

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ • ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ & ΓΣΠ  
Διευθυντής: Καθηγητής Ιωάννης Ν. Χατζόπουλος

# ΑΝΑΠΤΥΞΗ WEB-GIS ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ.

## ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ

**Δρ. ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΜΠΟΥΡΑΝΤΑ**  
Μηχανικός Περιβάλλοντος

**ΙΩΑΝΝΗΣ Ν. ΧΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ**  
Ομότιμος Καθηγητής Πανεπιστημίου Αιγαίου

**ΦΙΛΙΠΠΟΣ ΒΑΛΛΙΑΝΑΤΟΣ**  
Καθηγητής Γεωφυσικής-Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής, Σχολή Θετικών  
Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικών και  
Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών  
Ινστιτούτο Φυσικής Εσωτερικού της Γης & Γεωκαταστροφών,  
Πανεπιστημιακό Ερευνητικό Κέντρο, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο



4ο Επιστημονικό Forum για την Μείωση της Διακινδύνευσης από Καταστροφές στην Ελλάδα

# ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ - ΣΚΟΠΟΣ

- Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (ΓΣΠ) διαχείρισης κρίσης σε περίπτωση σεισμού με εφαρμογή στην πόλη της Μυτιλήνης.

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Έγκαιρη προειδοποίηση σεισμού (Earthquake Early Warning – EEW)
- Συστήματα EEW: Ανίχνευση σεισμών στην πηγή τους / ανίχνευση των κυμάτων P πριν από τη σεισμική δόνηση (Given et al., 2018)
- Αποστολή ειδοποίησης (λίγα sec έως 2 min πριν από την δόνηση)
- Πιθανή λήψη προειδοποίησης  $< 10$  sec για έντονη δόνηση (Minson et al., 2018)

# Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης επερχόμενου σεισμού

## (Earthquake Early Warning – EEW)

- Παρέχουν πληροφορίες για τον επερχόμενο σεισμό
- Επιτρέπουν στους αρμόδιους οργανισμούς να λαμβάνουν ενέργειες για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της επερχόμενης καταστροφής (π.χ. επιβράδυνση τρένων, διακοπή χειρουργικών επεμβάσεων, απενεργοποίηση επικίνδυνου / βασικού εξοπλισμού) (Johnson et al., 2016; Allen & Melgar, 2019).
- Ελαχιστοποίηση βλαβών
- Εκτίμηση σε πραγματικό χρόνο απωλειών
- Σχεδιασμός και αντιμετώπιση έκτακτων αναγκών (Sutton et al., 2020)

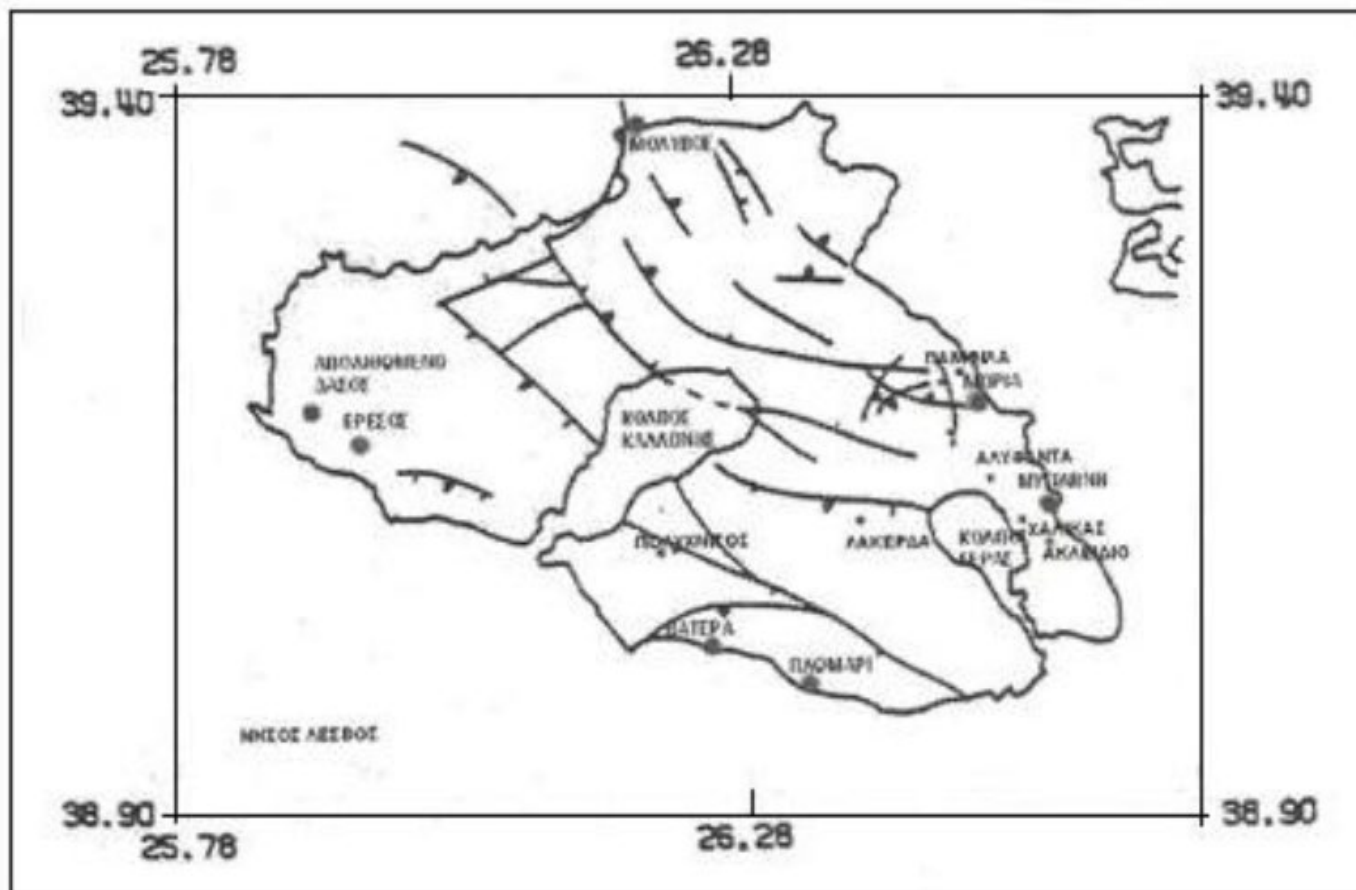
# Συστήματα Διαχείρισης Πληροφοριών Σεισμών (Earthquake Information Management System – EIMS)

- Καταγράφουν, συλλέγουν, διατηρούν, ανακτούν και αναλύουν τα εισαγόμενα δεδομένα (inputs)
- Παράγουν αναφορές και απαιτούμενες πληροφορίες για τους σεισμούς και τις παρέχουν στους αρμόδιους φορείς για τη διαχείριση των δραστηριοτήτων απόκρισης.
- Χρησιμοποιούν το ArcGIS (Γ.Σ.Π.) για τη χαρτογράφηση, την απεικόνιση της εδαφικής δόνησης, το μοτίβο των κτιρίων που υπέστησαν βλάβες, καθώς και δημογραφικές πληροφορίες για μια κοινότητα.

