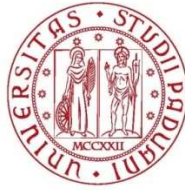


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
FACOLTÀ DI AGRARIA



Dipartimento Territorio e Sistemi Agro - Forestali
TESI DI LAUREA IN SCIENZE FORESTALI ED AMBIENTALI

**Analisi del traffico generato dal trasporto
del legname sulle strade forestali**

Relatore:

Prof. Raffaele Cavalli

Correlatori:

Dott. Stefano Grigolato

Dott. Marco Pellegrini

Laureando:

Andrea Bagattini

Matricola n. 589683/AB

ANNO ACCADEMICO 2009 - 2010

*Ai miei genitori
con affetto
e gratitudine*

INDICE

Riassunto / Abstract	7
1 Introduzione	9
1.1 Le problematiche della viabilità	10
1.2 Obiettivi	11
2 Materiale e metodi	12
2.1 Area di studio.....	12
2.2 Sviluppo dello studio	13
2.3 Analisi del traffico generato dalle utilizzazioni tra il 1987 e il 2007	14
2.3.1 Aggiornamento del catasto strade.....	14
2.3.2 Utilizzazioni forestali tra il 1987 e 2007.....	15
2.3.3 Indicizzazione spaziale e temporale del carico di traffico cumulato.....	16
2.3.4 Organizzazione dei dati relativi alle masse legnose utilizzate e trasportate	16
2.3.5 Procedura per la determinazione della direzione del transito	17
2.4 Relazione tra traffico generato e manutenzione	19
2.4.1 Scelta del caso studio	19
2.4.2 Raccolta dati sui costi di manutenzione	19
2.5 Indicizzazione spaziale e temporale degli interventi e costi di manutenzione	20
2.6 Procedura incrocio dati di manutenzione e traffico.....	22
2.7 Procedura di analisi dei risultati	22
2.8 Relazione tra traffico e interventi e costi di manutenzione	22
2.8.1 Analisi statistica	22
2.9 Modello di regressione tra il traffico genrato e costi di manutenzione.....	22
2.9.1 Scelta della procedura.....	22
2.9.2 Modello di regressione tra traffico e costi di manutenzione ordinaria.....	23
3 Teleferica Malga Rolla - Vermangoi	24
3.1 Studio dell'area e costruzione del profilo.....	24
3.2 Procedura per il dimensionamento	25
3.2.1 Tipologia di linea, funi, carrello, motore	27
3.3 Organizzazione del cantiere	28
4 Risultati	30
4.1 Analisi del Traffico generato dalle utilizzazioni tra il 1987 e il 2007	30
4.1.1 Viabilità forestale nel comprensorio del B.I.M. del Chiese.....	30
4.1.2 Utilizzazioni e traffico generato	32
4.2 Caso studio.....	36
4.2.1 Traffico generato dalle utilizzazioni	38
4.2.2 Interventi e costi di manutenzione	40
4.2.3 Modello di regressione tra traffico e costi di manutenzione ordinaria.....	43
5 Discussione dei risultati	47

5.1	Rapporto traffico - manutenzione	47
5.2	Gestione della gru a cavo	48
5.2.1	Autorizzazioni necessarie	48
5.2.2	Considerazioni.....	49
6	Conclusioni	50
	Bibliografia	52
	Ringraziamenti	59

RIASSUNTO / ABSTRACT

[IT]

Il presente lavoro riporta un'analisi del traffico generato dal trasporto del legname sulle strade forestali, per poter valutare in che termini le utilizzazioni forestali incidono sui costi di manutenzione ordinaria e straordinaria del fondo stradale.

In primo luogo si è individuata l'area di studio, che comprende tutto il comprensorio territoriale della Valle del Chiese (TN).

Per quantificare l'entità della massa legnosa prelevata in zona, è stata eseguita una ricerca storica di tutte le utilizzazioni forestali avvenute nel periodo 1987-2007. L'entità delle utilizzazioni è stata riferita ad ogni singola particella forestale, avendo così una disposizione spazio-temporale dei dati.

Per poter determinare il traffico generato dal trasporto su strada del legname, si è poi proseguito con l'analisi della viabilità. Tale analisi è avvenuta mediante programma GIS, all'interno del quale sono stati inseriti i dati relativi alla tipologia di fondo stradale, funzione della strada, estensione, ecc.

Mediante apposite applicazioni si è determinata la direzione di transito (*flow direction*) degli autocarri per il trasporto del legname sulla viabilità. Di seguito i dati relativi alle utilizzazioni sono stati trasferiti sulla rete viaria, suddivisa in bacini, determinando così l'accumulo progressivo della massa (*volume cumulato*) man mano che nuove quantità di legname confluiscono sulla strada.

Successivamente l'analisi del rapporto tra traffico generato dalle utilizzazioni forestali e manutenzione della viabilità, è avvenuta su di una rete viaria rappresentativa sulla quale si è condotta una ricerca storica per il periodo 1987-2007, rilevando tutti gli interventi di manutenzione eseguiti. Mediante apposite elaborazioni ed analisi statistiche sono stati messi in relazione i dati del traffico generato dalle utilizzazioni con i costi di manutenzione.

Come ultima analisi si è eseguita una valutazione tecnica sulla possibilità di realizzare una gru a cavo per il trasporto a valle del legname, come alternativa al trasporto del legname su strada mediante autocarro.

[EN]

This study is related to the analysis of the traffic generated by the timber transport on the forest road network in order to evaluate how the forest utilizations weight on road conditions from the maintenance costs point of view.

First the area of study has been individuated: it includes all the territory of the Chiese Valley (TN).

An historical research of all the forest utilizations taken place in the period 1987-2007 has been conducted in order to quantify the entity of the woody mass collected in the area. The extent of the utilizations has been referred to every single forest particle, having in this way a set-up in terms of space and time.

To determine the traffic generated by the timber road transport the study of the road conditions has been conducted. This analysis occurred by means of “programme GIS”, in which the data related to the type of road surface, to the function of the road, to its extension, etc. have been entered.

By specific applications, the *flow direction* of the trucks used for the timber transport has been determined. Then the data related to the utilizations have been transferred on the road network divided into basins, determining in this way the progressive build-up of the mass (accumulated volume) as new timber quantities flow together on the road.

Successively the analysis of the relation between the traffic generated by the forest utilizations and the road maintenance has been carried out on a significant road network, on which an historical research for the period 1987-2007 has been performed, pointing out all the maintenance interventions executed.

Through specific processing and statistical analysis the data of the traffic generated by the utilizations have been correlated to the maintenance costs.

Finally, as last analysis, a technical survey about the possibility of realizing a *cable crane* system for timber transport as an alternative to timber road transport with trucks has been carried out.

1 INTRODUZIONE

Nelle aree forestali, con il termine infrastrutture si intende l'insieme delle piste e strade che consentono di muoversi all'interno delle aree silvo-pastorali, nonché i piazzali e aree di prima lavorazione e deposito del legname allestito (Hippoliti, 1976). Vengono utilizzate soprattutto nello svolgimento delle attività selvicolturali, per eseguire le utilizzazioni forestali, per giungere alle malghe e in caso di calamità quali incendi boschivi o dissesti idrogeologici (Calvani et. Al, 1999).

La viabilità per i boschi di montagna risulta indispensabile per poter svolgere interventi di gestione attiva, con il mantenimento delle funzioni produttive delle foreste. In quest'ottica anche la pianificazione forestale, oltre all'aspetto selvicolturale, deve considerare i sistemi di esbosco e la viabilità, attuando un'adeguata pianificazione e manutenzione delle strade forestali e un continuo aggiornamento delle tecniche e dei mezzi di esbosco (Cielo e Gottero, 2004). Di fatto per poter esercitare una selvicoltura naturalistica con prelievi di modesta entità intervallati da utilizzazioni frequenti, è necessario disporre di una buona rete viaria d'accesso per poter rendere remunerativo ogni singolo intervento. Se questa non ci fosse, l'alternativa sarebbe quella di realizzare interventi più intensi per garantire una remuneratività, oppure non intervenire affatto in quanto l'azione risulterebbe antieconomica. In entrambi i casi, spesso questo significa minor stabilità e minor biodiversità, almeno nel breve - medio periodo (Olivotto et al., 2000).

D'altra parte è indubbio che la viabilità può avere impatti negativi e ridurre la naturalità dei boschi interessati. In questo senso la pianificazione forestale è uno strumento essenziale per valutare funzioni e valori, potendo effettuare così delle scelte ponderate e coerenti (Olivotto et al., 2000).

Il piano della viabilità forestale è uno strumento che censisce la viabilità esistente e analizza per ogni particella forestale la funzionalità della rete stradale in esercizio, in relazione all'accessibilità ed alla produttività del soprassuolo. Esso individua inoltre le situazioni carenti nei confronti della viabilità consentendo un più efficiente indirizzo degli interventi di potenziamento infrastrutturale (Cielo e Gottero, 2004).

Al fine della verifica oggettiva della loro consistenza, anche in rapporto alla relativa densità rispetto al bosco e, soprattutto, per consentire il loro inserimento nel Sistema Informativo Territoriale della Provincia Autonoma di Trento (carta del territorio in scala 1:10.000, di tipo informatizzato), dal novembre 1993 al novembre 1995 si è provveduto al rilievo sistematico della viabilità forestale principale classificata attraverso il sistema GPS (*Global Positioning System*) (P.A.T. Servizio Foreste e Fauna. 2006).

Attualmente si è ancora nella fase di aggiornamento: anno per anno vengono inserite strade di nuova realizzazione, ripristini di vecchi tracciati, nonché variazioni di classificazione. A fine lavoro anche questi dati saranno inseriti nel Sistema Informativo Territoriale, contribuendo alla realizzazione di uno strumento fondamentale per la programmazione di ulteriori arterie e per la gestione del patrimonio silvo-pastorale.

Nel territori di montagna, la viabilità a servizio del bosco è una prerogativa indispensabile per poter esercitare l'attività selvicolturale unitamente alle utilizzazioni boschive e deve garantire standard di sicurezza e produttività.

Partendo dal presupposto consolidato che anche in ambito forestale ogni azione necessita di un'adeguata pianificazione per poter effettuare scelte ponderate ed economicamente e ambientalmente sostenibili (Pozzati e Cerato, 1986), la viabilità forestale dovrebbe essere analizzata con una prospettiva diversa rispetto ai classici piani della viabilità, che consideri le sue funzioni e i costi di manutenzione (Coulter et al. 2006). Solitamente infatti i piani della viabilità analizzano la rete viaria proponendo degli interventi di adeguamento per agevolare il transito dei mezzi (Hippoliti, 1976; Pozzati, 1984) e la realizzazione di nuova viabilità partendo solamente dal presupposto che essendovi una zona con una nota quantità di massa legnosa da poter utilizzare, la realizzazione di una nuova strada riduce, in linea teorica, i costi di utilizzazione (Pozzati e Cerato, 1984; Cielo et al., 2003).

Negli ultimi anni, sono apparsi alcuni interessanti approcci innovativi per la valutazione delle problematiche inerenti la viabilità e che stanno evidenziando l'interesse di collegare alla classica pianificazione della viabilità forestale basata sugli indici di area servita (Hippoliti, 1976; Chirici et al., 2003) e di densità viaria (Cielo et al., 2003), anche il traffico generato (Nevec̆rel et al., 2006) e gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria (Coulter et al., 2006).

1.1 LE PROBLEMATICHE DELLA VIABILITÀ

Vista la conformazione orografica del territorio forestale, il Trentino dispone di una rete viaria con una buona estensione e una discreta densità rispetto alla superficie forestale produttiva, con circa 26 m ha⁻¹ di strade: il problema principale è l'adeguatezza della viabilità alle esigenze di sicurezza degli operatori e della gestione razionale (meccanizzazione compatibile) (P.A.T. Servizio Foreste e Fauna. 2006).

Come in gran parte del Trentino e nell'arco alpino in generale, anche in Valle del Chiese le infrastrutture a servizio del bosco (viabilità e piazzali di prima lavorazione e deposito del legname), risultano uno degli elementi problematici nella gestione forestale, in quanto presentano condizioni strutturali talvolta critiche e non più idonee alle attuali metodologie di utilizzazioni boschive (Giovannini e Bagattini, 2008).

Per migliorare l'efficienza della viabilità esistente si richiedono (anche da parte degli operatori boschivi) interventi di ampliamento della carreggiata (fino a 3 m più banchina), con sbancamenti a monte e la realizzazione di nuovi muri di sostegno a valle (Hippoliti, 2003). In oltre vi è la necessità di realizzazione nuovi piazzali per l'allestimento e deposito del legname, che risultano sempre più importanti per poter attuare le utilizzazioni boschive (Spinelli, 2007). Di fatto le infrastrutture incidono in modo diretto sui costi di utilizzazione, influenzando l'operatività e la produttività dei sistemi di lavoro (Cavalli e Grigolato, 2009).

Per mantenere il più possibile stabili e in buono stato le strade forestali con fondo non asfaltato, dev'essere attuata una efficace regimazione delle acque, mediante l'utilizzo di canalette nei tratti in pendenza e guadi in corrispondenza dei canali. Purtroppo però non sempre vengono

attuati gli interventi ordinari di manutenzione quali la ricarica con materiale consolidante, la sostituzione e pulizia periodica di canalette e la sistemazione delle scarpate, comportando un notevole degrado della viabilità (Cielo et al. 2003; Bischetti e Simonato, 2005).

Ovviamente è improponibile e poco ragionevole pensare di adeguare tutta la viabilità forestale a determinati parametri di percorribilità e sicurezza, quindi l'analisi del traffico si rivela un elemento importante di valutazione (Nevec̆rel et al., 2006), che precede quello puramente economico dei costi di manutenzione (Potocnik et al. 2005; Coulter et al., 2006).

1.2 OBIETTIVI

Gli obiettivi che si intendono raggiungere con il presente lavoro sono molteplici e precisamente:

- quantificazione delle utilizzazioni forestali avvenute nel periodo 1987 - 2007 sull'intero bacino di studio;
- determinazione del traffico generato dalle utilizzazioni forestali sulla viabilità di interesse forestale;
- determinazione e analisi del rapporto tra traffico generato dal trasporto del legname e manutenzione della viabilità;
- valutazione tecnica sulla possibilità di realizzare una gru a cavo per il trasporto a valle del legname come alternativa al trasporto mediante autocarro.

2 MATERIALE E METODI

2.1 AREA DI STUDIO

L'area oggetto di studio corrisponde geograficamente con la Valle del Chiese, un territorio di circa 40.000 ha che si estende nell' area sudoccidentale del Trentino (Figura 2.1) e più precisamente rientra nel Comprensorio delle Giudicarie. A Nord confina con la Val Rendena, a Est con la Val di Ledro e la zona del Bleggio, mentre a Sud e a Ovest confina con la Regione Lombardia. Il territorio in questione passa dai 370 m s.l.m. del Lago d'Idro, ai 3.462 m s.l.m. del Monte Carè Alto del Gruppo dell'Adamello.

Dal punto di vista amministrativo il territorio è diviso in 14 comuni e 6 A.S.U.C. (Amministrazione Separata Usi Civici), e precisamente i comuni di Bondo, Roncone, Lardaro, Praso, Daone, Bersone, Pieve di Bono, Prezzo, Cimego, Castel Condino, Brione, Condino, Storo, Bondone e le A.S.U.C. di Agrone, Por, Strada, Cologna, Storo e Darzo. Piccole porzioni di territorio rientrano in comproprietà fra due enti, o fra ente e privato.

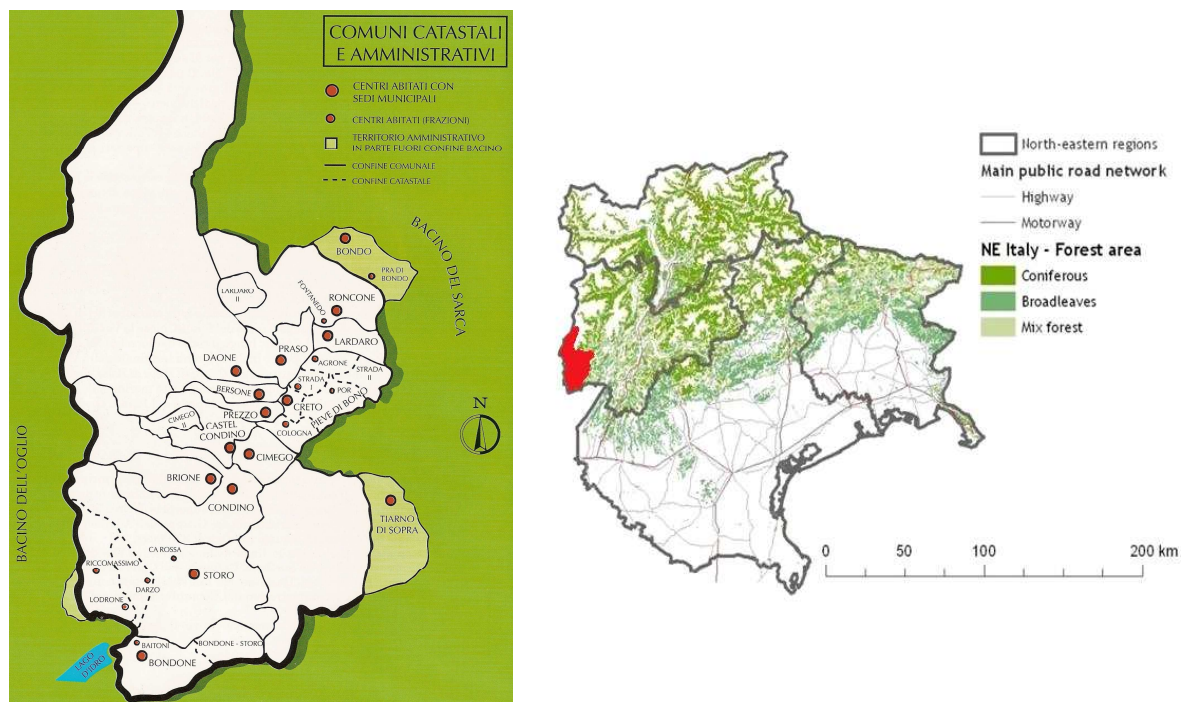


Figura 2.1: comprensorio territoriale oggetto di studio

Oggetto di analisi sono state anche le superfici boscate ricadenti nel territorio del Chiese, ma appartenenti a comuni extraprovinciali (Cimbergo, Paspardo, Saviore dell'Adamello della Provincia di Brescia) confinanti a ovest della valle per complessivi 584 ha. Non sono stati oggetto di analisi i boschi privati, anche se pur rappresentati da 2.272 ha, sono costituiti in genere da piccoli appezzamenti non rientranti nei Piani di Assestamento dei beni silvo-pastorali, che formano un'unica entità produttiva con i fienili di montagna (Pizzini, 2004).

La proprietà del territorio silvo-pastorale della Valle del Chiese, secondo i Piani di Assestamento Forestale, è ripartita in 27 enti (17 comuni, 2 frazioni, 6 A.S.U.C. e 2 comproprietà). Le aree

asestate ammontano a 25.174 ha pari al 62,9% della superficie catastale. La superficie produttiva forestale ricopre 14.905 ha e rappresenta il 59,2 % della superficie assestata. La ripresa disponibile annua ammonta a circa 17.000 m³ netti di legname.

