



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DEL MOLISE

DIPARTIMENTO DI BIOSCIENZE E TERRITORIO

Dottorato di ricerca in “Ambiente e Territorio” CICLO XXV

Settore scientifico disciplinare: AGR/05

Tesi di dottorato

**Approccio multifunzionale alla pianificazione forestale comprensoriale:
sperimentazione metodologica di approfondimento sulla funzione protettiva
del bosco**

Tutor

Prof. Piermaria CORONA

Coordinatore:

Prof. Claudio CAPRARI

Candidata

Dora CIMINI

Anno 2013

Alla mia famiglia

Ringraziamenti

Per i preziosi suggerimenti e osservazioni ringrazio il Prof. Piermaria Corona e il Prof. Luigi Portoghesi.

Desidero inoltre ringraziare il Dott. Alessandro Alivernini per il prezioso supporto e tutto il gruppo SisFor per avermi sopportato in tutti questi anni

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
1.1.	Multifunzionalità nella pianificazione e gestione forestale	1
1.2.	Scopo del lavoro	1
1.3.	Fasi del lavoro	2
2.	DAI DISTURBI NATURALI AI PERICOLI NATURALI: LA GESTIONE FORESTALE DELLE FORESTE DI PROTEZIONE	3
2.1.	Disturbo e pericolo naturale in ambito forestale	3
2.1.1.	Le frane	4
2.2.	Il ruolo delle foreste nei confronti dei pericoli naturali: le foreste di protezione	5
2.2.1.	Funzione protettiva delle foreste nei confronti nelle frane	7
2.3.	Gestione forestale sostenibile nei boschi di protezione	8
3.	IL SETTORE FORESTALE NEL CONTESTO DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE	11
3.1.	Quadro di riferimento della pianificazione forestale	11
3.1.1.	Pianificazione forestale a scala regionale	12
3.2.	Sistema della Pianificazione territoriale	14
3.2.1.	Pianificazione territoriale e pericoli naturali	14
3.3.	Zonazione della pericolosità di frana	15
3.3.1.	Metodi statistici di analisi della suscettività alle frane	16
3.3.1.1.	Metodo Weight of Evidence (WofE)	17
3.3.1.2.	Metodo della regressione logistica (LR)	19
4.	CASO DI STUDIO: LA COMUNITÀ MONTANA CADORE LONGARONESE ZOLDO	21
4.1.	Inquadramento territoriale	21
4.1.1.	Aspetto geomorfologico	21
4.1.2.	Aspetto geolitologico	22
4.1.3.	Aspetto climatico	26
4.1.4.	Aspetto forestale	27
4.2.	Fragilità del territorio e problematiche connesse	27
4.2.1.	Aree di frana e altre fragilità	28
4.2.2.	Aree soggette a valanghe	31
5.	SPERIMENTAZIONE PRELIMINARE: METODOLOGIA DI ATTRIBUZIONE MULTIFUNZIONALE AL CASO DI STUDIO	34
5.1.	Caratteristiche del PFIT della Comunità Montana Cadore Longaronese Zoldo	34
5.2.	Attribuzione multifunzionale	36
5.2.1.	Unità territoriale di riferimento per l'attribuzione funzionale	37
5.2.2.	Sistema gerarchico di attribuzione funzionale	38

5.2.3.	Parametri di valutazione delle unità territoriali	38
5.2.3.1.	Indici relativi alla vocazione del tipo forestale	39
5.2.3.2.	Indici relativi all'attitudine del sito	40
5.2.4.	Processo partecipativo	45
5.2.5.	Valore delle alternative funzionali ed elaborato preliminare di attribuzione funzionale	46
5.2.6.	Potenziati conflitti tra le funzioni	47
5.2.7.	Carta delle funzioni preminenti	47
5.2.8.	Ambiti tipologico funzionali	47
5.3.	Elaborazione del PFIT	48
5.3.1.	Costruzione del sistema informativo	48
5.3.2.	Determinazione del sistema di preferenze	48
5.3.3.	Elaborato preliminare di attribuzione delle alternative funzionali	49
5.3.4.	Revisione dell'elaborato preliminare di attribuzione funzionale e carta delle funzioni preminenti	50
5.3.5.	Ambiti tipologico-funzionali	57
5.4.	Considerazioni generali	62
5.5.	Considerazioni conclusive sulla funzione protettiva emerse durante la stesura del PFIT	63
6.	APPLICAZIONE DEI METODI STATISTICI PER LA ZONAZIONE DELLA SUSCETTIVITÀ GEOLOGICA E VALUTAZIONE DELLA FUNZIONE PROTETTIVA	65
6.1.	Mappa di suscettività geologica della CM	65
6.1.1.	Costruzione della banca dati	65
6.1.2.	Scelta delle variabili indipendenti	66
6.1.2.1.	Variabili derivate dal DEM: altitudine e pendenza	66
6.1.2.2.	Altre variabili geo-ambientali	67
6.1.2.3.	Valutazioni preliminari delle variabili indipendenti	67
6.1.3.	Calibrazione e validazione dei modelli	67
6.2.	Dai metodi statistici per la zonazione della suscettività alle frane alla quantificazione della funzione protettivo delle foreste	68
7.	RISULTATI	70
7.1.	Densità degli eventi di frana sul territorio	70
7.2.	Applicazione degli approcci WofE e LR	71
7.2.1.	Analisi dei modelli WofE	71
7.2.2.	Analisi dei modelli LR	73
7.2.3.	Confronto tra modelli	76
7.3.	Quantificazione della funzione protettiva	76
7.4.	Quantificazione della funzione protettiva	77
8.	CONCLUSIONI	80
9.	BIBLIOGRAFIA	82

1. INTRODUZIONE

1.1. Multifunzionalità nella pianificazione e gestione forestale

Il bosco è un sistema biologico complesso in grado di fornire beni e servizi di carattere ecologico, economico e sociale (Ciancio, 1998). Secondo l'approccio multifunzionale, il bosco è in grado di svolgere più funzioni contemporaneamente, anche se è possibile individuare una specializzazione a livello di popolamento (Fhürer, 2000). Ciò che deve essere garantito è un uso diversificato delle risorse forestali (De Philippis, 1972) in cui solo la realtà delle varie situazioni ecologiche e socioeconomiche può portare a stabilire quale sia il compromesso tra più funzioni sulle medesime superfici (Corona et al., 2011).

Il ruolo multifunzionale svolto dal bosco e il concetto di sostenibilità sono i criteri fondamentali della gestione forestale sostenibile che mira a rispondere ai bisogni della società, perseguendo, in primo luogo, l'obiettivo dell'efficienza del sistema biologico bosco e, in secondo luogo, l'equità intragenerazionale e intergenerazionale (Ciancio, 2002). Ciò significa riconoscere i valori etici oltre che economici della risorsa bosco; riconoscere la complessità dei sistemi forestali; procedere in maniera adattativa, per prova ed eliminazione dell'errore; basarsi sul principio di precauzione attraverso cure colturali in grado di agire attivamente sui processi evolutivi dell'ecosistema senza turbare eccessivamente gli equilibri (Ciancio & Nocentini 1999).

La pianificazione e la gestione delle risorse forestali devono essere integrate, sia in senso verticale sia orizzontale, con tutti gli strumenti pianificatori di matrice ambientale paesistica e territoriale che pur facendo capo a vari soggetti istituzionali, considerano come base di partenza la conoscenza del territorio e l'individuazione delle sue criticità ambientali. Tra i vari elementi, assume un ruolo di rilevanza il riconoscimento delle aree instabili o potenzialmente instabili.

Nella logica d'integrazione degli strumenti di pianificazione, il Piano Forestale d'Indirizzo Territoriale (PFIT) recepisce obiettivi, vincoli e indicazioni contenuti nella pianificazione di ordine superiore e a sua volta, per il perseguimento degli obiettivi individuati, indica linee guida selvicolturali e assestamentali, propone interventi strutturali/infrastrutturali, definendone priorità e possibili fonti di finanziamento disponibili per realizzarli.

1.2. Scopo del lavoro

Attribuire una funzione preminente sulla base dei caratteri ambientali, del popolamento forestale e delle istanze del sistema socioeconomico consente di operare una zonizzazione strategica del territorio forestale per orientare la gestione nel medio e lungo periodo.

Tale zonizzazione può essere valorizzata quantificando la valenza protettiva del bosco in riferimento ad una specifica tipologia di dissesto idrogeologico al fine di supportare in modo

oggettivo l'azione selvicolturale e assestamentale nei confronti di priorità relative alla protezione e difesa del suolo. In questo caso, la capacità protettiva è riferita ai fenomeni di frana, in quanto, ciascun evento degradativo è correlato a caratteristiche territoriali e vegetazionali che possono, almeno in parte, diversificarsi tra loro.

1.3. Fasi del lavoro

L'ipotesi di studio del presente lavoro è: i) la funzione protettiva del bosco può essere quantificata attraverso metodi statistici relativi alla suscettività del territorio agli eventi di frana? ii) è possibile incorporare i risultati in una mappa confrontabile con la zonizzazione forestale identificata dalla pianificazione territoriale?

Nel **capitolo 2** vengono illustrati alcuni richiami sul regime del disturbo in ambiente forestale e di come la presenza dell'uomo sia il fattore discriminante per considerare le perturbazioni naturali come pericoli. In particolare, è specificato il ruolo protettivo della foresta quando agisce sia impedendo il verificarsi dell'evento pericoloso sia mitigandone l'effetto.

La pianificazione e gestione forestale s'inseriscono nel sistema degli strumenti di pianificazione territoriale in cui l'analisi delle aree instabili costituisce un aspetto importante per le scelte di piano. Nella prima parte del **capitolo 3** viene illustrato il complesso quadro della pianificazione forestale nazionale. La seconda parte del capitolo richiama i metodi statistici più utilizzati per l'analisi della suscettività alle frane.

Il caso di studio è presentato nel **capitolo 4** con l'inquadramento territoriale della Comunità Montana Cadore Longaronese Zoldo. Il capitolo si correla con l'analisi delle fragilità ambientale dell'area che evidenzia come gli elementi di frana siano caratteristici della zona esaminata.

Nel **capitolo 5** si analizza la possibilità di sperimentare nella Comunità Montana Cadore Longaronese Zoldo la procedura multicriteriale di attribuzione funzionale proposta da Corona et al. (2010) al fine di valutare le potenzialità e le modifiche all'approccio di riferimento che consentono la replicabilità degli strumenti di analisi in contesti diversi.

Il primo interrogativo cui il presente lavoro vuole rispondere è se la presenza della copertura forestale possa limitare la suscettività alle frane, cioè la propensione dell'area a questo tipo di dissesto. Per analizzare questo punto, nel **capitolo 6**, saranno proposti due modelli implementati su diversi insiemi di variabili predittive, per capire se dal loro confronto sia possibile stimare su basi statistiche l'effettiva rilevanza della copertura forestale nel contenimento del fenomeno. I risultati saranno poi integrati con la zonizzazione funzionale della Comunità Montana Cadore Longaronese Zoldo. Alla luce dei risultati presentati nel **capitolo 7** sono infine riportate, nel **capitolo 8**, le considerazioni riepilogative e conclusive.

2. DAI DISTURBI NATURALI AI PERICOLI NATURALI: LA GESTIONE FORESTALE DELLE FORESTE DI PROTEZIONE

2.1. Disturbo e pericolo naturale in ambito forestale

Un disturbo naturale è un evento definito nel tempo e nello spazio che altera la struttura di ecosistemi, comunità, popolazioni, modificandone il substrato e l'ambiente fisico (Pickett & White, 1985). Nel regime del disturbo si distinguono diverse componenti inclusa frequenza, intensità e dimensione (Pickett & White, 1985), ciascuna delle quali agisce in modo distintivo sulle comunità e sulle popolazioni. Harper (1977) distingue le catastrofi dai disastri definendo questi ultimi come gli eventi che avvengono più di una volta durante il ciclo medio di vita di una popolazione.

I disturbi naturali sono processi chiave delle dinamiche connesse agli ecosistemi forestali (Oliver & Larson, 1996), rappresentano un fattore caratteristico per le strategie evolutive delle piante (Grime, 2001; Gutschick & Bassirrad, 2003) che influenza fortemente la struttura, la composizione e il funzionamento delle foreste (Frankline et al., 2002) fino a determinare modelli spaziali e temporali a scala di paesaggio (Forman, 1995). Nonostante l'azione permanente dei disturbi, l'ecosistema persiste nella costanza del suo funzionamento attraverso una propria capacità di autoregolazione, ossia meccanismi interni pienamente funzionanti e in grado di portare il sistema a uno stato stazionario. L'efficienza di questi meccanismi è essenziale per lo sviluppo e la stabilità dell'ecosistema (Bormann & Likens, 1979).

In accordo con Redfearn & Pimm (1987), la stabilità è definita come la capacità dell'ecosistema di rimanere nelle condizioni esistenti o di ritornare a queste dopo un disturbo. La stabilità può essere suddivisa in due elementi: la resilienza e la resistenza; la resilienza è la capacità di un ecosistema di riacquistare le caratteristiche originarie dopo un disturbo; la resistenza è la capacità di un ecosistema di contrastare tale evento. La resistenza e la resilienza cambiano nelle varie fasi di sviluppo di uno stesso popolamento forestale. La stabilità è riferita all'intero ecosistema e permette a questo di perpetuarsi, ma è relativa rispetto al tempo e allo spazio poiché su una singola unità di superficie si avvicendano diversi tipi di struttura e di vegetazione (Levin, 1992; Peterson et al., 1998) che legano la loro stabilità alle caratteristiche microstazionali (disponibilità di nutrienti, condizioni di umidità e illuminazione) che agiscono a livello di popolamento (Schönenberger, 2000).

Quando si parla di pericolo naturale, s'intende un processo naturale potenziale o in evoluzione che può produrre effetti negativi per l'uomo o per l'ambiente (Dorren et al., 2004; Dorren et al., 2005). In questo caso la foresta agisce sia impedendo il verificarsi dell'evento, sia mitigandone l'effetto (Ott et al., 1997). In assenza dell'uomo, i pericoli naturali possono essere considerati

normali fattori di disturbo che agiscono nell'ambito della dinamica dell'ecosistema (Brang et al., 2001).

2.1.1. Le frane

La superficie del territorio italiano è interessata per circa un decimo da problemi di criticità idrogeologica di cui circa il 60 % è costituito da frane che rappresentano la causa principale d'instabilità dei versanti montani.

Le frane sono un fenomeno di movimento di masse di roccia, detrito e terra lungo un pendio che evolve nella loro delocalizzazione come effetto della forza di gravità (Cruden, 1991) con velocità estremamente variabile, da alcuni millimetri all'anno a decine di metri al secondo. I movimenti franosi possono essere superficiali o profondi, lenti o rapidi e si verificano secondo un'ampia gamma di meccanismi, cause e modalità d'innescio (Varnes, 1978). I fenomeni franosi sono contraddistinti da due parametri fondamentali: a) tipologia di movimento; b) natura del materiale coinvolto. In base alla tipologia di movimento è possibile utilizzare una classificazione articolata in sette categorie principali: crolli, ribaltamenti, scorrimenti traslativi, scorrimenti rotazionali, espansioni laterali, colamenti e frane complesse (queste ultime date dalla combinazione di tutti gli elementi citati). Le classi di movimento vengono poi ulteriormente suddivise in base alla natura del materiale coinvolto: roccia, terra, detrito (Cruden & Varnes, 1996).

Nel corpo di frane si possono identificare tre parti distinte: a) nicchia di distacco; b) zona di transizione; c) zona di accumulo o deposito (fig. 2.1). La nicchia di distacco è la porzione di superficie più rappresentativa delle condizioni d'instabilità e corrisponde alla intaccatura del versante che contraddistingue la porzione di roccia rimasta in sito dopo che una parte è franata; la zona di transito, è il solco o il pendio, sul quale si spostano i materiali, mentre la zona di accumulo è formata dai depositi rocciosi che, dopo avere percorso un tragitto più o meno lungo si arrestano. L'aspetto morfologico dei versanti può evidenziare le deformazioni gravitative con alternanza di zone concave (nicchie di distacco) e convesse (zone di transito ed accumulo). Maggiori dettagli sulla nomenclatura delle parti che compongono una frana sono riportate da Cruden & Varnes (1996).



Figura 2.1 - Unità funzionali delle frane

I movimenti di massa rappresentano naturali processi di degradazione dei versanti e uno dei fattori principali nella costruzione del paesaggio montano. Sotto l'influenza di una varietà di fattori predisponenti e l'innescato da parte di eventi come terremoti (Keefner, 1984, 1994), precipitazioni meteoriche (Iverson, 2000) o una loro combinazione (Dadson et al., 2004) la maggior parte delle zone montane è stata interessata, almeno una volta, da fenomeni gravitativi connessi all'instabilità dei versanti (Naranjo & van Westen, 1994).

I danni che coinvolgono gli ambienti montani sono considerevoli e possono interessare proprietà pubbliche o private, infrastrutture e spesso possono causare dei veri e propri disastri (Swiss Re, 2000; Avanzi et al., 2004; Gorsevski et al., 2006a). Inoltre, dalle frane dipende una parte sostanziale dei depositi prodotti a scala di bacino che possono aumentare il rischio dovuto al trasporto solido dei corsi d'acqua durante gli eventi di piena (Beguria, 2006).

2.2. Il ruolo delle foreste nei confronti dei pericoli naturali: le foreste di protezione

Da sempre l'uomo attribuisce alle foreste un'importante funzione protettiva come conseguenza delle molteplici implicazioni tra vegetazione e processi idrogeomorfologici.

Gli effetti della vegetazione forestale sui movimenti geomorfologici sono molteplici come discusso da Greenway (1987) e sintetizzato da Sidle et al. (1985) e Sidle & Ochiai (2006). Ogni cenosi vegetale, attraverso il proprio apparato radicale, interagisce con il suolo conferendogli migliori caratteristiche di coesione interna negli strati esplorati dalle radici e di ancoraggio al substrato. Le foreste hanno un ruolo più efficace nella protezione e nel controllo dei fenomeni erosivi rispetto alla copertura erbacea (Descroix et al., 2001). L'abbondante biomassa ipogea può formare un fitto complesso radicale che, coinvolgendo gli orizzonti superficiali del suolo, stabilizza i substrati poco profondi (Gray & Megahan, 1981).

Il boschi intervengono sulla regimazione idrica attraverso una riduzione dei deflussi superficiali, un aumento dei tempi di corrivazione e della capacità di laminazione del bacino (Bosch & Hewlett, 1982; Iovino et al., 1998; Ferrari et al., 2004). L'azione regimante della vegetazione viene esercitata tramite la sua capacità di modificare la circolazione idrica attraverso l'intercettazione della pioggia, che si manifesta a livello di soprassuolo, l'infiltrazione, che si sviluppa a livello del suolo e l'evapotraspirazione che coinvolge entrambi. L'intercettazione è un processo descritto sin del secolo scorso da Horton, (1919) e in seguito dimostrato da Grah & Wilson (1944). Durante gli eventi meteorici la vegetazione assorbe grandi quantità d'acqua, restituendone una buona parte all'atmosfera per evapotraspirazione (Aston, 1979; Hewlett, 1982). Gli strati di vegetazione che costituiscono un bosco (arboreo, arbustivo, erbaceo) agiscono limitando e rallentando lo scorrimento superficiale e diminuendo l'effetto battente della pioggia, proteggendo il suolo dal dilavamento anche in zone a elevata pendenza, dove ne contrastano gli effetti erosivi. Le radici delle piante, creando dei percorsi preferenziali per l'infiltrazione dell'acqua, migliorano in modo sostanziale la capacità d'infiltrazione dei suoli forestali (Beven & Germann, 1982) in correlazione con la densità degli apparati radicali presenti nel terreno (Lange et al., 2009, 2010).

Tutti i boschi assolvono una funzione di protezione nei confronti della conservazione del suolo e nella regimazione delle acque. Si tratta di una funzione di protezione generica o indiretta più o meno apprezzabile in relazione alla giacitura, pendenza, morfologia e alle condizioni geopedologiche della stazione. Se non fosse garantita la funzione di protezione indiretta, potrebbero intervenire fenomeni di erosione a livello locale che potrebbero portare a una perdita complessiva per l'intero ecosistema forestale (Dorren, 2004).

La funzione di protezione generica (o indiretta) rappresenta un pre-requisito per la funzione di protezione diretta (van Noord, 1996). Il ruolo protettivo di alcuni soprassuoli è svolto anche nei confronti dei pericoli naturali che potrebbero danneggiare direttamente le attività antropiche o rappresentare un rischio per la vita delle persone soprattutto in zone montane. Questi boschi hanno una funzione di protezione diretta che si compone, quindi, di tre elementi: a) un pericolo naturale; b) un popolamento forestale in grado di impedire l'evento o di mitigarne gli effetti; c) la presenza dell'uomo: insediamenti, attività economiche e vie di comunicazione (Schönenberger, 1998; Motta & Haudemand, 2000).

In entrambi i casi, le foreste di protezione offrono un servizio di conservazione del suolo e/o di riduzione del rischio a costi relativamente contenuti (Schönenberger & Brang, 2004).

I pericoli più frequenti nelle aree montane sono le valanghe, la caduta massi, le frane, le colate detritiche (debris flows) e di fango (lave torrentizie). L'efficacia della protezione fornita da un popolamento forestale dipende dal tipo di pericolo, dalla sua frequenza e intensità e dalle

caratteristiche stesse del soprassuolo (Brang, 2001). Dal tipo di evento dipende il ruolo protettivo svolto dal bosco che cambia in relazione alle unità funzionali di cui si compone il pericolo e alla scala di riferimento (albero, versante, bacino) (Berger & Rey, 2004). A tal proposito, Berger & Rey (2004) introducono il termine di protezione attiva per popolamenti che esercitano il loro ruolo di antagonista al distacco o l'innesco degli eventi pericolosi e protezione passiva se il soprassuolo è localizzato nelle zone di transizione e deposito. Per la caduta massi il bosco svolge attivamente il controllo e la mitigazione del fenomeno anche nella zona di transizione e di accumulo (Rey, 2003, Brauner et al., 2005; Dorren et al., 2005), mentre per le valanghe e le frane tale azione è limitata alla zona di distacco (Berger & Chauvin, 1996; Berger & Rey, 2004).

2.1.2. Funzione protettiva delle foreste nei confronti nelle frane

L'azione stabilizzante dalla copertura forestale deriva da processi di natura meccanica e idrologica. I primi sono relativi principalmente alle possibili interazioni delle radici delle piante con il terreno; i secondi riguardano gli effetti della vegetazione sul ciclo idrogeologico dell'acqua. La vegetazione contribuisce naturalmente al controllo dei processi d'instabilità dei versanti, soprattutto se superficiali, ma la sua azione si riduce nei confronti di dissesti più profondi all'aumentare dello spessore del piano di scivolamento del corpo di frana.

La frequenza delle frane all'interno delle foreste è generalmente meno rilevante rispetto ai suoli privi di copertura ma fortemente legata alla condizione dei popolamenti (Rickli & Graf, 2009). Schmidt et al. (2001) hanno dimostrato che la coesione radicale che interviene sulla stabilità dei versanti è funzione della tipologia forestale e dello stadio evolutivo del soprassuolo. Tuttavia, l'azione del bosco cambia quando è innescata una frana, la resistenza dei terreni boscati si traduce nella riduzione della velocità di propagazione del dissesto e in una migliore distribuzione dei sedimenti nella zona di accumulo (Irasawa et al., 1991).

Le attività connesse con la gestione forestale possono incidere negativamente sulla stabilità dei versanti anche in termini d'innesco o maggiore frequenza degli eventi. Diversi Autori in diverse aree del mondo (Swanson & Dryness, 1975; Sidle, 1985; Chung et al., 1995, Montgomery et al., 1998) hanno dimostrato che la presenza di strade negli ambienti agro-silvo-pastorali è una causa importante per l'innesco di fenomeni di franamento superficiale; secondo Gucinski et al. (2000) tra frane in ambito forestale in presenza e in assenza di strade vi sarebbe un rapporto variabile tra 30 e 300. Le strade forestali, in particolare se progettate a interruzione del versante, esercitano il maggiore impatto per unità di superficie nell'attivazione di tali fenomeni (Wemple et al., 2001; Brardinoni et al., 2002; Guthrie, 2002; Sidle & Ochiai, 2006).

Dopo i tagli di utilizzazione, i sistemi radicali cominciano a decomporsi (Ammann et al., 2009) con una progressiva diminuzione della coesione radicale. Numerosi studi sono stati

condotti a tal proposito in Asia, Nord America e Nuova Zelanda (Sidle 1991,1992; Watson et al., 1999; Dhakal & Sidle, 2003; Sakals & Sidle, 2004; Imaizumi & Sidle, 2008) ed alcuni autori (Watson et al., 1999) indicano una coesione radicale insufficiente a garantire la stabilità a partire dai 6 anni successivi al taglio, periodo a cui corrisponde un incremento di eventi franosi; altri riportano che l'impatto sull'inscasso dei dissesti sembra maggiore nei primi 10-17 anni dopo il taglio, e in progressiva diminuzione fino a 25 anni, grazie all'avvento della rinnovazione e alla colonizzazione degli apparati radicali delle piante vicine (Dhakal & Sidle, 2003; Imaizumi & Sidle, 2008).

Studi sugli interventi selvicolturali hanno evidenziato come il trattamento a taglio a raso possa portare i versanti verso situazioni di maggiore instabilità rispetto ad altri tipi di trattamento (Sidle, 1992; Sakals & Sidle, 2004). Nel caso di popolamenti trattati a dei tagli successivi, la coesione delle radici nel terreno si riduce per turni più brevi (Sidle, 1991).

Anche i sistemi di utilizzazione possono incidere negativamente sull'instabilità dei versanti, metodi di esbosco che distruggono o danneggiano il popolamento non utilizzato o che riducono la potenzialità di successo della rinnovazione possono determinare un aumento del potenziale di frana (Sidle & Wu, 1999).

2.3. Gestione forestale sostenibile nei boschi di protezione

I boschi, e in particolare quelli in ambiente montano, derivano della coevoluzione fra realtà ecologica e realtà socioeconomica delle popolazioni locali. Essi si presentano fortemente modificati nella struttura e nella composizione, per effetto della gestione che li ha interessati, soprattutto in un recente passato, ispirata da obiettivi primari di natura economica.

Per molto tempo il bosco è stato considerato una macchina per produrre legno utilizzato non come una risorsa rinnovabile, ma una miniera dalla quale estrarre in breve tempo quanto più possibile (Ciancio, 1998). Per garantire una produzione annua massima e costante l'assestamento forestale e la selvicoltura hanno determinato la semplificazione del bosco, che si è manifestata con la riduzione della complessità e della biodiversità del sistema forestale (Ciancio, 1999; Nocentini, 2001). Oggi il rapporto bosco-uomo è profondamente cambiato, maggiore è la consapevolezza che il bosco sia un sistema multifunzionale che estende i suoi benefici sull'intero ambiente a vantaggio di tutta la collettività. La gestione forestale è passata da una concezione di tipo produttivistico, a quella attuale che tiene conto non solo del prodotto legnoso ma anche delle variabili ecologiche e sociali.

Il bosco non è un semplice insieme di alberi d'interesse economico ma un sistema biologico complesso, un soggetto di diritti, un bene d'interesse pubblico (Ciancio, 1988). Di conseguenza, le dinamiche degli ecosistemi forestali devono essere considerate all'interno delle strategie di

gestione forestale (Attiwill, 1994). Pertanto, la gestione deve essere flessibile, adattativa, sperimentale a livelli compatibili con le scale delle funzioni critiche degli ecosistemi (Holling, 1978; Walters, 1986).

Ai fini della gestione sostenibile delle risorse forestali è prioritario il mantenimento della funzionalità ecologica delle biocenosi. Uno dei principi fondamentali per una gestione forestale sostenibile risiede nella capacità di adattare l'applicazione degli interventi selvicolturali alle dinamiche naturali, o di guidare i processi naturali secondo gli obiettivi della gestione stessa. Tali obiettivi e metodi devono quindi poggiare su una conoscenza approfondita di questi processi, che permetta di formulare previsioni il più possibile affidabili nei riguardi della dinamiche degli ecosistemi forestali sottoposti a diversi regimi gestionali (Führer, 2000). Introducendo un fattore di scala, ciò si traduce nella necessità di operare scelte colturali a partire dal riconoscimento dell'individualità ecosistemica e biologica del popolamento forestale. Gli interventi colturali devono agire come elemento di regolazione esterna in grado di compensare la mancanza di meccanismi interni di autoregolazione, soprattutto quando la dinamica degli ecosistemi, seppur non in contrasto con le funzioni cui il bosco è destinato, non è in grado di assicurare la persistenza del sistema o di raggiungere gli obiettivi di gestione previsti.

Il mantenimento e il miglioramento dei popolamenti forestali con funzione protettiva dipendono dalla matrice spaziale-temporale delle tessere, definite come porzioni di bosco con struttura omogenea, che compongono il mosaico del popolamento forestale. In una foresta non gestita, soggetta solo all'evoluzione naturale, la funzione protettiva non è svolta in modo continuo dai popolamenti forestali, o almeno non nello stesso modo durante i diversi stadi evolutivi (Führer, 2000; Brang, 2001). Nelle fasi di rinnovazione e senescenza essa viene quasi completamente a mancare (Motta & Haudemand, 2000) così come si riduce fortemente in caso di disturbi naturali frequenti o con impatti sostanziali (Attiwill, 1994; Peterson et al., 2000). In questi casi, è compromessa la capacità del bosco di svolgere in modo continuo e pieno la funzione richiesta dall'uomo o di produrre i beni e servizi attesi.

La capacità del popolamento di svolgere nel tempo e in modo efficace una funzione protettiva è possibile solo attraverso l'applicazione di cure e tagli colturali (Führer, 2000; Brang, 2000; Brang et al., 2001) in grado di replicare su piccola scala i processi indotti dai disturbi naturali (Bergtsson et al., 2000). Sebbene, le caratteristiche del soprassuolo (tra gli altri di composizione, densità, stratificazione, tessitura) debbano essere definite in base ai pericoli naturali presenti (Bebi et al., 2001; Dorren et al., 2004; Perret et al., 2004; Brauner 2005; Vacchino 2008), generalmente sono più adatti a svolgere una funzione di protezione popolamenti stratificati costituiti da un mosaico spaziale di tessere con diversa età e struttura (Ott et al., 1997; Kräuchi et al., 2000; Motta & Haudemand, 2000). L'azione selvicolturale è volta alla ricerca congiunta della

complessità strutturale su ampia scala, attraverso la differenziazione cronologica dei singoli popolamenti, e della complessità strutturale puntuale nelle porzioni di bosco mature, promuovendo processi di rinnovazione naturale su piccole superfici.

Gli interventi selvicolturali nei boschi con prevalente funzione protettiva sono spesso interventi a macchiatico negativo e onerosi, in quanto questi popolamenti sono comunemente situati in condizioni di elevata pendenza e, in genere, limitata fertilità e gli interventi previsti sono localizzati, distanziati nel tempo e non garantiscono una adeguata (dal punto di vista quantitativo e qualitativo) raccolta di legname (Berretti et al., 2009). Quando la gestione mira a mantenere un livello minimo di efficacia protettiva del bosco gli interventi possono essere definiti come “cure minime” (Wasser et al., 1996) volendo significare quelle attività selvicolturali necessarie a raggiungere un accettabile, piuttosto che ideale, grado di protezione assicurato dal bosco.

Secondo questo scenario, l'individuazione cartografica delle foreste con funzione protettiva rappresenta un passo importante nel definire le priorità d'intervento nella gestione selvicolturale dei boschi soprattutto se localizzati in contesti montani (Sakals et al., 2006).

3. IL SETTORE FORESTALE NEL CONTESTO DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE

3.1. Quadro di riferimento della pianificazione forestale

La funzione protettiva e di difesa del suolo svolta dalle foreste, in particolare nelle aree montane e collinari, è riconosciuta come fondamentale e preminente fin dalla promulgazione della Regio Decreto Legislativo, n. 3267/1923 (“Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani”). Questa legge cerca di conciliare l’aspetto produttivo del bosco con quello sociale e di difesa contro i fenomeni di dissesto idrogeologico. Il Regio Decreto Legislativo è fondato sul mantenimento nei territori montani di un buon equilibrio idraulico e geologico (da cui la necessità d’istituire il vincolo idrogeologico), regolamentando le attività selvicolturali, nelle proprietà pubbliche e private, mediante la realizzazione di Piani Economici (o di assestamento) silvo-pastorali e l’applicazione delle Prescrizioni di Massima di Polizia Forestale (PMPF) a livello provinciale. Ancora oggi si tratta del riferimento legislativo fondamentale della pianificazione forestale, che pur non essendo mai stato formalmente abrogato, disciplina il settore forestale a livello nazionale per aspetti residuali non trattati dalle modifiche dal titolo V della Costituzione, dal decreto legislativo n. 227/2001, dal decreto legislativo n. 42/2004, e dalle leggi e dai regolamenti forestali regionali.

