

GHERARDO CHIRICI (*) - ENRICO MARCHI (*) - VITTORIO ROSSI (**)
ROBERTO SCOTTI (***)

ANALISI E VALORIZZAZIONE DELLA VIABILITÀ FORESTALE TRAMITE G.I.S.: LA FORESTA DI BADIA PRATAGLIA (AR)

FDC 383.2 : 585 -- 087.1 : (450.52)

La viabilità interna e di accesso al bosco incide e condiziona pesantemente la gestione forestale; il lavoro qui presentato si propone come contributo di carattere tecnico, ai fini di una più incisiva trattazione della questione viabilità nell'ambito della pianificazione e della gestione forestale. L'area di studio è la foresta di Badia Prataglia (AR), inclusa nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi. Tramite strumenti GIS (Geographic Information System) è valutato il livello di accessibilità della foresta, sia per finalità di servizio sia sotto l'aspetto turistico-ricreativo. Il lavoro illustra l'impostazione metodologica applicata, le fasi di realizzazione della base dati geografica e d'implementazione dei rilievi di campagna, e analizza risultati ed elaborati cartografici prodotti.

1. INTRODUZIONE

La viabilità interna e di accesso al bosco incide e condiziona pesantemente la gestione forestale; generalmente in misura superiore a quanto si riesca, in sede di pianificazione, a prevedere e quantificare. I fattori che determinano tale limite della pianificazione forestale sono diversi, sia di ordine interno, quali la limitatezza delle risorse finanziarie o degli strumenti tecnici a disposizione del pianificatore, sia di ordine esterno. Nell'asestamento di un dato comprensorio non è possibile una efficace pianificazione della viabilità forestale in assenza, ad esempio, di una pianificazione della viabilità a livello territoriale più esteso. Il lavoro qui presentato si propone come contributo di

(*) Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali. Università degli Studi di Firenze. Via San Bonaventura, 13 – 50145 Firenze. Tel: 055 30231200 Fax: 055 319179.

(**) Libero Professionista.

(***) Dipartimento di Economia e Sistemi Arborei. Università degli Studi di Sassari.

carattere tecnico, ai fini di una più incisiva trattazione della questione viabilità nell'ambito della pianificazione e della gestione forestale.

La gestione multi-obiettivo della foresta di Badia Prataglia, inclusa nel Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, si avvale del supporto di una struttura GIS (*Geographic Information System* - Sistema Informativo Territoriale). L'adozione di strumenti di questo tipo, attualmente generalizzata, consente di analizzare e gestire anche il tema della viabilità a costi aggiuntivi ormai molto contenuti e con efficacia notevole, come il presente lavoro intende esemplificare.

La struttura della rete viabile è stata analizzata al fine di valutare il livello di accessibilità della foresta, sia per finalità di servizio sia sotto l'aspetto turistico-ricreativo.

La presentazione del lavoro è articolata nelle seguenti fasi:

1. definizione della metodologia di studio applicata;
2. realizzazione della base dati del GIS e rilievo dei dati di campagna;
3. analisi, risultati ed elaborati cartografici.

2. AREA DI STUDIO

La foresta di Badia Prataglia, di proprietà regionale, dal 1977 è affidata in gestione alla Comunità Montana del Casentino. Con la costituzione del Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi, 1993, è stata inclusa nella «zona di protezione»¹ ed è quindi soggetta a specifiche limitazioni d'uso.

La foresta è suddivisa in due corpi non contigui, localizzati uno ad est e l'altro ad ovest del paese di Badia Prataglia. Si estende su circa 970 ha complessivi, in territorio della provincia di Arezzo, sul versante tirrenico delle pendici appenniniche e fino al crinale tosco-romagnolo.

L'orografia è poco acclive, con un'altitudine media di circa 1080 m s.l.m., dal punto di vista fitoclimatico si inquadra nella zona del *fagetum* di Pavari.

La vegetazione è riconducibile a due orizzonti: la vegetazione montana, che si colloca nella parte più elevata della foresta estendendosi fino al crinale e la vegetazione sub-montana nella zona più bassa. Nella prima prevalgono formazioni di faggio con acero di monte, abetine, boschi misti di faggio e abete bianco; nella seconda i boschi misti di latifoglie caducifoglie mesofile, tra le quali rinveniamo il cerro, gli aceri opalo e campestre, il tiglio, l'orniello.

⁽¹⁾ Con il D.P.R. del 12 luglio 1993 è stato istituito il Parco Nazionale delle Foreste Casentinesi e definita la perimetrazione e definitiva zonizzazione del territorio. La zona 2 detta di protezione è «formata da aree con un interesse naturalistico rilevante e scarsa antropizzazione, qui è permessa una selvicoltura naturalistica e lo svolgimento di attività compatibili con la salvaguardia ambientale».

I boschi sono oggi prevalentemente governati a fustaia, il governo a ceduo si ritrova solo in poche particelle di faggio in prossimità del crinale e in alcune aree a querce nell'orizzonte sub-montano.

3. METODOLOGIA

È noto che la viabilità interna e di accesso al bosco incide in misura rilevante sulla gestione forestale, condizionando pesantemente lo svolgimento delle attività necessarie a preservare e valorizzare l'ambiente e il complesso forestale (CALVANI *et al.*, 1999), specie all'interno di un'area protetta (CIANCIO *et al.*, 2002).

Le strade forestali svolgono principalmente le seguenti funzioni:

1. consentono lo svolgimento delle attività gestionali: sorveglianza, controllo, operazioni selvicolturali;
2. favoriscono la fruizione del bosco a fini turistico-ricreativi;
3. agevolano le attività di prevenzione e lotta agli incendi boschivi.

Nell'approccio multi-obiettivo alla gestione forestale le diverse funzioni vengono prese in considerazione contemporaneamente. L'analisi del contributo della viabilità alla gestione e alla fruibilità del complesso forestale considerato si è concentrata, ai fini di questo studio, sui primi due aspetti.

Per quanto riguarda gli aspetti gestionali, si è cercato di evidenziare la funzionalità della rete esistente per l'accesso alla foresta a fini di servizio. Dal punto di vista della fruibilità si è invece posto l'accento sulle funzioni turistico-ricreative, manifestamente di notevole rilievo nel complesso delle Foreste Casentinesi. La funzionalità relativa alla lotta agli incendi boschivi non è stata esaminata, poiché il fenomeno è relativamente poco importante nell'area di studio.

La metodologia adottata, replicando parte dei processi descritti, consentirebbe agevolmente di considerare anche ulteriori aspetti: la gestione faunistica, la valorizzazione del complesso nei riguardi delle molteplici funzioni ecologiche e ambientali che svolge. Si considerino a esempio: la protezione idrogeologica, la conservazione della biodiversità, lo stoccaggio di carbonio e le funzioni igienico-sanitarie. Ai fini dell'incisività dell'esempio si è preferito considerare solo due aspetti principali, sufficienti a evidenziare l'approccio metodologico proposto.