Al di sopra del limite della vegetazione forestale, la valle è caratterizzata da superfici pascolive molto estese, localizzate prevalentemente in Val di Daone e sulla sinistra orografica della vallata principale. Tali aree ammontano a 8.020 ha e rappresentano ben il 31,9% della superficie assestata. Nei Piani di Assestamento Forestale tali zone rientrano, unitamente all'improduttivo che rappresenta l'8,9% della superficie con i suoi 2.249 ha, nella superficie produttiva non forestale.

Complessivamente in Valle del Chiese vi sono oltre 400 km di strade a servizio del bosco, su di una superficie produttiva forestale di 14.905 ha, il che equivale ad uno sviluppo medio di circa 26 m ha⁻¹, quindi in linea con i valori provinciali. Tale valore, pur dando una visione importante e immediata, è da ritenersi indicativo, in quanto per avere un parametro più realistico sulla funzionalità viaria, si dovrebbero tenere in considerazione anche le caratteristiche morfologiche del territorio e la tipologia di superficie attraversata dalla strada (fustaia, ceduo, ecc.) (Giovannini e Bagattini, 2008).

Lo sviluppo principale della viabilità forestale nel comprensorio oggetto di studio è presente da oltre sessant'anni, in quanto garantiva già allora l'accesso alle principali malghe per l'alpeggio. Negli anni compresi fra il 1965 e il 1980, grazie alla grande disponibilità finanziaria della Provincia e alla collaborazione fra Amministrazioni confinanti, è stata realizzata gran parte di una serie di bretelle viarie a servizio del bosco (strade forestali) tutt'ora utilizzate (Pizzini, 2004).

La viabilità nella gestione forestale del Chiese riveste un ruolo importante, poiché quasi un 20% dei costi complessivi delle utilizzazioni si riferiscono al trasporto del legname a valle mediante autocarri (Bagattini, 2008), quindi una buona struttura della rete viaria è importante per la riduzione o comunque il contenimento dei costi di utilizzazione boschiva e della eventuale produzione di cippato forestale (dove circa 1/3 del costo è dovuto al trasporto), unitamente ad una adeguata pianificazione della logistica (Cavalli et al., 2009).

Per determinare un indice del traffico generato dal trasporto del legname sulle strade forestali, lo studio ha preso quindi in considerazione l'estensione della viabilità forestale, di accesso e ordinaria dell'area, rilevandone i dati necessari e raccogliendo i dati relativamente alle utilizzazioni forestali dell'area per circa un ventennio.

2.2 SVILUPPO DELLO STUDIO

Ogni fase del lavoro ha previsto l'utilizzo di dati georeferenziati e vario materiale cartografico da utilizzare ed elaborare mediante analisi con GIS.

Come prima analisi si procede con la quantificazione delle utilizzazioni forestali avvenute nel periodo 1987-2007 sull'intera area di studio. Per reperire tali informazioni è necessario consultare i Piani di Assestamento dei beni silvo-pastorali e relativi piani dei tagli per poter

estrapolare, ad esempio, da ogni singola particella forestale i dati relativi alla massa prelevata, periodo dell'intervento e prezzo di macchiatico del legname.

Successivamente per determinare il traffico generato dalle utilizzazioni forestali si procede all'analisi della rete viaria a servizio del patrimonio forestale, determinando le direzioni di transito del legname (flusso di trasporto) e il relativo accumulo di massa lungo il percorso determinando il transito medio espresso in t anno⁻¹.

Per determinare il rapporto tra traffico generato dal trasporto del legname e manutenzione della viabilità si procede con la raccolta dei dati relativi agli interventi di manutenzione eseguiti nel periodo 1987-2007 in un determinato bacino di strade. Tali dati poi verranno messi in relazione con il traffico transitato determinando quanto e in che modo il transito incide sui costi di manutenzione della viabilità.

Infine lo sviluppo dello studio prevede una valutazione tecnica sulla possibilità di realizzare una gru a cavo per il trasporto a valle del legname come alternativa al trasporto mediante autocarro. Tale valutazione verrà eseguita nella stessa area interessata dall'analisi della manutenzione e prevede l'individuazione della zona dove installare la gru a cavo e relativo dimensionamento strutturale.

2.3 ANALISI DEL TRAFFICO GENERATO DALLE UTILIZZAZIONI TRA IL 1987 E IL 2007

Il reperimento delle banche dati geografiche e la cartografia disponibili per il comprensorio ha portato ad acquisire:

- ortofoto a colori anno 2006;
- carta Tecnica Provinciale (CTP) del 2006 in formato *tiff*;
- vettoriale della viabilità forestale del 2006 (Servizio Foreste e Fauna PAT);
- vettoriale della viabilità di accesso e ordinaria del 2006 (Servizio Gestione Strade PAT);
- vettoriale delle particelle forestali incluse nei Piani di Assestamento dei beni silvo-pastorali del 2007 (Servizio Foreste e Fauna PAT);
- vettoriale dei confini delle proprietà delle amministrazioni comunali;
- modello digitale del terreno con risoluzione 10 m;
- modello digitale del terreno con risoluzione a 1 m (da Laser Scanning, LIDAR).

Oltre a questo materiale si sono consultati i Piani di Assestamento dei beni silvo-pastorali e i registri storici delle utilizzazioni a partire dall'anno 1987 sino al 2007 per poter disporre dei dati ordinati cronologicamente utili all'analisi. Inoltre per il caso di studio specifico su di una determinata area del comprensorio si sono raccolti tutti gli interventi di manutenzione eseguiti sulla viabilità dal 1987 al 2007.

2.3.1 Aggiornamento del catasto strade

Mediante l'utilizzo del GIS è stata condotta una dettagliata analisi di tutta la viabilità rientrante nel comprensorio oggetto di studio.

Sovrapponendo il vettoriale della viabilità alla carta tecnica, piuttosto che alle ortofoto o alla cartografia lidar, si è provveduto a correggere eventuali errori di tracciato o giunzione dei vari tratti e ad integrare il file vettoriale della viabilità inserendo le strade mancanti o incomplete. Successivamente per ogni singolo tratto di strada identificato da uno specifico *codline* (l'intera rete è composta da 1536 tratti) sono stati attribuiti i seguenti valori in forma tabulare:

- TIPO (A, B o L) in base alla regolamentazione del transito: (*tipo A*) strade ad esclusivo servizio del bosco; (*tipo B*) strade non adibite ad esclusivo servizio del bosco percorribili anche da chi non esegue lavori in ambito forestale, ma muniti di autorizzazione da parte del proprietario della strada; (*tipo L*) strade di libero transito;
- FUNZIONE (ordinaria, accesso o forestale) in base all'utilizzo che ne viene fatto: le strade forestali sono quelle di tipo A e B, quelle di accesso sono quelle che asserviscono il bosco e conducono alle strade forestali e quelle ordinarie sono principalmente strade provinciali di fondovalle;
- FONDO (A o S) in base alla tipologia di manto stradale, ossia se è composto da materiale Stabilizzato o da conglomerato bituminoso quale l'Asfaltato; insignificante è la presenza di piste a fondo naturale e quindi non sono state riportate in quanto il transito su questo tipo di percorsi è di difficile quantificazione soprattutto se il legname viene movimentato a strascico;
- ESBOSCO (0 o 1) a seconda del fatto che la strada venga utilizzata come punti di concentrazione durante l'esbosco del legname (1) o meno (0) e se è l'utilizzo prevalente della strada è dovuto al trasporto a valle del legname mediante autocarro (1).

Questo tipo di informazioni, fondamentali per le analisi successive, sono state reperite mediante sopralluoghi sul posto e grazie al contributo dei Custodi Forestali per le varie zone di interesse.

2.3.2 Utilizzazioni forestali tra il 1987 e 2007

A differenza da quanto proposto da Potocnik et al (2006) e Nevec̆rel et al. (2007) che considerano la ripresa potenziale a livello di particelle, in questo lavoro per quantificare la quantità di legname transita sulla viabilità forestale è stata valutata la massa legnosa della ripresa effettiva prelevata dalle varie particelle forestali nel periodo 1987-2007.

Per poter ottenere dei valori significativi e attendibili per le successive elaborazioni si è deciso di effettuare una ricerca storica delle utilizzazioni forestali sul comprensorio oggetto di studio così come è stato proposto da Nakazawa et al (2004). Il periodo considerato corrisponde alla durata di due Piani di Assestamento dei beni silvo-pastorali il che garantisce di recuperare dati relativi a due cicli gestionali.

Per quantificare le masse legnose prelevate si sono consultati i relativi Piani di Assestamento dei beni silvo-pastorali e relativi registri storici delle utilizzazioni dei 27 proprietari forestali a partire dall'anno 1987 sino al 2007. I dati sono stati raccolti in serie cronologica ed inseriti in apposite tabelle per poter poi trasferire i dati all'interno del GIS per le successive elaborazioni.

Complessivamente sono state analizzate 1268 particelle forestali delle quali 872 sono state interessate almeno una volta da utilizzazioni forestali più o meno intense.

Il *dataset* predisposto ha previsto che per ogni singola particella e anno di utilizzazione siano riportati i seguenti dati:

- ripresa prevista in m³ lordi;
- quantità di legname utilizzato (m³ lordi);
- quantità di legna da ardere utilizzata (t);
- prezzo di macchiatico del prodotto legnoso (€ m³⁻¹ per il legname da opera e € t⁻¹ per la legna da ardere);
- migliorie boschive accantonate (€);
- metodo di esbosco prevalentemente utilizzato;
- solo per l'ultimo Piano di Assestamento in vigore sono stati inseriti i dati di provvigione, incremento corrente, categoria attitudinale (cod.1 produzione, cod.2 protezione) e tipologia di governo (ceduo, fustaia, pascolo e improduttivo).

La moltitudine di dati inseriti ci può consentire in fase di analisi, oltre a quantificare annualmente quanta massa legnosa è stata prelevata in una determinata area forestale e quindi determinare un indice di utilizzazione, di valutare ad esempio se nei prelievi sono state rispettate le previsioni di ripresa, o vedere quali zone hanno una provvigione ed incremento maggiore e se le utilizzazioni hanno seguito proporzionalmente questa potenzialità, ecc.

La consultazione dei Piani di Assestamento e relativi registri storici delle utilizzazioni danno valori molto prossimi alla realtà in merito alle masse legnose utilizzate in ogni singola particella. Per poter disporre dell'effettiva massa legnosa utilizzata si deve disporre dei relativi piedilista di misurazione, i quali però riportano la massa legnosa utilizzata nell'intera area di taglio, la quale spesso include più particelle e quindi si sarebbe perso il riferimento ad ogni singola particella.

2.3.3 Indicizzazione spaziale e temporale del carico di traffico cumulato

Avendo a disposizione in forma tabulata (*dataset* delle particelle) i dati delle utilizzazioni forestali e disponendo del file vettoriale della viabilità (*dataset* della viabilità), si sono eseguite una serie di elaborazioni per poter mettere in correlazione nel GIS tutte le informazioni necessarie all'analisi.

2.3.4 Organizzazione dei dati relativi alle masse legnose utilizzate e trasportate

Per poter inserire i dati dal foglio di calcolo al GIS si è convertito il file *excel* in *.dbf*. A questo punto i dati raccolti essendo riferiti ad ogni singola particella, la quale ha un codice ed una chiave univoci, e avendo a disposizione il *database* delle particelle forestali, si sono fatti combaciare i codici dei due file e quindi in automatico i dati raccolti sono stati associati in modo univoco alla particella nella tabella del GIS.

I dati raccolti dai Piani di Assestamento riportano la massa utilizzata in m³ lordi. Per poter risalire al traffico generato dal trasporto di queste masse si deve convertire la massa legnosa da volume (m³) in peso (t). Valutando la composizione media dei boschi nella zona di interesse (Abete rosso 61,9 % Abete bianco 14,3 % Larice 12,7 % Pino 4,5 % Faggio 4,9 % altre latifoglie 1,7 %), presumendo che la composizione delle utilizzazioni in termini di specie riporti le stesse percentuali, considerati i vari pesi specifici dei legni delle varie specie, si è considerato attendibile un peso medio di 0,88 t m³⁻¹. Nella zona di studio da una ricerca effettuata su oltre 30 lotti di legname, sia è riscontrata una resa media netta rispetto al lordo stimato di circa l'80%, quindi considerando che la corteccia viene comunque trasportata (per l'Abete rosso e l'Abete bianco è circa il 10% del volume) si è stimata come perdita di massa dovuta agli scarti di lavorazione un valore del 10%. Dopo tali considerazioni per convertire il volume del legname in massa espressa in t si è utilizzato come coefficiente di conversione 0,78 t m³⁻¹. Per quanto riguarda la legna da ardere invece non vi è la necessità di fare nessuna conversione in quanto già rilevata in tonnellate.

Dopo aver convertito i volumi in massa netta, per risalire alla massa lorda transitata (derivante dalla massa netta più il peso del mezzo di trasporto) è stata eseguita un'indagine per vedere nell'arco dei 21 anni di analisi quali mezzi di trasporto venivano utilizzati e quale fosse la loro capacità di carico. In tale periodo il trasporto è avvenuto quasi esclusivamente su autocarri a 3 assi. Fino agli anni 1997 - 1998 l'autocarro aveva una tara (comprensiva di gru) di circa 9,5 t e una capacità di carico di circa 10,5 t. Dal 1997 al 2007 gli autocarri hanno aumentato le loro prestazioni avendo una tara di circa 13,5 t e una capacità di carico di 17,5 t.

A questo punto si dispone della massa lorda trasportata che considera la massa netta trasportata e la tara del mezzo di trasporto. A questa massa poi è stata aggiunta ulteriormente la massa lorda dell'autocarro in quanto per recarsi sull'area di carico esegue un viaggio a vuoto, senza carico (Nevecĕrel et al. 2007).

Per disporre di dati che abbiano una certa omogeneità in fase di analisi le masse sono state raggruppate in trienni ottenendo 7 trienni.

I dati poi sono stati classificati in:

- MLD(di ogni triennio)Y: riporta la somma della massa lorda del triennio divisa per 3, quindi la media anno;
- MLDmedY: riporta il dato riferito alla massa lorda totale divisa per i 21 anni di riferimento;
- MASSA8707 è la somma di tutte le masse lorde.

2.3.5 Procedura per la determinazione della direzione del transito

La determinazione della direzione del transito è stata eseguita solamente sulle strade che vengono utilizzate prevalentemente per il trasporto del legname e che quindi gli interventi di manutenzione derivano principalmente dalle utilizzazioni forestali e vengono sostenuti dal

proprietario forestale. Questa distinzione è stata fatta inserendo nel vettoriale della viabilità un campo riportante i valori 0 o 1 a seconda del fatto che la strada venga o meno a ricadere nei parametri sopra citati.

Così come proposto da (Cavalli et al. 2009a), individuata la rete viaria di interesse, al suo interno sono stati segnati i “punti barriera (cod. 3)” per la percorrenza degli autocarri e i “punti di chiusura” ossia i punti di accesso alle strade forestali e che identificano il bacino di una rete viaria (cod. 2). Complessivamente sono stati individuati 72 bacini.

Per rendere il più possibile vicino alla realtà (nel limite delle applicazioni GIS) la localizzazione del materiale utilizzato si è provveduto a collegare la particella con la viabilità forestale. La conversione del file delle particelle con le varie utilizzazioni in un file di punti (centri di massa o centroide) ha permesso di unire le informazioni delle particelle alla viabilità attraverso una operazione di *snapping* che ha considerato non solo la distanza minima del centro di massa della particella dalla strada, ma anche la modalità e il senso di esbosco (verso valle o verso monte) e la morfologia del suolo (Cavalli et al. 2009b). Su 872 punti (particelle con almeno una utilizzazione nei 21 anni), la distanza planimetrica media coperta nella procedura di spostamento del centro di massa sulla viabilità forestale è risultata pari a 180 m (distanza max. 1000 metri). Per verificare la procedura sono state confrontate le posizioni dei centri di massa spostati su strada, rispetto alla corrispondente superficie di probabile utilizzazione. Su 872 punti, 30 hanno richiesto una correzione manuale (3%).

Per determinare poi la direzione (flusso) di trasporto delle masse utilizzate si è paragonata la direzione del transito al deflusso dell’acqua, ossia la rete viaria è stata considerata come un reticolo idrografico. La procedura ha visto l’utilizzo di diverse funzioni presenti nel *toolbox Spatial analysis* di in ArcGIS 9.2 che hanno previsto l’impiego del file vettoriale della viabilità e quello dei centroidi delle particelle (spostate e sovrapposte alla viabilità) in formato *raster*.

Tutti i bacini hanno previsto la determinazione della:

1. distanza cumulata dai punti di accesso agli imposti (*path distance allocation*);
2. direzione di trasporto rispetto ai punti di accesso e alle barriere (*flow direction*).

Il *flow direction* è stato quindi determinato sulla base della variazione del valore della distanza (nel caso del deflusso dell’acqua sarebbe la quota) rispetto ai punti di accesso e determinando la direzione in relazione al gradiente della distanza.

Determinata la direzione di transito si è proceduto con l’accumulo delle masse transitate, calcolato come *flow accumulation* sulla base della direzione del flusso di trasporto; l’accumulo rappresenta quindi il quantitativo di legname che attraversa ciascuna cella (sezione della rete di strade).

Qui di seguito viene riassunta in punti la sequenza del metodo utilizzato:

- conversione delle particelle interessate dalle utilizzazioni in centroidi;
- allineamento dei punti su strade per determinare la distanza media di esbosco e fissare i punti più probabili di esbosco del lotto;
- allineamento strada- punti (corrispondenza esatta);
- conversione strade da elemento vettoriale a elemento *raster* (precisione 10 m);
- conversione punti utilizzazione su strada in *raster*;
- conversione punti barriere su strada in *raster*;
- impostazione delle maschere;
- calcolo distanza dai punti di innesto su strada ordinaria;
- determinazione del *flow direction*;
- determinazione dei bacini di confluenza;
- calcolo del volume cumulato;
- traffico generato cumulato sulla base dei riscontri delle pesature;
- *Zonal statistic - Majority* per il vettoriale delle strade (tratti) spezzato sulle intersezioni, barriere e punti di accesso (nodi).

2.4 RELAZIONE TRA TRAFFICO GENERATO E MANUTENZIONE

2.4.1 Scelta del caso studio

Avendo a disposizione l'entità e la direzione del traffico generato dalle utilizzazioni forestali lungo la viabilità forestale, una delle possibili applicazioni è utilizzare questi dati per vedere quanto il transito del legname su strada influisce sul degrado e quindi sulla manutenzione della viabilità.

Per effettuare questo tipo di analisi si è scelto un determinato bacino di viabilità basandosi sulle seguenti caratteristiche:

- omogeneità territoriale della zona in modo tale da non avere eccessiva diversificazione dei casi da analizzare;
- rappresentatività dei quantitativi utilizzati e traffico sostenuto dal bacino di strade;
- presenza di viabilità con varie caratteristiche di fondo e carico transitato;
- non eccessiva frammentazione della viabilità;
- integrità territoriale riferita alla proprietà per agevolare la raccolta dei dati.

