



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**& ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ

ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

# **Μελέτη θορύβου και ακουστικές μετρήσεις**

**Στην ευρύτερη περιοχή του λιμένος Πειραιώς**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Δαγρές Ι. Πέτρος  
Φωτίου Γ. Νικόλαος

**Επιβλέπων:** Γεώργιος Καμπουράκης  
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.



Αθήνα, Μάρτιος 2015







**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**& ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**  
ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ  
ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Μελέτη θορύβου και**  
**ακουστικές μετρήσεις**

**Στην ευρύτερη περιοχή του λιμένος Πειραιώς**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

Δαγρές Ι. Πέτρος  
Φωτίου Γ. Νικόλαος

**Επιβλέπων:** Γεώργιος Καμπουράκης  
Επίκουρος Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την      Μαρτίου 2015

.....  
Γεώργιος Καμπουράκης

.....  
Ελευθέριος Καγιάφας

.....  
Βασίλειος Λούμος



Αθήνα, Μάρτιος 2015

.....

Δαγρές Ι. Πέτρος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

.....

Φωτίου Γ. Νικόλαος

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός & Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Δαγρές Πέτρος/Φωτίου Νικόλαος 2014

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τους συγγραφείς και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.



## **Πρόλογος**

Στόχος κάθε οργανωμένης κοινωνίας είναι η πρόοδος και η ευημερία του συνόλου της. Συνήθως αυτό αποδίδεται μονόπλευρα στην βιομηχανική ανάπτυξη, με όρους άκαμπτων οικονομικών μεγεθών, χωρίς ιδιαίτερη φροντίδα για τα αποτελέσματα αυτής της ανάπτυξης τόσο στο φυσικό περιβάλλον όσο και στον ανθρώπινο παράγοντα. Ακόμα και όταν ερευνάται ο τομέας της περιβαλλοντικής μόλυνσης πολλές φορές αμελείται το κομμάτι της ηχορύπανσης. Η ηχορύπανση έχει μεγάλη επίπτωση τόσο στην ψυχολογική όσο και στην σωματική υγεία όσων επηρεάζει. Ειδικά στην περίπτωση που κάποιος εργάζεται ή ζει κοντά σε ένα μεγάλο λιμάνι, με συνεχείς θορύβους μεγάλης έντασης. Αυτή την στιγμή στην Ελλάδα η φροντίδα, οι κανόνες αλλά και το νομοθετικό πλαίσιο σχετικά με την ηχορύπανση κινούνται σε πρωτόλειο στάδιο.

Στη συγκεκριμένη μελέτη επιλέξαμε να ερευνήσουμε θέσεις πάνω στο εμπορικό Λιμάνι του Περάματος, στο επιβατικό Λιμάνι του Πειραιά, στην λεωφόρο Δημοκρατίας στο Πέραμα, καθώς και κάποιες θέσεις δορυφορικά των τριών βασικών αξόνων της μελέτης μας. Έγιναν παράλληλες μετρήσεις με ηχόμετρο επιπέδου 1 της B&K και ηχογράφηση μέσω laptop, την οποία στην συνέχεια επεξεργαστήκαμε μέσω Matlab. Στην συνέχεια απομονώσαμε και επεξεργαστήκαμε μεμονωμένα ακουστικά συμβάντα ώστε να συμπεράνουμε τον βαθμό στον οποίο επηρεάζουν τις συνολικές μετρήσεις. Μέσω της συγκομιδής, επεξεργασίας και ανάλυσης των παραπάνω δεδομένων εξάγαμε σημαντικά συμπεράσματα για το είδος και τα χαρακτηριστικά των πηγών θορύβου στην ευρύτερη περιοχή του Πειραιά. Επιπλέον εξετάστηκε σε θεωρητικό επίπεδο ο θόρυβος και οι επιπτώσεις του στον άνθρωπο και έγινε εκτενής αναφορά στο υπάρχον νομοθετικό πλαίσιο σε Ελλάδα και Ευρώπη. Στο τέλος έγιναν προτάσεις τόσο για την διαχείριση του θορύβου όσο και για την λήψη μέτρων για την άμεση μείωσή του.

**Λέξεις κλειδιά:** λιμάνι, θόρυβος, βλαβερά επίπεδα ακουστικής πίεσης, θόρυβος βάρους, αιχμές θορύβου



## **Abstract**

The goal of every organized society is achieving progress and prosperity for its whole. This is usually unilaterally attributed to biomechanical growth , in terms of stiff economic measures, without specific care about the impact of that growth on the natural environment as well as the human factor. Even when the case of environmental pollution is under the microscope, usually the part of noise pollution is neglected. Noise pollution has a significant impact both on the psychological and the physical health of those subjected to it. Especially in the case of someone working or living near a big port, where noise of high level is continuous. Right now in Greece the care, the rules and the existing legislation over noise pollution is at a primary level.

At this particular thesis we chose study specific measurement positions on the commercial port of Perama, the passenger port of Pireaus and Demokratias avenue, which is the central avenue of Perama city, as well as some satellite positions around our three basic axes study. Simultaneous recordings with a level 1 sound meter and a laptop have taken place. The laptop recordings were later processed with Matlab. Next we isolated and processed specific noise events, in order to determine the level which those events affected the outcome of our total recordings. Via gathering, processing and analyzing those data we resulted to significant conclusions on the kind and the characteristics of noise sources in the broader area of Pireaus. In addition we examined in a theoretical way the noise and its impacts on human health. Furthermore there has been a detailed reference of the legislator framework in Greece and Europe. Finally suggestions on noise management and noise reduction have been made.

**Key words:** port, noise, harming levels of sound pressure, background noise, peaks of noise





## Ευχαριστίες...

### Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε:

Τις οικογένειες και τους φίλους μας που τόσα χρόνια ήταν πάντα εκεί για εμάς

Τον υποψήφιο διδάκτορα του ΕΜΠ και φίλο μας Κωνσταντίνο Μπακογιάννη για την συνεχή βοήθεια και καθοδήγηση του, αλλά και την υπομονή που επέδειξε σε όλη την διάρκεια της συνεργασίας μας.

Τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Γεώργιο Καμπουράκη για τις ιδέες, τις γνώσεις, την παροχή βιβλιογραφίας και την κατανόησή του.

## Αφιερώσεις...

Η διπλωματική αυτή αφιερώνεται σε όσους και όσες μέσα στα φοιτητικά μας χρόνια μας έμαθαν να αγαπάμε και να χαιρόμαστε, σε όσους και όσες ξαναγελάσαμε μαζί αφού τσακωθήκαμε, σε όσους και όσες μας έμαθαν να σηκωνόμαστε όταν πέφτουμε, να δίνουμε το χέρι σε όποιον το χρειάζεται, να αγωνιζόμαστε για αξιοπρέπεια και να νικάμε με το κεφάλι ψηλά και την γροθιά σφιγμένη.

**Σε όσους και όσες πέρασαν, σε όσους και όσες ήρθαν και θα έρθουν. Σε όσους και όσες θα μας ξαναέκαναν Ανεξάρτητους Αριστερούς Φοιτητές Ηλεκτρολόγους.**



## Κεφάλαιο 1

### Εισαγωγή

1.1 Ιστορική αναδρομή.....	17
1.2 Εισαγωγή στον ήχο.....	22
1.3 Λειτουργία του μικροφώνου.....	35
1.4 Θόρυβος.....	36
1.5 Φυσιολογία του αυτιού, μηχανισμός ακοής και επιπτώσεις θορύβου στον άνθρωπο.....	39
1.6 Νομοθεσία.....	48
1.7 Πηγές θορύβου σε λιμάνι.....	55

## Κεφάλαιο 2

Μεθοδολογία.....	61
------------------	----

## Κεφάλαιο 3:

### Επεξεργασία Μετρήσεων

3.1 Ανάλυση δεδομένων.....	77
3.2 Συγκεντρωτικά συμπεράσματα.....	186

## Κεφάλαιο 4

### Επεξεργασία Μεμονωμένων Ακουστικών Συμβάντων

4.1 Ανάλυση σημαντικών συμβάντων.....	193
4.2 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα και συμπεράσματα συμβάντων.....	212

## Κεφάλαιο 5

Σύνοψη και συμπεράσματα..... 216

## Κεφάλαιο 6

Προτάσεις.....220

Βιβλιογραφία.....227

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

### 1.1 Ιστορική Αναδρομή

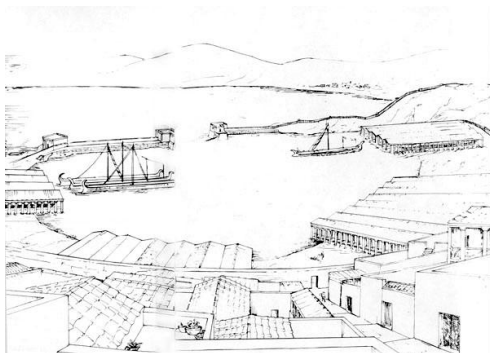
#### Μια σύντομη αναδρομή στην ιστορία του λιμανιού του Πειραιά

Η ιστορία του λιμανιού μπορεί να χωριστεί σε τέσσερις περιόδους:

- αρχαίοι χρόνοι                      2600 π.Χ. - 267 μ.Χ.
- βυζαντινοί χρόνοι                332 μ.Χ. - 1387 μ.Χ.
- οθωμανική κυριαρχία            1456 μ.Χ. - 1824 μ.Χ.
- νεώτεροι χρόνοι                   1833 μ.Χ. - σήμερα

#### **Αρχαίοι Χρόνοι**

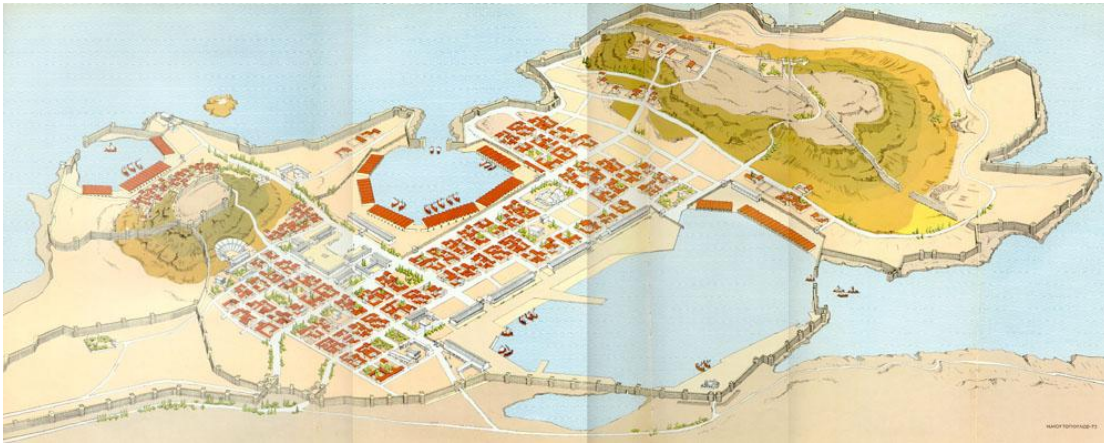
Το λιμάνι του Πειραιά είναι από τα αρχαιότερα στην Μεσόγειο και όλο τον κόσμο. Η δημιουργία του προσδιορίζεται τη περίοδο 2600 - 2000 π.Χ. όταν και ξεκίνησε η σταδιακή ένωση με την υπόλοιπη Αττική, ενώ οι πρώτοι του κάτοικοι εγκαθίστανται στο λόφο της Μουνιχίας<sup>1</sup> περί το 1300 π.Χ. . Μέχρι το 483 π.Χ. οι Αθηναίοι είχαν μεταφέρει εκεί το επίνειό<sup>2</sup> τους.



**Το αρχαίο λιμάνι της Μουνιχίας**

Εκείνη την εποχή των κλασικών χρόνων γνώρισε και την πρώτη μεγάλη ακμή του. Το 478 π.Χ. μετά την επιτυχή έκβαση της ναυμαχίας της Σαλαμίνας (480 π.Χ.) το λιμάνι του Πειραιά οχυρώνεται. Λίγο αργότερα μεταξύ 461 π.Χ.- 451 π.Χ. ανεγείρονται τα Μακρά Τείχη, αμυντικά τείχη που ένωναν την Αθήνα με το λιμάνι του Πειραιά. Τα έτη 451 π.Χ. – 431 π.Χ.

ανοικοδομείται η πόλη του Πειραιά βάση σχεδίου του αρχιτέκτονα Ιπποδάμου. Την ίδια περίοδο το λιμάνι του εξελίσσεται σε σπουδαίο ναυτεμπορικό κέντρο.



**Αναπαράσταση του αρχαίου Πειραιά με τις οχυρωματικές, τις λιμενικές και τις αστικές κατασκευές  
(Παπαχατζής 1974, 104)**

Τους επόμενους αιώνες και με αρχή τον πελοποννησιακό πόλεμο αρχίζει η παρακμή του λιμανιού του Πειραιά. Με μικρές περιόδους ανάκαμψης του εμπορίου στο λιμάνι, σε μια από τις οποίες το 176 μ.Χ φιλοτεχνείται και τοποθετείται το άγαλμα του λέοντος, αλλά και επιδρομές πολέμους και κατακτητές φτάνουμε στα 267 μ.Χ όταν οι Γότθοι και οι Ερούλοι κάνουν επιδρομή στο λιμάνι του Πειραιά, με αποτέλεσμα την εγκατάλειψη της πόλης από τους κατοίκους της.

### **Βυζαντινοί Χρόνοι**

Η ιστορία του λιμανιού συνεχίζεται στα Βυζαντινά χρόνια, όπου περί το 322 μ.Χ αποτέλεσε πολεμικό ναύσταθμο και ορμητήριο του στόλου του Μεγάλου Κωνσταντίνου στον πόλεμο ενάντια στον Λικίνιο. Ωστόσο μια επιδρομή των Γότθων 395 μ.Χ νέκρωσε τελείως το λιμάνι ενώ το 551 μ.Χ ένας μεγάλος σεισμός κατέστρεψε τελείως τα εναπομείναντα λιμενικά έργα. Το 1040 μ.Χ. οι Βαράγγοι και Νορβηγοί, υπό τον αρχηγό Αράλδ, υπηρετούντες τον Βυζαντινό αυτοκράτορα Μιχαήλ Δ' τον Παφλαγόνα, περνώντας από το λιμάνι του Πειραιά χάραξαν στα πλευρά του τεράστιου μαρμάρινου λέοντος που υπήρχε στο λιμάνι, επιγραφή στην αρχαία Σκανδιναβική γλώσσα. Το 1205 μ.Χ περιέρχεται στην κατοχή των Φράγκων ενώ το 1317 μ.Χ που αποτελούσε αγκυροβόλιο των Καταλανών δέχεται την επίθεση των Βενετών. Τότε το λιμάνι αρχίζει να ονομάζεται "λιμνή του Λέοντος" ή "Πόρτο Λεόνε" ή "Πόρτο Δράκο" λόγω του μαρμάρινου λιονταριού που βρισκόταν στην είσοδο του.



**Το άγαλμα του λέοντος, κατασκευάστηκε περίπου το 150 μ.Χ. και σήμερα βρίσκεται στη Βενετία απ' όπου και η φωτογραφία.**

Το 1387 μ.Χ τελειώνει η καταλανική κυριαρχία της Αθήνας και οι Δελαρός, Φράγκοι κυρίαρχοι της Αθήνας, κάνουν μικροεπισκευές στο λιμάνι.

### **Οθωμανική Κυριαρχία**

Κατά την Οθωμανική περίοδο κυριαρχίας του Πειραιά και της Αθήνας 1456 μ.Χ -1824 μ.Χ. το λιμάνι είτε βρισκόταν υπό συνεχή επιθέσεις και επιδρομές είτε παρέμεινε ερημωμένο. Εξαίρεση αποτελεί η περίοδος 1670-1675 μ.Χ. όταν και γίνεται εξαγωγή λαδιού προς την Μασσαλία. Σημαντικό γεγονός αυτή την περίοδο είναι ο βομβαρδισμός της Αθήνας το έτος 1687 μ.Χ από τον ενετικό στόλο υπό την διοίκηση του Μοροζίνι κατά την διάρκεια του οποίου ανατινάχθηκε ο Παρθενώνας ο οποίος νωρίτερα είχε μετατραπεί από τους Οθωμανούς σε μαρουταποθήκη. Μεταξύ άλλων λαφύρων μεταφέρεται στην Βενετία το μεγάλο μαρμάρινο λιοντάρι του λιμανιού.

### **Νεώτεροι Χρόνοι**

Από το 1833 που ο Πειραιάς ανακηρύσσεται σε ανεξάρτητο δήμο, σημαντική εξέλιξη αποτελεί η μετακίνηση της ελληνικής πρωτεύουσας στην Αθήνα την επόμενη χρονιά και η παράλληλη ίδρυση του Τελωνείου και του Υπολιμεναρχείου. Έτσι αυξάνεται η κίνηση αλλά και η εμπορική σημασία του λιμανιού. Το πρώτο φορτηγό ατμόπλοιο ελληνικής ιδιοκτησίας φθάνει στο λιμάνι το 1840. Το 1850 ,πλέον, η ετήσια κίνηση στο λιμάνι ανέρχεται σε 7000 περίπου πλοία(αφίξεις και αναχωρήσεις), με συνολική χωρητικότητα 130000 τόνων και 30000 επιβατών. Μετά από μια δεκαετία ιδρύονται τα Ναυπηγεία Βασιλειάδη.



### Πειραιάς 1860 μ.Χ.

Το 1876 εγκαθίσταται στο λιμάνι ο πρώτος γερανός. Το 1890 η κίνηση πλέον ανέρχεται σε συνολικά 2460 πλοία με χωρητικότητα 1500000 τόνοι. Μεγάλη ώθηση στο λιμάνι του Πειραιά δίνει η διάνοιξη της διώρυγας της Κορίνθου το 1893 και έτσι, το 1906 η κίνηση έχει ανέβει στα 5350 πλοία συνολικής χωρητικότητας 3250000 τόνων. Μερικές δεκαετίες αργότερα, το 1932, στο λιμάνι εγκαθίστανται δύο γερανογέφυρες. Κατά την διάρκεια του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου καταστρέφεται μεγάλο μέρος των υποδομών του λιμανιού. Με το τέλος του πολέμου, το 1946, αγοράζονται 31 γερανοί, ενώ το 1950 αγοράζονται 13 νέοι ηλεκτρικοί γερανοί και 25 περονοφόρα οχήματα ανύψωσης και μεταφοράς εμπορευμάτων. Ο πρώτος πλωτός γερανός προμηθεύεται ο πρώτος πλωτός γερανός και την επόμενη χρονιά λειτουργεί η πρώτη γερανογέφυρα για εμπορευματοκιβώτια. Κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 1980 αγοράζονται καινούριες γερανογέφυρες για containers, νέοι ηλεκτροκίνητοι γερανοί, ρυμουλκά, οχήματα στοιβασίας και μεταφοράς containers, περονοφόρα οχήματα, tractors, λεωφορεία νοσοκομειακά αυτοκίνητα ρυμουλκούμενα οχήματα και άλλα. Γενικά αναπτύσσεται ραγδαία το λιμάνι σε επίπεδο τόσο εξοπλισμού όσο και εγκαταστάσεων. Την δεκαετία του 90 υπάρχει περαιτέρω επέκταση των εγκαταστάσεων, ενώ το 1999 ο Ο.Λ.Π. μετατρέπεται σε ανώνυμη εταιρεία. Το 2002 του παραχωρείται αποκλειστικό δικαίωμα χρήσης και εκμετάλλευσης όλων των εγκαταστάσεων της χερσαίας λιμενικής ζώνης για 40 χρόνια και την επόμενη χρονιά εισάγεται στο χρηματιστήριο.





**Το επιβατικό λιμάνι του Πειραιά σήμερα. Στο βάθος διακρίνεται και το εμπορικό.**

Τα λιμάνια του Πειραιά και του Περάματος φαίνεται, και μέσω των ιστορικών δεδομένων, να είναι λιμάνια με μεγάλη δυναμική λόγω της τοποθεσίας του. Το μεγάλο στοίχημα είναι να αξιοποιηθούν πραγματικά οι δυνατότητές του προς όφελος της κοινωνίας, με σεβασμό στις ανάγκες της.



**Φορτοεκφόρτωση στο τμήμα που ελέγχει η Cosco**

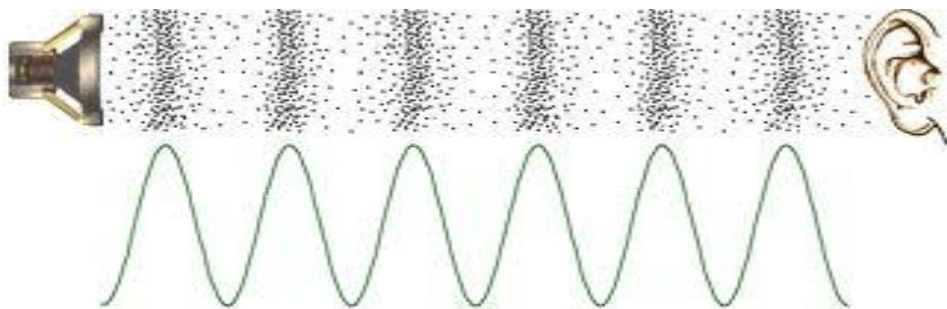
<sup>1</sup> Ο σημερινός λόφος της Καστέλας

<sup>2</sup> Με τον όρο επίνειο χαρακτηρίζεται παράλια πόλη ή οικισμός με λιμάνι ή όρμο που εξυπηρετεί την εγγύτερη ηπειρωτική, συνήθως μεγαλύτερη, πόλη.

## 1.2 Εισαγωγή στον ήχο

### Ήχος

Οποιαδήποτε διαταραχή που προκαλεί αλλαγή στην πίεση του μέσου διάδοσης (αέρας, νερό, κλπ) η οποία είναι ανιχνεύσιμη από τα ανθρώπινα αισθητήρια όργανα.



### Πώς διαδίδεται ο ήχος;

Όταν μιλάμε για διάδοση του ήχου, στην πραγματικότητα, μιλάμε για διάδοση ηχητικών κυμάτων. Τα ηχητικά κύματα είναι μηχανικά κύματα ή κύματα ελαστικότητας, διότι παράγονται από σώματα που εκτελούν μηχανικές ταλαντώσεις ή αλλιώς δονήσεις.

Αφού παραχθούν, επόμενη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη υλικού μέσου μεταξύ πομπού και δέκτη του κύματος. Με την κατάλληλη διέγερση, δημιουργείται τέτοια διάταξη των μορίων του υλικού μέσου ώστε αυτά εξαναγκάζουν με την σειρά τους γειτονικά μόρια να μετατοπιστούν από την θέση ισορροπίας τους. Έτσι είναι προφανές ότι το υλικό μέσο αρκεί να βρίσκεται σε οποιαδήποτε από τις καταστάσεις της ύλης: στερεό, υγρό, αέριο ή πλάσμα. Δεν μπορεί όμως να είναι το κενό, καθώς σε αυτό είναι αδύνατον να διαδοθούν τα ηχητικά κύματα.

Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο διαδίδονται, τα ηχητικά κύματα, χωρίζονται σε εγκάρσια και διαμήκη. Εγκάρσια είναι τα κύματα που παράγονται όταν η πρώτη μάζα μετατοπισθεί κάθετα ως προς τον άξονα του μέσου, μεταφέροντας κάθετη μετατόπιση στην επόμενη μάζα. Προκαλούνται έτσι κορυφές και κοιλίες κατά την διάδοση του κύματος. Διαμήκη είναι τα κύματα που προκαλούνται όταν η πρώτη μάζα μετατοπιστεί κατά μήκος του μέσου, ωθώντας την επόμενη μάζα προς την αντίστοιχη κατεύθυνση. Η διάδοση γίνεται με χρονική καθυστέρηση και σταθερή ταχύτητα για αυτό και, σε αυτή την δεύτερη περίπτωση, παρατηρούνται πυκνώματα και αραιώματα.

*Στα υγρά και στα αέρια τα ηχητικά κύματα διαδίδονται πάντα ως διαμήκη, ενώ στα στερεά είτε ως διαμήκη είτε ως εγκάρσια.*

### Τι συμβαίνει στον ήχο όταν διαδίδεται γύρω μας;

Χαρακτηριστικά φαινόμενα του ήχου είναι

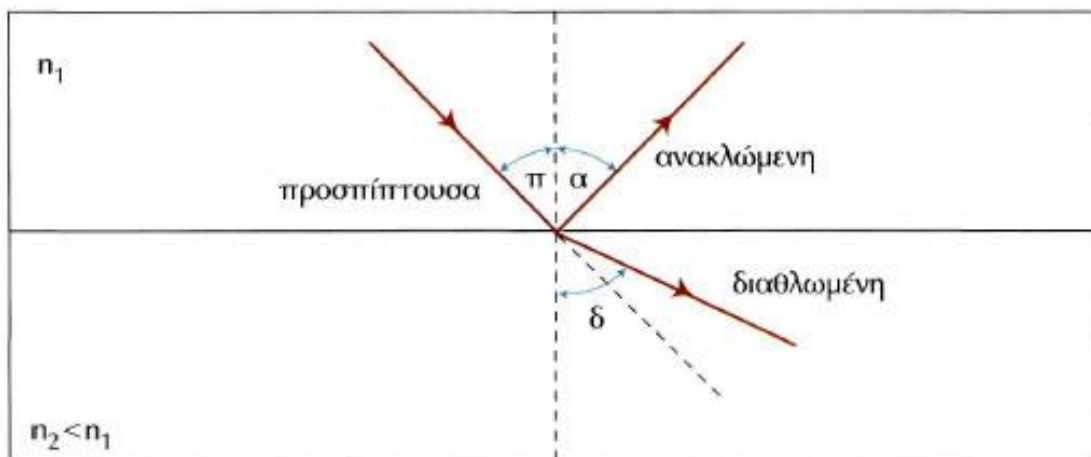
- η ανάκλαση
- η διάθλαση
- η περίθλαση
- η συμβολή
- το φαινόμενο Doppler

### Ανάκλαση

Η ανάκλαση προκαλείται όταν στο μέσο διάδοσης του κύματος παρεμβάλλεται μια διαχωριστική επιφάνεια που προκαλεί την αλλαγή της διεύθυνσης διάδοσης του κύματος. Σύμφωνα με τον νόμο της ανάκλασης, η γωνία πρόσπτωσης είναι πάντα ίση με την γωνία ανάκλασης:  $\theta_a = \theta_r$

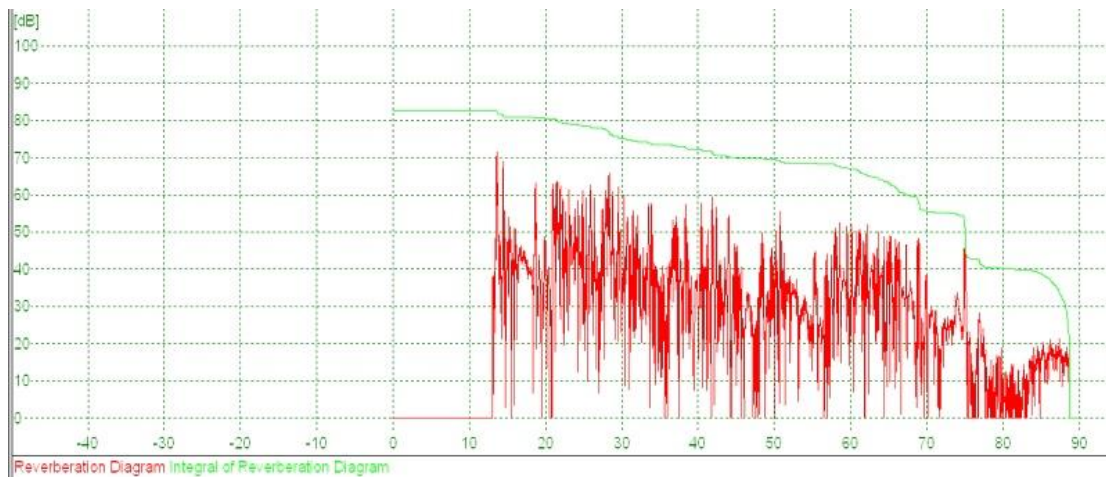
Παράγωγα του φαινομένου της ανάκλασης είναι τα φαινόμενα της ηχούς και της αντήχησης.

Ξέρουμε ότι η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι περίπου 34 μέτρα στο 1/10 του δευτερολέπτου. Αν σκεφτούμε επίσης ότι το ανθρώπινο αυτί μπορεί να αντιληφθεί σε χρόνο ενός δευτερολέπτου 10 διαδοχικούς ήχους σε επαλληλία, προκύπτει ότι όταν το αντικείμενο που παρεμβάλλεται (και προκαλεί την ανάκλαση) βρίσκεται πάνω από 17 μέτρα μακριά, τότε το αυτί αντιλαμβάνεται τόσο τον απευθείας ήχο όσο και τον ανακλώμενο ο οποίος ονομάζεται ηχώ. Εφόσον η απόσταση είναι μικρότερη των 17 μέτρων το ανθρώπινο αυτί απλώς αντιλαμβάνεται τον αρχικό ήχο ενισχυμένο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **αντήχηση**.



**Χρόνος αντήχησης:** Εφόσον ο ήχος ανακλάται στις επιφάνειες του χώρου παραμένει για κάποιο χρονικό διάστημα σε αυτόν. Όμως επειδή απορροφάται σταδιακά μειώνεται. Ο χρόνος που απαιτείται για να περιοριστεί κατά 60 db ο αρχικός ήχος ονομάζεται χρόνος αντήχησης (RT ή RT60).





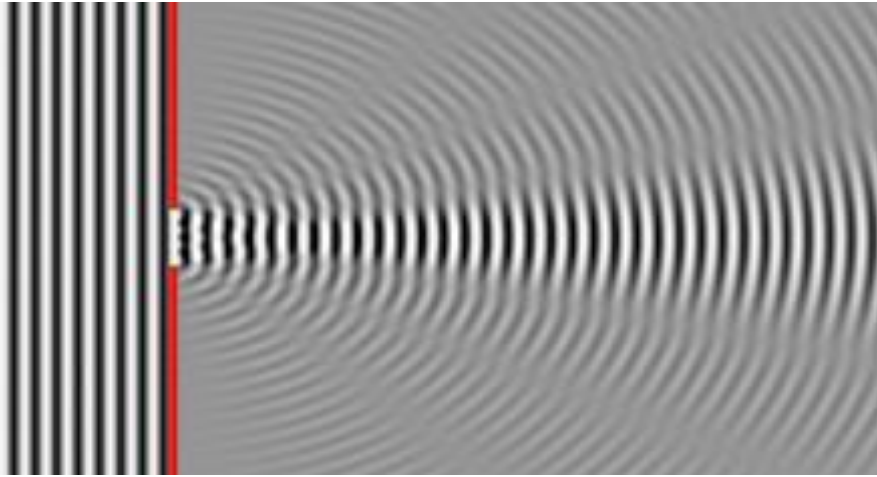
Ο τρόπος με τον οποίο εξελίσσεται το ηχητικό πεδίο αμέσως μετά την διακοπή ενός ήχου σε ένα δωμάτιο. Με κόκκινο χρώμα είναι η ακριβής κυματομορφή του ήχου συναρτήσει του χρόνου, ενώ με πράσινο το ολοκλήρωμα της.

### Διάθλαση

Κατά το φαινόμενο της διάθλασης όταν ένα κύμα περνάει από ένα μέσο σε ένα άλλο διαιρετικής σύστασης και πυκνότητας υπάρχει πιθανότητα να αλλάξει κατεύθυνση. Στον ήχο αυτό παρατηρείται συχνά όταν για παράδειγμα ταξιδεύει σε στρώματα αέρα διαφορετικής θερμοκρασίας και άρα διαφορετικής πυκνότητας.

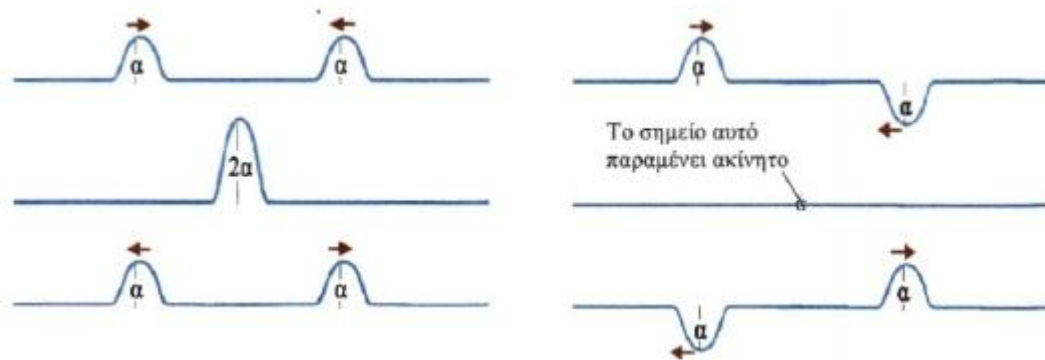
### Περίθλαση

Τα ηχητικά κύματα που ανακλώνται αλλάζουν γωνία κατεύθυνσης. Όπως όλα τα κύματα έτσι και τα ηχητικά κύματα όταν περνούν γύρω από ένα εμπόδιο ή το διαπερνούν (πχ μέσω μιας οπής) έχουν την δυνατότητα να κυρτώνονται και να γεμίζουν τον χώρο πέρα από το εμπόδιο.



### Συμβολή

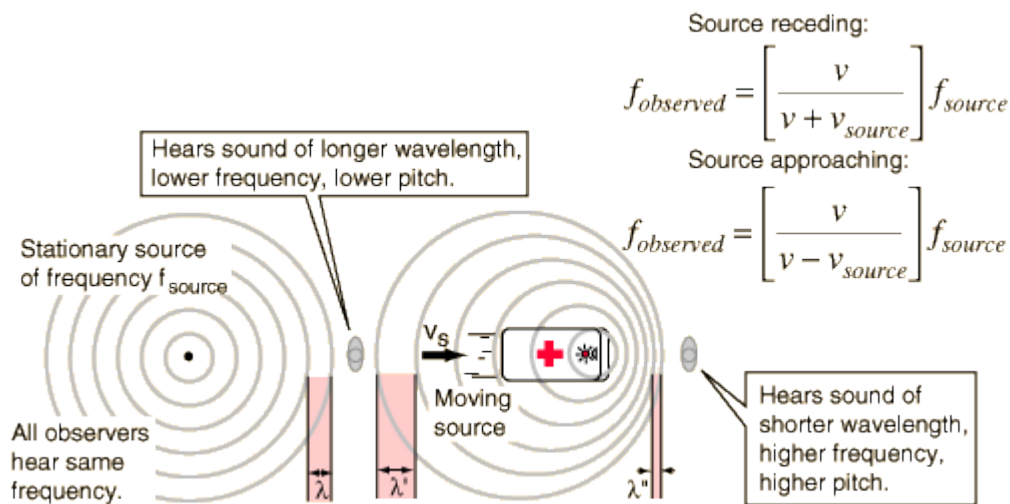
Όταν ηχητικά κύματα παραγόμενα από δυο διαφορετικές πηγές διαδίδονται στο ίδιο μέσο, τότε η διατάραξη που επιδέχεται κάθε μάζα προκύπτει από το άθροισμα των μετατοπίσεων που θα επιδεχόταν από κάθε κύμα ξεχωριστά.



Συμβολή δυο όμοιων κυματικών παλμών και δυο όμοιων αλλά αντίθετων κυματικών παλμών

### Φαινόμενο Doppler

Είναι η αντίληψη της διαφορετικής συχνότητας του ήχου όταν η πηγή και ο παρατηρητής βρίσκονται σε σχετική κίνηση μεταξύ τους.



## Πώς περιγράφεται ο ήχος;

Παρακάτω αναλύονται τα βασικά ακουστικά μεγέθη τα οποία χρησιμοποιούμε για να αποδώσουμε επαρκώς τον ήχο σαν φυσικό φαινόμενο.

**Τονικό ύψος-Συχνότητα ( frequency):** Συμβολίζεται με  $f$  και είναι ο αριθμός των αλλαγών πιέσεων του μέσου διάδοσης που λαμβάνουν χώρα σε χρονικό διάστημα ενός δευτερολέπτου. Η συχνότητα μετριέται σε Hz (1/s). Η συχνότητα χρησιμοποιείται σαν μέτρο για να προσδιοριστεί ο τόνος κάθε ήχου. Με λίγα λόγια προσδιορίζει το πόσο ψηλός (υψηλές συχνότητες) ή πόσο μπάσος (χαμηλές συχνότητες) είναι ένας ήχος. Το ανθρώπινο ακουστικό μέσο (αυτί) αντιλαμβάνεται ήχους συχνότητας 20Hz~20 kHz, περίπου. Δηλαδή αντιλαμβάνεται από 20 μέχρι 20.000 ταλαντώσεις το δευτερόλεπτο.

Ήχοι με συχνότητα κάτω ή άνω των ορίων αυτών ονομάζονται υπόηχοι ή υπέρηχοι αντιστοίχως και δεν γίνονται αντιληπτοί από το ανθρώπινο αυτί. Σε άλλους οργανισμούς το φάσμα της ακοής διαφέρει. Στον σκύλο, για παράδειγμα, το εύρος ακοής εκτείνεται από 40Hz έως 60000Hz.

**Υπόηχος (ILFN):** Ακουστικά γεγονότα με συχνότητες μικρότερες των 20 Hz

Στον πάτο του φάσματος βρίσκονται τα βαρυντικά κύματα που προκαλούν τους ηχητικούς παλμούς μιας μαύρης τρύπας. Σύμφωνα με τον Andrew Fabian του Institute of Astronomy in Cambridge, ο ήχος βρίσκεται στην νότα Σι, αν την ελαττώσουμε 57 οκτάβες κάτω από την μεσαία Ντο ενός πιάνου. Αντιστοιχεί σε  $0,3215020576 * 10^{-14}$  Hz, καθώς έχει περίοδο μίας ταλάντωσης κάθε 10 εκατομμύρια χρόνια. Αποτελεί την πιο χαμηλή νότα του σύμπαντος. Υπό προϋποθέσεις μια μαύρη τρύπα μπορεί να εκπέμπει σταθερή την νότα της για πολύ καιρό. Για παράδειγμα από το σύμπλεγμα του Περσέα εκπέμπεται η πιο μακράς διαρκείας συμφωνία

την οποία γνωρίζουμε, σύμφωνα με τον Dr. Bruce Margon , αστρονόμο στο Space Telescope Science Institute.

**Υπέρηχος:** Ακουστικά γεγονότα με συχνότητες άνω των 20KHz

Στην κορυφή του ηχητικού φάσματος, στους 9.192.631.770 κύκλους ανά δευτερόλεπτο δονείται ένα ενεργό άτομο καυσίου-133. Συγκριτικά μπορούμε να φανταστούμε πως η νότα λα, την οποία μπορούμε να ακούσουμε, βρίσκεται στους 440 κύκλους.

**Περίοδος:** Ορίζεται ως η διάρκεια του χρόνου μέσα στον οποίο ένα περιοδικό φαινόμενο ολοκληρώνει μία πλήρη επανάληψη. Συμβολίζεται με T . Η μονάδα μέτρησής της είναι το sec. Είναι το αντίστροφο της συχνότητας.

**Ταχύτητα:** Στον αέρα και υπό κανονικές συνθήκες η ταχύτητα του ήχου είναι περίπου 330m/sec, στα υγρά κυμαίνεται μεταξύ 1400m/sec~ 1500m/sec, ενώ στα στερεά είναι ακόμα μεγαλύτερη, ανάλογα το υλικό. Στο σίδηρο για παράδειγμα είναι 5000m/sec. Παρακάτω δίνεται ένας πίνακας με τις ταχύτητες του ήχου σε διάφορα μέσα και σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

Ύλη	Θερμοκρασία (C)	Ταχύτητα (m/s)
Αέρας	0	331.5
Αέρας	20	343
Υδρογόνο	0	1286
Διοξείδιο του Άνθρακα	0	258
Νερό	15	1493
Χάλυβας	-	5000
Ήλιο	20	927
Υδρατμοί	35	402

**Μήκος κύματος:** Έτσι χαρακτηρίζουμε την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών ενός κύματος. Το μήκος κύματος είναι αντιστρόφως ανάλογα με την συχνότητα του ίδιου κύματος, ενώ από την κυματική θεωρία ξέρουμε ότι η ταχύτητα ενός κύματος είναι το γινόμενο του μήκους κύματος επί την συχνότητα.

Άρα ισχύει ότι μήκος κύματος( $\lambda$ )=  $\frac{\text{ταχύτητα ήχου}}{\text{συχνότητα}}$

**Φάσμα συχνοτήτων:** Είναι εκείνο το διάγραμμα στο οποίο αποτυπώνεται το συχνοτικό περιεχόμενο ενός ήχου.

**Χροιά:** Είναι οι διαφορές του συχνοτικού φάσματος μεταξύ ομοειδών πηγών. Με απλά λόγια η χροιά αλλάζει ανάλογα με τα επιμέρους κύματα που συνθέτουν το τελικό ηχητικό κύμα.

*Το ύψος και η χροιά αξιοποιούνται από τον εγκέφαλο για την ταυτοποίηση μιας πηγής και την εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών που αφορούν στην αυτοσυντήρηση του ακροατή και την επικοινωνία με το περιβάλλον του.*

## **Ένταση και ηχητική στάθμη ή sound pressure level (SPL)**

Ο ήχος μπορεί να μελετηθεί σε δύο επίπεδα. Από την μία από τη φυσική άποψη, σε σχέση δηλαδή με τη μετάδοση της ενέργειας που συνδέεται με τη διάδοση του κύματος, από την άλλη από την άποψη της αίσθησης που προκαλεί.

Στην πρώτη περίπτωση ( από την πλευρά της φυσικής) ως ένταση ορίζουμε την ποσότητα της ενέργειας η οποία διατρέχει την μονάδα επιφάνειας του μέσου που εξετάζουμε, σε μία μονάδα χρόνου. Δηλαδή ένταση ήχου =  $\frac{\text{ηχητική ισχύς}}{\text{επιφάνεια μέσου}}$ . Αυτή την οπτική της έντασης μπορούμε να την ορίσουμε και ως αντικειμενική, εφόσον μπορεί να μετρηθεί με ειδικά όργανα.

Ως “υποκειμενική” μπορούμε να ορίσουμε την ένταση που χαρακτηρίζεται με βάση το τι αισθάνεται ο ανθρώπινος παράγοντας. Η ανθρώπινη αντίληψη της έντασης του ήχου με την ακουστική πίεση δεν είναι γραμμική. Για παράδειγμα διπλασιασμός της ακουστικής πίεσης δεν συνεπάγεται διπλάσια ένταση του ήχου για τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Η υποκειμενική αντίληψη της έντασης του ήχου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Ο πιο γνωστός από αυτούς είναι η συχνότητα. Ανάλογα με αυτήν ο άνθρωπος παρουσιάζει διαφορετική ευαισθησία σχετικά με την ένταση του ήχου.

*Κάτω από ορισμένες συνθήκες μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για την απόσταση και την κατεύθυνση γνωστών ηχητικών πηγών.*

## **Λογαριθμική κλίμακα- Ντεσιμπέλ (dB):**

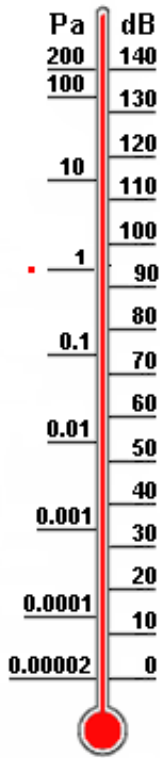
Λόγω του ότι η ανθρώπινη αντίληψη για τον ήχο με την ακουστική πίεση δεν είναι γραμμική, αν μετρούσαμε την ένταση σε Pascal δεν θα είχαμε την πραγματική εικόνα του ήχου που αντιλαμβανόμαστε. Έτσι επιλέξαμε να εκφράζουμε τον ήχο σε ντεσιμπέλ ( decibel – dB) μέσω μίας λογαριθμικής κλίμακας. Η χρήση αυτής της κλίμακας συνδέεται με τον ψυχοφυσικό νόμο των Weber- Fechner. Ο νόμος αυτός συνδέει το αίσθημα της ακοής με την ένταση της ηχητικής πηγής. Έχει λογαριθμική αναλογία . Για να διπλασιασθεί η ηχητική αίσθηση πρέπει να πολλαπλασιασθεί η ηχητική ένταση. Η στάθμη ακουστικής πίεσης δίνεται έτσι από τον τύπο:



$$L_p = 20 \cdot \log \left( \frac{p}{p_{\text{ref}}} \right) \text{ dB}, \quad \text{όπου } p_{\text{ref}} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ N/m}^2$$

Τα decibel που αναφέραμε παραπάνω είναι η συνήθης μονάδα μέτρησης. Ένταση 20 dB αντιστοιχεί στην στάθμη του ψιθύρου. Το όριο του πόνου βρίσκεται μεταξύ 120 και 130 dB.

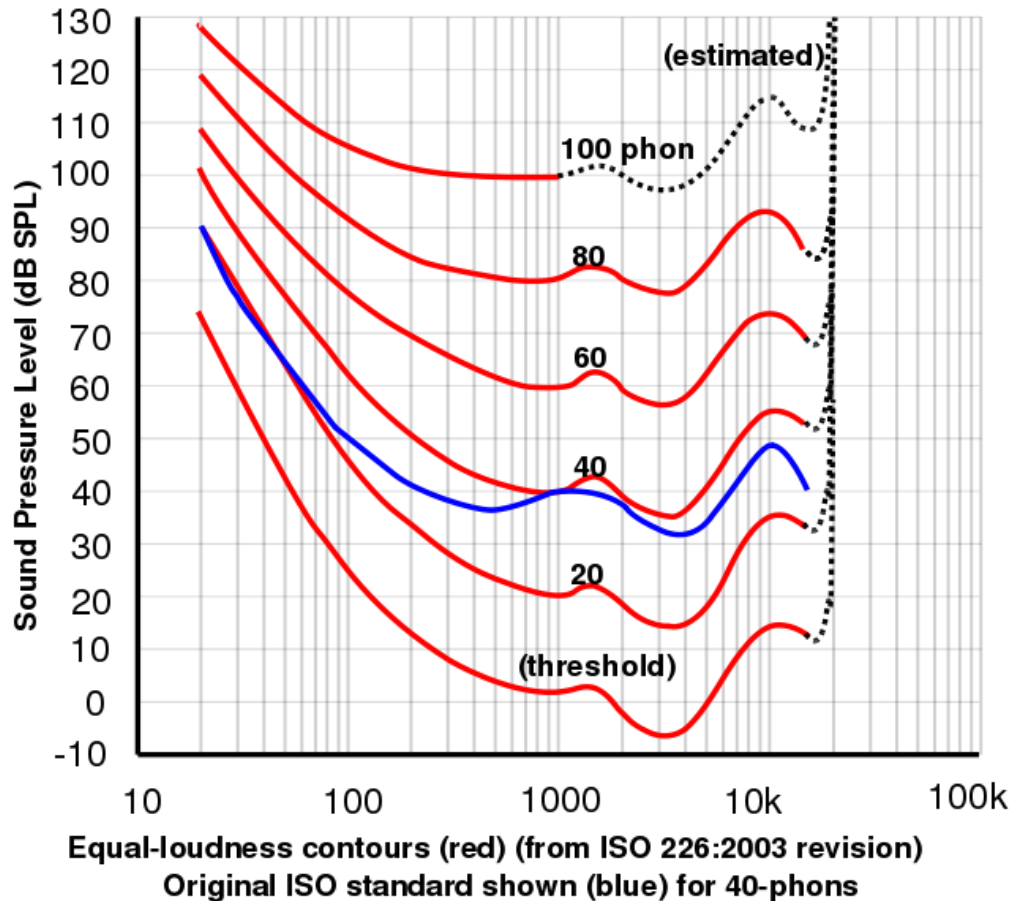
Ακολουθεί διάγραμμα που συσχετίζει την πίεση σε Pascal με την λογαριθμική κλίμακα dB.



Η ένταση που αντιλαμβανόμαστε εξαρτάται από την απόσταση από την πηγή, το μέσο διάδοσης, ακουστικά χαρακτηριστικά του μέσου διάδοσης, την ίδια την πηγή και την συχνότητα.

Για να έχουμε μια πιο καθημερινή εικόνα από την κλίμακα μέτρησης της έντασης, κάθε φορά που διπλασιάζεται η απόσταση μεταξύ ομιλητή και ακροατή μειώνεται κατά περίπου 6 dB. Για παράδειγμα αν η ένταση του ομιλητή σε απόσταση 1 μέτρου είναι 60 dB, στα 2 μέτρα θα είναι 54dB, στα 4 m 48dB, στα 8m 42dB και στα 32m είναι 30 dB.

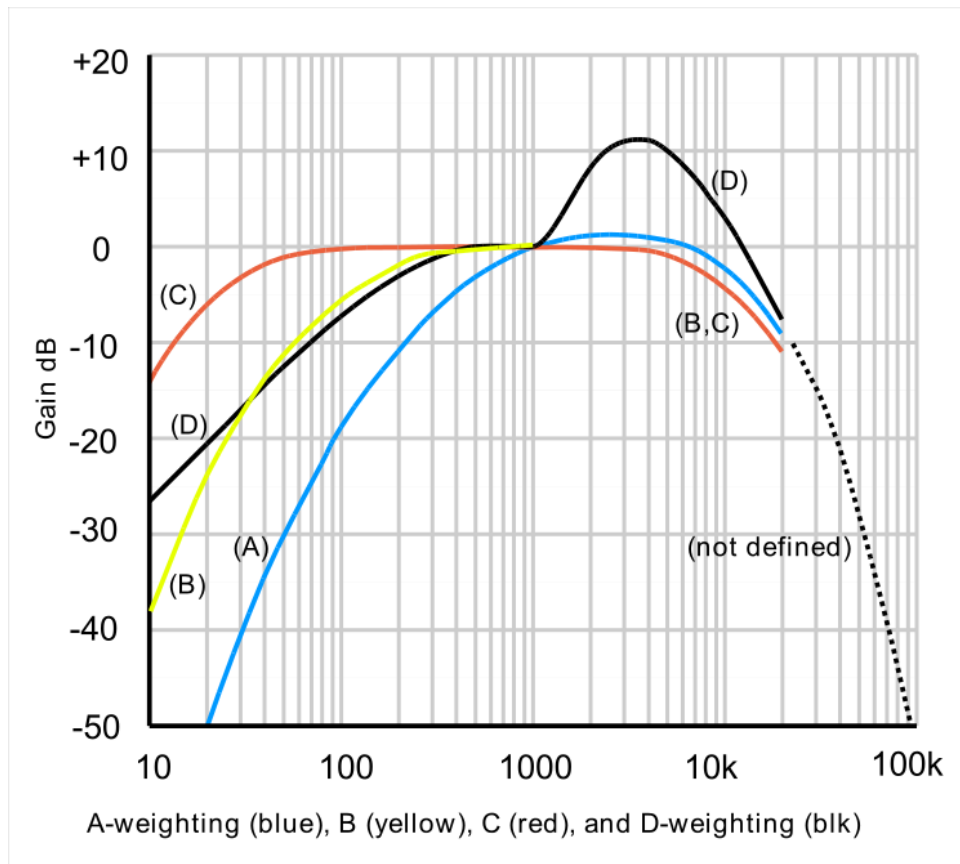
Ενδιαφέρον όμως παρουσιάζει η εξάρτηση της έντασης του ήχου που αντιλαμβανόμαστε από την συχνότητα του ήχου. Για διαφορετικές συχνότητες ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται διαφορετικά την ένταση του ήχου. Ακολουθεί διάγραμμα που παρουσιάζει την συσχέτιση πραγματικού ήχου – ήχου που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος για όλες τις συχνότητες που μπορεί να ακούσει το ανθρώπινο αυτί.



Αυτό που παρατηρούμε από το διάγραμμα είναι ότι ήχοι χαμηλών συχνοτήτων γίνονται δυσκολότερα αντιληπτοί από τον άνθρωπο. Για παράδειγμα έναν ήχος 90dB συχνότητας 20Hz ο άνθρωπος τον αντιλαμβάνεται ως ήχο έντασης μόλις 20dB. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και για τις πολύ υψηλές συχνότητες. Γενικά παρατηρείται ότι το ανθρώπινο αυτί παρουσιάζει καλή ευαισθησία σε συχνότητες από 2kHz έως 5kHz.

Αυτή η διαφορά ανάμεσα στην πραγματική ένταση του ήχου και σε αυτή που ακούμε οδήγησε στην ανάγκη δημιουργίας φίλτρων που προσομοιάζουν τον πραγματικό ήχο με αυτόν που αντιλαμβανόμαστε. Αυτά τα φίλτρα είναι

- το φίλτρο A (μεσαίες εντάσεις)
- τα φίλτρα B και C (υψηλές εντάσεις)
- το φίλτρο D



Καμπύλες των φίλτρων A, B, C, D

## Η στάθμη dBA

Η παράμετρος αυτή είναι το καθιερωμένο μέτρο στους διεθνείς κανόνες που αφορούν το θόρυβο. Στην πραγματικότητα μετράει το συνολικό ακουστικό πλάτος, όπως θα το αντιλαμβανόταν το ανθρώπινο αυτί. Αντιστοιχεί την κυμαινόμενη ευαισθησία του ανθρώπινου αυτιού στις διαφορετικές ακουστικές συχνότητες. Έτσι αποκόπτει όλη την ακουστική ενέργεια που προκύπτει από συχνότητες μη- ή λιγότερο αντιληπτές από τον άνθρωπο. Έτσι μας δίνει πληροφορίες μόνο για το μέσο συνολικό ακουστικό πλάτος το οποίο γίνεται αντιληπτό από τον άνθρωπο, και όχι για αυτό του πραγματικού ακουστικού περιβάλλοντος. Η ανθρώπινη ακουστική ευαισθησία είναι μέγιστη στις συχνότητες 2500 με 3000Hz, και ελάχιστη στις χαμηλές συχνότητες.

Είναι κοινή πρακτική να χρησιμοποιείται η στάθμη dBA για εκτιμήσεις ρουτίνας. Για παράδειγμα όταν μελετάμε περιστατικά βλαβών στο ανθρώπινο ακουστικό σύστημα. Παρόλα αυτά, υπάρχουν νέες επιστημονικές απόψεις, κατά τις οποίες η εκτίμηση της σχέσης ανάμεσα στην έκθεση σε θόρυβο και την δημόσια υγεία μόνο με βάση την dBA στάθμη είναι επισφαλής. Κατά αυτή την άποψη είναι σημαντική η μελέτη της επίδρασης τόσο του υπέρηχου όσο και του υπόηχου, για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την δημόσια υγεία.

Η μετατροπή ενός ήχου (ζύγισμα) από dB σε dBA γίνεται μέσω του τύπου:

$$W_A = 10 \log \left\{ \frac{1,562339 * f^4}{(f^2 + 107,65265^2) * (f^2 + 737,86223^2)} \right\} + 10 \log \left\{ \frac{2,24288 * 10^6 * f^4}{(f^2 + 20,598997^2) * (f^2 + 12194,22^2)} \right\}$$

Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας με την διόρθωση που πρέπει να υποστεί ο πραγματικός ήχος που έχουμε μετρήσει σε dB για διάφορες συχνότητες:

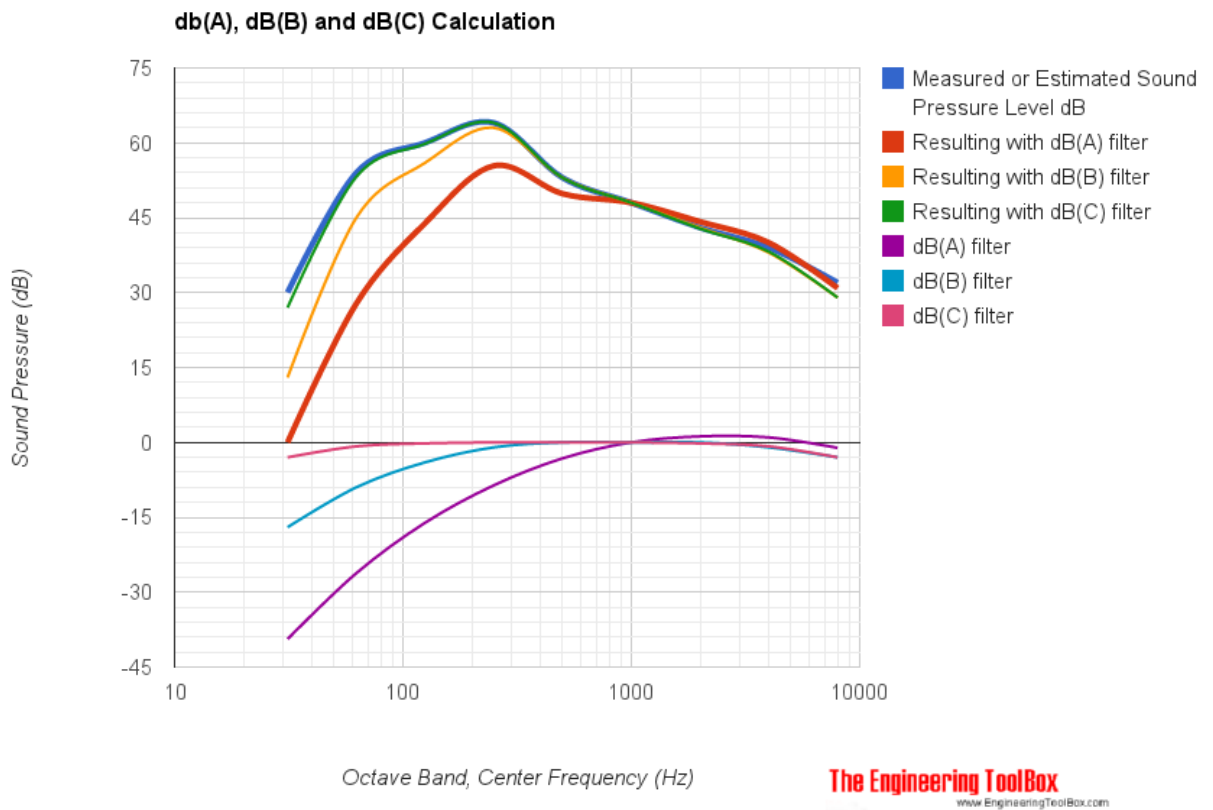
Συχνότητα (Hz)	A ζύγισμα dB	Συχνότητα (Hz)	A ζύγισμα dB
20	-50,5	800	-0,8
31.5	-39,4	1000	0
40	-34,6	1600	1
50	-30,2	2000	1,2
80	-22,5	2500	1,2
100	-19,1	4000	1
160	-13,1	5000	0,5
200	-10,9	8000	-1,1
250	-8,6	10000	-2,5
400	-4,8	12500	-4,3
500	-3,2	16000	-6,6
600	-1,9	20000	-9,3

### Στάθμες dBB και dBC (φίλτρα B και C)

Οι εξισώσεις αυτών των φίλτρων έχουν καταστρωθεί με βάση μονοσυχνωτικούς ήχους, οι οποίοι δεν συναντώνται στην φύση. Γι αυτό και η χρησιμοποίησή τους είναι περιορισμένη. Ειδικά το φίλτρο B δεν χρησιμοποιείται καθόλου στις μέρες μας.

## Στάθμη dB(D) (φίλτρο D)

Όπως και το φίλτρο B έτσι και αυτό έχει σταματήσει να χρησιμοποιείται σήμερα.



Τα φίλτρα A, B, C και η επίδραση τους σε έναν καταγεγραμμένο ήχο.

## Leq (Equivalent Continuous Sound Level)

Μέγεθος σταθερό με τον χρόνο. Προκαλεί τις ίδιες συνέπειες με το κανονικό σήμα – το οποίο είναι χρονικά μεταβαλλόμενο-, εφόσον διαθέτει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό. Στη βιβλιογραφία συναντάται επίσης ως  $L_{Aeq,T}$ , όπου το “A” αφορά το ζύγισμα κατά πλάτος A ενώ το “T” το χρόνο μέτρησης.

## Ακουστική ισχύς

Ονομάζεται η ενέργεια που παράγει η πηγή προς το χρόνο που διαρκεί η παραγωγή αυτή. Είναι το μέγεθος το οποίο ορίζει την ικανότητα της πηγής να αλλάζει την πίεση του μέσου διάδοσης αλλάζοντας της ισχύ της ακουστικής πηγής. Συμβολίζεται με  $L_w$ . Σε αντίθεση με την ακουστική πίεση, που εξαρτάται από φυσικά μεγέθη όπως η υγρασία, η θερμοκρασία, το μέγεθος του χώρου, η απορροφητικότητα και η πυκνότητα του μέσου διάδοσης, η ακουστική ισχύς είναι ένα αντικειμενικό μέγεθος. Γι αυτό ορίζει την πηγή. Θα το καταλάβουμε αυτό καλύτερα αν παραλληλίσουμε την ακουστική πηγή με ένα φωτιστικό σώμα. Όπως ένα συγκεκριμένο φωτιστικό δεν φωτίζει με τον ίδιο τρόπο κάθε χώρο, αλλά παρόλα αυτά καταναλώνει σταθερή ηλεκτρική ενέργεια σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, έτσι και μια ακουστική πηγή μπορεί να μην διαδίδει με τον ίδιο τρόπο τον ήχο σε οποιοδήποτε μέσο ή περιβάλλον γενικά, αλλά παράγει την ίδια ακουστική ισχύ σε κάθε περίπτωση. Την μετράμε σε dB με χρήση του παρακάτω τύπου:

$$L_w = 10 \times \log(W / W_{ref})$$

όπου  $W_{ref} = 1 \text{ pW}$

## Ακουστική ένταση

Είναι η ποσότητα της ακουστικής ενέργειας που διαπερνά μια μονάδα επιφάνειας. Συμβολίζεται ως  $I$  είναι διανυσματικό μέγεθος και υπολογίζεται επίσης σε dB βάση του τύπου:

$$L_I (dB) = 10 \times \log(I / I_{ref}) \text{ όπου } I_{ref} = 1 \text{ pW/m}^2$$

## Γενική μαθηματική σχέση για την ισχύ

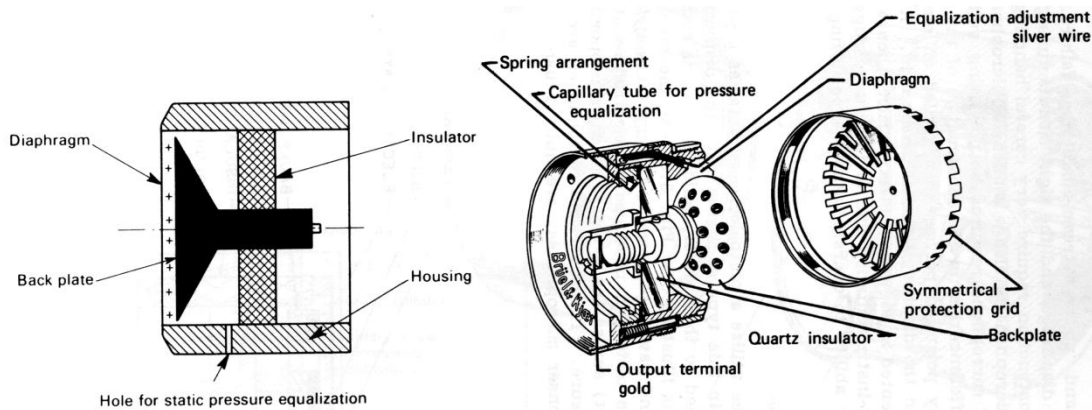
$$W = \oint_S \vec{I} * d\vec{S}$$

όπου  $W$  η ισχύς,  $I$  η ένταση και  $S$  η επιφάνεια. Για την επιφάνεια χρησιμοποιούμε το  $m^2$ , άρα για την ακουστική ένταση θα χρησιμοποιήσουμε το  $W/m^2$ .

### 1.3 Λειτουργία του μικροφώνου

Εδώ θα παρουσιάσουμε κάπως πιο εκτεταμένα το βασικότερο όργανο που χρησιμοποιήσαμε κατά την εργασία μας , αλλά και γενικότερα το σημαντικότερο όργανο για την επιστήμη της ακουστικής: το μικρόφωνο.

Τα μικρόφωνα τα οποία χρησιμοποιούνται για μετρήσεις όπου απαιτείται ακρίβεια είναι τα πυκνωτικά. Παρακάτω βλέπουμε την δομή ενός τέτοιου μικροφώνου:



Η λειτουργία ενός τέτοιου μικροφώνου βασίζεται σε ένα λεπτό διάφραγμα και σε μια σταθερή ραχιαία πλάκα, τα οποία διαχωρίζονται με ένα πολύ λεπτό κενό από αέρα από τις δύο πλάκες του πυκνωτή. Οι διαφοροποιήσεις της πίεσης από εισερχόμενα κύματα ήχου προκαλούν δονήσεις στο διάφραγμα, μεταβάλλοντας το κενό από αέρα. Αυτό με την σειρά του μεταβάλλει την χωρητικότητα , η οποία μετρείται ηλεκτρονικά και μετατρέπεται σε ηλεκτρική τάση από κατάλληλα κυκλώματα. Τα κυκλώματα αυτά συνήθως περιλαμβάνονται σε μια ξεχωριστή μονάδα η οποία λέγεται προενισχυτής. Τα μικρόφωνα τα οποία προορίζονται για μετρήσεις τέτοιου είδους, είναι ειδικά σχεδιασμένα ώστε να έχουν αμελητέα ευαισθησία στην θερμοκρασία και την υγρασία και έχουν άριστη ευστάθεια στις μετρήσεις τους σε μεγάλο βάθος χρόνου.

Δύο είναι οι κύριοι παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν την επιλογή του μικροφώνου:

- **Η ευαισθησία**, δηλαδή ο λόγος της τάσεως εξόδου του μικροφώνου προς το πλάτος της πίεσης εισόδου. Γενικά τα μεγαλύτερα μικρόφωνα έχουν μεγαλύτερη ευαισθησία.
- **Η απόκριση συχνότητας**, δηλαδή η μεταβολή της ευαισθησίας ως συνάρτηση της συχνότητας ( όπου το ιδανικό είναι η μοναδιαία απόκριση). Η απόκριση συχνότητας ορίζεται ως ένα φάσμα μέσα στο οποίο το σήμα εξόδου διαφοροποιείται λιγότερο από +/- 2dB. Μικρότερα μικρόφωνα έχουν πλατύτερη απόκριση συχνότητας . Στις υψηλές συχνότητες( όπου το μήκος κύματος πλησιάζει την διάμετρο του μικροφώνου) υπάρχει περίπτωση να υπάρξουν φαινόμενα διάθλασης , τα οποία αλλάζουν την απόκριση συχνότητας. Αυτά τα φαινόμενα εξαρτώνται από την γωνία πρόσπτωσης των κυμάτων του ήχου. Η καμπύλη απόκρισης συχνότητας είναι σχεδόν επίπεδη για γωνία πρόσπτωσης 90 μοιρών. Κάθε μικρόφωνο είναι εφοδιασμένο με καμπύλες βαθμονόμησης (καλιμπραρίσματος) , οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αντισταθμίσουν τα φαινόμενα διάθλασης στις υψηλές συχνότητες. Για να ελαχιστοποιήσουμε αυτό το σφάλμα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε όσο το δυνατόν μικρότερο μικρόφωνο.

## 1.4 Θόρυβος

Ο θόρυβος είναι μια ευρύτερη έννοια , που συνήθως χρησιμοποιείται για να περιγράψει ανεπιθύμητες παρεμβολές ή διαταραχές σε μία διαδικασία. Δηλαδή ως διαταραχή που επεμβαίνει στο επιθυμητό σήμα και αλλοιώνει στοιχεία της πληροφορίας ,την οποία αυτό το σήμα φέρει.

Υπάρχουν διάφορα ήδη θορύβου:

- ο ακουστικός ή περιβαλλοντικός θόρυβος,
- ο ηλεκτρονικός θόρυβος
- ο επικοινωνιακός θόρυβος
- ο οπτικός θόρυβος
- ο δονητικός θόρυβος
- ο γονιδιακός θόρυβος.

Καταλαβαίνουμε έτσι ότι υπάρχουν πολλά περισσότερα στην έννοια του θορύβου, από την καθημερινή μας αντίληψη γι αυτόν. Δηλαδή την γενική προσέγγιση του θορύβου ως κάθε ενοχλητικού ή ανεπιθύμητου ήχου.

Η συγκεκριμένη εργασία επικεντρώνεται στον ακουστικό ή περιβαλλοντικό θόρυβο. Στην επιστήμη της ακουστικής ορίζουμε τον θόρυβο ως τον ακανόνιστο, απεριοδικό σύνθετο ήχο, η αυξομείωση του οποίου χαρακτηρίζεται από μεγάλη τυχαιότητα.

Παρόλα αυτά, σε σύγκριση με τον ήχο, ο θόρυβος δεν είναι απαραίτητα τυχαίος. Ως θόρυβος λογίζονται ήχοι οι οποίοι ενοχλούν τους ανθρώπους ή δυσκολεύουν την προσπάθειά τους να επικεντρωθούν στους επιθυμητούς ήχους. Παραδείγματα θορύβου είναι μια συζήτηση, για κάποιον ο οποίος δεν εμπλέκεται σε αυτή, οι κόρνες των αυτοκινήτων, το γαύγισμα των σκυλιών σε μία γειτονιά ή , στην περίπτωση μας, η δραστηριότητα ενός λιμανιού. Όμως θόρυβος δεν είναι μόνο ,κατά γενική ομολογία, “δυσάρεστοι” ήχοι. Ως θόρυβος μπορεί να εκληφθεί ακόμα και ένα αντικειμενικά “ευχάριστο” αριστούργημα κλασικής μουσικής , όταν παρεμβληθεί σε μία επιστημονική διάλεξη.



Παρακάτω παρουσιάζεται ένας πίνακας με την ένταση του θορύβου που προκαλούν διαφορετικές πηγές θορύβου και τις συναντάμε καθημερινά

Χαρακτηριστικοί ήχοι	Στάθμη έντασης (dB)
Αεροπλάνο	140
Πολυβόλο	130
Ροκ συναυλία	120
Κυκλοφοριακή κίνηση	80
Μέσος θόρυβος σπιτιού	50
Ψίθυρος	30
Θρόισμα φύλλων	10

Θυμίζουμε ότι το όριο πόνου του ανθρώπινου αυτιού είναι στα 120 dB.

Η ένταση των ήχων που αντιλαμβανόμαστε σαν θορύβους ποικίλει από χαμηλή μέχρι εξαιρετικά μεγάλη. Αν σε χαμηλά επίπεδα ο συνηθισμένος θόρυβος είναι απλά ενοχλητικός, σε μεγάλες εντάσεις μπορεί να είναι άμεσα επιβλαβής.

Ο εκτεταμένος, διαρκής και υψηλός θόρυβος, μπορεί να έχει ποικίλες συνέπειες στην υγεία, στην ασφάλεια και στην καθημερινότητά μας εν γένει. Υψηλή επικινδυνότητα βλάβης από θόρυβο παρουσιάζεται προφανώς κοντά σε μεγάλες πηγές του όπως τα εργοστάσια και οι χώροι επικίνδυνων εργασιών. Τέτοιοι χώροι είναι για παράδειγμα οι χώροι φόρτωσης και εκφόρτωσης εμπορευματοκιβωτίων.

Αφενός ο θόρυβος μπορεί να αποσπάσει την προσοχή ή να αποκρύψει χρήσιμες ακουστικές πληροφορίες. Αν αναλογιστούμε την κρισιμότητα κάποιων χειρισμών, αλλά και τον βαθμό σημαντικότητας ενός ήχου ο οποίος θα μπορούσε να προειδοποιήσει τον εργαζόμενο για πιθανό ατύχημα, είναι προφανές ακόμα και σε έναν πρώτο βαθμό πόσο προσοχή πρέπει να δοθεί στον τομέα του θορύβου. Επίσης είναι γνωστές πολλές από τις μεσοπρόθεσμες σωματικές αλλά και ψυχολογικές συνέπειες της έκθεσης στον θόρυβο. Ιδιαίτερο κομμάτι των ιατρικών εκτιμήσεων που γίνεται περισσότερο αντιληπτό τις τελευταίες δεκαετίες αφορά τους θορύβους ιδιαίτερα χαμηλών συχνοτήτων (υπόηχων). Παρακάτω θα αναφερθούμε στις ιατρικές διαστάσεις του ζητήματος ακόμα πιο εκτεταμένα καθώς εκτεταμένη είναι και η σκάλα των συνεπειών του, σύμφωνα και με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO). Ενδεικτικά αναφέρουμε τις σημαντικότερες επιπτώσεις που έχει καταγράψει ο ΠΟΥ, ενώ θα αναφερθούμε αναλυτικότερα σε αυτές σε επόμενο κεφάλαιο:

- πόνος και ακροαστική κόπωση
- ενόχληση
- επιρροή στην κοινωνική συμπεριφορά (επιθετικότητα)
- παρεμπόδιση της επικοινωνίας μέσω ομιλίας

- διαταραχή του ύπνου με όλες τις επιβλαβείς συνέπειες σε βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βάση
- καρδιαγγειακές επιπτώσεις
- ορμονικές επιδράσεις και τις πιθανές επιπτώσεις στον ανθρώπινο μεταβολισμό και στο ανοσοποιητικό σύστημα
- μειωμένη απόδοση στην δουλειά και στο σχολείο

Η ένταση του θορύβου δεν μένει σταθερή, αντίθετα ποικίλει με τον χρόνο. Έτσι για την μελέτη του φαινομένου έχουν αναπτυχθεί πολλοί ακουστικοί δείκτες όπως οι  $L_{eq}$ ,  $L_{fmax/min}$ ,  $L_{95}$ ,  $L_{90}$  κλπ, ενώ κατασκευάζονται χάρτες και καμπύλες θορύβου. Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται όλο και πιο συστηματικά η αντίστοιχη νομοθεσία.

Εφόσον η ένταση του ήχου παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση θα ήταν χρήσιμο να κατατάξουμε τον ήχο-θόρυβο που εξετάζουμε ανάλογα με το μέγιστο επίπεδο του σε κάποιο ποσοστό χρόνου. Γι αυτό το λόγο ορίζουμε την ποσοστομοριακή στάθμη (percentile level), τη συμβολίζουμε με  $L_n$ . παρακάτω αναλύουμε τα πιο χρήσιμα μεγέθη αυτής της στάθμης.

- $L_1$ : αντιπροσωπεύει τις μέγιστες καταγραφόμενες τιμές.
- $L_{10}$ : χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του περιβάλλοντος κυμαινόμενου θορύβου, αναφέρεται στην υπέρβαση της στάθμης θορύβου στο 10% του χρόνου μέτρησης. Αντιστοιχεί σε τιμές υψηλού θορύβου.
- $L_{50}$ : συμβολίζει τη μέση τιμή (όχι το μέσο όρο!), αναφέρεται στην υπέρβαση της στάθμης θορύβου στο 50% του χρόνου μέτρησης
- $L_{90}$ ,  $L_{95}$ : απεικονίζουν το θόρυβο βάθους. Ο θόρυβος βάθους είναι ανεπιθύμητος θόρυβος στην αίθουσα και συνυπάρχει με τον επιθυμητό ήχο της πηγής.

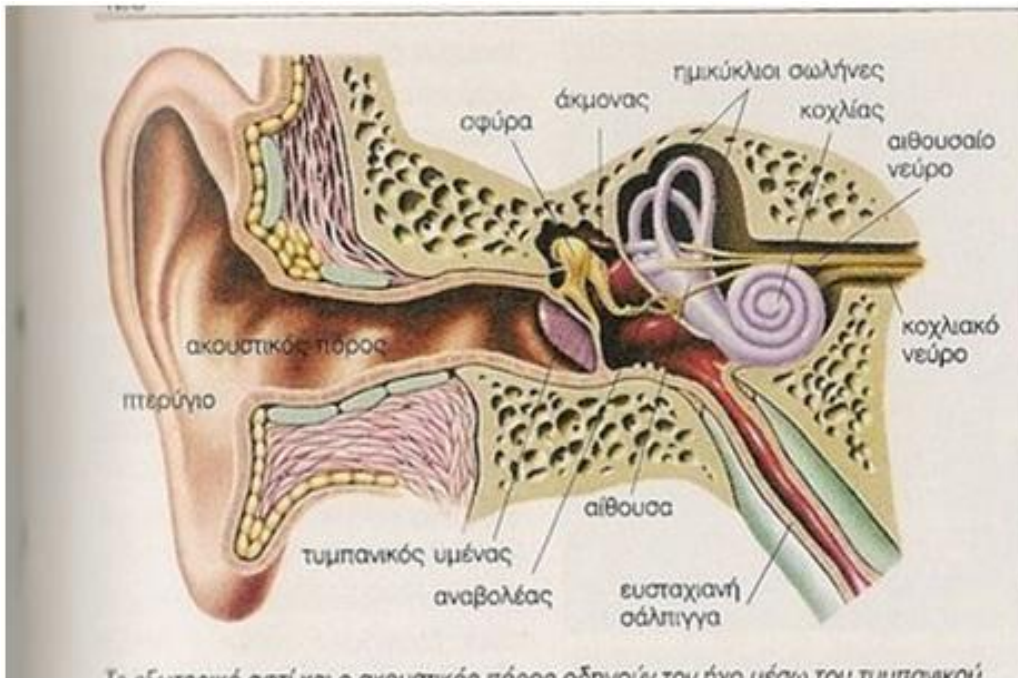
Τα μεγέθη από  $L_{10}$ - $L_{90}$  χρησιμοποιούνται για να δώσουν μια ποσοτική μέτρηση σχετικά με την διάδοση ή το «πόσο κοφτός» (κυματώδης) είναι ο ήχος καθώς και σαν δείκτες θορύβου όπως ο Δείκτης Κυκλοφοριακής Κίνησης ( Traffic Noise Index)\*

$$TNI = 4 * (L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$$

\* Traffic Noise Index: A method of Controlling Noise Nuisance (Langdon F.J., Scholes W.F. - 1968)

## 1.5 Φυσιολογία του αυτιού, μηχανισμός ακοής και επιπτώσεις θορύβου στον άνθρωπο

Μελετώντας την επιστήμη της ακουστικής δεν γίνεται να μην αναφερθούμε στο όργανο το οποίο «μεταφράζει» τα κύματα του ήχου σε σήματα αντιληπτά από τον ανθρώπινο εγκέφαλο. Αυτό το όργανο ακοής είναι το αυτί.



### **Αφτί**

Κάθε σπονδυλωτό ον έχει δύο αφτιά τοποθετημένα συμμετρικά σε αντίθετες πλευρές του κεφαλιού. Αποτελείται από το εξωτερικό αφτί, με κατασκευή κατάλληλη ώστε να βελτιώνεται η ακοή, το μέσο αφτί, το οποίο βρίσκεται μετά το τύμπανο, και το εσωτερικό αφτί, κύριο όργανο του οποίου είναι ο λαβύρινθος. Παρακάτω θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στον μηχανισμό λειτουργίας του αφτιού.

### **Μηχανισμός του αφτιού**

Αρχικά το ηχητικό σήμα περισυλλέγεται από το πτερύγιο του αυτιού, μια κατασκευή από χόνδρο καλυπτόμενη από δέρμα. Στο κάτω άκρο του υπάρχει ο το λοβίο, το οποίο αποτελείται αποκλειστικά από λίπος.

Το περύγιο αναλαμβάνει να διοχετεύσει τα ακουστικά σήματα στον έξω ακουστικό πόρο. Ο ακουστικός πόρος είναι ένας σωλήνας μήκους 25 χιλιοστών περίπου, ενώ ξεκινάει από το περύγιο και μέσω μιας ελαφρώς τοξοειδούς πορείας καταλήγει στον τυμπανικό υμένα(μεμβράνη). Τα πρώτα 8 χιλιοστά του ακουστικού πόρου αποτελούνται από χόνδρο και τα υπόλοιπα 16 από οστό.

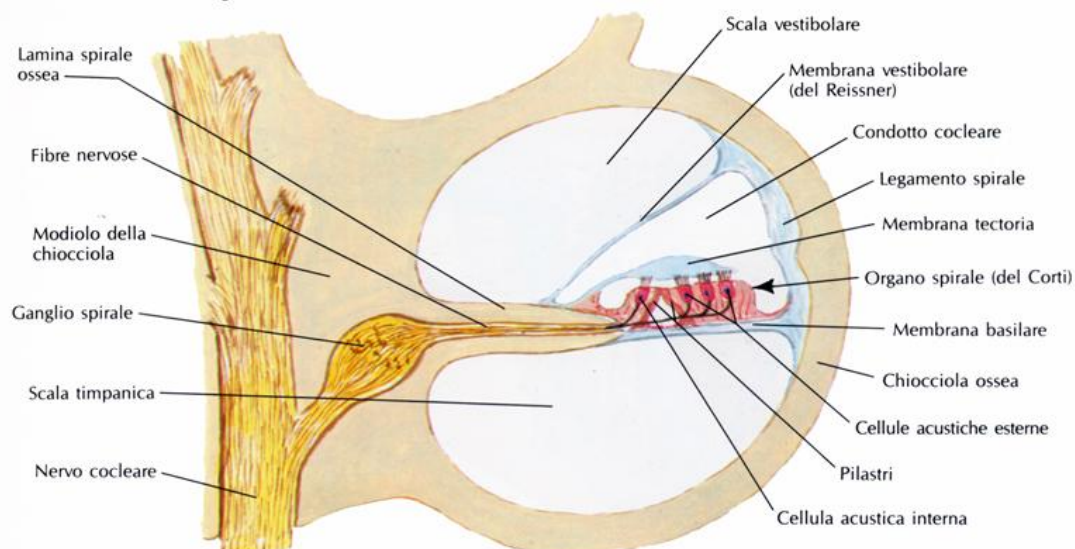
Περνώντας από τον ακουστικό πόρο ο ήχος καταλήγει στην μεμβράνη του τυμπάνου, η οποία είναι μια λεπτή λειτουργική μεμβράνη που χωρίζει το έξω από το μέσο αφτί.

Ο χώρος μεταξύ του τυμπανικού υμένα και του έσω αυτιού ονομάζεται κούλο του τυμπάνου και ανήκει στο μέσο αυτί.

Ο ήχος μεταδίδεται από το τύμπανο στο εσωτερικό αφτί μέσω τριών μικρών οστών: της σφύρας, του άκμονα και του αναβολέα. Τα τρία ακουστικά οστά ,ή αλλιώς ακουστική άλυσος, αναλαμβάνουν να μεταβιβάσουν το ηχητικό κύμα. Μέρος του μέσου αυτιού είναι και η ευσταχιανή σάλπιγγα η οποία είναι ένας αεραγωγός μήκους 3,5 εκατοστών περίπου που συνδέει το μέσο αφτί με τον ρυνοφάρυγγα. Έχει πολύ σημαντικό ρόλο για τον ωτορυνολαρυγγολογικό σύστημα, στην παρούσα αναφορά όμως θα επικεντρωθούμε στα αισθητήρια όργανα του ήχου που βρίσκονται στο μέσο αφτί, τα οποία είναι τα τρία ακουστικά οστά.

Με την κίνησή τους , θέτουν σε κίνηση ένα υγρό στο εσωτερικό αυτί. Με την σειρά του το υγρό αυτό ερεθίζει εξειδικευμένα νεύρα (ακουστικό νεύρο ή κοχλιακό νεύρο) , τα οποία μεταβιβάζουν το ερέθισμα στα αντίστοιχα κέντρα επεξεργασίας του εγκεφάλου και οδηγούν στην αντίληψη του ήχου. Το έσω αφτί ονομάζεται και λαβύρινθος, λόγω της περίπλοκης κατασκευής του. Το υγρό το οποίο κυκλοφορεί μέσα σε αυτόν ονομάζεται λέμφος. Τα τρία βασικά στοιχεία του είναι ο κοχλίας, η αίθουσα και τρεις ημικυκλικοί σωλήνες. Ο κοχλίας είναι ένας ελικοειδής σωλήνας μέσα στον οποίο βρίσκεται το αισθητήριο όργανο της ακοής ( όργανο του Corti). Το όργανο Corti είναι εκείνη η εξειδικευμένη δομή η οποία μετατρέπει την μηχανική ενέργεια του ήχου σε ηλεκτρική.

Sezione trasversale di un giro della chiocciola



Συγκεκριμένα κατά τη μηχανική διέγερση του οργάνου Corti υπό την επίδραση ήχου αναπτύσσονται διαχωριστικές τάσεις στους κροσσούς( τριχωτά κύτταρα) , οι οποίες σε περιβάλλον τοπικώς μεταβαλλόμενης συγκεντρώσεως ιόντων μαγνησίου διαταράσσουν την ηλεκτρική ισορροπία του τριχωτού κυττάρου και γενούν τον ηλεκτρικό παλμό. Αυτός αντιστοιχεί στο κοχλιακό δυναμικό. Το Corti μαζί με το κοχλιακό νεύρο και το αιθουσαίο (αίθουσα) αποτελεί την όγδοη εγκεφαλική συζυγία. Η όγδοη εγκεφαλική συζυγία λέγεται και ακουστικό νεύρο.

Σημαντική λειτουργία του αυτιού, πέραν της ακοής, είναι διατήρηση της στατικής ισορροπίας του ανθρώπινου σώματος. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της μεμβράνης, οι οποία είναι πάρα πολύ ευαίσθητη. Έτσι μεταφέρει την παραμικρή αλλαγή της ατμοσφαιρικής πίεσης στον κοχλία. Πιο συγκεκριμένα η διατήρηση της ισορροπίας αποτελεί την δεύτερη ευθύνη του ακουστικού νεύρου και συγκεκριμένα του αιθουσαίου.

## **Ηχορρύπανση και επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία**

Ηχορρύπανση είναι ο υπερβολικός περιβαλλοντικός θόρυβος που προκαλείται από τον άνθρωπο, τις δραστηριότητές του και τις μηχανές.

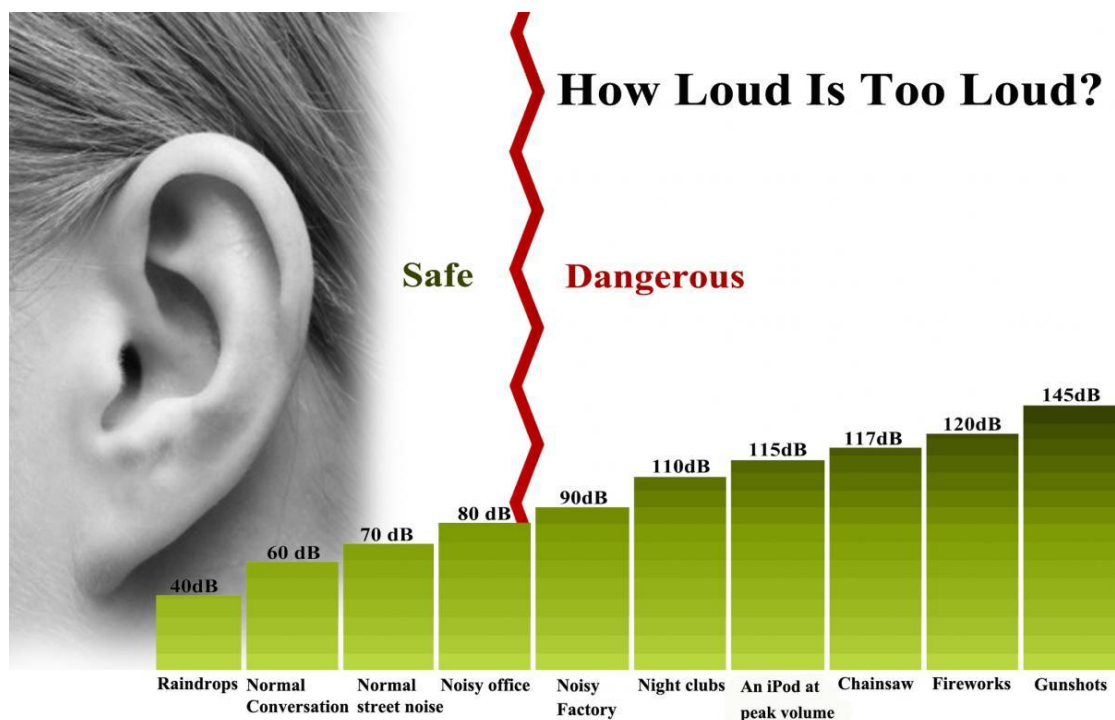
Κύριες πηγές θορύβου είναι:

- Η κυκλοφορία κάθε είδους μέσων μεταφοράς
- Οι βιομηχανικές και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις
- Οι εγκαταστάσεις αναψυχής και διασκέδασης
- Η χρήση οικιακών συσκευών

Υπάρχουν δύο λογικές στην εξέταση των επιπτώσεων της ηχορρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία. Η πρώτη, η παραδοσιακή, είναι να εξετάζουμε τα ακουστικά γεγονότα που αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο σύστημα ακοής. Όμως έχει ανακύψει πρόσφατα η άποψη ότι ακουστικά γεγονότα χαμηλών συχνοτήτων (<20Hz), τα οποία δεν γίνονται αντιληπτά από τον άνθρωπο, μπορούν επίσης να προκαλέσουν στον ανθρώπινο οργανισμό μη αναστρέψιμες οργανικές βλάβες.

## Συνέπειες θορύβου εντός του ανθρώπινου ακουστικού φάσματος

Σημαντικές είναι οι συνέπειες του θορύβου, ακόμα και αν τον εξετάσουμε με βάση την στάθμη dBA, η οποία προσομοιώνει μόνο τα ακουστικά γεγονότα που είναι δυνατόν να αντιληφθεί ο άνθρωπος.



Σύμφωνα με ιατρικές μελέτες αποτελεί τη δεύτερη σοβαρότερη αιτία προβλημάτων υγείας, που προέρχεται από το περιβάλλον. Αυτό επιβεβαιώνεται από πρόσφατη έρευνα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (ΠΟΥ) και του Κοινού Κέντρου Ερευνών (JRC). Επιπτώσεις στην υγεία παρατηρούνται τόσο στον άνθρωπο όσο και στα ζώα. Συγκεκριμένα στον άνθρωπο έχει παρατηρηθεί ότι προκαλεί προβλήματα στην ακοή, υπέρταση αλλά και ψυχικές ασθένειες καθώς συμβάλει στη δημιουργία άγχους, ενώ η παρατεταμένη έκθεση σε θόρυβο προκαλεί επιπρόσθετα από τα παραπάνω διαταραχές στον ύπνο, μειωμένη απόδοση στην εργασία, πονοκεφάλους, ταχυπαλμίες, καθώς και δυσκολία συγκέντρωσης ή απομνημόνευσης.

Η πιο κοινά αποδεκτή συνέπεια του θορύβου, που ταυτόχρονα έχει άμεσες επιπτώσεις στην υγεία του ατόμου, είναι η μερική κώφωση.



Ύστερα από εκτεταμένη έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου μπορεί να επέλθει μερική κώφωση, που σημαίνει, ότι απαιτούνται μεγαλύτερα πλάτη ακουστικής ενέργειας για να γίνει αντιληπτός ένας ήχος. Αυτός είναι ο κύριος λόγος για τον οποίο το μεγαλύτερο μέρος των διεθνών κανονισμών για την προστασία από τον θόρυβο βασίζεται στην dBA παράμετρο.

Επίσης σύμφωνα με την παραδοσιακή αντίληψη περί θορύβου, εντοπίζονται σαν έμμεσες συνέπειες του θορύβου οι καρδιαγγειακές παθήσεις. Δηλαδή λόγω της ενόχλησης από το θόρυβο, προκαλούνται γενικευμένα συμπτώματα άγχους, τα οποία εφόσον παραμένουν, μπορούν να οδηγήσουν σε καρδιαγγειακά νοσήματα. Με την σειρά τους αυτά μπορούν ισοδύναμα να προκαλέσουν τον σχηματισμό αθηροσκληρωτικής πλάκας στα αγγεία, περιορίζοντας την κυκλοφορία του αίματος, προκαλώντας πιθανώς ισχαιμία.

Σημαντικό ρόλο για την υγεία παίζει η ηχορύπανση κατά την διάρκεια του ύπνου. Κάποιες ομάδες πληθυσμού είναι πιο ευάλωτες από άλλες. Τέτοιες ομάδες είναι τα παιδιά καθώς χρειάζονται περισσότερο χρόνο ύπνου από τους ενήλικες, ασθενείς που πάσχουν από χρόνιες παθήσεις, οι ηλικιωμένοι και άνθρωποι που αναγκάζονται να κοιμούνται την μέρα λόγω εργασίας που τα επίπεδα θορύβου είναι υψηλότερα. Ειδικά στα παιδιά προκαλεί βλάβη \*στην ανάπτυξη\* και μείωση των μαθησιακών δυνατοτήτων που μπορεί να έχουν μόνιμες επιπτώσεις. Μελέτες και στατιστικές στην επίδραση της χρόνιας έκθεσης στον θόρυβο παιδιών έχουν δείξει ότι:

- Η έκθεση στο θόρυβο βλάπτει τις γνωστικές επιδόσεις του παιδιού
- Περιορίζει τους στόχους και τα κίνητρα τους
- Σε κάποιες περιπτώσεις επηρεάζεται η πίεση και η έκκριση της ορμόνης κατεχολαμίνη\*

## ΟΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ένας οδηγός για τη μέγιστη επιτρεπόμενη ένταση αστικού θορύβου σε αστικό περιβάλλον:

**Πίνακας 1. Οδηγός Μέγιστων Επιτρεπτών Τιμών για την Ηχορύπανση σε διάφορα περιβάλλοντα του αστικού χώρου**

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ	ΕΝΤΑΣΗ ΘΟΡΥΒΟΥ (db)	ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΕ ΩΡΕΣ	ΜΕΓΙΣΤΗ – ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΤΙΜΗ (db)
Εξωτερικοί χώροι	Σοβαρή ενόχληση ημέρα και νύχτα	55	16	
Εξωτερικοί χώροι	Μικρή ενόχληση ημέρα και νύχτα	50	16	
Κατοικίες – εσωτερικοί χώροι	Κατανόηση ομιλίας, μικρή ενόχληση ημέρα και νύχτα	35	16	45
Δωμάτια ύπνου	Διαταραχή ύπνου νύχτα	45	8	60
Σχολικές αίθουσες	Ενόχληση στην κατανόηση ομιλίας	35	Διάρκεια μαθήματος	
Δωμάτια ύπνου για προσχολική ηλικία	Διαταραχή ύπνου	30	Διάρκεια ύπνου	45
Σχολικές αυλές	Ενόχληση	55	Διάρκεια ημέρας	
Νοσοκομεία – θάλαμοι	Διαταραχή ύπνου	30	8	40
Νοσοκομεία - ιατρεία		30	16	
Βιομηχανία, εμπορικές επιχειρήσεις, μαγαζιά, συγκοινωνίες	Επίδραση στην ακοή	70	24	110
Τελετές, φεστιβάλ, συναυλίες κλπ.		100	4	110
Συγκεντρώσεις σε κλειστό χώρο		85	1	110
Άλλοι ήχοι από ηχεία και ακουστικά		85	1	110
Σειρήνες από παιχνίδια, πυροσβεστική κλπ				140

(ΠΗΓΗ : ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΥΓΕΙΑΣ)



Ενώ στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι ζώνες χαρακτηρισμού της έντασης του ήχου με βάση την ψυχολογία των ατόμων που την υπόκεινται.

**Πίνακας 2. Επιτρεπόμενα Όρια Θορύβου (Μονάδα Μέτρησης Ντεσιμπέλ Db)**

> 81	ΑΠΑΡΑΔΕΚΤΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
81	
80	ΠΟΛΥ ΘΟΡΥΒΩΔΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
78	
77	ΘΟΡΥΒΩΔΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
75	
74	ΚΑΛΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
72	
71	
69	ΑΝΕΤΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
68	
<68	

## Ο ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΕ ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΚΛΙΜΑΚΑ

Ο θόρυβος από τα μέσα μεταφοράς αποτελεί διεθνώς την κυριότερη ενόχληση του αστικού πληθυσμού.



Η κίνηση στους δρόμους της Αθήνας μια τυχαία εργάσιμη ημέρα

Σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας και την Ευρωπαϊκή Ένωση:

- Περίπου το 40% του πληθυσμού στις χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης είναι εκτεθειμένο σε κυκλοφοριακό θόρυβο που ξεπερνά τα 55db(A)
- 20% είναι εκτεθειμένο σε θόρυβο μεγαλύτερο των 65db(A)
- Περισσότερο από το 30% είναι εκτεθειμένο σε επίπεδα θορύβου που ξεπερνούν τα 55db(A) κατά την διάρκεια της νύχτας

Ενώ για την Ελλάδα βάσει των μέχρι τώρα μελετών και μετρήσεων του ΥΠΕΧΩΔΕ (2008):

- Ποσοστό άνω του 60 % του πληθυσμού της Αθήνας και του Πειραιά ζει με απαράδεκτα υψηλές στάθμες κυκλοφοριακού θορύβου
- Οι στάθμες θορύβου αιχμής κυμαίνονται από 90 έως 100 db(A), όλες τις ημέρες και δυστυχώς και τις νύχτες, στις σημαντικές αρτηρίες της πρωτεύουσας

Και όλα αυτά την στιγμή που ο Π.Ο.Υ. έχει ορίσει σε λιγότερο από 30db(A) τα προτεινόμενα επίπεδα θορύβου σε ένα υπνοδωμάτιο κατά την διάρκεια της νύχτας και λιγότερα από 35db(A) σε μια αίθουσα μαθήματος.

\*προτάσεις αντιμετώπισης

1)μείωση του παραγόμενου θορύβου

2)προσωπική προστασία

3)ηχομονωση

### **ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΟΝ ΘΟΡΥΒΟ**

Ηχορρύπανση ή αλλιώς Ενόχληση από Θόρυβο (noise annoyance) είναι η ενοχλητική αίσθηση την οποία μπορεί να νιώσει κάποιο άτομο όταν εκτεθεί σε θόρυβο και αποτελεί υποκειμενική παράμετρο. Η Ομάδα Θορύβου της Ευρωπαϊκής Επιτροπής ( Noise Team ) επισημαίνει: «Ενόχληση είναι η επιστημονική έκφραση για την μη συγκεκριμένη ταραχή λόγω θορύβου, όπως καταγράφεται σε μια δομημένη έρευνα πεδίου. Σχεδόν κάθε πρόσωπο που αναφέρει ενόχληση από θόρυβο μέσα και γύρω από το σπίτι του βιώνει επίσης μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες συνέπειες: μειωμένη απόλαυση του μπαλκονιού ή του κήπου· όταν βρίσκονται εντός του σπιτιού με ανοιχτά παράθυρα: διαταραχές στον ύπνο, δυσκολία στην επικοινωνία, στο διάβασμα, στην παρακολούθηση τηλεόρασης, στην ακρόαση μουσικής και ραδιοφώνου. Με αποτέλεσμα να κλείνονται τα παράθυρα της κρεβατοκάμαρας με σκοπό να αποφευχθούν οι διαταραχές στον ύπνο. Μερικά άτομα που ενοχλούνται από το θόρυβο βιώνουν επίσης μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες επιδράσεις:

Ταραχές στον ύπνο όταν τα παράθυρα και οι πόρτες είναι κλειστά, δυσκολία στην επικοινωνία και σε άλλες εσωτερικές δραστηριότητες όταν πάλι τα παράθυρα και οι πόρτες

είναι κλειστά, επιπτώσεις στην πνευματική υγεία, μερική κώφωση λόγω θορύβου, υπέρταση, ισχαιμικά επεισόδια.

Σε αντίθεση με τις μέχρι τώρα αναλύσεις περί θορύβου, η ανάλυση της ομάδας αυτής, δίνει στα παράπονα των ατόμων για ενόχληση από θόρυβο την σημασία ενός κλινικού συμπτώματος. Δηλαδή δεν αντιμετωπίζει τα συγκεκριμένα παράπονα ως μια αισθητική ενόχληση, για παράδειγμα, αλλά θεωρεί πως χρήζουν ιατρικής εξέτασης. Τα αντιμετωπίζει εν τέλει σαν αποτελέσματα υπερβολικής και συσσωρευμένης έκθεσης σε υπόηχο (ILFN). Εν ολίγης έχουν κάνει την υπόθεση ότι η σταθερότητα των ενιαίων βλεφαρίδων του κοχλίου, τόσο μεταξύ τους όσο και σε σχέση με την άνω καλυπτήρια μεμβράνη, θα προκαλέσει δυσφορία όταν η μεμβράνη της βάσης κινείται με ερέθισμα την παρουσία ακουστικής διέγερσης.

Μία ακόμα πιθανότητα είναι η πρόκληση δομικής βλάβης. Ως γνωστόν όταν τα στερεά δονούνται η δομική τους ακεραιότητα μπορεί να απειληθεί. Σε δομές που χρειάζεται να αντέξουν σε ένα υψηλά δονούμενο περιβάλλον συνήθως εφαρμόζονται δομικές ενισχύσεις σαν αντίμετρα. Όταν εναέριος υπόηχος προσκρούει σε βιολογικούς ιστούς, αυτό πυροδοτεί μια παλμική κίνηση των κυτταρικών στρωμάτων. Ας δώσουμε ένα παράδειγμα, το οποίο μπορεί να διαπιστωθεί σε οποιοδήποτε κέντρο διασκέδασης στον κόσμο. Το αυτί, σε ένα τέτοιο περιβάλλον, γίνεται δέκτης μεγάλης ηχητικής ενέργειας και πολλών δονήσεων. Σαν αντίμετρο ο οργανισμός αυξάνει την παραγωγή κολλαγόνου. Το κολλαγόνο είναι μια πρωτεΐνη που αυξάνει την μηχανική αντοχή των ιστών.