3.1. Valutazione dell'accessibilità di servizio alla foresta

L'accessibilità della foresta è fondamentale per la gestione e la sorveglianza, essa spesso condiziona in maniera rilevante le modalità di esecuzione delle attività selvicolturali previste.

La metodologia adottata per la valutazione dell'accessibilità al bosco è basata sull'applicazione dei parametri proposti da HIPPOLITI (1976) tramite il calcolo del «tempo di accesso».

Il metodo stima quanto tempo un operatore impiega, in media, per raggiungere a piedi il posto di lavoro dal momento in cui lascia la strada carrozzabile. Si distinguono due casi: condizioni pianeggianti e terreno in pendenza. Nel primo caso si ipotizza una velocità di avanzamento media di 4 km/ora, nel secondo si suppone che in un'ora un operatore si muova, in media, di 400 m di dislivello. È quindi possibile determinare il tempo di accesso ad ogni data porzione della foresta, nota la distanza dalla strada più vicina e la pendenza di ogni tratto del percorso. In funzione del tempo di accesso così determinato, Hippoliti individua tre classi di accessibilità: i boschi «ben serviti da viabilità», quelli «non serviti da viabilità» e una situazione intermedia di bosco considerato «scarsamente servito da viabilità».

Il criterio proposto considera quale limite per considerare il bosco «ben servito», un «tempo massimo normale di accesso al bosco» di 30 minuti (15 min. andata e 15 min. ritorno), pari a circa il 6% del tempo di lavoro giornaliero (considerato di otto ore). Il tempo massimo normale di accesso, oltre il quale il bosco è considerato «non servito» da viabilità, è di 2 ore (1 h andata e 1 h ritorno), che corrisponde al 25 % della giornata lavorativa. Per tempi di accesso intermedi il bosco viene considerato «scarsamente servito».

Questa metodologia di valutazione è stata implementata sfruttando le funzioni di elaborazione disponibili in ambiente GIS. La principale funzione utilizzata è quella detta *spread function* che valuta, per ogni punto dato, qual'è il percorso di «costo» minimo per raggiungere un obiettivo definito (ARONOFF, 1989). L'obiettivo è raggiungere la carrozzabile più vicina. Il «costo di spostamento unitario» è rappresentato dalla cosiddetta «carta degli attriti». Nel caso in esame «l'attrito» è espresso come tempo di attraversamento di ogni porzione elementare (*pixel*) del territorio considerato. Elaborando la carta delle pendenze, con riferimento ai parametri di Hippoliti, è stata quindi prodotta la carta degli attriti: un'immagine digitale in cui ogni pixel ha un valore corrispondente al tempo che un operatore impiegherebbe per attraversarlo.

I momenti principali del procedimento di generazione della carta degli attriti sono i seguenti.

- 1) Valutazione della distanza orizzontale che l'operatore percorre attraversando un pixel. Tale distanza dipende dalla disposizione del pixel rispetto al tracciato che l'operatore segue. Con pixel di 5 m, se il lato è parallelo al tracciato, la lunghezza sarà di 5 m, mentre se il pixel è attraversato in diagonale la lunghezza sarà di circa 7 m. Sulla base di questa considerazione si è assunto un valore «medio» pari a 6 m.

- 2) Stima del dislivello corrispondente all'attraversamento di un pixel. Ricercando il collegamento più rapido tra la carrozzabile e la posizione di lavoro, si assume che il pixel venga attraversato lungo la massima pendenza. Il dislivello è quindi stimato dal prodotto tra la pendenza del pixel, ricavata dalla carta delle pendenze, e la distanza orizzontale percorsa.
- 3) Stima del tempo impiegato per attraversare un pixel. In condizioni pianeggianti il tempo impiegato si stima tramite la velocità di avanzamento ($6 \text{ m}/(4 \text{ km/h}) = 5,4 \text{ sec}$). Quando la pendenza supera il 10% il dislivello condiziona la velocità e il tempo si stima tramite la velocità di ascensione (400 m/h).

Come esemplificato in Tabella 1, i «tempi di attraversamento» che la «carta degli attriti» presenta, sono stimati in funzione della pendenza. Da notare che la modellizzazione prodotta non tiene in considerazione la direzione e il verso di attraversamento del pixel. In altre parole il tempo di attraversamento è funzione esclusivamente della pendenza del terreno senza considerare se l'operatore si muova risalendo o discendendo la direzione di massima pendenza o se attraversi il pixel mantenendosi a quota costante. Tale semplificazione non pare influenzare significativamente i risultati prodotti nell'applicazione del modello.

Tramite strumenti GIS tipo *spread function*, si genera una nuova mappa che presenta, per ogni pixel, il minimo valore cumulato del «tempo di accesso»: il tempo che l'operatore impiega per raggiungere la carrozzabile più vicina a partire dal pixel dato (CHIRICI *et al.*, 1998).

Classificando questa mappa in base ai limiti suggeriti da HIPPOLITI (1976) si ottiene una carta dell'accessibilità della foresta che distingue: «bosco ben servito», «bosco scarsamente servito» e «bosco non servito».

In successivi approfondimenti del lavoro, al fine di ottenere una carta degli attriti più dettagliata, si potrebbero prendere in considerazione anche

Tabella 1 – «Tempo di attraversamento», per pixel di 5 m di lato, in funzione della pendenza.

Pendenza %	Dislivello del pixel (m)	Tempo di attraversamento del pixel (s)
0	0	5,4(*)
10	0,6	5,4
25	1,5	13,5
50	3	27,0
75	4,5	40,5
100	6	54,0
150	9	81,0

(*) Per percorrere 6 m in piano occorrono 5,4 s. È stato attribuito questo valore a tutti i pixel con pendenza pari o inferiore al 10%.

altre informazioni relative al territorio che possono incidere sui tempi di accesso quali: l'uso del suolo, l'accidentalità, la viabilità secondaria, la sentieristica, la presenza di ostacoli fisici (salti di roccia, torrenti, presenza di eventuali frane e smottamenti).

3.2. *Valutazione dell'accessibilità alla foresta per finalità turistico-ricreative*

Per valutare l'importanza e la funzionalità della viabilità dal punto di vista turistico-ricreativo occorre considerare, oltre alle caratteristiche intrinseche del tratto viario oggetto di indagine, anche le caratteristiche del territorio attraversato o servito. Per ciascun aspetto si è proceduto analiticamente all'individuazione delle caratteristiche ritenute più influenti.

Ogni caratteristica è materialmente rappresentata da una variabile, uno strato informativo del GIS, e ad ogni livello/valore che la caratteristica assume è stato assegnato un punteggio (compreso tra 0 e 1) quale espressione del contributo alla valenza turistico-ricreativa.

