

**Πρόγραμμα Ανάπτυξης τηλεμετρικών κλπ δικτύων GPS για διάφορες εφαρμογές
(Ηφαιστειολογική έρευνα, έρευνα σεισμών, μέτρηση ταλαντώσεων κατασκευών,
έρευνα Γεωειδούς και Επιφάνειας Θάλασσας, κλπ).**

**Το σχετικό πρόγραμμα αναπτύχθηκε εν μέρει με βάση χρηματοδότηση από τη
ΓΓΕΤ στα πλαίσια του Έργου ΠΕΝΕΔ 2003 - 03ΕΔ53 «Ανάπτυξη τηλεμετρικού
– Real time δορυφορικού συστήματος GPS χαμηλού κόστους για τον έλεγχο
τοπικών παραμορφώσεων εδάφους» που χρηματοδοτείται κατά 10% από το
ΙΜΠΗΣ και κατά 90% από τη ΓΓΕΤ**

Επιλογή 1 Σαντορίνη

Επιλογή 2 Σεισμοί 2008

Επιλογή 3 μέτρηση ταλαντώσεων κατασκευών

1. ΤΗΛΕΜΕΤΡΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΥ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ

Από την άνοιξη του 2006, το Εργαστήριο Γεωδαισίας και Γεωδαιτικών Εφαρμογών του Πανεπιστημίου Πατρών, σε συνεργασία με ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου GeorgiaTech (συνεργάτης Dr A. Newman) και της UNAVCO (Διαπανεπιστημιακού consortium Πανεπιστημίων των Η.Π.Α. του οποίου το Εργαστήριο Γεωδαισίας Παν. Πατρών, είναι αλλοδαπό μέλος), ανέλαβε το έργο της εγκατάστασης τηλεμετρικού δικτύου GPS με σκοπό την παρακολούθηση των μετακινήσεων του ηφαιστείου της Σαντορίνης. Το έργο εντάχθηκε στο ερευνητικό πρόγραμμα ΠΕΝΕΔ 2003 (κωδικός έργου 03ΕΔ53) και χρηματοδοτείται από τη ΓΓΕΤ και το ΙΜΠΗΣ

Το δίκτυο αποτελείται από τρεις μόνιμους σταθμούς GPS. Κάθε σταθμός έχει δυνατότητα συνεχούς και ακριβούς προσδιορισμού των συντεταγμένων του. Με τη μακροχρόνια καταγραφή και μελέτη των συντεταγμένων κάθε σταθμού, είναι δυνατό να εντοπιστούν μετακινήσεις, οφειλόμενες πιθανώς σε ροή μάγματος.

ΜΟΝΙΜΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΔΙΚΤΥΟΥ

Κεντρικός Σταθμός (Σχήμα 1.Α)

- Ονομασία: ΝΟΜΙ
- Θέση εγκατάστασης: Φυρά – Σαντορίνη (Συνεδριακό Κέντρο «Νομικός»)
- Τροφοδοσία: Μόνιμη εγκατάσταση παροχής ρεύματος
- Μετρήσεις: Αποθηκεύονται σε δέκτη και μέσω router διοχετεύονται στο Internet
- Εγκατάσταση και έναρξη λειτουργίας: Μάιος 2006

Περιφερειακός Σταθμός 1 (Σχήμα 1.Β)

