UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI AGRARIA

Corso di laurea in VALORIZZAZIONE E TUTELA DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO MONTANO

IL RILIEVO E LA MAPPATURA DEI SENTIERI IN VALLE CAMONICA.

Applicazioni per la Val Gallinera e creazione di una banca dati geografica

Relatore: Prof. Alessandro Toccolini

Correlatore: Dr. Paolo Stefano Ferrario

Elaborato finale di:

Davide Rossini

matricola:706720

Anno accademico 2011/2012

"Per alta che sia una montagna, un sentiero vi si trova"

Detto afgano

INDICE

1. INTRODUZIONE.....pag.1

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI STUDIO.....pag.3

2.1 Il Parco Regionale dell'Adamello.....pag.3

2.2 Il comune di Edolo e l'area di studio.....pag.9

3. LA SENTIERISTICA DI MONTAGNA.....pag.16

3.1 Definizione, caratteristiche e problematiche.....pag.16

3.2 Caratteristiche dei sentieri nell'area di studio.....pag.21

4. GLI STRUMENTI DI RILIEVO,CONOSCENZA E GESTIONE DELLA SENTIERISTICA.....pag.31

4.1 Cartografia.....pag.31

4.1.1 Aspetti generali.....pag.31

4.1.2 L'Istituto Geografico Militare Italiano e la cartografia storica.....pag.37

4.13 La cartografia, le banche dati della Regione Lombardia e le carte escursionistiche.....pag.40

4.2 GPS.....pag.42

4.2.1 Aspetti generali.....pag.42

4.2.2 L'utilizzo del GPS per il rilievo in ambiente montano.....pag.47

4.3 Sistemi informativi geografici.....pag.48

5. IL RILIEVO E LA CREAZIONE DI UNA BANCA DATI DEI SENTIERI DELLA VAL GALLINERA E DEL MONTE AVIOLO.....pag.52

5.1 Obiettivi del rilievo.....pag.52

5.2 Descrizione della strumentazione GPS e del rilievo effettuato.....pag.53

5.3 Risultato del rilievo e problematiche.....pag.59

5.4 Inserimento del rilievo in un sistema GIS e creazione della banca dati dei sentieri.....pag.66

5.5 Elaborati cartografici finali.....pag.68

6. CONCLUSIONI.....pag.78

7. BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO E FONTI.....pag.80

7.1 Bibliografia di riferimento.....pag.80

7.2 Siti internet.....pag.81

7.3 Fotografie e immagini.....pag.81

1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni il fenomeno dell'abbandono delle montagne da parte delle giovani generazioni, ha indotto le amministrazione locali e i privati cittadini a porre in atto iniziative volte al ridimensionamento di tale situazione di spopolamento.

In tal senso lo sviluppo delle aree montane dovrebbe orientarsi verso progetti che permettano di fare conoscere ai flussi turistici le bellezze naturali e paesaggistiche di tali zone; ciò comporterebbe una serie di vantaggi da un punto di vista economico, sociale e di rivitalizzazione di tali contesti.

La rete dei sentieri, particolarmente estesa nell'alta Valle Camonica, può svolgere un ruolo importante nel processo di valorizzazione della montagna e di incremento della presenza turistica nell'area; è quindi di fondamentale importanza l'attività di informazione e divulgazione relativa a questi percorsi, utilizzando sia le tradizionali guide turistiche specializzate sia i moderni sistemi informatizzati, (vedi siti internet dove si possono reperire informazione dettagliate per passeggiate ed escursioni).

Inoltre con l'aumento del flusso turistico montano si ha un incremento in generale del benessere economico che permetterebbe alle popolazioni locali di non abbandonare e valorizzare questi ambiti ormai trascurati.

In questa tesi si propone la valorizzazione della rete sentieristica presente nella Val Gallinera, attraverso il rilievo, la mappatura e la creazione di una banca dati utilizzando le tecnologie GPS (Global Positioning System) e GIS (Geographic Information System).

I percorsi su cui è stato condotto lo studio si trovano nel comune di Edolo (BS) e interessano in modo particolare la Val Gallinera, una valle posta sul lato sinistro orografico della Valle Camonica, e il gruppo del Monte Aviolo, tali

tratte si trovano nel gruppo montuoso dell'Adamello e in particolar modo rientrano nel sottogruppo montuoso del Baitone.

L'obiettivo dello studio è stato quello di verificare l'utilità della strumentazione GPS nel rilevare e mappare alcuni sentieri di montagna tenendo conto dei problemi che si possono riscontrare nel lavorare in un ambiente naturale, caratterizzato dalla presenza di copertura vegetale ad alto fusto, in grado di interferire con la ricezione del segnale.

In un secondo tempo i dati acquisiti sul campo, sono stati strutturati all'interno di una banca dati GIS allegando al tracciato alcune informazioni descrittive dei vari percorsi.

A partire dei dati immagazzinati sono state derivate alcune mappe di sintesi relative alle caratteristiche dei sentieri.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI STUDIO

2.1 Il Parco Regionale dell'Adamello

La Valle Camonica è ubicata nel settore nord - orientale della Lombardia.

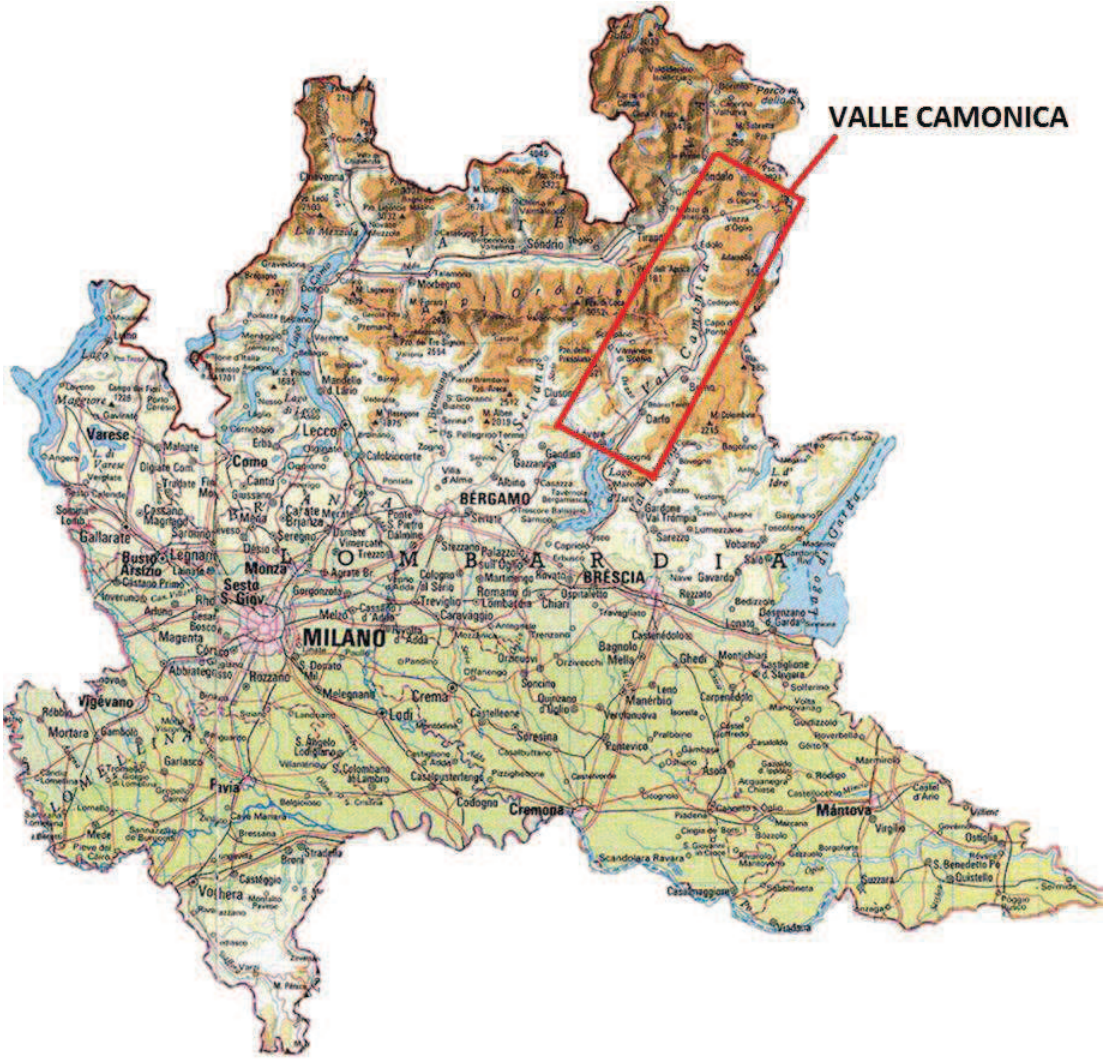

Fig. 2.1 Localizzazione della Valle Camonica

Si estende dal Passo del Tonale fino al lago d'Iseo; quindi la quasi totalità della Valle ricade nel territorio amministrativo della provincia di Brescia ad eccezione del tratto terminale che invece rientra sotto la competenza della provincia di Bergamo.

Inoltre questa Valle viene attraversata per tutta la sua lunghezza dal fiume Oglio, uno dei principali fiumi italiani, nel quale confluiscono le acque provenienti da numerosi torrenti che attraversano le numerose vallate laterali.

In questa Valle, nella sua porzione più settentrionale detta "Alta Valle Camonica", che inizia nei pressi del comune di Edolo e termina nel comune di Ponte di Legno è stato istituito il Parco Regionale Naturale dell'Adamello; questo ambito, oltre alla presenza di un area protetta, è molto importante come collegamento fra la Valtellina, la Valle Camonica e la vicina regione trentina, inoltre presenta uno dei comprensori sciistici più importanti a livello nazionale.

Questo parco, situato in mezzo alle Alpi Retiche, ha una superficie di circa 51.000 ettari, sviluppandosi dal Passo del Tonale al Passo di Crocedomini comprende tutto il versante lombardo del gruppo montuoso e relativi sottogruppi dell'Adamello.

Il parco ha una funzione molto importante nel suo ruolo di conservazione della natura, in quanto funge da ponte fra il Parco Trentino dell'Adamello - Brenta e il Parco Nazionale dello Stelvio, a sua volta confinante con il del Parco Nazionale Svizzero dell'Engadina.

Oltre a questi Parchi di importanza europea, il sopra citato Parco Regionale Naturale dell'Adamello è confinante anche con il Parco Nazionale delle incisioni rupestri sito nel comune di Capo di Ponte e altri parchi archeologici di importanza locale; inoltre questi parchi di carattere archeologico sono stati riconosciuti dall'UNESCO come patrimonio dell'umanità (sito UNESCO n.94).

Con l'istituzione di tutte queste zone protette fra loro confinanti si è venuta così a costituire un enorme area protetta nel cuore dell'Europa.

L'iter di istituzione dell'area protetta è iniziato nel 1919, quando viene proposto un progetto di "Parco Nazionale dell'Adamello" che comprendeva sia il versante trentino sia quello lombardo; nel 1967 la regione autonoma del Trentino istituisce il "Parco Regionale Adamello - Brenta" escludendo così il versante lombardo.

Nel 1973 la commissione provinciale di Brescia, costituita su proposta della commissione lombarda dei parchi, fece proprie le indicazioni dei vari enti quali il C.A.I. (Club Alpino Italiano), il museo di scienze naturali di Brescia e alcune associazioni protezionistiche che spingevano per l'istituzione sul versante lombardo di un parco a livello regionale.

Nel 1982 la Comunità Montana di Valle Camonica e il Consiglio Provinciale di Brescia si dichiararono favorevoli all'istituzione del Parco Regionale dell'Adamello, che venne istituito con la legge della Regione Lombardia n°79 del 16 settembre 1983; in questa legge viene definito quale sarà l'organo competente per la gestione del neo formato parco.

A tutt'oggi la gestione è affidata alla Comunità Montana di Valle Camonica, che ha il compito di stabilire gli obiettivi da raggiunge e le regole che hanno vigore all'interno dell'area protetta.

Nel 2003 la Regione Lombardia, con la Legge Regionale n.23 del 1 dicembre 2003, istituisce il "Parco Naturale dell'Adamello"; questo corrisponde alle quote più elevate e meno antropizzate del precedente Parco Regionale, in cui vigono norme e regolamenti più ristrettivi per una tutela ambientale maggiore.

Il Parco Naturale, è stato inoltre suddiviso in ulteriori tre zone di protezione definite "zone di riserva naturale" e si distinguono in:

- "zone di riserva naturale integrale" in cui l'azione umana è completamente vietata ad eccezione dell'attività di ricerca;

- "zone di riserva orientata" in cui l'azione umana è permessa, ma deve essere orientata verso il recupero e/o la tutela di determinati ecosistemi considerati fragili, quali ad esempio il recupero di boschi e prati-pascolo degradati;
- "zone di riserva parziale" in cui le attività umane sono consentite purché risultino compatibili con l'elemento naturale di pregio di cui si vuole migliorare la presenza ai fini di un ecosistema più solido, come per esempio il miglioramento delle zone umide o torbose.

Il Parco fin dalla sua istituzione ha voluto diffondere, sia per mantenere un certo legame fra popolazione e ambiente naturale sia per valorizzare gli operatori turistici e le produzioni tipiche agricole e artigianali che più si distinguono per la loro attenzione rivolta verso l'ambiente, l'uso del proprio marchio istituzionale.

In questo modo si è venuta a creare una rete di operatori che si fanno carico della promozione e della valorizzazione dell'area protetta.

Il Parco non è solo natura intatta ma il suo territorio è stato creato dalla continua interazione fra l'ambiente e l'uomo che ne ha saputo sfruttare al meglio le risorse per ricavarne il necessario per vivere.

Tale interazione si può notare sia sui versanti dove sono stati costruiti muretti a secco e malghe, sia nelle pianure di fondovalle dove si hanno i maggiori centri urbani.

Il territorio del Parco è coperto da una fitta rete di mulattiere e di sentieri segnalati che permettono di far conoscere ai turisti i meravigliosi aspetti naturalistici e ambientali della zona; questa rete di strade a fondo naturale si estende per circa 1.000 km e permette di soddisfare sia la semplice escursione familiare in mezzo ai boschi fino ad arrivare all'esaltante ascesa alpinistica.

Il percorre queste tratte permette di scoprire più da vicino i vari ecosistemi presenti; dai fondovalle fino ad arrivare a circa 1.000 m di altitudine si esten-

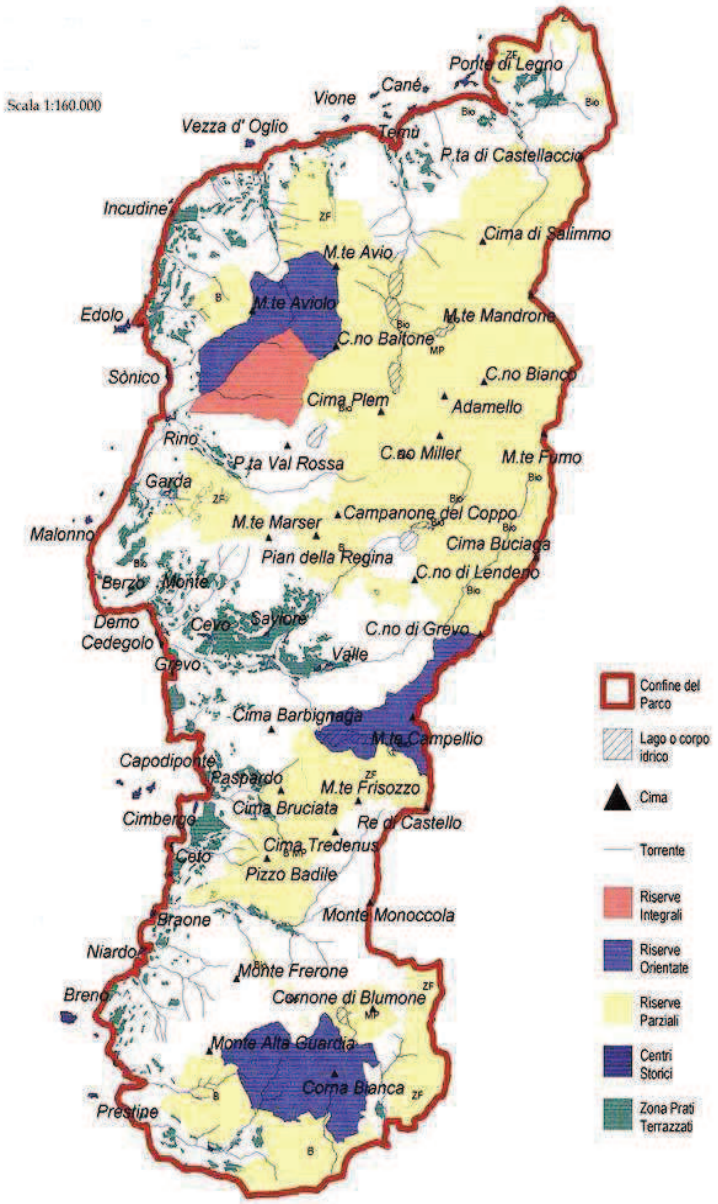

Fig. 2.2 Territorio del Parco Regionale Naturale dell'Adamello

dono numerosi i boschi di latifoglie intervallati dai prati - pascoli usati per la produzione del fieno e per il pascolo del bestiame, in questo livello si ha la presenza della maggior parte della fauna, in particolar modo molto numerosi sono i cervi (*Cervus elaphus*), i caprioli (*Capreulus capreulus*) e vari roditori.

Oltre i 1.000 m di quota le latifoglie lasciano il posto a boschi di conifere, prima a fitte peccete, che salendo di quota lasciano il posto a radi lariceti, in questi boschi si ha una forte presenza di uccelli facenti parte alla famiglia dei Tetraonidi come ad esempio il raro gallo forcello (*Tetrao tetrix*).

Oltre il limite della vegetazione si trovano soltanto praterie alpine popolate da numerosi stambecchi (*Capra ibex*), camosci (*Rupricapra rupricapra*) e impor-

tante per il suo ruolo che svolge sul ecosistema si ha la presenza dell'aquila reale (*Aquila chrysaetos*).

Viene segnalato all'interno del Parco, il sentiero contrassegnato con il segnavia N°1; tale sentiero prende il nome di "Alta Via dell'Adamello"; è di fondamentale importanza in quanto attraversando tutto il Parco da nord a sud, partendo da Edolo fino ad arrivare alla Conca di Bazena e sviluppandosi per più di 70 km da percorrere in circa sette giorni, sempre mantenendosi in quota permette di conoscere da vicino il Parco.

Oltre ad ammirare le sue bellezze naturalistiche il percorso permette di conoscere da vicino la storia recente, in quanto si attraversano manufatti e insediamenti realizzati nella Prima Guerra Mondiale, la così detta "Guerra Bianca".

2.2 Il comune di Edolo e l'area di studio

Il comune di Edolo si trova nel cuore dell'alta Valle Camonica, all'estremità settentrionale della provincia di Brescia, dista circa 100 km dal capoluogo di provincia e consta di una popolazione di 4.558 abitanti (*Fonte Istat - Popolazione residente al 1 gennaio 2011*).

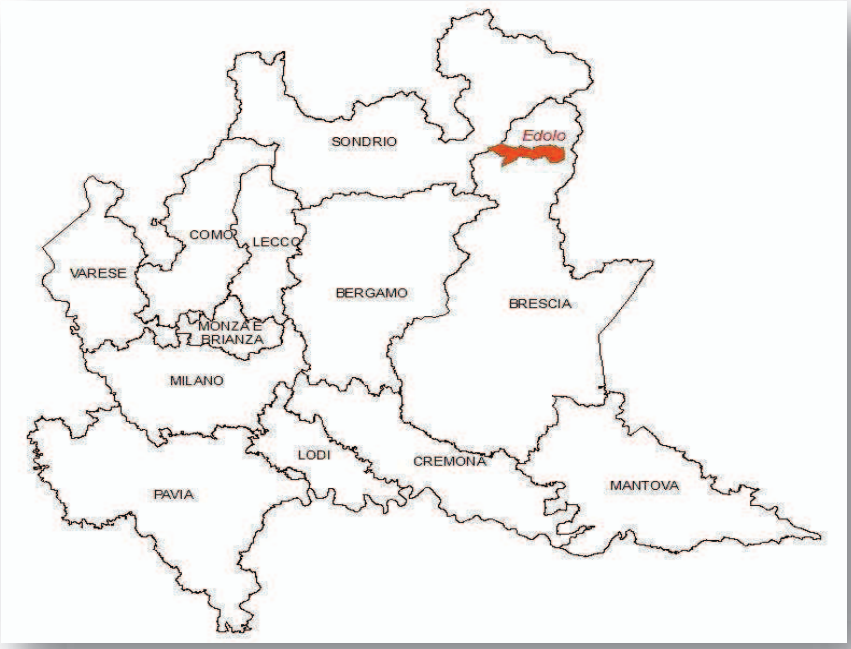

Fig. 2.3 Inquadramento territoriale del comune di Edolo

La superficie totale del territorio comunale è di 89,18 km quadrati ed è adagiata alla confluenza del fiume Ogliolo, che discende dalla valle di Corteno, e del fiume Oglio, che scorre dal comune di Ponte di Legno dove nasce.

Edolo costituisce la cerniera di collegamento fra tre distinti territori:

- La Valle Camonica a sud;

- La valle di Corteno che unisce attraverso il Passo dell'Aprica la Valle Camonica alla Valtellina e al vicino Canton Grigioni nella Confederazione elvetica a ovest;
- L'ultimo tratto dell'Alta Valle, che tramite il Passo del Tonale collega la Valle Camonica al Trentino Alto Adige, a nord.

Il territorio comunale presenta un dislivello altimetrico molto elevato, infatti il comune si estende da una quota minima di 638 m s.l.m. ad una quota massima di 3.554 m s.l.m. e quindi si riscontrano una moltitudine di ecosistemi differenti; a partire dai sistemi agricoli del fondo valle che successivamente evolgono in boschi di latifoglie e di conifere fino ad arrivare alle zone brulle di alta quota.

