

# ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΤΗΣ ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΕ ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ

ΔΙΑΜΑΝΤΑΚΗΣ ΜΑΝΟΛΗΣ, ΠΡΑΣΤΑΚΟΣ ΠΟΥΛΙΚΟΣ\*

Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας, Ινστιτούτο Υπολογιστικών Μαθηματικών,  
Τομέας Περιφερειακής Ανάλυσης, Τ.Θ. 1527, 71110, Ηράκλειο Κρήτης  
poulicos@iacm.forth.gr

## ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Θόρυβος, ηχορύπανση, χαρτογράφηση, ακουστικά μοντέλα διάδοσης, αστικές περιοχές.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει εκδώσει την οδηγία 2002/49/ΕΚ που αποβλέπει «στον καθορισμό μιας κοινής προσέγγισης για την αποφυγή, πρόληψη ή περιορισμό των δυσμενών επιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένης της ενόχλησης, από έκθεση στον περιβάλλοντα θόρυβο». Υπάρχει συνεπώς η ανάγκη για χαρτογράφηση του θορύβου στις αστικές περιοχές για διάθεση πληροφοριών σχετικά με το θόρυβο στο κοινό και τη θέσπιση σχεδίων δράσης με στόχο τη πρόληψη και περιορισμό θορύβου.

Το έργο GIpSyNOISE είναι ένα ερευνητικό πρόγραμμα που χρηματοδοτείται από το πρόγραμμα LIFE και έχει σαν στόχο την ανάπτυξη ενός συστήματος βασισμένου σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών που επιτρέπει την εκτίμηση της ηχορύπανσης σε αστικές περιοχές που προκαλείται από τροχοφόρα οχήματα, σιδηροδρόμους, αεροσκάφη και βιομηχανικές εγκαταστάσεις και την εκτίμηση δεικτών σχετικών με την ενόχληση που μπορεί να προκαλέσει ο θόρυβος. Περιλαμβάνει ενσωματωμένα μοντέλα διάδοσης θορύβου και επιτρέπει την αλλαγή χαρακτηριστικών της περιοχής και των πηγών ηχορύπανσης με στόχο την αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων. Τέλος δημιουργεί θεματικούς χάρτες για κάθε πηγή ηχορύπανσης και επιπτώσεων θορύβου στον κατοίκους. Το σύστημα GIpSyNOISE θα είναι διαθέσιμο στο τέλος 2005 και θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε περιοχή αρκεί να υπάρχουν τα διαθέσιμα δεδομένα

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αντιμετωπίζει το θόρυβο του περιβάλλοντος σαν ένα από τα πλέον σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα στην Ευρώπη. Στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (L 189/16 / EL /18.7.2002) έχει δημοσιευτεί η οδηγία 2002/49/ΕΚ που εισάγει μέτρα για την μείωση της ηχορύπανσης στις χώρες μέλη της ΕΕ. Η οδηγία κωδικοποιεί διάφορες μεθοδολογίες σχετικά με την μέτρηση της ηχορύπανσης και γενικά συμπληρώνει το υφιστάμενο σύνολο των κοινοτικών μέτρων που αφορούν το θόρυβο που εκπέμπουν οι σοβαρότερες πηγές, και ιδίως τα τροχοφόρα οχήματα, ο σιδηρόδρομος και η σχετική υποδομή, τα αεροσκάφη, και ο βιομηχανικός εξοπλισμός. Η ΕΕ αποφάσισε την έκδοση αυτής της οδηγίας καθώς ο στόχος της επίτευξης υψηλού επιπέδου προστασίας του περιβάλλοντος και της υγείας εξυπηρετείται καλύτερα αν στα κράτη μέλη τα δεδομένα σχετικά με το επίπεδο του θορύβου συλλέγονται, αντιπαραβάλλονται ή εκτίθενται σύμφωνα με συγκρίσιμα κριτήρια.

