

Alimentazione di stazioni GPS Permanenti Remote in Antartide

Marco DUBBINI, Antonio ZANUTTA

DISTART, Viale Risorgimento 2, 40136 Bologna - ITALIA
(marco.dubbini, antonio.zanutta@mail.ing.unibo.it)

Riassunto

Al fine di determinare le deformazioni crostali a livello regionale nella Terra Vittoria settentrionale in Antartide è stata istituita dal 1999 la rete VLNDEF (*Victoria Land Network for DEFormation control*), rilevata con tecnica GPS. All'interno della rete vi è una stazione GPS permanente (TNB1) operante con continuità dal 1998 presso la base italiana *Mario Zucchelli Station* (MZS) nella Baia di Terra Nova. Nel 2004 è stata installata la stazione permanente remota di *Cape Hallett* (VL01) distante oltre 300 Km da MZS. Durante la prossima campagna Antartica è stata pianificata l'installazione di altre tre stazioni GPS permanenti remote. Viste le considerevoli distanze dalla base italiana e le notevoli avversità ambientali e metereologiche, una delle problematiche principali che si è dovuta affrontare è stata quella dell'alimentazione. Si sta sperimentando un generatore eolico monoassiale opportunamente adattato che permette, erogando una potenza nominale di 150 Watt, di ricaricare un parco batterie di 12 Volt e 300 Ah. In questo contributo si riportano le fasi di installazione della stazione GPS permanente di *Cape Hallett* focalizzando l'attenzione sulle problematiche dovute all'alimentazione.

Abstract

Establish permanent GPS network in Antarctica is fundamental to understand the surface geodynamics of its crustal blocks. Several problems have to be solved to support these permanent geodetic stations, related to power, thermal environment, data storage, and communications. In fact Antarctica is a difficult place to do research because of its remote nature and harsh environmental conditions. It is the most isolated place with the most extreme weather conditions.

The problem to power GPS equipment at unattended remote Antarctic sites during the sunless winter is solved with varying experimental strategies and new technologies. In the present work a low cost GPS equipment designed to operate autonomously in continuous in place characterized with the most extreme weather conditions has been described. The system has been installed in Cape Hallett, Antarctica during the 2004 - 05 Italian expedition in the frame of Victoria Land Network for DEFormation control (VLNDEF) geodetic project.

Introduzione

Il progetto di ricerca 2.4 "Geodesia e cartografia dell'Antartide orientale, settore Pacifico" prevede la determinazione delle deformazioni crostali a livello regionale nella Terra Vittoria Settentrionale in Antartide. A tal fine è istituita dal 1999 la rete VLNDEF (*Victoria Land Network for DEFormation control*; Capra et al., 2000, 2004; Mancini F., 2000; Mancini et al., 2004; Negusini et al., 2005). La rete è costituita da 24 punti materializzati su roccia utilizzando un solo tipo di *benchmark* (Figura 1).

L'estensione della rete è di circa 600 Km in direzione Nord-Sud e di circa 300 Km in direzione Est-Ovest. La distanza media tra i diversi punti è di circa 50 Km. Essa viene misurata periodicamente (ogni 3 anni) utilizzando GPS geodetici L1/L2 con antenne di tipo *Choke-Ring*. Per aumentare la robustezza della rete e per affrontare il problema del monitoraggio continuo delle deformazioni, si è iniziato un programma di installazione di stazioni permanenti GPS remote in punti strategici di

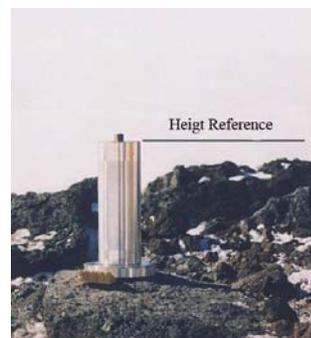


Figura 1 - Pilastrino in acciaio prototipo dei vertici geodetici della rete VLNDEF