Έτσι επιπρόσθετα στην παραδοσιακή αντίληψη για την έμμεση σχέση θορύβου-καρδιαγγειακών παθήσεων ( μέσω της πρόκλησης stress κλπ) προκύπτει μια νέα πιο άμεση σχέση. Σύμφωνα με τα όσα περιγράψαμε παραπάνω, τα αγγεία που εκτίθενται στον υπόηχο, παρουσιάζουν εξαιρετική πάχυνση των αγγειακών τοιχωμάτων, λόγω της αυξημένης παραγωγής κολλαγόνου, όπως εξηγήσαμε νωρίτερα. Έτσι μειώνεται η ροή του αίματος και προκαλείται αρτηριοσκλήρωση. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί μέσω της εξέτασης triplex. Τόσο η μικρή όσο και η μεγάλη έκθεση των αγγείων σε υπόηχο μπορεί να προκαλέσει στεφανιαία νόσο.

Εν κατακλείδι η θεωρία αυτή δίνει μια πιο μορφολογική εξήγηση σε τέτοιου είδους παθολογίες σε σχέση με την κλασική θεωρία που επικεντρώνεται στις χημικές επιπτώσεις που πυροδοτεί η έκθεση σε ήχο μέσω του stress.

## 1.6 Νομοθεσία

- **Ευρωπαϊκή οδηγία 2002/49ΕΚ(αξιολόγηση και διαχείριση περιβαλλοντικού θορύβου)**

Η ευρωπαϊκή οδηγία 2002/49ΕΚ εκδόθηκε στις 25 Ιουνίου 2002 από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο. Εκδόθηκε “σχετικά με την αξιολόγηση και την διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου” και αποβλέπει στον καθορισμό μιας κοινής προσέγγισης τόσο για την αποφυγή και την πρόληψη , όσο και για τον περιορισμό των επιπτώσεων της έκθεσης σε περιβαλλοντικό θόρυβο.

Εν ολίγοις η οδηγία φιλοδοξούσε να αποτελέσει την βάση για την ανάπτυξη κοινοτικών μέτρων μείωσης των θορύβων που εκπέμπονται από τις σημαντικότερες πηγές θορύβων.

Η οδηγία τέθηκε σε ισχύ από τις 18 Ιουλίου 2002 ενώ προβλεπόταν η ενσωμάτωσή της στις εθνικές νομοθεσίες το αργότερο μέχρι τις 14 Ιουλίου 2004. Προβλεπόταν πως οι πρώτοι χάρτες θορύβου θα έπρεπε να έχουν εκπονηθεί μέχρι το 2007, ενώ τα πρώτα σχέδια δράσεις μέχρι το 2008.

Η οδηγία υπαγορεύει τις παρακάτω δράσεις:

1)Παρακολούθηση του περιβαλλοντικού προβλήματος.

Σύμφωνα με την οδηγία κάθε κράτος μέλος οφείλει μέσω των αρμόδιων αρχών να καταρτίσει χάρτες θορύβου για τους μεγάλους οδικούς και σιδηροδρομικούς άξονες, τα αεροδρόμια και τα πολεοδομικά συγκροτήματα. Αυτό προβλέπεται να γίνει χρησιμοποιώντας εναρμονισμένους δείκτες θορύβου. Αυτοί οι δείκτες είναι ο  $L_{den}$  , ο οποίος αντιστοιχεί στην στάθμη θορύβου το πρωί, το απόγευμα, την νύχτα , και ο  $L_{night}$  , ο οποίος αντιστοιχεί στην στάθμη θορύβου την νύχτα. Μέσω της χρήσης των σχέσεων δράσης-επίπτωσης θα γίνει δυνατή η αξιολόγηση των επιπτώσεων του θορύβου στο πληθυσμό. Αυτό θα γίνει δυνατό καθώς οι στρατηγικοί χάρτες θορύβου θα δείξουν το ποσοστό του πληθυσμού που εκτίθεται σε θορύβους.

2)Ενημέρωση και διαβούλευση με το κοινό.

Είναι ευθύνη των αρμόδιων αρχών να μεριμνούν για την ενημέρωση του κοινού και την συμμετοχή του στην αξιολόγηση και διαχείριση των θορύβων . Αυτό θα γίνει με βάση τις αρχές της σύμβασης του Aarhus σχετικά με την πρόσβαση στις πληροφορίες και της συμμετοχή του κοινού στην λήψη αποφάσεων.

3)Εκπόνηση τοπικών σχεδίων δράσης

οι αρμόδιες αρχές οφείλουν να εκπονούν τοπικά σχέδια δράσης για την μείωση των θορύβων όπου χρειάζεται και να τα δημοσιεύουν στο κοινό. Ακόμα έχουν την υποχρέωση να διαφυλάττουν το ηχητικό περιβάλλον όταν η ποιότητά του είναι ικανοποιητική. Σύμφωνα με την οδηγία απαιτείται στενή συνεργασία με τον πληθυσμό αλλά και η συμμετοχή του κατά την εκπόνηση των σχεδίων δράσεις για την καταπολέμηση των θορύβων. Οι απαιτήσεις τις οδηγίας για τα σχέδια είναι ελάχιστες όμως και το πραγματικό περιεχόμενό τους επαφίεται στις αρμόδιες αρχές.

- **Ανακοίνωση COM(2004)160**

Σε αυτή την κατεύθυνση κινείται μια ακόμα ανακοίνωση της Επιτροπής. Η ανακοίνωση COM(2004)160 αφορά τα μέτρα σχετικά με τις πηγές και την αξιολόγηση του περιβαλλοντικού θορύβου.

- **6ο Κοινοτικό Πρόγραμμα Δράσης**

Επίσης ανάλογο περιεχόμενο υπάρχει και στο 6ο Κοινοτικό Πρόγραμμα Δράσης για το περιβάλλον. Αυτό προβλέπει την μείωση του ποσοστού των ατόμων που επηρεάζονται συστηματικά από μέσα επίπεδα θορύβου σε μακροπρόθεσμα διαστήματα. Αυτό προτείνεται να επιτευχθεί με μετάβαση σε μέσα μεταφοράς και βιομηχανικό εξοπλισμό τα οποία θα λειτουργούν με χαμηλότερες στάθμες θορύβου.

- **Οδηγία 2000/14/ΕΚ**

Η οδηγία αυτή αφορά την εκπομπή θορύβου προς το περιβάλλον, ορίζοντας ως πηγή τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται σε εξωτερικούς χώρους. Προβλέπει διατάξεις για τον λιμενικό εξοπλισμό διαχείρισης φορτίου στα τερματικά και τα κριτήρια με τα οποία πρέπει να συμμορφώνεται.

Με αυτή την οδηγία τίθεται σε ισχύ η υποχρέωση του εξοπλισμού να φέρει την σήμανση ποιότητας (όπως έχει οριστεί από την ΕΕ) CE, να αναγράφει την εγγυημένη στάθμη ακουστικής ισχύος και να συνοδεύεται από δήλωση συμμόρφωσης στα κριτήρια του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου.

- **Οδηγία 2003/10/ΕΚ**

Σκοπός αυτής της οδηγίας είναι ο καθορισμός των ελάχιστων προδιαγραφών, ώστε να είναι ικανοποιητική η προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που αφορούν την ασφάλεια και την υγεία τους. Αφορά τους κινδύνους που πηγάζουν από την έκθεση στον θόρυβο κατά την διάρκεια της εργασίας τους. Εστιάζει στους κινδύνους για την ακοή. Καθορίζει οριακές τιμές έκθεσης στα ημερήσια επίπεδα έκθεσης στο θόρυβο.

Ορίζει σαν ημερήσιο επίπεδο έκθεσης στο θόρυβο τα 87 dB(A) και 200Pa αντίστοιχα. Σε αυτό συνυπολογίζεται η ηχοεξασθένιση που επιφέρουν τα ατομικά μέσα προστασίας της ακοής, τα οποία φορά ο εργαζόμενος. Οι τιμές υπολογίστηκαν για χρόνο εργασίας 5 οχτάωρα την εβδομάδα. Προκύπτει υποχρέωση εφαρμογής προγράμματος μέτρων μείωσης της έκθεσης στην περίπτωση που η έκθεση υπερβεί τα 85dB(A). Σε περίπτωση που υπάρχει υπέρβαση αυτού του ορίου, πρέπει ο αντίστοιχος χώρος να οριοθετείται και να σημαίνεται ανάλογα, ενώ αν είναι τεχνικά εφικτό ορίζεται περιορισμός της πρόσβασης. Επίσης σε αυτή την περίπτωση ο

εργαζόμενος αποκτά δικαίωμα στην παρακολούθηση της ακουστικής λειτουργίας από γιατρό.

Πάνω από τα 80 dB(A) προβλέπεται η κατάλληλη ενημέρωση και εκπαίδευση των εργαζομένων. Στην οδηγία αυτή προβλέπεται η ενημέρωση των εκπροσώπων των εργαζομένων σχετικά με τους κινδύνους από την ηχορύπανση στο χώρο εργασίας και η συμμετοχή τους στις αποφάσεις για λήψεις σχετικών μέτρων.

Στην βασική κατεύθυνσή τους, οι παραπάνω οδηγίες ενσωματώνονται , για την ελληνική νομοθεσία, είτε στο προεδρικό διάταγμα 149/2006

- **ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ**

Οδηγία 2001/42/ΕΚ (περιβαλλοντική αξιολόγηση). Η οδηγία αυτή έχει την ονομασία SEA καθώς αφορά την Στρατηγική Περιβαλλοντική Αξιολόγηση (Strategical Environmental Assessment).

Σκοπός αυτής της οδηγίας είναι ο προσδιορισμός και η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων και προγραμμάτων στο στάδιο της εκπόνησής τους, δηλαδή προτού εγκριθούν. Σύμφωνα με την οδηγία απαιτούνται περιβαλλοντικές αξιολογήσεις ώστε να εντοπίζονται, να περιγράφονται και να εκτιμώνται οι πιθανές και σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των σχεδίων που εξετάζονται. Επίσης απαιτούνται εναλλακτικές λύσεις στις οποίες να συνεκτιμούνται τόσο οι στόχοι όσο και η γεωγραφική εμβέλεια των υπό εξέταση σχεδίων. Παρότι η οδηγία δεν περιλαμβάνει ρητή αναφορά στην ηχορύπανση , αυτό γίνεται έμμεσα καθώς οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία εντάσσονται στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

- **Οδηγία 85/337/ΕΟΚ**

Η οδηγία αυτή , αν και αργότερα τροποποιήθηκε με αντίστοιχο περιεχόμενο από την οδηγία 97/11/ΕΚ, ονομάζεται και οδηγία ΕΙΑ καθώς αφορά την εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων ( Environmental Impacts Assessment).

Η ΕΙΑ εξασφαλίζει ότι οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, των περιβαλλοντικών θορύβων συμπεριλαμβανομένων, ορισμένων έργων εντοπίζονται και αξιολογούνται πριν από την έγκριση. Προβλέπει την διαβούλευση με τους πολίτες και την ενσωμάτωση των αποτελεσμάτων αυτής στη διαδικασία έγκρισης του έργου. Προσδιορίζει για ποιες κατηγορίες έργων είναι υποχρεωτική η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Σε αυτές τις κατηγορίες συμπεριλαμβάνονται και έργα σχετικά με τις υποδομές οδικών, σιδηροδρομικών και αεροπορικών μεταφορών και ορισμένες βιομηχανικές

εγκαταστάσεις. Η οδηγία προσδιορίζει επίσης την ακολουθητέα διαδικασία και το περιεχόμενο της εκτίμησης

Μια τροπολογία της οδηγίας αυτής συμπεριλαμβάνεται και στην οδηγία 2003/35/ΕΚ, η οποία εκδόθηκε πέντε χρόνια μετά την υπογραφή της σύμβασης Aarhus. Η νέα οδηγία είχε ως σκοπό την ευθυγράμμιση των κοινοτικών διατάξεων με τις κατεύθυνσης του Aarhus σχετικά με την συμμετοχή του κοινού στην λήψη αποφάσεων και την πρόσβαση στην δικαιοσύνη σχετικά με περιβαλλοντικά θέματα.

## ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

- **Προεδρικό διάταγμα 85/1991**

Σκοπός του νομοθετήματος αυτού είναι η προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσής τους στο θόρυβο κατά την εργασία. Το νομοθέτημα παρόλα αυτά δεν περιελάμβανε τις θαλάσσιες και εναέρια μεταφορές. Είναι παρόμοιας λογικής με την οδηγία 2003/10/ΕΚ με τα όρια όμως να είναι στην συντριπτική τους πλειοψηφία κατά 5 dB(A) μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα της οδηγίας.

- **Νόμος 1568/85**

Σύμφωνα με την 1η παράγραφο, άρθρο 26 του νόμου 1568/85, είναι υποχρέωση του εργοδότη να παίρνει κατάλληλα μέτρα, ώστε να περιορίζεται η έκθεση των εργαζόμενων στον θόρυβο.

- **ΠΔ17/1996**

Σύμφωνα με τις γενικές αρχές πρόληψης της παραγράφου 7ζ του άρθρου 7, του ΠΔ 17/1996 ( και της ευρωπαϊκής οδηγίας 89/391/ΕΟΚ) ο εργοδότης δίνει προτεραιότητα στην λήψη μέτρων ομαδικής προστασίας σε σχέση με τα μέτρα ατομικής προστασίας.

- **ΠΔ1110/81**

Περιλαμβάνει τον ορισμό των ορίων θορύβου για την προστασία των περιοίκων από τον βιομηχανικό θόρυβο.

Τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια είναι τα εξής:

Περιοχή	Ανώτατο όριο θορύβου ( dB(A))
Νομοθετημένες βιομηχανικές περιοχές	70
Περιοχές στις οποίες επικρατεί το βιομηχανικό στοιχείο	65
Περιοχές στις οποίες επικρατεί εξίσου το βιομηχανικό και το αστικό στοιχείο	55
Περιοχές στις οποίες επικρατεί το αστικό στοιχείο	50

Σύμφωνα με αυτό το διάταγμα για τις εγκαταστάσεις οι οποίες βρίσκονται σε επαφή με κατοικημένα κτίρια το όριο εκπομπής θορύβου της εγκατάστασης είναι 45dB(A), μετρούμενο εντός του κτιρίου με ανοιχτές τις πόρτες και τα παράθυρά του.

- **Νόμος 1650/86**

Ο νόμος αυτός θεσπίστηκε για την περιβαλλοντική προστασία. Μέσα στις διατάξεις του περιλαμβάνει ζητήματα σχετικά με την διασφάλιση της ανθρώπινης υγείας από τις οχλήσεις. Προβλέπει κατάταξη των δραστηριοτήτων ανάλογα με την περιοχή και τον φυσικό αποδέκτη, σύμφωνα με εγκεκριμένα χωροταξικά ή ρυθμιστικά σχέδια και προγράμματα και γενικά πολεοδομικά σχέδια ή σύμφωνα με τις ζώνες χρήσεων γης ή με τομεακές μελέτες προστασίας του περιβάλλοντος. Η κατάταξη αυτή προβλέπεται να γίνει μέσω αντίστοιχων εισηγήσεων του Οργανισμού Αθήνας και του Οργανισμού Θεσσαλονίκης για τις αντίστοιχες πόλεις.

Επίσης σε υπουργική απόφαση του 1992 αναφέρονται τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια θορύβου που προέρχονται από την κυκλοφορία σε οδικά και συγκοινωνιακά έργα.

- **Προεδρικό διάταγμα 149/2006**

Σημαντικό κομμάτι του ελληνικού δικαίου που αναφέρεται στο θόρυβο είναι το Προεδρικό Διάταγμα 149/2006. Αυτό ορίζει τα όρια έκθεσης στο θόρυβο για τους χώρους εργασίας. Επίσης αναφέρεται στις υποχρεώσεις σχετικά με την λήψη μέτρων. Συνοπτικά το διάταγμα αυτό εξετάζει τα παρακάτω:

**Την τιμή κορυφής  $P_{peak}$**  της ηχητικής πίεσης, η οποία ορίζεται ως η μέγιστη τιμή της C-σταθμισμένης στιγμιαίας πίεσης θορύβου.

**Ορίζει την ημερήσια στάθμη έκθεσης σε θόρυβο ( $L_{EX,8h}$ ):** [dB(A) re 20μPa] ως την



χρονικά σταθμισμένη μέση τιμή των σταθμών έκθεσης σε θόρυβο για οκτώωρη ημέρα εργασίας ( σύμφωνα με τα πρότυπο ISO 1999:1990 ). Άπτεται όλων των ειδών θορύβων που προκύπτουν στο χώρο εργασίας, ακόμα και του παλμικού θορύβου.

Καθορίζει τις παρακάτω τρεις περιπτώσεις:

α) οριακές τιμές έκθεσης :  $L_{ex,8h}=87\text{dB}$  ,  $P_{peak}=200\text{Pa}=140\text{dB(C)}$  re 20μPa

β) ανώτερες τιμές έκθεση για ανάληψη δράσης  $L_{ex,8h}=85\text{dB(A)}$  ,  $P_{peak} = 140\text{Pa}=137\text{dB(C)}$  re 20μPa

γ) Κατώτερες τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης:  $L_{ex,8h}= 80 \text{ dB (A)}$  και  $P_{peak} = 112\text{Pa}=135\text{dB(C)}$  re 20μPa

Επίσης περιγράφει τους πιθανούς κινδύνους και τους εκτιμά, ενώ περιλαμβάνει διατάξεις για την μείωση και την αποφυγή της έκθεσης στον θόρυβο. Καθιστά υποχρεωτική την ενημέρωση των εργαζομένων και την αντίστοιχη εκπαίδευσή τους πάνω στο ζήτημα, αλλά και την συμμετοχή τους στην λήψη αποφάσεων σχετικά με το ζήτημα της υγείας τους στο χώρο εργασίας τους από ζητήματα που προκύπτουν λόγω της ηχορύπανσης.

- **Ελληνικός Κτιριοδομικός Κανονισμός**

Ο κανονισμός αυτός προβλέπει διατάξεις για το πως πρέπει να κατασκευάζονται τα κτίρια. Στο δωδέκατο άρθρο του περιλαμβάνει προδιαγραφές για το ζήτημα της ηχορύπανσης – θορύβου. Παρόλα αυτά προβλέπει περισσότερο τρόπους για την προστασία από θόρυβο προερχόμενο από το περιβάλλον παρά τρόπους για τον περιορισμό της διάδοσης του θορύβου από τις κύριες πηγές του.

Μια κύρια συνεισφορά αυτού του κανονισμού είναι η ταξινόμηση των κτιρίων και των δομικών κατασκευών ανάλογα με την χρήση τους. Το λιμάνι το οποίο εξετάζουμε εμείς εμπίπτει σε πολλές κατηγορίες ανάλογα με την χρήση των εγκαταστάσεών του. Για παράδειγμα στην κατηγορία Η ( χρήση εμπορίου) ανήκουν οι αποθήκες του λιμανιού που προορίζονται “ για αποθήκευση, παραλαβή και αποστολή εμπορευμάτων, όπου δεν επιτρέπεται η πρόσβαση κοινού, ενώ σε κάθε άτομο αντιστοιχούν 30τμ μικτού εμβαδού. Τα γραφεία του Ο.Λ.Π από την άλλη ανήκουν στην κατηγορία Θ “για χρήση γραφείου”, με 9τμ μικτό εμβαδό/ άτομο. Οι αποθήκες του λιμανιού ανήκουν στην κατηγορία Κ , για την οποία αντιστοιχεί ένα άτομο ανά 50τ.μ. Μικτού εμβαδού. Τέλος οι χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων του λιμανιού( τέτοιος είναι και η ειδική προβλήτα για αυτοκίνητα που μετακινούνται με cargo πλοία) ανήκουν στην κατηγορία Λ, δηλαδή για “χρήση στάθμευσης αυτοκινήτων και πρατηρίων υγρών καυσίμων”.

Αν το συνδυάσουμε αυτό με το γεγονός ότι η διπλωματική αυτή εξετάζει και το ζήτημα της ηχορύπανσης της περιοχής και το βαθμό στον οποίο συνεισφέρει το λιμάνι καταλαβαίνουμε ότι υπεισέρχονται σχεδόν όλες η κατηγορίες στο νομικό πλαίσιο.

Στο άρθρο 12 του Ε.Κ.Κ ορίζεται επίσης η έννοια της ακουστικής άνεσης την οποία πρέπει να πληρούν , μέσω ηχοπροστασίας και ηχομόνωσης, τα κτίρια. Ακουστική άνεση, σύμφωνα με τον ορισμό του κανονισμού, είναι η ικανότητα ενός κτιρίου να προστατεύει τους ενοίκους από εξωγενείς θορύβους και να παρέχει ακουστικό περιβάλλον κατάλληλο για τις αντίστοιχες δραστηριότητες για τις οποίες προορίζεται το κτίριο ( διαμονή, εργασία, εκπαίδευση κλπ)

Δύο είδη μεταφερόμενου ήχου αναφέρεται ότι αποτελούν κίνδυνο για την ακουστική άνεση ενός χώρου: ο αερόφερτος ήχος και ο κτυπογενής. Κοινόχρηστες ή ιδιωτικές εγκαταστάσεις του ίδιου κτιρίου και τέλος τον αερόφερτο ήχο που παράγεται από εξωτερικές πηγές.

## 1.7 Πηγές θορύβου σε λιμάνι

### **Η συνεισφορά των ειδικών οχημάτων μεταφοράς και στοιβασίας**

Η εξέταση ενός λιμανιού ως γεννήτρια θορύβου είναι μια ιδιαίζουσα περίπτωση. Πέραν των συνηθισμένων πηγών θορύβου, φορτηγά, αυτοκίνητα, εγκαταστάσεις, δίκυκλα κλπ. εδώς έχουμε να αντιμετωπίσουμε μηχανές μεγάλου μεγέθους, οχήματα τα οποία δεν συναντούμε αλλού στην καθημερινή ζωή.

Σε αυτό το κομμάτι θα επιχειρήσουμε να παρουσιάσουμε τις κύριες πηγές θορύβου σε ένα σταθμό εμπορευματοκιβωτίων. Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, θα αναφερθούμε στην θορυβική συνεισφορά που έχουν τα πλοία, η μεταφορά των εμπορευμάτων από γερανούς κάθε είδους στη στεριά και η εσωτερική μεταφορά. Θα παρουσιάσουμε το φάσμα των επιπέδων ηχητικής ισχύος, καθώς επίσης και τις αιχμές του ηχητικού φορτίου. Είναι πολύ σημαντικό να λαμβάνουμε υπόψη μας αυτά τα στοιχεία καθώς, όπως είναι φυσικό, ο κάθε τερματικός σταθμός πρέπει να εκπληρώνει την εκάστοτε τοπική νομοθεσία σχετικά με τον θόρυβο. Πληροφορίες σχετικά με αυτήν μπορούν να βρεθούν στο αντίστοιχο κεφάλαιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

### **Πλοία**

Τα ελλιμενισμένα πλοία τα οποία εξυπηρετούνται, λειτουργούν με τις βοηθητικές μηχανές τους για να παράγουν την απαιτούμενη ενέργεια τόσο για τις ανάγκες του πλοίου όσο και για τα containers ψυγεία (reefers), τα οποία πρέπει να ψύχονται συνεχώς. Οι κύριες πηγές σε ένα πλοίο είναι ο εξαερισμός του μηχανοστασίου και της εξάτμισης της μηχανής. Ας λάβουμε υπ' όψιν ότι τις περισσότερες φορές ο εξαερισμός δεν έχει καμία ηχομόνωση.



Εικόνα: το σύστημα εξαερισμού και το φουγάρο ενός πλοίου

Σύμφωνα με έρευνες που διεξήγαγε το 1995 η DGMR, μια ολλανδική συμβουλευτική εταιρία, έχουν καταχωρηθεί στοιχεία για τα μεγαλύτερα πλοία εμπορευματοκιβωτίων και έχουν διαμορφωθεί εξισώσεις οι οποίες αντιστοιχούν των αριθμό των containers με τον εκλυόμενο θόρυβο.

Έχει δημιουργηθεί η παρακάτω εξίσωση που συσχετίζει το σταθερό βάρος ενός πλοίου με την ηχητική ισχύ:

$$L_{w,A}=55,4+12,2\log(DWT)$$

Όπου  $L_{w,A}$ : Ηχητική ισχύς ζυγισμένη με φίλτρο A , σε Db

DWT: το σταθερό (νεκρό) βάρος ενός πλοίου σε τόνους

Αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω της αυξανόμενης ζήτησης για κλιματιζόμενη μεταφορά, το ποσοστό των container-ψυγείων έχει αυξηθεί, το ίδιο και οι βοηθητικές μηχανές.

## Γερανοί



Εικόνα: Γερανογέφυρα

Οι κύριες πηγές θορύβου στους γερανοούς είναι το μηχανοστάσιο και η μετακίνηση του φορτίου πάνω σε ράγες. Το μηχανοστάσιο μονώνεται επαρκώς με τοίχους διαμερισμού, μικρά και μονωμένα ανοίγματα για σκοινιά και εξαερισμό, απομονωμένο διπλό πάτωμα κλπ. Η μετακίνηση του trolley με το φορτίο πάνω στις ράγες μπορεί να οδηγήσει σε θόρυβο λόγω της επαφής τροχού-ράγας και σε έμμεσο θόρυβο που προκαλούν οι δονήσεις στα ατσάλινα στηρίγματα του γερανού. Δευτερεύουσες πηγές θορύβου είναι το σύστημα κίνησης των καλωδίων (cable trolleys) και η μετάβαση από το κινούμενο κομμάτι του γερανού στο σταθερό (girder to boom).

Το επίπεδο ηχητικής ισχύος για τους σύγχρονους γερανοούς, οι οποίοι έχουν σχεδιαστεί με πρόβλεψη για την μείωση του παραγόμενου θορύβου, είναι περίπου 100 DB(A) κατά την διάρκεια συνηθισμένων εργασιών σε ύψος 40 μέτρων.

Οι γερανοί στοιβασίας ή οι γερανογέφυρες σε ράγες (RMG) είναι συνήθως μικρότερα και λειτουργούν σε χαμηλότερες ταχύτητες, αλλά οι κύριες πηγές έχουν την ίδια αιτία.

Αν στις ράγες του γερανού η επιφάνεια είναι μαλακή έχουμε μείωση της έντασης που ξεπερνά τα 13 DB όπως έχει μετρηθεί στο Άμστερνταμ.

Για να έχουμε ένα μέτρο σύγκρισης, καλό είναι να γνωρίζουμε ότι οι γερανοί οι οποίοι μετακινούν τα containers από το πλοίο στην ακτή, και αντιστρόφως, μεγαλώνουν ανάλογα με το πλάτος των πλοίων. Περίπου 20 χρόνια πριν η διώρυγα του Παναμά μπορούσε να εξυπηρετήσει πλοία μέχρι 33 μέτρα πλάτους. Σήμερα οι γερανοί έχουν δυνατότητα να εξυπηρετήσουν πλοία πλάτους πάνω από 60 μέτρα, τα λεγόμενα “super post Panamax” πλοία. Τέτοιο πλοίο είναι το Emma Maersk ( μήκος 397 m. , πλάτος 56 m.) . Οι γερανοί έχουν την δυνατότητα να σηκώνουν μέχρι και 120 τόνους.



Εικόνα: Μονωμένη έξοδος εξαερισμού σε γερανογέφυρα

## Εσωτερική μεταφορά



Εικόνα: Straddle Carrier

Η κύρια πηγή θορύβου της εσωτερικής μεταφοράς των εμπορευματοκιβωτίων είναι οι μηχανές diesel. Συνήθως ο θόρυβος των ελαστικών δεν είναι τόσο καθοριστικός, καθώς οι ταχύτητες είναι χαμηλές (έως 40 χλμ/ώρα). Για των θόρυβο των εργασιών με container, οι οποίες έχουν υψηλότερα επίπεδα ηχητικής ισχύος ενεργές για περισσότερο χρόνο πηγές θορύβου, ευθύνεται κυρίως η εσωτερική μεταφορά.

Τις περισσότερες φορές η επιλογή των μέσων εσωτερικής μεταφοράς δεν γίνεται με κριτήριο την παραγωγή θορύβου, αλλά την παραγωγικότητα ανά μονάδα χώρου.

Παρακάτω παρουσιάζουμε τα κύρια και πιο κοινά μέσα εσωτερικής μεταφοράς σε ένα σύγχρονο λιμάνι.

### **Μηχανήματα Μεταφορά και Στοιβασίας Εμπορευματοκιβωτίων- Μ.Μ.Σ.Ε. (straddle carriers -SC)**

Τα Μ.Μ.Σ.Ε. χρησιμοποιούνται τόσο για την εσωτερική μεταφορά όσο και για την αποθήκευση εμπορευματοκιβωτίων (στοιβασία). Διαφορετικά μεγέθη ΜΜΣΕ παίρνουν το όνομά τους από την ικανότητά τους να σηκώνουν containers πάνω από άλλα ήδη στοιβαγμένα. Για παράδειγμα 1 πάνω από 3: αυτό το ΜΜΣΕ μπορεί να σηκώσει ένα εμπορευματοκιβώτιο πάνω από άλλα 3.

Το ΜΜΣΕ έχει περιορισμένο χώρο όταν οι μηχανές είναι τοποθετημένες κοντά στο έδαφος ανάμεσα στις βάσεις του. Άρα το πεδίο για επιπλέον ηχομόνωση των μηχανών του είναι περιορισμένο. Έχουν ήδη γίνει προσπάθειες για την μείωση του θορύβου που παράγουν οι μηχανές. Ένα σύγχρονο ΜΜΣΕ παράγει κατά την διάρκεια συνηθισμένων δραστηριοτήτων 108 dB(A). Η Noel πρόσφατα καινοτόμησε τοποθετώντας τις μηχανές στην κορυφή του

μηχανήματος\*. Έτσι ο θόρυβος μειώθηκε στα 104 dB(A) , καθώς έγινε δυνατή η λήψη περιοριστικών μέτρων για τον θόρυβο. Όμως επειδή ο παραγόμενος από την μηχανή θόρυβος δεν εμποδίζεται από τα containers, η απόσβεση λόγω εδάφους είναι μικρότερη. Επίσης ευνοείται η διάδοση του ήχου σε μεγαλύτερες αποστάσεις λόγω μετεωρολογικών φαινομένων.

\*Container Terminals and Noise, J. (Rob) Witte, 2008

## Ελκυστήρες Λιμανιού ( Terminal Tractors)



Οι ελκυστήρες λιμανιού χρησιμοποιούνται για την μετακίνηση εμπορευματοκιβωτίων , τα οποία έχουν προηγουμένως τοποθετηθεί πάνω σε κάποιο είδος αμαξώματος. Οι μηχανές diesel τις οποίες φέρουν, είναι σχεδιασμένες με βάση το υποτιθέμενο φορτίο τους.

Μια ειδική και τεχνολογικά εξελιγμένη μορφή ελκυστήρα είναι το Αυτόματο Καθοδηγούμενο Όχημα (ΑΚΟ) ή αλλιώς AGV (Automated Guided Vehicle). Το AGV είναι ένα κινητό ρομπότ το οποίο δεν έχει οδηγό. Κατευθύνεται από ειδικά τοποθετημένες συσκευές και αντίστοιχο λογισμικό. Χρησιμοποιούνται σημάδια θέσης ή καλώδια στο έδαφος, ή χρησιμοποιεί την οπτική, μαγνήτες ή lasers για την πλοήγηση. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε βιομηχανικές εφαρμογές για να μετακινούν αντικείμενα εντός μιας βιομηχανικής εγκατάστασης ή αποθήκης. Η εφαρμογή τους έχει εξαπλωθεί τις τελευταίες δεκαετίες.

Το συνηθισμένο επίπεδο ηχητικής ισχύος για τους ελκυστήρες έχει καταγραφεί από 105 dB(A) και πάνω. Όμοια και για τα AGV. Αν και το τελευταίο διάστημα οι μηχανές των AGV αλλάξαν από diesel/υδραυλικές σε diesel/ηλεκτρικές δεν υπήρξε αξιοσημείωτη επίδραση στον παραγόμενο θόρυβο.



## Στάθμες Αιχμής

Ως αιχμή εννοούμε τις εντάσεις του ακουστικού φορτίου οι οποίες κινούνται πολύ υψηλότερα από τις γειτονικές. Σημαντικό στοιχείο για την έρευνα του παραγόμενου θορύβου από τα μηχανήματα των τερματικών σταθμών είναι η έρευνα των επιπέδων αιχμής. Τα επίπεδα αιχμής εμφανίζονται κατά την διάρκεια εργασιών με χειρισμό άδειων containers. Αυτό πιθανόν οφείλεται στην μικρή απόσβεση του θορύβου σε σχέση με ένα γεμάτο. Για να καταλάβουμε καλύτερα περί τίνος πρόκειται, πρέπει να ξέρουμε ότι ένα container έχει διαστάσεις περίπου 2,40\*2,60\*6,10/12,20. Όταν είναι άδειο ζυγίζει από 2 έως 4 τόνους ανάλογα το μήκος του. Όταν είναι γεμάτο το μέγιστο βάρος του κυμαίνεται από 24000 έως 30000 kg (λόγω κανονισμών ασφαλείας)

*Συγκεκριμένα στον ΟΛΠ το μέγιστο μικτό επιτρεπτό βάρος (φορτίου και container) είναι 26 τόνοι.*

Οι διανομείς χρησιμοποιούνται για την σύνδεση του Μ.Μ.Σ.Ε. με το εμπορευματοκιβώτιο. Κατά την διάρκεια της πρόσδεσης, ανύψωσης, αποδέσμευσης και εναπόθεσης υπόκεινται σε υψηλές αναταράξεις και μεγάλα φορτία πίεσης. Παράλληλα με τον περιβαλλοντικό θόρυβο αυτές οι αναταράξεις προκαλούν βλάβες στα εξαρτήματα των διανομέων. Σαν αποτέλεσμα έχει την μείωση της αξιοπιστίας τους, και κάνει αναγκαία την επιπλέον συντήρησή τους, ενώ η διάρκεια ζωής τους μειώνεται. Ο διανομέας μπορεί να σηκώσει μέχρι και 40 τόνους.

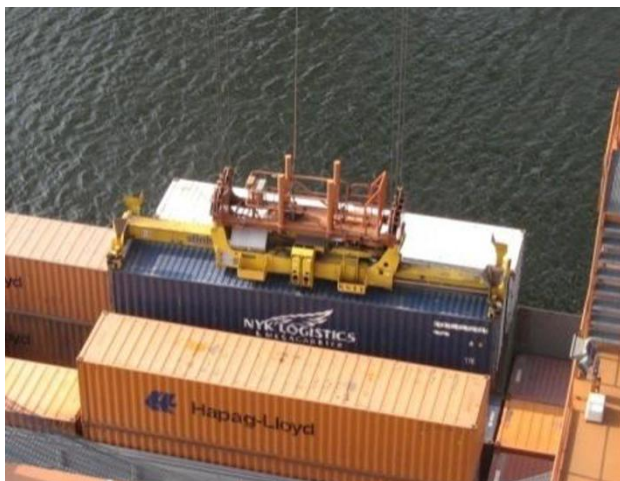
Οι στάθμες αιχμής έχουν δύο κύριες αιτίες:

1. Την κρούση του container με το έδαφος
2. Την κρούση του διανομέα με το container, εξαιτίας του κενού διαστήματος ανάμεσα στον μηχανισμό αγκίστρωσης και του εμπορευματοκιβωτίου.

Η δεύτερη κρούση παράγει ελαφρά υψηλότερα αιχμών από την πρώτη.

Ακόμα δύο αιχμές στις στάθμες του ήχου προκύπτουν κατά την διάρκεια της ανύψωσης του container. Αιτίες είναι:

1. Η κρούση του διανομέα στο εμπορευματοκιβώτιο, ώστε να δεθούν οι τέσσερις κλειδαριές αγκίστρωσης
2. Η ανύψωση του μηχανισμού αγκίστρωσης, λόγω του κενού ανάμεσα σε αυτόν και στο container
3. Οι στάθμες αιχμής της ηχητικής ισχύος ποικίλουν από μη ακουστά έως περίπου 130dB(A).



Εικόνα: πρόσδεση container



# Κεφάλαιο 2

## Μεθοδολογία

Σκοπός της μελέτης είναι να εκτιμήσει την έκθεση των κατοίκων της περιοχής στον θόρυβο που παράγεται από τις δραστηριότητες των λιμανιών. Η δόμηση της περιοχής είναι τέτοια που λιμάνι και κατοικίες γειτνιάζουν οπότε αποκτούν ιδιαίτερη σημασία τα επίπεδα θορύβου και το χρονικό διάστημα που οι κάτοικοι εκτίθενται σε αυτά. Για να γίνει η παραπάνω εκτίμηση έγιναν μετρήσεις σε διάφορα σημεία της περιοχής (τα οποία επιλέχθηκαν με κριτήρια που θα παρουσιαστούν παρακάτω) και εξέταση μεμονωμένων συμβάντων.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε ήταν η εξής:

1. Μετρήσεις με ειδικό ηχόμετρο.
2. Ηχογράφηση σε Ηλεκτρονικό Υπολογιστή ηχητικών αρχείων και μελέτη τους μέσω του λογισμικού Matlab.
3. Καταγραφή της κίνησης των οχημάτων
4. Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για εξαγωγή συμπερασμάτων.

Οι μετρήσεις διεξήχθησαν από τα μέσα Ιουνίου έως τα μέσα Ιουλίου σε 12 θέσεις στη περιοχή του εμπορικού λιμανιού του Πειραιά αλλά και την ευρύτερη περιοχή του Περάματος καθώς επίσης και σε 3 θέσεις στο επιβατικό λιμάνι.

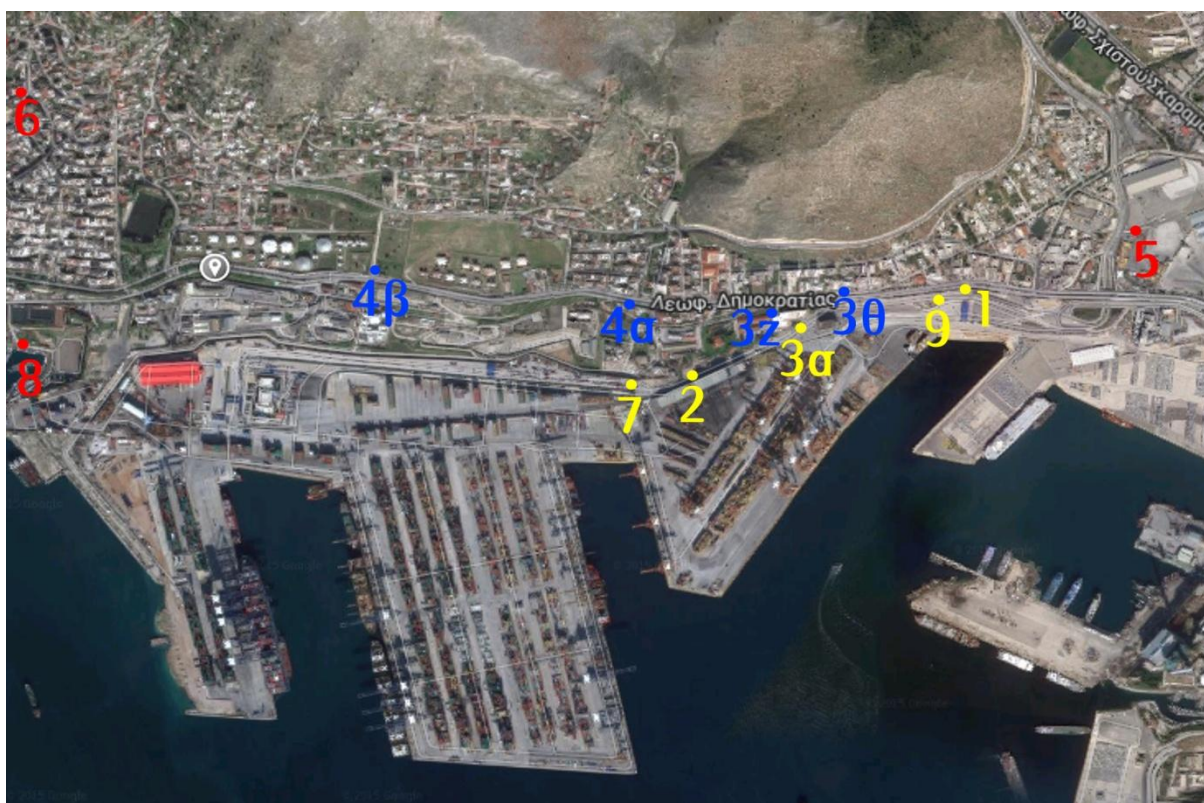
Αρίθμηση θέσης	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΕΩΝ
1	Είσοδος – Έξοδος προβλήτα I (ΣΕΜΠΟ I) ΟΛΠ – πρώην έξοδος IX από parking γραφείων ΣΕΜΠΟ I
2	Όριο ιδιοκτησίας πλησίον οδικού άξονα εντός ΟΛΠ (Διέλευση Ι.Χ. και φορτηγών προς ΣΕΠ)
3 <sup>α</sup>	όριο ιδιοκτησίας ΟΛΠ πλησίον σχολείου
3ζ	Είσοδος σχολείου επί λεωφόρου Δημοκρατίας
3θ	Οδός Μαρίας Κιουρή (Παράδρομος Λεωφόρου Δημοκρατίας)
4 <sup>α</sup>	Λεωφόρος Δημοκρατίας – Παράλληλα στην ανατολική άκρη της προβλήτας II (Έναντι εγκαταστάσεων Aegean)
4β	Λεωφόρος Δημοκρατίας – Παράλληλα στη δυτική άκρη της προβλήτας II (Jetoil)
5	Οδός Νικολαΐδη – Περιοχή ΟΔΔΥ (Είσοδος ΟΛΠ)
6	Οικισμός Περάματος, οδός Πλαταιών 42
7	Όριο ιδιοκτησίας ΟΛΠ – Περιοχή ΣΕΜΠΟ II (ΣΕΠ) – Πλησίον παλαιάς εισόδου ΣΕΜΠΟ II
8	Όπισθεν ορίου ιδιοκτησίας λιμενίσκου
9	Όριο Ιδιοκτησίας ΟΛΠ επί πυλης εισόδου / εξόδου σε ΣΕΜΠΟ I (ΟΛΠ) και II (ΣΕΠ)

ΘΕΣΕΙΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΘΕΣΕΩΝ
E1	Ακτή Βασιλειάδη – Πύλη E1
E2	Ακτή Ηετίωνα – Πύλη E2
E5	Ακτή Καλλιμασιώτη – Έναντι ΗΣΑΠ και εντός ΟΛΠ – Έμπροσθεν πεζογέφυρας ΟΛΠ

Για να έχουμε μια εικόνα της πραγματικής ηχορύπανσης επιλέχθηκε να πραγματοποιήσουμε δυο έως τρεις 15' μετρήσεις με και χωρίς πλοίο στο λιμάνι. Παράλληλα σε κάθε θέση κατά την διάρκεια των μετρήσεων έγινε καταγραφή της κίνησης των οχημάτων, αριθμός οχημάτων και τύπος οχήματος για να έχουμε μια εκτίμηση της κυκλοφοριακής κίνησης. Επιπλέον για μεγαλύτερη αντιπροσωπευτικότητα η μετρήσεις δεν ήταν συνεχείς αλλά απλωμένες μέσα στη μέρα έτσι ώστε να έχουμε πρωινές, μεσημεριανές και απογευματινές.

### Εμπορικό λιμάνι

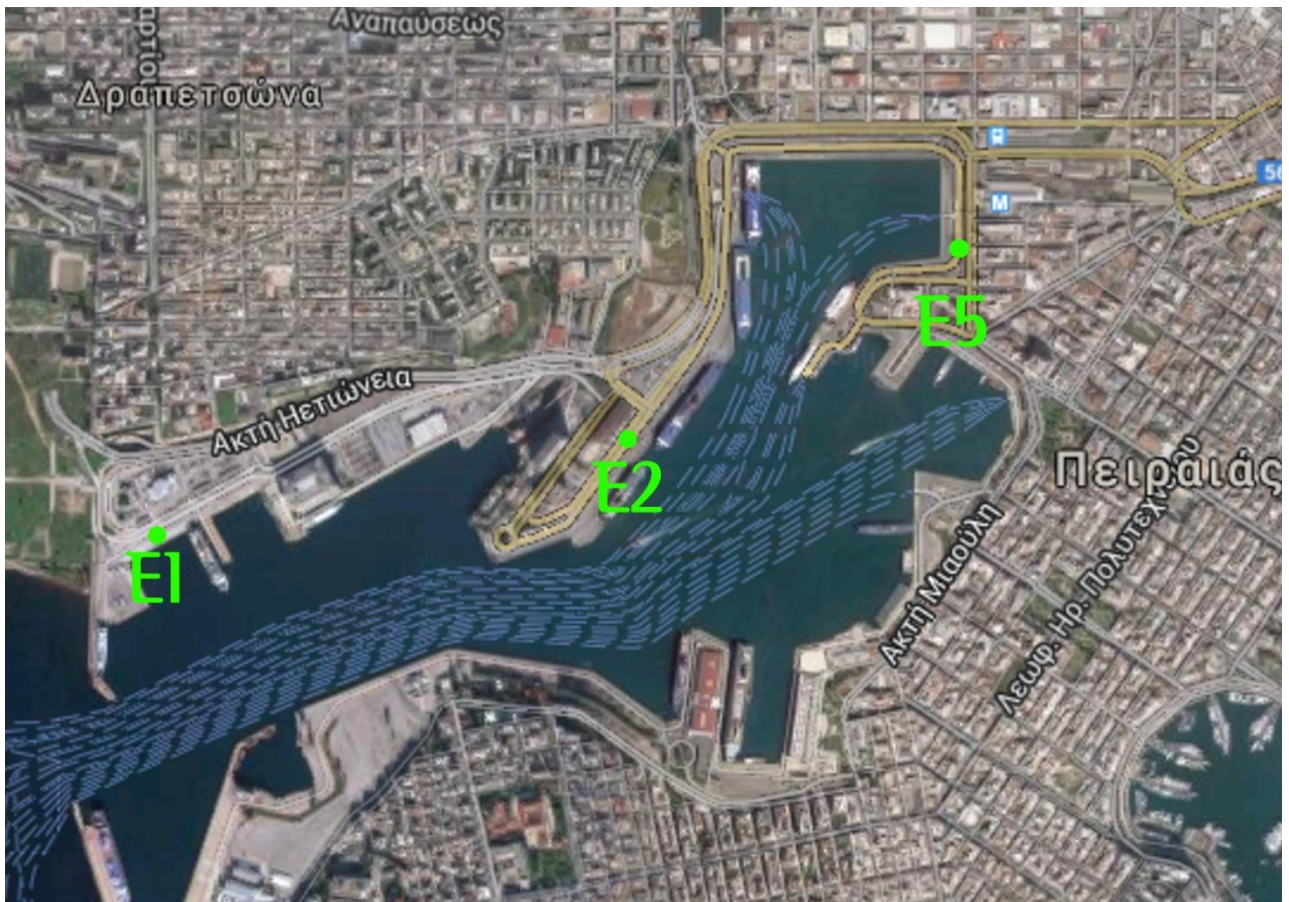
Στο εμπορικό λιμάνι έχουμε 5 θέσεις μετρήσεων εντός του ΟΛΠ στις οποίες η κύριες πηγές θορύβου προέρχονται από τις εργασίες στο λιμάνι και τον κεντρικό δρόμο εντός του ΟΛΠ. Επίσης έχουμε άλλες έξι θέσεις περιμετρικά του λιμανιού. Σε αυτές επί της λεωφόρου Δημοκρατίας η κύρια πηγή θορύβου ήταν η κίνηση επί τις λεωφόρου, κίνηση η οποία οφειλόταν τόσο στις καθημερινές δραστηριότητες των κατοίκων της περιοχής όσο και στις δραστηριότητες του λιμανιού.



## Επιβατικό λιμάνι

Στο επιβατικό λιμάνι έχουμε 3 θέσεις μετρήσεων κοντά στις πύλες E1, E2 και E5. Οι μετρήσεις είχαν και πάλι διάρκεια 15' όταν αυτό ήταν δυνατό. Εδώ επιλέξαμε να πραγματοποιήσουμε 3 μετρήσεις. Η πρώτη ήταν χωρίς πλοίο στη συγκεκριμένη πύλη, η δεύτερη κατά την άφιξη του πλοίου στην οποία περιλαμβάνετε το δέσιμο του πλοίου στο λιμάνι και η αποβίβαση των επιβατών των αυτοκινήτων και των φορτηγών και τέλος μια τρίτη μέτρηση στην οποία περιλαμβάνετε η επιβίβαση των επιβατών, το φόρτωμα του πλοίου και η αναχώρηση από το λιμάνι. Η δεύτερη μέτρηση σε κάποιες πύλες υπάρχει περίπτωση να έχει διάρκεια μικρότερη των 15' γιατί η αποβίβαση συνήθως διαρκούσε λιγότερο. Και εδώ έγιναν μετρήσεις διαφορετικές ώρες της μέρας για να είναι πιο αντιπροσωπευτικό το δείγμα. Αξίζει να σημειωθεί ότι τη χρονική περίοδος που έγιναν η μετρήσεις παρατηρείται αυξημένη τουριστική κίνηση στο επιβατικό λιμάνι.

Παρακάτω παρουσιάζονται οι θέσεις μετρήσεων:



## Εξαγωγή και σύγκριση χαρακτηριστικών τιμών

Μετά την διεξαγωγή των μετρήσεων, οι ηχογραφήσεις με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή αναλύθηκαν με χρήση του προγράμματος matlab. Σκοπός αυτής της ανάλυσης ήταν να πάρουμε χαρακτηριστικές τιμές όπως

- Leq
- η φασματική ανάλυση
- εκατοστομοριακή ανάλυση (L01, L05, L10, L50, L90, L95, L99)

Με αυτό τρόπο μπορούσαμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα των δυο μεθόδων ηχομέτρησης. Ο συνδυασμός αυτών των δεδομένων με την θέση της μέτρησης, την ώρα και την κυκλοφοριακή κίνηση μας βοήθησε να έχουμε μια καλή εικόνα για την ηχορύπανση της περιοχής και την πρόέλευση της.

Ο κώδικας ο οποίος χρησιμοποιήθηκε σαν βάση για την εκατοστομοριακή ανάλυση είναι ο παρακάτω:

```
function [B,A] = adsgn(Fs);
% ADSGN Design of a A-weighting filter.
% [B,A] = ADSGN(Fs) designs a digital A-weighting filter
for
% sampling frequency Fs. Usage: Y = FILTER(B,A,X).
% Warning: Fs should normally be higher than 20 kHz. For
% example,
% Fs = 48000 yields a class 1-compliant filter.
%
% Requires the Signal Processing Toolbox.
%
% See also ASPEC, CDSGN, CSPEC.

% Author: Christophe Couvreur, Faculte Polytechnique de
Mons (Belgium)
% couvreur@thor.fpms.ac.be
```



```

% Last modification: Aug. 20, 1997, 10:00am.
% References:
% [1] IEC/CD 1672: Electroacoustics-Sound Level Meters,
Nov. 1996.

% Definition of analog A-weighting filter according to
IEC/CD 1672.
f1 = 20.598997;
f2 = 107.65265;
f3 = 737.86223;
f4 = 12194.217;
A1000 = 1.9997;
pi = 3.14159265358979;
NUMs = [ (2*pi*f4)^2*(10^(A1000/20)) 0 0 0 0 ];
DENs = conv([1 +4*pi*f4 (2*pi*f4)^2],[1 +4*pi*f1
(2*pi*f1)^2]);
DENs = conv(conv(DENs,[1 2*pi*f3]),[1 2*pi*f2]);

% Use the bilinear transformation to get the digital
filter.
[B,A] = bilinear(NUMs,DENs,Fs);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

function [X,Leq,L10,L95,s] = levelAEstimation(x,Fs,Int,C)
% levelEstimation Estimates a recorded signal level.
%
%
% Author: George Cambourakis, 11/11/07
% if omitted C=160 dB, Int=500 mS, Fs=44100 samples/sec
%
if nargin < 4, C=115;end
if nargin < 3, Int=500;end
if nargin < 2, Fs=44100;end
tin=Int*Fs/1000; % Integration time in mS
if Fs==44100
B=[0.2563 -0.5126 -0.2563 1.0252 -0.2563 -0.5126 0.2563];
A=[1.0000 -4.0172 6.1803 -4.4398 1.4119 -0.1393 0.0042];
else
[B,A]=adsgn1(Fs);
end
len=length(x);
% Squaring the original signal
s=x.*x+1e-17;
% Time integration tin mS
X=filter(1/tin,[1 (1-tin)/tin],s);
% Converting to dB
X=10*log10(X)+C;
s=std(X);
% Plot estimated signal level.

```

```

figure(1); clf;
plot(X, 'LineWidth', 2);
title('Signal Level');
xlabel('Elapsed Time (sec.)');
ylabel('Signal Level (dB)');
xlim([1 len]);
grid on;

% Statistics
% Cumulative
p=[];
for i=20:0.5:110
    p=[p;sum(X > i)];
end
L10=20+(181-sum(p<len/10))/2;
L95=20+(181-sum(p<len*0.95))/2;
dp=[];lp=length(p);
% Percentiles
for i=1:180
    dp=[dp;p(i)-p(i+1)];
end
dp=[dp;p(181)];
ax=20:0.5:110;mx=max(dp);
Leq=10*log10(sum(x.*x)/len)+C
% plot statistics
l10=ones(lp,1)*sum(dp)/10;
figure(2); clf;
plot(ax,p,ax,l10,ax,l10*9.5, 'LineWidth', 2);
text(ax(2),l10(2)*1.4, 'L10');
text(ax(2),l10(2)*9.8, 'L95');
title('Cumulative distribution of Levels');
xlabel('Signal levels dB');
ylabel('population of levels (samples)');
xlim([20 110]);
grid on;

figure(3); clf;
plot(ax,dp, 'r', 'LineWidth', 2);
line(ones(mx,1)*Leq,1:mx);
text(Leq+1,mx/20, 'Leq');
title('Percentiles of levels');
xlabel('Signal levels dB');
ylabel('population of levels (samples)');
xlim([20 110]);
grid on;
%%%%%%%%%%

```

Τον οποίο τροποποιήσαμε ως εξής:

```
function [B,A] = plevel(Fs);

f1 = 20.598997;
f2 = 107.65265;
f3 = 737.86223;
f4 = 12194.217;
A1000 = 1.9997;
pi = 3.14159265358979;
NUMs = [ (2*pi*f4)^2*(10^(A1000/20)) 0 0 0 0 ];
DENSs = conv([1 +4*pi*f4 (2*pi*f4)^2],[1 +4*pi*f1 (2*pi*f1)^2]);
DENSs = conv(conv(DENSs,[1 2*pi*f3]),[1 2*pi*f2]);
[B,A] = bilinear(NUMs,DENSs,Fs);

x=wavread('filename.wav');

C=118.7;
a=20;
b=110;
c=180;
Int=500;
Fs=44100;
tin=Int*Fs/1000;
len=length(x);
x=filter(B,A,x);
s=x.*x+1e-17;
X=filter(1/tin,[1 (1-tin)/tin],s);
X=10*log10(X)+C;

p=[];
for i=a:0.5:b;
p=[p;sum(X > i)];
end
Leq=10*log10(sum(x.*x)/len)+C

L01=a+(c-sum(p<len*0.01))/2;
L99=a+(c-sum(p<len*0.99))/2;
L05=a+(c-sum(p<len*0.05))/2;
L10=a+(c-sum(p<len*0.10))/2;
L50=a+(c-sum(p<len*0.50))/2;
L90=a+(c-sum(p<len*0.90))/2;
L95=a+(c-sum(p<len*0.95))/2;
Ln=[L01 L05 L10 L50 L90 L95 L99]
```

Για την τριοκταβική φασματική ανάλυση χρησιμοποιήσαμε σαν βάση τον παραπάνω κώδικα:

```
function [B,A] = oct3dsgn(Fc,Fs,N);
% OCT3DSGN Design of a one-third-octave filter.
% [B,A] = OCT3DSGN(Fc,Fs,N) designs a digital 1/3-octave
filter with
% center frequency Fc for sampling frequency Fs.
% The filter is designed according to the Order-N
specification
% of the ANSI S1.1-1986 standard. Default value for N is 3.
% Warning: for meaningful design results, center frequency
used
% should preferably be in range  $F_s/200 < F_c < F_s/5$ .
% Usage of the filter: Y = FILTER(B,A,X).
%
% Requires the Signal Processing Toolbox.
%
% See also OCT3SPEC, OCTDSGN, OCTSPEC.

% Author: Christophe Couvreur, Faculte Polytechnique de
Mons (Belgium)
% couvreur@thor.fpms.ac.be
% Last modification: Aug. 25, 1997, 2:00pm.

% References:
% [1] ANSI S1.1-1986 (ASA 65-1986): Specifications for
% Octave-Band and Fractional-Octave-Band Analog and
% Digital Filters, 1993.

if (nargin > 3) | (nargin < 2)
    error('Invalide number of arguments.');
```

```
end
if (nargin == 2)
    N = 3;
end
if (Fc > 0.88*(Fs/2))
    error('Design not possible. Check frequencies.');
```

```
end

% Design Butterworth 2Nth-order one-third-octave filter
```



```

% Note: BUTTER is based on a bilinear transformation, as
suggested in [1].
pi = 3.14159265358979;
f1 = Fc/(2^(1/6));
f2 = Fc*(2^(1/6));
Qr = Fc/(f2-f1);
Qd = (pi/2/N)/(sin(pi/2/N))*Qr;
alpha = (1 + sqrt(1+4*Qd^2))/2/Qd;
W1 = Fc/(Fs/2)/alpha;
W2 = Fc/(Fs/2)*alpha;
[B,A] = butter(N,[W1,W2]);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
function [p,f] = oct3bank(x);

% OCT3BANK Simple one-third-octave filter bank.
% OCT3BANK(X) plots one-third-octave power spectra of
signal vector X.
% Implementation based on ANSI S1.11-1986 Order-3 filters.
% Sampling frequency Fs = 44100 Hz. Restricted one-third-
octave-band
% range (from 100 Hz to 5000 Hz). RMS power is computed in
each band
% and expressed in dB with 1 as reference level.
%
% [P,F] = OCT3BANK(X) returns two length-18 row-vectors
% with the RMS power (in dB) in P and the corresponding
preferred labeling
% frequencies (ANSI S1.6-1984) in F.
%
% See also OCT3DSGN, OCT3SPEC, OCTDSGN, OCTSPEC.

% Author: Christophe Couvreur, Faculte Polytechnique de
Mons (Belgium)
% couvreur@thor.fpms.ac.be
% Last modification: Aug. 23, 1997, 10:30pm.

% References:
% [1] ANSI S1.1-1986 (ASA 65-1986): Specifications for
% Octave-Band and Fractional-Octave-Band Analog and
% Digital Filters, 1993.
% [2] S. J. Orfanidis, Introduction to Signal Processing,
% Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1996.

pi = 3.14159265358979;
Fs = 44100; % Sampling Frequency
N = 3; % Order of analysis filters.
F = [ 100 125 160, 200 250 315, 400 500 630, 800 1000 1250,
... 1600 2000 2500, 3150 4000 5000 ]; % Preferred labeling
freq.
ff = (1000).*((2^(1/3)).^[-10:7]); % Exact center freq.
P = zeros(1,18);
m = length(x);

```

```

% Design filters and compute RMS powers in 1/3-oct. bands
% 5000 Hz band to 1600 Hz band, direct implementation of
filters.
for i = 18:-1:13
    [B,A] = oct3dsgn(ff(i),Fs,N);
    y = filter(B,A,x);
    P(i) = sum(y.^2)/m;
end
% 1250 Hz to 100 Hz, multirate filter implementation (see
[2]).
[Bu,Au] = oct3dsgn(ff(15),Fs,N); % Upper 1/3-oct. band in
last octave.
[Bc,Ac] = oct3dsgn(ff(14),Fs,N); % Center 1/3-oct. band in
last octave.
[Bl,Al] = oct3dsgn(ff(13),Fs,N); % Lower 1/3-oct. band in
last octave.
for j = 3:-1:0
    x = decimate(x,2);
    m = length(x);
    y = filter(Bu,Au,x);
    P(j*3+3) = sum(y.^2)/m;
    y = filter(Bc,Ac,x);
    P(j*3+2) = sum(y.^2)/m;
    y = filter(Bl,Al,x);
    P(j*3+1) = sum(y.^2)/m;
end

% Convert to decibels.
Pref = 1; % Reference level for dB scale.
idx = (P>0);
P(idx) = 10*log10(P(idx)/Pref);
P(~idx) = NaN*ones(sum(~idx),1);

% Generate the plot
if (nargout == 0)
    bar(P);
    ax = axis;
    axis([0 19 ax(3) ax(4)])
    set(gca,'XTick',[2:3:18]); % Label frequency axis on
octaves.
    set(gca,'XTickLabels',F(2:3:length(F))); % MATLAB 4.1c
% set(gca,'XTickLabel',F(2:3:length(F))); % MATLAB 5.1
    xlabel('Frequency band [Hz]'); ylabel('Power [dB]');
    title('One-third-octave spectrum')
% Set up output parameters
elseif (nargout == 1)
    p = P;
elseif (nargout == 2)
    p = P;
    f = F;
end.

```

Ο τροποποιημένος κώδικας που χρησιμοποιήθηκε είναι ο εξής:

```
function [p,f] = oct3analysis(x);
x=wavread('filename.wav');
pi = 3.14159265358979;
Fs = 44100;
N = 3;
F = [ 100 125 160, 200 250 315, 400 500 630, 800 1000 1250, ...
1600 2000 2500, 3150 4000 5000, 6300 8000 10000 ];
ff = (1000).*((2^(1/3)).^[-10:10]);
P = zeros(1,21);
m = length(x);
%
for i = 21:-1:13
[B,A] = oct3filter(ff(i),Fs,N);
y = filter(B,A,x);
P(i) = sum(y.^2)/m;
end

[Bu,Au] = oct3filter(ff(15),Fs,N);
[Bc,Ac] = oct3filter(ff(14),Fs,N);
[B1,A1] = oct3filter(ff(13),Fs,N);
for j = 3:-1:0
x = decimate(x,2);
m = length(x);
y = filter(Bu,Au,x);
P(j*3+3) = sum(y.^2)/m;
y = filter(Bc,Ac,x);
P(j*3+2) = sum(y.^2)/m;
y = filter(B1,A1,x);
P(j*3+1) = sum(y.^2)/m;
end
idx = (P>0);
P(idx) = 10*log10(P(idx))+118.7;
P(~idx) = NaN*ones(sum(~idx),1);
p=P
f=F

function [B,A] = oct3filter(Fc,Fs,N);
if (nargin > 3) | (nargin < 2)
error('Invalide number of arguments.');
```

```
end
if (nargin == 2)
N = 3;
```

```

end
if (Fc > 0.88*(Fs/2))
    error('Design not possible. Check frequencies.');
```

```

end
pi = 3.14159265358979;
f1 = Fc/(2^(1/6));
f2 = Fc*(2^(1/6));
Qr = Fc/(f2-f1);
Qd = (pi/2/N)/(sin(pi/2/N))*Qr;
alpha = (1 + sqrt(1+4*Qd^2))/2/Qd;
W1 = Fc/(Fs/2)/alpha;
W2 = Fc/(Fs/2)*alpha;
[B,A] = butter(N, [W1,W2]);
```

### Ανάλυση χαρακτηριστικών ηχητικών γεγονότων

Στη συνέχεια για να μπορέσουμε να προσδιορίσουμε την όχληση και την συνεισφορά τους στον θόρυβο της περιοχής, απομονώσαμε θορύβους που θεωρήσαμε ενδιαφέροντες. Η επιλογή των γεγονότων έγινε με κριτήρια όπως η συχνότητα εμφάνισης του γεγονότος κατά την διάρκεια των μετρήσεων, η ένταση τους κ.α. . Μερικά από αυτά τα γεγονότα ήταν:

- διέλευση φορτηγού από ανώμαλο οδόστρωμα
- κόρνα φορτηγού
- μετακίνηση εμπορευματοκιβωτίων από RMG

Αφού βρήκαμε τέτοια γεγονότα στις ηχογραφήσεις μας τα απομονώσαμε από το συνολικό ηχογραφημένο αρχείο με χρήση του λογισμικού matlab και συγκεκριμένα του κώδικα που ακολουθεί:

```

function [Leq,L10,L05,L50,L95,L90] = peakestimation(Fs)

f1 = 20.598997;
f2 = 107.65265;
f3 = 737.86223;
f4 = 12194.217;
A1000 = 1.9997;
Fs = 44100; % Sampling Frequency
pi = 3.14159265358979;
NUMs = [ (2*pi*f4)^2*(10^(A1000/20)) 0 0 0 0 ];
DENs = conv([1 +4*pi*f4 (2*pi*f4)^2],[1 +4*pi*f1 (2*pi*f1)^2]);
DENs = conv(conv(DENs,[1 2*pi*f3]),[1 2*pi*f2]);
[B,A] = bilinear(NUMs,DENs,Fs);

N = 3; % Order of analysis filters.
F = [ 100 125 160, 200 250 315, 400 500 630, 800 1000 1250, ...
1600 2000 2500, 3150 4000 5000, 6300 8000 10000 ]; % Preferred
labeling freq.
ff = (1000).*((2^(1/3)).^[-10:10]); % Exact center freq.
P = zeros(1,21);

N1=250*Fs;
N2=255*Fs;

x=wavread('C:\Users\user\Desktop\διπλωματική\πακέτα
ηχογράφησης\πακέτο A\1-2-x.x',[N1,N2]);

C=118.7;
```

```

c=181;
a=20;
b=110;
Int=500;
Fs=44100;
tin=Int*Fs/1000;
len=length(x);
x1=filter(B,A,x);
s=x1.*x1+1e-17;
X=filter(1/tin,[1 (1-tin)/tin],s);
X=10*log10(X)+C;

p=[];
for i=a:0.5:b;
p=[p;sum(X > i)];
end
Leq=10*log10(sum(x1.*x1)/len)+C;

L01=a+(c-sum(p<len*0.01))/2;
L99=a+(c-sum(p<len*0.99))/2;
L05=a+(c-sum(p<len*0.05))/2;
L10=a+(c-sum(p<len*0.10))/2;
L50=a+(c-sum(p<len*0.50))/2;
L90=a+(c-sum(p<len*0.90))/2;
L95=a+(c-sum(p<len*0.95))/2;
Ln=[Leq L01 L05 L10 L50 L90 L95 L99]

for i = 21:-1:13
[B,A] = oct3dsgn(ff(i),Fs,N);
y = filter(B,A,x);
P(i) = sum(y.^2)/len;
end
% 1250 Hz to 100 Hz, multirate filter implementation (see [2]).
[Bu,Au] = oct3dsgn(ff(15),Fs,N); % Upper 1/3-oct. band in last
octave.
[Bc,Ac] = oct3dsgn(ff(14),Fs,N); % Center 1/3-oct. band in last
octave.
[B1,A1] = oct3dsgn(ff(13),Fs,N); % Lower 1/3-oct. band in last
octave.
for j = 3:-1:0
x = decimate(x,2);
y = filter(Bu,Au,x);
P(j*3+3) = sum(y.^2)/len;
y = filter(Bc,Ac,x);
P(j*3+2) = sum(y.^2)/len;
y = filter(B1,A1,x);
P(j*3+1) = sum(y.^2)/len;
end
% Convert to decibels.
idx = (P>0);
P(idx) = 10*log10(P(idx))+118.7;
P(~idx) = NaN*ones(sum(~idx),1);
p=P
f=F;
% Generate the plot
figure(4); clf;
bar(P);

```

```

ax = axis;
axis([0 22 ax(3) ax(4)])
set(gca,'XTick',[2:3:24]); % Label frequency axis on octaves.
set(gca,'XTickLabels',F(2:3:length(F))); % MATLAB 4.1c
% set(gca,'XTickLabel',F(2:3:length(F))); % MATLAB 5.1
xlabel('Frequency band [Hz]'); ylabel('Power [dB]');
title('One-third-octave spectrum')

function [B,A] = oct3dsgn(Fc,Fs,N);
% OCT3DSGN Design of a one-third-octave filter.
% [B,A] = OCT3DSGN(Fc,Fs,N) designs a digital 1/3-octave filter
with
% center frequency Fc for sampling frequency Fs.
% The filter is designed according to the Order-N specification
% of the ANSI S1.1-1986 standard. Default value for N is 3.
% Warning: for meaningful design results, center frequency used
% should preferably be in range  $F_s/200 < F_c < F_s/5$ .
% Usage of the filter: Y = FILTER(B,A,X).
%
% Requires the Signal Processing Toolbox.
%
% See also OCT3SPEC, OCTDSGN, OCTSPEC.

% Author: Christophe Couvreur, Faculte Polytechnique de Mons
(Belgium)
% couvreur@thor.fpms.ac.be
% Last modification: Aug. 25, 1997, 2:00pm.

% References:
% [1] ANSI S1.1-1986 (ASA 65-1986): Specifications for
% Octave-Band and Fractional-Octave-Band Analog and
% Digital Filters, 1993.

if (nargin > 3) | (nargin < 2)
    error('Invalide number of arguments.');
```

```

end
if (nargin == 2)
    N = 3;
end
if (Fc > 0.88*(Fs/2))
    error('Design not possible. Check frequencies.');
```

```

end

% Design Butterworth 2Nth-order one-third-octave filter
% Note: BUTTER is based on a bilinear transformation, as
suggested in [1].
pi = 3.14159265358979;
f1 = Fc/(2^(1/6));
f2 = Fc*(2^(1/6));
Qr = Fc/(f2-f1);
Qd = (pi/2/N)/(sin(pi/2/N))*Qr;
alpha = (1 + sqrt(1+4*Qd^2))/2/Qd;

```

```

W1 = Fc / (Fs/2) / alpha;
W2 = Fc / (Fs/2) * alpha;
[B,A] = butter(N, [W1,W2]);
%%%%%%%%%%

```

Ακολούθως εξετάσαμε χαρακτηριστικές τιμές των απομονωμένων γεγονότων (όπως το Leq) με αυτές του συνολικού ηχογραφημένου αρχείου. Με αυτό τον τρόπο μπορέσαμε να εξετάσουμε αν τα γεγονότα συνεισφέρουν στο θόρυβο της περιοχής, σε ποιο βαθμό και σε ποιες συχνότητες. Για να το πετύχουμε αυτό συγκρίναμε τα επίπεδα θορύβου ενός επιλεγμένου γεγονότος - απόσπασμα με ένα απόσπασμα που θεωρήσαμε ότι απεικονίζεται ο θόρυβος βάθους της μέτρησης.

Για την εξαγωγή συμπερασμάτων για τον βαθμό στον οποίο συγκεκριμένα συμβάντα που προκαλούν θόρυβο επηρεάζουν της μετρήσεις, απομονώσαμε από τα ηχογραφήματα τα συγκεκριμένα συμβάντα και ένα διάστημα σχετικής ησυχίας από την αντίστοιχη μέτρηση. Απολογαριθμήσαμε το κάθε ένα κομμάτι ώστε να μπορέσουμε να αφαιρέσουμε την ακουστική πίεση της ησυχίας από αυτή του συμβάντος και να πάρουμε την πίεση την οποία προκαλεί το συμβάν. Στην συνέχεια το λογαριθμήσαμε ξανά για να πάρουμε τα ντεσιμπέλ στα οποία κινείται ο συγκεκριμένος θόρυβος.

Πιο αναλυτικά αν “Σ” το συμβάν, “Η” η περίοδος ησυχίας και “Τ” η τελική συνεισφορά σε dB της πηγής θορύβου την οποία εξετάζουμε, οι πράξεις θα είχαν ως εξής:

$$T = 20 \log(10^{(\Sigma/20)} - 10^{(H/20)}) \text{ dB}$$

Έχοντας όλα τα παραπάνω δεδομένα κάναμε μια εκτίμηση για την επιβάρυνση της περιοχής από τις δραστηριότητες του λιμανιού. Επιπλέον γνωρίζοντας τα γεγονότα με την μεγαλύτερη επιβάρυνση σε θόρυβο στην περιοχή κάναμε προτάσεις για την μείωση της ηχορύπανσης.

## ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Χρησιμοποιήθηκε ηχώμετρο, της εταιρίας Bruel&Kjaer, τύπου 2271. Το μικρόφωνο ήταν και στα δύο όργανα τύπου 4189. Το calibration του μικροφώνου έγινε με το calibrator τύπου 4231. Πριν κάθε σειρά μετρήσεων εξεταζόταν το κατά πόσον το calibration ήταν πρόσφατο ώστε να ελαχιστοποιηθούν τυχόν σφάλματα που οφείλονται σε κακή βαθμονόμηση.

### Παρατίθενται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά των οργάνων:

#### Sound level meter

**Bruel & Kjaer**, Hand-held Analyzer . Type 2250, with Sound Level Meter Software BZ-7222, Frequency Analysis Software BZ-7223, Logging Software BZ-7224, Enhanced Logging Software BZ-7225 and Sound Recording Option BZ-7226

## **SUPPLIED MICROPHONE**

**Type 4189:** Prepolarized Free-field ½" Microphone

**Nominal Open-circuit Sensitivity:** 50 mV/Pa (corresponding to -26 dB re 1 V/Pa) ± 1.5 dB

**Capacitance:** 14 pF (at 250 Hz)

## **MICROPHONE PREAMPLIFIER ZC-0032**

**Nominal Preampifier Attenuation:** 0.25 dB

**Connector:** 10-pin LEMO

**calibrator:** Sound Calibrator Type 4231

Το sound level meter τύπου 2270 προσέφερε τη δυνατότητα να γίνει και απευθείας φασματική ανάλυση. Φασματική ανάλυση έγινε και με χρήση του λογισμικού Matlab μέσω των ηχογραφημένων αρχείων.

Για την καταγραφή ηχητικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν:

- Φορητός Ηλεκτρονικός Υπολογιστής (Laptop)
- USB επαγγελματική κάρτα ήχου: εταιρεία Digigram, μοντέλο UAX 220-Mic
- Πυκνωτικό Μικρόφωνο: εταιρεία Behringer, μοντέλο ECM 8000

Χαρακτηριστικά: γραμμική απόκριση συχνοτήτων, μη κατευθυντική πολική συμπεριφορά

Το λογισμικό ηχογράφησης ήταν της εταιρίας Adobe Systems, το μοντέλο Audition 1.5. Τα χαρακτηριστικά ηχογράφησης ήταν:

Sample Rate: 44100Hz

Channels: Mono

Resolution: 16-bit

Τα αρχεία αποθηκεύτηκαν υπό τη μορφή .wav ώστε να είναι δυνατόν να αναλυθούν από το λογισμικό Matlab με χρήση της εντολής wavread.





## Κεφάλαιο 3

### 3.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Σε αυτό το κεφάλαιο πήραμε τις παρακάτω τιμές από το ηχώμετρο B&K:

- Leq
- L01, L05, L10, L50, L90, L95, L99
- Φασματική ανάλυση (100Hz -10000Hz)

Παράλληλα, με χρήση του λογισμικού matlab και με τους κώδικες που παρουσιάζονται παρακάτω υπολογίσαμε τις ίδιες τιμές από τις ηχογραφήσεις που πραγματοποιήσαμε με φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή.

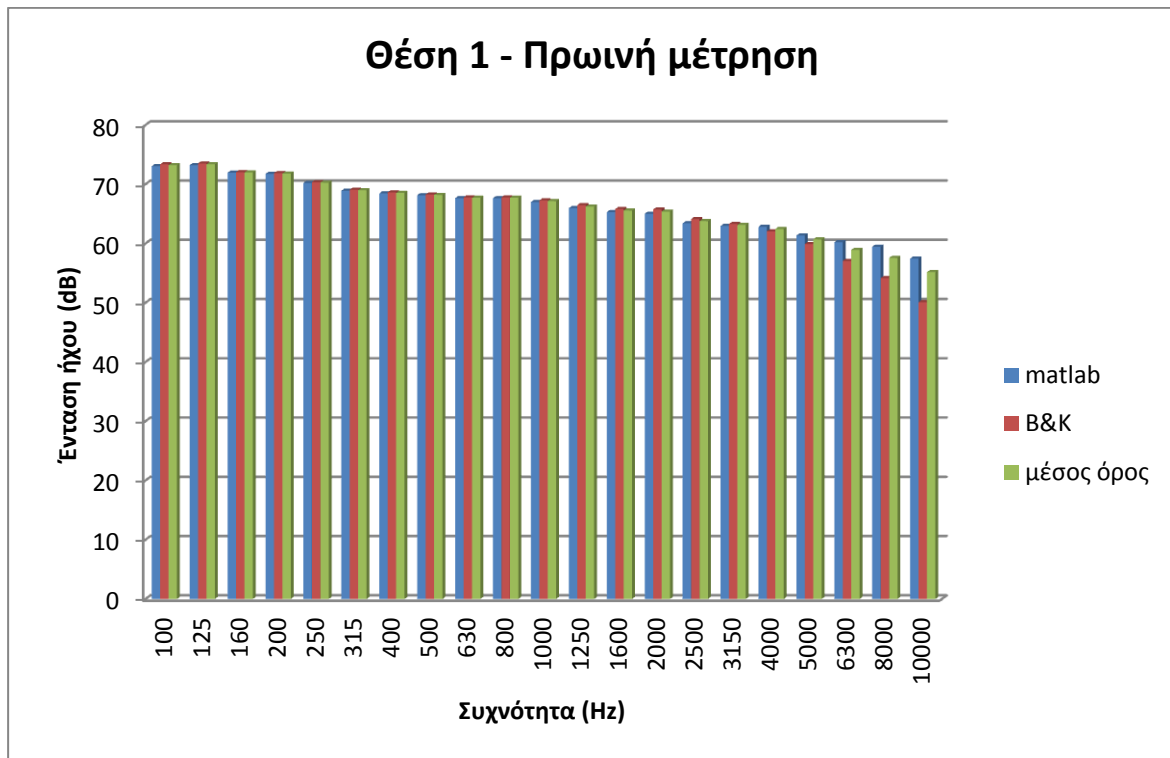
#### Θέση 1

**Κατάσταση: με πλοίο**

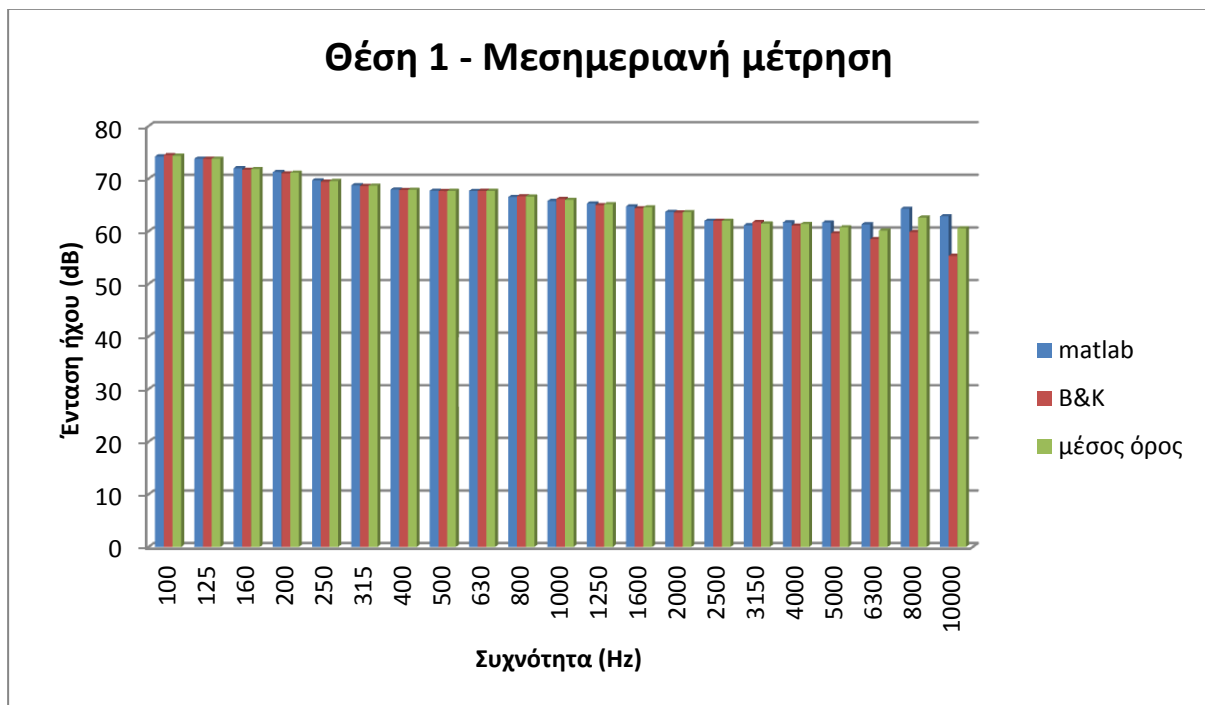
Αριθμός ηχομετρήσεων: 3

Διάρκεια ηχομετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

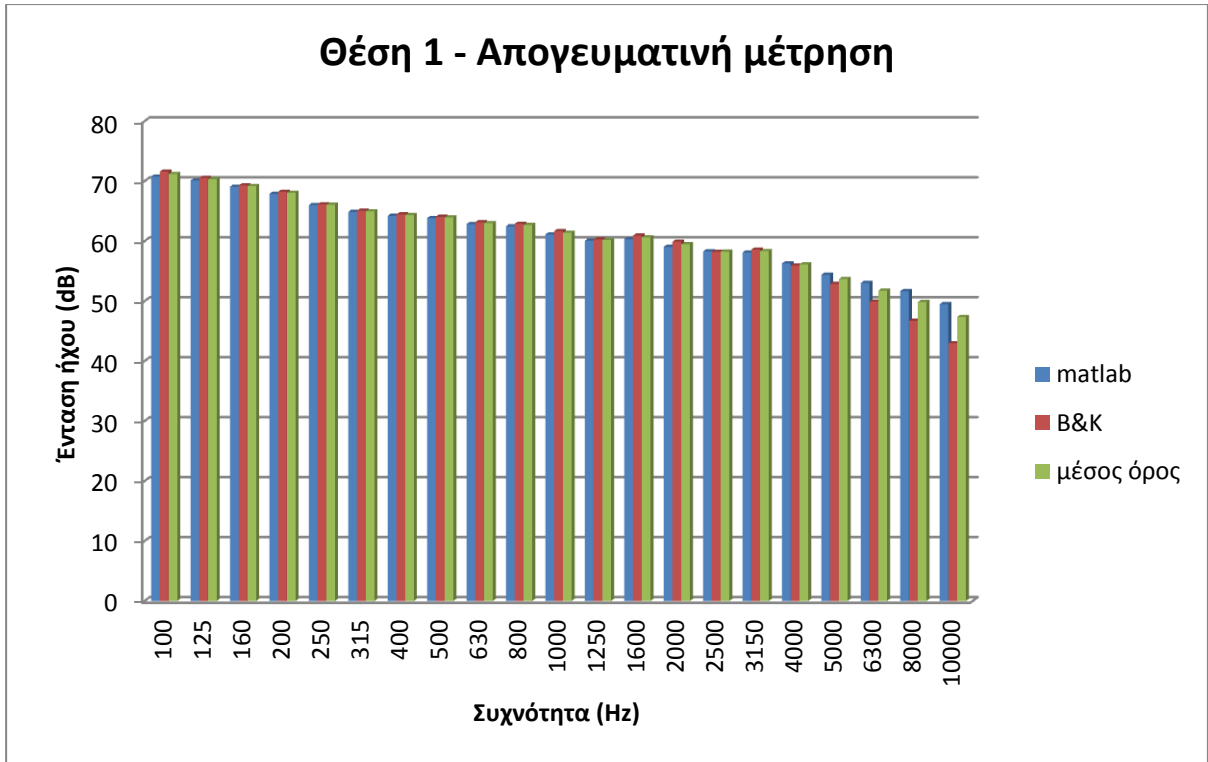
Φασματογραφήματα:



Ώρα έναρξης: 10.34

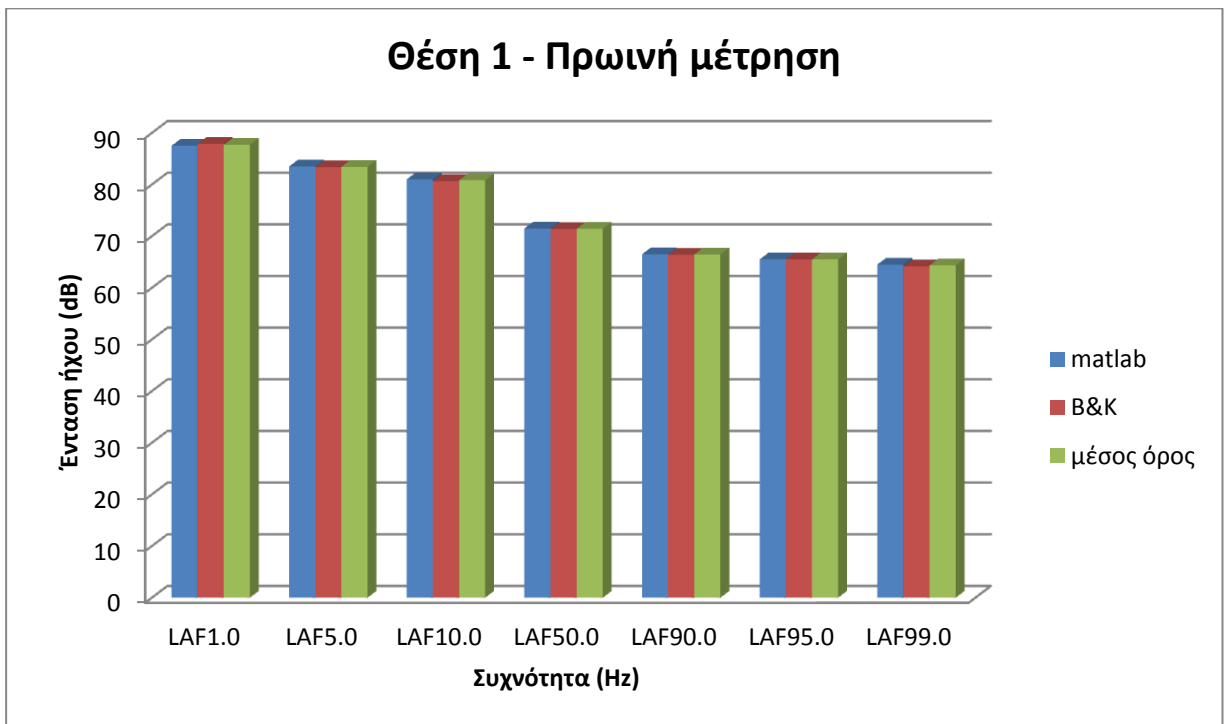


Ώρα έναρξης: 12.23

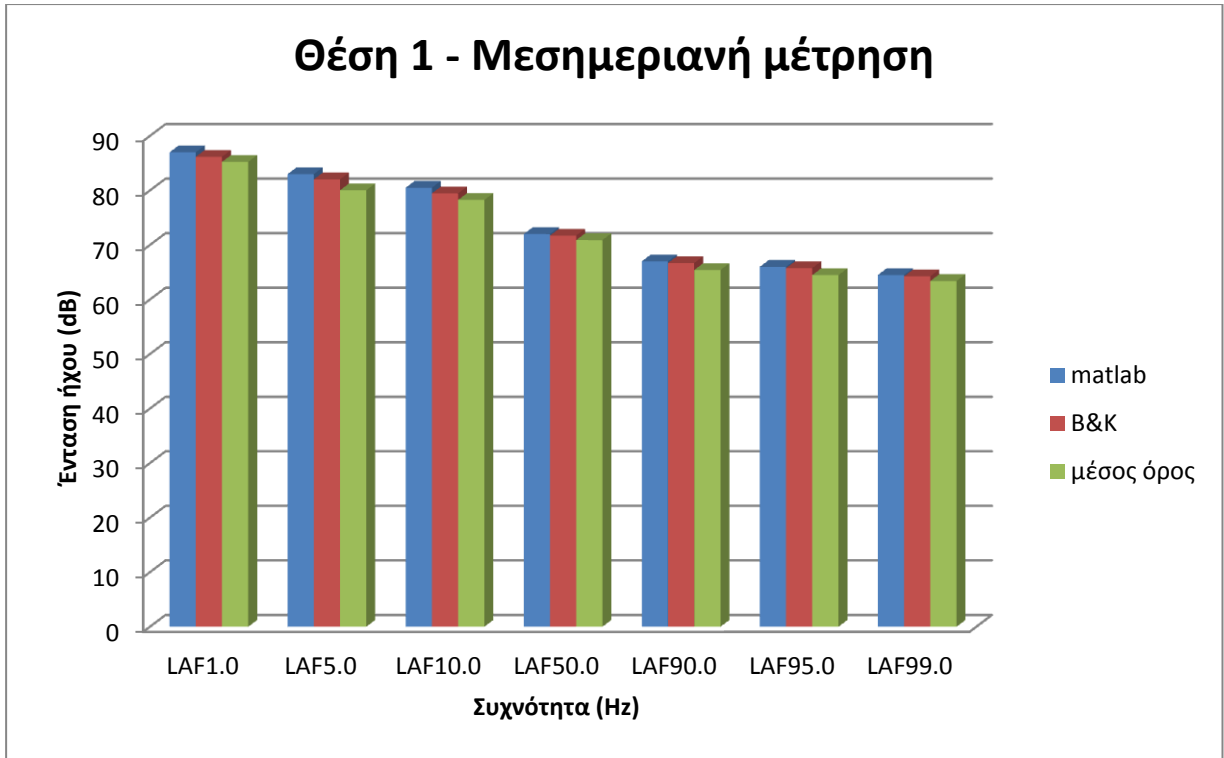


Ώρα έναρξης: 18.00

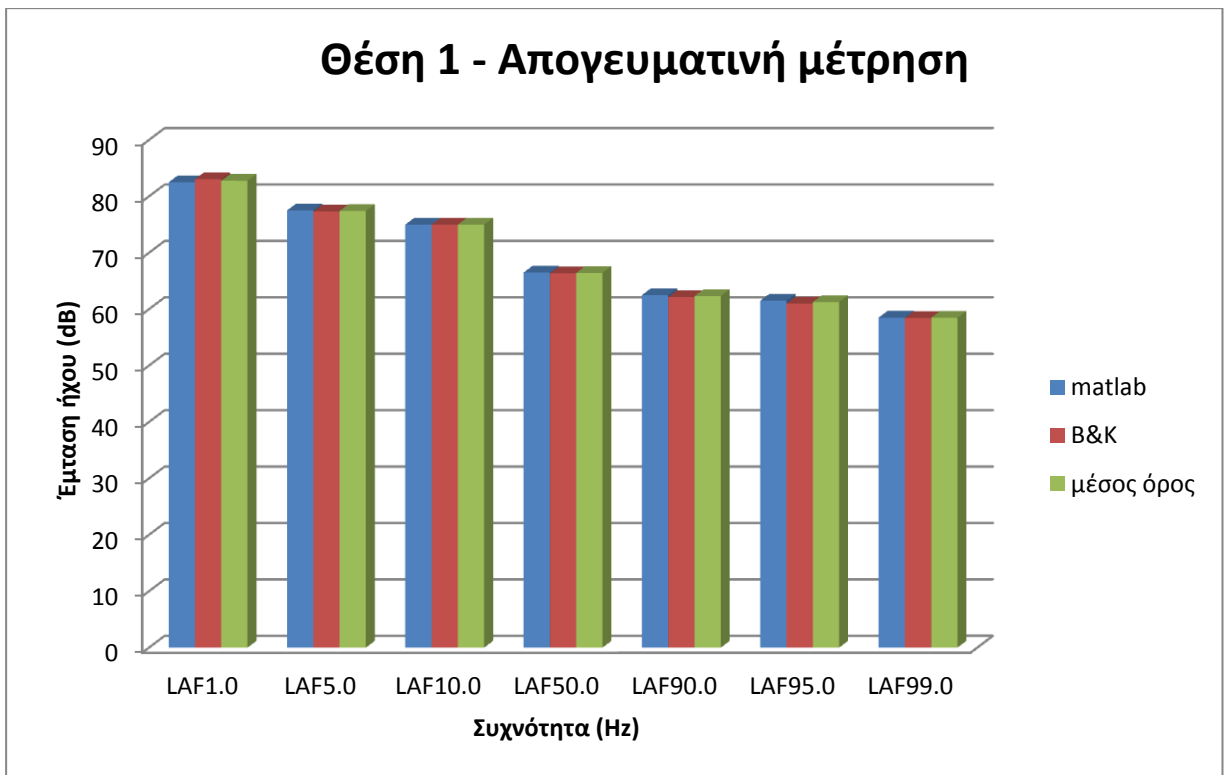
Διαγράμματα εκατοστομοριακών:



Ώρα έναρξης: 10.34



Ώρα έναρξης: 12.23



Ώρα έναρξης: 18.00

Η θέση αυτή λήψης βρίσκεται ακριβώς στην είσοδο-έξοδο της προβλήτας 1 του ΣΕΜΠΟ του ΟΛΠ. Σε αυτό το σημείο η κύρια πηγή θορύβου είναι τόσο η κίνηση -δηλαδή τα οχήματα που εισέρχονται και εξέρχονται από τον ΟΛΠ και από το κομμάτι που ανήκει στην COSCO- όσο και η εργασίες του λιμανιού. Μεγάλη αιτία του θορύβου είναι το κακό οδόστρωμα, αλλά και το γεγονός ότι σε εκείνο το σημείο τα φορτηγά φρενάρουν για να βγουν από τα όρια του σταθμού. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η κίνηση που καταγράφηκε στον δρόμο είναι 45 φορτηγά, ενώ από την άλλη 78 αυτοκίνητα και 25 μηχανάκια. Από την άλλη τα μεγάλα νούμερα (πάνω από 70dB) στις χαμηλές συχνότητες (100Hz-160Hz) και τα επίσης υψηλά επίπεδα (πάνω από 65dB) στις μεσαίες συχνότητες (500Hz – 800Hz) υποδεικνύουν σαν αιτία θορύβου το ίδιο το λιμάνι και την λειτουργία μεγάλων μηχανών -πλοία, γερανογέφυρες κλπ-, πράγμα λογικό εφόσον βρισκόμαστε στα όρια του λιμανιού, σε μια ώρα κατά την οποία υπάρχει πλοίο που ξεφορτώνει, άρα τόσο η μηχανή του πλοίου λειτουργεί όσο και τα μηχανήματα εργάζονται για το ξεφόρτωμά του.

Τα δεδομένα της εκατοστομοριακής ανάλυσης μας δείχνουν υψηλά επίπεδα LAF5 (πρωινή μέτρηση: 83.4dB/μεσημεριανή μέτρηση:82.5dB/απογευματινή μέτρηση:77.4dB) και LAF10 (πρωινή μέτρηση:80.8/μεσημεριανή μέτρηση:80dB/απογευματινή μέτρηση:75dB). Ειδικά το LAF1 (87.7dB/86.6dB/82.8dB) είναι χαρακτηριστικό των εργασιών για το ξεφόρτωμα του πλοίου εφόσον υποδεικνύει μεγάλες αιχμές, οι οποίες είναι αναμενόμενες κατά την διάρκεια τέτοιων εργασιών. Αυτό οφείλεται στις σειρήνες των μηχανημάτων κατά την διάρκεια εκτέλεσης μανούβρας, στο στίβαγμα των εμπορευματοκιβωτίων και στα τραντάγματα των φορτηγών στο κακοτράχαλο οδόστρωμα. Το TNI είναι 90 μονάδες, πάρα πολύ πάνω των 74 dB το οποίο θεωρείται το όριο. Η έννοια του TNI, η τιμή του και το τι πρακτικά σημαίνει θα παρουσιαστεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Αυτό που παρατηρείται συνολικά στη μέτρηση είναι η πτώση της έντασης του ήχου στην απογευματινή μέτρηση κάτι που όπως θα δούμε συμβαίνει σε όλες τις μετρήσεις μας.