Σύμφωνα με την οδηγία είναι ανάγκη να καθορισθούν κοινές μέθοδοι αξιολόγησης του «περιβαλλοντικού θορύβου» και να δοθεί ορισμός των «οριακών τιμών» ως εναρμονισμένων δεικτών για τον καθορισμό των επιπέδων θορύβου. Σύμφωνα με την κοινοτική οδηγία πρέπει να χρησιμοποιούνται σαν δείκτες μέτρησης της ηχορύπανσης οι ακόλουθοι δείκτες

- $L_{den}$ , δείκτης θορύβου ημέρας-βραδιού-νύχτας,
- $L_{day}$ , δείκτης θορύβου ημέρας (ώρες 07:00-19:00),
- $L_{evening}$ , δείκτης βραδινού θορύβου (19:00-23:00),
- $L_{night}$ , δείκτης θορύβου νυκτός, ώρες (23:00-07:00),

- $L_{Gday}$ , δείκτης θορύβου την ημέρα και το βράδυ (07:00-23:00).

Η οδηγία αυτή αποβλέπει αφ' ενός μεν στον καθορισμό μιας κοινής προσέγγισης για την αποφυγή, πρόληψη και περιορισμό της ενόχλησης από έκθεση στον περιβάλλοντα θόρυβο συνιστώντας στα κράτη μέλη την **χαρτογράφηση του θορύβου** με κοινές μεθόδους αξιολόγησης, αφ' ετέρου δε την θέσπιση σχεδίων και μέτρων πολιτικής για την πρόληψη και τον περιορισμό του περιβάλλοντος θορύβου και τη μέριμνα για διάθεση στο κοινό πληροφοριών σχετικά με τον θόρυβο και τις επιδράσεις του. Για την «χαρτογράφηση του θορύβου» απαιτείται η παρουσίαση δεδομένων σχετικά με την υπάρχουσα ή την προβλεπόμενη ηχητική κατάσταση βάσει δεικτών θορύβου, όπου εμφανίζονται οι υπερβάσεις των ισχυουσών οριακών\* τιμών στην περιοχή, ο αριθμός ατόμων που θίγονται στη συγκεκριμένη περιοχή ή ο αριθμός κατοικιών που εκτίθενται σε ορισμένες τιμές δεικτών θορύβου σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Σύμφωνα με την οδηγία το αργότερο μέχρι **τις 30 Ιουνίου 2007** πρέπει να έχουν εκπονηθεί και εγκριθεί από τις αρμόδιες αρχές των κρατών μελών στρατηγικοί χάρτες θορύβου για την κατάσταση που επικρατούσε το προηγούμενο ημερολογιακό έτος σε όλα τα πολεοδομικά συγκροτήματα άνω των 250 000 κατοίκων, για όλους τους μεγάλους οδικούς άξονες, όπου καταγράφεται κυκλοφορία άνω των έξι εκατομμυρίων οχημάτων ετησίως, για όλους τους μεγάλους σιδηροδρομικούς άξονες όπου διακινούνται άνω των 60 000 συρμών ετησίως, και για όλα τα μεγάλα αεροδρόμια εντός των επικρατειών τους.

Ταυτόχρονα τίθενται οι ελάχιστες απαιτήσεις που πρέπει να ικανοποιούν οι στρατηγικοί χάρτες θορύβου, που συνίστανται σε παρουσίαση δεδομένων σχετικών με:

- μια υπάρχουσα, προγενέστερη ή προβλεπόμενη ηχητική κατάσταση υπό μορφή δείκτη θορύβου,
- την υπέρβαση μιας οριακής τιμής,
- τον εκτιμώμενο αριθμό κατοικιών, σχολείων και νοσοκομείων σε μια ορισμένη περιοχή που εκτίθενται σε συγκεκριμένες τιμές ενός δείκτη θορύβου,
- τον εκτιμώμενο αριθμό ανθρώπων που βρίσκονται σε περιοχή εκτεθειμένη σε θόρυβο.

Προκειμένου για πολεοδομικά συγκροτήματα, οι στρατηγικοί χάρτες θορύβου πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στο θόρυβο που εκπέμπεται από:

- την οδική κυκλοφορία,
- τη σιδηροδρομική κυκλοφορία,
- τα αεροδρόμια,
- τους χώρους βιομηχανικών δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένων των λιμένων.