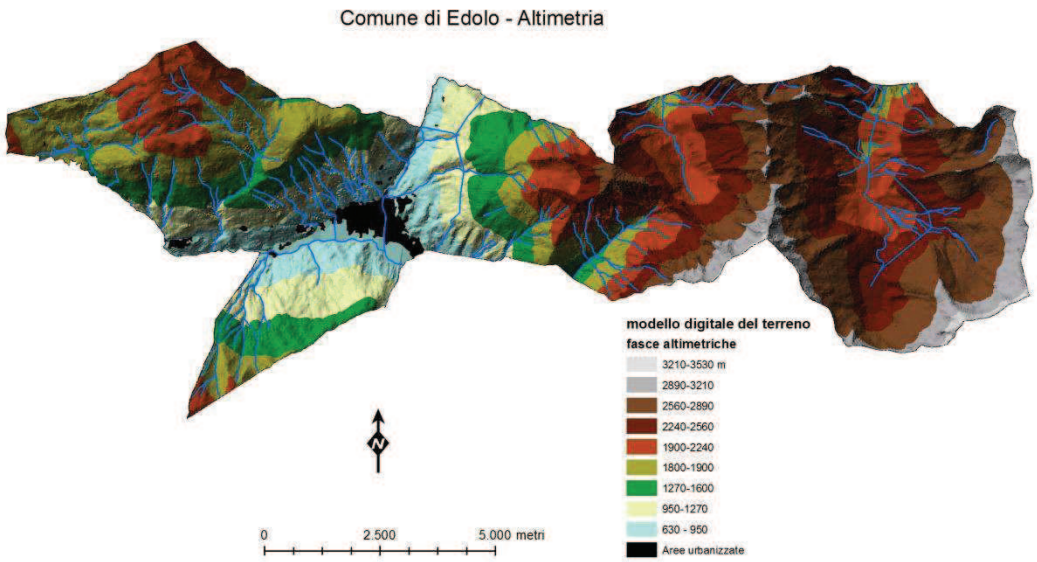

Fig. 2.4 Carta rappresentante le diverse fasce altimetriche del comune di Edolo

Per raggiungere il comune si hanno a disposizione varie possibilità, le più significative sono:

- La strada statale N°42 del Tonale e della Mendola, che collega la città trentina di Bolzano alle città lombarde di Bergamo e di Brescia;
- La strada statale N°39 dell'Aprica che collega la Valtellina al Passo dell'Aprica e alla relativa vallata;
- Utilizzando la linea ferroviaria (ferrovie FNM) che collega Brescia a Edolo;
- Prendendo gli autobus di linea che collegano Milano, Bergamo, la Valtellina e il Trentino Alto Adige al comune.

Il territorio comunale è composto da un centro principale e da tre frazioni, oltre a questi centri storici sono presenti numerosi nuclei rurali composti da ristretti gruppi di edifici, questi sono le località Baldoni, Gas, Nembra e Piantas.

- Edolo, il centro principale, sorge nella grossa piana agricola delimitata a nord dal Monte Costa, a Sud dal Monte Faeto e verso est si staglia il Monte Colmo; questa piana è solcata dal fiume Oglio e dal torrente Ogliolo, che appena fuori il centro abitato si congiungono a formare un unico fiume. Il paese si compone di un centro storico in cui si possono ammirare numerose dimore signorili.

  La parte vecchia del paese è sorta in età romana a cui nel tempo si è aggiunta la parte moderna con le numerose attività produttive.

  Il paese possiede inoltre un fiorente complesso ospedaliero e un nuovissimo eliporto utilizzato dal soccorso alpino e speleologico.

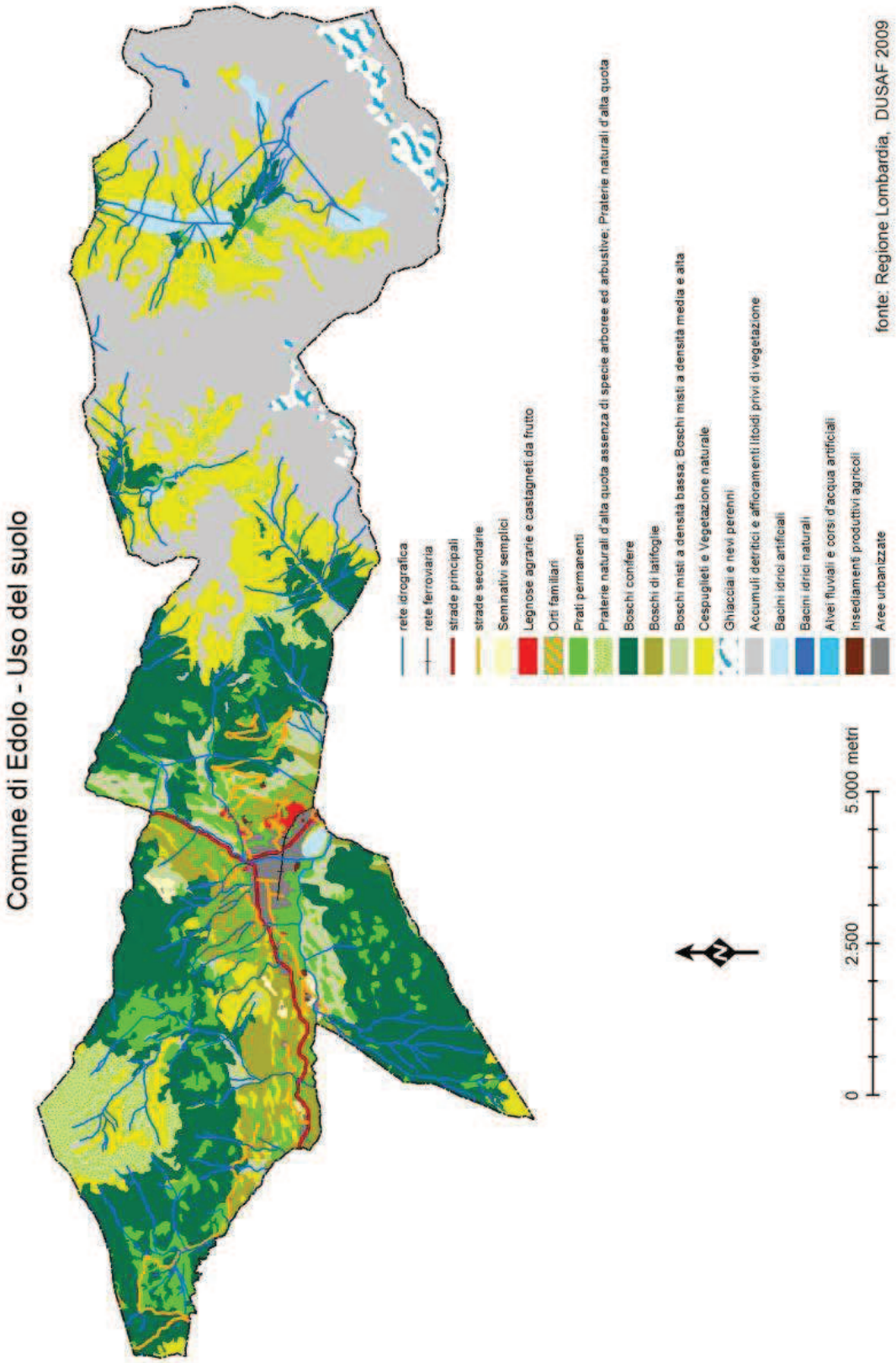

Fig. 2.5 Carta dell'utilizzo del suolo nel comune di Edolo

- Mù sorge su di una collinetta di origine morenica sovrastante il centro abitato di Edolo. Ha origini da un antico abitato celtico, al tempo di Carlo Magno è stato eretto un piccolo castello di guardia al cui intorno, a raggiera si è sviluppato il paese. Nella frazione si può visitare la Pieve di S. Maria Nascente, una delle prime chiese cristiane sorte nella Valle. Mù è inoltre famoso per alcuni dei suoi artisti fra cui pittori e intagliatori di legno che hanno lasciato numerose opere nelle chiese e nelle ville della Valle Camonica.
- Vico antico centro sorto intorno alla chiesa dedicata a San Fedele, sulle pendici del Monte Costa.
- Cortenedolo, centro sorto intorno al 1200 è il collegamento più prossimo al vicino comune di Corteno Golgi.

Fig. 2.6 Veduta aerea del comune di Edolo da rif. Malga Stain

La zona in cui si è svolto lo studio è compresa interamente nel sopra citato comune di Edolo, si estende dalla frazione di Mù fino al Passo di Gallinera testata dell'omonima valle, comprendendo al suo interno anche le pendici del

Monte Aviolo e Monte Colmo sovrastanti la valle di cui sopra e dominanti sul paese di Edolo.

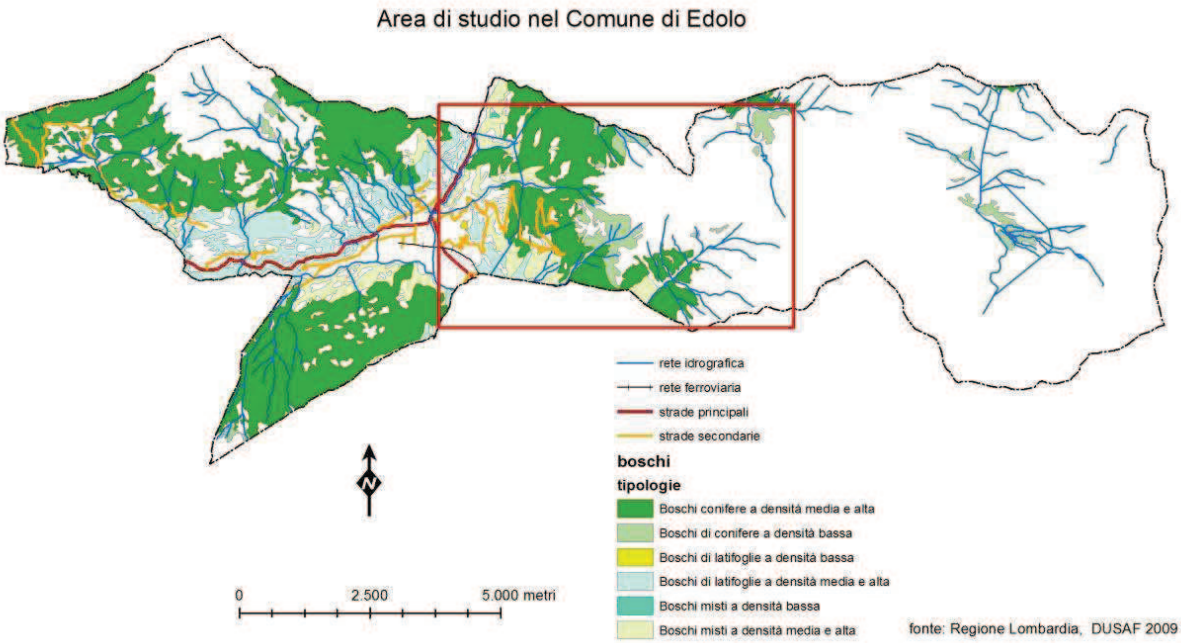

Fig. 2.7 Localizzazione dell'area di studio nel comune di Edolo

L'area di studio è inoltre delimitata inferiormente dal torrente Rabbia che separa il comune di Edolo da quello di Sonico ed è incorniciata dalla Punta Adami (3.071 m s.l.m.) e da Roccia Baitone (3.331 m s.l.m.) sui quali sono presenti piccoli ghiacciai che con la loro acqua di fusione alimentano il suddetto torrente.

La Val Gallinera è un microcosmo alquanto selvaggio facente parte del sottogruppo montuoso del Baitone; questo sottogruppo rientra nel più ampio gruppo adamellino.

Qui si trova un ambiente ancora intatto ricco di numerose specie faunistiche e floreali; inoltrandosi nell'interno più selvaggio della valle dirigendosi verso il Passo di Gallinera, che collega questa valle alla Valle dell'Aviolo, si scorgono alcuni dei più imponenti e spettacolari abeti (*Picea abies*) secolari; invece sa-

lendo di quota verso il Monte Colmo le peccete lasciano il posto a enormi praterie montane, che degradano in un ambiente formato soltanto da rocce con qualche raro arbusto più ci si avvicina alla vetta del Monte Aviolo.

Da qui, essendo il Monte Aviolo il più elevato della zona (2.881 m s.l.m.), la vista può spaziare sulle vallate circostanti permettendo di gustare, in giornate completamente limpide sia i monti della Svizzera come il gruppo del Bernina ma anche gruppi montagnosi italiani come il lontano gruppo del Monte Rosa che sporge alle spalle del Passo dell'Aprica.

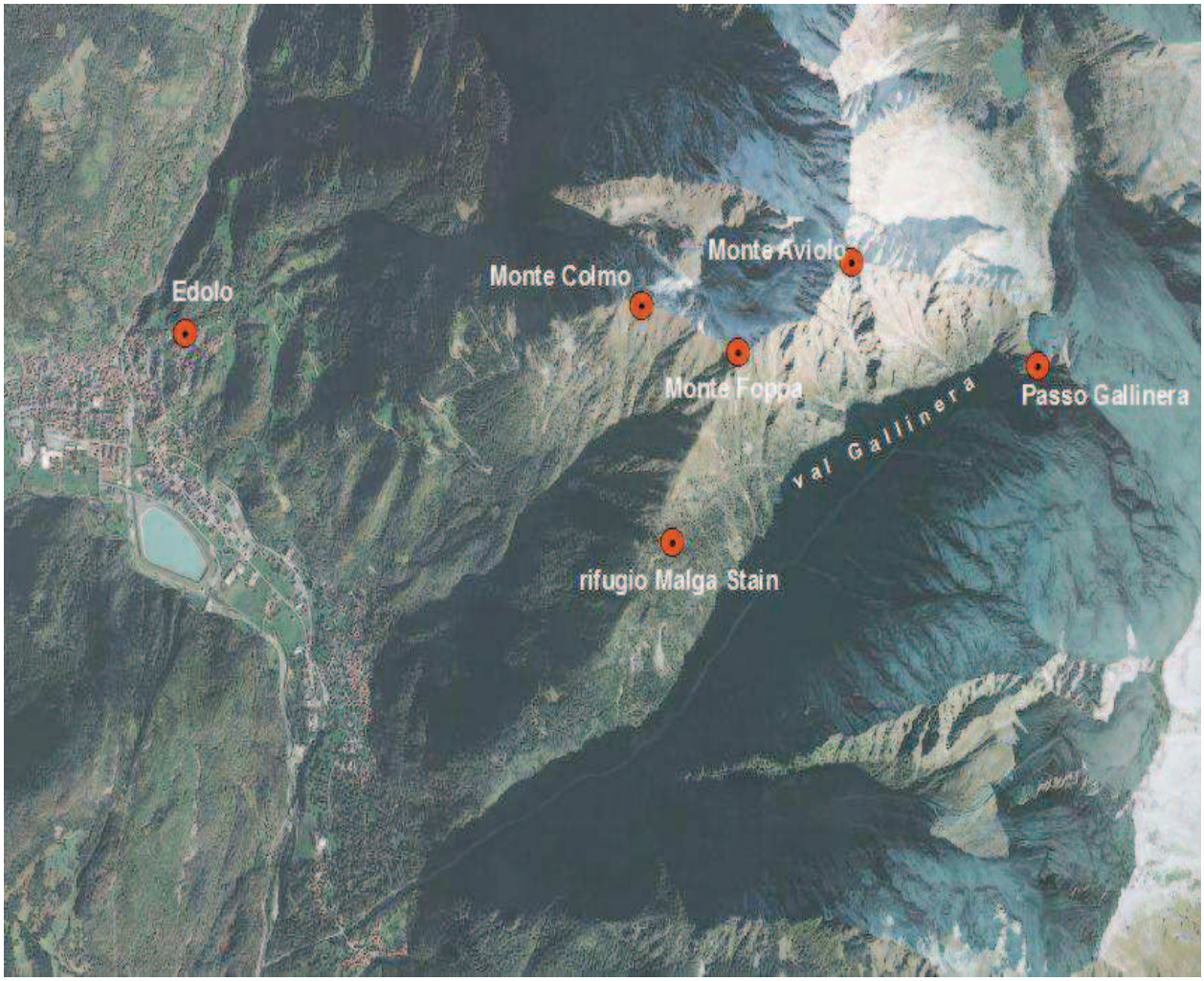

Fig. 2.8 Immagine da satellite rappresentante l'area di studio e i punti di maggior interesse

3.LA SENTIERISTICA DI MONTAGNA

3.1 Definizioni, caratteristiche e problematiche

La pratica dell'escursionismo rappresenta una delle attività principali svolta dai fruitori dell'ambiente montano; è un'attività alla portata di tutti che permette lo di evadere, anche per poche ore, dalla routine quotidiana.

Questa pratica permette inoltre di conoscere in modo diretto e approfondito la zona che si sta percorrendo e di entrare in contatto con la realtà ambientale che ci circonda.

Lo svolgersi dell'attività di escursionismo presuppone l'utilizzo di adeguati percorsi pedonali, questi possono essere ex strade (di solito di tipo militare) costruite in ambienti naturali nonché mulattiere e sentieri.

Il C.A.I. (Club Alpino Italiano), un'associazione a livello nazionale che a come scopo quello di diffondere la conoscenza, lo studio, la tutela del territorio montano e lo svolgimento di attività correlate alle montagne, fornisce una definizione di mulattiera e di sentiero.

Per mulattiera si intende qualsiasi strada rurale, presente di solito in un ambiente montano o campestre, utilizzata in passato per il transito di animali da soma (in particolare dei muli). La mulattiera rappresentava inoltre un collegamento comodo e rapido fra i vari paesi di montagna.

Normalmente presenta una larghezza intorno ad 1,20 m, larghezza che consentiva il passaggio di una bestia da soma a pieno carico in un solo senso di marcia. Essendo una via molto utilizzata, veniva pavimentata con dei ciottoli in modo da ridurre al minimo la manutenzione ordinaria e, per prevenire incidenti agli animali al di fuori della pista segnata veniva protetta lateralmente da muretti costruiti a secco con le pietre trovate sul luogo.

Per sentiero invece viene intesa una qualunque via a fondo naturale, segnalata ed identificata in modo opportuno con una larghezza tale da permettere il passaggio di un solo uomo alla volta. Tali tracciati vengono spesso creati dal continuo passaggio di persone e si snoda in mezzo ai prati, ai boschi fino ad arrivare agli ambienti rocciosi di alta quota.

Il C.A.I., inoltre, suddivide i vari sentieri in classi omogenee sulla base delle difficoltà tecnica che gli stessi presentano.

In base a questa classificazione si hanno:

- Sentiero turistico itinerario che si svolge prevalentemente su mulattiere o su sentieri ben evidenti senza che vengono creati problemi nell'orientamento; si svolge normalmente intorno ai paesi e riveste un particolare interesse per passeggiate brevi e ricreative.

  Viene indicato con la lettera **T.**

- Sentiero escursionistico itinerario privo di grosse difficoltà tecniche, rappresenta un collegamento fondamentale fra le varie vallate alpine adiacenti e fra i fondovalle e i rifugi.
  Si sviluppa comunemente su sentieri e mulattiere ben evidenti e ben segnalate, si superano i 2.000 metri di altitudine e perciò richiede una minima preparazione fisica.
  Viene classificato sotto la lettera **E.**
- Sentiero alpinistico si sviluppa in zone impervie di alta montagna su terreno vario come: pietraie, piccoli nevai, ecc.
  Presenta inoltre passaggi che richiedono all'escursionista una buona tecnica e conoscenza dell'ambiente alpino; si possono trovare anche piccoli tratti attrezzati con funi per permettere un più agevole passaggio.
  Viene classificato utilizzando la dicitura **EE** (sentiero per escursionisti esperti).

- Sentiero attrezzato itinerario che si svolge su percorsi attrezzati con funi metalliche e scale per superare i punti più verticali.
  L'ambiente in cui si sviluppa è quello dell'alta montagna, principalmente su pareti rocciose dove si hanno numerosi punti esposti sul vuoto.
  Per effettuare un escursione su questi sentieri bisogna essere allenati fisicamente e avere una buona padronanza della tecnica, inoltre per evitare spiacevoli incidenti bisogna possedere l'adeguata attrezzatura che consiste principalmente in un casco protettivo, un'imbragatura, un cordino di adeguate dimensioni e alcuni moschettoni per potersi assicurare ai cavi metallici presenti.
  Nella classificazione C.A.I. è indicato come **EEA** (sentiero per escursionisti esperti con attrezzatura).

T	Sentiero turistico - facile
E	Sentiero escursionistico - media difficoltà
EE	Sentiero per escursionisti esperti - difficile
EEA	Sentiero per escursionisti esperti con attrezzatura - difficile

Fig. 3.1 Tabella riassuntiva dei gradi di difficoltà dei sentieri secondo la classificazione C.A.I.

Inoltre è possibile individuare:

- Sentiero tematico è un itinerario generalmente breve e privo di difficoltà che si sviluppa all'interno di parchi o di riserve su un area ben servita e segnalata.
  Questi percorsi hanno come scopo quello di proporre temi formativi di carattere naturalistico, religioso oppure storico attrezzato da appropriata cartellonistica informativa.

Nella classificazione C.A.I. viene segnalato con la lettera **T** (sentiero turistico - escursionistico).

- Sentiero storico itinerario che si snoda su "antiche vie di comunicazione" con lo scopo di valorizzare, da un punto di vista storico, determinate costruzioni e manufatti.

  Viene classificato con la lettera **T** oppure con la lettera **E** (sentiero escursionistico).

I sentieri e le mulattiere non sono tratti isolati ma sono fra di loro collegati, in questo modo si viene a formare una rete escursionistica molto ampia che esce dai confini nazionali collegandosi con altre reti di questo tipo presenti in altri stati; questo permette una maggior valorizzazione di zone diverse ma che possiedono lo stesso carattere di marginalità e di abbandono.

Una rete formata da sentieri per escursionismo deve essere progettata in modo da tenere conto, oltre che dell'aspetto naturalistico e di scoperta del territorio, anche delle relative problematiche connesse alla gestione di queste vie.

Le principali problematiche che si possono incontrare nella gestione di una rete sentieristica si possono raggruppare in due gruppi:

- problematiche legate alla mancanza di una normativa specifica sui sentieri.

  Il codice della strada fornisce una definizione di sentiero " *Sentiero o mulattiera o tratturo: strada a fondo naturale formatasi per effetto del passaggio di pedoni e animali*" (*Nuovo codice della strada - Titolo I " Disposizioni generali" - Art.3 " Definizioni stradali e di traffico" - Comma 48*).

  Questa definizione in cui un sentiero o una mulattiera sono classificati come strade, può comportare l'applicazione ad essi delle leggi e delle norme relative alle strade in generale.

Nel codice viene intesa come strada una qualunque area pubblica destinata alla circolazione dei veicoli, dei pedoni e degli animali (*Nuovo codice della strada - Titolo I " Disposizioni generali" - Art.3 " Definizione e classificazione delle strade" - Comma 1*), questo può favorire l'uso di mezzi fuoristrada a motore di carattere privato su vie a fondo naturale comportando un progressivo deterioramento del terreno e delle zone circostanti.