2.4.2 Raccolta dati sui costi di manutenzione

I dati relativi alla manutenzione sono stati raccolti presso l'Amministrazione comunale di Praso, consultando i vari progetti di manutenzione e relativi computi metrici, per lo stesso periodo che ha riguardato l'analisi delle utilizzazioni forestali, ossia dal 1987 al 2007.

I dati raccolti sono stati inseriti in una tabella in base a:

- proprietà asservita dalla strada;
- anno d'intervento (tra il 1987 e 2007);
- tratto di intervento interessato dalla manutenzione;
- costo interventi su fondo stradale (scarifica, ricarica, asfaltatura);
- costo sostituzione canalette;
- costo muri di sostegno;
- costo pulizia vegetazione;
- manutenzione ordinaria o straordinaria;
- manutenzione dovuta a evento meteorico intenso o meno;
- zona con particolare indice di franosità.

Tutti i prezzi rilevati sono poi stati attualizzati all'anno 2007 per avere la stessa base di misura nell'analisi dei risultati.

Sicuramente il fattore precipitazioni incide sull'erosione del fondo stradale, soprattutto per le strade con notevole pendenza. Nell'area di studio non è stato possibile rilevare le precipitazioni atmosferiche che sono avvenute nel ventennio, ma è stato riportato se l'intervento di manutenzione è dovuto ad eventi meteorici particolari o di forte intensità. Sicuramente una serie storica così lunga diluisce nel tempo l'incidenza delle precipitazioni, rendendo comunque i risultati dell'analisi significativi.

2.5 INDICIZZAZIONE SPAZIALE E TEMPORALE DEGLI INTERVENTI E COSTI DI MANUTENZIONE

Nel vettoriale della strada scelta come caso di studio (bacino con ID-12) sono stati inseriti, mediante l'operazione di *snapping*, i punti terminali di ogni tratto interessato da intervento di manutenzione (Figura 2.2) ed identificati mediante apposita numerazione, come riportata nel foglio di raccolta dati. Gli interventi di manutenzione nel periodo 1987 - 2007 sono stati 43.

I dati relativi alla manutenzione della viabilità devono essere organizzati in modo tale da per essere inseriti e gestiti in modo efficace mediante il GIS. Si è creato quindi un foglio di calcolo nel quale il costo di ogni singolo tipo di intervento (sistemazione del fondo stradale, realizzazione muri di sostegno, sostituzione canalette, interventi sulla vegetazione) è stato suddiviso per il relativo tratto di lunghezza ricavando così il costo in € m⁻¹ dell'intervento.

Come avvenuto per l'analisi delle utilizzazioni forestali, anche i costi di manutenzione sono stati raggruppati in trienni per avere la stessa unità temporale di confronto in sede di analisi. Per ogni triennio i costi di manutenzione (€ m⁻¹) sono stati inseriti tenendo separati gli interventi di manutenzione ordinaria da quelli di manutenzione straordinaria e in una colonna a parte è stato calcolato il costo complessivo derivante dalla somma dei due tipi di interventi. Inoltre mediante degli indici (0 e 1) si è segnalato se l'intervento di manutenzione si è reso necessario a causa di un evento meteorico intenso e se la zona è interessata da un elevato indice di franosità (Tabella 2.1).

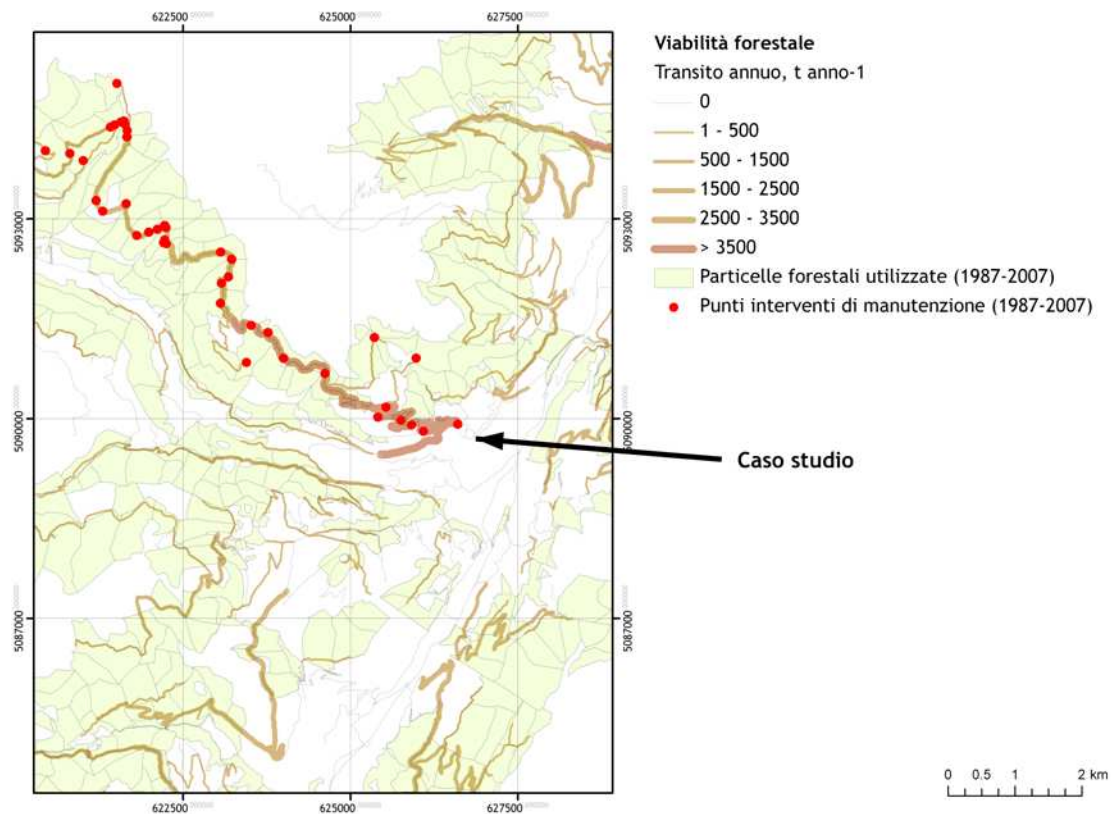


Figura 2.2: individuazione dei punti di estremità dei tratti interessati da manutenzione sulla viabilità

Tabella 2.1: particolare del foglio di calcolo utilizzato per l’inserimento dei dati relativi agli interventi di manutenzione

INTERVENTO	TIPO DI INTERVENTO	TRIENNIO 87-89		ALTRI TRIENNI	TOTALI		TIPO MANUTENZ.
		manutenz. ordinaria	manutenz. straordinaria		manutenz. ordinaria	manutenz. straordinaria	
METRI	Costo € m ⁻¹	Costo € m ⁻¹ per tipo di intervento	Costo € m ⁻¹ per tipo di intervento		Costo € m ⁻¹ per tipo di intervento	Costo € m ⁻¹ per tipo di intervento	O - S

Nel periodo temporale analizzato (21 anni) vi sono dei tratti di viabilità che sono stati interessati, in modo diverso, da più interventi di manutenzione. Per poter quindi individuare quali tratti sono stati coinvolti da più interventi di manutenzione e saperne valutare l’entità cumulata in termini di € m⁻¹, ogni tratto di manutenzione è stato identificato da un codice di manutenzione (M001). Sono stati individuati 41 tratti di manutenzione (M001-M041) e complessivamente in questi tratti si sono cumulati 228 interventi.

2.6 PROCEDURA INCROCIO DATI DI MANUTENZIONE E TRAFFICO

Disponendo del foglio di calcolo con i codici di manutenzione (M001-M041) nel vettoriale della viabilità con il traffico cumulato derivante dalle utilizzazioni, si sono inseriti i codici di manutenzione nel rispettivo segmento di strada.

Mediante il codice di manutenzione, all'interno del GIS si sono fatti combaciare i dati relativi alla manutenzione con quelli della viabilità, quindi oltre al vettoriale del traffico cumulato, ora si dispone anche del vettoriale del costo cumulato (*dataset*). Naturalmente i dati possono essere paragonati con gli altri parametri della viabilità ed in questo caso specifico con la tipologia di fondo (stabilizzato o asfaltato).

Mediante apposite analisi ora è possibile stabilire il costo di manutenzione € m⁻¹ in base al traffico espresso in t anno⁻¹.

2.7 PROCEDURA DI ANALISI DEI RISULTATI

Dalla tabella e con i dati *grezzi* ottenuti dal GIS si sono derivate altre informazioni, quali:

1. costo medio annuo per metro (su 21 anni) per tipologia di intervento (A);
2. traffico medio annuo per il triennio in cui ricade l'intervento (B);
3. traffico medio annuo per il periodo di 21 anni (C).

2.8 RELAZIONE TRA TRAFFICO E INTERVENTI E COSTI DI MANUTENZIONE

2.8.1 Analisi statistica

Lo studio della relazione tra interventi, costi di manutenzione e traffico generato dalle utilizzazioni forestali per il bacino di strade forestali oggetto di studio nel periodo 1987-2007, ha previsto come prima analisi il confronto del *traffico* (T) e dei *costi cumulati medi anno di manutenzione per metro lineare, relativi al ripristino del fondo stradale e delle canalette* (CF) per i 7 trienni in cui il periodo di osservazione di 21 anni è suddiviso. L'obiettivo è infatti verificare se ci sono differenze tra le medie dei trienni sia per il traffico sia per quanto riguarda i costi di manutenzione.

A tal fine si è quindi ricorso all'analisi della varianza (ANOVA) ad una via (univariata), che permette di confrontare due o più *gruppi* (trienni) di dati, confrontandone la variabilità interna (variabilità all'interno dei gruppi) con la variabilità tra i gruppi. La procedura ANOVA univariata produce un'analisi della varianza univariata per una variabile dipendente (in questo caso T e CF) quantitativa, in base a una singola variabile-fattore (indipendente) (Triennio, Tr). L'analisi della varianza consente di verificare l'ipotesi di uguaglianza di più medie. L'ipotesi nulla prevede così che il traffico (T) o i costi (CF), di tutti i trienni, abbiano la stessa origine e che le differenze osservate siano dovute solamente al caso.

2.9 MODELLO DI REGRESSIONE TRA IL TRAFFICO GENERATO E COSTI DI MANUTENZIONE

2.9.1 Scelta della procedura

L'analisi della regressione consente di stimare i coefficienti di una equazione includendo una o più variabili indipendenti, che prevedono al meglio il valore della variabile dipendente. È

possibile scegliere uno o più modelli di regressione per la stima di curve. Visualizzando i dati in un grafico a dispersione, si può osservare se il grafico è simile a una funzione matematica nota e adattare quindi i dati a quel tipo di modello. Se, ad esempio, i dati sono simili a una funzione esponenziale, si utilizzerà il modello esponenziale. Attraverso un programma statistico (SPSS17), si verificherà quale possa essere l'equazione esponenziale che meglio descriva la relazione tra traffico e costo di manutenzione.

2.9.2 Modello di regressione tra traffico e costi di manutenzione ordinaria

La determinazione del modello di regressione si basa sulla individuazione dei tratti interessati da manutenzione ordinaria per l'intero periodo (1987-2007) e del traffico a questi tratti associato.

Il modello di regressione considera quindi per ciascun tratto di viabilità, interessato da un traffico superiore a 0 t anno^{-1} e almeno un intervento di manutenzione, la variabile indipendente traffico come il traffico cumulato medio per anno (somma del traffico di tutti i trienni diviso per il numero complessivo degli anni del periodo oggetto di studio) (T) e la variabile dipendente costo (CFi) come la media annua dei costi sostenuti per intervento (sempre per lo stesso periodo) relativi alla manutenzione (ordinaria e straordinaria) del fondo stradale, intesa come ripristino fondo e sostituzione canalette di deflusso per le acque superficiali. Inoltre, a titolo descrittivo, per ciascun tratto si è riportato anche il costo totale di manutenzione comprensivo anche dei costi di interventi per il consolidamento e la ripulitura da vegetazione delle scarpate.

Per ciascun tratto è stata quindi associata la descrizione della tipologia di fondo (stabilizzato o asfaltato) e se il tratto rientra in un'area con un elevato indice di franosità (F) o se è stato interessato da possibili eventi meteorici di forte intensità (M).

Nel complesso sono stati determinati 79 casi di intervento per un tratto complessivo di 24,23 km di viabilità.

3 TELEFERICA MALGA ROLLA - VERMANGOI

3.1 STUDIO DELL'AREA E COSTRUZIONE DEL PROFILO

Nell'area scelta per l'analisi del rapporto tra traffico e manutenzione si propone una valutazione tecnica per la realizzazione di una gru a cavo per il trasporto aereo in fondovalle del legname. L'analisi tecnica è motivata anche dall'interesse dimostrato dalle amministrazioni proprietarie coinvolte nel valutare un'alternativa al trasporto su strada (soprattutto per questioni di sicurezza) nel tratto finale non essendovi alternative fattibili al tracciato attuale. Con la collaborazione dei Custodi Forestali, dopo aver visionato a tavolino la zona, si è fatto un sopralluogo nell'area d'interesse per individuare in linea di massima il tracciato della gru a cavo (Figura 3.1).

Il punto di partenza della gru a cavo è stato scelto sulla base dei seguenti fattori:

- centralità rispetto alla zona interessata dalle utilizzazioni boschive;
- possibilità di realizzare un ampio piazzale per il concentrazione del legname prima di essere trasportato a valle.

La scelta del punto di arrivo è stata vincolata soprattutto dalla presenza di linee elettriche e della strada provinciale di fondovalle, oltre all'individuazione di un'ideale area per la realizzazione del piazzale di deposito.

Rilevati sulla cartografia i punti di partenza e arrivo (Figura 3.2) si è provveduto mediante il GIS a rilevare il profilo del terreno e successivamente a dimensionare e disegnare il profilo della gru a cavo con AutoCAD.

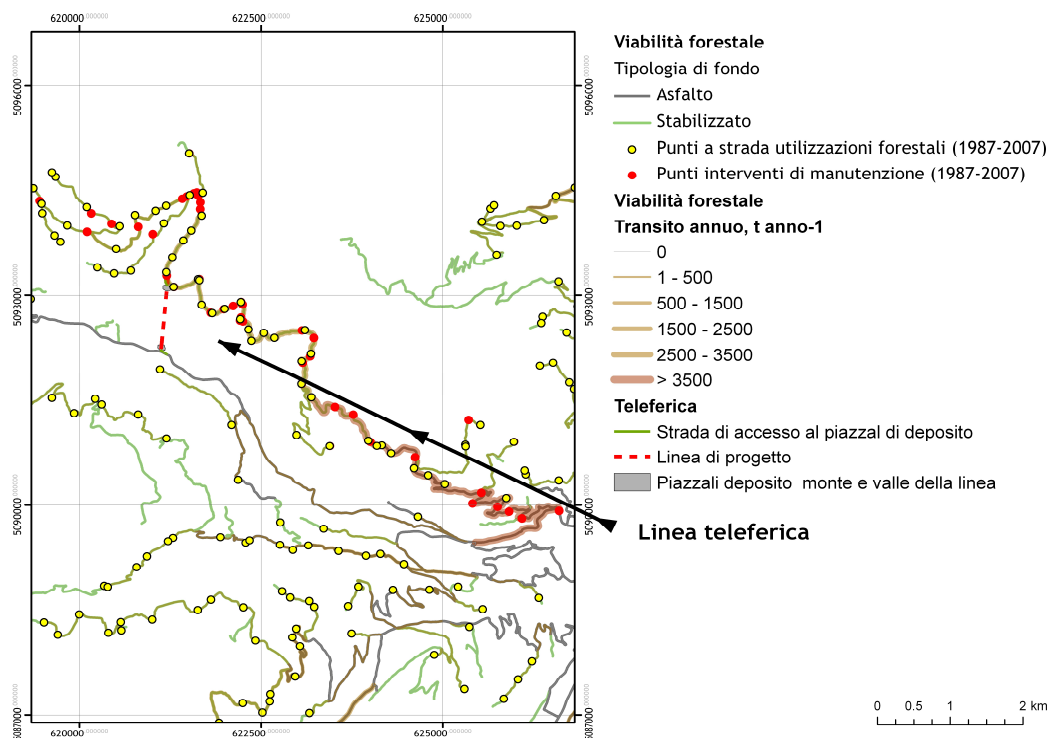


Figura 3.1: localizzazione della linea della teleferica all'interno dell'area di studio

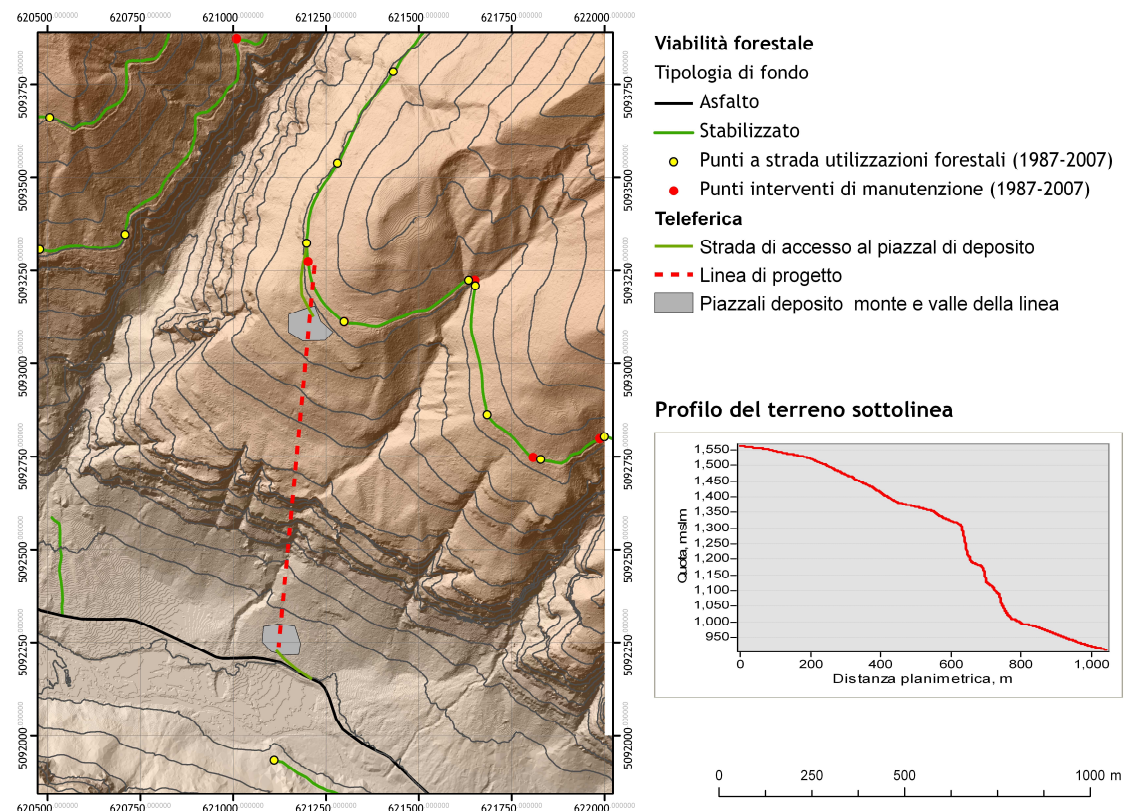


Figura 3.2: localizzazione dei piazzali di deposito e profilo del terreno sottolinea

3.2 PROCEDURA PER IL DIMENSIONAMENTO

Dimensionare una gru a cavo significa determinare, sulla base della massa del carico che vogliamo trasportare e della lunghezza dei tronchi, il tipo di fune portante da utilizzare e l'altezza che devono avere gli eventuali elementi di sostegno quali ritti di estremità e cavalletti intermedi. Successivamente si eseguono tutte le verifiche di sollecitazione ai vari elementi della linea.