και να παρέχουν πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με το πολεοδομικό συγκρότημα για τη γεωγραφική θέση, το μέγεθος, τον αριθμό κατοίκων, την αρμόδια αρχή, τα μέτρα που εφαρμόζονται τώρα αλλά και στο παρελθόν κατά του θορύβου, τις μεθόδους υπολογισμού ή μέτρησης, και τέλος να παρουσιάζουν τον αριθμό ατόμων που ζουν σε κατοικίες εκτεθειμένες σε θόρυβο, ανά επίπεδο θορύβου και πηγή προέλευσης. Για τις κατοικημένες περιοχές που δεν ανήκουν σε κάποιο πολεοδομικό συγκρότημα και βρίσκονται κατά μήκος οδικών ή σιδηροδρομικών αξόνων ή μεγάλων αεροδρομίων, οι στρατηγικοί χάρτες θορύβου πρέπει να δίνουν ιδιαίτερη έμφαση σε όλες τις πληροφορίες που απαιτούνται και για τα πολεοδομικά συγκροτήματα και επί πλέον να παρουσιάζεται η συνολική έκταση (σε  $km^2$ ) που εκτίθεται σε τιμές του  $L_{den}$  υψηλότερες των 55, 65 και 75 dB, αντιστοίχως.

Η χαρτογράφηση του θορύβου που εισάγεται από την οδηγία της ΕΕ έχει μεν σαν στόχο στην παροχή δεδομένων προς αυτήν, αλλά βασικοί στόχοι είναι αφ' ενός μεν η πληροφόρηση των πολιτών και κυρίως η ανάπτυξη δεδομένων και μεθοδολογιών για την εφαρμογή σχεδίων και μέτρων πολιτικής για τον

---

\* Σαν οριακές τιμές του  $L_{den}$  ή  $L_{night}$ , και ενδεχομένως του  $L_{day}$  και  $L_{evening}$ , θεωρούνται οι τιμές αυτές η υπέρβαση των οποίων συνεπάγεται την παρέμβαση των αρμοδίων αρχών για τη μελέτη ή την επιβολή μέτρων περιορισμού του θορύβου. Πρέπει να τονισθεί ότι οι οριακές τιμές ορίζονται από τα κράτη μέλη. 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 ή τη χρήση του περιβάλλοντος).

περιορισμό της ηχορύπανσης. Για την ενημέρωση των πολιτών και για την εκπόνηση σχεδίων δράσης απαιτούνται πρόσθετα και πλέον λεπτομερή πληροφοριακά στοιχεία, όπως χάρτες όπου παρουσιάζονται οι υπερβάσεις μιας οριακής τιμής, χάρτες, στους οποίους εμφανίζεται η υπάρχουσα κατάσταση σε σχέση με μελλοντικές (εναλλακτικές) καταστάσεις όπως και χάρτες στους οποίους παρουσιάζεται η τιμή του δείκτη θορύβου σε διάφορα ύψη από το έδαφος – οι βασικοί δείκτες εκτιμούνται σε ύψος τέσσερα μέτρα από το έδαφος--.

## 2. ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ GIPSYNOISE

Το GIPSYNOISE ([www.gipsynoise.org](http://www.gipsynoise.org)) είναι ένα ερευνητικό πρόγραμμα που στοχεύει στη ανάπτυξη ενός συστήματος βασισμένου σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών που θα επιτρέπει την εκτίμηση όλων των δεικτών σχετικών με την ενόχληση (ψυχολογικά προβλήματα, όχληση κλπ) που μπορεί να προκαλέσει ο θόρυβος, τους οποίους προσδιορίζει η οδηγία 2002/49/EK των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Το έργο χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (πρόγραμμα LIFE Environment) και εν μέρει από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Γαλλίας και προβλέπεται να ολοκληρωθεί στο τέλος του 2005. Αποβλέπει δε, στο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από δήμους στην ΕΕ.

### Συμμετέχοντες στο πρόγραμμα

Η ανάπτυξη του συστήματος γίνεται με δεδομένα από μία περιοχή στη πόλη της Lyon στη Γαλλία. Συντονιστής του προγράμματος είναι ο Οργανισμός **Greater Lyon** που είναι υπεύθυνος για τον πολεοδομικό σχεδιασμό στη Lyon ενώ την υλοποίηση έχουν αναλάβει η εταιρεία **01db Metravib στη Γαλλία και ο Τομέας Περιφερειακής Ανάλυσης του ΙΤΕ**. Το ΙΤΕ έχει αναλάβει την ανάπτυξη του συστήματος ενώ η 01db τον προσδιορισμό της χρησιμότητας και των λειτουργιών του προγράμματος. Τέλος ο ερευνητικός οργανισμός **INRETS, Γαλλία** συνεισφέρει στον προσδιορισμό των δεικτών. Η εφαρμογή του συστήματος συντονίζεται από την εταιρεία **Acoucity, Γαλλία** και γίνεται πιλοτικά σε 12 πόλεις: Lille, Bordeaux, Nantes, Angers, Montbéliard, Nice, Saint Etienne, Boulogne-Billancourt, Barcelona, Huelva, Porto, Prague και Szeged.