Nell'attribuzione del punteggio si è fatto riferimento a degli studi specifici che, individuato i tipi di utenza principali, ne hanno caratterizzato le preferenze e il comportamento. (AA.VV., 1994; BAGNARESI e GASPARINI, 1990; PETTINÀ, 1991; SCRINZI *et al.*, 1995; TOSI, 1989).

Definito il quadro analitico che, con i dati a disposizione, caratterizza il complesso forestale oggetto di indagine, si passa alla sintesi valutativa sviluppando il procedimento logico di aggregazione delle caratteristiche analitiche individuate.

3.2.1. *Analisi delle caratteristiche intrinseche della viabilità in relazione alla fruibilità turistico-ricreativa*

La valutazione presuppone che la rete viabile sia rappresentata nel GIS identificando e classificando i singoli tratti. L'analisi evidenzia i tracciati maggiormente fruiti dai turisti e quelli che potenzialmente potrebbero essere fruiti. Queste strade richiedono assiduo monitoraggio e più frequenti interventi di manutenzione.

Le principali variabili individuate per caratterizzare il valore turistico-ricreativo della viabilità sono definite nell'elenco che segue. In Tabella 2 sono specificati i livelli che le variabili assumono e i corrispondenti punteggi assegnati.

1. Tipologia stradale: il valore turistico-ricreativo di una strada è espresso in funzione dell'intensità di traffico motorizzato o pedonale che è in grado di supportare. Chiaramente l'importanza sarà maggiore per le camionabili principali e in particolare per le strade pubbliche che permettono l'ingresso all'area anche al traffico motorizzato privato.

Tabella 2 – Variabili condizionanti la potenzialità turistico-ricreativa della viabilità forestale e punteggio loro assegnato.

<i>Variabile</i>	<i>Punteggio</i>	<i>Variabile</i>	<i>Punteggio</i>
<u>1. Tipologia Stradale (TS)</u>		<u>4. Segnaletica</u>	
Camionabili principali	1	Ottimamente segnalato	1
Camionabili secondarie	0,8	Sufficientemente segnalato	0,5
Strade trattorabili	0,5	Insufficientemente segnalato	0,2
<u>2. Meta di Interesse (MI)</u>		<u>5. Presenza di Parcheggi (PP)</u>	
Elevata (punto panoramico, emergenza naturale notevole, sito di importanza storica)	1	Ottima (presenza di grandi parcheggi)	1
Discreta (area ricreativa attrezzata)	0,75	Sufficiente (presenza di parcheggi di media grandezza)	0,5
Media (rifugio, torrente)	0,5	Insufficiente (assenza di parcheggi)	0,2
Minima	0,2		
<u>3. Stato di Manutenzione (SM)</u>		<u>6. Percorribilità (PE)</u>	
Buono	1	Nessun ostacolo o vincolo	1
Medio	0,5	Presenza di vincoli od ostacoli fisici (impediscono il passaggio solo parzialmente)	0,5
Pessimo	0,2	Presenza di interruzioni del tracciato (impediscono il passaggio totalmente)	0

2. Presenza di parcheggi: questo è un fattore che influisce sulle caratteristiche della strada, il turista si reca all'area oggetto di visita preferibilmente in auto propria, i parcheggi e le piazzole sono le zone dove si fermano o da dove partono i «gitanti».

3. Segnaletica: un'adeguata segnaletica permette di valorizzare e rendere più facilmente raggiungibile una strada e di conseguenza più numerosi saranno i turisti che la percorreranno. Se la strada è segnata su carte escursionistiche avrà probabilmente una maggiore frequentazione.

4. Stato di manutenzione: lo stato di manutenzione può influire sull'accessibilità in quanto le strade ben tenute sono più gradevoli e facili da percorrere rispetto a strade che invece presentano dissesti ed erosioni nel piano stradale.

5. Percorribilità (intesa come possibilità di accesso): presenza di ostacoli fisici o vincoli all'accesso che ne impediscono o limitano l'uso.

6. Meta di interesse: una strada che conduce ad una meta di particolare interesse è, a parità di tutti gli altri fattori, percorsa da un numero maggiore di persone.

3.2.2. Analisi delle caratteristiche delle particelle forestali condizionanti le potenzialità turistico-ricreative

Il particellare forestale di Badia Prataglia è articolato a livello di sottoparticelle e le descrizioni corrispondenti si presentano ricche di molti det-

tagli informativi rilevanti ai fini della valutazione della potenzialità turistico-ricreativa (DREAM, 1996). Nel presente studio sono state prese in considerazione sia le caratteristiche che presumibilmente incidono significativamente sull'attuale fruizione effettiva sia quelle espressive di una fruibilità anche solo potenziale.

Le principali variabili individuate per la valutazione della foresta sotto questo aspetto sono definite nell'elenco che segue. Nelle Tabelle 3 e 4 sono specificati i valori che le variabili assumono e i corrispondenti punteggi assegnati.

Tabella 3 – Punteggi assegnati ai livelli della variabile copertura/uso del suolo (1. - UDS).

<i>Categoria</i>	<i>Classe</i>	<i>Sottoclasse</i>	<i>Punteggio</i>
Boschi	fustaia adulta, matura o stramatura	con sottobosco denso	0,5
	fustaia stramatura	prevalenza di abete bianco o faggio	1
	fustaia stramatura	prevalenza di altre specie	0,8
	fustaia matura	prevalenza di abete bianco o faggio	0,9
	fustaia matura	prevalenza di altre specie	0,8
	fustaia adulta	prevalenza di abete bianco e faggio	0,8
	fustaia adulta	prevalenza di altre specie	0,7
	fustaia giovane		0,6
	perticaia		0,4
	novelletto		0,4
	fustaia disetanea		0,7
	ceduo semplice		0,4
	ceduo composto		0,4
	fustaia transitoria		0,6
Prati	non recintati	attrezzati	1
	non recintati	non attrezzati	0,4
	recintati/non accessibili		0,4
Arbusteti			0,4
Rocce	macereti		0,3
	rupi boscate		0,3
Fratte boschive	per calamità naturali		0,2
	per tagliate a raso		0,2

1. Classe di copertura/uso del suolo: la classificazione delle caratteristiche di copertura/uso del suolo a livello di sottoparticella è articolata in classi e sottoclassi in funzione principalmente della forma di governo e delle specie dominanti. Nell'attribuzione del punteggio (Tabella 3), si è adottato come parametro di riferimento la classificazione proposta da CARRIERO *et al.*, (1997). I criteri utilizzati nella definizione del punteggio da assegnare a ciascuna classe tengono conto di diversi aspetti: forma di governo, composizione specifica, densità e caratteristiche del sottobosco.

Tabella 4 – Variabili condizionanti la potenzialità turistico-ricreativa delle particelle forestali e punteggio loro assegnato.