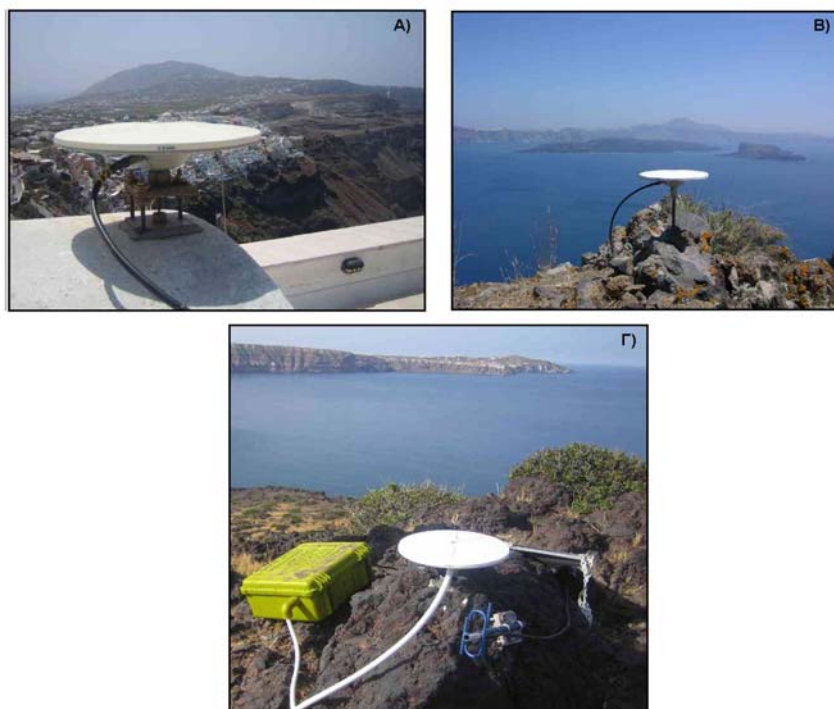
- Ονομασία: ΚΕΡΑ
- Θέση εγκατάστασης: Θηρασιά
- Τροφοδοσία: Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων
- Μετρήσεις: Αποθηκεύονται σε δέκτη και μέσω ραδιοζεύξης (radiolink) αποστέλλονται στον κεντρικό σταθμό από όπου διοχετεύονται στο Internet
- Εγκατάσταση και έναρξη λειτουργίας: Μάιος 2006

(Ο σταθμός, λόγω της τροφοδοσίας του από φωτοβολταϊκά στοιχεία, παρουσιάζει διακοπές στις μετρήσεις κατά τη διάρκεια περιόδων με χαμηλή ηλιοφάνεια)

Περιφερειακός Σταθμός 2 (Σχήμα 1.Γ)

- Ονομασία: ΡΚΜΝ
- Θέση εγκατάστασης: Παλαιά Καμμένη
- Τροφοδοσία: Εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στοιχείων
- Μετρήσεις: Αποθηκεύονται σε δέκτη και μέσω ραδιοζεύξης (radiolink) αποστέλλονται στον κεντρικό σταθμό από όπου διοχετεύονται στο Internet
- Εγκατάσταση και έναρξη λειτουργίας: Η εγκατάσταση του σταθμού έγινε το Μάιο του 2006, αλλά λόγω προβλημάτων που προέκυψαν, και αποκαταστάθηκαν στη συνέχεια, ο σταθμός άρχισε να λειτουργεί τον Ιούνιο του 2008

(Όπως συμβαίνει και στον άλλο περιφερειακό σταθμό, ο σταθμός ΡΚΜΝ λόγω της τροφοδοσίας του από φωτοβολταϊκά στοιχεία, παρουσιάζει διακοπές στις μετρήσεις κατά τη διάρκεια περιόδων με χαμηλή ηλιοφάνεια)



Σχήμα 1. Α. Κεντρικός Σταθμός NOMIC, Β. Περιφερειακός Σταθμός KERAS, Γ. Περιφερειακός Σταθμός PKMN

Στην ιστοσελίδα της UNAVCO, διατίθενται στοιχεία σχετικά με τη λειτουργία του δικτύου. Η πρόσβαση γίνεται μέσω της διεύθυνσης <http://facility.unavco.org/data/dai2/app/dai2.html> πληκτρολογώντας “Santorini” στο πλαίσιο “Network Name” και πατώντας Enter (Σχήμα 2)

UNAVCO Data Archive Interface

Search: [Santorini] Reset

Current results: 3 items

4-char Code(s)	Site/Marker Name	Latitude	Longitude	Earliest Data	Latest Data	Monument Type
KERA	Therassia Greece	36.4179	25.3481	2006 May 07 12:50	2009 May 14 03:37	Station
NOMIC	Thera Greece	36.4217	25.4286	2006 May 09 09:51	2009 May 30 23:59	Station
PKMN	Palea Kameni Greece	36.3962	25.3846	2008 Jul 02 03:59	2009 May 29 23:59	Station

Spatial | **Temporal**

Summary
Totals: 0 files 0.0 b
[Clear all] [Download]