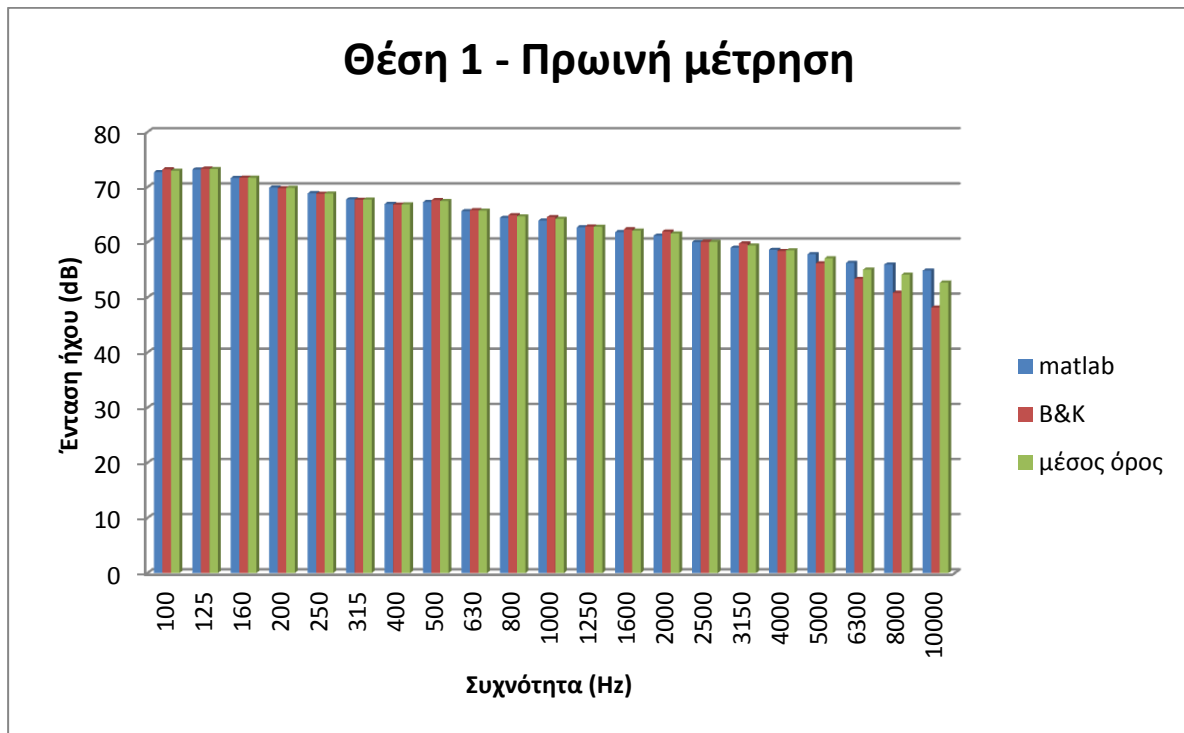
## **Θέση 1**

**Κατάσταση: χωρίς πλοίο**

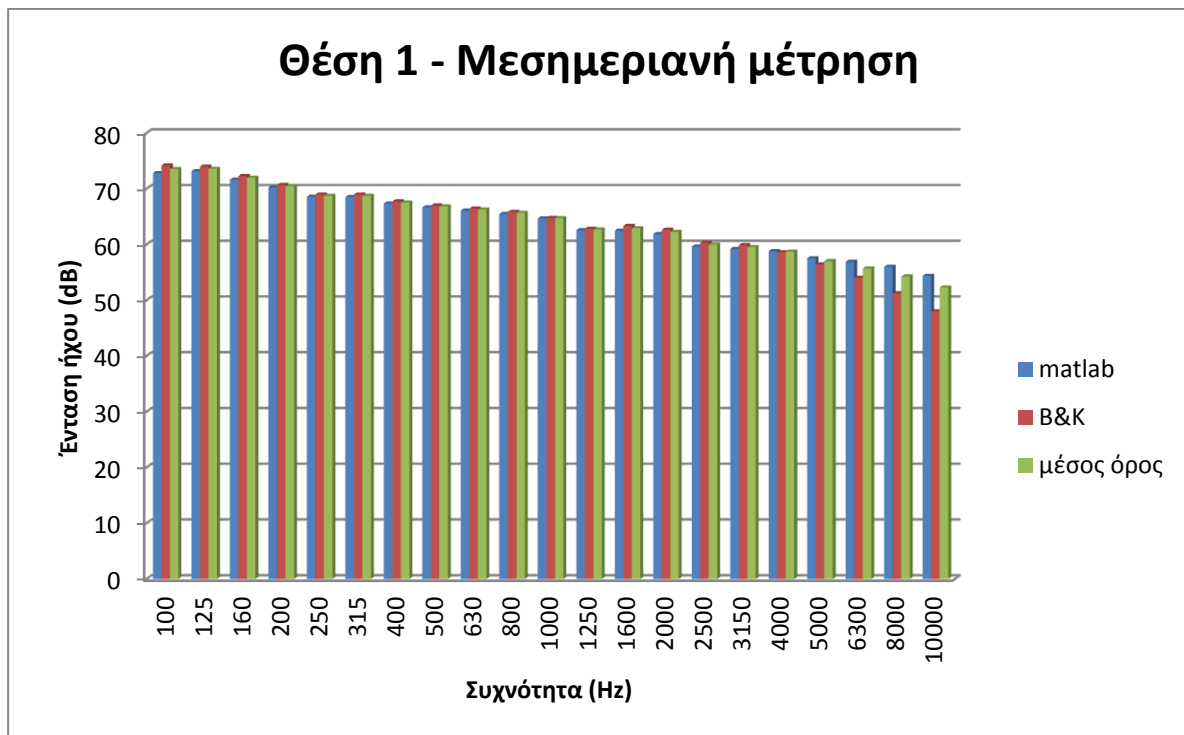
Αριθμός ηχομετρήσεων: 2

Διάρκεια ηχομετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

Φασματογραφήματα:

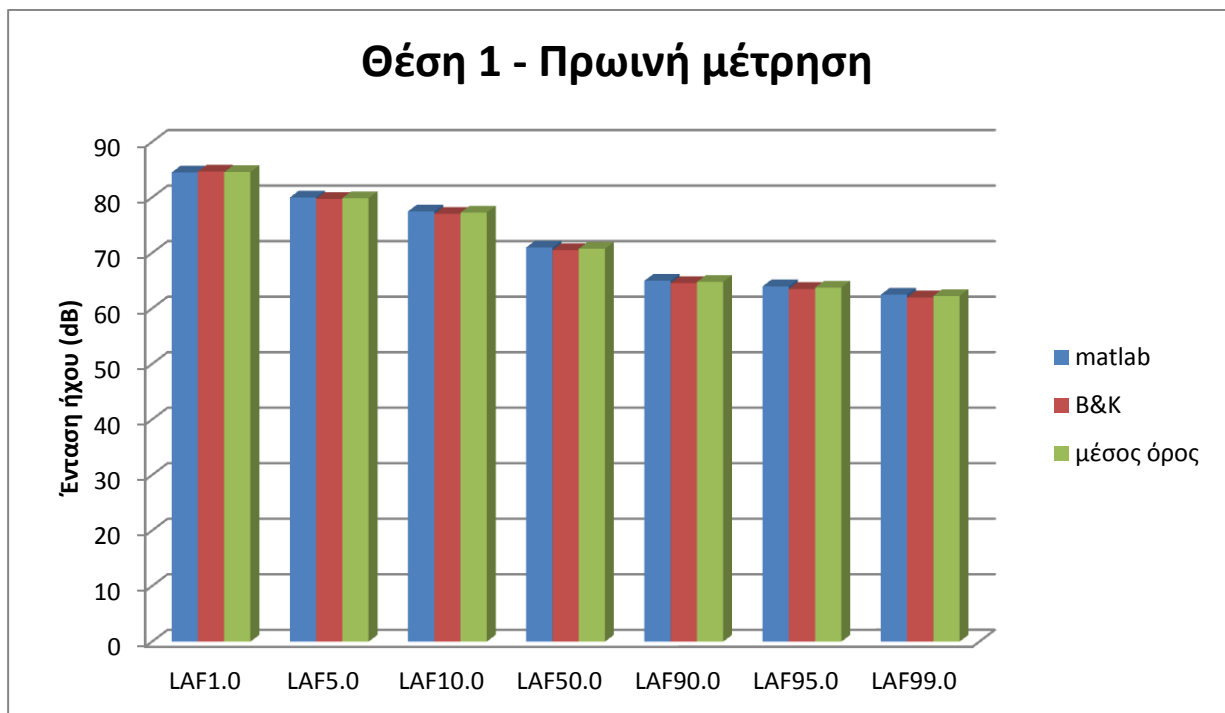


Ώρα έναρξης: 11.16

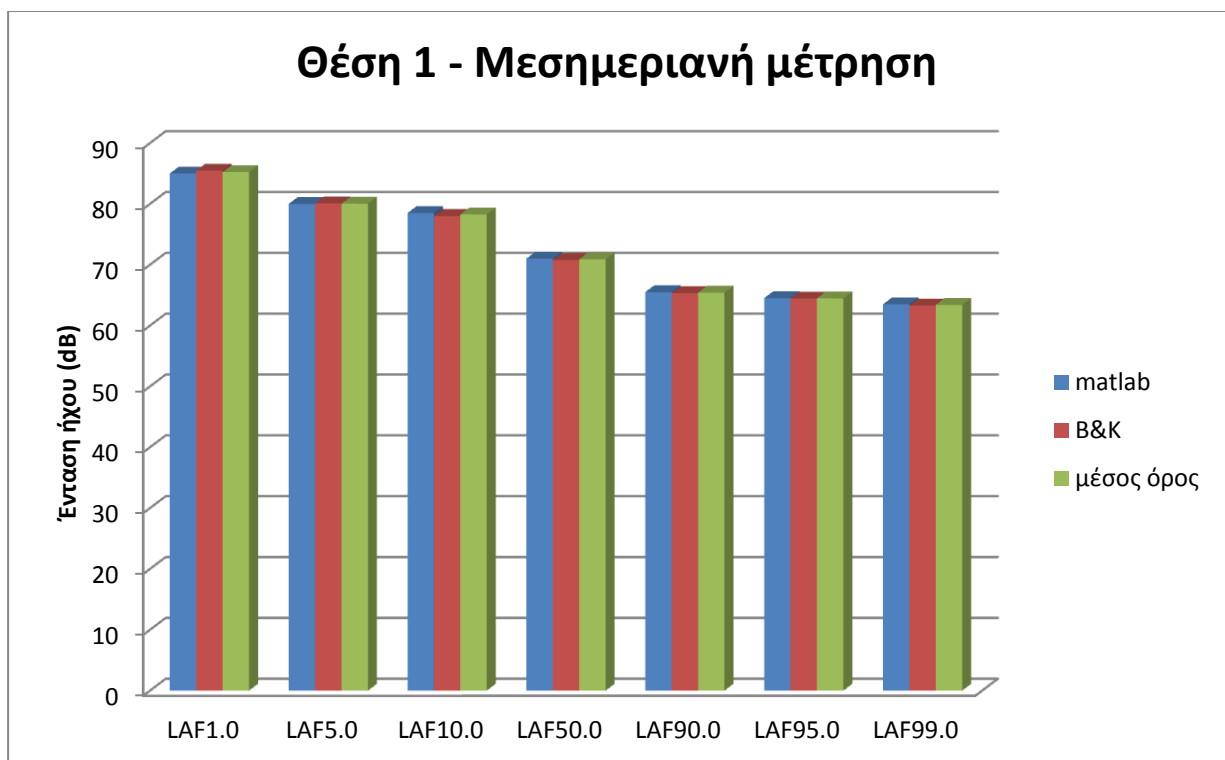


Ώρα έναρξης: 13.16

Διαγράμματα εκατοστομοριακών:



Ώρα έναρξης: 11.16



Ώρα έναρξης: 13.16

Οι μετρήσεις διεξήχθησαν αντίστοιχη ώρα με τις μετρήσεις που έγιναν στην θέση με ελλιμενισμένο πλοίο στο λιμάνι, άρα είναι ανά 2 συγκρίσιμες. Αυτό που παρατηρούμε στις μετρήσεις χωρίς πλοίο στην θέση 1 είναι μια παρόμοια κατανομή των εντάσεων ανά συχνότητα. Ωστόσο στις μετρήσεις χωρίς πλοίο στις μεσαίες και υψηλές συχνότητες παρατηρείται μια μικρή πτώση της έντασης του ήχου (από 2-9dB, διαφορά η οποία αυξάνεται όσο αυξάνεται η συχνότητα). Αυτό είναι λογικό αφού η θέση 1 είναι πολύ κοντά στην προβλήτα που διαχειρίζεται ο ΟΛΠ και δεν υπάρχει το ίδιο έντονη δραστηριότητα σε αυτή όπως στην προηγούμενη κατάσταση, με πλοίο.

Στην εκατοστομοριακή ανάλυση φαίνεται να έχουμε διαφορά ανάμεσα στα LAF10 και LAF90 (περίπου 12dB) που δεν θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ούτε μεγάλη ούτε μικρή με βάση τις υπόλοιπες μετρήσεις μας. Αυτό είναι λογικό καθώς υπάρχει και υψηλός θόρυβος βάθους αλλά και αρκετά δευτερόλεπτα έντονου θορύβου που προκαλείται από το τράνταγμα φορτηγών στο ανώμαλο οδόστρωμα στη θέση που γίνεται η μέτρηση. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι το LAF50 είναι και στις δυο μετρήσεις στα 70dB, δηλαδή από τα 15' που διήρκεσε η μέτρηση τα 7'30'' η ένταση του ήχου ξεπερνούσε αυτή την στάθμη.

## **Θέση 2**

### **Κατάσταση: με πλοίο**

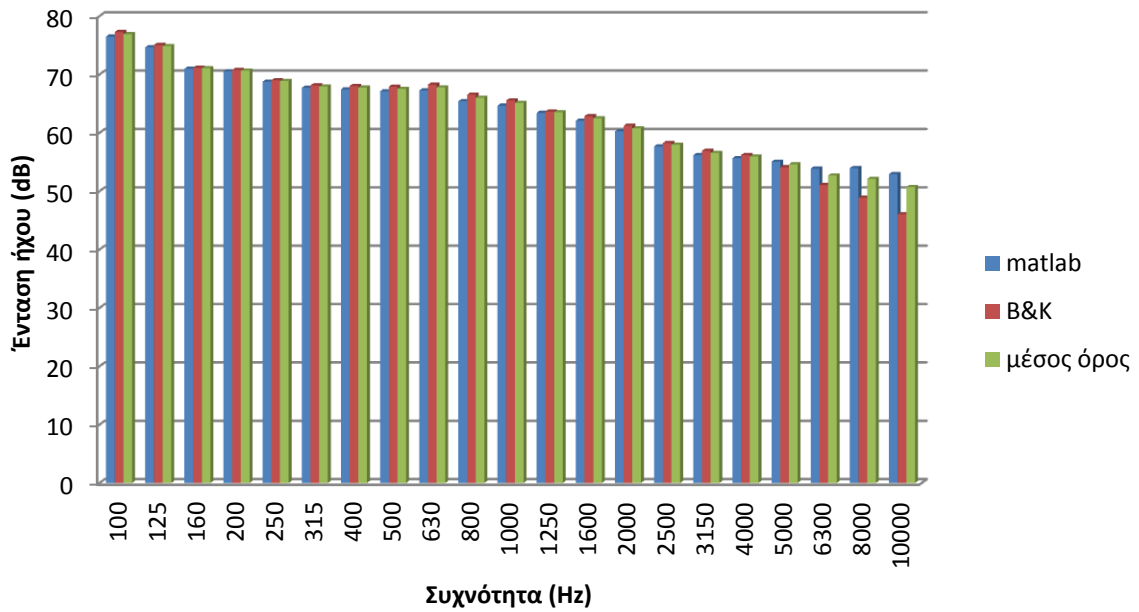
Αριθμός ηχομετρήσεων: 3

Διάρκεια ηχομετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

Φασματογραφήματα:

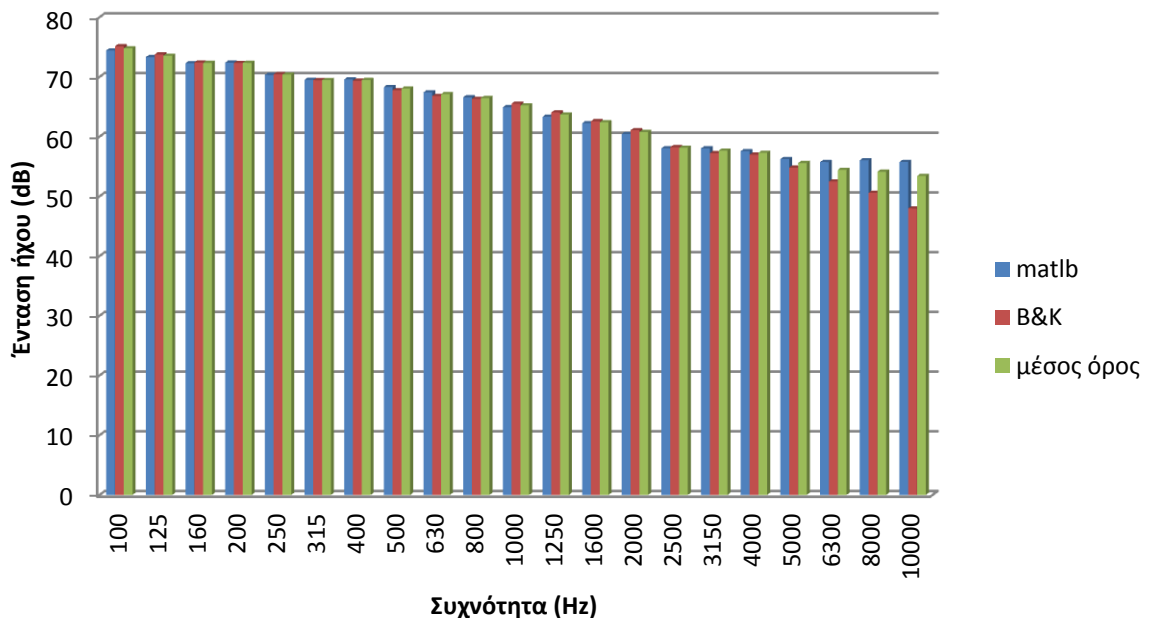


## Θέση 2- Πρωινή μέτρηση

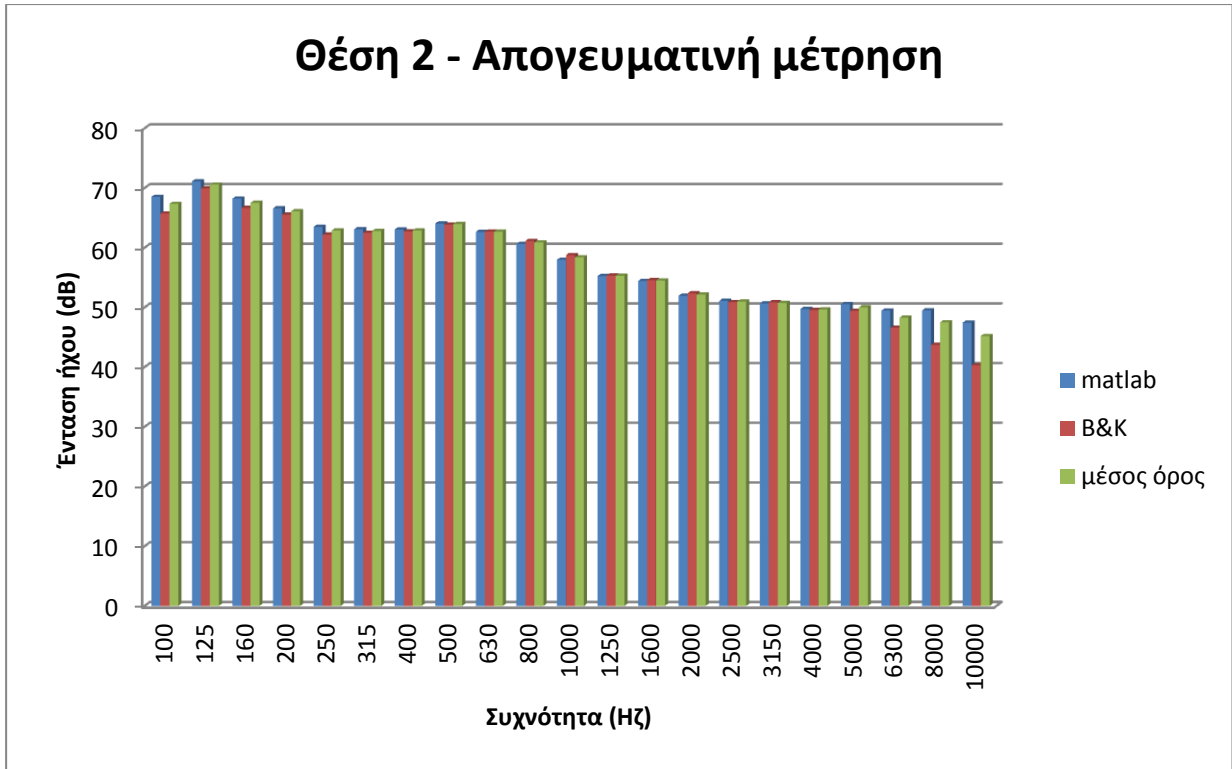


Ώρα έναρξης: 11.20

## Θέση 2 - Μεσημεριανή μέτρηση

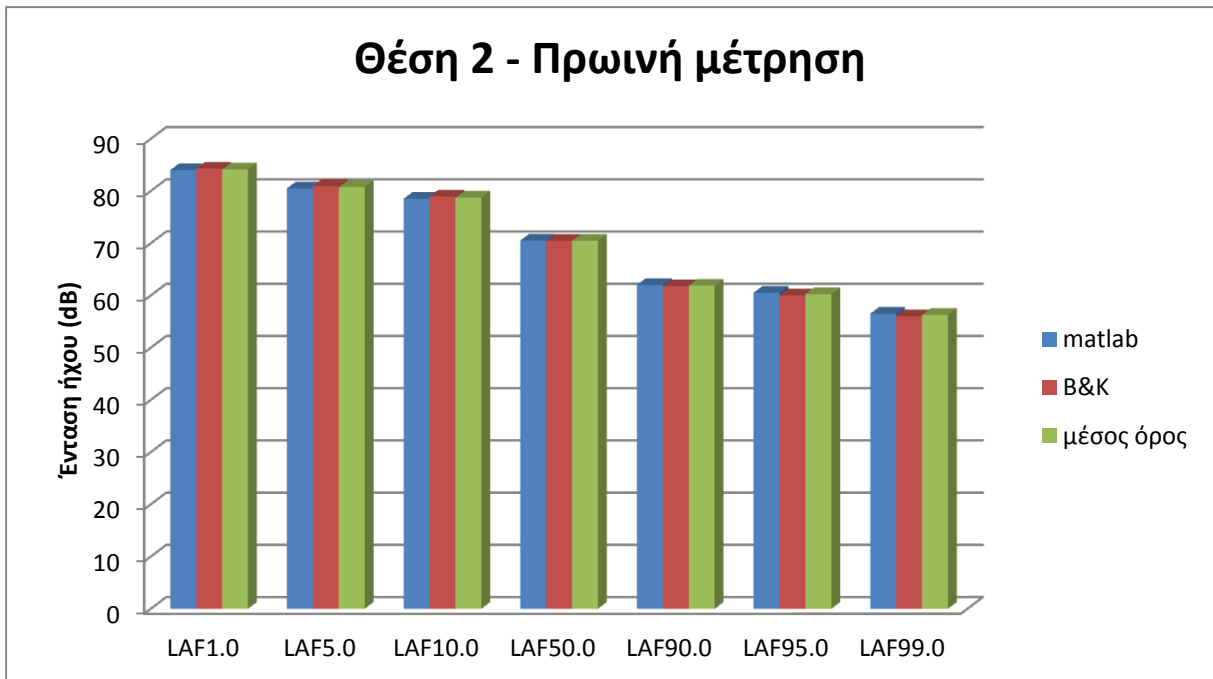


Ώρα έναρξης: 13.01



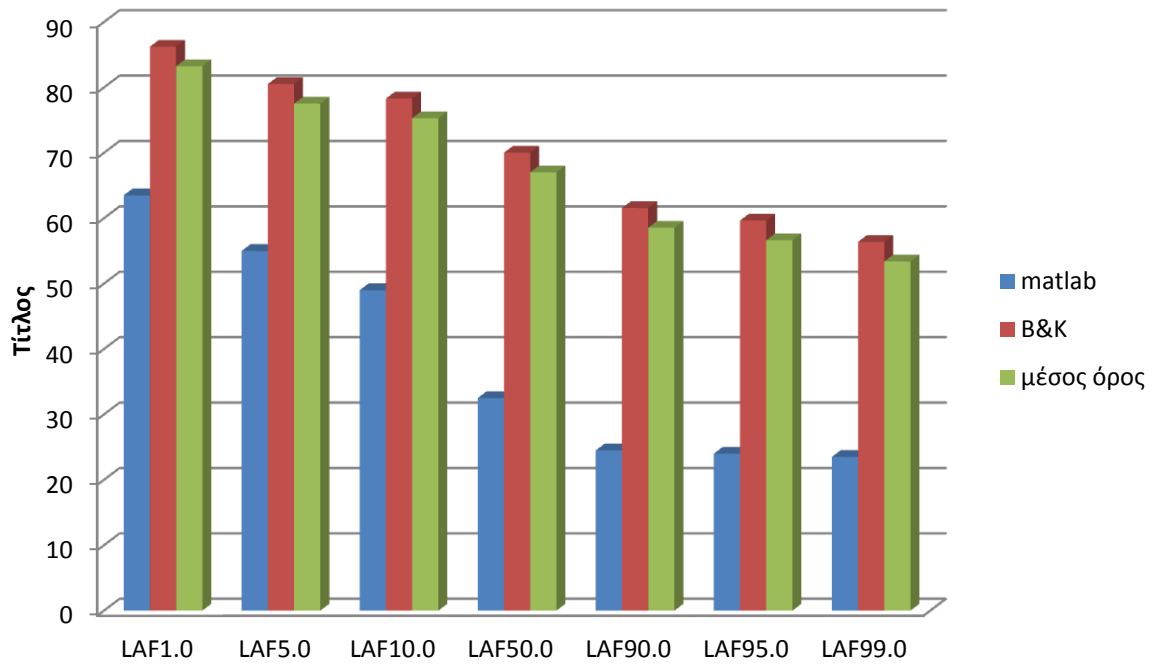
Ώρα έναρξης: 18.38

Διαγράμματα εκατοστομοριακών:



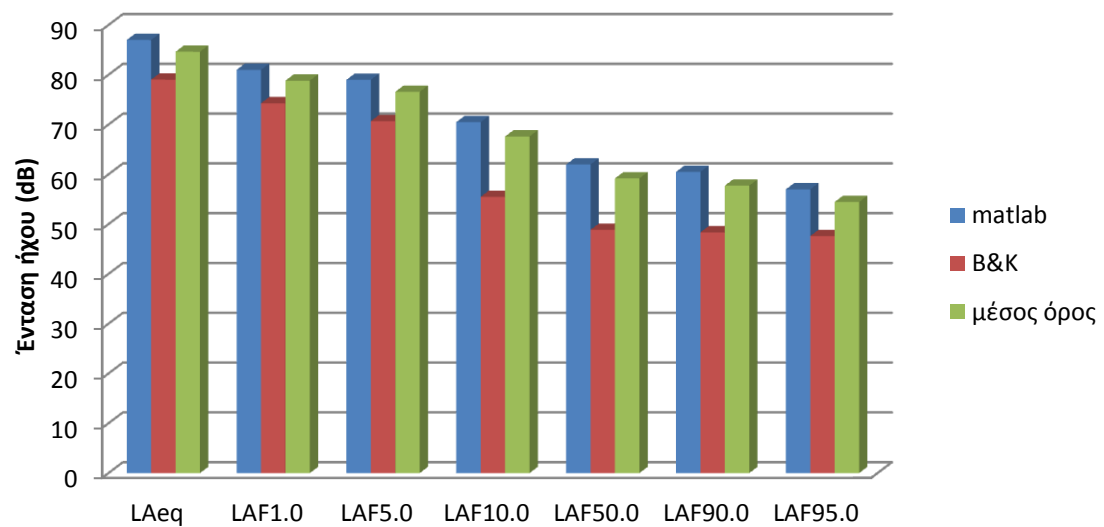
Ώρα έναρξης: 11.20

## Θέση 2 - Μεσημεριανή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 13.01

## Θέση 2 - Απογευματινή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 18.38

Η μέτρηση αυτή διενεργήθηκε κατά μήκος του οδικού άξονα στα όρια της ιδιοκτησίας του ΟΛΠ κατά την διάρκεια παρουσίας πλοίου στο λιμάνι. Στην δεύτερη μέτρηση παρατηρούμε ελαφρά άνοδο της έντασης του ήχου. Κατά τη πρώτη μέτρηση έχουμε την συνηθισμένα υψηλή κίνηση οχημάτων (αυτοκίνητα: 77, μηχανάκια: 42, φορτηγά: 26) κατά τις πρωινές ώρες, αργότερα όμως όταν γίνεται λήψη της δεύτερης μέτρησης η εργασίες στο λιμάνι βρίσκονται σε πλήρη εξέλιξη. Έτσι έχουμε λογική άνοδο (2-3dB) στις χαμηλές συχνότητες της ακουστικής καταγραφής αφού έχουμε περισσότερες μηχανές σε λειτουργία. Η ένταση του ήχου μειώνεται αισθητά κατά την τρίτη μέτρηση (μείωση 6dB), μιας και οι εργασίες έχουν λήξει και το λιμάνι έχει σχεδόν αδειάσει από εργαζόμενους.

Από τα διαγράμματα των εκατοστομοριακών μεγεθών φαίνεται όπως και πριν ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του θορύβου οφείλονται σε συμβάντα υψηλής ακουστικής πίεσης. Η αιτία είναι ότι εφόσον μεγάλο μέρος του θορύβου παράγεται από την κίνηση των οχημάτων, η κίνηση σε αυτό το σημείο γίνεται με σχετικά υψηλή ταχύτητα άρα δεν διαρκεί πολύ Ο θόρυβος βάθους μετρήθηκε σχετικά χαμηλός, όπως αναμενόταν, εφόσον η λήψη της ηχογράφησης γίνεται πλησίον της κύριας πηγής θορύβου της περιοχής που είναι το λιμάνι, η πόλη και η λεωφόρος δημοκρατίας βρίσκονται πίσω μας αλλά αρκετά μέτρα ψηλότερα από το επίπεδο της επιφάνειας που βρισκόμαστε κατά την διάρκεια της μέτρησης.

## **Θέση 2**

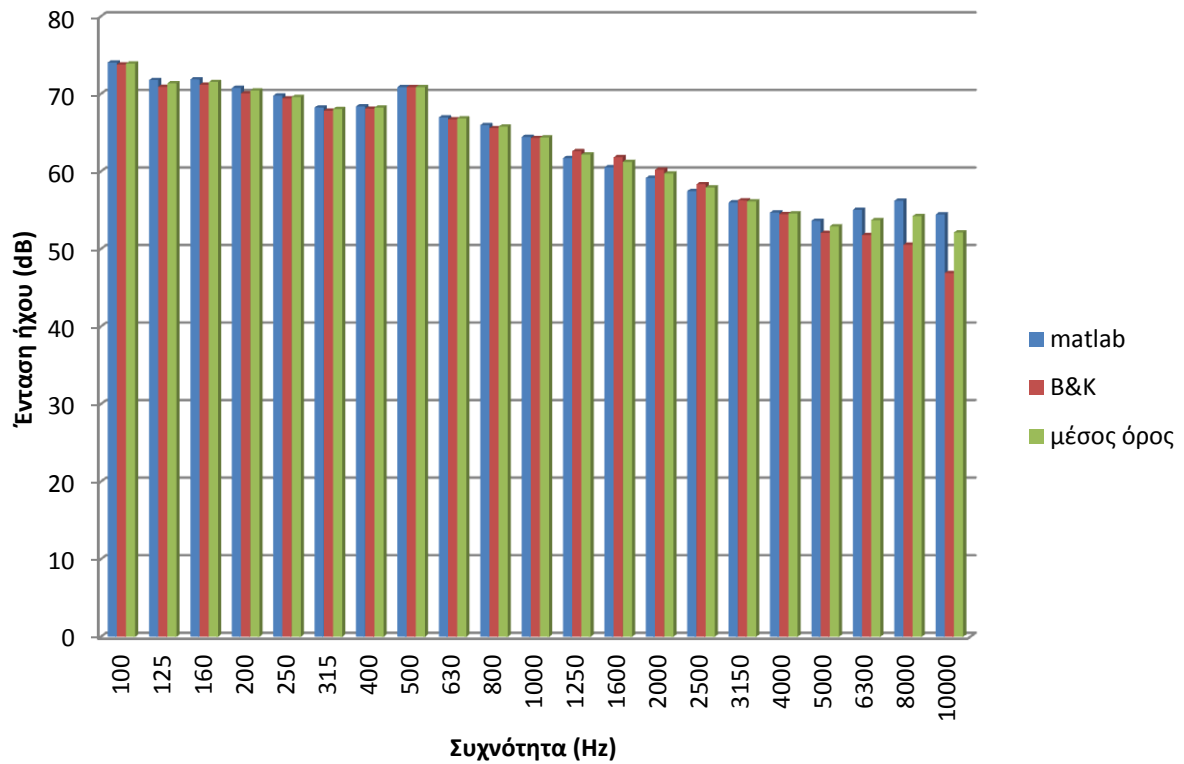
### **Κατάσταση: χωρίς πλοίο**

Αριθμός ηχομετρήσεων: 2

Διάρκεια ηχομετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

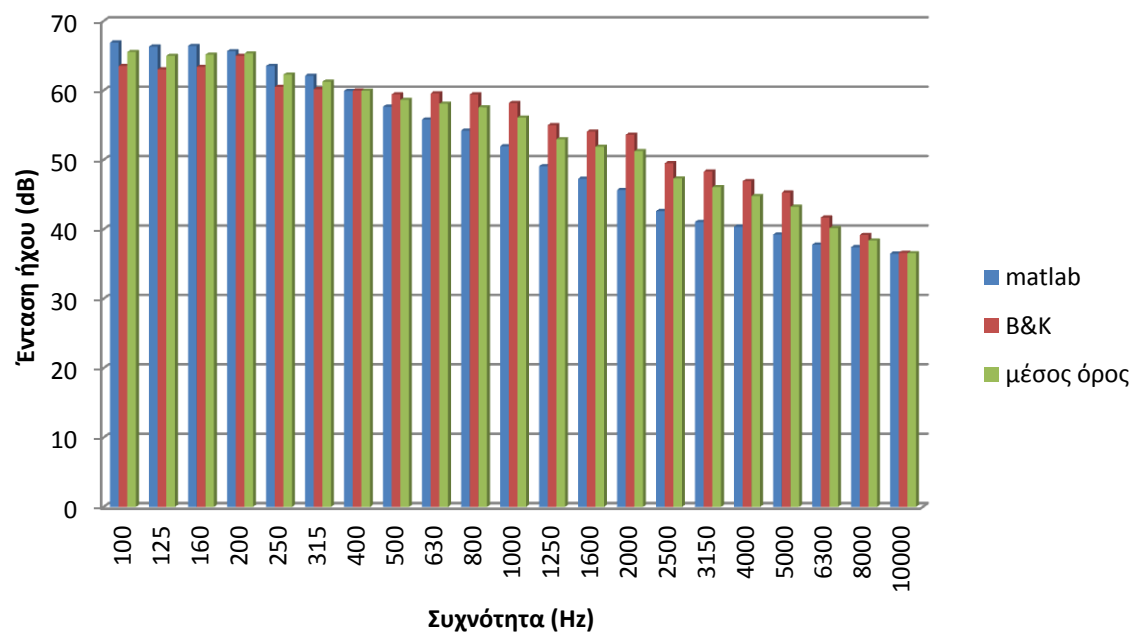
### **Φασματογραφήματα:**

## Θέση 2 - Μεσημεριανή μέτρηση



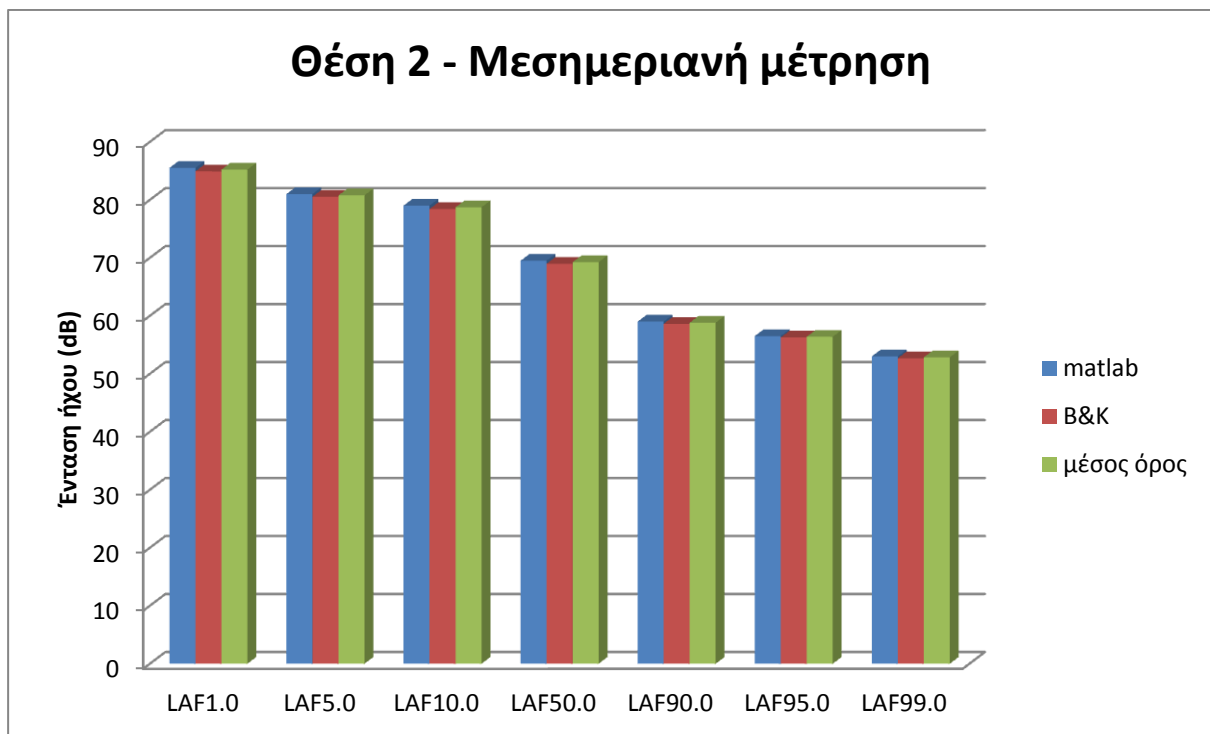
Ώρα έναρξης: 12.00

## Θέση 2- Απογευματινή μέτρηση

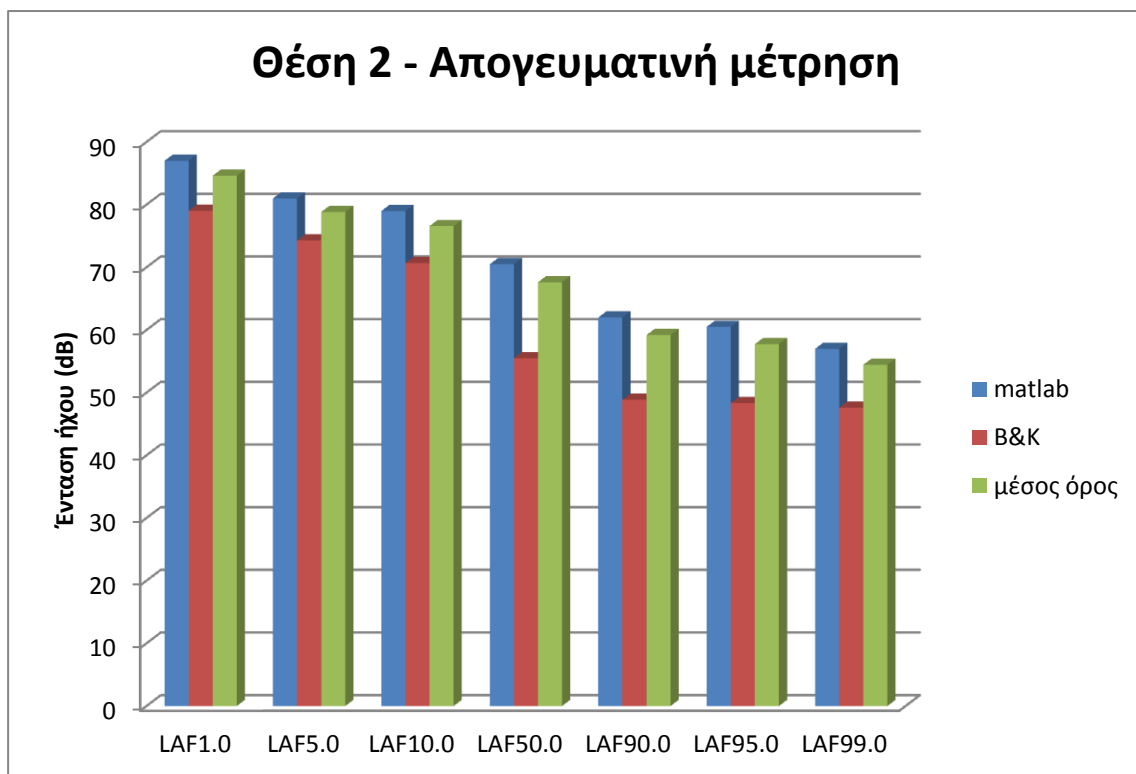


Ώρα έναρξης: 16.40

Διαγράμματα εκατοστομοριακών:



Ώρα έναρξης: 12.01



Ώρα έναρξης: 16.40

Η συγκεκριμένη μέτρηση έγινε την ώρα που δεν υπήρχε κάποιο πλοίο στο λιμάνι. Στην πρώτη μέτρηση παρατηρούνται υψηλά ποσοστά ακουστικής πίεσης, στις χαμηλές συχνότητες, τα οποία φθίνουν σημαντικά στην επόμενη μέτρηση. Στην πρώτη μέτρηση υπάρχει μεγάλος αριθμός εισερχόμενων οχημάτων προς το λιμάνι τόσο του ΟΛΠ όσο και της COSCO λόγω της προσέλευσης εργαζομένων και στα δύο κομμάτια του λιμανιού, αλλά και φορτηγών που έχουν κατεύθυνση την COSCO για να φορτώσουν. Επίσης παρατηρείται στα 500Hz μικρή αύξηση της τιμής της έντασης σε σχέση με τις γειτονικές συχνότητες. Αυτό πιθανόν οφείλεται σε αυξημένο κυκλοφοριακό θόρυβο.

Οι τιμές LAF10 και LAF90 παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά (20dB). Αυτή απόκλιση μας δείχνει ότι μάλλον έχουμε μεγαλύτερα διαστήματα χαμηλού και μικρότερα έντονου θορύβου. Χαρακτηριστικό στοιχείο των μετρήσεων είναι η πτώση του LAF90 ανάμεσα στην μεσημεριανή και απογευματινή μέτρηση όπου ο θόρυβος βάθους πέφτει περίπου 10 dB. Αυτό οφείλεται στην μείωση της κίνησης του λιμανιού και των δραστηριοτήτων του.

### **Θέση 3α**

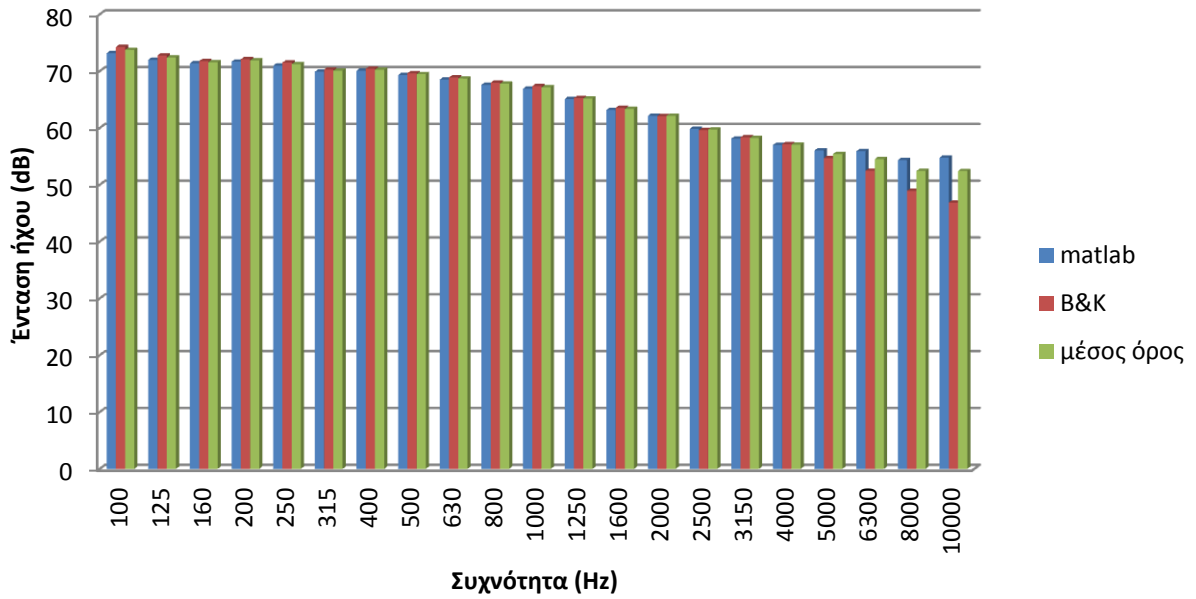
**Κατάσταση: με πλοίο**

Αριθμός ηχομετρήσεων: 3

Διάρκεια ηχομετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

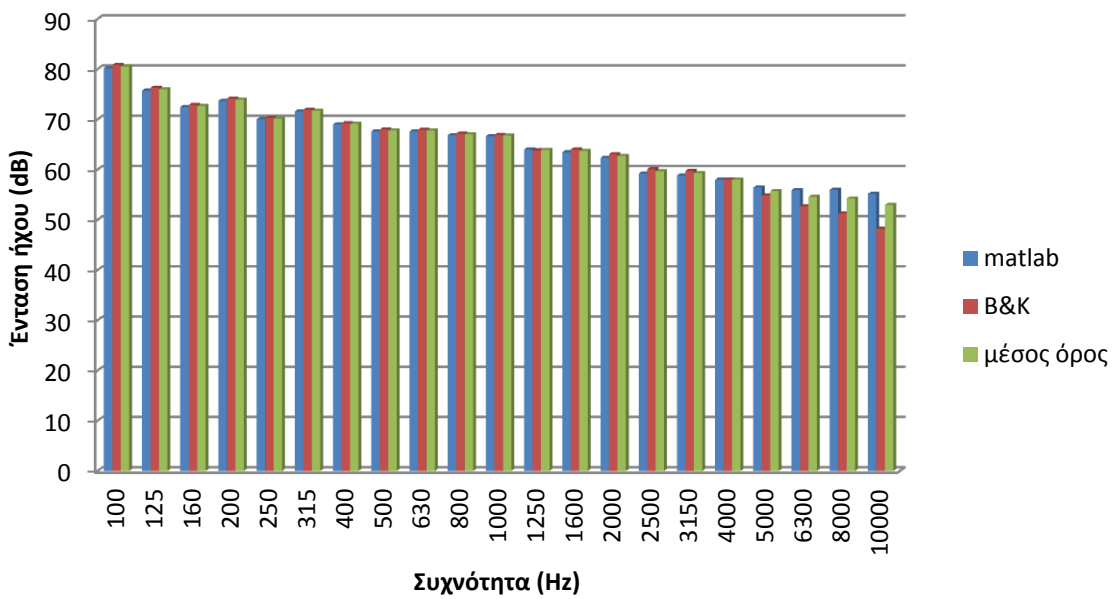
Φασματογραφήματα:

### Θέση 3α - Πρωινή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 11.01

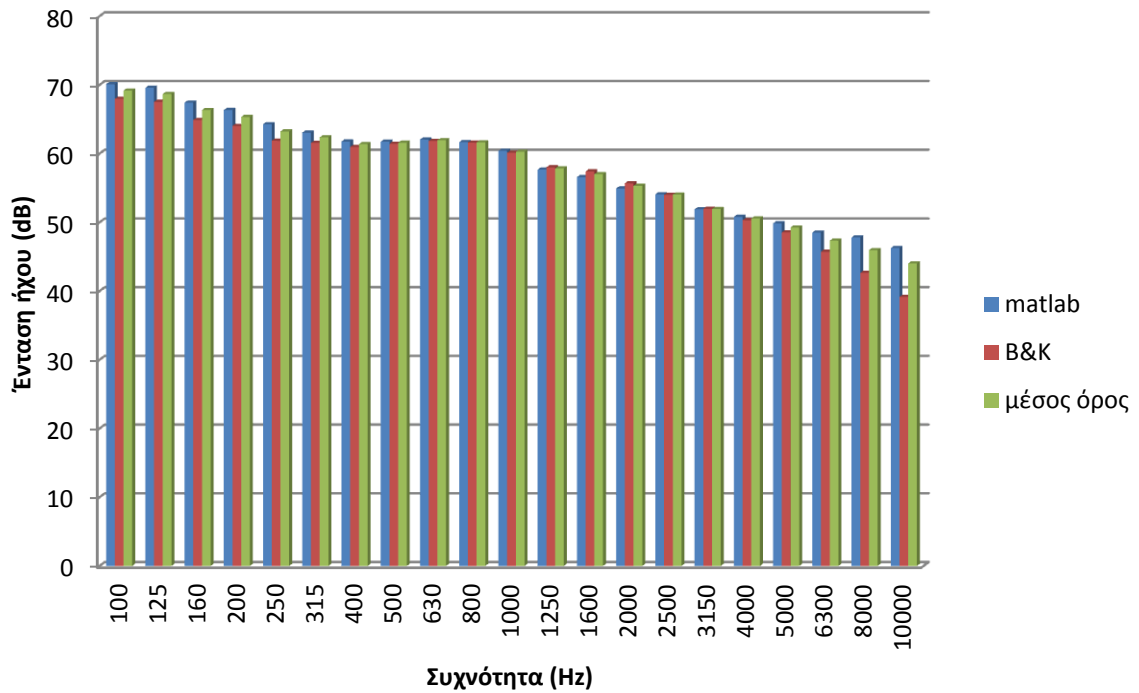
### Θέση 3α - Μεσημεριανή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 12.43



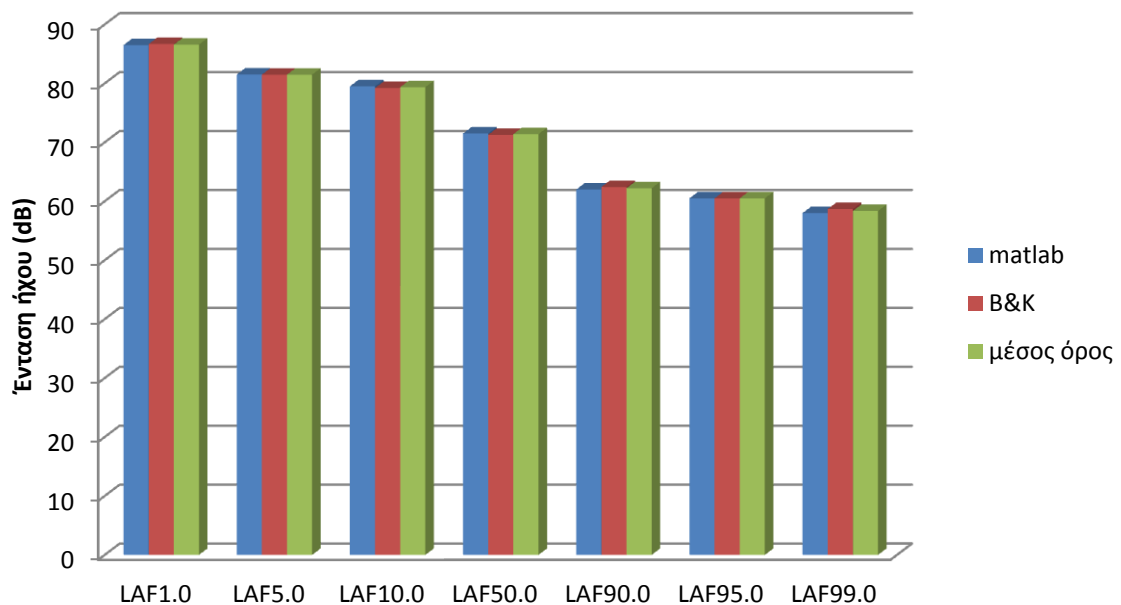
### Θέση 3α - Απογευματινή μέτρηση



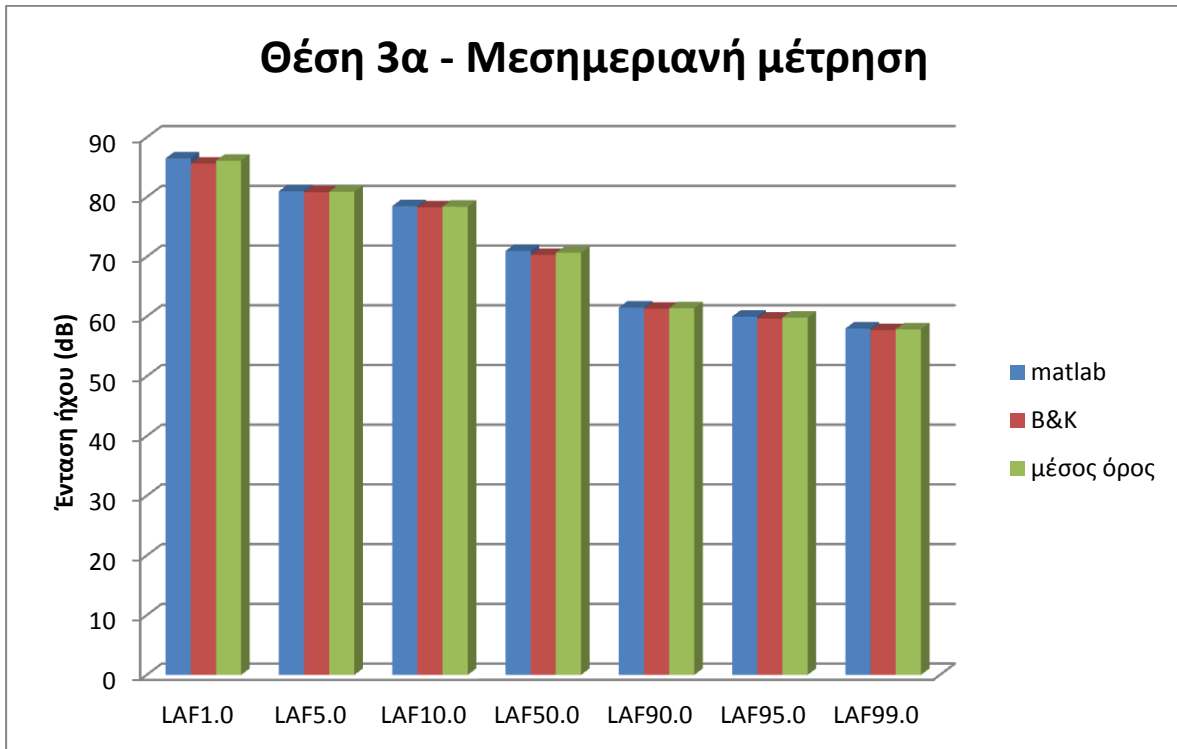
Ώρα έναρξης: 18.20

Διαγράμματα εκατοστομοριακών:

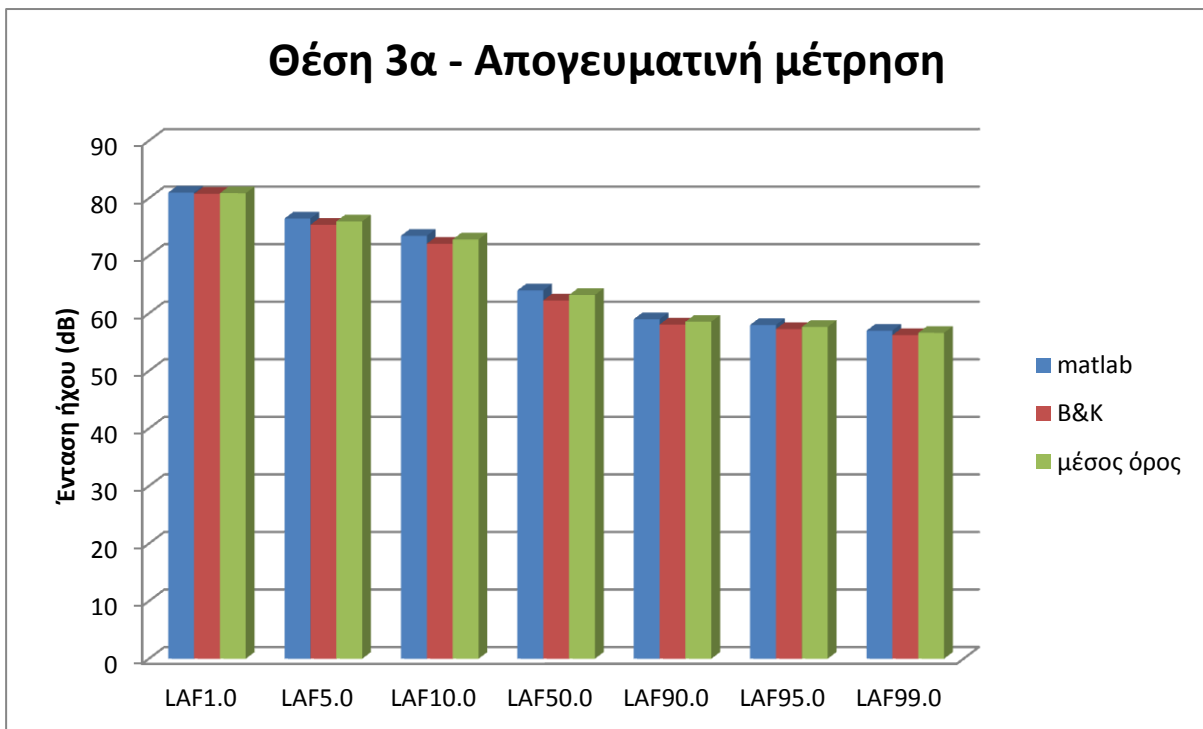
### Θέση 3α - Πρωινή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 11.01



Ώρα έναρξης: 12.43



Ώρα έναρξης: 18.20

Η θέση 3α βρίσκεται ακριβώς κάτω από το σχολείο του Περάματος, στα όρια της ιδιοκτησίας του ΟΛΠ. Και στις τρεις μετρήσεις παρατηρείται το μοτίβο που υπάρχει σε όλη την περίμετρο του λιμανιού. Δηλαδή μεγαλύτερη ισχύς στις χαμηλές συχνότητες. Ειδικά στην δεύτερη μέτρηση στη συχνότητα των 100Hz παρατηρείται αξιοσημείωτη διαφορά σε σχέση με τις δύο μετρήσεις (σε σχέση με την πρωινή μέτρηση:6dB, σε σχέση με την απογευματινή:13dB). Οφείλεται στην πλήρη εξέλιξη των εργασιών στο λιμάνι, αλλά και επίσης στην δραστηριότητα στην COSCO που προκαλεί αύξηση της κίνησης των φορτηγών στο λιμάνι. Επίσης αναδεικνύεται και η ημερήσια αύξηση των εργασιών, διότι η πρώτη μέτρηση λήφθηκε πρωί, η δεύτερη μεσημέρι, ενώ η τρίτη το απόγευμα, όταν μεν το πλοίο βρισκόταν στο λιμάνι, όμως η εργασίες είχαν μειωθεί σημαντικά. Η κίνηση που καταγράφηκε κατά την πρωινή μέτρηση είναι 49 φορτηγά, 63 αυτοκίνητα και 27 μηχανάκια.

Το LAF1 ( πρωινή, μεσημεριανή: 86 dB/απογευματινή: 80dB) καταγράφεται υψηλό που σημαίνει μεγάλης έντασης ήχους αλλά μικρής διάρκειας. Σε μια μέτρηση 15 λεπτών όπως οι παραπάνω, το LAF1 αντιστοιχεί σε χρονικό διάστημα 9 δευτερολέπτων κατά την διάρκεια των οποίων (στις δυο πρώτες μετρήσεις) η ένταση του ήχου ξεπερνά τα 85dB. Το LAF10 καταγράφεται λίγο πάνω από τα 70dB ενώ λίγο κάτω από τα 60dB καταγράφεται το LAF90. Η διαφορά αυτή δεν είναι ούτε μεγάλη ούτε μικρή, στην πραγματικότητα μας δίνει την αίσθηση ενός μόνιμου αισθητού θορύβου με αρκετές στιγμές υψηλής έντασης.

### **Θέση 3α**

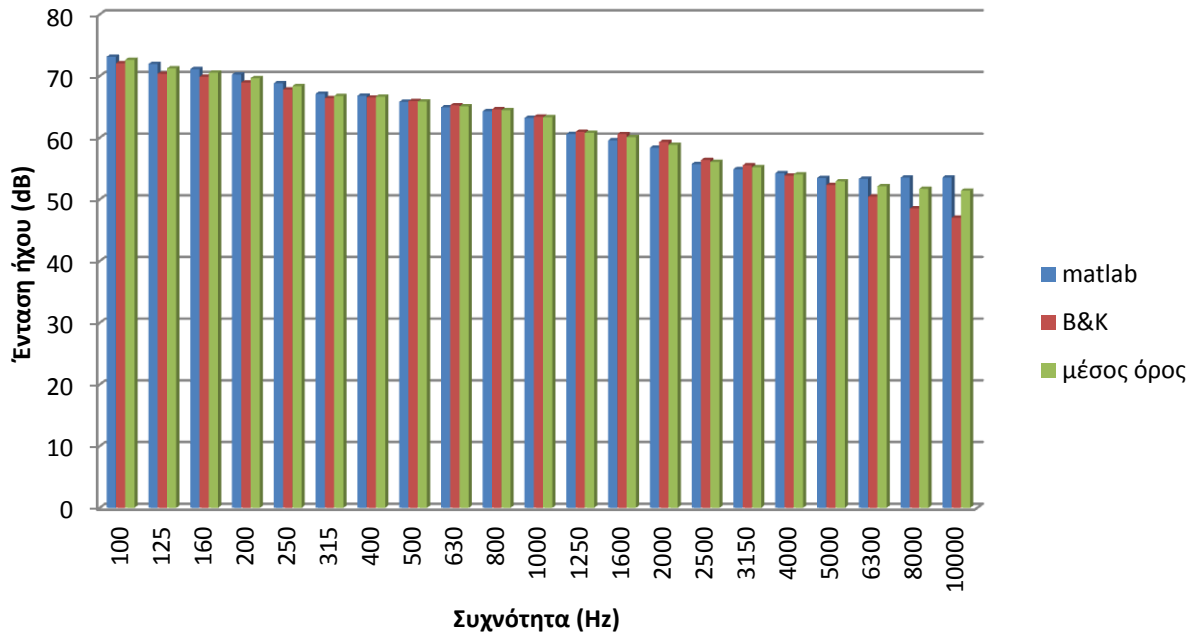
#### **Κατάσταση: χωρίς πλοίο**

Αριθμός ηχομετρήσεων: 2

Διάρκεια ηχομετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

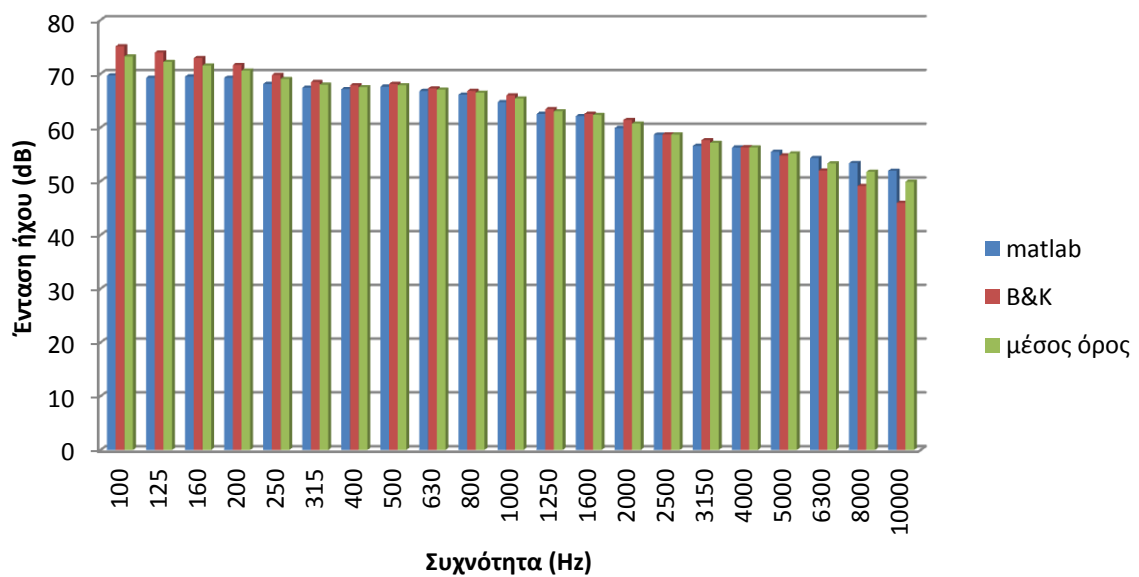
Φασματογραφήματα:

### Θέση 3α - Πρωινή μέτρηση



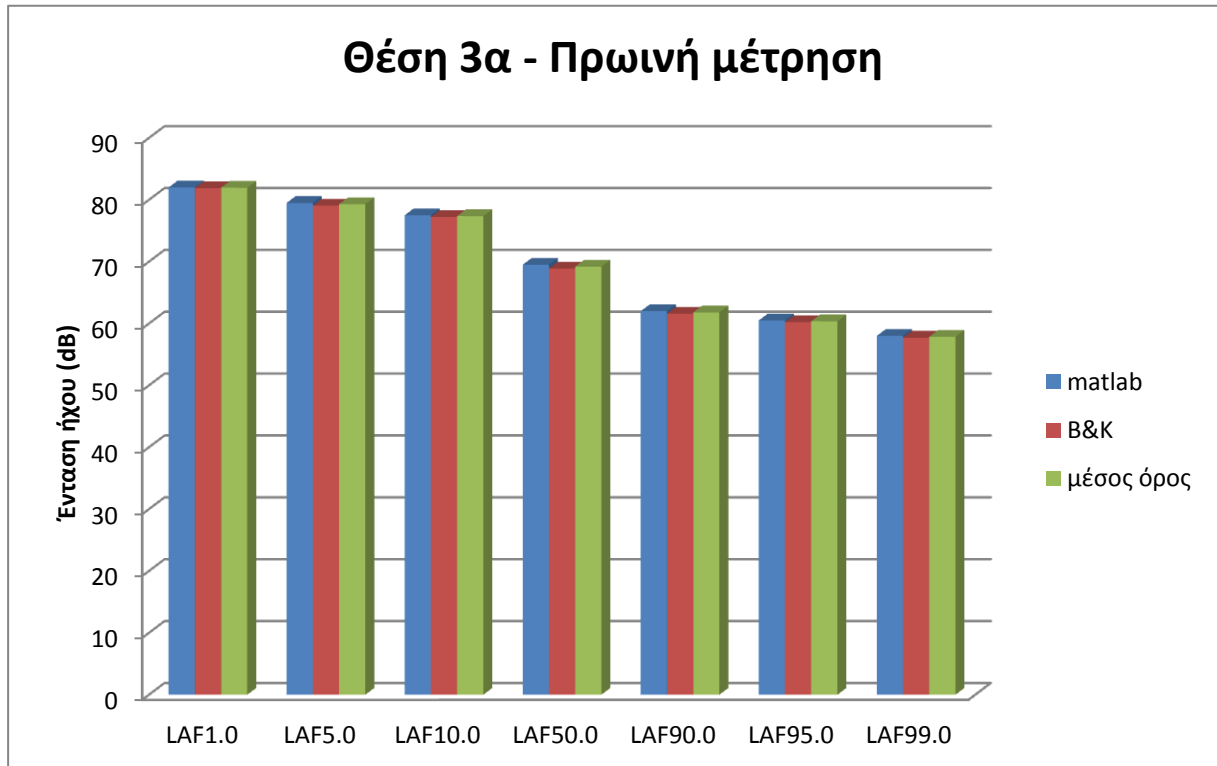
Ωρα έναρξης: 11.37

### Θέση 3α - Μεσημεριανή μέτρηση

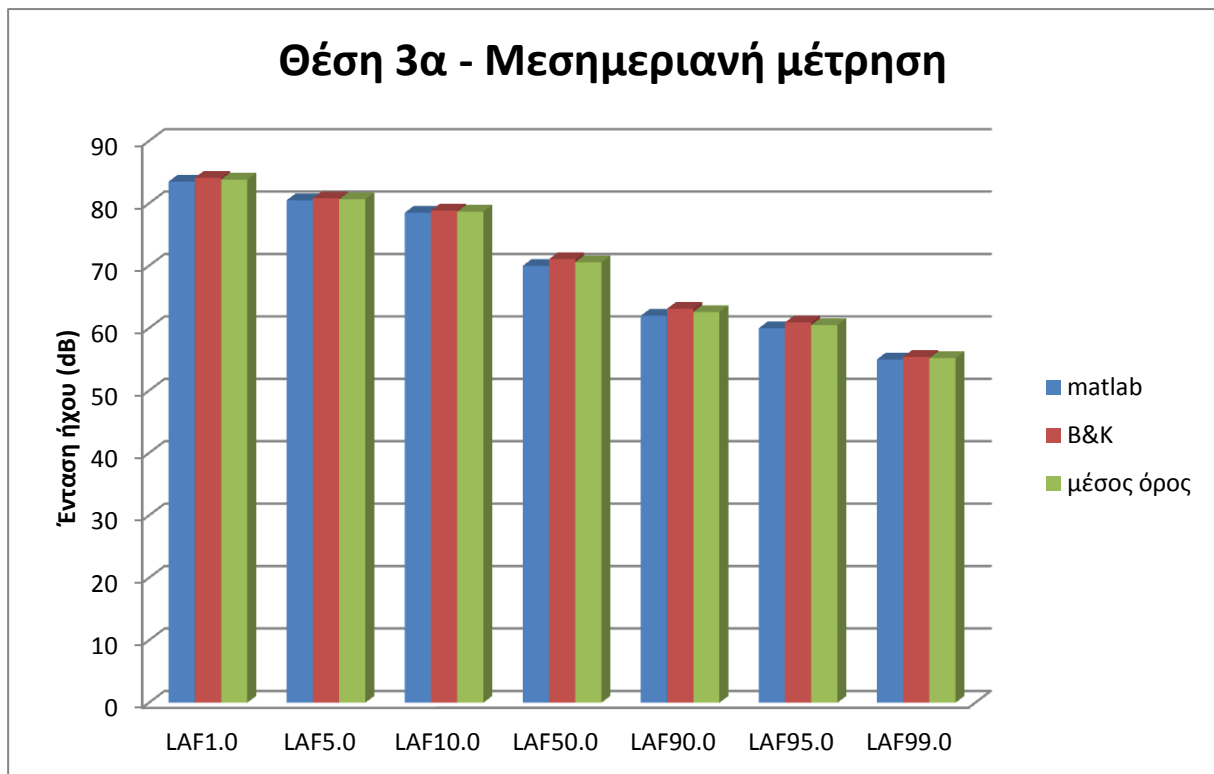


Ώρα έναρξης: 13.36

Διαγράμματα εκατοστομοριακών:



Ώρα έναρξης: 11.37



Ώρα έναρξης: 13.36

Στην διάρκεια της μέτρησης δεν υπήρχε πλοίο στο λιμάνι. Βλέπουμε ότι η πρώτη ηχογράφιση χωρίς ελλιμενισμένο πλοίο έχει σαφώς χαμηλότερες εντάσεις ήχου (κατά 2-4dB), τόσο στις μεσαίες συχνότητες όσο και στις χαμηλές, σε σχέση με την μέτρηση που διενεργήθηκε στην αντίστοιχη θέση με πλοίο ελλιμενισμένο. Αυτές οι μειωμένες στάθμες της πίεσης του ήχου αντιστοιχούν στις συχνότητες ήχου που παράγονται κατά τις εργασίες με την παρουσία πλοίου. Στην δεύτερη μέτρηση η οποία έγινε μεσημέρι, αποτυπώνεται η επίδραση της αύξησης της κίνησης η οποία παρατηρείται κατά το μεσημέρι, καθώς οι χαμηλές συχνότητες παραμένουν σταθερές ενώ αυξάνονται (2-3dB) οι μεσαίες.

Από τα διαγράμματα τις εκατοστομοριακής φασματικής ανάλυσης παρατηρούμε ελαφρώς μειωμένες τις στάθμες των στατιστικών μεγεθών που αντιστοιχούν σε αιχμές ακουστικού φορτίου ή σε ακουστικά φορτία μικρής διάρκειας (LAF1 από 2-5dB, LAF5 μέχρι 2dB, LAF10 μέχρι 2dB) σε σχέση με τις αντίστοιχες στάθμες με την παρουσία πλοίου. Χαμηλότερη είναι επίσης η στάθμη LAF50 (έως 2dB), ενώ ο θόρυβος βάθους είναι σε αντίστοιχα επίπεδα με τις μετρήσεις με την παρουσία πλοίου. Αυτό πιθανώς οφείλεται στις εργασίες με την παρουσία πλοίου και στο κομμάτι του λιμανιού που εκμεταλλεύεται η COSCO.

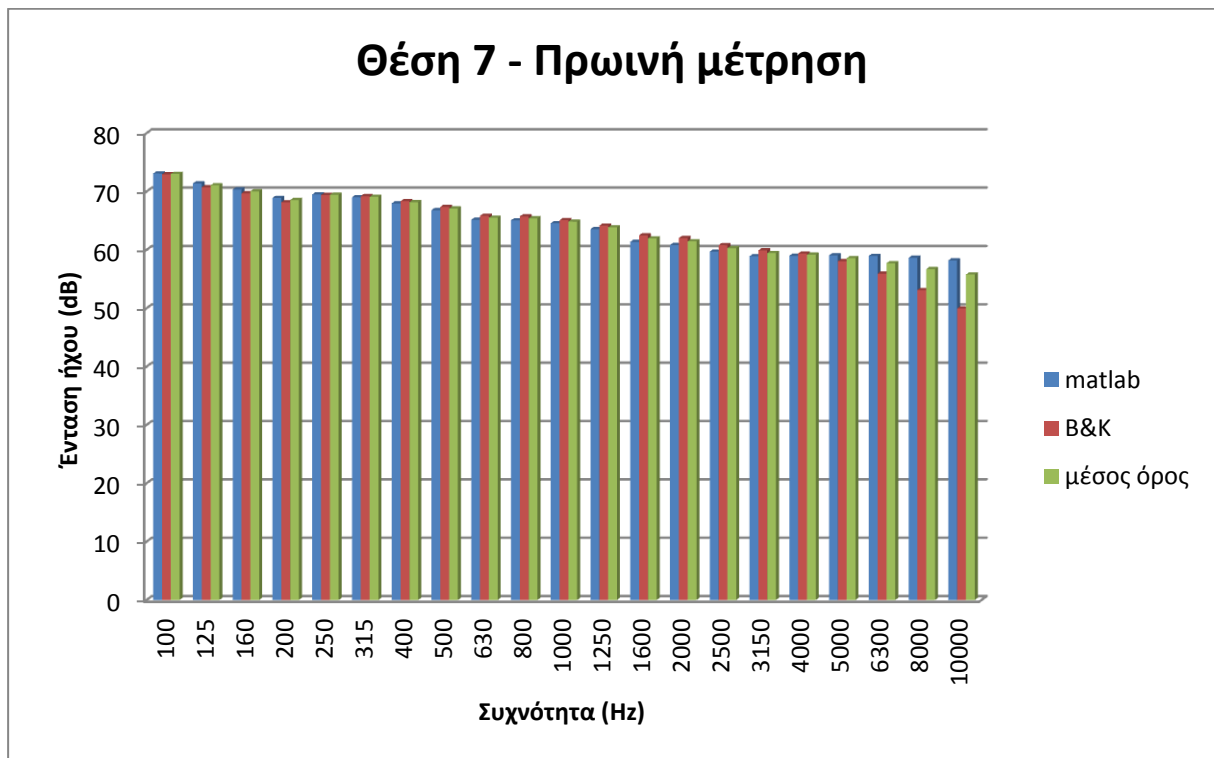
## Θέση 7

Κατάσταση: με πλοίο

Αριθμός ηχομετρήσεων: 3

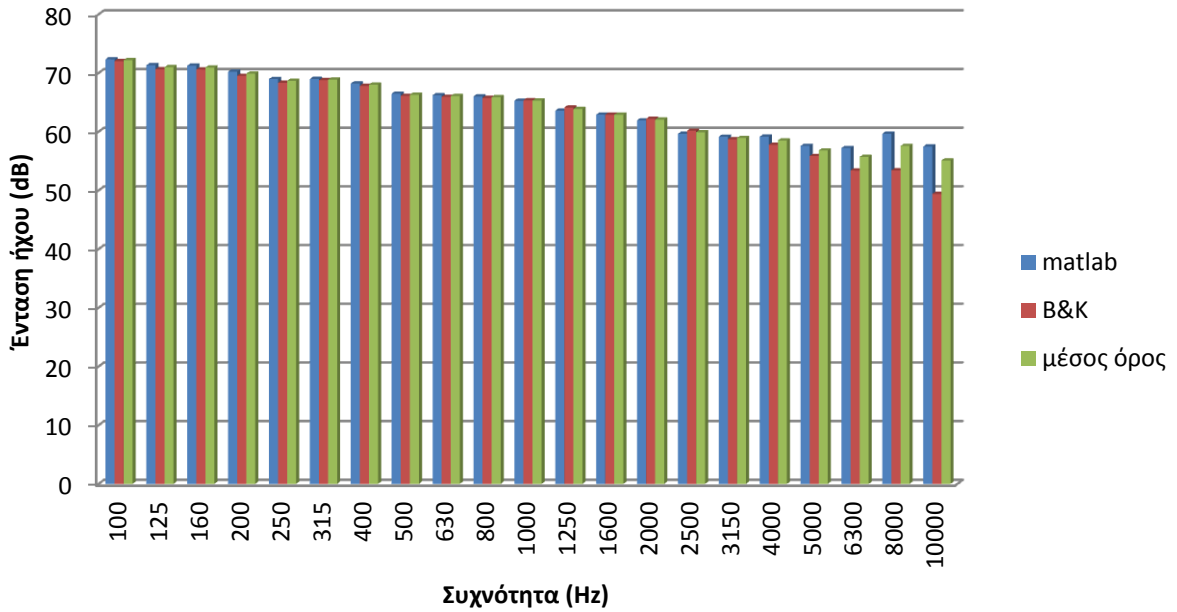
Διάρκεια ηχομετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

Φασματογραφήματα:



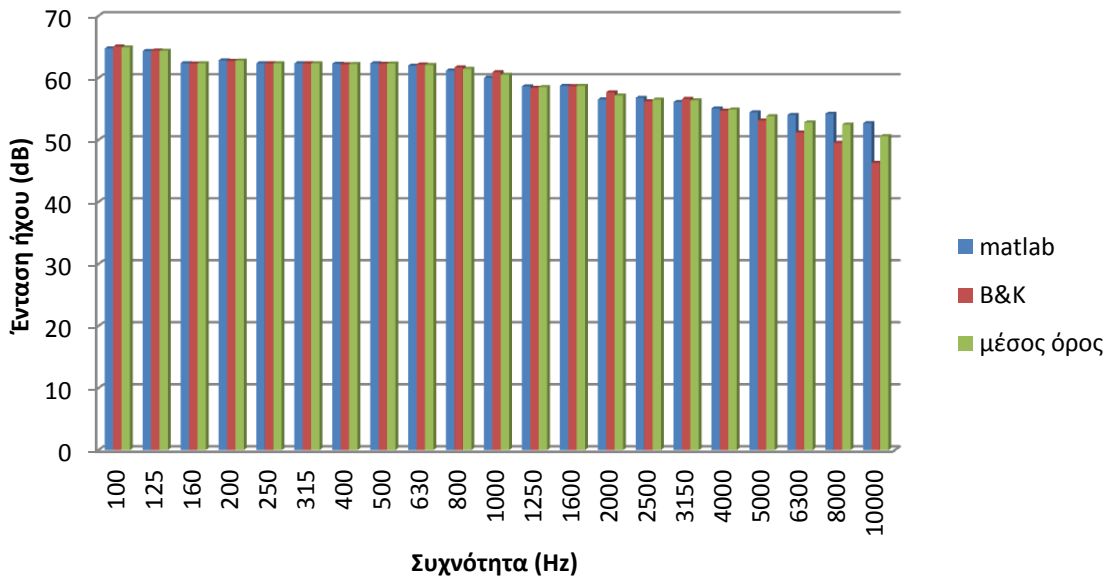
Ώρα έναρξης: 11.39

### Θέση 7 - Μεσημεριανή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 13:18

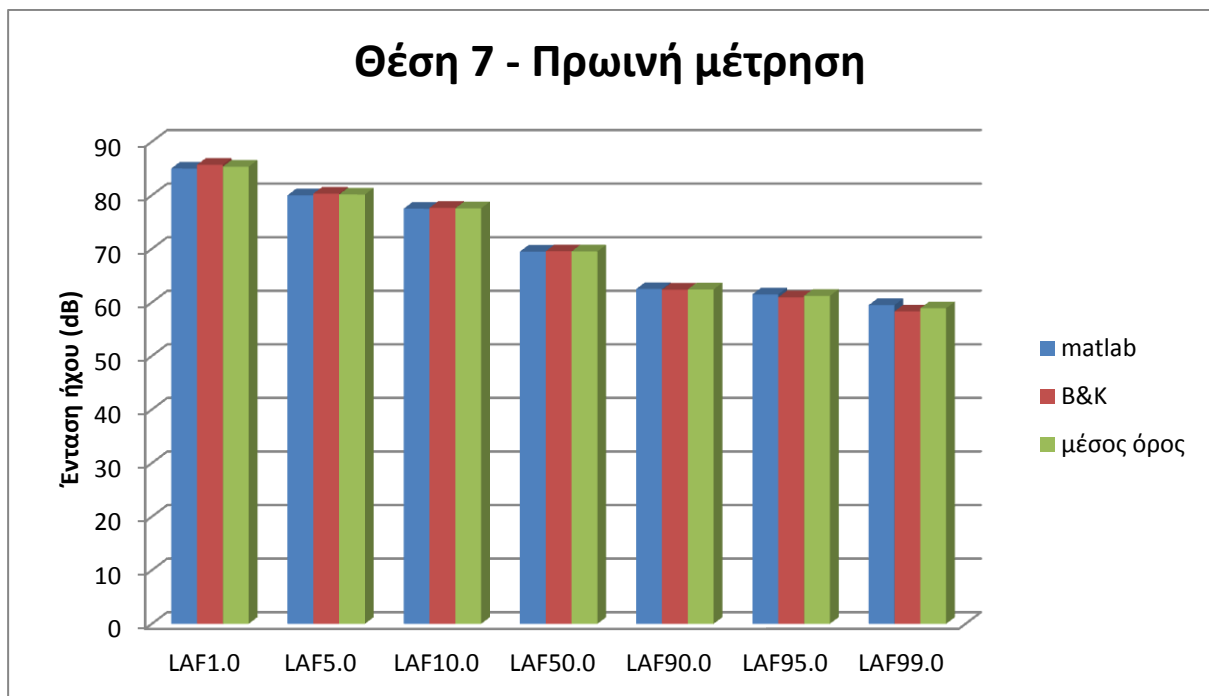
### Θέση 7 - Απογευματινή μέτρηση



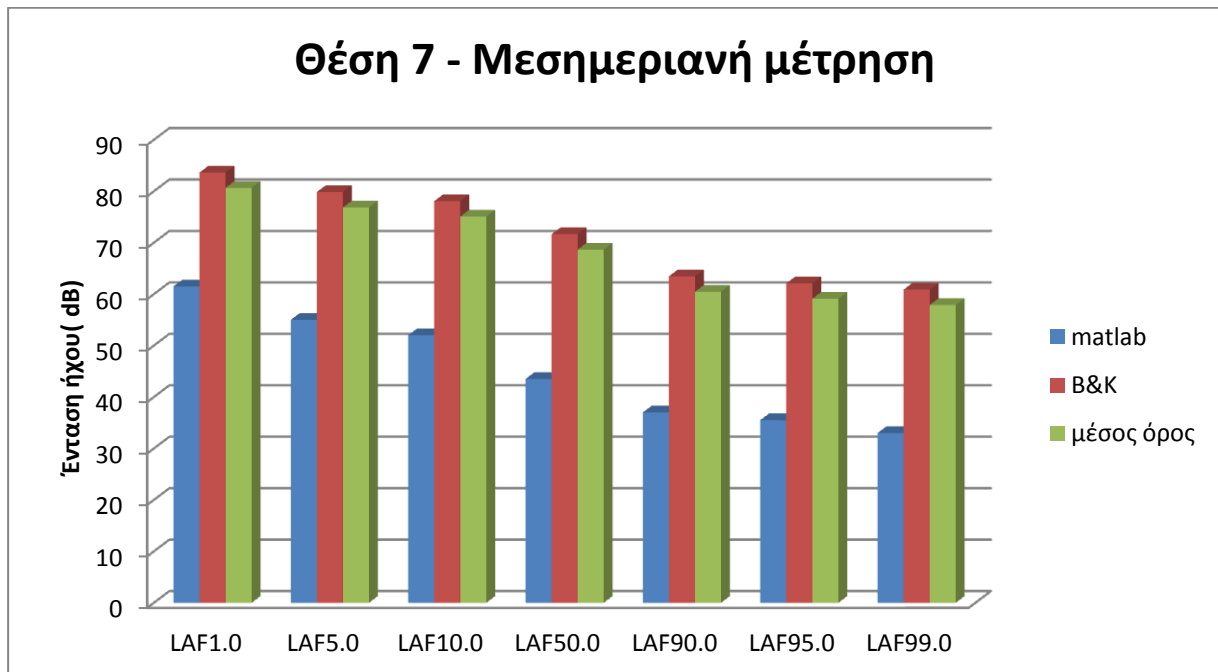
Ώρα έναρξης: 18:58



Διαγράμματα εκατοστομοριακών:

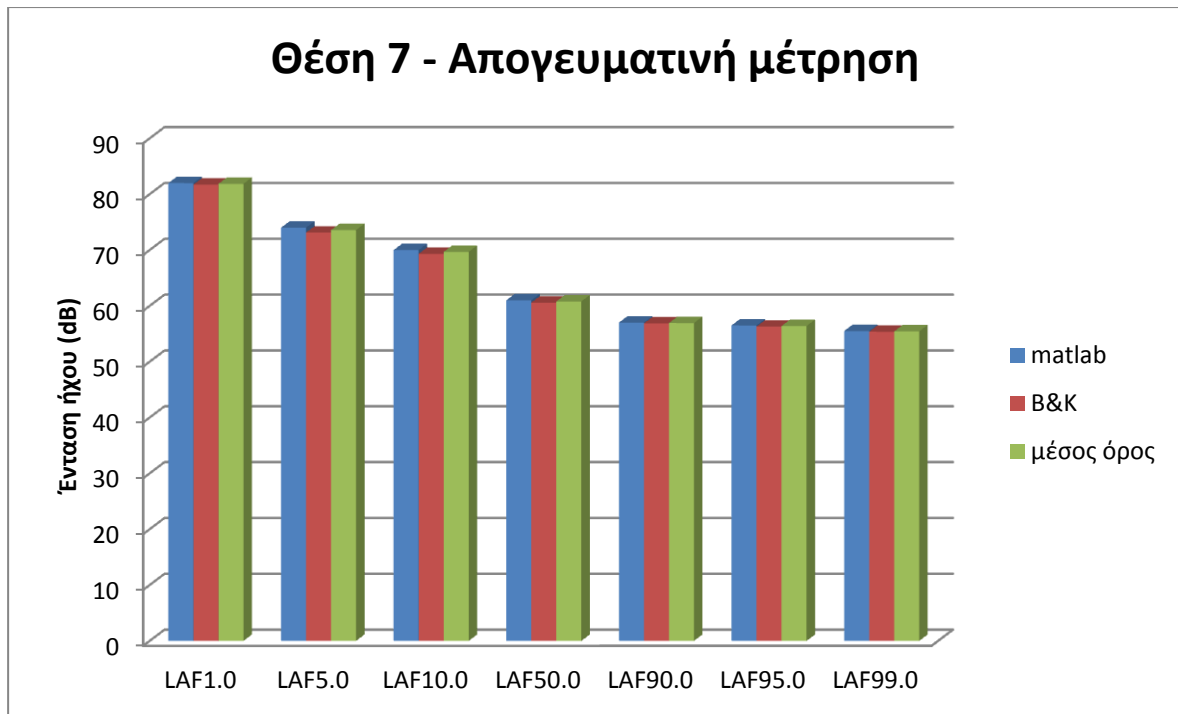


Ώρα έναρξης: 11.39



Ώρα έναρξης: 13.18

## Θέση 7 - Απογευματινή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 18.58

Η θέση αυτή βρίσκεται στην παλιά είσοδο του ΣΕΜΠΟ 2, στα όρια ιδιοκτησίας του ΟΛΠ. Η πρωτεύουσα πηγή θορύβου σε αυτή την λήψη είναι τα φορτηγά, και εν γένει τα οχήματα, που εισέρχονται και εξέρχονται από το ΣΕΠ (COSCO). Η παρούσα λήψη έγινε με την παρουσία πλοίου στο λιμάνι.

Από το διάγραμμα της φασματικής ανάλυσης παρατηρούμε πολύ υψηλές στάθμες ήχου στις χαμηλές συχνότητες. Συγκεκριμένα από τα 100Hz μέχρι τα 160Hz η στάθμη θορύβου βρίσκεται είτε κοντά στα 70 dB είτε πάνω από τα 70 dB. Μέχρι τις μεσαίες συχνότητες μάλιστα συνεχίζουμε να έχουμε υψηλές στάθμες θορύβου, πάνω από τα 65 dB ή κοντά σε αυτά. Μόνο από τα 2,5 KHz και κάτω οι ακουστική πίεση πέφτει κάτω από τα 60 dB. Το ίδιο μοτίβο εφαρμόζεται και στις δύο πρώτες μετρήσεις, οι οποίες έχουν γίνει κατά τις πρωινές και μεσημεριανές ώρες και άρα αφορούν την κορύφωση της παραγωγής θορύβου του λιμανιού. Παρατηρούμε μεγάλη διαφορά με την τελευταία μέτρηση στην οποία πέφτει αισθητά ο θόρυβος σε όλες τις συχνότητες(μείωση 2-6dB) . Στις πρώτες δύο μετρήσεις προκύπτει μεγάλος θόρυβος από τις αναπηδήσεις των φορτηγών λόγω του τραχέως οδοστρώματος και κατ' επέκταση και των φορτίων που κουβαλάνε.

Αντίστοιχα στα δύο πρώτα διαγράμματα των εκατοστομοριακών σταθμών παρατηρούμε υψηλά επίπεδα LAF10 (άνω των 75 dB). Αυτό το δεδομένο επιβεβαιώνει τις αιχμές θορύβου που αποτέλεσαν την κύρια πηγή θορύβου. Τέτοιες αιχμές έχει καταγραφεί ότι αποτελούν οι αναταράξεις των μεγάλων φορτηγών οχημάτων που εξέρχονται του ΣΕΠ και των φορτίων

τους. Οι αναταράξεις οφείλονται στην κακή ποιότητα του οδοστρώματος. Ο θόρυβος βάθους λίγο πάνω από τα 60 dB όπως έχουμε στις δυο πρώτες μετρήσεις υποδηλώνει εργασίες σε απόσταση και θα μπορούσε να αποτελέσει πειραματική απόδειξη της παρουσίας πλοίου στο λιμάνι.

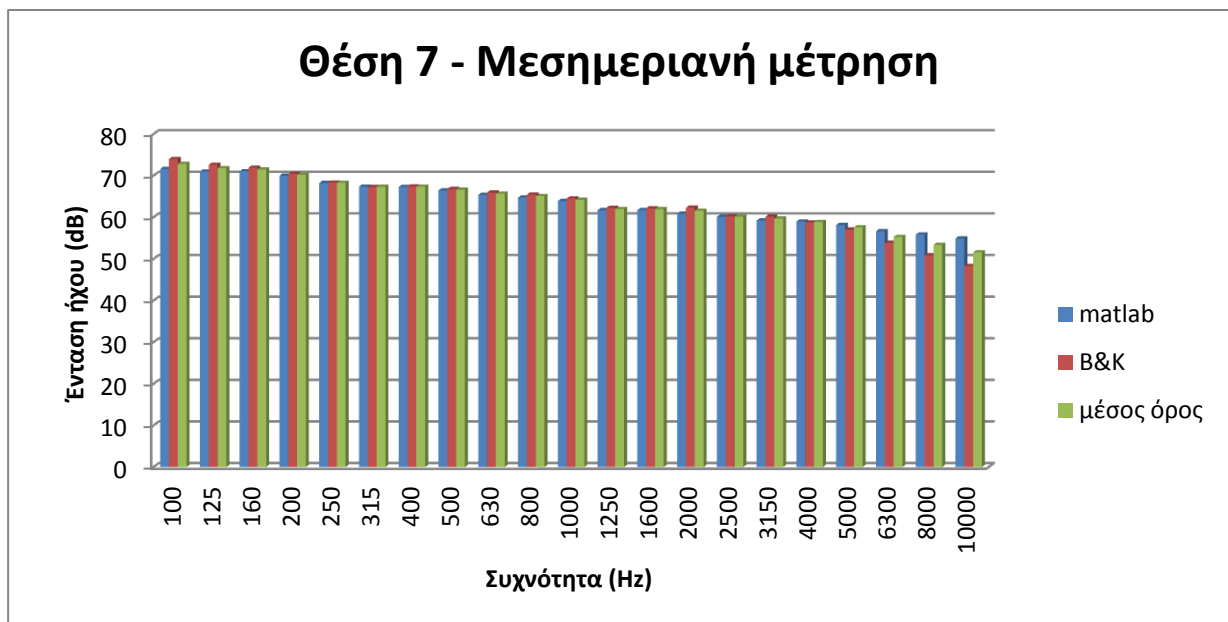
## Θέση 7

**Κατάσταση: χωρίς πλοίο**

Αριθμός ηχομετρήσεων: 2

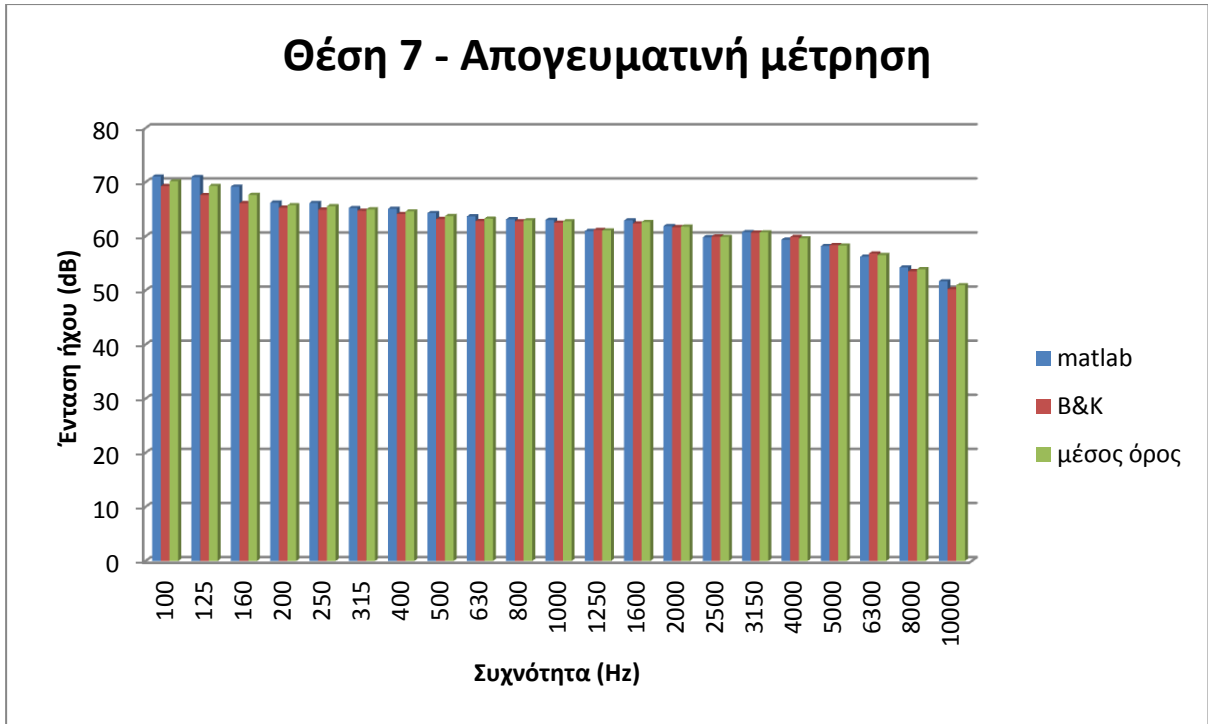
Διάρκεια ηχομετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

Φασματογραφήματα:



Ώρα έναρξης: 12.21

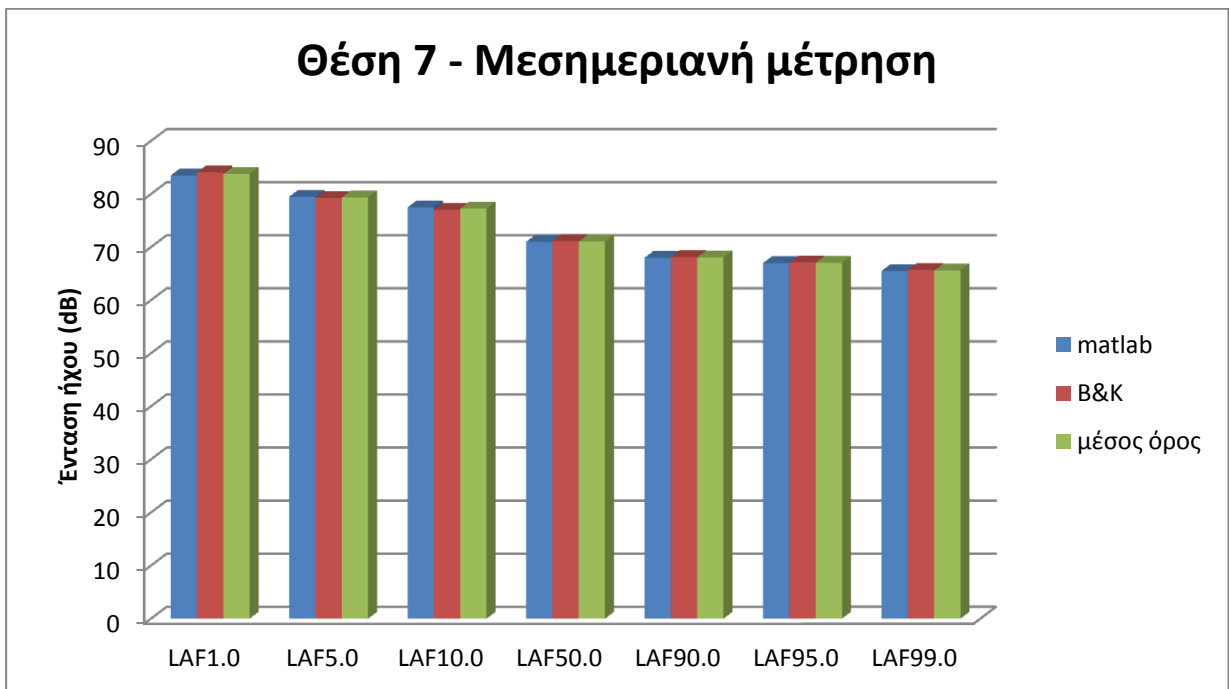
### Θέση 7 - Απογευματινή μέτρηση



Ώρα έναρξης : 17.10

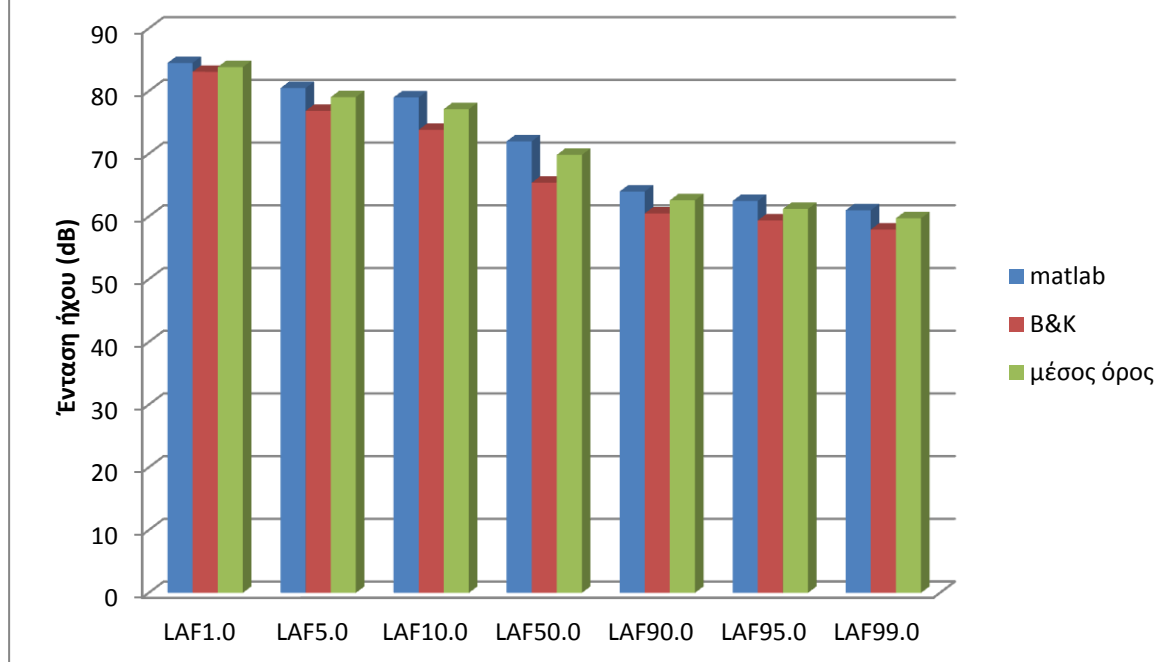
Διαγράμματα εκατοστομοριακών:

### Θέση 7 - Μεσημεριανή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 12.21

## Θέση 7 - Απογευματινή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 17.10

Παρατηρούμε ότι οι μετρήσεις όλου του φάσματος συχνοτήτων υποδεικνύουν πολύ υψηλά επίπεδα ακουστικής πίεσης (πρωινό  $Leq=74dB$ , μεσημεριανό  $Leq=75dB$ ), ειδικά εφόσον πρόκειται για μέτρηση που διεξάγεται υπό την απουσία πλοίου από την εξεταζόμενη πηγή θορύβου. Μάλιστα οι μετρήσεις στην θέση 7 χωρίς την παρουσία πλοίου, προσομοιάζουν αρκετά σε αυτές με την παρουσία πλοίου. Αυτό καταδεικνύει σαν κύρια πηγή θορύβου τις διεργασίες στο κομμάτι του λιμανιού το οποίο εκμεταλλεύεται η COSCO. Πολύ σημαντική συνεισφορά στο θόρυβο αποτελούν ξανά η αναταράξεις των φορτηγών και των φορτίων τους.

Ο θόρυβος βάθους που αντιπροσωπεύεται στα διαγράμματα εκατοστομοριακής ανάλυσης από το LAF90 είναι αξιοσημείωτα υψηλός στη μεσημεριανή μέτρηση, υψηλότερος ακόμα και από το αντίστοιχο εκατοστομοριακό μέγεθος των μετρήσεων κατά την παρουσία πλοίου στο λιμάνι του ΟΛΠ (σχεδόν 6dB υψηλότερος). Σύμφωνα και με τα ηχογραφήματα πιθανή αιτία για αυτό θα μπορούσαν να αποτελούν τα πολλά σταθμευμένα φορτηγά με αναμμένες μηχανές τα οποία ανέμεναν να εισέλθουν στο ΣΕΠ. Κατά τα άλλα η εκατοστομοριακή ανάλυση της μέτρησης χωρίς πλοίο είναι αντίστοιχα με αυτά με πλοίο. Αυτό μας οδηγεί να συμπεράνουμε ότι στο συγκεκριμένο σημείο δεν φτάνουν τόσο έντονα τα ηχητικά κύματα από τον ΟΛΠ. Αυτό οφείλεται αφενός στην διάταξη στο χώρο, μιας και η θέση αυτή της μέτρησης είναι αντιδιαμετρικά τοποθετημένη ως προς το σημείο που γίνονται οι κύριες εργασίες στον ΟΛΠ και αφετέρου στην παρουσία κτιρίων του ΟΛΠ στα όρια της ιδιοκτησίας του μπροστά από την θέση μέτρησης τα οποία προφανώς αποτελούν ένα ηχοπέτασμα για την διάδοση του θορύβου από το λιμάνι του ΟΛΠ προς την θέση 7. Έτσι παραμένει για αυτή την θέση κύρια πηγή θορύβου οι εργασίες στο κομμάτι του ΣΕΠ.

