

2007

**Variante costruttiva
applicata a monumentazioni,
del tipo "Short-Drill-Braced",
per stazioni GPS permanenti**

Ciriaco D'Ambrosio

n.46

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata 605 - 00143 Roma

tel 06518601 • fax 065041181

www.ingv.it



**VARIANTE COSTRUTTIVA APPLICATA A
MONUMENTAZIONI, DEL TIPO “SHORT-DRILL-BRACED”,
PER STAZIONI GPS PERMANENTI**

Ciriaco D'Ambrosio

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Sede di Grottaminarda AV

Sommario

Introduzione

1.	Situazione attuale della rete	5
2.	Tipi di Monumenti esistenti: pregi e difetti	6
2.1.	Monumenti superficiali (≤ 2 metri di profondità)	6
2.1.1.	Pilastro	6
2.1.2.	Su edifici	7
2.1.3.	Tipo tripode superficiale SCIGN (Short Drill-Braced)	8
2.2.	Monumenti profondi (4 – 5 metri di profondità ed oltre)	8
2.2.1.	Tipo Tripode profondo (Deep Drill-Braced)	8
2.2.2.	Micropalo	9
3.	La nostra scelta e le varianti costruttive apportate	10
3.1.	Nuovo tipo di adattatore tripode	11
3.2.	Mount ed anello adattatore	12
3.3.	Guida di foraggio	13
4.	Stazione geodetica completa	15
5.	Esempi di installazioni	16
6.	Considerazioni conclusive	17
7.	Bibliografia	18

Introduzione

Nell'ambito del progetto "PROSIS" finanziato con i fondi MIUR (L. 488\92) e promosso dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia è sorto un Centro Sismologico nel Centro-Sud Italia che si occupa della realizzazione, installazione, manutenzione e gestione di una rete di Stazioni, sismiche e geodetiche.

L'attività del Centro è legata al Programma sperimentale per la sismologia e l'ingegneria sismica. All'interno del Programma Operativo di Ricerca sono stati condotti alcuni studi riguardanti, in particolare, la monumentazione delle stazioni geodetiche permanenti. Sono stati presi in esame la maggior parte, o perlomeno i più diffusi, progetti di monumentazioni geodetiche, valutandone pregi e difetti di ognuno, alla luce delle esperienze maturate sul campo. Nel presente rapporto si è cercato di esporre le problematiche legate alla monumentazione in relazione alla geologia del substrato, alla logistica del sito da raggiungere, ai vari vincoli a cui è assoggettato il sito sul quale è prevista la realizzazione. Molto spesso ci si è trovati costretti ad adottare una soluzione progettuale di compromesso.

Nel presente rapporto vengono, inoltre, dettagliate le specifiche costruttive, di alcune significative varianti apportate al classico monumento tipo tripode superficiale della SCIGN.

1. Situazione attuale della rete

In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** si riporta lo stato delle installazioni, aggiornato a Novembre 2006. Sono stati utilizzati simboli diversi per rappresentare i diversi tipi di monumentazioni adottate.

