

Rapporti tecnici INGV

**“Eastern Alpine Seismic Investigation”
(EASI) 2015–2016. L’installazione e
la manutenzione delle stazioni
temporanee INGV**

377



Direttore Responsabile

Silvia MATTONI

Editorial Board

Luigi CUCCI - Editor in Chief (INGV-RM1)

Raffaele AZZARO (INGV-CT)

Mario CASTELLANO (INGV-NA)

Viviana CASTELLI (INGV-BO)

Rosa Anna CORSARO (INGV-CT)

Mauro DI VITO (INGV-NA)

Marcello LIOTTA (INGV-PA)

Mario MATTIA (INGV-CT)

Milena MORETTI (INGV-CNT)

Nicola PAGLIUCA (INGV-RM1)

Umberto SCIACCA (INGV-RM2)

Alessandro SETTIMI

Salvatore STRAMONDO (INGV-CNT)

Andrea TERTULLIANI (INGV-RM1)

Aldo WINKLER (INGV-RM2)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - Referente

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860068

redazionecen@ingv.it

in collaborazione con:

Barbara Angioni (RM1)

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.173 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



Rapporti tecnici INGV

“EASTERN ALPINE SEISMIC INVESTIGATION” (EASI) 2015–2016. L’INSTALLAZIONE E LA MANUTENZIONE DELLE STAZIONI TEMPORANEE INGV

Aladino Govoni¹, Milena Moretti¹, Claudia Piromallo², Adriano Cavaliere³, Simone Salimbeni³,
Stefano Solarino¹, Fabio Criscuoli¹, Lucian Giovani¹, Lucia Margheriti¹, Silvia Pondrelli³,
Claudio Chiarabba¹

¹INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti)

²INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Sismologia e Tettonofisica)

³INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna)

377

Come citare: Govoni A. et al., (2017). “Eastern Alpine Seismic Investigation” (EASI) 2015-2016. L’installazione e la manutenzione delle stazioni temporanee INGV. Rapp. Tec. INGV, 377: 1-28.

Indice

Introduzione	7
1. Il Progetto “AlpArray” ed il coinvolgimento dell’INGV	7
2. Il transetto “ <i>Eastern Alpine Seismic Investigation</i> ” (EASI)	8
2.1 Ricerca siti per il transetto EASI in Italia	10
2.1.1 Ricerca di un sito	10
2.1.2 Scelta dei siti EASI in Italia	11
3. La strumentazione utilizzata	12
4. L’installazione e la manutenzione della rete temporanea INGV	14
Ringraziamenti	16
Bibliografia	16
Allegato - Schede stazioni	19

Introduzione

Il presente rapporto tecnico descrive motivazioni ed aspetti tecnici legati all'installazione di quattro stazioni sismiche, appartenenti all'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), per contribuire alla realizzazione di un esperimento temporaneo di sismica passiva (transetto) nelle Alpi orientali, denominato *Eastern Alpine Seismic Investigation* (EASI). L'esperimento EASI è stato realizzato da tre gruppi: l'ETH di Zurigo, l'*Institute for Meteorology and Geophysics* dell'Università di Vienna e l'*Institute of Geophysics, Academy of Sciences of the Czech Republic* di Praga.

Lo stendimento del transetto, avvenuto ad agosto 2014, è consistito in un profilo di stazioni sismiche ad alta densità spaziale che si estendeva dal Massiccio Boemo a nord fino alla città di Trieste a sud, approssimativamente lungo il meridiano 13.35° E. Delle 55 stazioni previste, ne sono state installate in territorio italiano, in collaborazione con lo *Swiss Seismological Service* (SED) dell'istituto *Eidgenössische Technische Hochschule* (ETH) di Zurigo, nove di cui cinque di proprietà dell'ETH e quattro dell'INGV.

Il transetto EASI, si colloca nell'ambito di un progetto più ampio denominato "AlpArray"¹ (AA) che coinvolge numerose istituzioni internazionali e che si prefigge di studiare la regione Alpina (*Greater Alpine Region*, GAR). Tale obiettivo è perseguito attraverso l'installazione di diverse centinaia di stazioni sismiche a banda larga (*Broadband*, BB), organizzate in un *backbone network*² esteso ed operativo della durata di tre anni e al quale verranno sovrapposti alcuni profili di stazioni a spaziatura più fitta, per definire con altissimo dettaglio la struttura Alpina. Nell'ambito della attività di ricerca svolta all'INGV, il progetto AA rientrava fra gli Obiettivi Strategici (OS) della Struttura Terremoti dell'INGV nel triennio 2014-2016, in particolare della Linea di attività T1 "Geodinamica e Interno della Terra"³.

La strumentazione sismometrica utilizzata per i siti INGV durante l'anno di acquisizione del transetto EASI, è stata messa a disposizione dalla Rete Sismica Mobile (Re.Mo.) del Centro Nazionale Terremoti (CNT), sezione monitorante dell'INGV, previa valutazione del progetto da parte della Commissione Rete Mobile (Co.Re.Mo.) [Moretti *et al.*, 2010] ed è stata installata grazie ad una collaborazione tra personale della Sezione di Bologna e del CNT, sede di Roma.

1. Il Progetto "AlpArray" ed il coinvolgimento dell'INGV

"AlpArray" (AA) è un progetto scientifico multidisciplinare che fin dal suo esordio, alla fine del 2011, ha visto l'interesse di numerosi ricercatori appartenenti a circa 64 istituti di 17 paesi europei. L'obiettivo primario del progetto è lo studio della struttura e l'evoluzione della litosfera al di sotto delle Alpi e dell'area limitrofa, la Regione Alpina Estesa (*Greater Alpine Region*, GAR), dalla Foresta Nera a nord fino all'Appennino settentrionale a sud e dal bacino Pannonico a est al Massiccio Centrale francese a ovest.

Le questioni scientifiche connesse sono numerose e di grande interesse per un'ampia comunità scientifica (per maggiori approfondimenti, vedi *link* alla nota 1). I risultati tecnologici del progetto saranno trasferibili ad altre aree, sia a scala europea che globale, dal momento che è previsto un utilizzo massiccio di stazioni temporanee connesse in *real-time* ai centri di acquisizione [Fuchs *et al.*, 2016; Govoni *et al.*, 2017; Molinari *et al.*, 2016]. Inoltre, considerato che la regione alpina è un'area ad elevata industrializzazione e densità abitativa, l'impatto sulla società determinato da una migliore conoscenza della GAR in termini di evoluzione tettonica recente ed attività sismica, sarà significativa per migliorare la stima della pericolosità sismica.

L'intento degli istituti di ricerca partecipanti al progetto AA, è quello di costituire una rete sismica pan-alpina, unendo nell'archivio dati europeo denominato *European Integrated Data Archive* (EIDA [Mazza *et al.*, 2012]) le proprie infrastrutture esistenti (oltre 350 stazioni sismometriche permanenti già in acquisizione) ed integrandole con altrettante stazioni temporanee (Figura 1). Queste ultime includono circa 20 strumenti del tipo *Ocean Bottom Seismometers* (OBS) la cui deposizione sul fondo del Mar Ligure e Golfo del Leone è prevista per l'estate 2017. L'intento è quello di raggiungere una copertura omogenea e ad alta risoluzione (con una spaziatura media tra stazioni di circa 40 km), che consenta di illuminare la struttura al di sotto della catena alpina, dalla superficie fino a tutto il mantello superiore.