# ΕΦΑΡΜΟΓΗ - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

- **Περιοχή μελέτης:** Αστικό συγκρότημα της πόλης της Μυτιλήνης
- Γεωτεκτονικό περιβάλλον – Σεισμικότητα
- Επιφανειακή σεισμικότητα και χαρακτηρίζεται τοπικά από μέτρια μεγέθη
- Αυξημένο σεισμικό δυναμικό
- Σημαντική παρουσία ρηγμάτων και γενικώς τεκτονικών ασυνεχειών στην περιοχή της πόλης της Μυτιλήνης
- Η Λέσβος ανήκει στο δυτικό τμήμα της ζώνης 14.
- Μεγάλη σεισμικότητα, ικανή να δώσει σεισμούς μεγέθους μέχρι 7.0 R

# ΕΦΑΡΜΟΓΗ - ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



Ενεργές σεισμικές γραμμές της νήσου Λέσβου (Κατσικάτσος, 1982)

# ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

- **Βήμα 1:** Διερεύνηση Γεωτεκτονικού Περιβάλλοντος και Σεισμικότητας.
- **Βήμα 2:** Μετρήσεις πεδίου για την μελέτη της Σεισμικής Απόκρισης Εδαφών στο αστικό συγκρότημα της Πόλης της Μυτιλήνης
- **Βήμα 3:** Ανάπτυξη δυναμικού ΓΣΠ για την παρακολούθηση και τη σε σχεδόν πραγματικό χρόνο διαχείριση του Σεισμικού Κινδύνου και παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε δυναμικούς χάρτες. Εφαρμογή στο αστικό συγκρότημα της Πόλης της Μυτιλήνης.

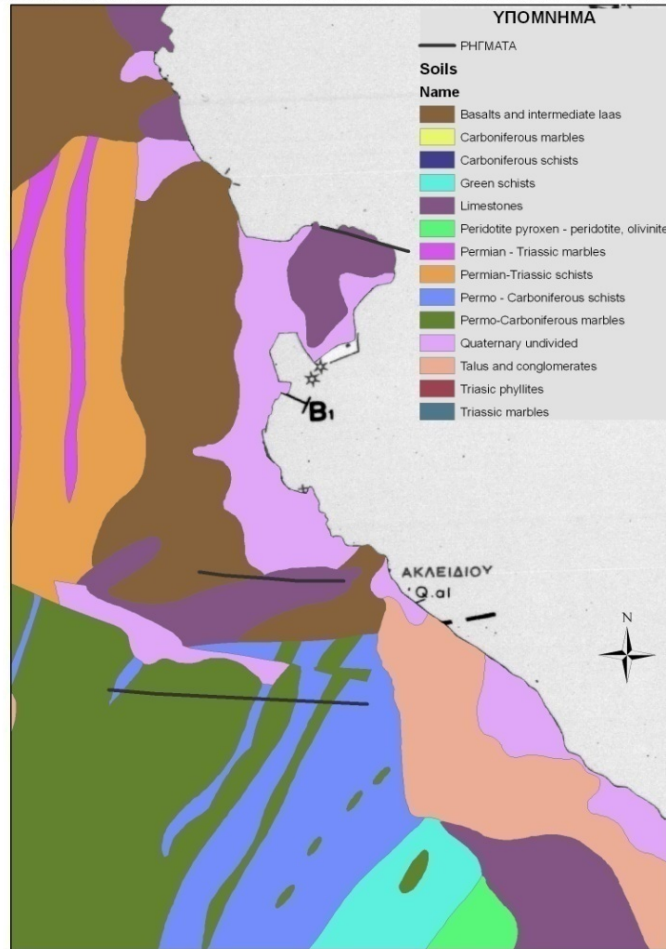


# ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ

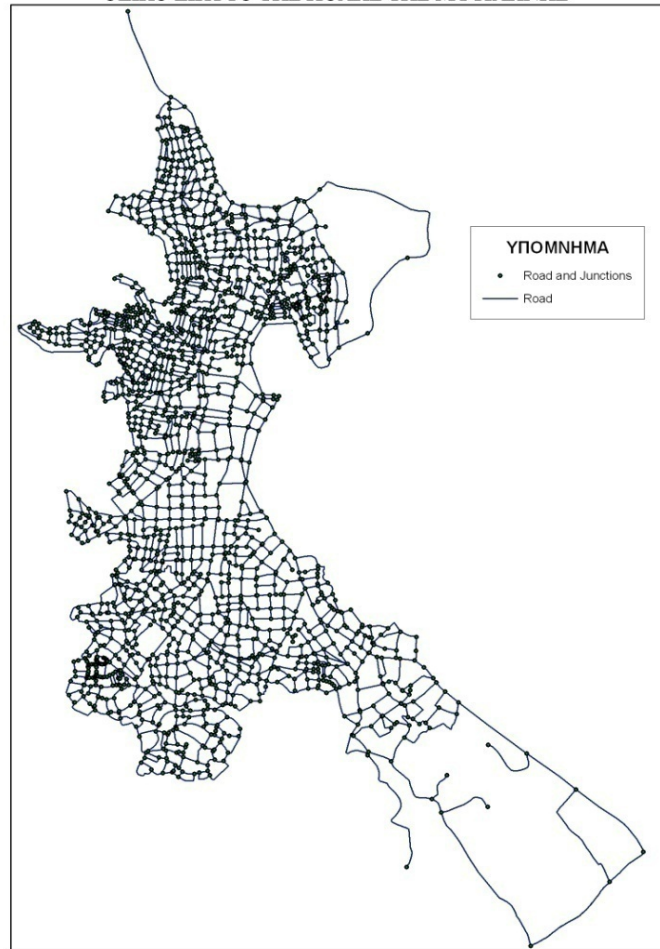
- Γεωαναφορά του γεωλογικού χάρτη της πόλης της Μυτιλήνης
- Ψηφιοποίηση της πόλης της Μυτιλήνης και της γύρω περιοχής.
- Εισαγωγή επιπρόσθετων στοιχείων (οδικό δίκτυο της πόλης, οικοδομικά τετράγωνα, ξενοδοχεία, κτίρια έκτακτης ανάγκης, κτίρια εκπαίδευσης, υπηρεσίες, συνοικίες, κάστρο, ακτογραμμή, κτίρια, περιοχές ρευστοποίησης, ανοιχτοί χώροι, ρήγματα).
- Εισαγωγή υψομέτρων στις διασταυρώσεις του οδικού δικτύου από τον χάρτη 1:500 (παλιό σχέδιο πόλης)

# ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ

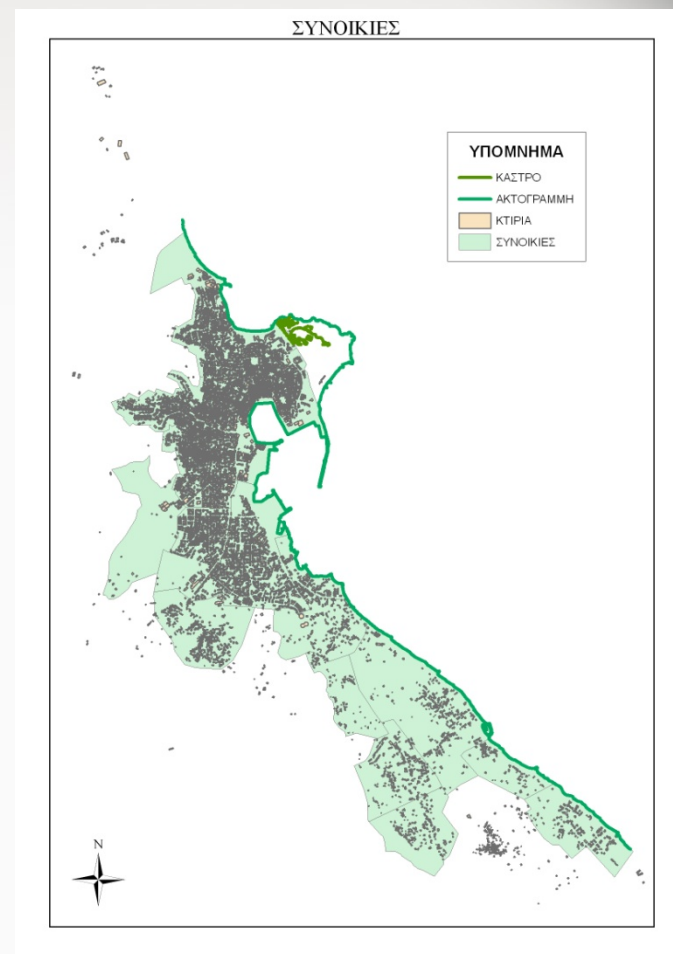
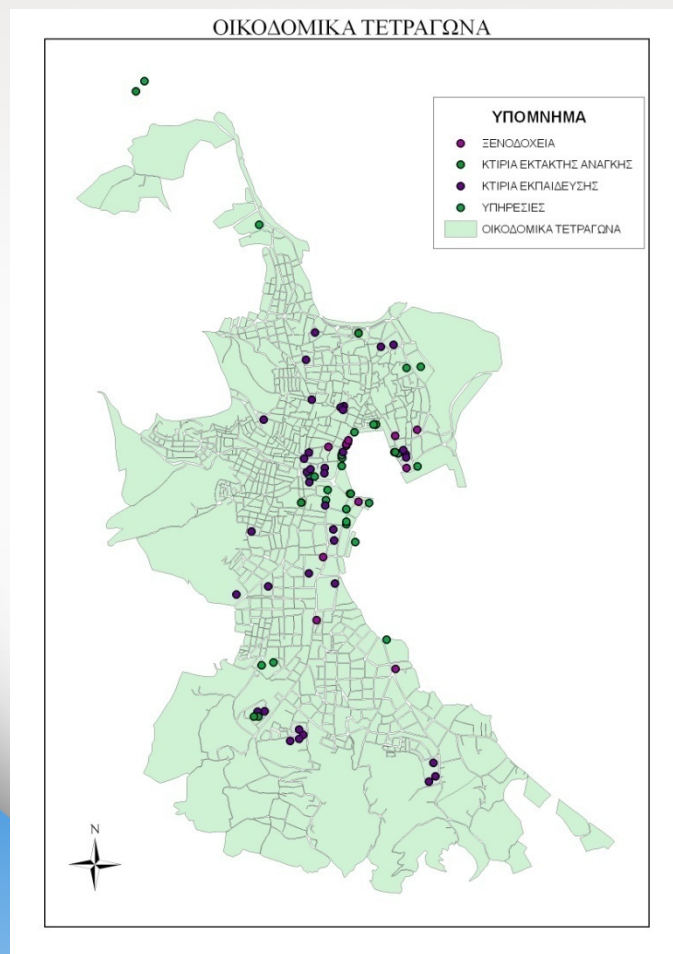
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΜΥΤΙΑΛΗΝΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ



ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ ΤΗΣ ΜΥΤΙΑΛΗΝΗΣ



# ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑΣ



# ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ ΤΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΕΛΑΦΩΝ

- Μέθοδος φασματικού λόγου οριζόντιας προς κατακόρυφη συνιστώσα του εδαφικού θορύβου (Horizontal to Vertical Spectral Ratio – HVSR) ή μέθοδος Nakamura
- Υπολογισμός της θεμελιώδους συχνότητας των εδαφικών σχηματισμών

# ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ ΤΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΕΛΑΦΩΝ



**Εδαφικός Θόρυβος:** Οι συνεχείς ταλαντώσεις του εδάφους που οφείλονται σε φυσικούς (περιβαλλοντικούς) ή ανθρωπογενείς παράγοντες, όπως είναι ο άνεμος, τα παλιρροϊκά κύματα, οι μετεωρολογικές συνθήκες, τα βιομηχανικά μηχανήματα, τα αυτοκίνητα και τα τραίνα, η βάδιση ατόμων.

Περιέχει πληροφορίες που σχετίζονται με: α) την πηγή γένεσης του, β) τον δρόμο διάδοσης από την πηγή έως τη θέση καταγραφής του και, γ) την εδαφική δομή στη θέση καταγραφής.

# ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ ΤΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΕΛΑΦΩΝ

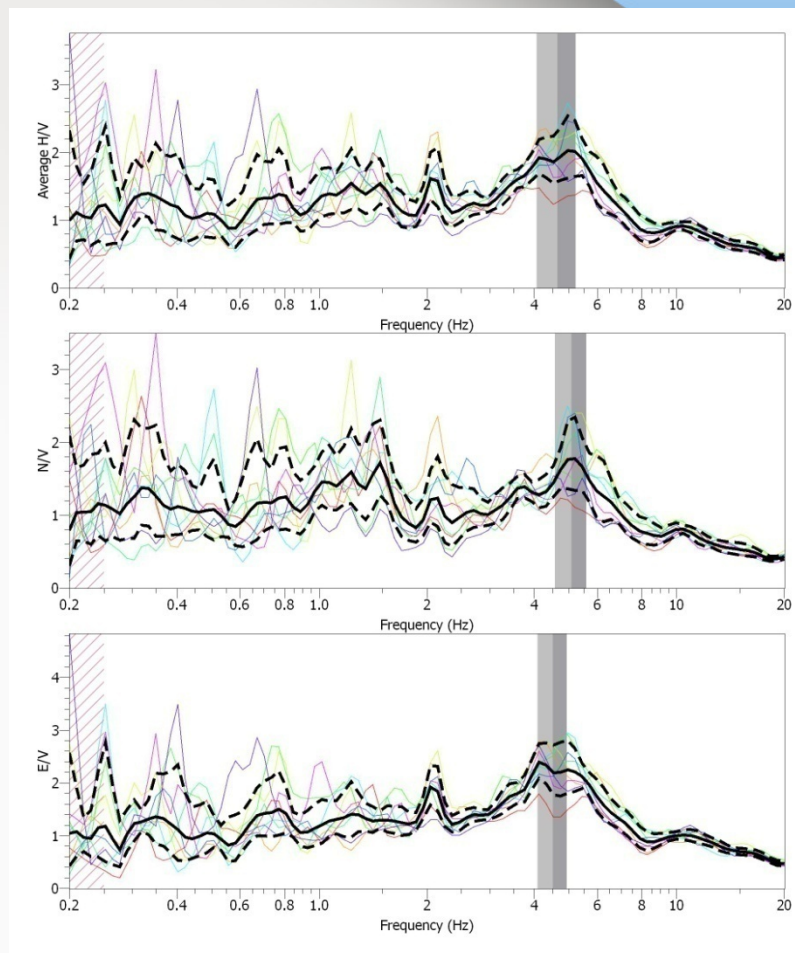
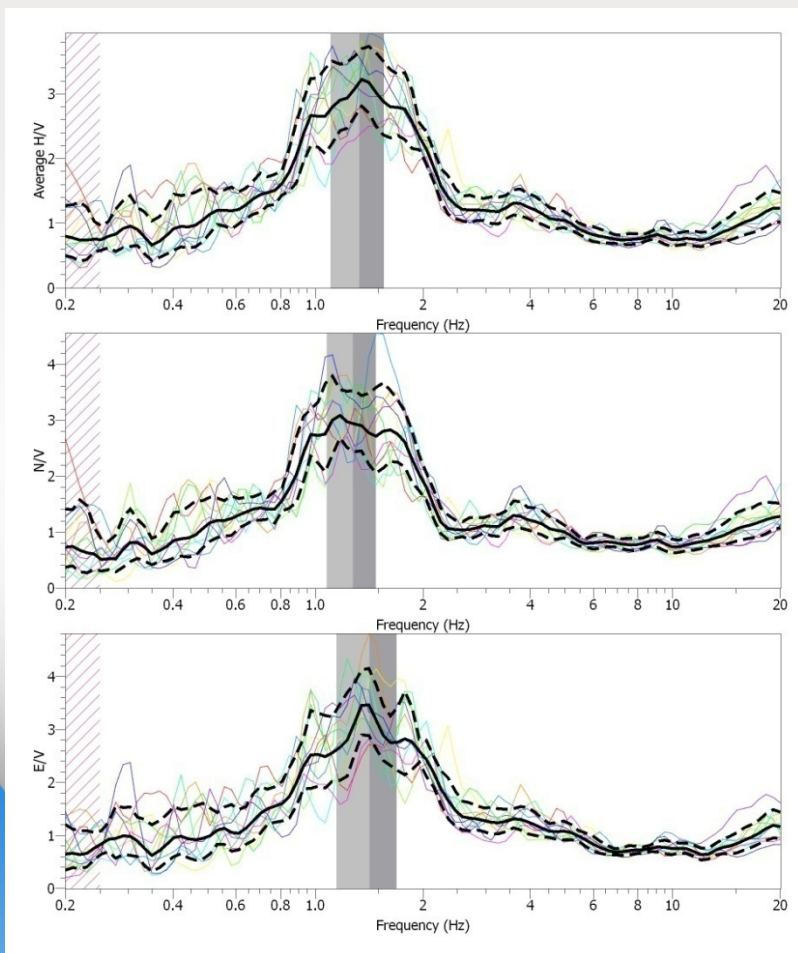