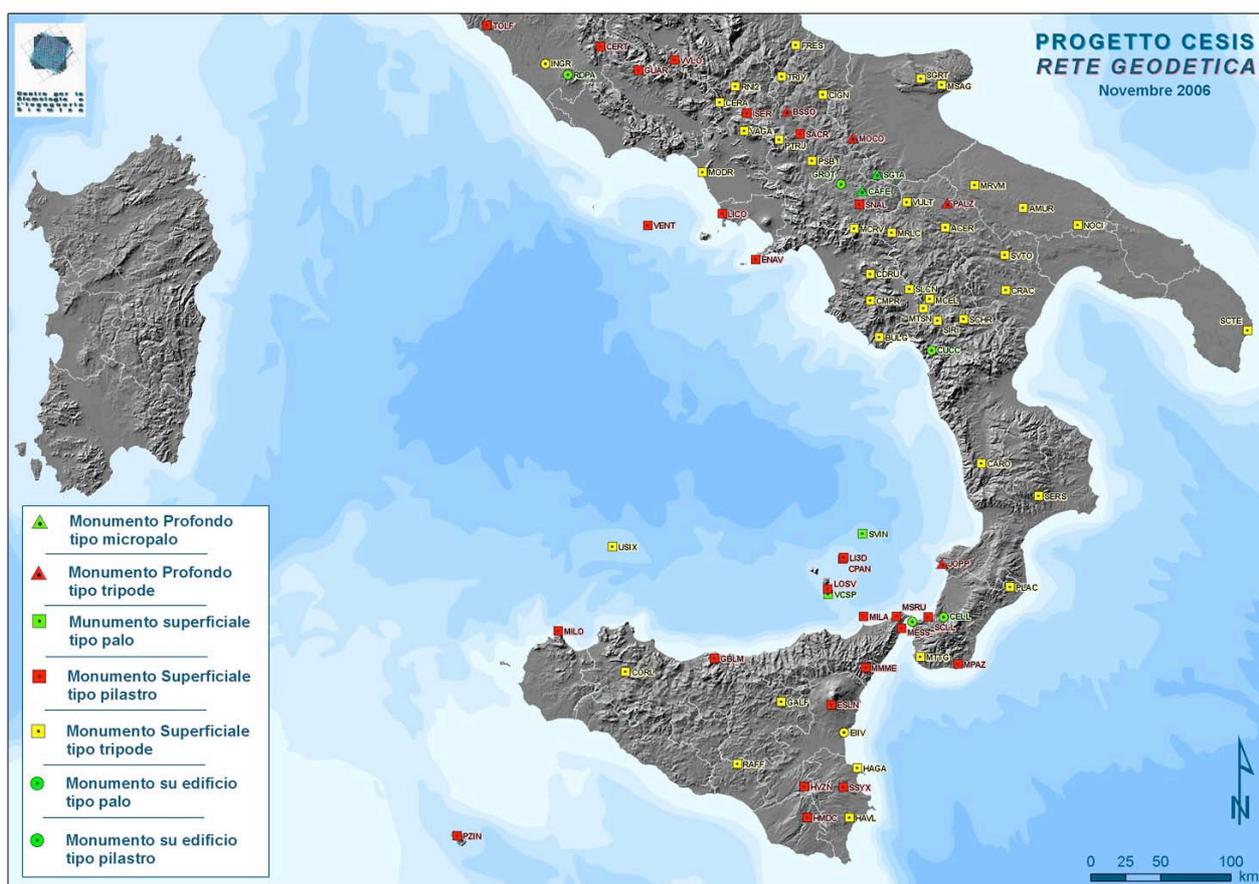


Figura 1 Stato delle installazioni aggiornato a Novembre 2006 (LabGis Grottaminarda).

2. Tipi di Monumenti esistenti: pregi e difetti

2.1. Monumenti superficiali (≤ 2 metri di profondità)

2.1.1. Pilastro

Questo tipo di monumentazione consiste nel classico pilastro in calcestruzzo armato, saldamente ancorato alla struttura sottostante, (roccia affiorante oppure plinto di fondazione), adeguatamente elevato dal piano campagna. All'interno del getto di calcestruzzo viene posta, generalmente, una barra di acciaio, filettata all'estremità superiore, oppure un qualsiasi altro sistema di fissaggio dell'antenna e dei vari tipi di supporti necessari alla messa in bolla della stessa.



Figura 2 Stazione di Morcone (BN) (SACR) Monumento tipo pilastro in C.A. ancorato su affioramento di roccia calcarea.

Per irrobustire il punto di attacco del pilastro con la roccia in posto, in alcuni casi, possono essere realizzati una serie di fori, approfonditi mt. 1 – 1.5 dal piano campagna, nei quali vengono cementati dei tirafondi in acciaio (vedi Figura 3).

Tra i vantaggi di questo tipo di monumento possiamo elencare la relativa semplicità di realizzazione.