¹ <http://www.alparray.ethz.ch>

² http://www.alparray.ethz.ch/seismic_network/backbone/backbone/

³ http://istituto.ingv.it/l-ingv/programmazione-e-attivita-1/allegati-triennali-e-rendiconti/PTA%202014_2016%20approvato_CdA.pdf

L'INGV, oltre a condividere i dati delle proprie stazioni permanenti nell'area di interesse, ~ 150, si è impegnato nel garantire l'installazione e la manutenzione di 20 nuove stazioni BB temporanee sul territorio italiano e coadiuvare l'ETH nella ricerca dei siti italiani per altrettante stazioni svizzere.

Il progetto AA ha un obiettivo molto ambizioso, frutto di uno sforzo a tutto campo, transnazionale che comporta sia una importante ed impegnativa fase di acquisizione dati, sia la loro elaborazione ed interpretazione finale. Altrettanto importanti sono gli aspetti tecnici legati sia all'implementazione necessaria al miglioramento delle pratiche per la sincronizzazione delle procedure di funzionamento della strumentazione mobile, sia alla gestione dei dati.

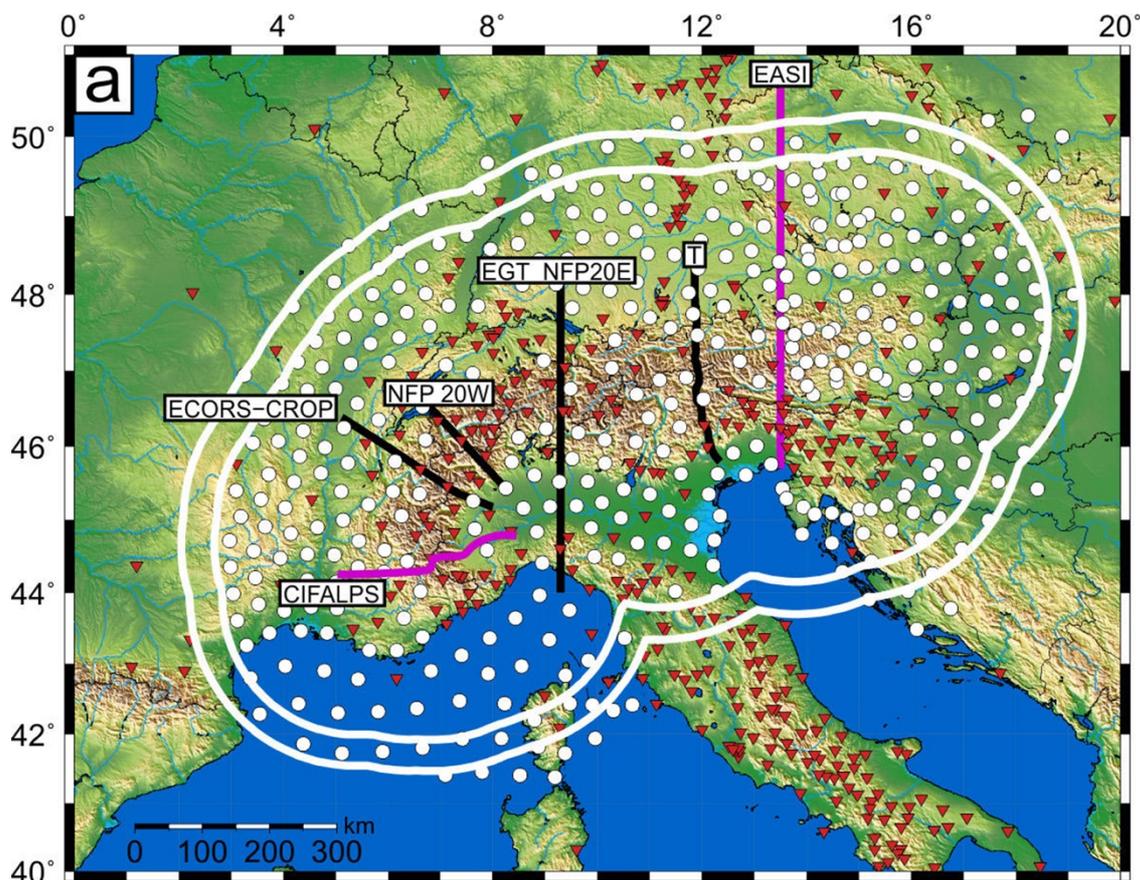


Figura 1. Mappa dell'area alpina oggetto di studio del Progetto AA (evidenziata dalle due linee bianche) con le stazioni delle reti sismiche permanenti (triangoli rossi) e la prevista rete sismica temporanea BB (cerchietti bianchi). Le due reti insieme forniranno una copertura omogenea dell'area di studio con circa 40 km di spaziatura media tra le stazioni (mappa aggiornata al 5 luglio 2016 vedi *link* alla nota 3). Sono mostrati anche alcuni esempi di *complementary experiments* previsti nell'ambito di AA, tra i quali il transetto EASI (figura estratta dal “*Priority Programme - Mountain Building Processes in Four Dimensions (MB-4D) SPP 2017*”⁴).

2. Il transetto “*Eastern Alpine Seismic Investigation*” (EASI)

Assieme alla rete sismica estesa a scala pan-alpina (Figura 1) sono stati previsti alcuni “*complementary experiments*” che fanno da corollario al *backbone* principale. Tra di essi vi è il transetto *Eastern Alpine Seismic Investigation* (EASI) nato dalla collaborazione dell'ETH di Zurigo, le istituzioni di Vienna (*Institute for Meteorology and Geophysics, University of Vienna, Wien*) e Praga (*Institute of Geophysics, Academy of Sciences of the Czech Republic*), che ne hanno pianificato la realizzazione, avviata nel luglio 2014 [AlpArray Working Group, 2014].

⁴ http://www.spp-mountainbuilding.de/about/spp-proposal/4D-MB_SPP-Proposal_B_151015_Final.pdf