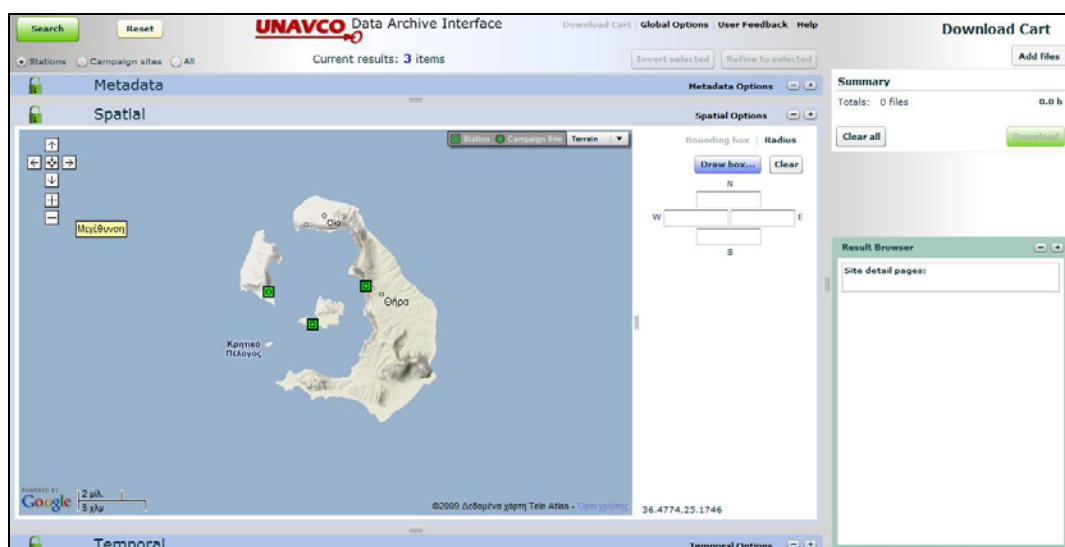
Σχήμα 2. Αρχική σελίδα παρουσίασης στοιχείων του δικτύου παρακολούθησης του ηφαιστείου της Σαντορίνης <http://facility.unavco.org/data/dai2/app/dai2.html>

Στην ιστοσελίδα διατίθενται στοιχεία σχετικά με το δίκτυο, όπως:

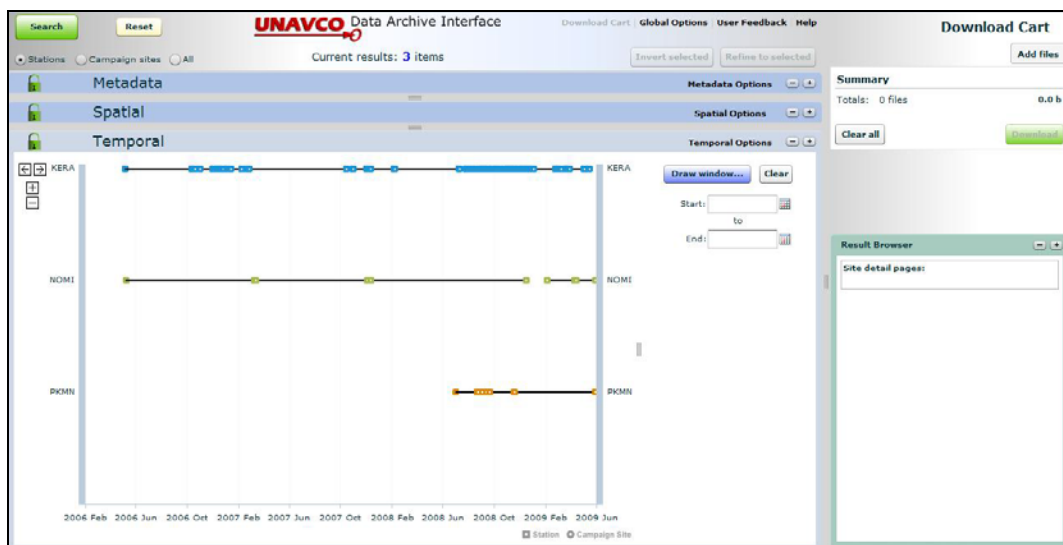
- Ονομασία, τόπος εγκατάστασης, συντεταγμένες και τελευταία ημερομηνία για την οποία διατίθενται δεδομένα από κάθε σταθμό (μενού metadata) (Σχήμα 3)
- Η θέση κάθε σταθμού σε χάρτη μέσω εφαρμογής Google Maps (μενού spatial) (Σχήμα 4)
- Διαγράμματα που παρουσιάζουν τη χρονοϊστορία των καταγραφών κάθε σταθμού (μενού temporal), με αρχή την ημερομηνία έναρξης λειτουργίας κάθε σταθμού. Από τα διαγράμματα αυτά, φαίνονται τα χρονικά διαστήματα κατά τα οποία οι σταθμοί δεν καταγράφουν (Σχήμα 5)