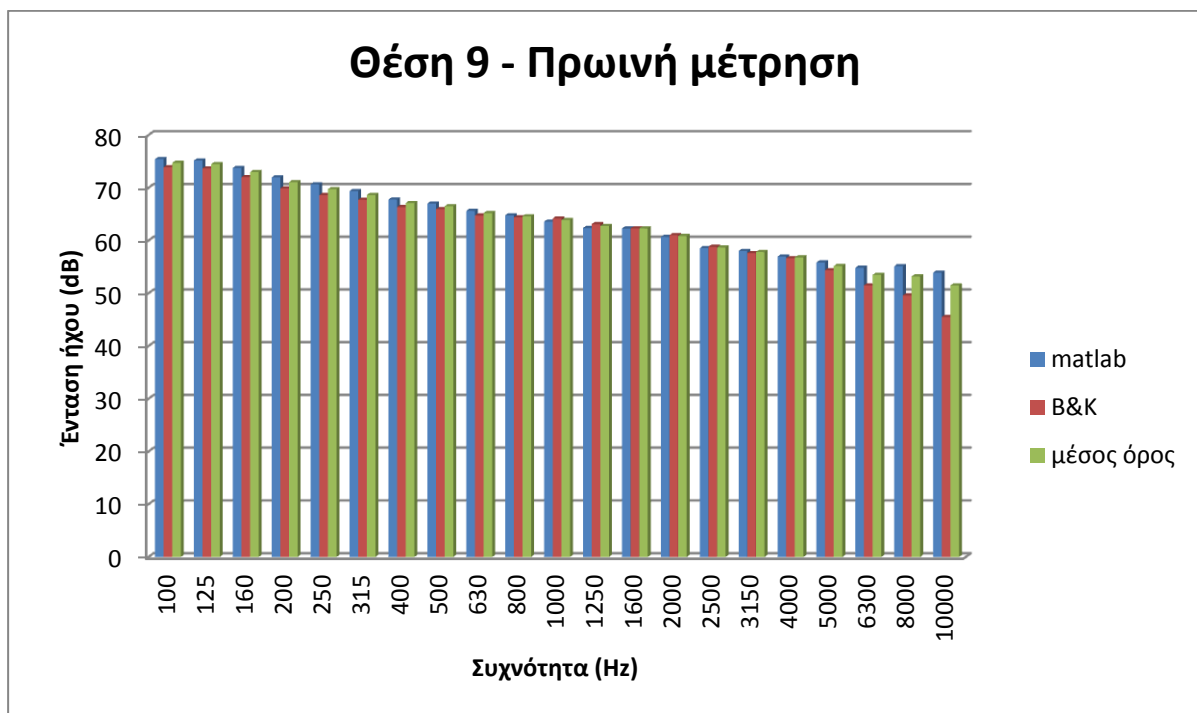
## Θέση 9

**Κατάσταση: με πλοίο**

Αριθμός ηχομετρήσεων: 3

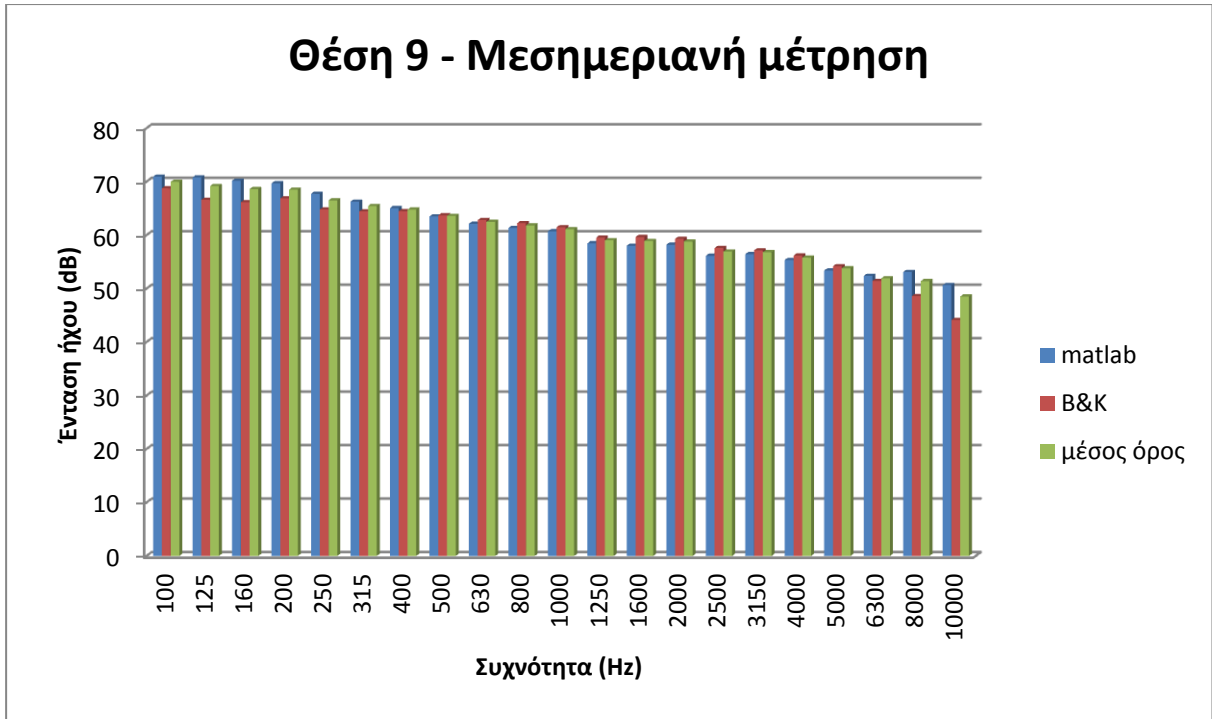
Διάρκεια ηχομετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

Φασματογραφήματα:



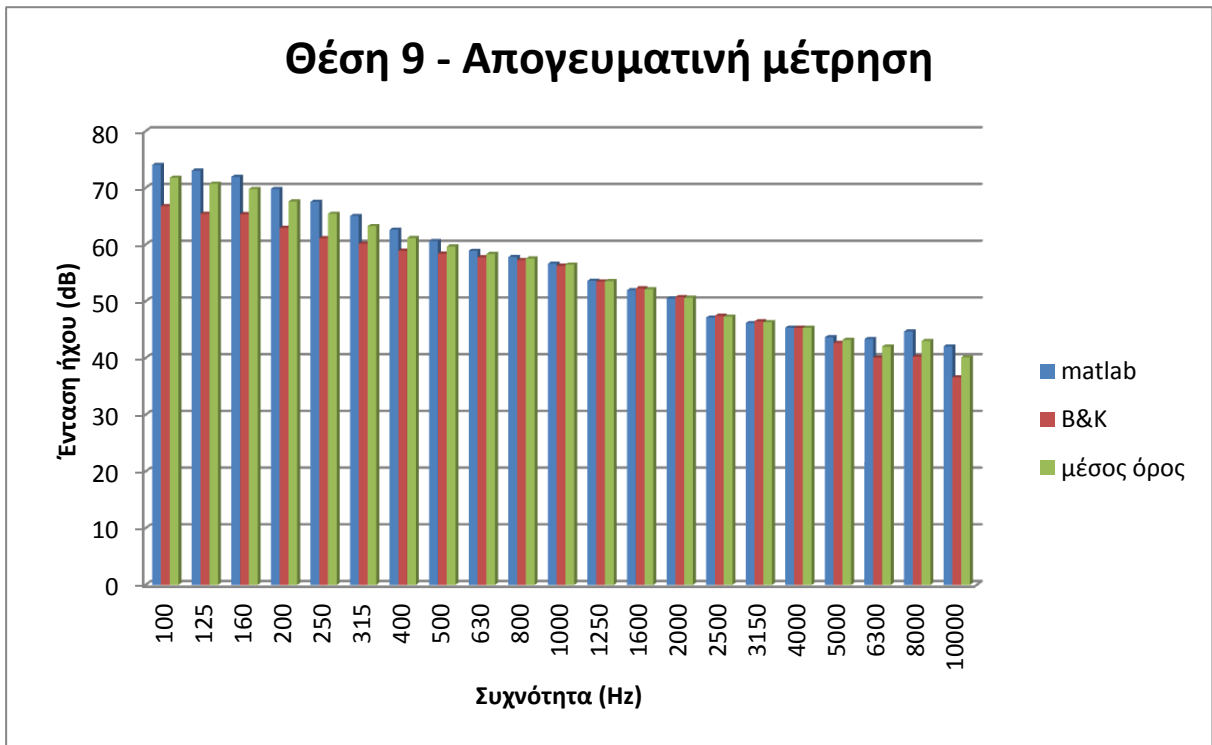
Ώρα έναρξης: 12.00

### Θέση 9 - Μεσημεριανή μέτρηση



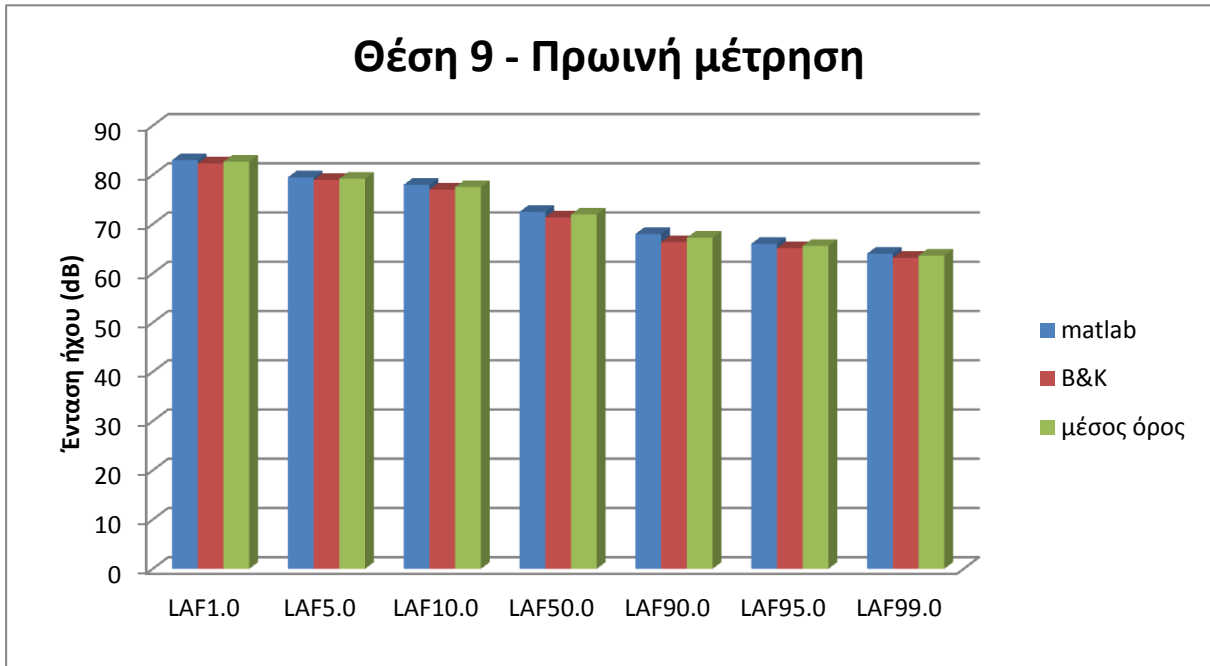
Ώρα έναρξης: 17.37

### Θέση 9 - Απογευματινή μέτρηση

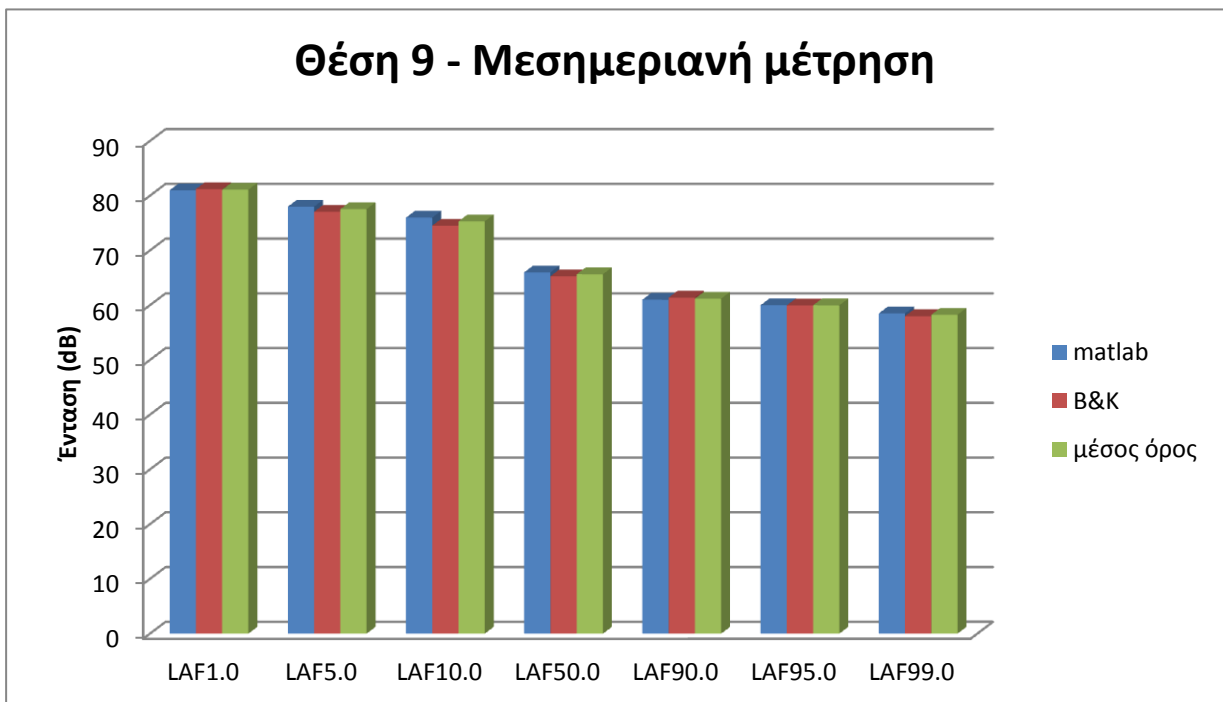


Ώρα έναρξης: 19.17

Διαγράμματα εκατοστομοριακών:



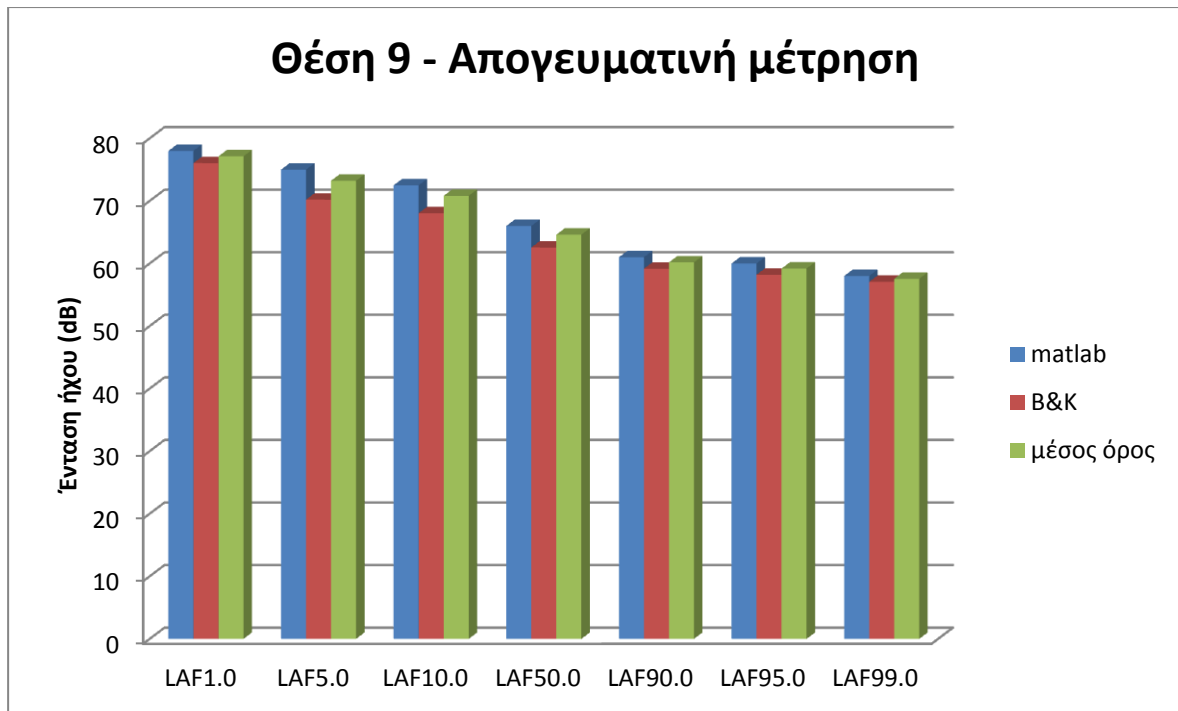
Ώρα έναρξης: 12.00



Ώρα έναρξης: 17.37



## Θέση 9 - Απογευματινή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 19.37

Η θέση 9 βρίσκεται στα όρια ιδιοκτησίας του ΟΛΠ πάνω στην πύλη εισόδου εξόδου από αυτόν. Ταυτόχρονα όμως βρίσκεται και δίπλα από την κύρια οδό που οδηγεί και προς τον ΣΕΠ. Έτσι η κίνηση των οχημάτων που κινούνται προς τον ΣΕΠ διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στις ηχητικές στάθμες των μετρήσεων.

Στα διαγράμματα τις φασματικής ανάλυσης παρατηρούμε στην πρώτη μέτρηση υψηλά επίπεδα θορύβου στις συχνότητες από 100 μέχρι 160 Hz. Σταδιακά με το πέρασμα της ώρας παρατηρούμε ότι τα επίπεδα αυτά υποχωρούν πολύ (η μεσημεριανή μέτρηση είναι χαμηλότερη κατά 7dB από την πρωινή). Παρατηρούμε ότι μετά τις μεσαίες προς υψηλές συχνότητες οι εντάσεις πέφτουν κάτω από τα 60 dB, αλλά και κάτω από τα 50 στην τελευταία μέτρηση.

Στην εκατοστομοριακή ανάλυση παρατηρούμε υψηλά επίπεδα αιχμών ηχητικού φορτίου (LAF1=82.7dB/81.1dB/81dB, LAF10=77.5dB/75.3dB/70.3dB) τα οποία οφείλονται στην διέλευση οχημάτων από το τραχύ και ανώμαλο οδόστρωμα. Η καταγραφή της κίνησης αναδεικνύει ότι περισσότερα οχήματα διέρχονται από την οδό προς ΣΕΠ παρά από την είσοδο/έξοδο του ΟΛΠ. Στην πρώτη μέτρηση υπάρχουν αρκετά υψηλά επίπεδα θορύβου βάθους (LAF90=67.2dB), καθώς οι εργασίες στο λιμάνι βρισκότουσαν σε φάση αιχμής. Στις μετρήσεις 2 και 3 ο θόρυβος βάθους μειώνεται σταδιακά (μεσημεριανή LAF90=61.2dB, απογευματινή LAF90=60.1dB) μιας και το μεγαλύτερο μέρος των εμπορευμάτων έχει ξεφορτωθεί και τοποθετηθεί στις αντίστοιχες θέσεις από τις οποίες θα γίνει η παραλαβή τους.

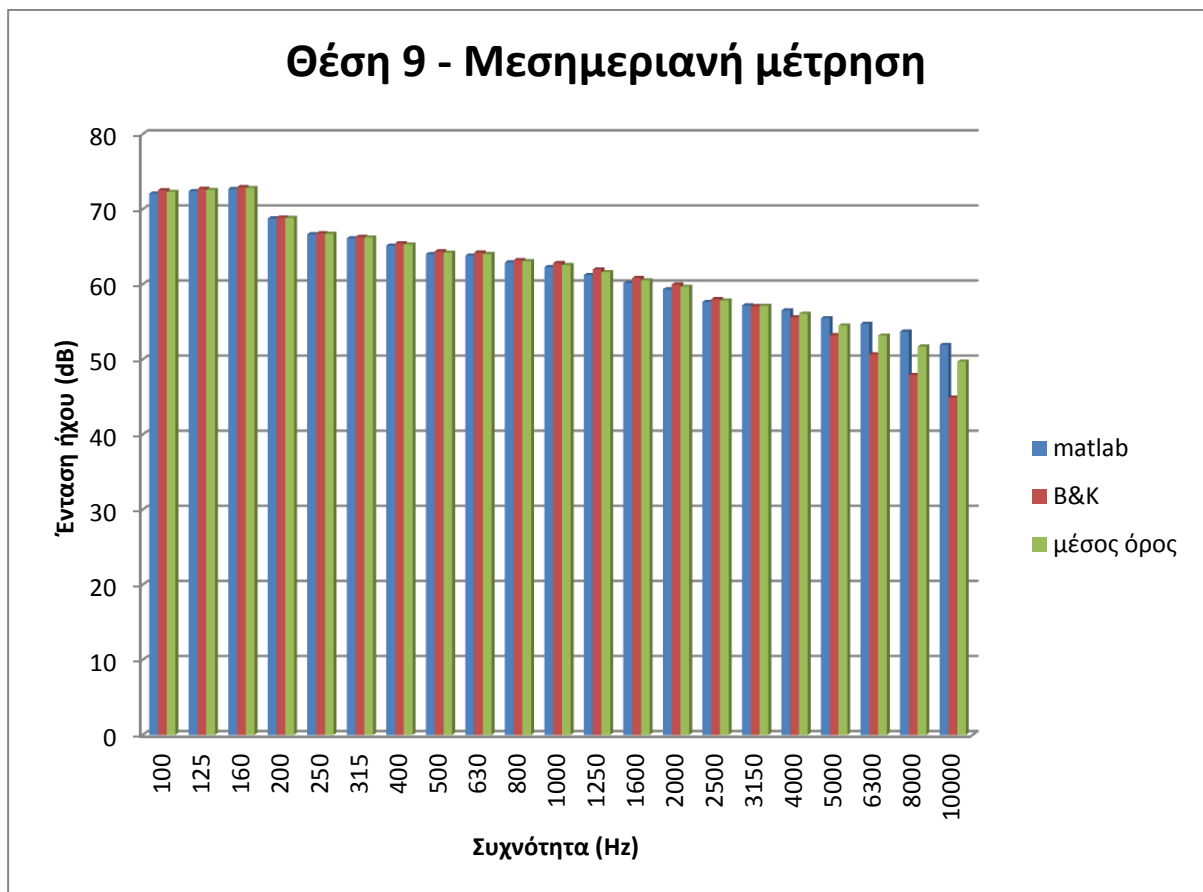
## Θέση 9

Κατάσταση: χωρίς πλοίο

Αριθμός ηχομετρήσεων: 1

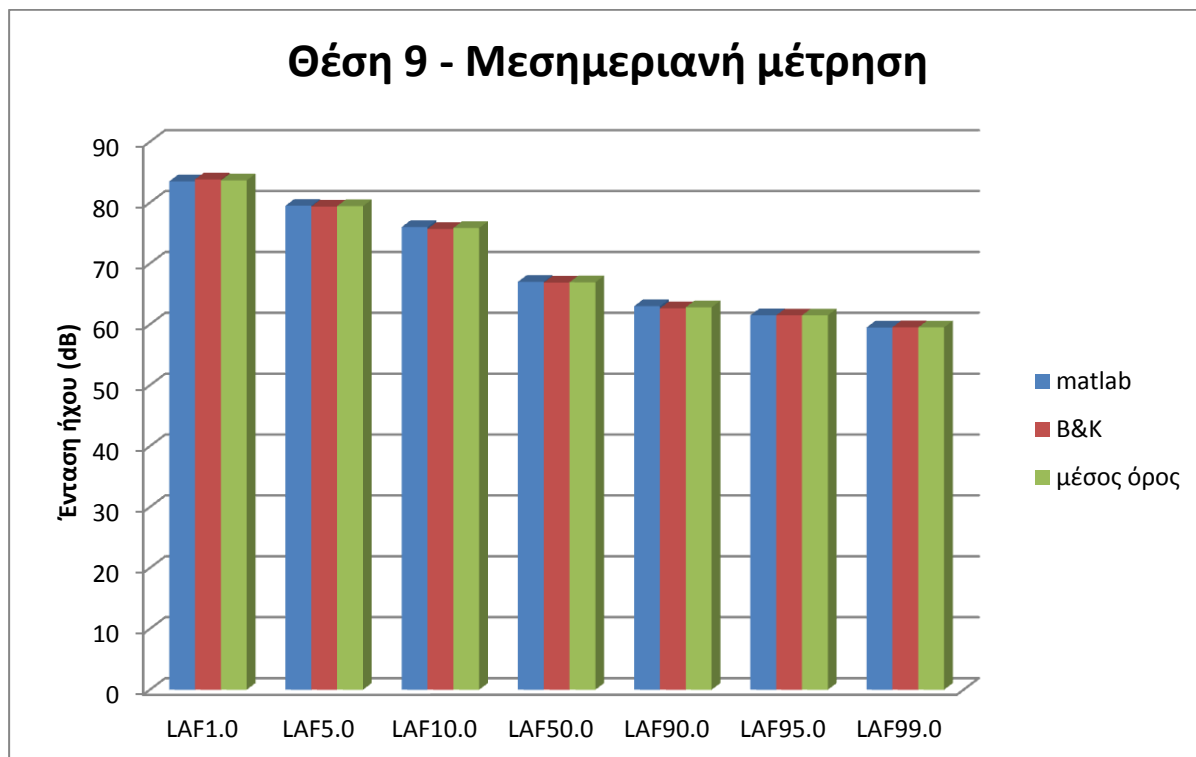
Διάρκεια ηχομετρήσεων: περίπου 15'

Φασματογραφήματα:



Ώρα έναρξης: 12.44

Διάγραμμα εκατοστομοριακών:



Ώρα έναρξης: 12.44

Στην θέση 9 πραγματοποιήθηκε ξεχωριστή μέτρηση κατά την διάρκεια απουσίας πλοίου από το λιμάνι του Πειραιά. Είναι χαρακτηριστικό ότι και σε αυτό το σετ μετρήσεων υπάρχουν πολύ υψηλά επίπεδα ακουστικής πίεσης στις χαμηλές συχνότητες 100-160 Hz(72-73dB), αντίστοιχα με αυτά των μετρήσεων με την παρουσία πλοίου. Αυτό αποδεικνύει ότι κύρια πηγή θορύβου σε αυτές τις συχνότητες είναι τα διερχόμενα οχήματα προς ΣΕΠ τα οποία τραντάζονται από το οδόστρωμα.

Επίσης στην φασματική ανάλυση παρατηρούνται υψηλά επίπεδα θορύβου τόσο στις τιμές των LAF1=83,7db,LAF 5=79.4dB και LAF10=75.84dB όσο και θορύβου βάθους (LAF90=62,8dB) που συγκρίνονται με τις μετρήσεις με πλοίο. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι η συγκεκριμένη μέρα χαρακτηρίστηκε συνολικότερα από μεγαλύτερη κίνηση οχημάτων στην ευρύτερη περιοχή. Επίσης όπως παρατηρήθηκε και άλλες μέρες πολλές φορές η φόρτωση/εκφόρτωση και εναπόθεση εμπορευματοκιβωτίων μέχρι και την παραλαβή τους, είναι μια διαδικασία που διαρκεί μέρες. Άρα πολλές φορές -όπως και στην συγκεκριμένη περίπτωση- μπορεί το πλοίο να έχει αναχωρήσει από το λιμάνι αλλά οι διεργασίες να συνεχίζονται και έτσι να αποτυπώνονται στις αναλύσεις των ηχογραφήμάτων.

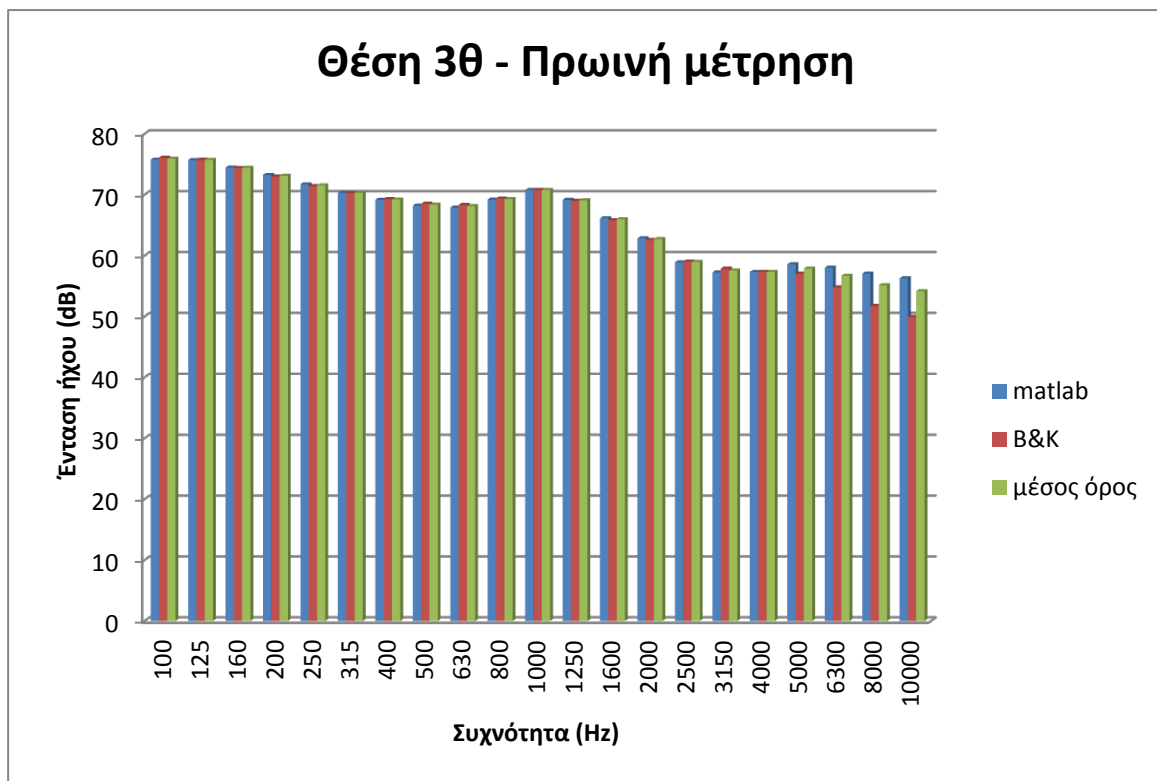
## Θέση 3θ

**Κατάσταση: με πλοίο**

Αριθμός ηχομετρήσεων: 3

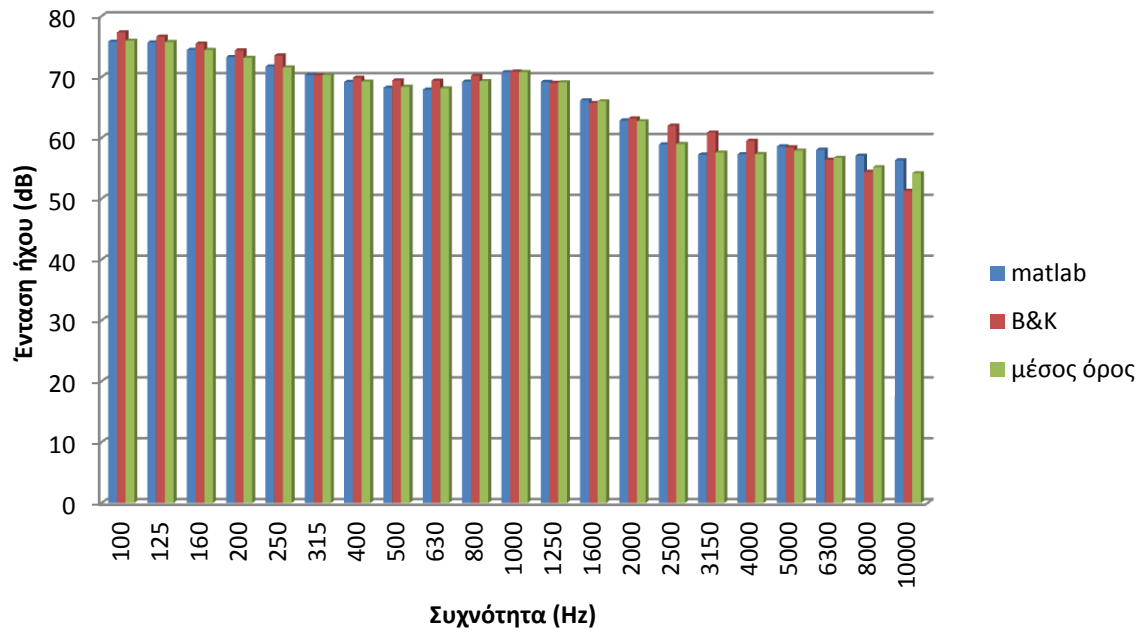
Διάρκεια ηχομετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

Φασματογραφήματα:



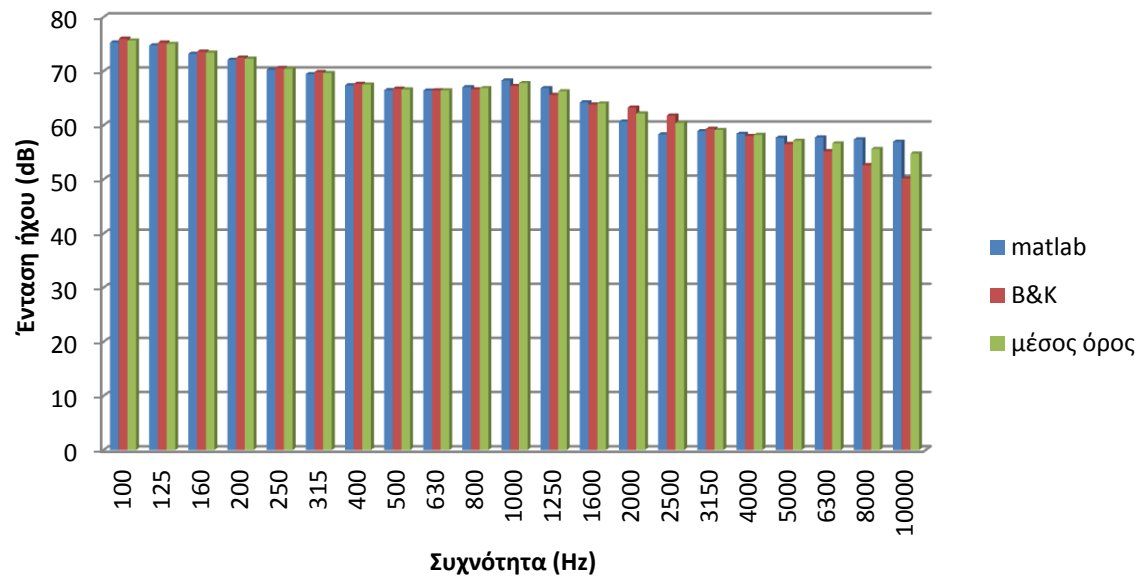
Ώρα έναρξης: 12.09

### Θέση 3θ - Μεσημεριανή μέτρηση



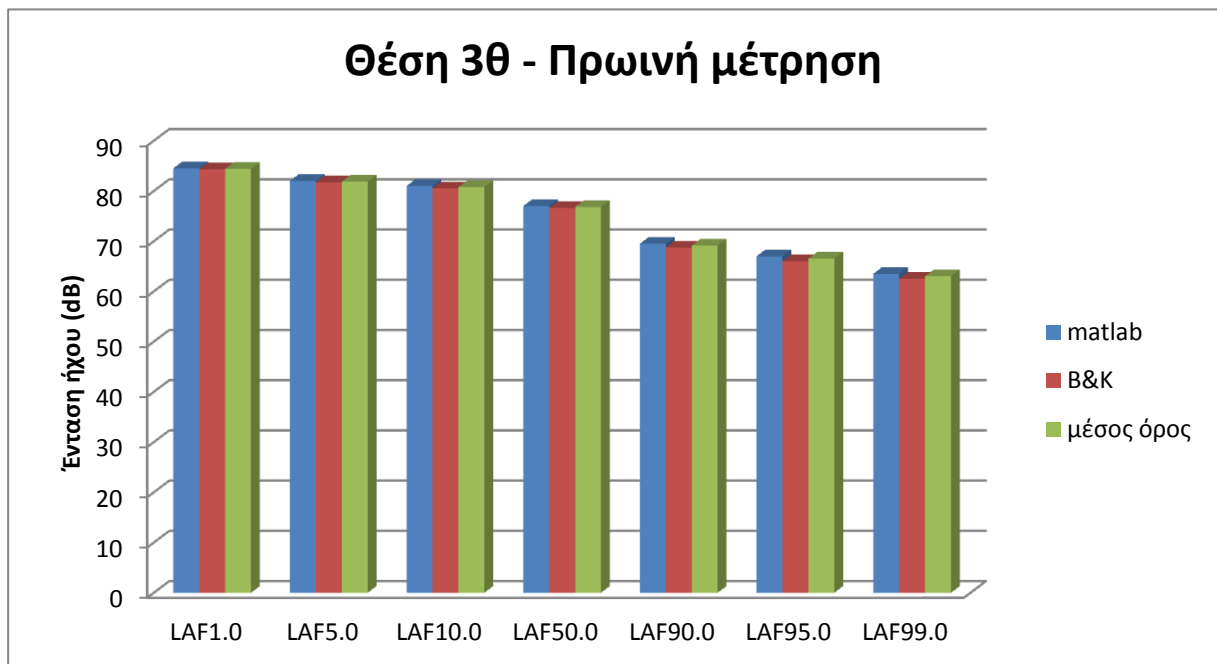
Ώρα έναρξης: 13.20

### Θέση 3θ - Απογευματινή μέτρηση

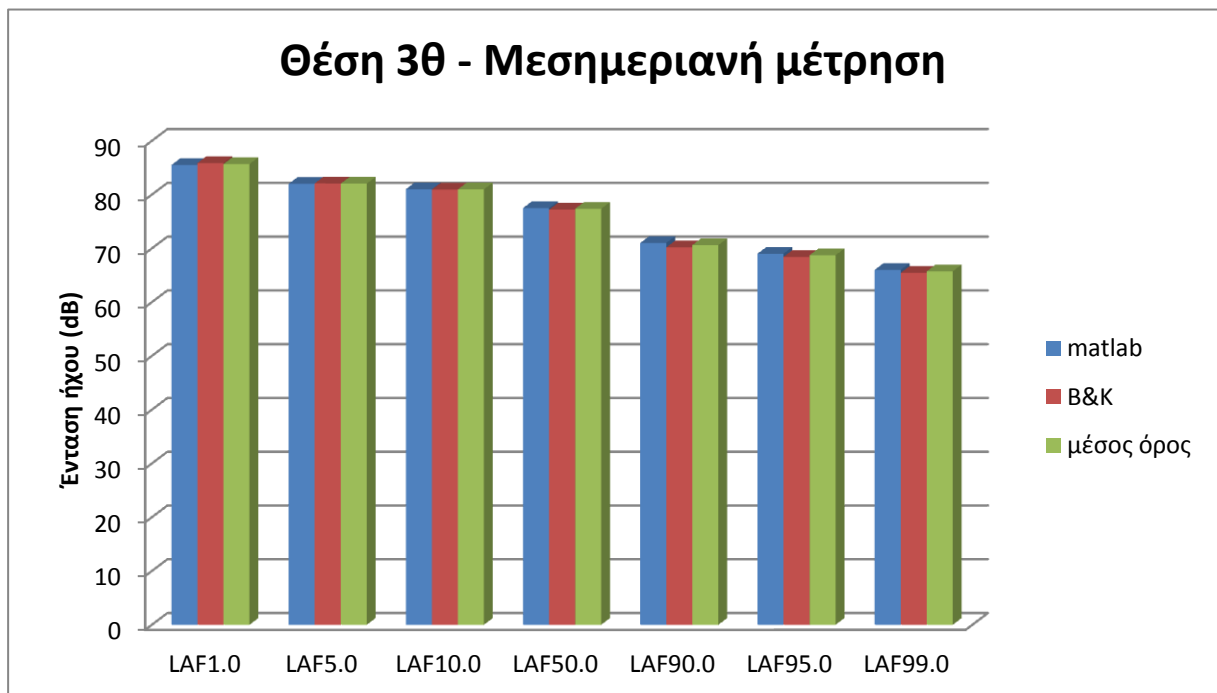


Ώρα έναρξης: 16.52

Διάγραμμα εκατοστομοριακής:

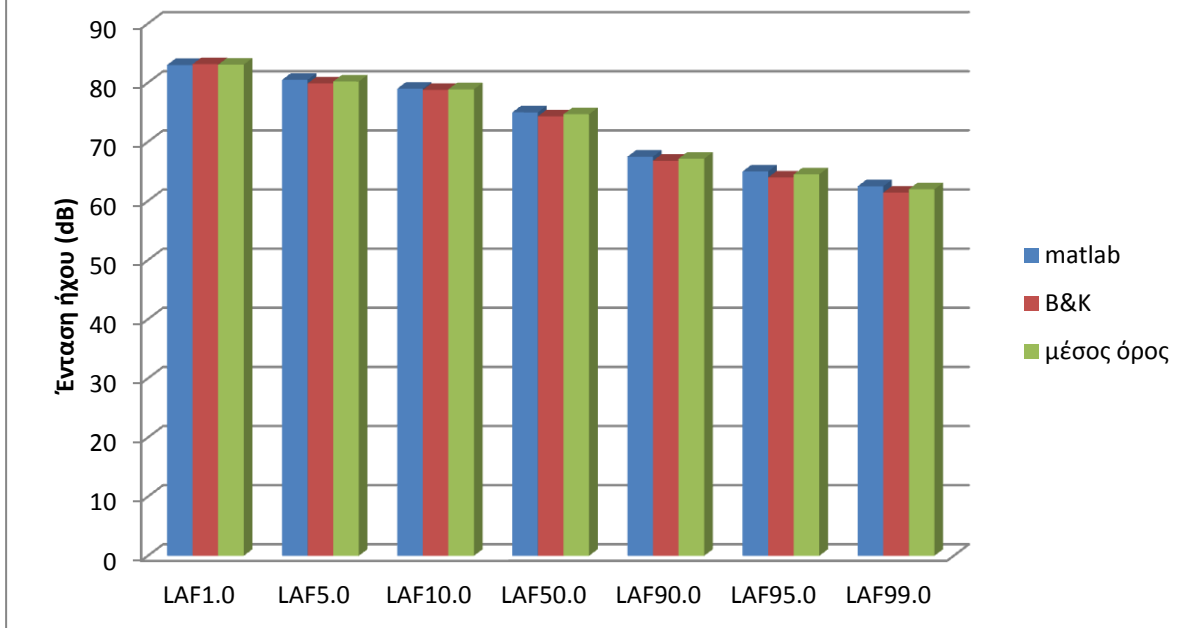


Ώρα έναρξης: 12.09



Ώρα έναρξης: 13.20

### Θέση 3θ - Απογευματινή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 16.52

Το ίδιο ηχητικό μοτίβο παρατηρείται και στις τρεις μετρήσεις. Υψηλές ακουστικές εντάσεις στις χαμηλές συχνότητες και κυρίως στα 100Hz ( όπου οι εντάσεις κινήθηκαν γύρω από τα 76dB) και τοπικό μέγιστο (μέγιστο στο 1kHz 70.8dB κατά την πρωινή μέτρηση) της ακουστικής πίεσης στις μεσαίες προς υψηλές συχνότητες του ήχου, δηλαδή στο φάσμα από 630Hz μέχρι 1.6KHz για αυτές τις κοντινές μετρήσεις περίπου . Η κίνηση στον δρόμο αυτό είναι μηδενική καθώς έχει καταγραφεί να περνάει μόνο ένα αυτοκίνητο, άρα τα δεδομένα του θορύβου σε αυτήν την θέση αποτελούν άμεσο αποτέλεσμα πρώτον του θορύβου που παράγεται κατά την κίνηση οχημάτων στην λεωφόρο δημοκρατίας και δεύτερον του θορύβου που παράγεται κατά την διάρκεια εργασιών στο λιμάνι. Σημειώνεται ότι κατά την διάρκεια των τριών αυτών μετρήσεων υπήρχε ελλιμενισμένο πλοίο και βρισκότουσαν σε εξέλιξη εργασίες φόρτωσης, εκφόρτωσης, στοιβασίας και μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων.

Ενώ παραμένουν πολύ υψηλά τα επίπεδα των εκατοστομοριακών μεγεθών που αντιστοιχούν σε ακουστικά συμβάντα μικρής διάρκειας, LAF1, LAF5, LAF10. Το LAF10 κινείται λίγο πάνω από τα 80 dB ενώ φαίνεται να αυξάνεται στην δεύτερη μέτρηση (81dB) και να ξαναπέφτει στην Τρίτη(78.9dB). Είναι σαφές ότι η πορεία αυτή αντιστοιχεί και στον καθημερινό κύκλο ζωής της πόλης. Εφόσον σε το LAF10 έχει σε μεγάλο ποσοστό αντιστοιχία με την κίνηση των οχημάτων γίνεται αντιληπτό ότι η κίνηση αυξάνεται στο μέσο της ημέρας και πέφτει στο πέρας της. Επίσης υψηλά είναι και τα εκατοστομοριακά μεγέθη που αντιστοιχούν στο θόρυβο βάθους. Τα LAF90 σταθερά άνω των 66 dB ενώ το LAF95 είναι σε όλες τις μετρήσεις άνω των 64 dB. Οφείλεται κυρίως στο λιμάνι. Δεν υπάρχει κάποιο φυσικό όριο στον ορίζοντα ανάμεσα στο σημείο που γίνεται η λήψη της μέτρησης και στο λιμάνι άρα η ηχογράφηση επηρεάζεται από αυτό.

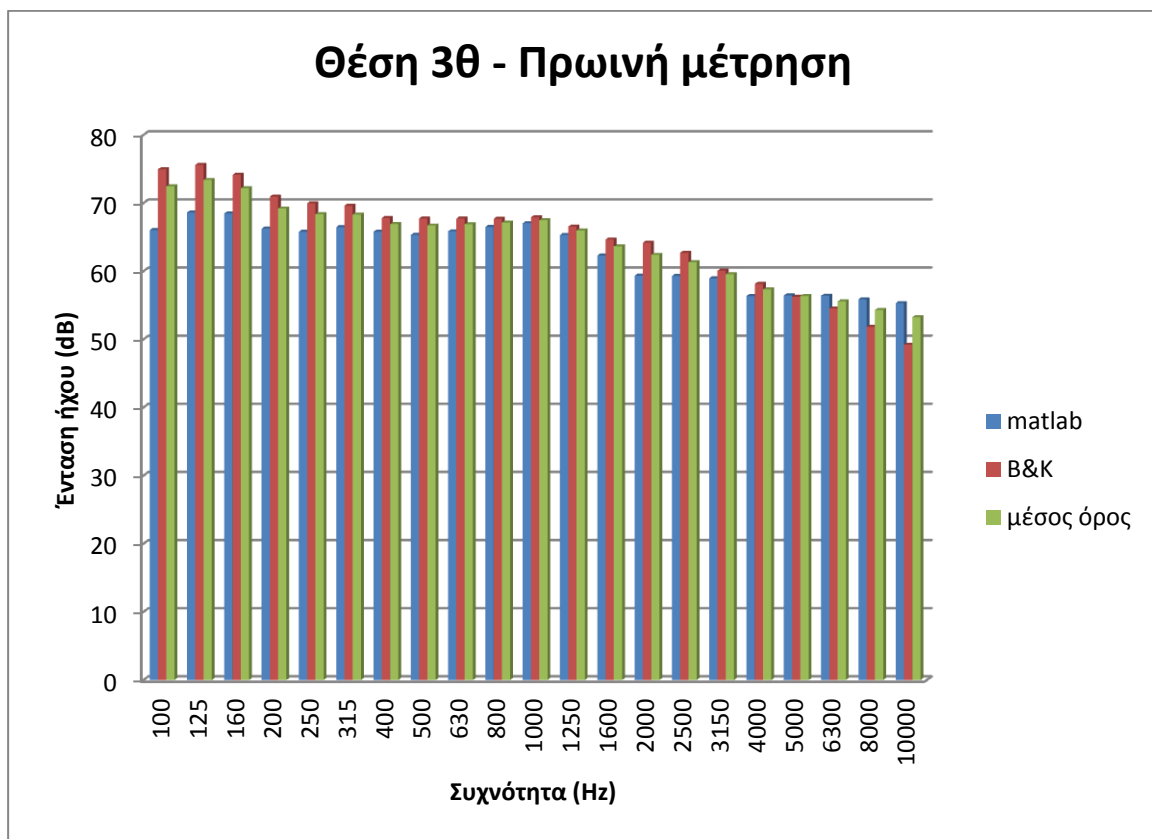
## Θέση 3θ

Κατάσταση: χωρίς πλοίο

Αριθμός ηχομετρήσεων: 2

Διάρκεια ηχομετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

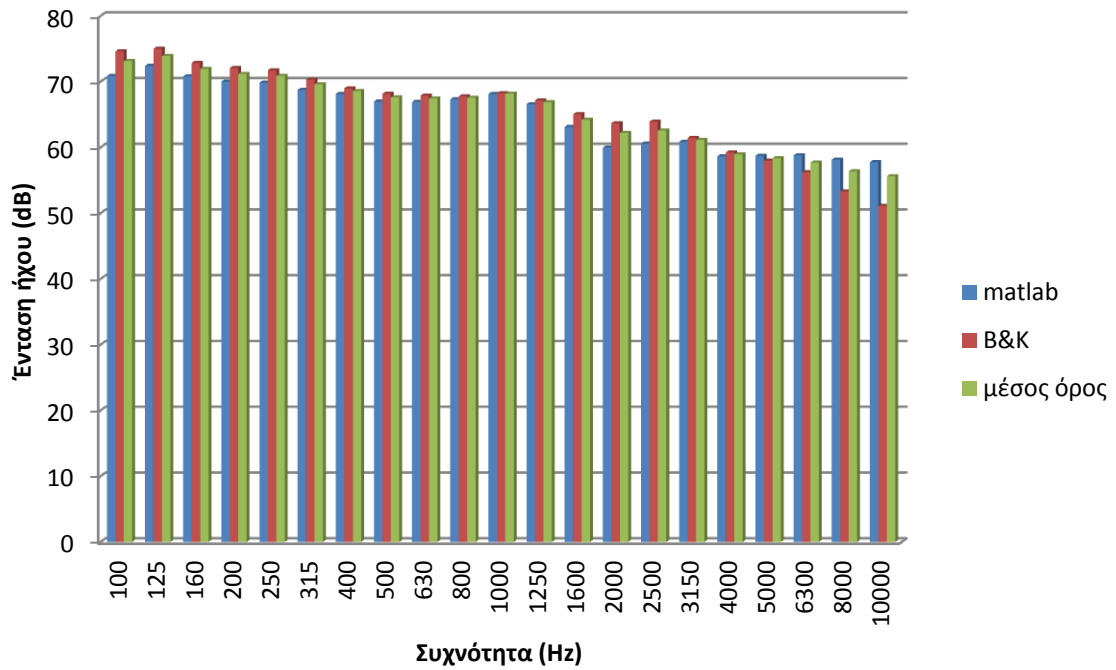
Φασματογραφήματα:



Ώρα έναρξης: 12.33



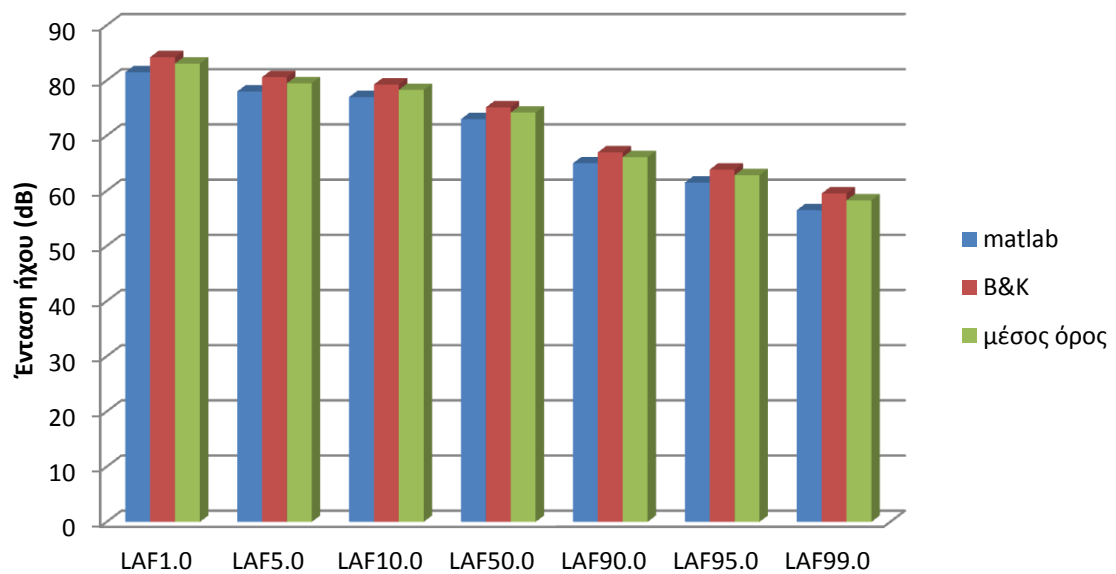
### Θέση 3θ - Μεσημεριανή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 12.59

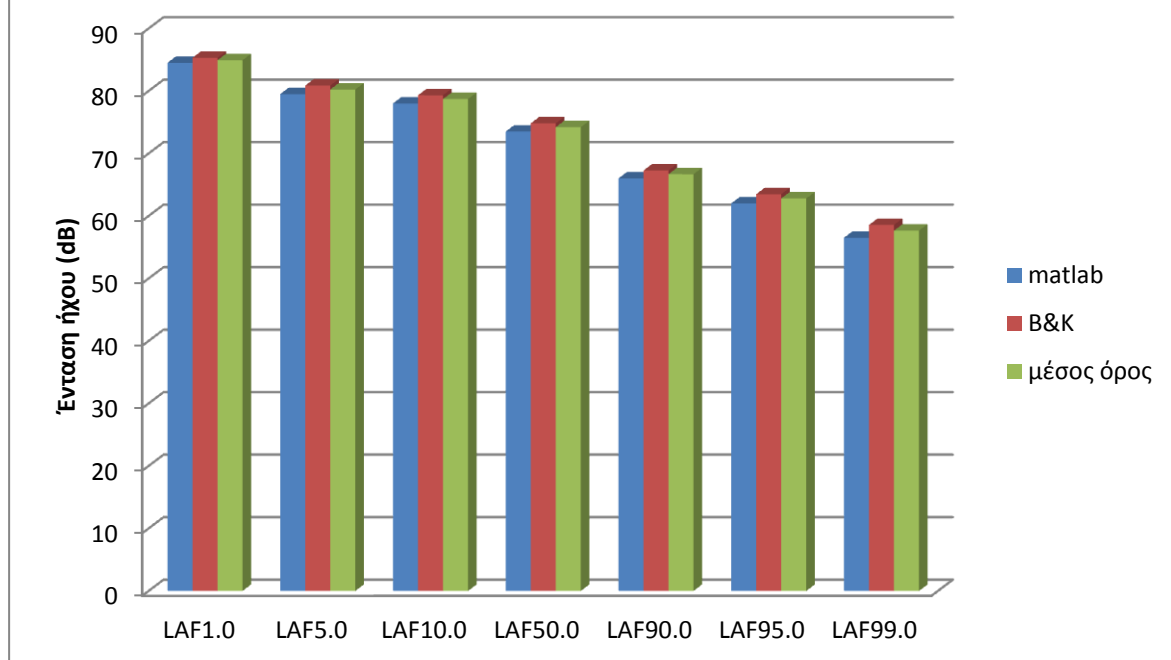
Διαγράμματα εκατοστομοριακής ανάλυσης:

### Θέση 3θ - Πρωινή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 12.33

### Θέση 3θ - Μεσημεριανή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 12.59

Η θέση αυτή βρίσκεται επάνω στην οδό Μαρίας Κιουρή. Η οδός αυτή αποτελεί παράδρομο της λεωφόρου Δημοκρατίας. Βρίσκεται υπερυψωμένη ακριβώς πάνω από το επίπεδο της λεωφόρου με τέτοιο τρόπο που η οπτική επαφή – και άρα και η ακουστική επαφή- με το λιμάνι δεν διακόπτεται από τον ορίζοντα της πόλης. Σε σύγκριση με τις μετρήσεις υπό την παρουσία πλοίου στο λιμάνι φαίνεται ότι η στάθμη της ακουστικής πίεσης πέφτει αισθητά (3-5dB) στις πολύ χαμηλές συχνότητες όλων των μετρήσεων. Οι μετρήσεις συνεχίζουν να παρουσιάζουν τοπικό μέγιστο στις μεσαίες προς υψηλές συχνότητες. 630Hz - 1.25 kHz λόγω εργασιών κατασκευής προβλήτας με ένα τρυπάνι να δουλεύει σε μεγάλο μέρος των μετρήσεων (68.2dB στην μεσημεριανή μέτρηση στην συχνότητα των 1kHz).

Αναφορικά με τις εκατοστομοριακές στάθμες θορύβου, γίνεται εμφανής η διαφορά ανάμεσα στην ύπαρξη πλοίου στο λιμάνι και στην απουσία του. Αυτό γίνεται αντιληπτό από την ουσιαστική διαφορά (6-7dB) ανάμεσα στα επίπεδα του θορύβου βάθους, δηλαδή ανάμεσα στα LAF90 και LAF95 ανάμεσα στις μετρήσεις με πλοίο και τις μετρήσεις χωρίς πλοίο. Το LAF90 δεν ξεπερνάει στην μέτρηση χωρίς πλοίο την χαμηλότερη μέτρηση του σετ ηχογραφήσεων με την παρουσία πλοίου, ενώ το LAF95 είναι αρκετά χαμηλότερο σε όλες τις μετρήσεις. Το LAF90 επηρεάζεται περισσότερο από τον θόρυβο του δρόμου, ενώ το LAF95 αντιστοιχεί στο μεγαλύτερό του μέρος στο θόρυβο του λιμανιού τον οποίο παρατηρούμε μειωμένο αρκετά κατά την απουσία πλοίου.

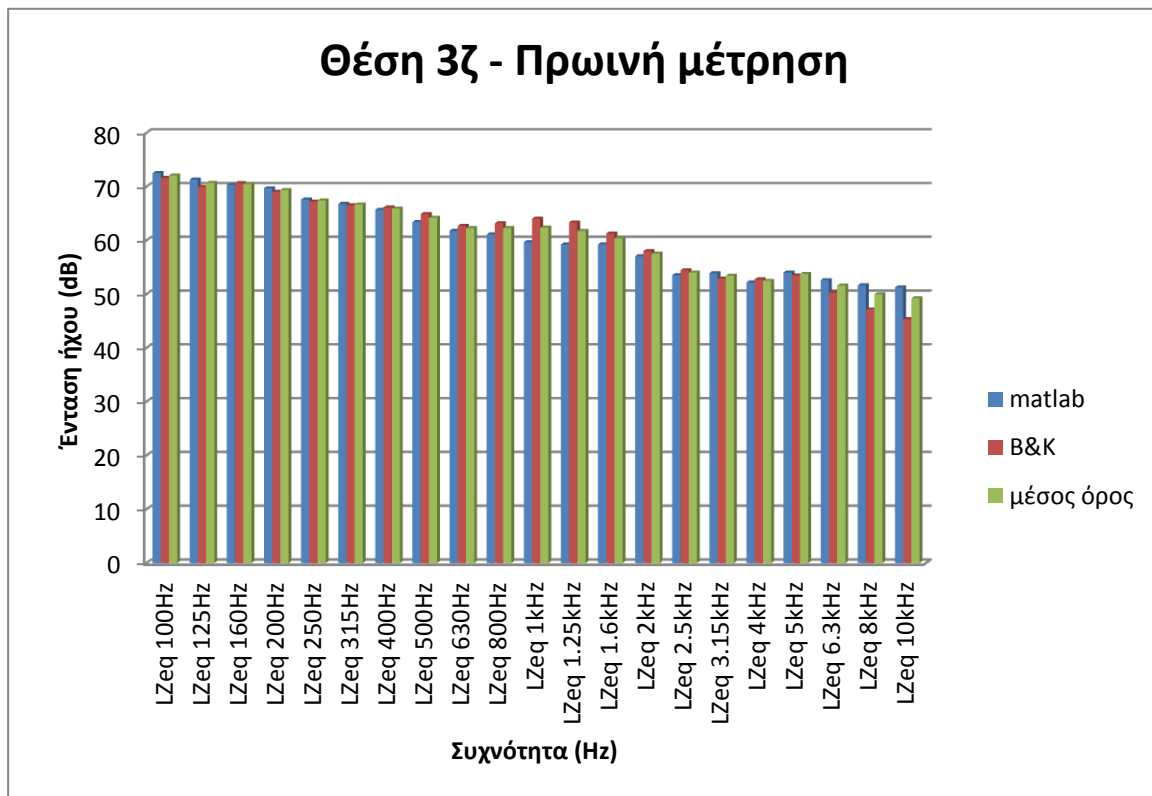
## Θέση 3ζ

Κατάσταση: με πλοίο

Αριθμός ηχομετρήσεων: 3

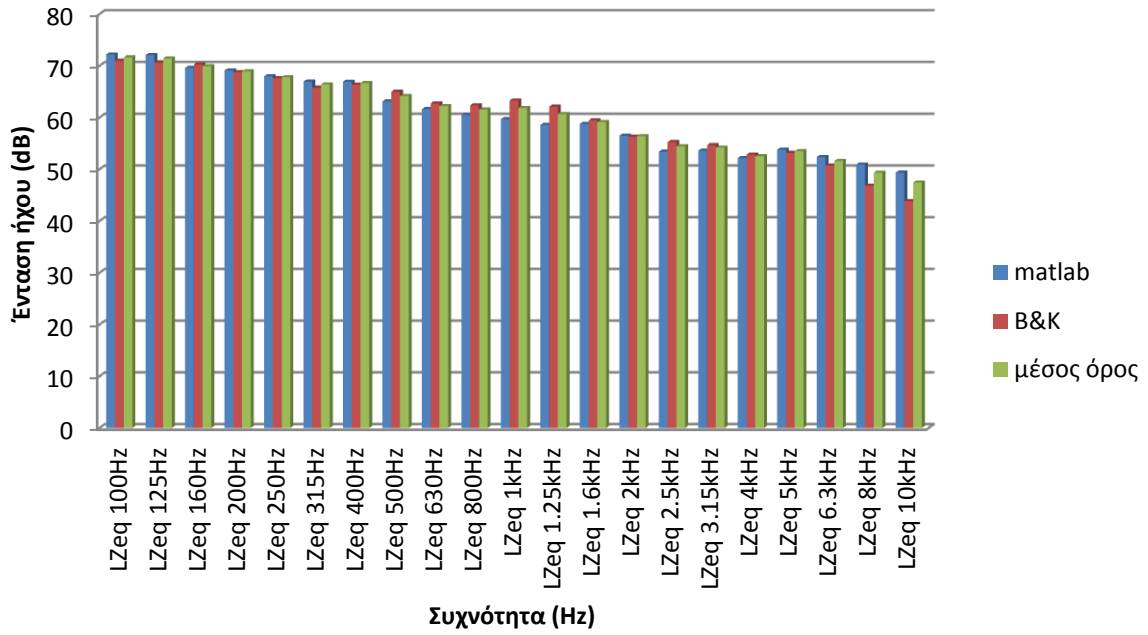
Διάρκεια ηχομετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

Φασματογραφήματα:



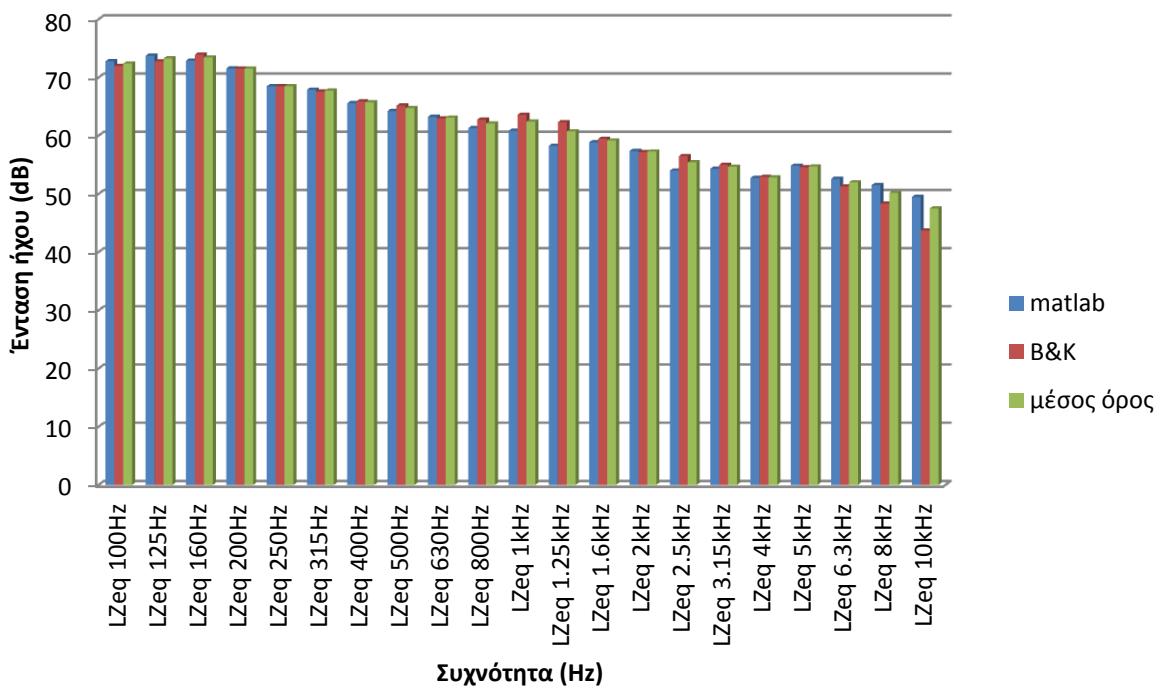
Ώρα έναρξης: 11.36

### Θέση 3ζ - Μεσημεριανή μέτρηση



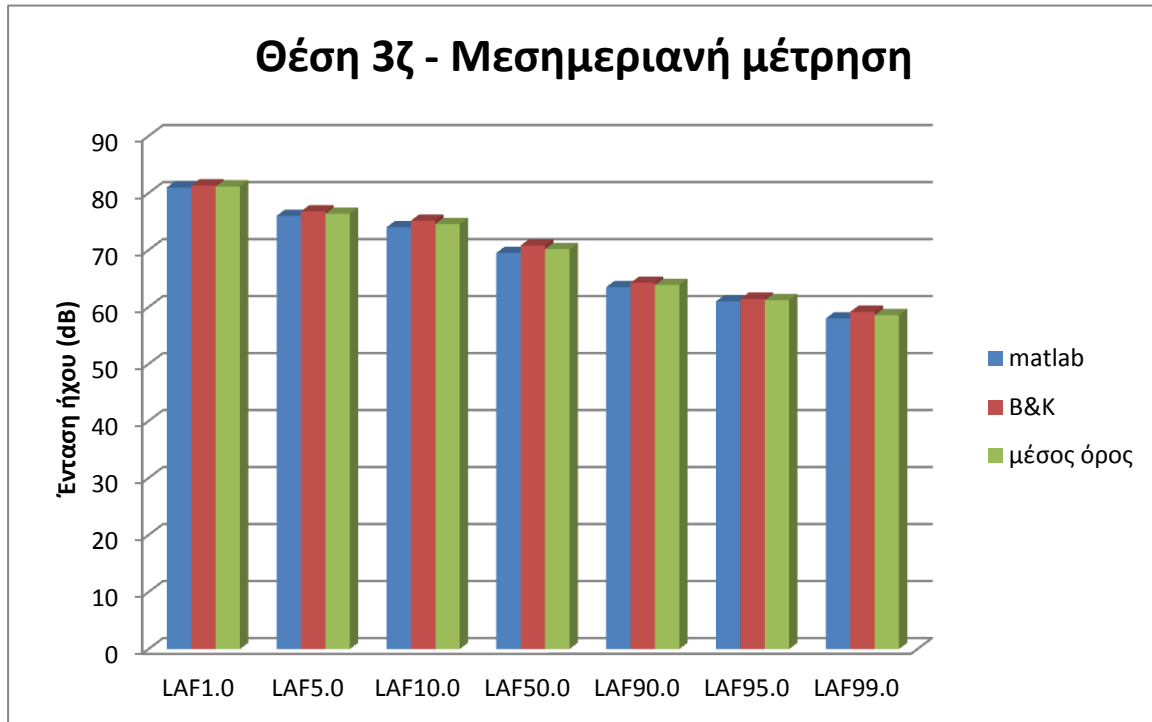
Ώρα έναρξης: 12.38

### Θέση 3ζ - Απογευματινή μέτρηση

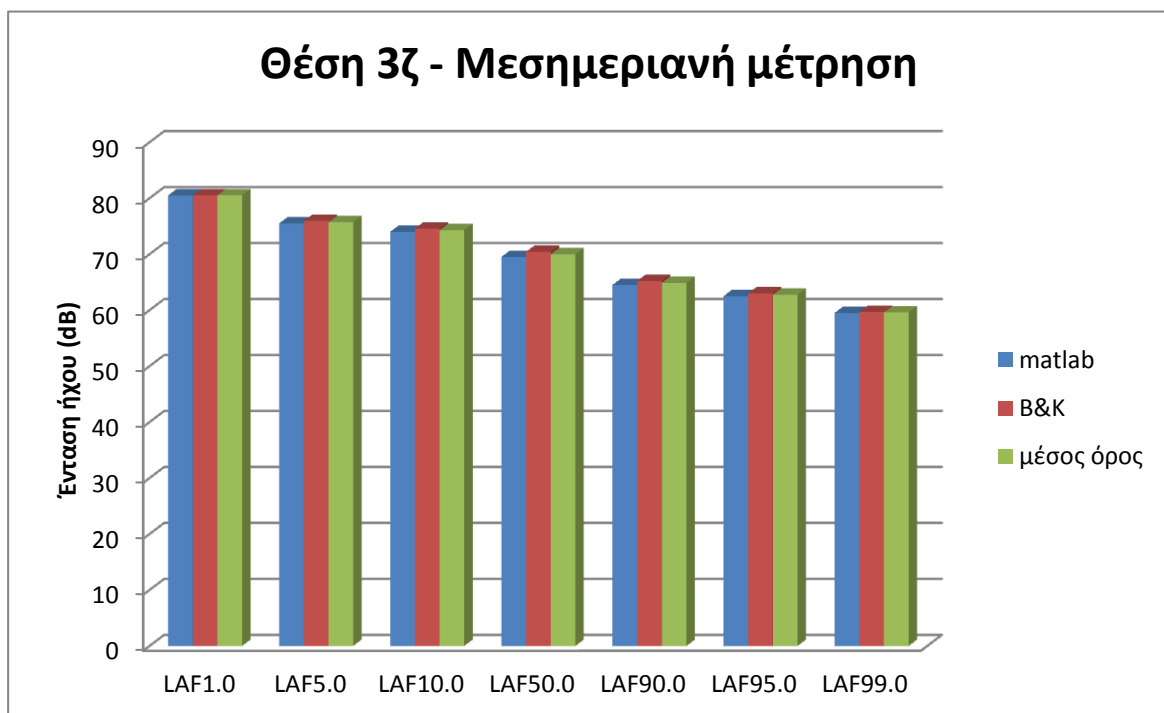


Ώρα έναρξης: 16.17

Διαγράμματα εκατοστομοριακών επιπέδων:

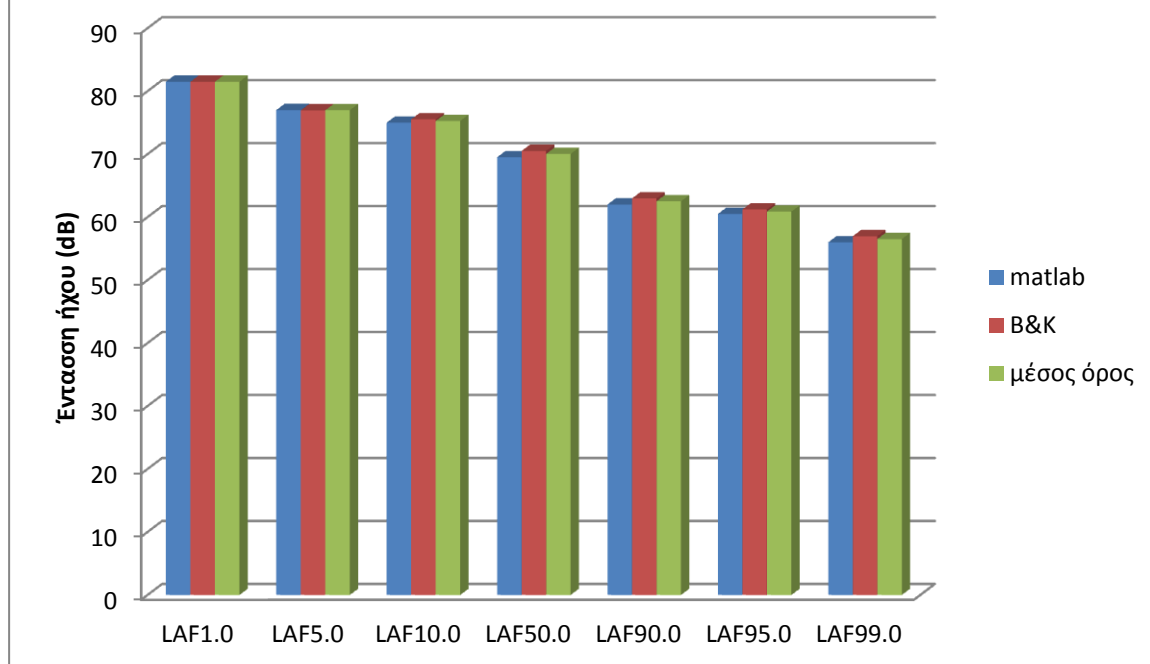


Ωρα έναρξης: 11.38



Ωρα έναρξης: 12.36

### Θέση 3ζ - Απογευματινή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 16.17

Η θέση 3ζ αντιστοιχεί σε λήψη επί της λεωφόρου Δημοκρατίας, μπροστά από την είσοδο του σχολείου. Τα ηχογραφήματα που θα σχολιαστούν στο παρόν κομμάτι καταγράφηκαν κατά την παρουσία πλοίου στο λιμάνι. Παρατηρούμε ότι σε όλες τις μετρήσεις οι χαμηλές συχνότητες 100 Hz , 125 Hz κλπ, κινούνται με άνω όριο τα 70dB. Αυτό οφείλεται αφενός στην κίνηση του δρόμου και τις εργασίες στο λιμάνι που ενισχύουν την ένταση σε αυτές τις συχνότητες, αφετέρου στο γεγονός ότι υπάρχει απόσταση αλλά και εμπόδια ανάμεσα στην τοποθεσία της λήψης και το λιμάνι, δεδομένα τα οποία εμποδίζουν την ενίσχυση των χαμηλών συχνοτήτων πάνω από τα 70dB. Παρουσιάζεται επίσης ένα τοπικό ακουστικό μέγιστο στις μεσαίες συχνότητες και συγκεκριμένα στο 1kHz ( 64dB στην λήψη του ηχομέτρου). Η λήψη έγινε κοντά σε φανάρια οπότε στις εντάσεις των ακουστικών συχνοτήτων αποτυπώνονται επίσης τόσο τα φρεναρίσματα των οχημάτων όσο και οι μηχανές την ώρα τις εκκίνησης των οχημάτων.

Από την ανάλυση με εκατοστομοριακά μεγέθη παρατηρούμε υψηλά επίπεδα LAF5 ( 76,4dB/75,7dB/77dB ) και LAF10 ( 74,6dB/74,3dB/75,3dB ) αλλά και υψηλότερο θόρυβο βάθους από πολλές μετρήσεις κοντά στο λιμάνι( κυρίως σε σχέση με τις περισσότερες μετρήσεις των θέσεων 2,3<sup>a</sup>,7,9 όπου η διαφορά κινείται από 2-7dB). Αυτό σημαίνει αφενός πως η λεωφόρος Δημοκρατίας αποτελεί την κύρια πηγή θορύβου, μιας και η κίνηση δικαιολογεί τα υψηλά Decibel LAF05( 76,8db/ 76dB/77dB) και LAF10 ( 75dB/75dB/75,5dB) λόγω τις υψηλής έντασης αλλά και της μη συνεχόμενης εκπομπής της που την χαρακτηρίζει σαν πηγή ήχου. Αφετέρου φαίνεται πως η ζωή του λιμανιού επηρεάζει τα επίπεδα θορύβου λόγω του υψηλού ποσοστού θορύβου βάθους (LAF90=63,9dB/64,9dB/62,5dB).

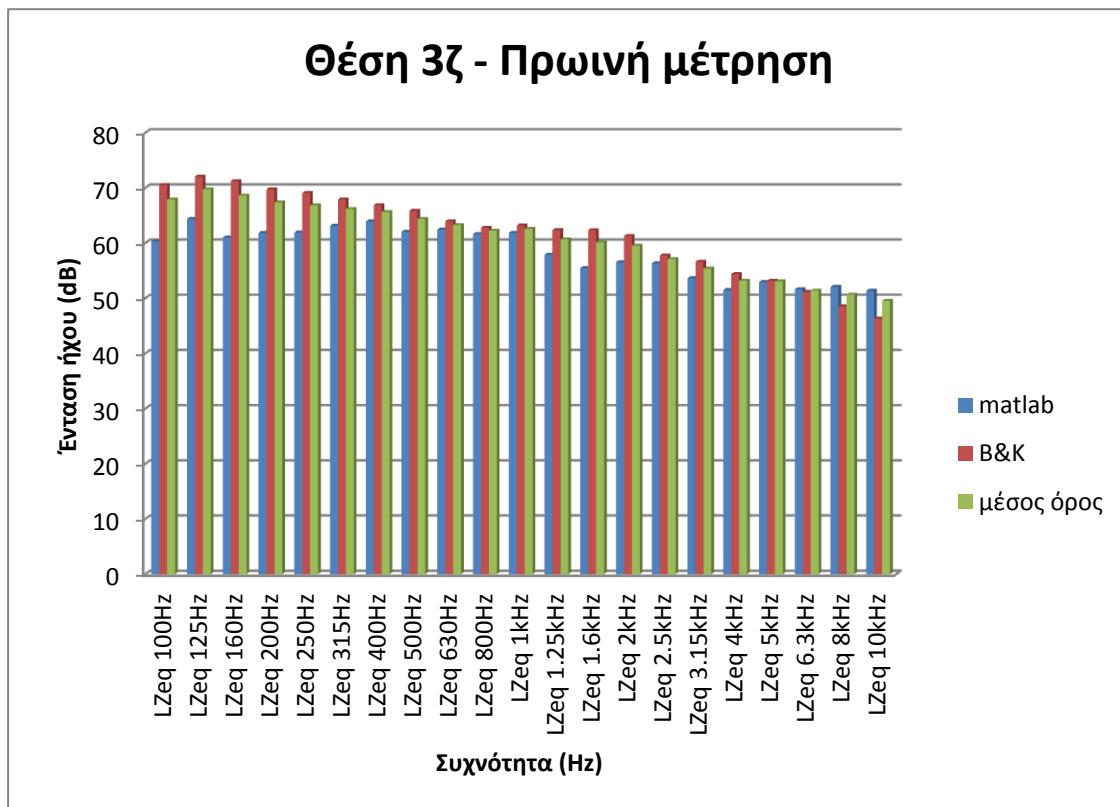
## Θέση 3ζ

Κατάσταση: χωρίς πλοίο

Αριθμός μετρήσεων: 2

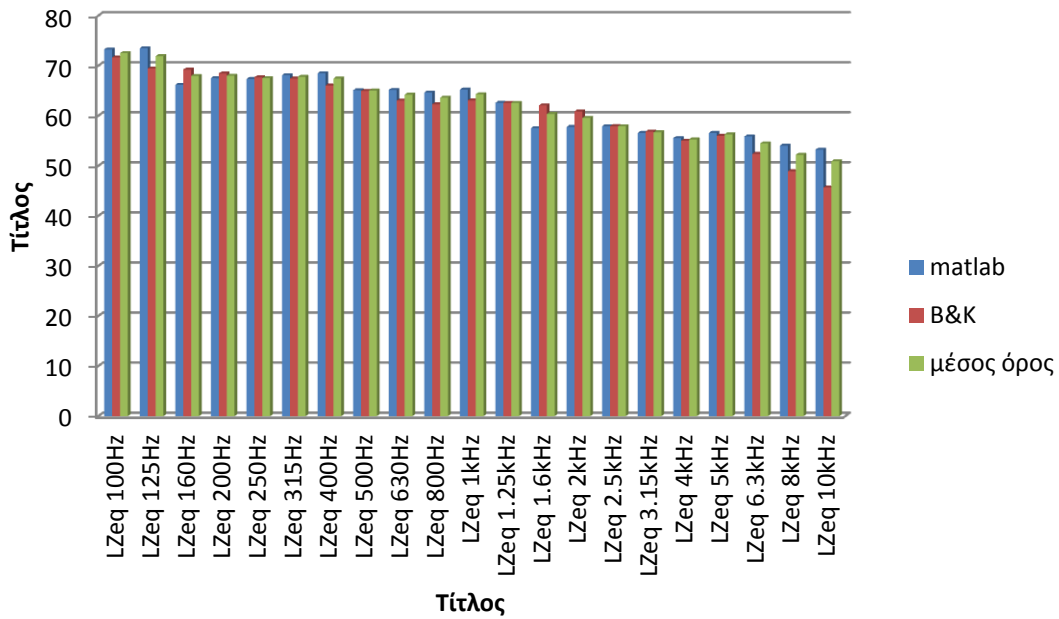
Διάρκεια μετρήσεων: περίπου 15'

Φασματογραφήματα:



Ωρα έναρξης: 12.10

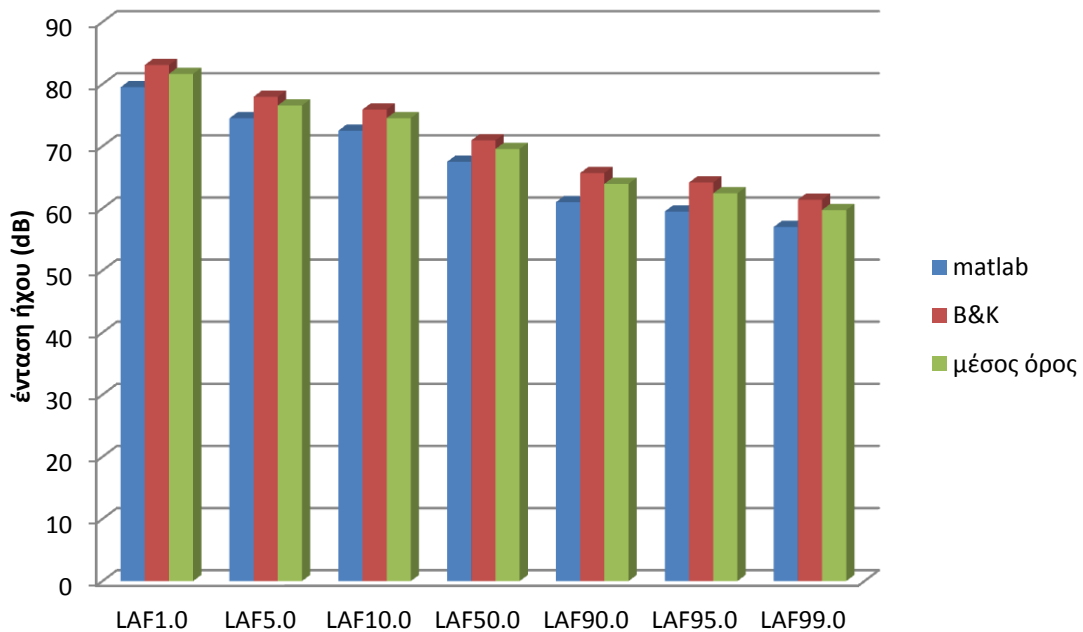
### Θέση 3ζ - Μεσημεριανή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 13.20

Διαγράμματα εκατοστομοριακής ανάλυσης:

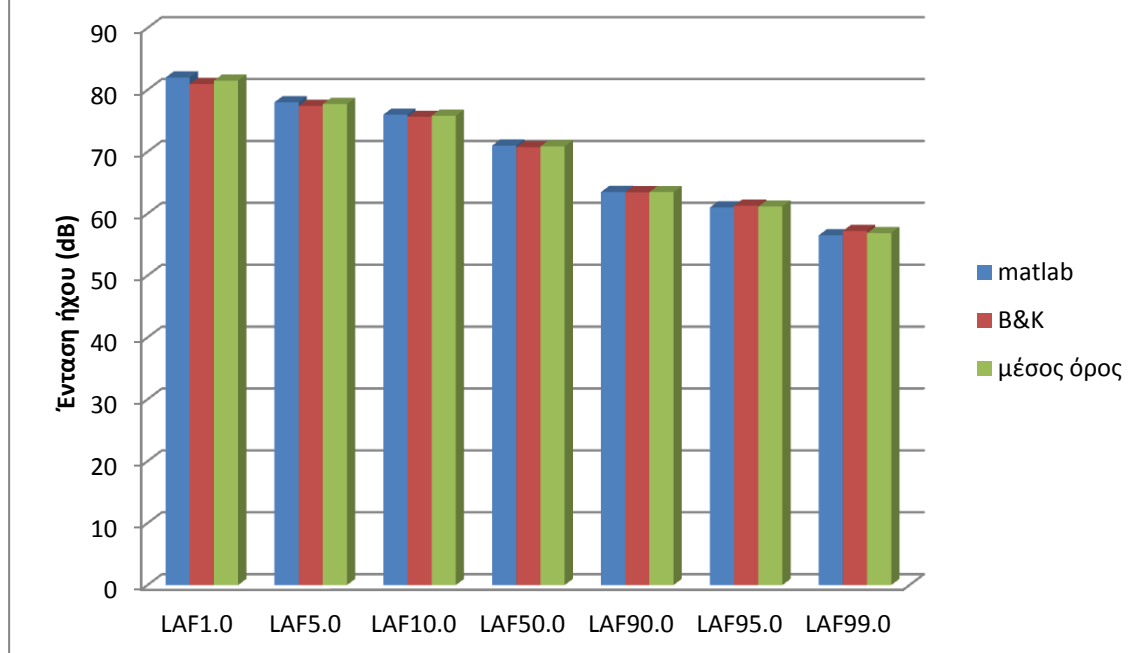
### Θέση 3ζ - Πρωινή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 12.10



### Θέση 3ζ - Μεσημεριανή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 13.20

Η παρούσα ηχογράφιση έλαβε χώρα κατά την διάρκεια απουσίας πλοίου από το λιμάνι του ΟΛΠ. Η θέση λήψης είναι μπροστά από το σχολείο του Περάματος, επί της λεωφόρου Δημοκρατίας. Στις μετρήσεις αυτές παρατηρούμε υψηλότερα επίπεδα υψηλών συχνοτήτων σε σχέση με τις μετρήσεις με ελλιμενισμένο πλοίο. Αυτό είναι συνέπεια της αυξημένης κίνησης επί της λεωφόρου Δημοκρατίας εκείνη την ημέρα. Ακόμα και απουσία πλοίου από το λιμάνι παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει αξιοσημείωτη πτώση στα επίπεδα ακουστικής πίεσης των χαμηλών συχνοτήτων. Αυτό οφείλεται από την μία στο γεγονός ότι μέρος αυτών των συχνοτήτων παράγεται από τα μεγάλα φορτηγά τα οποία κινούνται στην λεωφόρο Δημοκρατίας – επίσης σταματάνε στην διασταύρωση λόγω του φωτεινού σηματοδότη -, από την άλλη αναδεικνύει το γεγονός ότι η λειτουργία του λιμανιού ως πηγής θορύβου συνεχίζεται ακόμα και κατά την απουσία ελλιμενισμένου πλοίου, λόγω της μετακίνησης και τις στοιβασιές εμπορευμάτων αλλά και της λειτουργίας του Σ.Ε.Π. . Με την υποσημείωση ότι οι διαφορές είναι μικρή λόγω της απόστασης αλλά και τις παρουσίας ενδιάμεσων φυσικών όγκων που εμποδίζουν την διάδοση του θορύβου.

Στην δεύτερη μέτρηση από τις μετρήσεις χωρίς πλοίο, η εκατοστομοριακή ανάλυση των ηχογραφημένων δειγμάτων παρουσιάζει μια πτώση στο θόρυβο βάθους (LAF90=2dB). Άρα δεν μπορούμε να συμπεράνουμε με σαφήνεια αν αποδεικνύεται η συνεισφορά του λιμανιού στον περιβαλλοντικό θόρυβο με βάση αυτή την μέτρηση. Επιπλέον είναι πολύ πιθανόν αν και έχουμε καταγραφή χωρίς πλοίο, η θέση αυτή να επηρεάζεται και από την παρουσία πλοίου στο ΣΕΜΠΟ2. Οι μετρήσεις κατά τα άλλα δεν παρουσιάζουν κάτι αξιοσημείωτο, ενώ τα υψηλά επίπεδα LAF1(81dB/81dB), LAF5(76dB/77dB), LAF10 (74dB/76dB) ταιριάζουν με το ηχητικό προφίλ της κίνησης των τροχοφόρων σαν κύρια πηγή θορύβου.

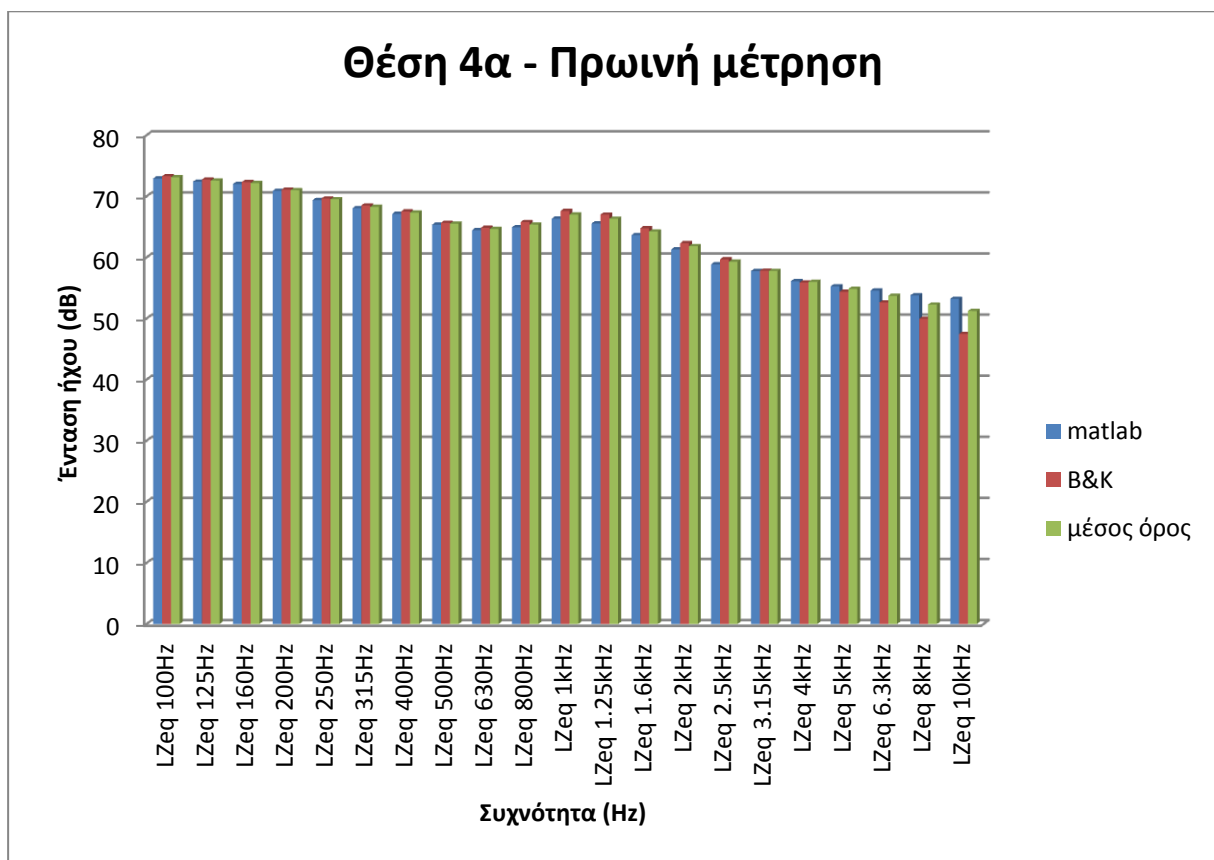
## Θέση 4α

Κατάσταση: με πλοίο

Αριθμός μετρήσεων: 1

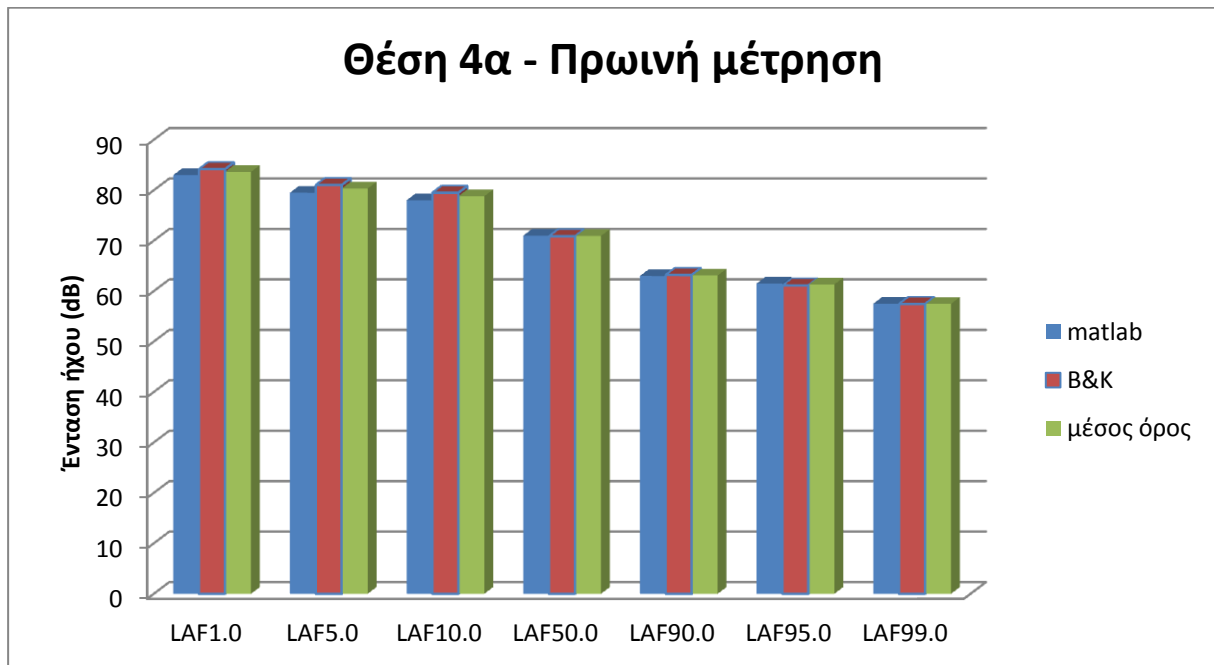
Διάρκεια μετρήσεων: περίπου 15'

Φασματογράφημα:



Ώρα έναρξης:11.37

### Διάγραμμα εκατοστομοριακών επιπέδων:



Ώρα έναρξης: 11.37

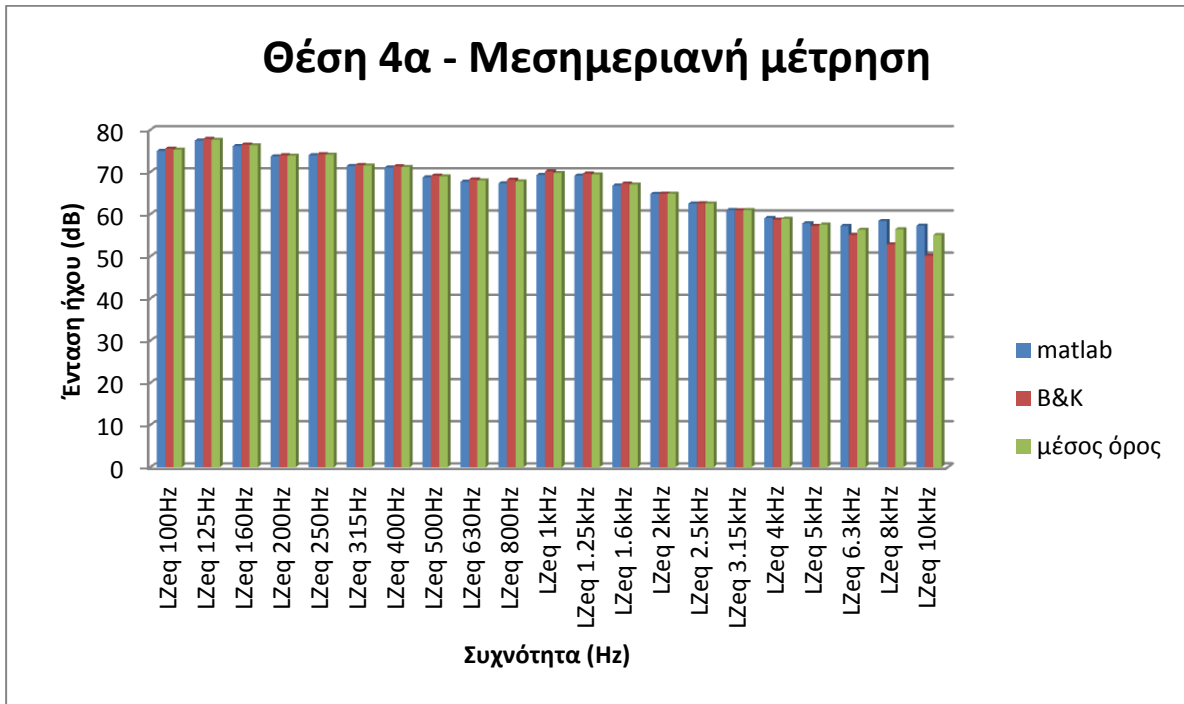
Η θέση αυτή είναι επί της λεωφόρου Δημοκρατίας και πλησιέστερα στις προβλήτες που ελέγχονται από την COSCO παρά σε αυτή του ΟΛΠ. Ως εκ τούτου έχουμε θεωρήσει ότι σε αυτή την θέση η κύρια πηγή θορύβου είναι η λεωφόρος Δημοκρατίας και η ύπαρξη ή όχι πλοίου στην προβλήτα του ΟΛΠ διαδραματίζει δευτερεύοντα λόγο καθώς μπορεί να υπάρχει πλοίο στις προβλήτες της COSCO. Βάσει των παραπάνω παρατηρήσεων κρίνεται σκόπιμο να εξετάσουμε αυτή την θέση ανεξάρτητα από την ύπαρξη ή όχι πλοίου στο κομμάτι που διαχειρίζεται ο ΟΛΠ. Παρακάτω λοιπόν παρουσιάζονται και τα διαγράμματα φασματικής ανάλυσης και εκατοστομοριακών επιπέδων και για τις μετρήσεις χωρίς πλοίο στον ΟΛΠ.