Non basta vietare però categoricamente l'uso dei mezzi motorizzati in un ambiente naturale, ma bisogna limitarne l'uso a situazione di reale necessità come l'utilizzo in situazioni in cui bisogna portare soccorso a delle persone in difficoltà oppure concedere un permesso all'uso di mezzi a motore alle persone che dalla montagna ottengo il loro sostentamento come ad esempio gli agricoltori, gli allevatori della zona e i gestori dei rifugi alpini.

- Problematiche di tipo tecnico e funzionale.

  Per il fatto di essere costruiti sul fondo naturale, i sentieri necessitano annualmente di interventi di manutenzione ordinaria; i lavori di manutenzione occupano un ampio range di operazioni che spaziano dal taglio dell'erba, degli arbusti che crescono ai lati o delle piante che sotto il carico nevoso hanno ostruito il sentiero. In alcuni casi valanghe e movimenti franosi possono asportare una parte di sentiero; in questi casi saranno necessari lavori di vera e propria sistemazione strutturale e di ricostruzione dei tratti danneggiati.

  Un altra problematica di fondamentale importanza riguarda il controllo del drenaggio delle acque meteoriche che cadono direttamente sul sentiero e delle acque che affluiscono dai lati del versante.

  Molto spesso questo aspetto progettuale non viene adeguatamente considerato oppure viene sottostimato, e quindi con il passare del tempo si formano evidenti solchi di erosione che successivamente

possono evolvere in movimenti franosi con l'asportazione del piano di calpestio.

Quindi per concludere voglio sottolineare l'importanza di effettuare, da parte di personale competente e professionalmente preparato, controlli e manutenzione a scadenze regolari per poter mantenere in piena efficienza la funzionalità dei sentieri; il mantenere in buono stato queste vie ha come riscontro positivo da un lato l'aumento della sicurezza e quindi la riduzione degli infortuni, dall'altro lato un aumento dell'attrattiva su di una più vasta gamma di fruitori.

3.2 Caratteristiche dei sentieri nell'area di studio

I sentieri presenti nell'area di studio si possono raggruppare in due gruppi ben distinti:

- Il primo insieme riguarda le tratte facenti parte del sentiero N°1 definita come "Alta via dell'Adamello".

  In questa tesi è stata considerata la zona compresa dal comune di Edolo fino al Passo del Gallinera che funge da spartiacque fra la Val Gallinera e la Valle dell'Aviolo.

- Il secondo gruppo riguarda il sentiero N°34/A e il sentiero N°34, che hanno come punto di partenza il Rifugio Malga Stain e portano in vetta al Monte Colmo e proseguendo al Monte Aviolo.

Il sentiero N°1 considerato ha inizio nel comune di Edolo, più precisamente nella frazione di Mù nei pressi dell'ex birreria "Fox & Rabbit" (700 m s.l.m.).

Dopo aver attraversato la frazione di Edolo, si raggiunge un tornante, dove sulla destra si distacca un piccolo sentiero segnalato su di un masso con pittura a strisce bianche e rosse.

Questo piccolo sentiero, dopo pochi minuti si immette su di una comoda e larga mulattiera che nella sua prima parte risulta avere un fondo in cemento, porta alla località Trecciolino; seguendo sempre i segnavia e continuando a seguire la mulattiera si raggiunge una grossa radura, utilizzata per lo sfalcio del fieno e per il pascolo del bestiame, con alcune baite molto

caratteristiche fra cui spicca un piccolo edificio rurale definito "Baitello di Valmazzone".

E' un piccolo edificio costruito, come si legge da un'incisione nelle pietre che formano l'architrave della porta, nel 1844; questo edificio, definito nel dialetto locale con il termine di "Silter", cioè il locale di conservazione dei prodotti in una casera.

Fig. 3.2 Segnavia Alta via dell'Adamello

E' posizionato in una zona umida e con la presenza di acqua corrente proveniente da una piccola sorgente, serviva negli anni passati alla conservazione degli alimenti ed in particolare alla conservazione del latte prima di essere trasformato e del burro.

La caratteristica fondamentale che rende unico questo edificio rurale è rappresentata dalla tipologia di copertura, è stata realizzata semplicemente appoggiando ai muri esterni, aventi uno spessore di circa 50 cm, lastre di granito intagliate ad arte e dal peso di una tonnellata ciascuna.

Fig. 3.3 Baitello di Valmazzone

Proseguendo sempre sulla comoda mulatiera, che ora in alcuni punti presenta un fondo in cemento si raggiungono le baite di Pozzuolo e successivamente l'omonimo parcheggio (1.560 m s.l.m.); questo parcheggio è raggiungibile anche con la strada asfaltata partendo da Edolo.

Si imbocca sulla sinistra, con direzione Brescia, prima del passaggio a livello nei pressi del distributore ENI, via Monte Colmo e si prosegue percorrendo circa 10 km fino al raggiungimento del parcheggio.

Questo primo tratto si snoda completamente al coperto di un fitto bosco di conifere, e presenta inoltre anche due aree attrezzate, la prima che si incontra si trova in località Trecciolino e la seconda si trova in località Pozzuolo, con tavolini e punti fuoco per potersi concedere una piccola pausa; il percorso non presenta difficoltà tecniche e neanche di orientamento in quanto è molto ben segnalato con i classici segni di vernice bianca e rossa.

Dal C.A.I. questa prima tratta viene classificata come percorso turistico - escursionistico e presenta tempi di percorrenza intorno alle due ore e mezza circa (2.30 h).

Dal parcheggio di Pozzuolo si prosegue per circa duecento metri sulla strada asfaltata fino al raggiungimento di un tornante che volge verso sinistra, al cui

lato è posta una bacheca informativa con le indicazioni per il rifugio Malga Stain.

Si percorrono qualche decina di metri sulla strada che scende verso destra del tornante e dopo il ponte che permette di superare le condotte forzate che scendono verso la centrale idroelettrica di Edolo inizia il sentiero vero e proprio, in questo punto non bisogna farsi trarre in inganno dalle numerosissime tracce che partono ai lati del sentiero principale che è segnalato con i classici segni bianchi e rossi.

Il sentiero si snoda completamente a mezza costa,all'inizio presenta una lieve salita molto piacevole in mezzo ad un bosco di betulle (*Betula pendula*) e con qualche raro larice (*Larix decidua*) isolato che permette di poter far spaziare la vista sulla vallata sottostante.

Oltrepassata una pianta di larice molto caratteristica poiché il suo tronco attraversa il sentiero a raso terra creando un gradino naturale, per innalzarsi ancora in verticale dall'altra parte, si raggiunge un piccolo corso d'acqua denominato "Torrente Grandi Valli".

Superato il torrente si ha un graduale cambio di vegetazione, oltre il torrente la vegetazione caducifoglia lascia il posto ad un bellissimo bosco di conifere; il sentiero inizia quindi a salire e con gradini scavati nella roccia o costruiti con dei tronchi d'albero si raggiunge una grossa piana (località Belvedere) da cui si intravede la staccionata del rifugio Malga Stain (1.832 m s.l.m.).

Il rifugio nasce nel 2000 da un progetto del Parco Naturale Regionale dell'Adamello che prevede la ristrutturazione della vecchia malga che si trovava in un evidente stato di abbandono.

Il rifugio si compone di quattro edifici separati:

- due dormitori rispettivamente di sei e quattro posti letto;
- un corpo principale dove è allestito il ristoro che può ospitare comodamente trenta persone all'interno e altrettante all'esterno sotto un

bellissimo portico che permette di far spaziare la vista sulle imponenti montagne circostanti.

Il ristoro è un ottima occasione di sosta in quanto la cucina casalinga offre sostanziosi e prelibati piatti tipici della tradizione montanara della zona.

- una vecchia casera conservata integralmente che ospita un piccolo museo etnografico che mostra gli strumenti di vita quotidiana e di lavoro di un epoca ormai passata.

Nel suo complesso generale questa tratta non presenta significative difficoltà, inoltre presenta un ottima segnaletica sia verticale che orizzontale e un ottimo stato di manutenzione; il C.A.I. lo classifica come sentiero turistico quindi adatto ad escursionisti di qualsiasi livello di allenamento ed ai bambini; i tempi di percorrenza sono molto variabili e presentano un range di circa 45 minuti per persone allenate a camminare fino ad arrivare a circa un ora e venti (1.20 h) per famiglie con bambini.

Fig. 3.4 Veduta panoramica del rifugio Malga Stain

Oltrepassata la staccionata che delimita il rifugio è presente una ramificazione, il sentiero N°1 continuo verso destra e attraversa per tutta la sua lunghezza la Val Gallinera.

Si prendono alcuni scalini di pietra segnalati sia da un cartello sia da un cippo di granito con il numero identificativo del sentiero e si scende per alcuni

metri fino ad una piccola radura, da qui il sentiero prosegue con alcune lievi salite e alcune discese, mantenendosi sempre a mezza costa fino al raggiungimento della fine della vallata.

Questo sentiero merita di essere percorso perchè ai suo lati si possono ammirare imponenti abeti secolari e inoltre dalle radure che si aprono nel fitto della pecceta si può ammirare la maestosità della Punta Adami (3.006 m s.l.m.).

Raggiunto il fondovalle bisogna attraversare alcuni residui di una frana per poi imboccare la salita che conduce fino al Passo di Gallinera (2.319 m s.l.m) che collega l'omonima valle con la Valle dell'Aviolo.

E' una salita ripida e stretta che si innalza con erti e stretti tornanti fino al raggiungimento del passo.

L'ultima parte si svolge su di una classica prateria di alta quota ma che permette di poter osservare le ripide pareti rocciose dei gruppi montuosi che circondano la valle e di poter scorgere in lontananza numerosi gruppi di camosci.

Nei pressi del passo si trova il Bivacco "Valerio Festa" (2.320 m s.l.m.) che permette di ripararsi al suo interno in condizioni meteo avverse; il bivacco è sempre aperto e dispone di 15 posti letto e alcuni sgabelli per chi vuole fermarsi per un meritato riposo.

Questa tratta viene classificata come sentiero escursionistico, il passaggio è sempre ben marcato e non presenta grosse difficoltà ma richiede un buon allenamento nel camminare; dal rifugio Malga Stain al Passo di Val Gallinera e relativo bivacco sono richieste circa due ore e mezza (2.30 h).

E' da segnalare che lungo il tragitto non si ha la presenza di acqua ma si possono incontrare in base alle caratteristiche della stagione alcuni piccoli ruscelli.

Fig. 3.5 Bivacco Valerio Festa al Passo di Gallinera

L'altro gruppo di sentieri riguarda la tratta segnalata con il N°34/A che porta in cima al Monte Colmo dal rifugio Malga Stain e la tratta segnata con il N°34 che porta in cima al Monte Aviolo.

Fig. 3.6 Segnavia per Monte Colmo

Una caratteristica comune a questo gruppo di sentieri è la mancanza di acqua lungo i percorsi, quindi bisogna procurarsela presso il rifugio prima della partenza.

Usciti dalla staccionata del rifugio si prosegue seguendo il sentiero pianeggiante per circa 100 metri fino ad incontrare su un grosso larice un cartello segnaletico che riporta il numero identificativo del sentiero.

Da qui si inizia a salire lungo un pendio erboso, dove in estate si possono notare anche alcune bestie al pascolo; salendo si incontrano vecchie costruzioni rurali, fra cui abbeveratoi scavati nel legno, muri di sasso e piccoli ricoveri

per la notte realizzate quando la zona era utilizzata come alpeggio estivo per le bestie.

Si notano anche grossi larici, ormai morti, che sono stati colpiti da un grosso incendio che ha interessato le pendici del Monte Colmo negli anni ottanta.

Il sentiero si svolge principalmente lungo la linea di cresta del monte fino al raggiungimento delle pareti del Monte Foppa.

Ora il sentiero si fa leggermente più ripido e risale nella valletta posta a fianco delle pareti sopra citate fino ad arrivare ad una forcella che funge da spartiacque fra la Valle della Foppa e i versanti del Monte Colmo.

In mezzo alla forcella è presente un grosso ometto segnavia costruito di sassi, qui bisogna deviare verso sinistra dove sono presenti delle tracce nel prato, sempre sul filo della cresta, che in circa dieci minuti portano alla croce di legno posta in vetta al Monte Colmo (2.275 m s.l.m.).

Per raggiungere la vetta dal rifugio serve circa un ora e quindici (1.15 h), è un sentiero che presenta una buona segnaletica orizzontale molto visibile e non presenta neanche grosse difficoltà tecniche; il C.A.I. classifica questa tratta come escursionistica.

E' da segnalare che sulle carte escursionistiche questo sentiero può non essere presente in quanto è stato realizzato solamente nel 2005 ripercorrendo vecchie tracce che erano ormai dismesse.

Una volta raggiunta la forcella e l'ometto di sasso, si può proseguire per circa una quarto di ora (0.15 h) verso destra procedendo su delle tracce fra cespugli erbosi e massi di frana fino alla cima del Monte Foppa (2.407 m s.l.m.).

Questo monte è situato in mezzo alla linea spartiacque che collega il Monte Colmo al Monte Aviolo, data la sua posizione permette di scorgere una buona parte dell'alta Valle Camonica e inoltre permette di ammirare le possenti pareti rocciose del Monte Aviolo e l'enorme vallata formatasi ai suoi piedi.

Per raggiungere la vetta si percorre un sentiero per escursionisti esperti, in quanto si svolge senza un sentiero ben marcato e bisogna prestare molta attenzione ad eventuali massi che potrebbero spostarsi all'improvviso.

Per raggiungere il Monte Aviolo, una volta raggiunto l'ometto si prosegue sul sentiero ben marcato abbassandosi nella sottostante valle.

Bisogna prestare attenzione nella discesa alla valle in quanto sono presenti alcune catene di sicurezza a cui potersi tenere.

Raggiunta la valle si attraversa l'enorme pietraia, formatasi nel tempo dal crollo del materiale roccioso delle pareti sovrastanti, seguendo i segni bianchi e rossi dipinti sui massi.

Finita la pietraia si incontra un grosso masso detritico su cui è segnalato l'incrocio del sentiero N°34/A con il sentiero N°34, sentiero che permette di raggiungere la vetta del Monte Aviolo partendo dal parcheggio di località Pozzuolo e risalendo per tutta la sua lunghezza la Valle della Foppa.

Raggiunto il bivio il sentiero inizia a diventare più ripido e risaliti per una ripida morena detritica e rimontata una balza rocciosa ci si porta alla base di uno stretto canale che con l'aiuto di funi metalliche e prestando attenzione ai massi pericolanti viene risalito.

Superato il canale il sentiero continua molto evidente proseguendo serpeggiando fra i massi di un altra grossa morena detritica fino al termine della stessa.

Qui sempre con l'aiuto di catene e di funi metalliche si superano alcune cenge erbose e alcuni stretti canali formati dal crollo di blocchi di granito fino al raggiungimento della vetta (2.881 m s.l.m.).

In vetta è presente una vecchia croce formata dall'unione di due pali di legno di larice; una volta raggiunta la metà bisogna concedersi un meritato riposo in quanto, essendo il Monte Aviolo il rilievo più alto della zona, si ha una visione a 360° dell'intera alta Valle Camonica.

Il monte forma un divisorio naturale fra le tre vallate principali della zona: la valle dell'Aviolo dove è presente alla sua testata iniziale l'omonimo rifugio, la sottostante Valle della Foppa e perpendicolare alla prima si trova la già citata Valle Gallinera.

Fig. 3.7 Veduta del Monte Foppa e del Monte Aviolo lungo la salita per il Monte Colmo

E' un sentiero adatto per escursionisti esperti in quanto presenta l'attraversamento di pietraie di alta quota e su fondi non sempre ben marcati, bisogna inoltre prestare attenzione ai canali rocciosi attrezzati con catene metalliche, in totale dall'ometto posto alla forcella fino alla vetta si incontrano otto punti attrezzati con funi.

Questa tratta si percorre in circa due ore (2 h) dalla forcella e aggiungendo un ora in più partendo dal rifugio Malga Stain.

4. GLI STRUMENTI DI RILIEVO, CONOSCENZA E GESTIONE DELLA SENTIERISTICA

4.1 Cartografia

4.1.1 Aspetti generali

"La cartografia è l'insieme degli studi e delle operazioni scientifiche, artistiche e tecniche che si svolgono a partire dai risultati ottenuti mediante osservazioni dirette al fine di elaborare ed allestire carte, piante e altri modi di espressione, nonché al fine del loro utilizzo" (*Associazione Internazionale di Cartografia*, 1966).

La cartografia quindi è la scienza che ha il compito di rappresentare graficamente su un piano la superficie terrestre o una sua porzione e di risolvere i problemi legati alla deformazione che si viene a creare nel riportare una superficie irregolare su di una superficie piana.

Le prime raffigurazioni cartografiche di cui si ha notizia risalgono alle civiltà che si sono sviluppate fra l'Egitto e la Mesopotamia; queste erano impresse sopra a tavolette di argilla e rappresentavano i contorni, le dimensioni e la suddivisione interna delle città.

Un enorme sviluppo dato alla rappresentazione grafiche della superficie terrestre si ha con le civiltà greche e romane che, mediante i loro studi astronomici avevano già intuito la probabile sfericità della Terra; inoltre la rappresentazione grafica avveniva in base ad un sistema geometrico di linee e di punti fissati sempre con osservazioni astronomiche.

Durante il Medioevo il miglioramento della rappresentazione cartografica ebbe un brusco rallentamento imposto dal pensiero della Terra vista come un piano e non come una sfera; le carte realizzate venivano composte sovrapponendo alle informazioni reali quelle dettate dalla tradizione religiosa. Questa situazione non riguardava solamente l'Europa che produceva cartografia divisa nelle tre parti principali Europa, Africa e Asia e come punto centrale vi era la città di Gerusalemme, ma anche nei paesi islamici la concezione religiosa imponeva ai cartografi del tempo di impostare La Mecca come centro del mondo.

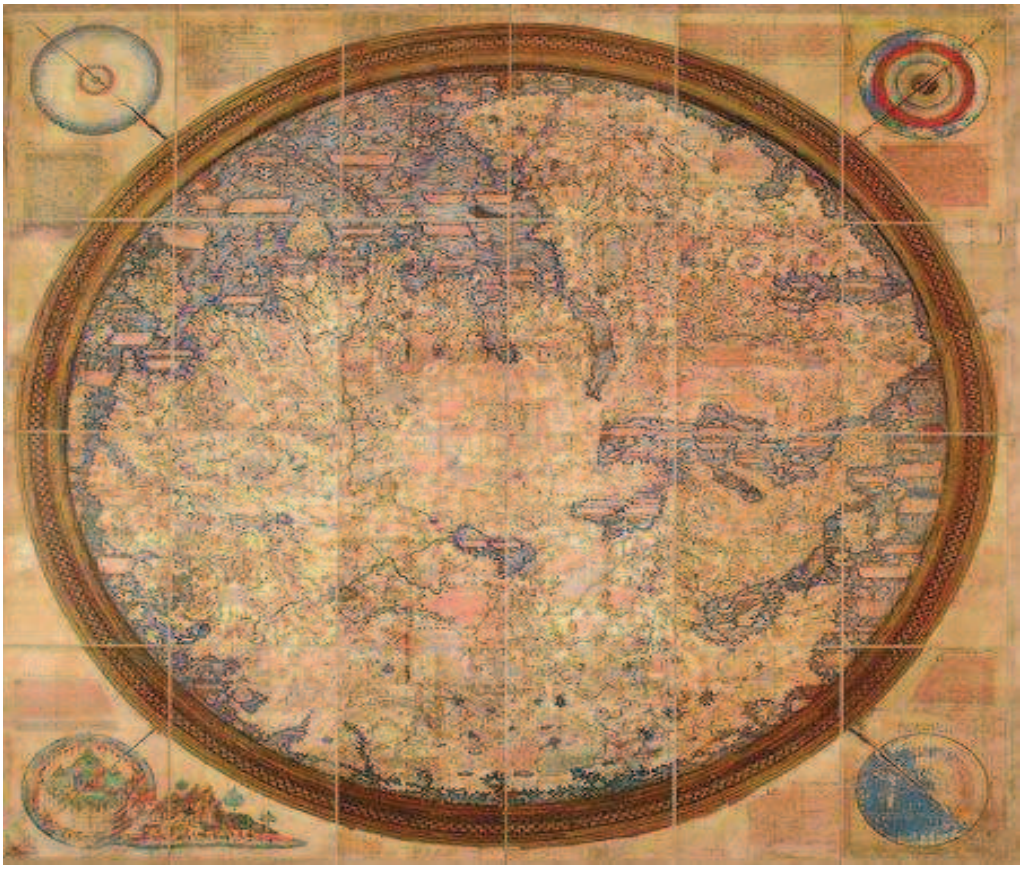

Fig. 4.1 Antico mappamondo del tardo Medioevo, 1460

Nel Rinascimento, con l'aumento dei viaggi fatti in particolare modo dai mercanti, con il conseguente miglioramento delle conoscenze geografiche, e lo studio di sistemi di proiezione, si realizzarono varie carte sia nautiche che terrestri, con la rappresentazione della superficie terrestre nelle sue reali dimensioni.

Questo miglioramento è continuato fino ad arrivare ai giorni nostri dove la ricerca tecnologica (anche per scopi militari) ha coinvolto in modo diretto la realizzazione di cartografia mediante riprese a distanza delle superfici (telerilevamento).

Le carte sono suddivise in base alla scala di rappresentazione, in base al modo di redazione e in base al contenuto delle stesse.

In base alla scala, cioè l'indicazione di quanto sono state ridotte le grandezze reali sulla carta, si suddividono in:

- Mappe: scala 1:2.000 - 1:500;
- Carte topografiche a grande scale: 1:5.000 - 1:10.000, ne sono un esempio le carte tecniche generali;
- Carte topografiche a media scala: 1:25.000 - 1:50.000;
- Carte topografiche a piccola scala: 1:100.000;
- Carte corografiche: scala 1:200.000 - 1:1.000.000, coprono una vasta superficie rappresentano intere regioni ma conservano un sufficiente dettaglio nelle informazioni;
- Carte geografiche: scala inferiore a 1:1.000.000 rappresentano vaste porzioni di territorio e riportano elementi naturali, come fiumi e grosse catene montuose, e i confini amministrativi. Hanno un dettaglio assai limitato e si trovano spesso nelle cartografie d'insieme degli atlanti.

La scala non rappresenta una semplice relazione matematica ma influenza come si è visto le dimensioni dell'area presa in esame e il livello di dettaglio e di informazioni che la carta può fornire.

Ai fini cartografici la Terra viene paragonata ad un ellissoide con il semi asse corrente fra i poli leggermente minore rispetto a quello che attraversa la zona equatoriale.