4-char Code	Site/Marker Name	Latitude	Longitude	Earliest Data	Latest Data	Monument T
KERA	Therassia Greece	36.4179	25.3481	2006 May 07 12:50	2009 May 30 23:59	Station
NCMI	Thera Greece	36.4217	25.4206	2006 May 09 09:51	2009 May 30 23:59	Station
PKMN	Palea Kameni Greece	36.3962	25.3846	2008 Jul 02 03:09	2009 May 29 23:09	Station

Σχήμα 3. Στοιχεία σχετικά με τους μόνιμους σταθμούς του δικτύου (Ονόματα, τόπος εγκατάστασης, συντεταγμένες και τελευταία ημερομηνία για την οποία διατίθενται δεδομένα από κάθε σταθμό)



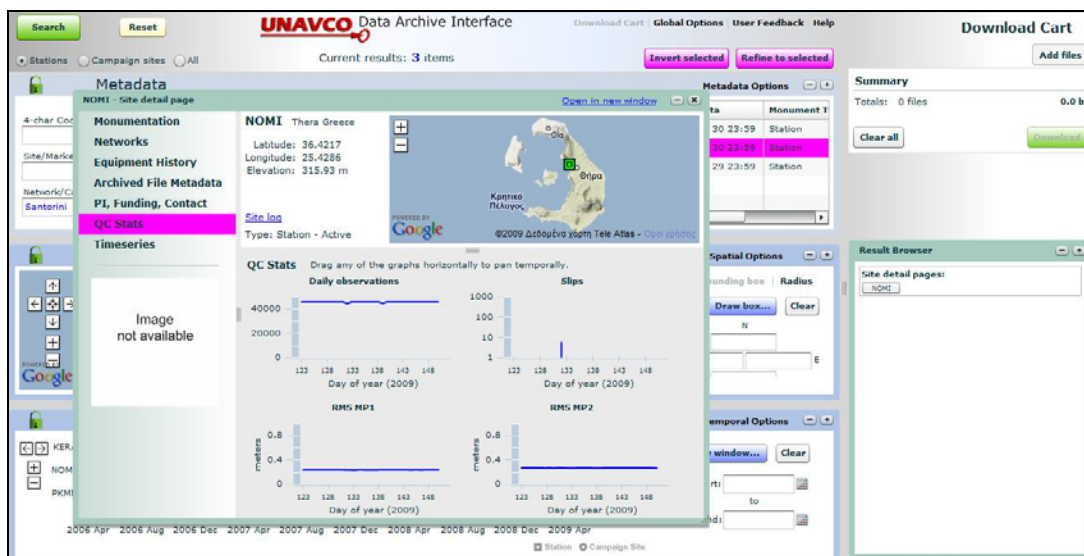
Σχήμα 4. Θέση σταθμών δικτύου σε χάρτη



Σχήμα 5. Χρονοϊστορία των καταγραφών κάθε σταθμού, με αρχή την ημερομηνία έναρξης λειτουργίας του (είναι εμφανή τα χρονικά διαστήματα, κατά τα οποία οι σταθμοί δεν καταγράφουν. Επίσης, είναι εμφανές ότι ο ο σταθμός PKMN, άρχισε να λειτουργεί αργότερα από τους άλλους δύο)

Με διπλό κλικ στη χρονοϊστορία των μετρήσεων κάθε σταθμού, στο μενού temporal, είναι δυνατό να εμφανιστούν επιπλέον πληροφορίες για τον κάθε σταθμό (Σχήμα 6), όπως:

- Το δίκτυο στο οποίο ανήκει
- Ο εξοπλισμός που διαθέτει
- Τα ονόματα των αρχείων με τις καταγραφές
- Στατιστικά στοιχεία σχετικά με τις καταγραφές
- Άλλα στοιχεία που αφορούν το σταθμό (προσωπικό που απασχολείται, επικοινωνία κ.τ.λ.)

