



# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

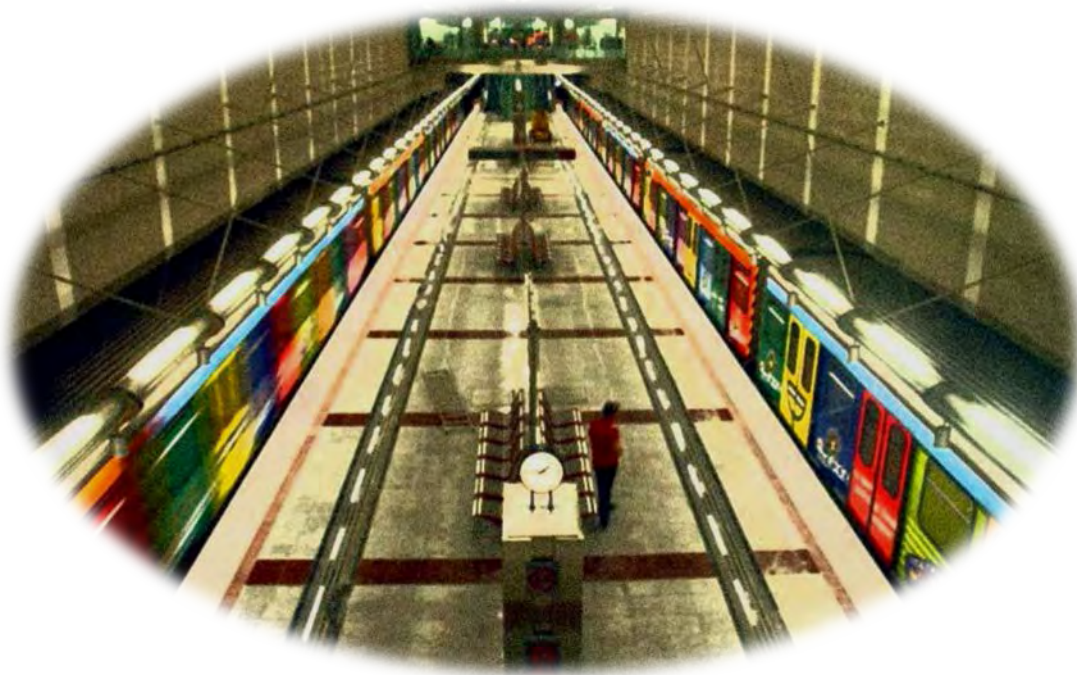
«ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ, ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΣ & ΧΩΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ»

ΤΜΗΜΑ

ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΧΩΡΟΤΑΞΙΑΣ, ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦ. ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

***“Παρακολούθηση εργοταξιακού θορύβου στους χώρους ανοικτής διάνοιξης της επέκτασης του Μετρό στον Πειραιά: Νίκαια, Δεληγιάνη και Δημοτικό Θέατρο Πειραιά”***



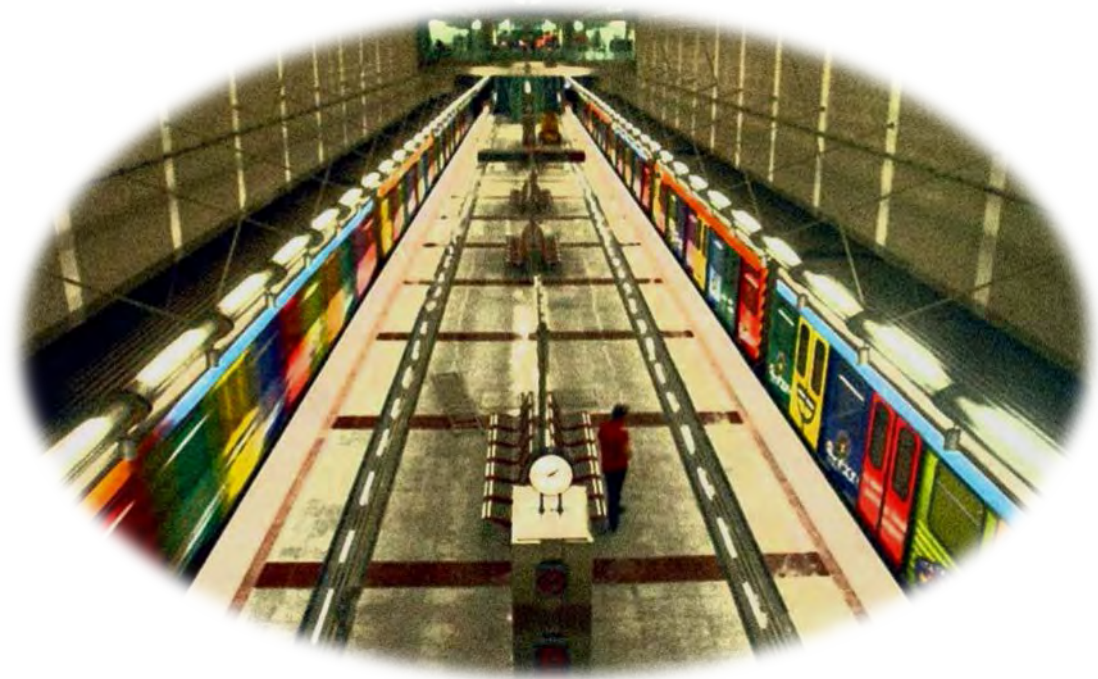
ΕΚΠΟΝΗΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΔΑΚΤΥΛΑ ΣΤΥΛΙΑΝΗ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Δρ ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΑΝΑΠΛ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΞΕΤΑΣΗΣ: Δρ ΚΩΝ/ΝΟΣ ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ, Δρ Ν. ΗΛΙΟΥ και Δρ Π. ΚΟΠΕΛΙΑΣ

ΒΟΛΟΣ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2018

**«Construction Noise Monitoring at worksites in Metro  
Extension to Piraeus: Nikaia, Deligianni and Piraeus Municipal  
Theatre. »**



## **Ευχαριστίες**

Η ολοκλήρωση της εργασίας αυτής θα ήταν αδύνατη χωρίς την πολύτιμη υποστήριξη του επιβλέποντος καθηγητή μου Δρ. Βογιατζή Κωνσταντίνο, Αναπληρωτή Καθηγητή Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στον οποίο οφείλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε δίνοντας μου τη δυνατότητα να εκπονήσω την μεταπτυχιακή διπλωματική μου εργασία στο συγκεκριμένο επιστημονικό τομέα. Τον ευχαριστώ επίσης για τις πολύτιμες γνώσεις και για την απρόσκοπτη υποστήριξη και καθοδήγηση που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στην Πολιτικό Μηχανικό Ζαφειροπούλου Βασιλική για την άριστη συνεργασία μας και για την αμέριστη και απλόχερη βοήθεια της , χωρίς την οποία η ολοκλήρωση της μελέτης θα ήταν αδύνατη. Το αμέιωτο ενδιαφέρον, οι υποδείξεις ,η καθοδήγηση, η προθυμία της και η συμπαράστασή της τόσο κατά την εκτέλεση όσο και κατά τη συγγραφή της εργασίας, ήταν καθοριστική για την ομαλή διεκπεραίωση της εργασίας.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω την συνάδελφο και φίλη Ευγενία Καρακίτσου με την οποία συνεργάστηκα εξαιρετικά καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της μεταπτυχιακής διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης , ευχαριστίες οφείλω και στον συνάδελφο Ανατολιώτη Δημήτρη για την βοήθεια του.

Ευχαριστίες οφείλουμε και στον Επίκουρο Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Δρ. Κοπελιά Παντελεήμων και στον Καθηγητή Πανεπιστημίου Θεσσαλίας Δρ. Ηλίου Νικόλαο τόσο για την προσεκτική ανάγνωση και εξέταση της μεταπτυχιακής διπλωματικής μου εργασίας όσο και για την ενεργό συνεισφορά, στήριξη και συμπαράσταση τους κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών.

## Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας, αποτελεί η εφαρμογή των τεχνικών παρακολούθησης εργοταξιακού θορύβου, μέσω επιστημονικής μεθοδολογίας, με πραγματικά δεδομένα, προερχόμενα από μετρήσεις που διενεργήθηκαν κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου "ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ 3: ΤΜΗΜΑ ΧΑΙΔΑΡΙ-ΠΕΙΡΑΙΑΣ". Δεδομένου ότι οι διαθέσιμες μετρήσεις θορύβου & δονήσεων αφορούν στα έτη κατασκευής του έργου από το 2013 έως 2017, δίνεται η ευκαιρία για τη διαχρονική παρακολούθηση των φαινομένων θορύβου μέσω συγκεκριμένων δεικτών ( $L_{den}$ ,  $L_{night}$ ,  $L_{eq}$ (Α' βάρδιας) ) και την απορροή συμπερασμάτων. Η παρουσίαση των παραπάνω επιχειρεί να κάνει κατανοητή στον αναγνώστη την αναγκαιότητα που έχει διαμορφωθεί για την μελέτη , ανάπτυξη και εφαρμογή τέτοιων συστημάτων.

**Λέξεις Κλειδιά:** θόρυβος, δόνηση, εργοτάξιο, μέτρηση, αστικός περιβαλλοντικός, θόρυβος βάθους, εργοταξιακός θόρυβος και παρακολούθηση, δείκτης ,  $L_{den}$ ,  $L_{night}$ ,  $L_{eq}$ (Α' βάρδιας).

## Abstract

The subject of this paper is the application of monitoring techniques of construction noise at worksites, through scientific methodology, based on actual measurements, obtained from the construction of the project "METRO EXTENSION OF LINE 3: CHAIDARI to PIRAEUS Section". Taking into account that the noise and vibration measurements refer to the years of construction of the project from 2013 to 2017, an opportunity has risen involving the long-term monitoring of the noise phenomena through specific indicators ( $L_{den}$ ,  $L_{night}$ ,  $L_{eq}$  (A'shift)) and the drawing of conclusions. The presentation of the above, aims to help the reader understand the necessity of studying, developing and applying such systems.

**Keywords:** noise, vibration, worksite, measurement, urban environmental, noise depth, construction noise and monitoring, indicator,  $L_{den}$ ,  $L_{night}$ ,  $L_{eq}$ (Α' βάρδιας).



## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

<b>1 Εισαγωγή.....</b>	<b>3</b>
1.1 Γενικά.....	3
1.2 Διάρθρωση εργασίας.....	3
1.3 Χρήσιμοι ορισμοί και έννοιες.....	4
<b>2. Περιβάλλον και Θόρυβος.....</b>	<b>7</b>
2.1 Ήχος και οικοσύστημα.....	7
2.2 Περιβαλλοντικός θόρυβος για τον άνθρωπο και το παιδί.....	8
2.3 Περιβαλλοντικός θόρυβος στον χώρο εργασίας.....	11
2.4 Η συστηματική μελέτη του Οδικού Κυκλοφοριακού Θορύβου ως διαθέσιμο και προσιτό μέτρο, περιορισμού του Περιβαλλοντικού Θορύβου. ....	14
<b>3. Ο Περιβαλλοντικός Θόρυβος στις Αστικές Σιδηροδρομικές Ελληνικές Συγκοινωνίες .....</b>	<b>16</b>
3.1 Θόρυβος & Μεταφορές .....	16
3.2 Σχεδιασμός των Αστικών Σιδηροδρόμων στην Ελλάδα .....	18
3.3 Η Ανάπτυξη του ΜΕΤΡΟ στην Αττική.....	20
3.4 Η κατασκευή της επέκτασης της Γραμμής 3 του Μετρό προς τον Πειραιά.....	22
<b>4. Ισχύουσες διατάξεις -Πλαίσιο Θορύβου &amp; Δονήσεων .....</b>	<b>23</b>
4.1 Ισχύουσες διατάξεις - Ελληνικό & Ευρωπαϊκό Θεσμικό Πλαίσιο .....	23
4.2 Εγκεκριμένοι Περιβαλλοντικοί Όροι (ΚΥΑ 143033/03.08.2009, που τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ Α.Π. οικ. 203707/23.09.2011), σχετικά με το θόρυβο και τις δονήσεις.....	29
4.3.1 Πρόγραμμα Ελέγχου Θορύβου & Δονήσεων (Θ & Δ) κατά την κατασκευή .....	31
4.3.2 Ειδική Μελέτη Ελέγχου Θορύβου & Δονήσεων κατά την Κατασκευή.....	37
4.3.3 Όρια εκπομπής θορύβου και δονήσεων .....	39
<b>5 Αναλυτικό Πρόγραμμα Ελέγχου Θορύβου &amp; Δονήσεων (Θ &amp; Δ) κατά την κατασκευή του έργου της Επέκτασης της Γραμμής 3 του Μετρό.....</b>	<b>41</b>
5.1 Γενικά.....	41
5.2 Εκθέσεις Αποτελεσμάτων Προγράμματος Παρακολούθησης Θορύβου και Δονήσεων .....	44
5.3 Το Πρόγραμμα παρακολούθησης Αερόφερτου Θορύβου κατά την κατασκευή ..	45
5.3 Μόνιμο σύστημα παρακολούθησης θορύβου .....	54
<b>6 Ειδική Μελέτη Ελέγχου Αερόφερτου Θορύβου κατά την Κατασκευή .....</b>	<b>56</b>
6.1 Μετρήσεις υπάρχουσας κατάστασης εδαφομεταφερόμενου και αερομεταφερόμενου θορύβου και δονήσεων του περιβάλλοντος χώρου .....	56
6.2. Μεθοδολογία υπολογισμών θορύβου - Το Λογισμικό CadnaA.....	60
6.3. Εκτίμηση των πιθανών ανεπιθύμητων επιπτώσεων από τον θόρυβο στους ευαίσθητους πλησιέστερους χρήστες & προκαταρκτική θεώρηση μέτρων αντιθορυβικής προστασίας .....	66
6.3.1. Γενικά μέτρα .....	66
6.3.2. Μέτρα κατά την κατασκευή .....	67
<b>7 Πρόγραμμα παρακολούθησης θορύβου εργοταξίων .....</b>	<b>70</b>
7.1 Γενικά.....	70
7.2 Σχεδιαστική και φωτογραφική απεικόνιση των θέσεων μετρήσεων .....	70
7.2.1 Συστήματα κινητά & συνεχούς παρακολούθησης στον σταθμό Νίκαια.....	70
7.2.2 Συστήματα κινητά & συνεχούς παρακολούθησης στο σταθμό Δελιγιάννη .....	73

7.2.3 Συστήματα κινητά & συνεχούς παρακολούθησης στον σταθμό Δημοτικό Θέατρο Πειραιά .....	76
<b>7.3 Πίνακες συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων μετρήσεων θορύβου .....</b>	<b>79</b>
7.3.1 Εργοτάξιο «ΝΙΚΑΙΑ» .....	79
7.3.2 Εργοτάξιο «ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗ» .....	82
7.3.3 Εργοτάξιο «ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ ΠΕΙΡΑΙΑ» .....	85
<b>7.4 Διαγράμματα ετήσιας εξέλιξης δεικτών εκτίμησης θορύβου .....</b>	<b>87</b>
7.4.1 Εργοτάξιο «ΝΙΚΑΙΑ» .....	87
7.4.2 Εργοτάξιο «ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗ» .....	90
7.4.3 Εργοτάξιο «ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ ΠΕΙΡΑΙΑ» .....	92
<b>7.4 Διαγράμματα διαχρονικής εξέλιξης δεικτών εκτίμησης θορύβου.....</b>	<b>94</b>
7.4.1 Εργοτάξιο «ΝΙΚΑΙΑ» .....	94
7.4.2 Εργοτάξιο «ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗ» .....	95
7.4.3 Εργοτάξιο «ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ ΠΕΙΡΑΙΑ» .....	96
<b>7.5 Συμπεράσματα.....</b>	<b>97</b>

# 1 Εισαγωγή

## 1.1 Γενικά

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο διεξαγωγής του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ) 2016-2018, του Τμήματος Μηχανικών Χωροταξίας, Περιβάλλοντος και Περιφερειακής Ανάπτυξης σε συνεργασία με το Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, που διοργάνωσε το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, με θέμα «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΡΓΩΝ, ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΣ & ΧΩΡΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ». Συγκεκριμένα κατά τη διάρκεια του προγράμματος του ΔΠΜΣ, έγινε κατανοητό ότι για τον ορθό χωρικό & συγκοινωνιακό σχεδιασμό αποτελεί επιτακτική ανάγκη η συστηματική μελέτη και διερεύνηση των δονήσεων και θορύβου και των επιπτώσεων αυτών. Επιπρόσθετα κατά τη διάρκεια του μαθήματος «ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΣΕ ΑΣΤΙΚΟ ΚΑΙ ΜΗ ΑΣΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ», παρουσιάστηκαν - μεταξύ άλλων- οι σύγχρονες και καινοτόμες τεχνικές για την παρακολούθηση του θορύβου. Ως εφαρμογή των διδαχθέντων τεχνικών αξιολόγησης, προγραμματίστηκε και υλοποιήθηκε η παρούσα εργασία, με επιβλέποντα τον κ. Καθηγητή, Dr Κωνσταντίνο Βογιατζή, με αντικείμενο την παρακολούθηση του εργοταξιακού θορύβου σε Αστικό Περιβάλλον.

Πιο συγκεκριμένα αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η εφαρμογή των τεχνικών παρακολούθησης θορύβου μέσω επιστημονικής μεθοδολογίας, με πραγματικά δεδομένα, προερχόμενα από μετρήσεις που διενεργήθηκαν κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου «ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ 3: ΤΜΗΜΑ ΧΑΙΔΑΡΙ-ΠΕΙΡΑΙΑΣ». Δεδομένου ότι οι διαθέσιμες μετρήσεις θορύβου & δονήσεων αφορούν στα έτη κατασκευής του έργου από το 2013 έως 2017, δίνεται η ευκαιρία για τη διαχρονική παρακολούθηση των φαινομένων θορύβου μέσω συγκεκριμένων δεικτών ( $I_{den}$ ,  $I_{night}$ ,  $I_{eq}$ ) και την απορροή συμπερασμάτων.

## 1.2 Διάρθρωση εργασίας

Για την πληρέστερη κατανόηση των αποτελεσμάτων και για διευκόλυνση των αναγνωστών η διάρθρωση της εργασίας επιλέχθηκε να κατανεμηθεί στα ακόλουθα κεφάλαια:

Στο κεφάλαιο 1 παρέχονται γενικές πληροφορίες για την εκπόνηση της εργασίας, το αντικείμενο προς μελέτη, τη διάρθρωση, χρήσιμους ορισμούς και έννοιες.

Στο κεφάλαιο 2 αναλύεται η δημιουργία της ανάγκης ελέγχου του θορύβου εξαιτίας της περιβαλλοντικής όχλησης και των επιπτώσεων της στον άνθρωπο και το οικοσύστημα. Παρουσιάζονται τα επιστημονικά ερεθίσματα, η ανάγκη για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας και η επιτακτική ανάγκη για περαιτέρω μελέτη των επιπτώσεων του ΘΟΡΥΒΟΥ στο ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.

Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο 3 αναπτύσσονται έννοιες που αφορούν στη δημιουργία θορύβου κατά τη κατασκευή και λειτουργία των μεταφορών & των μεταφορικών υποδομών και συγκεκριμένα στο δίκτυο των Αστικών Σιδηροδρόμων.

Οι ισχύουσες διατάξεις και το υφιστάμενο νομοθετικό πλαίσιο αναπτύσσονται στο κεφάλαιο 4, ενώ στο επόμενο κεφάλαιο παρατίθεται το Αναλυτικό Πρόγραμμα Ελέγχου Θορύβου & Δονήσεων (Θ & Δ) κατά την κατασκευή του έργου της «Επέκτασης της Γραμμής 3 του Μετρό Χαϊδάρη - Πειραιάς», από το οποίο ελήφθησαν αποτελέσματα μετρήσεων θορύβου από τον Απρίλιο 2013 έως και τον Σεπτέμβριο 2017.

Στο κεφάλαιο 6 περιγράφονται η μεθοδολογία εργασίας καθώς και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία ασφαλών αποτελεσμάτων-συμπερασμάτων. Στο κεφάλαιο 7 παρατίθενται **συγκεντρωτικά επεξεργασμένα αποτελέσματα μετρήσεων θορύβου** από τα εργοτάξια της «Επέκτασης της Γραμμής 3 του Μετρό Χαϊδάρη - Πειραιάς»: Νίκαια, Δεληγιάννη, Δημοτικό Θέτρο Πειραιά και σχολιάζονται τα φαινόμενα θορύβου μέσω της διαχρονικής εξέλιξής τους.

### 1.3 Χρήσιμοι ορισμοί και έννοιες

Με τον όρο «ήχο» μπορεί χαρακτηριστεί το αποτέλεσμα κάθε πίεσης που ανιχνεύεται από το ανθρώπινο αυτί. Όλοι οι ήχοι δεν είναι δυσάρεστοι και ανεπιθύμητοι για το ανθρώπινο αυτί. Ως «θόρυβος» χαρακτηρίζεται κάτι ενοχλητικό. Συμπερασματικά ως «θόρυβος» μπορεί να είναι κάθε ήχος που είναι **δυσάρεστος ή/και ανεπιθύμητος**. (Βογιατζής,2012) <sup>1</sup>

Στη συνέχεια παρατίθενται απαιτούμενοι ορισμοί και έννοιες για την κατανόηση της εργασίας.

**“περιβαλλοντικός θόρυβος”**: οι ανεπιθύμητοι ή επιβλαβείς θόρυβοι στις αστικές περιοχές και στο ύπαιθρο που δημιουργούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένων των θορύβων που εκπέμπονται από μεταφορικά μέσα, από οδικές, σιδηροδρομικές και αεροπορικές μεταφορές και από χώρους βιομηχανικής δραστηριότητας όπως ορίζονται στο παράρτημα II του άρθρου 5 της υπ’ αριθ. Η.Π. 15393/2332/2002 κοινή υπουργική απόφαση (Β’ 1022).

**«ενόχληση»**: ο βαθμός ηχητικής ενόχλησης των περιοίκων, όπως προσδιορίζεται με επιτόπιους ελέγχους·

**«δείκτης θορύβου»**: φυσικό μέγεθος για την περιγραφή του περιβάλλοντος θορύβου, το οποίο έχει σχέση με επιβλαβείς επιδράσεις·

**«δείκτες και ανάλυση μετρήσεων»**: Για να καταστεί δυνατή η αξιολόγηση της ακουστικής επιβάρυνσης από την λειτουργία του συγκοινωνιακού έργου θα γίνεται στατιστική ανάλυση του θορύβου σε πραγματικό χρόνο (real-time). Η ανάλυση αυτή θα παρέχει στοιχεία για όλες τις παρακάτω αναφερόμενες ηχοστάθμες σε dB(A) και κατά ISO1996/1 (Description and measurement of Environmental noise – Basic quantities and procedures) και τις τυχόν αναθεωρήσεις του: ποσοστομετρικοί δείκτες θορύβου L1, L10, L50, L95, L99 καθώς και οι μέγιστες στάθμες (Lmax) και ελάχιστες τιμές (Lmin) στην διάρκεια της 24ωρης καταγραφής, δείκτες του άρθρου 3 ανωτέρω και πιο συγκεκριμένα: Lden, και Lnight δείκτες του άρθρου 6 ανωτέρω και πιο συγκεκριμένα Lde και Ln (ειδικά για τον οδικό και σιδηροδρομικό θόρυβο), και ενεργειακά ισοδύναμη μέση ηχοστάθμη LAeq(24h) όπου: η ενεργειακά ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου (Leq) εκφράζει την σταθερή εκείνη στάθμη του θορύβου, η οποία για κάποια ορισμένη χρονική περίοδο έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου, σταθερού ή μεταβαλλόμενου, η ποσοστομοριακή στάθμη LN είναι η στάθμη εκείνη, η οποία υπερβαίνεται κατά το N% της αντίστοιχης χρονικής περιόδου μέτρησης

**«L<sub>day</sub>»**: είναι η στάθμη περιβαλλοντικού θορύβου ημέρας, σταθμισμένη ως προς A μέση στάθμη θορύβου κατά ISO 1996-2: 1987, προσδιορισμένη για όλες τις ημερήσιες περιόδους ενός έτους,

**«L<sub>evening</sub>»**: είναι η στάθμη περιβαλλοντικού θορύβου απογεύματος, σταθμισμένη ως προς A μέση στάθμη θορύβου κατά ISO 1996-2: 1987, προσδιορισμένη για όλες τις απογευματινές περιόδους ενός έτους,

**«L<sub>night</sub>»**: είναι η στάθμη περιβαλλοντικού θορύβου ημέρας, σταθμισμένη ως προς A μέση στάθμη θορύβου κατά ISO 1996-2: 1987, προσδιορισμένη για όλες τις νυκτερινές περιόδους ενός έτους.

**«L<sub>den</sub>»** (δείκτης θορύβου ημέρας- βραδιού- νύχτας): ο δείκτης θορύβου για τη συνολική ενόχληση

**«Χρονική περίοδος καταγραφής»**: Δεδομένου ότι ο περιβαλλοντικός θόρυβος έχει άμεση σχέση με την ημέρα αλλά και ώρα της ημέρας ή της νύχτας κατά την οποία έγιναν οι

μετρήσεις, πρέπει να εξετάζεται κατά το δυνατόν η ημερησία/ωριαία διακύμανση του φόρτου ώστε να διαπιστώνεται η αντιπροσωπευτική περίοδος των μετρήσεων και να εξασφαλίζεται η απαραίτητη αξιοπιστία. Στο πλαίσιο αυτό, όλες οι ακουστικές μετρήσεις για τις ανάγκες της παρούσης θα γίνονται σε χρονικές περιόδους 24ωρης διάρκειας – ανά θέση μέτρησης – και θα διασφαλίζουν ανάλυση της διακύμανσης των ανωτέρω δεικτών του ακουστικού περιβάλλοντος σε ωριαία βάση με ελάχιστο βήμα δειγματοληψίας συνεχομένης καταγραφής < 1sec.

**«Θέσεις μέτρησης»:** Οι ακουστικές μετρήσεις θα πραγματοποιούνται σε ικανό αριθμό θέσεων στην άμεση περιοχή του έργου κατά μήκος τόσο της οδού, ώστε να καλύπτουν το σύνολο των πλησιέστερων προς το έργο – των δεκτών του άρθρου 2 ανωτέρω – και με τέτοιο τρόπο ώστε παρέχουν αντικειμενική εικόνα της ποιότητας του ακουστικού περιβάλλοντος, σε ύψος  $4,0 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$  (3,8 – 4,2 m) πάνω από το έδαφος (με χρήση κατάλληλης διάταξης τρίποδα ή τηλεσκοπικού ιστού) και σε απόσταση 2 μ. από την πιο εκτεθειμένη πρόσοψη του δείκτη μακριά από κάθετες ήχο - ανακλαστικές επιφάνειες ώστε να αποφεύγονται τυχόν ανακλάσεις που θα επιβαρύνουν την μετρούμενη στάθμη.

**«Όργανα μέτρησης»:** Τα όργανα ηχομετρήσεων και οι βαθμονομητές των θα πρέπει να πληρούν τις τεχνικές προδιαγραφές που περιέχονται στις δημοσιεύσεις 651 και 804 της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (I.E.C. PUBLICATIONS 651 / 1979 και 804-1985) και τις τυχόν αναθεωρήσεις των. Επίσης θα πληρούν τα πρότυπα IEC 1260 και IEC 61672-1 με τις τυχόν αναθεωρήσεις των. Επιπλέον στο σύστημα ηχομέτρησης θα πρέπει να εξασφαλίζεται: Στάθμιση συχνοτήτων κατά A, C (IEC 651), Z (EN 61672), γραμμική 10 Hz-20 kHz.

**«Στάθμιση χρόνου»:** S(slow), F(fast) και I(impulse) κατά IEC 651 και τυχόν αναθεωρήσεων του. Μέτρηση στάθμης ηχητικής πίεσης (SPL) από 20-120 dB(A), με δυναμικό εύρος μετρήσεων 100 dB, εύρος συχνοτήτων 15 Hz – 20 kHz με ρυθμό δειγματοληψίας 48Khz. Θα διαθέτει κατάλληλο επεξεργαστή για ολοκληρωτική και ποσοστομοριακή ανάλυση περιβαλλοντικού θορύβου για το σύνολο των ανωτέρω δεικτών, και θα πρέπει να παρέχεται συνεχής λειτουργία με ξηρά στοιχεία (μπαταρίες) για περίοδο > 24 ωρών. Θα έχει πυκνωτικό μικρόφωνο ICP Free-Field με προ-ενισχυτή (IEPE) 1/2" class 1 (low noise) και θα πρέπει να διαθέτει διάταξη προστασίας έναντι δυσμενών καιρικών συνθηκών, της υγρασίας και του αέρα με κατάλληλο ανεμοκάλυπτρο εφοδιασμένο με διάταξη προστασίας από πουλιά.

**«Βαθμονόμηση οργάνων»:** Πριν και μετά από κάθε δέσμη μετρήσεων, ένας κατάλληλος βαθμονομητής ISO-EN-20942 ή τυχόν αναθεώρησης του, θα πρέπει να εφαρμοστεί στο μικρόφωνο για να ελεγχθεί εάν η τιμή αναφοράς που εκπέμπεται από τον βαθμονομητή ταιριάζει με αυτή που γραφεί ολόκληρο το σύστημα μέτρησης. Αυτή η περίπτωση θα παρουσιαστεί στην έκθεση των μετρήσεων μαζί με τα σχετικά στοιχεία (αύξων αριθμός, κατασκευαστής και πρότυπο). Ο βαθμονομητής και το ηχόμετρο θα πρέπει να έχουν βαθμονομηθεί τους τελευταίους 24 μήνες με τεκμηριωμένες μεθόδους βαθμονόμησης. Εάν υπάρχει διαφορά που υπερβαίνει τα 0.5 dB(A) μεταξύ των βαθμονομήσεων πριν και μετά την έρευνα, οι ελέγχου θα πρέπει να επαναλαμβάνονται.

**«Στοιχεία μετρήσεων»:** Όλα τα στοιχεία των ακουστικών καταγραφών μαζί με τα σκαριφήματα, σχέδια και/ή χάρτες και φωτογραφίες που θα παρουσιάζουν τα σημεία, την ημερομηνία και ώρα μέτρησης, τα αριθμητικά αποτελέσματα και την επεξεργασία αυτών θα προβάλλονται αναλυτικά σε μορφή πίνακα ή/και διαγράμματος διαχρονικής εξέλιξης αναγράφοντας τα στοιχεία του φυσικού προσώπου που ήταν υπεύθυνος για τις επί τόπου μετρήσεις καθώς και του υπευθύνου σύνταξης της έκθεσης στην περίπτωση που δεν είναι το ίδιο πρόσωπο. Θα καταγράφονται τα στοιχεία: ταχύτητας του ανέμου (m/sec), θερμοκρασίας περιβάλλοντος ( $C_o$ ) και σχετικής υγρασίας (%) κατά την διάρκεια των μετρήσεων. Επίσης, θα καταγράφονται τα χαρακτηριστικά όλου του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε (τύπος ηχομέτρου, στατιστικός αναλυτής θορύβου, λογισμικά επεξεργασίας, βαθμονομητής κλπ.), ενώ θα υποβάλλονται υποχρεωτικά τα απαραίτητα –

εν ισχύ - πιστοποιητικά διαπίστευσης - βαθμονόμησης του εξοπλισμού από κατάλληλο διαπιστευμένο εργαστήριο, μέγιστης διάρκειας ισχύος δύο (2) ετών.

«**Συνθήκες μέτρησης**»: Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στον προσδιορισμό των μετρήσεων, ιδιαίτερα σε συνθήκες ελεύθερου πεδίου, που μπορούν να ακυρώσουν τα αποτελέσματα. Ιδιαίτερα σε ότι αφορά τους ατμοσφαιρικές παράγοντες, επισημαίνεται ότι οι κατάλληλες ατμοσφαιρικές συνθήκες για μετρήσεις ορίζονται ως οι περίοδοι όπου δεν υπάρχει καθόλου βροχή ή χιόνι και όταν η ταχύτητα ανέμου δεν υπερβαίνει τα 3 m/s στη θέση μέτρησης. Στο πλαίσιο αυτό, δεν θα διεξάγονται μετρήσεις κατά την διάρκεια δυνατών ανέμων, βροχής, χιονόπτωσης και ομίχλης όπως επίσης και κατά την διάρκεια καταστάσεων που δεν αντιπροσωπεύουν την συνήθη οδική κυκλοφοριακή εικόνα (π.χ. κατά την διάρκεια ενός οδικού ατυχήματος ή παρουσίας εργοταξίου κ.λπ.) ή μη αντιπροσωπευτικής χρονικής περιόδου (π.χ. Σάββατο, Κυριακή, αργίες κ.λπ.).

«**Πρόγραμμα παρακολούθησης περιβαλλοντικού θορύβου από τη λειτουργία συγκοινωνιακών έργων**»: Για την μακροχρόνια περιβαλλοντική παρακολούθηση της διακύμανσης των δεικτών των σχετικών άρθρων της παρούσας κοινής υπουργικής απόφασης στο πλαίσιο των περιβαλλοντικών όρων λειτουργίας των συγκοινωνιακών έργων θα πρέπει να προβλέπεται η εκπόνηση και εφαρμογή από τον κύριο Έργου «Ειδικής Μελέτης

«**οριακή τιμή**»: η τιμή του  $L_{den}$  ή  $L_{night}$ , και ενδεχομένως του  $L_{day}$  και  $L_{evening}$ , όπως ορίζεται από το κράτος μέλος, η υπέρβαση της οποίας συνεπάγεται την παρέμβαση των αρμοδίων αρχών για τη μελέτη ή την επιβολή μέτρων περιορισμού του θορύβου. Οι οριακές τιμές μπορεί να διαφέρουν ανά τύπο θορύβου (θόρυβος οδικής, σιδηροδρομικής, αεροπορικής κυκλοφορίας, βιομηχανικοί θόρυβοι κ.λπ.), ανά περιβάλλον ή ανά διαφορετική ευαισθησία του πληθυσμού στο θόρυβο· μπορεί επίσης να διαφέρουν ανάλογα με το αν αφορούν ήδη υφιστάμενες ή καινούργιες καταστάσεις (όπου υπάρχει μεταβολή συνθηκών σχετικά με την πηγή θορύβου ήτοι χρήση του περιβάλλοντος).

«**ηχητικός σχεδιασμός**»: ο έλεγχος των θορύβων μελλοντικά με βάση σχεδιαζόμενα μέτρα, όπως χωροταξικός σχεδιασμός, σχεδιασμός συστημάτων διαχείρισης της κυκλοφορίας, κυκλοφοριακός σχεδιασμός, μείωση των οχλήσεων με μέτρα ηχητικής μόνωσης και έλεγχος των θορύβων στην πηγή τους·

«**αξιολόγηση**»: οποιαδήποτε μέθοδος υπολογισμού, πρόβλεψης, εκτίμησης ή μέτρησης της τιμής ενός δείκτη θορύβου ή των σχετικών επιβλαβών επιδράσεων.<sup>1</sup>

«**κοινό**»: ένα ή περισσότερα φυσικά ή νομικά πρόσωπα, και, σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία και πρακτική, οι ενώσεις, οργανώσεις και ομάδες τέτοιων προσώπων.



## 2. Περιβάλλον και Θόρυβος

### 2.1 Ήχος και οικοσύστημα

Ο ήχος βελτιώνει τις ζωές όλων των όντων, τόσο του ανθρώπου τόσο και των ζώων.

- Καθιστά δυνατή την επικοινωνία
- Ενημερώνει για κάθε επικείμενο κίνδυνο ή ειδοποίηση (πχ το άκουσμα ενός τηλεφώνου, προειδοποιητικοί ήχοι οπισθοπορείας βαρέων οχημάτων κλπ)
- Παρέχει την ευχέρεια για διάγνωση και λήψη συμπερασμάτων (πχ ακροάσεις γιατρών με στηθοσκόπια)
- Παρέχει ψυχική ευεξία και ευχαρίστηση όταν οι ήχοι είναι (πχ άκουσμα μουσικής)

ΕΙΚΟΝΑ 2.1: Η ΖΩΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ ΜΕ ΗΧΟΥΣ & ΘΟΡΥΒΟΥΣ.



Το πεδίο έρευνας το οποίο μελετά την επίδραση του ηχητικού περιβάλλοντος στα όντα που ζουν μέσα του ονομάζεται Ακουστική Οικολογία. Έρευνα που πραγματοποίησε ο Schafer (1969), πρωτεργάτης της ακουστικής οικολογίας, έδειξε ότι στις πρωτόγονες κοινωνίες οι φυσικοί ήχοι αποτελούσαν το 69% του ηχοτοπίου, οι ανθρώπινοι ήχοι το 26% και οι ήχοι των εργαλείων και τεχνολογίας μόνο το 5%. Στις κοινωνίες του 1960 τα ποσοστά αυτά είχαν αντιστραφεί. Οι φυσικοί ήχοι συρρικνώθηκαν και οι ήχοι τεχνολογίας έφτασαν το 68% του ηχοτοπίου. Σήμερα, 51 χρόνια μετά από αυτή την έρευνα, οι ήχοι της φύσης είναι ακόμη πιο δυσεύρετοι στο ηχοτοπίο. Αυτή η αλλαγή του ηχοτοπίου και η αύξηση του θορύβου δεν αφήνει ανεπηρέαστο τον άνθρωπο και συγκεκριμένα τα παιδιά (Schafer R., 1994.)ii

Από τα παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτή η σημαντικότητα του Ήχου και κατ' επέκταση του θορύβου για την αρμονική εξέλιξη των έμβιων όντων του οικοσυστήματος. Υπάρχει σημαντική διάκριση ανάμεσα στον Θόρυβο και τον Ήχο. Ο ήχος είναι αποτέλεσμα της διεργασίας του εγκεφάλου από την αισθητήρια λήψη ερεθισμάτων. Επομένως ανάλογα με τον ήχο και τις προκαλούμενες διεργασίες του εγκεφάλου, μπορεί να παρατηρηθεί ως θόρυβος. Το αντίστοιχο παρατηρείται τόσο στον άνθρωπο όσο και στα ζώα.

Η εξέλιξη του οικοσυστήματος επηρεάζεται άμεσα από τις επιπτώσεις του θορύβου. Σύμφωνα με τους Buxton R. et al, 2017,<sup>iii</sup> ο ανθρωπογενής θόρυβος απειλεί οικολογικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένης της «άγριας φύσης» και των πόρων στις προστατευόμενες περιοχές βιοποικιλότητας. Διαπιστώθηκε ότι ο ανθρωπογενής θόρυβος διπλασίασε τα ηχητικά επίπεδα στο 63% των μονάδων προστατευόμενων περιοχών των ΗΠΑ και προκάλεσε αύξηση των ηχητικών επιπέδων των άγριων ζώων κατά 10% ή και περισσότερο, κατά 21%, ξεπερνώντας τα επιτρεπτά όρια μέσα στα οποία τα άγρια ζώα δεν διαταράσσουν τη συμπεριφορά τους, τη φυσική τους κατάσταση και τη σύνθεση της κοινότητάς τους. Αυξημένος θόρυβος βρέθηκε επίσης σε σπάνια είδη απειλούμενων ειδών, με το 14% να έχει 10-πλάσια αύξηση των ηχητικών του επιπέδων. Με δεκαπλάσια αύξηση του θορύβου του περιβάλλοντος, όπως διαπιστώθηκε στο ένα πέμπτο των προστατευόμενων περιοχών, οι φυσικοί ήχοι που θα μπορούσαν να ανιχνευθούν σε απόσταση 100 μέτρων μακριά μπορούν να ακουστούν μόνο 10 μέτρα μακριά.

## 2.2 Περιβαλλοντικός θόρυβος για τον άνθρωπο και το παιδί

Η ρύπανση λόγω θορύβου αποτελεί σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα για την Ευρώπη. Προκαλείται από τον θόρυβο που προέρχεται από διάφορες πηγές και παρατηρείται όχι μόνο στα πολυσύχναστα αστικά περιβάλλοντα, αλλά όλο και περισσότερο σε φυσικά περιβάλλοντα. Οι αρνητικές συνέπειες για όσους εκτίθενται σε ηχορύπανση περιλαμβάνουν: απειλές για την καλή διαβίωση και ποιότητα της ζωής των ανθρώπων, την επιδείνωση της ανθρώπινης υγείας αλλά και τον διαμελισμό του οικοσυστήματος και της άγριας πανίδας και χλωρίδας, μαθησιακές δυσκολίες και οικονομικά προβλήματα. Η έκθεση του ανθρώπου στον θόρυβο που δημιουργείται από τις μεταφορές και τη βιομηχανία μπορεί να οδηγήσει σε ενόχληση, στρες, διαταραχές του ύπνου και σχετικές αυξήσεις του κινδύνου υπέρτασης και καρδιαγγειακών παθήσεων. Ο ΕΟΠ εκτιμά ότι ο περιβαλλοντικός θόρυβος προκαλεί τουλάχιστον 16.600 περιπτώσεις πρόωρου θανάτου στην Ευρώπη ετησίως, ενώ σχεδόν 32 εκατομμύρια ενήλικοι ενοχλούνται από αυτό και άλλα 13 εκατομμύρια υποφέρουν από διαταραχές του ύπνου. Επιπλέον, εκτιμάται ότι 13 000 παιδιά σχολικής ηλικίας υφίστανται μαθησιακές δυσκολίες λόγω των επιπτώσεων του θορύβου κοντά σε μεγάλα αεροδρόμια της Ευρώπης. (The NOISE Observation & Information Service for Europe<sup>2</sup>)<sup>iv</sup>

ΕΙΚΟΝΕΣ 2.2, 2.3: ΤΑ ΠΑΙΔΙΑ ΕΝΟΧΛΟΥΝΤΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ, ΚΟΙΝΩΝΙΚΑ ΚΑΙ ΨΥΧΙΚΑ ΑΠΟ ΤΟΝ ΘΟΡΥΒΟ.



Οι επιδράσεις του θορύβου στη σωματική και ψυχική υγεία του παιδιού είναι πολλαπλές και ποικίλες. Συγκεκριμένα, ο θόρυβος επιδρά αρνητικά στο ακουστικό όργανο, καθώς και τη σωματική και ψυχική υγεία του παιδιού. Πιο αναλυτικά:

<sup>2</sup> <https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise>

**α) Αίσθηση της ακοής:** Ο θόρυβος έχει άμεση επίδραση στο ακουστικό όργανο, με επιπτώσεις τόσο προσωρινές όσο και μόνιμες. Το αυτί, αφού συλλάβει τους ήχους σε μορφή ηχητικών κυμάτων, τα μεταφέρει στον κοχλία και το όργανο του corti, το οποίο θα τα μετατρέψει, έτσι ώστε ο ήχος να μπορεί να προχωρήσει στο ακουστικό νεύρο. Έπειτα, το μήνυμα μεταφέρεται στον εγκέφαλο και έτσι αντιλαμβανόμαστε τον ήχο.

Η πρώτη βλάβη που μπορεί να παρουσιαστεί στο αυτί ενός παιδιού από θορύβους υψηλής έντασης είναι στον κοχλία και συγκεκριμένα στο όργανο του corti. Η συχνή έκθεση σε δυνατούς ήχους αναγκάζει τα τριχωτά κύτταρα που βρίσκονται στον κοχλία να εργάζονται υπερβολικά, και έτσι μπορούν να φθαρούν ή να καταστραφούν. Ως αποτέλεσμα αυτής της φθοράς, το ηχητικό σήμα δεν μπορεί να μετατραπεί σε μηχανοηλεκτρικό, και επομένως δεν μπορεί να προχωρήσει στο ακουστικό νεύρο και έπειτα στον εγκέφαλο. Τα τριχωτά αυτά κύτταρα δεν αναπαράγονται, γι' αυτό η φθορά τους είναι μη αναστρέψιμη!

Αν η έκθεση σε θορύβους είναι σύντομη, τότε το αυτί του παιδιού έχει τη δυνατότητα να επιστρέψει σταδιακά στη φυσιολογική του λειτουργία μετά από κάποιο διάστημα. Είναι πιθανό να μειωθεί η ευαισθησία του αυτιού, να μετατοπιστεί το κατώφλι ακοής, όμως μπορεί να επανέλθει μετά από μέρες η βδομάδες ανάλογα με την ένταση και τη διάρκεια του θορύβου.

**β) Φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού:** Εάν το παιδί εκτεθεί σε θορύβους οι οποίοι είναι ανεπιθύμητοι και επομένως του προκαλέσουν **άγχος**, τότε αυξάνονται οι ορμόνες του στρες στο αίμα, επιταχύνεται ο καρδιακός παλμός, συσπώνονται τα αιμοφόρα αγγεία και αυξάνεται η πίεση. Η οργανική αντίδραση αυτή στο θόρυβο είναι έντονα αγχωτική. Το σώμα αντιδρά στο θόρυβο όμοια όπως σε μια κατάσταση άμεσης ανάγκης.

**γ) Ψυχισμός του παιδιού :** Κατά την έκθεση σε έντονους θορύβους εκκρίνονται οι ορμόνες του στρες (αδρεναλίνη, νορεπινεφρίνη) και έτσι μπορεί να μεταβληθεί η ψυχική διάθεση του παιδιού. Συνήθεις επιπτώσεις στη διάθεση είναι η νευρικότητα και η **επιθετικότητα**. Επίσης, η χρόνια έκθεση σε θορύβους μπορεί να προκαλέσει διαταραχή στον **ύπνο** του παιδιού. Ο θόρυβος προκαλεί μια γενική αντίδραση **άγχους** η οποία επιδρά επίσης στην ικανότητα του παιδιού για προσοχή, **συγκέντρωση**, καθώς και στην ικανότητά του για αντίληψη, **επικοινωνία** και διατήρηση κινήτρου (Bistrup, 2002).<sup>v</sup>

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) ταξινόμησε μόνο τον θόρυβο από την οδική κυκλοφορία ως τον **δεύτερο χειρότερο περιβαλλοντικό παράγοντα άγχους** που πλήττει την ανθρώπινη υγεία στην Ευρώπη, πίσω από την ατμοσφαιρική ρύπανση που προκαλείται από πολύ λεπτά σωματίδια. (*The NOISE Observation & Information Service for Europe* <sup>3)</sup><sup>vi</sup>

---

<sup>3</sup> <https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise>

ΕΙΚΟΝΑ 2.4: Ο ΠΟΥ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΕ ΜΟΝΟ ΤΟΝ ΘΟΡΥΒΟ ΑΠΟ ΤΗΝ ΟΔΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΩΣ ΤΟΝ ΔΕΥΤΕΡΟ ΧΕΙΡΟΤΕΡΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΑΓΧΟΥΣ



Οι παραγόμενοι θόρυβοι έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Οι πιο αναγνωρισμένες διεθνώς υποθέσεις των επιπτώσεων του θορύβου, αναφέρονται στη συνέχεια:

Υπόθεση για επιπτώσεις στον βιολογικό μηχανισμό - απώλεια ακοής: έχει τεκμηριωθεί επιστημονικά ότι ο θόρυβος προκαλεί ιδιαιτέρως δυσμενείς επιπτώσεις στην βιολογικό μηχανισμό του ανθρώπου και συγκεκριμένα στο πεδίο της ακοής. Διακρίνεται σε **μόνιμη ακουστική απώλεια** (Permanent Hearing Loss) και σε **περιοδική** (Temporary Hearing Loss). Υπόθεση για επιπτώσεις σε μεταβατικές διαδικασίες : αφορά στην πλέον διαδεδομένη περίπτωση υπόθεσης που δημιουργεί ο θόρυβος, την δημιουργία άγχους (stress), το οποίο οδηγεί σε δυσμενείς επιπτώσεις για την υγεία. Μία υπόθεση διόλου απλή, πολυπαραγοντική και με πολλούς αποπροσανατολιστικούς κινδύνους που δεν έχει στηριχθεί επιστημονικά.

Υπόθεση για καθοριστικές επιπτώσεις σε κατηγορίες ανθρώπων: σε αυτή την υπόθεση, οι επιπτώσεις του θορύβου προωθούν επιπτώσεις στην υγεία ανθρώπων που πάσχουν από ασθένειες όπως υπέρταση ή ψυχικές νόσους κλπ.

Ο περιβαλλοντικός θόρυβος συντίθεται από ήχους ποικίλων εντάσεων και συχνοτήτων. Το ανθρώπινο αυτί έχει διαφορετική ευαισθησία στις διαφορετικές συχνότητες. Έχει επιτευχθεί η προσομοίωση του ανθρώπινου αυτιού με επιστημονικές μεθόδους μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η έμφαση σε συγκεκριμένες συχνότητες όπως ακριβώς το ανθρώπινο αυτί.

Ο περιβαλλοντικός θόρυβος εκφράζεται σε dB (A) όπου A η κλίμακα που δίνει έμφαση στις συχνότητες περί τα 2.000 Hz. Τα μετρούμενα dB(A) δεν μπορούν προστεθούν γραμμικά όπως τα άλλα μεγέθη. Για το άθροισμα των μετρήσεων απαιτείται η χρήση λογαριθμικής κλίμακας. Για συνήθεις ήχους το εύρος της κλίμακας μέτρησης ποικίλλει από 0 έως 130 dB. Το άθροισμα δύο θορύβων της ίδιας ακουστικής στάθμης  $L_0$  σε dB (A) θα έχει το ίδιο αποτέλεσμα, ασχέτως της στάθμης, μία αύξηση 3 dB (A) δηλαδή  $L_0 + 3$  dB(A), που δεν γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο αυτί. Συνεπώς για στάθμες περιβαλλοντικού θορύβου που διαφέρουν κατά 3 dB (A), η ισχυρότερη έχει διπλάσια ένταση σε σχέση με την

ασθενέστερη. Π.χ η στάθμη των 85 dB (A) είναι διπλάσιας έντασης από αυτή των 82 dB (A).

Οι σημαντικές επιπτώσεις του θορύβου στην ανθρώπινη υγεία και η αύξηση του πληθυσμού οδήγησαν στην περαιτέρω ανάλυση και κατηγοριοποίησή του. Με τη συνδρομή της στατιστικής επιστήμης έχουν συνταχθεί δείκτες μέτρησης του θορύβου. Οι δείκτες βοηθούν στην εκτίμηση και στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων του θορύβου. Με την βοήθεια των στατιστικών δεικτών μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για τις επιπτώσεις του θορύβου και κατά συνέπεια για να ληφθούν μέτρα για την αντιμετώπισή τους.