Rilevato il profilo del suolo mediante il GIS con il supporto del modello digitale del terreno LIDAR con risoluzione 1 m, si è inserito il profilo in AutoCAD e si sono individuati i probabili punti per la realizzazione dei ritti e dei cavalletti.

Successivamente si è stabilita l'altezza minima della fune portante da terra per consentire il passaggio del carico (6m) a gravità e relativo carrello. Considerando un franco di 2 m sotto il carico si è stabilita un'altezza complessiva da terra della fune portante (carica) di 10 m.

Determinato in circa 3 t il carico massimo trasportabile (equivalente a circa 3 m³ di legname più carrello) si è scelto il tipo di fune portante. Si è proceduto quindi con il calcolo della tensione della linea, tenendo conto del coeff. di sicurezza, carico di rottura effettivo della fune portante, tipologia di linea "numero campate" con relativo indice di incremento di tensione, fattore di tensione e fattore di carico.

Per determinare l'altezza dei cavalletti si è calcolata la freccia della fune portante scarica e carica e quindi si è disegnato il profilo della catenaria per verificare in ogni tratto della linea se

vi è l'altezza minima da terra per consentire il passaggio del carico sospeso. Nel determinare l'altezza dei cavalletti è importante considerare anche la pendenza della linea in quanto essendo un trasporto a gravità devono essere rispettati i valori minimi per consentire la discesa del carrello (pendenza minima del 15%).

Determinate le altezze dei vari supporti si procede con il calcolo delle sollecitazioni sulle scarpe e carrucole, tenendo conto dei vari angoli di flessione della fune portante carica e scarica e sommando la sollecitazione (Ta) dovuta alla tensione della fune portante scarica, il peso del carico trasportabile e il peso della fune portante (vedi Figura 3.3).

TELEFERICA MALGA ROLLA - VERMANGOI																																																					
Calcoli per il dimensionamento della gru a cavo - capacità di carico 3 m ³																																																					
<table border="1"> <tr> <td>n</td> <td>3</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5</td> <td>3</td> </tr> </table>		n	3	2		5	3	funne portante CRe (Kg) 73.775 q (Kg/m) 3,64		tipo: 6 * 36 F WS FORMING compattata ø 28																																											
n	3	2																																																			
	5	3																																																			
<table border="1"> <tr> <td>F</td> <td>13,5</td> <td>12,0</td> </tr> </table>		F	13,5	12,0	Coeff. Sicur. 3																																																
F	13,5	12,0																																																			
T max Kg 24.592				tratto (C) m AB 56 BC 105 CD 177 DE 304 EF 598 TOT. AF 1240																																																	
<table border="1"> <tr> <td>T scar</td> <td>Kg</td> <td>14.755</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Kg</td> <td>16.394</td> </tr> </table>		T scar	Kg	14.755		Kg	16.394			<table border="1"> <tr> <td>F scar</td> <td>m</td> <td>0,10</td> <td>0,34</td> <td>0,97</td> <td>2,85</td> <td>11,03</td> </tr> <tr> <td></td> <td>m</td> <td>0,09</td> <td>0,31</td> <td>0,87</td> <td>2,56</td> <td>9,92</td> </tr> </table>			F scar	m	0,10	0,34	0,97	2,85	11,03		m	0,09	0,31	0,87	2,56	9,92																											
T scar	Kg	14.755																																																			
	Kg	16.394																																																			
F scar	m	0,10	0,34	0,97	2,85	11,03																																															
	m	0,09	0,31	0,87	2,56	9,92																																															
<table border="1"> <tr> <td>P</td> <td>Kg</td> <td>3.320</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Kg</td> <td>2.951</td> </tr> </table>		P	Kg	3.320		Kg	2.951			<table border="1"> <tr> <td>F car</td> <td>m</td> <td>1,89</td> <td>3,54</td> <td>5,97</td> <td>10,26</td> <td>20,18</td> </tr> <tr> <td></td> <td>m</td> <td>1,68</td> <td>3,15</td> <td>5,31</td> <td>9,12</td> <td>17,94</td> </tr> </table>			F car	m	1,89	3,54	5,97	10,26	20,18		m	1,68	3,15	5,31	9,12	17,94																											
P	Kg	3.320																																																			
	Kg	2.951																																																			
F car	m	1,89	3,54	5,97	10,26	20,18																																															
	m	1,68	3,15	5,31	9,12	17,94																																															
				<table border="1"> <tr> <td>F tot</td> <td>m</td> <td>1,99</td> <td>3,88</td> <td>6,94</td> <td>13,11</td> <td>31,21</td> </tr> <tr> <td></td> <td>m</td> <td>1,77</td> <td>3,46</td> <td>6,18</td> <td>11,68</td> <td>27,86</td> </tr> </table>			F tot	m	1,99	3,88	6,94	13,11	31,21		m	1,77	3,46	6,18	11,68	27,86																																	
F tot	m	1,99	3,88	6,94	13,11	31,21																																															
	m	1,77	3,46	6,18	11,68	27,86																																															
CONTROLLO ANGOLI DI FLESSIONE PER SICUREZZA		angolo fless. su scarpa fune port. Scarica		<table border="1"> <tr> <td>punto</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td>α sc1 °</td> <td>12,1</td> <td>26,6</td> <td>27,5</td> <td>49,4</td> </tr> <tr> <td>α sc2 °</td> <td>0,8</td> <td>10,6</td> <td>23,7</td> <td>23,0</td> </tr> <tr> <td>β sc °</td> <td>11,3</td> <td>16,0</td> <td>3,8</td> <td>26,4</td> </tr> </table>			punto	B	C	D	E	α sc1 °	12,1	26,6	27,5	49,4	α sc2 °	0,8	10,6	23,7	23,0	β sc °	11,3	16,0	3,8	26,4																											
		punto	B	C	D	E																																															
		α sc1 °	12,1	26,6	27,5	49,4																																															
α sc2 °	0,8	10,6	23,7	23,0																																																	
β sc °	11,3	16,0	3,8	26,4																																																	
angolo fless. su carrucola ritto di estremità di monte fune port. Carica		<table border="1"> <tr> <td>punto</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td>α v1 °</td> <td></td> <td>26,6</td> <td>27,5</td> <td>49,4</td> </tr> <tr> <td>α c2 °</td> <td></td> <td>2,3</td> <td>16,6</td> <td>15,6</td> </tr> <tr> <td>β c °</td> <td>0</td> <td>24,3</td> <td>10,9</td> <td>33,8</td> </tr> </table>			punto	B	C	D	E	α v1 °		26,6	27,5	49,4	α c2 °		2,3	16,6	15,6	β c °	0	24,3	10,9	33,8																													
punto	B	C	D	E																																																	
α v1 °		26,6	27,5	49,4																																																	
α c2 °		2,3	16,6	15,6																																																	
β c °	0	24,3	10,9	33,8																																																	
angolo fless. su carrucola ritto di estremità di monte fune port. Carica		<table border="1"> <tr> <td>punto</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td>α c1 °</td> <td>19,8</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>α c2 °</td> <td>0,8</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>β cm °</td> <td>19,0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>			punto	B	C	D	E	α c1 °	19,8				α c2 °	0,8				β cm °	19,0	0	0	0																													
punto	B	C	D	E																																																	
α c1 °	19,8																																																				
α c2 °	0,8																																																				
β cm °	19,0	0	0	0																																																	
sollecitazione su scarpa (Ta) Ta = Ta scar + P + Pp		<table border="1"> <tr> <td>punto</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> <td>E</td> </tr> <tr> <td>Ta scar</td> <td>Kg</td> <td>2.918</td> <td>4.131</td> <td>981</td> <td>6.817</td> </tr> <tr> <td>Ta scar</td> <td>Kg</td> <td>3.242</td> <td>4.590</td> <td>1.090</td> <td>7.574</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>Kg</td> <td>3.320</td> <td>3.320</td> <td>3.320</td> <td>3.320</td> </tr> <tr> <td>P</td> <td>kg</td> <td>2.951</td> <td>2.951</td> <td>2.951</td> <td>2.951</td> </tr> <tr> <td>Pp</td> <td>kg</td> <td>293</td> <td>513</td> <td>875</td> <td>1.642</td> </tr> <tr> <td>Ta</td> <td>kg</td> <td>6.531</td> <td>7.965</td> <td>5.177</td> <td>11.778</td> </tr> <tr> <td>Ta</td> <td>kg</td> <td>6.486</td> <td>8.055</td> <td>4.917</td> <td>12.167</td> </tr> </table>					punto	B	C	D	E	Ta scar	Kg	2.918	4.131	981	6.817	Ta scar	Kg	3.242	4.590	1.090	7.574	P	Kg	3.320	3.320	3.320	3.320	P	kg	2.951	2.951	2.951	2.951	Pp	kg	293	513	875	1.642	Ta	kg	6.531	7.965	5.177	11.778	Ta	kg	6.486	8.055	4.917	12.167
punto	B	C	D	E																																																	
Ta scar	Kg	2.918	4.131	981	6.817																																																
Ta scar	Kg	3.242	4.590	1.090	7.574																																																
P	Kg	3.320	3.320	3.320	3.320																																																
P	kg	2.951	2.951	2.951	2.951																																																
Pp	kg	293	513	875	1.642																																																
Ta	kg	6.531	7.965	5.177	11.778																																																
Ta	kg	6.486	8.055	4.917	12.167																																																
altezza tralicci m 14 18 18 21																																																					

Figura 3.3: modello utilizzato per calcolare le varie componenti utili al dimensionamento della gru a cavo

Sull'ultimo cavalletto prima del salto in corrispondenza delle rocce si verifica un angolo di flessione sulla scarpa di quasi 34° il che è superiore ai 30° massimi previsti. Il problema può essere risolto utilizzando delle scarpe a bilancere per accompagnare il cambio di pendenza della fune portante.

Determinate tutte le sollecitazioni e forze in gioco è possibile determinare il dimensionamento dei vari elementi strutturali, ossia ritto di estremità, cavalletti intermedi e ancoraggi.

3.2.1 Tipologia di linea, funi, carrello, motore

Valutata graficamente la possibilità tecnica di realizzare la gru a cavo si deve determinare che tipologia di gru a cavo si vuole adottare.

Si è scelto di dimensionare (Figura 3.3) la gru a cavo per il trasporto a valle di circa 3 m^3 per non dover realizzare strutture troppo grandi e non incidere troppo sui tempi di carico e scarico e trasporto dei tronchi in verticale, in quanto un trasporto in orizzontale dei tronchi risulterebbe complicato da gestire in fase di carico e scarico. Inoltre il tratto finale della linea presenta pendenze di circa 40° e il trasporto in orizzontale di più tronchi risulta problematico con il pericolo di caduta di parte del carico.

È prevista l'installazione di una gru a cavo con funzionamento a gravità, bifune con stazione motrice semifissa pesante. La realizzazione delle strutture principali sarà in artificiale e quindi fisse (ancoraggi, cavalletti, ritto).

Si prevede la realizzazione di cavalletti "a portale" con scorri fune alla base per la fune traente, struttura composta da tralicci in ferro autoportanti senza necessità di controventature o funi di sostegno (è prevista la realizzazione di n° 1 ritto di estremità a monte sotto strada di 14 m di altezza e di n° 3 cavalletti rispettivamente di 18 - 18 - 21 m di altezza). A valle non è previsto nessun ritto in quanto la fune portante si alza di parecchi metri da terra subito dopo il punto di ancoraggio a causa dell'elevata inclinazione della fune stessa (Figura 3.4).

Il tipo di fune portante scelta è una 6 x 36 F WS FORMING compattata $\varnothing 28 \text{ cm}$ (dimensionata per il trasporto di circa 3 m^3 di legname); per l'allestimento della linea serve una lunghezza della fune di circa 1320 m, che una volta installata avrà uno sviluppo complessivo di 1236 m (lunghezza della catenaria scarica). Il tratto di linea interessato dal transito del carrello (dal piazzale di monte a quello di valle) è di circa 1115 m.

Il carrello con comando di bloccaggio su fune portante e fune traente dovrà avere una capacità di carico di almeno 3 t.

La stazione motrice sarà semifissa con argano di tipo pesante con motore di potenza maggiore a 40 kW, con capacità di fune di 1500 - 2000 m con diametro 11-12 cm, e una forza di trazione di 5000 daN, e una velocità massima di $6-8 \text{ m s}^{-1}$. L'argano dovrà essere dotato della funzione che permette di memorizzare il percorso e quindi ridurre la velocità in modo autonomo in corrispondenza dei vari cavalletti. Considerando la lunghezza del tratto che deve percorrere il carrello e tenendo per buona una velocità media di 5 m s^{-1} , il tempo necessario per compiere il viaggio di andata e ritorno è di circa 8 minuti. Considerando 6 minuti per le operazioni di carico e scarico, complessivamente un ciclo si aggira attorno ai 15 minuti. Eseguendo 4 viaggi l'ora con

un carico medio di 3 m³ si trasportano a valle circa 12 m³ h⁻¹ . Un autocarro per trasportare a valle la stessa quantità di legname impiega più di due 2 ore.

3.3 ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE

La gru a cavo è stata individuata in zona centrale rispetto alle utilizzazioni per ridurre al massimo anche il trasporto su strada forestale, che ovviamente vi è ancora per poter confluire il legname nel piazzale di accumulo a monte, ma viene eliminato dal tratto finale a valle che desta molte preoccupazioni.

Rispetto all'organizzazione classica del cantiere boschivo oltre alla fase di esbosco e successivo trasporto, vi è una fase in più che consiste nello scarico del legname nel piazzale di accumulo di monte della teleferica, carico del legname sulla gru a cavo, trasporto a valle, scarico e carico nuovamente su autocarro per il trasporto in segheria, il che sicuramente incide sui costi di utilizzazione e sull'organizzazione del cantiere.

Nel piazzale di deposito a monte non dovrebbe essere necessario l'utilizzo di una gru per poter preparare i carichi da trasportare con la gru a cavo, mentre nel piazzale di valle, per una gestione migliore degli spazi e per operare in sicurezza è necessaria una gru per movimentare il legname e predisporre le catoste pronte per essere trasportate in segheria.

Teleferica Malga Rolla - Vermangoi

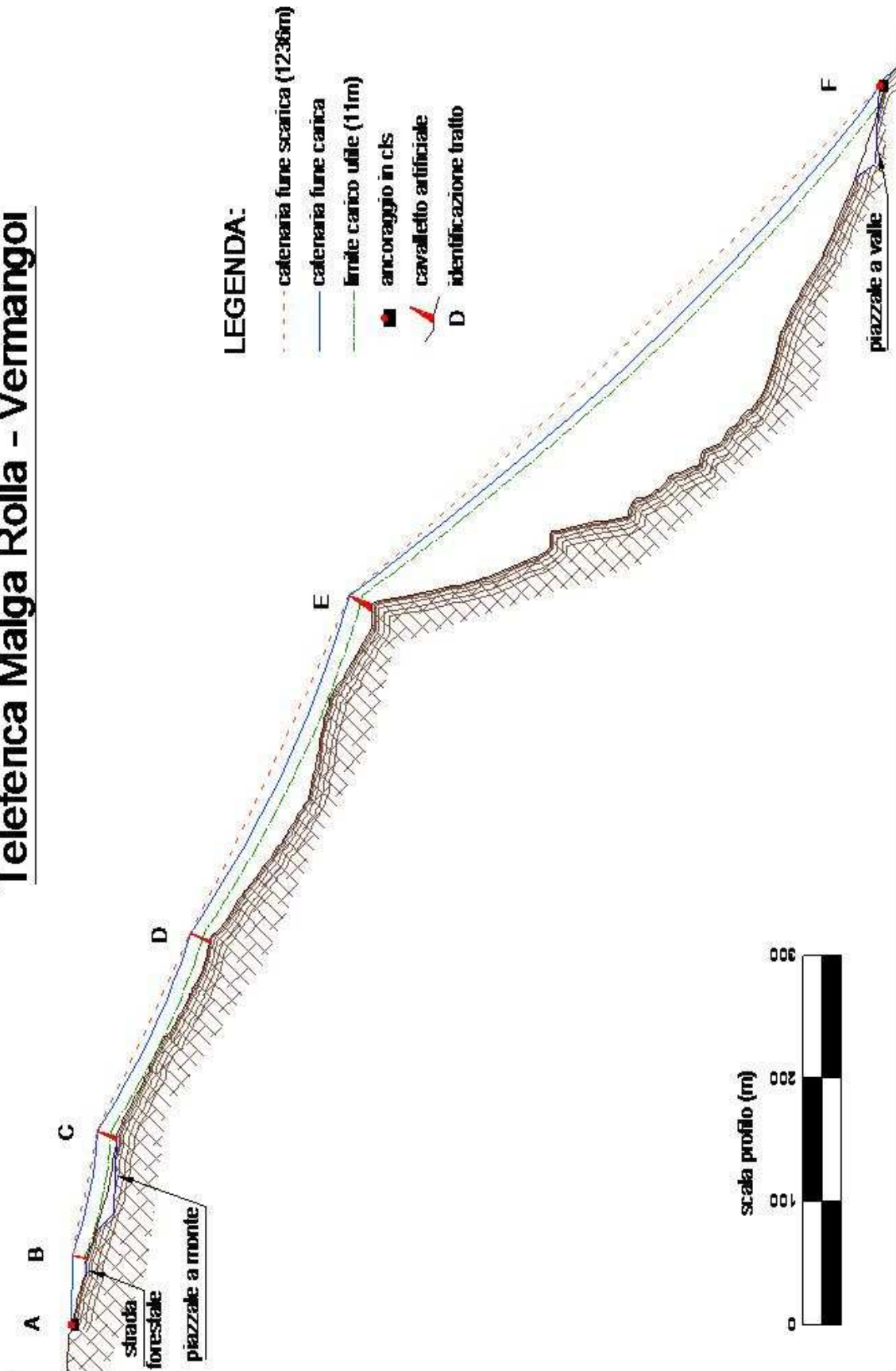


Figura 3.4: profilo della gru a cavo realizzato mediante AutoCAD con particolari di costruzione

4 RISULTATI

4.1 ANALISI DEL TRAFFICO GENERATO DALLE UTILIZZAZIONI TRA IL 1987 E IL 2007

4.1.1 Viabilità forestale nel comprensorio del B.I.M. del Chiese

L'area oggetto di studio presenta una rete viaria discretamente distribuita sul territorio, in media con i valori provinciali (26 m ha^{-1} nelle aree forestali).

Dall'analisi eseguita sulla viabilità, complessivamente il territorio del Chiese è percorso da 682 km di strade (Figura 4.1) suddivise nelle seguenti categorie:

- viabilità ordinaria 127 km (pari al 18,7% del totale);
- viabilità di accesso 239 km (pari al 35,1% del totale);
- viabilità forestale 316 km (pari al 46,2% del totale).

