



ΚΩΔΙΚΟΣ ΠΡΑΞΗΣ: 5002697

ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Ενότητα Εργασίας	1 – Δικτύωση Υποδομών
Δράση	1.3 – Φορητά Δίκτυα Καταγραφής της Εδαφικής Κίνησης και Απόκρισης των Κατασκευών
Συντονιστής Δράσης	Δρ. Γεώργιος Δρακάτος (ΓΕΙΝ/ΕΑΑ) Δρ. Ιωάννης Μπασκούτας (ΓΕΙΝ/ΕΑΑ)
Κωδικός Παραδοτέου	1.3.1

Αριθμός Έκδοσης	5	Ημερομηνία	26/04/2018
Μήνας Έναρξης	M3		
Τύπος	Έκθεση		
Διαθεσιμότητα	Τελικό Δημοσιεύσιμο		
Σχετικά Ορόσημα	-		
Συντ. Φορέων Σύνταξης	1 Α(ΓΕΙΝ/ΕΑΑ)		
Φορείς Σύνταξης	1 Α(ΓΕΙΝ/ΕΑΑ) 2 Α(DG/ΑΠΘ) 2 Β(SDGEE/ΑΠΘ) 3 Α(ΙΤΣΑΚ/ΟΑΣΠ) 4 Α(DGG/ΕΚΠΑ) 5 Α(LGS/ΤΕΙΚ) 6 Α(SEISLAB/ΠΠΑΤ)		
Συντ. Ομάδας Σύνταξης	Καθ. Άκης Τσελέντης (ΓΕΙΝ/ΕΑΑ)		
Ομάδα Σύνταξης	Καθ. Άκης Τσελέντης (ΓΕΙΝ/ΕΑΑ) Δρ. Γεώργιος Δρακάτος (ΓΕΙΝ/ΕΑΑ) Δρ. Γεράσιμος Χουλιάρης (ΓΕΙΝ/ΕΑΑ) Δρ. Ιωάννης Μπασκούτας (ΓΕΙΝ/ΕΑΑ) Παναγιώτης Αργυράκης (ΓΕΙΝ/ΕΑΑ) Καθ. Βασίλειος Καρακώστας (DG/ΑΠΘ) Δρ. Ζαφειρία Ρουμελιώτη (SDGEE/ΑΠΘ) Δρ. Μαρία Μανάκου (SDGEE/ΑΠΘ) Δρ. Χρήστος Καρακώστας (ΙΤΣΑΚ/ΟΑΣΠ) Δρ. Βασίλειος Λεκίδης (ΙΤΣΑΚ/ΟΑΣΠ) Δρ. Ιωάννης Κασσάρας (DGG/ΕΚΠΑ) Βασίλειος Καπετανίδης (DGG/ΕΚΠΑ) Καθ. Φίλιππος Βαλλιανάντος (LGS/ΤΕΙΚ) Καθ. Ιωάννης Μακρής (LGS/ΤΕΙΚ) Αν. Καθ. Ευθύμιος Σώκος (SEISLAB/ΠΠΑΤ) Δρ. Παρασκευάς Παρασκευόπουλος (SEISLAB/ΠΠΑΤ) Επαμεινώνδας Λύρος (SEISLAB/ΠΠΑΤ)		
Ομάδα Επιστημονικής Υποστήριξης	Δρ. Χρήστος Παπαϊωάννου (ΙΤΣΑΚ/ΟΑΣΠ) Δρ. Νικόλαος Θεοδουλίδης (ΙΤΣΑΚ/ΟΑΣΠ) Δρ. Θωμάς Σαλονικιός (ΙΤΣΑΚ/ΟΑΣΠ)		

Προέλευση Σημείας Λογοτύπου: <http://dryicons.com/icon/greece-1050>



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο
Περιφερειακής Ανάπτυξης

ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



ΕΣΠΑ
2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη



Το παραδοτέο 1.3.1 υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της Πράξης «HELPOS - Ελληνικό Σύστημα Παρατήρησης Λιθόσφαιρας» (MIS 5002697) που εντάσσεται στη Δράση «Ενίσχυση των Υποδομών Έρευνας και Καινοτομίας» και χρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία» στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ 2014-2020, με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης).





ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΟΙΜΙΟ	6
ABSTRACT	7
1. ΓΕΙΝ/ΕΑΑ (1Α)	8
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	8
1.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΟΡΗΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΗ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ	12
1.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΟΡΗΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑ.....	16
1.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΟΡΗΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΗ ΛΕΣΒΟ	17
1.6 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΤΟ ΓΕΙΝ/ΕΑΑ	19
2. DG/ΑΠΘ (2Α)	21
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	21
2.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	22
2.2.1 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΤΗΣ REFTEK 130S-01 ΤΡΙΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ	22
2.2.2 ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΟ ΕΥΡΕΟΣ ΦΑΣΜΑΤΟΣ 30s – 100Hz, CMG40 T, GURALP	25
2.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	26
2.3.1 ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΞΕΑΡΣΗΣ ΣΤΗ ΦΛΩΡΙΝΑ	27
2.3.2 ΦΟΡΗΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΩΝ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ.....	29
3. SDGEE/ΑΠΘ (2Β)	31
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	31
3.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	31
4. ΙΤΣΑΚ/ΟΑΣΠ (3Α)	34
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	34
4.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	35
5. DGG/ΕΚΠΑ (4Α)	46
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	46
5.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ	46
6. LGS/ΤΕΙΚ (5Α)	49
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	49
6.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΟΡΗΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	51
6.2.1 SEISMOLOGICAL HARDWARE	51





6.2.2 Wi-Fi HARDWARE	57
6.2.3 POWER SUPPLY HARDWARE	59
6.2.4 SATELLITE HARDWARE	60
6.3 Το ΦΟΡΗΤΟ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΤΟΥ LGS-ΤΕΙΚΡ ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ	64
7. SEISLAB/ΠΠΑΤ (6A)	66
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	66
7.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ...	66





ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Φορητά Δίκτυα	Σεισμολογικοί Σταθμοί	Σεισμογράφοι
Σεισμόμετρα	Ψηφιοποιητές	Υποδομή
Hardware	Τεχνικά Χαρακτηριστικά	Υφιστάμενα Δίκτυα



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο
Περιφερειακής Ανάπτυξης

ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ



ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη



ΠΡΟΟΙΜΙΟ

Το παρόν Παραδοτέο αποτελεί μία καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης των φορητών σεισμογραφικών δικτύων των εταίρων του έργου HELPOS για τη δημιουργία «δεξαμενής» φορητών οργάνων που θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους εταίρους του δικτύου για την καταγραφή της εδαφικής κίνησης, τόσο για το έδαφος όσο και για τις κατασκευές.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο
Περιφερειακής Ανάπτυξης





ABSTRACT

The current deliverable constitutes a recording of the current situation of the mobile seismographic networks of the HELPOS project partners for the development of a pool of mobile equipment that will be able to be used by all partners of the network to record ground motion, that much for the ground as well as for buildings.





1. ΓΕΙΝ/ΕΑΑ (1Α)

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του ΕΑΑ από το 2009 συντηρεί φορητό σεισμολογικό δίκτυο για να συνδράμει, όταν χρειαστεί, σε περιπτώσεις έξαρσης της σεισμικότητας. Αρχικά, το Φορητό Δίκτυο αποτελείτο από είκοσι (20) πλήρεις σεισμολογικούς σταθμούς, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οποίων θα περιγραφούν στη συνέχεια.

Σταθμοί του φορητού δικτύου εγκαταστάθηκαν με μεγάλη επιτυχία σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας ύστερα από εκδήλωση έντονης σεισμικότητας (π.χ. στην περιοχή της Οιχαλίας 2011, στην περιοχή του Αιγίου 2013, κλπ.). Επίσης, φορητά όργανα του συγκεκριμένου δικτύου χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια ερευνητικών έργων (π.χ. ΞΕΝΙΟΣ).

Η συνήθης πρακτική που ακολουθείται είναι η εγκατάσταση φορητών οργάνων για περιορισμένο χρονικό διάστημα (ολίγων μηνών) και η απεγκατάστασή τους και επιστροφή τους στο Γ.Ι. μετά το πέρας της καταγραφής.

Σε τρεις όμως ειδικές περιπτώσεις (Σαντορίνη 2011, Κεφαλληνία 2014 και Λέσβος 2017), που θα περιγραφούν λεπτομερώς στη συνέχεια, εξαιτίας της σοβαρότητας της κατάστασης, της ιδιαίτερης ανησυχίας των τοπικών κοινοτήτων και των 'ελλείψεων' του Εθνικού Σεισμολογικού Δικτύου, πραγματοποιήθηκε εγκατάσταση φορητών σταθμών, χωρίς αυτοί να επιστρέψουν στο Γ.Ι., γεγονός που για τους περισσότερους θα συμβεί στο πλαίσιο του έργου.

1.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

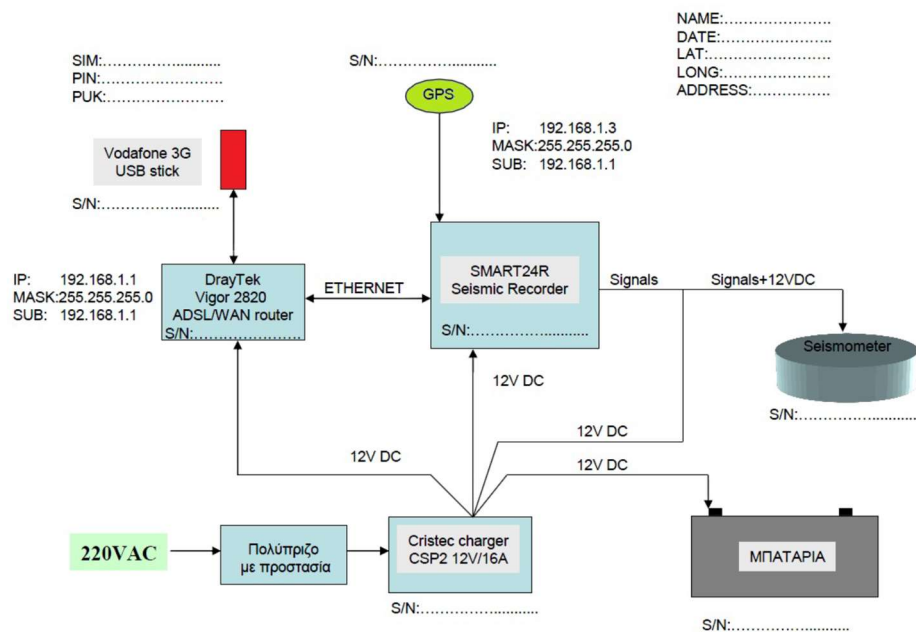
Ένας πλήρης φορητός σταθμός (Σχήμα 1.1) αποτελείται από:

- Broadband σεισμόμετρο Lennartz 3D/20s (Σχήμα 1.2)
- Geotech Smart-24 Digitizer (Σχήμα 1.3)
- Gps Trimble (ώστε οι ψηφιοποιητές να έχουν ακριβή χρόνο)
- Router Drytek (Σχήμα 1.4)
- Φορτιστές-Τροφοδοτικά Cristec (Σχήμα 1.6)
- Modem Usb stick
- Μπαταρία 12Volt/80Ah κλειστού τύπου
- Πολύπριζο ασφαλείας
- Καλώδια σύνδεσης
- Πλαστικό κουτί





NOA Portable Stations Diagram



Σχήμα 1.1: Διάγραμμα Φορητού Σεισμολογικού Σταθμού

SEISMOMETER: LENNARTZ 3D/20sec



Sensitivity: 1000 V*s/m

2 zeros + 2 poles

-0.223 0.223

-0.223 -0.223

A0=1

Σχήμα 1.2: Σεισμόμετρο Lennartz 3D/20sec

(πηγή: http://sismic2.iec.cat/orfeus/instrumentation/info_sheets/lennartz_le3d20.pdf)



DIGITIZER: SMART24 GEOTECH



Number of inputs: - 3 or 6 channels

Input type: - Balanced differential with transient protection suitable for both passive and active sensors

Input range: - 40, 20 and 5 volts p-p bipolar differential maximum

Gain: - Software selectable gains of 1, 2, 4, 8, 16, 32 and 64

Common mode rejection: - Greater than 90 dB

A/D Converter: - Over sampled 24-bit Delta Sigma ADC with DSP, 1 per channel

Anti-alias filter: - Brickwall digital FIR filter, cutoff at 80% of and 130 dB down at output Nyquist

Dynamic range: - up to 138 dB

Intermodulation distortion: - Less than -100 dB

Signal to distortion: - Less than -100 dB

Sample rates: - 1, 5, 10, 20, 40, 50, 100, 125, 200, 250, 500, 1000 and 2000 sps primary sample rates (plus secondary)

Noise: - < 1 count rms at 100 sps

Σχήμα 1.3: Ψηφιοποιητής Smart24 (πηγή: <http://www.geoinstr.com/smart24.htm>)

Το φορητό σεισμολογικό δίκτυο χρησιμοποιεί μία πρότυπη μορφή επικοινωνίας μέσω δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Τα δεδομένα από τον ψηφιοποιητή (SMART24-Geotech) σε μορφή SEED στέλνονται στο modem/router Draytek 2820 (Σχήμα 1.4) που συνδέεται σε δίκτυο GPRS/3G μέσω της κεραίας κινητής τηλεφωνίας, που εξυπηρετεί την περιοχή (BTS Base Transceiver Station) στο BSC (Base Station Controller) που κάνει την διαχείριση του καναλιού και από εκεί σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα μετάβασης των δεδομένων (SGSN Serving GPRS support node και GGSN Gateway GPRS support node) στο VPN της Vodafone. Από το VPN της Vodafone με tunneling τα δεδομένα έρχονται στο router του ΕΔΕΤ στην Πεντέλη και μέσω τοπικού δικτύου έρχονται στο router του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου στο Θησείο (Σχήμα 1.5), όπου οδηγούνται σε σύστημα αποθήκευσης και επεξεργασίας real-time των σεισμολογικών δεδομένων (SEISCOMP).



ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ





COMMUNICATION: DRYTEK VIGOR MODEM/ROUTER



Physical Interfaces:

LAN Ports (Switch)

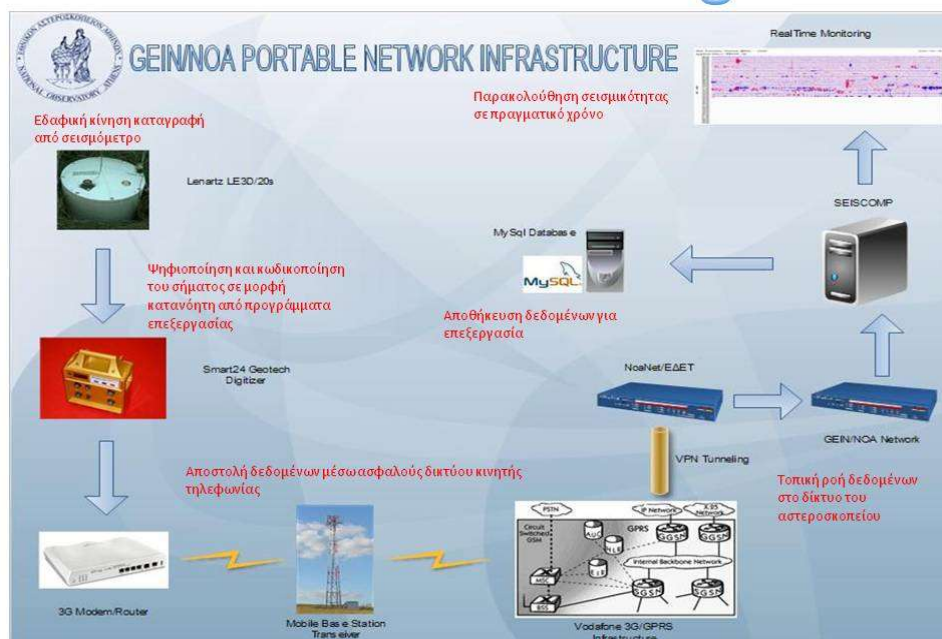
1 X Gigabit Ethernet
(1000Mb/s) Ports
3 X Megabit (100Mb/s)
Ports

WAN Ports:

ADSL Port Compliant with:
Annex M
Secondary WAN Port :
10/100
USB Port for 3G Cellular
Modem or Printer

Σχήμα 1.4: Modem/Router Dryter
(πηγή: <http://www.draytek.co.uk/products/vigor2820.html>)

Communication Diagram



Σχήμα 1.5: Διάγραμμα Επικοινωνίας



	Part number	CPS3/12-16	CPS3/12-25	CPS3/12-40	CPS3/12-60	CPS3/12-80	CPS3/12-100	CPS3/24-12	CPS3/24-20	CPS3/24-30	CPS3/24-60	CPS3/24-75	CPS3/24-120	CPS3/24-150-TR	CPS3/48-15	CPS3/48-30	CPS3/48-60	
Output voltage	12 VDC							24 VDC							48 VDC			
Nominal output current	16 A	25 A	40 A	60 A	80 A	100 A	12 A	20 A	30 A	60 A	75 A	120 A	150 A		15 A	30 A	60 A	
Input voltage	From 85 to 265 VAC single-phase automatic													304/552 VAC 3-phase	From 85 to 265 VAC single-phase automatic			
Input frequency	From 47 to 65 Hz automatic																	
Input current consumption at 230 VAC	1,4 A	2,0 A	3,2 A	4,6 A	6,0 A	6,9 A	1,9 A	3,1 A	4,4 A	9,0 A	11,5 A	17,0 A	7,0 A*		4,3 A	9,0 A	17,0 A	
AC Input connection	On screw terminal with clamping through plastic gland																	
Power limitation through external bipolar switch (max input current = 6A)	no			yes			no			yes			no			yes		
Power factor	0,9 at rated conditions**																	
Efficiency	> 80% at rated conditions**																	
Output voltage regulation	+/- 1%																	
Recommended battery bank (Ah)	100-200	200-300	300-500	500-700	700-900	900-1200	100-200	200-300	300-500	500-700	600-900	900-1400	1200-1800		100-200	200-400	500-700	
Number of battery bank (through cable lead-in and with in-built anti-return diode)	3 : +BAT D, +BAT1 and +BAT2					1	3 : +BAT D, +BAT1 and +BAT2						1		3 : +BAT D, +BAT1 and +BAT2		1	
Special terminal to connect an additional battery isolator	yes																	
DC output connection on threaded rod h=25 mm	M5		M6			M8		M5		M6			M8		M6		M8	
Charging curve	3-step IUoU as manufacturing setting - IU through internal setting																	
Battery type	Lead sealed as factory setting - Other choice through internal setting (calcium lead, gel, AGM, etc.)																	
Boost voltage	14,5 / 29,0 / 58 VDC for Lead sealed batteries - Manufacturing setting																	
Typical BOOST duration	4 hours																	
Floating voltage	13,8 / 27,6 / 55,2 VDC for Lead-sealed batteries - Manufacturing setting																	
Output voltage adjustment	Using internal potentiometer																	
Front panel indicators	3 LEDs that monitor the AC presence and the charge phase (Boost, Absorption, Floating)																	
Operating temperature	Nominal conditions from - 10°C to + 55 °C; then derating: output power reduction < 2,5 %/°C For temperature > 65°C automatic stopping - Automatic restart																	
Cooling	Natural			Electric fan controlled by the output current			Natural			Electric fan controlled by the output current								
Sound level	< 50 DbA at 1 metre																	
In-built electrical protection	Against short-circuit, polarity reversal, over-voltage, over-heating, over-current																	
Protection factor	IP 23		IP 22			IP 23			IP 22									
Overall dimensions (mm) Not including cable gland	h: 179 w: 258 d: 106		h: 212 w: 282 d: 117		h: 260 w: 350 d: 123		h: 400 w: 350 d: 123		h: 179 w: 258 d: 106		h: 212 w: 282 d: 117		h: 260 w: 350 d: 123		h: 212 w: 282 d: 117		h: 260 w: 350 d: 123	
Case type	1M		2M		3M		1H		1M		2M		3M		1H/2H		2M 3M 1H	
Weight (Kg)	2,5		4,2		7,5		12,7		2,5		4,2		7,5		14		4,2 7,5 12,7	
Standards	CE, UL and CSA																	
Guarantee	3 years																	

*max VAC 3-phase **except CPS24-150-150-TR

Σχήμα 1.6: Φορτιστής/ Τροφοδοτικό Cristec

(Πηγή: <http://www.cristec.fr/en/on-going-serial-products/cps3-battery-chargers.html>)

1.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΟΡΗΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΗ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗ

Η εγκατάσταση των πρώτων φορητών σεισμολογικών σταθμών στη Σαντορίνη πραγματοποιήθηκε τον Ιούνιο του 2011. Τα σημεία εγκατάστασης των τεσσάρων (4) φορητών σεισμολογικών σταθμών καθώς και οι ακριβείς συντεταγμένες φαίνονται στο Σχήμα 1.7.





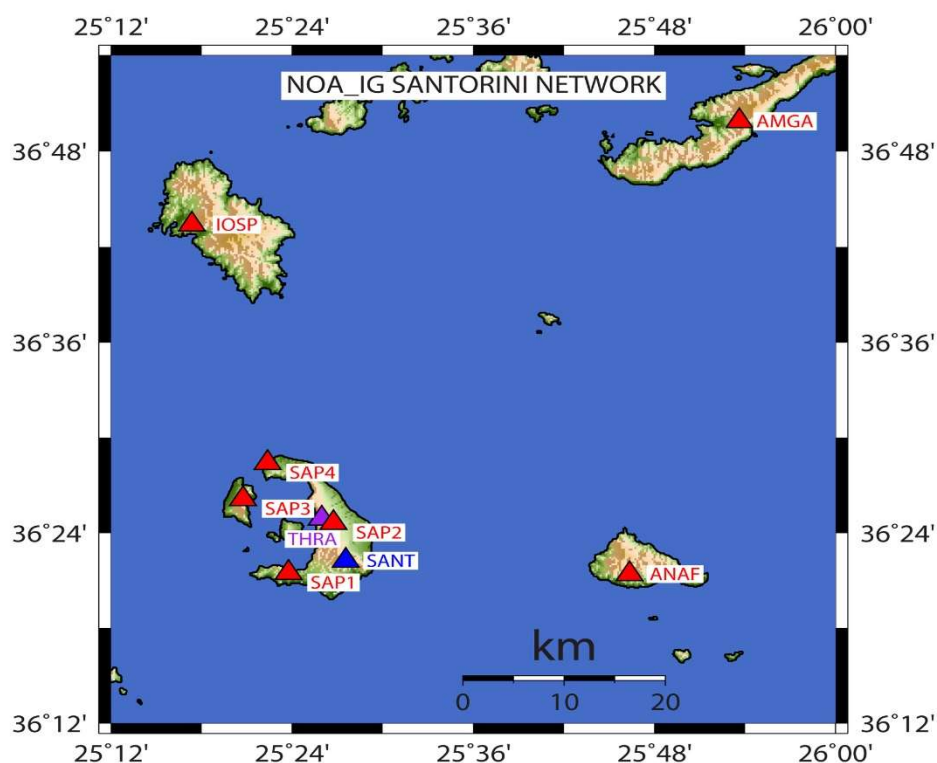
Σχήμα 1.7: Χάρτης Σεισμολογικού δικτύου Σαντορίνης: Με κόκκινο οι σταθμοί του φορητού σεισμολογικού δικτύου, με μπλέ ο μόνιμος σεισμολογικός σταθμός (SANT) και με μωβ ο μόνιμος σταθμός επιταχυνσιογράφου (THRA)

Συντεταγμένες Φορητού δικτύου Σαντορίνης (πηγή: <http://bbnet.gein.noa.gr>)

Τον Μάρτιο και τον Ιούνιο 2012, το σεισμολογικό δίκτυο αναπλήχθηκε περαιτέρω και τοποθετήθηκαν άλλοι δύο (2) σταθμοί στα νησιά Ίος και Ανάφη, και ένας σταθμός στο νησί Αμοργός, αντιστοίχως. Η σημερινή εικόνα του δικτύου παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.8.