VLNDEF. Tali punti sono stati scelti sulla base di considerazioni geologiche e di geometria della rete stessa. Durante la campagna antartica del 2004-2005 è stata installata la stazione permanente a *Cape Hallett*, a Nord di *Mario Zucchelli Station* (MZS), ad una distanza da essa di oltre 300 Km. Nella campagna antartica 2005-2006 si prevede l'installazione di altre tre stazioni permanenti VL14 (*Mt. Kinet*), VL23 (*Cape Adare*) e VL22 (*Litell Rocks*). Oltre alle problematiche di tipo logistico e a quelle dovute alle considerevoli avversità di tipo meteorologico, l'attenzione è stata focalizzata sulla questione dell'alimentazione e sulla definizione di un contenitore facilmente trasportabile, entro il quale riporre il ricevitore GPS assieme ad altri componenti elettronici sperimentali, indispensabili per consentire un'alimentazione senza soluzione di continuità, ad una temperatura di lavoro al di sopra dei limiti di funzionamento della strumentazione stessa.

1. *Cape Hallett*: VL01

A circa 300 Km a nord della stazione antartica italiana *Mario Zucchelli Station*, lungo la costa, vi è la baia di *Cape Hallett*. Utilizzata come base di campi remoti per facilitare la movimentazione in zona dei ricercatori appartenenti a diverse discipline scientifiche, risulta essere uno dei luoghi più affascinanti della Terra Vittoria. In prossimità della baia, nelle vicinanze della cima del *Tombstone Hills* è stato materializzato nel 1999 il vertice GPS della rete VLNDEF denominato VL01. Nelle figure sottostanti è possibile visualizzare la posizione di VL01 nell'ambito dell'intera rete.

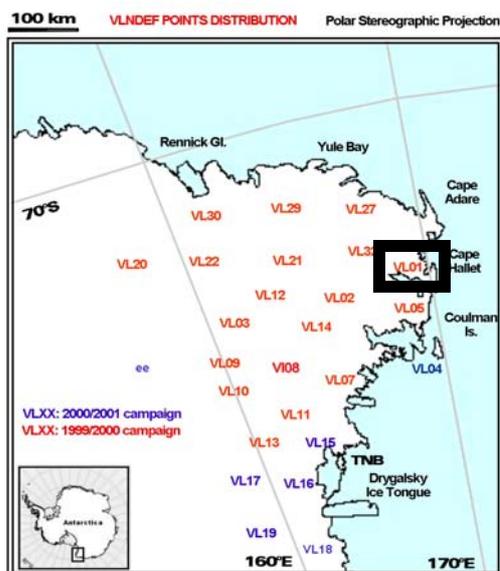


Figura 2 - La rete VLNDEF

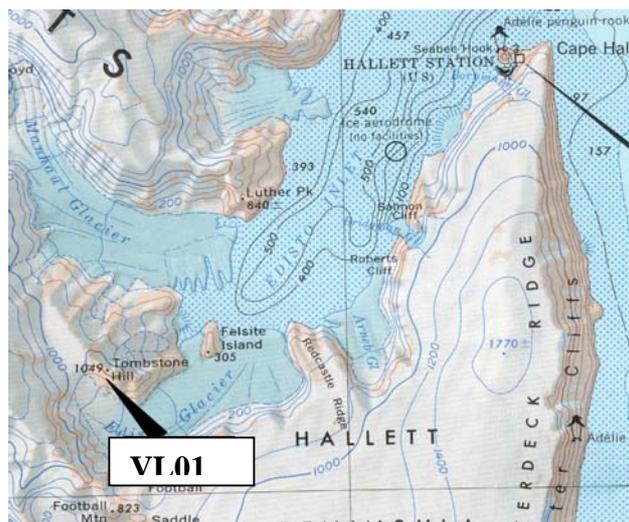


Figura 3 - La stazione VL01 (*Cape Hallett*)

Questo vertice della rete è stato scelto come prototipo per le prossime installazioni da realizzarsi in Antartide nell'ambito del PNRA (Programma Nazionale di Ricerche in Antartide), progetto 2.4 "Geodesia e cartografia dell'Antartide orientale, settore Pacifico".