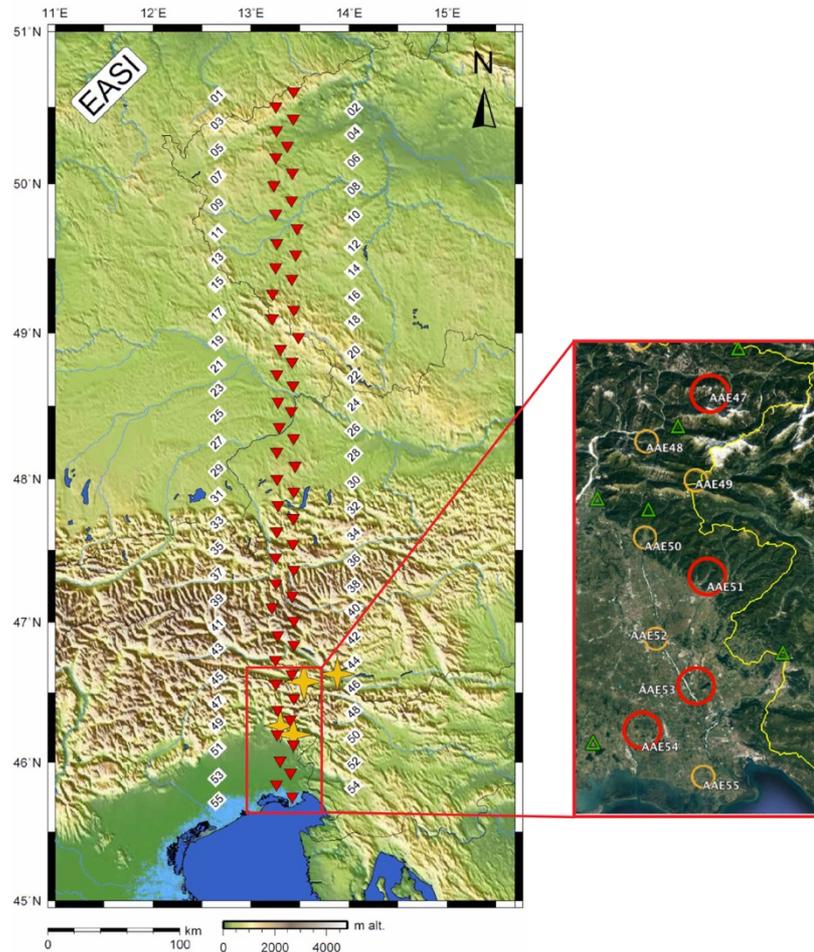


Figura 2. A sinistra la mappa del transetto NS lungo il meridiano $13.35^{\circ} E^5$ (modificata da <http://www.alparray.ethz.ch/research/complementary-experiments/easi/overview/>). A destra, un dettaglio sui siti installati in territorio italiano, in particolare quello ospitanti stazioni INGV (cerchi rossi più grandi). Di questi, ad eccezione di quello più a nord AAE47, sono stati tutti equipaggiati con *router* UMTS per la trasmissione dei dati in *real-time*.

L'interesse scientifico per le Alpi orientali è motivato da vari aspetti, primo fra tutti il fatto che il limite meridionale di questa regione, nella zona di transizione con le Dinaridi, rappresenta una delle aree a più elevata pericolosità sismica della GAR. A dispetto della ricchezza di dati geologici, la struttura sismica della crosta e della litosfera nelle Alpi Orientali, e quindi le loro relazioni strutturali e geodinamiche con le strutture tettoniche circostanti, sono ancora poco conosciute. I risultati del profilo di sismica attiva e passiva TRANSALP [TRANSALP Working Group, 2001; 2002], che taglia la catena più ad ovest rispetto al transetto EASI (Figura 1), pur costituendo un importante approfondimento della struttura dell'orogene sia superficiale che profonda, hanno tuttavia lasciato aperti alcuni grandi interrogativi. Infatti tale profilo ad alta risoluzione, essendo localizzato nel pieno della zona di transizione tra Alpi Occidentali ed Alpi Orientali, taglia una struttura particolarmente eterogenea, dal punto di vista topografico e geologico, con importanti conseguenze sulla qualità dei dati acquisiti, sulla scelta dei modelli di velocità da utilizzare nel trattamento dei dati e sull'interpretazione che ne può derivare. Uno dei punti più dibattuti è la profondità della Moho nella porzione meridionale del profilo TRANSALP, un dato fondamentale nel determinare il quadro collisionale e geodinamico della regione. La profondità della Moho lungo il profilo TRANSALP risulta sostanzialmente diversa se derivata dall'analisi delle *receiver functions* [Kummerow *et al.*, 2004] rispetto a quanto ottenuto dalla compilazione di profili di sismica a rifrazione e dati di sismica a riflessione *near-vertical* e *wide-angle* [Kissling *et al.*, 2006]. In quest'area anche la struttura profonda risulta piuttosto ambigua, non consentendo di evidenziare una chiara polarità nella subduzione. L'acquisizione di nuovi dati lungo il nuovo transetto EASI potrà anzitutto contribuire a vincolare meglio il limite tra crosta inferiore e

mantello litosferico in una zona nella quale, secondo alcuni autori, la struttura del mantello sembrerebbe suggerire decisamente la subduzione della placca adriatica al di sotto di quella eurasiatica, una polarità sorprendentemente opposta rispetto a quella delle Alpi Occidentali [Kissling *et al.*, 2006]. Inoltre anche la definizione della struttura profonda e delle discontinuità del mantello superiore beneficerebbero della disponibilità di nuovi dati di alta qualità e risoluzione.

La geometria dello stendimento EASI è stata quindi appositamente studiata in maniera da ottimizzare la copertura di raggi in profondità, rendendola il più possibile omogenea considerato che la maggior parte degli eventi viene da Nord e da Est (Giappone e Oceano Pacifico) mentre pochi arrivano da Sud e Ovest (Africa e Oceano Atlantico). L'esperimento è consistito in uno stendimento di 55 stazioni a banda larga lungo un transetto esteso NS per circa 550 km attraverso le Alpi Orientali, distribuiti a zig-zag su entrambi i lati della linea centrale della longitudine 13.35° E⁵ (Figura 1 e 2). La distanza prevista tra le stazioni era di 10 km lungo il meridiano (NS), e di 6 km dal meridiano stesso (EW). L'obiettivo iniziale era mantenere le stazioni entro 1.5 km dai punti immaginati, compatibilmente con le condizioni logistiche incontrate. Al termine del *deployment*, il transetto si è presentato come un allineamento molto lineare e regolarmente distanziato, che si estendeva per 540 km dal confine ceco-tedesco fino al mar Adriatico. La stazione più vicina al *deployment* teorico è a 164 m, 10 stazioni si trovano a 500 metri, 31 stazioni a 1.5 km, la più lontana è 4.4 km, con una media pari ad 1.5 km. La stazione di elevazione più alta è a 1846 m, la più bassa al livello del mare con una media pari a 646 m. In totale sono state installate 20 stazioni della Repubblica Ceca, 8 stazioni austriache e 23 svizzere. L'INGV ha aderito all'invito a collaborare mettendo a disposizione ed installando quattro stazioni sismiche temporanee in siti ubicati sul territorio italiano (Figura 2) che si aggiungono ai cinque sul territorio italiano occupati dal SED-ETH di Zurigo.

Le stazioni sono contraddistinte dalla sigla "XT.AAEnn", definita dai colleghi dell'ETH, dove: "XT" indica l'EASI *network code*, ovvero il codice identificativo della rete, "AAE" è la parte fissa della sigla della stazione (*station code*) a ricordare l'esperimento (AlpArray EASI) e "nn" indica il numero progressivo del sito.

2.1 La ricerca siti per il transetto EASI in Italia

Il personale INGV ha collaborato con i colleghi svizzeri alla ricerca dei nove siti previsti nel progetto EASI in territorio italiano (indicati dalla serie di numeri 47-55 in Figura 2) in un periodo di circa 10 giorni per i sopralluoghi, intervallo temporale abbastanza contenuto per una area estesa per circa 100 chilometri con problemi di grande traffico nella parte meridionale (dove passano le arterie di comunicazione tra Italia e Slovenia) e di qualità delle strade per lo più "montane" nella parte settentrionale. Dei nove siti, quelli destinate ad ospitare la strumentazione INGV sono i quattro contrassegnati con i numeri 47, 51, 53 e 54 in Figura 2.