## 2.3 Περιβαλλοντικός θόρυβος στον χώρο εργασίας

Ο θόρυβος στο χώρο εργασίας μπορεί να είναι επικίνδυνος και να οδηγήσει σε καταστρεπτικές επιπτώσεις. Συχνά οι εργαζόμενοι αντιμετωπίζουν δυσκολίες στον ύπνο λόγω των υψηλών επιπέδων θορύβου για μεγάλο χρονικό διάστημα. Εκτός από την πρόκληση προβλημάτων ακοής, ο θόρυβος μπορεί να επηρεάσει την απόδοσή μας στην εργασία συμπεριλαμβανομένης της έλλειψης προσοχής και συγκέντρωσης κατά τη διάρκεια ανάγνωσης ή παραγωγής κειμένου. Επιπλέον ο θόρυβος μπορεί να είναι η αιτία ατυχημάτων λόγω παρεμβολών στην επικοινωνία, λάθος κατανόησης προφορικών οδηγιών και επισκίαση των ήχων ενός επερχόμενου κινδύνου.

Συχνά τα επίπεδα του θορύβου ξεπερνούν τις τιμές των ορίων σε πολλούς τομείς όπως η γεωργία, οι κατασκευές, οι επισκευές, η βιομηχανία τροφίμων και ποτών, η ξυλουργική, τα χυτήρια ή η ψυχαγωγία. Το 2000, το 29% των εργαζομένων στην ΕΕ, δήλωσαν ότι εκτέθηκαν σε υψηλά επίπεδα θορύβου τουλάχιστον για το ένα τέταρτο του συνολικού χρόνου και το 11% καθ' όλη τη διάρκεια.

ΕΙΚΟΝΑ 2.5: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΠΗΓΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΑΠΟ ΕΡΓΑΣΙΕΣ.



Σύμφωνα με ευρωπαϊκές και εθνικές πηγές, βρισκόμαστε σε υψηλότερο κίνδυνο να εκτεθούμε σε υψηλά επίπεδα θορύβου σε περιπτώσεις πλήρους απασχόλησης χωρίς μόνιμη σύμβαση εργασίας ή ως νέοι εργαζόμενοι. Υποστηρίζουν ότι αυτές οι δυο ομάδες ανθρώπων λαμβάνουν λιγότερη πληροφόρηση σχετικά με θέματα υγείας και ασφάλειας, λιγότερη εκπαίδευση και λιγότερη επίβλεψη και επιτήρηση κατά τη διάρκεια της εργασίας τους. Αυτό δεν πρέπει να συμβαίνει και οι εργοδότες οφείλουν να παρέχουν την ίδια πληροφόρηση, εκπαίδευση και επίβλεψη σε όλους τους εργαζόμενους.



Τα μέσα προστασίας της ακοής δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται ως το μόνο μέσο προστασίας. Πρέπει να γίνονται μετρήσεις για τον έλεγχο ή τη μείωση του θορύβου. Οι μετρήσεις στο χώρο εργασίας πρέπει να στοχεύουν στη μείωση της έκθεσης, ώστε ο κίνδυνος απώλειας της ακοής να εξαλείφεται ή να μειώνεται. Οι έλεγχοι από τη διοίκηση και η εκπαίδευση μπορούν να φέρουν αλλαγές στο χρόνο εργασίας, σε διαδικασίες και κανόνες ώστε όλοι οι εργαζόμενοι να τους ακολουθούν.

Όλα τα μέσα προστασίας της ακοής πρέπει να συνοδεύονται από έναν αριθμό κατάταξης ή αλλιώς SNR. Αυτός ο αριθμός παρέχει την εκτιμώμενη προστασία και δίνει στον εργαζόμενο προστασία για περίπου 38dB. Η προστασία υφίσταται όταν το μέσο προστασίας λειτουργεί σωστά. Κατά συνέπεια η εκπαίδευση των εργαζομένων στον χρόνο και τον τρόπο χρήσης είναι απαραίτητη.

Προστασία της ακοής μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ανθρώπους που υποφέρουν ήδη από βλάβες στην ακοή χωρίς να είναι ο μόνος τρόπος προστασίας από τον θόρυβο. Η επιβολή διαδικασιών στο χώρο εργασίας για τη μείωση ή την εξάλειψη των κινδύνων μπορεί να φανεί χρήσιμη. Ο θόρυβος στην εργασία παραμένει σημαντικός κίνδυνος και ως τέτοιος θα πρέπει να αντιμετωπίζεται από τους εργοδότες ώστε να λαμβάνονται και να εφαρμόζονται όλα τα απαραίτητα μέτρα.

*ΕΙΚΟΝΑ 2.6: ΣΗΜΑΝΣΗ ΓΙΑ ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ ΜΕΣΟΥ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΟΗΣ.*



Η μελέτη και κατανομή του συγκοινωνιακού θορύβου σε μετρήσιμα & ελεγχόμενα μεγέθη έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας από την επιστημονική κοινότητα σε συνεργασία με φορείς δημοσίου συμφέροντος και εκπροσώπους του ιδιωτικού τομέα και οδήγησε σε θέσπιση νομοθετικού πλαισίου.



ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1: ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΗΓΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ – ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ.

Επίπεδα	Πηγή θορύβου	Επιπτώσεις στην υγεία
140dB	Απογείωση τζέτ, πυροτέχνημα, πυροβολισμός	Ξαφνική βλάβη στην ακοή
130dB	Υπέρβαση του ορίου πόνου	
120dB	Σειρήνα ασθενοφόρου, πνευματικό τρυπάνι, ρόκ συναυλία	
110dB	Νυχτερινά κέντρα, ντίσκο	Απώλεια ακοής, εμβοές
100dB	Μοτοσυκλέτα στα 50km/h	
90dB	Φορτηγό νταλικά στα 50km/h	
85dB	Προτεινόμενη χρήση προστασίας ακοής στη βιομηχανία	Καρδιαγγειακές επιπτώσεις
75dB		
70dB		
65dB		Διαταραχές ύπνου
60dB		
55dB	Επιθυμητό επίπεδο εξωτερικού χώρου	
50dB	Φυσιολογικό επίπεδο συνομιλίας	Στρες
40dB	Ήσυχο προάστιο	
30dB	Ψίθυρος	
20dB	Φυσιολογικό επίπεδο συνομιλίας	Ενόχληση

Υπάρχουν πολλοί όροι στην υγεία και την ασφάλεια όπως οι οδηγίες, οι κανονισμοί, οι νομοθεσίες, οι κώδικες καλής πρακτικής και τα πρότυπα. Μια οδηγία είναι δεσμευτική στο σύνολό της και υποχρεώνει τα κράτη μέλη να την ενσωματώσουν στην κρατική νομοθεσία μέσα σε προκαθορισμένα χρονικά πλαίσια. Μια οδηγία τίθεται σε εφαρμογή με τη δημοσίευσή της στην επίσημη εφημερίδα της ΕΕ.

Η ισχύουσα οδηγία για το θόρυβο στην εργασία στην Ευρώπη είναι η Οδηγία 1986/EEC που αναφέρεται στην έκθεση σε επαγγελματικό θόρυβο. Παρέχει προστασία σε όλους τους εργαζόμενους έναντι των κινδύνων που προκαλούνται από το θόρυβο. Στη συνέχεια τροποποιήθηκε το 2002 καθώς αποφασίστηκε η έκδοση νέας η οποία να καλύπτει τις ελάχιστες απαιτήσεις υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων από φυσικούς παράγοντες όπως οι δονήσεις. Σύμφωνα με το νέο κανονισμό 2016/425/ EU, ο θόρυβος μεταφέρθηκε στην **Κατηγορία III - Πολύ σοβαρές επιπτώσεις, ειδική λίστα**, σε σχέση με τις απαιτήσεις σε μέσα ατομικής προστασίας.

## 2.4 Η συστηματική μελέτη του Οδικού Κυκλοφοριακού Θορύβου ως διαθέσιμο και προσιτό μέτρο, περιορισμού του Περιβαλλοντικού Θορύβου.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization, WHO) αξιολόγησε περισσότερα από 20 διαθέσιμα και οικονομικά προσιτά μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών ρύπων βραχείας διάρκειας, συμπεριλαμβανομένων των προτύπων για τις εκπομπές των οχημάτων, τη δέσμευση των αερίων υγειονομικής ταφής, τη μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, τη μείωση των απορριμμάτων τροφίμων και τη βελτίωση των καυσίμων οικιακής χρήσης, τη βελτίωση της υγείας, τη μείωση των εκπομπών SLCP και την πρόληψη της κλιματικής αλλαγής<sup>5</sup>.

Από τα 20 αξιολογούμενα μέτρα ο ΠΟΥ ανέπτυξε τις 4 κορυφαίες ενέργειες που απέδωσαν οφέλη για την υγεία και το κλίμα.

Οι τέσσερις κορυφαίες παρεμβάσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας συμπεριλαμβάνουν την ενίσχυση πολιτικών και επενδύσεων που αφορούν στη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ηχορύπανσης όπως την μείωση των ρύπων και . Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνολικά οι παρεμβάσεις:

- ✓ Η μείωση των εκπομπών των οχημάτων μέσω της εφαρμογής υψηλότερων προτύπων εκπομπών και απόδοσης θα μπορούσε να μειώσει τον μαύρο άνθρακα και άλλους ρύπους ορυκτών καυσίμων, να βελτιώσει την ποιότητα του αέρα και να μειώσει την επιβάρυνση των νόσων που οφείλονται στην εξωτερική ατμοσφαιρική ρύπανση.
- ✓ Οι πολιτικές και οι επενδύσεις που αποδίδουν προτεραιότητα στην αποκλειστική ταχεία μετάβαση, όπως τα λεωφορεία και τα τρένα, και η προώθηση ασφαλών δικτύων πεζών και κύκλων μπορούν να προωθήσουν πολλαπλά οφέλη, όπως: ασφαλέστερα ταξίδια και **μειωμένοι κίνδυνοι για την υγεία από την ατμοσφαιρική ρύπανση και την ηχορύπανση**, τη σωματική αδράνεια και τους τραυματισμούς από τροχαία ατυχήματα.
- ✓ Η παροχή καθαρότερων και αποδοτικότερων εναλλακτικών μορφών ενέργειας σε θέρμανση και καύσιμα στα περίπου 2,8 δισεκατομμύρια νοικοκυριά χαμηλού εισοδήματος που εξαρτώνται κυρίως από ξύλο, κοπριά και άλλα στερεά καύσιμα για θέρμανση και μαγειρική, θα μπορούσε να μειώσει τις ασθένειες που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση και να μειώσει τους κινδύνους για την υγεία και τον χρόνο που επενδύεται συλλογή καυσίμων.
- ✓ Η ενθάρρυνση των πληθυσμών υψηλού και μεσαίου εισοδήματος να αυξήσουν την κατανάλωση θρεπτικών φυτικών τροφών θα μπορούσε να μειώσει τις καρδιακές παθήσεις και κάποιους καρκίνους και αργές εκπομπές μεθανίου που συνδέονται με ορισμένες ζωικές τροφές.

Το 1999 ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization, WHO) ορίζει ως **περιβαλλοντικό, τον θόρυβο** που προέρχεται από τις οδικές, σιδηροδρομικές και αεροπορικές μεταφορές όπως επίσης και από την γειτονιά (Bergland B. et al, 1999).<sup>vii</sup>

Το 2002 θεσμοθετείται ευρωπαϊκά μια κοινή προσέγγιση/στρατηγική για την αποφυγή, την πρόληψη ή τον περιορισμό, με βάση την ιεράρχηση των προτεραιοτήτων, των επιβλαβών επιπτώσεων στους κατοίκους, λόγω της έκθεσής τους στον περιβαλλοντικό θόρυβο.

<sup>5</sup> <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/reducing-climate-pollutants/en/>

Τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης θα εφαρμόσουν τους δείκτες θορύβου  $L_{den}$  και  $L_{night}$  που θα καθοριστούν με τη βοήθεια των μεθόδων αξιολόγησης.

Για την επίτευξη των προαναφερόμενων θα πρέπει να εφαρμοστούν σταδιακά οι ακόλουθες ενέργειες:

- ✓ • προσδιορισμός της έκθεσης στον περιβαλλοντικό θόρυβο, μέσω της χαρτογράφησης θορύβου, με κοινές για τα κράτη μέλη μεθόδους αξιολόγησης
- ✓ • εξασφάλιση της διάθεσης στο κοινό των πληροφοριών για τον περιβαλλοντικό θόρυβο και των επιπτώσεων αυτού στους πολίτες
- ✓ • προετοιμασία και υιοθέτηση των σχεδίων δράσης από τα κράτη μέλη, που βασίζονται στα αποτελέσματα της χαρτογράφησης του θορύβου, με σκοπό την πρόληψη και τον περιορισμό του περιβαλλοντικού θορύβου όπου είναι απαραίτητο και ιδιαίτερα όπου τα επίπεδα έκθεσης μπορούν να έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, αλλά και τη διατήρηση της ποιότητας του ακουστικού περιβάλλοντος όπου αυτή είναι καλή.

### 3. Ο Περιβαλλοντικός Θόρυβος στις Αστικές Σιδηροδρομικές Ελληνικές Συγκοινωνίες

#### 3.1 Θόρυβος & Μεταφορές

Τα οφέλη από την συστηματική συνδυασμένη χρήση των δημοσίων μέσων μεταφοράς είναι πολλαπλά για τους κατοίκους, τόσο για τους χρήστες των δημοσίων μέσων (ταχύτητα, άνεση, ασφάλεια, αξιοπιστία), όσο και γενικότερα (μείωση ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καταπολέμηση του θορύβου, κλπ.) για την πόλη.

Στην Ελλάδα, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι συγκοινωνιακές υποδομές και ιδιαίτερα οι οδικές μεταφορές αποτελούν το κύριο μέσο μετακίνησης ατόμων και αγαθών και ότι ο θόρυβος από την οδική κυκλοφορία αποτελεί την κύρια πηγή ενόχλησης και υποβάθμισης αστικού τοπίου, επιβάλλεται ως αναγκαία και ικανή συνθήκη για την πόλη του 21ου αιώνα η αλληλεξάρτηση της πολεοδομίας, ως θεσμικής ρύθμισης και τεχνολογίας της ανάπτυξης των πόλεων, με τον συγκοινωνιακό σχεδιασμό και το σύστημα μεταφορών, ώστε αυτή να καταστεί οδηγός για την πολεοδομική οργάνωση, με στόχο την αντιμετώπιση του θορύβου ως όχληση του περιβάλλοντος και την προστασία του ακουστικού τοπίου. Το ακουστικό τοπίο και το ακουστικό περιβάλλον λαμβάνεται υπόψη με τρεις διαστάσεις εξαιρετικά αλληλένδετες η μία με την άλλη και σημαντικές στην ανάλυση και κυρίως στη νομοθετική διαδικασία:

Ως ένα ηχητικό περιβάλλον (*environnement sonore*) όπου εκπέμπονται και λαμβάνονται τα ηχητικά σήματα,

Ως ένα ηχητικό περιβάλλον κοινωνικό (*milieu sonore*) όπου «διαδραματίζονται οι κοινωνικές σχέσεις δια μέσου των διαφόρων δραστηριοτήτων και πρακτικών του ανθρώπου (με βάση τους κοινωνικούς κανόνες) μέσα στο χώρο» και,

Ως ένα ηχητικό τοπικό (*paysage sonore*) με το οποίο ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τον Ηχητικό κόσμο «μέσα από την αισθητική εμπειρία του».

Σύμφωνα με το σύγγραμμα ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ & ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ του Dr Βογιατζή<sup>viii</sup>, τα βασικά είδη θορύβου είναι:

«**Συνεχής θόρυβος**»: παράγεται από μηχανήματα που λειτουργούν αδιάκοπα με τον ίδιο ρυθμό( π.χ ανεμιστήρες, αντλίες κλπ)

«**Περιοδικός θόρυβος**»: παράγεται όταν τα μηχανήματα λειτουργούν με διακοπές ή όταν διέρχονται μεμονωμένα οχήματα και τα επίπεδα θορύβου αυξομειώνονται άμεσα (π.χ η διέλευση ενός αεροπλάνου)

«**Αιφνίδιος θόρυβος**»: που παράγεται από συγκρούσεις ή εκρήξεις και ο θόρυβος είναι απότομος και σύντομος αλλά επειδή είναι αναπάντεχος προκαλεί μεγαλύτερη ενόχληση από την αναμενόμενη

Για τη διαχείριση του συγκοινωνιακού θορύβου χρησιμοποιούνται οι **δείκτες περιβαλλοντικών θορύβων Ln**.

Οι δείκτες περιβαλλοντικού συγκοινωνιακού θορύβου και θορύβου περιβάλλοντος (θορύβου βάθους) μπορούν να οδηγήσουν στην εκτίμηση των θορύβων και στην αντιμετώπισή τους.

Για παράδειγμα, σε μια μεγάλη σειρά κυκλοφοριακών μετρήσεων είναι δυνατός ο υπολογισμός μιας μέσης τιμής η οποία ονομάζεται «μέση στάθμη» ή στάθμη  $L_{50}$ . Πρόκειται για δείκτη που υπολογίζει τη στάθμη που έχει ξεπεραστεί στο 50% του χρόνου παρατήρησης.

Ένας άλλος σημαντικός δείκτης είναι ο  $L_{10}$  που υπολογίζει τη μέση στάθμη κορυφής (Mean Peak Noise) που υπολογίζει τη στάθμη που έχει ξεπεραστεί, στο 10 % του χρόνου παρατήρησης. Αντίστοιχα υπολογίζεται και ο δείκτης  $L_1$  ως δείκτης στάθμης κορυφής (Peak Noise Level) που δείχνει τη στάθμη που ξεπεράστηκε κατά το 1% του χρόνου

παρατήρησης καθώς και η μέση στάθμη θορύβου βάθους (Background Noise Level) που ξεπεράστηκε κατά το 90 % -κατ' άλλους ερευνητές 95%- του χρόνου παρατήρησης ( $L_{90}$  ή  $L_{95}$ ).

Ένας πολυχρησιμοποιούμενος δείκτης αξιολόγησης είναι η **ισοδύναμη συνεχής στάθμη ήχου** (Equivalent Continuous Sound Level)  $L_{eq}$ , που εκφράζει τη συνεχή εκείνη στάθμη θορύβου, η οποία σε ορισμένη χρονική περίοδο έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου σταθερού ή μεταβαλλόμενου, κατά την ίδια περίοδο. (Βογιατζής, 2012)<sup>ix</sup>

Ο περιβαλλοντικός θόρυβος αποτελείται από ήχους διαφόρων εντάσεων και συχνοτήτων. Όμως το ανθρώπινο αυτί έχει διαφορετική ευαισθησία στις διάφορες συχνότητες. Γι' αυτό οι θόρυβοι που καταγράφονται από ένα μικρόφωνο φιλτράρονται και προσαρμόζονται με τον ίδιο τρόπο που το ανθρώπινο αυτί φιλτράρει και προσαρμόζει τους ήχους που δέχεται. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι προσομοίωσης του ανθρώπινου αυτιού που δίνουν λιγότερη έμφαση σε κάποιες συχνότητες και περισσότερη σε άλλες.

Για τον περιβαλλοντικό θόρυβο χρησιμοποιείται η κλίμακα (φίλτρο) A που δίνει έμφαση στις συχνότητες γύρω στα 2000 Hz και ο περιβαλλοντικός θόρυβος που καταγράφεται εκφράζεται σε dB(A).

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι «μονάδες μετρήσεων» θορύβου δεν χρησιμοποιούνται με την ίδια μέθοδο που χρησιμοποιούνται οι λοιπές μονάδες μήκους. Η απλή άθροιση των decibels είναι αδύνατη, λόγω του ότι η κλίμακα dB(A) είναι λογαριθμική και όχι γραμμική. Για τους συνήθεις ήχους το εύρος της στάθμης ποικίλλει από 0 έως 130 decibel περίπου.

Επισημαίνεται ότι το άθροισμα δύο θορύβων της ίδιας ακουστικής στάθμης  $L_0$  σε dB(A) θα έχει σαν αποτέλεσμα, ασχέτως της στάθμης, μία αύξηση 3 dB(A) δηλαδή ένα συνολικό επίπεδο  $L_0 + 3$  dB(A). Έτσι η άθροιση 10 θορύβων του ίδιου επιπέδου  $L_0$  θα δώσει ένα συνολικό θόρυβο  $L_0 + 10$  dB(A), ενώ η διαφορά των 3 dB(A) στην άθροιση δύο θορύβων είναι πολύ δύσκολο να γίνει αντιληπτή από το αυτί.

Συνεπώς, για στάθμες περιβαλλοντικού θορύβου που διαφέρουν κατά 3 dB, η ισχυρότερη έχει διπλάσια ένταση σε σχέση με την ασθενέστερη, δηλαδή η στάθμη των 85 dB είναι διπλάσιας έντασης από αυτή των 82 dB, ενώ δύο ήχοι 85dB προστιθέμενοι έχουν στάθμη 88dB και όχι 170dB. Συνεπώς, η άθροιση 10 ήχων του ίδιου επιπέδου θα καταλήξει σε ένα συνολικό ήχο αυξημένο κατά 10 dB σε σχέση με την κάθε μεμονωμένη στάθμη.

Αξιοσημείωτο, επίσης, είναι το γεγονός ότι η διαφορά των 3dB στην άθροιση δύο ήχων είναι πολύ δύσκολο να γίνει αντιληπτή από το αυτί, ενώ μία αύξηση 10 dB(A) αυξάνει σημαντικά την ηχητική εντύπωση ή γενικότερα την ακουστική όχληση. Ανάλογα, μία μείωσή κατά 10 dB βελτιώνει αισθητά αυτή την εντύπωση.

Στη συνέχεια αναφέρονται **βασικές έννοιες** για τη μελέτη του Περιβαλλοντικού Θορύβου:

**Στάθμη Ηχητικής Πίεσης (SPL):** είναι το βασικό μέτρο της έκτασης των ακουστικών δονήσεων του αέρα που προκαλούν θόρυβο. Η «ηχητική πίεση αναφοράς» είναι ο χαμηλότερος ήχος που μπορεί να ακούσει το ανθρώπινο αυτί με αξία 20 micro-Pascals (20μPa). Η υψηλότερη πίεση που μπορεί να ακούσει το ανθρώπινο αυτί χωρίς να προκληθεί βλάβη είναι περίπου 20 Pascals. Αυτή η πίεση είναι 1.000.000 φορές υψηλότερη από την «ηχητική πίεση αναφοράς».

**Τα decibels (dB):** Σε αυτό το επίπεδο των 1.000.000 φορές, το ανθρώπινο αυτί δεν είναι σε θέση να διακρίνει διαφορά της τάξης του ενός micro- Pascal. Μια διαφορά ανάμεσα σε 20 ή 21 micro-Pascals δεν είναι ικανή να ακουστεί ακόμα και ανάμεσα σε 20 και 40 micro-

Pascals. Ο διπλασιασμός της ακουστικής πίεσης δεν είναι αισθητή από το ανθρώπινο αισθητήριο σύστημα ως διπλό επίπεδο ακουστικής πίεσης. Τα decibel (dB) έχουν μια κλίμακα: Τα 0 dB εκφράζουν την έναρξη που μπορεί κάτι να ακουστεί (20μPa) και τα περίπου 120 dB εκφράζουν την έναρξη του πόνου, π.χ. το μάξιμουμ.

**“A” συχνότητα weighting:** Εξομοίωση του τρόπου που ανταποκρίνεται το ανθρώπινο αυτί σε ένα εύρος ακουστικών συχνοτήτων.

**L<sub>Aeq</sub>, T:** Δείκτης περιβαλλοντικού θορύβου που χρησιμοποιείται ευρέως και υπολογίζει μία συνεχή στάθμη θορύβου με το ίδιο περιεχόμενο ενέργειας όσο είναι και το κυμαινόμενο σήμα ακουστικού θορύβου που μετράται.

**L<sub>AE</sub> Στάθμη Ηχητικής Έκθεσης (SEL):** συνδέεται στενά με τον δείκτη L<sub>Aeq</sub> για την εκτίμηση περιπτώσεων (αεροσκάφη, τρένα κλπ) που περιέχουν την ίδια ποσότητα ακουστικής ενέργειας για μία «κανονική» περίοδο ενός δευτερολέπτου με την πραγματική περίπτωση θορύβου που είναι υπό εξέταση.

**L<sub>AFMax</sub>, L<sub>ASMax</sub> ή L<sub>AIMax</sub>:** Μέγιστο (max) Α-σταθμικό επίπεδο θορύβου που μετράται με Γρήγορο (F), Αργό (S) ή Αυθόρμητη (I) στάθμη χρόνου. Είναι η υψηλότερη στάθμη περιβαλλοντικού θορύβου που υπάρχει κατά τη διάρκεια της μέτρησης.

**L<sub>AFMin</sub>, L<sub>ASMin</sub> ή L<sub>AIMin</sub>:** Ελάχιστο (min) Α-σταθμικό επίπεδο θορύβου που μετράται με Γρήγορο (F), Αργό (S) ή Αυθόρμητη (I) στάθμη χρόνου. Είναι το χαμηλότερο επίπεδο περιβαλλοντικού θορύβου που υπάρχει κατά τη διάρκεια της μέτρησης.

**L<sub>AFn</sub>, T Ποσοστιαία επίπεδα:** Το Α-σταθμικό επίπεδο θορύβου που ξεπερνά το n% του χρόνου μέτρησης (πρέπει να δηλωθεί η στάθμιση θορύβου - συνήθως γρήγορη).

**Παράμετροι Αεροπορικού Θορύβου:** Εάν ο αεροπορικός θόρυβος υπολογίζεται σαν μια απλή πηγή θορύβου (όπως συμβαίνει συνήθως) τότε οι συνηθισμένες παράμετροι περιβαλλοντικού θορύβου που απαιτούνται είναι οι L<sub>ASMax</sub> και L<sub>AE</sub> (σε κάποια παλιότερα standards αντιστοιχεί με την L<sub>AX</sub>) για μεμονωμένα περιστατικά και οι L<sub>Aeq,T</sub> για μια διαδοχή περιστατικών θορύβου. Σε κάποιες περιπτώσεις (πχ πιστοποίηση αεροσκαφών), λεπτομερέστετη ανάλυση του 1/3-οκταβικού φασματικού περιεχομένου του αεροπορικού θορύβου είναι εφικτή με διαλείμματα του 0.5 δευτερολέπτου. Το Αντιληπτό επίπεδο θορύβου (LPN) τότε υπολογίζεται μετατρέποντας τα επίπεδα ηχητικής πίεσης σε αντιληπτές αξίες φασαρίας σύμφωνα με τα πρότυπα ICAO Annex 16 standards.

### 3.2 Σχεδιασμός των Αστικών Σιδηροδρόμων στην Ελλάδα

Η ανάπτυξη των Αστικών Σιδηροδρόμων είναι ένα από τα πρώτα μεγάλα έργα υποδομής στο οποίο εφαρμόζονται οι αρχές της περιβαλλοντικής διαχείρισης με χρήση μεθόδων οργάνωσης και εφαρμογής των μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος, κατά τη διάρκεια της μελέτης, της κατασκευής, της λειτουργίας και της συντήρησης του έργου.

Αναγνωρίζοντας τις ανάγκες για συστηματικό σχεδιασμό, προγραμματισμό και χάραξη οικονομικής πολιτικής στον τομέα των αστικών συγκοινωνιών, το ελληνικό κράτος ίδρυσε το έτος 1978, έναν ανεξάρτητο κρατικό φορέα, που είχε ως σκοπό τον συντονισμό και την υποστήριξη των Αστικών Συγκοινωνιών, τον Οργανισμό Αστικών Συγκοινωνιών Ο.Α.Σ.

Οι αυξημένες ανάγκες για αστικές μεταφορές του επιβατικού κοινού εντός του Λεκανοπεδίου Αττικής- για την Αθήνα και τα προάστια-, αλλά και η μελλοντική διεξαγωγή



Ολυμπιακών Αγώνων στην πόλη της Αθήνας, αποτέλεσαν στις αρχές της δεκαετίας των '90 το έναυσμα για τη συστηματική μελέτη, κατασκευή, οργάνωση, διοίκηση, λειτουργία, εκμετάλλευση και ανάπτυξη του δικτύου Αστικών Σιδηροδρόμων.

Με τον Ν. 1995/91 που δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 112/Α/18-7-1991, ιδρύθηκε η ανώνυμη εταιρεία **ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ Α.Ε (ΑΜ)**, ως νομικό πρόσωπο ιδιωτικού δικαίου, με μοναδικό μέτοχο της εταιρείας το Ελληνικό Δημόσιο, και με σκοπό τη **μελέτη, κατασκευή, οργάνωση, διοίκηση, λειτουργία, εκμετάλλευση και ανάπτυξη του δικτύου Αστικών Σιδηροδρόμων** αλλά και γενικά των Ηλεκτρικών Σιδηροδρόμων του Νομού Αττικής όπως επίσης και του Νομού Θεσσαλονίκης -εκτός από το σιδηροδρομικό δίκτυο ΟΣΕ-. Από την ισχύ του Ν.1955/91 η ΑΜ κατέστη Κύριος όλων των Έργων που εμπίπτουν στους σκοπούς της, ως φορέα κατασκευής.

Στα τέλη του 1993, ιδρύεται η ανώνυμη εταιρεία Οργανισμός Αστικών Συγκοινωνιών Αθηνών (Ο.Α.Σ.Α. Α.Ε.) ως Νομικό Πρόσωπο Ιδιωτικού Δικαίου και διάδοχος του Ο.Α.Σ. και των αρμοδιοτήτων του. Το 1996, το καταστατικό του Ο.Α.Σ.Α. τροποποιείται και προσαρμόζεται στις διατάξεις του Ν.2414/96 περί εκσυγχρονισμού των Αστικών Συγκοινωνιών. Από τον Δεκέμβριο του 1998 με τη δημοσίευση του Νόμου 2669 οι Αστικές Συγκοινωνίες της περιοχής Αθηνών-Πειραιώς και Περιχώρων εισέρχονται σε νέα φάση. Με τον Ν. 2699/98 ιδρύθηκε η θυγατρική εταιρεία της ΑΜ με την επωνυμία **ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ Α.Ε. (ΑΜΕΛ)** με σκοπό τη λειτουργία και εκμετάλλευση των -τότε- υπό κατασκευή γραμμών 2 & 3 και κάθε επέκτασής τους, καθώς και των εγκαταστάσεων, τροχαίου υλικού και εν γένει των υλικών και μέσων.

Το 2002 με άρθρο 9 του Ν. 3010/02, όπως δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 91/Α/25-04-2002, ανατέθηκε στην ΑΜ η αρμοδιότητα κατασκευής Χώρων Στάθμευσης και Σταθμών Μετεπιβίβασης για την εξυπηρέτηση των Σταθμών των Γραμμών 2 & 3 του Μετρό και των επεκτάσεών τους. Ειδικότερα, προβλεπόταν η κατασκευή συγκεκριμένων Χώρων Στάθμευσης και Σταθμών Μετεπιβίβασης από την ΑΜ με ίδια κεφάλαια ή με την διαδικασία παραχώρησης, οι οποίοι στη συνέχεια παραδόθηκαν στην θυγατρική ΑΜΕΛ για τη διαχείριση, λειτουργία και εκμετάλλευσή τους.

Το 2011, με το ΦΕΚ 1454/Β/17-06-2011 συνενώθηκαν τρεις εταιρείες: ο Ηλεκτρικός Σιδηρόδρομος Αθηνών Πειραιώς (Η.Σ.Α.Π), η Αττικό Μετρό Εταιρεία Λειτουργίας (Α.Μ.Ε.Λ), και η ΤΡΑΜ Α.Ε. προκειμένου να δημιουργηθεί η ΣΤΑ.ΣΥ Α.Ε. (Σταθερές Συγκοινωνίες), με πρωτεύοντα στόχο την εξοικονόμηση πόρων μέσω της δημιουργίας οικονομιών κλίμακας. Επιπλέον η συνένωση αφορούσε και στη συγκοινωνιακή διάσταση και την επιβεβλημένη συμπληρωματικότητα των μέσων σταθερής τροχιάς, ώστε αυτά να εδραιωθούν στη συνείδηση των πολιτών και των επισκεπτών του Λεκανοπεδίου, ως πρώτη επιλογή για τις μετακινήσεις τους.

Σε πιο πρόσφατη νομοθεσία-με τον Ν. 4070/12 που δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 85/Α/11-04-2012- η ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ ΑΕ ανέλαβε τις εξής αρμοδιότητες:

- την επέκταση του δικτύου του Τραμ
- την υλοποίηση αστικών παρεμβάσεων, αναπλάσεων δημοσίων χώρων, πεζοδρομήσεων ή άλλων κυκλοφοριακών ρυθμίσεων στην ευρύτερη περιοχή των έργων αρμοδιότητας της εταιρείας, δηλαδή στο πλαίσιο των έργων Μετρό και Τραμ.
- την εκπόνηση για λογαριασμό τρίτων, στην Ελλάδα και το εξωτερικό, αντί αμοιβής, μελέτες μεταφορών, μελέτες συγκοινωνιακών έργων, οποιουδήποτε τύπου και σταδίου, μελέτες οργάνωσης και διαχείρισης, ερευνητικά προγράμματα, καθώς και να παρέχει υπηρεσίες υποστήριξης και διαχείρισης αντίστοιχων έργων σε τρίτους.

### 3.3 Η Ανάπτυξη του ΜΕΤΡΟ στην Αττική.

Από την ίδρυση της ΑΤΤΙΚΟ ΜΕΤΡΟ ΑΕ μέχρι και το 1999, η κατασκευή των Γραμμών 2 και 3 του Μετρό Αθήνας εξελίχθηκε κανονικά και τον Ιανουάριο του 2000 τέθηκε σε λειτουργία το πρώτο τμήμα του έργου: η Γραμμή 2 «Σύνταγμα -Σεπόλια» και η Γραμμή 3, «Εθνική Άμυνα- Σύνταγμα», συνολικού μήκους 13 χλμ. με 14 Σταθμούς. Το Νοέμβριο του 2000 προστίθεται στο δίκτυο το τμήμα της Γραμμής 2 Σύνταγμα -Δάφνη, μήκους 5 χλμ. με 5 νέους Σταθμούς.

Τον Απρίλιο του 2003 προστίθεται στο δίκτυο του Μετρό το τμήμα της Γραμμής 3 Σύνταγμα - Μοναστηράκι (1,5 χλμ. και ένας νέος Σταθμός) και το καλοκαίρι του 2004 παραδίδονται οι πρώτες επεκτάσεις του δικτύου:

Η Γραμμή 3 (Μοναστηράκι -Εθνική Άμυνα) επεκτείνεται υπογείως προς τα Βόρεια (κατά 5,9 χλμ.) έως τον Σταθμό Δουκίσσης Πλακεντίας και από εκεί οι νέοι συρμοί του Μετρό αναδύονται στην επιφάνεια και μέσω των Γραμμών του Προαστιακού Σιδηροδρόμου φθάνουν στον Σταθμό του Διεθνούς Αεροδρομίου Αθηνών "Ελευθέριος Βενιζέλος".

Η Γραμμή 2 (Σεπόλια -Δάφνη) επεκτείνεται στα δυο της άκρα και το Μετρό πλέον φθάνει δυτικότερα στο σταθμό Άγιο Αντώνιο (Περιστέρι) και νοτιότερα στο σταθμό Άγιο Δημήτριο/Αλέκο Παναγούλη.

Το Μάιο του 2007 εντάσσεται στο δίκτυο του Μετρό η επέκτασή της Γραμμής 3 από το Μοναστηράκι έως το Αιγάλεω, μήκους 4,2 χλμ. με 3 νέους συγχρόνους Σταθμούς, βελτιώνοντας σημαντικά τη συγκοινωνιακή εξυπηρέτηση των κατοίκων των Προαστίων.

Το Δεκέμβριο του 2013 παραδόθηκε επίσης μια νέα επέκταση της Γραμμής 3, από το σταθμό Αιγάλεω μέχρι το σταθμό Αγ. Μαρίνα (Δήμος Αγ. Βαρβάρας) συνολικού μήκους 1,4 χλμ. όπου εξυπηρετεί καθημερινά περισσότερους από 30.000 επιβάτες. Με την παράδοση του σταθμού Αγ. Μαρίνα ολοκληρώθηκε εντός του 2013, η παράδοση 7 συνολικά σταθμών προς το επιβατικό κοινό και συγκεκριμένα των σταθμών Περιστέρι και Ανθούπολη στις 5 Απριλίου 2013 και των σταθμών Ηλιούπολη, Άλιμος, Αργυρούπολη και Ελληνικό στις 25 Ιουλίου 2013.

Σήμερα, οι δύο Γραμμές του Μετρό Αθήνας έχουν συνολικό μήκος 59,7 χλμ. (συμπεριλαμβανομένων των 20,7 χλμ. γραμμής του προαστιακού από τον Σταθμό Δουκίσσης Πλακεντίας προς το Αεροδρόμιο) και διαθέτουν 40 συγχρόνους Σταθμούς (περιλαμβάνοντας 4 σταθμούς σε κοινή χρήση με τον Προαστιακό). Περίπου 938.000 επιβάτες εξυπηρετούνται καθημερινά από τις Γραμμές 2 και 3 του Μετρό, ενώ η Γραμμή 1 των ΗΣΑΠ (μήκους 25,6 χλμ. με 24 Σταθμούς) εξυπηρετεί αντίστοιχα 460.000 επιβάτες. Οι Αθηναίοι έχουν πλέον τη δυνατότητα να πραγματοποιούν "συνδυασμένες διαδρομές" εξοικονομώντας πολύτιμο χρόνο στις καθημερινές τους μετακινήσεις. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι με το Μετρό χρειάζονται μόλις 14 λεπτά για να καλυφθεί η απόσταση Σύνταγμα - Χαλάνδρι, ενώ με το αυτοκίνητο η ίδια απόσταση καλύπτεται σε 45 λεπτά σε ώρες αιχμής. Επισημαίνεται ακόμη ότι από το καλοκαίρι του 2004, προστεθήκαν στο σύστημα συγκοινωνιών δύο νέα "μέλη", το TRAM και ο Προαστιακός Σιδηρόδρομος.

Το TRAM διαθέτει δύο Γραμμές συνολικού μήκους 26,1 χλμ. που συγκλίνουν στη λεωφόρο Ποσειδώνος στο ύψος του Παλαιού Φάληρου. Με τη λειτουργία του TRAM επιτυγχάνεται η σύνδεση του κέντρου της Αθήνας με την παραλιακή ζώνη έως το Ελληνικό (Γραμμή 1) και του Νέου Φαλήρου με τη Γλυφάδα (Γραμμή 2). Το δίκτυο του Προαστιακού Σιδηροδρόμου εξασφαλίζει πρόσβαση στο Διεθνές Αεροδρόμιο Αθηνών "Ελευθέριος Βενιζέλος" σε 40 περίπου λεπτά από το κέντρο της πόλης. Το Μετρό της Αθήνας αποτελώντας ένα από τα

σημαντικότερα συγκοινωνιακά έργα και το πλέον προσφιλές δημόσιο μέσο μεταφοράς στο Λεκανοπέδιο συνεχίζει να επεκτείνεται με γοργούς ρυθμούς.

Η Αττικό Μετρό Α.Ε. επαναδημοπράτησε το 2008, για να προσθέσει στο δίκτυο του Μετρό 6 νέους Σταθμούς εξυπηρετώντας τόσο τα δυτικά προάστια του Λεκανοπέδιου όσο και τον Πειραιά, ο οποίος θα διαθέτει 3 σύγχρονους Σταθμούς Μετρό.

Παράλληλα, βρίσκεται σε λειτουργία για τις ανάγκες των δημόσιων μεταφορών ένας μεγάλος αριθμός νέων λεωφορείων κινούμενων με φυσικό αέριο ή και πετρέλαιο, ενώ προγραμματίζεται η σταδιακή αντικατάσταση ολόκληρου του υφιστάμενου στόλου. Το σύστημα συγκοινωνιών της Αθήνας μεταμορφώνεται χρόνο με το χρόνο εξυπηρετώντας ολοένα και περισσότερες περιοχές του Λεκανοπεδίου.

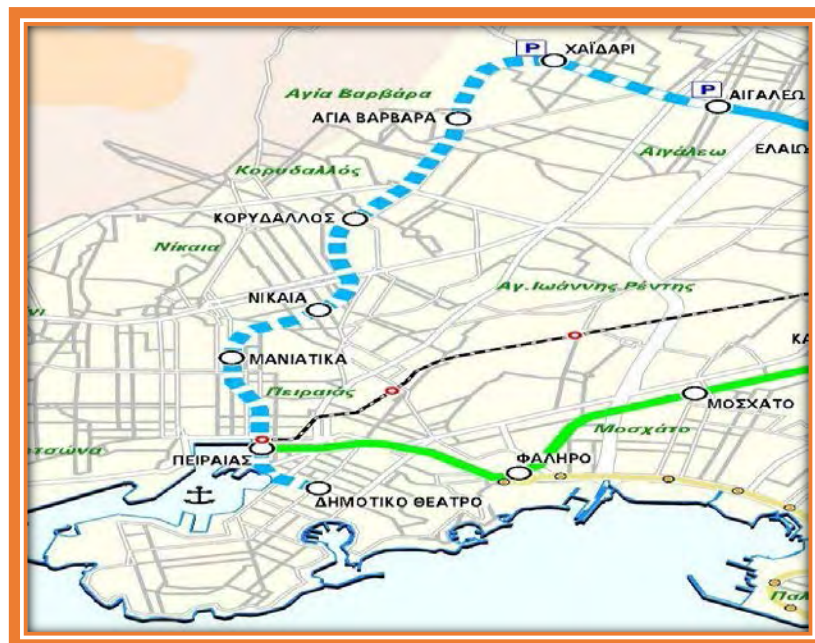
Τα οφέλη από την συστηματική συνδυασμένη χρήση των δημοσίων μέσων μεταφοράς είναι πολλαπλά για τους κατοίκους της πρωτεύουσας, τόσο για τους χρήστες των δημοσίων μέσων (ταχύτητα, άνεση, ασφάλεια, αξιοπιστία), όσο και γενικότερα (μείωση ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καταπολέμηση του θορύβου, κλπ.) για την πόλη. Για τον σκοπό αυτό, το 2011 ιδρύθηκε η ανώνυμη εταιρεία με την επωνυμία ΣΤΑΘΕΡΕΣ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ και το διακριτικό τίτλο ΣΤΑ.ΣΥ. Α.Ε. κατόπιν της απορρόφησης των εταιρειών ΗΣΑΠ Α.Ε. και ΤΡΑΜ Α.Ε. από την ΑΜΕΛ Α.Ε. Η ΣΤΑΣΥ Α.Ε. αποτελεί εταιρεία του ομίλου ΟΑΣΑ, και έχει ως κύρια αρμοδιότητα την εκτέλεση του συγκοινωνιακού έργου μέσα στα όρια της Περιφέρειας Αττικής για την εξυπηρέτηση του επιβατικού κοινού, με τα (επίγεια και υπόγεια) μέσα σταθερής τροχιάς (αστικοί σιδηρόδρομοι, τροχιόδρομοι- τραμ και λοιπά μέσα σταθερής τροχιάς).

### 3.4 Η κατασκευή της επέκτασης της Γραμμής 3 του Μετρό προς τον Πειραιά

Το Μετρό της Αθήνας επεκτείνεται προς την Αγία Βαρβάρα, τον Κορυδαλλό, τη Νίκαια, τα Μανιάτικα και τον Πειραιά, με 6 νέους Σταθμούς και 7,6 χλμ. υπόγειας γραμμής.

Με την κατασκευή της επέκτασης του Μετρό προς τον Πειραιά θα εξυπηρετούνται καθημερινά 132.000 επιβάτες, ενώ ο συνολικός χρόνος από το Λιμάνι έως το Αεροδρόμιο θα διανύεται με το Μετρό μόλις σε 45 λεπτά. Επιπρόσθετα, με τη λειτουργία του έργου θα κυκλοφορούν καθημερινά περίπου 23.000 ΙΧ οχήματα λιγότερα, επιφέροντας αντίστοιχα μείωση των ρύπων CO<sub>2</sub> κατά 120 τόνους ημερησίως. Ιδιαίτερα δε, στον Σταθμό ΠΕΙΡΑΙΑ προβλέπεται να δημιουργηθεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό Συγκοινωνιακό Κέντρο, συνενώνοντας λειτουργικά δύο γραμμές Μετρό (Γραμμή 1 και Γραμμή 3), το Λιμάνι, τον Προαστιακό Σιδηρόδρομο και το Τραμ, το οποίο προβλέπεται επίσης να διέλθει από την περιοχή αυτή, διευκολύνοντας έτσι τις μετεπιβιβάσεις μεταξύ όλων των μέσων μεταφοράς.

ΕΙΚΟΝΑ 3.1: Η ΓΡΑΜΜΗ 3 ΤΟΥ ΜΕΤΡΟ



Συγκεκριμένα, το Μάρτιο του 2012 υπογράφηκε η Σύμβαση επέκτασης της γραμμής 3 προς Πειραιά με την κατασκευαστική κοινοπραξία J&P ABAΞ, GHELLA SPA και ALSTOM TRANSPORT και ξεκίνησε η κατασκευή του έργου. Στο εισφερθέν αντικείμενο συμπεριλαμβάνεται και η εκπόνηση και υλοποίηση του **Προγράμματος Ελέγχου Θορύβου και Δονήσεων** όπως προκύπτει από τα προβλεπόμενα στις ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ: «ΕΛΕΓΧΟΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ» του έργου «ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ 3: ΤΜΗΜΑ ΧΑΙΔΑΡΙ-ΠΕΙΡΑΙΑΣ» σε συμμόρφωση με την υποχρέωση του Αναδόχου για λήψη όλων των απαραίτητων μέτρων προκειμένου να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις των έργων στο περιβάλλον και τη διασφάλιση της τήρησης της Εθνικής και Κοινοτικής Νομοθεσίας όπως αυτό προκύπτει από τους εγκεκριμένους Περιβαλλοντικούς Όρους του Έργου (ΚΥΑ 143033/03.08.2009, που τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ Α.Π. οικ. 203707/23.09.2011).

## 4. Ισχύουσες διατάξεις -Πλαίσιο Θορύβου & Δονήσεων

### 4.1 Ισχύουσες διατάξεις - Ελληνικό & Ευρωπαϊκό Θεσμικό Πλαίσιο

Κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου «ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ 3: ΤΜΗΜΑ ΧΑΙΔΑΡΙ-ΠΕΙΡΑΙΑΣ» θα εξασφαλίζεται η τήρηση όλων των Νόμων και των σχετικών διατάξεων που απορρέουν από την Εθνική και Κοινοτική Νομοθεσία. Πιο αναλυτικά απαιτείται η τήρηση κατ' ελάχιστον του παρακάτω νομικού πλαισίου:

- Ο Νόμος 1650/86 (ΦΕΚ 160/Α/16.10.86) σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος. Κεφάλαιο ζ, Κυρώσεις - Αστικές Ευθύνες όπως τροποποιήθηκε από τον Ν.3010/25.4.2002 (ο οποίος ουσιαστικά αποτελεί εναρμόνιση του Ν. 1650/86 με τις ευρωπαϊκές οδηγίες 97/11ΕΕ και 96/61ΕΕ) και τις ΚΥΑ 15393/2332/5-8-2002 και ΚΥΑ 69269/5387/25.11.90.
- ✓ Άρθρο 28 ποινικές κυρώσεις
- ✓ Άρθρο 29 αστικές ευθύνες
- ✓ Άρθρο 30 διοικητικές κυρώσεις
- Το Π.Δ. 1180/81 (ΦΕΚ 293/Α/6.10.81) όπου αναφέρονται τα επιτρεπόμενα επίπεδα θορύβου όπου σύμφωνα με το άρθρο 5: "το ανώτατο επιτρεπόμενο όριο θορύβου, εκπεμπόμενο εις το περιβάλλον υπό των εγκαταστάσεων, καθορίζεται ως τούτο αναφέρεται εις τον κατωτέρω παρατιθέμενο πίνακα, μετρούμενο επί του ορίου του ακινήτου επί του οποίου κείται η εγκατάσταση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1: ΑΝΩΤΑΤΑ ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ

α/α	Περιοχή	Ανώτατον όριον θορύβου εις dBA
1.	Νομοθετημένοι Βιομηχανικοί Περιοχαί	70
2.	Περιοχαί εις ας το επικρατέστερον στοιχείον είναι το βιομηχανικόν	65
3.	Περιοχαί εις ας επικρατεί εξ ίσου το βιομηχανικόν και αστικόν στοιχείον	55
4.	Περιοχαί εις ας επικρατεί το αστικόν στοιχείον	50

«Δια τας εγκαταστάσεις τας ευρισκομένας εν επαφή μετά κατοικουμένων κτισμάτων, το ανώτατον επιτρεπόμενο όριο θορύβου καθορίζεται εις 45 dB(A), ανεξαρτήτως της περιοχής εις ην ευρίσκεται η εγκατάσταση μετρούμενο εντός του κατοικουμένου κτίσματος με ανοικτές θύρας και παράθυρα».

- Επισημαίνεται ότι σύμφωνα με τη σχετική ΜΠΕ, το όριο αυτό πρέπει να ελέγχεται επί του φυσικού ορίου του ακινήτου (εργοταξίου ή γραμμής) επί του οποίου ευρίσκονται οι παραπάνω εγκαταστάσεις και προτείνεται για την περίπτωση του μετρώ να οροθετηθεί στα 65 dB(A).
- Η Κοινή Υπουργική Απόφαση 37393/2028/29.3.03 (ΦΕΚ 1418/Β/29.3.03) καθορίζει τα μέτρα και τους όρους για τις εκπομπές θορύβου στο περιβάλλον από εξοπλισμό προς χρήση σε εξωτερικούς χώρους (η οποία υπερκαλύπτει και τα προβλεπόμενα στις: Υπ. Απ. 2640/270/ΦΕΚ 689/Β/18.8.78, Υπ. Απ. 56206/1613 ΦΕΚ 570/Β/9.9.86, Υπ. Απ. 69001/1921 ΦΕΚ 751/Β/18.8.88 και Υπ. Απ. 765/ΦΕΚ 81/Β/21.2.91)

- Η Οδηγία 2002/49/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 25ης Ιουνίου 2002 σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου, η οποία ενσωματώθηκε στο Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο με την ΚΥΑ 13586/724/ΦΕΚ/384/Β/28-3-2006 «Περί αξιολόγησης και διαχείρισης του περιβαλλοντικού θορύβου» στην Ελληνική Νομοθεσία), και προβλέπει όπως, για την αξιολόγηση και διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου, να χρησιμοποιείται ο δείκτης  $L_{den}$  (day-evening-night level) σε dB(A).