Dai dati sopra esposti si evince come la viabilità a stretto servizio del bosco (di accesso e forestale) rivesta un ruolo importante nel comprensorio.

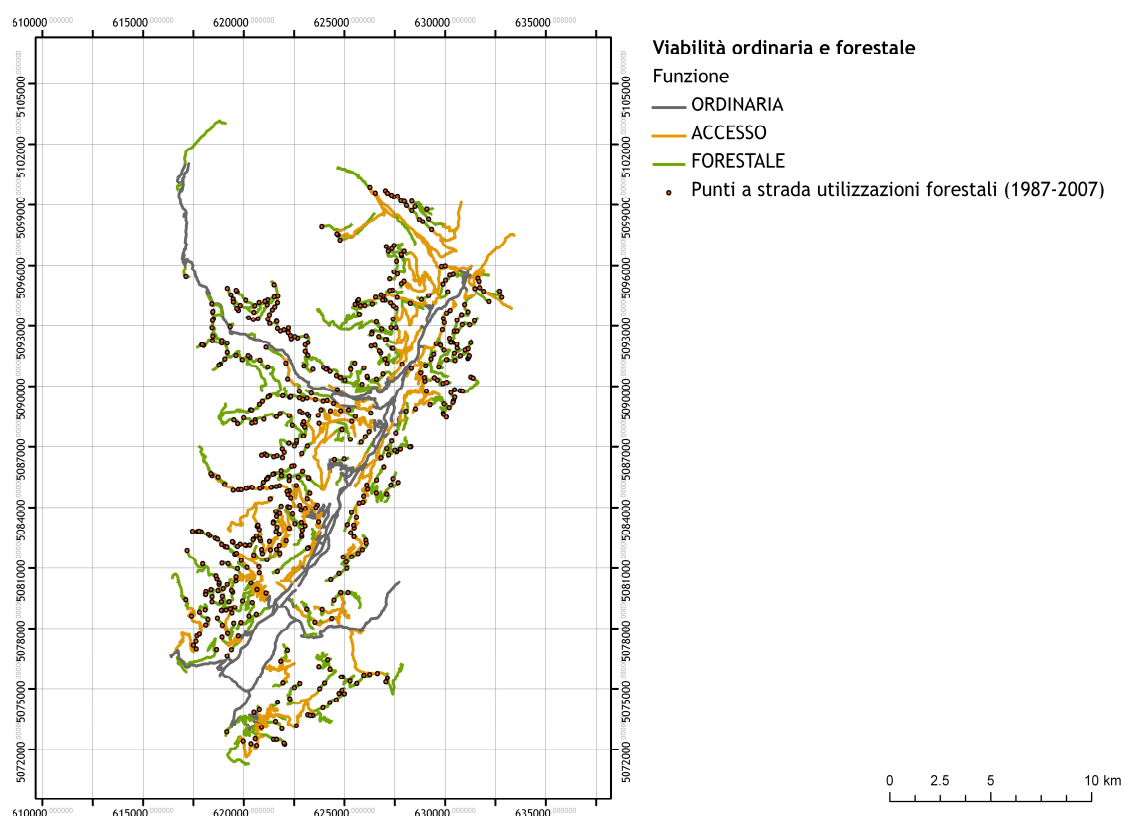


Figura 4.1: rete viaria del comprensorio del Chiese classificata in base alla funzione

Concentrando l'attenzione sulle strade che vengono interessate principalmente dal transito di mezzi per il trasporto del legname derivante dalle utilizzazioni forestali si è rilevato che in questa categoria rientrano tutte le strade forestali e parte delle strade di accesso.

Tale rete stradale si estende per complessivi 533 km suddivisi nelle seguenti entità:

- viabilità di accesso 217 km (pari al 40,8%);
- viabilità forestale 316 km (pari al 59,2%).

Per quanto riguarda il fondo stradale (Figura 4.2) vi sono due tipi di categorie: strade con fondo asfaltato e strade con fondo costituito da materiale stabilizzato di varia granulometria (Tabella 4.1).

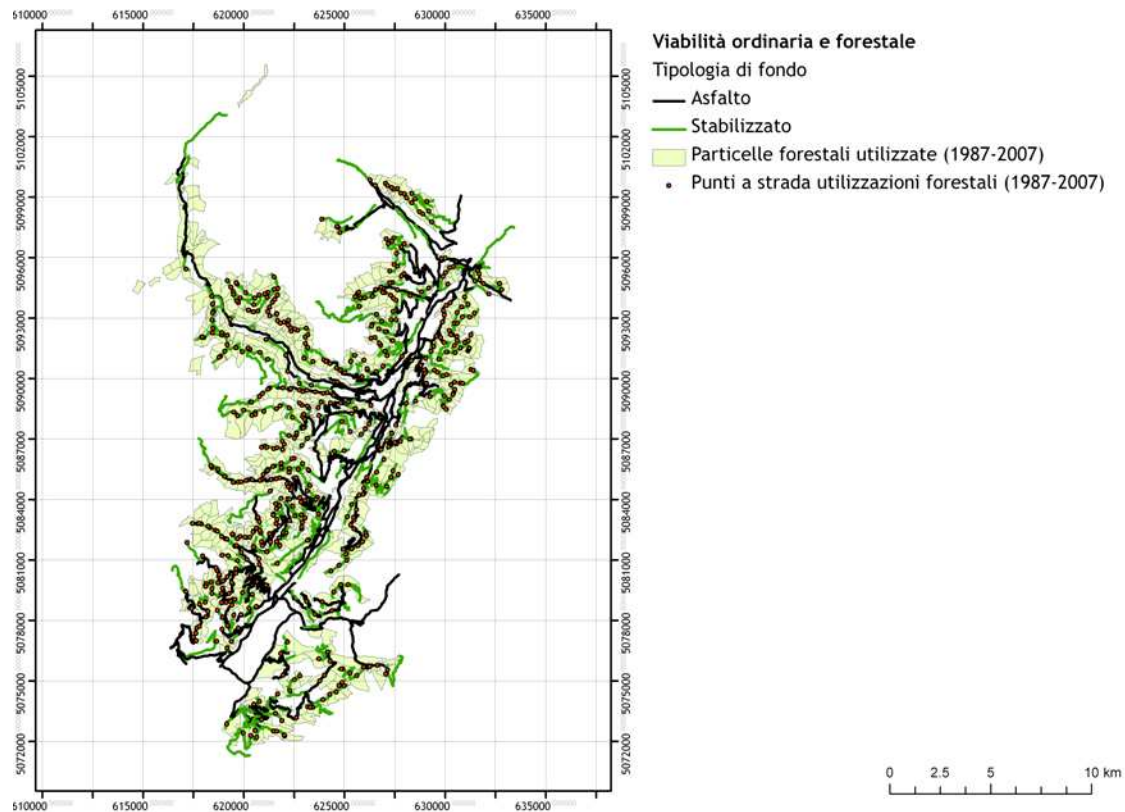


Figura 4.2: rete viaria del comprensorio del Chiese classificata in base alla tipologia di fondo (evidenziazione delle particelle interessate da utilizzazioni forestali tra il 1987-2007)

Tabella 4.1: Suddivisione della viabilità in base alla funzione e al tipo di fondo

FUNZIONE STRADA	km	TIPO DI FONDO	km	%
Accesso	239	asfalto	188	33,8
		stabilizzato	51	9,3
Forestale	316	asfalto	42	7,5
		stabilizzato	274	49,4
Totali	555		555	100,0

Per quanto riguarda le strade prettamente forestali vi è un'ulteriore classificazione che viene fatta in base alla regolamentazione del traffico e quindi strade forestali di tipo A e B come riportato di seguito:

- strade forestali tipo A 124 km (pari al 39,2%);
- strade forestali tipo B 192 km (pari al 60,8%).

Complessivamente nel comprensorio sono stati individuati 72 bacini di strade con vari sviluppi chilometrici a seconda della zona. A un bacino corrisponde una determinata rete viaria che vede tutto il suo sviluppo terminare in un unico punto su strada ordinaria, identificato come *punto di chiusura* del bacino.

La quasi totalità delle strade presenti nel comprensorio sono transitabili con autocarro, comprese anche le strade forestali, che però rispetto alle altre presentano una larghezza media della carreggiata inferiore, ossia di 2,5 m più banchina, rendendo al limite del praticabile il transito degli autocarri. Solo le viabilità del fondovalle e quella presente in alcune zone più agevoli, consentono il transito di autocarri con rimorchio.

4.1.2 Utilizzazioni e traffico generato

Le utilizzazioni forestali nel periodo 1987-2007 hanno interessato, in modo più o meno intenso, 872 particelle forestali rispetto alle 1268 particelle complessive. Graficamente si nota che le particelle utilizzate confinano spesso con una strada forestale, infatti si è rilevata una distanza media di esbosco (partendo dal centro della particella) pari a 180 m e con alcuni valori massimi di circa 1000 m. Le particelle più lontane dalle strade o con valori di ripresa estremamente bassi e con forte vocazione di protezione, non sono mai state utilizzate nel corso dei 21 anni.

Dall'analisi delle utilizzazioni è emerso che il volume medio utilizzato annualmente nel comprensorio è di circa 27.800 m³ di legname (Tabella 4.2). Come riportato nella tabella 4.2 vi sono degli anni (il 1989 e il 2005) che riportano valori di utilizzazione decisamente sopra la norma. Dall'analisi è emerso che in corrispondenza di questi anni si sono verificati notevoli schianti da neve e vento nella zona, il che giustifica l'entità dei valori rilevati.

Vista la conformazione del territorio, le utilizzazioni sono state eseguite quasi totalmente mediante l'utilizzo di gru a cavo e da circa un decennio si è iniziato ad utilizzare macchine dotate di processore per l'allestimento del legname su strada.

Per la determinazione del traffico generato (Figura 4.3) il volume del legname allestito è stato convertito in massa espressa in tonnellate (t). A tale massa è stata aggiunta anche quella del mezzo di trasporto andando così a determinare il carico complessivo (transito).

Tabella 4.2: volumi provenienti dalle utilizzazioni forestali avvenute nel comprensorio del Chiese (suddivisi per anno e raggruppati per media del triennio)

Anno	Utilizzazione	Media annua nel triennio
	m ³	m ³ anno ⁻¹
1987	28.069	39.531
1988	20.781	
1989	69.743	
1990	14.198	14.962
1991	15.084	
1992	15.603	
1993	29.263	28.150
1994	29.407	
1995	25.780	
1996	23.726	25.003
1997	27.121	
1998	24.163	
1999	23.869	23.251
2000	13.820	
2001	32.065	
2002	24.474	27.791
2003	39.442	
2004	19.456	
2005	57.003	36.171
2006	24.757	
2007	26.752	
TOTALE	584.576	
Media utilizzazioni m³ anno⁻¹	1987-2007	27.837

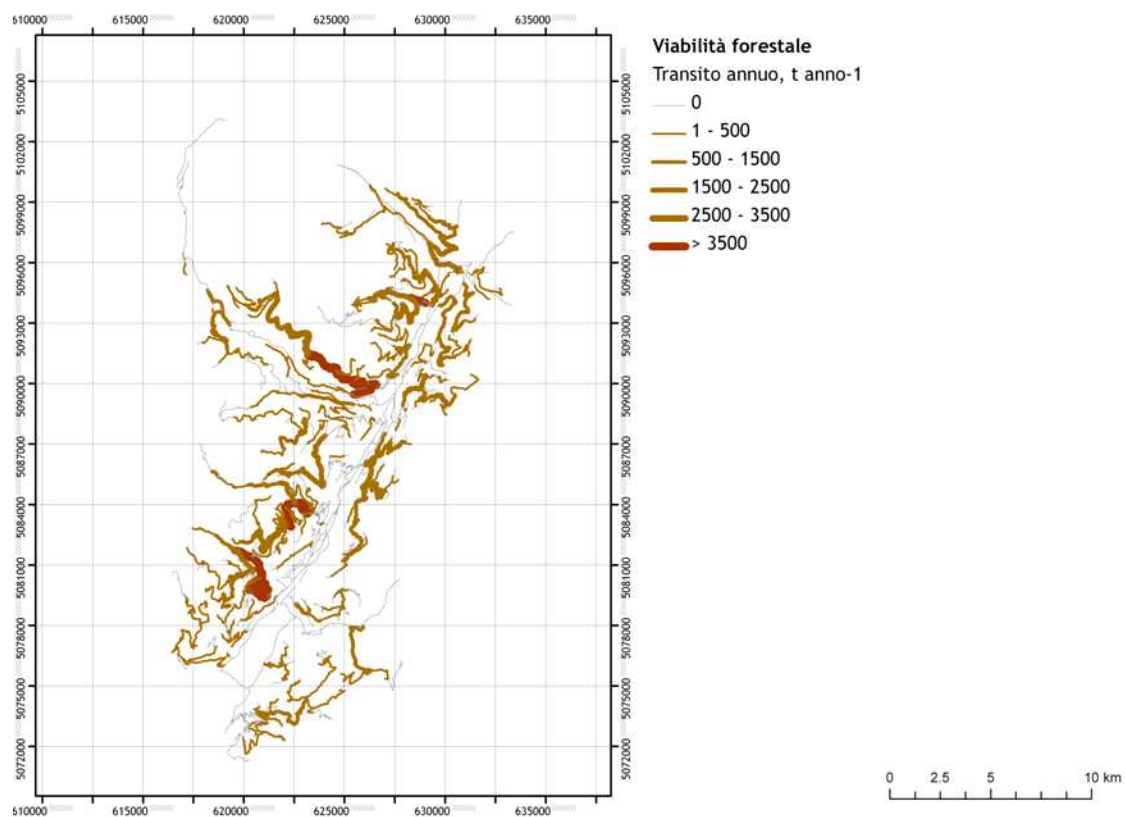


Figura 4.3: rete viaria del comprensorio del Chiese classificata in base al transito medio annuo espresso in tonnellate

Nel riquadro sottostante (Tabella 4.3) si nota come oltre il 62% della viabilità interessata dal traffico delle utilizzazioni vede un transito medio annuo inferiore alle 500 t.

Tabella 4.3: traffico sostenuto dalla viabilità (forestale e di accesso) nel comprensorio del Chiese

Viabilità	Transito medio	
km	t anno ⁻¹	%
248	< 500	62,5
90	500 - 1500	22,7
30	1501 - 2500	7,7
5	2501 - 3500	1,3
24	> 3500	5,9
397	-	100,0

Dall'analisi emerge che circa 107 km di strade forestali, nel periodo considerato, non sono mai state soggette al traffico generato dalle utilizzazioni. Si tratta di tratti terminali della rete viaria, o strade che si sviluppano in zone boschive con prevalente funzione protettiva o di strade utilizzate solo in caso di incendi boschivi.

Per determinare il transito si è calcolato anche il numero dei viaggi eseguiti dagli autocarri.

Formula di calcolo numero viaggi (n):

$$n = (mnet / (mmax - mts)) * 2$$

dove:

- mnet: massa di legname in t nel periodo di 21 anni;
- mmax: massa transitabile consentita per viaggio (lorda);
- mts: massa del mezzo utilizzato.

Nella grafico sottostante (Figura 4.4) sono rappresentati i bacini dell'intero comprensorio e per ogni bacino viene rappresentata la massa che vi transita al punto di chiusura espressa in t anno⁻¹ e l'indice di massa utilizzata in base all'estensione della viabilità espresso in t km⁻¹ anno⁻¹. Si nota come la massa utilizzata sottende ad ogni km di strada. Tenzialmente si rileva che bacini con una elevata massa transitata al punto di chiusura registrano un indice basso di massa utilizzata all'interno del bacino in rapporto all'estensione della rete di strade. Si ha invece una tendenza opposta, ossia un indice elevato di massa utilizzata rispetto all'estensione della rete di strade, per bacini con poca massa transitata annua al punto di chiusura.

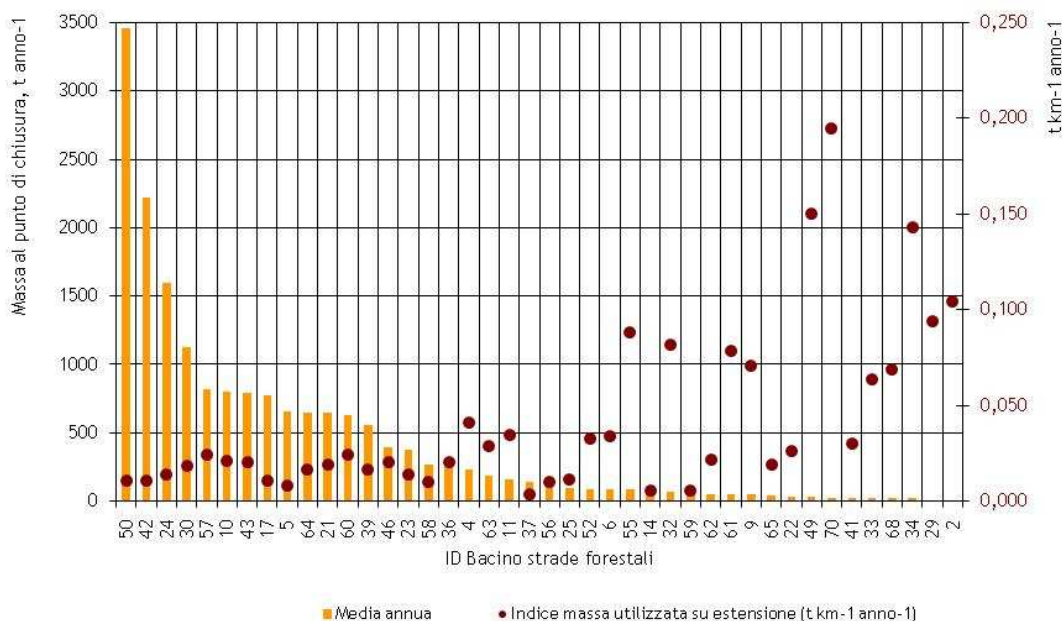


Figura 4.4: relazione tra massa al punto di chiusura espressa in t anno⁻¹ e indice di massa utilizzata su estensione della viabilità espresso in t km⁻¹ anno⁻¹

4.2 CASO STUDIO

Si è scelto di effettuare lo studio su di un bacino viario (ID-12) che si estende lungo la Valle di Daone sulla destra orografica del fiume Chiese.

Per il bacino considerato (Figura 4.5), costituito da un unico sistema di rete viaria che confluisce in un unico punto di chiusura, i quantitativi utilizzati e il traffico sostenuto in relazione alla lunghezza complessiva delle strade, è stato ritenuto rappresentativo in quanto la normalizzazione della relazione tra traffico cumulato e il progressivo della estensione della viabilità coinvolta è risultato medio tra diversi bacini tra di loro omogenei dal punto di vista territoriale.

La rete viaria parte nei pressi del paese di Praso e si sviluppa per circa 5,5 km con fondo asfaltato e prosegue per altri 22,5 km con fondo stabilizzato raggiungendo uno sviluppo complessivo di circa 28 km, presentando un carico medio annuo nel punto di chiusura di 4363 t (Figura 4.6).