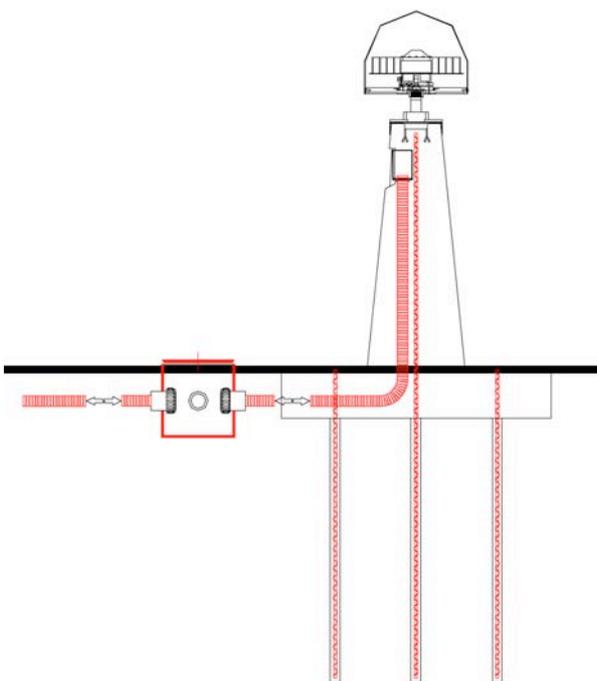


Figura 3 Sezione verticale di un pilastro geodetico, con tirafondi in acciaio, utilizzato, dai Ricercatori INGV della sede di Catania, per le stazioni geodetiche permanenti. (<http://www.ct.ingv.it/UfDGG/index.html>).

In questo tipo di monumento il punto di forza si trova localizzato alla base del pilastrino, sull'attacco dello stesso con la roccia in posto, e non nei pressi del punto geodetico, che sarebbe l'ideale. Ulteriori difficoltà riguardano la realizzazione del getto di calcestruzzo che causa inevitabili problemi legati al trasporto sul sito di inerti, armature, cemento, acqua ecc. Altro fattore negativo, legato alle dimensioni (Altezza mediamente 150 cm. e Diametro almeno 30 cm.), è rappresentato dall'impatto ambientale che l'opera genera in particolare in zone sottoposte a vincolo paesaggistico.

2.1.2. Su edifici

Tale tipo di monumento consiste, in pratica, nel realizzare vari sistemi di ancoraggio dell'antenna a parti rigide di fabbricati. Poiché una rete geodetica GPS progettata per fini geofisici deve fornire dati di deformazione del suolo di elevata qualità, di regola un antenna GPS non andrebbe posta su edifici, anche se tale collocazione rappresenta una semplificazione per la sua installazione e controllo (visibilità ottimale per un edificio alto; custodia e alimentazione della strumentazione).

Gli edifici possono soffrire di deformazioni e contrazioni, anche sensibili, per effetto dell'espansione termica giornaliera e stagionale.

Questi movimenti a bassa frequenza possono occultare il dato di deformazione legato a fenomeni geofisici. Inoltre, in caso di evento sismico rilevante, il danneggiamento subito dall'edificio produrrebbe una deformazione permanente dello stesso, e di conseguenza anche del monumento geodetico, non corrispondente a quella reale del suolo, impedendo qualsiasi interpretazione geofisica.



Figura 4 La foto mostra la Stazione permanente di Villa S. Giovanni (VLSG). Il monumento è ancorato alle travi in C.A. di un edificio scolastico di due piani. Le tre aste che sorreggono l'antenna sono in acciaio inox pieno (diametro 25 mm).

Per analoghi motivi andrebbero evitate anche altri tipi di strutture, come ponti, piazzole di sosta, marciapiedi, ecc. Oltre ai vantaggi già descritti (visibilità ottimale per un edificio alto; custodia e alimentazione della strumentazione) questo tipo di soluzione rappresenta un buon compromesso nei casi di assenza di bedrock affiorante e per edifici relativamente bassi (massimo 1 – 2 piani) in presenza di buone fondazioni, ben assestate.

2.1.3. Tipo tripode superficiale SCIGN (Short Drill-Braced)

Si tratta di una installazione a basso impatto che consiste nel praticare quattro fori, di cui uno in verticale e tre obliqui, (inclinati circa 35° rispetto alla verticale) ed approfonditi circa 150 cm. I fori vengono praticati con un opportuno martello demolitore, dotato di punta diametro 42 mm. Per la realizzazione vengono utilizzate delle aste di acciaio dal diametro di 25 mm, fissate all'interno dei quattro fori, per mezzo di speciali resine epossidiche o cementi liquidi antiritiro ed a rapida essiccazione e saldate nel vertice, circa 10 cm al di sotto del punto geodetico.

La scelta del materiale da utilizzare per l'ancoraggio delle aste (cementi o resine) è funzione principalmente del tipo di roccia affiorante, del grado di fratturazione e dell'umidità della stessa.



