.09615
PT-4	0.137398	-0.02395	0.062458	-0.04615	PT-4	0.147482	-0.02395	0.063564	-0.04615
PT-5	0.097572	-0.0242	0.011971	0.004127	PT-5	0.102443	-0.01933	0.010917	0.004127
PT-6	0.267034	-0.00453	0.055351	0.054127	PT-6	0.112467	-0.05047	-0.00313	0.054127
PT-7	0.10102	-0.19699	-0.01182	0.104127	PT-7	0.223464	-0.10485	0.003665	0.104127



2.1.1				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.653001	0.238541	0.507677	-0.35615
PT-1	0.514336	0.125538	0.369372	-0.25615
PT-2	0.388909	-0.00764	0.227284	-0.15615
PT-3	0.28433	-0.00882	0.096209	-0.05615
PT-4	0.215445	-0.01144	0.04104	-0.00615
PT-5	0.146026	-0.03907	-0.00546	0.044127
PT-6	0.208196	-0.00453	0.032622	0.094127
PT-7	0.212142	-0.00505	0.028761	0.144127

2.1.3				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.653732	0.239272	0.51081	-0.35615
PT-1	0.508507	0.130361	0.369832	-0.25615
PT-2	0.387299	-0.00417	0.231602	-0.15615
PT-3	0.271925	-0.01608	0.089849	-0.05615
PT-4	0.212342	-0.00951	0.038482	-0.00615
PT-5	0.163241	-0.02673	0.013205	0.044127
PT-6	0.171988	-0.00453	0.024644	0.094127
PT-7	0.166683	-0.01515	0.020443	0.144127

2.1.2				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.661001	0.246541	0.510627	-0.35615
PT-1	0.50001	0.105886	0.360121	-0.25615
PT-2	0.380825	-0.01064	0.22334	-0.15615
PT-3	0.27233	-0.01568	0.085065	-0.05615
PT-4	0.223487	-0.00844	0.045	-0.00615
PT-5	0.167026	-0.01807	0.012009	0.044127
PT-6	0.122202	-0.02716	0.009569	0.094127
PT-7	0.136377	-0.0202	0.0153	0.144127

2.1.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.639542	0.212892	0.506425	-0.35615
PT-1	0.503507	0.109383	0.365338	-0.25615
PT-2	0.385383	-0.01117	0.224722	-0.15615
PT-3	0.279211	-0.01908	0.088682	-0.05615
PT-4	0.220384	-0.00651	0.043491	-0.00615
PT-5	0.168241	-0.01686	0.015604	0.044127
PT-6	0.117676	-0.05884	0.004307	0.094127
PT-7	0.121224	-0.03536	0.012088	0.144127

2.2.1				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.663114	0.260844	0.519551	-0.35615
PT-1	0.504014	0.141846	0.364492	-0.25615
PT-2	0.388914	-0.00764	0.226181	-0.15615
PT-3	0.27732	-0.02097	0.082525	-0.05615
PT-4	0.222548	-0.00938	0.039378	-0.00615
PT-5	0.170485	-0.02436	0.013973	0.044127
PT-6	0.20367	0	0.037884	0.094127
PT-7	0.232346	-0.00505	0.029181	0.144127

2.2.3				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.652951	0.250681	0.505608	-0.35615
PT-1	0.514661	0.120537	0.364236	-0.25615
PT-2	0.39892	-0.0078	0.226139	-0.15615
PT-3	0.292442	-0.01614	0.088243	-0.05615
PT-4	0.237585	-0.00947	0.041451	-0.00615
PT-5	0.180227	-0.02436	0.012815	0.044127
PT-6	0.190092	-0.00453	0.030208	0.094127
PT-7	0.207091	-0.00505	0.033355	0.144127

2.2.2				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.648114	0.282414	0.505534	-0.35615
PT-1	0.495362	0.175802	0.366593	-0.25615
PT-2	0.371662	0.020866	0.224096	-0.15615
PT-3	0.256748	-0.02097	0.081188	-0.05615
PT-4	0.207422	-0.00938	0.035994	-0.00615
PT-5	0.157872	-0.02235	0.007384	0.044127
PT-6	0.117676	-0.02263	0.000356	0.094127
PT-7	0.191938	-0.0101	0.012849	0.144127

2.2.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.658951	0.281061	0.511761	-0.35615
PT-1	0.482705	0.163145	0.364131	-0.25615
PT-2	0.358248	0.007452	0.225929	-0.15615
PT-3	0.251298	-0.01099	0.087443	-0.05615
PT-4	0.199249	-0.00747	0.040846	-0.00615
PT-5	0.155872	-0.01461	0.019393	0.044127
PT-6	0.108624	-0.02263	0.001547	0.094127
PT-7	0.080816	-0.09597	-0.02157	0.144127