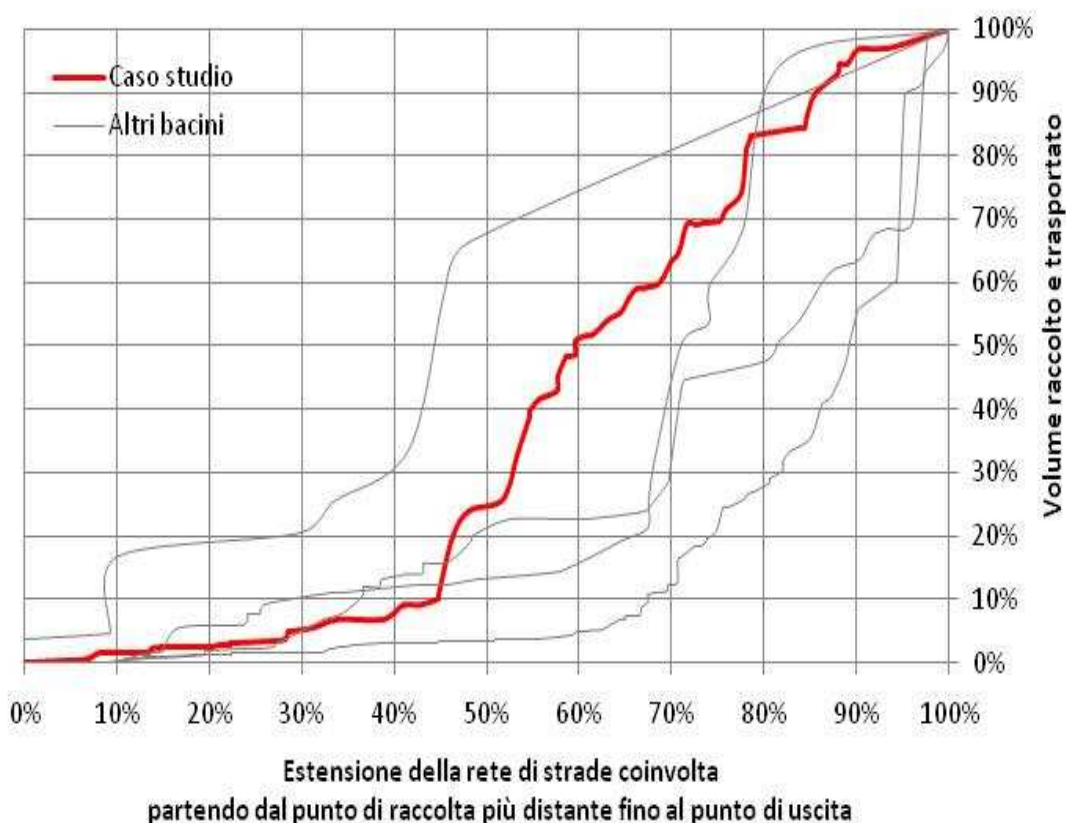


Figura 4.5: rapporto tra volume trasportato e estensione della rete viaria (scelta del caso di studio)

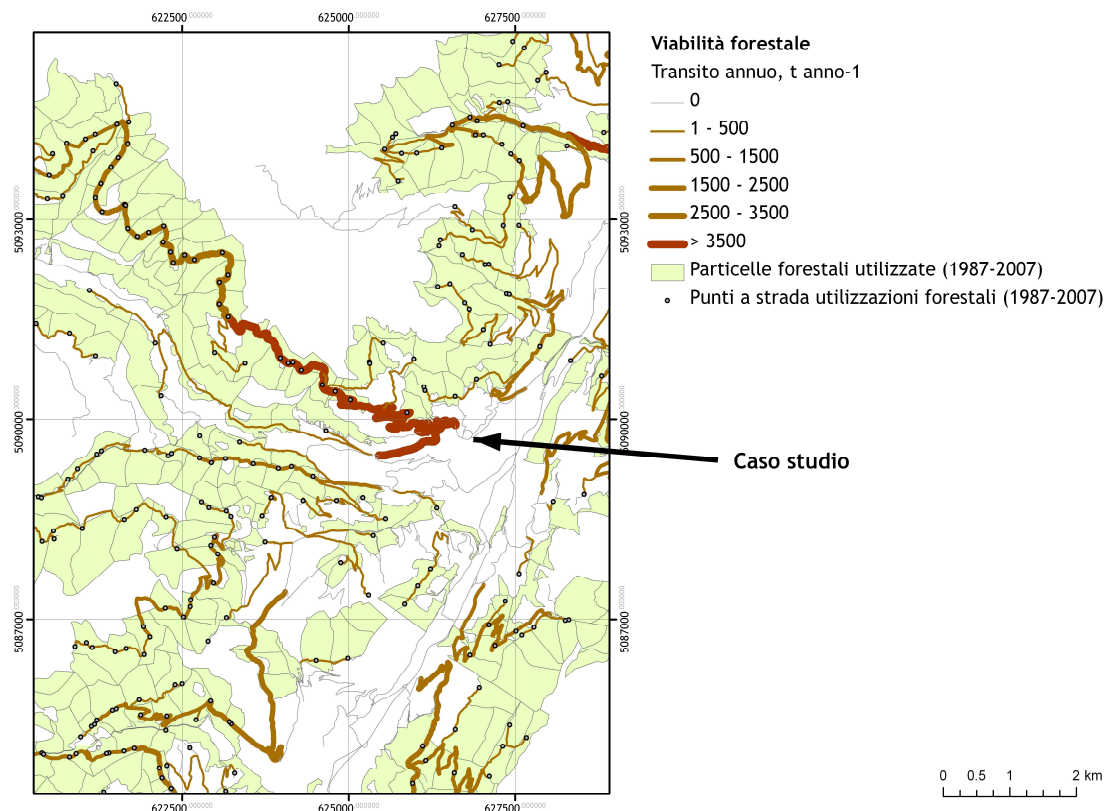


Figura 4.6: inquadramento geografico della rete viaria oggetto di studio (Bacino ID 12)

Inoltre, la scelta è ricaduta su questo bacino anche per i seguenti motivi:

- il territorio asservito dalla viabilità si estende su due proprietà catastali (Comune di Praso e Daone) che comprendono quattro proprietà amministrative e quindi anche assestamentali diverse (Comune di Praso, Comune di Daone, A.S.U.C. di Por, A.S.U.C. di Agrone);
- la particolarità di questa rete viaria è che la gestione è affidata solamente al Comune di Praso (comune capofila) mediante una apposita convenzione sottoscritta con gli altri proprietari che disciplina le modalità di gestione delle spese relative alla manutenzione ordinaria e straordinaria derivante dall'uso comune della strada denominata "Praso - Stabolone". È stata scelta questa modalità gestionale in quanto lungo il tracciato della viabilità alcune proprietà si susseguono più volte. I vari proprietari in base all'estensione complessiva del territorio contribuiscono al sostentamento delle spese di manutenzione sulla base di percentuali di riparto prefissate in convenzione;
- il tratto di strada finale nei pressi dell'abitato di Praso presenta notevoli costi di manutenzione e grandi problemi di sicurezza nel transito causa forti pendenze, carreggiata stretta, criticità dei muri di sostegno e accidentalità del territorio;
- visti i problemi di sicurezza e su consiglio delle amministrazioni interessate, si vuole valutare la possibilità di trasportare a valle il legname mediante gru a cavo e non più con autocarri.

Per quanto riguarda il caso di studio, nel corso del periodo osservato gli interventi di manutenzione hanno coinvolto circa 24 km di viabilità dei circa 28 km di viabilità complessiva. Nel complesso gli interventi si sono estesi per 104 km (una media di 4.95 km all'anno in 21 anni), di cui 65 km rientranti in interventi di manutenzione ordinaria e 39 km in interventi straordinari.

4.2.1 Traffico generato dalle utilizzazioni

Per quanto riguarda il traffico sostenuto nella rete di strade oggetto di studio, si riporta che le utilizzazioni tra il 1987 e il 2007 hanno coinvolto un campione di 598 sezioni di strade con diversi livelli di transito (Tabella 4.4).

Tabella 4.4: Numero di sezioni di viabilità interessate da traffico e traffico transitato medio sostenuto per i 7 trienni osservati.

TRIENNIO	GRUPPO	N°	Media	Deviazione std.	Errore std.	Limite inferiore	Limite superiore	Minimo	Massimo
			t anno ⁻¹						
8789	1	94	5131	4187	432	4273	5988	10	11642
9092	2	81	1001	641	71	860	1143	33	2426
9395	3	81	2331	1205	134	2065	2598	28	3989
9698	4	88	1923	1219	130	1664	2181	30	3626
9901	5	83	761	615	68	627	896	5	2461
0204	6	82	1436	776	86	1266	1607	14	2300
0507	7	89	2162	1325	140	1883	2441	72	4096
	Totale	598	2165	2349	96	1977	2354	5	11642

Dall'analisi della varianza (ANOVA univariata) per il confronto tra le medie del traffico per triennio sostenuto dalle diverse sezioni della rete di viabilità, emerge che alcune medie tra i gruppi sono significativamente diverse (Tabella 4.5). In particolare per il triennio 8789, la media è significativamente diversa a tutti gli altri trienni. Ciò è dovuto al fatto che alla fine degli anni '80 la zona è stata interessata da notevoli schianti dovuti alle abbondanti nevicate.

Tabella 4.5: risultati dell'analisi della varianza univariata (ANOVA) per mezzo del metodo di Tukey. Variabile dipendente T. Nota: * evidenzia le coppie di medie significativamente diverse al livello 0.05.

TRIENNIO	TRIENNIO		i-j	err.std.	sig.
i	j		t anno-1		
8789	9092	*	4129	289	0.000
	9395	*	2799	289	0.000
	9698	*	3208	282	0.000
	9901	*	4369	287	0.000
	0204	*	3694	288	0.000
	0507	*	2968	282	0.000
9092	8789	*	-4129	289	0.000
	9395	*	-1330	299	0.000
	9698	*	-921	293	0.029
	9901		240	297	0.984
	0204		-435	298	0.770
	0507	*	-1161	292	0.002
9395	8789	*	-2799	289	0.000
	9092	*	1330	299	0.000
	9698		409	293	0.805
	9901	*	1570	297	0.000
	0204	*	895	298	0.044
	0507		169	292	0.997
9698	8789	*	-3208	282	0.000
	9092	*	921	293	0.029
	9395		-409	293	0.805
	9901	*	1161	291	0.001
	0204		486	292	0.640
	0507		-240	286	0.981
9901	8789	*	-4369	287	0.000
	9092		-240	297	0.984
	9395	*	-1570	297	0.000
	9698	*	-1161	291	0.001
	0204		-675	296	0.257
	0507	*	-1401	291	0.000
0204	8789	*	-3694	288	0.000
	9092		435	298	0.770
	9395	*	-895	298	0.044
	9698		-486	292	0.640
	9901		675	296	0.257
	0507		-726	291	0.165
0507	8789	*	-2968	282	0.000
	9092	*	1161	292	0.002
	9395		-169	292	0.997
	9698		240	286	0.981
	9901	*	1401	291	0.000
	0204		726	291	0.165

4.2.2 Interventi e costi di manutenzione

I costi attualizzati e l'estensione degli interventi per singolo periodo (triennio), suddivisi inoltre per tipo (ordinario - O e straordinario - S), sono riportati in Tabella 4.6.

Tabella 4.6: Costi in migliaia di € e estensione degli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria per il periodo 1987-2007, suddivisi in trienni.

INTERVENTO	TIPO	Periodo													
		87-89		90-92		93-95		96-98		99-01		02-04		05-07	
		km	€	km	€	km	€	km	€	km	€	km	€	km	€
Fondo, CF	O	6,7	19,7	6,3	7,02	2,8	1,14	7,1	15,16	6,9	12,02	3,6	4,79	15	19,3
Muri, CM	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canalette, CC	O	5,2	2,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,4	0,8
Vegetazione, CV	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fondo, CF	S	9,3	194,3	0	0	4,4	52,5	0	0	6,5	119,2	3,5	65,44	5,6	16,46
Muri, CM	S	0,5	14,04	0	0	0,5	5,57	1,7	26,3	1,1	29,07	0,8	95,72	0,2	25,2
Canalette, CC	S	3,2	1,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,8	6,55
Vegetazione, CV	S	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2,44	3	3,87	4,8	9,76

Nell'arco dei 21 anni, per gli interventi di manutenzione ordinaria sono stati spesi all'incirca 82.000,00 €, mentre gli interventi di manutenzione straordinaria sono costati circa 664.000 € per una spesa complessiva di circa 746.000 € (Figura 4.7).

Oltre il 70% della spesa è da imputare alla manutenzione del fondo stradale, un 26% alla sistemazione e realizzazione di nuovi muri di sostegno, poco più dell'1% per la sostituzione delle canalette per la regimazione delle acque di superficie e un 2% per interventi sulla vegetazione invadente la carreggiata e le scarpate.

Dall'analisi della varianza (ANOVA univariata) per il confronto tra le medie dei costi CF (Costo ordinario e straordinario di manutenzione e ripristino del fondo stradale e sostituzione ordinaria o straordinaria delle canalette) (Tabella 4.7) emerge che alcune medie tra i gruppi sono significativamente diverse (Tabella 4.8). In particolare per il triennio 1987-89, la media è significativamente diversa con tutti gli altri trienni.

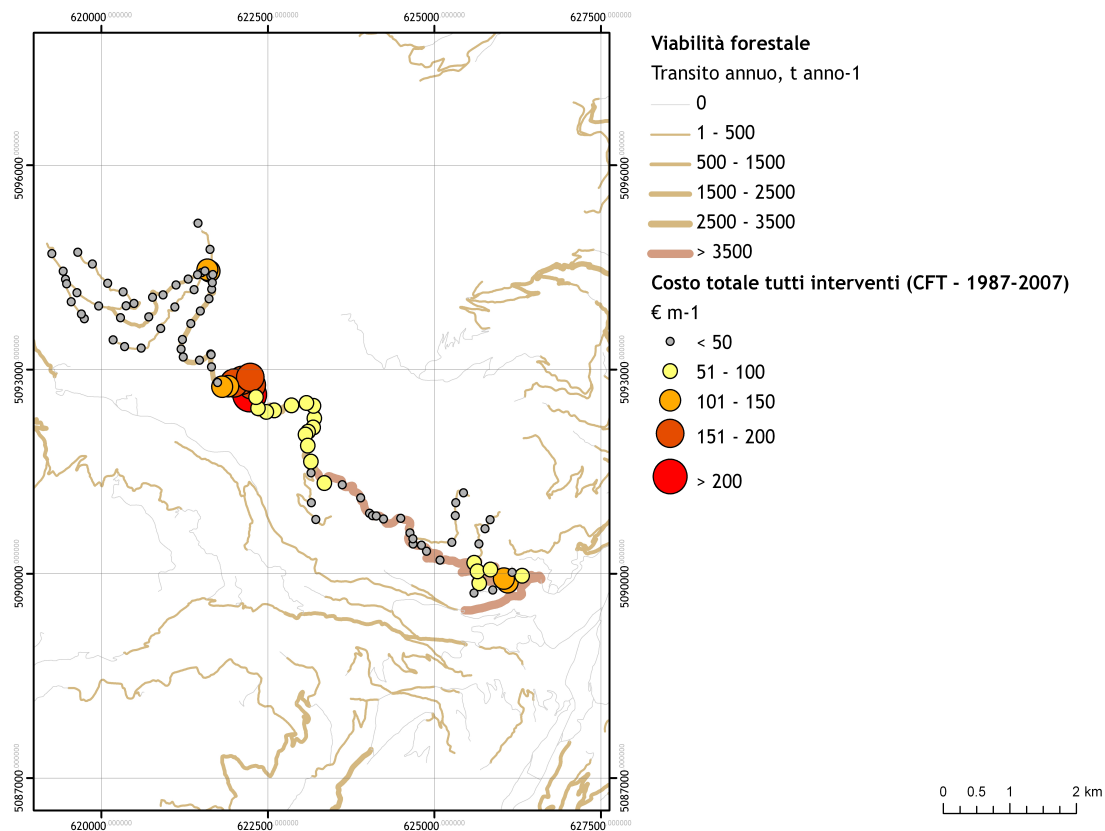


Figura 4.7: rete viaria scelta come caso di studio con individuati i punti e l'entità dei costi di manutenzione espressi in € m⁻¹

Tabella 4.7: numero di campioni e medie relative al CF per i 7 trienni osservati

TRIENNIO	GRUPPO	N°	Media	Deviazione std.	Errore std.	Limite inferiore	Limite superiore	Minimo	Massimo
€ m ⁻¹ anno ⁻¹									
8789	1	50	7.922	6.758	0.956	6.002	9.843	0.83	17.13
9092	2	13	0.582	0.156	0.043	0.488	0.677	0.26	0.7
9395	3	17	2.951	2.145	0.520	1.849	4.054	0.127	4.488
9698	4	39	0.113	0.032	0.005	0.103	0.123	0.05	0.13
9901	5	40	3.554	4.292	0.679	2.181	4.927	0.35	17.34
0204	6	29	2.846	2.739	0.509	1.804	3.888	0.41	6.46
0507	7	53	1.285	0.440	0.060	1.164	1.407	0.27	1.96
	Totale	241	3.117	4.577	0.295	2.536	3.697	0.05	17.34

Tabella 4.8: risultati dell'analisi della varianza uni variata (ANOVA) per mezzo del metodo di Tukey. Variabile dipendente CF. Nota: * evidenzia le coppie di medie significativamente diverse al livello 0.05.

TRIENNIO	TRIENNIO		i-j	err.std.	sig.
i	j		€ m ⁻¹ anno ⁻¹		
8789	9092	*	7.34	1.16	0.000
	9395	*	4.97	1.05	0.000
	9698	*	7.81	0.80	0.000
	9901	*	4.37	0.79	0.000
	0204	*	5.08	0.87	0.000
	0507	*	6.64	0.73	0.000
9092	8789	*	-7.34	1.16	0.000
	9395		-2.37	1.37	0.600
	9698		0.47	1.19	1.000
	9901		-2.97	1.19	0.165
	0204		-2.26	1.24	0.536
	0507		-0.70	1.15	0.996
9395	8789	*	-4.97	1.05	0.000
	9092		2.37	1.37	0.600
	9698		2.84	1.08	0.125
	9901		-0.60	1.08	0.998
	0204		0.11	1.14	1.000
	0507		1.67	1.04	0.680
9698	8789	*	-7.81	0.80	0.000
	9092		-0.47	1.19	1.000
	9395		-2.84	1.08	0.125
	9901	*	-3.44	0.84	0.001
	0204	*	-2.73	0.91	0.048
	0507		-1.17	0.79	0.750
9901	8789	*	-4.37	0.79	0.000
	9092		2.97	1.19	0.165
	9395		0.60	1.08	0.998
	9698	*	3.44	0.84	0.001
	0204		0.71	0.91	0.987
	0507		2.27	0.78	0.060
0204	8789	*	-5.08	0.87	0.000
	9092		2.26	1.24	0.536
	9395		-0.11	1.14	1.000
	9698	*	2.73	0.91	0.048
	9901		-0.71	0.91	0.987
	0507		1.56	0.86	0.541
0507	8789	*	-6.64	0.73	0.000
	9092		0.70	1.15	0.996
	9395		-1.67	1.04	0.680
	9698		1.17	0.79	0.750
	9901		-2.27	0.78	0.060
	0204		-1.56	0.86	0.541

4.2.3 Modello di regressione tra traffico e costi di manutenzione ordinaria

Sulla base delle analisi precedenti si è quindi impostato il modello di regressione per la determinazione della influenza del traffico sul costo di manutenzione.