2. La stazione GPS permanente remota

Il voler tramutare il vertice VL01 in stazione GPS permanente remota, ha comportato uno studio dettagliato su tutte le problematiche inerenti le fasi di installazione e di continuità garantita del funzionamento della stazione. L'argomentazione principale dello studio è stata incentrata sulla soluzione dei problemi essenzialmente dovuti a tre fattori:

- notevole distanza di VL01 dalla base italiana MZS (circa 300 Km in direzione Nord);
- bassissime temperature di esercizio durante l'inverno antartico (temperature medie variabili tra i $-30^{\circ}\text{C}/-45^{\circ}\text{C}$ ottenute dai report forniti dall' "Osservatorio Meteo Climatologico" del PNRA) e altresì bassa umidità relativa durante tutto l'anno;

- presenza di forti venti (sono state misurate punte di velocità che superano i 95 nodi. Il vento che si genera e che raggiunge tali velocità prende il nome di “catabatico”; questo si forma all’interno del continente antartico nel plateau, per particolari variazioni di pressione. La direzione prevalente dei venti catabatici risulta essere dall’interno verso la costa e la velocità aumenta durante il tragitto).

La stazione risulta essere composta da un box contenente la strumentazione, le batterie, dall’antenna *Choke-Ring*, da un pannello fotovoltaico e da un generatore eolico.

2.1 Il box

In virtù di quanto sopra, per quanto riguarda il ricovero della strumentazione, è stata fatta la scelta di realizzare un box completamente in legno marino delle dimensioni di 100x100x100 cm con spessore in doppio strato intramezzato da materiale coibente. Il box è stato trasportato come carico appeso in elicottero sino al sito prescelto. Preventivamente alla messa in opera del box è stato realizzato (nelle officine di MZS) un basamento in profilati d’acciaio a “C” quadrato e fissato alla roccia per garantire la stabilità del box stesso come riportato nelle seguenti immagini.

Come si può ben vedere, il box è stato strallato per mezzo di cavi d’acciaio regolabili in tensione e posizionato a debita distanza dal vertice VL01 per evitare fenomeni di *multipath* e di oscuramento del segnale.



Figura 4 - Basamento



Figura 5 - Box

2.1.1 Contenuto del box

All’interno del box vi sono alloggiati: un GPS *Trimble Trimble 5700*; una scaldiglia; un parco batterie composto da 6 celle di 2 Volt per un totale di 12 Volt e 330 Ampere e tre centraline elettroniche (una per la gestione della ricarica delle batterie tramite generatore eolico; una per la gestione della ricarica delle batterie tramite pannello fotovoltaico; una per la gestione della scaldiglia).

Il GPS è equipaggiato con una *memory card* della capacità di 1 Gb, sufficiente per raccogliere e memorizzare dati per la durata di un intero anno. lo strumento è stato programmato in modo da effettuare un campionamento a 15 secondi con cut-off di 10° e la realizzazione di sessione giornaliera. L’antenna è di tipo *Choke-Ring*. La scaldiglia è stata progettata e realizzata in modo da garantire una temperatura interna di esercizio superiore $-15^{\circ}\text{C}/-10^{\circ}\text{C}$. Per far sì che il carico della scaldiglia non gravi in modo critico sul parco batterie, questa risulta essere controllata da una piccola centralina elettronica che permette, sia in funzione della temperatura (per mezzo di un termostato) che in funzione della tensione delle batterie, di attivare la stessa con una potenza pari a 10 Watt o a 50 Watt o di escluderla totalmente. Altra funzionalità risulta essere quella di aumentare il carico del generatore quando la tensione delle batterie risulta essere eccessiva (per rallentare la rotazione della turbina) e quindi di dissipare l’energia prodotta in eccesso. Le batterie sono costituite da 6 celle di 2 Volt per un totale di 12 Volt e 330 Ampere. Tale scelta è stata fatta per garantire un funzionamento della strumentazione in assenza di ricarica delle stesse (o per mancanza di sole o per mancanza di vento) per un periodo di circa 20-30 giorni.