<i>Variabile / livelli</i>	<i>Punteggio</i>	<i>Variabile / livelli</i>	<i>Punteggio</i>
<u>1. Classe di copertura/uso del suolo (UDS)</u> (Vedi Tabella 3)		<u>6. Distanza da Strade Rotabili (DR)</u>	
<u>2. Morfologia (P)</u>		Distanze comprese fra 0 e 20 m	1
Pendenza uguale a 0%		Distanze comprese fra 20 e 30m	0,9
Pendenza compresa fra 0%- 10%	1	Distanze comprese fra 30 e 40 m	0,8
Pendenza compresa fra 10%-15 %	0,9	Distanze comprese fra 40 e 50 m	0,7
Pendenza compresa fra 15-40%	0,5	Distanze comprese fra 50 e 60 m	0,6
Pendenza maggiore del 40 %	0,2	Distanze comprese fra 60 e 70 m	0,5
	0	Distanze comprese fra 70 e 80 m	0,4
<u>3. Emergenze Naturali (EN)</u>		Distanze comprese fra 80 e 90 m	0,3
Punti panoramici	1	Distanze comprese fra 90 e 100 m	0,2
Esemplari arborei maestosi per dimensione o forma	0,8	Distanze superiori a 100 m	0,1
Cascate e sorgenti	0,6	<u>7. Distanza dai Parcheggi (DP)</u>	
Corsi d'acqua	0,4	Distanze comprese fra 0 e 1 km	1
Affioramenti rocciosi	0,4	Distanze comprese fra 1 e 2 km	0,8
		Distanze comprese fra 2 e 3 km	0,6
<u>4. Infrastrutture Turistiche (IT)</u>		Distanze comprese fra 3 e 4 km	0,4
Edifici (rifugi, bar)	1	Distanze superiori a 4 km	0,2
Grandi infrastrutture (aree picnic, parcheggi, panche, servizi igienici)	0,6	<u>8. Accidentalità Del Terreno (A)</u>	
Piccole infrastrutture (panche, cestini, fontane, piazzole)	0,4	<2 %	1
		2-10%	0,9
<u>5. Elementi di Disturbo Scenico (DS)</u>		10-25%	0,7
Elevato	0	25-50%	0,4
Medio	0,5	>50%	0,2
Assente	1		

2. Morfologia: degli aspetti morfologici è la pendenza del terreno il carattere che maggiormente condiziona la fruibilità. Al di sopra di determinate soglie la pendenza diventa un fattore limitante per l'attività ricreativa. A parità di tutti gli altri fattori, più il bosco è pianeggiante e maggiore sarà il suo potenziale ricreativo (Tabella 4).
3. Emergenze naturali: la presenza di un'emergenza naturale aumenta la potenzialità turistico-ricreativa di un luogo (Tabella 4).
4. Presenza di infrastrutture turistiche: la ricreazione si raccoglie soprattutto in prossimità di infrastrutture turistiche. Maggiore presenza di turisti si trova in prossimità di rifugi, bar e aree attrezzate (Tabella 4).
5. Elementi di disturbo scenico: alcune strutture di natura antropica o anche particolari aspetti del paesaggio naturale possono provocare un effetto di allontanamento del visitatore. Elementi di disturbo possono essere: elettrodotti, cave, discariche, strade di grande traffico, distonie architettoniche, alterazioni di tipo idrogeologico e frane (Tabella 4).
6. Distanza da strade rotabili: la ricreazione concentrata si verifica principalmente in prossimità di strade pubbliche (Tabella 4).
7. Distanza dai parcheggi: a complemento del valore della strada in sé, la presenza di parcheggi è valutabile anche a livello di particella. La foresta è tanto più accessibile e fruibile, quanto minore è la distanza dal luogo dove è possibile parcheggiare l'automobile (Tabella 4).
8. Accidentalità del terreno: la presenza di elevate quantità di pietre e massi può costituire un ostacolo per lo svolgimento di attività ricreative. Un terreno cosparso di pietre risulta inospitale a differenza di un affioramento roccioso che può costituire un'emergenza che attira il turista (Tabella 4).

3.2.3. Sintesi relativa alle funzioni turistico-ricreative

Il processo logico di aggregazione delle caratteristiche analitiche individuate esprime il momento di sintesi dell'impostazione metodologica adottata.

Avendo individuato, per ogni livello di ciascuna delle variabili selezionate, un punteggio che esprime quantitativamente il contributo alla valenza turistico-ricreativa delle caratteristiche considerate, si tratta di rappresentare in forma algebrica le relazioni che intercorrono tra i diversi aspetti analizzati.

Le possibili relazioni sono state classificate secondo tre principali modalità:

1. di composizione, implementata come somma ponderata;
2. limitativa, rappresentata dall'operatore logico AND, implementato dalla funzione MIN();
3. compensativa, rappresentata dall'operatore logico OR, implementata dalla funzione MAX().

La modalità compositiva si applica all'aggregazione di caratteristiche che, eventualmente con pesi differenti, contribuiscono in modo indipendente alla fruibilità. La seconda modalità rappresenta l'aggregazione di caratteristiche che costituiscono fattori limitanti, il termine con il valore più basso è quello che ha maggiore incidenza. Nei casi in cui diversi aspetti si compensano tra loro è invece il termine a valore più elevato che determina la valutazione aggregata.

– Determinazione del valore turistico-ricreativo della foresta (TRF)

Il valore TRF è stato quantificato assumendo una relazione di tipo compositivo tra l'attrattività complessiva dei luoghi (AC) e l'offerta infrastrutturale specifica per il turismo (IT), assegnando un peso nettamente più rilevante al primo aspetto.

$$TRF = 0,7*AC + 0,3*IT$$

L'attrattività complessiva, a sua volta, è stata valutata considerando come aspetti che tra loro possono compensarsi, l'attrattività di carattere diffuso (AD) e quella di carattere più localizzato (AL)

$$AC = AL \text{ or } AD$$

Per attrattività localizzata si intende la composizione di pregi e difetti quali le emergenze naturali (EN) e la presenza di disturbo scenico (DS).

$$AL = 0,5*EN + 0,5*DS$$

L'attrattività di carattere diffuso deriva dalla composizione di accessibilità pedonale (AP) e attrattività del tipo di copertura/uso del suolo presente (UDS), con peso prevalente sul primo aspetto.

$$AD = 0,6*AP + 0,4*UDS$$

L'accessibilità pedonale è essenzialmente condizionata da fattori limitanti quali, l'accessibilità veicolare (AV), la morfologia della pendice (P) o l'accidentalità del terreno. (A).

$$AP = AV \text{ and } P \text{ and } A$$

L'accessibilità veicolare, infine, dipende sia dalla distanza dalla rotabile più vicina (DR) che dalla distanza dal parcheggio più vicino (DP).

