

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**<< ΜΕΛΕΤΗ ΔΟΜΙΚΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΣΕ
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ>>**

ΖΑΓΟΡΙΤΗ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΠΡΟΒΙΔΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Καθηγητής Γενικού Τμήματος (Επιβλέπων)

ΚΑΡΑΤΖΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Καθηγητής Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΤΣΟΜΠΑΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Επικ. Καθηγητής Γενικού Τμήματος

Χανιά, 2008

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν στην ολοκλήρωση της.

Συγκριμένα ευχαριστώ τον κ. Κωνσταντίνο Προβιδάκη Καθηγητή του Γενικού Τμήματος του Πολυτεχνείου Κρήτης, ο οποίος είχε την επίβλεψη αυτής της εργασίας, για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφερε και για την άψογη συνεργασία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Καρατζά Γεώργιο, Καθηγητή του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος και τον κ. Τσομπανάκη Ιωάννη, Επίκουρο Καθηγητή του Γενικού Τμήματος, για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή.

Ξεχωριστά, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου που μου συμπαραστάθηκαν και με στήριξαν για μία ακόμη φορά και σε αυτήν την προσπάθεια.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η δράση του σεισμού, τα τελευταία χρόνια, έχει αποκτήσει ύψιστη σημασία για την ανάλυση και την μελέτη των κατασκευών. Είναι πλέον παραδεκτό ότι για την αντισεισμική προστασία είναι επιβεβλημένος ο προσεισμικός έλεγχος των κατασκευών. Οι ανά τον κόσμο εντυπωσιακές και μεγάλης έκτασης καταστροφές, κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, έχουν οδηγήσει διεθνώς στην αύξηση των απαιτήσεων του επιπέδου σεισμικής προστασίας. Σε σειсмоγενείς χώρες όπως η Ελλάδα, οι περιβαλλοντικές κατασκευές όπως και όλα τα τεχνικά έργα υπόκεινται σε κίνδυνο αστοχίας στην περίπτωση ισχυρού σεισμού, δηλαδή ελαφράς ή σοβαρής βλάβης, ή ακόμα και κατάρρευση. Συνέπεια των παραπάνω αποτελεί, η διακοπή της λειτουργίας τους με συνεπακόλουθες αρνητικές επιπτώσεις για την ευρύτερη πληγείσα περιοχή.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η μελέτη της δομικής σεισμικής επικινδυνότητας σε εγκαταστάσεις προστασίας περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, μελετάται δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης του βιολογικού καθαρισμού των Χανίων.

Η διαδικασία που ακολουθήθηκε στην έρευνα, αποτελούταν από εργαστηριακές δοκιμές που έγιναν κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες εγκατάστασης του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε. Μέσω των δοκιμών αυτών ορίστηκαν τα επίπεδα δόνησης που μπόρεσαν να καταγράψουν οι αισθητήρες ανίχνευσης, με σκοπό τον υπολογισμό των παραμέτρων της σεισμικής κίνησης του υποβάθρου. Η διαχείριση σεισμικού κινδύνου με χρήση κατάλληλου λογισμικού περιλαμβάνει την επεξεργασία των δεδομένων που καταγραφήκαν στο πεδίου της υπό μελέτη δεξαμενής.

Στόχος λοιπόν της παρούσας μελέτης δομικής σεισμικής επικινδυνότητας σε μια υφιστάμενη εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού, είναι η πρόληψη, προς αποφυγή καταστροφών που θα συντελούσαν στον πολλαπλασιασμό των επιπτώσεων ενός σεισμού σε κατασκευές τέτοιου τύπου.

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	ii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ	8
1.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ	8
1.1.1 Ορισμός σεισμών.....	8
1.1.2 Γένεση σεισμών	8
1.1.3 Χώρος γένεσης ενός σεισμού.....	10
1.1.4 Είδη και χαρακτηριστικά των σεισμών.....	11
1.1.5 Όργανα καταγραφής σεισμών.....	11
1.1.6 Σεισμικότητα του Ελλαδικού χώρου	12
1.1.7 Σεισμικότητα της Κρήτης	14
1.2 ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ (SEISMIC HAZARD).....	15
1.3 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ	17
1.3.1 Δομική σεισμική επικινδυνότητα και κατασκευές προστασίας περιβάλλοντος	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ.....	21
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ.....	21
2.2 ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	22
2.2.1 Μονοβάθμιος ταλαντωτής.....	22
2.2.2 Ελεύθερη ταλάντωση χωρίς απόσβεση	23
2.2.3 Αποσβεσμένη ελεύθερη ταλάντωση.....	23
2.2.4 Ταλάντωση λόγω σεισμικής δράσης.....	25
2.2.5 Ταλάντωση λόγω αρμονικής διέγερσης.....	26
2.4 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ.....	29
2.4.1 Πεδίο συχνοτήτων	29
2.4.2 Γενική Λύση στο Πεδίο των Συχνοτήτων	30
2.4.3 Μετασχηματισμός του Fourier	31
2.4.4 Θεωρία των μικροδονήσεων.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ.....	34
3.1 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ	34
3.1.1 Ρύπανση αστικών αποβλήτων	34

3.1.2 Βαθμός καθαρισμού – Μονάδες επεξεργασίας	35
3.1.3 Γενική διάταξη εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών αποβλήτων	38
3.1.4 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα.....	40
3.2 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ	41
3.2.1 Καθίζηση (sedimentation settling)	41
3.2.2 Πρωτοβάθμια καθίζηση αποβλήτων	42
3.2.3 Τυπική πρωτοβάθμια καθίζηση αποβλήτων	43
3.2.4 Περιγραφή - Σχεδιασμός δεξαμενών καθίζησης	44
3.2.5 Κυκλικές δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης	48
3.2.6 Σχεδιασμός δεξαμενών απλής πρωτοβάθμιας καθίζησης	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΙΚΡΟΔΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ	
ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ	54
4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΜΙΚΡΟΔΟΝΗΣΕΩΝ.....	54
4.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ ‘MR 2002’ .	57
4.2.1 Εισαγωγή στα όργανα μέτρησης επιτάχυνσης.	57
4.2.2 Περιγραφή οργάνου ‘MR 2002’ της ‘SYSCOM’	58
4.3 Η ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	62
4.4 ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ‘VIEW 2002’	64
4.4.1 Εισαγωγικά στοιχεία για το πρόγραμμα	64
4.4.2 Τεχνική περιγραφή του προγράμματος view 2002	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ MR2002 ΚΑΙ ΤΟΥ	
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ‘VIEW 2002’	77
5.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΔΕΚΑΛΕΠΤΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ.....	77
5.1.1 Επεξεργασία μετρήσεων βόρειας πλευράς της υπό μελέτη δεξαμενής	77
5.1.2 Επεξεργασία μετρήσεων δυτικής πλευράς της υπό μελέτη δεξαμενής.....	99
5.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΙΚΟΣΙΤΕΤΡΑΩΡΗΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ.....	121
5.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	131
Βιβλιογραφία.....	132

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σεισμοί αποτελούσαν πάντα αντικείμενο της απορίας και του ενδιαφέροντος του ανθρώπου ειδικότερα κατά την αρχαιότητα, αλλά και μέχρι τις αρχές του 19ου αιώνα, όπου οι σεισμοί θεωρούντο ως υπερφυσικά φαινόμενα και περιβάλλονταν από πλήθος δεισιδαιμονιών και προκαταλήψεων. Κανένα φυσικό φαινόμενο δεν προκάλεσε στον άνθρωπο τόσο φόβο και ανασφάλεια όσο ο σεισμός και αυτό γιατί κατά την εκδήλωση μιας σεισμικής ακολουθίας δεν υπάρχουν συνήθως πολλά περιθώρια για προφύλαξη και δράση αφού πρόκειται για ένα είδος φυσικού γεγονότος που εκδηλώνεται απότομα και χωρίς καμιά προειδοποίηση.

Τα αποτελέσματα του πολλά και καταστροφικά. Τα δομικά έργα και οι φέρουσες κατασκευές καταρρέουν, πολλές φορές μάλιστα θρηνούμε ανθρώπινα θύματα και τραυματίες. Οι μεγάλες υλικές ζημιές, και στο περιεχόμενο των κτιρίων και στις εγκαταστάσεις υποδομής, καθώς και οι έμμεσες δαπάνες από απώλειες παραγωγής και ενδεχόμενες βλάβες στο περιβάλλον, επιβαρύνουν τις ανθρώπινες οικονομίες.

Είναι γεγονός ότι στη χώρα μας εκλύεται το 50% της σεισμικής ενέργειας στον Ευρωπαϊκό χώρο. Επίσης η Ελλάδα έχει την υψηλότερη σεισμικότητα στην Ευρώπη, και την έκτη στον κόσμο, με μέσο αναμενόμενο μέγεθος σεισμού κάθε χρόνο της τάξης των 6,4 ρίχτερ. Ειδικότερα, από τη θέση της Κρήτης στο γεωλογικό χάρτη αλλά και τη σεισμική της προϊστορία, είναι προφανές ότι υπάρχει ανάγκη προετοιμασίας με στόχο την αντισεισμική θωράκιση του νησιού, και ιδιαίτερα των μεγάλων αστικών κέντρων. Η Κρήτη υπάγεται στην κατηγορία III από άποψη σεισμικής επικινδυνότητας (που είναι η δυσμενέστερη για τον Ελλαδικό χώρο, με εξαίρεση την περιοχή των Ιονίων που υπάγεται στην ακόμα δυσμενέστερη κατηγορία IV). [1]

Ο Σεισμικός Κίνδυνος δεν είναι ένας κίνδυνος που μπορεί να αντιμετωπιστεί στην πηγή του και δεν είναι μέχρι σήμερα τουλάχιστον προβλέψιμος, αν και σοβαρά βήματα έχουν γίνει από την επιστήμη της Σεισμολογίας προς την κατεύθυνση της ακριβούς πρόγνωσης του σεισμικού φαινομένου. Ο Μηχανικός λοιπόν καλείται να διαχειριστεί κυρίως τα ζητήματα που αφορούν στις καταστροφικές επιπτώσεις της σεισμικής δραστηριότητας. Στόχος του πρέπει να είναι η διαμόρφωση ενός

ασφαλούς περιβάλλοντος απέναντι στην σεισμική δραστηριότητα, που θα περιλαμβάνει ένα πλαίσιο μέτρων, κανόνων και ορίων αλλά και πληροφοριών, που θα δρουν σαν ασπίδα προστασίας των κατασκευών και του πληθυσμού σε περίπτωση σεισμού.

Η Διαχείριση της Σεισμικής Επικινδυνότητας, δηλαδή της προσπάθειας μείωσης των επιπτώσεων του σεισμικού φαινομένου σε μία περιοχή, απαιτεί την τήρηση της εφαρμογής των καθολικών μέτρων αντισεισμικής προστασίας καθώς και την μελέτη των ιδιαίτερων συνθηκών της ίδιας της περιοχής. Κατά την εκπόνηση μελέτης Διαχείρισης Σεισμικής Επικινδυνότητας, πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα στην συμπεριφορά των εγκαταστάσεων προστασίας του περιβάλλοντος μιας περιοχής, σε περίπτωση σεισμικού κινδύνου. Αστοχίες σε τέτοιες κατασκευές, όπως οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, συχνά προκαλούν προβλήματα μετά τον σεισμό.

Από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα η Προστασία του Περιβάλλοντος αποτελεί για όλους τους πληθυσμούς του κόσμου τη βασικότερη συνιστώσα στις δραστηριότητες του ανθρώπου, που αποσκοπούν σε καλύτερη ποιότητα ζωής χωρίς να διακυβεύονται οι κρίσιμες ισορροπίες των οικοσυστημάτων. Στις σύγχρονες πόλεις, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων είναι ύψιστης σημασίας για τη προστασία του περιβάλλοντος, για τη βιώσιμη ανάπτυξη της ανθρώπινης κοινωνίας.

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σε παγκόσμιο επίπεδο σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες ώστε να αντιμετωπισθεί ολοκληρωμένα το θέμα της σεισμικής συμπεριφοράς των κατασκευών προστασίας περιβάλλοντος. Για τον σκοπό αυτό, επεξεργάζονται καταγραφές επιταχύνσεων και παραμορφώσεων που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια ενός σεισμικού γεγονότος και συνοδεύονται συνήθως από προσπάθειες ανάλυσης των βασικών μηχανισμών αστοχίας, ενώ σε λιγοστές περιπτώσεις διεξάγονται και τα αντίστοιχα πειράματα. Ο αριθμός των δημοσιεύσεων αυξάνεται συνεχώς τα τελευταία χρόνια, γεγονός που καταδεικνύει το αυξανόμενο ενδιαφέρον που υπάρχει διεθνώς. [2]

Οι δεξαμενές καθίζησης, ως τμήμα των σημαντικότερων υποδομών σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, είναι αναμφισβήτητα κατασκευές με μεγάλο ενδιαφέρον όσον αφορά την μηχανική των συμπεριφορά. Στις προηγούμενες

δεκαετίες, έχουν αναπτυχθεί εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων με αυξανόμενη ικανότητα επεξεργασίας μεγάλου όγκου υγρών αποβλήτων. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην ανάγκη κατασκευής μηχανικά ασφαλών και δομικά αξιόπιστων δεξαμενών.

Οι δεξαμενές καθίζησης σε κανονική κατάσταση λειτουργίας, περιέχουν ένα μεγάλο ποσό λυμάτων. Τα περιβλήματα των δεξαμενών αυτών ευρίσκονται συνήθως σε κατάσταση σύνθετης πίεσης (complex stress state) και απαιτούν προσεκτική μελέτη. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να αποδοθεί στην ανάλυση της δυναμικής συμπεριφοράς των δεξαμενών σε περίπτωση σεισμού, λόγω της πολυπλοκότητας του προβλήματος και των σοβαρών συνεπειών που θα προκύψουν σε τυχόν αστοχία της κατασκευής.

Σε συμβατικές δεξαμενές καθώς και σε δεξαμενές χώνευσης έχει αποδειχθεί ότι η αλληλεπίδραση υγρού–στερεού μπορεί να έχει αξιόλογες επιπτώσεις στην δυναμική συμπεριφορά τους. Επομένως, απλές αναλυτικές προσεγγίσεις όπως η ανάλυση της απόκρισης στο πεδίο των συχνοτήτων είναι συνήθως ανεπαρκείς στην εκτίμηση της απόκρισης των γεμάτων με λύματα δεξαμενών. Από την άλλη λεπτομερείς αριθμητικές αναλύσεις όπως οι μέθοδοι πεπερασμένων στοιχείων, στην ανάλυση απόκρισης και την αξιολόγηση απόδοσης των έργων διαχείρισης αποβλήτων και προστασίας του περιβάλλοντος που υποβάλλονται στους σεισμούς, σπάνια χρησιμοποιούνται. Επιπροσθέτως, λίγες, εργαστηριακές δοκιμές σε συστήματα τραπεζών εξομοίωσης σεισμών (shaking table tests) αναφέρονται στην βιβλιογραφία για τη μελέτη της απόκρισης δεξαμενών επεξεργασίας υγρών αποβλήτων και για την επικύρωση της θεωρητικής ή αριθμητικής ανάλυση. Αυτή η κατάσταση φαίνεται εκ πρώτης όψεως αρκετά ασύμβατη με τη μεγάλη σημασία της ασφάλειας των κατασκευών αυτών.

Σε πρόσφατη εργασία [3], παρουσιάζονται δοκιμές σε τράπεζα εξομοίωσης σεισμών (shaking table test) όπου μετρήθηκε η σεισμική συμπεριφορά ενός γεμάτου με νερό προτύπου προσυμπιεσμένου ωοειδή χωνευτή ‘ESD’ (egg-shaped digester). Σε μία από τις εργασίες αυτές προκειμένου να μελετηθεί η σεισμική συμπεριφορά των ‘ESD’, και να ελεγχθεί εάν οι διαστάσεις είναι επαρκείς κάτω από κατάλληλες συνθήκες σεισμικής διέγερσης καθώς και να διαπιστωθεί εάν το αριθμητικό πρότυπο προσομοίωσης είναι κατάλληλο, κατασκευάστηκε ένα μοντέλο κλίμακας 1:8 προσυμπιεσμένου ‘ESD’ και έγινε δοκιμή σε σεισμική τράπεζα. Η έρευνα διεξήχθη

στο Κρατικό Εργαστήριο Διαχείρισης Καταστροφών του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου της 'Tongji', στην Κίνα.

Παρόμοια μελέτη σεισμικής ανάλυσης [4] εκπονήθηκε για λογαριασμό της πόλης 'Tacoma' στο Μεξικό, το 2004, η οποία σχεδίασε την αναβάθμιση και την επέκταση της κεντρικής Εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων, με σκοπό την παροχή εξελιγμένων συστημάτων επεξεργασίας. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε δομική ανάλυση κυκλικών αναερόβιων χωνευτών, για τον καθορισμό της δυνατότητας μετατροπής τους, για μακροπρόθεσμη χρήση, σε προστατευμένες δεξαμενές νερού ή αποθήκευσης στερεών. Η κίνηση εδάφους λήφθηκε από τις Οδηγίες Σεισμικής Ανάλυσης που συμπεριλαμβάνονταν στον κώδικα 2003 UBC. Το βασικό συμπέρασμα που εξήχθη από την μελέτη αυτή ήταν ότι οι δεξαμενές μπορούσαν να συνεχίσουν να λειτουργούν σωστά εάν τα φορτία σχεδιασμού, τα οποία ήταν βασισμένα στους ισχύοντες κώδικες, δεν υπερέβαιναν τα στατικά φορτία αντοχής. Όσο αναφορά τις σεισμικές δυνάμεις, προσδιορίστηκε ένα μειωμένο μέγιστο ύψος νερού, έτσι ώστε οι συνδυασμένες (combined) στατικές και σεισμικές δυνάμεις να μην υπερβούν τα αρχικά επίπεδα στατικών δυνάμεων (the original static level forces). Για την αποφυγή ζημιάς κατά τη διάρκεια ενός σεισμικού γεγονότος δημιουργήθηκε ένα κατάστρωμα, με ελάχιστο ύψος τριών ποδιών πάνω από το βάθος αποθήκευσης ύδατος, για να επιτρέψει την εκχύλιση του νερού κατά τη διάρκεια ενός σεισμικού γεγονότος

Σε μελέτη αντισεισμικού σχεδιασμού Χ.Υ.Τ.Α. [2] (2005) εξετάστηκε ο ρόλος των τοπικών εδαφικών συνθηκών στη σεισμική διέγερση και σεισμική απόκριση, και διερευνήθηκε αριθμητικά με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων το φαινόμενο της δυναμικής αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής. Για τον σκοπό αυτό καταστρώθηκαν αριθμητικά προσομοιώματα και διεξήχθησαν δυναμικές αναλύσεις εδαφικής απόκρισης. Επιπροσθέτως, εξετάσθηκε η επίδραση των βασικών παραμέτρων που υπεισέρχονται στο πρόβλημα, όπως η γεωμετρία και οι μηχανικές ιδιότητες των υλικών των Χ.Υ.Τ.Α. και των εδαφικών στρώσεων, αλλά και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της σεισμικής δόνησης. Η σεισμική διέγερση του προσομοιώματος πραγματοποιήθηκε μέσω μίας απλής παλμικής διέγερσης, αλλά και δύο πραγματικών σεισμικών καταγραφών, των οποίων η μέγιστη επιτάχυνση κυμαίνεται μεταξύ 0.3 και 0.4 g (όπου g η επιτάχυνση της βαρύτητας $\approx 10 \text{ m/sec}^2$). Στην εργασία διαπιστώνεται ότι οι τοπικές εδαφικές συνθήκες καθορίζουν τη σεισμική

διέγερση και τη σεισμική απόκριση των Χ.Υ.Τ.Α., και για το λόγο αυτό επιβάλλεται να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά τον αντισεισμικό σχεδιασμό τους.

Η αυξανόμενη ζήτηση της ασφάλειας και της αξιοπιστίας των κατασκευών ειδικά όπου τα σεισμικά φορτία συμπεριλαμβάνονται, απαιτεί καλύτερη κατανόηση των δυναμικών ιδιοτήτων και της απόκρισης των κατασκευών. Για να καθοριστούν με τον πιο αξιόπιστο τρόπο τα δυναμικά χαρακτηριστικά των υπαρχουσών κατασκευών, προτείνεται σήμερα πλέον από πολλούς ειδικούς να εκτελούνται εργαστηριακές δοκιμές για την εύρεση των ιδιοτιμών τους. Η δοκιμή για ανάλυση και εκτίμηση των ιδιομορφών είναι μια μη καταστρεπτική δοκιμή βασισμένη στις αποκρίσεις ταλάντωσης των κατασκευών. Κατά τη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας, η δοκιμή ανάλυσης ιδιομορφών (modal testing) έχει αποδειχθεί ένα αποτελεσματικό μέσο για ταυτοποίηση, κατανόηση και προσομοίωση της δυναμικής συμπεριφοράς και των αποκρίσεων των κατασκευών. Μια από τις τεχνικές που χρησιμοποιούνται ευρέως στην τυπική ανάλυση είναι βασισμένη σε μια κατάλληλη διέγερση κρούσης από σφυρί. [5] Με τη χρήση της ανάλυσης σημάτων(signal analysis), η απόκριση δόνησης των δομών στη διέγερση κρούσης μετρίεται και μετασχηματίζεται σε απόκριση στο πεδίο της συχνότητας (FRFs) χρησιμοποιώντας την ταχεία τεχνική μετασχηματισμού του Fourier (Fast Fourier Transformation) (FFT). Στη συνέχεια, οι σειρές του 'FRFs' χρησιμοποιούνται για να εξαγάγουν τυπικές παραμέτρους της δυναμικής συμπεριφοράς όπως τη φυσική συχνότητα, την απόσβεση και την ιδιομορφή της ταλάντωσης της κατασκευής. Σε ένα ευρύ φάσμα των πρακτικών εφαρμογών οι τυπικές αυτές παράμετροι θα πρέπει να σχεδιάζονται ώστε να αποφεύγουν κυρίως τον συντονισμό σε κατασκευές που επηρεάζονται από τα εξωτερικά περιοδικά δυναμικά φορτία. Πρακτικές εφαρμογές της ανάλυσης ιδιομορφών εκτείνονται πέρα από τους διάφορους τομείς της επιστήμης, της μηχανολογίας και της τεχνολογίας. Τα τελευταία χρόνια, η πειραματική ανάλυση ιδιομορφών (modal analysis) έχει λάβει ευρεία αποδοχή στη δομική μηχανική με εφαρμογές για τον προσδιορισμό των τυπικών δυναμικών ιδιοτήτων των γεφυρών, μεγάλων οικοδομικών κατασκευών και του εντοπισμού ζημιών των κατασκευών.

Σε όλες τις παραπάνω εργαστηριακές μεθόδους ανάλυσης ιδιομορφών για την διέγερση του δυναμικού συστήματος χρησιμοποιήθηκε εξωτερική δύναμη όπου γίνεται προσπάθεια να προσομοιώσει κατά το δυνατόν την εισαγόμενη από το έδαφος δύναμη λόγω σεισμικής δόνησης. Παρόλο που η θεώρηση μιας τέτοιας δύναμης

προσεγγίζει καλύτερα και με πιο ρεαλιστικό τρόπο την πραγματική σεισμική συμπεριφορά, το μέγεθος της είναι περιορισμένο για τεχνικούς λόγους με αποτέλεσμα καμιά δύναμη εισαγόμενη στην εργαστηριακή δοκιμή με τέτοιο τρόπο να μπορεί με ακρίβεια να περιγράψει το σεισμικό φαινόμενο. Ως εκ τούτου αναπτύχθηκαν περαιτέρω νέες τεχνικές π.χ. η τεχνική των μικροδονήσεων [12] όπου οι ιδιομορφές και οι βασικές ιδιοσυχνότητες προκύπτουν με την χρήση και μόνο μικρο-ταλαντώσεων που προέρχονται από φυσικές ή ανθρωπογενείς πηγές.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, η μέθοδος των μικροδονήσεων εφαρμόζεται εργαστηριακά για την πειραματική ανάλυση ιδιομορφών (modal analysis) και την εύρεση των βασικών ιδιοσυχνότητων στην μελέτη δομικής σεισμικής επικινδυνότητας μιας δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης. Η παρούσα τεχνική εφαρμόστηκε σε δεξαμενή των εγκαταστάσεων βιολογικού καθαρισμού, της Δημοτικής Επιχείρησης Υδρευσης και Αποχέτευσης του Δήμου Χανίων (ΔΕΥΑΧ) που βρίσκεται στο Ακρωτήριο Χανίων με την χρήση καταγραφικών επιτάχυνσης (επιταχυνσιογράφων), για την εκτίμηση των δυναμικών χαρακτηριστικών της σεισμικής απόκρισης της δεξαμενής.

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίζεται στην καταγραφή και επεξεργασία σημάτων στον επιταχυνσιογράφο λόγω μικροδονήσεων που υπάρχουν στο περιβάλλον από φυσικές ή τυχαίες τεχνικές αιτίες. Οι δοκιμές περιλαμβάνουν δύο στάδια συμπεριλαμβανομένου μιας εικοσιτετράωρης καταγραφής και μιας δεκάλεπτης καταγραφής δονήσεων. Μέσω των δοκιμών αυτών υπολογίστηκαν οι αποκρίσεις δόνησης της υπό μελέτη κατασκευής, που μπόρεσαν να καταγράψουν οι αισθητήρες ανίχνευσης. Ακολούθησε μετασχηματισμός στο πεδίο των συχνοτήτων και πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το λογισμικό View 2002 [6] της εταιρείας SYSCOM [7]. Επίσης μέσω της χρήσης του λογισμικού 'View 2002', έγινε η επεξεργασία των γεγονότων δόνησης που καταγράφηκαν και εξήχθησαν και σχετικά αποτελέσματα που αφορούν τις βασικές ιδιοσυχνότητες της δεξαμενής.

Στο πρώτο Κεφάλαιο δίνονται ορισμένα εισαγωγικά στοιχεία Σεισμολογίας που χρησιμεύουν στην εργασία αυτή, καθώς και ορισμένα στοιχεία για την σεισμικότητα του Ελληνικού χώρου αλλά και ιδιαίτερα για την περιοχή της Δυτικής Κρήτης. Αναλύεται η έννοια του σεισμικού κινδύνου και αποτελέσματα αυτού σε κατασκευές προστασίας του περιβάλλοντος.

Στόχος του δεύτερου Κεφαλαίου είναι η εισαγωγή στη δυναμική των κατασκευών και στα στοιχεία της δυναμικής ανάλυσης. Επίσης στο παρών κεφάλαιο ερμηνεύεται ο προσδιορισμός της συχνότητας ταλάντωσης και αναλύεται η δυναμική των κατασκευών στο πεδίο των συχνοτήτων.

Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφονται αναλυτικά οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων καθώς και εν συντομία οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε κάθε στάδιο επεξεργασίας. Επιπλέον, εξετάζονται και αναλύονται οι διάφοροι τύποι δεξαμενών καθίζησης καθώς επίσης παρατίθενται τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά τους. Τέλος γίνεται αναφορά στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της πόλης των Χανίων, για την οποία εκτελέστηκε η συγκεκριμένη μελέτη.

Το τέταρτο Κεφάλαιο αποτελεί την ανάλυση της πειραματικής διαδικασίας, το πώς δηλαδή με την χρήση κατάλληλων οργάνων και κατάλληλων λογισμικών είναι δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων για την Σεισμική Επικινδυνότητα μιας δεξαμενής επεξεργασίας υγρών αποβλήτων. Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται τα όργανα, τα προγράμματα και η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκαν, αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο έγινε η επεξεργασία των σημάτων, και παρατίθενται οι παράμετροι που εισήχθησαν για την εξαγωγή των σημάτων.

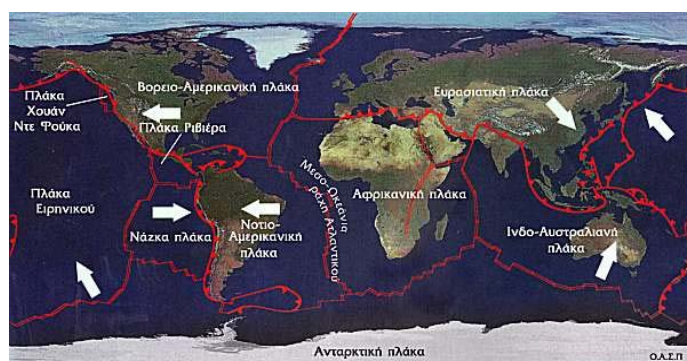
Τέλος στο πέμπτο και τελευταίο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σε αναλυτικούς πίνακες και διαγράμματα, όπως διεξήχθησαν από το λογισμικό απεικόνισης και επεξεργασίας σημάτων 'View 2002'. Επιπλέον, γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων που λήφθηκαν κατά την 10άλεπτη καταγραφή και την 24άωρη καταγραφή. Σχολιάζονται τα αποτελέσματα και εξάγονται τα συμπεράσματα της εργασίας, όπου και παρατίθενται τα προτείνονται μέτρα για την προστασία της δεξαμενής με βάση τα αποτελέσματα της εργασίας και πιθανά βήματα για την αντισεισμική θωράκισή της.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

1.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑΣ

1.1.1 Ορισμός σεισμών

Σεισμός είναι η κίνηση του εδάφους που οφείλεται στη θραύση πετρωμάτων, το στιγμιαίο αποτέλεσμα μιας μακροχρόνιας διαδικασίας συσσώρευσης δυναμικής ενέργειας σε καταπονούμενες περιοχές της λιθόσφαιρας. Επίσης αποτελεί ένα φυσικό φαινόμενο, που μπορεί να προκαλέσει πολλές απώλειες τόσο σε ανθρώπινο δυναμικό όσο και σε υλικά αγαθά. Σεισμός είναι η εδαφική δόνηση που γεννιέται κατά τη διατάραξη της μηχανικής ισορροπίας των πετρωμάτων από φυσικές αιτίες που βρίσκονται στο εσωτερικό της γης. [8]

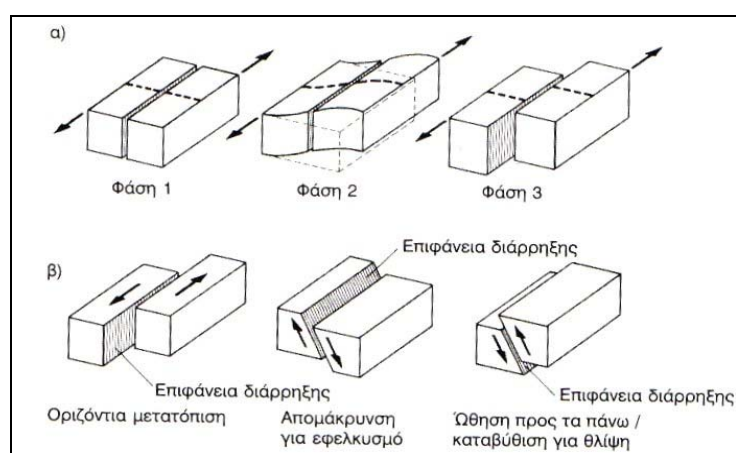


Εικόνα 1.1: Κίνηση λιθοσφαιρικών πλακών

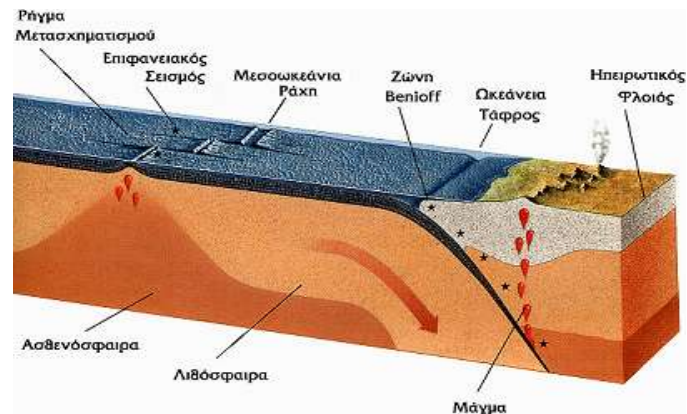
1.1.2 Γένεση σεισμών

Η λιθόσφαιρα, η οποία είναι ένα δύσκαμπτο στρώμα μέσου πάχους 80 km, που αποτελείται από το στερεό φλοιό και μέρος του στερεού ανώτερου μανδύα, δεν είναι ενιαία αλλά απαρτίζεται από ένα σύνολο μεγάλων και μικρότερων πλακών. Οι πλάκες αυτές ονομάζονται λιθοσφαιρικές πλάκες και ολισθαίνουν πάνω στο υποκείμενο παχύρρευστο μανδυακό υλικό (ασθενόσφαιρα) πραγματοποιώντας σχετικές μεταξύ τους κινήσεις. Η θεωρία που ερμηνεύει ικανοποιητικά το σύνολο των γεωλογικών και γεωφυσικών παρατηρήσεων, που σχετίζονται με την ενεργό

τεκτονική δράση και κατά συνέπεια και με τη σεισμική δράση, είναι αυτή που περιγράφει την κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών. Οι λιθοσφαιρικές πλάκες αλλού αποκλίνουν, αλλού συγκλίνουν και αλλού η μία κινείται παράλληλα - εφαπτομενικά σε σχέση με τη διπλανή της. Στις περιοχές που αποκλίνουν οι λιθοσφαιρικές πλάκες (μεσσωκεάνιες ράχεις) θερμό ασθενοσφαιρικό υλικό βγαίνει στην επιφάνεια, ψύχεται, στερεοποιείται και οδηγεί έτσι στη δημιουργία νέας λιθόσφαιρας κατά μήκος των δύο πλευρών των ράχων (π.χ. μεσσωκεάνια ράχη Ατλαντικού ωκεανού, απομάκρυνση Αμερικανικής - Αφρικανικής πλάκας). Στις περιοχές που ολισθαίνουν οριζόντια η μία πλάκα σε σχέση με την άλλη, η κίνηση γίνεται κατά μήκος κατακόρυφων ρηγμάτων μετασχηματισμού. Στην περίπτωση της σύγκλισης των πλακών η πυκνότερη από τις δύο βυθίζεται κάτω από την άλλη μέχρις ότου λιώσει η πρώτη μέσα στο θερμό μανδουακό υλικό κι έτσι καταστρέφεται λιθοσφαιρικό υλικό. Η δημιουργία νέου ωκεάνιου φλοιού στις μεσσωκεάνιες ράχεις αντισταθμίζεται λοιπόν με την καταστροφή αντίστοιχης ποσότητας στις περιοχές σύγκλισης πλακών, οπότε η συνολική επιφάνεια της Γης παραμένει "σταθερή". Αποτέλεσμα της σχετικής κίνησης των λιθοσφαιρικών πλακών είναι η αργή παραμόρφωση των πετρωμάτων στις παρυφές τους. Για το λόγο αυτό, στα πετρώματα που βρίσκονται κοντά στις περιοχές αυτές συσσωρεύονται τεράστια ποσά δυναμικής ενέργειας (ενέργεια ελαστικής παραμόρφωσης πετρωμάτων), και αναπτύσσονται μεγάλες τάσεις που συνεχώς αυξάνουν. Όταν οι τάσεις αυξηθούν τόσο πολύ, ώστε να υπερβούν το όριο αντοχής του λιθοσφαιρικού υλικού στο σημείο αυτό επέρχεται θραύση. Ταυτόχρονα πραγματοποιείται απότομη σχετική κίνηση των δύο τμημάτων που έχουν προκύψει κατά μία επιφάνεια έως ότου ισορροπήσουν σε νέες θέσεις. Η επιφάνεια αυτή είναι το σεισμικό ρήγμα. Τη χρονική αυτή στιγμή γεννιέται ένας σεισμός.



Εικόνα 1.2: Σχηματική απεικόνιση της γένεσης των σεισμών:
α) παραμόρφωση και μετατόπιση τεμαχίων (μπλοκ),
β) ενδεχόμενες μετατοπίσεις τεμαχίων [9]



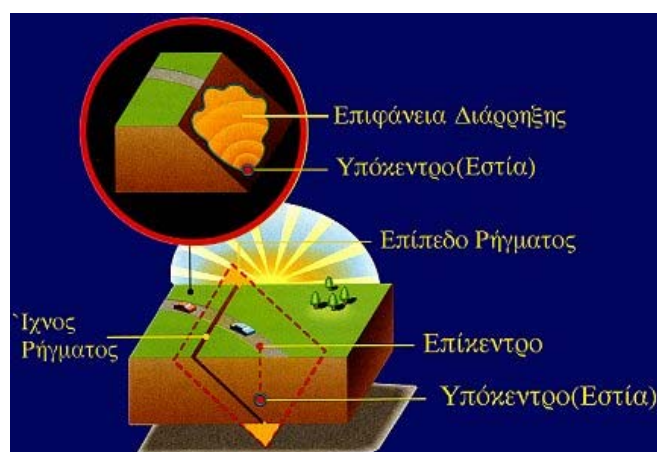
Εικόνα 1.3:

τόξου

Δημιουργία

1.1.3 Χώρος γένεσης ενός σεισμού

Ο χώρος που πρωτοεκδηλώνεται η διάρρηξη των πετρωμάτων (σεισμογόνος χώρος) μπορεί κατά προσέγγιση να θεωρηθεί ως σημείο και ονομάζεται εστία ή υπόκεντρο του σεισμού. Το ίχνος της κατακόρυφης προβολής της εστίας πάνω στην επιφάνεια της γης είναι το επίκεντρο, ενώ η απόστασή του από την εστία (βάθος της εστίας) λέγεται εστιακό βάθος. Σύμφωνα με όσα έχουν ήδη αναφερθεί αυτονόητο είναι ότι οι σεισμοί γεννιούνται μόνο μέσα στη λιθόσφαιρα και κατά κύριο λόγο εντοπίζονται στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών.



Εικόνα 1.4: Σχηματική αναπαράσταση εστίας, επικέντρου και επιφάνειας διάρρηξης [8]

1.1.4 Είδη και χαρακτηριστικά των σεισμών

Ανάλογα με τα αίτια που τους προκαλούν, οι σεισμοί μπορεί να χωρισθούν στα εξής είδη:

- **Τεκτονικοί σεισμοί:** Είναι εδαφικές δονήσεις οι οποίες προκαλούνται από την βίαιη διάρρηξη των πετρωμάτων της γης, ως αποτέλεσμα της δράσεως τεκτονικών δυνάμεων συμπίεσης και εφελκυσμού. Είναι οι πιο συνηθισμένοι, δεδομένου ότι το 90% των επιφανειακών σεισμών και το σύνολο των πλουτώνιων είναι τεκτονικοί σεισμοί.
- **Ηφαιστειογενείς σεισμοί:** Είναι εδαφικές δονήσεις που είτε προηγούνται είτε συνοδεύουν τις ηφαιστειακές εκρήξεις. Αποτελούν το 7% του συνόλου των επιφανειακών σεισμών.
- **Εγκατακρημνισιογενείς σεισμοί:** Είναι εδαφικές δονήσεις που οφείλονται σε καταπτώσεις οροφών φυσικών κοίλων και σπηλαίων. Έχουν συνήθως μικρό μέγεθος και αποτελούν το 3% του συνόλου των επιφανειακών σεισμών.
- **Τεχνητοί σεισμοί:** Είναι τεχνητοί σεισμοί παράγονται από εκρήξεις και ιδίως από υπέργειες και υπόγειες εκρήξεις ατομικών βομβών.

Σεισμοί γεννιούνται μόνο μέσα στη λιθόσφαιρα και οι σεισμικές εστίες φθάνουν περίπου μέχρι 700Km βάθος. Το μεγαλύτερο εστιακό βάθος σεισμού που έχει υπολογιστεί είναι 720Km. Ανάλογα με το εστιακό τους βάθος οι σεισμοί διακρίνονται σε:

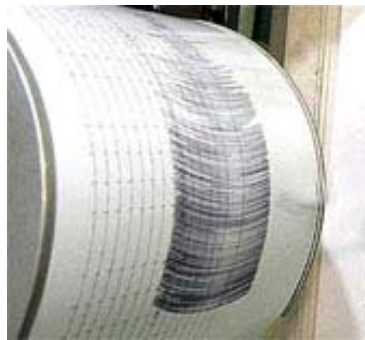
- **Επιφανειακούς σεισμούς,** με εστιακό βάθος μικρότερο από 60Km
- **Σεισμούς ενδιάμεσου βάθους,** με εστιακό βάθος μεταξύ 60 - 300 Km.
- **Σεισμούς μεγάλου βάθους,** με εστιακό βάθος μεγαλύτερο από 300Km.

Οι σεισμοί ενδιάμεσου και μεγάλου βάθους καλούνται πλουτώνιοι σεισμοί.

1.1.5 Όργανα καταγραφής σεισμών

Τα όργανα καταγραφής των σεισμικών δονήσεων είναι τα σεισμοσκόπια, οι σειсмоγράφοι, και τα σεισμόμετρα. Την καταγραφή την ονομάζουμε σεισμογράφημα ή σεισμόγραμμα.

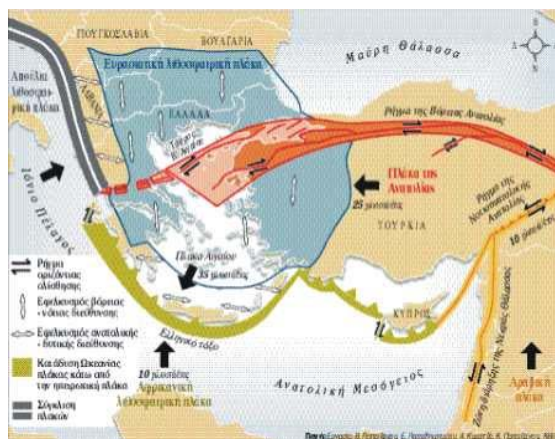
Στον ελληνικό χώρο, στην Αθήνα αλλά και στην περιφέρεια, υπάρχουν μόνιμα εγκατεστημένοι σειсмоγράφοι σε σεισμολογικούς σταθμούς για την καταγραφή των σεισμικών δονήσεων. Υπάρχει όμως και η δυνατότητα εγκατάστασης φορητών δικτύων σειсмоγράφων, για κάποιο χρονικό διάστημα, σε περιοχές με αυξημένη σεισμική δραστηριότητα. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι ενόργανες καταγραφές των σεισμών στην Ελλάδα ξεκινούν στην αρχή του αιώνα (1911) με την εγκατάσταση του πρώτου σεισμομέτρου στην Αθήνα. Τα προγενέστερα του 1911 στοιχεία που αφορούν τη σεισμική δραστηριότητα βασίζονται σε περιγραφές κυρίως μακροσεισμικών αποτελεσμάτων.



Εικόνα 1.5: Σεισμογράφος

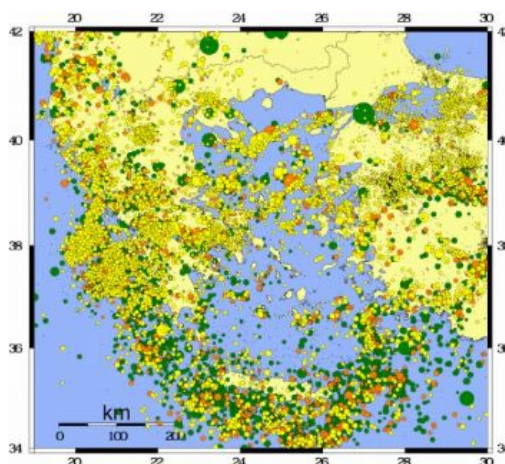
1.1.6 Σεισμικότητα του Ελλαδικού χώρου

Ο ελλαδικός χώρος αποτελεί χώρο μεγάλης σεισμικότητας καθώς βρίσκεται στα όρια επαφής και σύγκλισης της Ευρασιατικής πλάκας με την Αφρικανική. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία η Ελλάδα, από άποψη σεισμικότητας, κατέχει την πρώτη θέση στη Μεσόγειο και την Ευρώπη καθώς και την έκτη θέση σε παγκόσμιο επίπεδο, μετά την Ιαπωνία, τις Νέες Εβρίδες, το Περού, και την Χιλή.