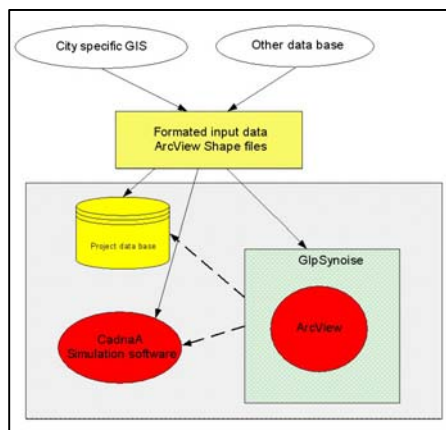
### Περιγραφή του συστήματος

Το σύστημα έχει αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας το ArcView 8.3 και το Spatial Analyst και έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Επιτρέπει την αυτόματη εκτίμηση όλων των δεδομένων που προσδιορίζει η κοινοτική οδηγία,
- Περιλαμβάνει ενσωματωμένα τα μοντέλα διάδοσης θορύβου (CadnaA),
- Επιτρέπει στον χρήστη να αλλάξει διάφορα χαρακτηριστικά και να εκτιμήσει ξανά την ηχορύπανση (σενάρια),
- Όλα τα δεδομένα (αρχεία εισόδου και εξόδου input and output files) είναι σε μορφή shape files
- Μπορεί άμεσα να χρησιμοποιηθεί σε οποιαδήποτε περιοχή αρκεί να υπάρχουν τα διαθέσιμα δεδομένα

### Αρχιτεκτονική του συστήματος

Το GIPSYNOISE έχει αναπτυχθεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι χρήστες να μην χρειάζεται να γνωρίζουν τη δομή των δεδομένων που απαιτούνται για το ακουστικό μοντέλο, τα αρχεία που περιέχουν τα αποτελέσματα κλπ. Τα βασικά αρχεία εισόδου στο σύστημα είναι shapefiles σαν και αυτά που χρησιμοποιούνται σε ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών που αναπτύσσεται σε ένα δήμο. Με ειδικές ρουτίνες που είναι έχουν ενσωματωθεί στο σύστημα παράγονται τα αρχεία με το κατάλληλο format για να δοθούν σαν είσοδος στο μοντέλο υπολογισμού ακουστικής διάδοσης θορύβου (CadnaA). Μέσα από το GIPSYNOISE ενεργοποιείται το μοντέλο CadnaA που εκτιμά την ηχορύπανση σε κάθε σημείο και στη συνέχεια παράγονται όλοι οι θεματικοί χάρτες, όπως προβλέπονται στην κοινοτική οδηγία, ενώ τέλος αποθηκεύονται τα αποτελέσματα για να χρησιμοποιηθούν αργότερα. Οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να κάνουν συγκρίσεις από διαφορετικά μέτρα πολιτικής καθώς και να παραγάγουν ειδικούς θεματικούς χάρτες διαφορετικών επιδράσεων.



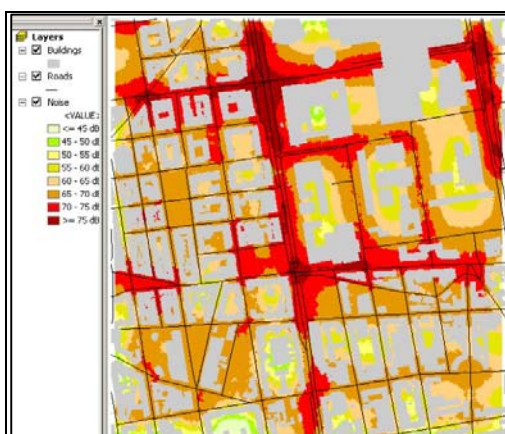
Η ροή πληροφοριών στο σύστημα πραγματοποιείται ως εξής:

- Εισαγωγή όλων των δεδομένων,
- Ετοιμασία των δεδομένων για το CadnaA,
- Εκτίμηση από το CadnaA της ηχορύπανσης σε σημεία,
- Δημιουργία χαρτών θορύβου με τεχνικές raster – interpolation,
- Παραγωγή χαρτών και πινάκων,
- Αποθήκευση αποτελεσμάτων ώστε να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης ανάμεσα σε διαφορετικά σενάρια.