Per rappresentare su di una superficie piana gli elementi della superficie terrestre vengo utilizzate le cosiddette "proiezioni cartografiche" che definiscono una corrispondenza biunivoca fra i punti rilevati sul'ellissoide e quelli riportati sulla carta che si sta creando.

Nessuna proiezione consente una traslazione dei punti dall'ellissoide al piano senza creare una deformazione, ciò avviene perché si ha un'impossibilità tecnica nel trasferire una superficie curva su di una superficie piana.

Le proiezioni più diffuse si possono suddividere in base alla qualità dell'errore di deformazione oppure in base alle caratteristiche tecniche proprie di ogni sistema di proiezione.

Basandosi sulle qualità dell'errore, le proiezioni si possono suddividere in tre gruppi principali:

- Equivalenti, in cui le maglie del reticolo geografico hanno una superficie esattamente proporzionale a quella terrestre, cioè non vengono alterate le aree reali da quelle rappresentate;
- Equidistanti, presentano le esatte distanze reali misurate da linee fisse come meridiani e paralleli;
- Conformi, non presentano alterazione degli angoli reali fra le forme delle zone reali e quelle rappresentate.

Per quanto riguarda le caratteristiche tecniche di sviluppo delle proiezioni si hanno a disposizione tre metodi principali a cui si possono applicare diverse variabili dettate dal tipo di carta che si vuole ottenere.

- Proiezioni azimutali cioè in cui il reticolo geografico viene proiettato su di una superficie piana che risulta essere tangente alla sfera in un punto che diventa il centro della carta stessa;

- Proiezioni cilindriche, derivanti dallo sviluppo di un cilindro il cui asse coincide con l'asse di rotazione terrestre (proiezione cilindrica diretta) oppure con l'asse equatoriale (proiezione cilindrica inversa).

  Permettono di rappresentare fedelmente soltanto le zone in prossimità della linea di tangenza mentre deformano enormemente la rappresentazione più ci si allontana dalla linea stessa.

- Proiezioni coniche in cui il quadro di insieme è un cono tangente all'ellissoide.

  Permettono di rappresentare ampie aree rispettando le superfici e le distanze ma riguardante un solo emisfero terrestre.

Inoltre è da segnalare anche la suddivisione delle carte in due gruppi sulla base del metodo di rilievo:

- Carte rilevate cioè che per la loro costruzione sono state effettuate campagne di rilievo dirette sul territorio oppure analizzando foto aeree o immagini satellitari;
- Carte derivate cioè ricavate dalle carte rilevate; tali elaborati sono meno dettagliati in quanto derivati attraverso un processo di "sfoltimento delle informazioni" (generalizzazione cartografica).

Infine in base al contenuto distinguiamo carte generali e carte tematiche; le carte generali rappresentano principalmente gli oggetti concreti e durevoli del territorio come ad esempio edifici, strade e zone idriche oltre che elementi immateriali quali i confini politici e amministrativi, la toponomastica, le curve di livello e i punti quotati (ad esempio le carte tecniche). Le carte tematiche rappresentano invece temi specifici dal punto di vista qualitativo o quantitativo.

Osservando una carta è possibile notare una moltitudine di segni grafici, linee, punti, colorazioni differenti attraverso i quali gli elementi del territorio vengono rappresentati.

I simboli cartografici sono segni convenzionali con cui vengono rappresentati gli elementi artificiali e naturali che compongono e caratterizzano un determinato territorio.

Alcuni segni fanno riferimento ad elementi immateriali come ad esempio le curve di livello, fondamentali per la rappresentazione delle quote .

E' da ricordare che il simbolismo è in relazione alla scala della carta, in quanto una carta a scala grande presenterà una maggiore varietà di segni rispetto ad una carta a piccola scala caratterizzata da un minimo livello di dettaglio.

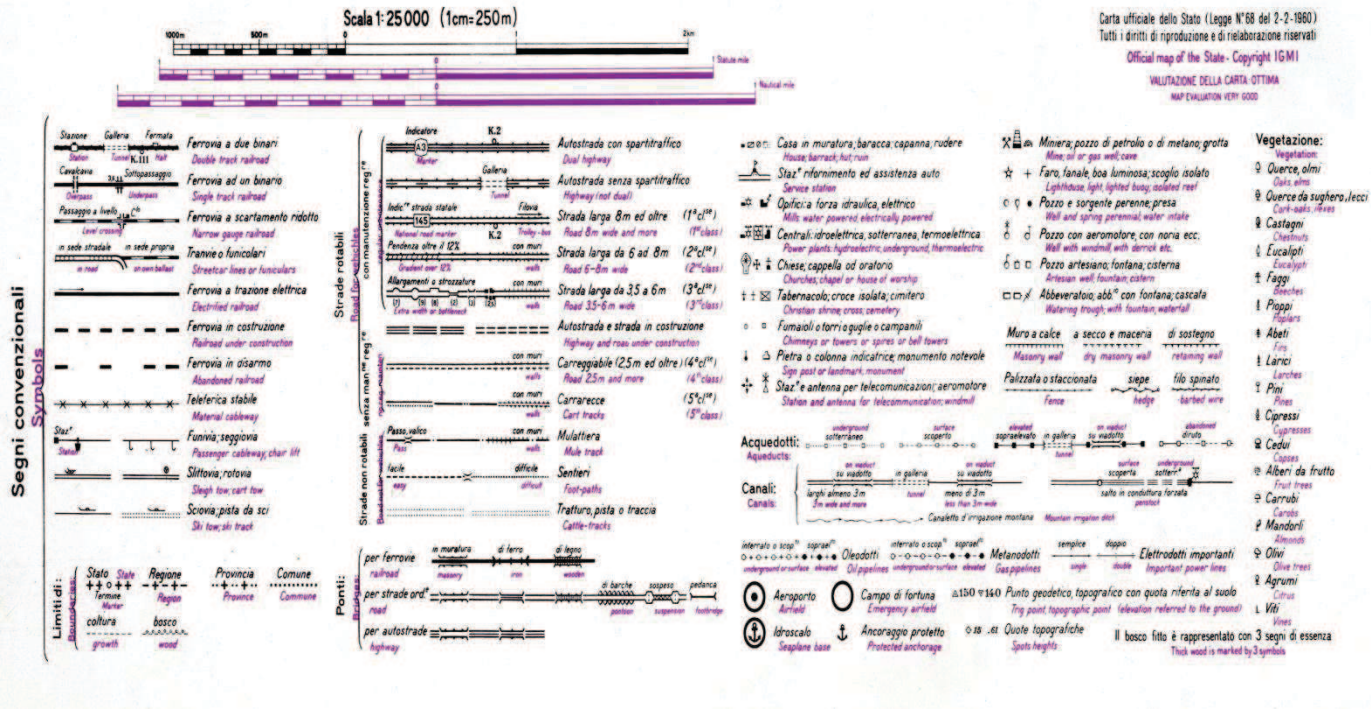

Fig. 4.2 Esempio di segni convenzionali in una carta topografica dell'IGMI

4.1.2 L'istituto Geografico Militare Italiano e la cartografica storica

L'Istituto Geografico Militare Italiano (IGMI) con sede a Firenze, rappresenta uno degli organi cartografici dello Stato Italiano; altri organi cartografici ufficiali dello Stato, stabiliti attraverso la Legge del 2 febbraio 1960 N°68, articolo 1 sono:

- L'Istituto Idrografico della Marina;
- Il Centro Informazioni Geotopografiche Aeronautiche;
- Il Ministero delle Finanze (ex Catasto);
- Il Servizio Geologico d'Italia.

Le attività principali svolte dall'istituto riguardano:

- La produzione e il successivo aggiornamento di cartografica a media (1:25.000 - 1:50.000) e piccola scala (1:100.000);
- La copertura aereo - fotografica dell'intero territorio nazionale;
- La creazione e l'aggiornamento di un database geografico informatizzato uniformato al sistema di riferimento internazionale WGS84 (World Geodetic System 1984);
- La conservazione negli archivi della cartografia storica anche precedente all'unità di Italia.

Oggi giorno l'istituto risulta essere attivo anche nello sviluppo e nella sperimentazione di cartografia digitale e nella creazione di nuova cartografia utilizzando la tecnologia GPS (IGM95).

L'IGMI ha suddiviso le proprie produzioni cartografiche in serie corrispondenti alla scala di rappresentazione; le principali risultano essere:

- Serie 25: scala 1:25.000 attualmente non risulta più in produzione in quanto sostituita dalla serie successiva 25 DB;
- Serie 25 DB: scala 1:25.000 è composta da 2.298 elementi denominati "sezioni" di cui ognuna di queste rappresenta un territorio di circa 150 kmq;
- Serie 25/V: scala 1:25.000 è formata da 3.545 elementi denominati "tavolette", deriva da rilievi eseguiti per la maggior parte con il metodo aereo;
- Serie 50 e serie 50L: scala 1:50.000 sono composte da 646 elementi denominati "fogli", sono carte derivate dalla cartografia 1:25.000;

- Serie 100/V e serie 100/L: scala 1:100.000 sono composte da 278 fogli e derivano come le precedenti da carte a scala 1:25.000.

Analizzando la cartografia storica IGMI, riguardante l'area di studio si è potuto notare che alcuni sentieri, attualmente presenti, erano già esistenti.

Entrando nel dettaglio sono state analizzate le cartografie a scala 1:25.000 e 1:50.000 prodotte negli anni 1885 e 1936, quest'ultima aggiornata al 1969 (vedi figure 4.3 e figure 4.4 in cui in rosso sono stati evidenziati i sentieri già esistenti all'epoca).

La prima è una carta storica facente parte della cosiddetta "levata" del 1885, la seconda è una tavoletta 1:25.000 (serie 25V) realizzata con il rilievo aereofogrametrico del 1936 e successivamente aggiornata con aereo-fotografie del 1969.

Osservando la cartografia storica si notano numerosi sentieri che partendo dal comune di Edolo e dal comune di Sonico raggiungono le numerose malghe dislocate nella zona in cui si è svolto lo studio.

Successivamente con l'abbandono del territorio e la decadenza delle malghe molti sentieri sono stati abbandonati e riconquistati dalla vegetazione, oggi di questi antichi sentieri si possono trovare saltuariamente soltanto delle tracce.

E' da notare come i sentieri erano utilizzati soprattutto quali vie di comunicazione e non per escursionismo o svago, infatti si nota come nessuno dei sentieri conduca in vetta ma si interrompa in prossimità dei pascoli principali.

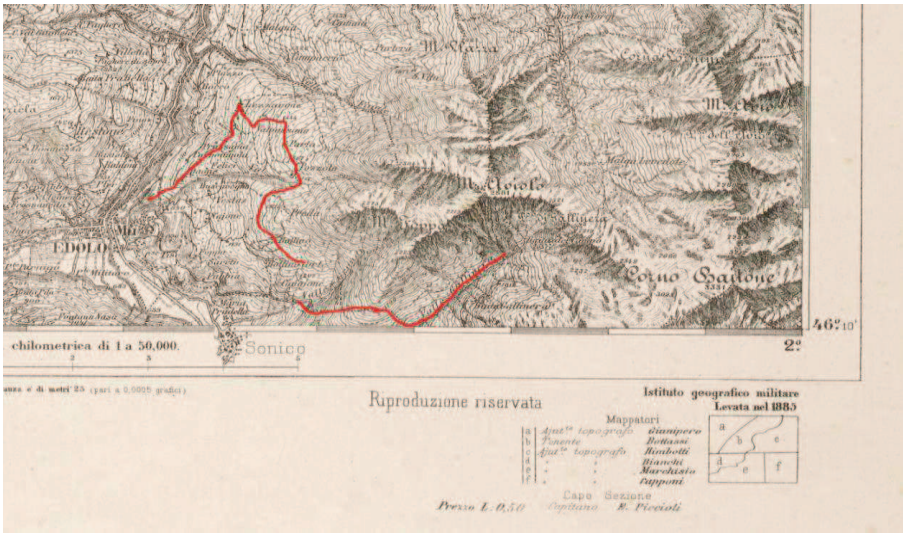

Fig. 4.3 Particolare della cartografica storica IGMI, 1885, in scala 1:50.000 dell'area di studio (in rosso i sentieri già esistenti)

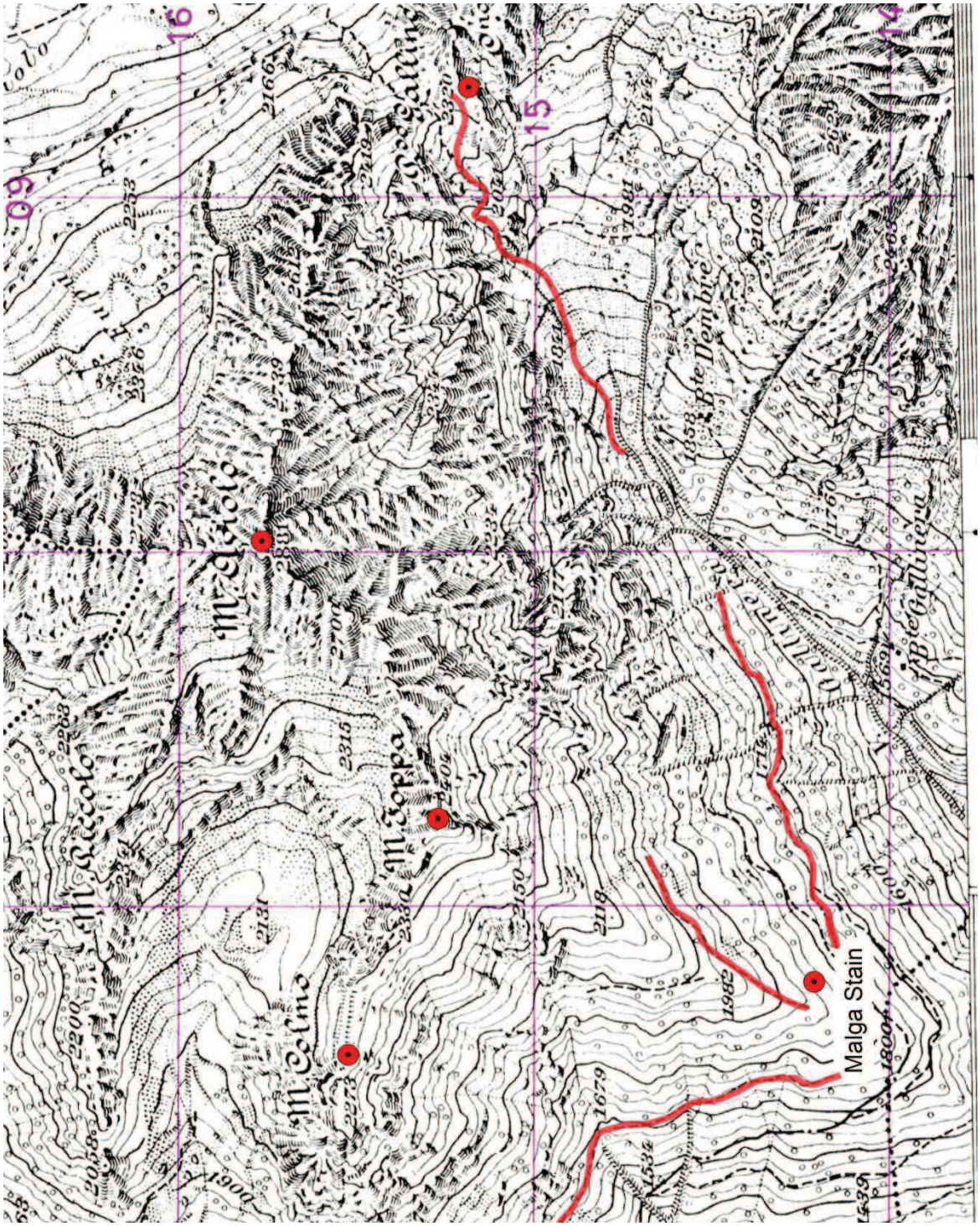

Fig. 4.4 Particolare della cartografia storica IGMI,del 1936 aggiornata con aereofotografie del 1969, in scala 1:25.000 dell'area di studio (in rosso i sentieri già esistenti)

4.1.3 La cartografia, le banche dati della Regione Lombardia e le carte escursionistiche

A partire dagli anni '80 la Regione Lombardia ha avviato iniziative volte alla conoscenza dello stato del territorio regionale.

Il primo strumento di cui la Regione si è dotata è stata la Carta Tecnica Regionale (CTR), una carta topografica a grande scala (1:10.000).

La CTR è derivata dal rilievo aereo-fotogrammetrico del territorio regionale (il primo rilievo risale al 1980 - 1982 e successivi aggiornamenti del 1991 - 1994 e del 2000); per gran parte delle aree montane la CTR rimane aggiornata al volo originario del 1980 - 1982.

La CTR presenta un notevole grado di precisione grafica che risponde ai seguenti requisiti:

- Tolleranza di posizionamento di un punto di 4m;
- Dimensione del particolare più piccolo rappresentato di 2 m;
- Tolleranza altimetrica dei punti quotati di 1,80 m;
- Tolleranza altimetrica delle curve di livello di 3,50 m.

Contemporaneamente la Regione si è dotata di una serie di carte tematiche quali ad esempio le carte di uso del suolo, le carte geoambientali della montagna, le carte geologiche, le carte ambientali della pianura e le più recenti carte di destinazione di uso dei suoli agricoli e forestali (DUSAF).

Nel frattempo è stato avviato il processo di informatizzazione dei dati territoriali che ha portato alla nascita del Sistema Informativo Territoriale Regionale; attualmente le informazioni territoriali (raster e vettoriali) possono essere consultate e scaricate dal geoportale della Regione.

In database sono disponibili tre banche dati principali:

- Database informativo geografico di riferimento, contenente le informazioni geografiche di carattere generale ottenute direttamente dall'acquisizione della CTR;
- Database tematico, contente informazioni riguardanti aspetti specifici del territorio;
- Database contente i progetti di settore.

Infine è possibile fare un accenno alle cosiddette carte escursionistiche, mappe pensate in modo particolare per costruire un supporto per coloro che praticano tale attività.

Sono prodotti cartografici con scala generalmente compresa tra 1:25.000 e 1:50.000; spesso sono accompagnate da vere e proprie guide che descrivono in dettaglio la singola escursione.

Obiettivo di una carta escursionistica è principalmente quello di fornire indicazioni sulla presenza e sulle caratteristiche di una rete di sentieri ma anche su come è possibile raggiungere il punto di partenza di un escursione, trovare indicazioni rispetto a dove si trova la fermata dell'autobus o del treno più vicina, se sono presenti dei parcheggi, se i sentieri sono segnalati, se sono presenti vie ferrate o passaggi assicurati, se sono presenti punti di ristoro aperti tutto l'anno o rifugio aperti solo durante il periodo estivo, ecc.

Generalmente le carte escursionistiche rappresentano particolari quali:

- La rete sentieristica primaria e secondaria;
- La rete stradale;
- La tipologia di copertura del suolo (aree boscate, pietraie, ghiacci, ecc.);
- Le curve di livello (equidistanza di 25 - 50 m);
- Gli edifici;
- I percorsi sci-alpinistici e per la mountain bike;
- Le informazioni relative a elementi e strutture particolari (rifugi, bivacchi, pareti di arrampicata, aree attrezzate, luoghi di interesse);
- La toponomastica completa.

Inoltre è da ricordare che recentemente il C.A.I. ha avviato iniziative volte alla standardizzazione della simbologia nella cartografia escursionistica e alla certificazione della qualità di tali prodotti cartografici.

4.2 GPS

4.2.1 Aspetti generali

Il GPS (Global Positioning System) è un sistema di determinazione delle coordinate dei punti del globo terrestre mediante un processo di radio - trilaterazione satellitare.

Si basa su segnali emessi dai satelliti e captati da appositi ricevitori; il ricevitore calcola la distanza dal satellite (di cui si conoscono le coordinate) che ha emesso il segnale e, ripetendo l'operazione con più satelliti, il ricevitore deriva le proprie coordinate.

Occorrono almeno tre satelliti per poter determinare le coordinate planimetriche ed almeno quattro satelliti per poter determinare anche la quota.

L'idea di creare un sistema di navigazione basato sulla trilaterazione satellitare nacque in America intorno agli anni '60; era composto inizialmente da cinque satelliti e fu utilizzato come strumento di supporto militare, in quanto consentiva alle navi statunitensi di stabilire la propria posizione a cadenze di un ora.

Nel 1983, il governo degli Stati Uniti d'America autorizza l'utilizzo del GPS in modo gratuito anche negli usi civili,in modo che aerei e navi potessero in ogni momento stabilire la propria posizione.

Nel 1994 viene completata la costituzione della costellazione di satelliti utili per il corretto funzionamento degli apparecchi riceventi.

Altri sistemi di navigazione satellitare sono il sistema Galileo di origine europea, che risulta in fase di realizzazione e il sistema russo Glonass realizzato negli anni '80.

Il sistema GPS è costituito da tre parti principali:

1. Il segmento satellitare; formato da ventiquattro satelliti operativi e tre di riserva posti ad una quota di circa 20.000 km dalla Terra, questa altezza permette una adeguata visibilità da parte degli apparecchi riceventi mobili.

   I satelliti sono posti su sei piani orbitali con un inclinazione di circa 55° rispetto all'Equatore terrestre; ognuno di questi satelliti compie due rotazioni complete della sfera terrestre al giorno (una rotazione dura circa 12 ore).

   La costellazione di satelliti è stata concepita in modo tale che in ogni momento, qualsiasi parte della superficie terrestre abbia la coperture di almeno quattro satelliti.

Fig. 4.5 Posizione dei satelliti intorno al globo terrestre

2. Segmento di controllo: ha la funzione di seguire il moto orbitale dei satelliti, assicurare il funzionamento e la sincronizzazione dei loro orologi

atomici e di aggiornare i dati conservati nelle memorie di bordo (aggiornamento che avviene ogni circa otto ore).

Il sistema di controllo è composto da cinque stazioni a terra fra di loro collegate e da una stazione definita master, posta a Colorado Spring, la quale svolge il delicato compito di aggiornamento giornaliero degli orologi atomici posti sui satelliti.

Le altre stazioni di controllo, invece, hanno il compito di misurare la distanza in modo continuo fra esse stesse e i satelliti, con l'obbiettivo di valutare il corretto funzionamento degli apparecchi di bordo.

Fig. 4.6 Localizzazioni delle stazioni di controllo a terra

3. <u>Segmento utente</u>: è composto dai ricevitori che captano il segnale e ricavano le coordinate del punto in cui si trova.