Εικόνα 1.8: Σχετικές κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής Μεσογείου [10]

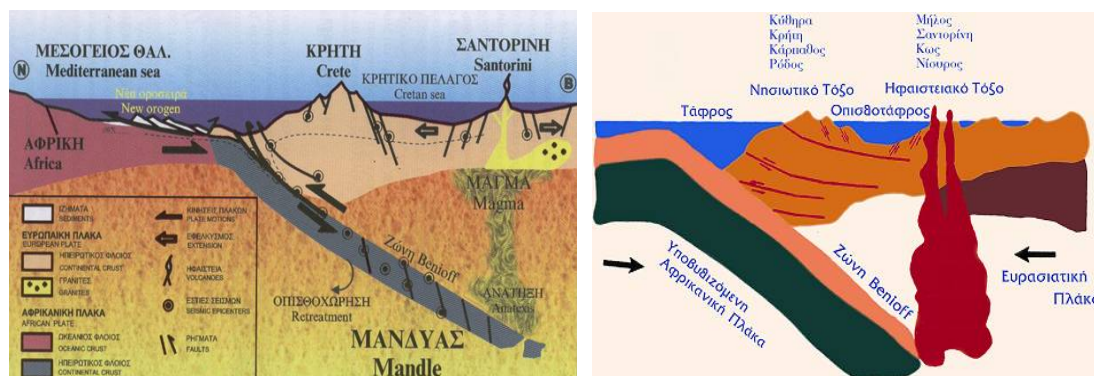
Η έντονη σεισμικότητα οφείλεται στην γεωγραφική θέση της Ελλάδας σε σχέση με τις λιθοσφαιρικές πλάκες. Συγκεκριμένα η Ελλάδα βρίσκεται στο όριο επαφής της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας τμήμα της οποίας είναι το Αιγαίο, με την Αφρικανική πλάκα τμήμα της οποίας είναι η λιθόσφαιρα της Ανατολικής Μεσογείου. Το όριο αυτό είναι το ελληνικό τόξο το οποίο παρουσιάζεται στην εικόνα 1.8. Το ελληνικό τόξο ξεκινώντας από την Κεφαλλονιά, διασχίζει το νότιο Ιόνιο ανατολικά της Πελοποννήσου και περνώντας νότια της Κρήτης καταλήγει στη Ρόδο. Στην περιοχή του ελληνικού τόξου, οι δύο λιθοσφαιρικές πλάκες συγκλίνουν με σχετική ταχύτητα 2,5 cm ανά έτος. Η ωκεάνια πλάκα της Ανατολικής Μεσογείου βυθίζεται κάτω από την ηπειρωτική πλάκα του Αιγαίου λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 2.5, το ελληνικό τόξο αποτελείται από το νησιωτικό τόξο, την οπισθοτάφρο, το ηφαιστειακό τόξο και την πρόταφρο.



Εικόνα 1.9: Γεωγραφική κατανομή των επικέντρων των σεισμών της χρονικής περιόδου 1964-2001, βάσει των δεδομένων του Γ.Ι του ΕΑΑ

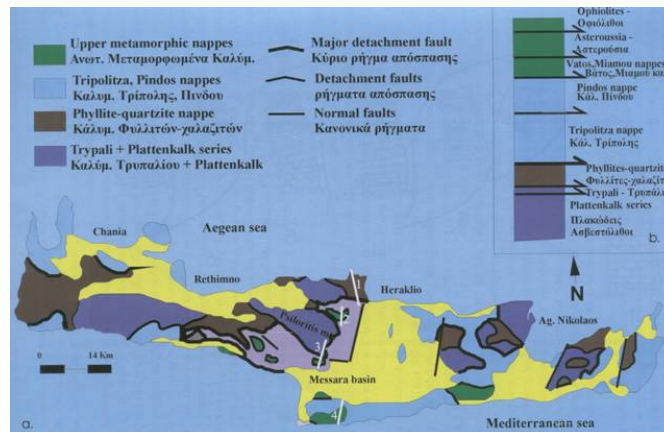
1.1.7 Σεισμικότητα της Κρήτης

Η νήσος Κρήτη αποτελεί μέρος του νησιωτικού τόξου που σχηματίζεται από μία σειρά διαδοχικών νησιών, από την Ρόδο μέχρι και τα νησιά του Ιονίου (πλην της νήσου Κέρκυρας). Το νησιωτικό αυτό τόξο βρίσκεται στο όριο επαφής των δύο λιθοσφαιρικών πλακών (Ευρασιατικής και Αφρικανικής) και δημιουργήθηκε από την ανύψωση ιζηματογενών κυρίως πετρωμάτων της Ευρασιατικής πλάκας. Βρίσκεται δε ανάμεσα σε δύο συστήματα τάφρων: της Ελληνικής τάφρου (ή πρόταφρος, ή τάφρος) και της οπισθοτάφρου. Οι τάφροι είναι βαθιές θαλάσσιες λεκάνες, με βάθη που ξεπερνούν τα 4000m για την πρόταφρο και τα 2000m για την οπισθοτάφρο. Η σχηματική απεικόνιση τομής του ελληνικού τόξου δίνεται στην εικόνα 1.10.



Εικόνα 1.10: Σχηματικές απεικονίσεις (τομές) του ελληνικού τόξου

Λόγω της γεωγραφικής της θέσης σε σχέση με το ελληνικό τόξο, στην νήσο Κρήτη παρατηρείται έντονη σεισμική δραστηριότητα που οφείλεται κυρίως στις συμπιεστικές δυνάμεις, λόγω της σύγκλισης της Αφρικανικής με της Ευρασιατικής λιθοσφαιρική πλάκα. Η σύγκλιση αυτή προκαλεί τους επιφανειακούς σεισμούς κατά μήκος του Ελληνικού τόξου καθώς και τους σεισμούς ενδιάμεσου βάθους στο Ν. Αιγαίο. Όπως φαίνεται στην εικόνα 1.9, η κατανομή των epicέντρων των επιφανειακών σεισμών φανερώνει μία έντονη σεισμική δραστηριότητα νότια της Κρήτης, κατά μήκος της ελληνικής τάφρου.



Εικόνα 1.11: Γεωλογικοί σχηματισμοί και γεωλογικά ρήγματα της Κρήτης [11]

1.2 ΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ (SEISMIC HAZARD)

Σεισμικός κίνδυνος είναι ο αναμενόμενος βαθμός σεισμικών βλαβών που πρόκειται να υποστεί μια τεχνική κατασκευή ή και γενικότερα το σύνολο των επιπτώσεων στις ανθρώπινες δραστηριότητες, εξαιτίας ενός σεισμού. [1]

Ο Σεισμικός κίνδυνος είναι μία συνάρτηση των εξής παραμέτρων: των ιδιοτήτων της πηγής, του μέσου διάδοσης και των τοπικών συνθηκών σε μία συγκεκριμένη περιοχή.

$$\text{Σεισμικός κίνδυνος (R)} = H(e, \mu, s) * T$$

Όπου

e: οι ιδιότητες της σεισμικής πηγής (το μέγεθος του σεισμού, το εστιακό βάθος κλπ.),

μ: οι ιδιότητες του μέσου διάδοσης,

s: οι τοπικές εδαφολογικές συνθήκες της υπό μελέτη περιοχής και

T: η τρωτότητα των κατασκευών.

Οι επιπτώσεις των σεισμικών δονήσεων, στις κατασκευές, στα ύδατα (υπόγεια ή επιφανειακά) και στον πληθυσμό, ονομάζονται επίσης και Μακροσεισμικά αποτελέσματα, τα κυριότερα εκ των οποίων είναι τα εξής:

- Στο έδαφος προκαλούνται ρωγμές, χάσματα (δηλ. τα επιφανειακά ίχνη των σεισμικών ρηγμάτων), κατολισθήσεις, εδαφικές κατακρημνίσεις, ρευστοποίηση του εδάφους, υψομετρικές μεταβολές (καθιζήσεις ή εξάρσεις του εδάφους).
- Στα ύδατα, οι επιπτώσεις μπορεί να είναι άμεσες ή έμμεσες. Οι άμεσες επιπτώσεις προκαλούνται από την διέλευση των σεισμικών κυμάτων μέσα από τα ύδατα (υπόγεια ή επιφανειακά) και αφορούν ταλαντώσεις του νερού, κυματισμό σε λίμνες και κλειστούς χώρους. Από την άλλη, οι έμμεσες οφείλονται στις εδαφικές διαταράξεις που επηρεάζουν και τα ύδατα (μεταβολή στην παροχή των πηγών, αποξήρανση ελών, λιμνών, ποταμών, απόφραξη ποταμών από κατολισθήσεις εδαφών και δημιουργία λιμνών, ελών και πλημμύρων, κλπ.). Επίσης στα θαλάσσια ύδατα προκαλούνται θαλάσσιοι σεισμοί (δονήσεις μικρής περιόδου που οφείλονται στη διέλευση των σεισμικών κυμάτων μέσα από το θαλάσσιο νερό) και θαλάσσια κύματα βαρύτητας (tsunamis), που έχουν μεγάλο μήκος κύματος και διαδίδονται στην επιφάνεια της θάλασσας.
- Στις κατασκευές, οι βλάβες μπορεί να είναι άμεσες ή έμμεσες (Εικόνα 2.7). Οι άμεσες προκαλούνται από την διέλευση των σεισμικών κυμάτων από τα θεμέλια της κατασκευής και έχουν σαν αποτέλεσμα την πρόκληση βλαβών λιγότερο ή περισσότερο σοβαρών. Σοβαρές είναι βλάβες, οι οποίες προκαλούνται στον φέροντα οργανισμό της κατασκευής και οι οποίες αρκετές φορές είναι μη αντιστρέψιμες. Αντιστρέψιμες βλάβες είναι εκείνες οι οποίες εν έχουν βλάβει ανεπανόρθωτα τον φέροντα οργανισμό ή οι βλάβες στην τοιχοποιία.



Εικόνα 1.12: Μακροσεισμικά αποτελέσματα των σεισμών στις κατασκευές

- Στον πληθυσμό οι σεισμικές δονήσεις συντελούν στις απώλειες ανθρώπινων ζώων και σε τραυματισμούς από ρίψεις αντικειμένων, κατολισθήσεις, καταρρεύσεις κατασκευών κλπ. Τα Μακροσεισμικά αποτελέσματα ενδέχεται να έχουν σοβαρές

οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις σε τμήματα του πληθυσμού λόγω καταστροφών σε ιδιωτικές περιουσίες. Επίσης οι σεισμοί προκαλούν στον πληθυσμό φόβο, πανικό και νευρική υπερδιέγερση.

- Στην οικονομία οι επιπτώσεις ενός σεισμού είναι πολυδιάστατες. Κυρίως επικεντρώνονται στην αποκατάσταση των καταστροφών που προκάλεσαν τα σεισμικά κύματα στις δημόσιες κατασκευές και στα δίκτυα κοινής ωφελείας, στην κινητοποίηση του κρατικού μηχανισμού και στα μέτρα ανακούφισης των πληγέντων.

- Τέλος στις περιβαλλοντικές κατασκευές οι επιπτώσεις αφορούν αστοχίες στις κατασκευές που μπορούν όμως να έχουν άμεσες επιπτώσεις στο περιβάλλον αλλά και στην λειτουργία των αστικών περιοχών. Οι επιπτώσεις σε κατασκευές προστασίας περιβάλλοντος και ιδιαίτερα διαχείρισης υγρών αποβλήτων (που αποτελούν αντικείμενο αυτής της εργασίας) εξετάζονται στην επόμενη παράγραφο.



Εικόνα 1.13: Η κατανομή των ζημιών και των θανάτων κατά μήκος ενός σεισμικού ρήγματος στο σεισμό του Kobe (Ιαπωνία 1995). [9]

1.3 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΔΟΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ

Η φυσική συχνότητα ταλάντωσης μιας κατασκευής είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας που υπεισέρχεται όλους τους υπολογισμούς που σχετίζονται με τις σεισμικές αποκρίσεις των κατασκευών. Οι περισσότεροι αντισεισμικοί κανονισμοί είναι βασισμένοι στη γνώση της φυσικής συχνότητας ταλάντωσης των κατασκευών (ή ισοδύναμα της φυσικής περιόδου ταλάντωσης T) για τον υπολογισμό της απόκρισης της παραμόρφωσης των κατασκευών. Γνωρίζοντας τη φυσική συχνότητα ταλάντωσης για οποιαδήποτε κατασκευή σε συνδυασμό με το πλάτος της

ταλάντωσης που προέρχεται από την εδαφική κίνηση (μετατόπιση, ταχύτητα, ή επιτάχυνση) κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν όλα μαζί για να εκτιμηθεί η μέγιστη δύναμη που αναπτύσσεται στα θεμέλια μιας κατασκευής ή οποιαδήποτε άλλης θέσης.

Είναι γνωστό ότι κατασκευές που ανήκουν στην ίδια κατηγορία ή τύπο (που έχουν ίδιες φυσικές περιόδους), συχνά υπόκεινται σε βλάβες από τις εδαφικές δονήσεις όταν βρίσκονται σε γεωλογικές συνθήκες που έχουν παρόμοια χαρακτηριστική περίοδο, ενώ κατασκευές με διαφορετικές φυσικές περιόδους που βρίσκονται στις ίδιες γεωλογικές συνθήκες δεν υφίστανται φθορές. Η φυσική περίοδος ταλάντωσης συνεπώς ελέγχει την αλληλεπίδραση των κτιρίων όταν διεγείρονται από το έδαφος, λόγω οποιαδήποτε πηγής δόνησης και ιδιαίτερα λόγω των σεισμών.

Έχουν καθοριστεί (Chopra 1981) [12], 3 περιπτώσεις για την αλληλεπίδραση κατασκευών με βάση τη σχέση μεταξύ της φυσικής συχνότητας ταλάντωσης κατασκευών (ω) και της συχνότητας της εξαναγκασμένης ταλάντωσης της εξωτερικής δύναμης (ω_o).

- 1) Εάν $\omega_o / \omega \approx 0$, δηλαδή η συχνότητα της εξαναγκασμένης ταλάντωσης της εξωτερικής δύναμης είναι πολύ μικρότερη από την φυσική συχνότητα της κατασκευής, τότε η δυναμική επίδραση είναι αμελητέα και η μέγιστη απόκριση εξαρτάται από την ακαμψία των κατασκευών.
- 2) Εάν $\omega_o / \omega > 1$, δηλαδή η συχνότητα της εξαναγκασμένης ταλάντωσης της εξωτερικής δύναμης είναι πολύ μεγαλύτερη από τη φυσική συχνότητα, τότε η απόκριση είναι αμελητέα και εξαρτάται κυρίως από τη μάζα.
- 3) Εάν $\omega_o / \omega = 1$, η συχνότητα της εξαναγκασμένης ταλάντωσης της εξωτερικής δύναμης είναι ίση με τη φυσική συχνότητα της κατασκευής, τότε η απόκριση είναι μέγιστη και εξαρτάται από τον λόγο απόσβεσης.

Για αυτό, σχεδόν σε όλους τους Αμερικάνικους κώδικες UBC (Uniform Building Codes), η φυσική συχνότητα ταλάντωσης του κτιρίου θεωρείται ουσιαστικός παράγοντας ελέγχου της απόκρισής του. Στην πραγματικότητα η φυσική συχνότητα, η μάζα, η απόσβεση του πλάτους ταλάντωσης της κατασκευής και φυσικά η παράμετρος δόνησης του εδάφους (μετατόπιση, απόκριση ταχύτητας ή επιτάχυνσης) είναι οι κύριοι παράγοντες που ορίζουν το μέγεθος της πλευρικής δύναμης που πλήττει την κατασκευή.

Παραδείγματος χάρη η μέγιστη διατμητική δύναμη βάσης για ένα μονώροφο κτίριο (V_o) δίνεται από τον τύπο:

$$V_o (\max) = \mu S_a \quad (1)$$

Όπου μ είναι η μάζα του κτιρίου και S_a είναι η συχνότητα επιτάχυνσης φάσματος απόκρισης που προέρχεται από τη χρονοϊστορία της επιτάχυνσης οποιουδήποτε σεισμού για το έδαφος ή τα θεμέλια της κατασκευής (Chopra, 1981).

1.3.1 Δομική σεισμική επικινδυνότητα και κατασκευές προστασίας περιβάλλοντος

Κατασκευές προστασίας περιβάλλοντος αποτελούν ύψιστη σημασία για τη προστασία του περιβάλλοντος καθώς και για τη βιώσιμη ανάπτυξη της ανθρώπινης κοινωνίας. Είναι κατασκευές που συμβάλλουν στην εξασφάλιση υπηρεσιών υψηλής ποιότητας σε θέματα διαχείρισης στερεών και υγρών αποβλήτων, εξοικονόμησης ενέργειας, παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς και προστασίας και ανάδειξης του φυσικού περιβάλλοντος, όπως εγκαταστάσεις ανανεώσιμων πηγών, χώροι υγειονομικής ταφής, εγκαταστάσεις βιολογικής επεξεργασίας αποβλήτων κλπ.

Η μελέτη της δομικής σεισμικής επικινδυνότητας στις κατασκευές προστασίας περιβάλλοντος αρχίζει να γίνεται τα τελευταία χρόνια αντικείμενο μελέτης, καθώς πιθανές αστοχίες σε αυτά, συνεπάγονται μεγάλες επιπτώσεις για τον πληθυσμό και το περιβάλλον.

Τα Μακροσεισμικά αποτελέσματα στις κατασκευές προστασίας περιβάλλοντος έχουν βραχυχρόνιες και μακροχρόνιες επιπτώσεις.

Οι αστοχίες στα περιβαλλοντικά έργα οδηγούν σε διακοπή της λειτουργία τους ή σε μη αποτελεσματική λειτουργία. Είναι φανερό πως τα μακροσεισμικά αποτελέσματα στα περιβαλλοντικά έργα έχουν άμεσες επιπτώσεις στον πληθυσμό αλλά και στην οικολογία μιας περιοχής. Ιδιαίτερα αν τα μακροσεισμικά αποτελέσματα εξεταστούν συνδυαστικά, σε ένα πιθανό για τον ελληνικό χώρο σενάριο σεισμικού κινδύνου, γίνεται αντιληπτό πως οι επιπτώσεις του σεισμού πολλαπλασιάζονται. Αν και μέχρι σήμερα ο αντισεισμικός σχεδιασμός επικεντρωνόταν μόνο στις ιδιωτικές κατασκευές ή σε κατασκευές-παροχές των έργων υψηλού κινδύνου (φράγματα, υδροηλεκτρικοί σταθμοί, δεξαμενές άντλησης κα), έχει αποδειχτεί ότι οι αστοχίες σε τέτοια έργα, πολύ συχνά έχουν ανάλογες επιπτώσεις στον πληθυσμό και την οικονομία μιας περιοχής. Για τους παραπάνω λόγους τα περιβαλλοντικά έργα είναι ένα από τα κριτήρια της ανάλυσης επικινδυνότητας για το οποίο λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα.



Εικόνα 1.18: Μακροσεισμικά αποτελέσματα σε κατασκευές προστασίας περιβάλλοντος [13]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Δυναμικά φορτία, που προέρχονται από φυσικά ή από ανθρώπινα αίτια, είναι πιθανό να δημιουργήσουν προβλήματα λειτουργικότητας λόγω της δυσμενούς επίδρασης τους σε ανθρώπους και εξοπλισμό. Κανονιστικά πλαίσια παρέχουν πληροφορίες στον μελετητή μηχανικό σχετικά με συγκεκριμένες κατηγορίες δυναμικών διεγέρσεων κατά τρόπο που να επιτρέπουν τον προσδιορισμό των φορτίων που αυτές επιβάλλουν στις κατασκευές. Τα φορτία αυτά τότε χαρακτηρίζονται ως αιτιοκρατικά (deterministic). Σε κάποιες όμως ιδιαίτερες περιπτώσεις, απαιτείται η διεξαγωγή μετρήσεων και η χρήση ικανοποιητικού αριθμού καταγραφών για τον ακριβή προσδιορισμό της δυναμικής φόρτισης.

Μια από τις απλούστερες μορφές δυναμικής φόρτισης είναι η αρμονική (ημιτονοειδής/συνημιτονοειδής) ταλάντωση. Τέτοιου τύπου διέγερση παράγεται, για παράδειγμα, από την λειτουργία μηχανολογικού εξοπλισμού. Πειραματικές μετρήσεις μπορούν να προσδιορίσουν το εύρος και τη συχνότητα της, ενώ η θεωρία των αρμονικών ταλαντώσεων παρέχει τις διαφορικές εξισώσεις που περιγράφουν το πρόβλημα. Άλλες κατηγορίες διέγερσης έχουν πολύ πιο σύνθετη μορφή, όπως είναι οι απεριοδικές ή οι κρουστικές διεγέρσεις (impulse). Για παράδειγμα, κρουστικές διεγέρσεις δημιουργούνται από εκρήξεις ή από κρούσεις κατά την πύκτωση πασάλων θεμελίωσης.

Η σεισμική διέγερση, η οποία μελετάται στην παρούσα εργασία, αποτελεί μη-περιοδική διέγερση, μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας από μια αντίστοιχη κρουστική. Εντάσσεται στην κατηγορία των τυχαίων διαδικασιών (random processes), καθώς η ισχυρή εδαφική κίνηση που την παράγει είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και εμπεριέχει το στοιχείο της τυχαιότητας. Τα δυναμικά φορτία μπορούν να καταταχθούν στις παρακάτω κατηγορίες, για δύο συγκεκριμένες περιπτώσεις.

- Περιβαλλοντικά/Ανθρώπινη δραστηριότητα
- Περιοδικά / Μη- περιοδικά
- Πλήγματα / Μεγάλης χρονικής διάρκειας
- Τυχαία / Αιτιοκρατικά. [14]

2.2 ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

2.2.1 Μονοβάθμιος ταλαντωτής

Μονοβάθμιος ταλαντωτής είναι κάθε εξιδανικευμένη κατασκευή της οποίας τα υποστυλώματα της έχουν μηδενική μάζα και όλη η μάζα είναι συγκεντρωμένη στην οροφή. Η κατανόηση των σχέσεων στο μονοβάθμιο ταλαντωτή δημιουργεί ένα σημαντικό βάθρο για την εξήγηση της λειτουργίας πολυπλοκότερων συστημάτων και επόμενος τη σωστή ερμηνεία της σεισμικής συμπεριφοράς κατασκευών και φορέων. Οι κατασκευές αποτελούν συστήματα πολλών (συνήθως εκατοντάδων ή χιλιάδων) βαθμών ελευθερίας και κατά συνέπεια η εξιδανίκευση τους σε μονοβάθμιους ταλαντωτές είναι εφικτή μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις. Παρά ταύτα, υπάρχουν περιπτώσεις κατασκευών όπως οι υδατόπυργοι ή μονώροφα διατμητικά πλαίσια με αβαρή υποστυλώματα, τα οποία προσομοιώνονται ικανοποιητικά ως συστήματα ενός βαθμού ελευθερίας (1-BE). Επιπλέον, η μελέτη της συμπεριφοράς μονοβάθμιων ταλαντωτών υπό τη δράση διαφόρων μορφών δυναμικής καταπόνησης, οδηγεί στην κατανόηση των κύριων συνιστωσών του δυναμικού προβλήματος και παρέχει την βάση για την μελέτη πιο σύνθετων συστημάτων.



Εικόνα 2.1: Μονοβάθμιος ταλαντωτής. [15]

2.2.2 Ελεύθερη ταλάντωση χωρίς απόσβεση

Η απλούστερη δυνατή μορφή ταλάντωσης μονοβάθμιου ταλαντωτή προκύπτει όταν η εξωτερική διέγερση $f(t)$ είναι μηδενική. Μετά την απομάκρυνση από την αρχική θέση ισορροπίας το σύστημα αφήνεται να ταλαντωθεί ελεύθερα. Περαιτέρω απλούστευση προκύπτει αν υποθεθεί ότι είναι μηδενική και η απόσβεση του ταλαντωτή ($c = 0$). Στην περίπτωση αυτή η εξίσωση της ταλάντωσης είναι:

$$m\ddot{u}(t) + ku(t) = 0$$

Όπου: m μάζα ταλαντωτή

u μετατόπιση

k μεταφορική δυσκαμψία ταλαντωτή

Η παραπάνω σχέση υστέρη από μετατροπές παίρνει την τελική μορφή:

$$u(t) = \frac{\dot{u}_0}{\omega} \sin \omega t + u_0 \cos \omega t$$

Όπου: $\dot{u}_0$ αρχική ταχύτητα

ω κυκλική συχνότητα

Κατά συνέπεια, η ελεύθερη ταλάντωση του μονοβάθμιου συστήματος χωρίς απόσβεση είναι μία αρμονική κίνηση της οποίας το εύρος (που παραμένει αμείωτο με την πάροδο του χρόνου) εξαρτάται από τις αρχικές συνθήκες, ενώ η συχνότητα της εξαρτάται από τα μηχανικά του χαρακτηριστικά (μάζα και δυσκαμψία). Για τον λόγο αυτό, η συγκεκριμένη συχνότητα με την οποία ταλαντώνεται ελεύθερα ο μονοβάθμιος ταλαντωτής, ανεξάρτητα από το είδος της αρχικής διατάραξης, ονομάζεται *ιδιοσυχνότητα* ω_0 του ταλαντωτή, ενώ ο χρόνος που απαιτείται για την εκτέλεση μιας πλήρους ελεύθερης ταλάντωσης, καλείται *ιδιοπερίοδος* T_0 . [12]

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ (σε rad/sec)}, \quad T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} \text{ (σε sec)}$$

2.2.3 Αποσβεσμένη ελεύθερη ταλάντωση

Είναι φανερό ότι η απουσία μηχανισμού απώλειας ενέργειας στην θεώρηση της ελεύθερης ταλάντωσης χωρίς απόσβεσης, οδήγησε στο μη ρεαλιστικό αποτέλεσμα μιας επ' άπειρο συνεχιζόμενης ταλάντωσης. Στην πραγματικότητα όλα τα συστήματα καταναλώνουν ενέργεια κατά την ταλάντωση τους με μηχανισμούς οι οποίοι είναι

αρκετά πιο σύνθετοι από τον ιξώδη αποσβεστήρα που παρουσιάστηκε στην εξιδανίκευση μάζας αποσβεστήρα - ελατηρίου, του προηγούμενου κεφαλαίου. Στις δομικές κατασκευές η απώλεια ενέργειας οφείλεται στην τριβή των μελών του φέροντος οργανισμού και του συστήματος θεμελίωσης με το έδαφος, στις τριβές και τυχόν αποδιοργάνωση στοιχείων πλήρωσης, την εμφάνιση πλαστικών αρθρώσεων και μηχανισμών υστέρησης όταν ο φορέας εισέρχεται στην ανελαστική περιοχή απόκρισης, κλπ.

Η εξίσωση του φορέα, που προκύπτει είναι:

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = p(t)$$

Όπου: c ο συντελεστής απόσβεσης

Η απαιτούμενη ποσότητα απόσβεσης για να αποτραπεί η ελεύθερη ταλάντωση καλείται κρίσιμη απόσβεση c_{cr} και ισούται με:

$$[c / 2m]^2 - k/m = 0 \rightarrow c_{cr} = 2\sqrt{k \cdot m} = 2m\omega_0$$

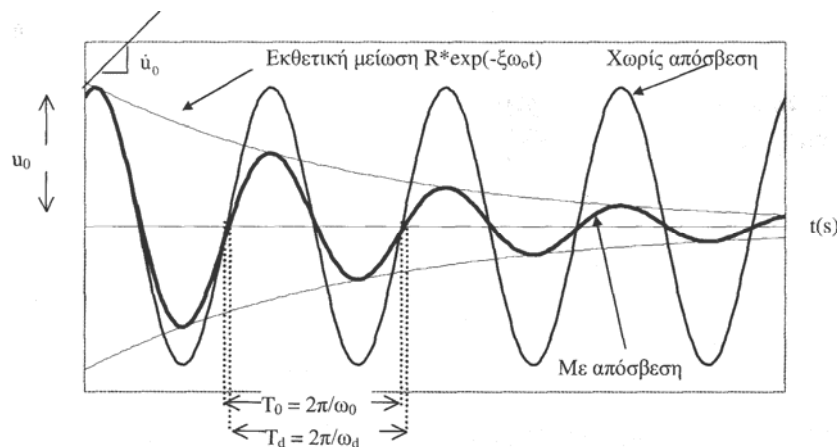
Όταν ο ταλαντωτής διαθέτει απόσβεση μεγαλύτερη της κρίσιμης, τότε όταν αφεθεί ελεύθερος μετά την αρχική απομάκρυνση του, θα επανέλθει σταδιακά στη θέση ισορροπίας χωρίς να την υπερβεί.

Σε πρακτικές εφαρμογές χρησιμοποιείται ευρύτατα ένας άλλος δείκτης απόσβεσης που καλείται ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης ξ και ορίζεται ως:

$$\xi = \frac{c}{c_{cr}} = \frac{c}{2m\omega_0}$$

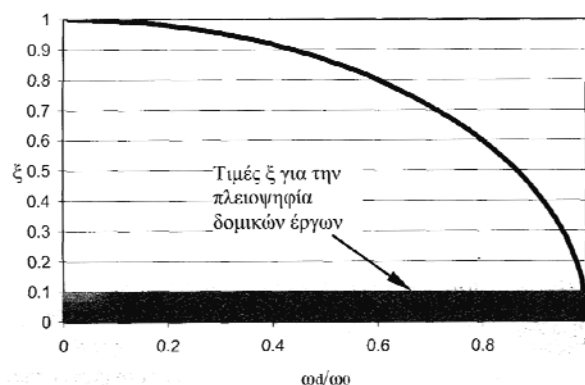
Στην περίπτωση της ελεύθερης ταλάντωσης πρέπει $\xi < 1.0$.

Η αποσβεσμένη ελεύθερη ταλάντωση μονοβάθμιου ταλαντωτή διαφέρει από την αντίστοιχη ταλάντωση χωρίς απόσβεση, ως προς την συχνότητα - περίοδο ταλάντωσης και ως προς το γεγονός ότι το εύρος βαίνει μειούμενο με την πάροδο του χρόνου. Στην εικόνα 2.5, δίνεται η γραφική παράσταση της αποσβεσμένης ελεύθερης ταλάντωσης του πλαισίου και σημειώνονται οι βασικότερες παράμετροι που την προσδιορίζουν.



Εικόνα 2.2: Ελεύθερη ταλάντωση μονοβάθμιου ταλαντωτή με / χωρίς απόσβεση [14]

Στα συνήθη δομικά έργα το ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης ξ , κυμαίνεται σε πολύ μικρές τιμές (2% - 8 %) ανάλογα με το υλικό, το έδαφος και τον τρόπο θεμελίωσης. Τυπικές τιμές του ξ , ανάλογα με το είδος κατασκευής, παρέχονται και στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ). Για παράδειγμα, σε τυπικές κατασκευές οπλισμένου σκυροδέματος λαμβάνεται $\xi = 5\%$. Όπως προκύπτει και από την εικόνα 2.5 για το παραπάνω εύρος τιμών του ξ , οι διαφορές των κυκλικών συχνοτήτων ω_0 και ω_d (ή αντίστοιχα των περιόδων T_0 και T_d), είναι αμελητέα.



Εικόνα 2.3: Επίδραση της απόσβεσης στην ιδιοσυχνότητα μονοβάθμιου ταλαντωτή [14]

2.2.4 Ταλάντωση λόγω σεισμικής δράσης

Μια από τις σημαντικότερες μορφές διέγερσης των κατασκευών αποτελεί η ισχυρή εδαφική κίνηση λόγω σεισμικής δράσης. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις, συνήθως μικρότερης σημασίας, που ο εδαφικός κραδασμός οφείλεται σε άλλα αίτια (υπόγειες εκρήξεις, εργασίες διάνοιξης σήραγγες, κλπ). Σε κάθε περίπτωση, η υπερκείμενη κατασκευή υπόκειται σε καταναγκασμένες ταλαντώσεις.

Έστω μονοβάθμιο πλαίσιο, το οποίο υπόκειται σε εδαφικό κραδασμό $u_g(t)$. Σε κάθε χρονική στιγμή, η συνολική μετατόπιση του φορέα από την αρχική θέση ισορροπίας (u_t) αποτελείται από την εδαφική μετατόπιση (u_g) και την σχετική μετατόπιση εδάφους - ζυγώματος (u):

$$u_t(t) = u_g(t) + u(t)$$

η εξίσωση δυναμικής ισορροπίας του ταλαντωτή, που τελικά προκύπτει είναι η ακόλουθη:

$$m \left[a_g(t) + \ddot{u}(t) \right] + c \dot{u}(t) + k u(t) = 0 \rightarrow$$

$$m \ddot{u}(t) + c \dot{u}(t) + k u(t) = -m a_g(t) = f_g(t)$$

Όπου: $\ddot{u}$ εδαφική επιτάχυνση
 $\dot{u}$ εδαφική ταχύτητα
 f_g μεταφορικό σεισμικό φορτίο

Σύμφωνα με την ανωτέρω εξίσωση, η απόκριση ενός ταλαντωτή υπό εδαφικό κραδασμό ταυτίζεται με την απόκριση θεωρώντας ακλόνητη τη βάση του, υπό τη δράση ισοδύναμου μεταφορικού σεισμικού φορτίου $f(t)$. Το σεισμικό αυτό φορτίο είναι ανάλογο της ταλαντούμενης μάζας και της εδαφικής επιτάχυνσης. Η διαπίστωση αυτή εξηγεί και τον λόγο για τον οποίο οι αντισεισμικοί κανονισμοί χρησιμοποιούν την μέγιστη εδαφική επιτάχυνση ως κύριο παράγοντα διαμόρφωσης των σεισμικών δράσεων.

2.2.5 Ταλάντωση λόγω αρμονικής διέγερσης

Αρκετά είδη περιοδικής διέγερσης παρουσιάζουν μια κυρίαρχη συχνότητα και μπορούν να δοθούν υπό την μορφή αρμονικής συνάρτησης $f(t) = f_0 \sin \bar{\omega} t$, όπου $\bar{\omega}$ είναι η συχνότητα διέγερσης. Αρμονικές διεγέρσεις είναι δυνατόν να προέλθουν από την λειτουργία βαρέων μηχανημάτων ή από τη δράση κυματισμών στενού φάσματος σε λιμενικά έργα. Βέβαια, στη δράση περιβαλλοντικών φορτίων (και ιδιαίτερα των σεισμικών) συνυπάρχουν πολλές διαφορετικές συχνότητες και συνεπώς είναι εξαιρετικά σπάνιες οι περιπτώσεις στις οποίες η διέγερση θα μπορούσε, έστω και οριακά, να θεωρηθεί αρμονική. Εξάιρεση θα μπορούσε να αποτελέσει η οριακή περίπτωση διάδοσης εδαφικού κραδασμού μέσα από έντονα χαλαρά εδάφη τα οποία, σε συνδυασμό με κατάλληλες τοπογραφικές συνθήκες, να επιτρέπουν την διάδοση της κίνησης με συγκεκριμένη συχνότητα (την κυρίαρχη συχνότητα του εδαφικού σχηματισμού).

Η αρμονική διέγερση αποτελεί θεμελιώδη μορφή διέγερσης στην δυναμική των κατασκευών καθώς, λόγω της μαθηματικής της απλότητας, επιτρέπει την διερεύνηση πολύ σημαντικών παραμέτρων της καταναγκασμένης ταλάντωσης. Επιπλέον είναι γνωστό ότι μέσω του μετασχηματισμού Fourier, σύνθετες μορφές διέγερσης μπορούν να αναλυθούν σε ένα άθροισμα αρμονικών συνιστωσών και κατά συνέπεια, (στα πλαίσια της γραμμικής ανάλυσης), το τελικό τους αποτέλεσμα να συντεθεί ως το άθροισμα των αρμονικών ταλαντώσεων των επιμέρους συνιστωσών.

Η εξίσωση δυναμικής ισορροπίας λόγω αρμονικής διέγερσης προκύπτει ως:

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + ku(t) = f_0 \sin \bar{\omega} t$$

Η λύση της εξίσωσης αποτελείται από δύο επιμέρους συνιστώσες, τη λύση της ομογενούς u_c και τη μερική λύση u . Είναι δηλαδή η ακόλουθη:

$$u(t) = u_c(t) + u_p(t)$$

Η πρώτη συνιστώσα $u_c(t)$ προέρχεται από το γενικό ολοκλήρωμα της ομογενούς λύσης με μηδενική φόρτιση και αντιστοιχεί σε ελεύθερη αποσβεσμένη ταλάντωση. Το εύρος της ομογενούς συνιστώσας της ταλάντωσης $u_c(t)$ μέσα σε λίγους κύκλους σχεδόν μηδενίζεται. Για τον λόγο αυτό, η $u_c(t)$ καλείται μεταβατική ταλάντωση και συχνά σε εφαρμογές μηχανικού, παραλείπεται. Αυτό φυσικά δεν ισχύει στην οριακή περίπτωση μηδενικής απόσβεσης.

Η δεύτερη συνιστώσα λύση $u_p(t)$ προέρχεται από το ειδικό ολοκλήρωμα της παραπάνω εξίσωσης δυναμικής ισορροπίας λόγω αρμονικής διέγερσης και εκφράζει την συμπεριφορά του συστήματος υπό συνεχή διέγερση. Η παραμένουσα συνιστώσα $u_p(t)$ είναι αρμονική με συχνότητα ίση με την συχνότητα της διέγερσης $\bar{\omega}$.

Η λύση $u_p(t)$ ισούται με:

$$\frac{F_0 (k - M \omega^2)}{(k - M \omega^2)^2 + (C \omega)^2} \cdot \eta \mu \omega t - \frac{F_0 C \omega}{(k - M \omega^2)^2 + (C \omega)^2} \cdot \sigma \nu \nu \omega t$$

Η παραπάνω σχέση μετασχηματίζεται σε:

$$u = \frac{F_0}{k} \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + 4 \xi^2 \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}} \cdot \eta \mu (\omega t - \delta)$$

Ο πρώτος παράγοντας περιγράφει την μέγιστη στατική απόκριση u_{st} που θα δημιουργούσε η επίδραση σταθερής εξωτερικής δύναμης F_0 :

$$u_{st} = \frac{F_0}{k}$$

Ενώ ο δεύτερος παράγοντας ονομάζεται δυναμικός συντελεστής μεγέθυνσης ή απόκρισης (response factor):

$$A\left(\xi, \frac{\omega}{\omega_0}\right) = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + 4\xi^2 \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}}$$

Ο δυναμικός συντελεστής εξαρτάται από τον λόγο της συχνότητας του διεγείροντος αιτίου ω , προς την ιδιοσυχνότητα της κατασκευής ω_0 καθώς και από τον συντελεστή απόσβεσης ξ .

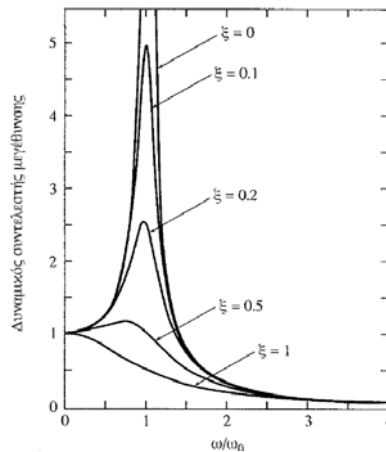
Επίσης από την σχέση του u παρατηρούμε ότι η (μόνιμη) κίνηση είναι περιοδική και αρμονική με κυκλική συχνότητα ω (την συχνότητα διέγερσης) και ότι το εύρος της απόκρισης είναι το γινόμενο της μέγιστης στατικής απόκρισης επί το δυναμικό συντελεστή $A(\xi, \omega/\omega_0)$.

Επιπροσθέτως σημειώνεται ότι:

- Στην περιοχή με μικρές τιμές του λόγου ω/ω_0 ο δυναμικός συντελεστής είναι περίπου 1. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να θεωρηθεί περίπου στατική φόρτιση και να εξαρτάται και μόνο από την ακαμψία της.
- Όταν ω/ω_0 μεγαλώνει τότε A μικραίνει. Το φορτίο μεταβάλλεται πολύ γρήγορα και η αδράνεια είναι δυσανάλογα μεγάλη.

$$A = 1/2\xi$$

- Στην περιοχή που περιβάλλει την ιδιοσυχνότητα της κατασκευής έχουμε τις μέγιστες τιμές απόκρισης.
- Για ιδιοσυχνότητες κοντά στην ιδιοσυχνότητα της κατασκευής ο δυναμικός συντελεστής εξαρτάται κυρίως από τον λόγο απόσβεσης ξ . [15]



Εικόνα 2.4: Δυναμικός συντελεστής $A(\xi, \omega/\omega_0)$ [15]

Παραγωγίζοντας την σχέση που δίνει τον δυναμικό συντελεστή ενίσχυσης υπολογίζουμε την ακριβή συχνότητα συντονισμού για την οποία ο δυναμικός συντελεστής γίνεται μέγιστος.

$$\omega_{\max} = \omega_0 \sqrt{1 - 2\xi^2}$$

2.4 ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ

2.4.1 Πεδίο συχνοτήτων

Όπως αναφέρθηκε ο μονοβάθμιος ταλαντωτής είναι το πλέον απλό προσομοίωμα κατασκευής υπό δυναμική φόρτιση και αποτελείται από τη μάζα m (σε kg), τη δυσκαμψία k (σε kN / m) και την απόσβεση c (σε $kN \text{ sec} / m$). Συνήθως στη θέση της απόσβεσης χρησιμοποιείται ο συντελεστής απόσβεσης:

$$\xi = c / 2\sqrt{km} = c/c_{cr} ,$$

που είναι αδιάστατος (ως %).

Η ιδιοσυχνότητα (ή φυσική συχνότητα) του μονοβάθμιου ταλαντωτή ορίζεται ως:

$$\omega = \sqrt{k/m} \quad (\text{σε } \text{rad} / \text{sec}),$$

η δε ιδιοπερίοδος ως:

$$T = 2\pi / \omega \quad (\text{σε } \text{sec}).$$

Τέλος, η εξίσωση δυναμικής ισορροπίας μπορεί να ομαλοποιηθεί ως εξής:

$$\ddot{u}(t) + 2\xi\omega \dot{u}(t) + \omega^2 u(t) = \omega^2 f(t)$$

όπου $f(t)$ είναι η χρονικώς μεταβαλλόμενη εξωτερική φόρτιση.