Καταγραφέας CITYSHARK II



Σεισμόμετρο LENNARTZ

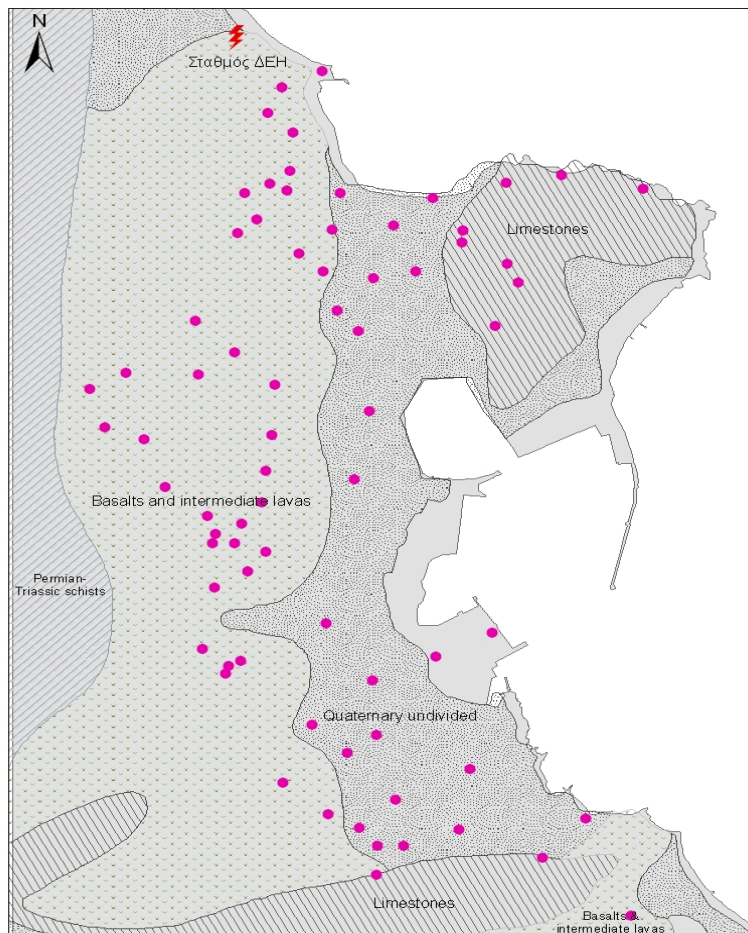
# ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ ΤΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ



**Φασματικοί λόγοι της οριζόντιας προς την κατακόρυφη συνιστώσα καταγραφών εδαφικού θορύβου (καμπύλες HVSR)**

# ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ ΤΙΑ ΤΗΝ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΕΛΑΦΩΝ

ΣΗΜΕΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΗΣ ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ

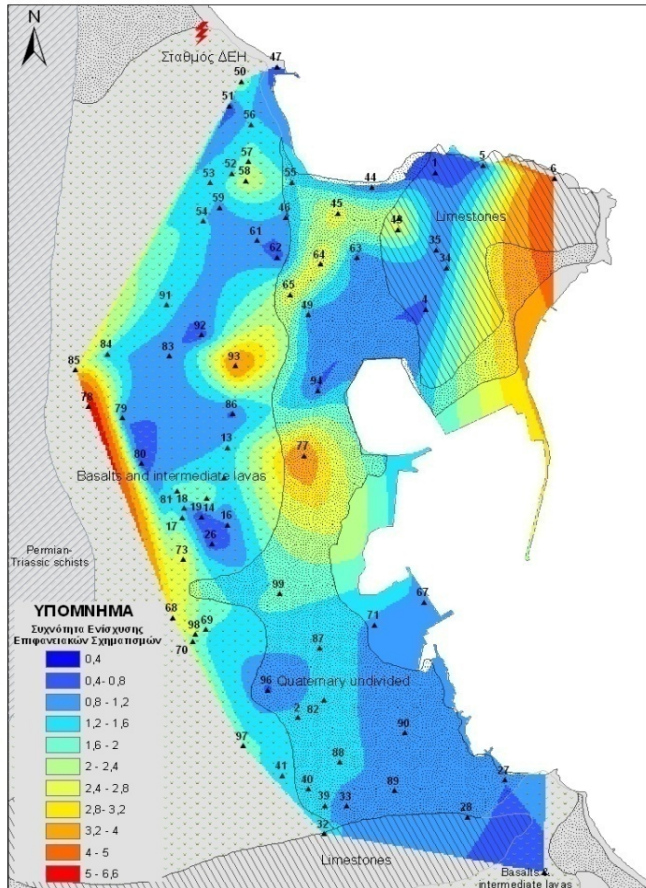


Χάρτης με τις θέσεις  
των μετρήσεων  
εδαφικού  
θορύβου  
στην πόλη της  
Μυτιλήνης



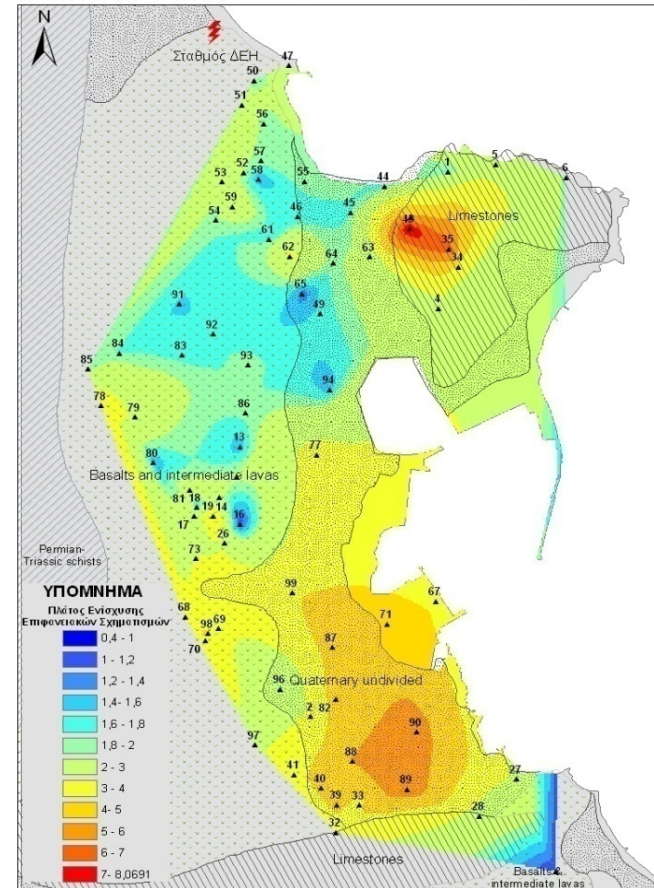
# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ (ΜΕΘΟΔΟΣ ΝΑΚΑΜΥΡΑ)