In generale, la scelta di un sito è il risultato di un compromesso tra un luogo qualitativamente ideale, quello potenzialmente più sicuro e quello facilmente raggiungibile se nessun fattore terzo obbliga la scelta. Nel caso del transetto EASI, uno dei parametri fondamentali da considerare era rispettare il più fedelmente possibile, la geometria della rete, o meglio dell'allineamento lungo il parallelo 13.35° E.

2.1.1 La ricerca di un sito

I problemi legati alla scelta di un sito sono sicuramente già noti, e qui ci limitiamo a ricordare le condizioni principali per la idoneità di un luogo. Esse sono:

- Distanza da fonti di rumore antropico e naturale. Tra le prime fonti di rumore da cui tenersi lontani menzioniamo le ferrovie, le strade di viabilità principali, gli aeroporti, le fabbriche o i campi eolici; a questi, di immediata individuazione, aggiungiamo la copertura boschiva, che oltre al "rumore" crea problemi all'eventuale installazione di pannelli solari, il vento forte, il mare, che origina microsismi o veri e propri mascheramenti del segnale in caso di mare agitato. È necessario osservare che ad una prima analisi le condizioni potrebbero essere apparentemente ideali perché in genere il sopralluogo ha una durata temporale limitata e stagionale. Potrebbero però variare (favorevolmente o meno) per esempio per la chiusura o la riapertura di una strada, la fine del periodo di chiusura di una fabbrica vicina, il periodo scolastico con il conseguente aumento del traffico.

⁵ <http://www.alparray.ethz.ch/research/complementary-experiments/easi/overview/>

- Raggiungibilità del sito. Questo è necessario soprattutto per esperimenti che non prevedono la trasmissione di dati in tempo reale. In questo caso infatti il sito deve essere visitato ad intervalli regolari per procedere allo scarico dei dati. In generale occorre sempre considerare la possibilità di effettuare riparazioni o *reset* (anche in questo caso non possibili a distanza per stazioni non collegate) per le quali l'intervento in tempi brevi è di fondamentale importanza per la riuscita dell'esperimento. Siti che non sono facilmente raggiungibili hanno di solito un ottimo rapporto segnale-rumore ma spesso non possono essere collegati al centro elaborazione dati proprio perché isolati e non raggiunti da linee di comunicazione e rivelano difficoltà nel caso di riparazioni quando è necessario trasportare (magari a piedi) pesanti batterie o pannelli solari.
- Sicurezza del sito. La presenza di altri edifici e relativi abitanti intorno al sito è fonte di rumori ma è anche spesso una forma di protezione da curiosi o malintenzionati. Spesso le stazioni sismiche vengono manomesse per la sola curiosità, ma un sensore spostato dalla propria posizione è soggetto a danni pari al furto in qualche caso, e comunque tale azione compromette la riuscita dell'esperimento.
- Sicurezza del personale. Questo aspetto è talvolta trascurato, ma dovrebbe essere preso in maggiore considerazione. Non esiste un sito totalmente sicuro, considerando che spesso si opera in condizioni climatiche avverse (pioggia, neve, ghiaccio, forte vento) o in situazioni di potenziale rischio.

In generale ci si "accontenta" quando almeno buona parte del tempo di registrazione è caratterizzato da un buon rapporto segnale-rumore a fronte di una migliore raggiungibilità e di una discreta sicurezza da furti e manomissioni.

La ricerca di un sito da adibire a stazione temporanea comporta spesso difficoltà comparabili o addirittura superiori ad una stazione permanente, perché il sito deve essere identificato in tempi molti stretti, deve essere facilmente raggiungibile in qualunque stagione, deve essere approntato in locali che spesso svolgono funzioni molto diverse e quindi è più soggetto a manipolazioni che potrebbero compromettere l'esperimento. Nel caso di stazioni permanenti molti di questi elementi sono risolti dalla pianificazione, dalla possibilità di effettuare registrazioni di controllo prima dell'installazione definitiva, dalla costruzione di edifici ad *hoc*, dalla possibilità di utilizzare trasmissioni satellitari o internet. La difficoltà della scelta di un sito temporaneo è dimostrata dal fatto che, dipendendo dall'eventuale necessità, luoghi utilizzati temporaneamente vengono successivamente riutilizzati, con opportuni accorgimenti, per siti definitivi.

2.1.2 La scelta dei siti EASI in Italia

Seppure le installazioni erano previste per un solo anno, si è ritenuto opportuno, informare dell'esperimento le comunità delle aree coinvolte. E anche per agevolare l'operazione di ricerca, una volta definite le coordinate ideali dei siti e la distanza massima rispetto ai punti teorici (circa 1.5 km), è stata preventivamente intrapresa un'importante attività di contatti. I comuni dei territori scelti come possibili luoghi di installazione sono stati contattati tramite email per identificare gli uffici e gli interlocutori potenzialmente in grado di concedere il permesso all'utilizzo del sito. Sono seguiti colloqui telefonici, anche inerenti aspetti tecnici, e si è poi proceduto al sopralluogo. In molti casi sono stati proposti dagli amministratori più luoghi rispetto ai quali sono state fatte delle scelte in funzione dei parametri sopra descritti (Paragrafo 1.2.1). In Tabella 1 vengono riassunte le coordinate geografiche definitive dei quattro siti installati che, di fatto, sono stati implementati presso proprietà comunali.

ID	Nome Località	Lat (N)	Long (E)	Elev. (m.l.m)
AAE47	Dogna (UD)	46.4628	13.4375	1301.0
AAE51	Torreano (UD)	46.1294	13.4320	190.0
AAE53	Chiopris-Viscone (UD)	45.9254	13.4020	46.0
AAE54	Torviscosa (UD)	45.8418	13.2583	13.0

Tabella 1. Coordinate geografiche dei quattro siti EASI in territorio italiano ospitato la strumentazione INGV.

Nella scelta dei siti, sono state anche verificate le coperture di operatori telefonici a nostra disposizione per garantire la trasmissione dei dati in *real-time*. Dei 4 siti prefissati per le stazioni dell'INGV, è stato riscontrata l'impossibilità di trasmissione dei dati per il solo sito AAE47 a Dogna, al limite

settentrionale del transetto (Figura 2). Ciò ha vincolato l'acquisizione di tale stazione che è stata quindi solamente in locale, mentre per gli altri siti si è optato per la trasmissione *real-time* dei dati. Questa possibilità ha due evidenti vantaggi: la disponibilità del dato per eventuali elaborazioni in tempo reale, senza tra l'altro conversione *off line* del formato, e la possibilità di monitorare il funzionamento della strumentazione da remoto evitando così frequenti controlli *in situ*.

Contestualmente è stata valutata la possibile tipologia di alimentazione con cui garantire la migliore continuità dell'acquisizione. Va ricordato che l'utilizzo di *modem* incide sul consumo totale della stazione e che la scelta dell'alimentazione da adottare (numero di batterie e pannelli) va dimensionato di conseguenza. Sono stati privilegiati dove possibile, i siti con alimentazione anche a corrente continua, condizione che si mostrata sin da subito impossibile sempre per il sito AAE47 ospitato in una colonia alpina piuttosto lontano dal centro abitato, servita da una strada montana soggetta ad abbondante innevamento invernale e solo parzialmente pulita (in particolare fino alle ultime case, circa 1 chilometro di distanza).