Ο  $L_{den}$  είναι ο νέος εναρμονισμένος δείκτης στάθμης θορύβου για το 24ωρο με κατηγοριοποίηση κατά την ημέρα, το απόγευμα και τη νύχτα. Ο  $L_{night}$  είναι ο δείκτης διαταραχών του ύπνου. Οι ανωτέρω δείκτες θορύβου χρησιμοποιούνται: για να καταρτιστούν οι χάρτες θορύβου, να εκπονηθούν και να αναθεωρηθούν οι κανονιστικές διατάξεις σχετικά με τη στρατηγική χαρτογράφηση του θορύβου, το σχεδιασμό μέτρων και την οριοθέτηση θορύβου. Ο δείκτης  $L_{den}$  έχει αποδεδειγμένη σχέση με τον βαθμό κοινής όχλησης θορύβου και ειδικότερα με το ποσοστό αντιδράσεων ισχυρής όχλησης (%HA) και προσδιορίζεται με τον παρακάτω τύπο:

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left( 12 * 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 * 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} - 8 * 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right)$$

όπου:

- ✓  $L_{day}$ : είναι η στάθμη περιβαλλοντικού θορύβου ημέρας, σταθμισμένη ως προς Α μέση στάθμη θορύβου κατά ISO 1996-2: 1987, προσδιορισμένη για όλες τις ημερήσιες περιόδους ενός έτους,
- ✓  $L_{evening}$ : είναι η στάθμη περιβαλλοντικού θορύβου απογεύματος, σταθμισμένη ως προς Α μέση στάθμη θορύβου κατά ISO 1996-2: 1987, προσδιορισμένη για όλες τις απογευματινές περιόδους ενός έτους,
- ✓  $L_{night}$ : είναι η στάθμη περιβαλλοντικού θορύβου νύκτας, σταθμισμένη ως προς Α μέση στάθμη θορύβου κατά ISO 1996-2: 1987, προσδιορισμένη για όλες τις νυκτερινές περιόδους ενός έτους.

Έτσι σε κάθε 24ωρο υπάρχει ημέρα 12 ωρών, απόγευμα 4 ωρών και νύχτα 8 ωρών. Αν και τα χρονικά διαστήματα θα καθοριστούν οριστικά σε μελλοντικό στάδιο από το ΥΠΕΚΑ, οι βασικές ώρες εκκίνησης και λήξης των τριών (3) χρονικών περιόδων αξιολόγησης είναι:

- ✓ 07.00 - 19.00 για την ημέρα (12 ώρες)
- ✓ 19.00 - 23.00 για το απόγευμα (4 ώρες)
- ✓ 23.00 - 07.00 και για τη νύχτα (8 ώρες)

Το ύψος για μετρήσεις και αξιολογήσεις του  $L_{den}$  εξαρτάται από την εκάστοτε περίπτωση αλλά για τους σκοπούς της στρατηγικής χαρτογράφησης θορύβου είναι 3,8-4,2 μέτρα πάνω από το έδαφος και 2 μέτρα τουλάχιστον έμπροσθεν της πλέον εκτεθειμένης πρόσοψης.

- η πρόσφατη ΚΥΑ με αριθμ. οικ. 211773/2012 (ΦΕΚ 1367/Β/27-4-2012) η οποία αποσκοπεί στην αντιμετώπιση και διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου στο πλαίσιο εφαρμογής των διατάξεων του άρθρου 14 του Ν.1650/86, και των άρθρων 2, 3 και 5 της ΚΥΑ 13586/724/ΦΕΚ/384/Β/28-3-2006 με την οποία έγινε η εναρμόνιση της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2002/49/ΕΚ στην ελληνική νομοθεσία, και καθορισμό ορίων οδικού κυκλοφοριακού, σιδηροδρομικού και αεροπορικού

θορύβου, σύμφωνα με τους δείκτες αξιολόγησης  $L_{den}$  (24-ωρος) και  $L_{night}$  (8-ωρος νυκτερινός), έτσι όπως αυτοί ορίζονται στην εν λόγω Οδηγία.

Επίσης με την παρούσα ΚΥΑ καθορίζονται:

- ✓ οι δέκτες που χρήζουν προστασίας από τον περιβαλλοντικό συγκοινωνιακό θόρυβο,
- ✓ οι τεχνικές προδιαγραφές σύνταξης και έγκρισης των Ειδικών Ακουστικών Μελετών Υπολογισμού & Εφαρμογής (ΕΑΜΥΕ) αντιθορυβικών περασμάτων για την αντιμετώπιση του οδικού και του σιδηροδρομικού θορύβου, καθώς και
- ✓ οι τεχνικές προδιαγραφές σύνταξης και έγκρισης συστημάτων και προγραμμάτων παρακολούθησης του περιβαλλοντικού συγκοινωνιακού θορύβου,

ώστε να καθίσταται ευχερέστερη και πλέον αποτελεσματική η προσπάθεια για την αποτροπή της περιβαλλοντικής ηχορύπανσης και της γενικότερης υποβάθμισης του ακουστικού περιβάλλοντος από την λειτουργία των συγκοινωνιακών υποδομών με την υιοθέτηση των απαραίτητων μέτρων ακουστικής αντιρρύπανσης στο πλαίσιο των Μελετών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων και των Περιβαλλοντικών Όρων λειτουργίας των συγκοινωνιακών υποδομών οι οποίες καθορίζονται στην συνέχεια.

Η παρούσα ΚΥΑ εφαρμόζεται σε γραμμικές πηγές θορύβου από την λειτουργία όλων των συγκοινωνιακών έργων (οδικών, σιδηροδρομικών και αεροπορικών που δεν έχουν εφαρμογή στην παρούσα μελέτη) ώστε με τον καθορισμό, αξιολόγηση και την επιλογή των πλέον αποτελεσματικών, εφαρμογών και διαδικασιών αντιθορυβικής προστασίας καθώς και των συστημάτων παρακολούθησης περιβαλλοντικού συγκοινωνιακού θορύβου να προλαμβάνονται ή να περιορίζονται οι δυσμενείς επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένης της ενόχλησης από την έκθεση στον περιβαλλοντικό θόρυβο. Η παρούσα ΚΥΑ εφαρμόζεται επίσης στο πλαίσιο της Στρατηγικής Χαρτογράφησης Θορύβου με τις διαδικασίες και μεθοδολογίες που προβλέπονται στην Κ.Υ.Α 13586/724/ΦΕΚ/384/Β/28-3-2006 εναρμόνισης της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 2002/49/ΕΚ. Οι δείκτες και τα όρια εφαρμόζονται για δέκτες κατοικίας ευρισκομένης εντός πάσης φύσεως - εν ισχύ - θεσμοθετημένων ορίων οικιστικής ανάπτυξης όπως ΓΠΣ, σχεδίων πόλης, οικισμών κλπ. για τα οποία υπάρχει σχετική απόφαση καθορισμού ορίων και όρων δόμησης.

Επιπλέον, εφαρμόζονται για την προστασία ακουστικά ευαίσθητων δεκτών όπως:

- ✓ Εγκαταστάσεις Υγείας και Εκπαίδευσης (σχολεία, νοσοκομεία κλπ.)
- ✓ Γηροκομεία, οίκοι τυφλών και συναφή ιδρύματα
- ✓ Χώροι πολιτιστικών/ κοινωνικών εκδηλώσεων (ανοικτά θέατρα, συνεδριακά κέντρα κλπ.)

Ως δείκτες αξιολόγησης του περιβαλλοντικού θορύβου που προέρχεται από την λειτουργία οδικών, σιδηροδρομικών και αεροπορικών έργων ορίζονται, σύμφωνα με την Οδηγία 2002/49/ΕΚ και σύμφωνα με το άρθρο 3 παρ. στ, ζ, η, θ της ανωτέρω ΚΥΑ 13586/724 ΦΕΚ/384/Β/28-3-2006, οι:

- ✓  $L_{den}$  ( $L_{day-evening-night}$ ) (σταθμισμένος δείκτης αξιολόγησης θορύβου 24-ωρου Λημέρας-απογεύματος- νύκτας),
- ✓  $L_{day}$  (12-ωρος σταθμισμένος δείκτης αξιολόγησης θορύβου ημέρας),
- ✓  $L_{evening}$  (4-ωρος σταθμισμένος δείκτης αξιολόγησης απογευματινού θορύβου), και
- ✓  $L_{night}$  (8-ωρος σταθμισμένος δείκτης αξιολόγησης νυκτερινού θορύβου).

Σημειώνεται ότι όλοι οι παραπάνω επιμέρους δείκτες αφορούν σταθμισμένες κατά Α-κλίμακα μακροπρόθεσμες μέσες ηχοστάθμες, όπως αυτές ορίζονται στο πρότυπο ISO 1996-2: 1987 και τις τυχόν αναθεωρήσεις του. Ως ανώτατα επιτρεπόμενα όρια των ανωτέρω δεικτών οδικού, σιδηροδρομικού και αεροπορικού θορύβου καθορίζονται τα ακόλουθα:



**α. Για τον δείκτη  $L_{den}$  (24 -ωρος): τα 70 dB(A)**

**β. Για τον δείκτη  $L_{night}$  (8 -ωρος νυκτερινός): τα 60 dB(A)**

Η διαδικασία ελέγχου, υπολογισμού και αξιολόγησης των ανωτέρω ορίων γίνεται στο πλαίσιο της στρατηγικής χαρτογράφησης θορύβου με τις διαδικασίες και μεθοδολογίες που προβλέπονται σύμφωνα με την ΚΥΑ 13586/724/ΦΕΚ/384/Β/28-3-2006 εναρμόνισης της Οδηγίας 2002/49/ΕΚ. Σύμφωνα με το Παράρτημα 2: «**Ακουστικές μετρήσεις καταγραφής περιβαλλοντικού συγκοινωνιακού θορύβου**» ορίζεται η εκάστοτε αναγκαία καταγραφή του περιβαλλοντικού συγκοινωνιακού θορύβου και γενικότερα του υπάρχοντος ακουστικού περιβάλλοντος για το σύνολο των αναγκών ηχοπροστασίας και παρακολούθησης του, κατά την λειτουργία ενός συγκοινωνιακού έργου. Προκειμένου να καλύπτει όλες τις ανάγκες της παρούσης Κοινής Υπουργικής απόφασης θα πρέπει να περιλαμβάνει:

1. **Δείκτες και ανάλυση μετρήσεων:** Για να καταστεί δυνατή η αξιολόγηση της ακουστικής επιβάρυνσης από την λειτουργία του συγκοινωνιακού έργου θα γίνεται στατιστική ανάλυση του θορύβου σε πραγματικό χρόνο (real-time). Η ανάλυση αυτή θα παρέχει στοιχεία για όλες τις παρακάτω αναφερόμενες ηχοστάθμες σε dB(A) και κατά ISO1996/1 (Description and measurement of Environmental noise – Basic quantities and procedures) και τις τυχόν αναθεωρήσεις του:
  - ποσοτομετρικοί δείκτες θορύβου  $L_1$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{95}$ ,  $L_{99}$  καθώς και οι μέγιστες στάθμες ( $L_{max}$ ) και ελάχιστες τιμές ( $L_{min}$ ) στην διάρκεια της 24ωρης καταγραφής,
  - δείκτες του άρθρου 3 ανωτέρω και πιο συγκεκριμένα:  $L_{den}$ , και  $L_{night}$
  - δείκτες του άρθρου 6 ανωτέρω και πιο συγκεκριμένα  $L_{de}$  και  $L_n$  (ειδικά για τον οδικό και σιδηροδρομικό θόρυβο), και
  - ενεργειακά ισοδύναμη μέση ηχοστάθμη  $L_{Aeq}(24h)$  όπου:

η ενεργειακά ισοδύναμη συνεχής στάθμη θορύβου ( $L_{eq}$ ) εκφράζει την σταθερή εκείνη στάθμη του θορύβου, η οποία για κάποια ορισμένη χρονική περίοδο έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου, σταθερού ή μεταβαλλόμενου, η ποσοστομοριακή στάθμη  $L_N$  είναι η στάθμη εκείνης, η οποία υπερβαίνεται κατά το Ν% της αντίστοιχης χρονικής περιόδου μέτρησης

2. **Χρονική περίοδος καταγραφής:** Δεδομένου ότι ο περιβαλλοντικός θόρυβος έχει άμεση σχέση με την ημέρα αλλά και ώρα της ημέρας ή της νύκτας κατά την οποία έγιναν οι μετρήσεις, πρέπει να εξετάζεται κατά το δυνατόν η ημερήσια/ωριαία διακύμανση του φόρτου ώστε να διαπιστώνεται η αντιπροσωπευτική περίοδος των μετρήσεων και να εξασφαλίζεται η απαραίτητη αξιοπιστία. Στο πλαίσιο αυτό, όλες οι ακουστικές μετρήσεις για τις ανάγκες της παρούσης θα γίνονται σε χρονικές περιόδους 24ωρης διάρκειας – ανά θέση μέτρησης – και θα διασφαλίζουν ανάλυση της διακύμανσης των ανωτέρω δεικτών του ακουστικού περιβάλλοντος σε ωριαία βάση με ελάχιστο βήμα δειγματοληψίας συνεχομένης καταγραφής < 1sec.
3. **Θέσεις μέτρησης:** Οι ακουστικές μετρήσεις θα πραγματοποιούνται σε ικανό αριθμό θέσεων στην άμεση περιοχή του Έργου κατά μήκος τόσο της οδού, ώστε να καλύπτουν το σύνολο των πλησιέστερων προς το έργο – των δεκτών του άρθρου 2 ανωτέρω – και με τέτοιο τρόπο ώστε παρέχουν αντικειμενική εικόνα της ποιότητας του ακουστικού περιβάλλοντος, σε ύψος  $4,0\text{ m} \pm 0,2\text{ m}$  (3,8 – 4,2 m) πάνω από το έδαφος (με χρήση κατάλληλης διάταξης τρίποδα ή τηλεσκοπικού ιστού) και σε απόσταση 2 μ. από την πιο εκτεθειμένη πρόσοψη του δέκτη μακριά από κάθετες ήχο - ανακλαστικές επιφάνειες ώστε να αποφεύγονται τυχόν ανακλάσεις που θα επιβαρύνουν την μετρούμενη στάθμη.
4. **Όργανα μέτρησης:** Τα όργανα ηχομετρήσεων και οι βαθμονομητές των θα πρέπει να πληρούν τις τεχνικές προδιαγραφές που περιέχονται στις δημοσιεύσεις 651 και 804 της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (I.E.C. PUBLICATIONS 651 / 1979 και

804–1985) και τις τυχόν αναθεωρήσεις των. Επίσης θα πληρούν τα πρότυπα IEC 1260 και IEC 61672-1 με τις τυχόν αναθεωρήσεις των. Επιπλέον στο σύστημα ηχομέτρησης θα πρέπει να εξασφαλίζεται: Στάθμιση συχνοτήτων κατά A, C (IEC 651), Z (EN 61672), γραμμική 10 Hz–20 kHz.

5. **Στάθμιση χρόνου:** S(slow), F(fast) και I(impulse) κατά IEC 651 και τυχόν αναθεωρήσεων του. Μέτρηση στάθμης ηχητικής πίεσης (SPL) από 20–120 dB(A), με δυναμικό εύρος μετρήσεων 100 dB, εύρος συχνοτήτων 15 Hz – 20 kHz με ρυθμό δειγματοληψίας 48KHz. Θα διαθέτει κατάλληλο επεξεργαστή για ολοκληρωτική και ποσοστομοριακή ανάλυση περιβαλλοντικού θορύβου για το σύνολο των ανωτέρω δεικτών, και θα πρέπει να παρέχεται συνεχής λειτουργία με ξηρά στοιχεία (μπαταρίες) για περίοδο > 24 ωρών. Θα έχει πυκνωτικό μικρόφωνο ICP Free-Field με προ-ενισχυτή (IEPE) 1/2'' class 1 (low noise) και θα πρέπει να διαθέτει διάταξη προστασίας έναντι δυσμενών καιρικών συνθηκών, της υγρασίας και του αέρα με κατάλληλο ανεμοκάλυπτρο εφοδιασμένο με διάταξη προστασίας από πουλιά.
6. **Βαθμονόμηση οργάνων:** Πριν και μετρά από κάθε δέσμη μετρήσεων, ένας κατάλληλος βαθμονομητής ISO-EN-20942 ή τυχόν αναθεώρησης του, θα πρέπει να εφαρμοστεί στο μικρόφωνο για να ελεγχθεί εάν η τιμή αναφοράς που εκπέμπεται από τον βαθμονομητή ταιριάζει με αυτή που γράφει ολόκληρο το σύστημα μέτρησης. Αυτή η περίπτωση θα παρουσιαστεί στην έκθεση των μετρήσεων μαζί με τα σχετικά στοιχεία (αύξων αριθμός, κατασκευαστής και πρότυπο). Ο βαθμονομητής και το ηχόμετρο θα πρέπει να έχουν βαθμονομηθεί τους τελευταίους 24 μήνες με τεκμηριωμένες μεθόδους βαθμονόμησης. Εάν υπάρχει διαφορά που υπερβαίνει τα 0.5 dB(A) μεταξύ των βαθμονομήσεων πριν και μετά την έρευνα, οι έλεγχοι θα πρέπει να επαναλαμβάνονται.
7. **Στοιχεία μετρήσεων:** Όλα τα στοιχεία των ακουστικών καταγράφων μαζί με τα σκαριφήματα, σχέδια και/ή χάρτες και φωτογραφίες που θα παρουσιάζουν τα σημεία, την ημερομηνία και ώρα μέτρησης, τα αριθμητικά αποτελέσματα και την επεξεργασία αυτών θα προβάλλονται αναλυτικά σε μορφή πίνακα ή/και διαγράμματος διαχρονικής εξέλιξης αναγράφοντας τα στοιχεία του φυσικού προσώπου που ήταν υπεύθυνος για τις επι τόπου μετρήσεις καθώς και του υπεύθυνου σύνταξης της έκθεσης στην περίπτωση που δεν είναι το ίδιο πρόσωπο. Θα καταγράφονται τα στοιχεία: ταχύτητας του ανέμου (m/sec), θερμοκρασίας περιβάλλοντος (Co) και σχετικής υγρασίας (%) κατά την διάρκεια των μετρήσεων. Επίσης, θα καταγράφονται τα χαρακτηριστικά όλου του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε (τύπος ηχομέτρου, στατιστικός αναλυτής θορύβου, λογισμικά επεξεργασίας, βαθμονομητής κλπ.), ενώ θα υποβάλλονται υποχρεωτικά τα απαραίτητα – εν ισχύ – πιστοποιητικά διαπίστευσης – βαθμονόμησης του εξοπλισμού από κατάλληλο διαπιστευμένο εργαστήριο, μεγίστης διάρκειας ισχύος δύο (2) ετών.
8. **Συνθήκες μέτρησης:** Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που έχουν επιπτώσεις στον προσδιορισμό των μετρήσεων, ιδιαίτερα σε συνθήκες ελευθέρου πεδίου, που μπορούν να ακυρώσουν τα αποτελέσματα. Ιδιαίτερα σε ότι αφορά τους ατμοσφαιρικές παράγοντες, επισημαίνεται ότι οι κατάλληλες ατμοσφαιρικές συνθήκες για μετρήσεις ορίζονται ως οι περίοδοι όπου δεν υπάρχει καθόλου βροχή ή χιόνι και όταν η ταχύτητα ανέμου δεν υπερβαίνει τα 3 m/s στη θέση μέτρησης. Στο πλαίσιο αυτό, δεν θα διεξάγονται μετρήσεις κατά την διάρκεια δυνατών ανέμων, βροχής, χιονόπτωσης και ομίχλης όπως επίσης και κατά την διάρκεια καταστάσεων που δεν αντιπροσωπεύουν την συνήθη οδική κυκλοφοριακή εικόνα (π.χ. κατά την διάρκεια ενός οδικού ατυχήματος ή παρουσίας εργοταξίου κ.λπ.) ή μη αντιπροσωπευτικής χρονικής περιόδου (π.χ. Σάββατο, Κυριακή, αργίες κ.λπ.).

Προκειμένου να ληφθεί όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτική εικόνα του υπό αξιολόγηση θορύβου από τις συγκοινωνιακές υποδομές πρέπει να ελέγχεται τυχόν επιρροή της μέτρησης από άλλες πηγές όπως π.χ. του θορύβου βάθους (background noise) της

περιοχής. Εφόσον η διαφορά μεταξύ μετρούμενης στάθμης συγκοινωνιακού θορύβου και θορύβου βάθους της περιοχής είναι μεγαλύτερη των 10 dB(A) δεν απαιτείται περαιτέρω έλεγχος.

**«Πρόγραμμα παρακολούθησης περιβαλλοντικού θορύβου από τη λειτουργία συγκοινωνιακών έργων»:** Για την μακροχρόνια περιβαλλοντική παρακολούθηση της διακύμανσης των δεικτών των σχετικών άρθρων της παρούσας κοινής υπουργικής απόφασης στο πλαίσιο των περιβαλλοντικών όρων λειτουργίας των συγκοινωνιακών έργων θα πρέπει να προβλέπεται η εκπόνηση και εφαρμογή από τον κύριο του Έργου «Ειδικής Μελέτης Προγράμματος Παρακολούθησης Περιβαλλοντικού Θορύβου Συγκοινωνιακών Έργων» η οποία θα καθορίζει:

- I. τη χωροθέτηση και τις κατάλληλες τεχνικές προδιαγραφές μόνιμου (ή μονίμων) σταθμού (ή σταθμών) παρακολούθησης περιβαλλοντικού θορύβου εφόσον απαιτείται από τους περιβαλλοντικούς όρους.
- II. το αναλυτικό πρόγραμμα 24ωρων ακουστικών καταγράφων ωριαίας ανάλυσης σε ετήσια βάση που τυχόν θα προταθεί, και θα καλύπτει την καταγραφή του περιβαλλοντικού συγκοινωνιακού θορύβου, σε ύψος  $4,0 \pm 0,2$  m (3,8 – 4,2 m) πάνω από το έδαφος και σε απόσταση 2μ από την πιο εκτεθειμένη πρόσοψη του υπό προστασία δέκτη. Οι τεχνικές προδιαγραφές του προγράμματος παρακολούθησης περιβαλλοντικού θορύβου από την λειτουργία συγκοινωνιακών έργων παρουσιάζεται ανωτέρω.

Με την υλοποίηση των προβλεπόμενων αντιθορυβικών έργων και την έναρξη λειτουργίας του έργου θα εκπονείται και στη συνέχεια θα υποβάλλεται για έγκριση στην αρμόδια υπηρεσία, το αργότερο μέχρι την 31<sup>η</sup> Ιανουαρίου του επομένου έτους, τα αποτελέσματα «Ετήσιου Προγράμματος Παρακολούθησης Ορίων Δεικτών Περιβαλλοντικού Θορύβου». Το ετήσιο αυτό πρόγραμμα θα εκτελείται, τόσο σε επίπεδο μόνιμου(ων) σταθμού(ών) όσο και των ανεξάρτητων ωριαίων καταγραφών 24ωρου σε διακριτές γεωγραφικές θέσεις όπως τυχόν αυτό θα έχει προταθεί και εγκριθεί στο πλαίσιο της ανωτέρω «Ειδικής Μελέτης Προγράμματος Παρακολούθησης Περιβαλλοντικού Θορύβου Συγκοινωνιακών Έργων» και θα περιλαμβάνει:

- I. αναλυτικές αξιολογήσεις της διακύμανσης των σχετικών δεικτών θορύβου που προέρχεται από την λειτουργία του έργου, λαμβανομένου υπόψη του ακουστικού υποβάθρου της άμεσης περιοχής
- II. στην περίπτωση σιδηροδρομικών έργων σταθερής τροχιάς – και εφόσον αυτό κρίνεται αναγκαίο από την αξιολόγηση της σχετικής ΜΠΕ – θα προτείνεται πέραν των ανωτέρω και ειδικό πρόγραμμα παρακολούθησης δονήσεων (ταχύτητα ή επιτάχυνση δόνησης στο φάσμα 10 – 100Hz) και εδαφομεταφερόμενου θορύβου [σε dB(A) στο φάσμα 10–200Hz], στο εσωτερικό των πλησιέστερων προς το έργο – δεκτών όπως αυτοί καθορίζονται στο άρθρο 2 της παρούσας κοινής υπουργικής απόφασης.

Σε περίπτωση καταγραφής συστηματικών υπερβάσεων των ορίων θορύβου, ο κύριος του Έργου και ο φορέας λειτουργίας του Έργου οφείλει να προβεί άμεσα σε μελέτη αντιμετώπισης θορύβου και να υποβάλει προτάσεις με τα κατάλληλα μέτρα άρσης των υπερβάσεων (η διαδικασία αυτή δεν αποτελεί μέρος του προγράμματος παρακολούθησης). Σε περίπτωση υιοθέτησης μέτρων αντιθορυβικών περασμάτων θα εφαρμόζονται τα αναφερόμενα στο άρθρο 7 της παρούσας κοινής υπουργικής απόφασης.

## 4.2 Εγκεκριμένοι Περιβαλλοντικοί Όροι (ΚΥΑ 143033/03.08.2009, που τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ Α.Π. οικ. 203707/23.09.2011), σχετικά με το θόρυβο και τις δονήσεις

Σύμφωνα με την ανωτέρω ΚΥΑ που αφορά στην Έγκριση περιβαλλοντικών όρων του έργου: Δυτική Επέκταση Γραμμής 3 του Μετρό «Χαϊδάρι - Πειραιάς - Δημοτικό Θέατρο» αλλά και τη σχετική τροποποίηση της προβλέπονται τα παρακάτω εδάφια:

21. Σχετικά με το θόρυβο ο Ανάδοχος κατασκευής του έργου θα πρέπει να συμμορφωθεί προς όλες τις κείμενες διατάξεις της Κοινοτικής Νομοθεσίας, θα πρέπει να ληφθούν όλα τα κατάλληλα μέτρα για την μείωση στο ελάχιστο των μεγάλων ηχητικών εκπομπών και να εξασφαλισθεί ότι ο θόρυβος και οι δονήσεις θα βρίσκονται εντός των αποδεκτών ορίων κατά τη διάρκεια της κατασκευής του έργου.

21.1 Τα εργοτάξια πρέπει να περιβάλλονται με καλαίσθητα περιφράγματα - ηχοπετάσματα τόσο για τη μείωση του θορύβου όσο και για την ασφάλεια των πεζών και αυτοκινήτων. Θα πρέπει η εκτέλεση θορυβωδών εργασιών (εκτέλεση χωματουργικών εργασιών και χρήση κομπρεσέρ) να αποφεύγεται τις ώρες κοινής ησυχίας.

21.2 Απαγορεύεται η παραμονή στο χώρο του έργου και η χρησιμοποίηση μηχανήματων χωρίς το πιστοποιητικό έγκρισης τύπου ΕΟΚ περί θορύβου, σύμφωνα με τα οριζόμενα στην παρ. γ της παρούσης. Η επιβλέπουσα Υπηρεσία υποχρεούται για τον έλεγχο της τήρησης των παραπάνω.

21.3 Για την αντιμετώπιση του θορύβου κατά τη φάση της κατασκευής: Πριν τη χρήση ιδιαίτερα θορυβωδών μηχανημάτων να γίνεται ενημέρωση των γειτόνων για την πιθανή όχληση.

✓ **Να γίνει χρήση ηχοπετασμάτων ύψους 2 - 3 m στην περίμετρο των εργοταξίων για την αποφυγή υποβάθμισης του ακουστικού περιβάλλοντος,**

✓ **Εναλλακτικά στις περιπτώσεις αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν κινητά ηχομονωτικά περιφράγματα μηχανημάτων.**

✓ **Να γίνει εφαρμογή του Π.Δ. 1180/81 και πιο συγκεκριμένα το όριο των 50 dB(A), σε περίπτωση επικράτησης κατοικίας και σε περίπτωση επικράτησης στοιχείου βιοτεχνίας - βιομηχανίας ή/και υπηρεσιών τα 65 dB(A). Ειδικά όμως σε περιπτώσεις υψηλού θορύβου περιβάλλοντος (π.χ. από οδική κυκλοφορία), ως ανώτερο όριο θορύβου θα γίνεται δεκτή η παραδοχή της μη υπέρβασης στάθμης θορύβου ίσης με τον θόρυβο βάθους ελαττωμένου κατά 10 dB(A).**

Σημ.: Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω επισημαίνεται ότι σύμφωνα με την σχετική ΜΠΕ, το όριο αυτό πρέπει να ελέγχεται επί του φυσικού ορίου του ακινήτου (εργοταξίου ή γραμμής) επί του οποίου ευρίσκονται οι παραπάνω εγκαταστάσεις και προτείνεται για την περίπτωση του μετρό να οροθετηθεί στα 65 dB(A).

.4 Κατά τη λειτουργία θα γίνει:

✓ **Εφαρμογή του Π.Δ. 1180/81 και πιο συγκεκριμένα του ορίου των 50 dB(A), σε περίπτωση επικράτησης κατοικίας και σε περίπτωση ίσης επικράτησης στοιχείου βιοτεχνίας - βιομηχανίας η/και υπηρεσιών και κατοικίας, των 55 dB(A) για την λειτουργία των συστημάτων εξαερισμού (στομιών, αεραγωγών κλπ) υποσταθμών και λοιπών βοηθητικών εγκαταστάσεων).**

✓ **Οι ανώτερες επιτρεπόμενες στάθμες εδαφομεταφερόμενου θορύβου κατά την λειτουργία δεν θα υπερβαίνουν αυτές του κατωτέρω πίνακα.**

✓

**Πίνακας 4.2** Ανώτερες επιτρεπόμενες στάθμες εδαφομεταφερόμενου θορύβου κατά την λειτουργία

Κατοικίες	40 dB(A)
Ευαίσθητα κτίρια (εκπαίδευση, νοσοκομεία, εκκλησίες, θέατρα, Αρχαιολογικοί χώροι κλπ)	35 dB(A)
Αίθουσες συναυλιών, TV & Radio Studios	25 dB(A)

21.5 Ως ανώτατα όρια ταχύτητας δόνησης κατά την κατασκευή, καθορίζονται βάσει των προτάσεων της ΜΠΕ σε συνάρτηση με τη συχνότητα, ως ακολούθως:

❖ Για τη θεμελίωση:  $f \leq 50 \text{ Hz}$  στα 3 mm/sec  $50 < f \leq 100 \text{ Hz}$  στα 8 mm/sec

❖ Για τους υπερκείμενους ορόφους: για όλες τις συχνότητες 8 mm/sec

21.6 Ως όρια μέγιστης ταχύτητας δόνησης (ppv σε mm/sec) κατά την λειτουργία, ορίζονται τα παρακάτω:

**Πίνακας 4.3** Χρήσεις - Δέκτες όρια μέγιστης ταχύτητας δόνησης

Κατοικίες κλπ. ευαίσθητα κτίρια	0,5 mm/sec
Αρχαιολογικοί χώροι	0,2 mm/sec
Εφαρμογή πλωτής πλάκας μετρούμενου στο εσωτερικό της πλησιέστερης προς την τροχιά υπό προστασίας χρήσης	25 $\mu\text{m/sec}$

#### 4.3.1 Πρόγραμμα Ελέγχου Θορύβου & Δονήσεων (Θ & Δ) κατά την κατασκευή

Για την κατασκευή του έργου «ΕΠΕΚΤΑΣΗ ΤΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ 3: ΤΜΗΜΑ ΧΑΙΔΑΡΙ-ΠΕΙΡΑΙΑΣ», το πρόγραμμα ελέγχου Θορύβου και Δονήσεων (Θ&Δ) παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες και τα μετρά που έπρεπε να λάβει ο Ανάδοχος συγκεντρωτικά (για καθένα από τα εργοτάξια που αναλύονται στη συνέχεια) για να ελαχιστοποιηθεί η όχληση και οι πιθανές ζημιές που μπορεί να προκληθούν από τις εργασίες κατά την εκτέλεση των έργων.

Κατ' αρχήν σε ότι αφορά το Πρόγραμμα Κάλυψης Περιβαλλοντικών Όρων και Ετήσιες Αναθεωρήσεις προβλέπονται τα παρακάτω:

- ❖ Ανάδοχος εντός (50) ημερολογιακών ημερών από την υπογραφή της Σύμβασης θα υποβάλλει προς έγκριση στην ΑΜ Έκθεση στην οποία θα παρουσιάζεται αναλυτικά το Πρόγραμμα Κάλυψης των Περιβαλλοντικών Απαιτήσεων (ΠΚΠΑ) που αφορά στην περιγραφή του συνόλου των απαιτούμενων μέτρων και διαδικασιών, που θα εφαρμοστούν κατά την κατασκευή του Έργου, ώστε να διασφαλιστεί η εφαρμογή των περιβαλλοντικών απαιτήσεων, όπως αυτές περιγράφονται στο παρόν τεύχος και προβλέπονται στην Εθνική και Κοινοτική Νομοθεσία και στην Απόφαση Έγκρισης των Περιβαλλοντικών Όρων του Έργου (ΚΥΑ 143033/03.08.2009, που τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ Α.Π. οικ 203707/23.09.2011). Το ΠΚΠΑ θα συναρτάται άμεσα από τον χρονικό προγραμματισμό των κατασκευαστικών εργασιών και θα αναθεωρείται ετησίως, οπότε και θα υποβάλλεται από τον Ανάδοχο στην ΑΜ Αναθεωρητική Έκθεση όπου θα αναφέρονται οι αποκλίσεις από το Εγκεκριμένο ΠΚΠΑ.
- ❖ Το ΠΚΠΑ θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένο στις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή του έργου καθώς και στο είδος και την οργάνωση των κατασκευαστικών εργασιών. Συγκεκριμένα θα πρέπει να περιλαμβάνει :
  - i. αναλυτική παρουσίαση των εργοταξιακών χώρων: Ανά εργοταξιακό χώρο θα παρουσιάζονται οι γειτνιάζουσες χρήσεις με φωτογραφική απεικόνιση και αναφορά στην απόσταση από αυτές, οι αναμενόμενες οχλήσεις και τα κατάλληλα μέτρα προστασίας.
  - ii. συνοπτική παρουσίαση της οργάνωσης και χρονικού προγραμματισμού των κατασκευαστικών εργασιών (πχ διάρκεια εκσκαφών, πασσαλο-εμπήξεων, λειτουργία συγκεκριμένων μηχανημάτων όπως κομπρεσέρ κτλ) και των απαιτούμενων ανά περίπτωση δράσεων (πχ παρακολούθηση θορύβου, αιωρούμενων σωματιδίων) και των κατάλληλων μέτρων αντιμετώπισης, ανάλογα με τη φύση του περιβαλλοντικού προβλήματος και τις δυνατότητες κατάλληλου χρονικού προγραμματισμού των εργασιών ώστε να μην πραγματοποιούνται παράλληλα εργασίες υψηλής όχλησης.

Συγκεκριμένα το ΠΚΠΑ θα πρέπει μεταξύ άλλων να περιέχει λεπτομερή ανάλυση των κάτωθι περιβαλλοντικών παραμέτρων:

**α) Αέριοι Ρύποι και Αιωρούμενα Σωματίδια:** Περιγραφή των προληπτικών μέτρων που θα ληφθούν καθώς και των εξοπλισμών και εγκαταστάσεων προκειμένου να αποτραπεί η διαφυγή ρυπαντών στην ατμόσφαιρα. Τρόπους ελέγχου των αιωρούμενων σωματιδίων που παράγονται σε όλες τις περιοχές που αναπτύσσονται κατασκευαστικές κλπ δραστηριότητες. Όλα τα προτεινόμενα μέτρα θα οριστικοποιηθούν στο πλαίσιο της Ειδικής Μελέτης και των Μηνιαίων Εκθέσεων Αποτελεσμάτων Προγράμματος Παρακολούθησης Αέριων Ρύπων και Αιωρούμενων Σωματιδίων.

**β) Μέτρα και διατάξεις ελέγχου θορύβου και δονήσεων** που δημιουργούνται κατά τη λειτουργία των πάσης φύσεως κινητών και σταθερών μηχανημάτων με ιδιαίτερη

έμφαση σε κατασκευαστικές διαδικασίες που περιλαμβάνουν υπαίθριες μηχανολογικές εγκαταστάσεις, πασσαλοεμπήξεις, υδραυλικές σφύρες κλπ. Οι προτάσεις αυτές θα οριστικοποιηθούν στο πλαίσιο της Ειδικής Μελέτης Ελέγχου Θορύβου και Δονήσεων κατά την Κατασκευή, όπως ορίζεται στις σχετικές προδιαγραφές.

γ) Περιγραφή των προληπτικών μέτρων που θα ληφθούν καθώς και των εξοπλισμών και εγκαταστάσεων, προκειμένου να αποτραπεί η διαφυγή ρυπαντών σε επιφανειακά και υπόγεια νερά στο έδαφος.

δ) Περιγραφή μεθόδων διαχείρισης των πάσης φύσεως στερεών και υγρών αποβλήτων, με έμφαση σε τυχόν τοξικά ή υψηλής ρύπανσης απόβλητα.

ε) Προτάσεις ολοκληρωμένης διαχείρισης των εκσκαπτόμενων υλικών με έμφαση στα μέτρα που θα ληφθούν κατά την μεταφορά τους, καθώς και στην επιλογή των χώρων απόθεσης αυτών. Οι προτάσεις αυτές θα οριστικοποιηθούν στην Ειδική Μελέτη Διαχείρισης Προϊόντων Εκσκαφής & Υλικών Κατασκευής που θα εκπονήσει ο Ανάδοχος, όπως ορίζεται στην παράγραφο 6 της παρούσας Προδιαγραφής.

ζ) Για κάθε επί μέρους εργοταξιακό χώρο ο Ανάδοχος θα υποβάλλει στην ΑΜ «Ειδική Μελέτη Προστασίας Αστικού Πρασίνου και Χλωρίδας», που θα περιλαμβάνει τοπογραφικό διάγραμμα του εργοταξιακού χώρου με σημειωμένα τα υφιστάμενα δένδρα - θάμνους - πράσινο, αναλυτική περιγραφή του κάθε υφιστάμενου δέντρου (είδος, περίμετρος, ύψος, ηλικία) και φωτογραφική κάλυψη, εντοπισμό των δένδρων που θα πρέπει να κοπούν, μεταφερθούν ή/και αποκατασταθούν. Η Μελέτη αυτή θα ενσωματωθεί στην Έκθεση του Προγράμματος Κάλυψης Περιβαλλοντικών Απαιτήσεων.

η) Αντιμετώπιση εκτάκτων καταστάσεων που αφορούν σε περιβαλλοντική υποβάθμιση και μείωση της ασφάλειας και υγείας εργαζομένων και περιοίκων. Πρόκειται για αντιμετώπιση περιβαλλοντικών θεμάτων που προϋπάρχουν και που εκτιμάται ότι μπορεί να εντοπιστούν στην άμεση περιοχή του έργου (π.χ. ρύπανση εδαφών σε εργοταξιακό χώρο, όπου παλαιότερα λειτουργούσε μία βιομηχανική μονάδα υψηλής όχλησης, πρατήριο βενζίνης κτλ) καθώς και περιβαλλοντικών ατυχημάτων κατά την κατασκευή του έργου. Σε κάθε τέτοια περίπτωση ο Ανάδοχος είναι υπεύθυνος για την διεξοδική διερεύνηση του προβλήματος και την πρόταση ειδικών μέτρων αντιμετώπισης στην ΑΜ. Σε κάθε περίπτωση ο Ανάδοχος είναι υπεύθυνος για την απόδοση των χώρων στην ίδια κατάσταση που τους παρέλαβε ή στην κατάσταση που προσδιορίζεται από τα Συμβατικά Τεύχη.

Προβλέπονται **"ΕΞΑΜΗΝΙΑΙΕΣ ΕΚΘΕΣΕΙΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ & ΠΡΟΟΔΟΥ ΕΡΓΑΣΙΩΝ"** οι οποίες θα υποβάλλονται προς έγκριση στην ΑΜ κατά το διάστημα που μεσολαβεί από την υπογραφή της Σύμβασης και μέχρι την παραλαβή του Έργου όπου θα περιγράφονται τα ακόλουθα :

- Η πρόοδος των εργασιών κατά το τελευταίο εξάμηνο, με αναλυτικά στοιχεία για κάθε εργοτάξιο

- Οι επιπτώσεις από την κατασκευή του Έργου, με έμφαση στο περιβάλλον γύρω από την περιοχή των εργοταξίων. Θα εξετάζονται οι επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον, (αέρας, νερά, έδαφος, χλωρίδα), στο δομημένο περιβάλλον (κτίρια, οδικό δίκτυο, δίκτυα υποδομών κτλ εντός ή σε γειτνίαση με τους εργοταξιακούς χώρους και σε μικρή απόσταση γύρω από την περιοχή όδευσης της σήραγγας) και στην ποιότητα ζωής των κατοίκων (πχ θόρυβος, προσβασιμότητα σε περιοχές,



ιδιοκτησίες, μαγαζιά κτλ).

- Ποσοτικοποιημένα και επεξεργασμένα στοιχεία από την παρακολούθηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όπως μετρήσεις θορύβου, δονήσεων, αιωρούμενων σωματιδίων, ποσότητας και χημικής σύστασης όλων των υγρών αποβλήτων – συμπεριλαμβανομένων των νερών απορροής και των νερών από δεξαμενές καθίζησης – και αναφορά στον τρόπο και «χώρο» ή δίκτυο διάθεσης ή παροχέτευσης τους, ποσότητες προϊόντων εκσκαφής και χώροι στους οποίους διατέθηκαν, ποσότητες και είδος στερεών αποβλήτων και πληροφορίες για το χώρο διάθεσης τους.

- Επίσης, θα αναφέρονται τα προβλήματα, έκτακτα περιστατικά ή και διαμαρτυρίες που προέκυψαν εντός του τελευταίου εξαμήνου, καθώς και οι τρόποι που αυτά αντιμετωπίστηκαν ή πρόκειται να αντιμετωπιστούν. Τέλος, θα παραθέτονται προτάσεις για την περαιτέρω μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Ιδιαίτερα σε ότι αφορά το **Πρόγραμμα Ελέγχου Θορύβου & Δονήσεων** θα ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

- Όλες οι δραστηριότητες και εργασίες του Αναδόχου θα είναι σύμφωνες με τις ισχύουσες διατάξεις της Ελληνικής Νομοθεσίας που σχετίζονται με τον περιορισμό Θ & Δ (παράγραφος 2 της παρούσας Προδιαγραφής).

- Εάν κατά την διάρκεια των εργασιών και κατά την φάση της κατασκευής υπάρξει οποιαδήποτε αλλαγή στην Ελληνική Νομοθεσίας, όσον αφορά τα όρια περιορισμού του Θ&Δ ο Ανάδοχος θα πρέπει να λάβει όλες τις απαραίτητες ενέργειες/μέτρα με σκοπό να συμμορφώνεται με αυτά.

- Ο Ανάδοχος θα πρέπει επιπλέον να συμμορφώνεται με τα όρια που τίθενται στις Αποφάσεις Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων των Έργων και στις αντίστοιχες εγκεκριμένες Μελέτες Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, όπου ορίζεται ότι κατά τη λειτουργία του εργοταξίου η μέγιστη συνολική ενεργειακή στάθμη δε θα πρέπει να υπερβαίνει στην περίμετρο του εργοταξιακού χώρου τα 50 dB(A). Ειδικά όμως σε περιπτώσεις αποδεδειγμένου υψηλού θορύβου περιβάλλοντος (πχ από οδική κυκλοφορία) με μετρήσεις που θα έχουν πραγματοποιηθεί προ της έναρξης της κατασκευής, ως ανώτατο όριο θορύβου ίσης με τον θόρυβο βάθους ελαττωμένου κατά 10 dB(A). Επισημαίνεται ότι σύμφωνα με την σχετική ΜΠΕ, το όριο αυτό πρέπει να ελέγχεται επί του φυσικού ορίου του ακινήτου (εργοταξίου ή γραμμής) επί του οποίου ευρίσκονται οι παραπάνω εγκαταστάσεις και **προτείνεται για την περίπτωση του μετρώ να οροθετηθεί στα 65 dB(A).**

- Προβλέπεται όπως ο Ανάδοχος θα πρέπει επιπλέον να συμμορφώνεται με τα Βρετανικά Πρότυπα "BS5228 Μέρος 4" στον καθορισμό της σχετικής μεθοδολογίας για την πρόβλεψη του επιπέδου Θ&Δ κατά την διάρκεια της κατασκευής καθώς και των ισχυόντων δεικτών και ορίων. Το Βρετανικό Πρότυπο «BS 6472» θα εφαρμόζεται στον καθορισμό της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής δόσης δόνησης (vdv), η οποία αφορά την όχληση στον άνθρωπο λόγω των δραστηριοτήτων κατασκευής. Τα Βρετανικά Πρότυπα BS 7385 θα πρέπει να εφαρμόζονται στον καθορισμό του μέγιστου επιτρεπόμενου επιπέδου δόνησης για την προστασία των κτιρίων από δομικές ζημιές εξ' αιτίας των δονήσεων. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να υπογραμμιστεί ότι σύμφωνα με την ανάλυση ανωτέρω η θεώρηση η οποία πλέον απαιτείται σύμφωνα με τις πλέον πρόσφατες επικαιροποιήσεις στην Ελληνική Νομοθεσία η ανάλυση θα πρέπει να βασισθεί στα προβλεπόμενα της Οδηγίας 2002/49/EK για την χρήση των προτύπων ISO 9613-2: «Acoustics – Abatement

of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation». Στις παρούσες κατευθυντήριες γραμμές, η μέθοδος αυτή αναφέρεται ως «μέθοδος ISO 9613».

- Όπου εφαρμόζονται περισσότερα από ένα όρια Θ&Δ, ο Ανάδοχος θα υιοθετεί τα πλέον αυστηρά όρια προς συμμόρφωση και εφαρμογή.

Στα πλαίσια ενός αναλυτικού Προγράμματος Ελέγχου Θορύβου & Δονήσεων θα εξασφαλισθεί:

- ο εντοπισμός όλων των χώρων και κτιρίων ειδικών απαιτήσεων (αρχαιολογικοί χώροι, μουσεία, νοσοκομεία, θέατρα, σχολεία, βιβλιοθήκες, αίθουσες συναυλιών, αίθουσες ακροατήριου, ειδικά ερευνητικά εργαστήρια, κτλ) και καθορισμό με βάση τα ισχύοντα διεθνή πρότυπα των ανωτάτων επιτρεπόμενων ορίων θορύβου και δονήσεων που απαιτούνται για την ομαλή λειτουργία των εν λόγω χρήσεων γης.
- η εκτίμηση της απόκρισης/συμπεριφοράς των γεωλογικών σχηματισμών στην διάδοση των δονήσεων. Ο Ανάδοχος βασιζόμενος σε υπάρχοντα γεωλογικά στοιχεία θα αξιολογήσει την απόκριση/συμπεριφορά των γεωλογικών σχηματισμών όσον αφορά την μετάδοση δονήσεων που προέρχονται από τις κατασκευαστικές δραστηριότητες (π.χ. κατασκευή πασσάλων). Η εκτίμηση θα συμπεριλαμβάνει τον καθορισμό όλων των κτιρίων/κατασκευών/θέσεων που ευρίσκονται μέσα στην ζώνη επιρροής του Έργου που επηρεάζονται από τις δονήσεις που προκαλούνται κατά την διάρκεια της κατασκευής.
- ο καθορισμός των θέσεων ή/και περιοχών παρακολούθησης θορύβου και δονήσεων. Οι θέσεις αυτές θα προκύψουν εκτός των άλλων μετά και από σύνθεση των στοιχείων που θα προκύψουν από τα (α) και (β).
- ο αναλυτικός χρονικός προγραμματισμός διεξαγωγής μετρήσεων θορύβου και δονήσεων, πάντα σε σχέση και με το αντίστοιχο χρονοδιάγραμμα υλοποίησης των κατασκευαστικών εργασιών.
- το πρόγραμμα μετρήσεων θα περιλαμβάνει την προβλεπόμενη διάταξη των οργάνων μέτρησης, τις προς παρακολούθηση παραμέτρους, καθώς και παρουσίαση της μεθοδολογίας ανάλυσης, επεξεργασίας και επικοινωνήσεως των αποτελεσμάτων στην ΑΜ.
- τα διορθωτικά μέτρα που θα πρέπει να λαμβάνονται για την αποφυγή ή και αντιμετώπιση υπερβάσεων των επιτρεπόμενων ορίων θορύβου και δονήσεων.

Επισημαίνεται ότι, στην περίπτωση που από τα αποτελέσματα του προγράμματος παρακολούθησης δονήσεων προκύψει η απαίτηση να ληφθούν ενεργά μέτρα μείωσης δονήσεων από τον Ανάδοχο, τα υλικά/ εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν και ο τρόπος εργασίας/μεθοδολογία, θα πρέπει να περιγραφεί λεπτομερώς και να υποβληθεί από τον Ανάδοχο για έγκριση από την ΑΜ πριν από την τοποθέτηση και λειτουργία οποιουδήποτε μηχανήματος/ εργαλείου/ εγκατάστασης. Επιπρόσθετα, σε περίπτωση που από τα αποτελέσματα του προγράμματος παρακολούθησης θορύβου & δονήσεων προκύψει η απαίτηση να διακοπεί η λειτουργία μηχανημάτων / εργαλείων/ εγκαταστάσεων, ο Ανάδοχος θα προτείνει στην ΑΜ προς έγκριση εναλλακτική μέθοδο κατασκευής συνοδευόμενη με επαρκή στοιχεία που να δικαιολογούν την αποτελεσματικότητα της μεθόδου, στην τήρηση των ορίων Θ&Δ.

Τέλος, σε όλες τις περιπτώσεις που υπάρχουν ειδικές χρήσεις πχ ειδικά ερευνητικά

εργαστήρια, αίθουσες συναυλιών, κτλ που έχουν ειδικές απαιτήσεις σε χαμηλά επίπεδα δονήσεων, ο Ανάδοχος θα είναι υπεύθυνος να προτείνει και να υλοποιήσει λύσεις προκειμένου τόσο κατά την κατασκευή, όσο και κατά τη λειτουργία του έργου να τηρούνται τα εξειδικευμένα όρια που έχουν καθορισθεί διεθνώς για την κάθε χρήση.

**Ειδική πρόνοια θα λάβει ο Ανάδοχος, στο πλαίσιο του εν λόγω Προγράμματος, για τον έλεγχο θορύβου και δονήσεων στο κτίριο του Δημοτικού Θεάτρου Πειραιά και στον Ιερό Ναό Ταξιαρχών Κορυδαλλού με σύστημα συνεχούς παρακολούθησης και ειδικά μέτρα περιορισμού δονήσεων και θορύβου κατά την κατασκευή.**

Το παρόν πρόγραμμα ελέγχου θορύβου και δονήσεων υποβάλλεται στην ΑΜ για έγκριση πριν από την εγκατάσταση και την λειτουργία εξοπλισμού/ μηχανήματων/ εργαλείων σε οποιοδήποτε από τα Εργοτάξια. Ο Ανάδοχος θα τοποθετήσει, θα λειτουργεί και θα συντηρεί, όσο χρόνο χρειάζεται, ένα σύστημα παρακολούθησης με το οποίο θα μετρά, θα καταγραφεί και θα παρακολουθεί το μέγεθος των δονήσεων που προκαλούνται από οποιαδήποτε κατασκευαστική δραστηριότητα που προκαλεί δονήσεις (πχ από την λειτουργία σκαπτικών μηχανήματων, μηχανήματων πασσαλο-εμπήξεων ή μηχανημάτων οδοστρωσίας).