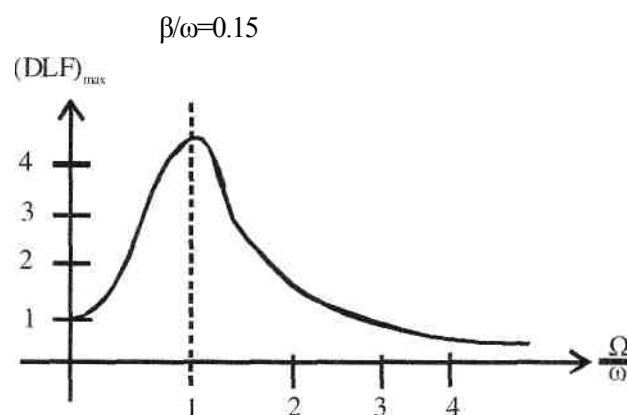
2.4.2 Γενική Λύση στο Πεδίο των Συχνοτήτων

Η παραπάνω λύση της εξίσωσης δυναμικής ισορροπίας του μονοβάθμιου ταλαντωτή μπορεί να διατυπωθεί και στο πεδίο των συχνοτήτων Ω (rad/sec). Για αρμονικές ταλαντώσεις, έχουμε την εξωτερική δύναμη που ασκείται στο μονοβάθμιο σύστημα με την παρακάτω γενική μιγαδική μορφή (που αναλύεται σε μια ημιτονοειδή και σε μια συνημιτονοειδή συνιστώσα)

$$f(t) = F(\Omega)\exp(i\Omega t) = F(\Omega)\{\cos(\Omega t) + i \sin(\Omega t)\}$$

όπου $F(\Omega)$ είναι το εύρος της ταλάντωσης και $i = \sqrt{-1}$. Κατά συνέπεια, και η απόκριση είναι της ίδιας μορφής, δηλαδή $u(t) = U(\Omega)\exp(i\Omega t)$. Όταν η φόρτιση $f(t)$ είναι απλώς περιοδική (αλλά μη-αρμονική), τότε στη θέση της εξίσωσης χρησιμοποιούνται οι σειρές Fourier, και όταν έχει γενική, μη-περιοδική μορφή, απαιτείται η χρήση του χρονικού μετασχηματισμού Fourier.

Η μιγαδική απόκριση συχνότητας $H(\Omega)$, δίδεται στην εικόνα 2.11 σαν συνάρτηση της συχνότητας Ω , όπου και παρατηρείται το φαινόμενο του συντονισμού καθώς η συχνότητα ταλάντωσης και η ιδιοσυχνότητα του ταλαντωτή τείνουν να συμπίσουν. [12]



Εικόνα 2.5: Μιγαδική απόκριση συχνότητας $[H(\Omega)]$ μονοβάθμιου ταλαντωτή

2.4.3 Μετασχηματισμός του Fourier

Οι ορισμοί του μετασχηματισμού κατά Fourier αφορούν στον άμεσο (direct) μετασχηματισμό από το πεδίο του χρόνου σ' αυτό των συχνοτήτων καθώς και τον αντίστροφο (inverse) μετασχηματισμό. Συνήθως ο άμεσος μετασχηματισμός γίνεται αναλυτικά με τη βοήθεια των μαθηματικών πινάκων, ο δε αντίστροφος γίνεται αριθμητικά χρησιμοποιώντας τον ταχύ αλγόριθμο μετασχηματισμού (FFT: fast Fourier transform). Η αποτελεσματικότητα του FFT είναι τόσο μεγάλη, που και οι δύο μετασχηματισμοί γίνονται με την ίδια ευκολία. Οι εξισώσεις στο πεδίο των συχνοτήτων προκύπτουν με τη βοήθεια των ιδιοτήτων του μετασχηματισμού Fourier.

Επιπλέον, σημειώνεται πως επειδή ο μετασχηματισμός Fourier καλύπτει όλο τον χρονικό άξονα από $(-\infty, +\infty)$, οι αρχικές συνθήκες δεν εμφανίζονται στις εξισώσεις κίνησης του πεδίου των συχνοτήτων. [14]

2.4.4 Θεωρία των μικροδονήσεων

Οι μικροδονήσεις 'microtremors' είναι χαμηλού πλάτους ταλαντώσεις (1~10 μm) που προκύπτουν κυρίως από κραδασμούς ατμοσφαιρικών ή και ανθρωπογενών πηγών. Μπορούν να εφαρμοστούν για την παραγωγή οποιοδήποτε τύπο σεισμικών κυμάτων. Ως επί το πλείστον υπάρχουν δύο κύριοι τύποι μικροδονήσεων, ο τοπικός ανθρωπογενούς πηγής θόρυβος που προέρχεται από αστικές δονήσεις, και οι μακράς περιόδου μικροδονήσεις που προέρχονται από μεγαλύτερες αποστάσεις (π.χ. ωκεάνιες διαταραχές).

Υπάρχει έντονη αντιπαράθεση μεταξύ των επιστημόνων, όσο αναφορά τα είδη θορύβων που πρέπει να χρησιμοποιούνται (ειδικά για την εδαφική απόκριση). Ενώ κάποιοι εξετάζουν μικροδονήσεις με μεγαλύτερες περιόδους που προέρχονται από μακρινές αποστάσεις (π.χ. από ωκεάνιες διαταραχές) που αποκλείουν αστικές διεγερμένες περιοχές όπου υπάρχει υψηλός βαθμός θορύβου, άλλοι θεώρησαν ότι ο θόρυβος των αστικών περιοχών και η κυκλοφοριακή κίνηση δεν έχουν επιπτώσεις στην απόκριση των μικροδονήσεων (microtremors). Επιπλέον, θεώρησαν ότι οι διεγερμένες εδαφικές δομές (μερικές φορές από ελικόπτερο) δίνουν ακόμη πιο ακριβής αποκρίσεις περιοχών. Επινόησαν καλή συσχέτιση μεταξύ των αποκρίσεων του εδάφους, αποκλείοντας αυτές από διεγερμένα εδάφη, έναντι εκείνων που προέρχονται από την ισχυρή κίνηση καταγραμμένων στοιχείων (Mucciarelli, 1998). Ο Mucciarelli (1998) [12] έθεσε περιορισμούς των microtremors που παράγονται από τους ανέμους και θεώρησε ότι δίνουν μη αποδεκτά αποτελέσματα.

Η υπόθεση των αρχικών ερευνών ήταν ότι τα φάσματα των μικροδονήσεων είναι ομαλά πριν εισέλθουν στην περιοχή ενδιαφέροντος. Όταν οι microtremors εισχωρήσουν στην κατασκευή, παρουσιάζουν συχνοτικό περιεχόμενο ανάλογα με τη φύση του υλικού, τη μορφή, και οποιοδήποτε άλλο χαρακτηριστικό αυτής της κατασκευής. Η εδαφική απόκριση εξαρτάται κυρίως από τον προσδιορισμό της συχνότητας ταλάντωσης του εξεταζόμενου επιπέδου (π.χ. ορόφου) μιας κατασκευής, διαιρώντας την απόκριση των microtremors για το συγκεκριμένο επίπεδο (π.χ. όροφο) από την απόκριση των microtremors ενός κοντινού και χαμηλότερου επιπέδου θεμελίωσης που ονομάζεται "επίπεδο αναφοράς" (π.χ. θεμελίωση). Αυτό εφαρμόζεται για την διατήρηση των θεμελιωδών καταστάσεων συντονισμού των δονήσεων των κατασκευών. Η ορθότητα της μεθόδου εξαρτάται από το παρακάτω φαινόμενο. Όταν δύο επίπεδα ενός ταλαντευμένου σώματος έχουν την ίδια πηγή θορύβου, τότε με διαίρεση τους η επίδραση της πηγής του θορύβου και η πορεία επίδρασης, θα εξαφανιστούν αφήνοντας την επίδραση της περιοχής(effect of the site).

Πρώτος ο Kanai (1957) εισήγαγε τη χρήση των microtremors, ή τον περιβαλλοντικό σεισμικό θόρυβο, για να υπολογίσει την απόκριση περιοχών σεισμού (ενίσχυση εδάφους). Μετά από τον Kanai, πολλοί ασχολήθηκαν με αυτήν την έρευνα αλλά από τη πλευρά της εδαφικής ενίσχυσης της ενέργειας σεισμού (earthquake energy) για διαφορετικές συχνότητες. [12]

Μεθοδολογία μικροδονήσεων

Για τον καθορισμό της απόκρισης μιας κατασκευής συνήθως εφαρμόζονται τα ακόλουθα κύρια βήματα:

- 1) Καταγραφή της απόκρισης στο σημείο ενδιαφέροντος της υπό μελέτη κατασκευής για προκαθορισμένο χρονικό διάστημα κάποιων πρώτων λεπτών της ώρας (συνήθως πάνω από 5 λεπτά), με ένα ρυθμό καταγραφής πάνω από 200 δείγματα ανά δευτερόλεπτο (200 sps).
- 2) Διόρθωση των καταγραφών ως προς την μέση τιμή τους.
- 3) Υποδιαίρεση κάθε καταγραφής μικροδονήσεων σε αριθμό παραθύρων χρόνου (συνήθως ενός λεπτού) και εξομάλυνση των καταγραφών κάθε παραθύρου με φίλτρα από τη θεωρεία επεξεργασίας σήματος. (π.χ. Hanning)
- 4) Μετασχηματισμός της απόκρισης στο πεδίο των συχνοτήτων με F.F.T. (Fast Fourier transform)

- 5) Εξομάλυνση του συχνοτικού πεδίου των συχνοτήτων με χρήση φίλτρων (π.χ. Hz boxcar)
- 6) Εύρεση των συχνοτήτων απόκρισης του σημείου ενδιαφέροντος της κατασκευής με τον υπολογισμό του μέσου συχνοτικού φάσματος λαμβάνοντας υπόψη όλα τα υποπαράθυρα του χρόνου που διαιρέθηκε η αρχική καταγραφή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΑΣΤΙΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

3.1 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

3.1.1 Ρύπανση αστικών αποβλήτων

Ένας από τους πιο αποτελεσματικούς τρόπους αντιμετώπισης της ρύπανσης των υδάτινων πόρων από τα απόβλητα είναι οι Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Αστικών Αποβλήτων (ΕΕΑΑ). Οι ΕΕΑΑ έχουν ως σκοπό τον καθαρισμό (διαχωρισμό) των αστικών αποβλήτων από τα «βλαβερά» συστατικά που περιέχουν, ώστε αυτά να διατεθούν ακίνδυνα στο περιβάλλον.

Ως «βλαβερά» συστατικά των αποβλήτων θεωρούνται τα ογκώδη αντικείμενα, η άμμος, τα μικρού μεγέθους στερεά που αιωρούνται στη μάζα των αποβλήτων (αιωρούμενα στερεά), τα οργανικά-φυσικά συστατικά (π.χ. υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη), οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα θρεπτικά στοιχεία (άζωτο και φώσφορος).

Αν τα απόβλητα διοχετευτούν χωρίς επεξεργασία σε έναν υδάτινο αποδέκτη δημιουργούν διάφορα προβλήματα. Τα ογκώδη στερεά, η άμμος και τα αιωρούμενα στερεά προκαλούν περισσότερο αισθητική δυσарέσκεια παρά ουσιαστική ρύπανση του υδάτινου φορέα. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι υπεύθυνοι για τη μετάδοση ασθενειών στον άνθρωπο και σε άλλους οργανισμούς. Η παρουσία τους διαπιστώνεται από τα αποτελέσματα που επιφέρουν στον άνθρωπο όπως π.χ. δερματικές και άλλες μολύνσεις. Αυτοί χρησιμοποιούνται συχνά ως το βασικότερο κριτήριο για την καταλληλότητα ή όχι μιας ακτής για κολύμβηση. Τα οργανικά συστατικά, το άζωτο και ο φώσφορος, είναι όμως τα περισσότερο υπεύθυνα για τις δυσάρεστες καταστάσεις ρύπανσης. Και αυτό γιατί κάθε υδάτινος φορέας, αλλά και τα ίδια τα απόβλητα, περιέχουν μικροοργανισμούς που καταναλώνουν τα οργανικά συστατικά των αποβλήτων, καθώς και το άζωτο και το φώσφορο, για να τραφούν και να πολλαπλασιαστούν καταναλώνοντας παράλληλα το οξυγόνο, που βρίσκεται διαλυμένο στο νερό του φορέα μέχρι να το εξαφανίσουν τελείως. Το άζωτο και ο

φώσφορος μπορεί να δημιουργήσουν το λεγόμενο φαινόμενο του ευτροφισμού, που εκδηλώνεται με την υπερβολική ανάπτυξη των φυκιών στον υδάτινο φορέα. [16]

3.1.2 Βαθμός καθαρισμού – Μονάδες επεξεργασίας

Το Συμβούλιο Υπουργών Περιβάλλοντος της ΕΟΚ έχει εκδώσει οδηγία (19/3/92) για τον καθαρισμό των αστικών αποβλήτων, στην οποία προβλέπεται ότι θα πρέπει να εγκατασταθούν ΕΕΑΑ σε όλες τις πόλεις της Κοινότητας.

Συγκεκριμένα, προτείνεται η πραγματοποίηση βιολογικού καθαρισμού για όλες τις πόλεις με πληθυσμό μεγαλύτερο από 15000 κατοίκους μέχρι το 2000 και για τις μικρότερες μέχρι το 2005. Επιπλέον, για τις πόλεις που βρίσκονται σε περισσότερο ευαίσθητες περιοχές προβλέπεται και τριτοβάθμιος καθαρισμός, ενώ για τις πόλεις σε λιγότερο ευαίσθητες περιοχές με λιγότερους από 150000 κατοίκους, ο πρωτοβάθμιος καθαρισμός θεωρείται ότι είναι αρκετός.

Όπως αναφέρει και η οδηγία της ΕΟΚ, μια ΕΕΑΑ χαρακτηρίζεται από το βαθμό καθαρισμού, ο οποίος καθορίζεται από το ποια από τα βλαβερά συστατικά που αναφέρθηκαν προηγουμένως αποκρίνει. Τα ογκώδη στερεά, η άμμος και τα αιωρούμενα στερεά απομακρύνονται σχεδόν πάντα σε μια ΕΕΑΑ, οπότε ο καθαρισμός χαρακτηρίζεται ως πρωτοβάθμιος. Ο δευτεροβάθμιος ή συχνά αποκαλούμενος βιολογικός καθαρισμός αποσκοπεί στην απομάκρυνση και των οργανικών συστατικών και συχνά των παθογόνων μικροοργανισμών. Ο τριτοβάθμιος αφορά την απομάκρυνση και των θρεπτικών στοιχείων (φώσφορο και άζωτο).

Οι βασικές μονάδες σε μια ΕΕΑΑ με πρωτοβάθμιο καθαρισμό είναι οι εσχάρες (μια σειρά από μεταλλικές ράβδους στις οποίες συγκρατούνται τα ογκώδη στερεά), οι εξαμμωτές (ειδικά σχεδιασμένες δεξαμενές στις οποίες δημιουργούνται κατάλληλες συνθήκες ροής που προκαλούν την καθίζηση της άμμου σε αυτές) και οι δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης (όπου καθιζάνει και απομακρύνεται μεγάλο μέρος των αιωρούμενων στερεών, 70% και μέρος των οργανικών συστατικών, 30%). Συχνά ένας εξαμμωτής περιέχει και διάταξη για την απομάκρυνση των ελαίων και λιπών που περιέχονται στα απόβλητα. Τα αιωρούμενα στερεά που καθιζάνουν στον πυθμένα των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης αποτελούν την πρωτοβάθμια λάσπη.

Μια ΕΕΑΑ με βιολογικό ή δευτεροβάθμιο καθαρισμό επιτυγχάνει όχι μόνο πρωτοβάθμιο, αλλά και δευτεροβάθμιο καθαρισμό, δηλ. σχεδόν πλήρη απομάκρυνση (μεγαλύτερη από 95%) των οργανικών συστατικών.

Η ιδέα του βιολογικού καθαρισμού στηρίζεται στην πραγματοποίηση των βιοχημικών διεργασιών που γίνονται ανεξέλεγκτα στη φύση (π.χ. κατά τη διοχέτευση αποβλήτων σε έναν υδάτινο αποδέκτη), με ελεγχόμενο τρόπο σε ειδικές γι' αυτό το σκοπό δεξαμενές. Στις δεξαμενές αυτές δίνονται οι ιδανικές συνθήκες στους μικροοργανισμούς που είναι η τροφή (οργανικά συστατικά των αποβλήτων) και το οξυγόνο, για να αναπτυχθούν και να πολλαπλασιαστούν. Έτσι, τη θέση των βλαβερών οργανικών συστατικών παίρνουν οι μικροοργανισμοί αυτοί (κυρίως βακτηρίδια), που όχι μόνο δεν είναι βλαβεροί, όπως οι παθογόνοι, αλλά αποτελούν και το "εργαλείο" καθαρισμού σε μια ΕΕΑΑ. Το οξυγόνο παρέχεται στους μικροοργανισμούς τεχνητά με διατάξεις αερισμού, που καλούνται αεριστήρες, οπότε και οι δεξαμενές ονομάζονται δεξαμενές αερισμού. Το μίγμα των μικροοργανισμών και της τροφής αποτελούν την καλούμενη «ενεργό ιλύς», οπότε και η μέθοδος αυτή του βιολογικού καθαρισμού καλείται μέθοδος ενεργού ιλύος. Η ιλύς αυτή απομακρύνεται από τη μάζα των αποβλήτων, αφήνοντας τα απόβλητα να περάσουν σε δεξαμενές δευτεροβάθμιας καθίζησης (όμοιες με τις δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης), όπου η ιλύς καθιζάνει και συλλέγεται στον πυθμένα των δεξαμενών (δευτεροβάθμια λάσπη), ενώ τα καθαρισμένα απόβλητα υπερχειλίζουν από την περιφέρεια των δεξαμενών. Μετά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία τα καθαρισμένα απόβλητα μπορεί να διατεθούν ακίνδυνα στον υδάτινο αποδέκτη εφόσον ο αποδέκτης δεν κριθεί ότι είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος, ώστε να απαιτείται τριτοβάθμια επεξεργασία. Τα καθαρισμένα πλέον απόβλητα υφίστανται μόνο τη διεργασία της απολύμανσης, συνήθως με χλωρίωση (με την προσθήκη απολυμαντικού χλωρίου), για την εξόντωση των παθογόνων μικροοργανισμών σε επιμήκεις δεξαμενές και διοχετεύονται πλέον χωρίς κανένα φόβο στον αποδέκτη.

Τριτοβάθμια επεξεργασία πραγματοποιείται σε μια ΕΕΑΑ όταν τα επεξεργασμένα απόβλητα διοχετεύονται σε έναν αποδέκτη, όπου είναι πιθανή η δημιουργία συνθηκών ευτροφισμού ή όταν αναμένονται λειτουργικά προβλήματα στην ΕΕΑΑ, όπως π. χ. η ανύψωση ή η διόγκωση της λάσπης. Τότε γίνεται η απομάκρυνση του φωσφόρου ή/και του αζώτου με βιολογικές μεθόδους ή/και με τη χρήση χημικών.

Η πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια λάσπη από τις δεξαμενές καθίζησης υφίσταται συμπύκνωση (αύξηση του ποσοστού των στερεών που περιέχει), σταθεροποίηση (μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών, των οσμών και της δυνατότητας της λάσπης να γίνει σηπτική) και αφυδάτωση-ξήρανση. Η σταθεροποίηση γίνεται αερόβια

με τον αερισμό της λάσπης σε δεξαμενές όμοιες με τις δεξαμενές αερισμού ή αναερόβια. [16]

Μια εγκατάσταση επεξεργασίας περιλαμβάνει τα απαραίτητα στάδια διεργασιών για την αντιμετώπιση του ρυπαντικού φορτίου των λυμάτων. Στη συνέχεια ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των διεργασιών που χρησιμοποιούνται συνήθως.

Εσχαρισμός και πολτοποίηση.

Οι εσχάρες χρησιμοποιούνται στην είσοδο της εγκατάστασης για την κατακράτηση ευμεγεθών στερεών. Οι πολτοποιητές χρησιμοποιούνται για τον τεμαχισμό των ευμεγεθών στερεών.

Αμμοσυλλογή.

Η αμμοσυλλογή στοχεύει στην αφαίρεση υλικού που έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με την άμμο και προκαλεί προβλήματα σε κατάντη στάδια επεξεργασίας.

Πρωτοβάθμια καθίζηση.

Στην πρωτοβάθμια καθίζηση γίνεται αφαίρεση των καθιζανόντων στερεών των λυμάτων. Σε παρακάτω ενότητες ακολουθεί εκτενέστερη ανάλυση αυτής της διεργασίας.

Αερόβια βιολογική επεξεργασία με αιωρούμενη βιομάζα.

Χρησιμοποιούνται διατάξεις αερισμού για την πρόσδοση διαλυμένου οξυγόνου και ανάμιξη. Η πιο συνήθης περίπτωση είναι η διεργασία της ενεργού ιλύος.

Αερόβια βιολογική επεξεργασία με προσκολλημένη βιομάζα.

Χρησιμοποιούνται διατάξεις που φέρουν πληρωτικό υλικό πάνω στο οποίο είναι προσκολλημένη η βιομάζα.

Επεξεργασία σε αντιδραστήρες με επαναλαμβανόμενα στάδια.

Πρόκειται για επεξεργασία με τροφοδότηση (συνεχή ή διακοπτόμενη) ενός αντιδραστήρα όπου επιβάλλονται κυκλικά επαναλαμβανόμενα στάδια αερισμού καθίζησης και παραλαβής της επεξεργασμένης εκροής.

Συνδυασμός αναερόβιων ανοξικών και αερόβιων σταδίων.

Ο συνδυασμός τέτοιων διεργασιών σκοπεύει στην αφαίρεση οργανικού υλικού και θρεπτικών συστατικών (αζώτου και φωσφόρου).

Δευτεροβάθμια καθίζηση.

Πρόκειται συνήθως για το στάδιο διαχωρισμού προς παραλαβή διαυγασμένης εκροής από δευτεροβάθμιο βιολογικό στάδιο.

Πάχυνση.

Μια διάταξη καθίζησης κατάλληλου σχεδιασμού τροφοδοτείται με λάσπη και επιτυγχάνει αύξηση της % περιεκτικότητας της λάσπης σε στερεά.

Αναερόβια χώνευση.

Πρόκειται για αποδόμηση οργανικού υλικού κάτω από συνθήκες (απουσίας οξυγόνου).

Αφυδάτωση.

Η διαχείριση της λάσπης απαιτεί συνήθως σημαντική μείωση του όγκου της και για το λόγο αυτό παρεμβάλλονται μηχανικές ή φυσικές διεργασίες για αφυδάτωση.

Αναερόβια χώνευση, λιπασματοποίηση.

Σε μερικές περιπτώσεις η σταθεροποίηση των βιολογικών στερεών της λάσπης γίνεται κάτω από αερόβιες συνθήκες. Όταν η περιεκτικότητα σε στερεά είναι μικρή αναφερόμαστε σε αερόβια χώνευση και όταν γίνεται σταθεροποίηση στερεόμορφου υλικού πρόκειται για λιπασματοποίηση.

Απολύμανση.

Η απολύμανση γίνεται στην επεξεργασμένη εκροή με στόχο την θανάτωση/αδρανοποίηση των μικροοργανισμών.

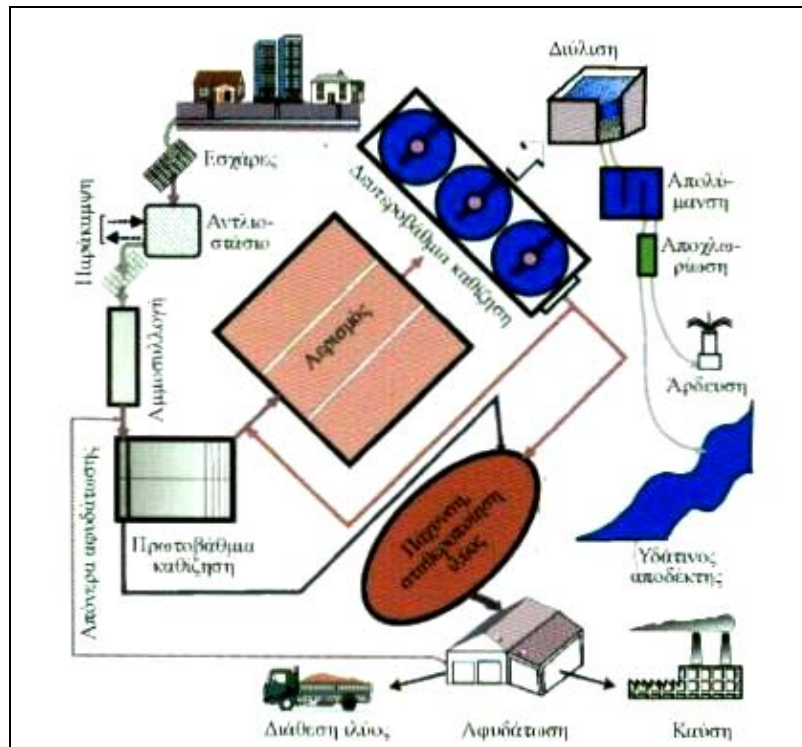
Σημειώνεται ότι η παραπάνω απαρίθμηση διεργασιών είναι απλώς ενδεικτική και περιλαμβάνει μόνον τις συνήθεις διεργασίες που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων. [16]

3.1.3 Γενική διάταξη εγκαταστάσεων επεξεργασίας αστικών αποβλήτων

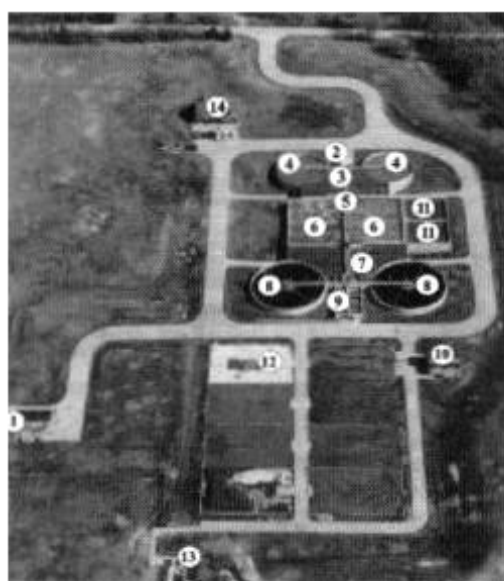
Με τον όρο γενική διάταξη αναφερόμαστε στη φυσική διευθέτηση των διαφόρων τμημάτων της εγκατάστασης επεξεργασίας στην επιλεγμένη θέση. Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή για τη χωροθέτηση των επί μέρους μονάδων επεξεργασίας, για την τοποθέτηση των αγωγών των διαφόρων ρευμάτων, για το εσωτερικό ολικό δίκτυο και για τούς χώρους στάθμευσης. Επίσης θα πρέπει να προβλέπονται κατάλληλα κτίρια για το προσωπικό συντήρησης, λειτουργίας και διοίκησης.

Στην εικόνα 3.1 φαίνεται η γενική διάταξη μιας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων που έχει σχεδιασθεί για να επεξεργάζεται μια μέση παροχή ίση με $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$. Η εγκατάσταση αυτή περιλαμβάνει πρωτοβάθμια επεξεργασία, δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία και αναερόβια χώνευση της παραγόμενης περίσσεια ιλύος.

[17]



Εικόνα 3.1: Γενική διάταξη εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων. [17]



1. Αντλιοστάσιο λυμάτων
2. Πολτοποίηση, αφαίρεση επιπλεόντων
3. Φυσητήρες αερισμού
4. Πρωτοβάθμια καθίζηση
5. Διανομέας παροχής
6. Δεξαμενές αερισμού
7. Αντλίες περιστρεφόμενης ιλύος
8. Δευτεροβάθμια καθίζηση
9. Δεξαμενή χλωρίωσης
10. Κτίριο αποθήκευσης χλωρίου
11. Αερόβια χώνευση λάσπης
12. Κλίνες ξήρανσης
13. Αγωγός εκροής
14. Κτίριο διοίκησης

Εικόνα 3.2: Γενική διάταξη εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων. [14]

3.1.4 Εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα

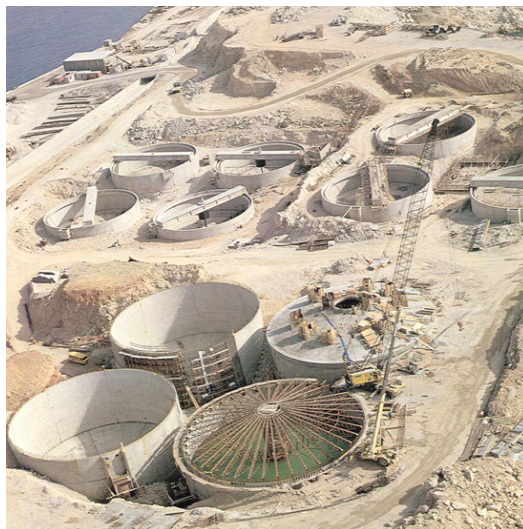
Κατά τις δύο τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί έντονη δραστηριότητα με τη μελέτη, κατασκευή και λειτουργία εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων στην Ελλάδα.

Στις εικόνες 3.3 και 3.4, φαίνεται το κέντρο επεξεργασίας λυμάτων της Ψυττάλειας. Η ολοκλήρωση του πρωτοβάθμιου καθαρισμού ολοκληρώθηκε το 1994.

Η μονάδα επεξεργασίας βιολογικού καθαρισμού της Ψυττάλειας, αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες στην Ευρώπη.

Αποτελείται από τα εξής επιμέρους τμήματα:

- Συμπληρωματικός κεντρικός αγωγός
- Μηχανική επεξεργασία των λυμάτων στον Ακροκέραμο
- Δίδυμος υποθαλάσσιος αγωγός (ανεστραμμένος σίφωνας) από τον Ακροκέραμο στην Ψυττάλεια
- Κέντρο επεξεργασίας λυμάτων στην Ψυττάλεια
- Σύστημα αγωγών εκβολής περίπου 1.900 μέτρων που καταλήγουν σε ένα βάθος περίπου 63 μέτρων στον Αργοσαρωνικό.



Εικόνα 3.3: Έργα της αρχικής φάσης της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων της Ευρύτερης Περιοχής Πρωτευούσης στη νήσο Ψυττάλεια.



Εικόνα 3.4 : Εγκατάσταση βιολογικής επεξεργασίας στη νήσο Ψυτάλεια. [18]

3.2 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

3.2.1 Καθίζηση (sedimentation settling)

Η καθίζηση είναι η διεργασία που χρησιμοποιείται περισσότερο για το διαχωρισμό με βαρύτητα σωματιδίων από το νερό. [19]

Η διεργασία της καθίζησης χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων σε διάφορες θέσεις όπως: (1) για αφαίρεση άμμου στους αμμοσυλλέκτες, (2) για αφαίρεση καθιζανόντων στέρεων σε δεξαμενές πρωτοβάθμιας επεξεργασίας, 3) για αφαίρεση αιωρούμενου και κολλοειδούς υλικού μετά από κατάλληλη προσθήκη ιζηματοποιητικών, (4) για παραλαβή διαυγασμένης εκροής (από τη δεξαμενή καθίζησης δευτεροβάθμιων βιολογικών σταδίων, (5) για κατακράτηση αιωρούμενου υλικού από το νερό πλύσης των φίλτρων που χρησιμοποιούνται στην τριτοβάθμια προχωρημένη επεξεργασία και (6) για την πάχυνση των διαφόρου τύπων ιλύος.

Ο σχεδιασμός των δεξαμενών καθίζησης εξαρτάται από τον τύπο, τη συγκέντρωση και τη συμπεριφορά του αιωρούμενου υλικού που πρόκειται να διαχωριστεί. Διακρίνουμε γενικά τέσσερις διαφορετικούς τύπους καθίζησης. Η καθίζηση τύπου Ι ή καθίζηση διακεκριμένων (σωματιδίων παρατηρείται σε περιπτώσεις όπου πρόκειται για μικρής συγκεντρώσεις σωματιδίων τα οποία καθιζάνουν ως διακεκριμένες οντότητες, δηλαδή χωρίς να σχηματίζουν συσσωματώματα ή άλλου τύπου ενότητες με άλλα σωματίδια. Παράδειγμα καθίζησης τύπου Ι είναι καθίζηση άμμου στους

αμμοσυλλέκτες. Η καθίζηση τύπου II αντιστοιχεί σε καθίζηση μικρών συνήθως συγκεντρώσεων αιωρούμενου υλικού το οποίο θρομβώνεται καθώς καθιζάνει και ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η πρωτοβάθμια καθίζηση αστικών λυμάτων. Η καθίζηση τύπου III είναι γνωστή και ως παρεμποδισμένη καθίζηση ή καθίζηση κατά ζώνες και παρατηρείται όταν πρόκειται για υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενου υλικού που καθιζάνει με μορφή μάζας η οποία σχηματίζει ζώνες. Παράδειγμα καθίζησης τύπου III είναι η δευτεροβάθμια καθίζηση για διαχωρισμό των αιωρούμενων στερεών μικτού υγρού και παραλαβή διαυγασμένης δευτεροβάθμιας εκροής. Η καθίζηση τύπου IV είναι γνωστή και ως συμπίκνωση και λαμβάνει χώρα σε περιπτώσεις πολύ μεγάλων συγκεντρώσεων αιωρούμενου υλικού όπου τα σωματίδια βρίσκονται σε επαφή μεταξύ τους. Παράδειγμα καθίζησης τύπου IV είναι η πάχυνση της ιλύος. [17]

3.2.2 Πρωτοβάθμια καθίζηση αποβλήτων

Η πρωτοβάθμια καθίζηση των αστικών λυμάτων, όταν ακολουθείται από δευτεροβάθμια βιολογική επεξεργασία, έχει ως κύριο στόχο την αφαίρεση των καθιζανόντων στερεών καθώς και επιπλέοντος υλικού. Ο σχεδιασμός της πρωτοβάθμιας δεξαμενής καθίζησης διαφοροποιείται ανάλογα με το στόχο που καλείται να εξυπηρετήσει. Έτσι εάν η πρωτοβάθμια επεξεργασία αποτελεί το μοναδικό στάδιο επεξεργασίας αναφερόμαστε σε δεξαμενές κράτησης των λυμάτων, σε σηπτικές δεξαμενές (σηπτικούς βόθρους) και σε δεξαμενές παράλληλης χώνευσης της ιλύος σε έναν ξεχωριστό χώρο που βρίσκεται κάτω από το διαμέρισμα της καθίζησης. Όταν η πρωτοβάθμια επεξεργασία αποτελεί το τελικό στάδιο επεξεργασίας ή προηγείται από ένα δευτεροβάθμιο μη βιολογικό στάδιο αφαίρεσης διαλυτού οργανικού υλικού (π.χ. με χρησιμοποίηση κλινών ενεργού άνθρακα) και επιδιώκεται η μέγιστη δυνατή αφαίρεση αιωρούμενου και κολλοειδούς υλικού τότε περιλαμβάνει εκτός από την καθίζηση και στάδια κροκίδωσης και θρόμβωσης.

Γενικά η πρωτοβάθμια καθίζηση όπως χρησιμοποιείται για την αφαίρεση αιωρούμενων στερεών από αστικά λύματα αντιστοιχεί σε καθίζηση τύπου II αφού δεν πρόκειται για αφαίρεση διακεκριμένων σωματιδίων και ακόμη αναφερόμαστε σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών. [17]

3.2.3 Τυπική πρωτοβάθμια καθίζηση αποβλήτων

Η τυπική ή συνήθης πρωτοβάθμια καθίζηση των αστικών λυμάτων αντιστοιχεί στη δίοδο των προεπεξεργασμένων λυμάτων δια μέσου μιας δεξαμενής όπου επικρατούν συνθήκες σχετικής ηρεμίας και επιτυγχάνεται διαχωρισμός με καθίζηση και επίπλευση καθιζανόντων στερεών και επιπλέοντος υλικού. Η ταχύτητα των λυμάτων δια μέσου της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης κυμαίνεται στην περιοχή 0.3 έως 0.6 m/min. Στόχος τον αμμοσυλλέκτη είναι η κατακράτηση της άμμου και η ανεμπόδιστη διέλευση των στερεών που έχουν μικρότερο ειδικό βάρος με αντίστοιχα μικρότερες ταχύτητες καθίζησης.

Η αφαίρεση αιωρούμενων στερεών που επιτυγχάνει η συνήθης πρωτοβάθμια καθίζηση κυμαίνεται στην περιοχή 40-60% και τα αιωρούμενα στερεά που αφαιρούνται αντιστοιχούν στο 25-35% του οργανικού υλικού των λυμάτων. Η αφαίρεση των καθιζανόντων στέρεων είναι σχεδόν ποσοτική.

Το μέγεθος και ο αριθμός των δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης εξαρτάται από την παροχή των λυμάτων και από τον υδραυλικό χρόνο παραμονής για τον οποίο γίνεται ο σχεδιασμός. Γενικά, υδραυλικός χρόνος παραμονής στην περιοχή 2 έως 3 ώρες θεωρείται ικανοποιητικός για τις πρωτοβάθμιες δεξαμενές καθίζησης. Ο χρόνος που απαιτείται για την καθίζηση των στερεών που βρίσκονται στα λύματα εξαρτάται κυρίως από το μέγεθος και το σχήμα των στερεών, από το ειδικό βάρος τους, από τη θερμοκρασία των λυμάτων και από την κατάσταση των λυμάτων (π.χ. φρέσκα ή σηπτικά λύματα).

Η ομοιόμορφη τροφοδότηση και ροή των λυμάτων δια μέσου της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι αρκετά κρίσιμη για την απόδοση της δεξαμενής. Όταν παρατηρείται μεγαλύτερη διέλευση παροχής δια μέσου μερικών περιοχών της δεξαμενής (βραχυκύκλωμα) οι ταχύτητες ροής στις περιοχές αυτές γίνονται αντίστοιχα μεγαλύτερες.

Οι δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης μπορεί να είναι ορθογωνικές ή κυκλικές και θα πρέπει να επιτυγχάνουν ομοιόμορφη διανομή της παροχής σε όλη την περιοχή εισόδου, να είναι εξοπλισμένες με κατάλληλες διατάξεις συγκέντρωσης και αφαίρεσης της λάσπης, να επιτυγχάνουν αφαίρεση των επιπλεόντων και να παρεμποδίζουν το συμπαρασυρμό των καθιζανόντων στερεών στην εκροή (κατάλληλος σχεδιασμός διατάξεων υπερχειλίσης). Η παρούσα εργασία μελετά κυκλική πρωτοβάθμια δεξαμενή καθίζησης, τα χαρακτηριστικά της οποία αναλύονται σε ακόλουθη ενότητα.

3.2.4 Περιγραφή - Σχεδιασμός δεξαμενών καθίζησης

Στις δεξαμενές καθίζησης (ΔΚ) γίνεται η καθίζηση της βιομάζας (λάσπης), ώστε να απομακρυνθεί-διαχωριστεί αυτή από την υγρή μάζα των επεξεργασμένων αποβλήτων. Η λάσπη συγκεντρώνεται με τη βοήθεια ξέστρων στις χοάνες συγκέντρωσης. Από εκεί καταλήγει με βαρύτητα στο αντλιοστάσιο λάσπης. Τα επεξεργασμένα απόβλητα οδηγούνται προς την περιφέρεια των δεξαμενών όπου υπερχειλίζουν προς τα περιφερειακά κανάλια εκροής απαλλαγμένα από τα στερεά και καταλήγουν στα φρεάτια εκροής, που βρίσκονται στην περιφέρεια των ΔΚ. Από εκεί οδηγούνται για απολύμανση.

Τα επιπλέοντα στερεά και οι αφροί οδηγούνται με κατάλληλη διάταξη στη χοάνη συλλογής αφρών και από εκεί καταλήγουν με βαρύτητα στο φρεάτιο αφρών, απ' όπου απομακρύνονται.

Στις ΔΚ υπάρχουν ανιχνευτές στάθμης της λάσπης.

Είναι εξαιρετικά σημαντικό σε μια ΔΚ η λάσπη να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- 1) Να καθιζάνει γρήγορα, δηλ. με ταχύτητες καθίζησης μεγαλύτερες από 1m/h.
- 2) Να είναι καλά συμπυκνωμένη, δηλ. χωρίς να καταλαμβάνει μεγάλο όγκο.
- 3) Να μην ανυψώνεται αφού καθιζήσει για ικανό χρονικό διάστημα (π.χ. 2-3 ώρες).

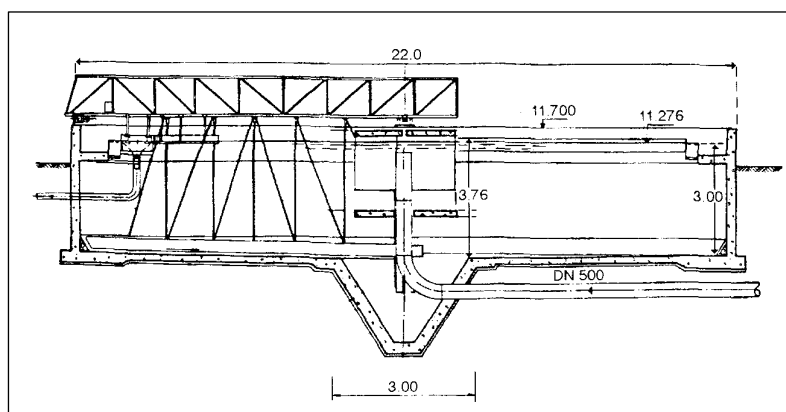
Παράλληλα, θα πρέπει τα επιφανειακά υγρά να είναι διαυγή. [16]

Χαρακτηριστικά των ΔΚ:

Η διαστασιολόγηση των ΔΚ γίνεται στον Πίνακα 1 που ακολουθεί, χρησιμοποιώντας 2 ΔΚ διαμέτρου 22.0 m (εικόνα 3.5). [16]

Πίνακα 1: Διαστασιολόγηση των ΔΚ.

Παράμετρος	Μονάδες	Εξίσωση	Υπολογισμοί
Διάμετρος δεξαμενής	m	-	22.0
Πλευρικό βάθος	m	-	3.0
Διάμετρος χοάνης λάσπης	m	-	3.0
Κλίση πυθμένα	%	-	8.0
Εσωτερικό (πλευρικό) βάθος	m	-	$3.0 + 0.5 \times (22 - 3) \times 0.08 = 3.76$
Μέσο βάθος	m	-	$0.5 \times (3.0 + 3.76) = 3.38$
Ολική επιφάνεια ΔΚ, $A_{\Delta K}$	m ²	-	$2 \times \pi \times \frac{22^2}{4} = 760.3$
Ολικός όγκος ΔΚ, $V_{\Delta K}$	m ³	-	$760.3 \times 3.38 = 2569.7$
Χρόνος παραμονής, $\Theta_{\Delta K}$	hr	4-52δ	$2569.7 \times \frac{24}{7040} = 8.76$
Επιφανειακή φόρτιση, $E\Phi_{\Delta K}$ στη μέση παροχή, $\Phi_{\Sigma \Delta Z}$	m ³ / m ² d	4-52α	$\frac{7040}{760.3} = 9.26$

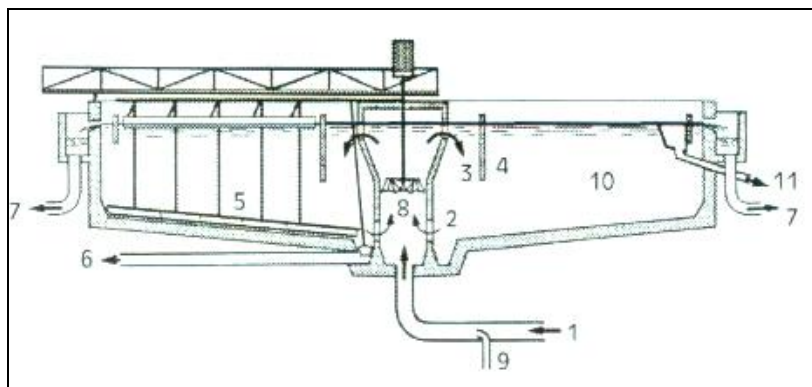


Εικόνα 3.5: Ενδεικτική τομή δεξαμενής καθίζησης. [16]

Εκτιμώμενος Η/Μ εξοπλισμός:

Η κάθε ΔΚ είναι εξοπλισμένη με:

- μηχανικό ξέστρο με τη βοήθεια του οποίου η λάσπη οδηγείται στη χοάνη συγκέντρωσης και από εκεί καταλήγει με βαρύτητα στο ΑΝΛ,
- περιφερειακό υπερχειλιστή με πέτασμα επιπλεόντων,
- χοάνη επιπλεόντων, όπου οδηγούνται τα επιπλέοντα στερεά και οι αφροί και
- ανιχνευτή στάθμης λάσπης για τον έλεγχο των αντλιών της περίσσειας λάσπης.