Figura 5 La foto rappresenta il monumento tipo tripode superficiale (SCIGN) della stazione di Valle Agricola Caserta (VAGA). Il tripode è ancorato su di un affioramento di roccia calcarenitica.

La grande stabilità di questo monumento è dovuta principalmente al fatto che il punto di forza è posto quasi in corrispondenza del punto geodetico. Questo tipo di installazione è l'ideale per siti difficili da raggiungere, in quanto tutte le attrezzature necessarie sono di facile trasporto e per i siti che richiedono un basso impatto ambientale.

La realizzazione di questo monumento necessita la presenza di roccia compatta affiorante.

I tempi di realizzazione sono molto rapidi (generalmente un giorno lavorativo).

2.2. Monumenti profondi (4 – 5 metri di profondità ed oltre)

2.2.1. Tipo Tripode profondo (Deep Drill-Braced)

Lo schema costruttivo di questo tipo di monumento è simile al precedente, la differenza sostanziale risiede nel fatto che, in questo caso, i fori praticati nel terreno possono arrivare fino a 10 mt. ed oltre di profondità dal piano campagna. Generalmente si utilizzano aste di acciaio cave dal diametro di circa 40 mm e lunghe circa 10 mt. in relazione alla profondità dei fori. Le aste vengono fissate nel terreno per mezzo di speciali cementi liquidi e saldate nel vertice superiore allo stesso modo del precedente.

La realizzazione è molto complessa e richiede trivellatrici di grosse dimensioni.



Figura 6 La foto evidenzia la fase di trivellazione di uno dei fori laterali del tripode profondo della stazione di Busso (BSSO).



Figura 7 La foto evidenzia le quattro aste all'interno dei fori prima di essere saldate e cementate.



Figura 8 Foto del monumeto ultimato.

In presenza di terreni litoidi molto fratturati o terreni conglomeratici per la realizzazione dei fori sono necessari anche più giorni lavorativi. Questo tipo di monumentazione è indicato per terreni incoerenti, dove è necessario ancorarsi in profondità, al substrato compatto. Un grosso limite è rappresentato dal fatto che il sito deve essere facilmente raggiungibile dalle macchine perforatrici e dagli autocarri necessari al loro trasporto. I costi, rispetto ad un monumento del tipo Short Drill-Braced, sono mediamente circa 2.500 € superiori.

2.2.2. Micropalo

Questo tipo di installazione si rende necessaria in presenza di terreni friabili o molto fratturati dove lo strato superficiale alterato non permette l'installazione di un monumento di tipo "Short Drill-Braced" e la dove, la

consistenza dell'affioramento è tale da non richiedere la realizzazione di un monumento del tipo “Deep Drill-Braced”.

Come nel caso del “Deep Drill-Braced”, anche per tale realizzazione, è necessario utilizzare una macchina carotatrice. Generalmente viene praticato un foro verticale approfondito circa 10 mt. dal diametro di 220 mm. Il foro, una volta armato tramite un tubo in acciaio sfinestrato, dal diametro di 150 mm, oppure con una serie di tondini in acciaio ad aderenza migliorata, viene riempito tramite una iniezione di cemento liquido in pressione.

All'interno della parte fuoriterra, alta generalmente circa 1 mt., viene fissata la barra d'acciaio, filettata all'estremità superiore, sulla quale viene avvitato il supporto per la messa in bolla dell'antenna GPS.



Figura 9 Foto del monumento tipo micropalo realizzato presso la Stazione di Carife (AV).

Rispetto al precedente i costi sono più contenuti, i tempi di realizzazione più brevi ed è possibile l'utilizzo di una trivella a braccio fisso (capace di forare solo in verticale).

3. La nostra scelta e le varianti costruttive apportate

Dall'analisi dettagliata delle problematiche, dei vantaggi e svantaggi, legati alla realizzazione e all'affidabilità dei vari tipi di monumenti geodetici sin ora descritti, si è ritenuto valida, per la maggioranza dei casi, l'adozione del monumento tipo tripode superficiale SCIGN “Short Drill-Braced” opportunamente rivisto.

L'idea di applicare alcune “significative” varianti costruttive, al classico monumento per stazioni geodetiche permanenti è nata al fine di velocizzare e snellire le operazioni di installazione e limitare al minimo possibile la realizzazione di saldature e smerigliature in campagna. Ciò comporta, anche, una maggiore qualità, affidabilità e precisione nella realizzazione.

Fondamentalmente è stato progettato un raccordo, chiamato “adattatore tripode” (Figura 10 Figura 11) che consente di collegare le quattro aste, nel vertice superiore, semplicemente avvitandole. Questo adattatore, inoltre, 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.

La realizzazione di tale adattatore è stata commissionata ad una officina specializzata e sono stati utilizzati

acciai del tipo: AISI 304 caratterizzati da bassi coefficienti di dilatazione termica.

Si riporta, di seguito (Figura 10 Figura 11), uno schema quotato del progetto esecutivo.

3.1. Nuovo tipo di adattatore tripode

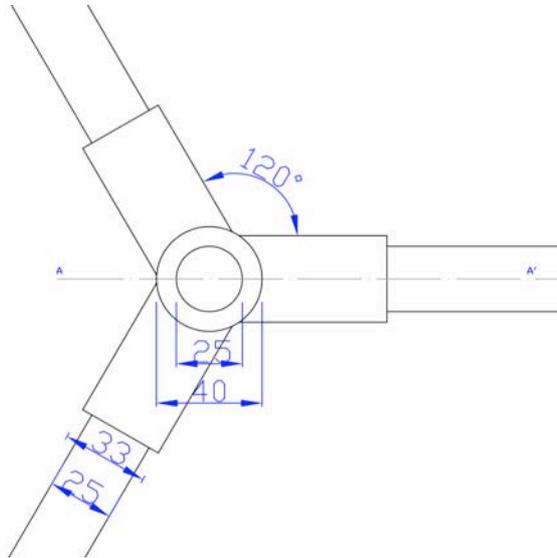


Figura 10 Sezione orizzontale.

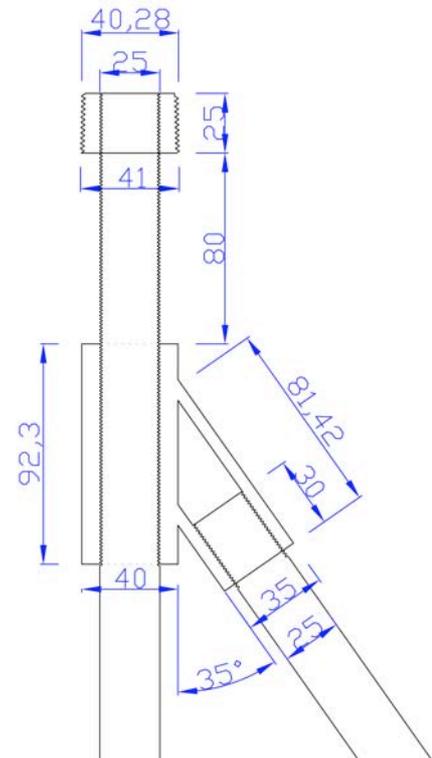


Figura 11 Sezione verticale.



Figura 12 Vista laterale.



Figura 13 Vista dal basso.



Figura 14 Vista dall'alto.

Come mostrato nelle figure 10 e 11 l'adattatore tripode viene avvitato sull'asta centrale, filettata, sulla sua estremità superiore per circa 20 cm. Le 3 aste laterali, a differenza della centrale, sono filettate per circa 3 cm. La lunghezza complessiva delle aste è pari a mt. 3. Sul tratto infisso nel terreno, per migliorare l'aderenza tra la resina e l'acciaio, sono stati praticati dei restringimenti di sezione larghi 100 mm, approfonditi 2,5 mm e distanziati tra di loro 200 mm. Figura 15.

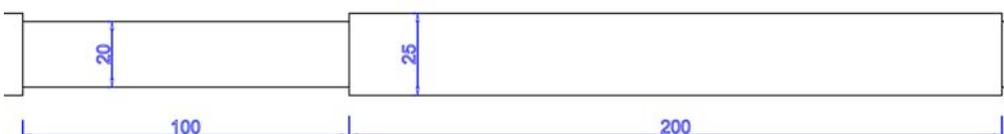


Figura 15 Particolare dei restringimenti di sezione delle aste (le misure sono espresse in mm).

3.2. Mount ed anello adattatore

Per fissare il “mount” della SCIGN (Figura 18) all’asta centrale del monumento è stato realizzato un anello adattatore (Figura 17), munito di doppia filettatura, interna ed esterna.