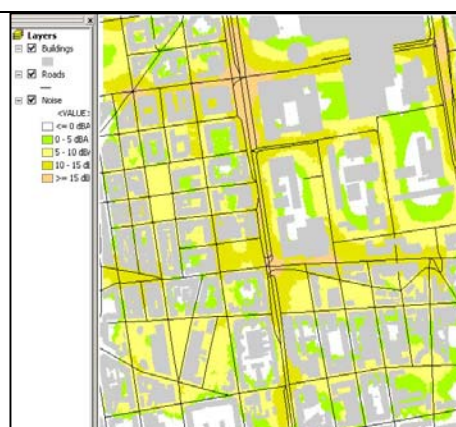
Το Μοντέλο CadnaA έχει αναπτυχθεί από την εταιρεία DataKustic (<http://www.datakustik.de/>) στη Γερμανία και παρέχει τη δυνατότητα εκτίμησης των δεικτών θορύβου ημέρας, βραδινού θορύβου και θορύβου νύκτας για κάθε πηγή ηχορύπανσης σε ένα πλέγμα σημείων (grid) μεταβλητής ανάλυσης (resolution). Επειδή οι υπολογισμοί είναι ιδιαίτερα χρονοβόροι, χρησιμοποιείται είτε για μια μικρή περιοχή του πολεοδομικού συγκροτήματος κάθε φορά, είτε αλλάζοντας την ανάλυση (resolution). Στην συνέχεια από το GipsyNoise υπολογίζονται οι δείκτες θορύβου ημέρας-βραδιού-νύκτας και θορύβου ημέρας-βραδιού καθώς επίσης και οι όλοι δείκτες θορύβου για τον σύνολο των πηγών ηχορύπανσης (ολικός θόρυβος). Τέλος εκτιμάται ο θόρυβος σε κάθε σημείο και παράγονται οι ισοθορυβικές καμπύλες.

#### Παρουσίαση αποτελεσμάτων από το σύστημα GipsyNOISE

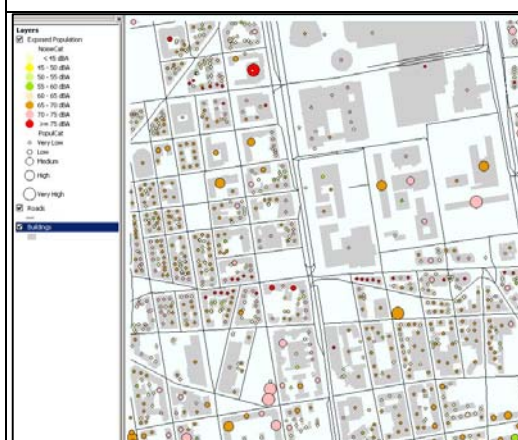
Γίνεται σε δύο μορφές : *χάρτες* και *εκθέσεις* σε μορφή που ορίζει η κοινοτική οδηγία. Εδώ παρουσιάζονται παραδείγματα χαρτών που δημιουργεί το GipsyNOISE



*Χάρτης Θορύβου*



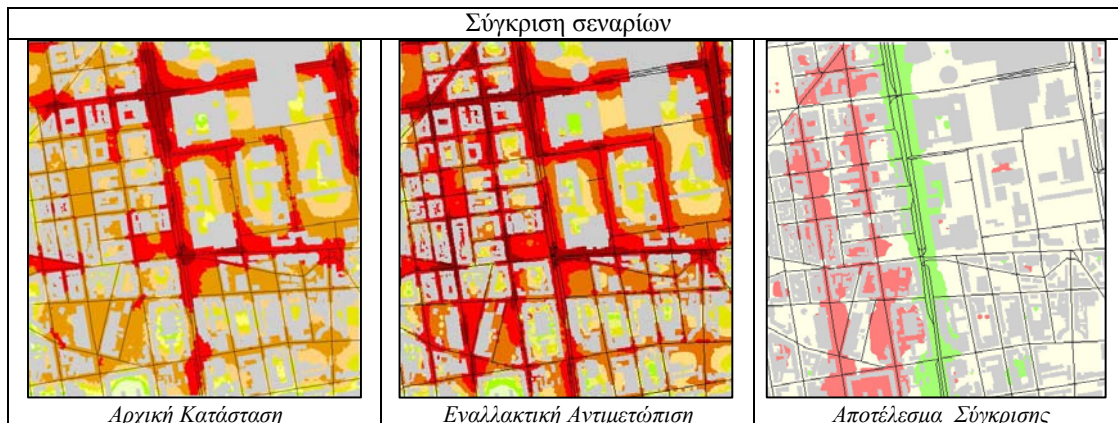
*Σημεία που η ηχορύπανση ξεπερνά τα ορισμένα όρια ανάλογα με τις χρήσεις γής*