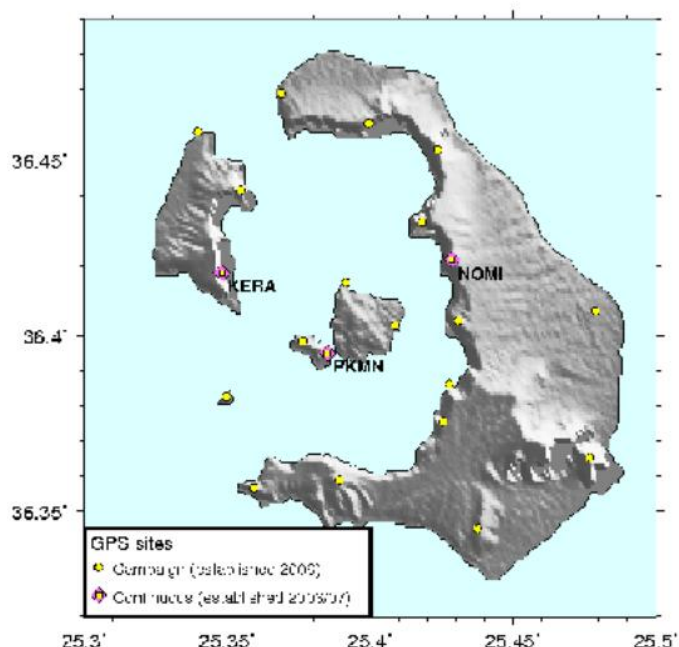


Σχήμα 6. Μενού όπου παρέχονται επιπλέον στοιχεία για κάθε μόνιμο σταθμό

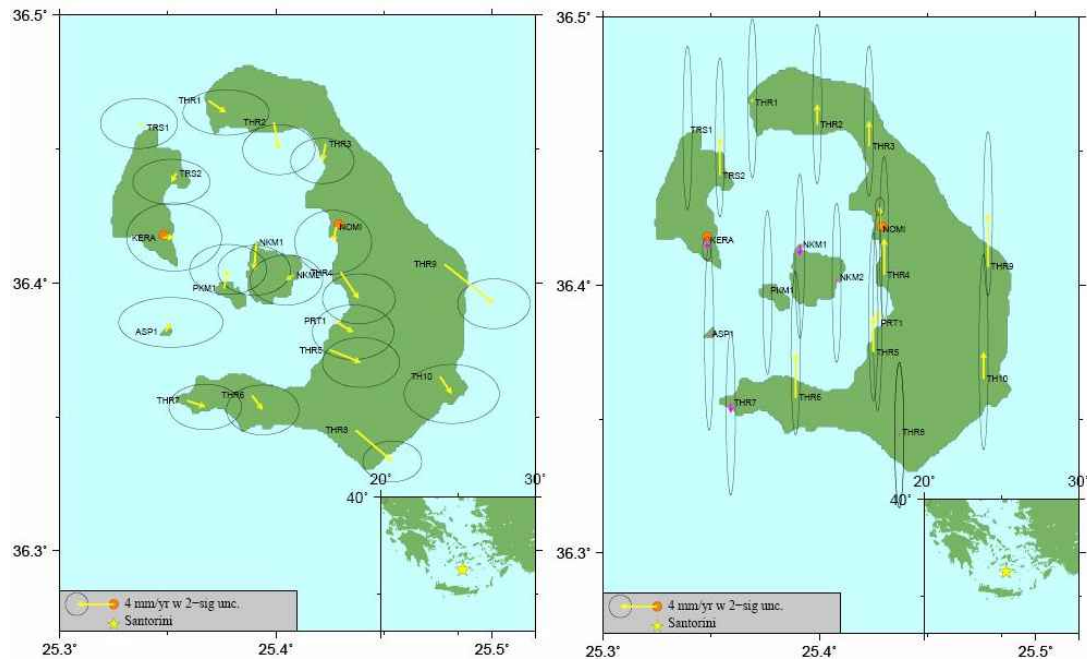
ΔΙΚΤΥΟ ΣΗΜΕΙΩΝ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ

Εκτός του δικτύου μόνιμων σταθμών, στα νησιά της καλδέρας του ηφαιστείου της Σαντορίνης έχει εγκατασταθεί δίκτυο σημείων γεωδαιτικής παρατήρησης που χρησιμοποιείται για ανά περιόδους μετρήσεις. Κατά τις μετρήσεις, χρησιμοποιούνται όργανα GPS για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων κάθε σημείου (μετρήσεις για διάστημα μεγαλύτερο των 48 ωρών). Με σύγκριση των συντεταγμένων που προκύπτουν από κάθε κύκλο μετρήσεων, είναι δυνατόν να εντοπιστούν μετακινήσεις στην περιοχή που καλύπτει το δίκτυο. Η θέση των σημείων παρουσιάζεται στο χάρτη του Σχήματος 7. Μετρήσεις των συντεταγμένων του δικτύου, έχουν διεξαχθεί τις περιόδους Μάιος – Ιούνιος 2008.

Με την επεξεργασία των καταγραφών από το μόνιμο και μη μόνιμο δίκτυο παρατήρησης μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με τις μετακινήσεις που παρουσιάζει το ηφαίστειο. Από την επεξεργασία των μέχρι τώρα μετρήσεων, έχουν παρατηρηθεί μικρής κλίμακας φαινομενικές μετακινήσεις οι οποίες βρίσκονται στα όρια αβεβαιότητας (Σχήμα 8) και που αναμένεται να αξιολογηθούν στο μέλλον σε συνδυασμό με παλαιότερες διαδικασίες διόγκωσης της καλδέρας που είχαν παρατηρηθεί τα προηγούμενα χρόνια με βάση γεωδαιτικές μετρήσεις.



Σχήμα 7 Θέσεις σημείων γεωδαιτικής παρατήρησης, για ανά περιόδους μετρήσεις. Είναι εμφανείς και οι θέσεις των μόνιμων σταθμών

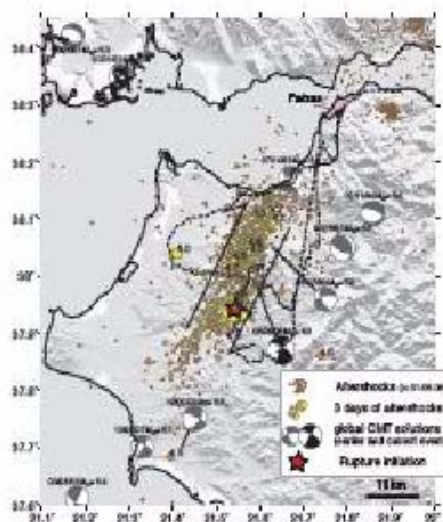


Σχήμα 8 Αριστερά τα αποτελέσματα για τις οριζόντιες μετακινήσεις στο σύμπλεγμα Θήρας από μετρήσεις κατά τα έτη 2006 –2008 (με βέλος συμβολίζεται το διάνυσμα της ταχύτητας και με έλλειψη η αβεβαιότητα). Δεξιά τα αποτελέσματα για τις κατακόρυφες μετακινήσεις.