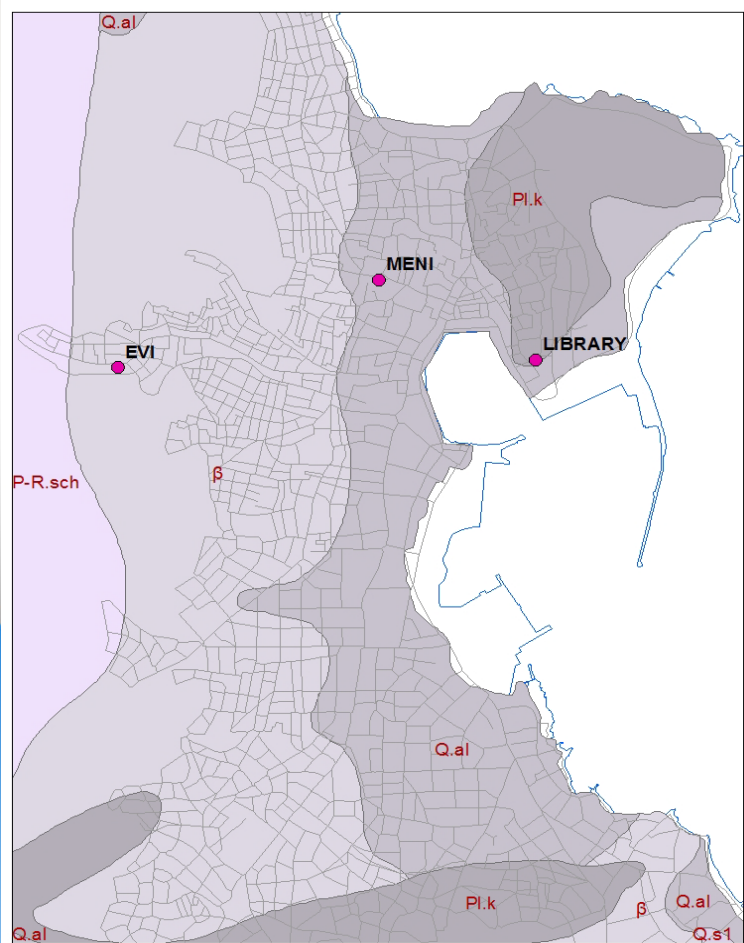
Χάρτης κατανομής της συχνότητας  
ενίσχυσης των επιφανειακών σχηματισμών

ΠΛΑΤΟΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ (ΜΕΘΟΔΟΣ ΝΑΚΑΜΥΡΑ)



Χάρτης κατανομής του  
πλάτους ενίσχυσης

# ΘΕΣΕΙΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΩΝ

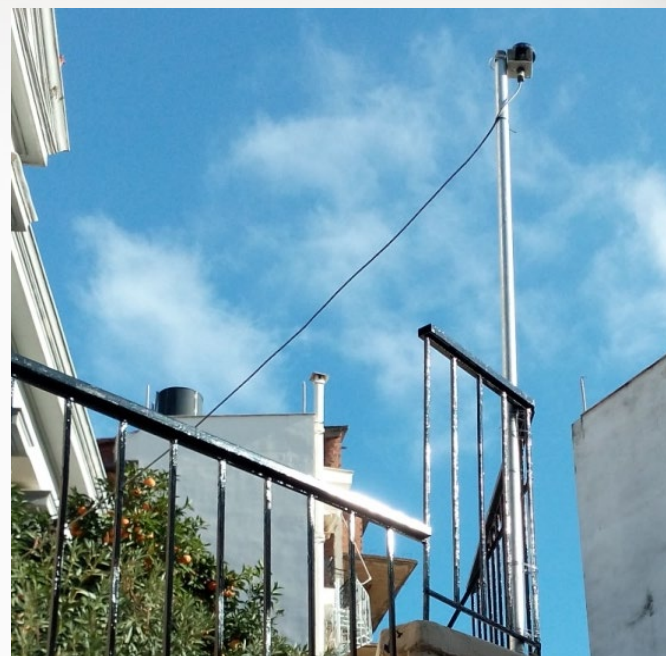


## Προϋποθέσεις:

- Να είναι σε ισόγειο χωρίς υπόγειο ή σε υπόγειο
- Κατά προτίμηση πρέπει να τοποθετηθούν πάνω σε τσιμέντο ή πολύ σκληρό πέτρωμα
- Για καλύτερη απόδοση θα πρέπει οι επιταχυνσιογράφοι να πακτωθούν
- Ο χώρος εγκατάστασης δεν θα πρέπει να περιέχει συσκευές που προκαλούν μηχανικό θόρυβο, π.χ. λέβητα
- Θα πρέπει να υπάρχει πρόσβαση στο ίντερνετ
- Θα πρέπει να υπάρχει κάποιο παράθυρο ή τρύπα για την κεραία του GPS

# ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΩΝ

Σταθμός LIBRARY



# ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΩΝ

Σταθμός ΜΕΝΙ



# ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΩΝ

## Σταθμός EVI



# ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΩΝ

147.95.137.114:4000

Google

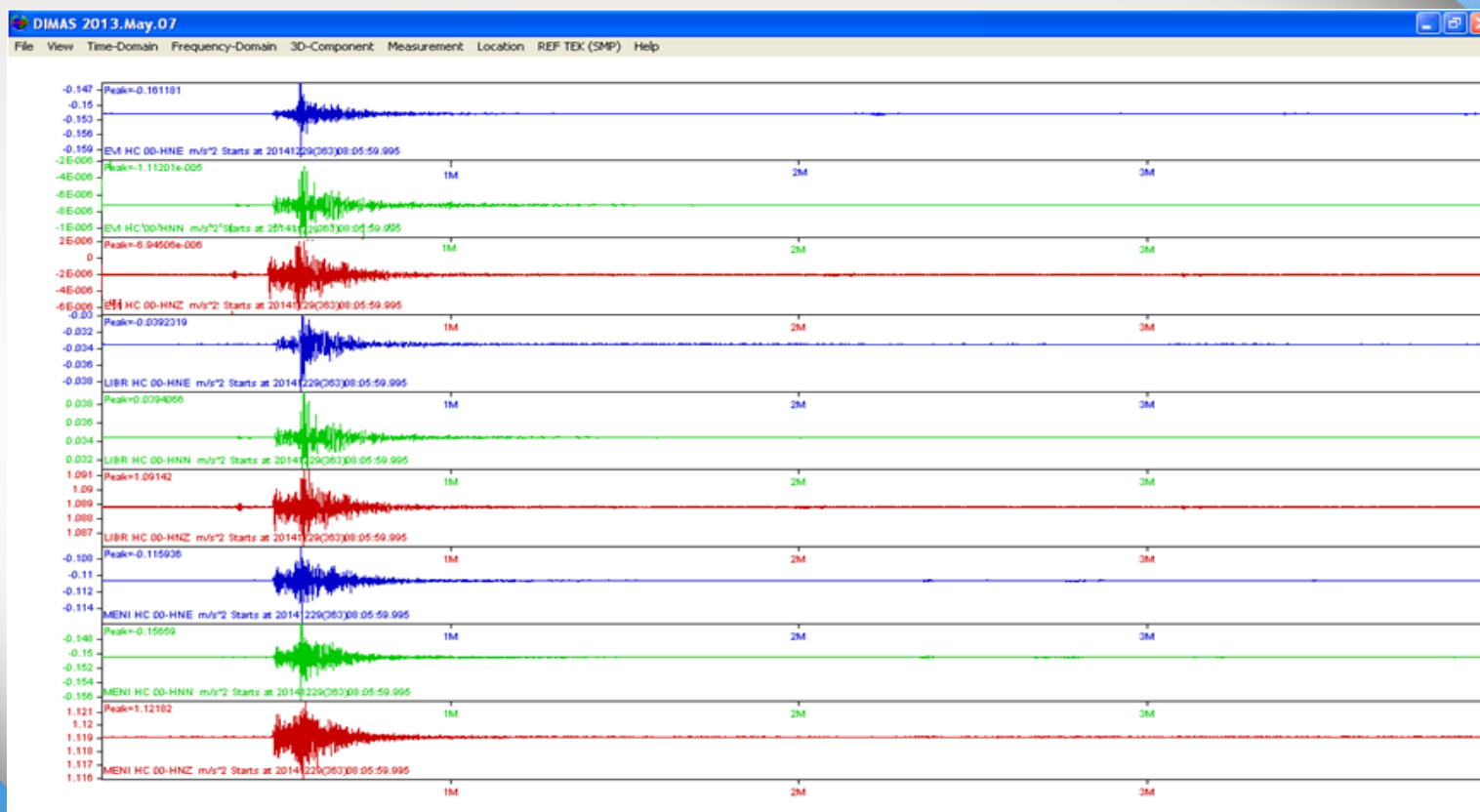
map settings

Ref Tek Network Monitor (2.1.4.1 - 2012.02.15) - List View

Unit-Name	Acquisition	Temp.	Input	Backup	Delay(s)	RAM(Kb)	Disk1(Mb)	Disk2(Mb)	GPS(h)
9188-CHAN	Start On	21.8°C	13.7V	3.3V	2	47%(1280)	100%(1025)	5%(3841)	U-Sleep(3.5)
91B0-91B0	Start On	22.8°C	11.7V	2.9V	2	0%(4352)	0%(975)	0%(959)	U-Sleep (1.0)
91C0-KLMT	Start On	21.2°C	13.8V	3.3V	2	29%(4352)	42%(3841)	100%(3841)	L-Awake
91C1-KSTL	Start On	19.2°C	13.8V	3.3V	2	32%(4352)	96%(975)	99%(975)	L-Awake
91C3-GVDS	Start On	16.3°C	13.8V	3.3V	2	32%(4352)	32%(3912)	100%(3912)	L-Awake
91C5-91C5	Start On	21.3°C	11.8V	2.8V	2	0%(4352)	6%(977)	N/A	U-Sleep (0.4)
952E-PRNS	Start On	16.4°C	13.7V	3.3V	87600	26%(4352)	100%(3841)	10%(3841)	L-Awake
9F3F-KNDR	Stop Off	19.9°C	13.9V	3.3V	2	1%(4352)	41%(3841)	100%(1950)	U-Sleep(2400.0)
9F4F-TMBK	Start On	17.9°C	13.5V	3.3V	2	36%(4352)	90%(975)	99%(975)	L-Awake
9F54-STIA	Start On	21.4°C	12.4V	3.3V	2	28%(4352)	10%(3841)	0%(3912)	L-Awake
9F55-KOSK	Start On	18.5°C	13.8V	3.3V	2	36%(4352)	41%(3841)	100%(3841)	L-Awake
9F8A-9F8A	Start On	20.9°C	9.5V	3.1V	2	0%(4352)	0%(121)	N/A	U-Sleep (0.7)
9F8B-9F8B	Start On	23.3°C	12.1V	3.1V	2	0%(4352)	0%(121)	N/A	U-Sleep (0.4)
9F8C-ACHAN	Start On	22°C	11.7V	3.1V	2	0%(4352)	1%(122)	N/A	L-Awake
9F8E-9F8E	Start On	22°C	11.8V	3.2V	2	0%(4352)	12%(959)	N/A	U-Sleep (0.3)
9F8F-LIBR	Start On	18.4°C	15.1V	3.2V	2	0%(4352)	0%(973)	0%(3841)	L-Awake
A388-A388	Start On	22.4°C	15.2V	3.1V	2	0%(6400)	3%(124)	14%(122)	U-Sleep (0.4)
A389-A389	Start On	22.8°C	12.2V	3.1V	2	0%(6400)	0%(959)	0%(957)	U-Sleep(2.9)
A390-MENI	Start On	19.8°C	15V	3.1V	2	0%(6400)	0%(1950)	0%(1950)	L-Awake
A391-EVI	Start On	20.3°C	12.2V	3V	2	0%(6400)	0%(975)	0%(959)	L-Awake
A763-HRKL	Start On	20.3°C	13.6V	3.3V	2	24%(6400)	99%(1025)	1%(975)	U-Sleep (1.0)
AA05-KTHR	Start On	17.9°C	14V	3.3V	2	18%(6400)	0%(3841)	70%(3912)	L-Awake

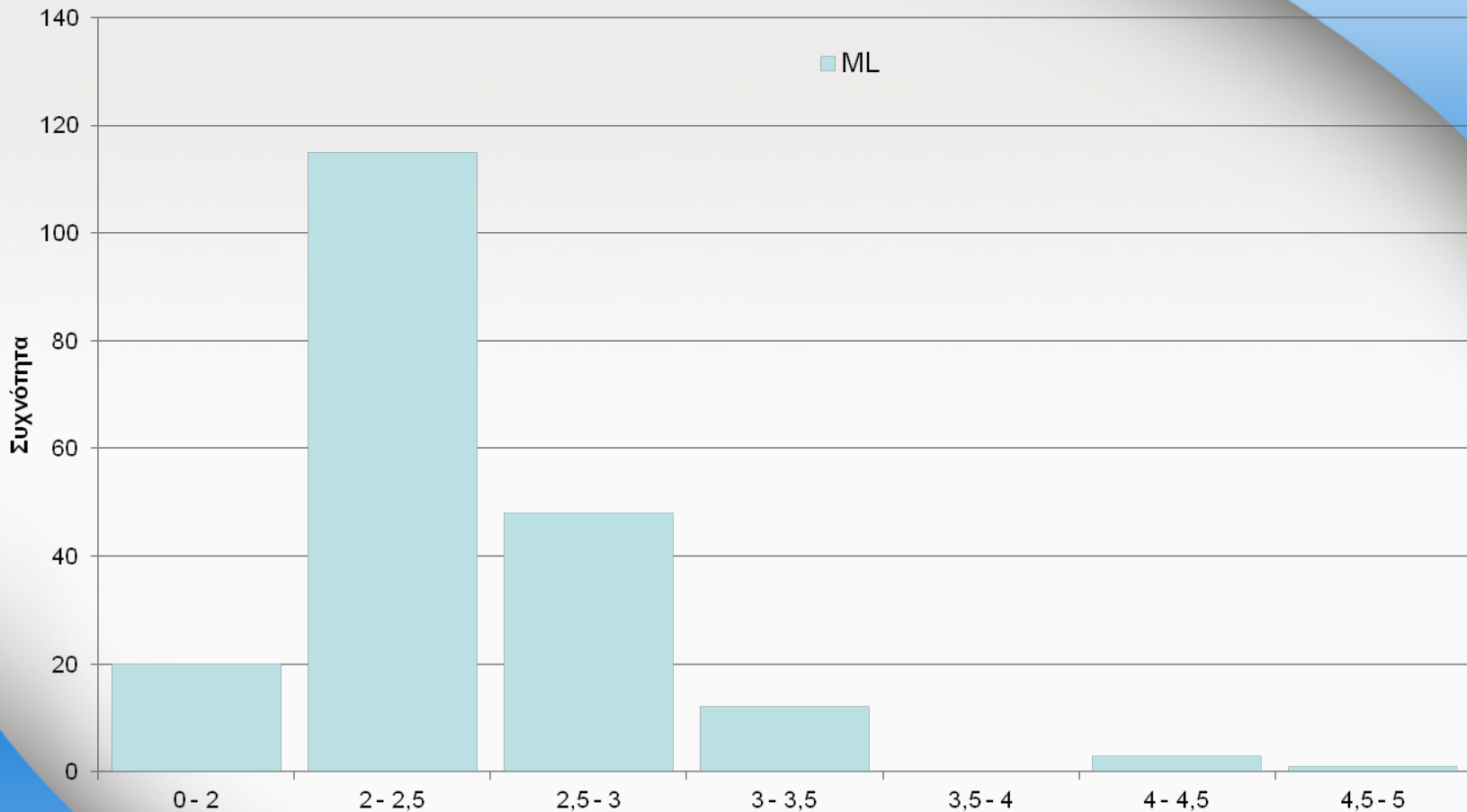
Παρακολούθηση λειτουργίας του δικτύου

# ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΙΟΓΡΑΦΩΝ



**Απεικόνιση καταγραφής σεισμικού γεγονότος στις τρεις συνιστώσες από το λογισμικό DIMAS.**

# ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ



**Κατανομή των καταγεγραμμένων σεισμικών γεγονότων σε συνάρτηση με τη συχνότητα εμφάνισης.**



# ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΓΣΠ

## Web GIS (Διαδικτυακά Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών)

Παρέχουν:

- Πρόσβαση και διάδοση γεωγραφικών δεδομένων
- Οπτικοποίηση και εξερεύνηση γεωγραφικών δεδομένων
- Επεξεργασία, ανάλυση και μοντελοποίηση γεωγραφικών δεδομένων
- Υποστήριξη λήψης αποφάσεων

# ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΓΣΠ

## Χρήση των Web GIS

- Δήμοι και πολεοδομία
- Εκπαίδευση
- Προβολή και ανάδειξη υπηρεσιών
- Θέματα περιβάλλοντος
- Διαχείριση των φυσικών καταστροφών

# ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΓΣΠ

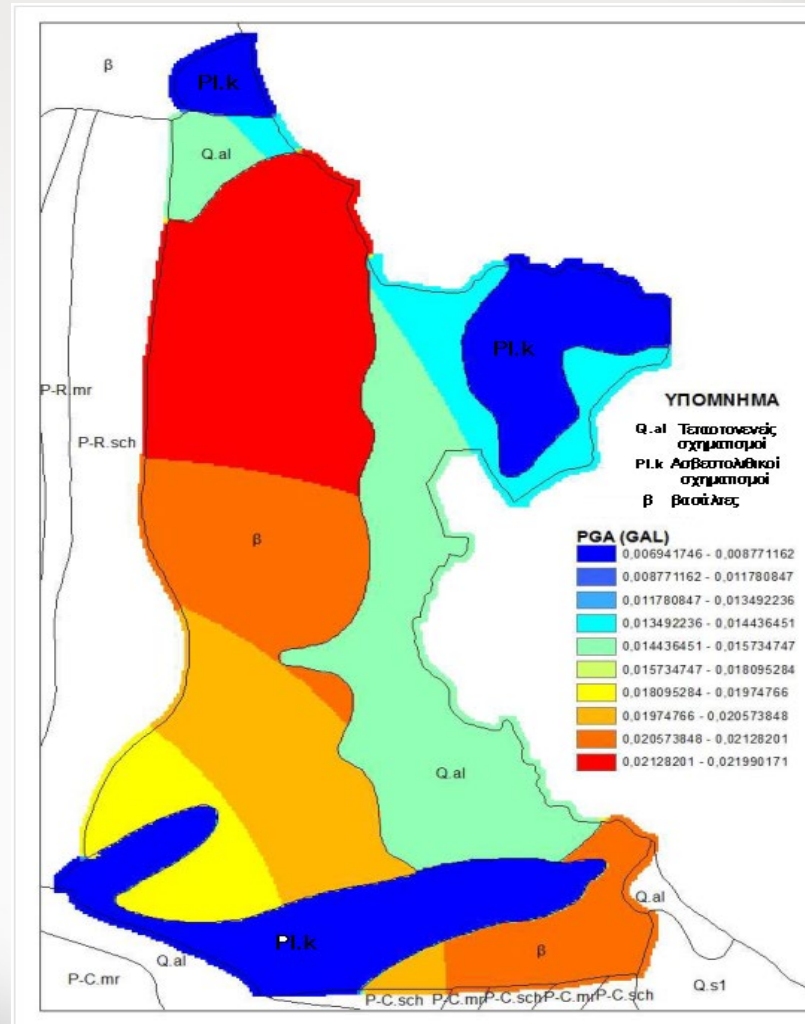
## Εφαρμογές:

- Προστασία των δικτύων φυσικού αερίου
- Προστασία εγκαταστάσεων καυσίμων
- Προστασία μεγάλων εγκαταστάσεων – κατασκευών
- Προστασία σχολείων, νοσοκομείων, κατοικιών

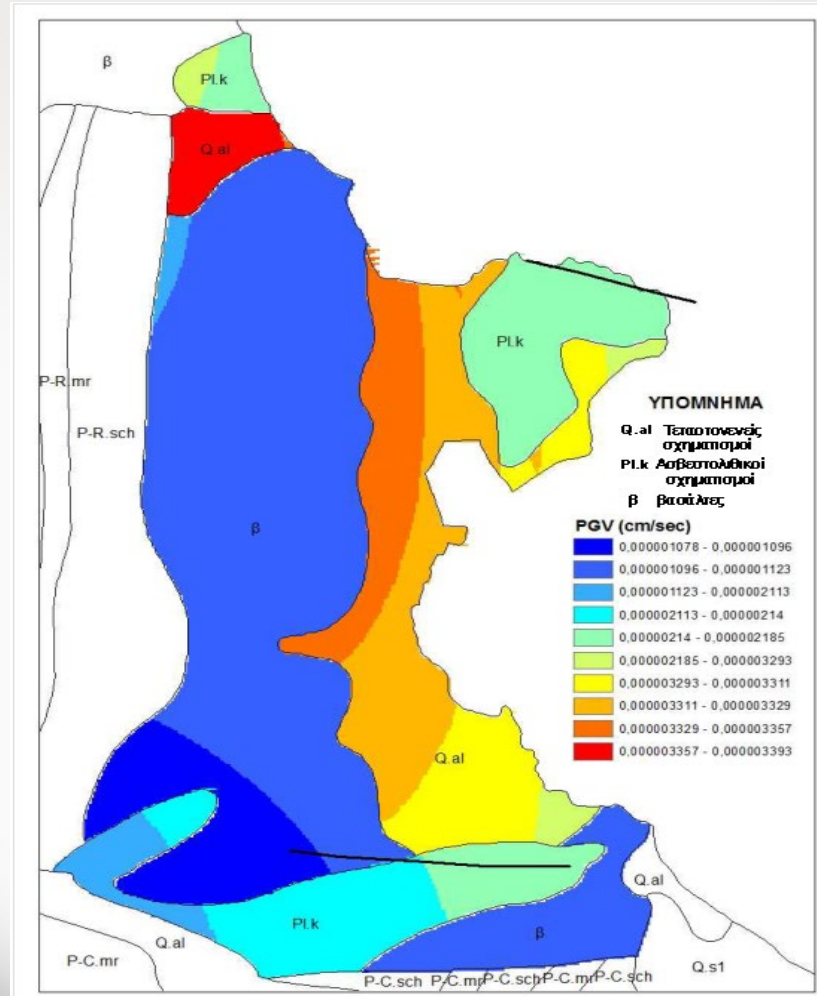
# Παράμετροι σεισμικής εδαφικής κίνησης

- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση (Peak Ground Acceleration - PGA)
  - Μέγιστη εδαφική ταχύτητα (Peak Ground Velocity – PGV)
  - Μέγιστη εδαφική μετάθεση (Peak Ground Displacement – PGD)
  - Συχνοτικό περιεχόμενο της εδαφικής κίνησης
  - Διάρκεια – ένταση του σεισμικού γεγονότος
- Επηρεάζουν την απόκριση των κατασκευών