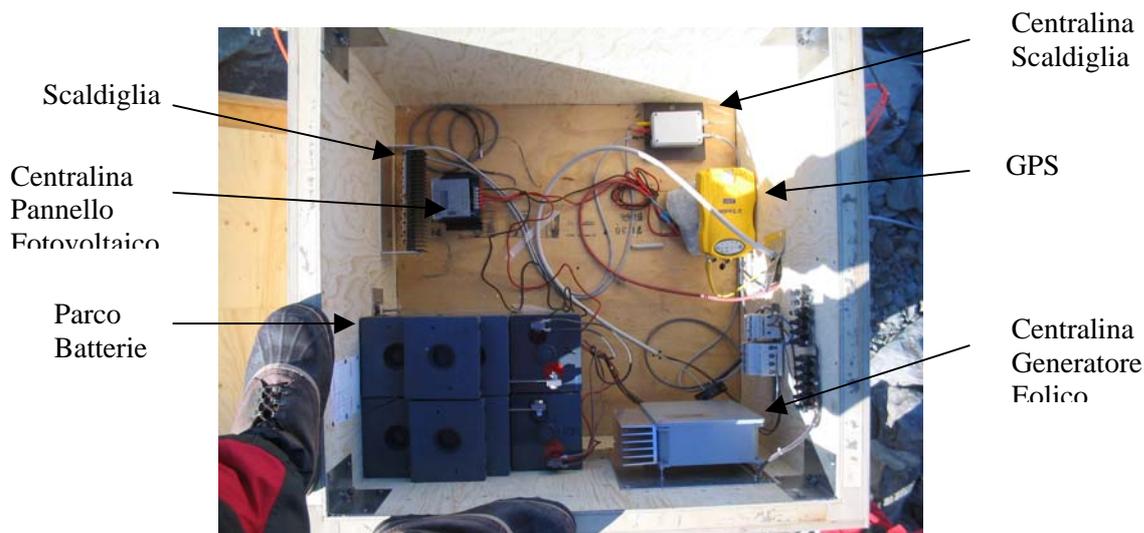


Figura 6 - Contenuto del box

2.2 L'alimentazione

L'alimentazione del GPS *Trimble 5700* è garantita dal parco batterie di 12 Volt e 330 Ampere. La ricarica delle batterie avviene per mezzo di due apparati: un generatore di potenza fotovoltaico e da un generatore di potenza eolico. Durante il periodo estivo antartico, vale a dire quando la presenza del sole è di 24 ore su 24, la ricarica avviene per mezzo di entrambi gli apparati. Durante i mesi invernali, invece, la ricarica delle batterie è affidata esclusivamente al generatore eolico, per la mancanza di illuminazione solare.

2.2.1 Il pannello fotovoltaico

Il pannello fotovoltaico eroga una potenza pari a circa 40 Watt e per mezzo di una centralina elettronica viene regolata la tensione in uscita sul valore di 12 Volt. Tale potenza risulta essere d'aiuto nella ricarica delle batterie quando, per assenza di vento, il generatore eolico non fornisce la potenza sufficiente alla ricarica stessa.

2.2.2 Il generatore eolico

Il problema principale dell'alimentazione si manifesta durante il periodo invernale antartico, cioè in quei mesi in cui vi è la totale assenza di illuminazione solare. Si è pensato quindi di



Figura 7 - Pannello fotovoltaico sopra il box

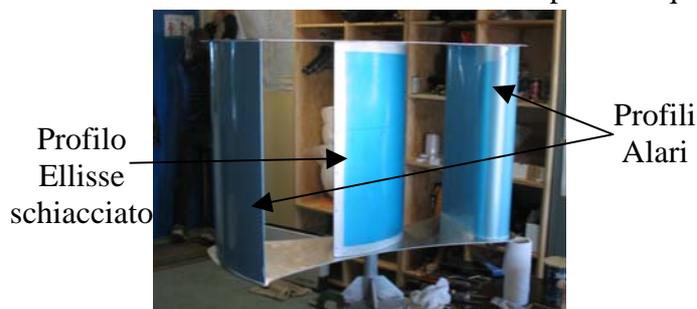


Figura 8 - Turbina del generatore eolico monoassiale

utilizzare un generatore di tipo eolico. La scelta della tipologia di generatore è ricaduta sul rotore di tipo monoassiale (per evitare la presenza di ulteriori giunti, meccanismi molto delicati e suscettibili alle basse temperature) e dalle caratteristiche tecniche tali che lo stesso fosse riuscito a sopportare forti velocità del vento. Per i motivi sopra elencati, si è optato per un generatore prodotto dalla

Ropatec di Bolzano, capace di erogare una potenza pari a 150 Watt, decisamente bassa rispetto agli

standard dei comuni generatori eolici. Tale generatore ha la particolarità di avere sì il rotore monoassiale, ma anche la turbina che imprime la rotazione costruita per mezzo di due profili alari laterali ed un profilo di tipo ellisse-schiacciato centrale (come visualizzato sopra). Una turbina siffatta ha il pregio di essere indipendente dalla direzione di provenienza del vento e di necessitare di una relativamente bassa velocità del vento (pari a circa 4-5 m/s) per l'innesco della rotazione. Come si può vedere da figura, l'asse del profilo centrale risulta essere inclinato rispetto agli assi dei due profili alari laterali. Ciò fa sì che quando il vento raggiunge certe velocità, le turbolenze che si generano all'interno della turbina risultano essere contrarie alla velocità di rotazione e quindi si ottiene un effetto complessivo di rallentamento della turbina e stabilizzazione della velocità di rotazione della stessa. La turbina in questione presenta dimensioni pari a circa 1000x650x450 mm. Questa è stata installata al di sopra di un palo in ferro zincato alto 1.80. Il palo è stato ancorato alla

roccia per mezzo di una piastra flangiata allo stesso e con 8 tirafondi del diametro di 24 mm e di una lunghezza pari a 400 mm. Notevole impegno e lavorazione sono serviti per la preparazione del sito ove installare il palo stesso: si è dovuto spianare la roccia, forare la stessa e fissare preventivamente la piastra di base con gli 8 tirafondi per mezzo di resine bi-componenti. Sono dovute passare più di 12 ore prima di flangiare il palo sulla piastra di base, per assicurare la presa della resina bi-componente (le bassissime temperature rallentano l'effetto presa della resina bi-componente).

Il generatore eolico è stato installato ad una distanza di 30 m dall'antenna GPS per evitare qualsiasi tipo di interferenza ed è stato posizionato al di sotto della sommità del *Tombstone Hill* per evitare di essere direttamente investito dai forti venti catabatici.



Figura 9 - Piastra di base



Figura 10 - Palo di sostegno della turbina



Fig. 10 Generatore eolico Ropatec

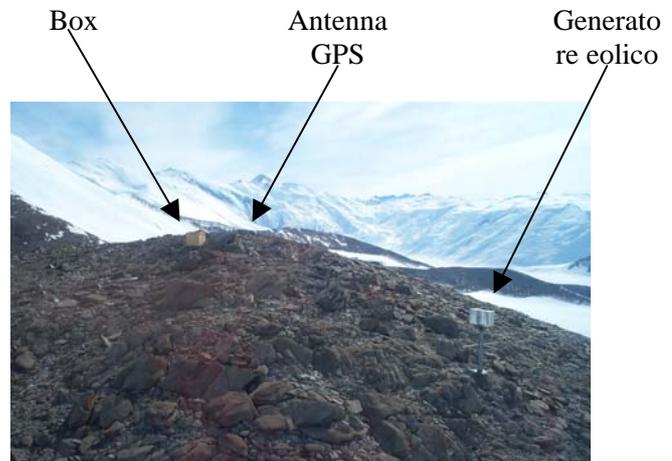


Fig. 11 Stazione permanente remota VL01

3. Conclusioni

A causa delle condizioni ambientali estreme e dell'assenza di irradiazione solare nel periodo invernale australe, l'acquisizione di dati GPS in antartide per scopi geodinamici viene principalmente realizzata in campagne estive per periodi brevi. I problemi principali da risolvere per l'installazione di stazioni GPS permanenti antartide sono essenzialmente l'alimentazione e la trasmissione dei dati. Nel presente lavoro è stato descritto il sistema adottato per la gestione ed

alimentazione delle stazioni permanenti GPS installate in Antartide nell'ambito del PNRA (Programma Nazionale di Ricerca in Antartide). Il sistema è costituito da un generatore eolico sperimentale e di una cassa in legno coibentata, entro la quale sono contenuti un ricevitore GPS a doppia frequenza, una centralina e varia componentistica elettronica. Il generatore eolico, con asse di rotazione verticale, è in grado di fornire 150 Watt di potenza nominale. E' costituito da una turbina montata su di un palo flangiato ad una piastra di base facilmente trasportabile visto le contenute dimensioni e peso. Può essere installato sia su affioramento roccioso che su *permafrost* in poche ore di lavoro, in massima parte dedicate alla preparazione del substrato sul quale poggiare la piastra di base. La continuità di alimentazione è garantita da un parco di 6 batterie a celle di 2 Volt, 300 Ampere collegate in serie. Queste sono di tipo sigillato e garantiscono una durata di 10-15 anni seguendo cicli di carico e scarico regolari. La ricarica è fornita da un generatore fotovoltaico e da un generatore eolico monoassiale (quest'ultimo garantisce la ricarica in assenza di irradiazione solare). Un termostato e una serie di scaldiglie risolvono il problema della temperatura interna alla scatola di legno, garantendo un *range* di oscillazione da +10°C a -25°C. Tale sistema è stato al momento installato nel sito di *Cape Hallett* della rete VLNDEF, e nella prossima campagna di misura è previsto che venga installato su di ulteriori tre siti della rete opportunamente scelti. La disponibilità di lunghe serie temporali di dati in Antartide contribuirà ad una migliore comprensione delle deformazioni crostali della Terra Vittoria; all'affinamento delle strategie di elaborazione dei dati e di calcolo delle reti; alla definizione di modelli globali (atmosferici, di marea, ecc) maggiormente accurati nel polo Sud. Ulteriori sviluppi alla ricerca attualmente incorso riguardano le problematiche di trasmissione dati e di controllo in remoto, critici in ambienti estremi come quelli antartici.

Ringraziamenti

La ricerca rientra all'interno delle attività svolte nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide. Le operazioni logistiche di installazione della stazione permanente di *Cape Hallett* sono state rese possibili grazie supporto fornito dai tecnici di MZS. Si ringrazia il Prof. Alessandro Capra per i preziosi suggerimenti forniti.

Bibliografia

- Capra A., Gandolfi S., Mancini S., Sarti P., Vittuari L., Zanutta A., 2000. Il progetto VLNDEF (Victoria Land Network for DEFormation control) per lo studio della geodinamica a scala regionale in Antartide. 2000. Atti della Quarta Conferenza Nazionale Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali – Genova, vol.1, pp.339-341, 2000.
- Capra A., Gandolfi S., Mancini F., Negusini M., Sarti P., Vittuari L., 2004. Terra Nova Bay GPS permanent station. In "proceedings of the workshop on Antarctic earth sciences", edited by G. Brancolini, C. Ghezzi, A. Morelli, Terra Antartica Report, 9, 21-24. Terra Antartica publications, Siena. (ISBN 88-88395-08-3).
- Mancini F., 2000. Geodetic activities during the GANOVEX VIII: a new GPS network for crustal deformation control in North Victoria Land. GANOVEX VIII – In "ItaliaAntartide XV Antarctic Expedition 1999-2000" edited by E. Bozzo, D. Damaske, Terra Antartica Report 5, 23-28. Terra Antartica Publications, Siena. (ISBN 88-900221-6-7).
- Mancini F., Capra A., Gandolfi S., Sarti P., Vittuari L., 2004. VLNDEF (Victoria Land Network for DEFormation control). Monumentation during the GANOVEX VIII – ItaliaAntartide XV: Survey and data processing. Terra Antartica, 11(1), 35-38 (ISSN 1122-8628).
- Negusini M., Mancini F., Gandolfi S., Capra A., 2005. Terra Nova Bay GPS permanent station (Antarctica): Data quality and first attempt in the evaluation of regional displacement. Journal of Geodynamics, 39(2), Special issue: Glacial Isostasy and Neotectonics - Edited by G. Kaufmann and B. Vermeersen, 81-90.