Un sistema GPS, per determinare la posizione dei punti utilizza un processo di trilaterazione su uno spazio tridimensionale; questo metodo si basa sul calcolo della distanza fra il ricevitore e i satelliti "aggangiati", calcolo che viene effettuato analizzando il tempo che impiega il segnale radio, inviato dal satellite, a raggiungere l'apparecchio ricevente.

Il luogo così definito è una sfera che ha per centro il satellite nel momento in cui ha iniziato la trasmissione e come raggio la distanza che viene calcolata dall'apparecchio ricevente; questa sfera disegna sulla superficie terrestre una circonferenza che rappresenta i possibili punti in cui ci si può trovare.

Ripetendo questa operazione, con vari satellite e quindi con differenti distanze, e intersecando fra loro le sfere si determina correttamente la posizione del punto.

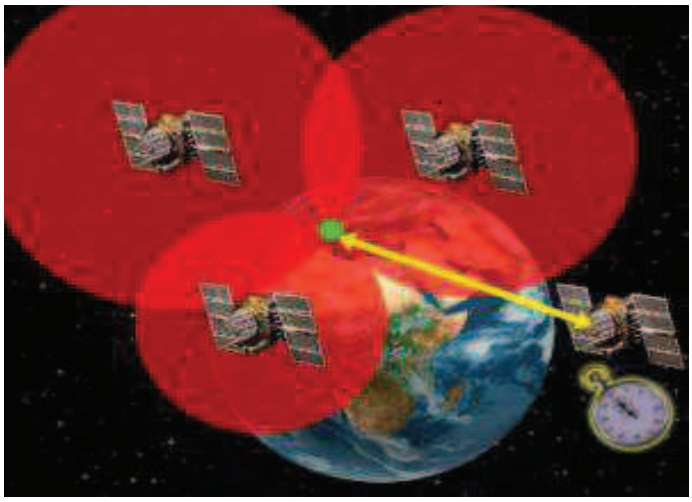

Fig. 4.7 Processo di trilaterazione del gps

Il sistema GPS anche se tecnologicamente avanzato, non è immune da errori che influiscono sul posizionamento; i principali errori possono essere suddivisi in tre gruppi:

1. <u>Errori legati al sistema</u>
   - Diluizione del segnale (DOP), dipende da una cattiva configurazione della costellazione dei satelliti al momento del ricevimento, indica l'accuratezza del posizionamento dei satelliti;
   - Errori prodotti dalla ionosfera e dalla troposfera al momento in cui il segnale le attraversa: questo genera un rallentamento della veloci-

tà di trasmissione del segnale ed una modifica al suo percorso rettilineo;

- Errori causati da eventuali satelliti in avaria;
- Errori indotti da un disturbo del segnale introdotti dai gestori del sistema per scopi essenzialmente di sicurezza nazionale (Disponibilità selettiva SA); questa forma di disturbo è stata disattivata nel 2000 rendendo più precise le rilevazioni effettuate da apparecchi civili.

2. Errori strumentali
   - Errori legati ad un possibile sfasamento degli orologi atomici dei satelliti e del ricevitore;
   - Errori nella ricostruzione del segnale da parte dell'apparecchio ricevente
3. Errori legati a fattori ambientali

- Errori dovuti all'effetto di rimbalzo del segnale sulla superficie terrestre o per interferenze radio;
- Errori dovuti all'ostruzione della trasmissione del segnale procurato dalla presenza di alberi da alto fusto, versanti di montagne, edifici, ecc.

Per correggere gli errori e rendere il rilievo molto preciso si può utilizzare un GPS Differenziale (DGPS), questo sistema, che è dotato di postazioni fisse con coordinate note, determina gli errori che si sono prodotti ed invia una comunicazione radio delle correzioni da apportare agli apparecchi mobili che sono in ricezione.

4.2.2 L'utilizzo del GPS per il rilievo in ambiente montano.

Le prospettive di utilizzo della tecnologia GPS in un contesto svantaggiato come quello montano sono molteplici, si ricordano ad esempio l'utilizzo di tale tecnologia per la realizzazione di carte tematiche, il rilievo della sentieristica e della viabilità forestale, il rilievo dei tipi di vegetazione, il rilievo del fronte di un ghiacciaio, la mappatura dei fronti di incendio, ecc., inoltre è una tecnologia molto flessibile e di facile utilizzazione è intuibile quindi l'utilità di questo strumento nelle situazioni "difficili".

Oltre agli innumerevoli benefici derivati dall'utilizzo del GPS, operare in un ambiente montano presenta anche numerosi limiti di carattere tecnico.

Le maggiori difficoltà a cui si va incontro si possono suddividere in due gruppi che interagiscono fra di loro:

- Riduzione del numero di satelliti visibili dal ricevitore, causata dalle ridotte porzioni di cielo visibile o da una non precisa configurazione della costellazione dei satelliti al momento dell'invio del segnale con una conseguente diluizione della precisione di posizionamento;
- Problemi causati dall'intercettazione e dalla riflessione dei segnali a causa di ostacoli orografici o/e dalle chiome (multipath), comporta una formazione della traiettoria del segnale più lunga rispetto a quella rettilinea fra satellite e ricevitore; questo fenomeno assume molta importanza nelle fustaie molte dense rispetto a boschi più radi o costituiti da cedui.

Questi fenomeni comportano una riduzione di operatività della strumentazione GPS e si possono avere momentaneamente interruzioni delle trasmissioni fra il ricevente e i satelliti, ciò comporta una minore precisione dei rilievi effettuati.

Per risolvere questi problemi vengono adottate tecniche di rilevamento particolari fra cui l'utilizzo di un asta telescopica che permette l'innalzamento di un antenna esterna al ricevitore per poter ridurre l'effetto schermo del segnale, i punti vengono rilevati come media dei segnali inviati da più satelliti oppure vengono ripetuti i rilievi con la scelta dei tracciati che risultano essere i migliori.

Per migliorare ulteriormente i risultati dei rilievi effettuati in ambienti ostili vengono utilizzate tecniche di GPS differenziale che permettono di correggere gli errori che si vengono a creare.

Inoltre in ambiente montano e in bosco risulta utile pianificare il rilievo, cioè utilizzare specifici applicativi che sono in grado di fornire suggerimenti sui giorni e sulle fasce orarie più favorevoli per il rilievo.

Essendo note le caratteristiche delle orbite tali programmi valutano per una delimitata zona i momenti più opportuni in base al numero di satelliti in vista, rispetto le loro geometrie, ecc.

4.3 Sistemi informativi geografici

Un sistema informativo geografico GIS (Geographical Information System) è un sistema organizzato informatizzato composto da hardware, da software, persone e dati geografici, progettato per acquisire, elaborare e restituire tutti i dati territoriali.

Con l'utilizzo di un sistema GIS oltre alle caratteristiche geometrico - spaziali si possono unire determinate caratteristiche identificative denominate attributi, in questo modo si viene a creare una banca dati legata al territorio preso in esame.

I dati geografici che vengono immessi in un sistema GIS vengono acquisiti da cartografia tradizionale, da foto aeree o immagini da satellite o da rilievi effettuati sul campo per mezzo di strumentazione GPS.

I dati territoriali possono essere suddivisi in due categorie principali:

- Dati geografico - spaziali;
- Dati descrittivi (attributi).

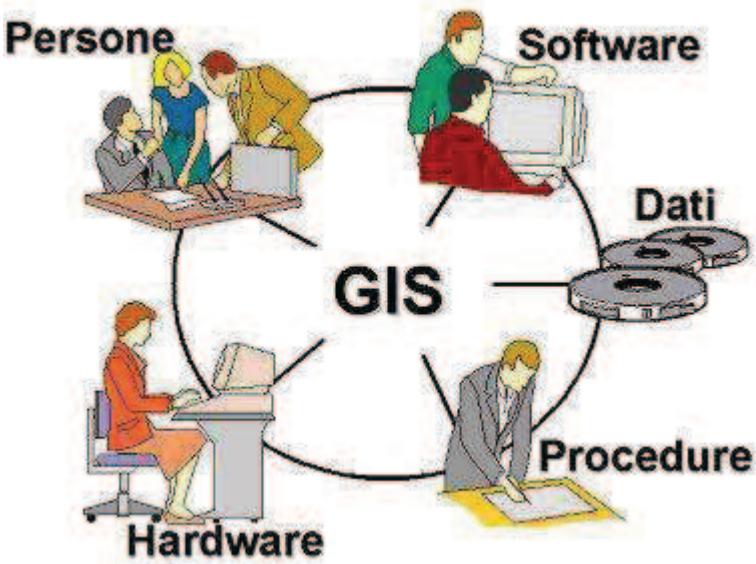

Fig. 4.8 Rappresentazione del sistema GIS

Dal punto di vista grafico gli elementi territoriali possono essere ricondotti a tre forme geometriche principali dipendenti dal grado di accuratezza del rilievo e dalla tipologia di elementi:

- Punti, rappresentano elementi geografici di dimensioni molto ridotte per poter essere rappresentati correttamente ad una determinata scala, sono identificati attraverso le coordinate;
- Archi, sono un insieme di punti di coordinate note e rappresentano elementi geografici con un andamento prevalentemente lineare, come ad esempio strade, fiumi, curve di livello, ecc;
- Poligoni, sono entità rappresentate da linee chiuse e definiscono elementi areali come ad esempio appezzamenti e nuclei urbani.

I dati geografici inoltre vengono acquisiti dal sistema attraverso due strutture differenti:

- Dati vettoriali: vengono acquisiti dal sistema attraverso la digitalizzazione manuale oppure attraverso rilievi sul campo effettuati con particolari strumenti fra cui il GPS. Sono memorizzati sotto forma di coordinate geografiche e presentano numerosi vantaggi di tipo tecnico fra cui un elevata precisione rappresentativa e una ridotta occupazione della memoria ma al contempo presentano un elevato costo di acquisizione.
- Dati raster: sono definiti da una matrice composta da celle (pixel) a cui vengono assegnati determinati valori e presentano una risoluzione legata alla dimensione delle celle stesse. Questi dati provengono fondamentalmente da processi di scansione oppure forniti direttamente come immagine digitale.

  Sono caratterizzati da una rappresentazione "a gradini" dovuta alle celle della matrice, determinano notevole occupazione di memoria, presentano un costo di acquisizione minore rispetto ai dati in formato vettoriale; derivano generalmente da processi di acquisizione automatica.

La parte descrittiva dei dati geografici permette di esprimere alcune delle caratteristiche associate ai dati stessi. I dati descrittivi, definiti "attributi", sono di carattere alfa - numerico e vengono raggruppati in tabelle composte da righe in cui vengono registrati gli elementi geografici e in campi che contengono le diverse caratteristiche del singolo elemento.

Con un sistema GIS, come si è detto, oltre all'acquisizione di informazioni si possono produrre elaborati finali riguardanti il territorio che si sta analizzando.

Fra le principali elaborazioni che si possono ottenere vanno ricordate:

- La sovrapposizione tematica, definita come "overlay topologico" cioè una procedura di analisi che permette di unire e sovrapporre varie carte tematiche di base in modo da produrre una nuova carta di sintesi;
- La creazione di modelli digitali del terreno dai quali vengono derivate le pendenze, le esposizioni, ecc;
- La creazione di aree di rispetto dette "buffer" intorno a determinati elementi geografici;
- La selezione di elementi geografici sulla base delle caratteristiche degli stessi o degli attributi; i dati immagazzinati nel sistema possono essere sottoposti ad operazioni di query, cioè viene impostata una domanda attraverso una specifica funzione e il sistema ci restituirà soltanto i dati che rispondono a tale interrogazione .

5. IL RILIEVO E LA CREAZIONE DI UNA BANCA DATI DEI SENTIERI DELLA VAL GALLINERA E DEL MONTE AVIOLO

5.1 Obiettivi del rilievo

Prima di illustrare la strumentazione GPS utilizzata, i metodi di rilievo e i risultati ottenuti é opportuno descrivere lo scopo del lavoro effettuato.

Lo studio è stato impostato principalmente sui seguenti obiettivi:

- Effettuare il rilievo dei sentieri al fine di aggiornare la cartografia dell'area (ad esempio la stessa CTR riporta solo alcuni dei sentieri effettivamente presenti);
- Verificare la funzionalità della strumentazione GPS nel rilievo dei sentieri in un ambiente sfavorevole come quello montano; senza ricorrere alla correzione differenziale (DGPS);
- Valutare dal punto di vista dell'accuratezza e qualitativo tale metodologia di rilievo;
- Creare una banca dati dei sentieri attraverso l'utilizzo di tecnologia GIS come strumento per immagazzinare, elaborare e visualizzare i dati raccolti sul campo.

Oltre a soddisfare questi obiettivi il rilievo verrà utilizzato anche dal gestore del rifugio Malga Stain, attraverso la pubblicazione delle elaborazioni cartografiche finali sul proprio sito internet (www.rifugiomalgastain.it), in modo da

valorizzare e pubblicizzare i sentieri escursionistici presenti nei dintorni del rifugio stesso.

Circa la base cartografica sulla quale appoggiare il rilievo è stata scelta la Carta Tecnica Regionale della Lombardia 1:10.000; la scelta di una scala di maggior dettaglio è stata esclusa in quanto il tema oggetto del rilievo non richiede maggior dettagli (si pensi che la maggior parte delle carte escursionistiche hanno una scala compresa tra 1:25.000 e 1:50.000).

Inoltre tale scala è compatibile con rilievi GPS che non richiedono precisioni submetriche ottenibili con la tecnica della correzione differenziale; difatti l'errore di graficismo (0,2 mm) di una carta 1:10.000 corrisponde a 2 metri (quindi è praticamente inutile arrivare a precisioni sotto il metro, in quanto non saremmo in grado di rappresentarle).

5.2 Descrizione della strumentazione GPS e del rilievo effettuato

La strumentazione GPS utilizzata durante il rilevo sul campo è della casa costruttrice Thales Navigation e in particolare è stato utilizzato il modello Mobile Mapper CE.

Lo strumento si compone di un palmare portatile, con batterie ricaricabili a lunga durata, completamente touch-screen da cui è possibile effettuare le operazioni di impostazione dello strumento per il rilievo, e da un'antenna e-

sterna con un cavo di circa due metri che permette una migliore ricezione del segnale inviato dai satelliti.

L'apparecchiatura si basa su un hardware estremamente robusto progettato appositamente per poter essere utilizzato in ambiente difficile, è testato per poter essere utilizzato con temperature esterne comprese fra i -10°C e i 60°C inoltre è stato progettato per resistere ad urti da un altezza massima di un metro e mezzo e ad immersioni accidentali fino ad un metro di profondità.

Lo strumento presenta dimensione (20 cm X 8 cm X 5 cm) e peso (560 g circa) molto contenuti permettendo una ottima maneggevolezza durante il rilievo, lo schermo LCD retroilluminato con una dimensione di 320 X 240 pixel permette una facile lettura.

Fig. 5.1 Apparecchio GPS Thales Mobile Mapper CE utilizzato durante il rilievo

Durante il rilievo sul campo, per migliorare la ricezione dei segnali dei satelliti, si è provveduto a fissare l'antenna esterna di ricezione ad una asta alta circa un metro e mezzo fissata allo zaino.

Il GPS è stato dotato di software ArcPad, un programma GIS per palmari che consente di acquisire punti, linee e poligoni direttamente in formato GIS standard (shape files).

Lo strumento è stato impostato per acquisire gli elementi territoriali nel sistema nazionale Gauss - Boaga Roma 40, utilizzato anche nella cartografia regionale.

Il rilievo è stato effettuato due volte con modalità differente.

Il primo rilievo è stato svolto durante il mese di luglio e agosto 2011 rilevando il percorso non in continuo ma acquisendo con il GPS i singoli vertici di una linea spezzata.

In questo modo una volta aperta la spezzata, si proseguiva lungo il sentiero per circa 10 metri (1mm alla scala 1:10.000) dove, dopo aver verificato la ricezione del segnale veniva acquisito il vertice della spezzata per poi proseguire.

Lo strumento è stato impostato in modo tale che il singolo punto veniva acquisito come media di dieci posizioni ricevute; a tal fine era necessario sostare nel punto per circa dieci secondi prima di proseguire per il punto successivo.

Con questa modalità sono stati rilevati tutti i sentieri che rientravano nell'area di studio.

Contemporaneamente i sentieri sono stati suddivisi in tratte omogenee; il sentiero N°1 "Alta Via dell'Adamello" è stato suddiviso in tre parti, la prima dalla frazione di Mù del comune di Edolo fino al parcheggio posto in località

Pozzuolo, la seconda sezione comprende il sentiero da località Pozzuolo al rifugio Malga Stain e per finire l'ultima sezione partiva dal rifugio fino ad arrivare al bivacco Valerio Festa posto nei pressi del Passo di Gallinera. Il sentiero N°34/A che invece porta al Monte Aviolo è stato suddiviso in tre tratte, una prima che partendo dal rifugio Malga Stain conduce alla vetta del Monte Colmo, una seconda che dal Passo della Foppa devia verso il Monte Foppa e l'ultima sezione che dal sopra citato passo porta in cima al Monte Aviolo.

Durante il rilievo dei vertici della spezzata sono state rilevate anche le coordinate dei punti di maggiore interesse e alcune caratteristiche salienti delle tratte, come la difficoltà tecnica, i tempi di percorrenza, lo stato di manutenzione del sentiero e della segnaletica, se lungo il percorso sono presenti punti di sosta e panoramici, l'eventuale presenza di acqua e il tipo di ambiente naturale che viene attraversato (vedi tabella 5.1 e tabella 5.2).

La presenza di una buona segnaletica, sia verticale sia orizzontale, e lo stato di manutenzione sono stati valutati secondo una scala di valori che comprendevano i termini: sufficiente, buono e ottimo.

Inoltre è da segnalare che durante la fase di rilievo le condizioni meteorologiche si sono mantenute buone con cielo sgombro da nubi tranne che per il rilevo della tratta compresa fra il rifugio e il bivacco dovo sono stato colto da un improvviso temporale.

Il secondo rilievo è stato effettuato nel mese di ottobre 2011 ripercorrendo due tratte del sentiero N°1 "Alta Via dell'Adamello", (la prima da Edolo alla località Pozzuolo e la seconda fino al rifugio).

In questo caso il rilievo è stato condotto in modalità continua, camminando senza soste lungo il rilievo e acquisendo un punto ogni secondo; l'obiettivo è stato quello di effettuare un confronto fra le due modalità in un contesto ambientale sfavorevole come quello montano.

CARATTERISTICHE DEL SENTIERO N°1 "ALTA VIA DELL'ADAMELLO			
	TRATTA 1.1	TRATTA 1.2	TRATTA 1.3
TRATTO DA	EDOLO (MU')	POZZUOLO	RIF. MALGA STAIN
TRATTO A	POZZUOLO	RIF. MALGA STAIN	PASSO GALLINERA
QUOTA PARTENZA (m s.l.m)	700	1.620	1.832
QUOTA ARRIVO (m s.l.m.)	1.620	1.832	2.320
TEMPO PERCORRENZA (h)	2,30	1,15	2,30
DIFFICOLTA'	T/E	T	E
PANORAMICO	NO	SI	SI
SEGNALETICA	BUONA	BUONA	SUFFICIENTE
MANUTENZIONE	OTTIMA	OTTIMA	BUONA
ACQUA	SI	SI	SI
PUNTI DI SOSTA	SI	SI	SI
TRATTI ATTREZZATI	NO	NO	NO
AMBIENTE	PECCETA	CONIFERE - CADUCIFOGLIE	PECCETA - PRATERIA

Tabella 5.1 Caratteristiche del sentiero N°1 "Alta Via dell'Adamello"

CARATTERISTICHE SENTIERO 34/A PER IL MONTE AVIOLO			
	TRATTA 34/A.1	**TRATTA 34/A.2**	**TRATTA 34/A.3**
TRATTO DA	RIF. MALGA STAIN	PASSO FOPPA	PASSO FOPPA
TRATTO A	MONTE COLMO	MONTE FOPPA	MONTE AVIOLO
QUOTA PARTENZA (m s.l.m.)	1.832	2.332	2.332
QUOTA ARRIVO (m s.l.m.)	2.273	2.400	2.881
TEMPO PERCORRENZA (h)	1,15	0,15	2,00
DIFFICOLTA'	E	EE	EEA
PANORAMICO	SI	SI	SI
SEGNALETICA	BUONA	SUFFICIENTE	BUONA
MANUTENZIONE	BUONA	SUFFICIENTE	BUONA
ACQUA	NO	NO	NO
PUNTI DI SOSTA	NO	NO	NO
TRATTI ATTREZZATI	NO	NO	SI
AMBIENTE	PRATERIA- LARICI	ROCCE	ROCCE

Tabella 5.2 Caratteristiche del sentiero 34/A per il Monte Aviolo

5.3 Risultato del rilievo e problematiche

I risultati ottenuti dalle rilevazioni sul campo si possono considerare nel loro i insieme positivi, anche se occorre formulare alcune considerazioni sulle due modalità di rilievo adottate.

Con il rilievo in modalità discontinua dei vertici della spezzata si è registrata una accuratezza maggiore in quanto le coordinate dei punti venivano registrate come valore medio di 10 posizioni ricevute.

Inoltre era possibile mantenere l'antenna in una posizione fissa una volta scelto il punto di sosta.

Tale metodologia ha comportato un aumento notevole del tempo necessario per effettuare il rilievo, in quanto circa ogni 10 metri era necessario sostare per circa dieci secondi (ma il tempo poteva aumentare nel caso di vegetazione fitta).

Con il rilievo in modalità continua si sono registrate delle accuratezze nel posizionamento minori, il GPS registrava una posizione ogni secondo in modo automatico; inoltre per effetto delle oscillazioni alle quali l'antenna del GPS era soggetta (dovute alla camminata) la traccia veniva acquisita con un andamento a "zig - zag".

Per valutare la qualità del rilievo è stato effettuato un confronto fra le tracce di sentiero riportate sulla Carta Tecnica Regionale e i sentieri rilevati con il GPS nelle due modalità.

La figura 5.2 riporta in rosso (5.2/A) il sentiero rilevato in modalità discontinua, in verde (5.2/B) quello in modalità continua.

Nel tratto considerato si può notare come i sentieri rilevati si sovrappongano in maniera soddisfacente al sentiero disegnato sulla Carta Tecnica Regionale (doppio tratteggio) con scostamenti massimi dell'ordine di 10 - 20 metri (1- 2 mm alla scala 1:10.000).