Nel corso degli ultimi decenni gli scenari di politica forestale internazionale e comunitaria hanno sempre più influenzato l’evoluzione del settore forestale nazionale orientando la pianificazione e la gestione verso un’ottica di sviluppo sostenibile del sistema forestale.

L’Italia ha fatto proprio il concetto di gestione forestale sostenibile (GFS) stabilito in ambito forestale pan-europeo durante le varie Conferenze Ministeriali per la Protezione delle Foreste in Europa (MCPE). In particolare è stata accolta la risoluzione H1 di Helsinki del 1993, che chiede una «gestione corretta e un uso delle foreste e dei terreni forestali nelle forme e a un tasso di utilizzo tali da mantenere la loro diversità biologica, produttività, capacità di rinnovazione, vitalità e una potenzialità che assicurino, adesso e in futuro, rilevanti funzioni ecologiche, economiche e sociali a livello locale, nazionale e globale tali da non comportare danni ad altri ecosistemi».

L’adesione dell’Italia ai diversi accordi internazionali ha portato all’emanazione del decreto legislativo n. 227/2001 (“Orientamento e modernizzazione del settore forestale”), che riconosce la selvicoltura come “elemento fondamentale per lo sviluppo socioeconomico e per la salvaguardia ambientale del territorio” (art. 1) e ritiene le attività selvicolturali uno “strumento fondamentale per la tutela attiva degli ecosistemi e dell’assetto idrogeologico e paesaggistico del

territorio” (art. 6).

Sulla base di quanto previsto dall’art. 3 del decreto legislativo n. 227/2001, il Ministero dell’ambiente e della tutela del territorio e del mare ha emesso il decreto ministeriale del 16 giugno 2005 recante le “Linee guida di programmazione forestale”. Questo strumento legislativo, nelle considerazioni generali, riconosce il ruolo multifunzionale strategico svolto dalle foreste. Lo stesso decreto ministeriale delinea i mezzi pianificatori necessari affinché si possa tendere verso una piena gestione forestale sostenibile citando come strategici: a) la conoscenza del territorio in generale e forestale in particolare; b) la pianificazione a vari livelli (regionale, eventualmente sub-regionale e soprattutto aziendale). Con l’emanazione del decreto ministeriale del 2005, le Regioni diventano le protagoniste nell’implementazione delle linee di politica forestale sul territorio nazionale, e attraverso i propri Piani Forestali Regionali (PFR) definiscono gli ambiti di applicazione e le strategie per la tutela, la conservazione, la valorizzazione e lo sviluppo del settore forestale regionale.

3.1.1. Pianificazione forestale a scala regionale

Il trasferimento delle competenze in materia forestale dallo Stato alle Regioni è un processo iniziato negli anni Settanta (decreto del Presidente della Repubblica n. 11/1972 e n. 616/1977) con l’affidamento agli organi regionali delle funzioni amministrative in materia di agricoltura e foreste. L’attuazione di queste politiche ha visto la progressiva emanazione di decreti e leggi che hanno permesso alle Regioni di dotarsi di strutture organizzative del settore forestale contestualizzate al proprio territorio. Con il decreto legislativo n. 143/1997 e la modifica del titolo V della Costituzione derivata dalla Legge Costituzionale n. 3/2001, lo scenario istituzionale nazionale è definitivamente cambiato: la gestione forestale deve ritenersi di competenza esclusiva regionale, anche se le tematiche forestali che si intersecano con quelle della tutela dell’ambiente e dell’ecosistema restano di competenza statale ai sensi dell’art. 117, comma 2, lett. s) della Legge Costituzionale n. 3/2001.

Nella pianificazione regionale è possibile definire, tre (o quattro) livelli di pianificazione strutturati in base alla scala territoriale: regionale, comprensoriale e aziendale. A ciascun livello corrisponde un proprio strumento pianificatorio con specifiche funzioni e prescrizioni.

La competenza esclusiva delle Regioni in ambito forestale rende i PFR vero e proprio documento programmatico pluriennale del settore forestale attraverso il quale gli enti regionali stabiliscono gli obiettivi prioritari da conseguire nel periodo di validità del piano, le linee di azione da attuare per il loro raggiungimento e le risorse finanziarie da impiegare (Cullotta & Maetzke, 2008a).

Il livello intermedio di pianificazione riguarda la definizione dei Piani forestali

Comprensoriali, talora detti Piani Forestali d'Indirizzo Territoriale (PFIT), riferiti ad un ambito forestale sub-regionali omogeneo, ovvero un comprensorio amministrativamente circoscritto (Provincia, Comunità montana, Parco, ecc.). L'importanza focale della pianificazione territoriale risiede nello stimolare le amministrazioni locali di un dato territorio a creare una piattaforma di coesione rispetto alle risorse forestali, altrimenti vista e gestita in maniera assolutamente frammentata e indipendente da una univoca ed indispensabile strategia ambientale territoriale (Cullotta & Maetzke, 2008b).

Il PFIT ha lo scopo di fornire indirizzi per la gestione nel medio e lungo periodo del patrimonio forestale pubblico e privato nel rispetto del ruolo multifunzionale delle risorse forestali attraverso scelte condivise con le diverse componenti sociali del territorio interessato. Il compito principale del PFIT è di individuare azioni/misure improntate al mantenimento e al miglioramento della sostenibilità economica, sociale, ambientale e culturale della gestione forestale. Gli indirizzi di azione e gli interventi proposti hanno un duplice obiettivo: riduzione/eliminazione delle criticità (conflitti tra funzioni del bosco, carenze infrastrutturali, modelli colturali e modalità assestamentali inadeguate) e valorizzazione delle potenzialità insite nell'uso multiplo del patrimonio forestale, anche ai fini di stabilire priorità nell'allocazione di risorse finanziarie pubbliche. Il PFIT recepisce obiettivi, vincoli e indicazioni contenuti nella pianificazione regionale di ordine superiore e a sua volta, per il perseguimento degli obiettivi individuati, indica gli indirizzi selvicolturali e assestamentali, propone interventi strutturali/infrastrutturali, definendone priorità e possibili fonti di finanziamento disponibili per realizzarli. Il periodo di validità del PFIT non viene predefinito. Tuttavia, come per ogni strumento di pianificazione, la sua efficacia va verificata (indicativamente dopo 10–15 anni) controllando la validità degli obiettivi e delle misure proposte e introducendo le modifiche e gli aggiornamenti eventualmente necessari.

La pianificazione a livello aziendale viene attuata attraverso la realizzazione dei Piani di Assestamento Forestale che portano alla diretta applicazione pratica delle tecniche selvicolturali e gestionali nello specifico soprassuolo forestale. I Piani di assestamento sono stati per lungo tempo il dispositivo principale della pianificazione forestale, e ancora costituiscono lo strumento fondamentale univocamente riconosciuto su base nazionale (Cullotta & Maetzke, 2008b). In relazione alle normative locali, i piani possono assumere accezioni diverse, talora coincidenti con il piano di assestamento classico, in altri integrando lo stesso con informazioni diverse (Piano di Gestione Forestale, Piano di Riordino Forestale, Piano di Assestamento Forestale), o ancora con indirizzi più specifici (Piani Forestali Particolareggiati, Piani Colturali Forestali) o limitatati (Piano dei Tagli).

3.2. Sistema della Pianificazione territoriale

Le politiche ambientali e urbanistico-territoriali vengono attuate attraverso numerosi e diversi strumenti. Nell'ambito del proprio dominio applicativo ogni strumento di pianificazione può avere funzioni e contenuti che presentano interrelazioni con altri strumenti di piano inerenti tematiche diverse. Spesso, tali strumenti di pianificazione dettano o recepiscono norme generiche di salvaguardia e rimandano alla pianificazione forestale tutto quanto riguarda specificamente il territorio boscato e le risorse forestali in genere (Cullotta & Maetzke, 2008a).

L'odierna visione del governo del territorio considera i rapporti di gerarchia e parallelismo tra i diversi Piani in una logica d'integrazione tanto verticale quanto orizzontale. Questi aspetti vanno considerati durante le fasi di elaborazione degli strumenti di pianificazione forestale in quanto la ricognizione dei piani di area vasta di competenza di altri soggetti istituzionali può portare al riconoscimento di prescrizioni o indirizzi da recepire nelle scelte di governo delle risorse forestali.

3.2.1. Pianificazione territoriale e pericoli naturali

Pianificare correttamente lo sviluppo di un territorio è necessario conoscere i diversi aspetti ambientali che lo caratterizzano, tra i vari elementi la presenza di aree instabili o potenzialmente instabili assume un ruolo rilevante. Per attuare un'efficace gestione del territorio è necessario valutare la pericolosità connessa ai fenomeni d'instabilità al fine produrre un coordinamento degli interventi per mitigare le situazioni di rischio e quando possibile quelle di pericolo.

La valutazione del rischio connesso ai fenomeni d'instabilità dei versanti è correlata al concetto di pericolosità. In base alla definizione dell'UNESCO (WP/WLI, 1993a; WP/WLI 1093b) si definisce pericolosità (H), la probabilità che un potenziale evento dannoso investa una data area, con una determinata intensità, in un periodo di tempo definito. La definizione della pericolosità di un'area è funzione di tre componenti: valutazione dell'area interessata (susceptività); valutazione dell'intensità del fenomeno atteso; valutazione della frequenza dell'evento, cioè del tempo di ritorno. Si definiscono elementi a rischio (E), tutti quegli elementi esposti alla probabilità che in un dato periodo di tempo possano essere esposti da un evento di una determinata intensità. Si definisce vulnerabilità (V), di un elemento a rischio, la sua capacità di resistere alle sollecitazioni indotte da un evento calamitoso. La vulnerabilità varia da zero, quando la sua capacità di resistenza è totale, ad uno, quando la sua capacità di resistenza è nulla.

Il rischio geologico è il prodotto dei tre valori sopraccitati ($R = H \times E \times V$) e quantifica il grado di perdite atteso nel caso si manifestasse un dato evento calamitoso su di una certa area.

3.3. Zonazione della pericolosità di frana

La pericolosità associata alle frane è definita come la probabilità che un evento potenzialmente distruttivo di determinata intensità si verifichi in un dato periodo di tempo in una data area. (Varnes, 1984). In ambito scientifico, la pericolosità può essere distinta in due grandi categorie di previsione: a) temporale; b) spaziale. La prima è legata ai tempi di ritorno delle precipitazioni, superate le quali aumentano fortemente le probabilità di accadimento dei dissesti. La seconda si configura nella localizzazione sul territorio delle aree più propense al dissesto e alla realizzazione di carte di pericolosità relativa.

La probabilità spaziale, si configura come la suscettività geologica definita in termini di verosimiglianza di accadimento del fenomeno in una data area o unità elementare di superficie (i.e. Chung & Fabbri, 1999; Gorsevski et al., 2006a). Essa, dunque, è funzione del grado di stabilità intrinseca del versante combinato con la presenza di alcuni fattori capaci di innescare il fenomeno franoso (fattori predisponenti) (Glade et al., 2005). Quindi, non rappresenta la probabilità che una frana possa innescarsi quanto la propensione che un'unità elementare di territorio, date le caratteristiche intrinseche di copertura e del substrato, possa essere soggetta a movimenti di massa.

I diversi metodi per valutare la suscettività alle frane possono essere classificati in quattro gruppi (Soeters & van Westen, 1996; van Westen et al., 1997; Aleotti & Chowdhury, 1999): inventari, metodi euristici, metodi deterministici e metodi statistici.

Secondo Hansen (1984); Wiczorek (1984) e Guzzetti et al. (1999) gli inventari dei fenomeni franosi sono la forma più semplice di mappatura delle frane. Le carte d'inventario sono realizzate prevalentemente attraverso la rappresentazione cartografica degli eventi derivata da foto-interpretazione e rilievi in campo eventualmente integrata con dati storici. Gli inventari possono essere utilizzati per determinare la densità dei fenomeni franosi mediante isoplete (De Graff & Canuti, 1988) oppure attraverso la percentuale di area in frana per ogni unità geologica (Brabb et al., 1972; Radbruch-hall, 1982).

L'approccio euristico si basa su metodi che permettono di valutare l'attuale distribuzione dei fenomeni franosi in comparazione con le caratteristiche geomorfologiche o geologiche dell'area di studio (Stevenson, 1977; Anbalagan & Sing, 1996; Ayalew et al., 2004). Ad ogni fattore viene dato un punteggio in funzione della sua influenza sulla stabilità del versante e la mappa finale è ottenuta mediante sovrapposizione di carte tematiche. I vantaggi di tale metodo sono legati alla possibilità di analisi a diversi livelli di scala attraverso l'utilizzo di un sistema informativo territoriale (Geographic Information System – GIS); gli svantaggi derivano dalla soggettività con la quale i fattori predisponenti sono scelti e pesati.

L'approccio deterministico è basato sul calcolo del fattore di sicurezza legato alla stabilità dei

versanti e trova impiego principalmente nel settore dell'ingegneria civile e della geologia applicata. Si tratta di un approccio limitato a siti specifici (scala di versante) e per fenomeni particolari non adatto per analisi su vaste aree. Tra i metodi deterministici, Dietrich et al. (1992) hanno implementato un modello fisicamente basato sulla combinazione dell'equazione della pendenza limite con la componente idrologica dello stato stazionario del flusso superficiale e del sottosuolo. Questo modello, denominato SHALSTAB, è stato ampiamente utilizzato negli Stati Uniti (Dietrich & Montgomery, 1998) e in Italia (Borga et al., 1998) dai ricercatori del settore forestale.

Nelle ultime decadi è stata applicata e sviluppata con successo l'analisi statistica per la valutazione della suscettività alle frane. Una completa trattazione dello stato dell'arte sui diversi metodi è stata presentata da Guzzetti et al. (1999) e più recentemente da Brenning (2005).

Gli approcci statistici possono essere di due tipi: bivariato e multivariato. Nelle analisi statistiche bivariate, ogni classe di ciascun fattore predisponente l'evento è combinata con la carta dei fenomeni franosi al fine di ottenere la probabilità condizionata della presenza o assenza dell'evento. A questo punto, con diverse tecniche statistiche, si possono calcolare i valori pesati da attribuire alle diverse classi. Tra i metodi proposti possiamo citare: Information value method (Yin & Yan, 1988), Weight of Evidence modeling method (Bonham-Carter, 1989).

L'analisi statistica multivariata, considerano l'influenza reciproca tra i diversi fattori, implementa modelli matematici in cui tutte le variabili intervengono contemporaneamente ad influenzare la suscettività alle frane. Tra gli approcci di analisi multivariata, il metodo della regressione logistica è stato applicato con successo da molti Autori (Bernknopf et al., 1988; Jade & Sarkar 1993; Atkinson & Massari, 1998; Guzzetti et al., 1999; Dai & Lee, 2002; Chen & Wang, 2007; Domínguez-Cuesta et al., 2007). Si tratta essenzialmente di una estensione della regressione multipla in cui la variabile dipendente, in questo caso la presenza o l'assenza dell'evento non è un parametro continuo o qualitativo, bensì una variabile dicotomica che assume valori binari il cui valore predetto nella regressione è di fatto una probabilità con un campo di variazione da 0 a 1 (Mertler & Vannatta, 2002).

3.3.1. Metodi statistici di analisi della suscettività alle frane

Gli approcci statistici sono basati sull'analisi delle interazioni dei fattori di instabilità e delle loro relazioni con la distribuzione dei fenomeni franosi del presente e del passato. L'assunzione di partenza è che i fattori che hanno determinato nel passato un movimento di versante sono gli stessi che influiranno i dissesti futuri. I dati derivati dagli inventari dei fenomeni franosi combinati con le informazioni topologiche e le mappe tematiche dei fattori d'instabilità presenti nella zona investigata sono usati per la calibratura di modelli statistici con predittori

multipli. Questi modelli stimano la probabilità di accadimento dell'evento nell'area di studio sulla base dell'insieme di variabili predittive scelte per la calibrazione senza descrivere matematicamente i processi fisici che li determinano.

La valutazione della suscettività su basi statistiche può considerarsi più oggettiva rispetto ai metodi euristici poiché la soggettività è introdotta solo al momento della scelta dei parametri da utilizzare o nel modo in cui vengono raccolti i dati. Tuttavia, modelli implementati in base alle diverse parti che compongono una frana, determinano schemi specifici di relazione tra i fattori predisponenti e le unità funzionali esaminata da considerare al momento di interpretazione dei risultati (Vorpahal et al. 2012).

Gli approcci statistici si pongono come i procedimenti con i migliori risultati nella previsione spaziale dei fenomeni franosi in zone ampie e diversificate, anche in virtù della maggior riproducibilità dei risultati ottenuti e della chiarezza delle regole di decisione utilizzate. Un aspetto negativo è legato alla ridotta possibilità di estrapolare i modelli elaborati nelle aree limitrofe non considerate nell'analisi poiché una combinazione di fattori che determina instabilità in una zona non necessariamente riproduce gli stessi effetti in un'altra (van Westen et al., 1999).

3.3.1.1. Metodo Weight of Evidence (WofE)

Il metodo Weight of Evidence (WofE) è un approccio statistico di analisi bivariata e multifattoriale che si basa sul teorema di Bayes. Secondo questo teorema, dato un fattore predisponente B (suddiviso in classi tematiche) e l'evento s , la probabilità condizionata che l'evento s si verifichi in corrispondenza della i -esima classe (B_i) è pari a:

$$P(s|B_i) = \{P(B_i|s) \times P(s)\} / P(B_i) \quad (1)$$

Dove:

$P(B_i|s)$ è la probabilità condizionata di B_i dato s ;

$P(s)$ è la probabilità a priori che l'evento s si verifichi nell'area di studio;

$P(B_i)$ è la probabilità a priori di trovare la classe B_i nell'area di studio.

La probabilità condizionata che s non si verifichi nella classe B_i è indicata dalla espressione:

$$P(s|B_i^{\wedge}) = \{P(B_i^{\wedge}|s) \times P(s)\} / P(B_i^{\wedge}) \quad (2)$$

Dove:

$P(s|B_i^{\wedge})$ è la probabilità condizionata di non avere la classe B_i dato s ;

$P(s)$ è la probabilità a priori che l'evento s si verifichi nell'area di studio;

(B_i^{\wedge}) è la probabilità a priori che la classi B_i non sia presente nell'area di studio.

Da un punto di vista matematico è più conveniente esprimere la probabilità in termini di odds:

$$O = \frac{P}{1-P}$$

Quindi le equazioni 1 e 2 possono essere scritte come:

$$O\{s|B_i\} = \frac{O\{B_i|s\}}{O_{B_i}} O_s \quad (3)$$

$$O\{s|B_i^{\wedge}\} = \frac{O\{B_i^{\wedge}|s\}}{O_{B_i}} O_s \quad (4)$$

Utilizzando il logaritmo naturale in entrambe le equazioni 3 e 4 si ottiene:

$$\ln O\{s|B_i\} = W_{B_i}^+ + \ln O_s \quad (5)$$

$$\ln O\{s|B_i^{\wedge}\} = W_{B_i}^- + \ln O_s \quad (6)$$

dove W^+ è il valore ponderato positivo che deve essere assegnato quando la i -esima classe del fattore B è presente e W^- è il valore ponderato negativo che deve essere assegnato quando la i -esima del fattore B è assente.

I valori ponderati dell'equazioni 5 e 6 possono essere calcolati attraverso la sovrapposizione di mappe tematiche, in particolare i pesi vengono calcolati attraverso la seguente espressione (Bonham-Carter et al., 1994):

$$W_i^+ = \ln \frac{P\{B_i|s\}}{P\{B_i|s^{\wedge}\}} \quad W_i^- = \ln \frac{P\{B_i^{\wedge}|s\}}{P\{B_i^{\wedge}|s^{\wedge}\}}$$

Questi due valori esprimono rispettivamente:

- W^+ : il rapporto tra la possibilità di trovare una classe tematica in cui si è verificato tale evento e la probabilità di trovare la medesima classe in un'area priva dell'evento considerato, tanto maggiore è questo valore, tanto maggiore è il valore ponderato della classe nel prevedere gli eventi in esame.
- W^- : esprime il rapporto tra la probabilità di non trovare una classe tematica in cui si è verificato un determinato evento e la probabilità di non trovare la medesima classe in un'area priva dell'evento considerato; tanto maggiore è questo valore tanto minore è il valore ponderato della classe nel prevedere gli eventi in esame.

Nel caso si voglia analizzare l'influenza di più parametri sulla distribuzione dei fenomeni di frana nel territorio, si possono sommare algebricamente i pesi di ogni singolo parametro:

$$\ln O\{s|B_{i1}^k \cap B_{i2}^k \cap B_{i3}^k \dots B_{in}^k\} = \sum_{i=1}^n W_{ii}^K + \ln O_s$$

dove l'apice K può assumere i segni $+$ o $-$ a seconda della presenza o dell'assenza della classe considerata.

La differenza tra il valore ponderato positivo e negativo viene definita Contrast ($C = W^+ - W^-$) e costituisce un'efficace misura della correlazione esistente tra la classe tematica analizzata e gli eventi in esame rappresentati su base cartografica. Una data classe tematica con valori di C

uguali a zero, non è significativa ai fini dell'analisi. Un valore positivo di C indica una correlazione positiva della classe tematica rispetto agli eventi in esame, mentre per valori negativi la distribuzione spaziale delle classi tematiche risulta indipendente nei confronti dei fenomeni considerati. La base scientifica di questa correlazione è che quanto più il verificarsi di un evento all'interno di una classe tematica è maggiore rispetto alla sua distribuzione casuale, tanto più W^+ è positivo e W^- negativo. In altre parole, in caso sussista una correlazione spaziale positiva, il numero di eventi all'interno della classe tematica è più elevato rispetto a quelli ottenuti in modo casuale, e al contrario, per una correlazione spaziale negativa, nella classe tematica di riferimento il numero di eventi è minore rispetto a quanto ci si aspetterebbe rispetto ad una distribuzione dovuta al caso (Bonham-Carter et al., 1994).

3.3.1.2. Metodo della regressione logistica (LR)

La regressione logistica è una tecnica di analisi multivariata che descrive la relazione tra una variabile di risposta binaria riconducibile a valori 0 e 1 (ossia presenza/assenza) e una o più variabili indipendenti. Nel approccio logistico, le variabili indipendenti possono essere discrete o continue, o una qualsiasi combinazione di esse, e non necessariamente distribuite in modo normale (Hosmer & Lemeshow, 1989; Johnson, 1998; Lee, 2005).

La probabilità condizionata che un evento si verifichi è data da:

$$P[Y = 1|X_i] = E[Y|X_i] \quad (7)$$

che, nel modello di regressione logistica, viene espressa dalla seguente formula:

$$P[Y = 1|X_i] = \frac{1}{1+e^{-(\beta_0+\beta_1X_1+\dots+\beta_nX_n)}} = \frac{1}{1+e^{-z}} \quad (8)$$

Attraverso una trasformazione logit la funzione mette in relazione la probabilità associata alla variabile dipendente con le altre variabili predittive con la seguente espressione:

$$\text{logit}[Y] = z = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 \dots \beta_nX_n \quad (9)$$

L'equazione 9 è una funzione di tipo sigmoide che fornisce un valore di probabilità compreso tra 0 e 1 dove, $\beta_1, \beta_2, \dots \beta_n$ sono i coefficienti delle variabili indipendenti $X_1, X_2, \dots X_n$, ovvero i pesi di ciascuna variabile indipendente.

I coefficienti delle variabili rappresentano le incognite del modello e vengono stimati massimizzando la funzione di log-verosimiglianza:

$$L(\beta_i) = \log[l(\beta_i)] \quad (10)$$

in base alla seguente formula:

$$l = \prod_{i=1}^n P[\bar{X}_i]^{Y_i} (1 - P[\bar{X}_i])^{1-Y_i} \quad (11)$$

Una volta stimati i parametri, sarà possibile valutare per tutto il dominio di interesse la funzione 7, ovvero la funzione di probabilità che la frana occorra.

Nelle analisi di suscettività alle frane la regressione logistica incorpora l'accadimento dell'evento come variabile discreta e dicotomica e i fattori che la influenzano come variabili predittive.

4. CASO DI STUDIO: LA COMUNITÀ MONTANA CADORE LONGARONESE ZOLDO¹

4.1. Inquadramento territoriale

Localizzato nel settore centro-orientale della Provincia di Belluno (fig. 4.1), l'ambito amministrativo della Comunità Montana (CM) Cadore Longaronese Zoldo interessa una superficie complessiva di 32.316 ha e comprende sette comuni: Castellavazzo, Forno di Zoldo, Longarone, Ospitale di Cadore, Soverzene, Zoldo Alto e Zoppè di Cadore.



Figura 4.1 - Carta IGM (1:250.000). in rosso sono evidenziati i limiti comunali.

Contraddistinto da un elevato campo di variazione altitudinale (335–3.220 m s.l.m), il territorio si trova in una zona di transizione fra la sottoregione delle Prealpi e quella delle Alpi dolomitiche. Ai rilievi montuosi si contrappongono profonde incisioni da cui deriva un territorio contraddistinto per tre quarti della sua superficie da una pendenza superiore al 40 %.

4.1.1. Aspetto geomorfologico

Il territorio è caratterizzato da due valli principali: la Val di Zoldo, alla quale appartengono i

¹ Il presente capitolo costituisce parte integrante della pubblicazione: Portoghesi L., Alivernini A., Bertani R., Cimini D., Corona P., Marchetti M., Andrich O., Savio D., 2012 - *Pianificazione forestale di indirizzo territoriale. Applicazione alla Comunità Montana Cadore Longaronese Zoldo*. Regione del Veneto, Università degli Studi della Tuscia, Servizio Immagine e Colore, Mestre.

comuni di Forno di Zoldo, Zoldo Alto e Zoppè di Cadore, e la Valle del Piave con i comuni di Castellavazzo, Longarone, e Soverzene e Ospitale di Cadore. Gli imponenti rilievi presenti sono riconducibili alle Dolomiti di Zoldo (dette anche Dolomiti Sud–orientali o Dolomiti Agordine), sottosezione delle Dolomiti. Lungo i confini amministrativi del Comune di Zoldo Alto sono localizzati i rilievi più importanti: M. Civetta (3.220 m), M. Moiazza (2.878 m) e M. Pelmo (3.168 m); altre cime di interesse sono Cima di San Sebastiano (2.488 m), Cima di Tamèr (2.547 m), Spiz di Mezzodì (2.324 m), Cima di M. Prampèr (2.409 m) e Sasso di Bosconero (2.468 m).

Dal punto di vista della classificazione regionale, il territorio della CM, può essere ripartito in due zone geomorfologicamente distinte. Il settore settentrionale fino al fiume Maè, appartiene alla unità detta dei rilievi montuosi infra-dolomitici con vallate costituite da depositi fluvio-glaciali e alluvionali antichi e recenti e con le cime più alte afferenti ai massicci calcareo-dolomitici e vulcanici del Triassico a morfologia rupestre.

Il settore meridionale è caratterizzato dalla presenza di depositi mobili derivanti dalla normale attività del fiume Piave. Intorno a questa fascia si sviluppa il resto del territorio ascrivibile ai rilievi e altopiani pre-alpini della piattaforma strutturale carbonatica mesozoica modellati su rocce resistenti a prevalente morfologia glaciale e carsica.

4.1.2. *Aspetto geolitologico*

Per l'inquadramento litologico si è fatto riferimento alla carta geologica della Regione del Veneto 1:250.000 (Dal Piaz, 1989).

Il settore centrale e quello meridionale della CM sono caratterizzati dai substrati dolomitico e calcareo (fig. 4.2 e tab. 4.1): il primo comprende le dolomie, le dolomie calcaree e i calcari dolomitici; al secondo sono riconducibili tutte le formazioni calcaree compatte, massicce o stratificate in grossi banchi o in strati medi e sottili, i conglomerati e le breccie molto cementate. Coperture eluvio–colluviali (gruppo dei substrati sciolti) sono distribuite uniformemente nel territorio, principalmente in corrispondenza delle depressioni morfologiche e delle pareti rocciose. I substrati sciolti si caratterizzano per la mancanza di coerenza tra le particelle costituenti l'affioramento e comprendono i detriti di falda, i coni di deiezione, gli accumuli di grandi frane, le alluvioni attuali e terrazzate, i sedimenti quaternari fluvio–lacustri e le alluvionali a grana medio–fine, la terra rossa, le argille sabbioso–argillose, grigio–giallastre o brune prodotte da dilavamento del flysch, i depositi glaciali.

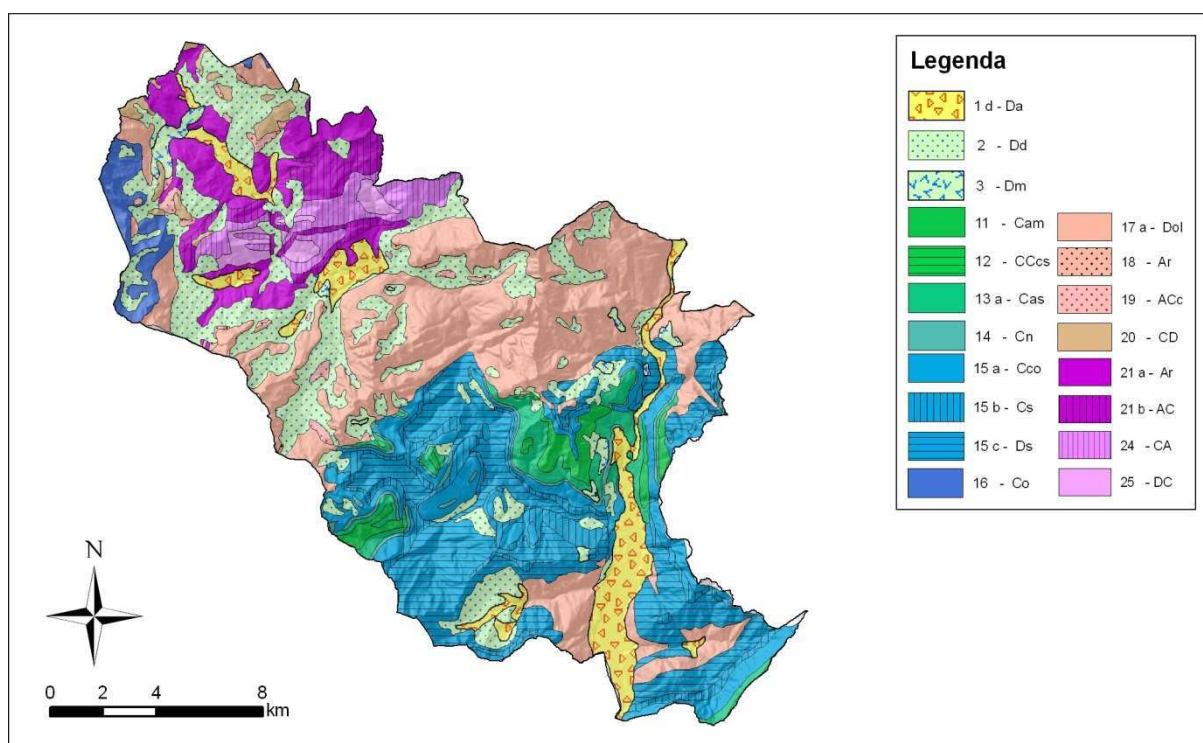


Figura 4.2 - Inquadramento geologico dell'area.