Με το εν λόγω σύστημα θα παρακολουθούνται θέσεις ή/ και περιοχές του έργου όπου αναμένονται υπερβάσεις των ορίων δονήσεων ή που υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις για χαμηλότερα επιτρεπόμενα όρια δονήσεων. Συγκεκριμένα, ο Ανάδοχος θα παρακολουθεί και θα καταγραφεί το μέγεθος των δονήσεων που προκαλούνται από οποιαδήποτε κατασκευαστική δραστηριότητα σε θέσεις ή και περιοχές όπου εντοπίζεται γεωλογικός σχηματισμός με χαμηλή εξασθένηση δονήσεων (ή ακόμη και ενίσχυση) σύμφωνα με τα αποτελέσματα της εκτίμησης της απόκρισης / συμπεριφοράς των γεωλογικών σχηματισμών στην διάδοση των δονήσεων. Ομοίως, ο Ανάδοχος θα παρακολουθεί και θα καταγραφεί το μέγεθος των δονήσεων που προκαλούνται από οποιαδήποτε κατασκευαστική δραστηριότητα σε κτίρια ειδικού ενδιαφέροντος. Κτήρια, κατασκευές και χώροι που είναι ευαίσθητοι σε δονήσεις, όπως νοσοκομεία, μουσεία, μνημεία, σχολεία, ειδικά ερευνητικά κέντρα και εργαστήρια, αρχαία, αρχαιολογικές περιοχές κλπ, αν υπάρχουν και ευρίσκονται στην ζώνη επιρροής του έργου, θα περιληφθούν στο πρόγραμμα παρακολούθησης δονήσεων.

**Η εγκατάσταση (υλικό και λογισμικό) του συστήματος παρακολούθησης και η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί κατά την διάρκεια παρακολούθησης των δονήσεων στα πλαίσια του συστήματος συνεχούς παρακολούθησης που θα εγκαταστήσει, θα λειτουργεί και θα συντηρεί ο Ανάδοχος, για τον έλεγχο θορύβου και δονήσεων στο κτίριο του Δημοτικού Θεάτρου Πειραιά και στον Ιερό Ναό Ταξιαρχών Κορυδαλλού, και αναλύεται στην συνέχεια θα εγκριθεί από την ΑΜ στα πλαίσια της παρούσας υποβολής από την ΑΜ. Η έγκριση της ΑΜ θα πρέπει να ληφθεί πριν από την εγκατάσταση του συστήματος και αρκετά πριν από την έναρξη των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων που προκαλούν δονήσεις.**

Κατά την κατασκευή της σήραγγας, ο Ανάδοχος θα διενεργήσει μετρήσεις διάδοσης της δόνησης με χρήση του «muck train» ως πηγής θορύβου στις θέσεις που αναφέρονται στις παραγράφους 1.3.3 και 1.3.4 των Προδιαγραφών Μελετών και Επιδόσεων Σιδηροδρομικής Επιδομής, προκειμένου να ελεγχθεί η εφαρμογή των ορίων θορύβου και δονήσεων. Τέλος, μετά το πέρας των εργασιών και τη λειτουργία των συρμών, ο Ανάδοχος θα πρέπει να διενεργήσει μετρήσεις στις θέσεις των πλωτών πλακών για επαλήθευση τήρησης των ορίων σύμφωνα με τους περιορισμούς θορύβου και δονήσεων και σε άλλες 10 θέσεις της επέκτασης που θα επιλέγουν από την ΑΜ, σύμφωνα με όσα αναφέρονται στις Προδιαγραφές Μελετών και Επιδόσεων Σιδηροδρομικής Επιδομής. Η οργάνωση και η μεθοδολογία τέτοιων μετρήσεων επαλήθευσης υπόκεινται σε έγκριση από την Υπηρεσία. Όπως αναλύθηκε ανωτέρω ο Ανάδοχος θα υποβάλλει στην ΑΜ Μηνιαίες Εκθέσεις Παρακολούθησης Θορύβου και Δονήσεων που θα περιλαμβάνουν τα πιο σημαντικά στοιχεία που καταγράφηκαν, τονίζοντας συμβάντα, αν υπήρξαν, ειδικού ενδιαφέροντος (π.χ. καταγραφή υψηλών τιμών δονήσεων, που πλησίασαν όρια συναγερμού). Η Έκθεση Παρακολούθησης Θορύβου και Δονήσεων θα συμπεριλαμβάνει τη μέθοδο κατασκευής που χρησιμοποιήθηκε και τα μέτρα/ενέργειες που ελήφθησαν για την μείωση των δονήσεων. Όλες οι Εκθέσεις Παρακολούθησης Θορύβου και Δονήσεων πρέπει να είναι σύμφωνες με τις ισχύουσες διατάξεις.

Σε ότι αφορά τα Γενικά μέτρα περιορισμού θορύβου & δονήσεων προβλέπονται:

- Πλέον των συγκεκριμένων περιορισμών στα επίπεδα θορύβου που προδιαγράφονται ανωτέρω, τα πιο κάτω αναφερόμενα μέτρα περιορισμού θορύβου θα πρέπει να εφαρμόζονται ώστε να μειώνονται όσο το δυνατόν περισσότερο τα επίπεδα του αερομεταφερόμενου θορύβου, σε όλες τις περιοχές έξω από το Εργοτάξιο:
- Όλες οι εγκαταστάσεις και ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται από τον Ανάδοχο στο Εργοτάξιο θα έχουν αποτελεσματική απόσβεση θορύβου, με την βοήθεια κατάλληλων σιγαστήρων, σιλανσιέ, ηχητικές επενδύσεις, ασπίδες, ηχομονώσεις ή θωρακίσεις.
- Η εγκατάσταση και ο εξοπλισμός θα διατηρείται σε καλή κατάσταση για να ελαχιστοποιούνται οι εκπομπές θορύβου.
- Η εγκατάσταση και ο εξοπλισμός θα τοποθετείται όσο μακρύτερα είναι λειτουργικά εφικτό από γειτονικά κτίρια που κατοικούνται.
- Να αποφεύγεται η λειτουργία θορυβωδών μηχανήματων (π.χ. αεροσυμπιεστές, διατρητικά, σφύρες, μηχανήματα πασσαλώσεων) τις ώρες κοινής ησυχίας σύμφωνα με την ΥΑ 1023/2/37/96, ΦΕΚ 15/Β/12.1.96.
- Πριν από τη λειτουργία οποιουδήποτε θορυβώδους μηχανήματος, ο Ανάδοχος θα πρέπει να γνωστοποιεί στους κατοίκους της περιοχής κάθε εργοταξίου το ωράριο λειτουργίας του μηχανήματος και την πιθανή ενόχληση.
- Ασπίδες, μη διαπερατοί φράχτες ή άλλου είδους αντιθορυβικά πετάσματα επαρκούς ύψους και πυκνότητας μάζας (θα μελετηθούν στο πλαίσιο του της Ειδικής Μελέτης Θορύβου & Δονήσεων) θα ανεγερθούν στην περίμετρο κάθε Εργοταξίου ώστε να μειώνεται, σε αποδεκτά όρια, η μεταφορά του θορύβου έξω από το Εργοτάξιο.

- Εναλλακτικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ηχομονωτικά πετάσματα μηχανήματων γύρω από σημειακές πηγές θορύβου (μηχανήματα ή άλλες δραστηριότητες).
- Εισαγωγές αέρα και εξατμίσεις με σιγαστήρες θα χρησιμοποιούνται στα μηχανήματα εσωτερικής καύσεως και στους αεροσυμπιεστές. Η φόρτωση, η εκφόρτωση και οι κινήσεις των φορτηγών θα γίνεται έτσι ώστε ο θόρυβος να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερος.
- Μηχανήματα και οχήματα εργοταξίου τα οποία μεταφέρουν χώμα, σκυρόδεμα και άλλα υλικά θα χρησιμοποιούν διαδρομές οι οποίες θα δημιουργούν την ελάχιστη δυνατή ενόχληση στους κατοίκους της περιοχής του κάθε Εργοταξίου.
- Να αποφεύγεται η παράλληλη λειτουργία των μηχανημάτων που προκαλούν υψηλά επίπεδα δονήσεων (π.χ. αεροσυμπιεστές, μηχανήματα πασσαλώσεων, δονητικοί οδοστρωτήρες κ.τ.λ.) και η λειτουργία οποιουδήποτε τέτοιου μηχανήματος κατά την διάρκεια των ωρών κοινής ησυχίας, σύμφωνα με την ΥΑ 1023/2/37/96 ΦΕΚ 15/Β/12.1.96.

#### 4.3.2 Ειδική Μελέτη Ελέγχου Θορύβου & Δονήσεων κατά την Κατασκευή

Ο Ανάδοχος πριν την εγκατάσταση και λειτουργία οποιασδήποτε εγκατάστασης/εξοπλισμού/εργαλείου, θα εκπονήσει και θα υποβάλλει για έγκριση στην ΑΜ «Ειδική Μελέτη Ελέγχου Θορύβου & Δονήσεων κατά την Κατασκευή» που θα περιλαμβάνει αναλυτικό Σχέδιο και Πρόγραμμα Εφαρμογής προτεινομένων μέσων/μεθόδων για παρακολούθηση και μέτρα ελέγχου του θορύβου και δονήσεων κατά την διάρκεια των εργασιών. Η ανωτέρω Μελέτη, θα συνταχθεί από εξειδικευμένο σύμβουλο του Αναδόχου και θα πρέπει να περιλαμβάνει:

α) Μετρήσεις των υπαρχόντων επιπέδων εδαφομεταφερόμενου και αερομεταφερόμενου θορύβου και δονήσεων του περιβάλλοντος χώρου με σκοπό να καθιερωθεί μία βάση για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων εξαιτίας των δραστηριοτήτων της κατασκευής.

β) Πρόβλεψη διακύμανσης της στάθμης Θ&Δ κατά την διάρκεια των κατασκευαστικών εργασιών με χρήση κατάλληλου λογισμικού προσομοίωσης αερόφερτου θορύβου σύμφωνα με το ισχύον θεσμικό τεχνικό πλαίσιο. Η πρόβλεψη θα βασίζεται στις ανωτέρω αναφερόμενες μετρήσεις, τα υπάρχοντα γεωλογικά δεδομένα, τα στοιχεία του αστικού ιστού και τις πιθανές ευαίσθητες χρήσεις καθώς και στα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε εγκατάστασης/εξοπλισμού/εργαλείου το οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί.

γ) Εκτίμηση των πιθανών ανεπιθύμητων επιπτώσεων σε ανθρώπους και κτήρια σε σχέση με τα όρια Θ&Δ που δίνονται στα εδάφια 15.8 & 15.9 της παρούσας.

δ) Πρόταση απαιτούμενης αντιθορυβικής προστασίας (διαστασιολόγηση) περιμετρικών ηχοπετασμάτων, μερική ακουστική κάλυψη («partial enclosures») μεμονωμένων μηχανημάτων εργοταξίου, κλπ), σύμφωνα με την οποία θα υλοποιηθούν τα απαραίτητα τεχνικά έργα αντιμετώπισης αερομεταφερόμενου θορύβου κατά την κατασκευή, πριν από την έναρξη των εργασιών.

Εφαρμόζεται το Π.Δ. 1180/81 (ΦΕΚ 293/Α/6.10.81), όπου στο άρθρο 5 αναφέρονται τα επιτρεπόμενα επίπεδα θορύβου επισημαίνεται όμως σύμφωνα με την σχετική εγκεκριμένη ΜΠΕ, το όριο αυτό το οποίο πρέπει να ελέγχεται επί του φυσικού ορίου του ακινήτου (εργοταξίου, σταθμού ή φρεατίου) επί του οποίου ευρίσκονται οι παραπάνω εγκαταστάσεις προτείνεται για την περίπτωση του μετρώ να οροθετηθεί στα 65 dB(A).

Τα διορθωτικά μέτρα αντιμετώπισης των υπερβάσεων δονήσεων συνοψίζονται στη συνέχεια:

- Όπως θα προκύψει από το πρόγραμμα παρακολούθησης δονήσεων, οποτεδήποτε υπάρξει προσέγγιση ή υπέρβαση των ανώτατων επιτρεπόμενων τιμών δονήσεων κατά την διάρκεια της κατασκευής, ο Ανάδοχος θα ενεργοποιηθεί παθητικά ή/και ενεργητικά μέτρα για την μείωση των δονήσεων, σύμφωνα με τις οδηγίες της ΑΜ.

- Σαν παθητικά μέτρα ορίζονται τα μέτρα τα οποία έχουν σαν αποτέλεσμα την εκπομπή λιγότερης ενέργειας ανά μονάδα χρόνου, σε σχέση με την ενέργεια που εκπέμπεται συνήθως κατά την διάρκεια της κανονικής λειτουργίας ενός μηχανήματος/εργαλείου. Στα παθητικά μετρά μπορεί να περιλαμβάνεται, και όχι μόνο, η μείωση του ρυθμού παραγωγής και απόδοσης των μηχανημάτων/ εργαλείων που χρησιμοποιούνται :

α) μειώνοντας την ενέργεια πρόσκρουσης του μηχανήματος / εργαλείου, και/ή,

β) μειώνοντας τον αριθμό των προσκρούσεων ή τον αριθμό των στροφών ανά μονάδα χρόνου, όπως απαιτείται , σε μηχανήματα / εργαλεία.

- Ενεργητικά μέτρα θα λαμβάνονται σε προσωρινή βάση και θα πρέπει να αποβλέπουν στην προστασία των ευαίσθητων κτηρίων/ υαλοπινάκων/ κατασκευών/ χώρων ή/ και των δομοστατικών τους στοιχείων από δονήσεις. Τα υλικά και εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν, η έντονη εφαρμογή και μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί στην χρήση ενεργητικών μέτρων θα γίνει με την έγκριση της ΑΜ, η οποία πρέπει να ληφθεί πριν από την υλοποίηση των μέτρων και πριν την τοποθέτηση και λειτουργία οποιουδήποτε μηχανήματος/εργαλείου. Ενεργητικά μέτρα μπορούν να περιλαμβάνουν, αλλά δεν περιορίζονται σε :

α) προσωρινή απομάκρυνση τυχόν ευαίσθητων εκθεμάτων/αρχαίων μνημείων, φυλάσσοντας τα σε ένα ασφαλή χώρο, καθ' υπόδειξη της ΑΜ, και επανατοποθέτηση στην αρχική τους θέση και /ή

β) τοποθέτηση αντιστηρικτικών, υποστηρικτικών ή σταθεροποιητικών κατασκευών όπως ικριωμάτων, αγκυριών, περίδεσης και εγκιβωτισμού, όπως απαιτείται.

- Επί πλέον των ως άνω ενεργητικών και παθητικών μέτρων, εάν το επίπεδο δονήσεων κατά την διάρκεια της κατασκευής υπερβεί τις ανώτερες επιτρεπόμενες τιμές, που ισχύουν για τα χαρακτηριστικά και βαθμό ευαισθησίας του συγκεκριμένου κτιρίου/κατασκευής/χώρου, ο Ανάδοχος θα διακόψει την λειτουργία των μηχανημάτων/εργαλείων και θα προτείνει στην ΑΜ προς έγκριση μια εναλλακτική μέθοδο κατασκευής.

- Τα προαναφερθέντα ενεργητικά και παθητικά μέτρα θα θεωρηθούν από τον Ανάδοχο ως ενδεικτικά και όχι ως εξαντλητικά. Ο Ανάδοχος θα ερευνήσει, προτείνει και μετρά από έγκριση της ΑΜ, θα υλοποιήσει όποια άλλα μέτρα απαιτούνται για την προστασία των κτηρίων/κατασκευών/χώρων από δονήσεις κατά την διάρκεια της κατασκευής.

#### 4.3.3 Όρια εκπομπής θορύβου και δονήσεων

- ✓ Όλα τα μηχανήματα, εργαλεία και μέθοδοι κατασκευής που θα χρησιμοποιηθούν από τον Ανάδοχο κατά τη διάρκεια της κατασκευής θα είναι εντός των ορίων της εκπομπής θορύβου όπως προβλέπεται από την σχετική Ελληνική Νομοθεσία (ΚΥΑ 37393/ΦΕΚ/1418/Β/Οκτ 2003) και όπως απαιτείται από την εφαρμογή των Προτύπων.
- ✓ Σε ότι αφορά τα ανωτέρα επιτρεπόμενα όρια αερομεταφερόμενου θορύβου ισχύει το Προεδρικό Διάταγμα 1180/81, που ορίζεται στους σχετικούς Κανονισμούς της παρούσης Προδιαγραφής. Πιο συγκεκριμένα το όριο θορύβου των 50 dB(A) θα ισχύει όπου επικρατεί η χρήση γης για κατοικία, ενώ όπου επικρατεί η χρήση γης βιομηχανικών ή/και εμπορικών δραστηριοτήτων το όριο θορύβου το οποίο θα ισχύει είναι τα 65 dB(A). Ειδικά όμως σε περιπτώσεις αποδεδειγμένου υψηλού θορύβου περιβάλλοντος (πχ από οδική κυκλοφορία) με μετρήσεις που θα έχουν πραγματοποιηθεί προ της έναρξης της κατασκευής, ως ανώτερο όριο θορύβου θα γίνεται δεκτή η παραδοχή της μη υπέρβασης στάθμης θορύβου ίσης με τον θόρυβο βάθους ελαττωμένου κατά 10 dB(A).
- ✓ Επισημαίνεται ότι σύμφωνα με τη σχετική ΜΠΕ, το όριο αυτό πρέπει να ελέγχεται επί του φυσικού ορίου του ακινήτου (εργοταξίου ή γραμμής) επί του οποίου ευρίσκονται οι παραπάνω εγκαταστάσεις και **προτείνεται για την περίπτωση του μετρώ να οροθετηθεί στα 65 dB(A).**
- ✓ Όλα τα μηχανήματα, εργαλεία και μέθοδοι κατασκευής που θα χρησιμοποιηθούν από τον Ανάδοχο κατά την διάρκεια της φάσης της κατασκευής θα πρέπει να είναι εντός των ορίων εκπομπής δονήσεων, όπως προβλέπονται από την σχετική Ελληνική Νομοθεσία και όπως απαιτείται από την εφαρμογή των Προτύπων.
- ✓ Τα μεγέθη αξιολόγησης δονήσεων κατά την κατασκευή θα είναι :
  - α) Η τιμή της Δόσης Δόνησης ( $v_{dn}$ ), θα υπολογίζεται και θα αξιολογείται σύμφωνα με τα Βρετανικά Πρότυπα BS 6472. Αν η αξιολόγηση της  $v_{dn}$  καταλήξει σε «πιθανές» ή/και «δυνατές» αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο, ο Ανάδοχος θα είναι υποχρεωμένος να προτείνει, και κατόπιν έγκρισης της ΑΜ, να εφαρμόσει μέτρα μείωσης των δονήσεων.
  - β) Η ανώτατη ταχύτητα σωματιδίου ( $r_{pn}$ ) -κύρια στον κάθετο άξονα z - μετρούμενη εις χιλιοστά του μέτρου ανά δευτερόλεπτο, ορίζεται ως η ανώτατη ταχύτητα ενός σωματιδίου το οποίο διεγείρεται προς δόνηση. Το  $r_{pn}$  υπολογίζεται από τον τύπο :  $r_{pn} = [\frac{r_{pnx}^2 + r_{pny}^2 + r_{pnz}^2}{2}]^{1/2}$ , όπου  $r_{pnx}$ ,  $r_{pny}$  και  $r_{pnz}$  είναι αντίστοιχα τα  $r_{pn}$  στους άξονες x,y και z. Στην προκειμένη περίπτωση αξιολογείται το  $r_{pn}(z)$ .
- ✓ Για τον προσδιορισμό των υψηλότερων ορίων της ανώτερης ταχύτητας σωματιδίου ( $r_{pn}$ ), σαν αποτέλεσμα των δονήσεων που προκαλούνται από τις κατασκευαστικές



εργασίες και επηρεάζουν τα κτίρια/ κατασκευές/ χώρους που ευρίσκονται στην περιοχή των εργασιών, ο Ανάδοχος θα πρέπει να συμμορφώνεται με τα ανώτατα όρια  $ppn(z)$  τα οποία δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.4 Συγκεντρωτικός πίνακας με τα Όρια Δονήσεων

<b>ΟΡΙΑ ΔΟΝΗΣΕΩΝ</b>	
<b>ΔΕΚΤΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ</b>	<b>Ανώτατη Ταχύτητα Σωματιδίου <math>ppn(z)</math></b>
<b>ΜΝΗΜΕΙΑ, ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ, ΕΚΘΕΜΑΤΑ ΣΕ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ Ή ΜΟΥΣΕΙΑ</b>	<b>0,1 mm/sec</b> (στη βάση του μνημείου, αρχαίου, εκθεματος, στο δάπεδο ή στον τόχο του κτιρίου)
<b>ΚΤΙΡΙΑ ΕΙΔΙΚΩΝ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ (π.χ. νοσοκομεία, θεατρα, σχολεία, βιβλιοθήκες, αίθουσες συναυλιών, αίθουσες ακροατηρίου)</b>	<b>0,5 mm/sec</b>
<b>ΆΛΛΑ ΚΤΙΡΙΑ (Ταξινόμηση σύμφωνα με το ISO 4866)</b>	<b>5 mm/sec για συνεχείς δονήσεις</b> <b>10 mm/sec για διακεκομμένες δονήσεις</b>

- Ο Ανάδοχος θα λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα για να εξασφαλίσει ότι ο θόρυβος και οι δονήσεις θα διατηρούνται μέσα στα επιτρεπτά όρια κατά τη διάρκεια της κατασκευής των έργων. Στο πλαίσιο αυτό θα πρέπει να εφαρμόσει το ανωτέρω πρόγραμμα παρακολούθησης των επιπέδων θορύβου και δονήσεων σε συνεχή βάση. Σε περιπτώσεις που παρατηρούνται αυξημένα επίπεδα θορύβου και δονήσεων σε σχέση με τα επιτρεπόμενα από την ισχύουσα νομοθεσία όρια θα πρέπει να ληφθούν ειδικά μέτρα αντιμετώπισης θορύβου και δονήσεων. Στα μέτρα αυτά περιλαμβάνονται, ενδεικτικά και όχι περιοριστικά, η τοποθέτηση ηχοπετασμάτων/ ηχοπαγίδων γύρω από θορυβώδη μηχανήματα καθώς και στα όρια του εργοταξιακού χώρου, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις γειτνίασης με κατοικίες, και ο προγραμματισμός των έργων ώστε να αποφεύγονται οι θορυβώδεις δραστηριότητες κατά την διάρκεια των ωρών κοινής ησυχίας. Ο Ανάδοχος θα υποβάλλει για έγκριση στην ΑΜ τις προτάσεις του για τον έλεγχο του θορύβου και των δονήσεων, πριν την έναρξη των εργασιών.
- Ο Ανάδοχος θα συμμορφώνεται πλήρως με τις ισχύουσες διατάξεις περί κοινής ησυχίας. Επιπρόσθετα, εκτός εάν συμφωνηθεί διαφορετικά με την ΑΜ, ο Ανάδοχος θα συμμορφώνεται, με τις συστάσεις του BS 5228 «Code of Practice for Noise Control on Construction and Demolition Sites».
- Όλες οι απαιτούμενες προς εκπόνηση μελέτες και προγράμματα, η εφαρμογή τους, καθώς και όλα τα αναγκαία μέτρα, δράσεις, εξοπλισμός κτλ που θα υλοποιηθούν και θα χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση, την παρακολούθηση και τη μείωση του θορύβου και των δονήσεων της κατασκευής θα εγκριθούν από την Υπηρεσία πριν από την εφαρμογή τους, πλην όμως ο Ανάδοχος, ανεξάρτητα της έγκρισής του, παραμένει απόλυτα υπεύθυνος για την πληρότητα και εφαρμογή της όλης διαδικασίας σύμφωνα με όσα ορίζονται ανωτέρω και από την ισχύουσα νομοθεσία.

## 5 Αναλυτικό Πρόγραμμα Ελέγχου Θορύβου & Δονήσεων (Θ & Δ) κατά την κατασκευή του έργου της Επέκτασης της Γραμμής 3 του Μετρό.

### 5.1 Γενικά

Όπως αναλύθηκε ανωτέρω πριν την εγκατάσταση και λειτουργία οποιασδήποτε εγκατάστασης/εξοπλισμού / εργαλείου στα εργοτάξια του έργου, θα εκπονηθεί και υποβληθεί για έγκριση στην Υπηρεσία Ειδική Μελέτη Ελέγχου Θορύβου και Δονήσεων κατά την Κατασκευή σύμφωνα με το παρόν αναλυτικό Σχέδιο και Πρόγραμμα Εφαρμογής προτεινόμενων μέσων / μεθόδων για παρακολούθηση και μέτρα ελέγχου θορύβου και δονήσεων κατά τη διάρκεια των εργασιών, η οποία όπως αναλύθηκε ανωτέρω προβλέπεται να περιέχει επιγραμματικά :

- Μετρήσεις των υπάρχοντων επιπέδων αερομεταφερόμενου θορύβου του περιβάλλοντος Χώρου του εργοταξίου
- Πρόβλεψη διακύμανσης της στάθμης Θ&Δ κατά τη διάρκεια των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων
- Εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων σε ανθρώπους και κτίρια σε σχέση με τα όρια Θ&Δ
- Ειδική οριστική ακουστική μελέτη (διαστασιολόγηση περιμετρικών ηχοπετασμάτων, μερική ακουστική κάλυψη μεμονωμένων μηχανήματων εργοταξίου κλπ.)

Το ανώτατο όριο εκπομπής αερόφερτου θορύβου - για την περίπτωση του τυπικού εργοταξίου κατασκευής- σύμφωνα με τους ισχύοντες περιβαλλοντικούς όρους (ΚΥΑ 143033/03.08.2009, που τροποποιήθηκε με την ΚΥΑ Α.Π. οικ. 203707/23.09.2011), σε συνδυασμό με όσα περιλαμβάνονται σχετική τεχνική προδιαγραφή θα "γίνει εφαρμογή του Π.Δ. 1180/81 και πιο συγκεκριμένα το όριο των 50 dB(A),σε περίπτωση επικράτησης κατοικίας και σε περίπτωση επικράτησης στοιχείου βιοτεχνίας - βιομηχανίας ή/και υπηρεσιών τα 65 dB(A), Ειδικά όμως σε περιπτώσεις υψηλού θορύβου περιβάλλοντος (π.χ. από οδική κυκλοφορία), ως ανώτερο όριο θορύβου θα γίνεται δεκτή η παραδοχή της μη υπέρβασης στάθμης θορύβου ίσης με τον θόρυβο βάθους ελαττωμένου κατά 10 dB(A)". Επισημαίνεται ότι σύμφωνα με την σχετική ΜΠΕ, το όριο αυτό πρέπει να ελέγχεται επ του φυσικού ορίου του ακινήτου (εργοταξίου ή γραμμής) επί του οποίου ευρίσκονται οι παραπάνω εγκαταστάσεις και προτείνεται για την περίπτωση της παρούσης Επέκτασης του Μετρό στον Πειραιά να οροθετηθεί στα 65 dB(A).

Στα πλαίσια των σχετικών Γενικών Προδιαγραφών παρά το γεγονός ότι αναφέρεται η ανάγκη εκπόνησης και υποβολής Προγράμματος Ελέγχου Θορύβου και Δονήσεων, στην σχετική ανάλυση των σχετικών εδαφίων, δεν προβλέπεται με σαφήνεια αντίστοιχο πρόγραμμα καταγραφής και ελέγχου της εφαρμογής των προβλεπόμενων ανωτάτων τιμών εκπομπής αερόφερτου θορύβου, στο υφιστάμενο άμεσο ακουστικό περιβάλλον κατά την λειτουργία των εργοταξίων, (υπάρχει αναφορά μόνο στο μόνιμο πρόγραμμα παρακολούθησης με σταθμούς για τον έλεγχο θορύβου στο κτίριο του Δημοτικού Θέατρου Πειραιά και στον Ιερό Ναό Ταξιαρχών Κορυδαλλού), με μόνη επισήμανση στα παρακάτω σημεία:

- Διαμόρφωση βάσης δεδομένων υπάρχουσας κατάστασης αερομεταφερόμενου, εδαφομεταφερόμενου θορύβου και δονήσεων
- Πρόβλεψη (θεωρητική) των μέγιστων εκπομπών θορύβου από την λειτουργία των

εργοταξίων στο όριο του που ευρίσκεται πλησιέστερα στο υπό προστασία ανθρωπογενές περιβάλλον

- Αξιολόγηση τυχόν υπερβάσεων θορύβου - βάση της ισχύουσας νομοθεσίας - για συνθήκες «ΜΕ ΕΡΓΑ» (κατάσταση λειτουργίας εργοταξίου), και στη συνέχεια
- Εφαρμογή των κατάλληλων αντιθορυβικών διατάξεων και μέτρων διαχείρισης (βλέπε ανάλυση στη συνέχεια)

Οι σχετικές προβλέψεις - με την μεθοδολογία που προσεγγίζεται στη συνέχεια - παρά την χρησιμότητα τους ιδιαίτερα σε ότι αφορά την αξιολόγηση της αναγκαιότητας λήψης μέτρων δεν επαρκούν για την εξασφάλιση της κάλυψης των περιβαλλοντικών απαιτήσεων του έργου και προφανώς απαιτείται η εκπόνηση ειδικού μηνιαίου πρόγραμμα παρακολούθησης πριν και κατά την διάρκεια λειτουργίας κάθε εργοταξίου, σύμφωνα με την ανάλυση στη συνέχεια. Ιδιαίτερα δε σε ότι αφορά τις δονήσεις, σύμφωνα με τις ανωτέρω σχετικές αναλύσεις σε εργοτάξια του Μετρό της Αθήνας αλλά και της Θεσσαλονίκης (Βασικό έργο και επεκτάσεις), έχει διαπιστωθεί ότι η επίπτωση των δονήσεων, δεν αναμένεται ως σημαντική τόσο σε επίπεδο ζημιών ενώ η πιθανότητα αρνητικής αντίδρασης από τους περίοικους του κάθε εργοταξίου, εκτιμήθηκε ως χαμηλή. Επισημαίνεται βέβαια ότι οι ανωτέρω μετρήσεις αφορούν μία συγκεκριμένη φάση λειτουργίας και εδαφικών συνθηκών ενώ υπάρχει υποθετικά η περίπτωση αύξησης των δονήσεων με την πρόοδο της υλοποίησης της χάραξης (εργασίες διάνοιξης σήραγγας) ανάλογα και με τα ειδικά δομικά χαρακτηριστικά ευαίσθητων κτιρίων πλησίον των οποίων αναμένεται να διέλθει η χάραξη, ιδιαίτερα στην περίπτωση ειδικών χρήσεων και αρχαιολογικών μνημείων. Η διαπίστωση αυτή συνηγορεί στην διαμόρφωση ενός ευέλικτου κινητού συστήματος παρακολούθησης των δονήσεων κατά την διάρκεια της κατασκευής του έργου που αναλύεται στη συνέχεια. Ιδιαίτερα σε ότι αφορά τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές δονήσεων που προκαλούνται από τις κατασκευαστικές εργασίες και αναμένεται να επηρεάσουν τα κτίρια/ κατασκευές/ χώρους που βρίσκονται στην περιοχή των εργασιών, δίνονται τα προτεινόμενα ανώτατα όρια ταχύτητας δόνησης βάσει του CHABA Report :

Πίνακας 5.1: Προτεινόμενα όρια δονήσεων

	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΔΟΝΗΣΕΩΝ: κατά την κατασκευή	
	Σταθμισμένη επιτάχυνση(1)	Ισοδύναμη Ταχύτητα (2)
ΛΟΙΠΑ ΚΤΗΡΙΑ	0,5 έως 1 m/sec <sup>2</sup>	13 έως 28 mm/sec
ΜΝΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΚΤΗΡΙΑ ΕΙΔΙΚΩΝ ΧΡΗΣΕΩΝ	0,05 m/sec <sup>2</sup>	1,3 mm/sec

(1) H.E. Von Gierke NTIS Report AD-A044384

(2) Για συχνότητες >10 Hz ισχύει : ταχύτητα σε mm/sec = 28.4 \* επιτάχυνση ( m/sec<sup>2</sup>)

Σύμφωνα με τις γνωστές Αγγλικές προδιαγραφές BS 5228 («British Standard») που ελήφθησαν υπόψη στα πλαίσια των σχετικών ΜΠΕ του έργου (\*Κ. Βογιατζής et al., 1999), τα προτεινόμενα όρια ταχύτητας δόνησης αντιστοιχούν σε τιμές 5 & 10 mm/sec αντίστοιχα για «continuous & intermittent vibration» και για κτήρια κατηγορίας 5 & 6 (όπως αναλύεται στην συνέχεια), σύμφωνα και με την σχετική κατηγοριοποίηση που αναλύεται το ISO 4866/BS 7385. Το πρότυπο αυτό (BS 7385 Part 1:1990) το οποίο ενσωματώνει το πρότυπο ISO 4866: 1990 δίνει οδηγίες για τη μέτρηση της δόνησης και την εκτίμηση της επιρροής της στα κτήρια, λαμβάνοντας υπόψη την ευαισθησία τους. Σε πραγματικά ευαίσθητες χρήσεις ιδιαίτερα πολιτιστικού χαρακτήρα όπως πχ αρχαιολογικοί χώροι, μουσεία κλπ, η “κατηγορία 8 - class 14” είναι πλέον δόκιμη, οπότε και τα όρια πρέπει είναι ιδιαίτερα χαμηλότερα. Επιπλέον επισημαίνεται ότι τα επιτρεπόμενα όρια δόνησης σε μνημεία και ερείπια μνημείων η ιστορικών κτηρίων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον το 1/5 έως 1/10 των αντίστοιχων ορίων για κτήρια σε καλή κατάσταση. Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό, τα κτήρια κατατάσσονται σε κατηγορίες. Το εν λόγω κτίριο στο οποίο έγιναν οι

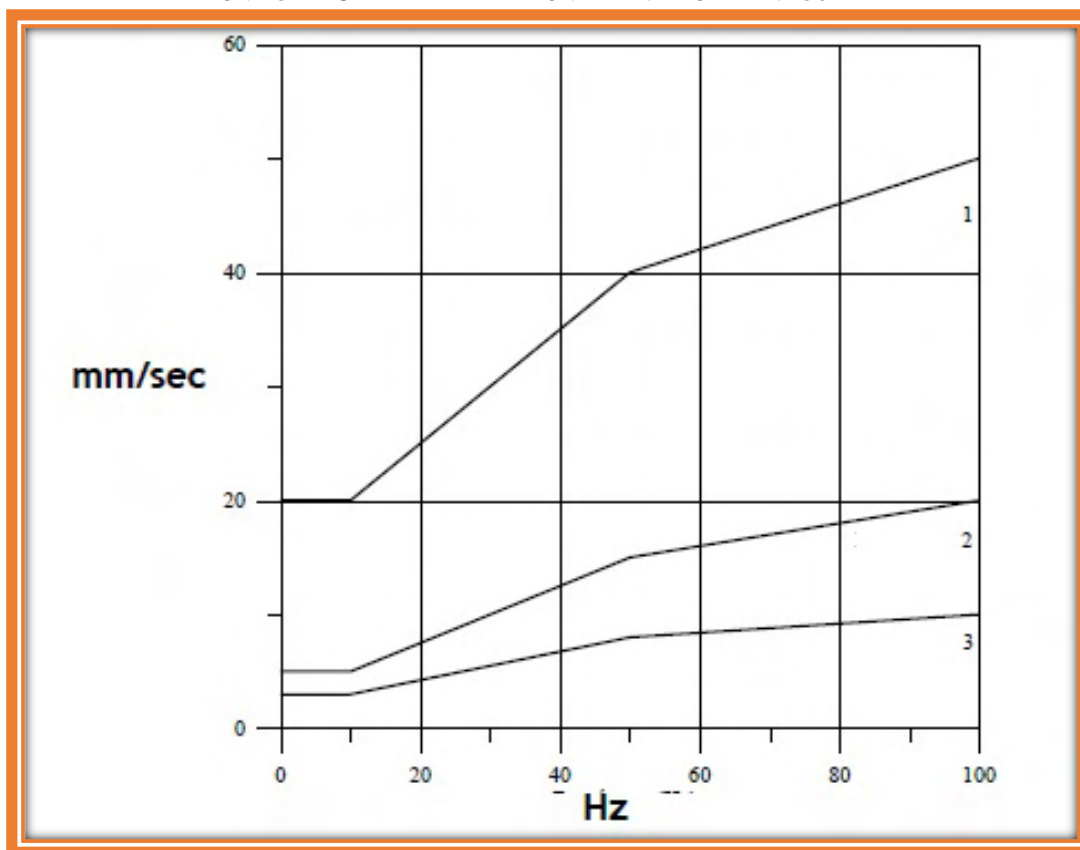
παρούσες μετρήσεις ανήκει στην κατηγορία 8. Στην κατηγορία 8 επίσης ανήκουν τα μνημεία και άλλα ευαίσθητα στις δονήσεις, κτήρια και όλες οι κατασκευές της κατηγορίας 7 (εκκλησιές από λιθοδομή, τόξα). Ο πίνακας A2 του ίδιου πρότυπου ανάλογα με την κατηγορία του κτηρίου και τις συνθήκες θεμελίωσης (τύπος θεμελίων, ποιότητα εδάφους) περιγράφει κατηγορίες για τη μείωση του αποδεκτού ορίου ταχύτητας δόνησης. Το κτίριο αυτό κατατάσσεται στο επίπεδο 14. Τα συνήθη από οπλισμένο σκυρόδεμα κτήρια κατοικιών ανήκουν στη κατηγορία 5. Ανάλογα με τη θέση του σημείου που μετρείται η μέγιστη ταχύτητα δόνησης p.p.v. (z), πρέπει να ισχύουν διαφορετικά όρια. Εάν η καταγραφή γίνεται στο έδαφος το όριο για την ταχύτητα δόνησης πρέπει να είναι μικρότερο από την περίπτωση που η καταγραφή γίνεται πάνω στο κτήριο καθόσον μεσολαβεί η ενίσχυση λόγω απόκρισης του κτιρίου.

Τα διάφορα πρότυπα ορίζουν διαφορετικά όρια σύμφωνα με τη θέση που γίνεται η μέτρηση της ταχύτητας δόνησης. Σύμφωνα άλλωστε με το ανωτέρω Βρετανικό πρότυπο τα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια ταχύτητας δόνησης για την περίπτωση συνεχούς δόνησης μεγάλης συνίσταται να είναι διπλάσια των ορίων για μη επαναλαμβανόμενες, μικρής διάρκειας διακεκομμένες δονήσεις. Τα ανωτέρω όρια έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί σε παρόμοια έργα στην Ελλάδα - στα πλαίσια σχετικών αποφάσεων περιβαλλοντικών όρων - δεν υπάρχει όμως ακόμα σχετική νομοθεσία εν ισχύ. Επιπλέον επισημαίνεται και η εφαρμογή του ορίου των 0,2 mm/sec για την προστασία των εκθεμάτων μουσείων κλπ αρχαιολογικών μνημείων το οποίο έχει υιοθετηθεί και στις πρόσφατες επεκτάσεις του Μετρό της Αθήνας και έχει αποδειχθεί μέχρι σήμερα επαρκές. Το όριο αυτό είναι σημαντικά κατώτερο και συνεπώς αυστηρότερο από τα αντίστοιχα του DIN 4150 (Part 3) όπου οι ανώτερες τιμές της ταχύτητας δόνησης για κτήρια ιδιαίτερα ευαίσθητα σε δονήσεις (βλέπε και σχετική ΑΕΠΟ) κυμαίνονται για την θεμελίωση και υπερκείμενους ορόφους ως εξής :

- ➔ Θεμελίωση: για συχνότητες < 10Hz στα 3 mm/sec
- ➔ Υπερκείμενοι όροφοι: για όλες τις συχνότητες 8 mm/sec

Πιο αναλυτικά, το γερμανικό πρότυπο DIN 4150 Part 3 δίδει όρια στη θεμελίωση του κτιρίου όταν η δόνηση είναι εδαφομεταφερόμενη καθώς επίσης και όρια πάνω στην κατασκευή. Το πρότυπο αυτό απαιτεί την ανάλυση των καταγραφών που έχουν ληφθεί στη θεμελίωση στο πεδίο των συχνοτήτων. Στο σχήμα στη συνέχεια, δίνονται τα όρια για την περίπτωση όπου η δόνηση καταγράφεται στη θεμελίωση του κτίσματος για κάθε μια κατηγορία κτηρίου. Στον ίδιο πίνακα δίνονται τα όρια για τη μέγιστη ταχύτητα δόνησης όταν αυτή μετρείται πάνω στο κτίριο. Στην κατηγορία 3 η οποία αναφέρεται σε ευαίσθητα κτήρια, η ταχύτητα δόνησης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 3 έως 8 η 10 mm/sec ανάλογα με την συχνότητα.

ΕΙΚΟΝΑ 5.1: ΌΡΙΑ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΔΟΝΗΣΗΣ ΜΕ ΤΟ DIN 4150



Στο σημείο αυτό πρέπει να ιονισθεί ότι η δημιουργία ρηγματώσεων βάσει του DIN 4150 Part 3 ξεκινά με ταχύτητα δόνησης μεγαλύτερη των 8mm/sec για παροδικές δονήσεις, οι οποίες καταπονούν τα κτίσματα για μικρό χρονικό διάστημα. Όταν όμως η μέγιστη ταχύτητα δόνησης σημείου είναι  $\geq 1\text{mm/sec}$  ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται σημαντικά τη δόνηση, ιδιαίτερα από τα 10Hz και άνω. Για να μην είναι αισθητή η δόνηση στον άνθρωπο, αναφέρεται σαν συγκριτικό σημείο αναφοράς για το ανωτέρω προταθέν όριο δονήσεων, η τιμή των 0.08 mm/s prn η οποία αποτελεί ένα μέγεθος το οποίο ευρίσκεται στο κατώφλι της ανθρώπινης αντιληπτότητας των δονήσεων, δηλαδή όριο σημαντικά χαμηλότερο από τα τυπικά επίπεδα δονήσεων που δημιουργούνται με το περπάτημα των ανθρώπων μέσα σε ένα κτίριο.

## 5.2 Εκθέσεις Αποτελεσμάτων Προγράμματος Παρακολούθησης Θορύβου και Δονήσεων

Προβλέπονται οι παρακάτω υποβολές αποτελεσμάτων του προγράμματος παρακολούθησης θορύβου & δονήσεων:

- 6μηνιαία έκθεση αποτελεσμάτων προγράμματος καταγραφής αερόφερτου θορύβου εργοταξίων η οποία θα περιλαμβάνει υπό μορφή πινάκων και διαγραμμάτων τα αποτελέσματα του δείκτη  $L_{eq}$  (24h) καθώς και τα αποτελέσματα των παρακάτω δεικτών για κάθε ανεξάρτητη 24ωρη μέτρηση / μήνα / λειτουργούν εργοτάξιο:
  - ❖  $L_{Aeq}(24h)$
  - ❖  $L_{day}$  (07.00-19.00)
  - ❖  $L_{evening}$  (19.00-23.00)

- ❖ Lnight (23.00-07.00)
- ❖ Lden Βάσει της νέας Ευρωπαϊκής οδηγίας θορύβου

με κατάλληλη αξιολόγηση των αποτελεσμάτων και τα σχετικά συμπεράσματα που απορρέουν από αυτά ιδιαίτερα σε ότι αφορά την εφαρμογή του ανώτατου επιτρεπόμενου ορίου θορύβου εργοταξίων και την ηχομειωτική αποτελεσματικότητα τυχόν εφαρμοσμένων ή αναγκαίων μέτρων ηχοπροστασίας. Επισημαίνεται, ότι η παρουσίαση των παραπάνω δεικτών καλύπτουν επίσης τη σχετική πρόσφατη νομοθετική ρύθμιση του ΥΠΕΚΑ (Τμήμα Θορύβου - Δ/νση ΕΑΡΘ) για την εναρμόνισή μας με τον νέο Ευρωπαϊκό δείκτη Lden ή Στάθμη Θορύβου Day - Evening - Night σε dB(A) που προβλέπει η σχετική Οδηγία 2002/49/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 25ης Ιουνίου 2002 σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου. Σε αναλυτικό παράρτημα θα παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα κάθε 24ωρης μέτρησης με ενδεικτική φωτογραφία του ειδικού αυτόνομου κινητού σταθμού θορύβου όπως επίσης και την θέση της μέτρησης βάση της γενικής οριζοντιογραφία της γεωγραφικής ενότητας.

Ενιαία ολοκληρωμένη έκθεση αποτελεσμάτων καταγραφής δονήσεων από την λειτουργία κάθε εργοταξίου που θα παρουσιάζει διεξοδικά και θα αναλύει όλες τις καταγραφές - στην πρόσοψη ή στο εσωτερικό (εφόσον αυτό είναι εφικτό) του πλησιέστερου ευαίσθητου δέκτη σε κάθε εν λειτουργία εργοτάξιο - της ανώτατης ταχύτητας σωματιδίου (prn) με ταυτόχρονη καταγραφή και της rms επιτάχυνσης για τον υπολογισμό της τιμής της Δόσης Δόνησης (vdv) και την αξιολόγηση σύμφωνα με το Πρότυπο BS 6472 για το δυσμενές σενάριο κατασκευαστικής λειτουργίας σύμφωνα με την ανάλυση ανωτέρω. Σε περίπτωση υπερβάσεων ή και παραπόνων - καταγγελιών το πρόγραμμα θα επαναλαμβάνεται κατά περίπτωση εφόσον απαιτείται για την εφαρμογή η αξιολόγηση ήδη εφαρμοσμένων μέτρων καταστολής.

Έκθεση αποτελεσμάτων καταγραφής δονήσεων και αξιολόγηση ανά επιλεγμένη ευαίσθητη χρήση η κτίριο (βλέπε ανάλυση ανωτέρω), κατά μήκος της χάραξης, για την οποία θα εκτελεσθεί πρόγραμμα καταγραφής δονήσεων κατά την διέλευση του TBM (κατά τις εργασίες διάνοιξης των σηράγγων).

### 5.3 Το Πρόγραμμα παρακολούθησης Αερόφερτου Θορύβου κατά την κατασκευή

Σύμφωνα με την ανάλυση ανωτέρω το μηνιαίο πρόγραμμα αερόφερτου θορύβου που εφαρμόζεται - πέραν των αναφερομένων στις σχετικές γενικές προδιαγραφές - εξασφαλίζει - στα πλαίσια ενός αποτελεσματικού ελέγχου του αερόφερτου θορύβου - στην περίμετρο των εργοταξίων (θέση προς την πλησιέστερη ανθρωπογενή χρήση που χρήζει προστασίας), την επαρκή καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης του ακουστικού περιβάλλοντος (στα πλαίσια της αρχικής καταγραφή υπάρχουσας κατάστασης στο σύνολο των θέσεων εργοταξίων).

Περιλαμβάνει :

- ➔ Καταγραφή των μεγίστων εκπομπών θορύβου από την λειτουργία των εργοταξίων στο όριο του που ευρίσκεται πλησιέστερα στο υπό προστασία ανθρωπογενές περιβάλλον (ευαίσθητων δεκτών) μέσω εκτέλεσης μίας 24ωρης μέτρησης σε μηνιαία βάση σε τυπική ημέρα λειτουργίας ανά λειτουργούν διακριτό εργοτάξιο (σταθμός η/και φρεάτιο)
- ➔ Αξιολόγηση τυχόν υπερβάσεων θορύβου - βάση της ισχύουσας νομοθεσίας - για συνθήκες «ΜΕ Έργα» (κατάσταση λειτουργίας εργοταξίου), και στη συνέχεια εφαρμογή των κατάλληλων αντιθορυβικών διατάξεων και μέτρων διαχείρισης (βλέπε ανάλυση στη συνέχεια)



Το ανωτέρω πρόγραμμα είναι προφανώς αποτελεσματικότερο των σχετικών θεωρητικών προσεγγίσεων - στα πλαίσια της σχετικής μελέτης που αναλύεται στη συνέχεια - και η μηνιαία βάση εφαρμογής εξασφαλίζει την παρακολούθηση και την έγκαιρη και αποτελεσματική εφαρμογή μέτρων όπου απαιτηθεί. Οι ανωτέρω ακουστικές μετρήσεις εκτελούνται με σταθμούς θορύβου κατάλληλα διαμορφωμένους - ώστε να πληρούν τις απαιτήσεις της νέας Ευρωπαϊκής οδηγίας θορύβου (με εφαρμογή ύψους μέτρησης 4,0μ.) - εξοπλισμένοι με στατιστικούς αναλυτές θορύβου και διάταξη μικροφώνου παντός καιρού (στον ειδικό ιστό) ενώ πριν από κάθε ακουστική μέτρηση γίνεται βαθμονόμηση των οργάνων με ειδικό όργανο βαθμονόμησης («acoustical calibrator»). Οι ακουστικές καταγραφές στα πλαίσια του ανωτέρω προγράμματος - μία (1) ανά μήνα ανά εργοτάξιο σε πλήρη λειτουργία - στην δυσμενέστερη θέση δηλαδή στο πλησιέστερο όριο του προς την γειτνιάζουσα υπό προστασία χρήση η κτίριό, έχουν 24ωρη διάρκεια (με ωριαία ανάλυση) και καλύπτουν τους παρακάτω δείκτες:

- ➔  $L_{max}$ ,  $L_{min}$ ,  $L_1$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{95}$ ,  $L_{99}$ ,
- ➔  $L_{10}$  18 hr (07.00-19.00)
- ➔  $L_{Aeq}$  (Βάρδιας εργοταξίου)
- ➔  $L_{day}$  (07.00-19.00),  $L_{evening}$  (19.00-23.00),  $L_{night}$  (23.00-07.00) και
- ➔  $L_{den}$  βάσει της νέας Ευρωπαϊκής οδηγίας θορύβου (στάθμη θορύβου *day - evening - night* σε dB(A).

με πλήρη περιγραφή της κάθε θέσης μέτρησης (για την πλησιέστερη προς κατοικία ή άλλη ευαίσθητη χρήση) ανά εργοτάξιο, και σχετική στατιστική ανάλυση και αξιολόγηση.