Il primo modello si è bastato sulla determinazione di una relazione di tipo esponenziale considerando 79 casi, di cui 68 rappresentati da tratti con fondo stabilizzato e 11 con fondo asfaltato (Figura 4.8).

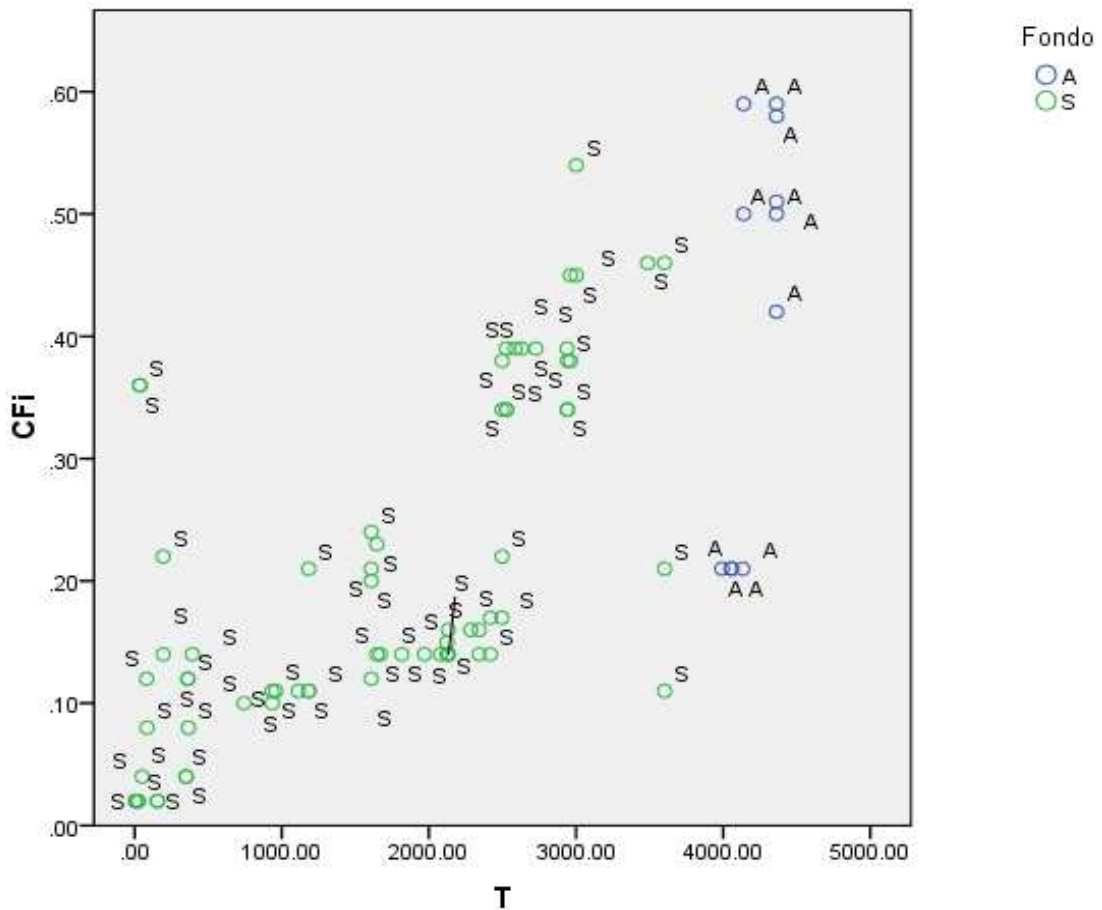


Figura 4.8: dispersione dei punti traffico annuo medio (T) costo fondo (Cft) in relazione con la descrizione della tipologia di fondo.

$$\text{Il modello risulta: } CFi = 0.067 * e^{0.000472 * T}$$

Dove:

CFi: costo medio annuo per metro per intervento di manutenzione e ripristino del fondo relativamente ai tratti di viabilità a fondo stabilizzato e asfaltato ($\text{€ m}^{-1} \text{ anno}^{-1}$)

T: traffico medio annuo sostenuto in termini di andata (a vuoto) e ritorno (pieno) dei mezzi per il trasporto del legname (t anno^{-1})

e: costante e uguale a 2.718

Riepilogo del modello

R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Errore standard della stima
0.733	0.537	0.531	0.603

ANOVA

	Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
Regressione	31.901	1	31.901	84.591	0.000
Residuo	29.416	78	0.377		
Totale	61.317	79			

Coefficienti

	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati	t	Sig.
	B	Errore standard	Beta		
T	0.000472	0.000	0.733	9.511	0.000
(Costante)	0.067	0.008		8.301	0.000

Al fine di puntualizzare il modello di regressione relativamente alle strade con fondo stabilizzato si è quindi ridotto il *dataset* a 68 punti.

Il modello di regressione esponenziale che ne risulta corrisponde a:

$$CF_i = 0.061 * e^{0.000550 * T}$$

Dove:

CF_i: costo medio annuo per metro di manutenzione e ripristino del fondo relativamente ai tratti di viabilità a fondo esclusivamente stabilizzato (€ m⁻¹ anno⁻¹)

T: traffico medio annuo sostenuto in termini di andata (a vuoto) e ritorno (pieno) dei mezzi per il trasporto del legname (t anno⁻¹)

e: costante e uguale a 2.718

Riepilogo del modello

R	R-quadrato	R-quadrato corretto	Errore standard della stima
0.712	0.508	0.500	0.614

ANOVA

	Somma dei quadrati	df	Media dei quadrati	F	Sig.
Regressione	26.044	1	26.044	69.061	0.000
Residuo	25.266	67	0.377		
Totale	51.310	68			

Coefficienti

	Coefficienti non standardizzati		Coefficienti standardizzati	t	Sig.
	B	Errore standard	Beta		
T	0.000550	0.000	0.712	8.310	0.000
(Costante)	0.061	0.008		7.545	0.000

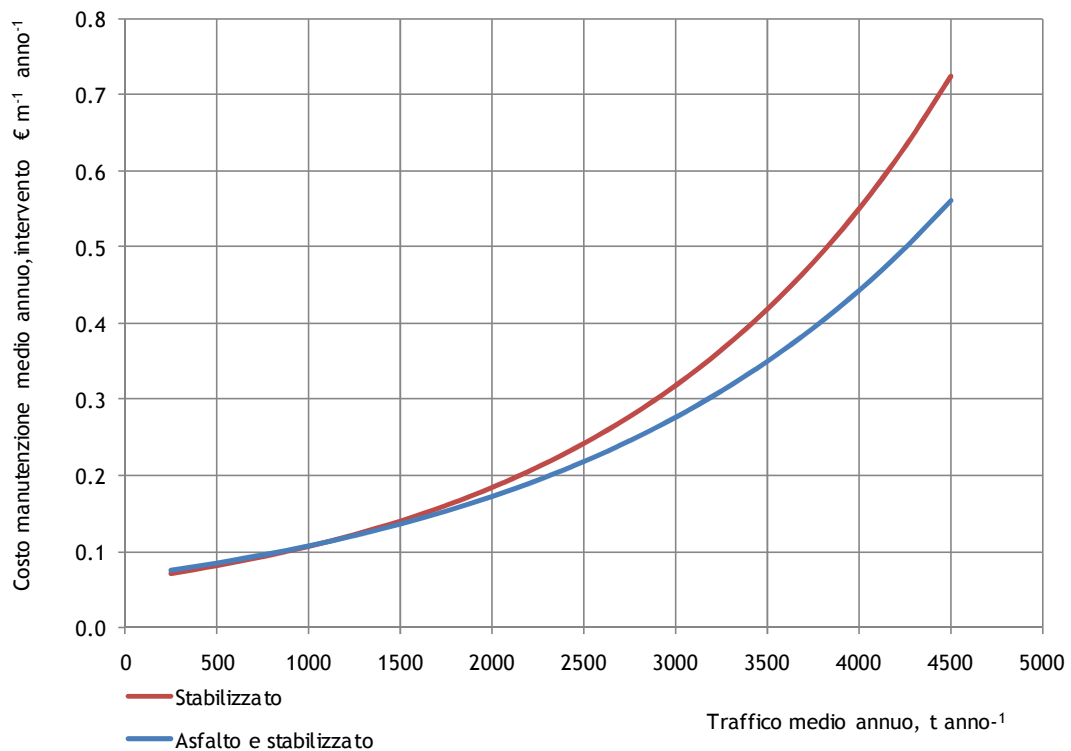


Figura 4.9: Modelli di regressione tra il costo di manutenzione del fondo stradale e il traffico sostenuto (caso comprendente tratti asfalti e stabilizzati, caso comprendente solo tratti stabilizzati)

Considerato che l'intervallo di tempo medio per intervento di manutenzione e ripristino del fondo è pari a 7 anni, si è proceduto a stimare il costo di manutenzione medio annuo a carico di un metro cubo transitato in relazione al traffico sostenuto dal tratto di strada.

La portata consentita e effettiva si riferisce alla massa lorda degli autocarri. Spesso infatti le ditte di utilizzazione tendono a superare i limiti di carico consentiti per gli autocarri 3 assi (26 t) per ridurre il numero di viaggi, viaggiando così con camion a pieno carico che raggiungono le 31 t (portata effettiva).

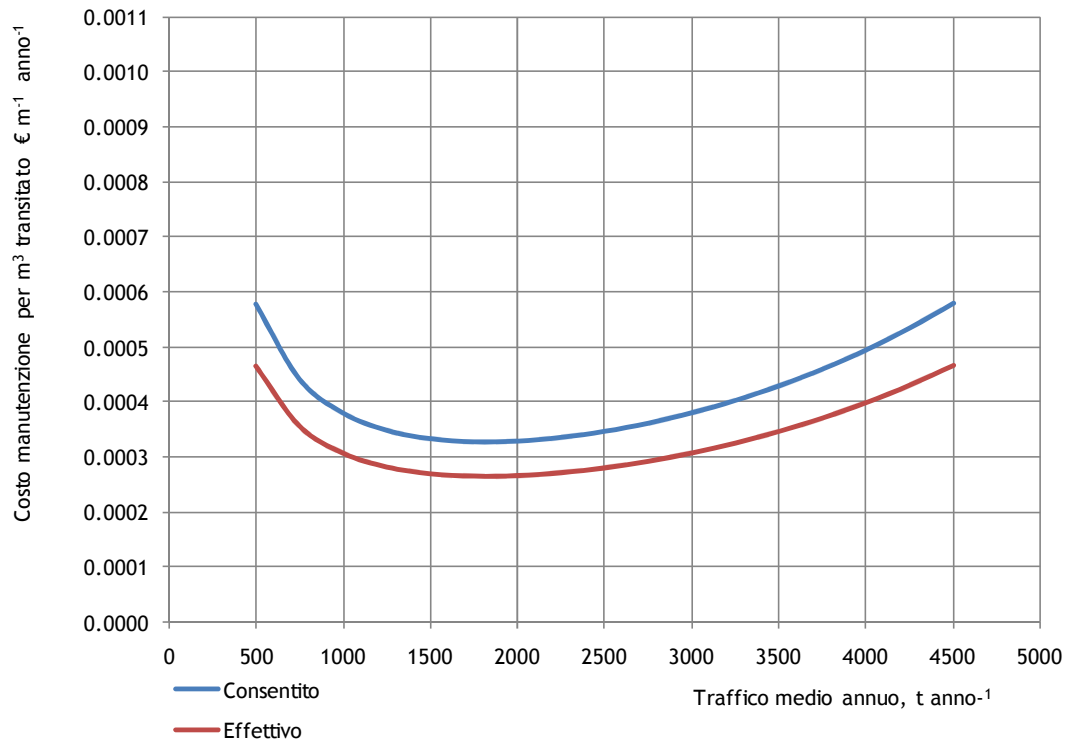


Figura 4.10: relazione tra il costo di manutenzione medio annuo a carico di un metro cubo transitato in relazione al traffico sostenuto dal tratto di strada (in relazione alla portata consentita e alla portata effettiva registrata)

5 DISCUSSIONE DEI RISULTATI

5.1 RAPPORTO TRAFFICO - MANUTENZIONE

Dalle analisi effettuate si evince come vi sia un rapporto diretto tra la quantità di traffico e i costi di manutenzione. Analizzando il grafico (Figura 4.9) si nota come la crescita del costo di manutenzione sia quasi esponenziale all'aumentare del transito. Dalle due diverse curve si nota anche come il fondo stabilizzato richieda un costo medio annuo di manutenzione leggermente più alto se il transito medio annuo supera le 2000 t, rispetto al fondo misto stabilizzato-asfalto. Tale differenza è sicuramente dovuta al diverso grado di usura del fondo stradale, in quanto il fondo stabilizzato è molto più soggetto all'erosione superficiale dell'acqua rispetto al fondo asfaltato e soprattutto il traffico genera inevitabilmente disconnessioni nel fondo che hanno una sorta di effetto domino per la formazione di ulteriori disconnessioni. Quindi con traffici elevati conviene il fondo asfaltato.

È interessante notare anche come fino ad un transito di circa 1500 t medie annue il costo di manutenzione del fondo stabilizzato ad asfaltato sia praticamente uguale. Sotto questo aspetto è interessante notare che l'85% della viabilità del Chiese è interessata da un carico medio annuo inferiore alle 1500 t, quindi la tipologia di fondo asfaltato o stabilizzato comporterebbe gli stessi costi di manutenzione.

Il grafico rappresentato dalla Figura 4.10 mette in relazione il costo di manutenzione medio annuo a carico di un metro cubo transitato in relazione al traffico sostenuto dal tratto di strada (in relazione alla portata consentita e alla portata effettiva registrata). Dall'andamento della curva è interessante notare come inizialmente il costo di manutenzione per m³ sia alto (nonostante il traffico sia basso) e gradualmente scende fino a stabilizzarsi e poi riprendere a salire con carichi di transito elevati. Tale andamento mostra come la viabilità poco transitata debba comunque sostenere dei costi di manutenzione che incidono molto sui m³ transitati in quanto la massa è poca. Il tratto centrale della curva riporta un carico da ritenersi "ideale" per sfruttare al meglio la viabilità e incidere in modo inferiore sui m³ transitati. Nella parte finale la curva cresce il che significa che la viabilità è fortemente utilizzata e quindi vi sono maggiori costi di manutenzione a carico del legname che vi transita. Considerando che la viabilità del Chiese è attraversata per l'80% della sua lunghezza da un traffico medio annuo inferiore alle 1500 t, si deduce che la viabilità è in qualche modo "sottoutilizzata" se messa in relazione a quanto incidono i costi di manutenzione per ogni m³ che vi transita. Il costo medio per m³ transitato si aggira attorno ai 0,45 € km⁻¹.

Interessante è anche l'andamento delle curve in relazione alla portata consentita ed effettiva. Si nota infatti che a parità di traffico, i costi di manutenzione per m³ transitato per m sono inferiori per quantità trasportate maggiori (portata effettiva), il che significa che masse lorde maggiori (entro i limiti registrati) non incidono in modo direttamente proporzionale sui costi di manutenzione, anzi la tendenza è inversa.

L'andamento di queste curve ci consente quindi di valutare, in base alla lunghezza della strada e al traffico generato dalle utilizzazioni forestali, quanto sarà il costo di manutenzione da

accollare ad ogni m³ transitato. Questo è un parametro di valutazione molto importante, per poter accantonare fondi in modo pianificato derivanti dalla vendita del legname, da poter utilizzare per il mantenimento della viabilità.

5.2 GESTIONE DELLA GRU A CAVO

Come soluzione migliore per la gestione della gru a cavo, si pensa al noleggio di tutto il materiale necessario (funi, carrello, argano) ecc. da parte dell'ente proprietario o della ditta utilizzatrice presso ditte specializzate del settore. Il noleggio (anche con accordi pluriennali) è l'unica ipotesi possibile in quanto sicuramente non vi è ditta boschiva o ente che si possa permettere l'acquisto di attrezzatura simile visto il ristretto periodo di utilizzo limitato a qualche mese l'anno. Inoltre ricorrere al noleggio è anche una forma di garanzia, certi di avere sempre attrezzatura collaudata ed efficiente nel tempo.

L'installazione di una linea di queste dimensioni richiede personale adeguatamente formato.

Gli unici elementi che rimangono fissi sono gli ancoraggi, i cavalletti e i ritti, mentre la fune portante e tutto il resto vengono installati solo nel periodo di utilizzo. Per tale motivo si pensa di lasciare una fune guida per l'installazione rapida della fune portante.

Per sfruttare al massimo le potenzialità della gru a cavo, sarebbe opportuno in fase di pianificazione, concentrare le utilizzazioni forestali dell'intera zona in pochi anni, riducendo così anche i costi di utilizzazione e gestione della linea. Annualmente nella zona vengono in media utilizzati circa 2300 m³ di legname.

5.2.1 Autorizzazioni necessarie

Le gru a cavo per il trasporto del legname vengono considerate linee per il trasporto di materiale e per queste tipologie di impianti attualmente non vi sono normative specifiche importanti.

Per tali motivi queste strutture non sono soggette a collaudi periodici e non necessitano (a fini normativi) di personale addestrato per il loro funzionamento.

Le linee per il trasporto materiale non hanno una distinzione netta tra impianti permanenti o mobili in quanto il periodo di esercizio è limitato "al cantiere" e quindi temporalmente può essere inquadrato in 2-3 anni o comunque al periodo di attività del cantiere.

Il responsabile dell'impianto è il proprietario dell'impianto stesso, che può essere un privato o un ente pubblico.

La procedura per la realizzazione di questi impianti è la seguente:

- realizzazione di un progetto da parte di un tecnico specializzato;
- il proprietario del impianto invia il progetto al Servizio Impianti a Fune della PAT;
- il Servizio rilascia un parere tecnico sul progetto ed eventuali raccomandazioni;
- in possesso del parere tecnico si può procedere con la realizzazione dell'impianto salvo la necessità di altri pareri urbanistici o concessioni varie.

5.2.2 Considerazioni

Il trasporto di tipo aereo verso il fondovalle del legname mediante gru a cavo, è sicuramente un sistema da non sottovalutare nel futuro e da pianificare in modo attento nelle valli di montagna, individuando dei bacini di raccolta nelle varie zone. Sicuramente il trasporto con autocarro inciderà sempre in modo significativo le utilizzazioni forestali e altrettanto sulla manutenzione della viabilità. Inoltre la rete viaria forestale presenta spesso limiti oggettivi di sicurezza e transitabilità, quindi un'alternativa seria al trasporto terrestre è sicuramente da non sottovalutare.

Sistemi di gru a cavo con funzionamento a gravità, attentamente progettati e dotati di appositi sistemi di frenatura, potrebbero funzionare senza l'ausilio di motori, richiamando il sistema tipo Valtellina.

6 CONCLUSIONI

L'approccio innovativo di valutare le problematiche inerenti la viabilità passa anche attraverso l'analisi del traffico generato dalle utilizzazioni forestali e gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria e dalla correlazione tra questi fattori.