<i>Codice</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Superficie (ha)</i>
Da	Depositi alluvionali intravallivi	2186
Dol	Dolomie - Trias sup.	8088
Dd	Depositi eluviali, colluviali, detritici e di frana - Quaternario	5773
Ar	Arenarie vulcaniche, breccie caotiche poligeniche, siltiti con associati calcari	1776
CD	Calcari e dolomie di piattaforma - Trias sup.- med.	343
AC	Arenarie, calcari, calcari selciferi e bituminosi - Trias med.	883
Dm	Depositi morenici – Quaternario	392
DC	Dolomie e calcari con intercalazioni di marne, arenarie e gessi - Trias med. -	380
ACc	Arenarie, calcareniti, breccie calcaree con intercalazioni di peliti - Trias sup.	229
CA	Calcari, arenarie, conglomerati e marne - Trias med.	966
Arr	Argilliti siltiti e gessi con subordinati conglomerati, calcari e dolomie -Trias	73
Co	Calcari oolitici ed encriniti, calcari con intercalazioni marnose, dolomie -	705
Cs	Calcari selciferi e marne - Dogger inf. - Lias sup.	1518
Ds	Dolomie, dolomie selcifere e breccie dolomitiche - Lias med. - inf.	4737
Cco	Calcareniti oolitiche, talora dolomitizzate - Dogger	2149
Cn	Calcari nodulari e selciferi, argilliti, con intercalazioni di calcareniti e breccie	360
Cas	Calcari e calcari argillosi selciferi, con intercalazioni di calcareniti e breccie	1119
Cam	Calcari, calcari argillosi e marne - Eocene inf. - Cretaceo sup.	630
CCcs	Calcari, calcareniti e breccie di scogliera - Cretaceo	8

Tabella 4.1 - Superfici delle diverse classi litologiche.

Nel settore settentrionale si riscontra la presenza del substrato arenaceo del Mesozoico costituito da formazioni arenacee mesozoiche associate a banchi calcarei, o calcari marnosi, e da breccie a cemento e matrice arenaceo–marnosa mesozoici. Al gruppo appartengono le arenarie, le

alternanze di marne siltose, le argilliti, le arenarie, i calcari lastroidi grigi talora marnosi o siltosi.

I flyscioidi del Cenozoico, localizzati nel settore centrale, e le litologie magmatiche (gruppo dei substrati magmatici) limitate al settore settentrionale della CM rappresentano meno dell' 1 % del territorio.

In considerazione delle caratteristiche litologiche, il territorio della CM è associato quasi totalmente a classi di permeabilità corrispondenti alle rocce da molto a poco permeabili per fessurazione (fig. 4.3 e tab. 4.2).

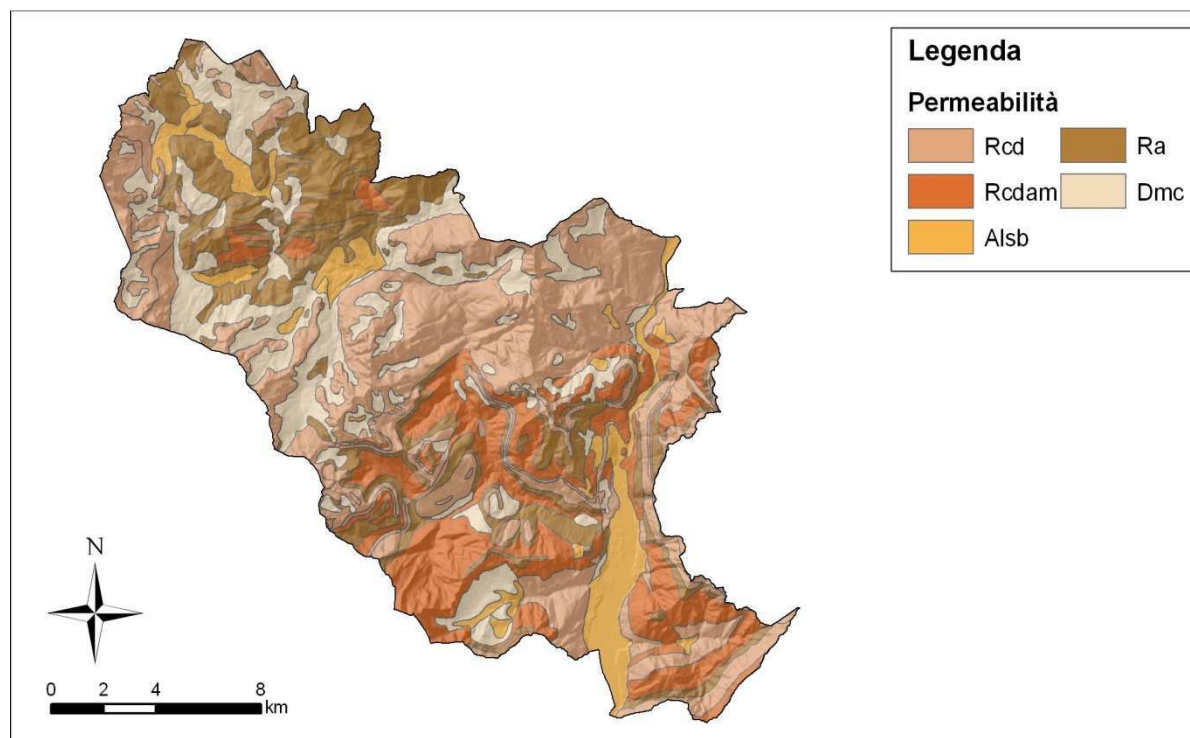


Figura 4.3 - Classi di permeabilità dei litotipi.

<i>Codice</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Superficie (ha)</i>
Rcd	Rocce calcareo-dolomitiche molto permeabili (per fessurazione e carsismo)	11628
Rcdam	Rocce calcareo-dolomitiche ed arenaceo-marnose mediamente permeabili	6251
Alsb	Alluvioni sabbiose mediamente permeabili per porosità	2593
Ra	Rocce arenaceo-conglomeratiche poco permeabili (per fessurazione)	6072
Dcm	Depositi morenici e colluviali poco permeabili per porosità	5771

Tabella 4.2 - Superfici delle diverse classi di permeabilità.

I suoli presenti sono generalmente derivati da litotipi carbonatici moderatamente o molto competenti (fig. 4.4 e tabb. 4.3a e 4.3b).

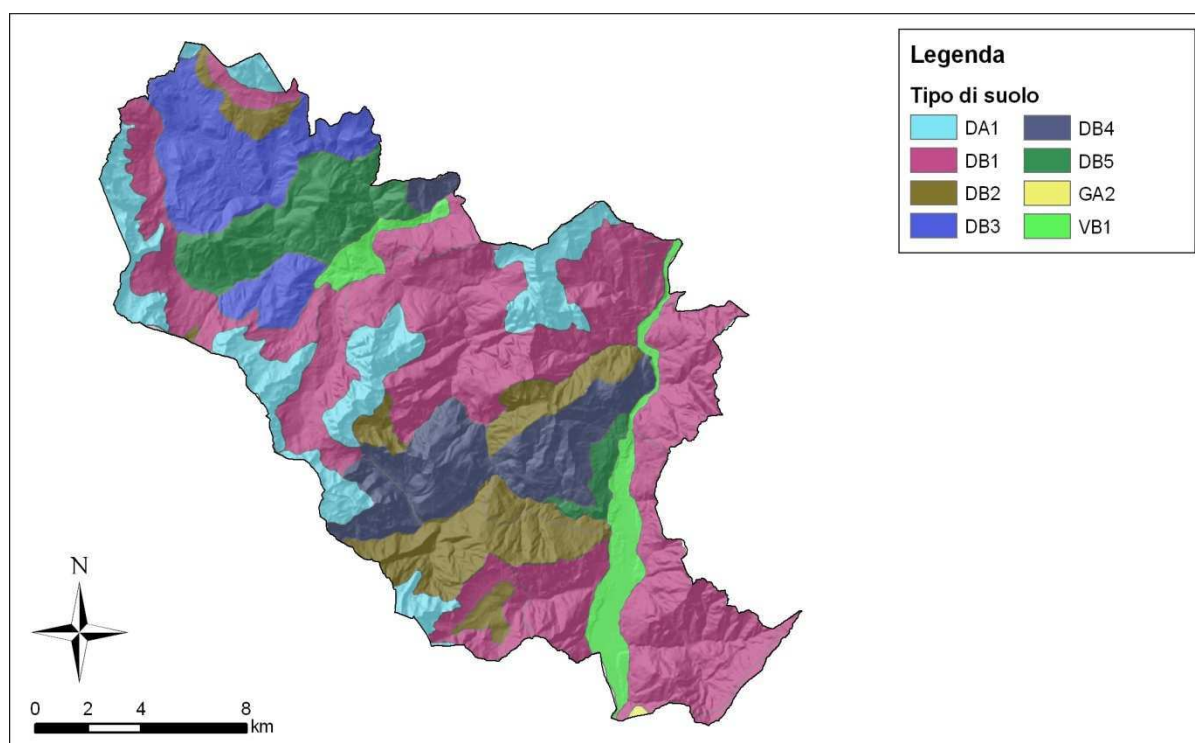


Figura 4.4 - Tipi di suolo presenti nella CM.

Codice	Tipo di suolo	Superficie (ha)
GA2	Suoli su incisioni torrentizie a struttura semplice o ramificata con versanti brevi e ripidi, locali terrazzi intermedi e stretti fondivalle alluvionali. Suoli moderatamente profondi, ghiaiosi, a moderata differenziazione del profilo (<i>Calcaric Cambisols</i>).	20
DA1	Suoli formatisi da litotipi carbonatici molto competenti. Sono localizzati su alti versanti e sommità di catene montuose principali, ad alta energia del rilievo, con comuni coperture di depositi glaciali e di versante. Suoli sottili, molto ghiaiosi, a bassa differenziazione del profilo e con accumulo di sostanza organica in superficie (<i>Rendzic Leptosols</i>).	3933
DB1	Suoli formatisi da litotipi carbonatici molto competenti. Sono localizzati su medi e bassi versanti di catene montuose principali e di catene secondarie, ad alta energia del rilievo, con estese coperture di depositi glaciali e di versante. Suoli sottili, molto ghiaiosi, a bassa differenziazione del profilo (<i>Calcaric Leptosols</i>).	13823
DB2	Suoli formatisi da litotipi carbonatici molto competenti. Sono localizzati su medi e bassi versanti di catene montuose principali e di catene secondarie, ad alta energia del rilievo, con estese coperture di depositi glaciali e di versante; sono localmente presenti superfici stabili e litotipi a minor competenza. Suoli moderatamente profondi, ghiaiosi e a moderata differenziazione del profilo (<i>Calcaric Cambisols</i>), su superfici più stabili, e suoli sottili, molto ghiaiosi e a bassa differenziazione del profilo (<i>Calcaric Leptosols</i>), su superfici acclivi e/o erose.	3554
DB3	Suoli formatisi da litotipi silicatici moderatamente competenti. Sono localizzati su medi e bassi versanti di catene montuose principali e di catene secondarie, a media energia del rilievo, con estese coperture di depositi glaciali e di versante. Suoli moderatamente profondi, ghiaiosi, a moderata differenziazione del profilo e a moderata traslocazione dell'alluminio e del ferro in profondità (<i>Sesquic Cambisols</i>).	3318

Tabella 4.3a – Classificazione dei tipi suolo.

<i>Codice</i>	<i>Tipo di suolo</i>	<i>Superficie (ha)</i>
DB4	Suoli formatisi da litotipi carbonatici moderatamente competenti. Sono localizzati su superfici acclivi e/o soggette a fenomeni erosivi di medi e bassi versanti di catene montuose principali e di catene secondarie, a media energia del rilievo, con estese coperture di depositi glaciali e di versante. Suoli moderatamente profondi, ghiaiosi, a moderata differenziazione del profilo (<i>Calcaric Cambisols</i>) e, secondariamente, suoli profondi, ghiaiosi, ad alta differenziazione del profilo con lisciviazione delle argille (<i>Skeleti-Cutanic Luvisols</i>).	3373
DB5	Suoli formatisi da litotipi carbonatici moderatamente competenti. Sono localizzati su superfici stabili di medi e bassi versanti di catene montuose principali e di catene secondarie, a media energia del rilievo e con estese coperture di depositi glaciali e di versante. Suoli da moderatamente profondi a profondi, ghiaiosi, ad alta differenziazione del profilo con lisciviazione delle argille (<i>Cutanic Luvisols</i>).	2596
VB1	Suoli dei fondivalle a prevalenza di depositi fluviali e localmente con consistenti apporti di depositi glaciali. Suoli molto sottili, molto ghiaiosi e a bassa differenziazione del profilo (<i>Calcaric Leptosols</i>), sulle superfici più recenti e suoli moderatamente profondi, ghiaiosi e a moderata differenziazione del profilo (<i>Calcaric Cambisols</i>), su superfici più stabili.	1698

Tabella 4.3b – Classificazione dei tipi suolo.

Si distinguono due gruppi principali: suoli a bassa differenziazione del profilo tipico delle porzioni sommitali dei rilievi alpini (*Leptosols*) appartenenti al gruppo DA e suoli con differenziazione del profilo da bassa (*Cambisols* e *Leptosols*) ad alta (*Luvisols*) del gruppo DB localizzati principalmente nei medi e bassi versanti in cui sono presenti diffuse coperture glaciali e rocce appartenenti alla successione stratigrafica calcarea e terrigena dolomitica.

4.1.3. Aspetto climatico

Adottando la classificazione termica proposta da Pinna, 1978 che riprende, adattandolo alla realtà italiana, lo schema generale di Koeppen (Giuliaci, 1988), sino ai 700 m s.l.m. il territorio della CM rientra nella fascia temperata sub-continentale, per poi passare nella fascia temperata fresca (tra 700 e 1500 m s.l.m) e culminare in quella temperata fredda per quote superiori a 1500 m s.l.m.

Dall'analisi termica sulla serie temporale 1993-2008 emerge una variabilità delle temperature medie annue tra -2 e 12 °C, corrispondente ad un gradiente termico di circa 1°C/200 m di quota.

L'analisi pluviometrica, riferita alle precipitazioni medie annue della serie temporale 1981-2010, evidenzia un tendenziale incremento delle precipitazioni lungo l'asse NNW-SSE. Questo andamento probabilmente riflette gli effetti dell'orografia sulle masse di aria umida provenienti dall'area mediterranea. Mediamente le piogge si distribuiscono con una tendenziale uniformità tra primavera-estate-inverno, mentre si evidenzia un marcato minimo invernale, andamento che determina un regime udometrico misto di tipo sublitoraneo alpino.

4.1.4. Aspetto forestale

La base di dati utilizzata per le analisi forestali è costituita dal particellare dei Piani di Riassetto Forestale e dalla carta forestale della Regione del Veneto, questa ultima verificata e integrata tramite foto-interpretazione in base al volo TERRAITALY 2006-2007 e sopralluoghi in campo (fig. 4.5).

Il patrimonio boschivo copre circa il 76 % del territorio della CM per una superficie complessiva di 24.833 ha. Le foreste sono caratterizzate da una seriazione altitudinale che va dall'acero-frassineto alla mugheta. Nella CM sono distinguibili 37 tipi forestali riuniti in 14 categorie. Le categorie più rappresentate sono le faggete (5.138 ha), i lariceti (4.531 ha), le mughete (3.554 ha) e le pinete di pino silvestre (2.701 ha).

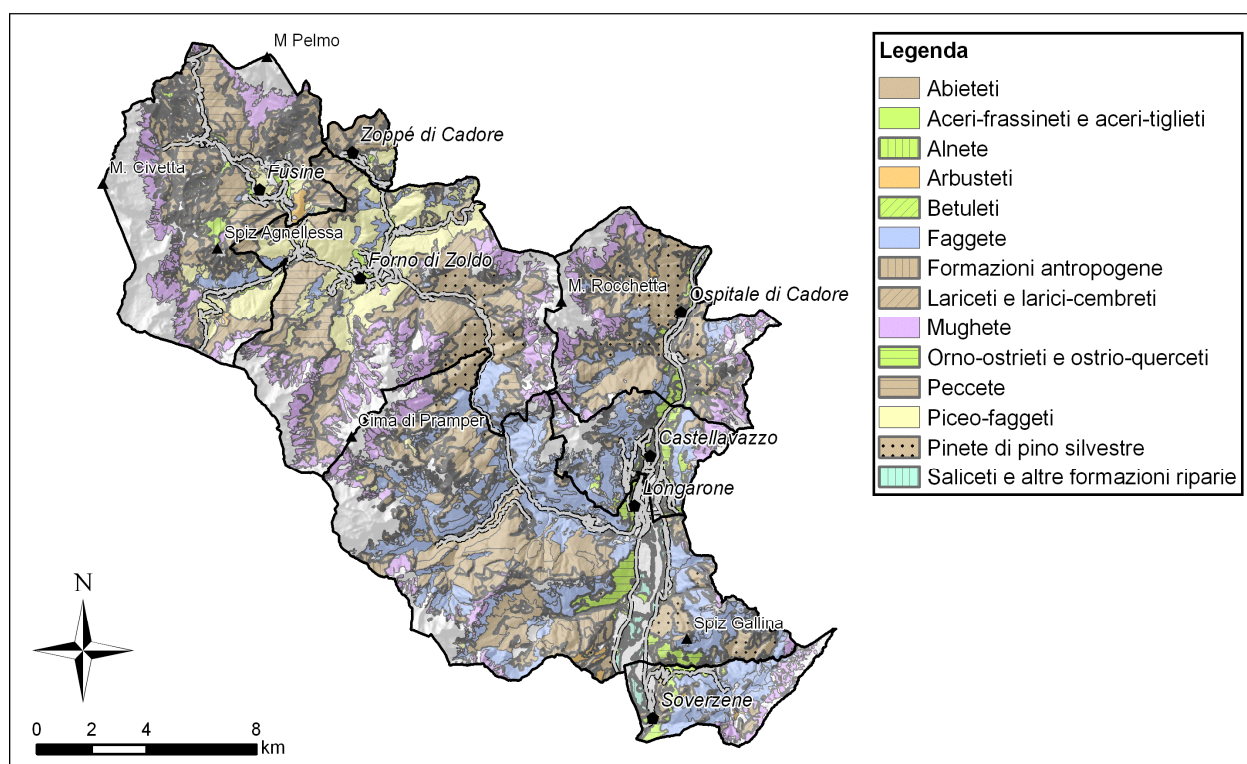


Figura 4.5 - Carta delle categorie forestali (revisione della carta forestale della Regione del Veneto).

4.2. Fragilità del territorio e problematiche connesse

La CM Cadore, Longarone, Zoldo insiste su un'area con elementi di fragilità geologica, idrologica e idraulica da tenere necessariamente in considerazione nei processi di pianificazione territoriale. La presenza di questi elementi determina condizioni di pericolosità per il territorio coinvolgendo i centri abitati e le vie di collegamento. Il riconoscimento di questi elementi di costituisce un aspetto condizionante per lo sviluppo delle potenzialità del territorio che impone alla pianificazione di agire nel rispetto della difesa del suolo e della sicurezza idraulica.

4.2.1. Aree di frana e altre fragilità

Gli elementi geologici esaminati sono stati estratti dalla Carta delle Fragilità redatta nell'ambito del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) della provincia di Belluno. I dati presenti nell'archivio provinciale derivano dall'Inventario dei fenomeni franosi in Italia (IFFI), dalla perimetrazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), integrano e completano l'archivio curato dal Servizio Difesa del Suolo della Provincia di Belluno. Si tratta di fonti consolidate, ufficiali e verificabili, in grado di fornire una sintesi equilibrata degli elementi significativi a scala provinciale che rimanda alla pianificazione comunale verifiche, approfondimenti e aggiornamenti.

Le zone interessate da frane attive raggiungono il totale di 348 ha (tab. 4.4) per un rapporto tra area totale in frana rispetto alla superficie di riferimento del 1.1 % (tab. 4.5).

Descrizione	Numero	Superficie (ha)			
		Totale	Media	Massima	Minima
Frane attive e zone di accumulo	120	348	3	27	0,1
Frane non attive e zone di accumulo	6	512	85	385	8
Totale complessivo	126	860	7	385	0,1

Tabella 4.4 - Sintesi delle superfici in frana nel territorio della CM Cadore Longaronese Zoldo.

Questo valore coincide con l'indice di franosità effettiva (rapporto tra l'area totale in frana e la superficie del territorio montano-collinare) in quanto l'area della CM è inquadrata completamente nell'ambito morfologico montano-collinare della Regione del Veneto.

Superficie Comunità Montana (ha)	Numero di frane attive	Superficie totale in frana (ha)	Densità dei fenomeni franosi (n. frane ha ⁻¹)	Indice di franosità (%)
32.316	120	348	0,004	1,1

Tabella 4.5 - Sintesi del dissesto da frana nel territorio della CM Cadore Longaronese Zoldo.

I comuni con il maggior numero di dissesti sono: Zoldo Alto (35), Longarone (30) e Forno di Zoldo (21). Seguono i comuni di Ospitale di Cadore (15), Soverzene (14), Catellavazzo (3) e Zoppè di Cadore (2). I dissesti si concentrano nella parte orientale del comune di Zoldo Alto nel sottobacino del Maè tra Ru de Vido e Duran e nella località Ru delle Roe, importanti fenomeni franosi sono presenti in località di Pian di Cajada nel comune di Longarone e nel comune di Forno di Zoldo in località Pontesei.

I tipi di frana maggiormente presenti sono gli scivolamenti (rotazionali/traslattivi) e i colamenti rapidi che rispettivamente rappresentano il 43 % e il 30 % dei fenomeni franosi e riguardano nel complesso una superficie in frana di 254 ha (fig. 4.6 e tab. 4.6). Altre tipologie

diffuse sono le frane complesse e quelle superficiali. Per quanto riguarda i crolli/ribaltamenti e i colamenti lenti, la loro incidenza sul territorio è invece molto limitata. Nella figura 6.6 sono riportate le frane attive distinte per tipologia.

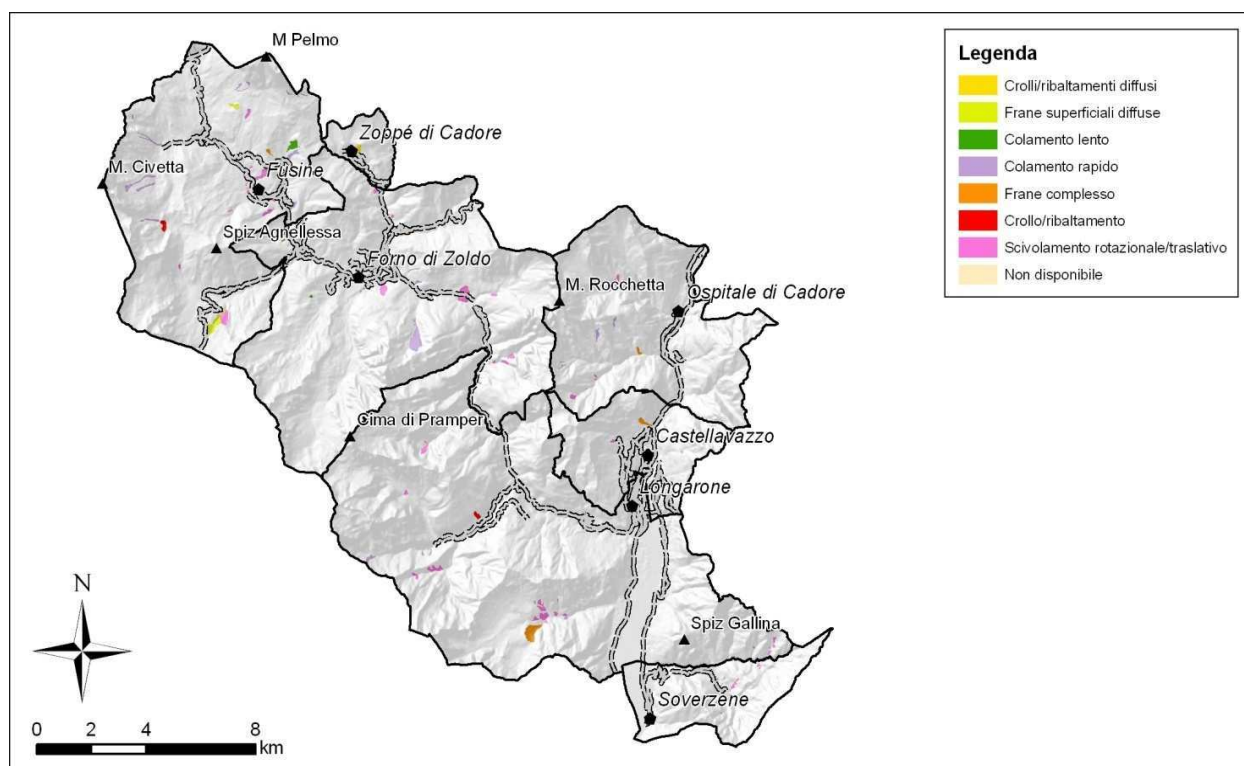


Figura 4.6 - Mappatura delle frane attive distinte per tipo.

Tipo di frana	Numero	Superficie (ha)	Percentuale	
			Numero	Superficie
Crolli/ribaltamenti diffusi	1	9	0,8	3
Frane superficiali diffuse	2	23	1,6	7
Colamento lento	4	11	3,3	3
Colamento rapido	40	104	33,3	30
Frane complesse	5	36	4,2	10
Crollo/ribaltamento	2	10	1,6	3
Scivolamento	63	150	52,5	43
Non disponibile	3	5	2,5	1
Totale complessivo	120	348	100	100

Tabella 4.6 - Numero e superficie delle frane per tipo.

Le altre tipologie di dissesto riscontrate nell'CM sono riportate nella tabella 4.7 e rappresentate a livello cartografico in figura 4.7.

Descrizione	Numero	Superficie (ha)			
		Totale	Media	Massima	Minima
Aree di conoide e fenomeni di debris-flow	104	1.153	11	81	0,1
Aree soggette alla caduta massi	59	285	5	35	0,4
Aree soggette a inondazioni	19	865	43	636	0,5
Totale complessivo	183	2.303			

Tabella 4.7 – Tipi di dissesto idrogeologico diversi dalle frane.

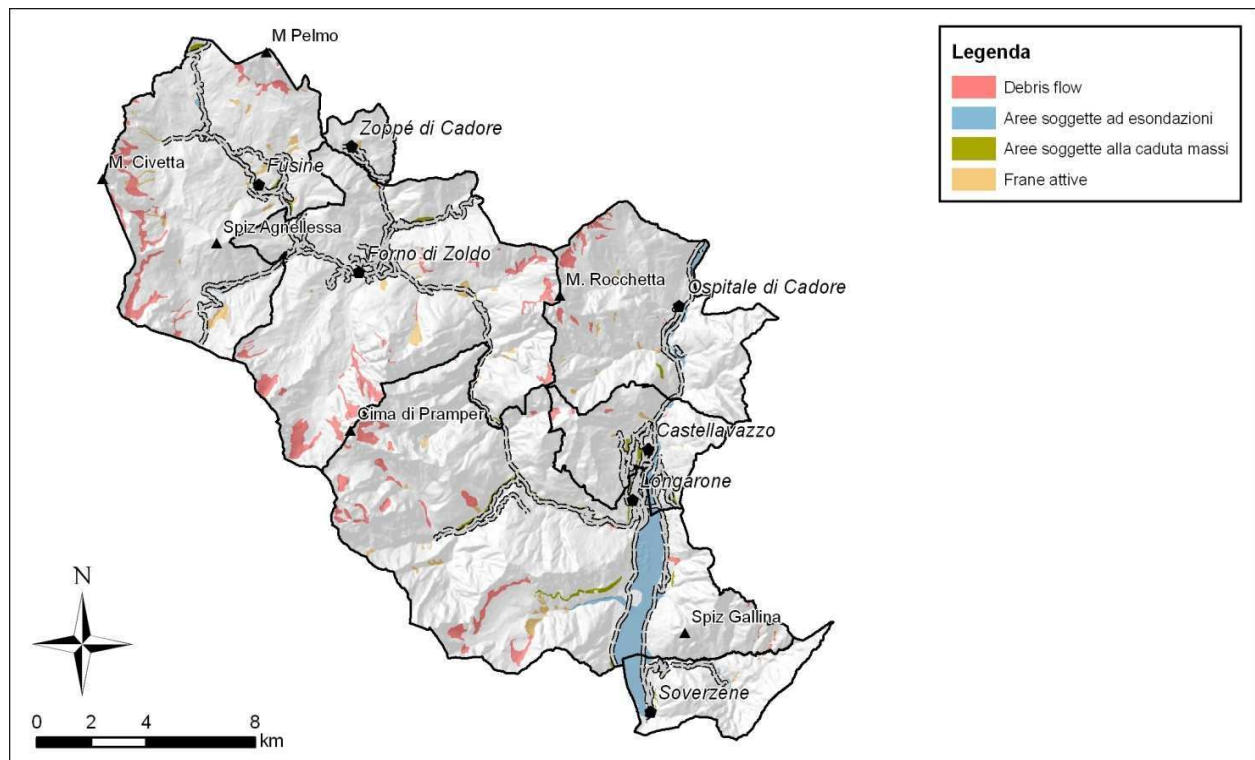


Figura 4.7 – Carta delle Fragilità.

I fenomeni di colata detritica (debris flows) sono molto diffusi in tutto il territorio ma particolarmente presenti alla base delle ripide pareti dolomitiche dei rilievi più elevati, dove gli accumuli di materiale generati dalla degradazione meccanica della roccia possono formare aree di sorgente per questo tipo di fenomeno. Le aree di alimentazione dei debris flows sono localizzate nelle zone d’impluvio, dove viene preso in carico il materiale presente lungo la superficie. La forma tipica dei depositi è allungata con geometria lombata nella parte finale e con conoidi veri e propri che si formano nelle zone di variazione di pendenza.

Oltre alle colate detritiche presenti ai piedi dei rilievi dolomitici del Pelmo e del Civetta, un esempio significativo è quello relativo al versante sud-orientale della Cima Prampér dove importanti fenomeni di debris flow convogliano i materiali all’interno della Val Sagretta e della

Val di Cornia. Il 65 % dei fenomeni di colate detritiche è presente tra i comuni di Forno di Zoldo e Longarone interessando la zona di confine, citata in precedenza, della Cima Prampér.

I fenomeni di caduta massi sono localizzati in corrispondenza delle pendici rocciose montane e delle valli fluviali. La volumetria dei blocchi oltre che dalla litologia è determinata dalla fessurazione/fratturazione delle rocce. Sebbene questo fenomeno sia di per sé imprevedibile, avviene principalmente in primavera quando è più marcata l'alternanza di fasi di gelo e disgelo successive alle piogge. Tra le aree particolarmente sensibili a questo tipo di fenomeni a causa della presenza di versanti acclivi e parti rocciose ben sviluppate va ricordata la SP 251 della Val di Zoldo e della Val Cellina.

La CM si trova all'interno dell'alto corso del bacino del Piave in cui i problemi di esondazione sono limitati a particolari situazioni locali a causa di piene rilevanti che possono creare condizioni di criticità. Gli elementi soggetti a rischio idraulico e le aree esondabili sono limitate alle situazioni più significative come la zona industriale di Longarone e la confluenza con il Torrente Maè.

4.2.2. Aree soggette a valanghe

Le aree sottoposte a pericolo da valanga sono individuate e classificate nella Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (C.L.P.V.) (ARPAV - Centro Valanghe di Arabba, 1987, 1993) senza indicare le caratteristiche dinamiche (pressione del fronte di valanga) e di frequenza dei singoli eventi (tempo di ritorno/frequenza di accadimento). La C.L.P.V rappresenta un elaborato privo d'indicazioni di tipo previsionale, cioè del grado di rischio e della frequenza dei fenomeni valanghivi. Il livello di pericolosità è determinato dalla combinazione tra la predisposizione geomorfologica del sito e la presenza di eventi storici documentabili. Il grado di pericolosità maggiore è attribuito alle aree in cui la predisposizione geomorfologica e le indicazioni storiche si sovrappongono; un grado di pericolosità inferiore è riservato alle aree in cui non è presente tale sovrapposizione.

Nella CM, circa 11.020 ha sono interessati al pericolo valanga. Il comune Longarone è quello maggiormente esposto con una superficie totale censita di 3.415 ha, ovvero circa il un terzo dell'intera superficie comunale. La Valle di Zoldo è interessata per il 30 % della sua superficie dalla presenza di siti valanghivi: nei comuni di Forno di Zoldo e Zoldo Alto si concentra oltre il 40 % della pericolosità da valanga (fig. 4.8 e tab. 4.8) dell'intero comprensorio. In entrambi i casi, la distanza di arresto delle valanghe è localizzata principalmente in corrispondenza delle valli adiacenti ai rilievi principali e raramente coinvolge i centri abitati o altre infrastrutture.

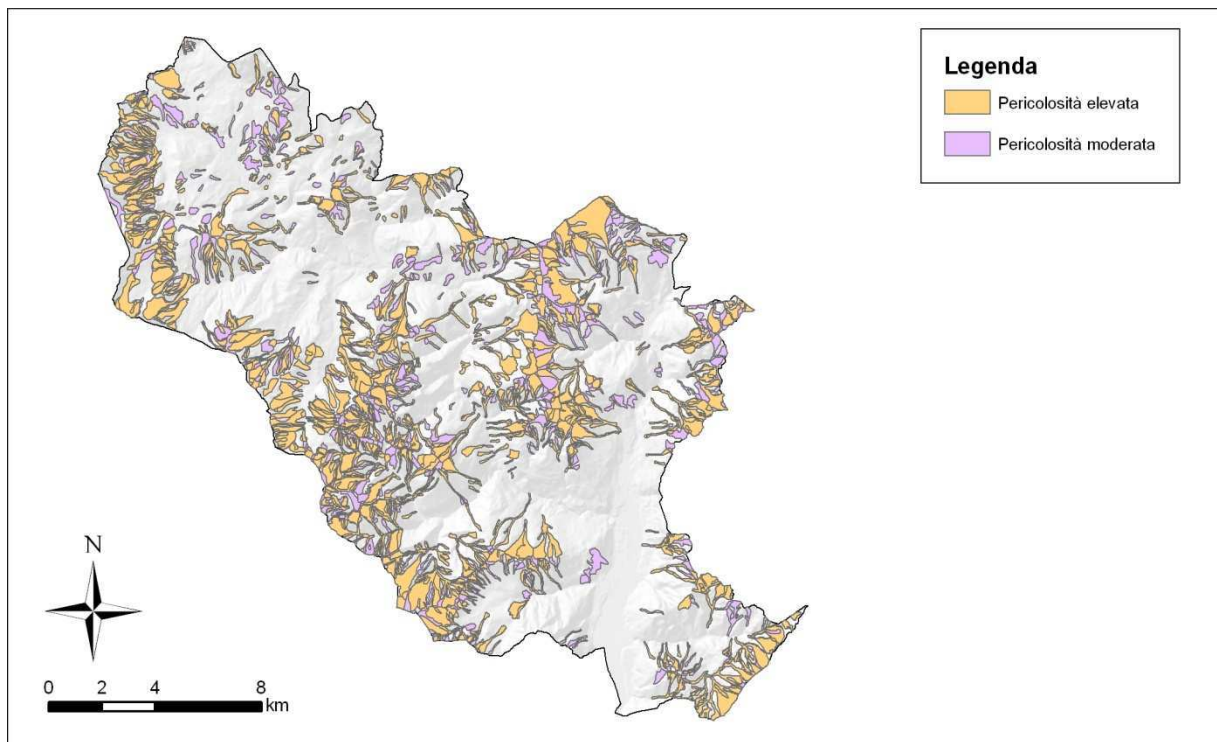


Figura 4.8 – Carta della localizzazione probabile delle valanghe.

Per quanto riguarda la relazione con la copertura forestale, circa il 60 % delle aree classificate pericolose è caratterizzato dalla presenza del bosco. La copertura forestale è costituita principalmente da mughete (2.312 ha), lariceti (1.407 ha) e faggete (1.152 ha) situati a quote inferiori rispetto alle potenziali zone di distacco censite dalla C.L.P.V. Nei canali da valanga il pino mugo compare in forme sporadiche mentre, nei versanti uniformi costituiti da ghiaioni più stabili si presenta con portamento arbustivo in popolamenti estremamente densi. In presenza di attività valanghiva o prolungati periodi d'innevamento, il larice è favorito rispetto alle altre conifere. Infatti, essendo una specie decidua, è meno sensibile ai danni da neve e resiste meglio alle pressioni meccaniche delle valanghe. Per le faggete, la rinnovazione agamica può rappresentare una risposta efficace al passaggio delle valanghe.

<i>Comune</i>	<i>Pericolosità</i>	<i>Superficie totale</i>
Castellavazzo		662
	Moderata	352
	Elevata	310
Forno di Zoldo		2.545
	Moderata	1.308
	Elevata	1.236
Longarone		3.415
	Moderata	1.872
	Elevata	1.543
Ospitale di Cadore		1.768
	Moderata	776
	Elevata	993
Soverzene		483
	Moderata	148
	Elevata	335
Zoldo Alto		2.091
	Moderata	1.139
	Elevata	952
Zoppe' di Cadore		55
	Moderata	47
	Elevata	8
Totale complessivo		11.019

Tabella 4.8 – Superfici comunali interessate da pericolosità da valanga.

5. SPERIMENTAZIONE PRELIMINARE: METODOLOGIA DI ATTRIBUZIONE MULTIFUNZIONALE AL CASO DI STUDIO²

5.1. Caratteristiche del PFIT della Comunità Montana Cadore Longaronese Zoldo

In coerenza con il quadro generale della pianificazione del settore forestale (§ 3.1.1.), la Regione del Veneto ha modificato l'art. 23 della L.R. n. 52/1978, attuata dalla L.R. n. 5/2005, introducendo uno strumento pianificatorio intermedio definito, con successivi atti deliberativi, Piano Forestale di Indirizzo Territoriale (PFIT). Il PFIT individua le linee guida della pianificazione e della gestione delle risorse forestali in base al principio di multifunzionalità del bosco per ambiti territoriali sub-regionali omogenei che la Regione ha individuato nelle Comunità Montane. Il PFIT si propone come strumento conoscitivo e d'indirizzo della gestione forestale per l'intera superficie boscata oggetto di pianificazione, cioè indipendente dalla forma di proprietà, attribuendo ai piani aziendali un significato strettamente operativo.

Il PFIT della CM Cadore Longaronese Zoldo rappresenta la seconda esperienza di pianificazione comprensoriale nel Veneto implementata in un contesto territoriale diverso rispetto al primo PFIT redatto per la CM Spettabile Reggenza dei 7 Comuni (Piano Territoriale d'Indirizzo Territoriale dell'altopiano di Asiago). Con il PFIT della CM Cadore Longaronese Zoldo l'attenzione si sposta sul territorio montano-dolomitico delle Alpi sud-orientali con aspetti ambientali e socioeconomici solo in parte condivisi con quelli dei rilievi e altopiani pre-alpini caratteristici dalla zona di Asiago.

In base all'analisi dei, direttamente e/o indirettamente correlati alla gestione dei boschi, emersi dalla lettura degli strumenti di pianificazione disponibili (Piani di area vasta, Piani di Riassetto Forestale) e dall'incontro con i portatori di interesse, è possibile evidenziare i punti di forza e di debolezza della realtà forestale della CM Cadore Longaronese Zoldo (potenzialità e criticità) affrontate dal Piano in una prospettiva di gestione multifunzionale. Accanto a questi vanno posti i dati di fatto positivi e negativi (opportunità e minacce) che influenzano dall'esterno le attività connesse al settore boschivo locale di cui la pianificazione forestale comprensoriale deve tener conto ma sui quali non può realisticamente incidere. Gli aspetti salienti sono riassunti in forma di tabella SWOT (tabb. 5.1 e 5.2).

Il territorio della CM è caratterizzato da una rilevante estensione della superficie forestale costituita da boschi appartenenti a numerose categorie e tipi forestali e ricchi di provvigione,

² Il presente capitolo costituisce parte integrante della pubblicazione: Portoghesi L., Alivernini A., Bertani R., Cimini D., Corona P., Marchetti M., Andrich O., Savio D., 2012 - *Pianificazione forestale di indirizzo territoriale. Applicazione alla Comunità Montana Cadore Longaronese Zoldo*. Regione del Veneto, Università degli Studi della Tuscia, Servizio Immagine e Colore, Mestre.

conseguenza quest'ultima sia di una tradizione selvicolturale prevalentemente prudentiale e conservativa sia dell'abbandono colturale delle aree forestali meno accessibili.

Rispetto all'altopiano di Asiago, è emerso il forte interesse per la funzione produttiva dei boschi che si traduce nella disponibilità dei proprietari forestali e delle ditte boschive operanti sul territorio a sperimentare forme innovative di gestione della ripresa legnosa stabilita dalla pianificazione aziendale che consentano a entrambi i soggetti di affrontare meglio le incertezze del mercato internazionale del legno. Ciò nonostante, nel territorio analizzato, sono rilevanti la scarsa accessibilità di interi versanti e le difficoltà connesse alle caratteristiche geomorfologiche dell'area che portano ad una riduzione delle utilizzazioni nelle zone più sfavorevoli ad una concentrazione in quelle più facilmente accessibili.

<i>Punti di forza (potenzialità)</i>	<i>Punti di debolezza (criticità)</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Estensione e qualità del patrimonio forestale • Elevata percentuale di superficie boscata assestata • Forte interesse alla funzione produttiva legnosa • Disponibilità di proprietari forestali e ditte boschive verso forme innovative di gestione della ripresa legnosa • Significativa presenza di aree protette di rilievo nazionale e comunitario, quale indice di qualità del territorio • Percezione culturale dell'importanza della gestione forestale ai fini del mantenimento del paesaggio 	<ul style="list-style-type: none"> • Progressivo abbandono delle attività agro-pastorali • Rilevante avanzamento incontrollato del bosco su pascoli e coltivi abbandonati • Vulnerabilità agli incendi delle aree forestali • Invecchiamento dei popolamenti forestali con funzione protettiva • Diffusione di fenomeni di dissesto • Elevati costi di utilizzazione dei boschi dovuti alla frammentazione della proprietà privata e alla morfologia del territorio forestale • Carezza di infrastrutture viarie forestali • Insufficiente manutenzione della viabilità forestale

Tabella 5.1 – Analisi dei punti di forza e di debolezza del settore forestale

<i>Opportunità</i>	<i>Minacce</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Politiche regionali e provinciali di valorizzazione del ruolo ambientale del settore primario • Aumento della domanda turistica verso località meno rinomate ma ad elevato valore ambientale • Domanda di prodotti forestali ecocertificati • Crescente domanda di servizi ecosistemici riconducibili alla foresta (es. Carbomark) • Locale domanda a scala industriale strutturata di biomassa legnosa per produzione di energia 	<ul style="list-style-type: none"> • Incertezza del mercato del legno • Squilibrata distribuzione territoriale e stagionalità dei flussi turistici • Cambiamenti climatici e aumento di eventi meteorici estremi • Elevato grado di pressione antropica sulle aree di maggior pregio naturalistico

Tabella 5.2 – Opportunità e minacce provenienti dall'esterno del settore forestale

Sull'altopiano di Asiago è presente un'ampia superficie coperta da popolamenti coetani e puri di abete rosso allo stadio di perticaia e fustaia con criticità connesse alla utilizzazione e

messa in rinnovazione in tempi ravvicinati tra loro (Corona et al., 2010). Al contrario, nella CM Cadore Longaronese Zoldo è caratteristica la presenza di popolamenti densi che, invecchiando, stanno accumulando grandi quantità di massa legnosa che potrebbero a loro volta diventare elementi di instabilità dei versanti in mancanza di una urgente e specifica gestione forestale in merito.

In conseguenza della riduzione delle attività agro-silvo-pastorali si è assistito in entrambi i comprensori all'avanzamento del bosco su pascoli e su coltivi abbandonati; questo fenomeno, evidente tanto in alta quota quanto nei fondovalle in prossimità delle zone urbane, pone problematiche comuni: il bosco sottrae spazio ai pascoli, determina vincoli all'edificabilità dei suoli, riduce la biodiversità e cambia il paesaggio tradizionale. Tuttavia, nella CM Cadore Longaronese Zoldo la riduzione di capillari cure colturali del territorio si traduce nella diffusione dei fenomeni di dissesto se associata ai limitanti aspetti geomorfologici della zona oppure nell'incremento della vulnerabilità agli incendi di aree forestali e prative quando riferita all'aumento dei flussi turistici in determinate zone.

5.2. Attribuzione multifunzionale

In questo studio, il termine attribuzione multifunzionale indica il processo attraverso il quale le diverse funzioni svolte dal bosco sono ordinate per importanza in conformità ai punteggi ottenuti combinando le informazioni contenute nel sistema informativo territoriale (§ 5.3.1.) con le preferenze espresse dai portatori d'interesse (§ 5.3.2.). La valutazione, sviluppata con dettaglio riferito alle unità territoriali di riferimento (§ 5.2.1.), è stata eseguita attraverso un modello di Multi Criteria Decision Analysis (MCDA) basato sull'applicazione dell'Analytical Hierarchy Process (AHP) sviluppato da Saaty (1980).

Come evidenziato dalla letteratura (Mendoza & Martins, 2006), la MCDA rappresenta la metodologia più appropriata per affrontare le problematiche relative della gestione e pianificazione delle risorse naturali giacché risponde alla necessità di: a) integrare in modo organico e razionale molti degli elementi fondamentali della gestione forestale; b) coniugare l'uso-multiplo delle foreste; c) considerare i valori e le preferenze espresse dai portatori d'interesse. La MCDA, considerando criteri multipli che sono conflittuali e multidimensionali (economico, ambientale, sociale), supera i limiti di una valutazione soggettiva rendendo il processo decisionale razionale, trasparente e ripercorribile. Questi metodi supportano il decisore nella fase di organizzazione e sintesi di informazioni complesse e spesso di natura eterogenea permettendo di analizzare e valutare scelte diverse, monitorando l'impatto sui differenti attori del processo decisionale.

Tra i metodi MCDA, l'AHP proposto da Saaty (1980) consente di assegnare delle priorità a

una serie di alternative decisionali, mettendo in relazione valutazioni non direttamente confrontabili e combinando scale di misura multidimensionali in una singola scala di priorità. Attraverso l'AHP, si è trattato il problema del ranking delle alternative, ossia la loro classificazione, in ordine di importanza, o preferenza, sulla base di valutazioni quantitative.

L'uso dell'analisi multicriteriale nei processi decisionali riguardanti il territorio implica l'integrazione dei dati con procedure concernenti i sistemi informativi territoriali. Il maggiore vantaggio derivato dall'incorporare l'analisi multicriteriale con le procedure GIS consiste nel dare una rappresentazione funzionale allo specifico processo decisionale e ricevere un riscontro rispetto alle implicazioni delle proposte pianificatorie esaminate (Malczewski, 2006).

5.2.1. *Unità territoriale di riferimento per l'attribuzione funzionale*

La funzione preminente attribuita dall'analisi multicriteriale si riferisce a porzioni omogenee di territorio (unità territoriali di riferimento) ricavate dalla carta dei tipi forestali e dal particellare derivate dalla pianificazione aziendale (Piani di Riassetto Riordino).

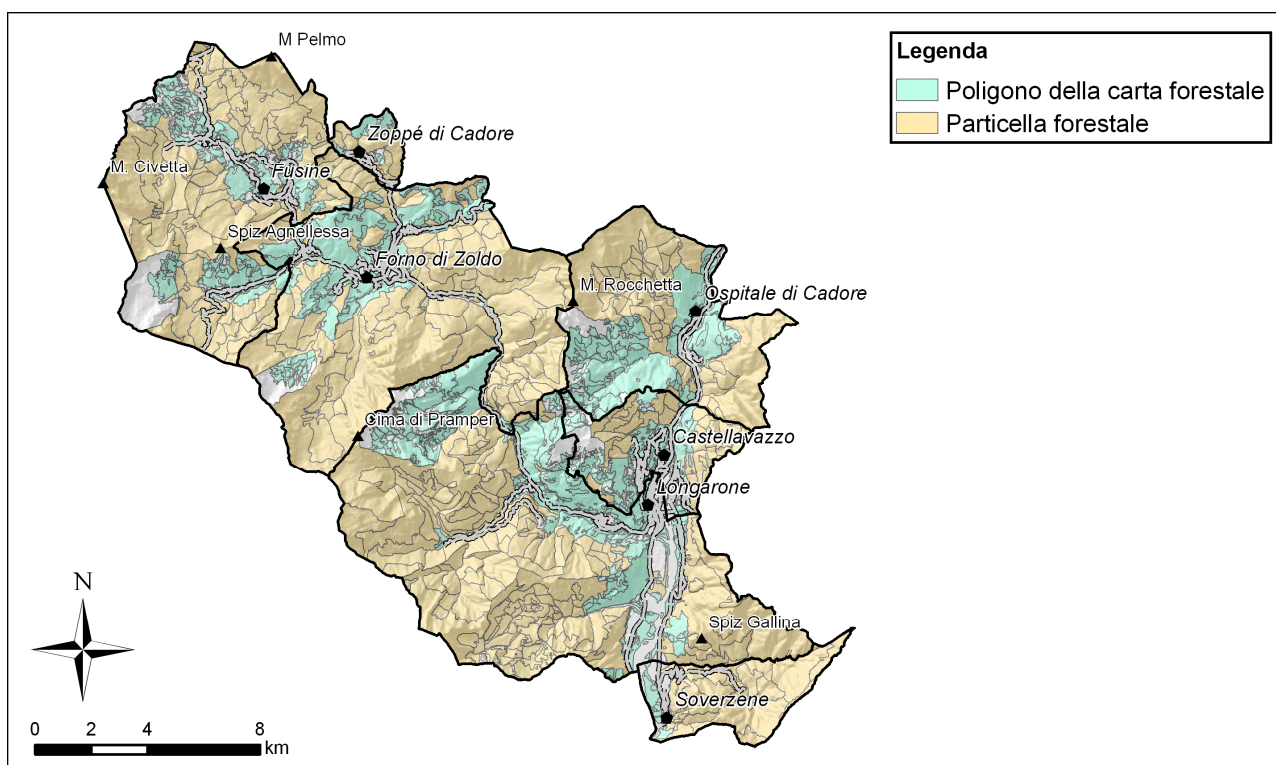


Figura 5.1 - Unità territoriali adottate per l'attribuzione funzionale.

Le unità territoriali di riferimento (fig. 5.1; tab. 5.3) sono costituite dalle particelle forestali, per le aree soggette a pianificazione aziendale, e dei poligoni della carta dai tipi forestali della Regione del Veneto per le altre aree boscate.

<i>Unità territoriali</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Superficie boscata (ha)</i>
Poligoni della carta forestale	7.460	7.460
Particelle forestali	21.661	17.373
Totale complessivo	29.121	24.833

Tabella 5.3 - Superficie complessiva delle unità territoriali.

5.2.2. Sistema gerarchico di attribuzione funzionale

Ai fini dell'attribuzione di una funzione preminente per ogni UT viene fatto riferimento al percorso operativo proposto da Corona et al. (2010) di cui questa sperimentazione preliminare rappresenta tanto una rivisitazione metodologica quanto una prova applicativa focalizzata sulle valutazioni e modifiche all'approccio di riferimento per consentire la replicabilità degli strumenti di analisi in contesti territoriali diversi. Secondo tale approccio, il sistema gerarchico di attribuzione funzionale è strutturato in quattro livelli. L'attribuzione della funzione preminente rappresenta il I livello (obiettivo della decisione), i criteri con cui valutare le alternative costituiscono il II livello del sistema gerarchico e sono riconducibili al contesto geografico e vincolistico del territorio (attitudine del sito) e alle caratteristiche bio-ecologiche della formazione forestale dominante nell'unità territoriale (vocazione del tipo forestale). Le alternative funzionali (produttiva, protettiva diretta, ecologico-conservativa, paesaggistica e turistico-ricreativa intensiva)³ rappresentano il III livello, mentre alla base del sistema sono collocati gli strati informativi parametrizzati in forma di indice.

5.2.3. Parametri di valutazione delle unità territoriali

Per ogni unità territoriale di riferimento (particella forestale o poligono della carta dei tipi forestali) sono definiti i valori dei parametri (indici) che la caratterizzano in relazione alle cinque alternative funzionali: produttiva, protettiva diretta, paesaggistica, ecologico-conservativa e turistico-ricreativa intensiva. Per ciascuna alternativa funzionale vengono considerati due criteri

³ *Funzione produttiva*: Ha l'obiettivo di massimizzare il reddito proveniente dalle produzioni legnose e non legnose. Nelle superfici forestali identificate da questa funzione è prevista una selvicoltura intensiva allo scopo di ottenere adeguate quantità di assortimenti ricercati dal mercato e lo sviluppo di viabilità forestale dove questa è carente. *Funzione protettiva diretta*: Questa funzione ha lo scopo di massimizzare la capacità del bosco di proteggere beni materiali da catastrofi naturali (quali frane, scoscendimenti, caduta sassi, valanghe, ecc.). In queste aree è applicata una selvicoltura di intensità minima, volta a garantire la rinnovazione del bosco e a diversificare la composizione specifica e la struttura del bosco. *Funzione paesaggistica*: Il valore estetico-culturale del bosco, dato dalla sua forma, posizione, e cromaticità, è considerato della massima importanza. La selvicoltura applicata è orientata a mantenere il paesaggio caratteristico del territorio. *Funzione ecologico conservativa*: E' l'alternativa che mira alla preservazione e conservazione della qualità dei sistemi ecologici in tutte le loro componenti, fisiche e biologiche. Al bosco è riconosciuta una funzione preminentemente ecologica in quanto habitat per piante e animali. Ai fini di ridurre al minimo il disturbo all'ecosistema e armonizzare al massimo i dinamismi del bosco, gli interventi previsti pongono particolare attenzione a biotopi, alle associazioni forestali delle zone umide o ripariali, alle formazioni boschive rare. *Funzione turistico-ricreativa intensiva*: La funzione mira a massimizzare il valore ricreativo del bosco, come fonte di lavoro e di reddito per gli addetti al comparto turistico. In questo caso i valori guida nella gestione forestale sono l'accessibilità, la percorribilità, la fruibilità turistica del territorio e la valorizzazione dei prodotti non legnosi.

(vocazione del tipo forestale e attitudine del sito): per ogni unità territoriale di riferimento sono quindi stimati 10 punteggi (2 criteri x 5 alternative). Agli indici e ai punteggi sono assegnati valori secondo una scala normalizzata da zero a uno.

5.2.3.1. Indici relativi alla vocazione del tipo forestale

La vocazione del tipo è valutata in base alle caratteristiche biologiche della formazione forestale presente nell'unità territoriale. Gli indici adottati per la quantificazione della vocazione del tipo forestale sono quelli proposti da Del Favero et al. (2000) riportati in tabella 5.4. Fanno eccezione il “Valore degli assortimenti ritraibili” e il “Valore produttivo e protettivo attribuito dai Piani di Riassetto”.

Un panel di esperti ha stimato l'indice “Valore degli assortimenti ritraibili” sulla base delle conoscenze del mercato locale (tab. 5.5). Gli indici relativi al valore produttivo e al valore protettivo sono stimati dai Piani di Riassetto Forestale in base al rapporto tra la superficie destinata dai Piani alla funzione produttiva o protettiva e la superficie totale interna all'area pianificata.

<i>Funzione</i>	<i>Indice</i>	<i>Nome campo</i>
Produttiva	¹ Fertilità relativa	V_Fert_rel
	² Valore produttivo attribuito dai Piani di Riassetto	V_Prod_PR
	¹ Resistenza agli schianti	V_Res_sch
	³ Valore degli assortimenti ritraibili	V_Val_ass
Protettiva diretta	² Valore protettivo attribuito dai Piani di Riassetto	V_Prot_PR
Paesaggistica	¹ Potenziale pregio cromatico	V_Pot_crom
Ecologico–conservativa	¹ Indice di naturalità	V_I_nat
	¹ Indicatore di specie ad habitat protetto	V_I_hab
	¹ Potenziale pregio floristico	V_Pot_flor
	¹ Potenziale presenza di macrofauna sensibile agli interventi	V_Pot_mfau
	¹ Pregio vegetazionale	V_Preg_veg
Turistico–ricreativa intensiva	¹ Pregio vegetazionale	V_Preg_veg
	¹ Potenziale pregio cromatico	V_Pot_crom
	¹ Potenziale pregio floristico	V_Pot_flor

Tabella 5.4 Indici utilizzati per determinare la vocazione del tipo forestale. ¹Indici basati sulla carta forestale regionale; ²indici riferiti al particellare dei Piani di Riassetto; ³indici elaborati da tematismi non presenti nel SIT della Regione del Veneto.

La “Vocazione del tipo” per ogni funzione è quantificata attraverso la media degli indici della funzione. Per la funzione ecologico–conservativa, il valore assunto come riferimento è il maggiore tra quelli degli indici considerati.

<i>Tipo Forestale</i>	<i>Indice del valore assortimenti ritraibili</i>	<i>Indice del valore protettivo attribuito dai Piani di Riassetto</i>
Abietetto esomesalpico montano	1,00	0,09
Aceri–frassineto tipico	0,88	0,00
Arbusteto	0,38	0,00
Castagneto dei substrati magmatici	0,88	0,00
Castagneto dei suoli mesici	0,88	0,00
Faggeta altimontana	1,00	0,00
Faggeta montana tipica esalpica	1,00	0,13
Faggeta montana tipica esomesalpica	1,00	0,00
Faggeta submontana con ostria	0,50	0,68
Faggeta submontana dei suoli mesici	0,88	0,00
Formazione antropogena di conifere	1,00	0,15
Lariceto primitivo	0,25	0,00
Lariceto tipico	1,00	1,00
Mugheta microterma	0,40	0,85
Orno–ostrieto primitivo	0,13	0,00
Orno–ostrieto tipico	0,50	0,00
Ostrio–querceto tipico	0,75	0,00
Pecceta dei substrati carbonatici altimontana	0,88	0,78
Pecceta secondaria montana	0,88	0,33
Pineta di pino silvestre esalpica tipica	0,50	0,00
Robinieto	1,00	0,00
Saliceti e altre formazioni riparie	0,75	0,00

Tabella 5.5 Indici del valore degli assortimenti ritraibili e del valore protettivo in funzione del tipo forestale.

5.2.3.2. Indici relativi all'attitudine del sito

L'attitudine del sito è valutata in base alle caratteristiche stazionali dell'unità territoriale e del contesto vincolistico a cui essa è sottoposta, avvalendosi di:

- CTR (Carta Tecnica Regionale) in formato vettoriale;
- Carta delle Fragilità, Carta dei Vincoli della Pianificazione Territoriale, Carta del Sistema Ambientale (elaborati grafici del PTCP);
 - Carta della localizzazione probabile delle valanghe (ARPAV - Centro Valanghe di Arabba, 1987, 1993);
 - localizzazione delle baite e dei rifugi (CAI, 2006);
 - modello digitale del terreno alla risoluzione di 20 m (interpolato da isoipse e punti quotati della CTR);
 - carta delle pendenze;
 - confini e zonizzazione del Parco Nazionale delle Dolomiti Bellunesi, perimetrazione delle aree della rete Natura 2000 (Regione del Veneto, 2007).

Gli indici associati all'attitudine del sito vengono riportati nelle tabelle 5.6. Il valore dell'attitudine per ciascuna funzione è calcolato tramite le seguenti combinazioni:

- funzione produttiva: valore pari alla media tra la *pendenza in relazione alla produttività* e il maggiore tra *distanza da strade* e *distanza da strade situate a quote inferiori rispetto all'unità territoriali di riferimento*;
- funzione protettiva diretta: valore pari alla media tra il valore della *distanza da strade situate a quote inferiori rispetto all'unità territoriale di riferimento*, il maggiore tra gli indici *pendenza in relazione alla protettività* e *presenza di discontinuità* e il valore maggiore tra il *dissesto idrogeologico complessivo* e *pericolosità da valanghe*;
- funzione paesaggistica: valore pari alla media degli indici, considerati solo se maggiori di zero;
- funzione ecologico-conservativa: valore pari alla media degli indici considerati;
- funzione turistico-ricreativa intensiva: valore pari alla media degli indici considerati.

<i>Funzione</i>	<i>Indice</i>	<i>Nome campo</i>
Produttiva	¹ Distanza da strade	A_dst
	¹ Distanza da strade situate a quote inferiori rispetto all'unità territoriale di riferimento	A_pdst
	¹ Pendenza in relazione alla produttività	A_pd_prod
Protettiva diretta	¹ Distanza da strade situate a quote inferiori rispetto all'unità territoriale di riferimento	A_pdst
	¹ Pendenza in relazione alla protettività	A_pd_prot
	² Dissesto idrogeologico complessivo	A_ri
	³ Pericolosità da valanghe	A_val
	¹ Presenza di discontinuità	A_ppvar
Paesaggistica	² Aree vincolate dalla legge n. 1497 del 1939	A_1497
	² Ambiti di valorizzazione, riqualificazione e programmazione paesaggistica	A_av
	² Distanza dal vincolo lineare	A_dvl
	² Tutela paesaggistica di interesse regionale e competenza provinciale	A_tp
	⁴ Distanza da alberi monumentali	A_dam
	⁴ Distanza da itinerari tematici	A_dit
	⁴ Distanza dalle piste da sci	A_pds
	⁴ Distanza dai rifugi	A_dpr
	⁴ Distanza dei sentieri	A_dse
	¹ Distanza da strade	A_dst
	² Ambiti montani	A_vp_am
	² Aree di notevole interesse pubblico	A_vp-an
	² Fasce lacustri	A_vp-fl
	² Ghiacciai e nevai perenni	A-vp-g
	⁵ Parchi Nazionali, siti Natura 2000 e ² Riserve nazionali e regionali	A_vp-p
	² Zone gravate da usi civici	A_uc
	¹ Visibilità da itinerari tematici	A_vit
	¹ Visibilità da baite e rifugi	A-vri
	¹ Visibilità da sentieri	A_vse
	¹ Visibilità da strade	A_vst
Ecologico-conservativa	² Ambiti per l'istituzione di Parchi e Riserve naturali regionali	A_ap
	⁵ Parchi Nazionali, siti Natura 2000 e ² Riserve nazionali e regionali	A_vp-p
	² Sistemi ecorelazionali	A_se
Turistico-ricreativa intensiva	⁵ Distanza da alberi monumentali	A_dam
	⁴ Distanza da itinerari tematici	A_dit
	⁴ Distanza dalle piste da sci	A_dps
	⁴ Distanza da baite e rifugi	A_dri
	⁴ Distanza dai sentieri	A_dse
	¹ Distanza da strade	A_dst
	¹ Pendenza in relazione alla protettività	A_pd_prot
⁴ Aree di eccellenza per l'UNESCO	A_eu	

Tabella 5.6 - Indici riferiti all'attitudine del sito. ¹Indici elaborati dalla CTR; ²indici derivati dagli elaborati grafici del PTC; ³indice riferito alla CLPV; ⁴indici elaborati da tematismi non presenti nel SIT della Regione del Veneto; ⁵indici elaborati da tematismi presenti nel SIT della Regione del Veneto.

La quantificazione degli indici è realizzata tramite elaborazioni su base raster, con risoluzione geometrica di 20 m. La normalizzazione degli indici è riferita in modo mutualmente esclusivo a due tipi di curve sigmoidali (fig. 5.2):

- una curva crescente con valore pari a 0 fino al punto “a” (limite inferiore); valori continui tra 0 e 1 per la parte di curva compresa tra “a” e “d” (limite superiore) e valore pari a 1 per la parte della curva oltre il punto “d”;
- una curva decrescente con valore pari a 1 fino al punto “a” (limite superiore); valori continui tra 1 e 0 per la parte della curva compresa tra “a” e “d” (limite inferiore) e valore pari a 0 per la parte della curva oltre il punto “d”.

I valori di limite superiore e inferiore utilizzati per la normalizzazione dei vari indici sono stati individuati da un panel di esperti (tab. 5.7).

Per tutti le altre situazioni la normalizzazione è realizzata attribuendo un valore pari a 1 per le unità territoriali parzialmente o interamente interessate dagli indici considerati.

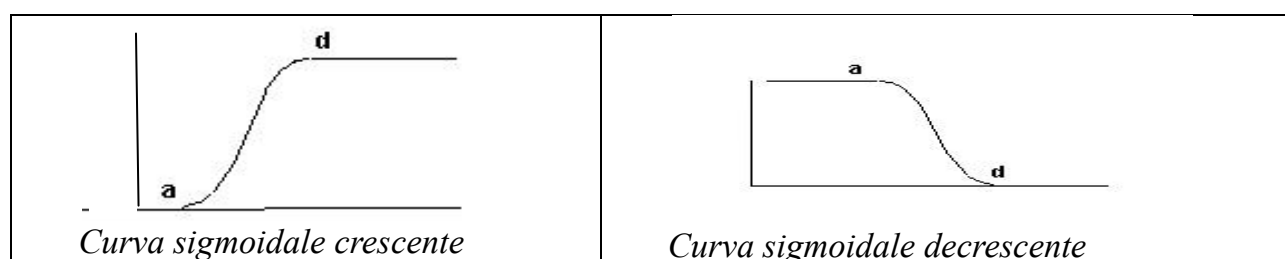


Figura 5.2 - Curve di normalizzazione dei valori degli indici

<i>Indice</i>	<i>Valore</i>	<i>Normalizzazione</i>	<i>Limite</i>	
			<i>Inferiore</i>	<i>Superiore</i>
Dissesto idrogeologico complessivo	Distanza topografica media dall'UT	Sigomidale decrescente	500 m	1000 m
Distanza dal vincolo lineare	Distanza topografica media dall'UT	Sigomidale decrescente	200 m	200 m
Distanza dagli alberi monumentali	Distanza topografica media dall'UT	Sigomidale decrescente	200 m	800 m
Distanza da baite e rifugi	Distanza topografica media dall'UT	Sigomidale decrescente	200 m	800 m
Distanza da piste sci	Distanza topografica media dall'UT	Sigomidale decrescente	100 m	300 m
Distanza da strade	Distanza topografica media dall'UT	Sigomidale decrescente	100 m	300 m
Distanza da sentieri	Distanza topografica media dall'UT	Sigomidale decrescente	100 m	300 m
Distanza da itinerari tematici	Distanza topografica media dall'UT	Sigomidale decrescente	100 m	300 m
Distanza da strade situate a quote inferiori rispetto all'unità territoriale	Distanza topografica media dall'UT	Sigomidale decrescente	100 m	300 m
Presenza di discontinuità	Superficie dell'UT interessata da salti di pendenza	Sigmoidale crescente	0.4 ha	1.6 ha
Pendenza in relazione alla protettività	Rapporto tra la superficie classificata a scala aziendale con funzione protettiva e la pendenza media dell'UT	Sigmoidale crescente	25 %	100 %
Pendenza in relazione alla produttività	Valore calcolato come $1 - \alpha$, con α pari all'indice "pendenza in relazione alla protettività"	Valore complementare di α		
Visibilità da strade	Valore proporzionale al numero di strade dai quali è possibile osservare l'UT	Valore stimato sulla base del DEM e dal punto d'interesse		
Visibilità da sentieri	Valore proporzionale al numero di sentieri dai quali è possibile osservare l'UT	Valore stimato sulla base del DEM e dal punto d'interesse		
Visibilità da baite e rifugi	Valore proporzionale al numero di baite e rifugi dai quali è possibile osservare l'UT	Valore stimato sulla base del DEM e dal punto d'interesse		
Visibilità da itinerari tematici	Valore proporzionale al numero di itinerari tematici dai quali è possibile osservare l'UT	Valore stimato sulla base del DEM e dal punto d'interesse		

Tabella 5.7 - Indici utilizzati nella sperimentazione preliminare.

5.2.4. *Processo partecipativo*

Oltre a rendere trasparente e ripercorribile l'attribuzione funzionale, l'organizzazione delle scelte secondo un sistema valutativo di tipo gerarchico permette di tenere conto delle priorità che emergono durante il processo partecipativo. La scelta della funzione preminente è determinata sia dalle caratteristiche della singola unità territoriale che dai giudizi generali espressi dai portatori di interesse.

Sono stati proposti tre livelli di partecipazione:

- portatori di interesse con ruolo decisionale. Massimo livello di partecipazione a cui è affidato un ruolo decisionale. I pareri espressi sono vincolanti ai fini dell'organizzazione, elaborazione, attuazione e revisione del piano. Questo gruppo è costituito dalla Regione e dal gruppo tecnico che realizza il PFIT.
- portatori di interesse diretto. Gruppo il cui potere decisionale è stabilito prima di avviare il processo di partecipazione. I portatori di interesse di questo livello sono coinvolti in tutte le fasi di partecipazione e pianificazione. In ogni caso fanno parte del gruppo la Comunità Montana e i proprietari dei boschi sia pubblici che privati. Rientra in questo livello di partecipazione anche la collettività titolare di diritti di uso civico, in quanto gli indirizzi gestionali e selvicolturali possono avere influenza diretta sull'esercizio del diritto di legnatico e di rifabbrico.
- portatori di interesse indiretto. I portatori di interesse di questo livello non esprimono pareri vincolanti ai fini decisionali ma i loro giudizi costituiscono un dato di fatto a cui il pianificatore deve far riferimento. Questo livello di partecipazione coinvolge la popolazione al fine di rendere il piano più condiviso e facilmente attuabile. I portatori di interesse indiretto sono coinvolti nella gestione delle risorse forestali in quanto esponenti di: imprese boschive, ditte di prima trasformazione, associazione cacciatori, associazioni turistiche, Club Alpino Italiano, ecc.

Il giudizio generale di preferenza sulle alternative funzionali è stato espresso dai portatori d'interesse in riferimento all'intero ambito territoriale della C.M. attraverso la compilazione di un questionario opportunamente predisposto. A ciascun portatore d'interesse è stato chiesto di indicare la priorità da assegnare alle alternative funzionali (produttiva, protettiva diretta, paesaggistica, ecologico-conservativa e turistico-ricreativa intensiva) secondo un ordine decrescente, stabilendo contestualmente la differenza di importanza della funzione indicata rispetto alla precedente.

Il modello partecipativo proposto parte dall'ipotesi che le preferenze individuali all'interno di ciascun gruppo decisionale siano ben definite e non in significativa competizione fra loro.

I pareri individuali sono stati riuniti nel giudizio del relativo gruppo di interesse (giudizio collettivo). Se all'interno di un gruppo decisionale è possibile individuare sottogruppi distinti per importanza o per interesse, la sintesi delle preferenze individuali è realizzata a livello di sottogruppi e solo successivamente a livello di gruppo. Data la diversità degli ambiti d'interesse, per giudizi collettivi in competizione tra loro la valutazione finale per la realizzazione dello scenario di attribuzione funzionale è condotta sulla base dei giudizi maggiormente condivisi. Il sistema di preferenze espresso dai portatori d'interesse è stato tradotto in pesi in base all'approccio metodologico riportato in Corona et al. (2010).

5.2.5. Valore delle alternative funzionali ed elaborato preliminare di attribuzione funzionale

L'algoritmo multicriteriale attribuisce un valore a ciascuna funzione in una data unità territoriale esprimendo in termini matematici la combinazione tra i valori dei parametri (vocazione del tipo forestale e attitudine del sito), i pesi attribuiti alle alternative e ai criteri attraverso l'espressione:

$$\text{Valore alternativa (VA)} = \text{Attitudine sito} \times \text{Peso criterio} \times \text{Peso alternativa} + \text{Vocazione tipo forestale} \times \text{Peso criterio} \times \text{Peso alternativa}$$

La scelta della funzione preminente cade sull'alternativa con il punteggio maggiore. Nel caso in cui più di un'alternativa assuma il valore massimo o si avvicini a esso, è possibile determinare l'attribuzione funzionale in base al parere dei portatori di interesse, proponendo una scelta tra le alternative a maggiore punteggio. Come operazione preliminare, la quantificazione del punteggio di ciascuna alternativa funzionale è stata condotta esclusivamente sulla base degli indici calcolati per ciascuna di esse e dei pesi attribuiti ai criteri

$$\text{Valore alternativa (VA)} = \text{Attitudine sito} \times \text{Peso criterio} + \text{Vocazione tipo forestale} \times \text{Peso criterio}$$

Questo processo di valutazione ha il vantaggio di rendere confrontabili in modo esplicito e ripercorribile i diversi scenari possibili.

Quantificando il valore di ciascuna delle quattro alternative funzionali sulla base degli indici e dei risultati del processo partecipativo, l'analisi multicriteriale produce un elaborato preliminare che associa ad ogni unità territoriale la funzione preminente. L'elaborato preliminare di attribuzione funzionale rappresenta un database cartografico completo che registra la funzione preminente per ciascuna unità territoriale e che permette di quantificare il valore di ogni alternativa sulla base di dati tra loro omogenei.

5.2.6. Potenziali conflitti tra le funzioni

Una problematica emersa dalla metodologia applicata è il conflitto tra funzioni in una data unità territoriale. I potenziali conflitti avvengono quando due o più alternative, a cui corrispondono modalità di gestione per vari aspetti in contrasto, presentano punteggi vicini tra loro e significativamente superiori a quelli delle altre alternative.

In base a quanto previsto dalla metodologia, le unità territoriali interessate da potenziali conflitti sono evidenziate nella carta dei potenziali conflitti che definisce come “evidenti” i conflitti in cui la differenza di punteggio tra la funzione preminente e quello di almeno una delle altre funzioni è inferiore a 0,01 mentre, il conflitto è “minimale” per differenze dei punteggi comprese tra 0,05 e 0,01.

5.2.7. Carta delle funzioni preminenti

Il risultato dell'analisi multicriteriale è un elaborato preliminare di attribuzione funzionale da utilizzare per redigere la carta delle funzioni preminenti sulla base delle seguenti considerazioni:

1. verifica in modo puntuale della corrispondenza della funzione preminente restituita dal processo di analisi multicriteriale alla realtà territoriale e al contesto vincolistico;
2. verifica degli indici utilizzati per l'analisi multicriteriale e degli altri elementi del sistema informativo in grado di evidenziate potenzialità o conflitti sul territorio;
3. gestione selvicolturale attuale e stato della viabilità.

Sulla base dei suddetti controlli e revisioni, il pianificatore procede alla definitiva attribuzione di una funzione preminente a ciascuna unità territoriale.

5.2.8. Ambiti tipologico funzionali

Il PFIT analizza, a scala operativa e con una visione d'insieme, le potenzialità e le problematiche del territorio tramite gli ambiti tipologico-funzionali (ATF).

Un ATF è costituito dall'insieme delle unità territoriali che hanno in comune lo stesso tipo forestale prevalente e la stessa funzione preminente. Gli ATF vengono delineati mediante la sovrapposizione della carta dei tipi forestali e la carta delle funzioni preminenti. Un ambito tipologico-funzionale è costituito dalle superfici forestali, anche spazialmente non contigue, caratterizzate dallo stesso tipo forestale e dalla stessa funzione preminente (esempio: un ATF riunisce tutte le peccete subalpine con preminente funzione protettiva, un altro le peccete subalpine con preminente funzione produttiva).

Gli ATF con superficie complessiva inferiore a 10 ha sono accorpate ad altri ATF ad essi il più possibile spazialmente contigui e simili da un punto di vista tipologico funzionale. Vengono

inoltre accorpati tra loro gli ATF con medesima funzione preminente per i quali si prefigurano identiche indicazioni gestionali.

5.3. Elaborazione del PFIT

5.3.1. Costruzione del sistema informativo

Il sistema informativo utilizza come unità territoriali di riferimento le particelle forestali, nei casi in cui è presente la pianificazione forestale, e i poligoni della carta dei tipi forestali, per le superfici prive di strumenti pianificatori (fig. 5.1). L'elaborato di attribuzione funzionale è costituito dalla seguente base di dati:

1. valori degli indici (tabb. 5.4 e 5.5) derivati da 41 carte tematiche di base; di questi: nove sono basati sulla carta dei tipi forestali della Regione del Veneto (Regione del Veneto, 2006); nove sono elaborati a partire dalla CTR vettoriale; uno è riferito al particellare dei piani di Riassetto; tredici sono derivati dagli elaborati grafici del PTCP; uno è derivato dalla Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (C.P.L.V.), due sono tematismi presenti nel sistema informativo della Regione del Veneto mentre i restanti sono elaborati a partire da tematismi non presenti nel sistema informativo regionale (tab. 5.6);

2. valori dei parametri assunti dalle cinque alternative funzionali: produttiva, protettiva diretta, paesaggistica, ecologico-conservativa e turistico-ricreativa intensiva. Per ciascuna alternativa funzionale sono considerati due parametri (corrispondenti ai due parametri della struttura gerarchica): vocazione del tipo forestale e attitudine del sito. In totale per ogni unità territoriale di riferimento sono stimati otto parametri (2 criteri x 4 alternative), i cui valori sono stati calcolati con combinazioni di indici come riportato nel § 5.2.5.

5.3.2. Determinazione del sistema di preferenze

I portatori d'interesse intervenuti nell'ambito del processo partecipativo sono stati riuniti nei seguenti gruppi:

- 1) Amministrazioni comunali;
- 2) Regole;
- 3) Imprese boschive;
- 4) Portatori d'interesse indiretto.

La sintesi dei giudizi espressi da ogni gruppo decisionale è relativa al numero di questionari raccolti. Il sistema di preferenze espresso dai portatori d'interesse è stato tradotto nei pesi riportati nella tabella 5.8. Il peso relativo ad ogni funzione è pari alla media geometrica delle preferenze

espresse dai gruppi di interesse.

<i>Gruppo</i>	<i>Funzioni del bosco</i>				
	<i>Produttiva</i>	<i>Protettiva diretta</i>	<i>Paesaggistica</i>	<i>Ecologico-conservativa</i>	<i>Turistica</i>
Amministrazioni comunali	1	0,43	0,13	0,08	0,25
Regole	1	0,49	0,21	0,59	0,28
Imprese boschive	1	0,09	0,51	0,06	0,21
Portatori di interesse indiretto	1	0,36	0,38	0,20	0,31
Valore complessivo del peso	1	0,29	0,27	0,15	0,26

Tabella 5.8 - Peso delle funzioni del bosco calcolate in base ai questionari somministrati ai portatori di interesse.

5.3.3. *Elaborato preliminare di attribuzione delle alternative funzionali*

L'algoritmo multicriteriale che attribuisce un valore, o punteggio, a ciascuna funzione del bosco in una data unità territoriale è costituito da tre componenti:

- a) un sistema di indici distinto per funzione e per criterio (v. § 5.2.3.1 e 5.2.3.2);
- b) il peso attribuito a ciascuno dei due criteri che è posto uguale a 0,65 per l'attitudine del sito e a 0,35 per la vocazione del tipo forestale;
- c) il peso attribuito a ciascuna funzione in base dall'ordine d'importanza espresso dai portatori di interesse (tab. 5.8).

Per ciascuna unità territoriale, esprimendo in termini matematici la combinazione tra i parametri dei criteri e i pesi attribuiti ai criteri stessi e alle funzioni, il valore di ogni alternativa (VA) funzionale risulta pari a:

$$VA = \text{Parametro Attitudine sito} \times \text{Peso criterio} \times \text{Peso alternativa} + \text{Parametro Vocazione tipo forestale} \times \text{Peso criterio} \times \text{Peso alternativa}.$$

Ai fini della attribuzione della funzione preminente sono presi in esame i valori assunti da quattro alternative funzionali: produttiva, protettiva diretta, paesaggistica, ecologico-conservativa. I valori assunti dalla funzione turistico-ricreativa intensiva, stimati in base alle stesse modalità delle altre alternative, hanno invece lo scopo di individuare aree potenzialmente adatte allo sviluppo dell'uso turistico del bosco. Le attività turistico-ricreative interessano generalmente aree interne al bosco di limitata estensione e non intere unità territoriali: la funzione turistico-ricreativa intensiva, pertanto, non viene considerata ai fini dell'attribuzione della funzione preminente di ciascuna unità territoriale ma i punteggi attribuiti dall'algoritmo a questa funzione possono fornire utili indicazioni per la definizione e localizzazione di interventi tesi a favorire la fruizione diretta del bosco.

La funzione preminente di ciascuna unità territoriale è rappresentata dall'alternativa che ottiene

il punteggio maggiore. In un primo momento, il calcolo del punteggio di ciascuna alternativa funzionale è stato condotto esclusivamente sulla base degli indici definiti per ciascuna di esse e dei pesi attribuiti ai criteri, senza tenere conto delle indicazioni dei portatori d'interesse coinvolti. L'obiettivo è stato quello di delineare un primo scenario di riferimento in cui la scelta delle alternative funzionali è determinata esclusivamente dalle caratteristiche della singola unità territoriale.

Successivamente, quantificando il valore di ciascuna delle quattro alternative funzionali anche sulla base dei risultati del processo partecipativo, l'analisi multicriteriale ha prodotto un secondo scenario in cui la funzione preminente di ogni unità territoriale è stata ottenuta integrando le caratteristiche dei boschi e del territorio con il sistema di valori dei portatori d'interesse. Questo secondo scenario costituisce l'elaborato preliminare di attribuzione funzionale del PFIT che è stato, poi, rivisto in base ai criteri elencati nel prossimo paragrafo.

5.3.4. Revisione dell'elaborato preliminare di attribuzione funzionale e carta delle funzioni preminenti

A supporto della fase di revisione sono stati analizzati i principali fattori di pericolo naturale che insistono sul territorio al fine di valutare la propensione delle superfici boscate a svolgere contemporaneamente le molteplici funzioni attribuite loro dai portatori di interesse.

Dall'analisi della Carta delle Fragilità e dalla Carta di Localizzazione Probabile delle Valanghe (C.L.P.V.) è emerso che la pericolosità da valanghe è l'elemento con maggiormente incidenza sul territorio (figg. 4.7 e 4.8 e tabb. 4.9 e 4.10). Se riferito alla zonizzazione funzionale del PFIT in circa il 60 % delle UT è soggetto parzialmente o integralmente dalla presenza di siti valanghivi per una superficie complessiva di 14.048 ha. Di questo è stato tenuto conto durante il processo di attribuzione multifunzionale: nelle unità territoriali soggette a elevato rischio da valanga la funzione produttiva non è stata in nessun caso considerata come funzione preminente, ma solo come funzione secondaria, per evidenziare le esigenze di sicurezza del territorio. Tale valutazione non esclude in alcun modo l'utilizzazione di questi soprassuoli, da condurre su piccole superfici tramite le tecniche consuetudinarie, in grado di assicurare nel tempo la continuità della protezione del territorio.

Per le unità territoriali non soggette a elevato rischio da valanga l'attribuzione della funzione preminente ha riguardato tutte le alternative funzionali considerate: produttiva, protettiva diretta, paesaggistica ed ecologico-conservativa.

Sulla base di queste considerazioni, l'elaborato preliminare di attribuzione funzionale è stato modificato una prima volta e, successivamente, rivisto una seconda volta alla luce dei seguenti

ulteriori criteri:

1. a tutte le unità territoriali interamente incluse nella Riserva Naturale Orientata e Biogenetica Val Tovanello è stata comunque attribuita come preminente la funzione ecologico-conservativa. Per le unità territoriali parzialmente inserite nei confini di tale area, la funzione attribuita dall'algoritmo multicriteriale è stata conservata a meno che non fosse in palese conflitto con quella ecologico-conservativa;

2. la funzione preminente proposta dall'algoritmo multicriteriale per le unità territoriali pianificate è stata confrontata con quella attribuita alle medesime unità dai Piani di Riassetto, in quanto strumento di pianificazione di maggiore dettaglio. In caso di discordanza riguardante le funzioni produttiva e protettiva diretta, è stata adottata come funzione preminente quella proposta dai Piani di Riassetto spostando al secondo posto quella attribuita dall'algoritmo;

3. ulteriori modifiche sono state introdotte sulla base delle informazioni contenute nella cartografia dell'allegato D del "Manuale di gestione ambientale e allegati informativi di supporto nel territorio del GAL Alto Bellunese".

Come conseguenza della revisione effettuata, rispetto all'elaborato preliminare la superficie delle unità territoriali con funzione preminente ecologico-conservativa o protettiva diretta è aumentata di circa il 20 %. Se si considera la sola superficie boscata interna alle unità territoriali l'aumento è inferiore e interessa unicamente la funzione di protezione diretta. La situazione è opposta nel caso della funzione paesaggistica che si è ridotta di circa il 12 % mentre viene sostanzialmente confermata la superficie con funzione produttiva preminente.

In tabella 5.9 è riportato il risultato della revisione, con l'attribuzione funzionale definitiva per Comune.

<i>Comune</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Superficie boscata (ha)</i>
Castellavazzo	1.427	1.288
Ecologico-conservativa	7	7
Paesaggistica	273	182
Produttiva	535	535
Protettiva diretta	612	564
Forno di Zoldo	6.193	5.608
Ecologico-conservativa	39	39
Paesaggistica	1.550	1.083
Produttiva	3.068	3.031
Protettiva diretta	1.536	1.456
Longarone	10.774	9.004
Ecologico-conservativa	721	413
Paesaggistica	2.313	1.490
Produttiva	3.963	3.931
Protettiva diretta	3.777	3.171
Ospitale di Cadore	3.670	3.228
Ecologico-conservativa	848	847
Paesaggistica	1.723	1.292
Produttiva	441	434
Protettiva diretta	659	654
Soverzene	1.374	1.163
Ecologico-conservativa	59	59
Paesaggistica	104	38
Produttiva	561	519
Protettiva diretta	651	547
Zoldo Alto	5.310	4.179
Ecologico-conservativa	1	1
Paesaggistica	2.574	1.557
Produttiva	1.852	1.804
Protettiva diretta	883	817
Zoppe' di Cadore	372	361
Ecologico-conservativa	23	23
Produttiva	310	303
Protettiva diretta	39	35

Tabella 5.9 - Superfici relative alla revisione dell'elaborato di attribuzione funzionale suddivise per Comune.

In Figura 5.3 è riportata la Carta delle funzioni preminenti adottata al termine del processo di revisione, utilizzata come scenario di riferimento per la definizione degli ATF e per le indicazioni del PFIT.

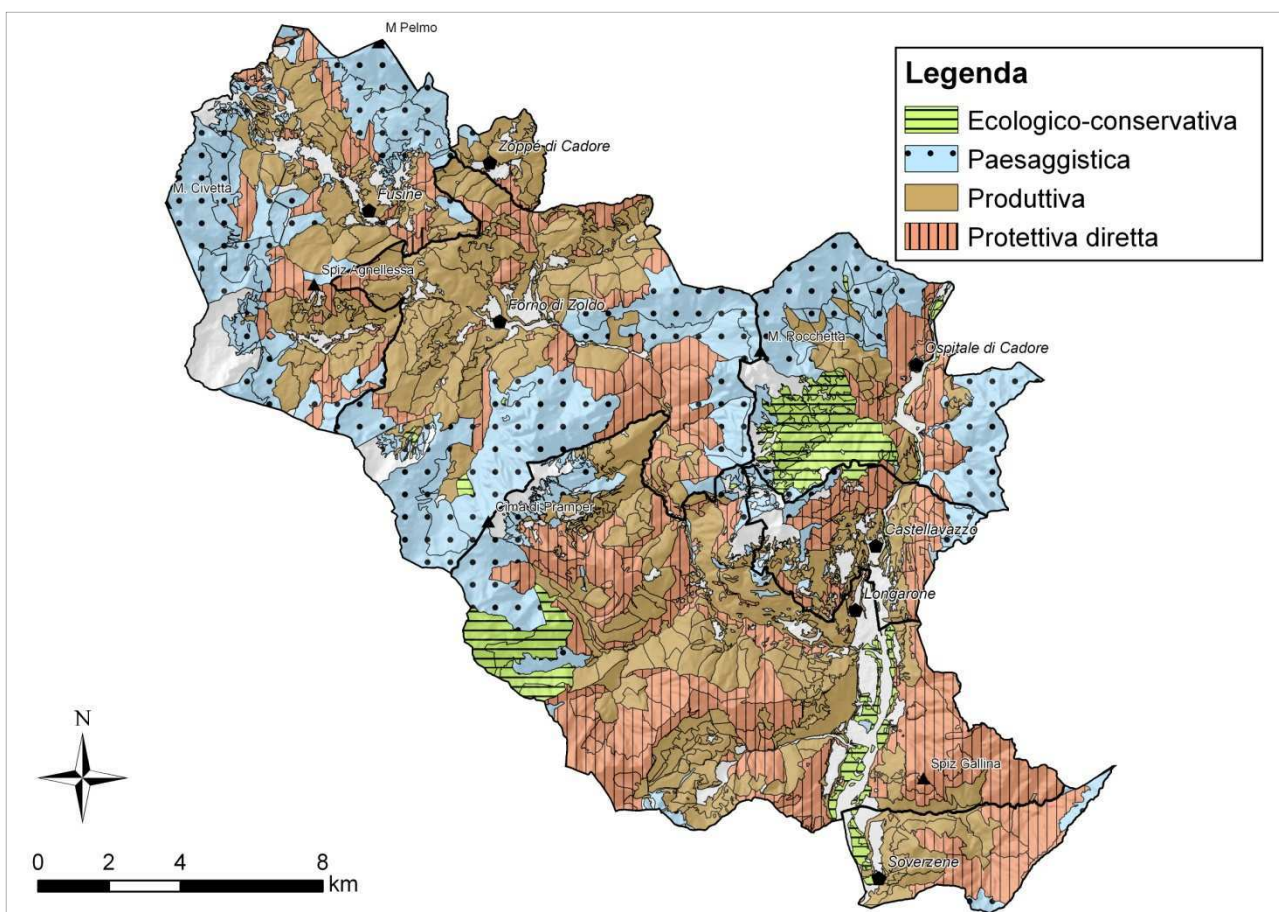


Figura 5.3 - Carta delle funzioni preminenti dei boschi.

Alcune interessanti indicazioni derivano dal confronto di questa carta con quella ottenuta escludendo dall’algoritmo multicriteriale il contributo dei portatori d’interesse, cioè il peso delle funzioni derivato dal questionario sottoposto ai soggetti coinvolti e riportato in tabella 5.8. In questo scenario la funzione preminente è quindi basata solo sulle caratteristiche dei popolamenti e delle condizioni stazionali espresse dagli indici scelti, integrate con i criteri di revisione illustrati in precedenza (fig. 5.4).

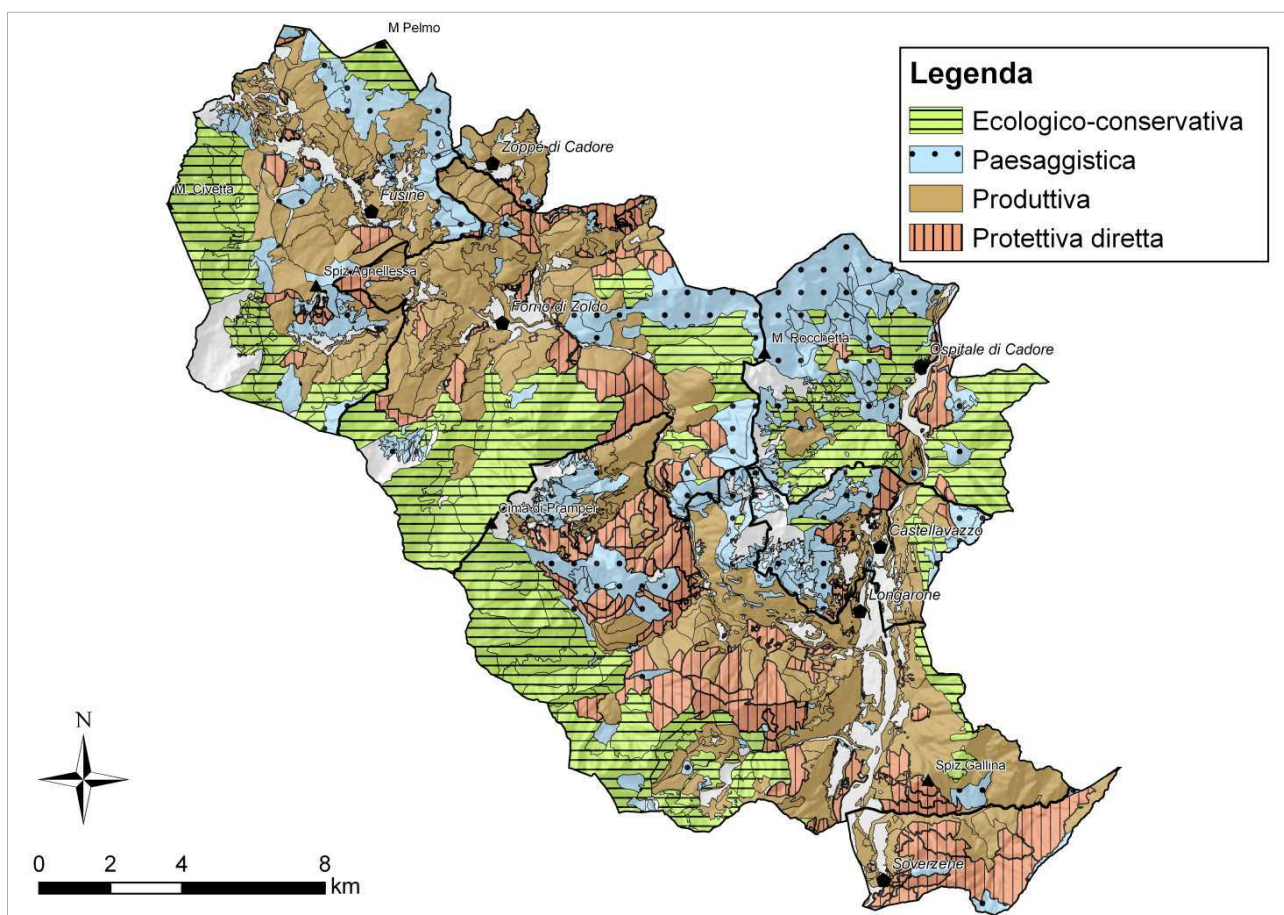


Figura 5.4 Carta delle funzioni preminenti dei boschi elaborata senza tener conto delle preferenze espresse dai portatori d'interesse.

Il confronto tra le superfici delle funzioni preminenti riportate secondo i due scenari cartografici è riportato nella tabella 5.10.

Funzione preminente	Superficie boscata (ha)	
	1° Scenario	2° Scenario
Ecologico-conservativa	5.939	1.366
Paesaggistica	4.680	5.664
Produttiva	9.630	10.531
Protettiva diretta	4.584	7.272
Totale complessivo	24.833	24.833

Tabella 5.10 - Confronto tra il primo scenario in cui non viene preso in considerazione il contributo dei portatori di interesse e il secondo scenario dove questo è invece considerato.

L'importanza assegnata alle funzioni dai portatori d'interesse emerge chiaramente nel secondo scenario: in particolare, la maggiore rilevanza che le funzioni protettiva diretta e paesaggistica assumono rispetto al primo scenario. Considerando l'elevata vocazione naturalistica del territorio, compreso per circa metà all'interno di aree protette e siti della rete Natura 2000, è facile rendersi conto dell'esistenza di un conflitto tra le priorità d'uso del patrimonio forestale secondo la comunità

locale e quelle definite a livello comunitario, nazionale e regionale.

Un'altra indicazione significativa che si ricava dal confronto tra i due scenari è la stabilità sia in termini di estensione che di localizzazione sul territorio della superficie con preminente funzione produttiva, alla quale i portatori d'interesse coinvolti hanno assegnato il livello massimo d'importanza, ben superiore alle altre funzioni proposte.

In realtà, con riferimento al secondo scenario, le potenzialità in termini di funzione produttiva del patrimonio forestale emergono maggiormente prendendo in considerazione le funzioni che per ciascuna unità territoriale sono al secondo posto nella classifica determinata dall'algoritmo multicriteriale. Come si evince dalla tabella 5.11, circa il 45 % della superficie con funzione preminente protettiva diretta (3.686 ha) appartiene a unità territoriali che hanno nel punteggio quella produttiva come funzione seconda. In questa superficie probabilmente rientrano molte particelle che non vengono utilizzate in quanto poco accessibili.

Come dimostrano i dati della tabella 5.12, le funzioni produttiva e quella protettiva diretta assumono congiuntamente una posizione di rilievo in più di 5.000 ha. Ciò indica che in queste aree l'eventuale realizzazione di nuova viabilità forestale deve tener conto delle limitazioni intrinseche legate alla funzione protettiva (fig. 5.5).

<i>Funzione preminente</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Superficie (%)</i>	<i>Funzione secondariamente preminente</i>				
			<i>Ecologico</i>	<i>Paesaggistica</i>	<i>Produttiva</i>	<i>Protettiva</i>	<i>Più funzioni</i>
Ecologico–conservativa	1.675	6	–	28	57	14	0,8
Paesaggistica	8.559	29	2	–	22	53	23
Produttiva	10.700	37	0,7	24	–	68	8
Protettiva diretta	8.186	28	1	50	45	–	4
Totale complessivo	29.121	100	1	24	22	42	16

Tab. 5.11 – Valore percentuale delle superfici con funzione secondariamente preminente.

<i>Funzione preminente</i>	<i>Conflitto evidente</i>	<i>Superficie (ha)</i>
Ecologico-conservativa	Paesaggistica	468
	Paesaggistica/Protettiva diretta	5
	Produttiva	958
	Protettiva diretta	231
Paesaggistica	Produttiva	1.865
	Protettiva diretta	87
Produttiva	Paesaggistica	265
	Paesaggistica/Protettiva diretta	157
	Protettiva diretta	1.395
Protettiva diretta	Paesaggistica	790
	Produttiva	3.686
Totale complessivo		9.907

Tab. 5.12 – Superfici interessate da conflitti evidenti tra funzioni.

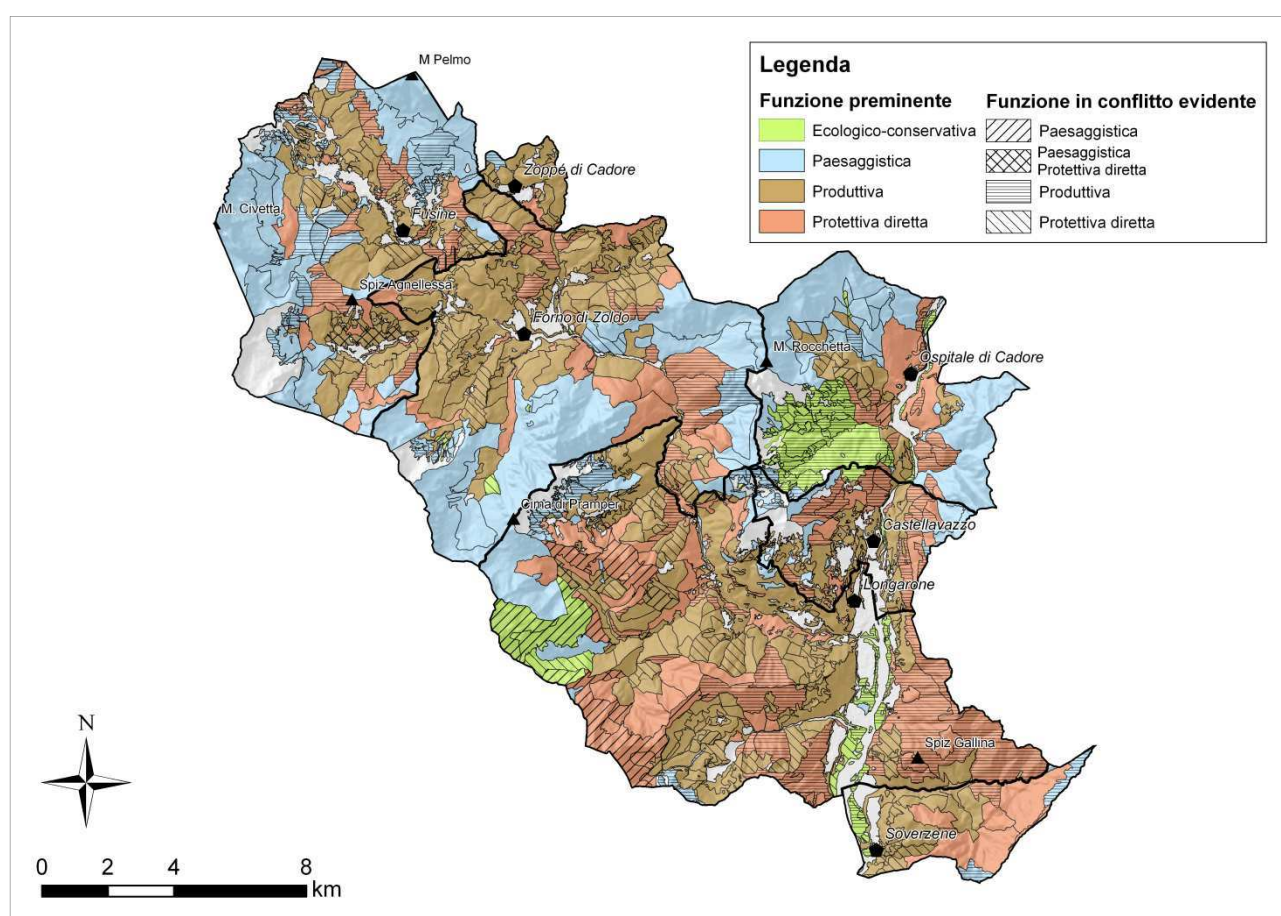


Figura 5.5 - Carta dei conflitti evidenti tra funzioni del bosco

5.3.5. *Ambiti tipologico-funzionali*

Le unità di gestione del PFIT sono rappresentate dagli ambiti tipologico-funzionali (ATF) individuati dalla sovrapposizione della carta dei tipi forestali della Regione del Veneto con la Carta delle funzioni preminenti.

Gli ATF con superficie complessiva inferiore a 10 ha sono stati accorpati con altri ATF a essi il

più possibile spazialmente contigui e simili da un punto di vista tipologico–funzionale. A esempio, per ciascuna funzione preminente i lariceti primitivi sono stati combinati con i lariceti tipici vista la loro limitata estensione e l’ubicazione prossima a quest’ultimo tipo forestale. Inoltre, sono stati accorpati gli ATF con medesima funzione preminente per i quali si intendono prefigurare identiche indicazioni gestionali.

Di seguito sono riportate le tabelle riassuntive degli ATF distinti per funzione preminente, dove sono evidenziati la superficie totale inclusa nell’ATF, la superficie percentuale interessata da piani di assestamento, quella accessibile e quella inclusa in siti della rete Natura 2000 (tabb. 5.13 – 5.16).

<i>ATF</i>	<i>Superficie</i>			
	<i>Complessiva</i>	<i>Pianificata</i>	<i>Accessibile</i>	<i>Inclusa nella</i>
Abieteto esomesalpico	452	99	1	19
Aceri–frassineto	74	68	27	78
Arbusteto	132	52	49	20
Faggeta montana	463	100	4	50
Faggeta primitiva	720	86	2	71
Faggeta submontana	1027	87	17	35
Formazione antropogena di conifere	382	91	9	26
Lariceti	1872	91	26	37
Mugheta	615	99	0	64
Orno–ostrieto	185	75	25	71
Pecceta	222	94	49	28
Piceo–faggeto dei suoli mesici	233	96	26	27
Piceo–faggeto dei suoli xerici	93	59	39	31
Pineta di pino silvestre esalpica	980	99	11	5
Pineta di pino silvestre esalpica	418	20	38	99
Altre pinete di pino silvestre	318	88	12	95
Totale complessivo	8.186	87	17	43

Tab. 5.13 – Ambiti tipologico-funzionali a preminente funzione protettiva diretta

<i>ATF</i>	<i>Superficie</i>			
	<i>Complessiva (ha)</i>	<i>Pianificata</i>	<i>Accessibile</i>	<i>Inclusa nella</i>
Abieteto esomesalpico	271	0	0.90	100
Faggete	339	61	0	100
Formazione antropogena di conifere	188	49	0	100
Lariceti	115	20	0	99
Mugheta	336	64	0	100
Pineta di pino silvestre	36	21	0	100
Pineta di pino silvestre	72	0	2	100
Saliceti e altre formazioni	318	11	92	12
Totale complessivo	1.675	35	18	83

Tab. 5.14 – Ambiti tipologico-funzionali a preminente funzione ecologico-conservativa.

<i>ATF</i>	<i>Superficie</i>			
	<i>Complessiva</i>	<i>Pianificata (%)</i>	<i>Accessibile</i>	<i>Inclusa nella</i>
Aceri-frassineto	44	0	67	24
Alneta di ontano verde	56	63	47	0
Faggete	204	74	5	83
Faggeta primitiva	62	96	0	100
Lariceti	1.324	88	33	43
Mugheta	6.300	92	3	87
Pecceta	42	71	85	4
Pineta di pino silvestre	263	83	61	84
Altre pinete di pino silvestre	264	100	15	100
Totale complessivo	8.559	90	11	79

Tab. 5.15 – Ambiti tipologico-funzionali a preminente funzione paesaggistica.

<i>ATF</i>	<i>Superficie</i>			
	<i>Complessiva</i>	<i>Pianificata</i>	<i>Accessibile</i>	<i>Inclusa nella</i>
Abieteto dei substrati carbonatici	664	97	41	30
Altri abieteti	826	96	26	44
Aceri–frassineto	239	5	80	5
Alneta di ontano verde	175	100	41	0
Faggeta altimontana	226	71	5	89
Faggeta montana tipica esalpica	511	61	20	58
Faggeta montana tipica mesalpica	270	6	42	5
Faggeta primitiva	121	49	2	55
Faggeta submontana	1.459	42	24	26
Formazione antropogena di conifere	357	71	36	29
Lariceti	1.126	55	53	42
Orno–ostrieto	788	35	38	19
Pecceta dei substrati carbonatici	486	87	73	0
Pecceta dei substrati silicatici dei	160	80	73	0
Pecceta secondaria montana	789	74	67	35
Piceo–faggeto dei suoli mesici	1.091	42	63	16
Piceo–faggeto dei suoli xerici	844	48	52	18
Pineta di pino silvestre esalpica con	279	42	30	39
Pineta di pino silvestre esalpica con	90	92	7	92
Pineta di pino silvestre esalpica tipica	177	47	59	4
Robinieto	21	62	43	61
Totale complessivo	10.700	58	44	29

Tab. 5.16 – Ambiti tipologico-funzionali a preminente funzione produttiva.

Nella figura 5.6 è riportata la distribuzione nel territorio della Comunità Montana degli ATF riuniti in Categorie (ACF – ambiti categorico-funzionali) e distinti in base alla funzione preminente.

Si rimanda a Portoghesi et al. (2012) la visione delle schede relative a tutti gli ATF ovvero la pubblicazione completa del Piano Forestale d’Indirizzo territoriale della Comunità Montana Cadore Longaronese Zoldo.

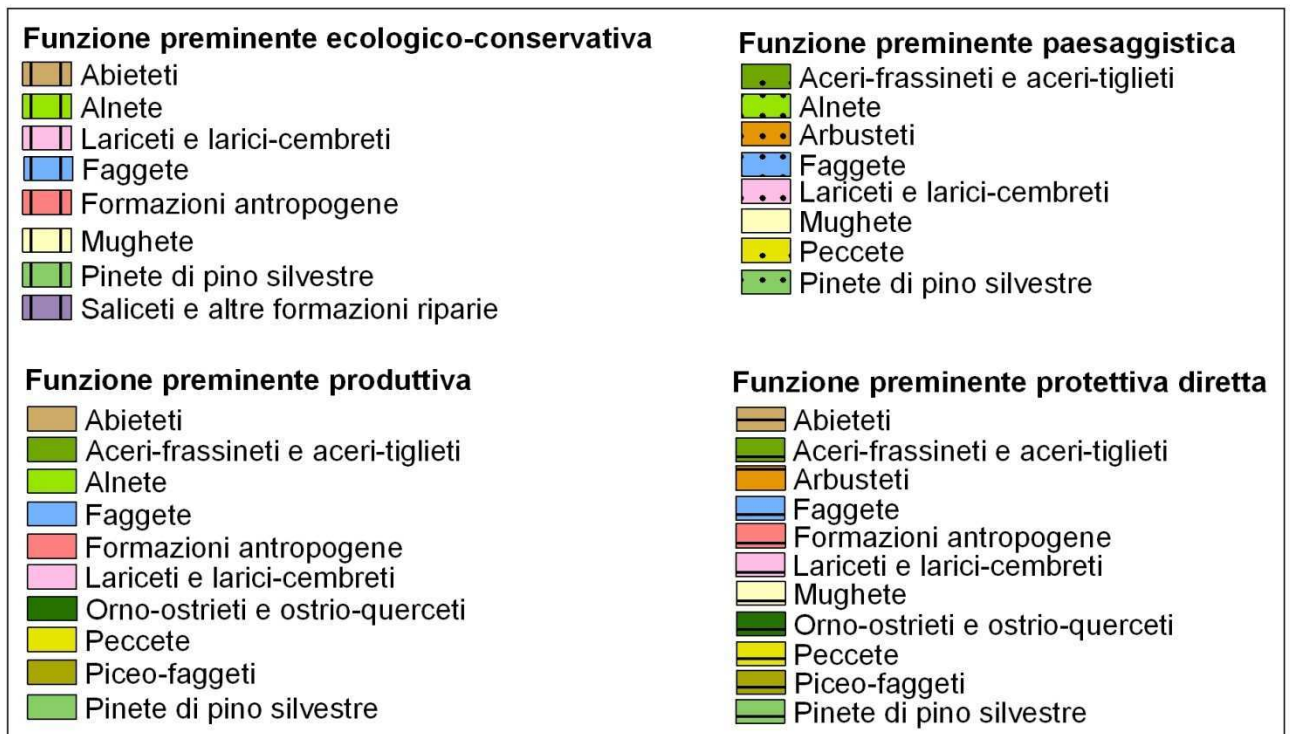
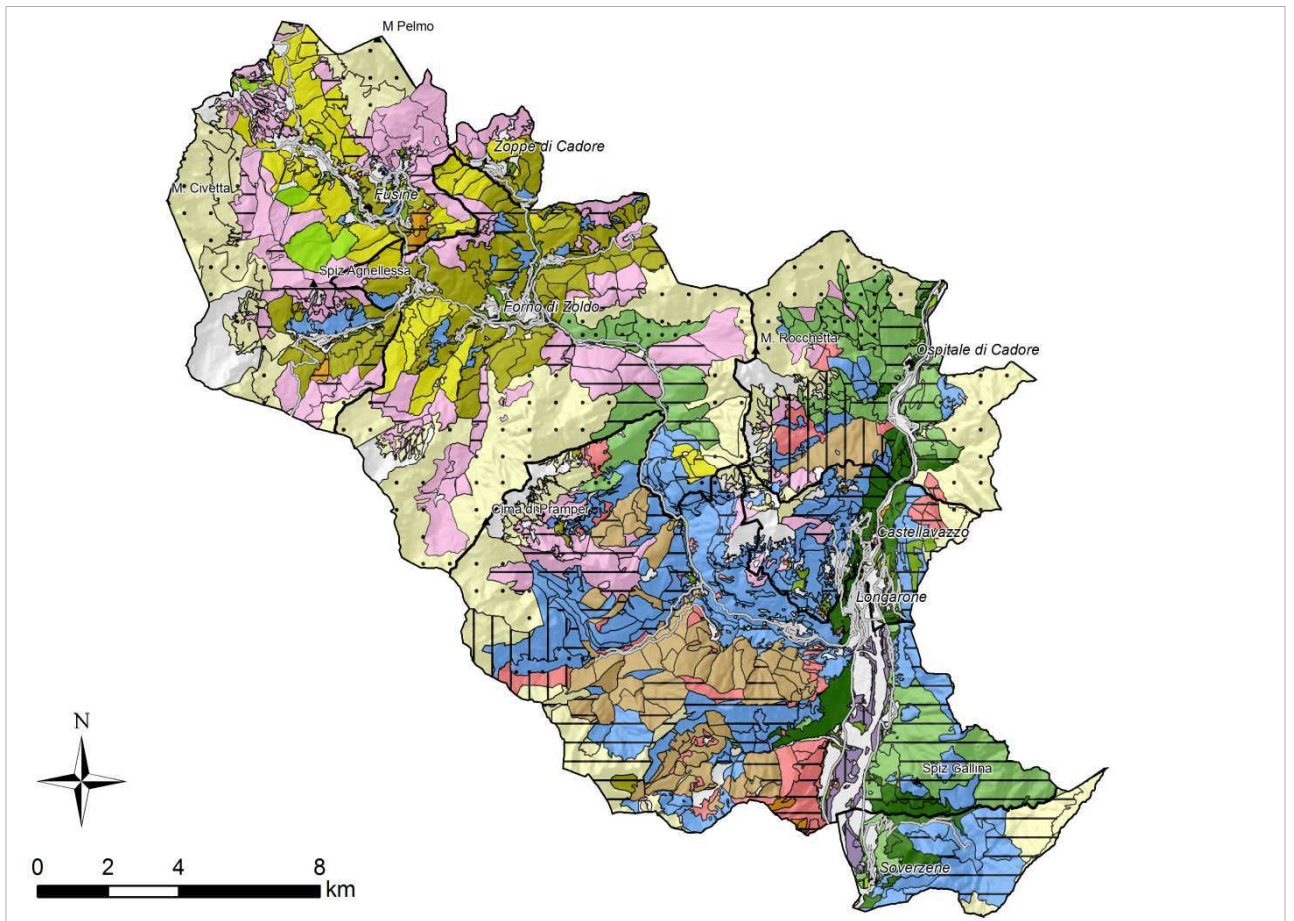


Fig. 5.6 – Ambiti categorico funzionali

5.4. Considerazioni generali

L'esperienza condotta nella Comunità Montana Cadore, Longaronese, Zoldo ha confermato la validità del PFIT come strumento di pianificazione forestale di scala intermedia. Le analisi condotte e le scelte operate hanno consentito sia di raccordare e armonizzare, per quanto possibile, le istanze provenienti dalla pianificazione territoriale generale e settoriale di ordine superiore con la realtà ambientale e socioeconomica del contesto locale, sia di definire un quadro di problemi e di linee di soluzione comuni che la pianificazione forestale aziendale dovrà poi tradurre in prescrizione operative nell'ambito della singola proprietà.

Nel complesso, la metodologia ha confermato la sua efficacia nel delineare il percorso da seguire durante il processo di pianificazione, al fine di mettere in luce e affrontare i problemi specifici del patrimonio forestale della Comunità montana, nella sua relazione con il sistema di valori e interessi tanto locali quanto comunitari, nazionali e regionali. Anche in questo caso le informazioni già disponibili hanno consentito di ricavare le conoscenze necessarie allo sviluppo del Piano con un minimo ricorso a rilievi diretti, destinati più a operazioni di verifica che di produzione di nuovi dati originali.

Ancora più che nell'esperienza svolta sull'altipiano di Asiago, questo Piano ha evidenziato il ruolo e l'importanza della partecipazione dei portatori d'interesse locali. Sono emersi i limiti dell'expertise tecnico di fronte al sistema di valori di chi accetta di essere coinvolto nel processo decisionale. Se questa apertura in qualche misura riduce il peso dei "fatti" e condiziona le scelte degli "esperti", essa consente, però, di affrontare più concretamente i conflitti tra funzioni del bosco affrontando i pregiudizi e le incomprensioni, che spesso ne sono la causa più rilevante, attraverso il dialogo, la risposta puntuale alle obiezioni, la ricerca di compromessi efficaci attraverso soluzioni innovative. Ciò a conferma della natura solo parzialmente strutturata delle questioni che la pianificazione forestale deve affrontare quando accetta la sfida della multifunzionalità. Schemi, algoritmi e modelli decisionali sono un utile supporto ma le soluzioni vanno cercate caso per caso.

Un altro importante risultato di questo secondo PFIT è costituito dalla migliore chiarificazione del ruolo che la funzione preminente ha nell'ambito della gestione forestale multifunzionale. Il concetto di funzione del bosco rappresenta il punto di incontro tra ecologia ed economia e tra gli effetti del complesso funzionamento dell'ecosistema-bosco e i valori economici, sociali, naturalistici e culturali. Definire una funzione preminente sulla base dei caratteri dell'ambiente e del popolamento nonché delle istanze del sistema socioeconomico consente di operare una zonizzazione strategica del territorio forestale e dare all'asestatore e al selvicoltore un criterio in base al quale definire una tattica d'intervento. Tuttavia, nella realtà montana, le funzioni del bosco si sovrappongono anche all'interno di superfici di limitata

estensione. In questo quadro, quindi, funzione preminente non può significare funzione esclusiva ma definisce piuttosto la funzione guida delle scelte colturali, da armonizzare con le altre in base alla gerarchia quantitativamente definita dal PFIT.

Infine, è importante sottolineare che la pianificazione forestale va interpretata come un processo aperto. I momenti di verifica e aggiornamento delle analisi, delle scelte e degli scenari delineati rimangono un insostituibile fase della gestione dei sistemi complessi.

5.5. Considerazioni conclusive sulla funzione protettiva emerse durante la stesura del PFIT

La protezione dalle calamità naturali acquista particolare importanza per garantire la qualità della vita delle popolazioni montane e lo sviluppo delle attività turistico-ricreative. La funzione protettiva diretta svolta dal bosco assume particolare valore per il territorio della CM, dove tre quarti della superficie ha una pendenza superiore al 40 % e circa la metà superiore al 70 %. A ciò si aggiungono un rischio elevato di valanghe e movimenti franosi in diverse zone.

Pertanto, non sorprende che l'area boscata con preminente funzione protettiva diretta sia risultata pari a più di 8.000 ha cui si aggiungono circa 12.000 ha in cui essa occupa il secondo posto nella classifica delle funzioni. Come evidenziato dal contributo dei portatori d'interesse coinvolti nel processo partecipativo, anche gli attori locali percepiscono l'importanza di tale funzione. Quando il sistema di preferenze espresse dai portatori d'interesse è incluso nell'algoritmo multicriteriale, la superficie boscata con preminente funzione protettiva diretta aumenta di circa il 60 %. L'importanza della funzione protettiva è accentuata dalla vocazione turistica del territorio.

La valenza protettiva delle superfici forestali emersa dal sistema gerarchico di attribuzione multifunzionale evidenzia come in realtà articolate e complesse, come quella montana, le funzioni del bosco tendano a sovrapporsi in una logica di compromesso a livello di popolamento più che a separarsi spazialmente in compartimenti indipendenti. Le condizioni locali non sono in grado di giustificare da sole queste caratteristiche, al contesto territoriale è necessario sommare la visione sociale del ruolo del bosco.

Il mantenimento, efficace e sostenibile del ruolo protettivo svolto implica l'applicazioni di interventi colturali definiti in base al principio delle cure minime (Wasser et al., 1996) ovvero individuando gli interventi necessari ad assicurare un livello minimo di efficacia protettiva del bosco compatibile con gli oggetti da proteggere (Meloni et al., 2006). Tali interventi dovranno essere comunque calibrati in relazione al pericolo a cui la foresta si contrappone senza dimenticare che il presupposto fondamentale per l'attributo di protezione diretta è comunque subordinato alla capacità del bosco di intervenire nella conservazione e protezione del suolo.

Ordinare in base alla preminenza le altre funzioni può portare alla definizione di sistemi

selviculturali adeguati ai rapporti gerarchici rappresentati dalla classifica stessa. Tuttavia, stabilire il grado di protezione esercitato dal bosco per pericoli specifici può costituire un'informazione oggettiva in base alla quale modulare gli interventi o attuare specifiche prescrizioni.

6. APPLICAZIONE DEI METODI STATISTICI PER LA ZONAZIONE DELLA SUSCETTIVITÀ GEOLOGICA E VALUTAZIONE DELLA FUNZIONE PROTETTIVA

6.1. Mappa di suscettività geologica della CM

L'inquadramento territoriale della CM Cadore Longaronese Zoldo rivela la particolare fragilità geologica della zona evidenziando come tutti i comuni siano interessati da fenomeni di dissesto in particolare gli eventi di frana (§ 4.2.1.).

La capacità del bosco di contrastare la propensione intrinseca del territorio alle frane è stimata da un'analisi probabilistica relativa alla suscettività dell'area a tale tipo di evento. In conformità a una banca dati di calibrazione comprensiva dei fattori predittivi (variabili indipendenti) e degli eventi stessi (variabile dipendente), il metodo bivariato del WofE (§ 4.5.1.1) e la tecnica multivariata LR (§ 4.5.1.2) sono applicati per valutare la suscettività alle frane del territorio della CM. Gli algoritmi contenuti in questi approcci ricercano le relazioni e i coefficienti ottimali che legano le variabili indipendenti a quella dipendente e sono i più adatti all'analisi su aree molto vaste.

Per entrambi i metodi, la quantificazione della vocazione protettiva delle risorse forestali rispetto alle frane è fatta scaturire secondo un approccio metodologico che implica l'analisi e la modellizzazione di due contributi di valutazione distinti, identificati, da una parte, in quella che è riferibile alla suscettività intrinseca del territorio nell'ipotesi di totale assenza della copertura forestale (modelli di tipo 1) e dall'altra quando il bosco è presente (modelli di tipo 2).

La combinazione delle valutazioni relative ai diversi scenari, permette di quantificare il valore di protezione del bosco, attraverso il confronto dei due modelli considerati.

6.1.1. Costruzione della banca dati

Per calibrare gli approcci statistici è stata consultata la banca dati cartografica del progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia) compresa nella Carta delle Fragilità del PTCP della provincia di Belluno.

Il database IFFI è stato circoscritto all'ambito amministrativo della CM e ridotto alle nicchie di distacco identificate su base cartografica tramite foto-interpretazione. Questa mappa è stata convertita in formato raster con una risoluzione di 20 x 20 m e riclassificata in modo binario attribuendo il valore 1 alle celle appartenenti alle nicchie di distacco e il valore 0 alle celle comprese nelle restanti parti del corpo di frana o comunque presenti nell'area di studio.

Bisogna ricordare che il presente lavoro è volto all'analisi del ruolo protettivo della copertura forestale rispetto ai fenomeni franosi. Le caratteristiche riguardanti le zone di distacco sono le

più rappresentative delle condizioni d'instabilità dei versanti sulle quali il bosco può esercitare attivamente un'azione di riduzione e mitigazione delle cause d'innescio.

6.1.2. Scelta delle variabili indipendenti

In accordo con le fonti bibliografiche (Carrara et al., 1991; Soeters a van Westen, 1996; Guzzetti et al., 1999) e i dati disponibili per l'area di studio sono identificate sei variabili predittive: esposizione, pendenza, litologia, permeabilità, tipo di suolo e copertura forestale. Per ogni variabile è stato predisposto in ambiente GIS una carta tematica in formato raster con un risoluzione 20 x 20 m.

6.1.2.1. Variabili derivate dal DEM: altitudine e pendenza

Pendenza ed esposizione sono variabili derivate dal DEM con una risoluzione di 20 x 20 m. Il DEM dell'area di studio è stato prodotto interpolando, con il metodo AUDEM sviluppato da Hutchinson (1989) incluso nel software ArcGIS 9.3 i dati contenuti dalla banca dati costruita dalla cartografia delle curve di livello 1:5.000 e da punti di quota nota.

Per rispondere alle condizioni necessarie per l'applicazione degli approcci statistici le variabili derivate dal DEM sono considerate come continue nel metodo LR e classificate in forma discreta per il metodo WofE.

Pendenza: La pendenza è uno dei fattori più strettamente associati alle frane (Guzzetti et al., 1999; Ohlmacher & Davis, 2003; Mossa et al., 2005; Nefeslioglu et al., 2008). La pendenza è stata calcolata dal DEM utilizzando l'algoritmo di Burrough & McDonell (1998) incluso nel software di ArcGIS 9.3. Per l'applicazione del metodo WofE, il fattore è stato classificato in nove classi di ampiezza pari a 20 % per pendenze fino a 100 % e di ampiezza pari a 40 % per le quote maggiori.

Esposizione: L'esposizione indica l'influenza dell'irraggiamento solare, dell'esposizione ai venti e del grado di saturazione delle precipitazioni nella distribuzione degli eventi franosi. In molti casi le variazioni dei versanti all'esposizione possono incidere sull'accadimento dei fenomeni (Suzen e Doyuran, 2004; Motta et al 2005 Komac, 2006). L'esposizione è stata ottenuta DEM classificato in otto classi: nord (0°–22.5°; 337.5°–360°), nord-est (22.5°–67.5°), est (67.5°–112.5°), sud-est (112.5°–157.5°), sud (157.5°–202.5°), sudovest (202.5°–247.5°), ovest (247.5°–292.5°) e nord-est (292.5°–337.5°). Le aree pianeggianti sono state escluse poiché non presenti nell'area di studio. Per l'applicazione del metodo LR, il fattore è stato esaminato come variabile continua operando preventivamente una trasformazione coseno come suggerito da Vorpal et al. (2012).

6.1.2.2. Altre variabili geo-ambientali

Litologia: La litologia è uno dei fattori più importanti nello studio delle frane in quanto a diverse caratteristiche litotecniche corrispondono diversi gradi di suscettibilità agli eventi (Dai et al., 2001; Yesilnacar & Topal, 2005; Nefeslioglu et al., 2008). La litologia di un territorio, permette di interpretare al meglio i processi geologici dei versanti, grazie alla stretta relazione esistente tra la natura delle rocce, le loro condizioni strutturali e le forme assunte dai rilievi.

Permeabilità: La permeabilità delle formazioni rocciose condiziona il tipo di circolazione idrica superficiale e sotterranea. In particolare la circolazione delle acque sotterranee è collegata all'entità e alla distribuzione delle pressioni neutre che sono spesso causa dei fenomeni franosi.

Tipo di suolo: I fattori pedologici quali, lo spessore del suolo, il grado di alterazione e le proprietà chimiche e fisiche possono incidere sull'innescò di una frana e sulla velocità di movimento lungo il pendio.

Copertura del suolo: Corrisponde alla superficie forestale presente nell'area di studio. La presenza del bosco è considerata come fattore protettivo nei confronti degli eventi di frana contrapposto alle superfici prive di copertura arborea.

6.1.2.3. Valutazioni preliminari delle variabili indipendenti

Le caratteristiche dell'area di studio sintetizzate dalle variabili indipendenti sono state analizzate in rapporto ai dati inventariali disponibili al fine di valutare per ogni classe di ciascuna variabile il ruolo potenziale nell'accadimento degli eventi.

Una prima indicazione si può ottenere calcolando singolarmente la densità delle aree in frana rispetto alla superficie occupata da ogni classe all'interno dell'area di studio. Come suggerito da Ayalew & Yamagishi (2005) la densità si calcola singolarmente per ogni classe predittiva il rapporto tra le superfici dell'area in frana rispetto all'estensione totale della classe nell'area di studio. L'operazione è ripetuta per tutte le classi di una determinata variabile indipendente. Successivamente, questi rapporti sono sommati e ogni rapporto precedentemente calcolato è diviso per questa sommatoria.

6.1.3. Calibrazione e validazione dei modelli

L'applicazione di un metodo statistico si compone di due fasi principali: la calibrazione e la validazione del modello; queste due operazioni vanno eseguite su dati diversi.

La banca dati rappresentata delle celle "instabili", cioè appartenenti alle nicchie di distacco, è stata divisa in due parti: un insieme di calibrazione composto dal 90 % delle celle scelte casualmente, e un insieme di validazione composto dai rimanenti casi. Per il modello WofE il dataset di calibrazione è rappresentato esclusivamente dalle celle considerate "instabili, mentre

per l'approccio LR al dataset di calibrazione sono aggiunte altrettante celle classificabili come "stabili", cioè estratte in modo casuale all'intero dell'area di studio ma non comprese nel corpo di frana.

Distinti dataset di calibrazione riguardano le condizioni necessarie per l'applicazione degli approcci scelti in questo studio. Il modello WofE calcola la probabilità condizionata che un evento appartenga o meno ad un dato insieme di fattori predisponenti. Il modello consente di analizzare le relazioni delle varie combinazioni tra le classi dei fattori predisponenti e la presenza dei fenomeni franosi in questo caso rappresentato dalle sole celle considerate "instabili". Al contrario, l'analisi LR richiede una dimensione campionaria in cui il rapporto tra le unità campionarie della variabile dicotomica sia pari a 1.

Per la validazione dei modelli si è fatto riferimento al metodo della curva ROC (Receiver Operating Characteristic) che risulta utilizzato anche per fini comparativi tra approcci diversi (a es. Yesilnacar & Topal, 2005; Gorsevski et al., 2006b; Nefeslioglu et al., 2008; Cervi et al., 2010). La curva ROC è un grafico della probabilità di avere un vero positivo (sensibilità) rispetto alla probabilità di avere un falso positivo (specificità) e indica la capacità del modello di discriminare in maniera corretta le osservazioni di presenza/assenza degli eventi compresi nell'insieme di validazione. Infatti, attraverso l'AUC (Area under the ROC curve), è possibile stimare la probabilità di assegnare un unità campionaria al suo reale gruppo di appartenenza e quindi valutare la bontà del metodo usato per la classificazione. Dato che un modello ideale mostra un valore di AUC vicino a 1, mentre un valore vicino a 0.5 indica un modello casuale privo di capacità predittiva, l'intervallo statistico compreso tra 0.5 (predizione casuale) e 1 (predizione perfetta) può essere utilizzato per la comparazione dei diversi approcci utilizzati nel presente lavoro.

6.2. Dai metodi statistici per la zonazione della suscettività alle frane alla quantificazione della funzione protettivo delle foreste

In questo studio, il metodo bivariato del WofE e la tecnica multivariata LR sono stati applicati per valutare la suscettività alle frane del territorio della CM. L'approccio WofE è stato implementato attraverso il tool Spatial Data Modeller (SDM) del software ArcGIS 9.3 (Environmental Systems Research Institute, 2009) compilato in linguaggio Python da Sawatzk et al. (2008). Per quanto riguarda il metodo delle LR, le variabili indipendenti sono state incluse nel modello utilizzato l'algoritmo di regressione forward stepwise, con l'ausilio del programma statistico 'R' (R Development Core Team, 2012). I risultati sono stati poi importati nel software ArcGIS 9.3 per il calcolo matematico delle equazioni di regressione e per la mappatura della probabilità di occorrenza degli eventi di frana.

Per ciascun approccio sono stati considerati due modelli distinti in base all'insieme di fattori predittivi l'evento e prodotte altrettante mappe rappresentative della suscettività alle frane del territorio: mappe derivate del modello di tipo 1 costituite esclusivamente dai fattori geo-ambientali e mappe derivate del modello di tipo 2 costituite dallo stesso insieme di fattori geo-ambientali a cui è stata aggiunta la copertura forestale come ulteriore variabile predittiva.

Poiché in molti casi la presenza del bosco impedisce il manifestarsi di un pericolo naturale, la definizione di pericolo include la potenzialità del suo verificarsi in assenza del bosco. La definizione di due differenti modelli permette di quantificare in modo empirico come la suscettività alle frane del territorio stimata a partire esclusivamente dalle condizioni geo-ambientali (modello di tipo 1) possa cambiare in presenza della copertura forestale (modelli di tipo 2). Il risultato di questo confronto è un indice del grado di protezione associato alla copertura forestale definito nell'intervallo tra 0 e 1 rappresentativo della differenza normalizzata tra la mappe di probabilità di accadimento degli eventi franosi derivate dal modello di tipo 1 vs. modello di tipo 2.

7. RISULTATI

7.1. Densità degli eventi di frana sul territorio

Per ogni classe di ciascun fattore predisponente è stata calcolata la densità rispetto agli eventi censiti (§ 6.1.23.), ovvero riferita al corpo di frana e alla nicchia di distacco (fig. 7.1).

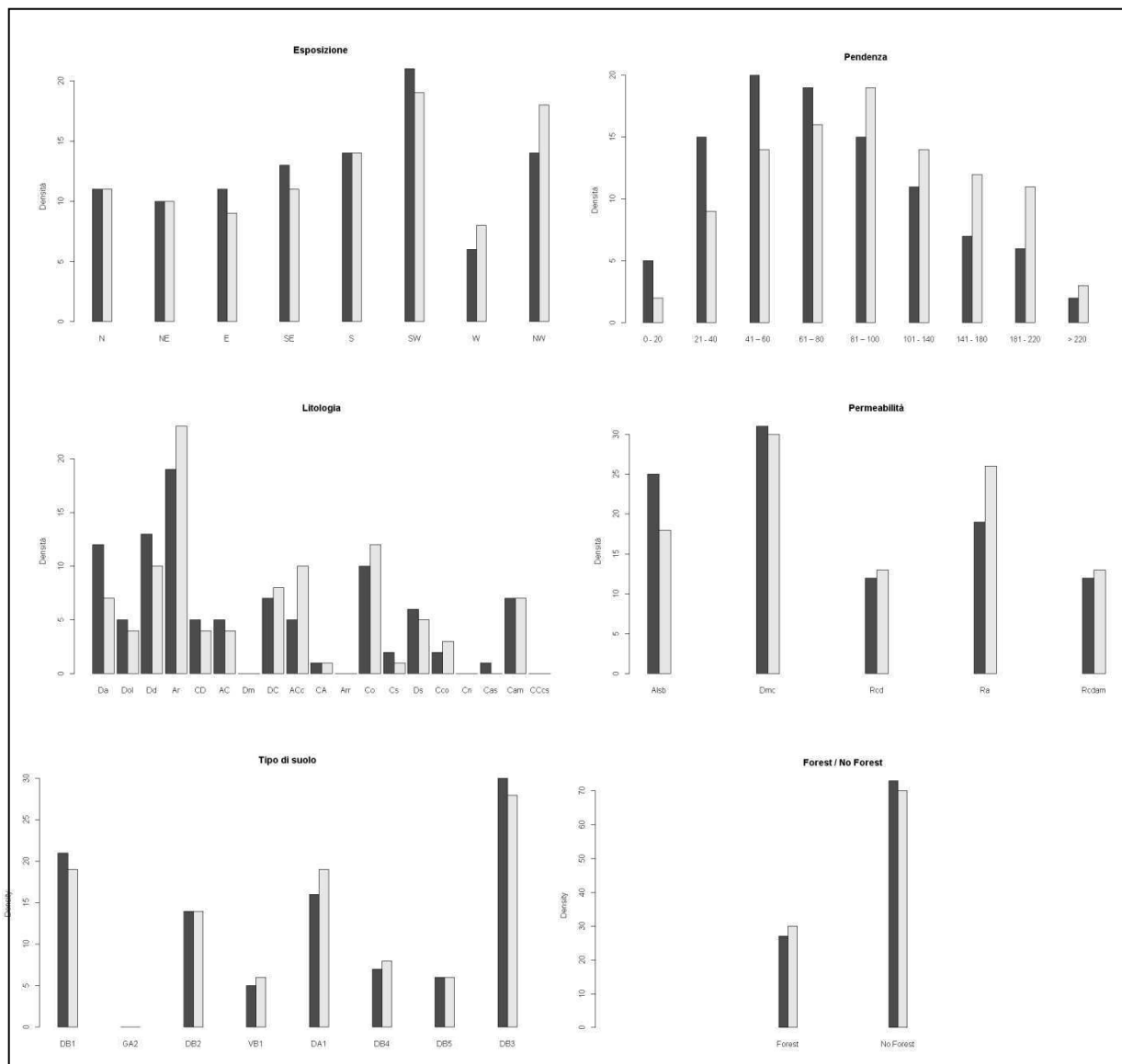


Figura 7.1 – Densità delle frane (nero) e delle nicchie di distacco (grigio) calcolata per ogni classe di ciascun fattore predittivo, La definizione degli acronimi relativi ai fattori litologia, classi di permeabilità e tipo di suolo sono riportate nelle rispettivamente nelle tabelle 4.1, 4.2 e 4.3a e 4.3b.

In entrambi i casi, gli eventi si concentrano nella parte sud-occidentale dei versanti per pendenze comprese tra il 40 % e il 100 %.

Dal punto di vista litologico, le formazioni più instabili sono le arenarie vulcaniche (Ar) e i depositi eluviali, colluviali, detritici e di frana (Dd) o alluvionali infravallivi (Da) del Quaternario ma, la densità nei depositi diminuisce se si escludono le zone di transito o accumulo. Nel caso delle nicchie di distacco, le arenarie vulcaniche (Ar) sono affiancate da

formazioni litologiche del Triassico superiore quali arenarie, calcareniti, breccie calcaree con intercalazioni di peliti (ACc) o del Giurassico inferiore ovvero i calcari oolitici ed encriniti (Co).

Sebbene i depositi morenici e colluviali (Dcm) siano la classe di permeabilità più coinvolta nei fenomeni, la densità calcolata per le nicchie di distacco è secondariamente associata ai settori di territorio poco permeabili delle rocce arenaceo-conglomeratiche, mentre l'interno corpo di frana coinvolge le aree mediamente permeabili delle alluvioni sabbiose (Alsb).

I suoli del tipo DB3 sono i principali sistemi pedologici interessati dai fenomeni di dissesto, si tratta di substrati moderatamente profondi, pietrosi, a moderata differenziazione del profilo con tessitura da media a moderatamente grossolana.

La presenza del bosco contrastare l'instabilità dei versanti, più del doppio degli eventi è localizzato nelle aree prive di copertura forestale.

7.2. Applicazione degli approcci WofE e LR

7.2.1. Analisi dei modelli WofE

Nelle tabelle 7a - 7e sono riportati i valori dei pesi e del Contrast per ciascuna variabile predittiva relativa al modello di tipi 1,

Fattore predittivo	Classe	$W+$	$\sigma W+$	$W-$	$\sigma W-$	C	σC
Esposizione	N	-0,077	0,050	0,010	0,018	-0,087	0,053
	NE	-0,240	0,051	0,033	0,018	-0,273	0,054
	E	-0,329	0,050	0,050	0,018	-0,379	0,053
	SE	-0,122	0,047	0,019	0,018	-0,141	0,050
	<u>S</u>	0,134	0,046	-0,018	0,018	0,153	0,050
	<u>SW</u>	0,449	0,039	-0,079	0,019	0,528	0,043
	W	-0,449	0,064	0,042	0,017	-0,490	0,067
	<u>NW</u>	0,396	0,041	-0,061	0,018	0,457	0,045

Tabella 7.1a – Peso e deviazione standard (σ) di ogni classe della variabile predittiva esposizione. Le classi con positivo $W+$ sono sottolineate.

Fattore predittivo	Classe	$W+$	$\sigma W+$	$W-$	$\sigma W-$	C	σC
Pendenza	0 - 20	-2,151	0,174	0,073	0,017	-2,224	0,175
	20 - 40	-0,392	0,052	0,058	0,018	-0,450	0,055
	<u>40 - 60</u>	0,081	0,035	-0,023	0,019	0,104	0,040
	<u>60 - 80</u>	0,182	0,032	-0,060	0,020	0,242	0,038
	<u>80 - 100</u>	0,353	0,037	-0,074	0,019	0,428	0,041
	<u>100 - 140</u>	0,053	0,047	-0,008	0,018	0,060	0,050
	140 - 180	-0,097	0,087	0,004	0,017	-0,101	0,088
	180 - 220	-0,166	0,151	0,002	0,017	-0,169	0,152
	> 220	-1,248	0,354	0,006	0,017	-1,254	0,354

Tabella 7.1b – Peso e deviazione standard (σ) di ogni classe della variabile predittiva pendenza. Le classi con positivo $W+$ sono sottolineate.

<i>Fattore predittivo</i>	<i>Classe</i>	<i>W+</i>	$\sigma W+$	<i>W-</i>	$\sigma W-$	<i>C</i>	σC
Litologia	<u>Da</u>	0,107	0,061	-0,008	0,017	0,115	0,063
	Dol	-0,416	0,041	0,108	0,018	-0,524	0,045
	<u>Dd</u>	0,473	0,031	-0,141	0,020	0,614	0,037
	<u>Ar</u>	1,314	0,037	-0,170	0,019	1,484	0,042
	CD	-0,314	0,189	0,003	0,017	-0,316	0,190
	AC	-0,552	0,133	0,012	0,017	-0,563	0,134
	Dm	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	<u>DC</u>	0,261	0,135	-0,004	0,017	0,264	0,136
	<u>ACc</u>	0,456	0,159	-0,004	0,017	0,460	0,160
	CA	-2,384	0,316	0,028	0,017	-2,412	0,317
	<u>Arr</u>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	<u>Co</u>	0,613	0,083	-0,019	0,017	0,632	0,085
	Cs	-1,583	0,169	0,039	0,017	-1,621	0,170
	Ds	-0,234	0,049	0,035	0,018	-0,269	0,052
	Cco	-0,831	0,098	0,040	0,017	-0,871	0,099
	Cn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Cas	-2,755	0,354	0,033	0,017	-2,788	0,354
<u>Cam</u>	0,103	0,114	-0,002	0,017	0,105	0,115	
CCcs	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	

Tabella 7.1c – Peso e deviazione standard (σ) di ogni classe della variabili predittiva litologia. Le classi con positivo $W+$ sono sottolineate, Le definizioni gli acronimi per le classi di litologiche sono riportate in Tabella 4.1.

<i>Fattore predittivo</i>	<i>Classe</i>	<i>W+</i>	$\sigma W+$	<i>W-</i>	$\sigma W-$	<i>C</i>	σC
Permeabilità	Alsb	-0,033	0,060	0,003	0,017	-0,036	0,063
	<u>Dmc</u>	0,473	0,031	-0,141	0,020	0,614	0,037
	Rcd	-0,401	0,034	0,171	0,019	-0,573	0,039
	<u>Ra</u>	0,320	0,033	-0,091	0,019	0,411	0,038
	Rcdam	-0,347	0,045	0,068	0,018	-0,415	0,049

Tabella 7.1d – Peso e deviazione standard (σ) di ogni classe della variabile predittiva permeabilità, Le classi con positivo $W+$ sono sottolineate. Le definizioni degli acronimi per le classi di permeabilità sono riportate nella Tabella 4.2.

<i>Fattore predittivo</i>	<i>Classe</i>	<i>W+</i>	$\sigma W+$	<i>W-</i>	$\sigma W-$	<i>C</i>	σC
Tipo di suolo	<u>DB1</u>	0,159	0,024	-0,138	0,024	0,296	0,033
	<u>GA2</u>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	DB2	-0,158	0,054	0,018	0,018	-0,176	0,057
	VB1	-1,036	0,122	0,035	0,017	-1,071	0,123
	<u>DA1</u>	0,136	0,045	-0,021	0,018	0,157	0,048
	DB4	-0,741	0,075	0,059	0,017	-0,801	0,077
	DB5	-1,078	0,101	0,056	0,017	-1,134	0,102
	<u>DB3</u>	0,503	0,041	-0,077	0,018	0,580	0,045

Tabella 7.1e – Peso e deviazione standard (σ) di ogni classe della variabile predittiva tipo di suolo, Le classi con positivo $W+$ sono sottolineate. Le definizioni degli acronimi per tipi di suolo sono riportate in Tabella 4.3a e 4.3b.

In base al valore positivo di C , la maggiore probabilità di frana è associata alle esposizioni

comprese nel quadrante meridionale o nord occidentale dei versanti.

Pendenze inferiori al 20 % sono associate a una correlazione spaziale negativa con gli eventi franosi che diventa positiva per classi di pendenza compresa tra il 40 e il 60 % fino a inclinazioni del 100 %.

Le classi litologiche con maggiore suscettività sono quelle corrispondenti ai depositi sciolti (Dd) e alle arenarie vulcaniche (Ar). Per quanto concerne la permeabilità dei litotipi, sono le classi poco permeabili con presenza di terreni sciolti delle rocce arenaceo-conglomeratiche (Ra) e dei depositi morenici e colluviali (Dmc) ad avere i maggiori valori di C.

Nel caso dei suoli, il C più alto si riscontra per i Cambisols (DB) e il più basso per i Leptosols (DA). Questo aspetto è legato alla granulometria del terreno indicando come la suscettività agli eventi franosi aumenta nei substrati a granulometria media e fine.

Per quanto riguarda la copertura forestale, la presenza del bosco (modello di tipo 2) indica una significativa riduzione della probabilità di frana in corrispondenza delle nicchia di distacco rispetto alle zone prive di vegetazione (tab. 7.2).

<i>Classe</i>	<i>W+</i>	σW	<i>W-</i>	σW	<i>C</i>	σC
Superficie forestale	0,577	0,026	-0,267	0,022	0,844	0,034
Superficie non forestale	-0,267	0,022	0,577	0,026	-0,844	0,034

Tabella 7.2 - Peso e deviazione standard (σ) calcolati rispetto alla presenza/assenza della copertura forestale.

7.2.2. Analisi dei modelli LR

I coefficienti di regressione ottenuti attraverso l'approccio logistico considerando esclusivamente le variabili geo-ambientali (modello di tipo 1) sono riportati nella tabella 7.3. L'influenza di questi fattori sulla probabilità di frana può essere dedotta in base al segno dei coefficienti: un coefficiente negativo associa alla variabile corrispondente un'area relativamente stabile, mentre un coefficiente positivo evidenzia una maggiore probabilità di accadimento dell'evento.

<i>Fattore predittivo</i>		<i>B</i>	<i>S,E</i>	<i>Prob</i>
Intercetta		-1,222	0,114	0,000
Pendenza		2,766	0,132	0,000
Litologia	Da	1,398	0,083	0,000
	Dd	0,251	0,080	0,002
	Ar	4,411	0,358	0,000
	CD	-3,459	0,522	0,000
	AC	-1,767	0,198	0,000
	Dm	-16,526	243,214	0,946
	DC	1,978	0,151	0,000
	ACc	-2,484	0,193	0,000
	CA	1,359	0,177	0,000
	Arr	-0,694	0,364	0,056
	Co	2,089	0,284	0,000
	Cs	-15,171	348,659	0,965
	Ds	2,325	0,468	0,000
	Cco	-2,424	0,224	0,000
	Cn	-1,087	0,128	0,000
Cas	1,599	0,224	0,000	
Permeabilità	Rcdam	-0,702	0,144	0,000
Tipo di suolo	DB1	0,940	0,312	0,003
	VB1	-16,122	830,951	0,985
	DA1	-0,275	0,108	0,011
	DB5	-0,873	0,378	0,021
	DB3	0,709	0,373	0,057

Tabella 7.3 – Coefficienti del modello di regressione logistica calcolati per il modello di tipo 1, La definizione degli acronimi relativi ai fattori litologia, classe di permeabilità e tipo di suolo sono riportate rispettivamente nelle tabelle 4.1 4.2, 4.3a, e 4.3b.

La pendenza con coefficiente positivo, conferma come la suscettività del territorio ai fenomeni franosi aumenti con l'incremento di questa variabile, Il criterio di analisi stepwise esclude il fattore esposizione dal modello poiché apporta uno scarso contributo predittivo una volta introdotte altre variabili.

Una forte correlazione con gli eventi franosi è riferita alle classi litologiche in particolare delle arenarie vulcaniche (Ar), delle dolomie selcifere e brecce dolomitiche (Ds) e dei calcari oolitici ed encrinuti con intercalazioni marnose (Co).

Il fattore permeabilità sembra associato principalmente a situazioni di stabilità, solo la classe delle rocce calcareo-dolomitiche ed arenaceo-marnose mediamente permeabili (Rcdam) è inserita nel modello con un coefficiente di segno negativo.

Per quanto riguarda il tipo di suolo, sono le classi DB1 e DB3 quelle che maggiormente concorrono all'instabilità dei versanti. Si tratta di suoli sottili o moderatamente profondi, in genere pietrosi, con bassa o moderata differenziazione del profilo.

Sebbene sussistano delle similarità tra i predittori (ad esempio il segno dei coefficienti per il fattore pendenza e alcune classi litologiche) è importante rimarcare le differenze tra i modelli successive all'inserimento della copertura forestale come variabile predittiva (tab. 7.4).

Per esempio, le classi DA1 e DB3 del modello 1 sono sostituite dalle classi DB2 e DB4 nel modello di tipo 2. In riferimento al fattore litologia, la classe delle arenarie vulcaniche (Ar) conferma la forte correlazione con gli eventi franosi ma nel modello di tipo 2 è affiancata dalla classe delle dolomie e calcari con intercalazioni di marne, arenarie e gessi (DC) e dalle arenarie, calcareniti, breccie calcaree con intercalazioni di peliti (ACc). La permeabilità non sembra essere un buon predittore per la calibrazione del modello di tipo 2. Anche in questo caso, solo la classe delle rocce calcareo-dolomitiche e marnoso-arenacee (Rcdam) è inclusa nel modello ma con un livello di significatività di poco inferiore al valore teorico di 0,05.

La copertura forestale ha un elevato coefficiente negativo (modelli di tipo 2: variabili geo-ambientali e copertura forestale) a cui può essere associato il positivo apporto dato dalla formazioni forestali alla stabilità dei versanti

<i>Fattore predittivo</i>		<i>B</i>	<i>S,E</i>	<i>Prob</i>
Intercetta		-1,236	0,120	0,000
Pendenza		4,078	0,361	0,000
Litologia	Da	1,557	0,142	0,000
	Dd	1,276	0,086	0,000
	Ar	2,636	0,115	0,000
	CD	0,670	0,320	0,036
	AC	-15,297	353,183	0,965
	Dm	1,499	0,214	0,000
	DC	2,239	0,463	0,000
	ACc	1,834	0,277	0,000
	CA	-0,743	0,370	0,045
	Arr	-16,025	836,911	0,985
	Co	1,236	0,176	0,000
	Cs	-1,890	0,202	0,000
	Ds	-0,989	0,376	0,009
	Cco	-0,794	0,154	0,000
	Cn	-16,686	240,626	0,945
Cas	-3,720	0,526	0,000	
Permeabilità	Rcdam	0,750	0,371	0,043
Suolo	DB1	1,172	0,079	0,000
	DB2	1,141	0,114	0,000
	VB1	-1,719	0,173	0,000
	DB4	0,940	0,136	0,000
	DB5	-1,276	0,204	0,000
Copertura forestale		-1,044	0,067	0,000

Tabella 7.4 – Coefficienti del modello di regressione logistica calcolati per il modello di tipo 2, La definizione degli acronimi relativi ai fattori litologia, classe di permeabilità e tipo di suolo sono riportati nelle tabelle 4.1 4.2, 4.3a, e 4.3b.

7.2.3. Confronto tra modelli

I risultati delle analisi ROC permettono di evidenziare come, indipendentemente dal tipo di approccio e modello, l'AUC assuma un valore superiore a 0,7.

La combinazione di fattori geo-ambientali concernenti il modello di tipo 1 non mostra alcun nessun vantaggio nell'usare il metodo multivariato LR rispetto all'approccio univariato WofE. Tuttavia, con l'inserimento della variabile associata alla copertura forestale la LR assorbe ulteriori informazioni, mentre l'approccio WofE non è in grado di migliorare la previsione in modo sostanziale.

Sebbene il potenziale predittivo di entrambi i modelli migliori qualora la copertura forestale sia considerata tra le variabili, il maggior valore di AUC si ottiene per il modello di tipo 2 elaborato in base all'approccio logistico. Questo suggerisce che, sulla base del set di dati utilizzati, la previsione con l'approccio LR può essere raggiunto con maggiore certezza rispetto alla previsione WofE.

<i>Approccio</i>	<i>Modello</i>	<i>AUC</i>
WofE	1	0,757
	2	0,768
LR	1	0,734
	2	0,779

Tabella 7.5 – Valori dell'AUC per I diversi modelli.

7.3. Quantificazione della funzione protettiva

Per quantificare il ruolo potenziale del bosco nel controllo degli eventi franosi con riferimento all'unità funzionale delle nicchie di distacco, è stato operato un confronto nell'ambito dell'approccio LR tra la mappa di suscettibilità elaborata includendo come variabile predittiva la copertura forestale (modello di tipo 2) con quella ottenuta sulla base esclusiva dai fattori geo-ambientali (modello di tipo 1). Il ruolo protettivo svolto dalle foreste è stato quantificato sulla base delle differenze dei distinti modelli (fig.7.1).

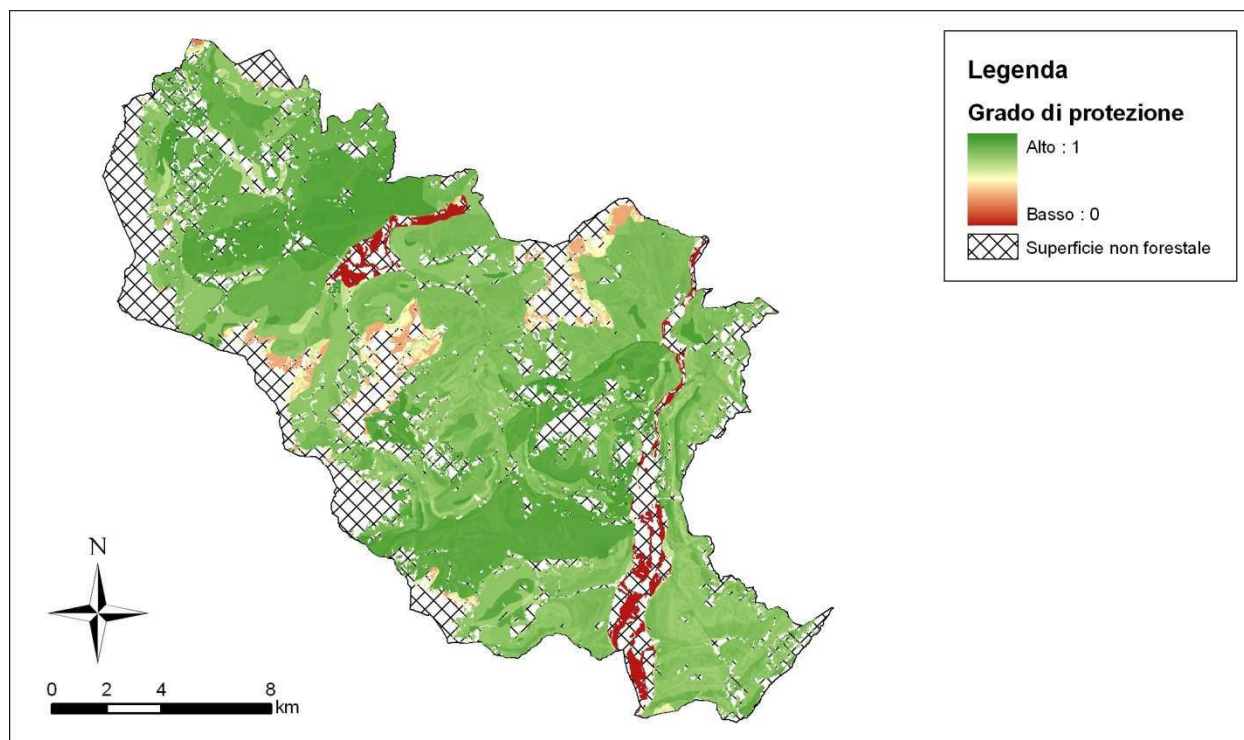


Figure 7.1 – Mappa del grado di protezione dei popolamenti forestali (approccio LR).

La valenza protettiva del bosco è un aspetto diffuso in tutto il territorio della CM, presupposto per la stabilità dei versanti e per la presenza stessa del popolamento forestale e delle funzioni cui è destinato a svolgere.

Le categorie forestali con maggiore grado di protezione sono le peccete, i lariceti e le piceofaggete che si localizzano sul substrato di arenacee del Mesozoico della Valle di Zoldo e sulle formazioni dolomitiche del settore meridionale della CM. I substrati silicatici sono caratterizzati da litotipi con permeabilità scarsa, mentre nel settore dolomitico le classi di permeabilità variano da poco a molto permeabili indicando una situazione più eterogenea. I popolamenti a maggiore protezione crescono su Cutanic Luvisols da moderatamente profondi a profondi, ad alta differenziazione del profilo con accumulo di argilla in profondità.

Variazioni nel grado di protezione si osservano in modo evidente al confine delle formazioni litologiche soprattutto se associate all'interruzione della copertura forestale.

7.4. Quantificazione della funzione protettiva

La carta delle funzioni preminenti del PFIT è stata sovrapposta alla mappa di quantificazione del grado di protezione della copertura forestale della CM al fine di combinare la valenza protettiva dei popolamenti con la zonizzazione strategica del Piano (fig. 7.2).

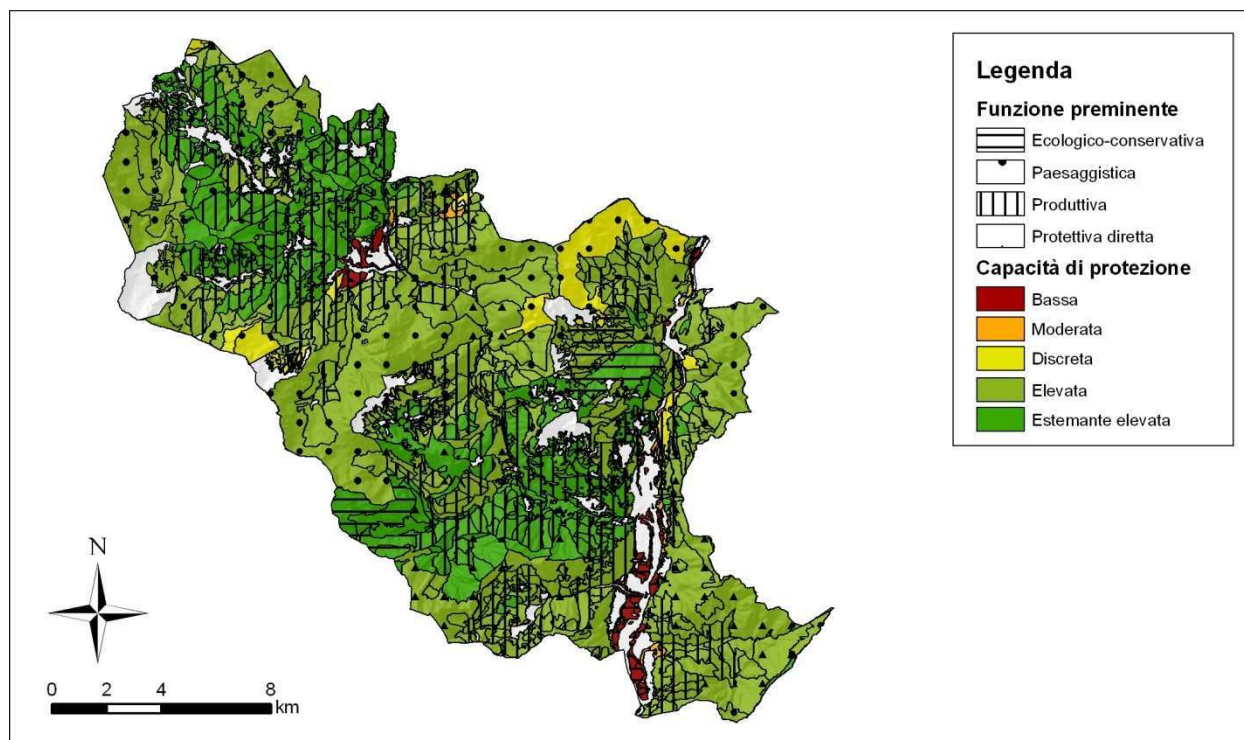


Figure 7.1 – Mappa della capacità di protezione associato ad ogni unità territoriale (UT).

Per capacità protettiva s'intende il ruolo, o meglio l'azione, che la superficie forestale svolge fornendo protezione e tutela nei confronti della suscettibilità del territorio agli eventi franosi all'interno dell'unità territoriale di riferimento del PFIT. La capacità protettiva è definita come media dei valori quantitativi compresi all'interno alla superficie cartografica dell'unità stessa tradotto in una descrizione sintetica articolata secondo cinque classi di protezione.

Le classi sono state analizzando il diagramma della distribuzione dei valori ottenuti e posizionando i limiti in corrispondenza delle brusche rotture dell'istogramma di frequenza associato alla mappa stessa (Natural Breaks); tali valori forniscono una indicazione ordinale su base oggettiva del livello di esplicazione della funzione protettiva da parte del bosco (bassa, media, discreta, elevata ed estremamente elevata).

Circa l'88 % delle unità territoriali è caratterizzato da una valenza protettiva elevata o estremamente elevata che se riportata in termini di copertura forestale equivale a circa il 94 % della superficie interessata dal PFIT. Infatti, solo il 6 % delle unità territoriali è associato ad una scarsa valenza protettiva che rappresenta meno del 2 % della superficie forestale (tab. 7.6).

<i>Funzione preminente</i>	<i>Capacità di protezione</i>	<i>Numero di UT</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Superficie boscata (ha)</i>
Ecologico-conservativa	Bassa	41	264	261
	Discreta	7	43	43
	Media	9	41	41
	Elevata	29	466	465
	Estremamente elevata	15	860	554
Paesaggistica	Bassa	2	9	9
	Discreta	23	1090	669
	Elevata	114	6579	4214
	Estremamente elevata	62	881	772
Produttiva	Bassa	13	149	149
	Discreta	6	146	139
	Media	9	113	110
	Elevata	234	6579	4214
	Estremamente elevata	247	881	772
Protettiva	Bassa	5	19	19
	Discreta	5	64	63
	Media	2	12	12
	Elevata	234	5795	5126
	Estremamente elevata	237	2296	2051
Totale complessivo		1032	29121	24833

Tabella 7.6 – Numero di unità territoriali e relative superfici classificate in base alla funzione preminente e al valore della funzione protettiva.

Circa l'88 % delle unità territoriali è caratterizzato da una valenza protettiva elevata o estremamente elevata che se riportata in termini di copertura forestale equivale a circa il 94 % della superficie interessata dal PFIT, Infatti, solo il 6 % delle unità territoriali è associato ad una scarsa valenza protettiva che rappresenta meno del 2 % della superficie forestale.