Εικόνα 3. 6: Κυκλική δεξαμενή καθίζησης.

- 1) είσοδος νερού, 2) είσοδος λάσπης, 3) έξοδος θρόμβων, 4) κατανομέας ροής, 5) ξέστρο λάσπης, 6) εξαγωγή λάσπης, 7) επεξεργασμένο νερό, 8) αναμικτήρας, 9) εισαγωγή χημικών, 10) περιοχή καθίζησης, 11) απομάκρυνση επιπλεόντων. [19]

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικές τιμές των παραμέτρων σχεδιασμού των κυκλικών δεξαμενών καθίζησης. [19]

Παράμετρος	Επαφή λάσπης	Κεκλιμένες επιφάνειες	Κεκλιμένες επιφάνειες και επαφή λάσπης
Χρόνος επαφής με τη λάσπη, min	30 - 45	-	20 - 30
Βάθος δεξαμενής, m	3 - 5	3 - 5	3 - 5
Ύψος λάσπης, m	1 - 2	-	1 - 1,5
Ύψος υγρού, m	0,5 - 1,5	0,5 - 1	0,5 - 1,5
Επιφάνεια φόρτισης, m/h	2 - 4	2 - 6	4 - 8
Χρόνος παραμονής, h	1 - 1,5	0,5 - 1	0,7 - 1
Κλίση επιφανειών	-	45' - 60'	50' - 60'
Μήκος επιφανειών, m	-	0,5 - 2	0,5 - 2
Απόσταση επιφανειών, m	-	0,05 - 0,30	0,30 - 0,50

Ο σχεδιασμός μιας δεξαμενής καθίζησης βασίζεται στον αναμενόμενο τύπο καθίζησης κατά τη λειτουργία της. Στην πράξη η ανάλυση και η αξιοποίηση πειραματικών στοιχείων για το σχεδιασμό δεξαμενών καθίζησης καταλήγει στην ανάπτυξη τιμών σχεδιασμού. Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα κριτήρια σχεδιασμού είναι:

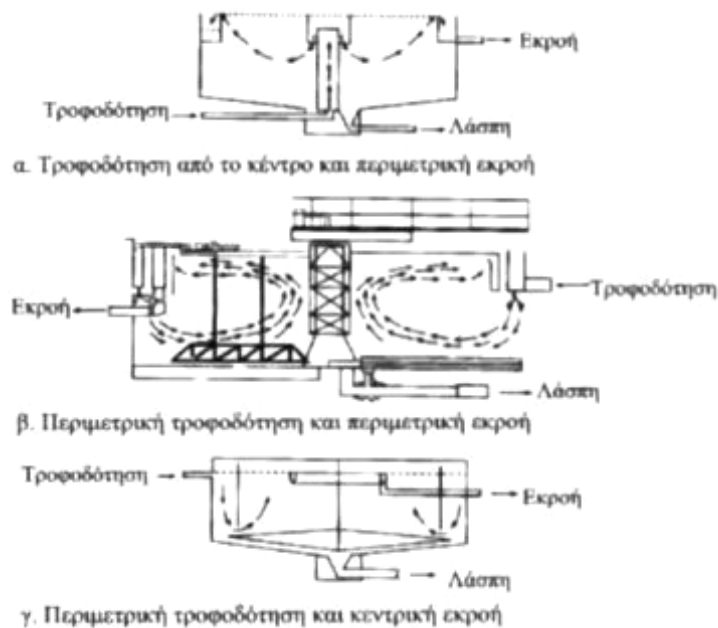
- Ταχύτητα υπερχειλίσης (ή επιφανειακή ταχύτητα υπερχειλίσης), $m^3/m^2 d$
Υπολογίζεται μετά από διαίρεση της παροχής που τροφοδοτείται με το επιφανειακό εμβαδόν της δεξαμενής(m^2).
- Χρόνος παραμονής, h
Υπολογίζεται μετά από διαίρεση του όγκου της δεξαμενής(m^3) με την τροφοδοτούμενη παροχή (m^3/h).
- Ρυθμός υπερχειλίσης (ή γραμμική ταχύτητα υπερχειλίσης), $m^3/m d$
Υπολογίζεται μετά από διαίρεση της παροχής που τροφοδοτείται με το μήκος από το οποίο υπερχειλίζει η εκροή (m).
- Ελάχιστος αριθμός δεξαμενών
Ο αριθμός των δεξαμενών που είναι απαραίτητες για να μην αντιμετωπίζονται προβλήματα κατά τη λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας (από διακοπές, επισκευές, συντήρηση κ.λπ.). Σε μικρές εγκαταστάσεις ο ελάχιστος αριθμός δεξαμενών είναι συνήθως 2.
- Φόρτιση στερεών (η επιφανειακή φόρτιση (στερεών), $kg/m^2 d$
Υπολογίζεται μετά από διαίρεση της παροχής των στερεών που τροφοδοτούνται με το επιφανειακό εμβαδόν της δεξαμενής (m^2).
- Ελάχιστη ροή στερεών, $kg/m^2 d$.

Η παράμετρος αυτή υπολογίζεται μετά από πειραματικές μελέτες καθίζησης του μικτού υγρού βιολογικών συστημάτων αιωρούμενης βιομάζας και χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του επιφανειακού εμβαδού της δεξαμενής καθίζησης που χρησιμοποιείται. [14]

3.2.5 Κυκλικές δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης

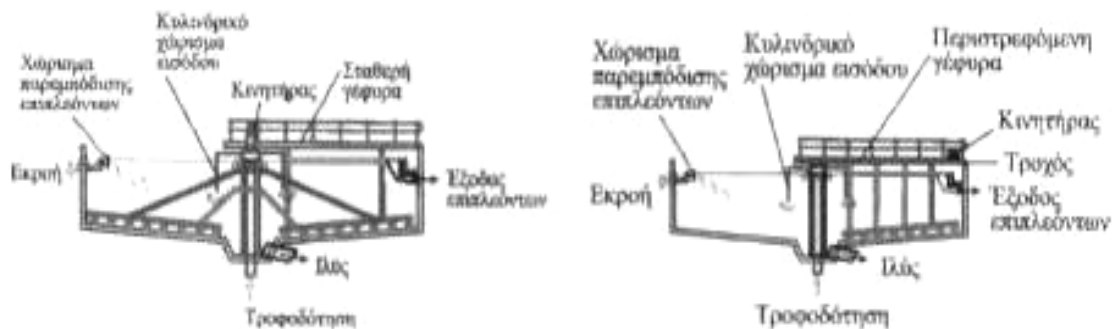
Στις κυκλικές δεξαμενές καθίζησης η ροή είναι ακτινική. Η τροφοδότηση των δεξαμενών απών είναι δυνατόν να γίνεται είτε από το κέντρο είτε από περιμετρικό Κανάλι κατάλληλου σχεδιασμού. Συνήθως στην περίπτωση της πρωτοβάθμιας καθίζησης αστικών λυμάτων χρησιμοποιούνται δεξαμενές που τροφοδοτούνται από το κέντρο και τούτο οφείλεται κυρίως στο ότι παρουσιάζονται προβλήματα εμφράξεων (από ευμέγεθες υλικό) στα περιμετρικά κανάλια τροφοδότησης.

Στην εικόνα 3.7α φαίνεται το καθεστώς ροής για μια κυκλική δεξαμενή καθίζησης που τροφοδοτείται από το κέντρο. Η τροφοδότηση στο κέντρο γίνεται είτε με κατακόρυφο σωλήνα ο οποίος εισέρχεται από τον πυθμένα της δεξαμενής είτε με οριζόντιο σωλήνα και ακτινικά από την περίμετρο της δεξαμενής (στην περίπτωση αυτή δε θα πρέπει να υπάρχουν περιστρεφόμενα μέρη των οποίων η κίνηση να παρεμποδίζεται από την παρουσία της σωλήνωσης τροφοδότησης). Στο κέντρο της δεξαμενής σχεδιάζεται ένας κυλινδρικός χώρος τροφοδότησης με στόχο την μείωση της ταχύτητας των λυμάτων και την ομοιόμορφη διανομή τους προς κάθε κατεύθυνση. Η διάμετρος του κυλινδρικού αυτού χώρου κυμαίνεται στην περιοχή 15 έως 20% της διαμέτρου της δεξαμενής και το βάθος του κυμαίνεται στην περιοχή 1 έως 2.5 m . Στην εικόνα 3.7β φαίνεται το καθεστώς ροής για μια κυκλική δεξαμενή με περιμετρική τροφοδότηση και παραλαβή της εκροής από περιμετρικό υπερχειλιστή. Στην εικόνα 3.7γ φαίνεται επίσης το καθεστώς ροής για μια κυκλική δεξαμενή περιμετρικής τροφοδότησης αλλά στην περίπτωση αυτή η εκροή λαμβάνεται από κυκλικό κανάλι υπερχείλισης το οποίο βρίσκεται μακράν της περιμέτρου και προς το κέντρο της δεξαμενής.



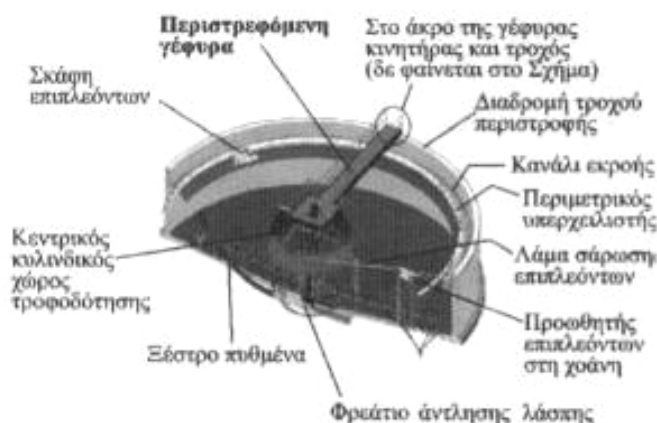
Εικόνα 3.7: Καθεστώς ροής σε κυκλικές δεξαμενές καθίζησης με κεντρική ή περιμετρική τροφοδότηση.

Η αφαίρεση της λάσπης από πρωτοβάθμιες κυκλικές δεξαμενές καθίζησης γίνεται με κατάλληλη ξέστρα σάρωσης του πυθμένα και προώθησης της λάσπης σε μια κεντρική χοάνη απ' όπου γίνεται άντληση της. Τα ξέστρα σάρωσης προσαρμόζονται σε διάταξη με βραχίονες. Η διάταξη αυτή στηρίζεται είτε σε κυλινδρική δοκό που βρίσκεται στο κέντρο της δεξαμενής (όταν η δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με σταθερή γέφυρα (εικόνα 3. 8α), είτε σε περιστρεφόμενη γέφυρα (εικόνα 3. 8β), που διέρχεται από το κέντρο της δεξαμενής.



**Εικόνα 3.8: α) Τομή κυκλικής δεξαμενής καθίζησης με σταθερή γέφυρα
β) Τομή κυκλικής δεξαμενής καθίζησης με περιστρεφόμενη γέφυρα. [17]**

Η κλίση του πυθμένα των κυκλικών δεξαμενών καθίζησης είναι προς το κέντρο και η συνήθης τιμή της είναι 12/1 (οριζόντια/κατακόρυφη). Σε μερικές περιπτώσεις (αλλά κυρίως οι δευτεροβάθμιες δεξαμενές καθίζησης) η αφαίρεση της λάσπης γίνεται με ειδικά συστήματα σωληνώσεων αναρρόφησης. Στην περίπτωση που γίνεται αναρρόφηση της λάσπης η απαιτούμενη κλίση της δεξαμενής περιορίζεται στην τιμή που είναι απαραίτητη για την στράγγιση της δεξαμενής. Το ύψος των πλευρικών τοιχωμάτων πρωτοβάθμιων κυκλικών δεξαμενών είναι γύρω στα 3m.



Εικόνα 3. 9: Σκαρίφημα δεξαμενής καθίζησης με περιστρεφόμενη γέφυρα. [17]

Στην εικόνα 3.9 φαίνεται μια κυκλική δεξαμενή καθίζησης με περιστρεφόμενη γέφυρα. Η περιστροφή επιτυγχάνεται με ελαστικό τροχό ο οποίος κινείται στη κυκλική διαδρομή που διαμορφώνεται στο πάνω μέρος του πλευρικού κυλινδρικού¹ τοιχίου της δεξαμενής. Η ταχύτητα περιστροφής της γέφυρας ελέγχεται από την ταχύτητα περιστροφής των ξέστρων του πυθμένα και πρέπει να είναι μικρότερη από μια τιμή ώστε να μην παρουσιάζονται προβλήματα επαναιώρησης στερεών. Η ταχύτητα των περιστρεφόμενων γεφυρών σε κυκλικές δεξαμενές πρωτοβάθμιας καθίζησης είναι στην περιοχή 0,02 έως 0.06 rev/min.

Στις κυκλικές δεξαμενές με κεντρική τροφοδότηση η εκροή γίνεται από περιμετρικό υπερχειλιστή. Τμήμα ενός τέτοιου περιμετρικού υπερχειλιστή φαίνεται στην εικόνα 3.10. Η αφαίρεση των επιπλεόντων γίνεται με συνδυασμό λάμας επιφανειακής σάρωσης και κατάλληλης διάταξης υποδοχής επιπλεόντων.



Εικόνα 3.10 : Υπερχειλιστής και αφαίρεση επιπλεόντων σε κυκλική δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης.

3.2.6 Σχεδιασμός δεξαμενών απλής πρωτοβάθμιας καθίζησης

Ο καλός σχεδιασμός των δεξαμενών απλής πρωτοβάθμιας καθίζησης στοχεύει στην εξασφάλιση κατάλληλου χρόνου παραμονής των λυμάτων κάτω από συνθήκες σχετικής ηρεμίας ώστε να επιτυγχάνεται η αφαίρεση των καθιζανόντων στερεών.

Η απόδοση των δεξαμενών απλής πρωτοβάθμιας καθίζησης επηρεάζεται:

- Από τις τυρβώδεις συνθήκες στην περιοχή εισόδου που οφείλονται στην ενέργεια της τροφοδοτούμενης παροχής λυμάτων.
- Από επιφανειακά ανεμογενή ρεύματα.
- Από κατακόρυφα ρεύματα που οφείλονται στο σχεδιασμό των διατάξεων εξόδου.
- Από ρεύματα πυκνότητας που οφείλονται στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των τροφοδοτούμενων λυμάτων και του περιεχόμενου της δεξαμενής καθίζησης.
- Από ρεύματα που δημιουργούνται από την κίνηση των διατάξεων αφαίρεσης λάσπης και επιπλεόντων.

Με βάση τα παραπάνω αρκετές παράμετροι όπως η επιφανειακή ταχύτητα υπερχειλίσσης, ο ρυθμός υπερχειλίσσης (γραμμική ταχύτητα υπερχειλίσσης), ο υδραυλικός χρόνος παραμονής, το σχήμα και οι διαστάσεις της δεξαμενής, οι διατάξεις ομοιομορφοποίησης των συνθηκών ροής στην είσοδο και στην έξοδο καθώς και οι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση της ιλύος και των επιπλεόντων αποτελούν στοιχεία τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για τον επιτυχή σχεδιασμό δεξαμενών πρωτοβάθμιας καθίζησης.

Στον Πίνακα 3 δίνονται οι συνήθεις διαστάσεις ορθογωνικών και κυκλικών δεξαμενών καθίζησης που χρησιμοποιούνται για την πρωτοβάθμια επεξεργασία αστικών λυμάτων. Οι διαστάσεις επιλέγονται με βάση την παροχή των λυμάτων που πρέπει να αντιμετωπισθεί, την ανάγκη για σχεδιασμό σε παράλληλες μονάδες που να είναι κατάλληλες για ανεξάρτητη λειτουργία και τις διαστάσεις του συνήθους εξοπλισμού που χρησιμοποιείται.

Πίνακας 3: Διαστάσεις δεξαμενών απλής πρωτοβάθμιας καθίζησης αστικών λυμάτων.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ	ΤΥΠΙΚΗ ΤΙΜΗ
Ορθογωνική δεξαμενή		
Μήκος, m	10-100	25-60
Μήκος / Πλάτος	1.0-7.5	4
Μήκος / Βάθος	4.2-25.0	7-18
Πλευρικό βάθος υγρού, m	2.5-5.0	3.5
Πλάτος*, m	3-24	6-10
Κυκλική δεξαμενή		
Διάμετρος**, m	3-60	10-40
Πλευρικό βάθος υγρού, m	3-6	4

* Αρκετοί κατασκευαστές διαθέτουν διατάξεις για αφαίρεση της λάσπης που αντιστοιχούν σε αυξανόμενα πλάτη ανά 2 ft (0.61m).

**Αρκετοί κατασκευαστές διαθέτουν δεξαμενές καθίζησης με αυξανόμενες διαμέτρους ανά 5 ft (1.5m). [17]

Πίνακας 4: Σχεδιαστικά κριτήρια δεξαμενών καθίζησης. [20]

Είδος Νερού - Αποβλήτων	Ρυθμός Υπερχείλισης $\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$		Φόρτιση Στερεών $\text{kg}/\text{m}^2/\text{h}$		Φόρτιση Υπερχειλιστών $\text{m}^3/\text{m}/\text{d}$	Χρόνος Παραμονής h	Βάθος m
	Για τη Μέση Παροχή	Για τη Μέγιστη Ωριαία Παροχή	Για τη Μέση Παροχή	Για τη Μέγιστη Ωριαία Παροχή			
Αστικά λύματα	32-48	80-120			125-500	1.5-2.5	2.5-5
Αστικά λύματα με ενεργό ιλύ	24-32	48-70			125-500	1.5-2.5	4-5
Ενεργός ιλύς	16-32	40-48	3-6	9	185-235	2-2.5	3.5-5
Ιλύς Παρατεταμένου Αερισμού	8-16	24-32	1-5	7			3.5-5
Ιλύς Βιολογικών Φίλτρων	16-24	40-48	3-5	8			3-4
Ίζημα από κροκίδωση με Αργίλιο ή Σίδηρο	24-27					2-8	
Ίζημα Ανθρακικού Ασβεστίου	24-116					1-4	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΙΚΡΟΔΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΔΕΞΑΜΕΝΗΣ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΜΙΚΡΟΔΟΝΗΣΕΩΝ

Στην διαδικασία που ακολουθήθηκε στην παρούσα έρευνα εφαρμόστηκαν δύο δοκιμές. Αρχικά εκτελέστηκε εικοσιτετράωρη καταγραφή και στη συνέχεια δεκάλεπτη καταγραφή. Μέσω των δοκιμών αυτών ορίστηκαν τα επίπεδα δόνησης που μπόρεσαν να καταγράψουν οι αισθητήρες ανίχνευσης.

Στην πρώτη δοκιμή, χρησιμοποιήθηκαν δύο καταγραφικά όργανα, το καθένα από το οποίο αποτελούταν από ένα εσωτερικό τριαξονικό επιταχύμετρο, ορθογώνια προσανατολισμένος (δηλ. μετρώντας την επιτάχυνση σε δύο οριζόντιες κατευθύνσεις καθώς επίσης και στην κάθετη συνιστώσα). Αρχικά προσδιορίστηκαν, στα όργανα καταγραφής, οι αρχικές παραμέτρους καθώς και το επίπεδο ενεργοποίησης (trigger level) , συνδέοντας τα με φορητό υπολογιστή.



Εικόνα 4.1 : Καταγραφικό συνδεδεμένο με φορητό υπολογιστή

Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε σταθερά σημεία, δίπλα στη δεξαμενή καθίζησης. Οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν, ο ένας στην βόρεια πλευρά της δεξαμενής (MR 2) και ο δεύτερος στη δυτική πλευρά (MR 1) (εικόνα 4.2). Καθώς τέθηκαν σε λειτουργία άρχισαν να παρέχουν σήματα στα καταγραφικά όργανα ανάλογα με τα όρια εκκίνησης που δοθήκαν αρχικά (trigger level). Στο καταγραφικό MR1 δόθηκε η τιμή 0.2, ενώ στο MR2 η τιμή 1.0. Τα όργανα κατέγραψαν μικροδονήσεις για ένα εικοσιτετράωρο. Τελευταίο στάδιο αποτέλεσε η μεταφορά των καταγραφικών σημάτων, μέσω του προγράμματος 'WINCOM', στον υπολογιστή για την περαιτέρω επεξεργασία τους.



Εικόνα 4.2 Θέσεις επιταχυνσιόμετρων στην υπό μελέτη δεξαμενή

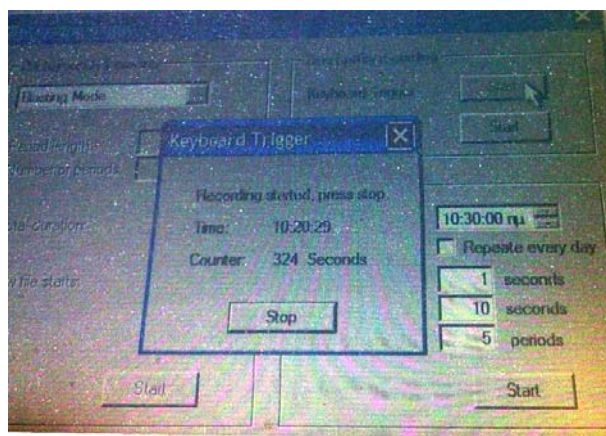


Εικόνα 4.3 : Καταγραφικό MR 2.



Εικόνα 4.4: Αισθητήρας τοποθετημένος στη βόρεια πλευρά της δεξαμενής

Η δεύτερη δοκιμή περιλάμβανε δύο δεκάλεπτες καταγραφές μικροδονήσεων. Οι θέσεις που τοποθετήθηκαν οι αισθητήρες επιτάχυνσης ήταν οι ίδιες με την προηγούμενη δοκιμή (στην βόρεια και δυτική πλευρά της δεξαμενής). Τα όργανα ήταν συνδεδεμένα με φορητό υπολογιστή καθ' όλη τη διάρκεια της καταγραφής, και είχαν οριστεί από το πρόγραμμα 'WINCOM' να καταγράφουν για δέκα λεπτά (600 sec). Στη συνέχεια, αφού καταγράφηκαν για 10 λεπτά (600 sec) μικροδονήσεις, υποδιαιρέσαμε το σήμα μικροδονήσεων (microtremor) των 10 min σε δέκα σήματα του ενός λεπτού (60 sec). Έτσι αποκομίσαμε δέκα σήματα (signal events) του ενός λεπτού, για την κάθε θέση των μετρήσεων (βόρεια και δυτική).



Εικόνα 4.5: Εξέλιξη δεκάλεπτης καταγραφής μικροδονήσεων μέσω του προγράμματος 'WINCOM'

Τα όργανα κατέγραψαν κυρίως τον θόρυβο και τις μικροδονήσεις (microtremors) που δημιουργούσε η περιστρεφόμενη γέφυρα της δεξαμενής ενώ παράλληλα δεν ήταν 'ξεκομμένα' από το περιβάλλον και τις οχλήσεις που αυτό δημιουργεί (π.χ. άνεμος, οχήματα). Το σύστημα καταγραφής στοιχείων είχε εγκατασταθεί για τον υπολογισμό της επιτάχυνσης και της δύναμης (force) του φάσματος συχνοτήτων.

4.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΕΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ 'MR 2002'

4.2.1 Εισαγωγή στα όργανα μέτρησης επιτάχυνσης.

Αντικείμενο ενδιαφέροντος ενός Μηχανικού, από πλευράς καταγραφής σεισμικών ακολουθιών και δυναμικής ανάλυσης κατασκευών, αποτελούν τα μεγέθη:

- Εδαφικές επιταχύνσεις (μέγιστες τιμές, χρονική εξέλιξη)
- Περιεχόμενο συχνοτήτων των εδαφικών επιταχύνσεων.

Τα μεγέθη αυτά αποτελούν τη βάση για την ερμηνεία ζημιών που παρατηρήθηκαν σε δομικά έργα, συμπεριλαμβανομένης της επιρροής του εδάφους θεμελίωσης και για τον καθορισμό του σεισμού σχεδιασμού.

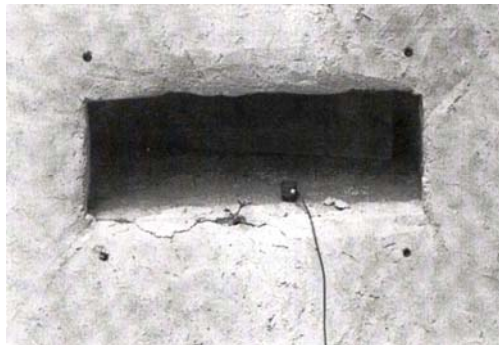
Τα όργανα μέτρησης είναι συνήθως όργανα μέτρησης επιτάχυνσης. Τα όργανα μέτρησης επιτάχυνσης είναι κατάλληλα για την καταγραφή ισχυρών σεισμών. Η αρχή στην οποία στηρίζεται η λειτουργία των οργάνων μέτρησης της επιτάχυνσης έγκειται στη καταγραφή των σχετικών μετατοπίσεων του εδάφους ως προς ένα μονοβάθμιο ταλαντωτή που συντονίζεται σε χαμηλές συχνότητες.

Τα σύγχρονα όργανα μέτρησης της επιτάχυνσης είναι σχετικά μικρά καθώς και (ανάλογα με τις απαιτήσεις από την περιοχή των μετρούμενων συχνοτήτων και την ακρίβεια) σχετικά πιο φθηνά από τους συνηθισμένους σειсмоγράφους μέτρησης της ταχύτητας. Περιέχουν ένα όργανο μέτρησης της ταλάντωσης, που μπορεί να καταγράψει μέχρι 1g (g = επιτάχυνση της βαρύτητας), ή και παραπάνω, και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται και σαν όργανα καταγραφής ισχυρών σεισμών. Η καταγραφή γίνεται αναλογικά μέσω εγγραφής σε ταινία (φιλμ) (γνωστά όργανα της δεκαετίας του 70 και του 80) ή ψηφιακά σε προστιθέμενες ηλεκτρονικές κάρτες αποθήκευσης (πιο σύγχρονες συσκευές). Μέσω της καλούμενης "αυτόματης διέγερσης" τα όργανα ανάβουν και σβήνουν μόνα τους σε μια ρυθμιζόμενη επιτάχυνση (π.χ. 0.01 g). Τα ψηφιακά καταγραφικά όργανα κάνουν χωρίς διακοπή εγγραφή ενός "παραθύρου" π.χ. 10s, στην περίπτωση δε ενός συμβάντος μπορεί να παραμείνουν αποθηκευμένα και τα στοιχεία του προηγούμενου "καρέ" των 10s. Τα όργανα χρειάζονται μια πρίζα ή λειτουργούν σε απομονωμένες θέσεις (π.χ. σε υψηλές κορυφές) με μπαταρία. Αποφασιστική σημασία έχει η περιοδική συντήρηση με έλεγχο της λειτουργίας (γενικά 2 φορές το χρόνο). Όταν η συντήρηση τους γίνεται κανονικά, μπορεί να αναμένονται από το 80 έως 90% των οργάνων χρήσιμες καταγραφές. Στα όργανα ψηφιακής καταγραφής, αντίθετα από ότι στην περίπτωση

καταγραφής σε ταινία, η αξιολόγηση είναι σχετικά απλή. Τα όργανα συνοδεύονται από αντίστοιχα προγράμματα (software).



Εικόνα 4.6: Επιταχυνσιόμετρο καταγραφής δονήσεων εδάφους



Εικόνα 4.7: Ανυψωμένο επιταχυνσιόμετρο καταγραφής δονήσεων κτιρίου

4.2.2 Περιγραφή οργάνου ‘MR 2002’ της ‘SYSCOM’

Για τον καθορισμό της κατάστασης λειτουργίας της δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης που εξετάζεται στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκαν καταγραφικά οργάνων και αισθητήρες επιτάχυνσης της εταιρείας ‘SYSCOM’ [7]. Το σύστημα μέτρησης δονήσεων / δυναμικότητας (vibration measurement system), ‘MR2002’ της ‘SYSCOM’, εφαρμόζεται για την εύρεση και τον προσδιορισμό της δυναμικής των κατασκευών.

Το όργανο καταγραφής ισχυρών κινήσεων, ‘MR2002’, είναι ένας συμπαγής, τριαξονικός επιταχυνσιογράφος που μπορεί να λειτουργήσει σε αυτόνομη βάση ή να συνδεθεί σε ένα δίκτυο. Ένας εξωτερικός αισθητήρας (MS200x) συνδέεται με το ‘MR2002’. Ο αισθητήρας παίρνει τη δόνηση και την μετασχηματίζει σε ένα ηλεκτρικό

σήμα που είναι ανάλογο προς την επιτάχυνση (αισθητήρες MS2002x και MS2004x) ή την ταχύτητα (MS2003x). Στο 'MR2002' αυτά τα σήματα μεταλλάσσονται συνεχώς και αποθηκεύονται στην προσωρινή μνήμη δονήσεων. Εάν η δόνηση υπερβαίνει το επίπεδο κατώτατων ορίων (τα κριτήρια ώθησης/έναρξης (trigger criteria) πληρούνται), το περιεχόμενο της προσωρινής μνήμης δονήσεων γράφεται στην εσωτερική μνήμη 'SRAM' ως συμπιεσμένο δυαδικό αρχείο. Η μνήμη 'SRAM' υποστηρίζεται από μια μπαταρία λιθίου.

Το MR2002 μπορεί να εξοπλιστεί με μια προαιρετική συσκευή μαζικής αποθήκευσης (ATA Flash Card), στην οποία αντιγράφονται τα στοιχεία. Η μνήμη 'SRAM' χρησιμοποιείται έπειτα ως προσωρινή μνήμη μόνο. Η κάρτα (ATA Flash Card) μπορεί να αφαιρεθεί και να διαβιβαστεί σε μια κεντρική θέση για την ανάλυση ή τα στοιχεία μπορούν να μεταφορτωθούν επάνω σε ένα φορητό lap-top στον τομέα για την άμεση ανάλυση. Πιο αναλυτικά, η επιλογή πρόσθεσης κάρτας (Red Safe option), προσθέτει μια mass-storage συσκευή (ATA-Flash card) στο MR2002. Η μνήμη των 2 MByte χρησιμοποιείται για την προσωρινή αποθήκευση των στοιχείων. Οργανώνεται ως προσωρινή μνήμη δονήσεων και περιέχει, ανάλογα με το μέγεθος αρχείων, τα τελευταία 2 MBytes ή τα τελευταία 255 αρχεία. Αυτά τα αρχεία είναι διαθέσιμα για να μεταφερθούν μέσω της διεπαφής RS-232. Τα αρχεία στην κάρτα μπορούν να χρησιμοποιηθούν με την είσοδο της κάρτας στον υπολογιστή.

Στον υπολογιστή τα αρχεία στοιχείων αποσυμπίεζονται και μπορούν να αναλυθούν με το πακέτο λογισμικού 'VIEW 2002'. Το 'MR2002' μπορεί να διαμορφωθεί για διαφορετικές εφαρμογές με τον καθορισμό των παραμέτρων μέτρησης (π.χ. τρόπος ώθησης (trigger mode), χρόνος καταγραφής, κ.λπ.) χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα 'WINCOM'.

Οι βασικότεροι παράμετροί του οργάνου MR2002, της 'SYSCOM' είναι οι ακόλουθοι:

ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ	ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗΣ
ΡΥΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	500 δείγματα ανά δευτερόλεπτο
ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	1 bis 160 Hz
ΠΛΑΤΟΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΗΣ	0.0001 bis 100 mm/s



Εικόνα 4.8: Καταγραφικό σύστημα 'MR2002' και τριαξονικός αισθητήρας επιτάχυνσης

Υπομονάδες (Processor Module)

- Μικροελεγκτής: Hitachi H8S/2357F

Σταθερό τμήμα λογισμικού (Firmware) : πολλαπλών επεξεργασιών, ταυτόχρονη απόκτηση στοιχείων και εξέταση.

- Όριο (Alarm trigger) προειδοποίησης παρόμοιο με την το όριο ενεργοποίησης γεγονότος (event trigger).
 - αρχή ορίου ενεργοποίησης
 - άξονες X, Y και ζ
 - λειτουργικοί μέθοδοι (Operating modes) ή συνδυασμός μεμονωμένων καναλιών
 - επιλογή κατώτατων ορίων: 0,5 - 100% της πλήρους κλίμακας
- Εσωτερική ακρίβεια ρολογιών: 20 ppm, με την υποστήριξη μπαταριών
- Μνήμη 2 MByte 'SRAM' επί του οργάνου, με την υποστήριξη μπαταριών

Συμπίεση στοιχείων σχήματος στοιχείων, φραγμός επιγραφών που ακολουθείται από τους φραγμούς στοιχείων

Ανάλυση: 14, 16, 18 ή 20 Bit.

Χρονικός χρήστης προ-γεγονότος επιλέξιμος(Pre-event time User selectable):

1- 30 sec's, σε ενός δευτερολέπτου βήματα.

Χρονικός χρήστης μετα-γεγονότος επιλέξιμος: 1-80 SEC, sec's, σε ενός δευτερολέπτου βήματα.

Mass-storage σταθερό τμήμα λογισμικού (Firmware) υποστήριξη για την περιττή αποθήκευση δεδομένων στην ATA-Flash card.

- Χρόνος καταγραφής περίπου 20 λεπτά/MByte στα 200 s-1 ποσοστό δείγματος
Οι περισσότερες παράμετροι προσδιορίζονται χρησιμοποιώντας το λογισμικό 'WINCOM'. Έτσι, το 'MR2002' ορίζεται να καταγράψει οποιεσδήποτε μετακινήσεις πάνω από το προσδιορισμένο κατώτατο όριο.

Προσαρμογή των αξόνων σύμφωνα με την κατεύθυνση της επιτάχυνσης

Η επιτάχυνση είναι ένα διανυσματικό μέγεθος που ορίζεται ως τον ρυθμό με τον οποίο ένα αντικείμενο αλλάζει την ταχύτητά του.

Έχει πάντα μια κατεύθυνση συνδεδεμένη με αυτό .

Η κατεύθυνση του διανύσματος της επιτάχυνσης εξαρτάται από δύο παράγοντες:

- Εάν το αντικείμενο επιταχύνει ή επιβραδύνει και
- Εάν αυτό κινείται στη θετική ή αρνητική κατεύθυνση.

Όταν η επιτάχυνση εφαρμόζεται σε έναν αισθητήρα με κινούμενη μάζα, η οποία αποκρίνεται αναλογικά στην επιτάχυνση, το πλαίσιο του αισθητήρα επιταχύνεται σε μια κατεύθυνση, ενώ η επίδραση της αδρανούς δύναμης (inertial force) στη μάζα το κινεί στην αντίθετη κατεύθυνση.

Προσανατολισμός των σημάτων του αισθητήρα - καταγραφικού 'SYSCOM'

Ο προσανατολισμός του άξονα του αισθητήρα 'SYSCOM', αντιστοιχεί σε ένα δεξιόστροφο ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων. Δεδομένου ότι η πολικότητα κάθε άξονα μπορεί να επιλεγεί από τον χρήστη, είναι δυνατό ο προσανατολισμός να αλλάξει για να διευθετήσει την κατάσταση της επιλεγμένης, από τον χρήστη, πολικότητάς.

Πίνακας 4.1 : Κατάλογος MR2002 για διαφορετικού τύπου αισθητήρα

MS2002+	Mounting surface	Type	DSP filter bd.	Analog filter bd.
Horizontal	Floor	Internal	$X,Y,Z = 0,0,0$	$X,Y,Z = 1,1,1$
Horizontal	Floor	External	$X,Y,Z = 1,0,0$	$X,Y,Z = 0,1,1$
Vertical	Wall	Internal	$X,Y,Z = 0,1,0$	$X,Y,Z = 1,0,1$
Vertical	Wall	External	$X,Y,Z = 1,1,0$	$X,Y,Z = 0,0,1$
MS2004+	Mounting surface	Type	DSP filter bd.	Analog filter bd.
Horizontal	Floor	External	$X,Y,Z = 0,0,1$	$X,Y,Z = 1,1,0$
Vertical	Wall	External	$X,Y,Z = 0,0,0$	$X,Y,Z = 1,1,1$

4.3 Η ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Η μελέτη δομικής σεισμικής επικινδυνότητας διεξήχθη στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων της πόλης των Χανίων. Πιο συγκεκριμένα μελετάται δεξαμενή πρωτοβάθμιας καθίζησης της εγκατάστασης.



Εικόνα 4.9: Αεροφωτογραφία εγκαταστάσεων βιολογικού καθαρισμού Χανίων [23]



Εικόνα 4.10: Η υπό μελέτη δεξαμενή καθίζησης

Οι μετρήσεις δυναμικής ανάλυσης έγιναν χρησιμοποιώντας όργανα καταγραφής επιτάχυνσης (της εταιρείας 'SYSCOM') και τους αντίστοιχους αισθητήρες τους.

Τα όργανα τοποθετήθηκαν δίπλα στα τοιχώματα της κυκλικής δεξαμενής, σε οριζόντιο και σταθερό επίπεδο.

Η δεξαμενή που εξετάστηκε, αποτελεί δεξαμενή με τροφοδοσία από το κέντρο. Επίσης στο κέντρο της σχεδιάζεται ένας κυλινδρικός χώρος τροφοδότησης με στόχο την μείωση της ταχύτητας των λυμάτων και την ομοιόμορφη διανομή τους προς κάθε κατεύθυνση. Η αφαίρεση της λάσπης γίνεται με κατάλληλη ξέστρα σάρωσης του πυθμένα και προώθησης της λάσπης σε μια κεντρική χοάνη απ' όπου γίνεται άντληση της. Η ξέστρα σάρωσης προσαρμόζεται σε διάταξη με βραχίονες. Η διάταξη αυτή στηρίζεται σε περιστρεφόμενη γέφυρα (εικόνα 4.11) που διέρχεται από το κέντρο της δεξαμενής.

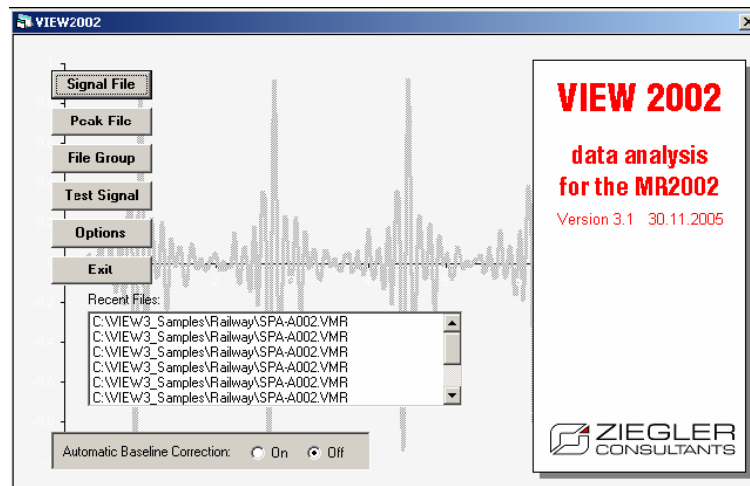


Εικόνα 4.11: Περιστρεφόμενη γέφυρα δεξαμενής καθίζησης

4.4 ΤΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ 'VIEW 2002'

4.4.1 Εισαγωγικά στοιχεία για το πρόγραμμα

Το πρόγραμμα 'View 2002', είναι ένα λογισμικό αξιολόγησης στοιχείων, που δημιουργήθηκε συγκεκριμένα για το όργανο καταγραφής δόνησης 'MR2002-CE'. Αποτελεί εργαλείο απεικόνισης και επεξεργασίας σημάτων (data signals) που καταγράφονται στο MR2002 σας και για να φέρει εις πέρας ένα μεγάλο αριθμός αξιολογήσεων όπως την ολοκλήρωση, ανάλυση συχνότητας ή τον υπολογισμό της απόσβεσης. Το 'View 2002' είναι εύχρηστο, υλοποιώντας την κάθε επεξεργασία, με το πάτημα στην ανάλογη, σε κάθε περίπτωση, εντολή. Το αποτέλεσμα επιδεικνύεται αμέσως ως γραφική παράσταση στην οθόνη και μπορεί άμεσα να τυπωθεί ή να αντιγραφεί σε άλλο πρόγραμμα των windows.



Το πρόγραμμα 'View 2002' ξεκινάει με το παράθυρο (σχέδιο) που παρουσιάζει τους πέντε κύριους τομείς του προγράμματος:

- Στο 'Signal file' τα μεμονωμένα/ξεχωριστά σήματα παρουσιάζονται και υποβάλλονται σε επεξεργασία. Εδώ, οι καταγεγραμμένες δονήσεις απεικονίζονται/εμφανίζονται σε μορφή διαγράμματος, οι μετατοπίσεις και οι επιταχύνσεις υπολογίζονται και η ανάλυση συχνότητας εκτελείται.

- Στην επιλογή 'Peak file' εμφανίζονται και επεξεργάζονται οι 'background' καταγραφές υποβάθρου (δηλ. τα αρχεία που καταγράφηκαν από το MR2002). Οι καταγραφές υποβάθρου παρουσιάζουν μια επισκόπηση των δονήσεων.
- Με την επιλογή 'File group', μεγάλος αριθμός αρχείων μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία και να αξιολογηθούν. Εδώ δημιουργούνται λίστες με τις τιμές κορυφής (peaks) και τις στατικές τους αξιολογήσεις, μέσο φάσμα, γραφικές παραστάσεις πλάτους συναρτήσεως συχνότητας και άλλες αξιολογήσεις αρχείων. Σημαντική λειτουργία αποτελεί η αξιολόγηση σύμφωνα με τους εθνικούς κώδικες.
- Η επιλογή 'Test Signal' παρέχει την δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει ένα δημιουργίας τεχνητό σήμα και στη συνέχεια να εξετάσει τις φόρμες (processing routines) επεξεργασίας του σήματος.
- Η επιλογή 'Options' χρησιμοποιείται για να οριστούν οι κατάλληλοι παράμετροι στο πρόγραμμα.

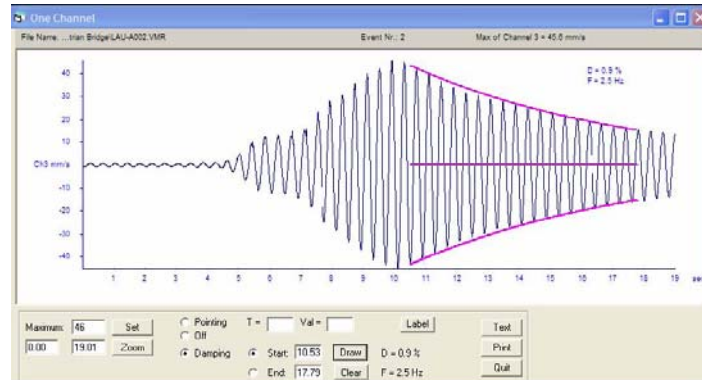
Στη συνέχεια περιγράφονται λεπτομερώς τα πέντε κύρια τμήματα του 'View 2002'.

• SIGNAL FILE

FILE MENU:

Menu	Submenu	Περιγραφή
Αρχείο	Open VMR-file	Ανοίγει ένα αρχείο σημάτων που καταγράφηκε με έναν αισθητήρα ταχύτητας. Η κατάληξη 'VMR' αναφέρεται σε όργανο καταγραφής ταχύτητας. Εισάγετε το όνομα αρχείων ή επιλέξτε από το πλαίσιο διαλόγου αρχείων.
	Open SMR-file	Ανοίγει ένα αρχείο σημάτων που καταγράφηκε με έναν αισθητήρα επιτάχυνσης. Η κατάληξη/επέκταση 'SMR' αναφέρεται σε ισχυρό όργανο καταγραφής ισχυρών κινήσεων.
	Open XMR-file	Ανοίγει ένα αρχείο σημάτων που καταγράφηκε με έναν αισθητήρα επιτάχυνσης και ένα 'MR2002' με το εύρος στοιχείων 24-bit.
	Open VMX-file	Ανοίγει ένα 'peak file' που καταγράφηκε με έναν αισθητήρα ταχύτητας.