$$AV = 0,5*DR + 0,5*DP$$

Componendo le espressioni elementari e sostituendo i termini aggregati, si è assegnato il valore turistico ricreativo della foresta (Figura 1):

$$AV = 0,5*DR + 0,5*DP$$

$$AP = AV \text{ and } P \text{ and } A$$

$$AD = 0,6*AP + 0,4*UDS$$

$$AL = 0,5*EN + 0,5*DS$$

$$AC = AL \text{ or } AD$$

$$TRF = 0,7*AC + 0,3*IT$$

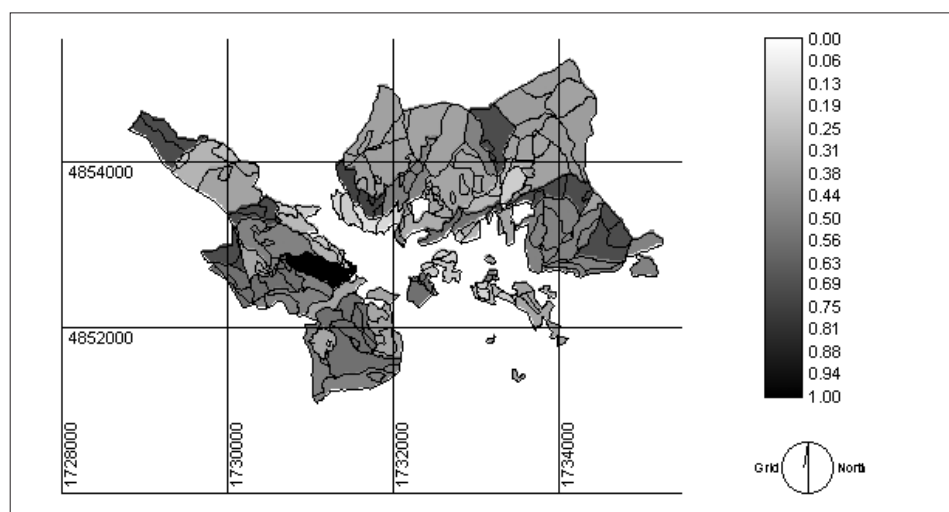


Figura 1 – Carta del valore turistico-ricreativo della foresta.

– Determinazione del valore turistico-ricreativo della viabilità (TRV)

Analogamente al valore della foresta, il valore TRV è stato quantificato assumendo una relazione di tipo compositivo tra invito alla passeggiata (IP), livello d'interesse della meta che il percorso si propone (MI) e tipo di strada da percorrere (TS). Quest'ultimo elemento, in realtà, pesa in modo preponderante sul giudizio complessivo.

$$TRV = 0,2*IP + 0,2*MI + 0,6*TS$$

Contribuiscono all'invito alla passeggiata (IP) l'attrattività del tracciato (AT) e la sua percorribilità (PE)

$$IP = 0,5*AT + 0,5*PE$$

Sull'attrattività (AT) incidono il livello di invito (LI) e lo stato di manutenzione (SM)

$$AT = 0,5*LI + 0,5*SM$$

La presenza di parcheggi (PP) e di adeguata segnaletica (S) concorrono a determinare il livello di invito del percorso considerato (LI).

$$LI = 0,5*PP + 0,5*S$$

Di nuovo, componendo le espressioni elementari e sostituendo i termini aggregati, si è assegnato il valore turistico ricreativo della viabilità (Figura 2):

$$LI = 0,5*PP + 0,5*S$$

$$AT = 0,5*LI + 0,5*SM$$

$$IP = 0,5*AT + 0,5*PE$$

$$TRV = 0,2*IP + 0,2*MI + 0,6*TS$$

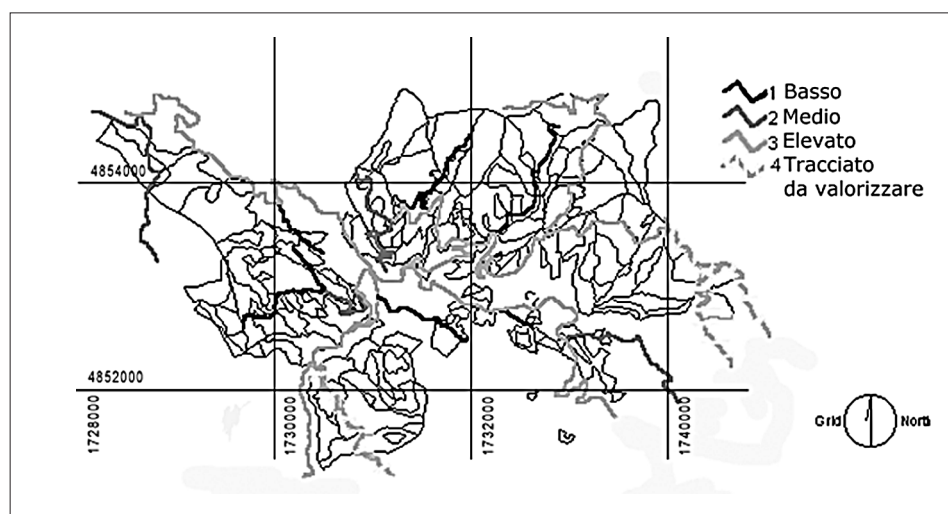


Figura 2 – Carta del valore turistico-ricreativo della viabilità.

4. REALIZZAZIONE DELLA BASE DATI GIS E RILIEVI DI CAMPAGNA

Il piano di gestione delle Foreste Casentinesi (DREAM, 1996) fornisce una ricca base informativa ai fini della gestione multi-obiettivo del complesso di Badia Prataglia. Al particellare forestale, dettagliato a livello di sottoparticelle, sono infatti correlate informazioni sia per la valutazione delle esigenze di servizio che sotto il profilo della fruibilità turistico-ricreativa.

Per la valutazione proposta occorre elaborare il modello digitale dell'orografia del territorio. La cartografia IGM in scala 1:25.000 ha costituito la base informativa a questi fini.

Si è infine proceduto a rilievi diretti in campo per aggiornare ed approfondire la base informativa, relativa in particolare alle caratteristiche, alla classificazione e allo stato di manutenzione della viabilità.

La realizzazione della base dati GIS ha quindi comportato l'acquisizione dei seguenti tematismi vettoriali fondamentali associati alle rispettive informazioni tabellari:

- particellare forestale;
- orografia (isoipse);
- carta della viabilità principale e secondaria.

I rilievi in bosco hanno riguardato in particolare i seguenti aspetti:

- viabilità principale;
- descrizioni delle sottoparticelle forestali.