8. CONCLUSIONI

Il concetto di funzione del bosco deriva dall'attribuire un valore ad alcuni effetti del dinamismo naturale degli ecosistemi forestali. I valori che l'uomo assegna al bosco sono realtà che cambiano e si adattano al trascorrere e al modificarsi del tempo e trovano espressione in una varietà di funzioni che rispecchiano le esigenze delle persone e i mutevoli rapporti di forza all'interno della società. Sebbene le funzioni possano cambiare, il ruolo svolto nel mantenimento dell'equilibrio idrogeologico del territorio è una prestazione continuamente riconosciuta da cui deriva la considerazione costante del ruolo protettivo delle foreste.

Il valore multifunzionale del sistema bosco, in tutte le sue possibili declinazioni, è sancito con documenti comunitari e strumenti normativi di carattere nazionale e regionale che permettono di affrontare con rinnovate risorse la pianificazione e gestione delle foreste.

Come sperimentazione preliminare la presente ricerca ha affrontato il problema della valutazione della multifunzionalità delle tipologie forestali del patrimonio boschivo della Comunità Montana Cadore Longaronese Zoldo secondo la metodologia multicriteriale di attribuzione funzionale messa a punto da Corona et al. (2010) per l'altopiano di Asiago.

L'esperienza condotta in un contesto territoriale diverso ha consentito di confermare la validità del Piano Forestale d'Indirizzo Territoriale (PFIT) come strumento di pianificazione forestale di scala intermedia e di convalidare l'efficacia della metodologia nel delineare il percorso da seguire durante il processo di pianificazione.

La zonizzazione del patrimonio boschivo operata attraverso la definizione di una funzione preminente, si traduce in uno strumento strategico nell'ambito della pianificazione territoriale in grado di supportare la selvicoltura e l'assestamento nella definizione delle scelte colturali d'intervento. L'attribuzione funzionale non riduce la valenza multifunzionale del bosco, la classifica delle funzioni su scala quantitativa rappresenta un criterio oggettivo della simultaneità di più funzioni su una medesima superficie in base al quale orientare gli interventi colturali.

Il ruolo svolto dal bosco nella conservazione del suolo e nella protezione nei confronti dei fenomeni di dissesto rappresenta un aspetto fondamentale nel contesto territoriale di riferimento.

L'ipotesi di studio è stata di verificare se la funzione protettiva del bosco può essere quantificata attraverso il confronto di modelli statistici relativi alla suscettibilità alle frane. A tal fine è stato sviluppato un approccio empirico multifattoriale per quantificare il rapporto tra superficie forestale e il verificarsi di eventi di frana. Il metodo è basato sul confronto tra modelli calibrati con diverse combinazioni di fattori predittivi.

Tra i metodi statistici utilizzati nelle condizioni esaminate quello che ha evidenziato il maggior grado di accuratezza è l'approccio LR soprattutto quanto la copertura forestale è

considerata come variabile predittiva per la stima della suscettività.

Il confronto tra modelli implementati considerando o meno la copertura forestale come fattore predittivo, ha permesso di quantificare il ruolo potenziale dei popolamenti nel controllo del distacco dei corpi di frana. La valutazione della funzione protettiva fornita dal modello si propone come uno strumento di oggettivo di supporto all'impostazione delle più adeguate scelte di programmazione gestionale delle risorse forestali spendibile dall'asestatore e al selvicoltore per l'individuazione delle aree dove concentrare eventuali interventi miglioratori o per definire strategie di intervento in relazione alle altre funzioni svolte dal bosco.

La possibilità di mantenere il collegamento con la rappresentazione cartografica della zonizzazione funzionale PFIT rappresenta un successivo sviluppo applicativo attraverso il quale la capacità protettiva si unisce direttamente con il sistema gerarchico delle funzioni relativo ad ogni popolamento.

9. BIBLIOGRAFIA

Aleotti, P. & Chowdhury, R. (1999) Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, **58**, 21-44.

Anbalagan R. & Sing, B. (1996) Landslide hazard and risk assessment mapping in mountainous terrains — cases study from Kumaun Himalaya, India. *Engineering Geology*, **43**, 237–246.

Aston, A.R. (1979) Rainfall interception by eight small trees. *Journal of Hydrology*, **42**, 383–396.

Atkinson, P.M. & Massari, R. (1998). Generalized linear modeling of susceptibility to landsliding in the central Apennines, Italy. *Computers and Geosciences*, **24**, 373–385.

Attiwill, P.M. (1994) The disturbance of forest ecosystems: the ecological basis for conservative management. *Forest Ecology and Management* **63** (2), 247–300.

ARPAV (Agenzia per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto), (1993) *Carta di localizzazione probabile delle valanghe Comuni di Soverzene, Pieve d'Alpago, Chies D'Alpago, Puos d'Alpago, Tambre d'Alpago, Farra d'Alpago*. Centro Valanghe di Arabba.

ARPAV (Agenzia per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto), (1987) *Carta di localizzazione probabile delle valanghe Comuni di Zoldo Alto, Zoppè di Cadore, Forno di Zoldo*. Centro Valanghe di Arabba.

ARPAV (Agenzia per la Prevenzione e la Protezione Ambientale del Veneto), (1993) *Carta di localizzazione probabile delle valanghe Comuni di Perarolo di Cadore, Ospitale di Cadore, Castellavazzo, Longarone*. Centro Valanghe di Arabba.

Ayalew, L., Yamagishi, H., Ugawa, N. (2004) Landslide susceptibility mapping using GIS-based weighted linear combination, the case in Tsugawa area of Agano River, Niigata Prefecture, Japan. *Landslides* **1**, 73–82.

Avanzi, G.D.; Gianecchini, R.; Puccinelli, A. (2004) The influence of geological and geomorphological settings on shallow landslides. An example in temperate climate environment: the June 19, 1996 event in northwestern Tuscany (Italy). *Engineering Geology*, **73**, 215–228.

Badoux, A., Jeisy, M., Kienholz, H., Lüscher, P., Weingartner, R., Witzig, J., Hegg, Ch. (2006) Influence of storm damage on the runoff generation in two sub-catchments of the Sperbelgraben, Swiss Emmental. *European Journal of Forest Research*, **125**, 27–41.

Brardinoni, F., Hassan, M.A., Slaymaker, H.O. (2002) Complex mass wasting response of drainage basins to forest management in coastal British Columbia. *Geomorphology*, **49**, 109–124.

Brang P., Schönenberger W., Frehner M., Schwitter R., Thormann J.J., Wasser B., 2006 - Management of protection forests in the European Alps: an overview. *Forest Snow and Landscape Research*, **80**, 23-44.

Brang, P. (2001) Resistance and elasticity: promising concepts for the management of protection forests in the European Alps. *Forest Ecology and Management*, **145**(1), 107-117.

Berger, F. & Chauvin, C. (1996) Cartographie des fonctions de protection de la forêt de

montagne: appréciation des potentialités d'avalanches sous couvert forestier. *Revue de Géographie de Lyon*, **71**, 137–145.

Bebi, P., Kienast, F., Schönenberger, W. (2001) Assessing structures in mountain forests as a basis for investigating the forests' dynamics and protective function. *Forest Ecology and Management*, **145**, 3–14.

Bengtsson, J., Nilsson, S.G., Franc, A., Menozzi, P. (2000) Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest Ecology and Management*, **132**, 39–50.

Begueria, S. (2006) Changes in land cover and shallow landslide activity: A case study in the Spanish Pyrenees. *Geomorphology*, **74**, 196–206.

Bernknopf, R.L., Cambell, R.H., Brookshire, D.S., Shapiro, C.D. (1988). A probabilistic approach to landslide hazard mapping in Cincinnati, Ohio, with applications for economic evaluation. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, **25**, 39–56.

Berger, F. & Rey, F. (2004) Mountain protection forests against natural hazards and risks: new French developments by integrating forests in risk zoning. *Natural Hazards*, **33**, 395–404.

Berretti R., DE ferrari F., Dotta A., Haudemand J.C., Meloni F., Motta R., Terzuolo P.G. (2009) Le foreste di protezione diretta: definizione, cartografia ed analisi della attitudine dei popolamenti forestali a svolgere la funzione protettiva. In: Ciancio O. (a cura di), Atti del Terzo Congresso Nazionale di Selvicoltura (Taormina, 16-19 Ottobre 2008). Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze. Volume I: 460-465.

Beven, K. & Germann, P. (1982) Macropores and water-flow in soils. *Water Resources*, **18** (5), 1311–1325.

Bormann, F.H. & Likens, G.E. (1979) *Pattern and Process in a Forested Ecosystem*, Springer, New York.

Borga, M., Dalla Fontana, G., Da Ros, D., Marchi, L. (1998) Shallow landslide hazard assessment using a physically based model and digital elevation data. *Environmental Geology*, **35**(2–3), 81–88.

Bonham-Carter, G.F. (1994) *Geographic Information System for Geoscientists: Modelling with GIS*, Pergamon Press, Oxford.

Bonham-Carter, G.F., Agterberg, F.P., Wright, D.F. (1989) Weights of evidence modeling: a new approach to mapping mineral potential. In: *Statistical Applications in the Earth Sciences* (ed. F.P. Agterberg & G.F. Bonham-Carter) Geological Survey Canada of Paper **89**, 171–183.

Bosch, J.M. & Hewlett, J.D. (1982) A review of catchment experiments to determine the effects of vegetation changes on water yield and evaporation. *Journal of Hydrology*, **55**, 3-23.

Brang, P., Schönenberger, W., Ott, E. (2001) Forests as protection from natural hazards. In: *The Forests Handbook* (ed. J. Evans) Blackwell Science, **2**, 53-81.

Brabb, E.E., Pampeyan, E.H., Bonilia, M.G. (1972) *Landslide susceptibility in San Maleo County, California*. U.S. Geol. Survey Misc. Field investigation Map, MF 360.

Brauner, M., Weinmeister W., Agner, P., Vospernik S., Hoesle B. (2005) Forest management decision support for evaluating forest protection effects against rockfall. *Forest Ecology and Management*, **207**, 75-85.

Brenning, A. (2005) Spatial prediction models for landslide hazards: review, comparison and evaluation. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **5** (6), 853–862.

Burch, H., Forster, F., Schleppe, P. (1996) Zum Einfluss des Waldes auf die Hydrologie der Flysch-Einzugsgebiete des Alptals, *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, **147**, 925-938.

Burrough, P. A. & McDonell, R.A. (1998) *Principles of Geographical Information Systems*, Oxford University Press, New York, USA.

Carrara, A., Cardinali, M., Detti, R., Guzzetti, F., Pasqui, V., Reichenbach, P., (1991) GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard. *Earth Surface Processes and Landforms*, **16**, 427–445.

Cervi, F., Berti, M., Borgatti, L., Ronchetti, F., Manenti, F., Corsini, A. (2010). Comparing predictive capability of statistical and deterministic methods for landslide susceptibility mapping: a case study in the northern Apennines (Reggio Emilia Province, Italy). *Landslides*, **7**, 433–444.

Chen, H. & Wang, J. (2007). Landslide hazard mapping using logistic regression model in Mackenzie Valley, Canada. *Natural Hazards*, **42**, 75-89.

Chung, Ch.-J. & Fabbri, A. (1999) Probabilistic prediction models for landslide hazard mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **65**, 1389–1399.

Chung, C .F., Fabbri, A. G., van Westen, C. J. (1995) Multivariate regression analysis for landslide hazard zonation. In: *Geographical Information Systems in Assessing Natural Hazards* (ed. Carrara, A. & Guzzetti, F.) Kluwer Academic Publisher, 107–134.

Ciancio, O., Nocentini S. (1999) La gestione forestale sistemica e la conservazione della biodiversità. *L'Italia Forestale e Montana*, **54**: 165-177.

Ciancio, O., Corona, P., Iovino, F., Menguzzato, G., Scotti, R. (1999) Forest management on a natural basis: the fundamentals and case studies. *Journal of Sustainable Forestry*, **1-2**, 59-72.

Ciancio, O. (1998) Gestione forestale e sviluppo sostenibile. In: Secondo Congresso Nazionale di Selvicoltura Per il miglioramento e la conservazione dei boschi italiani (ed. Consulta Nazionale per le Foreste ed il Legno – Direzione Generale per le Risorse Forestali, Montane ed Idriche – Accademia Italiana di Scienze Forestali) Venezia, 24-27 giugno 1998: 131-187.

Ciancio, O. (1988) Il bosco bene di interesse pubblico. *L'Italia Forestale e Montana*, **43** (4), 268-270.

Cognard-Plancq, A.-L., Marc, V., Didon-Lescot, J.-F., Normand, M. (2001) The role of forest cover on streamflow down sub-Mediterranean mountain watersheds: a modelling approach. *Journal of Hydrology*, **254**, 229–243.

Corona, P., Barbati, A., Ferrari B., Portoghesi L., *Pianificazione ecologica dei sistemi forestali*, Compagnia delle Foreste, Arezzo, Italia.

Corona P., Carraro G., Portoghesi L., Bertani R., Dissegna M., Ferrari B., Marchetti M., Fincati G., Alivernini A. (2010) *Pianificazione forestale di indirizzo territoriale. Metodologia e applicazione sperimentale all'altopiano di Asiago*. Regione del Veneto, Università degli Studi della Tuscia, Piccoli Giganti Edizioni, Castrovillari, Italia.

Cruden, D.M. & Varnes, D.J., (1996) Landslides Types and Processes. In: *Landslides: Investigation and Mitigation Transportation Research Board Special Report 247* (ed. Turner A.K. & Schuster R.L.) National Academy Press, 36-75.

Cruden, D.M., (1991). A simple definition of a landslide. *International association for engineering geology Bulletin*, **43**, 27-29.

Cullotta S. & Maetzke F., (2008a) La pianificazione forestale ai diversi livelli in Italia. I Parte: struttura generale e pianificazione a livello nazionale e regionale. *L'Italia Forestale e Montana*, **63** (1): 29-47.

Cullotta S. & Maetzke F., (2008b) La pianificazione forestale ai diversi livelli in Italia. II Parte: struttura generale e pianificazione a livello nazionale e regionale. *L'Italia Forestale e Montana*, **63** (2): 91-108.

Dai, F.C. & Lee, C.F., (2002) Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS Lantau Island, Hong Kong. *Geomorphology*, **42**, 213– 238.

Dai, F.C., Lee, C.F., Li, J., Xu, Z.W., (2001) Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantau Island, Hong Kong. *Environmental Geology*, **40**, 381– 391.

Dal Pia, G.V., Scientific Coord. (1988) *Carta Geologica del Veneto a scala 1:250.000*. Segreteria Regionale per il Territorio della Regione del Veneto, Università di Padova, Istituto di Geologia. Editrice Selca, Firenze, Italia.

Del Favero R., Carraro G., Dissegna M., Giaggio, Savio D., Zen S., Abramo E., Andrich O., Corona P., Cassol M., Lasen C., Marchetti M. (2000) *Biodiversità e indicatori nei tipi forestali del Veneto*. Regione del Veneto, Direzione Regionale per le Foreste e l'Economia Montana, Mestre, Italia.

Descroix, L., Viramontes, D., Vauclin, M., Gonzales Barrios, J.L., Estees, M. (2001) Influence of soil surface features and vegetation on runoff and erosion in the Western Sierra Madre (Durango, NW Mexico). *Catena*, **43**, 115–135.

De Graff, J. & Canuti P., (1988) Using isopleth mapping to evaluate landslide activity in relation to agricultural practices. *Bulletin of the Association of Engineering Geology*, **38**, 61–71.

Dietrich, W.E. & Montgomery, D.R. (1998) Shalstab: a digital terrain model for mapping shallow landslide potential. URL: <http://socrates.berkeley.edu/~geomorph/shalstab/>. Accessed on 30th June 2007.

Dietrich, W.E., Wilson, C.J., Montgomery, D.R., McKean J., Bauer, R. (1992) Erosion Thresholds and Land Surface Morphology. *Geology*, **20**, 675-679.

Dhokal A.S. & Sidle R.C. (2003) Long term modeling of landslides for different forest management practices, *Earth Surface Processes and Landforms*, **28**, 853-868.

Domínguez-Cuesta, M.J., Jiménez-Sánchez, M., Berrezueta, E., (2007) Landslides in the

Central Coalfield (Cantabrian Mountains, NW Spain): geomorphological features, conditioning factors and methodological implications in susceptibility assessment. *Geomorphology*, **89**, 358–369.

Dorren, L.K.A., Berger, F., Imeson, A.C., Maier B., Rey F., (2004) Integrity, stability and management of protection forests in the European Alps. *Forest Ecology and Management*, **195**, 165-176.

Environmental Systems Research Institute (2009) *ArcGIS. Environmental Systems Research Institute*, Redlands.

Ferrari, E., Iovino, F., Veltri, A. (2004) Bosco e ciclo dell'acqua: aspetti metodologici ed applicativi. In: *Tecniche per la difesa dall'inquinamento*, (ed. G.Frega), Editoriale Bios, Cosenza, 645-660.

Franklin, J.F., Spies, T.A., Pelt, R.V., Carey, A.B., Thornburgh, D.A., Berg, D.R., Lindenmayer, D.B., Harmon, M.E., Keeton, W.S., Shaw, D.C., Bible, K., Chen, J. (2002) Disturbances and structural development of natural forest ecosystems with silvicultural implications, using Douglas-fir forests as an example. *Forest Ecology and Management*, **155**, 399–423.

Forman, R.T.T. (1995) *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press.

Führer, E. (2000). Forest functions, ecosystem stability and management. *Forest Ecology and Management*, **132**, 29-38.

Frehner, M., Wasser, B., Schwitter, R. (2005) *Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald Wegleitung für Pfl egemassnahmen in Wälder mit Schutzfunktion*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern.

Giuliacci, M. (1988) *Climatologia fisica e dinamica della Valpadana*, ERSA, Servizio Meteorologico Regionale Emilia-Romagna, Bologna.

Glade, T. & Crozier, M.J. (2005) A review of scale dependency in landslide hazard and risk analysis. In: *Landslide hazard and risk* (ed. T. Glade, M.G. Anderson, M.J. Crozier) Wiley, 75-138.

Gorsevski, P.V.; Gessler, P.E.; Boll, J.; Elliot, W.E.; Foltz, R.B. (2006a) Spatially and temporally distributed modeling of landslide susceptibility. *Geomorphology*, **80**, 178–198.

Gorsevski, P.V., Gessler, P.E., Foltz, R.B., Elliot, W.J. (2006b). Spatial prediction of landslide hazard using Logistic Regression and ROC analysis. *Transactions in GIS* **10** (3), 395–415

Gray, D.H. & Megahan, W.F. (1981) *Forest Vegetation Removal and Slope Stability in the Idaho Batholith*, US Forest Service Research Paper INT-271. USDA Forest Service: Washington, DC.

Grime, J.P. (2001) *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*, 2nd ed, Wiley, Chichester, UK.

Grah, R.F. & Wilson, C.C. (1944) Some components of rainfall interception. *Journal of Forestry* **42**, 890-898.

Greenway, D.R., (1987) Vegetation and slope stability. In: *Slope Stability, Geotechnical*

Engineering and Geomorphology (ed. Anderson, M.G. & Richards, K.S.) Wiley, Chichester, UK.

Grumbine, R. E. (1994) What is ecosystem management? *Conservation Biology*, **8**,27-38.

Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M., Reichenbach, P. (1999) Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*.

Guthrie, R.H. (2002) The effects of logging on frequency and distribution of landslides in three watersheds on Vancouver island, British Columbia. *Geomorphology*, **43**, 273–292.

Gucinski, H., Furniss, M.J., Ziemer, R.R., Brookes, M.H. (2000) *Forest roads: a synthesis of scientific information*, USDA Forest Service.

Gutschick, V.P. & Bassirirad, H. (2003) Extreme events as shaping physiology, ecology and evolution of plants: towards a unified definition and evaluation of their consequences. *New Phytologist*, **160**, 21–42.

Kräuchi, N., Brang, P., Schönenberger, W. (2000) Forests of mountainous regions: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology and Management*, **132**(1),73-82.

Hansen, A. (1984) Landslide hazard analysis. In: *Slope instability* (ed. D. Brunsten & D.B. Prior) Wiley & Sons, New York, USA.

Harper, J.L. (1977) *Population Biology of Plants*, Academic Press, London.

Hewlett, J.D. (1982) *Principles of Forest Hydrology*, University of Georgia Press, Athens, GA.

Hippoliti, G. (1997) *Appunti di meccanizzazione forestale*. Edizioni Fiorentino, Firenze, Italia.

Holling, C. S. (1978). Adaptive environmental assessment and management. John Wiley, New York, USA.

Horton, R.E. (1919). *Rainfall interception*, US Monthly Weather Revue

Hosmer, D.W. & Lemeshow, S. (1989) *Applied Logistic Regression*, Wiley and Sons, New York, USA

Hutchinson, M.F. (1989). A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology*, **106**, 211-232.

Imaizumi, F., Sidle, R.C., Kamei, R. (2008) Effects of forest harvesting on the occurrence of landslides and debris flows in steep terrain of central Japan, *Earth Surface Process Landforms*, **33**, 827- 840.

Irasawa, M., Ishikawa, Y., Fukumoto, A., Mizuyama, T. (1991) Control of debris flows by forested zones. In Proceedings of the Japan-US Workshop on Snow Avalanche, Landslide, Debris Flow Prediction and Control, Tsukuba, Japan, 30 September–2 October 1991. Science and Technology Agency of Japanese Government: Tokyo;543–550.

Iovino, F., Cinnirella, S., Veltri, A., Callegari, G., (1998) Processus hydriques des écosystèmes. *Ecologie*, **29**(1- 2), 369-375.

- Jade, S. & Sarkar, S. (1993). Statistical models for slope stability classification. *Engineering Geology*, **36**, 91–98.
- Johnson, D.E. (1998) *Applied Multivariate Methods for Data Analysis*, Duxbury Press Belmont, USA.
- Komac, M. (2006) A landslide susceptibility model using the Analytical Hierarchy Process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. *Geomorphology*, **74**, 17-28.
- Lange, B., Luescher, P., Germann, P.F. (2009) Significance of tree roots for preferential infiltration in stagnic soils. *Hydrology and Earth System Sciences*, **13**(10):1809–1821
- Lange, B., Germann, P., Lüscher P (2010) Einfluss der Wurzeln auf das Wasserspeichervermögen hydromorpher Waldböden. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, **161**,510–516.
- Lee, S. & Talib, J.A. (2005) Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis. *Environmental Geology*, **47**, 982–990.
- Levin, S.A. (1992) The problem of pattern and scale in ecology. *Ecology*, **73**,1943–1967.
- Malczewski, J., (2006) GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, **20** (7), 703–726.
- Mendoza, G.A. & Martins, H. (2006) Multi-criteria decision analysis in natural resource management: a critical review of methods and new modeling paradigms. *Forest Ecology and Management*, **230**, 1–22 [IX, –].
- Meloni F., Lingua E., Motta E.,(2006) Analisi della funzione protettiva delle foreste: l'esempio della “Carta delle foreste di protezione diretta della Valle d’Aosta”. *Forest@*, **3** (3) 420–425
- Mertler, C.A. & Vannatta, R.A. (2002). *Advanced and Multivariate Statistical Methods: Practical Application and Interpretation, 2nd Ed*, Pyrczak Publishing, Los Angeles, USA.
- Montgomery, D. R., Sullivan, K., Greenberg, H. M. (1998) Regional test of a model for shallow landsliding. *Hydrological Processes*, **12**, 943–55.
- Mossa, S., Capolongo, D., Pennetta, L., Wasowski, J., (2005) A GIS-based assessment of landsliding in the Daunia Apennines, Southern Italy. *Polish Geological Institute Special Papers*. **20**, 86-91.
- Motta, R. & Haudemand, J.C. (2000) Protective Forests and Silvicultural Stability: An Example of Planning in the Aosta Valley. *Mountain Research and Development*, **20**, (2)180–187.
- Naranjo, J.L., van Westen, C.J., Soeters, R. (1994) Evaluating the use of training areas in bivariate statistical landslide hazard analysis – a case study in Colombia. *ITC Journal* **3**.
- Nefeslioglu, H.A., Gokceoglu, C., Sonmez, (2008). An assessment on the use of logistic regression and artificial neural networks with different sampling strategies for the preparation of landslide susceptibility maps. *Engineering Geology*, **97**, 171–191.
- Nocentini, S. (2001) Revisione critica del concetto di gestione forestale sostenibile. *L'Italia Forestale e Montana*, **6**, 407-416.

van Noord, H. (1996) The role of geomorphological information in ecological forest site typology in mountainous areas, a methodological study in the E-Rätikon and NW-Montafon mountains (Vorarlberg, Austria). PhD thesis, University of Amsterdam, Netherland.

Oliver, C.D. & Larson, B.C. (1996) *Forest stand dynamics*, Wiley, New York, USA.

Ott, E., Frehner, M., Frey, H.U., Luscher, P., (1997) *Gebirgsnadelwalder*, Verlag Paul Haupt, Bern.

Peterson, D.L., Prichard, S.J., McKenzie, D. (2000) Disturbance in mountain forests. In: *Forests in Sustainable Mountain Development: A State of Knowledge Report for 2000*. Task Force on Forests in Sustainable Mountain Development (ed. M.F. Price & N. Butt), CABI Publishing.

Peterson, G., Allen, C.G., Holling, C.S. (1998) Ecological resilience, biodiversity, and scale. *Ecosystems*, **1**, 6–18.

Perret, S.; Dolf, F.; Kienholz, H. (2004) Rockfalls into forests: Analysis and simulation of rockfall trajectories – considerations with respect to mountainous forests in Switzerland. *Landslides*, 123–130.

Pinna, M. (1978) *L'atmosfera e il clima*, Utet, Collana il nostro universo.

Pickett, S.T.A. & White, P.S. (1985) Natural disturbance and patch dynamics: an introduction. In: *The ecology of natural disturbance and patch dynamics* (ed. S.T.A Pickett & White P.S.) Academic Press, Orlando, USA.

Portoghesi L., Alivernini A., Bertani R., Cimini D., Corona P., Marchetti M., Andrich O., Savio D. (2012) *Pianificazione forestale di indirizzo territoriale. Comunità Montana Cadore Longaronese Zoldo*. Regione del Veneto, Università degli Studi della Tuscia, Servizio Immagine e Colore, Mestre, Italia.

R Core Team (2012) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

Radbmch Hall, D.H., Colton. R.B., Davies, W.E., Lucchitta, L., Skipp, B.A., Varnes, D.J. (1982) Landslide overview map of the Conterminous United States. U.S. Geol. Survey Prof. Paper 1183.

Redfearn, A., Pimm, S.L. (1987) Insect outbreaks and community structure. In: *Insect Outbreaks* (P. Barbosa & J.C. Schultz.), AP, San Diego, USA.

Saaty, T.L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill, New York, USA.

Sakals, M.E., Innes, J.L., Wilford, D.J., Sidle, R.C., Grant, G.E. (2006) The role of forests in reducing hydrogeomorphic hazards. *Forest Snow and Landscape Research*, **80**, 11–22.

Sakals, M.E. & Sidle, R.C. (2004) A spatial and temporal model of root cohesion in forest soils. *Canadian Journal of Forest Research*, **34**, 950-958.

Sawatzky, D.L., Raines, G.L., Bonham-Carter, G.F., Looney, C.G. (2008) Spatial Data Modeller (SDM): ArcMAP 9.2 geoprocessing tools for spatial data modelling using weights of evidence, logistic regression, fuzzy logic and neural networks.

[<http://arcscrippts.esri.com/details.asp?dbid=15341>].

Schönenberger, W. & Brang, P., (2004) Silviculture in mountain forests. In: *Encyclopedia of Forest Sciences* (ed. J. Burley, J. Evans, J. Younquist) Elsevier, Amsterdam, 1085–1094.

Schönenberger, W. (2000) Silvicultural problems in subalpine forests in the Alps. In: *Forests in Sustainable Mountain Development: A State of Knowledge Report for 2000. Task Force on Forests in Sustainable Mountain Development* (ed. M.F. Price, & N. Butt), CABI Publishing, 197–203.

Schönenberger, W. (1998) Adapted silviculture in mountain forests in Switzerland. IUFRO Inter-Divisional Seoul Conference: Forest Ecosystem and Land Use in Mountain Areas. Seoul, Korea, 142-147.

Sidle, R.C. & Ochiai, H. (2006) *Landslides: processes, prediction, and land use. Water Resources Monograph, vol. 18*, American Geophysical Union, Washington, DC, USA.

Sidle, R.C. & Wu, W. (1999) Simulating effects of timber harvesting on the temporal and spatial distribution of shallow landslides. *Z. Geomorphol. N.F.* 43 (2), 185–201.

Sidle, R.C., Pearce, A.J., O'Loughlin, C.L., (1985) *Hillslope Stability and Land Use. Water Resources Monograph, vol. 11*, American Geophysical Union, Washington, DC, USA.

Sidle R.C. (1991) A conceptual model of changes in root cohesion in response to vegetation management. *Journal of Environmental Quality*, 20,43-52.

Sidle R.C. (1992) A theoretical model of the effects of timber harvesting on slope stability. *Water Resources Research*, 28(7), 1897-1910.

Soeters R. & van Westen C.J. (1996) Slope stability: recognition, analysis and zonation. In: *Landslides: investigation and mitigation* (ed. A.K. Turner & R.L. Shuster), Transportation Research Board – National Research Council, Special Report 247, 129-177.

Stevenson, P.C. (1977). An empirical method for the evaluation of relative landslides risk. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 16, 69–72.

Swanson, F. J. & Dryness, C. T. (1975) Impact of clear-cutting and road construction of soil erosion by landslides in the western Cascade Range, Oregon. *Geology* 3, 393–6.

Suzen, M.L. & Doyuran, V. (2004) A comparison of the GIS based landslide susceptibility assessment methods: multivariate versus bivariate. *Environmental Geology*, 45: 665–679.

Tobler, W. (1993) *Three presentations on geographical analysis and modelling. Technical report*, National Center for Geographic Information Analysis, California; USA.

van Westen, C.J., Seijmonsbergen, A.C., Mantovani, F. (1999) Comparing landslide hazard maps. *Natural Hazards*, 20 (2–3), 137–158.

van Westen, C. J., Rengers, N., Terlien R., Soeters, M.T.J. (1997). Prediction of the occurrence of slope instability phenomena through GIS-based hazard zonation. *Geol Rundsch*, 86: 404-414.

Vacchiano G., Motta R., Long J.N., Shaw J.D. (2008) A density management diagram for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.): a tool for assessing the forest's protective effect. *Forest Ecology*

and Management, **255**, 2542- 2554.

Varnes, D.J. (1984) *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO, Paris. Natural Hazard Series 3.

Varnes, D.J. (1978) Slope movement types and processes. In: *Landslides, analysis and control Special Report n° 176* (ed. R.L Schuster. & R.J. Krizeck) Washington Transportation Research Board.

Vorpahl, P., Elsenbeer, H., Märker, M., Schröder., B. (2012) How can statistical models help to determine driving factors of landslides? *Ecological Modelling*, **239**, 27–39.

Walters, C. (1986) *Adaptive management of renewable resources*, Macmillian, New York, USA.

Wasser, B., Frehner, M., Frey, H.U., Ott., E. (1996) *Cure minime per boschi con funzione protettiva*. Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio. Berna.

Watson, A., Phillips, C., Marden, M. (1999) Root strength, growth, and rates of decay: root reinforcement change of two tree species and their contribution to slope stability. *Plant & Soil*, **217**, 39-47.

Wemple, B.C., Swanson, F., Jones, J.A. (2001) Forest roads and geomorphic processes interactions, Cascade Range, Oregon. *Earth Surface Processes and Landforms*, **26**, 191-204.

Wieczorek, GF. (1984) Preparing a detailed landslide-inventory map for hazard evaluation and reduction. *Bulletin Association of Engineering Geologists*, **21**: 337–342.

Wilhere, G.F. (2002) Adaptive management in habitat conservation plans. *Conservation Biology*, **16**, 20–29.

WP/WLI – International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory. 1993(a). A suggested method for describing the activity of a landslide. IAEG Bull., n° 47, pp. 53-57.

WP/WLI – International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party for World Landslide Inventory. 1993(b). Multilingual Glossary for Landslides. The Canadian Geotechnical Society. BiTech Publisher Ltd. Richmond, Canada.

Yesilnacar, E. & Topal, T. (2005) Landslide susceptibility mapping: a comparison of logistic regression and neural network methods in a medium scale study, Hendek region (Turkey). *Engineering Geology*, **79**, 251–266.

Yin, K.L. & Yan, T.Z. (1988) Statistical prediction model for slope instability of metamorphosed rocks. In: *Proceeding of Fifth International Symposium in Landslides* (ed. C. Bonnard), Lausanne, A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands, Vol.2, 1269-1272.