2.3.1				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.652823	0.274933	0.519932	-0.35615
PT-1	0.495404	0.165192	0.36563	-0.25615
PT-2	0.372398	-0.01399	0.222522	-0.15615
PT-3	0.271105	-0.0169	0.089177	-0.05615
PT-4	0.211134	-0.00567	0.038614	-0.00615
PT-5	0.160743	-0.02436	0.013238	0.044127
PT-6	0.208196	-0.01358	0.045836	0.094127
PT-7	0.257601	-0.01515	0.023797	0.144127

2.3.3				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.64793	0.25785	0.519632	-0.35615
PT-1	0.503688	0.146846	0.369516	-0.25615
PT-2	0.379381	-0.01209	0.221172	-0.15615
PT-3	0.27411	-0.02418	0.083725	-0.05615
PT-4	0.216717	-0.01521	0.036401	-0.00615
PT-5	0.165614	-0.02923	0.009624	0.044127
PT-6	0.190092	-0.00453	0.036452	0.094127
PT-7	0.232346	-0.0101	0.021688	0.144127

2.3.2				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.650823	0.248553	0.513144	-0.35615
PT-1	0.493404	0.136562	0.363127	-0.25615
PT-2	0.377482	-0.01399	0.222067	-0.15615
PT-3	0.271248	-0.01676	0.08498	-0.05615
PT-4	0.222218	-0.01476	0.041384	-0.00615
PT-5	0.165743	-0.0291	0.009802	0.044127
PT-6	0.117676	-0.03168	0.000233	0.094127
PT-7	0.186887	-0.01515	0.015819	0.144127

2.3.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.63374	0.26804	0.506663	-0.35615
PT-1	0.498362	0.152172	0.367629	-0.25615
PT-2	0.364129	-0.01717	0.219614	-0.15615
PT-3	0.254681	-0.02304	0.079809	-0.05615
PT-4	0.199549	-0.00717	0.042175	-0.00615
PT-5	0.148262	-0.01735	0.012671	0.044127
PT-6	0.099572	-0.02263	-0.00104	0.094127
PT-7	0.126275	-0.03031	0.013395	0.144127

2.4.1				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.648515	0.234055	0.514633	-0.35615
PT-1	0.482951	0.142087	0.368954	-0.25615
PT-2	0.366494	-0.00972	0.223783	-0.15615
PT-3	0.264809	-0.01806	0.088182	-0.05615
PT-4	0.213391	-0.0135	0.039888	-0.00615
PT-5	0.151001	-0.02435	0.013404	0.044127
PT-6	0.244404	-0.01358	0.034342	0.094127
PT-7	0.272754	-0.00505	0.030354	0.144127

2.4.2				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.636325	0.258435	0.511831	-0.35615
PT-1	0.477951	0.131761	0.36468	-0.25615
PT-2	0.363494	-0.01781	0.222735	-0.15615
PT-3	0.253809	-0.01877	0.078762	-0.05615
PT-4	0.200307	-0.01146	0.03887	-0.00615
PT-5	0.153924	-0.01656	0.010575	0.044127
PT-6	0.126728	-0.02716	0.000961	0.094127
PT-7	0.15153	-0.01515	0.016501	0.144127

2.4.3				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.642118	0.215468	0.500515	-0.35615
PT-1	0.493077	0.114931	0.365632	-0.25615
PT-2	0.378259	-0.00812	0.225079	-0.15615
PT-3	0.27531	-0.02298	0.078339	-0.05615
PT-4	0.22756	-0.01446	0.041941	-0.00615
PT-5	0.185098	-0.02435	0.01595	0.044127
PT-6	0.212722	-0.00453	0.035991	0.094127
PT-7	0.25255	-0.00505	0.033386	0.144127

2.4.4				
a/a	MAX	MIN	AVERAGE	h
PT-0	0.626738	0.236658	0.507469	-0.35615
PT-1	0.487751	0.120257	0.366262	-0.25615
PT-2	0.373175	-0.00812	0.225587	-0.15615
PT-3	0.274881	-0.00798	0.092823	-0.05615
PT-4	0.212434	-0.00941	0.040792	-0.00615
PT-5	0.102291	-0.07794	-0.04821	0.044127
PT-6	0.119181	-0.02113	0.006088	0.094127
PT-7	0.116173	-0.04546	-0.00887	0.144127



