

Rapporti tecnici INGV

**4EVO: sviluppi del tripode
short-drilled-braced dell'INGV per le
Reti GPS permanenti**

149



Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Simona Masina (BO)

Mario Mattia (CT)

Nicola Pagliuca (RM1)

Umberto Sciacca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it



Rapporti tecnici INGV

4EVO: SVILUPPI DEL TRIPODE SHORT-DRILLED-BRACED DELL'INGV PER LE RETI GPS PERMANENTI

Felice Minichiello, Antonino Memmolo, Ciriaco D'Ambrosio

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

149

Indice

Introduzione.....	5
2.1 Il tripode <i>short-drilled-braced</i> modello Wyatt/Agnew	7
2.2 Il tripode <i>short-drilled-braced</i> modello D’Ambrosio	9
2.3 Il tripode <i>short-drilled-braced</i> modello 4EVO	10
3.1 Attrezzature	11
3.2 Fasi di installazione.....	12
3.2.1 Scelta del punto idoneo.....	12
3.2.2 Realizzazione del primo foro	12
3.2.3 Realizzazione dei fori obliqui	13
3.2.4 Fissaggio e ancoraggio al suolo	13
3.2.5 Assemblaggio finale del monumento	13
Ringraziamenti	20
Bibliografia.....	20
Allegato 1	21
Allegato 2	27

Introduzione

La Rete Integrata Nazionale GPS (RING, <http://ring.gm.ingv.it>) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) è nata nel 2004 con lo scopo di diventare una infrastruttura geodetica sul territorio nazionale che potesse rispondere a diversi quesiti di natura scientifica [Selvaggi et al., 2006; Avallone et al., 2010]. Le finalità scientifiche della rete (determinazione della tettonica attiva e accumulo di deformazione su faglie) richiedevano la necessità di determinare movimenti dell'ordine del mm/a [D'Agostino et al., 2008]. Pertanto, è stato prioritario adottare un tipo di monumento per stazioni GPS permanenti caratterizzato da un'elevata stabilità nel tempo. Tale caratteristica è raggiungibile con monumenti del tipo tripode superficiale (o tripode "*short-drilled-braced*").

In un precedente rapporto tecnico [D'Ambrosio, 2007] sono stati illustrati i tipi di monumenti realizzati per le diverse stazioni appartenenti alla RING, tra le quali, per la prima volta in Italia, un tripode superficiale in acciaio.

Tra tutti i monumenti RING (figura 1, allegato 1), ad inizio 2010, circa il 40% è realizzato con un tripode superficiale denominato "*short-drilled-braced*". Il monumento a cui ci si è ispirati è quello progettato inizialmente per il Southern California Integrated GPS Network (SCIGN) (http://www.scign.org/arch/sdb_monument.htm, http://facility.unavco.org/project_support/permanent/monumentation/sdbm.html), e rappresenta attualmente (tra i monumenti superficiali) la monumentazione che garantisce il più elevato standard di qualità per reti geodetiche con finalità scientifiche. La grande stabilità di questo monumento è dovuta principalmente a due fattori:

- 1) il punto di forza è posto a pochi centimetri (circa 10 cm) dal punto geodetico;
- 2) il tripode compensa maggiormente, rispetto ai classici monumenti GPS (ad es. pilastrini, aste) le sollecitazioni termiche o meccaniche che esso subisce nelle tre direzioni.

Nel tempo sono state apportate, grazie alle esperienze acquisite dal personale del ST-Osservatorio di Grottaminarda, alcune migliorie e modifiche atte a facilitare le operazioni di installazione.

I primi monumenti di questo tipo sono stati realizzati con il supporto di ditte esterne seguendo le specifiche SCIGN ma, a partire dal 2005, la realizzazione dei tripodi superficiali è stata assegnata agli autori del presente rapporto tecnico. Ciò ha permesso di ottimizzare la realizzazione di un tripode, diminuendo i tempi di monumentazione e, al contempo, il monumento più affidabile. Nel presente rapporto tecnico verranno descritte le principali caratteristiche del tripode *short-drilled-braced*, la modifica apportata nel 2009 al progetto descritto in D'Ambrosio [2007] e le fasi di realizzazione di questo tipo di monumento.

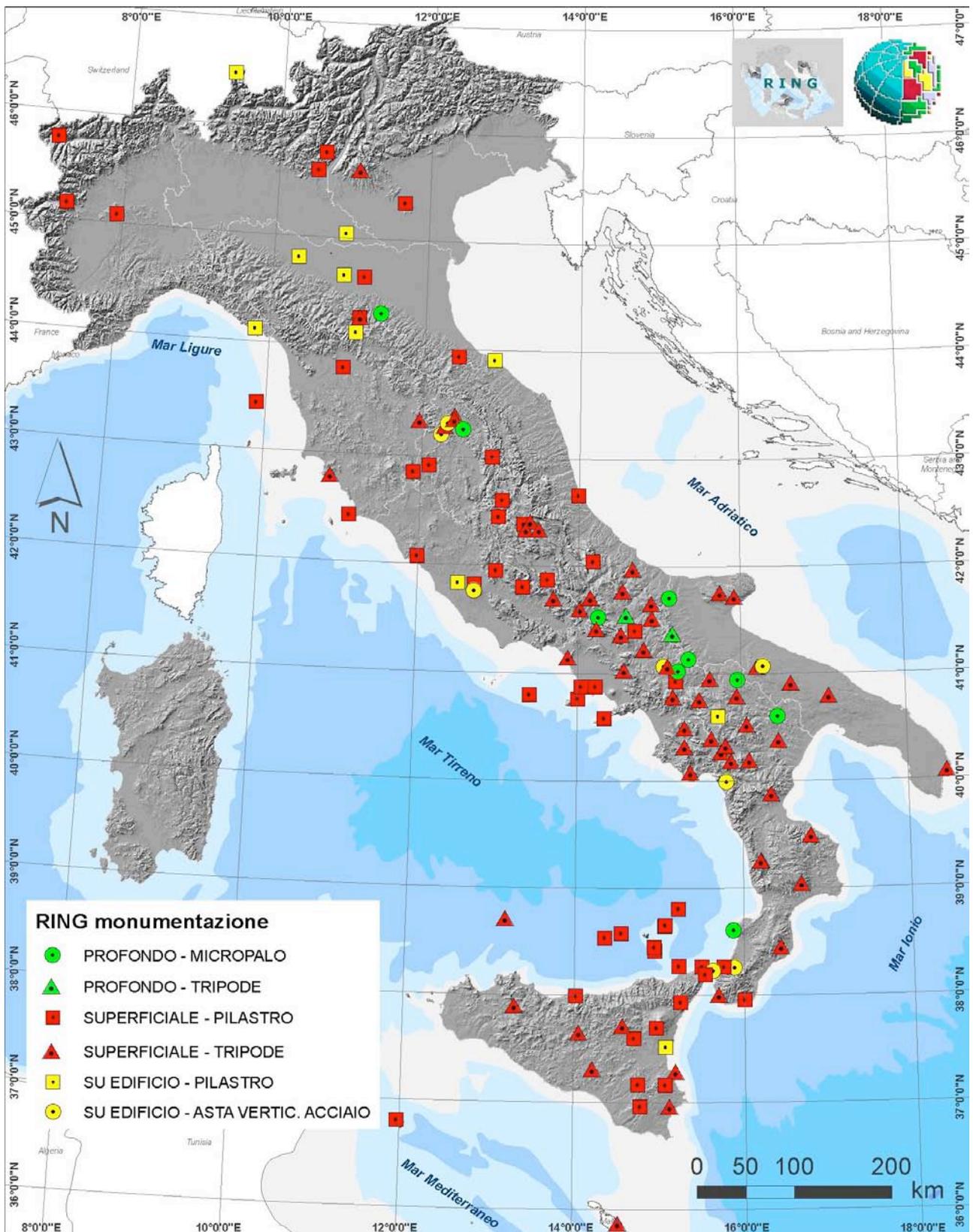


Figura 1. Distribuzione territoriale delle diverse tipologie di monumentazione adottate per la RING.