Infine, sulla scelta dei siti più idonei, ha pesato la tipologia del sensore, BB, la cui installazione richiede particolare attenzione sia nel trovare un buon accoppiamento col terreno, che nell'evitare importanti escursioni. Per questo motivo si è deciso di investire al massimo sulle attività di ricognizione individuando siti nei basamenti di edifici bassi, ben accoppiati con le fondamenta e con escursioni termiche limitate oppure siti in cui il sensore potesse essere interrato.

3. La strumentazione utilizzata

La strumentazione destinata ai quattro siti INGV, messa a disposizione dal CNT dell'INGV previa valutazione del progetto da parte della Co.Re.Mo. [Moretti *et al.*, 2010], era costituita da acquisitori REF TEK 130S-01 della *Trimble*, equipaggiati con velocimetri Trillium 120c della *Nanometrics*. Gli acquisitori sono del recente modello 130S-01 con nuova scheda di acquisizione, maggiore dinamica, minori consumi elettrici e, soprattutto, voltaggio in ingresso di 40Vpp identico a quello dei più diffusi sismometri BB. In Tabella 2, i dati fondamentali sulla strumentazione installata.

Foto Strumento	Tipo	Foto	Caratteristiche tecniche	
REF TEK 130s-1 [Ref Tek] http://www.RefTek.com	Acquisitore		Dinamica	> 135 dB
			Risoluzione	24 bit – 40 VPP
Trillium 120C [Nanometrics] http://www.nanometrics.ca	Sensore <i>broad-band</i>		Poli	$-0.03691 \pm 0.03712i$ -371.2 $-373.9 \pm 475.5i$ $588.4 \pm 1508i$
			Zeri	0 0 -434.1
			Banda frequenza	0.0083-180 Hz

Tabella 2. Caratteristiche tecniche della strumentazione usata per l'acquisizione sismica.

Le quattro stazioni sono state pre-configurate e testate in sede presso il laboratorio della Rete Sismica Mobile del CNT a Roma sulla base delle informazioni reperite durante la ricerca dei siti. La pre-configurazione ha riguardato, oltre alle stazioni, anche il *server* che gestisce l'acquisizione dei dati in tempo reale per garantire l'immediato inizio dell'acquisizione ad installazione ultimata.

In considerazione delle linee guida previste nel "*Technical strategy for the mobile seismological components of AlpArray*", le stazioni sono state dotate di una batteria aggiuntiva che avrebbe consentito di estendere l'autonomia di funzionamento, in caso di assenza dell'alimentazione, a circa 3 settimane.

In Tabella 3, una sintesi della strumentazione installata comprensiva del *serial number* (S/N).

Sigla	S/N REF TEK	S/N GPS	S/N Triullm120c	Regolatore	Pannelli N. x potenza	Batterie N. e potenza	Router
AAE47	B731	02/10668	1211	SunSaver-10	2 x 60W	2 x 100Ah	no
AAE51	B78D	02/10669	1245	SunSaver-10	no	2x18Ah + 1x 60Ah	UR5i#ZR05
AAE53	B72F	02/10632	1316	SunSaver-10	1 x60 W	1x18Ah 1x 60Ah	UR5i#ZR03
AAE54	B732	02/10665	1308	SunSaver-10	no	1x18Ah 1x 60Ah	UR5i#ZR04

Tabella 3. Le sigle, i S/N e le associazioni dei vari strumenti previsti per ogni sito.

Prima della consegna del materiale ai colleghi di Bologna che hanno poi provveduto all'implementazione in campagna, la strumentazione è stata sottoposta a delle verifiche tramite un *huddle test* realizzato a Roma. L'*huddle test* consente di accertare che il comportamento degli apparati sia coerente. Per effettuare la verifica, le quattro stazioni complete sono state messe in acquisizione per circa 24 ore con i sensori posizionati con la stessa orientazione a meno di 40 cm di distanza l'uno dall'altro in modo tale da essere certi che le eventuali difformità del segnale fossero imputabili a soli difetti o malfunzionamenti dello strumento (Figura 3). Il segnale del tempo era garantito dal collegamento dal ripetitore GPS presente all'interno del locale sede del test. È stato registrato il rumore sismico durante tutta la notte, quando il rumore antropico legato alle attività in istituto e il traffico automobilistico lungo il viale esterno all'edificio era praticamente assente.



Figura 3. Le 4 stazioni sismiche temporanee durante l'*huddle test*.

Per l'analisi dei segnali è stata utilizzata tutta la registrazione utile dal momento della stabilizzazione dei sensori avvenuta attorno alle 17:00 del 23 luglio fino alle ore 7:00 della mattina successiva tramite ispezione delle tracce. Un esempio della registrazione della stazione XT.AAE47, componente verticale, è riportato in Figura 4.

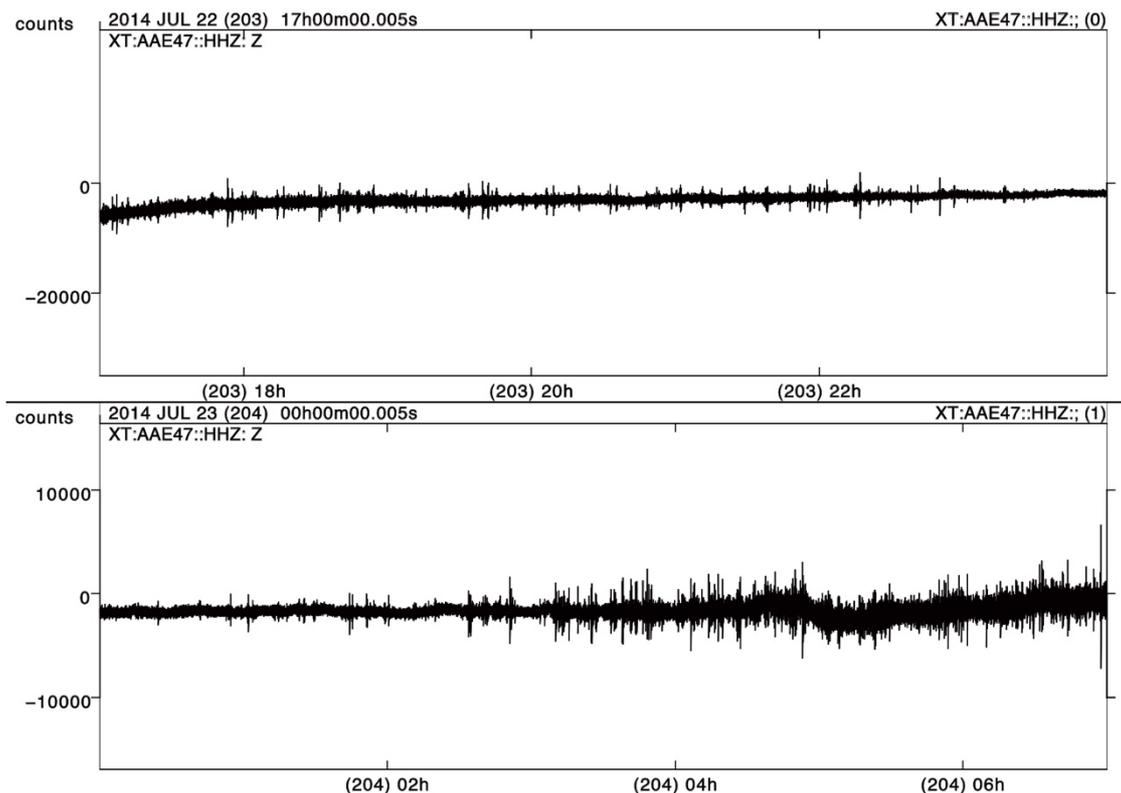


Figura 4. Tutti i sensori BB in acquisizione durante l'*huddle test* hanno azzerato le masse e si sono stabilizzati attorno alle 17:00 UTC del 22 luglio 2016. Già verso le 4:00 UTC del giorno dopo si inizia a vedere l'aumento del rumore dovuto alle attività antropiche ed una certa deriva termica. In figura viene riportato come esempio la traccia della componente verticale HHZ della stazione XT.AAE47.