**Κατάσταση: χωρίς πλοίο**

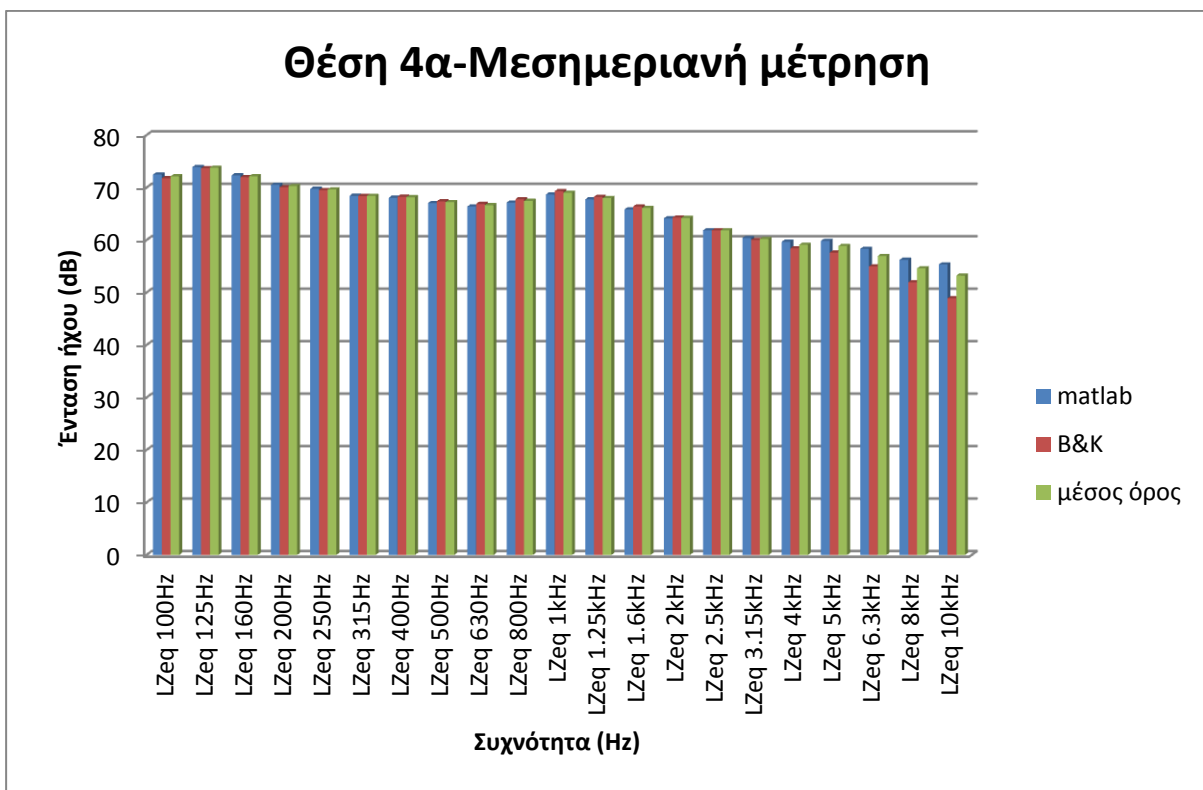
Αριθμός μετρήσεων: 2

Διάρκεια μετρήσεων: περίπου 15' η καθेमία

Φασματογραφήματα:

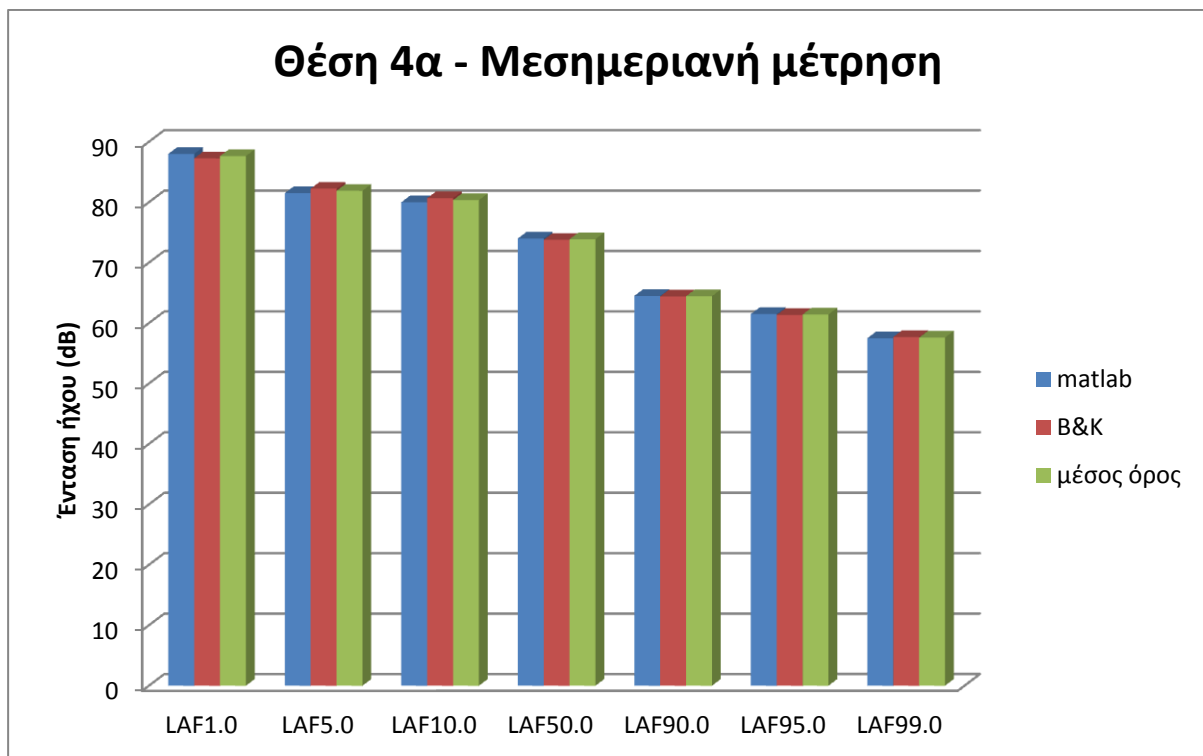


Ωρα έναρξης: 13.06

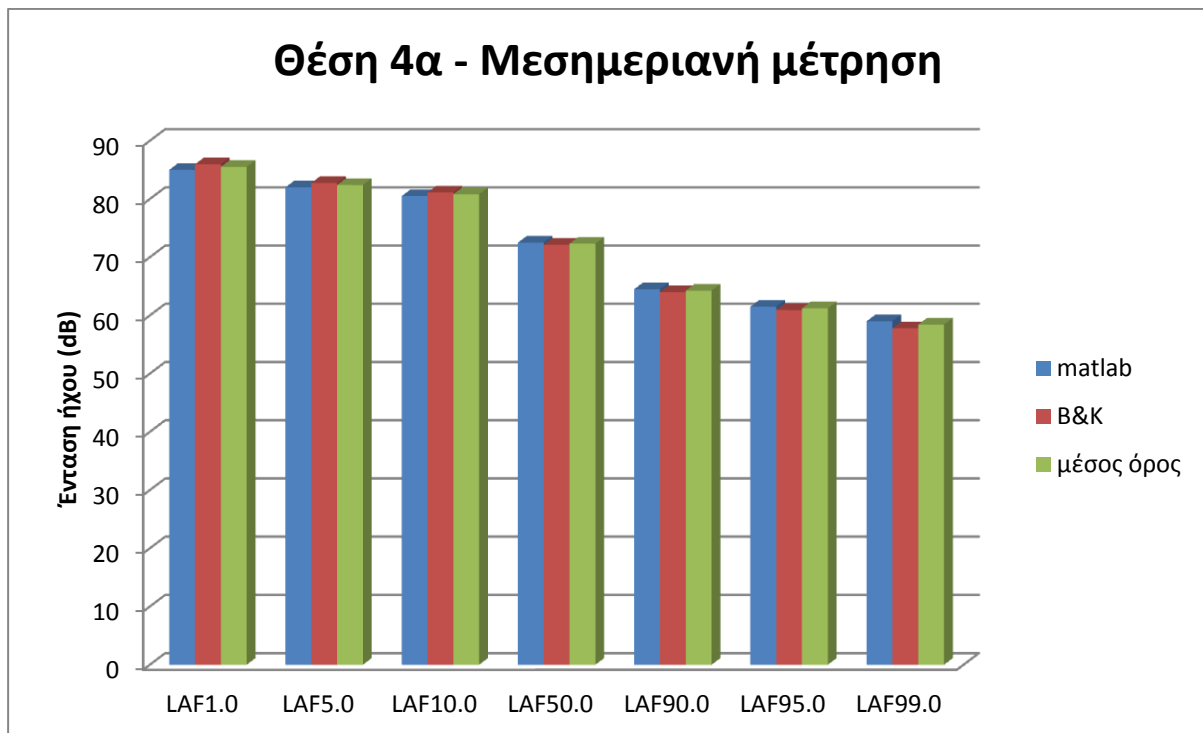


Ωρα έναρξης: 15.39

Διαγράμματα εκατοστομοριακών επιπέδων:



Ώρα έναρξης: 13.06



Ώρα έναρξης: 15.39

Η υπόθεσή μας πως η ύπαρξη πλοίου στη προβλήτα που διαχειρίζεται ο ΟΛΠ δεν διαφοροποιεί σημαντικά τα επίπεδα θορύβου στην θέση αυτή φαίνεται να επαληθεύεται από την σύγκριση των παραπάνω διαγραμμάτων. Χαρακτηριστικό των παραπάνω διαγραμμάτων που επιβεβαιώνει την υπόθεση μας είναι ότι στην δεύτερη μέτρηση, η οποία έχει χαρακτηριστεί χωρίς πλοίο, παρουσιάζει ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα θορύβου (3dB) από την πρώτη μέτρηση που έχει χαρακτηριστεί ως μέτρηση με πλοίο. Μάλιστα παρουσιάζει υψηλότερα επίπεδα (2-5dB) ακόμα και στις χαμηλές συχνότητες οι οποίες οφείλονται σε μηχανές πλοίων και φορτηγών, και στα μηχανήματα που διεκπεραιώνουν τις εργασίες στο λιμάνι.

Επίσης παρατηρούνται υψηλές στάθμες θορύβου στις μεσαίες συχνότητες και κυρίως κοντά στο 1kHz(κοντά στα 70dB). Αυτές υποθέτουμε ότι οφείλονται στα διερχόμενα οχήματα που κινούνται με ταχύτητα γύρω στα 50χλμ/ώρα.

Από τα εκατοστομοριακά επίπεδα βλέπουμε σημαντική διαφορά ανάμεσα στο LAF10 και στο LAF90 που ξεπερνά τα 15dB. Επίσης παρατηρούμε ότι το LAF1 στην δεύτερη μέτρηση είναι αισθητά υψηλότερα του LAF10 (πάνω από 7dB), αυτό πιθανόν οφείλεται στην τυχαία διέλευση πολλών δικύκλων χωρίς σιγαστήρα στην εξάτμιση. Επίσης το LAF50 σε όλες τις μετρήσεις ξεπερνάει τα 70dB. Δηλαδή στο 50% της διάρκειας της μέτρησης, δηλαδή τουλάχιστον για 7'30'' από τα περισσότερα από 15' της μέτρησης ο θόρυβος ξεπερνούσε τα 70dB. Υψηλά επίπεδα θορύβου αν σκεφτούμε ότι βρισκόμαστε σε κατοικημένη περιοχή.

## **Θέση 4β**

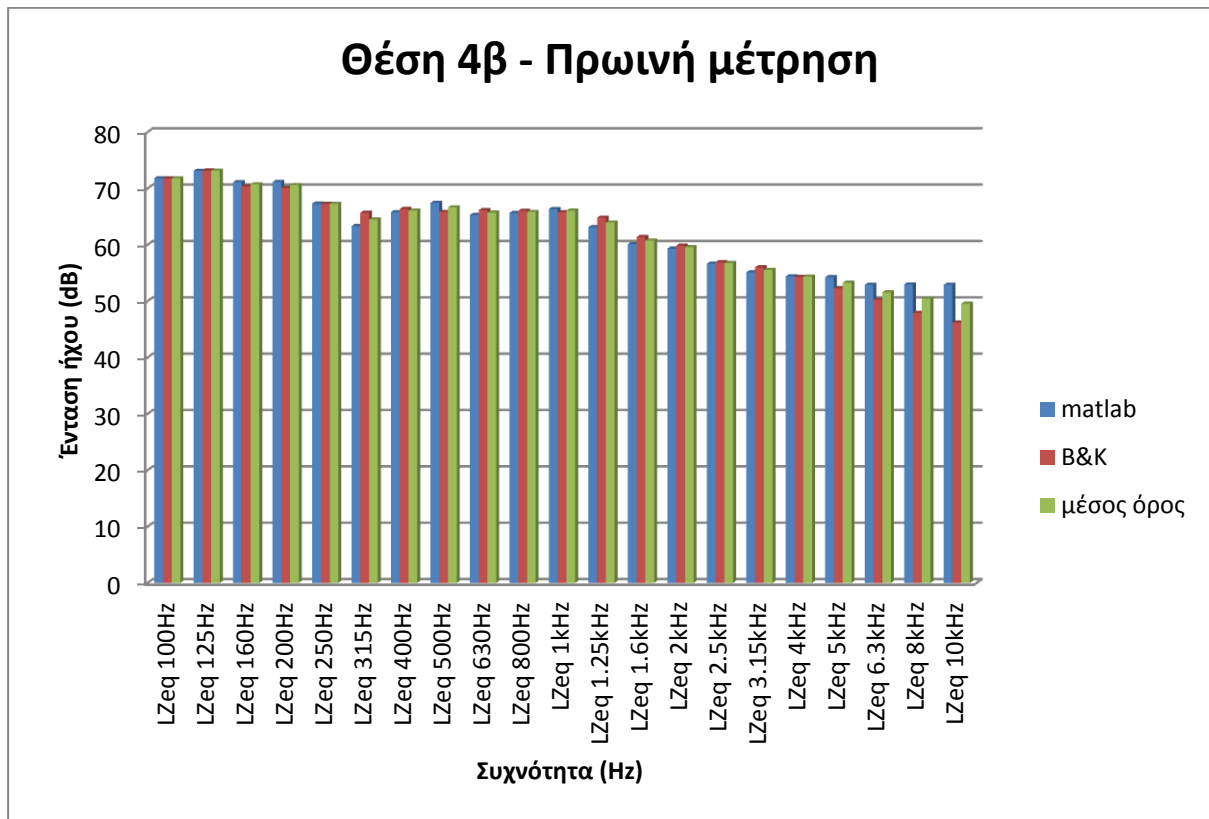
Η θέση αυτή έχει παρόμοιες ιδιαιτερότητες με την προηγούμενη θέση 4α. Δηλαδή είναι επί της λεωφόρου Δημοκρατίας που θεωρείται η κύρια πηγή θορύβου και η ύπαρξη ή όχι πλοίου στην προβλήτα που ανήκει στον ΟΛΠ δεν επιβαρύνει με διαφορετικό τρόπο τα επίπεδα θορύβου. Όπως έχουμε πει η ύπαρξη πλοίου στις προβλήτες που διαχειρίζεται η COSCO επηρεάζει τουλάχιστον στον ίδιο βαθμό τα αποτελέσματα των μετρήσεων μας. Ως εκ τούτου τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν και θα σχολιαστούν παρακάτω όλα μαζί με διευκρίνιση για το αν υπήρχε πλοίο ή όχι στον ΟΛΠ.

### **Κατάσταση: με πλοίο**

Αριθμός μετρήσεων: 1

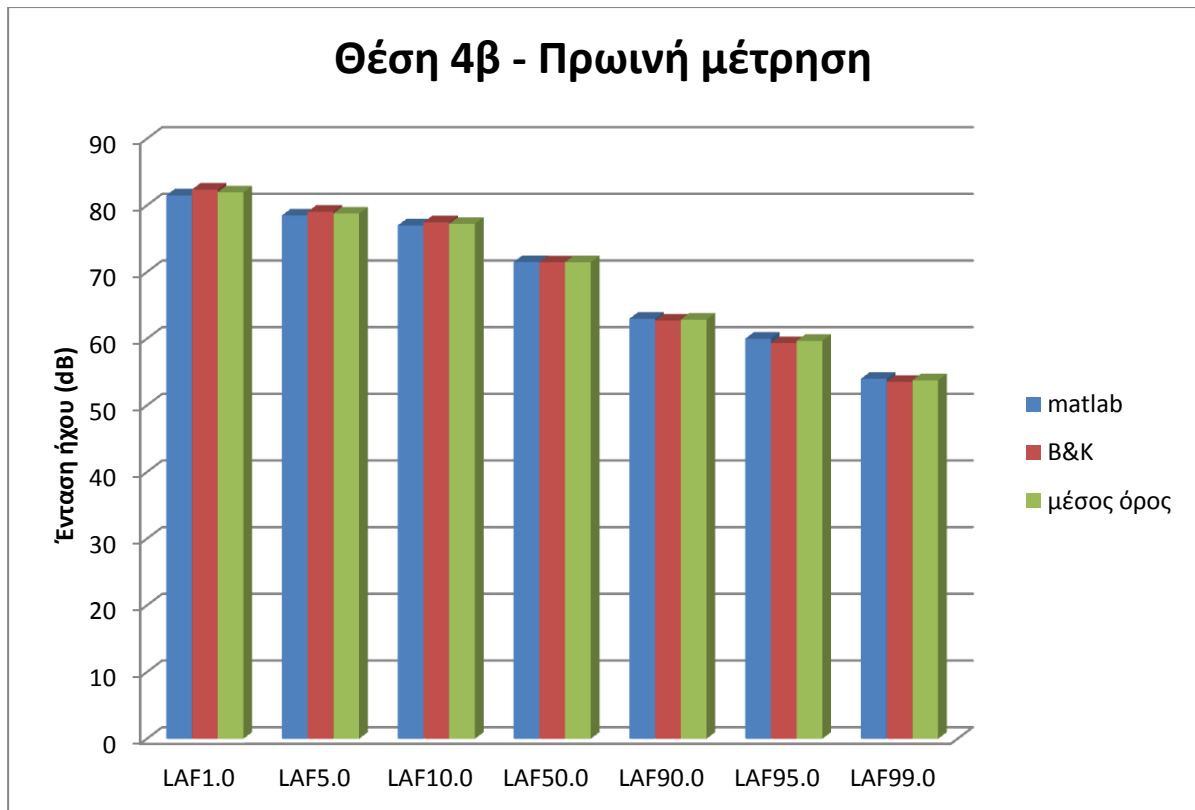
Διάρκεια μέτρησης: περίπου 15'

Φασματογράφημα:



Ώρα έναρξης: 10.48

Διάγραμμα εκατοστομοριακών επιπέδων:



Ώρα έναρξης: 10.48

**Κατάσταση: χωρίς πλοίο**

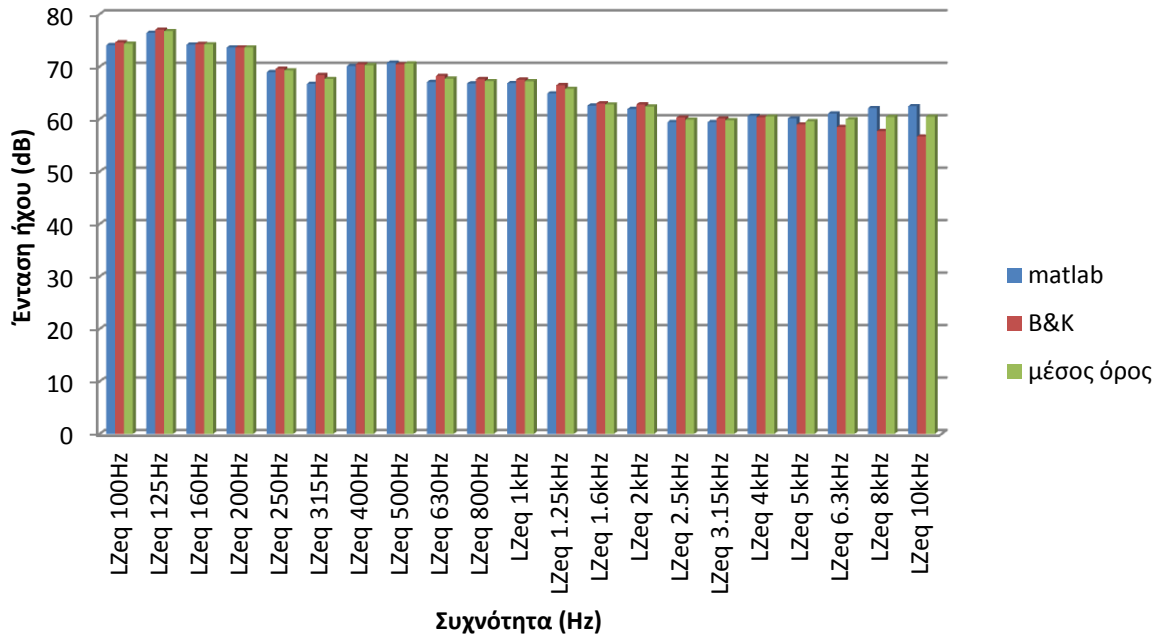
Αριθμός μετρήσεων: 2

Διάρκεια μετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

Φασματογραφήματα:

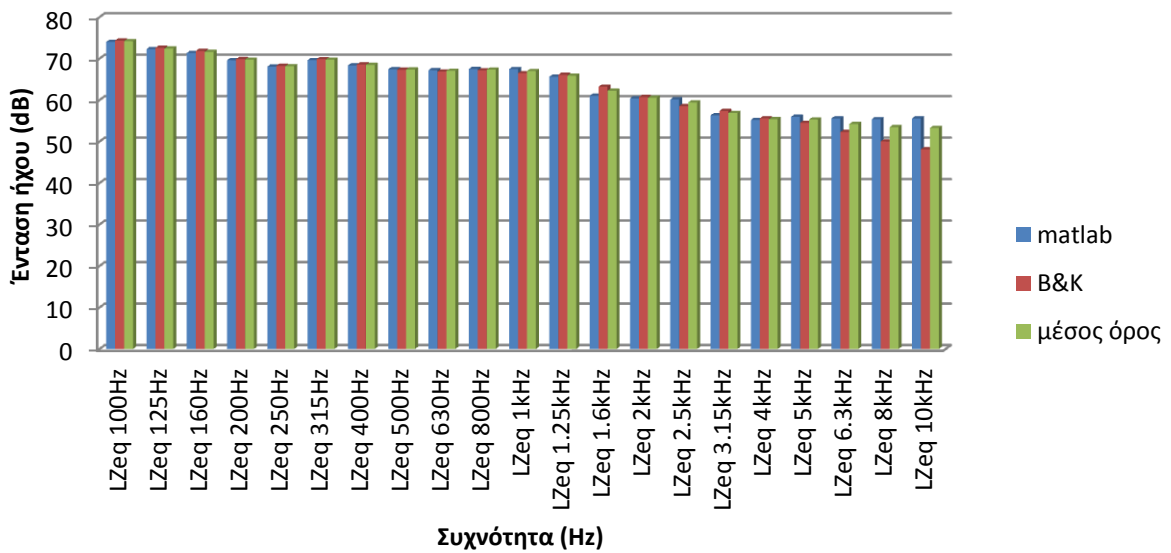


### Θέση 4β - Μεσημεριανή μέτρηση



Ωρα έναρξης 12.14

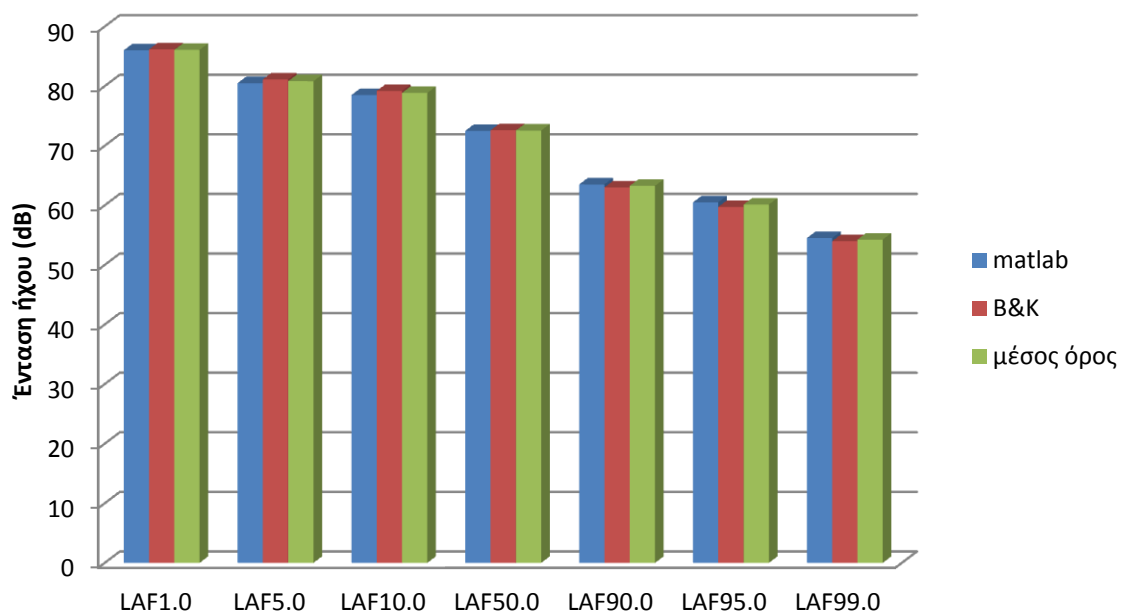
### Θέση 4β - Απογευματινή μέτρηση



Ωρα έναρξης: 16.28

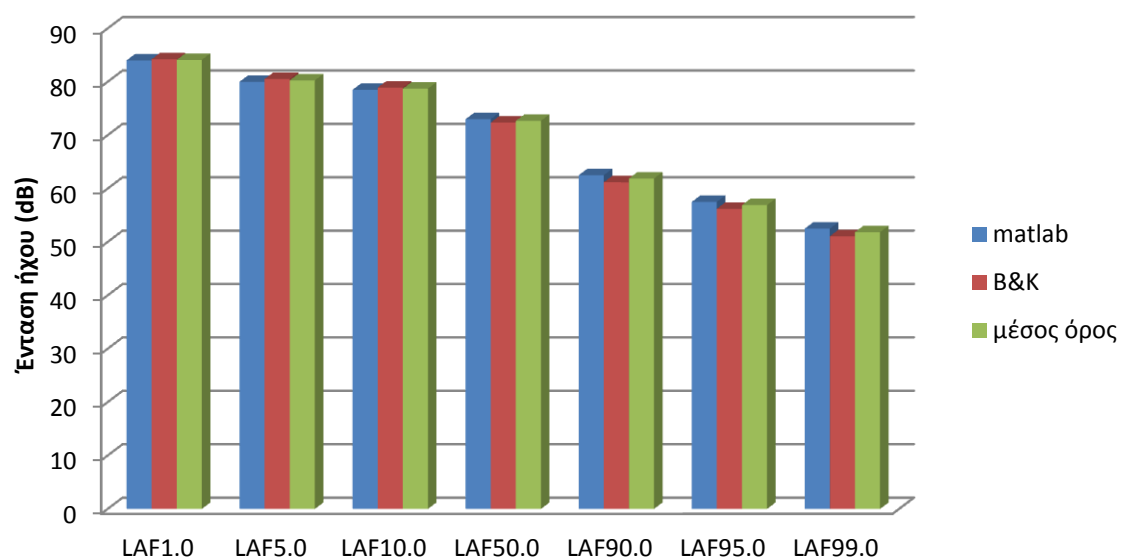
Διαγράμματα εκατοστομοριακών επιπέδων:

### Θέση 4β - Μεσημεριανή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 12.14

### Θέση 4β - Απογευματινή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 16.28

Τόσο από την φασματική ανάλυση όσο και από την ανάλυση των εκατοστομοριακών επιπέδων βλέπουμε ότι η υπόθεση που κάναμε για την επίδραση ύπαρξης πλοίου στην

προβλήτα του ΟΛΠ, είναι σωστή. Αυτό φαίνεται από τα επίπεδα θορύβου ανά συχνότητα που δεν παρατηρείται ιδιαίτερη διαφοροποίηση ανά μέτρηση και από τα εκατοστομοριακά επίπεδα ανά μέτρηση που πάλι δεν παρατηρείται ιδιαίτερη διαφοροποίηση.

Από την φασματική ανάλυση βλέπουμε ότι υπάρχει θόρυβος που οφείλεται στο λιμάνι και τις δραστηριότητες σε αυτό καθώς έχουμε υψηλά επίπεδα θορύβου (πάνω από 70dB) στις χαμηλές συχνότητες (φορτηγά, μηχανές πλοίων, μηχανήματα λιμανιού) και υψηλά επίπεδα θορύβου (πάνω από 65dB) στις μεσαίες συχνότητες που οφείλονται στην κίνηση των οχημάτων επί της λεωφόρου Δημοκρατίας.

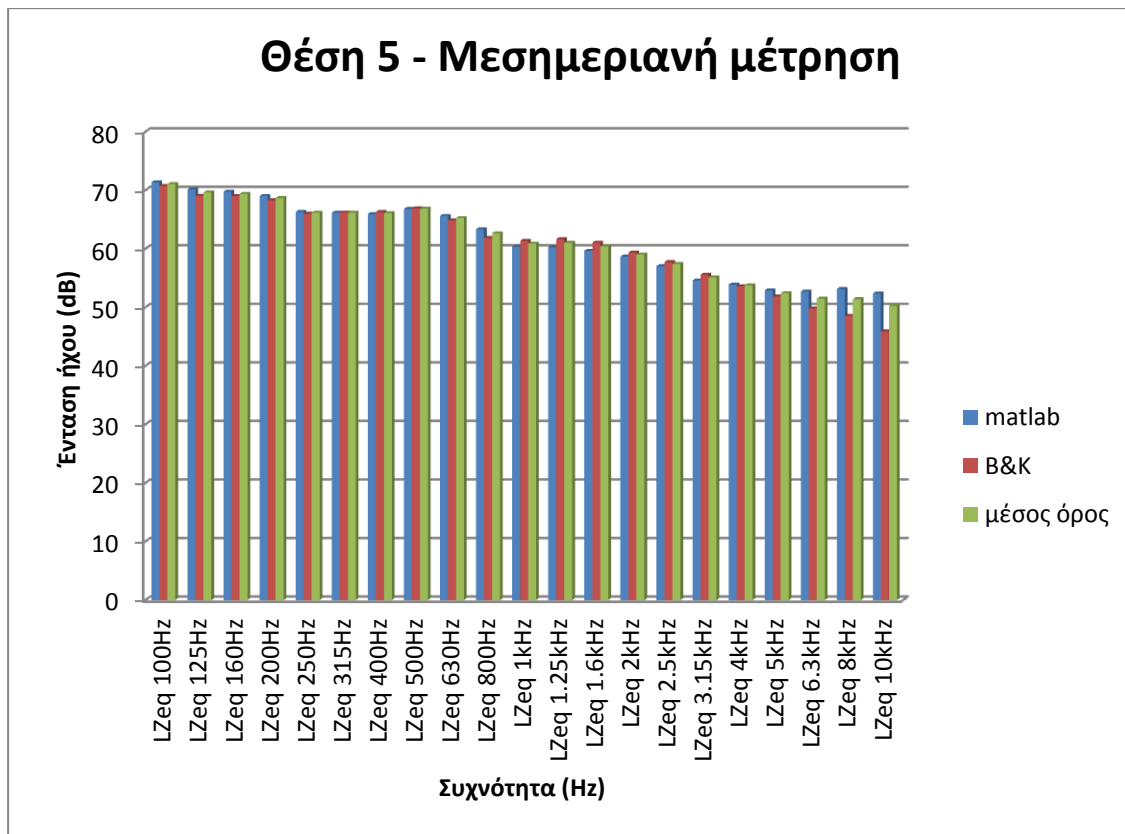
Από τα εκατοστομοριακά επίπεδα βλέπουμε ότι το επίπεδο της LAF50 ξεπερνάει σε όλες τις μετρήσεις τα 70dB. Άρα έχουμε υψηλά επίπεδα θορύβου για κατοικημένη περιοχή. Επίσης η διαφορά LAF10 και LAF90 είναι αρκετά μεγάλη(15-19dB), αυτό δίνει την αίσθηση στο παρατηρητή ενός συνεχούς θορύβου με πολλές αιχμές ακουστικού φορτίου. Αξιοσημείωτο σε αυτή την θέση είναι η διαφορά μεταξύ LAF90 και LAF99(9-10dB). Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην ύπαρξη φωτεινού σηματοδότη λίγο πριν την θέση μέτρησης δημιουργώντας μικρά χρονικά διαστήματα χωρίς κυκλοφορία.

## Κατάσταση: με πλοίο

Αριθμός ηχομετρήσεων: 3

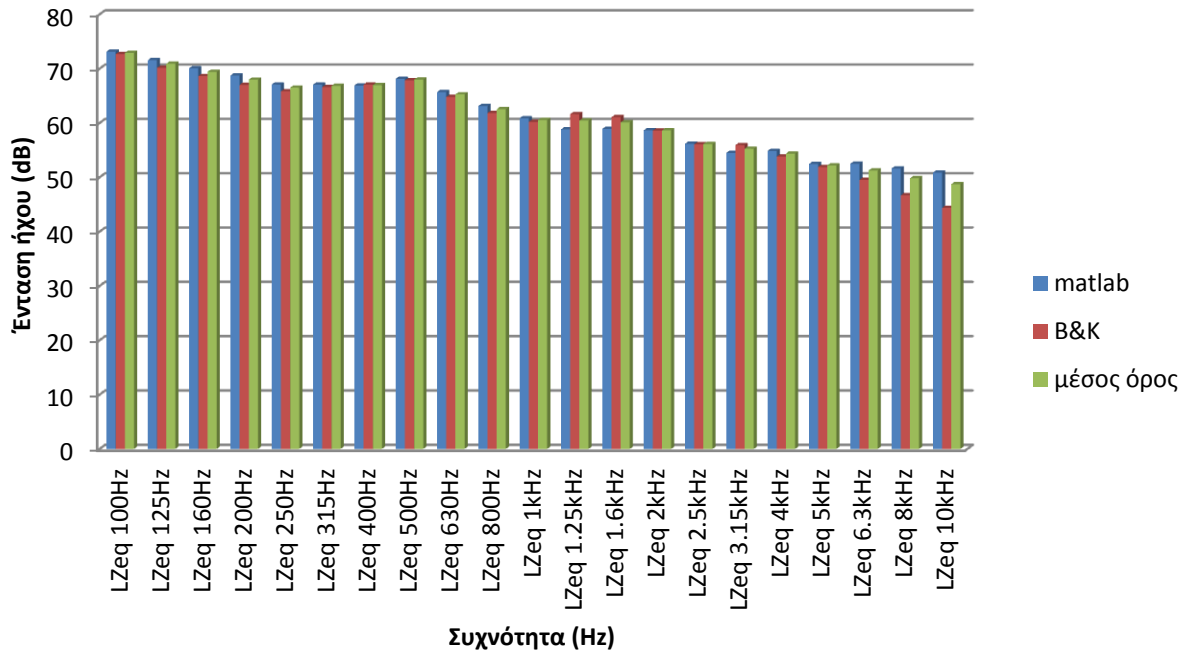
Διάρκεια ηχομετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

### Φασματογραφήματα:



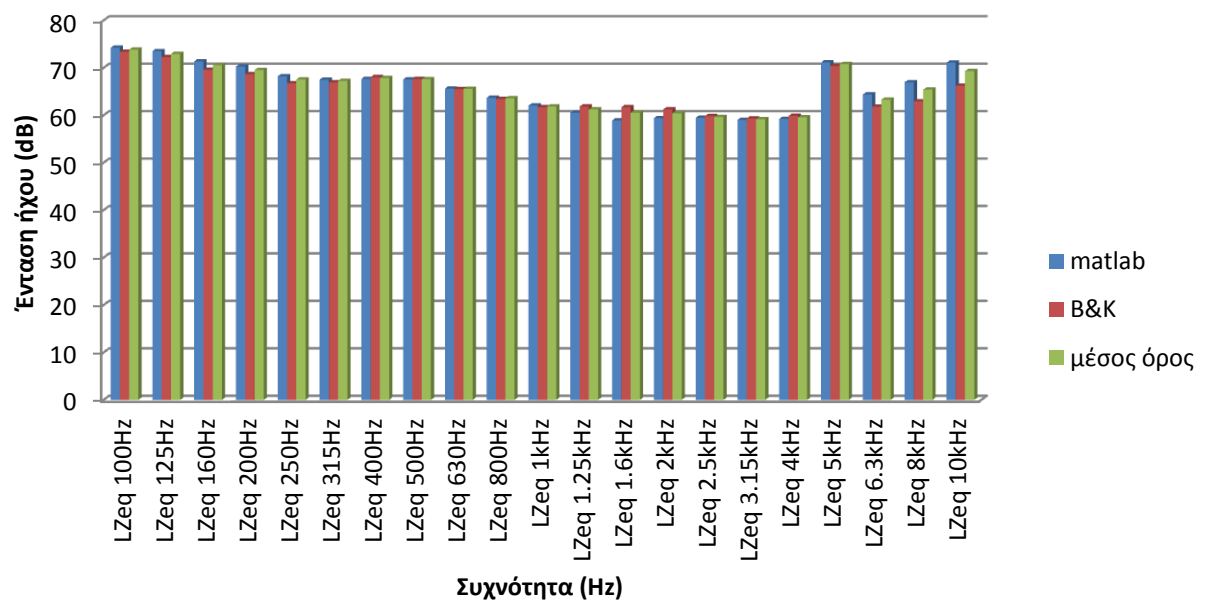
Ώρα έναρξης: 15.02

### Θέση 5 - Μεσημεριανή μέτρηση



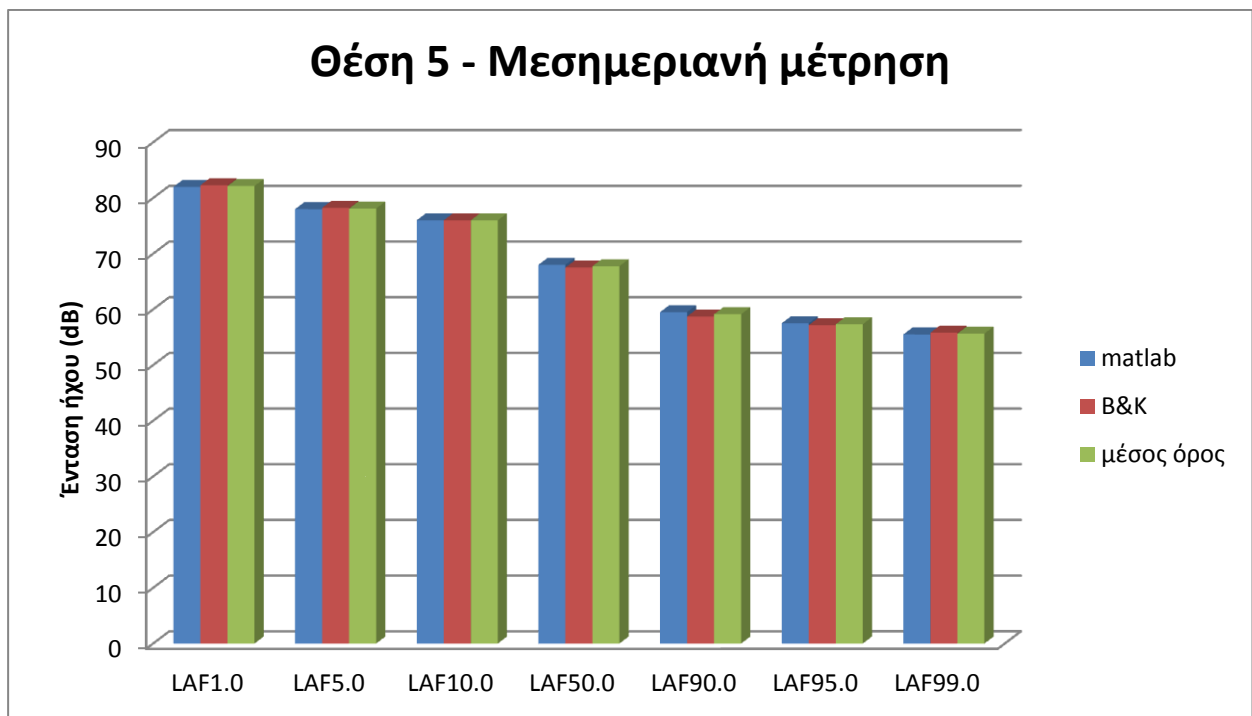
Ωρα έναρξης: 15.34

### Θέση 5 - Απογευματινή μέτρηση

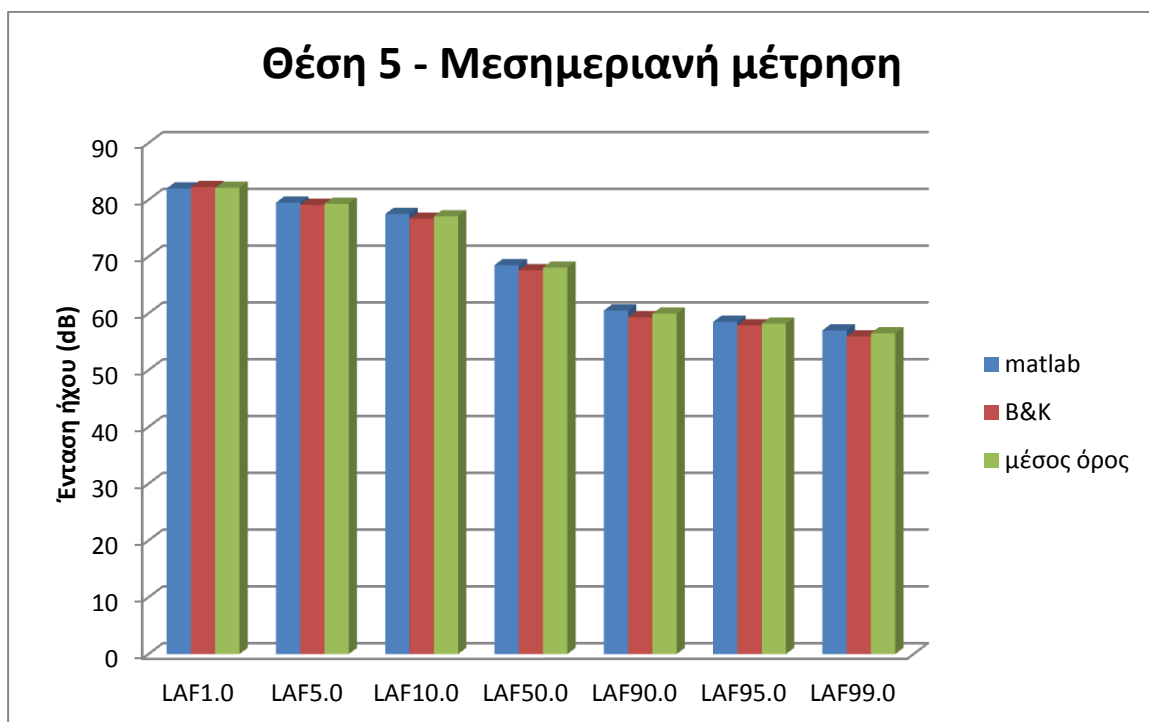


Ωρα έναρξης: 17.29

Διαγράμματα εκατοστομοριακών:

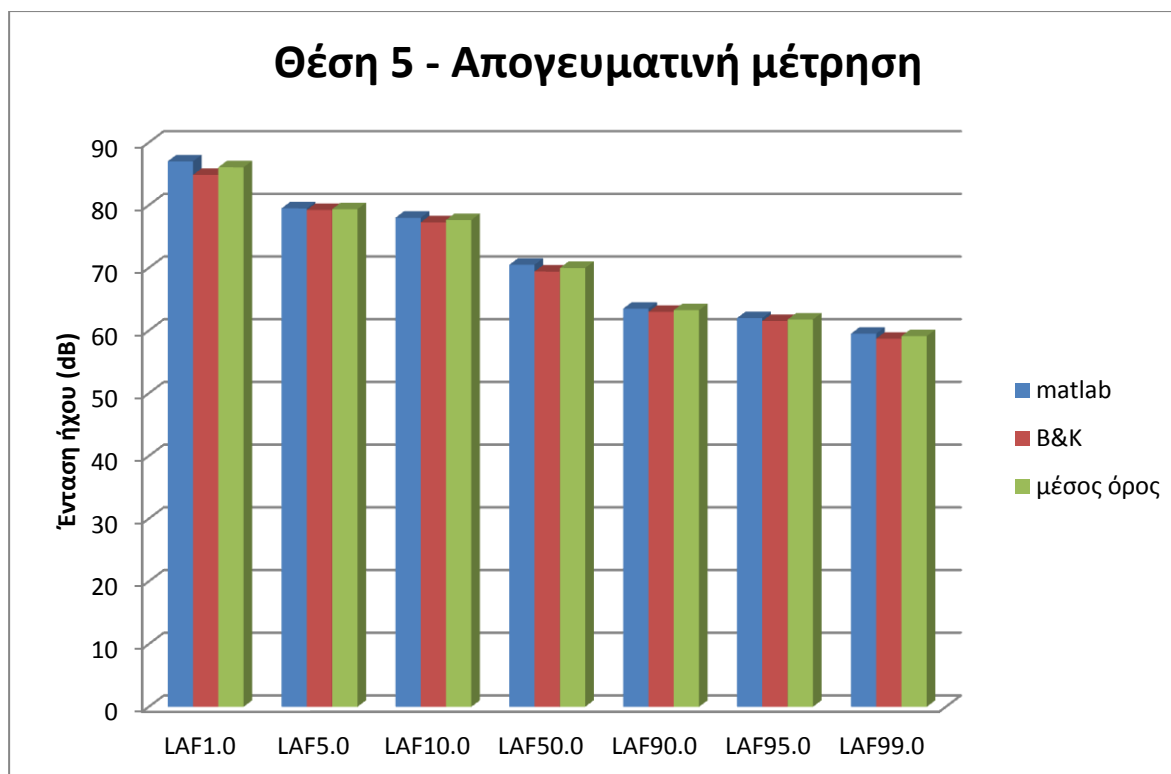


Ώρα έναρξης: 15.02



Ώρα έναρξης: 15.34

## Θέση 5 - Απογευματινή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 17.29

Η θέση αυτή βρίσκεται στην είσοδο-έξοδο του χώρου φορτοεκφόρτωσης container και συγχρόνως κοντά στην λεωφόρο Δημοκρατίας και στην είσοδο του λιμανιού. Οι κύριες πηγές θορύβου εδώ είναι οι εργασίες στο χώρο φορτοεκφόρτωσης (εναπόθεση-στοίβαση container), η πληθώρα φορτηγών που περιμένουν στην είσοδο του χώρου (με αναμμένες μηχανές) όταν υπάρχει πλοίο στο λιμάνι και η διέλευση φορτηγών από την οδό Νικολαΐδη. Στις χαμηλές συχνότητες (100-315Hz) μετρήσαμε υψηλές στάθμες θορύβου που κυμαίνονται από 66.2dB έως 73.8dB και στις τρεις μετρήσεις. Αιτία αποτελούν οι αναμμένες μηχανές των φορτηγών καθώς και ο θόρυβος από το λιμάνι ο οποίος επηρεάζει τις μετρήσεις μας εξαιτίας της αμφιθεατρικής διάταξης της περιοχής. στις μεσαίες συχνότητες (500Hz – 1.6kHz) παρατηρήσαμε τιμές έντασης ήχου από 60dB έως 68dB που χαρακτηρίζονται υψηλές. Θεωρούμε ότι οφείλονται στις εργασίες (στοίβαγμα container) στο χώρο αποθήκευσης, στις ομιλίες των χειριστών και στα διερχόμενα αυτοκίνητα από την οδό Νικολαΐδη. Στην απογευματινή μέτρηση παρατηρούνται υψηλές τιμές στις υψηλές συχνότητες κυρίως στα 5kHz και 10kHz (70-63dB). Σε αυτή την μέτρηση υπήρχε μεγάλος αριθμός φορτηγών που περίμεναν ξεφορτώσουν εμπορευματοκιβώτια. Όπως θα δείξουμε και στο επόμενο κεφάλαιο αυτές οι υψηλές τιμές οφείλονται στις μανούβρες αυτών των φορτηγών.

Τα δεδομένα της εκατοστομοριακής ανάλυσης μας δείχνουν υψηλά επίπεδα έντασης για LAF1(82dB/82dB/86dB), LAF5 ( 78dB/79dB/79dB) και LAF10 (76dB/77dB/77,6dB) τα οποία οφείλονται κυρίως στον θόρυβο που παράγεται κατά την κρούση των container και από τις προειδοποιητικές σειρήνες των μηχανημάτων. Ειδικά στην απογευματινή μέτρηση και στις εξατμίσεις των φορτηγών. Ο θόρυβος βάρους κινείτε γύρω από τα 60dB και είναι αντίστοιχος με αυτόν που μετρήσαμε στο λιμάνι. Ενδεικτικά το TNI είναι 98.5 που ξεπερνάει κατά πολύ τα 74db που θεωρείται όριο ενόχλησης. Άρα η ενόχληση στην οδό Νικολαΐδη όσο και στην είσοδο του χώρου αποθήκευσης είναι αρκετά μεγάλη.

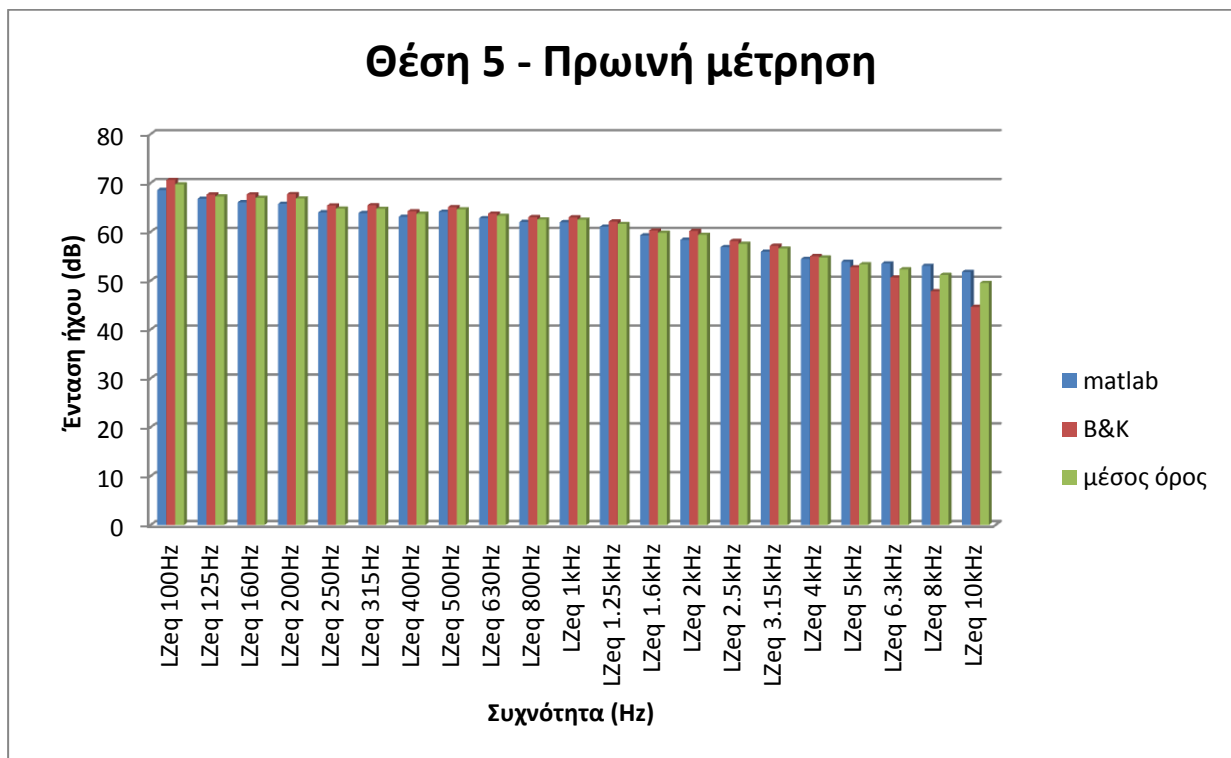
## Θέση 5

Κατάσταση: χωρίς πλοίο

Αριθμός μετρήσεων: 2

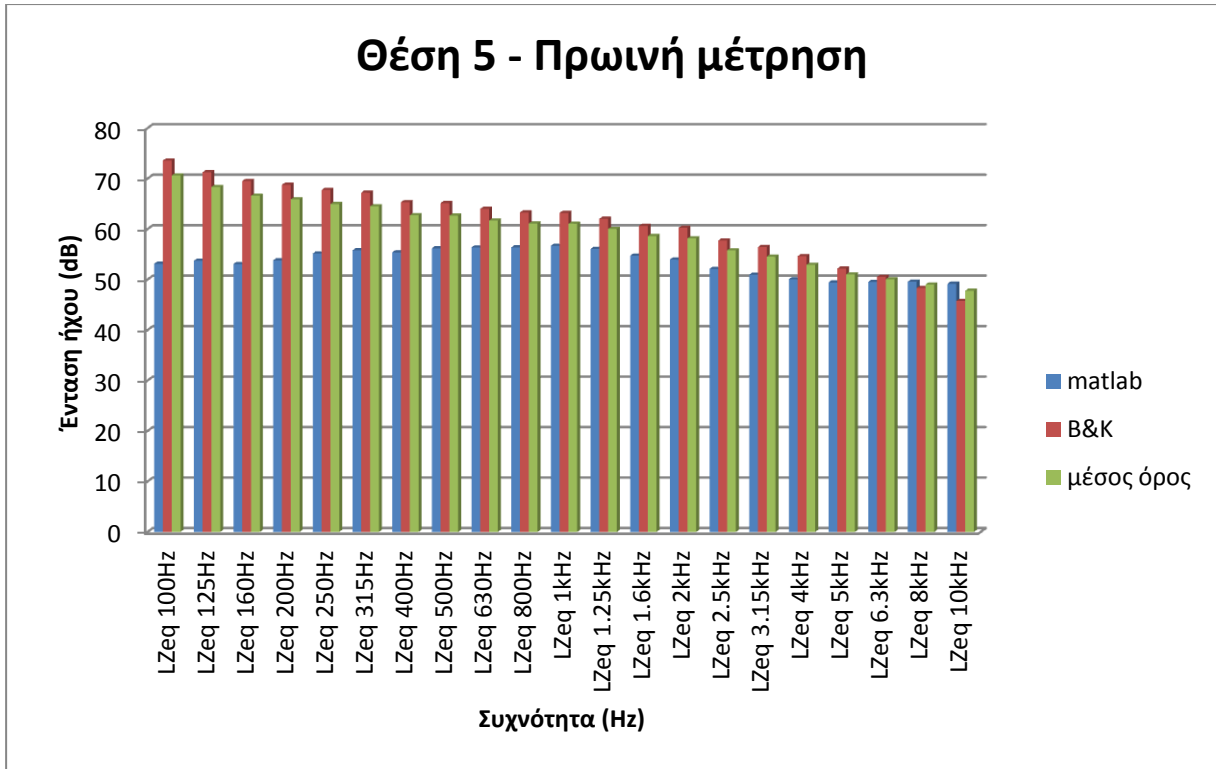
Διάρκεια μετρήσεων: περίπου 15'

Φασματογραφήματα:



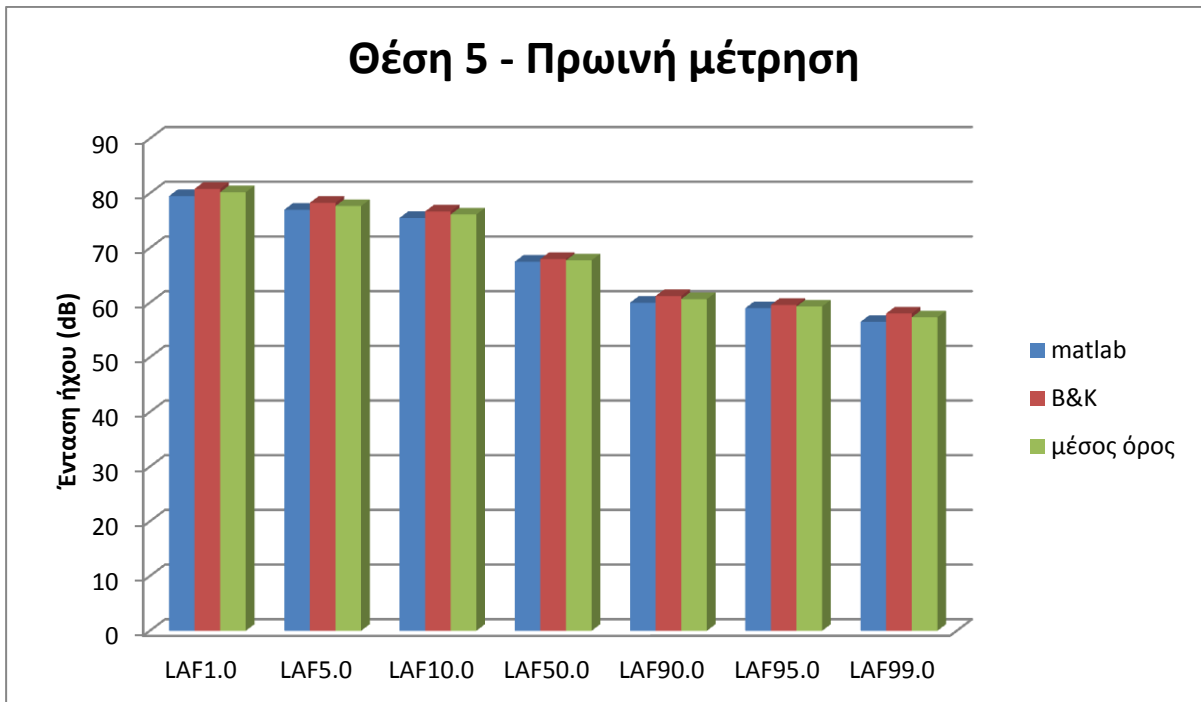
Ώρα έναρξης: 11.22





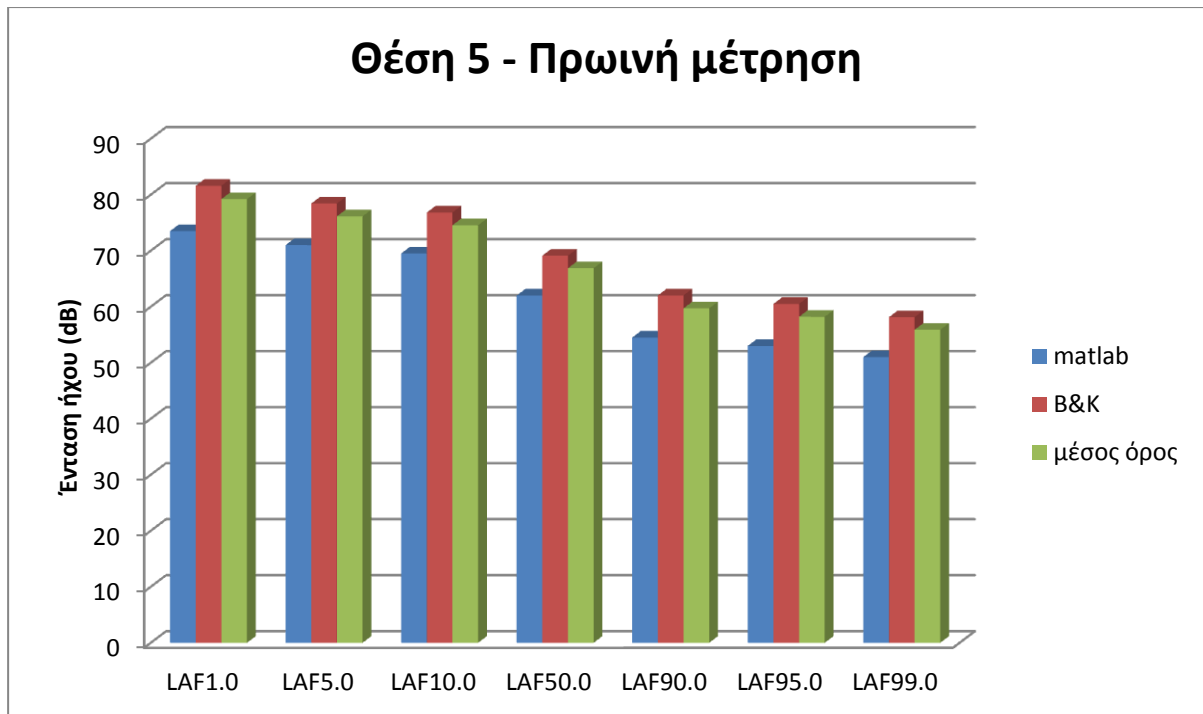
Ώρα έναρξης: 11.45

Διαγράμματα εκατοστομοριακών επιπέδων:



Ώρα έναρξης: 11.22

## Θέση 5 - Πρωινή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 11.45

Παρατηρούμε ότι στις δύο μετρήσεις που έγιναν κατά την απουσία ελλιμενισμένου πλοίου, αν και οι εντάσεις των συχνοτήτων της φασματικής ανάλυσης είναι σε χαμηλότερα επίπεδα από τις αντίστοιχες των μετρήσεων με την παρουσία πλοίου, οι εντάσεις μέχρι την συχνότητα των 500Hz βρίσκονται είτε άνω είτε κοντά στα 65 dB. Τα 65dB είναι κατά αρκετούς κανονισμούς\* το όριο του ανεκτού θορύβου. Παρατηρούμε επίσης ότι οι κορυφαίες εντάσεις λαμβάνουν χώρα εν γένει σε αυτό το πεδίο όπως συμβαίνει σε όλες τις μετρήσεις πέριξ του λιμανιού. Κύριες πηγές θορύβου σε αυτές τις μετρήσεις είναι αφενός η κίνηση της οδού Νικολαΐδη, αλλά και η κίνηση των οχημάτων κατά την είσοδο-έξοδο τους από την περιοχή ΟΔΔΥ.

Παρατηρούμε από τα διαγράμματα της εκατοστομοριακής ανάλυσης ότι το LAF10 κινείται σε πολύ υψηλά επίπεδα (76dB), κατά την πρώτη μέτρηση. Αυτό συμβαίνει διότι κατά την πρώτη μέτρηση αντιστοιχούσε μεγαλύτερο ποσοστό θορύβου στα μεγάλα φορτηγά που εισερχόντουσαν και εξερχόντουσαν του ΟΔΔΥ, ενώ στην δεύτερη (LAF10 ίσο με 73dB) την κυριότερη συνεισφορά στο θόρυβο έχει η κίνηση της οδού Νικολαΐδη. Στις δύο μετρήσεις ο θόρυβος βάθους (LAF90) υπολογίστηκε στα 60.6dB και 58.3dB αντίστοιχα. Στην πρώτη μέτρηση -λόγω και της κίνησης η οποία στην συνέχεια μειώνεται- το είναι κοντά στα 60dB, ενώ στην δεύτερη κοντά στα 55dB.

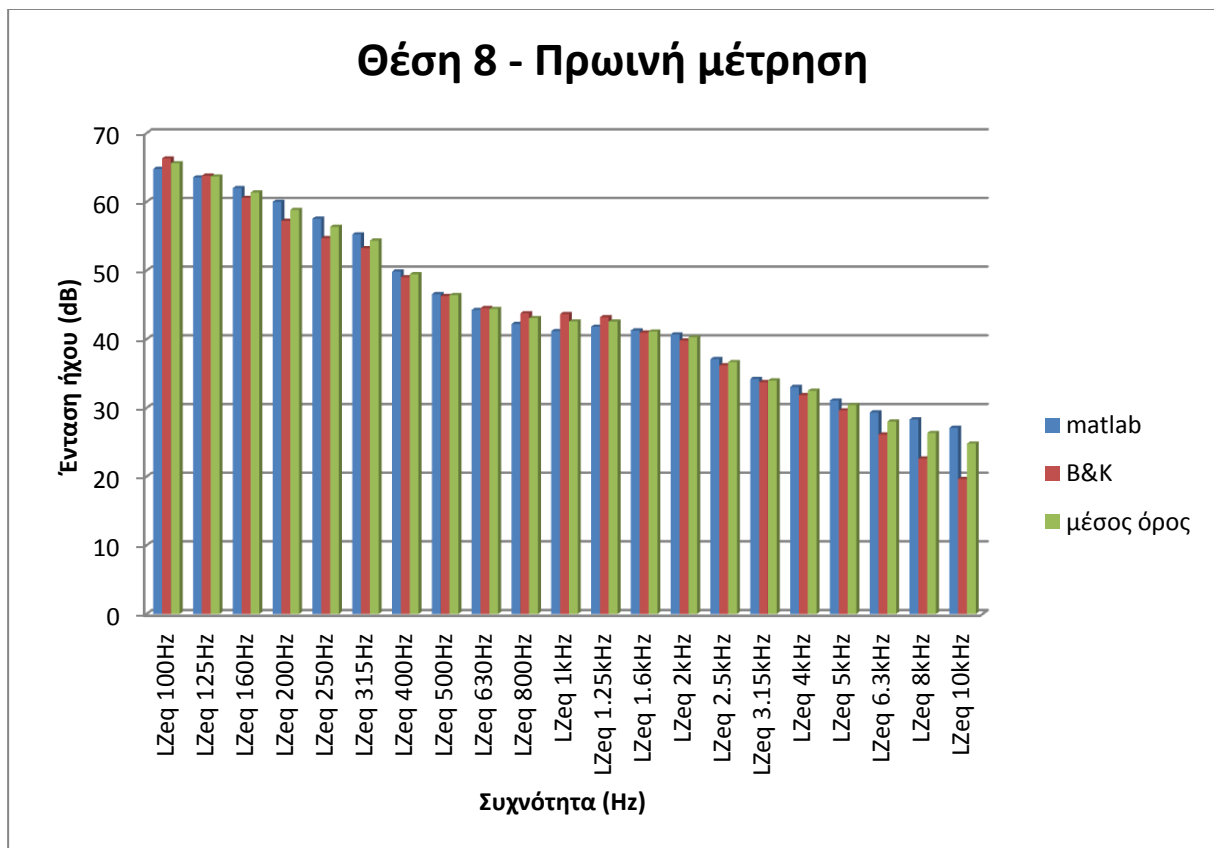
## Θέση 8

Αυτή η θέση είναι απομακρυσμένη απ' όλες τις κύριες πηγές θορύβου που επιβαρύνουν την περιοχή και κυρίως από τον ΟΛΠ. Γι' αυτό και πάλι θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα και μετά θα τα σχολιάσουμε όλα μαζί.

Αριθμός μετρήσεων: 3

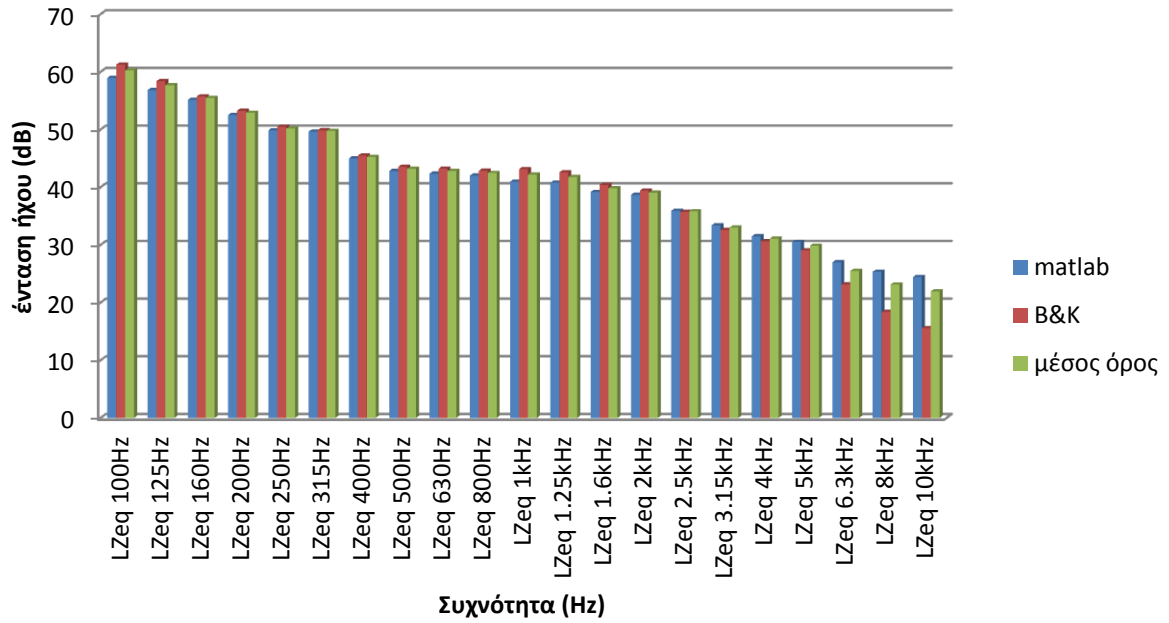
Διάρκεια μετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

Φασματογραφήματα:



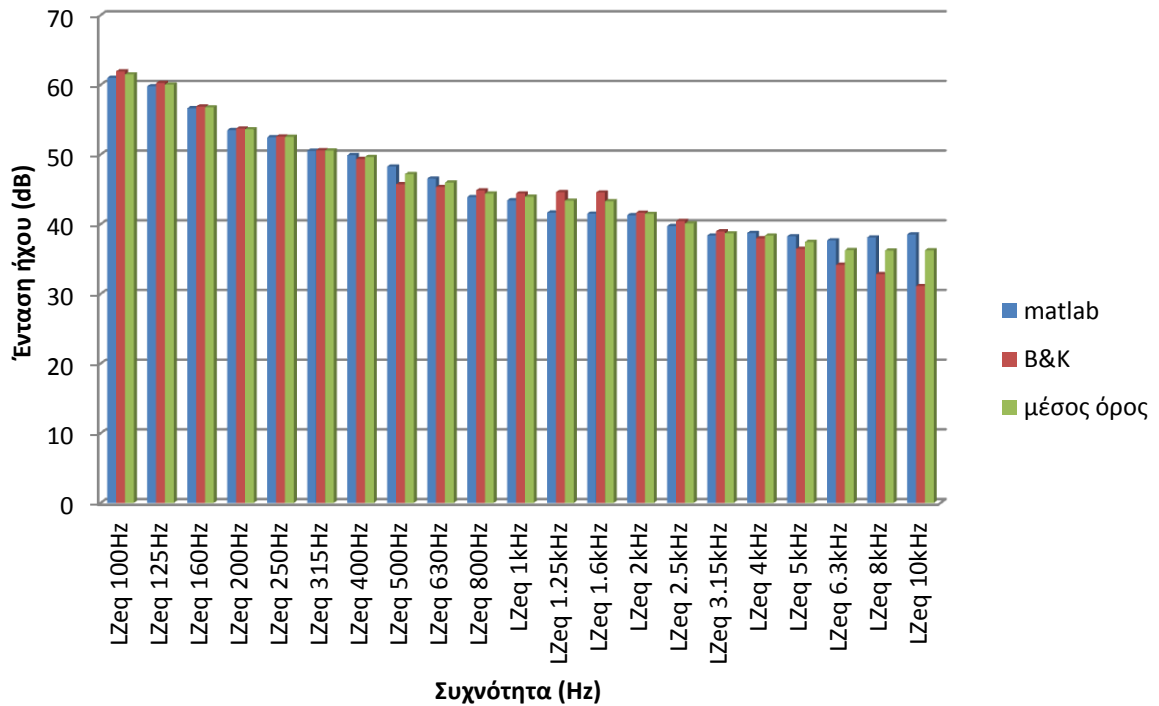
Ώρα έναρξης: 11:20

### Θέση 8 - Μεσημεριανή μέτρηση



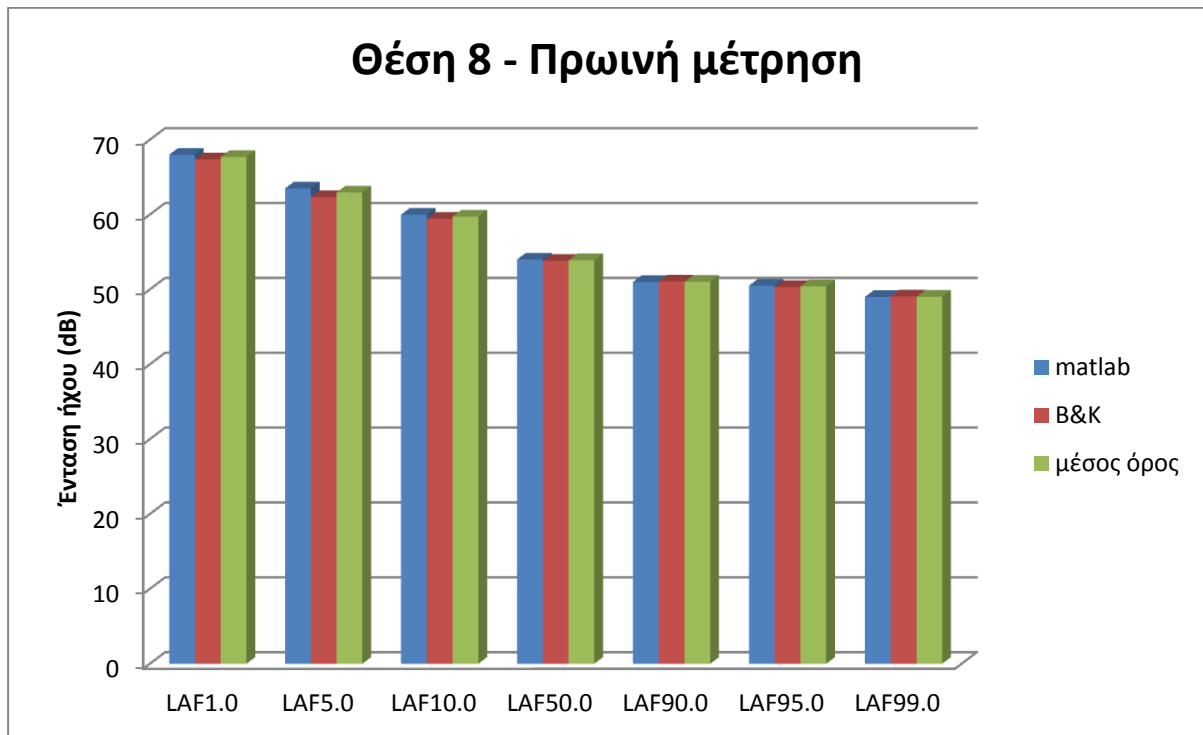
Ώρα έναρξης: 12:40

### Θέση 8 - Απογευματινή μέτρηση

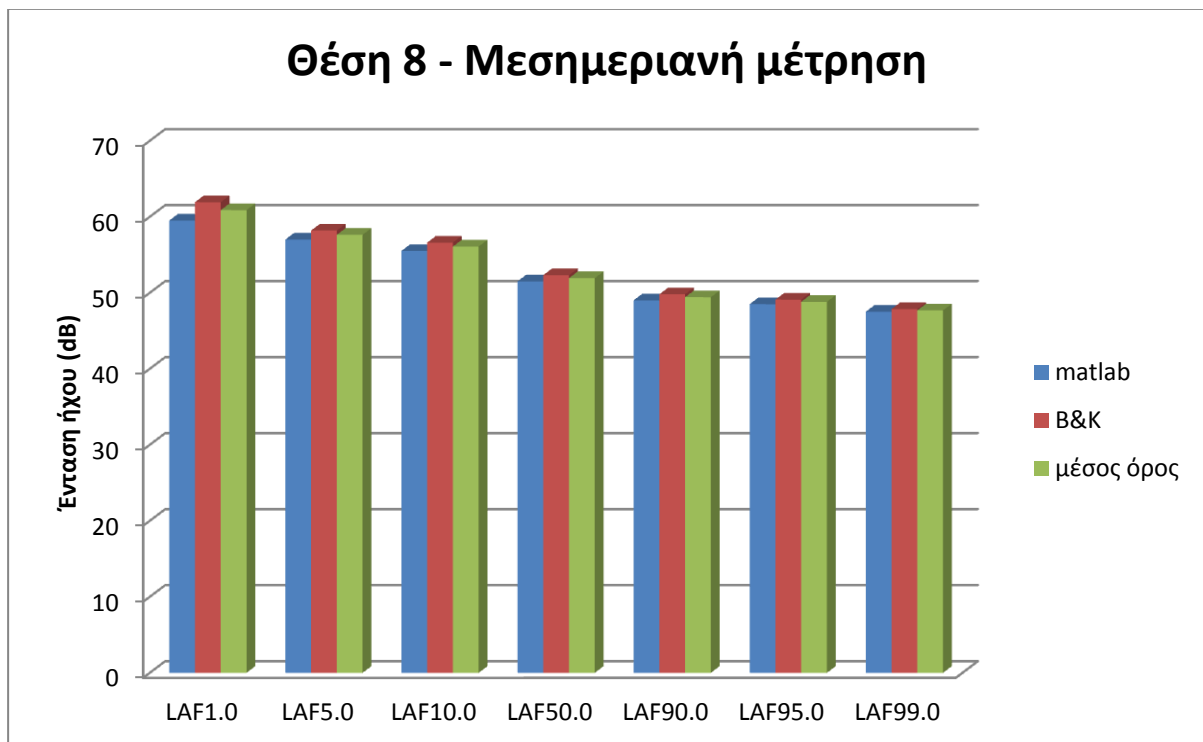


Ώρα έναρξης: 17:37

Διαγράμματα εκατοστομοριακών επιπέδων:

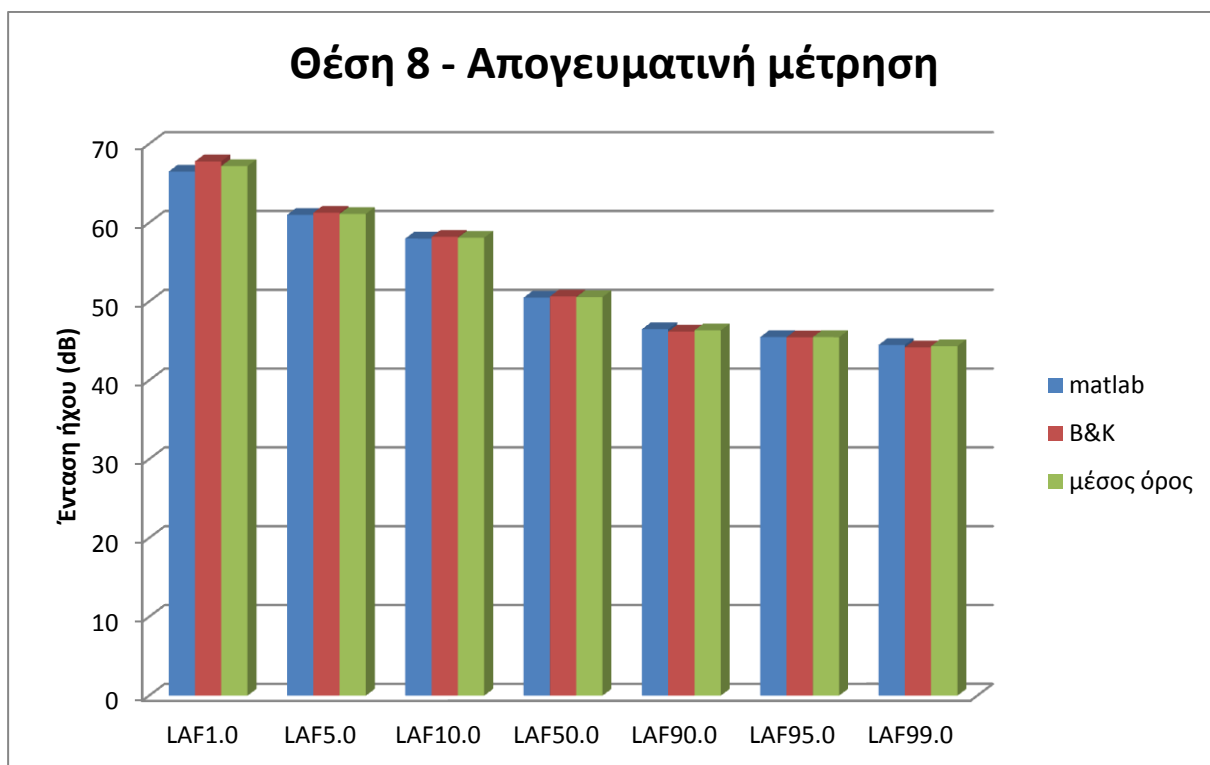


Ώρα έναρξης: 11:20



Ώρα έναρξης: 12:40

## Θέση 8 - Απογευματινή μέτρηση



Ώρα έναρξης: 17:37

Αυτό που παρατηρούμε στην φασματική ανάλυση είναι τα πολύ χαμηλά επίπεδα θορύβου σε σχέση με όλες τις άλλες μετρήσεις σε όλες τις συχνότητες που έχουμε καταγράψει. Χαρακτηριστικό είναι πως η υψηλότερη ένταση καταγράφηκε στην πρώτη μέτρηση για την συχνότητα των 100Hz και είχε τιμή 65.6dB, ενώ στην Τρίτη μέτρηση σε όλες τις συχνότητες η ένταση είναι μικρότερη από 60dB. Ωστόσο η κατανομή των υψηλών στάθμεων θορύβου παραμένει η ίδια με τις υπόλοιπες θέσεις. Παρατηρούμε δηλαδή υψηλές στάθμες θορύβου για την θέση στις χαμηλές συχνότητες οι οποίες οφείλονται στον θόρυβο που φτάνει από το λιμάνι.

Χαμηλό θόρυβο συμπεραίνουμε και από τα χαμηλά εκατοστομοριακά επίπεδα που μετρήσαμε. Συγκεκριμένα το LAF50 (50dB) είναι περίπου 20dB χαμηλότερο από αυτό των υπόλοιπων μετρήσεων. Ενώ η διαφορά του LAF10 και του LAF90 (περίπου 8 dB σε όλες τις μετρήσεις) οφείλεται στο χαμηλό θόρυβο σχεδόν σε όλη την διάρκεια της μέτρησης.

Αυτή η θέση επειδή είναι απομακρυσμένη από τις κύριες πηγές θορύβου τις περιοχές είναι κατάλληλη για να μετρήσουμε τον θόρυβο βάθους της περιοχής χωρίς σημαντική επίδραση από κοντινές πηγές θορύβου μεγάλης έντασης. Έτσι το LAF90 μετρήθηκε 51dB, 46.4dB και 49.4dB στις τρεις μετρήσεις.

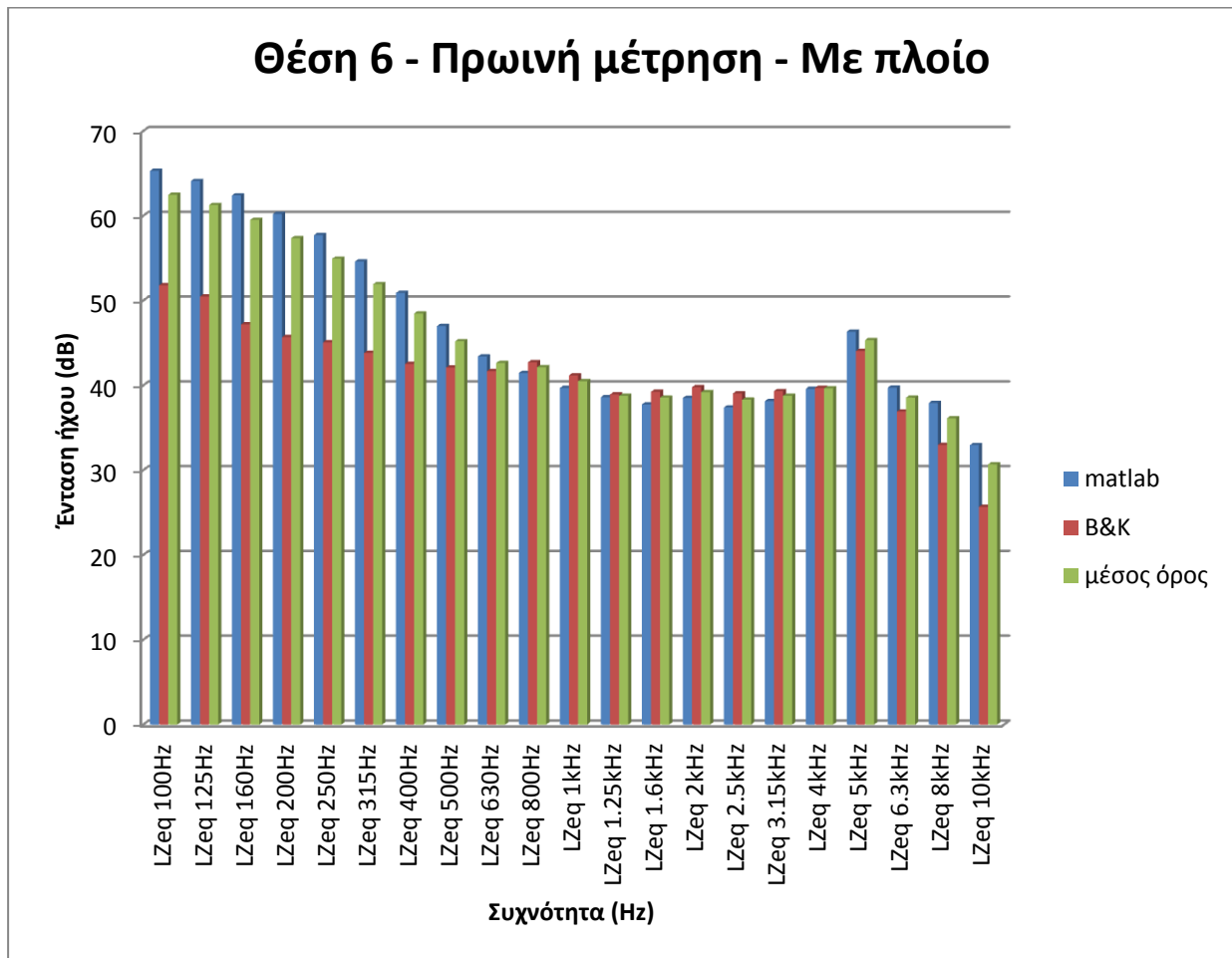
Η θέση τόσο από τις μετρήσεις όσο και από την προσωπική μας εμπειρία κατά την διάρκεια των μετρήσεων παρουσιάζει σημαντικά χαμηλότερα επίπεδα θορύβου απ' όλες τις υπόλοιπες θέσεις μετρήσεων κυρίως λόγω της απόστασης από τις κύριες πηγές θορύβου.

## Θέση 6

Αριθμός μετρήσεων: 3

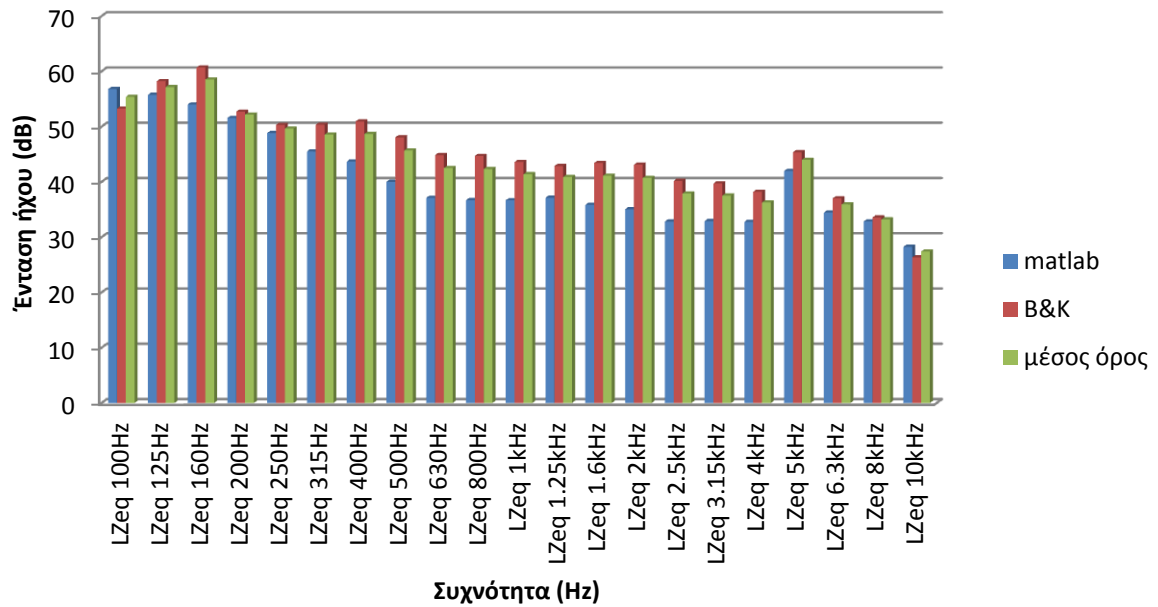
Διάρκεια μετρήσεων: περίπου 15' η καθεμία

Φασματογραφήματα:



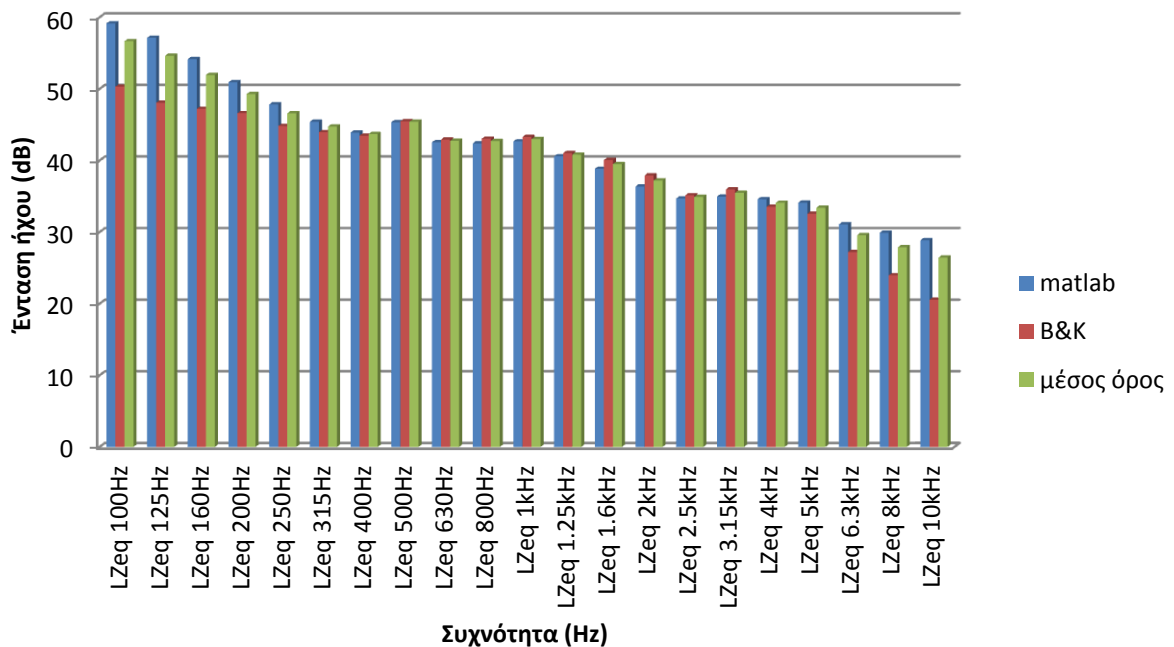
Ώρα έναρξης: 11.45

### Θέση 6 - Μεσημεριανή μέτρηση - Με πλοίο



Ώρα έναρξης: 12.06

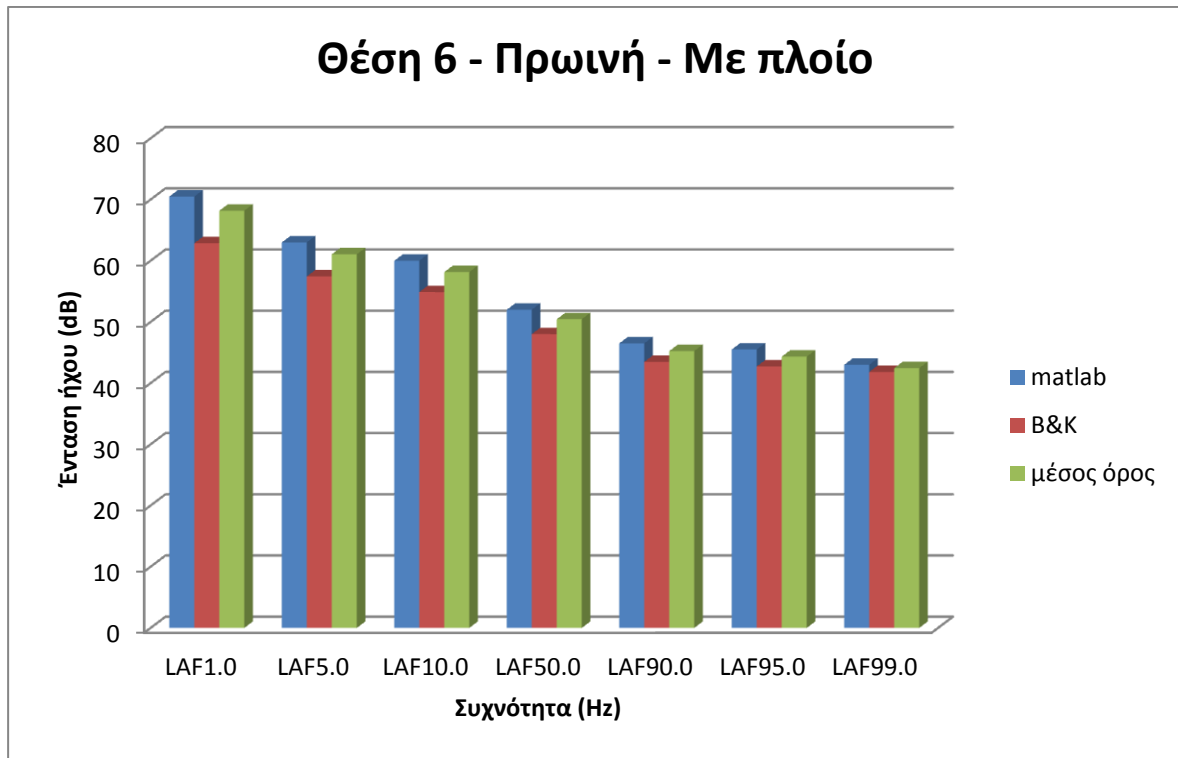
### Θέση 6 - Απογευματινή - Χωρίς πλοίο



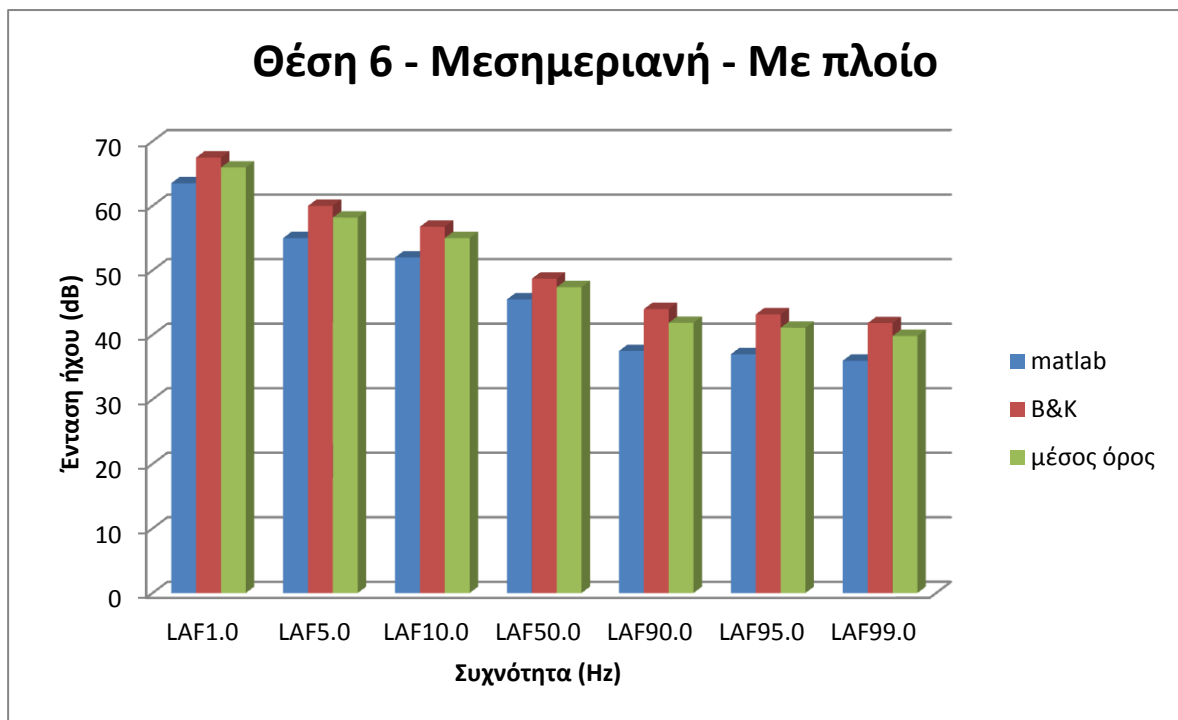
Ώρα έναρξης: 18.39



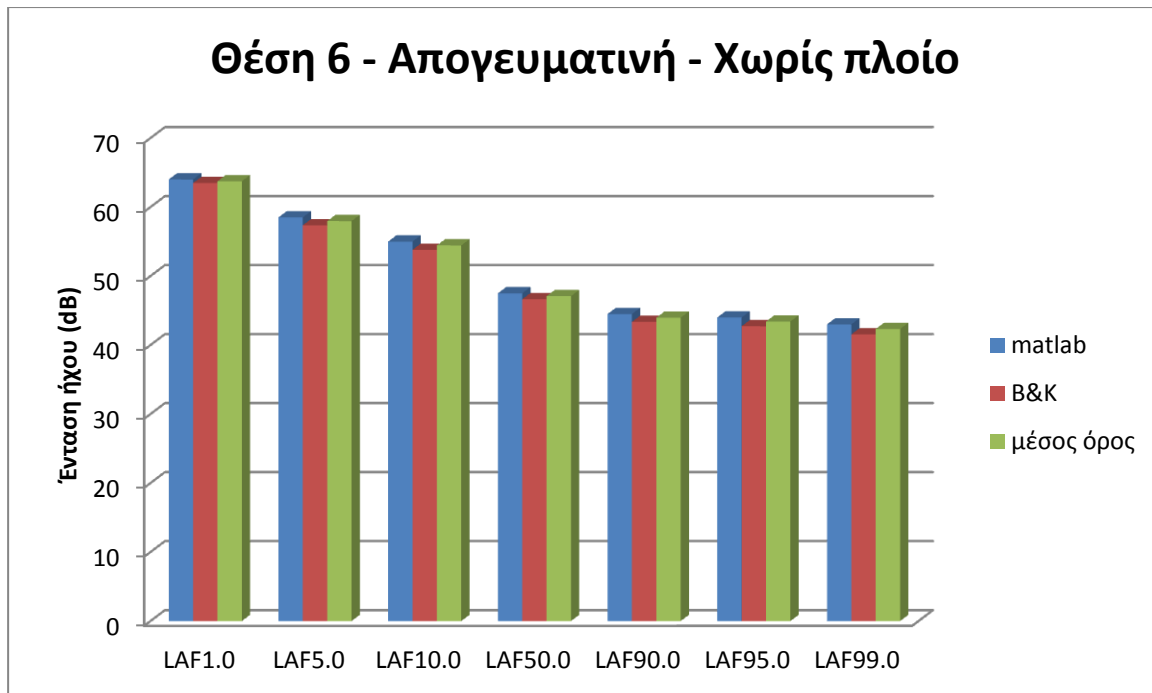
Διαγράμματα εκατοστομοριακών επιπέδων:



Ώρα έναρξης: 11.45



Ώρα έναρξης 12.06



Ώρα έναρξης: 18.39

Η μέτρηση αυτή έγινε στην οδό Πλαταιών 42 στο Πέραμα. Εντός κατοικημένης περιοχής, αμφιθεατρικά του λιμανιού, ύστερα από παράπονα κατοίκου για ενόχληση από το λιμάνι. Η τοποθεσία αυτή έχει ανοιχτό ορίζοντα προς το λιμάνι ενώ έχει αρκετά υψηλό υψόμετρο για αστική περιοχή. Δύο μετρήσεις στην συγκεκριμένη θέση διενεργήθηκαν υπό την παρουσία πλοίου ενώ ακόμα μία ενώ απουσίαζε πλοίο από το λιμάνι. Η διαφορά που προκύπτει στις χαμηλές συχνότητες κατά την πρώτη μέτρηση οφείλεται σε κάποια δυσλειτουργία του καλύμματος του μικροφώνου που ηχογραφούσε σε αντίθεση με το μικρόφωνο του ηχομέτρου. Είτε είχε μετατοπιστεί από την θέση στην οποία έπρεπε ιδανικά να βρίσκεται είτε ο αέρας ήταν πολύ δυνατός ανά περιόδους, μιας και η οδός Πλαταιών βρίσκεται αρκετά ψηλά στον λόφο του Περάματος.

Παρόλα αυτά παρατηρούμε ότι και στις τρεις μετρήσεις η ένταση όλου του φάσματος του ήχου βρίσκεται είτε κάτω είτε πολύ κοντά είτε ,κυρίως κάτω από τα 60 dB το οποίο είναι αποδεκτό όριο. Η κίνηση στο δρόμο παρόλα αυτά είναι ακουστή. Η κορυφή που χαρακτηρίζει το διάγραμμα της φασματικής ανάλυσης στα 5kHz (45dB) οφείλεται πιθανώς στους ήχους της φύσης – όπως τζιτζίκια ή πουλιά- τα οποία γίνονται αντιληπτά στην ηχογράφιση. Στην δεύτερη μέτρηση παρατηρείται αύξηση (3dB στα 160kHz) (και στο ηχώμετρο οπότε δεν είναι επηρεασμένο από τον αέρα) τόσο της έντασης χαμηλών συχνοτήτων όπως τα 160Hz αλλά και κάποιων μεσαίων συχνοτήτων, μέχρι το 1kHz. Ανά διαστήματα παρατηρείται αύξηση του θορύβου βάθους οπότε είτε αυτό οφείλεται στις εργασίες αναχώρησης του πλοίου είτε σε τυχαία αύξηση της κίνησης στην λεωφόρο Δημοκρατίας. Όμως μάλλον κύρια πηγή αλλαγής των δεδομένων του θορύβου είναι η αύξηση της διέλευσης τροχοφόρων οχημάτων από την οδό Πλαταιών, δικύκλων και τετράτροχων. Οι δύο αυτές μετρήσεις με την παρουσία πλοίου έγιναν κατά τις μεσημβρινές ώρες. Η τρίτη μέτρηση έγινε αργά το απόγευμα και η πτώση που

παρατηρείται στις στάθμες θορύβου σε όλο το φασματικό διάγραμμα είναι μεγάλη(1-10dB, ενώ το Leq είναι 1,5dB και 3dB χαμηλότερο σε σχέση με την δεύτερη και την πρώτη μέτρηση αντίστοιχα) . Σε αυτή την μέτρηση , πέραν των χαμηλών σταθμών των δεδομένων της ηχογράφησης που πιθανώς οφείλονται στον αέρα, καμία μέτρηση δεν ξεπερνάει τα 50dB. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτή η μέτρηση έγινε με την απουσία πλοίου στο λιμάνι και ώρες κατά τις οποίες η κίνηση στην Δημοκρατίας είναι χαμηλή. Παρόλα αυτά μέσω του ηχογραφημένου δείγματος προκύπτει ότι στην γειτονιά υπήρχε θόρυβος από διερχόμενα δίκυκλα, αυτοκίνητα και φορτηγά. Έτσι συμπεραίνουμε ότι το μεγαλύτερο κομμάτι του θορύβου, αν και ανεκτό, οφείλεται σε διεργασίες είτε του λιμανιού όσο υπάρχει πλοίο σε αυτό είτε της λεωφόρου Δημοκρατίας.