1. Caratteristiche generali del tripode *short-drilled-braced*

Il monumento consiste in 4 aste di acciaio (di cui 1 verticale e le altre 3 oblique), saldate o unite alla loro sommità. Le 3 aste oblique sono inclinate di circa 35° rispetto alla verticale e di 120° rispetto all'azimut.

L'elevata stabilità nel tempo, rispetto ad un classico pilastrino, è dovuta alla presenza delle 3 aste oblique, le quali fanno sì che i movimenti annuali che avvengono nella parte più superficiale del terreno e legati alle condizioni climatiche, non inficiano la stabilità del monumento a lungo tempo.

La profondità a cui arrivano le aste dipende dal tipo di substrato, e, per i siti della RING con monumentazione di questo tipo, varia generalmente dai 120 ai 150 cm.

Questo tipo di monumento è ideale per siti difficilmente accessibili, dal momento che tutte le attrezzature necessarie alla sua messa in opera sono di facile trasporto. La realizzazione di un tripode *short-drilled-braced* necessita la presenza di roccia affiorante (ideali sono litologie calcaree, calcarenitiche, o calcari-marnosi). È importante inoltre che la roccia affiorante non sia eccessivamente fratturata, né che sia coperta da uno spesso strato di suolo. Il suolo o il terreno meno coerente non deve essere, infatti, più spesso di 50 cm.

Come verrà descritto in seguito, i tempi di realizzazione sono brevi e, generalmente, la realizzazione avviene mediamente in un giorno lavorativo.

Il costo di un monumento completo si aggira intorno ai 500 euro, ed è quindi inferiore al costo di un classico monumento superficiale tipo pilastrino. Inoltre a questo va aggiunto il risparmio che si ottiene non dovendo affidare il lavoro ad una ditta esterna. Infine, è da sottolineare il valore aggiunto di avere all'interno dello stesso INGV un bagaglio di conoscenze fondamentale nel campo della geodesia applicata alla geofisica.

Riassumendo, i vantaggi principali di questo tipo di monumento sono quindi l'elevata stabilità nel tempo, il costo relativamente basso dei materiali e della realizzazione, la facilità nel trasporto delle attrezzature necessarie, il basso impatto ambientale, i tempi di realizzazione relativamente veloci. I principali svantaggi riguardano invece l'estrema precisione richiesta dal tipo di installazione, la laboriosità dell'installazione, la presenza di rocce compatte affioranti, i costi iniziali per l'acquisto dell'attrezzatura e la minore stabilità rispetto ai tripodi profondi.

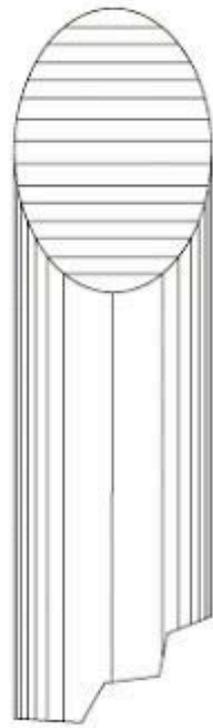
Nei successivi paragrafi verranno descritti i 3 tipi di tripode *short-drilled-braced* adottati dalla RING. Questi si distinguono tra loro essenzialmente per il modo in cui le tre aste laterali vengono raccordate all'asta centrale.

2. Tipi di tripodi *short-drilled-braced* utilizzati dalla RING

2.1 Il tripode *short-drilled-braced* modello Wyatt/Agnew

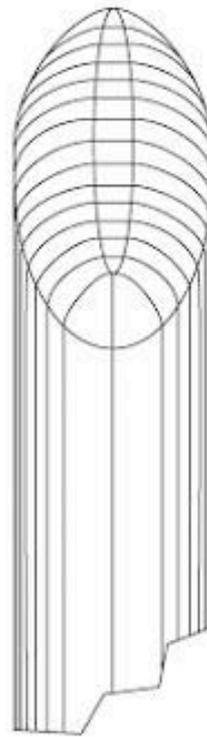
I primi monumenti realizzati dalla RING seguivano le linee guida dell'USGS (http://facility.unavco.org/project_support/permanent/monumentation/sbtutorial.html) nella costruzione del monumento. Questa prima versione è stata spesso messa in opera con l'ausilio di una ditta esterna, ma in molti casi (soprattutto nei siti di più difficile accesso) è stato lo stesso personale di Grottaminarda ad occuparsi della loro completa costruzione. La realizzazione consisteva nel tagliare le estremità delle tre aste laterali con una sezione piatta a 35° (figura 2a). Queste sezioni venivano poi corrette con un intaglio convesso in modo da farle combaciare con l'asta centrale (figura 2b). Una volta verificato il corretto posizionamento dell'intaglio, le quattro aste venivano saldate posizionando (sempre a mezzo di saldatura) il triangolino in acciaio nella giunzione delle aste (figura 3a). Una volta posizionato il monumento in bolla, si procedeva alla colatura della resina o del cemento, a seconda del tipo di substrato.

L'asta centrale veniva poi tagliata alla sua estremità superiore, lasciando circa 5 cm al di sopra del punto di giunzione, per poter successivamente inserire un anello adattatore tronco conico filettato esternamente (figura 3b). Su questo anello adattatore veniva poi avvitato il *mount* SCIGN (http://facility.unavco.org/project_support/permanent/equipment/mounts/scignmount.html).



Asta laterale con
sezione piatta

2a



Asta laterale con
sezione convessa



2b

Figura 2. a) Particolare delle sezioni delle 3 aste laterali; b) Particolare delle aste laterali tripode *short-drilled-braced* superficiale modello “Wyatt/Agnew” (versione 1).

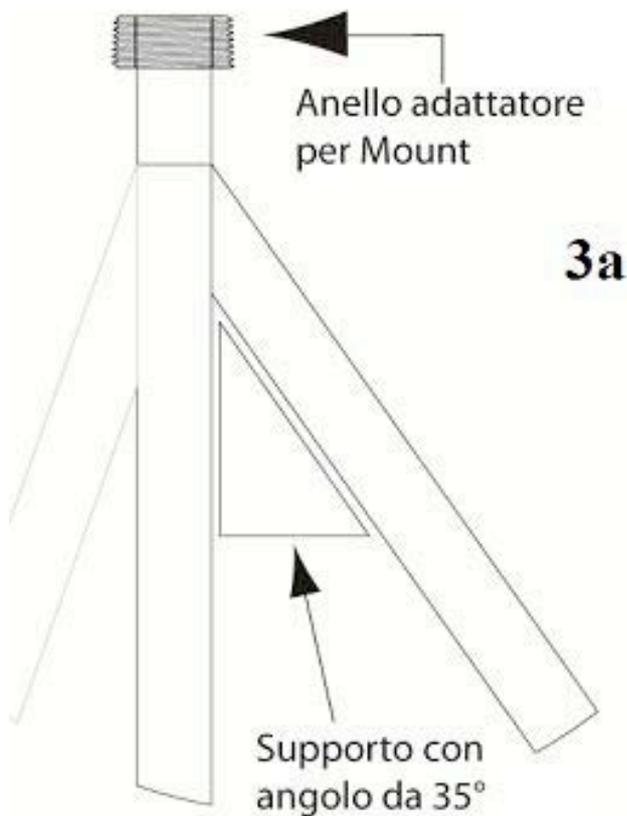


Figura 3. a) Progetto del raccordo tra aste laterali e asta centrale e dell'anello adattatore tronco conico del tripode superficiale tipo "Wyatt/Agnew"; **b)** Foto dell'anello adattatore tronco conico e dei supporti ad angolo di 35° assemblati.