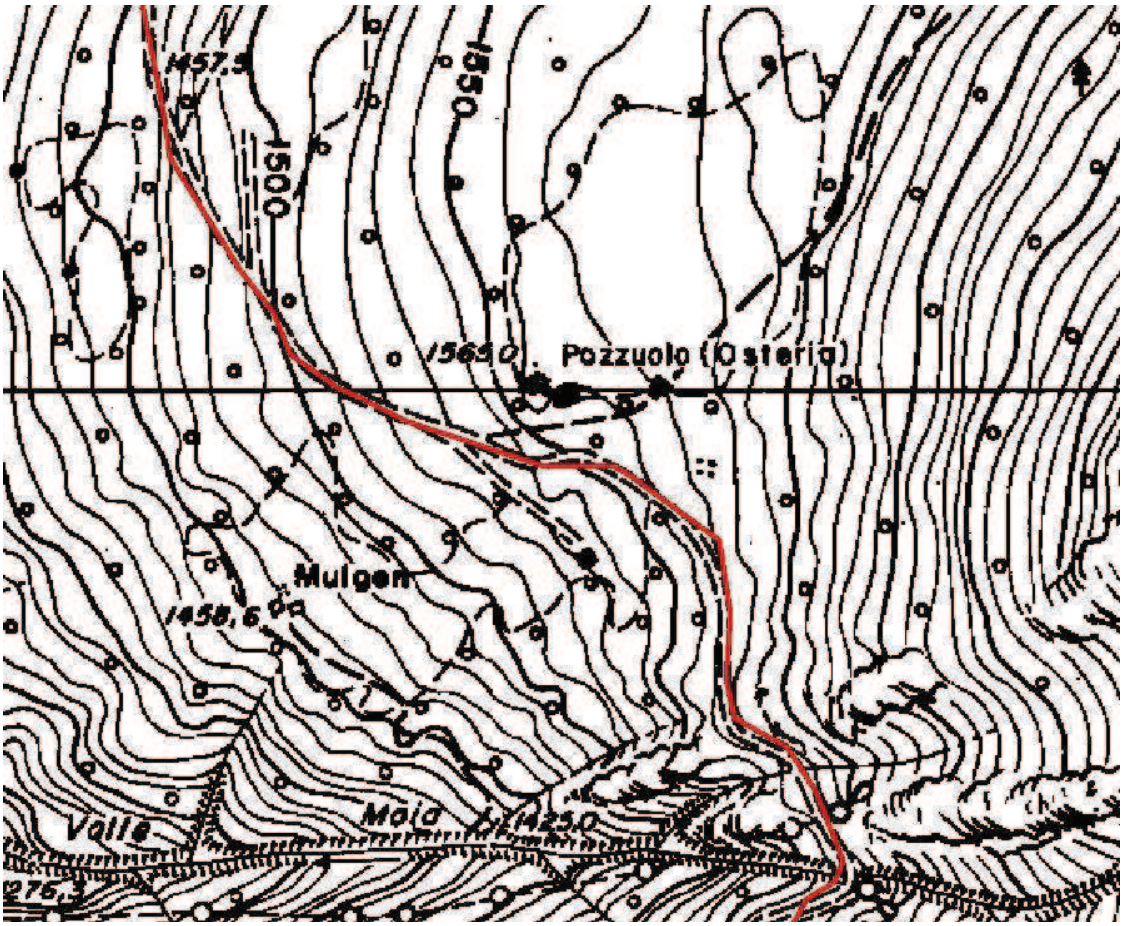

Fig. 5.2/A Sentiero rilevato in modalità discontinua

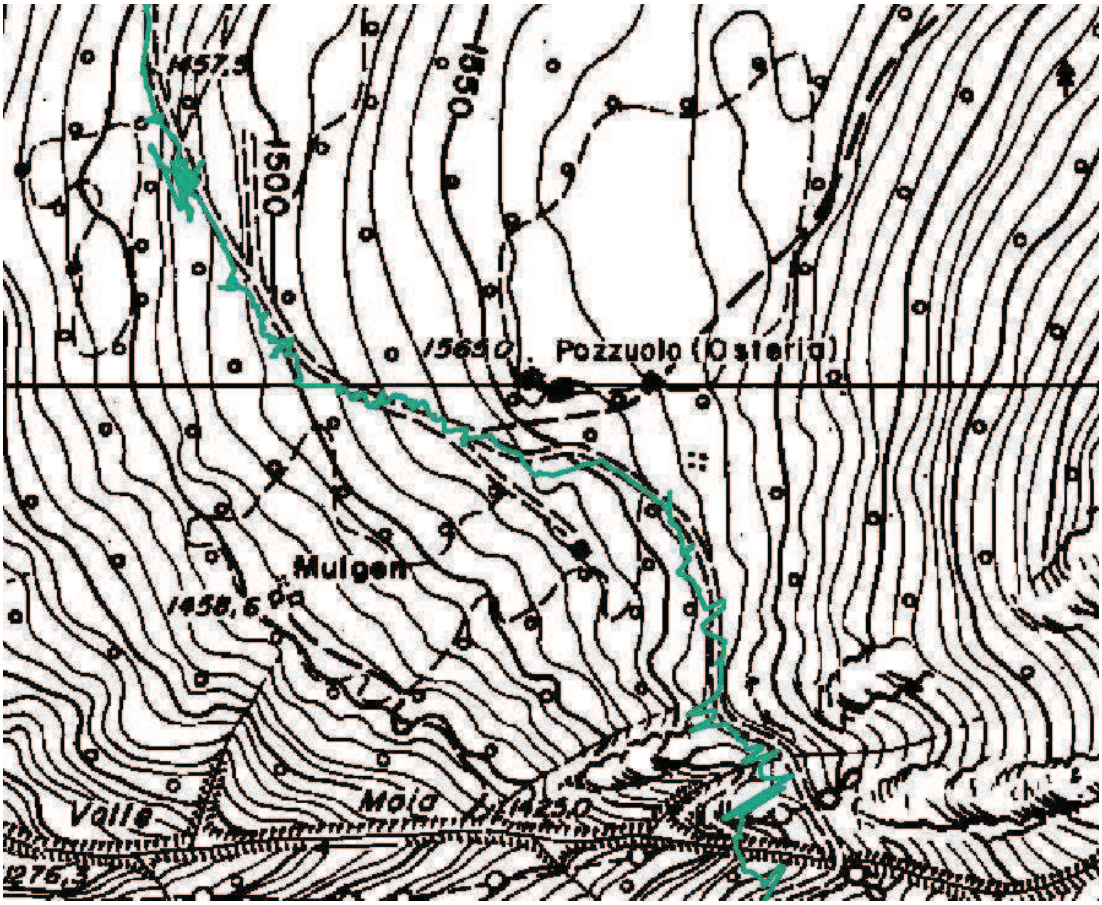

Fig. 5.2/B Sentiero rilevato in modalità continua

La figura 5.3 riporta le differenze con riferimento ad un altra zona. Qui sono più evidenti le differenze di rilievo nelle due modalità e gli scostamenti rispetto ai sentieri riportati nella CTR (più evidenti nel caso del rilievo in continuo).

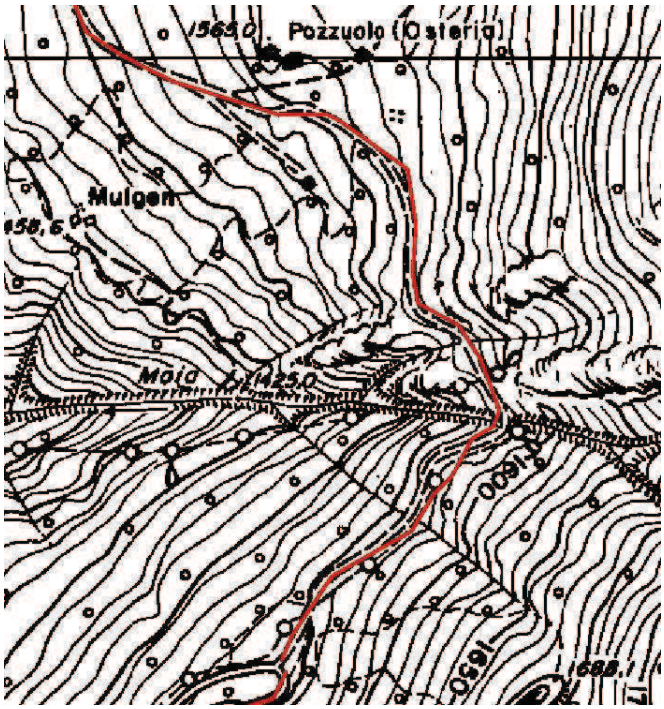

Fig. 5.3/A Sentiero rilevato in modalità discontinua

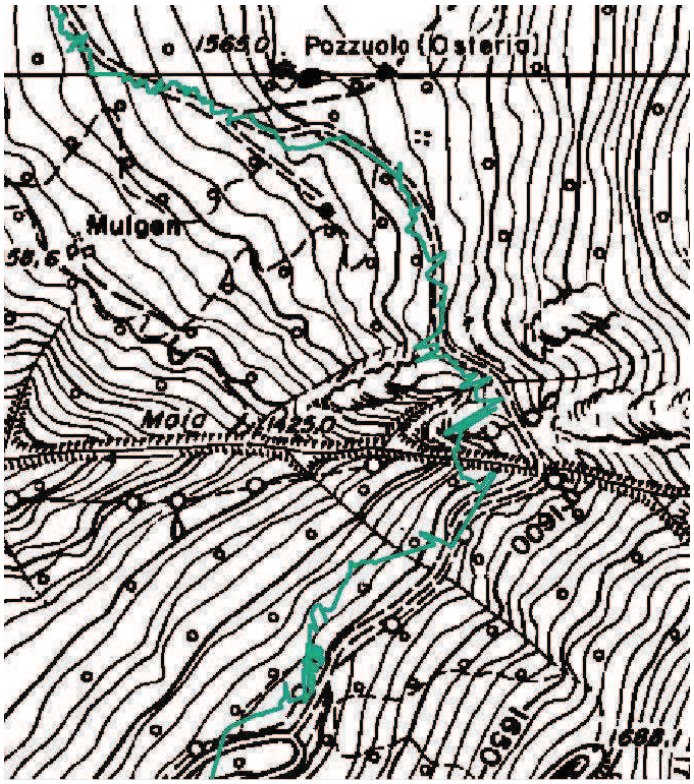

Fig.5.3/B Sentiero rilevato in modalità continua

Inoltre è stato possibile notare come nel rilievo per punti in modo discontinuo si siano presentati con maggior frequenza errori probabilmente causati da perdita o rimbalzo del segnale (multipath) che hanno dato origine a punti rilevati completamente fuori dal tracciato (fig. 5.4).

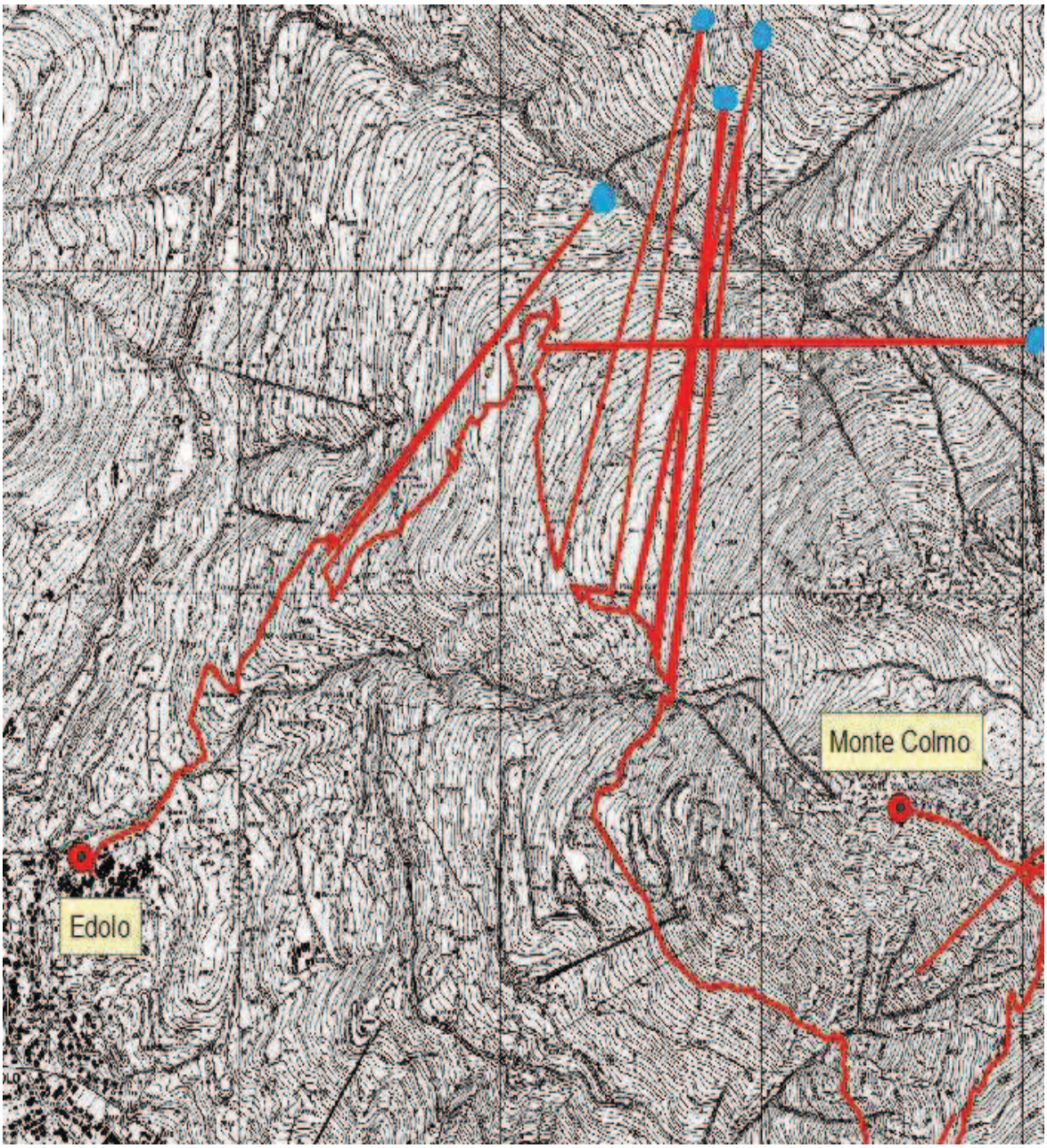

Fig. 5.4 Sentiero rilevato in modalità discontinua con punti "anomali"

Nel caso di rilievo dinamico, infatti, i fusti e gli oggetti che potevano determinare il rimbalzo del segnale variavano continuamente rispetto all'antenna in movimento e, influivano quindi per tempi limitati (fig. 5.5).

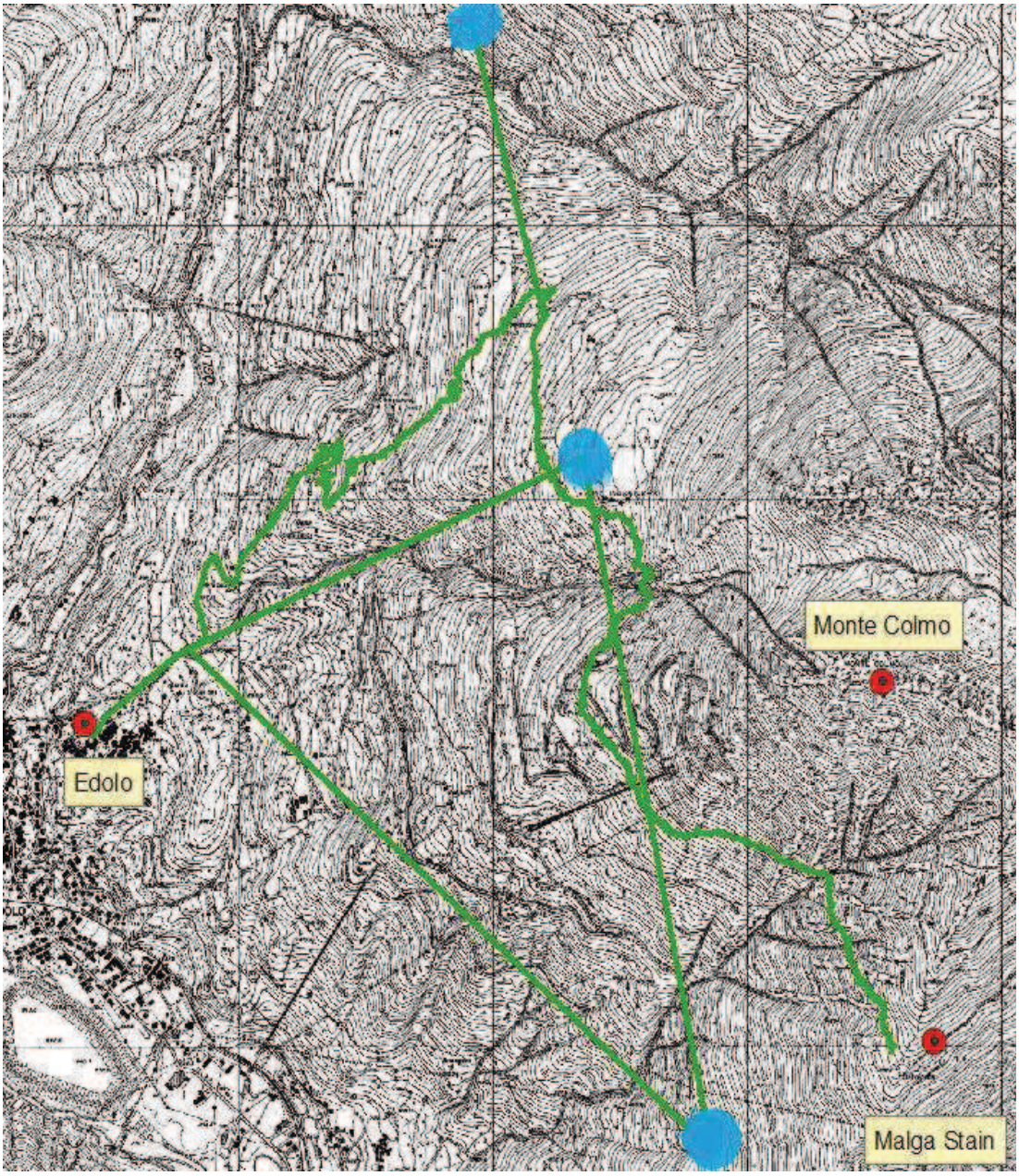

Fig. 5.5 Sentiero rilevato in modalità continua con numero minore di punti "anomali"

E' stato quindi neccessario eliminare in modo manuale tali punti anomali per arrivare ad un tracciato definitivo.

Occorre naturalmente ricordare che un rilievo di qualità maggiore può essere ottenuto attraverso la tecnica della correzione differenziale delle misure (DGPS). Tale tecnica presume la presenza, nella stessa zona in cui si effettua il rilievo (raggio 15 -20 km), di un ricevitore base fisso su di un punto di coordinate note.

La base effettua il rilievo nello stesso momento in cui lavora il ricevitore mobile e corregge le posizioni attraverso il confronto con le coordinate note. Le correzioni vengono inviate, in tempo reale o in post - processing al ricevitore mobile.

Tale tecnica comporta naturalmente costi maggiori e la necessità di disporre di una base (tra gli scopi della tesi vi era infatti anche quello di testare un metodo di rilievo " speditivo" e a costi contenuti).

5.4 Inserimento del rilievo in un sistema GIS e creazione della banca dati dei sentieri

I tracciati rilevati con il GPS in dotazione venivano acquisti direttamente (grazie al software ArcPad) nel formato GIS "shape file", nel sistema GAUSS - BOAGA.

E' stato quindi possibile trasferire gli stessi dalla scheda di memoria del ricevitore GPS ad un personal computer per le successive operazioni volte alla creazione di un database geografico.

In particolare per la realizzazione del GIS dei sentieri è stato utilizzato il software ArcGIS.

Dopo aver trasferito i dati rilevati sul campo (metodo discontinuo), si è passati alla correzione manuale degli errori fra cui l'eliminazione dei punti anomali dovuti alla perdita o al rimbalzo del segnale.

Alla correzione è seguito il completamento della banca dati alfanumerica associata ai percorsi e contenente gli attributi relativi ai sentieri (già descritti nel paragrafo 5.2 nelle tabelle 5.1 e 5.2).

In figura 5.6 sono mostrati i sentieri finali dopo la fase di correzione manuale e l'esempio, per un tracciato, delle informazioni contenute nella banca dati.

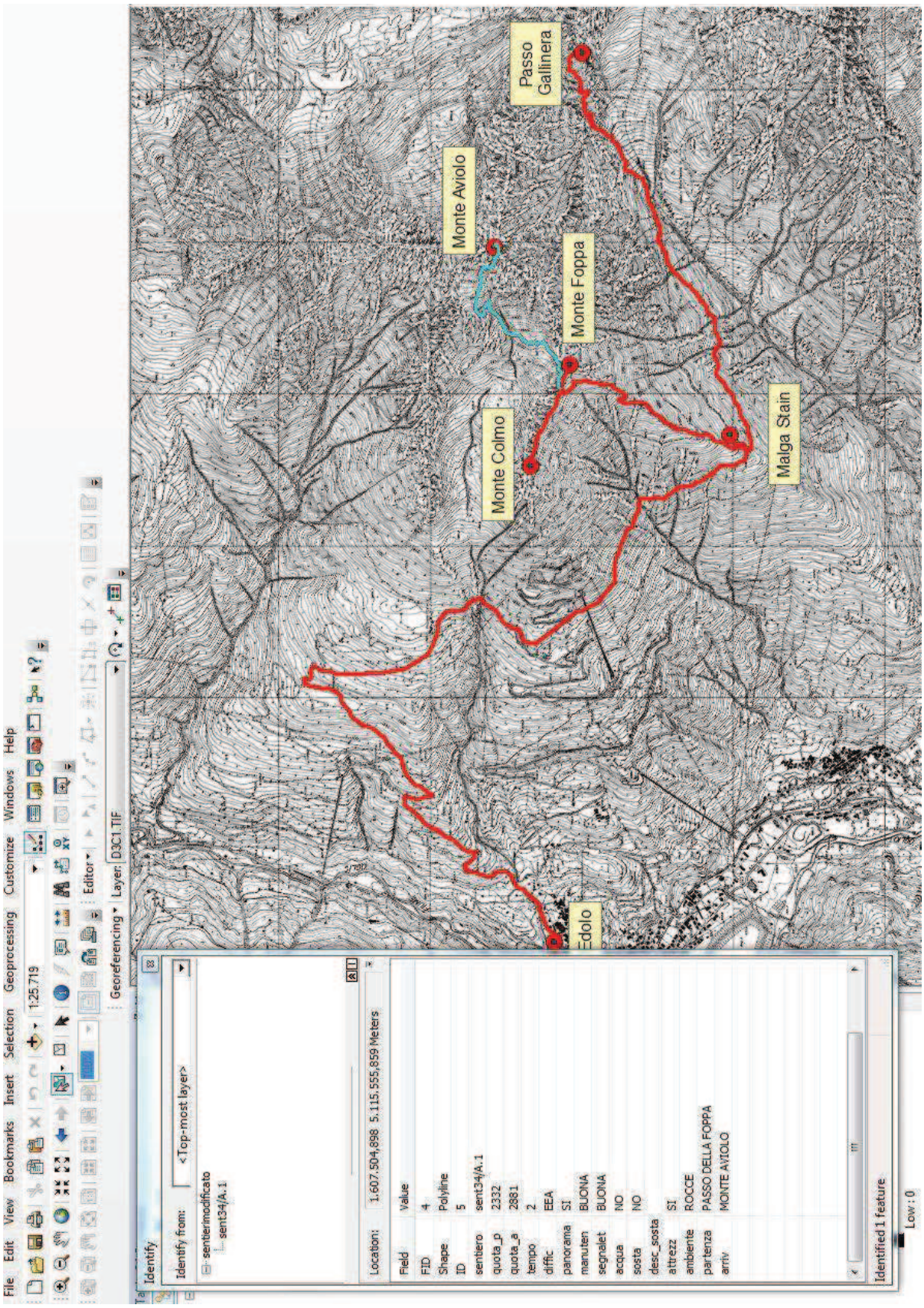

Fig. 5.6 I sentieri definitivi e l'esempio della banca dati per un tracciato (evidenziato in blu)

5.5 Elaborati cartografici finali

A partire dalla banca dati è stato possibile ottenere alcune elaborazioni cartografiche relative alle caratteristiche della rete sentieristica acquisita.