Βέβαια κατά την εκατοστομοριακή ανάλυση φαίνεται ο θόρυβος βάθους κατά την δεύτερη μέτρηση με την παρουσία πλοίου να βρίσκεται σε ασυμφωνία με την παρατήρησή μας μιας και είναι χαμηλότερες και οι τρεις στάθμες που του αντιστοιχούν (LAF90=44,985dB/40,745dB/43,93dB,LAF95=44,115dB/40,09dB/43,365dB,LAF99=42,415dB/38,91dB/42,275dB) σε σχέση με αυτές της τρίτης μέτρησης. Αυτό όμως οφείλεται στην απουσία κίνησης οχημάτων στην ευρύτερη περιοχή κατά την δεύτερη μέτρηση το πιθανότερο. Σημαντική διαφορά παρατηρείται επίσης ανάμεσα στην πρώτη και στην δεύτερη μέτρηση με την παρουσία ελλιμενισμένοι πλοίου(το Leq της πρώτης είναι υψηλότερο κατά 1,5dB). Πιθανόν αυτό να αποτυπώνει κορύφωση των διεργασιών κατά την πρώτη μέτρηση. Σε αυτή παρατηρούμε ότι οι αιχμές του ακουστικού φορτίου κινούνται σε ενοχλητικά για τους κατοίκους επίπεδα κοντά στα 70dB. Και το LAF10 κινείται κοντά στα 60dB.

Τα δεδομένα σε αυτή την θέση ελήφθησαν κατά την διάρκεια πολύ ήσυχων κατά τα άλλα ημερών, περίπου στα μέσα Αυγούστου.

## ΕΠΙΒΑΤΙΚΟ ΛΙΜΑΝΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Στις μετρήσεις που έγιναν στο επιβατικό λιμάνι του Πειραιά υπάρχουν τρεις κύριες πηγές θορύβου. Αυτές είναι ο θόρυβος που προέρχεται από το πλοίο, η παρουσία και οι μετακινήσεις οχημάτων και τέλος η παρουσία πληθώρας κόσμου που αναμένει το πλοίο ή αποβιβάζεται από αυτό. Υπενθυμίζεται ότι οι μετρήσεις έγιναν αρχές Ιουλίου οπότε η κίνηση τόσο επιβατών όσο και οχημάτων (ΙΧ και φορτηγών) ήταν αυξημένη.

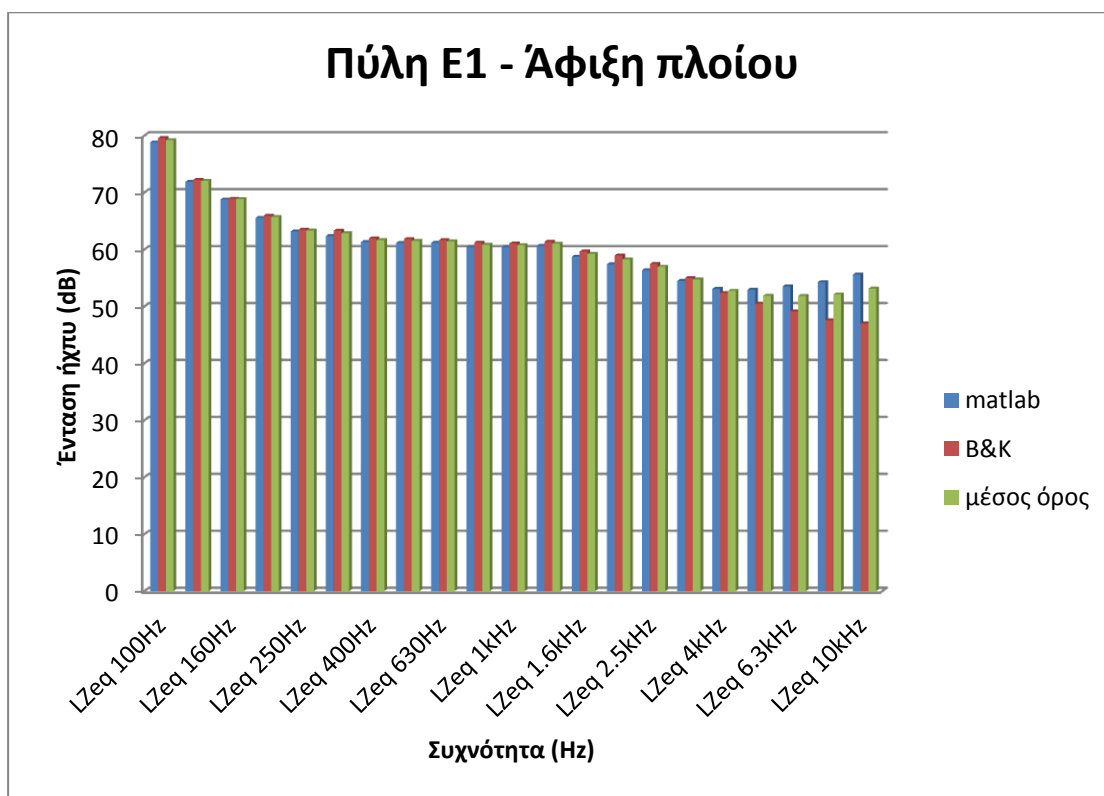
### Θέση Ε1

*Κατάσταση: Άφιξη πλοίου*

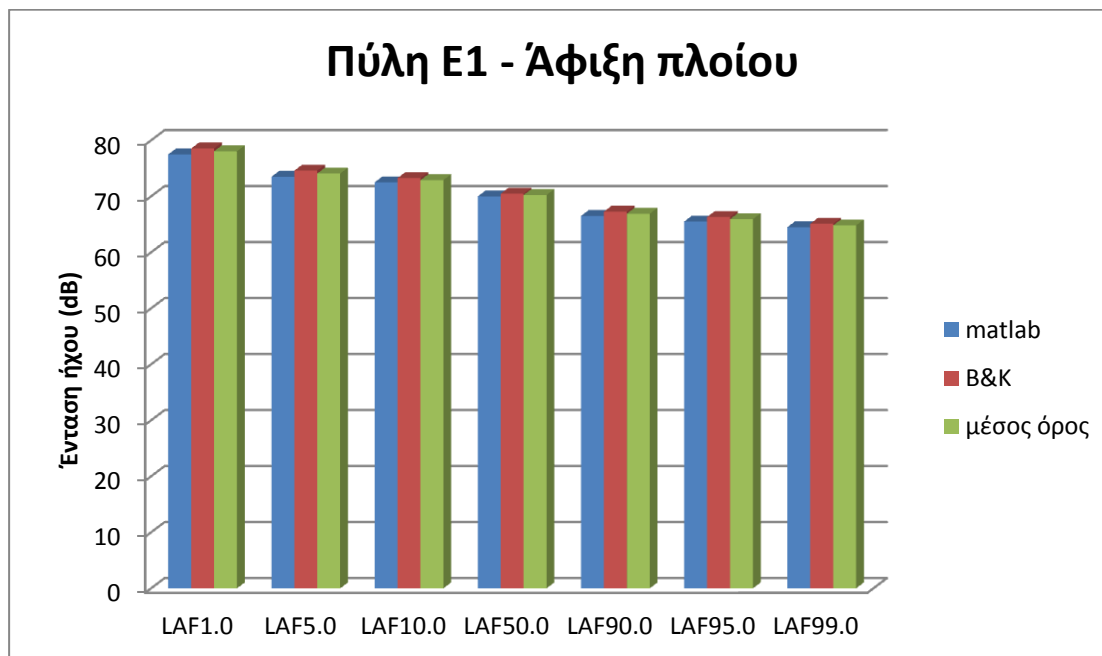
Αριθμός ηχομετρήσεων: 1

Διάρκεια ηχομέτρησης: περίπου 15'

Φασματογραφήματα:



Διάγραμμα εκατοστομοριακών:



Η μέτρηση ξεκίνησε μόλις το πλοίο εισήλθε στο λιμάνι, εξελίχθηκε κατά την διάρκεια του δεσίματος του πλοίου στην προβλήτα και τελείωσε αφού οι πρώτοι επιβάτες και τα πρώτα οχήματα είχαν αποβιβαστεί. Παρατηρούμε στη φασματική ανάλυση πως στα 100Hz έχουμε υψηλή στάθμη θορύβου (79dB). Αυτό, πέραν του θορύβου που παράγουν οι διεργασίες πρόσδεσης του πλοίου, οφείλεται στο γεγονός πως κατά τη διάρκεια της μέτρησης οι μηχανές των σταθμευμένων φορτηγών είναι αναμμένες ενώ υπάρχει έντονη κίνηση σε χαμηλές ταχύτητες τόσο φορτηγών όσο και επιβατικών οχημάτων. Επίσης σημαντικός παράγοντα για τις υψηλές στάθμες θορύβου στις χαμηλές συχνότητες είναι ο ερχομός του πλοίου αλλά και οι ανθρώπινες ομιλίες που παράγουν ήχους στις συχνότητες μεσαίες συχνότητες. Στις μεσαίες συχνότητες παρατηρούμε στάθμες θορύβου που κυμαίνονται γύρω από τα 60dB. Ο θόρυβος αυτός μπορεί να αποδοθεί σε ήχους που παράγονται από την προετοιμασία για την υποδοχή του πλοίου αλλά και στην δραστηριότητα του υπόλοιπου λιμανιού.

Αυτό που παρατηρούμε στην εκατοστομοριακή ανάλυση του σήματός μας είναι η μικρή διαφορά (περίπου 6dB) των στάθμεων που LAF10 και LAF90. Αυτό σημαίνει ότι σε αυτή τη θέση δεν υπάρχει μεγάλος αριθμός μεμονωμένων ήχων που να αυξάνουν τις στάθμες θορύβου. Η αίσθηση που έχει ένας παρατηρητής είναι ένας συνεχής θόρυβος υψηλής στάθμης (περίπου 71dB).

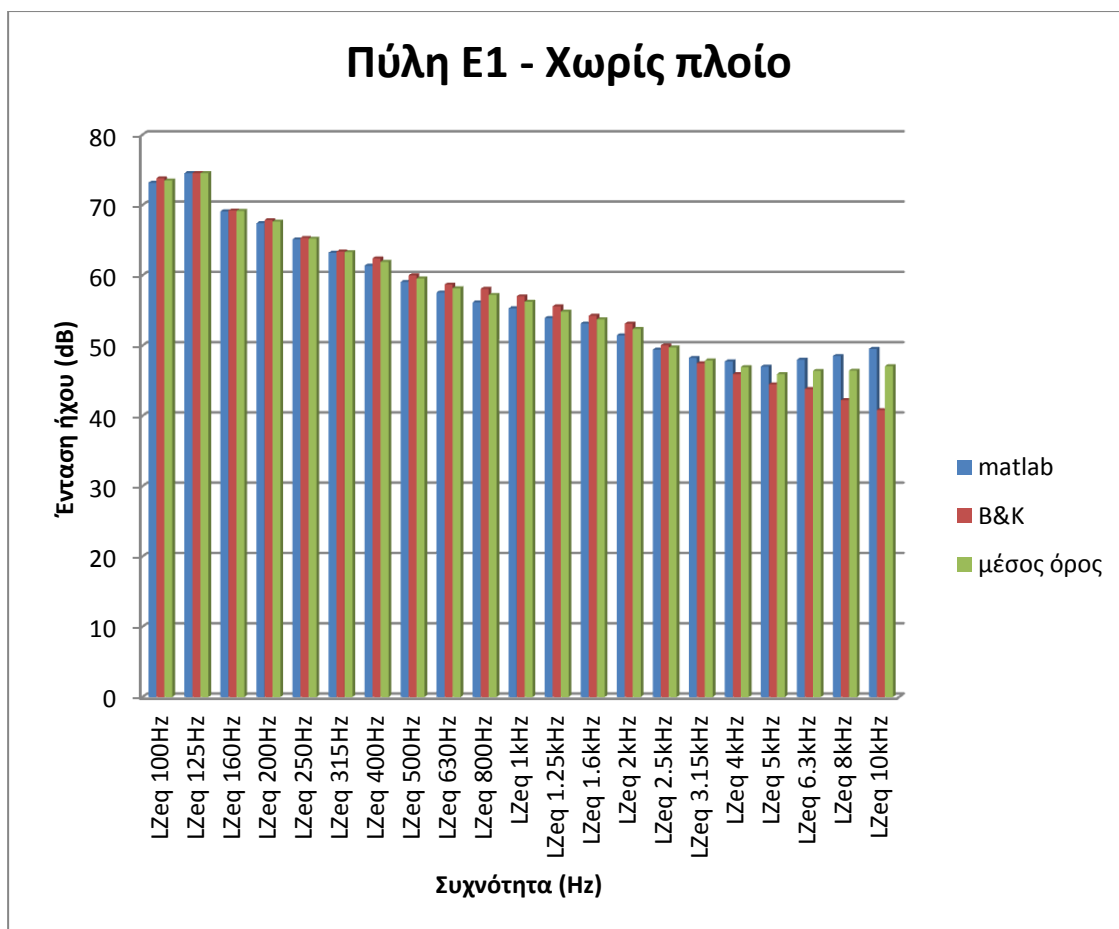
**Κατάσταση: χωρίς πλοίο**

Αριθμός ηχομετρήσεων: 2

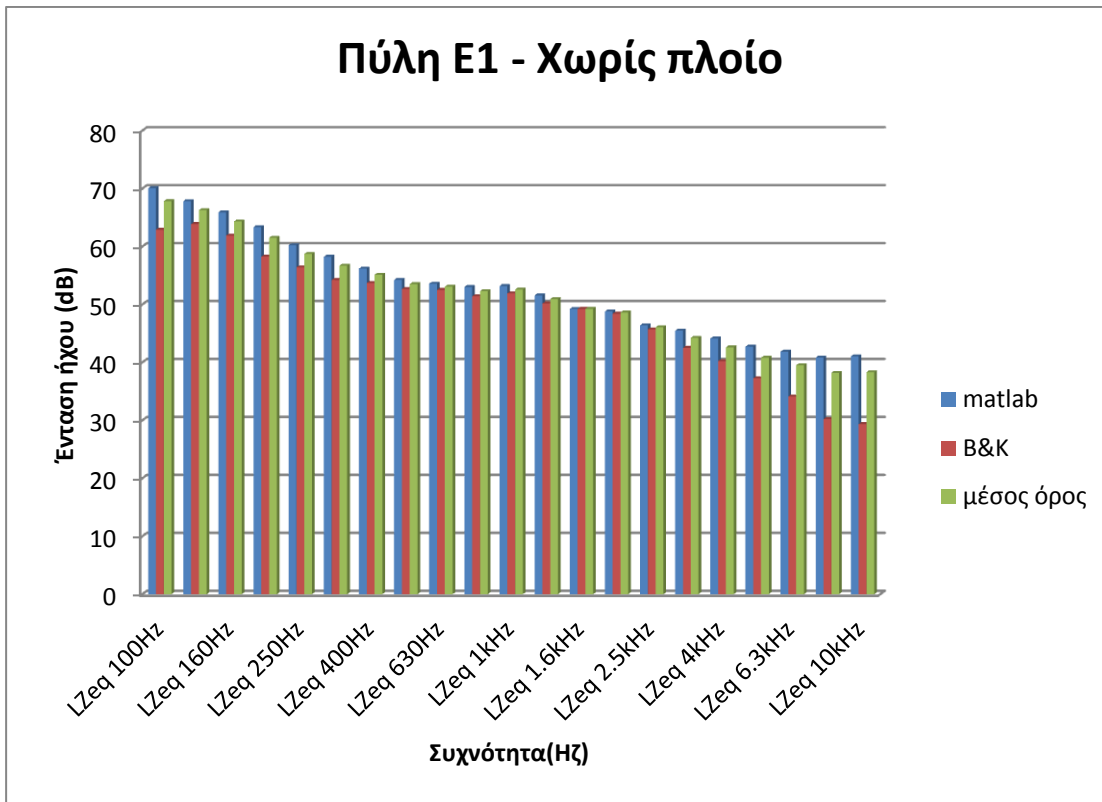
Διάρκεια ηχομετρήσεων: 1<sup>η</sup> μέτρηση περίπου 16', 2<sup>η</sup> μέτρηση περίπου 10'

Φασματογραφήματα:

1<sup>η</sup> μέτρηση:

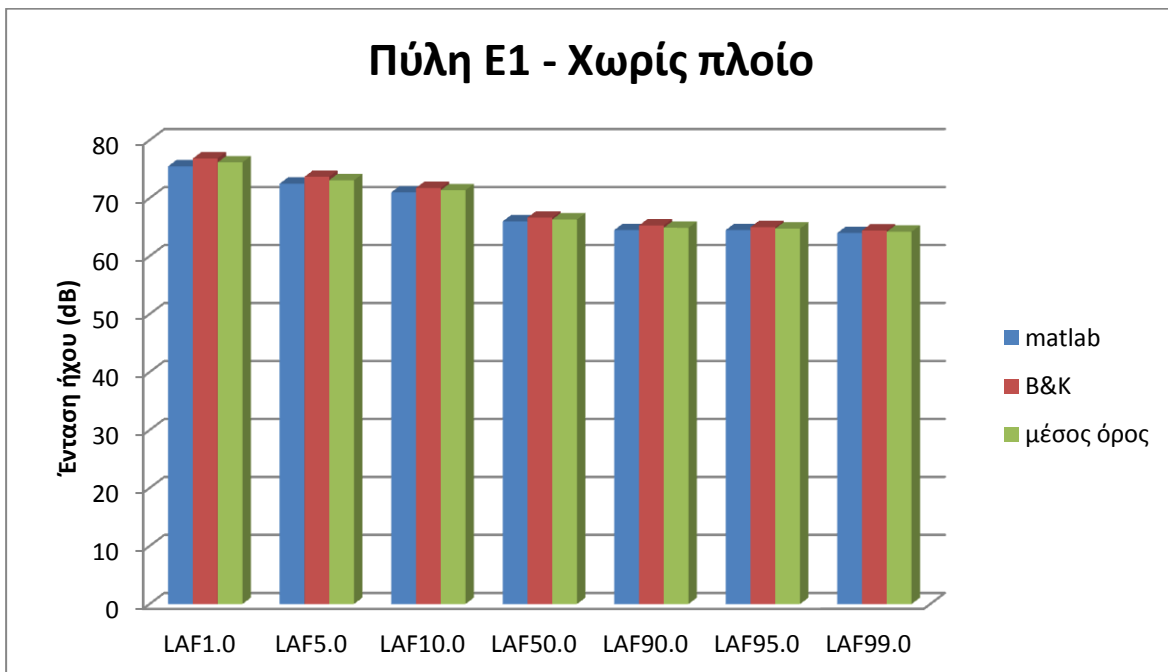


Μέτρηση 2<sup>η</sup>:

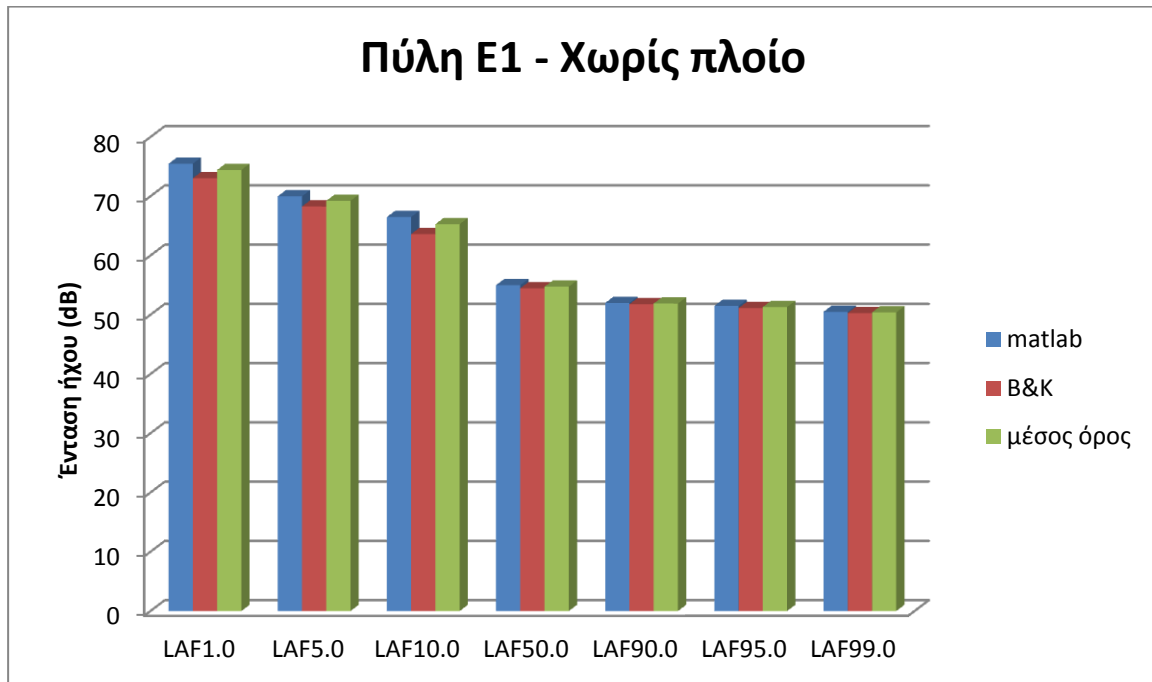


Διαγράμματα εκατοστομοριακών:

Μέτρηση 1<sup>η</sup>:



Μέτρηση 2<sup>η</sup>:



Αυτό που παρατηρούμε στην φασματική ανάλυση είναι πτώση των στάθμων θορύβου σε όλες τις συχνότητες και στις δυο μετρήσεις κάτι που αναμενόταν. Συγκεκριμένα παρατηρούμε πτώση έως 7dB στην πρώτη μέτρηση και από 7 έως 16dB στην δεύτερη. Η απουσία πλοίου στη προβλήτα E1 η οποία είναι απομακρυσμένη από τις υπόλοιπες προβλήτες του επιβατικού λιμανιού έχει ως αποτέλεσμα και την απουσία λοιπών δραστηριοτήτων (μετακίνηση φορτηγών και λοιπών οχημάτων, παρουσία κόσμου κλπ). Οι στάθμες θορύβου στις χαμηλές συχνότητες παραμένουν σε υψηλά επίπεδα (πάντα χαμηλότερα από τις μετρήσεις με πλοίο) κάτι που οφείλεται στα ελλιμενισμένα πλοία και την δραστηριότητα στις άλλες πύλες του λιμανιού. Συγκεκριμένα στις συχνότητες 100Hz - 250Hz παρατηρούμε εντάσεις ήχου από 65.2dB έως 73.5dB στην πρώτη μέτρηση και από 58.3dB έως 66.5dB στην δεύτερη.

Στην εκατοστομοριακή ανάλυση παρατηρούμε ότι ειδικά στην πρώτη μέτρηση οι τιμές των στάθμων LAF10 και LAF90 έχουν μικρή απόκλιση, περίπου 6.5dB. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχουν ήχοι με σημαντικά υψηλότερα επίπεδα ήχου από τη συνολική μέτρηση. Στη δεύτερη μέτρηση η διαφορά αυτή LAF10-LAF90 είναι λίγο μεγαλύτερη, περίπου 13dB. Αιτία γι' αυτή τη διαφορά αποτελεί η μικρότερη χρονική διάρκεια καταγραφής της δεύτερης μέτρησης και η τυχαία διέλευση περισσότερων φορτηγών.

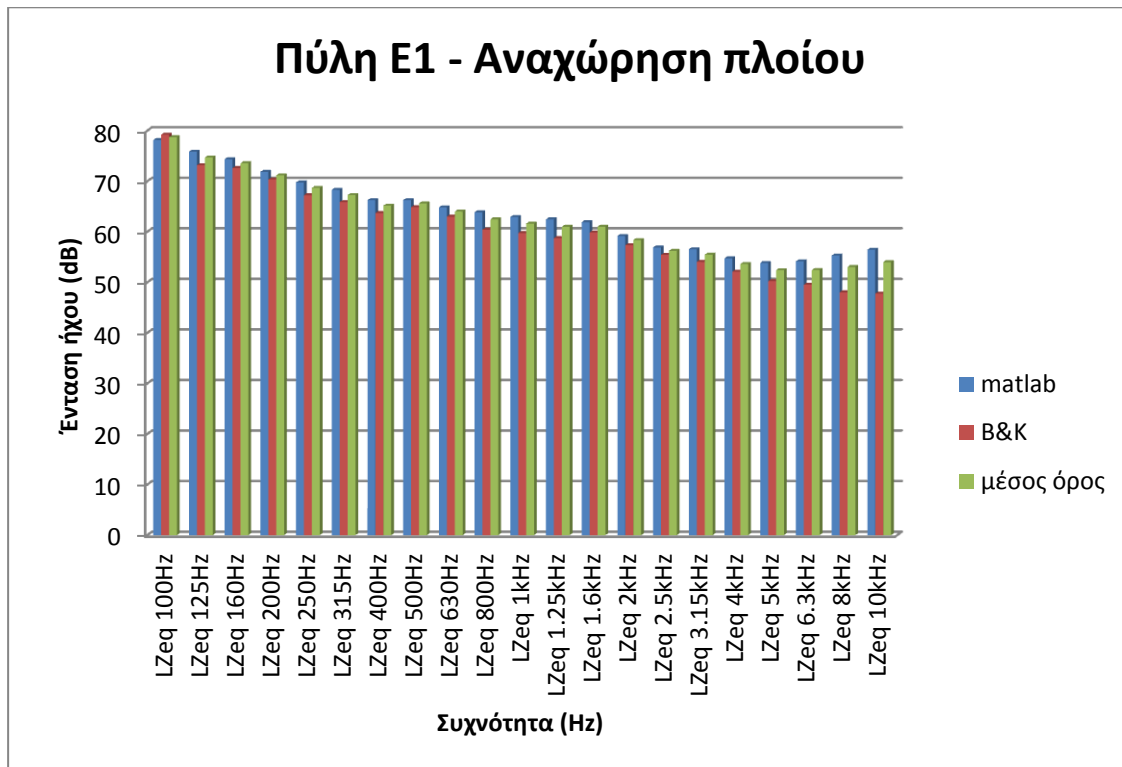


## Κατάσταση: αναχώρηση πλοίου

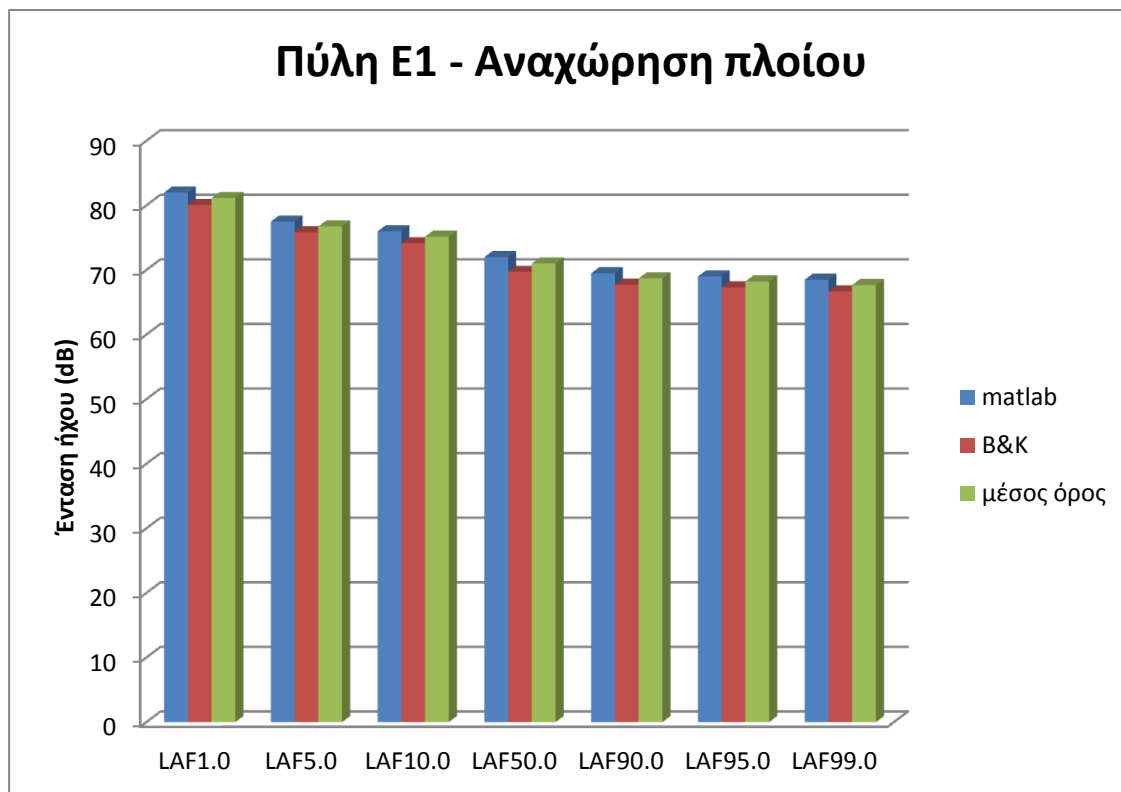
Αριθμός ηχομετρήσεων: 1

Διάρκεια ηχομέτρησης: περίπου 15'

Φασματογράφημα:



### Διάγραμμα εκατοστομοριακών:



Η ηχομέτρηση ξεκίνησε πριν την αναχώρηση του πλοίου, εξελίχθηκε κατά την διάρκεια φόρτωσης του και επιβίβασης των ταξιδιωτών και ολοκληρώθηκε λίγο μετά την αναχώρηση του από την προβλήτα. Από την φασματική ανάλυση παρατηρούμε πως στις χαμηλές συχνότητες (100Hz-250Hz) έχουμε υψηλή στάθμη θορύβου (68.5dB – 78.7dB). Όπως έχουμε προαναφέρει η συχνότητες αυτές είναι οι συχνότητες λειτουργίας των μηχανών του πλοίου, των φορτηγών αλλά και των υπόλοιπων οχημάτων. Οπότε το αποτέλεσμα είναι το αναμενόμενο. Επίσης παρατηρούμε υψηλά επίπεδα θορύβου και στις μεσαίες συχνότητες κάτι που αποδίδεται κυρίως στην παρουσία αρκετού κόσμου κατά την επιβίβαση στο πλοίο αλλά και σε μηχανές αυτοκινήτων και μηχανών.

Από την εκατοστομοριακή ανάλυση βλέπουμε πως και πάλι τα LAF10 και LAF90 έχουν τιμές που βρίσκονται αρκετά κοντά (6.5dB). Αυτό είναι φυσιολογικό αφού σε αυτές τις μετρήσεις έχουμε σταθερό θόρυβο μεγάλης έντασης και όχι τόσο έντονες αιχμές στη καταγεγραμμένη κυματοσυνάρτηση θορύβου. Ενδεικτικά το LAF90 σύμφωνα με την μέτρηση του ηχόμετρου (B&K) είναι 67.72dB. Αυτό σημαίνει πως για το 90% του χρόνου που έγινε η μέτρηση, δηλαδή για 13.5' ο θόρυβος ξεπερνούσε τα 67.72dB.

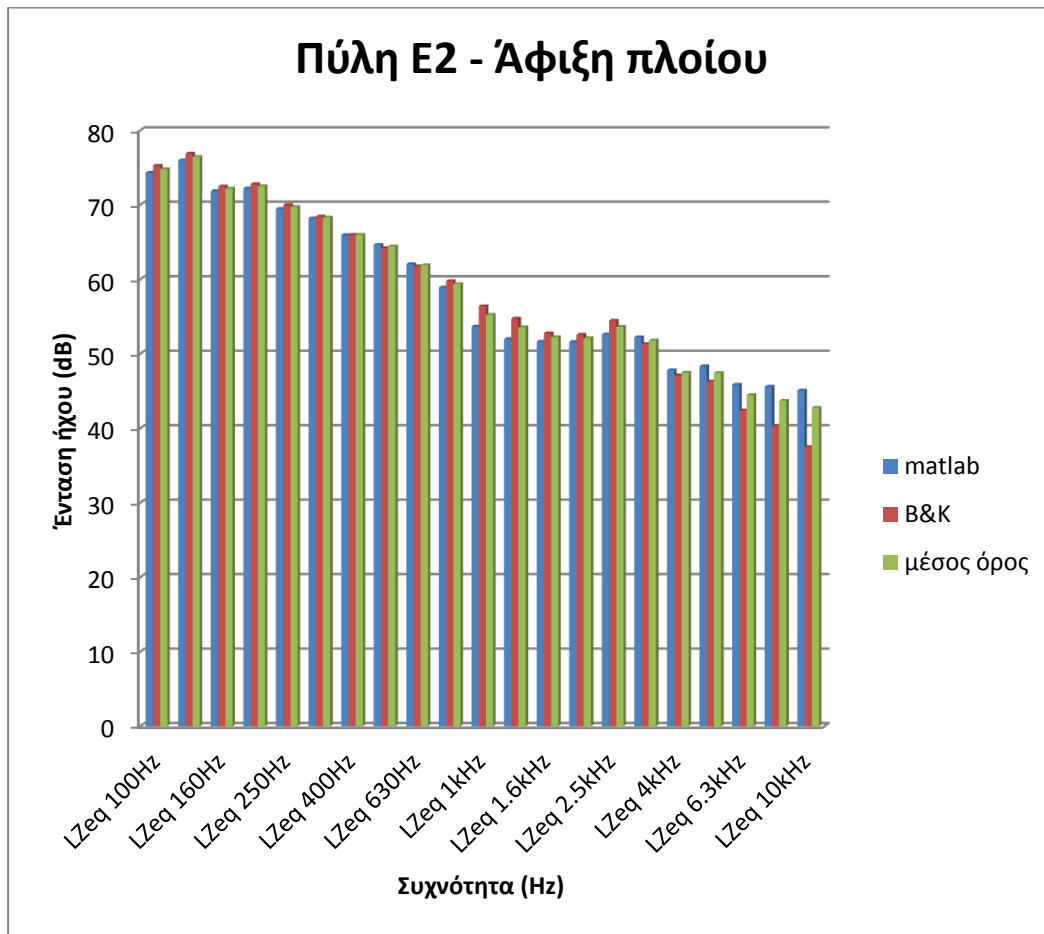
## Θέση E2

Κατάσταση: άφιξη πλοίου

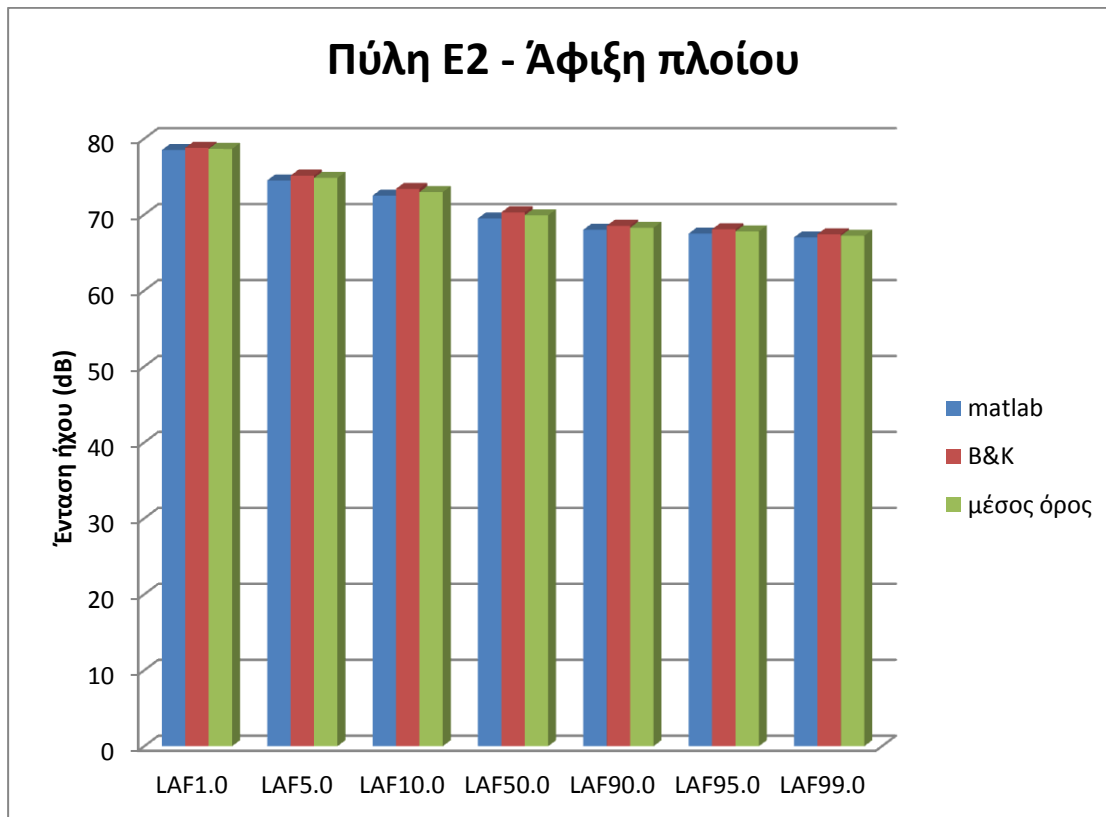
Αριθμός μετρήσεων: 1

Διάρκεια μέτρησης: περίπου 15'

Φασματογραφήματα:



Διάγραμμα εκατοστομοριακών:



Η μέτρηση ξεκίνησε μόλις το πλοίο εισήλθε στο λιμάνι, εξελίχθηκε κατά την διάρκεια του δεσίματος του πλοίου στην προβλήτα και τελείωσε αφού οι πρώτοι επιβάτες και τα πρώτα οχήματα είχαν αποβιβαστεί. Ο θόρυβος από τις μηχανές του πλοίου και των οχημάτων (κυρίως των φορτηγών) ανεβάζει της στάθμες θορύβου στις χαμηλές συχνότητες 100Hz-315Hz. Συγκεκριμένα για αυτές τις συχνότητες μετρήσαμε ήχο έντασης από 68.3dB έως 76.4dB. Στις μεσαίες συχνότητες 1000Hz-2000Hz ωστόσο ο θόρυβος είναι μικρότερος κατά 2-8dB από αυτόν που παρατηρήθηκε σε αντίστοιχες μετρήσεις σε άλλες θέσεις. Αυτό πιθανών οφείλεται στο γεγονός ότι η καταγραφή έγινε σε σχετικά μακρινή απόσταση από το πλήθος του κόσμου που περίμενε το πλοίο.

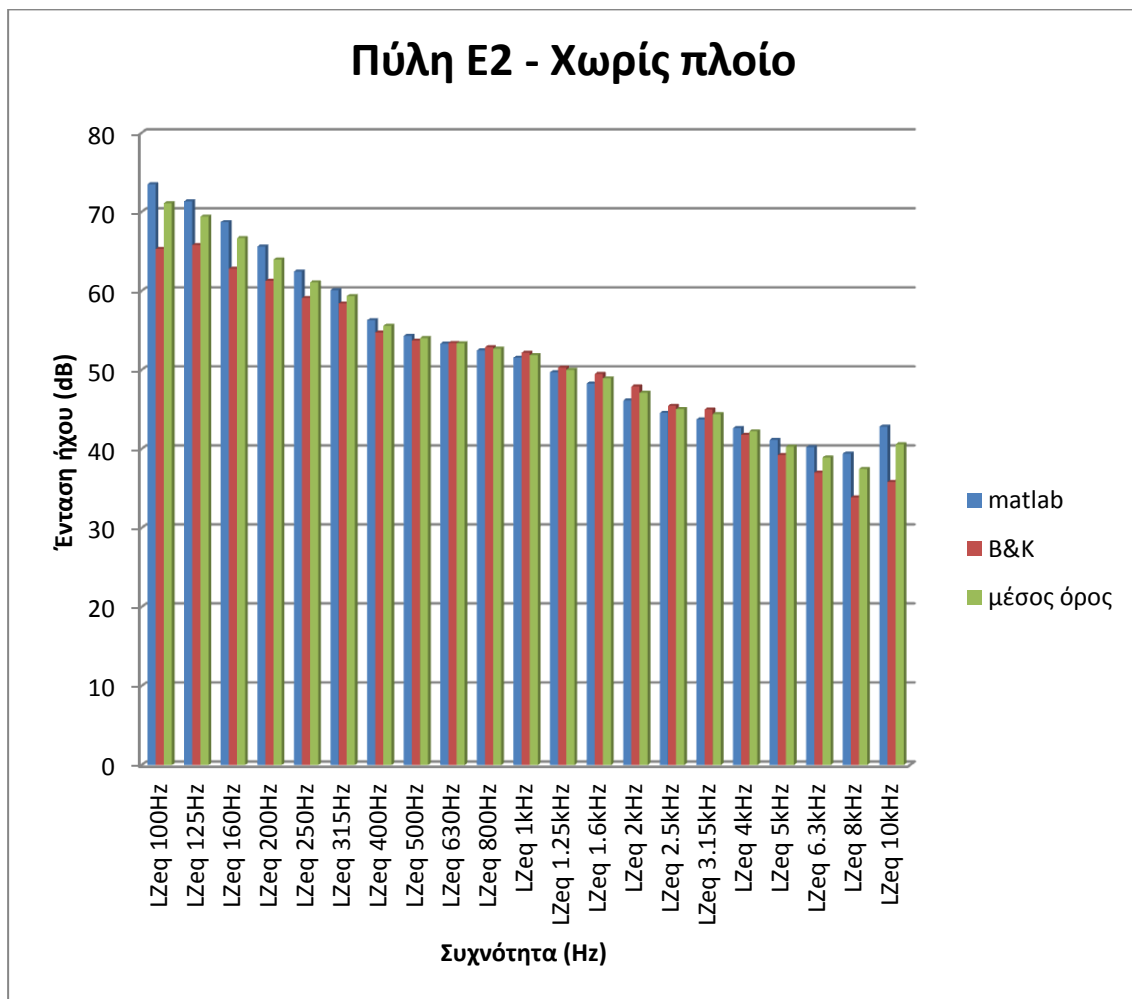
Στην εκατοστομοριακή ανάλυση παρατηρούμε ότι η διαφορά των LAF10 και LAF90 είναι πολύ μικρή (4.7dB), άρα κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της μέτρησης η παρατηρητής έχει την αίσθηση ενός θορύβου χωρίς ιδιαίτερες αιχμές. Ωστόσο ο θόρυβος των 70dB για το LAF50 θεωρείται υψηλός.

Κατάσταση: χωρίς πλοίο

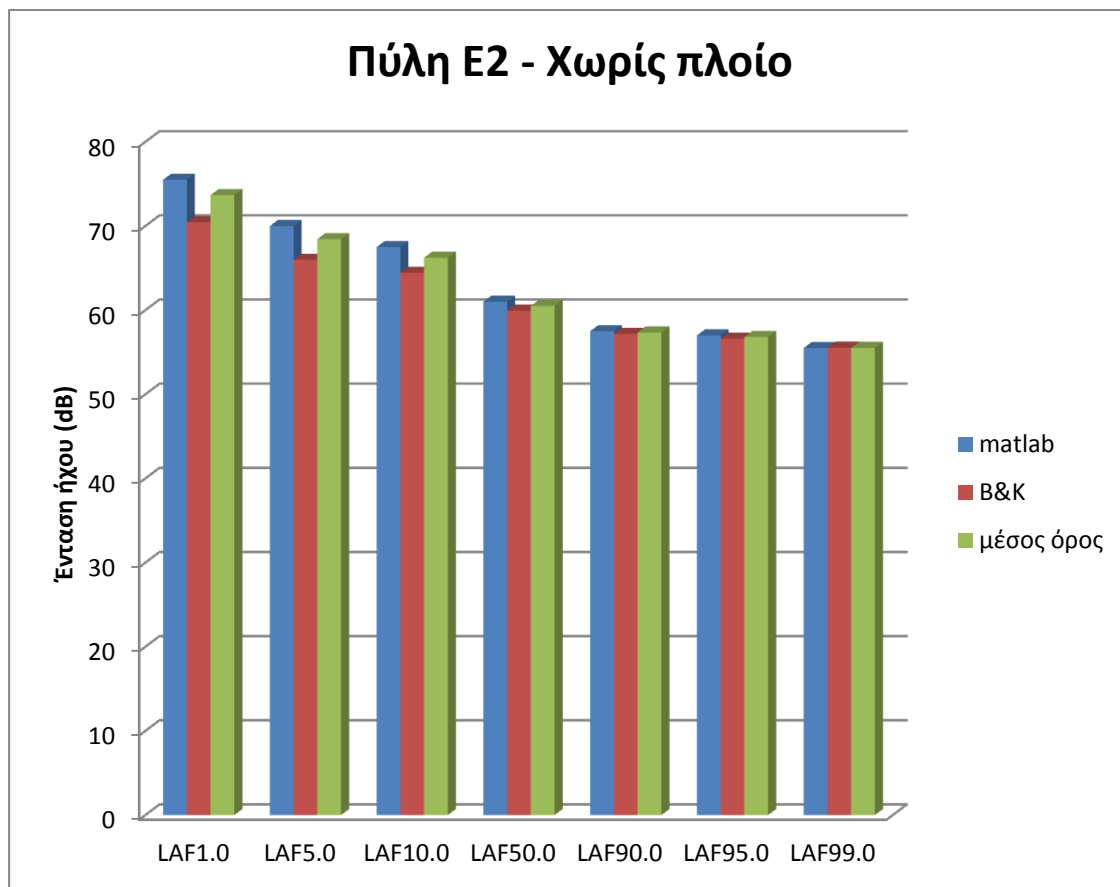
Αριθμός μετρήσεων: 1

Διάρκεια μέτρησης: περίπου 17'

Φασματογραφήματα:



Διάγραμμα εκατοστομοριακής ανάλυσης:



Η μέτρηση αυτή διεξήχθη χωρίς πλοίο στην προβλήτα Ε2 και ενώ δεν υπήρχε άλλη δραστηριότητα σχετική με την ύπαρξη πλοίου στη συγκεκριμένη προβλήτα.

Η φασματική ανάλυση δείχνει ότι το επίπεδο θορύβου σε όλες τις συχνότητες είναι σημαντικά χαμηλότερο τόσο σε σχέση με την μέτρηση κατά την διάρκεια της άφιξης του πλοίου όσο, όπως θα δούμε παρακάτω, και με τις μετρήσεις κατά την αναχώρηση του. Η πτώση αυτή στις περισσότερες μετρήσεις κυμαίνεται μεταξύ των 5 και 10dB ενώ για κάποιες μετρήσεις αγγίζει και τα 15dB. Παρόλα αυτά παρατηρούμε ότι και πάλι τα επίπεδα θορύβου στις χαμηλές συχνότητες 100Hz – 315Hz είναι υψηλότερα σε σχέση με τις υπόλοιπες συχνότητες της μέτρησης αυτής. Συγκεκριμένα μετρήσαμε ήχο έντασης 69.4 έως 59.3dB στις χαμηλές συχνότητες ενώ σε όλες τις υπόλοιπες συχνότητες η ένταση δεν ξεπερνά τα 55.6dB. Αναμενόμενο αφού η μέτρηση επηρεάζεται από το θόρυβο που παράγουν οι μηχανές των ελλιμενισμένων πλοίων στις υπόλοιπες προβλήτες του λιμανιού.

Η εκατοστομοριακή ανάλυση μας δείχνει πως υπάρχει μια μικρή διαφορά (8.6dB) μεταξύ LAF10 (66dB) και LAF90 (57.4dB). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις τιμές των LAF1 (72.3dB) και LAF5(67.8dB) μας δείχνει ότι στη μέτρηση μας υπάρχουν διαστήματα που τα επίπεδα θορύβου έχουν στιγμιαία μεγάλη τιμή σε σχέση με τον θόρυβο βάθους. Επιπλέον οι τιμές του LAF50=59.94dB και του Leq=62.47dB είναι χαμηλές σε σχέση με τις τιμές των υπόλοιπων μετρήσεων.

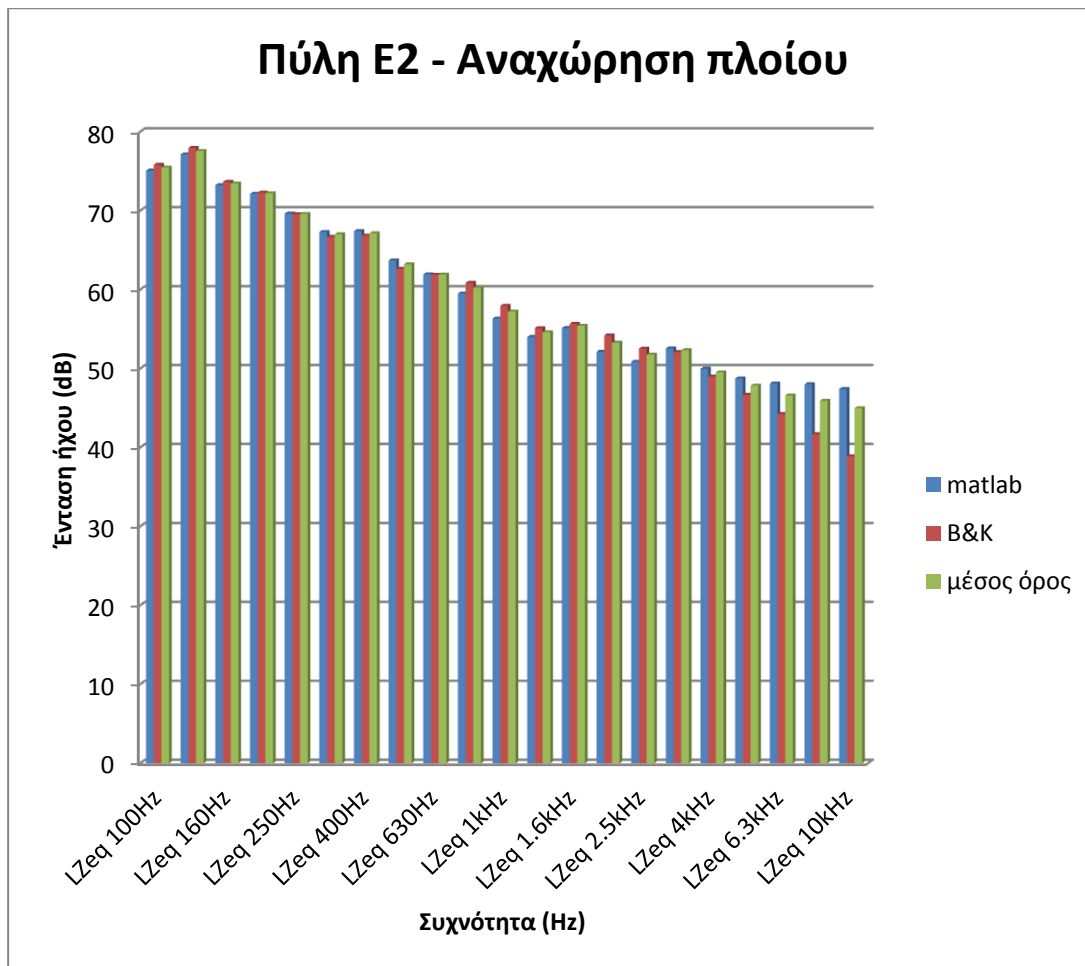
## Κατάσταση: αναχώρηση πλοίου

Αριθμός μετρήσεων: 3

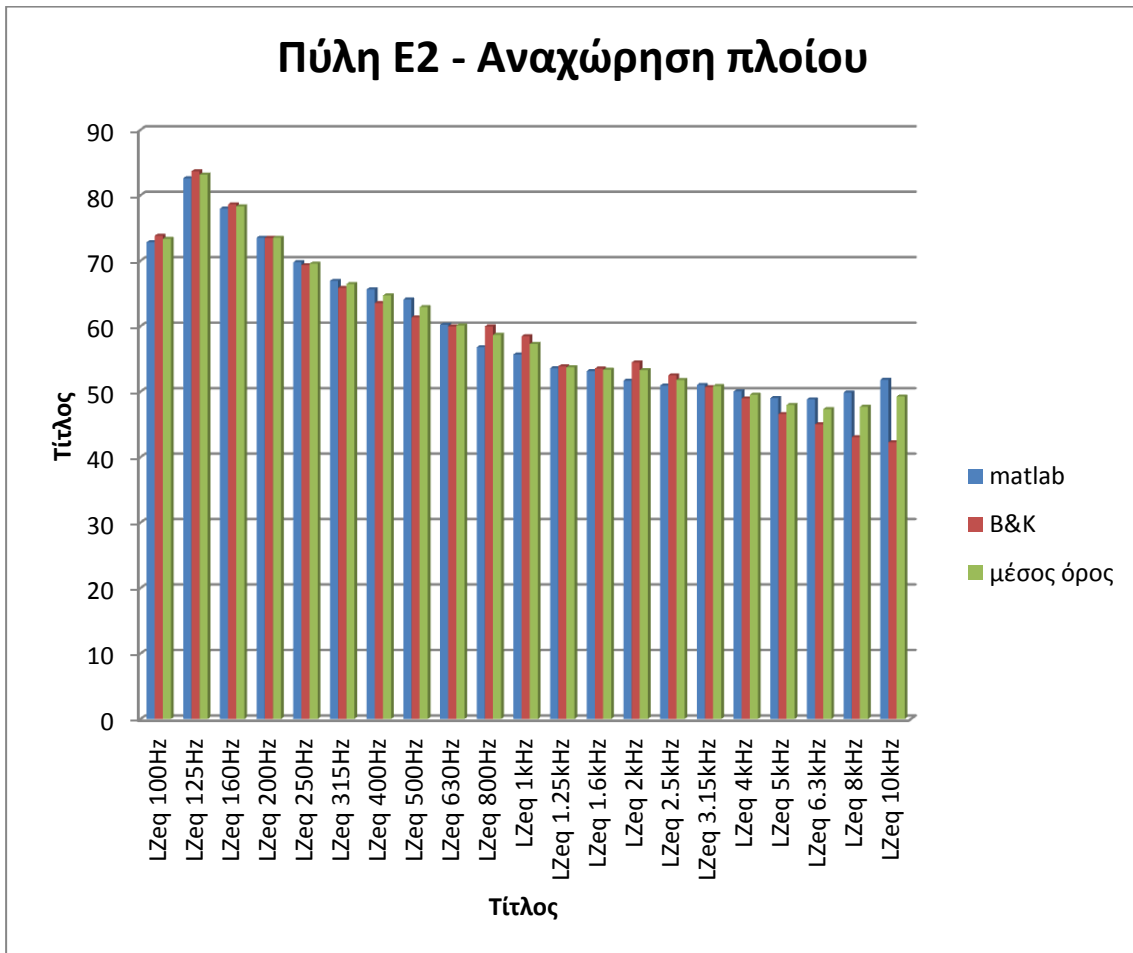
Χρονική διάρκεια μετρήσεων: οι δυο πρώτες μετρήσεις έχουν διάρκεια περίπου 15' και η τρίτη περίπου 20'

### Φασματογραφήματα:

1<sup>η</sup> μέτρηση:

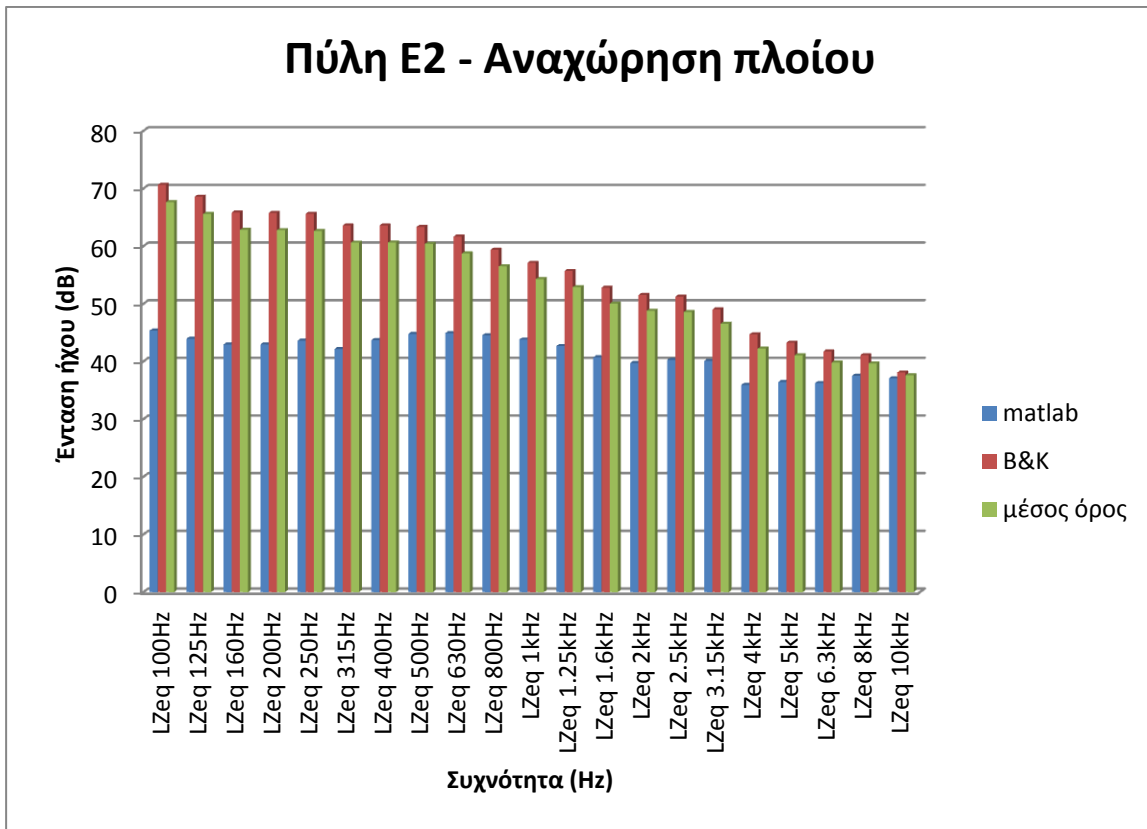


2<sup>η</sup> μέτρηση:



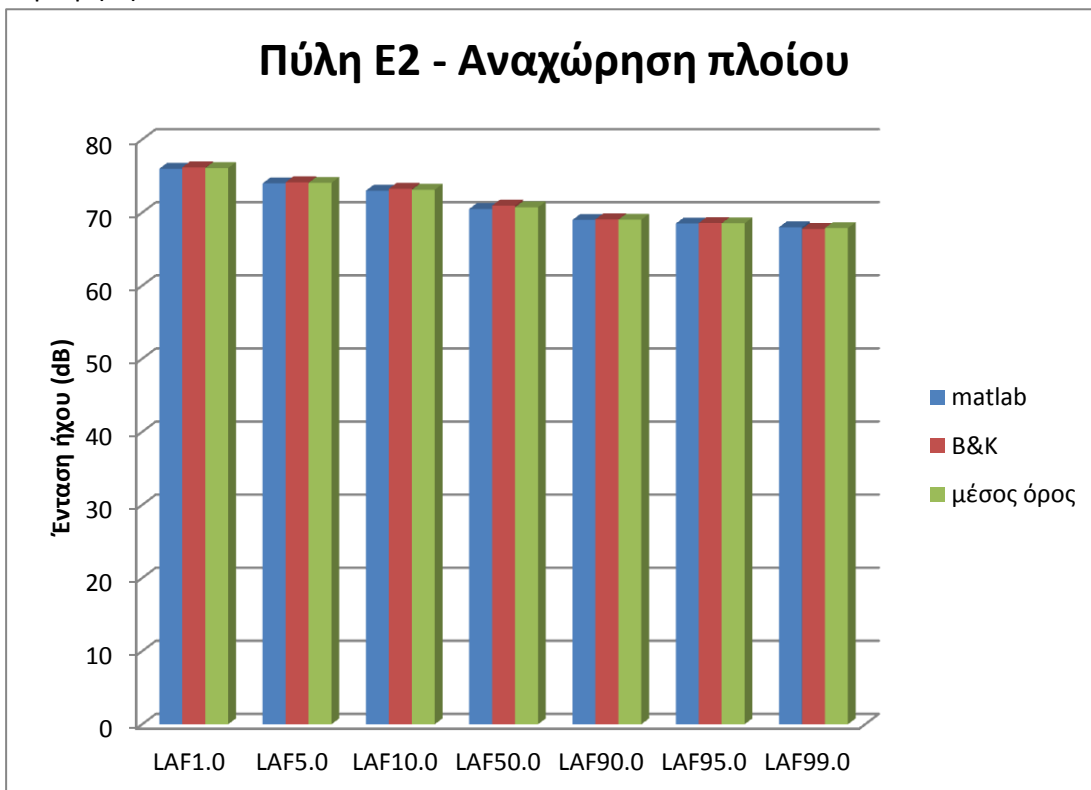


3<sup>η</sup> μέτρηση:

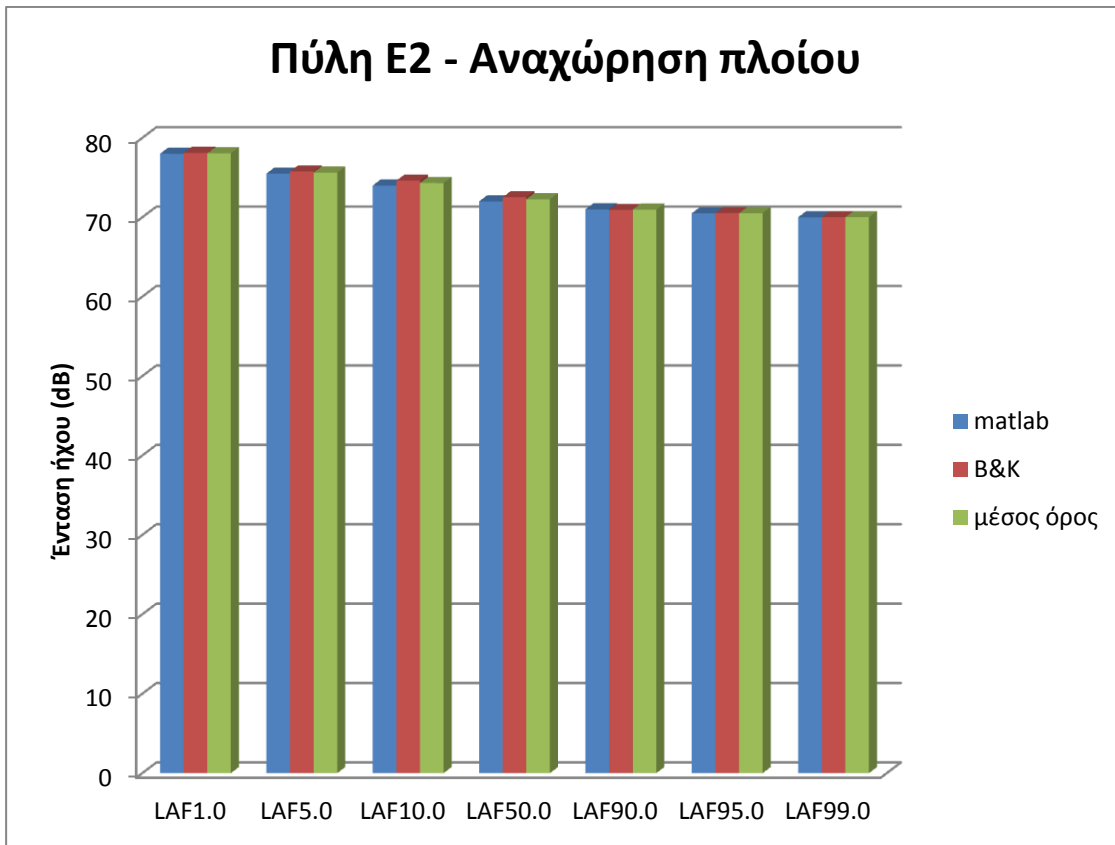


Διαγράμματα εκατοστομοριακής ανάλυσης:

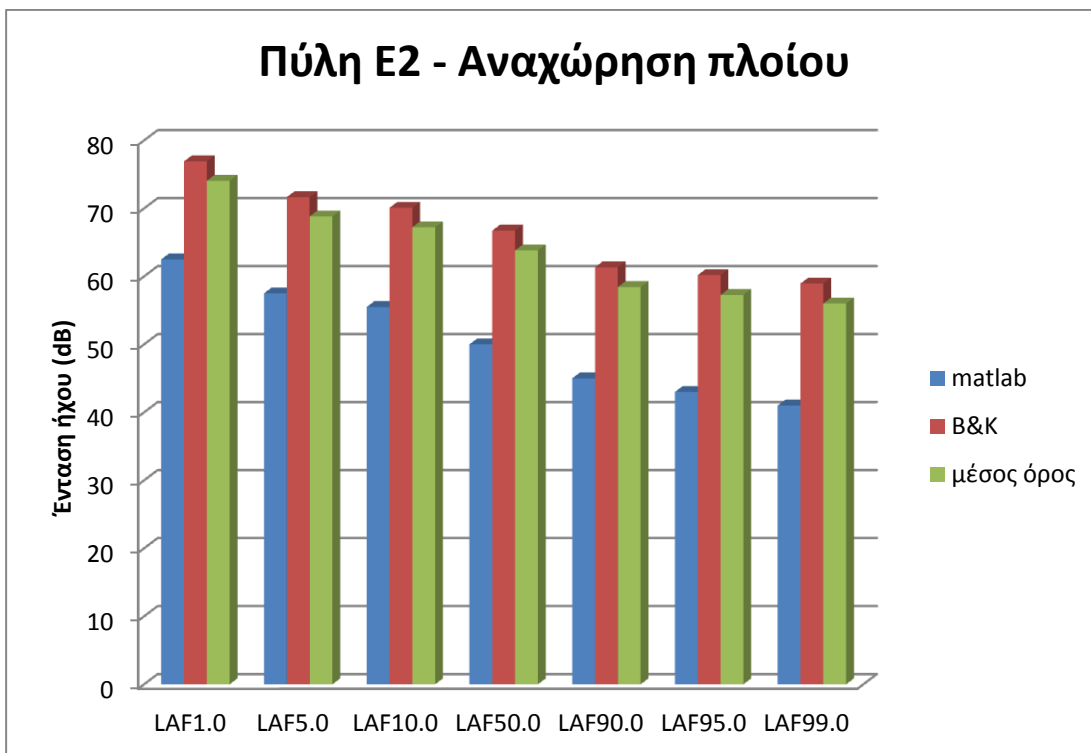
1<sup>η</sup> μέτρηση:



2<sup>η</sup> μέτρηση:



3<sup>η</sup> μέτρηση:



Οι μετρήσεις διεξήχθησαν κατά την διάρκεια φόρτωσης του πλοίου και την αποχώρηση του από την προβλήτα μέχρι και την έξοδο του από το λιμάνι.

Όπως αναμενόταν από τις συνθήκες μέτρησης, στην φασματική ανάλυση παρατηρούμε έντονο θόρυβο από μηχανές φορτηγών, αυτοκινήτων και του πλοίου που λειτουργούν όλες συγχρόνως κατά την διάρκεια φόρτωσης του πλοίου. Γι αυτό το λόγο παρατηρούμε πως η μέγιστη στάθμη θορύβου (83.1dB) είναι στην συχνότητα των 125Hz. Στις υπόλοιπες συχνότητες παρατηρούμε πιο χαμηλές στάθμες θορύβου οι οποίες επηρεάζονται από τις ανθρώπινες ομιλίες κατά την διάρκεια της επιβίβασης και στο θόρυβο βάρους.

Τα συμπεράσματα που εξάγονται από την εκατοστομοριακή ανάλυση είναι πως ο θόρυβος κατά την διάρκεια των μετρήσεων είναι αρκετά υψηλός χωρίς πολλές αιχμές ή απρόσμενα χαμηλές στάθμες θορύβου. Είναι χαρακτηριστικό πως στη πρώτη μέτρηση η διαφορά ανάμεσα στο LAF10 και το LAF90 είναι 4.19dB ενώ στη δεύτερη είναι ακόμα μικρότερη και ίση με 3.69dB. Ο θόρυβος που προκύπτει για αυτή τη θέση είναι ιδιαίτερα υψηλός αφού το LAF50 όπως και το LAeq και στις δυο μετρήσεις ξεπερνάει τα 70dB.

## Θέση Ε5

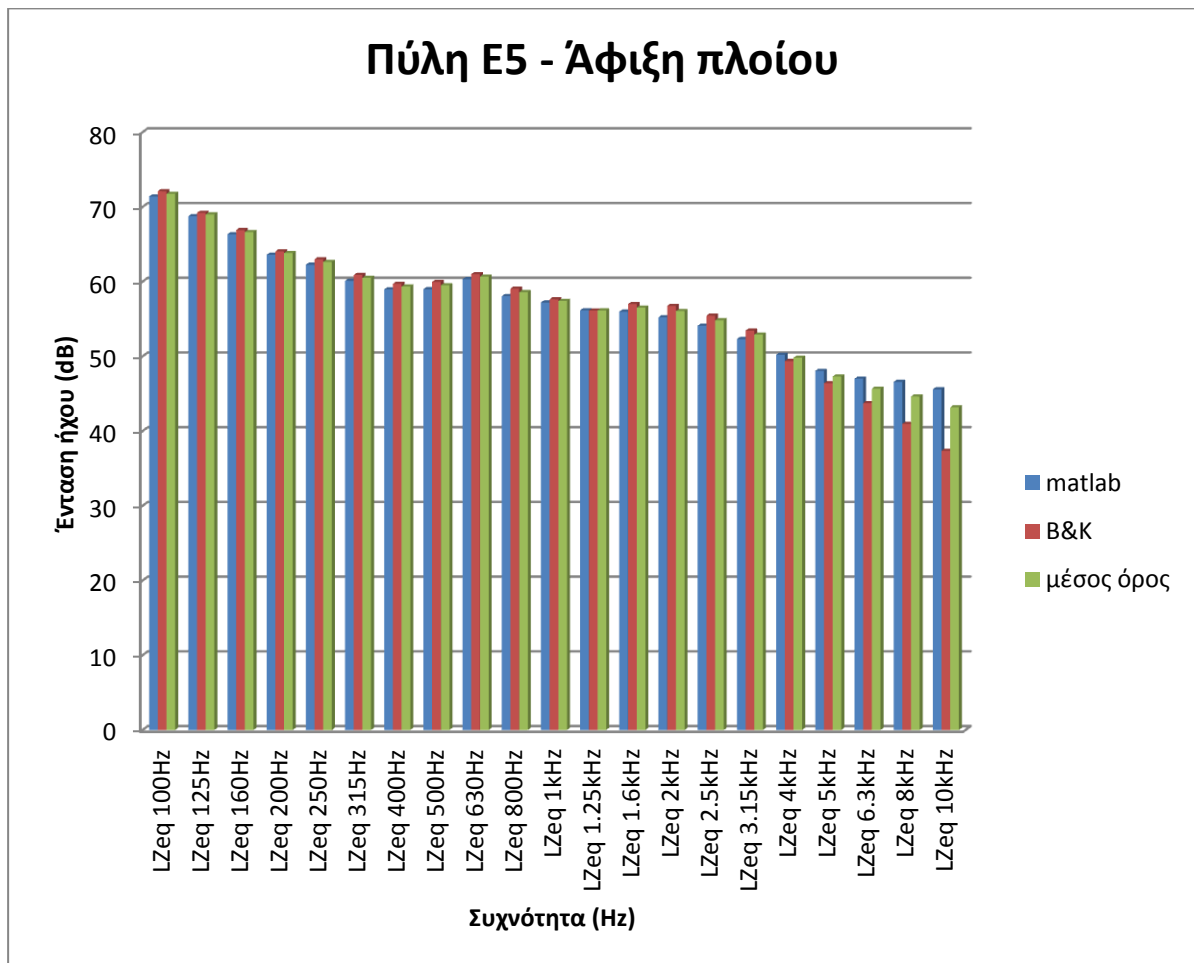
Κατάσταση: Άφιξη πλοίου

Αριθμός μετρήσεων: 2

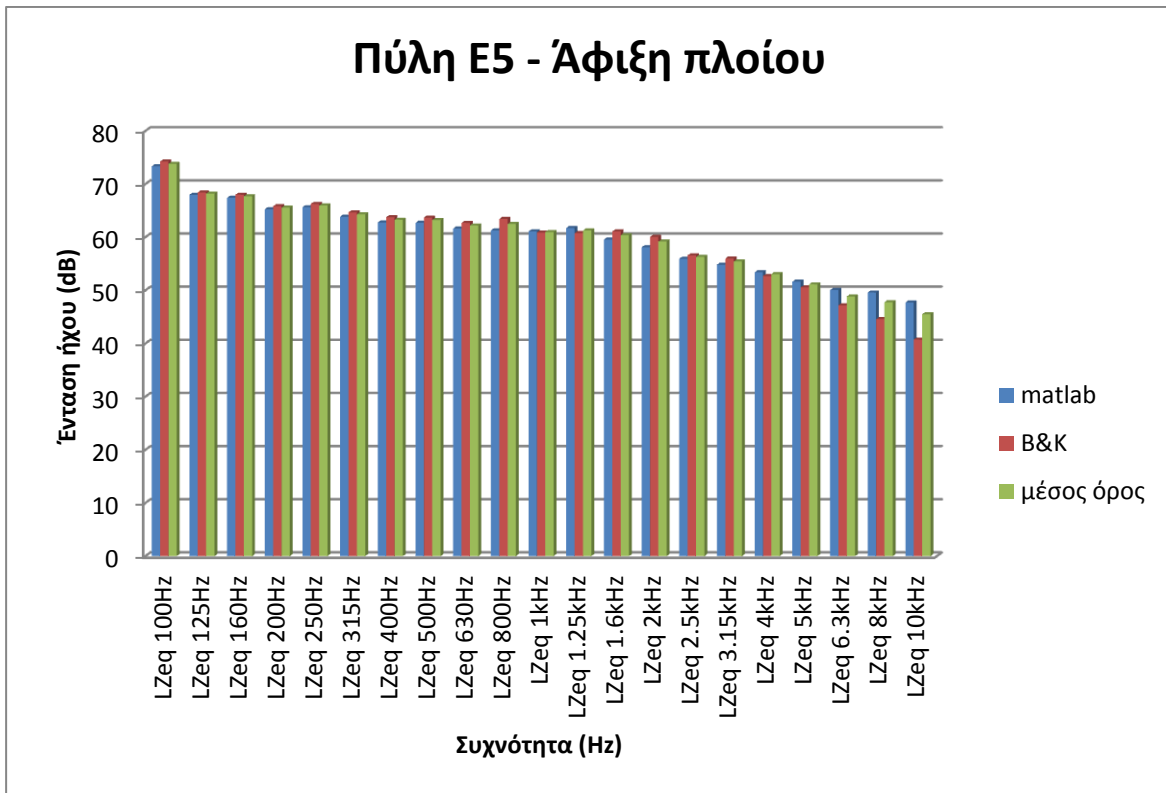
Διάρκεια μετρήσεων: περίπου 15' η καθेमία

Φασματογραφήματα:

1<sup>η</sup> μέτρηση:

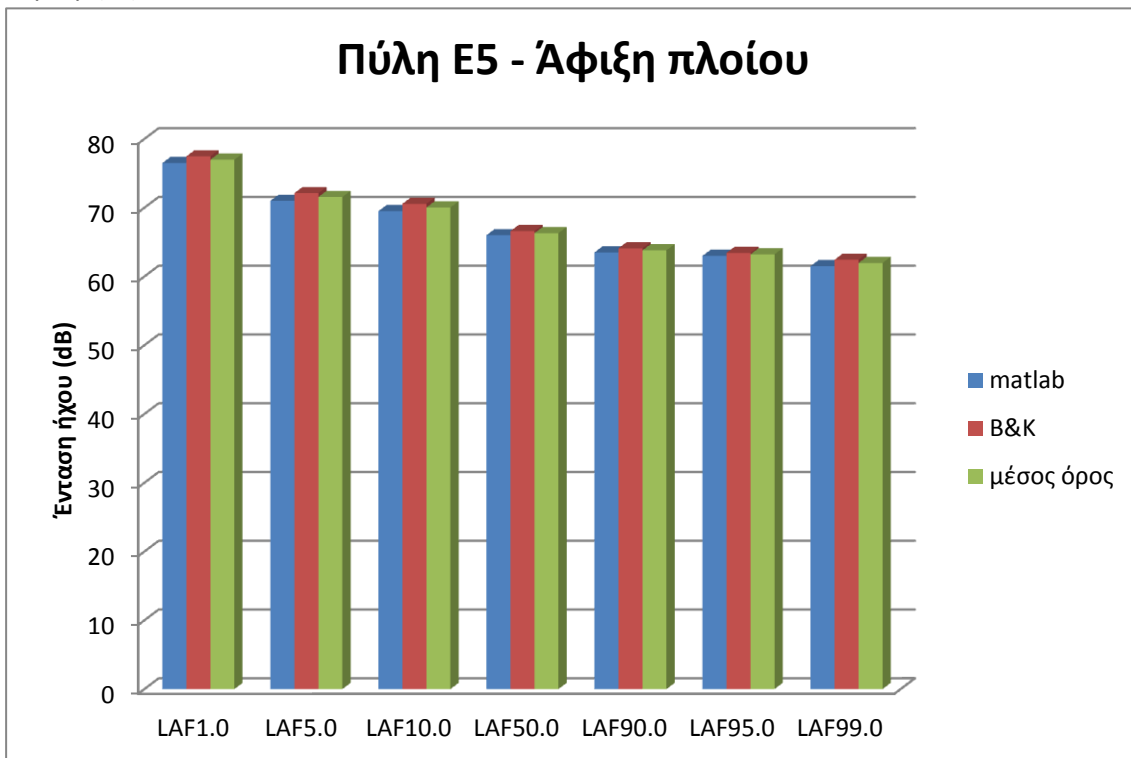


2<sup>η</sup> μέτρηση:

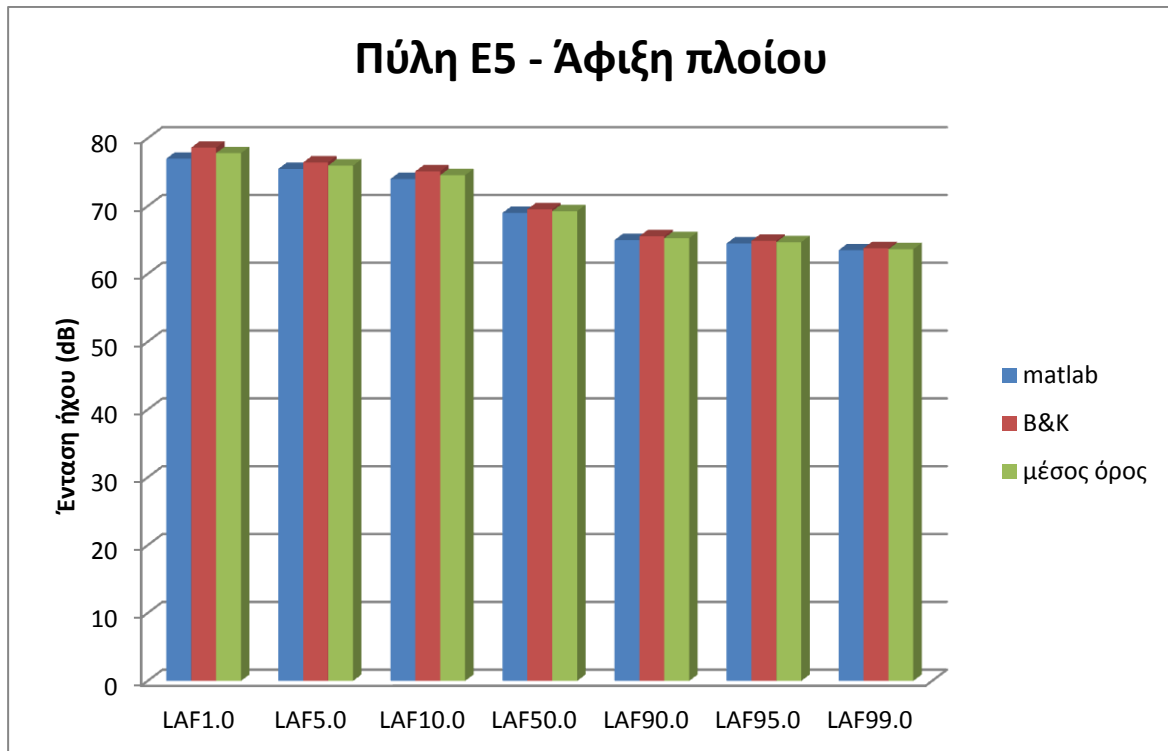


Διαγράμματα εκατοστομοριακών:

1<sup>η</sup> μέτρηση:



2<sup>η</sup> μέτρηση:



Οι μετρήσεις ξεκίνησαν όταν το πλοίο έφτασε στο λιμάνι και συνεχίστηκαν για όσο χρόνο διήρκεσε η αποβίβαση των επιβατών και των οχημάτων (αυτοκινήτων και φορτηγών). Οι δυο μετρήσεις είναι διαδοχικές.

Από την φασματική ανάλυση βλέπουμε ότι τα επίπεδα θορύβου στις συχνότητες που αντιστοιχούν σε αυτές της λειτουργίας μηχανών, δηλαδή 100Hz – 250Hz, είναι και σε αυτή τη μέτρηση αυξημένα (62.6-71.7dB για την πρώτη μέτρηση και 66-73.8dB για την δεύτερη). Αυτές τις υψηλές στάθμες θορύβου τις περιμέναμε αφού όπως στις προηγούμενες αντίστοιχες μετρήσεις έτσι και εδώ αφού βρισκόμαστε σε διαδικασία άφιξης και εκφόρτωσης του πλοίου κάτι που συνεπάγεται πολλές μηχανές σε λειτουργία (πλοίου, αυτοκινήτων και φορτηγών). Επίσης αυτή η θέση βρίσκεται πολύ κοντά σε κεντρικό οδικό άξονα (Ακτή Ποσειδώνος) με έντονη κίνηση όλες τις ώρες τις μέρας. Επιπλέον σε αυτή την κατάσταση εξαιτίας της αυξημένης κίνησης στο λιμάνι υπάρχει αρκετός κόσμος σε αυτό. Αυτό προκαλεί άνοδο της έντασης του ήχου στις συχνότητες που αντιστοιχούν στην ανθρώπινη ομιλία και στην χρήση οχημάτων μικρότερου κυβισμού (500Hz έως 2000Hz).

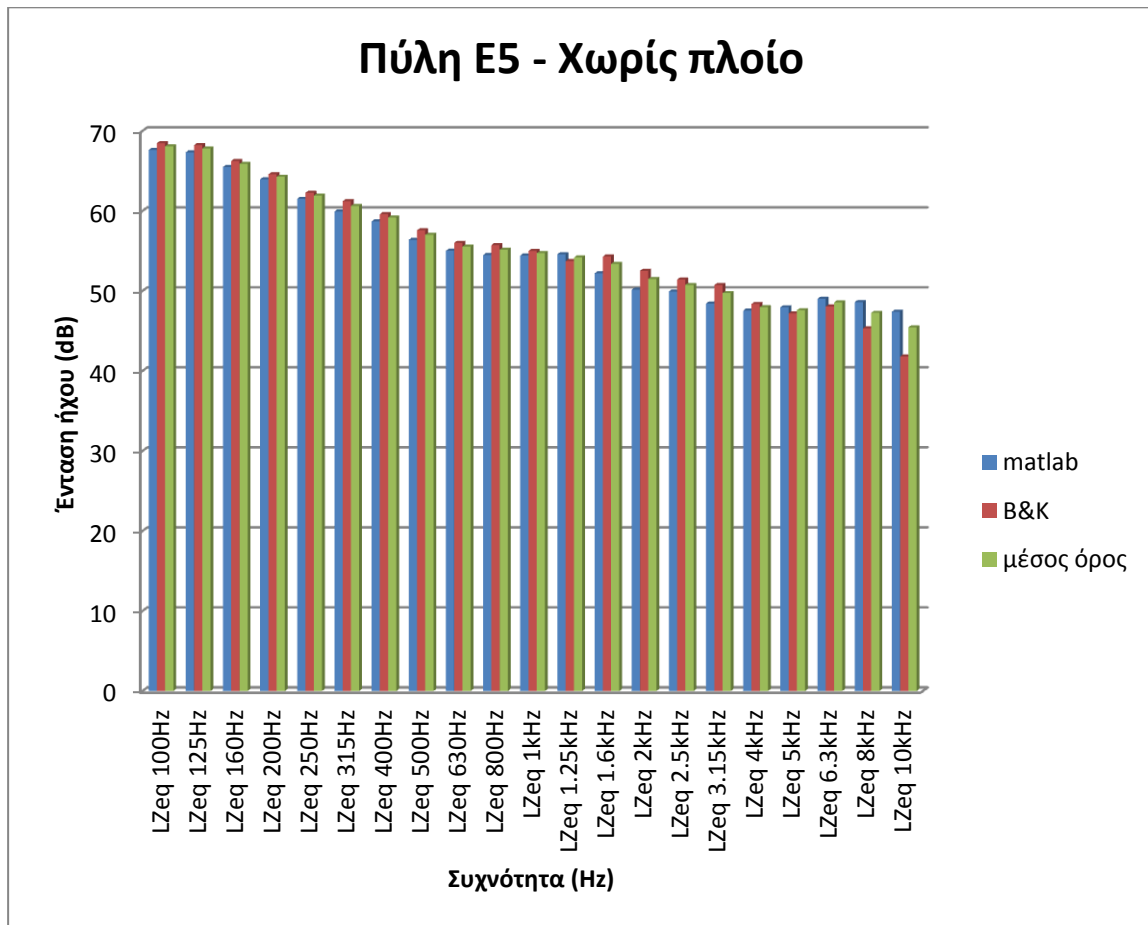
Από την εκατοστομοριακή βλέπουμε ότι το LAF10 είναι στις δυο μετρήσεις μεταξύ των 70dB και 75dB. Αυτό σημαίνει ότι στο 10% του χρόνου της μέτρησης ο θόρυβος ξεπερνά αυτά τα επίπεδα. Αντίστοιχα στο 90% του χρόνου μέτρησης το LAF90 είναι περίπου 65dB και στις δυο μετρήσεις. Επίσης στο 50% του χρόνου το LAF50 είναι περίπου 70dB. Δεν είναι από τις υψηλότερες μετρήσεις μας αλλά είναι αρκετά υψηλή. Επίσης στη δεύτερη μέτρηση υπάρχει ένας έντονος θόρυβος διάρκειας 4' που ανεβάζει ελαφρώς τα επίπεδα θορύβου τόσο στις εκατοστομοριακές (1-4.5dB) όσο και στις φασματικές στις μεσαίες συχνότητες (1-3dB).

Κατάσταση: χωρίς πλοίο

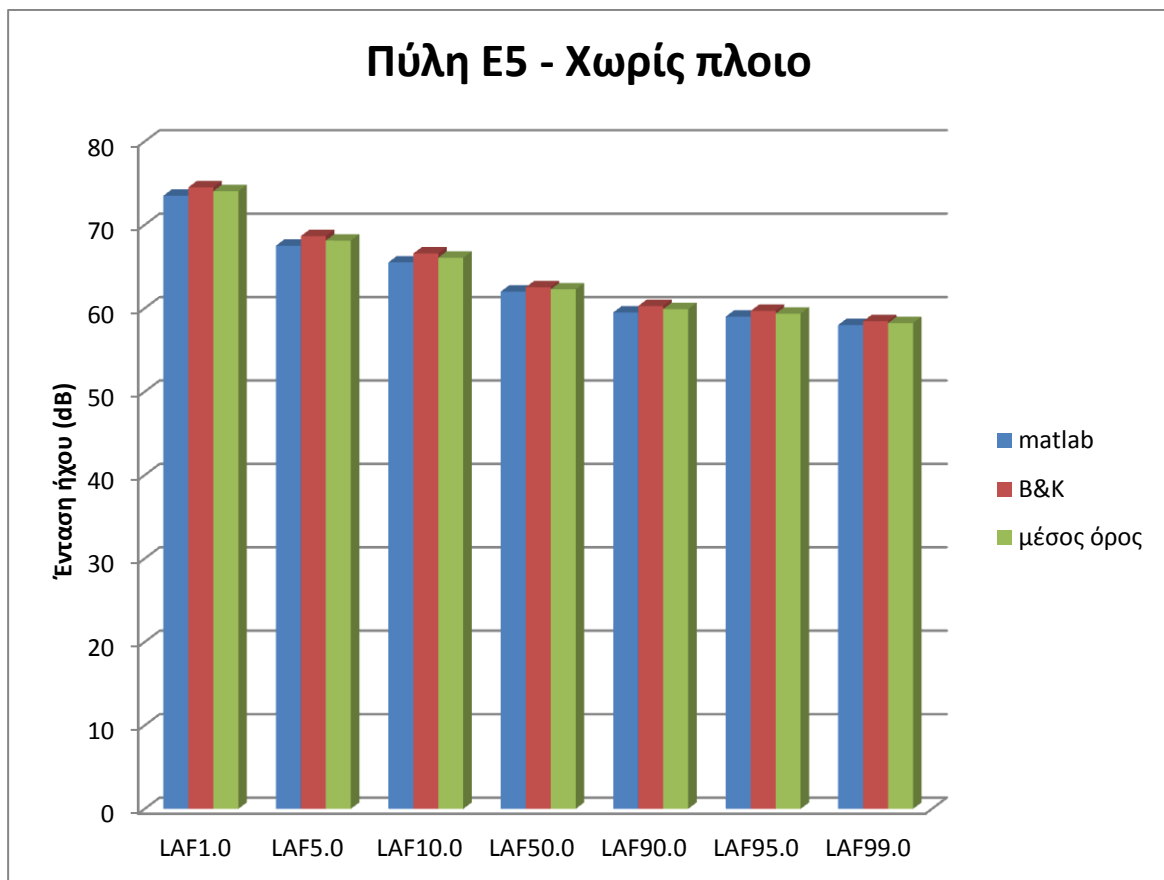
Αριθμός μετρήσεων: 1

Διάρκεια μέτρησης: περίπου 17'

Φασματογράφημα:



Διάγραμμα εκατοστομοριακής:



Η μέτρηση αυτή πραγματοποιήθηκε χωρίς πλοίο στην προβλήτα Ε5.

Η φασματική ανάλυση μας δείχνει χαμηλότερα επίπεδα θορύβου σε σχέση με τις μετρήσεις με παρουσία πλοίου στη προβλήτα όπως αναμενόταν. Συγκεκριμένα παρατηρείται πτώση μέχρι και 8.5dB για κάποιες μετρήσεις κυρίως στις χαμηλές και μεσαίες συχνότητες. Επίσης παρατηρούμε ότι τα υψηλότερα επίπεδα θορύβου (62-68dB) είναι στις χαμηλές συχνότητες (100Hz-250Hz). Όπως είναι λογικό αυτές οι συχνότητες επιβαρύνονται από το θόρυβο που παράγουν μηχανές πλοίων και φορτηγών στις υπόλοιπες προβλήτες του λιμανιού.

Η εκατοστομοριακή ανάλυση μας δείχνει μικρή διαφορά (6dB) των LAF10 (66dB) και LAF90 (60dB) που δίνει αίσθηση στον παρατηρητή ενός συνεχούς θορύβου με μερικές αιχμές ακουστικού θορύβου. Γενικά για όλες τις εκατοστομοριακές παρατηρούμε πτώση των επιπέδων θορύβου κάτι που είναι λογικό αφού δεν υπάρχει πλοίο στην προβλήτα και άρα κίνηση σε αυτή. Στις περισσότερες μετρήσεις αυτή η πτώση μοιάζει να προσεγγίζει τα 5dB. Επίσης παρατηρούμε ότι η LAF1 είναι ελαφρώς υψηλότερη στάθμης (74dB) από τις υπόλοιπες εκατοστομοριακές, αυτό οφείλεται σε μια μηχανή χωρίς σιγαστήρα που πέρασε μπροστά από το σύστημα ηχομέτρησης για λίγα δευτερόλεπτα κατά τη διάρκεια της μέτρησης.



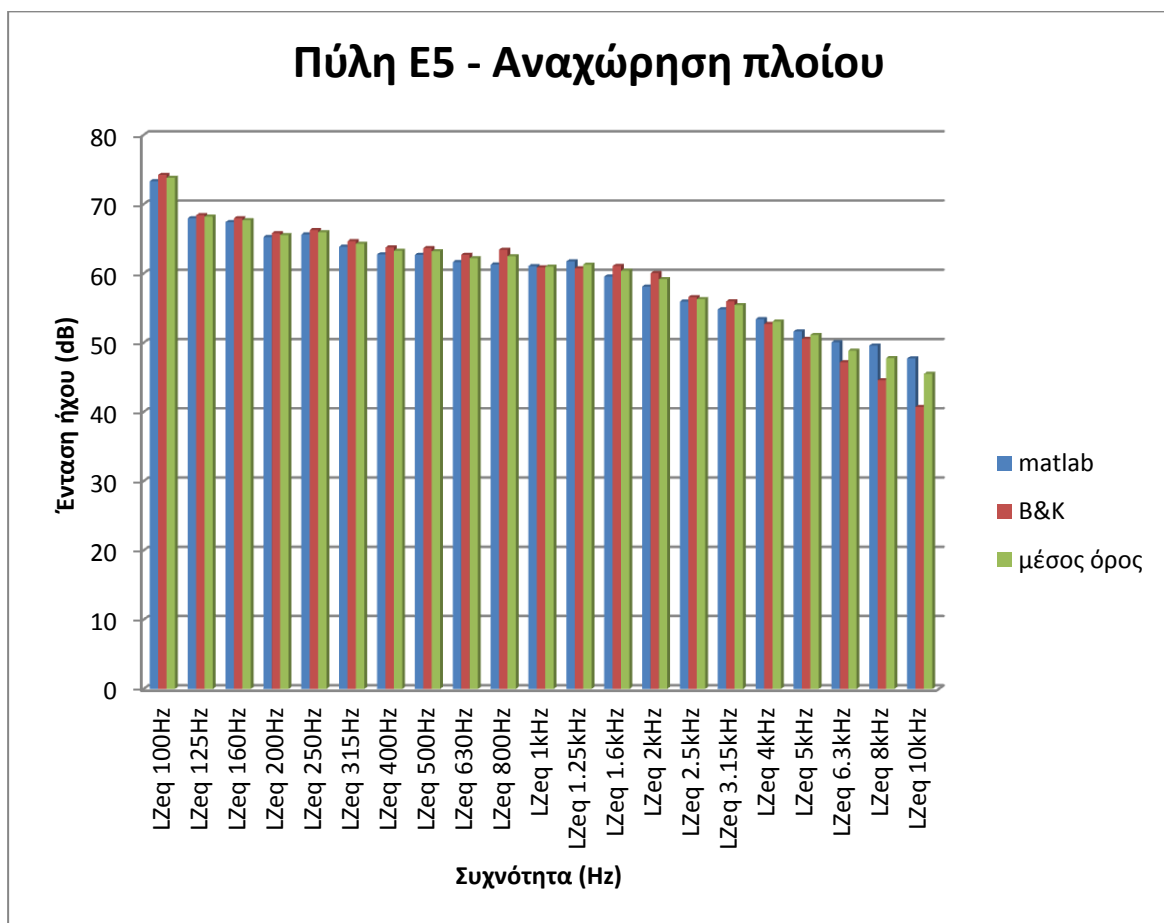
## Κατάσταση: αναχώρηση πλοίου

Αριθμός μετρήσεων: 3

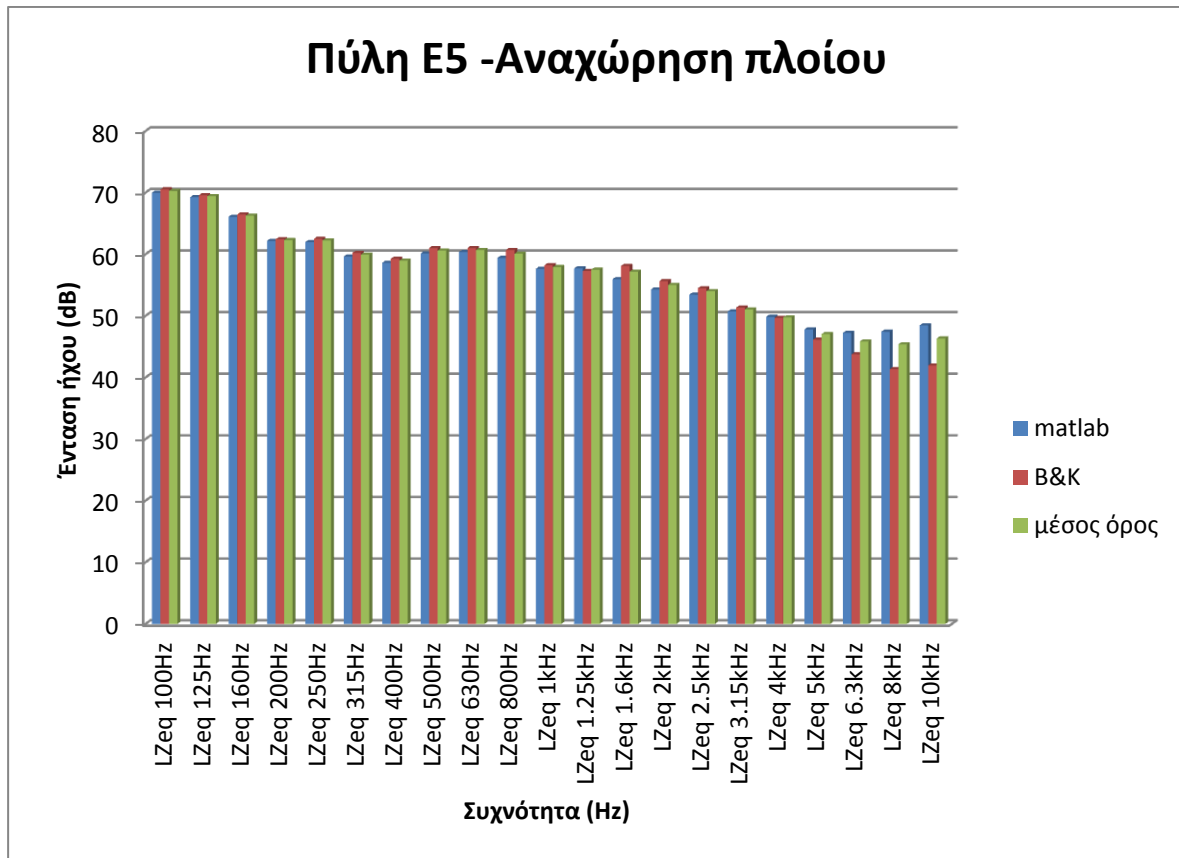
Διάρκεια μετρήσεων: 1<sup>η</sup> μέτρηση περίπου 11', 2<sup>η</sup> μέτρηση περίπου 13', 3<sup>η</sup> μέτρηση περίπου 19'.

### Φασματογραφήματα:

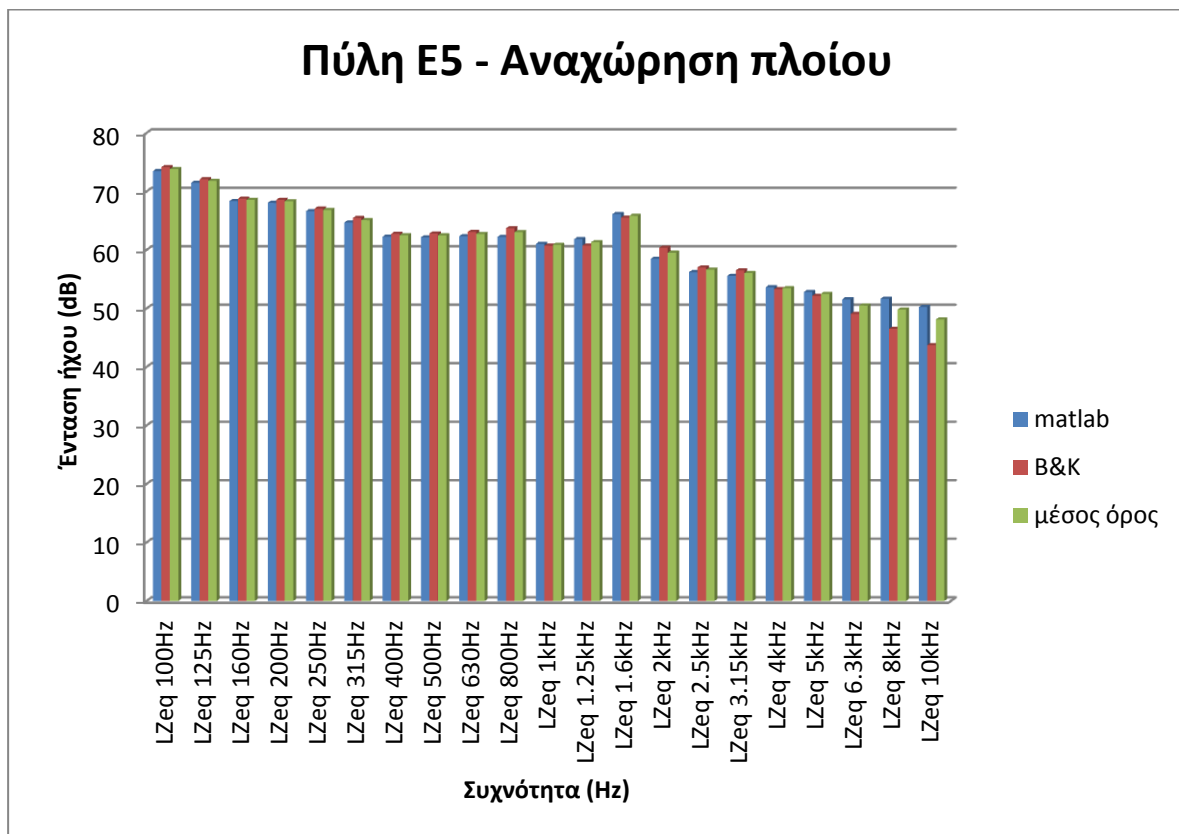
1<sup>η</sup> μέτρηση:



2<sup>η</sup> μέτρηση:

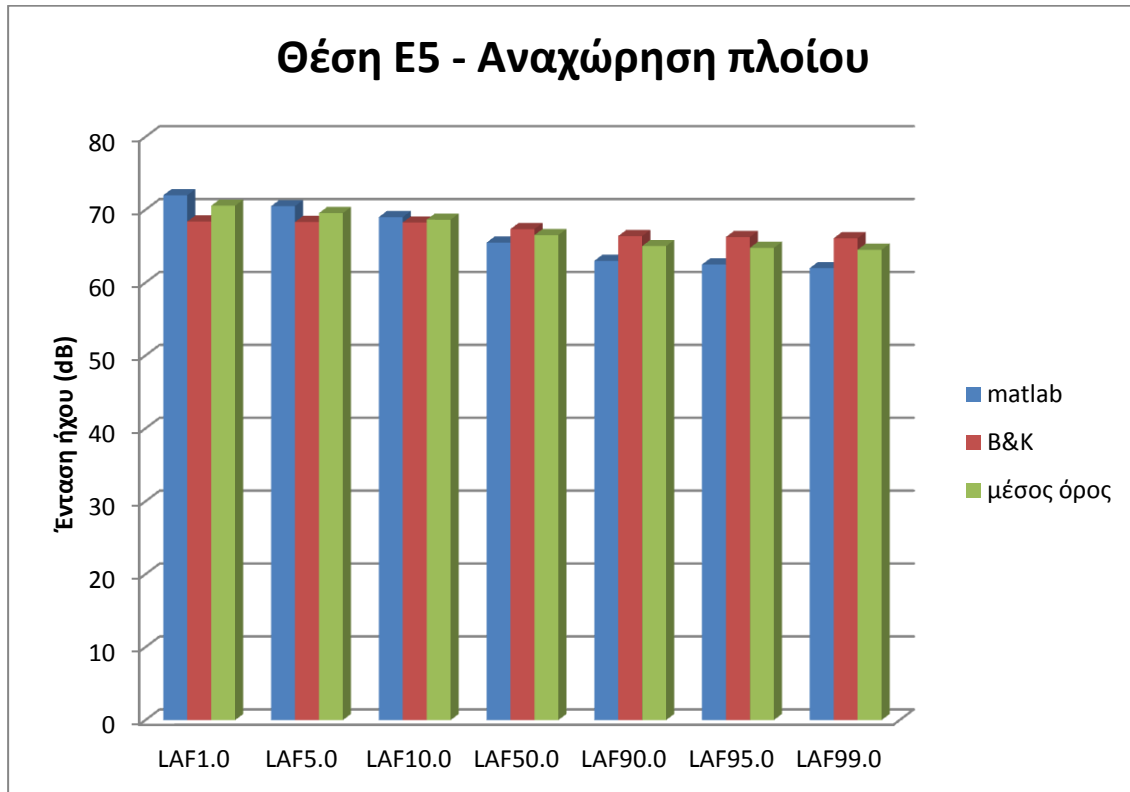


3<sup>η</sup> μέτρηση:

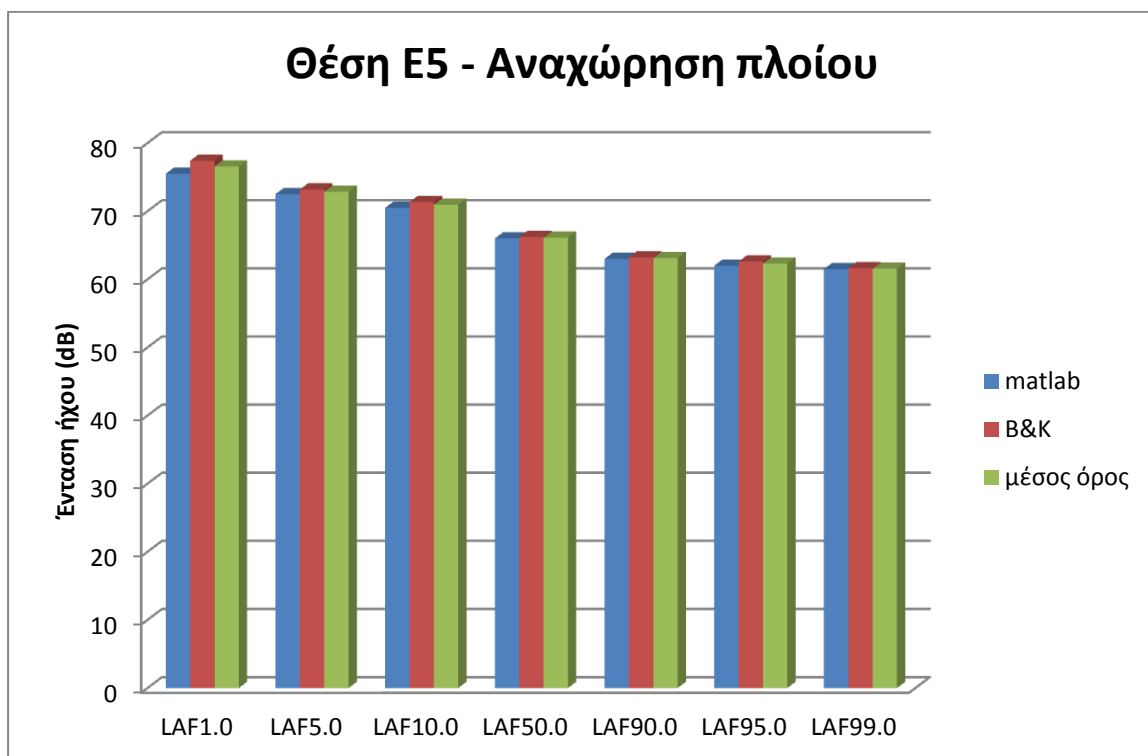


Διαγράμματα εκατοστομοριακής ανάλυσης:

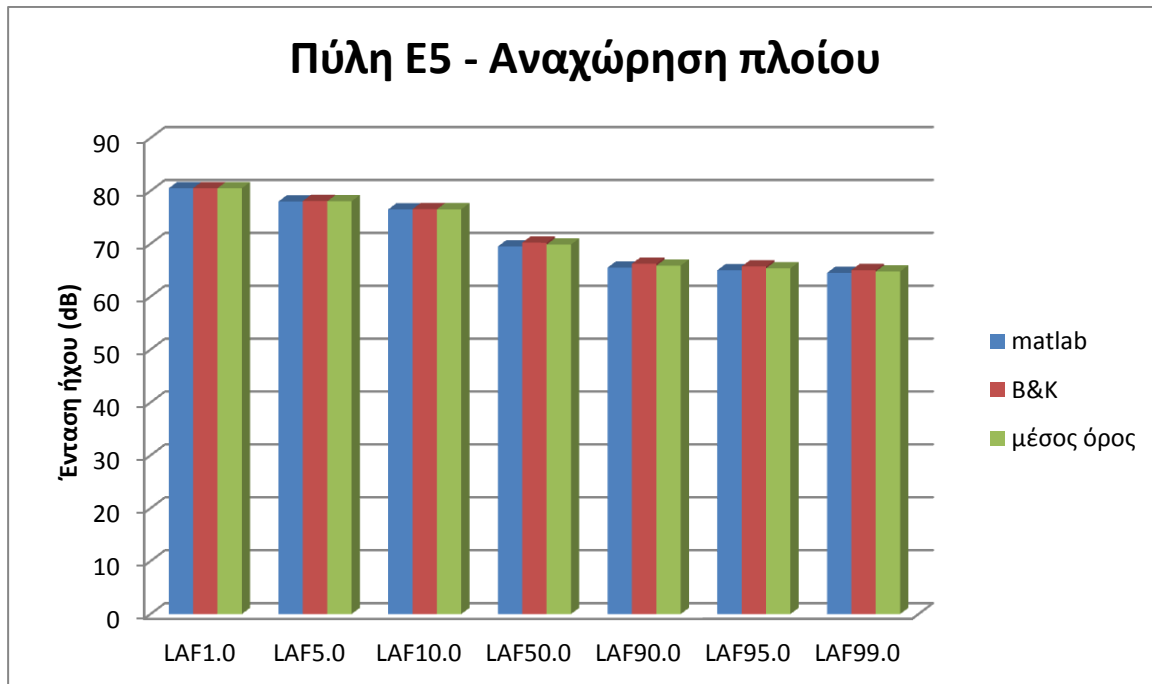
1<sup>η</sup> μέτρηση:



2<sup>η</sup> μέτρηση:



3<sup>η</sup> μέτρηση:



Η μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά την φόρτωση του πλοίου και την αναχώρηση του από την προβλήτα έως και την έξοδο από το λιμάνι. Οι μετρήσεις είναι διαδοχικές.

Τα αποτελέσματα της φασματικής ανάλυσης μας δείχνουν όπως αναμενόταν υψηλές στάθμες θορύβου (60-68.3dB για την πρώτη, 62.5-70.3dB για την δεύτερη και 66.9-73.8dB για την τρίτη μέτρηση) στις χαμηλές συχνότητες εξαιτίας των μηχανών του πλοίου και των φορτηγών. Η διαφοροποίηση που υπάρχει εδώ σε σχέση με τις άλλες μετρήσεις στο λιμάνι του Πειραιά στην ίδια κατάσταση είναι στην τρίτη μέτρηση στη συχνότητα των 1.6kHz παρατηρούμαι υψηλότερη στάθμη θορύβου τόσο σε σχέση με τις γειτονικές συχνότητες όσο και με τα επίπεδα θορύβου στην ίδια συχνότητα σε άλλες αντίστοιχες μετρήσεις. Πιστεύουμε ότι αυτό οφείλεται στη ύπαρξη προειδοποιητικού ήχου μανούβρας φορτηγού για αρκετή ώρα πολύ κοντά στο σύστημα ηχομέτρησης. Συγκεκριμένα μετρήσαμε υψηλότερη στάθμη θορύβου κατά 9 και 10dB σε σχέση με την ίδια συχνότητα στις άλλες 2 μετρήσεις και κατά 4.5 και 6dB σε σχέση με τις γειτονικές συχνότητες των 1.25kHz και 2kHz. Η ένταση στην εν λόγω μέτρηση στα 1.6kHz ήταν 65.8dB.

Η παραπάνω παρατήρηση φαίνεται και στην εκατοστομοριακή ανάλυση όπου στην τρίτη μέτρηση παρατηρούμε υψηλά στάθμη στο LAF1 ίση με 80.5dB. Αυτό ταιριάζει με τον έντονο και μικρής διάρκειας ήχο μιας προειδοποιητικής κόρνας. Επίσης όπως φαίνεται εξαιτίας του μεγάλου χρονικού διαστήματος που ακουγόταν αυτή η κόρνα έχουν επηρεαστεί έντονα και οι στάθμες των LAF5, LAF10 (αυξημένες κατά 6dB). Στις υπόλοιπες 2 μετρήσεις φαίνεται να μην υπάρχουν ιδιαίτερες αιχμές καθώς LAF10 και LAF90 δεν απέχουν πολύ. Μάλιστα στην πρώτη μέτρηση σύμφωνα με την μέτρηση του ηχόμετρου είναι σχεδόν ίδιες καθώς διαφέρουν μόνο κατά 2dB. Σε αυτές τις δυο πρώτες μετρήσεις το LAF50 είναι λίγο κάτω από τα 70dB. Υψηλότερο από την μέτρηση χωρίς πλοίο και περίπου ίδιο με την μέτρηση κατά την άφιξη πλοίου στην προβλήτα.

\*σε όλα τα παραπάνω σχόλια η ένταση ήχου που αναφέρεται αφορά τον μέσο όρο των δυο οργάνων μέτρησης έκτος αν αναφέρεται αλλιώς σε περίπτωση «περίεργων» αποτελεσμάτων.

### **3.2 Αναλυτικά Συμπεράσματα Μετρήσεων**

Για καλύτερη και πιο παραγωγική εξαγωγή συμπερασμάτων χωρίσαμε τις μετρήσεις σε βασικές κατηγορίες, με βάση τόσο τις όμοιες συνθήκες οι οποίες τα χαρακτηρίζουν, όσο και την θεωρητικά αναμενόμενη συμβολή τους στην παραγωγή και διάδοση του θορύβου στην γύρω περιοχή.

Συγκεκριμένα οι συνθήκες οι οποίες αξιολογήθηκαν ήταν οι παρακάτω:

- Θέση ως προς το λιμάνι
- Θέση ως προς τη λεωφόρο Δημοκρατίας
- Είδος της πλειοψηφίας των οχημάτων που διέρχονται από την θέση
- Κατηγορία χρήσης πολεοδομικού ιστού της γύρω περιοχής (εμπορικό, βιομηχανικό, κατοικίες)
- Κατηγορία χρήσης λιμανιού (εμπορικό, επιβατικό)

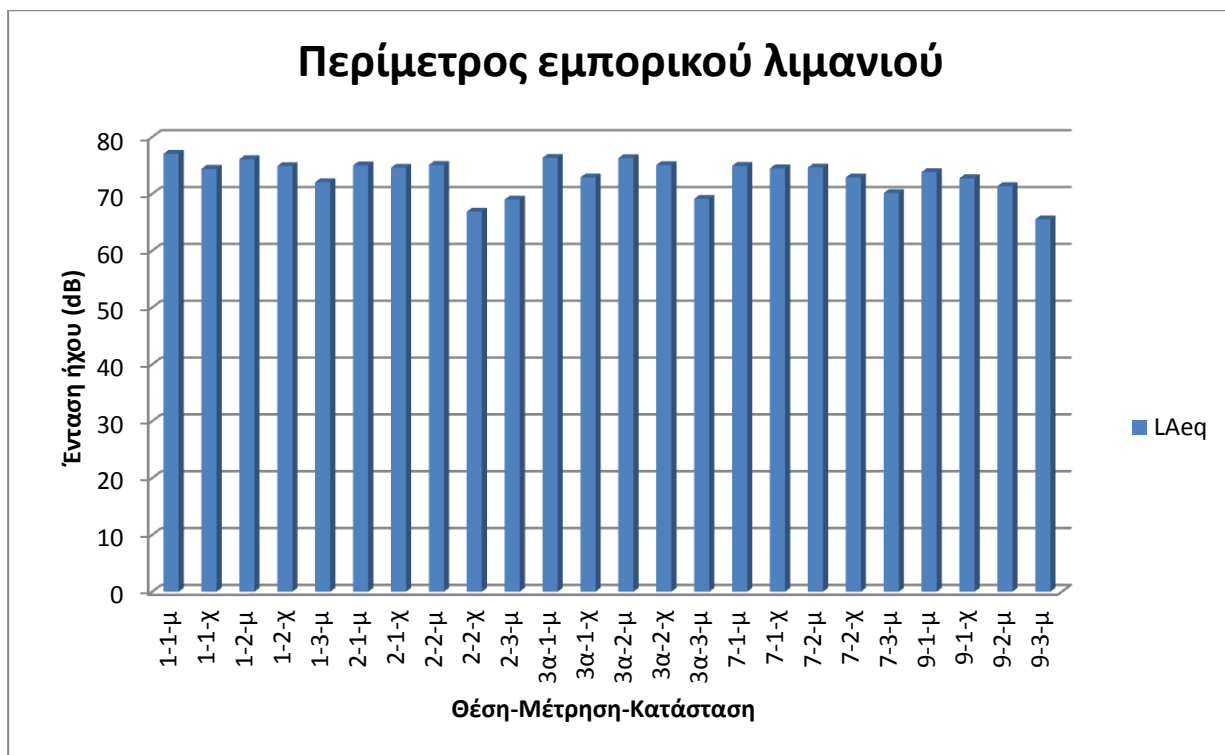
Έτσι δημιουργήθηκαν οι εξής βασικές κατηγορίες:

- Επιβατικό λιμάνι
- Περίμετρος του εμπορικού λιμανιού
- Λεωφόρος Δημοκρατίας
- Απεικόνιση θορύβου βάρους
- Οδός Νικολαΐδη

Παρακάτω παραθέτουμε αναλυτικότερα τα συμπεράσματα για κάθε κατηγορία θέσεων.

Πακέτο:

## Περίμετρος εμπορικού λιμανιού



Κατάσταση: Με πλοίο

Θέση	Ώρα έναρξης	LAeq	LAF10.0	LAF50.0	LAF90.0
Θέση 1	10:34	77.0276	80.83	71.44	66.455
	12:23	76.3093	79.985	71.86	66.845
	18:00	71.9597	75	66.43	62.32
Θέση 2	11:20	74.7472	78.725	70.475	61.875
	13:01	62.4129	63.65	51.26	43.025
	18:38	69.154	69.985	56.14	50.285
Θέση 3α	11:01	76.2529	79.355	71.39	62.215
	12:43	76.1891	78.395	70.665	61.4
	18:20	69.4004	72.81	63.13	58.535
Θέση 7	11:40	74.7711	77.58	69.525	62.44
	13:18	62.7053	65.04	57.575	50.235
	18:58	70.1489	69.665	60.795	56.93
Θέση 9	12:02	74.2028	77.515	71.93	67.17
	17:37	71.3907	75.265	65.645	61.195
	19:17	67.1987	70.275	64.28	60.085

Παρατηρούμε ότι η θέση με τα υψηλότερα  $L_{eq}$  είναι η θέση 1 ενώ οι υπόλοιπες κινούνται γύρω από παρόμοιους μέσους όρους. Η χαμηλότερη μέτρηση παρατηρείται στην θέση 2 κατά την μεσημεριανή μέτρηση. Αντίστοιχα η θέση 1 έχει το υψηλότερο LAF10 (80,83dB) ενώ το χαμηλότερο παρατηρείται στην θέση 2 LAF10 (63,65dB). Το υψηλότερο LAF50 παρατηρείται στην θέση 9 (71,93dB), ενώ και με βάση το LAF90 που αντιστοιχεί σε θόρυβο βάθους η θέση 1 έχει τις υψηλότερες τιμές ( 66,455dB/66,845dB/62,32dB).

Κατάσταση: χωρίς πλοίο

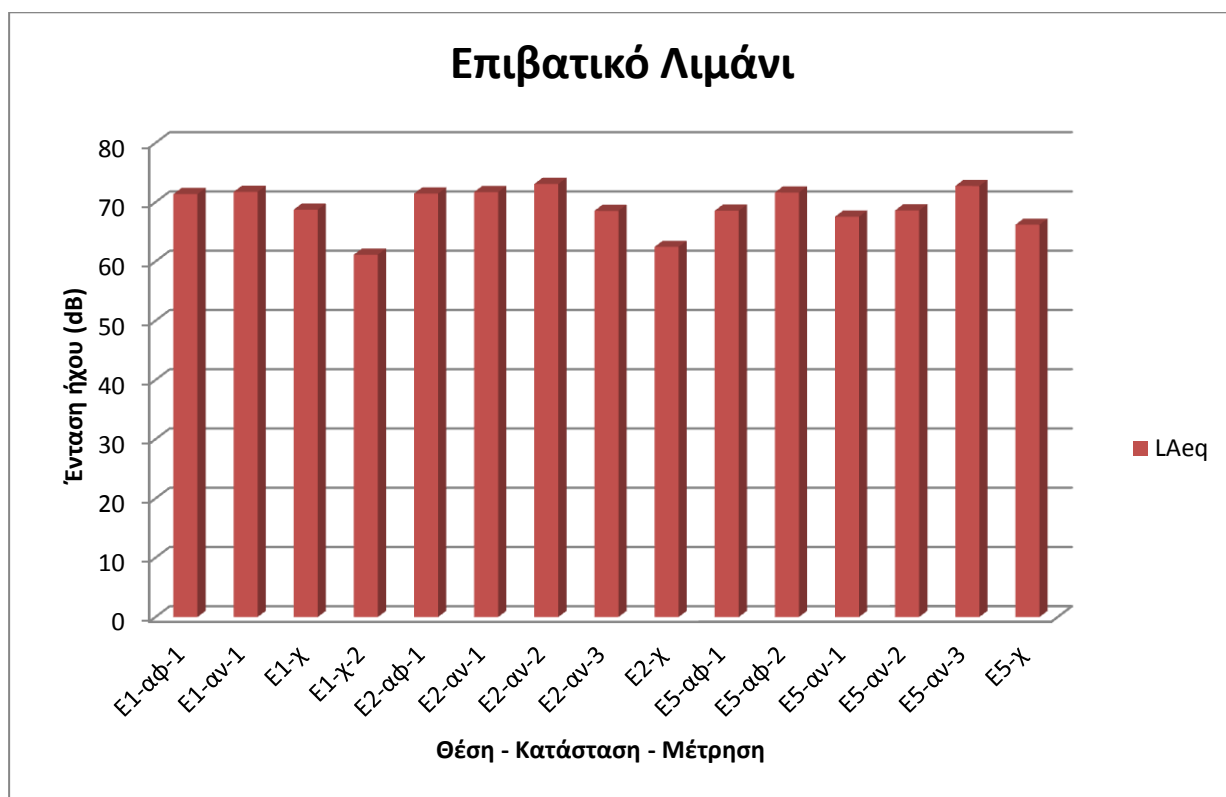
Θέση	Ώρα έναρξης	$L_{Aeq}$	LAF10.0	LAF50.0	LAF90.0
Θέση 1	11:16	74.3702	77.27	70.755	64.785
	13:16	74.759	78.26	70.895	65.415
Θέση 2	12:01	74.6811	78.71	69.24	58.81
	16:50	71.0769	74.85	63	55.435
Θέση 3α	11:38	72.9636	77.365	69.185	61.79
	13:36	74.6417	78.68	70.53	62.56
Θέση 7	12:21	74.3128	77.27	71.085	68.08
	17:10	73.9572	76.415	68.7	62.255
Θέση 9	12:44	72.6766	75.84	66.935	62.825

Παρατηρούμε ότι στις μετρήσεις χωρίς πλοίο, αν και πάλι η υψηλότερη μέτρηση παρατηρήθηκε στην μεσημεριανή θέση 1 (74,76 dB), όλες οι μετρήσεις έχουν πολύ πιο κοντινές τιμές θορύβου. Στις μετρήσεις χωρίς πλοίο το υψηλότερο LAF10 (78,71dB) καταγράφηκε στην πρώτη μέτρηση της θέσης 2. Το υψηλότερο LAF50 (71,085dB) μετρήθηκε στην θέση 7 το μεσημέρι. Επίσης τον υψηλότερο θόρυβο βάθους LAF90 (68,08dB) παρατηρούμε στην θέση 7 πάλι το μεσημέρι.

Από το παραπάνω διάγραμμα γίνεται εμφανές ότι το λιμάνι είναι μια πολύ ισχυρή πηγή θορύβου. Οι περισσότερες από τις επιμέρους θέσεις έχουν θόρυβο ανώτερο των 70 dB. Σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρούνται διαφορές ανάμεσα σε μετρήσεις με την παρουσία πλοίου και σε μετρήσεις χωρίς πλοίο στο λιμάνι, αν και αυτό δεν ισχύει πάντα λόγω της ύπαρξης δύο ΣΕΜΠΟ που ο καθένας λειτουργεί αυτόνομα και μάλιστα ο ΣΕΜΠΟ2 έχει πολύ μεγαλύτερη κινητικότητα. Επίσης βλέπουμε πως οι απογευματινές μετρήσεις είναι σχεδόν πάντα χαμηλότερες. Οι μικρότερες εντάσεις παρουσιάζονται σε κάποιες μετρήσεις της θέσης 2, 3α και 9. Οι υψηλότερες στις θέσεις 1 και 3α.

Πακέτο:

## Επιβατικό Λιμάνι



Θέση	Κατάσταση	LAeq	LAF10.0	LAF50.0	LAF90.0	
Πύλη E1	άφιξη	71.1514	72.885	70.24	66.89	
	αναχώρηση	72.8972	75.07	70.86	68.61	
	χωρίς πλοίο		68.4668	71.38	66.325	64.9
			62.5168	65.065	54.745	51.895
Πύλη E2	άφιξη	71.2896	72.945	69.9	68.265	
	αναχώρηση		71.6857	73.13	70.73	69.035
			73.0135	74.305	72.265	70.96
			60.7733	62.795	58.37	53.17
	χωρίς πλοίο	63.7688	65.97	60.47	57.34	
Πύλη E5	άφιξη		68.2519	70.035	66.3	63.8
			71.3161	74.565	69.265	65.285
	αναχώρηση		67.2247	68.63	66.43	64.7
			68.3174	70.92	66.11	63.115
			72.6796	76.53	69.86	65.87
	χωρίς πλοίο	65.82	66.035	62.265	59.89	

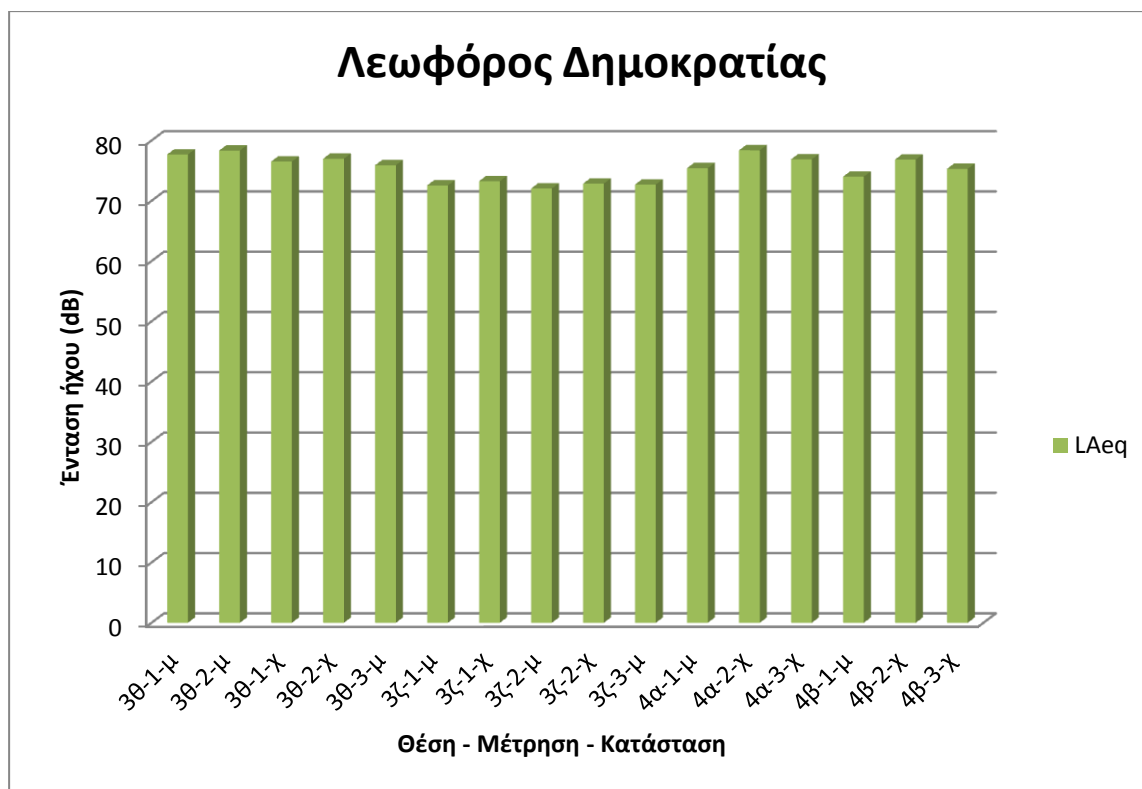


Παρατηρούμε ότι σε όλες τις μετρήσεις κατά την άφιξη ή την αναχώρηση πλοίου το  $L_{eq}$  κινείται γύρω από τα 71dB. Χωρίς πλοίο οι αντίστοιχες μετρήσεις κινούνται από 60-65dB ενώ η μέτρηση των 68dB έχει να κάνει με το γεγονός ότι πολύ κοντά στο σημείο μέτρησης υπάρχει αραγμένο πλοίο με ανοιχτές τις μηχανές ώστε να εκτελεστούν εργασίες καθαρισμού. Όπως θα δούμε και παρακάτω ο θόρυβος που παράγεται από πλοία χωρίς αυτά να κινούνται, απλά και μόνο επειδή είναι αραγμένα στο λιμάνι, απασχολεί πολύ όσους ασχολούνται με την διαχείριση θορύβου στα λιμάνια και δημιουργούν μεθόδους για την αντιμετώπιση αυτής της αιτίας θορύβου (shore power). Παρατηρούμε μεγάλη διασπορά στις τιμές θορύβου των εκατοστομοριακών μεγεθών, ακόμα και σε ίδιες μετρήσεις (πχ μεγάλη διαφορά ανάμεσα σε μετρήσεις αναχωρήσεων/ θέση E2 :διαφορά μέχρι και 12dB) . Τον υψηλότερο θόρυβο βάρους, LAF90 (70,96dB) παρατηρούμε στην θέση 2.

Στο επιβατικό λιμάνι παρατηρούμε ότι σχεδόν όλες οι μετρήσεις κινούνται κάτω ή το πολύ ελάχιστα πάνω από τα 70dB. Παρατηρούμε σημαντική πτώση της έντασης (3-13 dB ανάλογα την μέτρηση) όταν δεν υπάρχει ελλιμενισμένο πλοίο αλλά δεν μπορούμε να αποφανθούμε για το αν οι διαδικασίες άφιξης ή οι διαδικασίες αναχώρησης ενός πλοίου είναι πιο θορυβώδεις. Η θέση E2 φαίνεται να ξεχωρίζει καθώς έχει τις περισσότερες μετρήσεις κοντά στα 70 dB.

## Πακέτο:

## Λεωφόρος Δημοκρατίας



### Κατάσταση: με πλοίο

Θέση	Ώρα έναρξης	LAeq	LAF10.0	LAF50.0	LAF90.0
Θέση 3θ	12:08	77.7451	80.755	76.815	69.115
	13:20	78.2613	80.975	77.355	70.59
	16:52	75.9895	78.9	74.665	67.155
Θέση 3ζ	11:39	71.9081	74.58	70.16	63.875
	12:36	71.6101	74.295	69.96	64.86
	16:17	72.3306	75.265	70.005	62.485

Παρατηρούμε πολύ υψηλά επίπεδα θορύβου με υψηλότερα εκείνα της θέσης 3θ (77,75dB/78,26dB/76dB) , κάτι το οποίο ήταν αναμενόμενο εφόσον η θέση 3θ επηρεάζεται τόσο από την λεωφόρο Δημοκρατίας όσο και από το λιμάνι. Αντίστοιχα τις πιο υψηλές τιμές των LAF10(80,975dB), LAF50(77,355dB), LAF90(70,59dB) τις συναντάμε στις μετρήσεις της θέσης 3θ.

### Κατάσταση: χωρίς πλοίο

Θέση	Ώρα έναρξης	LAeq	LAF10.0	LAF50.0	LAF90.0
Θέση 3θ	12:33	75.5071	78.14	74.065	65.99
	12:59	76.4897	78.655	74.16	66.635
Θέση 3ζ	12:10	71.5969	74.205	69.225	63.345
	13:20	73.1811	75.825	70.875	63.485

Στην θέση 3θ αποδεικνύεται ο ισχυρισμός μας πως επηρεάζεται τόσο από την λεωφόρο όσο και από το λιμάνι, καθώς στις μετρήσεις χωρίς πλοίο οι τιμές του Leq παρουσιάζονται 2dB χαμηλότερες. Αντίστοιχα χαμηλότερες κατά 2 dB είναι οι τιμές LAF10, LAF50 ενώ στον θόρυβο βάθους παρουσιάζεται μείωση 4dB. Ενώ στον αντίποδα οι μετρήσεις της θέσης 3ζ δεν παρουσιάζουν αξιοσημείωτες διαφορές.

### Θέσεις που δεν έχει σημασία η παρουσία ή μη πλοίου

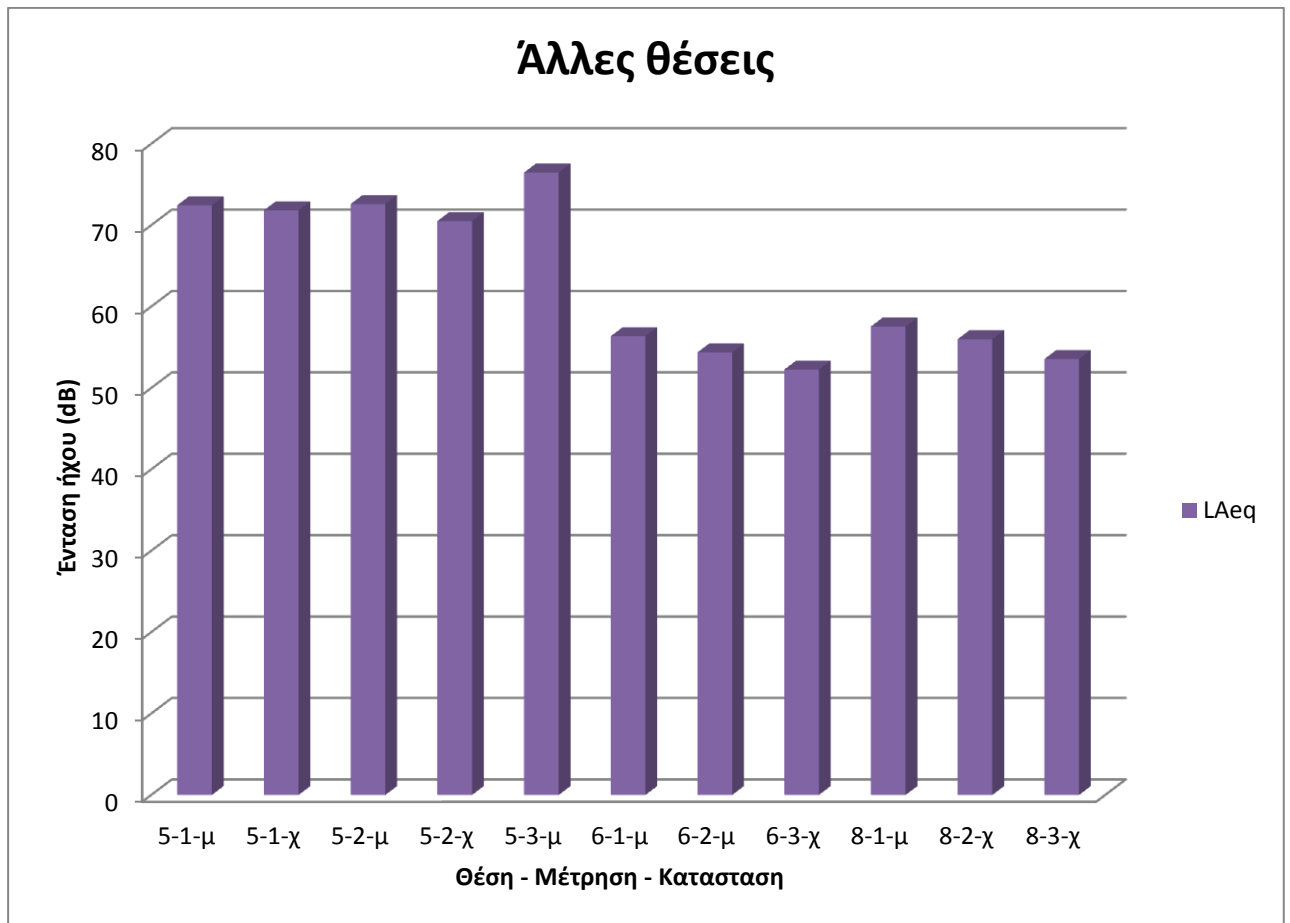
Θέση/Κατάσταση	Ώρα έναρξης	LAeq	LAF10.0	LAF50.0	LAF90.0
Θέση 4α/με πλοίο	11:48	75.0741	78.75	70.935	63.1
Θέση 4α/χωρίς πλοίο	13:06	78.2327	80.335	73.89	64.46
Θέση 4α/χωρίς πλοίο	15:39	76.8074	80.81	72.325	64.255
Θέση 4β/με πλοίο	10:48	73.9513	77.23	71.48	62.865
Θέση 4β/χωρίς πλοίο	12:14	76.6851	78.85	72.545	63.255
Θέση 4β/χωρίς πλοίο	16:28	75.3841	78.705	72.685	61.84

Παρατηρούμε ότι οι μετρήσεις χωρίς πλοίο είναι 1-3dB υψηλότερες από αυτές με πλοίο. Αυτό αποδεικνύει την υπόθεση ότι αυτές οι δύο θέσεις δεν επηρεάζονται τόσο από την παρουσία πλοίου στο ΣΕΜΠΟ1 όσο και από την παρουσία πλοίου στο ΣΕΜΠΟ2. Παρατηρούμε επίσης ότι οι αντίστοιχες μετρήσεις της θέσης 4<sup>α</sup> είναι περίπου 2 dB υψηλότερες από τις αντίστοιχες της θέσης 4<sup>β</sup>, που εξηγείται από το γεγονός ότι η 4<sup>α</sup> βρίσκεται πιο κοντά στο λιμάνι. Αντίστοιχες αναλογίες εμφανίζονται και στα εκατοστομοριακά μεγέθη.

Στην λεωφόρο Δημοκρατίας παρατηρούμε ότι καμία θέση δεν παρουσιάζει ένταση μικρότερη των 70dB. Οι πιο θορυβώδεις θέσεις φαίνονται να είναι η 3θ, δηλαδή η οδός Μαρίας Κιουρή, και η 4α. Δηλαδή οι δύο θέσεις με την πιο άμεση επαφή με την λεωφόρο αλλά και το λιμάνι ταυτόχρονα. Τις πιο χαμηλές εντάσεις παρουσιάζει η θέση 3ζ μπροστά από το ΕΠΑΛ Περάματος.

Πακέτο:

Άλλες θέσεις



Θέση/Κατάσταση	Ώρα έναρξης	LAeq	LAF10.0	LAF50.0	LAF90.0
Θέση 5/με πλοίο	15:02	72.4552	75.995	67.755	59.115
Θέση 5/χωρίς πλοίο	11:22	71.8052	76.095	67.745	60.615
Θέση 5/με πλοίο	15:34	72.6033	77.08	68.05	59.905
Θέση 5/χωρίς πλοίο	11:45	69.1483	73.16	65.56	58.26
Θέση 5/με πλοίο	17:29	76.4659	77.635	69.96	63.25
Θέση 6/με πλοίο	11:45	55.4401	57.44	50.005	44.985
Θέση 6/με πλοίο	12:07	53.7099	54.38	47.105	40.745
Θέση 6/χωρίς πλοίο	18:39	52.2201	54.405	47.07	43.93
Θέση 8/με πλοίο	11:20	57.5537	59.725	53.91	51.04
Θέση 8/χωρίς πλοίο	12:40	56.0036	58.11	50.575	46.35
Θέση 8/χωρίς πλοίο	17:37	53.5302	56.05	51.91	49.4

Η θέση 5 παρουσιάζει τουλάχιστον 12dB διαφορά (θέση 8 με πλοίο, πρωί-θέση 5 χωρίς πλοίο,μεσημέρι) με οποιαδήποτε από τις άλλες δύο θέσεις, ενώ η διαφορά αυτή φτάνει στο μέγιστο τα 24dB (θέση 6 χωρίς πλοίο, απόγευμα-θέση5 με πλοίο, απόγευμα). Γενικά παρατηρούμε όμοια συμπεριφορά των τιμών Leq των θέσεων 6 και 8 με περίπου 2 dB διαφορά στις αντίστοιχες μετρήσεις. Περίπου 3 dB διαφορά ανάμεσα στα αντίστοιχα LAF10 και LAF50, ενώ για τα LAF90 διαφορά αυτή τοποθετείται περίπου στα 6dB.

Σε αυτές τις θέσεις έχουν συμπεριληφθεί διάφορες ιδιόζουσες, από πλευράς χαρακτηριστικών, θέσεις. Όπως είναι φυσικό η θέση 5, στην οδό Νικολαΐδη, παρουσιάζει τις μεγαλύτερες εντάσεις που προσομοιάζουν στα μεγέθη του λιμανιού και της λεωφόρου. Από εκεί και πέρα οι θέσεις 6 και 8 δεν ξεπερνάνε ούτε τα 60 dB ενώ σε κάποιες μετρήσεις βρίσκονται στο όριο των 50dB. Η θέση με την χαμηλότερη ένταση είναι αυτή της οδού Πλαταιών, ψηλά στο οικισμό του Περάματος.

## **3.2 Συγκεντρωτικά Συμπεράσματα από την επεξεργασία των μετρήσεων**

### **Επιβατικό Λιμάνι**

Το επιβατικό λιμάνι του Πειραιά βρίσκεται αρκετά χιλιόμετρα μακριά από το εμπορικό λιμάνι ώστε να μπορεί να εξεταστεί χωριστά από τις θέσεις γύρω από το λιμάνι του Περάματος αλλά και από την λεωφόρο Δημοκρατίας. Τα πλοία τα οποία κάνουν χρήση του λιμανιού είναι επιβατικά ( ferry boat, catamaran , κλπ) , ενώ τα οχήματα που διέρχονται από αυτό είναι όλων των κατηγοριών (μηχανάκια, αυτοκίνητα, φορτηγά). Η περιοχή στην οποία τοποθετείται είναι κυρίως εμπορικής χρήσης.

Σε όλες τις μετρήσεις του λιμανιού παρατηρείται σημαντική διαφορά ανάμεσα στις περιπτώσεις που υπάρχει πλοίο (αναχώρηση-άφιξη) κοντά στο σημείο μέτρησης και σε αυτές που ελήφθησαν κατά την απουσία πλοίου, η οποία κινείται από 2-6dB περίπου. Σχεδόν σε όλες τις μετρήσεις χωρίς πλοίο ο θόρυβος βάθους κυμαίνεται κάτω από τα 60dB. Σε μία μόνο περίπτωση (στην μία από τις δύο μετρήσεις στην πύλη E1 χωρίς πλοίο) υπερβαίνει ο θόρυβος βάθους τα 60dB και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αν και δεν υπάρχει άφιξη ή αναχώρηση κάποιου πλοίου, υπάρχει πλοίο στο λιμάνι στο οποίο λαμβάνουν χώρα διαδικασίες καθαρισμού και γι αυτό οι μηχανές του λειτουργούν στο ρελαντί. Επίσης φαίνεται διαφορά ανάμεσα στα επίπεδα αιχμών κατά την διάρκεια αναχώρησης ή άφιξης στο λιμάνι σε σχέση με τις μετρήσεις χωρίς κάποια διεργασία στο λιμάνι , η οποία πάλι κινείται από 2-6dB περίπου. Σχεδόν σε όλες τις μετρήσεις άφιξης ή αναχώρησης τα επίπεδα αιχμών ( LAF01) κινούνται πάνω από τα 70 dB. Αντίστοιχα τα μεγέθη LAF10 κινούνται σχεδόν σε όλες τις μετρήσεις πάνω από 60 dB. Μόνη εξαίρεση αποτελεί μία μέτρηση αναχώρησης στην πύλη E2. Σε αυτή την μέτρηση τα επίπεδα θορύβου είναι χαμηλά λόγω του ότι οι διαδικασίες φόρτωσης για την αναχώρηση του πλοίου έχουν σχεδόν ολοκληρωθεί.

Στη φασματική ανάλυση κάνουμε τρεις βασικές παρατηρήσεις. Πρώτα από όλα παρατηρούμε ότι η παρουσία πλοίου επηρεάζει τα επίπεδα των χαμηλών συχνοτήτων, με διαφορά της τάξης των 5 dB για τα 100Hz. Δεύτερον, η παρουσία πλοίου επηρεάζει (κατά 3-7dB) και τις μεσαίες συχνότητες, είτε άμεσα μέσω της λειτουργίας του πλοίου, είτε πολύ περισσότερο έμμεσα μέσω της αυξημένης κίνησης οχημάτων, ως αποτέλεσμα άφιξης ή αναχώρησης πλοίου. Τελευταία σημαντική παρατήρηση που έγινε, είναι ότι οι μετρήσεις της πύλης E5 καταγράφουν γενικά υψηλότερη ένταση ήχου στις μεσαίες συχνότητες σε σχέση με τις αντίστοιχες συχνότητες των άλλων μετρήσεων (2-4dB περίπου υψηλότερα). Αυτό οφείλεται προφανώς στο γεγονός ότι αυτή η πύλη είναι η μόνη που έχει άμεση επαφή με τον κεντρικό δρόμο του Πειραιά, ο οποίος εφάπτεται του λιμανιού σε εκείνο το σημείο. Έτσι τα δεδομένα που την χαρακτηρίζουν επηρεάζονται άμεσα από την κυκλοφοριακή κίνηση.

Φαίνεται ότι το λιμάνι αποτελεί την κύρια πηγή θορύβου για χαμηλές συχνότητες από 100-160Hz (οι οποίες κινούνται πάνω από τα 65dB και στις E1-E2 πάνω από τα 70dB συνήθως) , ενώ για τις μεσαίες συχνότητες κύρια πηγή αποτελεί η κυκλοφοριακή κίνηση. Το κύριο

πρόβλημα στην περίπτωση του επιβατικού λιμανιού φαίνεται να είναι ο σταθερά υψηλός θόρυβος βάθους που το χαρακτηρίζει (στις περισσότερες μετρήσεις, ειδικά σε αυτές με πλοίο, πάνω από 65 dB). Οι συνεχείς διελεύσεις πλοίων, αλλά και η παραμονή σε αυτό ελλιμενισμένων πλοίων με μηχανές αναμμένες δημιουργούν ένα διαρκές στρώμα θορύβου στην ατμόσφαιρα, το οποίο γίνεται αντιληπτό από τα σχεδόν όμοια μεγέθη LAF90, LAF95 και LAF99 (γύρω από τα 65dB).

## **Περίμετρος του εμπορικού λιμανιού**

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι μετρήσεις που έγιναν πάνω στον δρόμο ο οποίος ξεκινάει από την είσοδο του λιμανιού και τερματίζει στο κομμάτι της Cosco, στα όρια του κομματιού του λιμανιού που ανήκει στον ΟΛΠ. Οι θέσεις αυτές είναι οι [1, 2, 3α, 7, 9]. Χαρακτηριστικό των θέσεων αυτών σε σχέση με την λεωφόρο Δημοκρατίας είναι οι υψομετρική του διαφορά. Περισσότερο σημαντικό σε σχέση με αυτή την υψομετρική διαφορά είναι ότι λειτουργεί σαν φυσικό εμπόδιο της διάδοσης μεγάλων ποσοτήτων θορύβου από την λεωφόρο δημοκρατίας ως προς τις θέσεις αυτές, καθώς βρίσκονται ακριβώς κάτω από αυτήν. Ειδικά στις θέσεις 2, 3α, 7 παρεμβάλλονται επιπλέον φυσικά εμπόδια (αποθήκες, σχολείο, ηχομόνωση). Έτσι σε αυτήν την κατηγορία αναμέναμε οι δραστηριότητες του λιμανιού να αποτελούν την κύρια πηγή θορύβου. Γύρω από το λιμάνι υπάρχουν κυρίως καταστήματα και βιομηχανικές εγκαταστάσεις, ενώ σε μεγαλύτερη απόσταση από αυτό κυρίως κατοικίες.

Αρχικά μελετήσαμε τις θέσεις 1 και 9. Οι θέσεις αυτές είναι δύο από τις πιο χαρακτηριστικές σε σχέση με το λιμάνι του ΟΛΠ καθώς δεν υπάρχει φυσικό εμπόδιο ανάμεσα σε αυτές και το λιμάνι. Έτσι παρατηρούμε ότι καταγράφεται διαφορά ανάμεσα στις μετρήσεις που έγιναν με και χωρίς την παρουσία πλοίου (διαφορές  $L_{eq}$  για την θέση 1:2-3dB, για την θέση 9:περίπου 2dB). Επίσης καταγράφεται στις μεσαίες προς χαμηλές συχνότητες, στις οποίες δουλεύουν αρκετά από τα μηχανήματα του λιμανιού, διαφορά έντασης ήχου 1-3dB. Επιπλέον διαφορά στην ένταση παρατηρείτε και σε αρκετές υψηλές συχνότητες (πχ στα 2kHz 1-4dB διαφορά). Το μέγιστο  $L_{eq}$  που καταγράφεται στην θέση 1 είναι 77.07dB και συνέβη κατά την μεσημεριανή μέτρηση. Το υψηλότερο  $L_{eq}$  της θέσης 9 είναι 73.83 και καταγράφηκε στην πρώτη μέτρηση της ημέρας με την παρουσία πλοίου. Η μικρή διαφορά που παρατηρείται ανάμεσα στα ντεσιμπέλ των δυο μετρήσεων, είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στο γεγονός ότι στην θέση 9 οι δύο λωρίδες του δρόμου χωρίζονται με διάζωμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο δρόμος να στενεύει και οι οδηγοί να κόβουν αναγκαστικά ταχύτητα. Γενικά παρατηρήθηκε ότι τα επίπεδα θορύβου ήταν μεγαλύτερα κατά τις πρώτες δύο μετρήσεις (συνήθως η διαφορά σε σχέση με την τρίτη είναι της τάξης των 5dB, ενώ φτάνει και μέχρι και 8dB), κάτι το οποίο αποδίδεται στις αυξημένες εργασίες του λιμανιού. Επίσης στη θέση 1 φαίνεται πιο ξεκάθαρα πως επηρεάζεται ο θόρυβος βάθους από την παρουσία πλοίου καθώς - μιλώντας για τις πιο αντιπροσωπευτικές για την δραστηριότητα του λιμανιού πρώτες δύο μετρήσεις - παρατηρούμε ότι στην περίπτωση παρουσίας πλοίου στο λιμάνι ο θόρυβος βάθους κινείται πάνω από τα 60 dB ενώ κάτω από αυτά κινείται κατά την απουσία κάποιου πλοίου. Η υψηλότερη μέτρηση καταγράφηκε άλλωστε στην θέση 1 με την παρουσία πλοίου και κινήθηκε στα 77 dB.

Αντίστοιχα στην θέση 3α παρατηρούμε υψηλές εντάσεις ιδιαίτερα στις χαμηλές συχνότητες λόγω του ότι και αυτή είναι μία από τις θέσεις που επηρεάζεται τόσο από το λιμάνι όσο και από τον δρόμο. Επιπρόσθετα η ευθεία επαφή της με τον χώρο του λιμανιού έχει ως αποτέλεσμα κάποια από τα υψηλότερα επίπεδα εντάσεων στις χαμηλές συχνότητες. Για παράδειγμα στα 100Hz έχει περίπου 80 dB. Σημαντική υποσημείωση για την 3α είναι πως ανάμεσα σε αυτή και την λεωφόρο Δημοκρατίας παρεμβάλλεται ένα σχολείο προστατευμένο από ηχοπετάσματα. Έτσι αναμένουμε η επίδραση του θορύβου της λεωφόρου Δημοκρατίας επάνω στα αποτελέσματα της θέσης αυτής να είναι ελάχιστα. Αυτό επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι στις συχνότητες από τα 1kHz και πάνω, οι μετρήσεις της θέσης 3α είναι κατά 2-3dB μεγαλύτερες από αυτές της θέσης 1 η οποία βρίσκεται κοντά στην λεωφόρο Δημοκρατίας. Ακόμα και στις μεσημεριανές μετρήσεις με πλοίο των δύο θέσεων όπου στις χαμηλές συχνότητες η θέση 3α έχει 2-6dB υψηλότερες μετρήσεις μέχρι τα 200Hz, στις μεσαίες προς υψηλές (800-1250Hz) οι μετρήσεις της 3α είναι περίπου 2dB υψηλότερες. Αυτό συμβαίνει διότι η θέση 1 είναι δίπλα στην λεωφόρο Δημοκρατίας και επηρεάζεται από αυτή στις συχνότητες όπου εκπέμπουν μηχανήματα μικρότερου κυβισμού. Ταυτόχρονα καταγράφει άμεσα το λιμάνι του ΟΛΠ ενώ ανάμεσα σε αυτή και το ΣΕΜΠΟ2 παρεμβάλλονται εμπόδια. Έτσι θα μπορούσαμε να πούμε ότι αυτή η θέση μπορεί να είναι η πιο αντιπροσωπευτική του λιμανιού. Αυτό αποδεικνύεται και από το γεγονός ότι η χαμηλότερη απογευματινή μέτρηση που καταγράφηκε στο λιμάνι αντιστοιχεί στην 3α (69dB).

Εξετάζοντας την θέση 2 παρατηρήσαμε τα παρακάτω. Αν και από την μία πλευρά η θέση αυτή βρίσκεται ανάμεσα σε εγκαταλελειμμένες αποθήκες και τις αποθήκες του λιμανιού, κάτι το οποίο περιορίζει την έντονη επίδραση που θα μπορούσε να έχει πάνω τους ο ήχος από την λεωφόρο και από το λιμάνι αντίστοιχα, από την άλλη πλευρά όμως δημιουργείται ένα περιβάλλον ισχυρής αντανάκλασης του θορύβου του περιβάλλοντος και κυρίως των διερχόμενων -με σημαντική ταχύτητα- φορτηγών. Επίσης στην συγκεκριμένη θέση δεν παρατηρείται τόσο έντονη διαφορά ανάμεσα στις μετρήσεις με και χωρίς πλοίο λόγω του γεγονότος ότι ισαπέχουν από το λιμάνι του ΟΛΠ και της Cosco, έτσι γίνεται δύσκολο να καταγραφεί μέτρηση με πλήρη απουσία πλοίου και από τα δύο κομμάτια ώστε να μπορούν να απομονωθούν τα συμπεράσματα με και χωρίς την παρουσία πλοίου. Παρόλα αυτά παρατηρούμε ότι εμφανίζεται διαφορά ανάλογα με την χρονική στιγμή της λήψης μέτρησης.

Στην θέση 7 παρατηρείται μια σχετική ομοιογένεια στα επίπεδα θορύβου. Το Leq κυμαίνεται από 73 έως 75dB, με εξαίρεση την απογευματινή μέτρηση με πλοίο κατά την οποία φτάνει τα 70dB. Αυτό, πέρα από το γεγονός ότι αποτελεί απογευματινή μέτρηση, αποδίδεται στην έτσι κι αλλιώς μειωμένη δραστηριότητα στο λιμάνι της Cosco εκείνη την ημέρα. Επίσης το πλοίο είχε φτάσει το μεσημέρι στο λιμάνι, μετά το πέρας των κύριων βαρδιών εργασίας και έτσι δεν είχε καταφέρει ακόμα να επηρεάσει την δραστηριότητά του.

Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι το λιμάνι αποτελεί την κύρια πηγή θορύβου περιμετρικά του. Η παρουσία πλοίου ή όχι επηρεάζει εμφανώς τις μετρήσεις αλλά όχι τόσο δραστικά. Στις περισσότερες θέσεις παρατηρούμε ότι οι μετρήσεις με πλοίο είναι 2-4dB υψηλότερα από αυτές χωρίς πλοίο. Παρόλα αυτά υπάρχουν κάποιες μετρήσεις που η μέτρηση με πλοίο είναι είτε στα ίδια επίπεδα με την αντίστοιχη χωρίς πλοίο είτε ακόμα και χαμηλότερα. Πιστεύουμε πως αυτό οφείλεται στο γεγονός πως οι εργασίες μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων συνεχίζονται και χωρίς την παρουσία ελλιμενισμένου πλοίου. Σημαντική συμβολή επίσης στην ηχορύπανση της περιοχής έχουν οι δραστηριότητες στο ΣΕΠ οι οποίες επηρεάζουν



αρκετές μετρήσεις, ακόμα και κατά την απουσία πλοίου από το λιμάνι του ΟΛΠ. Ιδιαίτερα οι συχνότητες έως 630Hz, αλλά και αυτές κοντά στα 2500 Hz φαίνεται να επηρεάζονται σημαντικά.

## **Λεωφόρος Δημοκρατίας**

Σε αυτή την κατηγορία συμπεριλήφθηκαν οι μετρήσεις των θέσεων [3θ, 3ζ, 4α, 4β]. Αυτές οι θέσεις βρίσκονται πάνω στην λεωφόρο Δημοκρατίας. Οι θέσεις αυτές χαρακτηρίζονται από την επίδραση της κίνησης στον θόρυβο που καταγράφεται στις μετρήσεις. Επίσης σε αρκετές περιπτώσεις επηρεάζεται από τον θόρυβο του λιμανιού. Στην ουσία η λεωφόρος Δημοκρατίας αποτελεί το φυσικό διαχωριστικό ανάμεσα στο λιμάνι-βιομηχανική ζώνη και στην κατοικημένη/εμπορική ζώνη. Υπό αυτό το πρίσμα θα αναλύσουμε τις μετρήσεις σε αυτή την θέση. Αναμένουμε η κύρια πηγή θορύβου να είναι η κίνηση της λεωφόρου. Παρόλα αυτά αναμένουμε να επηρεάζονται αρκετά από τις διεργασίες στο λιμάνι, ιδιαίτερα σε θέσεις με ανοιχτό ορίζοντα προς αυτό όπως η 3θ και οι 4α.

Αρχικά εξετάσαμε την θέση 3ζ ως την πιο χαρακτηριστική της λεωφόρου Δημοκρατίας. Σε αυτή την θέση μπορούμε να έχουμε πιο ξεκάθαρα συμπεράσματα λόγω του σχολείου που παρεμβάλλεται ανάμεσα σε αυτήν και το λιμάνι. Στην μέτρηση αυτή δεν παρατηρούμε ιδιαίτερη επίδραση από την παρουσία πλοίου. Η μορφή φασματογραφήματος αντιστοιχεί σε φασματογράφημα κυκλοφοριακού θορύβου. Παρόλα αυτά από τις τιμές των χαμηλών συχνοτήτων φαίνεται ότι οι διεργασίες στο λιμάνι -τόσο από το ΣΕΜΠΟ1 όσο και από το ΣΕΜΠΟ2- επηρεάζουν ελαφρώς τις μετρήσεις. Η υψηλότερη μέτρηση καταγράφηκε κατά την δεύτερη μέτρηση χωρίς πλοίο με  $L_{eq}$  ίση με 73.2dB. Σε όλες τις μετρήσεις πολύ υψηλό είναι το αντίστοιχο (στατιστικά αναμενόμενο) επίπεδο αιχμών L10 με εντάσεις κοντά στα 80dB. Επίσης υψηλό είναι και το L90 (θόρυβος βάθους), το οποίο κινείται πάνω από 60dB σε όλες τις μετρήσεις.

Η θέση 3θ βρίσκεται στην οδό Μαρίας Κιουρή, βρίσκεται σε τέτοιο γεωγραφικό σημείο που επηρεάζεται άμεσα τόσο από τον θόρυβο στην λεωφόρο Δημοκρατίας, όσο και από τον θόρυβο στο λιμάνι. Αυτό γίνεται εμφανές στις μετρήσεις καθώς έχει πολύ υψηλά επίπεδα θορύβου στις χαμηλές και μεσαίες συχνότητες. Οι χαμηλές συχνότητες (100-315Hz) αντιστοιχούν στον θόρυβο του λιμανιού και έχουν τιμές από 68 έως 77dB σε όλες τις μετρήσεις. Οι μεσαίες συχνότητες (630-1250)Hz σε κυκλοφοριακό θόρυβο και έχουν τιμή από περίπου από 66 έως 69dB. Επίσης είναι χαρακτηριστική η διαφορά ανάμεσα στις μετρήσεις με ελλιμενισμένο πλοίο στο λιμάνι και χωρίς πλοίο, καθώς στις πρωινές και μεσημεριανές μετρήσεις -με πλοίο στο λιμάνι- όλες οι συχνότητες μέχρι 250Hz καταγράφουν εντάσεις πάνω από 70 dB ενώ στις αντίστοιχες συχνότητες χωρίς πλοίο καταγράφονται εντάσεις 3-7dB χαμηλότερες. Στην τρίτη μέτρηση αν και είναι με πλοίο καταγράφεται πτώση της έντασης 1-2dB στις συχνότητες 160-500Hz και 2-3dB στις συχνότητες 630-1250Hz, αποτυπώνοντας έτσι την μείωση της κίνησης στην ευρύτερη περιοχή. Τα εκατοστομοριακά διαγράμματα αποτελούν παράδειγμα του μοτίβου που αντιμετωπίζουμε σε όλες τις θέσεις επί της λεωφόρου Δημοκρατίας με κλιμακωτή μείωση των επιπέδων LAF (ποιοτικό χαρακτηριστικό). Αξιοσημείωτη είναι η μείωση του θορύβου βάθους στις μετρήσεις χωρίς την παρουσία πλοίου στο λιμάνι. Στις μετρήσεις με πλοίο ο θόρυβος βάθους (LAF90) είχε τιμή περίπου 70dB

ενώ σε αυτές χωρίς πλοίο είχε τιμή περίπου 65dB (μειωμένος κατά 5dB) γεγονός που μας υποδεικνύει την επίδραση του λιμανιού -με το συνεχή του θόρυβο- στις μετρήσεις της θέσης 3θ.

Πολύ μεγάλο ενδιαφέρον σε αυτή την κατηγορία μετρήσεων έχουν επίσης και οι θέσεις 4α και 4β. Οι θέσεις αυτές αν και μακριά από το λιμάνι έχουν ευθεία οπτική επαφή με τις γερανογέφυρες των δύο ΣΕΜΠΟ, ιδιαίτερα του ΣΕΜΠΟ2. Ειδικά η 4α έχει ανοιχτό πεδίο προς το λιμάνι. Έτσι παρατηρούμε και στις δύο ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα εντάσεων, ειδικά στις χαμηλές συχνότητες. Σε αυτές τις μετρήσεις οι χαμηλές συχνότητες σημειώνουν εντάσεις υψηλότερες και από θέσεις πιο κοντά στο λιμάνι (όπως για παράδειγμα η 7). Συγκεκριμένα στις συχνότητες 100-250Hz παρατηρούμαι εντάσεις ήχου 68-75dB ενώ στην 7 οι αντίστοιχες εντάσεις ήταν από 66dB έως 73dB. Αιτία για τις υψηλές εντάσεις στις θέσεις 4α και 4β είναι ότι σε αυτές τις τοποθεσίες έχουμε συμβολή του θορύβου της λεωφόρου και του θορύβου του λιμανιού. Επίσης σημεία όπως οι θέσεις 4α, λόγω της υψομετρικής διαφοράς με το επίπεδο της θάλασσας, απέχουν πρακτικά λιγότερο από την κύρια πηγή μιας γερανογέφυρας η οποία βρίσκεται στην κορυφή της. Η διαφορά ανάμεσα στις θέσεις 4α και 4β είναι πρώτον οι χαμηλότερες εντάσεις της 4β στις υψηλές συχνότητες και δεύτερον η αυξημένη ένταση της 4α γύρω από την συχνότητα των 1250Hz. Το πρώτο είναι αποτέλεσμα της μικρότερης απόστασης από τις γερανογέφυρες του λιμανιού. Το δεύτερο δε μπορέσαμε να το προσδιορίσουμε. Η 4α έχει πολύ υψηλότερες εντάσεις (3-5dB) στις συχνότητες γύρω από τα 1250Hz. Στην μέτρηση στην οποία καταγράψαμε την κίνηση των οχημάτων φαίνεται ότι στην 4α έχουμε διπλάσια κίνηση δικύκλων, η οποία θα μπορούσε να δικαιολογεί αυτή την διαφορά. Παρόλα αυτά δεν προκύπτει κάποιος προφανής λόγος για τον οποίο αυτό να ισχύει σε κάθε μέτρηση. Στις δύο αυτές περιπτώσεις η παρουσία πλοίου στο λιμάνι που διαχειρίζεται ο ΟΛΠ δεν φαίνεται να επηρεάζει έντονα τις μετρήσεις καθώς οι θέσεις αυτές ισαπέχουν από το ΣΕΜΠΟ1 και το ΣΕΜΠΟ2. Στην εκατοστομοριακή ανάλυση εμφανίζουν πάλι το μοτίβο του λιμανιού και οι δύο θέσεις, με υψηλό LAF10 (σχεδόν 80 dB) και LAF90 πάνω από 60dB.

Κύρια πηγή θορύβου σε αυτές τις θέσεις είναι ο δρόμος, όμως η επίδραση του λιμανιού είναι εμφανής στις συχνότητες που εκπέμπουν θόρυβο τα μεγάλα μηχανήματα του λιμανιού. Τα επίπεδα αιχμών είναι αρκετά υψηλά λόγω της αυξημένης κυκλοφορίας, σε μια αρκετά ευαίσθητη περιοχή, λόγω των κατοικιών που αποτελούν το περιβάλλον της.

## **Απεικόνιση Θορύβου Βάθους**

Σύμφωνα με την βιβλιογραφία και τις γνώσεις μας καταλήξαμε ότι σε κάποιες θέσεις μέτρησης, ανάλογα με την γεωγραφική τους τοποθεσία αλλά και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, μπορεί να απεικονιστεί αντιπροσωπευτικότερα ο θόρυβος βάθους. Οι θέσεις «καθρεφτίζουν» τον θόρυβο που διαχέουν στην περιοχή η λεωφόρος Δημοκρατίας και το εμπορικό λιμάνι.

Οι δύο θέσεις που καταλήξαμε ότι διαδραματίζουν αυτό το ρόλο -σε διαφορετική απόσταση από την υποθετική συμβολή των δύο κύριων πηγών- είναι η θέση 8 και η θέση 6. Η θέση 8 βρίσκεται σε έναν λιμενίσκο τοποθετημένο στην γωνία που σχηματίζει η λεωφόρος Δημοκρατίας με το λιμάνι. Μια πολύ ήσυχη περιοχή όπου ο θόρυβος προκύπτει μόνο από την επίδραση των δύο κύριων πηγών του. Η θέση 6 είναι τοποθετημένη στην οδό Πλαταιών, ψηλά στον οικισμό του Περάματος. Η θέση αυτή είναι αρκετά ψηλότερα τόσο από το λιμάνι όσο και από την λεωφόρο Δημοκρατίας.

Οι δύο αυτές μετρήσεις παρουσιάζουν χαμηλά  $L_{eq}$  με το υψηλότερο στην θέση 6 να είναι περίπου 55.4dB, ενώ στην θέση 8 είναι 56dB. Αυτές οι δύο μετρήσεις έχουν τα χαμηλότερα επίπεδα από όλες. Από τα διαγράμματα της φασματικής ανάλυσης παρατηρούμε πως επιδρά ο θόρυβος των δύο κύριων πηγών και κυρίως του λιμανιού στις χαμηλές συχνότητες. Αυτές οι συχνότητες είναι με διαφορά μεγαλύτερες και από τις μεσαίες και τις χαμηλές. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι σε αυτές τις δυο θέσεις η ένταση ήχου στα 100Hz διαφέρει από την ένταση ήχου στα 500Hz, 15 με 20dB. Αυτή η διαφορά δεν ξεπερνά τα 10dB στις άλλες θέσεις. Αιτία για αυτό το φαινόμενο αποτελεί ότι οι χαμηλές συχνότητες ταξιδεύουν μεγαλύτερες αποστάσεις. Τέλος παρατηρείται ότι στη θέση 6 στην συχνότητα των 5kHz αυξάνεται η ένταση του ήχου σε σχέση με τις γειτονικές συχνότητες. Καταλήξαμε, μετά από ανάλυση αποσπασμάτων των μετρήσεων, ότι αιτία γι' αυτή την άνοδο αποτελεί ο ήχος που παράγουν τα τζιτζίκια.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι κατά την εκατοστομοριακή ανάλυση ανακαλύπτουμε ότι στα μεγέθη LAF1, LAF5, LAF10 παρουσιάζεται κλιμακούμενη μείωση των εντάσεων, σύμφωνα με το αντίστοιχο μοτίβο των μετρήσεων του θορύβου με κύρια αιτία την κυκλοφορία οχημάτων, ενώ τα μεγέθη LAF90, LAF95, LAF99 παρατηρούμε ότι είναι σχεδόν ίσα, σύμφωνα με το μοτίβο που ακολουθούν οι μετρήσεις του λιμανιού. Ο θόρυβος βάθους είναι σε όλες τις μετρήσεις περίπου στα 50 dB.

Καταλήγουμε ότι η επίδραση του λιμανιού και της λεωφόρου Δημοκρατίας γίνεται αντιληπτή στην ευρύτερη περιοχή του Περάματος μέσω των χαμηλών συχνοτήτων, ακόμα και αν κινείται σε χαμηλά επίπεδα εντάσεων συνολικά.

## **Οδός Νικολαΐδη**

Μια ξεχωριστή κατηγορία αποτελεί από μόνη της η θέση 5, στην οδό Νικολαΐδη. Η θέση αυτή δεν μπορεί να συμπεριληφθεί ούτε στις κατηγορίες της λεωφόρου ή του λιμανιού γιατί βρίσκεται σε απόσταση από αυτές, αλλά ούτε και σε αυτή της απεικόνισης του θορύβου βάθους γιατί γύρω από αυτή την θέση αναπτύσσεται μια ιδιαίτερη κατηγορία κίνησης. Συνυπάρχει η κυκλοφοριακή κίνηση, με εργασίες όμοιες με αυτές που λαμβάνουν χώρα στο λιμάνι, όπως είναι οι χειρισμοί των εμπορευματοκιβωτίων. Αυτό φαίνεται και από το μοτίβο που ακολουθούν τα διαγράμματα της εκατοστομοριακής ανάλυσης, το οποίο είναι όμοιο με το αντίστοιχο μοτίβο του λιμανιού. Έχουμε αρκετά υψηλά επίπεδα θορύβου με μέγιστο  $L_{eq}$  ίσο με 76 dB. Στην φασματική ανάλυση παρατηρούμε εντάσεις άνω των 60dB στο μεγαλύτερο εύρος των χαμηλών και μεσαίων συχνοτήτων, ενώ στην μέτρηση 5-3-μ παρατηρούμε πολύ υψηλότερες, σε σχέση με τις υπόλοιπες μετρήσεις, εντάσεις στις υψηλές συχνότητες. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι στις συχνότητες από 3.15kHz έως 10kHz παρατηρείται άνοδος από 3dB έως 19dB, μάλιστα η διαφορά αυξάνεται όσο αυξάνεται η συχνότητα. Αυτό οφείλεται στην έντονη δραστηριότητα χειρισμών εμπορευματοκιβωτίων και στην ύπαρξη φορτηγών που πραγματοποιούν μανούβρες. Όπως θα δούμε παρακάτω οι μανούβρες φορτηγών έχουν μεγάλη συνεισφορά στο θόρυβο που μετριέται στις υψηλές συχνότητες.

Η θέση της οδού Νικολαΐδη θα μπορούσε να αποτελεί μια μικρογραφία που συμπυκνώνει το ακουστικό περιβάλλον της γύρω περιοχής, ειδικά στην περίπτωση που δεν υπάρχουν εργασίες στον χώρο αποθήκευσης εμπορευματοκιβωτίων.

# Κεφάλαιο 4

## 4.1 Ανάλυση σημαντικών συμβάντων

Για την διευκόλυνση στην συμπερασμάτων , κατά την διάρκεια των μετρήσεων κρατήσαμε δεδομένα για την κίνηση των οχημάτων από την κάθε θέση. Δεν συμπεριλάβαμε στην παρουσίαση των δεδομένων των θέσεων της οδού Μαρίας Κιουρή (3θ) , της οδού Πλαταιών (6) και του λιμενίσκου (8), καθώς σε αυτές τις θέσεις η κίνηση ήταν ελάχιστη και δεν θα μπορούσε να αποτελέσει αξιόπιστο δείκτη. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι στην θέση 9 όπου η κίνηση είναι χαμηλή, δεν μετρούσαμε τα οχήματα που διέρχονταν από το οδικό άξονα στα όρια του ΟΛΠ, αλλά τα οχήματα που εισέρχονταν και εξέρχονταν από τον ΣΕΜΠΟ1. Έτσι υπάρχει αναντιστοιχία ανάμεσα στα επίπεδα θορύβου και την κίνηση των οχημάτων στη θέση αυτή.

Ο πίνακας καταγραφής της κίνησης φαίνεται παρακάτω:

Θέσεις μέτρησης	Κίνηση											
	Ανοδος(φορά κίνησης οχημάτων προς τα δεξιά)				Κάθοδος				Σύνολο ανά κατηγορία			
	Αυτο-κίνητα	Φορτηγά	Μηχανάκια	Σύνολο ανόδου	Αυτο-κίνητα	Φορτηγά	Μηχανάκια	Σύνολο καθόδου	Αυτο-κίνητα	Φορτηγά	Μηχανάκια	Σύνολο
<b>1-2-m</b>	41	28	12	81	37	17	13	67	78	45	25	148
<b>2-1-m</b>	40	25	13	78	37	17	13	67	77	42	26	145
<b>3a-1-m</b>	31	13	13	57	32	36	14	82	63	49	27	139
<b>3z-2-m</b>	264	16	103	383	201	28	72	301	<b>465</b>	44	<b>175</b>	<b>684</b>
<b>4a-3-x</b>				0	211	14	106	331	211	14	106	<b>331</b>
<b>4b-3-x</b>				0	186	13	55	254	186	13	55	<b>254</b>
<b>5-2-m</b>	65	45	14	124	57	38	16	111	122	<b>83</b>	30	<b>235</b>
<b>7-1-m</b>	31	19	14	64	38	20	11	69	69	39	25	133
<b>9-1-m</b>	6	9	4	19	6	2	2	10	12	11	6	29

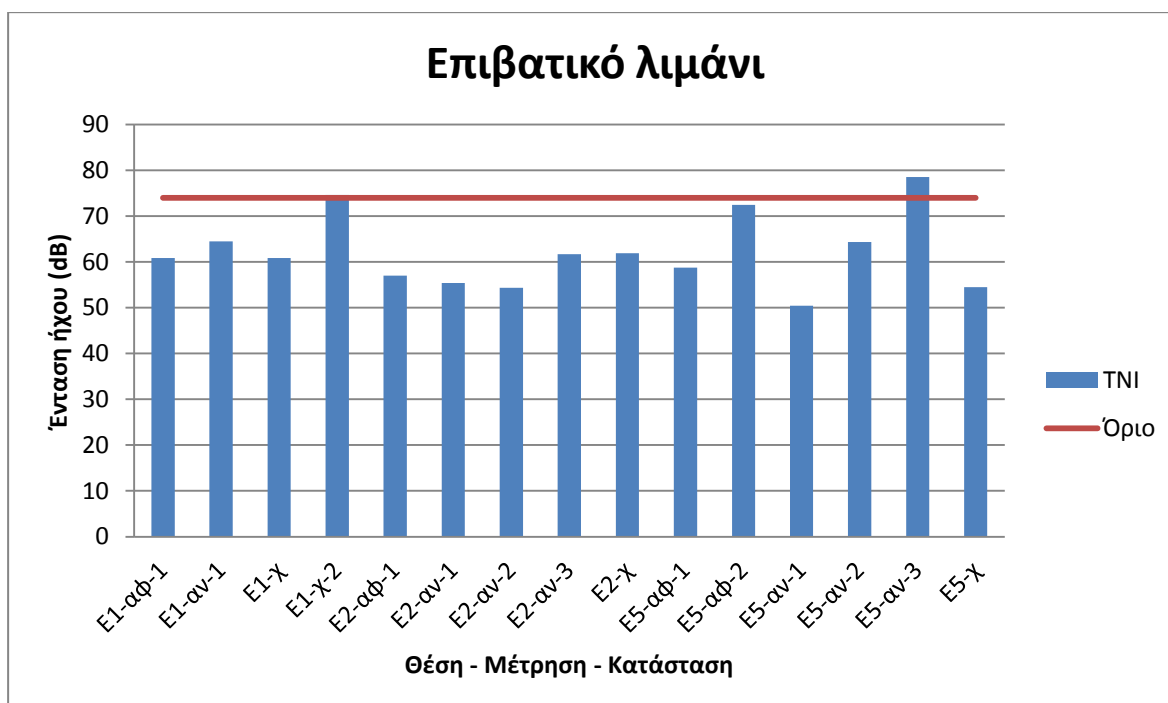
Φαίνεται ότι η θέση με την μεγαλύτερη κίνηση είναι η 3ζ. Βέβαια στην θέση αυτή μετρήσαμε την κίνηση το μεσημέρι, ενώ στις θέσεις με αντίστοιχα υψηλή κίνηση όπως οι 4α και 4β η καταμέτρηση έγινε το απόγευμα όπου ως γνωστόν η κίνηση εμπειρικά πέφτει ραγδαία.

Παρατηρούμε ότι στις θέσεις γύρω από το λιμάνι η αναλογία φορτηγών προς αυτοκίνητα είναι πολύ υψηλότερη από τις θέσεις επάνω στην λεωφόρο Δημοκρατίας. Επίσης παρατηρούμε πόσο χαμηλότερη είναι η κίνηση στο ΣΕΜΠΟ1 του ΟΛΠ σε σχέση με το ΣΕΜΠΟ2 της COSCO.

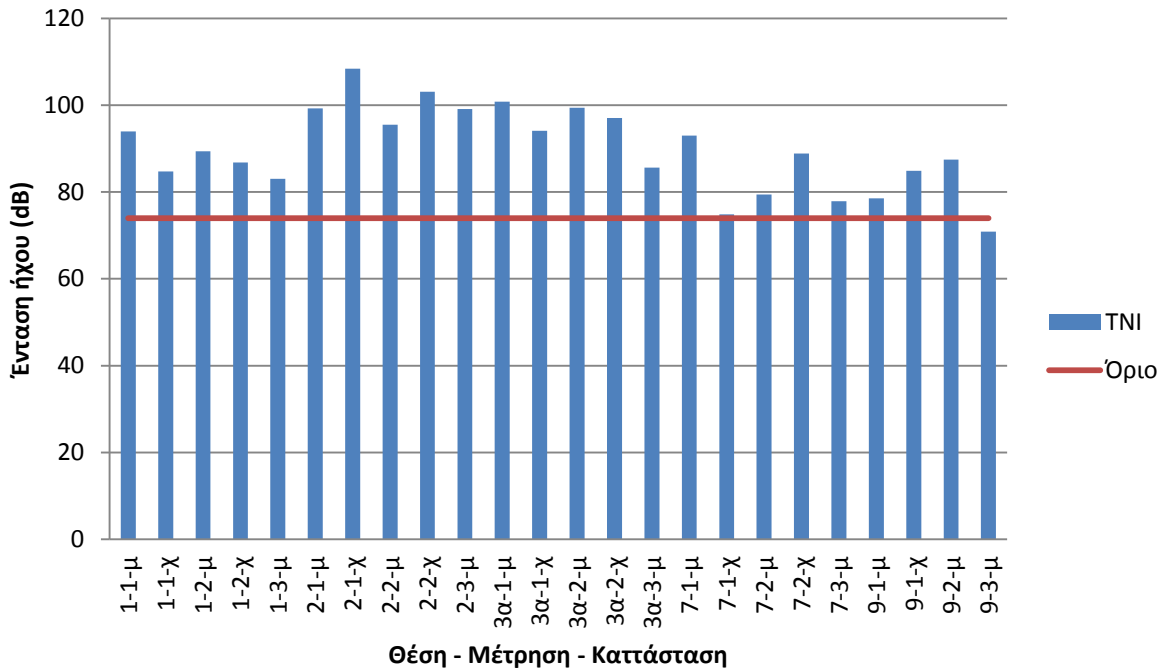
Χρησιμοποιήσαμε επίσης τον δείκτη TNI (Traffic Noise Index) ώστε να καταφέρουμε προσεγγιστικά να αποφανθούμε για το μερίδιο της ενόχλησης το οποίο αντιστοιχεί στην κίνηση οχημάτων.

**Ο τύπος του TNI είναι:  $TNI=4*(L10 - L90)+L90-30dB$**

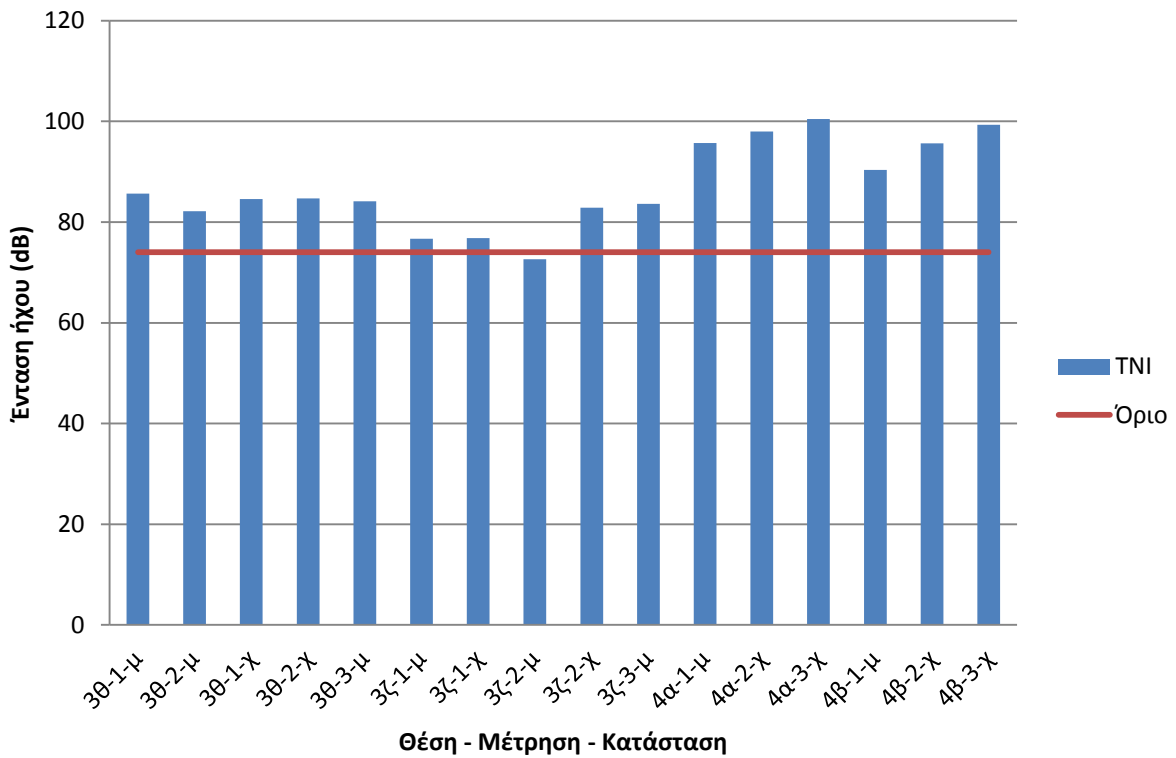
Παρακάτω παρουσιάζεται ο δείκτης TNI για τις διάφορες μετρήσεις ανά πακέτο:

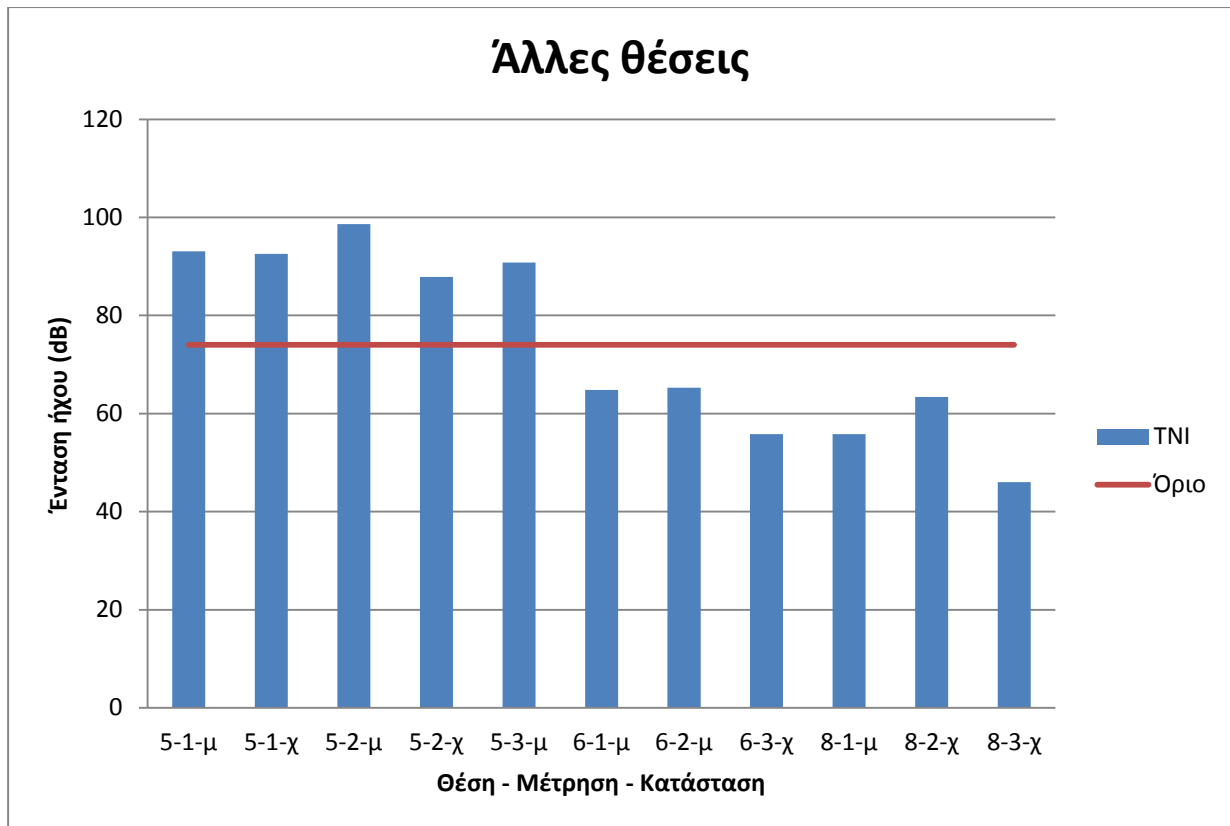


## Περίμετρος εμπορικού λιμανιού



## Λεωφόρος Δημοκρατίας





Ο δείκτης TNI θεωρητικά έχει ορισθεί σε σχέση με την κυκλοφοριακή κίνηση, ενώ στην περίπτωσή μας δεν έχουμε μόνο κυκλοφορία οχημάτων αλλά και λειτουργία μεγαλύτερων μηχανών. Παρόλα αυτά θεωρήσαμε σχετικά συναφή τα ήδη των πηγών θορύβου ενός λιμανιού σε σχέση με έναν δρόμο και επιπλέον ο δείκτης TNI αποτελεί μια αναλογία ανάμεσα στα L10 και L90, με σκοπό να προσδιοριστεί ποια είναι τα επίπεδα εκείνα πάνω από τα οποία αυτή η αναλογία προκαλεί δυσφορία στον άνθρωπο. Σύμφωνα με διάφορες μελέτες το TNI θεωρείται ως δείγμα ενόχλησης όταν κινείται πάνω από 74dB\*. Παρατηρούμε ότι οι πιο ήσυχες περιοχές, δηλαδή αυτές με την μικρότερη κίνηση, είναι αυτές στο επιβατικό λιμάνι σύμφωνα με αυτόν τον δείκτη, αλλά επίσης και στην οδό

Επιπλέον για την πιο ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων απομονώθηκε η συνεισφορά σε θόρυβο, ορισμένων μεμονωμένων ακουστικών συμβάντων. Διότι σε μια μέτρηση με συγκεκριμένη διάρκεια, αποτυπώνεται η μέση εικόνα της θορυβικής κατάστασης στην περιοχή. Όχι συνολικά, αλλά κατά την διάρκεια της συγκεκριμένης μέτρησης. Κατ' επέκταση μπορεί να υπάρξουν συμβάντα τα οποία λόγω της μικρής τους διάρκειας μπορεί να μην αλλοιώνουν σημαντικά τους μέσους όρους μιας μέτρησης, μπορούν όμως να έχουν σημαντική συμβολή στην όχληση των περίοικων. Τέτοιο συμβάν είναι για παράδειγμα το τράνταγμα ενός φορτηγού σε ανώμαλο οδόστρωμα.

*\*Traffic Noise Index: A method of Controlling Noise Nuisance (Langdon F.J., Scholes W.F. -1968)  
Πλαταιών και στον λιμενίσκο. Συνολικά στο λιμάνι παρατηρείται πως το TNI είναι μεγαλύτερο από οπουδήποτε αλλού. Στην λεωφόρο δημοκρατίας το TNI είναι υψηλό, αλλά πιο έντονα στις θέσεις 4α και 4β. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο δείκτης κινείται πάνω από τα ανεκτά όρια. Εντός των ορίων κινείται κυρίως το επιβατικό λιμάνι.*



Ταυτόχρονα λόγω του masking effect , μπορεί ένα γεγονός χαμηλής έντασης να αγνοείται, ενώ συγχρόνως να έχει υψηλή ένταση σε συχνοτικές περιοχές μακριά από το μέσο θόρυβο. Αυτό μπορεί να έχει ιδιαίτερα ενοχλητικά αποτελέσματα , όπως παράδειγμα μία σειρήνα.

Για τους παραπάνω λόγους, αλλά και την πληρέστερη και αντιπροσωπευτικότερη εικόνα, επιλέξαμε να μελετήσουμε πέρα από το συνολικό 15λεπτο δείγμα, συμβάντα τα οποία χρήζουν ξεχωριστής μελέτης.

Αυτά προβλέφθηκαν μέσω της εμπειρίας κατά την διάρκεια των μετρήσεων, της παρατήρησης των ηχογραφημένων αρχείων, αλλά και της αναμενόμενης -λόγω αναφορών στη βιβλιογραφία- συνεισφοράς τους στα στατιστικά αποτελέσματα.

Τα συμβάντα τα οποία διαλέξαμε για να αναλύσουμε είναι τα παρακάτω:

<b>Ακουστικό Συμβάν</b>	<b>Αιτιολόγηση Επιλογής</b>
Φορτηγό με φορτίο τραντάζεται σε ανώμαλο οδόστρωμα	Συχνή Εμφάνιση - Υψηλός Θόρυβος
Φορτηγό χωρίς φορτίο τραντάζεται σε ανώμαλο οδόστρωμα	Συχνή Εμφάνιση - Υψηλός Θόρυβος - Σύγκριση
Θόρυβος εξάτμισης φορτηγού	Συχνή Εμφάνιση - Υψηλός Θόρυβος Μικρής Διάρκειας
Κόρνα φορτηγού	Υψηλός Θόρυβος - Έντονη Όχληση
Σειρήνα διερχόμενου οχήματος από την λεωφόρο Δημοκρατίας	Συνεισφορά Τυχαίων Συμβάντων από Λ. Δημοκρατίας
Φρένα φορτηγού	Τυχαίο Συμβάν - Έντονη Όχληση
Χειρισμοί φορτηγού (μανούβρες)	Χαρακτηριστικός Θόρυβος - Αξιολόγηση Μετρήσεων
Αγκίστρωση εμπορευματοκιβώτιο στους βραχίονες του RMG	Χαρακτηριστικός Θόρυβος Χειρισμών φορτίου - Κτυπογενής Θόρυβος
Μεταφορά εμπορευματοκιβωτίο από RMG	Χαρακτηριστικός Θόρυβος Χειρισμών φορτίου
Στοιβάσια εμπορευματοκιβωτίου	Χαρακτηριστικός Θόρυβος Χειρισμών φορτίου
Κορνα πλοίου σε απόσταση περίπου 700 μέτρων	Χαρακτηριστικός Θόρυβος Πλοίου - Αξιολόγηση Επιβάρυνσης σε μεγάλη απόσταση
Διέλευση φορτηγού από μπουκαπόρτα επιβατηγού πλοίου	Συχνή Εμφάνιση στο Επιβατικό Λιμάνι

Η αναζήτηση αυτών των συμβάντων έγινε με βάση την εμπειρία μας κατά την διάρκεια των μετρήσεων. Για παράδειγμα, αναζητήσαμε χειρισμούς εμπορευματοκιβωτίων, στην θέση 5 (οδός Νικολαΐδη), καθώς κατά την διάρκεια μιας μέτρησης είχαμε υψηλά επίπεδα θορύβου από τους χειρισμούς και χαμηλότερη επιβάρυνση από διέλευση οχημάτων σε σχέση με άλλες θέσεις. Η τελική διαλογή των συμβάντων προς εξέταση έγινε με βάση την ποιότητα ηχογράφησης και το βαθμό επικάλυψης του υπό εξέταση συμβάντος από άλλους θορύβους.

Στην συνέχεια συγκρίναμε δύο γεγονότα τα οποία χρονικά ήταν είτε διαδοχικά είτε κοντά. Στο ένα γεγονός υπήρχε μόνο θόρυβος βάθους (ησυχία), ενώ στο δεύτερο υπήρχε αναμεμιγμένος ο θόρυβος βάθους και το ζητούμενο συμβάν. Εφόσον οι ακουστικές συνθήκες ήταν ίδιες και τα γεγονότα πολύ κοντά χρονικά, εκτιμήσαμε ότι ο θόρυβος βάθους είναι κοινός και στα δύο γεγονότα. Επομένως η σύγκριση των δύο γεγονότων μας δίνει στοιχεία για το ζητούμενο συμβάν.

Παρακάτω παραθέτουμε αναλυτικό σχολιασμό των συμβάντων τα οποία επιλέχθηκαν σαν πηγές θορύβου για περαιτέρω ανάλυση της συνεισφοράς τους καθώς και πίνακες που παρουσιάζουν την ανά συχνότητα συμβολή του συμβάντος ως προς κάποιο διάστημα χαμηλού θορύβου:

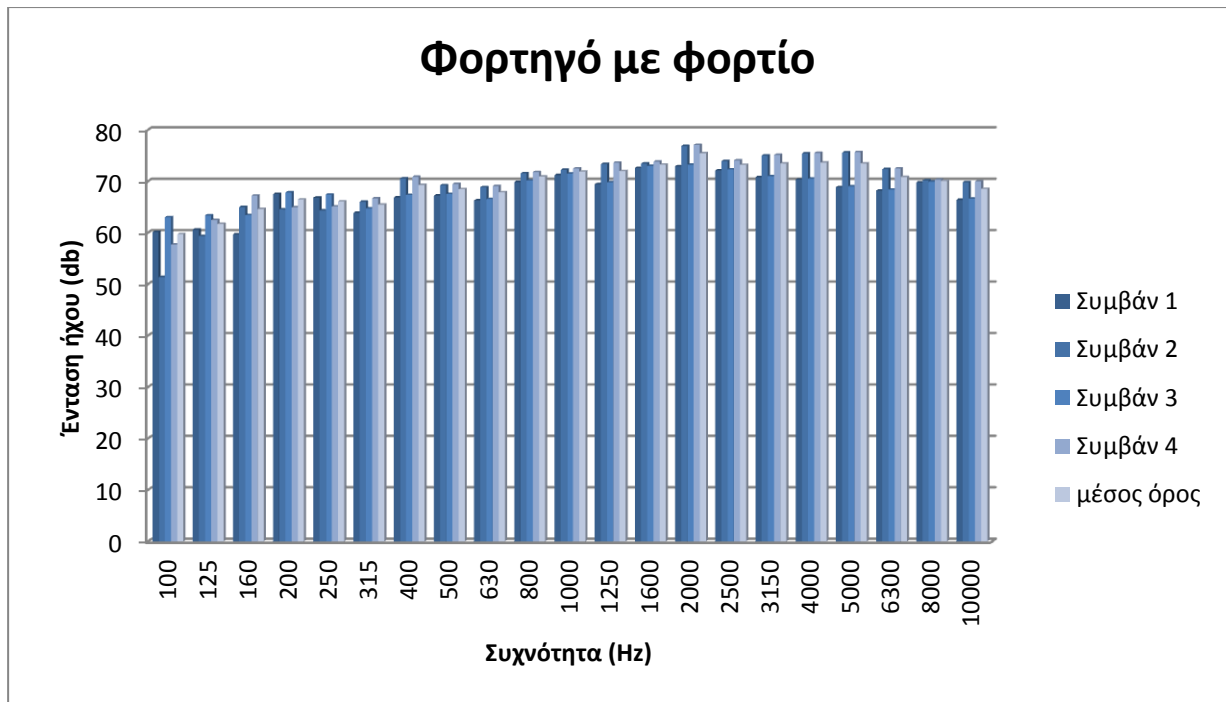
#### Φορτηγό τραντάζεται σε ανώμαλο οδόστρωμα (απόσταση: 5 μέτρα)

Φορτηγό με φορτίο: διάρκεια μετρήσεων συμβάντων 3''

Φορτηγό χωρίς φορτίο: διάρκεια μετρήσεων συμβάντων 2''

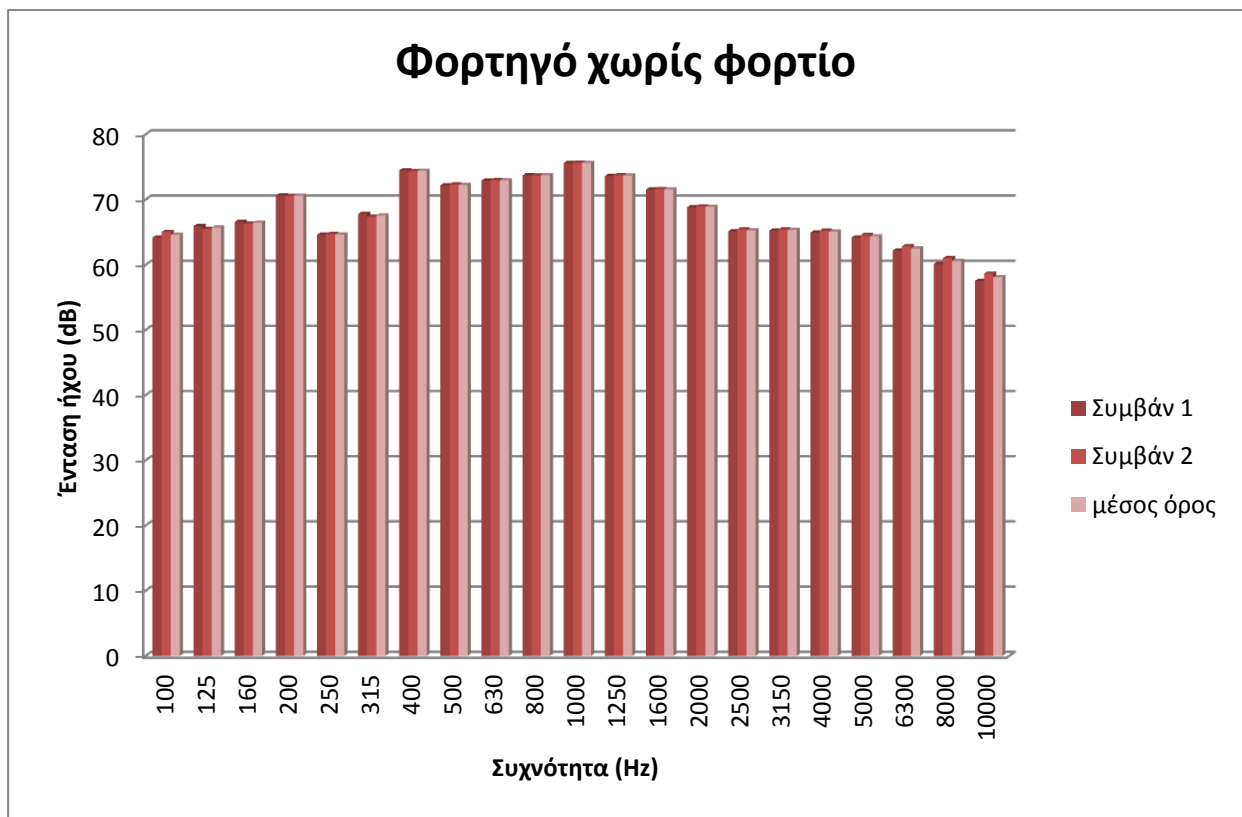
Διάρκεια μέτρησης θορύβου βάθους: 5''

Το οδόστρωμα στα λιμάνια είναι αρκετές φορές σε κακή κατάσταση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή υψηλών επιπέδου θορύβου κατά την διέλευση φορτηγών και άλλων βαρέων οχημάτων από το κακό οδόστρωμα. Η διέλευση μεγάλων οχημάτων σε ένα λιμάνι είναι ιδιαίτερως συχνή κατ' επέκταση και η όχληση που προκαλεί. Έτσι διαλέξαμε να εξετάσουμε αυτό το συμβάν σε δύο κατηγορίες. Από την μία σε φορτηγό που μεταφέρει εμπορευματοκιβώτιο και από τη άλλη σε ένα χωρίς φορτίο. Μελετήθηκαν δύο περιπτώσεις φορτηγών.



Το φορτηγό με φορτίο έχει ένταση από 83 μέχρι 86 db περίπου. Οι συχνοτικές περιοχές με τις υψηλότερες ακουστικές στάθμες εντοπίζονται στα 1000Hz έως 5000Hz περίπου. Σε αυτά τα επίπεδα ο θόρυβος κυμαίνεται πάνω από το επίπεδο των 70db γενικά. Σε σύγκριση με το  $L_{eq}$  (74.3dB) αλλά και το  $L_{10}$ (77.5 dB) της συνολικής μέτρησης από την οποία πήραμε το δείγμα μας παρατηρούμε ότι το  $L_{eq}$  του δείγματος είναι πολύ υψηλότερο. Άρα συμπεραίνουμε ότι τα τραντάγματα των φορτηγών αποτελούν σημαντικό παράγοντα για τις μετρήσεις, αλλά και μία από τις υψηλότερες αιχμές που παρουσιάζεται στο ακουστικό φορτίο.