Figura 16

Tale adattatore, una volta avvitato e bloccato, tramite una saldatura, all’asta centrale del monumento (Figura 16), consente il montaggio del “mount” della SCIGN (Figura 18).



Figura 17 Anello adattatore.



Figura 18 Mount della SCIGN.

Si tratta di un dispositivo che consente il fissaggio, l'allineamento e la messa in bolla dell'antenna. È costituito da due elementi principali, uno solidale con il monumento ed uno solidale con l'antenna, tenuti insieme da tre perni regolabili in altezza che consentono di effettuare le regolazioni di livellamento.

http://facility.unavco.org/project_support/permanent/equipment/mounts/scignmount.html



Figura 19 Posizionamento dell'anello adattatore sul mount della SCIGN.

3.3. Guida di foraggio

Per semplificare il lavoro di realizzazione dei fori laterali, inclinati di 35° rispetto alla verticale, è stata realizzata una guida (vedi Figura 20) che consente di direzionare il foro nel tratto più critico, cioè nei primi 20 – 30 cm. di approfondimento. Inoltre, è estensibile in lunghezza per adattarsi a monumenti di varie altezze.

Tale guida è costituita da un'asta cava (diametro interno 25 mm) che viene fissata, tramite delle viti a farfalla, all'asta centrale del monumento e da un'asta cava inclinata di 35° rispetto alla verticale (diametro interno 42 mm) all'interno della quale viene fatta scorrere la punta del trapano (Figura 21).



Figura 20 Guida di foraggio.



Figura 21 Guida di foraggio posizionata per la realizzazione dei fori obliqui.

4. Stazione geodetica completa

La Figura 22 riporta uno schema costruttivo di una stazione geodetica completa. In alto a sinistra è riportata una sezione verticale del monumento tipo “tripode superficiale” mentre in alto a destra è riportata una sezione verticale del gruppo che ospita l’alimentazione, gli apparati di trasmissione ed il ricevitore.