ΕΙΚΟΝΑ 5.2: ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΩΡΟΘΕΤΗΜΕΝΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ





ΕΙΚΟΝΑ 5.3: ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΘΕΣΕΩΣ ΣΤΑΘΜΟΥ



Για την διενέργεια των 24ωρων ακουστικών μετρήσεων στις θέσεις που αναλύονται στη συνέχεια, γίνεται αντιληπτό ότι η χρησιμοποίηση μονό τεχνικού προσωπικού είναι ανέφικτη μιας και το χρονικό διάστημα που απαιτείται είναι απαγορευτικό για τα ανθρώπινα δεδομένα. Γι' αυτό με την ολοκληρωμένη διαμόρφωση ειδικών αυτοκινούμενων σταθμών μέτρησης, οι οποίοι φέροντας τις ειδικές διατάξεις προστασίας παντός καιρού, εξασφαλίζεται η διενέργεια όχι μόνο 24ωρων ακουστικών μετρήσεων αλλά και ακόμα μεγαλύτερου χρονικού διαστήματος αν αυτό απαιτηθεί.

Σε όλους τους σταθμούς που διατίθενται στο έργο (5 συνολικά) περιέχεται ειδικός τηλεσκοπικός ιστός για την ανάρτηση του μικροφώνου και της διάταξης προστασίας καθώς επίσης και ειδική αντλία αέρα που χρησιμοποιείται για την ανύψωση του τηλεσκοπικού ιστού. Οι 24ωρες ακουστικές μετρήσεις αερόφερτου θορύβου εκτελούνται με τους ανωτέρω σταθμούς παρακολούθησης θορύβου, κατάλληλα διαμορφωμένους - ώστε να πληρούν τις απαιτήσεις της νέας Ευρωπαϊκής οδηγίας θορύβου (με εφαρμογή ύψους μέτρησης  $4,0 \pm 0,2$  μ.) - εξοπλισμένων με στατιστικούς αναλυτές θορύβου και διάταξη μικροφώνου παντός καιρού (στον ειδικό ιστό) τύπου SOLO (01 dB). Πριν από κάθε 24ωρη ακουστική μέτρηση γίνεται βαθμονόμηση των οργάνων με ειδικό όργανο βαθμονόμησης (acoustical calibrator) για τα όργανα τύπου SOLO, ώστε να παρακολουθείται η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων σε όλη την διάρκεια των καταγραφών του ακουστικού περιβάλλοντος.

Κατά την διάρκεια κάθε 24ωρης μέτρησης καταγράφονται οι ποσοστομετρικοί δείκτες  $L_1$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{95}$ ,  $L_{99}$  της ενεργειακά ισοδύναμης μέσης ηχοστάθμης  $L_{eq}$  καθώς & οι μέγιστες ( $L_{max}$ ) και ελάχιστες τιμές ( $L_{min}$ ).

Κατόπιν, οι αναλυμένες καταγραφές & τα σχετικά αποτελέσματα για κάθε ανεξάρτητη 24ωρη μέτρηση, παρουσιάζονται σε ειδική διαγραμματική μορφή με βάση σχετικούς ενδεικτικούς πίνακες και διαγράμματα στα πρότυπα των σχετικών προγραμμάτων παρακολούθησης στο Μετρό Θεσσαλονίκης. Ο μετρολογικός εξοπλισμός που

χρησιμοποιήθηκε δίνεται αναλυτικά στη συνέχεια:

*ΕΙΚΟΝΑ 5.4: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ*



Στη συνέχεια παρατίθενται συγκεντρωτικά στοιχεία του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε στα 5 εργοτάξια, ενώ στο Παράρτημα παρουσιάζονται αναλυτικότερα στοιχεία καθώς και πιστοποιητικά βαθμονόμησης.

#### **A. ΟΛΟΚΛΗΡΩΤΙΚΑ ΗΧΟΜΕΤΡΑ - ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΑΝΑΛΥΤΕΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΤΥΠΟΥ Ι**

A.1 Ολοκληρωτικό Ηχόμετρο GREY SOLO, TYPE I της 01dB Γαλλίας με SN: 10038, μικρόφωνο MCE 212 με SN: 45148 & προενισχυτή PRE 21S με SN: 30200.

A.2 Ολοκληρωτικό Ηχόμετρο BLACK SOLO, TYPE I της 01dB Γαλλίας με SN: 65504 (upgraded from GREY SOLO με SN 11978) με μικρόφωνο MCE 212 με SN: 39669 & προενισχυτή PRE 21W με SN: 30115.

A.3 Ολοκληρωτικό Ηχόμετρο BLACK SOLO (upgraded from BLUE), TYPE I της 01dB Γαλλίας με SN: 61011 με μικρόφωνο MCE 212 με SN: 96318 & προενισχυτή PRE 21W με SN: 30965.

A.4 Ολοκληρωτικό Ηχόμετρο BLACK SOLO (upgraded from BLUE), TYPE I της 01dB Γαλλίας με SN: 61282 με μικρόφωνο MCE 212 με SN: 67377 & προενισχυτή PRE 21W με SN: 30137.

A.5 Ολοκληρωτικό Ηχόμετρο BLACK SOLO (upgraded from BLUE), TYPE I της 01dB Γαλλίας με SN: 61643 με μικρόφωνο MCE 212 με SN: 110016 & προενισχυτή PRE 21W με SN: 30112.

A.6 Ολοκληρωτικό Ηχόμετρο GREY SOLO, της 01dB Γαλλίας με SN: 20199, μικρόφωνο UC52 ME SN: 88405 με SN: 88405 & προενισχυτή PRE 21W με SN: 30105.

A.7 Σύστημα SYMPHONIE, TYPE I της 01dB Γαλλίας με SN: 1061 με μικρόφωνα MCE 212 με SN: 18033 & 39652 & προενισχυτές PRE 12H και PRE21W με SN: 11024 & 30125.

## Β. ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΠΑΝΤΟΣ ΚΑΙΡΟΥ

- B.1 Βαλίτσα Παντός Καιρού VES 21
- B.2 Διάταξη Παντός Καιρού BAP 21
- B.3 Βαθμονομητής Cal 01 με SN 11493

## Γ. ΤΕΣΣΕΡΕΙΣ(4) ΑΥΤΟΚΙΝΟΥΜΕΝΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ 24ΩΡΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

**Σύντομη περιγραφή : Ολοκληρωτικό Ηχόμετρο SOLO ( ΤΥΠΟΙ GREY ΚΑΙ BLACK) με μικρόφωνο MCE 212**

Το ολοκληρωτικό ηχόμετρο/στατιστικός αναλυτής θορύβου SOLO (βλ φωτ.), είναι αναλυτής θορύβου ακριβείας τύπου I, με δυνατότητες καταγραφής και αποθήκευσης σε ψηφιακή μορφή των απαραίτητων σχετικών δεικτών περιβαλλοντικού θορύβου  $L_{den}$ ,  $L_{day}$ ,  $L_{night}$ ,  $L_{eq}(T)$ ,  $L_{10}(18\omega\rho)$  κλπ. (Βάσει των απαιτήσεων της Οδηγίας 2002/49/EK), επί 24-ωρου βάσης - με ωριαία ανάλυση και 15λεπτη ανάλυση - εξασφαλίζοντας τις απαραίτητες επεξεργασίες και υπολογισμούς δεικτών που επιβάλει η ανωτέρω οδηγία όσο και η ισχύουσα Εθνική νομοθεσία. Είναι ένα εύχρηστο όργανο μέτρησης το οποίο προσαρμόζεται εύκολα στις ανάγκες του χρήστη. Χάρη στην αρχιτεκτονική του μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαφορετικές εφαρμογές όπως από απλό ηχόμετρο καταγραφής έως αναλυτής πραγματικού χρόνου (real time analyzer). Πληροί τις τεχνικές προδιαγραφές του περιέρχονται στις Δημοσιεύσεις 651 και 804 της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (I.E.C. PUBLICATIONS 651-1979 and 804-1985) καθώς επίσης και τα πρότυπα IEC 1260 και IEC 61672-1.



Οι κύριες λειτουργίες του και τα γενικά τεχνικά χαρακτηριστικά του είναι :

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σαν αυτόνομο ηχόμετρο είτε σαν τμήμα καταγραφικής διάταξης
- Διαθέτει μεγάλη δυναμική κλίμακα 117 dB ( 20-137 dB)
- Έχει σταθμιστικό κύκλωμα συχνοτήτων A,B,C,G, Lin.
- Έχει σταθμιστικά κυκλώματα χρόνου FAST, SLOW, Impulse, SHORT  $L_{eq}$  & PEAK
- Διαθέτει επεξεργαστή για ολοκληρωτική και ποσοστομοριακή ανάλυση περιβαλλοντικού θορύβου και τουλάχιστον :  $L_{eq}$ ,  $L_1$ - $L_{100}$ ,  $L_{DEN}$  επίσης μέγιστη τιμή  $L_{max}$  και ελάχιστη τιμή  $L_{min}$  για την περίοδο της καταγραφής
- Παρέχει ενδείξεις: SPL Time και Duration.
- Έχει ενσωματωμένη μνήμη. Τα αποθηκευμένα στοιχεία δεν χάνονται όταν σβήνεται το ηχόμετρο.
- Έχει ενσωματωμένο ωρολόγιο ακριβείας και ένδειξη χαμηλής τάσης μπαταριών.
- Λειτουργεί με ξηρά στοιχεία (μπαταρίες) κοινού τύπου για τουλάχιστον 24 ώρες συνεχώς.

- Έχει κατά το δυνατόν μικρό βάρος και διαστάσεις (Βάρος=530gr, Διαστάσεις σε mm 310X90X47)
- Ο λόγος σήματος προς θόρυβο (SIGNAL TO NOISE RATIO) στο κατώτερο όριο είναι  $\text{Signal} > \text{noise} + 10\text{dB}$
- Ο φωρατής ενεργού τιμής (RMS DETECTOR) πληροί τις προδιαγραφές της Δημοσιεύσεως IEC 651.
- Έχει αντίσταση εισόδου (INPUT IMPEDANCE) = 10 kΩ και αντίσταση εξόδου (OUTPUT IMPEDANCE) = 100 Ω
- Εξασφαλίζει Επικοινωνία με PC μέσω θύρας USB και Σειριακής (εξασφάλιση ελαχιστο-ποίησης χρόνου για μεταφορά 24 ωρών Leq/1s όχι άνω των 5min)

Τα ιδιαίτερα τεχνικά χαρακτηριστικά του είναι:

- Lp: 4 Σταθμιστικά κυκλώματα Συχνοτήτων (A, B, C, Z) και 3 Peak Σταθμιστικά κυκλώματα Χρόνου (F, S, I) + min, max
- Lp peak: 2 Σταθμιστικά κυκλώματα Συχνοτήτων (C, Z) και Peak Σταθμιστικά κυκλώματα Χρόνου peak + max
- Leq averaged and short Leq: 4 Σταθμιστικά κυκλώματα Συχνοτήτων (A, B, C, Z)
- Μέγεθος χρονικού δείγματος 0.02s (Για προγραμματιζόμενες περιόδους)
- Δυναμική κλίμακα 20-137 dB type 1 version
- Αποθηκευτική Ικανότητα: 3.5 εκ. Τιμές
- SEL, Στατιστικοί υπολογισμοί (LN) & Ιστογράμματα
- Εκτύπωση απευθείας (DPU414)
- USB για μεταφορά μνήμης (επίσης RS232C) έξοδοι AC/DC/TOR
- USB real-time μεταφορά σήματος
- Real Time 1/1 & 1/3 οκταβική ανάλυση average, min, max, multispectrum
- Επικοινωνία μέσω modem
- Υπολογισμός T60 (Χρόνος Αντήχησης)
- FFT Μοντέλα

**Μικρόφωνο MCE212** : Το μικρόφωνο το οποίο χρησιμοποιείται κατά την διάρκεια των ακουστικών μετρήσεων είναι μικρόφωνο ½'' ακριβείας τύπου electret. Πιο συγκεκριμένα ο τύπος του μικροφώνου είναι ο MCE 212 και στη συνέχεια παρατίθενται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του καθώς επίσης και η καμπύλη απόκρισης του μικροφώνου.





**Προενισχυτές PRE21S και PRE21W :** Οι προενισχυτές που χρησιμοποιούνται είναι του τύπου PRE21S και PRE21W. Ο προενισχυτής PRE21S χρησιμοποιείται όταν για την διενέργεια των ακουστικών μετρήσεων χρησιμοποιούμε ένα ολοκληρωτικό ηχόμετρο σε συνθήκες που δεν απαιτούν κάποια ιδιαίτερη προστασία έναντι της υγρασίας. Στην περίπτωση όμως που οι μετρήσεις μας γίνονται σε συνθήκες ελεύθερου πεδίου και υπάρχει ο κίνδυνος της υγρασίας τότε χρησιμοποιείται ο προενισχυτής PRE21W ο οποίος διαθέτει ειδικό σύστημα θέρμανσης και είναι συμβατός με όλες τις διατάξεις παντός καιρού και αυτοκινούμενων σταθμών μέτρησης.

MCE212 Prepolarized Free Field Microphone			
<p>The MCE212 is a 1/2" precision microphone for general purpose acoustic measurements in the audio-frequency range. The microphone complies with the requirements in IEC Standard 394 para. 4 and can be used for measurements according to IEC Standard 611 Type 1 and Type 1.</p> <p>The free-field microphone is designed to accurately measure the sound pressure, as it exists before the microphone was introduced into the sound field. A higher frequency the presence of the microphone itself in the sound field will change the sound pressure. In general, the sound pressure around the microphone cartridge will increase due to reflection and diffraction. The free-field microphone is designed so that the frequency characteristics compensate for this pressure increase. The resulting output of the free-field microphone is a signal proportional to the sound pressure, as it existed before the microphone was introduced into the sound field. The free-field microphone should always be pointed towards the sound source (0° incidence). In this situation the pressure of the microphone diaphragm in the sound field will result in a pressure increase in front of the diaphragm. The microphone is then designed so that the sensitivity of the microphone decreases with the same extent as the pressure increase in front of the diaphragm. This is achieved by increasing the internal electrical damping in the microphone cartridge. The result is an output from the microphone, which is proportional to the sound pressure at 0° incidence before the microphone was introduced into the sound field.</p>			
Specifications			
Nominal Output / Sensitivity at 250Hz:	54.3 mV/Pa	Sensitivity to Vibration: Equiv. SPL for 1mm peak-to-peak displacement:	+2 dB to -20dB
Frequency Response:	20 Hz - 20 kHz +1 dB -2 dB	Temperature Range:	-40 to +120°C
Polarization Voltage:	Prepolarized type	Moisture Resistance Coefficient:	-10 to +10°C
Upper Limit of Dynamic Range:	160dB re 20μPa	Length:	9.52"
Lower Limit of Dynamic Range:	Thermal noise	Outer:	18.2mm
Nominal Cartridge Capacitance:	220pF	Inner:	17.2mm
Resonance Frequency:	1.4kHz	Weight:	9g
Effective Free Volume:	10mm		
Static Pressure Coefficient:	-0.006-0.05Pa		

**ΕΙΚΟΝΑ 5.5: Ο ΘΕΡΜΑΙΝΟΜΕΝΟΣ ΠΡΟ-ΕΝΙΣΧΥΤΗΣ PRE21W**



### **Σύντομη περιγραφή: Βαλίτσα Παντός Καιρού VES 21 - Διάταξη παντός Καιρού BAP 21 - Βαθμονομητές**

Η βαλίτσα παντός καιρού VES21 είναι ένας αυτόνομος μετρητικός σταθμός για την διεξαγωγή μετρήσεων σε ελεύθερο πεδίο. Η βαλίτσα VES21 χρησιμοποιείται μαζί με το ολοκληρωτικό ηχόμετρο Solo και των δύο τύπων Master και Premium και παρέχει απόλυτη προστασία στον μετρητικό εξοπλισμό έναντι των κλιματολογικών συνθηκών που μπορεί να επηρεάσουν την ομαλή λειτουργία των οργάνων.

Μέσα σε αυτήν περιέχεται μια μπαταρία υψηλής αποθηκευτικής ικανότητας η οποία μπορεί να τροφοδοτεί τον μετρητικό εξοπλισμό έως και 168 συνεχόμενες ώρες. Επιπρόσθετα περιέχεται και φορτιστής για σύνδεση με παροχή ηλεκτρικού ρεύματος σε περίπτωση που απαιτηθεί μεγαλύτερη χρονική διάρκεια μέτρησης.

Η διάταξη BAP 21 είναι εκείνη η οποία προσφέρει την προστασία στον προενισχυτή και το μικρόφωνο έναντι των κακών καιρικών συνθηκών, της υγρασίας και του αέρα. Αποτελείται από έναν ανοξείδωτο μεταλλικό σωλήνα, μία υποστηρικτική κεφαλή και κατάλληλο ανεμοκάλυπτρο εφοδιασμένο με ειδική διάταξη έτσι ώστε τα πουλιά να μην μπορούν να παρεμποδίσουν την μέτρηση.

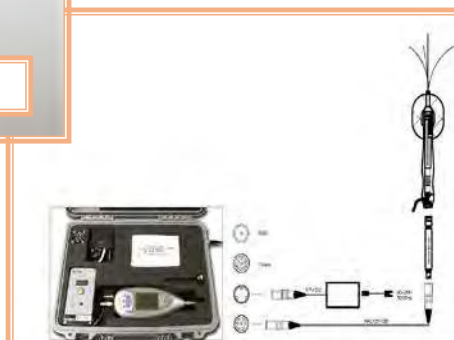


Διάταξη Παντός Καιρού Bar 21 με τρίποδα σε συνθήκες μέτρησης



Διάταξη Παντός Καιρού Bar 21

Συνδεσμολογία της Διάταξης Παντός Καιρού Bar 21 με την βαλίτσα VES21



Οι βαθμονομητές Cal01 και Cal02 είναι πηγές ηχητικής πίεσης και χρησιμοποιούνται κάθε φορά πριν την διεξαγωγή των ακουστικών μετρήσεων έτσι ώστε να εξασφαλίσουμε την καλή λειτουργία των μικροφώνων. Είναι σύμφωνοι με το πρότυπο IEC 942 και λειτουργούν με μπαταρία, την συνέχεια ακολουθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

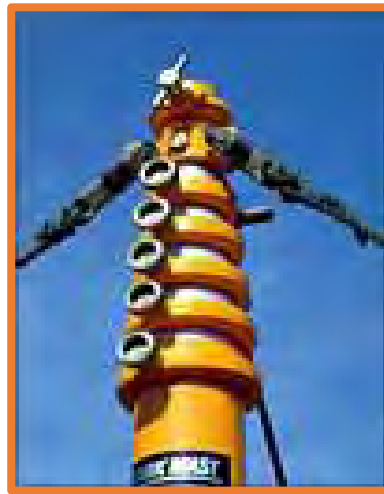


Για την διενέργεια 24ωρων ακουστικών μετρήσεων σε προκαθορισμένες θέσεις γίνεται αντιληπτό ότι η χρησιμοποίηση μόνο τεχνικού προσωπικού είναι ανέφικτη μιας και το χρονικό διάστημα που απαιτείται είναι απαγορευτικό για τα ανθρώπινα δεδομένα άλλα και το κόστος που απαιτείται τόσο το οικονομικό όσο και σε εργατο- ώρες είναι ιδιαίτερα υψηλό. Γι' αυτό ολοκληρώσαμε την διαμόρφωση ειδικών αυτοκινούμενων σταθμών μέτρησης οι οποίοι φέροντας τις ειδικές διατάξεις προστασίας παντός καιρού είναι ιδανικοί για την διενέργεια όχι μόνο 24ωρων ακουστικών μετρήσεων άλλα και ακόμα μεγαλύτερου χρονικού διαστήματος αν αυτό απαιτηθεί. Και στους 7 διαθέσιμους αυτοκινούμενους σταθμούς περιέχεται ειδικός τηλεσκοπικός ιστός για την ανάρτηση του μικροφώνου και της διάταξης προστασίας καθώς επίσης και ειδική αντλία αέρα που χρησιμοποιείται για την ανύψωση του τηλεσκοπικού ιστού. Ο ιστός και η αντλία είναι της Αγγλικής εταιρείας Clark Mast και τα τεχνικά χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται παρακάτω Αυτό το τροφοδοτούμενο σύστημα από την μπαταρία του αυτοκίνητου είναι απλό τόσο σε συνδεσμολογία όσο και σε χρήση. Ένας διακόπτης ελέγχει την ανύψωση του ιστού και μια ξεχωριστή διάταξη βαλβίδων την υποστολή του. Ένας εσωτερικός διακόπτης πίεσης διακόπτει την παροχή αέρα στο σύστημα σε περίπτωση διαρροής αέρα. Η παροχή είναι περίπου 30 λίτρα / λεπτό. Τα είδη των ιστών που χρησιμοποιούνται είναι δυο. Ιστός τύπου ST για τους αυτοκινούμενους σταθμούς Νο1 και Νο2 και ιστός τύπου QTM για τον Νο3 & 4 αντίστοιχα.



Ιστός Τύπου ST

Ιστός Τύπου QTM



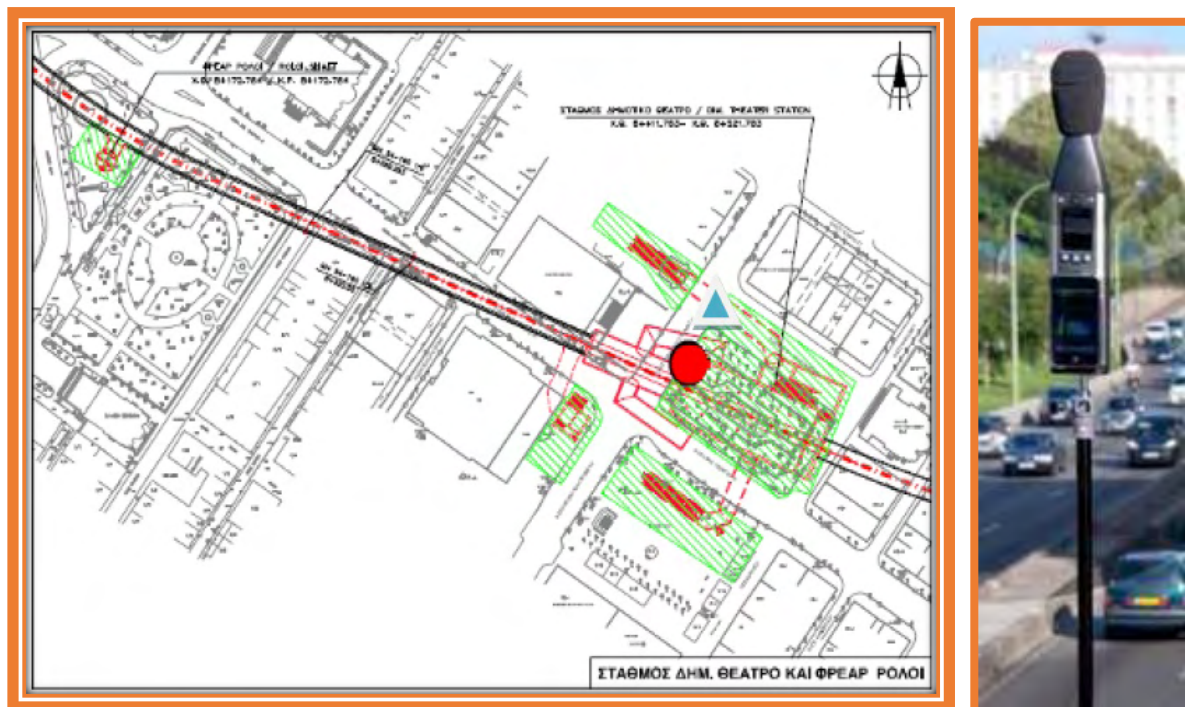
ΕΙΚΟΝΑ 5.6: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΑΥΤΟΚΙΝΟΥΜΕΝΩΝ ΜΕΤΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ



### 5.3 Μόνιμο σύστημα παρακολούθησης θορύβου

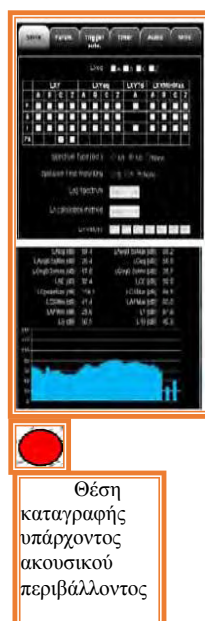
Σύμφωνα με τις σχετικές προδιαγραφές προβλέπεται να λάβει ο Ανάδοχος ειδική πρόνοια, στο πλαίσιο του εν λόγω Προγράμματος, για τον έλεγχο θορύβου και δονήσεων στο κτίριο του Δημοτικού Θεάτρου Πειραιά με σύστημα συνεχούς παρακολούθησης και ειδικά μέτρα περιορισμού δονήσεων και θορύβου κατά την κατασκευή. Στα πλαίσια αυτά προβλέπεται η εγκατάσταση δύο σταθμών DUO της 01 dB στις θέσεις που δίνονται στα σχήματα στη συνέχεια. Οι βασικές τεχνικές προδιαγραφές του συστήματος δίνονται επιγραμματικά στη συνέχεια και αναλυτικά στο σχετικό Παράρτημα

**ΕΙΚΟΝΑ 5.7: ΘΕΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ ΠΕΙΡΑΙΑ ΦΡΕΑΡ ΡΟΛΟΙ**



#### ➤ Τεχνικές Προδιαγραφές DUO: All-in-one NMS

- ❖ Embedded weatherproof microphone
- ❖ IP55 weatherproof
- ❖ Simplified user interface with full web control (no software installation required)
- ❖ Metrology:
  - Type 1, (I.E.C. PUBLICATIONS 651-1979 & 804-1985) and IEC 1260 & IEC 61672-1
  - Overall and spectral data every 500ms (20ms mini)
  - Trigger module
  - Non-compressed WAV audio recording (audio playback and processing)
  - GPS data/time synchronization
  - Alerts in case of mains power failure & In case of



- communication breakdown
  - Administration: remote control and administration for unlimited number of stations
- ❖ Simplified maintenance
- ❖ Noise indices: L10(18hr), Leq (24hr), Lmax & Lmin, Lden, Lday, Levening & Lnight according to 2002/49/EU, and furthermore all statistical indices Ln

#### ➤ Outdoor microphone units

- ❖ BAP21-DUO; Type 1 (IEC 60651, ANSI S1.4 1983)
- Calibration and calibration verification modes - Manual - Electrical verification (Charge Injection Calibration)

#### ➤ Communication

- ❖ Built-in modem: GSM (3G+) - External modem: any modem/router using a TCP/IP protocol
- ❖ xDSL (ADSL, SDSL, WiFi...)
- ❖ Most frequent configurations: Fixed stations: ADSL, 3G & Mobile stations: 3G Remote administration - dBDUO Web-based interface

#### ➤ Installation

##### ➤ Protection cabinet

- ❖ Integration of all elements in an enclosure
- Standard cabinet (Type Legrand or equivalent)
- Mains power protection
- Simplified maintenance

##### ➤ On-site installation Piraeus Metro Extention

- Several possibilities
- Dedicated solution for remote installation,
- Inside an existing cabinet or shelter, in a roof, etc.



ΕΙΚΟΝΑ 5.8: ΜΟΝΙΜΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ DUO



## 6 Ειδική Μελέτη Ελέγχου Αερόφερτου Θορύβου κατά την Κατασκευή

### 6.1 Μετρήσεις υπάρχουσας κατάστασης εδαφομεταφερόμενου και αερομεταφερόμενου θορύβου και δονήσεων του περιβάλλοντος χώρου

Η παρούσα ειδική μελέτη επιγραμματικά προβλέπεται να περιέχει:

- ✓ Μετρήσεις των υπαρχόντων επιπέδων εδαφομεταφερόμενου και αερομεταφερόμενου θορύβου και δονήσεων του περιβάλλοντος χώρου του εργοταξίου
- ✓ Πρόβλεψη διακύμανσης της στάθμης Θ&Δ κατά τη διάρκεια των κατασκευαστικών δραστηριοτήτων
- ✓ Εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων σε ανθρώπους και κτίρια σε σχέση με τα όρια Θ&Δ
- ✓ Ειδική οριστική ακουστική μελέτη (διαστασιολόγηση περιμετρικών ηχοπετασμάτων, μερική ακουστική κάλυψη μεμονωμένων μηχανημάτων εργοταξίου κλπ.)
- **Αναλυτικό Πρόγραμμα Ελέγχου Θ&Δ κατά την κατασκευή** (όπως αναλύεται ακολούθως).

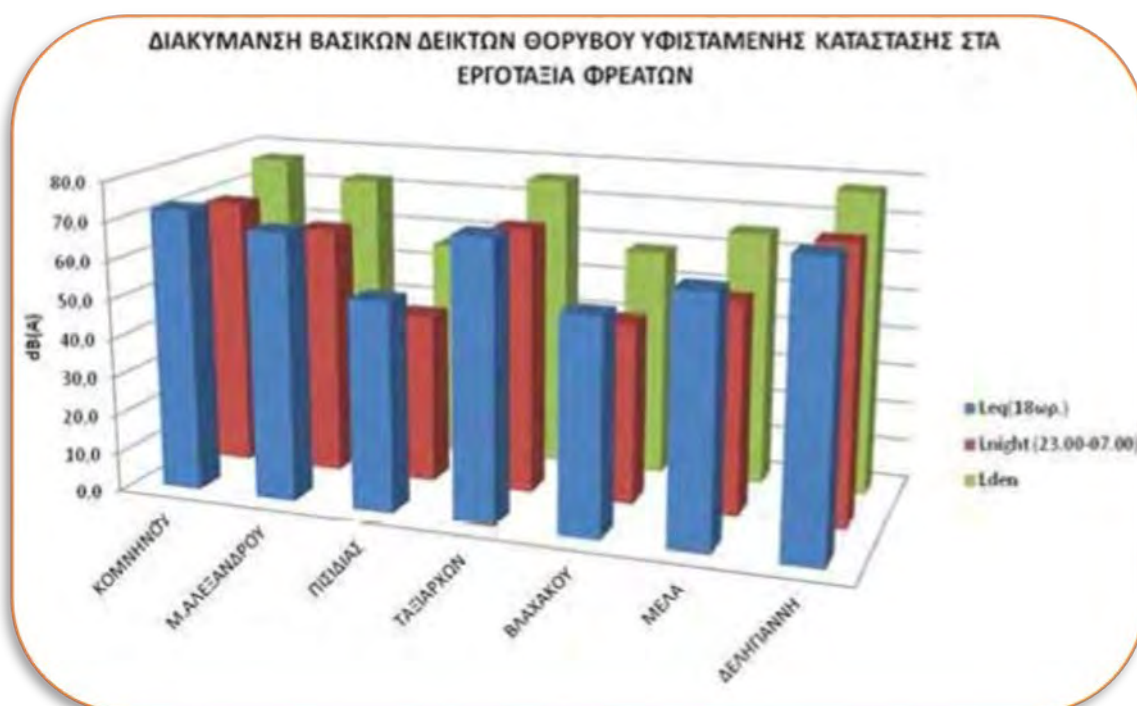
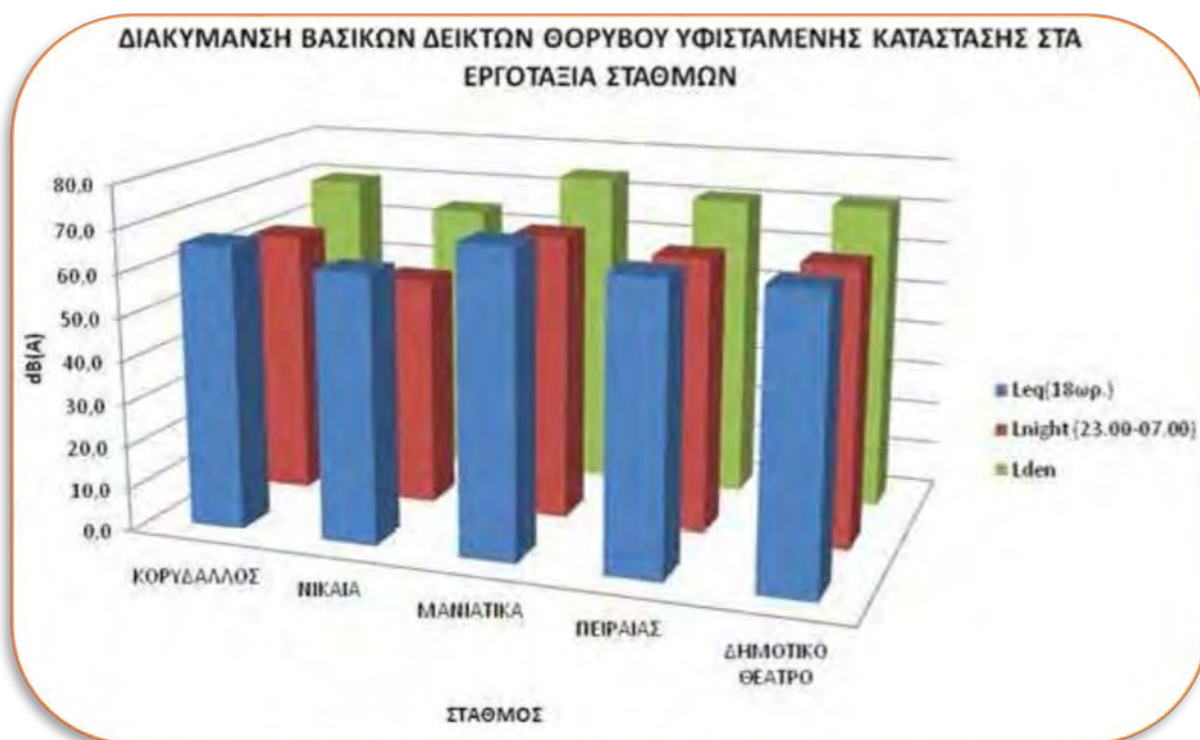
Για την εκτίμηση της υφισταμένης κατάστασης του ακουστικού περιβάλλοντος στην περιοχή διέλευσης του έργου και ιδιαίτερα σε ότι αφορά τα επιφανειακά εργοτάξια στα οποία αναμένεται να παρατηρηθούν εκπομπές αερόφερτου θορύβου, έγιναν 24ωρες αντιπροσωπευτικές καταγραφές της υπάρχουσας κατάστασης του περιβαλλοντικού θορύβου που αποκλειστικά χαρακτηρίζεται από την διαμορφωμένη στάθμη του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου ΧΩΡΙΣ την λειτουργία του εργοταξιακού χώρου - στο σύνολο των προβλεπόμενων εργοταξίων (βλέπε χωροθέτηση θέσεων στο παράρτημα στη συνέχεια). Η περιοχή των μετρήσεων επιλέχθηκε με βάση την διέλευση του έργου και τις υφιστάμενες χρήσεις γης, καθώς και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε επι μέρους άμεσης αστικής περιοχής, όπως αυτά εντοπίστηκαν κατά την πρόσφατη επι τόπου επίσκεψη, ώστε να ελεγχθούν με έμφαση θέσεις σε γειτνίαση με ευαίσθητες ακουστικά χρήσεις. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα όρια κάθε εργοταξίου κατά μήκος της χάραξης στο υφιστάμενο αστικό οδικό δίκτυο. Με τις ακουστικές μετρήσεις στην περιοχή του έργου προσδιορίστηκαν οι ακόλουθων των ποσοστομοριακών δεικτών : L10, L1, Lmax, Lmin, L50, L 95, L99, καθώς και η ενεργειακά ισοδύναμη μέση ηχοστάθμη Leq σε dB(A).

**Εξοπλισμός ακουστικών μετρήσεων:** Για τις ακουστικές μετρήσεις περιορισμένης χρονικής διάρκειας (καταγραφή συμβάντων «events») που εκτελέστηκαν στα πλαίσια της ανωτέρω καταγραφής του υπάρχοντος ακουστικού περιβάλλοντος, χρησιμοποιήθηκαν τα ολοκληρωτικά ηχόμετρα ακριβείας τύπου 1 SOLO της 01dB - Integrated Noise level analyser class 1 according to : IEC 651:1979 (type1), IEC 804 :1985 (type 1), ANSI 1.4-1983, NF EN 60651 (July 1994) & NF EN 60804 (July 1994) - που αναλύθηκαν ανωτέρω. Πριν από κάθε ακουστική μέτρηση γινόταν βαθμονόμηση των οργάνων με ειδικό όργανο βαθμονόμησης (acoustical calibrator), ώστε να παρακολουθείται η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων σε όλη την διάρκεια καταγραφής του ακουστικού περιβάλλοντος. Στον πίνακα και τα διαγράμματα του σχήματος που ακολουθούν παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των ακουστικών μετρήσεων του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου και δίδονται τα αποτελέσματα των ποσοστομοριακών δεικτών και της ενεργειακά



ισοδύναμης μέσης ηχοστάθμης στο σύνολο των αστικών γεωγραφικών θέσεων. Οι αναλυτικές καταγραφές δίνονται στο σχετικό Παράρτημα.

**Διάγραμμα 6.1:** Διακύμανση γενικών και βασικών δεικτών θορύβου υπάρχοντος ακουστικού περιβάλλοντος στα εργοτάξια και φρεάτια στην Επέκταση της Γραμμής 3 της ΑΜ " Χαϊδάρι -Πειραιάς "



**Πίνακας 6.1:** Γεωγραφικές θέσεις & αποτελέσματα ακουστικών μετρήσεων στα εργοτάξια και φρεάτια υπάρχοντος ακουστικού περιβάλλοντος στα εργοτάξια και φρεάτια στην Επέκταση της Γραμμής 3 της ΑΜ " Χαϊδάρι -Πειραιάς "

ΔΕΙΚΤΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ	ΦΡΕΑΡ					
	ΤΒΜ-ΚΟΜΝΗΝΟΥ	Μ.ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥ	ΠΙΣΙΔΙΑΣ	ΤΑΞΙΑΡΧΩΝ	ΒΛΑΧΑΚΟΥ	ΜΕΛΑ
Leq( 1ης βάρδιας)	72,4	68,6	54,9	71,3	57,0	65,8
Leq( 2ης βάρδιας)	73,1					
L <sub>night</sub> (23.00-07.00)	72,2	64,4	43,7	68,2	46,5	54,3
L <sub>den</sub>	77,8	72,6	56,8	75,9	58,9	65,6

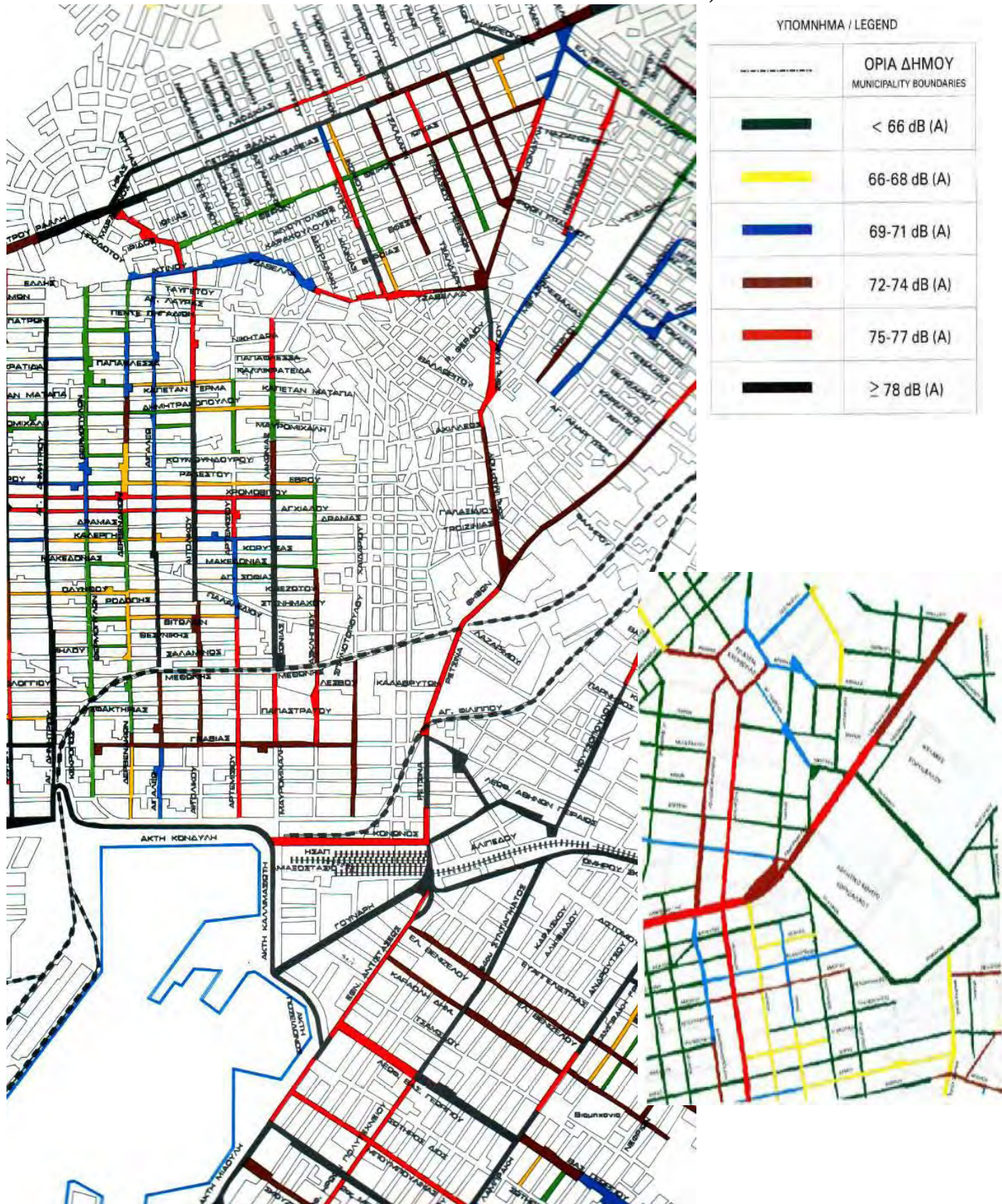
ΔΕΙΚΤΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ	ΣΤΑΘΜΟΣ				
	ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΣ	ΝΙΚΑΙΑ	ΜΑΝΙΑΤΙΚΑ	ΠΕΙΡΑΙΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ
Leq( 1ης βάρδιας)	66,0	65,6	70,3	66,9	69,6
L <sub>night</sub> (23.00-07.00)	61,9	53,8	66,3	63,7	64,8
L <sub>den</sub>	69,8	64,4	74,4	70,8	72,7

Το ακουστικό περιβάλλον στην άμεση περιοχή των εργοταξίων θεωρείται ήδη σχετικά επιβαρυμένο λόγω της υψηλής στάθμης του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου που χαρακτηρίζει την περιοχή διέλευσης (βλέπε και σχετικό απόσπασμα του χαρτών Ο.Κ.Θ. - ΥΠΕΧΩΔΕ, 1997 & 1992) όπου καταγράφεται η υπάρχουσα στάθμη θορύβου για την περιοχή του έργου.

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στον αντίστοιχο πίνακα των ακουστικών μετρήσεων παραπάνω επισημαίνεται ότι η υφιστάμενη κατάσταση του ακουστικού περιβάλλοντος - ειδικά εκεί όπου η χάραξη διέρχεται μέσα τον κύριο ιστό της πόλης, και παρατηρείται αυξημένη οδική κυκλοφορία - είναι αρκετά επιβαρυμένη. Ως εκ τούτου στην άμεση περιοχή των εργοταξίων η στάθμη του δείκτη LAeq είναι ήδη αρκετά υψηλή.



ΕΙΚΟΝΑ 6.1: ΧΑΡΤΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΔΗΜΩΝ ΠΕΙΡΑΙΑ - ΥΠΕΧΩΔΕ 1992 & ΚΟΡΥΔΑΛΛΟΥ, ΥΠΕΧΩΔΕ 1997





## 6.2. Μεθοδολογία υπολογισμών θορύβου - Το λογισμικό CadnaA

Στη συνέχεια δίνεται η αναλυτική παρουσίαση του ειδικού λογισμικού πρόβλεψης/αξιολόγησης του περιβαλλοντικού θορύβου *CadnaA*, το οποίο καλύπτει πλήρως τις απαιτήσεις της Οδηγίας 2002/49/ΕΚ. Το προτεινόμενο ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ & ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΧΑΡΤΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ *CadnaA* που προτείνεται (βλέπε τεχνικές προδιαγραφές στη συνέχεια) έχει τη δυνατότητα να εκτιμήσει με ακρίβεια τις όποιες πραγματικές ή προβλεπόμενες διορθώσεις στις τελικές στάθμες λόγω εμποδίων, ηχοπετασμάτων κλπ. υπολογίζοντας και τις παντός είδους ανακλάσεις των ηχητικών κυμάτων επί των γύρω κτιρίων και εφαρμόζει τη σχετική μεθοδολογία που αναλύθηκε ανωτέρω. Η εφαρμογή του ειδικού λογισμικού που προτείνεται, θα είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι δυνατόν να δοκιμάζονται διαφορετικές πολιτικές μέτρων αντιρρύπανσης (αντιθρομβικά πετάσματα), οι οποίες θα αξιολογούνται ως προς τις επιπτώσεις τους στο ακουστικό περιβάλλον για τα επιλεγμένα σενάρια κυκλοφοριακών χαρακτηριστικών, σε διάφορα χωρικά επίπεδα αναφοράς (π.χ. διαφορετικοί όροφοι πολυκατοικιών, κλπ.).





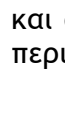
Η εκτίμηση της τελικής στάθμης θορύβου στο αστικό περιβάλλον, θα λαμβάνει προφανώς υπόψη όλες τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη διάδοση του ήχου, όπως το ανάγλυφο και τη μορφολογία του εδάφους, τα τυχόν εμπόδια ή ηχοπετάσματα, τα μετεωρολογικά δεδομένα, κλπ. Το προτεινόμενο λογισμικό πρόβλεψης οδικού κυκλοφοριακού θορύβου, σιδηροδρομικού & αεροπορικού θορύβου, βιομηχανικών εγκαταστάσεων και ελέγχου αποτελεσματικότητας μέτρων αντιθρομβικής προστασίας *CadnaA* είναι ότι πιο νέο και δυναμικό στο χώρο των μοντέλων πρόβλεψης. Το λογισμικό *CadnaA* έχει αναπτυχθεί από ακουστικούς και προγραμματιστές «Software» με αποτέλεσμα να συνδυάζει με τον καλύτερο τρόπο την ευκολία στη χρήση αλλά και την επιστημονική επάρκεια.



Το *CadnaA* χρησιμοποιείται κυρίως για την πρόβλεψη των επιπέδων θορύβου σε Βιομηχανικές εγκαταστάσεις, Οδικά και Σιδηροδρομικά δίκτυα, Αεροδρόμια και χώρους προσγείωσης. Τα κύρια πλεονεκτήματα του απέναντι σε παρεμφερή προγράμματα είναι:

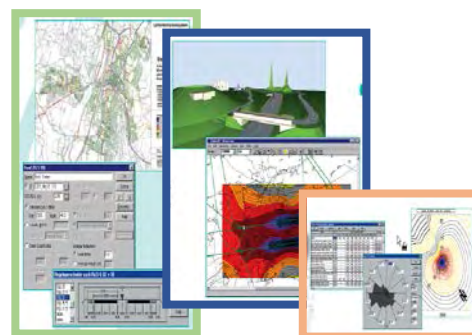
	Δεν υπάρχουν όρια για τις διάφορες εργασίες που να οφείλονται στο Software (μέχρι και 16 εκατομμύρια αντικείμενα δίνονται μέσω του Software - Το μόνο πρακτικό όριο είναι οι δυνατότητες του hardware)
	Υπάρχουν πολύ χρήσιμες εντολές για την εκμετάλλευση όλων των διαθέσιμων δεδομένων ακόμα και αν αυτά δεν είναι σε καλή κατάσταση (e.g.: command "close polygons" to generate buildings from single lines extracted from CAD drawings, fitting of objects to the ground model or fitting the ground model to imported data)
	Μέγιστη Υπολογιστική ταχύτητα σε σύγκριση με παρόμοια προγράμματα
	Πλήρως αυτοματοποιημένο, software το οποίο μπορεί να δουλεύει ταυτόχρονα οποιοδήποτε πλήθος εργασιών καθώς επίσης και δυνατότητα συνεργασίας με λοιπούς υπολογιστές μέσω του δικτύου (π.χ. στις περιπτώσεις μεγάλων χαρτών περιβαλλοντικού θορύβου)
	Υπολογισμός των επιπέδων θορύβου έμπροσθεν των προσόψεων για όλα τα κτίρια μιας πόλης (selectable: all facade points, the maximal, the mean or the minimal level at the facades of a building). Διαθέσιμες στατιστικές αναλύσεις για τις επιπτώσεις του θορύβου στον πληθυσμό σύμφωνα με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης χωρίς την ανάγκη εισαγωγής επιπρόσθετων δεδομένων.
	Χρωματική απεικόνιση κατόψεων, τομών, και προσόψεων κτιρίων ανάλογα με την διάδοση του θορύβου.



	Το CadnaA δίνει την δυνατότητα χρωματισμού του κάθε αντικειμένου ξεχωριστά εξαρτώμενο από τις τιμές που έχουν δοθεί σε ένα από τα χαρακτηριστικά του ή από την επιλογή του χρήστη για κάποια από αυτά τα χαρακτηριστικά (π.χ. Όλα τα κτίρια με πάνω από δέκα κατοίκους θα έχουν την κόκκινη χρωματική ένδειξη αν το μέγιστο όριο στην πρόσοψη της κατοικίας είναι μεγαλύτερο των 70 dB(A))
	Σε Real time περάσματα ή πτήσεις μέσα από την φωτορεαλιστική απεικόνιση 3D-presentation - υπάρχει η δυνατότητα της παύσης, η επιλογή ενός αντικειμένου σε αυτό το εικονικό περιβάλλον και η αλλαγή των χαρακτηριστικών του ιδιοτήτων. Η αλλαγή γίνεται αυτόματα και τα αποτελέσματα μπορούν να γίνουν άμεσα ορατά στο μοντέλο 3D που ήδη τρέχουμε.
	Υπάρχει η δυνατότητα παρουσίασης των καμπύλων θορύβου που προκύπτουν με παράλληλη λειτουργία auralization.
	Το CadnaA είναι μία πλατφόρμα που μπορεί να συνδέσει μια ποικιλία άλλων προγραμμάτων όπως π.χ. προγράμματα Real time εκπομπών θορύβου.
	Αυτόματη αναπαραγωγή bitmap αρχείων για την παραγωγή zoomable διαδραστικών χαρτών θορύβου οι οποίοι μπορούν να παρουσιαστούν στο INTEPNET (βλ. <a href="http://www.NoiseRus.com">http://www.NoiseRus.com</a> ).

