

REALIZZAZIONE DELLA RETE GEODETICA GAIN IN PIEMONTE E VALLE D'AOSTA

Ernesto BENAZZO (*), Horea BENDEA (***), Fabrizio DIOTRI (**), Jean Pierre FOSSON (**), Ambrogio Maria MANZINO (***), Manuele PESENTI (***), Giacomo RE FIORENTIN (*), Marco ROGGERO (***), Carlo TROISI (*), Marco VAGLIASINDI (**)

* Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale Piemonte - Via della Rocca, 49 - 10123 Torino
e.benazzo@arpa.piemonte.it, g.refioerentin@arpa.piemonte.it, carlo.troisi@regione.piemonte.it

** Fondazione Montagna Sicura, Montagne Sure - Villa Cameron, 11013 Courmayeur (AO)
fdiotri@fondms.org, jpfosson@fondms.org

*** Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie
Politecnico di Torino C.so Duca degli Abruzzi, 24 - 10123 Torino

horea.bendea@atlantic.polito.it, ambrogio.manzino@polito.it, manuele.pesenti@polito.it, roggero@atlantic.polito.it

Riassunto

ARPA Piemonte, Fondazione Montagna Sicura e Politecnico di Torino collaborano nell'installazione della rete transnazionale di stazioni GPS permanenti GAIN (Geodetic Alpine Integrated Network), nell'ambito del progetto ALPS GPSQuakenet. Lo scopo del progetto è stimare il campo di deformazioni crostali dell'intera area alpina. La fase di installazione è quasi conclusa, e le stazioni permanenti stanno acquisendo i primi dati.

Abstract

ARPA Piemonte, Fondazione Montagna Sicura and Politecnico di Torino cooperate to the GAIN (Geodetic Alpine Integrated Network) transnational continuous operating GPS network setup, in the ALPS GPSQuakenet project. The goal of the project is to estimate the crustal deformation field in the alpine zone. The setup stage is almost concluded, and the continuous operating reference stations are collecting the first data.

Il progetto ALPS GPSQUAKENET e la rete GAIN

Il progetto Alpine Integrated GPS Network for Continental Deformation (ALPS GPSQUAKENET), operativo dal mese di gennaio 2004 nell'ambito del programma INTERREG III B Spazio Alpino, coinvolge istituti di ricerca e di monitoraggio ambientale situati nei paesi dell'arco alpino. Il progetto ALPS GPSQUAKENET sta promuovendo la cooperazione internazionale nell'applicazione delle tecniche di geodesia spaziale applicate al monitoraggio del rischio di eventi naturali. Scopo del progetto è la realizzazione di una rete geodetica di stazioni GPS permanenti sull'arco alpino, denominata GAIN (Geodetic Alpine Integrated Network), che sarà costituita da oltre 35 stazioni e sarà la prima rete transnazionale nella regione alpina a coinvolgere Italia, Austria, Francia, Germania, Svizzera e Slovenia. La rete si propone di individuare le aree di maggior rischio sismico in territorio alpino e subalpino, di monitorare le deformazioni crostali e di fornire un supporto per il monitoraggio dei fenomeni franosi. Le misure prodotte dalla rete GAIN saranno integrate con altre sorgenti di dati, tra cui i dati InSAR per lo studio di fenomeni deformativi o di subsidenza e dati meteorologici per la previsione a breve termine di eventi di precipitazione. La rete sarà inoltre anche supporto al rilievo topografico, in affiancamento alle reti regionali di recente o prossima installazione.