I dati, registrati in locale nei dischi rimovibili (*Compact Flash*, CF), sono stati scaricati e archiviati nel *server* della rete sismica mobile e processati con le procedure di *routine*. Tramite il *software Portable Data Collection Center* (PDCC⁶) sono stati creati i *dataless* relativi agli strumenti metadati che sono poi stati consegnati ai colleghi dell'ETH una volta inserite le coordinate ufficiali di installazione. Le verifiche del funzionamento del GPS e della continuità temporale dei dati hanno dato riscontri positivi. I dati di ciascuna componente sono stati analizzati statisticamente per verificare che i valori di picco e le varianze fossero confrontabili. I valori medi di ciascuna componente permettono di capire se i sensori sono riusciti ad azzerare le masse tramite il loro circuito di controllo.

4. L'installazione e la manutenzione della rete temporanea INGV

La campagna d'installazione è durata 3 giorni, dal 5 al 7 agosto 2014, ed ha visto la messa in sito delle quattro stazioni INGV nei punti scelti durante i sopralluoghi. Come descritto nei paragrafi precedenti, ogni sito è stato equipaggiato con un digitalizzatore REF TEK 130S-01 con relativo GPS provvisto di un sensore *Trillium 120c*, un sistema di alimentazione composto, a seconda dei siti, da alimentatore o da pannello fotovoltaico, sempre con una batteria tampone. Il dato acquisito viene registrato in locale su due CF da 4GB e, dove possibile, viene trasmesso *real-time* tramite *router* UMTS Conel UR5 permettendo il monitoraggio continuo da remoto dello stato di efficienza dell'acquisitore e del sistema di alimentazione [Govoni *et al.*, 2015].

Come regola generale nell'installazione dei sensori a larga banda, come i *Trillium 120c*, è importante evitare rilevanti escursioni termiche. Ogni sensore è stato perciò posto all'interno di locali e protetto da una

⁶ <https://ds.iris.edu/ds/nodes/dmc/software/downloads/pdcc/>

struttura mista di polistirolo e plastica, in modo da garantire al sensore una temperatura il più possibile costante durante tutto il periodo di esercizio (Figura 5).

Ad eccezione di quella destinata al sito AAE47 (maggiori dettagli nella scheda stazione in Allegato), le stazioni sono state anche fornite di *router* UMTS per la trasmissione del dato in *real-time* e di alimentazione a corrente o a pannelli solari, a seconda delle necessità.

Per maggiori dettagli relativi alla stazione, all'installazione al funzionamento della strumentazione, si rimanda alle singole schede stazioni in Allegato.



Figura 5. Esempio di come sono stati protetti i sensori a larga banda *Trillium 120c* nell'installazioni EASI. Per garantire una temperatura tendenzialmente costante durante tutto il periodo dell'acquisizione, i sensori sono stati disposti all'interno di locali protetti da una struttura mista di polistirolo e plastica.

I dati registrati nel corso dell'esperimento sono stati raccolti dai rispettivi proprietari. I dati delle stazioni INGV sono stati raccolti dall'ETH, con il supporto dell'INGV. La qualità dei dati è stata controllata dai tre gruppi partecipanti all'esperimento (ETH, IMGW Wien e IG Prague) e i dati, distribuiti tramite EIDA, sono ad accesso ristretto con *password* condivisa solo tra i rappresentanti dei tre istituti partecipanti all'esperimento. L'accesso ai dati sarà libero a partire dai 3 anni dopo la fine dell'esperimento (a partire da settembre 2018).

Ringraziamenti

Il seguente Rapporto è stato realizzato grazie al supporto scientifico dato dalla Commissione Rete Mobile INGV, al supporto tecnico e alla disponibilità di strumenti da parte della Rete Sismica Mobile del Centro Nazionale Terremoti e alla collaborazione dei Comuni e dei privati che hanno ospitato le stazioni sismiche temporanee.

Si ringraziano, inoltre, i colleghi dell'*AlpArray-EASI Working Group*⁷ per l'opportunità data coinvolgendo l'INGV nella realizzazione del transetto EASI.

Bibliografia

- AlpArray Seismic Network, (2014). *Eastern Alpine Seismic Investigation (EASI) - AlpArray Complimentary Experiment. AlpArray Working Group. Other/Seismic Network.* https://doi.org/10.12686/alparray/xt_2014.
- Fuchs F., P. Kolínský, G. Gröschl, G. Bokelmann and the AlpArray Working Group, (2016). *AlpArray in Austria and Slovakia: technical realization, site description and noise characterization.* Adv. Geosci., 43, 1-13; doi:10.5194/adgeo-43-1-2016.
- Govoni A., L. Bonatto, M. Capello, A. Cavaliere, C. Chiarabba, E. D'Alema, S. Danesi, S. Lovati, L. Margheriti, M. Massa, S. Mazza, F. Mazzarini, S. Monna, M. Moretti, A. Nardi, D. Piccinini, C. Piromallo, S. Pondrelli, S. Salimbeni, E. Serpelloni, S. Solarino, M. Vallocchia, M. Santulin and the AlpArray Working Group, (2017). *AlpArray-Italy: Site description and noise characterization.* Adv. Geosci., 43, 39-52, doi:10.5194/adgeo-43-39-2017.
- Govoni A., L. Margheriti, M. Moretti, V. Lauciani, G. Sensale, A. Bucci, and F. Criscuoli, (2015). *UMTS rapid response real-time seismic networks: implementation and strategies at INGV.* Adv. Geosci., 41, 35-42; doi:10.5194/adgeo-41-35-2015.
- Kissling E., S. Schmid, R. Lippitsch, J. Ansorge, B. Fugenschuh, (2006). *Lithosphere structure and tectonic evolution of the Alpine arc: new evidence from high-resolution teleseismic tomography.* Mem. Geol. Soc. Lond., 32, 129-145.
- Kummerow J., R. Kind, O. Oncken, P. Giese, T. Ryberg, K. Wylegalla and F. Scherbaum, (2004). *A natural and controlled source seismic profile through the Eastern Alps: TRANSALP.* Earth and Planetary Science Letters, 225, 115-129.
- Mazza S., A. Basili, A. Bono, V. Lauciani, A.G. Mandiello, C. Marocci, F.M. Mele, S. Pintore, M. Quintiliani, L. Scognamiglio and G. Selvaggi, (2012). *AIDA – Seismic data acquisition, processing, storage and distribution at the National Earthquake Center, INGV.* Annals of Geophysics, 55 (4); doi:10.4401/ag-6145.
- Molinari I., J. Clinton, E. Kissling, G. Hetényi, D. Giardini, J. Stipčević, I. Dasović, M. Herak, V. Šipka, Z. Wéber, Z. Gráczler, S. Solarino, the Swiss-AlpArray Field Team, and the AlpArray Working Group, (2016). *Swiss-AlpArray temporary broadband seismic stations deployment and noise characterization.* Adv. Geosci., 43, 15-29; doi:10.5194/adgeo-43-15-2016.
- Moretti M., A. Govoni, G. Colasanti, M. Silvestri, E. Giandomenico, S. Silvestri, F. Criscuoli, L. Giovani, A. Basili, C. Chiarabba e A. Delladio, (2010). *La Rete Sismica Mobile del Centro Nazionale Terremoti.* Rapporti Tecnici INGV, n.137.
- TRANSALP Working Group, (2001). *European orogenic processes research transects the Eastern Alps.* EOS Transactions, American Geophysical Union, 82, 453,460-461.