Location	Station Code	S/N	Latitude (N)	Longitude (E)	Elevation (m)
Akrotiri	SAP1	1599	36.35794	25.39570	151
Karterados	SAP2	1584	36.41078	25.44570	185
Thirasia	SAP3	1601	36.43561	25.34539	205
Oia	SAP4	1608	36.47337	25.37244	56



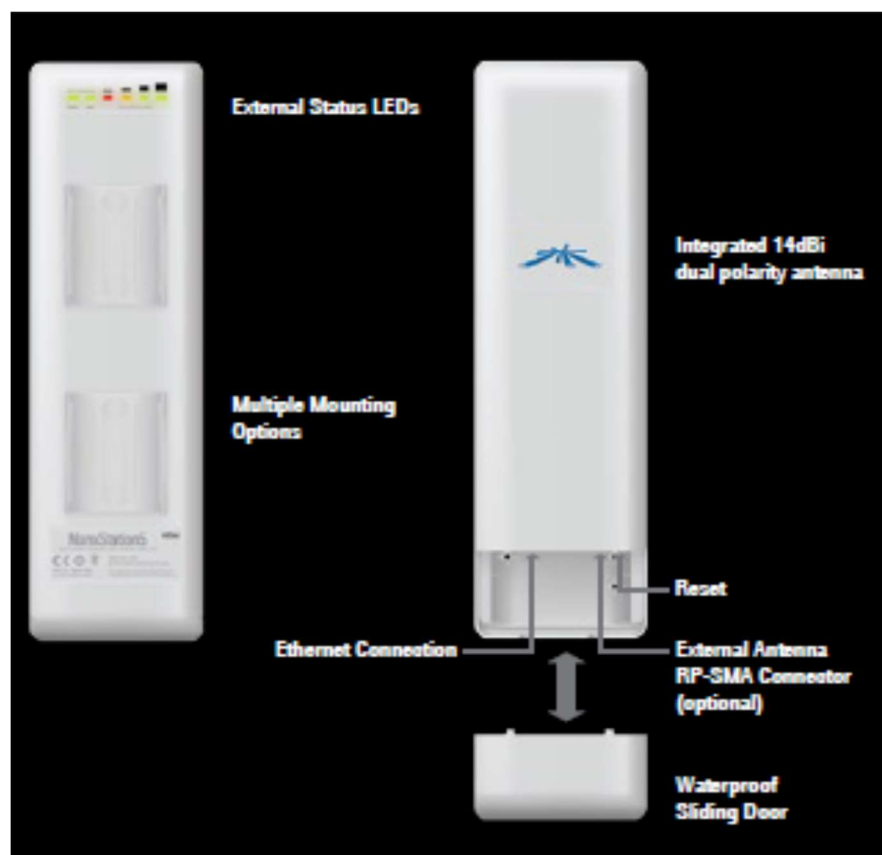
Σχήμα 1.8: Εικόνα Σεισμολογικού δικτύου Σαντορίνης (4/6/2012)
(πηγή: <http://bbnet.gein.noa.gr/>)

Λόγω πολυπλοκότητας του ασύρματου δικτύου παρουσιάστηκαν προβλήματα όσο αφορά την περίπτωση βλαβών στο δίκτυο της κινητής τηλεφωνίας. Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με ανάπτυξη επικοινωνίας του φορητού σεισμολογικού δικτύου μέσω Wifi Nanostation Link με το σταθερό δίκτυο μεταγωγής δεδομένων Σύζευξης (Σχήμα 1.9). Με αυτό τον τρόπο τα σεισμολογικά δεδομένα μέσω αποκλειστικά ενσύρματου VPN δικτύου κατευθύναν στο Γεωδυναμικό Ινστιτούτο χωρίς την ενδιάμεση παρέμβαση άλλων παρόχων (ΕΔΕΤ, Vodafone), με σαφώς αυξημένο bandwidth σε σχέση με το δίκτυο GPRS/3G.



ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ





Σχήμα 1.9: Κεραίες Wifi Nanostation 5 (πηγή: <http://www.ubnt.com/nanostation>)

Το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο δημιούργησε ειδική ιστοσελίδα του φορητού σεισμολογικού δικτύου της Σαντορίνης που ενημερώνεται σε πραγματικό χρόνο με τα δεδομένα των σεισμολογικών σταθμών (Σχήμα 1.10).

Η διεύθυνση του ιστότοπου είναι:

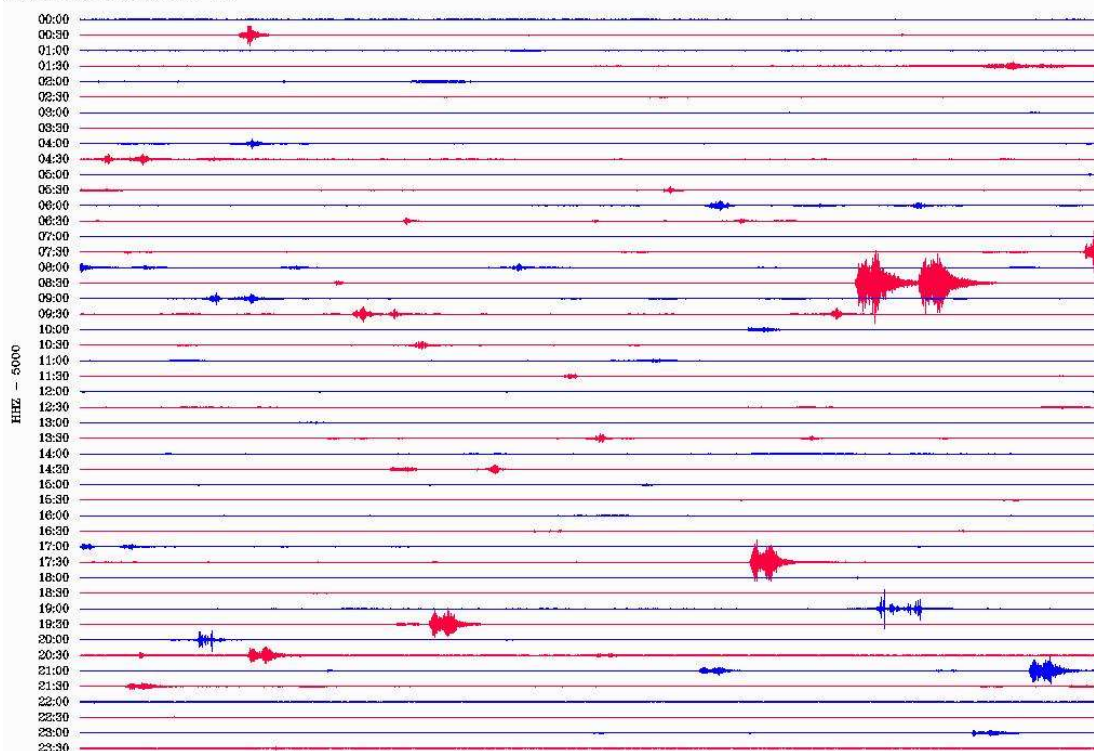
http://bbnet.gein.noa.gr/NOA_HL/index.php/real-time-plotting/santorini-network



NOA Portable Station ANAF - 1486

2012-05-26

Applied filter: WWSSN-SP



Σχήμα 1.10: Καταγραφή Φορητού Σταθμού Ανάφης

1.4 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΟΡΗΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑ

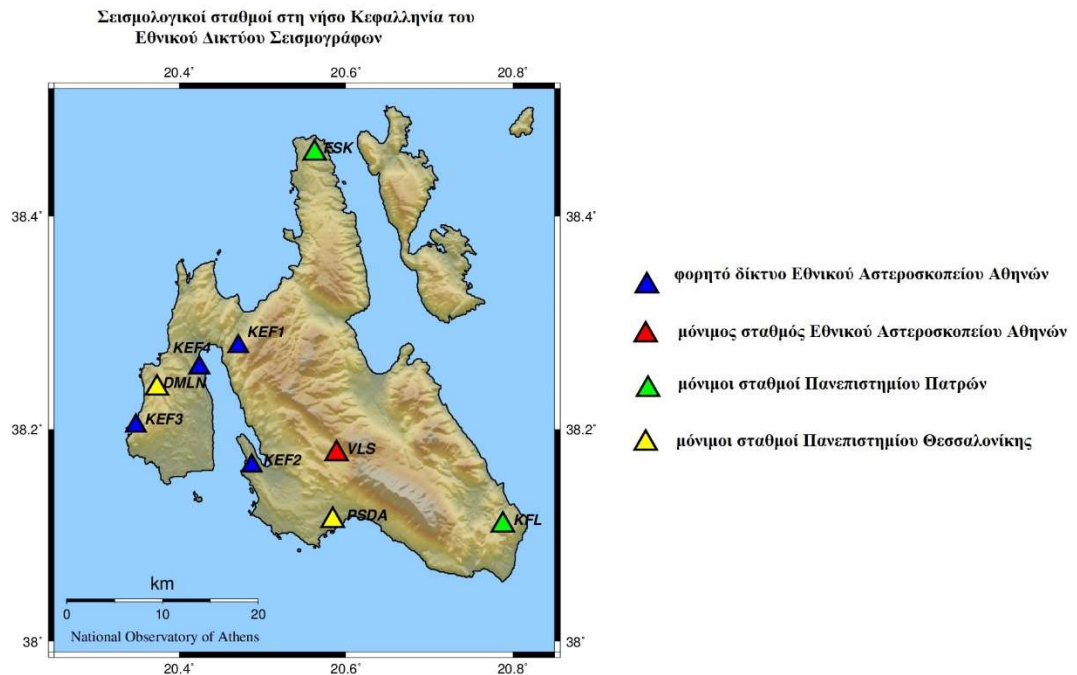
Αμέσως μετά την εκδήλωση του σεισμού της 26ης Ιανουαρίου 2014, το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο έστειλε κλιμάκιο επιστημόνων και τεχνικών και εγκατέστησε φορητό δίκτυο (Σχήμα 1.11) τεσσάρων (4) σταθμών (KEF1, KEF2, KEF3 και KEF4), επειδή ο αριθμός των υπάρχοντων μόνιμων σταθμών ήταν ανεπαρκής για τη λεπτομερή καταγραφή της μετασεισμικής δραστηριότητας.

Λεπτομέρειες σχετικά με τους σταθμούς δίνονται στα:

<http://www.gein.noa.gr/el/diktua/alla-diktua/forita-seismologika-diktua>

<http://www.gein.noa.gr/el/diktua/seismologiko-diktuo>.



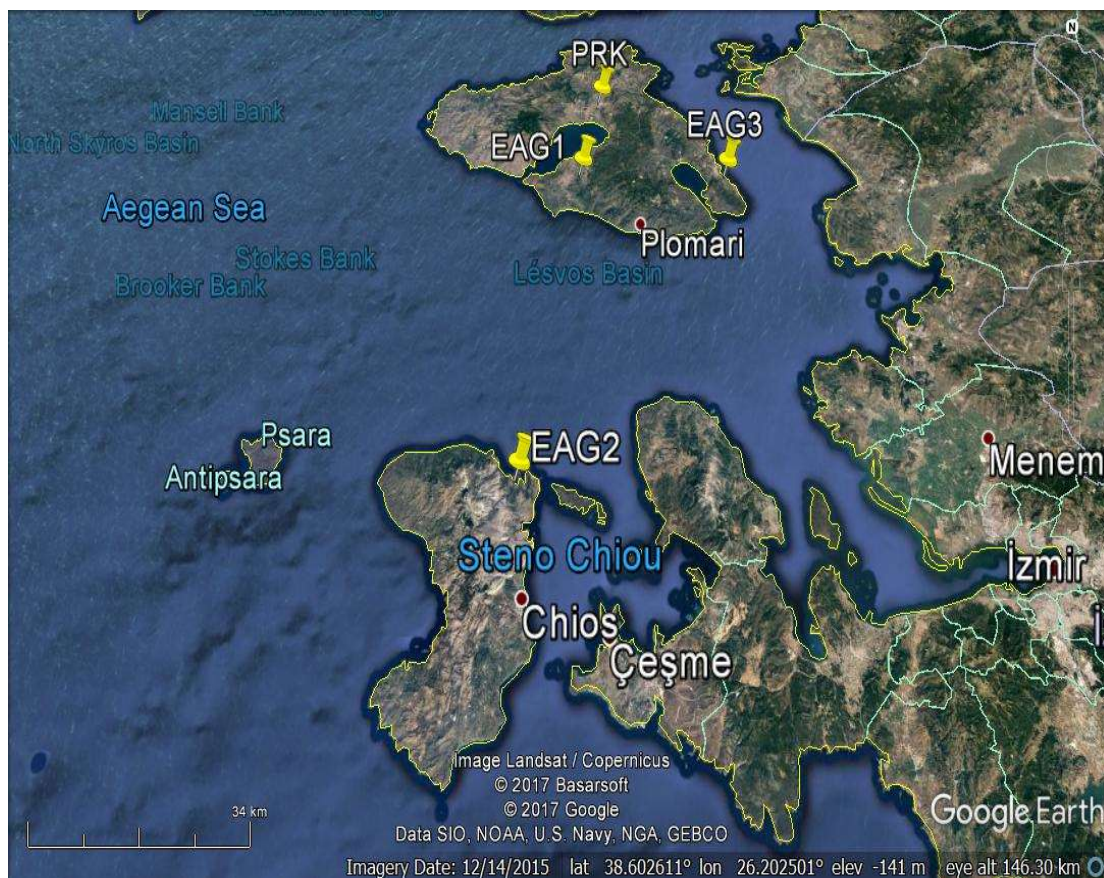


Σχήμα 1.11: Φορητό και Μόνιμο Σεισμολογικό Δίκτυο στην Κεφαλληνία

Αποτέλεσμα της εγκατάστασης του φορητού δικτύου ήταν η δυνατότητα καταγραφής χιλιάδων σεισμών (>8.000) στη διάρκεια ενός έτους, με μεγέθη $M > 1.0$. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φορητών σταθμών είναι ίδια με εκείνα του δικτύου της Σαντορίνης.

1.5 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΟΡΗΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΣΤΗ ΛΕΣΒΟ

Αμέσως μετά την εκδήλωση του καταστροφικού σεισμού (15:28 ώρα Ελλάδος, 12.06.2017) μεγέθους 6.1 Ρίχτερ με επίκεντρο το θαλάσσιο χώρο μεταξύ Λέσβου και Χίου, σε απόσταση 15 χιλιομέτρων από το Πλωμάρι και σε βάθος 11 km, κρίθηκε αναγκαία η άμεση εγκατάσταση σύγχρονου φορητού σεισμολογικού δικτύου στην περιοχή Λέσβου-Χίου για την καλύτερη και ακριβέστερη καταγραφή του φαινομένου και για την πληρέστερη επιστημονική εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας. Εν τέλει, στην περιοχή Λέσβου – Χίου εγκαταστάθηκαν τρεις (3) φορητοί σταθμοί (Σχήμα 1.12), οι οποίοι μαζί με το μόνιμο σταθμό στην Αγ. Παρασκευή (PRK) είναι συνδεδεμένοι με το πανελλαδικό δίκτυο του ΓΙ/ΕΑΑ και παρέχουν αδιαλείπτως δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, τα οποία είναι προσβάσιμα μέσω διαδικτύου.



Σχήμα 1.12: Φορητό Δίκτυο σε Λέσβο – Χίο

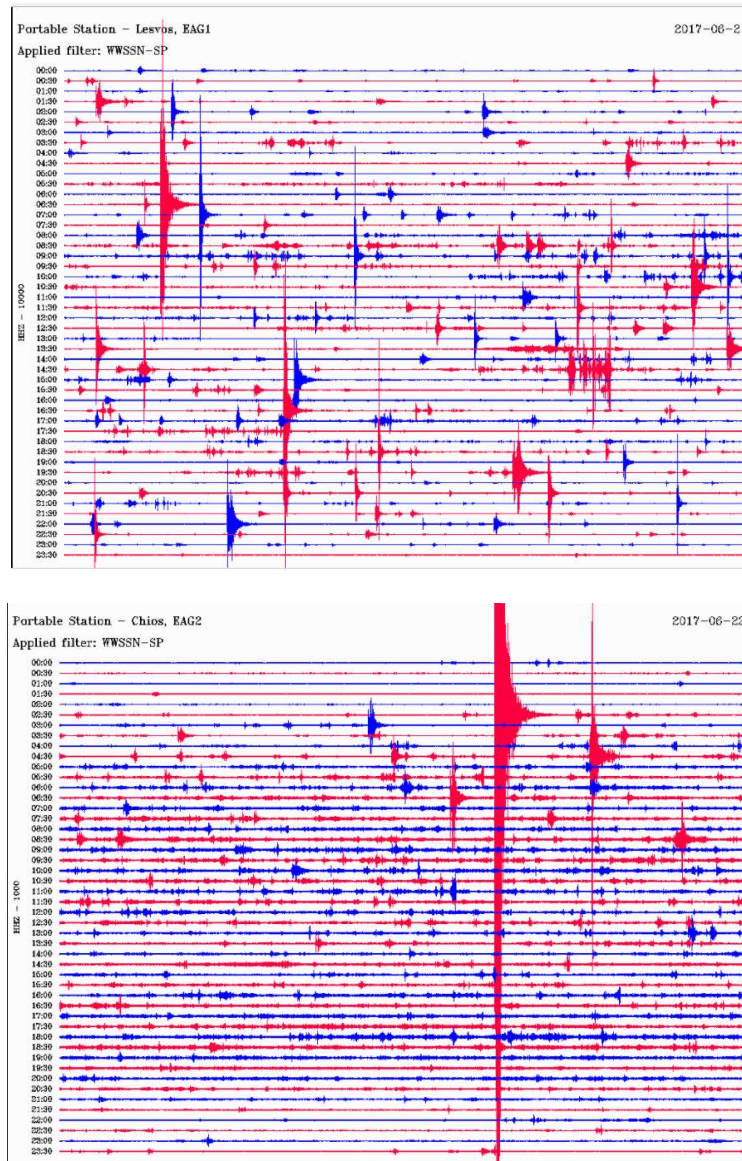
Οι συντεταγμένες των φορητών σταθμών είναι:

EAG1 Latitude: 39.084158 | Longitude: 26.221664, Altitude: 168 meters

EAG2 Latitude: 38.544024 | Longitude: 26.108256, Altitude: 0 meters

EAG3 Latitude: 39.084983 | Longitude: 26.569352, Altitude: 38 meters

Στη συνέχεια δίνεται παράδειγμα (Σχήμα 1.13) των καταγραφών των φορητών δικτύων.



Σχήμα 1.13: Καταγραφές των Σταθμών EAG1 και EAG2

1.6 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΤΟ ΓΕΙΝ/ΕΑΑ

Στον Πίνακα 1.1 που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα διαθέσιμα ανταλλακτικά/ τμήματα του φορητού δικτύου στις εγκαταστάσεις του ΓΕΙΝ (Θησείο, Αθήνα).



Αριθμός Τεμαχίων	Είδος	Χαρακτηριστικά
8	Μπαταρίες	12V/ 75Ah
4	Ψηφιοποιητές SMART 24	SN: 1515, 1496, 1605, 1595
20	Φορτιστές	12V/ VMARK
5	Σεισμόμετρα KS2000	SN: 603, 604, 605, 606, 608
10	Προεκτάσεις	-
8	Πρίζες	Αντικεραυνικά
16	Αντικεραυνικά	Τηλεφωνικής Γραμμής
1	Καλώδιο Δικτύου SUTP	100 m.
1	Καλώδιο Δικτύου UTP	100 m.
0	Κεραία GPS	-





2. DG/ΑΠΘ (2Α)

2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Τομέας Γεωφυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (DG/ΑΠΘ), από την ίδρυσή του, διαθέτει φορητό δίκτυο ψηφιακών σειсмоγράφων με σκοπό τη γρήγορη εγκατάστασή τους σε περιπτώσεις ισχυρών σεισμών και την εκτέλεση ερευνητικών προγραμμάτων. Το πρώτο δίκτυο φορητών σεισμολογικών σταθμών αποτελείτο από κατακόρυφα σεισμόμετρα βραχείας περιόδου (1 s) και αναλογικά καταγραφικά MEQ 800 της εταιρείας Sprengnether. Η καταγραφή γινόταν σε αιθαλωμένο χαρτί σε περιστρεφόμενο τύμπανο. Η λήψη του σήματος του χρόνου γινόταν μέσω ραδιοφωνικού σήματος και η διόρθωση του ρολογιού του σειсмоγράφου σε κάθε επίσκεψη για την αντικατάσταση του τυμπάνου σε χρονικό διάστημα 1-2 ημέρες, δηλαδή όση ήταν η διάρκεια αυτοδύναμης λειτουργίας του σειсмоγράφου. Τα όργανα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη σεισμικών ακολουθιών ισχυρών σεισμών όπως της Καλαμάτας (1986), της Κυλλήνης (1988), της Κοζάνης (1995) και του Αιγίου (1995). Χρησιμοποιήθηκαν επίσης στην εκπόνηση πλήθους επιστημονικών πειραμάτων στο πλαίσιο ερευνητικών προγραμμάτων σε συνεργασία με άλλους σεισμολογικούς φορείς από την Ελλάδα και το εξωτερικό. Η Μυκονία λεκάνη, το Βόρειο Αιγαίο, το Νότιο Αιγαίο, η Πελοπόννησος, ο Κορινθιακός κόλπος, η Θεσσαλία, η Ήπειρος είναι μεταξύ άλλων περιοχές που μελετήθηκαν.