Η επιλογή 'One Channel', προσφέρει τη δυνατότητα να υπολογιστεί η απόσβεση.



TIME DOMAIN MENU:

Menu	Submenu	Περιγραφή
Time Domain	Base Line Correction	Εκτελεί τη διόρθωση ευθυγράμμισης 'baseline'. Δε χρειάζεται να επιλεγεί αν έχει επιλεγεί πριν στο αρχικό menu.
	Vector Sum	Υπολογίζει το άθροισμα των διανυσμάτων (v_{res}). $v_{res} = (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)^{1/2}$
	Displacement	Υπολογίζει τη μετατόπιση, από την ταχύτητα με ολοκλήρωση, ή από την επιτάχυνση με διπλή ολοκλήρωση. Γενικά συστήνεται να χρησιμοποιηθεί η επιλογή "High Pass Filter" για την αποφυγή κλίσης της ευθυγράμμισης.
	Velocity	Υπολογίζει την ταχύτητα από την επιτάχυνση, με ολοκλήρωση.
	Acceleration	Υπολογίζει την επιτάχυνση από την ταχύτητα με παραγωγή. Γενικά συστήνεται να χρησιμοποιηθεί η επιλογή "High Pass Filter" για να αποφευχθούν τυχόν μη ρεαλιστικές αιχμές.
	Moving Average	Υπολογίζει τον Μεταβαλλόμενο μέσο όρο για μια διευκρινισμένη χρονική σταθερά.
	Channel Sum	Προσθέτει ή αφαιρεί δύο ορισμένα κανάλια (channels). Αρχικά υπολογίζει την συχνότητα περιστροφής (torsional) μιας γέφυρας χρησιμοποιώντας δύο μονοαξονικούς αισθητήρες σε κάθε πλευρά μιας διατομής. Το άθροισμα των δύο αυτών σημάτων αντιπροσωπεύει τη περιστροφική κίνηση και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογίσει τη συχνότητα περιστροφής.

FREQUENCY ANALYSIS:

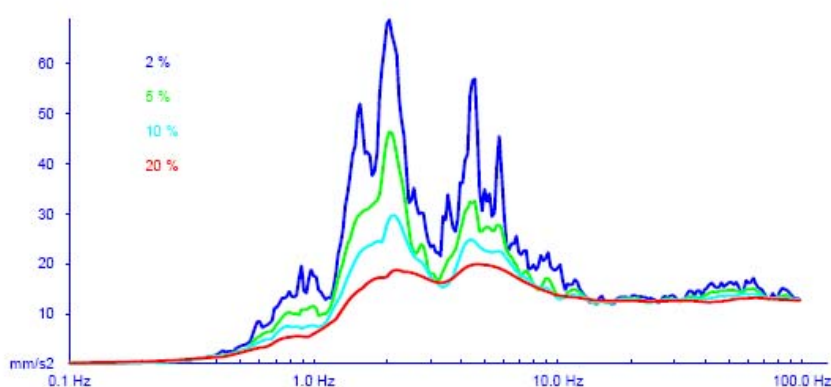
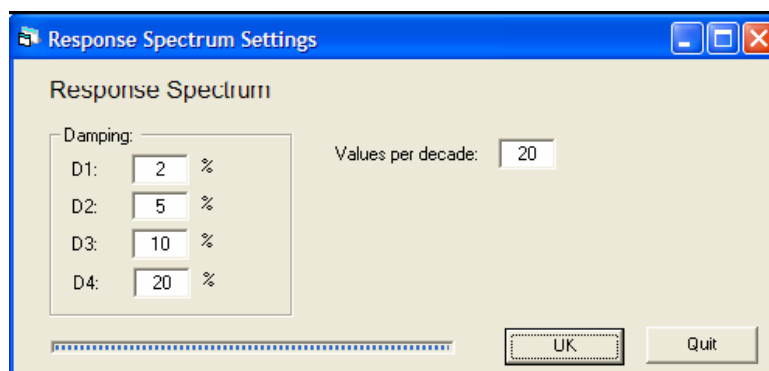
Option	Setting	Περιγραφή
Spectrum (φάσμα)	Amplitude (Εύρος/Πλάτος)	Εύρος φάσματος χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο FFT. Οι τιμές που εμφανίζονται αντιπροσωπεύουν τα εύρη/πλάτη ανά μονάδα Fourier και όχι ανά Hz
	Power (Δύναμη)	Φάσμα δύναμης που χρησιμοποιεί το FFT. Υπολογίζεται ως το άθροισμα πραγματικού και φανταστικού μέρους που εξισορροπείται με τον μετασχηματισμό Fourier. Η τετραγωνική ρίζα του φάσματος δύναμης υπολογίζει το παραπάνω φάσμα εύρους.
	Third Octave Avg	Είναι βασισμένο στον FFT..
	Third Octave Max	Είναι βασισμένο σε FFT και αντίστροφο FFT. Τα μέγιστα αυτών των σημάτων παράγουν τις φασματικές τιμές.
Signal Adjustment (Ρύθμιση σημάτων)	Truncate	Το FFT απαιτεί ένα μήκος σήματος που να αντιστοιχεί σε μια δύναμη του 2, (δηλ. ο αριθμός δειγμάτων πρέπει να είναι 2 ..4 ..8 ..16 ή 4096 ..8192 κ.λπ....) Προκειμένου να καλυφθεί αυτή η απαίτηση το σήμα είναι περικομμένο. Το View 2002 αποκόπτει την αρχή και το τέλος του σήματος και αφήνει το κεντρικό μέρος του σήματος.
	Stuff with Zero	Αντί της αποκοπής του σήματος.
Window	No Window	Αρκετά συχνά, σήματα αναλύουμε, δεν τελειώνουν με μηδενικές τιμές, αλλά σταματούν απότομα λόγω του περιορισμένου χρόνου καταγραφής. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε δευτερεύοντα λάθη στην ανάλυση συχνότητας.
	Hanning	Με το παράθυρο "Hanning" αυτή η επίδραση μπορεί να μειωθεί. Το σήμα πολλαπλασιάζεται με ένα συνημίτονο, και έτσι ομαλοποιούνται οι άκρες/τέλος του σήματος σε μηδέν.

Με την επιλογή 'Concatenate' τα μεμονωμένα αρχεία μπορούν να ενωθούν σε ένα να μεγάλο αρχείο. Το file list box του signal window επιδεικνύει όλα τα signal files στον ενεργό κατάλογο. Προκειμένου να τα ενώσουμε σε ένα signal file, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την εντολή All ή να ανοίγουμε κάθε αρχείο χωριστά και να το προσθέτουμε σε ένα "Concatenate" (ενωμένο) αρχείο.

CONCATENATE MENU:

Menu	Submenu	Περιγραφή
Concatenate	All	Επισυνάπτει όλο το σήμα του καταλόγου αρχείων σε ένα ενιαίο ('Concatenate') αρχείο
	Append	Επισυνάπτει το ενεργό σήμα στο ενιαίο('Concatenate') αρχείο.
	Display	Επιδεικνύει το ενιαίο ('Concatenate') αρχείο

Με την επιλογή 'RSP' (the response spectrum), μπορεί να υπολογιστεί το φάσμα ενός σήματος. Η επιλογή 'RSP' ανοίγει το παράθυρο που παρουσιάζεται στο σχέδιο. Συνήθως οι τέσσερις τιμές απόσβεσης μπορούν να μείνουν όπως είναι. Με υψηλότερη τιμή ανά δεκάδα, τα αποτελέσματα είναι πιο λεπτομερή.



- **PEAK FILE**

FILE MENU:

Menu	Submenu	Περιγραφή
File	Open VMX-File	Ανοίγει ένα peak file που έχει καταγραφεί από έναν αισθητήρα ταχύτητας.
	Print	Ανοίγει την προεπισκόπηση εκτύπωσης.

VIEW MENU:

Menu	Submenu	Περιγραφή
View	Header Info	Εμφανίζει και τυπώνει τις πληροφορίες των επικεφαλίδων που αποθηκεύονται μαζί με κάθε MR- file.
	List	Παρουσιάζει τα δεδομένα των τριών αξόνων (channels) σε μορφή πίνακα. Με αυτό τον τρόπο μπορούν τα δεδομένα να εξαχθούν ως αρχείο κειμένου (text file), χρησιμοποιώντας την επιλογή Save as.

Με την επιλογή 'Concatenate', τα μεμονωμένα αρχεία μπορούν να ενωθούν σε ένα. Το file list box του peakl window επιδεικνύει όλα τα peak files στον ενεργό κατάλογο. Προκειμένου να τα ενώσουμε σε ένα signal file, ανοίγουμε κάθε αρχείο χωριστά και το προσθέτουμε σε ένα "Concatenate" (ενωμένο) αρχείο.

- **FILE GROUP**

Η συγκεκριμένη λειτουργία του προγράμματος αποτελεί σημαντικό εργαλείο για να αξιολόγησης πολλών δεδομένων, σε πολύ λίγο χρόνο. Επίσης αναλύει και χειρίζεται πάντα όλα τα αρχεία που βρίσκονται στον κατάλογο που έχει επιλεχθεί. Πρέπει όλα τα αρχεία που χρειαζόμαστε, και όχι άλλα, να είναι στον κατάλογο που πρόκειται να εργαστούμε.

4.4.2 Τεχνική περιγραφή του προγράμματος view 2002

Διόρθωση ευθυγράμμισης

Το πρόγραμμα 'VIEW 2002' προσφέρει τρεις άξονες διόρθωσης ευθυγράμμισης (Base Line): τον αριθμητικό μέσο ('Mean'), τον σταθερό και τον γραμμικό.

- Αριθμητικός μέσος ('Mean'): Ένας σταθερός όρος αφαιρείται από το σήμα, έτσι ώστε η μέση αξία του σήματος είναι ίση με μηδέν.

$$v_{BC,i} = v_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i$$

$v_{BC,i}$ = διορθωμένο σήμα (i- sample)

v_i = αρχικό σήμα (i- sample)

n = αριθμός δειγμάτων

- Σταθερός ('Constant'): Ένας σταθερός όρος A - που αντιστοιχεί στη μέση αξία του πρώτου δευτερολέπτου του σήματος - αφαιρείται από το σήμα.

$$v_{BC,i} = v_i - A$$

A = μέση τιμή του 1ου δευτερολέπτου του σήματος

- Γραμμικός ('Linear'): Ένας γραμμικός όρος, βασισμένος στην τιμή του πρώτου δευτερολέπτου (A) και τη μέση τιμή του τελευταίου δευτερολέπτου του σήματος (B), αφαιρείται από το σήμα.

$$v_{BC,i} = v_i - \left(A + \frac{B - A}{nns} \cdot i \right)$$

A = μέση τιμή του 1ου δευτερολέπτου του σήματος

B = μέση τιμή του 1ου δευτερολέπτου του σήματος

nns = αριθμός δειγμάτων

Διανυσματικό άθροισμα

Οι συνιστώσες X , Y , και Z αθροίζονται διανυσματικά.

$$v_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}$$

Υπολογισμός της μετατόπισης (από την ταχύτητα)

Το σήμα μετατοπίσεων λαμβάνεται από την αριθμητική ολοκλήρωση του σήματος ταχύτητας για να ελαχιστοποιήσει τα λάθη ολοκλήρωσης.

$$d_{i+1} = d_i + v_{i+1} \cdot \Delta t$$

Υπολογισμός της ταχύτητας (από την επιτάχυνση)

Ίδια διαδικασία όπως περιγράφεται στον υπολογισμό της μετατόπισης.

Υπολογισμός της μετατόπισης (από την επιτάχυνση)

Ίδια διαδικασία όπως περιγράφεται στον υπολογισμό της μετατόπισης. Εφαρμόζεται δύο φορές.

Υπολογισμός της επιτάχυνσης (από την ταχύτητα)

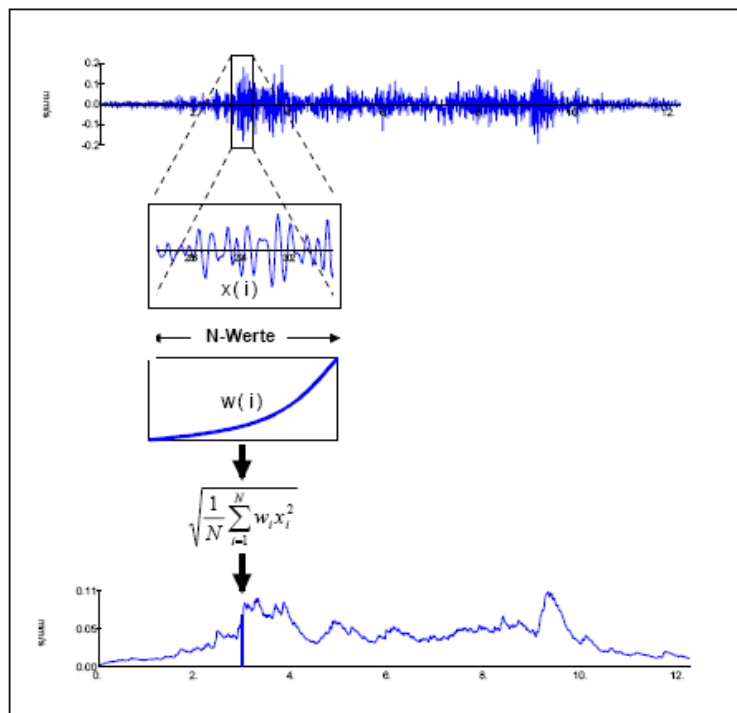
Το σήμα επιτάχυνσης λαμβάνεται από την αριθμητική διαφοροποίηση του σήματος ταχύτητας.

$$a_{i+1} = (v_{i+1} - v_i) / \Delta t$$

Μεταβαλλόμενος μέσος όρος (Moving Average)

Ένα 'moving window' του επιλέξιμου μήκους χρησιμοποιείται για να λειάνει το σήμα. Για το ορθογώνιο παράθυρο οι τιμές μέσα στο παράθυρο αθροίζονται σύμφωνα με τη μέθοδο 'RMS' (μέση τετραγωνική τιμή). Για το εκθετικό παράθυρο η διαδικασία που δίνεται για την αξιολόγηση της εξίσωσης είναι η ακόλουθη σχέση.

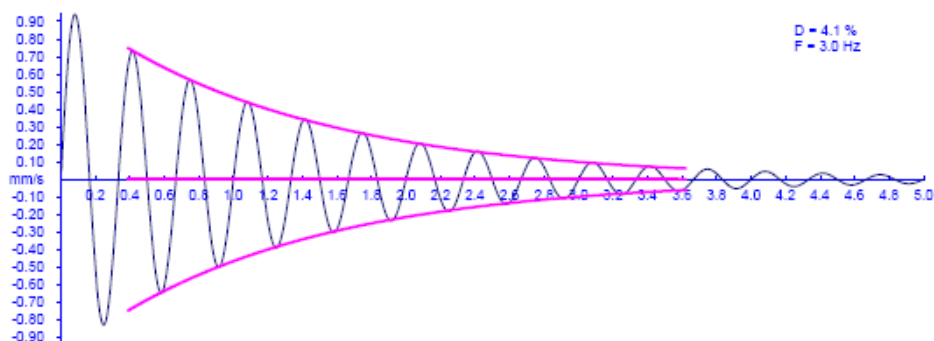
$$v_{eff}(t) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_{\xi=0}^t e^{-\frac{t-\xi}{\tau}} v^2(\xi) d\xi}$$



Εικόνα 4.13: Διαδικασία που χρησιμοποιείται για το “Moving Average with exponential window”

Κρίσιμη απόσβεση

Η κρίσιμη απόσβεση λαμβάνεται με τον υπολογισμό της εκθετικής εξασθένησης μεταξύ δύο μέγιστων σε ένα διευκρινισμένο τμήμα σημάτων. Η καμπύλη εξασθένησης σχεδιάζεται πάνω από το σήμα προκειμένου να εξασφαλιστεί ένας οπτικός έλεγχος στην καταλληλότητα της υπολογισμένης αξίας απόσβεσης.



Εικόνα 4.14 : Καμπύλη εξασθένησης

Η αξιολόγηση απόσβεσης, με το πρόγραμμα View 2002, χρησιμοποιεί το πρότυπο του συστήματος μονοβάθμιας ελευθερίας (single-degree-of-freedom). Μια μείωση / εξασθένηση (decay) του τύπου χρησιμοποιείται.

$$x(t) = A_0 e^{-D\omega t} \sin(\omega t + \varphi)$$

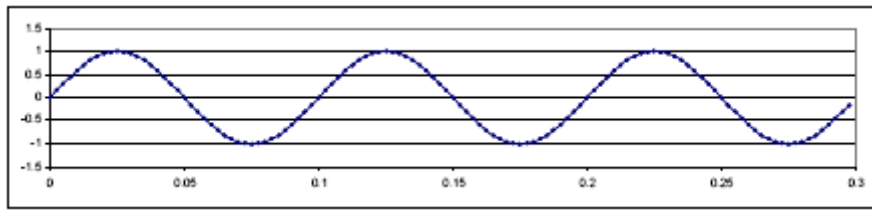
Ο χρήστης επιλέγει δύο αιχμές A1 και A2, και το View 2002 αυξάνει την 'D' από το μηδέν με βήματα 0,001, μέχρι να ικανοποιηθεί η συνθήκη.

$$1 - e^{-D\omega(t_2 - t_1)} > \frac{A_1 - A_2}{A_1}$$

Η απόσβεση 'D' δηλώνεται ως τοις εκατό της κρίσιμης απόσβεσης. Η κατ' εκτίμηση συχνότητα είναι βασισμένη στον αριθμό των μηδενικών διασταυρώσεων μέσα στο διευκρινισμένο τμήμα σημάτων.

Μετασχηματισμός 'Fourier'

Η αντιπροσώπευση ενός σήματος δόνησης στην αποκαλούμενη "χρονική περιοχή" (Time Domain), δίνει την δυνατότητα εμβάθυνσης στις ιδιότητες ενός σήματος και την κατανόηση της δομής εκτελώντας την. Η σημαντικότερη διαδικασία στην 'περιοχή αξιολόγησης' (time domain) είναι ο ιδιαίτερος μετασχηματισμός 'Fourier' (DFT). Ο 'DFT' έχει επιτύχει μια τόσο σημαντική αποδοχή στην επεξεργασία ψηφιακού σήματος, που απαιτείται τουλάχιστον μια γενική κατανόηση των ελλοχευουσών αρχών για την επιτυχή αξιολόγηση των σημάτων. Έστω ότι ερευνάται μια ψηφιακή δόνηση, ως χρονική σειρά που αρχίζει από 0 έως N-1. Εάν αυτή η δόνηση έχει καταγραφεί με ένα ποσοστό δειγματοληψίας 400 δειγμάτων ανά δευτερόλεπτο κατά τη διάρκεια 0,3 δευτερολέπτων λαμβάνουμε τις 120 τιμές που παρουσιάζονται στο σχέδιο 5.3 ως σημεία στοιχείων. Η συχνότητα αυτής της αρμονικής κίνησης είναι ο αριθμός ημιτονοειδών κυμάτων που διαιρούνται με τη διάρκεια(δηλ. $3/0,3 \text{ s} = 10 \text{ Hz}$).

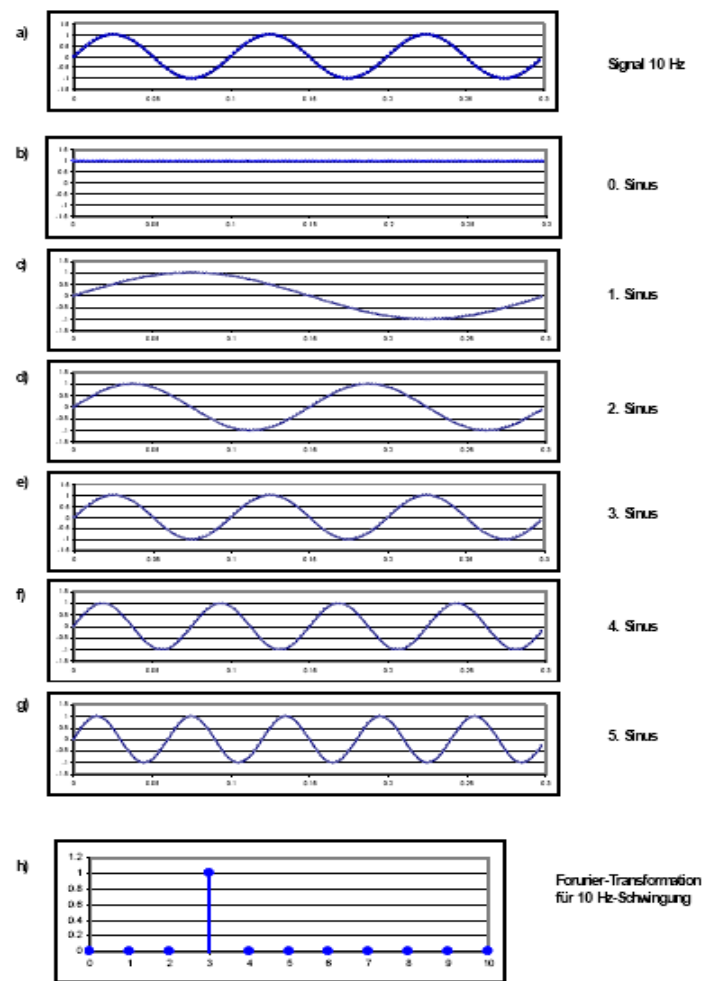


Εικόνα 4.15 : Αρμονική κίνηση 10Hz διάρκειας 0.3 δευτερολέπτων

Ο 'DFT' ορίζεται ως:

$$X(m) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-i2\pi mn / N}$$

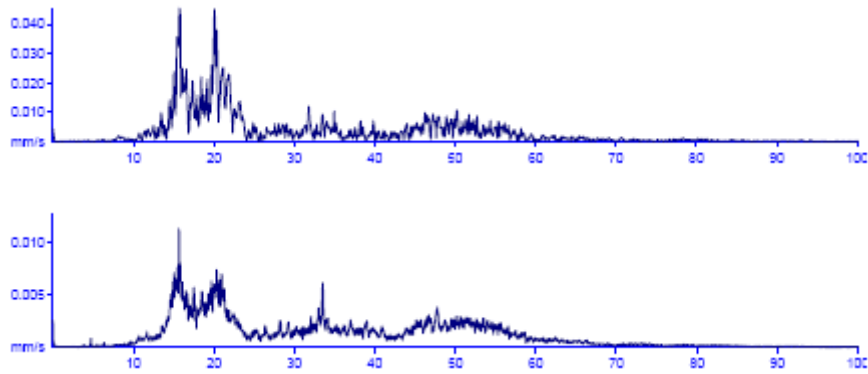
Το $X(m)$ αντιπροσωπεύει τους όρους της μεθόδου 'Fourier' και το m είναι ο δείκτης των όρων 'Fourier'. Αρχίζουν, όπως οι χρονικές σειρές, συνήθως από το 0 μέχρι το $N-1$, δηλ. N όροι 'Fourier' $X(0)$, $X(1)$, $X(2)$.. μέχρι το $X(N-1)$. Κάθε όρος 'Fourier' έχει ένα πραγματικό και φανταστικό μέρος. Το φάσμα δύναμης (power spectrum) λαμβάνεται με την προσθήκη του τετραγώνου του πραγματικού και του φανταστικού μέρους. Η τετραγωνική ρίζα του φάσματος δύναμης οδηγεί στο φάσμα εύρους (amplitude spectrum). Η έννοια της παραπάνω εξίσωσης μπορεί να παρουσιαστεί γραφικά με το σχέδιο της εικόνα 4. Το σχέδιο α, παρουσιάζει τη δόνηση που αναλύεται. Έχει μια συχνότητα 10 Hz και μια διάρκεια 3 δευτερολέπτων. Το b παρουσιάζει τη λειτουργία που απαιτείται για να πάρει ο '0th' όρος 'Fourier'. Είναι μια σταθερή λειτουργία με εύρος 1,0.



Εικόνα 4.16: Απεικόνιση του μετασχηματισμού 'Fourier'

Ενίσχυση συχνότητας (Frequency enhancement)

Σε μετρήσεις ιδιοσυχνότητα για ένα δομικό μέλος (π.χ. μια πλάκα σκυροδέματος), όχι μόνο μετρούνται οι ιδιοσυχνότητες, αλλά και άλλες δονήσεις που ίσως κρύβουν τις ιδιοσυχνότητες. Με μια απλή μέθοδο μπορούμε να ενισχύσουμε τις ιδιοσυχνότητες και να μειώσουμε οι διαταραχές. Επαναλαμβάνουμε ακριβώς τη μέτρηση αρκετές φορές, συνοψίζουμε τα φάσματα εύρους και διαιρούμε με τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων φασμάτων. Με αυτήν την διαδικασία, αποκαλούμενη αύξηση συχνότητας, οι ιδιοσυχνότητες ενισχύονται, επειδή συμβαίνουν συστηματικά. Η εικόνα 4.17 παρουσιάζει αυτήν την ενέργεια.



Εικόνα 4. 17 : Εξέλιξη της συχνότητας ενίσχυσης.
πάνω: εύρος πλάτους μιας καταγραφής (single record)
κάτω: μέσος όρος του εύρους πλάτους για δέκα καταγραφές

Επικρατούσα συχνότητα

Για να καθοριστεί η κυρίαρχη συχνότητα, όπως χρησιμοποιείται στην αιχμή σε αντιπαράθεση με το διάγραμμα συχνότητας, το 'VIEW 2002' προσφέρει διάφορες επιλογές. Εάν καμία επιλογή δεν επιλέγεται, η συχνότητα με το υψηλότερο εύρος θεωρείται ότι είναι η επικρατούσα συχνότητα. Αυτό δεν είναι πάντα η καλύτερη επιλογή. Με "υπερπήδηση συχνοτήτων κάτω από τα Hz" ("Skip frequencies below n Hz") οι χαμηλές συχνότητες που δημιουργήθηκαν για παράδειγμα από ένα λάθος ευθυγράμμισης, μπορεί να εξαλειφτούν. Με την "Smooth spectrum with n point box car filter" το εύρος εξομαλύνεται πριν επιλεγεί η συχνότητα με το υψηλότερο εύρος επιλέγεται. Αυτό αποβάλλει τις πλαστές αιχμές που δεν έχουν καμία σημασία για τον προσδιορισμό της επικρατούσας συχνότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ MR 2002 ΚΑΙ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ 'VIEW 2002'

5.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΔΕΚΑΛΕΠΤΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ

5.1.1 Επεξεργασία μετρήσεων βόρειας πλευράς της υπό μελέτη δεξαμενής

MR2002 - Vibration Data Evaluation							
List of selected Files							
for files: F:\iaodhζαάέδ Άείιäέείδ 15 έίδέείδ\Biologikos_boras*.xmr							
Nr.	File Name	Date	Time	Dur	Peak(1) mm/s2	Peak(2) mm/s2	Peak(3) mm/s2
1	event001.XMR	15/7/2008	10:15:49 δι	60,52	1,626	7,106	0,589
2	event002.XMR	15/7/2008	10:16:50 δι	60,98	1,783	7,781	0,770
3	event003.XMR	15/7/2008	10:17:51 δι	60,98	1,697	9,077	1,681
4	event004.XMR	15/7/2008	10:18:52 δι	60,98	2,577	9,014	1,563
5	event005.XMR	15/7/2008	10:19:53 δι	60,98	1,587	9,351	1,422
6	event006.XMR	15/7/2008	10:20:54 δι	60,98	1,343	11,189	1,634
7	event007.XMR	15/7/2008	10:21:55 δι	60,98	11,838	30,237	7,187
8	event008.XMR	15/7/2008	10:22:56 δι	60,98	8,036	22,739	5,388
9	event009.XMR	15/7/2008	10:23:57 δι	60,98	2,639	13,222	2,749
10	event010.XMR	15/7/2008	10:24:58 δι	60,98	1,170	12,469	2,309



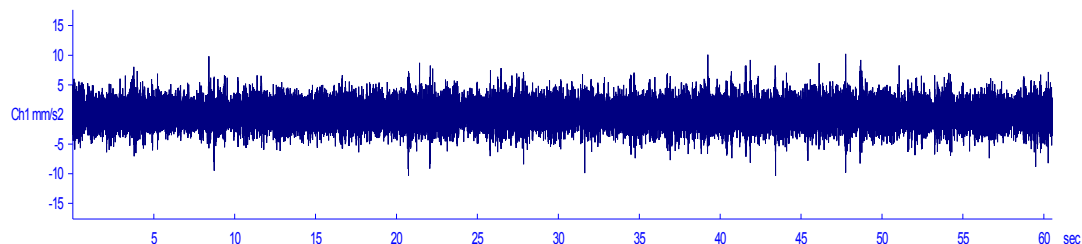
θέση καταγραφικού
βόρειας πλευράς
δεξαμενής

Παρουσίαση των 10 μονόλεπτων γεγονότων (events) που καταγράφηκαν στη βόρεια πλευρά της δεξαμενής. Για το κάθε μονόλεπτο 'event' εμφανίζονται τρία διαγράμματα, τα οποία παρουσιάζουν τα μέγιστα των διαστημάτων (maxima of the intervals) για τους τρεις άξονες.

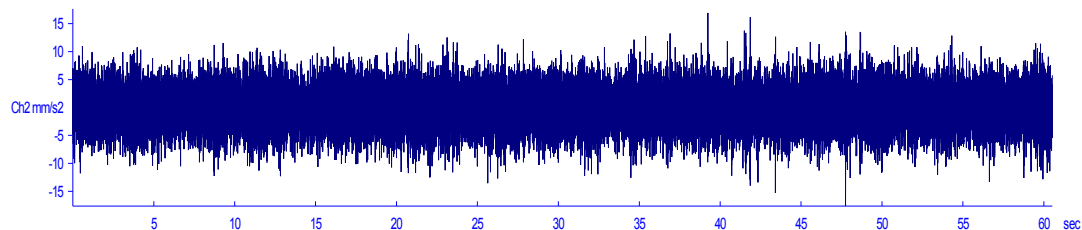
Event 1:

MR2002 - Vibration Data Evaluation					
File Name:	...ogikos_boraslevent001.XMR	Event Nr.:	1	Peak(1):	10,4 mm/s2
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	17,6 mm/s2
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:15:48 δi + 730 ms	Peak(3):	5,82 mm/s2
		Range:	0,00 - 60,52 s	RMS(1):	2,00 mm/s2
				RMS(2):	3,56 mm/s2
				RMS(3):	1,16 mm/s2

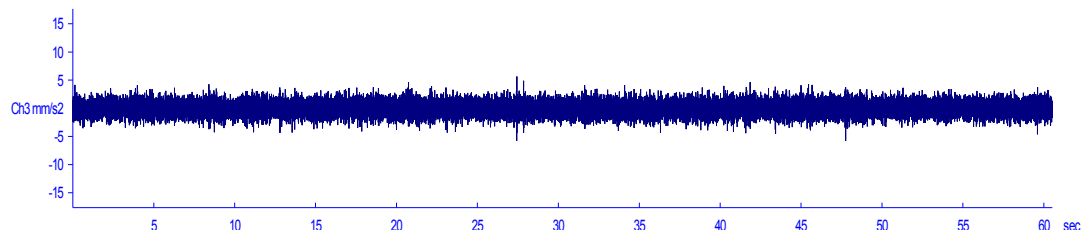
Άξονας x:



Άξονας y:



Άξονας z:

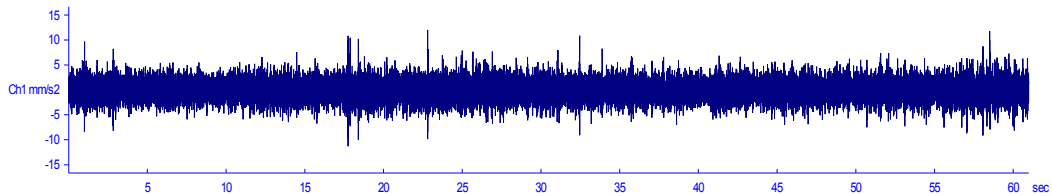


Event 2:

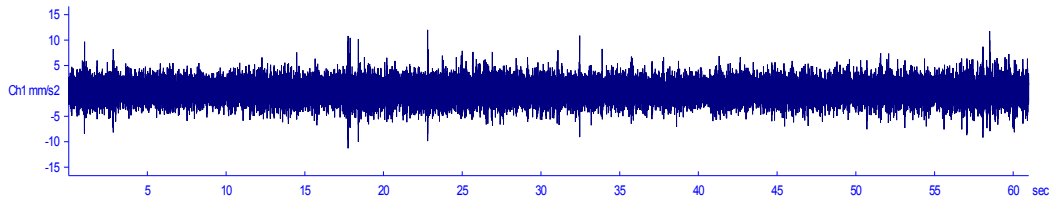
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...ogikos_boras\event002.XMR	Event Nr.:	2	Peak(1):	12,0 mm/s ²
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	16,6 mm/s ²
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:16:49 δι + 254 ms	Peak(3):	6,09 mm/s ²
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	1,96 mm/s ²
				RMS(2):	3,68 mm/s ²
				RMS(3):	1,15 mm/s ²

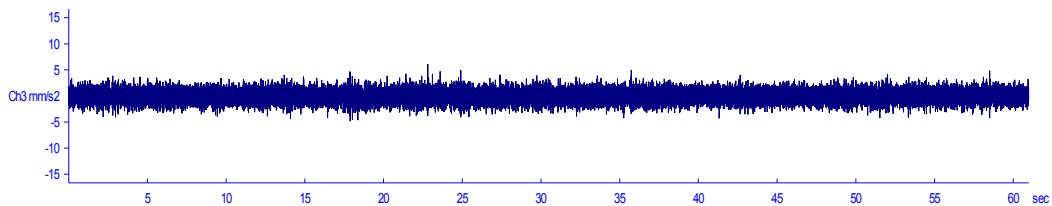
Αξονας x:



Αξονας y:



Αξονας z:

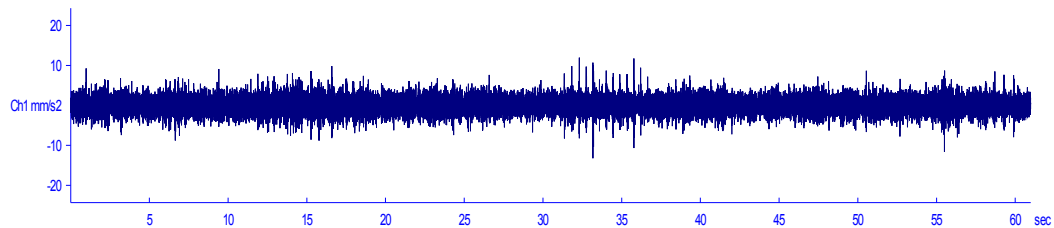


Event 3:

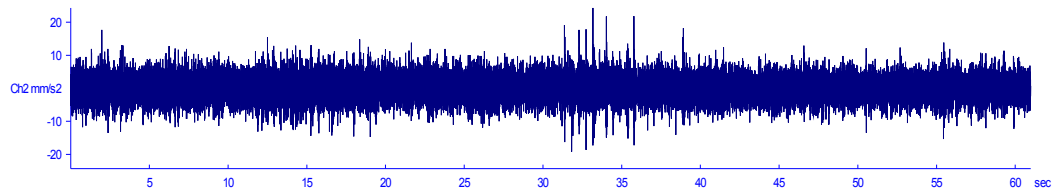
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...ogikos_boras\event003.XMR	Event Nr.:	3	Peak(1):	13,3 mm/s ²
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	24,3 mm/s ²
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:17:50 δi + 236 ms	Peak(3):	13,6 mm/s ²
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	1,99 mm/s ²
				RMS(2):	3,66 mm/s ²
				RMS(3):	1,22 mm/s ²

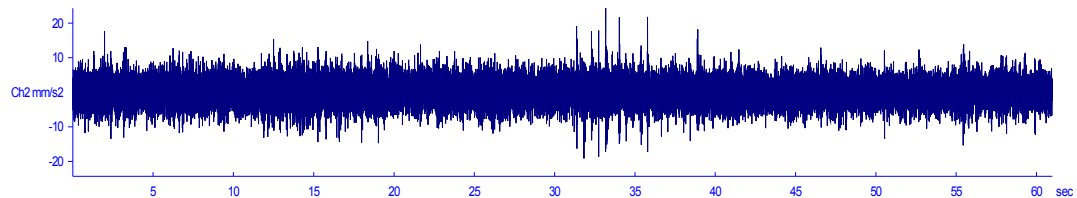
Άξονας x:



Άξονας y:



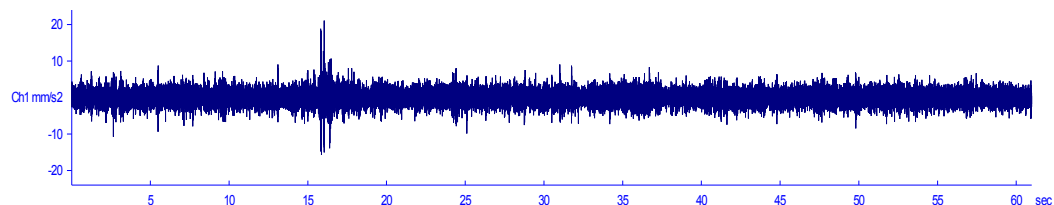
Άξονας z:



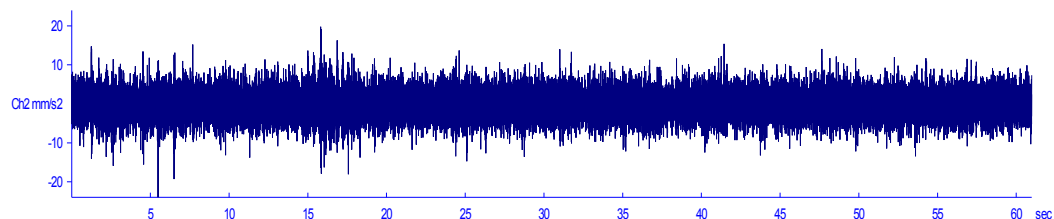
Event 4:

MR2002 - Vibration Data Evaluation					
File Name:	...ogikos_boras\event004.XMR	Event Nr.:	4	Peak(1):	21,1 mm/s ²
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	24,0 mm/s ²
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:18:51 δi + 216 ms	Peak(3):	11,4 mm/s ²
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	1,99 mm/s ²
				RMS(2):	3,55 mm/s ²
				RMS(3):	1,19 mm/s ²

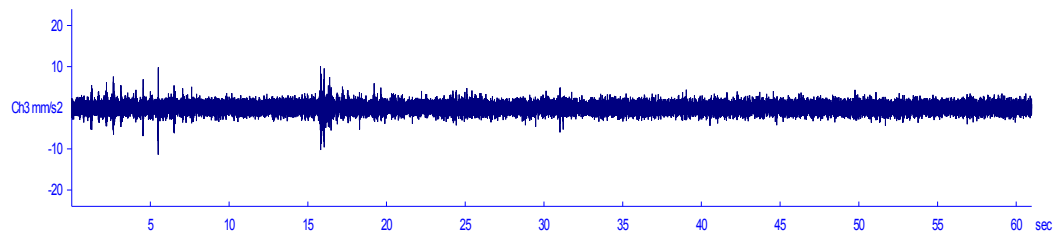
Αξονας x:



Αξονας y:



Αξονας z:

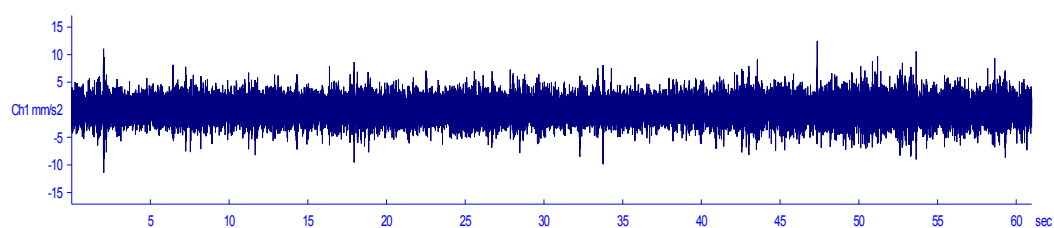


Event 5:

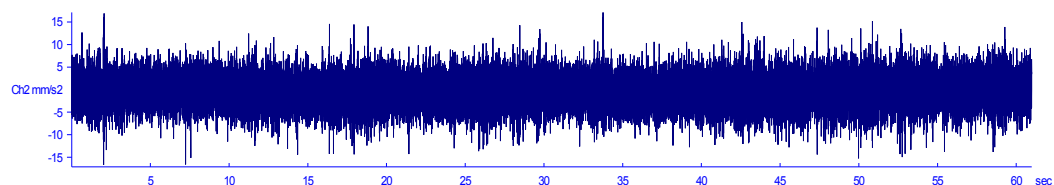
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...ogikos_boras\event005.XMR	Event Nr.:	5	Peak(1):	12,5 mm/s ²
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	17,1 mm/s ²
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:19:52 δi + 196 ms	Peak(3):	7,06 mm/s ²
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	2,01 mm/s ²
				RMS(2):	3,59 mm/s ²
				RMS(3):	1,16 mm/s ²

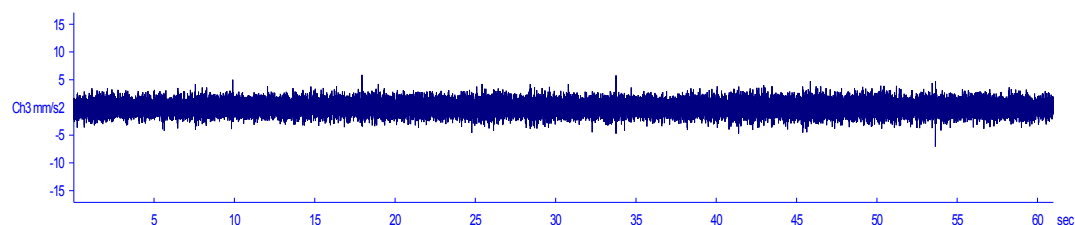
Αξονας x:



Αξονας y:



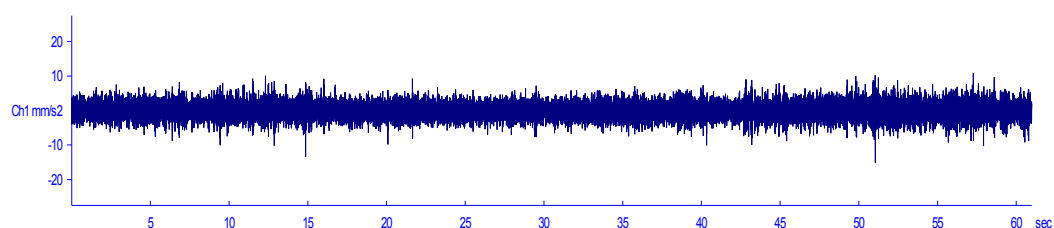
Αξονας z:



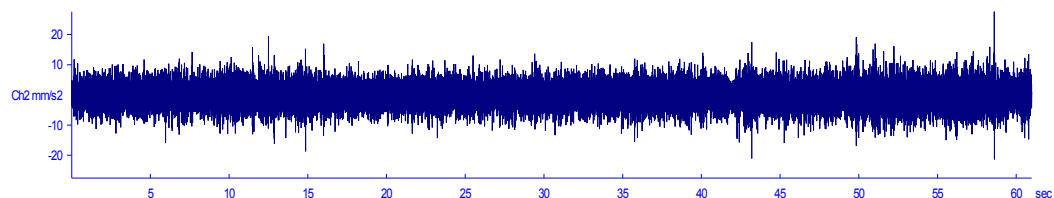
Event 6:

MR2002 - Vibration Data Evaluation					
File Name:	...ogikos_boras\event006.XMR	Event Nr.:	6	Peak(1):	15,1 mm/s2
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	27,5 mm/s2
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:20:53 δi + 178 ms	Peak(3):	5,85 mm/s2
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	2,22 mm/s2
				RMS(2):	3,90 mm/s2
				RMS(3):	1,22 mm/s2

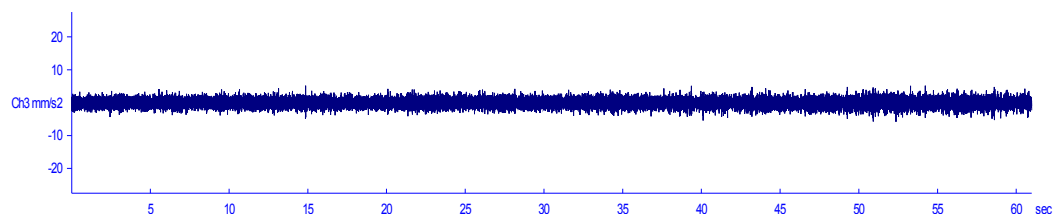
Αξονας x:



Αξονας y:



Αξονας z:

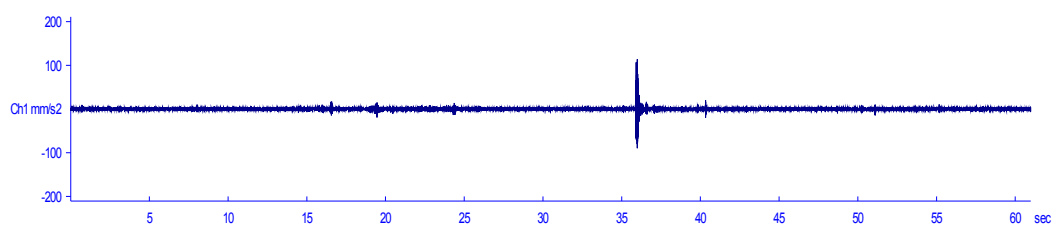


Event 7:

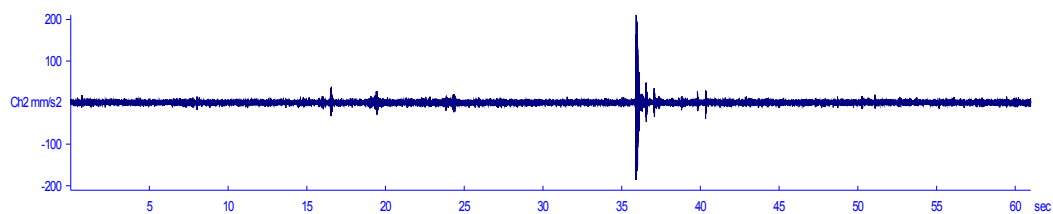
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...ogikos_boras\event007.XMR	Event Nr.:	7	Peak(1):	114 mm/s ²
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	211 mm/s ²
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:21:54 δ i + 158 ms	Peak(3):	58,4 mm/s ²
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	3,28 mm/s ²
				RMS(2):	6,66 mm/s ²
				RMS(3):	1,85 mm/s ²

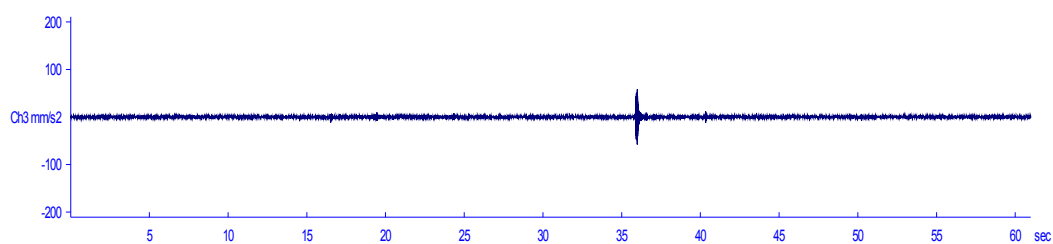
Άξονας x:



Άξονας y:



Άξονας z:

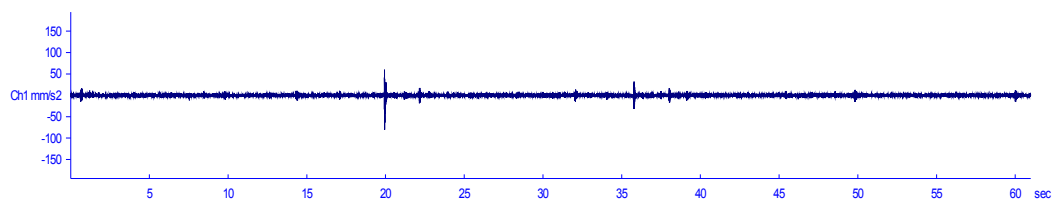


Event 8 :

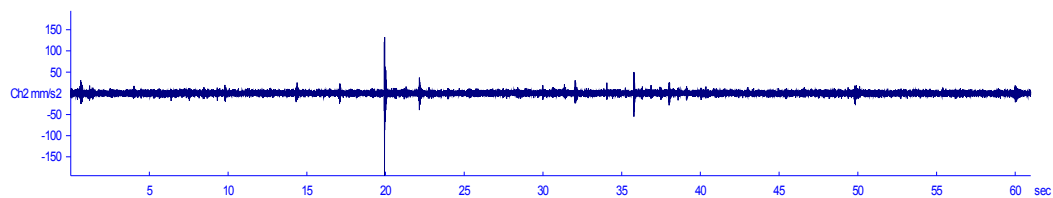
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...ogikos_boras\event008.XMR	Event Nr.:	8	Peak(1):	80,5 mm/s ²
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	194 mm/s ²
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:22:55 δi + 140 ms	Peak(3):	39,3 mm/s ²
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	2,56 mm/s ²
				RMS(2):	4,83 mm/s ²
				RMS(3):	1,43 mm/s ²

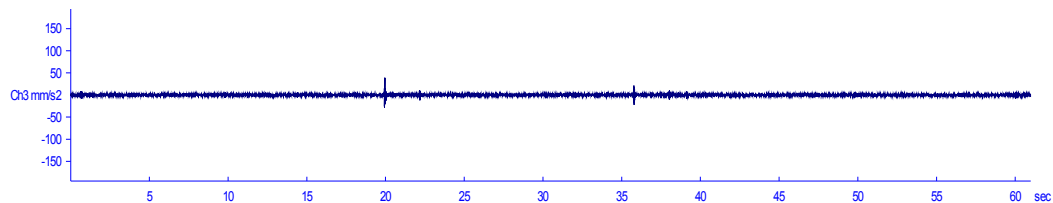
Αξονας χ:



Αξονας γ:



Αξονας z:

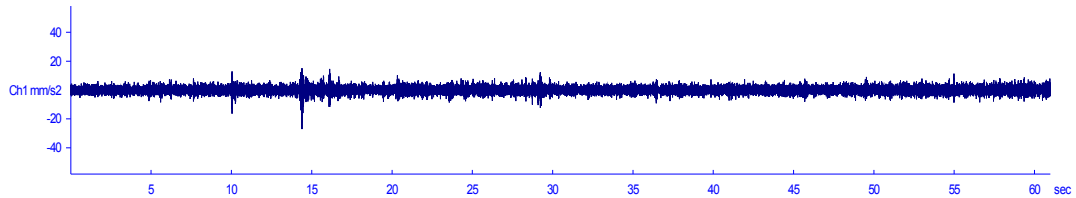


Event 9:

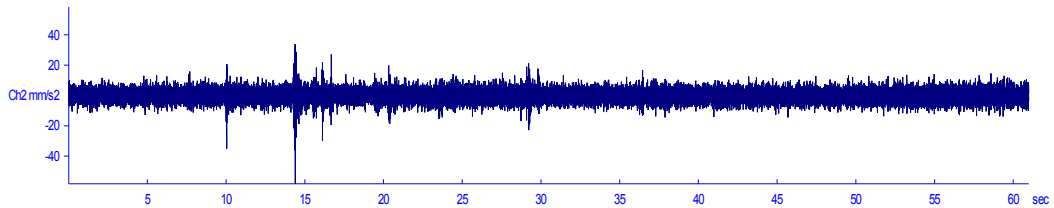
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...ogikos_boras\event009.XMR	Event Nr.:	9	Peak(1):	27,1 mm/s ²
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	58,2 mm/s ²
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:23:56 δi + 118 ms	Peak(3):	11,8 mm/s ²
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	2,22 mm/s ²
				RMS(2):	4,06 mm/s ²
				RMS(3):	1,23 mm/s ²

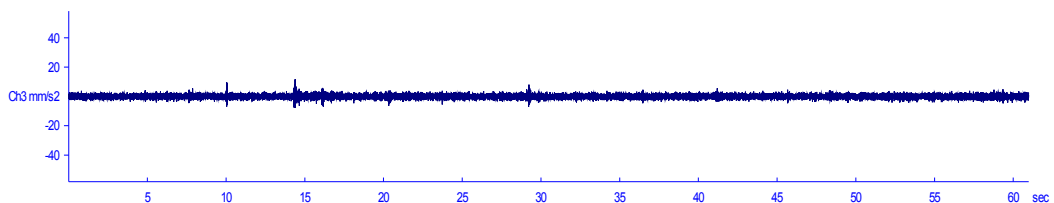
Αξονας x:



Αξονας y:



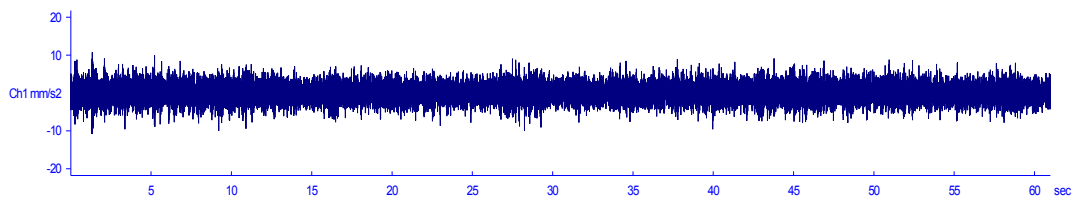
Αξονας z:



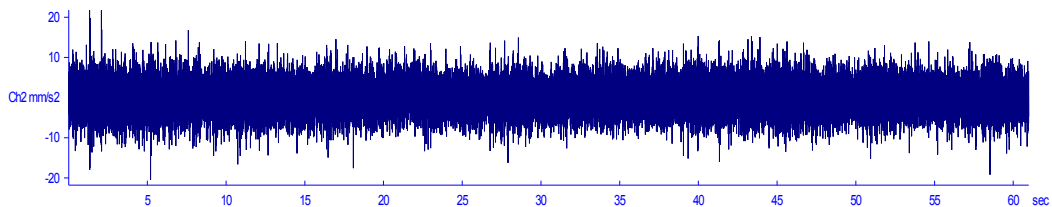
Event 10:

MR2002 - Vibration Data Evaluation					
File Name:	...ogikos_boras\event010.XMR	Event Nr.:	10	Peak(1):	10,8 mm/s2
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	21,8 mm/s2
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:24:57 δi + 100 ms	Peak(3):	5,81 mm/s2
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	2,28 mm/s2
				RMS(2):	4,06 mm/s2
				RMS(3):	1,25 mm/s2

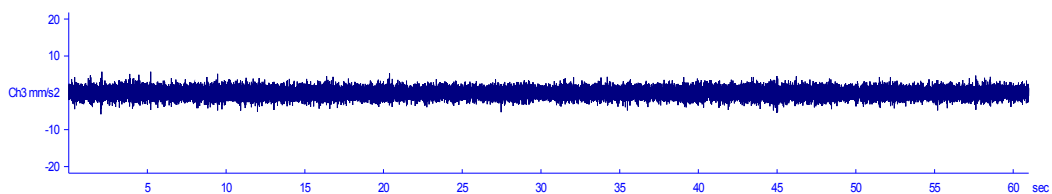
Αξονας x:



Αξονας y:



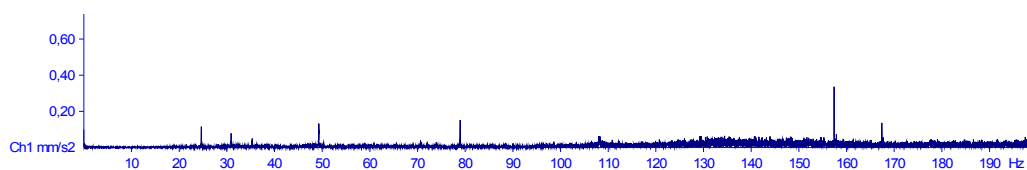
Αξονας z:



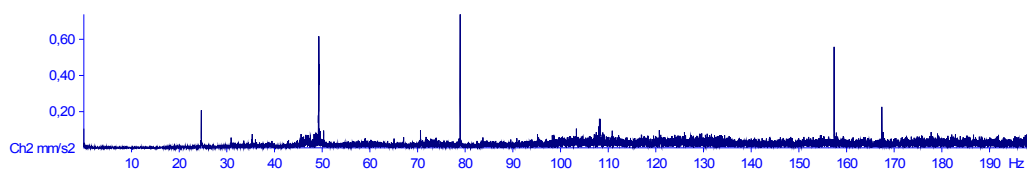
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΑΝΑ ΛΕΠΤΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (EVENT)

EVENT 1

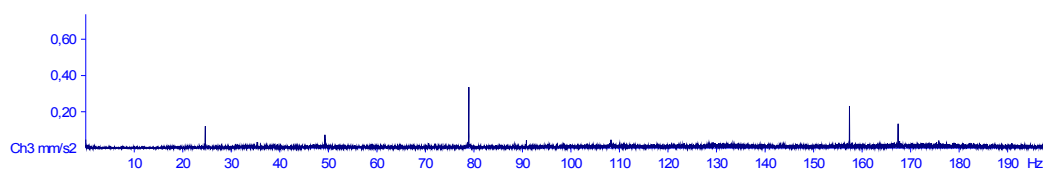
Άξονας χ:



Άξονας y:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

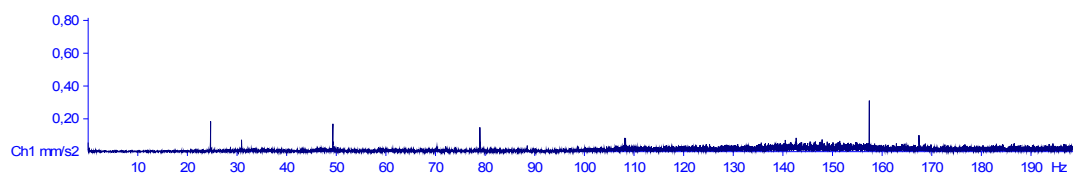
Άξονας χ: 24,7 , 31,3 , 35,4 , 49,6 , 78,9 Hz.

Άξονας y: 24,7 , 35,3 , 49,2 , 78,4 Hz.

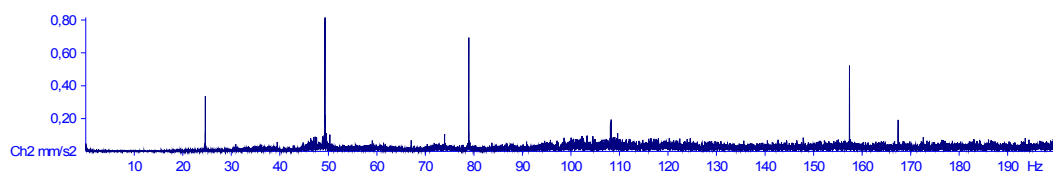
Άξονας z: 24,7 , 49,1 , 78,9 Hz.

EVENT 2

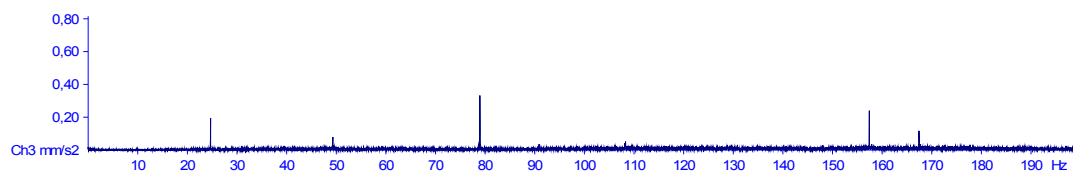
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας ζ:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

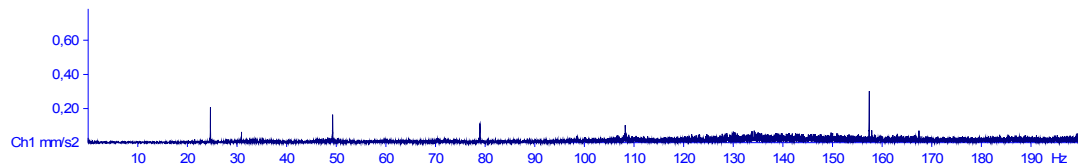
Άξονας χ: 24,7 , 30,9 , 49,3 , 78,9 Hz.

Άξονας γ: 24,7 , 49,3 , 78,9 Hz.

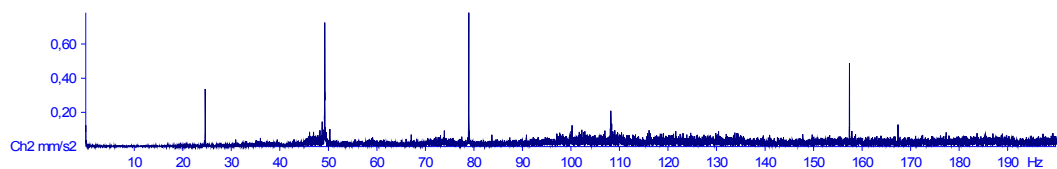
Άξονας ζ: 24,7 , 49,3 , 78,9 Hz.

EVENT 3

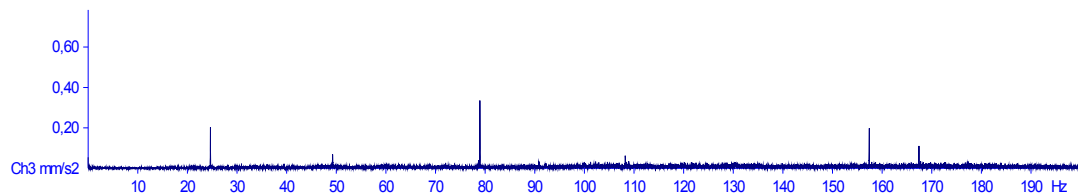
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

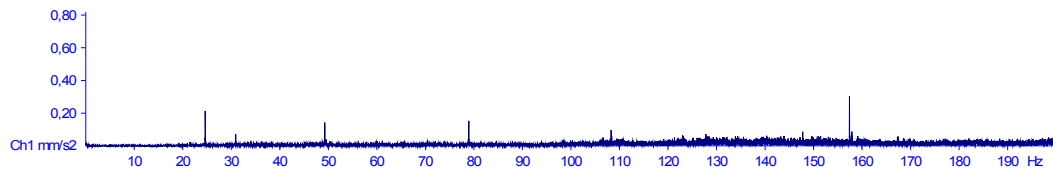
Άξονας χ: 24,7 , 30,9 , 49,4 , 78,9 Hz.

Άξονας γ: 24,7 , 49,2 , 78,9 Hz.

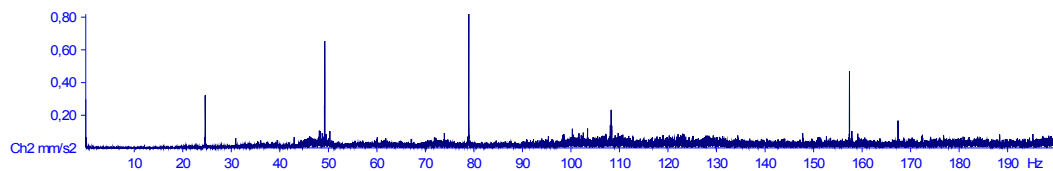
Άξονας z: 24,6 , 49,5 , 78,9 Hz.

EVENT 4

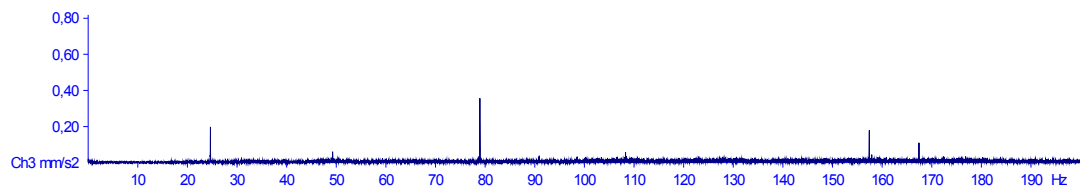
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

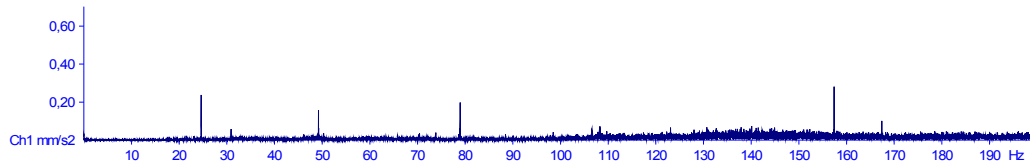
Άξονας χ: 24,6 , 31,9 , 49,3 , 78,9 Hz.

Άξονας γ: 24,6 , 48,9 , 78,9 Hz.

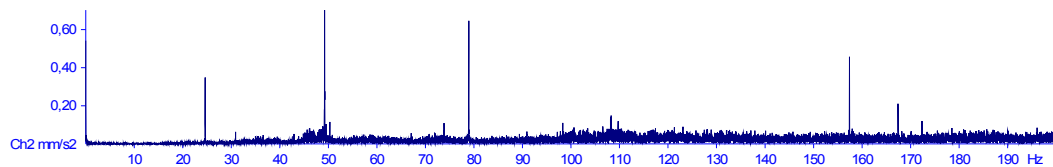
Άξονας z: 24,6 , 49,1 , 78,9 Hz.

EVENT 5

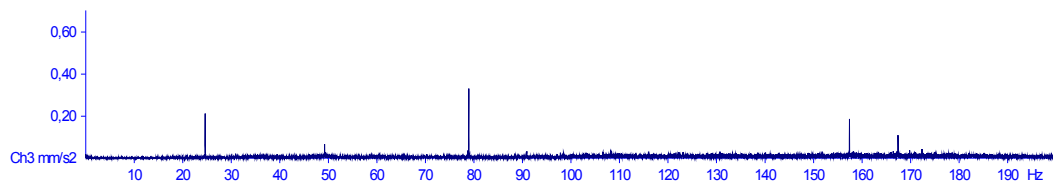
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

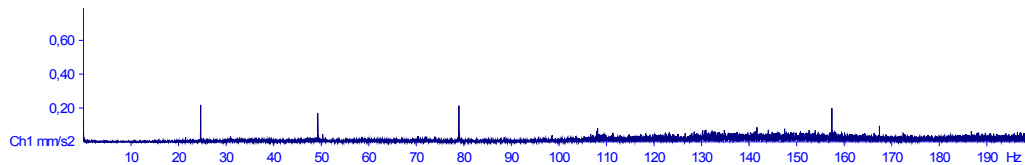
Άξονας χ: 24,6 , 30,9 , 49,2 , 78,9 Hz.

Άξονας γ: 24,6 , 49,2 , 78,9 Hz.

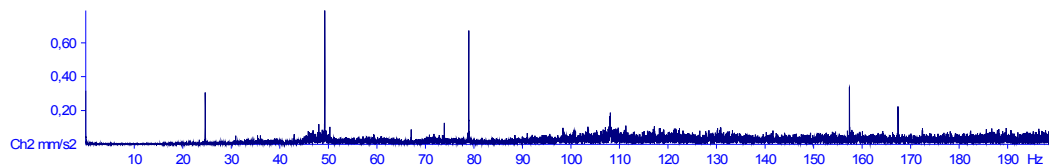
Άξονας z: 24,6 , 49,2 , 78,9 Hz.

EVENT 6

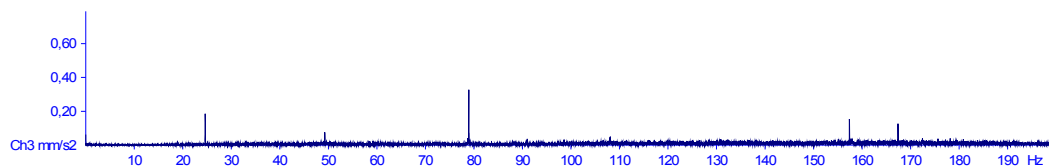
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

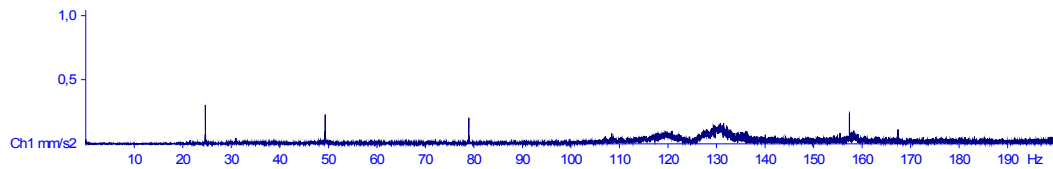
Άξονας χ: 24,6 , 30,9 , 49,6 , 78,9 Hz.

Άξονας γ: 24,6 , 49,6 , 74,3 , 79 Hz.

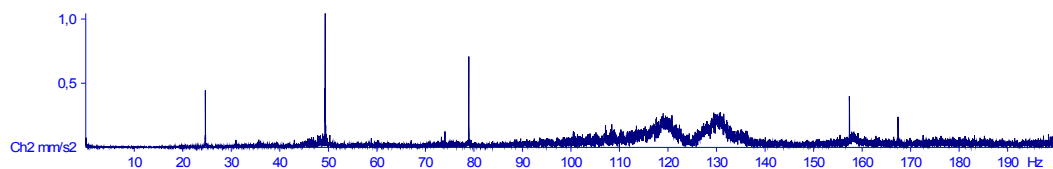
Άξονας z: 24,6 , 49,6 , 79,1 Hz.

EVENT 7

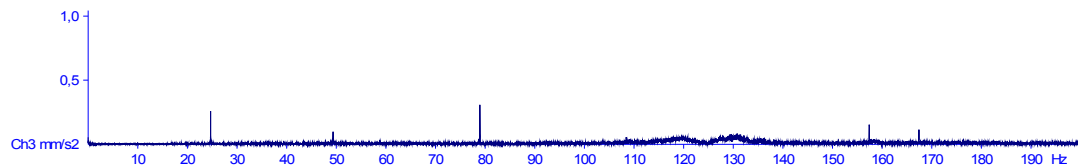
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

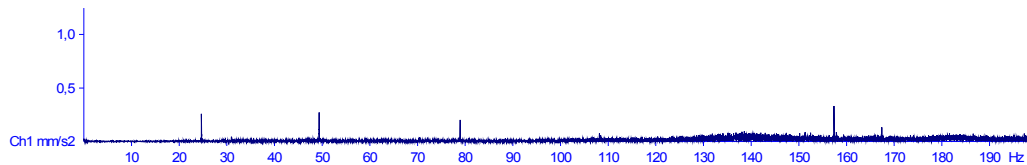
Άξονας χ: 24,7 , 49,3 , 78,9 Hz.

Άξονας γ: 24,7 , 49,4 , 74 , 78,9 Hz.

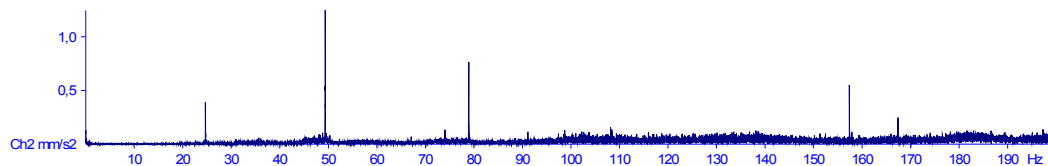
Άξονας z: 24,7 , 49,4 , 78,9 Hz.

EVENT 8

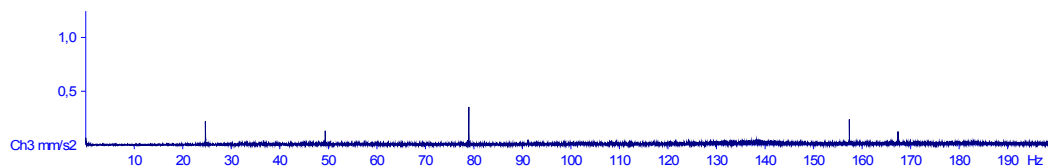
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

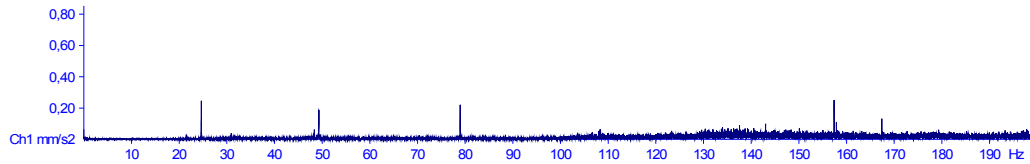
Άξονας χ: 24,7 , 49,6 , 79 , 108 Hz.

Άξονας γ: 24,7 , 49,6 , 74 , 78,9 Hz.

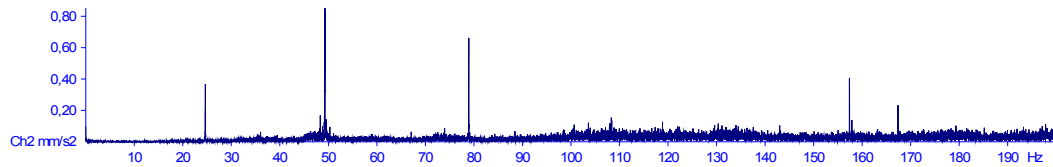
Άξονας z: 24,7 , 49,5 , 78,9 Hz.

EVENT 9

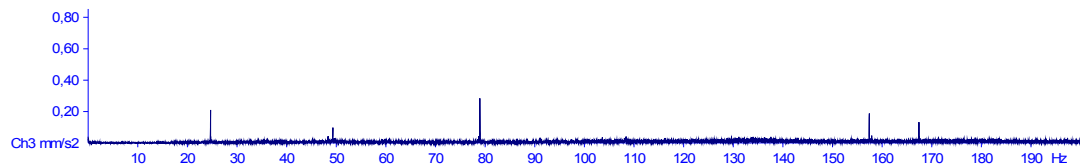
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας ζ:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

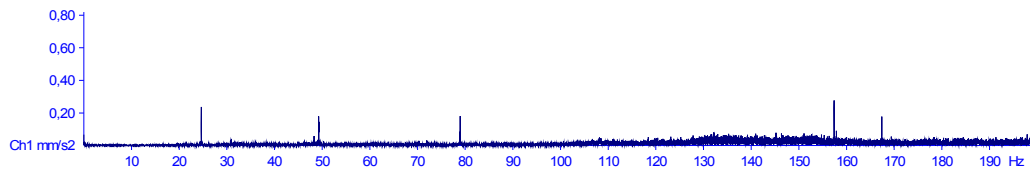
Άξονας χ: 24,7 , 49,6 , 79 , 108 Hz.

Άξονας γ: 24,7 , 35,6 , 49,3 , 79 Hz.

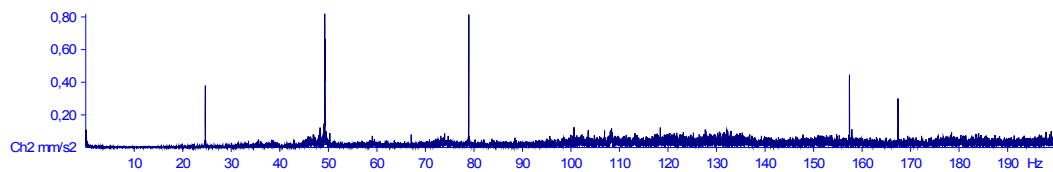
Άξονας ζ: 24,7 , 49,3 , 78,9 , 108 Hz.

EVENT 10

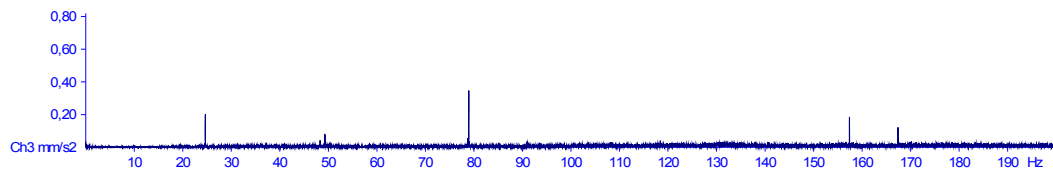
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας z:



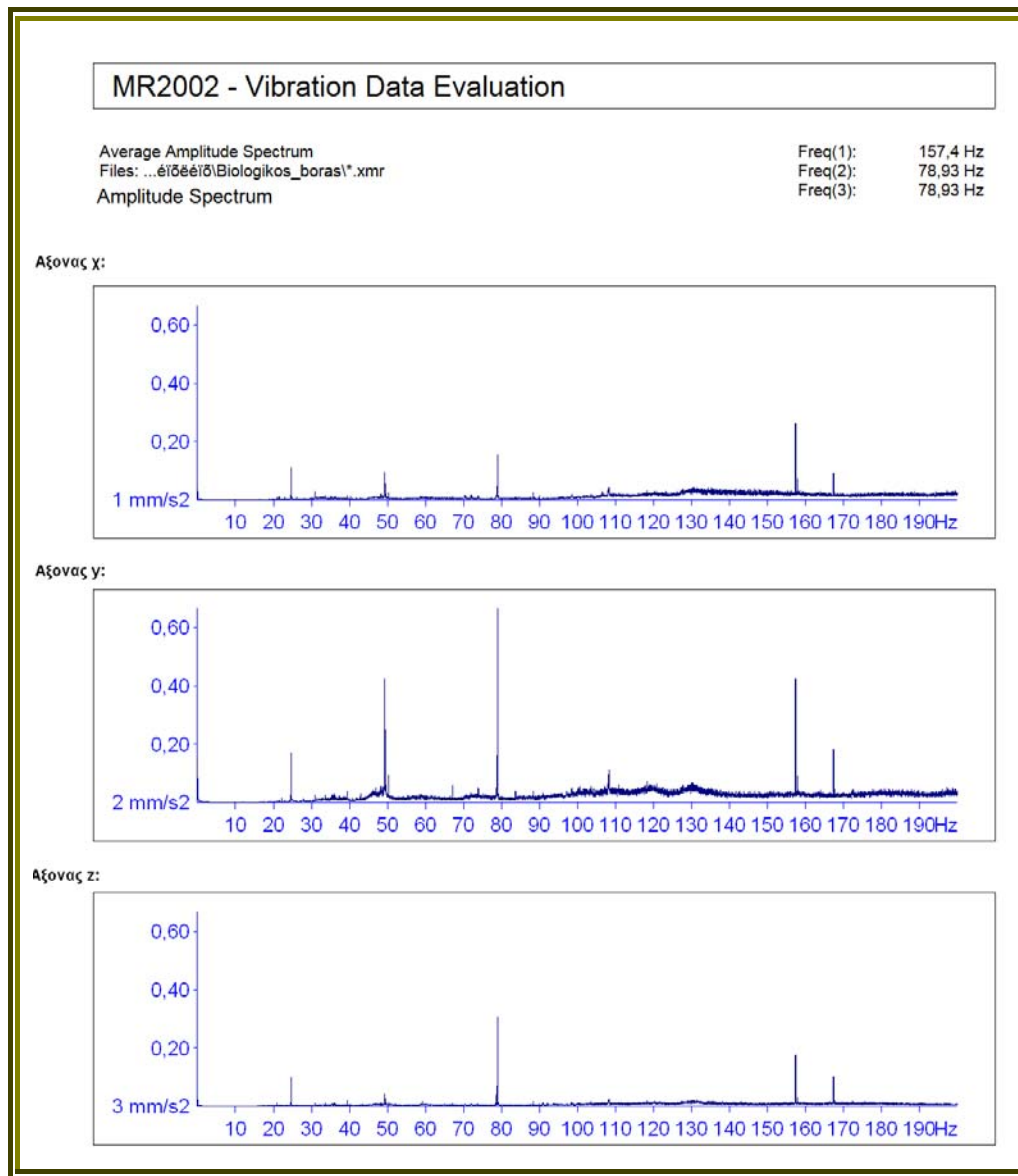
Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

Άξονας χ: 24,6 , 30,9 , 49,3 , 79 Hz.

Άξονας γ: 24,6 , 49,3 , 78,9 Hz.

Άξονας z: 24,7 , 49,3 , 78,9 Hz.

Εμφάνιση των ιδιοσυχνοτήτων όλων των μονόλεπτων καταγραφών μαζί, της βόρειας πλευράς της δεξαμενής



Το παραπάνω παράθυρο δημιουργήθηκε με χρήση του προγράμματος View 2002, όπως και τα υπόλοιπα διαγράμματα. Τα δέκα αρχικά μεμονωμένα 'event', με την επιλογή 'Frequency Domain', μετατράπηκαν σε διαγράμματα συχνοτήτων. Στη συνέχεια συγκεντρώθηκαν σε ένα διάγραμμα, χρησιμοποιώντας την εντολή "concatenated file".

Το παράθυρο αυτό εμφανίζει συγκεντρωμένες τις ιδιοσυχνότητες των δέκα μονόλεπτων καταγραφών σε ένα σήμα. Τα τρία διαγράμματα παρουσιάζουν τα πλάτη των ιδιοσυχνοτήτων για τους τρεις άξονες.

Οι βασικές συχνότητες που εμφανίζονται είναι οι: 24,6 Hz, 49,3 Hz και 79,8 Hz

5.1.2 Επεξεργασία μετρήσεων δυτικής πλευράς της υπό μελέτη δεξαμενής

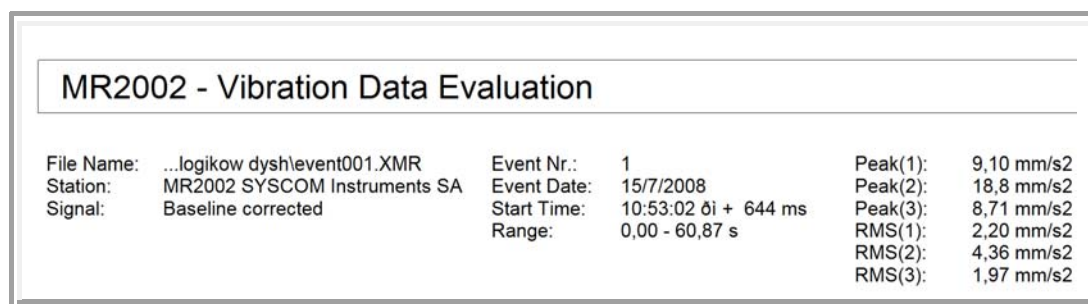
MR2002 - Vibration Data Evaluation							
List of selected Files							
for files: ...logikow dysh\event010.XMR							
Nr.	File Name	Date	Time	Dur	Peak(1) mm/s2	Peak(2) mm/s2	Peak(3) mm/s2
1	event001.XMR	15/7/2008	10:53:03 δι	60,87	1,477	4,264	1,665
2	event002.XMR	15/7/2008	10:54:04 δι	60,98	6,772	11,471	5,318
3	event003.XMR	15/7/2008	10:55:05 δι	60,98	10,660	25,212	7,753
4	event004.XMR	15/7/2008	10:56:06 δι	60,98	2,907	9,234	2,867
5	event005.XMR	15/7/2008	10:57:07 δι	60,98	2,804	9,587	3,173
6	event006.XMR	15/7/2008	10:58:08 δι	60,98	2,891	10,066	3,220
7	event007.XMR	15/7/2008	10:59:09 δι	60,98	2,820	11,079	3,362
8	event008.XMR	15/7/2008	11:00:10 δι	60,98	2,907	12,586	3,448
9	event009.XMR	15/7/2008	11:01:11 δι	60,98	3,205	13,175	3,935
10	event010.XMR	15/7/2008	11:02:12 δι	60,98	2,962	12,845	3,378

Εικόνα 5.2 : Λίστα με τα 10 γεγονότα που καταγράφηκαν στην δυτική πλευρά της δεξαμενής.

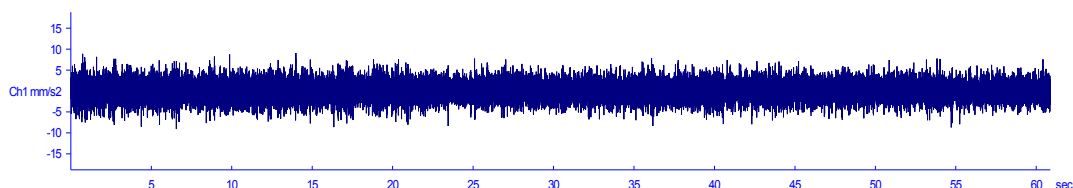


Παρουσίαση των 10 μονόλεπτων γεγονότων (events) που καταγράφηκαν στη δυτική πλευρά της δεξαμενής. Για το κάθε μονόλεπτο 'event' εμφανίζονται τρία διαγράμματα, τα οποία παρουσιάζουν τα μέγιστα των διαστημάτων (maxima of the intervals) για τους τρεις άξονες.