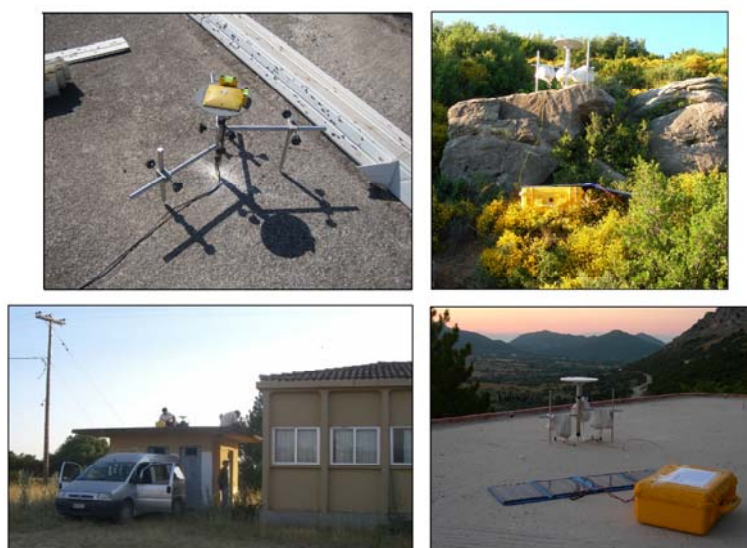
2. ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ ΛΟΓΩ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΤΗΣ 8^{ης} ΙΟΥΝΙΟΥ 2008 (ΒΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ)

Την 8^η Ιουνίου, 2008 στην περιοχή της Βορειοδυτικής Πελοποννήσου, σημειώθηκε ισχυρός σεισμός (Mw 6.8) (Σχήμα 9). Το ρήγμα που προκάλεσε το σεισμό, ήταν τύπου strike slip (ολίσθηση κατά παράταξη) με κατεύθυνση Β-ΒΔ. Σχεδόν αμέσως μετά το σεισμό (24 – 48 ώρες μετά), σε συνεργασία με την ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου GeorgiaTech του Δρα Α. Newman εγκαταστάθηκε δίκτυο 8 σημείων γεωδαιτικής παρατήρησης με GPS στην πλειόσειστη περιοχή (Σχήμα 10).

Κατά την περίοδο Ιούνιος – Σεπτέμβριος 2008 το δίκτυο λειτουργούσε συνεχώς ως καταγραφικό με σκοπό την καταγραφή μετασεισμικών παραμορφώσεων του εδάφους. Μετά από επεξεργασία των μετρήσεων, δεν εντοπίστηκαν σημαντικές μετακινήσεις, όπως άλλωστε δεν εμφανίστηκαν ούτε σημαντικές σεισμικές (co-seismic) μετατοπίσεις, πράγμα που καθιστά το σεισμό αυτό εξαιρετικά ενδιαφέροντα.



Σχήμα 9. Χάρτης της ΒΔ Πελοποννήσου: Φαίνονται στοιχεία για το σεισμό της 6^{ης} Ιουνίου (μηχανισμός γένεσης, επίκεντρο κ.τ.λ.)



Σχήμα 10. Φωτογραφίες από τα σημεία του δικτύου που εγκαταστάθηκε με σκοπό την παρακολούθηση του ρήγματος που προκάλεσε το σεισμό της 6^{ης} Ιουνίου στη ΒΔ Πελοπόννησο

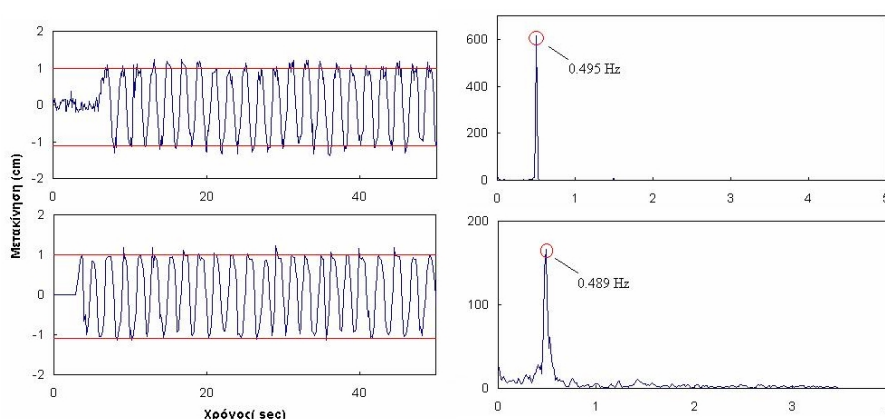
3. ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Στα πλαίσια του προγράμματος ΠΕΝΕΔ, στο Εργαστήριο Γεωδαισίας του Παν. Πατρών, διερευνάται η δυνατότητα των σύγχρονων γεωδαιτικών οργάνων (GPS, RTS – Ρομποτικός Θεοδόλιχος) στη μέτρηση ταλαντώσεων κατασκευών (προσδιορισμός εύρους και συχνότητας ταλάντωσης). Η έρευνα επικεντρώνεται κυρίως σε σχετικά δύσκαμπτες κατασκευές (όπως γέφυρες μικρού ανοίγματος) και περιλαμβάνει, διεξαγωγή πειραμάτων, ανάπτυξη κατάλληλης μεθοδολογίας και λογισμικού για την επεξεργασία των μετρήσεων καθώς και εφαρμογή των μεθόδων σε υπάρχουσες κατασκευές.