Il rilievo della viabilità principale esistente è stato svolto compilando

una scheda per ogni tracciato, sulla quale sono state riportate le principali caratteristiche delle strade, lo stato di manutenzione e la presenza d'opere d'arte (muretti, ponti, tombini, etc.). Nel rilievo è stata data importanza anche alle possibili valenze turistiche di elementi presenti in prossimità delle strade.

Per le sottoparticelle forestali è stata compilata in campagna un'altra scheda, rilevando: composizione specifica, forma di governo, presenza e caratteristiche del sottobosco, etc. I dati sono stati utilizzati per la classificazione della variabile copertura/uso del suolo ai fini del gradimento estetico nella valutazione turistico-ricreativa della foresta.

Elaborando le basi vettoriali fondamentali, sono stati prodotti i seguenti strati informativi, costituiti da mappe in formato matriciale (*raster*) con risoluzione di 5 metri (ogni elemento della matrice, *pixel*, rappresenta una porzione quadrata del territorio con lato di 5 m):

- DEM *Digital elevation model* (modello digitale dell'orografia, delle quote);
- carta delle pendenze (derivata dal DEM);
- particellare forestale;
- carta forestale: copertura/uso del suolo;
- carta forestale: accidentalità;
- carta forestale: disturbi scenici;
- carta forestale: emergenze naturali;
- carta forestale: infrastrutture turistiche;
- localizzazione e caratterizzazione della viabilità;
- carta dei parcheggi.

5. ANALISI, RISULTATI ED ELABORATI CARTOGRAFICI

5.1. Caratteristiche della rete viabile principale

Analizzando i rilievi effettuati, la viabilità di servizio alla foresta è stata suddivisa in 24 tracciati le cui caratteristiche sono riassunte in Tabella 5. La viabilità è costituita prevalentemente da strade camionabili (principali e secondarie) con 15.400 m di tracciati su un totale di 28.965 m.

A tale lunghezza totale corrisponde una densità (lunghezza tot. viabilità esistente/superficie tot. foresta) di: $28.965\text{m}/969,585\text{ha} = 29,87 \text{ m/ha}$

Questo valore può essere considerato sufficiente in relazione alle densità teoriche di riferimento indicate da HIPPOLITI (1976).

Tabella 5 – Classificazione della viabilità principale.

<i>Tipo di strada</i>	<i>Numero</i>	<i>%</i>	<i>Lunghezza totale (m)</i>	<i>%</i>
Camionabili principali (strade pubbliche)	4	17	10.000	34,6
Camionabili principali (strade forestali)	1	4	2.900	10,0
Camionabili secondarie	2	8	2.500	8,6
Strade trattorabili	17	71	13.565	46,8
Totale	24	100	28.965	100

5.2. Valutazione dell'accessibilità della foresta

5.2.1. Attuale grado di servizio della rete viabile

Applicando i parametri di HIPPOLITI (1976) e la metodologia descritta, si è stimato il tempo che un operatore forestale impiega per raggiungere ogni dato punto della foresta, o meglio ogni dato pixel. È stato quindi possibile produrre una mappa del «tempo di accesso» e, incrociando questa con il particellare forestale, stimare il «tempo di accesso medio» per ciascuna sottoparticella. Dalla classificazione di tali valori derivano, rispettivamente, la carta di «accessibilità orografica» (Figura 3) e quella di «accessibilità per sottoparticella» (Figura 4).

Nell'ambito della pianificazione strategica complessiva, l'accessibilità orografica mette in evidenza le aree meno servite ed è quindi indispensabile per valutare le opportunità di potenziamento della viabilità.

L'accessibilità riferita all'unità sottoparticella, è invece un dato utile nel contesto della gestione selvicolturale e della pianificazione degli interventi.

L'accessibilità della foresta in termini numerici è stata riassunta rispettivamente nelle Tabelle 6 e 7.

L'analisi mette in risalto l'elevato grado di accessibilità che questo complesso forestale presenta: la classe «ben servito» è nettamente prevalente, quella «non servito» inesistente.

In termini generali solo circa il 20% della foresta risulta «scarsamente servito» (Tabella 6). Essendo tali aree relativamente disperse nel territorio, a livello di sottoparticelle solo il 16% risulta «scarsamente servito» (Tabella 7).

La sottoparticella che presenta il più elevato tempo di accesso dalla strada più vicina (la meno accessibile), è la D652 con un tempo medio di 33 minuti. Nella stessa sottoparticella è localizzato il pixel con tempo di accesso più elevato, che risulta di 41 minuti.

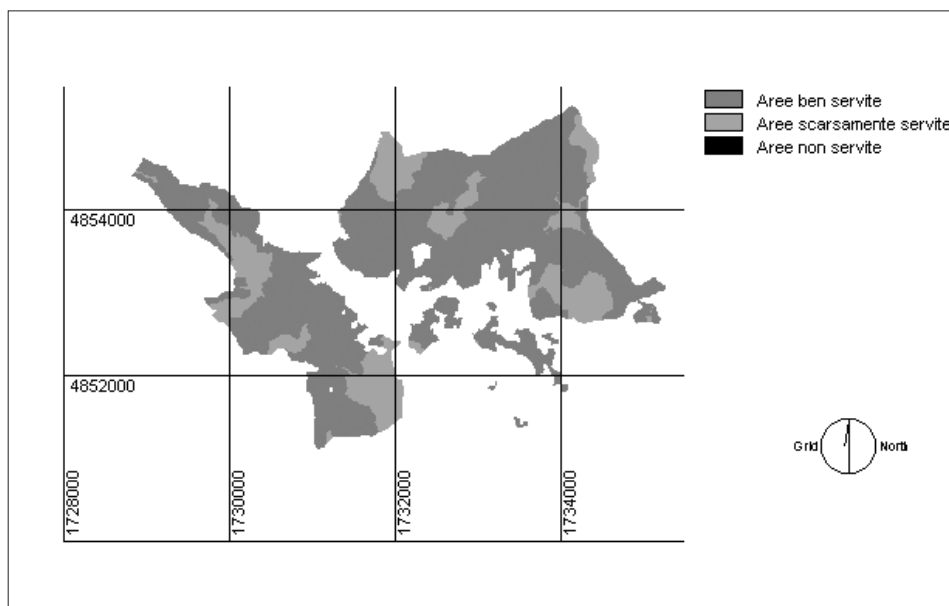


Figura 3 – Accessibilità «orografica».

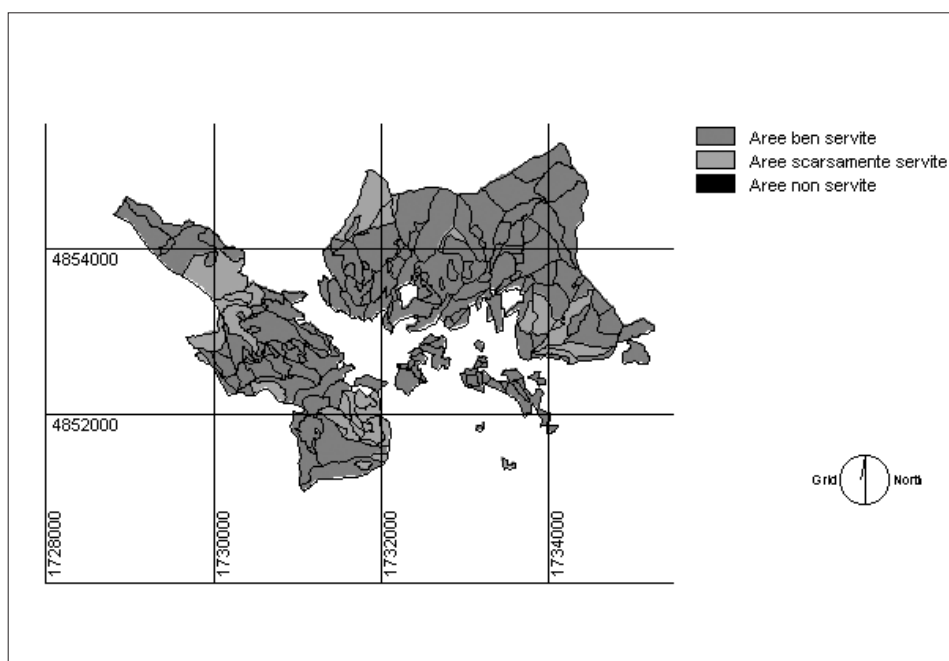


Figura 4 – Accessibilità media per «sottoparticella».

Tabella 6 – Accessibilità «orografica».

<i>Classe</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>%</i>
Bosco ben servito	755,302	78
Bosco scarsamente servito	214,283	22
Bosco non servito	0	0
Totale	969,585	10

Tabella 7 – Accessibilità media per «sottoparticella».

<i>Classe</i>	<i>Numero particelle</i>	<i>% sul N.</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>% di Sup.</i>
Bosco ben servito	140	84	817,0	84
Bosco scarsamente servito	27	16	152,6	16
Bosco non servito	0	0	0,0	0
Totale	167	100	969,6	100

5.2.2. Esigenze di potenziamento della viabilità

Per stabilire se sarebbe utile potenziare la viabilità non è sufficiente valutare l'accessibilità potenziale, occorre analizzare anche le esigenze di accesso che la gestione prevede. Si determinano condizioni che richiedono un potenziamento della viabilità quando tratti a scarsa accessibilità presentano esigenze di accesso importanti.

Le esigenze di accessibilità sono state stimate sulla base degli interventi selvicolturali indicati nel piano di gestione forestale delle «Foreste Casentinesi» (DREAM, 1996) e in base alle caratteristiche del soprassuolo forestale presente (Tabella 8). Si è evidenziato che oltre 140 ha di bosco «scarsamente servito» ha esigenze di essere «ben servito da viabilità». Quindi, pur essendo le condizioni di viabilità del complesso buone, l'analisi del terri-

Tabella 8 – Esigenze di accessibilità della foresta.

<i>Tipo di soprassuolo</i>	<i>Esigenze di accessibilità</i>
Rimboschimenti, fustaie di origine artificiale, fustaie transitorie, cedui in conversione, fustaie fertili e molto produttive	Ben serviti da viabilità
In generale, per boschi stabili che non richiedono interventi	Scarsamente serviti da viabilità
Riserve naturali integrali, boschi di protezione	Non serviti da viabilità

torio segnala necessità di adeguamento della viabilità forestale con interventi finalizzati al miglioramento dell'accessibilità di servizio della foresta.

La formulazione di specifiche proposte operative di integrazione della rete viabile esula dagli scopi di questo lavoro, poiché richiederebbe di estendere l'analisi ad aspetti relativi alla fauna, all'idrologia e ad altri fattori ambientali.

5.3. Valutazione della funzione turistico-ricreativa della rete viabile

5.3.1. Valore turistico-ricreativo dei tracciati

La rete viabile della foresta è densa ma, in base all'analisi svolta considerando solo le caratteristiche intrinseche della viabilità, si osserva una netta preponderanza di elementi con basso valore turistico-ricreativo (Tabella 9).

Tabella 9 – Valore turistico-ricreativo della viabilità.

Classe	Numero strade	%
Elevato (1,0-0,8)	6	25,0
Medio (0,8-0,6)	5	20,8
Basso (0,6-0,4)	13	54,2
Totale	24	100

La scarsa valutazione è dovuta anche al basso punteggio attribuito alle strade trattorabili, esse non sono infatti accessibili ai veicoli privati. Questo vincolo è stato posto per limitare gli impatti del turismo su ambiente e fauna². In realtà, essendo le trattorabili a contatto con le vie di accesso principali e avendo delle buone caratteristiche di segnaletica e visibilità del tracciato, esse costituiscono comunque la viabilità di partenza per attività di escursionismo a piedi, in *mountain bike* e a cavallo.

5.3.2. Valore turistico-ricreativo della foresta

La stima del valore turistico-ricreativo della foresta, in base allo schema di valutazione definito in metodologia, è funzione di diversi strati

⁽²⁾ Generalmente tutte le strade forestali sono a traffico regolamentato. In questo caso le strade ad esclusivo uso forestale sono rappresentate solo dalle trattorabili. Le strade camionabili sono tutte strade pubbliche utilizzate anche come viabilità di servizio alla foresta.

Tabella 10 – Valore turistico-ricreativo delle sottoparticelle.

Valore massimo	1
Valore minimo	0.1282
Valore medio	0.4490
Mediana	0.3884

Tabella 11 – Ripartizione del valore turistico-ricreativo delle sottoparticelle.

Classe	Numero sottoparticelle	%	Superficie (ha)	%
Elevato 1-0,7	23	13,8	125,9	13,0
Medio 0,7-0,4	59	35,3	331,5	34,2
Basso 0,4-0,1	85	50,9	512,1	52,8
Totale	167	100	969,5	100

informativi del GIS. Alcuni strati, quali la distanza dalla rotabile o dal parcheggio più vicino, sono indipendenti dal particellare. Il calcolo viene quindi effettuato per singolo pixel assegnando poi alle sottoparticelle il valore medio dei pixel inclusi (Figura 1) (Tabella 10).

Il valore massimo, corrispondente anche al massimo teorico, si è riscontrato in 4 sottoparticelle, (D121, D122, D123, D124) ed è dovuto, in parte, alla presenza di un rifugio nelle vicinanze. Nell'area di studio, invece, il valore turistico-ricreativo della foresta risulta piuttosto limitato: 85 sottoparticelle (oltre il 50%) presentano valori bassi (Tabella 11).

Le sottoparticelle che presentano caratteri favorevoli alla fruizione turistica del bosco sono solo 23 per una superficie complessiva di 126 ha (circa il 13 % del totale). In queste sottoparticelle la presenza di turisti risulterà probabilmente più elevata con possibili conseguenze ambientali negative, prevalentemente in una ristretta parte della foresta, nei pressi dell'area attrezzata in località Campo dell'Agio e rifugi Fangacci e Casanova.

5.3.3. Funzione turistico-ricreativa della viabilità

Integrando il valore turistico delle strade con quello della foresta si evidenzia in che modo la rete viabile sostiene la distribuzione territoriale delle potenzialità ricreative del complesso forestale.

I tracciati che presentano valore elevato, pur essendo solo 4, servono

quasi tutti i settori della foresta, anche se in misura inferiore il settore occidentale.

A titolo indicativo sono stati individuati altri due tracciati attraversanti aree della foresta con alto valore turistico-ricreativo che potrebbero essere valorizzati realizzando opportune infrastrutture (Figura 2). Con la valorizzazione di queste strade e la manutenzione delle infrastrutture già presenti negli altri tracciati, si amplierebbe la parte di foresta a vocazione turistico-ricreativa e si ridurrebbe di conseguenza la pressione antropica attualmente concentrata in poche aree.

6. CONCLUSIONI

Le problematiche inerenti la viabilità forestale sono di rilevante importanza per la corretta impostazione delle indicazioni di gestione forestale. Sulla base dei risultati presentati è possibile affermare che le informazioni normalmente acquisite per la redazione di un piano di gestione forestale, se opportunamente trattate, possono essere utilizzate per l'analisi delle diverse funzioni della viabilità. Tali basi informative, opportunamente organizzate in un sistema informativo territoriale (GIS), possono essere di concreto aiuto per l'impostazioni di scelte pianificatorie di gestione forestale sostenibile.

La funzionalità della rete viabile viene analizzata con riferimento a due principali aspetti: come servizio alle attività di gestionali forestale e in relazione alla funzione turistico-ricreativa. L'analisi mette in evidenza lo stato attuale della funzionalità della viabilità, consentendo una valutazione cartografica del problema: quali aree sono meglio servite, quanto e come sono servite, dove ci sono o possono presentarsi dei problemi.

In conclusione è forse opportuno ricordare ruolo e significato del GIS nel processo pianificatorio-gestionale. Il sistema informativo territoriale, per esplicitare le sue funzionalità deve necessariamente essere configurato come uno dei servizi integrati nella struttura gestionale. Un servizio che sviluppa procedure di valutazione costantemente aggiornate e ri-applicate via via che si modifica, si aggiorna e si amplia la base di dati disponibile o si determinano nuove esigenze informative.

I risultati che questo lavoro presenta costituiscono quindi solo degli esempi semplificati di procedure e di prodotti che il GIS può fornire. Il passaggio dall'esempio sviluppato all'applicazione operativa comporta normalmente un incremento di complessità ma, sostanzialmente, si concretizza nell'espansione e riproposizione della metodologia presentata. L'esempio proposto potrebbe quindi fornire spunti utili anche sotto il profilo operativo.

SUMMARY

**Analysis and development of forest road network using G.I.S. technology:
the Badia Prataglia forest case study**

Forest management is strongly influenced by a suitable road network. This work is aimed to be a technical support for discussing the problem of road conditions in forest management and planning.

The study area is the Badia Prataglia's forest, which is enclosed in the Foreste Casentinesi National Park. Using G.I.S. technology we evaluated the forest accessibility, both for touristic-recreative and service purposes. This work shows the applied methodology, the phases to build a geographical data base and the survey of field data. Results and cartographic printouts are discussed.

BIBLIOGRAFIA

- AA.VV., 1994 – *Il piano di gestione multiuso della Foresta Demaniale di Vallombrosa*. Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Direzione generale per l'Economia montana e per le foreste. Università degli studi di Firenze. Facoltà di Agraria. D.M. n°26/752/89 del 21/12/1989.
- ARONOFF S., 1989 – *Geographic Information Systems: A management Perspective*. WDL Publications, Ottawa, Canada.
- BAGNARESI U., GASPARINI C., 1990 – *Le preferenze dei turisti in un'area forestale ai fini multipli: risultato di alcune ricerche compiute nell'Appennino Settentrionale*. Monti e Boschi, anno XLI – fasc. n. 6: 43-52 - Novembre-Dicembre.
- CALVANI G., MARCHI E., PIEGAI F., TESI E., 1999 – *Funzioni, classificazione, caratteristiche e pianificazione della viabilità forestale per l'attività di antincendio boschivo*. L'Italia Forestale e Montana, Anno LIV – fasc. n. 3: 109-125 – Maggio-Giugno.
- CARRIERO A., SCRINZI G., TABACCHI G., TOSI V., WOLFGANG W., 1997 – *GARDEN. Procedura di integrazione tra GIS e sistema esperto per la stima del valore turistico-ricreativo degli ambienti naturali*. Comunicazione di ricerca ISFA 97/2, Trento.
- CHIRICI G., ORADINI A., SORBETTI F., 1998 – *I Sistemi Informativi Geografici quali strumento di pianificazione e gestione forestale: l'esempio del Comunello di M.te Armelio*. Estimo e Territorio n. 7/8 (19-25).
- CIANCIO O., CORONA P., MARCHETTI M., NOCENTINI S. (a cura di), 2002 – *Linee guida per la gestione sostenibile delle risorse forestali e pastorali nei Parchi Nazionali*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Direzione Conservazione della Natura, Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- DREAM Italia, 1996 – *Piano di gestione forestale, complesso «FORESTE CASENTINESI»*, 1993-2004. Poppi (AR).
- HIPPOLITI G., 1976 – *Sulla determinazione delle caratteristiche della rete viabile*

- forestale*. L'Italia Forestale e Montana, Anno XXXI – fasc. n.6: 241-254 – Novembre-Dicembre. Firenze.
- PETTINÀ R., 1991 – *Un prototipo di sistema esperto per l'analisi delle potenzialità turistico-ricreativa nella pianificazione forestale*. Tesi di dottorato di ricerca in economia e pianificazione forestale. Università degli studi di Firenze.
- ROSSI V., 1999/2000 – *La viabilità forestale: un esempio di analisi nella foresta di Badia Prataglia. (Parco Nazionale Foreste Casentinesi)*. Tesi di laurea. Università degli studi di Firenze.
- SCRINZI G., TOSI V., AGATEA P., FLAMMINI T., 1995 – *Gli italiani e il bosco. Coordinate quali-quantitative dell'utenza turistico-ricreativa delle aree forestali in Italia*. Comunicazioni di ricerca ISAFA 95/1, Trento.
- TOSI V., 1989 – *I servizi turistico-ricreativi dei boschi: esperienze nel Triveneto*. Annali ISAFA, vol. X, Trento.