⁷ <http://www.alparray.ethz.ch/research/complementary-experiments/easi/data-access-citation/>

TRANSALP Working Group, (2002). *First deep seismic reflection images of the Eastern Alps reveal giant crustal wedges and transcrustal ramps*. Geophysical Research Letters, 29 (1-4), 92.

Allegato

Schede stazioni

AAE47

Dogna (UD)

Info - Position (WGS84)

IN	07/08/2014 GG 219 00.00 UTC
OUT	19/08/2015 GG 231 23.59 UTC
Lat	N 46.4628°
Lon	E 13.4375°
Elev	1301.0 m

Instruments

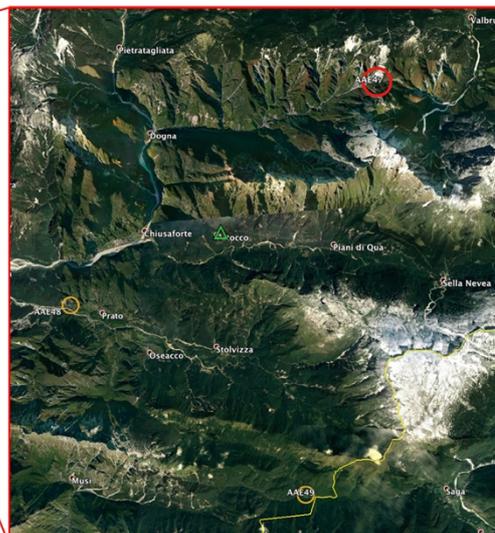
DataLogger	REF TEK 130S -01 S/N B731
Sensore	Trillum 120c S/N 1211
Alimentazione	Impianto fotovoltaico (2 pannelli 60W) e batterie (2 x 100 Ah).

Configuration

Acquisition	stand-alone
Sample rate	100 sps
Gain	1

Station Code

Broad band	XT.AAE47..HH*
------------	---------------



Il sito scelto per la stazione AAE47, si trovava nel garage di una caserma degli Alpini posta ad una decina di km dal paese di Dogna.

Il sito, in piena montagna ad alta quota, ha mostrato diverse criticità di installazione. In primo luogo il sito non essendo frequentato abitualmente non è collegato alla rete elettrica. La struttura è dotata di un generatore di corrente alimentato a gasolio che, in generale, non viene lasciato acceso in maniera continuativa per lunghi periodi perché avrebbe necessità di periodico rifornimento di carburante. Inoltre durante l'esperimento sarebbe stato una fonte di rumore continua. Il sito è stato quindi equipaggiato con un impianto di alimentazione a pannelli solari composto da 2 pannelli da 60W, due batterie da 100Ah ed il regolatore solare standard. La presenza di vegetazione di alto fusto nelle immediate vicinanze dell'edificio ha reso molto problematico il posizionamento dei pannelli. Per trovare il migliore compromesso tra insolazione e distanza dalla strumentazione, i due pannelli sono stati alla fine installati sul lato Sud della caserma in posizione sopraelevata e con inclinazione quasi verticale in modo da minimizzare l'accumulo della neve sulla superficie durante il periodo invernale (vedi foto accanto). Inoltre, data la mancanza di segnale UMTS ma anche della normale telefonia che caratterizza l'intera zona, il dato era registrato soltanto in locale su due CF da 4 GB che assicurano, in genere, quasi 300 giorni di autonomia.

Nonostante questi accorgimenti, al primo controllo avvenuto a metà ottobre 2014, la stazione è stata trovata spenta dopo aver registrato per 41 giorni circa. Il regolatore solare è risultato difettoso e risultava non aver mai caricato le batterie. Il regolatore di carica è stato sostituito con uno nuovo, i due pannelli a silicio amorfo sono stati sostituiti con due pannelli da 60 W a tecnologia CIS ad alta efficienza e molto meno sensibili ai problemi di ombreggiamento grazie alla maggiore superficie delle singole celle.

Al controllo di aprile 2015 la stazione è risultata perfettamente funzionante malgrado un inverno caratterizzato da frequenti precipitazioni nevose che hanno reso il sito quasi totalmente irraggiungibile per diversi mesi.



AAE51

Torreano (UD)

Info - Position (WGS84)

IN	06/08/2014 GG 218 00.00 UTC
OUT	18/08/2015 GG 230 23.59 UTC
Lat	N 46.1294°
Lon	E 13.4320°
Elev	190.0 m

Instruments

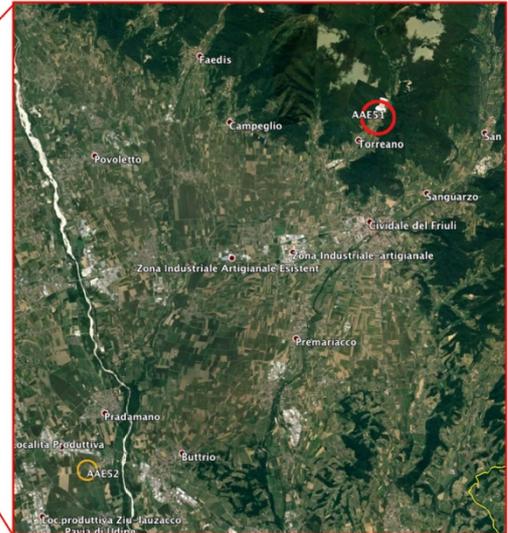
DataLogger	REF TEK 130S -01 S/N B78D
Sensore	Trillum 120c S/N 1245
Alimentazione	Corrente continua e batterie (2 x 18Ah e 1 x 60Ah)

Configuration

Acquisition	<i>Real-time</i>
Sample rate	100 sps
Gain	1

Station Code

Braod band	XT.AAE51..HH*
-------------------	---------------



Il luogo scelto per l'installazione della stazione AAE51, era un locale adibito ad archivio nel piano interrato della biblioteca del comune di Torreano. La biblioteca è adiacente il Municipio e vi si accedeva previa comunicazione col geometra comunale per l'apertura dei locali.

Il sito è abitualmente frequentato e l'amministrazione ha garantito e permesso l'utilizzo della corrente elettrica per tutta la durata del progetto EASI. Date queste garanzie, si è scelto di non utilizzare il pannello fotovoltaico in quanto superfluo per il funzionamento della stazione.

Nonostante la strumentazione sia stata posizionata in un piano interrato, il segnale è risultato più che sufficiente per garantire la trasmissione del dato via UMTS. Attraverso una finestra del locale è stato possibile installare il GPS sulla ringhiera della terrazza posta al primo piano dell'edificio (vedi foto accanto).

Nessun problema è stato evidenziato durante il controllo di controllo di Ottobre 2014 e aprile 2015.



AAE53

Chiopris Viscone (UD)

Info - Position (WGS84)

IN	06/08/2014 GG 218 00.00 UTC
OUT	18/08/2015 GG 230 23.59 UTC
Lat	N 45.9254°
Lon	E 13.4020°
Elev	46.0 m

Instruments

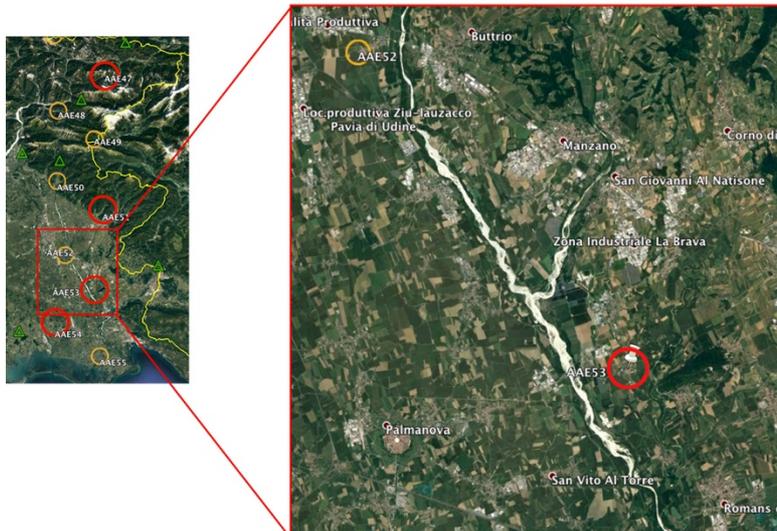
DataLogger	REF TEK 130S -01 S/N B72F
Sensore	Trillum 120c S/N 1316
Alimentazione	Impianto fotovoltaico: 2 pannelli 60W e 2 batterie da 100 Ah

Configuration

Acquisition	<i>Real-time</i>
Sample rate	100 sps
Gain	1

Station code

Broad band	XT.AAE54..HH*
-------------------	---------------



La stazione è stata installata in un edificio comunale inutilizzato, nei pressi delle strutture sportive del paese di Chiopris Viscone. Il locale era accessibile in ogni momento in quanto l'amministrazione comunale ci aveva fornito le chiavi.

I locali sono adibiti a magazzino e non hanno la corrente elettrica per la maggior parte del tempo. Per tale motivo si è scelto di utilizzare la dotazione standard per quanto concerne il sistema di alimentazione, con pannello fotovoltaico da 60 W e batteria da 100 Ah. Il pannello perfettamente orientato a Sud e l'assenza di vegetazione nei suoi pressi hanno garantito la massima insolazione.

Nessun problema di riguardo si è verificato nel primo controllo, mentre alcuni problemi riguardanti l'alimentazione sono sorti nei mesi successivi a novembre 2014. A seguito degli andamenti non ottimali del livello di carica dell'accumulatore che hanno iniziato a manifestarsi verso fine novembre, si è deciso di sostituire l'impianto con uno di maggiore potenza e capacità utilizzando un pannello nuovo da 80W e due batterie da 80Ah anche in considerazione della presenza del router UMTS che in condizioni di segnale scarso può arrivare a consumare fino a 5W. L'analisi della batteria sostituita ha poi evidenziato che il problema era collegato alla presenza di una cella probabilmente cortocircuitata a causa della solfatazione delle piastre. Il dimensionamento precedente è dunque da considerarsi ottimale per il tipo di configurazione. L'intervento è stato effettuato verso fine gennaio del 2015.



AAE54

Torviscosa (UD)

Info - Position (WGS84)

IN	05/08/2014 GG 217 00.00 UTC
OUT	18/08/2015 GG 230 23.59 UTC
Lat	N 45.8418°
Lon	E 13.2583°
Elev	13.0 m

Instruments

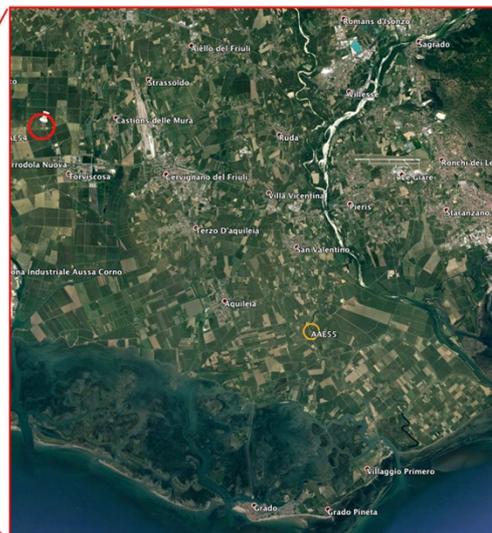
DataLogger	REF TEK 130S -01 S/N B732
Sensore	Trillum 120c S/N 1308
Alimentazione	Impianto fotovoltaico: 2 pannelli 60W e 2 batterie da 100 Ah

Configuration

Acquisition	stand-alone
Sample rate	100 sps
Gain	1

Configuration

Acquisition	stand-alone
-------------	-------------



La stazione AAE54 è stata installata in un locale del vecchio acquedotto dismesso e attualmente gestito dal consorzio depurazione CAFC di Udine. L'edificio si trova a Nord del paese di Torviscosa, nei pressi della località denominata Villaggio Roma. Il locale è isolato (lontano dal centro abitato) e sicuro (recintato all'esterno e chiuso a chiave) ma era necessario contattare il gestore per l'accesso.

Il locale, anche se non frequentato, era fornito di alimentazione elettrica, condizione sufficiente per non utilizzare il pannello fotovoltaico in dotazione, lasciando la sola batteria da 100 Ah in tampone in caso di momentaneo black-out.

Per garantire un buon accoppiamento sensore-suolo è stata in parte dismessa la pavimentazione del locale, mentre l'antenna GPS è stata installata sul vicino cancello d'ingresso. La copertura UMTS nella zona ha garantito la trasmissione del dato in *real-time*.

Nessun problema è stato riscontrato nel periodo di acquisizione.



Quaderni di Geofisica

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/quaderni-di-geofisica/>

I Quaderni di Geofisica coprono tutti i campi disciplinari sviluppati all'interno dell'INGV, dando particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari, che per tipologia e dettaglio necessitano di una rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. La pubblicazione on-line fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

Rapporti tecnici INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/rapporti-tecnici-ingv/>

I Rapporti Tecnici INGV pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico e di rilevante interesse tecnico-scientifico per gli ambiti disciplinari propri dell'INGV. La collana Rapporti Tecnici INGV pubblica esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

Miscellanea INGV

ISSN 2039-6651

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/miscellanea-ingv/>

La collana Miscellanea INGV nasce con l'intento di favorire la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV (sismologia, vulcanologia, geologia, geomagnetismo, geochimica, aeronomia e innovazione tecnologica). In particolare, la collana Miscellanea INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli ecc..

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2017 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia