

# Rapporti tecnici

## INGV

**La Rete sismica Mobile in  
telemetria satellitare (Re.Mo.Tel.)**

# 177



## **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](mailto:redazionecen@ingv.it)



# Rapporti tecnici INGV

## LA RETE SISMICA MOBILE IN TELEMETRIA SATELLITARE (RE.MO.TEL.)

Luigi Abruzzese<sup>1</sup>, Giovanni De Luca<sup>1</sup>, Marco Cattaneo<sup>1</sup>, Gianpaolo Cecere<sup>1</sup>, Vincenzo Cardinale<sup>1</sup>, Angelo Castagnozzi<sup>1</sup>, Ciriaco D'Ambrosio<sup>1</sup>, Alberto Delladio<sup>1</sup>, Martina De Martin<sup>1</sup>, Luigi Falco<sup>1</sup>, Diego Franceschi<sup>1</sup>, Aladino Govoni<sup>1,2</sup>, Antonino Memmolo<sup>1</sup>, Franco Migliari<sup>1</sup>, Felice Minichiello<sup>1</sup>, Milena Moretti<sup>1</sup>, Raffaele Moschillo<sup>1</sup>, Maurizio Pignone<sup>1</sup>, Giulio Selvaggi<sup>1</sup>, Luigi Zarrilli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti)

<sup>2</sup>OGS (Istituto Nazionale Oceanografia e Geofisica Sperimentale, Centro Ricerche Sismologiche)

# 177



## Indice

|  |    |
|--|----|
| Introduzione   | 5  |
| 1. La Rete Sismica Mobile in telemetria satellitare                                  | 7  |
| 1.1. Introduzione  | 7  |
| 1.2. Il sistema di alimentazione   | 7  |
| 2. La stazione remota  | 8  |
| 2.1. Il sistema di acquisizione  | 8  |
| 2.2. Il sistema di trasmissione dati   | 10 |
| 2.3. Il sistema di alimentazione   | 11 |
| 3. Il sottonodo  | 14 |
| 3.1. Il sistema di acquisizione  | 15 |
| 3.2. Il sistema di alimentazione   | 16 |
| 4. Il centro stella  | 18 |
| 4.1. Il sistema di trasmissione  | 18 |
| 4.2. Il sistema di alimentazione   | 18 |
| 5. Il sistema informativo geografico   | 20 |
| 5.1. Lo sviluppo di un sistema informativo geografico<br>a supporto della Re.Mo.Tel. | 20 |
| 5.2. Il contributo dell'Analisi Spaziale di Superficie                               | 21 |
| 6. Logistica   | 23 |
| 6.1. Logistica legata alla strumentazione  | 23 |
| 6.1.1. Kart's Reflector  | 24 |
| 6.2. Logistica legata al personale   | 26 |
| 6.2.1. La tenda  | 26 |
| Ringraziamenti   | 27 |
| Bibliografia   | 27 |
| Sitografia   | 28 |



## Introduzione

Il monitoraggio e la sorveglianza sismica e vulcanica dell'intero territorio nazionale sono attività peculiari dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) soprattutto per le importanti implicazioni di protezione civile sul territorio italiano.

L'INGV svolge tali importanti funzioni attraverso la gestione di reti di monitoraggio di diversa tipologia e a differente scala. Negli ultimi anni tali reti sono cresciute sia come numero di stazioni installate che come tecnologia, consentendo quindi di controllare in maniera estesa lo spettro di frequenze emesse dalla sorgente sismica ed il ciclo sismico delle strutture sismogenetiche. Il processo di rinnovamento dell'intero sistema di monitoraggio italiano è stato intrapreso nel 2001 grazie al supporto del Dipartimento di Protezione Civile (DPC) a livello nazionale, e nel sud Italia, al progetto Prosis, finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) [Amato et al., 2006].

Attraverso tale importante impegno, l'INGV garantisce uno dei suoi principali obiettivi, ovvero migliorare la detezione dei terremoti e la qualità delle localizzazioni in *real-time*. In talune occasioni l'impiego di reti sismiche temporanee ha contribuito, in aree di particolare interesse scientifico, a fornire delle immagini *off line* ad alta risoluzione delle faglie attive [Amato et al., 1998].

Oggi, la Rete Sismica Nazionale (RSN, *Figura 1*) è composta da più di 300 stazioni dislocate sul territorio nazionale che, in *real-time* e con diversi sistemi di trasmissione, inviano i dati presso la Sala Sorveglianza Sismica della sede INGV di Roma. Simulazioni di scenario hanno dimostrato che l'eventuale spegnimento di uno dei tre maggiori sistemi non provoca alcun problema di localizzazione sull'intero territorio, provando il buon bilanciamento della rete [Schorlemmer et al., 2009]. In realtà in alcune aree nel sud della Puglia e nella parte occidentale della Sicilia potrebbero non essere totalmente rispettati gli accordi tra l'INGV e la DPC nell'ambito della Convenzione-Quadro 2007-2009 in materia di sorveglianza sismica (la quale prevede una soglia di comunicazione di  $M=2.5$ ); tuttavia implementare ulteriormente la rete con una maglia più stretta ed omogenea in tutto il territorio nazionale, non è tecnicamente ed economicamente sempre possibile.



**Figura 1.** Mappa della RSN dell'INGV (aggiornata all'Aprile 2010).

In tale ottica, sin dai primi anni 70 l'INGV (ex ING) si avvale, in occasione di forti terremoti ( $M > 5$ ), di una struttura di Pronto Intervento con l'obiettivo di incrementare i siti di rilevamento in zona epicentrale, in modo da realizzare un miglioramento del monitoraggio sismico. Agli inizi degli anni '90 la realizzazione del Laboratorio Mobile in telemetria digitale, ha consentito un raffinamento delle localizzazioni in *real-time* permettendo di seguire con un maggior dettaglio, l'evoluzione spazio-temporale della sequenza sismica in corso. Tale miglioria tecnologica ha rappresentato un'importante svolta nello studio delle sequenze sismiche che, in particolare dal 1990 al 2002, hanno interessato in territorio nazionale [Govoni et al., 2008].

Un importante punto emerso dopo una lunga e complessa analisi dei dati delle reti temporanee installate nel 1997 a seguito del terremoto che colpì la regione Umbro - Marchigiana, riguarda la possibilità di predire il comportamento dell'attività della faglia (come la migrazione della sismicità da una faglia ad un'altra, l'attivazione di segmenti adiacenti, ecc.) durante una sequenza sismica, se dei dati dettagliati fossero disponibili in tempo reale [Chiaraluce et al., 2004; Deschamps et al., 2000].

Nasce così l'idea di una nuova struttura di Pronto Intervento in cui le esperienze e le conoscenze del passato coniughino le moderne tecnologie di acquisizione e trasmissione dati al fine di migliorare le analisi della sequenza sismica in atto.

In questo lavoro viene descritta nel dettaglio l'organizzazione e l'infrastruttura tecnologiche della Re.Mo.Tel..

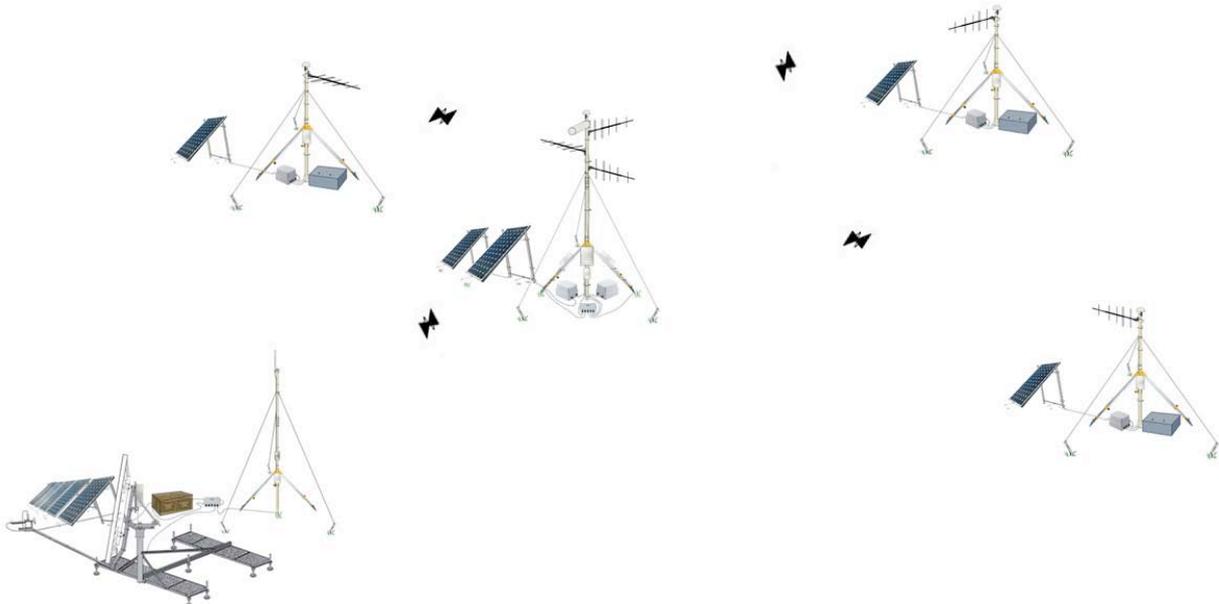
## 1. La Rete Sismica Mobile in telemetria satellitare

### 1.1. Introduzione

Oggi la nuova Rete Sismica Mobile in telemetria satellitare” (Re.Mo.Tel.) è composta da nove stazioni la cui trasmissione, tramite ponte UHF (*Ultra High Frequency*), è equamente ripartita verso tre centri di acquisizione intermedi, detti “sottonodi” (*Figura 2*). Tali sottonodi, a loro volta tramite connessione Wi-Fi, ridirezionano il flusso dati verso un “centro stella” (detto “nodo”) dal quale, con il sistema di trasmissione satellitare *Libra VSAT Nanometrics*, i dati sono inviati al centro acquisizione dati della Sala Sorveglianza Sismica della sede INGV di Roma e ridondati al centro “*disaster recovery*” approntato presso l’Osservatorio di Grottaminarda (Sede Irpinia in provincia di Avellino).

La struttura della Re.Mo.Tel. è stata ideata ed ingegnerizzata in modo da ridurre al minimo i tempi d’installazione. Il sistema è stato infatti realizzato interamente “*plug and play*” e di conseguenza nessuna attività di configurazione è richiesta all’operatore all’atto dell’installazione.

La Re.Mo.Tel. (*Figura 2*) si basa su di un articolato sistema di trasmissione (UHF, Wi-Fi e satellitare), mediante l’impiego di diversi apparati.



**Figura 2.** Disposizione di 3 stazioni remote in telemetria con il relativo sottonodo e centro stella.

### 1.2. Sistema di alimentazione

La Re.Mo.Tel. è dotata di un sistema di alimentazione a pannelli solari che permette l’installazione delle stazioni remote in modo del tutto autonomo rispetto alle infrastrutture preesistenti sul territorio.

I moduli fotovoltaici utilizzati, sono del tipo monocristallino (*Tabella1*).

| CARATTERISTICHE                | MODULO FOTOVOLTAICO |                |
|--------------------------------|---------------------|----------------|
|                                | HELIOS HTD 75       | HELIOS HTD 110 |
| CORRENTE CORTO CIRCUITO (ISC)  | 5A                  | 7,9A           |
| CORRENTE DI PICCO (IM)         | 4,6A                | 6,9A           |
| MAX SYST VOLT                  | 715V                | 715V           |
| NOCT (ESTI 503)                | 47°C                | 47°C           |
| POTENZA MAX (PM)               | 75W                 | 110W           |
| TENSIONE CIRCUITO APERTO (VOC) | 20V                 | 20V            |
| TENSIONE MAX (VM)              | 16,2V               | 16V            |
| EFFICIENZA                     | 12,3%               | 12,4%          |

**Tabella 1.** Caratteristiche dei moduli fotovoltaici.

Al fine di ottimizzare l'impianto fotovoltaico di tipo *stand alone* è fondamentale impiegare accumulatori che presentino le seguenti caratteristiche:

- elevata efficienza;
- lunga durata;
- buona resistenza alle escursioni termiche;
- bassa manutenzione;
- basso livello di aut scarica.

La scelta è ricaduta sulle batterie piombo acido regolate da valvola con elettrolito immobilizzato in forma gelatinosa, che allo stesso tempo riducono il rischio di fuoriuscita di elettrolita, salvaguardando l'operatore dal pericolo di corrosione ed inalazione.

Le stazioni remote ed i sottonodi hanno come unica fonte di energia il sole (fonte aleatoria); bisogna ricercare il giusto equilibrio tra giorni di autonomia della stazione, quantità di moduli fotovoltaici ed accumulatori da installare.

In media, ponendo l'autonomia della stazione pari a 2 giorni in assenza totale di sole, con una profondità di scarica delle batterie pari al 75% e con un tasso di scarica di 64 h, il numero di accumulatori varia dalla singola batteria per la stazione remota, alle 5 batterie per il centro stella.

## 2. La stazione remota

### 2.1. Il sistema di acquisizione

Dislocata in area epicentrale, la stazione remota costituisce il primo apparato dell'articolata infrastruttura della Re.Mo.Tel. ad essere installato (*Figura 3*).

Ogni stazione si compone di un apparato di acquisizione / digitalizzazione (*Taurus*<sup>1</sup>) e di un apparato di trasmissione composto da una radio *Satel*.

Caratteristiche distintive dell'acquisitore sono il basso consumo, circa **2,3 W** con un campionamento a 100 *samples-per-second* (sps), con porta *ethernet* o seriale attiva. Inoltre, la capacità di *storage*, nella configurazione con *hard disk* da 40 *Gbyte*, permette la registrazione di tre canali in continua per oltre **750 giorni**.

Per le applicazioni di rete mobile il campionamento è stato fissato a **80 sps** e la trasmissione avviene a **9600 bit-per-second (bps)** con protocollo di tipo *Serial Line over Ip* (SLIP) su porta seriale. Questo protocollo è impiegato in funzione della sua leggerezza, in quanto *l'overhead* è molto piccolo, e l'incapsulamento del protocollo IP è particolarmente efficiente. A causa della semplicità del protocollo, nessun controllo di errore/correzione e/o compressione pacchetti è effettuato ma lasciato ai protocolli di livello superiore.

Al *Taurus* è collegata un'antenna GPS "a funghetto" della *Trimble* da 3,3V che provvede a sincronizzare i dati sismici, ed all'esatto timing del TDMA di trasmissione.

<sup>1</sup> [http://www.nanometrics.ca/index.php?option=com\\_content&task=view&id=91&Itemid=95](http://www.nanometrics.ca/index.php?option=com_content&task=view&id=91&Itemid=95)



**Figura 3.** Progetto di una stazione remota “tipo”.

| CARATTERISTICHE               | ACQUISITORE TAURUS             |    |    |    |    |                         |     |   |     |
|-------------------------------|--------------------------------|----|----|----|----|-------------------------|-----|---|-----|
| CANALI                        | 3 STANDARD UPGRADABILI A 6 O 9 |    |    |    |    |                         |     |   |     |
| RANGE DI TENSIONE IN INGRESSO | 2V                             | 4V |    |    | 8V |                         | 16V |   | 40V |
| RATE DI CAMPIONAMENTO         | 10                             | 20 | 40 | 50 | 80 | 100                     | 120 | 0 |     |
| SENSORI SUPPORTATI            | ATTIVI LARGA BANDA             |    |    |    |    | PASSIVI A CORTO PERIODO |     |   |     |
| SUPPORTI DI STORAGE           | COMPACT FLASH                  |    |    |    |    | 1,8" ATA DISK           |     |   |     |
| INTERFACCE                    | 10 / 100 BASE - T ETHERNET     |    |    |    |    | RS 232 SERIAL           |     |   |     |
| TEMPERATURE DI FUNZIONAMENTO  | - 20° C + 60° C COMPACT-FLASH  |    |    |    |    | + 5° C A 55° C HARDDISK |     |   |     |

**Tabella 2.** Specifiche tecniche dell'acquisitore Taurus.

I *Taurus* sono corredati di accelerometro della *Kinematics*<sup>2</sup>, l'*Episensor* FBA ES-T, oppure di velocimetro a corto periodo della *Lennartz*, il LE-3DLite<sup>3</sup> ad 1 Hz (*Figura 4*). Per gli impieghi della rete di Pronto Intervento l'accelerometro è stato stabilito con fondo scala a 2 g, in modo da registrare eventi significativi senza l'inconveniente della saturazione del segnale.

<sup>2</sup> <http://www.kinematics.com/p-87-EpiSensor-ES-T.aspx>

<sup>3</sup> <http://www.lennartzelectronic.de/Pages/Seismology/Seismometers/Seismometers.html#Anchor-LE-23667>



**Figura 4.** Da sinistra: l’acquisitore Taurus della Nanometrics; il velocimetro LE-3DLite della Lennartz; l’accelerometro EpiSensor FBA ES-T della Kinometrics.

Il velocimetro LE-3DLite si basa su di una meccanica “Mark” ed è dotato di un particolare amplificatore che deconvolve il segnale alla banda passante desiderata. La presenza dell’amplificatore consente di posizionarli anche a grande distanza dall’acquisitore, senza alcuna perdita della qualità del segnale. Per il trasporto, il velocimetro può essere alloggiato in qualsiasi posizione senza il bisogno di essere bloccato meccanicamente. Il suo impiego nella Re.Mo.Tel. si rende necessario in una fase successiva alla prima installazione, quando l’intensità degli eventi è inferiore.

In *Tabella 3* le caratteristiche tecniche dei sensori a corredo delle stazioni della Re.Mo.Tel..

| CARATTERISTICHE              | ACCELEROMETRO FBA – EST | VELOCIMETRO LE LITE 3D 1Hz |
|------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| CONSUMI                      | da 12 mA a 35 mA a 12 V | 3mA a 12 V                 |
| TEMPERATURA DI FUNZIONAMENTO | -20 ° C + 70 ° C        | -5 ° C + 35 ° C            |
| RANGE DINAMICO               | 155 dB                  | 136 dB                     |
| PESO                         | 1,8 Kg                  | 1.1 kg                     |

**Tabella 3.** Specifiche tecniche dei sensori in dotazione alla Re.Mo.Tel..

## 2.2. Il sistema di trasmissione dati

La trasmissione tra le stazioni remote ed il sottonodo è garantita dall’impiego della radio *Satellite 3AS-d* (*Figura 5*). Essa garantisce la connessione in radio frequenza in maniera ottimale poiché è scarsamente influenzata da condizioni atmosferiche avverse (pioggia, nevicata, ecc.) o dalla presenza di boschi e/o mancanza della “linea di vista”.

La *satellite 3AS-d* è un radio *modem* operante in banda UHF (380-470 MHz) in modalità *half-duplex* (possibile trasmettere in entrambe le direzioni, ma non contemporaneamente) per il trasferimento trasparente di dati asincroni. Modula in aria a 9.600 bps (canalizzazione 12,5 kHz) o 19200 bps (canalizzazione 25 kHz) compatibile con le tre interfacce seriali *standard* più utilizzate: RS-232, RS-485 ed RS-422. La *Satellite-3AS-d* può essere alimentata da +9 a +30 Vdc e grazie alla sensibilità del ricevitore (programmabile da -116 a -110 dBm) ed alla potenza d’uscita programmabile da 10 mW a 1 W, è possibile realizzare collegamenti da 0 a 50 chilometri con il sottonodo, in funzione dell’orografia locale e del sistema d’antenna utilizzato.

Nell'impiego nella Re.Mo.Tel. la trasmissione è stata settata a **9600 bps**, con l'*Error correction/error check* configurato come *Off*. In questo modo si è evitato l'aggiunta di informazioni per il controllo dell'errore che aumentano del 30% il totale dei dati trasmessi.

La *Satel* è stata incapsulata in un astuccio di metallo Ip67 e riconnettorizzata in modo da garantire il medesimo grado di protezione (*Figura 6*). I cavi a loro volta sono stati inclusi nelle guaine in pvc per garantire un'ulteriore protezione da agenti esterni (calpestio, roditori, ecc.).



**Figura 5.** La radio Satelline 3AS-d per la trasmissione tra la stazione remota ed il sottonodo.



**Figura 6.** Satelline 3 AS-d incapsulata nel Telesto.

### 2.3. Il sistema di alimentazione

L'impianto di alimentazione della stazione remota è composto da:

- un modulo fotovoltaico da 75Wp in silicio monocristallino che, fissato ad un telaio in alluminio regolabile, permette di inclinare il pannello solare a seconda della stagione. Essa è inoltre dotata di 4 cavetti in acciaio che, collegati alle estremità inferiori del telaio, ancorano ulteriormente la struttura al terreno (*Figura 7*);
- il *battery pack* (*Figura 8*) alloggia al suo interno un sistema di alimentazione che comprende una batteria ed una centralina *Morningstar SunSaver* da 10A con LVD (*low voltage disconnect*). Esso è dotato su di un lato di 3 prese *Souriau* serie UTS a cui vanno collegati il pannello solare e l'alimentazione per la *Satel* ed il *Taurus*. Si è scelto di connettere tutti i cavi in modo da evitare possibili errori di "reverse battery" ed avere la ragionevole certezza della connessione stabile degli apparati con il sistema d'alimentazione.

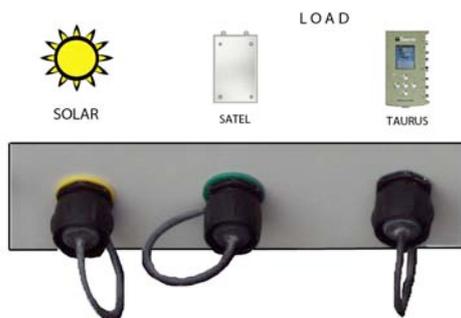


**Figura 7.** Modulo fotovoltaico con supporto.

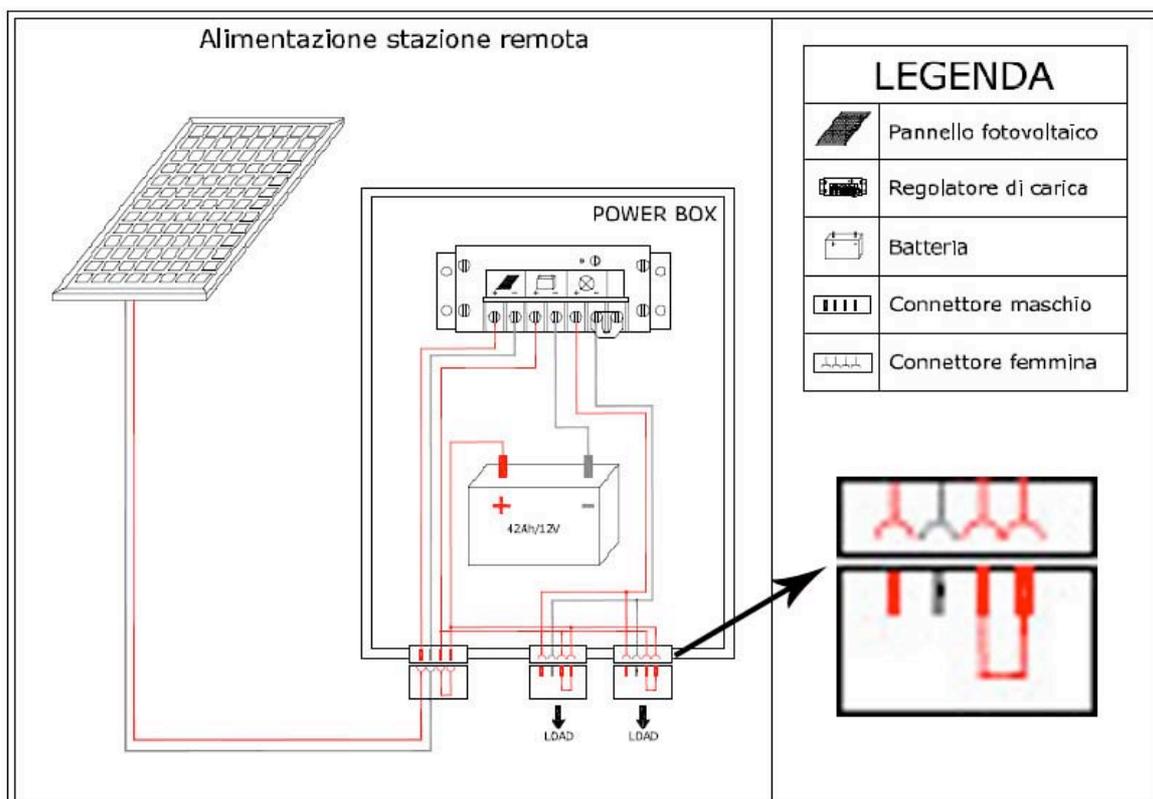


**Figura 8.** Battery pack.

Si è inoltre provveduto ad identificare in modo univoco le varie connessioni, con l'applicazione di anelli colorati sia sul lato presa, che sul lato connettore (*Figura 9*). Nello specifico, partendo da sinistra, troveremo la presa con l'anello giallo, cui va collegato il cavo pannello solare e due prese con anello verde, cui va collegato, indistintamente, il cavo alimentazione della Satel e del Taurus. Nei connettori di alimentazione sono presenti 4 pin, 2 per la fase positiva e negativa, ed altri due per chiudere il circuito. La centralina, anche quando il *battery pack* non è impiegato, consuma circa 10mW che sul lungo periodo porta alla scarica dello stesso. Si è di conseguenza studiato un sistema che permettesse di tenere aperto il circuito quando nessun connettore è collegato e chiuderlo automaticamente quando almeno uno dei connettori è collegato al *battery pack*. Si veda al riguardo lo schema (*Figura 10*) del sistema alimentazione che illustra, grazie al ponticello nel connettore, come il circuito viene chiuso.



**Figura 9.** Connessioni *battery pack*.



**Figura 10.** Schema impianto alimentazione stazione remota.

Il modulo radio (Satelline 3AS-d) ha un consumo di 1,4 W in ricezione, 6 W in trasmissione e 0,05 W in *stand-by*. Essendo del tipo *half-duplex* utilizza una tecnica di moltiplicazione numerica in cui la condivisione del canale è realizzata mediante ripartizione del tempo di accesso allo stesso da parte delle radio; in questo modo i tempi di trasmissione e ricezione sono regolabili e di conseguenza sarà variabile la quantità di energia necessaria al funzionamento delle radio.

In Tabella 4 sono riportati i consumi dei dispositivi utilizzati.

| STRUMENTAZIONE                                 | CONSUMO         |
|--|-----------------|
| ACQUISITORE TAURUS                             | 2,3W            |
| ACCELEROMETRO FBA –EST                         | 1,14W           |
| RADIO SATEL                                    | 1,4W RX – 6W TX |
| REGOLATORE DI CARICA SUNSAVER 10 (AUTOCONSUMO) | 0,1W            |

**Tabella 4.** Stima dei consumi.

Nel nostro caso il TDMA (*Time Division Multiple Access*) della radio presso la stazione remota è configurato a 10 secondi ed è ripartito come indicato in *Tabella5*.

|            | TRASMISSIONE | RICEZIONE | STAND-BY |
|------------|--------------|-----------|----------|
| INTERVALLO | 5 s          | 1 s       | 4 s      |

**Tabella 5.** Suddivisione TDMA stazione remota.

Da questi valori è stato calcolato che nell’arco delle 24 ore la stazione remota ha bisogno di una quantità di energia pari a **162 Wh**. Di conseguenza per l’accumulatore di carica si è optato per una batteria FIAMM FG 42204 da **42 Ah** che garantisce il funzionamento della stazione per 2 giorni in condizione di totale oscurità del pannello solare. Naturalmente questo è un evento improbabile, a meno che il pannello si capovolga, oppure della neve vi si posi in superficie e vi geli. In casi estremi come quello appena descritto, il pannello può essere alloggiato su un treppiedi in modo da sollevarlo di alcune decine di centimetri e favorire lo scivolamento del manto nevoso. In situazioni ancora più estreme sono stati predisposti delle paliere che prevedono l’elevazione del pannello dal suolo anche di alcuni metri.

### 3. Il sottonodo

Il sottonodo è un centro di multiplazione dati intermedio dislocato tra il centro stella (distanza media 5-15 Km) e la stazione remota (tratte fino a 50 km) (*Figura 11*).



**Figura 11.** Schema di un sottonodo “tipo”.

### 3.1. Sistema di acquisizione

I dati ricevuti dalle 3 *Satel*, collegate alla porta seriale (9600 bps) del *Janus* (Figura 12) tramite un cavo a 3 vie, vengono inoltrati sulla porta *ethernet* dello stesso a cui è connessa una radio *spread spectrum* a 2.4 GHz (*Wilan*). L'intero sistema di trasmissione è collocato su una struttura-sostegno (più alta di quella della stazione remota per consentire un adeguato distanziamento tra gli elementi trasmissivi), su cui sono alloggiati 3 antenne yagi per l'UHF ed un'antenna yagi per il Wi-Fi. Le stesse possono essere posizionate sia in polarizzazione verticale per coprire le distanze più lunghe, sia in polarizzazione orizzontale per tratte più brevi. Per ricevere e trasmettere, le *satel* sono dotate di una frequenza statica unica modificabile tramite interfaccia software. Esse sono fissate alla struttura tramite delle fascette di plastica che consentono una discreta mobilità per connettere/disconnettere i cavi e, al tempo stesso, garantiscono stabilità all'impianto sul lungo periodo.

Al *janus* è collegato un GPS, che serve per sincronizzare il TDMA per la trasmissione seriale. Ad integrazione delle stazioni esistenti può essere collegati uno o due Trident a cui sono connessi un accelerometro ed/o un velocimetro. Questo nell'ipotesi che il sottonodo si trovi in una posizione di interesse nella topologia di rete.

La *Wilan VIP 110-24* (figura 13) è un ricetrasmittitore *spread spectrum* a 2.4 GHz che implementa il protocollo VINE. È usata per interconnettere LAN Ethernet su larghe distanze. L'elettronica è inserita in un'unità da esterno IP67. Un singolo cavo ethernet CAT5 trasporta i dati Ethernet e l'alimentazione. I dati dalla radio sono inviati ad un'antenna direzionale che trasmette i dati al centro stella.



**Figura 12.** Ricevitori *Janus*.

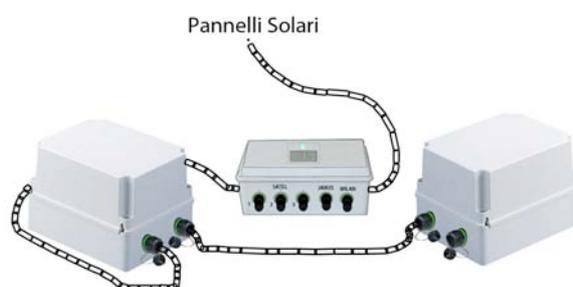


**Figura 13.** Il ricevitori *spread spectrum Wilan VIP 110-24*.

### 3.2. Il sistema di alimentazione

L'impianto di alimentazione del sottonodo è composto da :

- n° 2 batterie da 42 Ah racchiuse in contenitori in pvc (*Figura 14*);
- un regolatore di carica *Morningstar Prostar PS-30M*, dotato di *display* e alloggiato in un *box* munito di 5 prese mod. *Souriau* a cui vanno collegate le alimentazioni degli apparati (*Figura 14*);
- due moduli fotovoltaici da 110Wp in silicio monocristallino fissati ad un telaio in alluminio regolabile (*Figura 15*).



**Figura 14.** Impianto alimentazione di un sotto nodo.



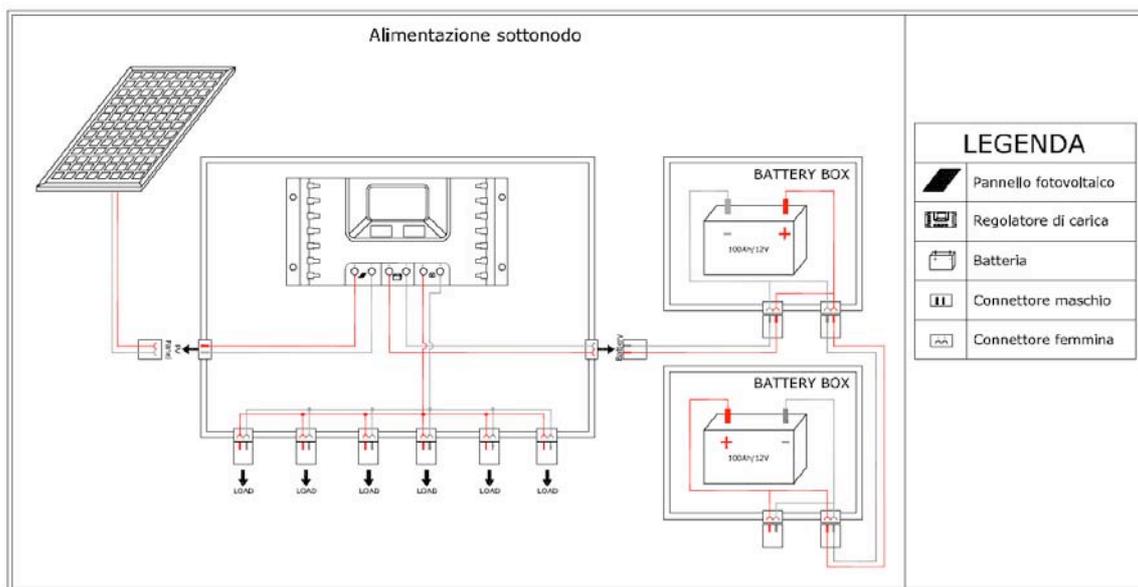
**Figura 15.** Moduli fotovoltaici con supporto.

Al fine di monitorare l'intero sistema di alimentazione su di un unico dispositivo, sul box centralina è stata realizzata una "finestra" per la lettura dei valori di tensione e corrente. È stato inoltre applicato un *led* ad alta efficienza che permette la lettura anche in condizione di scarsa visibilità. Il sistema così realizzato consente di aggiungere altri accumulatori di carica e/o moduli fotovoltaici semplicemente collegandoli in parallelo a quelli esistenti, senza alcun lavoro di cablaggio. Non è raro che, a causa di avverse condizioni climatiche, il sottonodo richieda l'impiego di ulteriori moduli (pannello solare e/o batteria) rispetto ai 2 di partenza.

In *Tabella 6* la stima dei consumi di un sottonodo. In *Figura 16* lo schema dell'impianto di alimentazione.

|         | REGOLATORE DI CARICA<br>(autoconsumo) | N° 3 RADIO       | JANUS | WI-LAN |
|---------|---------------------------------------|------------------|-------|--------|
| CONSUMI | 0,1W                                  | 4,2W RX – 18W TX | 4,5 W | 5W     |

**Tabella 6.** Stima consumi di un sottonodo.



**Figura 16.** Schema dell'impianto alimentazione di un sottonodo.

Nell'arco delle 24 ore il sottonodo necessita di una quantità di energia pari a **460 Wh**, di conseguenza il parco batterie è formato da n° 2 elementi da 42 Ah.

## 4. Il centro stella

Il centro stella è il punto di ricezione di tutte le stazioni della rete (*Figura 17*).



**Figura 17.** Schema struttura del Centro Stella.

### 4.1. Il sistema di trasmissione

Tramite un'antenna omnidirezionale, collegata ad una *Wilan* alloggiata su una struttura modulare, vengono ricevuti i dati da tutti e tre i sottonodi. La *Wilan* è connessa all'*Hub ethernet* (incapsulato in un involucro da esterno tipo *satel*) composto da uno *switch Cisco Small business SD205* a 5 porte. L'*Hub* è a sua volta collegato alla porta *ethernet* del ricetrasmittitore satellitare *Cygnus*<sup>4</sup>. Esso è normalmente impiegato presso le stazioni remote della RSN per l'invio dei dati di un singolo velocimetro e/o accelerometro. Applicato alla rete di pronto intervento, il *Cygnus* deve inviare i dati sismici di tutte le stazioni disposte durante la fase di emergenza. Di conseguenza la gestione del TDMA è sostanzialmente diversa rispetto ad una stazione RSN. Nello specifico il tempo ciclico del stesso è stato portato a 5 sec (anziché 10 sec) e il centro stella trasmette per l'84% dell'intero slot TDMA (anziché il 10%). In tal modo possono essere inviati tutti i dati, anche in caso di forti *aftershocks* e/o alte richieste di ritrasmissione.

Come per il sottonodo, al centro stella possono essere posti in opera un velocimetro e/o un accelerometro tramite l'utilizzo di *Trident*, che lo rendono al contempo una stazione di acquisizione.

### 4.2. Il sistema di alimentazione

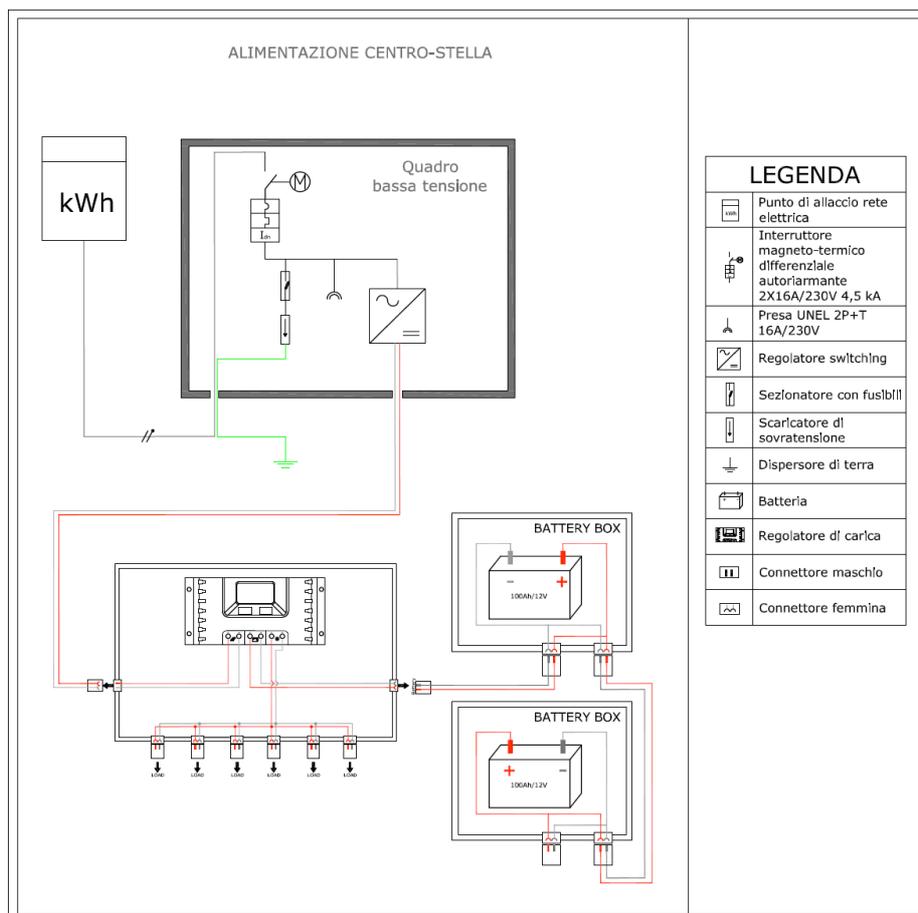
Di seguito, come per le stazioni sopra, si procede con una stima dei consumi riassunti in *Tabella 7*.

<sup>4</sup>[http://www.nanometrics.ca/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=20&Itemid=96](http://www.nanometrics.ca/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=20&Itemid=96)

| APPARATI                           | CONSUMI  |
|------------------------------------|----------|
| REGOLATORE DI CARICA (AUTOCONSUMO) | 0,1W     |
| CYGNUS                             | max. 30W |
| HUB                                | 5W       |
| WI-LAN                             | 5W       |
| N° 2 TRIDENT                       | 3,6W     |
| ACCELEROMETRO                      | 1,14W    |
| VELOCIMETRO                        | 0,5W     |

**Tabella 7.** Consumi delle componenti del centro stella.

Nell'arco delle 24 ore il centro stella necessita di una quantità di energia pari a **990 Wh**. Di conseguenza il parco batterie è composto da 4 batterie da 225 Ah a 6V. Data la potenza assorbita esso viene posizionato preferibilmente nei pressi di un punto di prelievo di energia da rete pubblica (ENEL, ACEA ecc.). Il centro stella è comunque fornito di un numero sufficiente di pannelli fotovoltaici e batterie in grado di rendere autonoma la postazione.



**Figura 18.** Schema impianto alimentazione del centro stella.

## 5. Il sistema informativo geografico

### 5.1. Lo sviluppo di un sistema informativo geografico a supporto della Re.Mo.Tel.

Le attività della Rete Mobile Telemetrata durante le fasi emergenza sismica vengono coordinate dai ricercatori e dai tecnici dell'INGV che organizzano la logistica delle operazioni da effettuare basandosi su informazioni preparate preventivamente e su quelle che arrivano in tempo reale dalle zone epicentrali. L'inserimento di queste informazioni di diversa tipologia all'interno di un sistema informativo geografico permette al personale dell'INGV di operare, spesso in situazione difficili e poco sostenibili, in modo più veloce e dinamico. È stato quindi sviluppato un sistema informativo geografico basato sui dati territoriali di base e tematici di cui dispone l'INGV nei suoi database geografici che supportano una serie di applicazioni sviluppate per le attività di monitoraggio sismico che il Centro Nazionale Terremoti esegue 24 ore su 24. I dati territoriali, per tutto il territorio nazionale, sono stati inseriti all'interno di un *Personal Geodatabase* di *ESRI ArcGIS* versione 9.2 e sono stati organizzati all'interno di *Feature Dataset*, *Feature Class* e *Raster Catalog* [Pignone e Moschillo, 2007] in base alla loro tipologia. Di seguito sono elencate le principali categorie di dati inseriti nel *Geodatabase*:

- ✓ Ubicazione stazioni delle Reti di Monitoraggio INGV, Rete Sismica Nazionale e Rete Integrata GPS (*fonte dati INGV Labgis Grottaminarda labgis.gm.ingv.it*);
- ✓ Cartografia topografica IGM in formato raster georegistrata e mosaicata alla scala 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 (*fonte dati INGV Labgis Grottaminarda labgis.gm.ingv.it*);
- ✓ Modello digitale del terreno IGM con risoluzione 20 metri (Tarquini et al. 2007);
- ✓ Uso del Suolo (*fonte dati Database Corine Land Cover*);
- ✓ Viabilità e Grafo stradale (*fonte dati INGV Labgis Grottaminarda labgis.gm.ingv.it*);
- ✓ Cataloghi di Sismicità Storica, Catalogo parametrico dei terremoti italiani, CPTI 04 ([www.ingv.it/banche-dati](http://www.ingv.it/banche-dati));
- ✓ Cataloghi di Sismicità Strumentale, Catalogo della Sismicità Italiana CSI 1.1 e Bollettino Sismico ([www.ingv.it/banche-dati/](http://www.ingv.it/banche-dati/));
- ✓ Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in classi di accelerazione massima del suolo, *pga* (*fonte dati zonesismiche.mi.ingv.it*);
- ✓ *Database* delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane terremoti di magnitudo superiore a 5.5 (*DISS* 3.04, [www.ingv.it/banche-dati/](http://www.ingv.it/banche-dati/));
- ✓ Classificazione sismica d'Italia su base comunale, ordinanza PCM 20.03.2007 n.3274 ([www.protezionecivile.it](http://www.protezionecivile.it));
- ✓ Mappe di scuotimento (*shake map*) in termini di intensità, velocità, accelerazione [www.ingv.it/banche-dati/](http://www.ingv.it/banche-dati/));
- ✓ Mappe delle osservazioni macrosismiche (*fonte dati INGV Labgis Grottaminarda labgis.gm.ingv.it*).