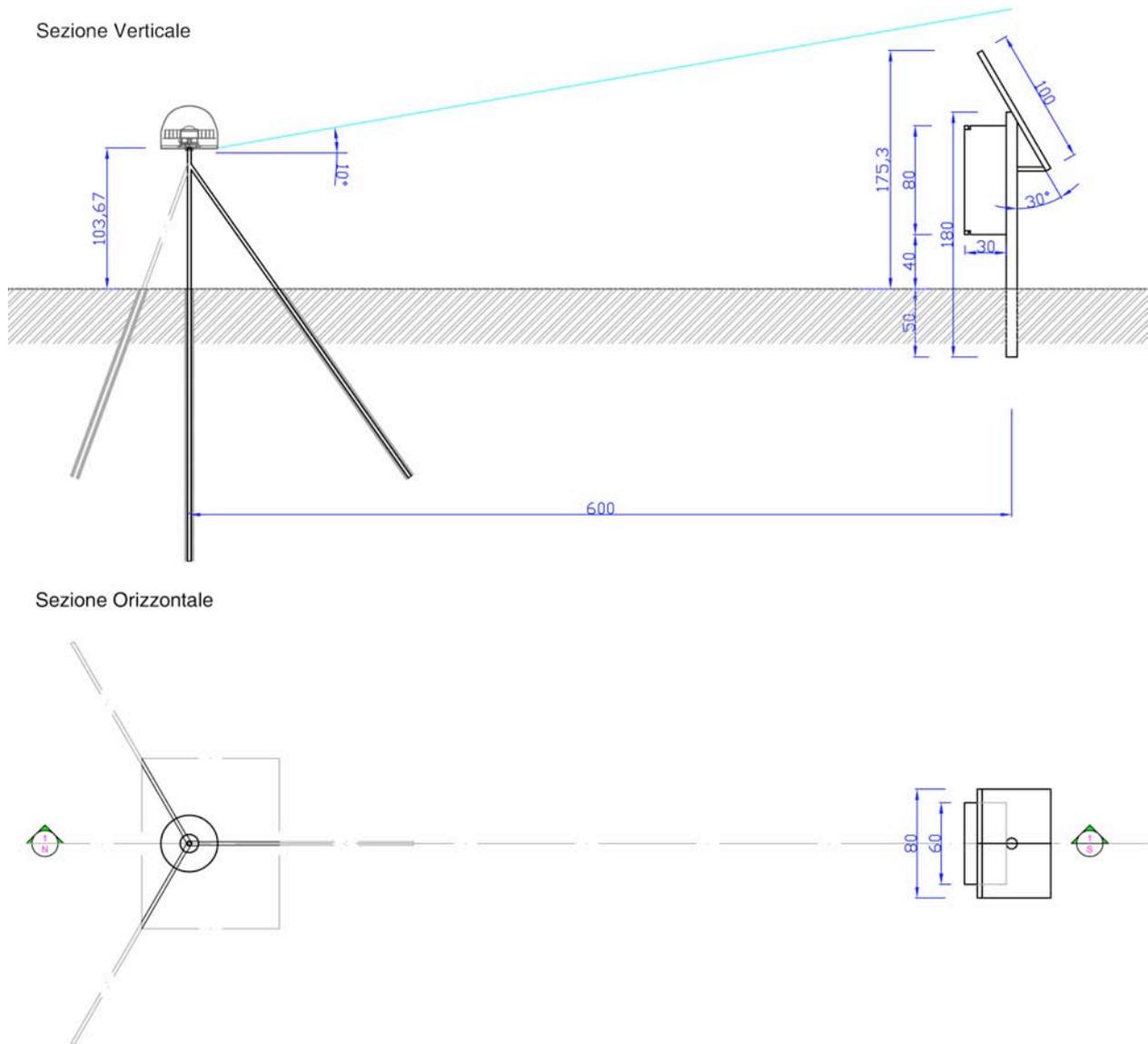


Figura 22 Schema costruttivo, pianta e sezione, di una stazione geodetica completa.

5. Esempi di installazioni

Nelle figure 23, 24, 25, 26, 27 e 28 si riportano, in sequenza, le varie fasi della realizzazione di un monumento del tipo “Short Drill-Braced” riferite al sito di Sala Consilina (Salerno) “SLCN”.



Figura 29
Asta centrale con adattatore tripode.



Figura 30
Guida di foraggio in fase di realizzazione del primo foro laterale.



Figura 31
Il monumento ultimato viene messo in bolla e bloccato prima di procedere alla iniezione della resina all'interno dei fori.



Figura 32
Particolare dell'adattatore tripode con le aste completamente avvitate e bloccate per mezzo dei punti di saldatura.



Figura 33
Installazione della rete di recinzione.



Figura 34
Monumento ultimato.

6. Considerazioni conclusive

Con questo rapporto si è cercato di realizzare un compendio descrittivo delle caratteristiche peculiari che contraddistinguono le varie tipologie di monumentazioni, per stazioni geodetiche permanenti, soffermandosi, in particolare, sul nuovo tipo di “adattatore tripode” concepito per rendere più agevole l’installazione in campagna di monumentazioni del tipo “short-drill-braced”.

Le varianti apportate al classico monumento tipo tripode superficiale SCIGN “Short Drill-Braced” hanno contribuito a velocizzare i lavori di installazione in campagna ed a rendere più stabili e precisi i monumenti. Le esperienze descritte sono scaturite dalla sperimentazione sul campo delle problematiche legate alla scelta della realizzazione più idonea da mettere in essere sui vari siti scelti ad ospitare stazioni geodetiche permanenti. Si è riscontrato sul campo che la scelta del monumento da utilizzare non può essere effettuata a priori ma bisogna, di volta in volta, tenere in considerazione fattori geologici, ambientali e logistici.

7. Bibliografia

Anzidei M. Esposito A. (2003): Linee guida per la identificazione di siti idonei alla realizzazione di stazioni GPS permanenti e non permanenti. Rapporti Tecnici dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Anzidei M.: I monumenti 3-D delle reti GPS dell'INGV-CNT. Rapporti Tecnici dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Fernando Sansò M. Clara de Lacy: Uno studio sulle diverse applicazioni del gps e sul futuro sviluppo della rete di stazioni permanenti gps sul territorio italiano orientato alla creazione di un servizio geodetico nazionale. Politecnico di Milano, sede di Como

Mario Mattia et alii.: Monitoraggio geodetico delle deformazioni del suolo in area sismogenetica: la rete gps dello stretto di messina. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia- Sezione di Catania. Quaderni di Geofisica n. 42.

Unavco, www.unavco.ucar.edu

http://facility.unavco.org/project_support/permanent/equipment/mounts/scignmount.html