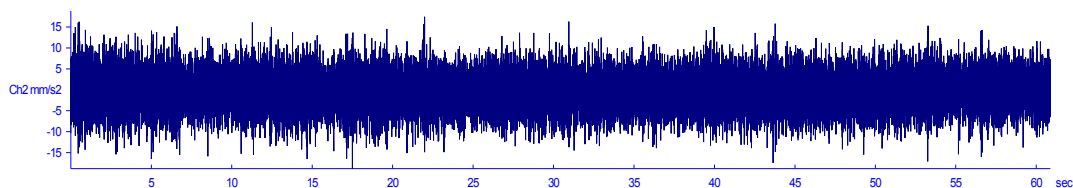
EVENT 1



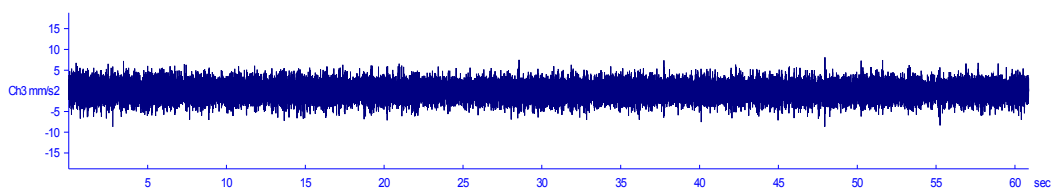
Άξονας x:



Άξονας y:



Άξονας z:

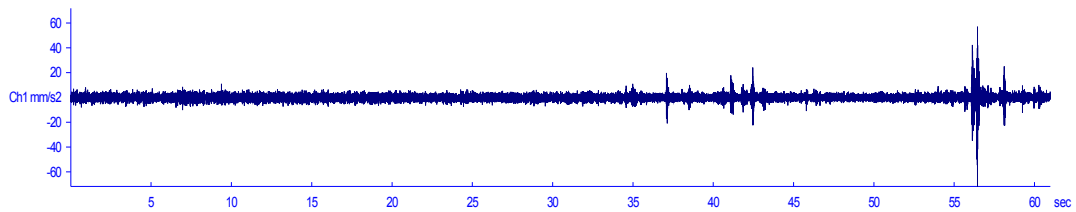


EVENT 2

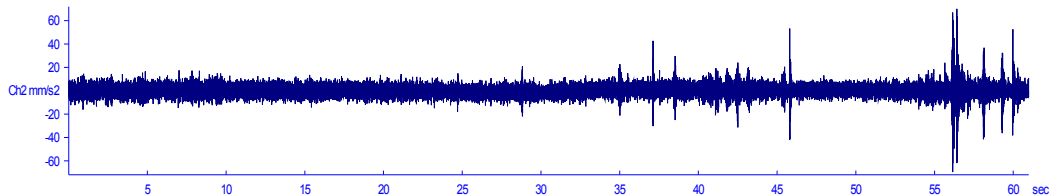
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...logikow dyshlevent002.XMR	Event Nr.:	2	Peak(1):	71,8 mm/s ²
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	70,1 mm/s ²
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:54:03 δi + 516 ms	Peak(3):	43,9 mm/s ²
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	2,71 mm/s ²
				RMS(2):	5,28 mm/s ²
				RMS(3):	2,36 mm/s ²

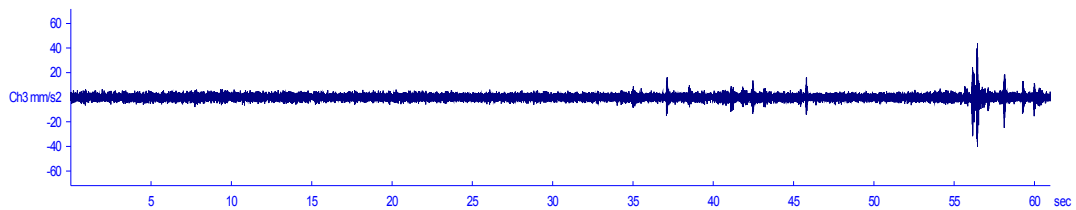
Αξονας x:



Αξονας y:



Αξονας z:

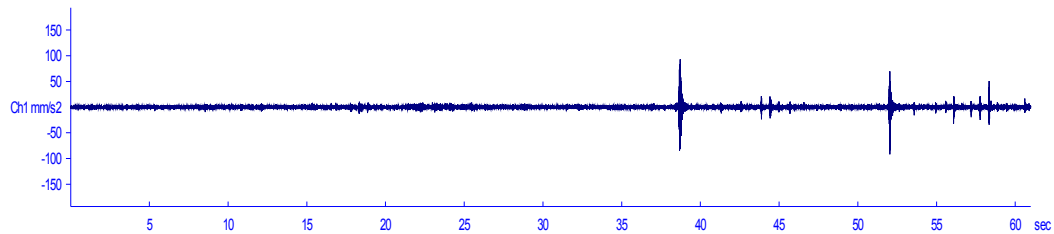


EVENT 3

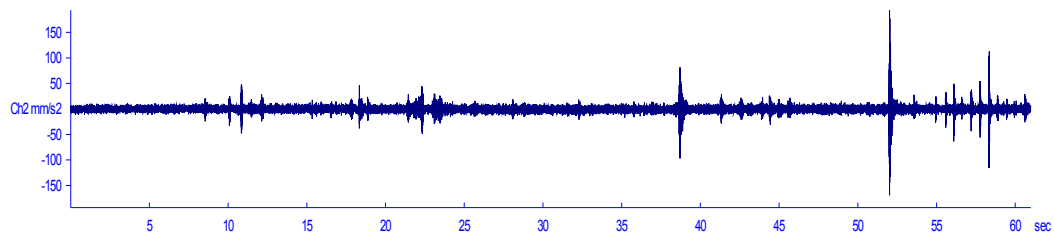
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...logikow dyshlevent003.XMR	Event Nr.:	3	Peak(1):	93,2 mm/s ²
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	193 mm/s ²
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:55:04 δi + 496 ms	Peak(3):	73,6 mm/s ²
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	3,50 mm/s ²
				RMS(2):	7,18 mm/s ²
				RMS(3):	2,99 mm/s ²

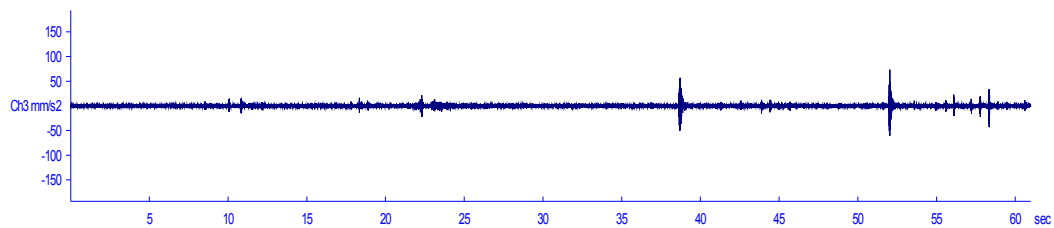
Αξονας x:



Αξονας y:



Αξονας z:

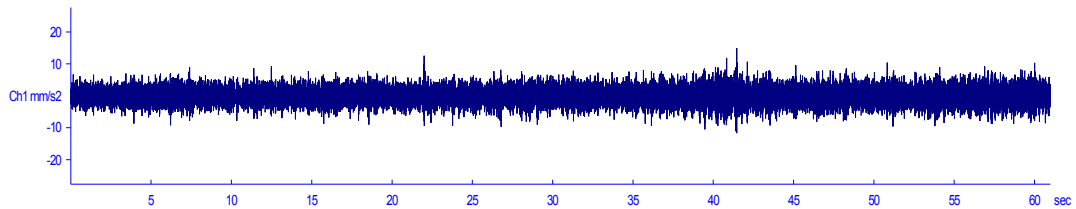


EVENT 4

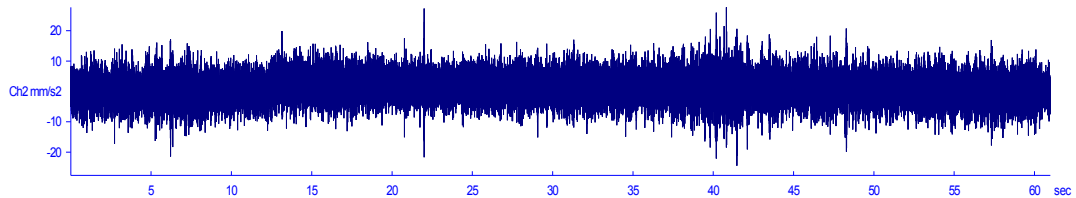
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...logikow dysh\event004.XMR	Event Nr.:	4	Peak(1):	15,0 mm/s2
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	27,6 mm/s2
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:56:05 δi + 478 ms	Peak(3):	11,6 mm/s2
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	2,50 mm/s2
				RMS(2):	4,96 mm/s2
				RMS(3):	2,25 mm/s2

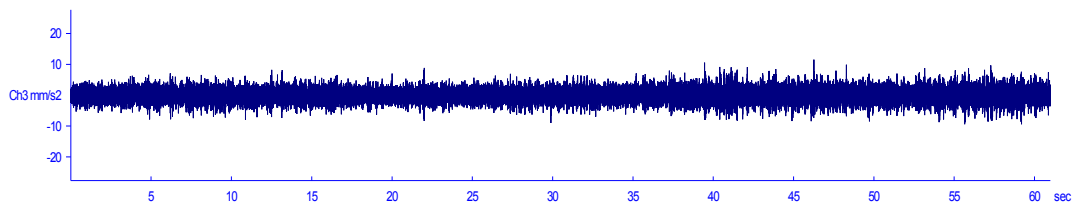
Αξονας x:



Αξονας y:



Αξονας z:

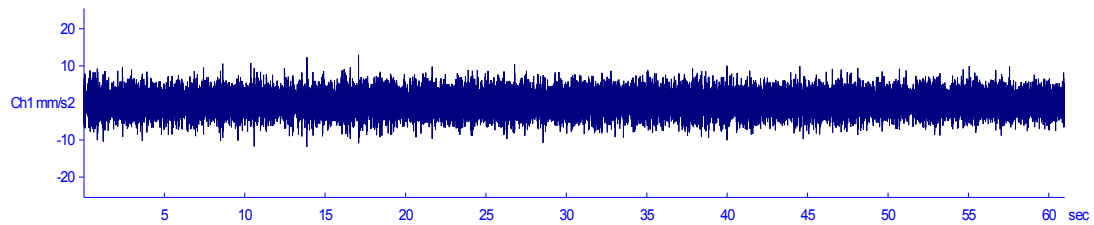


EVENT 5

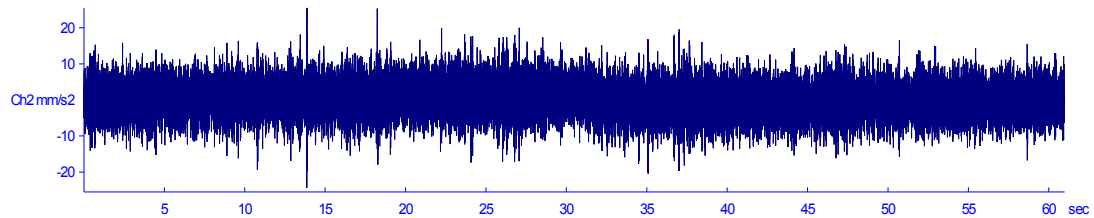
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...logikow dysh\event005.XMR	Event Nr.:	5	Peak(1):	13,0 mm/s2
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	25,4 mm/s2
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:57:06 δl + 456 ms	Peak(3):	11,4 mm/s2
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	2,81 mm/s2
				RMS(2):	4,81 mm/s2
				RMS(3):	2,53 mm/s2

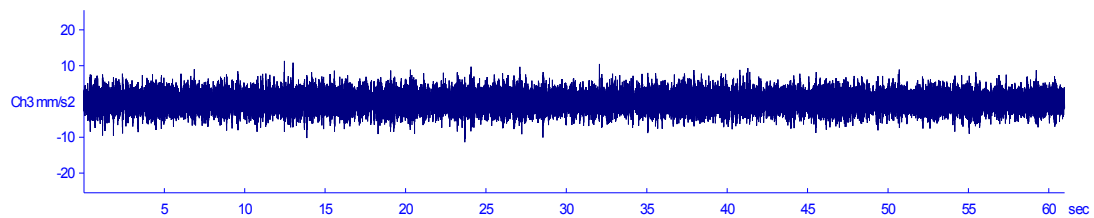
Αξονας χ:



Αξονας γ:



Αξονας z:

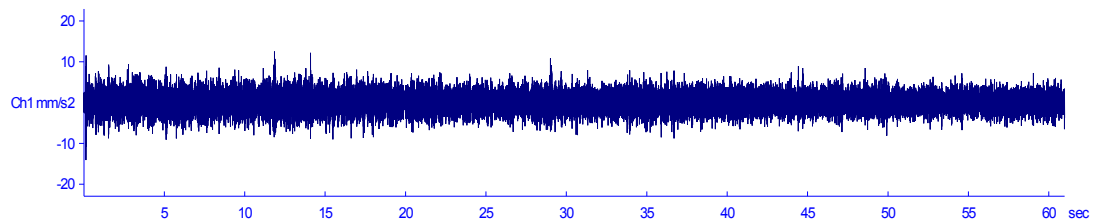


EVENT 6

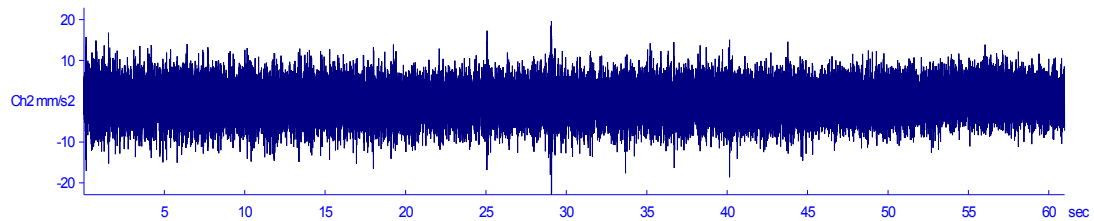
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...logikow dyshlevent006.XMR	Event Nr.:	6	Peak(1):	14,1 mm/s ²
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	22,9 mm/s ²
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:58:07 δι + 438 ms	Peak(3):	11,0 mm/s ²
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	2,32 mm/s ²
				RMS(2):	4,28 mm/s ²
				RMS(3):	2,11 mm/s ²

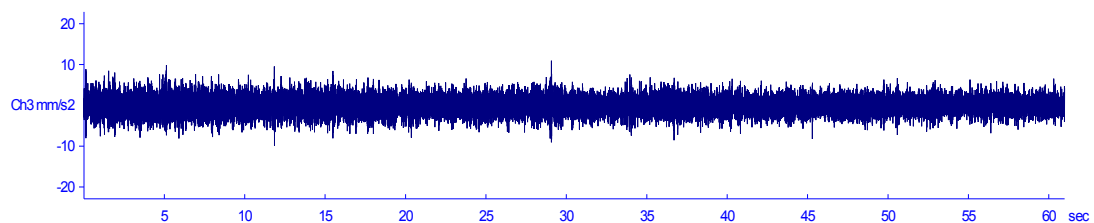
Αξονας χ:



Αξονας y:



Αξονας z:

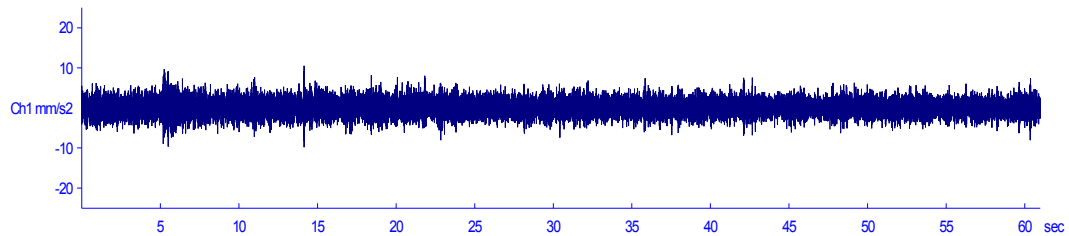


EVENT 7

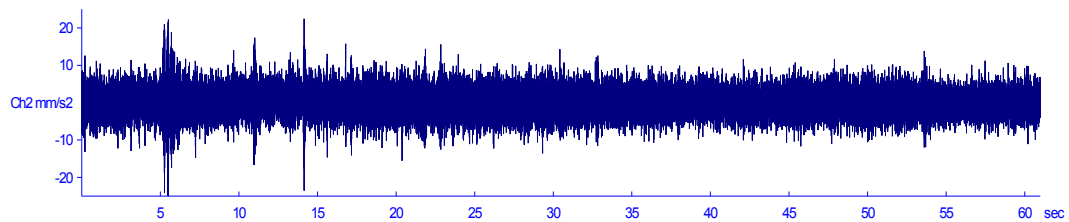
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...logikow dyshlevent007.XMR	Event Nr.:	7	Peak(1):	10,5 mm/s ²
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	25,0 mm/s ²
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	10:59:08 δi + 418 ms	Peak(3):	9,31 mm/s ²
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	1,90 mm/s ²
				RMS(2):	3,78 mm/s ²
				RMS(3):	1,64 mm/s ²

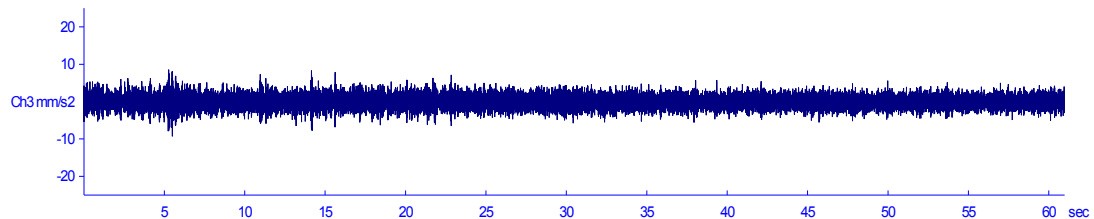
Αξονας x:



Αξονας y:



Αξονας z:

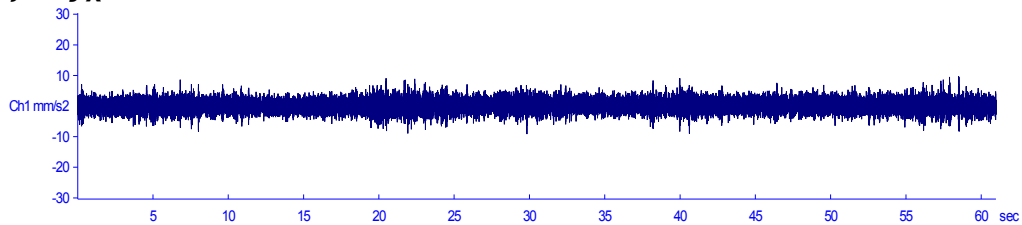


EVENT 8

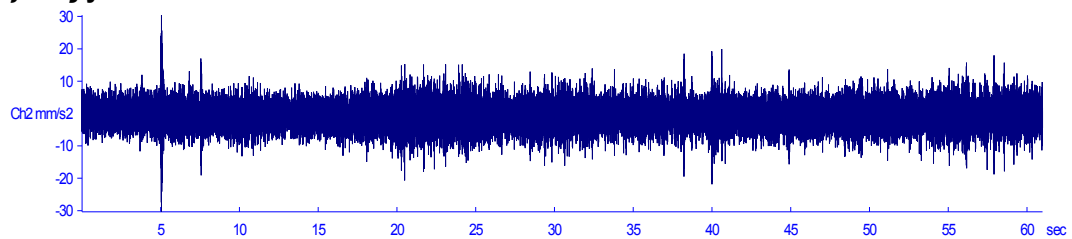
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...logikow dysh\event008.XMR	Event Nr.:	8	Peak(1):	9,73 mm/s ²
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	30,3 mm/s ²
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	11:00:09 δt + 400 ms	Peak(3):	9,61 mm/s ²
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	1,99 mm/s ²
				RMS(2):	4,22 mm/s ²
				RMS(3):	1,67 mm/s ²

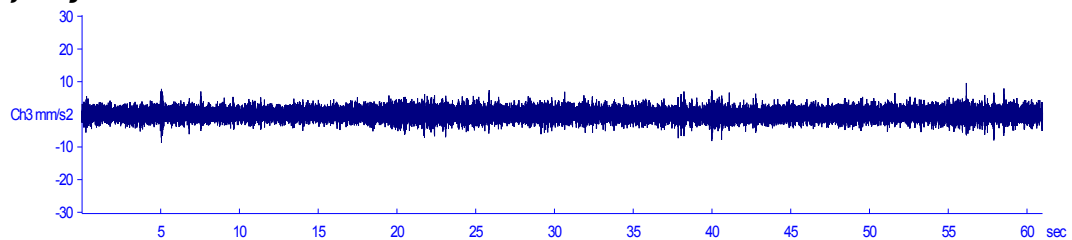
Αξονας χ:



Αξονας γ:



Αξονας z:

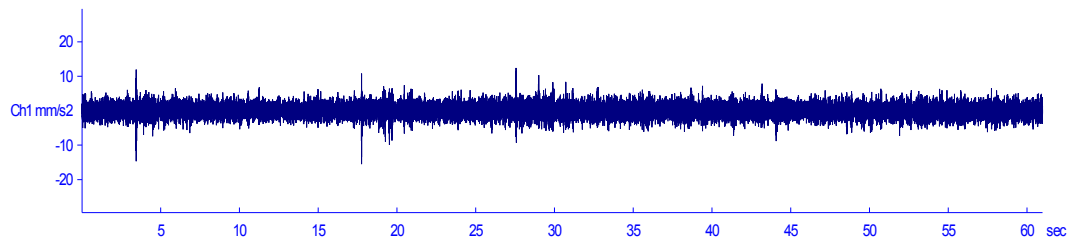


EVENT 9

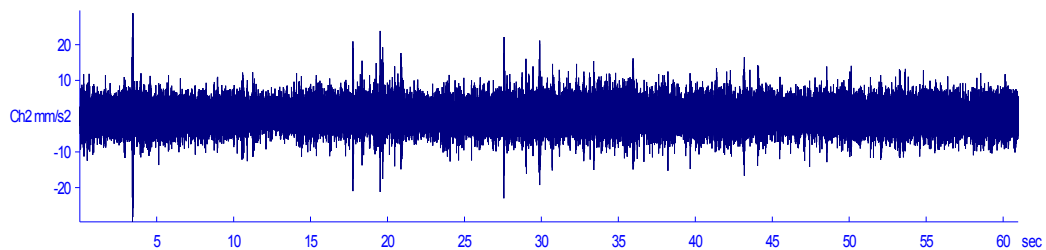
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...logikow dysh\event009.XMR	Event Nr.:	9	Peak(1):	15,5 mm/s ²
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	29,6 mm/s ²
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	11:01:10 δi + 380 ms	Peak(3):	12,8 mm/s ²
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	1,85 mm/s ²
				RMS(2):	3,94 mm/s ²
				RMS(3):	1,60 mm/s ²

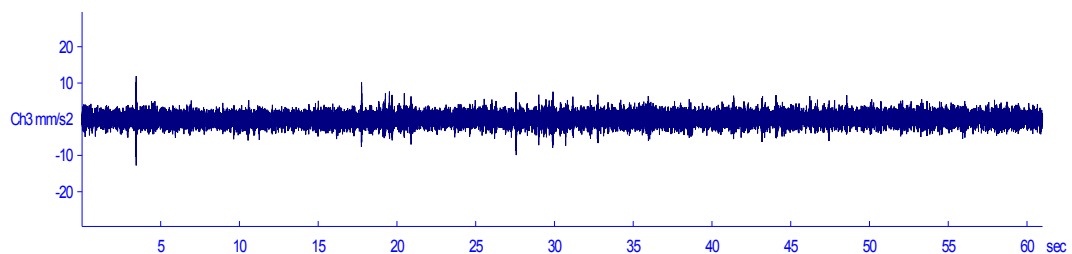
Αξονας x:



Αξονας y:



Αξονας z:

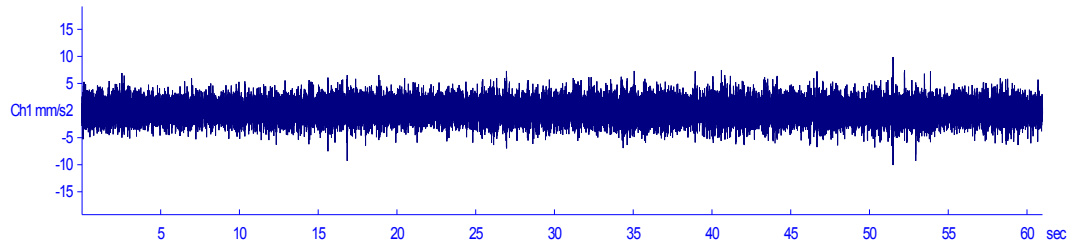


EVENT 10

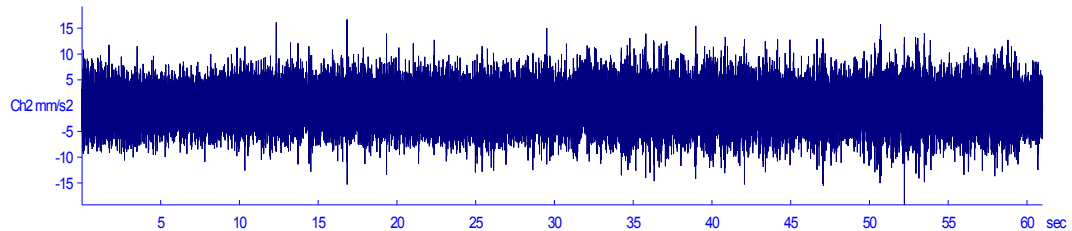
MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name:	...logikow dysh\event010.XMR	Event Nr.:	10	Peak(1):	10,1 mm/s2
Station:	MR2002 SYSCOM Instruments SA	Event Date:	15/7/2008	Peak(2):	19,2 mm/s2
Signal:	Baseline corrected	Start Time:	11:02:11 δi + 360 ms	Peak(3):	7,53 mm/s2
		Range:	0,00 - 60,98 s	RMS(1):	1,84 mm/s2
				RMS(2):	3,87 mm/s2
				RMS(3):	1,55 mm/s2

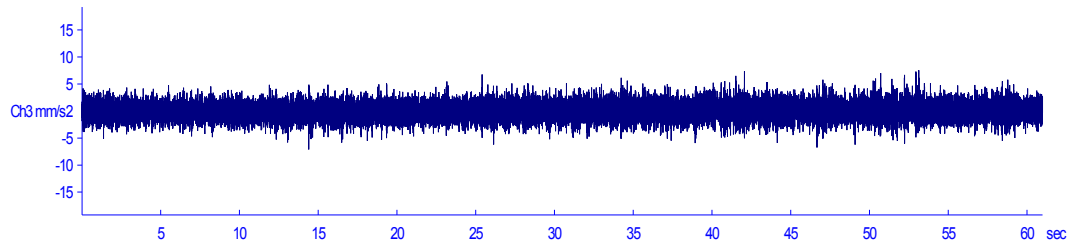
Αξονας x:



Αξονας y:



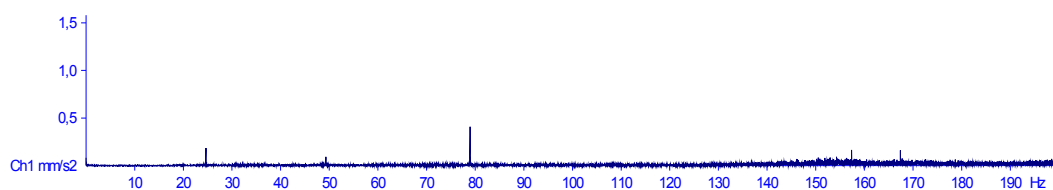
Αξονας z:



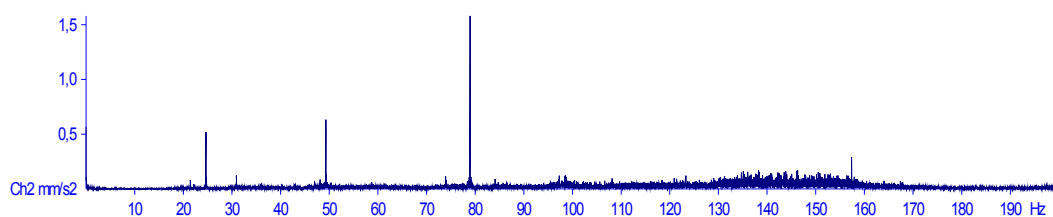
ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΙΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΠΛΕΥΡΑΣ ΑΝΑ ΛΕΠΤΟ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ (EVENT)

EVENT 1

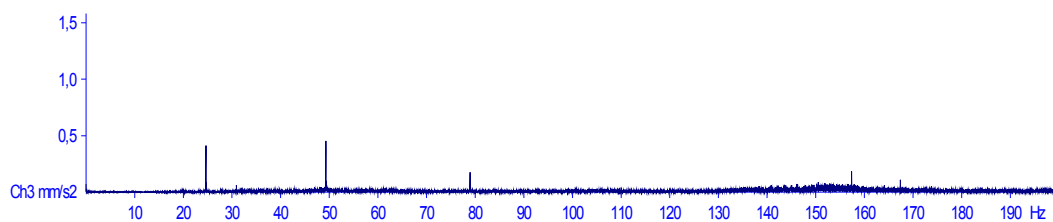
Άξονας χ:



Άξονας y:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

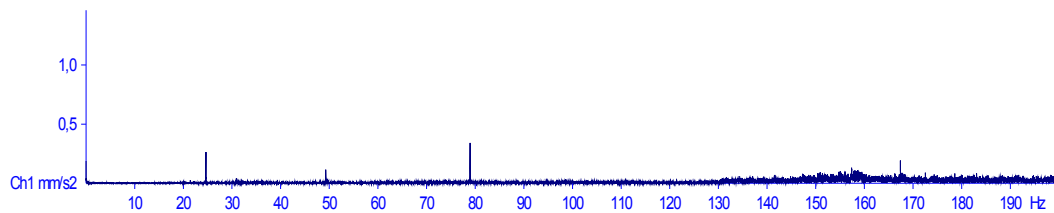
Άξονας χ: 24,7 , 49,3 , 78,9 Hz

Άξονας y: 24,6 , 49,3 , 79 , 157 Hz

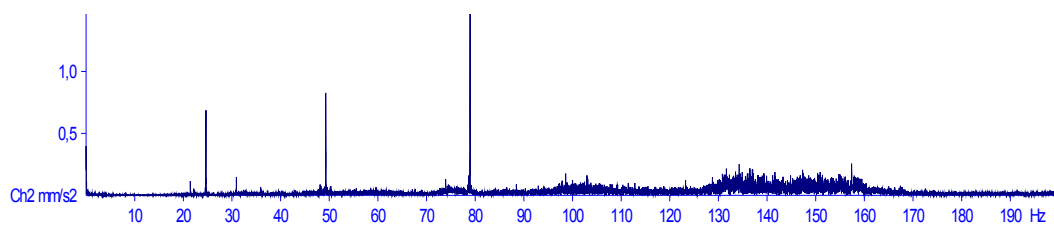
Άξονας z: 24,6 , 49,3 , 79 , 157 Hz

EVENT 2

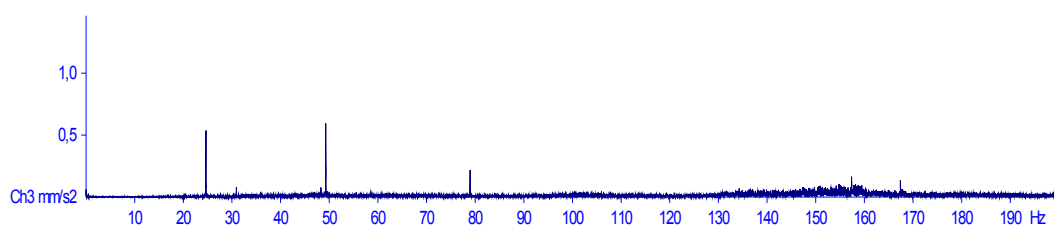
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

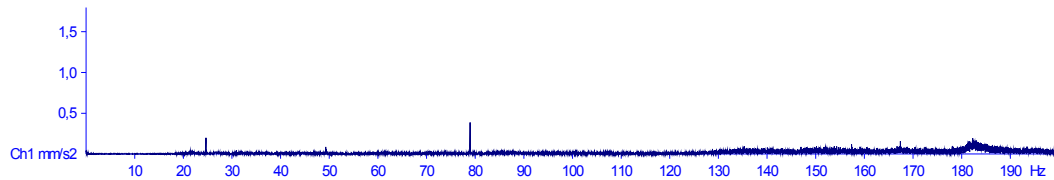
Άξονας χ: 24,7 , 49,3 , 78,9 , 157 Hz.

Άξονας γ: 24,6 , 49,3 , 79,1 Hz.

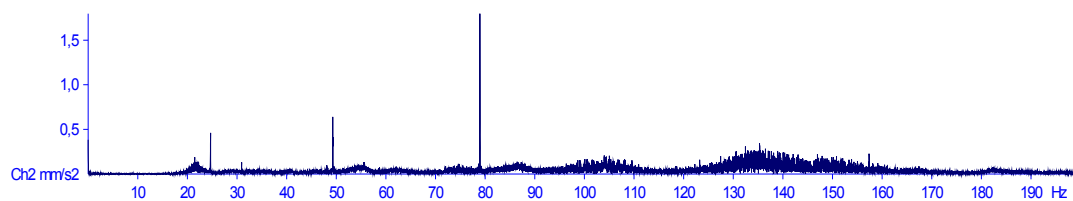
Άξονας z: 24,6 , 49,3 , 79 Hz.

EVENT 3

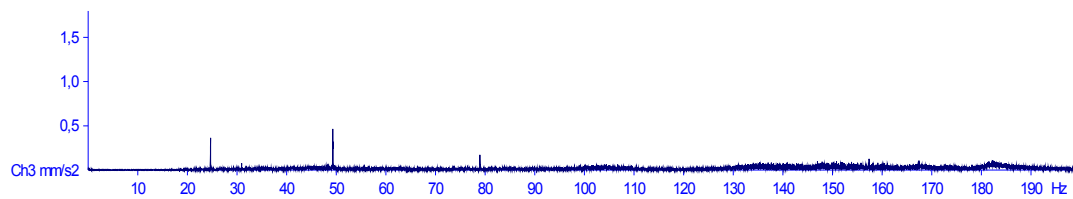
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

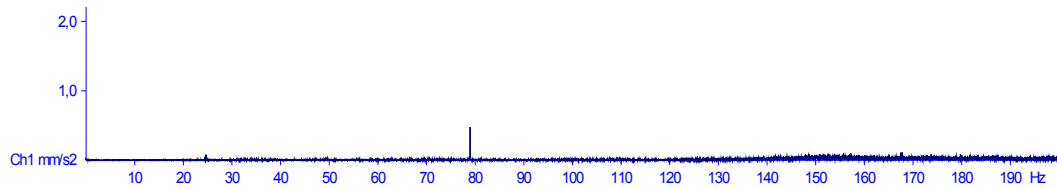
Άξονας χ: 24,7 , 49,3 , 78,9 Hz.

Άξονας γ: 24,7 , 30,9 , 49,3 , 78,9 Hz.

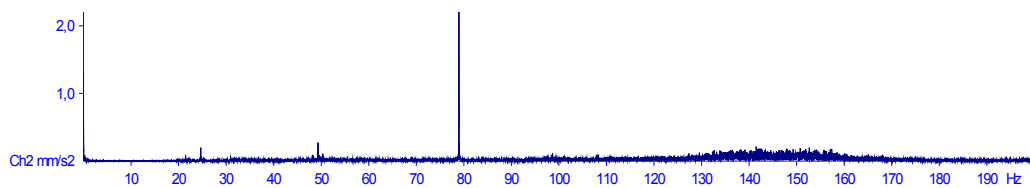
Άξονας z: 24,7 , 49,3 , 78,9 Hz.

EVENT 4

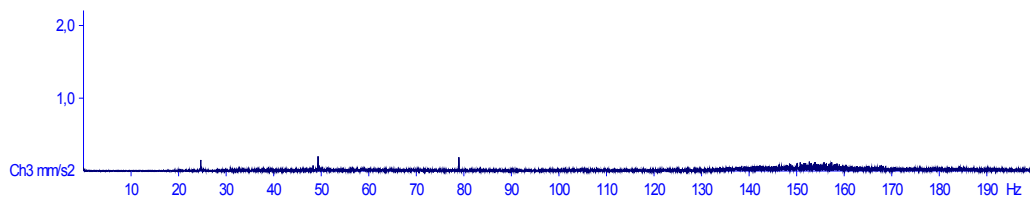
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

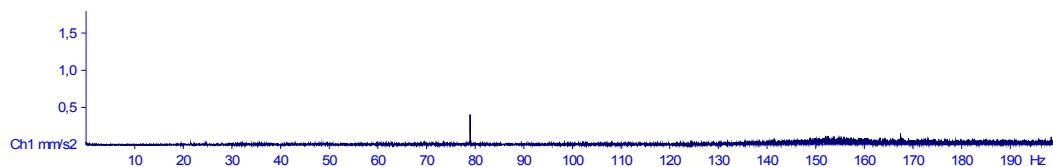
Άξονας χ: 79,1 , 148 Hz.

Άξονας γ: 24,7 , 49,3 , 79 Hz.

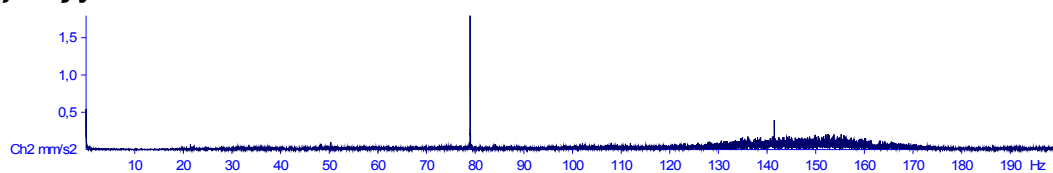
Άξονας z: 24,7 , 49,3 , 78,9 Hz.

Event 5

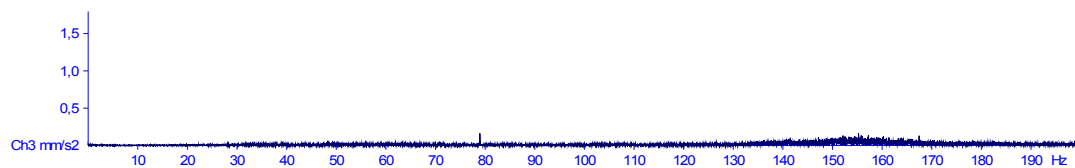
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

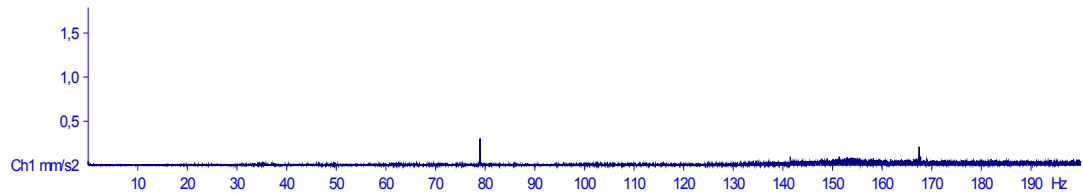
Άξονας χ: 79,1 , 141 Hz.

Άξονας γ: 79 , 141 Hz.

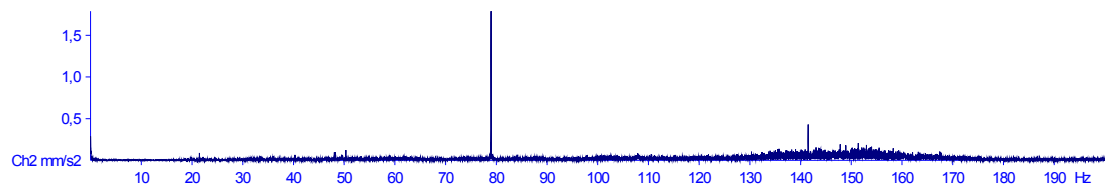
Άξονας z: 79 , 141 Hz.

Event 6

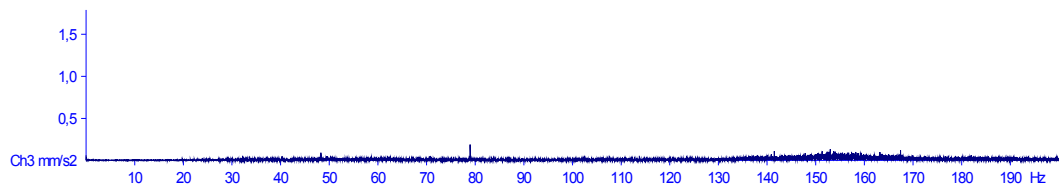
Άξονας χ:



Άξονας y:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

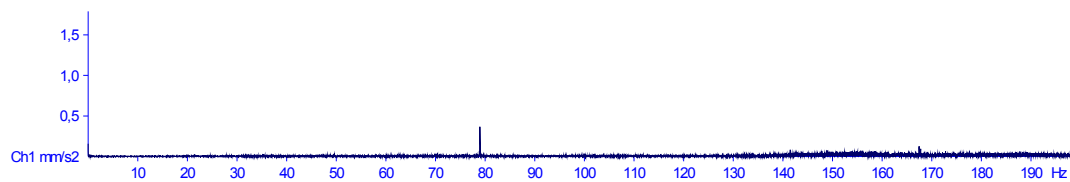
Άξονας χ: 79 , 141 Hz.

Άξονας y: 79 , 108 , 141 Hz.

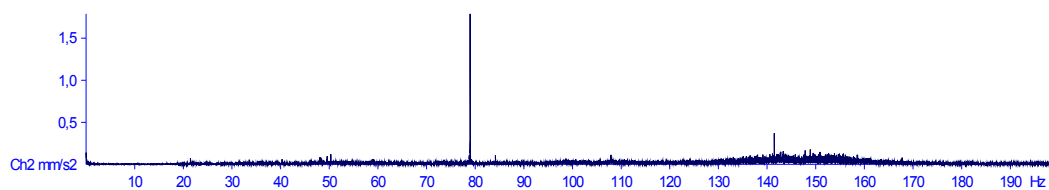
Άξονας z: 79 , 141 Hz.

Event 7

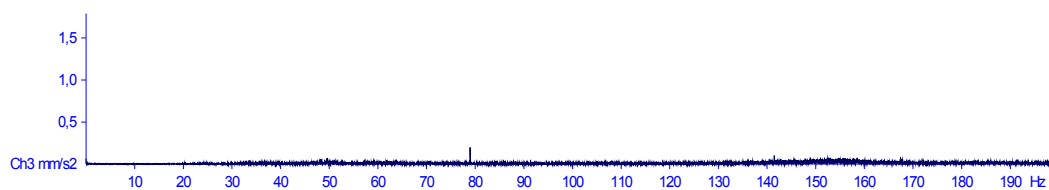
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

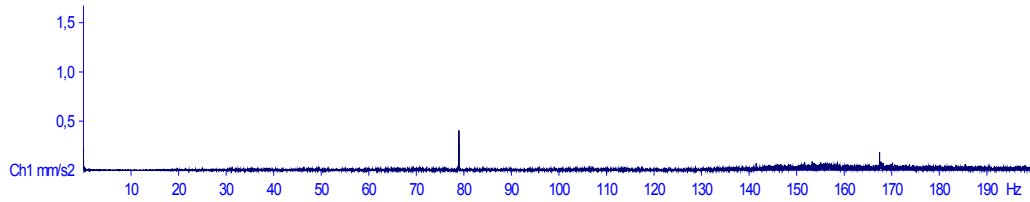
Άξονας χ: 79 , 141 , 148 Hz.

Άξονας γ: 79 , 108 , 141 Hz.

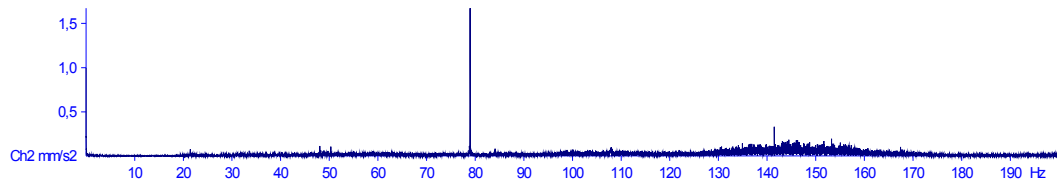
Άξονας z: 79 , 141 Hz.

Event 8

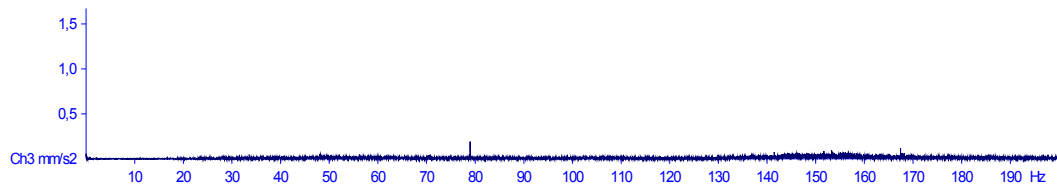
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

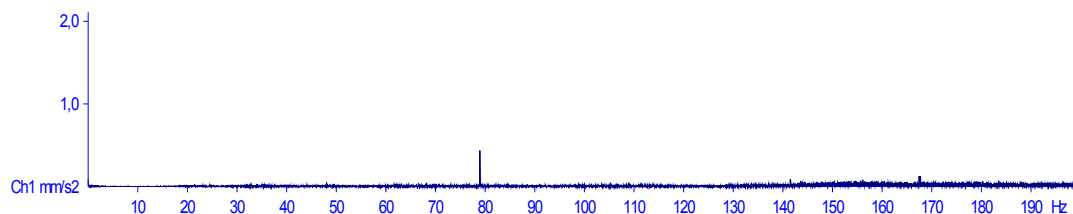
Άξονας χ: 79 , 141 , 167 Hz.

Άξονας γ: 79 , 108 , 141 Hz.