Από τις αρχές της δεκαετίας του 1990 ο Τομέας Γεωφυσικής προχώρησε στην προμήθεια δύο (2) ψηφιακών οργάνων με σκοπό τη σταδιακή αντικατάσταση του αναλογικού δικτύου. Τα όργανα αυτά τα οποία ήταν της εταιρείας Lennartz αποτελούνταν από σεισμόμετρο βραχείας περιόδου και ψηφιοποιητή τύπου Mars88, 16 bit. Είχαν πολύ μικρές δυνατότητες αποθήκευσης δεδομένων κάτι που έκανε σχεδόν αδύνατη τη συνεχή καταγραφή, και υποχρεωτική την καταγραφή σεισμών που διέγειραν το όργανο με βάση το λόγο της μέσης τιμής μακράς προς βραχείας περιόδου θορύβου.

Αργότερα, στα τέλη της δεκαετίας του 1990, το φορητό δίκτυο αναβαθμίστηκε με την προμήθεια ψηφιακών σειсмоγράφων 24bit με χρήση GPS για τον προσδιορισμό του χρόνου και της θέσης εγκατάστασης του οργάνου και μεγάλη δυνατότητα αποθήκευσης δεδομένων. Πρόκειται για τους ψηφιοποιητές 72A07 της εταιρείας Peftek με σεισμόμετρα τύπου CMG 40 T, ευρέος φάσματος 30 s 100Hz της εταιρείας Guralp. Το δίκτυο αυτό χρησιμοποιήθηκε στη σεισμική ακολουθία της Αθήνας (1999), της Λευκάδας (2003) και σε αρκετές μελέτες σεισμικότητας και μικροθορύβου σε διάφορες περιοχές του ελληνικού χώρου.

Μετά το 2000, έγινε νέα αναβάθμιση του ψηφιακού δικτύου φορητών σεισμολογικών σταθμών με την προμήθεια επτά (7) ψηφιοποιητών 24 bit τύπου 130S-01 της εταιρείας Peftek (Tribble), και αντίστοιχων σεισμομέτρων ευρέος φάσματος τύπου CMG40T, της εταιρείας Guralp.





2.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

Σήμερα, στον Τομέα Γεωφυσικής του ΑΠΘ γίνεται συντήρηση και έλεγχος καλής λειτουργίας των επτά (7) σεισμολογικών σταθμών που είναι οι πλέον σύγχρονοι που διατίθενται και υποστηρίζονται από το απαραίτητο λογισμικό για την επεξεργασία των καταγραφών τους. Οι ψηφιακοί σεισμολογικοί σταθμοί της προηγούμενης γενιάς, αν και είναι διαθέσιμοι, δεν υποστηρίζονται να λειτουργήσουν, λόγω προβλημάτων στον τρόπο επικοινωνίας και στην επεξεργασία των δεδομένων, που οφείλονται στην παλαιότητά τους.

Κάθε σεισμολογικός σταθμός αποτελείται από:

1. Ψηφιοποιητή reftek, 24bit, 130S-01, τριών καναλιών
2. Σεισμόμετρο ευρέος φάσματος 30s – 100Hz, CMG40 T, Guralp
3. GPS trimble ή reftek (για τον προσδιορισμό με μεγάλη ακρίβεια του χρόνου και της θέσης εγκατάστασης του οργάνου)
4. Δύο (2) μνήμες (flash disks) με χωρητικότητα 1GB – 16GB κάθε μία
5. Μπαταρία τύπου αυτοκινήτου 12 V κλειστού τύπου
6. Φορτιστές, τροφοδοτικά διαφόρων τύπων για φόρτιση μπαταρίας 12V
7. Καλώδια σύνδεσης

Σε περίπτωση που υπάρχει πρόσβαση στο διαδίκτυο, το σήμα μεταδίδεται σε πραγματικό χρόνο σε server με το κατάλληλο λογισμικό (RTPD server), που είναι διαθέσιμος και σε συνεχή λειτουργία στον κεντρικό σεισμολογικό σταθμό του ΑΠΘ.

2.2.1 ΨΗΦΙΟΠΟΙΗΤΗΣ REFTEK 130S-01 ΤΡΙΩΝ ΚΑΝΑΛΙΩΝ

Οι ψηφιοποιητές reftek 130S-01 (Σχήμα 2.1) που διαθέτει ο Τομέας Γεωφυσικής του ΑΠΘ έχουν δυνατότητα καταγραφής της εδαφικής κίνησης σε τρία κανάλια, τηλεμετρία για την αποστολή των σεισμολογικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και δύο flash disks για αποθήκευση των δεδομένων τοπικά. Ανάλογα με τη χωρητικότητα του κάθε δίσκου εξασφαλίζεται και αυτοδύναμη λειτουργία του οργάνου. Με τους διαθέσιμους δίσκους και τις παραμέτρους λειτουργίας που εφαρμόζονται στον Τομέα Γεωφυσικής (αναφέρονται στη συνέχεια) εξασφαλίζεται αυτοδυναμία λειτουργίας από έναν έως οκτώ μήνες. Διαθέτει επιπλέον οθόνη παρακολούθησης της λειτουργίας και των βασικών παραμέτρων, επικοινωνία με υπολογιστή ή παρόμοιο εξοπλισμό στο πεδίο εκτός του διαδικτύου, εξωτερικό GPS για τον ακριβή προσδιορισμό του χρόνου και της θέσης εγκατάστασης του οργάνου. Ο ψηφιοποιητής τροφοδοτείται με ρεύμα 12V από μπαταρία τύπου αυτοκινήτου και έχει δυνατότητα λειτουργίας από 9-24 V για αποστολή δεδομένων μέσω διαδικτύου και 11-24 V για καταγραφή τοπικά στους δίσκους. Η ψηφιοποίηση ανάλογα με τις ανάγκες της διεξαγόμενης έρευνας μπορεί να ρυθμιστεί από 1-1000 sps. Υπάρχει δυνατότητα συνεχούς καταγραφής, χρονικής διέγερσης ή





διέγερσης με βάση το μέγεθος της καταγραφής. Η μορφοποίηση των δεδομένων γίνεται σε PASSCAL format.



Σχήμα 2.1: Ψηφιοποιητής refttek 130S-01, 24 bit. (1) Τρία ή έξι κανάλια σύνδεσης με αισθητήρες εδαφικής κίνησης. (2) Σύνδεση με το διαδίκτυο. (3) Θέσεις προσαρμογής δίσκων μνήμης (flash disks). (4) Οθόνη παρακολούθησης της λειτουργίας του οργάνου. (5) Σύνδεση για επικοινωνία με το όργανο, καθορισμό παραμέτρων κλπ. (6) Σύνδεση με GPS. Πηγή:

<http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-726584/130S-01%20brochure.pdf>

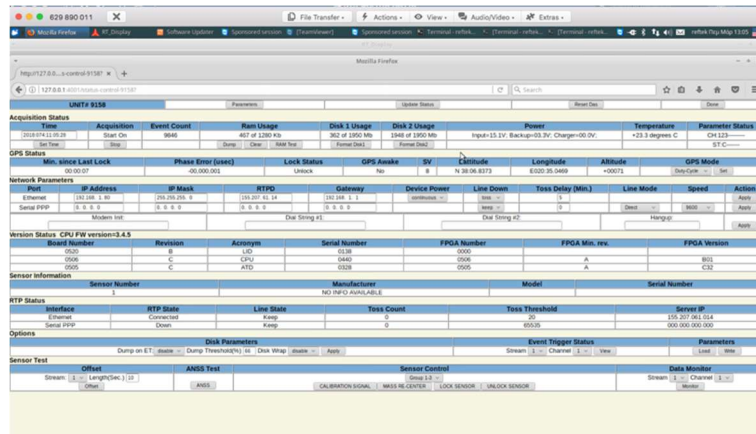
Η παρακολούθηση της λειτουργίας του οργάνου γίνεται τόσο στο πεδίο όσο και από απόσταση μέσω του RTPD server. Στο Σχ. 2.2 φαίνεται ένας αριθμός σεισμολογικών σταθμών των οποίων το σήμα φθάνει στον RTPD server που βρίσκεται σε λειτουργία στο σεισμολογικό σταθμό του ΑΠΘ. Για τον κάθε ένα από τους σταθμούς αυτούς είναι δυνατή η επικοινωνία από μακριά και η αλλαγή των παραμέτρων λειτουργίας.

Station	Host	Port	Type	Action
130S-01	127.0.0.1	2543	Rtpd	StationControl
130S-02	127.0.0.1	2543	Rtpd	StationControl
130S-03	127.0.0.1	2543	Rtpd	StationControl
130S-04	127.0.0.1	2543	Rtpd	StationControl
130S-05	127.0.0.1	2543	Rtpd	StationControl
130S-06	127.0.0.1	2543	Rtpd	StationControl
130S-07	127.0.0.1	2543	Rtpd	StationControl
130S-08	127.0.0.1	2543	Rtpd	StationControl
130S-09	127.0.0.1	2543	Rtpd	StationControl
130S-10	127.0.0.1	2543	Rtpd	StationControl
130S-11	127.0.0.1	2543	Rtpd	StationControl
130S-12	127.0.0.1	2543	Rtpd	StationControl

Σχήμα 2.2: Σελίδα του RTPD server που λειτουργεί στο σεισμολογικό σταθμό του ΑΠΘ, όπου φαίνονται οι σεισμολογικοί σταθμοί με τους οποίους είναι σε σύνδεση.

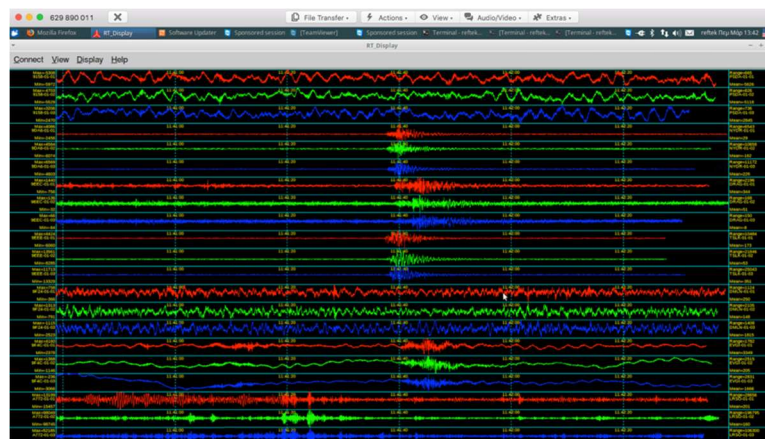


Στο Σχήμα 2.3 περιέχονται λεπτομερείς πληροφορίες για την κατάσταση λειτουργίας ενός από τους σεισμολογικούς σταθμούς που είναι συνδεδεμένοι με τον συγκεκριμένο RTPD server. Από τη σελίδα αυτή ο χρήστης μπορεί να δει και να ρυθμίσει τον τρόπο λειτουργίας του οργάνου. Επίσης μπορεί να επιλέξει τον έλεγχο των παραμέτρων λειτουργίας, όπως και να αλλάξει τις παραμέτρους.



Σχήμα 2.3: Σελίδα του RTPD server που λειτουργεί στο σεισμολογικό σταθμό του ΑΠΘ, όπου φαίνεται η κατάσταση λειτουργίας ενός σεισμολογικού σταθμού ο οποίος είναι συνδεδεμένος

Στο Σχ. 2.4 φαίνεται η καταγραφή του σήματος και των τριών συνιστωσών των σεισμολογικών σταθμών που είναι συνδεδεμένοι με τον RTPD server και έχουν επιλεγεί για το σκοπό αυτό. Οι τρεις συνιστώσες είναι κατά σειρά από πάνω προς τα κάτω, η κατακόρυφη, η οριζόντια στη διεύθυνση Βορράς Νότος και η οριζόντια στη διεύθυνση Ανατολή Δύση.



Σχήμα 2.4: Σελίδα του RTPD server που λειτουργεί στο σεισμολογικό σταθμό του ΑΠΘ, όπου φαίνεται η καταγραφή του σήματος όπως αυτή φθάνει στον RTPD server

2.2.2 ΣΕΙΣΜΟΜΕΤΡΟ ΕΥΡΕΟΣ ΦΑΣΜΑΤΟΣ 30s – 100Hz, CMG40 T, GURALP

Το GURALP CMG0 T (Σχήμα 2.5) είναι ένα ελαφρύ σεισμόμετρο τριών συνιστωσών, κατάλληλο για γρήγορη εγκατάσταση ακόμα και σε συνθήκες οι οποίες δεν είναι οι πλέον κατάλληλες. Παρόλα αυτά είναι προτιμότερο να εγκαθίσταται σε σκληρή, σχεδόν οριζόντια, επιφάνεια, σε καλή επαφή με το υπόβαθρο. Ο προσανατολισμός του οργάνου γίνεται με βάση την ένδειξη του γεωγραφικού βορρά στη λαβή του οργάνου και τη βοήθεια πυξίδας.



Σχήμα 2.5: Σεισμόμετρο τριών συνιστωσών GURALP CMG40 T
Πηγή: <https://www.guralp.com/documents/MAN-040-0001.pdf>

Η οριζοντίωση του σεισμόμετρου γίνεται με τη βοήθεια τριών κοχλιών που υπάρχουν στη βάση του σεισμόμετρου (Σχ. 2.5) και μιας φυσαλίδας η οποία βρίσκεται στην πάνω επιφάνεια του οργάνου (Σχ. 2.6). Το σεισμόμετρο μπορεί να λειτουργήσει κανονικά αν η κλίση του είναι μικρότερη από 3%.



Σχήμα 2.6: Η οριζοντίωση του σεισμομέτρου γίνεται με τη βοήθεια φυσαλίδας στην πάνω επιφάνεια του οργάνου
Πηγή: <https://www.guralp.com/documents/MAN-040-0001.pdf>

Κάθε σεισμόμετρο συνοδεύεται από φυλλάδιο που περιέχει το φύλλο βαθμολόγησης και τα βασικά χαρακτηριστικά του οργάνου (Σχ. 2.7). Η απόκριση του οργάνου στη σεισμική ταχύτητα είναι οριζόντια (flat) από τα 50 Hz μέχρι τα 0.033 Hz (30 s).

	Velocity Output V/m/s (Differential)	POLES (HZ)	ZEROS HZ
VERTICAL	2 x 406.7	$-23.56 \times 10^{-3} \pm j 23.56 \times 10^{-3}$ -50	0 0 159
NORTH/SOUTH	2 x 403.0		
EAST/WEST	2 x 387.2	Normalizing factor at 1 Hz: A =	-0.314

Σχήμα 2.7: Ευαισθησία σεισμικής ταχύτητας σε V/m/s, τα poles και zeros που χαρακτηρίζουν την απόκριση του οργάνου και ο παράγοντας κανονικοποίησης στο 1 Hz

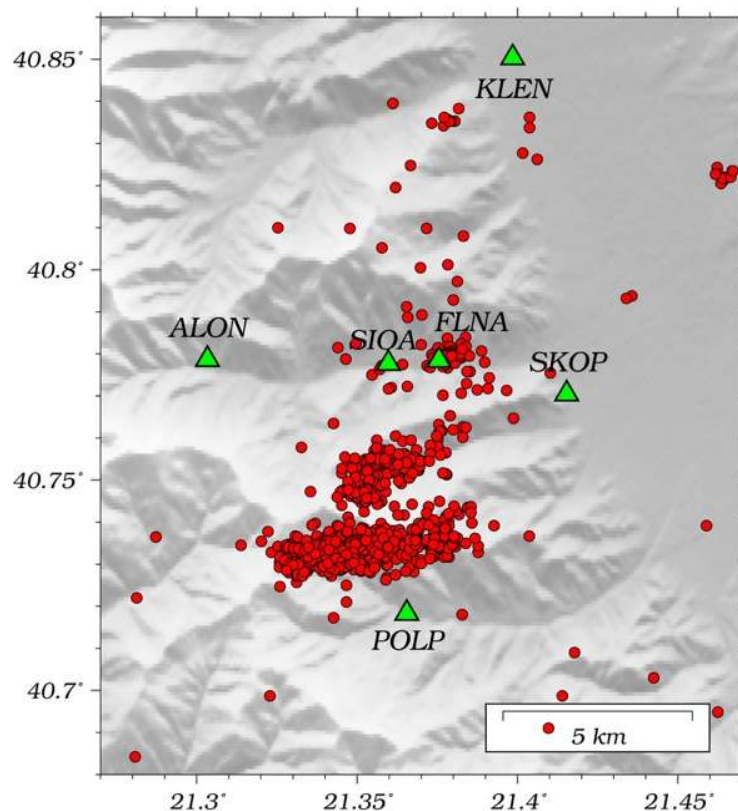
2.3 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Το δίκτυο των φορητών σειсмоγράφων του Τομέα Γεωφυσικής του ΑΠΘ όπως είναι σήμερα έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορες περιπτώσεις σεισμικών εξάρσεων και σε προγραμματισμένα πειράματα σε διάφορες περιοχές του Ελληνικού χώρου. Στη συνέχεια δίνονται παραδείγματα για τον τρόπο εγκατάστασης, και με συντομία στοιχεία για την επεξεργασία των δεδομένων που καταγράφηκαν.



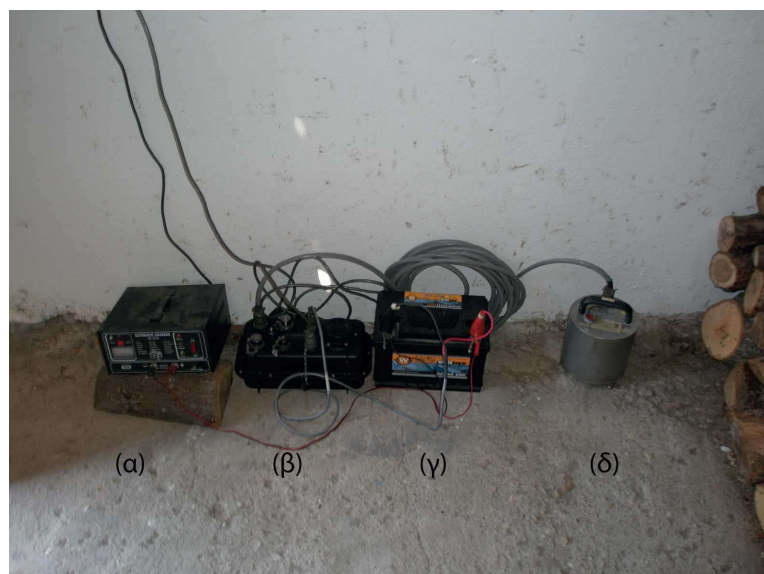
2.3.1 ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΞΕΑΡΣΗΣ ΣΤΗ ΦΛΩΡΙΝΑ

Το Φεβρουάριο του έτους 2013 εκδηλώθηκε σεισμική έξαρση πολύ κοντά στην πόλη της Φλώρινας. Παρά το γεγονός ότι το μέγεθος του μεγαλύτερου σεισμού ήταν σχετικά μικρό ($M=4.1$), η μετασεισμική δραστηριότητα συνεχίστηκε για αρκετούς μήνες. Στα τέλη Ιουλίου 2013 εγκαταστάθηκαν έξι σεισμολογικοί σταθμοί του φορητού δικτύου για τη λεπτομερή μελέτη της σεισμικότητας. Οι θέσεις των σεισμολογικών σταθμών του δικτύου, το οποίο λειτούργησε για έξι μήνες (τέλος Ιανουαρίου 2014), φαίνονται στο χάρτη του σχήματος 2.8. Στον ίδιο χάρτη έχουν χαρτογραφηθεί και τα επίκεντρα των σεισμών που καταγράφηκαν από το φορητό δίκτυο, αναλύθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για τους σκοπούς της μελέτης.



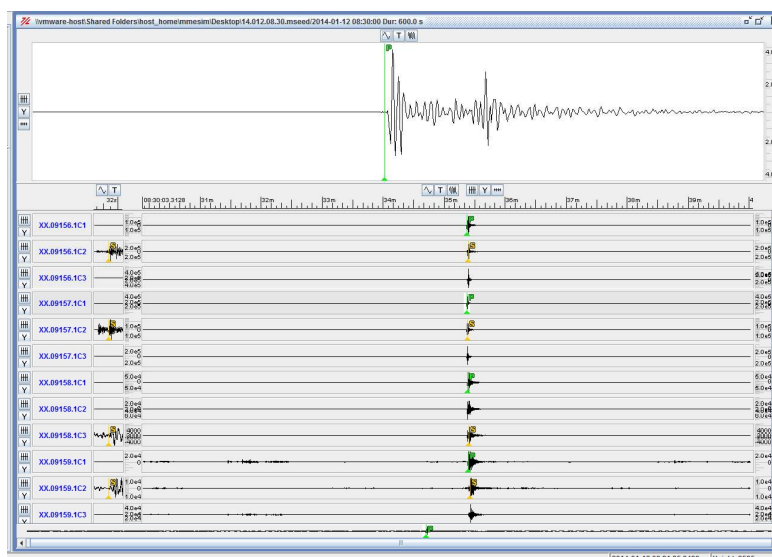
Σχήμα 2.8: Οι θέσεις των σεισμολογικών σταθμών (πράσινα τρίγωνα) οι οποίοι εγκαταστάθηκαν στη Φλώρινα για τη μελέτη της μετασεισμικής δραστηριότητας. Με κόκκινους κύκλους παριστάνονται τα επίκεντρα των σεισμών που καταγράφηκαν από το φορητό δίκτυο στο χρονικό διάστημα των έξι μηνών της λειτουργίας του.

Στο Σχήμα 2.9 φαίνεται μια τυπική διάταξη ενός από τους σταθμούς του φορητού σεισμολογικού δικτύου που εγκαταστάθηκαν στη Φλώρινα.



Σχήμα 2.9: Τυπική διάταξη εγκατάστασης φορητού σεισμολογικού σταθμού
(α) Φορτιστής (β) ψηφιοποιητής (γ) Μπαταρία (δ) Σεισμόμετρο

Στο Σχήμα 2.10 φαίνονται οι καταγραφές ενός σεισμού στους σταθμούς του σεισμολογικού δικτύου και η επιλογή των φάσεων των επιμήκων και εγκάρσιων κυμάτων από την κατακόρυφη και τις οριζόντιες συνιστώσες αντίστοιχα.