Nelle pagine successive si riportano le seguenti carte finali:

- Figura 5.7, Carta rappresentante le tratte analizzate durante lo studio;
- Figura 5.8, Carta rappresentante le tratte suddivise per tempi di percorrenza;
- Figura 5.9, Carta rappresentante le tratte suddivise per difficoltà secondo la classificazione C.A.I.;
- Figura 5.10, Carta rappresentante i tratti in cui si ha disponibilità di acqua;
- Figura 5.11, Carta rappresentante l'ambiente naturale attraversato;
- Figura 5.12, Carta rappresentante i sentieri panoramici;
- Figura 5.13, Carta rappresentante lo stato della segnaletica orizzontale e verticale;
- Figura 5.14, Sentieri rilevati, sovrapposti a immagine da satellite (Bing Map);
- Figura 5.15, Sentieri rilevati, sovrapposti a cartografia stradale (Open Street Map);

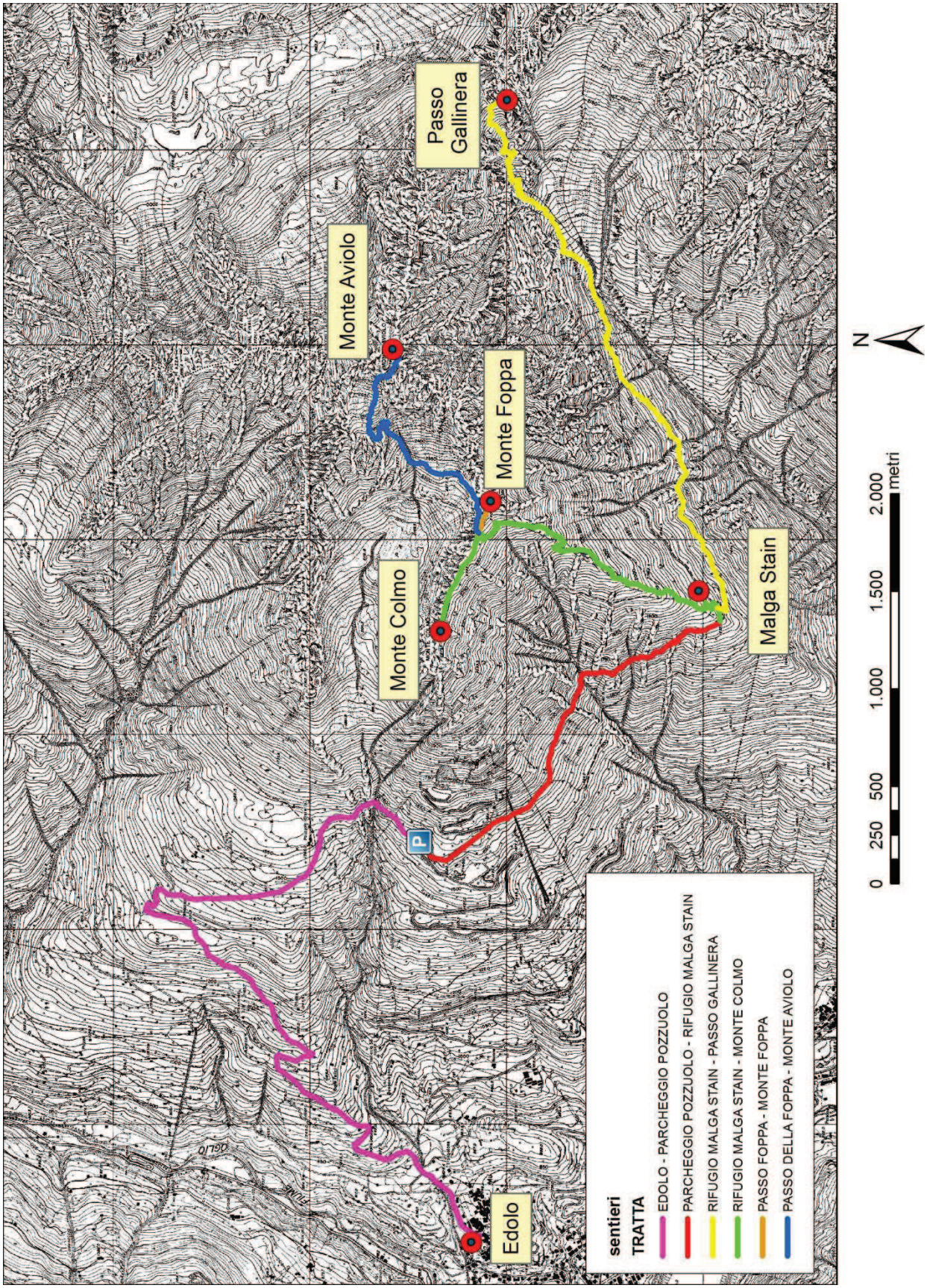

Fig. 5.7 Carta rappresentante le tratte analizzate durante lo studio

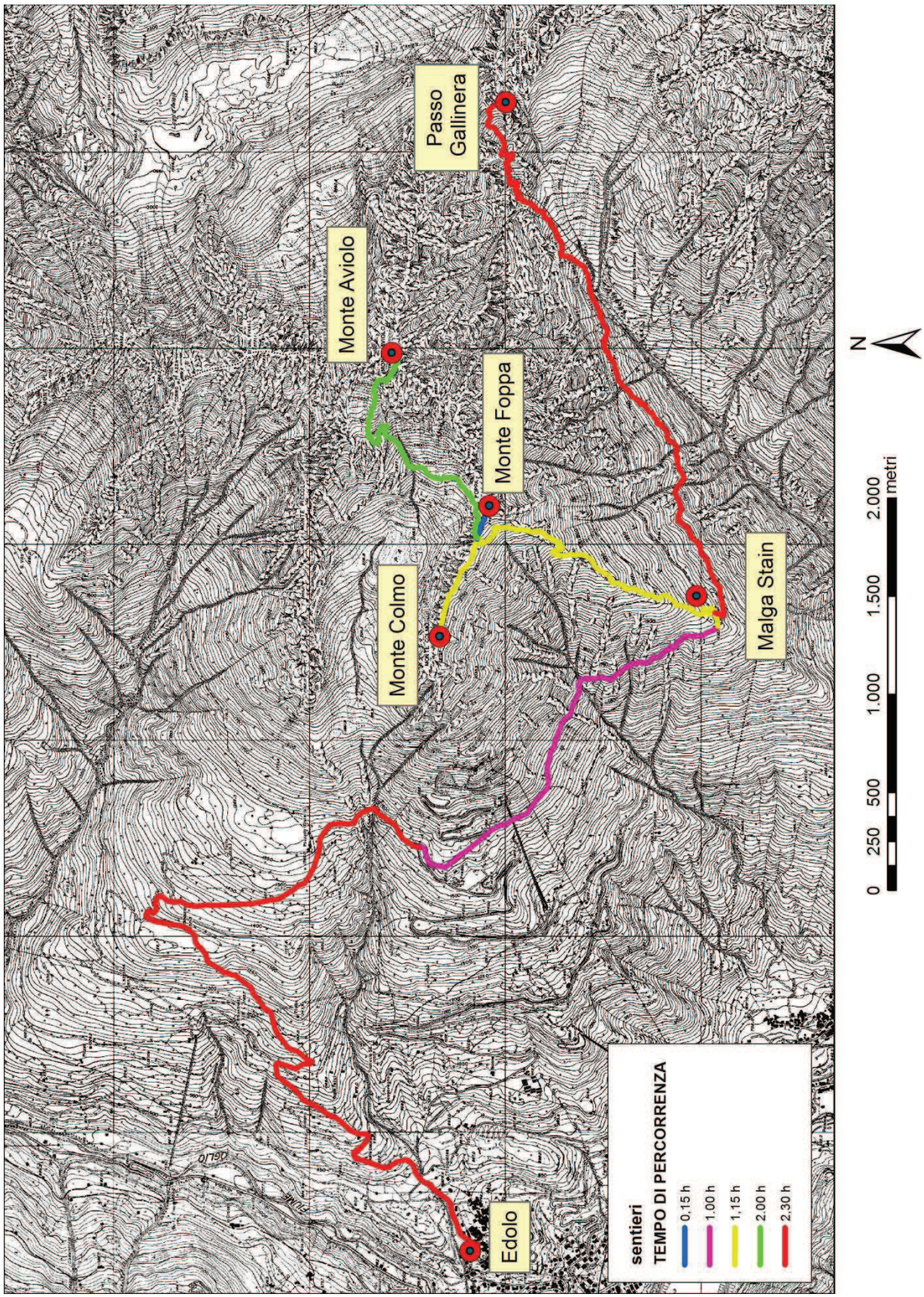

Fig. 5.8 Carta rappresentante le tratte suddivise per tempi di percorrenza

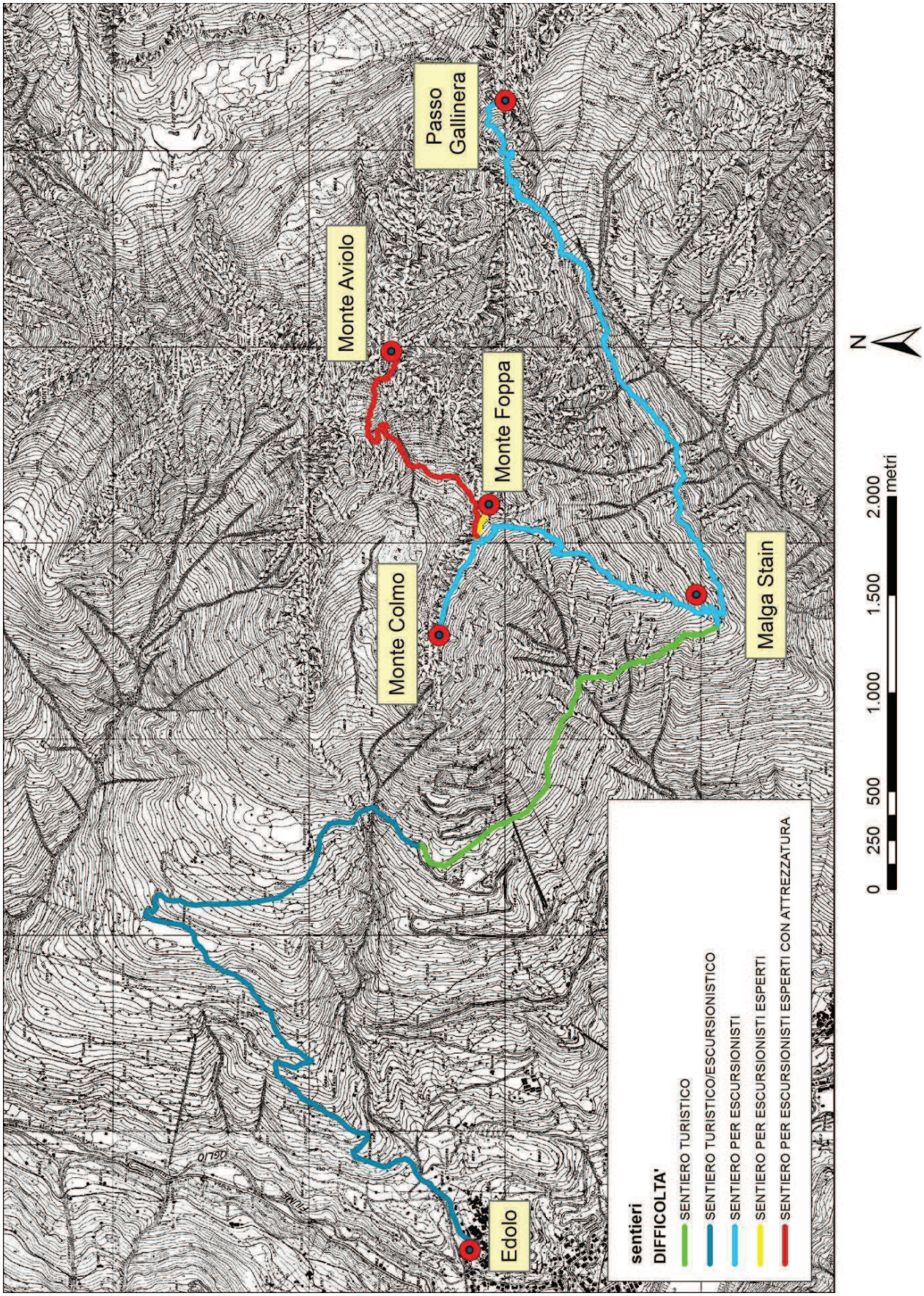

Fig. 5.9 Carta rappresentante le tratte suddivise per difficoltà secondo la classificazione C.A.I.