Στο Σχήμα 11, φαίνεται συσκευή παραγωγής ταλαντώσεων οι οποίες μετρώνται με χρήση γεωδαιτικών οργάνων GPS, RTS στα πλαίσια της πειραματικής διερεύνησης των δυνατοτήτων των οργάνων. Στο Σχήμα 12 παρουσιάζονται διαγράμματα κίνησης και αποτελέσματα φασματικής ανάλυσης, από καταγραφές ταλάντωσης με όργανα GPS και RTS.



Σχήμα 11. Συσκευή παραγωγής ταλαντώσεων με προσαρμοσμένα όργανο GPS και ανακλαστήρα για RTS

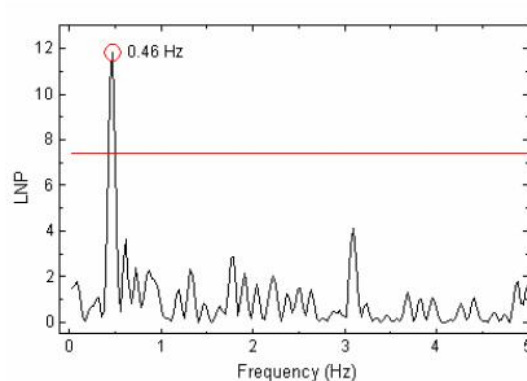
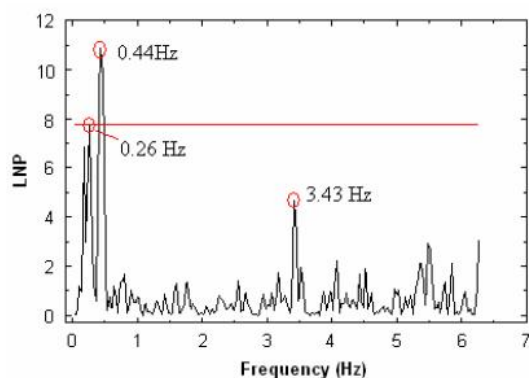


Σχήμα 12. Αριστερά επάνω, καταγραφή ταλάντωσης συχνότητας 0,5 Hz από όργανο GPS και κάτω από RTS. Δεξιά επάνω, αποτελέσματα φασματικής ανάλυσης καταγραφών από GPS και κάτω καταγραφών από RTS

Μία από τις κατασκευές στις οποίες εφαρμόστηκε η μεθοδολογία μέτρησης ταλαντώσεων με σύγχρονα γεωδαιτικά όργανα, είναι η σιδηροδρομική γέφυρα του Γοργοποτάμου. Οι ταλαντώσεις που εκτελούσε η γέφυρα, κατά τη διάρκεια διέλευσης σιδηροδρομικών συρμών, μετρήθηκαν με όργανα GPS και RTS, με σκοπό τον προσδιορισμό του εύρους και της συχνότητας ταλάντωσης. Στο Σχήμα 13 φαίνονται φωτογραφίες της γέφυρας κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Στο Σχήμα 14 φαίνονται αποτελέσματα από την καταγραφή των ταλαντώσεων της γέφυρας.



Σχήμα 13. Γέφυρα του Γοργοποτάμου κατά τη διάρκεια διέλευσης σιδηροδρομικών συρμών. Οι ταλαντώσεις που εκτελεί η γέφυρα κατά τη διέλευση των συρμών ,μετρώνται με όργανα RTS και GPS



Σχήμα14. Αποτελέσματα φασματικής ανάλυσης καταγραφών ταλάντωσης γέφυρας Γοργοποτάμου, αριστερά: με RTS και δεξιά: με GPS