Η μέτρηση για φορτηγό που δεν μεταφέρει φορτίο πραγματοποιήθηκε ώστε να διαπιστωθούν τυχόν διαφορές ανάμεσα στα δύο ακουστικά συμβάντα. Παρατηρήθηκε ότι αν και το επίπεδο έντασης ήταν όμοιο για τα δύο συμβάντα, υπάρχουν διαφορές που εμφανίζονται στο πεδίο των συχνοτήτων. Στα φορτηγά χωρίς φορτίο παρατηρούνται υψηλότερα επίπεδα θορύβου σε χαμηλότερες συχνότητες. Κυρίως ανάμεσα στα 400-1600Hz. Τα  $L_{eq}$  (74.63 dB),  $L_{10}$ (78.5 dB) από τα οποία εξάγαμε το δείγμα (περίπου 85dB) μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η συγκεκριμένη μέτρηση επηρεάστηκε ανάλογα (σε σχέση με την επίδραση που είχε σε μέτρηση ένα φορτηγό με φορτίο). Έτσι αποδεικνύεται ότι το ανώμαλο οδόστρωμα αποτελεί σημαντικό παράγοντα της ηχορύπανσης.

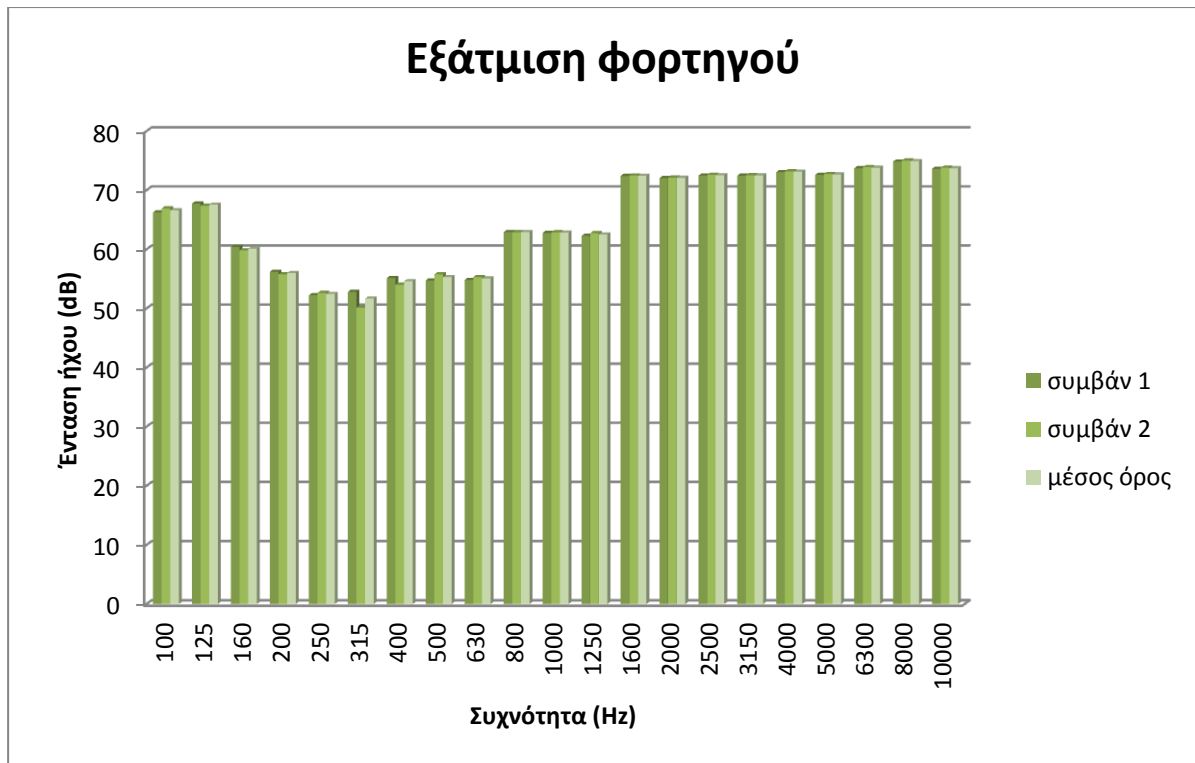


#### Εξάτμιση Φορτηγού (απόσταση: 5 μέτρα)

Διάρκεια μετρήσεων: 2''

Διάρκεια μετρήσεων θορύβου βάρους: 5''

Η θόρυβος της εξάτμισης ενός φορτηγού παρατηρείται αρκετά συχνά στις μετρήσεις. Ιδίως σε θέσεις όπου τα φορτηγά παραμένουν για αρκετή ώρα ακινητοποιημένα με αναμμένη την μηχανή. Η θόρυβος που παράγεται είναι μικρής διάρκειας αλλά έντονος. Μπορεί να παρατηρηθεί σε αρκετές θέσεις όπως στην είσοδο του λιμανιού, την οδό Νικολαΐδη (όπου είναι η είσοδος χώρου φύλαξης εμπορευματοκιβωτίων) αλλά και στη λεωφόρο Δημοκρατίας σε θέση κοντά σε φανάρι, σε μικρότερο ωστόσο βαθμό. Όπως βλέπουμε και στον αντίστοιχο πίνακα, ο θόρυβος της εξάτμισης ενός φορτηγού είναι ένα γεγονός με αρκετά υψηλότερα επίπεδα ακουστικής πίεσης τόσο από το μέσο επίπεδο της μέτρησης όσο και από το επίπεδο των αιχμών. Αν σκεφτούμε ότι η εξάτμιση ενός φορτηγού μπορεί να παράγει θόρυβο ακόμα και κατά την στάση του φορτηγού, συμπεραίνουμε ότι τα φορτηγά συμβάλλουν σημαντικά στην περιβαλλοντική όχληση και όχι μόνο μέσω του θορύβου της μηχανής τους.



Ο θόρυβος από την εξάτμιση ενός φορτηγού έχει ένταση περίπου 83 dB. Τα υψηλότερα επίπεδα συνεισφοράς παρατηρούνται από τη συχνότητα των 1600Hz έως αυτήν των 10000Hz και κυρίως σε αυτήν των 8000Hz. Σε αυτά τα επίπεδα ο θόρυβος κυμαίνεται πάνω από το επίπεδο των 70db.

Κόρνα φορτηγού (απόσταση: 8 μέτρα)

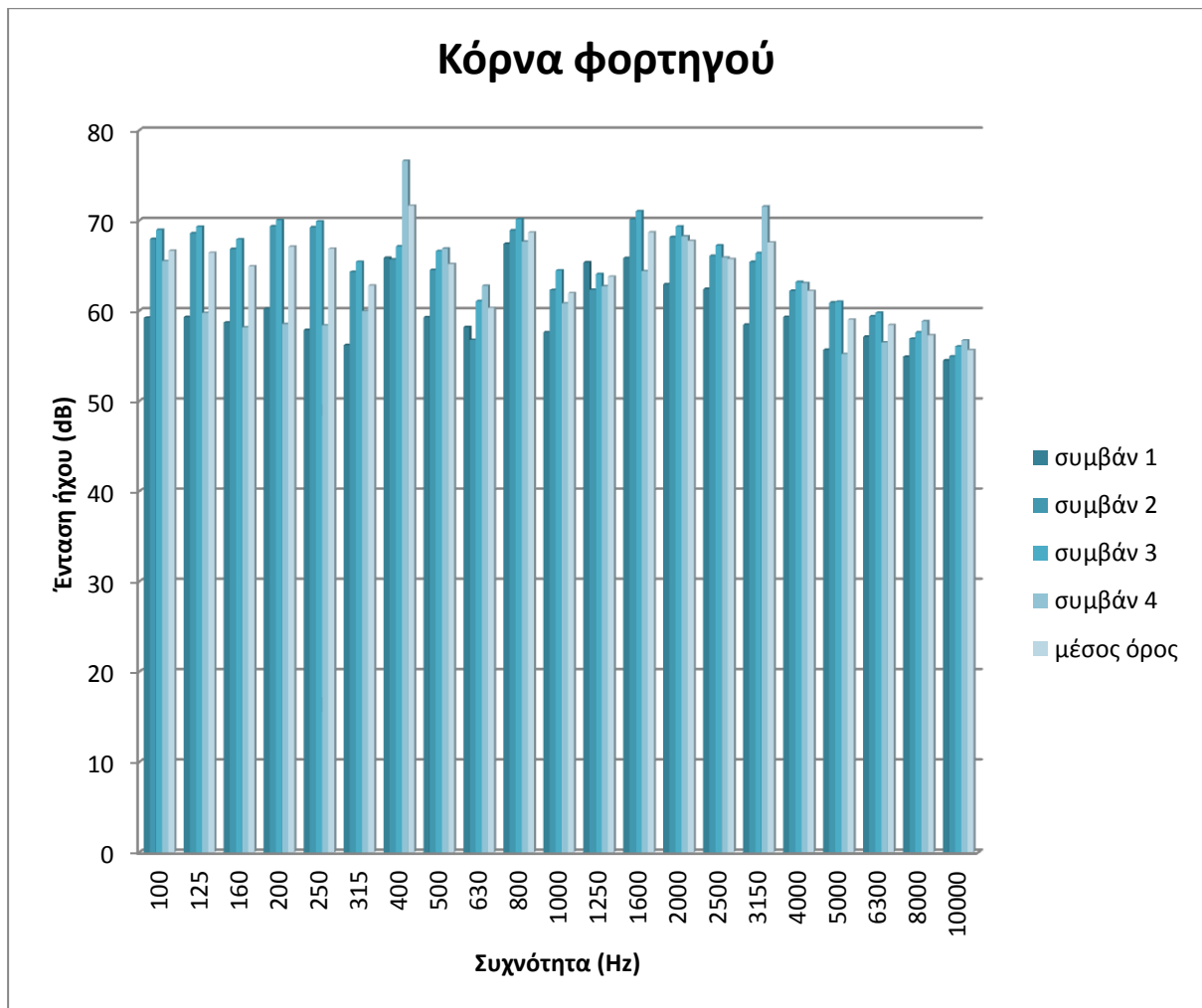
Διάρκεια μετρήσεων συμβάντων: 2''

Διάρκεια μετρήσεων θορύβου βάθους: 3''

Η ήχος της κόρνας είναι ένας ήχος που παρουσιάζεται αρκετά συχνά ανεξάρτητα από την θέση στην οποία γίνεται η μέτρηση. Ο ήχος έχει διάρκεια μερικά δευτερόλεπτα ενώ προκαλεί έντονη όχληση, ιδιαίτερα από την στιγμή που η μετρήσεις πραγματοποιούνται κοντά σε κατοικημένη περιοχή.

Η κόρνα έχει σχεδιαστεί για να εκπέμπει σε συγκεκριμένες συχνότητες. Έτσι και στο διάγραμμά μας οι μεγαλύτερες εντάσεις κόρνας που παρατηρούνται είναι στα 400Hz και στα 800 Hz. Το Leq κινείται από 79-83dB.

Σύμφωνα με τον πίνακα σύγκρισης των *Leq* παρατηρούμε ότι σε άλλες περιπτώσεις η κόρνα ενός φορτηγού κινείται περίπου στα ίδια επίπεδα με την αναμενόμενη ένταση των αιχμών, σε άλλες αρκετά παραπάνω. Αν σκεφτεί κανείς ότι η μέτρηση της κόρνας ενός φορτηγού διαρκεί μόλις δύο δευτερόλεπτα, αντιλαμβανόμαστε ότι αποτελεί μια αρκετά σημαντική παραγωγή θορύβου και όχλησης.



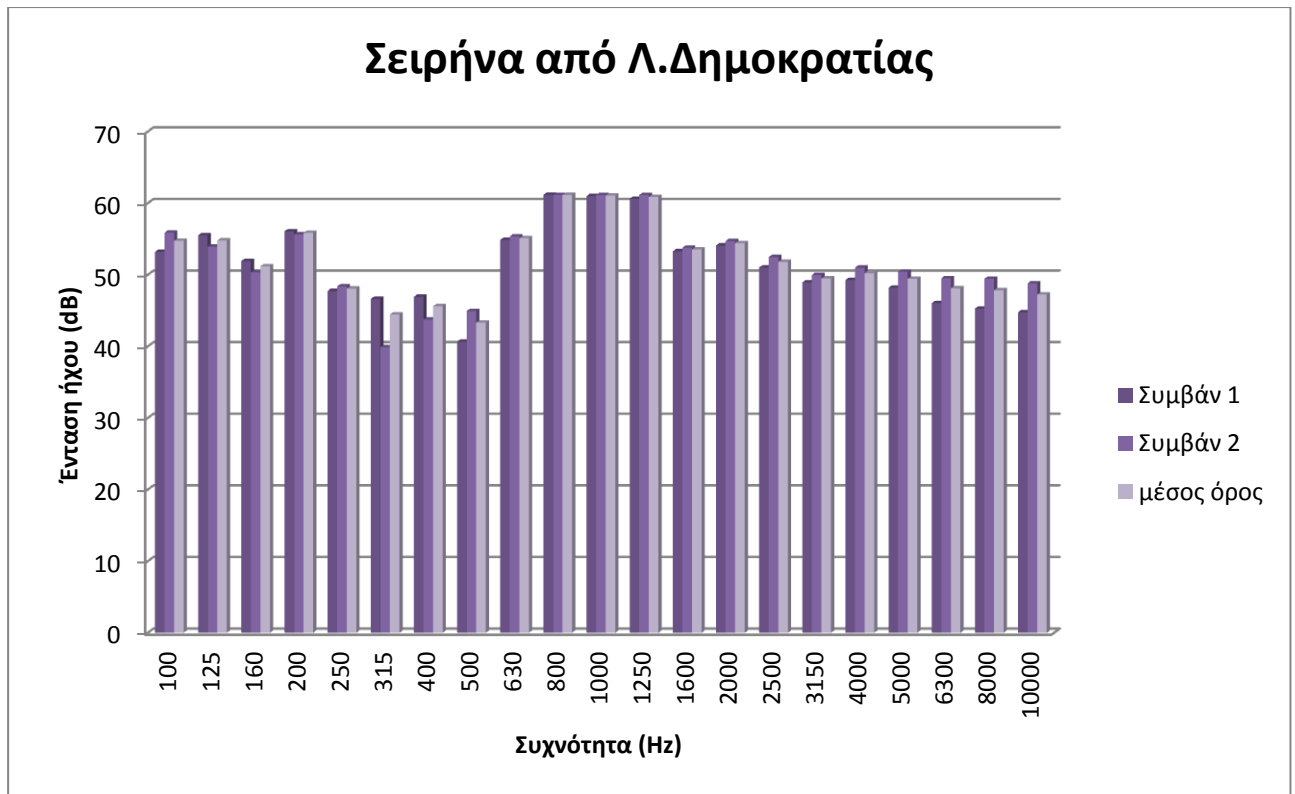
Σειρήνα διερχόμενου οχήματος από την λεωφόρο δημοκρατίας (απόσταση: 50 μέτρα)

Διάρκεια μέτρησης συμβάντος: 2''

Διάρκεια μετρήσεων θορύβου βάθους: 5''

Η λεωφόρος δημοκρατίας έχει σημαντική συνεισφορά στην ηχορρύπανση της περιοχής του Περάματος. Έτσι αποφασίσαμε να απομονώσουμε συμβάντα που λαμβάνουν χώρα στην λεωφόρο Δημοκρατίας και θεωρητικά θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις μετρήσεις μπροστά από το λιμάνι. Τέτοιο ηχητικό συμβάν είναι μια σειρήνα που σημειώσαμε ότι ακούστηκε κατά την διάρκεια της μέτρησης και εντοπίσαμε με προσεκτική παρατήρηση. Η σειρήνα από την λεωφόρο Δημοκρατίας δεν φαίνεται να επηρεάζει τις μετρήσεις καθώς η επεξεργασία της μέτρησης υποδεικνύει ότι η συνεισφορά μιας σειρήνας από την λεωφόρο Δημοκρατίας στην θέση 1 είναι περίπου στα 69 dB. Άρα δεν είναι σημαντική. Οι συχνότητες τις οποίες φαίνεται να επηρεάζει περισσότερο τις μετρήσεις είναι 800-1250 Hz.

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, αν συγκρίνουμε την σειρήνα με τα αντίστοιχα δεδομένα της μέτρησης, παρατηρούμε αρχικά ότι δεν κινείται πάνω από τα επίπεδα θορύβου της υπόλοιπης μέτρησης. Παρόλα αυτά όμως έχει σημασία να την συγκρίνουμε με τον θόρυβο βάθους μιας και αποτελεί ένα γεγονός αρκετά τυχαίο σε σχέση με την μέτρησή μας. Διότι αφενός συνέβη στην λεωφόρο Δημοκρατίας, αφετέρου δεν αφορά την καθημερινή ζωή του λιμανιού. Τότε θα παρατηρήσουμε ότι κινείται πάνω από το θόρυβο σε στιγμή ηρεμίας ( κατά 4dB) . Αν αυτό το συνδυάσουμε με την πιθανή ηχομόνωση που προσφέρει σε εμάς τόσο η απόσταση, όσο και η υψομετρική διαφορά (η λεωφόρος Δημοκρατίας βρίσκεται αρκετά μέτρα πάνω από την θέση μέτρησης) μπορούμε να συμπεράνουμε ότι – αν και δεν επηρεάζει τις μετρήσεις μας- θα μπορούσε να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα ενόχλησης για εργαζόμενους και κατοίκους του Περάματος.



Φρένα φορτηγού (απόσταση: 10 μέτρα)

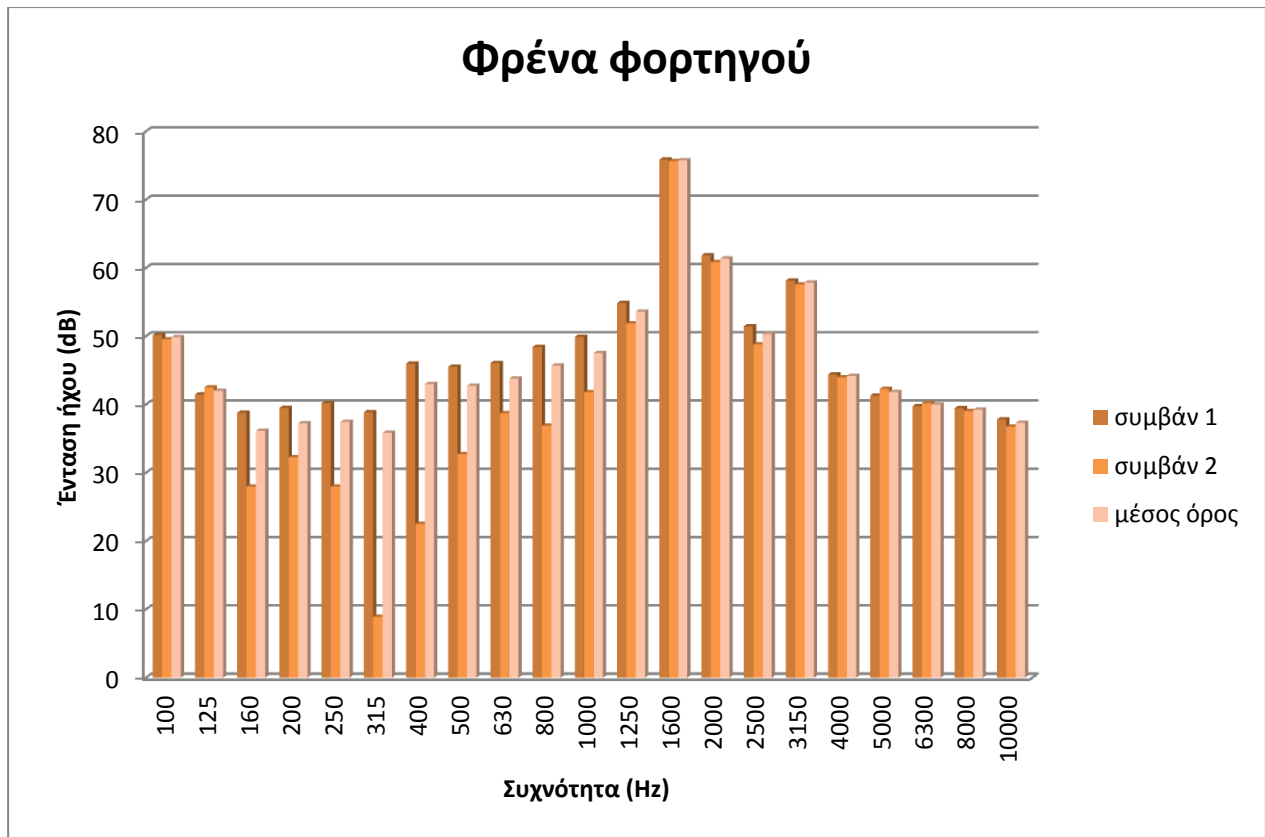
Διάρκεια μέτρησης συμβάντος: 1''

Διάρκεια μετρήσεων θορύβου βάθους: 4''

Τα απότομα φρεναρίσματα δεν αποτελούν φαινόμενο το οποίο επαναλαμβάνεται με μεγάλη συχνότητα. Όμως διαπιστώσαμε εμπειρικά ότι η όχληση η οποία προκαλείται κατά την εμφάνιση του φαινομένου αυτού είναι εξαιρετικά έντονη. Έτσι θεωρήθηκε σημαντικό για την εξαγωγή συμπερασμάτων να διερευνηθεί απομονωμένο. Η συνεισφορά του είναι σημαντική, πάνω από 75 dB, ενώ η συχνότητα στην οποία φαίνεται να έχει την μεγαλύτερη ένταση είναι τα 1600 Hz.

Παρατηρούμε ότι παρά την μικρή του διάρκεια, το συγκεκριμένο συμβάν παράγει θόρυβο μεγάλης έντασης, μεγαλύτερης κατ' 4 dB από το  $L_{eq}$  της συγκεκριμένης μέτρησης και κοντά στα επίπεδα του L10. Άρα αποτελεί αξιοσημείωτο παράγοντα ηχορύπανσης.





Αν και υπάρχουν ηχητικά γεγονότα με πιο ψηλό  $L_{eq}$ , αν συνδυάσει κανείς αυτή την ένταση με την ψυχολογική επίδραση που μπορεί να έχει ένας ήχος φρεναρίσματος -είτε σε εργάτες είτε σε περίοικους-, μπορούμε να αντιληφθούμε πιο συνολικά την σημασία αυτού του ακουστικού γεγονότος.

#### Χειρισμοί Φορτηγού- Μανούβρες (απόσταση: 8 μέτρα)

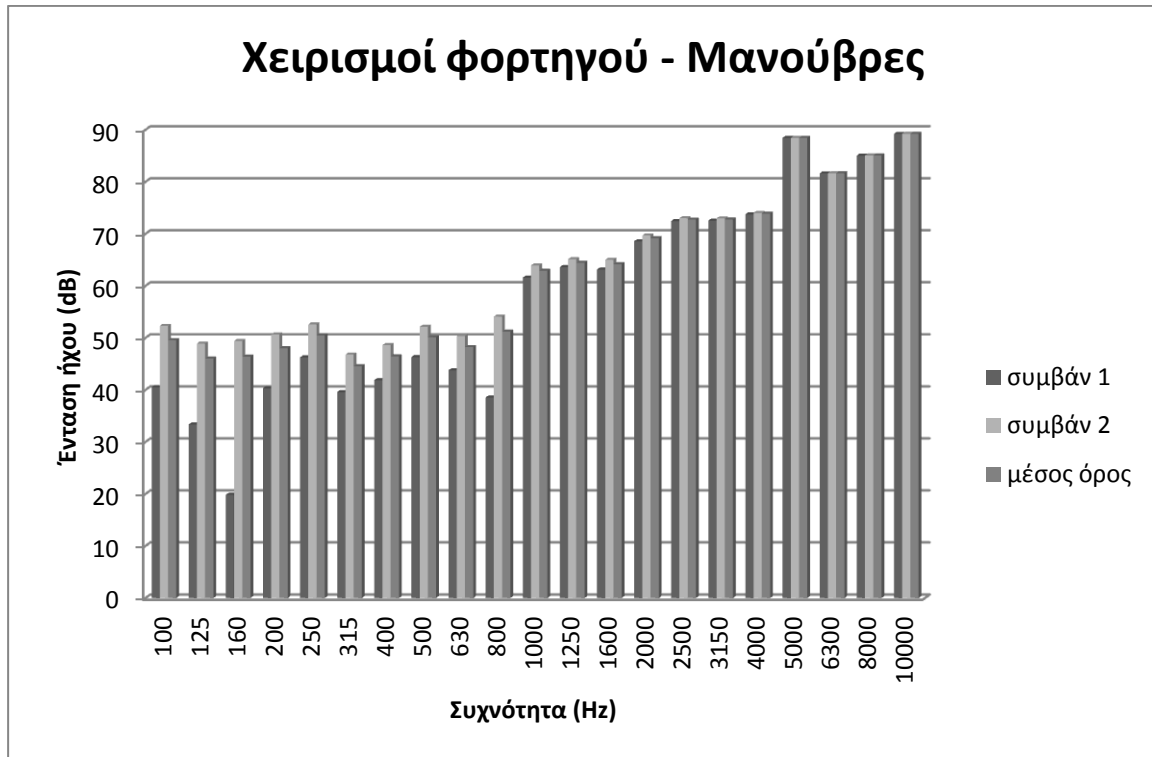
Διάρκεια μέτρησης συμβάντος: 10''

Διάρκεια μέτρησης θορύβου βάθους: 2''

Οι μανούβρες φορτηγών είναι ένα πολύ συχνό φαινόμενο στα λιμάνια. Τα φορτηγά και τα μεγάλα μηχανήματα αναγκάζουν να κάνουν αρκετούς χειρισμούς είτε για να κινηθούν είτε για να φορτώσουν και να ξεφορτώσουν εμπορεύματα. Γι αυτό επιλέχθηκε να απομονωθούν τέτοια γεγονότα και να διερευνηθεί η συνεισφορά τους. Παρατηρούμε ότι η συνεισφορά των χειρισμών φορτηγών είναι εξαιρετικά υψηλή με  $L_{eq}$  πάνω από 91 dB. Οι συχνότητες από 5000-10000Hz έχουν πολύ μεγάλες εντάσεις, πάνω από 80 dB. Επίσης από τα 2500Hz και πάνω οι εντάσεις είναι μεγαλύτερες των 70 dB.

Συγκρίνοντας τα δεδομένα του συμβάντος με τα δεδομένα του συγκεντρωτικού πίνακα της μέτρησης, παρατηρούμε αξιοσημείωτες διαφορές με τα  $L_{eq}$  (το συμβάν έχει υψηλότερη ένταση κατά 10 dB),  $L_{10}$  (το  $L_{eq}$  του συμβάντος το υπερβαίνει κατά 13dB),  $L_{90}$  ( $L_{eq}$  συμβάντος μεγαλύτερο κατά 28dB) επιβεβαιώνουμε τις παραπάνω διαπιστώσεις. Αν και το δείγμα με τις μανούβρες των φορτηγών έχει την μεγαλύτερη διάρκεια από όλα τα άλλα

δείγματα, σίγουρα αποτελεί σημαντικό παράγοντα ηχορύπανσης, ειδικά στις υψηλές συχνότητες (88dB στα 5000Hz).



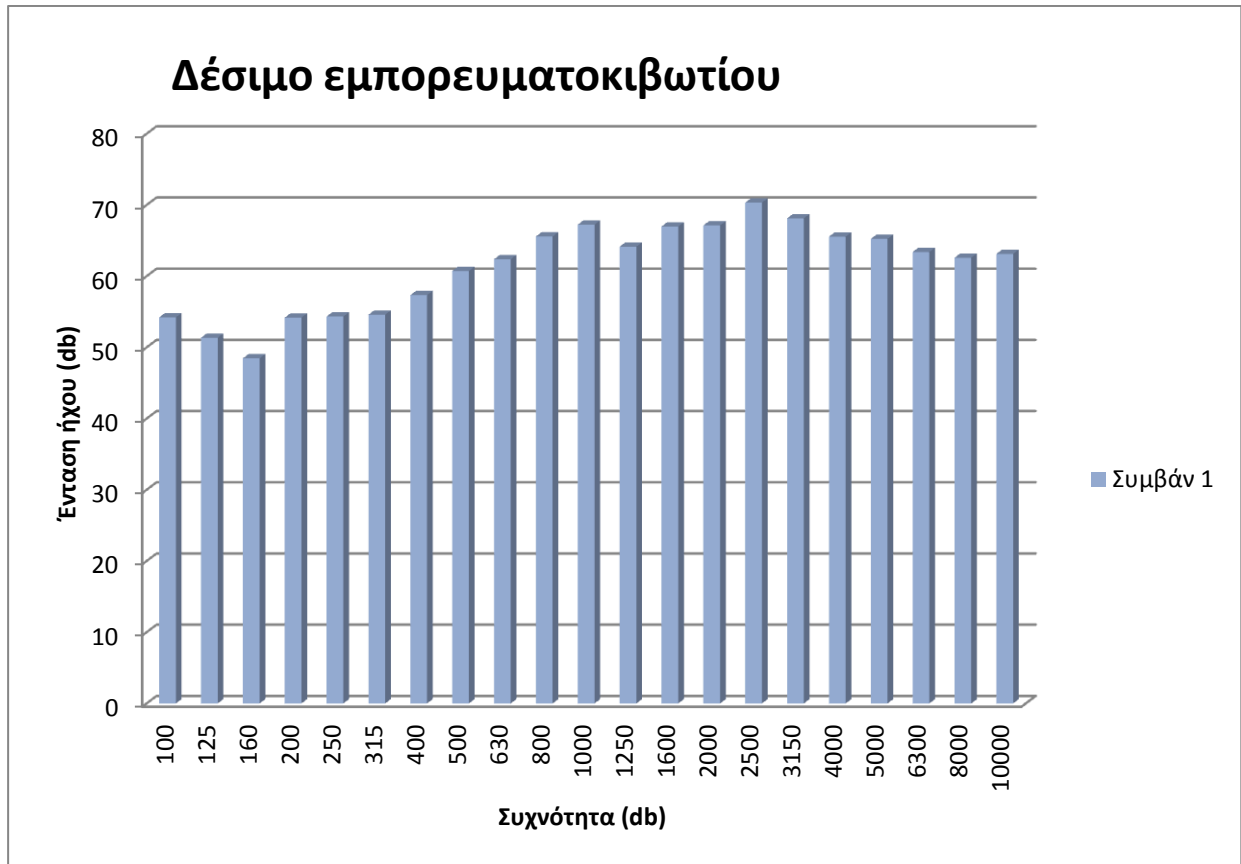
#### Χειρισμοί εμπορευματοκιβωτίων από RMG (απόσταση: 15 μέτρα)

Διάρκεια μέτρησης θορύβου βάθους: 2''

Μια από τις πιο χαρακτηριστικές διαδικασίες ενός εμπορικού λιμανιού είναι οι χειρισμοί εμπορευματοκιβωτίων. Έτσι στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέξαμε να επεξεργαστούμε ξεχωριστά την συνεισφορά στις μετρήσεις τον χειρισμό ενός container από ένα RMG. Χωρίσαμε την διαδικασία σε τρία μέρη:

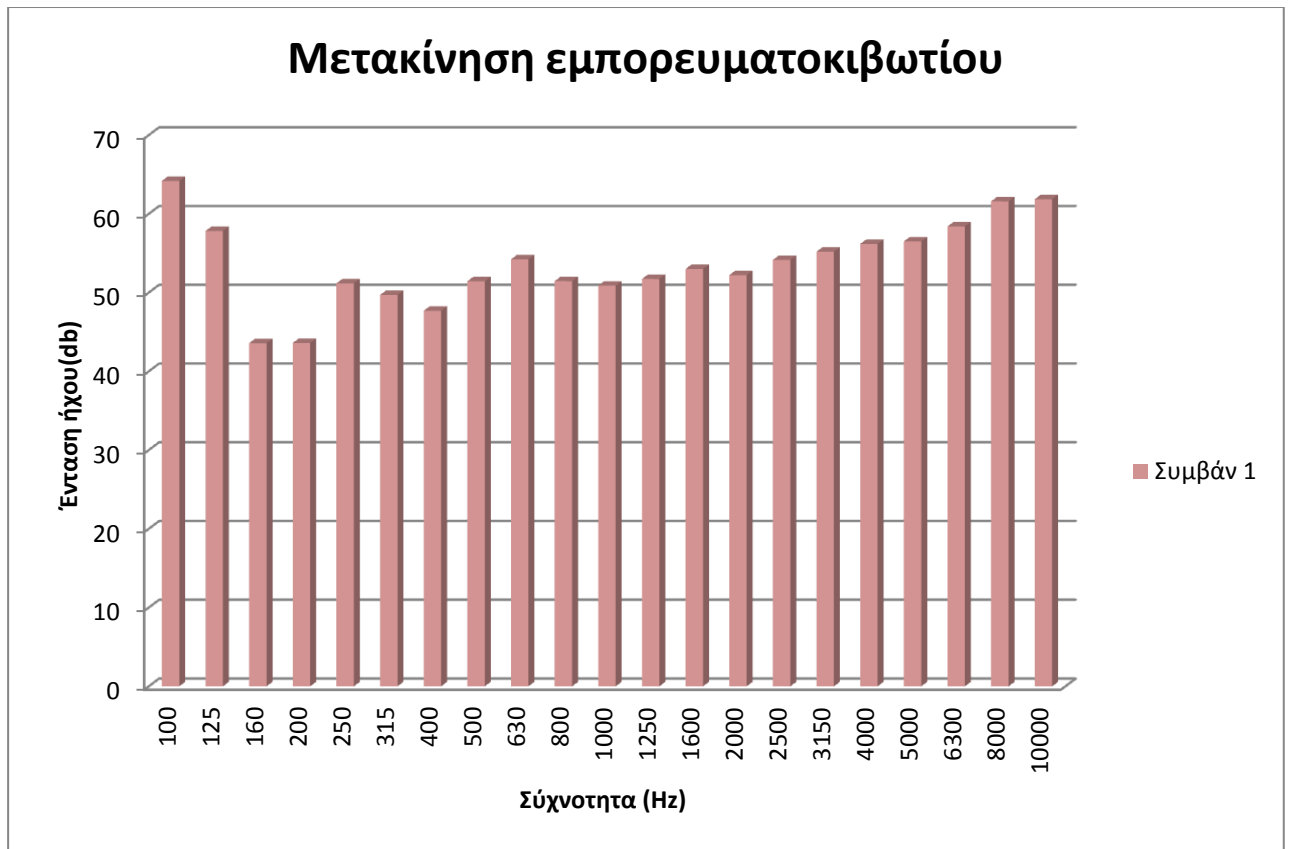
1. αγκίστρωση εμπορευματοκιβωτίου στους βραχίονες του RMG (διάρκεια μέτρησης συμβάντος: 1'')
2. μετακίνηση εμπορευματοκιβωτίου (διάρκεια μέτρησης συμβάντος: 5'')
3. στοιβάσια εμπορευματοκιβωτίου (διάρκεια μέτρησης συμβάντος: 1'')

Η αγκίστρωση εμπορευματοκιβωτίου στους βραχίονες του RMG έχει ένταση πάνω από 77 dB. Η ένταση αυτή είναι υψηλή, ενώ ο ήχος του δεσίματος είναι κτυπογενής. Ο ήχος αυτός κινείται γύρω από το διάστημα 1000-2500 Hz, αλλά γενικά φαίνεται να ακολουθεί μια ισομερή κατανομή από τις μεσαίες συχνότητες και πάνω. Αν και κινείται κοντά στα συνολικά επίπεδα της μέτρησης, μπορούμε να αντιληφθούμε ότι εφόσον η διάρκειά του είναι ελάχιστη δεν μπορεί να αποτελέσει αμελητέο μέγεθος θορύβου. Κινείται πάνω από το L10 του φορτίου κατά 1dB.



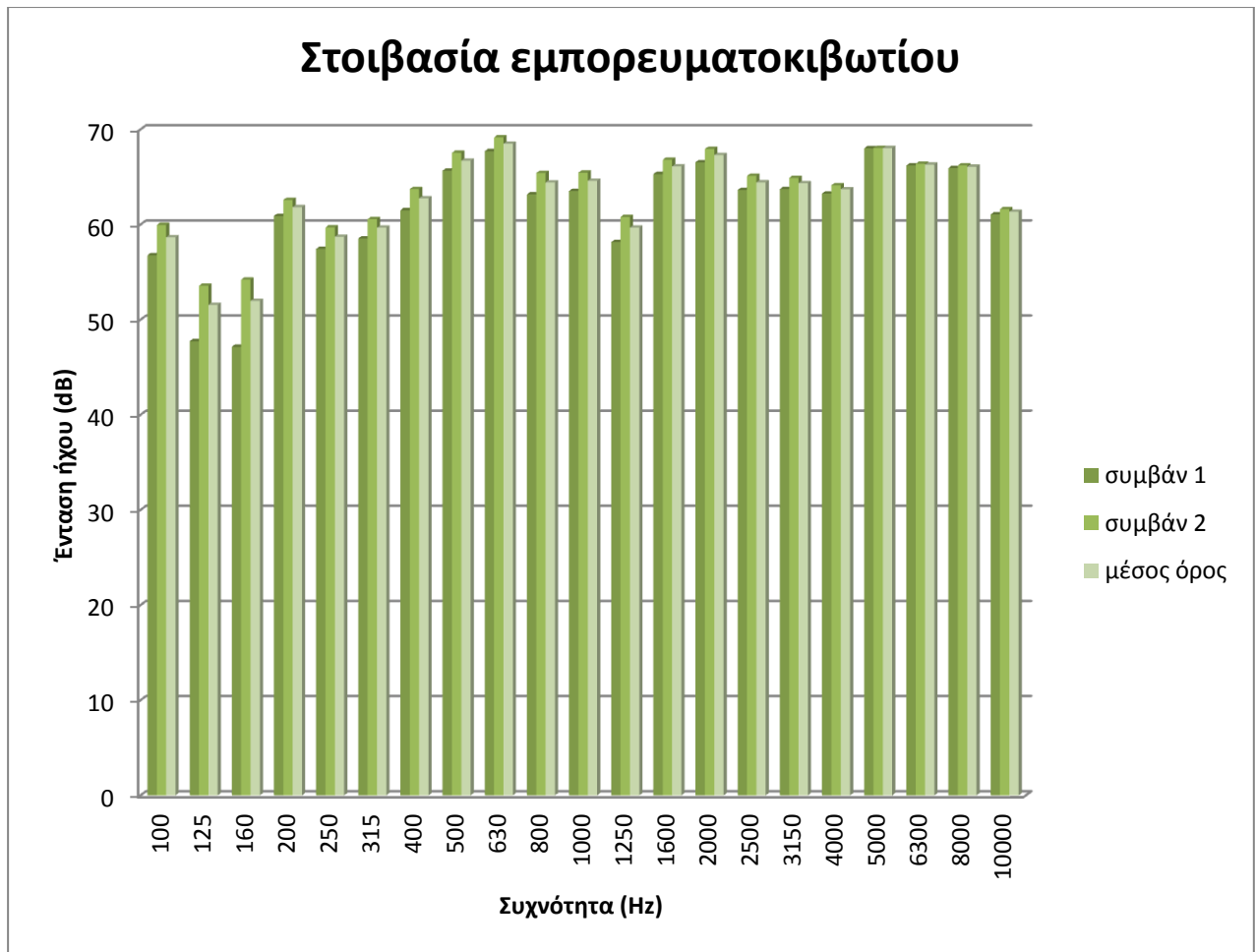
Η μετακίνηση του εμπορευματοκιβωτίου είναι το λιγότερο θορυβώδες κομμάτι της διαδικασίας χειρισμών εμπορευματοκιβωτίων. Το Leq κινείται από 60-68 dB. Αυτό είναι αναμενόμενο αφού κατά την διάρκεια της μετακίνησης του container η μόνη πηγή θορύβου είναι η μηχανή του RMG. Ειδικά στην περίπτωση που η απόσταση την οποία διανύει το μηχάνημα είναι μικρή και δεν χρειάζεται να αναπτυχθεί ταχύτητα η συνεισφορά σε θόρυβο αναμένεται ακόμα μικρότερη. Παρατηρούμε ότι οι συχνότητες στις οποίες παρουσιάζει μεγαλύτερες εντάσεις το φασματογράφημα της μέτρησης είναι οι πολύ χαμηλές (100Hz) και οι υψηλές(5000-10000Hz). Σύμφωνα με τα όσα έχουμε διερευνήσει μέχρι τώρα αποτελεί μια αναμενόμενη συμπεριφορά για μεγάλα μηχανήματα.

Σύμφωνα και με των συγκεντρωτικό πίνακα δεν φαίνεται η μετακίνηση του εμπορευματοκιβωτίου να αποτελεί σημαντικό ακουστικό γεγονός.



Η στοιβασία εμπορευματοκιβωτίων αποτελεί μια ιδιαίτερα θορυβώδη διαδικασία, ειδικά αν τα container δεν περιέχουν εμπορεύματα. Ακόμα και αν στην περίπτωση μας τα container (όπως διαπιστώσαμε εμπειρικά στο πεδίο της έρευνας) είναι γεμάτα η διαδικασία αυτή είναι θορυβώδης. Οι κατανομή τις έντασης του ήχου είναι ισομερής σχεδόν σε όλο το φάσμα τις μέτρησης με πιο υψηλές εντάσεις να εμφανίζονται γύρω από τα 630dB, 200dB και 5000 dB.

Ο συγκεντρωτικός πίνακας αναδεικνύει την στοιβασία των εμπορευματοκιβωτίων ως το κομμάτι των χειρισμών εμπορευματοκιβωτίων με την υψηλότερη συνεισφορά θορύβου παρά την μικρή διάρκειά της. Κινείται τόσο πάνω από την μέση ένταση της μέτρησης(10dB), όσο και από το L10 ( 2dB).



Κόρνα πλοίου (απόσταση: 700μ)

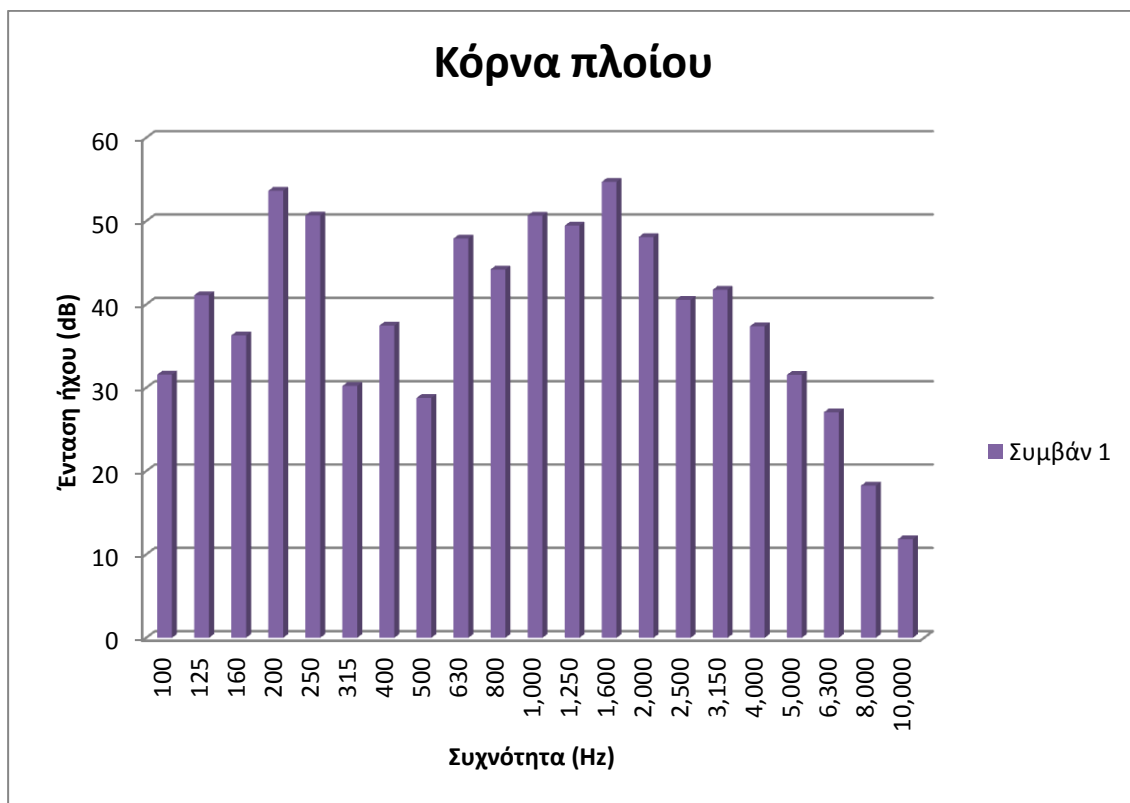
Διάρκεια μέτρησης συμβάντος: 1''

Διάρκεια μέτρησης θορύβου βάθους: 2''

Η κόρνα ενός πλοίου δεν αποτελεί ένα πολύ συχνό φαινόμενο. Λόγω της μεγάλης έντασής της θα μπορούσε να αποτελεί όμως μεγάλη ενόχληση για τον ανθρώπινο παράγοντα. Αποφασίσαμε να απομονώσουμε τον ήχο μιας κόρνας πλοίου σε μεγάλη απόσταση για να διερευνήσουμε πως επηρεάζει αφενός τις μετρήσεις και αφετέρου την ζωή των κατοίκων. Στην μέτρηση αυτή ο ήχος της κόρνας του πλοίου καταγράφεται κοντά στα 60 dB, ενώ φαίνεται να κινείται γύρω από τα 1600 Hz και 200 Hz. Αν και η μέτρηση αυτή δεν παρουσιάζει υψηλά επίπεδα θορύβου, αξίζει να σημειωθεί ότι σημειώνει αυτές τις εντάσεις σε απόσταση 700m στην ευθεία. Άρα συνεχίζει να διατηρεί αξιοσημείωτη ένταση παρά την πολύ μεγάλη απόσταση. Σε αυτό πιθανό να βοηθάνε οι χαμηλές συχνότητες οι οποίες διαδίδονται σε

μεγάλες αποστάσεις, λόγω της μεγάλης ενέργειάς τους και τις δυσκολίας να φιλτραριστούν από το περιβάλλον.

Σύμφωνα και με τον συγκεντρωτικό πίνακα η κόρνα πλοίου σε τόσο μεγάλη απόσταση δεν αποτελεί σημαντικό ακουστικό γεγονός. Αυτό μπορεί εν μέρει να οφείλεται και στην μικρή διάρκεια της λήψης. Λόγω απόστασης και masking effect πιθανόν αποκλείονται μέρη του ηχογραφήματος με σημαντική συνεισφορά θορύβου. Αυτό όμως θα ήταν δύσκολο να καθοριστεί διαφορετικά καθώς το φαινόμενο το οποίο έγινε σε εμάς αντιληπτό είχε την συγκεκριμένη διάρκεια.



Διέλευση φορτηγού από μπουκαπόρτα πλοίου (απόσταση: 30 μέτρα)

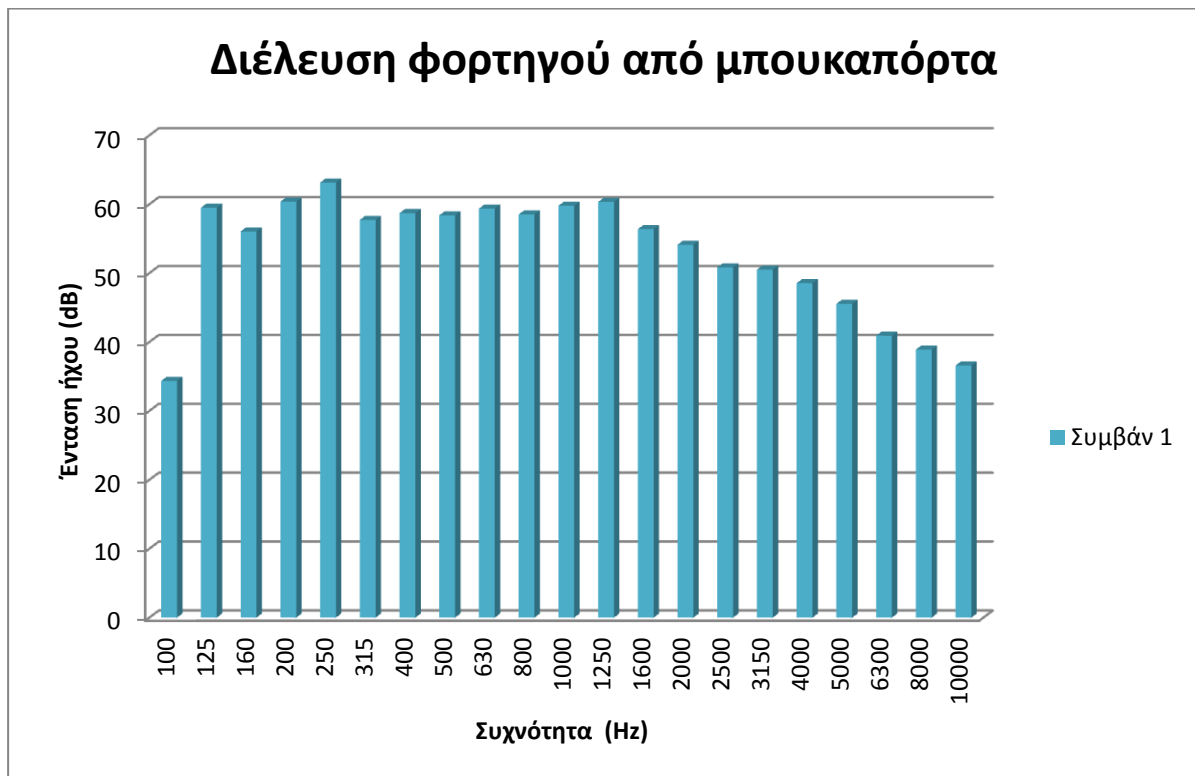
Διάρκεια μέτρησης συμβάντος: 3''

Διάρκεια μέτρησης θορύβου βάθους: 5''

Ένα αρκετά συχνό φαινόμενο, ειδικά σε ένα λιμάνι επιβατηγών πλοίων, είναι η διέλευση φορτηγών από τις μπουκαπόρτες των ferry boat. Αποφασίσαμε να διερευνήσουμε αυτό το ακουστικό φαινόμενο διότι αφορά μεγάλα μηχανήματα με φορτίο τα οποία κινούνται σε ανώμαλο μεταλλικό δάπεδο.

Η συνεισφορά αυτού του φαινομένου καταγράφεται σχετικά υψηλή κοντά στα 72dB. Παρατηρείται ισομερής κατανομή των επιπέδων ήχου σχεδόν σε όλες τις συχνότητες, με πιο χαμηλά επίπεδα θορύβου στις υψηλές συχνότητες (50dB και κάτω μετά τα 2,5kHz).

Αν και φαίνεται να υπάρχουν πιο σημαντικές αιχμές στο φορτίο από την διέλευση ενός φορτηγού από μια μπουκαπόρτα πλοίου, παρόλα αυτά το γεγονός αυτό αποτελεί μια αιχμή του φορτίου η οποία ίσως αγνοηθεί αν λάβουμε υπόψη, για την εξαγωγή συμπερασμάτων, μόνο τον μέσο όρο της μέτρησης.



## 4.2 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα και συμπεράσματα

Παρακάτω παρουσιάζουμε τον συνοπτικό πίνακα των αποτελεσμάτων:

Συμβάν	Περίπτωση	Θέση/Μέτρηση/Κατάσταση	Ένταση Συμβάντος (dB)
Φορηγό με φορτίο τραντάζεται σε ανώμαλο οδόστρωμα (5μ)	1	1/1 /χωρίς πλοίο	83.45
	2		86.39
	3		83.86
	4		86.68
Φορηγό χωρίς φορτίο τραντάζεται σε ανώμαλο οδόστρωμα (5μ)	1	1/2/χωρίς πλοίο	85.58
	2		85.61
Θόρυβος εξάτμισης φορηγού (5μ)	1	1/2/χωρίς πλοίο	82.78
	2		82.82
Κόρνα φορηγού (8μ)	1	1/2/χωρίς πλοίο	76.18
	2		76.26
	3	5/3/με πλοίο	79.83
	4		80.02
	5		82.19
	6		81.15
	7		81.31
	8		83.22
Σειρήνα διερχόμενου οχήματος από την λεωφόρο Δημοκρατίας (50μ)	1	1/2/χωρίς πλοίο	69.73
	2		69.91
Φρένα φορηγού (10μ)	1	5/1/με πλοίο	76.76
	2		75.94
Χειρισμοί φορηγού - μανούβρες (8μ)	1	5/3/με πλοίο	91.57
	2		91.94
Αγκίστρωση εμπορευματοκιβώτιο στους βραχίονες του RMG (15μ)	1	5/3/με πλοίο	77.14
	2		78.89
Μεταφορά εμπορευματοκιβωτίο από RMG (15μ)	1	5/3/με πλοίο	60.39
	2		68.49
Στοιβάσια εμπορευματοκιβωτίου (15μ)	1	5/3/με πλοίο	78.24
	2		79.80
Κόρνα πλοίου (περίπου 700μ)	1	5/3/με πλοίο	60.9
Διέλευση φορηγού από μπουκαπόρτα επιβατηγού πλοίου (30μ)	1	E5/2/άφιξη	72

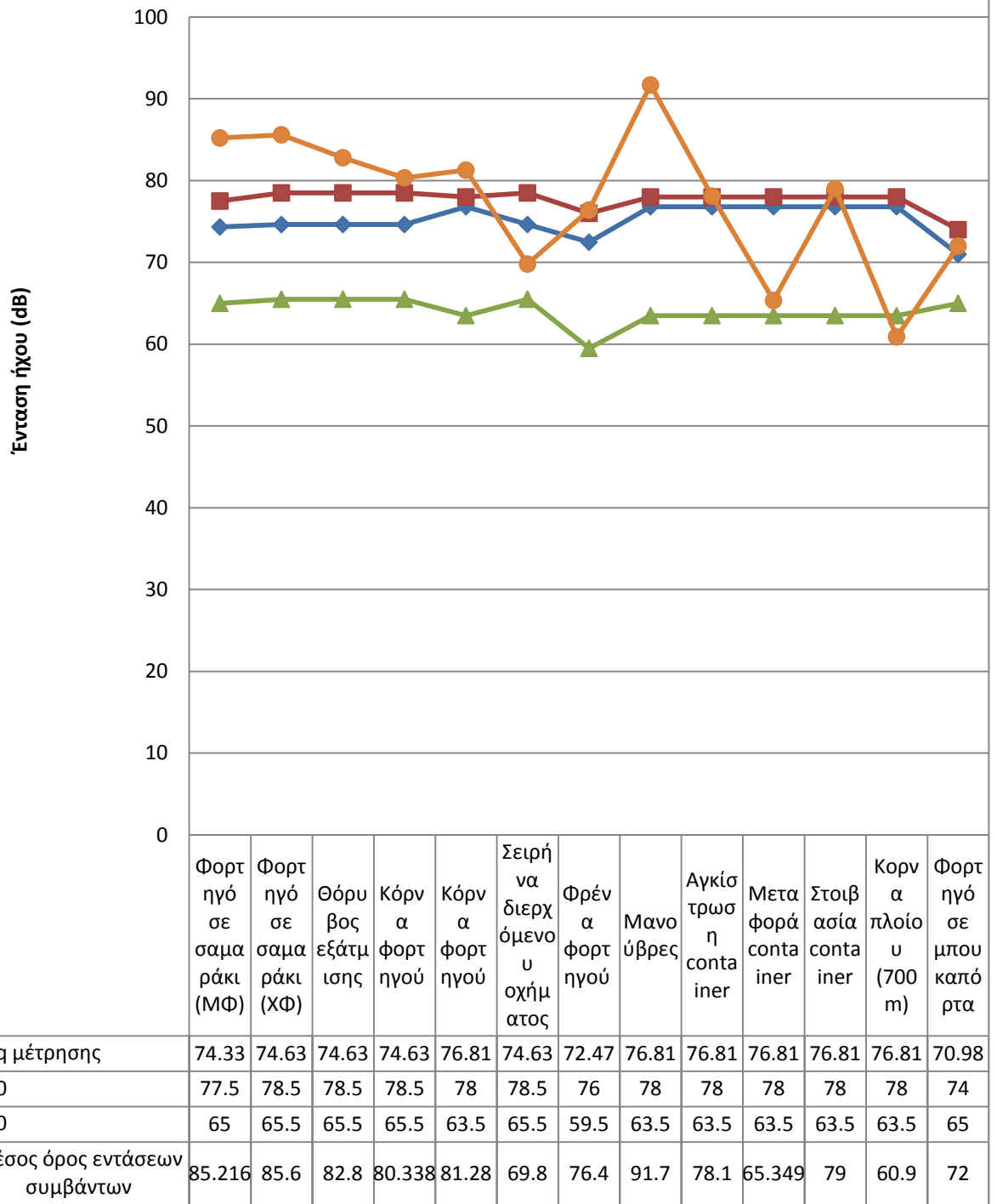


Συμβάν	Περίπτωση	Ένταση συμβάντος (dB)	Leq μέτρησης (dB)	L10(dB)	L90 (dB)
Φορηγό με φορτίο τραντάζεται σε ανώμαλο οδόστρωμα (5μ)	1	83.45	74.33	77.5	65
	2	86.39			
	3	83.86			
	4	86.68			
Φορηγό χωρίς φορτίο τραντάζεται σε ανώμαλο οδόστρωμα (5μ)	1	85.58	74.63	78.5	65.5
	2	85.61			
Θόρυβος εξάτμισης φορηγού (5μ)	1	82.78	74.63	78.5	65.5
	2	82.82			
Κόρνα φορηγού (8μ)	1	76.18	74.63	78.5	65.5
	2	76.26			
	3	79.83	76.81	78	63.5
	4	80.02			
	5	82.19			
	6	81.15			
	7	81.31			
	8	83.22			
Σειρήνα διερχόμενου οχήματος από την λεωφόρο Δημοκρατίας (50μ)	1	69.73	74.63	78.5	65.5
	2	69.91			
Φρένα φορηγού (10μ)	1	76.76	72.47	76	59.5
	2	75.94			
Χειρισμοί φορηγού – μανούβρες (8μ)	1	91.57	76.81	78	63.5
	2	91.94			
Αγκίστρωση εμπορευματοκιβώτιο στους βραχίονες του RMG (15μ)	1	77.14	76.81	78	63.5
	2	78.89			
Μεταφορά εμπορευματοκιβωτίου από RMG (15μ)	1	60.39	76.81	78	63.5
	2	68.49			
Στοιβάσια εμπορευματοκιβωτίου (15μ)	1	78.24	76.81	78	63.5
	2	79.8			
Κόρνα πλοίου (περίπου 700μ)	1	60.9	76.81	78	63.5
Διέλευση φορηγού από μπουκαπόρτα επιβατηγού πλοίου (30μ)	1	72	70.98	74	65

Παρατηρούμε ότι στην πλειοψηφία τους τα συμβάντα θορύβου τα οποία εξετάσαμε κινούνται πάνω τόσο από το  $L_{eq}$  όσο και από το  $L_{10}$  των αντίστοιχων μετρήσεων. Οπότε συμπεραίνουμε ότι σίγουρα συνεισφέρουν στις μετρήσεις αλλά όχι τόσο έντονα το καθένα ξεχωριστά καθώς οι διάρκειές τους είναι μικρές. Παρόλα αυτά επειδή τα φαινόμενα όπως τα φορτηγά που τραντάζονται αλλά και οι μανούβρες φόρτωσης-εκφόρτωσης εμφανίζονται με μεγάλη συχνότητα αντιλαμβανόμαστε ότι επηρεάζουν σημαντικά τις μετρήσεις μας. Φαίνεται επίσης οι μετρήσεις μας να μην επηρεάζονται ιδιαίτερα από έκτακτα συμβάντα τα οποία συμβαίνουν σε μεγάλη απόσταση, όπως η σειρήνα μακριά από το λιμάνι και η κόρνα πλοίου που ακούγεται στην οδό Νικολαΐδη. Τα περισσότερα όμως συμβάντα κινούνται πάνω από τα 70 dB, επίπεδο στο οποίο μπορούν να γίνουν εξαιρετικά ενοχλητικά, ειδικά στην περίπτωση που επαναλαμβάνονται πολύ συχνά.

Συμπερασματικά παρατηρούμε ότι οι περισσότεροι από τους θορύβους τους οποίους επιλέξαμε να εξετάσουμε έχουν σημαντική συνεισφορά σε θόρυβο, συσχετιζόμενα με τα διαστήματα που περιέχουν μόνο θόρυβο βάρους. Αναφέρουμε ότι η ένταση ήχου των περισσότερων συμβάντων κινείται περίπου από 70-90dB με τα περισσότερα συμβάντα γύρω στα 80dB. Αξιοσημείωτα γεγονότα είναι τα μεγάλα επίπεδα θορύβου που παράγουν οι μανούβρες των φορτηγών, ενώ παρατηρούμε ότι οι κόρνες των φορτηγών παράγουν ευρύ φάσμα εντάσεων, σε συγκεκριμένες συχνότητες η κάθε μία. Κατά την διαδικασία χειρισμών φορτίου παρατηρήσαμε ότι το λιγότερο θορυβώδες κομμάτι είναι η μετακίνηση του container. Παρατηρούμε ότι αρκετά γεγονότα τα οποία αποτελούν σημαντική ενόχληση τόσο για εργαζόμενους της περιοχής όσο και για κατοίκους κινδυνεύουν να αγνοηθούν αν για την μελέτη της ηχορύπανσης στην περιοχή λάβουμε υπ όψιν μας μόνο τους μέσους όρους των αντίστοιχων μετρήσεων, καθώς ακόμα και η τιμή του  $L_{10}$  η οποία αντιστοιχεί στατιστικά στις αιχμές, είναι χαμηλότερη από αρκετές μετρήσεις δειγμάτων.

## Συνοπτικό διάγραμμα



# Κεφάλαιο 5

## Σύνοψη της εργασίας και συμπεράσματα

Τα λιμάνια είναι σημαντικός πυλώνας τις οικονομικής και κοινωνικής ζωής. Κάθε πόλη που βρίσκεται κοντά στο υγρό στοιχείο (θάλασσες, λίμνες, ποτάμια) επιδιώκει να έχει ένα λιμάνι με σημαντική θέση τόσο στην διακίνηση εμπορευμάτων, όσο και στην μετακίνηση επιβατών. Έτσι αναμένεται η βιομηχανία και το εμπόριο της περιοχής να έχει μεγάλη ώθηση. Κατ' επέκταση κάθε μεγάλο λιμάνι αποτελεί χώρο εργασίας για χιλιάδες ανθρώπους και παράγοντα οικονομικής επιβίωσης για τις οικογένειές τους.

Πέρα από τους αριθμούς και τα οικονομικά μεγέθη, αυτό που θέτει σε κίνηση τα λιμάνια είναι ο ανθρώπινος παράγοντας, ο εργαζόμενος. Γι αυτό το λόγο έχει ιδιαίτερη σημασία η μελέτη τέτοιων μεγάλων βιομηχανικών ζωνών υπό το πρίσμα της εξασφάλισης τόσο της ασφάλειας κατά την διάρκεια της εργασίας, όσο και του εκμηδενισμού των επιπτώσεων του περιβάλλοντος εργασίας στην υγεία των ανθρώπων του εν γένει.

Συνήθως όταν αναφερόμαστε για ασφάλεια στην εργασία και περιορισμός των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε αυτή, στο μυαλό μας έρχονται ζητήματα όπως σωστός και ασφαλής χειρισμός των μηχανημάτων, τήρηση κανόνων ασφαλείας ή ακόμα και περιορισμός της ρύπανσης του αέρα και προστασία των εργαζομένων από αυτήν κλπ. Υπάρχει όμως ένας παράγοντας ο οποίος αμελούνταν για δεκαετίες. Αυτός ο παράγοντας είναι ο περιβαλλοντικός θόρυβος. Αν το σκεφτούμε λίγο καλύτερα θα διαπιστώσουμε, σε ένα πρώτο επίπεδο, πόσο ενοχλητικός μπορεί να γίνει ο θόρυβος σε ένα λιμάνι. Οι εμπειρίες που έχουν οι περισσότεροι άνθρωποι σε σχέση με ένα λιμάνι είναι η σύντομη διέλευσή τους από αυτά, για ένα ταξίδι για παράδειγμα. Μπορούμε να φανταστούμε πόσο επίπονο για τον ανθρώπινο οργανισμό θα ήταν αυτή η παραμονή να ήταν σε καθημερινή οχτώωρη και πλέον εργασία. Πολύ περισσότερο στο εμπορικό λιμάνι, όπου υπάρχει ακόμα πιο έντονη παρουσία μηχανημάτων και εργασίες σε εικοσιτετράωρη βάση. Ας λάβουμε τώρα υπόψη μας ότι η ενόχληση αποτελεί απλά ένα σύμπτωμα των συνεπειών του θορύβου -που κρύβει από πίσω πολλές ψυχοσωματικές παθολογίες- αλλά και ότι υπάρχουν ήχοι σε συχνότητες που μπορεί να μην αντιλαμβανόμαστε, αλλά συνεχίζουν να επιβαρύνουν τον οργανισμό. Τότε η μελέτη του περιβαλλοντικού θορύβου που παράγει ένα λιμάνι αποκτά άλλο νόημα.

Υπό αυτό το πρίσμα διαλέξαμε να μελετήσουμε το λιμάνι του Πειραιά, τόσο το επιβατικό όσο και το εμπορικό. Το λιμάνι του Πειραιά είναι το σημαντικότερο της χώρας και ένα από τα σημαντικότερα της Μεσογείου και όλου του κόσμου. Παράλληλα εμφανίζει μία ακόμα πολύ σημαντική παράμετρο. Είναι ένα λιμάνι με μεγάλη ζωή μέσα στον αστικό ιστό. Αφενός το επιβατικό λιμάνι βρίσκεται στην καρδιά της πόλης του Πειραιά, ενώ το εμπορικό λιμάνι βρίσκεται στους πρόποδες της πόλη του Περάματος, σε μια σχετικά πυκνοκατοικημένη ζώνη. Άρα είναι εύκολο να αντιληφθούμε ότι οι όποιες συνέπειες θα ήταν πολλαπλάσιες.

Ενδιαφέρουσες ήταν οι παρατηρήσεις όταν εξετάσαμε το επιβατικό λιμάνι. Όπως παρατηρήσαμε στο Κεφάλαιο 3.2 και παρουσιάζουμε αναλυτικά στα συμπεράσματά του, στη περιοχή αυτή μετρήσαμε σχετικά έντονο θόρυβο. Λιγότερο από αρκετές μετρήσεις του εμπορικού λιμανιού, αλλά και πάλι έντονο. Σημαντική διαφορά σε σχέση με το εμπορικό λιμάνι ήταν η απουσία μεγάλων εντάσεων στις υψηλές συχνότητες. Καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα δύο λιμάνια είναι τόσο η απουσία χειρισμών εμπορευματοκιβωτίων, όσο και ο μικρότερος αριθμός περιπτώσεων φορτηγών που επιχειρούν δύσκολες και μακροσκελείς μανούβρες, στο λιμάνι του Πειραιά. Οι δύο αυτές διαδικασίες επιδρούν ιδιαίτερα στις υψηλές συχνότητες 2.5-10kHz. Το λιμάνι αποτελεί πηγή θορύβου για την γύρω περιοχή καθ' όλη την διάρκεια της μέρας.

Ακόμα αναλυτικότερα εξετάσαμε το εμπορικό λιμάνι του Περάματος. Το λιμάνι αυτό βρίσκεται πολλές φορές σε λειτουργία ακόμα και τις βραδινές ώρες, ενώ οι συνθήκες που επικρατούν είναι ιδιαίτερα αφιλόξενες, ειδικά κατά τους μήνες του καλοκαιριού που έγιναν οι μετρήσεις. Εμπειρικά αντιληφθήκαμε ότι ο θόρυβος σε ένα τέτοιο περιβάλλον μπορεί να γίνει εξαιρετικά επιβαρυντικός για τον άνθρωπο.

Για να εξάγουμε συμπεράσματα χωρίσαμε τις θέσεις μελέτης σε δύο βασικές περιοχές. Από την μία τις μετρήσεις πάνω στην λεωφόρο Δημοκρατίας, και από την άλλη τις μετρήσεις στο δρόμο περιφερειακά των ορίων του λιμανιού του ΟΛΠ. Αυτές οι δύο ζώνες αποτελούν τις κύριες πηγές θορύβου της περιοχής, η μεν λεωφόρος Δημοκρατίας λόγω της κυκλοφορίας των οχημάτων, στα δε όρια του λιμανιού λόγω εργασιών στα λιμάνια του ΟΛΠ και της Cosco. Επίσης λάβαμε υπόψη μας τρεις ακόμα θέσεις σαν πιο ιδιόζουσες περιπτώσεις. Οι θέσεις αυτές ήταν αυτές του λιμενίσκου στο χώρο ανάμεσα στο λιμάνι, την ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη και την άνοδο της λεωφόρου Δημοκρατίας, η μέτρηση της οδού Πλαταιών και η μέτρηση στην οδό Νικολαΐδη, όπου βρίσκεται ένας σταθμός αποθήκευσης εμπορευματοκιβωτίων.

Μελετώντας αρχικά την λεωφόρο Δημοκρατίας διαπιστώσαμε πρώτα από όλα ότι έχει μεγάλη συνεισφορά θορύβου στο περιβάλλον της περιοχής, με υψηλά ποσοστά θορύβου από το πρωί, με κορύφωση το μεσημέρι και εμφανή μείωση του θορύβου κατά τις απογευματινές ώρες- οπότε και η κίνηση της πόλης έχει μειωθεί. Δεύτερον μέσω των σημείων που έχουν ανοιχτό ορίζοντα προς το λιμάνι ή βρίσκονται πιο κοντά σε αυτό, γίνεται φανερό ότι η λειτουργία του λιμανιού έχει επίδραση στις μετρήσεις πάνω στην λεωφόρο σε συγκεκριμένες συχνότητες. Κατά τα άλλα η λεωφόρος Δημοκρατίας, όταν δεν επηρεάζεται από το λιμάνι, παρουσιάζει το χαρακτηριστικό φασματικό διάγραμμα του κυκλοφοριακού θορύβου με μεγάλη ένταση στις χαμηλές συχνότητες, αλλά και στις μεσαίες προς υψηλές. Η λεωφόρος δημοκρατίας αποτελεί μια σημαντική γραμμική πηγή θορύβου χωρίς ιδιαίτερα διαστήματα ησυχίας, με σημαντικές αιχμές ακουστικού φορτίου αλλά και σχετικά υψηλή μέση τιμή θορύβου.

Μελετώντας το φασματογράφημα του εμπορικού λιμανιού, ως πηγή θορύβου, παρατηρούμε ότι το ακουστικό φάσμα του αποκτά μεγαλύτερες τιμές έντασης στις χαμηλές συχνότητες. Από κει και πέρα οι εντάσεις φθίνουν με σχετικά σταθερό ρυθμό. Αν και μεγάλο κομμάτι του θορύβου που παρατηρήθηκε οφείλεται και στην λειτουργία του λιμανιού της Cosco, παρόλα αυτά μπορούμε να πούμε ότι η παρουσία πλοίου στο λιμάνι διαφοροποιεί σημαντικά τα επίπεδα θορύβου. Ιδιαίτερα στις συχνότητες στις οποίες παρουσιάζουν αιχμές φορτίου τα

μηχανήματα του λιμανιού (γερανογέφυρες, κλαρκ, φορητά κλπ). Πολύ έντονες είναι η διαφοροποιήσεις των εντάσεων του θορύβου στο λιμάνι ανάλογα με την περίοδο της μέρας. Κατά τις απογευματινές ώρες, , οπότε οι εργασίες στο λιμάνι μειώνονται σημαντικά, τα επίπεδα θορύβου είναι πολύ χαμηλότερα. Το λιμάνι αποτελεί πολύ σημαντική πηγή θορύβου με επίδραση σε όλη την γύρω περιοχή, με μεγάλο μέρος του θορύβου που παράγει να οφείλεται σε αιχμές του ακουστικού φορτίου, που σχετίζονται με την μεταφορά και την στοιβασία των εμπορευματοκιβωτίων.

Με ξεχωριστό τρόπο μελετήσαμε την θέση 8, στην οποία βρίσκεται ένας μικρός λιμενίσκος και την θέση 6 τις οδού Πλαταιών. Το κοινό στοιχείο και των δύο αυτών θέσεων είναι ότι αποτελούν θέσεις οι οποίες αποτελούν στην πραγματικότητα ένα σημείο μέτρησης, η κάθε μία, των τελικών αποτελεσμάτων της συμβολής των δύο κύριων πηγών θορύβου: της λεωφόρου Δημοκρατίας και του εμπορικού λιμανιού. Οι δύο αυτές θέσεις παρουσιάζουν παρόμοιο μοτίβο στο διάγραμμα των εκατοστομοριακών μεγεθών, από το οποίο συμπεραίνουμε ότι αν και ο θόρυβος βάθους είναι αρκετά χαμηλός, είναι δύσκολο να υπάρξει χρονική περίοδος απόλυτης ησυχίας. Άρα και τα δύο φαίνεται να επηρεάζονται συνεχώς από τις πηγές θορύβου, σε διαφορετική ένταση λόγω της διαφορετικής απόστασής τους από το λιμάνι. Η επίδραση της λειτουργίας του λιμανιού σε αυτές τις τοποθεσίες γίνεται ιδιαίτερα εμφανής στα υψηλά επίπεδα των χαμηλών συχνοτήτων, ακόμα και παρά την παρεμβολή φυσικών εμποδίων, αλλά και τις απόστασης των δύο θέσεων από αυτό. Η επίδραση της κίνησης της λεωφόρου είναι περισσότερο εμφανής στις μεσαίες συχνότητες της θέσης 8, αλλά λιγότερο στην θέση 6 λόγω της αδυναμίας τους να κινούνται σε μεγάλες αποστάσεις. Επίσης συμπεραίνουμε ότι, παρά την παράλληλη λειτουργία του ΟΛΠ και της Cosco, με ότι αυτό συνεπάγεται για τα δεδομένα μας, η ύπαρξη ή μη πλοίου στο λιμάνι επιδρά στον εκπεμπόμενο θόρυβο, στις χαμηλές συχνότητες.

Ξεχωριστά εξετάστηκε επίσης η θέση στο σταθμό αποθήκευσης εμπορευματοκιβωτίων της οδού Νικολαΐδη. Η θέση αυτή βρίσκεται σε απόσταση από το λιμάνι και την λεωφόρο. Παρουσιάζει όμοιας μορφής εκατοστομοριακό διάγραμμα με αυτό του λιμανιού. Έχει περιόδους με υψηλά επίπεδα αιχμών του ακουστικού φορτίου λόγω των διαδικασιών μεταφοράς και στοιβασίας container, ενώ ο θόρυβος βάθους είναι σχετικά υψηλός, παρά την απόσταση, λόγω της συμβολής της λεωφόρου και του λιμανιού ως πηγές θορύβου. Ο θόρυβος είναι διαρκής αφού δεν υπάρχει σημαντική χρονική περίοδος στην οποία να επικρατεί σχετική ησυχία. Ο ρόλος του λιμανιού στα επίπεδα θορύβου αντικατοπτρίζεται στις χαμηλές συχνότητες, ενώ στην περίπτωση ύπαρξης πλοίου στο λιμάνι παρατηρούμε αύξηση και σε κάποιες μεσαίες συχνότητες λόγω της αύξησης της κίνησης των φορητών που μεταφέρουν container αλλά και της πιο έντονης διαδικασίας χειρισμών εμπορευματοκιβωτίου.

Όλα τα παραπάνω δείχνονται αναλυτικά στα συμπεράσματα του Κεφαλαίου 3.2.

Εν κατακλείδι συμπεραίνουμε ότι κύρια πηγή ηχορύπανσης της περιοχής του Περάματος είναι το λιμάνι. Αν και το μεγαλύτερο μερίδιο ευθύνης ανήκει στην Cosco, στο κομμάτι της οποίας υπάρχει σαφέστερα εντονότερη κίνηση, το λιμάνι σαν σύνολο επιβαρύνει όλους τους δείκτες ακουστικού φορτίου της περιοχής είτε άμεσα είτε έμμεσα. Είτε αφορά αποστάσεις κοντινές στο λιμάνι, όπου αποτελεί αδιαμφισβήτητα την κύρια πηγή θορύβου, είτε αφορά μεγάλες αποστάσεις, όπου λόγω των χαμηλών συχνοτήτων που εκπέμπουν τα μεγάλα μηχανήματά του δρα επιπρόσθετα στις υπόλοιπες πηγές θορύβου. Είτε άμεσα, λόγω της καθεαυτής

δραστηριότητάς του, είτε έμμεσα λόγω του κέντρου εργασίας και εμπορίου που αποτελεί. Ακόμα και αν δεν γίνεται αντιληπτή πάντα ως κύρια πηγή θορύβου, αν παράδειγμα στέκεσαι στην λεωφόρο Δημοκρατίας, φαίνεται ότι επιβαρύνει την ατμόσφαιρα με μεγάλα επίπεδα έντασης στις βλαβερές - χαμηλές συχνότητες, αλλά και με σταθερό θόρυβο βάθους σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων. Σημαντικό επίσης ζήτημα αποτελούν οι περίοδοι αιχμών ακουστικού φορτίου οι οποίες, αν και δεν καταγράφονται εύκολα στους στατιστικούς αριθμούς, μπορούν να διαταράξουν εξαιρετικά απότομα την ατμόσφαιρα της περιοχής.

Το λιμάνι αποτελεί χώρο εργασίας για χιλιάδες ανθρώπους και τις οικογένειές τους όπως είπαμε στην αρχή, αλλά και βασικό άξονα άρθρωσης της οικονομικής ζωής της πόλης αλλά και της χώρας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η εργασία και η επιβίωση εκατομμυρίων ανθρώπων να εξαρτάται από αυτό. Κάθε τεχνολογική εξέλιξη πρέπει να έχει σαν γνώμονα την ευημερία των εργαζομένων και κατ' επέκταση των ανθρώπινων κοινωνιών. Έτσι αν στην μία μεριά της ζυγαριάς βρίσκεται η ανάπτυξη των παραγωγικών συντελεστών, στην άλλη βρίσκεται η προστασία της ζωής και της υγείας των εργαζομένων. Έτσι γίνεται αναγκαία η λήψη μέτρων που θα προστατεύσουν την υγεία των εργαζόμενων του λιμανιού, αλλά και των γύρω κατοίκων.

# Κεφάλαιο 6

## ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Όπως παρατηρήσαμε κατά την ανάλυση ο ΟΛΠ, αλλά και ειδικότερα το εμπορικό λιμάνι του Περάματος αποτελούν πηγές διαρκούς, και κατά περιόδους, πολύ υψηλού θορύβου για την γύρω περιοχή. Αυτό έχει ως συνέπεια να γίνεται απαραίτητη η επεξεργασία τρόπων και μέσων ώστε να μειωθεί η συνεισφορά του λιμανιού στην ηχορρύπανση της γύρω περιοχής.

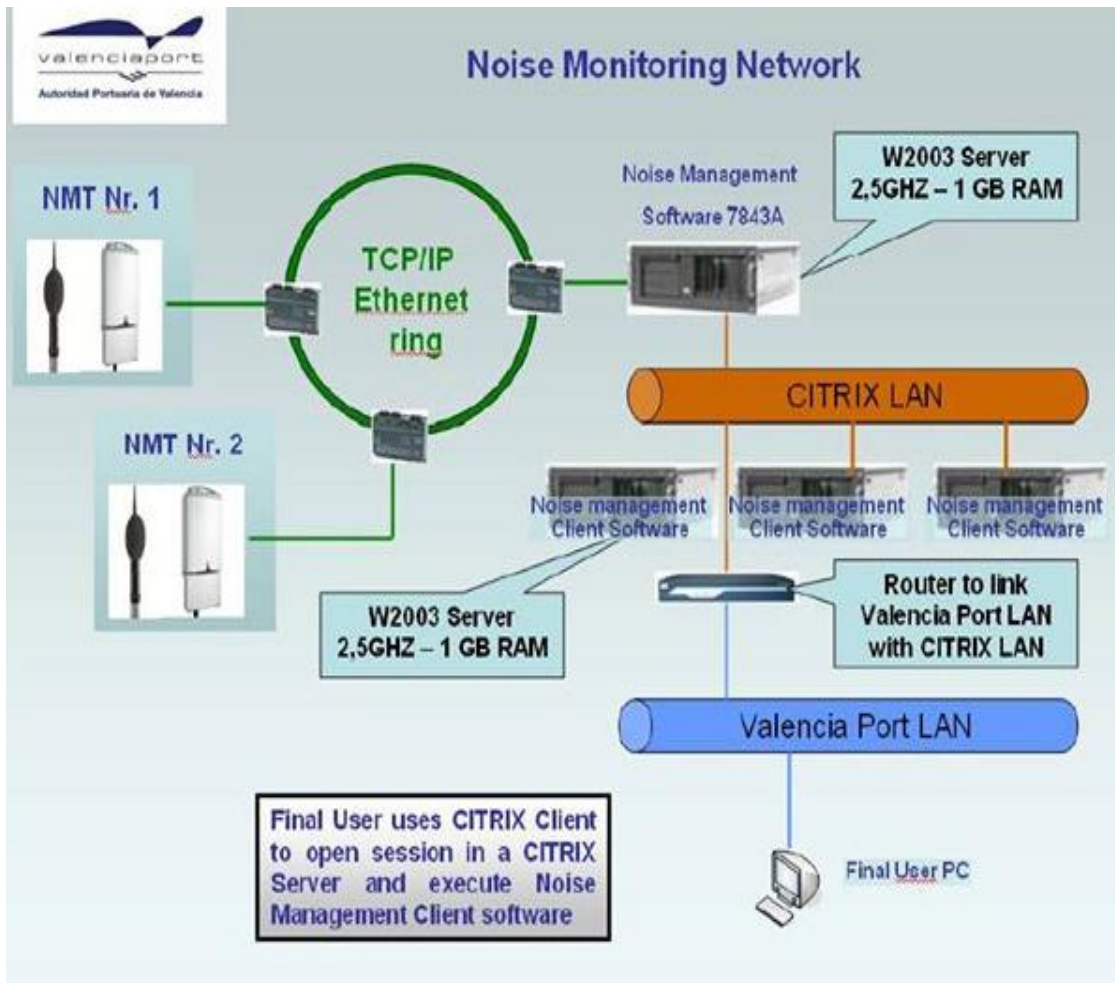
Πρώτο σημαντικό βήμα προς αυτή την κατεύθυνση είναι η αναγνώριση του προβλήματος. Εφόσον αυτό γίνει αντιληπτό, τόσο από τον ίδιο τον ΟΛΠ όσο και από τους περίοικους, μπορούμε να προχωρήσουμε παρακάτω. Σε αυτή την κατεύθυνση το πρώτο βήμα το οποίο μπορεί να γίνει αφορά δομικά την διαχείριση του θορύβου. Ο θόρυβος πρέπει να αντιμετωπιστεί από τον ΟΛΠ (αλλά και τον κάθε αντίστοιχο οργανισμό) όχι απλά ως μια απλή αισθητική ενόχληση που προκύπτει από την λειτουργία του λιμανιού, αλλά σαν ένα ακόμα πεδίο ρύπανσης του περιβάλλοντος από το λιμάνι. Γι αυτό είναι αναγκαία η δημιουργία ενός μόνιμου τμήματος διαχείρισης θορύβου στον ΟΛΠ, το οποίο θα μπορεί να ερευνά καθημερινά και σε βάθος χρόνου τα “ακουστικά απόβλητα” του λιμανιού και να λαμβάνει αντίστοιχα μέτρα.

Αυτό αν και σε πρώτη ανάγνωση μοιάζει να κοστίζει στην πραγματικότητα έχει αρκετά οικονομικά προτερήματα. Αρχικά η σωστή διαχείριση του θορύβου θα μειώσει την αρνητική επίδραση στον σχεδιασμό ανάμεσα στο λιμάνι και την πόλη. Δηλαδή αν υπάρχει σωστός σχεδιασμός για την πρόληψη του θορύβου τότε θα μπορεί το λιμάνι να εκμεταλλευτεί το βέλτιστο χώρο και να φέρει εις πέρας επεκτάσεις με βέλτιστο τρόπο καθώς αυτές δεν θα επιβαρύνουν την πόλη λόγω της σωστής μελέτης που έχει γίνει και τις αντίστοιχες επιθυμητές οργάνωσης του λιμανιού τόσο χωρικά όσο και από πλευράς δραστηριοτήτων. Κατά δεύτερον, η σωστή διαχείριση του θορύβου θα μειώσει το κόστος από πιθανές μελλοντικές επεμβάσεις για την μείωση του φαινομένου. Έτσι θα έχει περισσότερους πόρους να διαθέσει σε σχεδιασμούς ( πχ για επεκτάσεις, ή νέα μηχανήματα) του λιμανιού. Τελευταίο, αλλά από τα πιο σημαντικά κατά την γνώμη μας, με την διαχείριση θορύβου θα μπορέσει να δημιουργηθεί ένα ασφαλές και, όσο το δυνατόν, πιο ευχάριστο περιβάλλον εργασίας.

Το μοντέλο με το οποίο πιστεύουμε ότι θα ήταν πιο αποτελεσματική η διαχείριση του θορύβου είναι το εξής:

1. Χαρτογράφηση Θορύβου
2. Ανεύρεση κύριων πηγών θορύβου, “καυτών” σημείων θορύβου (hot spots) και μελέτη τις επίδρασης στους ανθρώπους
3. Προσάρτηση των συμπερασμάτων στο σχεδιασμό για το θόρυβο





Μια σύγχρονη μέθοδος ώστε να υπάρχει διαρκής εποπτεία των επιπέδων θορύβου στο λιμάνι έχει υιοθετηθεί στο λιμάνι της Valencia. Σύμφωνα με την γενική ιδέα αυτού του μηχανισμού, υπάρχουν ηχόμετρα σταθερά τοποθετημένα στα κρίσιμα σημεία του λιμανιού. Αυτά μεταφέρουν συνεχώς δεδομένα σε servers εξοπλισμένους με ειδικό λογισμικό διαχείρισης θορύβου μέσω ενός δακτυλίου ethernet TCP/IP. Αυτοί οι server είναι συντονισμένοι σε ένα δίκτυο LAN το οποίο με τη σειρά του συνδέεται με το εσωτερικό δίκτυο LAN του λιμανιού και μεταφέρει άμεσα τις πληροφορίες στους υπεύθυνους του λιμανιού.

Εφόσον υιοθετηθούν μέτρα πρόληψης όπως ο σωστός σχεδιασμός, μπορούν να υιοθετηθούν πιο αποτελεσματικά και μέτρα “θεραπείας”, για την μείωση του ήδη υπάρχοντος θορύβου. Προτεραιότητα σε αυτόν τον τομέα πρέπει να δοθεί σε δύο βασικές κατηγορίες:

- σε περιοχές με τα υψηλότερα ποσοστά θορύβου
- σε ευαίσθητες περιοχές

Ανάλογα με το σε ποια κατηγορία ανήκει κάθε μέρος, όπου πρέπει να γίνει προσπάθεια ηχομόνωσης, αλλά και την γεωγραφία-τοπογραφία του θα χρησιμοποιηθούν ανάλογα μέσα. Οι περιοχές με τα υψηλότερα ποσοστά θορύβου είναι αυτές που έχουν ευθεία επαφή με το λιμάνι (όπως αυτές πάνω στον άξονα στα όριά του ή οι θέσεις 4). Πιο ευαίσθητες περιοχές είναι τα σπίτια από την λεωφόρο Δημοκρατίας και πάνω, αλλά και το λύκειο επί της λεωφόρου Δημοκρατίας.

Σύμφωνα με τον οδηγό NoMEPort κάποια από τα μέσα τα οποία αποτελούν επιλογές είναι τα παρακάτω:

- μόνωση των πιο θορυβωδών δραστηριοτήτων
- μείωση ηχητικής ακτινοβολίας λόγω κατασκευής (πχ αυτό ισχύει για τα container τα οποία ενισχύουν τα φαινόμενα ανάκλασης του θορύβου)
- έλεγχος της πίεσης των ελαστικών των οχημάτων
- τοποθέτηση των πηγών θορύβου εντός κάποιου κτιρίου ή οποιουδήποτε είδους φυσικού ορίου, ώστε να περιοριστούν τα κύματα του ήχου
- μείωση των θορύβων των εξατμίσεων των φορτηγών
- φύτευση δέντρων ως φυσικά εμπόδια για την διάδοση του θορύβου
- χρήση μαλακότερου εδάφους όπου χρειάζεται, όπως παράδειγμα χρήση αθόρυβης ασφάλτου. Η αθόρυβη ασφαλτος, ή αλλιώς υδροπερατό ασφαλτόμειγμα είναι 20 ντεσιμπέλ πιο αθόρυβη από την πλακόστρωτη ασφαλτο.
- χρήση απορροφητικών υλικών για την δόμηση κτιρίων
- χρήση πιο αθόρυβου – αν και ακριβότερου εξοπλισμού-
- μαθήματα στους οδηγούς ώστε να υιοθετήσουν την οικολογική οδήγηση
- αποφυγή λειτουργίας του τερματικού σταθμού εμπορευματοκιβωτίων κατά την διάρκεια της νύχτας
- ειδικά μονωτικά υλικά στα σημεία επαφής των container ώστε να μειωθούν οι αιχμές του θορύβου
- χρήση “shore power” . Η “shore power” είναι η λειτουργία των πλοίων με ενέργεια από την ξηρά για όσο χρόνο βρίσκονται ελλιμενισμένα. Αυτή η ενέργεια είναι ηλεκτρική και άρα πολύ πιο αθόρυβη από την διαρκή λειτουργία των μηχανών των πλοίων. Ακόμα και αν προέρχεται από γεννήτριες και όχι απευθείας από το ηλεκτρικό δίκτυο, μειώνει τον θόρυβο καθώς οι αντίστοιχες γεννήτριες μπορούν να τοποθετηθούν σε ειδικά ηχομονωμένο χώρο.
- Χρήση αθόρυβων ηλεκτροκίνητων και όχι πετρελαιοκίνητων μηχανών

Στην πρώτη κατηγορία, των θέσεων με τον περισσότερο θόρυβο, ανήκουν κάποιες θέσεις τις λεωφόρου Δημοκρατίας (4α,4β,3θ) αλλά και οι θέσεις του εμπορικού λιμανιού. Στην θέση 3θ μπορούν εύκολα να τοποθετηθούν ηχοπετάσματα που θα διαχωρίζουν την λεωφόρο από το λιμάνι, αλλά και την οδό Μαρίας Κιουρή από την λεωφόρο. Έτσι σε εκείνο το σημείο θα δημιουργηθεί ένα ηχομονωτικό τούνελ , το οποίο αφενός θα διαχωρίζει τις κύριες πηγές θορύβου μεταξύ τους, αλλά θα προστατεύει και τους κατοίκους της οδού Μαρίας Κιουρή και πάνω. Στις θέσεις 4α και 4β μπορούν πέρα από τα ηχοπετάσματα να φυτευτούν και συστάδες δένδρων καθώς υπάρχει ανοιχτός αδόμητος χώρος. Μπορούν επίσης η COSCO και ο ΟΛΠ να μπορούσαν να χρηματοδοτήσουν την προσθήκη ηχοαπορροφητικών υλικών στα κτίρια επί της λεωφόρου Δημοκρατίας, μιας και φέρουν σημαντική ευθύνη για το θόρυβο στην λεωφόρο, τόσο άμεσα όσο και έμμεσα- μεγάλο μέρος των οχημάτων που κινούνται επί της λεωφόρου έχουν σχέση με δραστηριότητες του λιμανιού-. Επίσης μπορούν να χρηματοδοτήσουν την προσθήκη καλύτερων κουφωμάτων στα σπίτια, καθώς για παράδειγμα ένα κλειστό παράθυρο σε σχέση με ένα ανοιχτό προσφέρει ηχομόνωση 15 dB. Συνολικά στην λεωφόρο Δημοκρατίας μπορεί να στρωθεί πιο μαλακή – ακόμα και αθόρυβη- άσφαλτος, τουλάχιστον από την θέση 4α μέχρι την 3θ, όπου είναι και το κομμάτι με την μεγαλύτερη συμβολή πηγών στην περιοχή.

Αθόρυβη άσφαλτος πρέπει να τοποθετηθεί και κατά το μήκος του περιφερειακού δρόμου γύρω από τον ΟΛΠ. Μιλώντας για το λιμάνι θα μπορούσε σίγουρα να χρησιμοποιηθεί λιγότερο θορυβώδης εξοπλισμός. Για παράδειγμα στις γερανογέφυρες. Εκεί μπορεί επίσης να μονωθεί ο εξερισμός και συνολικά το κομμάτι της μηχανής. Καθώς η μηχανή λόγω του ύψους στο οποίο βρίσκεται μπορεί να εκπέμπει θόρυβο σε μεγάλες αποστάσεις. Στα container μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικά ηχομονωτικά υλικά στα σημεία όπου υπάρχει επαφή με άλλα container ή με μηχανήματα, ώστε να αποφευχθούν οι αιχμές θορύβου. Μπορούν να γίνουν μαθήματα στους οδηγούς ώστε να κινούνται οικολογικά , αλλά να υπάρξει και συνεπής έλεγχος στην είσοδο του λιμανιού σχετικά με τον θόρυβο των εξατμίσεων και την πίεση των ελαστικών. Να θεσπιστούν κανόνες τους οποίους τα φορτηγά να πρέπει να πληρούν αν θέλουν να κινούνται στα όρια του λιμανιού. Η λειτουργία του λιμανιού είναι σαφώς μειωμένη κατά τις βραδινές ώρες, παρόλα αυτά θα μπορούσε να καταγραφεί επίσημα αυτό σαν αρχή. Σε βάθος χρόνου μπορεί επίσης να μελετηθεί η χρήση ενέργειας από την ακτή (shore power), ακόμα και με την προσθήκη φωτοβολταϊκών στο λιμάνι. Άλλωστε οι επιφάνειές του είναι τεράστιες, ενώ το μεγαλύτερο κομμάτι της ημέρας έχει έντονη ηλιοφάνεια. Επίσης μπορεί να μελετηθεί η αντικατάσταση των συμβατικών κινητήρων με ηλεκτρικούς, τουλάχιστον στα πιο θορυβώδη μηχανήματα όπως οι γερανογέφυρες. Τέλος μια εύκολη λύση είναι να περιστοιχιστεί ο χώρος του λιμανιού απο συστάδες δέντρων. Αυτό θα έχει τόσο θετική περιβαλλοντική επίδραση όσο και αισθητική.

Στην κατηγορία των ευαίσθητων περιοχών ανήκουν σίγουρα η οδός Μαρίας Κιουρή, η οδός Πλαταιών (συνολικά ο οικισμός του Περάματος) αλλά και το κομμάτι της πόλης του Πειραιά γύρω από το επιβατικό λιμάνι. Αυτό το τελευταίο κομμάτι, αν και σε πρώτη όψη έχει περισσότερο εμπορικά καταστήματα και εταιρίες, ταυτόχρονα περικλείει και κατοικίες. Επίσης χρειάζεται μια σημαντική πρόβλεψη για την επιβάρυνση των εργαζομένων στις γύρω υπηρεσίες κατά την διάρκεια της μέρας.

Το πρώτο κομμάτι της Πλαταιών και της Κιουρή αναλύθηκε μερικώς και πιο πάνω. Ηχοπετάσματα όπου είναι κρίσιμο και καλά ηχομονωτικά κουφώματα, με χρηματοδότηση από τους υπαίτιους της ηχορύπανσης. Επίσης όπου είναι δυνατόν καλό θα ήταν να φυτευτούν και δέντρα. Πολύ ευαίσθητο σημείο είναι και η θέση στο ΕΠΑΛ Περάματος. Καλό θα ήταν να τοποθετηθούν και ηχοπετάσματα προς την μεριά της λεωφόρου Δημοκρατίας, όπου δεν υπάρχουν αυτή την στιγμή. Επίσης Θα ήταν καλό να τοποθετηθούν δέντρα στον περίγυρο του σχολείου.

Στο λιμάνι πρέπει να τοποθετηθούν ηχοπετάσματα όπου υπάρχει κοντινή επαφή με τα κομμάτια της πόλης. Σημαντικό επίσης είναι να μελετηθεί πως επηρεάζουν οι νυχτερινές αφίξεις το περιβάλλον. Σε βάθος χρόνου μπορούν να εφαρμοστούν επίσης μέθοδοι παροχής ενέργειας στα ελλιμενισμένα πλοία από την ακτή.

Τέλος είναι σημαντικό να υιοθετηθεί ένα ειδικό πλαίσιο περίθαλψης για τους εργαζόμενους στο λιμάνι με συχνούς ελέγχους της ακοής, αλλά και καρδιαγγειακών παθήσεων λόγω του στρες της δουλειάς αλλά και των επιβλαβών κυμάτων του υπόηχου. Απαραίτητη κρίνεται η προμήθεια των εργαζομένων, μέσω των αντίστοιχων οργανισμών, με ειδικές και ποιοτικές ωτοασπίδες ώστε να τις φοράνε κατά την διάρκεια της εργασίας τους χωρίς να χάνουν την ακουστική επαφή του με το περιβάλλον.





## **Βιβλιογραφία**

Μελέτη κυκλοφοριακού θορύβου και κατασκευή μοντέλου πρόβλεψης με χρήση της μεθόδου CRTN( Ευάγγελος Γουλής, Κωνσταντίνος Ευαγγελίδης- ΑΠΘ/Σχολή Θετικών Επιστημών 1997)

Road Traffic Noise Model (Golmohammadi R. PhD, Abbaspour M. PhD, Nassiri P. PhD, Mahjub H. PhD – Iran,2012)

Analysis of day time traffic noise level: A case study of Kolkata, India (Anirban Kundu Chowdhury, Anupam Debsarkar, Shibnath Chakrabarty)

TRAFFIC NOISE POLLUTION (P. D. Marathe- 2012)

CONVERTING THE UK TRAFFIC NOISE INDEX LA10,18h TO EU

NOISE INDICES FOR NOISE MAPPING (P G Abbott & P M Nelson 2002)

Traffic Noise Index: A method of Controlling Noise Nuisance (Langdon F.J., Scholes W.F. -1968)

STUDY OF THE NOISE POLLUTION AT CONTAINER TERMINALS AND THE SURROUNDINGS ( I- Hung Khoo, Ph.D., Tang-Hung Nguyen, Ph.D., P.E – Metrans Project 2011)

Good Practice Guide on Port Area Noise Mapping and Management ( NoMEPorts 2005)

MEASUREMENT OF NOISE IMMISSION – SURVEY METHOD (Nordtest Method)(2002-2005)

ΟΔΗΓΙΑ 2000/14/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 8ης Μαΐου 2000

DIRECTIVE 2002/30/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 26 March 2002

ΟΔΗΓΙΑ 2002/49/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 25ης Ιουνίου 2002

Container Terminals and Noise (J. (Rob) Witte – 2008)

Το θεσμικό πλαίσιο για την προστασία του περιβάλλοντος στα λιμάνια: Η περίπτωση (case study) του λιμένα του Πειραιά( Κωνσταντίνα Χωρέμη-2012)

Ακουστική Μελέτη Σχολικών Αιθουσών Μέσης Εκπαίδευσης (Κωνσταντίνος Μπακογιάννης – 2011)

Low Frequency Noise and Health Effects ( Mariana Alves Pereira PhD, Nuno Castelo Branco MD – 2011)

Οι επιπτώσεις της ηχορύπανσης στα αστικά κέντρα – Αναγκαία μέτρα και παρεμβάσεις, (ΤΕΕ, Αθήνα, 2008 )

Ηχορύπανση: ένας κίνδυνος με σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία και ευεξία (Χρ. Χατζής – 2008)

Public Hearing-port of Valencia (Rafael Company – ecoports)

Public health and noise exposure: the importance of low frequency noise (Mariana Alves Pereira PhD, Nuno A.A. Castelo Branco-Internoise 2007)

Ο θόρυβος στην εργασία- Φύση , κίνδυνοι και προστασία ( Έβελυν Βαφείδου,, Τρύφων Γκινάλας, Σπύρος Δρίβας )

The port of Livorno noise mapping experience ( M. Morretta, A. Iacoponi, F. Dolinich-2008)

W.H.O.- Noise (<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/noise/noise>)

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΣΤΑ ΑΝΤΛΙΟΣΤΑΣΙΑ ΥΔΡΕΥΣΗΣ (Ν. Γεωργιλιάς, Γ. Μπάμιος, Ι. Καλοτεράκης, Μ. Καρούτσου, Λ. Κυριαζή. Μ. Βαρδάτσικας, Ι. Τζήμα, Π. Νίκζα, Α. Λύκου.- ΕΥΑΘ ΑΕ, ΤΕΙ Θεσσαλονίκης )

Μελέτη θορύβου αερολιμένα Λάρνακας σύμφωνα με την οδηγία 2002/49/ΕΚ ( Δρ. Κων/νος Βογιατζής, 2010 )

Improved Methods for the Assessment of the Generic Impact of Noise in the Environment ( J. Witte – 2006)

TRAFFIC NOISE POLLUTION (P. D. Marathe – 2012)

Ιστορική Αναδρομή – Οργανισμός Λιμένος Πειραιώς (<http://www.olp.gr/el/the-port-of-piraeus/chronology>)

ΕΚΘΕΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ ΚΑΙ ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ - αναφερόμενη στα ισχύοντα κοινοτικά μέτρα σχετικά με τις πηγές περιβαλλοντικού

θορύβου, δυνάμει του άρθρου 10 παράγραφος 1 της οδηγίας 2002/49/ΕΚ «σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου» (2004)

ΟΔΗΓΙΑ 2003/10/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ

της 6ης Φεβρουαρίου 2003

Πειραιάς- Βικιπαίδεια ( <http://el.wikipedia.org/wiki/Πειραιάς> )

Residential Exposure to Port Noise and Noise Mapping: A Case Study of Piraeus, Greece (Argyropoulos Dimitrios), The 42nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, (2013)