

LA RETE DI INQUADRAMENTO DELLE CIME DEL GRUPPO DELL'ADAMELLO NELLA RETE IGM95 MEDIANTE STRUMENTAZIONE SATELLITARE: UNA RETE GPS DI ALTA QUOTA

Carlo LANZI (*), Filippo BERNINI (**), Costante BONACINA (*), Massimo GELMINI (*); Matteo SGRENZAROLI (***), Antonio TREBESCHI (****), Giorgio VASSENA (*****)

(*) Università degli Studi di Brescia, carlo.lanzi@unibs.it; (**) Associazione Ambientalista "L'Umana Dimora", presidenzanazionale@umanadimora.net; (***) Topotek2D3D – InnTec srl, sgrenzaroli@topotek.it; (****) Servizio Cartografia e Gis della Provincia di Brescia, atrebeschi@provincia.brescia.it; (*****) Comitato Scientifico Centrale del Club Alpino Italiano - Università degli Studi di Brescia, giorgio.vassena@unibs.it

Riassunto La campagna di rilevamenti qui descritta, si inserisce all'interno di una serie di iniziative coordinate dal Club Alpino Italiano, finalizzate alla rivalutazione e conoscenza della rete di vertici geodetici realizzati dall'Istituto Geografico Militare e posizionati in corrispondenza della vetta di numerose montagne del territorio Italiano. Si descrive una modalità operativa attraverso quanto effettuato in una campagna di misurazioni effettuate nel gruppo del monte Adamello. Per ciò che riguarda il sistema di riferimento, ci si è limitati ad un inquadramento nella rete IGM95.

Abstract During the last century, the Italian Military Geografich Institute, made the main Geodetic Network in National territory. On mountain area, the lack of maintenance cause the lost of a very important Geodetic heritage. A GPS survey campaign, represented the opportunity, after 44 year, to look for and find 10 of the 168 geodetic point in Adamello high mountain area. The GPS network were connected to the GPS reference network (IGM95) to determine new coordinates of points in this more recent datum. Find the points meant also to collect information on maintenance status and make simple reconstruction where necessary.

Introduzione L'iniziativa qui descritta ha avuto origine dall'interessamento da parte Servizio Cartografia e Gis della Provincia di Brescia, al fine di effettuare la misurazione della quota del Monte Adamello. Le ricerche di archivio, effettuate dal Politecnico di Milano presso l'Istituto Geografico Militare, hanno permesso ai ricercatori dell'Università degli Studi di Brescia di accedere ai documenti originali di misurazione della rete geodetica di inquadramento dei monti del gruppo dell'Adamello realizzata dall'IGM negli anni 60, ed in particolare alla campagna che si svolse tra il 1° giugno 1960 e il 23 ottobre successivo, con un impegno complessivo di 1002 giornate operatore, permettendo la determinazione di ben 168 vertici di rete. L'Università degli Studi di Brescia, con il patrocinio del Club Alpino Italiano e in collaborazione con la Provincia di Brescia e il Politecnico di Milano, e grazie all'aiuto di soci delle associazioni L'Umana Dimora, Giovane Montagna e CAI, ha organizzato una giornata in cui rimisurare con GPS tutte le cime principali presenti nel settore riportato nel grafico 1 (vedi figura 1 allegata) rilevato in tale campagna di misurazioni, che si posiziona nelle vicinanze del vertice del primo ordine del Corno Baitone. Tale operazione si è dunque estesa a 10 vertici posizionati sulle corrispondenti cime del comprensorio dell'Adamello e a 3 vertici della rete IGM95 e ha richiesto il lavoro contemporaneo di 13 squadre di misura per un

totale di circa 50 operatori/alpinisti. L'impegno organizzativo e logistico è stato notevole ma appare minimo a confronto dell'impegno e della fatica che costò ai rilevatori della campagna dell'estate 1960. Nella relazione tecnica si legge infatti "E' tuttavia necessario porre in risalto che, durante la campagna di cui trattasi, il maggiore ostacolo – che mise a dura prova la resistenza e l'abilità degli operatori e in qualche caso mise perfino a repentaglio l'esistenza – fu costituito dalle avverse condizioni metereologiche". Più avanti si legge inoltre "che sulla zona si abatterono avversità metereologiche di carattere eccezionale quali il ciclone della sera del 28 agosto che devastò la Valtellina, la Val Canonica, il Trentino e l'Alto Adige e che sorprese, per fortuna marginalmente, il Top. Benvenuti bivaccante sulla vetta del Monte Disgrazia (m.3678);". Il relatore poi aggiunge che "le forti, prolungate e inconsuete nevicate del mese di settembre che ritardarono considerevolmente le operazioni in alta e media montagna, obbligando alcuni operatori a soste forzate e prolungate oltre i 3000 metri di quota;". Tale esperienza fa intuire l'entità del patrimonio geodetico che venne messo in opera. L'uso del GPS, dal punto di vista operativo, ha permesso una rapida rideterminazione della posizione planimetrica di tali vertici, ma medesime, nel tempo, sono rimaste le difficoltà alpinistiche nel raggiungere alcune cime. Inoltre, si deve considerare la scarsità di informazioni a riguardo dello stato di conservazione dei vertici trigonometrici. Oltre alla rideterminazione delle coordinate di alcuni (quattro) vertici della rete geodetica realizzata nel 1960, l'esperienza ha dunque permesso la raccolta di informazioni sullo stato effettivo della materializzazione dei vertici visitati.

Note storiche sulla campagna di misurazione del 1960

Organizzata dalla Divisione Geodetica dell'Istituto Geografico Militare, la "Missione triangolazione geodetica in Lombardia e Trentino MS 1960/2" ebbe lo scopo di eseguire il raffittimento del II, III e IV ordine fino ad ottenere una densità di almeno 3 punti per tavoletta in una zona riguardante 50 tavolette relative a i fogli 18, 19, 20, 33, 34, 35. Furono impiegati 23 alpini artiglieri da montagna che, con l'ausilio di personale civile (guide e portatori del CAI), rimasero impegnati in zona, come già accennato, dal 1 giugno al 23 ottobre 1960. Nella campagna vennero impegnati automezzi e materiale da campo militare per quanto riguarda la logistica, mentre le misure di triangolazione furono effettuate con 8 Wild T3 per i vertici di I e II ordine, 6 Wild T2 e 1 Wild T1 per i vertici di III e IV ordine. In zona esisteva già una rete geodetica del I ordine di determinazione 1908 per i vertici: Chiari, Corno Baitone, Corno Blacca, Monte Arera, Monte Baldo, Monte Calvarina, Monte Disgrazia, Monte Pasubio, Solferino, e di determinazione 1951 per i vertici: Cima dei Piazzini, Cima Mandron. Come appoggio al lavoro furono utilizzati anche vertici del II ordine determinati nel 1952: Becco di Filadonna, Monte Altissimo di Nago, Cima Presanella (quest'ultimo di determinazione 1959). Appoggiandosi alla rete esistente, la missione materializzò e determinò le coordinate di: 10 vertici del II ordine, 58 nuovi vertici del III ordine, 100 nuovi vertici del IV ordine ai quali vennero aggiunti 7 vertici esterni alla zona del raffittimento per maggiore comodità operativa. Dunque, la rete finale contava un totale di 168 vertici molti dei quali materializzati ex novo oltre ai lavori di manutenzione dei vertici esistenti eseguiti ove necessario. La missione costò complessivamente 15.219.750 Lit.

La ripetizione delle misure

L'esperienza della missione topografica del 1960 impressiona per la quantità di personale, mezzi e strumentazione utilizzate nella campagna topografica. I vertici trigonometrici determinati durante la campagna di misure costituiscono dunque un patrimonio di rilevante importanza sicuramente dal punto di vista storico, ma soprattutto dal punto di vista geodetico e topografico per le zone di alta montagna. Da queste considerazioni, è nato il progetto di rideterminare alcuni vertici della rete geodetica del 1960, raccogliendo informazioni

sull'esistenza e sullo stato di manutenzione dei vertici stessi e valutando la possibilità di effettuare in quota alcune piccole operazioni di manutenzione. L'ascesa alle cime, ha permesso di raccogliere una documentazione fotografica sullo stato di manutenzione di 10 vertici della rete geodetica e di rideterminare la posizione planimetrica dei vertici stessi mediante la realizzazione di una rete GPS in modalità statica e collegata a vertici della rete geodetica IGM95. I vertici scelti dalla rete del 1960 sono stati i seguenti:

- **Corno Baitone:** Trigonometrico di I ordine IGM - BAIT;
- **Monte Carè Alto:** Trigonometrico di III ordine IGM - CARE;
- **Cima Cop di Breguzzo:** Trigonometrico di II ordine IGM - CBRE;
- **Monte Re di Castello:** Trigonometrico di III ordine IGM - RECA;
- **Cornone di Blumone:** Trigonometrico di II ordine IGM - BLUM;
- **Monte Adamello:** Trigonometrico di IV ordine IGM - ADAM;
- **Monte Fumo:** Trigonometrico di IV ordine IGM - FUMO;
- **Corno di Lendeno:** Trigonometrico di IV ordine IGM - LEND;
- **Corno di Grevo:** Trigonometrico di IV ordine IGM - GREV;
- **Cima Latola:** Trigonometrico di IV ordine IGM - LATO;

mentre i vertici seguenti fanno parte della rete IGM95 o di vertici di raffittimento della stessa:

- **Malga Breguzzo:** vertice IGM 95 - MBRE;
- **Rifugio Aviolo;** Punto materializzato presso il lago Aviolo - PAGH;
- **Rifugio Garibaldi;** Punto Materializzato presso il Lago Venerocolo - GARI.

Come si può osservare, lo schema riportato in Figura 2 è del tutto simile a quello originale riportato in Figura 1, se si escludono alcuni vertici secondari di inquadramento. La rete di alta quota è stata dunque vincolata al vertice della rete IGM95 posto presso la Malga Breguzzo(TN) e ad altri 2 vertici, posti presso rispettivamente presso il rifugio Aviolo e il

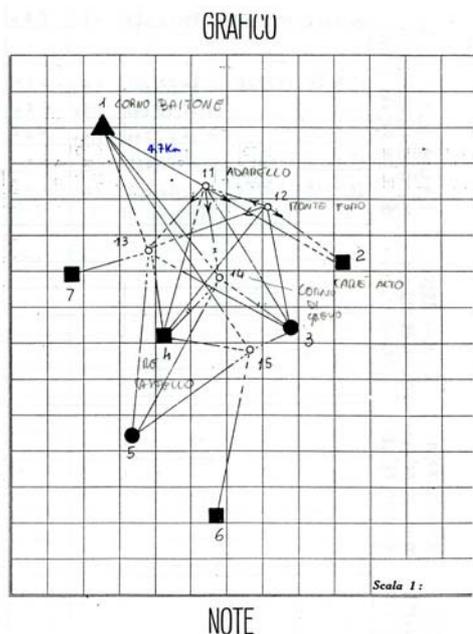


Figura 1: Schema geometrico originale

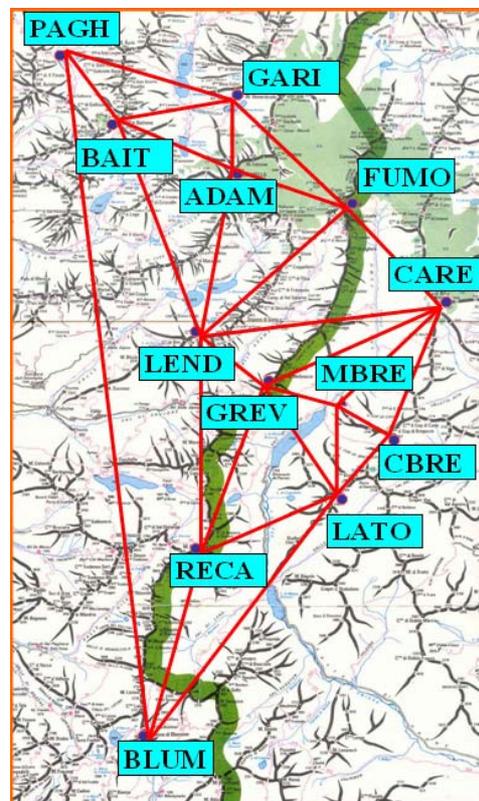


Figura 2: Schema geometrico della rete GPS

rifugio Garibaldi, precedentemente inquadrati in tale rete con collegamenti GPS a più bassa, realizzati in data 10 giugno 2004 quota, grazie a collegamento con i vertici IGM95 del Tonale e di Vezza d'Oglio, che a loro volta sono stati impiegati nelle operazioni di rideterminazione della quota del Monte Adamello. Il rilievo è stato eseguito da 13 squadre miste di topografi e alpinisti volontari, prevedendo per ogni squadra un operatore con buona dimestichezza nell'utilizzo di ricevitori GPS. Giunte sulle vette le squadre hanno verificato l'esistenza e le condizioni del vertice originario dell'Istituto Geografico Militare, svolgendo nel caso quest'ultimo risultasse perso, una rimaterializzazione del medesimo. Nella mattinata di Domenica 4 luglio 2004, le cime sono state tutte raggiunte alle 7,30 come prestabilito. Il rilievo GPS in modalità statica, con ricevitori geodetici in doppia frequenza, ha visto una acquisizione di dati con intervallo di campionamento di 15 secondi per la durata di circa 2 ore. Ogni squadra era inoltre dotata di treppiede di stazionamento, radio ricetrasmittente e alcune di esse anche di trapano elettrico per una eventuale rimaterializzazione del vertice. Alcune delle vette che compongono la rete, sono caratterizzate da vie di salita di difficoltà alpinistica e di questo fattore si è ovviamente tenuto conto al momento dell'organizzazione e della destinazione delle squadre. Considerato il peso dell'attrezzatura da trasportare, per ognuno dei vertici da stazionare si sono rese necessarie quattro-cinque persone per un totale di circa cinquanta persone impegnate nella campagna di misura.

Elaborazione dei dati

I risultati dell'elaborazione dei dati, effettuata con software commerciale, sono riportati in tabella 1, dove si elencano le coordinate compensate dei vertici della rete e i relativi scarti quadratici medi che in planimetria assumono valori massimi di 11,7 mm e in altimetria di 16,6 mm. (Nella rete di cui si mostrano i risultati, sono stati inseriti anche i collegamenti ai vertici della rete IGM95).

Punto	Latitudine	Sqm [mm]	Longitudine	Sqm [mm]	Quota ellissoidica	Sqm [mm]
BLUM	N 45° 57' 17,25324"	11,4	E 10° 27' 21,73015"	11,0	2894,30	16,6
CEVO	N 46° 04' 48,42300"	0,0	E 10° 21' 49,23600"	0,0	1061,99	0,0
FUMO	N 46° 08' 36,41585"	7,1	E 10° 32' 48,48133"	6,7	3460,74	9,5
GREV	N 46° 04' 41,01765"	5,5	E 10° 30' 45,44871"	5,2	2919,18	7,7
RASE	N 46° 04' 18,91310"	0,0	E 10° 27' 47,82210"	0,0	1241,17	0,0
ADAM	N 46° 09' 22,07200"	6,0	E 10° 29' 46,98700"	5,7	3589,20	8,5
AVIO	N 46° 12' 05,49413"	9,7	E 10° 28' 35,89478"	9,8	1950,89	13,9
BAIT	N 46° 10' 22,15404"	5,6	E 10° 26' 28,55403"	5,5	3382,03	8,5
CARE	N 46° 06' 28,05529"	7,6	E 10° 35' 45,93293"	6,9	3513,26	10,5
CBRE	N 46° 03' 42,94286"	9,5	E 10° 34' 25,86519"	8,6	3052,73	11,6
GARI	N 46° 10' 46,33053"	4,8	E 10° 29' 35,23545"	4,7	2595,51	7,2
LATO	N 46° 02' 32,52071"	5,9	E 10° 32' 56,29874"	5,6	2841,42	8,3
LEND	N 46° 05' 46,71681"	6,8	E 10° 28' 46,12572"	6,3	2878,06	9,0
MBRE	N 46° 04' 17,35959"	0,0	E 10° 32' 22,17541"	0,0	1876,94	0,0
PAGH	N 46° 11' 48,91968"	5,2	E 10° 24' 50,71303"	5,1	1988,05	8,4
PANT	N 46° 10' 04,50942"	7,2	E 10° 28' 16,02653"	6,9	2430,99	10,3
RECA	N 46° 01' 17,68050"	9,2	E 10° 29' 00,77390"	8,7	2938,42	12,5
TEMU	N 46° 14' 55,31673"	8,0	E 10° 28' 07,07586"	6,3	1202,00	11,2
TONA	N 46° 15' 30,65589"	0,0	E 10° 34' 55,01700"	0,0	1940,36	0,0
VEZA	N 46° 14' 30,34700"	0,0	E 10° 24' 16,75300"	0,0	1152,11	0,0

Tabella 1: Coordinate WGS84 compensate dei vertici e relativi sqm

La trasformazione delle coordinate da WGS84 a Gauss-Boaga è stata ottenuta mediante Verto 2 dell'Istituto Geografico Militare. Nei vertici per i quali si disponeva delle monografie ufficiali è stato possibile effettuare un confronto tra le coordinate carta rideterminate e quelle

Vertice	Coordinate Gauss-Boaga di nuova determinazione		Coordinate Gauss-Boaga storiche		Variazioni [m]		Quota [m]
	Est [m]	Nord [m]	Est [m]	Nord [m]	Δ est [m]	Δ nord [m]	
BAIT	1611279,45	5114280,79	1611279,56	5114281,00	-0,11	-0,21	3330,56
CARE	1623375,90	5107284,54					3461,84
CBRE	1621757,95	5102154,24					3001,56
RECA	1614856,98	5097536,51					2887,53
BLUM	1612863,16	5090076,79					2843,86
ADAM	1615569,17	5112505,25	1615569,60	5112505,28	0,11	-0,03	3537,50
FUMO	1619489,36	5111170,82	1619489,62	5111170,88	-0,26	0,06	3409,04
LEND	1614387,58	5105834,04					2826,76
GREV	1616988,22	5103854,61	1616988,42	5103854,67	-0,20	-0,06	2867,89
LATO	1619875,95	5099942,94					2790,36
MBRE	1619079,92	5103164,37					1825,66
PAGH	1609133,85	5116921,02					1936,72
GARI	1615268,21	5115101,07					2543,82

Tabella 2: Coordinate Gauss-Boaga dei vertici di nuova determinazione e storiche

storiche di determinazione 1960. Per ciò che riguarda le quote riportate in tabella si sottolinea che la quota s.l.m. del vertice è stimata tramite il software Verto2 e che inoltre spesso il vertice trigonometrico non è materializzato sulla sommità del monte (dunque la quota della sommità del monte e del vertice possono essere diverse). Gli scarti nelle coordinate planimetriche degli unici 4 vertici confrontabili con la rete del 1960, hanno un valore massimo pari a 26 cm, il che sta a dimostrare la qualità del lavoro eseguito dall'IGMI tramite misure di collimazione ottica.

Stato di conservazione dei vertici

Corno Baitone: Il vertice è rappresentato da un centrino zincato cementato in roccia, sopra il quale è ancora stabilmente montato un pilastrino in ferro. Re di Castello: Il vertice è costituito da un centrino su roccia in prossimità della croce commemorativa. Non si è verificata necessità di manutenzione. Cornone di Blumone: Il vertice è rappresentato da un centrino zincato cementato in roccia, sopra il quale è ancora stabilmente montato un pilastrino in ferro. Ancora presente l'intelaiatura che serviva da sostegno alle mire utilizzate per la livellazione trigonometrica. Tale struttura non ha avuto effetti negativi sulla ricezione e la successiva elaborazione del segnale GPS. Cima Latola: Non è stato possibile raggiungere la cima a causa della incongruenza tra le descrizioni alla salita e la realtà incontrata poi sul luogo. Ove è stato possibile arrivare, gli operatori hanno comunque materializzato un nuovo vertice e posizionato un GPS. Questa operazione ha permesso di conservare le caratteristiche geometriche della rete progettata. Caré alto: Sulla cima non è stato trovato il vertice trigonometrico probabilmente spazzato via dai fulmini. E' stato però ritrovato un punto ausiliario sul quale è stata fatta stazione. Corno di Lendeno: Il vertice è segnalato con ometto in sassi che protegge il centrino zincato cementato. Cop di Breguzzo: Il vertice è segnalato con ometto in sassi che protegge il centrino zincato cementato. Monte Fumo: Il centrino è ancora presente ma necessiterebbe un'opera di manutenzione

Conclusioni e ringraziamenti La campagna di misurazioni mostra come, anche se in condizioni logistiche e ambientali assai impegnative, l'opera di rilevamento effettuata dall'Istituto Geografico Militare con metodi tradizionali (mire ottiche e teodoliti), abbia raggiunto accuratezze notevoli. La cura e la professionalità con cui tali rilevamenti furono effettuati possono essere di grande esempio, anche didattico, sull'importanza di acquisire, oltre che a una capacità nella elaborazione delle misurazioni, anche nell'acquisizione di una competenza di rilevamento sul campo. Tali vertici trigonometrici rappresentano un importante patrimonio della cultura e della storia del rilevamento in Italia. Si ringraziano per la collaborazione: L'Istituto Geografico Militare per avere messo gentilmente a disposizione i

propri archivi storici. I ricercatori e tecnici di diversi enti e università che si sono resi disponibili nelle operazioni di misurazione. I soci delle associazioni CAI, Giovane Montagna e L'Umana Dimora per essersi messi a disposizione dei topografi a supporto delle operazioni di misurazione. Le società Geotop di Ancona e Teorema Srl di Milano per avere messo cortesemente a disposizione alcuni ricevitori GPS. Il Politecnico di Milano per la collaborazione alle operazioni di misurazione. La società ENEL per avere permesso l'accesso alle proprie teleferiche nel gruppo dell'Adamello



Figura 3: Stazionamento sulla cima dell'Adamello

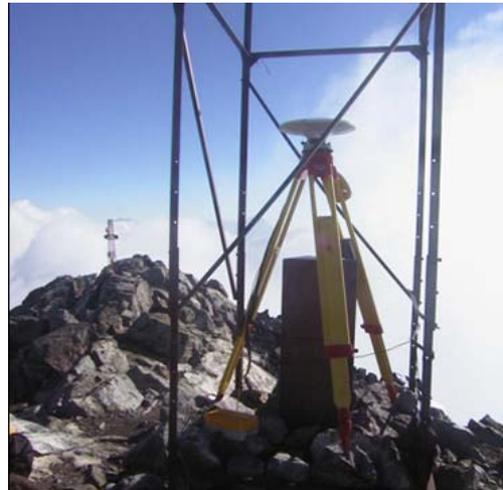


Figura 4: Stazionamento sul Cornone di Blumone



Figura 5: Scalata al Carè Alto



Figura 6: Stazionamento sulla vetta del Carè Alto
(su un vertice di servizio)

Riferimenti Bibliografici

- [1] Istituto Geografico Militare – Divisione Geodetica (1961), “Catalogo dei punti trigonometrici contenuti nell'elemento normale N. 20/2”, *IGM Firenze*
- [2] Istituto Geografico Militare – Divisione Geodetica (1901), “Catalogo delle monografie dei punti trigonometrici del foglio 20 (Monte Adamello)”, *IGM Firenze*
- [3] Istituto Geografico Militare – Divisione Geodetica (1961), “Missione Triangolazione Geodetica in Lombardia e Trentino MS 1960/2 – Relazione sui lavori eseguiti”, *IGM Firenze*