Το λογισμικό *CadnaA* για τα Windows είναι ένα λογισμικό πρόγραμμα για την πρόβλεψη και αξιολόγηση των επιπέδων θορύβου στην περιοχή:

- ✓ Βιομηχανικών εγκαταστάσεων,
- ✓ εγκαταστάσεων αθλητισμού και αναψυχής,
- ✓ δρόμων και σιδηρόδρομων,
- ✓ οποιουδήποτε θορυβώδη εξοπλισμού.

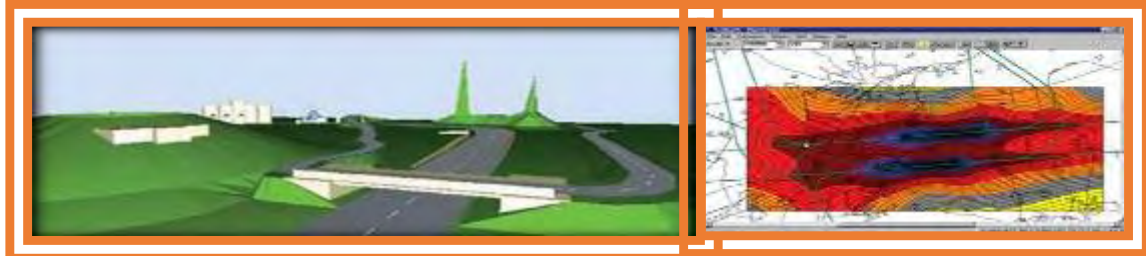


Το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα εύκολης εισαγωγής και διαμόρφωσης τοπίων με όλα αυτά που επηρεάζουν την εκπομπή και τη διάδοση του ήχου, τον υπολογισμό και την τεκμηρίωση των επιπέδων θορύβου σύμφωνα με τους εθνικούς κανονισμούς και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων με σχέδια ισοθορυβικών καμπυλών θορύβου και χρωματιστούς χάρτες θορύβου.

Πολύ αποτελεσματικό και εύχρηστο πρόγραμμα για τα Windows:

- ✓ το CadnaA είναι ένα πρόγραμμα 32-bit MS Windows
- ✓ γραφικό ενδιάμεσο με τον χρήστη με εύκολα κατανοητά σύμβολα
- ✓ όλα τα αντικείμενα όπως δρόμοι, σιδηρόδρομοι, περιοχές χώρων στάθμευσης κ.λπ. μπορούν να παραχθούν γεωμετρικά με την εισαγωγή των συντεταγμένων με το ποντίκι, τον ψηφιοποιητή ή το πληκτρολόγιο, με τη δυνατότητα παράλληλης χρήσης αυτών των συσκευών
- ✓ τα πολύγωνα (π.χ. κτήρια, θορυβώδεις περιοχές) και τα γραμμικά στοιχεία (πηγές γραμμών, δρόμοι, εμποδία κ.λπ.) μπορούν να έχουν οποιαδήποτε μορφή
- ✓ για τις σημαντικότερες πηγές θορύβου όπως τους δρόμους και τις σιδηροδρομικές γραμμές τα επίπεδα εκπομπής υπολογίζονται από τις σχετικές με το θόρυβο παραμέτρους
- ✓ τροποποίηση των αποτελεσμάτων παραμέτρων πηγής θορύβου σε πραγματική χρονική αναπροσαρμογή των τιμών εκπομπής - ένας πολύ γρήγορος τρόπος εξέτασης μέτρων μείωσης θορύβου
- ✓ εισαγωγή πολλών στοιχείων - αρχεία τύπου DXF, SICAD, Atlas, Gis, ArcView κ.λπ.
- ✓ εξαγωγή των πινάκων και των γραφικών παρουσιάσεων στην περιοχή clipboard και επομένως εισαγωγή με δύο πληκτρολογήσεις σε άλλη εφαρμογή των Windows όπως προγράμματα κειμένου και υπολογισμού με λογιστικό φύλλο. Εξαγωγή επίσης σε μορφή αρχείων DXF, ASCII, cRtf.

- ✓ ανοικτή βάση δεδομένων σύνδεσης σε όλες τις βάσεις δεδομένων όπως το dBase, MSAccess, FoxPro, Paradox, το SQL κ.λπ. Αυτό επιτρέπει την ενημέρωση των στοιχείων στις εξωτερικές βάσεις δεδομένων, εάν αυτά τα στοιχεία πρόκειται επίσης να χρησιμοποιηθούν από άλλες εφαρμογές
- ✓ μπορούν να χρησιμοποιηθούν όλες οι συσκευές με Windows driver.



Το *CadnaA* έχει αναπτυχθεί από ειδικούς ακουστικούς και προγραμματιστές λογισμικού - και αυτό είναι μια προϋπόθεση για τη δημιουργία ενός τέτοιου αποτελεσματικού εργαλείου στη μείωση του θορύβου. Με την εύκαμπτη δομή λογικής του, το πρόγραμμα θα αποδειχθεί ότι είναι υψηλής αξίας για τους εμπειρογνώμονες που αντιμετωπίζουν τακτικά προβλήματα θορύβου, καθώς επίσης και σε εκείνους που είναι αρμόδιοι για περιβαλλοντικά θέματα αλλά δεν έχουν γνώση όσον αφορά στις τεχνικές πτυχές της διάδοσης θορύβου. Το *CadnaA* επιτρέπει την αξιολόγηση της εκπομπής του θορύβου σε συμφωνία με τους εθνικούς κανονισμούς. Πιο συγκεκριμένα:

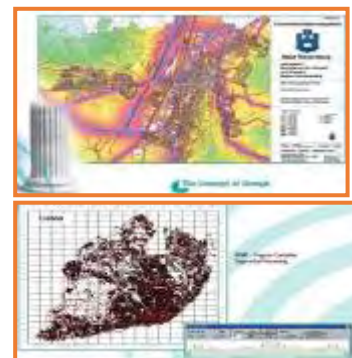
- ✓ ISO 9613-2 - Για τον Βιομηχανικό Θόρυβο
- ✓ NMPB (French) - Για τον Οδικό Κυκλοφοριακό Θόρυβο
- ✓ SRMII (Dutch) - Για τον Σιδηροδρομικό Θόρυβο

Επισημαίνονται τα παρακάτω :

- ✓ Όλα τα στοιχεία ενός προγράμματος αντιμετωπίζονται σε ένα αρχείο και μπορούν να σωθούν και να φορτωθούν με τη δακτυλογράφηση του ονόματος αρχείου. Αυτό επιτρέπει μια πολύ απλή διαχείριση παραλλαγών.
- ✓ Κανένας πρακτικός περιορισμός στον αριθμό των πηγών και των σημείων εκπομπής.
- ✓ Μεγάλες εγκαταστάσεις διυλιστηρίου με χιλιάδες πηγές είναι το ίδιο εύκολο να αξιολογηθούν όπως και ο υπολογισμός του ύψους ενός τοίχου που είναι απαραίτητος για να προστατέψει μια ενιαία πλατφόρμα φόρτωσης.
- ✓ Οι πηγές θορύβου οποιασδήποτε πολυπλοκότητας μπορούν εύκολα να διαμορφωθούν στο πρόγραμμα με πηγές σημειακές, γραμμικές και επιφανειακές. Οι τιμές εκπομπής αυτών των πηγών και ο υπολογισμός τους πραγματοποιούνται εναλλακτικά με τα A-weighted επίπεδα ή σε ζώνες συχνότητας.
- ✓ Αποτελεσματική υποστήριξη των εξαρτώμενων από την συχνότητα υπολογισμών από βάσεις δεδομένων με φάσμα της ηχητικής στάθμης ακουστικής πίεσης και από την απώλεια μετάδοσης.
- ✓ Χρήση των τιμών εκπομπής σε σχέση με τα πρότυπα του ISO 3740. Αυτό επιτρέπει τη χρήση της ηχητικής στάθμης ακουστικής πίεσης που δηλώνεται από τους κατασκευαστές των μηχανημάτων.
- ✓ Οι παράμετροι εισάγονται για τους δρόμους, τους σιδηροδρόμους, τις περιοχές χώρων στάθμευσης και τους αερολιμένες. Από αυτές τις παραμέτρους υπολογίζονται οι τιμές εκπομπής.
- ✓ Οι διασταυρώσεις που ελέγχονται από τους φωτεινούς σηματοδότες καθορίζονται εύκολα μέσα στο υπολογιστικό μοντέλο με το πάτημα του συμβόλου φωτεινού σηματοδότη μέσα στην περιοχή της διασταύρωσης. Οι κατάλληλοι δρόμοι αναγνωρίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα.
- ✓ Τοπικός και γενικός καθορισμός και αναθεώρηση έκδοσης της σιδηροδρομικής κίνησης.

- ✓ Οι πηγές της περιοχής με τιμές εκπομπής υπολογίζονται από το πρόγραμμα με τέτοιο τρόπο, που δεν ξεπερνιούνται οι επιτρεπόμενες τιμές εκπομπής για έναν απεριόριστο αριθμό σημείων εκπομπής στην περιοχή (προαιρετικά).
- ✓ Τα κτήρια με αυθαίρετο σχεδιασμό συμπεριλαμβάνονται ως εμπόδια και εάν είναι απαραίτητο ως αντικείμενα που αντανakλούν τον ήχο.
- ✓ Το αντικείμενο Κτήριο έχει την ιδιότητα "ακουστικής διαπερατότητας" η οποία παίρνει τιμές παραμέτρου σε ποσοστά. Αυτό το χαρακτηριστικό γνώρισμα επιτρέπει την διαμόρφωση στο μοντέλο περισσότερο ή λιγότερο ανοικτών δομών που είναι στην πραγματικότητα μια συσσώρευση σωλήνων, αγωγών και άλλου τεχνικού εξοπλισμού που μπορούν να διαπεραστούν από την ηχητική ενέργεια.
- ✓ Τα πετάσματα αντιπροσωπεύονται από μια ακολουθία ευθειών γραμμών. Μπορούν να έχουν μια επικλινή άκρη.
- ✓ Ο συντελεστής αντανάκλασης των αντικειμένων μπορεί να είναι καθορισμένος ή επιλεγμένος από έναν προκαθορισμένο κατάλογο.
- ✓ Δασώδεις περιοχές και ομάδες κτηρίων, τα οποία δεν διαμορφώνονται χωριστά στο πρόγραμμα, μπορούν να καθοριστούν με αυθαίρετη μορφή.
- ✓ Διαμόρφωση του τοπίου από τις ισοθροβικές καμπύλες
- ✓ Εισαγωγή των στοιχείων περιοχών με αυθαίρετη μορφή και μια καθορίσιμη ηχητική στάθμη ακουστικής πίεσης ανά τετραγωνικό μέτρο. Το *CadnaA* υποδιαίρει αυτή τη περιοχή δυναμικά σε σχέση με τις ακουστικές ανάγκες. Αυτό είναι πολύ χρήσιμο όταν προγραμματίζονται βιομηχανικές ζώνες κοντά σε περιοχές κατοικίας και πρέπει να προβλεφθούν τα επίπεδα θορύβου.
- ✓ PCSP - τμηματική επεξεργασία ελέγχου προγράμματος - Το *CadnaA* είναι σε θέση να επεξεργαστεί περισσότερα από 16 εκατομμύρια αντικείμενα ανά είδος αντικειμένου χωρίς οποιοδήποτε πρόβλημα, ακόμη και μοντέλα πόλεων (με την επιλογή XL). Επομένως το όριο για το μέγεθος ενός επεξεργάσιμου αρχείου καθορίζεται κανονικά από την ικανότητα του υπολογιστή. Με το PCSP ακόμη και αυτό το όριο είναι ξεπερασμένο. Κατάτμηση ελεγχόμενη από το πρόγραμμα καθορισμένη από το χρήστη επιτρέπει να φορτωθούν τμήματα το ένα μετά το άλλο για τον υπολογισμό αυτόματα. Κατά συνέπεια το RAM είναι ικανό να εργαστεί χωρίς την πρόσβαση σε σκληρό δίσκο. Εάν διάφοροι υπολογιστές με το *CadnaA* είναι διαθέσιμοι για υπολογισμούς, π.χ. μέσα σε ένα δίκτυο, μπορούν να λειτουργήσουν παράλληλα στο ίδιο αρχείο του προγράμματος. Το PCSP στο *CadnaA* οργανώνει αυτόματα και διαχειρίζεται τις απαραίτητες διαδικασίες.
- ✓ Οι πίνακες που παράγονται ή οι προκαθορισμένοι από το χρήστη και οι γραφικές παρουσιάσεις, είναι κατάλληλα για πιστοποίηση και αξιόπιστες αξιολογήσεις. Για τα καθορισμένα σημεία εκπομπής όλα τα ενδιάμεσα αποτελέσματα των διαφορετικών σταδίων υπολογισμού μπορούν να παρουσιαστούν στους πίνακες. Αυτό είναι σημαντικό για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων στις αρμόδιες αρχές, που τους επιτρέπουν να ελέγξουν εύκολα την ακρίβεια των υπολογισμών.
- ✓ Το *CadnaA* μπορεί να υπολογίσει τα επίπεδα θορύβου στα πλέγματα με μια καθορισμένη πυκνότητα σημείων εκπομπής. Από αυτά τα επίπεδα, που υπολογίζονται για χιλιάδες σημεία, οι ισοθροβικές καμπύλες, ή οι περιοχές με καθορισμένα διαστήματα επιπέδων θορύβου, αναπτύσσονται και παρουσιάζονται ως έγχρωμοι χάρτες θορύβου. Είναι εύκολο να επεξεργαστούν αυτοί οι χάρτες θορύβου και να εκτυπωθούν με κείμενο και υπόμνημα.
- ✓ Τα αντικείμενα στο *CadnaA* μπορούν να επεξεργαστούν, να διαγραφούν, να τροποποιηθούν, να μετατοπιστούν, να αντιγραφούν, να αλλάξουν μορφή, να πολλαπλασιαστούν ή ακόμα και να μετατραπούν σε άλλα αντικείμενα με απλές διαδικασίες με το ποντίκι. Με αυτές τις δυνατότητες είναι εύκολο να αποκοπούν όλα τα αντικείμενα για μια περιορισμένη περιοχή από το πλήρες σύνολο στοιχείων μιας μεγάλης πόλης, να υπολογιστούν τα επίπεδα θορύβου για τις προβλεπόμενες τροποποιήσεις και να παρεμβληθούν τα τροποποιημένα στοιχεία και τα αντικείμενα εκ νέου.

- ✓ Κάθε μικρότερο ή μεγαλύτερο αντικείμενο με παράλληλες γραμμές περιγράμματος μπορεί να παραχθεί με μια κίνηση του ποντικιού. Αυτό καθιστά εύκολη την δημιουργία εμποδίων ή γραμμών περιγράμματος παράλληλα στους δεδομένους δρόμους ή τις σιδηροδρομικές γραμμές.
- ✓ Τμηματικές όψεις στα πλαίσια ελεύθερων ορισμένων γραμμών δίνουν έναν αποτελεσματικό έλεγχο της μορφής της προηγούμενης διαμορφωμένης επιφάνειας χρησιμοποιώντας τις γραμμές περιγράμματος.
- ✓ Πολλές προκαθορισμένες 3-διάστατες όψεις. Μέσω της εισόδου δύο γωνιών το διαμορφωμένο μοντέλο μπορεί να το δει κανείς από οποιαδήποτε προοπτική.
- ✓ Η ειδική τρισδιάστατη όψη επιτρέπει την κίνηση μέσα στο εικονικό τοπίο για να ελέγξει το μοντέλο. Οι ιδιότητες κίνησης μπορούν να αλλάξουν όπως η θέση της κάμερας και η ταχύτητα κίνησης της ή ακόμα και να δημιουργηθεί ένα αρχείο κινηματογραφικό με την καταγραφή του σε βίντεο.
- ✓ Παρουσίαση στην οθόνη και εκτύπωση σε οποιαδήποτε κλίμακα εισάγοντας την επιθυμητή τιμή ή επιλέγοντας από έναν προκαθορισμένο κατάλογο.
- ✓ Το *CadnaA* χρησιμοποιεί ένα πολύ εύκαμπτο σύστημα για την ομαδοποίηση των αντικειμένων. Όλα τα αντικείμενα που ανήκουν σε μια ομάδα μπορούν να ενεργοποιηθούν ή να απενεργοποιηθούν με κίνηση με το ποντίκι. Εφόσον υπολογιστεί μια φορά, το ανάλογο επίπεδο θορύβου από όλες τις συμπεριλαμβανόμενες πηγές και όλες τις καθορισμένες ομάδες, παρουσιάζονται χωριστά για όλα τα σημεία εκπομπής. Αυτό επιτρέπει μια εξελιγμένη ανάλυση για το κατά πόσο ακόμα και σύνθετες τεχνικά συσκευές συμβάλλουν σε ένα πρόβλημα θορύβου.
- ✓ Αυτή η έννοια της ομαδοποίησης επιτρέπει των διαχωρισμό των πηγών ολόκληρων πόλεων σε οικογένειες πηγών θορύβου όπως η οδική κυκλοφορία, οι διαδρομές σιδηροδρόμων, η βιομηχανία, οι αθλητικές δραστηριότητες κ.λπ. Κάθε ομάδα μπορεί να υποδιαιρεθεί περαιτέρω. Με αυτήν την έννοια ομαδοποίησης: Βιομηχανικές πηγές ⇒ Εργοστάσιο ΧΥ ⇒ Κτήριο ⇒ πηγή αριθ. 47 στη στέγη - η συμβολή ενός απλού ανεμιστήρα, του εργοστασίου ΧΥ ή όλες οι βιομηχανικές πηγές μαζί μπορούν να παρουσιαστούν από το *CadnaA* χωρίς την ανάγκη περαιτέρω υπολογισμού.



Το *CadnaA* είναι ένα παγκόσμιο πρόγραμμα για τον υπολογισμό των επιπέδων θορύβου. Με τον ευέλικτο σχεδιασμό του έχει σκοπό να επιτρέπει την εύκολη προσαρμογή στα εθνικά πρότυπα διαφορετικών χωρών. Αυτή η προσαρμογή πραγματοποιείται βαθμιαία, επομένως συστήνεται να επιδιώκει κανείς τις συμβουλές του εθνικού αντιπροσώπου σχετικά με την απαραίτητη τροποποίηση και τα σχετικά χρονικά προγράμματα. Μαζί με τις Γερμανικές, τις Αυστριακές και τις Ελβετικές οδηγίες υπάρχουν επίσης ενσωματωμένα τα CRTN, CRN (UK), NMPB Routes 96 (Γαλλία) και η Σκανδιναβική Μέθοδος Πρόβλεψης. Το *CadnaA* υποστηρίζει πολλές γλώσσες - προς το παρόν μπορείτε να τρέξετε το *CadnaA* στα γερμανικά, αγγλικά, γαλλικά και τα ιταλικά. Παρακαλώ ζητήστε τη τρέχουσα έκδοση. Η μέθοδος υπολογισμού μπορεί να διαμορφωθεί από το χρήστη - καθορίζει π.χ. εάν και μέχρι ποια απόσταση του δέκτη ή του σημείου πηγής θα υπολογιστεί η αντανάκλαση και μέχρι ποιο βάθος.

Μερικά παραδείγματα χρήσης του λογισμικού *CadnaA*

- Εθνικές οδοί και διαδρομές σιδηροδρόμων
  - ✓ Εάν προγραμματίζονται ή πρόκειται να τροποποιηθούν εθνικές οδοί ή σιδηροδρομικές γραμμές, πρέπει να υπολογιστούν τα επίπεδα θορύβου στις περιοχές κατοικίας στην περιοχή. Εάν ξεπερνιούνται οι επιτρεπτές τιμές, τα απαραίτητα μέτρα όπως τοίχοι, επιφάνειες μείωσης θορύβου ή τα μέτρα που λαμβάνονται στα ίδια τα κτήρια θα μπορούν να αξιολογηθούν και να εξεταστούν. Το αποτέλεσμα μιας τέτοιας μελέτης περιλαμβάνει έναν κατάλογο αυτών των μέτρων, έγχρωμα διαγράμματα



θορύβου για παρουσίαση, και πίνακες με τα επίπεδα θορύβου για οποιοδήποτε αριθμό σημείων εκπομπής.

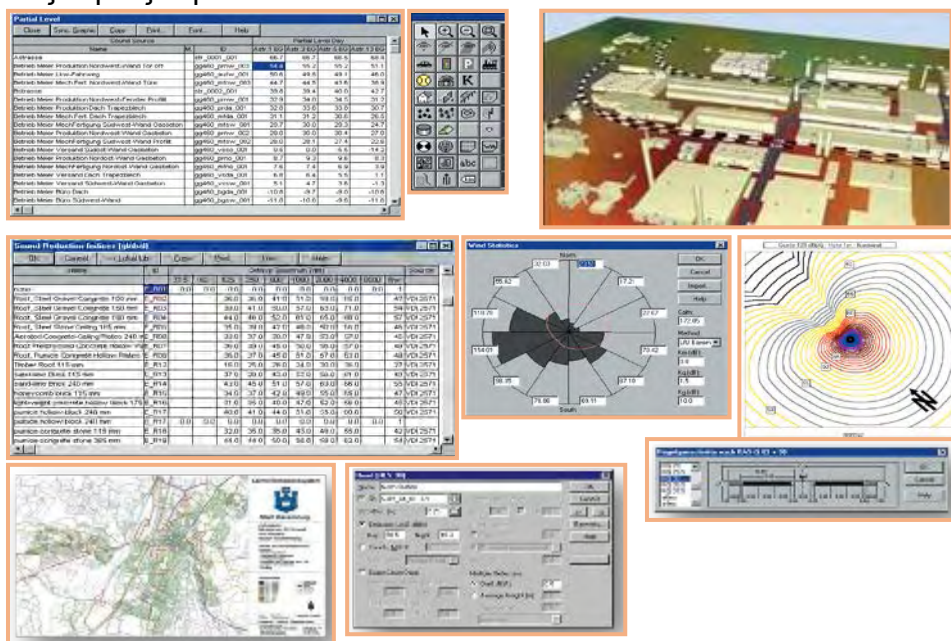
## ➤ Βιομηχανία

- ✓ Το πρόγραμμα καθιστά εύκολη την ενημέρωση και σύνταξη όλων των στοιχείων εκπομπής για τα εργοστάσια και οποιεσδήποτε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Εάν το πρότυπο μιας βιομηχανικής περιοχής είναι διαθέσιμο ως αρχείο του *CadnaA*, είναι εύκολο να καθοριστούν απαραίτητες αλλαγές στις εκπομπές θορύβου στον περιβάλλοντα χώρο, ως αποτέλεσμα των προγραμματισμένων τροποποιήσεων. Ο κατασκευαστής ή ο προμηθευτής του τεχνικού εξοπλισμού όπως οι μηχανές, τα συστήματα εξαερισμού, οι εγκαταστάσεις πλυσίματος αυτοκινήτων ή οι ψυκτικοί πύργοι μπορούν να παρέχουν τις απαραίτητες πληροφορίες για τα επίπεδα θορύβου στην περιοχή.

## ➤ Χάρτες θορύβου για τις πόλεις

- ✓ Το *CadnaA* είναι ένα ιδανικό εργαλείο για τους Δήμους και τα ΠΣ. Όλες οι απαραίτητες πληροφορίες είναι διαθέσιμες σχετικά με τις πραγματικές συνθήκες θορύβου και ο παράγοντας θορύβου μπορεί να ληφθεί υπόψη σε όλα τα στάδια του προγραμματισμού. Εάν οι βιομηχανικές ζώνες προγραμματίζονται κοντά σε περιοχές κατοικίας, η πιθανή εκπομπή θορύβου υπολογίζεται σε μερικά λεπτά. Με αυτήν την γνώση είναι εύκολο να αποφασιστεί ποιος τύπος βιομηχανίας είναι συμβατός με τις δεδομένες περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

Η επιλογή του *CadnaA* στο συνολικό πακέτο του είναι ένα σύστημα έμπειρο στην εύρεση των φασμάτων ηχητικής πίεσης για πολλές πηγές θορύβου όπως οι μηχανές, ο εξοπλισμός, τα φορτηγά, τα συστήματα εξαερισμού, ψυκτικοί πύργοι βάσει των δεδομένων τεχνικών παραμέτρων. Με το *CadnaA* μπορούν να δημιουργηθούν ενότητες με μέχρι 10 εισαγόμενα και 10 εξαγόμενα κανάλια για τα φάσματα ηχητικής πίεσης. Μπορεί να καθοριστεί η δημιουργία ενός φάσματος ηχητικής πίεσης από τους δικούς σας αλγορίθμους. Εάν οριστεί μια τέτοια ενότητα, μπορεί να συσχετιστεί με όλες τις πηγές του *CadnaA*. Περισσότερες από 100 προκαθορισμένες ενότητες βασισμένες σε εμπειρία πολλών ετών και σε πολλά πρότυπα προσδίνουν μια τεράστια γνώση στη διαμόρφωση του θορύβου από εγκαταστάσεις, σε ένα βήμα. Οι ενότητες μπορούν να είναι συνδεδεμένες εξαγωγή-εισαγωγή, έτσι ώστε ακόμα και οι σύνθετες εγκαταστάσεις προσομοιώνονται σωστά στο πρόγραμμα *CadnaA*. Το *CadnaA* είναι ένα περιεκτικό προϊόν - όλες οι πηγές μπορούν να ενσωματωθούν σε έναν υπολογισμό με τη βασική έκδοση. Το βασικό πρόγραμμα *CadnaA* - 1000 κτήρια και 1000 εμπόδια θα ληφθούν σε κάθε υπολογισμό εμποδίων, κανένας περιορισμός στον αριθμό πηγών και σημείων εκπομπής. Αριθμητικά αποτελέσματα για τους υπολογισμένους χάρτες θορύβου.



Οι σχετικές επιλογές επέκτασης/ αναβάθμισης του προγράμματος δίνονται στη συνέχεια :

- ✓ CadnaA/XL: για τον υπολογισμό χαρτών θορύβου πόλεων, πυκνότητα πληθυσμού και αξιολόγηση. Κανένας περιορισμός σε σχέση με τον αριθμό των αντικειμένων.
- ✓ CadnaA/BMP: σκαναρισμένοι χάρτες και άλλες εικόνες μπορούν να ενσωματωθούν σε γραφικές παρουσιάσεις.
- ✓ CadnaA/BPL: εκπομπές διαφορετικών περιοχών, που επιτρέπονται χωρίς να ξεπερνιούνται τα όρια των επιπέδων θορύβου στην περιοχή, υπολογίζονται και βελτιστοποιούνται.
- ✓ CadnaA/SET: Περιγραφή εκπομπών ήχου και μετάδοσης.
- ✓ CadnaA/AZB: Υπολογισμός ισοθορυβικών καμπυλών θορύβου γύρω από τα αεροδρόμια.

### 6.3. Εκτίμηση των πιθανών ανεπιθύμητων επιπτώσεων από τον θόρυβο στους ευαίσθητους πλησιέστερους χρήστες & προκαταρκτική θεώρηση μέτρων αντιθορυβικής προστασίας

Με βάση τα αποτελέσματα του λογισμικού CadnaA θα αξιολογηθεί τυχόν επιβάρυνση του ακουστικού περιβάλλοντος στην άμεση περιοχή των επί μέρους εργοταξίων όπου επικρατεί σε μεγάλο βαθμό το οικιστικό στοιχείο και έχουν αναγνωρισθεί ευαίσθητοι - ακουστικά - δέκτες. Επισημαίνεται, βέβαια, ότι με βάσει τις ακουστικές μετρήσεις της υφιστάμενης κατάστασης τους ακουστικού περιβάλλοντος στο μεγαλύτερο αριθμό των εργοταξιακών εγκαταστάσεων, το ακουστικό περιβάλλον είναι αρκετά επιβαρυνμένο και ο οδικός κυκλοφοριακός φόρτος της περιοχής είναι αυτός που ουσιαστικά διαμορφώνει και τα υψηλά επίπεδα της στάθμης θορύβου της περιοχής (βλέπε σχετικό παράρτημα μετρήσεων υφισταμένου ακουστικού περιβάλλοντος).

#### 6.3.1. Γενικά μέτρα

Η ελάττωση της ηχητικής στάθμης στις ευαίσθητες περιοχές που βρίσκονται κοντά σε μεγάλες αρτηρίες οδηγεί στη χρήση ενός συνόλου τεχνικών εφαρμογών. Η μόνη μέθοδος ελάττωσης του θορύβου είναι η συνεχής επέμβαση στον χώρο που παρεμβάλλεται ανάμεσα στον πομπό (όχημα) και στο δέκτη (κάτοικοι αστικών περιοχών), ώστε να αποφεύγεται η επανεμφάνιση του φαινομένου της εκτεταμένης ηχορύπανσης. Οι τεχνικές εφαρμογές για την ελάττωση του θορύβου από την οδική κυκλοφορία γενικά μπορούν να συνοψισθούν στις εξής επεμβάσεις:

Ελάττωση του θορύβου των οχημάτων, με χρήση νέων μοντέλων όπου έχει ληφθεί πρόνοια για τη μείωση του εκπεμπόμενου θορύβου με την εφαρμογή πλέον αυστηρών κανονισμών.

Βελτίωση της κυκλοφοριακής ροής με εκμετάλλευση κυκλοφοριακών αξόνων και γενικότερα με αναδιοργάνωση των οδικών δικτύων (δημιουργία παρακαμπτήριων κλπ..) επεμβάσεις που έχουν ως αποτέλεσμα την ελάττωση του φόρτου σε ευαίσθητους άξονες και συνεπώς τη μείωση της στάθμης του θορύβου.

Μείωση της ταχύτητας κινήσεως των οχημάτων σε κρίσιμους δρόμους, είτε επιβάλλοντας όρια, είτε με κατάλληλη γεωμετρική διαμόρφωση της οδού.

Επέμβαση στην τεχνική διαμόρφωση των οδών με κατασκευή ανάλογων τεχνικών έργων στις οριογραμμές του καταστρώματος.

Γενική αναδιοργάνωση του πολεοδομικού ιστού μιας αστικής περιοχής, ώστε να μην αποτελεί το κυκλοφοριακό δίκτυο πηγή θορύβου.

Ειδική ηχομονωτική κατασκευή των κτιρίων, όταν η ανέγερση τους σε περιοχές με πολύ υψηλές στάθμες ηχορύπανσης δεν μπορεί να αποφευχθεί.

Οι παραπάνω τεχνικές εφαρμογές μείωσης του κυκλοφοριακού θορύβου εφαρμόζονται είτε όταν τα κτίρια που πρέπει να προστατευθούν από τα συγκοινωνιακά έργα έχουν ήδη κατασκευασθεί (οπότε οι λύσεις είναι πλέον περιορισμένες), είτε όταν έχουν ληφθεί υπόψη πριν την εφαρμογή των διαφόρων συγκοινωνιακών ή πολεοδομικών μελετών (οπότε και οι λύσεις είναι περισσότερες). Οι εφαρμογές αυτές οδηγούν συχνά στην κατασκευή ειδικών τεχνικών έργων (πετασμάτων), για την προστασία από την ηχορύπανση, στην οριογραμμή του καταστρώματος.

### 6.3.2. Μέτρα κατά την κατασκευή

Οι τεχνικές εφαρμογές για την ελάττωση του θορύβου από την κατασκευή μπορούν να συνοψισθούν σε δύο επίπεδα επέμβασης:

Ελάττωση του θορύβου των μηχανήματων κλπ. οχημάτων εργοταξίου, με χρήση νέων μοντέλων όπου έχει ληφθεί πρόνοια για τη μείωση του εκπεμπόμενου θορύβου και με την εφαρμογή πλέον αυστηρών κανονισμών, τόσο Ελληνικών, όσο και της ΕΕ.

Επέμβαση πάνω στην μεθοδολογία κατασκευής που τελικά θα επιλεγεί με καθορισμό των τεχνικών χαρακτηριστικών λαμβάνοντας υπόψη το θόρυβο και κατά συνέπεια κατασκευή ανάλογων τεχνικών έργων στις οριογραμμές του εργοταξίου. Η εφαρμογή μείωσης του θορύβου με αντιθορυβικά πετάσματα που εφαρμόζεται είτε όταν τα κτίρια κατοικιών ή ειδικών χρήσεων που πρέπει να προστατευθούν έχουν ήδη κατασκευασθεί (οπότε οι λύσεις είναι πλέον περιορισμένες) και η κατασκευή γενικότερα του νέου έργου γίνεται σε συνθήκες αστικού περιβάλλοντος, είτε όταν έχουν ληφθεί υπόψη πριν την εφαρμογή των διαφόρων συγκοινωνιακών ή πολεοδομικών μελετών (οπότε και οι λύσεις είναι περισσότερες), οδηγούν συχνά στην πραγματοποίηση ειδικών τεχνικών έργων (πετασμάτων) για την προστασία από την ηχορύπανση. Ο Κύριος του Έργου και κατά συνέπεια ο Ανάδοχος θα πρέπει να μελετήσει σε επίπεδο μελέτης εφαρμογής την ακριβή, κατά περίπτωση και χρονική περίοδο εξέλιξης του έργου, διάταξη των εργοταξίων και να προγραμματίσει την κατασκευή, έτσι ώστε να προκληθεί η ελαχίστη δυνατή παρενόχληση στις λειτουργίες και την δομή του αστικού ανθρωπογενούς περιβάλλοντος και βέβαια η ελάχιστη δυνατή αισθητική ηχητική και λοιπή ρύπανση του αστικού περιβάλλοντος. Έτσι κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των εργασιών, ο ανάδοχος θα πρέπει να περιβάλλει τα εργοτάξια που ευρίσκονται σε γειτνίαση με αστικές περιοχές με τα αναγκαία περιφράγματα - αντιθορυβικά πετάσματα (όπως αναλύονται στη συνέχεια) ώστε να βελτιστοποιήσει επαρκώς τα προαναφερθέντα προβλήματα ακουστικής επιβάρυνσης και διασφαλίζουν κατά το δυνατόν την ένταξη των εργοταξίων στο χώρο. Συνεπώς το πλέον αποτελεσματικό μέτρο, που έχει πρακτικά την δυνατότητα διευθέτησης του προβλήματος, είναι η χρήση των παραπάνω περιφραγμάτων - αντιθορυβικών πετασμάτων κατάλληλου ύψους (4μ), στα όρια των χώρων εργασίας - εργοταξίων (βλέπε σχετική ανάλυση στη συνέχεια), η επιλεκτική εφαρμογή κινητών περιφραγμάτων ανά ιδιαίτερα δυσμενή σημειακή πηγή, βέβαια σε συνδυασμό και με την εφαρμογή της ανωτέρω ΚΥΑ αλλά και της ΚΥΑ 37393/2028/29.3.03 (ΦΕΚ 1418/Β/29.3.03) καθορίζει τα μέτρα και τους όρους για τις εκπομπές θορύβου στο περιβάλλον από εξοπλισμό προς χρήση σε εξωτερικούς χώρους.

**Ηχοαπορροφητικό πέτασμα από μέταλλο:** Τα πετάσματα της κατηγορίας αυτής κατασκευάζονται σε γενικές γραμμές από ανοξείδωτη λαμαρίνα ή και αλουμίνιο. Το



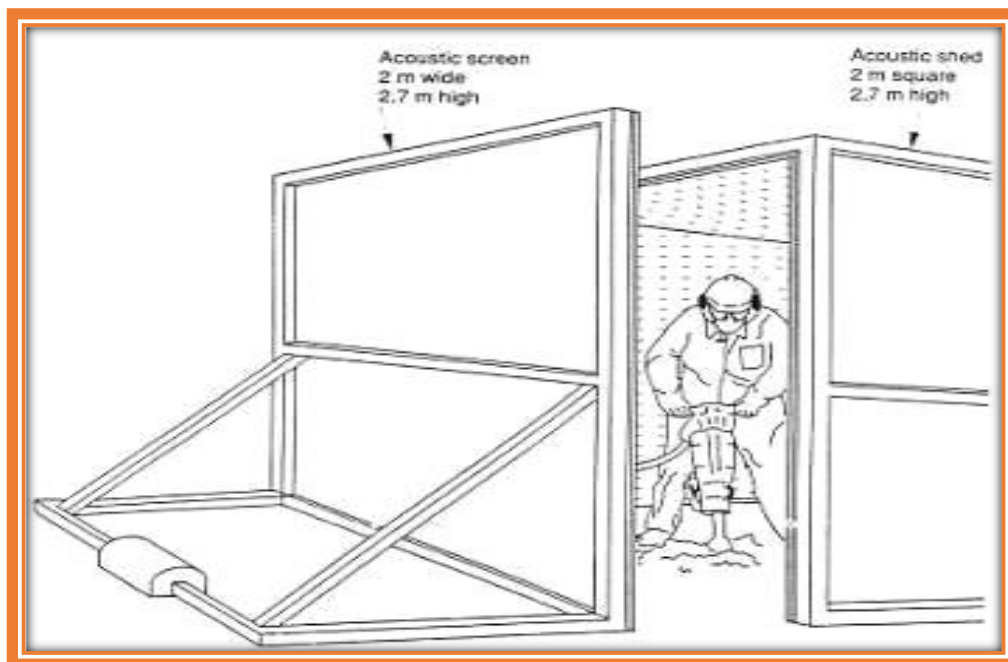
αντιθρομβικά πέτασμα στηρίζεται με την βοήθεια μεταλλικών ή αλουμινένιων υποστυλωμάτων - ορθοστατών που εισέρχονται επαρκώς σε κατάλληλο θεμέλιο η βάση από Ω.Σ. Πιο συγκεκριμένα τα πετάσματα αυτού του τύπου είναι :

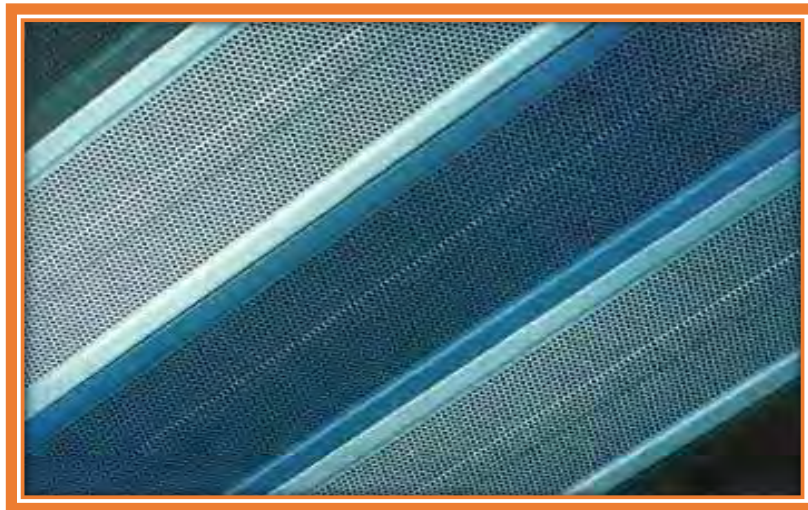
είτε από απλή ανοξείδωτη λαμαρίνα πάχους συνήθως 2 - 2,5 mm, ή φύλλα αλουμινίου,

είτε κατασκευής "σάντουιτς", από δυο λαμαρίνες συνήθως φύλλα αλουμινίου εκ των οποίων, η προς την οδό πλευρά είναι διάτρητη. Στο εσωτερικό της κατασκευής τοποθετείται ειδικό ηχο- απορροφητικό υλικό. Στην περίπτωση κατασκευής σάντουιτς η διάτρητη εσωτερική επιφάνεια πρέπει να χαρακτηρίζεται από υψηλή ηχο- απορροφητικότητα, έχει δηλαδή την ικανότητα να μην ανακλά τον θόρυβο κατά συνέπεια να μην επανυξάνει τον θόρυβο προς τους ευαίσθητους δέκτες. Τα μεταλλικά ηχο - απορροφητικά πετάσματα αυτού του τύπου διαθέτουν τα εξής χαρακτηριστικά: υψηλή ηχο- απορρόφηση στις χαμηλές συχνότητες για την απορρόφηση θορύβων από βαρέα οχήματα

- ❖ σημαντική αντοχή σε κακομεταχείριση, ατμοσφαιρική ρύπανση, ηλιακή ακτινοβολία, οξείδωση
- ❖ σταθερότητα σε καταπονήσεις λόγω ισχυρών ανέμων
- ❖ εύκολη συναρμολόγηση, επέκταση και αντικατάσταση
- ❖ μεγάλη διάρκεια ζωής κυρίως όταν κατασκευάζονται από αλουμίνιο επιχρισμένο με πολυ- εσωτερική βαφή, η οποία δεν υφίσταται ζημία από τα χημικά διαλυτικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να καθαρίσουν τα πετάσματα από χρώματα

ΕΙΚΟΝΑ 6.2: ΗΧΟΑΠΟΡΡΟΦΗΤΙΚΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΥ ΑΔΙΑΦΑΝΟΥΣ ΠΕΤΑΜΑΤΟΣ





Στην παραπάνω φωτογραφική απεικόνιση παρουσιάζεται η Ηχοαπορροφητική επιφάνεια του μεταλλικού αδιαφανούς πετάσματος. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η εκτιμηθείσα συνδυασμένη στάθμη θορύβου κατά την διάρκεια της κατασκευής αναμένεται να ξεπεράσει το όριο των 65 dB(A) - σύμφωνα με την εγκεκριμένη ΜΠΕ -σε πολλούς εργοταξιακού χώρους. Επιπλέον της χρήσης γραμμικών πετασμάτων στα όρια του εργοταξίου, συστήνεται η χρήση μέτρων προστασίας για το θόρυβο για σημειακές πηγές, όπου αναμένονται υψηλές εκπομπές θορύβου, μέσω εφαρμογής κινητών "περιφραγμάτων" σημειακών πηγών θορύβου εντός του εργοταξίου πέραν (βλέπε σχετικό σκαρίφημα βάσει του προτύπου BS5228). Επισημαίνεται τέλος ότι:

- ✓ η πληροφόρηση των κατοίκων για την ενδεχόμενη χρήση σημειακών πηγών θορύβου σε συνδυασμό με την ευνοϊκή διάθεση των πολιτών ως προς την αναγκαιότητα του έργου,
- ✓ η σχετικά βραχεία και παροδική περίοδος επίπτωσης των έργων κατασκευής (συγκρινόμενη με τη ζωή και την σπουδαιότητα του έργου), καθώς και
- ✓ η απαγόρευση των εργασιών κατά τις ώρες κοινής ησυχίας, συνηγορούν στην σημαντική μείωση του προβλήματος.





ΕΙΚΟΝΕΣ 7.2, 7.3: ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ «ΝΙΚΑΙΑ»- ΑΥΤΟΝΟΜΟΣ ΚΙΝΗΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΜΕ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟ ΑΝΑΛΥΤΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΗ ΠΑΝΤΟΣ ΚΑΙΡΟΥ (ΣΕ ΕΙΔΙΚΟ ΙΣΤΟ) ΤΥΠΟΥ SOLO





ΕΙΚΟΝΕΣ 7.4, 7.5, 7.6: ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ «ΝΙΚΑΙΑ»- ΕΙΚΟΝΕΣ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ





### 7.2.2 Συστήματα κινητά & συνεχούς παρακολούθησης στο σταθμό Δεληγιάννη

ΕΙΚΟΝΑ 7.7: ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗ - ΑΚΡΙΒΗΣ ΘΕΣΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ



ΕΙΚΟΝΑ 7.8: ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ «ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗ»- ΑΥΤΟΝΟΜΟΣ ΚΙΝΗΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΜΕ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟ ΑΝΑΛΥΤΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΗ ΠΑΝΤΟΣ ΚΑΙΡΟΥ (ΣΕ ΕΙΔΙΚΟ ΙΣΤΟ) ΤΥΠΟΥ SOLO



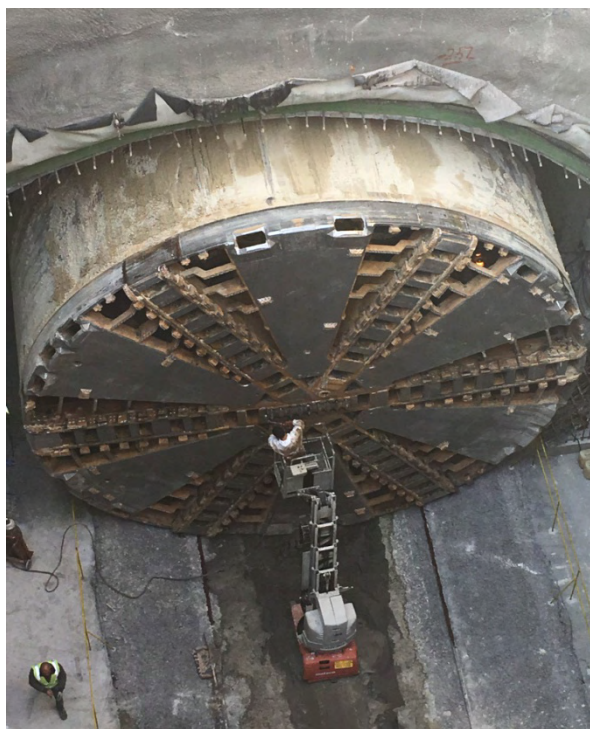


ΕΙΚΟΝΕΣ 7.9: ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ «ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗ»- ΑΥΤΟΝΟΜΟΣ ΚΙΝΗΤΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΜΕ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟ ΑΝΑΛΥΤΗ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΗ ΠΑΝΤΟΣ ΚΑΙΡΟΥ (ΣΕ ΕΙΔΙΚΟ ΙΣΤΟ) ΤΥΠΟΥ SOLO





ΕΙΚΟΝΕΣ 7.10 – 7.14 : ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ «ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗ»- ΕΙΚΟΝΕΣ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ



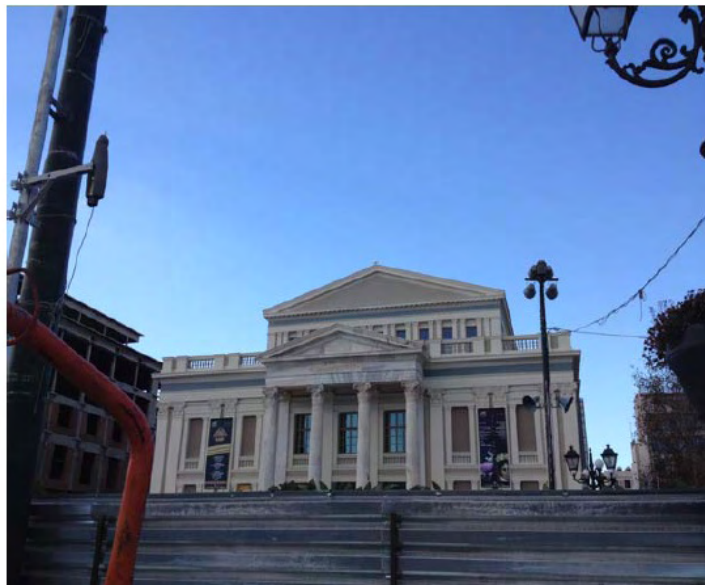
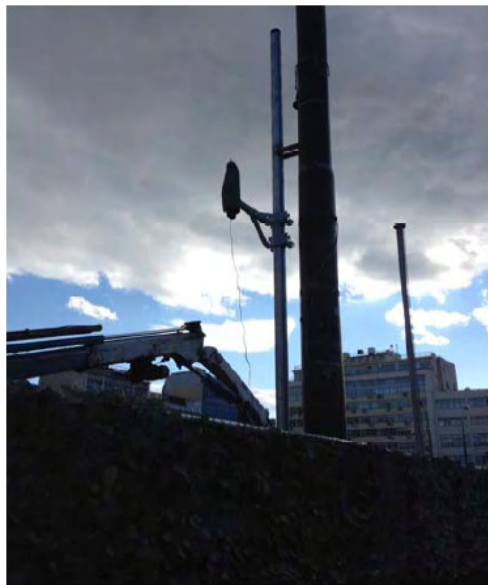


### 7.2.3 Συστήματα κινητά & συνεχούς παρακολούθησης στον σταθμό Δημοτικό Θέατρο Πειραιά

ΕΙΚΟΝΑ 7.15: ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ ΠΕΙΡΑΙΑ - ΑΚΡΙΒΗΣ ΘΕΣΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ



ΕΙΚΟΝΕΣ 7.16, 7.17: ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ «ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ ΠΕΙΡΑΙΑ» - ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΥΠΟΥ DUO





ΕΙΚΟΝΑ 7.18: ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ «ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ ΠΕΙΡΑΙΑ» - ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΥΠΟΥ DUO



ΕΙΚΟΝΕΣ 7.19, 7.20: ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ «ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ ΠΕΙΡΑΙΑ»- ΕΙΚΟΝΕΣ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ





ΕΙΚΟΝΕΣ 7.21, 7.22, 7.23: ΕΡΓΟΤΑΞΙΟ «ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ ΠΕΙΡΑΙΑ»- ΕΙΚΟΝΕΣ ΕΡΓΟΤΑΞΙΟΥ



Στη συνέχεια παρουσιάζονται σε συγκεντρωτικούς πίνακες τα αποτελέσματα των μετρήσεων θορύβου ανά εργοτάξιο.

## 7.3 Πίνακες συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων μετρήσεων θορύβου

### 7.3.1 Εργοτάξιο «ΝΙΚΑΙΑ»

Πίνακας 7.1 Συγκεντρωτικός πίνακας με τις μετρήσεις θορύβου (δείκτες Leq 1<sup>ης</sup> Βάρδιας, Lden, Lnight)

ΣΤΑΘΜΟΣ: ΝΙΚΑΙΑ			
ΜΗΝΑΣ/ΕΤΟΣ	Leq (1 <sup>ης</sup> Βάρδιας)	Lden	Lnight(23:00-7:00)
ΙΟΥΝΙΟΣ 2013	61,6	63,6	51,5
ΙΟΥΛΙΟΣ 2013	68,5	72,9	62,2
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2013	68,3	72,0	58,3
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2013	70,8	75,9	57,5
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2013	70,0	66,8	50,8
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2013	67,9	73,3	65,0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2013	66,1	71,7	62,9
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2014	63,3	68,7	61,9
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2014	64,0	69,1	61,9
ΜΑΡΤΙΟΣ 2014	63,2	65,5	55,3
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2014	62,6	66,8	59,3
ΜΑΙΟΣ 2014	66,2	69,1	59,9
ΙΟΥΝΙΟΣ 2014	63,6	67,9	60,5
ΙΟΥΛΙΟΣ 2014	63,1	66,9	59,2
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2014	67,2	69,3	54,9
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2014	62,8	66,0	56,2
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014	69,2	67,6	57,0
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2014	65,9	65,2	55,3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2014	66,5	68,4	60,1
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2015	65,8	66,4	56,6
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2015	65,7	66,0	56,8
ΜΑΡΤΙΟΣ 2015	65,9	67,5	60,0
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2015	66,1	67,8	60,1
ΜΑΙΟΣ 2015	66,6	66,1	52,6
ΙΟΥΝΙΟΣ 2015	65,2	67,9	60,9
ΜΑΡΤΙΟΣ 2016	65,8	65,6	54,5
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2016	64,8	64,1	54,6
ΜΑΙΟΣ 2016	64,4	65,1	54,9
ΙΟΥΝΙΟΣ 2016	64,5	66,5	53,9
ΙΟΥΛΙΟΣ 2016	73,4	71,6	53,0
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2016	66,0	66,4	54,2
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2016	63,0	64,1	55,0
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2016	64,4	66,5	58,8
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2016	69,3	68,4	57,6

ΣΤΑΘΜΟΣ: ΝΙΚΑΙΑ			
ΜΗΝΑΣ/ΕΤΟΣ	Leq (1ης Βάρδιας)	Lden	Lnight(23:00-7:00)
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2016	62,8	65,1	56,6
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2017	67,2	70,1	62,4
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2017	67,2	68,7	60,5
ΜΑΡΤΙΟΣ 2017	62,4	68,0	61,6
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2017	64,3	65,6	54,2
ΜΑΙΟΣ 2017	68,7	69,3	60,9
ΙΟΥΛΙΟΣ 2017	63,7	65,0	56,5
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2017	66,5	66,7	55,6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2017	65,3	66,7	58,3
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2017	67,8	69,7	60,9

Υπόμνημα Συμβολισμών	
0,00	Μη αποδεκτή τιμή
0,00	Αποδεκτή τιμή

Όρια	
Όριο Leq (1ης Βάρδιας)	65,0
Όριο Lden	70,0
Όριο Lnight(23:00-7:00)	60,0

Από τον πίνακα 7.1 προκύπτουν οι εξής πίνακες με την μέγιστη τιμή, την ελάχιστη τιμή και τον μέσο όρο των δεικτών Leq (1<sup>ης</sup> Βάρδιας) , Lden και Lnight.