*Επηρεαζόμενος πληθυσμός*



*Πληθυσμός που ενοχλείται από θόρυβο*



#### Δεδομένα για το Σύστημα GIpSyNOISE

Για την πλήρη λειτουργία όλων των δυνατοτήτων του συστήματος απαιτούνται τα παρακάτω δεδομένα:

A) Δεδομένα σχετικά με τη μορφολογία του εδάφους

- Ισοϋψείς καμπύλες και/ή
- Πλέγμα σημείων με υψόμετρα
- Παράμετροι σχετικά με την απορρόφηση ήχου από το περιβάλλον
- Θέση και υψή φραγμάτων ήχου (noise barriers)

B) Δεδομένα σχετικά με τις πηγές ηχορύπανσης

- Οδικό δίκτυο ενημερωμένο με κυκλοφοριακά δεδομένα, όπως
  - Αυτοκίνητα την ώρα
  - Ποσοστό αυτοκίνητα/ φορτηγά
  - Ταχύτητα
- Σιδηροδρομικό δίκτυο ενημερωμένο με κυκλοφοριακά δεδομένα τρένων
- Χώροι βιομηχανικών / βιοτεχνικών δραστηριοτήτων
- Αεροδρόμια

Γ) Πληροφορίες για τη θέση των κτηρίων καθώς και πληθυσμιακά δεδομένα

- Περιγράμματα Κτιρίων/ Ύψος, Χρήση
- Πληθυσμιακά δεδομένα
- Χρήσεις γης

#### Απαραίτητα δεδομένα για την εφαρμογή του συστήματος

Τα ελάχιστα απαιτούμενα δεδομένα για την εφαρμογή του συστήματος είναι τα περιγράμματα των κτηρίων, τα οποία καλό είναι να συνοδεύονται με πληροφορίες για το ύψος τους και τον τρόπο κατασκευής των προσόψεών τους. Ακόμη για την εκτίμηση του θορύβου ο οποίος προέρχεται από συγκεκριμένο τύπο πηγής (τροχοφόρα, τρένα, αεροπλάνα και βιομηχανία) είναι αυτονόητο ότι πρέπει να υπάρχουν διαθέσιμα τα αντίστοιχα δεδομένα. Έτσι, για τον υπολογισμό του θορύβου που προέρχεται από τρένα για παράδειγμα, απαιτούνται οι σιδηροδρομικές γραμμές, ο αριθμός των τρένων που διέρχονται, η ταχύτητα με την οποία κινούνται, κ.λ.π. Αντίστοιχα, για τον θόρυβο των τροχοφόρων οι απαιτούμενες πληροφορίες είναι οι άξονες των δρόμων, ο μέσος ωριαίος αριθμός οχημάτων ανά περίοδο του 24ώρου (ημέρα, βράδυ νύχτα), η μέση ταχύτητά τους κ.α. Τέλος για την εκτίμηση του επηρεαζόμενου - ενοχλούμενου πληθυσμού απαιτείται ο πληθυσμός ανά κτήριο.

#### Διάθεση συστήματος

Το πιλοτικό σύστημα αναπτύσσεται με βάση δεδομένα από την Lyon. Σήμερα χρησιμοποιείται σε πιλοτική μορφή από 12 πόλεις στη ΕΕ. Το σύστημα θα είναι στη τελική μορφή του το φθινόπωρο του 2005. Θα συνοδεύεται με οδηγό χρήστη και οδηγίες εγκατάστασης. Θα διατίθεται εμπορικά από την 01 Db, από το Υπ. Περιβάλλοντος της Γαλλίας και τους συνεταίρους (partners) του προγράμματος. Για την εφαρμογή του στην Ελλάδα οι ενδιαφερόμενοι οργανισμοί και δήμοι θα μπορούν να απευθύνονται στο ITE (τηλ. 2810-391767).