2.2 Il tripode *short-drilled-braced* modello D'Ambrosio

La variante costruttiva al tripode superficiale tipo Wyatt/Agnew, descritta in D'Ambrosio [2007], è caratterizzata da un adattatore tripode ideato per evitare la saldatura al vertice delle quattro aste e l'utilizzo del supporto triangolare.

Il raccordo, chiamato adattatore tripode (figura 4), consente di collegare le 4 aste, nel vertice superiore, semplicemente avvitandole. Questo adattatore consente di praticare i tre fori laterali inclinati, senza dover compiere misure degli angoli (sia zenitali che azimutali) in quanto, avvitando un'asta di opportuna lunghezza nell'apposito alloggiamento, funge anche da guida per direzionare il foro. Inoltre, non è necessaria la presenza in campagna di un tecnico specializzato in saldature, poiché le stesse non sono determinanti per la buona riuscita dell'installazione.

Come per il modello Wyatt/Agnew, è richiesto un anello adattatore, per consentire di fissare il *mount* SCIGN sull'asta. In questo caso però, l'adattatore è filettato sia esternamente che internamente, in modo da poter essere avvitato sull'estremità dell'asta centrale.

La parte inferiore dell'adattatore tripode si raccorda con l'asta centrale e con le laterali tramite tre manicotti saldati con angolo di 35° al manicotto centrale. I manicotti sono filettati internamente per 5 cm, e in questi vengono avvitate le 3 aste laterali. A differenza delle tre aste laterali, filettate per 5 cm, l'asta centrale ha invece una superficie filettata più ampia, pari a 25 cm, per consentire prima l'avvitamento dell'adattatore tripode e, successivamente, dell'anello adattatore per mount.

L'anello adattatore si avvita fino a far combaciare la parte sommitale con l'estremità superiore dell'asta centrale. Una volta avvitate le 4 aste e l'anello adattatore, si procede a saldare il tutto.

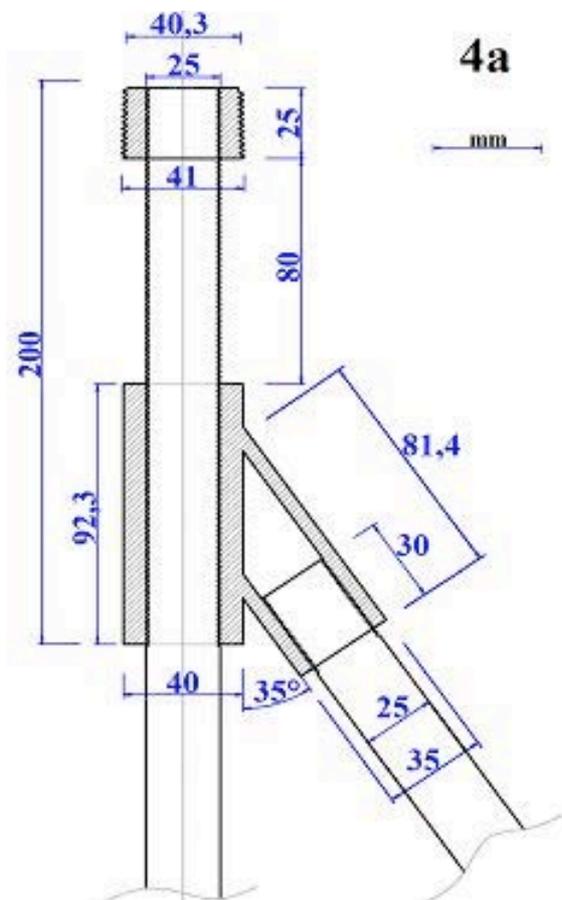


Figura 4. a) Progetto del raccordo tra aste laterali e asta centrale e dell'anello adattatore filettato del tripode superficiale modello D'Ambrosio (versione 2); **b)** Foto dell'adattatore tripode e dell'anello adattatore assemblati.

2.3 Il tripode *short-drilled-braced* modello 4EVO

Il nuovo adattatore tripode, impiegato per la prima volta per l'installazione di stazioni GPS permanenti in fase di emergenza a seguito dell'evento sismico del 6 aprile 2009 all'Aquila, permette di ottimizzare ulteriormente la realizzazione del monumento *short-drilled-braced* rispetto all'adattatore descritto in D'Ambrosio [2007]. Tale adattatore, utilizzato come raccordo tra l'asta centrale e le tre aste oblique, è stato ideato in modo tale da potervi avvitare sia il *mount* SCIGN che le aste.

In figura 5 è mostrato il nuovo adattatore tripode che, rispetto alla precedente versione [D'Ambrosio, 2007], riporta alcune significative migliorie. Il nuovo adattatore presenta un manicotto centrale di lunghezza pari a 20 cm e presenta una filettatura di 3 cm sul vertice. Tale variazione rispetto al modello precedente permette infatti di ottimizzare la realizzazione del monumento *short-drilled-braced* in quanto non prevede l'aggiunta dell'anello adattatore per il fissaggio del *mount* SCIGN. Inoltre, mentre i 3 manicotti laterali restano invariati rispetto all'adattatore precedente [D'Ambrosio, 2007], la parte inferiore del manicotto centrale ha una nuova filettatura interna anch'essa di soli 3 cm. Ciò rappresenta un altro notevole vantaggio del nuovo adattatore tripode perché le quattro aste che vi si avvitano sono identiche e quindi intercambiabili. Da aprile 2009 in poi, il nuovo adattatore tripode viene impiegato dall'INGV per qualsiasi nuovo monumento *short-drilled-braced*.

Il monumento, definito "4-braced EVolution" (4EVO), rappresenta un'evoluzione rispetto ai modelli Wyatt/Agnew e D'Ambrosio.