Πίνακες 7.1, 7.2, 7.3 Πίνακες με την μέγιστη τιμή, την ελάχιστη τιμή και τον μέσο όρο των μετρήσεων για τους δείκτες Leq 1<sup>ης</sup> Βάρδιας, Lden, Lnight

Leq (1ης Βάρδιας)	
min	61,6
max	73,4
μέση τιμή	65,9

Lden	
min	63,6
max	75,9
μέση τιμή	67,8

Lnight(23:00-7:00)	
min	50,8
max	65,0
μέση τιμή	57,7



Για την περίοδο της ημερήσιας Βάρδιας η διακύμανση του υπάρχοντος θορύβου βάθους αξιολογήθηκε περίπου από 66,2 έως 67,2 dB(A).

Στα πλαίσια των διαχρονικών τιμών επεξεργασμένων μετρήσεων του προγράμματος, η στάθμη  $L_{eq} 1^{ns}$  Βάρδιας κυμάνθηκε - σύμφωνα με τα αποτελέσματα ανωτέρω για περίοδο της ημερήσιας Βάρδιας - από 61,6 έως 73,4 dB(A), με μέση τιμή 65,9 dB(A). Η συνδυασμένη στάθμη υποδεικνύει συμμετοχή των εργοταξιακών λειτουργιών με μέση στάθμη θορύβου - που οφείλεται αποκλειστικά στις ανωτέρω εργασίες - οριακά υψηλότερη των 65 dB(A), με εξαίρεση σημειακές υπερβάσεις, του δείκτη  $L_{max}$ , γεγονός το οποίο δεν στοιχειοθετεί υπέρβαση των σχετικών ορίων (με εξαίρεση τις σημειακές υπερβάσεις της maximum τιμής) και συνεπώς δεν διαπιστώνεται η ανάγκη λήψης των προβλεπόμενων μέτρων, εφόσον βέβαια αυτό διαπιστωθεί και στις επόμενες μηνιαίες καταγραφές.

Η  $L_{den}$  κυμάνθηκε από 63,6 έως 75,9 dB(A) με μέση τιμή 67,8 dB(A). Η συνδυασμένη στάθμη υποδεικνύει συμμετοχή των εργοταξιακών λειτουργιών με μέση στάθμη θορύβου - που οφείλεται αποκλειστικά στις ανωτέρω εργασίες - σημαντικά χαμηλότερη των 70 dB(A), με εξαίρεση σημειακές υπερβάσεις, του δείκτη  $L_{max}$ , γεγονός το οποίο δεν στοιχειοθετεί υπέρβαση των σχετικών ορίων (με εξαίρεση τις σημειακές υπερβάσεις της maximum τιμής) και συνεπώς δεν διαπιστώνεται η ανάγκη λήψης των προβλεπόμενων μέτρων, εφόσον βέβαια αυτό διαπιστωθεί και στις επόμενες μηνιαίες καταγραφές.

Τέλος η  $L_{night}$  κυμάνθηκε μεταξύ 50,8 και 65,0 dB(A) με μέση τιμή τα 57,7 dB(A). Η συνδυασμένη στάθμη υποδεικνύει συμμετοχή των εργοταξιακών λειτουργιών με μέση στάθμη θορύβου - που οφείλεται αποκλειστικά στις ανωτέρω εργασίες - σημαντικά χαμηλότερη των 60 dB(A), με εξαίρεση σημειακές υπερβάσεις, του δείκτη  $L_{max}$ , γεγονός το οποίο δεν στοιχειοθετεί υπέρβαση των σχετικών ορίων (με εξαίρεση τις σημειακές υπερβάσεις της maximum τιμής) και συνεπώς δεν διαπιστώνεται η ανάγκη λήψης των προβλεπόμενων μέτρων, εφόσον βέβαια αυτό διαπιστωθεί και στις επόμενες μηνιαίες καταγραφές.

### 7.3.2 Εργοτάξιο «ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗ»

Πίνακας 7.4 : Συγκεντρωτικός πίνακας με τις μετρήσεις θορύβου (δείκτες Leq 1<sup>ης</sup> Βάρδιας, Lden, Lnight)

ΣΤΑΘΜΟΣ: ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗ			
ΜΗΝΑΣ/ΕΤΟΣ	Leq (1ης Βάρδιας)	Lden	Lnight(23:00-7:00)
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2014	73,0	71,7	58,2
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014	68,4	68,7	58,7
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2014	73,4	73,6	59,0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2014	72,9	72,4	60,2
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2015	80,5	78,7	61,2
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2015	70,8	70,0	60,8
ΜΑΡΤΙΟΣ 2015	72,0	71,0	57,7
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2015	73,4	72,9	64,1
ΜΑΙΟΣ 2015	70,7	72,0	61,8
ΙΟΥΝΙΟΣ 2015	71,7	71,3	60,3
ΜΑΡΤΙΟΣ 2016	72,8	71,4	61,3
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2016	80,4	80,9	63,9
ΜΑΙΟΣ 2016	77,5	84,2	76,9
ΙΟΥΝΙΟΣ 2016	79,9	87,1	74,0
ΙΟΥΛΙΟΣ 2016	69,8	72,5	62,2
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2016	68,4	69,0	58,5
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2016	69,3	71,9	63,5
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2016	71,1	73,1	64,6
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2016	69,3	68,7	59,0
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2016	74,8	73,8	59,9
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2017	69,9	72,3	63,6
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2017	68,1	67,4	58,0
ΜΑΡΤΙΟΣ 2017	65,0	68,8	61,2
ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2017	65,7	67,3	59,6
ΜΑΙΟΣ 2017	67,8	68,1	59,7
ΙΟΥΝΙΟΣ 2017	66,4	66,9	58,9
ΙΟΥΛΙΟΣ 2017	65,9	69,4	62,1
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2017	65,6	68,3	60,1
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2017	68,2	68,7	59,6

Υπόμνημα Συμβολισμών	
0,00	Μη αποδεκτή τιμή
0,00	Αποδεκτή τιμή

Όρια	
Όριο Leq (1ης Βάρδιας)	65,0
Όριο Lden	70,0
Όριο Lnight(23:00-7:00)	60,0

Από τον πίνακα 7.4 προκύπτουν οι εξής πίνακες με την μέγιστη τιμή, την ελάχιστη τιμή και τον μέσο όρο των δεικτών Leq (1<sup>ης</sup> Βάρδιας) , Lden και Lnight.

Πίνακες 7.5, 7.6, 7.7 Πίνακες με την μέγιστη τιμή, την ελάχιστη τιμή και τον μέσο όρο των μετρήσεων για τους δείκτες Leq 1<sup>ης</sup> Βάρδιας, Lden, Lnight

Leq (1ης Βάρδιας)	
min	65,0
max	80,5
μέση τιμή	71,1

Lden	
min	66,9
max	87,1
μέση τιμή	72,1

Lnight(23:00-7:00)	
min	57,7
max	76,9
μέση τιμή	61,7

Για την περίοδο της ημερήσιας Βάρδιας η διακύμανση του υπάρχοντος θορύβου βάθους αξιολογήθηκε περίπου από 71,9 έως 74,0 dB(A).

Στα πλαίσια των διαχρονικών τιμών επεξεργασμένων μετρήσεων του προγράμματος, η στάθμη Leq 1<sup>ης</sup> Βάρδιας κυμάνθηκε - σύμφωνα με τα αποτελέσματα ανωτέρω για περίοδο της ημερήσιας Βάρδιας - από 65,0 έως 80,5 dB(A), με μέση τιμή = 71,1 dB(A). Η συνδυασμένη στάθμη υποδεικνύει συμμετοχή των εργοταξιακών λειτουργιών με μέση στάθμη θορύβου - που οφείλεται αποκλειστικά στις ανωτέρω εργασίες - οριακά υψηλότερη των 65 dB(A), με εξαίρεση σημειακές υπερβάσεις, του δείκτη L<sub>max</sub>, γεγονός το οποίο δεν στοιχειοθετεί υπέρβαση των σχετικών ορίων (με εξαίρεση τις σημειακές υπερβάσεις της maximum τιμής) και συνεπώς δεν διαπιστώνεται η ανάγκη λήψης των προβλεπόμενων μέτρων, εφόσον βέβαια αυτό διαπιστωθεί και στις επόμενες μηνιαίες καταγραφές.

Η Lden κυμάνθηκε από 66,9 έως 87,1 dB(A) με μέση τιμή 72,1 dB(A). Η συνδυασμένη στάθμη υποδεικνύει συμμετοχή των εργοταξιακών λειτουργιών με μέση στάθμη θορύβου -

που οφείλεται αποκλειστικά στις ανωτέρω εργασίες - οριακά υψηλότερη των 70 dB(A), με εξαίρεση σημειακές υπερβάσεις, του δείκτη  $L_{max}$ , γεγονός το οποίο δεν στοιχειοθετεί υπέρβαση των σχετικών ορίων (με εξαίρεση τις σημειακές υπερβάσεις της maximum τιμής) και συνεπώς δεν διαπιστώνεται η ανάγκη λήψης των προβλεπόμενων μέτρων, εφόσον βέβαια αυτό διαπιστωθεί και στις επόμενες μηνιαίες καταγραφές.

Τέλος η  $L_{night}$  κυμάνθηκε μεταξύ 57,7 και 76,9 dB(A) με μέση τιμή τα 61,7 dB(A). Η συνδυασμένη στάθμη υποδεικνύει συμμετοχή των εργοταξιακών λειτουργιών με μέση στάθμη θορύβου - που οφείλεται αποκλειστικά στις ανωτέρω εργασίες - οριακά - υψηλότερη των 60 dB(A), με εξαίρεση σημειακές υπερβάσεις, του δείκτη  $L_{max}$ , γεγονός το οποίο δεν στοιχειοθετεί υπέρβαση των σχετικών ορίων (με εξαίρεση τις σημειακές υπερβάσεις της maximum τιμής) και συνεπώς δεν διαπιστώνεται η ανάγκη λήψης των προβλεπόμενων μέτρων, εφόσον βέβαια αυτό διαπιστωθεί και στις επόμενες μηνιαίες καταγραφές.

### 7.3.3 Εργοτάξιο «ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ ΠΕΙΡΑΙΑ»

Πίνακας 7.8 : Συγκεντρωτικός πίνακας με τις μετρήσεις θορύβου (δείκτης Leq(24h))

ΣΤΑΘΜΟΣ: ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΜΗΝΑΣ/ΕΤΟΣ	Leq (24h)
	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2013	64,8
(12/04/2014-27/05/2014)	ΜΑΙΟΣ 2014	76,6
(2/06/2014-30/06/2014)7	ΙΟΥΝΙΟΣ 2014	76,1
(1/07/2014-4/8/2014)	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2014	72,9
(5/08/2014-2/09/2014)	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2014	72,8
(3/09/2014-13/10/2014)	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2014	76,0
(14/10/2014-5/11/2014)	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2014	75,1
(06/11/2014-14/12/2014)	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2014	74,3
(16/02/2015-28/02/2015)	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2015	76,5
(2/3/2015-31/3/2015)	ΜΑΡΤΙΟΣ 2015	74,2
(1/4/2015-25/4/2015)	ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2015	74,3
(27/4/2015-28/5/2015)	ΜΑΙΟΣ 2015	72,3
(29/05/2015-10/06/2015)	ΙΟΥΝΙΟΣ 2015	68,0
(01/03/2016-31/03/2016)	ΜΑΡΤΙΟΣ 2016	73,0
(1/4/2016-28/4/2016)	ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2016	72,7
(4/5/2016-31/5/2016)	ΜΑΙΟΣ 2016	71,3
(31/5/2016-30/06/2016)	ΙΟΥΝΙΟΣ 2016	67,3
(1/7/2016-30/7/2016)	ΙΟΥΛΙΟΣ 2016	66,9
(01/08/2016-31/08/2016)	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2016	65,7
(01/09/2016-30/09/2016)	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2016	67,0
(1/10/2016-30/10/2016)	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2016	67,3
(1/11/2016-30/11/2016)	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2016	67,7
(9/12/2016-10/12/2016)	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2016	71,7
(4/1/2017-30/1/2017)	ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2017	69,7
(1/2/2017-28/2/2017)	ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2017	69,1
(1/3/2017-31/3/2017)	ΜΑΡΤΙΟΣ 2017	69,8
(4/4/2017-30/4/2017)	ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2017	71,0
(1/5/2017-31/5/2017)	ΜΑΙΟΣ 2017	70,5
(1/6/2017-30/6/2017)	ΙΟΥΝΙΟΣ 2017	70,8
(1/7/2017-31/7/2017)	ΙΟΥΛΙΟΣ 2017	68,3
(1/8/2017-31/8/2017)	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2017	71,3



ΣΤΑΘΜΟΣ: ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	ΜΗΝΑΣ/ΕΤΟΣ	Leq (24h)
(1/9/2017-30/9/2017)	ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2017	69,5
(1/10/2017-8/10/2017)	ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2017	69,5
(1/11/2017-30/11/2017)	ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2017	69,9
(1/12/2017-31/12/2017)	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2017	70,1

Υπόμνημα Συμβολισμών	
0,00	Μη αποδεκτή τιμή
0,00	Αποδεκτή τιμή

Όριο Leq (24h))	65,0
-----------------	------

Από τον πίνακα 7.8 προκύπτουν οι εξής πίνακες με την μέγιστη τιμή, την ελάχιστη τιμή και τον μέσο όρο των δεικτών Leq (24h).

**Πίνακας 7.9** Πίνακα με την μέγιστη τιμή, την ελάχιστη τιμή και τον μέσο όρο των μετρήσεων για τον δείκτη Leq (24h)

Leq (24h)	
min	64,8
max	76,6
μέση τιμή	71,0

Στο εργοτάξιο του Δημοτικού Θεάτρου Πειραιά η διακύμανση του υπάρχοντος θορύβου βάθους είναι μεγαλύτερος από 72,0 dB(A).

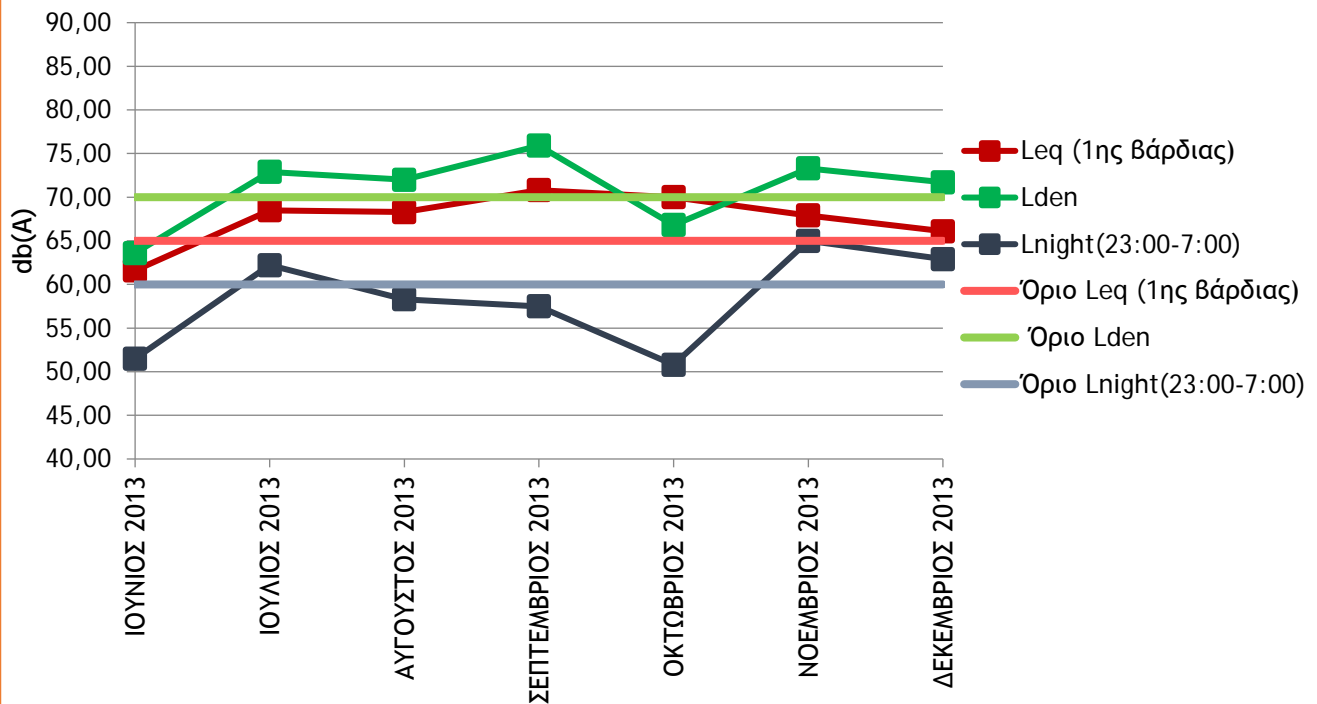
Στο εργοτάξιο του Δημοτικού Θεάτρου Πειραιά τοποθετήθηκε μόνιμος σταθμός DUO με επιτυχία στις 10/12/2013. Γι Αυτό τον λόγο έχουμε μετρήσεις Leq συνολικά για όλο το 24ωρο. Στα πλαίσια των διαχρονικών τιμών επεξεργασμένων μετρήσεων του προγράμματος, η στάθμη Leq(24h) κυμάνθηκε - σύμφωνα με τα αποτελέσματα ανωτέρω για περίοδο - από 64,8 έως 76.6 dB(A), με μέση τιμή = 71.0 dB(A). Η συνδυασμένη στάθμη υποδεικνύει συμμετοχή των εργοταξιακών λειτουργιών με μέση στάθμη θορύβου - που οφείλεται αποκλειστικά στις ανωτέρω εργασίες - οριακά υψηλότερη των 65 dB(A), με εξαίρεση σημειακές υπερβάσεις, του δείκτη L<sub>max</sub>, γεγονός το οποίο δεν στοιχειοθετεί υπέρβαση των σχετικών ορίων (με εξαίρεση τις σημειακές υπερβάσεις της maximum τιμής) και συνεπώς δεν διαπιστώνεται η ανάγκη λήψης των προβλεπόμενων μέτρων, εφόσον βέβαια αυτό διαπιστωθεί και στις επόμενες μηνιαίες καταγραφές

## 7.4 Διαγράμματα ετήσιας εξέλιξης δεικτών εκτίμησης θορύβου

### 7.4.1 Εργοτάξιο «ΝΙΚΑΙΑ»

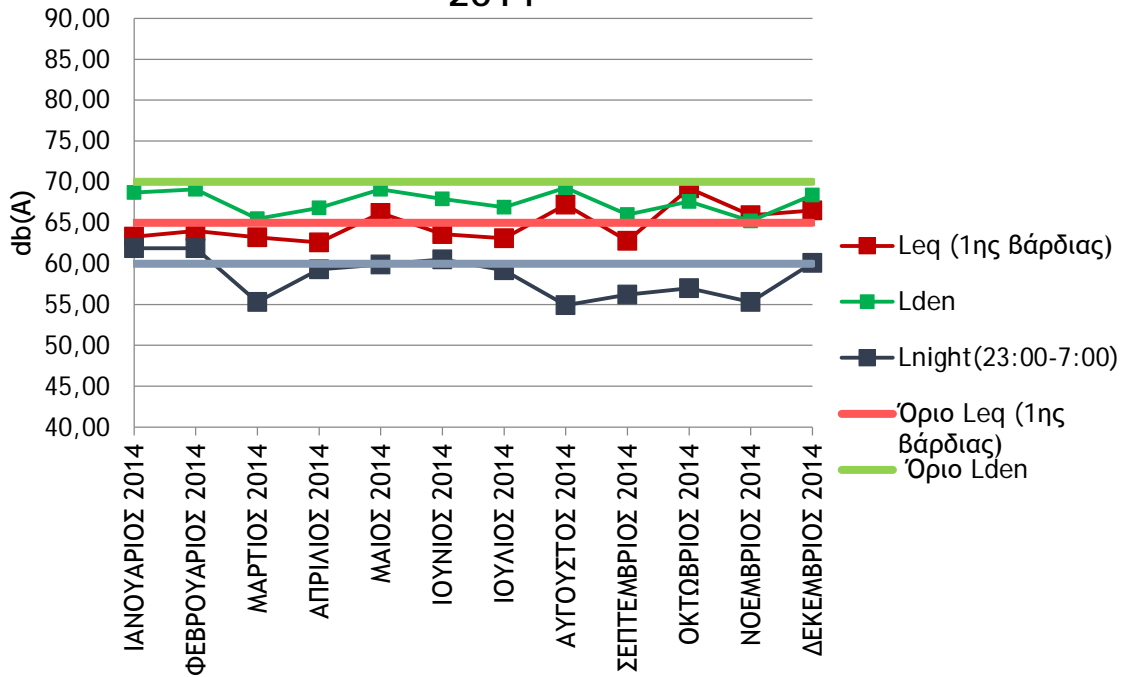
➔ Για το έτος 2013

**Μηνιαία καταγραφή τιμών για τους δείκτες  
Leq-Lden-Lnight στο εργοτάξιο "Νίκαια" για το έτος 2013**



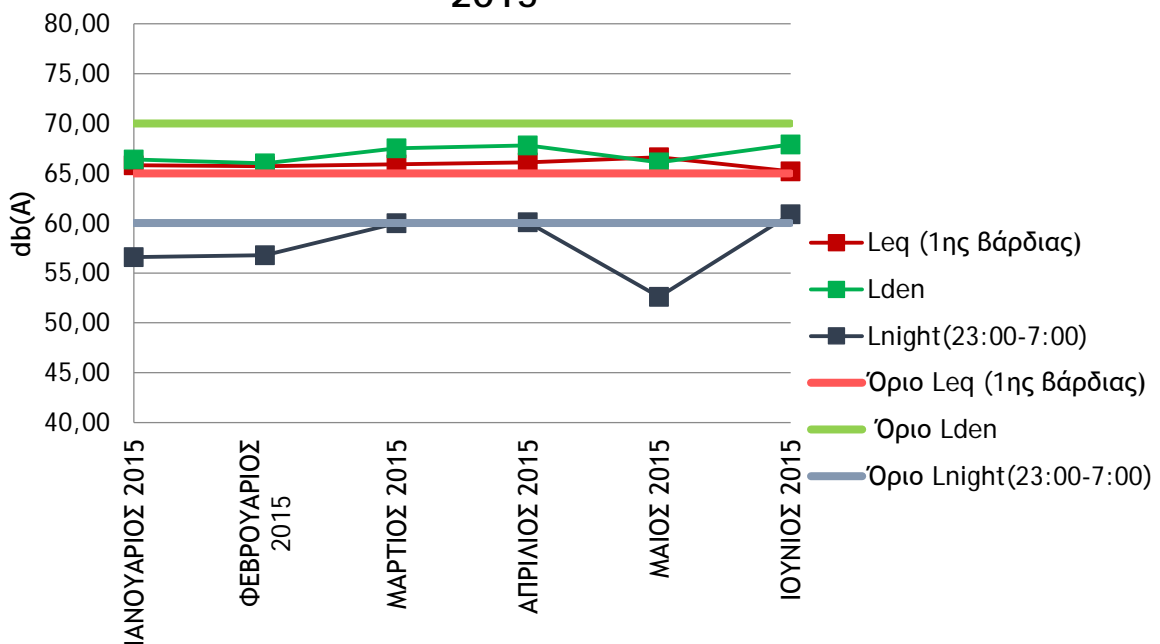
➔ Για το έτος 2014

### Μηνιαία καταγραφή τιμών για τους δείκτες Leq-Lden-Lnight στο εργοτάξιο "Νίκαια" για το έτος 2014



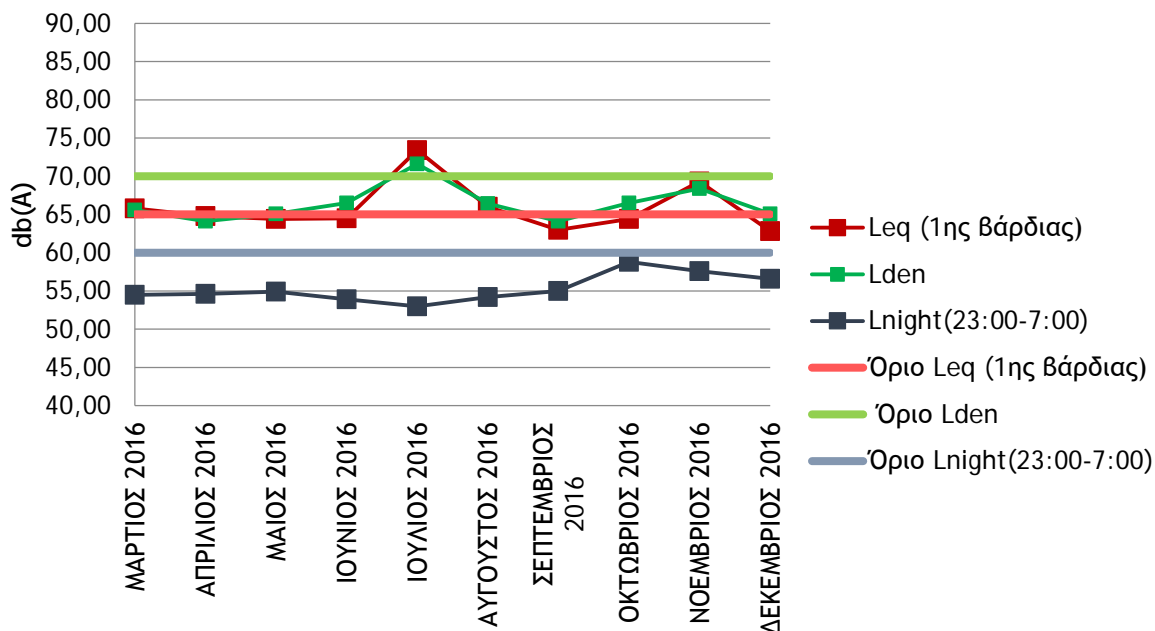
➔ Για το έτος 2015

### Μηνιαία καταγραφή τιμών για τους δείκτες Leq-Lden-Lnight στο εργοτάξιο "Νίκαια" για το έτος 2015



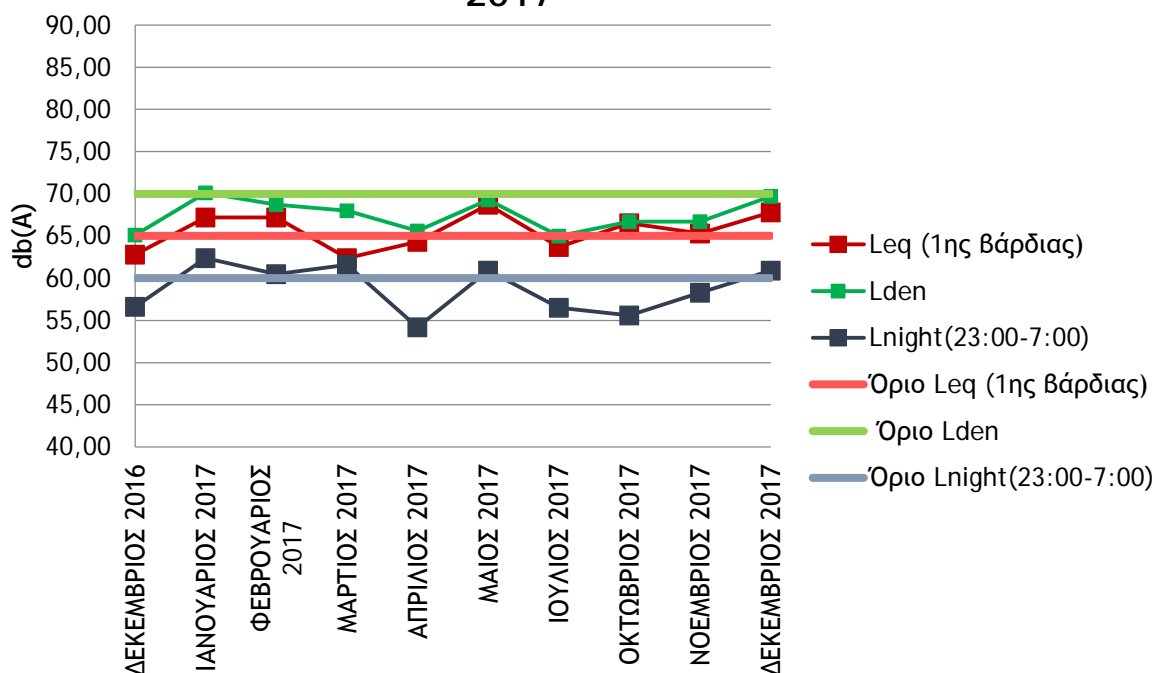
➔ Για το έτος 2016

### Μηνιαία καταγραφή τιμών για τους δείκτες Leq-Lden-Lnight στο εργοτάξιο "Νίκαια" για το έτος 2016



➔ Για το έτος 2017

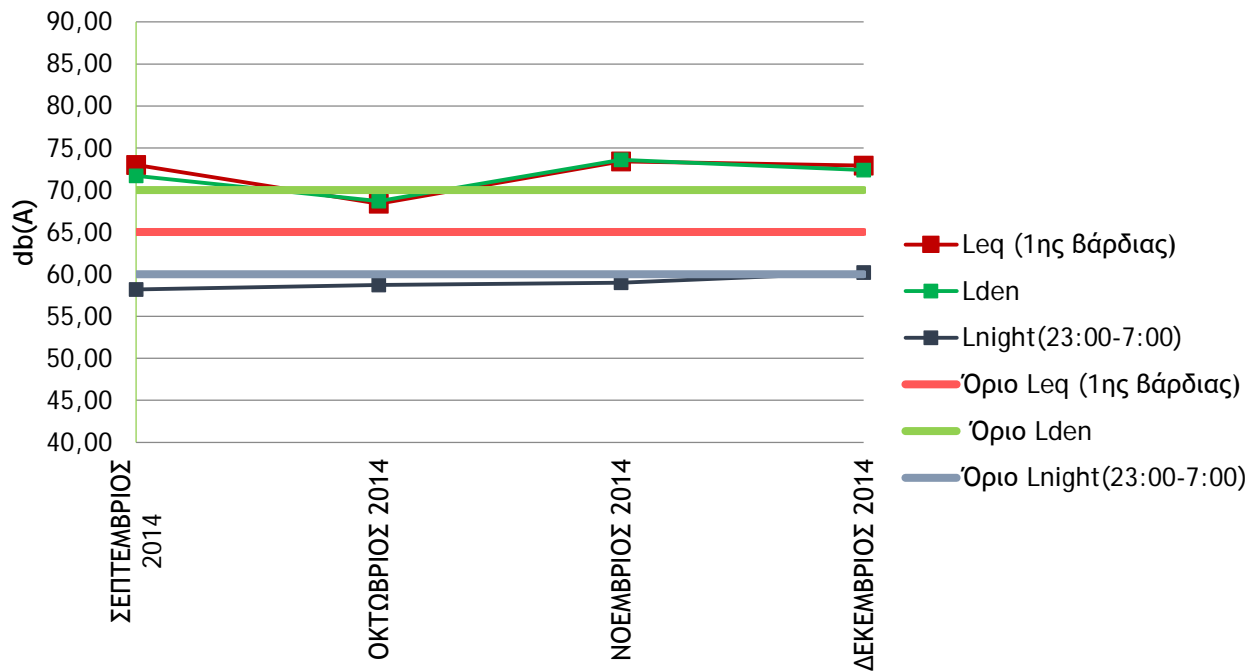
### Μηνιαία καταγραφή τιμών για τους δείκτες Leq-Lden-Lnight στο εργοτάξιο "Νίκαια" για το έτος 2017