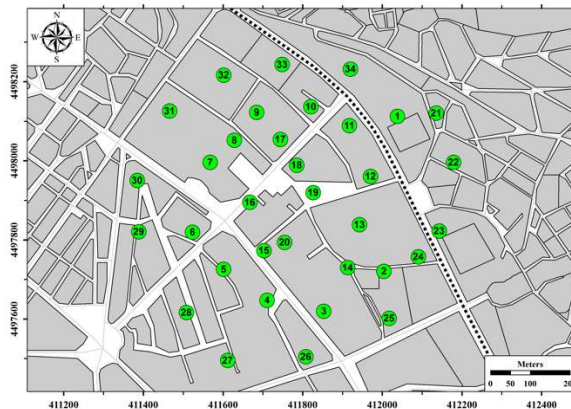


Σχήμα 2.10: Επιλογή φάσεων σε καταγραφή σεισμού σε σταθμούς του φορητού σεισμολογικού δικτύου



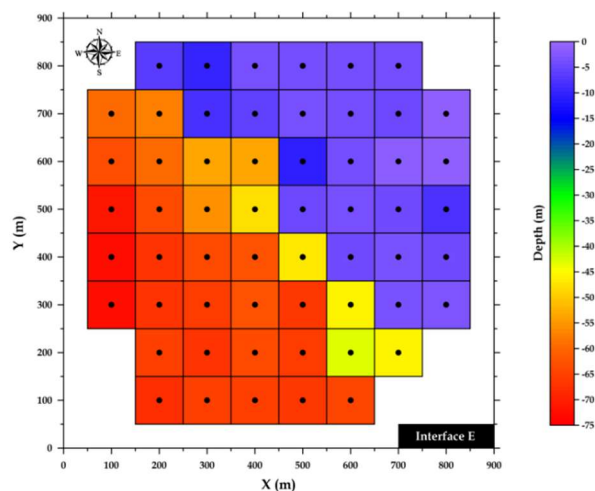
2.3.2 ΦΟΡΗΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΣΕΙΣΜΟΓΡΑΦΩΝ ΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

Στο Σχήμα 2.11 φαίνεται χάρτης με τις θέσεις των μετρήσεων μικροθορύβου οι οποίες έγιναν στη Θεσσαλονίκη στο διάστημα 2015 – 2017 με σκοπό τη μελέτη της δομής του χώρου.



Σχήμα 2.11: Θέσεις μετρήσεων μικροθορύβου με το φορητό δίκτυο σεισμογράφων στη Θεσσαλονίκη (Anthymidis et al., 2018)

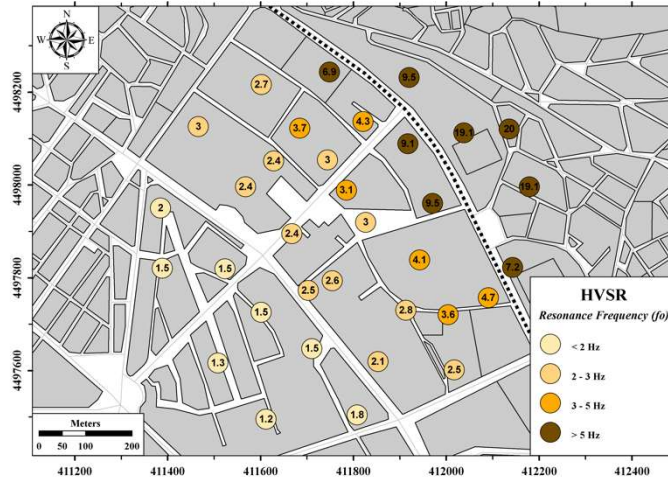
Στο Σχήμα 2.12 παριστάνεται η μεταβολή του βάθους του υποβάθρου στην περιοχή μελέτης με βάση τοπικό σύστημα αναφοράς. Παρατηρείται μια βαθμιαία μεταβολή από τα Βορειοανατολικά προς τα Νοτιοδυτικά.



Σχήμα 2.12: Μεταβολή του βάθους του σεισμικού υποβάθρου από τομογραφία θορύβου φορητού δικτύου (Anthymidis et al., 2018)



Στο σχήμα 2.13 φαίνονται οι τιμές της ιδιοσυχνότητας, όπως αυτές υπολογίστηκαν με βάση τις μετρήσεις του φορητού δικτύου σειсмоγράφων.



Σχήμα 2.13: Μεταβολή της ιδιοσυχνότητας με βάση τις μετρήσεις του φορητού δικτύου σειсмоγράφων (Anthymidis et al., 2018)

Βιβλιογραφία

- Anthymidis, M., Papazachos, C., Ohrnberger, M., Oikonomou, D., Savvaidis, A., Theodoulidis, N., Vargemezis, G., and Tsourlos, P. (2018). Generating 3D Vs Models in Urban Environments from Ambient Noise Tomography and Combined MASW/ERT Investigations: The Case of The City of Thessaloniki (Northern Greece), Paper 11347 (accepted for publ.), 16th Eur. Conf. Earth. Eng., Thessaloniki.
- Mesimeri, M., Karakostas, V., Papadimitriou, E., Tsaklidis, G. and Tsapanos, T. (2017). Detailed microseismicity study in the area of Florina (Greece): Evidence for fluid driven seismicity, Tectonophysics, 694, 424-435. 10.1016/j.tecto.2016.11.027

3. SDGEE/ΑΠΘ (2B)

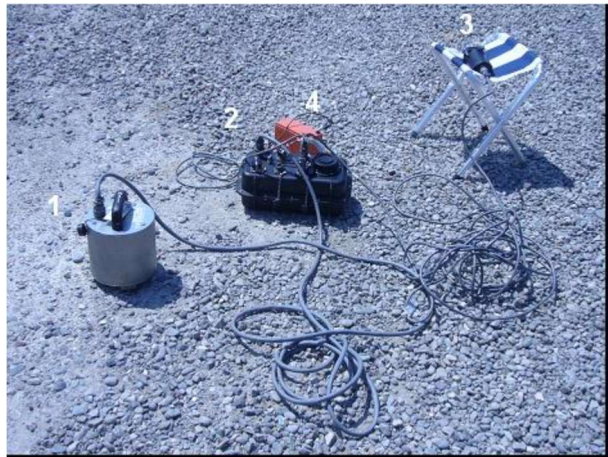
3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Εργαστήριο Εδαφομηχανικής, Θεμελιώσεων και Γεωτεχνικής Σεισμικής Μηχανικής του Α.Π.Θ. διαθέτει φορητό δίκτυο επτά (7) σειсмоγράφων ευρέως φάσματος καταγραφής συχνοτήτων (broadband seismometers). Η μέχρι στιγμής χρήση του δικτύου αυτού είναι για ολιγώρες ή/και ολιγοήμερες εγκαταστάσεις πεδίου, μετρήσεις πεδίου σε επίπεδο πειράματος, για τη μελέτη της γεωλογικής - γεωτεχνικής δομής και της σεισμικής απόκρισης μιας περιοχής. Το δίκτυο εξυπηρετεί τις ανάγκες διαφόρων ερευνητικών προγραμμάτων, αλλά και τα ερευνητικά ενδιαφέροντα των ερευνητών του με μετρήσεις που αυτοχρηματοδοτούνται από το εν λόγω εργαστήριο.

3.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

Ένας πλήρης φορητός σταθμός του δικτύου (Σχήμα 3.1) αποτελείται από:

1. Σεισμόμετρο τριών συνιστωσών ευρέως φάσματος καταγραφής συχνοτήτων. Broadband Guralp seismometer CMG-40T 30sec-50Hz (τα τεχνικά χαρακτηριστικά ακολουθούν).
2. 3-κάναλο 24-bit Trimble Reftek καταγραφικό DAS-130S-01/3 (τα τεχνικά χαρακτηριστικά ακολουθούν).
3. Gps Trimble (ώστε οι ψηφιοποιητές να έχουν ακριβή χρόνο).
4. Εξωτερική μπαταρία 12Volt/12.5Ah κλειστού τύπου (για την τροφοδοσία του καταγραφικού).



Σχήμα 3.1: Πλήρης φορητός σταθμός



5. Καλώδια σύνδεσης για τη συνδεσμολογία του σεισμομέτρου – καταγραφικού – GPS - μπαταρίας.

CMG-40T specifications



SYSTEM	
Technology	Force feedback (force-balance) velocity sensor
Configuration / Topology	Triaxial orthogonal (ZNE)
PERFORMANCE	
Velocity output band (flat response within -3 dB crossing points)	60 s (0.017 Hz) to 50 Hz standard 30 s (0.03 Hz) to 50 Hz option available Contact Guralp to discuss other frequency response options
Output sensitivity	800 V/m.s ⁻¹ (2 x 400 V/m.s ⁻¹) differential standard output (full-scale clip level of 25 mm/s) Contact Guralp to discuss alternative high sensitivity (high gain) options
Peak full-scale output voltage	Differential: ± 20 V (40 V peak-to-peak) Single-ended (e.g. mass positions): ± 10 V (20 V peak-to-peak)
Self noise below NLNM (New Low Noise Model; Peterson, 1993; USGS)	7 s (0.15 Hz) to 4 Hz* *Independently tested value - see Tasic & Runovc (2012, Journal of Seismology)
Sensor dynamic range (at standard output sensitivity)	148 dB @ 1 Hz 151 dB @ 5 Hz
Cross axis rejection	65 dB
Linearity	>80 dB
Lowest spurious resonance	450 Hz
Damping	70% of critical
Operating tilt range	$\pm 2.5^\circ$
MASS / MONITORING CONTROL	
Sensor Mass positions	Three independent sensor mass position outputs (single ended)
Mass locking	No mass locking required
Mass centring / offset zeroing	Manually adjustable via screws located on lid

CALIBRATION	
Calibration input	Independent signal and enable lines exposed on sensor connector
CONNECTORS	
Analogue output	26-pin Mil-spec (military specification bayonet) connector Optional 1500 psi waterproof connector for posthole deployment
POWER	
Power supply voltage	10–36 V DC
Power consumption (at 12 V DC)	0.78 W
PHYSICAL / ENVIRONMENTAL	
Operating temperature range	-20 to +75 °C
Operating humidity range	0-100% relative humidity
Enclosure ingress protection	IP68 - protection against prolonged effects of immersion under pressure (tested under 3 m of water for 72 hours)
Enclosure material	Stainless steel case O-ring seals throughout
Diameter	168 mm
Height	With handle: 203 mm Without handle: 177 mm
Weight	7.1 kg
Alignment	Bubble level on lid; north arrow on handle and base; adjustable feet
SUPPORTING DOCUMENTATION	
Calibration values	Measured sensor sensitivity, frequency response, instrument poles and zeros enclosed
Full user's guide	Available online at: http://www.guralp.com/documents/MAN-040-0001.pdf



DAS-130 specifications



Model	130S-01/3 (P/N 97100-00) 130S-01/6 (P/N 97100-01)
Mechanical	
Size	6.3" high x 6.9" wide x 13.1" long (16 cm x 17.5 cm x 33.3 cm)
Weight	4.5 lbs (2 Kg)
Watertight Integrity	IP68
Shock	Survives a 1 meter drop on any axis
Operating Temperature	-20° to +70° C
Power	
Input Voltage	9 to 24VDC (ethernet) 11 to 24VDC (writing to disk)
Average Power (no communications)	1 W (3 ch., GPS, writing to disk) -1.45 W (6 ch., GPS, writing to disk)
Average Power (with communications)	1.25 W (3 ch., GPS, writing to disk) -1.7 W (6 ch., GPS, writing to disk)
Communications	
NET Connector:	
Ethernet	10-BaseT, TCP/IP, UDP/IP, FTP, RTP
Serial	Asynchronous, RS-232, PPP, TCP/IP, UDP/IP, FTP, RTP
Serial Connector:	
Terminal	Asynchronous, RS-232, 130 Command
A/D Converter	
Type	$\Delta-\Sigma$ Modulation, 24-bit Output Resolution
Dynamic Range	>138 dB @ 100 sps
Channels	3 or 6
Input Impedance	2 Mohms, 0.002 μ Fd, differential @ x32; 25 Kohms, 0.002 μ Fd, differential @1
Common Mode Rejection	>70 dB within ± 2.5 VDC
Gain Selection	x1 and x32
Input Full Scale	40 VPP @ x1 and 1.24 VPP @ x32
Bit Weight	2.724 μ volts @ x1 and 85 nV @ x32
Noise Level	~1 count RMS @ 50 sps @ x1
Sample Rates	1000, 500, 250, 200, 125, 100, 50, 40, 20, 10, 5, 1 sps
FIR Filter	130 dB down passband to Nyquist
Compliance	
Compliance	CE

Auxiliary Channels	
Inputs	3 Channels available on each Sensor Connector: Supply Voltage, Backup Battery Voltage, Temperature
Time Base	
Type	GPS Receiver/Clock plus Disciplined Oscillator
Accuracy with GPS	± 10 μ sec after validated 3-D Fix and Locked
Free-Running Accuracy	0.1 ppm over the temp. range of 0° to 70° C and 0.2 ppm from -20° to 0° C
Recording Capacity	
Battery Backed SRAM	8 to 16 MB user specified
Hard Disk	8 GB or 16 GB CFII Card, settable in "Ring-Buffer" Configuration
Recording Modes	
Continuous	Record length
Time Trigger	Specific record length at periodic interval
Time List Trigger	A list of record times and lengths
Event Trigger	STA/LTA with advanced features including bandpass filter LTA hold, etc.
Level Trigger	Absolute value, user selectable: g, or % of full scale, or counts including bandpass filter
Vote Trigger	Level trigger with weighting
External Trigger	External pulse on trigger input line
Cross Trigger	One stream triggers recording of another
Recording Format	
Format	PASSCAL Recording Format

RELATED SUB-SYSTEMS:

Strong Motion Accelerographs, 130-SMHR & Accelerometers, 147A-01
Broadband Seismometers, 151B-120, 151B-60, 151B-30

Space Based and Airborne Seismology Systems



ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ

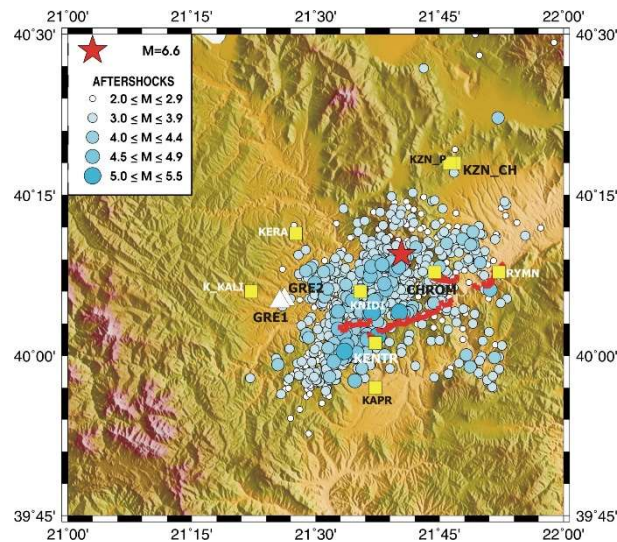


4. ΙΤΣΑΚ/ΟΑΣΠ (3Α)

4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το ΙΤΣΑΚ από τη σύσταση του ως ανεξάρτητος φορέας είχε έτοιμα όργανα κυρίως για μελέτη μετασεισμικών ακολουθιών αλλά και για συμμετοχή σε πειράματα στα πλαίσια ερευνητικών έργων με την ανάπτυξη ειδικών δικτύων, εκτός από τη λειτουργία των μονίμων εγκατεστημένων επιταχυνσιογράφων.

Η πρώτη εγκατάσταση μετασεισμικού δικτύου έγινε μετά τον σεισμό στην Πελεκανάδα (Μεσσηνία) όπου εγκαταστάθηκε ένας αναλογικός επιταχυνσιογράφος SMA-1 (ΙΤΣΑΚ, 1997) και ακολούθησαν εγκαταστάσεις το 1986 στην Καλαμάτα με ένα μετασεισμικό δίκτυο 3 αναλογικών επιταχυνσιογράφων SMA-1 (Αναγνωστόπουλος και συν., 1986α, β). Στη συνέχεια ακολούθησε μετά από κάθε σεισμό με σημαντικό κοινωνικό ενδιαφέρον η εγκατάσταση αναλογικών επιταχυνσιογράφων (1987 Ρόδος, 1988 Ζάκυνθος, 1993 Ηλεία). Μετά τους σεισμούς του 1995 (Κοζάνη και Αίγιο) τα μετασεισμικά δίκτυα αναπτύχθηκαν με βάση ψηφιακά όργανα. Αρχικά χαμηλής ανάλυσης (12bits, χωρίς σύστημα απόλυτου χρόνου) και αργότερα με βελτιωμένα όργανα ανάλυσης 18 ή 19 bits (της σειράς Altus, Etna και K2) εξοπλισμένα με σύστημα GPS. Ταυτόχρονα άρχισε η αντικατάσταση των πρώτων αναλογικών με ψηφιακά συστήματα τύπου QDR (Kinematics) χαμηλής ανάλυσης ~11 bits. Όλα αυτά τα συστήματα είναι της εταιρείας Kinematics. Λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων τους τα όργανα αναπτύχθηκαν εντός της ζώνης διάρρηξης. Στο Σχήμα 4.1 φαίνονται οι θέσεις εγκατάστασης των επιταχυνσιογράφων και η κατανομή των μετασεισμών του σεισμού της Κοζάνης.



Σχήμα 4.1: Γεωγραφική κατανομή των επικέντρων των μετασεισμών του σεισμού της Κοζάνης στις 13.09.1995 των ιχνών της επιφανειακής διάρρηξης και της χωροθέτησης των αναλογικών (τρίγωνα) και ψηφιακών επιταχυνσιογράφων (τετράγωνα)



Από το 2000 το ΙΤΣΑΚ προχώρησε στην αγορά επιταχυνσιογράφων τύπου CMG-5TDE της Guralp Systems Ltd, οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι με επιταχυνσιόμετρα ευρέως φάσματος, καταγραφείς ανάλυσης 24 bits, σύστημα απόλυτου χρόνου (GPS) και έχουν τη δυνατότητα να μεταβιβάζουν τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στις εγκαταστάσεις της μονάδας ΙΤΣΑΚ στη Θεσσαλονίκη.

4.2 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Στο πλαίσιο χρηματοδότησης από εθνικούς και Ευρωπαϊκούς πόρους, η υποδομή του ΙΤΣΑΚ αναβαθμίστηκε ποιοτικά και ποσοτικά με σκοπό την απόκτηση διαφόρων οργάνων κατάλληλων για τη μέτρηση φυσικών παραμέτρων που σχετίζονται με τη χωρική κατανομή της σεισμικής κίνησης και του εδαφικού μικροθορύβου, τη διακύμανση της ταχύτητας διάδοσης των Ρ και S κυμάτων με το βάθος καθώς και της σεισμικής απόκρισης των κατασκευών.

Εκτός από τη μόνιμη εγκατεστημένη υποδομή, η υπάρχουσα υποδομή φορητών δικτύων περιλαμβάνει:

1. Συστήματα καταγραφής και μελέτης της εδαφικής κίνησης και της απόκρισης του εδάφους.
2. Συστήματα για τη μελέτη της δομής των επιφανειακών σχηματισμών και βαθύτερων γεωτεκτονικών δομών.
3. Συστήματα για την παρακολούθηση και έρευνα της δυναμικής συμπεριφοράς των κατασκευών υπό την επίδραση σεισμικών φορτίων.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει:

- 6 συστήματα επιταχυνσιογράφων CMG5TD-EAM της Guralp Ltd.
- 7 συστήματα επιταχυνσιογράφων CMG5TD της Guralp Ltd.
- 2 επιταχυνσιογράφους σειράς Altus της Kinemetrics (τύπου Etna με αισθητήρες Episensors της Kinemetrics).
- 4 επιταχυνσιογράφους τύπου SSA1 & SSA2 της Kinemetrics.
- 15 επιταχυνσιογράφους QDR της Kinemetrics.
- 28 επιταχυνσιογράφους 'SeismoBug' χαμηλού κόστους ιδιοκατασκευής ΙΤΣΑΚ (www.seisnlobug.com).

Και οι δύο τύποι επιταχυνσιογράφων Guralp (www.guralp.net) είναι ενιαίες μονάδες οι οποίες περιλαμβάνουν τους αισθητήρες (επιταχυνσιόμετρα) και τη μονάδα καταγραφής. Στην εικόνα του Σχήματος 4.2 φαίνεται ένας επιταχυνσιογράφος CMG5TD-EAM σε δύο όψεις. Οι επιταχυνσιογράφοι είναι εξοπλισμένοι με τριαξονικά επιταχυνσιόμετρα FBA, ευρέως φάσματος, τοποθετημένα ορθογώνια και μέγιστο πλάτος καταγραφής επιτάχυνσης $\pm 2g$. Έχουν τη δυνατότητα είτε συνεχούς καταγραφής είτε με προεπιλεγμένο επίπεδο διέγερσης, τη δυνατότητα σύνδεσης με τηλεμετρία είτε τηλεφωνική είτε μέσω INTERNET και είναι εξοπλισμένοι με δέκτες GPS. Διαθέτουν σύστημα τροφοδοσίας με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες και 220 V για το σύστημα επαναφόρτισης. Έχουν τη δυνατότητα ελεγχόμενου βήματος χρόνου δειγματοληψίας με





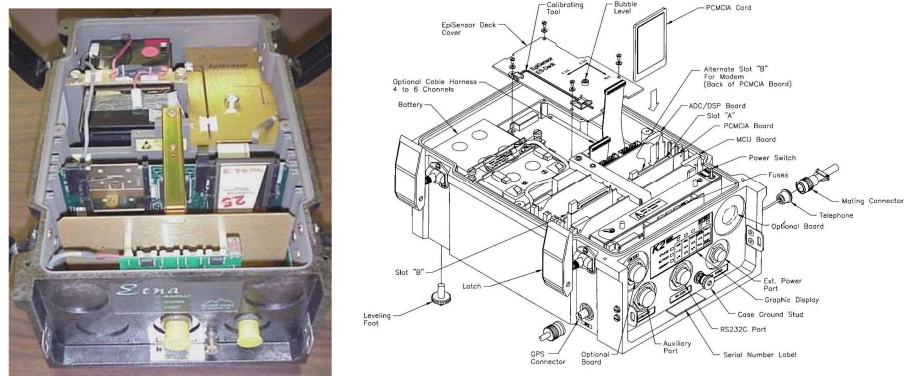
μέγιστο βήμα δειγματοληψίας 1000 sps και μονάδα αποθήκευσης με επανεγγράψιμη μνήμη χωρητικότητας τουλάχιστον 16Gb, η οποία είναι επεκτάσιμη.



Σχήμα 4.2: Επιταχυνσιογράφος Guralp Σειράς 5. Πλάγια όψη (αριστερά) και πάνω όψη (δεξιά).

Επιταχυνσιογράφοι CMG5TD πρωτο-εγκαταστάθηκαν μετά το σεισμό της Λευκάδας το 2003 (Δημήτριου και συν., 2008) και μετέπειτα σε σημαντικούς σεισμούς (Αχαΐα, 2008; Λέσβος 2017; Κως 2017).