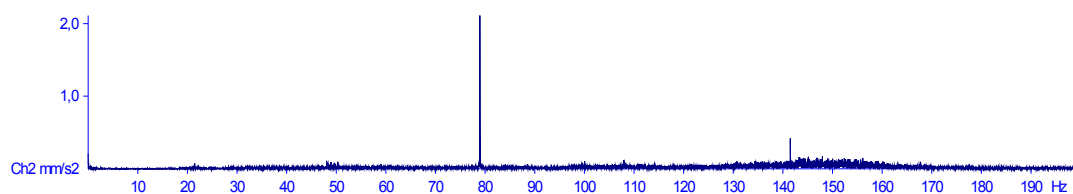
Άξονας z: 78,9 , 141 , 167 Hz.

Event 9

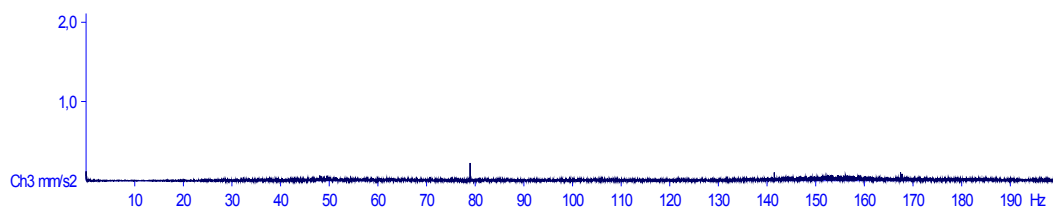
Άξονας x:



Άξονας y:



Άξονας z:



Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

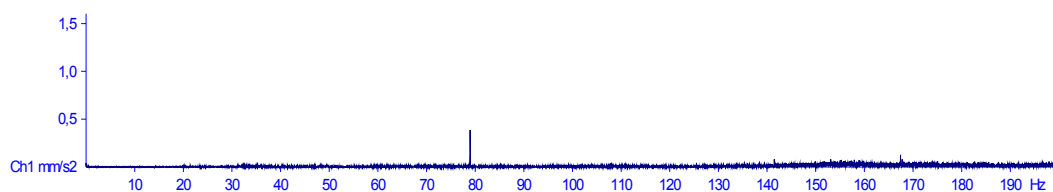
Άξονας x: 79 , 141 , 167 Hz.

Άξονας y: 79 , 108 , 141 Hz.

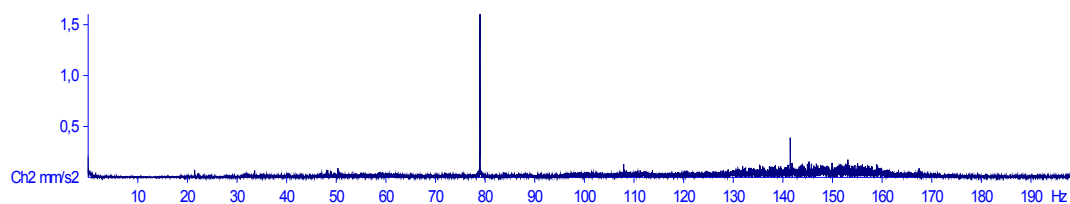
Άξονας z: 79 , 141 Hz.

Event 10

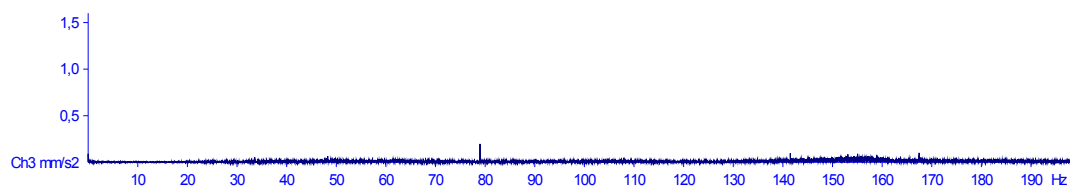
Άξονας χ:



Άξονας γ:



Άξονας z:



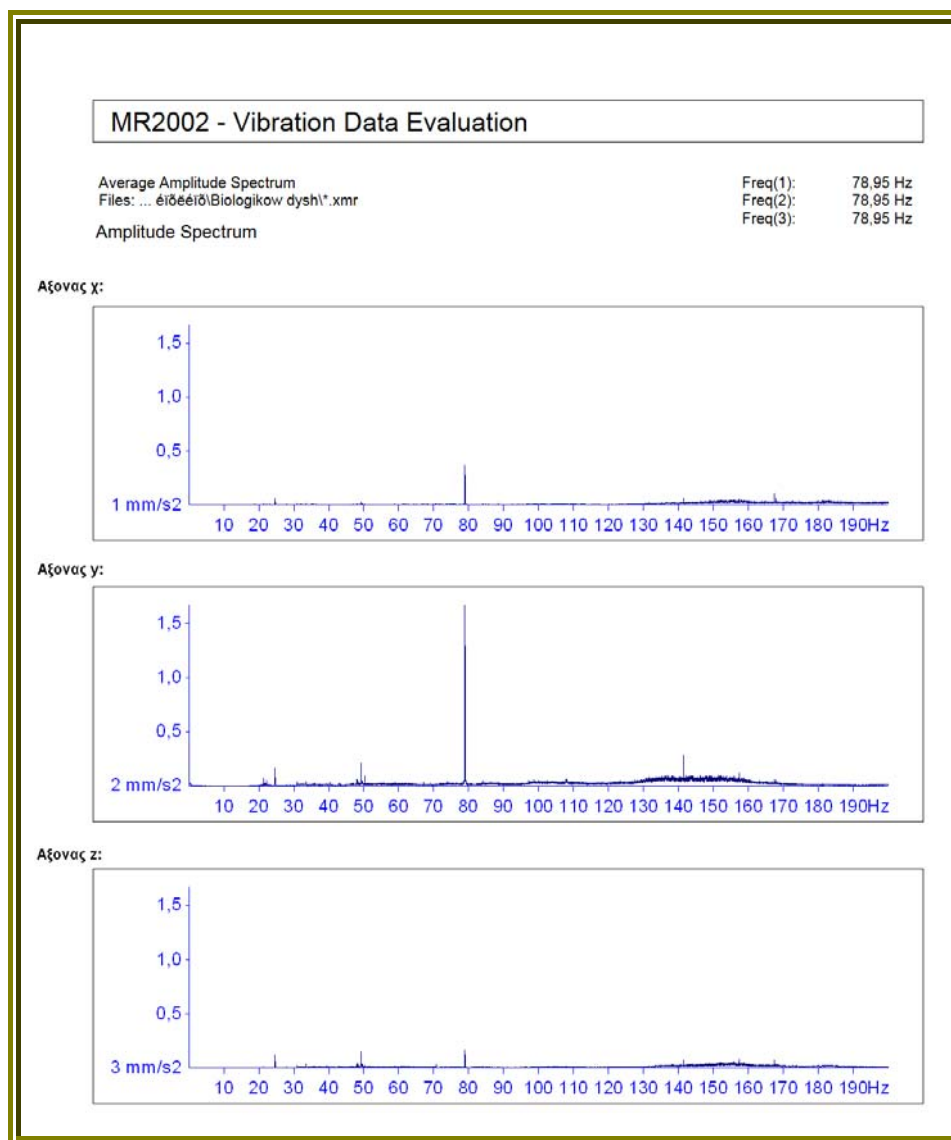
Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες:

Άξονας χ: 79,1 , 141 , 167 Hz.

Άξονας γ: 79 , 108 , 141 Hz.

Άξονας z: 79 , 141 , 167 Hz.

Εμφάνιση των ιδιοσυχνοτήτων όλων των μονόλεπτων καταγραφών μαζί, της δυτικής πλευράς της δεξαμενής



Το παραπάνω παράθυρο εμφανίζει συγκεντρωμένες τις ιδιοσυχνότητες των δέκα μονόλεπτων καταγραφών, που ελήφθησαν στη δυτική πλευρά της δεξαμενής, σε ένα ενιαίο σήμα. Τα τρία διαγράμματα παρουσιάζουν τα πλάτη των ιδιοσυχνοτήτων για τους τρεις άξονες.

Οι βασικές συχνότητες που εμφανίζονται εδώ είναι 24,6 Hz, 49,3 Hz και 79 Hz οι οποίες είναι ίδιες με τις συχνότητες που βρέθηκαν στην επεξεργασία των καταγραφών της βόρειας πλευράς της δεξαμενής.

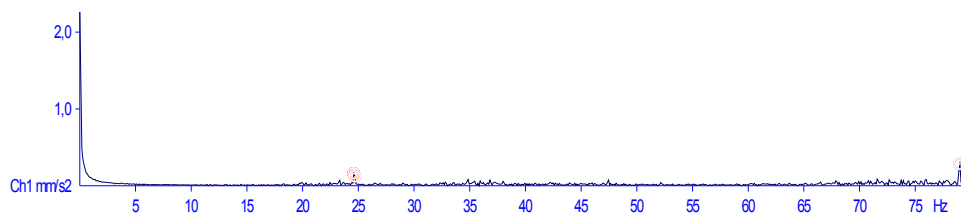
5.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΙΚΟΣΙΤΕΤΡΑΩΡΗΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ



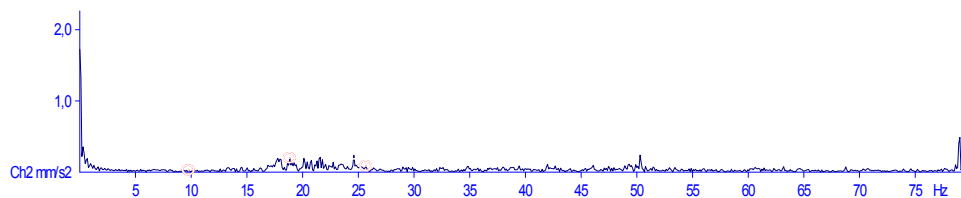
- Μετρήσεις καταγραφικού 'MR 1' (στη δυτική πλευρά της δεξαμενής)

Event 2

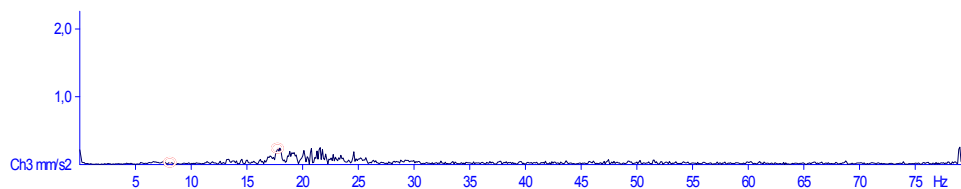
Άξονας χ:



Άξονας γ:



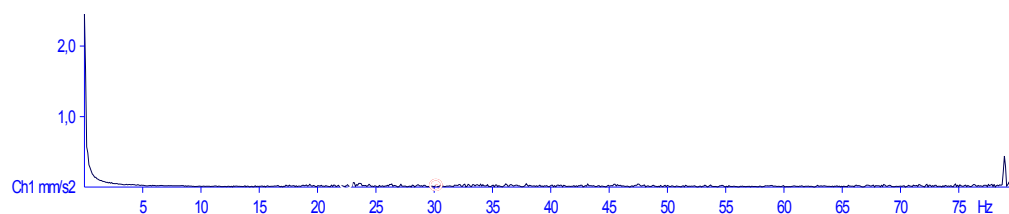
Άξονας z:



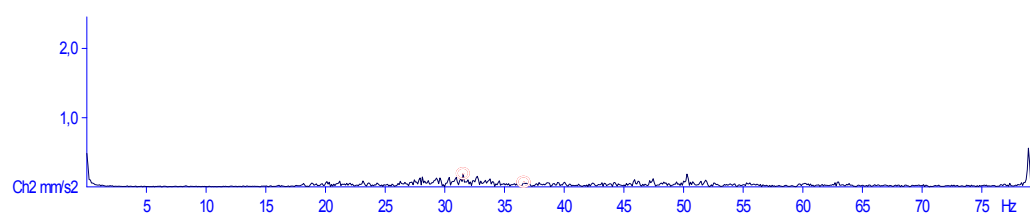
Η παραπάνω καταγραφή έγινε στις 13:10.
Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες: 24,6 και 79 Hz.

Event 78

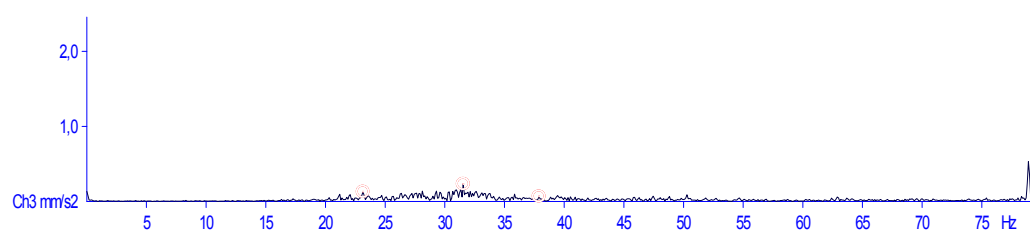
Αξονας χ:



Αξονας γ:



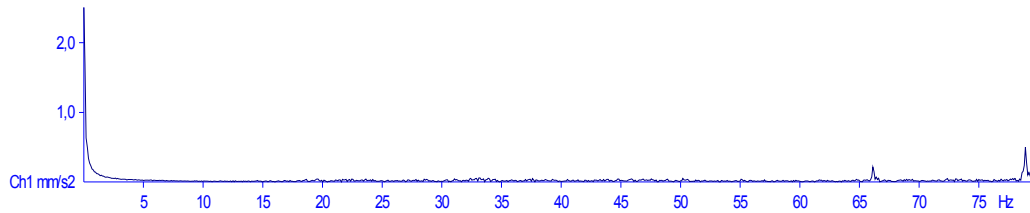
Αξονας ζ:



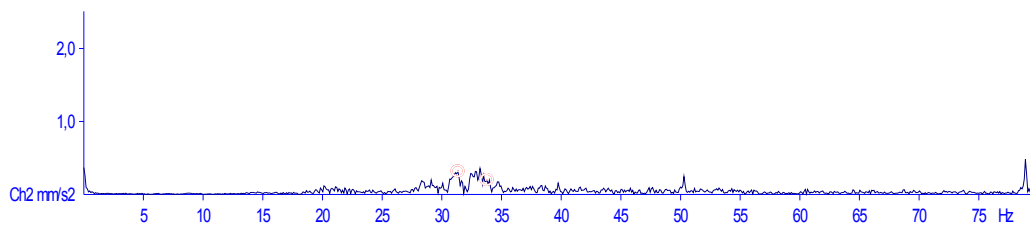
Η παραπάνω καταγραφή έγινε στις 15 : 10.
Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες: 31,3 και 79 Hz.

Event 106

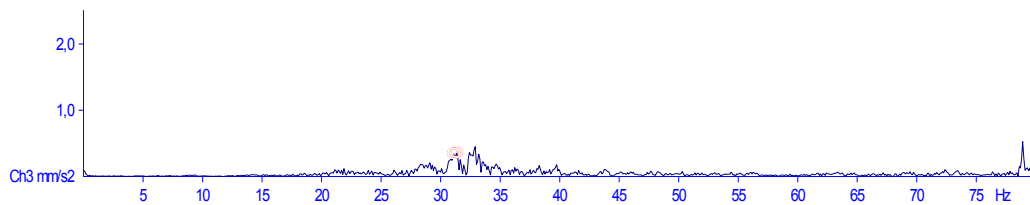
Αξονας χ:



Αξονας y:



Αξονας z:



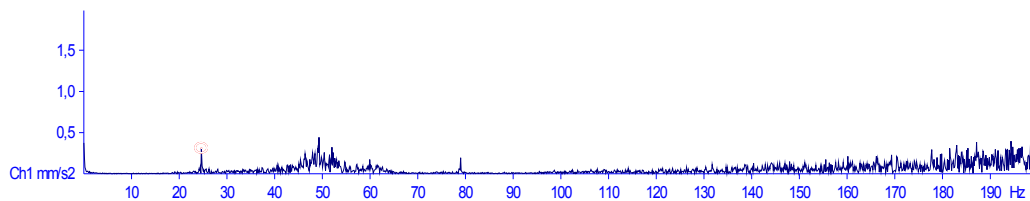
Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες: 31,3 , 33, και 79 Hz.

Οι ιδιοσυχνότητες των δεκάλεπτων καταγραφών, οι οποίες ελήφθησαν στο ίδιο τμήμα της δεξαμενής (δυτική πλευρά), εντοπίστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και είναι κυρίως οι: 24,7, 49,3, 79 Hz. Παραθέτοντας τις ιδιοσυχνότητες της 24 ώρης καταγραφής και τις αντίστοιχες της δεκάλεπτης καταγραφής, παρατηρούμε ότι αρκετές ιδιοσυχνότητες είναι ίδιες.

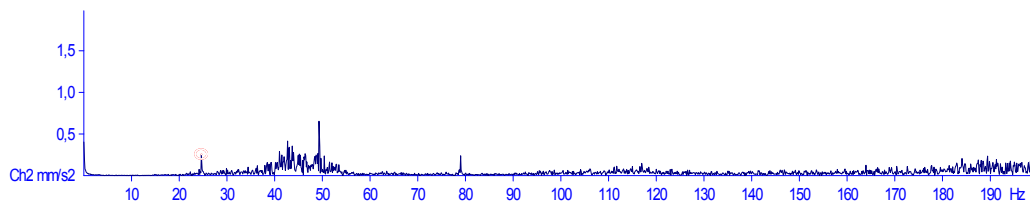
- Μετρήσεις καταγραφικού 'MR 2' (στη βόρια πλευρά της δεξαμενής)

Event 37

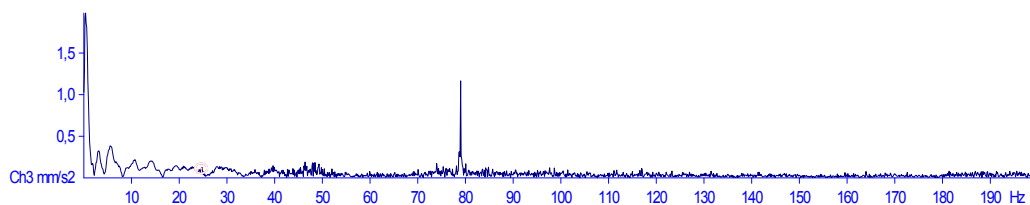
Αξονας χ:



Αξονας γ:



Αξονας z:

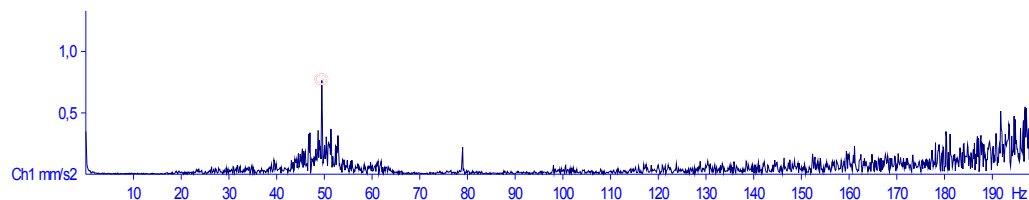


Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες: 24,7 , 49,3 και 79 Hz.

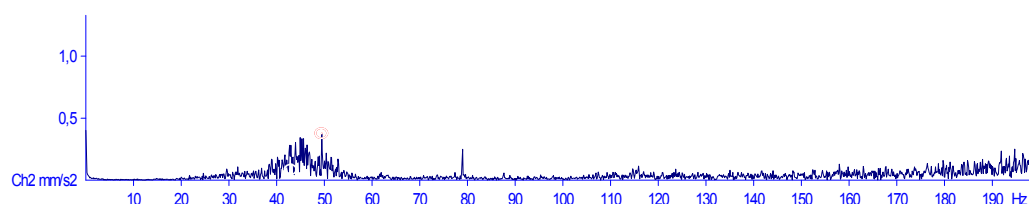
Η παραπάνω καταγραφή έγινε στις 09:02 π.μ.

Event 38

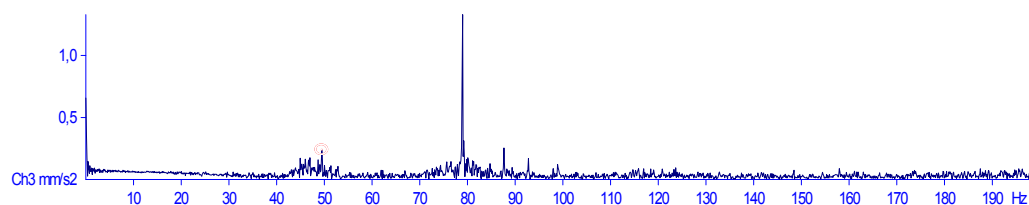
Άξονας χ:



Άξονας y:



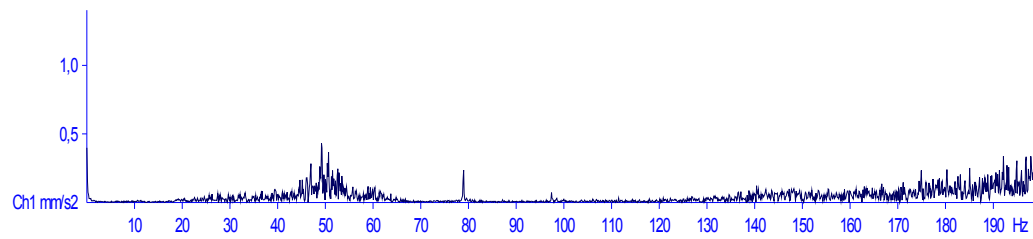
Άξονας z:



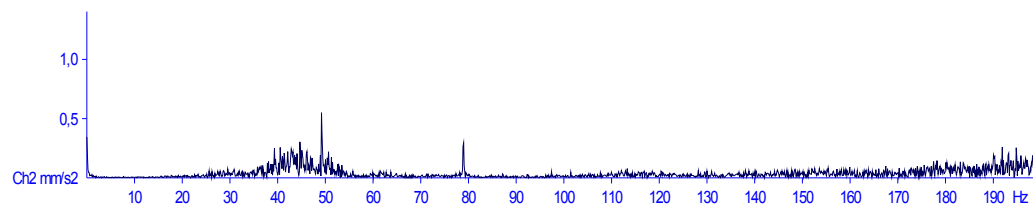
Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες: 49,3 και 79 Hz.
Η παραπάνω καταγραφή έγινε στις 09 :05 π.μ.

Event 43

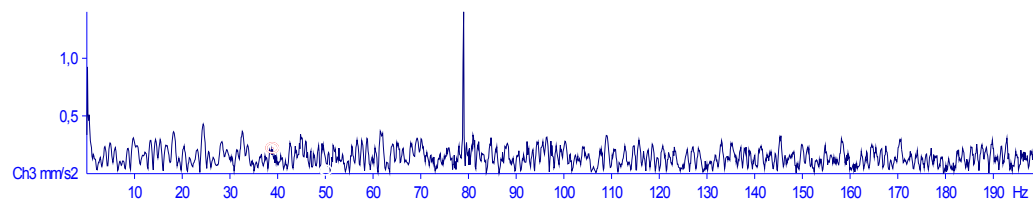
Άξονας χ:



Άξονας y:



Άξονας z:

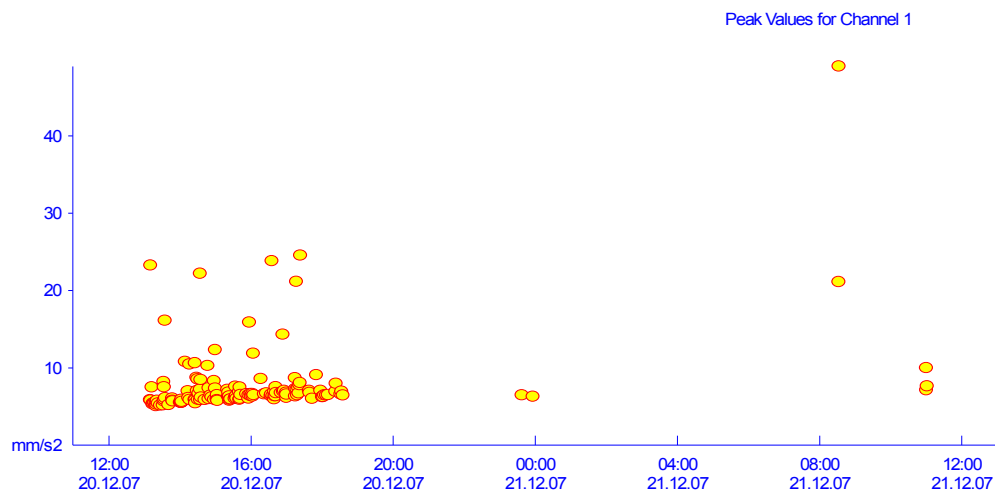


Παρατηρούνται οι εξής ιδιοσυχνότητες: 49,3 και 79 Hz.

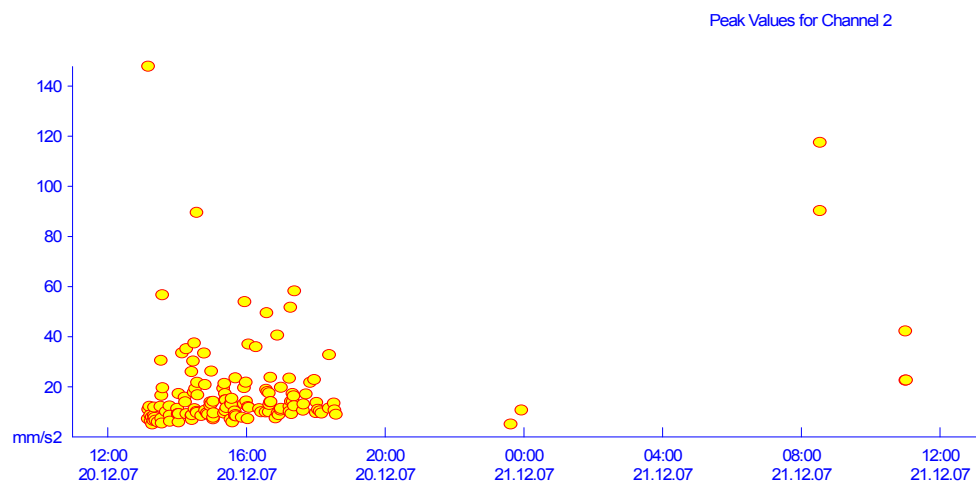
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΜΕΓΙΣΤΩΝ ΠΛΑΤΩΝ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ 24 ΩΡΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ

- Παρουσίαση μέγιστων του καταγραφικού 'MR1' (στη δυτική πλευρά της δεξαμενής)

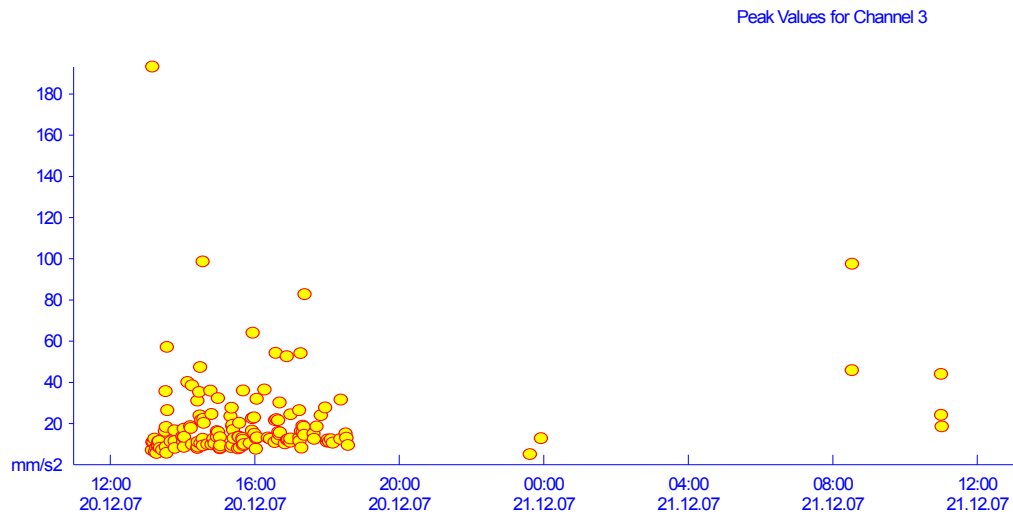
Άξονας χ:



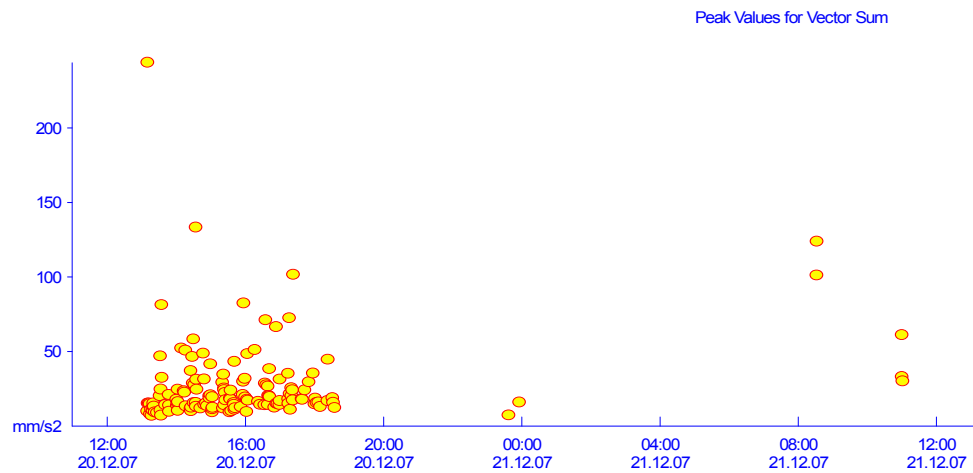
Άξονας γ:



Άξονας z:



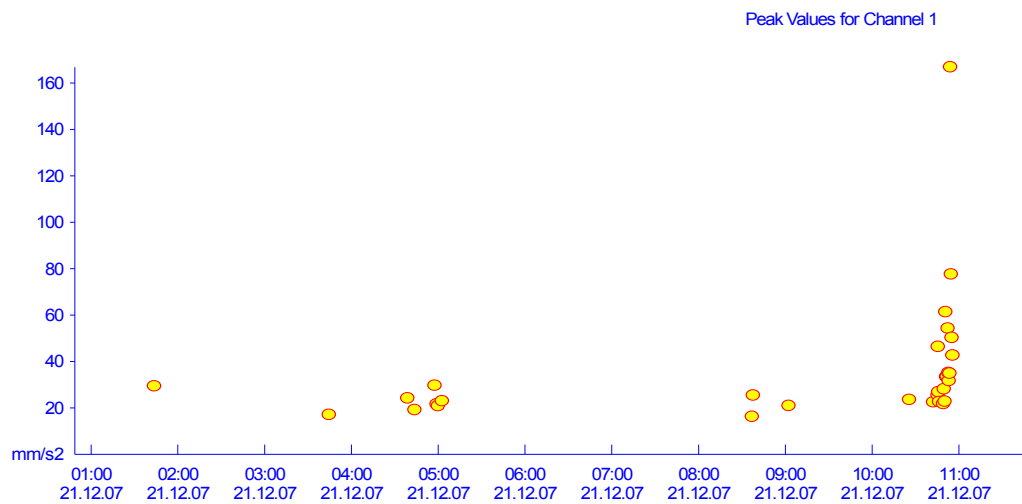
Vector sum:



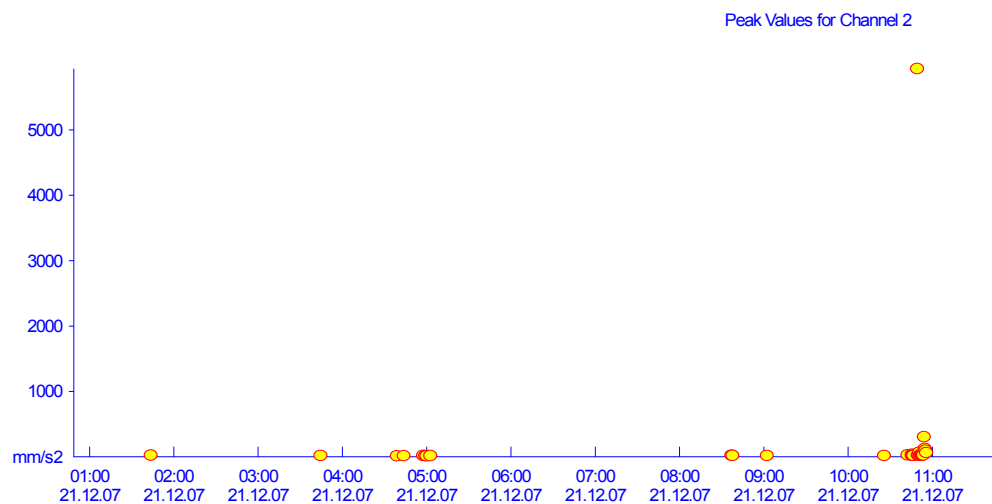
Τα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζουν την κατανομή των μέγιστων (peak) των 147 σημάτων, που καταγράφηκαν από το καταγραφικό όργανο 'MR 1', κατά τη διάρκεια μιας μέρας. Παρατηρούμε ότι και στους τρεις άξονες, ως επί το πλείστον τα μέγιστα εκδηλώνονται μεταξύ των 5 και 25 mm/s².

- Παρουσίαση μέγιστων του καταγραφικού 'MR 2' (στη βόρια πλευρά της δεξαμενής)

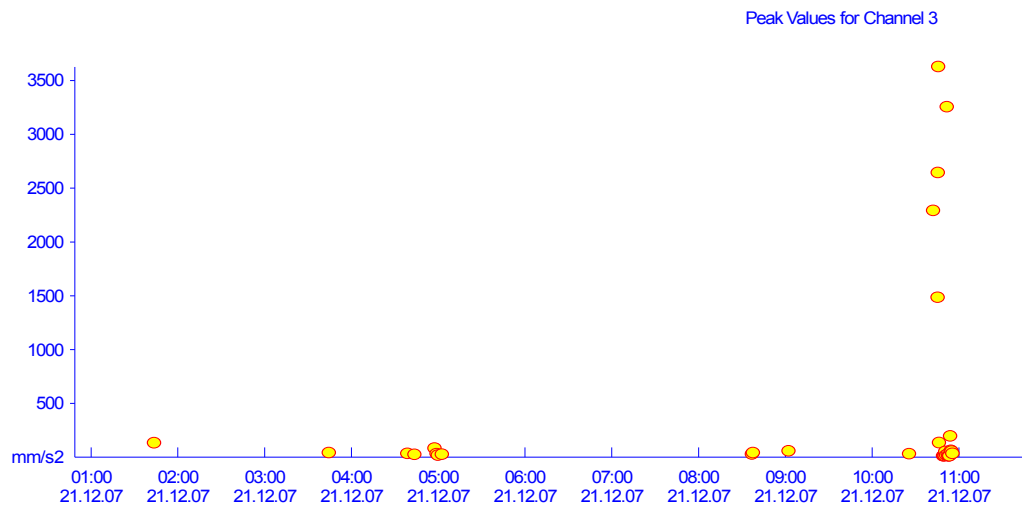
Άξονας χ:



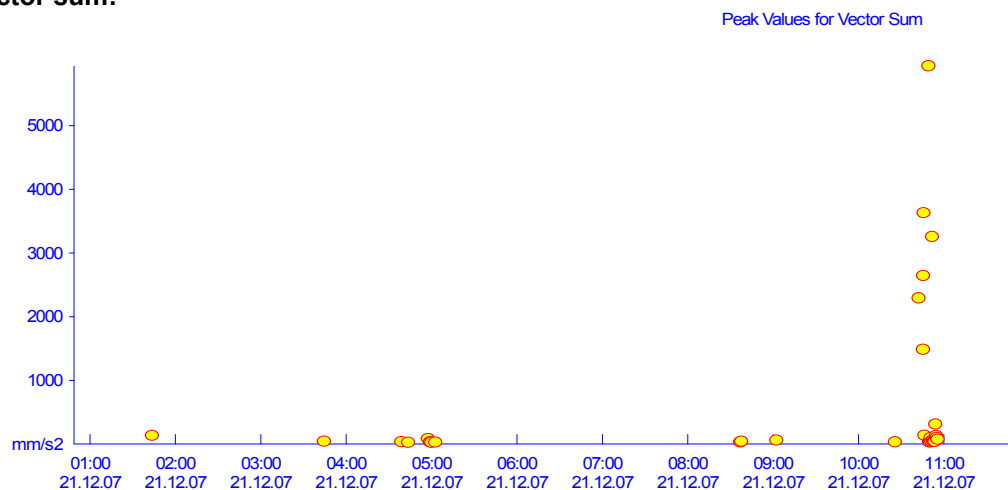
Άξονας y:



Άξονας z:



Vector sum:



Τα παραπάνω διαγράμματα παρουσιάζουν την κατανομή των μέγιστων (peak) των 30 σημάτων, που καταγράφηκαν από το καταγραφικό όργανο 'MR 2' , κατά τη διάρκεια μιας μέρας. Παρατηρούμε ότι και στους τρεις άξονες, ως επί το πλείστον τα μέγιστα εκδηλώνονται μεταξύ 10 και 11.

5.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εργασία αυτή είχε ως στόχο μέσα από την μελέτη δομικής σεισμικής επικινδυνότητας δεξαμενής πρωτοβάθμιας καθίζησης, να αναδείξει τυχόν αστοχίες προς αποφυγή καταστροφών που θα συντελούσαν στον πολλαπλασιασμό των επιπτώσεων ενός σεισμού σε κατασκευές τέτοιου τύπου.

Για την εκτίμηση των δυναμικών χαρακτηριστικών της δεξαμενής καθίζησης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των μικροδονήσεων. Έτσι τοποθετήθηκαν σε κατάλληλα προεπιλεγμένες θέσεις της δεξαμενής αισθητήρες επιτάχυνσης με τους οποίους έγινε κατορθωτό να συγκεντρωθούν δεδομένα απόκρισης της δεξαμενής υπό μορφή σημάτων. Στην συνέχεια έγινε επεξεργασία των σημάτων αυτών με κατάλληλο λογισμικό με το οποίο έγινε μετατροπή των από το πεδίο του χρόνου στο πεδίο των συχνοτήτων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την εξαγωγή των θεμελιωδών πρώτων ιδιοσυχνοτήτων της δεξαμενής.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργαστηριακής μελέτης, αξιολογήθηκαν με την σύγκριση μεταξύ των όπως εξήχθηκαν μετά από δύο ξεχωριστά πειράματα (10 λεπτών καταγραφών και 24 άωρης). Με την παρούσα μελέτη αποδεικνύεται η αποτελεσματικότητα της μεθοδολογίας των μικροδονήσεων (microtremos) στην πρόβλεψη του βαθμού επικινδυνότητας μίας συγκεκριμένης κατάστασης και στην εξαγωγή πολύτιμων συμπερασμάτων, που σε περιπτώσεις όπως αυτή που εξετάζεται σε αυτή την εργασία, μπορεί να αφορούν την λειτουργία μιας κοινωνίας σε καταστάσεις κινδύνου.

Με το πέρας της συγκεκριμένης μελέτης δυναμικής ανάλυσης, είναι δυνατόν να διαπιστωθεί κατά πόσο η δεξαμενή επηρεάζεται δυναμικά από τις συνθήκες του περιβάλλοντος εδαφικού χώρου, τους διάφορους θορύβους και τις κινήσεις οχημάτων που γίνονται περιμετρικά της δεξαμενής.

Τέλος, για την συμπλήρωση της παρούσας μελέτης, προτείνεται να διεξαχθεί μία μελλοντική μελέτη εκτίμησης δυναμικών χαρακτηριστικών του εδάφους γύρω από την περιοχή θεμελίωσης της δεξαμενής. Έτσι συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων με τα δυναμικά χαρακτηριστικά της δεξαμενής που εξήχθηκαν από την παρούσα μελέτη θα προκύψουν πιο αξιόπιστα και με μεγαλύτερη εφαρμογή συμπεράσματα ως προς την δομική επικινδυνότητα της κατασκευής υπό εξέταση.

Βιβλιογραφία.

- [1]. Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, ‘**Αντισεισμικός Σχεδιασμός**’, www.gein.gr
- [2]. Prodromos Psarropoulos and Yiannis Tsompanakis, ‘**Impact of local soil conditions on seismic design of solid waste landfills**’, HELECO ’05, TEE, Athens 2005.
- [3]. Jie Lia, Hua-Ming Chenb, Jian-Bing Chen, ‘**Studies on seismic performances of the prestressed egg-shaped digester with shaking table test**’, Engineering Structures 29, pp. 552–566, 2007.
- [4]. Nancy Miller Duevel, P.E., S.E, ‘**City of Tacoma Central Treatment Plant (CTP) - Seismic Analysis of Anaerobic Digesters**’, MEMORANDUM 24616-703, SEATTLE, 2004.
- [5]. S. Kaewunruen, A. M. Remennikov, ‘**Application of Experimental Modal Testing for Estimating Dynamic Properties of Structural Components**’, Faculty of Engineering – Papers, University of Wollongong, 2005.
- [6]. View 2002, ‘**Users Manual**’, ZIEGLER CONSULTANTS, Zürich, 2005.
- [7]. SYSCOM Instruments SA, ‘**User Manual MS2004+**’, Zürich, www.syscom.ch
- [8]. Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας (ΟΑΣΠ), «**Γεωλογικά, Σεισμολογικά Θέματα**», www.oasp.gr
- [9]. Ευθ. Λ. Λέκκας, ‘**Φυσικές και τεχνολογικές καταστροφές**’, εκδ. Access, Αθήνα 1996.
- [10]. Β. Κ. Παπαζάχος, Γ. Φ. Καρακαΐσης, Π. Μ. Χατζηδημητρίου, ‘**Εισαγωγή στην Σεισμολογία**’, εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη 2005.

- [11] www.ims.forth.gr/.../emeric/emeric-gr.html
- [12]. M. A. Gamal, E. Ghoneim, **‘Using Microtremors To Determine The Natural Frequencies Of Vibration For Structures In Cairo City’**, Cairo 2007.
- [13]. www.tankindustry.com
- [14]. Π. Κ. Κολιόπουλος, Γ.Δ. Μανώλης, **‘Δυναμική των κατασκευών με εφαρμογές στην αντισεισμική μηχανική’**, εκδ. Β. Γκιούρδας, Αθήνα 2005.
- [15]. Κώστας Προβιδάκης, **‘Εισαγωγή στην Τεχνική Σεισμολογία’**, Σημειώσεις για τους φοιτητές του Πολυτεχνείου Κρήτης, 2004.
- [16]. Α. Ι. Στάμου, **‘Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων’**, εκδ. Παπασωτηρίου, Αθήνα 1995.
- [17]. Στυλιανός Π. Τσώνης, **‘Επεξεργασία Λυμάτων’**, εκδ. Παπασωτηρίου, Αθήνα 2004.
- [18] www.eydap.gr
- [19]. Μανασσής Μήτρακας, **‘Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και Επεξεργασία Νερού’**, εκδ. Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2001.
- [20]. Ευάγγελος Διαμαντόπουλος, **‘Φυσικές Διεργασίες στην Επεξεργασία Νερού και υγρών’**, Σημειώσεις για τους φοιτητές του Πολυτεχνείου Κρήτης, 2006.
- [21]. Hugo Bachmann, **‘Αντισεισμική προστασία κατασκευών’**, εκδ. Μ. Γκιούρδας, Αθήνα 1998.
- [22]. Θεμιστοκλής Δ. Λέκκας, **‘Περιβαλλοντική Μηχανική Ι, Διαχείριση Υδάτινων Πόρων’**, εκδ. Κόσμος ΠΕΜΕΡ ΕΠΕ, Αθήνα 1996.
- [23]. Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Χανίων (ΔΕΥΑΧ),