#### 7.4.2 Εργοτάξιο «ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗ»

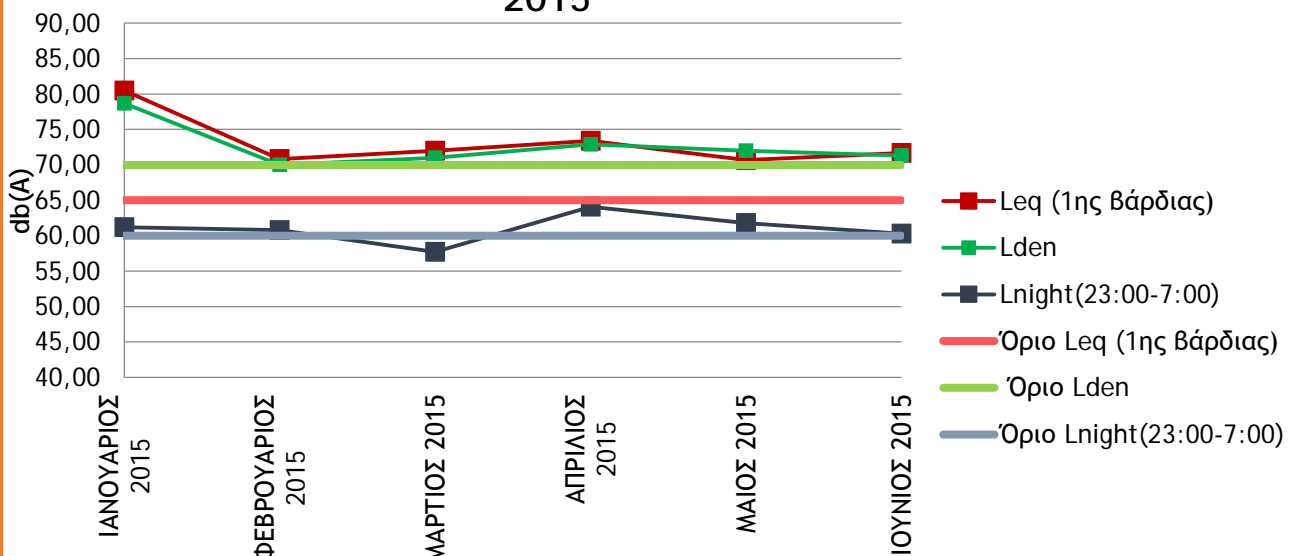
➔ Για το έτος 2014

**Μηνιαία καταγραφή τιμών για τους δείκτες Leq-Lden-Lnight στο εργοτάξιο "Δεληγιάννη" για το έτος 2014**



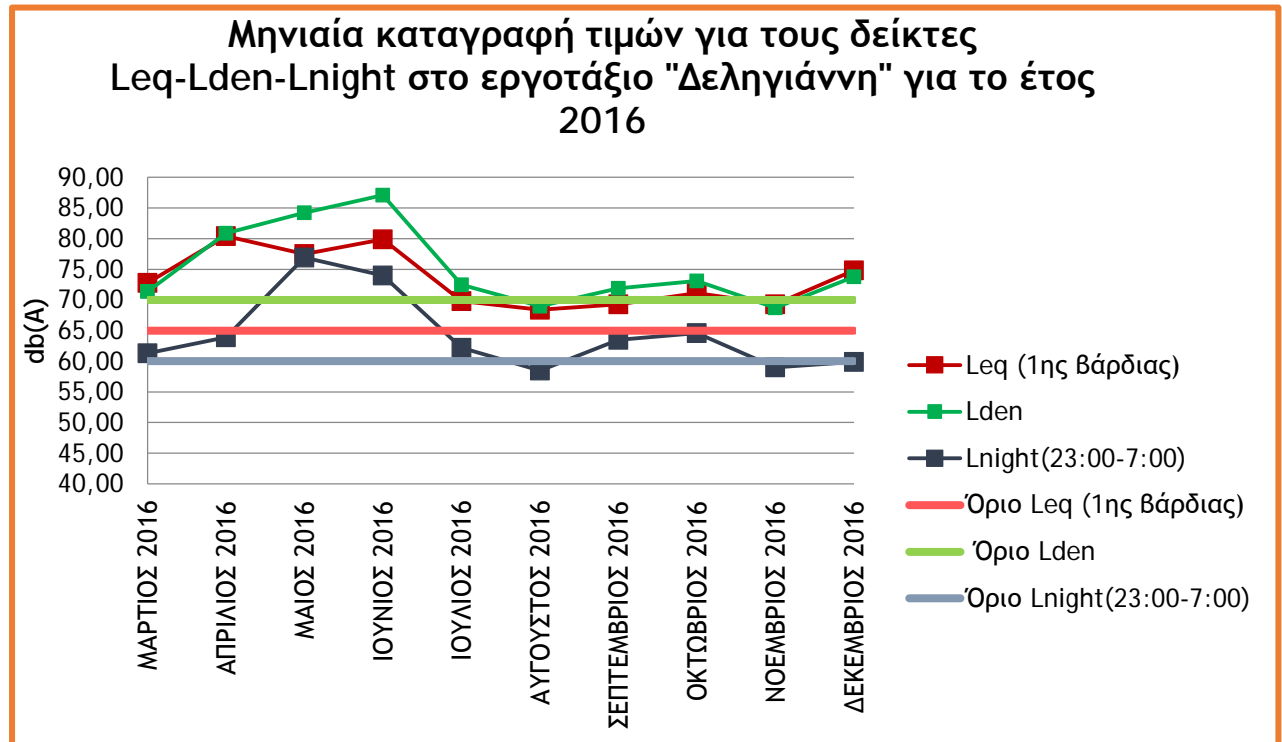
➔ Για το έτος 2015

**Μηνιαία καταγραφή τιμών για τους δείκτες Leq-Lden-Lnight στο εργοτάξιο "Δεληγιάννη" για το έτος 2015**

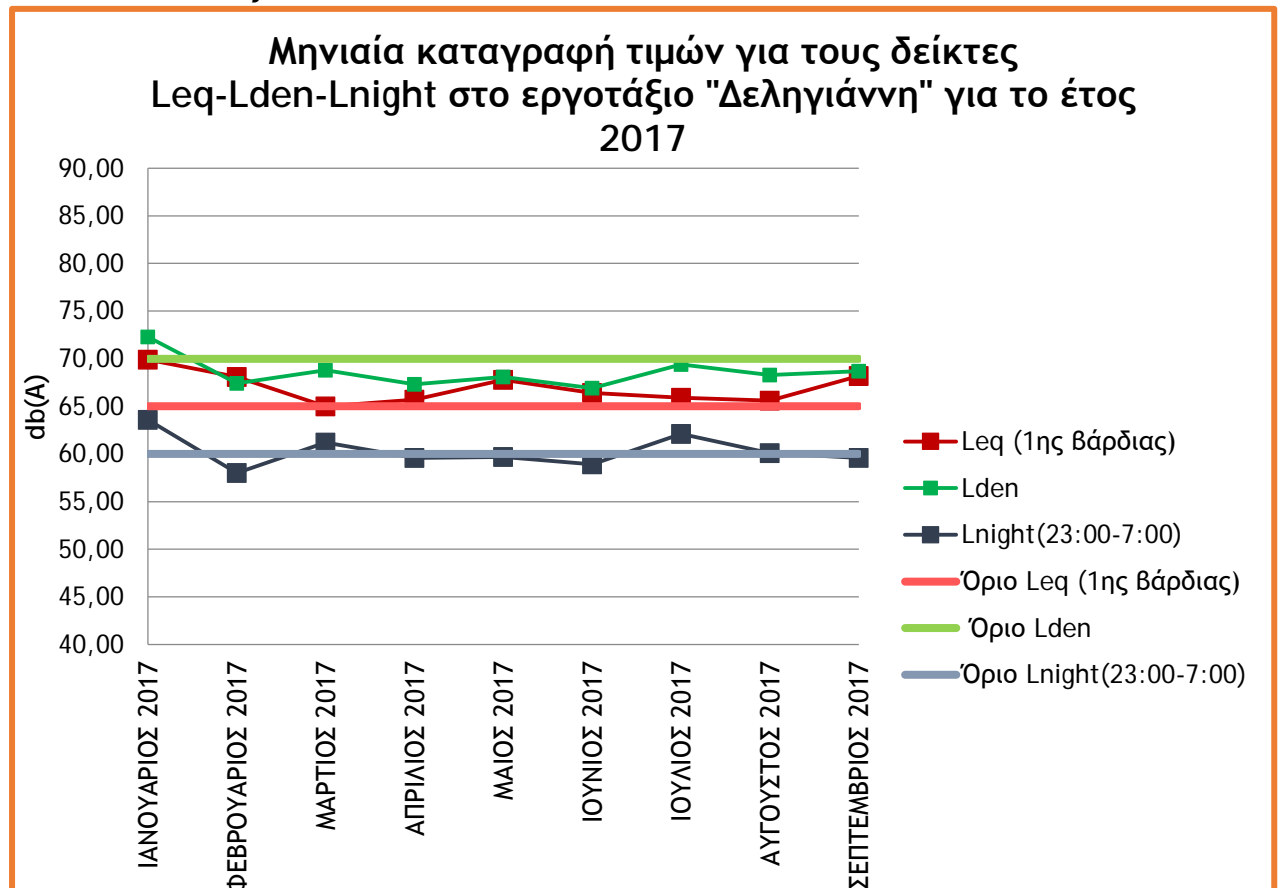




➔ Για το έτος 2016

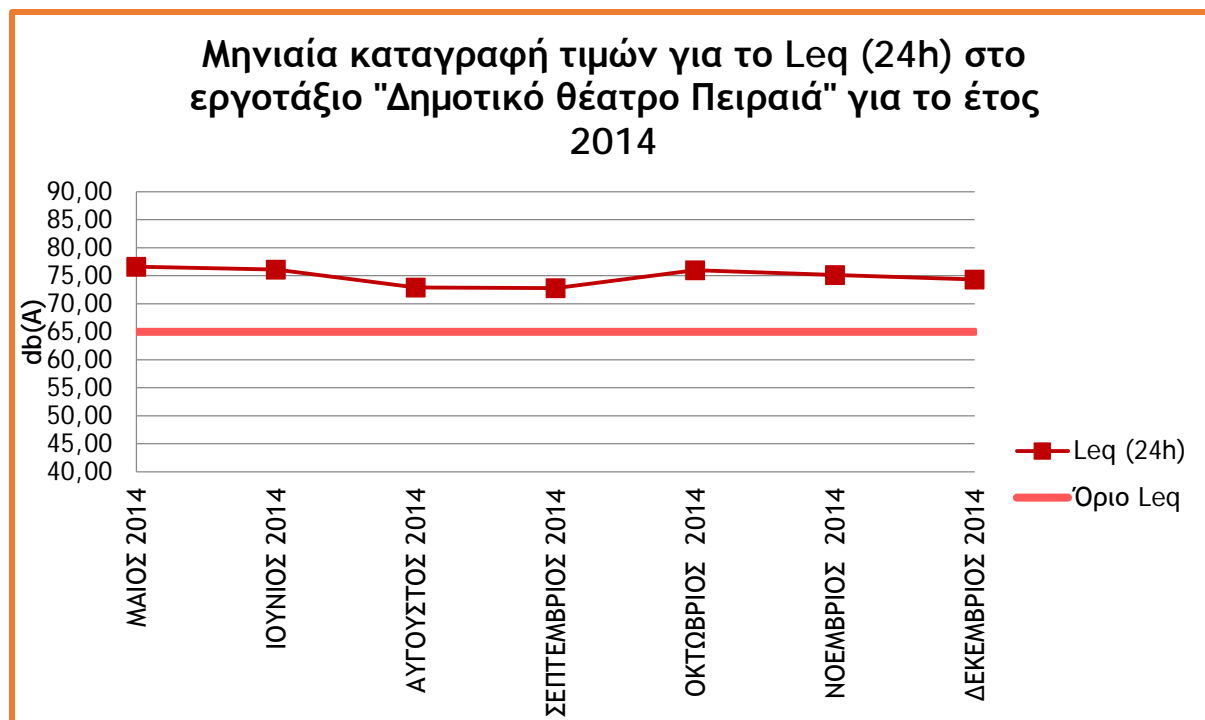


➔ Για το έτος 2017

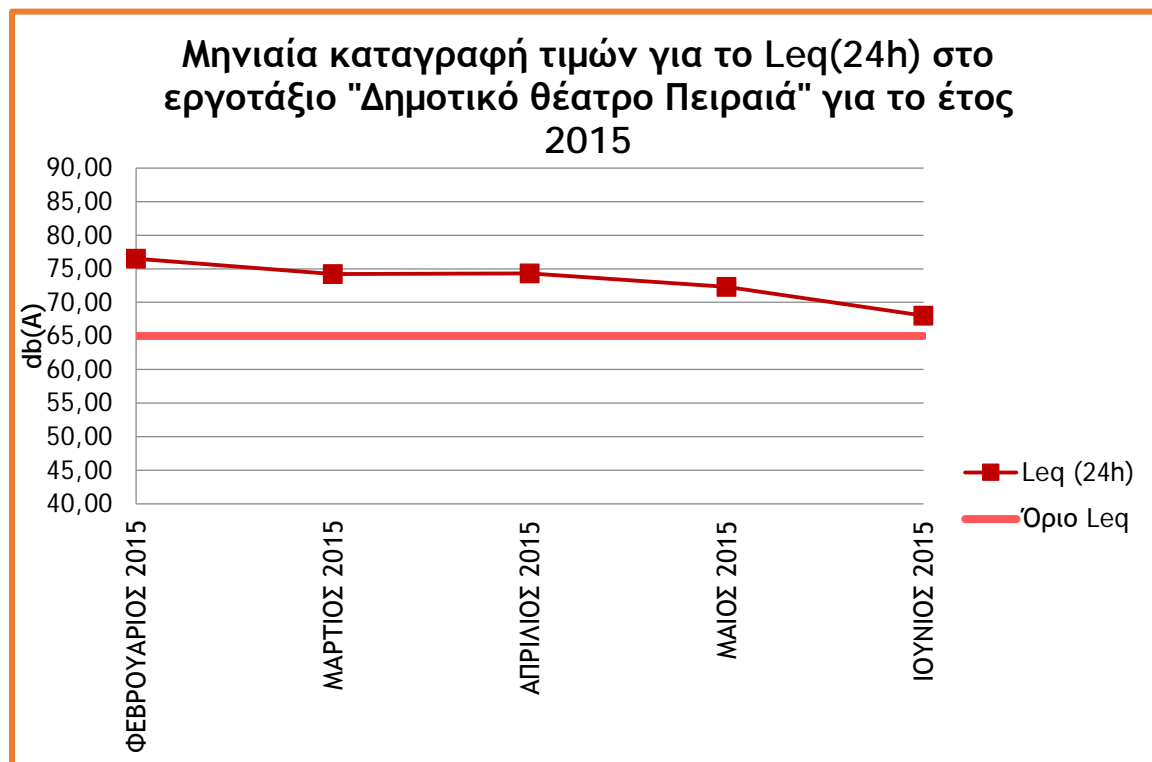


#### 7.4.3 Εργοτάξιο «ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ ΠΕΙΡΑΙΑ»

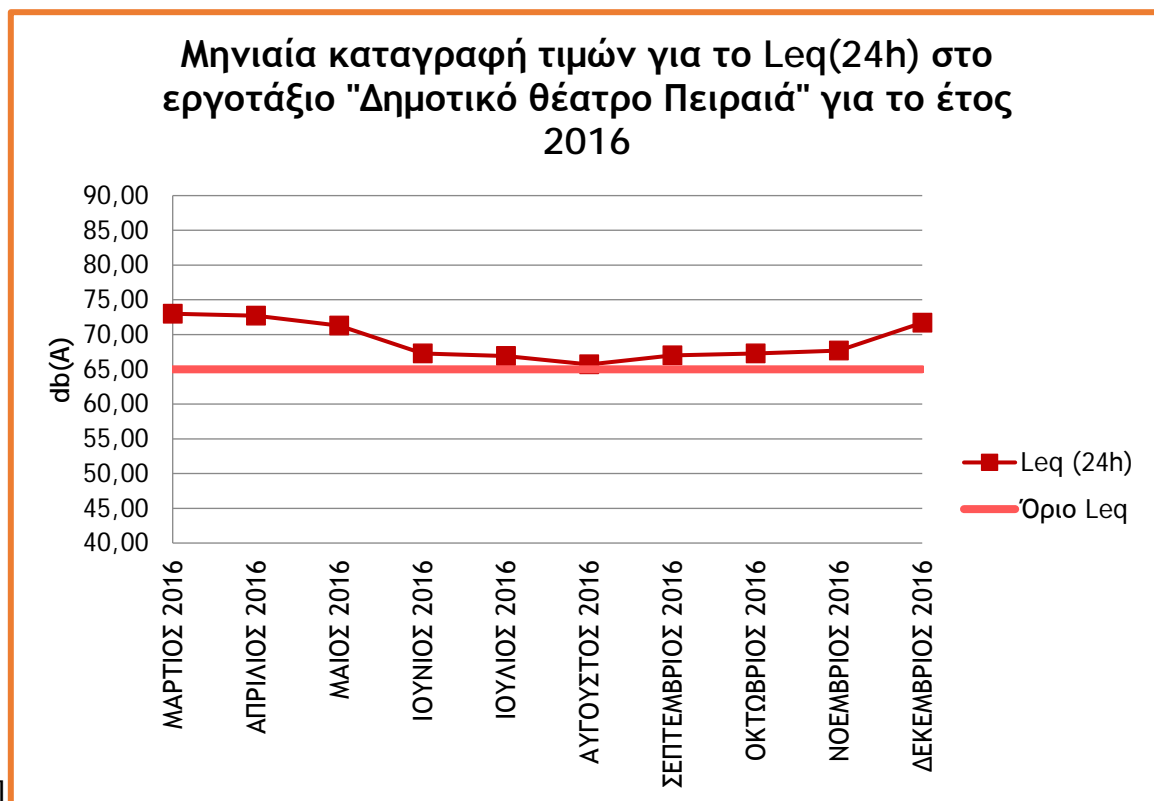
➔ Για το έτος 2014



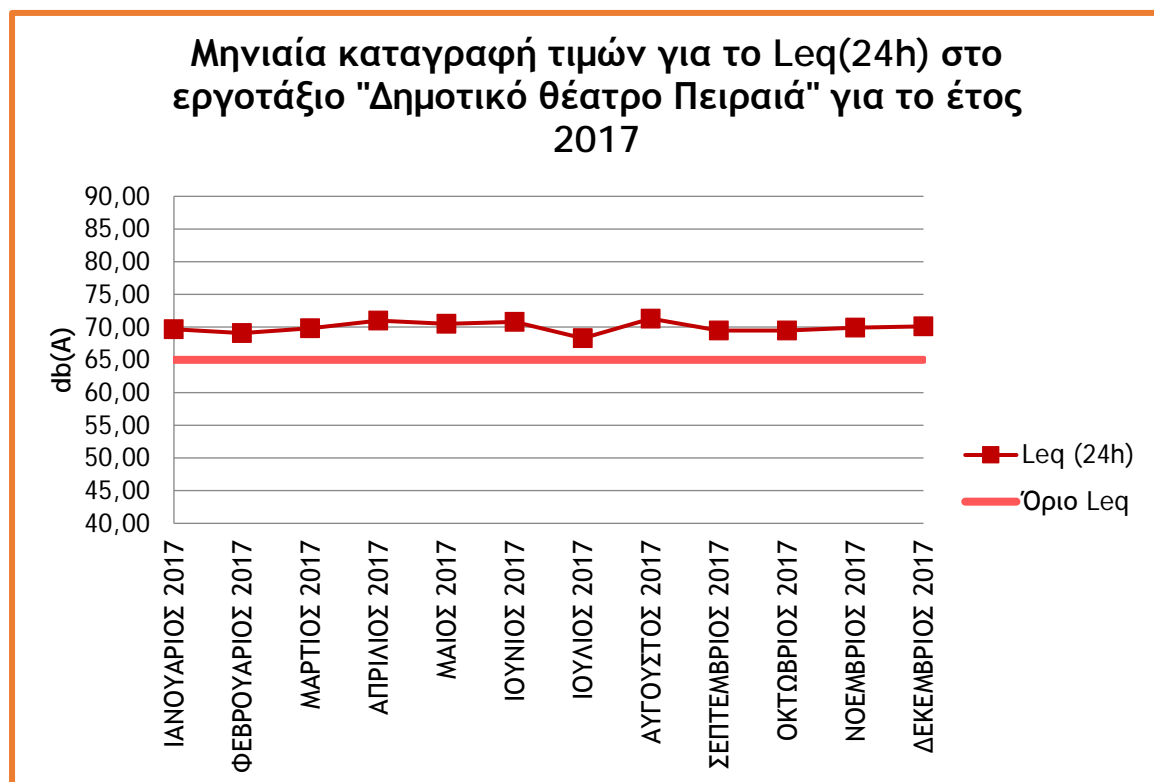
➔ Για το έτος 2015



➔ Για το έτος 2016

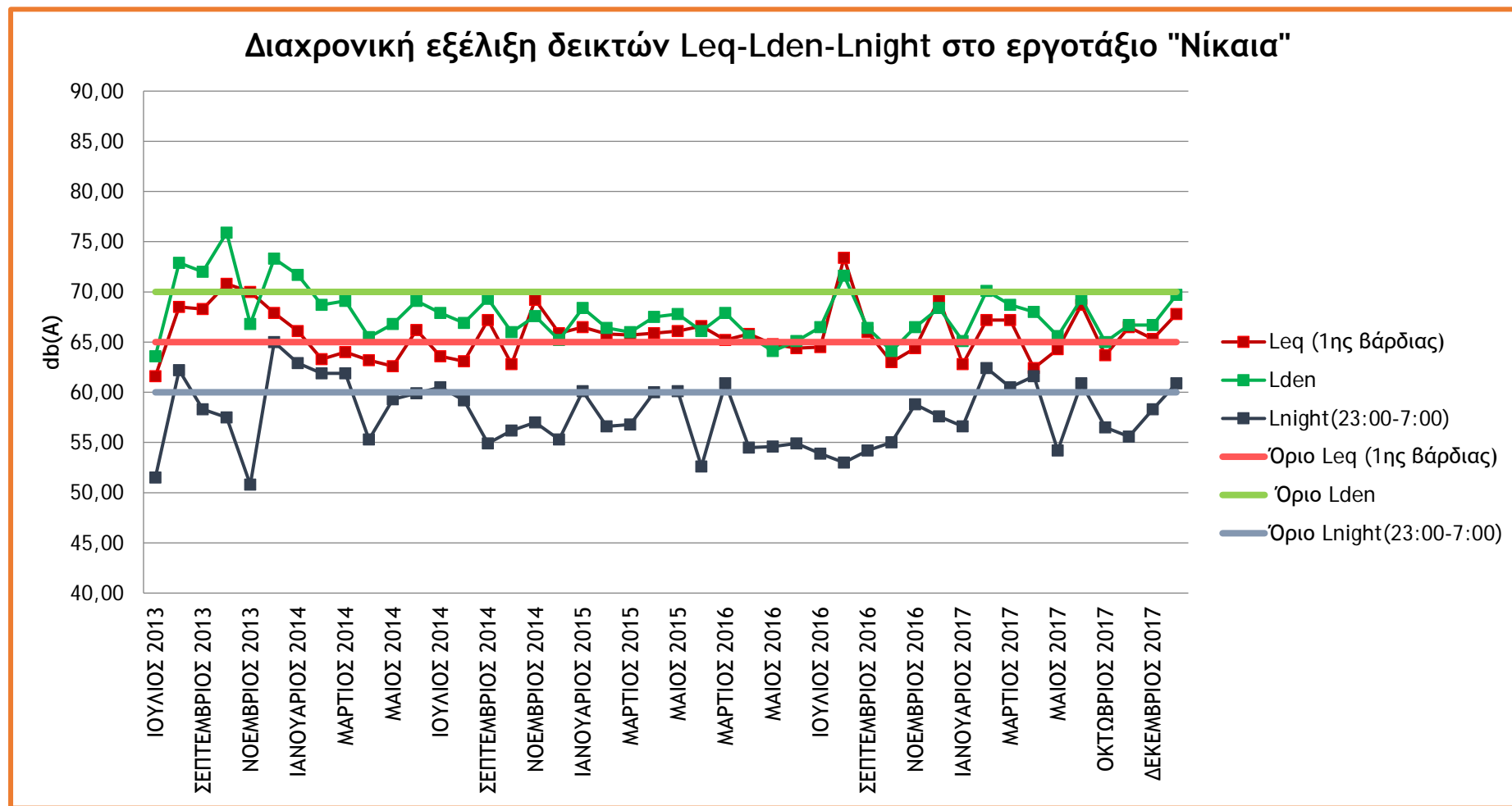


➔ Για το έτος 2017

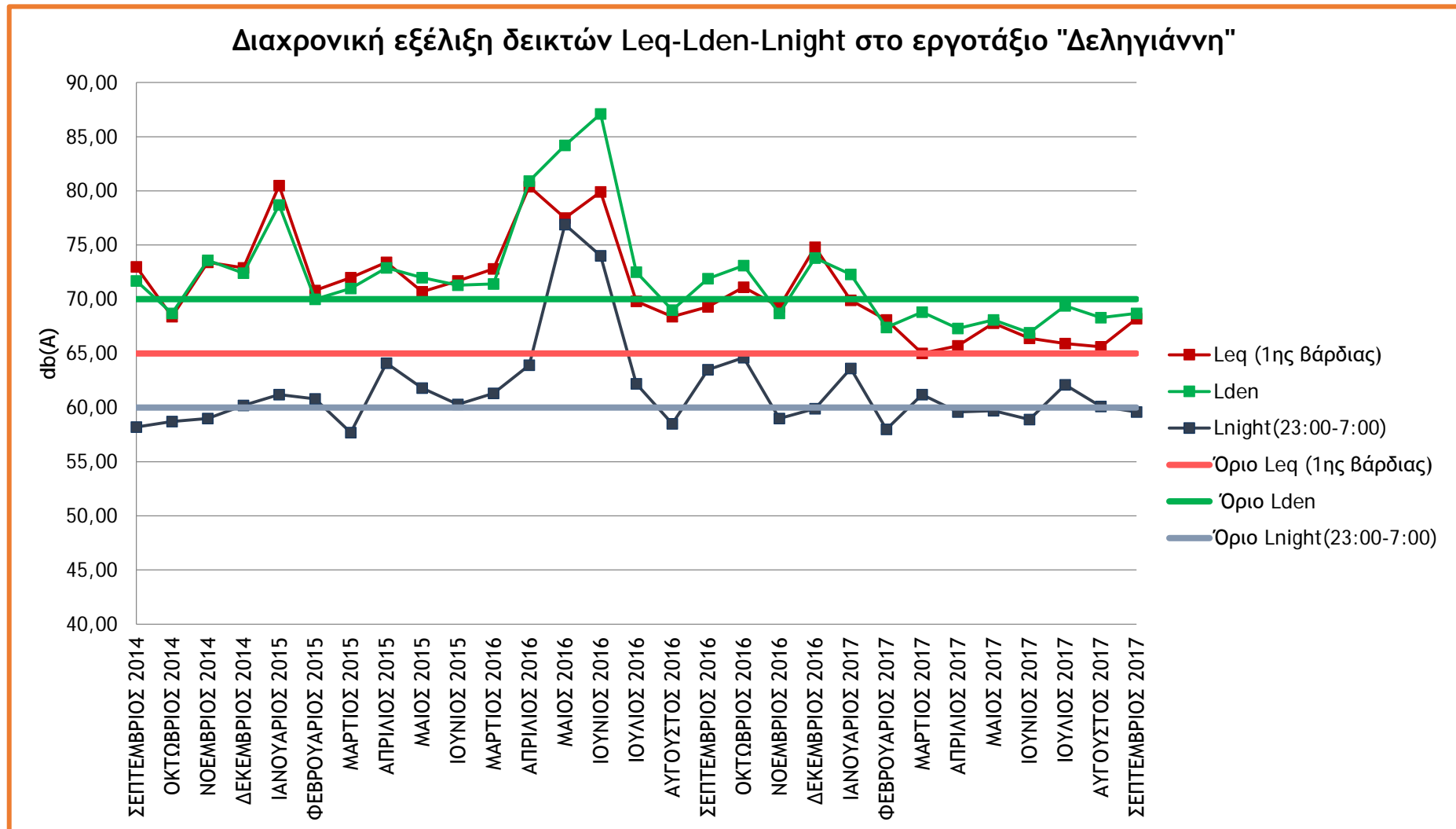


## 7.4 Διαγράμματα διαχρονικής εξέλιξης δεικτών εκτίμησης θορύβου

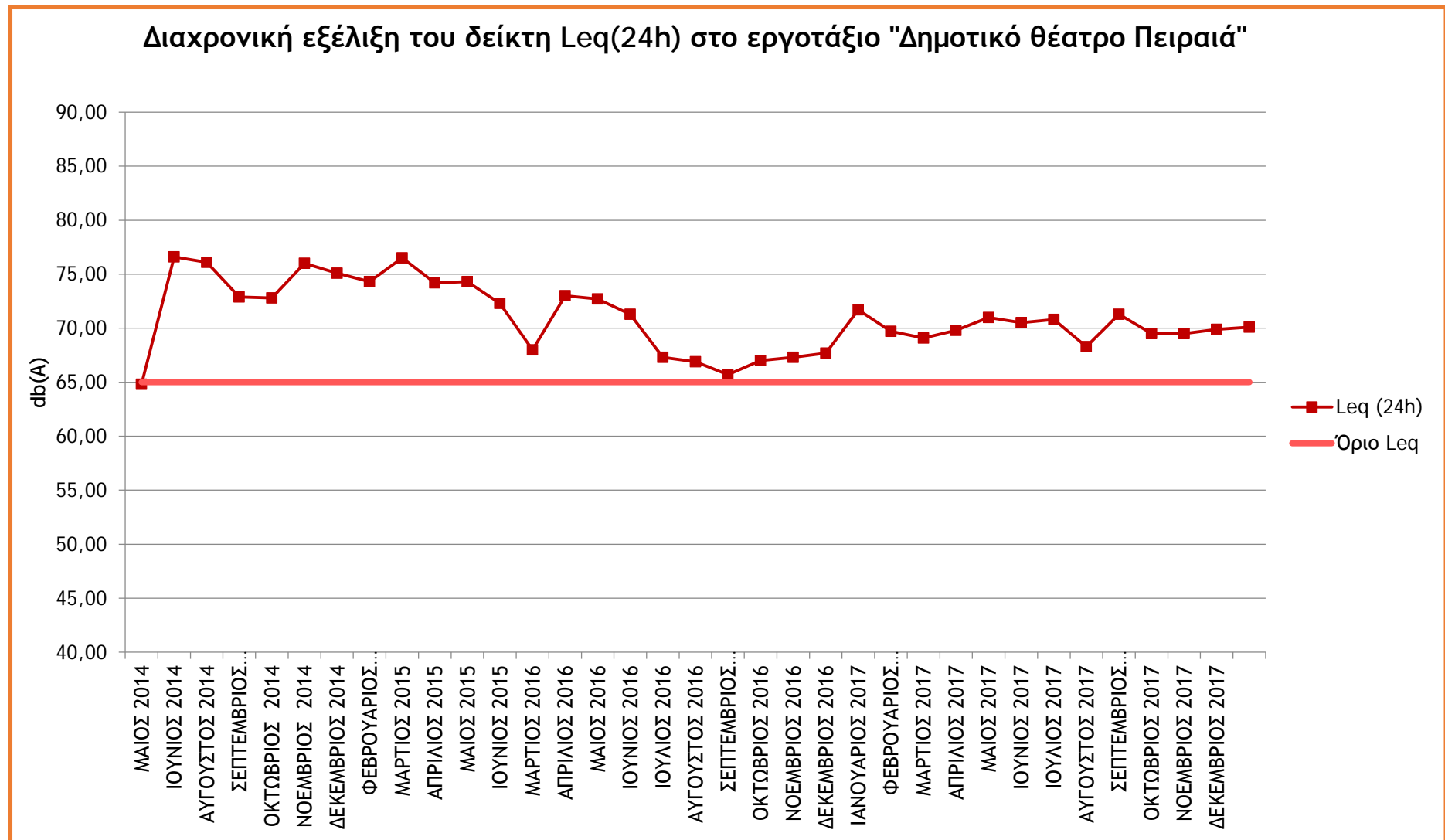
### 7.4.1 Εργοτάξιο «ΝΙΚΑΙΑ»



#### 7.4.2 Εργοτάξιο «ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΗ»



### 7.4.3 Εργοτάξιο «ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΘΕΑΤΡΟ ΠΕΙΡΑΙΑ»





## 7.5 Συμπεράσματα

Στο πλαίσιο της εκπόνησης της ανωτέρω Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας - Μελέτης εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

### 1.ΓΕΝΙΚΑ

- Σκοπός μιας Π.Π.Ε./Μ.Π.Ε. είναι να εκτιμηθούν και να αξιολογηθούν το είδος, το μέγεθος, η ένταση, η πιθανότητα, η διάρκεια και ο χαρακτήρας των επιπτώσεων σε ένα δεδομένο περιβάλλον, στο οποίο θα υλοποιηθεί ένα έργο.
- Τα επανορθωτικά μετρά προτείνονται -όταν αυτό κρίνεται αναγκαίο-, λαμβάνοντας υπ' όψη:
  1. τις γενικές & ειδικές κατευθύνσεις της χωροταξικής πολιτικής,
  2. την περιβαλλοντική ευαισθησία της περιοχής,
  3. τα χαρακτηριστικά των πιθανών επιπτώσεων,
  4. τα οφέλη στην οικονομία, ασφάλεια & υγεία,
  5. τις θετικές επιπτώσεις στο ευρύτερο φυσικό & ανθρωπογενές περιβάλλον.

### 2.ΕΙΔΙΚΑ

- Η παρακολούθηση των επίπεδων του περιβαλλοντικού θορύβου κατά την κατασκευή & επέκταση μιας γραμμής υπόγειου σιδηρόδρομου (όπως και κατά τη λειτουργία), είναι απαραίτητη και ουσιώδης για την προστασία όλων -προσωπικού & περιοίκων-.
- Με εξειδικευμένα μέσα μέτρησης και τη χρήση κατάλληλου λογισμικού, καθίσταται εφικτή η πλήρης εικόνα της ηχητικής επιβάρυνσης στην περιοχή μελέτης μέσω πολλών ηχητικών δεικτών.
- Η σύνταξη μηνιαίων αναφορών για την παρακολούθηση δίνει τη δυνατότητα αμέσων επεμβάσεων και λήψης κατάλληλων ηχοπροστατευτικών μέτρων, όσο για την προστασία του φυσικού τόσο και το ανθρωπογενές περιβάλλον.
- Τα αποτελέσματα των ακουστικών μετρήσεων για τους μήνες Απρίλιο, Μάιο και Ιούνιο 2015 δεν παρουσιάζουν υπερβάσεις συγκρινόμενες με το θόρυβο βάθους της περιοχής μελέτης.
- Οι περιοχές μελέτης είναι ήδη αρκετά επιβαρυμένες λόγω της αυξημένης οδικής κυκλοφορίας εντός του αστικού χώρου. Αυτό προκύπτει ύστερα από ακουστικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις περιοχές πριν τη λειτουργία των εργοταξίων για τον υπολογισμό του θορύβου βάθους.
- Παρατηρείται ότι η συνεισφορά των εργοταξίων είναι πολύ μικρή και σπανίως υψηλή. Επομένως δεν προβλέπεται η ανάγκη λήψης αντιθορυβικών μέτρων. Ωστόσο κρίνεται αναγκαία η παρακολούθηση των εργοταξίων για την προστασία των κατοίκων και της υφιστάμενης περιοχής.

### Πιο συγκεκριμένα:

- Σε όλες τις περιπτώσεις των εργοταξίων ο θόρυβος βάθους πριν την έναρξη των εργοταξιακών εργασιών είναι υψηλός ειδικότερα στο σταθμό «Δεληγιάννη» εμφανίζεται ο υψηλότερος θόρυβος βάθους σε σύγκριση με τα άλλα δύο εργοτάξια με τιμές που κυμαίνονται από 71,9 έως 74 dB(A).
- Αντίθετα, στη Νίκαια η συνεισφορά των εργοταξιακών λειτουργιών μπορεί να χαρακτηριστεί ως σημαντική ιδιαίτερα το διάστημα από τον Οκτώβριο 2014 ως τον Μάρτιο 2016. Κατά το έτος 2015 παρατηρούνται χαμηλές στάθμες θορύβου του δείκτη  $Leq(1^{ηs}$  Βάρδιας) και πλήρης συμμόρφωση με τα θεσμοθετημένα όρια.
- Στο Εργοτάξιο του Δημοτικού Θεάτρου Πειραιά παρατηρούμε καθ' όλη την διάρκεια των μετρήσεων μεγάλες τιμές του δείκτη  $Leq$  ειδικά στο χρονικό διάστημα μεταξύ Μαΐου του 2014 μέχρι Μάιο του 2016. Από τον Ιούνιο του 2016 μέχρι και σήμερα παρατηρούμε καθοδική πορεία στις μετρήσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί ο θόρυβος βάθους είναι μεγαλύτερος των 72 dB(A) και οι μετρήσεις μας δίνουν συνδυασμένο θόρυβο. Συνεπώς, ούτε σε αυτό το εργοτάξιο έχουμε μεγάλες υπερβάσεις των θεσμοθετημένων ορίων.

---

## 8 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<sup>i</sup> Βογιατζής Κωνσταντίνος, Περιβαλλοντική Τεχνική & Θεσμικό Πλαίσιο Εφαρμογής, Εκδόσεις Συμμετρία, Β' έκδοση, Αθήνα 2012.

<sup>ii</sup> Schafer, R. M. The soundscape: our sonic environment and the tuning of the world, Destiny Books, Vermont 1994.

<sup>iii</sup> Buxton Rachel, McKenna Megan, Mennitt Daniel, Fristrup Kurt, Crooks Kevin, Angeloni Lisa, Wittemyer George, Noise pollution is pervasive in U.S. protected areas, Vol. 356, Issue 6337, pp. 531-533, United States of America 2017

<sup>iv</sup> <https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise>

<sup>v</sup> Bistrup, M. L. (Ed). Children and noise: prevention of adverse effects, Denmark: National Institute of Public Health, 2002.

<sup>vi</sup> <https://www.eea.europa.eu/themes/human/noise>

<sup>vii</sup> Bergland B., Lindrall Th., Schwela D.: «Guidelines for community noise» Ed, Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, 1999

<sup>viii</sup> Βογιατζής Κωνσταντίνος, Περιβαλλοντική Τεχνική & Θεσμικό Πλαίσιο Εφαρμογής, Εκδόσεις Συμμετρία, Β' έκδοση, Αθήνα 2012.

<sup>ix</sup> Γκάτσος Γεώργιος, Σκαμάγκας Κωνσταντίνος , Παρακολούθηση ακουστικού περιβάλλοντος στα εργοτάξια κατασκευής της επέκτασης της Γραμμής 3: «ΧΑΙΔΑΡΙ-ΠΕΙΡΑΙΑΣ»

<sup>x</sup> Κ. Βογιατζής, Χ. Μουζάκης, Κριτήρια δονήσεων για την προστασία κτιρίων & την αποφυγή οχλήσεων σε κατοίκους από την κατασκευή συγκοινωνιακών έργων σταθερής τροχιάς, ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΚΤΙΡΙΟ, Β/1999 : σελ. 57-59

---

# 9

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

# Solo Black Edition

Focus on what matters!

**01dB**  
Solo Black Edition

## Performances that meet your requirements

### The new generation of sound level meters: Solo Black Edition

Resulting from an ongoing innovation process, **Solo Black Edition** offers the latest technological advancements as for ergonomics, readability, operating lifetime and wireless communication.

**Solo Black Edition** is the first sound level meter offering an integrated multi-frequency multi level auto check of the complete measurement chain, from the microphone to the displayed level.

These new functions are a winning asset and a metrological warranty for the user.



## Enhance your know-how

*In environmental acoustics  
In building acoustics  
In industrial acoustics  
In research and education*



### WIRELESS REMOTE

CONTROL module

#### Operate Solo Black Edition and discover mobility

- » Control your Solo Black Edition remotely from your Pocket PC
- » View and code data remotely
- » Add an oral/written comment



### TRIGGER module

Code sound sources

- » Trigger events on threshold violation
- » Drive the logical output (TTL)



### MEMORY module

#### Record and store data in the extended memory of Solo Black Edition

- » Benefit from the large memory capacity
- » Access long-term measurements (data and audio)



### AUDIO module

#### Listen to audio recordings by Solo Black Edition

- » Play back audio recordings and identify the nature of sound sources
- » Analyse sound signals finely



### AUTO CHECK module

#### Test the nominal operating of your sound level meter on a regular basis





- » Level linearity
  - » Frequency linearity
- over the whole metrological chain, including the microphone



**AREVA**



# Solo Black Edition Technical specifications

<b>Standards</b>	IEC 61672-1 (2002) / NF EN 60651 (2000) / NF EN 60804 (2000) / ANSI 1.11 / ANSI 1.4 IEC 1260 (1995) / EMC IEC 61000-6-1 and 2 / EMC IEC 61000-6-3 and 4	
<b>Metrology</b>	Single dynamic range: 20-137 dB(A) / class 1 or 30-137 dB(A) / class 2 Leq (from 20 ms to 10 s), Lp, Lpmin, Lpmax (S, F, I), Lpk (C, Z), A, B, C and Z weightings 20 ms real-time 1/1 and 1/3 octave multispectra (12.5 Hz - 20 kHz)	
<b>Pocket PC remote control module</b> 	Bluetooth™ class 1 wireless communication Visual display and coding of data on the Pocket PC colour screen (LAeq, LAFp, 1/3) Written and oral comments (synchronised with the measurement file)	
<b>Memory module</b> 	Integrated 8 MB flash memory Extractible 2 GB extended memory on SDCard LAeq + LCpk (1s) > 99 days / LAeq + 1/3 (1s) > 99 days	
<b>Audio module</b> 	Metrological audio storage (min. 1h40min (51.2 kHz) / max. 13h50min (6.4 kHz)) Sampling frequencies: 51.2 kHz / 25.6 kHz / 12.8 kHz / 6.4 kHz (24 bits)	
<b>Trigger module</b> 	Coding on pre-programmed threshold: code (1), code (2), code (3) or code (1) + audio Activation of TTL output on threshold	
<b>Auto check module</b> 	Automated control of the entire measurement chain: microphone, preamplifier and digital processor. Analysis of the frequency response and of the measurement chain linearity over 4 predefined frequencies (500 Hz, 1 kHz, 2 kHz and 4 kHz) and an additional user-selectable frequency, for 3 adjustable levels	
<b>USB transfer</b> 	Acquisition front-end mode File transfer mode	
<b>General performances</b>	Typical operating lifetime LAeq (1s): 24 h (standard mode) / 16 h (remote control mode) Programmable starting modes: immediate / delayed / by periods	Parallel measurement of all indicators Time history of all indicators Languages: French, English, Spanish, German, Italian, Dutch, Portuguese, Romanian
<b>Standard accessories</b>	Preamplifier PRE21S Microphone 1/2" 50 mV/Pa class 1 or 20 mV/Pa class 2 Wind screen	Built-in battery and mains power supply USB and RS232 cables Fitted carrying case dBSLM32 transfer software
<b>Optional accessories</b>	Pocket PC Win CE™, Tablet PC Win CE™ Carrying satchel External battery charger VES21 all-weather suitcase	BAP21 outdoor microphone unit 100-m extension cord CAL21 class 1 calibrator or CAL02 class 2 calibrator
<b>Compatible software</b>	dBTrait: time and spectral history, event coding, automatic reports... dBBati: processing of building measurements (insulation, T60...)	dBSolo: Pocket-PC remotely controlled software USBTrig / USBBati / USBFa: time and frequency acquisition drivers in PC mode dBSolo-B (Building) and dBSolo-E (Environment)

These non contractual specifications can be changed without notice. Version: September 2010



**01dB-METRAVIB**

200 chemin des Ormeaux - 69578 LIMONEST - FRANCE - Tél : 33 (0)4 72 52 48 00  
environment@01db-metravib.com / www.01db.com



*Solo*

**Digital integrating  
sound and vibration  
level meter**



**01dB-Stell**  
MVI technologies group

# introduction

S

The result of 15 years experience, SOLO represents the newest generation of 01dB-Stell digital integrating sound level meters.

SOLO complies with the latest international standard (IEC 61672-1) on sound level meters.

Its versatility allows for various applications such as vibration measurements, vehicle noise, sound and vibration monitoring, 1/1 and 1/3 octave real-time frequency analysis, etc.

The use of new technologies results in unrivalled performances. In particular, the 24-bit analogue-digital conversion allows for measurement on a single dynamic range (117 dB) and the large memory capacity for storage of all data measured in parallel. Also, the USB interface turns SOLO into an acquisition front-end for real-time analysis on a PC. Using a modem or a GSM phone, SOLO may be remotely monitored and interrogated to retrieve all measured data, without disrupting the current measurement session.

In short, intelligence allied to simplicity makes SOLO the master of the sound and vibration instrumentation.



## Virtuosity

- New digital technologies
- Compliant with IEC 61672-1
- Large memory capacity
- Parallel calculations (all data and weightings)
- Time history of pertinent acoustic descriptors
- External tachometric input
- Direct calculation of rotation speed from acoustic signal
- Battery life > 24 hours
- Input compatible with 0V polarization microphones and integrated electronics accelerometers
- Detachable microphone preamplifier



## Applications:

- **Environment:** complaints handling, impact studies, monitoring,...
- **Building:** reverberation time, insulation, monitoring,...
- **Industry:** Sound and vibration control, machinery acceptance tests of bearings.



# SOLO



## Communication

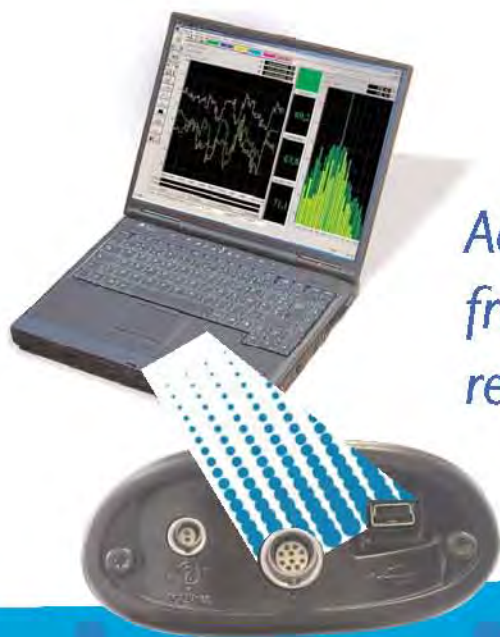
- Download of memory data via RS232C or USB interface
- Control and download of data by modem or GSM
- Transfer of digital signal to PC for real-time

## Simplicity

- Large back-lit high resolution screen
- Simple and comprehensive multilingual menus
- Ergonomic keyboard
- Rapid access to functions
- Remote control box (option)

## Versatility

- 5 versions:
  - Acoustics: SOLO PREMIUM and MASTER
  - Vehicle noise: SOLO VN
  - Vibrations: SOLO Vib and VibExpert
- Compatibility of application software (combination of versions in option)
- Options depending on versions: average and multispectrum 1/1 and 1/3 octave real-time analysis, additional memory, reverberation time and sound insulation,...



*Acquisition  
front-end for  
real-time analysis*



**sts, sound power, vibration control**



# Technical specifications

## SOLO PREMIUM, MASTER, VN acoustic versions

### Common performances:

- Dynamic range: up to 117 dB (class 1 or 2 according to IEC 61672-1)
- Lp with F, S, I, P time constant
- Single and successive Leq Start/Stop with immediate and delayed start
- A, B, C, Z weightings except VN (only A)
- Language selection: F, GB, D, I, E, P
- Back erase 5 seconds of measurement
- Back-lit high resolution LCD screen and function keys
- Storage of up to 1000 values
- Battery life > 24 hours
- Option: average 1/1 and 1/3 octave (12.5 Hz - 20 kHz)
- Option: Modem with dBMODEM (modem not supplied)
- Options: 01dB-Stell software packages (dBEVn, dBBAi, dBFA) for memory download

### SOLO MASTER specific performances

- Short Leq with time step of 20 ms to 10 s
- Time history of pertinent acoustic descriptors
- Standard 1Mvalue memory
- Peak number detection
- Programmable periods
- Optional signal transfer via USB interface for real-time analysis using 01dB-Stell software (dBEVn, dBBAi, dBFA)
- Option: multispectrum 1/3 octave (12.5 Hz - 20 kHz)
- Option: Reverberation T60 and sound insulation
- Option: laser tachometry

### SOLO VN specific performances

- Acoustic detection of rotation speed
- Option: external CA23 tachometer
- Option: neighbourhood noise (dBTRAIT + overall level PREMIUM firmware)

### Accessories:

- PRE21S preamplifier
- MCE212 (class 1) or MCE 220 (class 2) microphone
- Built-in battery and charger power supply
- USB and Lemo 10/RS232 transfer cables
- Carrying case
- Windscreen (BAV)
- Manual (CD) + dBSLM (ASCII memory transfer software)
- Simplified getting started manual and metrology notebook
- Position setting stick and special tripod (VN only)

## SOLO Vib and VibExpert vibration versions

### Common performances

- Dynamic range: 117 dB
- Acceleration, velocity and displacement
- Data calculated over a single frequency band
- RMS, Max RMS, Peak and Peak to Peak (displacement)
- Option: laser tachometer
- Option: temperature

### SOLO VibExpert specific performances

- Data over various frequency bands (parallel calculations)
- Severity
- Equivalent severity
- Defect factor
- Peak factor
- Option: K factor

### Accessories:

- Built-in battery and charger power supply
- USB and 10/RS232 Lemo transfer cables
- Carrying case
- Manual (CD) + dBSLM (memory transfer software)
- Simplified getting started manual and metrology notebook
- 10 mV/g integrated electronics accelerometer
- Lemo/μdot cable, IM/01 magnetic stud
- Isolated SF/02/A cementing stud

### SOLO common options

- dBSOLO1 with dBTRAIT for memory transfer (except VN when no neighbourhood noise and Vib, VibExpert)
- dBSOLO2 with dBBAi for Reverberation T60, D and spectra memory transfer
- dBSOLO3 with dBFA for memory transfer (except VN)
- TRIG TOR (TOR on exceeded level) with cable
- Carrying case
- External battery charger
- Additional battery
- Serial printer DPU 414
- Laser tachometer (except VN)
- Hand probe (Vib - VibExpert)
- Bees wax (Vib - VibExpert)

# Benefits

- Sound level meter
- Vibration meter
- Real-time acquisition front-end
- Dynamic range: 117 dB
- Large memory capacity
- Parallel internal calculations
- USB interface
- MODEM or GSM communication

## France

(Head Office)

200, chemin des Ormeaux  
F - 69578 Limonest Cedex  
Phone +33 4 72 52 48 00  
Fax. +33 4 72 52 47 47

## Italy

Phone +39 049 920 0966  
Fax. +39 049 920 1239

## USA

Phone +1 315 685 31 41  
Fax. +1 315 685 31 94

## Brazil

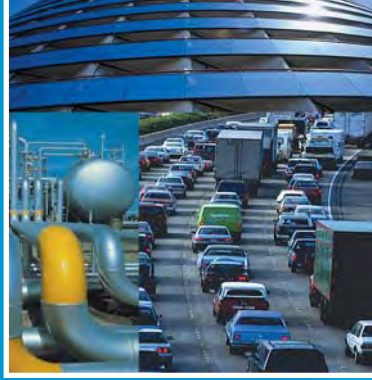
Phone +55 11 49 92 3600  
Fax +55 11 44 27 5206

## Asia Pacific

Phone +60 3 563 22 633  
Fax. +60 3 563 18 633

Web : [www.01db-stell.com](http://www.01db-stell.com)

Mail : [info@01db-stell.com](mailto:info@01db-stell.com)



# MICROPHONES

## Acoustic Transducers and accessories





To complement the powerful measurement systems from 01dB-Stell, a choice set of microphones is available for accurate and reliable acoustical measurements.

A full range of calibrators and preamplifiers, as well as connecting cables (of any length) and other accessories (outdoor units, conditioners, carrying cases, etc.) will help you to build up your measurement chain for any acoustical application.

01dB-Stell distributes a large range of transducers for acoustical measurements, as well as for vibration or sound intensity measurements.

This documentation presents only a part of our whole product range. Please contact your distributor for more information.



## MICROPHONES

Our whole range of Transducers includes 1/2, 1/4, as well as 1/8 inch condenser microphones for environmental, building and industrial use. All microphones are factory-calibrated. The microphones are manufactured in non-corrosive stainless materials and are able to withstand rugged handling and corrosive environment. The condenser microphones are a new generation of precision measurement microphones with improved performances and long term stability.

### Free field Microphones

General purpose and high precision microphones, prepolarized or 200 V polarized covering a large frequency range. Free field microphones are used for sound level meters according to IEC standards, for general electro-acoustical measurements on loudspeakers and sound sources in general, when the sound waves arrive perpendicular to the diaphragm. The free field microphone should be pointed towards the sound source.

### Pressure Microphones

General purpose and high precision microphones covering a large frequency range. Pressure microphones are used for closed coupler measurements for earphones, audiometric test equipment, telecommunication equipment, in boundary layer measurements, flush mounted, etc. In these applications the presence of the microphone in the sound field is intended.

### Random Incidence

Special microphones with the frequency response optimized to measure correctly in random, diffuse/reverberant sound fields where the sound waves arrive from all directions.

### Outdoor Microphones

Outdoor microphone units (41AM, 41CN) for permanent outdoor installation in, for example, airport noise monitoring systems or traffic noise monitoring systems. The units have built-in A-weighting, +/- 20dB amplifier and electro-static actuator for complete check of system functionality. Type 41AL environmental microphones is a low cost alternative for outdoor microphones, intended to semi-permanent outdoor applications.



## Special Microphones

Special microphones can be proposed for very specific measurements of very low frequency sound, high level and high frequency sound, high temperature or airflow situation. Please ask your distributor.

## ACCESSORIES

### Preamplifiers

The type PRE12H 1/2" preamplifiers are used with pre-polarized or externally polarized microphones. They are designed to drive cable lengths up to 30m and all models allow insert calibration. The insert voltage generator is connected via the output connector. Type 26CA 1/2" ICP® preamplifier with standard BNC output connector is designed for use with pre-polarized microphones.



The type 26AA, 26AB, 26AC and 26AL 1/4" preamplifiers are small rugged units optimized for acoustical measurements with condenser microphones. They have a very low inherent noise level, a wide dynamic range and a frequency range from below 2 Hz to above 200 kHz. Type 26CB 1/4" ICP® preamplifier with standard BNC output connector is intended for use with pre-polarized microphones. Special 1/4" to 1/2" adapter is available to use with 1/2" microphones.

### Spare parts

Type BAP012 windscreens protect the 1/2" microphone transducer and the preamplifier. 1/2" and 1/4" nosecones allow measurements in laminar air-flow and decrease turbulence around the microphone. Different right angle and straight adapters are available for different mounting and adaptation of different microphone and preamplifier sizes.

### Calibrators

The calibrators\* Cal01 and Cal02 are sound pressure sources dedicated to the on-site calibration of noise measurement systems before and after each measurement session, as defined in most regulations.

Battery operated and lightweight, they comply with the specifications of the IEC942 standard as either class 1 (Cal01) or class 2 (Cal02) acoustic calibrators.

These devices may be used with either typical sound level meters or PC-based noise measurement systems independently of the weighting network or filter used because of a nominal 1 kHz calibration frequency.

Cal01 and Cal02 are designed for use with 1" microphones and delivered with a 1/2" microphone adapter.



## Complete Solutions

Our range of high-quality microphones and their accessories complement perfectly our PC-based and hand-held measurement systems.

We offer signal conditioning unit like OPUS\* for acquisition systems requiring external transducer supply.

Our cables of different lengths are equipped with standard LEMO connectors.

\* refer to the appropriate datasheet



## Microphones\*

### Free-field microphones

Type	40AF/ MCP212	40AE/ MCE212	40BF	40BE	
Sensitivity	50	50	4	4	mV/Pa
Frequency range ( $\pm 2$ dB)	3.15-20k	6.3-20k	10-100k	10-100k	Hz
Dynamic range	15-146	15-146	40-174	40-168	dB re. $2 \times 10^{-5}$ Pa
Polarization voltage	200	0	200	0	V
Outside diameter (with protection grid)	13.2	13.2	6.9	6.9	mm

### Pressure microphones

Type	40AP	40BP	40DP	
Sensitivity	40	1.6	1	mV/Pa
Frequency range	3.15-10k	10-70k	10-160k	Hz
Dynamic range	17-148	45-174	50-184	dB re. $2 \times 10^{-5}$ Pa
Polarization voltage	200	200	200	V
Outside diameter (with protection grid)	13.2	6.9	3.2	mm

### Outdoor microphones

Type	41AM / 41CN	41AL
Sensitivity	50mV/Pa (unified)	50mV/Pa (nominal)
Dynamic range	20-136dB (re. $2 \times 10^{-5}$ Pa)	20-148dB (re. $2 \times 10^{-5}$ Pa)
Frequency response	IEC 60651 type 0 and ANSI S1.4-1983 type 0	IEC 60651 type 0 and ANSI S1.4-1983 type 0
Cal. level of electro- static Actuator	90dB at 1000 Hz	
Output connector	6 Pin Lemo connector	7 Pin Lemo 1B, 3m cable
Pole adaptor	50mm (1.97") G 1/2" (ISO 228/1)	50mm (1.97") G 1/2" (ISO 228/1)

### Random microphones

Type	40AR	40AQ	
Sensitivity	50	50	mV/Pa
Frequency range	3.15-12.5k	3.15-12.5k	Hz
Dynamic range	17-148	17-148	dB re. $2 \times 10^{-5}$ Pa
Polariz. voltage	200V	0	V
Outside diameter (with protection grid)	13.2	13.2	mm

## Preamplifiers\*

	PRE12H	26AK	26AB
	1/2"	1/2"	1/4"
Frequency range ( $\pm 0.2$ dB)	1 Hz - 20 kHz	2 Hz - 200 kHz	2Hz-200kHz
Input impedance	20 G $\Omega$ , 2.5 pF	20 G $\Omega$ , 0.2 pF	20 $\Omega$ , 0.2pF
Output impedance	< 50 $\Omega$	55 $\Omega$ typical	55 $\Omega$ typ.
Noise	A-weighted typical: 2.5 $\mu$ V	A-weighted <2.5 $\mu$ Vrms	A-weighted <2.5 $\mu$ Vrms
Gain	typical: -0.035dB	typical: -0.25dB	typ. -0.25dB

## Calibrators

Reference	Cal01	Cal02
Level	94dB $\pm 0.3$ dB	94dB $\pm 0.5$ dB
Other levels	74dB/114dB	
Stability (better than)	$\pm 0.1$ dB	$\pm 0.2$ dB
Frequency	1 kHz $\pm 2\%$	1 kHz $\pm 4\%$
Frequency stability (better than)	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$

## Spare parts\*

Windscreen: BAP012; Nosecone: 1/4"-RA0022, 1/2"-RA0020

## Cables

Reference: RAL0197, exists in various lengths

(\*) Not restrictive, please contact our sales department for more information.

# Benefits

- High quality and precision
- General and special purposes
- Low noise preamplifiers
- Special application accessories
- Standard connections

## France

(Head Office)  
565, rue de Sans-Souci  
F - 69760 Limonest  
Tel. +33 4 72 20 91 00  
Fax. +33 4 72 20 91 01

## Italy

Tel. +39 0499 200 966  
Fax. +39 0499 201 239

## USA

Tel. +1 315 685 3141  
Fax. +1 315 685 3194

## Brazil

Tel. +55 11 4992 36 00  
Fax. +55 11 4432 1783

## Asia Pacific

Tel. +60 3 563 22 633  
Fax. +60 3 563 18 633

Web: [www.01db-stell.com](http://www.01db-stell.com)

Mail: [info@01db-stell.com](mailto:info@01db-stell.com)



**01dB-Stell**  
MVI technologies group



In collaboration with  
G.R.A.S.



**DUO**

**Smart Noise Monitor**

**01dB**

**AREVA**





# Smart Noise Monitor

## Just what you've been waiting for



### Rapid instrument deployment

#### Free up more time for analysis and reporting

DUO installation is quick and easy. Its sleek design and small form factor allows for safe and discreet deployment. With DUO's ground breaking "all in one" design you no longer need multiple cables between the measuring instruments, microphone, batteries and modem.

### You are not alone with DUO

#### Wirelessly measure the noise source and receiver simultaneously

With DUO Smart Noise Monitor, you are playing a duet: you are no longer alone in the field. DUO enables better understanding of the noise environment with simultaneous parallel coding of two measurement points. All measurement data is automatically recorded so nothing is left to chance.

Two DUO allow automatic coding on one channel applied on the other channel using dBTrait. Moreover post processing on synchronized levels difference will be very powerful to highlight noise from the source under concern.



### Control your measurements

#### Access to your measurement points, from near or far

*With DUO and dBDOU integrated web client, you can access settings, stored data, real-time visual display of sound levels with:*

» *a built-in screen to start and control a measurement in the field*

» *an internet connected device (Wi-Fi, 3G) for overall control of the site, from your office or... from the coffee-shop around the corner.*

*Measurements are accessible at any time and from anywhere.*





# **DUO** The best of both worlds is within your reach

## **Sound level meter and monitoring station**

**DUO introduces the “Smart Noise Monitor”, the new generation of Environmental noise measuring instruments, devoted to:**

» classical hand-held sound level meter measurements using the built-in keyboard and screen or a wireless remote control (Wi-Fi, 3G)

» short, medium or long-term stand-alone measurements, the operator having full remote control of the instrument.



## **Fully weatherproof**

**DUO is protected and safe,  
come rain (or snow) and shine**

Its housing has been designed for outdoor use under all weather conditions. Its integral protection makes DUO discreet in the measurement environment. Developed exclusively for DUO, its all-weather microphone/cone set is manufactured by G.R.A.S., the world-renowned company specialised in precision noise transducers.

## **Operating battery lifetime and memory**

**You can take the week-end  
off, DUO won't stop  
measuring**

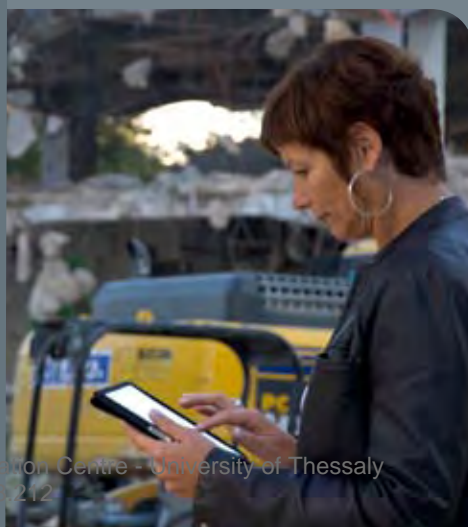
With long battery lifetime, full remote control of the entire instrument, and a high memory capacity, DUO opens up a new dimension in noise measurement.



## **Assured metrology and data security**

**Relax, DUO reaches new  
heights in reliability**

Programmable in-situ automatic electrical checks and precision class components guarantee metrological reliability. With 0° and 90° incidence corrections it gives flexibility whatever you measure. To secure your instrument DUO has a unique anti-theft system.



# DUO Everywhere at once

## Multi connectivity

DUO includes a Wi-Fi module for short distance connection and a 3G modem to access the instrument from anywhere in the world. Your measurements have never been so easy to control.

## Multi single-channel

DUO opens up new diagnosis capabilities: it is now possible, for instance, to analyse precisely and simultaneously noise pollution and disturbing sources in multiple positions. Its accurate synchronisation of clock and GPS positioning of the measurements allow using several DUO at the same time.

## Web navigation

DUO is accessible through a comprehensive Web client: DUO allows remote system configuration and measurements settings, calibration and electrical checks with associated historical data. Sound levels are available in real time wherever you are and with no software installation required.

“

### About 01dB

01dB is a registered trademark of 01dB-Metravib, a subsidiary of AREVA. 01dB-Metravib has built its know-how on Noise and Vibration technologies, and services offered to its customers. The company has been developing for 40 years through innovations directed towards the environment, industry and defence, with an international presence, headquarters in France and regional agencies.

*Fully designed and made in France*



01dB



# DUO At a glance



**INTEGRAL PROTECTION**  
Innovation by 01dB:  
protection and discretion  
for your DUO.



**ALL-WEATHER MICROPHONE**  
A G.R.A.S. innovation  
especially designed for  
01dB.



**NOISE CONE**  
A G.R.A.S. innovation  
for 01dB: 0° and 90°  
incidences compliant  
with IEC 61672 standard.  
Bird spike.



**METROLOGY**  
Automated checks of the  
entire instrument  
(5 frequencies, 2 levels)  
and automatic calibration  
procedure.



**BUILT-IN SCREEN**  
High-contrast colour  
screen. Simple interface  
for classical use.



**Wi-Fi**  
Ad-hoc Wi-Fi  
connection to control  
your instruments  
simultaneously.



**3G**  
Built-in modem. Long  
distance control. Requires  
3G data subscription.



**REMOTE CONTROL**  
Wireless remote  
access to all functions  
of DUO.



**GPS**  
Built-in GPS for  
georeferenced  
measurements.



**SYNCHRONIZATION**  
Built-in GPS for time  
synchronization of  
all DUO units in your  
measurement campaigns.



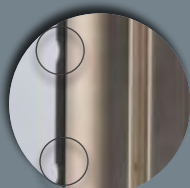
**ALL IN ONE**  
Ergonomics made easy  
by the all-in-one concept.  
Forget the cables!



**MAGNET**  
Mounting plate to attach  
your remote control  
on DUO.



**METALLIC HOUSING**  
Aluminium profile treated  
against corrosion to make  
your DUO last longer.



**SIDE GRIP**  
Comfortable and secure  
handling of your DUO  
with 2 side grips made of  
silicone elastomer.



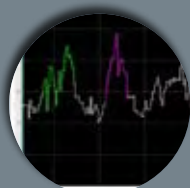
**ANTI-THEFT SYSTEM**  
Lock / cable set to secure  
your DUO.



**THE 01dB TOUCH**  
3 keys for easy control  
at your fingertips.



**CODING LOCATION**  
An additional DUO  
for automatic coding of  
the noise source.



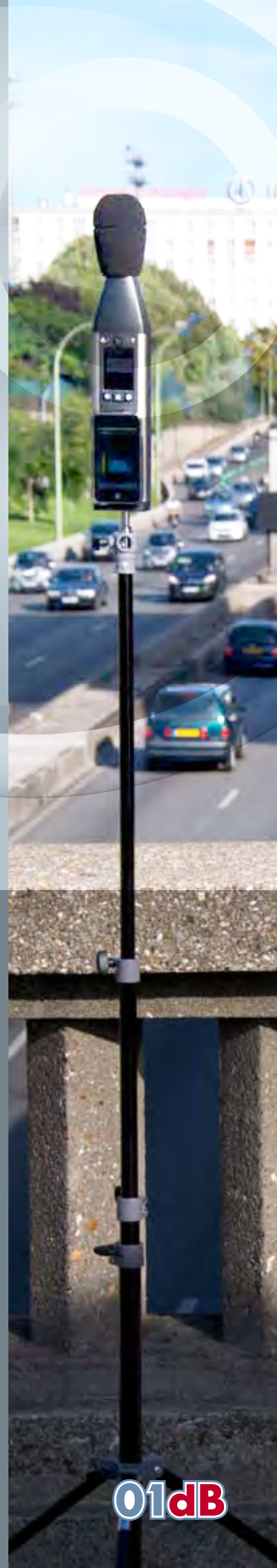
**LEVELS DIFFERENCE**  
With dBTRAIT software,  
the level difference method  
between channels  
is used to highlight sources  
in question.



**MEMORY**  
2 GB SD card,  
upgradeable to  
32 GB (10 days of 1/3  
octave spectra with  
metrological audio 20%  
of the time).



**OPERATING LIFETIME**  
More than 60 hours  
in nominal mode  
(multispectra, Wi-Fi, 3G).



**01dB**