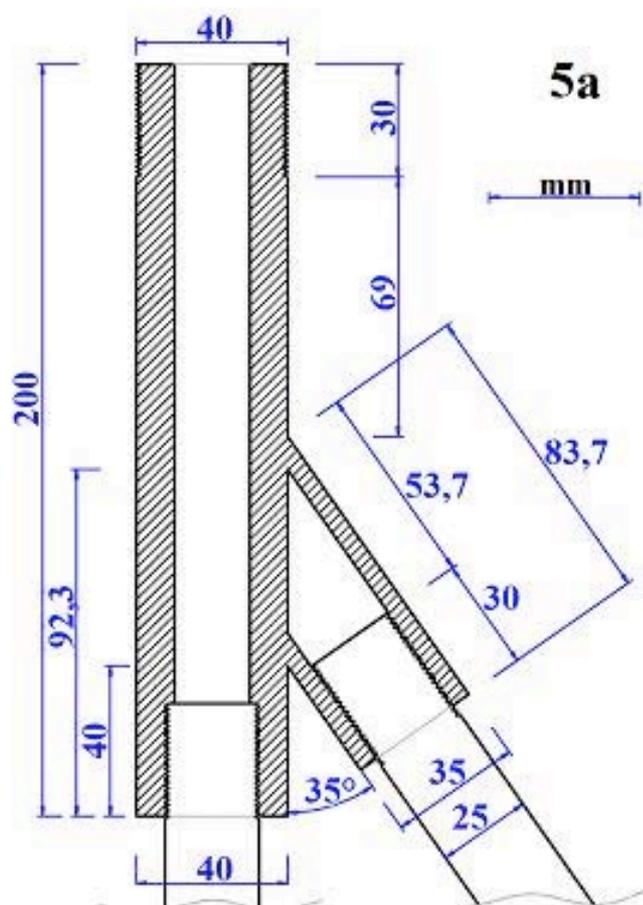


Figura 5. a) Progetto del nuovo tipo di adattatore tripode progettato per migliorare ulteriormente la realizzazione di monumenti tipo *short-drilled-braced* 4EVO (versione 3); b) Foto del nuovo adattatore tripode.

3. Fasi di installazione del tripode superficiale con nuovo adattatore tripode

3.1 Attrezzature

La scelta delle attrezzature da utilizzare per realizzare i tripod superficiali è avvenuta in relazione alle necessità e difficoltà riscontrate nel tempo.

Gli attrezzi (figura 6) e i materiali utilizzati per la realizzazione di un monumento *short-drilled-braced* sono i seguenti:

- Martello demolitore mod. Milwaukee kango 950 s da 1700W potenza 7-27J e dal peso di 11.8Kg;
- Saldatrice Telwin 144 potenza max di 3.7KW e al 60% di 1.6KW;
- Smerigliatrice angolare potenza 750W;
- Aspiratore da 1400W e 25 litri di capacità con filtro antipolvere;
- Generatore da 2.5Kw;
- 4 punte SDS dal diametro di 42 mm e con lunghezze di 400 mm - 800 mm - 1200 mm - 1500 mm;
- un tripode in acciaio inox tipo AISI 303 composto da 4 aste dal diametro di 22 mm ed un manicotto (vedi paragrafo precedente);
- Resina epossidica (resina bicomponente tipo Keracoll Kerabuild) oppure cemento liquido antiritiro e a rapida essiccazione (tipo Mapei o Weber); il tipo di materiale da utilizzare per l'ancoraggio delle aste è in funzione del substrato affiorante, del grado di fratturazione e dell'umidità di esso.

Il martello demolitore in uso è dotato di un sistema di frizione nel caso di blocco della punta e di un'impugnatura dotata di molla in modo da smorzare le vibrazioni provocate dalla percussione. L'esperienza ha dimostrato inoltre che martelli demolitori con potenze inferiori ai 1500W non sono idonei a praticare fori del diametro e profondità richiesti dalle nostre esigenze.

La saldatrice in uso è di tipo inverter elettronico, portatile e con una potenza regolabile.

Per poter tagliare le aste viene utilizzata una smerigliatrice angolare dalla potenza media di 750W, mentre per aspirare i residui di polvere e detriti dai fori si utilizza un aspiratore, con particolare filtro a cartuccia posizionato sopra la bocca di aspirazione (questo fa in modo che la polvere non vada ad intasare il motore).

Quest'attrezzatura viene alimentata da un generatore portatile alimentato a benzina. E' sempre consigliabile dimensionare il generatore in base all'assorbimento del componente a più alto consumo.

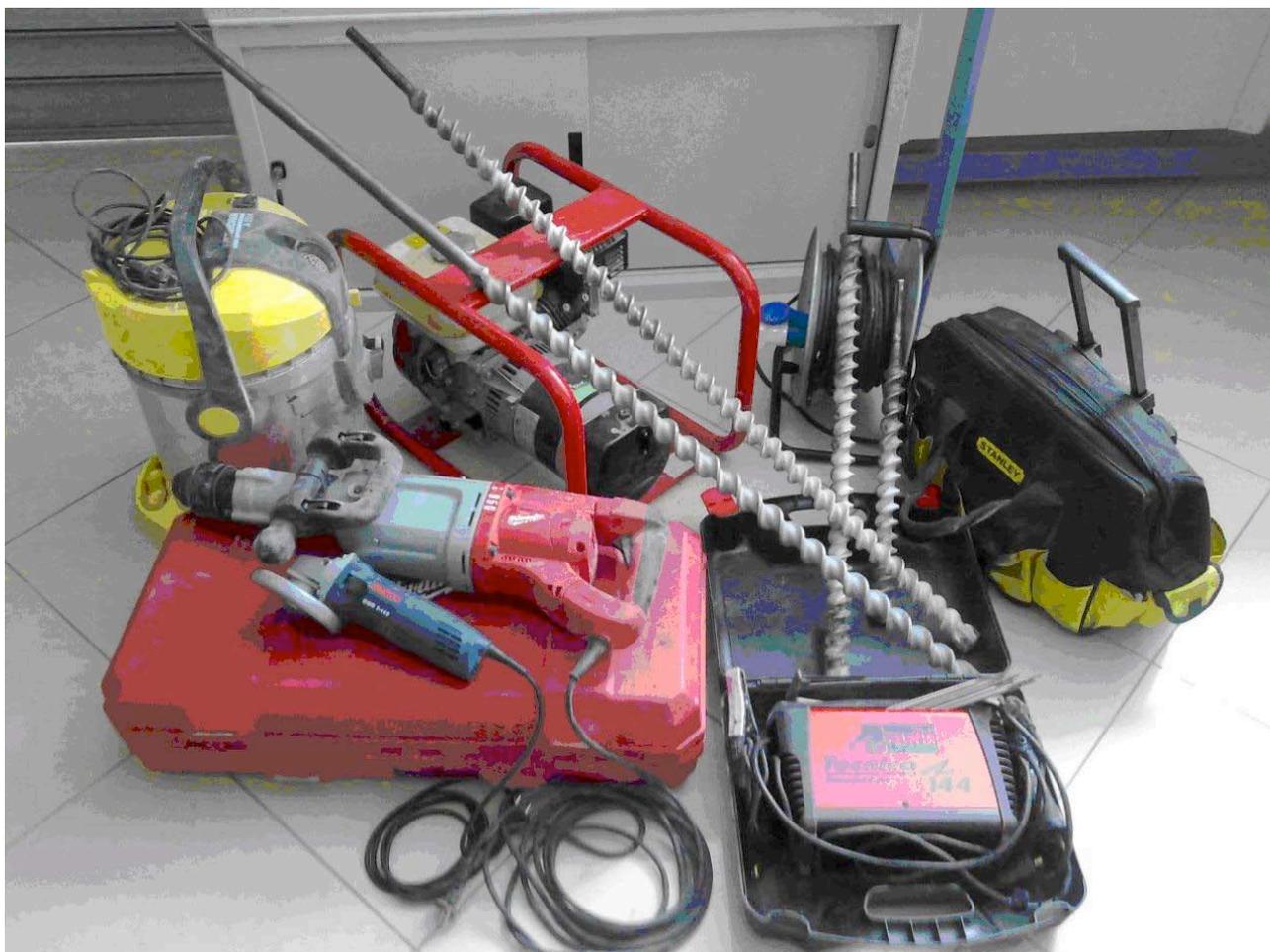


Figura 6. Attrezzature utilizzate per la realizzazione dei monumenti tipo *short-drilled-braced*.