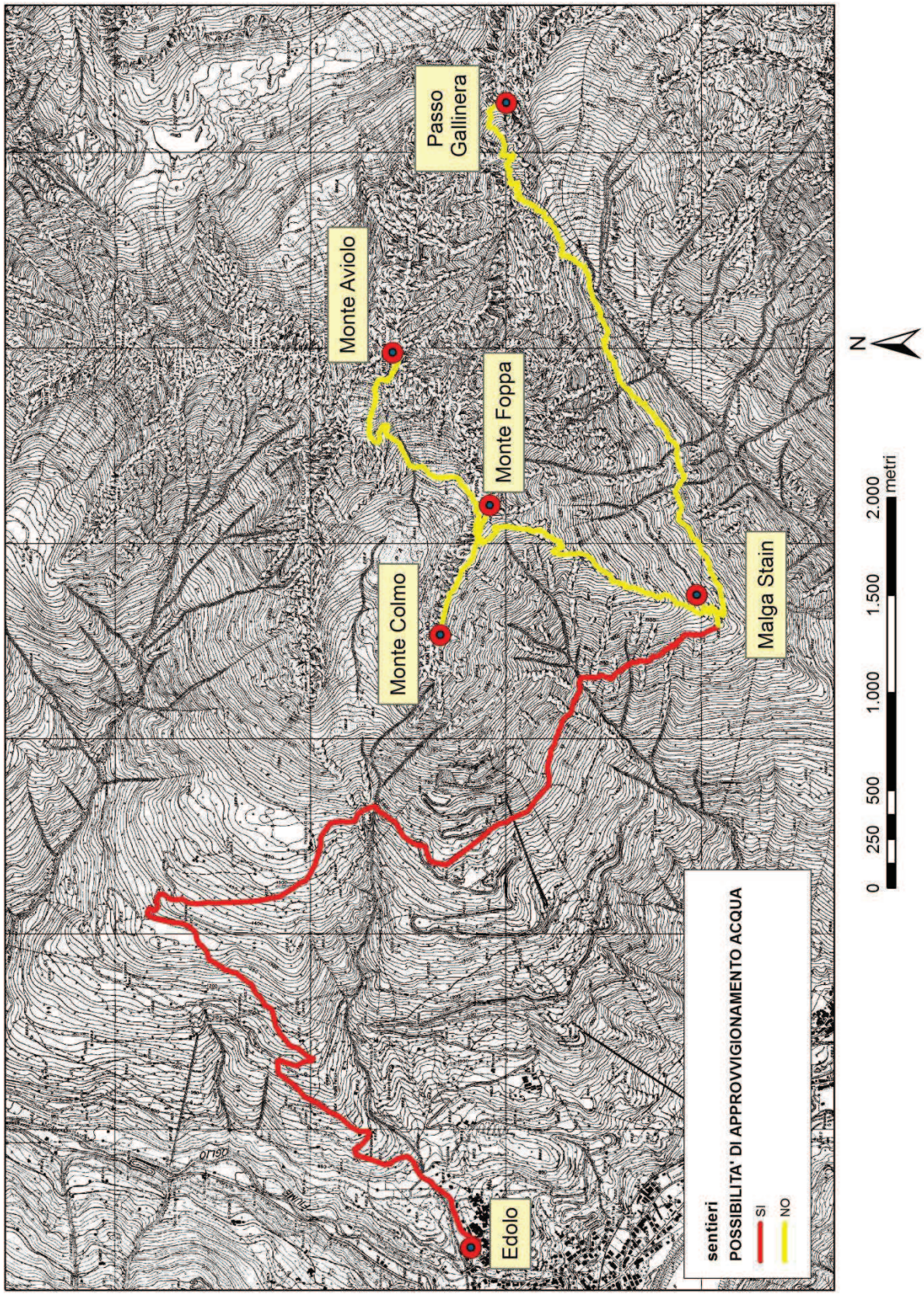

Fig. 5.10 Carta rappresentante i tratti in cui si ha disponibilità di acqua

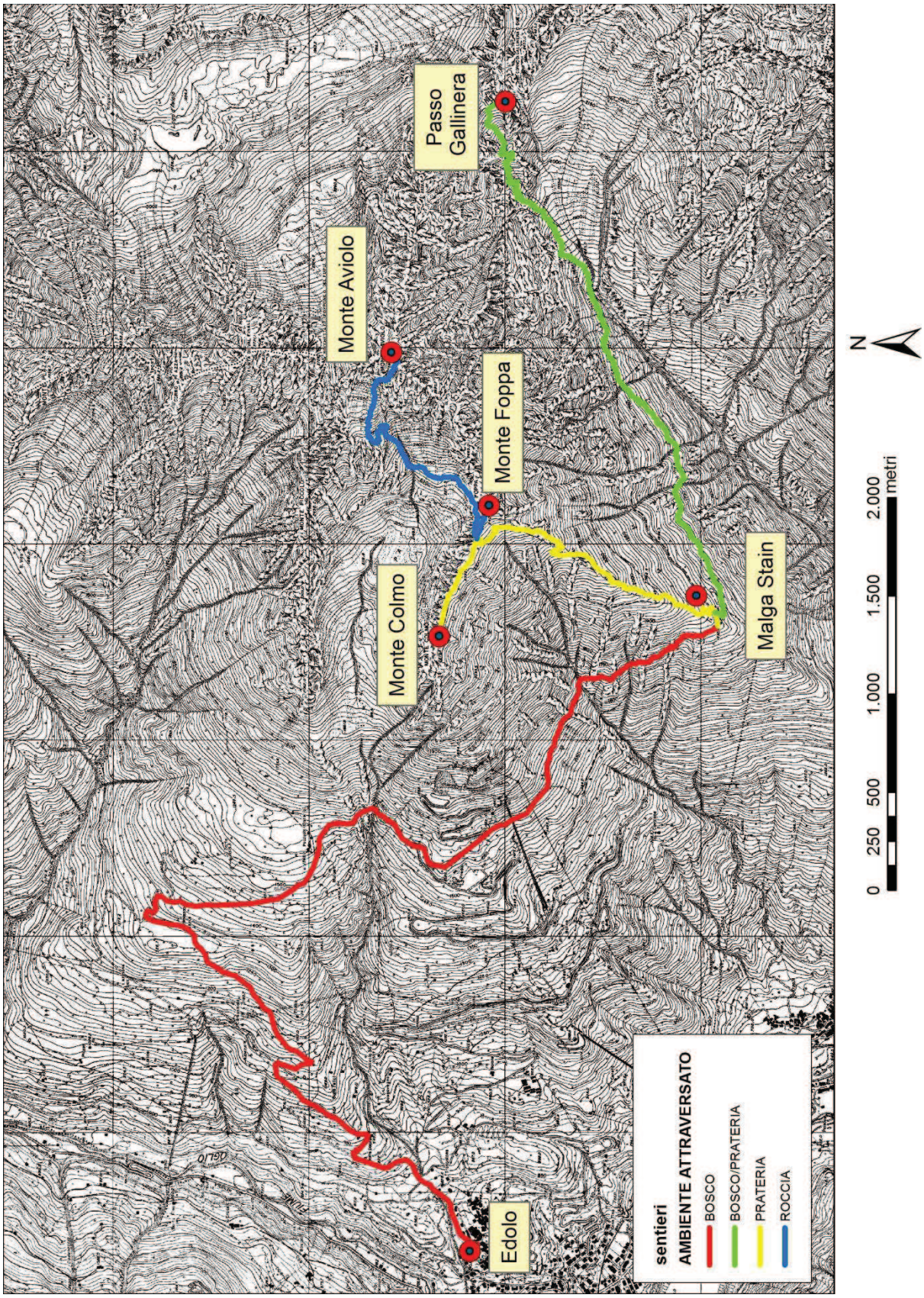

Fig. 5.11 Carta rappresentante l'ambiente naturale attraversato

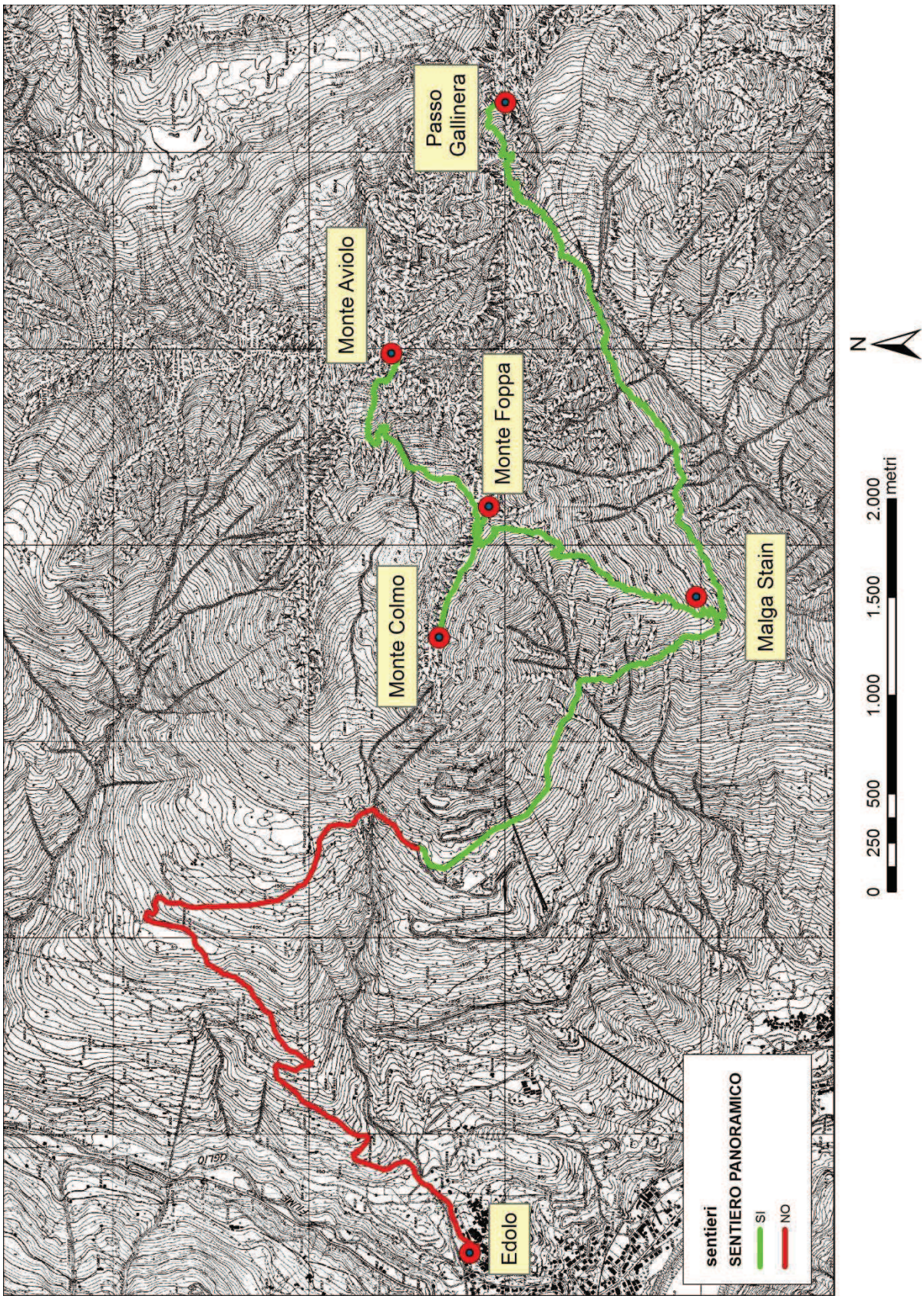

Fig. 5.12 Carta rappresentante i sentieri panoramici

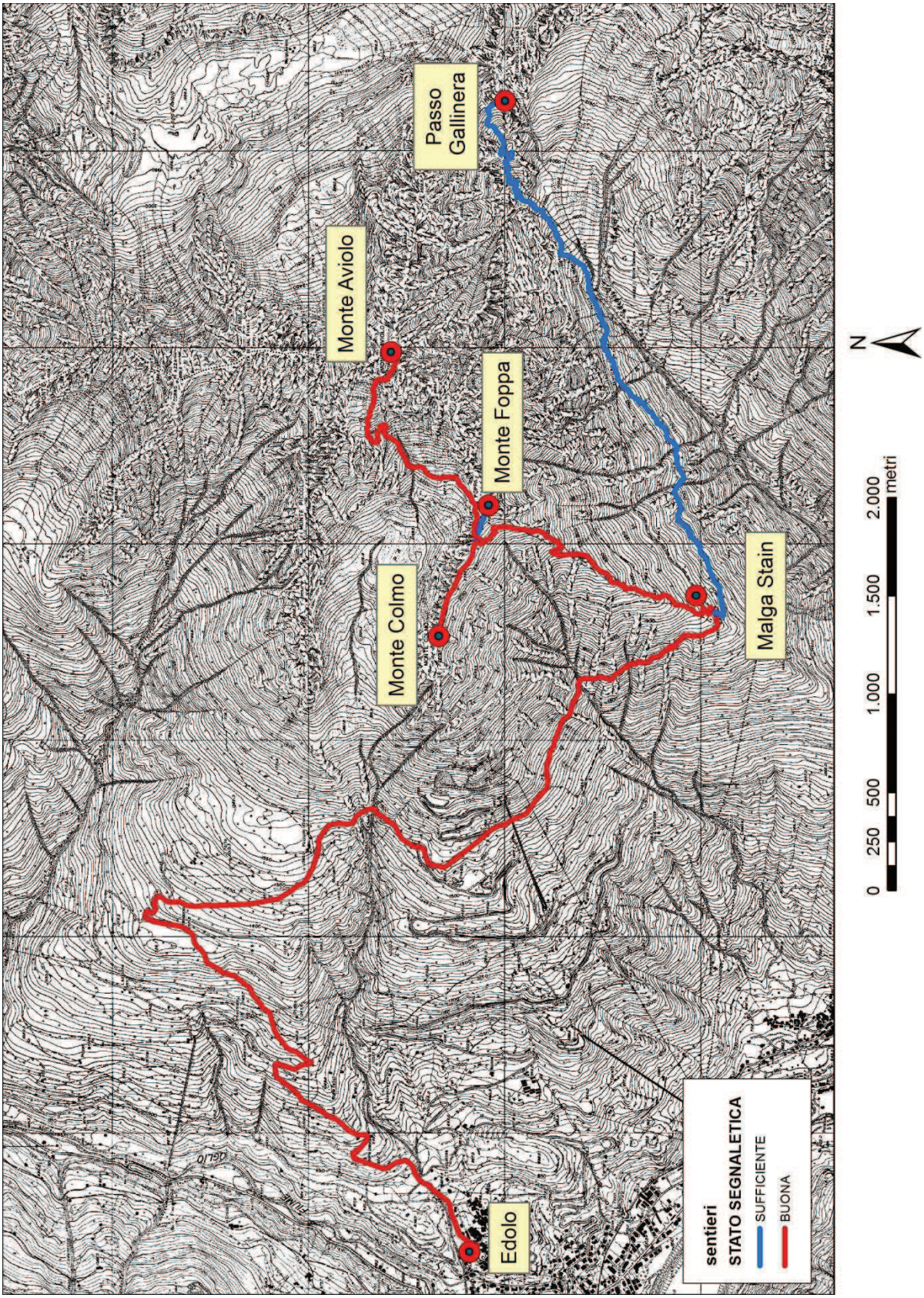

Fig. 5.13 Carta rappresentante lo stato della segnaletica orizzontale e verticale

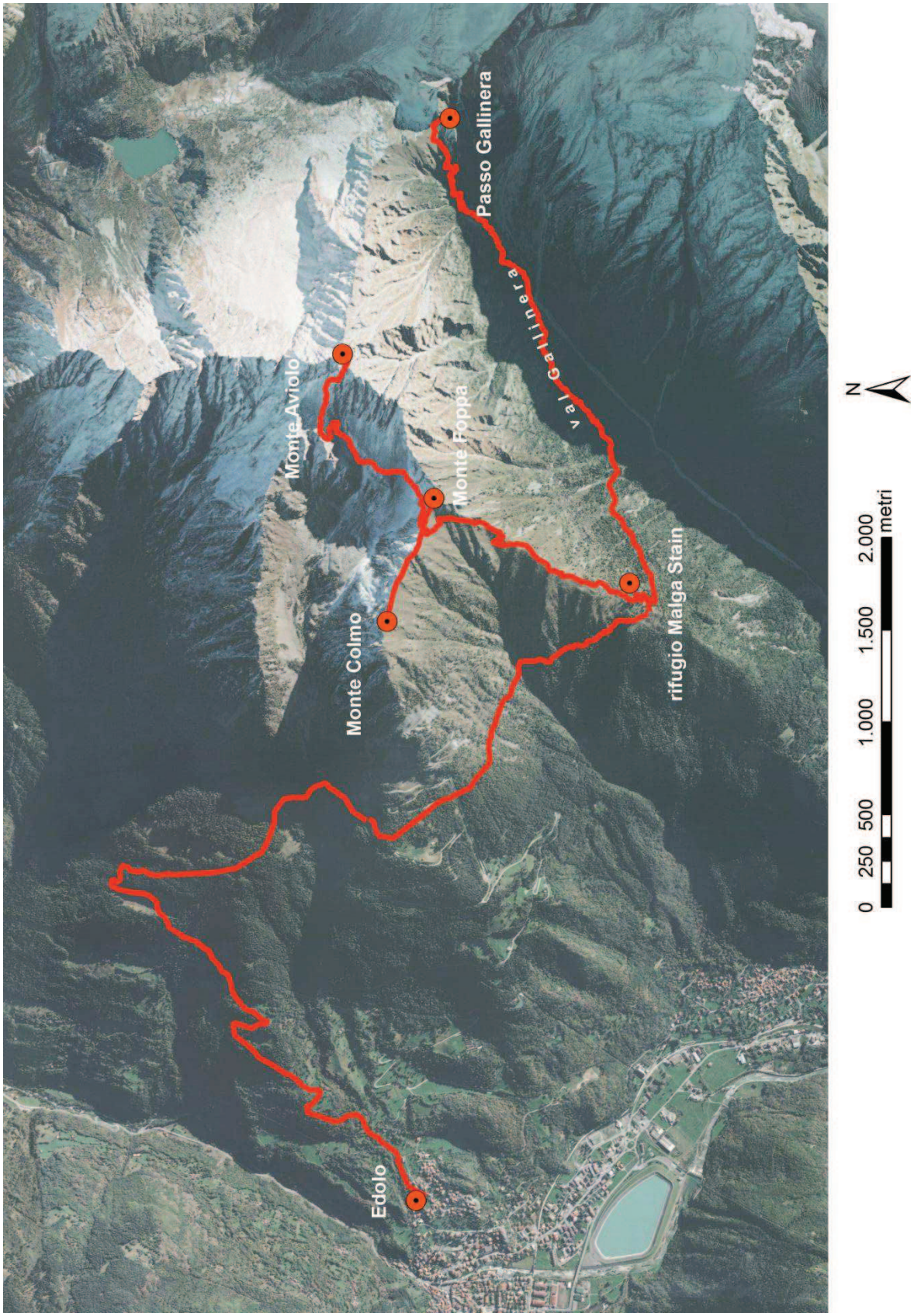

Fig. 5.14 Sentieri rilevati, sovrapposti a immagine satellitare (Bing Map)

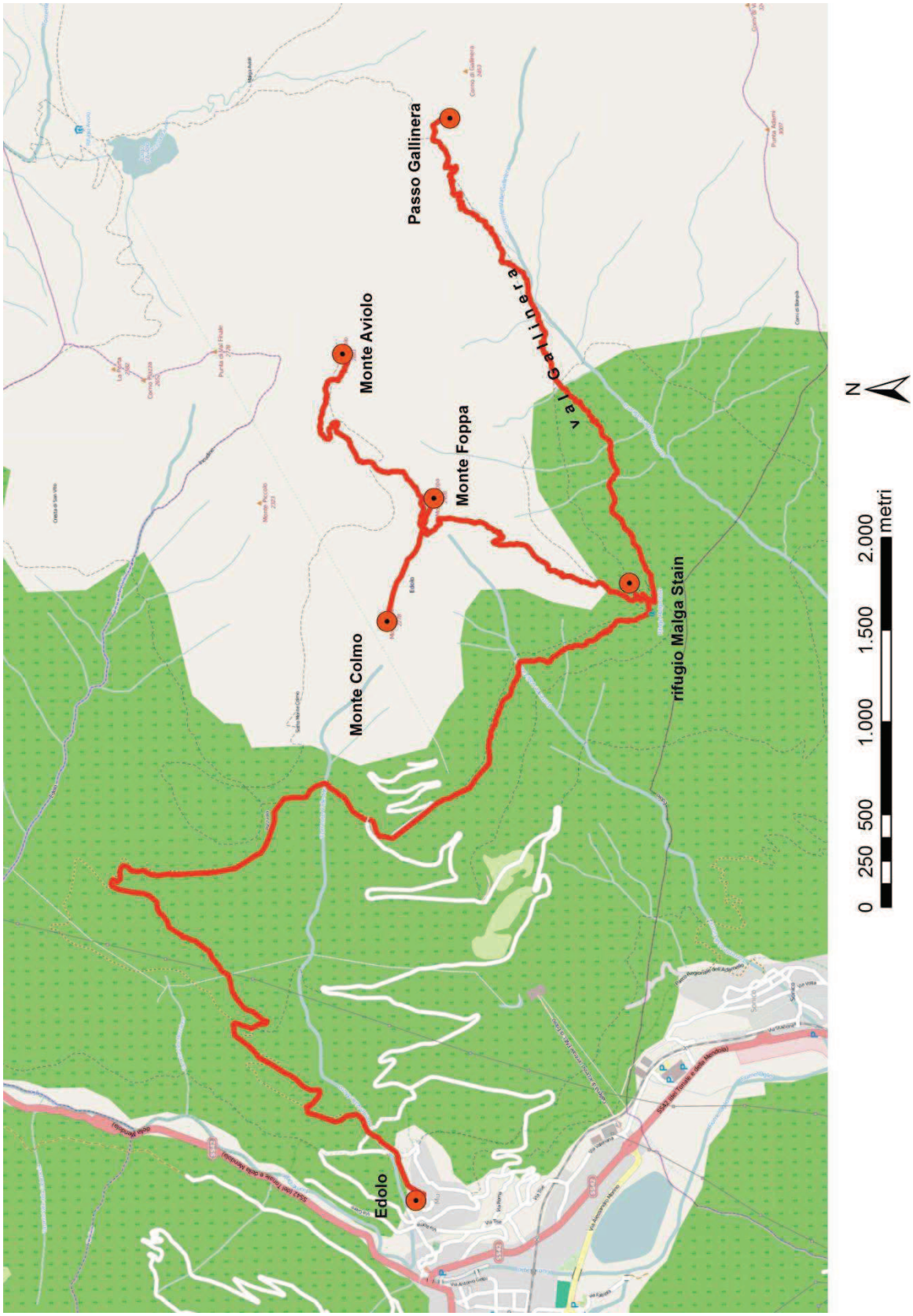

Fig. 5.15 Sentieri rilevati, sovrapposti a cartografia stradale (Open Street Map)

6. CONCLUSIONI

Al termine del lavoro svolto è possibile formulare alcune considerazioni conclusive.

L'obiettivo della tesi era principalmente quello di aggiornare le mappe attualmente disponibili, in quanto sono state verificate delle incongruenze fra ciò che è riportato sulla cartografia (sia regionale che escursionistica) e la sentieristica realmente esistente nell'area di studio. Nel contempo si è voluto verificare la funzionalità del GPS in ambiente montano, in presenza di copertura arborea e orografia sfavorevole alla ricezione del segnale.

In particolare, per quanto riguarda la cartografia, le maggiori problematiche sono state riscontrate nella mancanza di aggiornamento dei numeri identificativi dei sentieri (sulle carte sono riportate le vecchie numerazioni non più in vigore dal 2005).

In alcuni casi, inoltre, si è riscontrata la completa mancanza di alcune tratte (sulle carte di tipo escursionistico che interessano la zona dello studio non viene riportato il sentiero N°34/A che dal rifugio Malga Stain sale verso il Monte Colmo proseguendo fino ad immettersi nel sentiero N°34 che porta in cima al Monte Aviolo).

Durante lo studio sono stati sperimentati due metodi di rilievo differenti; nel primo caso i percorsi sono stati rilevati acquisendo i vertici di una ipotetica linea spezzata (un punto ogni 10 m circa – 1 mm alla scala 1:10.000 - sostando per 10 secondi su ciascun punto), nel secondo caso, su parte dei percorsi, in modalità continua (camminando e acquisendo un punto ogni secondo).

In particolare è stato dimostrato come con il primo metodo sia stato possibile acquisire i tracciati con un'accuratezza maggiore (sostando più tempo sui singoli punti il valore finale della misura deriva dalla media dei segnali ricevu-

ti), d'altro canto, rispetto alla seconda modalità, si allungano notevolmente i tempi necessari per il rilievo stesso. Inoltre nel rilievo stazionario si sono verificati con maggiore frequenza errori dovuti al rimbalzo del segnale (multipath) dovuto principalmente ai fusti; nel caso di rilievo dinamico, invece, gli oggetti che potrebbero causare rimbalzo del segnale variano continuamente e influiscono quindi per tempi limitati.

In conclusione è possibile affermare che la strumentazione GPS rappresenta una valida soluzione per il rilievo della sentieristica con accuratezze congruenti con le scale 1:25.000 – 1:50.000 (la maggior parte delle carte escursionistiche utilizzano tali rapporti di scala), ma generalmente accettabili anche fino alla scala 1:10.000 delle carte tecniche; ciò senza dover ricorrere alla correzione differenziale delle misure (DGPS).

I principali limiti relativi allo strumento riguardano in modo particolare la perdita del segnale e il rimbalzo dello stesso contro ostacoli naturali dovuti fondamentalmente alle condizioni ambientali in cui si è operato, cioè un ambiente sfavorevole a causa dell'orografia e della copertura.

La creazione della banda dati GIS é di indubbia utilità non solo per la conoscenza e la diffusione della rete sentieristica, ma anche per una sua gestione, manutenzione e implementazione.

Un primo utilizzo dei risultati del lavoro sarà la pubblicazione di alcuni elaborati cartografici relativi alle caratteristiche dei sentieri sul sito internet del rifugio Malga Stain (rifugio situato in una posizione centrale rispetto ai sentieri rilevati), in modo da incrementare la conoscenza dell'area da parte di un maggior numero di escursionisti.

7. BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO E FONTI

7.1 Bibliografia di riferimento

- G. L. Baglioni - *Sentiero N°1 "Alta via dell'Adamello"* - Ed. Parco dell'Adamello - 2007 (Alta Via dell'Adamelo)
- W. Mancini - *Il grande libro del trekking* - Ed. Mediterranee - 1994 (Sentieristica e cartografia)
- P. L. Lascone - *Nuovo codice della strada e il regolamento* - Ed. Tribuna - 2011 (Definizione di sentiero e strada)
- AA.VV - *Costruzione e manutenzione dei sentieri escursionistici* - Ed. Ufficio Federale delle Strade (USTRA) - 2009 (Sentieristica e problematiche)
- P. Baroni, A. Scordamaglia - *Sentieri di Lombardia: da rifugio a rifugio* - Ed. Club Alpino Italiano - 2005 (Descrizione sentieri dell'area di studio)
- L. Cuccoli, S. Torresani - *Introduzione alla cartografia e alle rappresentazioni grafiche* - Ed. Clueb Bologna - 1985 (Cartografia)
- Regione Lombardia - *Sistema informativo territoriale: repertorio cartografico e banche dati territoriali* - 2001 (Cartografia e GIS regionale)
- K. MacRay - *Il libro dei piccoli computer* - Ed. Mondatori Informatica - 2006 (GPS)
- D. Scullino - *Tecnologia e apparati GPS* - Ed. Gallarate Vispa - 2007 (GPS)
- A. Floris, A. Cutrone, G. Scrinzi - *Influenza della copertura arborea su precisione ed efficienza dei rilievi GPS* - Monti e Boschi ANNO XLVII n°5 ottobre - 1996 (GPS)
- G. Scrinzi - *GPS: una nuova tecnologia per il rilevamento del territorio* - Monti e Boschi ANNO XLIII n°4 luglio - 1992 (GPS)
- F. Nicotera, M. Maso - *Gestire il rischio idrogeologico in ambiente GIS con GPS e dati ad alta definizione* - Geomedia n°1 - 2009 (GIS).

7.2 Siti internet

- www.parcoadamello.it (Parco dell'Adamello)
- www.invallecamonica.it (Parco dell'Adamello)
- www.montagnecamune.it (Alta Via dell'Adamello)
- www.comuni-italiani.it (Comune di Edolo)
- www.istat.it (Comune di Edolo)
- www.regione.lombardia.it (Baitello di Val Mazzone)
- www.cai.it (Sentieristica)
- www.rifugiomalgastain.it (Sentieristica)
- www.cartografia.regione.lombardia.it (Cartografia)
- www.carteescursionistiche.it (Cartografia)
- www.igmi.org (Cartografia)
- www.aereonautica.net (GPS)
- www.codenvintec.it (GPS)
- www.corpoforestale.it (GPS)
- www.rivistageomedia.it (GIS)

7.3 Fotografie e immagini

- www.google.it
- www.cartografia.regione.lombardia.it
- Archivio personale

RINGRAZIAMENTI

Non è facile citare e ringraziare, in poche righe, tutte le persone che hanno contribuito alla nascita e allo sviluppo di questa tesi di laurea: chi con una collaborazione costante, chi con supporto morale o materiale, chi con consigli e suggerimenti, sono stati in tanti a dare il proprio apporto alla mia carriera universitaria.

La mia gratitudine va ai miei genitori, per avermi permesso di proseguire gli studi realizzando così un mio desiderio.

Ringrazio inoltre i docenti del corso di laurea "Valorizzazione e Tutela dell'Ambiente e del Territorio Montano"; in particolare il Prof. Alessandro Toccolini e li Dr. Paolo Stefano Ferrario per aver messo a mia disposizione la loro conoscenza e il loro aiuto durante lo svolgimento del tirocinio e la realizzazione di questa tesi.

Un grazie particolare a Federico, gestore del rifugio Malga Stain, per avermi dato la possibilità di lavorare ed effettuare il tirocinio in un ambiente sereno e unico quale è la Val Gallinera.

Due ringraziamenti speciali vanno anche: a mio fratello Marco perché senza di lui non avrei avuto un archivio fotografico così bello, e a mio fratello Andrea per il suo supporto e l'aiuto con le operazioni tecnologiche.

Un grazie ad Antonella per la sua infinita pazienza e per avermi spronato (con torte e biscotti) a concludere la mia carriera universitaria.

Si ringraziano inoltre i compagni di università e gli amici comaschi (citarli tutti sarebbe troppo lungo) che mi sono stati vicini in questi anni.

A tutti voi GRAZIE.