Τα όργανα της σειράς Altus της Kinematics (Etna και K2) είναι ψηφιακοί επιταχυνσιογράφοι με ενσωματωμένα τριαξονικά επιταχυνσιόμετρα τύπου episensor και παρατίθενται στα Σχήμα 4.3.



Σχήμα 4.3: Επιταχυνσιογράφοι σειράς Altus. Εσωτερικό επιταχυνσιογράφου Etna (αριστερά) και διάγραμμα εσωτερικού επιταχυνσιογράφου K2 (δεξιά).



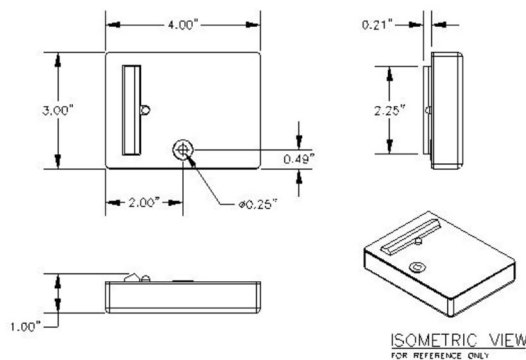
Τα βασικά χαρακτηριστικά της μονάδας καταγραφής είναι: Δυναμική απολαβή: 155 dB+, Εύρος Ζώνης DC-200 Hz, μέγιστο πλάτος $\pm 2g$, Η ανάλυση ψηφιοποιητή είναι 18 bits (Etna), ή 19 bits (K2).

Οι επιταχυνσιογράφοι της Kinemetrics τύπου SSA1 & SSA2 ήταν οι πρώτοι ψηφιακοί επιταχυνσιογράφοι που εγκαταστάθηκαν σε μετασεισμικές ακολουθίες (Πύργος 1993, Κοζάνη 1995, Αίγιο 1995 κ.α.) και σε ειδικά δίκτυα (π.χ. EuroSeisTest). Έχουν τριαξονικά FBA επιταχυνσιόμετρα, ιδιοσυχνότητας 50Hz, απόσβεσης 70% και εύρους $\pm 2g$. Ο ψηφιακός καταγραφέας έχει ανάλυση ψηφιοποιητή 12 bits, εύρος δειγματοληψίας 200sps και δυναμικού εύρους 66db. Διαθέτουν κεραίες DCF οι οποίες δεν έχουν χρησιμοποιηθεί λόγω κακής ποιότητας σήματος. Η καταγραφή γίνεται σε CMOS static RAM μνήμης 512 kilobytes, ή ισοδύναμα σε συνεχή καταγραφή περίπου 20 min 3 καναλιών σε 200 sps. Οι επιταχυνσιογράφοι SSA-1 & SSA-2 φαίνονται στις εικόνες των Σχημάτων 4.4.



Σχήμα 4.4: Επιταχυνσιογράφος SSA-1 (αριστερά) και SSA-2 (δεξιά)

Οι επιταχυνσιογράφοι τύπου SSA-1 & SSA-2 αν και χαμηλών δυνατοτήτων ωστόσο σε περίπτωση μετασεισμικών ακολουθιών στην άμεση γειτονία του σεισμογόνου ρήγματος μπορούν να παράξουν αξιόπιστες καταγραφές εφόσον οι επιταχύνσεις είναι άνω του 4g.

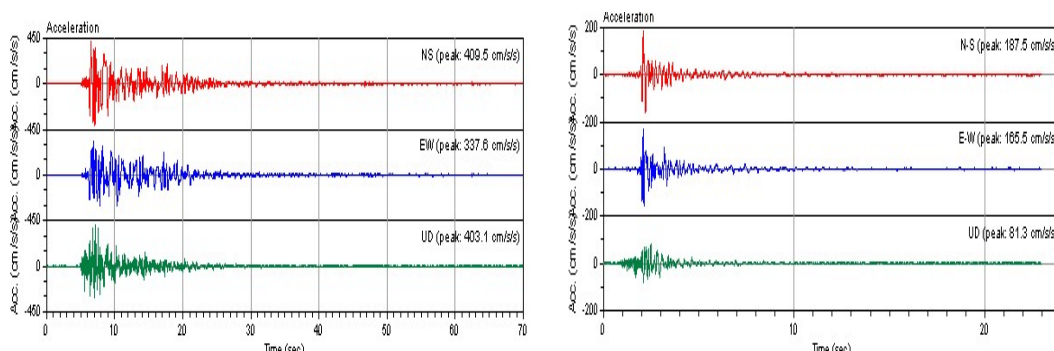


Σχήμα 4.4: Σχηματική απεικόνιση των διατάσεων του επιταχυνσιογράφου QDR



Οι μονάδες QDR είναι ψηφιακά συστήματα καταγραφής επιταχύνσεων με χαμηλή ανάλυση ψηφιοποιητή 11bits χωρίς να διαθέτουν μονάδα απόλυτου χρόνου και σχηματικά δίνονται οι διαστάσεις τους στο Σχήμα 4.5. Έχουν ενσωματωμένο καταγραφέα σεισμών (Quake Data Recorder) για την ανίχνευση σεισμικών κινήσεων.

Το QDR επιτρέπει την επιλογή των επιπέδων διέγερσης από τον χρήστη, και παραμέτρους όπως το χρονικό διάστημα καταγραφής πριν και μετά τη διέγερση, καθώς και επιλογές υποστήριξης modem. Το QDR αποθηκεύει σεισμικά συμβάντα σε solid state flash memory. Το λογισμικό επικοινωνίας και ανάλυσης δεδομένων είναι αντίστοιχο με αυτό των μηχανημάτων Altus. Είναι κατάλληλα για πύκνωση σε θέσεις κοντά σε σεισμογόνα ρήγματα. Η τοποθέτηση 2 QDR σε θέσεις πάνω στο ρήγμα της Λευκάδας είχε ως αποτέλεσμα τη λήψη επιταχυνσιογραμμάτων από το σεισμό της 17/11/2015 τα οποία δίνονται στο Σχήμα 4.5.



Σχήμα 4.5: Καταγραφή δύο σεισμών από τον επιταχυνσιογράφο QDR στη Λευκάδα. Αριστερά είναι η καταγραφή του σεισμού μεγέθους M6.4 της 17.11.2015 ενώ αριστερά η καταγραφή επιταχύνσεων ενός σεισμού Μεγέθους M4.1

Από τα ανωτέρω σχήματα φαίνεται (ποιοτικά) ότι η εγκατάσταση επιταχυνσιογράφου QDR στο κοντινό πεδίο της ζώνης διάρρηξης μπορεί να οδηγήσει στη λήψη επιταχυνσιογραμμάτων καλής ποιότητας για τη μελέτη βασικών παραμέτρων της ισχυρής σεισμικής κίνησης.

Στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος της ΓΓΕΤ για την ενίσχυση Μεταδιδακτορικών Ερευνητών αναπτύχθηκε στο ΙΤΣΑΚ μία αυτόνομη μονάδα τριαξονικού επιταχυνσιογράφου, που βασίζεται στην τελευταία τεχνολογία μικροηλεκτρομηχανικής (MEMS), που ονομάστηκε seismobug (www.seismobug.com).

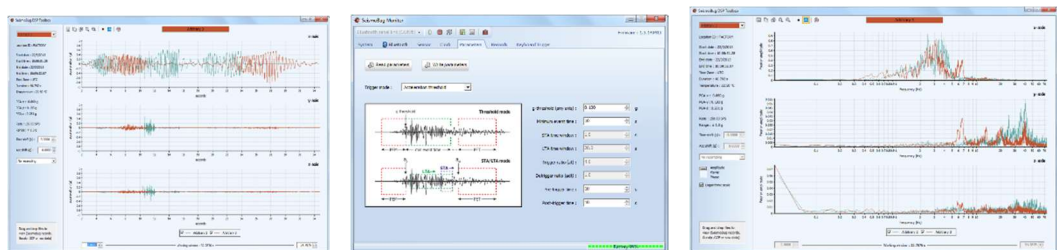
Πρόκειται για μία ελαφριά (~200 gr) μικρή και ευκολόχρηστη μονάδα η οποία φαίνεται στο Σχήμα 4.6.



Σχήμα 4.6: Άνω και πλάγια όψη επιταχυνσιογράφου seismobug

Η ανάλυση ψηφιοποιητή είναι 14bits με δυνατότητα επιλογής βήματος δειγματοληψίας 40, 80, 150, 300 SPS και τεσσάρων επιπέδων καταγραφής μέγιστης επιτάχυνσης (± 1 , ± 1.5 , ± 2 , ± 3 , ± 4 , ± 8 , ± 16 g), διαθέτει σύστημα απόλυτου χρόνου και τα δεδομένα αποθηκεύονται σε κάρτα microSD έως 2 GB.

Ο επιταχυνσιογράφος συνοδεύεται από λογισμικό για την επικοινωνία, και λήψη δεδομένων είτε ασύρματα μέσω Bluetooth ή ενσύρματη σύνδεση (USB-to-serial cable), όπως ενδεικτικά φαίνεται στο Σχήμα 4.7.



Σχήμα 4.7: Επιλεγμένα παράθυρα από το λογισμικό ανάλυσης του λογισμικού το οποίο συνοδεύει τον επιταχυνσιογράφο seismobug

Η δεύτερη κατηγορία φορητού εξοπλισμού περιλαμβάνει:

- Δέκα τρεις (13) CMG-6TD φορητούς σεισμογράφους.
- Δύο (2) CityShark καταγραφικά με σεισμόμετρα Le5s.
- Ένα (1) 24-κάναλο σεισμογράφο, GEOMETRICS strata view R24-02, ηλεκτρομαγνητική πηγή για δοκιμές cross-hole & τριαξονικό γεώφωνο γεώτρησης (BGS).
- Τρία (3) 6-κάναλα καταγραφικά (Earthdata-PG6-24) και έξι (6) ευρέως φάσματος μαγνητόμετρα (Metronix MFS06).
- Συσκευή τριαξονικής δοκιμής TRISCAN 50KN με καταγραφική μονάδα, κυψέλες (διαμέτρου 50mm, 1700KN & 150mm).
- Ένα (1) 36-κάναλο καταγραφικό DOLOMITE (Kinematics).

Τα δύο πρώτα συστήματα είναι αυτά τα οποία έχουν χρησιμοποιηθούν κατά κύριο λόγο και [παρατίθενται παρακάτω.



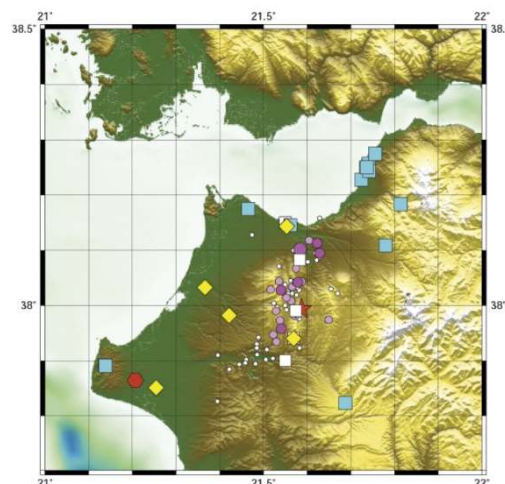
Το 2007 ολοκληρώθηκε από το ΙΤΣΑΚ η προμήθεια δεκατριών (13) σειсмоγράφων ευρέως φάσματος τύπου CMG-6TD με τα παρελκόμενά τους στο πλαίσιο χρηματοδοτούμενου προγράμματος της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. Έκτοτε, αυτοί οι σειсмоγράφοι αξιοποιήθηκαν τόσο για μελέτη μετασεισμικών ακολουθιών στον Ελληνικό χώρο όσο και σε μετρήσεις γεωφυσικού χαρακτήρα με ανάπτυξη ειδικών δικτύων μέτρησης εδαφικού μικροθορύβου σε διάφορες θέσεις.

Το CMG-6TD είναι 3-αξονικός σειсмоγράφος ευρέως φάσματος (0.033Hz to 100Hz), υψηλής ανάλυσης (24-bits στο 1sps) με ενσωματωμένους τους 3 αισθητήρες και τον ψηφιοποιητή, χαμηλού βάρους (3kg), με υδατοστεγή επένδυση και προσφέρεται για γρήγορη εγκατάσταση σε θέσεις ενδιάμεσου και χαμηλού περιβαλλοντικού θορύβου.

Είναι σύστημα χαμηλής ηλεκτρικής κατανάλωσης (0.93W στα 12 VDC), έχει εσωτερική αποθηκευτική ικανότητα έως 32Gb, δυνατότητα απλής και γρήγορης επικοινωνίας για απευθείας ανάκτηση δεδομένων (Firewire, Ethernet, Wi-Fi).

Περισσότερες και λεπτομερέστερες τεχνικές προδιαγραφές & δυνατότητες μπορούν να αναζητηθούν στο σύνδεσμο: <http://www.guralp.com/products/instruments/guralp-6-series>, ενώ παρατίθενται επιλεγμένες εφαρμογές της ανάπτυξης φορητού δικτύου σειсмоγράφων.

Αμέσως μετά το σεισμό της 8/6/2008 (M6.5) στην Αχαΐα-Ηλεία, εγκαταστάθηκε δίκτυο των δεκατριών σειсмоγράφων CMG-6TD για παρακολούθηση της μετασεισμικής ακολουθίας και τη διερεύνηση επίδρασης των τοπικών εδαφικών συνθηκών στο πολεοδομικό συγκρότημα της Πάτρας (Σχ. 4.8). Τα μπλε τετράγωνα δίνουν τις θέσεις των 13 σειсмоγράφων (CMG-6TD) ενώ οι κίτρινοι ρόμβοι παριστάνουν τις θέσεις εγκατάστασης των επιταχυνσιογράφων. Το κόκκινο εξάγωνο παριστάνει τη θέση του σταθμού VAR2 (Βαρθολομιό). Τα άσπρα τετράγωνα δίνουν τους οικισμούς οι οποίοι είχαν σημαντικές βλάβες ενώ με κύκλους δίνονται και τα επίκεντρα των μετασεισμών.

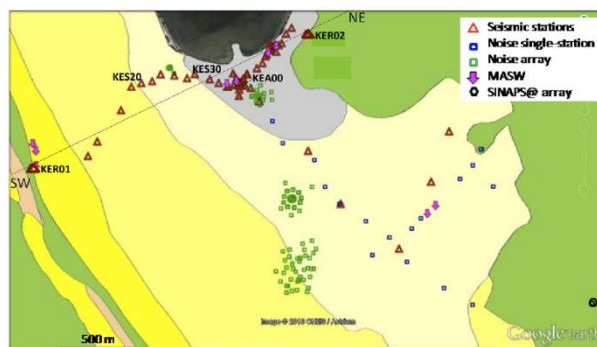


Σχήμα 4.8. Χωροθέτηση του μετασεισμικού δικτύου στη Βορειοδυτική Πελοπόννησο (Margaris et al. 2010)



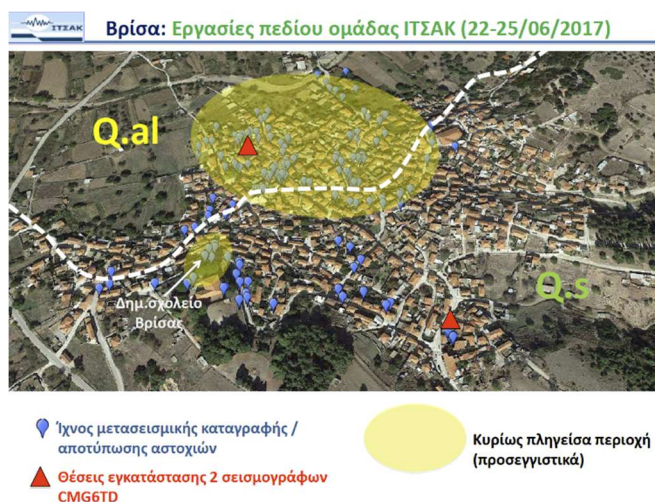


Στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος (NERA, 2010-2014) αναπτύχθηκε από τον Σεπτέμβριο 2011 έως Απρίλιο 2012, δίκτυο 62 σειсмоγράφων & επιταχυνσιογράφων στην λεκάνη του Αργοστολίου στην Κεφαλονιά (Σχήμα 4.9) για διερεύνηση της επίδρασης των σύνθετων επιφανειακών γεωλογικών σχηματισμών στη σεισμική δόνηση και την καταγραφή της σεισμικότητας. Στο συγκεκριμένο πείραμα το ΙΤΣΑΚ συμμετείχε με 12 σειсмоγράφους CMG6TD.



Σχήμα 4.9: Δίκτυο σειсмоγράφων στο Αργοστόλι (Theodoulidis et al. 2018)

Μετά το σεισμό στη Λέσβο στις 12/6/2018 (M6.3) εγκαταστάθηκε δίκτυο σειсмоγράφων-επιταχυνσιογράφων. Δύο σειсмоγράφοι CMG-6TD εγκαταστάθηκαν στο χωριό Βρίσα για διάστημα ~2 μηνών προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση των επιφανειακών γεωλογικών σχηματισμών στη σεισμική κίνηση και να ερμηνευθούν οι παρατηρημένες βλάβες στις κατασκευές (Σχ. 4.10).

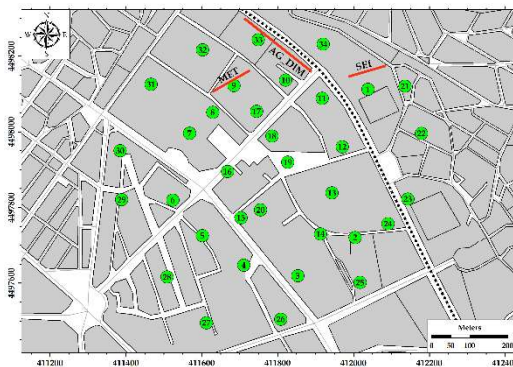


Σχήμα 4.10: Σειсмоγράφοι CMG-6TD που εγκαταστάθηκαν στο χωριό Βρίσα, Λέσβου (Report ITSAK, 2017)

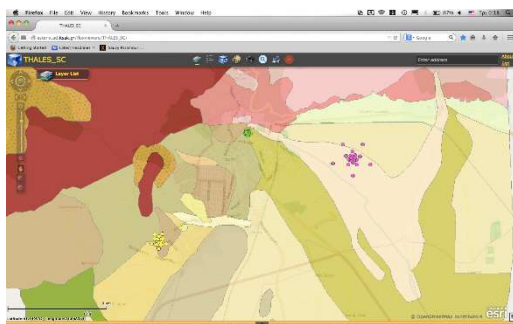


Οι 13 σειсмоγράφοι CMG-6TD εκτός από πειράματα καταγραφής σεισμικών κινήσεων έχουν χρησιμοποιηθεί σε ειδικά δίκτυα μέτρησης εδαφικού θορύβου (μικροθορύβου) προκειμένου να προσδιορισθούν οι βασικές γεωφυσικές παράμετροι των επιφανειακών γεωλογικών σχηματισμών και οι μεταβολή τους με το βάθος. Συγκεκριμένα, με αντιστροφή των καμπυλών σκέδασης των επιφανειακών κυμάτων προσδιορίζεται η μεταβολή της ταχύτητας των εγκαρσίων κυμάτων (V_s) με το βάθος.

Τέτοιες μετρήσεις έχουν γίνει σε έκταση στο πεδίο δοκιμών EUROSEISTEST, στη Θεσσαλονίκη, στα Γρεβενά, στην Ξάνθη, στην Έδεσσα, στη λεκάνη του Αργοστολίου. Επιπλέον, σε περισσότερες από 30 θέσεις του εθνικού δικτύου επιταχυνσιογράφων (σε Κρήτη, Θράκη, Πελοπόννησος, Θεσσαλία, Στερεά Ελλάδα & Αττική, Κύθηρα) έχουν αναπτυχθεί ειδικά δίκτυα με στόχο τον προσδιορισμό του εδαφικού προφίλ στη θέση καταγραφών ισχυρής δόνησης και στη συνέχεια το χαρακτηρισμό της σε σχέση με την εδαφική ενίσχυση και τη θεμελιώδη ιδιοσυχνότητα αυτή. Παραδείγματα τέτοιων πειραμάτων δίνονται στα Σχήματα 4.11 και 4.12.



Σχήμα 4.11: Ανάπτυξη ειδικού δικτύου σειсмоγράφων καταγραφής μικροθορύβου στην πόλη της Θεσσαλονίκης (Anthimides et al. 2018).



Σχήμα 4.12: Ανάπτυξη ειδικών δικτύων στην πόλη της Ξάνθης, με υπόβαθρο τεχνικογεωλογικό χάρτη σε κλίμακα 1:50.000 (Theodoulidis et al. 2014)



Ένα πρόσθετο σύστημα καταγραφής είναι δύο μονάδες καταγραφικών CityShark εξοπλισμένες με σεισμόμετρα Le5s. Τα καταγραφικά αυτά αποτελούν συστήματα με ευρεία εφαρμογή σε αντικείμενα γεωφυσικής, σεισμολογίας πολιτικού μηχανικού.

Στο Σχήμα 4.13 φαίνεται μία αυτόνομη μονάδα καταγραφής CityShark II. Τα δεδομένα των καταγραφικών CityShark II επεξεργάζονται με ευρέως χρησιμοποιούμενα ελεύθερα λογισμικά (π.χ. JSESAME, SeiSan κ.α.).



Σχήμα 4.13: Μονάδα καταγραφής CityShark II

Η τρίτη κατηγορία φορητού εξοπλισμού περιλαμβάνει τα φορητά συστήματα ενοργάνωσης κατασκευών, τα οποία είναι:

- GeoSIG (4 GSR-24, συνολικά 12 μονοαξονικά επιταχυνσιόμετρα AC-21, GPS, και σύστημα ασύρματης επικοινωνίας (LAN))
- Τέσσερα (4) Kinematics K2 (42 συνολικά κανάλια για μονοαξονικά επιταχυνσιόμετρα)
- Ένα (1) 16-κάναλο καταγραφικό TEAC υψηλής ανάλυσης για περιβαλλοντικούς θορύβους
- Ηλεκτροδυναμικός μονοαξονικός διεγέρτης κατασκευών (APS Dynamics Inc. ElectroSeis Model 400)
- Διεγέρτης με σύστημα έκκεντρων μαζών (ANCO Engineers model MK-500U)
- Ειδικά σχεδιασμένο αυτοκινούμενο εργαστήριο (φορητό FORD)
- Εξοπλισμός μη καταστροφικού ελέγχου στοιχείων και υλικών των κατασκευών (PROCEQ)



Ο βασικός εξοπλισμός για ένα φορητό δίκτυο αποτελείται από το καταγραφικό της Kinemetrics Altus K2 Strong Motion Accelerograph System που συνοδεύεται από τα αισθητήρια (Kinemetrics Episensor και FBA-11) μονοαξονικών επιταχυνσιόμετρων συνδεδεμένων με κεντρική καταγραφική μονάδα υψηλής διακριτότητας (19 bits – Kinemetrics). Στον Πίνακα 1 φαίνονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συστήματος ενώ στον Πίνακα 2 δίνονται τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων.