Grazie a questa organizzazione delle informazioni è possibile, all'interno del GIS, realizzare una serie di scenari a supporto della possibile collocazione dei sottonodi e delle stazioni attraverso funzionalità di analisi spaziale per una determinata area (di solito fino a 50 Km di raggio) intorno all'epicentro del terremoto. Ad esempio tenendo conto che, nelle operazioni di collocazione dei sottonodi, è possibile sfruttare le infrastrutture delle Stazioni della Rete Sismica Nazionale a trasmissione satellitare, è stato creato tramite *tools* di analisi di prossimità, uno strato informativo che mostra la copertura della Rete Satellitare per la parte di territorio interessata. Di fondamentale importanza è anche la sovrapposizione degli strati informativi

relativi all'Uso del Suolo (infatti vanno escluse ad esempio le zone urbanizzate, le aree boschive, ecc.) ed anche il grafo stradale che fornisce informazioni sulla possibilità di raggiungere o meno determinate aree.

## 5.2. Il contributo dell'Analisi Spaziale di Superficie

L'Analisi Spaziale di Superficie (*Surface Analysis*), partendo dal modello digitale del terreno di una certa area, permette di generare tramite una serie di funzionalità (*aspect, contour, curvature, hillshade, slope, viewshed, observer point*) *layers* tematici in formato *raster* relativi alle caratteristiche altimetriche, clivometriche, di esposizione e di visibilità dell'area interessata dall'analisi.

Nell'ambito degli strumenti e funzionalità resi disponibili dall'analisi spaziale di superficie è da ritenersi fondamentale per i ricercatori e i tecnici dell'INGV durante la fase di intervento della Re.Mo.Tel. il contributo dei *tools Viewshed e Observer Point* utili per la costruzione degli scenari di visibilità.

Infatti, il tipo di sistema di trasmissione che utilizzano gli elementi della Re.Mo.Tel., è progettato in modo per cui, Centro Stella–Sottonodo e Sottonodo–Stazioni Remote devono essere tra di loro ben visibili.

L'estensione *Spatial Analyst* disponibile all'interno della *suite ArcGIS 9.x* contiene un *Toolset Surface* in cui al suo interno sono presenti tutte le funzionalità di analisi spaziale di superficie. I dati di base utilizzati per realizzare questo tipo di analisi sono il Modello Digitale del Terreno (prodotto dall'IGM con passo 20 mt.) e una *feature class puntuale* che rappresenta la posizione del sottonodo. L'analisi *viewshed* esamina ogni cella del *DTM* per stabilire se è presente una linea di vista libera in corrispondenza dei punti osservatori, basandosi sulla presenza o meno di celle con dei valori alti che possono ostacolarla. Questo strumento fornisce come risultato un dato *raster* (Figura 19), classificando con valore booleano le celle visibili dal punto osservatore con valore 1, quelle non visibili dal punto osservatore con valore 0. Inoltre a corredo del dato *raster* viene creata una "*Attribute Table*" (Figura 20) dove al suo interno sono presenti i campi "*VALUE*" e "*COUNT*". Il campo *VALUE* indica il numero di Osservatori, per ogni osservatore sarà presente un *record* ad esclusione del *record* "0" che indica le celle non visibili. Il campo *COUNT* rappresenta la frequenza di osservazione di ciascun punto osservatore (*il numero di celle che viene visualizzato da ciascun punto osservatore*).

Prima di lanciare l'analisi di visibilità, nella *feature class* utilizzata per definire la posizione del sottonodo, vengono impostati una serie di attributi opzionali utili per ottimizzare l'analisi.

Il *Viewshed* (come l'*observer point*) può essere parametrizzato editando direttamente l'*attribute table* dello *shapefile* del punto di osservazione, quindi si è provveduto ad aggiungere dei nuovi campi di tipo numerico (*Short Integer*), nel nostro caso abbiamo definito i due parametri *OFFSET\_A* (figura 21) e *RADIUS2* (figura 22).



Figura 19. Raster di output generato dall'analisi viewshed.

| ObjectID | Value | Count    |
|----------|-------|----------|
| 0        | 0     | 11734074 |
| 1        | 1     | 827383   |

Record: 0 Show: All Selected

Figura 20. Attribute Table generata dall'analisi viewshed.



Figura 21. Parametro OFFSETA.

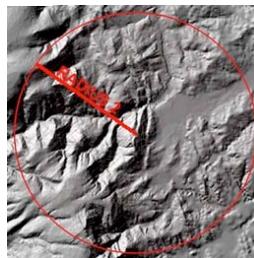


Figura 22. Parametro RADIUS2.

*OFFSETA* serve ad aumentare l'elevazione del sottanodo di un valore specifico, nell'aumentare l'elevazione aumenta anche l'area visibile. Noi abbiamo settato il valore a 20 mt.

*RADIUS2* limita la distanza di analisi nel piano orizzontale escludendo tutte le celle al di là del valore specificato. Per problemi logistici abbiamo settato questo valore a 10000 mt.

| FID | Shape* | ID | LAT       | LOH       | Type      | OFFSETA | RADIUS2 |
|-----|--------|----|-----------|-----------|-----------|---------|---------|
| 0   | Point  | 1  | 43,068299 | 13,254241 | Sottonodo | 20      | 10000   |

Record: 0 Show: All Selected Records (0 out of 1 Selected.) Options

Figura 23. Impostazione dei parametri opzionali "OFFSETA" e "RADIUS2".

Il risultato dell'analisi *viewshed* è utile per posizionare in modo semi-automatico le stazioni remote e la tenda per l'installazione del centro di acquisizione.

## 6. Logistica

Data l'articolata struttura di cui si compone la Re.Mo.Tel., un ruolo fondamentale è ricoperto dalla logistica a cui è stata rivolta particolare attenzione sin dalla progettazione dell'intera infrastruttura. In particolare distinguendo la logistica legata alla strumentazione dalla logistica legata al personale [De Luca et al.,2010].

### 6.1. Logistica legata alla strumentazione

L'efficienza gestionale del parco strumentale si è raggiunta con la creazione delle casse in legno multistrato che hanno permesso di identificare in modo univoco gli apparati e gli accessori delle singole stazioni/sottonodi.

All'interno delle stesse trovano posto gli elementi comuni che costituiscono l'infrastruttura di supporto ai vari dispositivi di acquisizione e trasmissione. Nel dettaglio, essa si compone di ben 36 pezzi (*Figura 24*), alcuni dei quali già assemblati, al fine di ridurre i tempi di installazione e consentire la messa in trasmissione in circa **25 minuti** (per ogni stazione remota).

All'interno della cassa sono alloggiati:

- N°1 treppiedi (*Figura 24-A*): fornisce sostegno alla struttura ed al contempo supporta l'apparato UHF e/o il modulo fotovoltaico;
- N°3 aste in alluminio (*Figura 24-B*): assemblate ed inserite nel foro del treppiedi, permettono un'altezza modulabile, a seconda del numero di aste che vengono impiegate. L'altezza massima varia dai 3,60 mt. della stazione remota (3 aste da 1,20mt) ai 5,20 mt, del sottonodo (4 aste da 1,30 mt.);
- N°2 manicotti (*Figura 24-C*): raccordano le aste in alluminio tramite normali coppiglie a spina;
- N°8 coppiglie (*Figura 24-D*): congiungono le aste descritte sopra;
- N°3 tiranti in nylon (*Figura 24-E*): fissati ai picchetti ed all'estremità dell'asta, con una lunghezza variabile da 3 ai 6 mt., garantiscono la stabilità della struttura in qualsiasi condizione di impiego;
- N°4 picchetti in acciaio (*Figura 24-F*): usati per ancorare la struttura al suolo tramite i tiranti sopra descritti;
- N°6 moschettoni (*Figura 24-G*): fissati ai tiranti collegano l'asta d'alluminio ai picchetti piantati nel terreno. In questo modo si preserva il logorio del tirante, in quanto il punto di attrito avviene tra il moschettoni in acciaio ed il palo o picchetto;
- N°1 telo in pvc (*Figura 24-H*): posto sotto il treppiedi evita la crescita delle erbe;
- N°1 struttura sostegno pannelli (*Figura 24-I*): costituita da un telaio in alluminio, permette l'inclinazione del pannello a seconda della stagione conferendogli piena stabilità se piantato nel terreno o con l'ausilio di alcuni massi in presenza di suolo roccioso;
- n°4 picchettini (*Figura 24-L*): utilizzati per bloccare ulteriormente la struttura sostegno pannelli operando nella parte bassa del modulo fotovoltaico;
- N°1 sacchetto di plastica (*Figura 24-M*): rivestendo il sensore ne previene l'infangamento e limita gli effetti sul connettore di un possibile allagamento del sito, evento non raro durante l'inverno o in presenza di terreno non drenante;
- N°1 pannello segnaletico (*Figura 24-N*): affisso nei pressi del sito, reca motivazioni e scopi dell'installazione e contatti utili per richieste di informazioni.



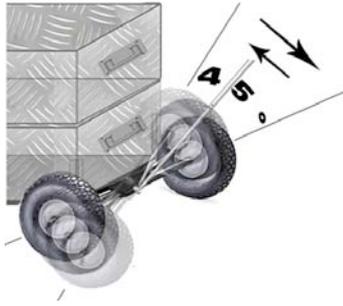
**Figura 24.** Schema dei componenti che costituiscono una stazione remota “tipo”.

### 6.1.1. *Kart's Reflector*

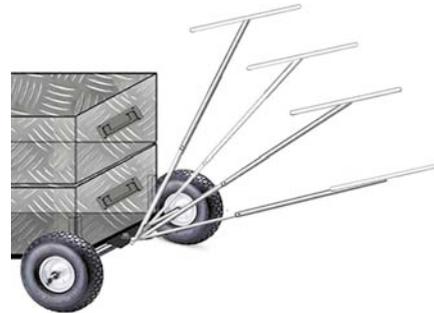
Ideato per agevolare e velocizzare il trasporto di una stazione sismometrica in condizioni di emergenza, il *Kart's Reflector* è stato progettato grazie ad una simulazione (virtuale prima e reale dopo) del posizionamento più idoneo di tutte le componenti della parabola, al fine di ottimizzare gli spazi (*Figura 25*). Sono stati realizzati 2 vani sovrapponibili, incassati su un telaio in ferro munito di 2 coppie di ruote pneumatiche con camera d'aria più adatte su terreni accidentati rispetto a quelle gommate. L'asse anteriore è collegato ad un giunto semi-girevole saldato al telaio portante della struttura (*Figura 26*). Il sistema “sterzante”, così realizzato, garantisce una rotazione di manovra di circa 45°. Poiché il trasporto del carrello avviene soprattutto su superfici difformi, per assicurare un ulteriore punto di spinta e/o trazione, l'impianto di guida è stato realizzato in modo tale che il manubrio, all'occorrenza, si presti come “tirante” e possa adeguatamente flettersi in base alla sollecitazione esercitata (*Figura 26 e figura 27*).



**Figura 25.** Kart's reflector.



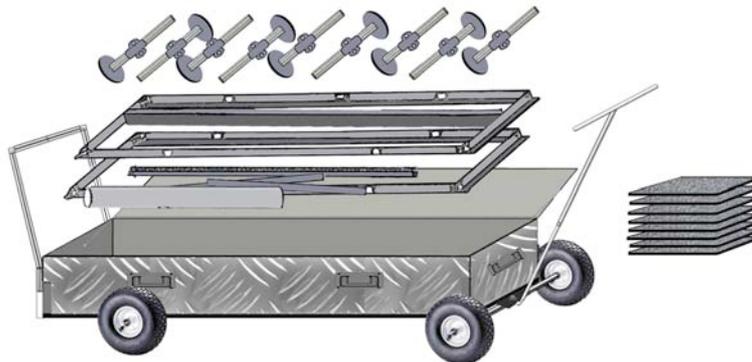
**Figura 26.** Dettaglio sistema sterzante.



**Figura 27.** Dettaglio giunto semi-girevole.

I 2 vani sovrapponibili, poiché identici, sono interscambiabili in base al peso e alle esigenze di installazione del materiale trasportato

Nel dettaglio, il vano **A** (*Figura 28*) alloggia la struttura regolabile del piano d'appoggio della parabola. Esso è costituito dalla disposizione di 2 sistemi di aste in ferro, opportunamente richiusi e per questo comodamente estraibili e facilmente montabili. L'intera struttura, difatti, già semi-assemblata, appena estratta dal cassettone, abbisogna solo del fissaggio delle viti allentate e di un adeguato posizionamento in bolla mediante la taratura delle altezze dei piedini regolabili. Questo comporta un importante risparmio in termini di tempo e garantisce al contempo la piena stabilità dello specchio della parabola.



**Figura 28.** Dettaglio vano A: posizionamento della struttura a sostegno della parabola.

Il vano **B** è adibito ad alloggiare gli apparati di trasmissione e acquisizione impiegati al centro stella (*Figura 29*). Opportunamente riposti negli appositi spazi assegnati e sagomati con spugna di robusto spessore, sono ulteriormente protetti durante le fasi di trasporto.



**Figura 29.** Dettaglio vano B: posizionamento degli apparati di trasmissione e acquisizione.

Un altro aspetto fondamentale è legato al materiale di scorta, cavistica, e tutti quegli accessori che possono risultare fondamentali al corretto funzionamento dell'intera infrastruttura.

## 6.2. La logistica legata al personale

La logistica legata al personale, se nel brevissimo periodo è minima, con il protrarsi dell'emergenza diventa indispensabile.

Ecco allora la necessità di una serie di servizi e strutture, come la tenda, il vettovagliamento, il kit soccorso, ecc, che risultano fondamentali al fine di garantire il corretto funzionamento dell'infrastruttura.

### 6.2.1. La tenda

Il CNT è dotato di una tendo-struttura attrezzata con terminali di controllo collegati alla sede di Roma via satellite, per consentire di seguire l'evoluzione della sequenza in tempo reale, e strumenti di laboratorio per dare supporto logistico a tutte le squadre di operatori dell'INGV presenti in zona epicentrale.

Questa struttura, oltre a svolgere la funzione di "quartier generale" per il personale incaricato di gestire la rete di Pronto Intervento, svolge anche le importanti funzioni di controllo di qualità del funzionamento della rete e dei dati acquisiti e di centro di informazione locale sull'evoluzione della sequenza sismica in atto, rendendo il presidio tecnico-scientifico dell'INGV in area epicentrale una presenza imprescindibile anche per la sua funzione di supporto alle operazioni di Protezione Civile.

Tuttavia durante il sisma che ha scosso L'Aquila la struttura è stata collocata all'interno della Caserma della Guardia di Finanza di Coppito, rendendo impossibile da un punto di vista logistico l'uso della stessa come punto base. Si è provveduto ad attrezzare una struttura minimale al fine di svolgere le attività di manutenzione e gestione della Re.Mo.Tel..

Il modello OMEGA 5 (Figura 30) è una tenda a tunnel (trasportabile nel borsone) dotata di grande soggiorno anteriore ed ingresso posteriore. Il soggiorno con 3 ingressi consente di modulare le aperture alle diverse esigenze.



#### MISURE

Volume : 6.50 m<sup>3</sup>

Posti : 5

Peso : Max 19 kg

Altezza : 210 cm

Lunghezza : 4,65 mt

Figura 30. Tenda ferrino OMEGA 5.

#### SPECIFICHE TECNICHE

##### Tessuto

Doppio tetto in Poliestere 190T 75 gr/m<sup>2</sup> spalmatura poliuretanicata alluminata termoisolante, impermeabilità 200mm. Interno in cotone, trattamento Water Repellent e traspirante. Pavimento in Poliestere Oxford 210T 85 gr/m<sup>2</sup>, spalmatura poliuretanicata alluminata termoisolante, impermeabilità 2500 mm.

##### Struttura

Paleria esterna

4 Pali in vetroresina precollegati

2 pali telescopici in acciaio di tensionamento laterale

Picchetti in acciaio

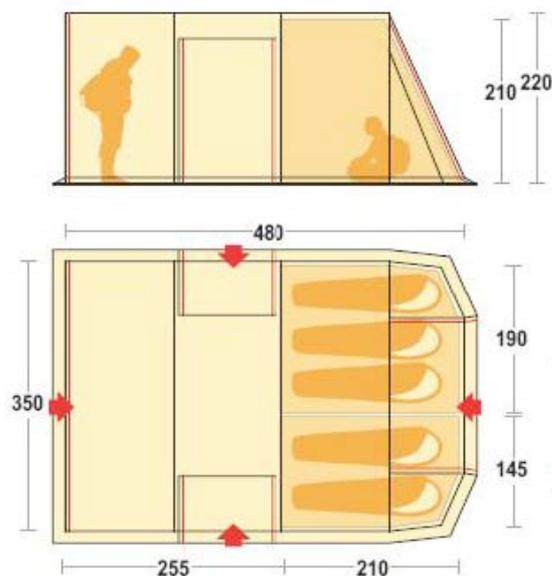
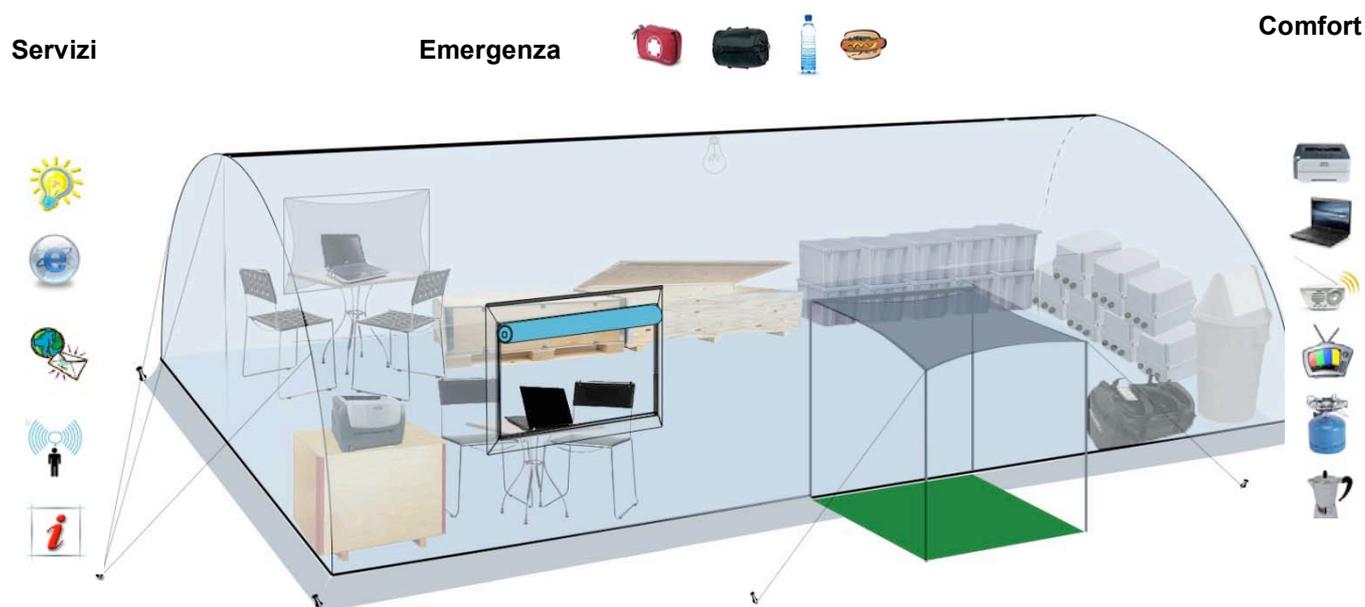


Figura 31. Planimetria tenda Ferrino.

Tenda interna sospesa alla paleria con nastri, olivette e regolazione a nastro  
Cuciture nastrate nel doppio tetto e nel pavimento



**Figura 32.** Allestimento tenda rete mobile.

La figura 32 rappresenta un'ipotesi di allestimento con i vari servizi, come la possibilità di collegarsi ad internet tramite modem UMTS, la presenza di un kit di pronto soccorso, di una stampante laser a colori per poter stampare gli aggiornamenti sulla sismicità, ecc..

## Ringraziamenti

Si desidera ringraziare quanti hanno reso questo progetto possibile, in particolar modo il personale della Segreteria CNT, il S.I.R. ed il gruppo ADS per la disponibilità e flessibilità dimostrata durante tutte le fasi del progetto.

Le attività di sviluppo e la realizzazione dell'infrastruttura sono stati supportati dal Dipartimento di Protezione Civile Nazionale.

## Bibliografia

- Abruzzese, L., Cattaneo, M., Cecere, G., Cardinale, V., Castagnozzi, A., D'Alema, E., Delladio, A., De Luca, G., Falco, L., Franceschi, D., Frapiccini, M., Govoni, A., Memmolo, A., Minichiello, F., Monachesi, G., Moretti, M., Moschillo, R., Pignone, M., and Selvaggi, G. (2008). La Rete Sismica di Pronto Intervento satellitare, 27° Convegno Nazionale GNGTS - Trieste 6-8 ottobre 2008.
- Amato, A., Azzara, R., Chiarabba, C., Cimini, G.B., Cocco, M., Di Bona, M., Margheriti, L., Mazza, S., Mele, F., Selvaggi, G., Basili, A., Boschi, E., Courboulex, F., Deschamps, A., Gaffet, S., Bittarelli, S.,

- Chiaraluce, L., Piccinini, D., and Ripepe, M., (1998). The 1997 Umbria-Marche, Italy, earthquakes sequence: a first look at the main shocks and aftershocks, *Geophys. Res. Lett.*, 25, 2861-2864.
- Amato, A., Mele F. M. (2008). Performance of the INGV National Seismic Network from 1997 to 2007, *Annals of Geophysics*, vol. 51, no.2/3, 417-431.
- Amato, A.; Badiali, L.; Cattaneo, M.; Delladio, A.; Doumaz, F.; Mele, F. (2006): The real-time earthquake monitoring system in Italy. *Géosciences - Révue du BRGM* numero 4, settembre.
- Chiaraluce, L., A. Amato, M. Cocco, C. Chiarabba, G. Selvaggi, M. Di Bona, D. Piccinini, A. Deschamps, L. Margheriti, F. Courboux, M. Ripepe (2004): Complex normal faulting in the Apennines Thrust and fold belt: the 1997-1998 seismic sequence in central Italy, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 94(1), 99- 116.
- Deschamps, A., Courboux, F., Gaffet, S., Lomax, A., Virieux, J., Amato, A., Azzara, A., Castello, B., Chiarabba, C., Cimini, G.B., Cocco, M., Di Bona, M., Margheriti, L., Mele, F., Selvaggi, G., Chiaraluce, L., Piccinini, D., and Ripepe, M., (2000). Spatio-temporal distribution of seismic activity during the Umbria-Marche crisis, 1997, *Journ. Seism.*, 4, 377-386.
- Govoni, A., Abruzzese, L., Amato, A., Basili, A., Cattaneo, M., Chiarabba, C., Delladio, A., Monachesi, G., Moretti, M., Selvaggi, G., Boschi, E. (2008). Sequenze sismiche: La nuova struttura di Pronto Intervento dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, 27° Convegno Nazionale GNGTS - Trieste 6-8 ottobre 2008.
- Moschillo, R., Pignone, M., Abruzzese, L., e Cattaneo, M., (2008): Il contributo dell'analisi spaziale di superficie a supporto della Rete Mobile di Pronto Intervento del Centro Nazionale Terremoti (INGV): Atti 12° Conferenza Nazionale ASITA- L'Aquila 21-24 Ottobre 2008.
- Pignone, M., Moschillo, R., (2007): Il LABGIS@INGV di Grottaminarda, attività e prospettive: Atti 11<sup>a</sup> Conferenza Nazionale ASITA, Centro Congressi Lingotto, Torino 6 – 9 novembre 2007.
- Schorlemmer, D., F. Mele, and W. Marzocchi (2009). A completeness analysis of the National Seismic Network of Italy, *J. Geophys. Res.*, 115, B04308, doi:10.1029/2008JB006097.
- Tarquini S., Isola I., Favalli M., Mazzarini F., Bisson M., Pareschi M. T., Boschi E. (2007). TINITALY/01: a new Triangular Irregular Network of Italy, *Annals of Geophysics* 50, 407 - 425.

## Sitografia

[http://www.nanometrics.ca/index.php?option=com\\_content&task=view&id=91&Itemid=95](http://www.nanometrics.ca/index.php?option=com_content&task=view&id=91&Itemid=95)

<http://www.kinometrics.com/p-87-EpiSensor-ES-T.aspx>

<http://www.lennartzelectronic.de/Pages/Seismology/Seismometers/Seismometers.html#Anchor-LE-23667>

[http://www.nanometrics.ca/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=20&Itemid=96](http://www.nanometrics.ca/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=20&Itemid=96)

[www.labgis.gm.ingv.it](http://www.labgis.gm.ingv.it)

[www.ingv.it/banche-dati](http://www.ingv.it/banche-dati)

[www.zonesismiche.mi.ingv.it](http://www.zonesismiche.mi.ingv.it)

[www.ingv.it/banche-dati](http://www.ingv.it/banche-dati)

[www.protezionecivile.it](http://www.protezionecivile.it)

**Coordinamento editoriale e impaginazione**

Centro Editoriale Nazionale | INGV

**Progetto grafico e redazionale**

Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 2011 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**