Per il Piemonte e la Valle d'Aosta il progetto è sostenuto da ARPA Piemonte e dalla Fondazione Montagna Sicura in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie del Politecnico di Torino. È prevista entro il 2005 l'installazione di 5 stazioni

GPS sul territorio piemontese e di una in territorio valdostano. I requisiti di scelta dei siti, le caratteristiche ambientali e le caratteristiche di monumentazione hanno reso particolarmente impegnativa la fase di installazione delle stazioni, iniziata nel novembre 2004 con il primo cantiere presso l'Osservatorio Astronomico di Pino Torinese. Misure GPS preliminari per il controllo di qualità della ricezione del segnale GPS sono state eseguite nei siti candidati, designati da ARPA Piemonte e da Montagna Sicura. La stabilità dei siti, valutata a priori per mezzo di indagini geologiche, sarà controllata nel tempo grazie a campagne di livellazione e GPS su reti locali appositamente realizzate. Tutte le fasi relative all'installazione e al controllo dei siti, in buona parte ad alta quota, sono condizionate dal prolungato innevamento. L'installazione di stazioni GPS in zone remote ha posto inoltre particolari problemi relativi alla trasmissione dei dati, anche perché ARPA Piemonte e Fondazione Montagna Sicura hanno aggiunto agli obiettivi di queste nuove stazioni l'uso in tempo reale per il posizionamento RTK. I dati della rete saranno inviati giornalmente dalle singole stazioni permanenti ad un centro di controllo e di raccolta interregionale per il Piemonte e la Valle d'Aosta, a Torino, e da qui ridiretti verso vari centri di calcolo (Politecnico di Torino per la sottorete regionale, Politecnico di Milano, Università di Trieste e Bundesamt für Kartographie und Geodäsie per la compensazione dell'intera rete). I dati trasmessi in tempo reale nel formato RTCM saranno invece raccolti direttamente dal centro di controllo della rete RTK, presso il Politecnico di Torino.

Soggetti coinvolti

Il Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche di ARPA Piemonte svolge le proprie attività di studio e ricerca nel campo dei processi di modellamento dell'ambiente naturale, della conoscenza geologica e cura sia la gestione ed evoluzione del SIGeo (Sistema Informativo Geologico), sia quella del Sistema Informativo Geografico dell'Agenzia. La creazione di un Sistema Informativo Geologico, strutturato in più componenti specialistiche (sottosistemi) tra loro interagenti, fa parte del programma di prevenzione territoriale finalizzata ad attuare una coerente pianificazione dell'attività antropica ed una concreta azione di salvaguardia del territorio. Da anni il Centro ha intrapreso una sistematica raccolta e valutazione del dato storico, accompagnata da studi diretti dei processi per la valutazione quantitativa e qualitativa delle condizioni di pericolosità del territorio.

La Fondazione Montagna Sicura (FMS) – Montagne Sûre è stata istituita con legge della Regione Autonoma Valle d'Aosta nel 2002, al fine di promuovere lo studio dei fenomeni e delle problematiche concernenti la sicurezza, il soccorso e la vita in montagna. Soci fondatori sono la Regione Autonoma Valle d'Aosta, il comune di Courmayeur, il Soccorso Alpino valdostano e l'Unione valdostana Guide di alta montagna. Tra gli scopi della Fondazione lo studio dei fenomeni climatici, meteorologici e del rischio idrogeologico. Nell'ambito del progetto ALPS GPSQUAKENET, FMS sarà coinvolta nella sperimentazione di applicazioni del posizionamento satellitare legate al soccorso in montagna e al monitoraggio di deformazioni sul territorio.

Requisiti e scelta dei siti

Si sono valutati siti privi di interferenze elettromagnetiche, liberi da ostacoli circostanti, per ridurre al minimo il rischio di multipath e con visibilità del cielo anche a basse elevazioni per ottimizzare l'uso della stazione per studi meteorologici. I precedenti requisiti non vanno sottovalutati, poiché la realizzazione di una stazione permanente avviene a seguito di una valutazione che tiene in conto anche degli aspetti logistici di funzionalità operativa del ricevitore (sito vigilato, alimentazione elettrica, connessioni telefoniche ecc.). Tali considerazioni hanno preso spesso il sopravvento con la conseguenza, in alcuni casi, di limitare in certa misura il potenziale utilizzo dei dati acquisiti dal sito per alcune applicazioni e studi scientifici.

Le stazioni GPS per la geodinamica dovrebbero essere fondate in roccia, sebbene anche a livello internazionale vi siano opinioni ed indicazioni contrastanti, e l'uso di stazioni installate su edificio sia stato spesso preso in considerazione specialmente nel caso di stazioni già monitorate per un periodo di tempo significativo, tipicamente alcuni anni. Nel caso della rete GAIN tuttavia, poiché oggetto di studio sono anche i fenomeni sismici correlati alle deformazioni crostali, è da evitare assolutamente

il posizionamento su tetti o manufatti. La localizzazione sopra tetti anche se di stabili antisismici è sconsigliata per garantire la maggior stabilità possibile del punto; sopra un tetto, infatti, il ricevitore sarà sensibile ad una serie di movimenti in alta frequenza dovuti alle oscillazioni dello stabile e di carattere stagionale dovuti alla dilatazione termica delle strutture che necessiterebbero una adeguata modellizzazione. La fondazione su roccia con pilastro in calcestruzzo armato è dunque la scelta che minimizza il rischio di effetti stagionali o deformativi legati al tipo di monumentazione. Tutte le stazioni di nuova istituzione nell'ambito del progetto ALPS-GPSQuakenet sono realizzate secondo standard comuni di qualità dei siti, di monumentazione e di requisiti della strumentazione. In particolare, dal punto di vista geologico, sono stati selezionati siti ubicati in aree assolutamente stabili, all'esterno di fenomeni franosi o di settori di versante in deformazione, e distanti da lineamenti tettonici principali.

ARPA Piemonte ha candidato 6 siti: l'Osservatorio Astronomico di Torino, a Pino Torinese (TO), il Monte Carza, in comune di Trarego Viggiona (VB), l'Alpe Devero, in comune di Baceno, Val Formazza (VB), il Rifugio Gastaldi, in comune di Balme (TO), Val di Lanzo e Murazzano (CN), in Alta Langa. Quattro di questi siti sono stati scelti per l'installazione delle stazioni della rete GAIN; un quinto è in fase di definizione. FMS ha esaminato parecchi siti nelle valli Ferret e Veny, eseguendo poi i controlli di qualità delle osservazioni GPS sui siti del Rifugio Monzino e della stazione meteo Ferrachet. Alcuni siti sono stati scartati perché non geologicamente stabili, o per evidenti occlusioni dell'orizzonte. Si descrivono brevemente i siti scelti e le loro caratteristiche geologiche.

OATO: l'Osservatorio Astronomico di Torino (h = 610 m) è situato nel Comune di Pino Torinese, sulla collina ad Est della Città di Torino. Il sito è di proprietà del Pubblico Demanio ed è custodito; l'accesso è consentito durante tutto l'anno. Vi è disponibilità di corrente elettrica, collegamento telefonico nonché dei dati della limitrofa stazione meteo di ARPA Piemonte. La stazione GPS è stata collegata via internet con connessione ADSL e fornisce i dati in tempo reale. Dal punto di vista geologico l'Osservatorio Astronomico di Pino Torinese è situato in un settore conosciuto con il termine di Collina di Torino. I rilievi che la costituiscono sono formati in prevalenza da sedimenti di natura terrigena, derivanti dallo smantellamento della catena alpina terziaria in via di sollevamento. La successione dei terreni copre un intervallo crono-stratigrafico che va dall'Eocene superiore, circa 40 milioni di anni fa (Ma) al Messiniano (circa 5 Ma); il suo substrato è di probabile pertinenza alpina, ragione per la quale le teorie più recenti considerano la Collina di Torino un elemento strutturale indipendente del cosiddetto Bacino terziario Ligure - Piemontese (termine con il quale vengono indicati in letteratura i depositi cenozoici affioranti nel settore collinare del Piemonte meridionale), in particolare il suo prolungamento verso NW. La sua struttura è caratterizzata da anticlinali asimmetriche vergenti verso NW. Nell'area dell'Osservatorio affiorano termini appartenenti alle cosiddette "Arenite di Tonengo", di età Langhiana (circa 16 Ma); si tratta in particolare di marne calcaree con sottili intercalazioni arenacee, passanti verso l'alto ad arenite fini/siltiti calcaree grigie ripartite in strati da centimetrici a decimetrici. A diverse altezze stratigrafiche sono presenti corpi arenaceo - conglomeratici dell'estensione di diversi chilometri e di spessore variabile da 50 m a oltre 350.

AGNE: il Lago Agnel (h = 2300 m), nell'alta Valle dell'Orco lungo la strada che da Ceresole Reale sale al Colle del Nivolet, è situato all'interno del Parco Nazionale del Gran Paradiso ed è raggiungibile da Torino tramite la S.S. 460 in circa 2 ore. Il sito è di proprietà dell'AEM ed è custodito. L'accesso al sito non è possibile nei mesi invernali in quanto, a causa della neve, la strada viene chiusa al traffico. Nelle domeniche dei mesi di luglio e agosto la strada viene chiusa al traffico in località Lago del Serrù, posto un paio di km a valle dell'Agnel. Vi è disponibilità di alimentazione elettrica da rete; il collegamento è effettuato tramite modem GSM. Sul sito è installata una stazione meteo di ARPA Piemonte. Dal punto di vista geologico il Lago Agnel è situato nell'estrema parte occidentale del massiccio cristallino del Gran Paradiso, a poche centinaia di metri dal contatto con la Zona Piemontese dei Calcescisti con Pietre Verdi. Tale massiccio fa parte delle cosiddette falde Pennidiche superiori, costituite da parascisti polimetamorfici e da gneiss occhiadini ad esclusivo metamorfismo

alpino, derivati da graniti porfirici di età carbonifera superiore. In particolare in corrispondenza del sito prescelto affiorano gli gneiss occhiadini.

DEVE: il sito (h = 1630 m) si trova in alta Valle Devero all'interno del Parco Naturale Veglia e Devero (Val Formazza). È raggiungibile in circa 2 h 30 min da Torino. L'alimentazione elettrica è da rete; il collegamento è effettuato tramite modem GSM. Ad alcune centinaia di metri dal sito è installata una stazione meteo di ARPA Piemonte; il sito è di proprietà comunale. Dal punto di vista geologico l'Alpe Devero si trova in un settore delle Alpi caratterizzato dall'affioramento di rocce appartenenti alle cosiddette falde pennidiche inferiori. In particolare in corrispondenza del sito individuato per l'installazione del ricevitore GPS affiorano calcescisti di età mesozoica. Le falde pennidiche inferiori affiorano esclusivamente nella finestra tettonica dell'Ossola - Ticino, al di sotto della linea del Sempione, faglia distensiva poco inclinata che ha favorito il loro denudamento tettonico. Secondo le classiche suddivisioni di Argand la struttura del settore italiano comprende, dall'alto al basso, le falde del Monte Leone, Lebendun ed Antigorio ed il carapace della cupola di Verampio, l'unità più profonda visibile nell'edificio alpino.

CARZ: il Monte Carza (h = 1116 m) è situato sulla sponda destra del Lago Maggiore in comune di Trarego – Viggiona, e costituisce l'ultima elevazione della cresta spartiacque tra il bacino del Rio di Cannero e quello del Torrente Cannobino. Da Torino è raggiungibile in circa 2 h e 30 min. Il terreno su cui è stata installata la stazione è di proprietà comunale, e l'accesso è possibile in ogni periodo dell'anno. Alimentazione elettrica con pannello solare e collegamento tramite modem GSM. Sullo stesso sito si trova una stazione meteo di Arpa Piemonte. Dal punto di vista geologico questo settore si trova nelle Alpi Meridionali, catena neogenica a falde di basamento e copertura sud-vergenti. Il contatto tra le Alpi Meridionali e la catena a vergenza europea è tettonico; il limite è il lineamento periadriatico, sistema neogenico di fratture subverticali a dominante carattere trascorrente. Il M.te Carza è situato nella zona di affioramento delle rocce appartenenti alla cosiddetta Serie dei Laghi. In questo settore il litotipo prevalente è rappresentato da rocce di tipo gneissico; sulla sommità del monte affiorano anfiboliti di età tardo paleozoica.

FERR: il punto di prevista installazione dell'antenna e del ricevitore GPS è localizzato sul versante destro dell'alta Val Ferret, ed in particolare sulla cresta che si diparte in direzione NNW - SSE dal Petit Mont de Gruvettaz, ad una quota di circa 2350 m. Tale cresta divide il bacino del Ghiacciaio del Frebouge e del Ghiacciaio di Gretta occidentale (ad ovest) da quello del Ghiacciaio di Gretta orientale. Dal punto di vista geologico, il talweg della val Ferret, sviluppato in direzione NE-SW, è impostato lungo un importante contatto tettonico che separa le Unità Pennidiche ed Ultraelvetiche, esposte sul versante sinistro della valle, da quelle Elvetiche, affioranti sul versante destro. Le due unità sono costituite, in questo settore, da litologie completamente differenti, e tale differenza è evidenziata nel contrasto morfologico tra i due versanti della valle. Le unità pennidiche ed ultraelvetiche sono infatti rappresentate da rocce metasedimentarie pelitico-arenacee, di composizione mista terrigeno-carbonatica, spesso in contatto tettonico fra loro: si incontrano infatti alternanze di argilloscisti, calcari argillosi e scisti calcareo-arenacei. Sul versante destro, ove è localizzato il punto di prevista installazione, affiorano invece l'unità elvetica del Massiccio del Monte Bianco, costituito quasi interamente da rocce cristalline - graniti e granodioriti - con limitatissimi lembi di coperture sedimentarie. Il massiccio del Monte Bianco è intensamente tettoizzato, con deformazioni di tipo sia duttile che fragile. In particolare si riscontra la presenza di una sistema di faglie con orientazione parallela all'asse vallivo (NNE-SSW), caratterizzate da fasce milonitiche e cataclastiche di spessore da decimetrico a plurimetrico. La cresta localizzata per l'installazione è costituita da roccia affiorante o subaffiorante, ed è impostata tre principali sistemi di discontinuità che la delimitano a monte e lateralmente. Non si individuano strutture con indizi di attività recente, tali da far presumere l'esistenza di processi deformativi localizzati o di tipo gravitativo in atto.

Controllo di qualità delle misure GPS

Misure GPS preliminari sono state eseguite nei sei siti candidati designati da ARPA Piemonte, tra luglio ed agosto 2004, e in due dei siti candidati da FMS, a giugno 2005. Si sono acquisite 24 ore di osservazioni su ogni sito, con ricevitori geodetici Trimble 4000SSi. Le osservazioni sono state acquisite con intervallo di campionamento di 10 s. L'angolo di *cut off*, ovvero l'elevazione al di sotto della quale tutte le osservazioni sono scartate, è stato scelto a 0° , per di avere un quadro di tutte le osservazioni al di sopra dell'orizzonte e indicazioni complete sulle occlusioni. Poiché però le osservazioni ad un'elevazione inferiore ad un *cut off* minimo (in genere 10°) solitamente vengono scartate nel processamento, si sono distinti i parametri di controllo di qualità per le osservazioni ad elevazione maggiore di 10° e minore di 10° . Si rilevano osservazioni che presentano valori anomali causati principalmente da *clock jump* del ricevitore, *cycle slip* ed errori quasi casuali o *outlier*. Il controllo di qualità delle osservazioni GPS è stato eseguito con i software TEQC¹ e QC2SKY². I siti esaminati sono risultati, dal punto di vista della ricezione del segnale GPS, tutti idonei all'installazione di stazioni permanenti per gli scopi del progetto ALPS-GPSQUAKENET. Solo sul sito dell'Alpe Devero le misure sono di qualità inferiore a quella attesa, poiché purtroppo non è stato possibile effettuarle nel sito previsto per l'installazione della stazione, ma solo in un sito vicino in presenza di alcuni ostacoli che hanno limitato la visibilità dei satelliti. In nessun caso si sono rilevati disturbi in radiofrequenza. In riferimento al quadro riassuntivo della tabella 1, oltre ai già citati problemi sul sito dell'Alpe Devero, si nota una elevata percentuale di *cycle slip* sulle osservazioni di Pino Torinese. Questo parametro è giustificato dal fatto che tali misure includono un gran numero di osservazioni a bassa elevazione, quindi con minore rapporto segnale-rumore e maggior numero di *cycle slip*. Se si escludono le osservazioni ad elevazione inferiore a 10° , la percentuale di *cycle slip* rispetto al numero totale di osservazioni scende da 0.45 a 0.11%.

Stazione	Durata [ore]	Intervallo [s]	Satelliti osservati [N.°]	Epoche senza osservazioni [%]	Osservazioni complete ($>10^\circ$) [%]	Osservazioni scartate ($>10^\circ$) [%]	Multipath medio su L1 [m]	Multipath medio su L2 [m]	Cycle slip ($<10^\circ$) [%]	Cycle slip ($>10^\circ$) [%]
OATO	52,08	30	28	0	98,3	0,3	0,27	0,67	0,46	0,11
GAST	24,39	10	28	0	86,6	1,1	0,26	0,59	0,01	0,04
AGNE	27,63	10	29	0	85,3	1,0	0,26	0,62	0,01	0,03
CARZ	29,79	10	29	0	99,2	0,7	0,20	0,63	0,11	0,05
DEVE	21,74	10	29	0	75,5	4,0	0,26	1,21	0,02	0,07
FERR	26,44	10	27	0	83,7	0,7	0,21	0,46	0,03	0,02

Tabella 1 – Quadro riassuntivo degli output di TEQC per il controllo di qualità.

Su alcuni siti i problemi dovuti ad occlusione dell'orizzonte possono essere parzialmente risolti con una migliore scelta della posizione definitiva dell'antenna o con il taglio di alberi. I siti GAST e AGNE hanno caratteristiche anche morfologiche molto simili; su questi due siti il controllo di qualità ha fornito risultati quasi identici. Il sito AGNE è pertanto una buona alternativa a GAST, che presenta maggiori problemi logistici.

Realizzazione della rete e stato delle installazioni

Nella primavera 2004 ARPA Piemonte individua una serie di possibili siti, sulla base di indicazioni geologiche e logistiche. In particolare si considerano i siti che sono già sede di stazioni meteorologiche gestite da ARPA, fatto che garantisce la proprietà del terreno e un minimo di infrastruttura. Tra i mesi di giugno e agosto 2004 si eseguono le misure GPS preliminari per il controllo di qualità del segnale, effettuate su sessioni di 24 ore. Sono così controllati tutti i siti piemontesi proposti: Pino Torinese, Monte Carza, Alpe Devero e Rifugio Gastaldi. Quest'ultimo sito viene scartato per problemi logistici. Nel mese di novembre 2004 viene realizzato il pilastrino della stazione di Pino

¹ <http://www.unavco.org/facility/software/teqc/teqc.html>

² <http://www.vercelli.polito.it/civili/topo0105.htm>

Torinese. Il lavoro di campagna riprende nel mese di aprile 2005, dopo la forzata pausa invernale, con la ricerca di un ulteriore sito nella zona dell'Alta Langa. Si individuano nei siti scelti la localizzazione definitiva dell'antenna GPS, i fuori centro GPS e i capisaldi di livellazione. Il 7 giugno 2005 entra in funzione la stazione permanente dell'Osservatorio Astronomico di Pino Torinese (O-ATO), la prima stazione della rete GAIN. Entro il mese di luglio viene completata la monumentazione delle altre stazioni, che sono installate ed iniziano a fornire i dati il 25 agosto (Monte Carza, CARZ), il 30 agosto (Lago Agnel, AGNE) e il primo settembre 2005 (Alpe Devero, DEVE). Nel frattempo, a maggio 2005, parte la collaborazione con FMS per la scelta di un sito nella Valdigne. Si esaminano varie possibilità, restringendo poi la zona di ricerca al massiccio del Monte Bianco ed escludendo i versanti a SE, appartenenti ancora alle falde pennidiche, ed altri siti prossimi al fronte pennidico. Misure GPS preliminari sono effettuate al Rifugio Monzino e alla stazione meteo di Ferrachet, che sarà poi scelta per l'installazione della stazione permanente. È in corso la campagna di misura per il controllo annuale della stabilità locale delle stazioni della rete GAIN, che darà nel tempo indicazioni su eventuali fenomeni deformativi locali in atto. Presso ogni stazione GPS sono stati rilevati un minimo di tre fuori centro GPS e di tre capisaldi di livellazione, materializzati su roccia o in alternativa su fondazioni massicce di opere in calcestruzzo non troppo recenti. Se possibile si fanno coincidere rete GPS e rete di livellazione, posizionando appositi capisaldi a testa tonda, provvisti di filettatura per l'antenna GPS e di mira per la messa in stazione con piombo ottico.

Ringraziamenti

Si ringraziano tutte le persone ed enti che a vario titolo hanno contribuito alla realizzazione delle stazioni, l'Azienda Energetica Metropolitana di Torino, gli Enti Parco del Parco Nazionale del Gran Paradiso e del Parco Regionale dell'Alpe Veglia e Devero, i comuni di Baceno, Ceresole Reale e Trarego – Viggiona, l'Osservatorio Astronomico di Torino, i gestori del Rifugio Bartolomeo Gastaldi del CAI di Torino, l'Assessorato al Territorio, Ambiente e Opere Pubbliche della Regione Valle d'Aosta, il comune di Courmayeur ed infine la guida Oscar Taiola, responsabile del Soccorso Alpino per la zona di Courmayeur.

Bibliografia

- Società Geologica Italiana (1992), "Le Alpi dal Monte Bianco al Lago Maggiore", BE-MA editrice.
- A. Caporali, S. Martin (2000), "First results from GPS measurements on present day alpine kinematics", *Journal of Geodynamics*, n. 30, 275 – 283.
- F. Sansò, M. C. De Lacy (2001), "Uno studio sulle diverse applicazioni del GPS e sul futuro sviluppo della rete di stazioni permanenti GPS sul territorio italiano orientate alla creazione di un servizio geodetico nazionale", *International Geoid Service*.
- A. Cina, A. Manzano (2003), "Studio di fattibilità per l'istituzione di una rete di stazioni permanenti GPS nella regione Piemonte".
- Cina, A., Manzano, A. Piras, M. Roggero, M. (2004), "Rete test MRS in Piemonte: impianto e risultati", *Bollettino SIFET*, n. 2, 2004.
- M. Roggero (2004), "Reti di stazioni GPS permanenti per il posizionamento geodetico", Tesi.
- A. Aoudia, R. Barzaghi, A. Borghi, R. Sabadini, A. M. Marotta, G. Panza, C. Troisi, A. M. Manzano, M. Roggero, A. Lucchetta, C. Carraro, G. Zampedri, R. Laffi, S. Crotta, S. De Donatis, P. G. Gerbino, D. Sguerso, C. Voelksen, H. Drewes, A. Valpersdorf, M. Zivcic (2004), "Il progetto ALPS-GPSQuakenet", *Atti della VIII Conferenza Nazionale ASITA*, 12/2004.
- A. M. Marotta, R. Sabadini (2004), "The signature of tectonics and glacial isostatic adjustment revealed by strain rate in Europe", *Geophysical Journal International*, n. 157, 865 – 870.
- A. M. Manzano (2004), "Stazioni permanenti GNSS in Italia: scopi, usi e prospettive", *Atti della VI Conferenza Nazionale ASITA*, Vol. I.
- E. Benazzo, L. Biagi, A. Manzano, M. Pesenti, M. Roggero (2004), "Reti GPS permanenti su scala regionale in Piemonte, inquadramento geodetico e strategie d'analisi", *Atti del Convegno Nazionale SIFET 2005*.