Πίνακας 4.1: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ειδικού Δικτύου Ενοργάνωσης Κατασκευών

Sensor:		Trigger:	
Type	Uniaxial Force balance (FBA-11)	Type	IIR Bandpass filter
Full scale range	± 2g	Trigger bandwidth	0.1 Hz – 12.5 Hz
Natural Frequency	50 Hz	Trigger threshold	0.01% - 100 % Full scale
Damping	70%	Channel triggering	Independent threshold for all channels
Dynamic range	> 135 dB 0.01 to 50 Hz > 145 dB 0.01 to 20 Hz	Trigger voting	Internal, external trigger votes with arithmetic combination
Data Acquisition:		Storage:	
Dynamic range	108 dB @ 200 sps	Type	20 Mb flash memory
Resolution	19-bit @ 200 sps	Environment:	
Sampling rate	100, 200 sps	Operating temperature	-20° to 70° C
Input range	± 2.5 V	Humidity	0 – 100 % RH

Πίνακας 4.2: Τεχνικά Χαρακτηριστικά Αισθητήρων

Type	FBA-11®	ES-U2®
Full scale range	± 2g	± 2g
Natural Frequency	50 Hz	200 Hz
Damping	70%	70%
Dynamic range	> 135 dB 0.01 to 50 Hz > 145 dB 0.01 to 20 Hz	> 140 dB 0.01 to 200 Hz

Recorder	Number of Channels	Sensors Connected
Altus K2 Kinematics Strong motion	12	FBA11 or ES-U2
Altus K2 Kinematics Strong motion	12	FBA11 or ES-U2
Altus K2 Kinematics Strong motion	12	FBA11 or ES-U2
Altus K2 Kinematics Strong motion	12	FBA11 or ES-U2
Altus K2 Kinematics Strong motion	6	FBA11 or ES-U2

Το πολυκαναλικό σύστημα των K2 χρησιμοποιήθηκε σε διάφορες εντοπισμένες κατασκευές μεταξύ των οποίων και στον μινιάρ του καθεδρικού ναού στη Μητρόπολη της Βέροιας (Lekidis et al., 2018).



Σχήμα 4.14: Σκαρίφημα της κατανομής καθ' ύψος της εντοπισμένης του μινιάρ του καθεδρικού ναού στη Βέροια και τα εγκατεστημένα επιταχυνσιόμετρα στο εσωτερικό του (Lekidis et al., 2018)

Ένα πρόσθετο φορητό σύστημα για την εντοπισμένη κατασκευή αποτελείται από καταγραφική μονάδα τύπου TEAC LX10 16CHANNELS SN108028 η οποία συνοδεύεται από 10 μονοαξονικούς αισθητήρες VIBRAPHONES PINOCHIO καθώς και μία πρόσθετη μονάδα τύπου DYTRAN 16 CHANNELS συνοδευόμενη από 8 μονοαξονικούς αισθητήρες.



5. DGG/ΕΚΠΑ (4Α)

5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Εργαστήριο Σεισμολογίας του ΕΚΠΑ, από το 2000, συντηρεί φορητό σεισμολογικό δίκτυο για να συνδράμει, όταν χρειαστεί, σε περιπτώσεις έξαρσης της σεισμικότητας. Αρχικά, το Φορητό Δίκτυο αποτελείτο από δέκα σεισμολογικούς σταθμούς και πέντε επιταχυνσιογράφους, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οποίων θα περιγραφούν στη συνέχεια. Σταθμοί του φορητού δικτύου εγκαταστάθηκαν με μεγάλη επιτυχία σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας ύστερα από εκδήλωση έντονης σεισμικότητας (π.χ. στην περιοχή της Τριχωνίδας 2007, στην περιοχή της Οιχαλίας 2011, στην περιοχή του Αιγίου 2013, στην περιοχή της Εύβοιας 2014, στην περιοχή της Λευκάδας 2015). Επίσης, φορητά όργανα του συγκεκριμένου δικτύου χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια ερευνητικών έργων (π.χ. ΟΔΥΣΣΕΑΣ, SAFER, ...). Η συνήθης πρακτική που ακολουθείται είναι η εγκατάσταση φορητών οργάνων για περιορισμένο χρονικό διάστημα (λίγων μηνών) και η απεγκατάστασή τους και επιστροφή τους στο ΕΣ μετά το πέρας της σεισμικής δραστηριότητας.

Οι φορητοί σεισμολογικοί σταθμοί του DGG/ΕΚΠΑ αποτελούνται από:

- Σεισμόμετρα βραχείας περιόδου.
- Καταγραφικά 24bit της εταιρείας Reftek, 3 καναλιών, χρονισμός μέσω GPS, καταγραφή σε σκληρό δίσκο.
- Επιταχυνσιογράφους της εταιρείας Kinematics 18 και 24bit, 3 καναλιών, χρονισμός μέσω GPS, καταγραφή σε PCMCIA.

5.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

Ένας πλήρης φορητός σειсмоγράφος τύπου Reftek αποτελείται από:

- Digitizer Reftek-72A και σκληρό δίσκο τύπου SCSI (Σχήμα 5.1)
- Σεισμόμετρο βραχείας περιόδου Guralp CMG40T-1s, Lennartz 3D-1s, Lennartz 3Dlite-1s (Σχήμα 5.2)
- Gps Trimble
- Φορτιστές-Τροφοδοτικά
- Μπαταρία 12Volt/75Ah κλειστού τύπου
- Πολύπριζο ασφαλείας
- Καλώδια σύνδεσης

Λόγω της παλαιότητας των οργάνων δεν είναι δυνατή η on-line λειτουργία τους (σύνδεση με κεντρικούς εξυπηρετητές), επομένως κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους απαιτούνται επισκέψεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα για τη συλλογή των δεδομένων





και τη συντήρηση των σταθμών. Η υφιστάμενη κατάσταση αφορά σε 5 μόνον πλήρεις σταθμούς σε λειτουργία, λόγω φθορών.



SCSI HD



Reftek 72A 3-channel digitizer

Σχήμα 5.1: Φορητός Σεισμολογικός Σταθμός τύπου Reftek 72A (πηγή: <http://dggs1.geol.uoa.gr/>)



Lennartz LE-3D



Guralp CMG40T-1s



Lennartz LE-3Dlite

Σχήμα 5.2: Σεισμόμετρο Lennartz 3D/20sec (πηγή: <http://dggs1.geol.uoa.gr/>)



Ένας φορητός επιταχυνσιογράφος (Σχήμα 5.3) αποτελείται από:

- Επιταχυνσιόμετρο τύπου FBA εύρους $4g$ ($\pm 2g$)
- Digitizer 24bit ή 18bit
- GPS
- Τροφοδοτικό
- Πολύπριζο ασφαλείας
- Καλώδια σύνδεσης



Kinematics K2 (24bit)



Kinematics Etna (18bit)

Σχήμα 5.3: Επιταχυνσιογράφοι του ΕΚΠΑ (πηγή: <http://dggs1.geol.uoa.gr/>)

Οι επιταχυνσιογράφοι λειτουργούν off-line και επομένως κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους απαιτούνται επισκέψεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα για τη συλλογή των δεδομένων και τη συντήρηση των σταθμών. Η υφιστάμενη κατάσταση αφορά σε 2 μόνον φορητούς επιταχυνσιογράφους σε λειτουργία, λόγω φθορών.



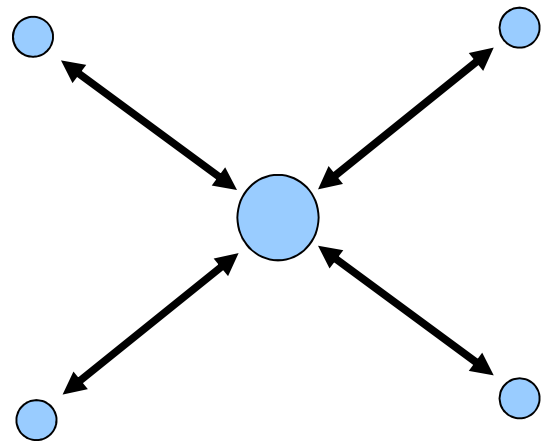
6. LGS/TEIK (5A)

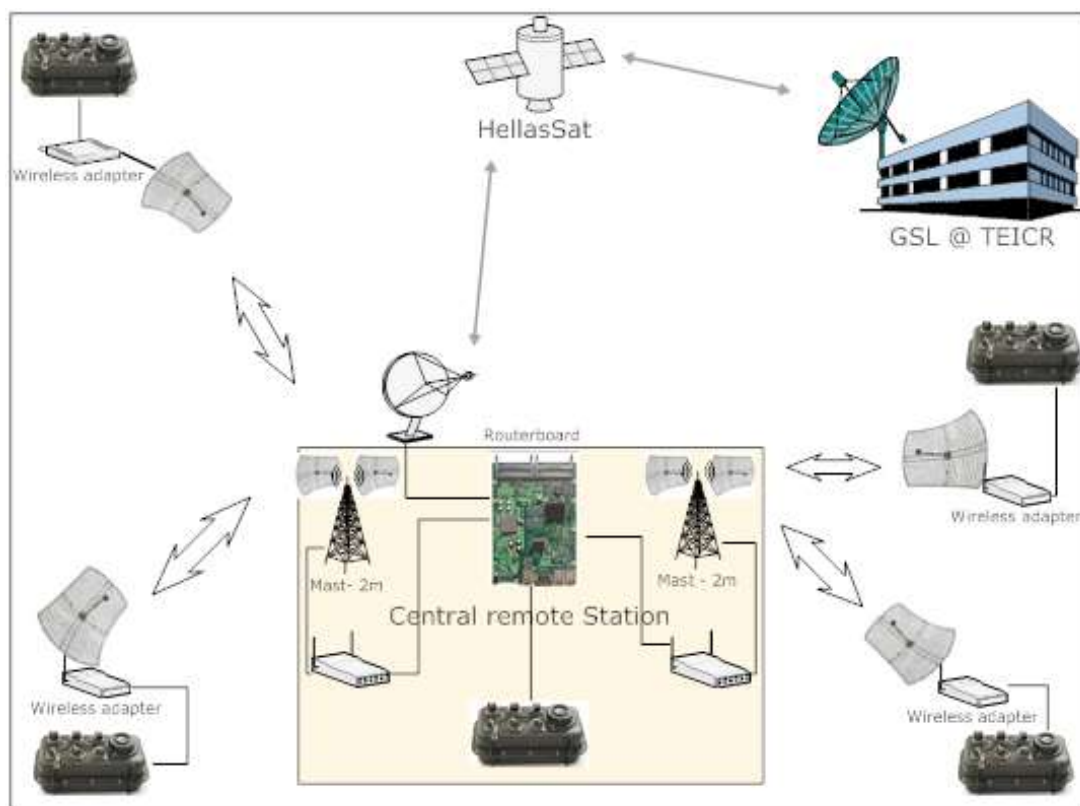
6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ακριβής μελέτη και ειδικότερα η χωροχρονική κατανομή των μετασεισμικών ακολουθιών είναι σημαντική για την κατανόηση του μηχανισμού γένεσης ισχυρών σεισμών. Η εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών και αξιόπιστων συμπερασμάτων από την εξέλιξη των μετασεισμικών γεγονότων βελτιστοποιείται με τη συλλογή σεισμικών δεδομένων πραγματικού χρόνου από την περιοχή εκδήλωσης της σεισμικής δραστηριότητας. Αυτό είναι κάτι περισσότερο από αναγκαίο, ώστε να υποστηριχθούν έγκαιρα με έγκυρες σεισμολογικές εκτιμήσεις, συστήματα λήψης αποφάσεων της Πολιτικής Προστασίας και τοπικών ή/και περιφερειακών αρχών.

Ο αντικειμενικός σκοπός ήταν η ανάπτυξη ενός πλήρως φορητού σεισμολογικού δικτύου που θα εγκαθίσταται σε σύντομο χρονικό διάστημα (κάποιες ώρες μετά από το σημαντικό σεισμικό γεγονός) στη σειсмоγόνο περιοχή και θα είναι ικανό να παρέχει σε πραγματικό χρόνο τα σεισμολογικά δεδομένα των μετασεισμών σε απομακρυσμένα κέντρα.

Στο πλαίσιο αυτό, σχεδιάστηκε ένα δίκτυο πλέγματος 5 σημείων (βλ. παρατιθέμενο σχηματικό) για να καλυφθεί μια έκταση έως 30 km x 30 km. Το φορητό σεισμολογικό δίκτυο αποτελείται από δύο κατηγορίες εξοπλισμού: έναν κεντρικό σταθμό καταγραφής (CSt) και μια ομάδα τεσσάρων περιφερειακών σταθμών καταγραφής (SSt). Ο CSt επιτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες: σεισμική καταγραφή με σεισμόμετρο μικρής περιόδου ή ευρέως φάσματος, και συλλογή σεισμικών δεδομένων από τους SSt και αποστολή όλων των δεδομένων στον κεντρικό σταθμό. Κάθε SSt διαθέτει σεισμόμετρο ευρέως φάσματος και μεταδίδει τη σεισμική καταγραφή στον CSt. Η σύνδεση μεταξύ κάθε SSt και CSt είναι σημείο-προς-σημείο (point-to-point) και υλοποιείται με τη χρήση ασύρματης σύνδεσης WiFi στα 5.4 GHz χρησιμοποιώντας υψηλής κατευθυντικότητας παραβολικές κεραιές. Στον CSt τα δεδομένα από κάθε SSt καθώς και εκείνα του CSt δρομολογούνται στον απομακρυσμένο κεντρικό σταθμό μέσω single-hop δορυφορικής ζεύξης και του private satellite hub στο Εργαστήριο Γεωφυσικής & Σεισμολογίας (LGS) του ΤΕΙ Κρήτης (TEIKP). Η χαρακτηριστική διαμόρφωση του φορητού σεισμολογικού δικτύου του LGS-TEIKP απεικονίζεται στο Σχήμα 6.1.





Σχήμα 6.1: Σχηματικό του φορητού σεισμολογικού δικτύου πέντε σημείων του TEIKP

Τα καινοτομικά χαρακτηριστικά του φορητού σεισμολογικού δικτύου πέντε σημείων του LGS-TEIKP προκύπτουν από το συνασπισμό των ακόλουθων παραγόντων:

1. Ταχεία ανάπτυξη του φορητού σεισμολογικού δικτύου, αμέσως μετά την εκδήλωση ισχυρού σεισμού, με τη χρήση χάρτη προκαθορισμένων θέσεων εγκατάστασης στη σειсмоγόνο περιοχή, που παράγεται αυτοματοποιημένα από λογισμικό που έχει αναπτυχθεί από το LGS-TEIKP.
2. Τηλεμετρία σε πραγματικό χρόνο, με μεταγωγή των σεισμικών δεδομένων στο σεισμολογικό κέντρο του LGS-TEIKP, χρησιμοποιώντας ένα μικτό σύστημα ασύρματων επικοινωνιών που βασίζεται σε WiFi συνδέσεις και δορυφορική ζεύξη.
3. Χρήση plug-n-play συμπαγών και ανθεκτικών φορητών διατάξεων χαμηλής κατανάλωσης, προ-ρυθμισμένων και προσαρμοσμένων στην υλοποιούμενη τοπολογία του δικτύου.
4. Βελτιστοποιημένη και προκαθορισμένη ακολουθία ενεργειών εγκατάστασης των SSf και του CSf την καθιστά απλή και γρήγορη.
5. Χωρίς προβλήματα εφαρμογή του φορητού σεισμολογικού δικτύου παράλληλα με το μόνιμο σεισμολογικό δίκτυο (HSNC) του LGS-TEIKP.



6.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΟΡΗΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

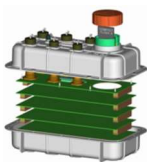
6.2.1 SEISMOLOGICAL HARDWARE

Data Acquisition System (DAS)



Το μοντέλο 130-01 του οίκου REFTEK (βλ. φωτο αριστερά) είναι ένας ψηφιοποιητής 3ης γενιάς ο οποίος έχει αναπτυχθεί ειδικά για σεισμολογικές εφαρμογές σε συνεργασία με το Incorporated Research Institutions of Seismology (IRIS). Το DAS 130-01 διαθέτει 6 επαφές εισόδου/εξόδου (2 input connectors for two 3-component sensors, terminal connector for setup and control, net connector combining

Ethernet and Serial PPP for network access, power connector 12 VDC, GPS receiver connector), οθόνη LCD, αφαιρούμενο καπάκι στο πάνω μέρος για την αλλαγή της κάρτας αποθήκευσης δεδομένων.

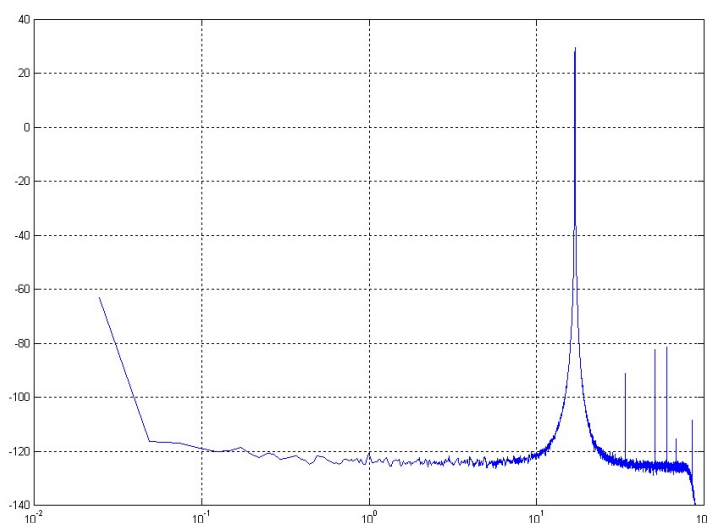


Οι προδιαγραφές του βασίζονται στην αρθρωτή και επεκτάσιμη σχεδίαση. Η αρθρωτή διάταξη του DAS REFTEK 130-01 αποτελείται από 5 κύριες υπομονάδες, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα και αναλύονται στον πίνακα που ακολουθεί (όπου παρατίθενται με τη σειρά τοποθέτησης).

Module	Περιγραφή	Περιεχόμενα
1	(RT520)	Τροφοδοτικό Προστασία υπέρτασης Εξωτερικές διασυνδέσεις DC-DC μετατροπέας
2	Microcomputer Board (RT506)	CPU SRAM (6 to 16Mbytes) Σειριακές θύρες Ρολόι πραγματικού χρόνου Ethernet ελεγκτής



Module	Περιγραφή	Περιεχόμενα
3	ADC Board (RT505)	24-Bit ADC κανάλια (3) Προενισχυτής εισόδου Ψηφιακά φίλτρα 1MB SRAM Direct Memory Access (DMA) ελεγκτής DC-DC μετατροπέας
4	Removable Mass Storage (2 slots available)	Compact Flash card (CF II) 4Gbytes RT526 πλακέτα διασύνδεσης
5	GPS Receiver (External)	Garmin GPS δέκτης RT528 πλακέτα διασύνδεσης



Τα κυκλώματα ADC είναι θωρακισμένα και οι διασυνδέσεις εισόδου είναι υλοποιημένες σε ξεχωριστό δίαυλο από τις ψηφιακές. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται σημαντική μείωση του εγγενούς θορύβου. Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται το φασματικό περιεχόμενο του εγγενούς θορύβου υπό διαφορετικές συνθήκες για δειγματοληψία 100Hz.

Ο DAS REFTEK 130-01 είναι εξοπλισμένος με ένα Δ-Σ μετατροπέα A/D ανάλυσης 24-bit, χαμηλής κατανάλωσης (Crystal Semiconductor) και έναν αντίστοιχο επεξεργαστή ψηφιακού σήματος (DSP). Υπάρχει δυνατότητα διαφορετικών ρυθμών δειγματοληψίας, επιλεγόμενων από το χρήστη. Τα ενσωματωμένα ψηφιακά φίλτρα προσδίδουν μια δυναμική περιοχή της τάξης των 135dB. Ο ρυθμός δειγματοληψίας μπορεί να επιλεγεί μεταξύ των τιμών 1000, 500, 250, 200, 125, 100, 50, 40, 25, 20, 10, 5, και 1 δειγμάτων ανά δευτερόλεπτο (ανά κανάλι). Σε κάθε ρυθμό δειγματοληψίας η χρήση φίλτρων FIR



ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ





προφέρει σχεδόν ευθεία απόκριση στο 80% της περιοχής συχνοτήτων κατά Nyquist. Η απολαβή είναι προγραμματιστικά επιλεγόμενη στις κλίμακες (x1) ή (x32) ή (x100).

Η ακρίβεια του χρόνου (για τον ακριβή συγχρονισμό) επιτυγχάνεται αφενός με έναν υψηλής ακρίβειας κρυσταλλικό ταλαντωτή και αφετέρου με χρήση εξωτερικής πηγής αναφοράς χρόνου με χρήση εξωτερικού δέκτη GPS (βλ. φωτο αριστερά).

Όταν εκκινεί το DAS 130-01 ο χρόνος ορίζεται από την τιμή που έχει το εσωτερικό ρολόι, το οποίο μπορεί να ρυθμιστεί είτε χειροκίνητα είτε αυτόματα από το GPS. Η έξοδος του GPS ελέγχεται και μόλις επιτευχθεί η λήψη ικανού αριθμού δορυφόρων, η ανανέωση της βάσης χρόνου γίνεται από εκεί και πέρα, αυτόματα.

Δύο CF II κάρτες, χωρητικότητας 4 GB η καθεμία, επιτρέπουν την τοπική αποθήκευση των δεδομένων για διάστημα ακόμα και μηνών (για 3 κανάλια και δειγματοληψία 100sps) με αλγόριθμο συμπίεσης Steim2. Οι δύο CF II κάρτες μπορούν επίσης να λειτουργήσουν με τρόπο "auto-wrap". Με τη μέθοδο αυτή, οι δύο κάρτες εναλλάσσονται στην αποθήκευση των δεδομένων μόλις εξαντλείται η χωρητικότητά τους και η κυκλική αυτή διαδικασία εκτελείται συνεχώς.