Per poter determinare il rapporto tra traffico generato dal trasporto del legname e manutenzione della viabilità, si è adottata una metodologia "valida" basata sull'affidabilità dei dati ed una elaborazione rigorosa degli stessi.

Per determinare il traffico è necessario risalire a quanta massa è stata utilizzata nelle particelle forestali. L'analisi storica degli interventi di utilizzazione dal 1987 al 2007 ha dato sicuramente una buona base di dati, sia per la precisione in riferimento alla particella sia per l'entità del periodo considerato.

L'analisi della viabilità ha rappresentato un altro tassello fondamentale per lo svolgimento del lavoro e l'utilizzo del GIS per le elaborazioni ha sicuramente rafforzato la validità dell'analisi.

La messa in relazione dei dati delle utilizzazioni con la viabilità ha costituito un passaggio fondamentale del lavoro, in quanto si è riusciti a determinare il traffico cumulato generato dal transito delle utilizzazioni su autocarri.

Disporre dei dati relativi al traffico cumulato sulla viabilità consente di avere una base di dati da poter utilizzare in più contesti. Infatti il presente lavoro analizza il rapporto che c'è tra traffico e manutenzione, ma i fattori da poter analizzare potrebbero essere altri, ad esempio valutare l'impatto ambientale che ha un autocarro sulla zona in base al numero di volte che vi transita, stimarne il consumo di carburante e risalire alle emissioni di CO₂ in atmosfera, analizzare l'inquinamento acustico che provoca, ecc.

Per mettere in relazione il traffico generato dal trasporto del legname e la manutenzione della viabilità si è scelta un'area di analisi rappresentativa dell'intero comprensorio sulla quale rilevare tutti gli interventi di manutenzione eseguiti nel periodo 1987-2007, per aver la stessa dimensione temporale delle utilizzazioni e quindi avere una base di dati raffrontabile tra loro.

L'analisi del rapporto è avvenuta anche grazie ad un programma statistico (SPSS17), che consente di verificare quale sia l'equazione esponenziale che meglio descriva la relazione tra traffico e costo di manutenzione.

In merito alla realizzazione della gru a cavo (Malga Rolla - Vermangoi), avendo valutato la fattibilità di realizzazione dal punto di vista tecnico, sarebbe interessante redigere una valutazione di tipo economica per valutare la sostenibilità dell'intervento. L'analisi, oltre a valutare il costo materiale per la realizzazione della gru a cavo e i costi gestionali del cantiere, dovrebbe valutare come cambia il traffico (cumulato) sulla viabilità dovendo concentrare il materiale proveniente dalle utilizzazioni nel piazzale di monte nei pressi di Malga Rolla. Di conseguenza si valuterà come cambiano i costi di manutenzione della viabilità, soprattutto per quanto riguarda il tratto finale asfaltato che verrà escluso dal transito di legname e quindi sarà interessato da un traffico molto inferiore rispetto all'attuale. Si valuterà quindi se il minor

transito e quindi i minori costi di manutenzione giustificano dal punto di vista economico la realizzazione della gru a cavo come alternativa al trasporto del legname a valle su strada.

BIBLIOGRAFIA

- Bagattini A. 2008. Analisi degli elementi che condizionano le utilizzazioni forestali in Valle del Chiese. Tesi di laurea in Tecnologie Forestali ed Ambientali. Relatore Cavalli R. Correlatore Giovannini G. Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova, Legnaro.
- Bischetti G. B. e Simonato T. 2005. Linee guida per la progettazione della viabilità forestale in Lombardia: stabilità delle scarpate e opere di stabilizzazione. 98 pp. Milano: Regione Lombardia. www.regione.lombardia.it
- Calvani G. Marchi E. Piegai. F. e Tesi E. 1999. Funzioni, classificazione, caratteristiche e pianificazione della viabilità forestale per l'attività di antincendio boschivo. *L'Italia Forestale e Montana* 54 (3):109-125.
- Cavalli R. 2006. *Appunti di lezione di Logistica dei trasporti su fune in ambiente montano*. Università degli Studi, Padova.
- Cavalli R. 2006. *Appunti di lezione di Meccanizzazione delle utilizzazioni forestali*. Università degli Studi, Padova.
- Cavalli R. and Guderzo S. 2001. Proposta metodologica per la rilevazione delle caratteristiche della viabilità stradale finalizzata alla produzione di cartografia di supporto agli interventi AIB. *Rivista di ingegneria agrarian*. 4:253-263.
- Cavalli R. e Grigolato S. 2009. Influence of characteristics and extension of a forest road network on the supply cost forest woodchips. *Journal of Forest Research*. DOI 10:1007/s10310-009-0170-4
- Cavalli R. Fontanive M. 2001. *Utilizzazioni forestali: innovazioni tecnologiche per salvaguardare una risorsa naturale e locale*. Programma Leader II - Azione 9: Valorizzazione della produzione e commercializzazione della risorsa legno. Centro di Contabilità e Gestione Agraria, Forestale e Ambientale - Dipartimento Te.S.A.F., Facoltà di Agraria, Università degli Studi, Padova.
- Cavalli R., Grigolato S. e Fedel D. 2009a. Viabilità e approvvigionamento di biomasse lignose forestali. In atti del Terzo Congresso di Selvicoltura per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani. Taormina, 16-18 Ottobre. Firenze: Accademia Italiana di Scienze Forestali. Vol. 3, pag. 1482-1489.
- Cavalli R., Grigolato S. e Pellegrini M. 2009b. GPS mobile devices and open source GIS: a comparison between different solution. Atti del convegno FORMEC 2009. 42° Symposium on Forestry Mechanisation. Czech University of Life Science: Prague. p. 31-37, I21-24 Giugno 2009. ISSN: 978-80-213-1939-4.

- Chirici G. Marchi E. Rossi V. e Scotti R. 2003. Analisi e valorizzazione della viabilità forestale tramite G.I.S.: la foresta di Badia Prataglia (AR). *L'Italia Forestale e Montana* 58 (6): 460-481.
- Cielo P. e Gottero F. 2004. Piano della viabilità. Finalità, analisi ed elaborati. *Sherwood* 10 (10): 33-38.
- Cielo P., Gottero F., Morera A., Terzuolo P. 2003. La viabilità agro-silvopastorale: elementi di pianificazione e progettazione. IPLA. 106 pp. Torino: Regione Piemonte. www.regione.piemonte.it
- Coulter E.D., Sessions J. , and Wing M. G. 2006. Scheduling forest road maintenance using the analytic hierarchy process and heuristics. *Silva Fennica* 40 (1):143-160.
- ESRI 2009. ArcGIS 9.3. Redland, CA: Enviromental System Reseach Institute. <http://webhelp.esri.com/>
- Fedel D. 2008. Predisposizione di un piano di approvvigionamento di cippato forestale in ambiente alpino. Tesi di laurea in Tecnologie Forestali ed Ambientali. Relatore Cavalli R. Correlatore Grigolato S. Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università degli Studi di Padova, Legnaro.
- Giovannini G. e Bagattini A. 2008. La vendita di legname allestito a strada. Esperienza del BIM del Chiese. *Sherwood* 14 (4): 7-10.
- Gorfer A. 1988. *L'uomo e la foresta - per una storia dei paesaggi forestali/ agrari della regione tridentina*. Calliano: Manfrini Editori.
- Hippoliti G. 1976. Sulla determinazione delle caratteristiche della rete viabile forestale. *L'Italia Forestale e Montana* 31 (6): 241-255.
- Hippoliti G. 2003. Note pratiche per la realizzazione della viabilità forestale. 96 pp. Arezzo: Compagnia delle foreste.
- Merlo M., Fontanive M., Semenzin L. e Zanetti L. (a cura di) 2001. *Foreste ed industria del legno: una risorsa locale per un mercato globale. Programma Leader II - Azione 9: Valorizzazione della produzione e commercializzazione della risorsa legno*. Centro di Contabilità e Gestione Agraria, Forestale e Ambientale - Dipartimento Te.S.A.F., Facoltà di Agraria, Università degli Studi, Padova.
- Nakazawa M., Matsumoto T., and Yamada Y. 2004. Analysis of current forest operations in the Okumikava Forestry Area by location and topography. *Japanese forestry society and springer* 9, no. 3:187-193.
- Nevec̆erel H., Pentek T, Pičman D. e Stankič I. 2007. Traffic load of roads as a criterion for their categorization - GIS analysis. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 28 (1): 27-38.

- Olivotto L., Grassi G. e Fontanive M. a cura di, 2000. *Boschi del Comelico e della Valle del Gail. Confronti e prospettive*. Atti del convegno a Dosoledo di Comelico Superiore, 4 Novembre 2000.
- P.A.T. Servizio Foreste e Fauna. 2006. *I dati della viabilità forestale aggiornati al 31/12/2006*. Trento: Servizio Foreste e Fauna.
- P.A.T. Servizio Foreste e Fauna. 2007. *CD-ROM: I dati della pianificazione forestali aggiornati al 31/12/2007*. Trento: Servizio Foreste e Fauna.
- Pizzini A., Antolini M., Bianchine F., Poletti G., Mussi D., Franceschini C., Vezzola R., e Amistadi A. 1990. *Sulle sponde del Chiese*. Condino: Consorzio dei Comuni del B.I.M. del Chiese della Provincia di Trento.
- Pizzini F. 2004. *Progetto Legno: gestione unitaria delle risorse forestali nella Valle del Chiese. Progetto Leader II - Azione E.4: valorizzazione e commercializzazione di prodotti silvicoli locali, creazione di piccole e medie imprese*. Condino: Consorzio dei Comuni del B.I.M. del Chiese della Provincia di Trento.
- Pizzini F. 2004. *Progetto Legno: gestione unitaria delle risorse forestali nella Valle del Chiese. Progetto Leader II - Azione E.4: valorizzazione e commercializzazione di prodotti silvicoli locali, creazione di piccole e medie imprese*. Condino: Consorzio dei Comuni del B.I.M. del Chiese della Provincia di Trento.
- Potocnik I., Yoshioka T., Sakai H., Miyamoto Y., Igarashi H., and Sakai H. 2005. Maintenance of forest road network by natural management in Tokyo University Forest in Hokkaido. *Croatian Journal of forest engineering 2*, no. 26:71-78.
- Pozzati A. 1987. Criteri di pianificazione delle strade forestali in provincia di Trento. *L'Italia Forestale e Montana 43 (6)*: 445-452.
- Pozzati A. e Cerato M. 1984 . Note pratiche sulla progettazione delle strade forestali (I parte). *L'Italia Forestale e Montana 39 (5)*: 263-276.
- Spinelli R. 2007. *Atti del seminario P.A.T.: Utilizzazioni a meccanizzazione spinta*. Trento, 18 gennaio 2007.
- Spinelli R., Behmann G., Cattoi S., Ventura A., Bortolotti V., Bortolotti P. e Franch L. 2007. *Atti del seminario - Valorizzazione energetica delle biomasse forestali*. San Michele all'Adige, 16-17 febbraio.
- SPSS17. Statistic software. SPSS versione 17. SPSS Inc. Chicago, Illinois: IBM Company. <http://www.spss.com/software/statistics>

Piani di assestamento consultati

1978. Piano di assestamento per il Comune di Bondone per il decennio 1978-1987. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Bondone.
1978. Piano di assestamento per il Comune di Roncone per il periodo 1978-1991. A cura di F. Marcolla. Comune di Roncone.
1978. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Storo per il decennio 1978-1987. A cura di F. Marcolla. Comune di Storo.
1980. Piano di assestamento per il Comune di Cimego per il decennio 1980-1989. A cura di P. Gregori. Comune di Cimego.
1980. Piano di assestamento per il Comune di Praso per il decennio 1980-1989. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Praso.
1980. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Por per il decennio 1980-1989. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Pieve di Bono.
1980. Piano di assestamento per la comproprietà del Comune di Praso e privati per il decennio 1980-1989. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Praso.
1981. Piano di assestamento per il Comune di Daone (zona Savio dell'Adamello) per il periodo indefinito. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Daone.
1981. Piano di assestamento per il Comune di Daone per il decennio 1981-1990. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Daone.
1981. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Darzo per il periodo 1981-1995. A cura di P. Gregori. Comune di Storo.
1983. Piano di assestamento per il Comune di Brione per il decennio 1983-1992. A cura di F. Pizzini. Comune di Brione.
1983. Piano di assestamento per il Comune di Daone (zona Cimbergo) per il periodo indefinito. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Daone.
1983. Piano di assestamento per il Comune di Daone (zona Paspardo) per il periodo indefinito. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Daone.
1983. Piano di assestamento per la Frazione di Lodrone per il periodo 1983-1987. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Storo.
1984. Piano di assestamento per il Comune di Bersone per il decennio 1984-1993. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Bersone.
1984. Piano di assestamento per il Comune di Castel Condino per il decennio 1984-1993. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Castel Condino.

1984. Piano di assestamento per il Comune di Condino per il decennio 1984-1993. A cura di P. Gregori. Comune di Condino.
1984. Piano di assestamento per il Comune di Lardaro per il decennio 1984-1993. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Lardaro.
1984. Piano di assestamento per il Comune di Prezzo per il decennio 1984-1993. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Prezzo.
1985. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Agrone per il periodo 1985-1999. A cura di F. Pizzini. Comune di Pieve di Bono.
1985. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Cologna per il periodo 1985-1999. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Pieve di Bono.
1985. Piano di assestamento per la Comproprietà Frazione Creto-Cologna per il periodo 1985-1999. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Pieve di Bono.
1985. Piano di assestamento per la Frazione di Creto per il periodo 1985-1999. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Pieve di Bono.
1986. Piano di assestamento per il Comune di Bondo per il decennio 1986-1995. A cura di F. Pizzini. Comune di Bondo.
1986. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Strada per il periodo 1986-1995. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Pieve di Bono.
1988. Piano di assestamento per il Comune di Bondone per il decennio 1988-1997. A cura di F. Pizzini. Comune di Bondone.
1988. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Storo per il decennio 1988-1997. A cura di A. Barbacovi. Comune di Storo.
1988. Piano di assestamento per la Frazione di Lodrone per il decennio 1988-1997. A cura di A. Barbacovi. Comune di Storo.
1990. Piano di assestamento per il Comune di Cimego per il decennio 1990-1999. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Cimego.
1990. Piano di assestamento per il Comune di Praso per il decennio 1990-1999. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Praso.
1990. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Por per il decennio 1990-1999. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Pieve di Bono.
1990. Piano di assestamento per la comproprietà del Comune di Praso e privati per il decennio 1990-1999. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Praso.
1991. Piano di assestamento per il Comune di Daone per il decennio 1991-2000. A cura di F. Pizzini. Comune di Daone.

1992. Piano di assestamento per il Comune di Roncone per il decennio 1992-2001. A cura di F. Pizzini. Comune di Roncone.
1993. Piano di assestamento per il Comune di Brione per il decennio 1993-2002. A cura di F. Pizzini. Comune di Brione.
1994. Piano di assestamento per il Comune di Bersone (Val di Leno) per il periodo 1994-2013. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Bersone.
1994. Piano di assestamento per il Comune di Bersone per il decennio 1994-2003. A cura dell'Ufficio Assestamento della P.A.T. Comune di Bersone.
1994. Piano di assestamento per il Comune di Castel Condino per il decennio 1994-2003. A cura di G. Caranelli e G. Antolini. Comune di Castel Condino.
1994. Piano di assestamento per il Comune di Condino per il decennio 1994-2003. A cura di E. Valentini. Comune di Condino.
1994. Piano di assestamento per il Comune di Lardaro per il decennio 1994-2003. A cura di F. Pizzini. Comune di Lardaro.
1994. Piano di assestamento per il Comune di Prezzo per il decennio 1994-2003. A cura di F. Pizzini. Comune di Prezzo.
1996. Piano di assestamento per il Comune di Bondo per il decennio 1996-2005. A cura di F. Pizzini. Comune di Bondo.
1996. Piano di assestamento per il Comune di Storo (zona Tonolo) per il periodo 1996-2007. A cura di A. Barbacovi. Comune di Storo.
1996. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Darzo per il decennio 1996-2005. A cura di O. Fox. Comune di Storo.
1996. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Strada per il periodo 1986-2015. A cura di F. Pizzini. Comune di Pieve di Bono.
1998. Piano di assestamento per il Comune di Bondone per il decennio 1998-2007. A cura di F. Pizzini. Comune di Bondone.
1998. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Storo per il decennio 1998-2007. A cura di F. Pizzini. Comune di Storo.
1998. Piano di assestamento per la Frazione di Lodrone per il decennio 1998-2007. A cura di F. Pizzini. Comune di Storo.
2000. Piano di assestamento per il Comune di Cimego per il decennio 2000-2009. A cura di F. Pizzini. Comune di Cimego.
2000. Piano di assestamento per il Comune di Praso per il decennio 2000-2009. A cura di F. Pizzini. Comune di Praso.

2000. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Agrone per il periodo 2000-2009. A cura di L. Armani e M. Franzoi. Comune di Pieve di Bono.
2000. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Cologna per il periodo 2000-2009. A cura di F. Pizzini. Comune di Pieve di Bono.
2000. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Por per il decennio 2000-2009. A cura di L. Armani e M. Franzoi. Comune di Pieve di Bono.
2000. Piano di assestamento per la comproprietà del Comune di Praso e privati per il decennio 2000-2009. A cura di F. Pizzini. Comune di Praso.
2000. Piano di assestamento per la Comproprietà Frazione Creto-Cologna per il periodo 2000-2009. A cura di F. Pizzini. Comune di Pieve di Bono.
2000. Piano di assestamento per la Frazione di Creto per il periodo 2000-2009. A cura di F. Pizzini. Comune di Pieve di Bono.
2001. Piano di assestamento per il Comune di Daone per il decennio 2001-2010. A cura di F. Pizzini. Comune di Daone.
2002. Piano di assestamento per il Comune di Roncone per il decennio 2002-2011. A cura di F. Pizzini. Comune di Roncone.
2003. Piano di assestamento per il Comune di Brione per il decennio 2003-2012. A cura di F. Pizzini. Comune di Brione.
2004. Piano di assestamento per il Comune di Bersone per il decennio 2004-2013. A cura di E. Valentini. Comune di Bersone.
2004. Piano di assestamento per il Comune di Castel Condino per il decennio 2004-2013. A cura di E. Valentini. Comune di Castel Condino.
2004. Piano di assestamento per il Comune di Condino per il decennio 2004-2013. A cura di F. Pizzini. Comune di Condino.
2004. Piano di assestamento per il Comune di Lardaro per il decennio 2004-2013. A cura di F. Pizzini. Comune di Lardaro.
2004. Piano di assestamento per il Comune di Prezzo per il decennio 2004-2013. A cura di E. Valentini. Comune di Prezzo.
2006. Piano di assestamento per il Comune di Bondo per il decennio 2006-2015. A cura di F. Pizzini. Comune di Bondo.
2006. Piano di assestamento per l'A.S.U.C. di Darzo per il decennio 2006-2015. A cura di F. Pizzini. Comune di Storo.

RINGRAZIAMENTI

Ispettore Forestale del Distretto delle Giudicarie dott. Felice Dorna

Custode Forestale Ausilio Mussi

Custode Forestale Elvis Cominotti

Custode Forestale Silvano Bagattini

Custode Forestale Alan Pellizzari

Geom. Paolo Monfredini