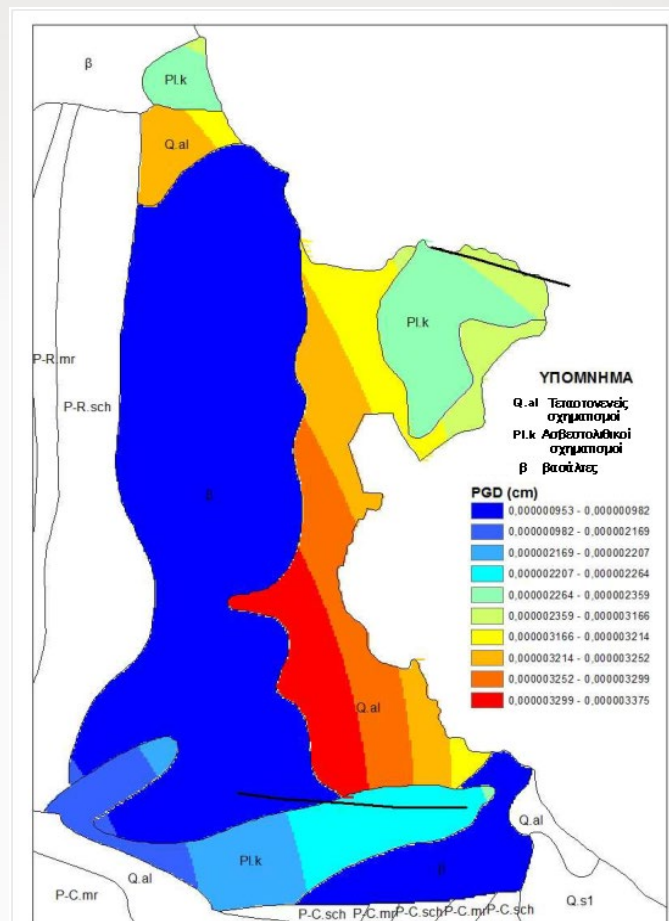
# Χάρτης χωρικής κατανομής Μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης (PGA)



# Χάρτης χωρικής κατανομής Μέγιστης εδαφικής ταχύτητας (PGV)



# Χάρτης χωρικής κατανομής Μέγιστης εδαφικής μετάθεσης (PGD)

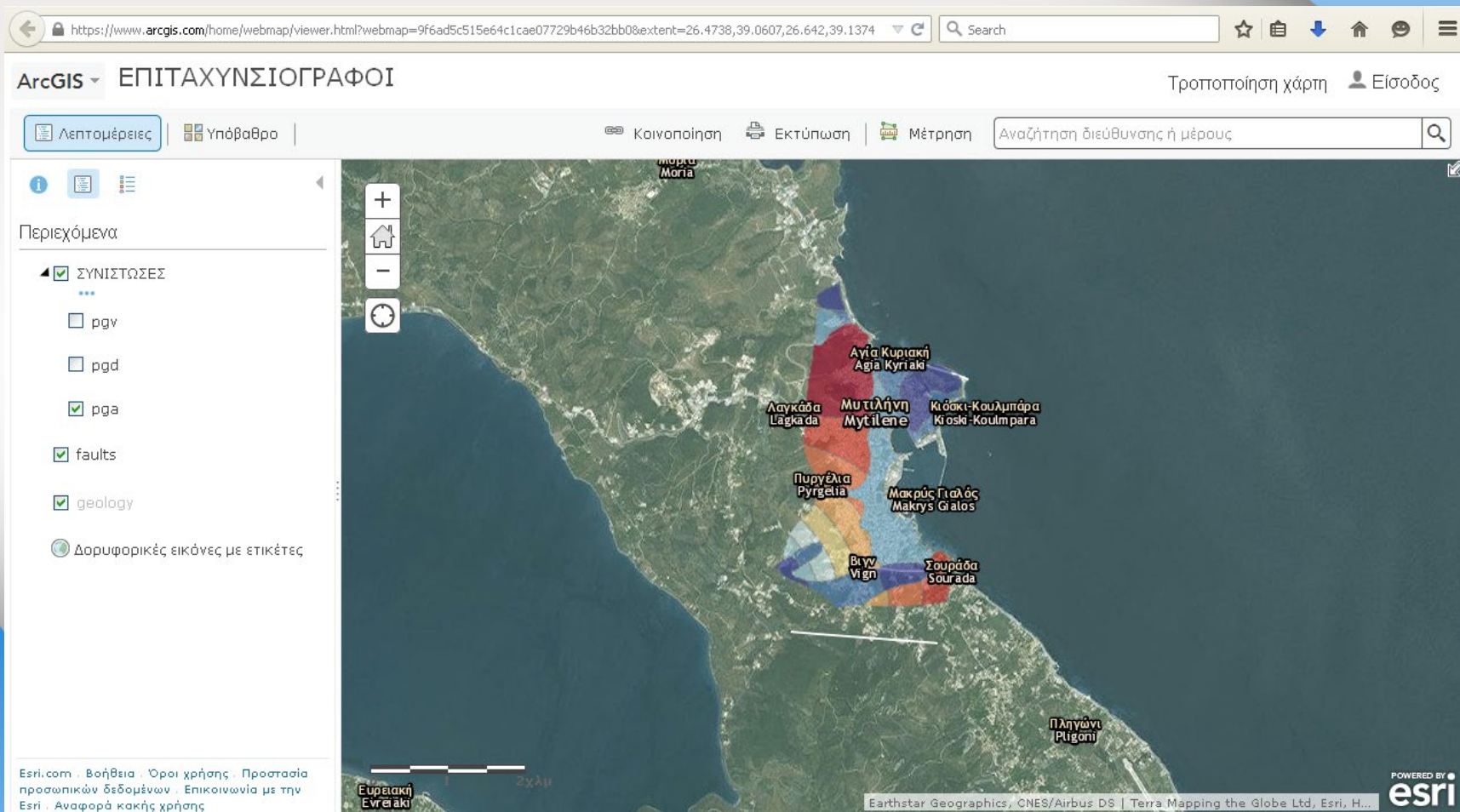


# Δυναμικοί χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας για το αστικό συγκρότημα της πόλης της Μυτιλήνης

- Δημιουργία χαρτών σεισμικής επικινδυνότητας (PGA, PGV, PGD)
- Εφαρμογή του ArcGIS Online (<https://www.arcgis.com/home/>)
- Εκτίμηση των ζημιών που μπορεί να προκαλέσει ένας σεισμός ανάλογα με τις τοπικές εδαφικές συνθήκες
- Δυνατότητα ετοιμότητας και άμεσης αντιμετώπισης της κρίσης σε περίπτωση σεισμού.



# Δυναμικοί χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας για το αστικό συγκρότημα της πόλης της Μυτιλήνης



<http://arcg.is/1QIlj1X>

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Γεωλογικά η περιοχή ενδιαφέροντος μπορεί να χωριστεί σε 3 μεγάλες περιοχές:
  - Βασάλτης στα Δυτικά
  - Τεταρτογενή στο μέσο/παραλιακό
  - Έξαρση του ασβεστόλιθου στο Ανατολικό τμήμα.
- Προβλήματα που σχετίζονται με τις θεμελιώδεις συχνότητες και με τα αντίστοιχα πλάτη λόγω ανθρωπογενούς θορύβου που μόλυνε τις μετρήσεις εδαφικού θορύβου.
- Οι μεταβολές της θεμελιώδους συχνότητας αντανακλούν τη γεωλογική δομή της περιοχής.

# ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Τα αποτελέσματα μπορούν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο για τον καθορισμό προτεραιοτήτων για την ορθολογική διαχείριση του σεισμικού κινδύνου.
- Ευρεία εφαρμογή σε κάθε στάδιο διαχείρισης των καταστροφών

# ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ

- Πύκνωση του δικτύου σταθμών μέτρησης εδαφικού θορύβου. Έμφαση στα Τεταρτογενή πετρώματα και στα όρια των πετρωμάτων
- Δημιουργία μηχανισμού στο διαδικτυακό Γ.Σ.Π. που να προσφέρει λύσεις και σε μη εξειδικευμένα άτομα.
- Ανάπτυξη εφαρμογής με χρήση λογισμικού ανοιχτού κώδικα (ελεύθερου λογισμικού).

# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

- Η παρούσα εισήγηση βασίζεται σε σχετική έρευνα από τη διδακτορική μου διατριβή, η οποία χρηματοδοτήθηκε από το Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών (Ι.Κ.Υ.)

*ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ*