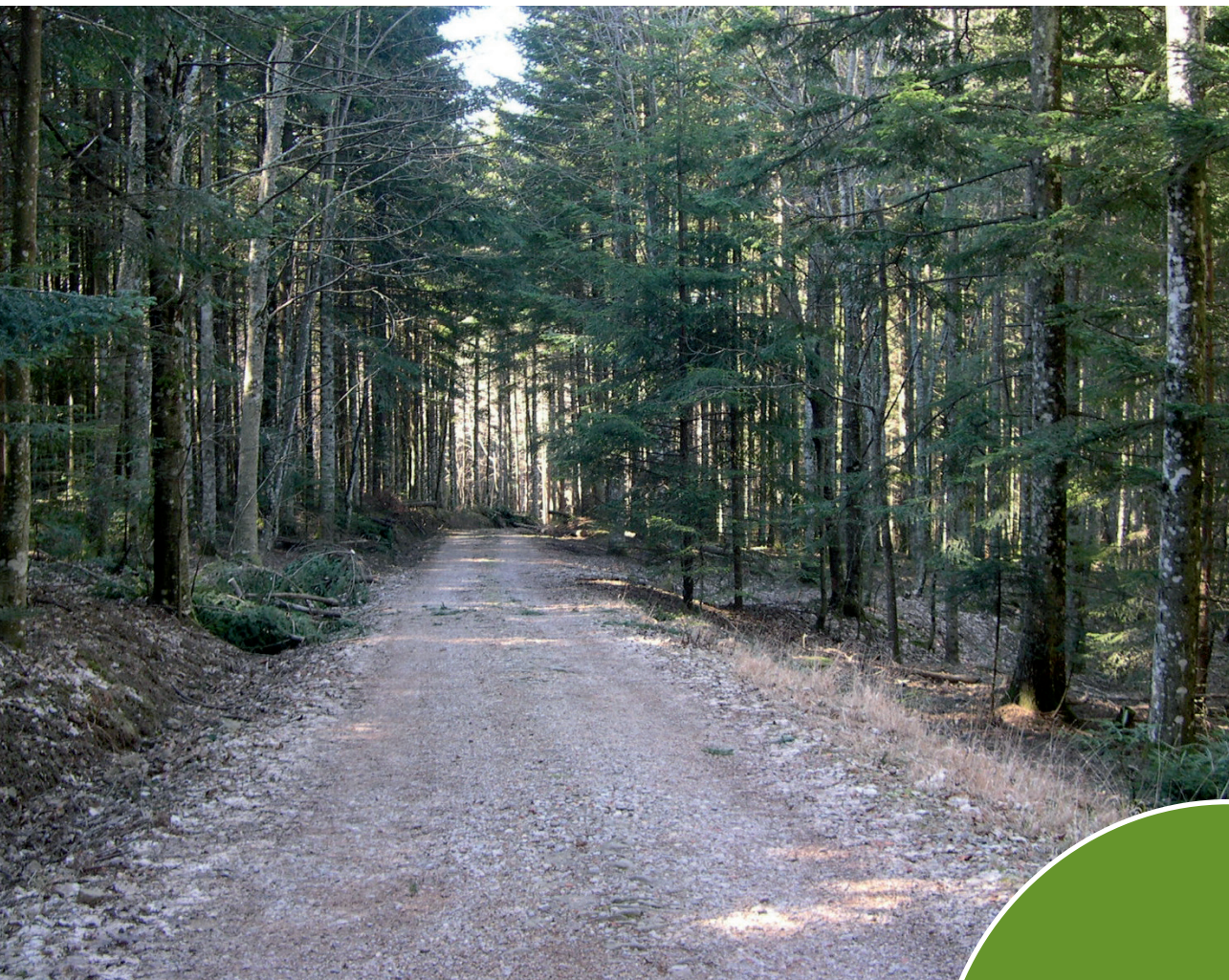




Regione Toscana

La progettazione, la realizzazione e la manutenzione della viabilità forestale e delle opere connesse



Supporti tecnici alla Legge Regionale
Forestale della Toscana • 10

La progettazione, la realizzazione e la manutenzione della viabilità forestale e delle opere connesse



Regione Toscana

4 - Regione Toscana

La progettazione, la realizzazione e la manutenzione della viabilità forestale e delle opere connesse

Regione Toscana, Giunta Regionale
Direzione Generale Competitività del sistema regionale e sviluppo delle competenze
Area di coordinamento Politiche per lo Sviluppo Rurale
Settore Forestazione, promozione dell'innovazione e interventi comunitari per l'agroambiente
Via di Novoli 26 - 50127 Firenze Tel 055 4382111
www.regione.toscana.it



G.E.S.A.A.F. – Dipartimento Gestione Sistemi
Agrari, Alimentari e Forestali - Università di Firenze
Via San Bonaventura n. 13 – 50145 Firenze
Tel 055 +39 055 3288600

Coordinamento scientifico

Enrico Marchi - G.E.S.A.A.F. , Università di Firenze
e-mail enrico.marchi@unifi.it;

A cura di:

E. Marchi, F. Piegai, F. Fabiano, F. Neri

Coordinamento della pubblicazione

Antonio Faini – Regione Toscana
Direzione Generale Competitività del sistema regionale e sviluppo delle competenze
Settore Forestazione, promozione dell'innovazione e interventi comunitari per l'agroambiente

Daniele Perulli – Corpo Forestale Stato - Regione Toscana
Direzione Generale Competitività del sistema regionale e sviluppo delle competenze
Settore Forestazione, promozione dell'innovazione e interventi comunitari per l'agroambiente

Foto: le foto sono degli Autori e dell'archivio Regione Toscana

Catalogazione nella pubblicazione (CIP) a cura della Biblioteca della Giunta regionale Toscana:

La progettazione, la realizzazione e la manutenzione della viabilità forestale

e delle opere connesse. - (Supporti tecnici alla Legge regionale forestale della Toscana ; 10)
I. Toscana <Regione>. Direzione generale competitività del sistema regionale e sviluppo delle competenze. Area di coordinamento politiche per lo sviluppo rurale. Settore forestazione, promozione dell'innovazione e interventi comunitari per l'agroambiente II. Marchi, E.
III. Faini, Antonio IV. Perulli, Daniele
1. Strade forestali – Progettazione e costruzione – Guide
634.93

Cura redazionale, grafica e impaginazione:
Giunta Regione Toscana

Fuori commercio, vietata la vendita
Copyright 2013 - Regione Toscana

Presentazione

Gianni Salvadori

Assessore all'Agricoltura, Foreste Caccia e Pesca della Regione Toscana

Le strade forestali costituiscono infrastrutture indispensabili per poter esercitare in modo razionale e sostenibile la gestione del bosco; nei comprensori a marcata vocazione forestale dove la viabilità è carente e inadeguata, se non assente, vengono meno i presupposti per valorizzare le potenzialità dei boschi e aumentano i rischi di abbandono da parte della popolazione residente. Questa infatti rappresenta un presidio indispensabile per una maggiore tutela del territorio da danni di tipo idrogeologico, da incendi, fitopatie e da altri eventi che possono ridurre la multifunzionalità del bosco specie in aree più difficili come quelle collinari e montane. La presenza di una rete viaria razionale ed efficiente, compresa quella a servizio del bosco, rappresenta quindi un elemento irrinunciabile per favorire lo svolgimento delle varie attività socio economiche e per garantire e migliorare i servizi alla popolazione di queste aree.

Questa nuova pubblicazione affronta varie tematiche inerenti la viabilità forestale e partendo dalle esigenze di accessibilità dei boschi, sottolinea le funzioni delle infrastrutture viarie a servizio della foresta e fornisce elementi utili per migliorarne la pianificazione, la progettazione, la realizzazione e la manutenzione.

Si tratta di fasi particolarmente importanti e impegnative che vanno affrontate disponendo di conoscenze tecnico-normative adeguate e aggiornate per ridurre al minimo gli eventuali impatti ambientali che possono derivare dalla realizzazione delle diverse tipologie di infrastrutture viarie, compreso quelle a servizio della foresta.

L'impostazione generale dei vari argomenti trattati in questo decimo volume della collana "Supporti tecnici alla legge forestale della Toscana" ha avuto come quadro di riferimento normativo la Legge Forestale della Toscana n° 39/2000 e il relativo Regolamento Forestale di applicazione che indica norme tecniche prudenziali per l'esecuzione dei lavori in bosco con varie procedure autorizzative

Questo libro, la cui redazione è stata promossa dalla Regione Toscana, Settore "Forestazione, promozione dell'innovazione e interventi comunitari per l'agroambiente" che si è avvalso del supporto tecnico scientifico del GESAAF (Dipartimento Gestione Sistemi Agrari Alimentari e Forestali dell'Università di Firenze), è rivolto in particolare a tutti gli operatori pubblici e privati, proprietari, progettisti, funzionari istruttori degli enti competenti o addetti alla sorveglianza e al controllo, alle categorie e associazioni professionali che a vario titolo si interessano della filiera foresta-legno.

Sommario

Premessa

1. <i>Tipologie forestali in Toscana</i>	13
2. <i>Legge Forestale Toscana e relativo Regolamento di applicazione</i>	18
3. <i>Classificazione delle principali caratteristiche del bosco ai fini delle utilizzazioni</i>	21
3.1 Pendenza prevalente del terreno	21
3.2 Accidentalità del terreno	21
3.3 Intensità del taglio	22
3.4 Dimensioni del legname utilizzato	22
3.5 Criteri e scelta dei sistemi di esbosco	23
4. <i>Principali sistemi di lavoro comunemente adottati in Toscana</i>	25
4.1 Principali sistemi di lavoro nel materiale corto (legna da ardere)	27
4.1.1 Esbosco a soma con animali	31
4.1.2 Esbosco con trattore agricolo e rimorchio	31
4.1.3 Esbosco con trattore portante	32
4.1.4 Esbosco con trattore agricolo d.t. con gabbie	33
4.1.5 Gabbie affastellatrici per esbosco e trasporto legna da ardere	34
4.1.6 Esbosco per avvallamento in risine	35
4.1.7 Esbosco a strascico con trattore e verricello	36
4.1.8 Esbosco con gru a cavo	37
4.2 Principali sistemi di lavoro per la raccolta di materiale da lavoro	38
4.2.1. Concentramento a strascico con animali	38
4.2.2. Concentramento per avvallamento libero	38
4.2.3. Concentramento e esbosco a strascico con trattore e verricello	39
4.2.4 Esbosco con trattore e rimorchio o con trattore portante	40
4.2.5 esbosco con teleferica tipo e gru a cavo	41
4.3 Principali sistemi di lavoro con l'albero intero e recupero di biomassa	42
5. <i>Funzioni della viabilità forestale</i>	48
5.1 Sorveglianza, utilizzazioni, AIB	48
5.2 Esigenze di accessibilità dei boschi	51

8 - Regione Toscana

6. <i>Classificazione della viabilità a fini forestali</i>	52
6.1 Le strade forestali permanenti	52
6.2 Le piste forestali permanenti	54
6.3 Opere temporanee di esbosco	56
6.3.1 Le piste temporanee di esbosco	56
6.3.2 Condotte, canali temporanei e linee di esbosco	57
6.4 Funzioni e differenze fra strade e piste	58
7. <i>Pianificazione della viabilità forestale</i>	61
7.1 Cenni sul Piano della Viabilità	62
7.2 Sistemi informativi geografici	66
7.3 Indice di densità ottimale di viabilità	68
7.4 Schemi orientativi per la scelta del sistema di esbosco	69
8. <i>La Progettazione</i>	73
8.1 Scopo del progetto	73
8.2 Criteri di progettazione	73
8.3 Impatto delle strade forestali	76
8.4 Il progetto preliminare o di massima	76
8.4.1 La scelta del tracciato e studio delle alternative	77
8.4.2 La scelta del tipo di strada	78
8.5 Il progetto esecutivo	79
8.5.1 Il progetto esecutivo semplice	79
8.6 Principali elementi costitutivi della viabilità	83
8.6.1 Massicciata	83
8.6.2 Banchine e piazzole	87
8.6.3 Scarpate	88
8.6.4 Opere di sostegno	89
8.6.5 Cunette longitudinali	90
8.6.6 Tombini e cunettoni	90
8.6.7 Ponti e tomboni	92
8.6.8 Drenaggi trasversali alla strada	93
8.7 Principali tipologie di opere di strade forestali	93
8.7.1 Opere per lo sgrondo delle acque	93
8.7.1.1 Fossi di guardia e drenaggi	93
8.7.1.2 Cunette longitudinali	94
8.7.1.3 Tombini	95
8.7.1.4 Cunette e canalette trasversali	96
8.7.2 Opere di sostegno	102
8.7.2.1 Le scogliere	103
8.7.2.2 Muri in calcestruzzo armato	104

8.7.2.3 Muri armati misti	104
8.7.2.4 Le gabbionate	104
8.7.2.5 Arce o caselle	106
8.7.2.6 Arce a parete semplice	106
8.7.2.7 Arce o caselle a doppia parete	107
8.7.3 Ponti e tomboni	108
8.7.4 Guadi	108
8.8 Elaborati tecnici fondamentali del progetto	109
8.8.1 La planimetria ed il profilo longitudinale (altimetria)	110
8.8.2 Sezioni tipo ed opere d'arte tipo	112
8.8.3 Sezioni trasversali	113
8.8.4 Calcolo di scavi e riporti	113
8.9 Il progetto di miglioramento o di manutenzione straordinaria di opere esistenti	113
9. <i>La costruzione</i>	115
9.1 Modalità di gestione della costruzione	115
9.2 Sgombero del tracciato	117
9.3 Apertura del tracciato (sbancamento)	117
9.4 Formazione di rilevati	121
9.5 Costruzione delle opere d'arte	122
9.6 Formazione della massicciata	122
10. <i>La manutenzione</i>	124
10.1 Lo scopo della manutenzione	124
10.2 Riferimenti normativi	125
10.2.1 La manutenzione ordinaria	126
10.2.2 La manutenzione straordinaria	128
11. <i>Cenni sui costi di costruzione e manutenzione</i>	130
<i>Bibliografia</i>	133
<i>Glossario</i>	137
Bibliografia	141

Premessa

Le strade sono la premessa indispensabile per la selvicoltura, qualunque sia lo scopo prevalente perseguito con questa attività: la “selvicoltura senza strade è una illusione”. Ma strade e piste, realizzate su tracciati inopportuni e/o con modalità inadeguate, provocano inutili impatti e rischi. Le caratteristiche del traffico che percorre la viabilità forestale sono diverse da quelle del traffico che grava su strade pubbliche e diversi sono, e devono essere, i criteri e le tecniche di progettazione di queste infrastrutture. Per strade pubbliche sono ancora validi i principi adottati dagli ingegneri militari romani 20 secoli fa: il tracciato, con pendenza uniforme, deve essere formato da tratti rettilinei raccordati con archi di cerchio. Questo tipo di tracciato favorisce la scorrevolezza del traffico ma comporta, su terreni inclinati e con morfologia movimentata, sbancamenti rilevanti e la formazione di rilevati importanti, onerosi e spesso impattanti. Tecniche di progettazione, tracciamento e costruzione che adeguano la strada alla morfologia del terreno permettono di contenere i movimenti di terra e l'onere, sia finanziario che ambientale, della sua realizzazione, anche se limitano la velocità dei veicoli, cosa sopportabile dato il breve sviluppo di gran parte delle piste e strade forestali.

Le strade forestali servono per accedere al bosco con uomini e attrezzature per lavorarci e per l'asportazione del legname utilizzato; sono utili per la difesa e la lotta contro gli incendi, agevolano l'asestamento, la sorveglianza e il controllo dei boschi, gli interventi di soccorso in caso di incidenti e di calamità; perciò le strade devono essere permanentemente percorribili, con ogni tempo, salvo neve o ghiaccio. A questo scopo la carreggiata è inghiaziata o comunque migliorata - ma non asfaltata - per conseguire una portanza adeguata ai veicoli di maggiori dimensioni e peso per i quali la strada è prevista. Le strade sono dotate di opere d'arte per lo smaltimento delle acque meteoriche, superficiali ed ipodermiche, per l'attraversamento di impluvi, per il sostegno delle scarpate e del corpo stradale, ove necessario. Le strade forestali non possono sopportare un traffico motorizzato, nemmeno occasionale, per il quale non hanno caratteristiche adeguate; questo traffico va rigorosamente escluso, anche per motivi di sicurezza. Le piste servono per l'esbosco con trattori, alcune possono consentire saltuariamente, a fondo asciutto, il transito con autocarri; sono utili per la difesa contro gli incendi.

“Pianificare” significa analizzare la situazione per evidenziare carenze e necessità ed ipotizzare possibili interventi. “Progettare” consiste nell'elaborare indicazioni concrete per la realizzazione dell'opera. Prima di decidere la costruzione di una strada, di fissarne il tracciato e di redigere il progetto, va esaminato - se non esiste va elaborato - il piano della viabilità. Questo riporta su carta topografica, in scala 1:25.000, 1:10.000 o 1:5.000, le strade e le piste valide esistenti, distingue i tratti di bosco da queste serviti e quelli non serviti, e per questi ultimi ipotizza le soluzioni possibili

12 - Regione Toscana

in relazione alle tipologie forestali esistenti e alle necessità della gestione forestale sostenibile, verificandole sul terreno in linea di massima. Fissare il tracciato di nuove strade o piste e procedere alla redazione di progetti senza tenere conto e analizzare il contesto della viabilità circostante esistente, porta spesso a scelte inopportune o almeno non ottimali, con spreco di risorse economiche e naturali.

1. *Tipologie forestali in Toscana*

L'articolo 3 della Legge Forestale della Toscana definisce i boschi e le aree assimilate come superfici di estensione non inferiore ai 2.000 m² e di larghezza mediamente non inferiore ai 20 m, coperte da vegetazione arborea forestale e/o da vegetazione arbustiva di specie elencate nell'apposito elenco allegato alla Legge stessa. In particolare, sono boschi le aree in cui vi sono radicate almeno 500 piante arboree ad ettaro o quando la proiezione delle chiome degli alberi esercita una copertura al suolo pari ad almeno il 20%. L'area è considerata assimilata quando la vegetazione forestale arbustiva esercita una copertura del suolo di almeno il 40%.

I boschi e le aree assimilate, insieme agli impianti di arboricoltura da legno, costituiscono un'area forestale e sono soggetti alle norme di tutela definite dalla suddetta Legge Forestale.

La Toscana, tra le regioni italiane, è al primo posto per estensione della superficie occupata da boschi ed è al terzo posto, dopo Liguria e Trentino Alto Adige, per coefficiente di boscosità.

Il territorio regionale, rispetto alle caratteristiche geomorfologiche, si suddivide in diverse zone ben distinte, di seguito brevemente descritte (*Fig. 1*):

- una fascia di pianura costiera che segue una linea NO-SE, per lo più relativamente stretta, con digressioni verso l'interno in prossimità di Pisa e Grosseto, spesso interrotta da rilievi collinari che si spingono fino alla linea di costa;
- un'estesa zona collinare localizzata nella parte centrale del territorio, caratterizzata da una morfologia varia e ondulata. Questa zona è delimitata, ad O, da una catena di colline più elevate prospicienti la pianura costiera e, a N e ad E, dal bacino Arno - Val di Chiana;
- una serie di pianure interne che comprendono il Valdarno inferiore, la piana di Firenze - Pistoia, il Mugello, il Valdarno superiore, il Casentino, la Val di Chiana ed il territorio al confine tra le Province di Lucca, Pisa e Pistoia;
- una fascia montuosa coincidente con l'Appennino che, con andamento NO-SE, delimita il territorio regionale;
- rivestono inoltre notevole importanza, dal punto di vista climatico e vegetazionale, anche alcune zone più ristrette quali il massiccio delle Alpi Apuane, la Lunigiana, l'Alto Mugello, i Monti Pisani, il complesso vulcanico del Monte Amiata e l'Arcipelago toscano.

Da questi pochi dati appare evidente come il territorio regionale sia estremamente eterogeneo con climi e tipi vegetazionali diversi.

La superficie territoriale della Toscana ammonta a 2.299.236 ettari, dei quali 1.086.016 occupati da formazioni forestali, con un coefficiente di boscosità pari a circa il 47% - Italia circa il 29% (INFC, 2005; MAF-ISAFA, I.F.N., 1985; AA.VV., I.F.T., 1998).

14 - Regione Toscana

Per quanto riguarda il tipo di proprietà relativo alle superfici del bosco, si citano i dati ISTAT (<http://www.istat.it/>) riferiti all'anno 2005:

- Privati 83%;
- Stato e Regione 13%;
- Comuni 2%;
- Altri Enti 2%.



Fig. 1 Carta della Regione Toscana tratta da <http://www.rete.toscana.it/index.htm>

Nella Tab. 1, suddivisa per provincia, è riportata la distribuzione della superficie forestale della Regione Toscana.

I maggiori coefficienti di boscosità si trovano nelle province con maggiori estensioni di territorio montano (Lucca e Massa-Carrara) mentre i minimi si trovano nelle province di Pisa e di Grosseto dove è marcata la vocazione agricola.

Provincia	Superficie forestale (ha)
Grosseto	186.672
Firenze	174.320
Arezzo	169.920
Siena	156.704
Lucca	107.776
Pisa	85.952
Massa Carrara	77.520
Pistoia	54.368
Livorno	52.640
Prato	20.144
Toscana	1.086.016

Tab. 1 Suddivisione per provincia della superficie forestale toscana (AA.VV., I.F.T., 1998)

L'Inventario Forestale della Toscana (AA.VV., I.F.T., 1998), sulla base della funzione prevalente, suddivide inoltre boschi in categorie di "destinazioni di uso" intese non in senso esclusivo in quanto tutti i boschi svolgono per loro natura una pluralità di funzioni quali:

- conservazione (per una superficie di 139.168 ha), boschi situati a quote superiori a 1500 m s.l.m., formazioni ripariali, boschetti, boschi ad elevato valore naturalistico (per la presenza di farnia, rovere, frassino maggiore, tiglio, in percentuale superiore al 30% sul totale), macchia mediterranea a portamento arbustivo, arbusteti radi e densi, cespuglieti radi e densi;
- protezione (per una superficie di 95.584 ha), basata su dati indicatori di una situazione speciale nei confronti della difesa idrogeologica. Si tratta di boschi con copertura inferiore al 40% (ad esclusione delle zone in rinnovazione), di stazioni con pendenza elevata, a fertilità ridotta, con presenza di affioramenti rocciosi. Sono compresi anche i boschi distrutti da incendio o da cause naturali quali vento e neve o da fenomeni inquinanti;
- produzione (per una superficie di 851.264 ha), basata su condizioni di ordinaria gestione del bosco.

Si riporta anche, nella *Tab. 2*, l'estensione delle macrocategorie inventariali "Bosco e Altre terre - Regione Toscana" (AA.VV., I.F.N.C., 2005).

Regione Toscana	Bosco e altre terre boscate				
	Bosco superficie (ha)	Altre terre boscate superficie (ha)	Superficie forestale totale superficie (ha)	Superficie territoriale (ha)	
	1 015 728	135 811	1 151 539	2 299 018	
	Bosco, ripartito per grado di mescolanza del soprassuolo				
	Puro di conifere superficie (ha)	Puro di latifoglie superficie (ha)	Misto di conifere e latifoglie superficie (ha)	Superficie non classificata per il grado di mescolanza superficie (ha)	Totale Bosco Superficie (ha)
	41 558	776 530	93 238	104 402	1 015 728
	Bosco ripartito per carattere di proprietà				
	Proprietà privata superficie (ha)	Proprietà pubblica superficie (ha)	Superficie non classificata per il carattere della proprietà superficie (ha)	Totale Bosco superficie (ha)	
	864 680	149 603	1 445	1 015 728	

Tab. 2 Estensione delle macrocategorie inventariali Bosco e Altre terre – Regione Toscana (AA. VV., I.F.N.C., 2005)

Nell'ambito della multifunzionalità è necessario evidenziare la capacità dei boschi toscani di fornire un habitat adeguato per la fauna in generale e per gli ungulati in particolare. Anche molte delle specie protette a diverso titolo (L.R.56/2000) trovano proprio nel bosco rifugio e alimentazione. Gli ungulati (in Toscana sono stati censiti circa 4.000 cervi, 125.000 caprioli, 21.000 daini, 140.000 cinghiali) hanno un rapporto molto stretto con il bosco, sia perché vi trovano anch'essi risorse alimentari e riparo, sia perché possono causare danni rilevanti alla rinnovazione forestale ed ai soprassuoli più giovani in caso di eccessiva concentrazione. Il cinghiale, per la sua caratteristica di scavare il terreno con il grifo per la ricerca del cibo, può causare problemi anche di tipo idrogeologico. Danni di questo tipo sono ormai stati accertati in buona parte dei boschi toscani sia con studi e censimenti specifici, sia attraverso le risultanze della redazione dei piani di gestione del patrimonio forestale pubblico e privato, e sono ormai tali da condizionare le scelte selvicolturali. D'altra parte non è possibile trascurare le ricadute positive della presenza della fauna per l'attività venatoria e per quella agrituristica. Riassumendo, l'analisi delle evoluzioni nel tempo delle superficie forestali della Toscana evidenzia i seguenti fenomeni:

- continuo aumento della superficie forestale, specie per colonizzazione naturale di colture e pascoli abbandonati, anche se il trend sembra leggermente rallentato negli ultimi anni;
- netto predominio del governo a ceduo rispetto a quello ad alto fusto, ma continuo aumento di quest'ultimo tipo di boschi a causa dell'invecchiamento dei boschi cedui e agli interventi di avviamento all'alto fusto;

**La progettazione, la realizzazione e la manutenzione
della viabilità forestale e delle opere connesse - 17**

- prevalenza della proprietà privata, spesso frazionata e dispersa, rispetto alla proprietà pubblica;
- carenza di tagli intercalari, in riferimento agli stadi giovanili dei soprassuoli governati a fustaia;
- sottoutilizzazione di vaste aree forestali;
- progressivo invecchiamento di molti soprassuoli e conseguente aumento delle rispettive provvigioni legnose;
- aumento della ricchezza specifica dei boschi dovuta anche alla maggiore attenzione ai temi della biodiversità introdotta col nuovo regolamento forestale;
- recente estensione degli impianti di arboricoltura da legno;
- sostanziale equilibrio tra le più diffuse fitopatie e la naturale capacità reattiva dei boschi, con uno stato di perdurante allarme per alcune nuove patologie (cocciniglia del pino marittimo, cinipide galligeno del castagno, processionaria delle querce, etc.);
- perdurare del pericolo degli incendi boschivi, anche se contenuti da un adeguato servizio AIB;
- progressivo spostamento dei redditi dalla produzione legnosa verso altre forme di valorizzazione economica, sempre più legate ai servizi per l'ambiente, al paesaggio e all'equilibrio territoriale;
- aumento rilevante del carico faunistico con evidenti danni alla vegetazione.

2. *Legge Forestale Toscana e relativo Regolamento di applicazione*

La Legge Forestale della Toscana è la n. 39 del 21 marzo 2000 e l'ultimo aggiornamento è avvenuto con L.R. n. 65/2010 (ora L.R. 47 del 09 agosto 2013); nel testo sarà indicata come Legge Forestale. L'art. 49 di tale legge tratta delle "opere connesse al taglio dei boschi" che sono quelle necessarie all'esecuzione dei lavori di taglio e d'esbosco dei prodotti legnosi; fra queste opere rientra anche la viabilità forestale.

Il Regolamento di applicazione è stato emanato con Decreto Presidente Giunta Regionale del 08 agosto 2003 e l'ultimo aggiornamento è avvenuto con DPGR del 16 marzo 2010; nel testo sarà indicato come Regolamento.

Il Regolamento di applicazione della suddetta Legge Forestale, all'art. 45 definisce come "opere permanenti quelle destinate ad uso continuativo o ricorrente, per l'accesso al bosco e per le attività selvicolturali ed aziendali in genere".

In particolare sono considerate permanenti le strade forestali e le piste forestali.

"Le strade forestali sono strade permanenti, ad uso privato, destinate al transito dei veicoli aziendali, anche pesanti ove lo consentano le dimensioni, per il collegamento delle zone boscate con la viabilità pubblica, o ad uso pubblico. Si tratta, di norma, di strade a fondo migliorato, la cui carreggiata ha una larghezza variabile normalmente dai 3 ai 5 m, oltre alle banchine, che in genere sono dotate di opere permanenti per la regimazione delle acque, quali fossa laterale, pozzetti e attraversamenti. Possono essere dotate di piazzole di scambio, utilizzate anche come imposti per il legname".

Secondo quanto riscontrato in bibliografia, sono in pratica assimilabili alla categoria delle "strade forestali permanenti", le strade camionabili (principali e secondarie) e le strade trattorabili (Hippoliti e Piegai, 2000).

Secondo il tipo di veicoli per i quali sono state costruite si distinguono:

- strade camionabili principali, adatte alla circolazione in tutte le stagioni, anche soltanto a bassa velocità, di autocarri con rimorchi e di autoarticolati. Rientrano in questa categoria le strade pubbliche purché percorribili con autotreni e autoarticolati. Se costruite per esclusive esigenze forestali hanno un'unica carreggiata, con banchine e piazzole per lo scambio dei veicoli ed il deposito del legname.
- Strade camionabili secondarie, adatte alla circolazione in tutte le stagioni, a bassa velocità, di autocarri pesanti senza rimorchi.
- Strade trattorabili, percorribili da trattori con rimorchi oltre che da normali autoveicoli, si trovano principalmente sulle Alpi. Possono sostituire le camionabili in particolare su terreni ripidi, quando la funzione prevalente è l'accesso al bosco e non è previsto il transito di rilevanti quantità di legname.

Le "piste forestali", invece, sono definite all'art. 45 del Regolamento di applicazione della Legge Forestale regionale n. 39/2000 come "tracciati permanenti, ad uso privato, destinati al transito dei trattori o di altre macchine operatrici o di veicoli fuoristrada. Si distinguono dalle strade forestali per la minore larghezza, di norma infe-

riore a 4 metri, e per la discontinuità o assenza di vere e proprie opere permanenti di regimazione delle acque, affidata per lo più a sciacqui trasversali nei tratti in maggiore pendenza”.

Si distinguono dalle piste temporanee di esbosco, di seguito descritte, per avere un'altezza delle scarpate mediamente superiore a 1 m e superiore a 1,5 m nel caso di terreni con pendenza maggiore del 40%.

A questa categoria, secondo quanto riscontrato in bibliografia, appartengono le “piste trattorabili principali” (Hippoliti e Piegai, 2000), allestite con movimento di terra effettuato con apripista o macchina simile; hanno tracciato permanente, sono a fondo naturale, eccezionalmente migliorato nei tratti più difficili e sono prive o quasi di opere d'arte; presentano un'altezza delle scarpate mediamente superiore a 1 m (1,5 m in terreni con pendenza superiore del 40%), sono transitabili a trattori e a veicoli simili a trazione integrale; sono poco adatte per normali autovetture, anche se a quattro ruote motrici. È necessario non percorrerle con veicoli pesanti, quando il fondo è bagnato, per non deteriorarle.

Vi appartengono inoltre, anche le piste camionabili (Hippoliti e Piegai, 2000), esse hanno maggiore larghezza e minori pendenze delle piste trattorabili principali. Si differenziano dalle strade, delle quali sono una versione economica, per avere il fondo migliorato soltanto a tratti e sommariamente, o anche naturale in condizioni favorevoli. Devono essere percorse da veicoli pesanti soltanto a fondo asciutto, per evitare di deformare la carreggiata ammorbidita dall'acqua. Sono vie di raccolta del legname, dotate di piazzole per il deposito dello stesso, o brevi diramazioni da strade pubbliche per accedere ad impianti usati saltuariamente. Possono essere importanti per la difesa contro gli incendi, essendo percorribili da autobotti a trazione integrale. Vi si ricorre soprattutto su terreni pianeggianti, ad elevata portanza naturale, nel caso di boschi molto produttivi e in funzione della difesa contro gli incendi.

Il Regolamento di applicazione della Legge Forestale regionale, all'art 46 definisce come: *“opere temporanee quelle il cui uso è limitato alla durata delle operazioni colturali nel bosco”*. In particolare vengono considerate temporanee le *“piste temporanee di esbosco”*: definite come *“tracciati per il transito dei mezzi di servizio impiegati per la realizzazione degli interventi colturali nel bosco e per l'esbosco del legname. Si può trattare di tracciati esistenti, in quanto già utilizzati al precedente taglio e nel frattempo rinsaldatisi, con o senza il reinsediamento naturale di vegetazione forestale, oppure di nuovi tracciati che comportano limitati movimenti e modificazioni del terreno”*.

A questa categoria appartengono sempre le “piste trattorabili principali” (Hippoliti e Piegai, 2000), allestite con limitati movimenti e modificazioni del terreno e con un'altezza delle scarpate mediamente inferiore a 1 m (1,5 m nel caso di terreni con pendenza superiore al 40%).

“L'apertura di nuove piste temporanee di esbosco è autorizzabile con larghezza massima di 3 metri con tolleranza del 20 % e altezza delle scarpate mediamente non superiore a 1 metro. Nel caso di pendenze del terreno superiori al 40% è autorizzabile un'altezza delle scarpate mediamente non superiore a 1,5 metri”.

Il Regolamento (art. 46, comma 1, b,c) definisce inoltre:

- *“imposti e piazzali temporanei per il deposito del legname come aree destinate all'accumulo in cataste del legname derivante dal taglio del bosco, poste in genere a lato delle strade o piste forestali. Può trattarsi di imposti o piazzali esistenti o di nuova realizzazione purché di superficie limitata e con scarpate non superiori a 1 metro”*;

- *“condotte, canali temporanei e linee di esbosco come interruzioni della vegetazione forestale, attuate senza movimenti di terreno e senza estirpazione di ceppaie, al fine di esboscare il legname con trattore, teleferiche, gru a cavo o altri mezzi”.*

Rientrano in quest'ultima categoria le piste trattorabili secondarie (Hippoliti e Piegai, 2000), che sono semplici varchi nel soprassuolo, rigidamente orientati nel senso della pendenza massima del terreno, aperti al primo diradamento, senza, o quasi, movimento di terra, oltre alle linee di avvallamento, le risine e le linee di gru a cavo.

Al termine del taglio e delle operazioni ad esso connesse, tutte le opere temporanee devono essere ripristinate (opportunamente mantenute e messe a riposo) in modo da garantirne il rapido rinsaldamento, mediante lo sbarramento al transito, il livellamento superficiale, la regolazione delle acque di scorrimento ed il trattenimento del terreno e, qualora necessario, anche con la messa in opera di traverse in legno nei tratti in maggiore pendenza, e la ricopertura con strame organico, quale fogliame e ramaglia di varia pezzatura posta a diretto contatto con il terreno (Regolamento Forestale art. 46, comma 9). La “messa a riposo” ed il corretto ripristino delle opere temporanee, insieme al divieto di un uso ricorrente delle stesse permette di evitare l'autorizzazione paesaggistica per l'apertura e la realizzazione di simili infrastrutture.

Nel Regolamento Forestale (art. 46) della Legge Forestale vengono inoltre individuate, tra le opere temporanee (art. 46, comma 7 ter.), le strisce di penetrazione per macchine abbattitrici o abbattitrici/allestitrici. *“La loro realizzazione è soggetta ad autorizzazione salvo nelle fustaie pure o a prevalenza di: pino marittimo, d'Aleppo, nero e laricio, cipressi esotici, Chamaecyparis, nei casi in cui sia autorizzato o consentito il taglio della vegetazione sulla striscia e non vi sia necessità di altro intervento, il transito non è soggetto ad alcun atto abilitativo a condizione che sia effettuato su striscia di penetrazione della larghezza massima di metri 5 intervallate mediamente da una distanza minima di 15 metri. Le strisce di penetrazione devono essere poste ad una distanza minima di 10 metri dal margine del bosco”.* È inoltre prevista la protezione delle ceppaie di latifoglie eventualmente presenti all'interno della striscia.

3. *Classificazione delle principali caratteristiche del bosco ai fini delle utilizzazioni*

3.1 Pendenza prevalente del terreno

La pendenza prevalente del terreno viene rilevata normalmente dalle carte topografiche. Ai fini pratici in letteratura sono identificate 5 classi di pendenza, di 20 in 20%, i cui limiti sono dati da quelli dei più comuni sistemi di concentramento e di esbosco (Hippoliti e Piegai, 2000).

- I classe di pendenza: 0÷20%: terreni pianeggianti
- II classe di pendenza: 20÷40%: terreni inclinati
- III classe di pendenza: 40÷60%: terreni ripidi
- IV classe di pendenza: 60÷80%: terreni molto ripidi
- V classe di pendenza: oltre l'80%: terreni scoscesi

Il 20% è il limite superiore per l'esbosco a strascico diretto in salita, sia con animali che con trattori a *doppia trazione (d.t.)*, a *4 ruote motrici (r.m.)*, ed è la pendenza minima per l'impiego di gru a cavo e di risine in polietilene.

Il 40% è la pendenza minima per l'avvallamento libero e quella massima sulla quale trattori d.t. possono uscire, per brevi tratti, sul terreno del bosco a monte di strade e di piste forestali, lungo le linee di massima pendenza (sulle linee di esbosco).

Fino su pendenze del 60% è normalmente possibile aprire piste, strade forestali e limitate piste temporanee di esbosco senza ricorrere a particolari opere d'arte, come muri di sostegno. Su pendenze superiori l'avvallamento è possibile anche con terreno asciutto, la costruzione di piste è da escludere, quella di strade è da limitare allo stretto indispensabile.

Oltre l'80% di pendenza il bosco ha quasi esclusiva funzione di protezione, l'avvallamento è da limitare alle brevi distanze per i danni che può arrecare al bosco ed al legname; l'unico sistema di esbosco eventualmente adottabile è l'impiego delle gru a cavo e, in casi particolari, dell'elicottero.

Esistono altre classificazioni della pendenza del terreno, che però al solito sono meno adatte alle condizioni dei boschi italiani ed alle esigenze del lavoro in bosco.

3.2 Accidentalità del terreno

Per accidentalità del terreno si intende la presenza di ostacoli tali da rendere difficile il transito agli uomini e l'eventuale circolazione di mezzi su terreni pianeggianti, l'avvallamento e lo strascico con verricelli su terreni inclinati. Gli ostacoli sono dati da grossi sassi, massi, buche, gradini di roccia, vallecole collettrici di acque, ecc., prescindendo dal soprassuolo e dalla pendenza del terreno. Essi ostacolano soprattutto il concentramento (avvallamento e strascico indiretto), ma rendono anche difficile e onerosa la costruzione di piste e l'allestimento di risine. L'accidentalità può essere valutata in pratica soltanto sinteticamente, percorrendo il terreno del bosco.

Si distinguono al solito 3 classi di accidentalità (Hippoliti e Piegai, 2000):

- terreno poco, o non, accidentato: presenza di ostacoli su meno di 1/3 della superficie. Strascico e avvallamento non incontrano difficoltà, la scelta dei tracciati e la costruzione di piste è facile;
- terreno mediamente accidentato: presenza di ostacoli su 1/3, 2/3 della superficie. Strascico e avvallamento sono possibili ma difficili; la scelta dei tracciati delle piste è limitata e la loro costruzione è onerosa. La rete di vie di esbosco deve essere più fitta per ovviare alle difficoltà del concentramento;
- terreno fortemente accidentato: presenza di ostacoli su oltre 2/3 della superficie. Strascico e avvallamento sono molto difficili e possibili soltanto su brevi distanze; la costruzione di piste è molto limitata e molto onerosa: se possibile conviene ricorrere all'esbosco con gru a cavo.

Normalmente l'accidentalità aumenta con la pendenza del terreno.

3.3 Intensità del taglio

Si distinguono 3 classi di intensità.

- Tagli deboli, fino a 30 m³ utilizzati per ettaro di superficie percorsa dal taglio. Si tratta di diradamenti deboli o di tagli accidentali o fitosanitari sparsi. Questi tagli non permettono l'ammortamento economico di vie di esbosco temporanee, come linee di teleferiche o risine; essi possono essere esboscati con trattori d.t., se esiste una adeguata rete di piste principali, o con animali o per avvallamento libero, se le distanze di esbosco non sono eccessive.
- Tagli medi, da 30 a 80 m³ utilizzati per ettaro di superficie percorsa dal taglio. Si tratta di diradamenti forti o di tagli di curazione in boschi disetanei. Per l'esbosco si può ricorrere, oltre allo strascico con animali in discesa e all'avvallamento su brevi distanze, anche alle risine, alle gru a cavo, soprattutto ai tipi con stazione motrice mobile. Il sistema più conveniente resta però quasi sempre lo strascico con trattori d.t., che però presuppone l'esistenza o la possibilità di allestire un'opportuna rete di piste.
- Tagli forti, oltre 80 m³ utilizzati per ettaro di superficie percorsa dal taglio. Si tratta normalmente di tagli di maturità, a raso o successivi (tagli di sementazione e di sgombero). Tutti i sistemi di esbosco possono essere adottati, ma i più convenienti sono normalmente, per legname di medie e grandi dimensioni, lo strascico con trattori d.t. sulla prima e seconda classe di pendenza, su quest'ultima nell'esbosco in discesa, e l'impiego delle gru a cavo; per legna di piccole dimensioni, ottenuta da tagli di maturità in cedui, l'avvallamento in risine per l'esbosco in discesa, il trasporto con trattori d.t. a soma o con rimorchi r.m. per l'esbosco in piano (I, eventualmente II, classe di pendenza) e, se non possibile in altro modo, l'esbosco con gru a cavo, soprattutto in salita.

3.4 Dimensioni del legname utilizzato

Il volume medio degli alberi utilizzati è il fattore che influisce maggiormente sui tempi di lavoro, e di conseguenza sui costi (riferiti a m³ di legname commerciabile), sia di allestimento che di esbosco. Esso influisce anche sulla scelta del sistema di lavoro in generale e di esbosco in particolare e delle attrezzature necessarie per l'esbosco. Più gli alberi utilizzati sono grandi, maggiore è la produttività e minori sono i costi di utilizzazione. Particolarmente elevato è l'incremento dei tempi di lavoro e dei

costi di utilizzazione quando il volume degli alberi utilizzati scende sotto a (circa) 0,2 m³; oltre 1,0÷1,5 m³ invece i tempi di lavoro ed i costi a m³ diminuiscono soltanto lentamente, mentre spesso aumentano le difficoltà di ordine tecnico.

Le dimensioni del legname allestito dipendono in primo luogo dalle dimensioni degli alberi utilizzati.

Per legna e/o legname di piccole dimensioni si intende tutto quello con diametro inferiore ai normali topi da sega, cioè a 20 cm; lo si ricava da alberi con diametro a 1,30 m inferiore a 25 cm e volume normalmente fino a 0,2 m³: diradamenti in perticaie o giovani fustaie e utilizzazioni di cedui. Gli assortimenti che si possono allestire dalle conifere sono: sottomisure (toppi da sega con Ø di 14÷20 cm, lunghi 4 m), stangame, paleria e legname per travatura piccola (Ø ≥ a 10 cm, lunghezza 4÷7 m), imballaggio (Ø ≥ a 14 cm, lunghezza 1÷2 m); dalle latifoglie, secondo le specie, si allestiscono imballaggio, tondellame da lavoro, paleria, cartiera, legna da ardere, da triturazione. Il volume dei singoli pezzi è normalmente inferiore a 0,1 m³ ed il peso non supera gli 80 kg; questo materiale può essere mosso anche manualmente con facilità.

Per legname di grandi dimensioni si intendono i normali topi da sega (Ø³20-25 cm) e gli assortimenti simili (toppi da trancia, da sfogliatura, per traverse ferroviarie); lo si ricava prevalentemente da alberi con Ø a 1,30 m ≥ a 40 cm e volume superiore a 1m³, in pratica da tagli di maturità o di rinnovazione in fustaie. Naturalmente da queste utilizzazioni si ricava anche, oltre a legname di grandi dimensioni, una piccola aliquota di legname di piccole dimensioni proveniente da cimali, piante aduggiate, ecc.. Il volume dei singoli pezzi per la massima parte è superiore a 0,2 m³, il peso a 150 kg; questo materiale può essere mosso manualmente soltanto con difficoltà.

Per legname di medie dimensioni si intende un lotto formato prevalentemente, come numero di pezzi, da sottomisure, stangame, paleria e simili assortimenti di piccole dimensioni, contenente un'aliquota, in termini di volume anche rilevante, di piccoli topi da sega (Ø da 20 a 30 cm). Lo si ricava da alberi con Ø a 1,30 m di 20÷40 cm, volumi di 0,2÷1,0 m³, utilizzati normalmente con diradamenti in fustaie adulte. Il volume di gran parte dei pezzi è dell'ordine di 0,1÷0,2 m³, il loro peso si aggira intorno a 100÷150 kg: essi possono essere mossi manualmente.

3.5 Criteri e scelta dei sistemi di esbosco

La scelta del sistema di esbosco è determinata dalle seguenti caratteristiche:

- pendenza del terreno e sua accidentalità;
- disposizione delle strade, e di conseguenza dalla direzione dell'esbosco, in salita od in discesa;
- tipo di soprassuolo e di taglio, cioè dall'intensità del taglio e dalle dimensioni del legname utilizzato.

Essa inoltre è influenzata dall'esistenza di vie di esbosco permanenti, in primo luogo dalle piste, dalla disponibilità di attrezzature e di personale qualificato (sia direttivo che esecutivo), dalle dimensioni e dall'organizzazione dell'azienda o impresa forestale.

Si richiamano le caratteristiche delle classi di pendenza prima di riportare gli schemi, riferiti a boschi facilmente accessibili e cioè ben serviti da strade, che possono agevolare la scelta del sistema di esbosco.

- I classe di pendenza: 0÷20%: terreni pianeggianti. Concentramento ed esbosco

vengono fatti a strascico con trattori o con animali, anche in salita; nei cedui vengono impiegate anche trattrici d.t. con rimorchi r.m., trattori portanti o trattori con gabbie.

- II classe di pendenza: 20÷40%: terreni inclinati. Il concentramento viene fatto a strascico con verricelli lungo le linee di massima pendenza. L'esbosco in discesa viene fatto a strascico con trattori o con animali per legname di medie e grandi dimensioni, con risine di polietilene per legname di piccole dimensioni; in salita si impiegano le gru a cavo, preferibilmente con stazione motrice mobile, o trattori a strascico, o con rimorchi r.m. o con gabbie per legna da ardere. L'impiego dei trattori è strettamente legato alle piste, che devono presentare un andamento trasversale rispetto alla pendenza massima del terreno, soprattutto se vengono percorse a carico in salita.
- III classe di pendenza: 40÷60%: terreni ripidi. Concentramento per avvallamento in discesa, a strascico con verricelli in salita. Esbosco in discesa a strascico con trattori su pista per legname di medie e grandi dimensioni, per avvallamento con risine in polietilene per legname di piccole dimensioni su brevi distanze; per tagli di forte intensità anche con gru a cavo, soprattutto su lunghe distanze. In salita l'unico sistema di esbosco possibile è l'impiego delle gru a cavo.
- IV classe di pendenza: 60÷80%: terreni molto ripidi. Su questi terreni i boschi hanno prevalente funzione di protezione, anche se la funzione di produzione può essere non trascurabile. La selvicoltura praticata è normalmente estensiva, a causa del suo costo elevato. Concentramento ed esbosco vengono effettuati per avvallamento o con l'impiego di gru a cavo; in casi particolari, soprattutto quando il valore degli assortimenti ritraibili è elevato, si può ricorrere all'elicottero.
- V classe di pendenza: oltre l'80%: terreni scoscesi. Su queste pendenze i boschi hanno pressoché esclusiva funzione di protezione, ed a questa è orientata la selvicoltura eventualmente praticata. L'unico sistema di esbosco possibile consiste nell'impiego delle gru a cavo, in casi particolari, in presenza di legname di pregio, si può ricorrere all'elicottero. Occorre specificare che tutti i sistemi di esbosco sopra menzionati, proprio per la definizione stessa di esbosco che indica la movimentazione del legname dalla zona di concentramento all'imposto o piazzale, necessitano di un'adeguata rete di strade e di piste forestali. Infatti, tralasciando quei sistemi di lavoro principalmente basati sull'uso di trattori e di rimorchi forestali, anche gli altri sistemi di esbosco, dal ridotto impatto ambientale, quali: teleferiche, risine e animali, necessitano comunque di strade e di piste forestali per il loro utilizzo (ad esempio per il trasporto con trattore e rimorchio delle canalette per l'esbosco della legna da ardere o per il posizionamento di stazioni motrici mobili nel caso di linee di teleferica).

4. *Principali sistemi di lavoro comunemente adottati in Toscana*

I lavori di utilizzazione forestale comprendono normalmente i lavori di abbattimento, allestimento (sramatura, sezionatura o depezzatura, eventuale scortecciatura), concentramento, esbosco del materiale legnoso e le lavorazioni all'imposto quali la sminuzzatura, la scortecciatura, il carico sui mezzi di trasporto.

La movimentazione del materiale comprende le operazioni necessarie per movimentare legname e legna, parzialmente o completamente allestiti, dal letto di caduta prima alla strada, poi all'industria di successiva lavorazione.

Si suddivide nelle seguenti fasi:

- concentramento dal letto di caduta alle linee di esbosco (piste, risine, linee di teleferica) o direttamente alle strade;
- esbosco o "smacchio" lungo le linee di esbosco fino agli imposti, piazzali di deposito situati su strade forestali;
- trasporto con autocarri o autotreni dagli imposti alle industrie di successiva lavorazione; a volte anche con trattori e rimorchi, da un imposto secondario ad uno principale. Su lunghe distanze il trasporto avviene anche per ferrovia, via nave e, in alcuni paesi esteri, mediante fluitazione controllata.

Nel concentramento ogni pezzo segue, almeno in parte, un suo proprio percorso, orientato secondo le linee di massima pendenza, non particolarmente preparato, sul terreno naturale del bosco, scivolando per gravità o venendo tirato a strascico. Questa è la fase più onerosa, sia in termini di costo diretto che di costi indiretti cioè di danni al bosco ed al legname, della movimentazione e va pertanto accorciata il più possibile, allestendo una rete di linee di esbosco razionalmente disposta e sufficientemente fitta. Le distanze di concentramento normali sono dell'ordine delle decine di metri; se superano il centinaio di metri sono da considerarsi eccessive e il concentramento, con qualsiasi sistema o mezzo venga fatto, risulta molto oneroso.

L'esbosco avviene lungo percorsi appositamente attrezzati attraverso i quali il materiale riunito in carichi viene portato fino ad un piazzale di deposito, l'imposto, punto di carico di autotreni, autocarri o anche soltanto di trattori e rimorchi, localizzato lungo una strada forestale.

Nell'esbosco più pezzi (il carico) seguono lo stesso percorso opportunamente preparato: la linea di esbosco. Questa può essere permanente (pista di strascico, linea di avvallamento naturale) o temporanea (linea di gru a cavo, risina artificiale in canalette di metallo o di polietilene). Le distanze di esbosco sono normalmente dell'ordine delle centinaia di metri; distanze superiori al chilometro sono indice dell'inadeguatezza della rete di strade e piste, e comportano costi eccessivi.

Con l'esbosco il materiale dovrebbe raggiungere gli imposti, depositi posti a ciglio strada camionabile. Nei boschi dell'Italia peninsulare le strade di prevalente uso forestale, realizzate con le caratteristiche tecniche adeguate al transito di mezzi

pesanti (autoarticolati, autotreni e autocarri) e sulle quali dovrebbero trovarsi gli impianti, non vengono quasi mai costruite, perché erroneamente ritenute infrastrutture troppo costose per un settore con margini economici così ristretti. Si preferisce la costruzione occasionale di piste per trattori, corte e ripide, che si sviluppano preferibilmente all'interno della singola proprietà o magari lunghe chilometri e con percorsi errati tecnicamente. Spesso, per questioni autorizzative, si privilegiano il riassetto e la riapertura di tracciati preesistenti, ad alto impatto idrogeologico, che richiedono la combinazione di più sistemi di lavoro e quindi tempi di esbosco e costi maggiori.

Le modalità di esecuzione delle fasi di abbattimento e allestimento nonché il tipo di gestione selvicolturale devono essere pianificate ad ampia scala, non possono essere degli eventi localizzati, avulsi dal contesto socio-economico ed ambientale-forestale circostante.

Inoltre gli interventi devono essere programmati sia nel periodo di esecuzione che nello svolgimento di tutte le varie fasi.

Sarà fondamentale conoscere, già in sede istruttoria prima del rilascio delle autorizzazioni, quale sarà il sistema di concentrazione ed esbosco che verrà impiegato per agevolare le operazioni conseguenti il taglio. Nell'atterramento i fusti potranno essere direzionati verso le linee di concentrazione e verso le vie di esbosco in modo da rendere più agile il lavoro con il conseguente aumento delle produttività.

A seconda del sistema di concentrazione ed esbosco, converrà allestire il materiale già alla lunghezza definitiva (assortimenti corti con lunghezze comprese tra 1,0 e 1,4 m: legna da ardere, imballaggio, tondelli da lavoro) oppure lasciare i fusti interi, sramati, cimati ma non sezionati per il concentrazione ed esbosco con trattore equipaggiato di verricello o con gru a cavo; in quest'ultimo caso l'allestimento verrà completato all'imposto. Lasciare il materiale lungo serve a rendere più semplici e produttive alcune operazioni di concentrazione ed esbosco per meglio sfruttare le potenzialità di carico dei mezzi. Altra alternativa sarà quella di abbattere i fusti e lasciarli interi per l'utilizzazione integrale della pianta con macchine sminuzzatrici.

Mentre l'abbattimento è sempre la prima fase del lavoro di utilizzazione, le altre a volte non si susseguono nel suddetto ordine, né sono sempre tutte presenti.

Si possono distinguere tre principali sistemi di lavoro:

- *sistema del legno corto* (Cut-To-Length o Short Wood System - S.W.S.) che consiste nell'allestire i fusti sul letto di caduta e nell'esboscare il legname "corto", cioè sezionato negli assortimenti definitivi. È il sistema di lavoro tradizionale.
- *sistema del fusto intero* (Tree Length System - T.L.S.) che consiste nell'esboscare i fusti sramati ma non sezionati, rimandando quest'ultimo lavoro all'imposto. Si ricorre a questo sistema di lavoro per sfruttare meglio la portata di mezzi di esbosco potenti e quando l'esbosco non presenta difficoltà.

Spesso si ricorre ad una via di mezzo fra il S.W.S. ed il T.L.S., esboscando i fusti sezionati in lunghezze multiple di quelle degli assortimenti definitivi: la sezionatura alle lunghezze definitive può essere fatta all'imposto. Con ciò si cerca di mediare tra la possibilità di sfruttare al meglio la capacità di mezzi potenti impiegati nell'esbosco (trattori nello strascico o teleferiche tipo gru a cavo) e la difficoltà di esboscare fusti lunghi anche più di 20 m.

- *sistema dell'albero intero* (full-tree harvesting o Full Tree System - F.T.S.) che consiste nell'esboscare gli alberi interi, rimandando sia la sramatura che la sezionatura all'imposto. Si ricorre a questo sistema di lavoro quando anche la ramaglia viene

utilizzata (p.e. nei pioppeti), se il terreno della tagliata deve essere sgomberato anche dalla ramaglia o se agli imposti possono essere impiegate macchine complesse, sramatrici e sezionatrici (processors) o sminuzzatrici (cippatrici). In pratica è possibile ricorrere a questo sistema di lavoro esboscando a strascico con trattori o nell'esbosco con gru a cavo.

I boschi della Toscana si caratterizzano per una marcata prevalenza dei cedui rispetto alle fustaie, anche se le nuove disposizioni legislative inquadrano i popolamenti invecchiati all'interno della seconda tipologia. La prevalenza dei cedui comporta che la gran parte della produzione legnosa intraprenda la strada degli impieghi energetici, in un momento fra l'altro di espansione della domanda di biomasse. In molti casi anche i popolamenti di alto fusto (ad esempio le pinete) forniscono materiale che viene più convenientemente impiegato previa triturazione piuttosto che segagione o altra lavorazione. La proprietà boschiva è detenuta in prevalenza da proprietari privati, di cui il 70% singoli soggetti, anche se la maggior concentrazione delle fustaie ricade all'interno della proprietà pubblica. Questo aspetto consente all'amministrazione pubblica di disporre del materiale potenzialmente di maggior valore economico, un elemento importante qualora si volesse incrementare la funzione produttiva dei boschi regionali. In merito alla composizione specifica dei boschi, si ribadisce che in Toscana prevalgono le latifoglie decidue (79%), tra le quali cerro e roverella coprono quasi il 50%; le conifere rappresentano solo l'8% e fra queste quasi l'80% è rappresentato dai pini, che in generale forniscono assortimenti legnosi di scarso valore e che negli ultimi anni sono in netta diminuzione anche in relazione alla loro origine ed introduzione artificiale. In riferimento alle scelte gestionali, dalle informazioni raccolte, si rileva innanzitutto che la politica attuata nel complesso delle foreste toscane è di tipo conservativo, con una percentuale di superficie annualmente interessata dagli interventi molto ridotta, pari al 1% nelle foreste pubbliche e 1,6% in quelle private. Inoltre, analizzando più in dettaglio le tipologie di intervento più ricorrenti, si osserva che nella proprietà pubblica vengono effettuati prevalentemente diradamenti di fustaie (39% della superficie) ed interventi sui boschi cedui, mentre sono risultate estremamente rare le utilizzazioni di fustaie. Questo dato, che concerne strategie che stanno a monte della filiera foresta-legno, si riflette in maniera consistente sulla tipologia di legname prodotto e conseguentemente sui possibili impieghi del medesimo. Interventi di diradamento, spesso dal basso, oppure sporadici tagli di maturità a carico di alberi stramaturi oppure danneggiati, necessariamente producono assortimenti di piccole dimensioni, o qualitativamente scarsi per la presenza eccessiva di difetti o legno non più apprezzabile dal punto di vista estetico e tecnologico.

4.1. Principali sistemi di lavoro nel materiale corto (legna da ardere)

Riguardo alla gestione delle utilizzazioni nei boschi cedui negli ultimi anni sono avvenuti importanti cambiamenti in Toscana. Tra questi il più delicato per la gestione dei lavori è stato l'impiego di manodopera extracomunitaria non qualificata, talvolta costituita da clandestini, disposta a lavorare a costi concorrenziali. Tale evento, moralmente discutibile, consente la sopravvivenza di organizzazioni e di tecniche di esecuzione dei lavori ormai superate ed eccessivamente onerose sotto l'aspetto economico, ergonomico ed ambientale. Senza parlare degli aspetti legati alla sicurezza.

A tali difficoltà si aggiungono quelle di ordine burocratico-autorizzativo che, seppur fondamentali per la tutela e la conservazione del nostro patrimonio ambientale

e culturale, vengono talvolta utilizzate in modo strumentale e controproducente, col risultato di favorire l'adozione di tecniche di lavoro superate e l'impiego di manodopera irregolare.

Infatti nell'abbattimento e allestimento si individuano principalmente due distinte categorie di operatori che svolgono queste fasi del lavoro di utilizzazione:

- dipendenti di enti pubblici: lavorano normalmente in coppia, alternandosi al lavoro con la motosega, e utilizzano quasi tutti e quasi sempre i dispositivi di protezione individuale (DPI). Il loro lavoro è attentamente pianificato e generalmente rivolto ad interventi di conversione.
- dipendenti di imprese private: lavorano normalmente nelle utilizzazioni dei cedui e sono, in genere, extracomunitari. Operano singolarmente, non utilizzano quasi mai i DPI, hanno dei ritmi di lavoro serrati venendo pagati a cottimo ed il loro lavoro è spesso scollegato dall'utilizzazione nel suo complesso, in quanto si occupano principalmente delle sole fasi di abbattimento e allestimento della legna, senza pianificazione alcuna delle successive operazioni di esbosco. Questo comporta notevoli scompensi non soltanto sotto l'aspetto fiscale, ma anche sotto quello sanitario, di igiene e sicurezza. D'altronde, senza questo tipo di manodopera molti lavori non verrebbero effettuati perché a macchiatico troppo basso o negativo.

A tal proposito, occorre segnalare l'impegno della Regione Toscana che dal 2004 è attivamente impegnata nella formazione professionale forestale.

In particolare la Regione Toscana dispone di un centro polifunzionale (*Foto 1*) destinato ad attività riguardanti soprattutto la selvicoltura e le utilizzazioni forestali e la valorizzazione delle fonti di energia rinnovabile con particolare attenzione alla filiera bosco- legno-energia.



1. Centro Polifunzionale di Rincine (FI) gestito dall'Unione di Comuni Valdarno e Valdisieve

Il percorso formativo ha avuto inizio nel 2004, in accordo con quanto previsto dal Programma Forestale Regionale 2001-2005 e, in seguito, sostenuto grazie alla Misura 111 del Piano di Sviluppo Regionale 2007-2013; il tutto sotto la responsabilità e la supervisione dell'Università degli Studi di Firenze. Le attività formative sono condotte da 9 operai forestali istruttori, addestrati dal 2004 al 2013 dai docenti dell'Università.

È in fase di studio, inoltre, anche la possibilità di istituire un apposito "patentino" che qualifichi la formazione professionale dell'operatore boschivo appartenente a ditte private.

Riguardo alle operazioni di abbattimento nelle utilizzazioni del materiale corto, si procede mediante la recisione del fusto alla base, operazione che, nel nostro Paese, viene fatta prevalentemente con motosega:

- eventualmente con l'ausilio di attrezzature complementari (paranchi manuali, leve di abbattimento, giratronchi ecc.), nel caso di interventi selvicolturali in fustaie e comunque per il taglio di alberi in situazioni non semplici nelle quali siano presenti difficoltà di atterramento;
- spesso con il solo ausilio della roncola, nelle utilizzazioni dei cedui e nei tagli dai quali si ricava essenzialmente legna da ardere (materiale di piccole dimensioni che non presenta problemi di atterramento).

Per ciò che riguarda le tecniche di utilizzazione nei boschi cedui e nei diradamenti in soprassuoli avviati all'alto fusto non c'è grande differenza rispetto alle tecniche adottate nelle fustaie.

Per l'operazione di abbattimento le tecniche di lavoro sono le medesime, in quanto dipendono dalle dimensioni e dalle caratteristiche morfologiche degli alberi.

Normalmente l'atterramento dei fusti nei cedui viene indirizzato nella direzione naturale di caduta (nei terreni inclinati, verso valle) e questo semplifica e riduce notevolmente le tecniche di abbattimento ed atterramento e le relative attrezzature complementari da impiegare.

Nei cedui per la produzione di paleria (castagno, robinia), dato che solitamente si ha a che fare con diametri minori di 20 cm, si esegue l'abbattimento:

- con un unico taglio (diametri sotto i 10 m circa), effettuato più vicino possibile al terreno, a partire dalla direzione opposta a quella di caduta prescelta;
- con due tagli (diametri tra 10 e 20 m), il primo, condotto dal lato verso il quale deve cadere la pianta, profondo pochi centimetri ed effettuato più vicino possibile al terreno, funge da tacca di direzione; il secondo, condotto dal lato opposto, 2÷3 cm più in alto, funge da taglio di abbattimento;
- per diametri superiori (nel caso di matricine) è necessario aprire la tacca di direzione ed eseguire il taglio di abbattimento con il rilascio della cerniera.
- Quando, nell'utilizzazione dei cedui, nei tagli di avviamento e nei primi diradamenti in fustaie transitorie, si ricava essenzialmente legna da ardere di un metro di lunghezza e l'allestimento è previsto in bosco sul letto di caduta, è pratica usuale ricorrere al seguente sistema di lavoro:
- i tagli di abbattimento descritti sopra, dipendentemente dal diametro della pianta, si effettuano a circa un metro da terra. Il taglio unico, per diametri sotto i 10 cm, si fa leggermente inclinato, a becco di flauto. Soltanto successivamente si recide, rasente al terreno, la parte di fusto, alta circa un metro, che resta sulla ceppaia.

Questo sistema di abbattimento trova ampia diffusione in conseguenza del fatto che l'operatore lavora in posizione più comoda, eretta, sicuramente per uno ma spesso

per più tagli di sezionatura che dovrebbe effettuare piegandosi, se i fusti sono a terra, e perché il taglio alla ceppaia risulta più semplice e non ha bisogno di essere ripassato.

Per quanto riguarda l'allestimento, a seconda dell'assortimento che si può ottenere dall'intervento (legna da ardere, chips, paleria, imballaggio, tondelli da lavoro, travatura, ecc.) e del sistema di concentrazione ed esbosco, converrà:

- allestire il materiale sul letto di caduta alla lunghezza definitiva della legna da ardere (1,0 - 1,2 m);
- allestire il materiale sul letto di caduta alla lunghezza definitiva, o multipla, di assortimenti con lunghezza precisa e determinata (indicativamente maggiore di 1,4 m);
- lasciare i fusti interi, sramati, cimati ma non sezionati per completare l'allestimento all'imposto;
- abbattere i fusti e lasciarli interi per l'utilizzazione integrale della pianta con macchine sminuzzatrici, se non è conveniente ricavare altri assortimenti.

Lasciare il materiale lungo serve a rendere più semplici e produttive alcune operazioni di concentrazione ed esbosco per meglio sfruttare le potenzialità di carico dei mezzi.

Il sistema di lavoro tradizionale per la legna da ardere prevede che un unico operatore atterri, sezioni e srami grossolanamente con la motosega i rami di maggiori dimensioni di un certo numero di fusti. Successivamente, lasciata la motosega e con l'aiuto della roncola, l'operatore completerà la sramatura dei rami più piccoli, ammassando il materiale legnoso lungo le linee del successivo esbosco, in luoghi diversi da dove viene sistemata la ramaglia.

Il concentrazione viene fatto normalmente lanciando il materiale (lungo 1 metro) verso le piste per trattori, se in discesa o in zone pianeggianti; in salita l'unico sistema consiste nel concentrazione a strascico con il materiale legato ad una fune (verricello, gru a cavo) ed in questo caso è opportuno che i fusti vengano lasciati lunghi, sramati, cimati ma non sezionati, per sfruttare meglio le capacità di carico dei mezzi e rendere il lavoro più agevole.

L'esbosco viene al solito effettuato con i sistemi più tradizionali: a soma con animali (dove questo sistema ancora resiste) e con trattori e rimorchi nelle zone più comode e favorevoli. Negli ultimi anni il sistema dei trattori con gabbie, denominato per somiglianza "a soma con trattore", ha sostituito in parte il trattore con rimorchio, meno agile e più vincolato a circolare su piste buone.

Dipendentemente dal tipo di intervento selvicolturale - taglio di ceduo o avviamento - la produttività sarà influenzata decisamente dalla provvigione, cioè dalla densità del soprassuolo e, dal suo sviluppo, dalle dimensioni medie dei singoli fusti, nonché dalle condizioni atmosferiche ed orografiche.

La scelta dei sistemi di concentrazione ed esbosco, oltre che dall'intensità del taglio (in questo caso è poco influenzata dalle dimensioni del materiale che è normalmente di piccole dimensioni) è condizionata anche da:

- disponibilità di macchine ed attrezzature,
- preparazione del personale all'impiego delle macchine ed attrezzature,
- pendenza ed accidentalità del terreno,
- presenza e caratteristiche della viabilità forestale,
- disposizione della viabilità forestale rispetto alla tagliata (direzione del concentrazione e dell'esbosco verso monte o verso valle).

I principali sistemi di esbosco possono così essere riassunti.

4.1.1 Esbosco a soma con animali

Vengono utilizzati muli e/o cavalli (razze da lavoro) in numero di 3÷6 animali per conducente (*Foto 2*). Ogni animale può esboscare circa 180÷200 kg lungo percorsi normalmente non superiori ai 500 m di lunghezza. Gli animali si muovono in tutte le direzioni normalmente su terreni della prima, seconda e terza classe di pendenza (fino a circa il 60%) e, normalmente, non necessitano di percorsi allestiti e prefissati che vengono scelti al momento in leggera salita o in leggera discesa. Sono il sistema di esbosco che meglio si adatta ai tagli deboli, come quelli di avviamento, ma non è facile trovare persone disposte a fare questo lavoro perché gli animali devono essere accuditi e foraggiati tutti i giorni dell'anno.



2. Esbosco a soma con cavallo

4.1.2 Esbosco con trattore agricolo d.t. e rimorchio r.m.

Vengono impiegati i normali trattori agricoli d.t., con allestimento forestale, e rimorchi r.m. (*Foto 3*); è molto importante, per motivi di sicurezza e di produttività che i rimorchi siano a ruote motrici perché, se adeguatamente carichi, il rimorchio carico arriva a pesare circa il doppio del trattore. Per allestimento forestale del trattore s'intende una serie di dotazioni e protezioni del trattore mirate al miglioramento: della stabilità del trattore durante le operazioni di esbosco (zavorre e pneumatici forestali) e della vulnerabilità degli organi meccanici esposti del trattore in caso di urti accidentali con rocce, ceppaie e materiale legnoso in genere (protezioni in acciaio nelle zone del serbatoio, tubazioni di sterzo e condotti idraulici e radiatore, oltre a protezioni delle valvole dei pneumatici e rete di protezione o vetri antisfondamento per la cabina di guida). Dipendentemente dalle dimensioni e caratteristiche del rimorchio il carico che può essere fatto in un viaggio può variare tra le 3,6 e le 6,0 t (6÷10 mst). Dato che le distanze di esbosco non dovrebbero superare 1 km, anche la rete di strade e piste deve essere adeguatamente presente. Questo sistema di esbosco si adatta bene a tagli concentrati e forti come i cedui, meno si adatta a tagli deboli come quelli di avviamento.



3. Esbosco con trattore agricolo d.t. e rimorchio r.m.

4.1.3 Esbosco con trattore portante (transporter agricolo)

È un piccolo trattore agricolo (Foto 4) , a quattro ruote motrici isodiametriche di piccole dimensioni, che ha un pianale di carico sul ponte posteriore: assomiglia a un piccolo autocarro. Ne esistono di tipo industriale e di tipo agricolo. Quelli di tipo agricolo sono idonei a svolgere lo stesso tipo di lavoro che può fare il trattore con rimorchio con alcune piccole diversità: essendo più piccoli e meno ingombranti sono più agili e maneggevoli e riescono a muoversi meglio in soprassuoli più fitti; hanno un pianale di carico più piccolo e possono caricare quindi di meno (2,4÷3,6 t, 4÷6 mst), ma essendo più agili raggiungono delle produttività simili a quelle dei trattori con rimorchio a parità di organizzazione di lavoro.



4. Esbosco con transporter

4.1.4 Esbosco con trattore agricolo d.t. con gabbie (con trattore a soma)

È il sistema di esbosco della legna da ardere più recente (Foto 5), sviluppato negli anni '90. Vengono impiegati i normali trattori agricoli d.t., con allestimento forestale, attrezzati con due contenitori di acciaio: uno più grande (1,2÷2,4 t, 2÷4 mst), portato sul sollevatore idraulico posteriore, ed uno più piccolo (0,3÷1,2 t, 0,5÷2,0 mst) in posizione frontale. Con questo sistema di esbosco la legna deve essere corta e di piccole dimensioni perché caricata manualmente all'interno delle gabbie. Dipendentemente dalle dimensioni e caratteristiche del trattore il carico che può essere fatto in un viaggio può variare indicativamente tra 1,5 e 3,6 t (2,5÷6 mst); le distanze di esbosco non dovrebbero superare 1 km. Il trattore con le gabbie, nella fase di carico-concentramento, può circolare sulla tagliata, avvicinandosi alle varie masse di legna pre-concentrata manualmente, lungo le linee di esbosco (sul terreno naturale) purché il terreno sia sgombero da ostacoli (accidentalità assente o quasi) e la pendenza non superi il 40% (prima e seconda classe di pendenza), muovendosi ovviamente lungo le linee di massima pendenza. Il trattore equipaggiato con le gabbie è sicuramente meno ingombrante, più agile e si muove meglio sulle tagliate del trattore con rimorchio. Di conseguenza questo sistema di esbosco si adatta normalmente bene a tagli concentrati e forti come i cedui, ma si può adattare anche a tagli deboli come quelli di avviamento. Omologazione gabbie



5. Esbosco con trattore agricolo d.t. con gabbie

4.1.5 Gabbie affastellatrici per l'esbosco e trasporto della legna da ardere

L'organizzazione tradizionale di un cantiere forestale per il carico della legna da ardere all'imposto su mezzi di trasporto, prevede generalmente la presenza di un operatore che, tramite l'ausilio di una gru idraulica (montata direttamente sul rimorchio o sulla motrice del mezzo da caricare oppure su un mezzo indipendente gommatto o cingolato), provvede al caricamento della legna, preventivamente ammassata, direttamente sul pianale del mezzo.

Data l'impossibilità di posizionare ordinatamente la legna con il solo ausilio della gru idraulica, sul pianale si trovano in genere 2-3 operatori che provvedono alla sistemazione manuale della legna fino al completo carico del mezzo. È evidente, dunque, come gli operatori, trovandosi nel raggio di azione della gru sotto carichi sollevati e lavorando in condizioni di equilibrio instabile anche ad altezze che spesso raggiungono i 4-5 m dal suolo, siano costantemente soggetti al rischio di caduta e scivolamento; le condizioni di pericolosità sono notevolmente maggiori in presenza di pioggia o legna bagnata che la rende particolarmente sdruciolevole, con conseguente aumento delle possibilità di scivolamento e caduta degli operatori.

In questo caso i danni, che nella migliore delle ipotesi possono essere riportati, sono contusioni, fratture, ferite e traumi agli organi interni (causate anche dalla caduta dei carichi sospesi), ma non sono mancati incidenti mortali a seguito dello scivolamento e caduta dall'alto.

Questi infortuni avvengono per motivi diversi, tra i quali, il più frequente può ricondursi ad una tragica disattenzione, ma talvolta anche a circostanze derivanti dal mancato rispetto, da parte del lavoratore, delle norme di sicurezza.

Si deve inoltre considerare il fatto che le disposizioni dettate dal nuovo decreto sulla sicurezza (D.Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008 e s.m.i.) vietano l'attuale *modus operandi* finora descritto e consolidato nella maggior parte dei cantieri forestali; basti pensare che è vietato lavorare nel raggio di azione della gru idraulica, che è previsto un certo numero di pezzi movimentati manualmente dal singolo operatore senza considerare il fatto che non è consentito effettuare lavori ad altezze superiori di 2 m senza idonei dispositivi di trattenuta anticaduta.

Alla luce di ciò risulta necessario rivoluzionare l'organizzazione del carico della legna da ardere sui mezzi di trasporto. Ottime prospettive sembrano fornite dall'ausilio delle gabbie affastellatrici (Foto 6), gabbie metalliche progettate e realizzate per essere impiegate con un trattore con attacco a tre punti, costruite con telaio interno circolare di 1,0-1,60 m di diametro dove nella parte inferiore viene stivata manualmente la legna; nella parte superiore la gabbia è composta da due ganasce apribili grazie a due pistoni idraulici che provvedono a comprimere e stringere la stiva della legna trasformandola in un fastello circolare serrato successivamente con apposito filo di ferro sbobinato posto su ogni lato della macchina (o con spago agricolo o fascette).



6. Gabbie affastellatrici per legna da ardere

Il carico dei fastelli sul pianale dei mezzi di trasporto può essere effettuato con gru idraulica senza necessità che altri soggetti salgano sul pianale di carico, eliminando così i rischi presenti e precedentemente descritti (anche se rimane da risolvere quello connesso alla movimentazione manuale della legna nella formazione dei fastelli), fermo restando il divieto assoluto di sostare nel raggio di azione della gru anche da parte di un altro operatore che voglia fornire da terra le indicazioni per il giusto posizionamento del carico (Talluri, 2010).

4.1.6 Esbosco per avvallamento in risine di polietilene (le canalette)

Il materiale viene avvallato facendolo scivolare, sfruttando la forza di gravità, all'interno di un canale, la risina (Foto 7), costituita da spezzoni (le canalette) di mezzo tubo di polietilene. Esclusi i cedui di castagno e di robinia (solitamente più utilizzati per produrre paleria), se si prevede di utilizzare questo sistema di esbosco, la legna deve essere preferibilmente corta (1÷2 m), diritta e di piccole dimensioni perché caricata a mano all'interno della risina. Le linee possono avere una lunghezza normale di 50÷150 m, in casi particolari si può arrivare a lunghezze maggiori, su terreni con pendenza minima del 20% (pendenza della linea mai superiore al 40% per motivi di sicurezza degli operatori e di danni al soprassuolo). Non richiedono piste, ma strade

sicuramente a valle dove deve trovarsi l'imposto, e l'allestimento della risina è ostacolato dalla presenza di accidentalità. Il sistema si presta bene a tagli concentrati come i cedui, dove la spaziatura fra le linee può essere di circa 20 m, meno bene nei tagli di avviamento, dove la spaziatura deve essere maggiore: 40-50 m.



7. Esbosco per avvallamento in risine di polietilene

4.1.7 Esbosco a strascico con trattore e verricello

Vengono impiegati i normali trattori agricoli d.t., con allestimento forestale, equipaggiati di verricello (meglio se a due tamburi), portato sul sollevatore idraulico ed azionato dalla presa di potenza (p.d.p.), per il concentramento (Foto 8). La squadra può essere convenientemente costituita da un trattorista e da un aiutante per il carico. La legna deve essere in questo caso sramata, cimata ma non sezionata e lasciata lunga, oppure fusti interi, con l'allestimento finale all'imposto, per sfruttare meglio le capacità di carico dei trattori. Dato che le distanze di esbosco non dovrebbero superare 500 m, anche la rete di strade e piste deve essere adeguatamente presente. Questo sistema di esbosco si adatta bene a tagli concentrati e forti come i cedui, si adatta meno bene a tagli deboli come quelli di avviamento perché in questo caso è richiesta una maggiore densità di piste con spaziature più basse.



8. Esbosco a strascico con trattore e verricello (latifoglie)

4.1.8 Esbosco con gru a cavo con stazione motrice mobile di tipo leggero

Tecnicamente è un sistema di lavoro possibile (Foto 9), ed in alcuni casi impiegato, ma, come il precedente, non viene molto preso in considerazione perché il materiale deve essere lasciato lungo o intero mentre nei cedui e nei tagli di avviamento, per abitudine, il fusto viene allestito ad 1 m di lunghezza sul letto di caduta. Sull'impiego delle gru a cavo subentra un altro problema poiché, essendo poco diffuso nelle zone a ceduo, è necessario disporre di manodopera specializzata che è difficile reperire. Vengono impiegate le gru a cavo con stazione motrice mobile di tipo leggero perché sono quelle più idonee sotto l'aspetto dimensionale e perché le più rapide da montare. Sono idonee al concentramento/esbosco in salita su distanze massime di circa 400 m, con pendenza minima del terreno del 20%. Questo sistema di esbosco non richiede piste, ma strade con adeguata spaziatura, e va bene soltanto per tagli di forte intensità come i cedui, non si presta per motivi economici a tagli deboli.



9. Esbosco con gru a cavo con stazione motrice mobile (tipo leggero)

4.2 Principali sistemi di lavoro per la raccolta di materiale da lavoro (toppi da sega, travatura, ecc.)

Nelle utilizzazioni delle fustaie (diradamenti e tagli di maturità) i principali sistemi di concentrazione ed esbosco a cui possiamo far riferimento sono:

4.2.1 Concentramento a strascico con animali

Consiste nello strascico diretto del materiale per mezzo di animali, che lavorano normalmente singoli (cavalli, razze da lavoro, e/o muli). Si effettua su distanze al massimo dell'ordine dei cento metri preferibilmente in discesa, sulla prima e seconda classe di pendenza (0-40%), in salita fino su pendenze al massimo del 20%.

Il legname viene agganciato dietro all'animale, per mezzo di catene, ad una traversa-bilancino o semislitta collegata, tramite dei finimenti, al pettorale della bestia.

Questo sistema di concentrazione va bene per legname leggero di piccole e medie dimensioni dato che gli animali lavorano singoli; per legname di maggiori dimensioni è necessario che il percorso sia assolutamente in discesa.

4.2.2 Concentramento per avvallamento libero

Consiste nel far scivolare il legname sul terreno del bosco sfruttando la forza di gravità.

Lo scivolamento del materiale è facilitato o meno dallo stato e dalle caratteristiche del terreno (asciutto, bagnato, gelato, sciolto, accidentato, ecc.) e dallo stato del legname (con o senza corteccia). È più difficoltoso se il legname ha forma irregolare (latifoglie),

se è stato sramato male e se non sono state allestite le corone (smussi di estremità).

In pratica è possibile:

- avvallare il legname scortecciato sul terreno naturale a partire dal 40% di pendenza, purché il terreno sia uniforme e non accidentato, lavorando a terreno bagnato;
- avvallare legname con corteccia anche su terreno asciutto a partire da pendenze del 60%.

Oltre l'80% è opportuno avvallare il legname con corteccia, esclusivamente su terreno asciutto e soltanto per brevi tratti per evitare che raggiunga velocità troppo elevate e quindi per limitare i danni diretti ed indiretti.

Poiché i tronchi, una volta in movimento, non possono più essere controllati, è facile che vadano ad urtare con violenza contro alberi che devono restare in piedi danneggiandoli, o che danneggino sé stessi urtando altri tronchi, massi o spuntoni di roccia. Per ridurre questa possibilità può essere opportuno lasciare trascorrere qualche mese fra l'allestimento e l'avvallamento, in modo che il legname, perdendo umidità, diventi più leggero e di conseguenza più maneggevole ed abbia una minore energia cinetica. Naturalmente è indispensabile approntare le corone o smussi sulle testate dei topi, sia per facilitare il lavoro che per limitare i danni.

Per contenere le distanze di concentrazione entro limiti accettabili è necessario inserire nel bosco una rete di linee di esbosco (risine, linee di gru a cavo, se possibile piste di strascico) sufficientemente fitta e razionalmente disposta.

L'avvallamento è un sistema di concentrazione praticato in montagna. Se viene effettuato su brevi distanze, dell'ordine di qualche decina di metri, è un sistema di lavoro razionale.

4.2.3 Concentramento ed esbosco a strascico con trattore e verricello

Lo strascico con verricello (Foto 10), detto anche strascico indiretto perché la macchina sta ferma, consiste nel trascinare il legname mediante una fune di acciaio di un verricello sul terreno del bosco, lungo le linee di massima pendenza. Si effettua su distanze massime di circa 100 m in salita, 50 m in piano e 30 m in leggera discesa (concentrando in discesa l'operatore deve tirare la fune in salita e la fune d'acciaio è pesante). Le suddette distanze massime di concentrazione si riducono dipendentemente dalle caratteristiche dei verricelli (capacità di fune), dalla disponibilità di fune, dalla densità del soprassuolo, dal profilo e dall'accidentalità del terreno.

Il concentramento con verricello è l'unico possibile in salita e spesso il più opportuno anche in piano ed in leggera discesa; collegato con l'esbosco a strascico diretto è il sistema di lavoro più semplice e più economico.

Il lavoro consiste nello svolgere la fune del verricello fino a raggiungere i tronchi, agganciarli alla fune stessa per mezzo di catene e ganci scorrevoli (tipo choker) e trascinarli fino al verricello.

I tronchi vengono riuniti in fasci e agganciati per mezzo di catene.

Nel concentramento con verricello la squadra è formata normalmente da 2 operatori, raramente da 3, se il percorso di concentramento è lungo e/o accidentato o se, con legname di piccole dimensioni, si devono radunare più pezzi per formare il carico. È sempre più frequente l'utilizzo di radiocomandi che consentono di svolgere le varie operazioni anche individualmente.

L'esbosco a strascico viene effettuato tirando il legname agganciato alla fune del verricello bloccato o agganciato, tutto o in parte, ad una barra di traino.

Si esboscano bene a strascico tronchi dritti e, se il percorso di esbosco lo consente, possono essere trascinati tronchi anche molto lunghi; se il materiale è di lunghezza inferiore a 4 m spesso non si riesce a formare carichi completi, tali da sfruttare le potenzialità del trattore, poiché tendono a disporsi a ventaglio danneggiando facilmente al piede alberi posti a lato della pista. Fusti di forma irregolare, come gran parte delle latifoglie, si esboscano a strascico con maggiore difficoltà.



10. Esbosco a strascico con trattore e verricello (conifere)

4.2.4 Esbosco con trattore e rimorchio o con trattore portante

Per l'esbosco ed il trasporto di legname di medie e grandi dimensioni vengono impiegati trattori con rimorchio, in questo caso equipaggiati di gru idraulica, e trattori articolati portanti forwarder (Foto 11) su piste e su strade trattorabili troppo strette per autocarri. In questo caso le distanze di trasporto sono spesso superiori a quelle che si riscontrano nei cedui, arrivando anche a 8-10 km. I rimorchi sono più grandi e robusti, spesso a doppio assale oscillante, o semirimorchi per trattori portanti, balestrati, equipaggiati con gru idraulica per il carico e lo scarico.

I rimorchi devono essere a ruote motrici per motivi di sicurezza perché, carichi, possono arrivare a pesare più del doppio del trattore che li traina. Sempre per motivi di sicurezza devono essere equipaggiati con un efficiente sistema di frenatura adeguato alla portata del rimorchio.

Deve essere garantita in ogni caso la stabilità del carico che comunque, sui percorsi forestali, non deve essere legato per evitare che, in caso di ribaltamento del rimorchio, questo non trascini con sé anche la motrice.



11. Esbosco con trattore portante (*forwarder*)

4.2.5 Esbosco con teleferica tipo gru a cavo

Le teleferiche tipo “gru a cavo” (Foto 12) sono essenzialmente teleferiche bifuni o trifuni, sono dotate di *una* fune portante fissata alle estremità, montata su una o più campate e, se necessario, tenuta sollevata da terra mediante staffe appese a cavalletti. In impianti di tipo tradizionale con argano su telaio a slitta, la fune portante può essere tesa con le taglie (dispositivi costituiti da due gruppi di pulegge, uno fisso e uno mobile, che consentono di sviluppare tensioni elevate nelle funi d'acciaio), oppure a motore tramite un tamburo montato sull'argano (stazioni motrici mobili).

Sulla fune portante scorre un carrello complesso che si può bloccare sulla portante e caricare o scaricare lungo tutta la linea. Proprio per questa caratteristica le gru a cavo sono dei mezzi di esbosco veri e propri e, poiché in parte (fino a circa 50 m ai lati della linea) possono agganciare il legname sul letto di caduta e trascinarlo sotto al carrello, possono essere considerate anche dei mezzi di concentrazione.

Il carrello scorre sulla fune portante, normalmente scendendo per gravità, ed è tirato e frenato da una fune traente che si avvolge sul tamburo di un argano.

Le gru a cavo sono dunque dei mezzi di esbosco che lavorano su linee di esbosco temporanee, che devono essere montate in occasione di ogni singolo esbosco. È perciò necessario che sull'area servita dalla linea, larga al solito da 50 a 100 m, si trovi un quantitativo di legname sufficiente a coprire le spese di montaggio e di smontaggio dell'impianto: di conseguenza questi mezzi non sono adatti all'esbosco di tagli deboli.



12. Esbosco con teleferica tipo gru a cavo

Con le teleferiche il legname viene trasportato sospeso ad una fune, svincolato dalla superficie del terreno, le cui caratteristiche, sia permanenti (pendenza, accidentalità) che temporanee (umidità, presenza di neve), non influiscono in misura rilevante sul lavoro, mentre condizionano più o meno pesantemente gli altri sistemi di esbosco (avvallamento, strascico). Muovendosi sospeso ad una fune, il legname non viene danneggiato, non si hanno danni al terreno né praticamente al soprassuolo. La possibilità di impiegare le teleferiche è però condizionata dal profilo della linea, dalla disposizione delle strade, oltre che dalla disponibilità di teleferisti, operatori esperti la cui formazione è lunga e difficile.

4.3 Principali sistemi di lavoro con l'albero intero e recupero di biomassa

Normalmente il sistema di lavoro convenzionale per l'allestimento nelle fustaie prevede che un unico operatore effettui la prima fase della sramatura, la contestuale depezzatura (con l'uso del nastro metrico autoavvolgente per la misurazione delle lunghezze), la rotazione dei topi (con zappino o leva) ed il completamento della sramatura.

L'eventuale scortecciatura in bosco, sul letto di caduta, può essere fatta con attrezzi taglienti manuali (accetta e vari tipi di scorteccino) oppure con scortecciatrici meccaniche portatili applicate a motori di motosega, ruotando i topi con zappino o leva per il suo completamento.

L'abbattimento degli alberi può essere fatto anche con macchine abbattitrici (feller, feller-buncher, feller-skidder). Queste (Foto 13) afferrano l'albero da abbattere,

lo recidono alla base con una cesoia idraulica, con una sega a disco o, più frequentemente, con una sega a catena mossa da un motore idraulico e lo depositano ordinatamente nel luogo desiderato, anche trasportandolo ad alcune decine di metri di distanza; sono equipaggiate con dispositivi per orientare la direzione di caduta dell'albero.



13. Feller

Esistono inoltre delle macchine (*Foto 14*) che svolgono soltanto l'allestimento (sramatura e sezionatura - processor) di alberi già abbattuti ed atterrati. Queste affermano l'albero atterrato, lo sramano tirandone il fusto, con dei rulli, dei cingoli dentati o dei pistoni idraulici, contro dei coltelli stretti intorno al fusto stesso, lo sezionano alle lunghezze volute e depositano i topi ordinatamente nel luogo desiderato, anche suddividendoli per assortimento.



14. Processor

Esistono infine delle macchine abbattitrici-allestitrici (harvester), del tutto paragonabili alle allestitrici. Gli harvester (Foto 15) afferrano l'albero da abbattere, lo recidono alla base con una sega a catena mossa da un motore idraulico, lo inclinano nella direzione di atterramento, lo sramano tirandone il fusto, con dei rulli, dei cingoli dentati o dei pistoni idraulici, contro dei coltelli stretti intorno al fusto stesso, lo sezionano alle lunghezze volute e depositano i topi ordinatamente nel luogo desiderato, anche suddividendoli per assortimento.



15. Harvester

Tutte queste macchine sono formate da un veicolo semovente a trazione integrale, a ruote o a cingoli, frontalmente al quale, all'estremità di un braccio brandeggiabile, è montata l'attrezzatura per l'abbattimento e/o l'allestimento degli alberi. Il loro impiego, soprattutto su terreni riconducibili alla prima e seconda classe di pendenza, risulta essere sempre più diffuso e sempre più attuato nei casi in cui è previsto il recupero integrale della biomassa legnosa a fini energetici mediante l'utilizzazione della pianta intera.

Oggi giorno la tematica delle energie rinnovabili è diventata di primaria importanza sia a livello internazionale che nazionale e locale. A fronte della progressiva diminuzione di fonti energetiche fossili e dei vincoli imposti dal protocollo di Kyoto in merito alla riduzione delle emissioni di "gas serra" nell'atmosfera, la ricerca si è infatti orientata alla valorizzazione di materie prime alternative, da cui attingere sia energia termica che elettrica. La risorsa a cui si guarda con maggiori aspettative è il legno e la politica di incentivazione a favore del settore bioenergetico ha cominciato ad esercitare i suoi effetti sul mercato della biomassa.

In conseguenza di ciò e attratte da incentivi, molte imprese private hanno progettato e attivato centrali termiche ed elettriche di diverse capacità e dimensioni, che utilizzano biomassa proveniente da svariate lavorazioni come combustibile principale.

Le specifiche di questi progetti considerano il cippato (Foto 16) come il combustibile primario.



16. Cippato di legno

Pertanto alcune ditte boschive, si sono specializzate nell'utilizzazione integrale della biomassa, e quindi nella cippatura, e hanno adottato metodi di lavoro che prevedono sempre di più l'esbosco della pianta intera in modo da incrementare la propria capacità produttiva per poter essere in grado di sfruttare a pieno le nuove opportunità offerte dal mercato ed affermarsi come principali fornitori presso i vari utenti.

Alcuni sopralluoghi effettuati nel centro Italia hanno evidenziato che i principali operatori del settore avevano ammodernato il proprio parco macchine con l'acquisto di macchine più sofisticate e più potenti, tipo harvester, forwarder e cippatrici mobili di notevole potenza.

Ad alti livelli di meccanizzazione deve però corrispondere un'elevata professionalità e un'adeguata specializzazione degli operatori, requisiti che, purtroppo, nel panorama agro-forestale italiano risultano spesso carenti. È inoltre da ricordare che, come stabilito dal Regolamento Forestale (art. 46) della Legge Forestale esistono delle limitazioni all'uso di queste macchine operatrici combinate, la cui possibilità di movimento in bosco è vincolata (art. 46, comma 7 ter.) alle strisce di penetrazione per macchine abbattitrici o abbattitrici/allestitrici, intese come opere temporanee, per la cui realizzazione è necessaria l'autorizzazione.

Nell'utilizzazione integrale della biomassa legnosa la scelta del sistema di lavoro dipende dal tipo di filiera in cui si opera e dal tipo di prodotto finale che si intende ricavare, vale a dire legna da ardere o cippato. Nelle varie fasi del processo di prima trasformazione delle biomasse si possono utilizzare pertanto macchine combinate quali taglia-spacca legna, cippatrici, processori e teste harvester e, per le operazioni di concentrazione ed esbosco, trattori con verricello e teleferiche che consentono di esboscare il legname intero o in lunghezze multiple degli assortimenti definitivi.

L'adozione di macchine operatrici combinate, come harvester, forwarder e cippatrici, riduce notevolmente, soprattutto nelle operazioni di abbattimento ed allestimento, il rischio di infortuni e di malattie professionali derivante dall'uso delle motoseghe e dalla movimentazione manuale dei carichi.

D'altro canto, però, queste attrezzature, per lo più di fabbricazione estera e concepite per essere utilizzate su terreni mediamente pianeggianti, espongono gli operatori ad altre tipologie di rischio che necessitano di essere indagate, si fa riferimento per esempio a fenomeni di stress psicologico dovuti alla notevole monotonia del lavoro. Infatti, se da un lato l'operatore di harvester vede notevolmente ridotti i rischi derivanti dal lavoro manuale, dall'altro è esposto ad un sovraccarico di lavoro intellettuale ed ad una continua tensione psico-mentale; l'attività è ripetitiva e solitaria e alla lunga comporta l'insorgere di vari disturbi muscolo-scheletrici, quali la sindrome del tunnel-carpale. Questi problemi vengono enfatizzati dai lunghi turni di lavoro cui spesso il personale, per ragioni puramente economiche, viene sottoposto. Il miglior rimedio consigliabile rimane quello delle pause di riposo, l'unico accorgimento in grado di alleviare lo stress psico-fisico dell'operatore; per questo si rende necessaria un'educazione specifica, soprattutto a livello di formazione di nuovo personale (Cavalli e Zuccoli Bergomi, 2006).

In una morfologia come quella del territorio italiano, dove spesso harvester e forwarder si spingono a lavorare anche su pendenze maggiori del 40%, assume notevole importanza l'analisi del rischio per chi le conduce ed anche l'analisi degli aspetti relativi alla formazione degli operatori.

Le più importanti fonti di approvvigionamento del materiale legnoso per uso energetico industriale sono principalmente le seguenti (Neri e Piegai, 2007):

- recupero di biomassa nelle utilizzazioni dei boschi alpini, soprattutto quando viene adottato il sistema di lavoro della pianta intera (F.T.S. Full Tree System);
- primi diradamenti in soprassuoli di conifere;
- recupero di schianti;
- taglio raso di pinete litoranee colpite da problemi fitosanitari (*Matsococcus Feytaudi*) e conseguente smaltimento del materiale legnoso;
- ripristino di aree percorse da incendio;
- tagli selettivi di conifere e latifoglie in ambiente litoraneo;

- manutenzione straordinaria di alvei fluviali: taglio e cippatura della vegetazione ripariale;
- utilizzazione integrale della biomassa proveniente da pioppeti;
- utilizzazione integrale della biomassa di apposite piantagioni (S.R.F.: Short Rotation Forestry) a scopo energetico.

Altre possibili fonti di approvvigionamento della biomassa a scopo energetico sono inoltre:

- residui delle potature in vigneti ed oliveti;
- cereali in genere;
- biomassa ligneo-cellulosica di origine agricola;
- residui delle lavorazioni in segheria: pellets.

Riguardo alle utilizzazioni dei soprassuoli artificiali di conifere, spesso per i diradamenti vengono adottati schemi in parte predeterminati, geometrico-selettivi, che portano all'asportazione di una fila di piante, ogni numero prestabilito di file, e di alcune piante secondo criteri selettivi nelle file rilasciate.

L'impiego di cippatrici montate su forwarder consente la cippatura direttamente sul letto di caduta.

Il sistema di lavoro solitamente adottato nelle utilizzazioni di soprassuoli di conifere colpiti da schianti o semplicemente soggetti a tagli marginali, è quello della pianta intera (F.T.S. Full Tree System).

In tali situazioni infatti, il distacco dalla ceppaia e l'abbattimento viene effettuato manualmente con motosega, mentre l'esbosco viene effettuato con linea di teleferica e l'allestimento viene rimandato all'imposto. Dal momento che viene esboscata la pianta intera, all'imposto vengono impiegati i cosiddetti processor (macchine allestitrici) e, oltre agli assortimenti commerciali, vengono anche prodotte considerevoli quantità di ramaglie e di cimali.

5. *Funzioni della viabilità forestale*

Alla viabilità forestale viene da tempo riconosciuto il merito di agevolare lo svolgimento delle attività umane necessarie a preservare, utilizzare e valorizzare le foreste e l'ambiente in generale. Molti autori nel corso degli anni hanno sottolineato le principali funzioni esercitate dalla viabilità forestale (Hippoliti, 1976, 1997, 1998; Pozzatti e Cerato, 1984; Fabiano e Marchi, 1991; Trzesniowski, 1993; Baldini e Pollini, 1996; Picman e Pentek, 1996; Potocnik, 1996; Calvani et al., 1999), che sono quelle di:

- semplificare lo svolgimento delle attività gestionali (sorveglianza, controllo, ecc.);
- consentire le operazioni selvicolturali;
- permettere la realizzazione di opere di sistemazione idraulico-forestale;
- facilitare la fruizione del bosco a fini turistico-ricreativi;
- favorire le attività di ricerca e di monitoraggio;
- agevolare le attività di prevenzione ed estinzione degli incendi boschivi.

Con specifico riferimento alle operazioni di utilizzazione boschiva, le funzioni più importanti ed essenziali della viabilità forestale consistono nel :

- agevolare l'accesso al bosco a chi ci lavora ed alle attrezzature che vengono impiegate nel lavoro;
- permettere o facilitare l'asportazione del legname utilizzato.

Se a strade che attraversano il bosco si richiedono funzioni diverse da quelle propriamente forestali, come collegare alpeggi con il fondovalle, funzioni turistiche o simili, vanno valutate le caratteristiche di questo particolare tipo di traffico, che può presentare punte di intensità giornaliera altissime ed è sempre molto più esigente di un normale traffico forestale. A queste esigenze vanno adeguate le caratteristiche della strada che però, pur potendo svolgere anche funzioni forestali, non sarà mai una strada forestale vera e propria.

Strade pubbliche non sempre possono assolvere a tutte le funzioni richieste a strade forestali: al limite le autostrade non servono né per l'accesso al bosco, né per l'asportazione del legname, e sono soltanto un ostacolo. Strade statali, provinciali e comunali, soprattutto se asfaltate, servono per l'accesso al bosco, ma non vi possono stazionare veicoli forestali, non vi si può esibire il legname, se non con forti limitazioni, non possono essere attraversate da linee di teleferica. L'utilità di strade pubbliche per il bosco è sempre limitata.

5.1 Sorveglianza, utilizzazioni, AIB

Per le attività relative all'Antincendio Boschivo la presenza di una buona rete viabile consente di agevolare sia le operazioni di sorveglianza sia il servizio di pattugliamento mobile da terra, oltre a garantire, in presenza di strutture operative ben organizzate, quella rapidità d'intervento necessaria all'attacco dell'incendio nella sua fase iniziale e al suo rapido spegnimento. Il facile accesso consente anche un veloce

intervento dei mezzi di soccorso, in caso di infortunio del personale AIB, e permette a questo e ad eventuali altre persone, presenti nell'area interessata dal fuoco, di mettersi in salvo in caso di pericolo.

Quest'ultima funzione è riconosciuta ormai da tempo (Croize e Crouzet, 1975) ma la sua importanza è stata frequentemente sottolineata negli ultimi anni (Hinterrstoisser, 1990; Fabiano e Marchi, 1991; Marinelli, 1994; Baldini e Pollini, 1996; Picman e Pentek, 1996; Baldini et al., 1998; Bovio, 1998; Calvani et al., 1999).

Sotto l'aspetto operativo la viabilità forestale ha una notevole importanza poiché agevola sia l'attacco diretto e indiretto al fronte di fuoco, che la successiva bonifica. Nelle situazioni più favorevoli (incendi radenti, assenza di vento, bassa intensità di fiamma) la rete viabile, costituendo un'interruzione del combustibile, può rappresentare un ostacolo all'avanzamento del fuoco, con conseguente riduzione dei danni.

La presenza di un'adeguata viabilità rappresenta l'elemento essenziale per la funzionalità delle opere AIB (invasi, torrette, ripetitori, ecc.) in quanto ne garantisce l'accesso e ne agevola la manutenzione. In particolare, per quel che riguarda i punti di approvvigionamento idrico, la viabilità consente di ottimizzare i tempi di intervento e le operazioni di spegnimento.

In sintesi le funzioni della viabilità forestale ai fini AIB sono essenzialmente quattro:

- consente un rapido accesso agli uomini e ai mezzi destinati all'attività di sorveglianza e di estinzione, nonché ai mezzi di soccorso;
- consente agli uomini e ai mezzi terrestri di esprimere la loro potenzialità operativa sia nelle attività di arresto, sia in quelle di bonifica;
- costituisce un'interruzione della vegetazione;
- consente di accedere alle opere di prevenzione e alle infrastrutture specifiche per la lotta agli incendi boschivi.

La classificazione della viabilità forestale dal punto di vista della lotta agli incendi boschivi ha come preciso riferimento a quella degli automezzi AIB (Tab. 3), ma mantiene una corrispondenza con quella di Hippoliti (Hippoliti, 1976) al fine di agevolare la pianificazione della viabilità basata su un'analisi multifunzionale.

	Classe 1			Classe 2			Classe 3	
	Automezzi leggeri per sorveglianza e primo intervento			Automezzi medi per secondo intervento			Automezzi pesanti per secondo intervento	
	A	B	C	A	B	C	B	C
	alta mobilità	media mobilità	bassa mobilità	alta mobilità	media mobilità	bassa mobilità	media mobilità	bassa mobilità
Peso complessivo a pieno carico	< 3,5 t			3,5 ÷ 9 t			> 9 t	
Dimensioni max.								
larghezza	2 m			2,2 m			2,5 m	
lunghezza	5 m			5 m			7 m (solo autocarro)	
altezza	2,5 m			2,8 m			3,1 m	
raggio min. di sterzata	£ 6,5 m			£ 8 m				

Tab. 3 - Classificazione degli Automezzi AIB e principali caratteristiche tecniche degli autoveicoli (Sulli e Marchi, 1995)

Una proposta di classificazione della viabilità forestale ai fini della lotta agli incendi boschivi, sviluppata sulla base di criteri già elaborati e applicati in precedenti lavori (Raudino, 1998; Ricci, 1997) porta a distinguere tre tipi di tracciato (Tab. 4):

- di Classe 1 - Tracciati a limitata percorribilità - consentono il transito di automezzi leggeri ad alta mobilità (automezzi di Classe 1);
- di Classe 2 - Tracciati a media percorribilità - consentono il transito di automezzi medi e leggeri (automezzi di Classe 1 e 2);
- di Classe 3 - Tracciati ad alta percorribilità - consentono il transito anche ad automezzi pesanti (automezzi di Classe 1, 2 e 3).

Tipo di tracciato AIB	Tipo di tracciato ai fini delle utilizzazioni	Automezzi AIB transitabili
Classe 1 - Tracciati a limitata percorribilità	Piste trattorabili principali larghe meno di 2,5 m	Classe 1A – 1B
Classe 2 - Tracciati a media percorribilità	Piste trattorabili principali larghe più di 2,5 m e strade trattorabili	Classi 1A – 1B – 2A
Classe 3 - Tracciati ad alta percorribilità	Strade e piste camionabili	Classi 1A – 1B – 2A

Tab. 4 - Classificazione della viabilità forestale ai fini AIB e relativa corrispondenza con la classificazione della viabilità forestale ai fini delle utilizzazioni e con quella degli automezzi AIB (Calvani et al, 1999)

Gli automezzi AIB costituiscono una componente fondamentale dell'organizzazione antincendi boschivi.

Si tratta di automezzi che devono potersi muovere sia su asfalto che su terreni non preparati e garantire interventi tempestivi e in sicurezza per gli operatori.

Per questo motivo i mezzi AIB devono essere scelti tra quelli appositamente progettati per tali impieghi e rispondere almeno alle seguenti caratteristiche fuoristrada:

- trazione integrale;
- bloccaggio differenziale;
- cambio con riduttore di velocità;
- adeguati angolo di attacco, di uscita e dosso;
- adeguata altezza minima da terra.

Si riportano di seguito anche le tre tipologie di automezzi AIB indicate nel Piano Operativo AIB 2009-2011 della Regione Toscana.

Pick-up (fuoristrada con cassone) allestiti AIB:

- con cabina singola (2/3 posti): possono essere equipaggiati con moduli da 300 a 600 l di acqua più le attrezzature, in funzione delle caratteristiche tecniche del veicolo (passo, portata);
- con cabina doppia (4/5 posti): possono essere equipaggiati con moduli da 300 a 600 l di acqua più le attrezzature, in funzione delle caratteristiche tecniche del veicolo (passo, portata).

Autobotti allestite AIB:

- leggere: piccole autobotti 4X4 in grado di trasportare 1.000/1.500 l di acqua più le attrezzature;
- pesanti: autobotti 4X4 in grado di trasportare oltre 2.000 l di acqua più le attrezzature;

- stradali: autobotti 4X2 in grado di trasportare fino a 10.000 litri di acqua, usate prevalentemente per il rifornimento di automezzi e di vasche mobili.

Veicoli di supporto alle operazioni di spegnimento incendi boschivi:

sono automezzi 4x4 in uso al personale tecnico impiegato nella direzione delle operazioni di spegnimento e nelle attività di supporto operativo.

Possono essere impiegati nella gestione degli eventi, veicoli di supporto logistico quali autocarri 4x4, pulmini 4x4 impiegati per il trasporto di personale e attrezzature, macchine operatrici, che comunque non sono definiti automezzi AIB.

5.2 Esigenze di accessibilità dei boschi

Poiché la funzione principale delle strade forestali è agevolare l'accesso ai boschi per potervi lavorare, tutti i boschi nei quali si ritiene necessario operare devono essere serviti da strade. Possono essere non accessibili con facilità quei boschi o tratti di bosco nei quali non si prevede di intervenire per nessun motivo: le riserve naturali integrali ed i boschi stabili, in equilibrio con l'ambiente, senza funzione produttiva, che vengono abbandonati alla naturale evoluzione, come molti boschi classificati "di protezione". Ma qualsiasi bosco nel quale si intende operare, sia per produrre legno che per migliorare il soprassuolo, deve essere accessibile senza eccessivo dispendio di tempo e di energia, e ciò lo si ottiene soltanto mediante una rete stradale opportunamente disposta e sufficientemente densa.

Se si ritiene normale impiegare non più di 30' (andata e ritorno) al giorno per accedere, a piedi, al posto di lavoro in bosco dal punto nel quale si lascia il mezzo di trasporto, l'automezzo, si possono considerare "accessibili", o serviti da strade, quei tratti di bosco che distano dalle strade stesse non più di 1 km su terreni pianeggianti (velocità di spostamento dell'uomo a piedi circa 4 km/h), e non più di 100 m di dislivello su terreni inclinati (400 m di dislivello in 1 ora). A ciò corrispondono spazature massime delle strade di 2 km in terreni pianeggianti e di 200 m di dislivello su terreni inclinati o ripidi.

Risultano di conseguenza densità stradali teoriche (in m/ha) pari alla metà della pendenza media del terreno, espressa in %. Questo valore va poi aumentato del 30-50% per tenere conto della sovrapposizione dell'effetto delle strade in corrispondenza a bivi, incroci, tornanti. In pratica, per rendere "accessibili", o "ben serviti da strade" i boschi, sono necessarie densità della rete viabile principale (di strade) da 20 a 25 m/ha su terreni poco inclinati, fino a 30-35 m/ha su terreni ripidi. È bene ricordare che questi indici sono comunque teorici e devono essere verificati in relazione alle condizioni stazionali e alle necessità della gestione sostenibile. Si tenga inoltre presente che boschi molto produttivi, nei quali si intende esercitare una selvicoltura intensiva, richiedono più strade di boschi nei quali si vuole effettuare soltanto una selvicoltura estensiva, basata su tagli forti e poco frequenti (Hippoliti e Piegai, 2000).

6. *Classificazione della viabilità ai fini forestali*

6.1 Le strade forestali permanenti

Il Regolamento di applicazione della Legge Forestale, all'art. 45 definisce le strade forestali come *strade permanenti* aventi il fondo migliorato e carreggiata con larghezza variabile normalmente dai 3 ai 5 m, oltre alle banchine. In genere sono dotate di opere permanenti per la regimazione delle acque, quali fossa laterale, pozzetti e attraversamenti.

Secondo quanto riportato in letteratura (Hippoliti e Piegai, 2000) nella categoria delle strade forestali rientra la rete viabile principale a sua volta formata da strade a fondo artificiale o comunque migliorato (asfaltato, massiccata), percorribili da autocarri o almeno da trattori con rimorchi impiegati per il trasporto di legna e legname, nonché da autovetture normali e pulmini per il trasporto del personale.

La rete viabile principale comprende i seguenti tipi di strade (Tab. 5):

a) - *Strade camionabili principali*

Sono strade (Foto 17) adatte alla circolazione, anche soltanto a bassa velocità, di autotreni (autocarri con rimorchio), eventualmente di autoarticolati, durante tutto l'anno o quasi. Rientrano in questa categoria le strade pubbliche, purché transitabili da autotreni. Se sono costruite per esclusive esigenze forestali, sono a fondo migliorato ma non asfaltato, hanno un'unica carreggiata, larga nei punti più stretti almeno 3,5 m, normalmente 5-6 m, con banchine e piazzole



di scambio. La pendenza media ottimale è del 3-8% (non inferiore al 3% per non portare a ristagni di acqua che provocano ammorbidimento del fondo stradale con conseguente perdita di portanza): fino a questi valori (8%) l'erosione del fondo stradale, da parte delle acque piovane, non è sensibile nemmeno su strade inghiaiate. Strade ascendenti possono presentare pendenze medie fino al 10%. La pendenza massima per brevi tratti (alcune decine di metri) può arrivare al 14%; contropendenze nel senso del trasporto del legname non devono superare il 10%. Il raggio minimo delle curve più strette (tornanti) non deve essere inferiore a 10 m.

17. *Strada camionabile principale, (Hippoliti e Piegai, 2000)*

b) - Strade camionabili secondarie

Sono strade a fondo migliorato ma non asfaltato (*Foto 18*) adatte alla circolazione, a bassa velocità, di autocarri pesanti, per tutto l'anno o quasi. La circolazione di veicoli pesanti può essere sospesa durante il disgelo o dopo lunghe piogge, per



evitare eccessivi danni al fondo stradale ammorbidito dall'acqua. Esse hanno un'unica carreggiata, larga nei punti più stretti almeno 3 m, normalmente 4-5 m, con banchine e piazzole di scambio. La pendenza media ottimale, per strade di quota, è del 3-8%; strade ascendenti possono arrivare fino al 12% per lunghi tratti. La pendenza massima per brevi tratti, soprattutto nella parte terminale della strada, può arrivare fino al 18%: questi sono percorribili da autocarri normali e da autovetture a semplice trazione soltanto a fondo asciutto. Contropendenze nel senso del trasporto del legname non superiori al 12%. Il raggio minimo delle curve più strette (tornanti) non inferiore ai 7 m.

18. Strada camionabile secondaria, (Hippoliti e Piegai, 2000)

c) - Strade trattorabili

Su terreni ripidi, per evitare eccessivi sbancamenti, soprattutto in presenza di tornanti e curve strette, ci si può limitare a strade trattorabili (*Foto 19*). Queste sono più strette delle camionabili, normalmente più ripide e con curve a raggio più stretto. Esse sono idonee per consentire l'accesso al bosco al personale, meno per il trasporto del legname poiché ciò avviene in due fasi: prima con trattori e rimorchi, poi con autocarri, e di conseguenza comporta maggiori costi. Sono a fondo massiccato o inghiaiato, larghe nei punti più stretti almeno 2,5 m, normalmente 3-4 m, con banchina a valle e piazzole di scambio e per il deposito del legname. La pendenza media ottimale è del 3-8% ma può arrivare, per strade ascendenti, fino al 14%. La pendenza massima, per brevi tratti, può arrivare fino al 20%, eccezionalmente al 25%, venendo percorsi prevalentemente da veicoli a trazione integrale. Il raggio minimo delle curve più strette non deve essere inferiore a 5 m.

Tutte le strade devono essere dotate di piazzole di adeguate dimensioni, che consentano l'inversione del senso di marcia ai veicoli più grandi, per i quali sono previste al loro termine e ogni 1-2 km lungo il loro percorso. Tutte le strade con funzione di raccolta del legno devono essere dotate di frequenti piazzole per il deposito del legname che ad esse viene concentrato od esboscato: allargamenti della sede stradale, anche a fondo naturale, della superficie di 30-50 m², che possono servire anche per lo scambio dei veicoli, da allestire ovunque possibile, almeno ogni 100 m, normalmente in corrispondenza di dossi, sui riporti, ecc.. Lungo le strade camionabili, nei punti dai



quali si diramano piste importanti, vanno previsti gli imposti, piazzali di maggiori dimensioni per il deposito del legname, accessibili agli autocarri.

Tutta la viabilità forestale, dovrebbe essere razionalmente pianificata e progettata per consentire il movimento dei carichi in discesa dato che, normalmente, i boschi sono in montagna e le diverse attività umane, comprese le destinazioni della legna e del legname, sono comunemente in pianura.

19. Strada trattorabile, (Hippoliti e Piegai, 2000)

		CAMIONABILI		TRATTORABILI
		Principali	Secondarie	
Larghezza della carreggiata	Minima	3,5 m	3,0 m	2,5 m
	Prevalente	5-6 m	4-5 m	3-4 m
Pendenza	Media ottimale	3-8%	3-8%	3-8%
	Media max	10%	12%	14%
	Massima per brevi tratti	14%	18%	20 (25)%
	Contropendenza massima	10%	12%	14%
Raggi minimi delle curve più strette (tornanti)		10 m	7 m	5 m

Tab. 5 - Principali caratteristiche delle strade forestali (G. Hippoliti, 2003)

6.2 Le piste forestali permanenti

Le piste forestali sono definite dal Regolamento di applicazione della Legge Forestale, all'art 45 come tracciati permanenti che si distinguono dalle strade forestali per la minore larghezza, di norma inferiore a 4 metri, e per la discontinuità o assenza di vere e proprie opere permanenti di regimazione delle acque, affidata per lo più a sciacqui trasversali nei tratti in maggiore pendenza.

Si distinguono dalle piste temporanee di esbosco, di seguito descritte, per avere un'altezza delle scarpate mediamente superiore a 1 m e superiore a 1,5 m nel caso di terreni con pendenza maggiore del 40%.

Secondo quanto riportato in letteratura (Hippoliti e Piegai, 2000) rientrano nella categoria delle piste forestali le seguenti tipologie di piste:

a) - Piste camionabili

Brevi diramazioni da strade camionabili (Foto 20), lunghe da qualche centinaio di metri a pochi chilometri, con funzione di raccolta, possono avere fondo soltanto grossolanamente, a tratti, migliorato (inghiaiato), o, in condizioni favorevoli, naturale; esse vengono percorse da veicoli pesanti soltanto a fondo asciutto; la loro manutenzione è episodica e viene fatta, se necessario, quando c'è del legname da asportare. Esse sono percorribili anche da campagnole e simili mezzi 4x4, a volte, a fondo asciutto e al solito con difficoltà, da normali autovetture. Le pendenze vanno comprese fra il 3-4% ed il 7-8%: tratti più ripidi vengono rapidamente erosi dall'acqua e non possono essere a fondo naturale. Le rimanenti caratteristiche sono quelle delle strade camionabili secondarie, delle quali le piste camionabili sono una versione economica.



20. Pista camionabile, (Hippoliti e Piegai, 2000)

b) - Piste principali per trattori

Sono percorsi permanenti a fondo naturale (Foto 21), allestite con movimento di terra effettuato con apripista o macchina simile, hanno tracciato permanente, sono a fondo naturale, eccezionalmente migliorato nei tratti più difficili e sono prive o quasi di opere d'arte; presentano un'altezza delle scarpate mediamente superiore a 1 m



(1,5 m nei terreni con pendenza superiore al 40 %), sono transitabili a trattori e a veicoli simili a trazione integrale; sono poco adatte per normali autovetture, anche se a quattro ruote motrici. Compatibilmente con la morfologia del terreno, le piste sono regolarmente spaziate fra loro, e con le strade, di 100-200 m o poco più. La loro larghezza è normalmente di 3-4 m (trattori pesanti sono larghi fino a 2,5 m), minima di 2,5 m su terreni ripidi. La loro pendenza media ottimale è del 5-10%, max 15%; la pendenza massima per brevi tratti può arrivare al 30%. Le piste vengono normalmente percorse a carico in discesa; nel senso dell'esbosco del legname non devono presentare contropendenze superiori al 10%. Sono da evitare curve a raggio stretto.

21. Pista principale per trattori, (Hippoliti e Piegai, 2000)

Le piste principali per trattori vanno costruite su terreni della prima e soprattutto della seconda classe di pendenza, e, dove possibile, anche sulla terza, poiché l'esbosco con trattori è il sistema di esbosco più semplice, più economico e quello che lascia la maggiore libertà selvicolturale, permette cioè di effettuare a costi contenuti anche tagli deboli. Oltre che con minori costi, esse permettono di esboscare anche con meno pericolo per il trattorista e consentono di contenere i danni al bosco riducendo la lunghezza dei percorsi di concentrazione. In boschi ben serviti da strade (rete viabile principale), le piste sono lunghe meno di 1 km. Poiché il tracciato delle piste principali è permanente, cioè deve poter essere usato anche in un lontano futuro, la sua scelta è importante e non deve essere condizionata da fattori contingenti. La loro manutenzione è saltuaria, va fatta cioè quando la pista serve. Dopo ogni utilizzazione le piste vanno "messe a riposo", cioè difese contro l'erosione dell'acqua con opere provvisorie.

6.3 Opere temporanee di esbosco

Il Regolamento di attuazione della Legge Forestale 39/2000, all'art. 46 definisce le opere temporanee di esbosco che sono quelle il cui impiego è limitato alla durata delle operazioni colturali nel bosco.

6.3.1 Le piste temporanee di esbosco

A questa categoria di opere temporanee (Foto 22) appartengono sempre le "piste trattorabili principali" (Hippoliti e Piegai, 2000), allestite con limitati movimenti di terreno e con un'altezza delle scarpate mediamente inferiore a 1 m (inferiore a 1,5 m nel caso di terreni con pendenza superiore al 40%).



22. Pista temporanea d'esbosco,
(Hippoliti e Piegai, 2000)

6.3.2 Condotte, canali temporanei e linee di esbosco

Rientrano in questa categoria le seguenti opere temporanee:

a) - Piste secondarie per trattori

Sono semplici varchi nel soprassuolo (Foto 23), allestiti senza movimento di terra, larghi 3-5 m, orientati lungo le linee di massima pendenza, spaziatati fra loro di 20-60 m, secondo la densità del soprassuolo, che si diramano dalle strade e dalle piste principali soprattutto a monte, al solito per alcune decine di metri, su terreni della prima e, entro certi limiti, della seconda classe di pendenza. Se percorse a carico in salita non devono presentare pendenze superiori al 10%, se vengono percorse a carico in discesa possono arrivare fino a pendenze del 30%. Si ricorre alle piste secondarie soprattutto per l'esbosco in discesa, su terreni poco pendenti.



23 Pista secondaria per trattori,
(Hippoliti e Piegai, 2000)

b) - Linee di avvallamento obbligato

Per esboscare il legname avvallandolo su distanze rilevanti, maggiori di 100 m circa, lo si concentra su appositi percorsi lungo i quali questo lavoro è agevolato da pendenze più regolari, dall'assenza di ostacoli e da accorgimenti atti a facilitare il movimento dei tronchi. È un sistema di esbosco, praticato in montagna, che consiste nel far scivolare il materiale verso valle, sfruttando la forza di gravità, in percorsi che possono essere naturali (impluvi, valleciole, canali) o artificiali temporanei, chiamati risine, formati da mezzi tubi (canalette) di lamiera di 2-3 m di lunghezza o di polietilene di 4-5 m di lunghezza, collegati fra loro ed ancorati al terreno.

Nel caso di percorsi artificiali temporanei, le risine appunto, possono essere:

- *in lamiera* (meno utilizzate) formate da spezzoni, canalette, a forma di mezzo tubo con sezione poligonale e diametro di circa 40 cm, lunghi 2-3 m, collegati fra loro, usati per legna da ardere e simili assortimenti corti di piccolo diametro;
- *in polietilene ad alta densità (PEAD)*: sono adatte per l'esbosco di legna da ardere, di assortimenti corti di piccolo diametro ma anche di legname di medie dimensioni, purché con forma regolare, su distanze massime di circa 200 m. Queste risine sono formate da una serie di canalette, ottenute tagliando a metà per il lungo spezzoni di tubo di polietilene ad alta densità con Ø di 40-45-50 cm e lunghezza di 5 o 4 m dipendentemente dal diametro. Le singole canalette sono collegate fra loro da agganci speciali e devono essere saldamente ancorate mediante grossi spaghi o cordini ad alberi, ceppaie o radici.

c) - Linee di gru a cavo

Vengono impiegate per l'esbosco in salita a partire da pendenze del terreno del 20% e per l'esbosco in discesa normalmente a partire dal 40%. In linea di massima per l'esbosco in discesa su brevi distanze (100-200 m) conviene ricorrere all'avvallamento, su distanze superiori e per forti quantitativi di legname alle gru a cavo.

6.4 Funzioni e differenze fra strade e piste

Le piste servono essenzialmente per l'esbosco con trattori, alcune di esse possono consentire saltuariamente, a fondo asciutto, il transito con autocarri e inoltre sono molto utili per la difesa contro gli incendi. Riguardo alle piste temporanee di esbosco (uso legato al periodo dell'utilizzazione), il loro tracciato ha funzione temporanea, al termine del taglio e delle operazioni ad esso connesse, deve essere ripristinato allestendo opere provvisorie per evitarne l'erosione in modo da garantirne il rapido rinsaldamento. Ma questi interventi di messa a riposo possono limitarne l'utile uso per la difesa contro gli incendi.

Solitamente le piste vengono allestite su terreni pianeggianti o poco inclinati, invece su terreni scoscesi (oltre il 60% di pendenza) vengono solitamente sostituite da linee di avvallamento e di gru a cavo.

Le strade servono per consentire l'accesso al bosco a chi ci lavora e per agevolare l'asportazione del legname utilizzato; sono utili per la difesa e la lotta contro gli incendi, facilitano l'assessamento, la sorveglianza e il controllo dei boschi, gli interventi di soccorso in caso di incidenti e di calamità; perciò devono essere percorribili anche in condizioni climatiche non favorevoli, fino a che è possibile lavorare in bosco: anche a fondo bagnato, salvo neve e ghiaccio. A questo scopo hanno la carreggiata con fondo artificiale (massicciata) o almeno migliorato e sono dotate di manufatti o opere d'arte per stabilizzare le scarpate, assicurare lo sgondo delle ac-

que meteoriche e l'attraversamento degli impluvi. Se costruite per le sole esigenze forestali hanno un'unica carreggiata a fondo bianco, non asfaltato, con piazzole per lo scambio dei veicoli ed il deposito del legname, che devono essere particolarmente frequenti sulle strade con funzioni di raccolta. Il loro tracciato è permanente e la loro manutenzione deve essere continua, poiché è continuo il loro uso. Le strade forestali non possono sopportare un traffico civile o turistico, nemmeno occasionale, per il quale non hanno caratteristiche adeguate; questo traffico va rigorosamente escluso, anche per motivi di sicurezza.

Di seguito (Tab. 6) è riportata una classificazione schematica e riepilogativa della viabilità forestale secondo quanto riportato nella Legge Forestale (art. 49) e nel relativo Regolamento Forestale (artt. 45,46,47,48).

Caratteristiche	Tipo di opera permanente (uso continuativo o ricorrente)	
	Strada forestale	Pista forestale
Larghezza (m)	3 - 5 oltre banchine	< 4
Opere permanenti per la regimazione delle acque	Si	No (presenza saltuaria di sciacqui trasversali)
Realizzazione soggetta ad autorizzazione - Progetto esecutivo richiesto - Correlazione tra entità del tracciato e superficie boscata richiesta- Vincolo paesaggistico		
Caratteristiche	Tipo di opera temporanea (uso limitato alla durata delle operazioni colturali)	
	Pista temporanea di esbosco (tracciati esistenti o di nuova apertura-limitate modificazioni del terreno)	Condotte, canali temporanei e linee di esbosco (interruzioni della vegetazione - no movimenti di terreno)
Larghezza (m)	max 3 + 20%	Non specificata
Altezza scarpata (m)	< 1 < 1,5 (su pendenze >40%)	Non specificata
Richiesta di autorizzazione	Autorizzazione nel caso di ripristino con movimenti del terreno Soltanto dichiarazione per gli interventi necessari al loro utilizzo che possono prevedere anche il taglio di vegetazione arborea reinsediata-si sul tracciato (art. 48, 3-c)	Autorizzazione o dichiarazione a seconda della natura del taglio o dell'intervento
Ripristino al termine dell'utilizzazione	Si	Si
		"Nel caso di linee d'esbosco che si prevede vengano utilizzate per il transito di trattori, l'indicazione del tracciato deve essere riscontrabile sul terreno mediante picchetti o tracce sulla vegetazione esistente". Regolamento Forestale art.46 (7, c)

Tab. 6 - Schema riepilogativo della viabilità forestale - LR n. 39 del 21/03/2000

L'apertura di nuove piste temporanee di esbosco e la realizzazione di imposti e piazzali temporanei per il deposito di legname sono soggetti ad autorizzazione come da art. 46, comma 2 del Regolamento Forestale.

Per quanto concerne il ripristino di piste di temporanee di esbosco preesistenti effettuato tramite movimenti di terreno è necessaria l'autorizzazione come da art. 48, comma 4 lettera a del Regolamento Forestale.

Per quanto la manutenzione straordinaria di piste temporanee di esbosco attraverso interventi di taglio, senza estirpazione, della vegetazione arbustiva e di quella arborea che si è insediata successivamente al precedente taglio boschivo, è necessaria la dichiarazione come da art. 48 comma 3 lettera c del suddetto Regolamento.

7. Pianificazione della viabilità forestale

Scopo della pianificazione dei lavori forestali è di prevedere e predisporre infrastrutture, mezzi e personale necessari per effettuare gli interventi selvicolturali e le attività collegate (es. manutenzione infrastrutture) nel migliore dei modi possibile, dal punto di vista tecnico, economico e di impatto sull'ambiente. Essa si basa sulle caratteristiche del bosco e della selvicoltura che vi si intende praticare.

Per pianificare i lavori forestali è innanzi tutto indispensabile sapere cosa, dove e quando si vuole fare, e conoscere le caratteristiche del bosco - terreno e soprassuolo - nel quale si opera. Tutto ciò è riportato nel Piano di Gestione, anche soltanto sommario, che comprende come minimo:

- il particellare, riportato sulla carta topografica;
- le caratteristiche dei soprassuoli;
- il piano dei tagli e delle coltivazioni, per i prossimi 10 - 15 anni.

Da questo piano, comunque denominato, si possono ricavare le caratteristiche del bosco, le intenzioni del selvicoltore e del proprietario e, di conseguenza, le caratteristiche essenziali dei lavori previsti a medio termine. Base di qualunque pianificazione è dunque questo Piano di Gestione; se non esiste va compilato per primo, almeno in forma sommaria. Anche Piani di Gestione scaduti, ma non da troppo tempo, possono servire allo scopo, almeno nel caso di fustaie, poiché il particellare può essere ritenuto valido e i lavori prevedibili restano più o meno gli stessi; soltanto se cambiano le caratteristiche, le dimensioni e la collocazione delle proprietà e, in modo radicale, gli indirizzi selvicolturali, un Piano di Gestione non è più utilizzabile.

La pianificazione dei lavori si articola in:

- *Piano della viabilità principale*, o delle strade forestali. Questo piano è sempre necessario, sia che i lavori vengano gestiti direttamente dal proprietario, sia nel caso della gestione per appalto, o che vengano lasciati agli acquirenti del legname: le strade fanno parte della dotazione di infrastrutture del bosco e vi può provvedere soltanto il proprietario dello stesso.
- *Piano delle utilizzazioni* o dei sistemi di esbosco, che indica orientativamente i sistemi di lavoro più adatti per le utilizzazioni nelle singole particelle. Questo piano è opportuno perché dà indicazioni sulle difficoltà di esecuzione dei lavori previsti e di conseguenza sulla possibilità di effettuare una selvicoltura più o meno intensiva con costi contenuti. Nell'ambito di questo piano viene effettuato anche il *piano della viabilità secondaria*, (piste forestali, piste temporanee di esbosco e linee di esbosco).
- *Piano delle attrezzature* necessarie per svolgere i lavori previsti dal Piano di Gestione: viene elaborato sulla base del piano delle utilizzazioni e indica il tipo di attrezzature necessarie e l'entità del loro impiego annuo. Questo piano viene redatto dal proprietario dei boschi se intende gestire direttamente i lavori; se invece prevede

di affidarli a terzi, sono questi che hanno interesse a provvedervi, ma è difficile che lo possano fare, perché normalmente non possono prevedere, se non al massimo per uno o due anni, i lavori che saranno loro affidati.

- *Piano del personale* che, sempre basandosi sul piano delle utilizzazioni, indica orientativamente il numero delle giornate di lavoro necessarie in media all'anno e di conseguenza il numero di operai e le loro qualifiche. Questo piano è necessario nel caso di gestione diretta dei lavori da parte del proprietario dei boschi.
- "*Piano della sicurezza*", comprende la valutazione del rischio prevista e resa obbligatoria dall'attuale legislazione (D.Lgs. 81/08 e s.m.i.).

Questi piani non hanno scadenza nel senso che restano validi finché non cambiano le dimensioni della proprietà, le caratteristiche dei boschi, l'indirizzo selvicolturale, le maestranze e le tecnologie di lavoro.

Vi sono poi:

- *Piano annuale dei lavori*, che distribuisce i lavori previsti nell'arco dell'anno e ne stabilisce la successione, tenendo conto delle condizioni climatiche dei diversi posti di lavoro e della disponibilità di uomini e di attrezzature.
- *Piano di dettaglio* dei singoli lavori, che prevede in forma sintetica, informale ma concreta, chi li deve organizzare e dirigere, con che uomini e mezzi, il sistema di lavoro da adottare, da dove iniziare e come procedere. Va redatto da chi gestisce i singoli lavori prima del loro inizio.

7.1. Cenni sul Piano della Viabilità

La redazione del piano della viabilità principale (strade forestali) si sviluppa in tre passi successivi:

- A. rilievo dello stato attuale dell'accessibilità dei boschi, grazie alle strade, sia forestali che pubbliche, esistenti;
- B. esame delle esigenze di accessibilità non soddisfatte, delimitando i tratti di bosco attualmente ritenuti non sufficientemente serviti dalle strade;
- C. elaborazione dello stato futuro della rete viabile principale, di strade, ossia di ipotesi di nuove strade, a integrazione di quelle esistenti, idonee a soddisfare le esigenze emerse.

A) *Il rilievo dello stato attuale si effettua:*

- percorrendo con una normale autovettura tutte le strade esistenti nel complesso boscato considerato, lungo il suo perimetro e nelle sue vicinanze; percorsi non o difficilmente accessibili a normali autovetture non sono "strade";
- controllando che il loro tracciato sia riportato correttamente in cartografia e, se necessario (al solito lo è), correggendolo e completandolo;
- rilevando le loro principali caratteristiche: larghezza minima e prevalente della carreggiata, raggio delle curve più strette, tipo di fondo stradale (massiccato, inghiainato, ecc.) e suo stato, pendenza prevalente e massima, banchine e loro stato di manutenzione, caratteristiche e stabilità delle scarpate, opere d'arte presenti e loro efficienza; classificando le strade secondo il tipo di veicoli che le possono percorrere, oltre alle normali autovetture: autotreni, autocarri, trattori con rimorchi (Tab. 7);

Strada n.	Categoria			
	quota (m s.l.m.)		coordinate geografiche	
Località di partenza				
Località di arrivo				
Lunghezza (km)	interna	esterna	tangente	totale
Pendenze (%)	massima	media	contropendenza	
Larghezza carreggiata (m)	prevalente		minima	
Raggio minimo tornanti (m)				
Banchine Scarpate a monte Scarpate a valle Fondo stradale				
Opere d'arte	tipo		stato di efficienza	
Stato manutenzione generale				
Suscettibilità miglioramento				
Descrizione tracciato				
Annotazioni				

Tab. 7 - Esempio di scheda per il rilievo della viabilità forestale (G. Hippoliti, 2003)

➤ delimitando sulla carta topografica (in scala 1:10.000 o simile) le zone o fasce di bosco che si ritengono servite, cioè rese facilmente accessibili, da queste strade, in base a criteri predeterminati.

Di seguito è riportata un'immagine (Fig. 2) in cui si individuano in verde chiaro le fasce di bosco servite e rese accessibili da strade forestali.

I criteri in base ai quali i boschi vengono considerati "facilmente accessibili" possono essere diversi. Un criterio comunemente accettato, oggettivo e di facile applicazione è quello che definisce "serviti" dalle strade quei tratti di bosco che possono essere raggiunti a piedi, dalla strada più vicina, entro 15 minuti; ossia che quando ci si lavora non si impieghino più di 30 minuti al giorno per accedere a piedi al posto di lavoro la mattina e per tornare alla strada la sera. Convenzionalmente si ritiene che un uomo possa percorrere un chilometro in 15 minuti su terreno pianeggiante, portando gli attrezzi e l'equipaggiamento per il lavoro, o che possa superare nello stesso tempo 100 m di dislivello. Perciò si definiscono "serviti da strade" quei tratti o fasce di bosco che distano dalle stesse non più di 100 m di dislivello, sia a monte che a valle, su terreni inclinati, e non più di 1 km in orizzontale su terreno pianeggiante, purché non vi siano frapposti ostacoli non o difficilmente superabili, come salti di roccia, corsi d'acqua o fossi con sponde ripide e scoscese, ecc.. Queste fasce di bosco vengono facilmente delimitate sulla carta topografica. Per operare entro queste fasce sono necessarie piste forestali, piste temporanee di esbosco e linee di esbosco, ma normalmente non nuove strade; la lunghezza dei percorsi di esbosco rientra, per i diversi sistemi, nella normalità: a strascico con trattori max. 1 km, con gru a cavo max 500 m, per avvallamento max 100 m.

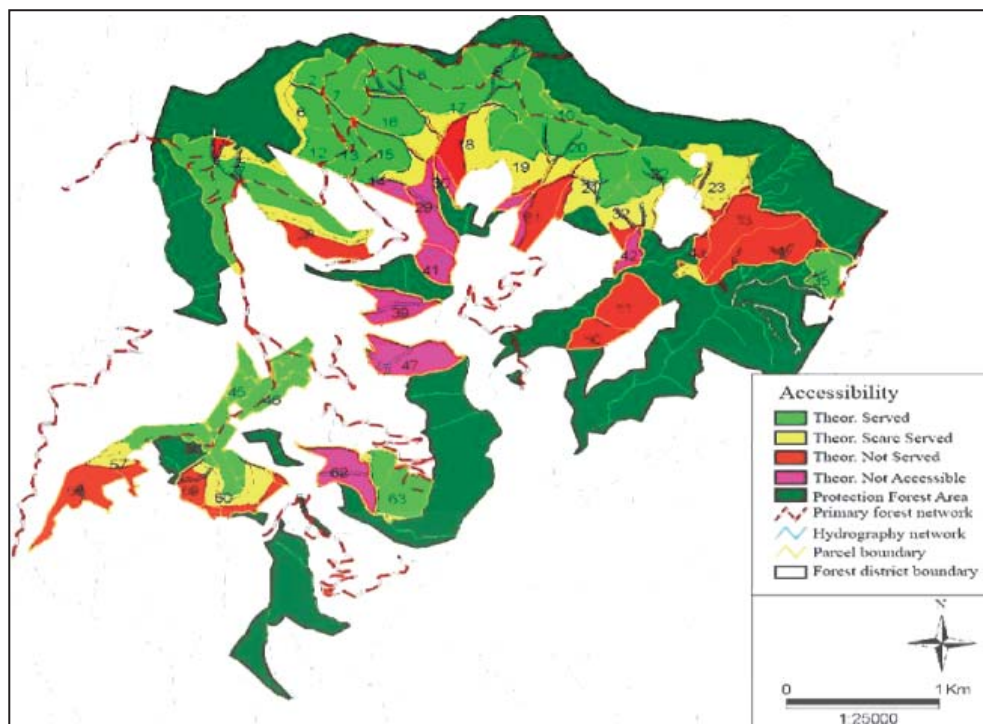


Fig. 2 Valutazione dell'accessibilità di un comprensorio forestale (Brachetti Montorselli N., 2003)

B) La determinazione delle esigenze di accessibilità, alla quale si procede soltanto per i tratti di bosco attualmente non serviti da strade (per quelli già serviti è inutile). Si tratta di una valutazione che viene fatta in base ai dati del piano di gestione: hanno esigenze di essere facilmente accessibili boschi nei quali è previsto di lavorare frequentemente, sia per motivi economici (boschi molto produttivi) che selvicolturali in senso stretto (soprasuoli poco stabili, come gran parte dei rimboschimenti). Non hanno esigenze di essere facilmente accessibili boschi nei quali non si intende intervenire, o quantomeno si prevede di operare con scadenze lunghe, perché le utilizzazioni non sarebbero economicamente remunerative, ma la continuità, ossia la rinnovazione, del soprassuolo è assicurata naturalmente; p.e. fra questi rientrano le riserve naturali integrali e gran parte dei boschi di protezione. Questi tratti di bosco, attualmente non serviti da strade ma che hanno esigenze di esserlo, vengono delimitati sulla carta topografica.

“La selvicoltura segue le strade”: dove la si vuole praticare le strade, e soprattutto le vie di esbosco, sono indispensabili in quantità e con spaziature adeguate. Per il solo sfruttamento del bosco, con tagli forti, concentrati e distanziati nel tempo, servono meno strade e sono sufficienti vie di esbosco temporanee.

C) Lo stato futuro della viabilità principale è quello al quale si perviene aggiungendo alle strade esistenti nuove proposte di viabilità. Queste vengono formulate ipotizzando sulla carta topografica tracciati di nuove strade per servire i tratti di bosco attualmente non facilmente accessibili, ma che hanno esigenze di esserlo; verificando i tracciati sul terreno per esaminare sommariamente le difficoltà della loro rea-

lizzazione dovute al terreno stesso (natura geologica, pendenza, stabilità, valleciole, fossi e torrenti da attraversare); tenendo conto dei vincoli di legge; confrontando i presumibili costi, sia diretti che indiretti, di realizzazione delle strade con i benefici che si ritiene di poterne trarre. La necessità di preservare siti di particolare importanza naturalistica, oppure costi di costruzione elevati, dovuti a difficoltà del terreno rilevanti (pendenze eccessive, frane, salti di roccia, impluvi con rive scoscese e instabili, zone umide), ostacolano e possono sconsigliare la realizzazione di nuove strade, anche se queste appaiono opportune per l'esecuzione di interventi selvicolturali. Di ciò va tenuto conto nella pianificazione del trattamento dei boschi, al momento della redazione dell'assestamento.

Il piano della viabilità si concretizza in cartografia (in scala 1:10.000 o simile) sulla quale sono evidenziate le strade esistenti, le zone o fasce di bosco servite da queste, le esigenze di accessibilità dei tratti di bosco non serviti. Su una seconda carta topografica viene riportato lo stato futuro proposto, evidenziando i tracciati di massima delle nuove strade e le fasce di bosco che risultano complessivamente servite.

Questo piano della viabilità è, come il piano di Gestione, un piano di indirizzo; ma non ha scadenza, né un termine entro il quale deve essere realizzato. Dà indicazioni per la programmazione dei lavori e per le future revisioni del piano di Gestione: in boschi non serviti da strade non è possibile fare tagli deboli, con finalità prevalentemente colturali, e dove si vogliono fare va prima realizzata la viabilità. Inoltre questo piano permette di formulare proposte organiche per la viabilità, anche allo scopo di ottenere le necessarie autorizzazioni formali.

La pianificazione della viabilità secondaria (piste forestali, piste temporanee di esbosco e linee di esbosco) si limita a individuare i tratti di bosco nei quali si ritiene opportuno impiegare trattori per l'esbosco, in base alle caratteristiche del soprasuolo, alla pendenza, all'accidentalità del terreno e alla collocazione delle strade più vicine. Viene effettuata nell'ambito del piano delle utilizzazioni o dei sistemi di esbosco. Questi boschi "da trattori" sono situati normalmente su terreni con pendenza inferiore al 40-50%.

Alla pianificazione della rete di piste si procede:

- effettuando ricognizioni, a piedi, sul terreno per individuare i tracciati già esistenti. Oltre alle piste vanno individuati i viottoli, gli stradelli e i sentieri che si possono prestare alla trasformazione in pista forestale o pista temporanea di esbosco per trattori, in base alle loro caratteristiche (in particolare alla pendenza del tracciato) e a quelle del terreno (pendenza e stabilità), riportandoli sommariamente sulla carta topografica (in scala 1:10.000 o 1:5.000);
- scegliendo il tipo di rete di piste ritenuto più adatto alle diverse parti del bosco in base alla pendenza, all'accidentalità del terreno, alle caratteristiche del soprasuolo e alla selvicoltura che vi si intende praticare.

Orientativamente la rete di piste è formata:

- sulla I classe di pendenza (< 20%), con terreno non o poco accidentato: da piste forestali e da piste temporanee di esbosco trasversali alla pendenza del terreno, spaziate di 150-250 m, più linee di esbosco, varchi nella vegetazione senza movimento di terra aperti al primo intervento, spaziate fra loro da un minimo di 20-30 m a un massimo di 50-60 m, orientati a rittochino;
- sulla I e II classe di pendenza (< 40%), con terreno accidentato (ossia non prati-

- cabile con linee di esbosco): soltanto da piste forestali e da piste temporanee di esbosco, spaziate di 50-100 m. I trattori non escono dalle piste e il concentramento avviene col verricello la cui operatività, in questi casi, è ridotta a poche decine di metri;
- sulla II classe di pendenza (20-40%), con terreno regolare o poco accidentato: da piste forestali e da piste temporanee di esbosco spaziate di 100-200 m, più linee di esbosco, limitatamente ai tratti di bosco a monte di strade e piste per l'esbosco in discesa. In questi casi, su pendenze del terreno e delle linee di esbosco superiori al 20%, è difficile, pericoloso e poco produttivo esboscare con trattori in salita, in particolare a strascico;
 - sulla II e III classe di pendenza (20-60%): da piste forestali e da piste temporanee di esbosco per l'esbosco in discesa da monte delle strade e dall'impiego di gru a cavo, preferibilmente con stazione motrice mobile, per l'esbosco in salita da valle delle strade.

Il piano dei sistemi di esbosco si concretizza in cartografia individuando con colori diversi le zone interessate dai diversi sistemi di lavoro, evidenziando le strade e segnando orientativamente i tracciati delle vie di esbosco: piste forestali e da piste temporanee di esbosco per trattori, sia quelle esistenti sia quelle che si prevede di dover allestire, e linee di gru a cavo a medio e lungo percorso.

I seguenti schemi facilitano la scelta del sistema di esbosco riferito alle singole particelle, ritenute per definizione uniformi per quanto riguarda le caratteristiche del bosco e dei lavori. Essi si riferiscono essenzialmente a boschi accessibili, ossia serviti da strade. Nel caso di boschi di difficile accesso, con strade distanti oltre 100 m di dislivello, i costi di esbosco sono in ogni caso rilevanti e spesso anche difficoltà tecniche ostacolano l'esecuzione dei lavori. Soltanto nel caso di esbosco con gru a cavo tagli forti e concentrati possono risultare economicamente remunerativi.

7.2 Sistemi informativi geografici

Negli ultimi anni si assiste sempre più all'uso di strumentazioni informatiche per l'analisi e la valutazione dei territori forestali. I GIS (Geographic Information System - Sistemi Informativi Geografici) sono programmi che permettono l'analisi e l'elaborazione, mediante particolari processi di calcolo informatico, dei dati digitalizzati (es. carte tematiche, ortofoto, carte tecniche regionali, ecc.) e digitali (es. da GPS, dati meteorologici, ecc.) fornendo elaborati complessi che rappresentano e/o interpretano particolari profili del territorio analizzato (carta vegetazionale, carte geologiche, carte rischio incendio, ecc.). In particolare si tratta di software in grado di gestire informazioni georeferenziate, ovvero dati caratterizzati anche da una localizzazione spaziale.

Utilizzando tali strumenti si possono eseguire analisi territoriali avvalendosi di diverse forme di dati, derivanti da cartografia tradizionale come da immagini telerilevate. Lo scopo è quello di creare dei modelli digitali che siano rappresentativi delle realtà territoriali ed adattarli alle esigenze dello studio che si sta affrontando. Essi possono essere di due tipi:

- *modelli raster*: modelli suddivisi in celle (pixel) di dimensioni regolari che rappresentano l'unità informativa elementare. La loro unione costituisce una griglia a maglie omogenee (una matrice). Ad ogni cella viene attribuito un punteggio (un valore) caratteristico della porzione di realtà che rappresenta in base al tema di analisi del

territorio ed una collocazione geografica (georeferenziazione). Il contenuto informativo di ogni raster è generalmente costituito da numeri, associabili a:

- grandezze fisiche (quote altimetriche del terreno, pendenze, esposizioni), variabili climatiche (precipitazioni, temperature);
- categorie: ad esempio, in una carta di uso del suolo, i boschi potrebbero assumere valore "1", terreni agricoli il valore "2".

La possibilità di combinare raster diversi secondo volute operazioni e funzioni permette di ottenere dei modelli particolari rappresentativi del territorio.

- *modelli vettoriali*. I modelli vettoriali, invece, hanno come elemento fondamentale il punto e la linea. Gli oggetti rappresentativi della realtà sono creati connettendo punti attraverso linee e le aree (poligoni) sono delimitate da insiemi di linee (polilinee). Le posizioni degli oggetti sono individuate esattamente attraverso le coordinate cartesiane nel sistema di riferimento scelto (Longitudine-Latitudine, UTM, GAUSS-BOAGA). Anche in questo caso è possibile associare un valore al punto, alla linea o all'area. Però tale valore non si esplica direttamente nell'oggetto, ma necessita di una tabella di supporto che permetta di identificare le sue caratteristiche: una semplice linea può essere letta dal GIS come una isoipsa, come un tratto di strada o come una semplice ed anonima linea nello spazio virtuale. Il valore assunto, quindi, rappresenta solo quell'oggetto.

I vantaggi e svantaggi di entrambe le metodologie dipendono dalle caratteristiche del nostro lavoro. I raster offrono una maggiore semplicità di organizzazione dei dati archiviati, più immediatezza e velocità di esecuzione di molte operazioni (sovrapposizioni, unioni, operazioni e funzioni). Dall'altra parte, i vettoriali, dal punto di vista grafico e del dettaglio, sono nettamente preferibili nello studio di entità geografiche lineari: confini amministrativi, strade, rete idrografica, ecc..

Un particolare modello raster è il DEM (Digital Elevation Model): modello digitale del terreno.

Il DEM è una rappresentazione digitale con riferimenti tridimensionali, che oltre allo spazio bidimensionale ha, anche, come riferimento spaziale l'altitudine.

Alle curve di livello, indicate nella cartografia digitale elaborata in forma vettoriale, viene assegnato un valore numerico relativo alla loro altimetria. Con questi dati a disposizione, il programma può automaticamente elaborare il modello tridimensionale del territorio, ottenendo una matrice geometrica georeferenziata, ad ogni elemento della quale corrispondono una tripletta di dati, che esprimono la localizzazione di ciascun punto, con coordinate di posizione x e y e la sua quota altimetrica z.

La rappresentazione del territorio risulterà realistica, comprendendo anche la morfologia dei rilievi, e può essere usata per ricavare informazioni riguardo alle caratteristiche topografiche di ciascun punto, come pendenza ed esposizione.

In questo contesto anche la pianificazione della viabilità forestale si può avvalere di tale strumentazione.

La possibilità di utilizzare gli elaborati per la gestione della viabilità forestale è vincolata:

- dagli obiettivi della pianificazione stessa;
- dalla qualità e quantità dei dati in ingresso (i dati devono essere il più precisi e vicini alla realtà degli oggetti da rappresentare e completi nel rappresentare le categorie di oggetti presi in esame);
- dalla congruità degli algoritmi di calcolo utilizzati per produrre gli elaborati (i mo-

delli non possono sostenere in maniera univoca il peso delle decisioni, possono aiutare a prendere decisioni);

- dalla compatibilità degli elaborati con gli obiettivi della pianificazione.

Ad esempio: utilizzando carte digitalizzate è possibile ricavare i tracciati esistenti ma solamente percorrendoli ed eventualmente tracciandoli con GPS è possibile verificarne le caratteristiche e la posizione. Ancora un altro esempio: i modelli utilizzabili per la valutazione dell'accessibilità o la pianificazione dei lavori permettono un'indicazione dei tempi di percorrenza teorici o della attitudine teorica ad un metodo di esbosco considerando solo alcuni fattori di facile determinazione (pendenza, distanza, ecc.) ma difficilmente possono considerare altri fattori importanti, sicuramente utili, tuttavia di più complessa interpretazione (relazione pendenza-suolo, relazione esbosco-vegetazione, ecc.).

Con ciò si ribadisce l'utilità di queste strumentazioni, da utilizzare, però, con spirito critico in modo che siano un supporto alle decisioni da attuare nella gestione delle infrastrutture forestali (Brachetti Montorselli, 2008).

7.3 Indice di densità ottimale di viabilità

La pianificazione economica della viabilità forestale, essenzialmente teorica e valida per grandi superfici, ma non per i singoli casi concreti, si basa sul concetto di "densità", che è lo sviluppo di strade per ettaro di superficie (es.: la foresta di Vallombrosa si estende su 1.273 ha di superficie e contiene 45,77 km di strade; la densità della rete viabile principale (strade forestali) è di $45.770 \text{ m}/1.273 \text{ ha} = 36 \text{ m/ha}$). Viene definita "densità ottimale" di strade quella che rende minima la somma del costo annuale delle strade più il costo dei lavori in bosco.

Il costo annuale delle strade è dato dalla rata di ammortamento, più gli interessi sul capitale investito, più il costo della manutenzione. È impossibile definire effettivamente e con precisione questo costo, poiché varia con la lunghezza del periodo di ammortamento (da 15 a 50 anni e più), con il tasso di interesse, con la svalutazione. Ma è certo che il costo annuale delle strade, riferito all'ettaro di superficie boscata, è proporzionale alla quantità delle stesse, ossia alla densità.

Il costo unitario del lavoro in bosco dipende prevalentemente dall'entità delle utilizzazioni e dei lavori colturali che vi vengono fatti; diminuisce con l'intensità della selvicoltura praticata e con la produttività del bosco e diminuisce all'aumentare della densità delle strade poiché si riducono i tempi di accesso al posto di lavoro in bosco e le distanze di esbosco, ma quest'ultima diminuzione è meno che proporzionale: raddoppiando la densità di strade si dimezzano le distanze, ma i costi si riducono in misura inferiore.

La densità ottimale di strade (da un punto di vista economico e teorico) aumenta con la quantità di lavoro investita nel bosco, ossia con la produttività del bosco e con l'intensità della selvicoltura che vi viene praticata; diminuisce all'aumentare del costo annuo delle strade riferito a metro lineare delle stesse.

Nella pratica si ritengono opportune le seguenti densità:

- su terreni da trattori (I - II classe di pendenza): 15-40 m/ha di strade, più 50-80 m/ha di piste;
- su terreni da trattori per l'esbosco in discesa e teleferiche per l'esbosco in salita (II - III classe di pendenza): 20-40 m/ha di strade, più 30-50 m/ha di piste;
- su terreni da teleferiche e avvallamento (III - IV classe di pendenza): 25-40 m/ha

di strade, secondo il costo delle strade, la produttività del bosco e l'intensità della selvicoltura praticata.

In realtà l'efficacia di una rete di strade forestali è data soprattutto dalla disposizione delle strade, meno dalla loro densità.

7.4 Schemi orientativi per la scelta del sistema di esbosco

I Classe di pendenza: 0 - 20% (Fig. 3)

Spaziatura delle strade: max 2 km; distanza di esbosco normalmente < 1.000 m.

Sistemi di concentrazione:

- a strascico con verricelli o con animali;
- ammassamento manuale per legna e legname di piccole dimensioni.

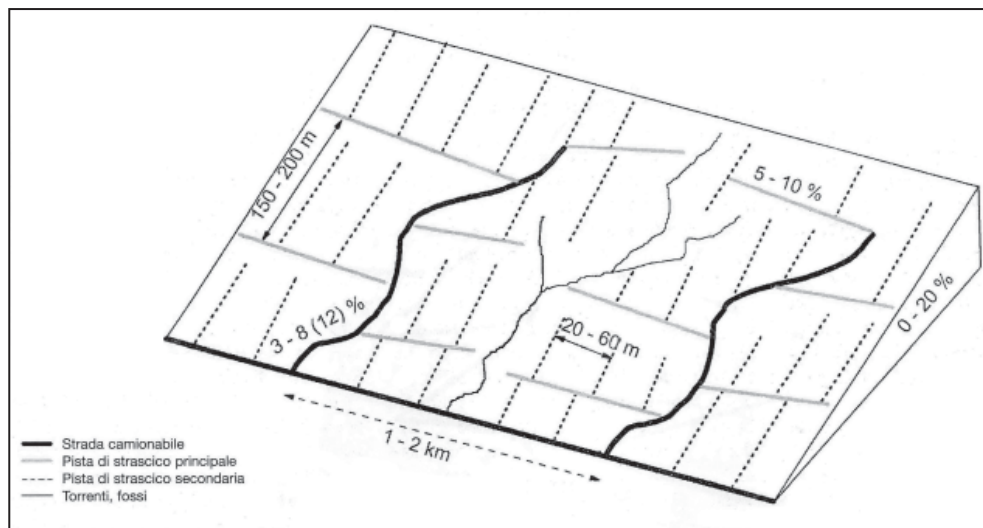


Fig. 3 Rappresentazione schematica della prima classe di pendenza e spaziatura di strade e piste (G. Hippoliti e F. Piegai, 2000)

Direzione di esbosco	Intensità del taglio	Dimensioni del legname	Sistema di esbosco
Tutte	Tutte	Piccole	A soma, con trattori o con animali, per legna Con trattori e rimorchi per legna
		Piccole E medie	Con trattori (strascico o rimorchi) per legname
	Media e forte	Medie e grandi	Con trattori (strascico o rimorchi) per legname Gru a cavo per tutti i terreni

Nota: Dove è previsto l'impiego di trattori è necessario disporre di piste forestali e di piste temporanee di esbosco, spaziate fra loro di 150-250 m, e di linee di esbosco (orientate a rittochino), spaziate di 20-60 m rispettivamente in soprassuoli densi e radi, da segnare al momento della martellata. È inoltre opportuno prevedere e segnare sul terreno, prima del taglio, la rete di gru a cavo.

Il Classe di pendenza: 20 - 40% (Fig. 4)

Spaziatura delle strade: 500-1.000 m

Sistemi di concentramento:

- a strascico con verricelli, soprattutto in salita;
- a strascico con animali, soprattutto in discesa;
- ammassamento manuale per legna e legname di piccole dimensioni.

Direzione di esbosco	Intensità del taglio	Dimensioni del legname	Sistema di esbosco
Discesa	Tutte	Piccole	A soma, con trattori o con animali, per legna Con trattori e rimorchi per legna
		Tutte	Con trattori (strascico o rimorchi) per legname
	Media e forte	Piccole	Avvallamento in risine
		Tutte	Gru a cavo
Salita	Tutte	Piccole	A soma, con trattori o con animali, per legna Con trattori e rimorchi per legna
		Tutte	Con trattori (strascico o rimorchi) per legname
	Media e forte	Tutte	Gru a cavo

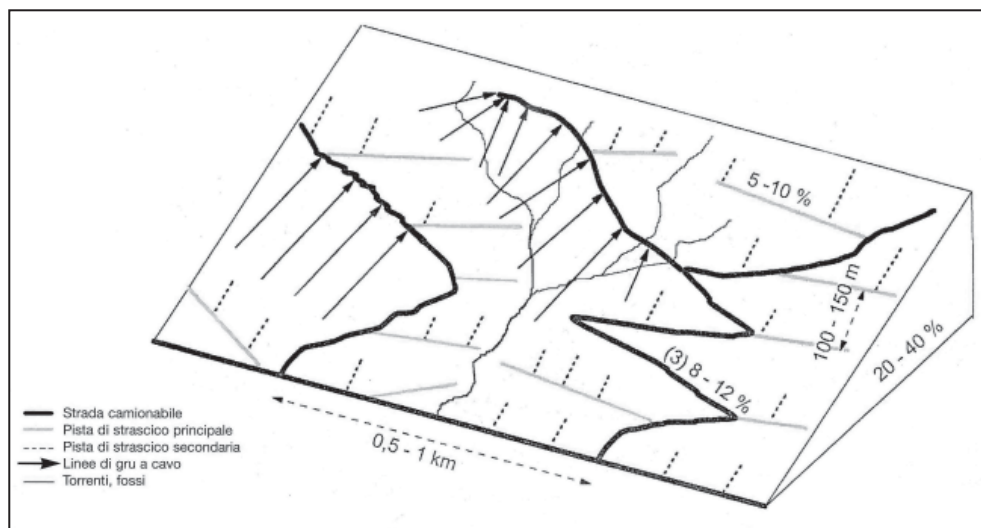


Fig. 4 Rappresentazione schematica della seconda classe di pendenza e spaziatura di strade e piste (G. Hippoliti e F. Piegai, 2000)

Nota: Dove è previsto l'impiego di trattori è necessario disporre di piste forestali e di piste temporanee di esbosco, spaziate fra loro di 100-150 m, e di linee di esbosco (orientate a rittochino), spaziate di 20-60 m rispettivamente in soprassuoli densi e radi, da segnare al momento della martellata. È inoltre opportuno prevedere e segnare sul terreno, prima del taglio, la rete di gru a cavo.

III Classe di pendenza : 40 - 60% (Fig. 5)

Spaziatura delle strade: 333-500 m

Sistemi di concentrazione:

- a strascico con verricelli in salita;
- avvallamento in discesa.

Direzione di esbosco	Intensità del taglio	Dimensioni del legname	Sistema di esbosco
Discesa	Tutte	Piccole	A soma, con trattori o con animali, per legna Con trattori e rimorchi per legna
		Tutte	Con trattori (strascico o rimorchi) per legname
	Media e forte	Piccole	Avvallamento in risine
		Tutte	Gru a cavo
Salita	Tutte	Piccole	A soma, con trattori o con animali, per legna Con trattori e rimorchi per legna
		Tutte	Con trattori (strascico o rimorchi) per legname
	Media e forte	Tutte	Gru a cavo

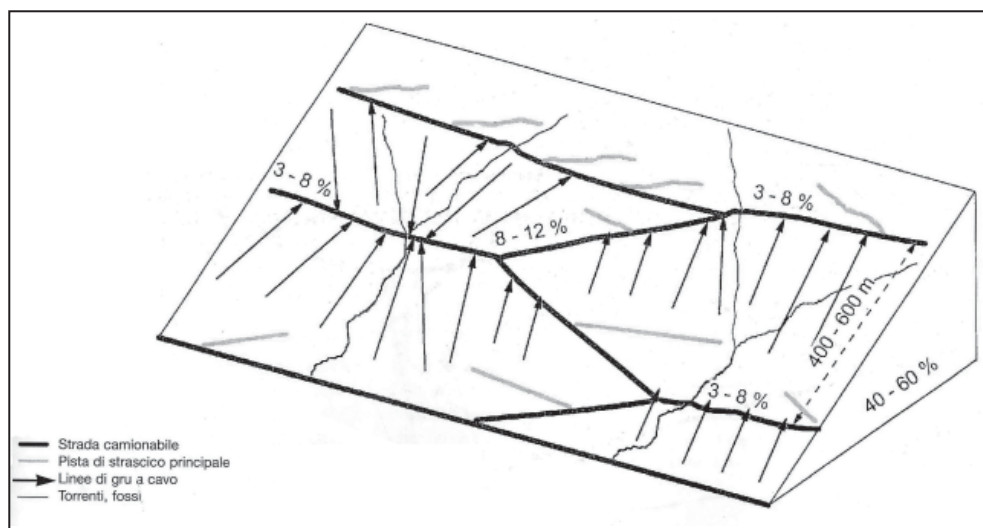


Fig. 5 Rappresentazione schematica della terza classe di pendenza e spaziatura di strade e piste (G. Hippoliti e F. Piegai, 2000)

Nota: Dove è previsto l'impiego di trattori è necessario disporre di piste forestali e di piste temporanee di esbosco, spaziate fra loro di 100-150 m. È inoltre opportuno prevedere e segnare sul terreno, prima del taglio, la rete di gru a cavo.

L'esbosco in salita, su distanze superiori a quelle del concentrazione (50-100m), nel caso di tagli di debole intensità comporta in ogni caso costi molto elevati.

IV Classe di pendenza: 60 - 80% (Fig. 6)

Spaziatura delle strade: 250-333 m

Sistemi di concentrazione:

- a strascico con verricelli in salita;
- avvallamento in discesa.

Direzione di esbosco	Intensità del taglio	Dimensioni del legname	Sistema di esbosco
Discesa	Tutte	Piccole	A soma con animali per legna
	Media e forte	Tutte	Gru a cavo
Salita	Tutte	Piccole	A soma con animali per legna
	Media e forte	Tutte	Gru a cavo

Nota: Quando è previsto l'impiego di animali è necessario disporre degli idonei percorsi. È opportuno prevedere e segnare sul terreno, prima del taglio, la rete di gru a cavo.

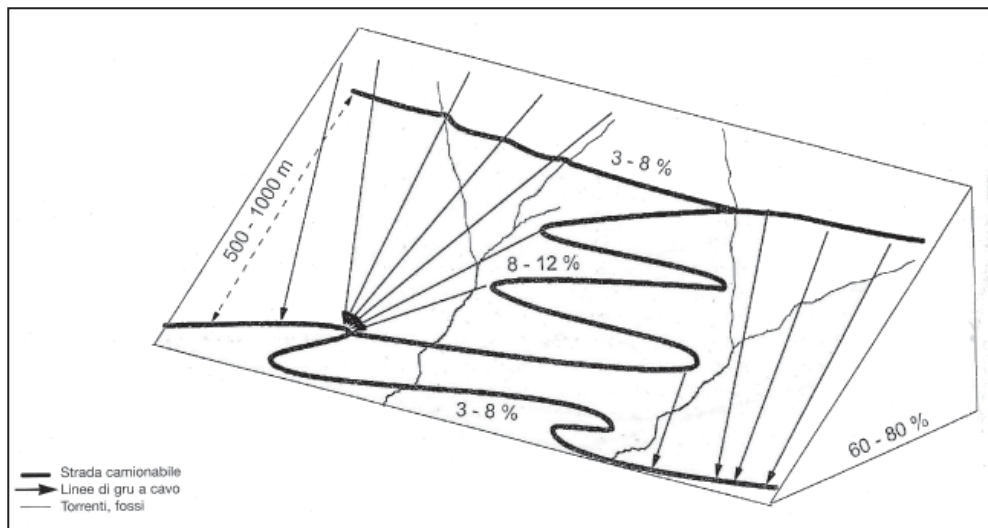


Fig. 6 Rappresentazione schematica della quarta classe di pendenza e spaziatura di strade e piste (G. Hippoliti e F. Piegai, 2000)

V Classe di pendenza: oltre l'80%

I sistemi di concentrazione e di esbosco sono gli stessi della IV classe di pendenza, ma i boschi situati su queste pendenze hanno esclusiva funzione di protezione ed i lavori vanno limitati a quanto necessario per assicurare l'efficienza del soprassuolo per questo scopo.

8. *La Progettazione*

8.1 Scopo del progetto

Il progetto serve essenzialmente per:

- valutare i costi di costruzione (monetari e ambientali) per decidere la realizzazione;
- ottenere le autorizzazioni ed i permessi necessari;
- dare istruzioni su dove e come costruire l'opera.

Preliminarmente va tenuto conto di quanto prescritto dagli Enti competenti (Provincia, Unione Comuni e Comune) per la redazione di questi progetti. Perciò è opportuno, prima di iniziare a progettare, o anche soltanto prima di accettare l'incarico, di chiarire con il responsabile del procedimento dell'Ente competente le modalità da osservare nella redazione del progetto. Anche nel caso di progettazione di una strada o pista per conto di privati è opportuno informarsi preventivamente su leggi, regole e procedure da osservare e sui documenti (elaborati e loro caratteristiche) da predisporre.

8.2 Criteri di progettazione

La progettazione consiste nel:

- scegliere il tipo di strada o pista forestale;
- su carta topografica, in scala 1:10.000 o simile, individuare la zona nella quale andrà realizzata l'opera e eventuali zone o punti caratteristici che presentano condizioni positive, ossia che facilitano la realizzazione dell'opera (tratti di terreno pianeggianti, valichi, punti adatti per l'attraversamento di fossi o torrenti), e negative, da evitare perché comportano difficoltà (zone franose o acquitrinose, salti di roccia, corsi d'acqua o altre situazioni difficili);
- formulare ipotesi di tracciati con pendenza predefinita (tra la media ottimale e la media massima), disegnando la poligonale da isoipsa a isoipsa;
- fare una valutazione dei diversi tracciati ipotizzati;
- procedere alla ricognizione in campo dei tracciati ipotizzati e scegliere quello ritenuto più idoneo (tracciamento sommario) previa eventuali modifiche.

Quest'ultimo passo, la scelta del tracciato di una nuova strada o pista, è l'operazione più importante della progettazione: non è più correggibile durante la realizzazione dell'opera. Un tracciato sbagliato resta tale per sempre e comporta impatti sull'ambiente e costi di costruzione e manutenzione inutilmente elevati.

Di seguito (*Tab. 8*) è riportato uno schema riepilogativo dell'iter autorizzativo e della documentazione richiesta ai fini della realizzazione del progetto:

Manutenzione ordinaria di strade o piste esistenti	
Atto necessario	Comunicazione
Tecnico abilitato	No
Procedura e adempimenti	Specifiche inerenti le caratteristiche dell'intervento che si intende realizzare, sua ubicazione e sviluppo planimetrico
Tempo rilascio autorizzazione	30 gg prima dell'inizio lavori
Validità autorizzazione o comunicazione	36 mesi

Manutenzione straordinaria di strade esistenti	
Atto necessario	Autorizzazione
Tecnico abilitato	Si
Procedura e adempimenti	a) relazione tecnica dettagliata in cui vengono descritte con precisione quali sono le caratteristiche e le motivazioni dell'intervento; b) carta plano-altimetrica in scala non inferiore a 1:10.000 del tracciato, con indicazione dei tratti, preventivamente picchettati a terra, in cui si prevedono variazioni; c) planimetria catastale a scala non inferiore a 1:2.000, con indicazione del tracciato; d) sezioni trasversali di scavo e riporto in scala 1:100
Tempo rilascio autorizzazione	90 gg prima dell'inizio lavori
Validità autorizzazione o comunicazione	36 mesi

Manutenzione straordinaria di piste esistenti	
Atto necessario	Autorizzazione
Tecnico abilitato	Si
Procedura e adempimenti	a) relazione tecnica dettagliata in cui vengono descritte con precisione quali sono le caratteristiche e le motivazioni dell'intervento; b) carta plano-altimetrica in scala non inferiore a 1:10.000 del tracciato, con indicazione dei tratti, preventivamente picchettati a terra, in cui si prevedono variazioni; c) planimetria catastale a scala non inferiore a 1:2.000, con indicazione del tracciato; d) sezioni trasversali di scavo e riporto in scala 1:100.
Tempo rilascio autorizzazione	90 gg prima dell'inizio lavori
Validità autorizzazione o comunicazione	36 mesi

**La progettazione, la realizzazione e la manutenzione
della viabilità forestale e delle opere connesse - 75**

Costruzione di nuova strada forestale	
Atto necessario	Autorizzazione
Tecnico abilitato	Si
Procedura e adempimenti	a) relazione tecnica in cui si descrivono dettagliatamente le caratteristiche dell'opera, le modalità esecutive, le motivazioni che ne giustificano la costruzione; b) relazione geologica; c) carta plano-altimetrica a scala non inferiore a 1:10.000, con indicazione della viabilità presente e del tracciato in progetto, preventivamente picchettato a terra; d) planimetria catastale a scala non inferiore a 1:2.000, con indicazione del tracciato; e) profilo longitudinale in scala 1:2.000 o 1:1.000; f) sezioni trasversali di scavo e riporto in scala 1:100; g) computo metrico dei volumi di sterro e riporto; h) particolari delle opere d'arte per lo sgrondo delle acque e per l'attraversamento di fossi e torrenti in scala 1:100; i) planimetrie e sezioni degli eventuali tornanti
Tempo rilascio autorizzazione	120 gg prima dell'inizio lavori
Validità autorizzazione o comunicazione	36 mesi

Costruzione di nuova pista forestale	
Atto necessario	Autorizzazione
Tecnico abilitato	Si
Procedura e adempimenti	a) relazione tecnica in cui si descrivono dettagliatamente le caratteristiche dell'opera, le modalità esecutive, le motivazioni che ne giustificano la costruzione; b) relazione geologica; c) carta plano-altimetrica a scala non inferiore a 1:10.000, con indicazione della viabilità presente e del tracciato in progetto, preventivamente picchettato a terra; d) planimetria catastale a scala non inferiore a 1:2.000, con indicazione del tracciato; e) profilo longitudinale in scala 1:2.000 o 1:1.000; f) sezioni trasversali di scavo e riporto in scala 1:100; g) computo metrico dei volumi di sterro e riporto; h) particolari delle opere d'arte per lo sgrondo delle acque e per l'attraversamento di fossi e torrenti in scala 1:100; i) planimetrie e sezioni degli eventuali tornanti
Tempo rilascio autorizzazione	120 gg prima dell'inizio lavori
Validità autorizzazione o comunicazione	36 mesi

Tab. 8 - Schema riepilogativo dell'iter autorizzativo e della documentazione richiesta ai fini della realizzazione del progetto.

8.3 Impatto delle strade forestali

È necessario sottolineare che la costruzione di strade viene spesso guardata con sospetto a causa del potenziale impatto ambientale che può essere legato alla loro apertura.

Le esigenze di protezione dell'ambiente implicano una valutazione in fase di progettazione e costruzione delle strade forestali sia nelle sue linee generali che nei dettagli tecnici.

Questo non significa che nella costruzione delle strade forestali si sia fino ad ora operato senza rispetto dell'ambiente, ma vuole sottolineare l'importanza dell'applicazione delle tecniche e delle metodologie che nel tempo sono state sviluppate per ridurre l'impatto sull'ambiente di queste infrastrutture. Inoltre nella realizzazione di una rete viaria di accesso al bosco devono essere tenuti in considerazione gli usi multipli del bosco e nella sua costruzione devono essere presi tutti i provvedimenti atti a contenere la degradazione dell'ambiente.

La realizzazione della viabilità forestale richiede delle conoscenze sugli impatti potenziali nonché sulle tecniche utilizzabili per ridurre gli effetti negativi.

I più importanti effetti legati all'apertura di strade forestali sono rappresentati dai fenomeni di dissesto idrogeologico. Tali fenomeni possono riguardare sia il corpo stradale che i versanti attraversati e sono caratterizzati dall'alterazione del regime dei deflussi idrici, dall'erosione diffusa e dalle frane e smottamenti.

L'impatto sul regime dei deflussi causato dalle strade dipende da vari fattori come: le caratteristiche morfometriche del versante attraversato, le caratteristiche del manufatto e l'estensione della rete stradale che devono essere considerati sia in fase di pianificazione, progettazione, costruzione e manutenzione.

L'entità dell'erosione dipende da vari fattori il cui effetto varia in funzione delle condizioni locali. Oltre all'intensità delle precipitazioni ed alle dimensioni delle gocce di pioggia, contribuiscono all'insorgere dei fenomeni erosivi anche l'erodibilità dei materiali esposti con la costruzione della strada, l'inclinazione e la lunghezza delle scarpate, le caratteristiche geologiche del terreno e della topografia dell'area, l'energia delle acque di deflusso, la densità della copertura vegetale che ricolonizza le aree denudate. In tal senso è molto importante pianificare con attenzione la costruzione di nuove strade cercando di consolidare il corpo stradale nei vari tratti nel più breve tempo possibile.

Il rischio di frane è una delle conseguenze più gravi che possono derivare dall'apertura di una strada, perché non sempre si attenua col ristabilirsi della copertura vegetale e col riposo seguente alla costruzione.

Molti di questi problemi possono essere evitati o controllati attraverso l'applicazione delle corrette tecniche di progettazione e costruzione delle strade che richiedono personale esperto e un'attenta valutazione sulla stabilità dei versanti, che talvolta, in presenza di condizioni particolarmente critiche, può addirittura sconsigliare l'apertura di nuove strade.

8.4 Il progetto preliminare o di massima

Per la realizzazione di una strada forestale il progetto va approvato dalle autorità competenti (Provincia, Comune e Unioni Comuni) ai fini idrogeologici ed urbanistici, e dove necessario ai fini paesaggistici.

A questo scopo è necessario:

- ✓ tenere conto di quanto prescritto e previsto dagli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica e dal piano di Gestione o di gestione dei boschi, esaminandoli attentamente, nonché delle informazioni ricavabili da carte tematiche, in particolare da quelle geologiche;
- ✓ scegliere il tracciato e fissarlo sul terreno, come illustrato di seguito;
- ✓ riportarlo sommariamente su carta topografica (scala 1:5.000 o 1:10.000); se il tracciato attraversa o tange terreni di diversi proprietari riportarlo anche, con maggiore precisione, sulla carta catastale;
- ✓ disegnare la sezione tipo della strada, che ne evidenzia le caratteristiche;
- ✓ redigere una sommaria relazione tecnica che spieghi perché si intende aprire la strada o la pista, precisi chi intenda realizzare l'opera, dove va collocata, descrivi le caratteristiche del terreno e del soprassuolo attraversati, le principali caratteristiche dell'opera (tipo, larghezza, lunghezza, pendenze), evidenzi problemi sia normativi (vincoli) che geologici o idrogeologici o di altra natura, eventualmente una stima di massima del suo costo.

8.4.1 La scelta del tracciato e studio delle alternative

Delimitata sulla carta topografica in scala 1:10.000 o 1:5.000 la superficie entro la quale si intende sviluppare la strada, si individuano le zone o i punti "positivi" da raggiungere con la strada, come tratti di terreno pianeggianti, valichi, punti adatti per l'attraversamento di fossi o torrenti; e punti "negativi" da evitare, come salti di roccia, tratti franosi o acquitrinosi o comunque difficili. Poi si ipotizzano diversi tracciati alternativi partendo da punti opportuni di strade esistenti, tracciando sulla carta topografica con la pendenza opportuna una spezzata, da isoipsa a isoipsa, che passa per i punti positivi evitando quelli negativi. L'efficienza di una strada forestale, soprattutto nel caso di vie per la raccolta del legno, è data più dal modo come si sviluppa nel bosco che dai punti che collega.

Se è possibile evitare i tornanti o, almeno, limitarli.

Esempio: carta topografica in scala 1:10.000, equidistanza (dislivello fra le isoipse) 10 m. Se il dislivello fra due punti positivi, per i quali si intende far passare la nuova strada, è di 70 m e si vuole dare alla strada la pendenza media dell'8%, è necessario che la spezzata si sviluppi planimetricamente per 875 m: il passo fra le isoipse è di 125 m, pari a 12,5 mm sulla carta topografica. Si riporta la spezzata da isoipsa a isoipsa con un compasso bloccato sull'apertura di 12,5 mm. È opportuno ipotizzare diversi tracciati alternativi per valutare la loro idoneità per risolvere il problema.

Successivamente si verificano sul terreno le ipotesi formulate sulla carta topografica, tracciando sommariamente sul terreno col clisimetro, con le pendenze medie ipotizzate e valutando le difficoltà che può incontrare la realizzazione dell'opera. In questa fase è opportuno sentire il parere di persone esperte dei luoghi, come operai e custodi forestali, da consultare sul terreno, pur senza lasciarsene condizionare eccessivamente. Nel corso di queste ricognizioni, alle quali va dedicato il massimo tempo disponibile, i tracciati ipotizzati sulla carta subiranno molte variazioni e potranno essere formulate nuove ipotesi, tenendo conto delle caratteristiche del terreno riscontrate. Le battute, da un punto di stazione all'altro, sono lunghe anche oltre 50 m, e non è necessario e nemmeno opportuno marcare i punti di stazione, è sufficiente

annotare la pendenza per lunghi tratti, da un punto notevole a quello successivo, soprattutto se diversa da quella ipotizzata in un primo momento sulla carta topografica.

Confrontando i diversi tracciati ipotizzati, si sceglie quello che appare più opportuno e lo si controlla nuovamente, fissandone approssimativamente sul terreno i punti più importanti: quello da cui si dirama dalla strada esistente, quelli di attraversamento di fossi e dorsali, quelli di sentieri e stradelli esistenti, in particolare se questi sono riportati sulla carta topografica. Ciò è utile nel caso che le autorità preposte vogliono controllare sul terreno il tracciato della strada proposto.

8.4.2 *La scelta del tipo di strada*

Le strade forestali, normalmente, sono classificabili secondo quanto riportato in bibliografia come camionabili secondarie, ovvero strade camionabili secondarie, adatte alla circolazione in tutte le stagioni, a bassa velocità, di autocarri pesanti senza rimorchi (Hippoliti e Piegai, 2000).

Possono assumere caratteristiche di camionabili principali nel caso che servano per l'accesso a grandi complessi boscati, dell'ordine di più centinaia di ettari, soprattutto su terreni pianeggianti sui quali non comportano costi sensibilmente superiori a quelli delle camionabili secondarie; queste sono anche più efficienti ai fini della difesa e della lotta contro gli incendi.

Il ricorso alle più strette e più ripide strade trattorabili può essere opportuno su terreni inclinati (soprattutto in roccia) per limitare scavi e sbancamenti e il raggio di curve strette, in particolare di tornanti che possono comportare onerose opere d'arte, e quando si prevede che serviranno prevalentemente per l'accesso al bosco, più che per il trasporto di legname.

La rete di piste forestali permanenti e di piste temporanee di esbosco, su terreni ripidi (oltre il 40-60% di pendenza) viene integrata da linee di avvallamento e di gru a cavo. Piste camionabili (a fondo naturale) sono opportune su terreni pianeggianti, in boschi ad elevata produttività e soprattutto in zone a rischio di incendio. Questo rischio si manifesta in periodi siccitosi e le piste camionabili, meno ripide e più larghe di almeno un metro di quelle trattorabili, possono essere percorse, con il fondo naturale asciutto, da automezzi antincendio specializzati, a trazione integrale, di medie dimensioni. Su terreni ad elevata portanza le piste camionabili possono sostituire - entro certi limiti e soltanto per la raccolta del legno, utilizzandole a fondo asciutto - le più costose strade camionabili. Le piste forestali e le piste temporanee di esbosco, finalizzate all'esbosco a strascico o a soma con trattori, sono da prevedere con spaziature maggiori (150-250 m) su terreni a limitata pendenza, integrandole con canali, condotte e linee di esbosco (semplici varchi nel soprassuolo orientati a rittochino senza o quasi movimento di terra, aperti al primo diradamento, a carattere geometrico-selettivo, spaziate fra loro di 20-60 m); con spaziature minori (50-150 m) su terreni della 2° classe e, dove possibile, della 3° classe di pendenza, per l'esbosco in discesa. Si distinguono strade di accesso al bosco e strade e piste per la raccolta del legno. Le prime sono più trafficate, spesso sono più ripide dovendo risalire versanti o penetrare in valli laterali; perciò vanno costruite con caratteristiche migliori sia per quanto riguarda le loro dimensioni (larghezza, raggi delle curve) che la consistenza, ossia la portanza della carreggiata, la dotazione e l'efficienza delle opere d'arte, in particolare di quelle per lo sgrondo delle acque. Le seconde per la raccolta del legno, sono percorse meno

frequentemente dai veicoli e possono essere realizzate in modo più semplice ed economico; su terreni pianeggianti o poco inclinati sono rappresentate prevalentemente da piste permanenti, su terreni ripidi (dove l'esbosco avviene normalmente per avvallamento o con gru a cavo), da strade di quota alle quali il legname viene esboscato per avvallamento o con gru a cavo. Su queste strade di quota è molto importante la presenza di frequenti piazzole per completare l'allestimento e per il deposito provvisorio del legname esboscato.

8.5 Il progetto esecutivo

Il progetto esecutivo può essere elaborato a diversi livelli di complessità. Per le sole esigenze della costruzione dell'opera è normalmente sufficiente un progetto semplificato che permette notevoli risparmi nei tempi e nei costi di redazione. Il progetto esecutivo completo, classico, può essere opportuno nel caso di costruzioni difficili, quando appaiono necessarie rilevanti opere d'arte, nel caso che la loro realizzazione venga appaltata e soprattutto per motivi burocratici e formali.

La differenza principale fra il progetto semplificato (tipicamente forestale) e quello classico (o completo) sta nel modo della loro elaborazione. Il primo viene sviluppato a partire dalla linea zero (rappresenta approssimativamente l'intersezione del futuro piano stradale con il terreno; viene materializzata con picchetti durante il tracciamento) accuratamente tracciata e picchettata sul terreno; con il secondo, quello classico, che segue la normativa per le opere pubbliche, il tracciato della strada viene fissato a tavolino su un piano quotato (rilevato dal terreno) e successivamente viene riportato sul terreno con riferimento ai picchetti della linea zero (detta in questo caso "tracciolino", serve solamente come riferimento per fissare sul terreno i punti caratteristici dell'opera). Nel primo caso l'andamento della strada risulta più movimentato che nel secondo e limita la velocità dei veicoli, ma comporta minori movimenti di terra, minore impatto e minori costi di costruzione. Il progetto completo, necessario nel caso di strade aperte alla pubblica circolazione, facilita il traffico e permette ai veicoli di raggiungere maggiori velocità, ma comporta maggiori oneri e tempi per l'elaborazione del progetto, maggiori costi di costruzione e impatti.

8.5.1 Il progetto esecutivo semplice

Il progetto esecutivo nella forma più semplice è formato da:

- la linea zero definitiva picchettata sul terreno;
- il rilievo della linea zero dal terreno, opportuno anche per eventuali integrazioni del progetto;
- il tracciato della strada o pista riportato sommariamente su carta topografica in scala 1:10.000 o 1:5.000, con l'approssimazione data dalla scala della carta;
- il disegno della sezione tipo e delle opere d'arte tipo;
- la planimetria della strada o pista in scala 1:1.000 o 1:500; questa è necessaria soprattutto se sono previste opere d'arte (tombini, opere di sostegno delle scarpate ed altre opere per la regimazione delle acque meteoriche, etc...), la cui scelta e collocazione deve essere decisa già in fase progettuale; può essere omessa, insieme al rilievo della linea zero, per piste e brevi tratti di strada di semplice realizzazione, privi di opere d'arte;
- il piano della sicurezza, del cantiere;
- la relazione tecnico-economica.

Per la costruzione di una semplice pista su terreno facile è sufficiente, salvo esigenze burocratiche, tracciare e picchettare accuratamente sul terreno la linea zero.

a) Tracciamento della linea zero

Scelto, con il progetto preliminare, ed approvato in via di massima il tracciato della strada o pista, si picchetta sul terreno la linea zero: è approssimativamente quella di intersezione del futuro piano stradale con il terreno. Il tracciamento della linea zero è il momento più importante per la progettazione prima e per la costruzione poi della strada: vi va dedicata la massima cura. Per un tracciamento accurato sono necessari:

- il tracciatore-progettista, con clisimetro e il necessario per prendere appunti;
- un primo aiutante con una palina sulla quale è fissato in modo ben visibile un traguardo all'altezza da terra dell'occhio del tracciatore;
- un secondo aiutante con i picchetti, lunghi ca. 80 cm, con la roncola e l'accetta.

Il primo aiutante posiziona la palina sul punto iniziale sul ciglio della strada esistente dalla quale si dirama quella nuova.

Il tracciatore si inoltra sul terreno e individua il successivo punto di stazione a 10-30 e a volte 50 m di distanza, spostandosi verso monte o verso valle in modo che la battuta presenti la pendenza fissata in precedenza con il progetto preliminare. Il secondo aiutante vi pianta un picchetto in modo che sporga da terra per ca. 50 cm e sia visibile a distanza.

Poi il primo aiutante posiziona la palina su questo punto e il tracciatore va a individuare il successivo punto di stazione.

È opportuno che in questa fase il progettista, che sceglie il tracciato, avanzi per primo e traguardi la pendenza all'indietro, operando "con la schiena in avanti", anche se ciò è più laborioso, perché gli permette di vedere come si presenta il terreno più avanti e di modificare leggermente la pendenza delle singole battute, ove ciò appare opportuno per scansare o superare ostacoli e scegliere i punti di stazione nel modo più opportuno. Piccole variazioni della pendenza (+/- 1-2%, max. 3%) fra una battuta e l'altra possono facilitare la successiva elaborazione del progetto e permettono andamenti planimetrici ed altimetrici della strada (il cui asse non coincide con la linea zero, pur essendovi prossimo) più regolari.

Il tracciato di questa linea zero segue approssimativamente quello di una delle ricognizioni effettuate in precedenza. La lunghezza delle battute (distanza fra i picchetti) è mediamente di 10-30 m, anche di più su tratti facili e regolari, minore in punti difficili. In corrispondenza di picchetti sui quali la spezzata della linea zero forma angoli orizzontali minori o prossimi a 90°, in particolare nel caso di tornanti, è opportuno che la pendenza delle battute adiacenti sia modesta, minore del 2-3% di quella media della linea zero: nella curva la strada si sviluppa normalmente all'interno dei picchetti, per un tratto più breve e di conseguenza più ripido della linea zero. Il picchettaggio della linea zero è un'operazione definitiva; questo è l'ultimo momento utile per apportare modifiche rilevanti al tracciato della strada, è l'operazione più importante per la sua realizzazione.

b) Il rilievo del tracciato

Viene effettuato dopo che la linea zero è stata definitivamente picchettata.

Strumenti necessari: bussola goniometrica, clisimetro, stazioni totali, nastro metrico da 50 m, altimetro, quaderno di campagna con il necessario per scrivere, 3 paline, accetta e roncola.

Procedura:

- numerazione dei picchetti: a partire da zero sul picchetto posto sul ciglio della strada esistente;
- rilievo dell'*azimut* (angolo orizzontale rispetto al nord magnetico) di ogni battuta (dal picchetto zero a 1, da 1 a 2, ecc.) con bussola goniometrica a mano libera, approssimazione della lettura a 1° ;
- rilievo della lunghezza inclinata di ogni battuta, con nastro metrico. Come approssimazione è sufficiente il metro pieno, arrotondando all'unità più vicina. Nella redazione della planimetria, in scala 1:1.000, 1 m corrisponde a 1 mm, precisione sotto alla quale è difficile scendere con il disegno (Fig. 7) ;
- rilievo della pendenza di ogni battuta, con clisimetro, in % (è la tangente dell'angolo di inclinazione), con approssimazione a 1%; precisare se positiva (+), ossia in salita, o negativa (-), ossia in discesa, procedendo dal picchetto zero. In teoria sarebbe più corretto rilevare l'angolo di inclinazione sull'orizzontale delle singole battute e, calcolando i valori del seno e del coseno, pervenire al dislivello e alla distanza planimetrica dei singoli punti di stazione (picchetti). Ma il rilievo di questo angolo, con un semplice ma pratico clisimetro, è più difficile e meno preciso e l'impiego della tangente, anziché del seno, per calcolare i dislivelli, l'adozione della distanza inclinata, anziché del coseno moltiplicato per questa, per le distanze planimetriche, comportano errori trascurabili con le pendenze tipiche delle strade forestali. Su un tratto lungo 1 km con pendenza del 14% (è elevata!), l'errore altimetrico è di 1 m, quello planimetrico di 10 m, sulla cartografia in scala 1:10.000 è pari a 1 mm;
- rilievo della pendenza del terreno ai lati del picchetto, perpendicolarmente al tracciato, a destra e a sinistra procedendo dal picchetto zero, precisando se positiva (+) o negativa (-), su distanze di 6-10 m, anche minori su terreni pianeggianti, maggiori su quelli ripidi. Il rilievo può essere fatto con il clisimetro, se necessario anche con più battute, o, con maggiore precisione e dettaglio, ma più laboriosamente, con un triplometro;
- rilievo della quota di punti notevoli toccati dal tracciato, con un barometro-altimetro, per poterli identificare successivamente sulla carta topografica. Punti notevoli sono: quello di partenza (picchetto n° 0), situato sul ciglio della strada esistente dalla quale si dirama quella in progetto, e i punti nei quali la linea zero attraversa fossi, torrenti, dorsali, nonché sentieri e piste riportate sulla carta topografica.

I dati rilevati si riportano su uno schizzo del tracciato e vi si annotano anche osservazioni particolari, riferite ai punti di stazione o alle singole battute (es. presenza di roccia affiorante, più o meno compatta, di massi detti "trovanti", utilizzabili per muri o scogliere, di affioramenti d'acqua, di fossi o impluvi, crinali, incroci con sentieri, ecc.). Il rilievo del tracciato è necessario per disegnare successivamente la planimetria della strada (in scala 1:1.000 o 1:500). La planimetria (Fig. 8) è necessaria anche per indicare le posizioni nelle quali vanno costruite le opere d'arte, tombini, opere di sostegno delle scarpate e del corpo stradale, piazzole, ecc.. Inoltre i dati rilevati permettono, ove necessario, di integrare il progetto semplice con ulteriori elaborati: sezioni trasversali, profilo longitudinale, calcolo analitico dei movimenti di terra, ecc., portandolo al livello del progetto completo. Questo può essere necessario per l'appalto della costruzione.

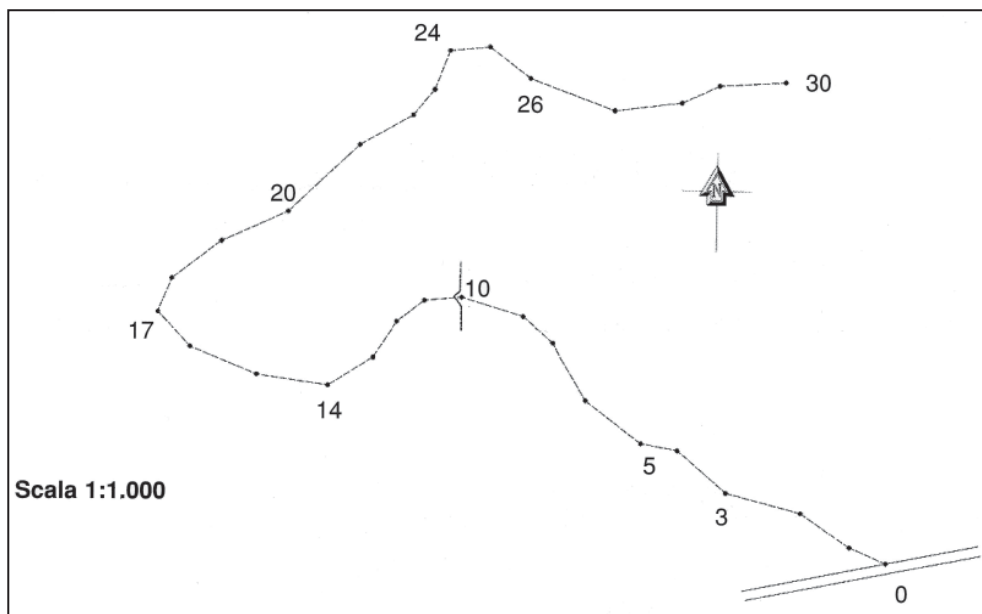


Fig. 7 Planimetria della linea zero e dei suoi picchetti (G. Hippoliti, 2003)

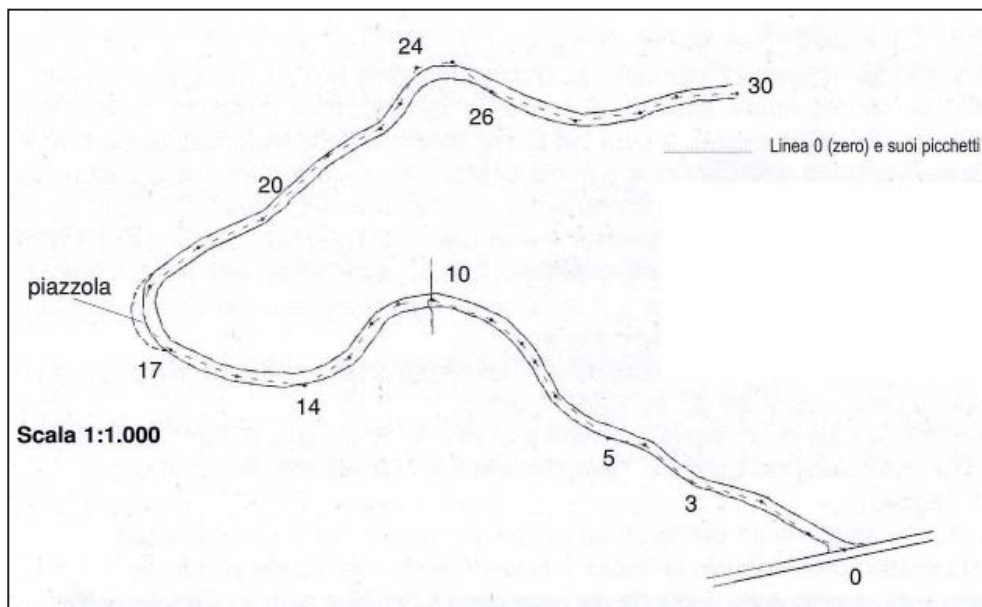


Fig. 8 Planimetria disegnata a mano libera in un progetto semplificato (G. Hippoliti, 2003)

In alternativa alle strumentazioni di rilievo analogiche (teodolite, bussola goniometrica, ecc.) è possibile utilizzare il GPS (Global Position System - Sistema di Posizionamento Globale). Il GPS permette di rilevare la posizione di un punto sfruttando un'apposita costellazione di satelliti che hanno la funzione di inviare le informazioni della posizione geografica dello strumento ricevente. Lo strumento registra tali informazioni e permette, successivamente, di trasferirle su supporti informatici che analizzano ed elaborano informazioni geografiche (GIS).

Oramai il GPS è uno strumento presente nella normale vita quotidiana di tante persone; il suo utilizzo in ambito forestale deve però essere valutato attentamente a seconda delle finalità che si vogliono raggiungere. Infatti esistono modelli che permettono misurazioni sub-metriche i quali possono essere utili nel rilievo di tracciati di nuove strade, di linee di esbosco per teleferica o nella verifica sommaria di limiti particellari; di contro, hanno alto costo di acquisto che non giustifica il loro semplice utilizzo: in questo caso sono più idonei i GPS metrici.

Comunque sia, per funzionare adeguatamente un GPS deve poter ricevere il segnale in modo netto: infatti sotto copertura arborea la precisione e l'accuratezza del dato diminuisce.

c) Il riporto del tracciato su carta topografica

Si individuano sulla carta topografica, in scala 1:10.000 o 1:5.000, i punti notevoli toccati dal tracciato mediante la loro quota e si collegano fra loro a mano libera tenendo conto dell'andamento del terreno. In assenza di punti notevoli si traccia sulla carta con la pendenza media della linea zero. La precisione con la quale il tracciato viene riportato sulla carta topografica è condizionato dalla scala della carta: 1 mm è uguale a 10 m sulla scala 1:10.000.

8.6 Principali elementi costitutivi della viabilità

8.6.1 Massicciata

La carreggiata è soggetta a sollecitazioni verticali, date dal peso che grava sulle ruote dei mezzi, e a sollecitazioni orizzontali, dovute all'effetto delle ruote motrici e, nel caso di traffico veloce, alla forza centrifuga in curva. La pressione specifica delle ruote pneumatiche (quella di gonfiaggio) dei trattori è dell'ordine di 1-2,5 kg/cm², quella dei rimorchi per trattori di 2,5-4 kg/cm², quella degli autocarri può raggiungere 8 kg/cm² (quella del piede dell'uomo è di ca. 0,5 kg/cm²). Il terreno naturale minerale, purché asciutto, può sopportare in molti casi queste sollecitazioni senza deformarsi, in particolare se è compatto e ricco di sassi e ghiaia. Ma quando è molto umido o addirittura imbevuto d'acqua la sua portanza (capacità di sopportare pressioni) si riduce e, sotto il peso delle ruote, il terreno si deforma in modo permanente, si formano rotaie, più o meno profonde, nelle quali l'acqua si concentra e si filtra nel suolo, riducendone ulteriormente la portanza. In questo caso la resistenza all'avanzamento aumenta fino a superare la capacità di propulsione del veicolo. Perciò le piste, caratterizzate da fondo naturale, non devono essere percorse con veicoli pesanti quando sono imbevute d'acqua. Nel caso di strade, che devono essere percorribili anche a fondo bagnato, è necessario assicurare la portanza della carreggiata anche in queste condizioni avverse.

Ciò si ottiene con la massicciata (*Foto 24*) . Gli scopi della massicciata sono:

- distribuire il peso dei veicoli, trasmesso dalle ruote, su una superficie del sottofondo (naturale) maggiore, in modo da ridurre la pressione specifica che vi grava;
- evitare o almeno contenere la penetrazione dell'acqua nel sottofondo, cosa che ne riduce la portanza;
- presentare alle ruote una superficie di rotolamento regolare e dura, poco deformabile, per ridurre la resistenza all'avanzamento.

La compattezza di questa dipende dall'attrito reciproco degli elementi che la compongono: pietre, ghiaia, sabbia. Questo attrito è maggiore per elementi spigolosi, inerti ottenuti per frantumazione, che per elementi tondeggianti e lisci, come ciottoli e ghiaia di fiume. Essa inoltre aumenta al diminuire degli spazi vuoti, cosa che si ottiene aggiungendo inerti di piccole dimensioni a quelli di maggiori, compattando il tutto con rulli compressori. La presenza di piccole quantità (< 5%) di limo e argilla, opportunamente mescolati a pietrisco e ghiaia, funziona da legante aumentando la coesione fra gli elementi più grandi ed è opportuna, soprattutto, per sigillare la superficie. L'attrito reciproco di pietrisco e ghiaia non è influenzato dall'umidità; l'argilla invece assorbe l'acqua e, se abbondante, diventa fluida e perde il suo effetto legante (il materiale da legare è scarso in percentuale); perciò deve essere presente nella massicciata in piccola quantità, non superiore orientativamente al 5%, mescolata con elementi di maggiori dimensioni. Una massicciata asciutta con troppa argilla resta compatta, ma se è bagnata si deforma facilmente sotto la pressione delle ruote, in modo irreversibile. La massicciata deve trasmettere la pressione delle ruote sul sottofondo, distribuendola su una superficie maggiore dell'impronta della ruota, in modo da non superarne la portanza (da non deformarlo), nemmeno se il sottofondo è umido. Si suppone che le componenti del peso si trasmettano nella massicciata con un angolo di 45°; ne consegue che a spessori della massicciata di 10-20-30 cm corrisponde una riduzione della pressione specifica sul sottofondo a circa $1/2-1/4-1/8$, a condizione che la massicciata stessa sia indeformabile. Perciò lo spessore che deve essere dato alla massicciata dipende dalla portanza del sottofondo, dalla sua compattezza e natura geologica e dal peso e dalla pressione di gonfiaggio dei pneumatici dei veicoli per i quali viene costruita. Per strade transitabili da trattori con rimorchi, possono essere sufficienti 10-20 cm di spessore, salvo eccezioni; per strade camionabili, su terreni con poco scheletro, ossia a bassa portanza, sono necessari, e a volte non sufficienti, 30-40 cm.

Per questi scopi la massicciata è formata da più strati: uno o due strati profondi, impegnando inerti con granulometria crescente verso il basso, avente lo scopo di ripartire i carichi sul sottofondo e uno strato superficiale di copertura per compattare, pareggiare e sigillare la carreggiata.

Questo strato di copertura è soggetto ad usura, oltre che per effetto dei veicoli, per erosione meteorica, per questo va rinnovato più o meno frequentemente (manutenzione) con l'apporto di breccia (10-40 mm), costituita per il 5-10% di frazione minuta, argillosa ($\emptyset < 0,2$ mm), con funzione legante e sigillante.



24. Massicciata

Attualmente le massicciate di strade forestali vengono formate normalmente da:

- un primo strato di ghiaione (40-71 mm), o “tout venant”, dello spessore di 10-20 cm. Su tratti di sottofondo a scarsa portanza può essere necessario aumentare questo spessore a 30-40 cm impiegando nella parte più profonda anche sassi e pezzature di maggiori dimensioni, o posare sul sottofondo una stuoia geotessile o “tessuto non tessuto” e caricare su questa il ghiaione (non pietrisco, che essendo spigoloso può rompere la stuoia);
- un secondo strato di ghiaia o breccia (10-40 mm) dello spessore di 5-10 cm per intasare e compattare quello sottostante;
- un ultimo strato, di copertura, di ghiaietto o brecciolino calcareo (4-15 mm) con funzione di sigillante, dello spessore di 2-5 cm (è lo strato di usura che va rinnovato periodicamente con la manutenzione). Tutti gli strati vanno compattati rullandoli. Nel calcolare la quantità di inerti necessaria per formare la massicciata, bisogna tenere presente che la rullatura, compattandoli, riduce lo spessore degli strati del 20-30%. Nel caso di terreni ad elevata portanza naturale, con abbondante scheletro, può essere sufficiente, dopo aver asportato lo strato superficiale ricco di sostanza organica e aver spianato il terreno, caricare uno strato di ghiaia o, meglio, di breccia (ca. 10 cm di spessore) ed eventualmente un successivo strato di copertura di brecciolino o ghiaietto dello spessore di 2-3 cm o poco più. Su sottofondi rocciosi non è necessaria una massicciata vera e propria, può essere sufficiente caricare uno strato di breccia (ca. 3-5 cm) per pareggiare le irregolarità della superficie.

La massicciata classica (Foto 25), posata a mano, detta “macadam”, è formata da un primo strato di pietre, meglio se di cava, posate in piedi e dello spessore di 15-25 cm. Le pietre vanno posate con accuratezza, eventualmente in un letto di sabbia, incastrate fra loro con scaglie forzate a mazzuolo. Lungo i bordi esterni vanno poste le pietre di maggiori dimensioni, per contrastare le sollecitazioni orizzontali che tendono a schiacciare la massicciata verso l'esterno.



25. Massiccata di tipo classico "Macadam"

Nel posare questo strato si dà, al profilo trasversale della massiccata, una forma a schiena d'asino per facilitare lo scolo delle acque meteoriche. Sopra a questo strato si sparge della graniglia o del brecciolino (0 – 10 mm) e lo si rulla ripetutamente per farlo penetrare fra i sassi, in modo da irrigidire ulteriormente lo strato sottostante. Poi si aggiunge un secondo strato di breccia o ghiaia (10-40 mm), di ca. 5 cm di spessore, e lo si compatta con un rullo. Lo strato di copertura finale è formato da brecciolino o ghiaietto (4-15 mm), possibilmente calcareo, di 2-3 cm di spessore dopo rullato con apporto di acqua per favorirne la penetrazione nello strato sottostante, sigillandolo. Questo tipo di massiccata è molto efficace ma comporta costi attualmente troppo elevati perché richiede l'accurata posa a mano delle pietre del primo strato, perciò la sua costruzione è stata abbandonata dopo gli anni '50. Attualmente vi si ricorre soltanto in casi eccezionali, per brevi tratti particolarmente ripidi. Molte strade forestali, costruite fra le due guerre e immediatamente dopo la seconda, sono state realizzate con questa massiccata; se la loro manutenzione è stata trascurata, come purtroppo è successo in molti casi, gli strati superficiali sono stati erosi e asportati e le pietre del primo strato si sono allentate, compromettendo la consistenza e la portanza della massiccata.

Strade aperte al normale traffico civile vengono asfaltate. Ciò non è opportuno su strade forestali per motivi di costo e perché il manto asfaltato viene danneggiato dal legname che vi viene avvallato o tirato a strascico. Per l'asfaltatura il fondo stradale deve essere molto regolare, compatto e rigido, cosa che raramente è riscontrabile su strade forestali, anche se di costruzione non recente, pena la formazione di fessure nel manto superficiale asfaltato nelle quali l'acqua penetra e col gelo le dilata, portando a rapida degradazione tutto il corpo stradale. Interventi manutentori sul manto di asfaltato sono costosi e poco efficienti. Inoltre l'asfalto induce i veicoli a maggiori

velocità, cosa pericolosa su strade a carreggiata unica e con curve strette. Infine manti asfaltati concentrano le acque meteoriche e ne accelerano il deflusso. Soltanto in casi eccezionali, per brevi tratti particolarmente ripidi, si può ricorrere a una piattaforma in calcestruzzo leggermente armato, con la superficie rigata trasversalmente per lo smaltimento diffuso delle acque e per migliorare l'aderenza delle ruote.

8.6.2 Banchine e piazzole

La carreggiata deve essere affiancata da una banchina) lungo il lato a valle per la sicurezza dei veicoli e per contenere la massicciata. La larghezza minima della banchina è di 50 cm; su strade camionabili è opportuno, per maggiore sicurezza, allargarla ad almeno 1 m. In zone a rischio di incendio banchine larghe 2 m e più, da tenere permanentemente libere dalla vegetazione erbacea, facilitano gli interventi e aumentano la sicurezza. Se lungo il lato a monte della carreggiata viene realizzata una cunetta a sezione trapezoidale, anche questa va separata dalla carreggiata con una banchina larga 50 cm, sempre per motivi di sicurezza.

Poiché le strade forestali sono a carreggiata unica, è necessario prevedere piazzole di scambio (*Foto 26*) per l'incrocio di veicoli. Queste consistono nel raddoppio della larghezza della carreggiata per una lunghezza di almeno 25 m sulle camionabili principali, da autotreni, e di 15-20 m sulle camionabili secondarie. Su strade trattorabili possono essere sufficienti 10-12 m. Queste piazzole vengono opportunamente situate sulle dorsali e in tratti con terreno pianeggiante, ma vanno allestite ovunque ciò risulti facile, dove non sono necessari sbancamenti rilevanti, perché servono anche per il deposito provvisorio del legname esboscato. Piazzole di maggiori dimensioni sono necessarie per l'inversione del senso di marcia dei veicoli: vanno previste alla fine della strada e ogni 1-2 km.



26. Piazzola di scambio utilizzata anche per deposito del legname

8.6.3 Scarpate

Alle scarpate (*Foto 27*) va data una pendenza tale che ne consenta la stabilità e la conservazione, senza che lo scorrimento dell'acqua ne provochi smottamenti o erosione. Eventuali fenomeni erosivi possono essere frenati soltanto mediante l'inerbimento, naturale o artificiale, della scarpata o con altre opere costose, a meno che questa non sia formata da roccia. La pendenza che può essere data alle scarpate in scavo (quelle a monte della strada), dipende dalla coesione del terreno e normalmente il rapporto tra altezza e profondità dello scavo può variare da 4:5 a 1:1. In presenza di roccia friabile (arenarie) o compatta (calcari e porfidi), tale rapporto può variare da 2:1 a 5:1.



27. Scarpata

La pendenza di scarpate in riporto (quelle a valle della strada) è quella “naturale” delle terre che vengono spinte o lasciate cadere ed è dell'ordine di 2:3, a condizione che gli inerti siano drenanti e protetti dal ruscellamento superficiale. Se il materiale viene depositato con attenzione col cucchiaio dell'escavatore, e se contiene massi e grossi sassi che vengono posati con cura e pressati nella scarpata, la pendenza può aumentare fino a 4:5. Pendenze maggiori sono possibili su terreno roccioso, costruendo tutta la piattaforma stradale sul sodo (ma ciò comporta un esubero di materiale, che va smaltito con oneroso trasporto longitudinale), o con scogliere o altre opere d'arte. Tenere presente che la lunghezza delle scarpate va contenuta entro 6-7 m (sbraccio utile degli escavatori), se necessario con un muro, con una scogliera, con delle gabbionate o con delle arce alla base, per potervi operare senza difficoltà, oltre che per motivi paesaggistici.

Tutte le scarpate, in particolare se ripide, vanno inerbite (*Foto 28*) al più presto, sia per frenarne l'erosione che per motivi paesaggistici.



28. Inerbimento della scarpata

8.6.4 Opere di sostegno

Se la strada si sviluppa su terreni con pendenze superiori al 40-50%, secondo la loro natura, può essere necessario, o almeno opportuno, realizzare delle opere di sostegno delle scarpate, per limitare la loro lunghezza, e/o del corpo stradale per contenere l'incisione del versante. Esistono tanti tipi di opere di sostegno: muri a secco, muri di pietre e malta, muri di calcestruzzo armato o non, gabbionate, blocchi cellulari prefabbricati in calcestruzzo, strutture miste in legno e pietre, terre armate. Sono tutte costose e possibilmente da evitare, le più efficienti ed economiche sono normalmente le scogliere, ovvero muri a secco formati da grossi massi posati con escavatore.

Queste opere devono resistere alla spinta della terra retrostante, che tende a spostarle verso valle e a ribaltarle. A questa spinta le opere resistono per gravità, perciò devono essere pesanti, saldamente fondate e va data loro scarpa, normalmente con pendenza da 3:1 a 5:1, secondo la loro compattezza.

I muri a secco devono avere più scarpa dei muri con malta cementizia, mentre i muri in calcestruzzo armato possono anche essere verticali, purché siano ancorati a una rigida "fondazione a platea". Orientativamente lo spessore del coronamento deve essere come minimo di 50 cm e lo spessore medio del muro pari a 1/3 della sua altezza, con l'eccezione di strutture in calcestruzzo armato che vanno calcolate e progettate con accuratezza, caso per caso. Poiché la spinta da tergo aumenta in presenza di acqua (massima è la spinta idrostatica), questa va allontanata da dietro il muro mediante drenaggi, riempiendolo con materiale arido e predisponendo numerose uscite per l'acqua. Ottime sono a questo scopo le gabbionate, le scogliere e le caselle o arce, queste ultime sono strutture miste di legno e pietre che risultano di per sé drenanti.

8.6.5 Cunette longitudinali

Su terreni pianeggianti e in presenza di emergenze idriche, per tenere il più possibile asciutti il sottofondo del corpo stradale e la massicciata, è necessario realizzare, ai lati della carreggiata, cunette il cui fondo sia a quota più bassa della piattaforma. La cunetta longitudinale classica (Foto 29) è a forma di trapezio, deve essere separata dalla carreggiata con una banchina larga almeno 50 cm, questo per evitare



che i veicoli vi finiscano dentro con le ruote. Su terreni inclinati, con strada a mezza costa, va realizzata una cunetta longitudinale soltanto lungo il lato a monte. Poiché le cunette trapezoidali, banchina compresa, occupano una larghezza di oltre un metro, cosa che comporta maggiori volumi di sbancamento e lunghezza della scarpata a monte della sede stradale, nel caso in cui servono soltanto per l'evacuazione delle acque meteoriche dalla carreggiata, vengono sostituite con cunette a sezione triangolare. Queste consistono nella prosecuzione della massicciata verso monte per ca. 30-50 cm con pendenza del 20% verso un cordolo in pietra, anche senza se il piede della scarpata è stabile. Il fondo di cunette ripide (pendenza > 12%) va lastricato per difenderlo dall'erosione.

29. Cunetta longitudinale

Le cunette triangolari sono percorribili dalle ruote dei veicoli in emergenza, perciò non è necessario separarle, con una banchina, dalla carreggiata vera e propria. Esse comportano un allargamento della piattaforma stradale di ca. 50 cm (anziché 1 m e più come nel caso di cunette trapezoidali), risparmiando nei volumi di sbancamento e realizzando, così, scarpate a monte più corte; perciò vengono normalmente adottate su strade di montagna. Su strette strade trattorabili la cunetta longitudinale può addirittura mancare ed essere sostituita da più canalette trasversali, che richiedono una manutenzione più frequente poiché vengono facilmente intasate.

Nel caso di terreni umidi, quando è anche necessario intercettare acque ipodermiche per tenere asciutta la massicciata, anziché ricorrere a ingombranti cunette trapezoidali può essere opportuno realizzare, a monte della massicciata, un drenaggio largo ca. 50 cm, riempito con ghiaione arido, che svolge anche le funzioni della cunetta triangolare. Il drenaggio deve scaricare l'acqua nei tombini o direttamente a valle della strada, attraversandola sotto alla massicciata.

8.6.6 Tombini e cunettoni

La funzione dei tombini è smaltire, a valle della strada, l'acqua della cunetta a monte e quella proveniente da piccoli impluvi; perciò vengono realizzati preferibilmente in corrispondenza di questi o, comunque, normalmente è necessario prevederli

con spazature di 100-150 m, che si riducono su strade ripide. In casi particolari, su strade secondarie, i tombini possono essere sostituiti con cunette o canalette trasversali di vario tipo. Il pregio dei tombini (*Foto 30*) consiste nel non intralciare la circolazione dei veicoli, i loro difetti sono l'alto costo di realizzazione e il rischio di intasamento che, in caso di precipitazioni forti, può portare alla interruzione della strada ed alla distruzione del corpo stradale. Inoltre concentrano l'acqua che scorre diffusa sul versante, per questo è importante scegliere accuratamente i punti dove scaricano, possibilmente in impluvi naturali, per non rischiare di innescare frane o erosioni. I tombini sono formati dal pozzetto che riceve le acque dalla cunetta e dall'impluvio, dal tubo posto sotto al piano stradale, e dallo scarico alla base della scarpata a valle. In passato i pozzetti, detti anche "caditoie", venivano realizzati in muratura o con un tubo del diametro di 80 cm lungo un metro. Pozzetti posti nella cunetta, a filo della massicciata, sono pericolosi e vanno coperti con una robusta grata di ferro, che però viene facilmente intasata in occasione di temporali, o con un coperchio di calcestruzzo, lasciando una larga fessura per l'ingresso dell'acqua. Soprattutto in corrispondenza di impluvi si preferisce sostituirli con un più ampio vaso spostato verso monte, fuori dalla cunetta, formato da massi tipo scogliera, da grossi sassi murati o da gabbionate (per sostenere il corpo stradale), di dimensioni tali (almeno 1,5x1,5 m) da permettere di svuotarlo con il cucchiaio di un escavatore, soprattutto se si prevede che l'impluvio possa portare materiale. I tubi sono in calcestruzzo semplice o, meglio, armato (costano il doppio, ma la loro messa in opera è più semplice e molto più economica) o in lamiera ondulata. Normalmente si impiegano tubi del diametro minimo di 60 cm. In teoria spesso sarebbero sufficienti, per l'evacuazione della sola acqua proveniente dalla carreggiata, tubi di 20-30 cm di diametro, ma se questi si intasano si è costretti a demolire tutto il corpo stradale per sostituirli, mentre è possibile introdursi in tubi di 60-80 cm di diametro per cercare di stasarli. Questi diametri maggiori sono necessari per accogliere l'acqua portata dagli impluvi in occasione di

precipitazioni rilevanti. Per limitare la profondità dello scavo (p.e. in presenza di roccia) può essere opportuno disporre 2 o 3 tubi di diametro minore affiancati, anziché un solo tubo di maggior diametro (3 tubi con diametro di 60 cm possono sostituire 1 tubo da 1 m di diametro).



30. Tombino

La stessa funzione possono assolvere i guadi o cunettoni trasversali alla strada (Foto 31) . Questi sono particolarmente indicati quando, in occasione di precipitazioni rilevanti, l'impluvio può portare elevate quantità di materiale e/o di legname che possono intasare i tombini.



31. Cunettone

8.6.7 Ponti e tomboni

Per attraversare corsi d'acqua con portate rilevanti, anche non perenni, può essere necessario ricorrere alla realizzazione di ponti (Foto 32) e tomboni. Importante è la scelta del punto nel quale è possibile costruire queste opere in sicurezza e costi contenuti; normalmente è un punto dove il letto del corso d'acqua si restringe (il costo dell'opera è proporzionale alla sua lunghezza) e le sponde sono stabili e salde. Per la loro progettazione è necessario affidarsi a specialisti.



32. Ponte

8.6.8 Drenaggi trasversali alla strada

Per attraversare, con piste (eccezionalmente con strade, in sostituzione di tombini), impluvi senza portata solida si può ricorrere a un semplice ed economico drenaggio trasversale disponendo sul fondo dell'impluvio, in più riprese, un grosso fascio di polloni o cimali con tutti i rami (calci a monte e punte a valle) ricoprendo il tutto con un robusto telo geotessile (non è indispensabile, soprattutto in caso di piste, ma è opportuno e costa poco) e posandovi sopra uno strato di terra o, se possibile, di ghiaione dello spessore di almeno 30-40 cm.

8.7 Principali tipologie di opere delle strade forestali

8.7.1 Opere per lo sgrondo delle acque

8.7.1.1 Fossi di guardia e drenaggi

In casi particolari, per tratti paludosi a monte di strade, è necessario realizzare, ad alcuni metri a monte del bordo della scarpata, un fosso od un drenaggio (Foto 33 e 34) che intercetti le acque superficiali e/o ipodermiche e le devii verso impluvi e tombini.



33. Drenaggio



34. Cunetta filtrante con drenaggio

8.7.1.2 La cunetta longitudinale

La cunetta va realizzata provvisoriamente lungo il lato a monte della strada al momento dell'apertura della traccia (Foto 35). Va completata, in particolare se è del tipo triangolare, con la formazione della massciata. Se la pendenza della cunetta (della strada) è superiore al 12% può essere necessario lastricarla per evitare che il suo fondo venga eroso dall'acqua.



35. Cunetta longitudinale lastricata

In cunette trapezoidali si possono costruire piccole briglie a gradinata, anche soltanto con 2-3 tondelli di legno orizzontali trattenuti da 2 picchetti. Queste cunette a sezione trapezoidale, più efficienti per lo sgrondo delle acque, sono necessarie su terreni pianeggianti e in presenza di emergenze idriche; devono scaricare in tombini e richiedono più spazio di quelle triangolari, comportano di conseguenza maggiori sbancamenti e scarpate più lunghe. Su terreni ripidi vi si ricorre soltanto se sono indispensabili.

8.7.1.3 I tombini

I tombini vanno costruiti contemporaneamente o subito dopo l'apertura della traccia, comunque prima di posare la massicciata (Foto 36). Normalmente si impiegano tubi a sezione circolare prefabbricati in calcestruzzo armato, ad alta resistenza, con giunti "a bicchiere", costituiti da spezzoni lunghi 1-2 m del diametro di 60-80 cm. Per diametri maggiori si ricorre anche a tubi in lamiera ondulata, eventualmente composti in opera (sono più facili da trasportare) da 2-3 gusci semicircolari.



36. Tombino

Tubi in cemento non armato, impiegati comunemente in passato, sono più economici all'acquisto (costano la metà) ma richiedono una messa in opera molto più accurata e in definitiva più costosa. Questi possono essere idonei soltanto per piccoli diametri (20-40 cm), sufficienti per smaltire l'acqua della cunetta o di piccole sorgive, ma non per quella proveniente da impluvi con possibile portata solida in occasione di temporali. A questo scopo sono più adatti tubi in PVC pesante (\varnothing 31,5-63 cm) da fognature, leggeri, elastici, forniti in lunghezze di 6 m o più, di facile messa in opera (si evita la stuccatura

delle giunzioni). Il tubo va posato su terreno sodo, mai su riporti, con una pendenza del 5-10%, anche solo 2-3% per tubi in PVC, questo perché con pendenze minori si rischia il deposito del materiale fluitato e l'intasamento del tubo, con pendenze maggiori una eccessiva velocità ed energia dell'acqua in uscita. Un letto di sabbia o di magrone di calcestruzzo (quest'ultimo indispensabile per tubi di calcestruzzo non armati) può essere opportuno per pareggiare il piano di posa. Per lo stesso scopo, per ottenere un piano di posa regolare e con la pendenza opportuna, si possono appoggiare i tubi su una coppia di tronchi affogati in terra sul fondo dello scavo a formare un binario. I tubi vanno accuratamente rinalzati ai lati costipando la terra (meglio sabbia) che vi viene riportata e vanno coperti con uno strato di terra dello spessore pari ad almeno la metà del diametro del tubo, sopra al quale va posata la massicciata. Se all'uscita del tubo lo scarico è ripido va protetto contro l'erosione lastricandolo, o con massi o con una gradinata.

8.7.1.4 Cunette e canalette trasversali

Il principale problema di tutte le opere trasversali alla strada è che si intasano facilmente; l'acqua che scorre nelle rotaie impresse dalle ruote dei veicoli nella massicciata e l'azione delle ruote stesse, portano sabbia e ghiaia, oltre a foglie e rametti, che si depositano nelle cunette o canalette, la cui pendenza è inevitabilmente minore di quella della strada, intasandole e rendendole inefficaci. Questo fenomeno è particolarmente marcato quando la pendenza della strada è inferiore all'8%: la pendenza del fondo della canaletta si riduce a meno del 5%, anche posandola molto inclinata rispetto all'asse della strada, ed è insufficiente perché l'acqua abbia l'energia necessaria per asportare il materiale. Perciò su pendenze "ottimali" della strada (3-8%) è inutile inserire canalette trasversali vere e proprie, sono sufficienti frequenti brevi incisioni nelle banchine, che arrivano spianando fino alla carreggiata (alla rotaia impressa dalle ruote dei veicoli nel lato a valle) e permettono all'acqua di sgrondare (Tab. 9). Tutte queste opere richiedono una manutenzione continua e vanno ripulite dopo ogni temporale per averle funzionanti per il successivo. Altro svantaggio di cunette e canalette trasversali è che possono provocare sobbalzi, più o meno forti, ai veicoli; perciò si ricorre a queste opere soltanto su strade trattorabili o comunque secondarie, su camionabili molto trafficate (strade di accesso, di penetrazione) soltanto eccezionalmente, in tratti con pendenza superiore all'8-12%. Pregio di frequenti opere trasversali (ogni 15-35 m con spaziatura decrescente all'aumentare della pendenza della strada) è di non concentrare l'acqua ma di scaricarla a valle in modo diffuso.

Pendenza della strada (%)	Spaziatura canalette (m)	
	Condizioni favorevoli	Condizioni sfavorevoli
8	40	30
10	36	26
12	32	22
14	28	18
16	25	15
18	22	12
20	20	10

Tab. 9 Spaziatura delle canalette trasversali in funzione della pendenza longitudinale della strada (G. Hippoliti, 2003)

Tra le tipologie di cunette e di canalette trasversali si distinguono:

- *semplice gradino*: formato da pietre infisse trasversalmente nella carreggiata ed orientato verso valle con un angolo di ca. 60° rispetto all'asse del percorso: veniva costruito il passato su mulattiere lastricate nei tratti più ripidi; non è ovviamente realizzabile né funzionale su strade inghiaiate;
- *cunette trasversali*: inclinate rispetto all'asse della strada (non ortogonali perché altrimenti non possono avere la pendenza necessaria per lo scolo dell'acqua) sono efficienti (Foto 37), ma difficili da mantenere su strade inghiaiate, e provocano sobbalzi ai veicoli nell'attraversamento. Vi si ricorre soltanto in casi eccezionali, anche lastricandole come un guado, cosa comunque costosa;



37. *Cunetta trasversale*

- *canale murato in calcestruzzo*: largo 20 cm o più e profondo almeno 30 cm, coperto da una robusta grata metallica rimovibile (in modo che possa essere asportata per eventuali stasamenti) è costoso ma può essere opportuno per strade in casi particolari. Al fondo del canale va data una pendenza del 10%. Quest'opera può sostituire vantaggiosamente piccoli tombini, perché può essere liberata facilmente nel caso si intasi. Vi si può ricorrere anche nell'imbocco di diramazioni per intercettare le acque che da queste defluiscono verso la strada.
- *tronco di piccolo diametro*: (diametro 10-15 cm), lungo 1,3-1,5 volte la larghezza della carreggiata, disposto molto inclinato col calcio a valle nella banchina e la punta a monte fino nella scarpata, parzialmente annegato nella ghiaia della massciata e rinalzato. Viene fissato a terra alle estremità, al di fuori dei percorsi delle ruote

(nelle banchine e nella scarpata) e al centro della carreggiata (dove non passano le ruote), con picchetti, o meglio legato con un grosso filo di ferro (\varnothing 5-6 mm) o un sottile tondino da costruzioni ripiegato, a tronchetti lunghi ca. 0,5 m, interrati a 30-40 cm di profondità. Questo ostacolo costringe i veicoli a rallentare per contenere il sobbalzo, ma se è sufficientemente inclinato le ruote lo affrontano una alla volta

e può allontanare l'acqua dalla carreggiata senza intasarsi. Il tronco deve essere di legno duro per resistere all'usura (larice, castagno, douglasia). Date le sue caratteristiche, questo tipo di canaletta (Foto 38) non è adatto per strade molto trafficate, ma è semplice ed economico e funziona anche su pendenze rilevanti. Nel caso della "messa a riposo" di piste, dopo terminati gli esboschi, si impiegano anche cimali e tronchi scadenti di maggior diametro, fissati semplicemente con picchetti piantati fuori dalla traccia delle ruote, e ricalzati: in emergenza possono essere superati da veicoli a trazione integrale; vengono eliminati per il riutilizzo della pista;



38. Tronco di piccolo diametro ad uso canaletta



- due stanghe o piccoli tronchi affiancati: del diametro di 10-20 cm, tenuti spazati di 10-15 cm con 3 cambre (grappe, graffe in ferro), vengono impiegati provvisoriamente sulla traccia grezza, ancora priva della massiciata, soprattutto se questa viene formata a distanza di tempo (1 anno) per attendere l'assestamento dei rilevati. I tronchi (Foto 39) devono essere lunghi dal piede della scarpata a monte fino nella banchina a valle, sistemati con pendenza sufficiente per lo scolo dell'acqua. Le cambre vanno fissate fuori dalla traccia delle ruote, alle estremità dei tronchi e al centro della carreggiata.

39. Stanghe affiancate ad uso canaletta

Le canalette provvisorie vanno sistemate esattamente nei punti e nella posizione nei quali sono previste quelle definitive, almeno prima che venga gettata la massicciata. Il ghiaione della massicciata viene successivamente riportato sopra e i legni vengono rimossi soltanto a massicciata formata in modo che lascino il posto alla canaletta definitiva. Se questa è formata allo stesso modo, con stanghe o tronchi, anziché tenerli spazati con le cambre, che possono fermare rametti e ghiaia intasandola, è meglio impiegare spezzoni di piattina di ferro sagomati ad omega (spessore 4-6 mm, larghezza 5-8 cm, lunghezza 50-70 cm, vanno opportunamente sagomati in officina, con due fori a ogni estremità per i chiodi di fissaggio). In questo caso è opportuno fissare i tronchi alle estremità su dei legni, lunghi ca. 50 cm, affogati nelle banchine, per migliorarne la stabilità e l'ancoraggio. Soprattutto su strade ripide è opportuno disporre 3 stanghe o tronchi affiancati, in modo da formare 2 canali: il primo trattiene la ghiaia e lascia libero il secondo per l'acqua. Vantaggio di questo tipo di canalette è che costano poco, possono essere facilmente costruite e ripristinate con materiale reperito sul posto (le stanghe) e recuperato (i ferri ad omega), essendo i legni rotondi (vengono affogati nella massicciata) provocano sobbalzi minori ai veicoli e resistono meglio all'usura;

- *canalette classiche in legno duro*: (larice, douglasia, castagno) sono formate (Foto 40) da due panconi dello spessore di 5 cm, larghi 14 cm, inchiodati a coltello su un tavolone largo 20-25 cm (o, più economicamente, il fondo può essere formato da più pezzi di tavola lunghi 20-25 cm, inchiodati di traverso), tenuti spazati in alto da 3 o 4 ferri a T di 3x3 cm, lunghi 20-25 cm, il cui gambo, inciso alle estremità per 6 cm, viene ripiegato ad angolo retto, a contrastare la spinta dei panconi. Il trattamento del legno con sostanze preservanti è superfluo perché le canalette devono essere periodicamente sostituite (ogni 5-10 anni) perché usurate dal passaggio dei veicoli, piuttosto che per marcescenza. Per ridurne l'usura è necessario affiancarle con sassi, meglio se murati con malta cementizia, sporgenti di ca. 1 cm sopra i legni.



40. Canaletta classica

- Se, oltre ad intercettare l'acqua dalla carreggiata, la canaletta deve anche evacuarla dalla cunetta a monte, in sostituzione di un tombino, è opportuno montare due canalette affiancate. Al posto dei panconi si possono impiegare dei morali 8x8 cm o dei travetti uso Trieste (Foto 41): la canaletta risulta meno profonda ma più rigida e si può rinunciare ai ferri superiori, almeno all'estremità a valle.



41. Canaletta realizzata in morali



- canalette formate da tronchi tagliati a metà: di solito sono costituite (Foto 42) da un tronco di 20-30 cm di diametro spaccato a metà (segato con un refendino autocentrante). Le due porzioni del tronco possono essere tenute spaziate tramite l'impiego di staffe in ferro di forma quadrata o rettangolare. Questo tipo di canaletta è particolarmente adatto per strade percorse da autocarri pesanti perché resiste all'usura e alle sollecitazioni dei veicoli;

42. Canaletta realizzata in tronchi tagliati a metà

- *canalette in lamiera di acciaio con sezione a U*: semplici e doppie (Foto 43), devono essere fissate con ferri di ancoraggio in un letto di calcestruzzo per assicurarne la stabilità: sono efficienti (anche con pendenza modesta, essendo lisce) ma costose e laboriose da sistemare; a tali scopi possono essere anche usati comuni elementi da guard rail. Se non ben ancorate, essendo elastiche si sollevano al passaggio dei veicoli e possono essere pericolose;



43. Canaletta realizzata in lamiera



- *canalette in calcestruzzo armato*: al solito formate (Foto 44) da spezzoni prefabbricati di 50 cm o di 1 m, sono efficienti, non avendo sopra il canale ferri di irrigidimento che possono trattenere rametti, ciottoli, e sono resistenti all'usura, ma tendono a deformarsi sotto al peso delle ruote compromettendo la pendenza necessaria per l'asportazione di sabbia e ghiaia. La loro messa in opera è più laboriosa e costano il doppio e più delle canalette classiche in legno. È opportuno ricorrervi soltanto su massicciate ben assestate e sistemarle in un letto di calcestruzzo. Sono indicate soprattutto per formare "mezze canalette", dalla traccia delle ruote a valle fino nella banchina;

44. Canaletta in calcestruzzo intasata

- *canalette formate da un trave HE ad ali larghe*: da 140 mm, posata di fianco. Costose ma stabili e resistenti (Foto 45), sono adatte anche per strade camionabili e sono di facile messa in opera. Le canalette definitive vanno costruite o sistemate dopo o mentre si forma la massicciata, su strade con pendenza superiore all'8%, immediatamente prima dei e sui tratti più ripidi. Perché sabbia e ghiaia minuta non si depositi sul suo fondo ma venga asportata dall'acqua, il fondo della canaletta deve presentare una pendenza di almeno l'8%, perciò la canaletta va montata trasversalmente all'asse della strada ma molto inclinata, e deve arrivare dal piede della scarpata a monte fino nella banchina a valle: deve essere lunga ca. 1,3 volte la larghezza della massicciata. Su strade trattorabili strette (carreggiata larga soltanto 2,5 m) possono essere sufficienti 4 m, su camionabili devono essere lunghe almeno 5 m. Canalette frequenti possono sostituire sia la cunetta lungo il lato a monte della carreggiata che i tombini, ma richiedono una manutenzione continua;



45. Canaletta realizzata in trave HE di metallo

8.7.2 Opere di sostegno

Queste strutture devono resistere a:

- spinte da tergo, con prevalente componente orizzontale che tende a ribaltarle, a farle scivolare verso valle, a deformarne la faccia a valle con conseguente cedimento progressivo e crollo dell'opera (sono prevalentemente strutture di sostegno delle scarpate);
- peso del terreno o del materiale soprastante, con prevalente componente verticale che tende a schiacciarle oltre che a spingerle verso valle (al solito strutture di sostegno del corpo stradale in rilevato).

Importante è la fondazione di queste opere che deve distribuire il peso della struttura sul sottofondo e non deve rischiare di scivolare a valle. La fondazione va situata su terreno saldo o va assicurata con opere di sostegno sottostanti, a gradinata. Su roccia la fondazione può essere sagomata a gradini, dopo averne eliminato la parte superficiale disgregata. Nel caso di strati a franapoggio il piede va assicurato con ferri cementati in fori, disposti su più file, ingabbiati a formare una piattaforma orizzontale, anche a gradini, di calcestruzzo armato. Dietro alla fondazione va realizzato un drenaggio: la presenza di acqua rende fluida la terra ed aumenta la spinta orizzontale, ciò va assolutamente evitato. Se si è costretti a fondare su terreno sciolto o addirittura su riporti si può migliorarne la portanza sistemando, sotto alla fondazione, uno strato di tondelli di legno, disposti perpendicolarmente e leggermente inclinati verso il versante. Il corpo dell'opera di sostegno resiste a spinte orizzontali soprattutto per gravità, deve perciò essere monolitico e pesante, va dimensionato con un

rapporto altezza/spessore adeguato e gli deve essere data la scarpa opportuna (il parametro esterno va inclinato verso monte).

La struttura di sostegno più antica è il *muro a secco* che, se formato con grossi sassi squadrate, ben accostati e incastrati fra loro, risulta essere molto stabile. Non deve essere alto più di 1,5-2 m e le pietre vanno posate a strati orizzontali, ognuna deve poggiare su almeno due dello strato sottostante, in modo che non si incontrino mai più di tre fessure. Il coronamento deve presentare una larghezza di ca. 50 cm e va formato con sassi grandi perché siano stabili, al paramento esterno va dato scarpa da 5:1 a 3:1, il paramento interno è verticale. Costruirlo a mano, senza l'ausilio di mezzi meccanici, è comunque faticoso e costoso, attualmente vi si ricorre soltanto per muri con altezza non superiore a 1,5 m e disponendo di pietrame opportuno sul posto, p.e. per delimitare il piede della scarpata a monte.

8.7.2.1 Le scogliere

Le scogliere sono muri a secco formati da grossi massi (Foto 46), con volume superiore a ca. 0,3 m³, posati con escavatore. La loro efficienza è data dal peso e dalla conseguente stabilità dei singoli pezzi che la compongono. All'opera va data scarpa da 4:1 a 2:1, secondo l'altezza della struttura e delle dimensioni e caratteristiche dei pezzi (grossi massi spigolati, ottenuti per spacco da rocce, sono più stabili di massi di fiume tondeggianti). Il coronamento va fatto con massi grandi, disposti con la dimensione maggiore perpendicolare al versante, in modo che siano più stabili. La scogliera resiste alle spinte per gravità, grazie al peso dei singoli massi e all'attrito fra loro. È l'opera più conveniente, perché è drenante, duratura e di basso costo di costruzione a condizione di disporre dei massi sul posto.



46. Scogliera

8.7.2.2 Muri in calcestruzzo armato

I muri in calcestruzzo armato (Foto 47) vanno ancorati con l'armatura della fondazione (formata a platea "a L", per resistere al ribaltamento), possono essere sottili, con scarpa del paramento a valle fino a 10:1, paramento a tergo verticale, coronamento di 30-40 cm di spessore. È indispensabile il drenaggio a tergo. Essendo costosi vi si ricorre soltanto in casi particolari.



47. Muro di sostegno in calcestruzzo armato

8.7.2.3 Muri armati misti

I muri armati misti sono formati da un paramento a vista di pietre e riempito a tergo con calcestruzzo armato con una rete elettrosaldata posta in verticale, sono relativamente economici se il pietrame è reperibile in cantiere. Muri in calcestruzzo vanno comunque calcolati in funzione della spinta delle terre retrostanti; è indispensabile che la fondazione sia stabile e rigida, cosa che su riporti è pressoché impossibile.

8.7.2.4 Le gabbionate

Le gabbionate sono formate da più gabbioni di rete metallica zincata delle dimensioni di 1x1x2 m, riempiti di pietre e ghiaione arido in opera. I gabbioni, trasportati ripiegati, vengono piazzati e aperti in opera, riempiti con pietre di forma regolare disposte accuratamente a mano lungo le pareti, tipo muro a secco, e con pezzature meno regolari e ghiaione grosso e arido internamente, intasando il più possibile gli spazi in modo da formare un parallelepipedo compatto; vanno chiusi e legati fra loro con filo di ferro cotto. I gabbioni si posano in piani orizzontali, ogni gabbione appoggia su due sottostanti (come i sassi nei muri). Nel primo strato di una gabbionata, formata da più strati, i gabbioni possono essere disposti "a coltello", orientati

verso il versante, o anche alternati, in modo da formare una fondazione più larga e più stabile. Per ottenere la scarpa, opportuna per contenere spinte orizzontali, anziché inclinare verso monte i singoli gabbioni, cosa che comporta difficoltà per il loro riempimento, si arretra ogni strato di gabbioni rispetto a quello sottostante di ca. 20 cm, ottenendo così una scarpa della gabbionata di 5:1. Le gabbionate (Foto 48) vanno intasate dietro preferibilmente con materiale arido. Le gabbionate resistono alle spinte da tergo per gravità, come i massi delle scogliere. È importante rendere la struttura monolitica legando fra loro i singoli gabbioni. Essendo elastici possono sopportare piccoli cedimenti e deformazioni senza perdere la loro funzionalità. Si ricorre alle gabbionate soprattutto per contenere la spinta di terre umide, perché sono drenanti. Possono essere rinverdite inserendo fra le file di gabbioni, durante la loro costruzione, grosse talee di salici e simili specie di facile attecchimento (ma la cosa è possibile soltanto al di fuori della stagione vegetativa e va programmata per tempo), lunghe oltre 1 m in modo che possano raggiungere e penetrare nel terreno retrostante per potervi radicare (oltre che migliorare l'estetica aumentano l'effetto drenante). Il costo di costruzione delle gabbionate è superiore a quello delle scogliere, perché richiede lavoro manuale ma, in assenza di massi e disponendo di pietrarame adatto, sono opere efficienti e durature.



48. Gabbionata

8.7.2.5 Arce o caselle

Le arce o caselle sono strutture di sostegno (Foto 49) formate da una intelaiatura di tronchi colmata con pietre, di concezione antica, ormai largamente collaudate. Essendo di legno hanno durata limitata nel tempo, valutata normalmente in ca. 20 anni, superiore, di molto, se realizzate con specie legnose idonee come larice, castagno o douglasia. Si distinguono strutture a parete semplice e a parete doppia.



49. Arcia o casella

8.7.2.6 Arce a parete semplice

Le arce a parete semplice più che opere di sostegno, sono opere di rivestimento di scarpate ripide, a rischio di erosione, alle quali permettono di dare maggiore pendenza per brevi tratti. Vengono realizzate per altezze fino a 1,5 m o poco più. Sono idonee per trattenere smottamenti superficiali che si manifestano saltuariamente, quando il terreno è molto umido (essendo drenanti permettono la fuoriuscita dell'acqua). Sono formate da tronchi di 15-30 cm di diametro, lunghi il più possibile (compatibilmente con la regolarità della scarpata), disposti orizzontalmente e intervallati da tronchi corti (lunghi 1,5-2 m), appuntiti ad una estremità. Questi vengono infissi nella scarpata, con un'inclinazione del 20%, premendoli con il cucchiaio di un escavatore e spazati di circa 2 m, uno sopra l'altro, in modo da alterare la scarpata il meno possibile. I tronchi, scortecciati, vengono collegati saldamente fra loro con grossi chiodi, ferri tondi appuntiti ad una estremità, di 10-12 mm di diametro infissi a mazza in fori di 6-8 mm di diametro. Fra i tronchi orizzontali resta una larga fessura (10-20 cm) che va intasata con pietre, fra le quali vengono sistemate durante il montaggio, o infisse successivamente, talee di salici e simili specie.

Questa vegetazione sostituisce nella sua funzione la struttura di tronchi, quando questa gradualmente si decompone.

8.7.2.7 Arce o caselle a doppia parete

Le arce o caselle a doppia parete sono opere di sostegno vere e proprie (vi si ricorre quando mancano massi idonei per formare scogliere per il sostegno del corpo stradale o del piede della scarpata). L'intelaiatura di tronchi, intasata accuratamente con pietre e riempita di tout venant (sassi e terra, come viene viene), forma un corpo compatto, pesante e sufficientemente rigido, idoneo per resistere a spinte orizzontali da tergo ed al peso della struttura o del materiale soprastante. Importante è la resistenza della sua fondazione e l'ancoraggio del cassone (dell'intelaiatura di tronchi) alla stessa. A differenza della struttura a parete semplice, che non richiede scavi nel versante (la sua fondazione si limita al primo tronco orizzontale, alla base, che va sistemato nel terreno in posizione stabile, eventualmente ancorato con grossi picchetti o, nel caso di roccia, con ferri cementati in fori), la struttura a doppia parete (Foto 50) si presta per formare rilevati su terreni ripidi, evitando profonde incisioni nel versante (necessarie per poggiare tutta la carreggiata su terreno sodo), ma richiede comunque e necessariamente lo spazio per formare la fondazione, eventualmente anche a gradini, e per costruire la soprastante struttura. Perciò, se sono necessari scavi rilevanti per la fondazione, si deve operare con terreno asciutto per limitare il rischio di franamenti, pericolosi per chi vi lavora. La fondazione va posata su terreno saldo, in casi particolari può essere costituita anche da una gettata di calcestruzzo, eventualmente armato con rete elettrosaldada, oppure soltanto da uno strato di ton-



delli di legno disposti ortogonalmente al versante e inclinati verso questo. Su questa base si posano i primi due tronchi lunghi, distanti fra loro da 2 a 3 m, e vi si fissano con i chiodi, perpendicolarmente al versante ed ai tronchi lunghi, i tronchi corti, lunghi normalmente da 2 a 4 m, anche più se lo spazio lo consente, spazati di 1-2 m. Poi si sovrappongono altri 2 tronchi lunghi, e via di seguito, dando al paramento esterno una scarpa di almeno 5:1 e ai tronchi corti una pendenza del 20%. La profondità della struttura deve essere in rapporto alla sua altezza, come minimo 1:2, meglio 2:3 (caselle più alte sono a rischio di ribaltamento). I primi due tronchi lunghi possono essere assicurati contro lo scivolamento con picchetti o con ferri collegati alla fondazione o cementati nella roccia. Gli interstizi fra i tronchi vanno accuratamente intasati con pietre e il cassone va riempito con materiale, meglio se arido, ben costipato. Il cassone deve essere drenante, deve lasciar uscire l'acqua ma non il materiale di riempimento: se si svuota si alleggerisce, non può resistere alle spinte da tergo e viene ribaltato o spinto verso valle.

50. Arca o casella a parete doppia

8.7.3 Ponti e tomboni

Normalmente ponti e tomboni, in passato costruiti in muratura spesso con strutture ad arco o in legname, attualmente vengono realizzati con elementi prefabbricati in calcestruzzo armato (vanno calcolati e progettati da specialisti). Su strade secondarie, in particolare su trattorabili sulle quali il trasporto di travi prefabbricate in calcestruzzo è spesso impossibile, si ricorre a strutture formate da più travi in ferro a doppio T (IPN o IPE). Per luci da 4 a 10 m si impiegano travi alte da 30 a 40 cm, posate con interasse da 100 a 80 cm per ottenere portate utili da 18 a 32 t (peso totale a terra ammesso dal codice della strada per autocarri a 4 assi, ai quali possono essere assimilati grossi trattori con rimorchio, e per autocarri a 3 assi; autotreni da 44 t sono certamente esclusi da strade secondarie). La copertura è formata da una soletta di calcestruzzo armato gettata in opera, o anche da travetti o panconi di legno di adeguato spessore, delimitati ai lati da due tronchi di 20-30 cm di diametro, staffati alle travi in ferro sottostanti; comunque anche questi ponti vanno progettati da specialisti.

In emergenza si può ricorrere alle vecchie semplici strutture con travi di tronchi (tondi), almeno per luci corte, con copertura in panconi di 10-14 cm di spessore. Orientativamente, per una portata massima di 18 t ed una larghezza utile della carreggiata di 3,2 m fra i tronchi di sponda sovrapposti al tavolato, sono necessari 7 tronchi, posati con interasse di 60 cm, del diametro di 35-40-45 cm per luci di 2-3-4 m (lunghezza dei tronchi: +1 m). Limitando la portata del ponte a 12 t e la sua larghezza utile a 2,8 m, su strade trattorabili, sono sufficienti 5 tronchi con interasse di 80 cm e diametri ridotti di 5 cm. Importanti sono le spallette che sostengono l'appoggio per le travi che devono essere sicure. Oltre che in muratura con malta, possono essere formate con scogliere di massi, gabbionate o anche con opere miste in tronchi e pietre. Sul ponte la pendenza della strada non deve superare il 5%, in particolare con fondo della carreggiata in legno (se bagnato i veicoli rischiano di scivolare).

8.7.4 Guadi

In situazioni particolari, per attraversare impluvi e corsi d'acqua, può essere opportuno sostituire tombini, tomboni e ponti con guadi, cunettoni trasversali a corda molla (sezione concava), per motivi tecnici e/o economici. Secondo i casi il guado avrà caratteristiche diverse.

- *Piccolo impluvio* con fondo roccioso che comporta difficoltà per lo scavo necessario all'inserimento del tubo del tombino. Questo può essere sostituito con un cunettone trasversale alla strada, formato da pietre posate in un letto di calcestruzzo armato (rete elettrosaldata), al centro del quale è opportuno ricavare una canaletta larga 10-15 cm con bordi robusti e rigidi (pietre grandi). Il cunettone è ovviamente lungo quanto è larga la strada più le banchine, normalmente da 3 a 6 m. La sua larghezza dipende dalla portata di piena prevista, da almeno 1 fino a 3-4 m, con bordi stondati con la lastratura che prosegue per ca. 50 cm sulla strada che, per alcuni metri adiacenti al cunettone, deve scendere verso questo. Al cunettone va data una pendenza del 3-4%. La canaletta, il cui scopo è di smaltire l'acqua dell'impluvio quando non è in piena in modo concentrato ed evitando che col freddo formi un lastrone di ghiaccio, deve essere profonda 10-15 cm all'estremità a monte del cunettone e 20-30 cm all'estremità a valle tale che il suo fondo abbia una pendenza di almeno l'8%. Alla scarpata a valle il cunettone va sostenuto con una scogliera

mentre a monte, in particolare sul lato dove la strada sale verso il cunettone, va costruito un muro o una scogliera per indirizzare l'acqua della piena verso il cunettone ed evitare che scenda lungo la strada. Qui il cunettone va fondato sulla roccia a invito, in modo da evitare che l'acqua si infiltri sotto all'opera, sifonandola.

- *Impluvio* (in alta montagna) che in occasione di temporali porta materiale o che viene percorso da valanghe. In questo caso i tombini possono essere facilmente intasati e i ponti travolti. Un guado, formato da un selciatoone di pietre affogate in un letto di calcestruzzo armato, può risolvere meglio il problema. Sotto al selciato si posano uno o due tubi (ad alta resistenza) di diametro adeguato, a monte si realizza un ampio pozzetto, non più fondo di quanto indispensabile, con ali di invito in scogliera. La stessa va realizzata a valle per sostenere la struttura e a protezione dello scarico dei tubi dall'erosione. Normalmente l'acqua passa per i tubi mentre le piene e le slavine passano sopra il guado. Il selciatoone è largo, nel senso dell'asse della strada, 10 e più metri e gli va dato il 3-4% di pendenza. La strada deve scendere da ambo i lati verso il guado per almeno una decina di metri per contenere il rischio che la piena, intasato il tombino e depositato materiale sul selciato, scorra lungo la strada.
- *Corso d'acqua largo*, poco profondo e poco pendente, a regime torrentizio. La costruzione di un ponte lungo (luce > 12 m) o con sostegni intermedi può risultare troppo onerosa. Un guado costruito sopra una soglia (traversa) di spessore adeguato, attraversata da numerosi tubi, permette il transito con portate normali del corso d'acqua. Portate eccezionali passano sopra, interrompendo il transito per breve tempo, cosa che normalmente è tollerabile per strade forestali.

8.8 Elaborati tecnici fondamentali del progetto

Il progetto semplificato, già descritto nei paragrafi precedenti, è formato dai seguenti documenti cartacei sufficienti, nella maggior parte dei casi, per dirigere la costruzione dell'opera:

- la relazione tecnico-economica,
- la carta topografica con il tracciato,
- la sezione tipo e le eventuali opere d'arte tipo,
- la planimetria, eventualmente integrata dal profilo longitudinale (altimetria) del tracciato,
- il piano della sicurezza.

Il progetto semplice permette di omettere gran parte dell'oneroso lavoro a tavolino: il disegno della planimetria geometricamente esatto, formato da tratti rettilinei raccordati da archi di cerchio con asse stradale, bordi della piattaforma, ciglio della scarpata a monte e piede di quella a valle; il disegno del profilo longitudinale dell'asse stradale (la livelletta) e della linea zero; il disegno di tutte le sezioni trasversali; il calcolo dei volumi di sbancamento e di riporto e dei relativi costi; ecc.. Ne risulta un tracciato più tormentato e meno regolare di quello che si ottiene con un progetto completo, ma che si adegua meglio alla morfologia del terreno e comporta minori sbancamenti e movimenti di terra e minori costi di realizzazione.

Il progetto completo, redatto secondo i metodi classici della progettazione di strade, può essere necessario nei seguenti casi:

- per procedere all'appalto della costruzione: in questo caso è necessario rispettare le formalità previste per legge e/o per contratto, e determinare con precisione (for-

- male) il tipo e la quantità dei lavori ed il loro costo;
- se la strada attraversa proprietà diverse;
- se la costruzione appare difficile e sono previste numerose e complesse opere d'arte;
- nel caso di esigenze burocratiche e amministrative particolari.

Il progetto completo si basa anch'esso sui dati rilevati dalla linea zero e dalle sezioni trasversali e comporta la redazione dei seguenti documenti:

- la planimetria;
- il profilo longitudinale del terreno;
- le sezioni trasversali;
- il calcolo dei volumi di scavo;
- le sezioni tipo e le opere d'arte tipo;
- il computo metrico-estimativo, che può essere eseguito con precisione formale;
- la cartografia catastale con il tracciato della strada, se necessario;
- la perizia geologica, ove necessario (terreni a rischio di dissesto, o se esplicitamente richiesta);
- la valutazione di impatto ambientale (VIA), ove richiesta;
- il piano della sicurezza redatto con le modalità prescritte dai D.Leg.81/08 e s.m.i.;
- la relazione tecnica, come per il progetto semplificato, eventualmente redatta con maggior dettaglio, con la corografia (tracciato della strada su carta topografica in scala 1:25.000).

8.8.1 La planimetria ed il profilo longitudinale (altimetria)

Lo sviluppo planimetrico della spezzata che rappresenta la linea zero viene solitamente disegnato in scala 1:1.000 o 1:500, con evidenziata la posizione dei picchetti numerati, in base agli *azimut* e alla lunghezza delle battute rilevate da picchetto a picchetto. Per disegnare la planimetria ci si può anche avvalere di strumenti informatici e di semplici programmi che permettono di disegnare, automaticamente e con precisione, la linea zero, detta anche "tracciolino". La linea zero non rappresenta con precisione l'asse della futura strada. In particolare i suoi vertici (picchetti) possono essere scostati dall'asse anche di qualche metro, raramente oltre il ciglio (o bordo) della piattaforma stradale, soprattutto in corrispondenza di curve a raggio piccolo ed in particolare nel caso di tornanti. Tuttavia, per la costruzione di strade forestali e ancor più di piste, i picchetti della linea zero sono normalmente un riferimento sufficiente per l'apertura del tracciato. Soltanto per tornanti o curve rilevanti a raggio ridotto (con deviazione della linea zero su un picchetto di oltre 45°), oppure dove la strada deve essere sviluppata in trincea (nell'attraversamento di dorsali pronunciate) o in rilevato (passando impluvi), se l'asse della strada dista prevedibilmente oltre 3-4 m dai picchetti della linea zero, questi vanno integrati, prima dell'inizio della costruzione, con picchetti d'asse. A questa integrazione provvede il direttore dei lavori.

Nella progettazione classica la strada è formata da tratti rettilinei raccordati con archi di cerchio regolari il cui inizio, sviluppo e termine vengono prima determinati con precisione (a tavolino e laboriosamente) in planimetria (*Fig. 8*) in sede di progettazione, e poi riportati sul terreno con riferimento ai picchetti della linea zero. Nel progetto esecutivo semplificato il disegno della strada viene fatto in planimetria a mano libera, curve comprese che di conseguenza sono "libere", ossia non con raggio rigorosamente costante. Con ciò la strada si adegua maggiormente alla morfologia

del terreno ed è possibile contenere il movimento di terra, anche se a condizione di un tracciato più tormentato.

Per larghezza della strada nel disegno si assume quella della piattaforma stradale (carreggiata + banchine e cunette), normalmente 6, 5 e 4 m (a cui corrispondono altrettanti mm nella scala di 1:1.000) rispettivamente per strade camionabili principali, secondarie, e per strade trattorabili (Fig. 9).

Sulla planimetria si riportano successivamente anche la collocazione delle principali opere d'arte previste nonché delle piazzole per lo scambio dei veicoli e per il deposito provvisorio del legname esboscato, senza escludere che durante la costruzione ne vengano allestite ulteriori.

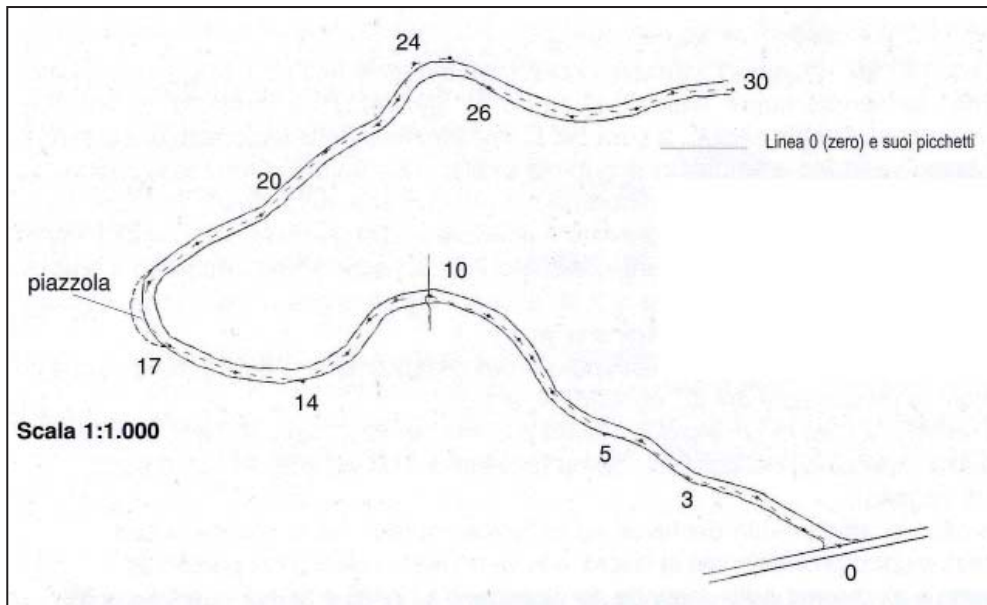


Fig. 9 Planimetria della poligonale nera (ottenuta rettificando la linea zero) per la realizzazione di un progetto completo classico (G. Hippoliti, 2003)

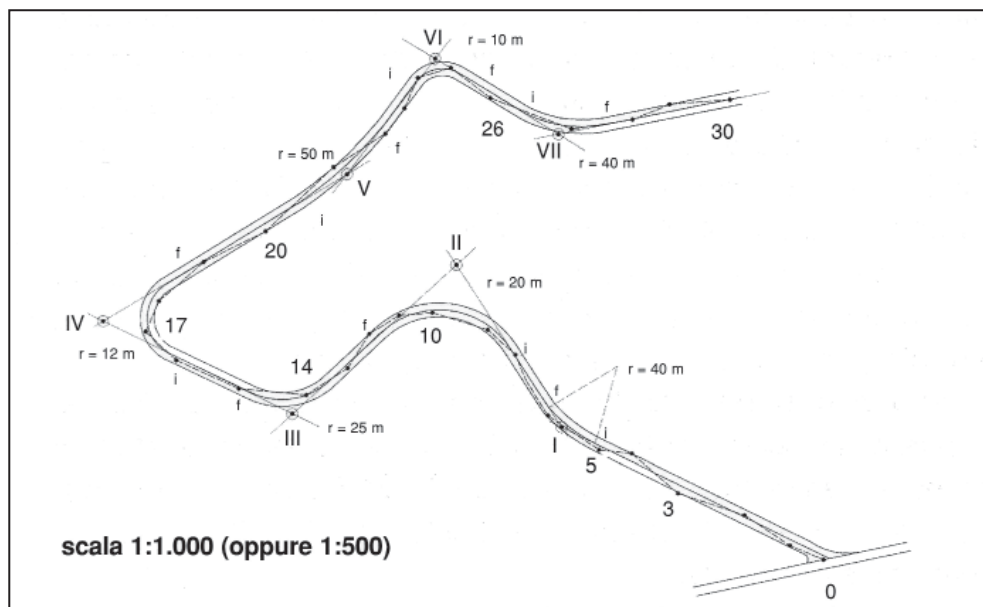


Fig. 10 Planimetria completa con l'inserimento delle curve a raccordare i tratti della poligonale nera (G. Hippoliti, 2003)

Il documento planimetrico viene integrato dal profilo longitudinale del terreno in corrispondenza all'asse stradale, in scala 1:1.000 o 1:500 per le distanze orizzontali (come la planimetria), e in scala 1:100 o 1:50 (ossia 10 volte maggiore della scala delle distanze orizzontali) per i dislivelli, per evidenziare le pendenze.

8.8.2 Sezioni tipo ed opere d'arte tipo

Il disegno della sezione trasversale della strada, in scala 1:50 o 1:100, evidenzia le caratteristiche e le dimensioni minime dell'opera, distinguendo la carreggiata, massciata o inghiajata, la o le banchine, la cunetta longitudinale a monte e le scarpate a monte e a valle con le pendenze mediamente previste. Se la strada si sviluppa a tratti in piano, oltre che a mezza costa, anche in trincea o in rilevato, o se le scarpate sono a tratti in roccia o da sostenere con opere d'arte e perciò più ripide del normale, può essere opportuno disegnare più sezioni tipo, corrispondenti alle diverse situazioni. Ciò è utile sia per dare indicazioni puntuali a chi dovrà realizzare l'opera, che per illustrarne le caratteristiche tipiche a chi deve rilasciare autorizzazioni per la sua costruzione.

Le opere d'arte tipo sono quelle più comuni: canalette trasversali e cunette longitudinali, tombini e guadi per lo scolo delle acque superficiali, muri, scogliere per il sostegno delle scarpate. Anche queste opere vanno disegnate per gli scopi suddetti, in scala appropriata, normalmente fra 1:10 e 1:100, evidenziandone le principali caratteristiche e dimensioni, anche con legende. Opere d'arte più impegnative vanno progettate a parte.

8.8.3 sezioni trasversali

Le sezioni trasversali, in scala 1:100, sono quelle in riferimento ai picchetti della linea zero. Queste, insieme al profilo longitudinale, permettono di precisare (almeno formalmente) la posizione dell'asse della strada, sia in orizzontale che in verticale, in corrispondenza ai picchetti della linea zero, nonché di rilevare le sezioni di scavo e di riporto.

8.8.4 Calcolo di scavi e riporti

Il calcolo dei volumi di scavo e, per controllo, di riporto, viene fatto in base alle relative aree rilevate nelle sezioni trasversali e alle distanze da picchetto a picchetto. Comunque anche questi calcoli possono essere soltanto approssimati e danno risultati esatti soltanto formalmente. Il volume di sterro, da picchetto a picchetto, è dato, in prima ma sufficiente approssimazione, dalla semisomma delle superfici di sterro, evidenziate nelle sezioni trasversali in corrispondenza di due picchetti successivi, moltiplicata per la loro distanza: $Volume\ di\ sterro = ((S_n + S_{n+1})/2) \times l$

Esistono molti sistemi, matematici e geometrici per rilevare le superfici; uno dei più semplici e pratici è il seguente: sul disegno della sezione trasversale, su carta millimetrata 1:100, si misura la distanza verticale h del piano stradale dal profilo del terreno, ogni centimetro, con approssimazione a 1 o a 0,5 mm. Sommando queste altezze h , espresse in cm, e moltiplicandole per la larghezza delle strisce (1 cm) si ottiene la superficie di sterro in cm^2 , a cui corrispondono, in scala 1:100, m^2 .

Esistono anche dei software che consentono di informatizzare completamente la progettazione stradale. Infatti, attraverso il tracciato in pianta, la livelletta, ed una serie di sezioni tipiche, il progettista può intervenire continuamente su ogni parte del progetto vedendo immediatamente le modifiche sulle altre parti. Questi programmi consentono di effettuare il calcolo dei volumi di scavo e riporto con il metodo delle aree ragguagliate o delle distanze ragguagliate ed anche di impostare tutte le sezioni tipo necessarie a definire in dettaglio le strade, tenendo conto delle opere d'arte, delle variazioni di carreggiata e delle cunette. Possono eseguire automaticamente anche il raccordo fra sezioni tipo diverse.

8.9 Il progetto di miglioramento o di manutenzione straordinaria di un tracciato esistente

Preliminarmente va esaminato se il tracciato esistente sia idoneo per essere allargato e migliorato fino ad assumere le caratteristiche di strada, o di pista, come collocazione e pendenze, tenendo conto delle caratteristiche del terreno. Un viottolo o sentiero può essere facilmente allargato alle dimensioni di pista, se situato su terreno stabile e non troppo ripido. Un percorso a fondo naturale può essere massiccato per trasformarlo in strada, ma ciò non ha senso se il tracciato non è collocato in posizione opportuna non soltanto per la singola utilizzazione ma per la gestione del bosco nel suo insieme, o se presenta pendenze eccessive che lo espongono a erosione difficilmente controllabile o che limitano il transito a mezzi speciali o lo consentono soltanto in condizioni particolarmente favorevoli o con carichi ridotti.

La collocazione del tracciato va verificata percorrendolo. Per lunghezze superiori a poche centinaia di metri è opportuno esaminarla anche sulla carta topografica, se il tracciato non vi appare lo si rileva sommariamente e lo si riporta. Le pendenze vanno rilevate sul terreno, percorrendolo, per controllare che rientrino nei limiti, esaminando

contemporaneamente le caratteristiche del terreno (stabilità, impluvi, roccia, zone umide) che possono rendere difficile o inopportuna la trasformazione.

Il miglioramento può comportare anche modifiche del tracciato esistente. Se queste sono rilevanti, se il nuovo tracciato si scosta per più metri e per lunghi tratti da quello vecchio, va elaborato un progetto esecutivo normale.

Il progetto di adeguamento a strada di un tracciato esistente comprende:

- il disegno delle sezioni tipo e delle opere d'arte tipo;
- il calcolo del costo dell'opera, in base al tracciato che va picchettato sul terreno e al suo rilievo;
- per esigenze burocratiche possono inoltre essere necessarie la corografia, la carta catastale, la relazione tecnico-economica e altri elaborati eventualmente richiesti.

9. *La costruzione*

9.1 Modalità di gestione della costruzione

La costruzione di una strada o pista può essere gestita: per appalto, affidandola ad un'impresa terza rispetto al proprietario del bosco e della strada, o in amministrazione diretta.

Nel caso che il committente (il proprietario del bosco e della strada costruenda), o chi la paga, sia un ente pubblico, si devono osservare le procedure e le norme codificate per i diversi casi, oltre che per la progettazione anche per l'affidamento dei lavori, per la designazione del "direttore dei lavori" (che ne controlla l'esecuzione) e del "responsabile della sicurezza", nonché per la verifica e contabilizzazione dei lavori e per il collaudo finale dell'opera.

L'appalto è un contratto per la realizzazione di un'opera, stipulato fra il committente, che paga il lavoro, e l'impresa che lo esegue. Esso comprende, oltre al progetto che deve essere realizzato, il capitolato generale e quello speciale nonché il "piano della sicurezza" del cantiere.

Si ricorre all'appalto della costruzione (compreso anche il "cottimo fiduciario") quando questa richieda attrezzature e personale specializzato, normalmente non disponibili presso aziende forestali. Ciò è frequente in caso di "strade", soprattutto se comportano la realizzazione di opere d'arte impegnative, come muri alti, ponti, ecc..

L'appalto richiede una progettazione dettagliata (il progetto esecutivo completo o classico) e una "direzione lavori" efficiente ed assidua. Quest'ultima è indispensabile non soltanto per l'accettazione dei materiali impiegati nella costruzione, il controllo durante il corso dei lavori ed il collaudo finale dell'opera, ma anche per decidere sugli imprevisti che possono sorgere numerosi durante la sua realizzazione.

Per minuzioso e dettagliato che sia, il progetto non può prevedere tutte le caratteristiche del terreno e spesso si è costretti a ricorrere a "varianti in corso d'opera" come: la presenza di roccia sotto a un sottile strato di terra che può comportare sbanamenti più onerosi del previsto o costringere a modificare a tratti il tracciato; imprevisti affioramenti di acque ipodermiche che rendono necessari drenaggi o tombini supplementari; la presenza di terreno ripido ma stabile che può permettere di tralasciare la costruzione di opere di sostegno delle scarpate; la presenza di tratti instabili, non riconosciuti al momento della redazione del progetto, che costringono a ricorrere ad opere d'arte non preventivate; ecc.. Su tutti questi imprevisti, che possono comportare maggiori costi per una realizzazione tecnicamente valida, ma che possono anche permettere dei risparmi, deve decidere il direttore dei lavori, entro i limiti specificati nel contratto di appalto, nell'interesse del committente che sopporta l'onere della costruzione ma vuole un'opera realizzata a regola d'arte e senza spese superflue. Il direttore dei lavori è normalmente lo stesso progettista, o un tecnico di fiducia (suo e del committente).

Per lo stesso motivo, perché l'opera venga realizzata nel modo migliore ed economicamente, la costruzione va appaltata non in base ad un prezzo stimato sinteticamente "a corpo", ma "a misura". A questo scopo il preventivo del costo dell'opera va formulato analiticamente quantificando l'entità delle singole operazioni:

- sbancamento in terra, in roccia dura;
- scavi a sezione ristretta (per fondazioni, drenaggi);
- realizzazione della massicciata;
- tipo, dimensioni e numero delle opere d'arte...

Il direttore dei lavori può autorizzare, in corso d'opera, eventuali variazioni rispetto a quanto previsto in progetto (e perciò deve essere sempre presente) e deve tenere conto della loro entità nella contabilità al termine dei lavori, per il collaudo ai fini della liquidazione. Variazioni del 10% in più o in meno, rispetto al costo preventivato, sono da considerare normali.

Vantaggio dell'appalto è di sgravare il proprietario o gestore del bosco e della strada dagli oneri del reperimento dei materiali, delle attrezzature e del personale specializzato necessari per la realizzazione dell'opera, e dell'organizzazione del lavoro. Consente inoltre di ridurre in massima parte il rischio di impresa. Infatti il costo dell'opera viene fissato a preventivo, almeno con buona approssimazione.

La costruzione della strada o pista in economia o con gestione diretta si ha quando il proprietario o gestore del bosco organizza il lavoro con il proprio personale ed attrezzature, eventualmente integrati con macchine specialistiche noleggiate; provvede alla scelta ed all'approvvigionamento dei materiali necessari; ricorre a terzi soltanto per limitati lavori specialistici. Questo sistema di gestione permette di ridurre l'elaborazione del progetto allo stretto indispensabile ai fini tecnici (è il progetto semplificato), salvo esigenze di ordine burocratico. Si presta per opere relativamente semplici, in particolare per piste, che non richiedono attrezzature particolarmente specializzate e che non comportano opere d'arte impegnative. Variazioni rispetto al progetto, rese necessarie o opportune in corso d'opera, possono essere adottate facilmente e rapidamente. La contabilità finale formale può essere omessa, comunque è opportuno, ai fini dell'azienda, tenere conto dettagliatamente dei costi sostenuti (manodopera, materiali, attrezzature, noleggi, prestazioni di terzi) per conoscere a posteriori il costo di costruzione effettivo dell'opera. L'esecuzione dei lavori in amministrazione diretta permette anche di distribuire nel tempo le varie fasi del lavoro; ad esempio è opportuno costruire la massicciata a distanza di tempo, anche un anno, dall'apertura della traccia, in modo che nel frattempo i rilevati si siano assestati. Altro vantaggio della gestione in economia, se sono disponibili il personale e le attrezzature necessarie per la realizzazione, è che può permettere notevoli risparmi, soprattutto per opere che non comportano particolari difficoltà. Naturalmente in questo caso anche i rischi di impresa sono a carico di chi la intraprende ed il costo effettivo può risultare molto diverso, sia superiore che inferiore, a quello preventivato. Comunque gli oneri burocratici ed amministrativi, per ottenere le autorizzazioni eventualmente necessarie, restano sempre a carico del proprietario del bosco, di chi gestisce il lavoro di costruzione della strada o pista, e così pure la responsabilità per la sicurezza sul lavoro ed i relativi oneri.

9.2 Sgombero del tracciato

Questo lavoro consiste nel tagliare il soprassuolo e nell'allontanare il legname e la legna che risultano dal tracciato. Il sistema più semplice potrebbe sembrare l'avvallamento del materiale di risulta, a valle del tracciato, ma questo comporta successivamente numerosi inconvenienti, fra l'altro il fatto che legname e legna rischiano di essere coperti da terra e sassi durante lo sbancamento e la formazione della scarpata a valle. Perciò è opportuno lasciare i fusti sramati interi e tirarli a strascico con un verricello oltre il ciglio della futura scarpata a monte: la loro asportazione dal cantiere, dopo l'apertura della traccia, sarà più agevole. In alternativa, se la traccia viene aperta con un escavatore, è possibile agganciarli, durante lo sbancamento, con il braccio della macchina operatrice e depositarli dietro a questa, da dove possono essere successivamente allontanati a strascico con un trattore. Ramaglia, cimali e ceppaie vengono invece depositati poco oltre il piede della futura scarpata a valle, ammassandoli alla base degli alberi che restano in piedi, a mano o con il cucchiaio dell'escavatore durante lo sbancamento del tracciato, a formare un vallo che trattenga sassi e terra che sfuggono mentre si scava o si forma il rilevato. La larghezza della traccia da sgomberare, misurata inclinata lungo il pendio, dipende, oltre che dalla larghezza di sbancamento, dalla pendenza prevista delle scarpate e da quella del terreno (essa può essere rilevata dalle sezioni trasversali). Come già scritto, va tolta tutta la vegetazione fino ad 1 m oltre il ciglio della scarpata a monte e oltre il bordo della banchina a valle, salvo eccezioni. Ciò comporta larghezze di sgombero da 8 a 15 m, crescenti con la pendenza del terreno (dal 20% al 60%); con scarpa a monte ripida, in roccia, questa larghezza si può ridurre. Per semplici piste, su terreni pianeggianti, possono essere sufficienti 4-5 m.

9.3 Apertura del tracciato (sbancamento)

In generale si impiegano apripista su terreni pianeggianti, pale cingolate o escavatori su terreni inclinati (20-40%), esclusivamente escavatori cingolati su terreni ripidi (pendenze > 40%) e/o in presenza di massi, trovanti o roccia. Su terreni pianeggianti, per l'apertura del tracciato, vengono impiegati prevalentemente apripista "industriali" di 60-100 kW di potenza.

Riguardo ai mezzi impiegabili si definiscono:

- apripista detti "industriali" che si distinguono da trattori cingolati agricoli, ai quali è stata applicata una lama apripista (*Foto 51*), per essere più pesanti e di conseguenza capaci di maggior forza di spinta e soprattutto per avere una trasmissione molto più efficiente: convertitore di coppia, cambio automatico, inversore idraulico;
- apripista "agricoli" che sono adatti soltanto per lavori saltuari di semplice spianamento del terreno, che non richiedono troppo frequenti inversioni del senso di marcia;



51. Apertura del tracciato con apripista cingolato

- angledozer, apripista con lama angolabile larga 3-3,5 m, che sono adatti per incidere il versante e spostare, avanzando, la terra verso valle; non sono adatti per movimenti longitudinali di terra, nel senso dell'asse della strada. Per questi sono più idonei i bulldozer, con lama non angolabile, meno larga (di ca. 0,5-0,8 m), e di conseguenza con maggior forza di spinta, e più alta. Comunque anche con bulldozer non è economico muovere longitudinalmente la terra per più di una decina di metri. Ambedue i tipi di apripista possono inclinare ("tiltare") la lama nel piano verticale, per incidere il versante.

Per spostare la terra di poche decine di metri si impiegano pale caricatori cingolate; pale gommate operano economicamente fino a un centinaio di metri di distanza, ma sono poco adatte per sbancare. Per distanze superiori è necessario il trasporto su dumper o autocarri che vengono caricati con lo stesso escavatore che sbanca.

Ovviamente gli apripista lavorano più facilmente e più produttivamente in discesa, perciò la traccia viene aperta dall'alto verso il basso. Se ciò non è possibile, con un primo passaggio dal basso verso l'alto viene aperta una traccia larga il minimo necessario per far passare l'apripista, che successivamente completa il lavoro in discesa.

L'apripista sbanca con più passaggi (avanti e indietro) incidendo il versante inizialmente con la lama inclinata (tiltata) verso monte. Anche in piano, per la costruzione di "strade", è necessario asportare lo strato superficiale del terreno (20-50 cm), ricco di terra e detriti vegetali, in modo che la massicciata venga posata sul terreno minerale. Vanno asportate le ceppaie e le grosse radici, nonché eventuali massi sporgenti dal piano.

Nel caso di brevi tratti in trincea, nei quali non è possibile spingere di lato la terra, è più opportuno impiegare pale cingolate, con le quali il materiale può essere scavato e spostato a qualche decina di metri di distanza molto meglio che con apripista. Per distanze superiori, eccezionali nel caso di strade forestali, si deve ricorrere al trasporto longitudinale con autocarri o dumper, che vengono caricati con un escavatore cingolato. Pale cingolate sono opportune anche per sradicare ceppaie o se si devono spostare massi o grosse pietre o materiale idoneo (breccia, sassi) per formare la massicciata, che può essere depositato, a breve distanza, in punti opportuni per il suo riutilizzo. Invece le pale non sono idonee per caricare autocarri, perché necessitano di spazi di manovra più ampi di quelli disponibili su strette tracce di strade forestali. Operando con apripista o pale la scarpata a valle si forma per caduta della terra, è irregolare e presenta la pendenza naturale, di ca. 2:3. La scarpata a monte, su terreni poco inclinati, è normalmente alta 1 m o poco più e può essere pareggiata a mano dandole la scarpa opportuna, normalmente di 1:1.

Su terreni inclinati e ripidi si effettua lo sbancamento con escavatori cingolati (Foto 52). In condizioni facili (su terreni pianeggianti) questo procede più lentamente che operando con apripista, ma in condizioni difficili le differenze di produttività si attenuano fino ad azzerarsi e la qualità dell'esecuzione è incomparabilmente migliore, purché l'operatore dell'escavatore (e il direttore del lavoro, che lo controlla) sappia il fatto suo.



52. Apertura del tracciato con escavatore cingolato

Con l'escavatore il lavoro procede preferibilmente in salita, da valle verso monte, per tratti di 2-4 m, con le seguenti fasi in successione:

- la ramaglia, i cimali e le ceppaie vengono raccolti e sistemati poco oltre il piede della scarpata a valle, a formare un vallo che trattienga terra e sassi che possono sfuggire, danneggiando la vegetazione e provocando grave pericolo per persone e cose sottostanti. Questo pericolo va tenuto presente già in fase di progettazione (piano della sicurezza) ed ancor più durante il lavoro; va prevenuto, delimitando la zona a rischio e, se necessario, con apposite opere idonee (parasassi, reti);
- il terreno superficiale, ricco di sostanza organica, viene asportato e depositato sopra al ciglio della scarpata a monte oppure viene sparso sopra ai tratti di scarpata precedentemente realizzati, entro il raggio di azione dell'escavatore;
- viene scavato un gradino (o trincea) largo ca. 1 m, profondo fino al terreno saldo, lungo il piede della scarpata del rilevato (ancora da realizzare), per dargli stabilità;
- si procede con lo sbancamento vero e proprio, scavando e posando prima il materiale di grossa pezzatura (massi, sassi) al piede della scarpata del rilevato, sulla trincea o gradino predisposto, poi quello più minuto, che sarà compattato premendovi contro con il cucchiaio. Gli escavatori possono essere a duplice snodo (primo braccio "a collo d'oca") o a triplice snodo. Questi ultimi sono più indicati per operare sulle strette tracce delle strade forestali, in particolare se devono movimentare massi; infatti, necessitano di meno spazio per ruotare la torretta di 180° col carico nel cucchiaio. La disponibilità di massi e grossi sassi, posati accuratamente, permette di dare alla scarpata del rilevato pendenze maggiori (fino a 2:1) di quelle che si formano con l'apripista e gli conferiscono una migliore stabilità, permette inoltre di contenere l'entità degli scavi e la larghezza di ingombro della strada; infine si completa il modellamento della scarpata a monte. I grossi sassi in esubero vanno posti al piede di questa scarpata e vi vanno premuti contro con il cucchiaio, per consolidarla;



- le scarpate (Foto 53) alte vanno sistemate durante lo sbancamento dando loro la pendenza opportuna, scoronandone il ciglio a monte e prendendo i provvedimenti opportuni per il loro inerbimento, necessario per frenare l'erosione superficiale.

53. Scoronamento della scarpata a monte con escavatore

Rimandare questo lavoro alla fine della costruzione della strada può comportare difficoltà e costi maggiori. Dovendo procedere a sbancamenti in roccia, se questa è friabile è possibile demolirla con il cucchiaio (“da roccia”) dell’escavatore (apripista e pale non sono idonei per operare in roccia); se è compatta si ricorre ai “martelloni”, demolitori azionati idraulicamente dagli escavatori. In casi eccezionali si fa ricorso agli esplosivi, che richiedono personale specializzato per il loro impiego, nonché diverse autorizzazioni (Questura, Comune) e il rispetto di complesse, minuziose e molto onerose procedure. Il materiale di risulta, da sbancamenti e scavi, viene (possibilmente tutto) riutilizzato nella costruzione dei rilevati e del corpo stradale, quello di maggiore pezzatura per la realizzazione di scogliere o gabbioni o per rinforzare i bordi, in particolare quello a valle, della carreggiata, e per delimitare e consolidare il piede della scarpata a monte; quello minuto (scaglie, breccia, ghiaia) per formare la massicciata. Materiale di risulta non riutilizzabile in cantiere deve essere portato a una discarica autorizzata. Questa deve essere tempestivamente individuata in progetto (nella relazione tecnica e in cartografia) e ne vanno chieste ed ottenute le autorizzazioni all’uso. Comunque lo smaltimento di materiale in eccesso, con trasporto longitudinale, è sempre molto oneroso e a volte quasi impossibile poiché comporta anche rilevante usura della strada di accesso al cantiere per il transito di autocarri pesanti. Essendo escluso il suo rilascio incontrollato a valle del tracciato, per motivi sia di stabilità idrogeologica delle scarpate che paesaggistici, è necessario cercare di compensare scavi e riporti già al momento della redazione del progetto.

9.4 Formazione di rilevati

Strade costruite a mezza costa hanno il corpo stradale posto in parte (per il 50-65%) su terreno sodo ed in parte su terreno riportato, poco compatto e soggetto ad assestamento nel tempo. Le scarpate dei riporti hanno pendenza modesta, soprattutto operando con apripista o pale, e sono facilmente erodibili. Inoltre le differenze di struttura e compattezza fra il rilevato e il terreno sodo sottostante possono dare luogo ad un piano di scivolamento pericoloso, soprattutto in presenza di uno strato organico sul sodo (lettiera, erba) e di emergenze idriche, anche su pendenze modeste, e, col tempo, a conseguenti smottamenti di parte del corpo stradale. Per ovviare a questi pericoli è necessario:

- asportare dal terreno, sul quale si posa il rilevato, la parte superficiale contenente sostanza organica, ceppaie comprese, che va successivamente sparsa sopra le scarpate per favorire l’attecchimento della vegetazione;
- consolidare il piede della scarpata formandolo con massi e grossi sassi posati con escavatore (non lasciati semplicemente cadere) su un piano o in una stretta trincea fondata su terreno sodo (perciò è opportuno individuare e segnare il piede del rilevato sul terreno);
- gradonare il terreno sul quale si posa il rilevato, ma senza smuovere massi saldi emergenti, in modo da ottenere una superficie di contatto, fra sodo e riporto, orizzontale (anche a scalini) e ruvida;
- in presenza di emergenze idriche nello sbancamento occorre allontanare le acque con drenaggi o cunette lungo il lato a monte del corpo stradale. Su scarpate ripide, prima di spargervi la terra organica, è opportuno fissare in orizzontale, con picchetti, coppie di stanghe, una sopra l’altra, a distanza di 1,5-2 m, per trattenere inizialmente la terra e facilitare l’insediamento della vegetazione. Piantare i picchetti nel riporto è agevole, le stanghe possono normalmente essere reperite nel soprassuolo circostante.

9.5 Costruzione delle opere d'arte

L'acqua è il principale fattore di degradazione di strade e piste: agisce per erosione superficiale, asportando limo, sabbia e ghiaia dalla carreggiata, riducendone la compattezza e con ciò la solidità e la portanza. L'energia erosiva dell'acqua aumenta con la sua concentrazione (quantità) e velocità, ossia con la lunghezza e pendenza del suo percorso sulla strada. Per ridurre la concentrazione si dovrebbe dare al piano stradale un profilo trasversale convesso, per ottenere lo sgrondo laterale delle acque meteoriche verso valle e nella cunetta longitudinale a monte della carreggiata.

Nella pratica questo profilo "a schiena d'asino" viene presto deformato dalle ruote di veicoli pesanti, che vi imprimono degli avvallamenti (le "rotaie"), anche soltanto molto modesti, nei quali l'acqua si concentra e scorre. Finché la pendenza della strada è contenuta, entro il 10% (circa), l'acqua non assume energia sufficiente per erodere la carreggiata. Ma su pendenze superiori è necessario allontanarla dalla carreggiata con opere trasversali, la cui spaziatura si deve ridurre con l'aumentare della pendenza e della conseguente energia erosiva dell'acqua. Su pendenze superiori al 14% l'erosione idrica diventa rilevante e la manutenzione di queste opere diventa sempre più onerosa. Soltanto una superficie compatta come l'asfalto, il lastricato o simili strutture, possono resistere a lunga scadenza ma si può ricorrere a queste pavimentazioni soltanto in casi eccezionali e per brevi tratti, a causa del loro costo e per motivi tecnici. Infatti l'asfalto viene rovinato dai cingolati e dal legname avvallato, è difficile da mantenere e, se si deteriora, comporta maggiori inconvenienti e induce i veicoli a velocità eccessive.

L'acqua inoltre si infiltra e penetra nel corpo stradale e nel sottofondo ammorbidendoli e predisponendo la loro deformazione sotto l'azione delle ruote di veicoli pesanti. Perciò si devono prendere accorgimenti, oltre che per eliminare l'acqua dalla superficie della carreggiata, per evitare o almeno ridurre infiltrazioni, sia da sopra che lateralmente alla carreggiata, per tenere il più possibile asciutto il corpo stradale.

Inoltre su piste (a fondo naturale) e su massicciate poco compatte è opportuno interdire il transito a veicoli pesanti in periodi piovosi.

9.6 Formazione della massicciata

Su sottofondi ad elevata portanza, rocciosi o ciottolosi o compattati dal transito di veicoli in passato, si spiana il sottofondo con apripista, o con pala cingolata operando all'indietro (a benna rovescia), poi si carica uno strato di breccia o ghiaia di 5-10 cm di spessore per pareggiare le irregolarità del fondo. Un successivo strato di copertura di ghiaietto o brecciolino misto a sabbia (4-15 mm) di 2-3 cm è opportuno su strade importanti.

In condizioni normali il sottofondo è formato in parte da terreno riportato. In questo caso è opportuno lasciar trascorrere un anno fra l'apertura del tracciato, che comprende la formazione dei rilevati e la costruzione della massicciata, per permettere che i riporti si assestino. Nel frattempo il tracciato ha carattere di pista; può essere percorso da mezzi pesanti soltanto a fondo asciutto e deve essere difeso dall'erosione con canalette trasversali provvisorie.

Prima di posare la massicciata il sottofondo va pareggiato ed eventualmente compattato con rullo vibrante. Poi si carica lo strato portante della massicciata, normalmente di 10-25 cm di spessore, formato da ghiaione o breccione (40-71 mm).

Su sottofondi a portanza scarsa, che richiedono uno strato portante di maggior

spessore, lo si forma in due riprese. Per la prima si impiegano inerti di maggiore pezzatura, anche ciottolame e pietrame o *tout venant* idoneo, e si compatta questo strato con rullo vibrante. Sassi e pietre di maggiore pezzatura vanno sistemati nei bordi della massicciata, per irrobustirli e delimitarli. Se è prevista una cunetta triangolare lungo il piede della scarpata a monte, il primo strato portante viene proseguito, con spessore decrescente, fino al piede della scarpata, di conseguenza la sua larghezza è di ca. 50 cm superiore a quello della massicciata prevista. Poi si riporta il secondo strato portante, di 5-10 cm di spessore, formato da ghiaia o breccia (10-40 mm), la cui funzione è di intasare e irrigidire il primo (è formato da inerti di minori dimensioni di quelli del primo). Anche questo strato va compattato con rullo vibrante. Questo secondo strato portante si ferma a ca. 50 cm dal piede della scarpata a monte, per delimitare la cunetta triangolare. A questo punto si sistemano le eventuali canalette trasversali definitive, sostituendo quelle provvisorie. Se queste non ci sono è necessario scavare la loro sede nella massicciata, cosa più onerosa.

Successivamente viene riportato lo strato coprente, di brecciolino o ghiaietto, possibilmente calcareo, per uno spessore di 2-5 cm. È opportuno che questo materiale contenga una piccola frazione di sabbia e limo, con funzione di sigillante. Anche questo strato va rullato.

Attraversando terreni molto umidi o torbosi si può migliorare la portanza del sottofondo ricorrendo a una robusta stuoia geotessile (“tessuto non tessuto”). Si spiana il tracciato (eventuali ceppaie vanno tagliate raso terra e lasciate in sito), si stende sopra una stuoia e la si carica con ghiaione per uno spessore di 20-30 cm e successivamente con un secondo strato di ghiaia di 5-10 cm di spessore. Ciottoli e sassi vanno sistemati lungo i bordi della massicciata, per delimitarli. La stuoia deve sporgere oltre i bordi della carreggiata per almeno 20-30 cm. Lungo il lato a monte della carreggiata, separata da questa da una banchina larga almeno 50 cm, è indispensabile una profonda cunetta trapezoidale, o un drenaggio efficiente.

Per la compattazione degli strati portanti della massicciata si impiegano rulli compressori vibranti trainati o semoventi, o piastre vibranti portate da trattori. Questa operazione fa penetrare gli inerti di minori dimensioni fra quelli maggiori intasando gli spazi vuoti, dando compattezza alla massicciata e migliorandone con ciò le caratteristiche e le prestazioni. Il costo di questo lavoro, che nella pratica spesso viene omesso, è compensato dalla maggiore durata ed efficienza della massicciata.

Lo strato coprente viene compattato con rullo statico, o riducendo la vibrazione.

La larghezza di rulli compattatori piccoli e medi va da 0,5 a 1,5 m; piastre vibranti sono formate da più elementi collegati elasticamente, per la stessa larghezza complessiva. Perciò la compattazione viene fatta iniziando con un primo passaggio lungo il bordo esterno (a valle) della massicciata, poi lungo quello interno (verso la scarpata a monte), e infine lungo la striscia centrale, e ripetendo più volte l'operazione. Si inizia dai bordi esterni per evitare che le vibrazioni spingano gli inerti fuori dalla massicciata; allo stesso scopo può essere opportuno staccare la vibrazione per il primo passaggio. La velocità di lavoro dei rulli vibranti è dell'ordine di 1 km/h, ancor minore è quella delle piastre vibranti, perciò i trattori che li trainano o portano ed azionano devono essere dotati di superriduttori.

10. *La manutenzione*

10.1 Lo scopo della manutenzione

Scopo della manutenzione è conservare la strada in efficienza oviando all'usura provocata dal traffico e alla degradazione causata dall'acqua. Veicoli pesanti (autocarri e rimorchi carichi) sollecitano staticamente la carreggiata e ne provocano la deformazione e la formazione di rotaie, se la massicciata è inadeguata. In queste rotaie l'acqua si concentra e, penetrando nella massicciata e nel sottofondo, li ammorbidisce e ne riduce la compattezza e la portanza, col che il fenomeno si accentua. Il cedimento di tutto il corpo stradale, o di opere di sostegno, sotto il peso di veicoli è un fenomeno dovuto all'eccesso del carico per il quale la strada non era stata dimensionata, o a cause eccezionali. Veicoli relativamente veloci (autovetture, veicoli scarichi) sollecitano dinamicamente la carreggiata, soprattutto nelle curve, usurando lo strato superficiale coprente della massicciata e proiettando verso l'esterno sabbia e ghiaia: il sottostante strato portante progressivamente viene scoperto e se ne riduce gradualmente la compattezza. Spesso questo danno è evidente su vecchie massicciate a *Macadam* per le quali è stata trascurata la manutenzione (le pietre dello strato portante profondo sono scoperte e prima o poi si allentano). Su carreggiate bagnate i pneumatici di veicoli veloci risucchiano e asportano il materiale minuto e provocano la formazione di buche e ondulazioni, fenomeno particolarmente evidente su tratti di strada pianeggianti, sui quali l'acqua ristagna.

I cingolati incidono lo strato coprente della massicciata con le creste delle suole e lo allentano.

L'acqua meteorica erode le carreggiate più ripide, in particolare se si sono formate le rotaie. Sabbia e ghiaia asportate vanno a intasare, insieme a foglie e rametti, le cunette e le canalette, rendendole inefficienti e aggravando il fenomeno. L'acqua erode scarpate ripide, in particolare se non rivestite da vegetazione, o, imbevendole, ne può provocare lo smottamento. Precipitazioni concentrate possono portare residui vegetali e terra da monte e intasare tombini, col che l'acqua scorre sulla strada portandovi materiale, finché non traborda a valle ed erode la scarpata fino a far franare il rilevato. Gelo e disgelo provocano l'ammorbidimento del sottofondo e l'allentamento della massicciata, se vi è penetrata l'acqua.

Per limitare questi fenomeni, si distinguono:

- la manutenzione ordinaria (o corrente), avente lo scopo di prevenire o almeno contenere la degradazione della strada, eliminandone le cause o oviandovi tempestivamente;
- la manutenzione straordinaria (o periodica), che provvede a rimediare a danni e degradazioni ormai avvenuti.

Strade costruite accuratamente comportano minori costi di manutenzione. Per costruzioni sommarie e inadeguate al traffico che vi insiste l'onere della manutenzio-

ne è più elevato. Trascurare la manutenzione ordinaria costringe a interventi straordinari più frequenti e comporta costi di manutenzione complessivi più elevati. Al contrario di strade bianche le strade asfaltate richiedono meno manutenzione ordinaria, ma comportano interventi di manutenzione straordinaria più complessi, più costosi e di incerta efficacia.

10.2 Riferimenti normativi

Aspetti autorizzativi ed opere di manutenzione (LR n. 39 del 21/03/2000 aggiornata al 16/03/2010) e relativo Regolamento (art. 48).

La Legge Forestale della Toscana LR n.39/00 e s.m.i. all'art. 49 definisce quali sono le opere connesse al taglio dei boschi e individua, anche attraverso il relativo regolamento forestale, le modalità autorizzative delle varie opere. In particolare : *"Sono opere connesse al taglio dei boschi quelle necessarie all'esecuzione dei lavori di taglio e d'esbosco dei prodotti legnosi, la loro esecuzione è disciplinata dal Regolamento forestale ed esse comprendono:*

- a) la manutenzione ordinaria e straordinaria e l'adattamento funzionale delle strade e piste forestali, inclusa la realizzazione delle opere necessarie alla regimazione delle acque superficiali;*
- b) la realizzazione di piste temporanee d'esbosco, che non comportino rilevanti movimenti e modificazioni morfologiche del terreno e che siano oggetto di ripristino al termine dei lavori;*
- c) la realizzazione, senza l'ausilio di mezzi meccanici per la movimentazione di terreno, di nuovi sentieri o mulattiere per l'accesso ai boschi di persone o bestiame da soma;*
- d) la realizzazione di condotte o canali temporanei per l'avvallamento ed il trascinamento del legname e di linee d'esbosco con teleferiche, gru a cavo o similari, che non comportino asportazione di ceppaie e che siano oggetto di ripristino al termine dei lavori;*
- e) la realizzazione di imposti e piazzali temporanei per il deposito del legname, che siano oggetto di ripristino al termine dei lavori."*

L'autorizzazione della Provincia o della Comunità Montana o Unione di Comuni non è richiesta per i lavori di manutenzione ordinaria della viabilità esistente.

Il regolamento forestale inoltre, individua i casi in cui, per l'esecuzione di opere di manutenzione straordinaria della viabilità forestale esistente e per la realizzazione di nuovi sentieri e mulattiere, l'autorizzazione può essere sostituita da dichiarazione d'inizio dei lavori.

Regolamento forestale art. 45: "La realizzazione delle opere permanenti è soggetta ad autorizzazione previa presentazione di un progetto esecutivo e valutazione del rapporto tra l'entità del tracciato previsto e la superficie boscata servita, anche in riferimento alla viabilità già esistente".

L'apertura di nuove piste temporanee di esbosco e la realizzazione di imposti e piazzali temporanei per il deposito del legname, che comportano movimenti di terra, sono soggette ad autorizzazione. *Regolamento Forestale art. 46: "L'apertura di nuove piste temporanee di esbosco è autorizzabile con larghezza massima di 3 m con tolleranza del 20% e altezza delle scarpate mediamente non superiore a 1 m. L'altezza delle scarpate è aumentabile a 1,5 m nel caso di pendenze del terreno superiori al 40%".*

La riapertura delle piste esistenti è soggetta alle norme relative alle manutenzioni (art. 48 Regolamento Legge Forestale Toscana).

“Non è soggetto ad autorizzazione l'avvallamento o il trascinamento del legname, nonché il transito di mezzi meccanici nella superficie delle tagliate per il taglio e l'esbosco. Qualora le suddette operazioni abbiano determinato la scopertura del suolo o solchi profondi nel terreno, devono essere attuati interventi di ripristino al termine delle operazioni di esbosco. La realizzazione di imposti e piazzali temporanei per il deposito del legname, di condotte, canali temporanei e linee di esbosco, che comporta unicamente il taglio della vegetazione esistente, è soggetta ad autorizzazione o dichiarazione a seconda della natura del taglio a cui l'intervento è connesso.

Alla domanda di autorizzazione o alla dichiarazione di taglio deve essere allegata carta topografica con indicazione dei tracciati previsti e delle relative ampiezze. Nel caso di linee d'esbosco che si prevede vengano utilizzate per il transito di trattori e nel caso di imposti o piazzali temporanei, l'indicazione del tracciato o dell'area deve essere riscontrabile sul terreno mediante picchetti o tracce sulla vegetazione esistente.”

“La realizzazione delle strisce di penetrazione, necessarie per l'utilizzo delle macchine abbattitrici o abbattitrici/allestitrici, è soggetta ad autorizzazione salvo che nelle fustaie pure o a prevalenza di pino marittimo, d'Aleppo, nero e laricio, di cipressi esotici e di chamaecyparis, nei casi in cui sia autorizzato o consentito il taglio della vegetazione esistente sulla striscia e non vi sia necessità di altro intervento, il transito non è soggetto ad alcun atto abilitativo a condizione che sia effettuato su strisce di penetrazione della larghezza massima di metri 5 intervallate mediamente da una distanza minima di 15 metri. Le strisce di penetrazione devono essere poste ad una distanza minima di 10 metri dal margine del bosco. In tutti i casi le eventuali ceppaie di latifoglie poste sulle strisce di transito dovranno essere protette con ramaglia dal transito dei mezzi e ricestate prima dell'inizio della stagione vegetativa”.

Al termine del taglio e delle operazioni ad esso connesse, tutte le opere temporanee devono essere ripristinate in modo da garantirne il rapido rinsaldamento, mediante lo sbarramento al transito, il livellamento superficiale, la regolazione delle acque di scorrimento ed il trattenimento del terreno e, qualora necessario, anche con la messa in opera di traverse in legno nei tratti in maggiore pendenza, e la ricopertura con strame organico, quale fogliame e ramaglia di varia pezzatura posta a diretto contatto con il terreno. L'ente competente può prescrivere che al termine dei lavori siano eseguite ulteriori opere quando ciò sia necessario al suddetto ripristino o se ritiene che le piste non siano più idonee o compatibili con l'assetto idrogeologico dell'area considerata.

10.2.1 la manutenzione ordinaria

Riguardo alle opere di manutenzione: *Regolamento Forestale art. 48: “nelle strade, piste, piazzali ed imposti permanenti esistenti è liberamente esercitabile la manutenzione ordinaria che non comporta modificazioni delle dimensioni delle opere o la risagomatura andante delle scarpate”.*

Per manutenzione ordinaria si intende, in particolare:

- a) il livellamento del piano viario o del piazzale;*
- b) il ricarico con inerti;*
- c) la ripulitura e la risagomatura delle fossette laterali;*
- d) il tracciamento o il ripristino degli sciacqui trasversali;*
- e) il ripristino di tombini e di attraversamenti esistenti;*

- f) *la rimozione di materiale franato dalle scarpate e la risagomatura localizzata delle stesse;*
- g) *il rinsaldamento delle scarpate con graticciate o viminate;*
- h) *il taglio della vegetazione arbustiva, la potatura della vegetazione arborea e il taglio delle piante sradicate o pericolanti;*
- i) *la sostituzione della pavimentazione esistente;*
- j) *gli scavi da effettuarsi nella sede stradale per la posa di tubazioni, a condizione che non comportino modificazioni dell'ampiezza della sede stradale o la risagomatura andante delle scarpate e che si tratti comunque di scavi di dimensioni non superiori a 1 m di larghezza e 1,5 m di profondità.*

Nei sentieri e mulattiere è liberamente esercitabile la manutenzione del fondo e delle scarpate destinata a consolidare e rendere agibile il tracciato esistente”.

Senza prescindere dalla definizione delle Legge Forestale cui si rinvia per verificare il tipo di autorizzazione eventualmente necessaria per l'esecuzione dei lavori, dal punto di vista tecnico per manutenzione **ordinaria** si intendono essenzialmente nei seguenti interventi:

- **controllo e ripulitura di canalette, cunette, tombini.** Questo è l'intervento di manutenzione più importante per la conservazione della strada, va fatto dopo ogni pioggia, soprattutto dopo quelle di entità rilevante, (l'ideale sarebbe farlo subito prima, ma è difficile ...) per liberare e rendere efficienti queste opere prima della successiva, comunque va fatto periodicamente con frequenza crescente con la pendenza della strada e l'intensità del traffico che la percorre;
- **controllo e sistemazione di piccole erosioni e sgombero di piccoli smottamenti delle scarpate.** Intervenendo tempestivamente è possibile arrestare questi fenomeni al loro insorgere con opere e provvedimenti semplici ed economici, come graticciate, piccole palizzate, grate, apposite reti tessili, o anche soltanto con ramaglia gettata e fissata sopra il tratto franoso. Comunque soltanto l'inerbimento può fermare definitivamente l'erosione;
- **riparazione di brevi tratti della massicciata che si sono allentati o dai quali è stato asportato lo strato superficiale coprente**, come p.e. le buche che si formano in tratti pianeggianti. Per questo è necessario:
 - ripulire di terra, sabbia e materiale sottile incoerente questi tratti;
 - riportarvi pietrisco o ghiaia (15-40 mm) e compattarlo, anche soltanto con attrezzi manuali;
 - coprirlo con graniglia o ghiaietto (0-10 mm), sabbia e limo e ricompattare il tutto. Limitarsi a spargere su questi tratti il materiale ricavato dalla pulizia delle cunette è insufficiente, questo materiale minuto (sabbia, limo) può servire soltanto per la copertura finale;
- **riparazione delle opere d'arte**, in particolare delle fondazioni di opere di sostegno, se erose.

Per la manutenzione ordinaria le strade devono essere percorse più volte all'anno. Essa non comporta il ricorso a rilevanti quantità di inerti e di altri materiali né l'impiego di attrezzature o personale specializzati; importante è invece la sua tempestività. Perciò a questi lavori provvede normalmente il proprietario o gestore della strada col proprio personale.

10.2.2..La manutenzione straordinaria

Ai sensi del Regolamento Forestale art. 48, comma 3 sono soggetti a dichiarazione, da produrre almeno 20 giorni prima dell'inizio dei lavori, i seguenti interventi di manutenzione straordinaria:

- a) *realizzazione di tombini e di attraversamenti nelle strade e piste permanenti, a condizione che gli scavi siano immediatamente ricolmati. Gli attraversamenti da porre in corrispondenza di impluvi o fossetti devono prevedere adeguate opere di scolmatura delle acque di piena, quali opere di canalizzazione o scarpata ed alveo appositamente consolidati in pietrame, in modo che le acque stesse possano scorrere senza danno della sede stradale, riversandosi a valle senza determinare fenomeni di erosione;*
- b) *risagomatura delle scarpate nelle strade e piste permanenti, a condizione che non sia allargata la sede stradale e che i lavori siano destinati al rinsaldamento delle scarpate stesse o alla realizzazione di opere per la regimazione delle acque, quali la realizzazione di fossetta a lato della sede stradale e altre opere similari;*
- c) *interventi per l'utilizzazione delle piste temporanee di esbosco e degli imposti temporanei esistenti, consistenti nel taglio, senza estirpazione, della vegetazione arbustiva e di quella arborea insediatasi successivamente al precedente taglio boschivo;*
- d) *muri di sostegno che non comportino sbancamenti ma solo movimenti superficiali di terreno, purché sia assicurato il drenaggio delle acque;*
- e) *trasformazione di strade a fondo naturale in strade a fondo asfaltato o lastricato, purché le strade stesse siano dotate di opere per la raccolta e la regimazione delle acque atte ad evitare alterazioni della circolazione delle acque nei terreni limitrofi ed incanalamenti delle acque nella sede stradale.*

Sono soggetti ad autorizzazione i seguenti interventi di manutenzione straordinaria (Regolamento Forestale art. 48, comma 4) ,

- a) *interventi per il ripristino di piste temporanee di esbosco e di imposti temporanei effettuati tramite movimenti di terreno attuati per il livellamento del piano viario o del piazzale, la risagomatura puntuale o andante della scarpata o la rimozione del materiale franato dalla scarpata;*
- b) *tutti gli altri interventi di manutenzione straordinaria, di adeguamento funzionale e di allargamento della viabilità o degli imposti.*

Nell'ambito dei lavori consentiti od autorizzati non devono computarsi come allargamenti della sede stradale le modeste variazioni della larghezza della stessa (entro il 20 % della larghezza originaria) connesse ai movimenti di terreno superficiali attuati per la manutenzione, purché non vengano eliminate le esistenti opere di regimazione delle acque”.

Sono inoltre interventi soggetti ad autorizzazione:

- l'allargamento della sede stradale oltre il 20% della larghezza;
- l'estirpazione delle ceppaie;
- la creazione di opere di retta che comportino movimenti non superficiali del terreno.

Dal punto di vista tecnico la manutenzione straordinaria viene normalmente eseguita ogni 10-15 o più anni, per ripristinare lo strato coprente, andantemente usurato per lunghi tratti, e/o per rifare in parte o tutta la massicciata degradata da traffico eccessivo o da fenomeni meteorici eccezionali, o addirittura di tratti del corpo stradale, nonché per la costruzione di ulteriori tombini o opere di sostegno o di attraversamento di impluvi, o per il loro radicale rifacimento. I lavori di manutenzione straordinaria richiedono l'apporto di rilevanti quantità di inerti idonei (da 0,1 a 0,3 m³

per metro di lunghezza della strada soltanto per gli interventi sulla massicciata) e di altri materiali, nonché il ricorso ad attrezzature e personale specializzati, ed una progettazione adeguata, perciò per la loro realizzazione è necessario un progetto, più o meno dettagliato secondo le necessità, ed è spesso opportuno il ricorso all'appalto a imprese specializzate.

11. *Cenni sui costi di costruzione e manutenzione*

La stima del costo di costruzione, con un progetto semplice, può essere soltanto approssimativa, sufficiente nel caso di costruzione in economia ma non sempre per l'appalto dell'opera e per la relativa contabilità finale.

Nel caso di piste (a fondo naturale e prive di opere d'arte) il costo dipende quasi esclusivamente dall'entità e dalla natura dello sbancamento necessario per l'apertura del tracciato (p.e. con incisione del versante di 2 m si devono sbancare da 0,5 a 2 m³ per metro di pista su terreni con pendenza dal 20 al 50%). In alternativa si può stimare il costo della macchina movimento terra (normalmente apripista, o pala cingolata, eccezionalmente escavatore cingolato) impiegata per aprire il tracciato (mediamente queste macchine possono allestire da 200 a 50 m di pista al giorno, su terreni con pendenza dal 20 al 50%).

Nel caso di strade la stima del costo di costruzione comprende le seguenti voci:

- **sgombero del tracciato dalla vegetazione**, per una larghezza di 8-15 m secondo le dimensioni della strada, della natura del terreno e crescente con la sua pendenza;
- **sbancamenti**, in terra o in roccia: con incisione del versante di 2,5-3 m è necessario sbancare 0,8-1/2-3/4-7 m³ per metro di strada su pendenze del terreno del 20, 40 e 60%. La presenza di roccia permette scarpate più ripide e riduce di conseguenza il volume di sbancamento (del 20-40%), ma comporta costi maggiori;
- **opere per lo sgrondo delle acque** (tombini, cabalette, cunette, ecc.), da calcolare in base al loro numero e relativo costo medio unitario;
- **opere per l'attraversamento di corsi d'acqua o di rilevanti incisioni del terreno** (ponti, tomboni, guadi, selciati, ecc.), la cui progettazione va fatta a parte e il cui costo va calcolato analiticamente;
- **opere di sostegno delle scarpate e del corpo stradale**, se presenti: vengono calcolate in base al tipo, al loro volume (muri, gabbionate) o alla superficie a vista (scogliere, caselle o arce);
- **inerbimento delle scarpate**, ove necessario, mediante semina di miscugli idonei, in base alla loro superficie (lunghezza media della scarpata stimata per la lunghezza della strada); distinguere la scarpata a monte da quella a valle (più facile da trattare);
- **formazione della massicciata**, si calcola in base al volume di materiale necessario (ghiaione, breccia, ecc.), dato dalla larghezza della massicciata nella sezione tipo per il suo spessore e per la lunghezza della strada. Il costo a metro cubo comprende la sua messa in opera (distribuzione del materiale sulla piattaforma, sua compattazione, ecc.), oltre all'eventuale acquisto e trasporto degli inerti in cantiere, cosa normalmente necessaria almeno per il materiale dello strato superficiale di copertura (sigillante);

- il “**costo della sicurezza**”, ossia dei provvedimenti specifici per ridurre i rischi di incidenti: viene normalmente espresso in percentuale e normalmente si aggira intorno al 6-8% del costo di costruzione dell’opera;
- il **costo della progettazione, della direzione dei lavori e del collaudo**; anche questo viene espresso come percentuale del costo di costruzione.

Di seguito sono riportate alcune voci di costo presenti nel Prezziario Regionale per Interventi ed Opere Forestali aggiornato come da delibera di Giunta Regionale n. 1091/2008.

108. Apertura pista forestale di servizio a fondo naturale della larghezza 2,5-3 metri, con pendenza media non superiore al 5% in terreno di qualsiasi natura, consistenza e pendenza, compresi scavi, rilevati, cunette in terra, regolarizzazione delle scarpate, dei cigli e del piano viario e quanto altro occorra per dare l’opera compiuta a regola d’arte.

Analisi per 100 metri lineari	Costo operaio tempo ind.+ costi variabili macchina (€)	Costo operaio tempo ind.+ costi totali macchina (€)
	2379,41	2656,50

114/a. Manutenzione di piste forestali permanenti, larghezza media 2,5-3 m, da eseguire 1 volta l’anno; gli interventi comprendono il livellamento del piano viario, la ripulitura e risagomatura delle fossette laterali, il ripristino degli sciacqui trasversali, di tombini e di attraversamenti esistenti, la rimozione di materiale franato dalle scarpate e la risagomatura delle stesse, il taglio della vegetazione arbustiva e/o decespugliamento.

Analisi per 1.000 metri lineari	Costo operaio tempo ind.+ costi variabili macchina (€)	Costo operaio tempo ind.+ costi totali macchina (€)
	1518,00	1730,52

114/b. Manutenzione piste forestali permanenti, larghezza media 2,5-3 m, da eseguire ogni 4-5 anni; gli interventi comprendono il livellamento del piano viario, il ricarico localizzato con inerti, la ripulitura e risagomatura delle fossette laterali, il tracciamento e ripristino degli sciacqui trasversali, il ripristino di tombini e di attraversamenti esistenti, la rimozione di materiale franato dalle scarpate e la risagomatura delle stesse, il rinsaldamento delle scarpate con graticciate e viminate, il taglio della vegetazione arbustiva e/o decespugliamento.

Analisi per 1.000 metri lineari	Costo operaio tempo ind.+ costi variabili macchina (€)	Costo operaio tempo ind.+ costi totali macchina (€)
	2783,00	3150,36

115/a. Manutenzione di strada forestale di servizio, larghezza media 4 m, da eseguire 1 volta l’anno; gli interventi comprendono il livellamento del piano viario, il ricarico puntuale con inerti, la ripulitura e risagomatura delle fossette laterali, il tracciamento e ripristino degli sciacqui trasversali, il ripristino di tombini e di attraversamenti esistenti,

la rimozione di materiale franato dalle scarpate e la risagomatura delle stesse, il taglio della vegetazione arbustiva e/o decespugliamento.

Analisi per 1.000 metri lineari	Costo operaio tempo ind.+ costi variabili macchina (€)	Costo operaio tempo ind.+ costi totali macchina (€)
	4301,00	4952,48

115/b. Manutenzione di strada forestale di servizio, larghezza media 4 m, da eseguire ogni 4-5 anni; gli interventi comprendono il livellamento del piano viario, il ricarico andante con inerti, la ripulitura e risagomatura delle fossette laterali, il tracciamento e ripristino degli sciacqui trasversali, il ripristino di tombini e di attraversamenti esistenti, la rimozione di materiale franato dalle scarpate e la risagomatura delle stesse, il rinsaldamento delle scarpate con graticciate e viminate, il taglio della vegetazione arbustiva e/o decespugliamento.

Analisi per 1.000 metri lineari	Costo operaio tempo ind.+ costi variabili macchina (€)	Costo operaio tempo ind.+ costi totali macchina (€)
	5692,50	6546,38

116. Realizzazione di canaletta trasversale alla sede stradale per lo scolo delle acque dilavanti, previo scavo eseguito a mano, costituita da due semipali in legno di castagno o di abete di diametro 10-12cm, disposti con la parte piana verso l'interno e posti a distanza di 12-15 cm collegati con elementi in ferro piatto di 6-7 mm piegato ad U, avvitati o chiodati alla paleria, posti a una distanza di 50-60 cm.

Analisi per 1 metro lineare	Costo operaio tempo ind.+ costi variabili macchina (€)	Costo operaio tempo ind.+ costi totali macchina (€)
	22,77	27,83

Ulteriori indicazioni su alcuni costi inerenti la viabilità forestale e opere connesse potranno essere eventualmente rilevate anche dal prezziario dei lavori pubblici della Regione Toscana, approvato con Delibera Giunta Regionale n. 402/2013, alla tipologia di opera 04 "nuove costruzioni stradali" e alla tipologia 05 "manutenzione di opere stradali".

Bibliografia

- AA.VV., 1973 - Norme sulle caratteristiche geometriche delle strade - CNR, Bollettino Ufficiale n. 31, Roma.
- AA.VV., 1980 - Istruzioni per la redazione dei progetti di strade - CNR, Bollettino Ufficiale n. 77, Roma.
- AA.VV., 1998 - Inventario Forestale della Toscana (I.F.T).
- AA.VV., 2005 - Legge Forestale Toscana e relativo Regolamento d'attuazione: (Legge regionale n.39 del 21/03/2000 aggiornata al 16/03/2010e decreto n.48/R del 08/08/2003 - Regolamento forestale).
- AA.VV., 2007 - Prezziario Regionale per Interventi ed Opere Forestali (Regione Toscana).
- AA.VV., 2007 - Piano Operativo AIB 2009-2011, (Regione Toscana).
- BALDINI S., MARCHI E., POLLINI C., SPINELLI R., 1998 - Seminario sulla viabilità forestale ed il trasporto del legname nel rispetto dell'ambiente. Mondo Macchina, 2: 14-24.
- BALDINI S., POLLINI C., 1998 - Interaction entre viabilite forestiere et systemes de recolte du bois. Atti del seminario FAO/ECE/ILO: "Environmentally sound forest roads and wood transport", 17 - 22 giugno 1996, Sinaia Romania.
- BERNETTI G., 1965 - La rete stradale forestale come problema di assestamento, L'Italia Forestale e Montana, - Fasc. N.6, Firenze, pp 261-267.
- BERNETTI I, SEVERINO R., 2007 – Economia delle risorse forestali. Liguori Editore Srl pp 448-464.
- BONARA L., BRACHETTI MONTORSELLI N., CHECCACCI E., MARCHI E., ROMANI M., TESI E., 2007 - An operational tool for fire management and fire prevention planning for public administration Tuscany region-Italy; Wildfire 2007 - 4th International Wildland Fire Conference. Spain 2007.
- BORTOLI P. L., 1980 - Criteri tecnici generali per la programmazione, progettazione ed esecuzione della viabilità forestale. Regione autonoma Friuli Venezia Giulia, Udine.
- BORTOLI P. L., 1998 - La viabilità per la valorizzazione delle aree protette e della selvicoltura naturalistica, Atti Convengno Internazionale U.N.I.F. "Viabilità Forestale: Aspetti ambientali, legislativi e tecno-economici", Lago Lacero AV,1998, Ed. A.G.R.A. s.r.l., anno 2001,Roma, pp 101-128.
- Bovio G., 1993 - Comportamento degli incendi boschivi estinguibili con attacco diretto. Monti e Boschi, (4): 19-24.
- Bovio G., 1998 - La viabilità forestale e gli incendi. Convegno internazionale "Viabilità forestale: aspetti ambientali, legislativi e tecnico-economici". UNIF - Università degli Studi della Tuscia Di.S.A.F.Ri. - CNR IRL - Regione Campania. Lago Laceno (AV).
- BRACHETTI MONTORSELLI N., 2008 - GIS tools analysis for forest roads network planning www.fortechenvi2008.org - 3rd International Scientific Conference

- CALVANI G., MARCHI E., PIEGAI F., TESI E., 1999 - Funzioni, classificazione, caratteristiche e pianificazione della viabilità forestale per l'attività antincendio boschivo; *L'Italia Forestale e Montana*, n° 3 Accademia Italiana di Scienze Forestali, Firenze.
- CANTER, L. W., Y L. G. HILL., 1981 - Handbook of Variables for Environmental Impact Assessment - Ann Arbor Sci. Pub.
- CARRIERO A., SCRINZI G., TABACCHI G., TOSI V., WEGER W., 1998 - Garden: procedura di integrazione tra GIS e sistema esperto per la stima del valore turistico-ricreativo degli ambienti naturali; *Comunicazioni di Ricerca ISAFSA 97/2*, Trento.
- CAVALLI R., ZUCCOLI BERGOMI L., 2006 - Funzionalità di un harvester in ambiente alpino italiano. *L'Italia forestale e Montana*, 61 (3): 183-191.
- CHELAZZI C., BRACHETTI MONTORSELLI N., 2008 - Leggi regionali e viabilità forestale - III Congresso Nazionale di Selvicoltura 2008, Taormina (CT).
- CHIRICI G., MARCHI E., ROSSI V., SCOTTI R., 2003 - Analisi e valorizzazione della viabilità forestale tramite G.I.S.: la foresta di Badia Prataglia AR; *L'Italia Forestale e Montana*, n° 6/03.
- CHUVIECO E., SALAS F.J., CARVACHO L., RODRIGUEZ-SILVA F., 1999 - Integrated fire risk mapping, in E. Chuvieco ed., *Remote Sensing of Large Wildfires*. New York: Springer-Verlag.
- CIELO P., 2003 - La viabilità agro-silvopastorale. Elementi di pianificazione e progettazione; Ipla - Istituto per le piante da legno e l'ambiente, Regione Piemonte.
- CIELO P., GOTTERO F., 2004 - Il piano della viabilità. Finalità, analisi ed elaborati Sherwood - *Foreste ed Alberi Oggi*, n°1027/04.
- CONESE C., BONORA L., ROMANI M., CHECCACCI E., 2004 - "Forest fire hazard model definition for local land user" Tuscany Region.
- CROIZER R., CROUZET Y., 1975 - L'infrastructures routière. Les incendies des forêts. Numéro spécial de la revue forestière française. Tome 2, pp. 552.
- DE BONA A., 2005 - Selviturismo: proposta di turismo alternativo. *Forest@ 2 3*: 273-274. [online] URL: <http://www.sisef.it/>.
- DE MONTGOLFIER J., 1989 - Protection des forêts contre l'incendie. Guide technique du forestier méditerranéen. Fiches n. 9 CREMAGREF, Division Techniques Forestières Méditerranéen.
- DIETZ P., KNIGGE W., LOEFFLER H., 1984 - *Walderschliessung*. Paul Parey, Hamburg (D).
- FABIANO F., MARCHI E., 1991 - Pianificazione della viabilità forestale; *Atti del seminario UNIF: "Il bosco e i suoi valori: esperienze e prospettive per la pianificazione forestale"*, 14-15 novembre 1991, Brasiamone (BO): 196-201.
- GADDO M., 1972 - Alcune considerazioni sulla convenienza alla costruzione delle strade a servizio del bosco, *Economia Trentina*, pp. 1209-1216.
- GUMUS S., HULUSI A.H., TOKSOY D., 2007 - Functional forest road network planning by consideration of environmental impact assessment for wood harvesting. *Journal Environmental Monitoring and Assessment*, Springer Netherlands ISSN 0167-6369 Print 1573-2959 Online DOI 10.1007/s10661-007-9912-y *Earth and Environmental Science*.
- HAFNER F., 1971 - *Forstlicher Strassen und Wegebau*. Oesterreichischer Agrarverlag, Wien (A).
- HINTERSTOISSER H., 1990 - Mehr Umwelterziehung - Ökologische Mindeststandards - Stufenplan für Walderschließung. *Österreichische Forstzeitung*, 1: 21.

- HIPPOLITI G., 1976 - Sulla determinazione delle caratteristiche della rete viabile forestale, *L'Italia Forestale e Montana*, Anno XXX- Fasc. N.6, Firenze, pp 242-255.
- HIPPOLITI G., 1998 - Selvicoltura e viabilità. Convegno internazionale "Viabilità forestale: aspetti ambientali, legislativi e tecnico-economici". UNIF - Università degli Studi della Tuscia Di.S.A.F.Ri. - CNR IRL - Regione Campania. Lago Laceno (AV).
- HIPPOLITI G., 1998 - Precisazioni su alcune caratteristiche di strade e piste forestali *Monti e Boschi* n°6/98.
- HIPPOLITI G., 1999 - Sistemi di lavoro ed infrastrutture necessarie per la selvicoltura in aree protette *Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi*, n°43 3/99.
- HIPPOLITI G., 2000 - Legge forestale della Toscana: Problemi di interpretazione sul piano operativo *Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi*, n°576/00
- HIPPOLITI G., 2003 - Note pratiche per la realizzazione della viabilità forestale, *Compagnia delle Foreste*, Arezzo.
- HIPPOLITI G., PIEGAI F., 2000 - Tecniche e sistemi di lavoro per la raccolta del legno. *Compagnia delle Foreste*. Arezzo.
- HRUZA P., 2003 - Optimisation of forest road network under principles of functionally integrated forest management, *Journal of Forest Science*, 49 9: pp 439-443.
- INFC, 2008 - Inventario Nazionale delle Foreste e dei Serbatoi Forestali di Carbonio. MiPAF, Corpo Forestale dello Stato, Ispettorato Generale, CRA, ISAFA, Trento. (on line) URL: <http://www.infc.it>.
- JENKS G.F., CASPALL F. C., 1971 - Error on Choroplethic maps: definition, measurement, reduction. *Annals of the Association of American Geographers*, 61, 217-244.
- KUONEN V., 1983 - *Wald und Gueterstrassen*. Pfaffhausen (CH).
- LAURENT A., PETIT S. MACHER V., 1999 - Strade forestali: ambiente e paesaggio. *Sherwood - Foreste ed Alberi Oggi*, n°45 5/99.
- LUGO A.E., GUCINSKI H., 2000 - Function, effects, and management of forest roads. *Forest Ecology and Management* Volume 133, Issue 3, Pages 249-262.
- MARCHI E., SPINELLI R., 1997 - L'impatto ambientale delle strade forestali. *L'Italia Forestale e Montana*, n° 4/97.
- MARCHI E., TESI E., BRACHETTI MONTORSELLI N., BONORA I., CHECCACCI E., ROMANI M., 2006 - Forest fire prevention: developing an operational difficulty index in firefighting ODIF;. V International Conference on Forest Fire Research D. X Viegas Ed.
- MAF-ISAFA, 1985 - *Inventario Forestale Nazionale (I.F.N.)*.
- NERI F., PIEGAI F., 2007 - Produttività e costi di trasformazione nell'utilizzazione di materiale legnoso in biomassa (chips). *L'Italia Forestale e Montana*, 62 (5/6): 385-398.
- PESTAL E., 1974 - *Detailprojektierung von Forststrassen nach der Freihandpolygonmethode*. Allgemeine Forstzeitung, Wien (A).
- PESTAL E., 1975 - *Holzernte und forstlicher Wegebau im Gebirge*. Allgemeine Forstzeitung, Wien (A).
- PESTAL E., 1976 - *Trassierung und Bauausfuehrung von Wegen in der Schutzwaldregion*. Internationaler Holzmarkt, Wien (A).
- PETTENELLA D., URBINATI C., BORTOLOZZI B., FEDRIGOLI M., PICCINI C., 2000 - Indicatori di gestione forestale sostenibile in Italia; Rapporto Finale della Ricerca Affidata al Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali dell'università di Padova Serie Stato dell'ambiente 11/2000.

PICMAN D., PENTEK T., 1998 - The influence of building and maintenance expenses of forest roads on their optimal density in low-lying forests of Croatia. Atti del seminario FAO/ECE/ILO: "Environmentally sound forest roads and wood transport", 17 - 22 giugno 1996, Sinaia Romania.

POTOCNIK I., 1998 - The multiple use of forest road and their categorization. Atti del seminario FAO/ECE/ILO: "Environmentally sound forest roads and wood transport", 17 - 22 giugno 1996, Sinaia Romania.

POTOCNIK I., KRAVANJA M., POJE A., 2008 - Forest fire prevention roads as an active wildfire protection measure proceedings 3RD International Scientific Conference – Fortech-envi.

POTOCNIK I., YOSHIOKA T., MIYAMOTO Y., IGARASHI H., SAKAI H., 2005 - Maintenance of forest road network by natural forest management in Tokyo University Forest in Hokkaido. Croatian Journal of Forest Engineering Vol.26 No.2.

POZZATTI A., 1987 - Criteri di pianificazione delle strade forestali in provincia di Trento. L'Italia Forestale e Montana; n°6/87.

POZZATTI A., CERATO M., 1984 - Note pratiche sulla progettazione delle strade forestali. L'Italia Forestale e Montana, 5: 263-274.

RAUDINO G., 1998 - Piano della viabilità forestale ai fini antincendio per i boschi del comune di Sortino (SR). Università degli Studi di Firenze. Facoltà di Agraria. Tesi di laurea.

RICCI F., 1997 - Analisi della viabilità principale secondaria nei rimboschimenti di conifere a Monte Morello (Firenze). Università degli Studi di Firenze. Facoltà di Agraria. Tesi di laurea.

SCRINZI G., PICCI M., FLORIS A., 1999 - Analisi in ambiente GIS per la valutazione del grado di infrastrutturazione viaria delle aree forestali Dendronatura n° 2/99.

SULLI F., MARCHI E., 1995 - Classificazione degli automezzi per antincendio boschivo impiegati in Italia (Prima parte). Sherwood, (1): 39-43, Classificazione degli automezzi per antincendio boschivo impiegati in Italia (Seconda parte). Sherwood, (2): 39-45.

TRZESNIEWSKI A., 1993 - Wozu Walderschliebung in Österreich Österreichische Forstzeitung, 7: 5-7.

WEINTRAUB, A., NAVON, D., 1976 - A forest management planning model integrating silvicultural and transportation activities. Management Science 22 12, 1299-1309.

Glossario

AIB: Sigla di antincendio boschivo.

Arce o caselle: opere di sostegno formate da un'intelaiatura di tronchi colmata con pietre, ormai largamente collaudate. Si distinguono strutture a parete semplice e a parete doppia.

Assestamento forestale : branca delle scienze e delle attività forestali che riguarda i principi tecnici , economici e sociali (e quindi anche amministrativi e legislativi) relativi alla gestione dei boschi

Avviamento alto fusto (taglio di): taglio con il quale vengono diradati i *boschi cedui invecchiati*, da avviare all'*alto fusto*. Il taglio d'avviamento all'alto fusto favorisce l'accrescimento dei migliori *polloni* e delle migliori *matricine* presenti e la formazione di un *soprassuolo* di *struttura* simile a quella di una fustaia, ancorché d'origine, almeno in parte, agamica, indicata come *fustaia transitoria*. Il *regolamento d'attuazione della legge forestale della Toscana* disciplina nei particolari i tagli d'avviamento all'alto fusto dei boschi cedui

Banchina: striscia di terreno compresa tra la carreggiata e il bordo della scarpata a valle della strada o della cunetta a monte; è parte della piattaforma stradale.

Breccia: materiale inerte, avente classe dimensionale 10-40 mm.

Carreggiata: parte della piattaforma (o piano) stradale destinata al transito dei veicoli; è delimitata dalle banchine e/o dalle cunette.

Ceppaia parte della pianta che rimane nel terreno quando questa viene tagliata al colletto.

Cippato (dall'inglese *chips*): legno ridotto in scaglie con dimensioni variabili da alcuni mm a 2-5 cm, prodotto a partire da tronchi, ramaglie ed altri residui legnosi attraverso una cippatrice. Il cippato può essere utilizzato come combustibile o come materia prima per processi industriali

Clisimetro: strumento topografico munito di cannocchiale collimatore, usato per la misurazione di inclinazioni.

Contropendenza: nelle strade ascendenti, dove quindi il trasporto viene fatto a carico in discesa, rappresenta la pendenza di eventuali tratti in salita nel senso del trasporto carico.

Cunetta: fossetta artificiale, che può essere allestita a monte o eccezionalmente anche a valle delle strade, per la raccolta dell'acqua di scorrimento superficiale.

Diradamento: taglio intercalare, con il quale viene asportata parte delle piante di un soprassuolo con lo scopo principale di selezionare le piante migliori o le specie preferite, di accelerarne l'accrescimento e/o di aumentarne la stabilità. Il regolamento d'attuazione della legge forestale della Toscana disciplina i tagli di diradamento.

Ergonomia: disciplina che analizza il rapporto tra l'uomo e l'ambiente di lavoro, per migliorare la produttività e insieme alleggerire lo sforzo psicofisico del lavoratore.

Fitopatia: ogni malattia delle piante.

Fustaia (soprasuolo) transitoria: soprasuolo caratterizzato da una struttura simile a quella di una fustaia, ma originato prevalentemente da ceppaie, per invecchiamento e diradamento selettivo dei polloni. La fustaia (o meglio l'altofusto) transitoria viene a costituirsi nel processo di conversione del bosco ceduo all'alto fusto, a seguito dei tagli di avviamento all'alto fusto o per evoluzione naturale.

Gabbione: contenitore di rete metallica zincata delle dimensioni di 1x1x2 m, riempito di pietre e ghiaione arido, usato come elemento di argini o di altre tipologie di strutture in opere di difesa idraulica o di consolidamento di versanti e scarpate.

Gabbionata: opera di difesa idrogeologica composta da una serie di gabbioni riempiti di pietrame.

Ghiaia grossa o grossolana: materiale che proviene dalla naturale frantumazione di roccia compatta, non friabile, non idrosolubile non polverulenta, con buona resistenza al gelo e a compressione; i frammenti hanno dimensioni di 31,5-63 mm.

Ghiaia/pietrisco: materiale inerte con classe dimensionale 15-40 mm, i frammenti di pietrisco hanno dimensioni variabili da 8 a 31,5 mm.

Ghiaietto/pietrischetto: materiale inerte con classe dimensionale 4-15 mm, i frammenti di pietrischetto hanno dimensioni di 4-8 mm.

Ghiaione o breccione: materiale inerte con classe dimensionale 40-71 mm; serve per la formazione dello strato portante di base della massicciata.

Governo (forma di): indica il sistema selvicolturale a cui si ricorre per ottenere la rinnovazione del bosco, che può essere agamica o vegetativa quando si parla di governo a ceduo, oppure gamica o sessuata quando si parla di governo a fustaia.

Graniglia: materiale inerte con classe dimensionale 0-10 mm.

Habitat : è il luogo le cui caratteristiche fisiche o abiotiche, e quelle biotiche possono permettere ad una data specie di vivere e svilupparsi. È essenzialmente l'ambiente che può circondare una popolazione di una specie.

Impluvio In idrografia, linea di i., in un bacino normale, l'insieme dei punti più depressi verso i quali si convogliano le acque meteoriche scorrenti (coincide con la direttrice del corso d'acqua principale).

Imposto: superficie libera, adiacente ad una strada camionabile o trattorabile e percorribile dagli automezzi, nella quale viene portato il legname con l'esbosco e dove è possibile effettuare comodamente il carico sui veicoli destinati al trasporto.

Ipodermiche (acque meteoriche): acque che scorrono al di sotto della superficie del terreno

Isoipsa: in cartografia, linea che su una carta geografica unisce i punti di un determinato territorio aventi la stessa altitudine sul livello del mare.

Larghezza della piattaforma stradale (piano stradale) : si intende quella della carreggiata più banchine più cunetta/e longitudinali.

Larghezza minima: è quella della carreggiata nel punto più stretto.

Massicciata: strato di inerti (pietre, ghiaie, breccie) posati sul sottofondo (terreno

naturale) della piattaforma stradale a formare la carreggiata; ha lo scopo di ripartire il peso e le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli sul sottofondo. La massicciata classica, posata a mano, detta “macadam”, è formata da un primo strato di pietre, meglio se di cava, posate in piedi e dello spessore di 15-25 cm.

Morale: nelle costruzioni civili, travicello di legno di lunghezza per lo più inferiore a 4 m e di sezione quadrata compresa fra cm 5 × 5 (moraletto) e cm 10 × 10 (moralone), usato soprattutto nell’orditura secondaria delle coperture in legno.

Pendenza massima per brevi tratti (10-30 m): il limite è dato dalla capacità dei mezzi, per i quali la strada è stata costruita, di salire e scendere anche con fondo bagnato. Trattori con trazione integrale e pneumatici grandi hanno maggiori capacità di autocarri a trazione semplice e perciò strade e piste forestali possono presentare pendenze massime per brevi tratti superiori alle camionabili. Comporta necessariamente manutenzione intensiva e onerosa, perciò va limitata a tratti brevi e vi si ricorre soltanto se è strettamente necessario.

Pendenza media: è la pendenza longitudinale prevalente per lunghi tratti caratterizzati da pendenza omogenea.

Pendenza media ottimale: è quella che impedisce il ristagno delle acque meteoriche sulla carreggiata, ammorbidendola e riducendone la portanza, e non consente che assumano forza sufficiente a erodere la carreggiata.

Pendenza media massima: è quella sulla quale è possibile contenere l’erosione della carreggiata con opere semplici e una normale manutenzione.

Portanza: capacità di una superficie (della carreggiata, del terreno) di sopportare il peso di un corpo che vi grava (quello trasmesso dalle ruote dei veicoli) senza deformarsi in modo permanente.

Provvigione: il capitale legnoso formato dal volume totale degli alberi in piedi in un’azienda forestale o in una compresa.

Raggio minimo delle curve più strette (tornanti): riferito all’asse della strada (a metà carreggiata) è quello che permette il transito dei veicoli per i quali la strada è stata costruita.

Risina: via predisposta, spesso con sezione trasversale a forma di canale, costruita in legno o altri materiali, lungo la quale vengono fatti scorrere i tronchi, più spesso per gravità, ma anche per trazione animale o meccanica.

Scogliere: sono muri a secco formati da grossi massi, con volume superiore a ca. 0,3 m³, posati con escavatore. La loro efficienza è data dal peso e dalla conseguente stabilità dei singoli pezzi che la compongono.

Scarpata: superficie inclinata che raccorda la piattaforma stradale con il terreno circostante; è di sterro (o in scavo) se è in terreno sodo, di riporto se delimita un rilevato.

Sciacquo: rudimentale canaletta costituita da un semplice e piccolo scavo in terra, allestito trasversalmente all’asse stradale ed in genere su metà carreggiata, per raccogliere l’acqua di scorrimento superficiale ed eliminarla dal piano stradale.

Soprassuolo forestale: ciò che, in una foresta, sta al di sopra del suolo, nel caso specifico la vegetazione. Col termine soprassuolo arboreo ci si riferisce alle sole piante arboree. Soprassuolo e bosco non sono sinonimi, in quanto il termine bosco

si riferisce al sistema forestale nella sua complessità (suolo, atmosfera, radiazione solare, componenti vegetali e animali ecc.).

Taglio intercalare: taglio eseguito prima della scadenza prevista per i tagli di rinnovazione, cioè prima della maturità del soprassuolo arboreo; è un taglio quindi effettuato fra l'insediamento di un *soprassuolo* e il suo taglio di fine *turno* (*taglio di maturità*). Si tratta di tagli quali sfolli e diradamenti. I tagli intercalari sono gli *sfolli* e i *diradamenti*.

Taglio di maturità: taglio principale di un *soprassuolo*, giunto alla sua maturità fisica o finanziaria, cioè ad un'età delle piante giudicata conveniente per la loro utilizzazione secondo determinati criteri economici. Il taglio di maturità dà luogo alla raccolta finale del prodotto legnoso ed è accompagnato o seguito dalla rinnovazione naturale o artificiale del bosco (Regione Toscana, 2004)

Taglio raso: *taglio di maturità*, che comporta l'abbattimento di tutte le piante di una *fustaia* o di tutti i *polloni* di un *ceduo*. Il taglio raso (o taglio a raso), in generale, e quello dei boschi d'alto fusto, in particolare, sono vietati, rispettivamente, dalle norme statali di orientamento e modernizzazione del settore forestale (decreto legislativo 18 maggio 2001, n. 227) e dalla *legge forestale della Toscana*, fatti salvi i casi espressamente previsti dalle due normative (Regione Toscana, 2004)

Taglio saltuario: indicato anche come *taglio a scelta* (*colturale*), è il metodo di *trattamento* applicato alla *fustaia* disetanea o fustaia da dirado. I singoli tagli si chiamano *tagli di curazione*, che sono eseguiti a brevi intervalli di tempo (periodo di curazione) e assommano in sé carattere sia colturale sia d'utilizzazione, in quanto prelevano *alberi* di varia dimensione ed età, al fine di raccogliere il prodotto legnoso, di conferire al popolamento una *struttura* disetanea ed una mescolanza di specie equilibrata, di favorire l'insediamento della rinnovazione da seme. Il *regolamento d'attuazione della legge forestale della Toscana* disciplina il taglio saltuario, individuato come unica forma di taglio nel trattamento delle fustaie disetanee e delle fustaie irregolari (Regione Toscana, 2004)

Taglio di sgombro: ultimo *taglio di rinnovazione* nel trattamento a *tagli successivi* delle fustaie coetanee, con cui si asportano i soggetti adulti ancora in piedi dopo l'esecuzione dei precedenti tagli (preparatorio, di sementazione, secondari) al fine di liberare la rinnovazione ormai insediata e affermata. In Toscana il taglio di sgombro è previsto e disciplinato dall'art. 32 del *Regolamento Forestale*.

Tagli successivi: *tagli di rinnovazione* applicati alle *fustaie* coetanee, volti ad assicurare l'insediamento del nuovo *soprassuolo* sotto la protezione, superiore e laterale, del soprassuolo adulto, che viene progressivamente eliminato. Il *regolamento d'applicazione della legge forestale della Toscana* prescrive, di norma, il trattamento delle fustaie coetanee a tagli successivi e ne disciplina l'esecuzione.

I tagli successivi sono articolati in tagli di preparazione, tagli di sementazione o rinnovazione e tagli di sgombro (Regione Toscana, 2004).

Tombino: manufatto per consentire il passaggio, sotto ad una strada, di modesti quantitativi d'acqua.

Tombone: manufatto per consentire il passaggio, sotto ad una strada, di quantità di acqua consistenti. Vi si ricorre al posto di piccoli ponti.

Toppi : sinonimo di tronchi di legno

Bibliografia citata e consultata

- AA.VV., 1987 - *Dizionario di botanica*. Rizzoli, Milano.
- AA.VV., 1999 - *I grandi dizionari Garzanti*. Garzanti, Cernusco sul Naviglio, Milano.
- AA.VV., 2003 - *Come produrre energia dal legno*. Quaderno ARSIA 3/2003. Firenze
- AA.VV., 2006 - *Glossario dei termini tecnici Forestali*, in "Foreste: Istruzioni per l'uso" - Raccolta delle norme e degli atti in materia forestale. Regione Toscana.
- AA.VV., 1998 - *Vocabolario della lingua italiana*. Zingarelli
- BERNETTI G., 1995 - *Selvicoltura speciale*. UTET, Torino
- BERNETTI G., 2005 - *Atlante di selvicoltura*. Dizionario illustrato di alberi e foreste. Edagricole (BO).
- BERNETTI G., MANULACU M., NOCENTINI S., 1980 - *Terminologia forestale*. Accademia Italiana di Scienze Forestali. Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- BURESTI LATTES E., MORI P., 2005 - *Glossario dei termini più comuni impiegati in arboricoltura da legno* (prima parte). Sherwood/Foreste ed Alberi Oggi, n. 109 (3/05), Compagnia delle Foreste (AR).
- BURESTI LATTES E., MORI P., 2005 - *Glossario dei termini più comuni impiegati in arboricoltura da legno* (seconda parte). Sherwood/Foreste ed Alberi Oggi, n. 110 (4/05), Compagnia delle Foreste (AR).
- GIORDANO G., M. PASSET GROS, 1962 - *Dizionario Enciclopedico agricolo-Forestale e dell'industria del legno*. Ed Ceschina, Milano.
- MONDINO G.P. (a cura di), 1998 - *Carta della vegetazione forestale potenziale*. In "Boschi e macchie di Toscana". Regione Toscana, Giunta Regionale. Edizioni Regione Toscana.
- PIUSSI P., 1994 - *Selvicoltura generale*. UTET, Torino.
- QUEZEL P., 1985 - *Definition of the Mediterranean region and the origin of hits flora*, in Gomez-Campo C.L., Plant conservation in the Mediterranean area. Junk, Le Hague
- REGIONE TOSCANA, 2004 - *Glossario dei termini tecnici forestali* (Legge regionale 21 marzo 2000, n. 39, art. 9). Regione Toscana. Giunta Regionale
- TASSINARI G., 1976 - *Manuale dell'Agronomo*, Ed REDA. Roma
- ZANUTTINI R., CASTRO G., BERTI S., 1998 - *Xiloglos: glossario multilingue dei termini usati in tecnologia del legno*. Contributi scientifico pratici (IVALSA - CNR - FI).
- www.hoepli.it - dizionario italiano online
- www.wikipedia.org - glossario botanico

Gli autori

Enrico Marchi

G.E.S.A.A.F. – Dipartimento Gestione Sistemi Agrari,
Alimentari e Forestali - Università di Firenze
Via San Bonaventura,13 50145 Firenze
Tel +39 055 3288609
enrico.marchi@unifi.it

Franco Piegai

G.E.S.A.A.F. – Dipartimento Gestione Sistemi Agrari,
Alimentari e Forestali - Università di Firenze
Via San Bonaventura,13 50145 Firenze
Tel +39 055 3288670
franco.piegai@unifi.it

Fabio Fabiano

G.E.S.A.A.F. – Dipartimento Gestione Sistemi Agrari,
Alimentari e Forestali - Università di Firenze
Via San Bonaventura,13 50145 Firenze
Tel +39 055 3288671
fabio.fabiano@unifi.it

Francesco Neri

G.E.S.A.A.F. – Dipartimento Gestione Sistemi Agrari,
Alimentari e Forestali - Università di Firenze
Via San Bonaventura,13 50145 Firenze
Tel +39 055 3288670
francesco.neri@unifi.it

Supporti tecnici alla Legge Regionale Forestale della Toscana

1. *La selvicoltura delle pinete della Toscana*
L. Bianchi, G. Giovannini, A. Maltoni, B. Mariotti, M. Paci. 2005
2. *La selvicoltura delle cipressete della Toscana*
Aa.vv. 2007
3. *La selvicoltura delle specie sporadiche della Toscana*
S. Berti, S. Bruschini, E. Buresti Lattes, A. Crivellaro V. Giulietti,
F. Grifoni, P. Mori, F. Pelleri, S. Ravegni. 2007
4. *La selvicoltura dei castagneti da frutto abbandonati della Toscana*
L. Bianchi, A. Maltoni, B. Mariotti, M. Paci. 2009
5. *I rimboschimenti in Toscana e la loro gestione*
G. Ciabatti, A. Gabellini, C. Ottaviani, A. Perugi. 2009
6. *Il bosco e l'allevamento della razza Cinta Senese*
A. Acciaioli, C. Bidini, E. Buresti G. Campodoni,
G. Fabbio, V. Gonnelli, F. Grifoni, C. Pugliese. 2009
7. *La selvicoltura della robinia in Toscana*
A. Maltoni, B. Mariotti, A. Tani. 2011
8. *L'albero di Natale – linee guida per la coltivazione tradizionale e possibilità
di produzione biologica in Toscana*
G. Burchi, G. Calamini, A. Grassotti, O. La Marca, L. Rinaldi,
M. Roselli. 2012
9. *L'impianto, la gestione e la valorizzazione multifunzionale dei boschi periurbani*
G. Calamini, G. Colangelo, G. Giovannini, R. Laforteza, F. Maetzke, B. Mariotti,
S. Nocentini, F. Salbitano, G. Sanesi, A. Tani. 2013
10. *La progettazione, la realizzazione e la manutenzione della viabilità forestale
e delle opere connesse*
E. Marchi, F. Piegai, F. Fabiano, F. Neri