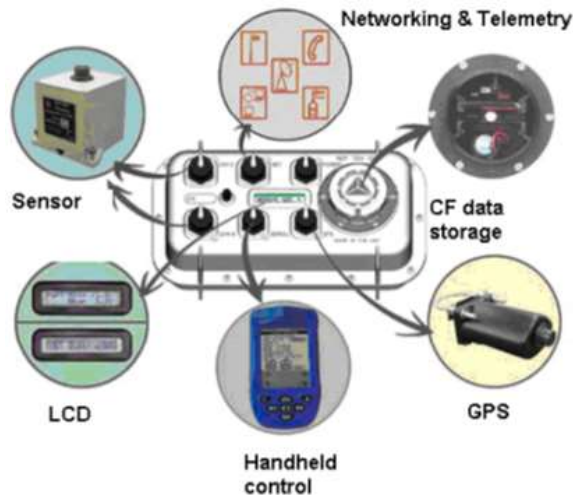
Ο τρόπος αυτός επιτρέπει και την αντικατάσταση στο πεδίο μίας γεμάτης κάρτας με μία άδεια, δίχως διακοπή της συλλογής και αποθήκευσης δεδομένων. Η τοπική αποθήκευση εξασφαλίζει την ύπαρξη ικανού όγκου πρόσφατων σεισμικών δεδομένων, ακόμα και στην περίπτωση όπου ναι μεν υφίσταται τηλεμετρία, η οποία όμως διακόπτεται για οποιοδήποτε λόγο και για αρκετό χρόνο.

Ο DAS REFTEK 130-01 είναι βελτιστοποιημένος ως προς την κατανάλωση ισχύος και χρησιμοποιεί ψηφιακά κυκλώματα 3.3 VDC. Η μέγιστη τιμή ρεύματος δεν ξεπερνά τα 318mA (continuous telemetry, GPS in cycle mode, sampling at 125Hz, gain x1, passive 3 component active broadband sensor), συνεπώς η ημερήσια κατανάλωση είναι περίπου 7.7Ah. Περαιτέρω, η εσωτερική μπαταρία με χωρητικότητα 65Ah επιτρέπει τη συνεχόμενη λειτουργία του DAS για 6 ημέρες δίχως τροφοδοσία ή φόρτιση.

Κάθε DAS διαθέτει ενσωματωμένη υποστήριξη IP επικοινωνιών. Χρησιμοποιεί πρωτόκολλα TCP και UDP είτε σε Ethernet διασύνδεση είτε PPP σειριακή διασύνδεση. Κάθε διασύνδεση έχει τη δική της IP παραμέτρους (IP address, address mask, gateway, target host IP address).



Το Σχήμα 6.2 ανακεφαλαιώνει τη γενική διαμόρφωση του σεισμολογικού DAS.



Σχήμα 6.2: Γενική διαμόρφωση του συστήματος συλλογής σεισμικών δεδομένων

Broadband Seismic Sensor (BSS)

Το σεισμόμετρο που χρησιμοποιείται είναι το μοντέλο CMG-40T του οίκου GURALP, τριών συνιστωσών (βλ. Σχήμα 6.3), που παρουσιάζει τα εξής βασικά χαρακτηριστικά:

- High & Low Gain διαφορικές έξοδοι ταχύτητας
- Υψηλή ευαισθησία
- Γραμμικότητα μέτρησης 90dB
- Δεν απαιτείται σύσφιξη & κεντράρισμα της μάζας
- Ατσάλινο, αδιάβροχο περίβλημα
- Ρυθμιζόμενη οριζοντίωση
- Χαμηλή κατανάλωση 0.5 Watt

Ο BSS GURALP CMG-40T είναι ελκυστικός από άποψη κόστους & ιδιαίτερα κατάλληλος σε σεισμολογικές εφαρμογές στις οποίες:

- Φορητές εγκαταστάσεις και ταχείες μετακινήσεις σεισμολογικών παρατάξεων με αξιοπιστία, χαμηλή ισχύ και απλότητα εγκατάστασης είναι σημαντικές απαιτήσεις.
- Η εγκατάσταση των σεισμικών αισθητήρων διενεργείται σε θέσεις με σεισμικό θορυβικό υπόβαθρο που αποκλίνει από το USGS μοντέλο χαμηλού θορύβου.
- Οι εγκαταστάσεις είναι βραχυπρόθεσμες έως μεσοπρόθεσμες και στις οποίες η θερμοκρασία και η κλίση δεν είναι τόσο καλά ελεγχόμενες όσο στις μόνιμες εγκαταστάσεις.

Ο BSS (βλ. Σχήμα 6.3) αποτελείται από 3 μικροαισθητήρες, ορθογώνια διατεταγμένους (απόκλιση ορθογωνιότητας < 0.2°), που ελέγχονται από τη δύναμη ανάδρασης οπότε



παράγονται οι έξοδοι ηλεκτρικού σήματος που αντιστοιχούν στην ταχύτητα και στη θέση της αδρανειακής μάζας. Η σχετική κίνηση της μάζας ως προς το σώμα του BSS ανιχνεύεται από ένα διαφορικό πυκνωτή που παρέχει το βασικό ηλεκτρικό σήμα. Οι μικροαισθητήρες είναι πανομοιότυπης κατασκευής και τοποθετημένοι σε κυλινδρικό κέλυφος μαζί με τα ηλεκτρονικά ελέγχου επεξεργασίας σημάτων. Ο κατακόρυφος μικρο-αισθητήρας είναι αναρτημένος με ρυθμισμένα ελατήρια για την εξουδετέρωση της βαρύτητας. Η χαμηλότερη συχνότητα παρασιτικής δόνησης είναι πάνω από 450 Hz.



Σχήμα 6.3: 3D Broadband Seismic Sensor GURALP CMG-40T

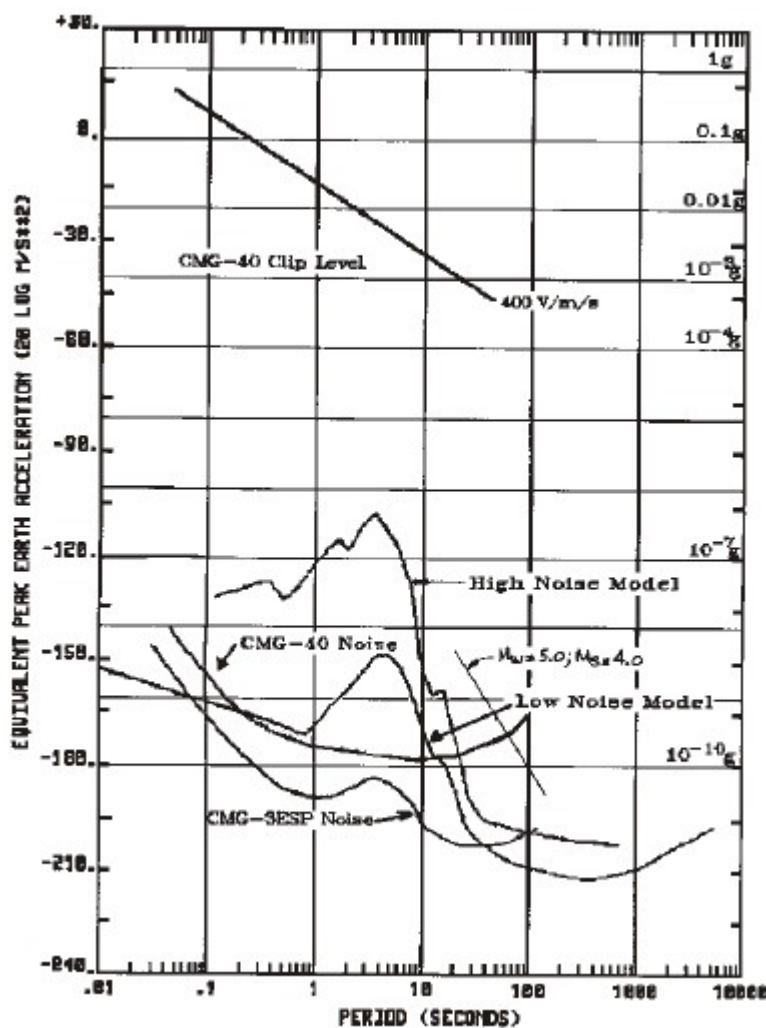
Οι μικροαισθητήρες λειτουργούν με ελεύθερη συχνότητα ταλάντωσης περίπου 10 Hz και η ηλεκτρομαγνητική δύναμη ανάδρασης παράγεται από ένα ζεύγος μαγνητικών μορφο-μετατροπών (transducers), κατάλληλα διευθετημένων ώστε να βελτιώνεται η γραμμική συμπεριφορά. Ο μορφο-μετατροπέας ανάδρασης χρησιμοποιείται επίσης και ως μορφο-μετατροπέας βαθμονόμησης.

Το σήμα εξόδου από κάθε μικρο-αισθητήρα λαμβάνεται από κύκλωμα ανάδρασης που λειτουργεί στο βασικό σήμα από τον πυκνωτή διαφορικής μετατόπισης. Τα επεξεργασμένα σήματα ανατροφοδοτούν τον μορφο-μετατροπέα δύναμης για τον έλεγχο της λειτουργίας του σεισμομέτρου. Το σήμα εξόδου ταχύτητας παρέχεται από προσαρμοσμένο κύκλωμα εξόδου ζεύγους ικανό να συζευκτεί με twin twisted pair θωρακισμένο καλώδιο μέχρι 50 m. Διατίθενται επίσης single ended έξοδοι θέσης της μάζας αδρανείας.

Η βασική απόκριση του BSS (έξοδος ταχύτητας) είναι επίπεδη στη φασματική περιοχή από την καθορισμένη γωνιακή συχνότητα f_n (που αντιστοιχεί στη μακρά περίοδο του σεισμομέτρου) μέχρι τα 50 Hz. Ο παράγοντας απόσβεσης της συνάρτησης μεταφοράς



του BSS είναι $\zeta = 0.707$. Η πρότυπη γωνιακή συχνότητα f_n 0.033 Hz (30 sec). Πρόσθετες προαιρετικές γωνιακές συχνότητες είναι οι 0.1 Hz (10 sec), 0.05 Hz (20 sec), 0.0166 Hz (60 sec) και 0.00833 Hz (120 sec). Την υψηλή συχνότητα κατωφλίου πραγματοποιεί ενεργό φίλτρο χαμηλής διέλευσης.



Το παραπάνω διάγραμμα απεικονίζει τυπικές μετρήσεις μη-συσχετισμένου θορύβου (non-coherent noise power) του BSS σε σχέση με τα Peterson's Models (New Low Noise Model – NLNM και New High Noise Model – NHNM).

Στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται οι σημαντικότερες προδιαγραφές του BSS GURALP CMG-40T:



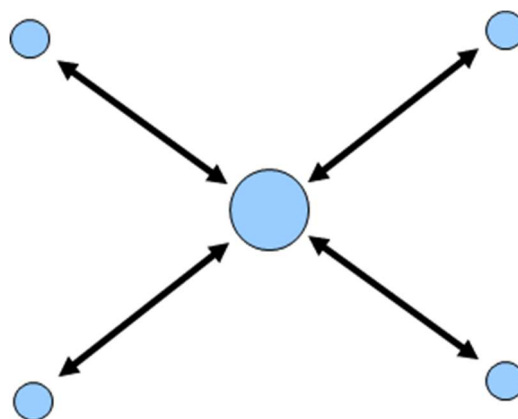


Outputs and response	Sensitivity	$2 \times 160 \text{ V/m/s}$ or $2 \times 400 \text{ V/m/s}$
	Sensitivity (optional high gain outputs)	$2 \times 1600 \text{ V/m/s}$ or $2 \times 4000 \text{ V/m/s}$
	Dynamic range	$> 145 \text{ dB}$
	Flat velocity response	0.033 Hz , 0.05 Hz or $0.1 \text{ Hz} - 50 \text{ Hz}$
	Flat acceleration response	$\text{DC} - 0.33 \text{ Hz}$, 0.05 Hz or 0.1 Hz
	High-frequency roll-off	See calibration sheet
	Output impedance	47Ω
Physical	Differential output	$\pm 10 \text{ V}$
	Lowest spurious resonance	450 Hz
	Operating temperature range	-10 to $+60 \text{ }^{\circ}\text{C}$
	Base diameter	168 mm
	Sensor height	210 mm (including handle)
Power	Sensor weight	5.0 kg
	Voltage requirements	$10 - 36 \text{ V}$ using internal 12 V DC/DC converter
	Current at 12 V DC	48 mA

6.2.2 Wi-Fi HARDWARE

Για την επικοινωνία των τεσσάρων (4) περιφερειακών σταθμών καταγραφής (SSt) με τον κεντρικό σταθμό καταγραφής (CSst) του φορητού σεισμολογικού δικτύου επιλέχθηκε η τεχνολογία WiFi.

Ακολουθώντας, όπως προαναφέρθηκε, τη δικτυακή τοπολογία αστέρα (βλ. παρατιθέμενο σχηματικό) η μέγιστη απόσταση μεταξύ SSt και CSst (χωρίς τη χρήση αναμεταδοτών) είναι περίπου 21 km και η μέγιστη έκταση που μπορεί να καλυφθεί είναι περίπου $30 \text{ km} \times 30 \text{ km}$.



Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται κατευθυντικές κεραίες (24dbi die-cast parabolic antennas, βλ. φωτό κάτω) που συνδέονται με RF πομποδέκτες ισχύος 350 mW .

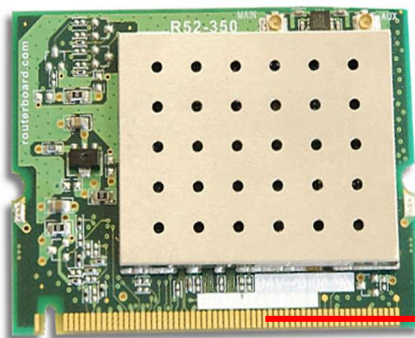


Κάθε SSt αποτελείται από ένα RouterBoard με μία υποδοχή mini-PCI που φιλοξενεί την RF κάρτα του πομποδέκτη. Η έξοδος τροφοδοτεί μία κατευθυντική κεραία προσανατολισμένη προς τον CSt.

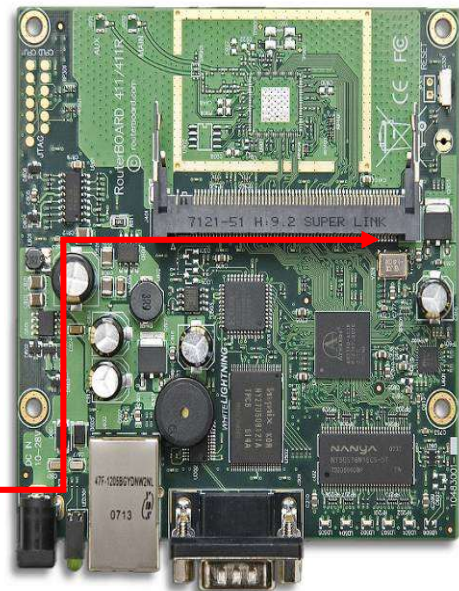
Ο RF πομποδέκτης είναι MikroTik R52H (βλ. Σχήμα 6.4α) και λειτουργεί στις συχνότητες 2.192 - 2.539 GHz και 4.920 - 6.100 GHz με μέγιστη ισχύ εξόδου 350mW. Είναι βελτιστοποιημένος να αξιοποιεί το WiFi πρωτόκολλο MikroTik Nstreme-dual που ξεπερνά τους περιορισμούς ταχύτητας και απόστασης μετάδοσης των προτύπων IEEE 802.11 και αυξάνει την απόδοση της ασύρματης διασύνδεσης τόσο της point-to-point όσο και της point-to-multi point. Το Nstreme-dual είναι σχεδιασμένο να παρέχει full-duplex ασύρματη επικοινωνία με ένα ζεύγος καρτών, μία για αποστολή και μία για λήψη δεδομένων.



Σε κάθε SSt, το RouterBoard MikroTik RB411 (βλ. σχήμα 6.4β) είναι υπεύθυνο για τη διασύνδεση της θύρας Ethernet (όπου είναι συνδεδεμένο το DAS) με την RF μονάδα R52H. Περιλαμβάνει το λειτουργικό RouterOS που το μετατρέπει σε εξελιγμένο δρομολογητή με firewall ή διαχειριστή φάσματος, παρέχοντας ασφάλεια στην επικοινωνία.

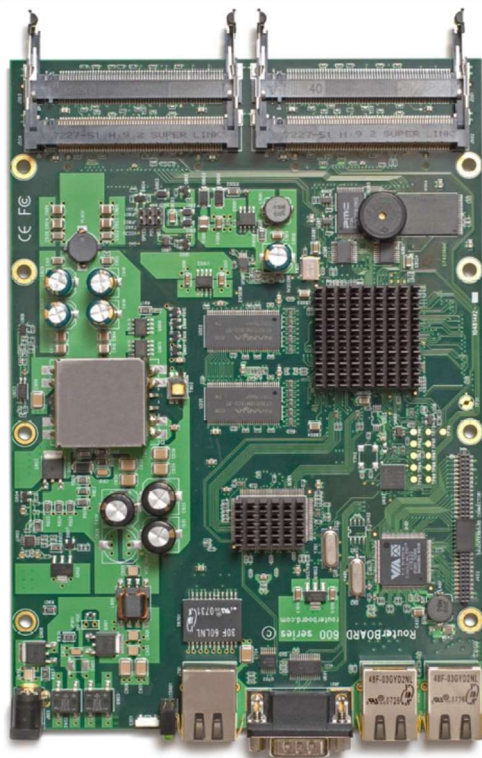


(α)



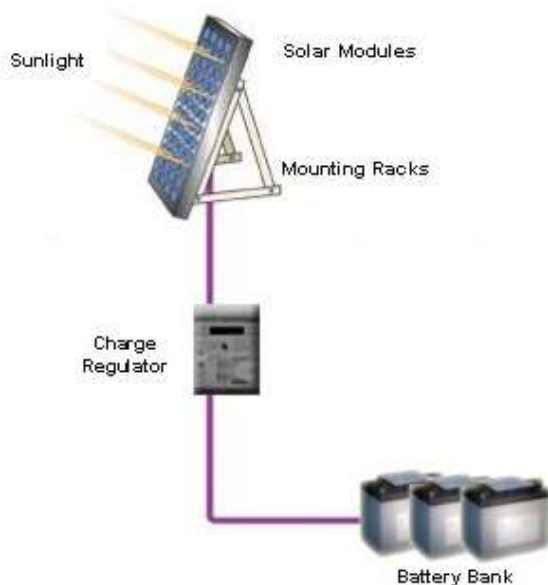
(β)

Σχήμα 6.4: (α) MikroTik R52H RF module, (β) MikroTik RB411 RouterBoard



Στον CS_t, το RouterBoard MikroTik RB600 (βλ. διπλανή φωτό) επιλέχθηκε ως συμβατό και πλέον ικανό, δεδομένου ότι λαμβάνει τα δεδομένα από τέσσερις περιφερειακούς σταθμούς του φορητού σεισμολογικού δικτύου και τα δρομολογεί μέσω θύρας Ethernet (διαθέτει 3 Ethernet gigabit ports) στο δορυφορικό router του CS_t. Το RB600 διαθέτει τέσσερις υποδοχές Mini-PCI που φιλοξενούν 4 RF μονάδες R52H (κάθε μία αφιερωμένη στη σύνδεση με έναν SS_t). Η διάταξη αυτή παρέχει επίσης τον απαραίτητο πλεονασμό (redundancy) σε περίπτωση αστοχίας κάποιου RF module.

6.2.3 POWER SUPPLY HARDWARE



Για την αδιάλειπτη παροχή τροφοδοσίας κάθε SS_t είναι εφοδιασμένος με φωτοβολταϊκό σύστημα παροχής ισχύος, δεδομένου ότι όλες οι συσκευές του απαιτούν 12 VDC. Το διπλανό σχήμα απεικονίζει τη διαμόρφωση του απλού συστήματος τροφοδοσίας που περιλαμβάνει το ηλιακό κύτταρο, τον φορτιστή/ ελεγκτή και 12V μπαταρία(ες) για αποθήκευση ενέργειας.

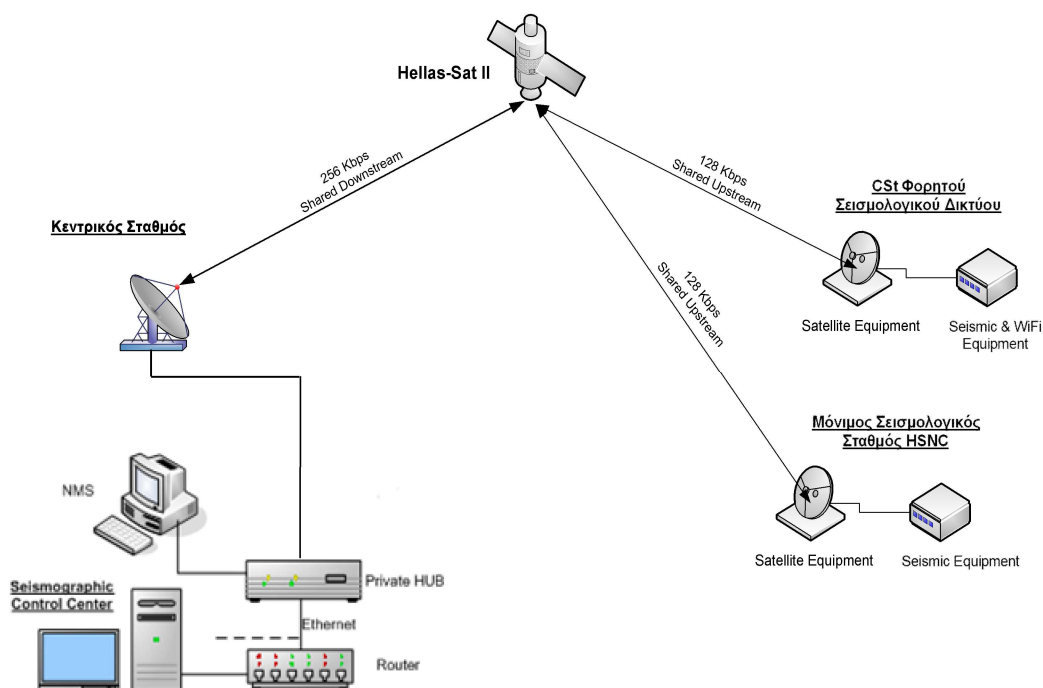
Ο ενεργειακός προϋπολογισμός για κάθε SS_t υπολογίστηκε για αυτονομία 7 ημερών. Το DAS απαιτεί περίπου 280mA, ήτοι 3.36Wh ή 80.64Wh/day και 565Wh/7days περίπου.