3.2 Fasi di installazione

La realizzazione del tripode superficiale avviene in diverse fasi, illustrate qui di seguito (figura 7).

3.2.1 Scelta del punto idoneo

Nell'intorno del sito sul quale è prevista l'installazione della stazione GPS permanente occorre innanzitutto selezionare un punto con visibilità ottimale (cercando di evitare arbusti o possibili sorgenti di *multipath*), possibilmente caratterizzato da substrato affiorante.

3.2.2 Realizzazione del primo foro

Si inizia a effettuare il primo foro verticale, utilizzando la punta SDS di lunghezza 400 mm. Con l'avanzare della perforazione la punta SDS da 400 mm viene sostituita con le successive punte SDS da 800 mm, 1200 mm e, dove possibile, da 1500 mm. Durante la perforazione del foro centrale, occorre verificare e visualizzare ripetutamente la verticalità del foro utilizzando una livella, posizionata sulla punta del martello demolitore o sull'asta centrale inserita provvisoriamente nel foro (figura 7a). Durante la perforazione si effettua inoltre la pulizia del foro con l'aspiratore, sia per poter tralucare correttamente che per evitare che

la punta del martello demolitore si blocchi. La perforazione avviene fino a raggiungere una profondità tale per cui l'asta centrale non fuoriesca dal terreno più di 1000 mm. Fatto ciò, si posiziona l'asta centrale nel foro e si blocca (con appositi cunei in legno) in modo da mantenerla perfettamente in bolla. L'asta centrale del tripode ha un diametro pari a 25 mm; i restanti 17 mm del foro sono necessari al fine di eliminare eventuali errori sulla verticalità dell'asta nelle successive fasi di montaggio. Si procede quindi ad avvitare alla sua estremità l'adattatore tripode (figura 7b) descritto nella sezione precedente. L'adattatore tripode permette di ancorare e visualizzare l'angolazione delle aste oblique nelle fasi successive. L'adattatore tripode viene avvitato fino a fine corsa, proiettando una delle estremità inferiori nella direzione scelta per il primo foro obliquo.

3.2.3 Realizzazione dei fori obliqui

Anche i fori obliqui vengono effettuati con le punte SDS con diametro di 42 mm. Poggiando l'asta obliqua sull'estremità inferiore dell'adattatore tripode, si traga sulla superficie del terreno il punto esatto sul quale realizzare il primo foro obliquo (figura 7c). La perforazione si effettua ponendo il martello demolitore in modo obliquo, e nei primi cm perforati si procede più volte a tragarlo con l'asta l'angolo e la direzione esatta che deve avere la punta SDS tra il terreno e il manicotto. Di fondamentale importanza è una corretta e precisa perforazione dei primi 400 mm del foro obliquo, dato che esso funge da guida per i restanti 1000 mm da perforare. Nel caso, infatti, in cui il foro non venga realizzato correttamente sarà poi impossibile avvitare l'asta o rettificare il foro. Raggiunta la profondità massima (figura 7d) delle punte SDS a disposizione, si colloca la prima asta obliqua (filettata alla sua estremità) nel foro e si avvita all'adattatore tripode. A seconda della distanza tra il foro obliquo e il centrale si procede a dimensionare l'asta. Occorre precisare che i monumenti vengono realizzati con aste di lunghezza pari a 3000 mm, onde poter operare anche su superfici non piane (in questi casi verrà utilizzata l'asta per intero). Per le altre due aste oblique la procedura è la stessa. Occorrerà però una maggiore attenzione e precisione sulla direzionalità dei restanti due fori obliqui (figura 7e), in quanto vincolati dal primo. Il tripode può essere ultimato solo qualora tutte le aste combacino perfettamente con l'adattatore tripode.

Per garantire un'ottimale stabilità nel tempo del monumento occorre inoltre accertarsi che nessuna delle aste faccia flessione o attrito all'interno dei fori, tale verifica viene effettuata applicando all'estremità superiore una forza circolare e constatando che il monumento si muova liberamente in tutte le direzioni.

3.2.4 Fissaggio e ancoraggio al suolo

Questa fase prevede due distinte procedure a seconda del tipo di substrato. In caso di roccia coerente viene utilizzata la resina bi-componente (figura 7f), un prodotto ideale per ancoraggi tra roccia e acciaio, mentre in presenza di substrato fratturato o eterogeneo viene utilizzato il cemento a presa rapida (figura 7g). Nel primo caso, occorre smontare il monumento per poter aspirare dai quattro fori tutte le impurità e le polveri che si sono infiltrate durante la realizzazione. Una volta rimontato il tutto, con estrema attenzione a non forzare le filettature (una eccessiva forzatura potrebbe provocare rotture interne ai manicotti o sgranare i filetti delle singole aste), si procede con la colatura della resina.

Nel secondo caso, ovvero in presenza di roccia molto fratturata o eterogenea, si utilizza cemento liquido antiritiro e a rapida essiccazione, che non è soggetto a dispersione nelle fessure del terreno. In questo caso, se i fori sono sufficientemente puliti, occorre solamente versare una piccola quantità di acqua e procedere poi alla colatura del cemento. In entrambi i casi, durante l'essiccazione del cemento o della resina occorre fare estrema attenzione a bloccare il monumento in modo che l'asta centrale rimanga perfettamente verticale fino alla completa essiccazione. Il tempo di attesa varia a seconda della temperatura e dell'umidità del sito.

3.2.5 Assemblaggio finale del monumento

Una volta fissato il tripode si può procedere con l'assemblaggio del mount SCIGN, dell'antenna e dell'eventuale radome. Il mount SCIGN viene utilizzato come standard per i monumenti della RING in quanto consente un fissaggio, orientamento e messa in bolla ottimali dell'antenna GPS. Una volta orientata a Nord e messa in bolla, la parte inferiore del *mount* viene saldata all'adattatore tripode. La saldatura con elettrodi specifici per l'acciaio viene estesa anche alle 4 aste (figura 7h), in modo da prevenire eventuali manomissioni o danni. In caso venga utilizzato un radome della SCIGN (come il modello SCIS, utilizzato per gran parte dei siti RING), occorre inserire la parte inferiore del radome prima dell'assemblaggio del *mount* SCIGN (figura 7i). Una volta verificata ulteriormente la corretta messa in bolla e l'orientamento dell'antenna (figura 7l), si connette il cavo dell'antenna e si completa l'installazione del radome (figura 7m).

Il progetto di una stazione geodetica completa realizzata con il nuovo adattatore tripode è mostrato in figura 8, e in figura 9 sono riportati alcuni siti realizzati con il nuovo adattatore tripode.

Grazie all'esperienza acquisita negli anni e all'efficacia della variante costruttiva realizzata sul monumento si è potuto arrivare a completare l'intera installazione in poche ore di lavoro.



Figura 7 (a, b, c, d, e). Fasi di installazione del monumento GPS permanente tipo *short-drilled-braced*. Per i dettagli si veda il testo.



Figura 7 (f, g, h, i, l, m). Fasi di installazione del monumento GPS permanente tipo *short-drilled-braced*. Per i dettagli si veda il testo.



Figura 9. Esempio di monumentazione con il nuovo adattatore tripode.

4. Conclusioni

Attualmente, la RING è composta complessivamente da 140 siti GPS permanenti, di cui 59 tripodi superficiali (figura 1). Di questi ultimi, 25 siti sono costruiti con tripode superficiale modello Wyatt/Agnew, 26 siti sono costruiti con il tripode modello D'Ambrosio, e 8 siti (i più recenti) con il nuovo modello presentato in questo rapporto tecnico (figura 10 e allegato 2).

Il modello 4EVO è stato utilizzato per la prima volta a seguito dell'evento del 6 aprile 2009. I tripodi sono stati realizzati durante la prima fase di emergenza e, nell'arco di 2 settimane (4 giorni lavorativi), sono stati realizzati 4 monumenti per osservare i movimenti postsismici in area epicentrale. Questo è stato possibile grazie alla velocità acquisita dagli autori che, nell'arco di 3-4 ore, a seconda del numero di operatori (da 2 a 3) e del tipo di substrato affiorante, riescono a realizzare un monumento di elevata qualità. Grazie alle attrezzature di piccolo ingombro e a mezzi adeguati si è riusciti a raggiungere siti poco accessibili ma di estremo interesse scientifico e a realizzare con estrema rapidità monumenti GPS permanenti a poche ore dall'evento sismico.

Questo tipo di monumentazione, divenuta ormai uno standard per la RING, viene realizzata esclusivamente dagli autori del presente rapporto tecnico a scala nazionale. A seguito della realizzazione di più di 50 monumenti tipo *short-drilled-braced*, gli operatori hanno acquisito una dimestichezza tale da rendere l'installazione rapida e precisa.

Il tripode modello 4EVO rappresenta ad oggi il monumento GPS standard per i siti della RING e si propone come soluzione ideale per reti GPS permanenti finalizzate all'ottenimento di un'elevata qualità del dato acquisito.

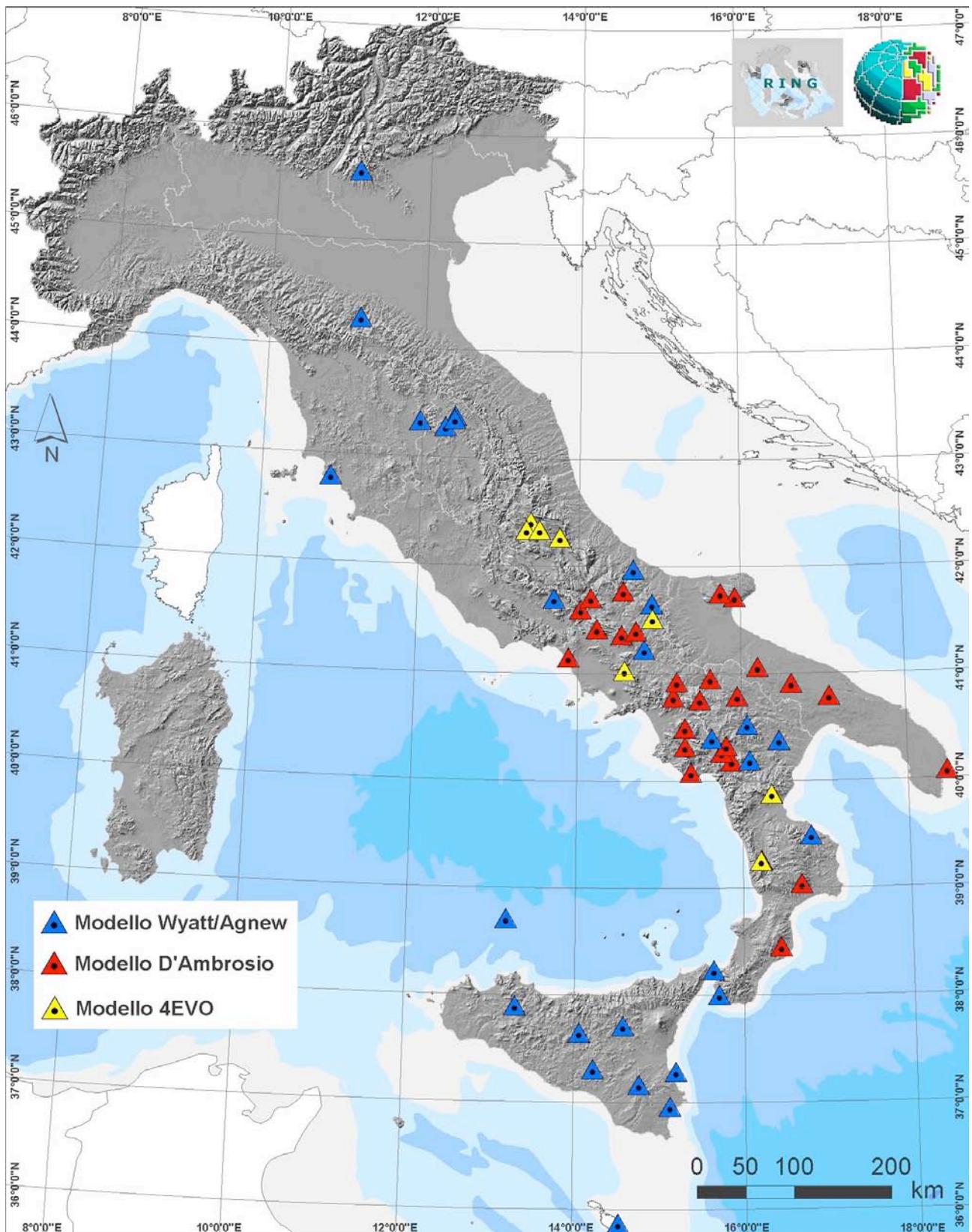


Figura 10. Monumenti realizzati con tripodi superficiali all'interno della RING. I dettagli dei siti sono riportati nell'allegato 2.

Ringraziamenti

Si ringraziano Giovanni De Luca, Vincenzo Cardinale, Fabio Criscuoli e Franco Pirro per il supporto tecnico nella realizzazione dei monumenti.

Si ringrazia Raffaele Moschillo del Laboratorio di Cartografia Digitale e Sistemi Informativi Territoriale INGV Sede Irpinia per il supporto cartografico.

Si ringrazia Elisabetta D'Anastasio, Antonio Avallone, Nicola D'Agostino, Luigi Falco, Gianpaolo Cecere e Giulio Selvaggi per i preziosi suggerimenti ed input.

Bibliografia

- Avallone A., Selvaggi G., D'Anastasio E., D'Agostino N., Pietrantonio G., Riguzzi F., Serpelloni E., Anzidei M., Casula G., Cecere G., D'Ambrosio C., De Martino P., Devoti R., Falco L., Mattia M., Rossi M., Obrizzo F., Tammaro U. e Zarrilli L. (2010). The RING network: improvement of a GPS velocity field in the Central Mediterranean. *Annals of Geophysics*, 53, 2, 39-54, doi: 10.4402/ag-4549.
- D'Ambrosio C. (2007). Variante costruttiva applicata a monumenti del tipo "Short-Drill-Braced" per stazioni GPS permanenti. *Rapporti Tecnici INGV*, n. 46, 20 pp.
- D'Agostino N., Avallone A., Cheloni D., D'Anastasio E., Mantenuto S. e Selvaggi G. (2008). Active tectonics of the Adriatic region from GPS and earthquake slip vectors. *J. Geophys. Res.*, 113, B12413, doi:10.1029/2008JB005860.
- Selvaggi & RING working group (2006). La "Rete Integrata Nazionale GPS" (RING) dell'INGV: una infrastruttura aperta per la ricerca scientifica. *Atti 10a Conferenza Nazionale ASITA*, 2006, 1749-1754.

Allegato 1

SIGLA	LOCAL	COSTR	TIPO_COSTR	MONOGRAFIE
MTRZ	Monterenzio	PROFONDO	MICROPALO	NORD
RSMN	S. Marino	SUPERFICIALE	ASTA_VERTIC_ACCIAIO	NORD
GUMA	Gualdo di Macerata	SUPERFICIALE	TRIPODE	NORD
ROVR	Rovere Veronese	SUPERFICIALE	TRIPODE	NORD
CRMI	Carmignano	SUPERFICIALE	PILASTRO	NORD
GROG	Gorgona	SUPERFICIALE	PILASTRO	NORD
GRZM	Grizzana Morandi	SUPERFICIALE	PILASTRO	NORD
KLOK	Klokotos	SUPERFICIALE	PILASTRO	NORD
MAGA	Magasa	SUPERFICIALE	PILASTRO	NORD
MONC	Moncucco Torinese	SUPERFICIALE	PILASTRO	NORD
MRGE	Morgex	SUPERFICIALE	PILASTRO	NORD
PESA	Pesaro	SUPERFICIALE	PILASTRO	NORD
RSPX	Reno Superiore	SUPERFICIALE	PILASTRO	NORD
SALO	Salo Nuova	SUPERFICIALE	PILASTRO	NORD
STUE	Stuetta	SUPERFICIALE	PILASTRO	NORD
TEOL	Monte Teolo	SUPERFICIALE	PILASTRO	NORD
BRAS	Brasimone	SU_EDIFICIO	PILASTRO	NORD
LASP	La Spezia	SU_EDIFICIO	PILASTRO	NORD
MODE	Modena	SU_EDIFICIO	PILASTRO	NORD
PARM	Parma	SU_EDIFICIO	PILASTRO	NORD
SBPO	S. Benedetto Po	SU_EDIFICIO	PILASTRO	NORD
SGIP	S. Giovanni in Persiceto	SU_EDIFICIO	PILASTRO	NORD
MURB	Monte Urbino	PROFONDO	MICROPALO	CENTRO
CSSB	Colle Sassi Bianchi	SU_EDIFICIO	ASTA_VERTIC_ACCIAIO	CENTRO
RDPI	Rocca di Papa	SU_EDIFICIO	ASTA_VERTIC_ACCIAIO	CENTRO
UMBE	Umbertide	SU_EDIFICIO	ASTA_VERTIC_ACCIAIO	CENTRO
INGR	INGV Roma	SU_EDIFICIO	PILASTRO	CENTRO
CAFI	Castiglion Fiorentino	SUPERFICIALE	TRIPODE	CENTRO
CASP	Castiglione della Pescaia	SUPERFICIALE	TRIPODE	CENTRO
CONI	Collebrincioni	SUPERFICIALE	TRIPODE	CENTRO
MVAL	Monte Valentino	SUPERFICIALE	TRIPODE	CENTRO
PIET	Pietralunga	SUPERFICIALE	TRIPODE	CENTRO
POFI	Posta Fibreno	SUPERFICIALE	TRIPODE	CENTRO
ROPI	Roio Piano	SUPERFICIALE	TRIPODE	CENTRO
SGRE	San Gregorio	SUPERFICIALE	TRIPODE	CENTRO
VALC	Monte Valcinella	SUPERFICIALE	TRIPODE	CENTRO
CERT	Cerreto Laziale	SUPERFICIALE	PILASTRO	CENTRO
CESI	Serracavalle di Chienti	SUPERFICIALE	PILASTRO	CENTRO
GUAR	Guarcino	SUPERFICIALE	PILASTRO	CENTRO
INGP	Preturo	SUPERFICIALE	PILASTRO	CENTRO
LNSS	Leonessa	SUPERFICIALE	PILASTRO	CENTRO
LPEL	Lama dei Peligni	SUPERFICIALE	PILASTRO	CENTRO
MAON	Monte Argentario	SUPERFICIALE	PILASTRO	CENTRO
MGAB	Montegabbione	SUPERFICIALE	PILASTRO	CENTRO
MTTO	Monte Terminillo	SUPERFICIALE	PILASTRO	CENTRO
RMPO	Monte Porzio Catone	SUPERFICIALE	PILASTRO	CENTRO

RSTO	Roseto	SUPERFICIALE	PILASTRO	CENTRO
SACS	S. Casciano	SUPERFICIALE	PILASTRO	CENTRO
TOLF	Tolfa	SUPERFICIALE	PILASTRO	CENTRO
VVLO	Villavallelonga	SUPERFICIALE	PILASTRO	CENTRO
HLNI	Lentini	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
TITO	Potenza	SU_EDIFICIO	ASTE_VERTIC_ACCIAIO	SUD
PACA	Palma Campania	SU_EDIFICIO	ASTA_VERTIC_ACCIAIO	SUD
ECNV	Catenanuova	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
EIVV	Etna	SU_EDIFICIO	PILASTRO	SUD
IPRO	Isola di Procida	SU_EDIFICIO	ASTA_VERTIC_ACCIAIO	SUD
GBLM	Gibilmanna	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
LICO	Pozzuoli	SU_EDIFICIO	ASTA_VERTIC_ACCIAIO	SUD
ESLN	Serra La Nave	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
LOSV	Lipari	SU_EDIFICIO	PILASTRO	SUD
ENAV	Massa Lubrense	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
HCRL	Carlentini	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
FRUL	Napoli	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
CPAN	Panarea	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
CAFE	Carife	PROFONDO	MICROPALO	SUD
JOPP	Joppolo	PROFONDO	MICROPALO	SUD
LNGN	Longano	PROFONDO	MICROPALO	SUD
MELA	Melanico	PROFONDO	MICROPALO	SUD
PALZ	Palazzo S. Gervaso	PROFONDO	MICROPALO	SUD
SGTA	S. Agata di Puglia	PROFONDO	MICROPALO	SUD
SVTO	M.S. Vito	PROFONDO	MICROPALO	SUD
BSSO	Busso	PROFONDO	TRIPODE	SUD
MOCO	Monte Cornacchia	PROFONDO	TRIPODE	SUD
CADM	Castel del Monte	SU_EDIFICIO	ASTA_VERTIC_ACCIAIO	SUD
CELL	Celeste	SU_EDIFICIO	ASTA_VERTIC_ACCIAIO	SUD
CUCC	Castrocucco	SU_EDIFICIO	ASTA_VERTIC_ACCIAIO	SUD
GRO1	Sede Irpinia	SU_EDIFICIO	ASTA_VERTIC_ACCIAIO	SUD
GROT	Grottaminarda	SU_EDIFICIO	ASTA_VERTIC_ACCIAIO	SUD
HMDC	Modica	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
HVZN	Vizzini	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
IACL	Alicudi	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
IFIL	Filicudi	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
LI3D	Lisca Bianca	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
MESS	Messina	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
MILA	Milazzo	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
MMME	Rocca Fiorita	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
MPAZ	Palizzi	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
MPNC	San Pierni Ceto	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
MSRU	Castanea delle Furie	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
PZIN	Pantelleria	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
SACR	S. Croce del Sannio	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
SNAL	S. Angelo dei Lombardi	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
SSYX	Sortino	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
SVIN	S. Vincenzo	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD

VCSP	Vulcano	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
VENT	Ventotene	SUPERFICIALE	PILASTRO	SUD
ACER	Acerenza	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
AMUR	Altamura	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
BULG	Camerota	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
CAR1	Carolei	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
CARO	Carolei	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
CDRU	Civita di Ruta	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
CERA	Filignano	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
CIGN	S. Elia a Pianisi	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
CMPR	Campora	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
CORL	Corleone	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
CRAC	Craco	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
FRES	Fresa Grandinaria	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
GALF	Gagliano Castelferrato	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
GATE	Gambatesa	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
HAGA	Brucoli	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
HAVL	Avola	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
MALT	Malta	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
MCEL	Monticello	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
MCRV	Monte Cervialto	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
MODR	Mondragone	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
MRLC	Muro Lucano	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
MRVN	Minervino Murge	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
MSAG	Monte Sant'Angelo	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
MTSN	Montesano sulla Marcellana	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
MTTG	Motta San Giovanni	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
NOCI	Noci	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
PAOL	Paolisi	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
PIPA	Pietrapaola	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
PLAC	Placanica	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
PSB1	Pescò Sannita	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
PTRJ	Pietraroja	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
PTRP	Pietrapertosa	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
RAFF	RaffoRosso	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
RESU	Resuttano	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
RNI2	Rionero Sannitico	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
SALB	San Lorenzo Bellizzi	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
SCHR	S. Chirico Raparo	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
SCTE	S. Cesarea Terme	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
SERS	Sersale	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
SGRT	S. Giovanni Rotondo	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
SIRI	M. Sirino	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
SLCN	Sala Consilina	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
TRIV	Trivento	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
USIX	Ustica	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
VAGA	Valle Agricola	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD
VLSG	Villa San Giovanni	SU_EDIFICIO	TRIPODE	SUD
VULT	M. Vulture	SUPERFICIALE	TRIPODE	SUD

Allegato 2

SIGLA	LOCALITA'	LAT	LONG	PROV	VERSIONE TRIPODE	DATA INSTALLAZIONE
ACER	Acerenza	40,7867	15,9427	PZ	seconda	10-lug-07
AMUR	Altamura	40,9071	16,6041	BA	seconda	11-ago-05
BULG	Camerota	40,0788	15,3772	SA	seconda	05-ago-06
CAFI	Castiglion Fiorentino	43,3292	11,9663	AR	prima	09-ott-07
CAPE	Capestrano	42,2684	13,7603	AQ	terza	16-apr-09
CAR1	Carolei	39,2534	16,2114	CS	terza	23-giu-09
CARO	Carolei	39,2540	16,2190	CS	seconda	01-set-06
CASP	Castiglione della Pescaia	42,7908	10,8652	GR	prima	12-giu-07
CDRU	Ottati	40,4900	15,3050	SA	seconda	02-set-05
CERA	Filignano	41,5978	14,0183	IS	seconda	20-lug-06
CIGN	S. Elia a Pianisi	41,6542	14,9050	CB	prima	15-set-05
CMPR	Campora	40,3180	15,3030	SA	seconda	01-set-05
CONI	Collebrincioni	42,4117	13,3932	AQ	terza	08-apr-09
CORL	Corleone	37,8943	13,3038	PA	prima	11-mag-06
CRAC	Craco	40,3764	16,4433	MT	prima	15-dic-05
FRES	Fresa Grandinaria	41,9736	14,6693	CH	prima	16-set-05
GALF	Gagliano Castelferrato	37,7100	14,5700	EN	prima	24-nov-06
GATE	Gambatesa	41,5131	14,9102	CB	terza	01-lug-09
GUMA	Gualdo di Macerata	44,2648	11,1481	BO	prima	09-apr-08
HAGA	Brucoli	37,2829	15,1874	SR	prima	21-apr-06
HAVL	Avola	36,9596	15,1220	SR	prima	29-mar-06
MALT	Malta	35,8670	14,5230		prima	06-giu-06
MCEL	Monticello	40,3249	15,8019	PZ	seconda	03-ago-06
MCRV	Monte Cervialto	40,7826	15,1684	AV	seconda	21-lug-05
MODR	Mondragone	41,1459	13,8779	CE	seconda	12-lug-06
MRLC	Muro Lucano	40,7570	15,4890	PZ	seconda	23-nov-04
MRVN	Minervino Murge	41,0600	16,1950	BA	seconda	17-mag-06
MSAG	Monte Sant'Angelo	41,7132	15,9234	FG	seconda	25-mag-06
MTSN	Montesano sulla Marcellana	40,2663	15,7515	PZ	seconda	03-ago-06
MTTG	Motta San Giovanni	38,0031	15,6999	RC	prima	10-gen-06
MVAL	Monte Valentino	43,3821	12,4066	PG	prima	28-giu-06
NOCI	Noci	40,7888	17,0643	BA	seconda	27-lug-05
PAOL	Paolisi	41,0320	14,5675	BN	terza	29-set-09
PIET	Pietralunga	43,3500	12,4000	PG	prima	29-giu-06
PIPA	Pietrapaola	39,4880	16,8160	CS	prima	18-apr-07
PLAC	Placanica	38,4493	16,4383	CZ	seconda	15-set-05
POFI	Posta Fibreno	41,6936	13,6972	FR	prima	28-mar-07
PSB1	Pesco Sannita	41,2235	14,8108	BN	prima	27-mar-06
PTRJ	Pietraroja	41,3600	14,5300	BN	seconda	18-lug-06
PTRP	Pietrapertosa	40,5215	16,0612	PZ	prima	03-lug-07
RAFF	Rafforosso	37,3061	14,2175	CL	prima	11-gen-06
RESU	Resuttano	37,6468	14,0568	CL	prima	11-mar-08
RNI2	Rionero Sannitico	41,7030	14,1520	IS	seconda	10-ago-04
ROPI	Roio Piano	42,3320	13,3372	AQ	terza	07-apr-09
ROVR	Rovere Veronese	45,6333	11,0667	VR	prima	09-ott-08
SALB	San Lorenzo Bellizzi	39,8770	16,3460	CS	terza	30-giu-09
SCHR	S. Chirico Raparo	40,1901	16,0860	PZ	prima	15-set-05
SCTE	S. Cesarea Terme	40,0722	18,4671	LE	seconda	02-feb-06

SERS	Sersale	39,0353	16,6885	CT	seconda	17-set-05
SGRE	San Gregorio	42,3363	13,5011	AQ	terza	15-apr-09
SGRT	S. Giovanni Rotondo	41,7545	15,7440	FG	seconda	24-mag-06
SIRI	M. Sirino	40,1821	15,8675	PZ	seconda	02-ago-06
SLCN	Sala Consilina	40,3900	15,6328	SA	prima	31-mag-05
TRIV	Trivento	41,7700	14,5500	CB	seconda	28-set-04
USIX	Ustica	38,7060	13,1763	PA	prima	09-nov-05
VAGA	Valle Agricola	41,4150	14,2300	CE	seconda	15-mar-05
VALC	Monte Valcinella	43,2790	12,2849	PG	prima	04-apr-07
VULT	M. Vulture	40,9549	15,6166	PZ	seconda	19-ago-05

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 2010 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