Η κατανάλωση αυτή αυξάνεται κατά 20% για τις ανάγκες επαναφόρτισης, οπότε προκύπτουν 678Wh. Συνεπώς, μία μπαταρία 65Ah (που παρέχει 780Wh) καλύπτει την ενεργειακή απαίτηση. Ο προϋπολογισμός αυτός είναι ο ίδιος για το υποσύστημα ασύρματης δικτύωσης. Συνεπώς, ο SSst για εβδομαδιαία αυτονομία απαιτεί συνολικά δύο μπαταρίες 12V/65Ah, δύο φορτιστές/ ελεγκτές και έναν ή δύο ηλιακούς συλλέκτες. Χρησιμοποιώντας αυτήν την προσέγγιση, η τροφοδοσία του σεισμολογικού σταθμού δε θα επηρεάζεται από ενδεχόμενη εξάντληση της διαθέσιμης ισχύος για το υποσύστημα δικτύωσης.

6.2.4 SATELLITE HARDWARE

Οι τέσσερις περιφερειακοί σταθμοί καταγραφής (SSst) του φορητού σεισμολογικού δικτύου αποστέλλουν τα σεισμικά δεδομένα στον κεντρικό σταθμό καταγραφής (CSt). Ο τελευταίος είναι επιφορτισμένος να μεταδώσει τα δεδομένα αυτά, μαζί με εκείνα της δικής του καταγραφής, στον Κεντρικό Σταθμό (HUB Station, Acquisition Server) του Τ.Ε.Ι. Κρήτης (ΤΕΙΚΡ) που εδρεύει στο Εργαστήριο Γεωφυσικής & Σεισμολογίας (LGS) στα Χανιά. Για τη ζεύξη αυτή χρησιμοποιείται η δορυφορική πλατφόρμα iNFINITI με τεχνολογία iDirect.



Σχήμα 6.5: Τοπολογία δορυφορικής δικτύωσης του LGS-TEIKR

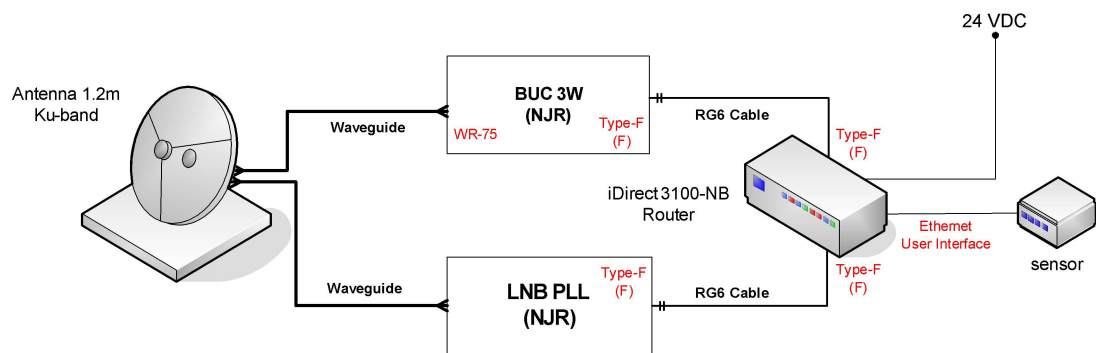
Για την επίτευξη της μεταγωγής των σεισμικών δεδομένων μέσω δορυφόρου, ένα iDirect Private Hub, που μπορεί να υποστηρίξει μεγάλο αριθμό απομακρυσμένων θέσεων



μέτρησης, είναι εγκαταστημένο στον Κεντρικό Σταθμό του LGS-TEIKP και έτσι παρέχει υψηλής ταχύτητας σύνδεση μιας αναπήδησης (single-hop) μέσω δορυφόρου ανάμεσα στους απομακρυσμένους σεισμολογικούς σταθμούς και στο σταθμό βάσης. Η τοπολογία της δορυφορικής δικτύωσης παρουσιάζεται στο Σχήμα 6.5 και αφορά τόσο μόνιμους σεισμολογικούς σταθμούς του Σεισμολογικού Δικτύου Κρήτης (HSNC) όσο και τον CS† του φορητού σεισμολογικού δικτύου του TEIKP. Τα δεδομένα μεταδίδονται από κάθε απομακρυσμένο σταθμό απευθείας (single-hop) στο iDirect Private Hub το οποίο ευρίσκεται στον κεντρικό σταθμό.

Ο κάθε τερματικός (απομακρυσμένος) δορυφορικός σταθμός περιλαμβάνει τον παρακάτω δορυφορικό εξοπλισμό (βλ. και Σχήμα 6.6):

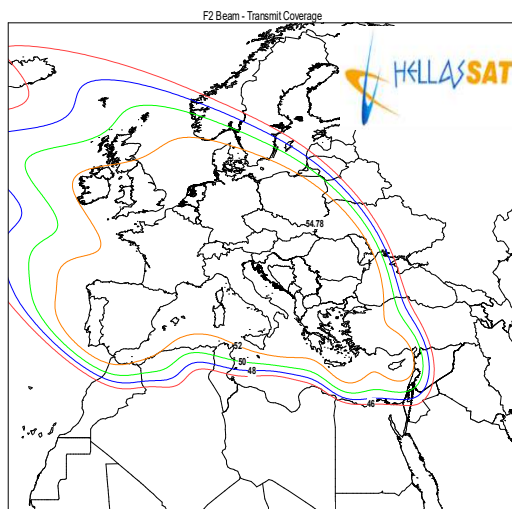
- Κεραία Andrew 1.2m Ku-band
- NJR BUC 3Watt
- NJR LNB PLL



Σχήμα 6.6: Εξοπλισμός τερματικού δορυφορικού σταθμού

Για τη μετάδοση των δεδομένων χρησιμοποιείται δορυφορική χωρητικότητα του δορυφόρου Hellas Sat II, με τα ακόλουθα τεχνικά χαρακτηριστικά:

- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| ▪ Ρυθμός Μετάδοσης Δεδομένων D/L : | 256 Kbps (HUB to Remotes) |
| ▪ Ρυθμός Μετάδοσης Δεδομένων U/L : | 128 Kbps (Remotes to HUB) |
| ▪ Συχνότητα Λειτουργίας : | Ku-band |
| ▪ Turbo FEC : | 0.793 D/L – 0.66 U/L |
| ▪ Eb/No : | 5.5 dB |
| ▪ Availability : | 99.8% D/L – 99.8% U/L |
| ▪ HUB Antenna : | 2.4m |
| ▪ Δορυφόρος : | Hellas-Sat II |



Ο Hellas Sat II (τύπος EuroStar E2000+) είναι ένας εξελιγμένος και ισχυρός τηλεπικοινωνιακός δορυφόρος, με ευρεία γεωγραφική κάλυψη στην Ευρώπη (βλ. διπλανό σχήμα). Κατασκευασμένος από τη Γαλλική εταιρία Astrium, έχει τη δυνατότητα να προσφέρει μια σειρά από τηλεπικοινωνιακές και ευρυζωνικές υπηρεσίες, όπως δορυφορικό Internet, υπηρεσίες voice και data και ψηφιακή δορυφορική εκπομπή τηλεοπτικού σήματος. Ο Hellas Sat II εκτοξεύθηκε τη 14η Μαΐου του 2003, τέθηκε σε γεωστατική τροχιά E39° και μέχρι σήμερα είναι σε πλήρη λειτουργία.

Η τεχνολογία iDirect παρέχει ευρυζωνικές λύσεις για τη μεταγωγή δεδομένων, βασισμένες σε δορυφόρους, που στοχεύουν σε εφαρμογές που απαιτούν γρήγορες, ευέλικτες, και γεωγραφικά διασκορπισμένες (εξαπλωμένες) αμφίδρομες TCP/IP επικοινωνίες. Είναι αποτέλεσμα πολυετούς έρευνας και ανάπτυξης του TDMA, δορυφορικών επικοινωνιών και τεχνολογίας αλγορίθμων λογισμικού. Τα χαρακτηριστικά υπεροχής της περιλαμβάνουν TCP/IP βελτιστοποίηση μέσω δορυφόρου (TCP and 3-Way Handshake Acceleration, local DNS caching), QoS και καθορισμός προτεραιότητας στην κυκλοφορία, επιλογές κυκλοφοριακής ευελιξίας, DHCP/NAT, ρυθμίσεις δικτύου και χαρακτηριστικά διαχείρισης, κεντρικός έλεγχος χαρακτηριστικών, και αναπήδηση συχνότητας (Frequency Hopping).

Ο ευρυζωνικός δορυφορικός δρομολογητής iDirect 3000 παρέχει μια οικονομικά και λειτουργικά αποδοτική λύση «ενός κουτιού» η οποία περιλαμβάνει δορυφορικό modem, δρομολογητή IP, βελτιστοποίηση TCP μέσω δορυφόρου, και QoS/καθορισμός προτεραιοτήτων.



Προσφέρει υψηλούς ρυθμούς δεδομένων και στις δύο κατευθύνσεις (18Mbps downstream or outbound και μέχρι 4.2Mbps upstream or inbound), μειώνει τις καθυστερήσεις (mitigates latency) διά μέσου της επιτάχυνσης iDirect TCP/Web, χρησιμοποιεί έναν μοναδικό υπερταχύ κώδικα διόρθωσης λαθών ("ECC") που επιτυγχάνει σχεδόν 200% περισσότερη αποδοτικότητα απ' ό,τι οι παραδοσιακές τεχνικές ECC, και αυτόματο point-to-point ενεργειακό έλεγχο για την αύξηση της διαθεσιμότητας κατά τη διάρκεια δυσμενών καιρικών συνθηκών. Επιπλέον, υποστηρίζει IP επικοινωνία δύο κατευθύνσεων, εγκαθίσταται σε σύντομο χρόνο, έχει ενσωματωμένη εφαρμογή QoS και δυνατότητα καθορισμού προτεραιοτήτων, υποστηρίζει τις λειτουργίες DHCP και NAT, έχει βασικές λίστες ελέγχου πρόσβασης [ACL's (access control lists)] και διαθέτει



ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ





ενσωματωμένο το κύκλωμα κρυπτογράφησης 3DES για την υποστήριξη της κρυπτογράφησης στο επίπεδο σύνδεσης (link layer encryption).

Για να ελαχιστοποιηθεί ο χρόνος που απαιτείται για την ευθυγράμμιση της δορυφορικής κεραίας με το δορυφόρο, χρησιμοποιείται ο φορητός αναλυτής (digital QPSK) δορυφορικού φάσματος Rover S2-Scout SSA (Satellite Spectrum Analyzer) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από μη έμπειρους χρήστες.



Διαθέτει Pre-memorized Transponder navigation για όλους τους δορυφόρους παγκοσμίως, double input (DUAL LNB), Sat Finder functions, MER, aBER, bBER, EVM, Noise Margin, Level/Power μετρήσεις και παρέχει υποστήριξη στη διαδικασία προσανατολισμού της δορυφορικής κεραίας. Το σχήμα 6.7 παρουσιάζει τη σειρά ενεργειών για τη διαδικασία αυτή, η οποία ολοκληρώνεται σε όχι περισσότερο από 30 min.

- Stabilization of the CS's trailer
- Deployment of Sat antenna to "rotate" position
- Connection of Sat antenna to Rover S2-Scout SSA
- Auto-align procedure:
 - User selects the predefined satellite Hellas Sat II
 - User initiates SAT Finder function of SSA and rotates the antenna's dish
 - When the predefined satellite is found, an audible signal is provided by SSA and the screen is switched to fine tuning where the user must maximize the signal parameters.
- Locking of the dish into best position and micrometric inclination adjustment procedure.



Σχήμα 6.7: Διαδικασία προσανατολισμού της δορυφορικής κεραίας του CSτ με φορητό αναλυτή δορυφορικού φάσματος



6.3 Το Φορητό Σεισμολογικό Δίκτυο του LGS-TEIKP ΣΤΗΝ ΠΡΑΞΗ

Η εγκατάσταση και η λειτουργία του Φορητού Σεισμολογικού Δικτύου 5 θέσεων του LGS-TEIKP δοκιμάστηκε με επιτυχία στην πράξη (βλ. σχήματα 6.8, 6.9, και 6.10). Οι διαδικασίες, που εκτελέστηκαν και οδήγησαν στην πλήρη επιχειρησιακή ανάπτυξη του σε μεγάλο βαθμό προδιαμορφωμένου φορητού σεισμολογικού δικτύου μέσα σε λίγες ώρες, συνοψίζονται ακολούθως:

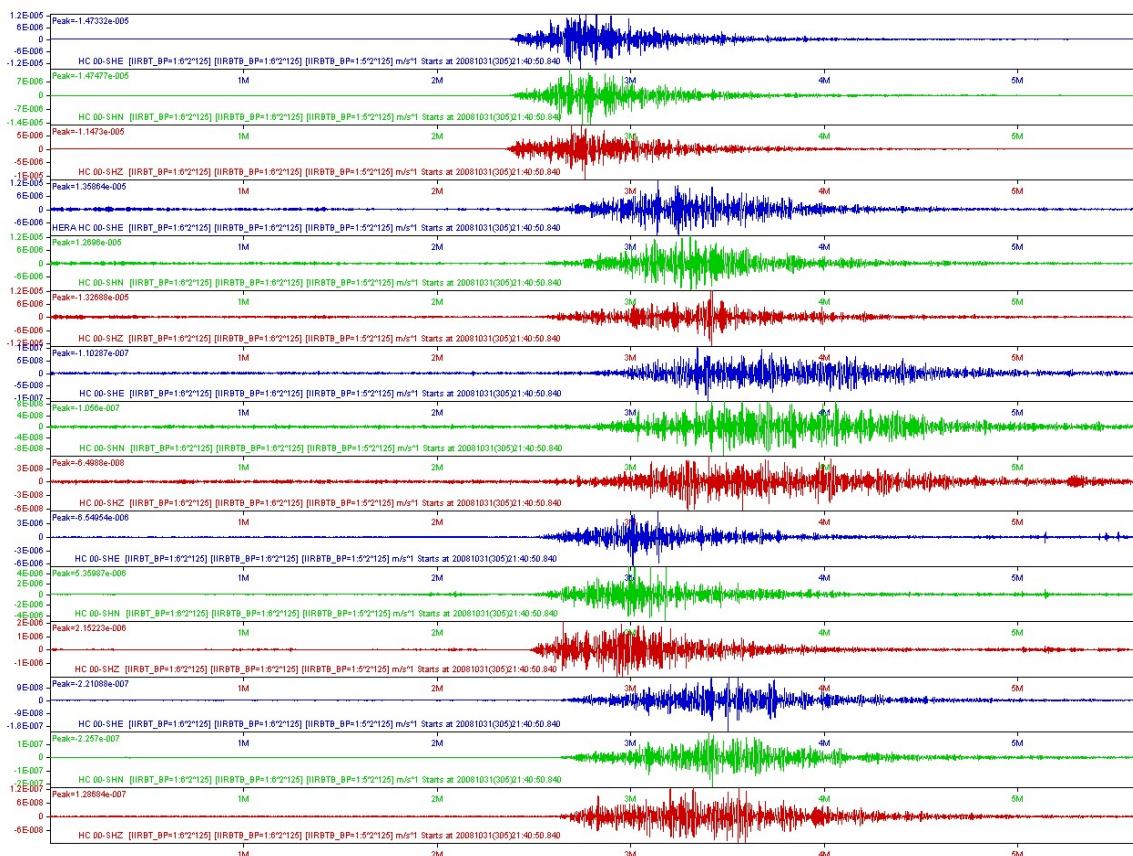
- Central remote seismic station (CSt):
 - Trailer stabilization
 - Seismic equipment installation (temporary vault construction)
 - Solar panels setup/Power supply connection
 - WiFi antennas alignment
 - Satellite antenna alignment
 - Satellite connection confirmation
- Remote station (SSt):
 - Seismic equipment installation (temporary vault construction)
 - Solar panels setup/Power supply connection
 - WiFi antenna alignment
 - Wireless link confirmation



Σχήμα 6.8: Ανάπτυξη του central remote seismic station (CSt) του φορητού σεισμολογικού δικτύου του LGS-TEIKP



Σχήμα 6.9: Ανάπτυξη ενός remote seismic station (SSt) του φορητού σεισμολογικού δικτύου του LGS-TEIKP



Σχήμα 6.10: Πραγματική σεισμική καταγραφή από το φορητό σεισμολογικό δίκτυο του LGS-TEIKP



7. SEISLAB/ΠΠΑΤ (6A)

7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Εργαστήριο Σεισμολογίας του Πανεπιστημίου Πατρών συντηρεί φορητό σεισμολογικό δίκτυο για να συνδράμει, όταν χρειαστεί, σε περιπτώσεις έξαρσης της σεισμικότητας. Το Φορητό Δίκτυο αποτελείται από 20 φορητούς σειсмоγράφους, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οποίων θα περιγραφούν στη συνέχεια.

Σταθμοί του φορητού δικτύου έχουν εγκατασταθεί, κατά καιρούς, σε διάφορες περιοχές της Δ. Ελλάδας, ύστερα από εκδήλωση έντονης σεισμικότητας (π.χ. στην περιοχή της Οιχαλίας, στην περιοχή της Τριχωνίδας, στην περιοχή της Λευκάδας, κ.λπ.). Επίσης, φορητά όργανα του συγκεκριμένου δικτύου χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια ερευνητικών έργων. Η συνήθης πρακτική που ακολουθείται είναι η προσωρινή εγκατάσταση των φορητών οργάνων για περιορισμένο χρονικό διάστημα (λίγων μηνών).

Οι φορητοί σεισμολογικοί σταθμοί του SEISLAB/ΠΠΑΤ αποτελούνται από:

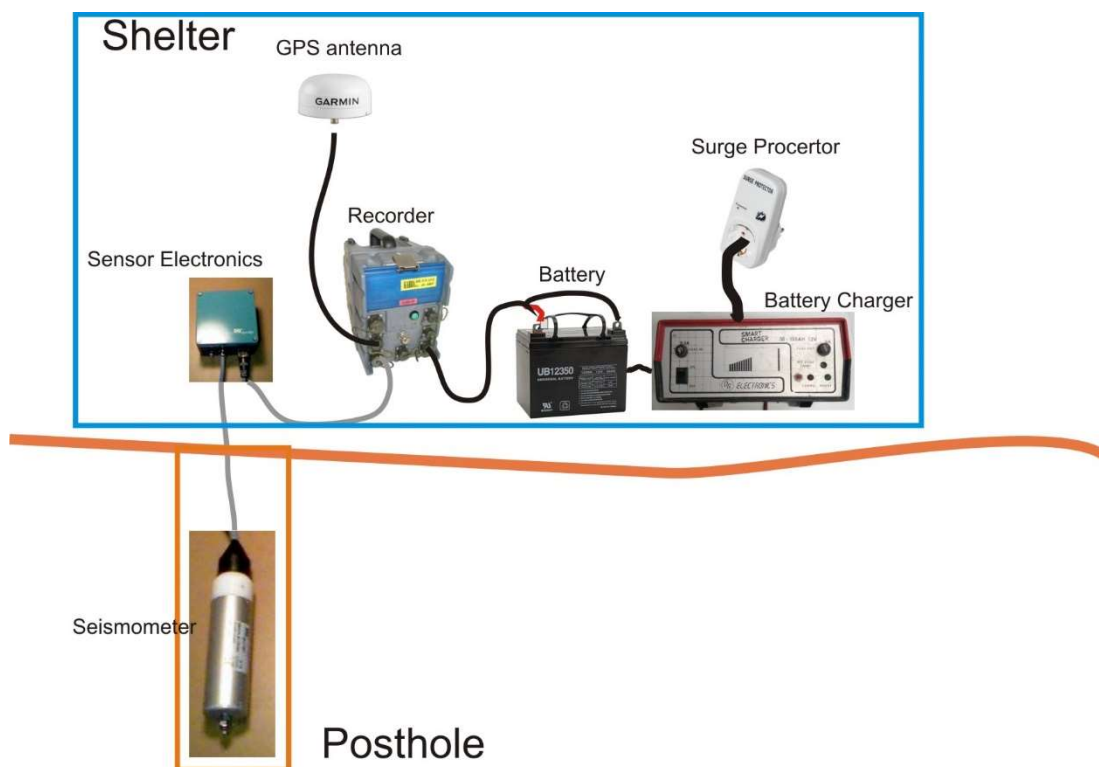
- Σεισμόμετρα βραχείας περιόδου (short period) της εταιρίας Geosig, κατάλληλα τόσο για επιφανειακή εγκατάσταση όσο και για εγκατάσταση σε γεώτρηση.
- Καταγραφικά 24bit της εταιρίας EarthData, 3 καναλιών, δειγματοληψία από 1-3000Hz, χρονισμός μέσω GPS, καταγραφή σε σκληρό δίσκο, σύνδεση σε modem/ethernet, web μενού, linux 2.6.8 kernel, κ.λπ.

7.2 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΦΟΡΗΤΩΝ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ

Ένας πλήρης φορητός σταθμός (Σχήμα 7.1) αποτελείται από:

- Short Period σεισμόμετρο GEOsig VE53 (Σχήμα 2)
- Earthdata PR6-24 Digitizer/recorder (Σχήμα 3)
- Gps Garmin (ώστε οι ψηφιοποιητές να έχουν ακριβή χρόνο)
- Φορτιστές-Τροφοδοτικά Smart Charger (Σχήμα 1)
- Μπαταρία 12Volt/55Ah
- Πολύπριζο ασφαλείας
- Καλώδια σύνδεσης
- Πλαστικό κουτί





Σχήμα 7.1: Διάγραμμα Φορητού Σεισμολογικού Σταθμού



Σχήμα 7.2: Σεισμόμετρο GEOsig VE53 - 1sec
(πηγή: VE53 user's manual)



Σχήμα 7.3: Ψηφιοποιητής PR6-24
(πηγή: <http://www.earthdata.co.uk/>)

Το φορητό σεισμολογικό δίκτυο αποθηκεύει τα δεδομένα τοπικά σε σκληρό δίσκο σε μορφή miniSEED. Είναι απαραίτητη η επίσκεψη στον σεισμολογικό σταθμό για την ανάκτηση των δεδομένων. Η συχνότητα επίσκεψης ορίζεται από την ανάγκη για ανάκτηση διότι η χωρητικότητα του δίσκου είναι μεγάλη (20 GB) που επιτρέπει αποθήκευση για διάστημα πέραν του ενός έτους. Τα δεδομένα βρίσκονται στο σκληρό δίσκο σε μορφή φακέλων/ αρχείων οπότε απαιτείται απλή αντιγραφή στον υπολογιστή επεξεργασίας. Η συγκεκριμένη διάταξη των αρχείων επιτρέπει την εύκολη μετατροπή των δεδομένων σε μορφή SeisComP Data Structure (SDS), κατάλληλη για την αποθήκευση των δεδομένων σε κόμβο EIDA.